SIEMENS

功能手册

# SINAMICS

## S120

Safety Integrated

版本 06/2020

www.siemens.com/drives

SIEMENS

# SINAMICS

# S120
# Safety Integrated

功能手册


引言 1

基本安全说明 2

SINAMICS Safety Integrated 概述 3

Safety Integrated 功能一览 4

Safety Integrated 功能说明 5

安全功能控制 6

调试 7

验收测试 8

系统特性 9

标准和规定 10

维护 11

附录 A


适用于：
固件版本 5.2 SP3


06/2020
6SL3097-5AR00-0RP3

## 法律资讯

### 警告提示系统

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

| ⚠ 危险 |
| --- |
| 表示如果不采取相应的小心措施，**将会**导致死亡或者严重的人身伤害。 |

| ⚠ 警告 |
| --- |
| 表示如果不采取相应的小心措施，**可能**导致死亡或者严重的人身伤害。 |

| ⚠ 小心 |
| --- |
| 表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。 |

| 注意 |
| --- |
| 表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。 |

当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。

### 合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。 由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

### 按规定使用 Siemens 产品

请注意下列说明：

| ⚠ 警告 |
| --- |
| Siemens 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 Siemens 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。 |

### 商标

所有带有标记符号 ® 的都是 Siemens AG 的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

### 责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

Siemens AG
Digital Industries
Postfach 48 48
90026 NÜRNBERG
德国

文件订购号: 6SL3097-5AR00-0RP3
℗ 06/2020 本公司保留更改的权利

Copyright © Siemens AG 2008 - 2020.
保留所有权利

# 目录


**1 引言 ..... 13**

1.1 SINAMICS 系列变频器 ..... 13

1.2 SINAMICS 文档的一般信息 ..... 14

1.3 适用范围与其文档/工具 ..... 17

1.4 有哪些主题？ ..... 19

1.5 培训与支持 ..... 21

1.6 OpenSSL 的使用 ..... 22

1.7 基本数据保护准则 ..... 23

**2 基本安全说明 ..... 25**

2.1 基本安全说明 ..... 25

2.1.1 一般安全说明 ..... 25

2.1.2 应用示例的质保规定 ..... 25

2.1.3 安全性信息 ..... 25

2.2 Safety Integrated 的基本安全说明 ..... 27

2.3 遗留风险 ..... 29

**3 SINAMICS Safety Integrated 概述 ..... 31**

3.1 支持的功能 ..... 31

3.1.1 Safety Integrated 基本功能 ..... 32

3.1.2 Safety Integrated 扩展功能 ..... 33

3.1.3 Safety Integrated 高级功能 ..... 34

3.2 支持功能：HLA 模块 ..... 35

3.2.1 HLA:Safety Integrated 基本功能 ..... 36

3.2.2 HLA:Safety Integrated 扩展功能 ..... 37

3.2.3 HLA:Safety Integrated 高级功能 ..... 38

3.3 集成了安全功能的驱动器产品 ..... 39

3.4 安全/诊断功能应用示例 ..... 40

3.5 Safety Integrated 激活时组件运行的常规注意事项 ..... 42

3.6 电机带/不带编码器时的监控 ..... 43

**4 Safety Integrated 功能一览 ..... 47**

4.1 Safety Integrated 基本功能 ..... 47

4.1.1 Safe Torque Off (STO) ..... 48

4.1.2 Safe Stop 1 (SS1) ..... 49
4.1.3 Safe Brake Control (SBC) ..... 50

4.2 Safety Integrated 扩展功能 ..... 52
4.2.1 Safety Integrated 扩展功能的使用前提 ..... 53
4.2.2 控制方式 ..... 54
4.2.3 Safe Torque Off (STO) ..... 54
4.2.4 Safe Stop 1 (SS1) ..... 54
4.2.5 Safe Operating Stop (SOS) ..... 57
4.2.6 Safe Stop 2 (SS2) ..... 58
4.2.7 Safely-Limited Speed (SLS) ..... 60
4.2.7.1 在已启动的电机上选择 SLS ..... 62
4.2.7.2 在低速时选择 SLS ..... 64
4.2.7.3 SLS 转速档的切换 ..... 64
4.2.8 Safe Speed Monitor (SSM) ..... 67
4.2.9 Safe Direction (SDI) ..... 69
4.2.10 Safely-Limited Acceleration (SLA) ..... 71
4.2.11 Safe Brake Test (SBT) ..... 72

4.3 Safety Integrated 高级功能 ..... 73
4.3.1 Safety Integrated Advanced Functions 的使用前提 ..... 73
4.3.2 Safely-Limited Position (SLP) ..... 74
4.3.3 安全位置的传送 (SP) ..... 76
4.3.4 安全回参考点 ..... 76
4.3.5 Safe Cam (SCA) ..... 78

**5 Safety Integrated 功能说明 ..... 79**

5.1 Safety Integrated 基本功能 ..... 80
5.1.1 Safe Torque Off (STO) ..... 80
5.1.1.1 SINAMICS HLA 上的 Safe Torque Off（STO） ..... 85
5.1.2 Safe Stop 1 (SS1, 时间受控) ..... 86
5.1.2.1 带 OFF3 的 SS1 ..... 86
5.1.2.2 带外部停止的 SS1 ..... 88
5.1.2.3 功能图和参数 ..... 89
5.1.3 Safe Brake Control (SBC) ..... 89
5.1.3.1 SBC 描述 ..... 90
5.1.3.2 装机装柜型电机模块上的 SBC ..... 92
5.1.3.3 SBC 所需的硬件 ..... 94
5.1.3.4 功能图与参数 ..... 96
5.1.4 Safety 故障 ..... 97
5.1.5 强制潜在故障检查（Teststop） ..... 98
5.1.5.1 Safety Integrated Basic Functions 的强制潜在故障检查或关机路径测试（Teststop） ..... 98
5.1.5.2 上电后的强制潜在故障检查 (Teststopp) ..... 99
5.1.6 功能图与参数 ..... 100

5.2 Safety Integrated 扩展功能 ..... 101
5.2.1 扩展功能或高级功能的授权 ..... 101

5.2.2 带编码器与不带编码器的 Extended Functions 之间的区别 ..... 101
5.2.2.1 “不带编码器”的 Safety Integrated Functions 的特殊事项 ..... 104
5.2.3 Safe Torque Off (STO) ..... 108
5.2.4 Safe Stop 1 (SS1) ..... 109
5.2.4.1 带编码器的 SS1 ..... 109
5.2.4.2 不带编码器的 SS1 ..... 111
5.2.4.3 带外部停止的 Safe Stop 1 ..... 112
5.2.4.4 功能图和参数 ..... 113
5.2.5 Safe Brake Control (SBC) ..... 113
5.2.6 Safe Operating Stop (SOS) ..... 114
5.2.7 Safe Stop 2 (SS2) ..... 116
5.2.7.1 带外部停止的 SS2（SS2E） ..... 118
5.2.7.2 Safe Stop 2 Extended Stop and Retract (SS2ESR) ..... 120
5.2.7.3 重要参数一览 ..... 122
5.2.7.4 使用 EPOS 的效果 ..... 123
5.2.8 Safely-Limited Speed (SLS) ..... 123
5.2.8.1 带编码器的“Safely-Limited Speed” ..... 125
5.2.8.2 不带编码器的“Safely-Limited Speed” ..... 128
5.2.8.3 自动生效的 Safely-Limited Speed ..... 129
5.2.8.4 功能图和参数 ..... 131
5.2.8.5 EPOS 和安全设定速度限值 ..... 132
5.2.9 Safe Speed Monitor (SSM) ..... 132
5.2.9.1 带编码器的“Safe Speed Monitor” (SSM) ..... 134
5.2.9.2 不带编码器的“Safe Speed Monitor” (SSM) ..... 136
5.2.9.3 功能图和参数 ..... 139
5.2.10 Safe Direction (SDI) ..... 139
5.2.10.1 带编码器的“Safe Direction”(SDI) ..... 140
5.2.10.2 不带编码器的“Safe Direction”(SDI) ..... 142
5.2.10.3 自动生效的 SDI(Safe Direction) ..... 144
5.2.10.4 功能图和参数 ..... 145
5.2.11 Safely-Limited Acceleration (SLA) ..... 146
5.2.11.1 生效方式 ..... 148
5.2.11.2 通过 PROFIsafe 或 SIC 传输 ..... 148
5.2.12 Safe Brake Test（SBT） ..... 149
5.2.12.1 通过 SIC/SCC 通讯 ..... 157
5.2.12.2 功能图和参数 ..... 159
5.2.13 Safe Acceleration Monitor (SAM) ..... 160
5.2.13.1 描述 ..... 160
5.2.13.2 计算实际速度的 SAM 公差 ..... 161
5.2.13.3 功能图和参数 ..... 162
5.2.14 Safe Brake Ramp (SBR) ..... 163
5.2.14.1 引言 ..... 163
5.2.14.2 工作时序 ..... 164
5.2.14.3 参数设置 ..... 165
5.2.14.4 功能图和参数 ..... 166

5.2.15 带编码器系统的实际值安全检测 ..... 166
5.2.15.1 单编码器系统 ..... 166
5.2.15.2 双编码器系统 ..... 167
5.2.15.3 单/双编码器系统中的编码器类型 ..... 170
5.2.15.4 实际值同步 ..... 172
5.2.15.5 安全运动监控 ..... 172
5.2.16 不带编码器的安全实际值检测 ..... 173
5.2.16.1 无编码器计算中的延迟时间 ..... 174
5.2.16.2 无编码器实际值检测的误差 ..... 174
5.2.16.3 加速时的电压公差 ..... 175
5.2.16.4 核实设置 ..... 175
5.2.16.5 重要参数一览 ..... 176
5.2.17 安全齿轮级切换 ..... 176
5.2.17.1 不提升位置公差的齿轮级切换 ..... 178
5.2.17.2 提升位置公差的齿轮级切换 ..... 178
5.2.17.3 重要参数一览 ..... 180
5.2.18 强制潜在故障检查（Teststop） ..... 180
5.2.18.1 概述 ..... 180
5.2.18.2 执行强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 181
5.2.18.3 安全装置 ..... 181
5.2.18.4 TM54F 的 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 182

5.3 Safety Integrated 高级功能 ..... 187
5.3.1 PFH 值的说明 ..... 187
5.3.2 扩展功能或高级功能的授权 ..... 187
5.3.3 Safely-Limited Position (SLP) ..... 187
5.3.3.1 SLP 的控制 ..... 189
5.3.3.2 轴回退 ..... 191
5.3.3.3 功能图和参数 ..... 193
5.3.4 安全位置的传送 (SP) ..... 194
5.3.4.1 数值范围 ..... 196
5.3.4.2 安全位置值的同步传输 ..... 197
5.3.4.3 功能图和参数 ..... 198
5.3.5 安全回参考点 ..... 199
5.3.5.1 概述 ..... 199
5.3.5.2 回参考点的方式 ..... 200
5.3.5.3 功能图和参数 ..... 201
5.3.6 Safe Cam (SCA) ..... 201
5.3.7 强制潜在故障检查（Teststop） ..... 204
5.3.7.1 执行强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 205
5.3.7.2 安全装置 ..... 205
5.3.7.3 TM54F 的 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 206

**6 安全功能控制 ..... 211**

6.1 控制方式 ..... 211

6.2 通过控制单元和电机/功率模块上的端子控制 ..... 212
6.2.1 双通道结构说明 ..... 213
6.2.2 驱动器的分组 ..... 214
6.2.3 两个监控通道的同时性和公差时间 ..... 215
6.2.3.1 公差时间 ..... 216
6.2.3.2 重要参数一览 ..... 217
6.2.4 位模测试 ..... 218
6.2.5 通过模块型功率模块的端子控制 STO ..... 219
6.2.5.1 端子 STO_A/STO_B 和 DIP 开关 ..... 221

6.3 通过 PROFIsafe 进行控制 ..... 222
6.3.1 Safety Integrated Functions 与 PROFIsafe 的分配 ..... 222
6.3.2 使能 PROFIsafe 控制方式 ..... 224
6.3.3 选择 PROFIsafe 报文 ..... 225
6.3.4 报文结构 ..... 226
6.3.5 过程数据 ..... 229
6.3.5.1 S_STW1 与 S_ZSW1 （基本功能） ..... 229
6.3.5.2 S_STW2 与 S_ZSW2 （基本功能） ..... 231
6.3.5.3 S_STW1 与 S_ZSW1（扩展功能/高级功能） ..... 234
6.3.5.4 S_STW2 与 S_ZSW2（扩展功能/高级功能） ..... 238
6.3.5.5 其他过程数据 ..... 243
6.3.6 功能图和参数 ..... 248

6.4 通过 TM54F 控制 ..... 250
6.4.1 Safety Integrated 功能与 F-DI/TM54F 的分配 ..... 251
6.4.2 故障应答 ..... 251
6.4.3 F-DI 的功能 ..... 252
6.4.4 F-DO 的功能 ..... 254
6.4.4.1 F-DO 的功能 ..... 254
6.4.4.2 信号源 ..... 254
6.4.4.3 功能图和参数 ..... 256

6.5 PROFIsafe 或 TM54F 通讯故障 ..... 257
6.5.1 STOP B 作为与 PROFIsafe 控制通讯故障时的响应 ..... 257
6.5.2 通讯故障时触发 ESR ..... 258

6.6 通过 F-DI 控制扩展功能/高级功能（在 CU310-2 上） ..... 260
6.6.1 Safety Integrated 功能与 F-DI/TM54F 的分配 ..... 261
6.6.2 F-DI 的功能 ..... 262
6.6.2.1 描述 ..... 262
6.6.2.2 F-DI 特性 ..... 263
6.6.2.3 功能图和参数 ..... 264
6.6.3 F-DO 的功能 ..... 264
6.6.3.1 描述 ..... 264
6.6.3.2 F-DO 的信号源 ..... 265
6.6.3.3 “Safe State”信号选择 ..... 266
6.6.3.4 功能图和参数 ..... 266

6.7 自动生效的运动监控 ..... 268
6.8 Safety Info Channel 和 Safety Control Channel ..... 270
6.8.1 Safety Info Channel （SIC） ..... 270
6.8.2 Safety Control Channel （SCC） ..... 270
6.8.3 可能的报文配置 (700、701) ..... 270
6.8.4 组态 ..... 272
6.8.5 应用 ..... 275
6.8.6 用于 SIC 和 SCC 的发送数据 ..... 277
6.8.7 SCC 的接收数据 ..... 281
**7 调试 ..... 283**
7.1 Safety Integrated 固件版本 ..... 283
7.2 参数、校验和、版本 ..... 284
7.3 使用安全口令 ..... 286
7.4 Safety Integrated 功能的 DRIVE-CLiQ 规定 ..... 289
7.5 强制潜在故障检查（Teststop） ..... 291
7.5.1 设置强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 291
7.5.2 执行强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 292
7.5.3 执行强制潜在故障检查 (Teststop) 的时间点示例 ..... 293
7.6 Safety Integrated 和 ESR ..... 294
7.7 Safety Integrated 功能的调试 ..... 296
7.7.1 概述 ..... 296
7.7.2 提示 ..... 297
7.7.3 调试 Safety Integrated 的前提 ..... 298
7.7.4 调试不带编码器的 Safety Integrated 前的预设置 ..... 298
7.7.5 采样时间设置 ..... 300
7.7.5.1 规定 ..... 300
7.7.5.2 重要参数一览 ..... 301
7.8 调试：一般步骤 ..... 303
7.8.1 采用基本设置 ..... 303
7.8.1.1 开始安全调试 ..... 303
7.8.1.2 采用安全基本设置 ..... 303
7.8.1.3 接收设置至驱动 ..... 306
7.8.1.4 修改安全密码 ..... 306
7.8.2 基本功能 ..... 308
7.8.2.1 Startdrive 调试 ..... 308
7.8.2.2 通过直接访问参数进行调试 ..... 310
7.8.3 Extended 和 Advanced Functions ..... 313
7.8.3.1 SS1（扩展功能） ..... 313
7.8.4 综合设置 ..... 314
7.8.4.1 实际值检测/机械系统参数设置 ..... 314

7.8.4.2 配置安全功能的控制方式 ..... 317
7.8.4.3 强制潜在故障检查（Test stop） ..... 319
7.8.4.4 Safety Integrated 设置的功能状态 ..... 321

7.9 调试 CU310-2 ..... 323
7.9.1 调试基本步骤 ..... 323
7.9.2 CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 324
7.9.2.1 检查模式 1： 内部诊断信号检测（被动负载） ..... 326
7.9.2.2 检查模式 2： F-DO 在 DI 中回读（继电器回路） ..... 327
7.9.2.3 检查模式 3： F-DO 在 DI 中回读（执行器反馈） ..... 328
7.9.2.4 测试停机模式的参数 ..... 329

7.10 调试 TM54F ..... 330
7.10.1 调试基本步骤 ..... 330
7.10.2 TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) ..... 331
7.10.2.1 执行强制潜在故障检查 ..... 332
7.10.2.2 检查模式 1： 内部诊断信号检测（被动负载） ..... 334
7.10.2.3 检查模式 2： F-DO 在 DI 中回读（继电器回路） ..... 335
7.10.2.4 检查模式 3： F-DO 在 DI 中回读（执行器反馈） ..... 336
7.10.2.5 强制潜在故障检查模式：功能图和参数 ..... 337

7.11 PROFIsafe 通讯 ..... 338
7.11.1 通过 PROFIBUS 的 PROFIsafe ..... 338
7.11.2 PROFINET 的 PROFIsafe 通讯 ..... 339
7.11.3 通过 Startdrive 配置 PROFIsafe ..... 339
7.11.3.1 选择 PROFIsafe 报文 ..... 340

7.12 模块化的设备方案 Safety Integrated ..... 342

7.13 批量调试提示 ..... 343

7.14 应用示例 ..... 344

**8 验收测试 ..... 347**

8.1 验收测试概述 ..... 348
8.1.1 要求 ..... 348
8.1.2 验收测试的前提条件 ..... 349
8.1.3 验收测试的组成部分 ..... 349
8.1.4 记录 ..... 349
8.1.5 更多信息 ..... 350
8.1.6 验收测试模式 ..... 350

8.2 验收测试的内容和完整度 ..... 351
8.2.1 完整验收测试包含的项目 ..... 351
8.2.2 简化验收测试包含的项目 ..... 354
8.2.3 特定操作下需要进行的验收测试项目 ..... 356
8.2.4 验收时的相关校验和 ..... 358

8.3 Startdrive 验收测试 ..... 360

8.3.1 提示 ..... 360
8.3.2 准备验收测试 ..... 361
8.3.3 执行验收测试（示例） ..... 361
8.3.4 记录并完成验收测试 ..... 363
8.3.5 传输验收测试结果 ..... 365
8.4 Safety 日志 ..... 366
**9 系统特性 ..... 367**
9.1 最新信息 ..... 367
9.2 认证 ..... 368
9.3 安全功能的故障概率 ..... 369
9.4 响应时间 ..... 370
9.4.1 通过模块型功率模块的端子控制 STO 和 SBC ..... 371
9.4.2 由控制单元和电机模块上的端子控制的 SI 基本功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 372
9.4.3 由 PROFIsafe 控制的 SI 基本功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 373
9.4.4 由 TM54F 控制的基本功能 ..... 374
9.4.5 由 PROFIsafe 控制的带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 375
9.4.6 由 TM54F 控制的带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 377
9.4.7 由端子控制的带编码器的 SI 扩展功能（仅限 CU310-2） ..... 378
9.4.8 由 PROFIsafe 控制的不带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 379
9.4.9 由端子控制的不带编码器的 SI 扩展功能（仅限 CU310-2） ..... 381
9.4.10 由 TM54F 控制的不带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 383
9.4.11 由 PROFIsafe 控制的带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 385
9.4.12 由 TM54F 控制的带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 386
9.4.13 由端子控制的带编码器的高级功能（仅限 CU310-2） ..... 387
9.4.14 由 PROFIsafe 控制的不带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2） ..... 388
**10 标准和规定 ..... 389**
10.1 概述 ..... 389
10.1.1 目标 ..... 389
10.1.2 功能安全 ..... 390
10.2 欧洲的机械安全 ..... 391
10.2.1 机械指令 ..... 391
10.2.2 欧洲协调标准 ..... 391
10.2.3 控制系统安全设计相关标准 ..... 393
10.2.4 DIN EN ISO 13849-1 ..... 395
10.2.5 EN 62061 ..... 395
10.2.6 系列标准 IEC 61508（VDE 0803） ..... 397
10.2.7 风险分析/评估 ..... 398
10.2.8 风险降低 ..... 400
10.2.9 遗留风险 ..... 400
10.2.10 欧盟一致性声明 ..... 400

10.3 美国的机械安全 ..... 401
10.3.1 OSHA 的最低要求 ..... 401
10.3.2 NRTL 清单 ..... 402
10.3.3 NFPA 79 ..... 403
10.3.4 ANSI B11 ..... 403
10.4 日本的机械安全 ..... 404
10.5 企业设备规定 ..... 405
10.6 其他和安全相关的事项 ..... 406
10.6.1 同业工伤事故保险联合会的信息页 ..... 406
10.6.2 其它文献 ..... 406
**11 维护 ..... 407**
11.1 组件更换提示 ..... 407
11.1.1 各组件的详细更换信息 ..... 407
11.1.2 使用无编码器的安全功能时更换电机 ..... 409
11.1.3 参数与功能图 ..... 409
11.2 固件升级提示 ..... 410
11.3 SI 故障信息 ..... 411
11.3.1 停止响应 ..... 411
11.3.2 停止响应的优先级 ..... 415
11.3.3 SI 故障信息的应答方式 ..... 417
11.4 信息缓冲器 ..... 419
**A 附录 ..... 421**
A.1 Startdrive 中的可用模块 ..... 421
A.2 缩略语目录 ..... 422
A.3 手册一览 ..... 437
A.4 更新记录 ..... 438
A.5 停机方式 ..... 439
**索引 ..... 443**

# 引言

# 1

## 1.1 SINAMICS 系列变频器

SINAMICS 系列变频器可协助您解决低压、中压以及直流电压范围内的各类驱动任务。从变频器到电机和控制系统，所有西门子驱动组件皆可完美地相互协同作业，并能轻松地与您现有的自动化系统集成一体。SINAMICS 为您开启数字化之路。借助全面覆盖产品研发及生产流程的多样化工具，尤为高效的工程设计系统将使您持续受益。集成的安全技术还为您大大节省了电柜内部空间。

有关 SINAMICS 的详细信息，请参见以下网址 (http://www.siemens.com/sinamics)。

# 1.2 SINAMICS 文档的一般信息

## SINAMICS 文档

SINAMICS 文档分为以下几个类别：

- 通用文档/产品样本
- 用户文档
- 制造商/服务文档

## 标准功能范畴

本文档描述的功能范畴可能和实际提供的驱动系统的功能范畴有偏差。

- 在驱动系统中也可能会运行本文档中未说明的功能。但这并不表示在交付系统时必须提供这些功能以及相关的维修服务。
- 本文档中也可能会描述驱动系统上不存在的功能。提供的驱动系统的功能仅以订购资料为准。
- 机床制造商增添或者更改的功能，必须由机床制造商进行说明。

同样，为使文档简明清晰，本文档并不包含所有产品类型的所有信息，也不能考虑到订货、销售和维护的每种实际情况。

## 目标使用人群

本文档供使用 SINAMICS 驱动系统的机器制造商、调试人员和维修人员使用。

## 优点

本文档介绍了各个使用阶段的必要信息、步骤和/或操作。

## Siemens MySupport/文档

如需了解如何随意组合西门子文档内容以及创建自己的机器文档，可以访问下面的网址 (https://support.industry.siemens.com/My/ww/en/documentation)。

### 更多信息

访问下面的网址 (https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/108993276)获取有关该主题的信息：

- 订购文档/查看印刷品一览
- 进入下载文档的链接
- 使用在线文档（查找搜索手册/信息）

### 技术文档疑问

如果您对技术文档有疑问（例如建议、修改），请发送一份电子邮件到以下地址 (mailto:docu.motioncontrol@siemens.com)。

### 常见问题

有关 SINAMICS 的常见问题（FAQ）请访问产品支持 (https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/ps/faq)。

### 无论在何处都能得到最佳的支持！

使用 Siemens Industry Online Support App 您可随时随地访问超过 30 万个西门子工业领域的产品文件。该应用程序也支持以下应用领域：

- 解决项目实施中出现的问题
- 排除出错故障
- 对设备进行扩展或重新规划

您也可以访问技术论坛以及由我们的专家为您创建的其他文献。

- 常见问题
- 应用示例
- 手册
- 证书
- 产品发布及其他众多事项

Siemens Industry Online Support App 提供 Apple iOS 版和安卓版。

### 铭牌上的二维码

铭牌上的二维码包含了各设备的数据。使用任一智能手机通过 Industry Online Support App 扫描该二维码，便可获取相应设备的技术信息。

### 第三方网页

本印刷品中包含第三方网页链接。西门子对此类网页的内容不承担任何责任，也不会声明或认可此类网页或其内容为西门子所有，因为西门子并不能控制此类网页上的信息，也不对上述网页的内容和信息负责。用户对使用此类网页上的信息自担风险。

## 1.3 适用范围与其文档/工具

| 适用范围 | 文档/工具 |
| --- | --- |
| 定位 | SINAMICS S 销售文档 |
| 设计/配置 | • 选型工具 SIZER<br>• 电机选型手册 |
| 决定/订购 | SINAMICS S120 产品样本<br>• SINAMICS S120 和 SIMOTICS（产品样本 D 21.4）<br>• SINAMICS 变频器，适用于基本型驱动和 SIMOTICS 电机（产品目录 D 31）<br>• SINAMICS 变频器，适用于单轴驱动 - 内置模块 (D 31.1)<br>• SINAMICS 变频器，适用于单轴驱动 - 分布式变频器 (D 31.2)<br>• SINAMICS S210 伺服驱动系统 (D 32)<br>• SINUMERIK 840 机床设备（产品目录 NC 62） |
| 安装/装配 | • SINAMICS S120 控制单元和扩展系统组件手册<br>• SINAMICS S120 书本型功率单元手册<br>• SINAMICS S120 装机装柜型功率部件手册<br>• SINAMICS S120 液冷式装机装柜型功率单元手册<br>• SINAMICS S120 水冷式装机装柜型功率单元（用于共同的冷却回路）手册<br>• SINAMICS S120 风冷式装机装柜型功率单元手册<br>• SINAMICS S120 AC 驱动手册<br>• SINAMICS S120 Combi 设备手册<br>• SINAMICS S120M 分布式驱动技术手册<br>• SINAMICS HLA 液压驱动系统手册 |
| 调试 | • 调试工具 Startdrive<br>• SINAMICS S120 Startdrive 入门指南<br>• SINAMICS S120 Startdrive 调试手册<br>• SINAMICS S120 功能手册“驱动功能”<br>• SINAMICS S120 Safety Integrated 功能手册<br>• SINAMICS S120 功能手册之通讯<br>• SINAMICS S120/S150 参数手册<br>• SINAMICS HLA 液压驱动系统手册 |
| 使用/操作 | • SINAMICS S120 Startdrive 调试手册<br>• SINAMICS S120/S150 参数手册<br>• SINAMICS HLA 液压驱动系统手册 |

| 适用范围 | 文档/工具 |
| --- | --- |
| 维护/维修 | • SINAMICS S120 Startdriveinbet 调试手册<br>• SINAMICS S120/S150 参数手册 |
| 文档目录 | • SINAMICS S120/S150 参数手册 |

## 1.4 有哪些主题？

| 软件 | | 手册 |
|---|---|---|
| 报警 | 按照升序编号进行说明 | SINAMICS S120/S150 参数手册 |
| 参数 | 按照升序编号进行说明 | SINAMICS S120/S150 参数手册 |
| 功能图 | 按照主题范围排序 | SINAMICS S120/S150 参数手册 |
| | 按照升序编号进行说明 | |
| 驱动功能 | | SINAMICS S120 功能手册“驱动功能” |
| 通讯主题 | | SINAMICS S120 功能手册之通讯 2) |
| Safety Integrated | Basic 和 Extended Functions | SINAMICS S120 Safety Integrated 功能手册 |
| | Basic Functions | SINAMICS S120 功能手册“驱动功能” |
| 调试 | 使用 STARTER 调试基本的 SINAMICS S120 驱动 | 入门指南 1) |
| 调试 | 使用 STARTER | SINAMICS S120 调试手册 1) |
| 调试 | 使用 Startdrive 调试基本的 SINAMICS S120 驱动 | Startdrive 入门指南 2) |
| 调试 | Startdrive | SINAMICS S120 Startdrive 调试手册 2) |
| 网络服务器 | | SINAMICS S120 功能手册“驱动功能” |

| 硬件 | | | 手册 |
|---|---|---|---|
| 控制单元与扩展组件 | • 控制单元<br>• 选件板<br>• 端子模块 | • DRIVE-CLiQ 集线器模块<br>• VSM10<br>• 编码器系统连接 | SINAMICS S120 控制单元和扩展系统组件手册 |
| 书本型功率单元 | • 电源进线<br>• 电源模块<br>• 电机模块 | • 直流母线组件<br>• 制动电阻<br>• 控制柜设计 | SINAMICS S120 书本型功率单元手册 |
| 装机装柜型功率部件 | | | SINAMICS S120 装机装柜型功率单元手册，风冷型或液冷型/水冷型 |
| AC 驱动组件 | | | SINAMICS S120 AC 驱动手册 |
| S120 Combi 组件 | | | SINAMICS S120 Combi 设备手册 |
| 通过 LED 进行诊断 | STARTER | | SINAMICS S120 调试手册 1) |
| | Startdrive | | SINAMICS S120 Startdrive 调试手册 2) |

| 硬件 | 手册 |
| --- | --- |
| LED 的含义 | 设备手册 |
| 高频驱动组件 | SINAMICS S120 高频驱动系统手册 |

1) 固件版本 5.1 SP1 及以下

2) 固件版本 5.2 及以上

## 1.5 培训与支持

### 培训

通过以下地址 (http://www.siemens.com/sitrain)可获取有关 SITRAIN 的信息。SITRAIN 为西门子的驱动和自动化产品、系统和解决方案提供培训。

### 技术支持

如需提出技术问题或者创建支持请求，在以下地址 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/sc/4868)下点击“支持请求”并选择“创建请求”。

## 1.6 OpenSSL 的使用

多种 SINAMICS 产品均包含 OpenSSL。此类产品适用：

- 本产品包含了一些由 OpenSSL 项目开发、用于应用在 OpenSSL Toolkit 中的软件 (https://www.openssl.org/)。
- 本产品包括了由 Eric Young 开发的加密软件 (mailto:eay@cryptsoft.com)。
- 本产品包括了由 Eric Young 开发的软件 (mailto:eay@cryptsoft.com)。

## 1.7 基本数据保护准则

### 遵守基本数据保护准则

西门子遵守数据保护准则，特别是数据最小化原则（privacy by design）。

对于该产品的具体含义是：
产品不会处理或存储个人相关数据，技术功能数据除外（例如时间戳）。用户如果将此类数据与其他数据（例如排班表）关联或者将个人相关数据存储在同一介质（例如硬盘）上而产生个人相关性，则应由用户自行确保遵循数据安全法规。

# 基本安全说明 2

## 2.1 基本安全说明

### 2.1.1 一般安全说明

**⚠ 警告**

**未遵循安全说明和遗留风险可引发生命危险**

忽视随附硬件文档中的安全说明和遗留风险会导致重伤或死亡。

- 遵守硬件文档中的安全说明。
- 进行风险评估时应考虑到遗留风险。

**⚠ 警告**

**因参数设置错误或修改参数设置引起机器故障**

参数设置错误可导致机器出现故障，从而导致人员重伤或死亡。

- 采取保护措施，防止未经授权的参数设置。
- 采取适当措施（如驻停或急停）处理可能出现的故障。

### 2.1.2 应用示例的质保规定

应用示例在组态和配置以及各种突发事件方面对设备没有强制约束力，无需一一遵循。应用示例不会提供客户专用的解决方案，仅在典型任务设置中提供保护。

用户自行负责上述产品的规范运行事宜。应用示例并没有解除您在应用、安装、运行和维护时确保安全环境的责任。

### 2.1.3 安全性信息

Siemens 为其产品及解决方案提供了工业信息安全功能，以支持工厂、系统、机器和网络的安全运行。

为了防止工厂、系统、机器和网络受到网络攻击，需要实施并持续维护先进且全面的工业信息安全保护机制。Siemens 的产品和解决方案构成此类概念的其中一个要素。

客户负责防止其工厂、系统、机器和网络受到未经授权的访问。只有在有必要连接时并仅在采取适当安全措施（例如，防火墙和/或网络分段）的情况下，才能将该等系统、机器和组件连接到企业网络或 Internet。

关于可采取的工业信息安全措施的更多信息，请访问 https://www.siemens.com/industrialsecurity (https://www.siemens.com/industrialsecurity)。

Siemens 不断对产品和解决方案进行开发和完善以提高安全性。Siemens 强烈建议您及时更新产品并始终使用最新产品版本。如果使用的产品版本不再受支持，或者未能应用最新的更新程序，客户遭受网络攻击的风险会增加。

要及时了解有关产品更新的信息，请订阅 Siemens 工业信息安全 RSS 源，网址为 https://www.siemens.com/industrialsecurity (https://new.siemens.com/global/en/products/services/cert.html#Subscriptions)。

其他信息请上网查找：

工业安全功能选型手册 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/108862708/en)

**⚠ 警告**

**篡改软件会引起不安全的驱动状态**

篡改软件（如：病毒、木马、蠕虫等）可使设备处于不安全的运行状态，从而可能导致死亡、重伤和财产损失。

- 总是使用最新版本的软件。
- 将自动化和驱动组件集成到设备或机器上的整套先进工业信息安全方案中。
- 全面考虑整套工业信息安全方案中使用的所有产品。
- 采取相应的保护措施（如：使用杀毒软件）防止移动存储设备中的文件受到恶意软件的破坏。
- 在调试结束后，检查所有和安全相关的设置。

## 2.2 Safety Integrated 的基本安全说明

功能手册的相关章节中还包括了本章节中未提及的安全提示和遗留风险。

**⚠ 危险**

**通过 Safety Integrated 降低风险**

通过 Safety Integrated 可降低机器与设备的风险。
但是只有设备厂商严格遵守下述要求时，配备 Safety Integrated 的机械与设备才能确实安全可靠地运行：

- 熟读并遵守本用户技术文档，特别是其中指出的先决条件、安全提示和遗留风险。
- 认真地完成机器与设备的安装和配置工作，并安排专业人员严格执行验收测试、记录测试结果。
- 对机器与设备进行风险分析后，通过 Safety Integrated 功能或其他途径实施并验证分析得出的所有必需安全措施。

请注意，Safety Integrated 功能并不能取代欧盟机械指令中所要求的、应由设备厂商对机械或设备执行的风险评估！
除了使用 Safety Integrated Functions 外，其他的风险防范措施也不可或缺！

**注意**

**通电后启动时 Safety Integrated Functions 失效可引发危险**

Safety Integrated Functions 只有在系统完全启动后才能激活。系统启动是存在较大风险的临界运行状态，出现故障时可导致人员重伤或死亡。

- 请在系统启动期间确保机器安全。

**⚠ 警告**

**自动重启可引发电机意外转动，从而可引发生命危险**

急停功能必须实现标准 EN 60204-1 规定的 0 类停机或 1 类停机（STO 或 SS1）。
设备不可在急停后自动重启，否则电机可意外运动，引发生命危险。
安全功能（Safety Integrated Extended Functions 或 Safety Integrated Advanced Functions）关闭后，视风险分析的结果而定，必要时可允许执行自动重启（例外：急停按钮复位时）。例如在防护门关闭后便可自动启动。

- 确保在上述情况下不会执行自动重启。

**⚠ 警告**

**在变更或更换硬件和/或软件之后启动系统和变频器可导致电机意外转动，从而引发生命危险**

在变更或更换硬件和/或软件组件后，只有在保护装置关闭后才能启动系统和变频器，此时人员不可停留在危险区域。

- 根据组件变更或者更换的程度，可能需要进行部分、完整或简化的验收测试。
- 在再次进入危险区域前，应在两个方向（+/-）上短暂试运行所有轴，以检测控制性能是否稳定。
- **启动时请注意：**
  只有在系统完全启动后才能选择 Safety Integrated Functions。

**⚠ 警告**

**编码器系统的参数设置**

编码器故障是由各种硬件和软件监控功能检测出的。

- 不允许关闭这些监控功能（即：传感器模块中的编码器监控）并且需要小心设置该功能。根据故障类型和响应的监控选择 EN 60204-1 的 0 类或 1 类停机（Safety Integrated 的故障响应功能 STOP A 或 STOP B），参见表格 11-1 停止响应一览 (页 412)。

**说明**

**安全运动监控中的编码器数据组（EDS）切换**

用于 SI 功能的编码器在驱动数据组（DDS）切换时不得随之切换。

SI 功能会检查在数据组切换后和 SI 相关的编码器数据是否改变。如果发现改变，系统会输出故障 F01670，故障值为 10，该故障会导致无法响应的 STOP A。

- 不同数据组内、和 SI 相关的编码器数据必须相同。

**⚠ 警告**

**尽管有发出的信息仍运行变频器**

安全功能激活时会有一系列系统信息，出现这些信息仍可继续运行驱动。该情况下需要立刻排除信息原因。这些信息有：

- A01774 SI Motion CU:需要进行强制潜在故障检查
  A01697 SI Motion:需要进行运动监控测试
  执行所需的强制潜在故障检查。
- F13000 授权不充分
  Extended Functions 或 Advanced Functions 的使用需要购买正式授权，当然您也可以使用试用版。
- A01669 (F, N) SI Motion:电机与功率单元的组合无效
  电机/功率单元组合在 SI-Motion 运行时会导致系统稳定性（故障错误识别）降低。

## 2.3 遗留风险

设备厂商通过故障分析可确定和驱动设备相关的遗留风险。已知的遗留风险如下：

**⚠ 警告**

**短时间运动引起的危险**

逆变器中 2 个晶闸管（一个在上桥臂，一个在下桥臂）同时故障时会引起电机短时间运动。

运动幅度最大可以达到：

- 同步旋转电机：最大运动幅度 = 180 °/极对数
- 同步直线电机：最大运动幅度 = 极宽

**注意**

**短暂超出限值时的转速或位置振动会导致财产损失**

电机超出限值运行时，从驱动器检测到该故障到作出响应这段时间内电机可能会短暂地超过指定转速运行，轴可能会稍稍越过指定的位置，过速或超限幅度取决于驱动器的动态响应和参数设置。

- 对设备进行相应的设计。

**⚠ 警告**

**单编码器系统中的遗留风险**

在设备配备单编码器系统时：

a) 编码器中的某个电气故障或者

b) 编码器中心轴断裂（或编码器联轴器松动）或者编码器外壳固定元件的松动会导致编码器信号处于“稳态”（稳态即编码器不跟踪电机/轴的运动，但是仍会返回正确的电平），但是该故障无法在驱动器静止时（例如：在 SOS 状态中）被检测到。

通常，闭环控制会继续生效，使驱动器保持静止。但从控制技术的角度来说，此时驱动器可能会运行，而这种运行无法被检测到，尤其是在驱动器上悬挂了负载时。

a) 中指出的编码器电气故障风险只存在于按照特定原理工作的少数几种编码器。

- 上述所有故障都必须纳入机械制造商的风险分析中。另外，对于悬挂式/垂直驱动或牵引负载来说还必须采取额外的安全措施，以排除 a) 中指出的故障：
  - 使用生成模拟量信号的编码器或
  - 使用双编码器系统
- 编码器轴打滑或断裂的故障安全检测
  编码器轴打滑或断裂的故障安全检测，可通过（例如）所采集的安全实际值与期待的设定值的合理性检验来实现。如果在定义的时间内实际值不处于可设定的设定值公差带中，则可认定打滑或者编码器与电机的连接断裂。该监控必须在安全用户程序中根据 SIL 2 或 PL d 加以确保。
- 排除 b) 中指出故障的方法有：
  - 针对编码器中心轴的断裂（或针对编码器联轴器松动）以及编码器外壳固定元件松动执行 FMEA，并按照标准如 IEC 61800-5-2 排除故障或
  - 使用双编码器系统（在此情况下编码器不可固定在同一根轴上）。

# SINAMICS Safety Integrated 概述 3

## 3.1 支持的功能

这一章综合介绍了 SINAMICS S120 设备上提供的所有 Safety Integrated Functions。

下文列出的安全功能符合：

- IEC 61508 安全完整性等级 (SIL) 2
- DIN EN ISO 13849-1 3 类
- DIN EN ISO 13849-1 性能等级 (PL) d

安全功能符合 DIN EN 61800-5-2（其中定义的部分）。

---

**说明**

**同时使用 Safety Integrated Functions**

可同时使用所有 Safety Integrated Functions。

例外：SOS 和 SLS 同时激活时，SOS 优先级更高并接收 SLS 的响应。

---

SINAMICS 上有以下几组安全功能：

- Safety Integrated Basic Functions (页 32)
- Safety Integrated Extended Functions (页 33)
- Safety Integrated Advanced Functions (页 34)

### 3.1.1 Safety Integrated 基本功能

Safety Integrated Basic Functions 是变频器的标配功能，不需要额外的授权便可使用。这些功能始终可用。这些功能无需编码器，要使用编码器时对编码器型号也没有特殊要求。

- Safe Torque Off (STO)
  “Safe Torque Off” 是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。STO 可阻止向电机提供能够产生转矩的电能，符合 0 类停机。
- Safe Stop 1（SS1，时间受控）
  “Safe Stop 1” 以 “Safe Torque Off” 功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。
- Safe Brake Control (SBC)
  “Safe Brake Control” 功能用于对抱闸装置进行安全控制。[1) 2)]

[1)]针对装机装柜型功率模块/电机模块：仅产品编号为 ...3 或更高的装机装柜型功率模块/电机模块才支持 SBC 功能。对于此类结构类型还须配备安全制动适配器 SBA。

[2)]针对模块型功率模块/电机模块：模块型功率模块需要一个额外的安全制动继电器（Safe Brake Relay）来使用此功能。

### 3.1.2 Safety Integrated 扩展功能

Safety Integrated Extended Functions 需要额外的 Safety Extended 许可证。同时还要求使用配套的编码器方案（参见章节“带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”）。

- Safe Torque Off (STO)
  “Safe Torque Off” 是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。
- Safe Stop 1（SS1，时间和加速度受控）
  “Safe Stop 1” 以 “Safe Torque Off” 功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。
- Safe Brake Control (SBC)
  “Safe Brake Control” 功能用于对抱闸装置进行安全控制。[1) 2)]
- Safe Operating Stop (SOS)
  “Safe Operating Stop” 用于防止电机意外运行。此时电机处于闭环控制中，没有从电源断开。
- Safe Stop 2 (SS2)
  “Safe Stop 2” 功能用于使电机安全制动并使电机随后过渡至 “Safe Operating Stop” (SOS)。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 2 类停机。
- Safely-Limited Speed (SLS)
  “Safely-Limited Speed” 用于监控电机是否超出了预设的转速/速度限值。
- Safe Speed Monitor (SSM)
  “Safe Speed Monitor” 功能用于安全检测电机在两个运行方向上是否低于速度限值，例如：检测电机速度是否低于静态监控限值。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。
- Safe Direction (SDI)
  “Safe Direction” 用于安全监控电机的运行方向。
- 安全齿轮级切换
  “安全齿轮级切换”功能可实现不同齿轮级之间的安全切换。切换只可通过 PROFIsafe 进行。
- Safely-Limited Acceleration (SLA)
  和 SLS 类似，“Safely-Limited Acceleration”监控加速度，在超限时动作。但 SLA 无法阻止短时间的加速度超限情况。
- Safe Brake Test (SBT)
  “Safe Brake Test” **诊断功能**（SBT，安全制动测试）用于检测制动（运行制动或抱闸制动）是否达到所需的制动转矩。

[1]针对装机装柜型功率模块/电机模块：仅产品编号为 ...3 或更高的装机装柜型功率模块/电机模块才支持 SBC 功能。对于此类结构类型还须配备安全制动适配器 SBA。

[2]针对模块型功率模块/电机模块：模块型功率模块需要一个额外的安全制动继电器（Safe Brake Relay）来使用此功能。

### 3.1.3 Safety Integrated 高级功能

Safety Integrated 高级功能需要额外的 Safety Advanced 许可证。同时还要求使用配套的编码器方案（参见章节“带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”）。

- Safely-Limited Position (SLP)
  “Safely-Limited Position”用于确保电机在规定范围内运行，该范围可自由定义。
- Safe Position (SP)
  借助“Safe Position (SP)”功能变频器可将安全位置通过 PROFIsafe 传送给上级控制器。
- Safe Cam (SCA)
  当驱动位于指定的位置区域时，“Safe Cam”（安全凸轮）功能能输出安全信号。借助此功能可以实现轴专用的安全范围检测。

## 3.2 支持功能：HLA 模块

SINAMICS HLA 支持以下 Safety Integrated 功能：

- Safety Integrated Basic Functions
- Safety Integrated Extended Functions
- Safety Integrated Advanced Functions

**说明**

**仅支持“线性轴”**

SINAMICS HLA 仅支持“线性轴”这一轴类型。

**说明**

**调试**

SINAMICS HLA 只能使用 STARTER 进行调试。

**电气驱动和液压驱动说明的对比**

在功能手册“Safety Integrated”中，Safety Integrated Functions 是从电气驱动视角说明的。不过这些说明也大体适用于“液压”领域。驱动对象 HLA 的参数和信息请见 SINAMICS S120/S150 参数手册。

**参见**

HLA:Safety Integrated 基本功能 (页 36)

HLA:Safety Integrated 扩展功能 (页 37)

HLA:Safety Integrated 高级功能 (页 38)

### 3.2.1 HLA:Safety Integrated 基本功能

Safety Integrated Basic Functions 是变频器的标配功能，不需要额外的授权便可使用。这些功能始终可用。这些功能无需编码器，要使用编码器时对编码器型号也没有特殊要求。

- Safe Torque Off (STO)
  “Safe Torque Off” 是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。STO 可阻止向阀门提供能够产生力的电能，符合 0 类停机。
- Safe Stop 1（SS1，时间受控）
  “Safe Stop 1” 以 “Safe Torque Off” 功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。

### 3.2.2 HLA:Safety Integrated 扩展功能

SINAMICS HLA 支持以下 Safety Integrated Extended Functions：

- Safety Integrated Extended Functions 需要额外的 Safety Extended 许可证。Extended Functions 同时还要求使用配套的编码器方案（参见章节“带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”）。

**说明**

**仅支持“带编码器”的 Safety Integrated**

SINAMICS HLA 仅支持“带编码器”的 Safety Integrated Extended Functions。

这类功能要求变频器上安装安全功能授权。Extended Functions 同时还要求使用配套的编码器。

**说明**

**SINAMICS HLA 的编码器类型**

SINAMICS HLA 支持下列编码器类型

- 单编码器系统
  - 安全配套的 DRIVE-CLiQ 编码器
  - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1 $V_{SS}$，纯模拟量信号处理）
- 双编码器系统
  - 带 DRIVE-CLiQ 接口的编码器
  - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1 $V_{SS}$，纯模拟量信号处理）
  - 通过 SMC30 连接的 HTL/TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）
  - 通过 HLA 模块上的板载接口连接的 TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）

- Safe Torque Off (STO)
  “Safe Torque Off” 是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。
- Safe Stop 1（SS1，时间和加速度受控）
  “Safe Stop 1” 以 “Safe Torque Off” 功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。
- Safe Operating Stop (SOS)
  “Safe Operating Stop ”用于防止电机意外运行。此时电机处于闭环控制中，没有从电源断开。
- Safe Stop 2 (SS2)
  “Safe Stop 2” 功能用于使阀门安全制动并使它随后过渡至 “Safe Operating Stop” (SOS)。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 2 类停机。
- Safely-Limited Speed (SLS)
  “Safely-Limited Speed” 用于监控电机是否超出了预设的速度限值。

- Safe Speed Monitor (SSM)
  “Safe Speed Monitor” 功能用于安全检测电机在两个运行方向上是否低于速度限值，例如：检测电机速度是否低于静态监控限值。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。
- Safe Direction (SDI)
  “Safe Direction” 用于安全监控电机的运行方向。
- Safely-Limited Acceleration (SLA)
  和 SLS 类似，“Safely-Limited Acceleration”监控加速度，在超限时动作。但 SLA 无法阻止短时间的加速度超限情况。

### 3.2.3 HLA:Safety Integrated 高级功能

Safety Integrated 高级功能需要额外的 Safety Advanced 许可证。同时还要求使用配套的编码器方案（参见章节“带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”）。

- Safely-Limited Position (SLP)
  “Safely-Limited Position” 用于确保电机在规定范围内运行，该范围可自由定义。
- 安全位置的传送 (SP)
  借助“安全位置 (SP)”功能变频器可将安全位置通过 PROFIsafe 传送给上级控制器。
- Safe Cam (SCA)
  当驱动位于指定的位置区域时，“Safe Cam”（安全凸轮）功能能输出安全信号。借助此功能可以实现轴专用的安全范围检测。

# 3.3 集成了安全功能的驱动器产品

| | 应用<br>固定<br>转速 | | 调速应用 | | | | | | 高性能和<br>运动控制<br>应用 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SIMATIC ET 200S 电机起动器 | SIMATIC ET 200pro 电机起动器 | SIMATIC ET 200pro FC-2 | SINAMICS G120C | SINAMICS G120 | SINAMICS G120D | SINAMICS G130 | SINAMICS G150 | SINAMICS S110 | SINAMICS S120 | SINAMICS S150 |
| 集成安全功能，符合 IEC 61800-5-2 | | | | | | | | | | | |
| STO<br>Safe Torque Off | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SS1<br>Safe Stop 1 | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SBC<br>Safe Brake Control | - | - | - | - | 支持[3] | - | 支持[3] | 支持[3] | 支持[4] | 支持[3][4][6] | 支持[3] |
| SOS<br>Safe Operating Stop | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SS2<br>Safe Stop 2 | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SLS<br>Safely-Limited Speed | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SSM<br>Safe Speed Monitor | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SDI<br>Safe Direction | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| SLP<br>Safely-Limited Position | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 | - | 支持 | 支持 |
| SCA<br>Safe Cam | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 | - | 支持 | 支持 |
| SLA<br>Safely-Limited Acceleration | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 |
| 集成的安全诊断功能 | | | | | | | | | | | |
| SBT<br>Safe Brake Test | - | - | - | - | - | - | 支持 | 支持 | - | 支持[8] | 支持 |
| 故障安全接口 | | | | | | | | | | | |
| PROFIBUS/PROFINET，采用 PROFIsafe 协议 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| 故障安全输入 | 支持，配备外部组件 | | | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持[5] | 支持[5] | 支持[5] |
| 故障安全输出 | - | - | - | - | 支持[5] | 支持 | 支持[5] | 支持[5] | 支持 | 支持[5] | 支持[5] |
| 认证 | | | | | | | | | | | |
| EN ISO 13849-1 | 4 类/ PL e | 4 类/ PL e | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d[7] | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d | 3 类/ PL d[7] | 支持 |
| IEC 61508 | SIL 3 | SIL 3 | SIL 2 | SIL 2 | SIL 2[7] | SIL 2 | SIL 2 | SIL 2 | SIL 2 | SIL 2[7] | SIL 2 |
| NFPA 79 | 支持 | 支持 | - | - | - | - | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 | - |
| NRTL 列名认证 | 支持 | 支持 | - | - | - | - | - | - | - | 支持[1] | - |

[1] 只用于 SINAMICS S120 书本型
[2] 只用于带 Safe Brake Relay 的 CU250S-2
[3] 用于带 Safe Brake Adapter 的装机装柜型和机柜型模块
[4] CU305, CU310-2/SIMOTION D410-2, CUA31/CUA32:带 Safe Brake Relay
[5] CU320-2、G130、G150：使用 TM54F 时
CU310-2：板载接口或 TM54F
[6] 在 SINAMICS HLA 上不可用
[7] 通过功率模块 PM240-2 端子控制的 STO：4 类/PL e，SIL 3
通过控制单元端子控制的 STO 及所有其他安全功能：3 类/PL d，SIL 2
[8] 仅带有控制单元 CU250S-2

本手册内容

## 3.4 安全/诊断功能应用示例

| 安全功能 | 应用示例 | 解决办法 |
|---|---|---|
| STO | 只有在电机转矩被安全封锁后才打开防护门。 | • 通过端子或 PROFIsafe 来选中变频器中的 STO。<br>• 脉冲被封锁，电机缓慢停转。 |
| | 操作一个中央急停按钮来防止多台电机意外加速。 | 配备一个中央控制器，该控制器分析急停按钮的状态，通过 PROFIsafe 选中变频器内的 STO 。 |
| SS1 | 按下急停键后驱动会尽可能快地制动。静止的电机不允许意外加速。 | 通过安全输入或通过 PROFIsafe 选择变频器中的 SS1 。 |
| SBC | 必须保证对电机抱闸的安全控制，以确保电机静止。 | SBC（设置好后）会和 STO 一同触发。然后电机模块/Safe Brake Relay/Safe Brake Adapter 执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。 |
| SOS | 必须对电机的静止位置进行监控并确保该位置安全。 | 例如：通过 SS2 选择 SOS，从而在制动后对电机的静止位置进行监控。 |
| SS2 | 按下急停键后驱动会尽可能快地制动。必须对电机的静止位置进行监控并确保该位置安全。 | 通过安全输入或通过 PROFIsafe 选择变频器中的 SS2。 |
| SLS | 机床操作员要在打开防护门后进入机床，在危险区域中借助操作按钮来慢慢移动水平传送带。 | 选中变频器中的 SLS 。变频器会限制并监测水平传送带的移动速度。 |
| | 主轴驱动器不能超过规定的最大转速，最大转速取决于选中的加工刀具。 | 通过 PROFIsafe 选中变频器中的 SLS 以及对应的 SLS 级别。 |
| SSM | 确保只有在低于用户定义的转速时才加注离心机。 | 在 Extended Functions 使能后，可以一直使用 SSM[1)]。不一定要选中该功能。<br>变频器会对离心机的转速进行安全监控并通过使用状态位“SSM 状态”来使能过程链中的后续动作。<br>[1)] 例外：自动生效的运动监控 (页 268) |

| 安全功能 | 应用示例 | 解决办法 |
| --- | --- | --- |
| SDI | 确保只有在电机处于安全的运动方向（如远离操作员移动）时，才可以开启防护门。 | 选中变频器中的 SDI，通过变频器的状态位 (PROFIsafe) 来使能防护门。 |
| | 确保只有电机处于安全的旋转方向时，才可以更换压力气缸的托盘。 | 选中变频器中的 SDI 。禁止危险的旋转方向。 |
| | 确保在激活防夹保护之后，卷帘门只在一个方向滚动。 | |
| | 确保处于限位开关上的起重机小车只在反方向启动，不会越过限位开关。 | |
| 安全齿轮级切换 | 在带有齿轮箱的机器上必须确保齿轮级的切换。 | “安全齿轮级切换”功能可确保齿轮级之间的安全切换。 |
| SLA | 驱动在调试时不可以超出允许的加速度。 | 选中变频器中的 SLA。变频器会限制并监测电机的加速度。 |
| SLP | 电机运行不允许超出规定区域。 | 选中变频器中的 SLP；封锁不安全的运行区域 |
| SP | 在以下应用中需传送“安全位置”：<br>● 安全限位开关<br>● 计算安全速度<br>● 轴优先安全方案<br>– 多维保护区<br>● 区域方案<br>– 安全响应取决于轴的位置<br>– 传感器的不同响应 | 选择变频器中的 SP 。一个安全位置（即绝对位置或相对位置）可通过 PROFIsafe 传给上级控制器。 |
| SCA | 确保只有当电机位于特定的位置区域时，才可以打开防护门。 | ● 选择 SCA<br>● 基于通过 PROFIsafe 的 SCA 反馈信息联锁防护门 |
| | 当驱动位于特定的位置区域时，才允许以降低的速度运行。 | ● 选择 SCA<br>● 基于通过 PROFIsafe 的 SCA 反馈信息激活 SLS 档位 |

| 诊断功能 | 应用示例 | 解决办法 |
| --- | --- | --- |
| SBT | 磨损会减弱制动效果。 | “Safe Brake Test SBT”功能可以确定制动是否达到了要求的制动效果。 |

## 3.5 Safety Integrated 激活时组件运行的常规注意事项

不允许插拔部件。插拔 Safety Integrated 部件可导致功能故障，但此时并不会退出故障安全状态。这样，在该过程之后，系统不会重新建立 PROFIsafe 通讯。

因此，**禁止**在 Safety Ingetrated 部件处于运行**和**激活的状态下插拔这些部件（功率单元、编码器模块、TM54F）。在所有情况下，激活组件都要求给系统重新上电。（参见章节“模块化的设备方案 Safety Integrated (页 342)”）。

## 3.6 电机带/不带编码器时的监控

电机不带编码器或者不带支持安全功能的编码器时，不是所有的 Safety Integrated Functions 都能投入使用。

**说明**

**定义：“不带编码器”**

为方便说明，本手册中的“不带编码器”统一代指不带编码器和不带支持安全功能的编码器这两种情况。

在不带编码器的运行模式中，速度实际值是由测量出的电气实际值计算得出的。在不带编码器的运行模式中也可以进行速度监控。

表格 3-1 Safety Integrated Functions 一览

| | 功能 | 缩写 | 带编码器 | 不带编码器 | 简要说明 |
|---|---|---|---|---|---|
| Basic Functions | Safe Torque Off | STO | 支持 | 支持 | 安全转矩关闭 |
| | Safe Stop 1 | SS1 | 支持 | 支持 | 符合停机类别 1 的安全停机 |
| | Safe Brake Control | SBC | 支持 | 支持 | 安全制动控制 |

| | 功能 | 缩写 | 带编码器 | 不带编码器 | 简要说明 |
|---|---|---|---|---|---|
| Extended Functions | Safe Torque Off | STO | 支持 | 支持 [1)] | 安全转矩关闭 |
| | Safe Stop 1 | SS1 | 支持 | 支持 [1)] | 符合停机类别 1 的安全停机 |
| | Safe Brake Control | SBC | 支持 | 支持 [1)] | 安全制动控制 |
| | Safe Operating Stop | SOS | 支持 | 不支持 | 静止位置的安全监控 |
| | Safe Stop 2 | SS2 | 支持 | 不支持 | 符合停机类别 2 的安全停机 |
| | Safely-Limited Speed | SLS | 支持 | 支持 [1)] | 最大速度的安全监控 |
| | Safe Speed Monitor | SSM | 支持 | 支持 [1)] | 最小速度的安全监控 |
| | Safe Direction | SDI | 支持 | 支持 [1)] | 运行方向的安全监控 |
| | 安全齿轮级切换 | – | 支持 | 不支持 | – |
| | 安全回参考点 | SR | 支持 | 不支持 | 安全回参考点 |
| | Safely-Limited Acceleration | SLA | 支持 | 不支持 | 安全限制加速 |
| | Safe Acceleration Monitor | SAM | 支持 | 支持 [1)] | 驱动器加速度的安全监控 |
| | Safe Brake Ramp | SBR | 支持 | 支持 [1)] | 安全制动斜坡 |
| | **诊断功能** Safe Brake Test | SBT | 支持 | 不支持 | 用于检查制动是否达到要求的制动转矩的安全测试 |

| | 功能 | 缩写 | 带编码器 | 不带编码器 | 简要说明 |
|---|---|---|---|---|---|
| Advanced Functions | Safely-Limited Position | SLP | 支持 | 不支持 | 安全限制位置 |
| | 安全位置的传送 | SP | 支持 | 支持 [1)] | 安全位置的传送 |
| | Safe Cam | SCA | 支持 | 不支持 | 安全凸轮 |

[1)] 只有以下电机才支持不带编码器的的安全功能：

- 异步电机
- SIMOTICS A-1FU 系列同步电机（从前的：SIEMOSYN）
- 同步磁阻电机

Safety Integrated Functions 的配置以及带或不带编码器监控的选择在调试工具 Startdrive 中的安全窗口中完成。

# Safety Integrated 功能一览

# 4

## 4.1 Safety Integrated 基本功能

**说明**

**Basic Functions 不需要编码器**

Safety Integrated Basic Functions 是用于驱动安全停止的功能。因此无需编码器。

**说明**

**Basic Functions 的使用范围**

Basic Functions 可供同步电机和异步电机使用，无论电机是否配备编码器，采用何种控制方式并且没有其他限制条件。

**说明**

**通过 TM54F 控制**

如需通过 TM54F 控制 Safety Integrated Basic Functions，请设置 p9601.6 = 1。

本章节可使初次使用者快速了解安全功能的基本工作原理。

安全功能说明从介绍 EN61800-5-2 标准中的定义和应用功能的简单示例开始。

功能描述尽量简单明了，以清晰解释重要属性和设置。

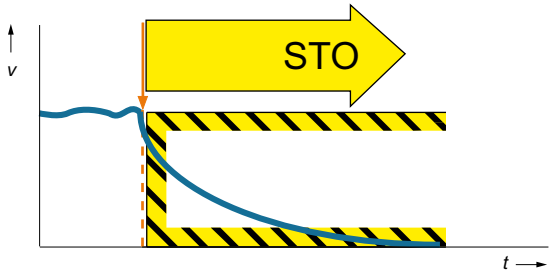
有关各功能的详细信息请见以下章节：

- Safe Torque Off (STO) (页 48)
- Safe Stop 1 (SS1) (页 49)
- Safe Brake Control (SBC) (页 50)

### 4.1.1 Safe Torque Off (STO)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“该功能 STO 可阻止向电机提供可产生转矩的电能。”



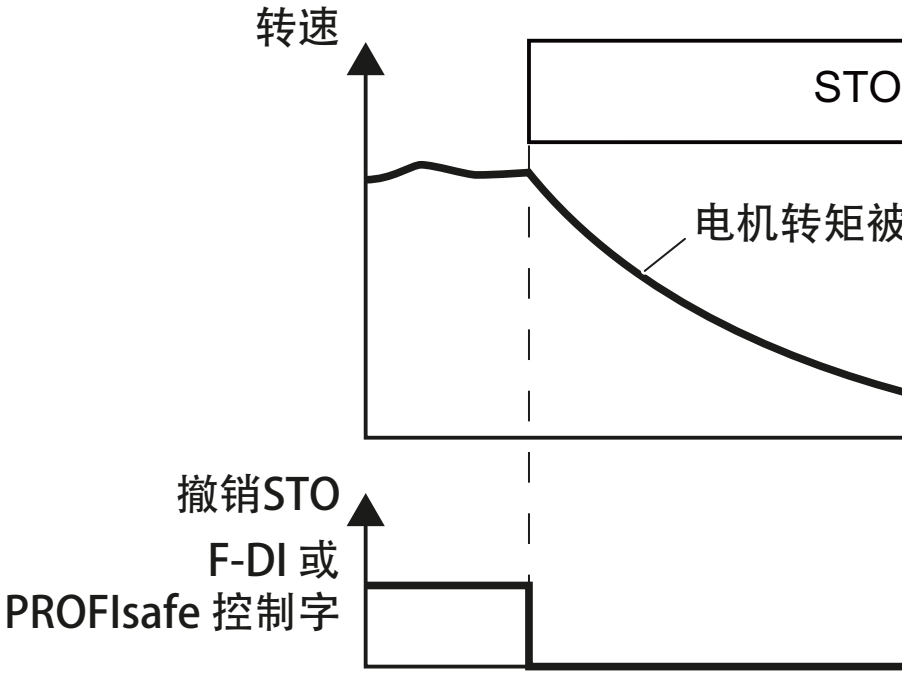

**功能应用实例**

| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 只有在电机转矩被安全封锁后才打开防护门。 | • 选中变频器中的 STO。<br>• 脉冲被封锁，电机缓慢停转。 |

**STO 具体是怎么工作的？**

变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 STO 的选择。

在此之后变频器会安全切断已接通电机的转矩。



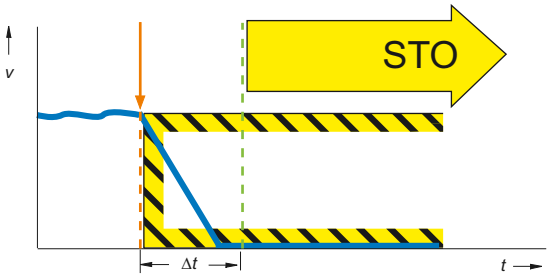
**详细信息和参数设置**

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Torque Off (STO) (页 80)”。

## 4.1.2 Safe Stop 1 (SS1)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“功能 SS1 制动电机并在延迟时间届满后触发功能 STO。”



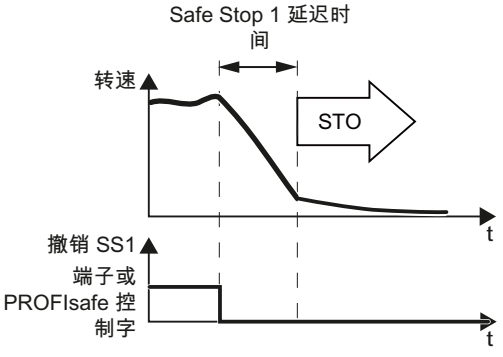

**功能应用示例**

| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 需要通过按下急停按钮使驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。 | • 急停按钮连接一个故障安全输入。<br>• SS1 通过故障安全输入选择。 |
| 需要通过按下一个中央急停按钮来使多台驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。 | • 在中央控制系统中检测急停按钮的状态。<br>• 通过 PROFIsafe 选择 SS1 。 |

**SS1 具体是怎么工作的？**

**一览**

在选择“Safe Stop 1”后变频器使电机制动，并在延时结束后使电机进入“Safe Torque Off”（STO）状态。



### 选择 SS1

一旦变频器通过端子或安全通讯 PROFIsafe 检测出 SS1 选择，就会执行以下动作：

- 如果电机在选择 SS1 时已经关闭，那么在 SS1 延时届满前不会有任何响应。延时届满后，STO 生效。
- 如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 OFF3 斜降时间对电机进行制动。在延迟时间届满后会自动触发 STO。

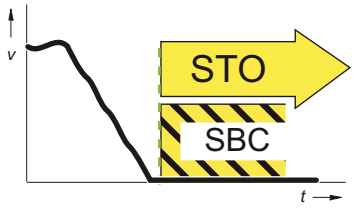
### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Stop 1 (SS1, 时间受控) (页 86)”。

## 4.1.3 Safe Brake Control (SBC)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SBC 功能提供了一个用于控制抱闸的安全输出信号。”




Safe Brake Control(SBC)

### 功能应用示例

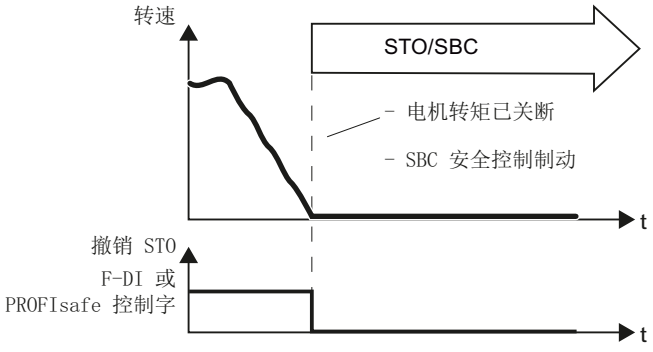
| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 必须保证对电机抱闸的安全控制，以确保电机静止。 | SBC（设置好后）会和 STO 一同触发。 然后电机模块/安全制动继电器/安全制动适配器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。 |

### SBC 具体是怎么工作的？

变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 STO 的选择。

在此之后变频器会安全切断已接通电机的转矩。

SBC（设置好后）会和 STO 一同触发。然后电机模块/安全制动继电器/安全制动适配器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。




### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Brake Control (SBC) (页 89)”。

## 4.2 Safety Integrated 扩展功能

本章节可使初次使用者快速了解安全功能的基本工作原理。

安全功能说明从介绍 EN61800-5-2 标准中的定义和应用功能的简单示例开始。

功能描述尽量简单明了，以清晰解释重要属性和设置。

有关各功能的详细信息请见以下章节：

- Safe Torque Off (STO) (页 54)
- Safe Stop 1 (SS1) (页 54)
- Safe Operating Stop (SOS) (页 57)
- Safe Stop 2 (SS2) (页 58)
- Safely-Limited Speed (SLS) (页 60)
- Safe Speed Monitor (SSM) (页 67)
- Safe Direction (SDI) (页 69)
- Safe Brake Test (SBT) (页 72)
- Safely-Limited Acceleration (SLA) (页 71)

### 4.2.1 Safety Integrated 扩展功能的使用前提

- 运行**每个**带有 Safety Integrated Extended Functions 的轴都需要获得**一个**授权。
- 运行**每个**带有 Safety Integrated Advanced Functions 的轴都需要获得**一个**授权。Safety Integrated Advanced Functions 的授权中也包含了 Safety Integrated Extended Functions 的授权。
- 支持 Extended/Advanced Functions 的硬件组件有：
  - 控制单元 CU320-2
  - 控制单元 CU310-2
  - SINAMICS HLA
  - 紧凑书本型电机模块
  - 书本型电机模块 C/D 型，产品编号：-..C. 或 -..D.
  - 书本型电机模块，产品编号最后一位为：-...3 或以上
  - 装机装柜型电机模块，产品编号最后一位为：-...3 或以上
  - 机柜型电机模块，产品编号最后一位为：-...2 或以上
  - 模块型功率模块
  - 控制单元适配器 CUA31，从以下产品编号起：6SL3040-0PA00-0AA1
  - 控制单元适配器 CUA32，从以下产品编号起：6SL3040-0PA01-0AA0
  - 用于带编码器的安全功能：
    电机带有 sin/cos 编码器和 DRIVE-CLiQ 编码器信号转换模块或编码器模块 SMC20、SME20/25/120/125；方波信号编码器，带编码器模块 SMC30；EnDat-2.2 编码器，带编码器模块 SMC40
    允许的编码器列表参见网址：
    允许的编码器 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/)
    在网页中输入关键词 **33512621** 或联系您所在地区的西门子办事处。

### 4.2.2 控制方式

Safety Integrated Extended Functions 的控制方式有以下几种：

- PROFIsafe
- TM54F
- 板载 F-DI (CU310-2)
- 自动生效（自动生效的 Safety Integrated）

关于控制方式的详细信息，参见章节“安全功能控制 (页 211)”。

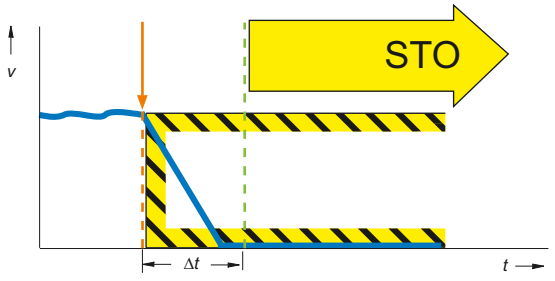
### 4.2.3 Safe Torque Off (STO)

STO 的控制方式和工作方式在“Safe Torque Off (STO) (页 80)”一章中有详细说明。

### 4.2.4 Safe Stop 1 (SS1)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“功能 SS1 可对电机进行制动，监测电机减速度是否在定义的限值范围内，延迟时间结束后或低于转速阈值后触发功能 STO。”




**功能应用示例**

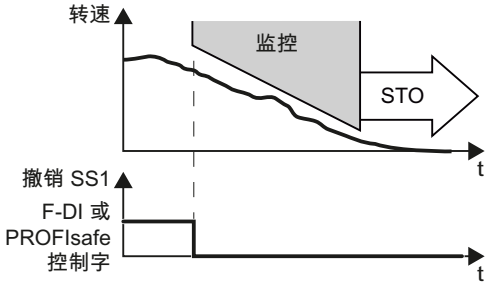
| 示例 | 解决办法 |
| --- | --- |
| 需要通过按下急停按钮使驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。 | • 急停按钮连接一个故障安全输入。<br>• SS1 通过故障安全输入选择。<br>• SS1 对驱动器进行制动并使其进入 STO 状态。 |
| 需要通过按下一个中央急停按钮来使多台驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。 | • 在中央控制系统中检测急停按钮的状态。<br>• 通过 PROFIsafe 选择 SS1 。<br>• SS1 对驱动器进行制动并使其进入 STO 状态。 |

## SS1 具体是怎么工作的？

### 概述

借助功能 SS1 变频器可使电机制动并监控转速大小。

如果电机转速足够低或是延迟时间已届满，变频器可通过 STO 安全封锁电机转矩。




## 选择 SS1

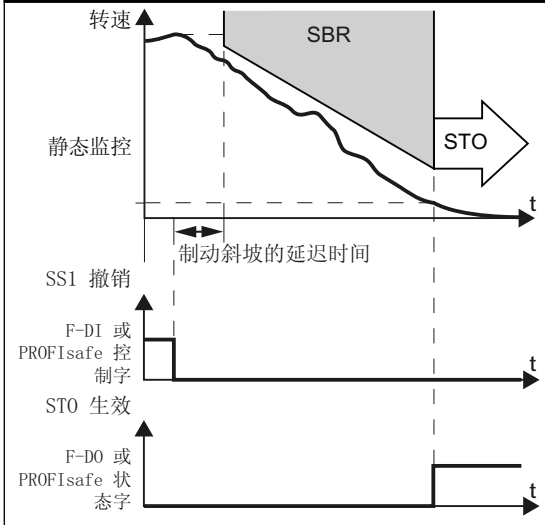
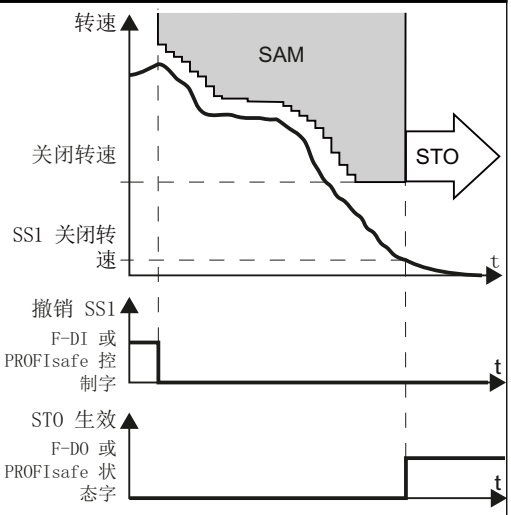
只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别到选择了 SS1，就会产生以下作用：

- 如果电机在选择 SS1 时已经被关闭，变频器会安全切断电机转矩 (STO)。
- 如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 AUS3 斜降时间对电机进行制动。

### 监控模式

在**带**或**不带**编码器的 Extended Functions 中，SS1 有 2 种不同的监控模式供选择：

- “制动斜坡监控” (Safe Brake Ramp, SBR)
- “加速监控” (Safe Acceleration Monitor, SAM)

| **制动监控**<br>**（带或不带编码器的功能）** | **加速监控**<br>**（带或不带编码器的功能）** |
|---|---|
|  |  |
| • 变频器通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能监控电机转速是否减小了。<br>• 功能 SBR 的斜率可以由参考速度和斜降时间设置。SBR 功能在“制动斜坡延时”后才开始。<br>• SBR 功能从选中 SS1 功能时生效的转速设定值开始。<br>• 当变频器识别到转速低于阈值（静态监控阈值）时，变频器会安全封锁电机转矩 (STO)。 | • 变频器通过功能 SAM 监控电机转速。<br>• 变频器连续跟踪不断降低的转速，从而避免电机重新加速。<br>• SAM 在电机减速到“停机转速”时结束。<br>• 如满足以下条件之一，变频器会安全切断电机转矩 (STO)：<br>– 转速超过了 SS1 关机速度。<br>– 直到切断转矩的最长等待时间已届满。 |

**说明**

**带外部停止的 SS1（SS1E）**

使用 SS1E 时，SBR 和 SAM 这两种监控都不会生效。执行 SS1E 时，电机必须在延迟时间之内减速至静止，如通过 CPU 的一个用户程序。延迟时间届满后，STO 生效。

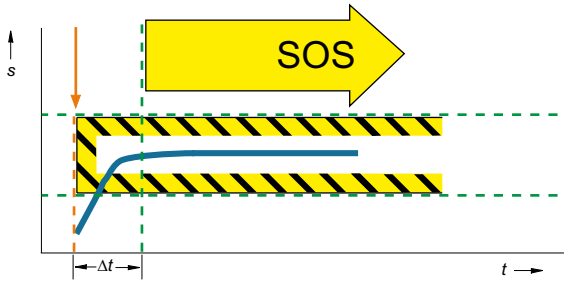
## 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Stop 1 (SS1) (页 109)”。

## 4.2.5 Safe Operating Stop (SOS)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SOS 功能用于对驱动静止位置进行安全监控。”




### 功能应用示例

| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 只有在电机静止时，才允许打开防护门。 | • 选择 SOS<br>• 在设置的选择 SOS 至其生效的时间内，叠加控制器使轴（如位置控制）减速至静止。<br>• 之后系统会通过 SOS 功能对静态进行安全监控。 |

### SOS 具体如何工作？

在 SOS 激活时，不需关闭设备就可以进入采取了防护措施的设备区域。

在选中了 SOS 且参数设置的延迟时间届满后，SOS 生效。在此延迟时间内驱动必须减速到静止，例如在控制系统的控制下。

电机是否静止是由 SOS 公差窗口监控的。SOS 生效时的当前实际位置会一直保存为“比较位置”，直到 SOS 再次被撤销。在撤销 SOS 后电机立即开始运行，没有延迟。

超出静态公差窗口时，SS1 会使电机减速至静止。

**说明**

**和 SS1/SS2 不同，SOS 并不会单独使电机制动**

设定值由控制器给出。

控制器中的用户程序中必须写入对“SOS 已选”位的响应动作，使控制器能在延迟时间之内使电机静止。

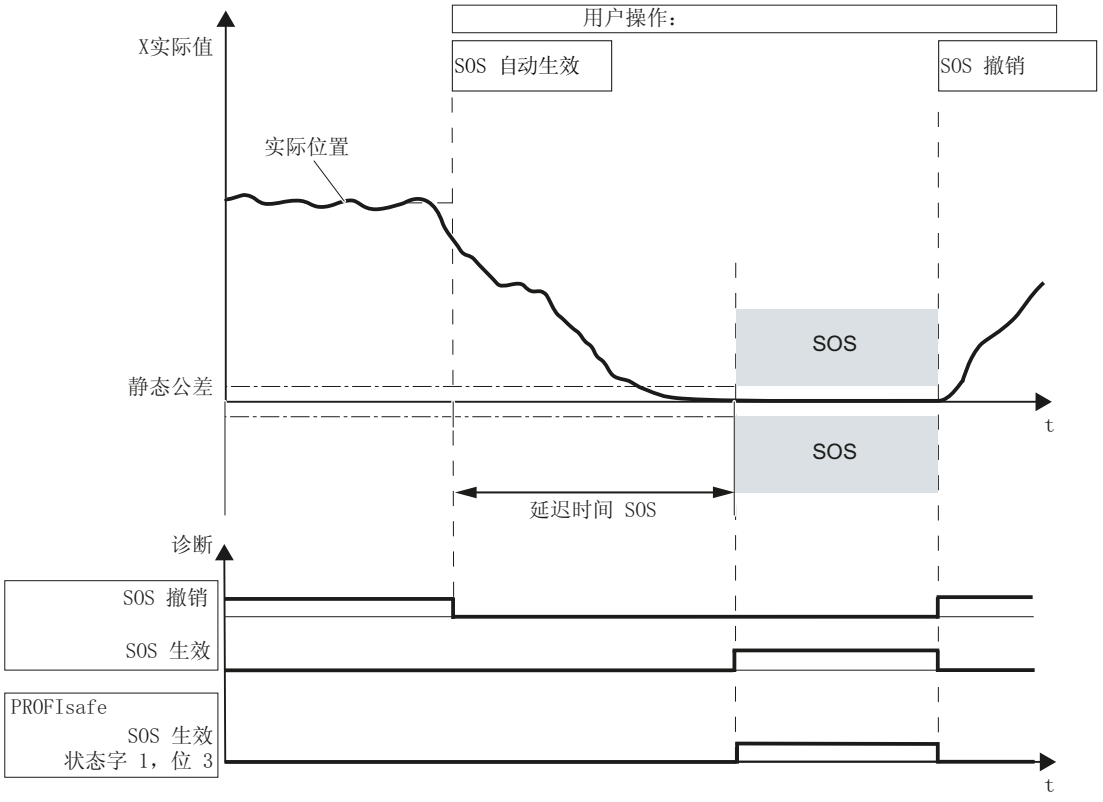



图 4-1　静态公差

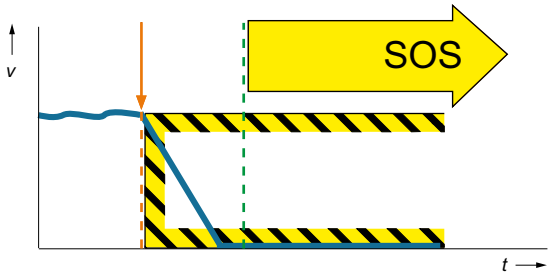
**详细信息和参数设置**

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Operating Stop (SOS) (页 114)”。

## 4.2.6　Safe Stop 2 (SS2)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“功能 SS2 可对电机进行制动，监测电机减速度是否在定义的限值范围内，延迟时间结束后触发功能 SOS。”



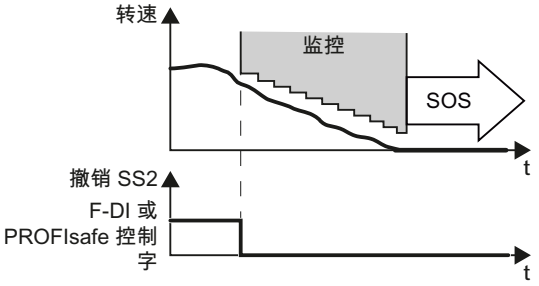
### 功能应用示例

| 示例 | 解决办法 |
| --- | --- |
| 只有在电机静止时，才允许打开防护门。 | • 通过端子或 PROFIsafe 来选中变频器中的 SS2 。<br>• 制动后变频器进入 SOS 状态。之后防护门才能被打开。 |

### SS2 具体是怎么工作的？

SS2 用于监控负载转速，并在 SS2 延迟时间结束后触发 SOS 功能。

SS2 监控 OFF3 斜坡上的制动过程。它会识别出错误的加速过程，然后通过 STO 将驱动器停机。




电机在转矩控制中运行时，一旦选中 SS2 变频器便从转矩控制切换到转速控制。

**说明**

**带外部停止的 SS2（SS2E）**

使用 SS2E 时，SBR 和 SAM 这两种监控都不会生效。执行 SS2E 时，电机必须在延迟时间之内减速至静止，如通过 CPU 的一个用户程序。延迟时间届满后，SOS 生效。

### 工作时序详细信息

故障安全回路（如：F-CPU）通过一个故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SS2。

- 如果在选择 SS2 功能时电机已经处于静止状态，变频器会在延迟时间结束后激活 Safe Operating Stop（SOS）功能。
- 如果选择 SS2 时电机不是处于静止状态，则会通过 OFF3 斜坡制动。根据 p9506 中的设置通过以下其中一个功能监控制动过程：
  - “Safe Acceleration Monitor (SAM)”
    错误的加速过程因此会被识别出来。
  - “Safe Brake Ramp (SBR)”
    发现超出了制动斜坡。

  延迟时间结束后，变频器激活 Safe Operating Stop （SOS） 功能。该功能可安全监控驱动器的静止状态。

**制动时序图**

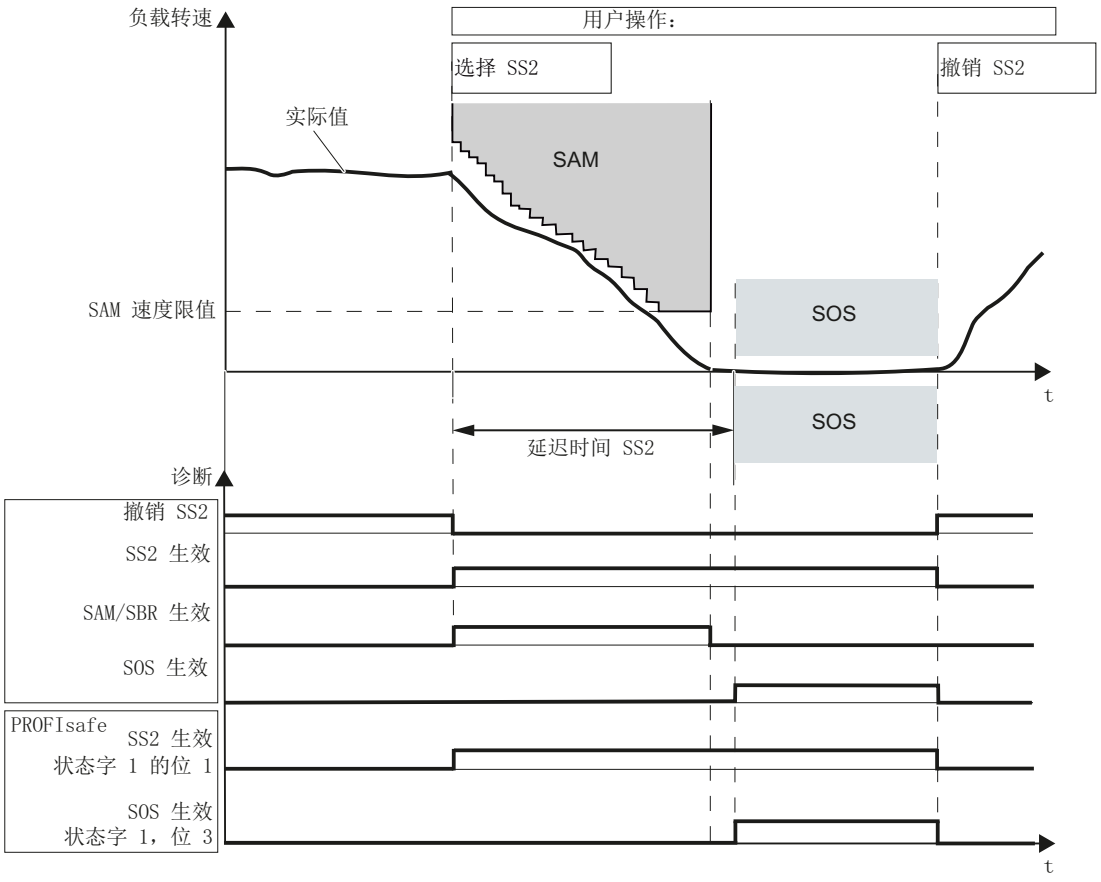



图 4-2　安全功能 SS2 的制动时序图与诊断信号（带 SAM 的 SS2）

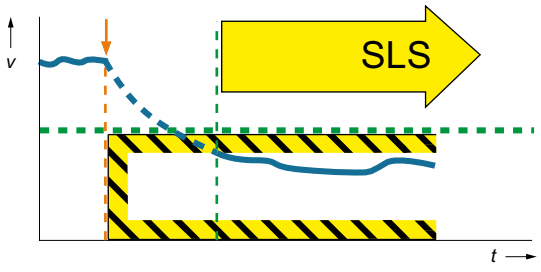
**详细信息和参数设置**

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Stop 2 (SS2) (页 116)”。

## 4.2.7　Safely-Limited Speed (SLS)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SLS 功能可阻止电机超过规定的速度极限。”

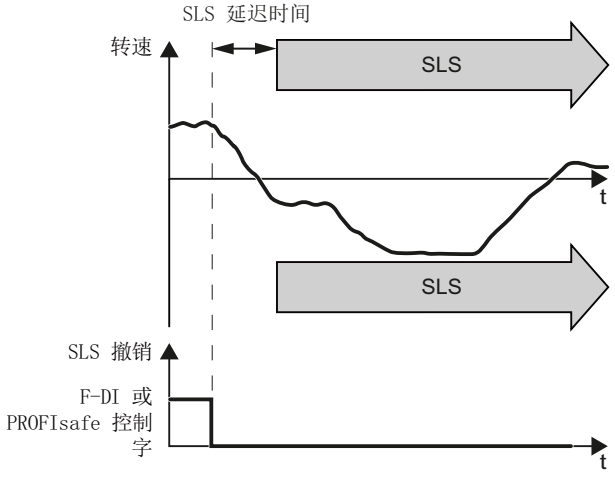


### 功能应用实例

| 示例 | 解决办法 |
| --- | --- |
| 机床操作员要在打开防护门后进入机床，在危险区域中借助操作按钮来慢慢移动水平传送带。 | • 通过故障安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SLS 。<br>• 变频器会限制并监测水平传送带的移动速度。 |
| 主轴驱动器不能超过规定的最大转速，最大速度取决于选中的加工刀具。 | • 通过 PROFIsafe 在变频器中选择 SLS 及相应的 SLS 档位。 |

### SLS 具体是怎么工作的？

1. 变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 SLS 的选择。
2. 电机转速有可能过高时，SLS 可在指定时间内降低转速。
   SLS 监控当前速度的大小。
   可将 SLS 设定速度限值传送到上级运动控制器（如 SIMOTION）中，从而对速度设定值加以限制。




此外 SLS 中提供的设定值限值可在斜坡函数发生器中配置为最大转速。该条件下通过 SLS 限制转速设定值。

3. SLS 监控当前速度的大小。
   可将 SLS 设定速度限值传送到上级运动控制器（如 SIMOTION）中，从而对速度设定值加以限制。
   此外 SLS 中提供的设定值限值可在斜坡函数发生器中配置为最大转速。该条件下通过 SLS 限制转速设定值。

**说明**

**自动生效的 SLS**

SLS 除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在该方式中，SLS 在变频器上电后一直生效。详情请参见章节“自动生效的 Safely-Limited Speed (页 129)”。

**详细信息和参数设置**

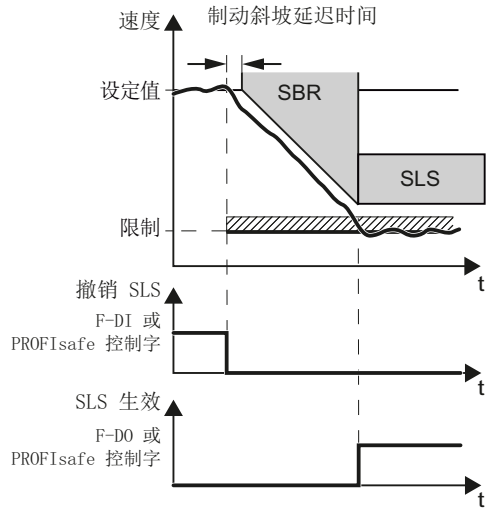
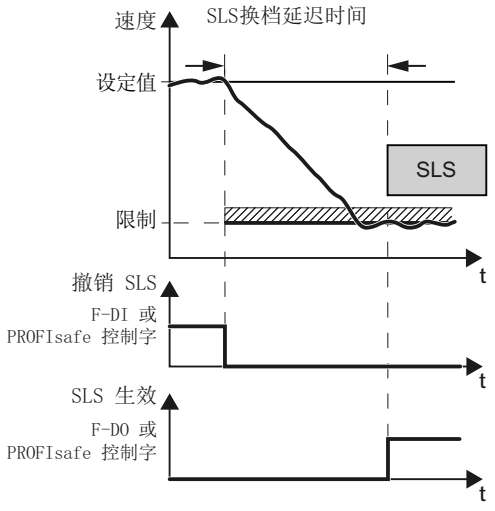
关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safely-Limited Speed (SLS) (页 123)”。

#### 4.2.7.1 在已启动的电机上选择 SLS

**在已启动的电机上选择 SLS**

只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 SLS 识别到选择了 PROFIsafe，就会产生以下作用：

- 为避免超限，可将设定值限值传送到上级运动控制器（如 SIMOTION）中。之后，上级运动控制器可对速度设定值加以限制。
- 当设定速度限值连接至斜坡函数发生器时，变频器会将速度控制在 SLS 限值以下。
- 在不带编码器的 SLS 中您可选择，变频器是否通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能对电机制动过程进行监控。在带编码器的 SLS 中无法选择 SBR 功能。

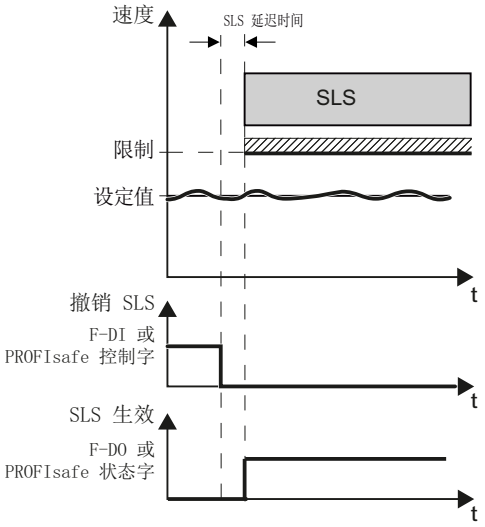
| **带制动斜坡监控 [1]<br>（仅限不带编码器的功能）** | **不带制动斜坡监控<br>（带或不带编码器的功能）** |
|---|---|
|  |  |
| • 在可设置的“制动斜坡延时”届满后，变频器通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能监控速度是否降低。<br>• 只要满足以下条件之一，变频器就会从 SBR 切换为 SLS。<br>– SBR 监控斜坡达到了 SLS 限值。上图反映的就是这种情况。<br>– 当前速度达到 SLS 限值后，会再次经过一段“制动斜坡延迟时间”，之后 SLS 才生效。 | • 在“SLS 换挡延迟时间”届满后变频器监控负载速度。 |
| 优点：<br>• 在制动期间变频器就可以发现负载减速是否过慢。<br>• “SLS 生效”反馈通常比不带加速监控时更早出现。 | 优点：<br>• 调试更加简单，您只需设置延时，而不必再设置可选的制动斜坡监控的子功能 SBR 或 SAM 。 |

[1] 只有当斜坡函数发生器与设定速度限值连接在一起时，自动降低转速才会生效。

### 4.2.7.2 在低速时选择 SLS

#### 在低速时选择 SLS

如果电机速度在选择 SLS 时比 SLS 的极限值低，变频器会有以下响应：




**撤销 SLS**

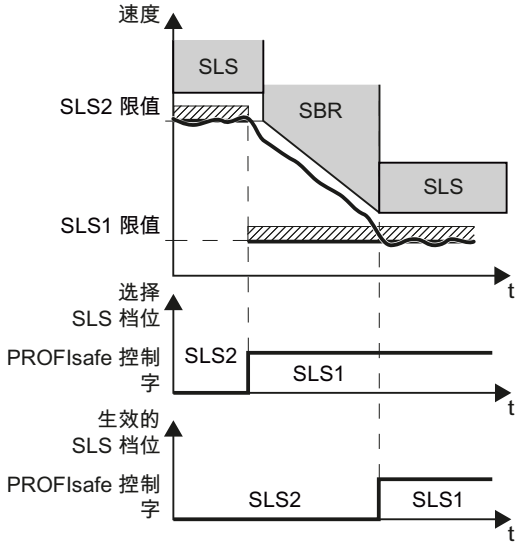
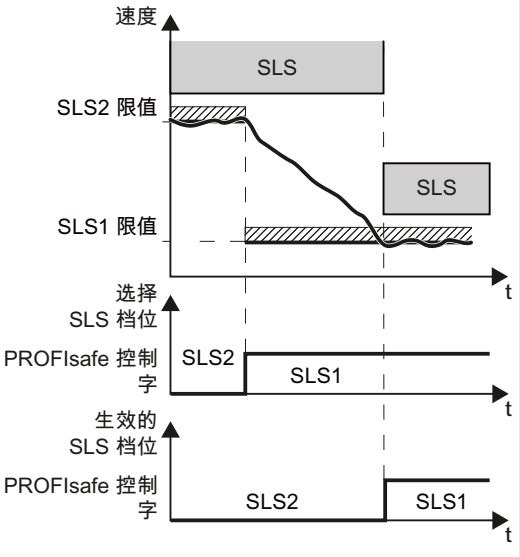
当上位控制系统撤销 SLS 时，变频器会取消限制及监控。

### 4.2.7.3 SLS 转速档的切换

#### 监控限值切换

在选中 SLS 后，您可以在 4 个不同的速度档之间切换。“SLS 自动生效”时例外：此时只有一个转速档。

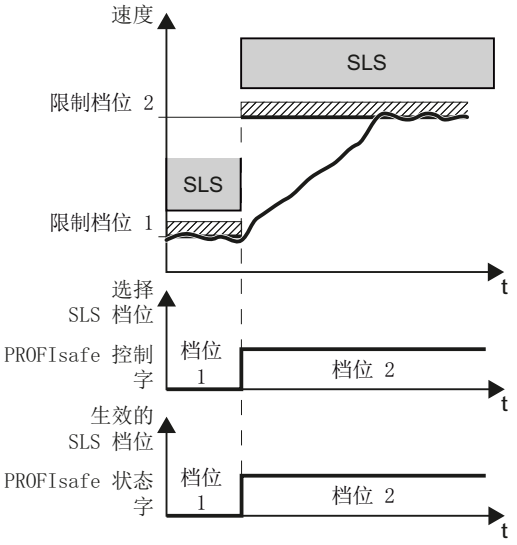
## 切换到低速度档

| **带制动斜坡监控 1)<br>（仅限不带编码器的功能）** | **不带制动斜坡监控<br>（带或不带编码器的功能）** |
|---|---|
|  |  |
| • 在“制动斜坡延迟时间”届满后，变频器通过 SBR (Safe Brake Ramp) 功能监控电机速度。<br>• 只要满足以下条件之一，变频器便会从 SBR 监控切换到 SLS 监控的档位 2：<br>– SBR 监控斜坡达到了 SLS 限值。上图反映的就是这种情况。<br>– 负载速度降低到了 SLS 限值并且“制动斜坡延迟时间”已届满。 | • 在“SLS 换档延迟时间”届满后，变频器利用低 SLS 档位监控速度，这种延迟时间就如同选中 SLS) 功能后的延迟时间。 |

1) 只有当斜坡函数发生器与设定速度限值连接在一起时，自动降低转速才会生效。

### 切换到高速度档

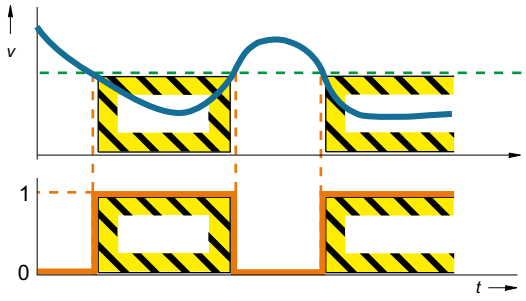
在从低档位切换到高档位时，变频器立即用高速档来监控速度。



## 4.2.8 Safe Speed Monitor (SSM)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SSM 功能可提供一个安全输出信号，显示电机转速是否在规定的极限值以下。”




**说明**

**SSM 是一个单纯的显示功能**

和其他 Safety Integrated 功能不同的是，超过 SSM 限值时变频器不会触发任何停止响应。

### 功能应用示例

| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 确保只有在低于用户定义的转速时才加注离心机。 | • SSM 通过配置 Safety Integrated Extended Functions 激活。<br>• 变频器会对离心机的转速进行安全监控并通过使用状态位 “Status SSM” 来使能过程链中的后续动作。 |

### SSM 具体是怎么工作的？

**前提条件**

安全功能 SSM 不由外部信号选中或撤销。只要您将 SSM 监控速度设为大于 0 的值，SSM 就生效了。

**转速检测**

变频器会比较负载速度和速度限值，一旦发现速度低于限值，变频器就向上级控制器报告速度过低。

**可设置回差**

可设置回差用来确保限值范围内的 SSM 输出信号不在“0”和“1”之间跳转。

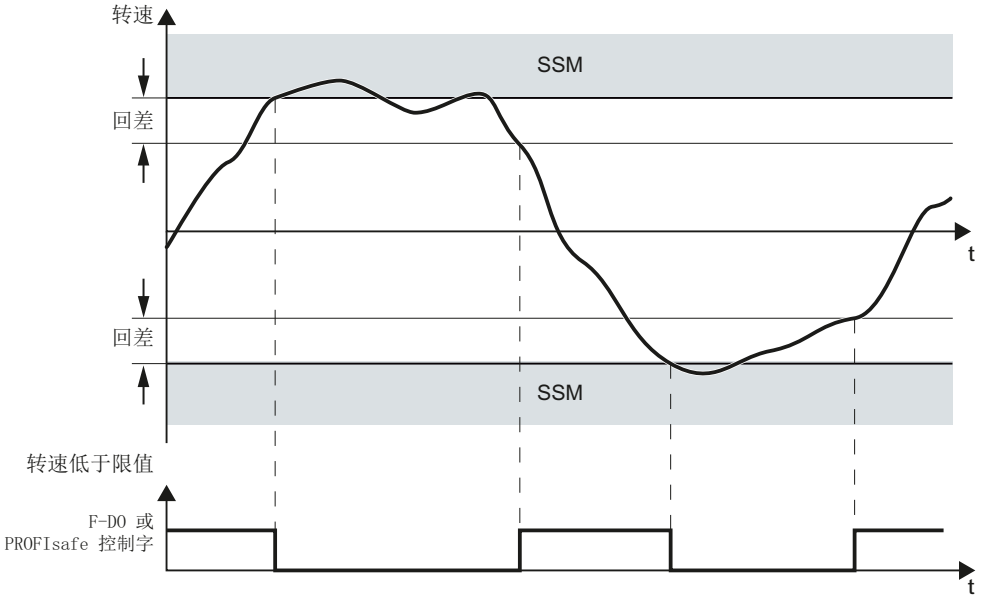



图 4-3 SSM (Safe Speed Monitor) 安全功能的工作时序

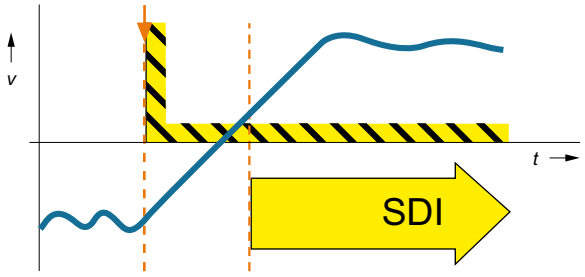
### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Speed Monitor (SSM) (页 132)”。

## 4.2.9 Safe Direction (SDI)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SDI 功能可阻止电机轴向相反反向运动。”




### 功能应用实例

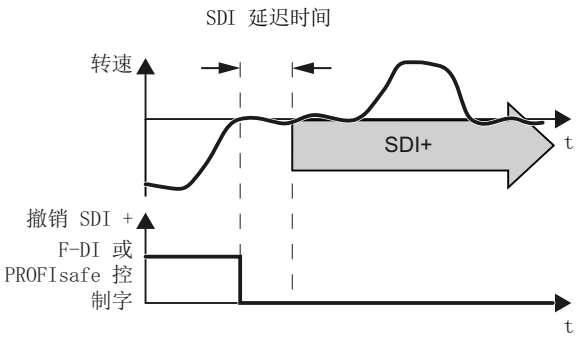
| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 确保只有在电机处于安全的运动方向（如远离操作员移动）时，才可以开启防护门。 | • 通过故障安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SDI 。<br>• 通过变频器的 PROFIsafe 状态位使能防护门的闭锁机构。 |
| 确保只有电机处于安全的旋转方向时，才可以更换压力气缸的托盘。 | • 通过故障安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SDI 。<br>• 禁止变频器中不允许的旋转方向。 |
| 确保在激活防夹保护之后，卷帘门只在一个方向滚动。 | |
| 确保处于限位开关上的起重机小车只在反方向启动，不会越过限位开关。 | |

### SDI 具体是怎么工作的？

SDI 监控当前旋转方向。

可将 SDI 设定速度限值传送到上级运动控制器（如 SIMOTION）中，从而对速度设定值加以限制。

此外 SDI 中提供的设定值限值可在斜坡函数发生器中配置为最大转速。该情况下通过 SDI 将转速设定值限制在允许的方向上。




您可以通过 2 个故障安全信号（F-DI 或 PROFIsafe）禁止正旋转方向或负旋转方向。

### 选择与撤销 SDI

只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别到选择了 SDI，就会产生以下作用：

- 您也可以设置延时，以便将电机调整到使能的安全旋转方向上。
- 您也可以设置公差，允许电机以未使能（不安全）方向旋转一段时间。这样可以避免在制动（过冲）时以及静止状态下出现故障。
- 在延迟时间届满后，变频器监控电机的旋转方向。
- 如果此时变频器超出配置的公差在禁止方向上运行，系统会输出信息并触发设置的停止响应。

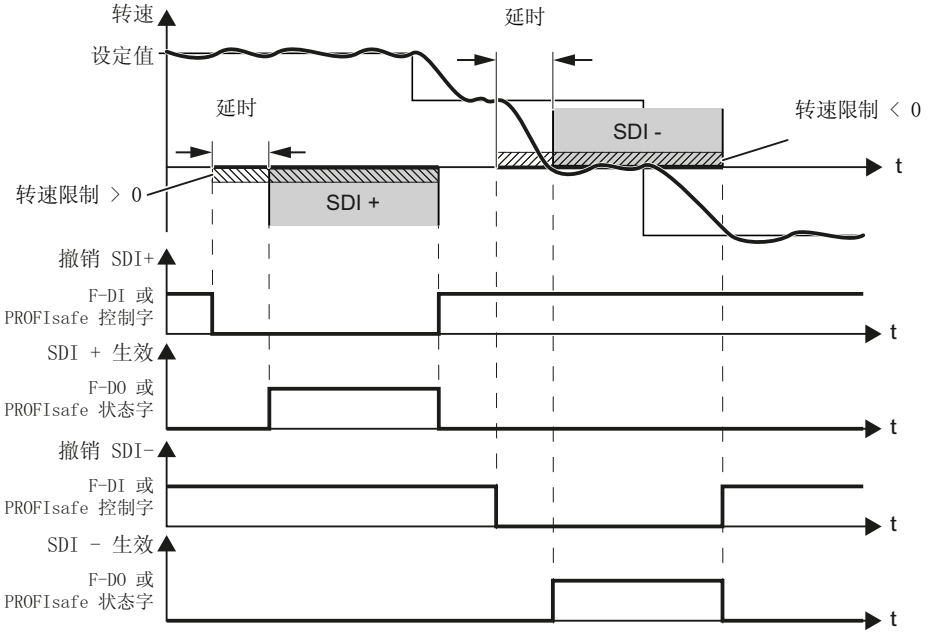



图 4-4 SDI (Safe Direction) 安全功能的工作时序

**说明**

**自动生效的 SDI**

SDI 除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在该方式中，SDI 在变频器上电后一直生效。详情请参见章节“自动生效的 SDI(Safe Direction) (页 144)”。

### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Direction (SDI) (页 139)”。

## 4.2.10 Safely-Limited Acceleration (SLA)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SLA 功能可阻止电机超过规定的加速度极限。”

### 功能应用实例

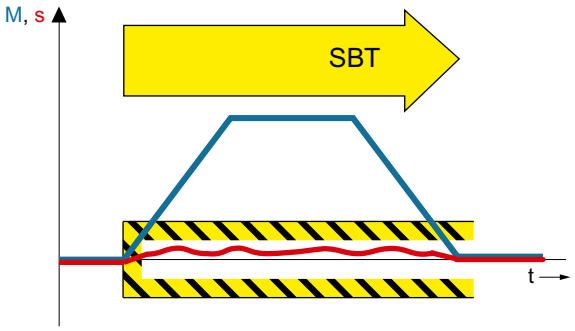
| 示例 | 解决办法 |
| --- | --- |
| 驱动在调试时不可以超出允许的加速度。 | • 通过 PROFIsafe 在变频器中选择 SLA。<br>• 变频器会限制并监测电机的加速度。 |

### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safely-Limited Acceleration (SLA) (页 146)”。

## 4.2.11 Safe Brake Test (SBT)

“Safe Brake Test” 诊断功能（SBT，安全制动测试）用于检测制动（运行制动或抱闸制动）是否达到所需的制动转矩。




### SBT 具体是怎么工作的？

可以测试线性轴以及旋转轴。在测试期间，驱动器会在制动力相反的方向上输出力/转矩。如果制动正常工作，轴运动可保持在设置的公差范围内。如果发现轴运动超出公差，便可判断出制动力/制动转矩减小了，必须进行维护。

SBT 可支持最多 2 个制动的安全测试：

- 1 个电机抱闸和 1 个外部制动
- 2 个外部制动
- 1 个电机抱闸
- 1 个外部制动

“Safe Brake Test”（SBT）诊断功能适合 ISO 13849-1 标准中 2 类及以下的安全功能。

### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节 “Safe Brake Test（SBT） (页 149)”。

## 4.3 Safety Integrated 高级功能

本章节可使初次使用者快速了解安全功能的基本工作原理。

安全功能说明从介绍 EN61800-5-2 标准中的定义和应用功能的简单示例开始。

功能描述尽量简单明了，以清晰解释重要属性和设置。

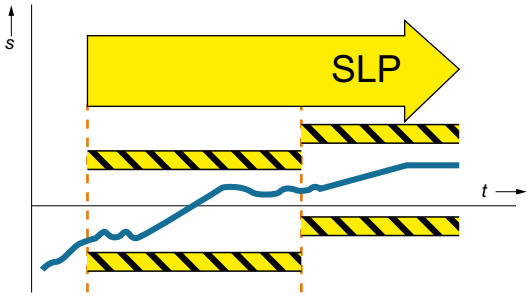
有关各功能的详细信息请见以下章节，
例如：“Safety Integrated 高级功能 (页 187)”。

### 4.3.1 Safety Integrated Advanced Functions 的使用前提

- 运行**每个**带有 Safety Integrated Extended Functions 的轴都需要获得**一个**授权。
- 运行**每个**带有 Safety Integrated Advanced Functions 的轴都需要获得**一个**授权。Safety Integrated Advanced Functions 的授权中也包含了 Safety Integrated Extended Functions 的授权。
- 支持 Extended/Advanced Functions 的硬件组件有：
  - 控制单元 CU320-2
  - 控制单元 CU310-2
  - SINAMICS HLA
  - 紧凑书本型电机模块
  - 书本型电机模块 C/D 型，产品编号：-..C. 或 -..D.
  - 书本型电机模块，产品编号最后一位为：-...3 或以上
  - 装机装柜型电机模块，产品编号最后一位为：-...3 或以上
  - 机柜型电机模块，产品编号最后一位为：-...2 或以上
  - 模块型功率模块
  - 控制单元适配器 CUA31，从以下产品编号起：6SL3040-0PA00-0AA1
  - 控制单元适配器 CUA32，从以下产品编号起：6SL3040-0PA01-0AA0
  - 用于带编码器的安全功能：
    电机带有 sin/cos 编码器和 DRIVE-CLiQ 编码器信号转换模块或编码器模块 SMC20、SME20/25/120/125；方波信号编码器，带编码器模块 SMC30；EnDat-2.2 编码器，带编码器模块 SMC40
    允许的编码器列表参见网址：
    允许的编码器 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/)
    在网页中输入关键词 **33512621** 或联系您所在地区的西门子办事处。

## 4.3.2 Safely-Limited Position (SLP)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：
“SLP 功能可避免电机轴超出设定的限位”。




Safely-Limited Position（SLP：安全极限位置）功能用于安全监控轴是否在两个运行范围或位置区域内运动，两个区域之间可以通过一个安全信号实现切换。

### 功能应用示例

| 示例 | 解决办法 |
|---|---|
| 电机运行不允许超出规定区域。 | • 选择变频器中的 SLP；封锁不安全区域。<br>• 电机超出安全区域后，变频器触发设置的停止响应。 |

### 功能特性

- 通过端子或 PROFIsafe 选中
- 2 个位置区域分别由一对限位开关定义
- 2 个位置区域之间的安全切换
- 停止响应可设定
- 电机离开错误运行范围需要执行特殊操作（参见章节“轴回退 (页 191)”）。

### 前提条件

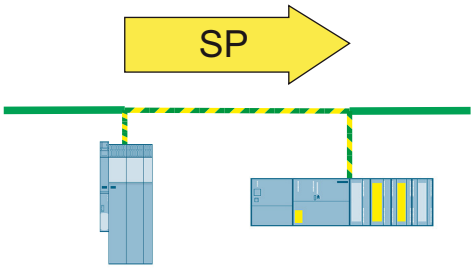
- 该功能仅在适合的编码器中提供。
- 驱动器必须安全回参考点（参见章节“安全回参考点 (页 76)”）。

**详细信息和参数设置**

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safely-Limited Position (SLP) (页 187)”。

### 4.3.3 安全位置的传送 (SP)

借助“安全位置 (SP)”功能变频器可以将安全绝对位置通过 PROFIsafe（报文 901 或 902）传送给上级故障安全控制器 (F-CPU)。




#### SP 具体是怎么工作的？

F-CPU 依据该位置每个时间点上的变化也以计算出电机的当前速度。报文 902 中的数值是以 32 位格式传送的，而报文 901 中的数值是以 16 位形式传送的。

在您完成设置、给出使能和进行上电后，该功能会自动选中。驱动传输数值。注意以下事项：

- 只有事先使能“绝对位置”并执行安全回参考点后，该位置才能作为安全绝对位置使用。
- 位置实际值须是一个有效值，这样控制系统才能继续使用传送后的位置。

借助一同传送的时间戳可以依据位置值计算出速度。若只想计算出速度，就只须使能不带“绝对位置”的“安全位置值的传送”。

#### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“安全位置的传送 (SP) (页 194)”。

### 4.3.4 安全回参考点

通过“安全回参考点”功能变频器可以确定安全的参考位置。以下功能中需要该安全位置：

- Safely-Limited Position (SLP) (页 74)
- 安全位置的传送 (SP) (页 76)
- Safe Cam (SCA) (页 78)

**概述**

在大多数情况下，回参考点这一过程是由外部控制器执行的。只有在一些特殊情况下，它才由变频器执行，例如：通过 EPOS。

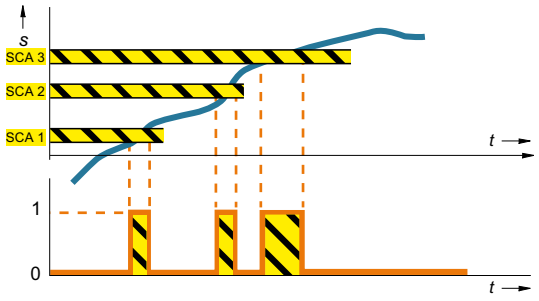
- 外部控制器执行的回参考点
  前提条件：轴不在运动
  由控制器计算出的参考位置已输入到参数 p9572 中，并设置 p9573 = 89 激活它。
- EPOS 执行的回参考点
  SINAMICS 功能 EPOS 可以将确定出的参考位置直接传送给 Safety Integrated。即使轴在运动时也可以传送。
- 用户确认
  在回参考点结束一段时间内（参见章节“回参考点的方式 (页 200)”），必须给出用户确认（p9726 = p9740 = AC hex）。

只有使能功能（如 SLP）需要参考位置时，Safety Integrated 才会使用该位置。Safety Integrated 通过诊断位 r9723.17 报告驱动器是否回参考点。Safety Integrated 在诊断参数 r9708 和 r9713 中显示驱动位置。轴安全回参考点后，位 r9722.23 置位。

## 4.3.5 Safe Cam (SCA)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“Safe Cam”（安全凸轮，SCA）提供一个安全输出信号，用来显示电机轴的位置是否位于确定的范围内。




### SCA 具体是怎么工作的？

当驱动位于指定的位置区域时，“Safe Cam”（安全凸轮）功能能输出安全信号。借助此功能可以实现每根轴的安全范围检测。

### 详细信息和参数设置

关于如何设置该功能的详细信息和说明请参见章节“Safe Cam (SCA) (页 201)”。

# Safety Integrated 功能说明

# 5

## 双通道参数设置

Safety Integrated Functions 的参数设置必须双通道执行，即通道 1 和通道 2 分别有一个参数。这两个参数必须设置为相同的值。

出于安全技术方面的原因，在调试工具 Startdrive 的离线模式中，您只能设置第 1 条通道中的安全参数。Startdrive 会自动复制第 2 条通道的参数。

在 Startdrive 中可通过复制来设置通道 2 的安全参数，因此本手册中只对通道 1 的参数进行说明。对应的通道 2 参数例如可参见 SINAMICS S120/S150 参数手册中的参数说明。

通常，在介绍故障和报警时也只列出通道 1 的故障编号。

## 5.1 Safety Integrated 基本功能

**说明**

**Basic Functions 不需要编码器**

Safety Integrated Basic Functions 是用于驱动安全停止的功能。因此无需编码器。

**说明**

**Basic Functions 的使用范围**

Basic Functions 可供同步电机和异步电机使用，无论电机是否配备编码器，采用何种控制方式并且没有其他限制条件。

**说明**

**通过 TM54F 控制**

如需通过 TM54F 控制 Safety Integrated Basic Functions，请设置 p9601.6 = 1。

**说明**

**PFH 值**

SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：

PFH 值 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/76254308/en)

### 5.1.1 Safe Torque Off (STO)

“Safe Torque Off”（STO）功能可以和设备功能一起协同工作，在故障情况下安全封锁对电机的扭矩输出。

系统通过双通道脉冲清除防止重启。接通禁止会防止撤销 STO 后的自动重启。

该功能的基础是电机模块/功率模块中集成的双通道脉冲清除。

**STO 的功能特性**

- 此功能完全为驱动集成功能。其可通过端子、TM54F 或 PROFIsafe 从外部选择。
- 该功能为驱动专用功能，即每个驱动设备都具有该功能，并需要单独调试。
- 该功能必须通过参数使能。

- 在选择 STO 功能后：
  - 可以避免电机意外启动。
  - 通过安全脉冲清除可以安全切断对电机的扭矩输出。
  - 在功率单元和电机之间无电气隔离。
- 在使用 Basic Functions 时，选择/撤销 STO 功能会自动应答安全故障。此外，还须执行标准应答机制。
- 扩展应答方式：
  选择/撤销 STO 也可自动应答扩展安全功能的安全信息。为此，必须配置扩展报警应答 (p9507.0 = 1)。
  如果除了“由端子控制的 Basic Functions ”外还使能了“Extended Functions”，除了通过 PROFIsafe 或 TM54F 来选择/撤销 STO 应答信息外还可以通过端子来选择/撤销 STO 应答信息。
- STO 的状态由参数 r9772、r9872、r9773 和 r9774 显示。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  在 STO（≙ STOP A）上，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

**⚠ 警告**

**电机意外运行**

切断供电（STO 生效）后，电机可能会意外运动（如电机滑行停止），进而引发生命危险。

- 为此，应使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见章节“Safe Brake Control (SBC) (页 89)”。

**⚠ 警告**

**短时间运动引起的危险**

逆变器中 2 个晶闸管（一个在上桥臂，一个在下桥臂）同时故障时会引起电机短时间运动。

运动幅度最大可以达到：

- 同步旋转电机：最大运动幅度 = 180 °/极对数
- 同步直线电机：最大运动幅度 = 极宽

### "Safe Torque Off" (Basic Functions) 的使能

“Safe Torque Off” 功能可通过参数 p9601 使能：

- Safety Integrated Basic Functions 中的 STO：
  - p9601 = 1 hex（通过板载端子控制的基本功能）
  - p9601 = 8 hex（通过 PROFIsafe 控制的基本功能）
  - p9601 = 9 hex（通过 PROFIsafe 和板载端子控制的基本功能）
  - p9601 = 40 hex（由 TM54F 控制的基本功能）
  - p9601 = 41 hex（由 TM54F 和板载端子控制的基本功能）

### "Safe Torque Off" (Extended Functions) 的使能

“Safe Torque Off” 功能可通过参数 p9601 使能：

- Safety Integrated Extended Functions 中的 STO：
  - p9601 = 4 hex（通过 TM54F 控制的扩展功能）
  - p9601 = 5 hex（通过 TM54F 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能）
  - p9601 = C hex（通过 PROFIsafe 控制的扩展功能）
  - p9601 = D hex（通过 PROFIsafe 或机载端子控制的扩展功能）
  - p9601 = 25 hex（自动生效的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能）

### 选择/撤销“Safe Torque Off”

选择 STO 后会触发以下动作：

- 每个监控通道都通过其断路路径清除脉冲。
- 闭合电机抱闸（如果连接并配置了抱闸）。

撤销 STO 相当于一次内部安全应答。故障原因被消除时，系统会执行以下动作：

- 每个监控通道通过其断路路径撤销脉冲清除。
- 撤销请求“闭合电机抱闸”。

- 撤销可能存在的 STOP F 或 STOP A（参见 r9772）。
- 另外，故障存储器中的信息必须通过常规的应答机制应答。

**说明**

**在公差时间 (p9650) 内选中/撤销时无任何信息输出**

如果 STO 是在以 p9650 设置的公差时间内以单通道方式选中并被撤销的，驱动器会清除脉冲而不输出任何信息。

如需在此情况下显示信息，您须通过 p2118 和 p2119 将信息 N01620 改设为“报警”或“故障”。

### 选择 STO 后的驱动器重启

1. 取消功能。
2. 给出驱动器使能。
3. 撤销 STO 后，等待变频器回到“接通就绪”状态。
4. 取消“接通禁止”并且重新接通。
   - 输入信号“ON/OFF1”上输出 1/0 脉冲沿（取消“接通禁止”）
   - 输入信号“ON/OFF1”上输出 0/1 脉冲沿（接通驱动器）

### “Safe Torque Off”的状态

STO 的状态由参数 r9772、r9872、r9773 和 r9774 显示。您也可通过可配置信息 N01620 显示该功能的状态（通过 p2118 和 p2119 配置）。

### STO 的响应时间

通过输入端子选择/撤销该功能时功能的响应时间请参见“响应时间 (页 370)”一章中的表格。

### 使用“Safe Torque Off”功能时的内部电枢短路功能

STO 和内部电枢短路功能可以同时配置，

同时选中这两个功能时，STO 的优先级较高。一旦触发 STO，当前激活的内部电枢短路功能便会关闭。

### 功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2810 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe Stop 1)
- 2811 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off)，安全脉冲清除

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9720 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9722 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）
- r9772 CO/BO:SI 状态（控制单元）
- r9773 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 电机模块）
- r9774 CO/BO:SI 状态（STO 组）

#### 5.1.1.1 SINAMICS HLA 上的 Safe Torque Off（STO）

在 HLA 模块上，Safe Torque Off（STO）相当于关闭截止阀。

**HLA 上的 STO 的特殊性**

- 截止阀用于控制液压回路的进流。截止阀通过 SINAMICS HLA 的一路 F-DO 进行控制。
- 为实现 Safety Integrated 功能，必须将截止阀与反馈信号相连。
- 截止阀的反馈触点通过参数 p9626 配置。
- 反馈信号的响应时间可通过参数 p9625 调整。
- 选择 STO 会使截止阀被安全禁止。截止阀通过反馈信号提示安全状态时，会显示信息“STO 生效/断电”，并在配置的安全输出（PROFIsafe 反馈报文，TM54F 上的 F-DO）上输出。

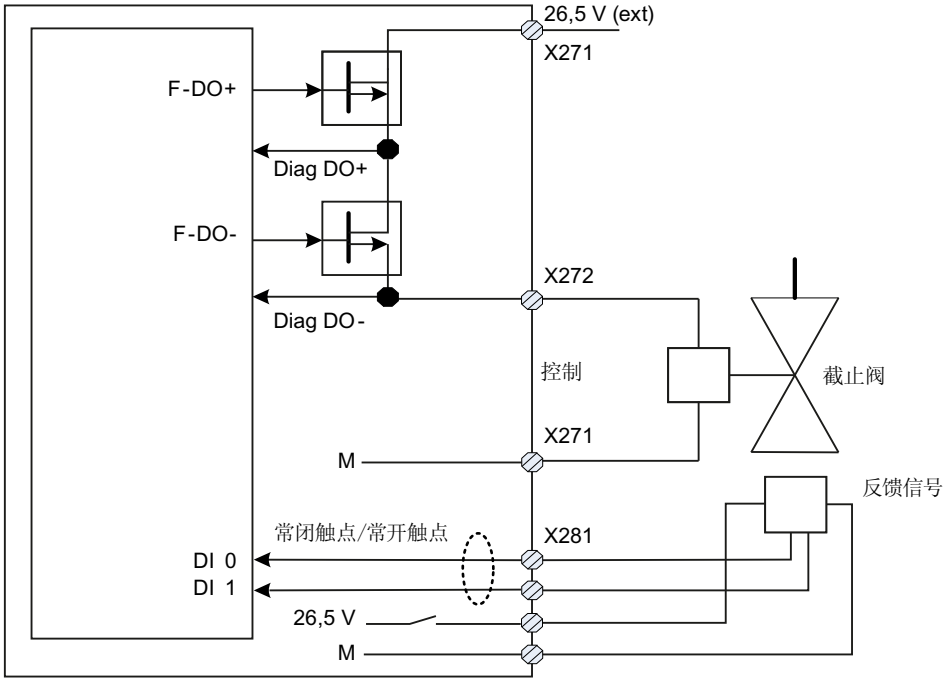



图 5-1 （为一根轴）连接截止阀

- 选择/取消 STO 会触发对 F-DO 的强制潜在故障检查：此时会在 F-DO+ 和 F-DO- 开关时检查 “Diag DO+” 和 “Diag DO-”。
- 因此无需明确选择强制潜在故障检查（Teststop）。
- 在强制潜在故障检查 (Teststop) 中出现故障时，变频器会输出故障 F01632 或 F30632。

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2810 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe Stop 1)
- 2811 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off)，安全脉冲清除

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9625[0...1] SI HLA 截止阀等待时间（控制单元）
- p9626 SI HLA 截止阀反馈触点配置（控制单元）
- r9773 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 液压模块）
- r9774 CO/BO:SI 状态（STO 组）
- r9780 SI 监控周期（控制单元）

## 5.1.2 Safe Stop 1 (SS1, 时间受控)

### 5.1.2.1 带 OFF3 的 SS1

使用“Safe Stop 1”（SS1）功能可以实现符合 EN 60204-1 的 1 类停机。在选择 “Safe Stop 1” 后驱动将沿着 OFF3 斜坡 (p1135) 制动，并在 p9652 中设置的延迟时间届满后进入 “Safe Torque Off” (STO) 状态。

**说明**

**通过端子选择**

借助 p9652 中设置的 > 0 的延时对通过端子选择“Safe Stop 1”（时间受控）功能进行参数设置。在此情形下无法再通过端子直接选择 STO 功能，也就是说通过端子只能选择 STO 或 SS1。
如果功能 SS1（时间受控） 是通过在 p9652 中设置延时选中的，STO 不能再通过端子直接选中。

### 前提条件

- 通过端子和/或 PROFIsafe 使能 Basic Functions：
  - p9601 = 1 或 8 或 9 (hex)
- 由 TM54F 控制的 Basic Functions：
  - p9601.6 = 1
- 为了在确保单通道选择该功能时驱动器也可以制动到静态，p9652 中的时间必须小于交叉数据校验的参数总和（p9650 和 p9658）。否则在“p9650 + p9658”时间届满后，驱动器会自由停转。

### “Safe Stop 1”的功能特性

SS1 通过 p9652（延迟时间）≠ 0 使能。

- 设置参数 p9652 的作用为：
  - p9652 = 0
    SS1 未使能。只有 STO 能通过 TM54F、板载端子和 PROFIsafe 选择。
  - p9652 > 0
    SS1 使能。通过板载端子只能选择 SS1；通过 PROFIsafe 可以选择 SS1 和 STO。
- 选择 SS1 后驱动器会沿着 OFF3 斜坡（p1135）制动，并在延迟时间（p9652）届满后自动触发 STO/SBC。
  延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，STO/SBC 先被选中再被撤销。

  **说明**

  **延迟时间的设置**

  请按照下面的公式来设置合适的延迟时间，确保在安全删除脉冲前，驱动器沿着完整的 OFF3 斜坡制动，可能存在的电机抱闸有时间闭合。
  - 配置了抱闸时：延迟时间 p9652 ≥ p1135 + p1228 + p1217
  - 没有配置抱闸时：延迟时间 p9652 ≥ p1135 + p1228
  - 参数 p1135 的设置必须以驱动的实际制动性能为准。
- 用于激活 STO 的定时器（p9652）为双通道生效。但 OFF3 斜坡制动为单通道。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  在 SS1（≙ STOP B）时，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

### “Safe Stop 1”的状态

“Safe Stop 1”（SS1）的状态由参数 r9772、r9872、r9773 和 r9774 显示。

您也可通过可配置信息 N01621 显示该功能的状态（通过 p2118 和 p2119 配置）。

#### 5.1.2.2 带外部停止的 SS1

对于驱动组（例如相互间通过材料建立机械连接的驱动），OFF3 斜坡上的驱动自控制动可能会带来负面影响。使用 SS1E 功能时，选择时尽管会启动安全延时（p9652），但不会触发 OFF3。设定值由上级控制系统给定。控制系统通过安全信息通道接收“已选择 SS1E”的信息。

**⚠ 警告**

**可能有任意轴运动**

使用“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”功能时，延时 (p9652) 期间轴可能会运动。

**“带 OFF3 的 SS1”与“带外部停止的 SS1”功能的区别**

“带 OFF3 的 SS1”与“带外部停止的 SS1”功能的区别在于：

- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 1”，需**额外**设置 p9653 = 1。
- 选择 SS1 后驱动器**不**会沿着 OFF3 斜坡制动，仅会在延迟时间 (p9652) 届满后自动触发 STO/SBC。

#### 5.1.2.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2810 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe Stop 1)
- 2811 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off)，安全脉冲清除

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p1135[0...n] OFF3 斜坡下降时间
- p1217 电机抱闸闭合时间
- p1228 脉冲清除延迟时间
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- p9652 SI Safe Stop 1 延迟时间（控制单元）
- r9772.0...23 CO/BO:SI 状态（控制单元）
- r9773.0...31 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 电机模块）
- r9774.0...31 CO/BO:SI 状态（STO 组）

**只用于“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”**

- p9653 SI Safe Stop 1 驱动自控制动响应

### 5.1.3 Safe Brake Control (SBC)

“Safe Brake Control”（SBC）用于安全控制按照静止电流原理工作的抱闸，例如电机抱闸（以下简称制动）。

制动的开闭由电机模块/功率模块控制。书本型设备上配备的端子可用于此功能。模块型设备需另行配备一个安全制动继电器（Safe Brake Relay）以支持“Safe Brake Control”功能。装机装柜型设备（产品编号末尾 ...3 起）则需另行配备一个安全制动适配器。在自动配置功率模块时会识别出安全制动继电器，并自动设置制动的类型 (p1278 = 0)。

电机模块/安全制动继电器（SBR）/安全制动适配器（SBA）对制动的控制采用的是安全的双通道技术。

**说明**

**SINAMICS HLA 不支持 SBC**

SINAMICS HLA 不支持 Safe Brake Control（SBC）功能。

**说明**

**使用“Safe Brake Control”通过继电器控制制动时**

使用 “Safe Brake Control (SBC)” 功能时，启用继电器/接触器开闭制动可能会导致制动控制中出错。

**⚠ 警告**

**抱闸损坏可引起电机意外运动**

SBC 不会检测抱闸的机械故障。

可检测出抱闸线圈内的断线或短路，但只有在抱闸切换状态时，即抱闸打开或闭合时。在 SINAMICS S120M 上，电缆断线只能在抱闸打开时识别到。

在配备有 SBA 的装机装柜型设备上，SBA 和电机制动之间的连接电缆不会监控电缆断线或短路。

上述故障可触发电机的意外运行，会导致身体受伤或死亡。

- 特别要排除制动的外部供电。有关说明参见 EN 61800-5-2，附录 D。
- 调试时可借助 Safety Integrated 扩展功能“Safe Brake Test (SBT)”进行制动测试：更多信息参见章节 “Safe Brake Test（SBT） (页 149)”。

### 5.1.3.1 SBC 描述

**SBC 的功能特性**

- SBC 在选择“Safe Torque Off”（STO）时执行。
- 和常规制动控制方法不同，SBC 为双通道式控制。
- SBC 基本上不受 p1215 中设置的制动控制运行模式的影响。但是在 p1215 = 0 或 3 时，SBC 失效。
- 该功能必须通过参数使能。
- SBC 可以检测出抱闸在切换状态时发生的电气错误，例如：抱闸绕组短路或断线。

### SBC 的使能

“Safe Brake Control”功能可通过参数 p9602 使能。

SBC 功能只能配合 STO 功能使用。无法单独选择 SBC。

### 双通道式制动控制

**说明**

**抱闸的接线**

在装机装柜型电机模块上不能直接连接抱闸。需另行使用一个安全制动适配器。

制动由控制单元控制。闭合制动的信号路径有 2 条。

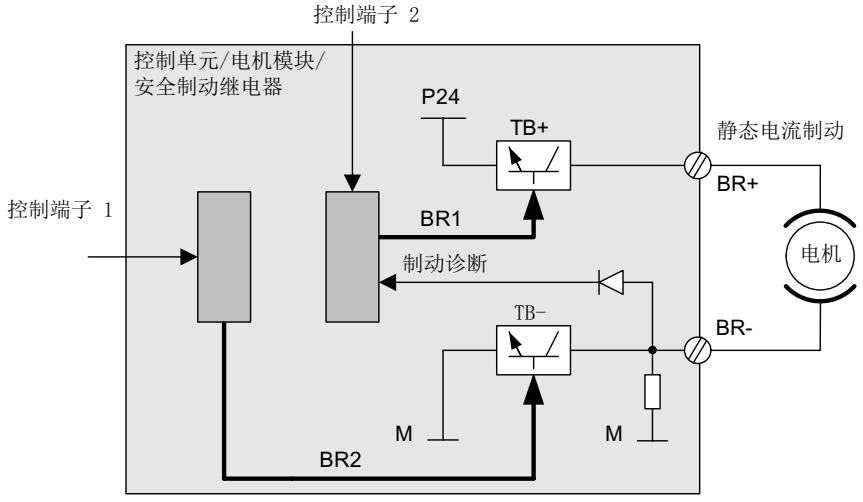



图 5-2　双通道式制动控制，模块型（示例）

当控制单元损坏或出现故障时，电机/功率模块会负责执行“Safe Brake Control”，切断制动电流，使制动闭合。

只有在制动切换状态时，例如：打开或闭合时，TB+、TB– 中某个开关的功能故障才会被制动诊断功能发现。

电机模块或控制单元识别出故障时，制动电流会被切断。之后制动闭合，并达到安全状态。

### 5.1.3.2 装机装柜型电机模块上的 SBC

该结构形式的设备上使用的制动功率更大，为此需要加装一个安全制动适配器 (SBA)。更多关于 SBA 连接和布线的信息参见功能手册“SINAMICS G130/G150/S120 装机装柜型/S120 机柜型/S150 Safety Integrated”。

通过参数 p9621 可确定通过哪个 DI 将安全制动适配器（Safe Brake Adapter）的继电器（常开触点）反馈信号传送给控制单元。

在控制单元处理应答信号时要考虑 SBA 产生的延时。参数 p9622 预设为 SBA 继电器的延时：

- p9622[0] ≙ 合闸延时
- p9622[1] ≙ 分闸延时

制动后续的工作方式和控制（即进入安全状态）和上文描述的书本型设备的制动类似。

#### 功率单元并联时的“Safe Brake Control”（SBC）

**说明**

**功率单元并联时使用 SBC**

当 r9771.14 = 1 时，可以在功率单元并联时使用“Safe Brake Control”（SBC）。

如果您希望在装机装柜型功率单元并联时组合为 SBC 配备 SBA，请注意，一个功率单元上只能连接一个 SBA。通过该功率单元控制 SBA 以及制动。

可通过 2 种方式将该功率单元的信息传送给系统：

- 在首次调试时系统自动识别制动
  - 前提条件：
    - 没有任何 Safety Integrated 功能已使能
    - p1215 = 0 （无电机抱闸装置）
  - 在进行首次调试时 SINAMICS 会检查哪个功率单元上连接了 SBA，发现一个 SBA 后，便将相连功率单元的编号传送到 p7015 中。
    如果系统发现在并联的功率单元上连接了多个 SBA，会输出故障信息 F07935“驱动：电机抱闸配置错误”。
  - 如果装机装柜型功率单元上的一个 DI 可读出 SBA 应答（SBA_DIAG），该 DI 也会自动传送到 p9621 中。
- 手动输入功率单元的信息
  - 手动将接有 SBA 的功率单元的组件号输入到 p7015 中。如果该功率单元上没有连接 SBA，在抱闸控制时会识别故障并输出故障 F01630。
  - 请在参数 p9621（p9621 = 到 r9872.3 的 BICO 互联）中输入读出接入了 SBA 和通过 SBA 应答 (SBA_DIAG) 的功率单元 DI。

**说明**

**拔出制动电缆，进行维修作业**

只要制动器没有持续进行冷却或运行，便可以在进行维修作业时，暂时拔出制动的连接电缆，设备不会报错。仅在控制制动时才会在故障情形下输出故障信息 F07935。

### 5.1.3.3 SBC 所需的硬件

- 安全制动继电器
  打开/闭合制动的指令通过 DRIVE-CLiQ 传送到电机模块/功率模块上。然后电机模块/安全制动继电器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。

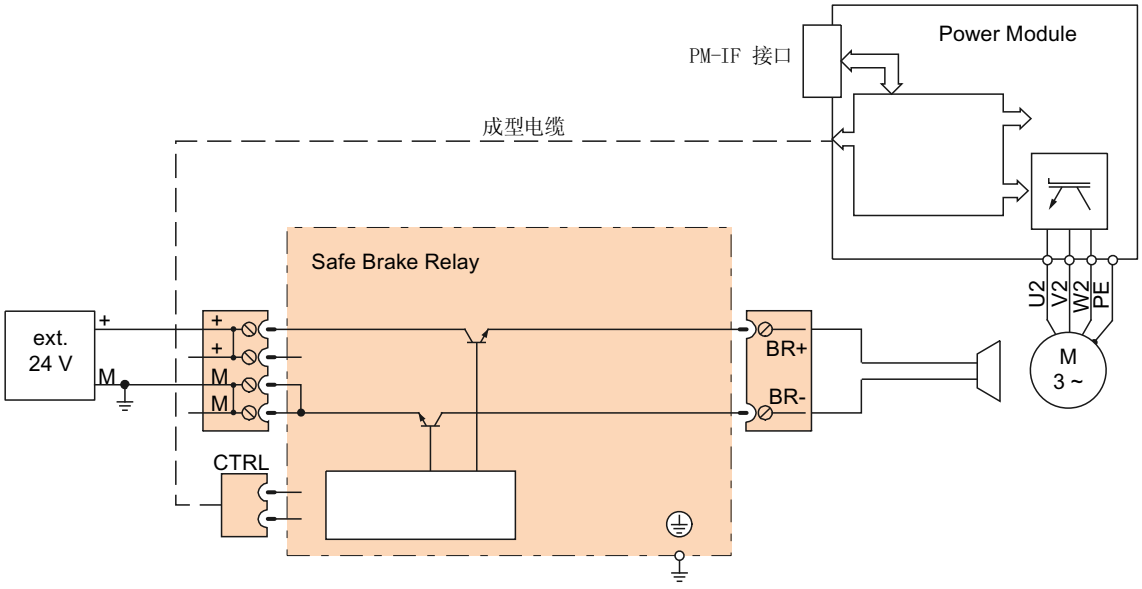



图 5-3　模块型设备上的安全制动继电器接线示例

- 安全制动适配器（Safe Brake Adapter）
  在装机装柜型电机模块上不能直接连接抱闸。模块上的连接端子是为 DC 24 V、150 mA 设计的，电压和电流要求更高时则需使用安全制动适配器（Safe Brake Adapter）。

**说明**

**其他结构形式设备上需另行配备的硬件**

模块型设备需另行配备一个安全制动继电器（Safe Brake Relay）以支持“Safe Brake Control”功能。装机装柜型设备（产品编号末尾 ...3 起）则需另行配备一个安全制动适配器（Safe Brake Adapter）。安全制动适配器（Safe Brake Adapter）可供制动控制电压 AC 230 V 使用。

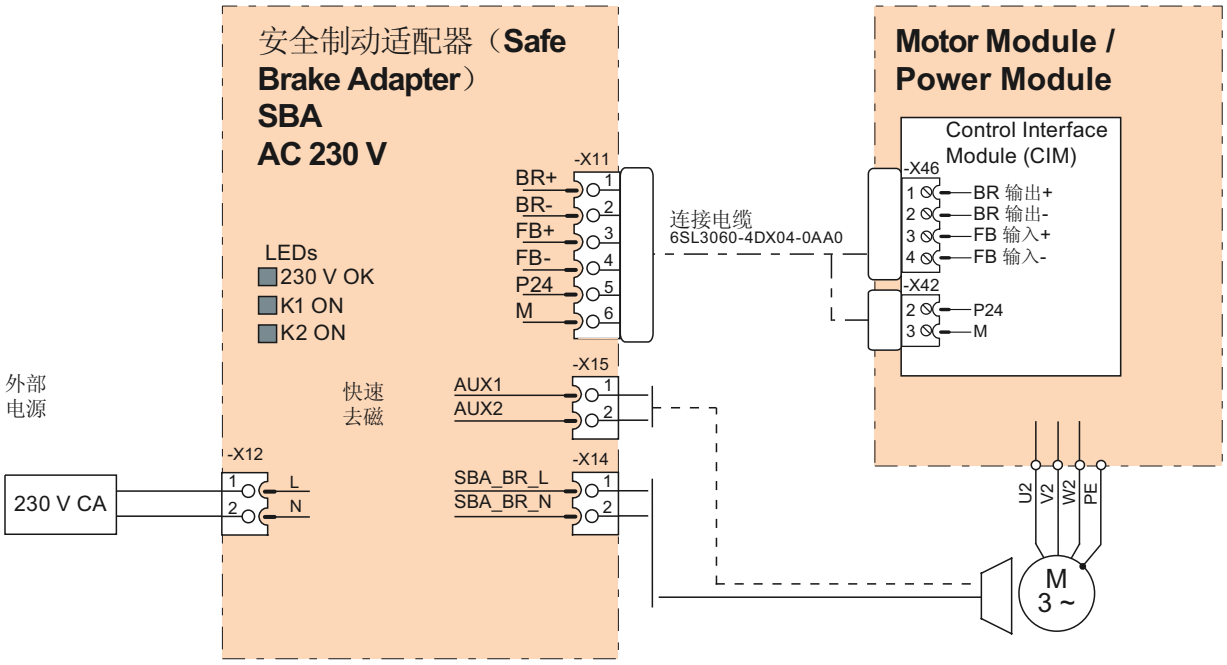



图 5-4　安全制动适配器接线图

### 5.1.3.4 功能图与参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2814 SI 基本功能 - SBC (Safe Brake Control)、SBA (Safe Brake Adapter)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p0799 CU 输入/输出的采样时间
- p1215 电机抱闸的配置
- p7015 功率单元并联中的抱闸数据组
- p9602 SI Safe Brake Control 使能（控制单元）
- p9621 BI：SI 安全制动适配器的信号源（控制单元）
- p9622[0...1] SI SBA 继电器的等待时间（控制单元）
- r9771.14 SI 通用功能（控制单元）：支持并联回路中的 SBC
- r9780 SI 监控周期（控制单元）

### 5.1.4 Safety 故障

Safety Integrated Basic Functions 输出的故障信息保存在缺省信息缓冲器中，您可以从中查看。但 Safety Integrated Extended Functions 的故障信息保存在单独的 Safety 信息缓冲器中，参见章节“信息缓冲器 (页 419)”。

Safety Integrated Basic Functions 故障会触发以下停止响应：

表格 5-1 Safety Integrated Basic Functions 的停止响应

| 停止响应 | 触发条件 | 操作 | 结果 |
|---|---|---|---|
| STOP A 无法应答 | 由任何一条无法通过脉冲封锁应答的安全故障信息触发 | 通过各监控通道的断路路径触发安全脉冲清除。带 SBC 时：<br>闭合抱闸。 | 电机缓慢停转或被抱闸制动。 |
| STOP A | 所有可应答 Safety 故障<br>作为 STOP F 的后续响应 | | |
| | STOP A 符合 EN 60204-1 的 0 类停机。<br>使用 STOP A 时，电机转矩由 “Safe Torque Off (STO)” 功能直接关断。<br>这样可以防止电机在静态下意外启动。<br>而运行中的电机则缓慢停转。可以通过使用外部制动装置，例如抱闸或运行制动防止电机转动。<br>STOP A 激活时，STO 功能生效。 | | |
| STOP F | 在交叉数据检查中出错时 | 过渡到 STOP A | 选择了一项 SI 功能时，可设置带延时的<br>STOP A（出厂设置不带延时） |
| | STOP F 固定配有交叉数据检查 (KDV)。从而识别监控通道中的故障。<br>STOP F 后触发 STOP A。<br>STOP A 激活时，STO 功能生效。 | | |

**⚠ 警告**

**轴不受控的运动**

对于垂直轴和牵引负载，在触发 STOP A/F 时存在轴意外运动的危险。

这可能会造成人员重伤或死亡。

- 出现危险情况时，应采取适当的应对措施，如使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见章节“Safe Brake Control (SBC) (页 89)”。

### Safety 故障应答

SI 故障信息的应答方式有以下几种：

- 通过撤销 STO 或 SS1 进行应答：
  - 排除故障原因。
  - 取消选择 “Safe Torque Off” (STO) 或 “Safe Stop 1” (SS1)。
  - 确认故障。

  在关闭 Safety 功能后退出 Safety 调试模式（即在 p9601 = 0 时将 p0010 设为不等于 95 的值），之后可对所有 Safety 故障进行应答。
  重新设置 Safety 调试模式 (p0010 = 95) 后，之前存在的故障重新出现。
- 上级控制器通过 PROFIsafe 报文（STW 位 7）置位信号“内部事件应答”。该信号的下降沿会复位状态“内部事件”，进而应答故障信息。
- 通过给驱动器重新上电来进行应答
  同所有其它故障信息一样，SI 故障信息也可通过关闭/接通驱动器（重新上电）来应答。但是如果没有实际排除故障，驱动器启动后故障信息还会再次出现。

### 故障和报警说明

**说明**

**文档**

SINAMICS Safety Integrated Functions 的故障和报警的详细信息请参见以下手册：
文档：SINAMICS S120/S150 参数手册

## 5.1.5 强制潜在故障检查（Teststop）

### 5.1.5.1 Safety Integrated Basic Functions 的强制潜在故障检查或关机路径测试（Teststop）

断路路径的强制潜在故障检查 (Teststop) 可以及时识别出两个监控通道中的硬件和软件故障，该功能在选择/取消 “Safe Torque Off” (STO) 或 “Safe Stop 1” (SS1) 时自动执行。

为满足标准 ISO 13849-1 中关于及时发现故障的要求，每隔一段时间就要检查两条关机路径能否正常工作，为此，必须手动或过程自动化地触发强制潜在故障检查 (Teststop)。

定时器可确保强制潜在故障检查 (Teststop) 及时执行。

- p9659 安全功能的强制潜在故障检查定时器

在此参数中设置的时间内，至少须执行一次断路路径的强制潜在故障检查 (Teststop)。

此时间届满后驱动器会一直输出相应的报警，只有您完成检查 (Teststop) 后才会消失。

每次取消选择 STO/SS1 时定时器都会复位为设置的值。

**说明**

**Basic Functions 定时器清零**

如果在同时使用 SI Extended Functions 时完成了相应的强制检查，SI Basic Functions 强制潜在故障检查 (Teststop) 的定时器也一同清零。

选中了 Extended Functions 中的 STO 时，驱动器不会检查用于控制 SI Basic Functions 的端子和控制 Extended Functions 的端子是否不同。也就是说，在执行 SI Basic Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 时，不能同时选中 Extended Functions 中的 STO 或 SS1。否则可能无法检查端子是否正确控制了对应的 SI 功能。

假设在运行的设备上已通过相应的安全设施（例如防护门）排除了危险性。因此用户只会看到强制潜在故障检查 (Teststop) 即将到期的报警并被要求及时执行检查。此报警不会影响设备的运行。

用户必须根据实际应用将强制潜在故障检查（Teststop）的时间间隔设置为 0.00 和 9000.00 小时之间的值（出厂设置：8.00 小时）。

强制潜在故障检查 (Teststop) 的执行示例：

- 设备上电后驱动器静止时。
- 在防护门打开时。
- 以规定间隔进行检查（比如 8 小时间隔）。
- 在自动运行中由时间和事件触发。
- 允许的最大时间间隔为一年 (8760 h)。

### 5.1.5.2 上电后的强制潜在故障检查 (Teststopp)

强制潜在故障检查 (Teststop) 可在上电时自动执行。

- 需要自动执行强制潜在故障检查 (Teststop)，以及对 CU310-2 的 F-DO 进行自动测试时，请设置 p9507.6 = 1。为了测试 CU310-2 的 F-DO，必须设置 p10042，并在 p10046 中激活测试。
- 需要自动执行对 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop) 时，请设置 p10048 = 1。
- 在上电时已设置了强制潜在故障检查 (Teststop) 的情形下，仍可根据应用在任意时间触发该检查。

- 若特定问题（例如通讯故障）使自动触发的该功能无法正确结束，那么消除问题后该功能将会自动重新启动。
- 强制潜在故障检查 (Teststop) 成功完成后，变频器进入“运行就绪”状态。
- 自动强制潜在故障检查 (Teststop) 会使定时器 p9659 复位。
- 上电时的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 对 Safety Integrated Functions 无影响。

### 5.1.6 功能图与参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2800 SI 基本功能 - 参数管理器
- 2802 SI 基本功能 - 监控和故障/报警
- 2890 SI TM54F - 一览
- 2891 SI TM54F - 参数管理器
- 2900 SI 基本功能 - TM54F 控制接口 (p9601.2/3 = 0, p9601.6 = 1)
- 2901 SI 基本功能 - TM54F 安全状态选择
- 2902 SI 基本功能 - TM54F 分配 (F-DO 0 … F-DO 3)

## 5.2 Safety Integrated 扩展功能

**说明**

**PFH 值**

SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：

PFH 值 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/76254308/en)

### 5.2.1 扩展功能或高级功能的授权

- 运行**每个**带有 Safety Integrated Extended Functions 或 Advanced Functions 的轴都需要获得**一个**授权。您可以通过 Startdrive 上的按钮 “License Key” 来输入相应的授权码。接着您可以按下“激活”按钮来激活授权码。
  或者您也可以在参数 p9920 中输入 ASCII 码格式的授权码。设置 p9921 = 1 即可激活授权码。
- 在《SINAMICS S120 功能手册》的“授权”一章中描述了如何生成 SINAMICS Safety Integrated Extended Functions 或 SINAMICS Safety Integrated Advanced Functions 的授权码。如果授权不足，装置会通过以下故障和 LED 指示：
  - F13000 → 授权不充分
  - LED RDY → 以 2 Hz 的频率红色闪烁
- 在购买驱动时您就已经可以决定是否使用 Safety Integrated Functions。如果决定使用，即可获取一份或多份保存在随附存储卡上的授权。此时，您不必明确激活授权。
- 可以购买一份有固定使用期限的 Safety Integrated Trial License，用于测试。
  关于 Trial License 的详细信息请参见“SINAMICS S120 功能手册之驱动功能分册”，章节“授权”。

### 5.2.2 带编码器与不带编码器的 Extended Functions 之间的区别

电机不带编码器或者不带支持安全功能的编码器时，不是所有的 Safety Integrated Functions 都能投入使用。有关该差异的详细信息请参见章节“电机带/不带编码器时的监控 (页 43)”。

### 激活

设置参数 p9306 和 p9506（出厂为 0）便可激活带或不带编码器的 Safety Integrated Extended Functions。您也可以在 Startdrive 的 Safety-Integrated 窗口中选择 “带编码器” 或 “不带编码器” 激活这两个选项。在驱动轴的 Startdrive 二级导航中选择菜单 “驱动功能 > Safety Integrated > 功能选择”。

- 带编码器
  设置 p9506 = 0
  或
  设置 p9506 = 2
- 不带编码器
  设置 p9506 = 1
  或
  设置 p9506 = 3

### 带编码器的监控

在专家参数表中，您可以设置 p9506 = 0（出厂设置）或 p9506 = 2 来激活带编码器的 Safety Integrated Functions，也可以通过选择安全窗口中的 “with encoder” 来激活带编码器的安全功能。

- **设置 p9506 = 0 时：**
  制动过程由 “Safe Acceleration Monitor” 功能监控。
- **设置 p9506 = 2 时：**
  在执行 SS1 时，监控功能 “Safe Brake Ramp” 也会生效。

带编码器的实际值检测的详细说明参见章节 “带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”。

### 不带编码器的监控

在专家列表中，您可以设置 p9506 = 1 或 p9506 = 3 来激活不带编码器的 Safety Integrated Functions，也可以通过选择安全窗口中的 “without encoder” 来激活。

- **设置 p9506 = 1 时：**
  在执行 SS1 时，监控功能 “Safe Brake Ramp” 也会生效。
- **设置 p9506 = 3 时：**
  制动过程由 “Safe Acceleration Monitor” 功能监控。工作方式等同于 “带编码器的监控”。

**考虑异步电机的转差**

使用不带编码器的 Safety Integrated 功能时，可由于转差（电气转速与机械转速之间的偏差）导致测定的电气转速与电机轴机械转速之间出现偏差（取决于驱动负载）。

**说明**

电流和电压的跃变，如设定值给定和负载的跃变，以及一些具有高噪声的极小量值通常会导致无编码器的安全实际值检测出现误差，应予以避免。

有关不带编码器的实际值检测的详细说明参见 “不带编码器的安全实际值检测 (页 173)” 一章。

**说明**

**功能范围**

“不带编码器”与“带编码器”相比，Safety Integrated Extended Functions 较少（参见章节 “电机带/不带编码器时的监控 (页 43)”）。

**说明**

**驱动组上的 Safety Integrated Functions（不带编码器）**

不带编码器的 Safety Integrated Functions 在驱动组（一个功率单元上有多个电机）上也允许使用。

## Safety Integrated Extended Functions（带编码器）中的“驻留”状态

**说明**

**Extended Functions（带编码器）和“驻留”**

如果使能了 Safety Integrated Extended Functions（带编码器）的驱动对象被设置为“驻留”状态，作为响应，Safety Integrated 软件会选择 STO，而不输出单独的一条信息。这种内部选中 STO 的状态会显示在 r9772.19 中。

#### 5.2.2.1 “不带编码器”的 Safety Integrated Functions 的特殊事项

### Basic Functions

- Basic Functions 可供同步电机和异步电机使用，无论电机是否配备编码器，采用何种控制方式并且没有其他限制条件。
- Basic Functions 无需任何安全编码器。
- 不带编码器的 Safety Integrated 功能也允许在驱动组（一个功率单元上有多个电机）上使用。

### Extended Functions

不带编码器的 Extended Functions SS1、SLS、SDI 和 SSM 无需进行安全转速实际值检测。针对驱动闭环控制而采用的编码器对无编码器的安全功能无任何影响。您可在以下电机类型中使用“不带编码器”的 Extended Functions：

- 所有控制方式下的异步电机
- SIMOTICS A-1FU 系列同步电机（从前的：SIEMOSYN）采用 V/f 控制
- 矢量控制下的同步磁阻电机

不带编码器的 Safety Integrated 功能也允许在驱动组（一个功率单元上有多个电机）上使用。

**说明**

**考虑异步电机的转差**

使用不带编码器的 Safety Integrated 功能时，可由于异步电机上的转差（电气转速与机械转速之间的偏差）导致测定的电气转速与电机轴机械转速之间出现偏差（取决于驱动负载）。

### 限制

注意 Extended Functions 的使用有以下局限性：

### 带 Safety Integrated Functions 的同步磁阻电机，“不带编码器”

SINAMICS S120 支持带 Safety Integrated Functions 的同步磁阻电机，“不带编码器”。在这种使用情况下要注意以下事项：

- 只能通过矢量控制运行同步磁阻电机。
- 从 Safety Integrated 的角度，同步磁阻电机属于“异步电机”一类。
- 详细技术信息：
  - 同步磁阻电机无转差：上述说明“必须考虑异步电机的转差”不适用于同步磁阻电机。
  - 不允许设置“在 f = 0 Hz 前一直采用测试信号在闭环控制中运行” (p1750.5 = 1)。
  - 如果激活了功能“在 f = 0 Hz 前一直采用测试信号在闭环控制中运行” (p1750.5 = 1)，那么同步磁阻电机无需电流注入。
  - 相比于异步电机，同步磁阻电机需要较短时间的励磁：无编码器的安全监控生效时等待至启动的时间会减少，例如 SLS 生效时。

### 不带编码器的 Safety Integrated Functions 不允许的运行模式

- 不支持与 SINAMICS Hydraulic Drive (HLA) 组合运行
- 电流控制器周期不可以是 31.25 µs 和 62.5 µs（配有两个安全驱动的双轴电机模块）。
- 在单独设置电流控制器周期和脉冲频率时，不带编码器的安全功能不允许以下系统周期设置：
  - 双轴电机模块：<125 µs
  - 其他所有组件：<62.5 µs
  - 必须将 p9589 设为 3300，才可以单独设置电流控制器周期和脉冲频率。
- 适用于所有外形尺寸：只有当参数 p1810 为出厂设置时才允许使用“无编码器”的 Safety Integrated Functions，此时：
  - 不支持摆动
  - 不支持对脉冲频率的微调
- 此外，针对装机装柜型设备的局限性还有：
  - 在装机装柜型设备上，无编码器运行只适用于异步电机，不适用于同步电机。
  - 不支持并联
  - 不为 SIMOTICS FD 提供优化脉冲模型
- 不支持“轴发电机”功能
- 只支持 1000 kW 以内的异步电机
  对于大型电机，则需调整参数 p9585 的值。

### 影响不带编码器的 Safety Integrated Functions 的运行模式

安全功能被禁用不会影响下列工艺功能。

在不带编码器的 Safety Integrated Functions 激活时，使用以下运行模式可导致无编码器的安全实际值检测出现误差（参见信息 C01711、C30711，故障值 1040 ff.）。

无编码器的安全实际值检测基于电流值和电压值的测量，而这两个值会受到以下功能的影响。**检测不会导致非安全状态。**但由于上述测量误差，可能会对检测值的可用性产生负面影响。

**说明**

**异常运行状态**

此时应注意，在异常运行状态（如：失速电机）下出现安全故障的变频器可能会失效，但在任何情况下都不会导致非安全状态。

- 功率单元的电流限制
  功率单元的电流限制功能响应时，则无编码器的安全实际值检测有可能出现误差，并触发相应的停止响应。

  **说明**

  对驱动进行选型及设置电流限值和转矩限值时应确保功率单元的电流限制功能不会响应。

- 带牵引负载的运行
  不可以通过外力迫使变频器进入再生运行模式。

  **说明**

  当一套耦合驱动系统是由一台电动运行和一台制动运行的电气驱动组成（如试验台）且两台驱动的速度都被安全监控时，可以使用无编码器的安全功能，这是因为在故障情况下电动运行的驱动能够识别超限。但如果在本例中，电动运行的驱动是不被安全监控的内燃机，则制动运行的驱动不允许使用无编码器的安全功能。

  卷取机同样如此，它也具备一台电动运行和一台制动运行的电气驱动且这两个驱动都被安全监控。

- 电机数据识别
  在使用测量功能（静态测量和旋转测量）测定电机数据时，无编码器的安全实际值检测可能会产生误差。

  **说明**

  通常应在调试 Safety Integrated Functions 前执行电机数据识别。

- 数据组切换
  执行无编码器的安全功能时原则上可切换电机数据组和驱动数据组，但异步电机和同步电机之间的切换被禁止。有多个电机数据组时须注意：所有电机的极对数必须相同。如果 r0313 中的极对数不等于配置安全实际值检测时（齿轮箱）考虑的值，那么算出的安全实际速度就不等同于轴的机械速度。
  **SLS 激活时，轴转速可能会高于配置的限值。**

- 加减速交替产生的影响
  在加减速不断交替时，须注意以下限制条件。
  – 1 秒内只允许一个加速斜坡和一个制动斜坡
    即一个周期 “0 → +$n_{设定}$ → -$n_{设定}$ → 0” 起码要 2 秒。

- 该条件也适用于定位模式；必要时须对位置控制器设置和运行曲线进行调整，以避免速度曲线出现过冲，调整措施比如有：降低动态响应性能，使用平缓的制动斜坡。

- 快速重启（捕捉重启）
  Safety Integrated Functions 激活的设备运行时，最好不要使用快速重启。

  **说明**

  如果必须使用该功能，则可以在快速重启前先禁用 Safety Integrated Functions 并在快速重启结束后再次激活。
  **此时，用户须检查在快速重启期间安全功能是否允许被禁用。**
  **只允许通过故障安全信号开关 Safety Integrated Functions。**

- 直流电制动
  使用该功能时注入直流电以进行制动，这可能会导致无编码器的安全实际值检测出现误差以及相应的停止响应。

  **说明**

  如果必须使用该功能，则可以在制动前先禁用 Safety Integrated Functions 并在制动结束后再次激活。
  **此时，用户须检查在制动期间安全功能是否允许被禁用。**
  **只允许通过故障安全信号开关 Safety Integrated Functions。**

- 在 f = 0 Hz 前一直采用测试信号在闭环控制中运行（参见 SINAMICS S120 功能手册“驱动功能”中的相应章节）
  如果同时使用不带编码器的 Safety Integrated 和功能“在 f = 0 Hz 前一直采用测试信号在闭环控制中运行”，驱动很可能会发出意外的安全信息和停止响应。此时请勿使用这一功能组合。

### 确保无编码器安全 Extended Functions 激活时稳定运行的建议

为避免触发无编码器的安全实际值检测的故障信息，应满足下列前提条件：

- 电机和功率单元的选型要足够满足该应用。
- 电机和功率单元应满足下列条件：功率单元额定电流 (r0207[0]) 与电机额定电流 (p0305) 之比应小于 5。
- 建议在调试安全功能前首先在电机静态时进行电机数据识别，然后在电机旋转时进行数据识别。
- 进行基本调试时（即调试安全功能前）应对闭环控制进行最优设置。应避免以下不良影响：
  - 转速的过冲
  - 电流尖峰或电流实际值的不稳定变化
  - 电压尖峰或电压实际值的不稳定变化
  - 电流和电压中的极低噪声

### 控制单元适配器 CUA31 和 CUA32 上的 Safety Integrated Extended Functions（不带编码器）

控制单元适配器 CUA31 和 CUA32 上提供的无编码器的 Safety Integrated Extended Functions 如下：

| 控制单元适配器 | 产品编号 | 不带编码器的 Safety Integrated | |
|---|---|---|---|
| | | 不提供 | 提供 |
| CUA31 | 6SL3040-0PA01-0AA1 | A、B 和 C 版（功能状态） | D 版或新版 |
| CUA32 | 6SL3040-0PA01-0AA0 | A 和 B 版（功能状态） | C 版或新版 |

## 5.2.3 Safe Torque Off (STO)

STO 的控制方式和工作方式在“Safe Torque Off (STO) (页 80)”一章中有详细说明。

## 5.2.4 Safe Stop 1 (SS1)

### 5.2.4.1 带编码器的 SS1

执行扩展安全功能 SS1 时会对制动过程进行监控。

- **设置 p9506 = 0 时：**
  制动过程由 “Safe Acceleration Monitor” 功能监控（参见章节“描述 (页 160)”）。
  该情况下也称作“SS1（时间和加速度受控）”。
- **设置 p9506 = 2 时：**
  在执行 SS1 时，监控功能 “Safe Brake Ramp” 也会生效（参见章节“Safe Brake Ramp (SBR) (页 163)”）。
  该情况下也称作“SS1（转速受控）”。

使用“Safe Stop 1”（SS1）功能可以实现符合 EN 60204-1 的 1 类停机。选择 SS1 后，变频器用 OFF3 斜坡（p1135）制动电机，并使电机在延迟时间（p9556）届满或下降到关机速度（p9560）后进入 STO 状态。

**带编码器的 SS1 的功能特性**

- 该功能被选中后，延迟时间便开始计时。如果在延迟时间没有届满前便撤销了 SS1，该时间届满后或在电机下降到关机速度后驱动器会先选中 STO 又立即撤销 STO，即：SS1 功能正常结束，不能中断。
- SAM 或 SBR 的选择和执行是双通道式的，但是 OFF3 斜坡制动却是单通道的。

**说明**

**通过上级控制器以 OFF2 中断斜坡功能**

激活 SS1 可能会导致给定转速设定值的上级控制器（SPS、运动控制器）以 OFF2 中断斜坡功能。这是该设备对激活 OFF3 作出的故障响应。必须通过相应的参数设置/配置避免这种响应。

**说明**

**SS1 和 EPOS 一同使用时无 OFF2**

SS1 和 EPOS 一同使用时，针对 F07490（EPOS：在制动期间使能被取消）的故障响应不能设为 OFF2。该故障信息的响应（OFF1、OFF2 或 OFF3）可通过 p2100/p2101 配置。

- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  在 SS1（≙ STOP B）时，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

### 调试

延迟时间（SS1 时间）在参数 p9556 中输入。安全封锁脉冲（STO）前的等待时间可以通过在 p9560 中设置关机速度来缩短。

p9556 中设置的时间必须足够长，确保在选中该安全功能后电机能沿着 OFF3 斜坡（p1135）从任意工作过程转速减速到 p9560 中设定的关机转速以下达到静止。

**说明**

**延迟时间的设置**

请按照下面的公式来设置合适的延迟时间，确保驱动器沿着完整的 OFF3 斜坡制动，可能存在的电机抱闸有时间闭合。

- 配置了抱闸时：延迟时间≥ p1135 + p1228 + p1217
- 没有配置抱闸时：延迟时间≥ p1135 + p1228

p9560 中必须设置合适的关机速度，确保 STO 引起的自由停转不会对人员或设备造成任何危险。

### 响应：系统故障

1. 首先触发 STOP F，然后触发 STOP B，最后触发 STOP A
2. 输出安全信息 C01711

### SS1 的状态

SS1 的状态通过以下参数显示：

- r9722.1 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号，SS1 生效
- r9722.0 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号，STO 或安全脉冲封锁生效

### 5.2.4.2 不带编码器的 SS1

参数 p9506 可设置 2 个不带编码器的“Safe Stop 1”（SS1）监控功能：

- p9506 = 3：对加速度（SAM）/延迟时间进行监控
  该功能相当于前面一章介绍的带编码器的 SS1。
  该情况下也称作“SS1（时间和加速度受控）”。
- p9506 = 1：安全制动斜坡监控（SBR）
  该情况下 SS1 延迟时间无效。SS1 到 STO 的过渡只取决于是否低于关机速度（p9560）。有关 “Safe Brake Ramp (SBR)” 功能的详细信息请参考 “Safe Brake Ramp (SBR) (页 163)” 一章。该情况下也称作“SS1（转速受控）”。

**时序**

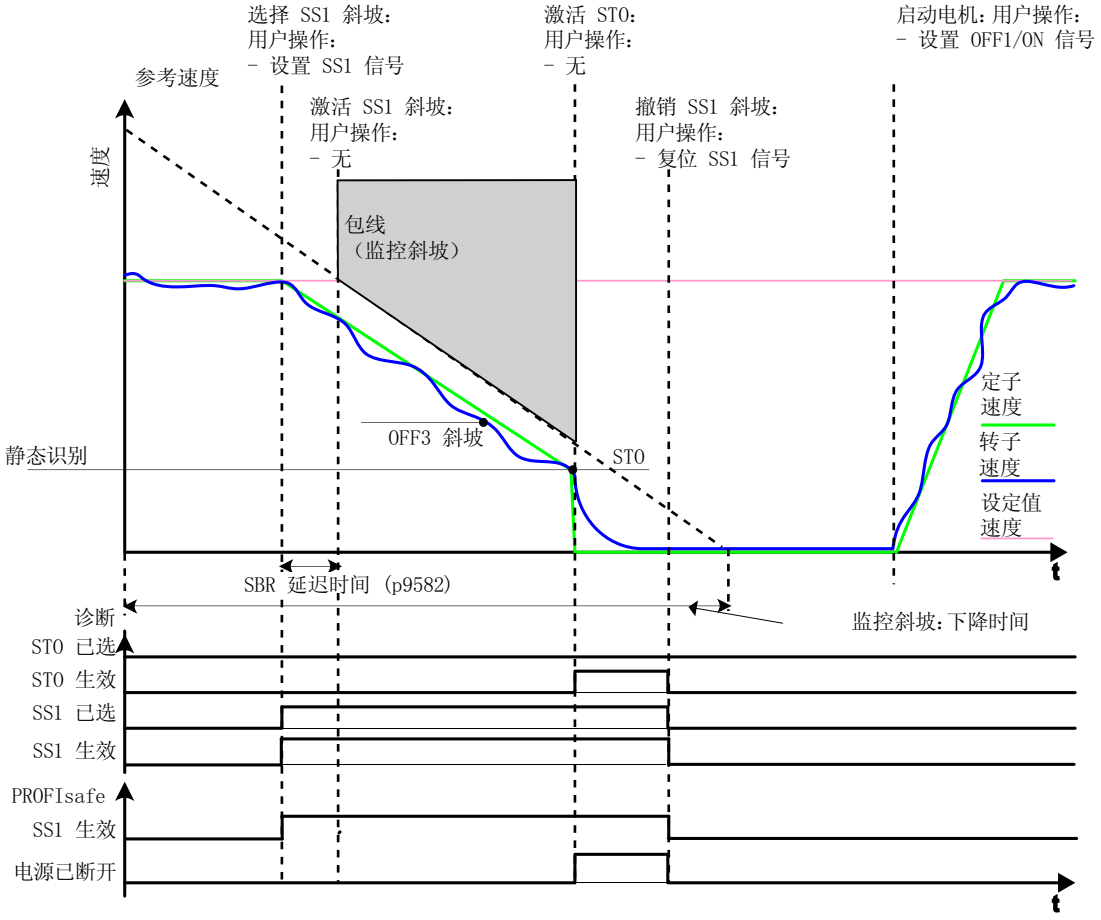



图 5-5　不带编码器，带 SBR 监控的 SS1 控制时序图 (p9506 = 1)

**不带编码器的 SS1 的特性**

- 制动斜坡监控（SBR）的选择和执行是双通道式的，加速度监控（SAM）的选择和执行也是双通道式，但 OFF3 斜坡制动是单通道式的。

### 5.2.4.3 带外部停止的 Safe Stop 1

**简介**

| 注意 |
| --- |
| **可能有任意轴运动**<br>使用“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”功能时，延时 (p9652) 期间轴可能会运动。<br>• 出现危险情况时，应采取适当的应对措施，如使用带安全监控功能的制动器。详细信息请见章节“Safe Brake Control (SBC) (页 113)”。 |

带外部停止的 SS1 功能的工作原理几乎和前文描述的“带编码器的 Safe Stop 1（时间和加速度受控）”以及“不带编码器的“Safe Stop 1”（转速受控）”功能一样。注意以下区别：

**“带 OFF3 的 Safe Stop 1”与“带外部停止的 Safe Stop 1”功能的区别**

- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 1”，需**额外**设置 p9507.3 = 1。
- 选择带外部停止的 SS1 时，驱动**不**会沿 OFF3 斜坡制动：必须自行采取适当的措施使驱动制动。延迟时间（p9556）届满后只会自动触发 STO/SBC。延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，STO/SBC 先被选中再被撤销。
- 在该方式中既没有制动斜坡监控（SBR）、加速监控（SAM），也没有静态监控。
- 该配置中，STO 在 SS1（p9556）计时器届满后生效；当配置了 SBR 后也同样如此。
- 更多信息参见章节“停止响应 (页 411)”。

#### 5.2.4.4 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2819 SI Extended Functions - SS1、SS2、SOS、内部 STOP B、C、D、F

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p1135[0...n] OFF3 斜坡下降时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9560 SI Motion 关机速度（控制单元）
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号

**仅在带外部停止的 SS1（Extended Functions）上**

- p9507 SI Motion 功能配置（控制单元）

### 5.2.5 Safe Brake Control (SBC)

“Safe Brake Control”（SBC）的控制方式和工作方式在“Safe Brake Control (SBC) (页 89)”一章中有详细说明。

**说明**

**SINAMICS HLA 不支持 SBC**

SINAMICS HLA 不支持 Safe Brake Control（SBC）功能。

### 5.2.6 Safe Operating Stop (SOS)

该功能用于监控电机是否静止。

**⚠ 警告**

**驱动可因机械力而脱离 SOS 状态**

当有大于驱动最大扭矩的机械力作用于位置闭环控制中的驱动时，它可能会脱离 “Safe Operating Stop” (SOS)状态。驱动的意外运动会触发 EN 60204-1 的 1 类停机（即故障响应功能 STOP B）。此时必须注意 SS1 和 STO 报警。

- 出现危险情况时，应采取适当的应对措施，如使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见章节“Safe Brake Control (SBC) (页 89)”。

**说明**

特别是在 SOS 的位置控制中，电机是通电的。

- 避免接触处于 SOS 状态下的电机。

- 电机是否静止是由 SOS 公差窗口（p9530）监控的。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  选择 SOS 时，在 r9733[0...2] 中指定了设定值 0。

**说明**

**公差窗口大小**

静态窗口应稍稍高于缺省的静态监控限值，否则该缺省监控便会失效。

参数 r9731 显示了负载侧的安全定位精度，它是安全运动监控功能能达到的最高实际位置检测精度。

超出静态公差窗口的响应是 STOP B。

#### SOS 何时生效

SOS 在以下情况下生效：

- 在选中了 SOS、p9551 中的延迟时间届满后。
  在此延迟时间内驱动必须减速到静止，例如在控制系统的控制下。
- SS2 的后续响应
- STOP C 的后续响应（相当于选择了 SS2）
- STOP D 的后续响应（相当于选择了 SOS）
- STOP E 的后续响应（相当于选择 SOS，在另激活标准功能“扩展停机和回退 (ESR)”时）

**响应**

- **超出 p9530 中设定的静态公差**
  - 首先触发 STOP B，之后触发 STOP A
  - 输出安全信息 C01707
- **系统故障**
  - STOP F
  - 输出安全信息 C01711

**说明**

**在外部 STOP A 生效时取消激活 SOS**

当“在外部 STOP A 生效时取消激活 SOS/SLS”（p9501.23 = 1）使能且选择了 SOS 时，SOS 在 STOP A 生效时取消激活。

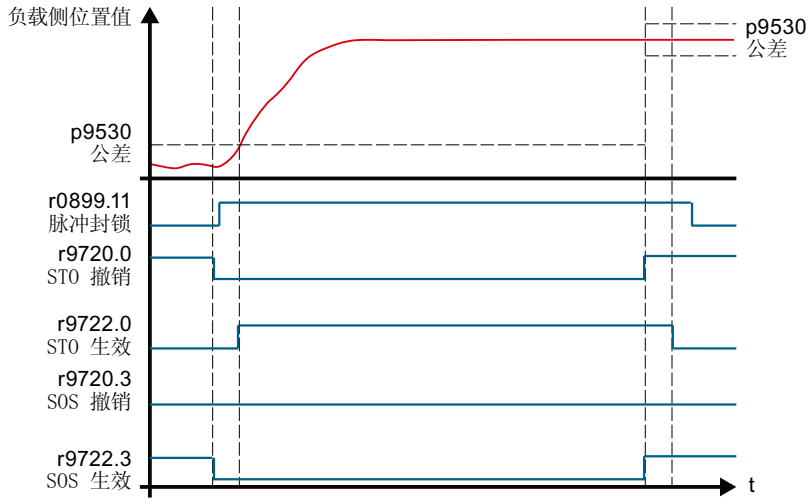



图 5-6　信号图：在外部 STOP A 生效时取消激活 SOS

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2819　　SI 扩展功能 - SS1、SS2、SOS、内部 STOP B、C、D、F

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9501　　SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9530　　SI Motion 静态公差（控制单元）
- p9551　　SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）

- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号
- r9731 SI Motion 安全定位精度

## 5.2.7 Safe Stop 2 (SS2)

**说明**

安全功能“Safe Stop 2”（SS2）必须使用编码器。

安全功能“Safe Stop 2”（SS2）用于通过 OFF3 减速斜坡（p1135）安全制动电机，并在延迟时间（p9552）届满后过渡到 SOS 状态（参见章节“Safe Operating Stop (SOS) (页 114)”）。该延迟时间必须适当设置，确保驱动器在该时间内能从任意工作过程转速减速到静止状态。之后不能超出静态公差（p9530）。

在制动过程后驱动仍保持在转速闭环控制状态（转速设定值 n = 0）。输出满扭矩。

在选择 SS2 期间，来自设定值通道或上级控制器的设定值被封锁。

SAM 的选择和执行是双通道式的，但是 OFF3 斜坡制动却是单通道的。

- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  在 SS2（≙ STOP C）上的 r9733[0...2] 中指定了设定值 0。

### 制动监控

减速时，以下其中一个功能生效：

- **设置 p9506 = 0 时：**
  制动过程由 “Safe Acceleration Monitor” 功能监控（参见章节“描述 (页 160)”）。
- **设置 p9506 = 2 时：**
  在执行 SS1 时，监控功能 “Safe Brake Ramp” 也会生效（参见章节“Safe Brake Ramp (SBR) (页 163)”）。

### 以 OFF2 中断斜坡功能

激活 SS2 可能会导致给定转速设定值的上级控制器（SPS、运动控制器）以 OFF2 中断斜坡功能。这是该设备对激活 OFF3 作出的故障响应。必须通过相应的参数设置/配置避免这种响应。

**响应**

- **超出速度限值（SAM）：**
  - STOP A
  - 输出安全信息 C01706
- **超出 p9530 中设定的静态公差（SOS）：**
  - 首先触发 STOP B，之后触发 STOP A
  - 输出安全信息 C01707
- **系统故障：**
  - 首先触发 STOP F，之后 STOP A
  - 输出安全信息 C01711

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2814 SI Basic Functions - SBC (Safe Brake Control)、SBA (Safe Brake Adapter)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p1135[0...n] OFF3 减速时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9530 SI Motion 静态公差（控制单元）
- p9548 SI Motion SAM 转速实际值公差（控制单元）
- p9552 SI Motion STOP C 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）[1)]
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号

[1)] STOP C 相当于 SS2。

**参见**

Safety Integrated 和 ESR (页 294)

### 5.2.7.1 带外部停止的 SS2（SS2E）

#### 选择 SS2E

> **⚠ 警告**
>
> **意外的轴运动**
>
> “带外部停止的 Safe Stop 2”功能 (SS2E) 生效时，延迟时间 (p9553) 期间的转速为上级控制器的设定值。可防止轴意外运动，进而避免造成人员伤亡。
>
> - 延迟时间 (p9553) 期间采用适当的保护装置，防止人员在机器或设备的危险区域内逗留。

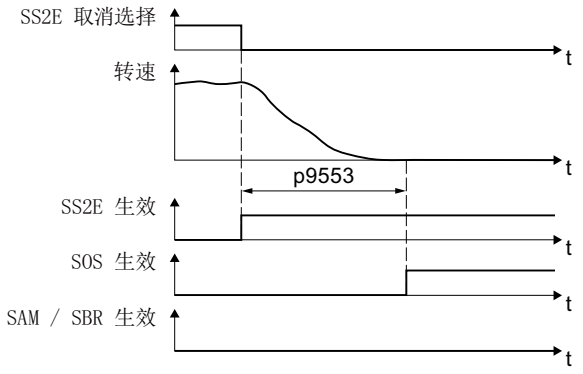



图 5-7 选择 SS2E

使用外部停止时，“Safe Stop 2”功能的工作原理几乎和前面章节中描述的一样。注意以下区别：

#### “带 OFF3 的 Safe Stop 2”与“带外部停止的 SS2 (SS2E)”功能的区别

- 选择带外部停止的 SS2 时，驱动不会自动使电机减速制动，而是通过规定的转速设定值。
- 在延迟时间 p9553 期间，既没有制动斜坡监控 (SBR)、加速监控 (SAM)，也没有静态监控。
- 延迟时间 p9553 届满后，SOS 生效。
  SS2E 功能生效时，上级控制器必须给定电机在延迟时间 p9553 届满后最晚减速停止的转速设定值。
- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 2”，应设置 p9501.18 = 1。
- PROFIsafe 控制字 S_STW2.28 选中功能 SS2E。PROFIsafe S_STW2.28 包含在报文 31、901、902 和 903 中。

- PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.28 显示 SS2E 功能是否生效。PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.28 包含在报文 31、901、902 和 903 中。对应的诊断参数为 r9722.28。
  在“Safety Info Channel”中，状态字 S_ZSW3B.11 显示 SS2E 功能是否生效。对应的诊断参数为 r10234.11。
  诊断参数 p9722.28 和 p10234.11 仍然可在内部 STOP D 时进行设置。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
  在 SS2E (≙ STOP D) 时，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

### 在 SS2E 生效期间取消 SS2E

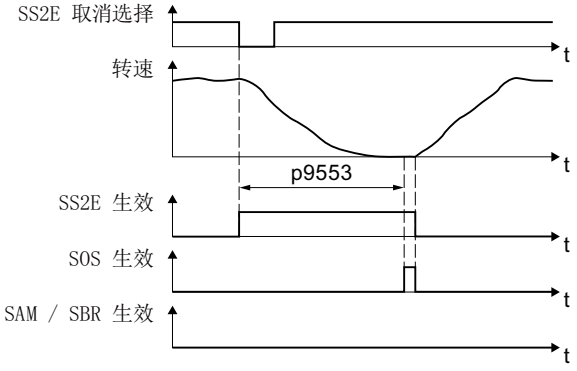



图 5-8　在 SS2E 生效期间取消 SS2E

延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，SOS 功能短时生效。之后，驱动会使电机再次加速至转速设定值。

### 通过 SS1 和 SS2 中断生效的 SS2E

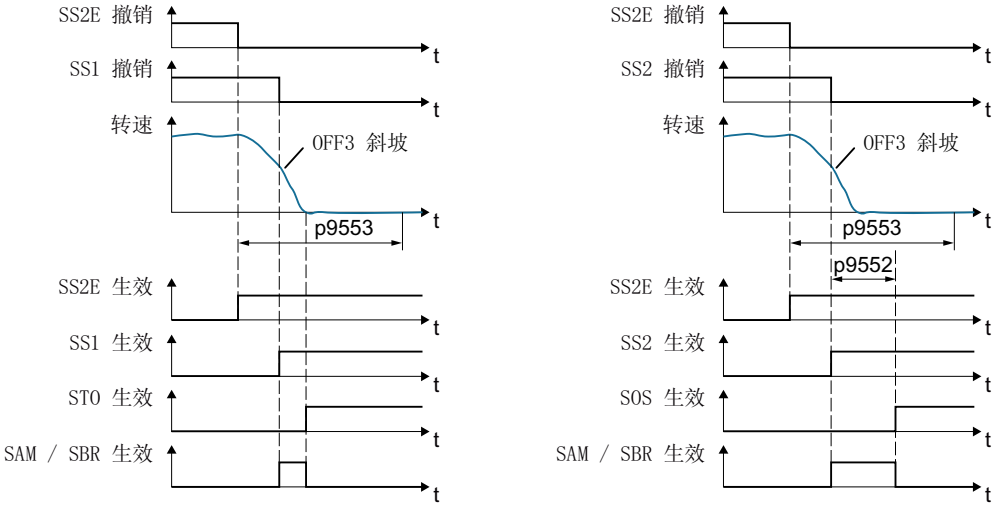



图 5-9　通过 SS1（左图）和 SS2（右图）中断 SS2E

选中 SS1 时，驱动会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过 SAM 功能监控转速。在电机静止时，STO 功能生效。

选中 SS2 时，驱动也会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过 SAM 功能监控转速。在时间 p9552 届满后，SOS 功能生效。

### 5.2.7.2 Safe Stop 2 Extended Stop and Retract (SS2ESR)

**⚠ 警告**

**意外的轴运动**

SS2ESR 功能生效时，延迟时间 (p9554) 期间的转速为上级控制器的设定值。可防止轴意外运动，进而避免造成人员伤亡。

- 延迟时间 (p9554) 期间采用适当的保护装置，防止人员在机器或设备的危险区域内逗留。

Safe Stop 2 Extended Stop and Retract (SS2ESR) 功能的工作原理几乎和前面章节中描述的一样，如 SS2。但要注意以下区别。

#### 选择 SS2ESR

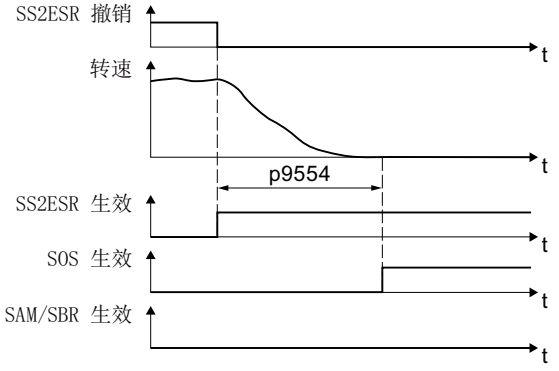



图 5-10　选择 SS2ESR 功能

#### “带 OFF3 的 Safe Stop 2”与 SS2ESR 功能的区别

- 选择带外部停止的 SS2ESR 时，驱动不会自动使电机减速制动，而是通过规定的转速设定值：这也可以是快速回退运行。
- 在延迟时间 p9554 期间，既没有制动斜坡监控 (SBR)、加速监控 (SAM)，也没有静态监控。
- 延迟时间 p9554 届满后，SOS 生效。SS2ESR 功能生效时，上级控制器必须给定电机在延迟时间 p9554 届满后最晚减速停止的转速设定值。

- 为了激活 SS2ESR，应设置 p9501.4 = 1。
- PROFIsafe 控制字 S_STW2.29 选中功能 SS2ESR。PROFIsafe S_STW2.29 包含在报文 31、901、902 和 903 中。
- PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.27 显示 SS2ESR 功能是否生效。PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.27 包含在报文 31、901、902 和 903 中。对应的诊断参数为 r9722.27。在“Safety Info Channel”中，状态字 S_ZSW3B.12 显示 SS2ESR 功能是否生效。对应的诊断参数为 r10234.12。
- 此外还会在“Safety Info Channel”中设置状态字 S_ZSW1B.14 = 1。该位对应于诊断参数 r9734.14。
- 如要连接驱动自控的 ESR，可使用 p0890[1]。
- SS2ESR 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）没有影响。如果在 p9501.4 中使能了 SS2ESR，则 STOP E 对 r9733[0...2] 也没有影响。

### 在 SS2ESR 生效期间取消 SS2ESR

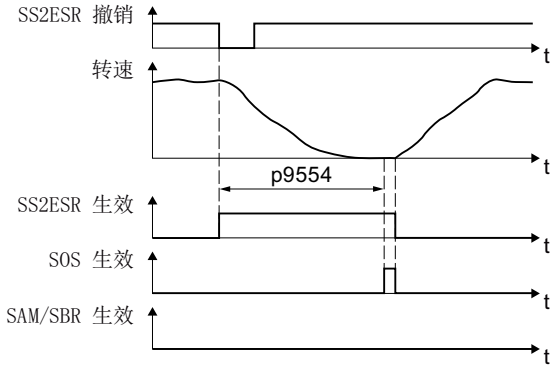



图 5-11　在 SS2ESR 生效期间取消 SS2ESR

延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，SOS 功能短时生效。之后，驱动会使电机再次加速至转速设定值。

### 通过 SS1 和 SS2 中断生效的 SS2ESR

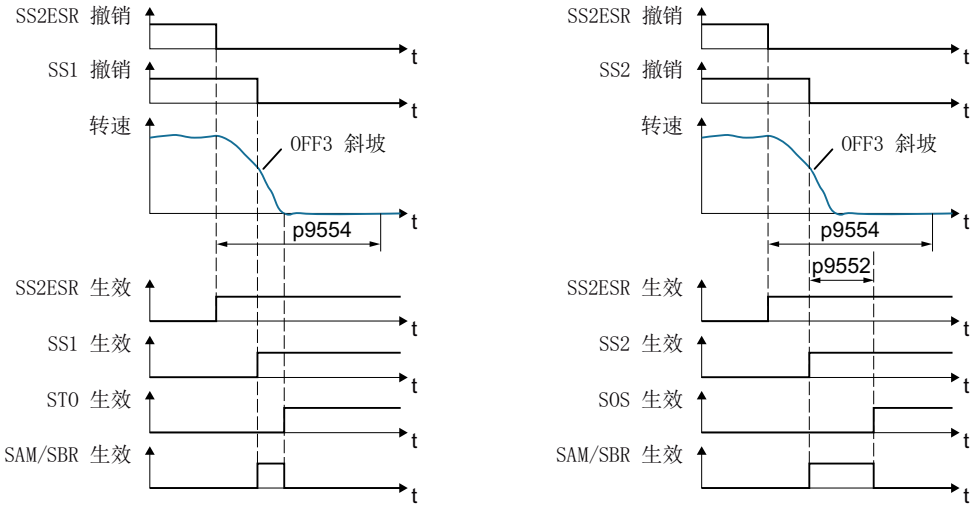



图 5-12　通过功能 SS1（左图）和 SS2（右图）中断功能 SS2ESR

选中 SS1 时，驱动会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过 SAM/SBR 功能监控转速。在电机静止时，STO 功能生效。

选中 SS2 时，驱动也会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过 SAM 功能监控转速。在时间 p9552 届满后，SOS 功能生效。

## 5.2.7.3　重要参数一览

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p2573　EPOS 最大减速度
- p2594　CI：EPOS 最大速度，受外部条件限制
- p2640　BI：EPOS 中间停（0 信号）
- p2645　CI：EPOS 设定值直接给定/MDI，减速度倍率
- p9551　SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）
- p9552　SI Motion STOP C 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）
- p9553　SI Motion STOP D 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）
- p9554　SI Motion STOP E 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）
- r9720.0...27　CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9733[0...2]　CO：SI Motion 生效的设定速度限值

#### 5.2.7.4 使用 EPOS 的效果

在执行功能 SS2 时，电机的制动过程不受设定值的影响，因此不适合和 EPOS 一起使用，此时您可以使用带延迟的“Safe Operating Stop”(SOS)功能。

借助 EPOS 功能“中间停”(p2640 = 0)，在选中 SOS 后 EPOS 会使电机沿着轨迹减速到静止，并在 SOS 激活前使驱动器保持静止。您必须在为 SLS/SOS 所需的最长制动时间（由 p2573 和 p2645 计算得出）加上一段安全裕量，然后将结果输入到 p9551 中。这样可以确保在 SOS 激活前电机已经静止。

进行下列操作：

1. 将 EPOS 功能“中间停” (p2640) 和控制信号“撤销 SOS” (r9720.3) 连接在一起。
2. 根据 p2573 和 p2645 计算出所需的 EPOS 制动时间，然后乘上 +5 % 左右的一个安全系数，将结果输入到 p9551“SOS 延迟时间”中。

在执行停止响应 STOP C 功能时，电机的制动过程不受设定值的影响，因此不适合和 EPOS 一起使用，此时您可以使用带延迟的“Safe Operating Stop”（SOS）功能。

借助 EPOS 功能“中间停”(p2640 = 0)，在选中 SOS 后 EPOS 会使电机沿着轨迹减速到静止，并在 SOS 激活前使驱动器保持静止。您必须为 SLS/SOS 所需的最长制动时间（由 p2573 和 p2645 计算得出）加上一段安全裕量，然后将结果输入到 p9553“STOP D 到 SOS 的过渡时间” 中：这样可以确保在 SOS 激活前电机已经静止。

进行下列操作：

1. 设置停止响应“STOP D”。
2. 将 EPOS 功能“中间停” (p2640) 和控制信号“撤销 SOS” (r9720.3) 连接在一起。
3. 根据 p2573 和 p2645 计算出所需 EPOS 制动时间，然后乘上 +5 % 左右的一个安全裕量，将结果输入到 p9553 “STOP D 到 SOS 的过渡时间”中。

### 5.2.8 Safely-Limited Speed (SLS)

#### 功能特性

Safety-Limited Speed (SLS) 功能可以防止电机在两个方向上速度过高。它会监控电机的当前速度是否超出了速度限值。

SLS 可以避免电机超出设置的速度限值运行。该限值必须根据风险分析的结果来确定。在参数 p9531[0..3] 中可以最多设置 4 个 SLS 速度限值（即速度档），在 SLS 激活时也可以执行换档。

还可以为 SLS 速度限值 1 附加一个倍率。在运行模式下，可通过一个 PROFIsafe 报文来修改该倍率。

**说明**

**显示速度限值的偏差**

在 r9714[2] 中显示的 SLS 速度限值与指定的 SLS 速度限值有所偏差。原因为速度值的内部分辨率 (r9732)。

**说明**

**通讯故障时的响应**

在 p9580 ≠ 0、SLS 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应时（即设置 p9563[0...3] ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

**说明**

**设定速度限值和 SLS**

- 除了 SLS 参数设置外，同时还需要设置设定速度限值。您可以在分析安全信息通道 (SIC) 的上级控制器中进行此项设置，或者将 r9733[0/1] 和斜坡函数发生器转速限值 (p1051/p1052) 互联在一起。
- 不建议组合使用 SLS 正向/负向设定值限制和标准报文 105：因为此时标准报文的速度设定值要经过设定值限制后才生效。

## 在外部 STOP A 生效时取消激活 SLS

当“在外部 STOP A 生效时取消激活 SOS/SLS”（p9501.23 = 1）使能且选择了 SLS 时，SLS 在 STOP A 生效时取消激活。

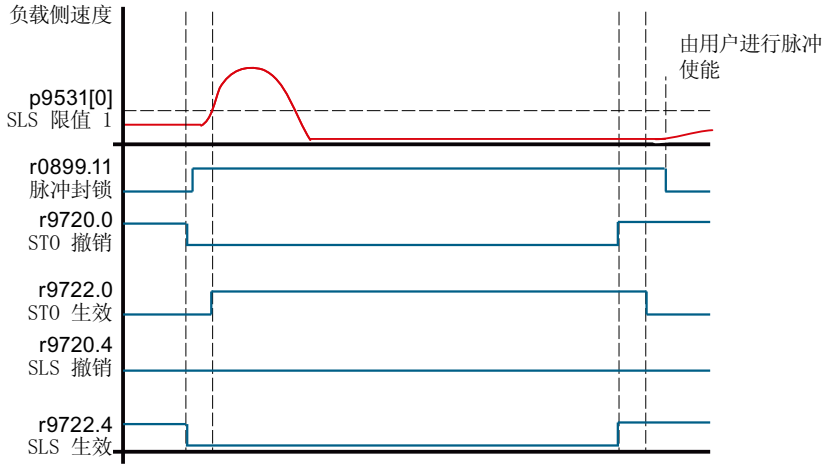



图 5-13　信号图：在外部 STOP A 生效时取消激活 SLS

### 5.2.8.1 带编码器的“Safely-Limited Speed”

**功能特性**

- 选中了 SLS 后，监控在设置的延迟时间届满后（p9551）才生效。在该时间内，实际转速必须低于（所选中的）速度限值。撤销 SLS 时，延迟时间无效。
- 在从高速度限值切换到低速度限值（p9531）后，电机的实际速度必须在延迟时间（p9551）内低出新速度限值。在延迟时间内，先前的限值仍旧生效。在延迟时间届满后，新限值生效。在通过 PROFIsafe 调低限值时也同样如此。
- 如果在延迟时间届满后电机的实际速度高于新速度限值，变频器会报告该错误并执行设置的停止响应。
- 停止响应（STOP A、STOP B、STOP C、STOP D 或 STOP E）通过参数 p9563 设置。
- 如果在切换到较高限值时，延迟时间未生效，那么较高限值立即生效。在通过 PROFIsafe 调高限值时也同样如此。
- 有 4 个可设置的限值 p9531[0...3]
- 首个限值可通过 PROFIsafe 报文 901、902 和 903 设定（当 p9501.24 = 1 时）
- 在参数 p9533 中您可以输入百分比换算系数，用于从选中的实际速度限值换算成设定速度限值。生效的限值和该系数相乘后可以得出设定速度限值，传送到 r9733 中。
  - r9733[0] = p9531[x] × p9533 （从负载侧换算到电机侧）
  - r9733[1] = p9531[x] × p9533 （从负载侧换算到电机侧）
    [x] =选中的 SLS 速度限值

  从电机侧到负载侧的换算系数：
  - 电机类型 = 旋转电机，轴类型 = 线性轴：p9522/（p9521 × p9520）
  - 其他情况下：p9522/p9521
- 限值
  - r9733[0] = p9531[x] × p9533；x =选中的 SLS 速度限值
  - r9733[1] = -p9531[x] × p9533；x =选中的 SLS 速度限值

  r9733 可以将生效的设定速度限值传送给上级控制器，控制器随后可以根据 SLS 速度限值或 setpoint channel（p1051） 调整运行速度。r9733 是安全信息通道（SIC）的组成部分。
- 参数 r9714[2] 中会显示当前 SLS 的速度限值。

### SLS 速度限值的切换

换档是通过 2 个 F-DI 或 2 个 F-DI 控制位以二进制编码的方式实现的。速度限值选择的状态可以通过 r9720.9/r9720.10 查看。当前生效的速度限值通过参数 r9722.9 和 r9722.10 显示，位 r9722.4 必须为 “1”。

表格 5-2　速度限值的切换

| 位 1 的 F-DI（r9720.10） | 位 0 的 F-DI（r9720.9） | 速度限值 | SLS 档位 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | p9531**[0]** | 1 |
| 0 | 1 | p9531**[1]** | 2 |
| 1 | 0 | p9531**[2]** | 3 |
| 1 | 1 | p9531**[3]** | 4 |

**⚠ 警告**

**通过 F-DI 控制 SLS 限值错误时可导致高转速**

对于除 PROFIsafe 之外的所有控制方式，在出现 2 个差异性错误并且没有应答这两个错误时，变频器会切换到 SLS1，即对于选择速度限值的 2 个 F-DI 来说，0 是故障安全值 (failsafe value)。

- 因此始终要按照升序来设置 SLS 速度限值，即：SLS1 是最低速度限值，SLS4 是最高速度限值。

### 响应

**在电机超出速度限值时：**

- STOP A /STOP B /STOP C /STOP D /STOP E，通过 p9563 配置
- 输出安全信息 C01714

**系统故障：**

- STOP F
- 输出安全信息 C01711

### 通过 PROFIsafe 传送首个速度档

SINAMICS 允许通过 PROFIsafe 来控制首个 SLS 速度限值：

- 在 PROFIsafe 报文中选中 SLS 速度限值 1 及位“通过 PROFIsafe 使能传送 SLS（SG）速度限值”（p9501.24）置位后，该速度限值便可通过 PROFIsafe 传送给变频器。
- S_SLS_LIMIT_A 的取值范围为 1 ... 32767；此时适用以下规则：
  - 32767 ≙ 100 % SLS 速度档 1
  - 实际有效的 SLS 速度档由以下公式计算得出：
    SLS 限值 = （S_SLS_LIMIT_A/32767） × p9531[0]
- 您可以用同样的方式来设置和选中速度档 2、3 和 4。
- 在变频器运行时无法修改已经设置的换档延迟时间。如果在您的实际应用中需要不同的延迟时间，您必须通过控制器（F-CPU）设定所需的 SLS 速度限值（该传送有一定延时）。
- 如果控制器传送了错误的 SLS 速度限值，变频器会执行 p9563 设置的速度限值 1 的停止响应和安全信息 C01711(1041)。

### 5.2.8.2 不带编码器的“Safely-Limited Speed”

#### 功能

参数 p9506 可设置 2 个不带编码器的“Safely-Limited Speed”（SLS） 监控功能：

- p9506 = 3：对加速度（SAM）/延迟时间进行监控
  该功能的工作方式和前面一章介绍的带编码器的 SLS 功能相同。
- p9506 = 1：安全制动斜坡监控（SBR）

**说明**

**缺省设置**

- 在调试时还要注意 “调试不带编码器的 Safety Integrated 前的预设置 (页 298)”一节的说明。
- 有关设置监控功能 SBR 的详细信息请参考 “Safe Brake Ramp (SBR) (页 163)” 一章。

#### 制动斜坡监控

- 设定速度限值（r9733）和设定值通道连接在一起 (p1051/p1052) 、然后选中 SLS 或者切换到 SLS 低速度限值时，电机会从当前速度开始沿着 OFF3 斜坡减速到以 r9733 定义的数值以下。该情况下驱动便不再跟踪上级运动控制器的设定值。
- 通过参数 p9582 可以设置 SBR 监控的延迟时间。
- 在延迟时间 p9582 届满后 SBR 监控功能激活。如果电机的实际速度超出了 SBR 制动斜坡，变频器会输出安全信息 C01706，并通过 STOP A 停止电机。
- 在以下情况下，选中的新 SLS 速度限值会生效：
  - SBR 斜坡达到了新的 SLS 速度限值
  - 驱动的实际速度在 p9582 时间届满后仍低于新的 SLS 速度限值。
- 没有编码器的 SLS 功能会监控电机的实际速度是否低于新的 SLS 速度限值。
- 一旦电机超出该 SLS 速度限值，变频器便执行设置的停止响应（p9563[x]）。

#### 速度限值的定义

- 不带编码器的 SLS 速度限值的定义方式和带编码器的 SLS 一样。
- 不带编码器的 SLS 的响应只有选择两种：STOP A 和 STOP B。

### 执行 OFF2/STO 后的重启方式

如果电机通过 STO 停机，您必须视情形执行以下操作重启电机：

| | | |
|---|---|---|
| 第 1 种情形： | • 启动后的状态 | |
| | | • SLS 已选 |
| | | • STO 已选 |
| | | • 正在封锁脉冲 |
| | • 撤销 STO | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 2 种情形： | • 情形 | |
| | | • 电机减速到静止，SLS 被选中 |
| | | • 触发 OFF1，脉冲封锁激活（内部选中 STO） |
| | • 选中 STO | |
| | • 撤销 STO<br>脉冲封锁激活了内部 STO：通过选择/撤销 STO 来取消该激活。 | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 3 种情形： | • 情形 | |
| | | • 电机减速到静止，SLS 被选中 |
| | | • 触发 OFF1，脉冲封锁激活（内部选中 STO） |
| | • 撤销 SLS<br>脉冲封锁激活了内部 STO：通过撤销 SLS 来取消该激活。 | |
| | • 选择 SLS<br>必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 4 种情形： | • 情形 | |
| | | • 所有 Safety Integrated 功能都被撤销 |
| | • 然后必须通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1。 | |
| | • 在该情形中，电机不能安全启动。 | |

## 5.2.8.3 自动生效的 Safely-Limited Speed

### 自动生效和非自动生效的 Safely-Limited Speed 之间的区别

- SLS 除了用端子、PROFIsafe 或 “端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效，参见 “自动生效的运动监控 (页 268)”一节。
- 通过设置 p9512.4 = 1 可选中 “自动生效的 SLS”。
- 自动生效的 SLS 只有一个速度限值可以设置（p9531[0]）。

- 停止响应通过 p9563[0] 设置。
- 自动生效的 Safely-Limited Speed 没有延迟时间。在带编码器运行时此功能始终生效。在不带编码器运行时此功能在接通时生效。

### 关闭并重启电机（不带编码器）

下图展示了自动生效的 SLS 的工作时序和诊断信号：

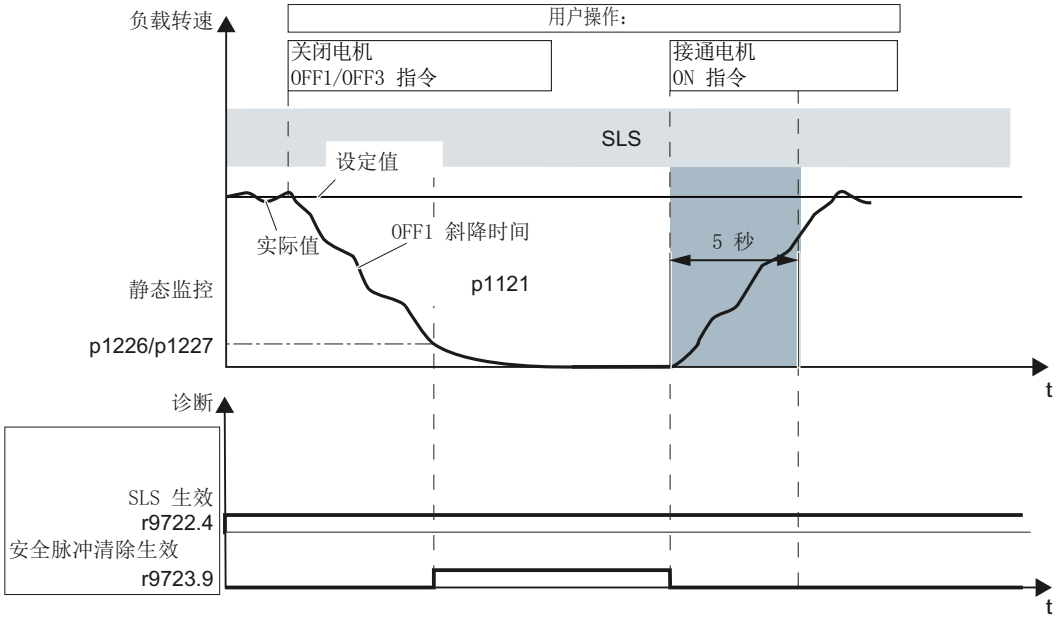



图 5-14　自动生效的 SLS 的工作时序，以关闭并重启电机为例（不带编码器）

在关闭并重启电机时，自动生效的 SLS 的工作方式如下：

- 关闭之后，电机按照取消的信号运行（OFF1、OFF2 或 OFF3）。
- 在电机转速低出静态监控限值后，“安全脉冲封锁”生效。 如果设置有抱闸，该信号的置位还会闭合抱闸。
- 在发出 ON 指令后，变频器退出“安全脉冲封锁”状态，开始启动。
- 如果在 5 秒后电机还没有达到最低电流，变频器会回到“安全脉冲封锁”状态，并发出报警 C01711。

### 5.2.8.4 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2820 SI Extended Functions - SLS (Safely-Limited Speed)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9501.0 SI Motion 安全功能使能（控制单元）：使能 SOS/SLS (SBH/SG)
- p9512 SI Motion 自动生效的安全功能的选择（控制单元）
- p9531[0...3] SI Motion SLP（SG）限值（控制单元）
- p9551 SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）
- p9563[0...3] SI Motion SLS（SG）专用停止响应（控制单元）
- p9580 SI Motion 总线故障 STO 延时（控制单元）
- p9581 SI Motion 制动斜坡参考值（控制单元）
- p9582 SI Motion 制动斜坡延迟时间（控制单元）
- p9583 SI Motion 制动斜坡监控时间（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9707[0...2] CO：SI Motion 编码器位置实际值诊断 GX_XIST1
- r9714[0...2] CO：SI Motion 速度诊断
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9721.0...15 CO/BO:SI Motion 状态信号（控制单元）
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）

#### 5.2.8.5 EPOS 和安全设定速度限值

**功能说明**

如果您希望同时使用定位功能 EPOS 和安全速度监控功能 SLS 或安全运动方向监控功能 SDI，当前生效的限值必须传送给 EPOS。如果限值没有传送给 EPOS，EPOS 提供的设定值可能会超出限值。一旦超限，变频器会停止驱动器，中断预定的运行过程。此时最先输出的是相关的安全故障信息，然后才输出 EPOS 故障信息。

安全功能可通过参数 r9733 为 EPOS 提供设定速度档，以避免超出安全速度档。

为避免超出 EPOS 设定值规定的安全速度档，必须按以下方法将设定速度限制（r9733）传送到 EPOS 的最大设定速度（p2594）：

- r9733[0] = p2594[1]
- r9733[1] = p2594[2]

另外，在 p9551 中要设置适当的 SLS/SOS 延迟时间，确保各个安全监控下驱动器速度有充足的时间下降到安全速度档。所需的制动时间由当前转速、p2574 加加速度限制和 p2573 最大减速度决定。

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p2573 EPOS 最大减速度
- p2574 EPOS 加加速度限制
- p2593 CI：EPOS LU/转、LU/mm
- p2594[0...2] CI：EPOS 最大速度，受外部条件限制
- p9551 SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）
- r9733[0...2] CO：SI Motion 生效的设定速度限值

### 5.2.9 Safe Speed Monitor (SSM)

“Safe Speed Monitor”（简称 SSM）功能用于检测电机在两个方向上的速度是否低于速度限值（p9546），例如：可以用于检测电机是否静止。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。

在设置了 p9501.0 = 1 激活 Safety Integrated Extended Functions 并设置了 p9546 > 0 后，SSM 会自动激活；设置 p9546 = 0，禁用 SSM 功能。

**说明**

**SSM 和 SAM 关联**

p9568（SAM 断开阈值）被设为“0”时，SSM 的速度限值 (p9546) 同时用作 SAM 的下限值。因此在这种情况下如果 SSM 速度限值设得比较高，在执行安全功能 SS1 和 SS2 时 SAM 监控的作用会受到一定限制。

**说明**

**执行 SSM 时 STOP F 的特性异常可引发危险**

SAM 会触发 STOP F，并输出安全信息 C01711。在有一个 Safety Integrated 功能激活的条件下，STOP F 只会触发后续响应 STOP B/STOP A。在只有不带回差的 SSM 功能激活时（即：p9501.16 = 0），STOP F 交叉校验错误不会触发后续响应 STOP B/STOP A。

- 在设置了“回差”和“滤波”功能后 (p9501.16 = 1)，SSM 作为生效的监控功能工作。

**说明**

**回差和实际值同步设置**

在设置回差和实际值同步时，请注意以下设置规定：

- 在使能了“SSM 回差”（p9501.16 = 1）后，p9546 和 p9547 必须进行如下设置：
  p9547 ≤ 0.75 × p9546
- 在使能了“实际值同步”后(p9501.3 = 1)，还应注意：
  p9549 ≤ p9547

## 特性

- p9546 中设置速度限值，以实现速度监控
- 可通过 p9547 设置回差
- 可通过 p9545 设置 PT1 滤波
- 安全输出信号
- 无停止响应

### 5.2.9.1 带编码器的“Safe Speed Monitor” (SSM)

#### 带编码器“Safe Speed Monitor”的功能特性

速度限值通过参数 p9546 “SI Motion SSM （SGA n < nx） 速度限值 n_x ”设置，此处的缩写“SGA n < nx”代表在低于速度限值时用于检测输出信号的安全功能。

一旦当前速度低于用于 SSM 速度限值（n < n_x），信号“SSM 反馈激活”（SGA n < n_x）会置位。低出设置的限值后，“Safe Acceleration Monitor”（SAM） 功能也一同被关闭，参见 p9568。p9568 = 0 时，p9546（SSM 反馈）一同用作 SAM 的下限值。

可借助 p9547 设置 SSM 回差。在监控阈值（p9546）转速范围内可形成稳定的 SSM 信号曲线。

如果设置了回差，则两个通道计算出的速度（或转速）之差不允许超过 p9546 和 p9547 的差值。否则理论上就有可能一条通道提供高位信号，另一个通道提供低位信号。

SSM 输出信号的滤波可通过 p9545 设置：一个设置滤波时间，另一个设置 PT1 滤波器。

在安全运动监控中，回差和滤波这两个功能可通过使能位 p9501.16 同时激活或禁止。缺省设置中这两个功能为“禁止”（p9501.16 = 0）。

---

**说明**

**例外：SSM 作为生效的监控功能**

在“回差和滤波”功能使能后，SSM 作为监控功能工作，在触发 STOP F 后还会触发后续响应 STOP B/STOP A。

---

**说明**

**SSM 反馈延迟**

在 SS M 输出信号的回差和滤波使能后，SSM 反馈会出现延迟，这是滤波的一个特性。

---

下图是回差使能后 SSM 输出信号的时序图：

## 回差使能后 SSM 的安全输出信号

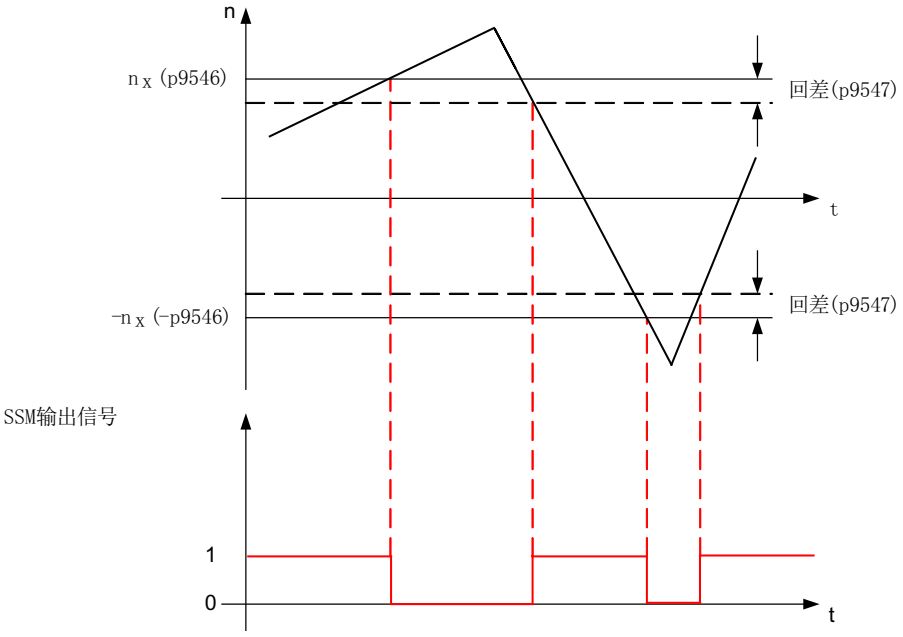



图 5-15　回差使能后 SSM 的安全输出信号

### 5.2.9.2 不带编码器的“Safe Speed Monitor” (SSM)

请设置 p9506 = 1 或 p9506 = 3（出厂设置为 0）来激活不带编码器的 Safety Integrated Extended Functions。您也可以在 Startdrive 的安全功能窗口中选择“无编码器”来激活该功能。

从原理上来说，不带编码器的 SSM 的工作方式和上文描述的带编码器的 SSM 一样。

**说明**

**缺省设置**

在调试时还要注意“调试不带编码器的 Safety Integrated 前的预设置 (页 298)”一节的说明。

**说明**

**OFF1 或 OFF3 斜降时间设置**

当 OFF1/OFF3 斜降时间过短或者 SSM 转速限值与关机转速之差过小时，信号“转速低于限值”可能不会切换为 1，因为此时变频器无法在驱动器低于 SSM 限值后、封锁脉冲前计算出任何转速实际值。这种情况下应延长 OFF1/OFF3 斜降时间或者增大 SSM 转速限值与关机转速之差。

**不带编码器的 SSM 和带编码器的 SSM 之间的区别**

- 在不带编码器的 SSM 中，封锁脉冲后变频器无法确定当前实际速度。针对该运行状态，可通过参数 p9509.0 选择 2 种响应：
  - p9509.0 = 1
    出厂设置：状态信号（SSM 反馈）为 0。
  - p9509.0 = 0
    状态信号（SSM 反馈）被冻结，“Safe Torque Off”（STO）被内部选中。
- 由于变频器无法精确地检测出速度，因此和带编码器的 SSM 相比，不带编码器的 SSM 需要更大的回差（p9547）和滤波（p9545） 。

## 流程图

下图是 p9509.0 = 0 时 SSM 信号的时序图。

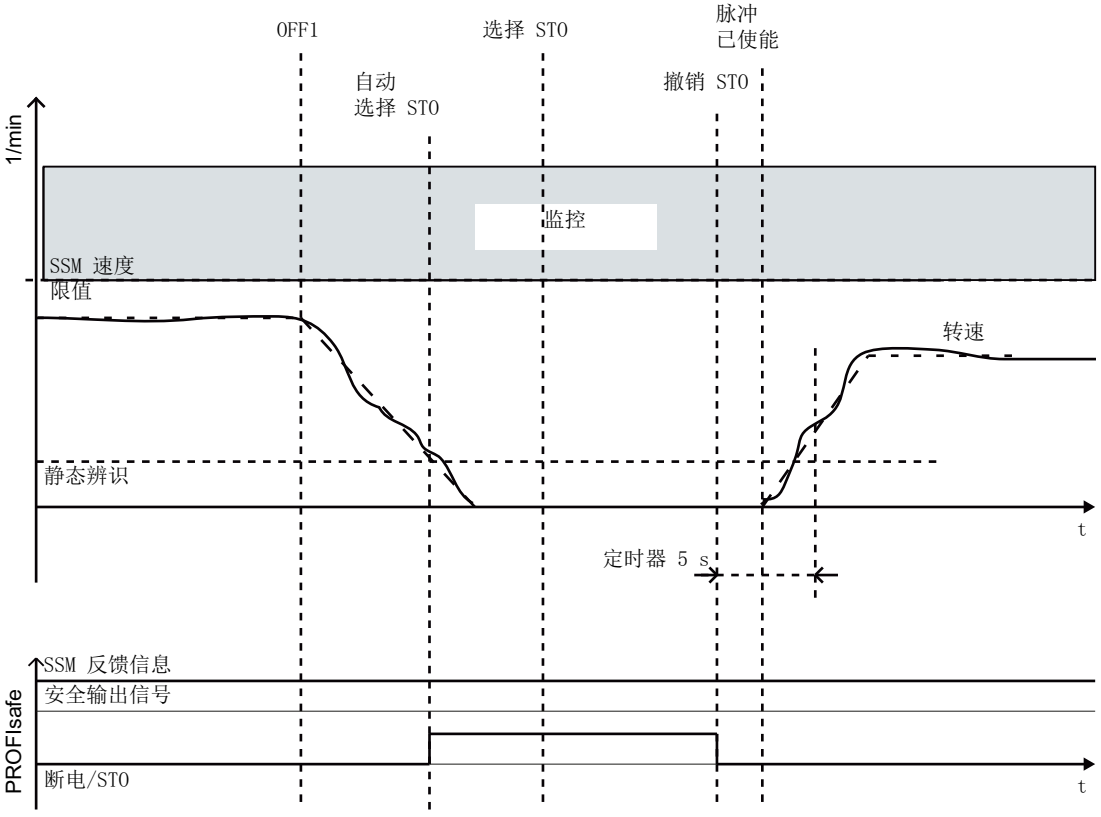



图 5-16　不带编码器的 SSM（p9509.0 = 0）

在整个观察时间段内，速度始终低于 p9546 设置的限值，因此 SSM 反馈信号 r9722.15 为 1。在发出封锁脉冲指令后，电机速度开始下降。在低于静态检测速度后，内部 STO 信号置位。

该情况下 SSM 反馈信号为高位信号；被冻结。驱动器会因内部选择 STO 而不会再次加速。

必须手动选择 STO 并再次撤销 STO，以安全重启电机。在撤销 STO 后会有一个 5 秒钟的窗口。如果在该时间窗口内变频器给出了脉冲使能，电机会开始启动。如果未能在 5 秒内给出脉冲使能，内部 STO 再次激活。

p9509.0 = 1 时，在封锁脉冲后 SSM 关闭。反馈信号 p9722.15 变为 0。在下一次给出脉冲使能后，SSM 才再次激活。此时在驱动器启动前不允许选择及再次撤销 STO。

### p9509.0 = 0 时封锁脉冲后重启驱动器

如果驱动器脉冲被 OFF1/OFF2/STO 封锁，您需要视情形执行以下步骤重启驱动器：

| | | |
|---|---|---|
| 第 1 种情形： | • 启动后的状态 | |
| | | • SSM 激活 |
| | | • STO 已选 |
| | | • 正在封锁脉冲 |
| | • 撤销 STO | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 2 种情形： | • 情形 | |
| | | • SSM 激活 |
| | | • 电机转动 |
| | | • 触发 OFF1，封锁脉冲 |
| | • 选中 STO | |
| | • 撤销 STO<br>脉冲封锁激活了内部 STO： 必须通过选择/撤销 STO 来取消该激活。 | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |

#### 5.2.9.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2823 SI 扩展功能 - SSM (Safe Speed Monitor)
- 2840 SI 扩展功能 - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号
- 2905 SI 扩展功能 - TM54F 控制接口 (p9601.2 = 1 & p9601.3 = 0)
- 2907 SI 扩展功能 - TM54F 分配 (F-DO 0 … F-DO 3)

**重要参数一览**

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9509 SI Motion 封锁脉冲期间的特性（控制单元）
- p9545 SI Motion SSM （SGA n < nx） 滤波时间（控制单元）
- p9546 SI Motion SSM (SGA n < nx) 速度限值（控制单元）
- p9547 SI Motion SSM (SGA n < nx) 速度回差（控制单元）
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）

### 5.2.10 Safe Direction (SDI)

**说明**

**总线故障时的响应**

在 p9580 ≠ 0、SDI 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应时（即设置 p9566 ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

有关 SDI 的详细信息，请见：

- 带编码器的“Safe Direction”(SDI) (页 140)
- 不带编码器的“Safe Direction”(SDI) (页 142)
- 自动生效的 SDI(Safe Direction) (页 144)
- 功能图和参数 (页 145)

### 5.2.10.1 带编码器的“Safe Direction”(SDI)

Safe Direction（SDI）功能用于对电机的运行方向进行安全监控。它激活后驱动只能在使能的安全方向上运行。

#### 工作原理

在通过端子或 PROFIsafe 选中 SDI 后，p9565 设置的延迟时间开始计时，该延时用于确保驱动进入使能的方向运行。随后 SDI 功能生效，监控电机当前的运行方向。

如果此时电机超出配置的公差（p9564）在禁止方向上运行，系统会输出信息 C01716 并触发 p9566 设置的停止响应。您务必要先撤销 SDI，然后排除故障，然后再应答信息，然后才能再选择 SDI。

#### 功能特性

- 参数 r9720.12 和 r9720.13 显示是否选择了 SDI。
- 参数 r9722.12 和 r9722.13 显示 SDI 是否生效。
- 参数 p9564 用于设置允许电机在未使能（安全）的方向上运行的时间。
- 参数 p9566 用于设置停止响应。
- 参数 p10030 和 p10031 用于设置通过 TM54F 控制时哪些端子用于 SDI。
- 参数 p10042~p10045 用于设置在 TM54F F-DO 的状态显示中要不要考虑 SDI 状态。
- 选中“SDI+”后会自动设置：
  - r9733[1] = 0（负向设定值限制）
- 选中“SDI-”后会自动设置：
  - r9733[0] = 0（正向设定值限制）
- 绝对设定速度限值在 r9733[2]中显示。

## 使能 SDI

SDI 可通过参数 p9501.17 = 1 使能。

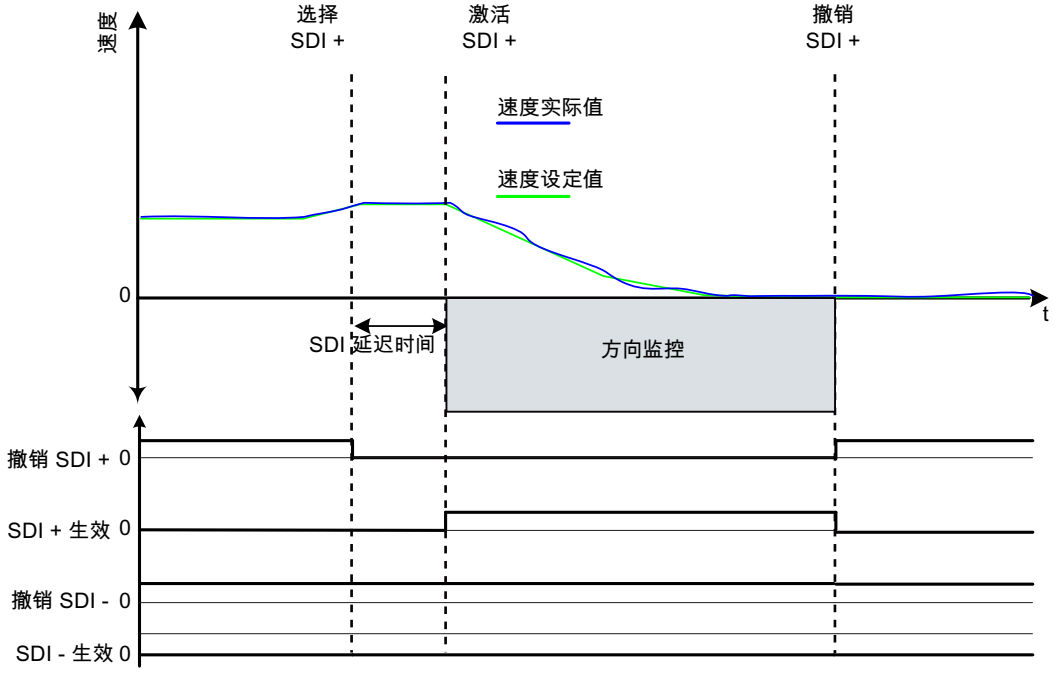



图 5-17　带编码器的 SDI 的工作原理

### 5.2.10.2 不带编码器的“Safe Direction”(SDI)

请设置 p9506 = 1 或 p9506 = 3（出厂设置为 0）来激活不带编码器的 Safety Integrated Extended Functions。您也可以在 Startdrive 的安全功能窗口中选择“无编码器”来激活该功能。

**说明**

**缺省设置**

在调试时还要注意“调试不带编码器的 Safety Integrated 前的预设置 (页 298)”一节的说明。

#### 带编码器的 SDI 与不带编码器的 SDI 之间的区别

- 在不带编码器的 SDI 中，封锁脉冲后变频器无法确定当前实际速度。在该运行状态下变频器的工作方式由参数 p9509.8 确定：
  - p9509.8 = 1
    状态信号显示“无效”。
  - p9509.8 = 0
    状态信号显示“生效”，电机进入 STO 状态。
- 由于变频器无法精确地检测出位置，因此和带编码器的 SDI 相比，不带编码器的 SDI 需要更大的公差（p9564）。

**说明**

**借助于 p1820 或 p1821 不会识别方向变化**

通过 p1820 或 p1821 反转旋转方向时，安全监控可继续生效：然而该情况下会用错误的旋转方向计算设定值限制 r9733。因此不建议通过 p1820 或 p1821 反转旋转方向。

#### 针对 p9509.8 = 0 封锁脉冲后重启驱动器

如果电机通过 OFF2/OFF1/STO 及其他操作停机，您必须视情形执行以下操作重启电机：

| | | |
|---|---|---|
| 第 1 种情形： | • 启动后的状态 | |
| | | • SDI 被选中 |
| | | • STO 已选 |
| | | • 正在封锁脉冲 |
| | • 撤销 STO | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |

| | | |
|---|---|---|
| 第 2 种情形： | • 情形 | |
| | | • 电机减速到静止，SDI 被选中 |
| | | • 触发 OFF1 |
| | | • 脉冲被封锁；内部选中 STO 激活 |
| | • 选中 STO | |
| | • 撤销 STO<br>脉冲封锁激活了内部 STO： 通过选择/撤销 STO 来取消该激活。 | |
| | • 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 3 种情形： | • 情形 | |
| | | • 电机减速到静止，SDI 被选中 |
| | | • 触发 OFF1 |
| | | • 脉冲被封锁；内部选中 STO 激活 |
| | • 撤销 SDI<br>脉冲封锁激活了内部 STO： 通过撤销 SDI 来取消该激活。 | |
| | • 选择 SDI<br>必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。 | |
| 第 4 种情形： | • 情形 | |
| | | • 所有 Safety Integrated 功能都被撤销 |
| | • 然后必须通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1。 | |
| | • 在该情形中，电机不能安全启动。 | |

### 应答停止响应为“STOP C”的 SDI

在应答停止响应为 STOP C 的 SDI 时遵循以下步骤：

1. 清除错误的设定值。
2. 撤销 SDI。
   此时，安全响应会确保电机在 SDI 功能撤销期间只在安全方向上旋转。
3. 再次选中 SDI。
   此时 SDI 限制被重新设置。
4. 通过“安全应答”撤销安全停止响应。

### 5.2.10.3 自动生效的 SDI(Safe Direction)

#### 自动生效和非自动生效的 SDI 之间的区别

- SDI 除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在此情况下，SDI 功能在变频器上电后永久激活（带编码器）或在接通后激活（无编码器）。
- 如下激活“自动生效的 SDI”功能：
  - p9512.12 = 1（SDI + (CU) 稳态选中）
  - p9512.13 = 1（SDI - (CU) 稳态撤销）
- 停止响应通过 p9566[0] 设置。

#### 关闭并重启电机（不带编码器）

下图展示了自动生效的 SDI 的工作时序和诊断信号：

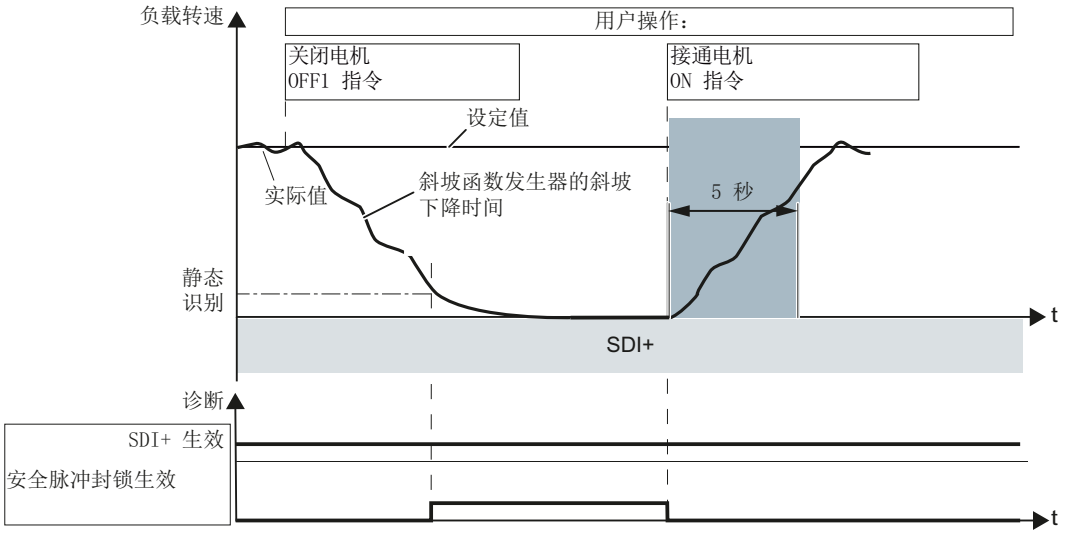



图 5-18　自动生效的 SDI 的工作时序，以关闭并重启电机为例（不带编码器）

在关闭并重启电机时，自动生效的 SDI 的工作方式如下：

- 关闭之后，电机按照取消的信号运行（OFF1、OFF2 或 OFF3）。
- 在电机转速低出静态监控限值后，STO 生效（≙ 安全脉冲封锁）。
- 在发出 ON 指令后，变频器退出“安全脉冲封锁”状态，开始启动。
- 如果在 5 秒后电机还没有达到最低电流，变频器会回到“安全脉冲封锁”状态，并发出安全信息 C01711(1041)。

### 5.2.10.4 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2824 SI Extended Functions - SDI (Safe Direction)
- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号
- 2905 SI Extended Functions - TM54F 控制接口 (p9601.2 = 1 & p9601.3 = 0)
- 2906 SI Extended Functions - TM54F 安全状态选择
- 2907 SI Extended Functions - TM54F 分配 (F-DO 0 … F-DO 3)

**重要参数一览**

- p1820[0...n] 反转输出相序
- p1821[0...n] 旋转方向
- p9501.17 SI Motion 安全功能使能（控制单元）：使能 SDI
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9509 SI Motion 封锁脉冲期间的特性（控制单元）
- p9564 SI Motion SDI 公差（控制单元）
- p9565 SI Motion SDI 延迟时间（控制单元）
- p9566 SI Motion SDI 停止响应（控制单元）
- p9580 SI Motion 总线故障 STO 延时（控制单元）
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）
- r9733[0...2] CO：SI Motion 设定速度限值生效
- p10017 SI Motion 数字量输入的去抖时间（处理器 1）
- p10030[0...3] SI TM54F SDI + 输入端子（处理器 1）
- p10031[0...3] SI TM54F SDI - 输入端子（处理器 1）
- p10039[0...3] SI TM54F 安全状态信号选择（处理器 1）
- p10042[0...5] SI TM54F F-DO 信号源（处理器 1）
- p10043[0...5] SI TM54F F-DO 1 信号源
- p10044[0...5] SI TM54F F-DO 2 信号源
- p10045[0...5] SI TM54F F-DO 3 信号源

## 5.2.11 Safely-Limited Acceleration (SLA)

安全功能“Safely-Limited Acceleration”，简称“SLA”，也称“安全限制加速”，可以监控和确保电机不会超出定义的加速度限值，比如：在调试模式中。SLA 可以尽早发现驱动过快加速这一情况并及时触发停止响应。

SLA 在加速时作用，但不会在减速时作用。

**说明**

“Safely-Limited Acceleration”（SLA）安全功能只能用于带编码器的应用。

**说明**

“Safely-Limited Acceleration”（SLA）安全功能只能用于单编码器应用。

### 使能 SLA

- 设置 p9501.20 = 1，使能 SLA 功能。

### 选择 SLA

通过 PROFIsafe 控制字 S_STW1.8 或 S_STW2.8 选择 SLA 功能。必须使用哪个控制字取决于您已配置的 PROFIsafe 报文。

SLA 功能在选择后立即生效，没有延时。

SLA 可使用报文 30、31、901、902 和 903。在该报文中为 SLA 提供控制字 S_STW1.8 或 S_STW2.8 供使用，并提供状态字 S_ZSW1.8 或 S_ZSW2.8 供使用。

### 加速度限值

- 适用的加速度限值在参数 p9578 中确定。该限值对于正向和负向都有效。
- p9578 的设置必须符合以下规定：
  - p9578 ≥ 10 · r9790[1]
- 驱动在 r9790 中显示可能的加速度分辨率：
  - r9790[0] = 粗分辨率
  - r9790[1] = 精分辨率

  加速度采集的实际精度取决于实际值采集的方式、传动系数以及所使用编码器的质量。

- r9714[3] 中显示当前加速度对应的速度限值。
- r9789 可提供对精分辨率加速度监控的诊断。下标 0 显示测定的实际加速度。下标 1 和 2 显示 SLA 监控的最新限值。

### Filter time

如果对加速度的测定导致了信号受到严重干扰，那么驱动对加速度的监控会失去意义。

**解决办法**

- 在该情况下延长“SLA 滤波时间” (p9576)。
  此时需注意，如果增加滤波时间，SLA 会延时响应。

### 停止响应

一旦 SLA 发现驱动超出了加速度限值，便触发驱动执行 p9579 中定义的停止响应。

### 5.2.11.1 生效方式

#### 生效方式

下图展示了 SLA 的生效方式：

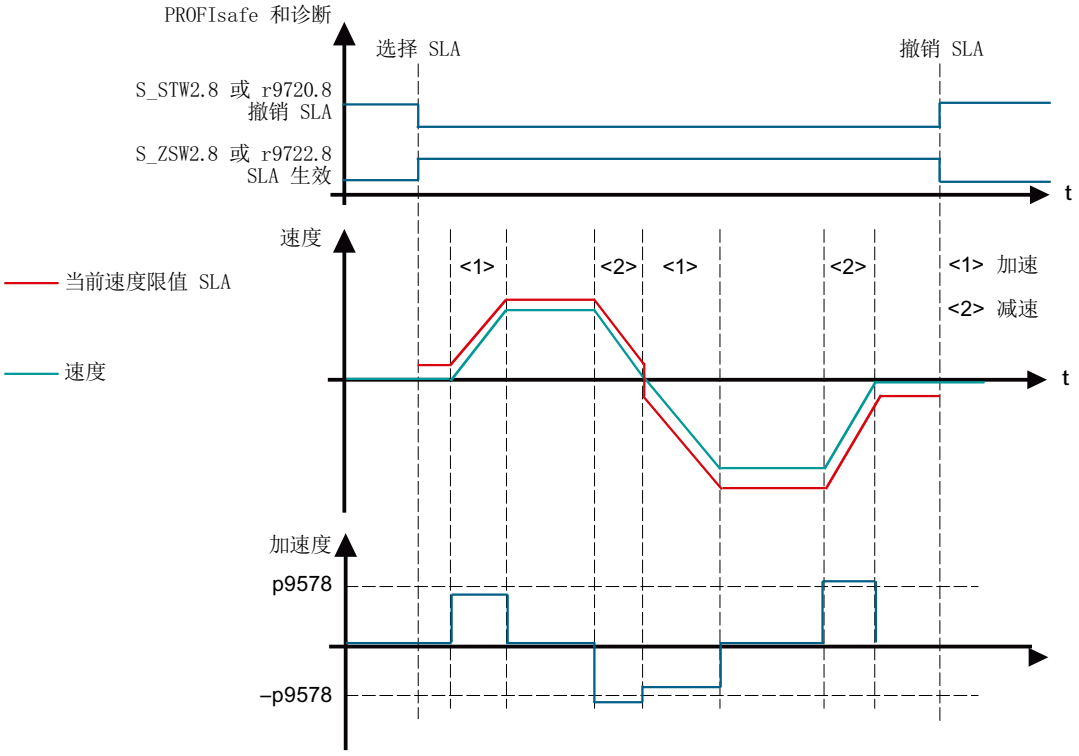



图 5-19 Safely-Limited Acceleration (SLA)：原理

### 5.2.11.2 通过 PROFIsafe 或 SIC 传输

#### 通过 PROFIsafe 进行传送

设置并选择了 SLA 后，监控的结果会被传送至状态字 S_ZSW1.8 或 S_ZSW2.8 中，参见章节 “过程数据 (页 229)”。

**说明**

**总线故障时的响应**

在 p9580 ≠ 0、SLA 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLA 响应时（即设置 p9579 ≥ 10），驱动才会执行设置的 ESR 响应。

### 通过 SIC 传送

设置并选择了 SLA 后，监控的结果也会被传送至 SIC 中的状态字 S_ZSW1B.8 中（参见章节“Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (页 270)”）。该状态字位于报文 700 与 701 中。

### 功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2838 SLA（Safely-Limited Acceleration）

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9576 SI Motion SLA 滤波时间（控制单元）
- p9578 SI Motion SLA 加速度限值（控制单元）
- p9579 SI Motion SLA 停止响应（控制单元）
- r9714[3] CO：SI Motion 速度诊断：控制单元上的当前 SLA 速度限值
- r9719.17 CO/BO:SI Motion 控制信号 2：撤销 SLA
- r9720.8 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号：撤销 SLA
- r9721.11 CO/BO:SI Motion 状态信号（控制单元）：SLA 生效
- r9722.8 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）：SLA 生效
- r9789 CO：SI Motion SLA 加速度诊断
- r9790 SI Motion 加速度精度

## 5.2.12 Safe Brake Test（SBT）

**说明**

**SBT（仅限带编码器的功能）**

“Safe Brake Test”（SBT）诊断功能只能在带编码器时使用。

“Safe Brake Test” 诊断功能（SBT，安全制动测试）用于检测制动（运行制动或抱闸制动）是否达到所需的制动转矩。在测试期间，驱动器会在制动力相反的方向上输出指定转矩。如果制动正常工作，轴运动可保持在设置的公差范围内。但如果编码器测试出的实际值表明轴运动超限，则说明制动无法施加所需的保持转矩。此时须对制动进行维护或更换制动。

### 功能特性

Safe Brake Test 具有以下特性：

- SBT 功能的参数设有安全密码保护且只可在安全调试模式中修改。
- 借助该功能可以测试直接在 SINAMICS S120（集成制动控制）上运行的制动及外部控制的制动（如通过一个 PLC 控制）。
- 最多可以测试 2 个制动：
  - 一个由 SINAMICS 集成制动控制控制的电机抱闸及一个外部控制的制动。
  - 2 个外部控制的制动
  - 一个由 SINAMICS 集成制动控制控制的电机抱闸。
  - 一个外部控制的制动
- SBT 功能的控制方式有以下几种：
  - BICO 互联；该设置使用数字量信号（如 DI），以便执行 SBT 功能。
  - 通过 PROFIBUS 或 PROFINET 的 Safety Control Channel (SCC)
    借助 SCC，SBT 功能可直接由上级控制器执行。有关 SCC 和 SIC 数据的更多信息请参考 “Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (页 270)” 一章。
  - 可通过选择强制潜在故障检查 (Teststop) 自动执行制动测试。对于该设置，进行控制时无需额外的信号。但测试方法仍然受限。
- “Safe Brake Test”（SBT）诊断功能适合 ISO 13849-1 标准中 2 类及以下的安全功能。
  “Safe Brake Test”（SBT）诊断功能适用于安全受控的制动，比如：由 SBC 监控的制动。
  在 2 类应用中配备一个制动、在 3 类应用中配备两个制动时，如果测试速率得当，安全等级可以最高达到 PL d 级性能等级。
  更多相关信息请访问网址 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/69870640)。

### 前提条件

使用 “Safe Brake Test” 功能必须满足下列前提条件：

- 使能 Safety Integrated Extended Functions；在自动生效的 Safety Integrated Extended Functions 时也可用。
  如要在退出制动测试时应答故障，则必须已经激活 “扩展功能自动生效并通过机载端子控制基本功能” (p9601 = 0025 hex)。
- Safety Integrated Extended Functions（带编码器）已使能
  有关可行的编码器方案的信息请参考 “带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)” 一章。
- 带编码器的转速控制 (p1300 = 21)
  在不带编码器的转速控制（如矢量 V/f 控制）和转矩控制中，SBT 不可用。该情况下系统会输出报警 A01784。

**说明**

**SBT 和 SBC**

“Safe Brake Control”（SBC）功能必须激活，以便对电机抱闸进行安全监控。
但在进行抱闸测试时，SBC 功能无须激活。

### 使能 SBT

如要使能功能 Safe Brake Test，请按以下步骤操作：

1. 使能 Safe Brake Control (SBC) 功能：p9602 = 1。
2. 通过参数 p10203 选择 SBT 的方式：
   - = 0
     通过 SCC 选择 SBT
   - = 1
     通过 BICO 选择 SBT
   - = 2
     执行强制潜在故障检查 (Teststop) 时选择 SBT
3. 检查电机类型；必须适用以下设置：p10204 = r0108.12

### 测试序列的参数设置

测试制动 1 [下标 0] 或 2 [下标 1] 必须先给定适用于两个测试序列的值：

- 制动器类型 (p10202[0,1])
  - = 0（≙ 禁用）
    如果其中一个制动不存在或无需进行测试，则必须进行此设置。
  - = 1（≙ 测试电机抱闸）
    进行此设置时，还需额外设置 p1215 = 1。
  - = 2（≙ 测试外部制动）
- 通过 p10209 定义制动转矩。

- 测试转矩斜坡时间 p10208[0,1]
  在测试序列开始前，测试转矩会在该时间内以斜坡的形式逐渐形成。在测试序列结束时又会在该时间内再次消失。

  **说明**

  对机械结构上存在间隙（如电机和外部制动之间的齿轮箱导致）的外部制动进行测试时，建议延长测试转矩形成和消失的斜坡时间(p10208)。

- 通过设置 p60122 = 701 可自动互联与 SCC/SIC 相关的参数，以进行报文扩展。但之前必须先创建报文扩展。具体信息请参见“Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (页 270)”一章。
- 如果通过 BICO 信号控制制动测试 (p10203 = 1)，则还须设置以下参数：

  | | |
  |---|---|
  | p10230.0 | 用于选择制动测试的信号 |
  | p10230.1 | 用于启动测试序列的信号 |
  | p10230.2 | 用于选择待测试制动的信号<br>（= 0：制动 1；= 1：制动 2） |
  | p10230.3 | 用于选择测试转矩符号的信号<br>（= 0：正；= 1：负） |
  | p10230.4 | 用于选择测试序列的信号（= 0：序列 1；= 1：序列 2） |
  | p10230.5 | 外部制动状态的反馈信号<br>（= 0：外部制动打开；= 1：外部制动闭合） |

可为每个制动设置 2 个测试序列。每个测试序列由以下设置值加以区分：

- 制动测试序列 1

  | | |
  |---|---|
  | p10210[0,1] | 测试转矩（单位：制动转矩的 %） |
  | p10211[0,1] | 测试时长（单位：ms） |
  | p10212[0,1] | 测试中允许的位置偏差（单位：毫米/度） |

- 制动测试序列 2

  | | |
  |---|---|
  | p10220[0,1] | 测试转矩（单位：制动转矩的 %） |
  | p10221[0,1] | 测试时长（单位：ms） |
  | p10222[0,1] | 测试中允许的位置偏差（单位：毫米/度） |

- 调试后执行上电

| 注意 |
| --- |
| **设置错误可损坏电机抱闸**<br>设置错误可加快电机抱闸的磨损。从而损坏制动器。<br>• 请正确设置抱闸的打开时间和闭合时间。<br>• 如果使用外部制动器，只允许根据信号 r10234.6 = 1 的要求闭合。之后会允许置位信号 p10230.5 = 1（“外部制动器闭合”）。<br>• 如果使用内部制动器，则在参数 p1216（“电机抱闸打开时间”）和 p1217（“电机抱闸闭合时间”）中设置开关时间。更多详细信息请参见 SINAMICS S120 功能手册之驱动功能。<br>– 请注意，必须精确根据制动器的物理特性来设置时间 p1216 和 p1217。<br>– 在 DRIVE-CLiQ 电机上，数值会自动设置。请勿更改该预设置。 |

**说明**

**闭合制动器**

p1216（“电机抱闸打开时间”）和 p1217（“电机抱闸闭合时间”）仅在测试内部制动器时有效。测试外部制动器时，请通过 SCC 将制动器设为闭合。

**说明**

**SBT 和 EPOS**

EPOS 生效时，必须在执行制动测试前激活“跟踪运行” (r2683.0)，这样在制动测试期间便不会有定位监控响应。

**说明**

**SBT 和 DSC**

如果 SBT 和 SIMOTION 一同使用，便要分析参数 r10234 (S_ZSW3B)，也要检查 Safety Control Channel 的控制字 3B (S_STW3B)。r10234.1 告知 SIMOTION：在制动测试激活期间不允许激活位置监控或运行。

**说明**

**SBT 和 HLA**

在 SINAMICS HLA 上，“安全制动测试” (SBT) 功能不可用。

## 启动 SBT

1. 选择
   以下方法可选择 Safe Brake Test：
   - 通过 p10230[0] 的 DI 上的 0/1 脉冲沿选择
   - 通过现场总线 (SCC) 选择：
     通过 S_STW3B 位 0 中的 0/1 脉冲沿选择制动测试序列
   - 通过 Extended Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 选择：
     通过指定 DI 上的信号选择
     在 p9705 的 DI 或 S_STW1B 位 8 发出 0/1 脉冲沿之后，驱动会首先自动执行 SBT。然后执行强制潜在故障检查 (Teststop)。

   **说明**

   通过 DI (BICO) 选择和通过现场总线（SCC，S_STW3B 位 0）选择时，必须注意下文描述的步骤 2 到 5 的顺序。

   **说明**

   **通过强制潜在故障检查 (Teststop) 选择时只能使用制动 1**

   在通过强制潜在故障检查 (Teststop) 选择时，系统只会测试设置为制动 1，带有测试序列 1 的内部电机抱闸（按照 p10218 中设置的方向）。

   制动测试不可与“启动阶段自动执行强制潜在故障检查”功能组合使用。

   选择 SBT 时必须使能脉冲。选择 SBT 时，转速实际值不允许超过最大速度 p1082 的 1 %；在 SBT 的整个过程中 ，转速实际值不允许超过最大速度的 10 %。
   制动必须是打开的。
2. 等待反馈信息 r10231[0] = 1
3. 选择制动器和测试顺序
   启动制动测试序列前须：
   - 通过 p10230[2] 的 DI 或 S_STW3B 位 2 确定待测试制动
   - 通过 p10230[3] 的 DI 或 S_STW3B 位 3 确定测试转矩的正方向或负方向
   - 通过 p10230[4] 的 DI 或 S_STW3B 位 4 确定制动测试序列 1 或 2
4. 启动制动测试
   通过 p10230[1] 的 DI 上或 S_STW3B 位 1 发出的 0/1 脉冲沿启动制动测试序列。
5. 结束制动测试

   **说明**

   **按照顺序退出**

   如要退出制动测试，则必须遵守以下顺序。

   - 通过 p10230[1] 的 DI 上或 S_STW3B 位 1 发出的 0/1 脉冲沿撤回“启动制动测试”。
   - 请至少等待一个监控周期 (p9500)。
   - 通过 p10230[0] 的 DI 上或 S_STW3B 位 0 发出的 0/1 脉冲沿撤回“选择制动测试”。

**说明**

**按时间顺序操作**

此外还需注意，请勿在取消制动测试的同时选择 STO 或撤回脉冲使能。请遵循以下顺序：

- 取消制动测试。
- 请至少等待一个监控周期 (p9500)。
- 此时才允许选择 STO 或撤回脉冲使能。

## 过程

SBT 的工作过程如下：

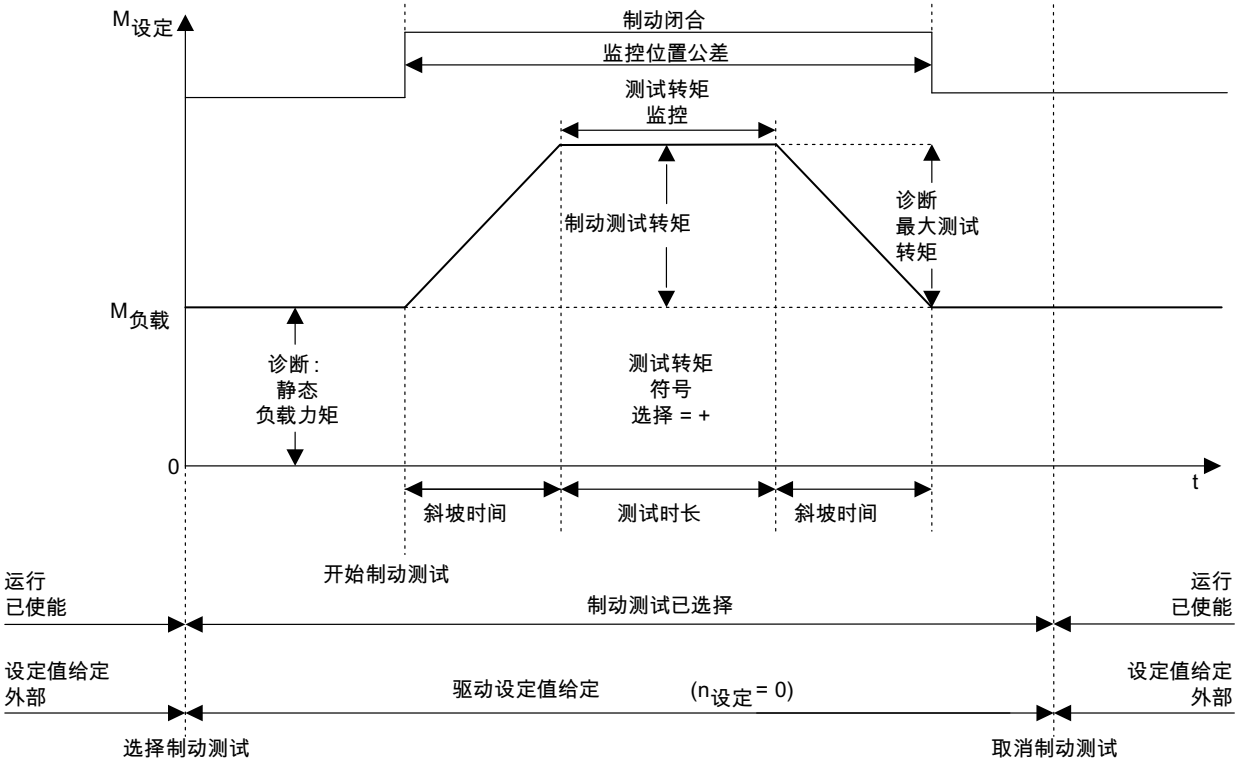



图 5-20　SBT：时序

- 当您选择制动测试后（r10231.0 中的 0/1 沿），驱动会测量静态悬挂负载。因此在选择制动测试时需要打开所有制动器并使能脉冲。
  - 对直接由驱动控制的电机抱闸进行测试时，驱动会在脉冲使能和 p1215 = 1 时自动打开抱闸。
  - 测试外部制动时，p10234.6 或 S_ZSW3B.6（SIC/SCC）会显示值 0，表示外部制动必须打开。请在 11 s 内打开制动，否则驱动会取消测试并报告故障。
- 然后用户就可以选择制动、测试序列和测试方向。
- 启动制动测试/制动测试序列（r10231.1 中的 0/1 沿）：
  - 之后制动测试生效。
  - 驱动闭合电机抱闸或者请求闭合外部制动器。闭合制动的请求会再次通过 p10234.6 = 1 或 S_ZSW3B.6 = 1 显示。此操作也必须在 11 秒内完成，否则系统会输出故障信息。
- 测试转矩在执行 SBT 期间给出。输入 n=0 时，控制器会在制动力相反的方向上形成测试转矩。测试转矩以斜坡的形式形成。斜坡通过 p10208 定义。
- 系统会在测试序列结束时打开制动或发出打开制动的请求。
- 撤销测试序列（断开测试序列）后，系统可能还会在所选的制动测试中启动另一个测试序列，如另一个方向上的另一个制动。
- 测试序列生效时，刚才未测试的制动必须仍处于打开状态。
- 撤销 SBT 后，初始转速设定值再次生效。

### 取消

信号 r10231.1“启动制动测试”的 1/0 脉冲沿会中断制动测试。制动测试中断后，变频器输出报警 A01782。为此，可通过信号 r10231.0 的 1/0 脉冲沿撤销制动测试。

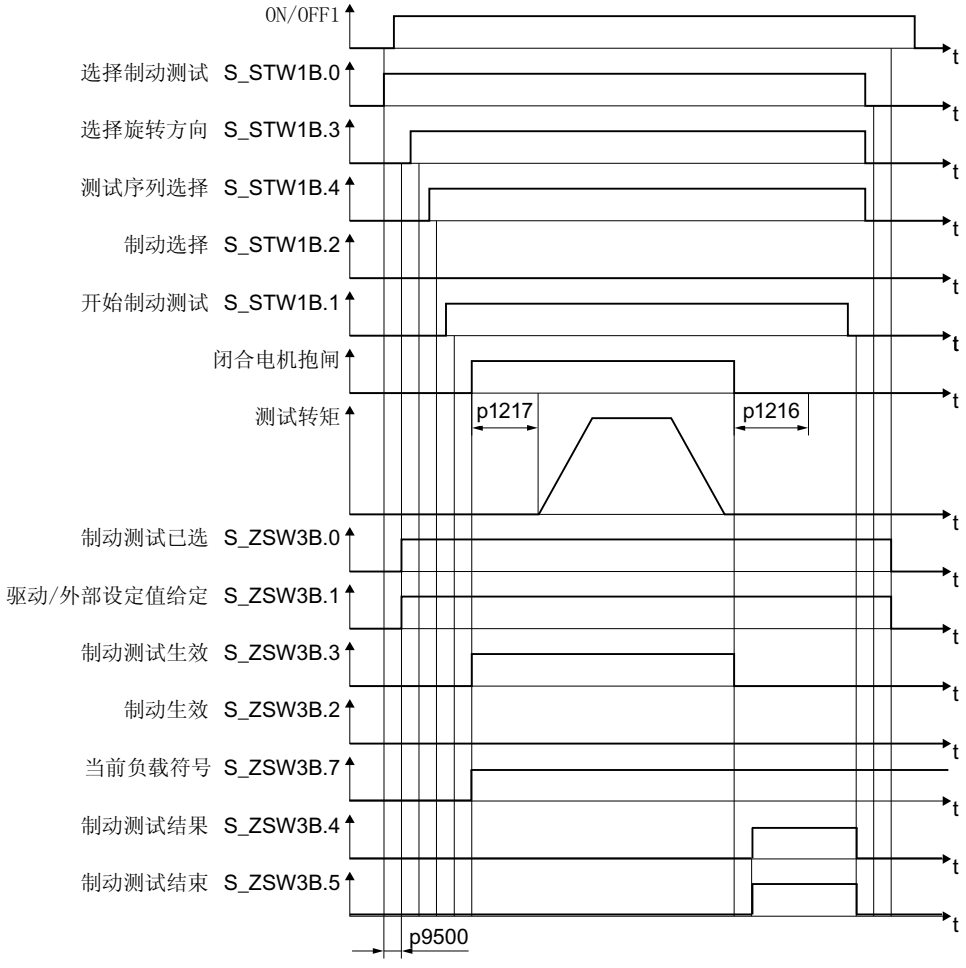
### 应答报警

与制动测试相关的报警只能**安全应答**（Failsafe Acknowledge，如通过 TM54F），某些情况下，只有在制动测试撤销后才能进行应答。在“自动生效的运动监控”中需要执行上电或选择/撤销 STO/SS1（配置的扩展报警应答）才可进行应答。

### 5.2.12.1 通过 SIC/SCC 通讯

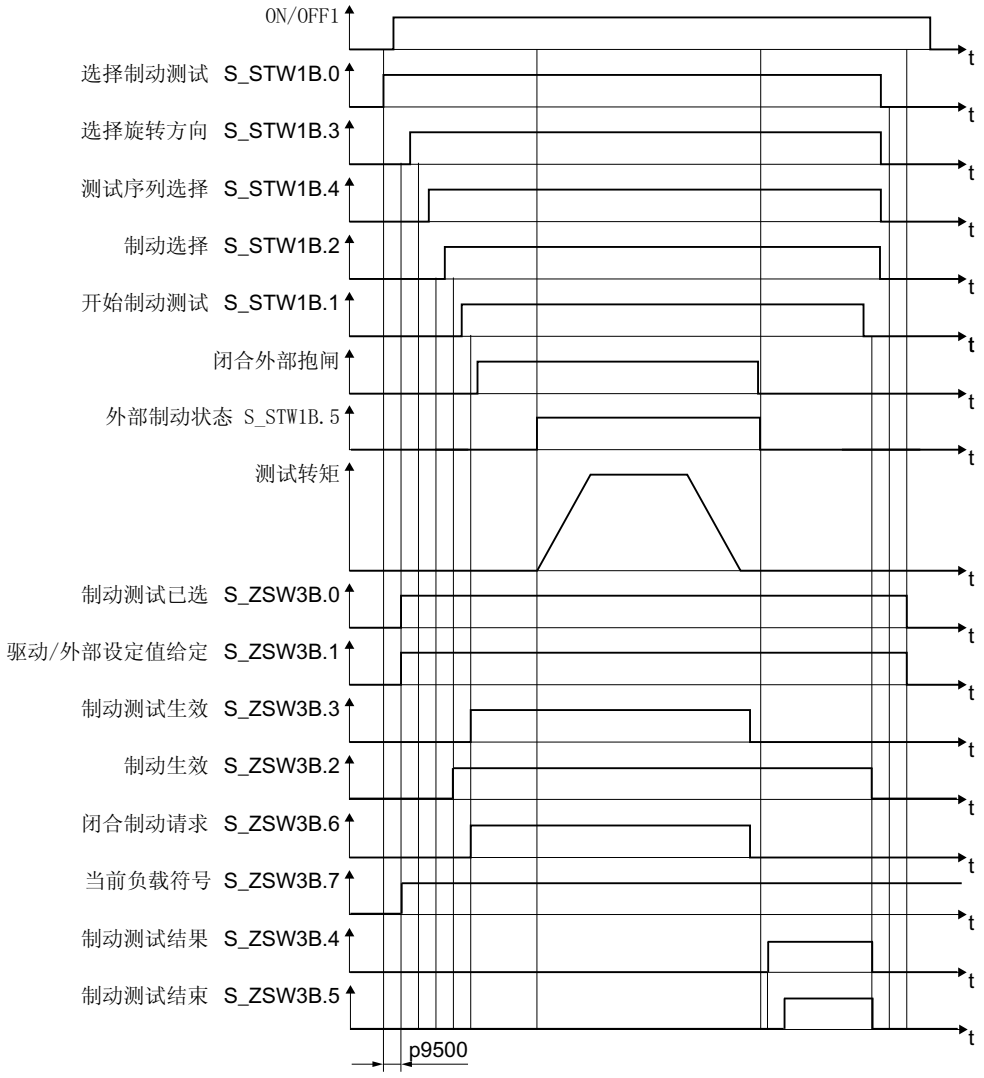
#### 电机抱闸测试

下图展示了测试电机抱闸时通过 SIC 和 SCC 的通讯过程：



## 外部制动测试

下图展示了测试外部制动时通过 SIC 和 SCC 的通讯过程：



### 5.2.12.2 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2836 SI Extended Functions - SBT (Safe Brake Test)
- 2837 SI Extended Functions - 选择生效的控制字

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p1215 电机抱闸的配置
- p1216 电机抱闸打开时间
- p1217 电机抱闸闭合时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- p9602 SI Safe Brake Control 使能（控制单元）
- p10201 SI Motion SBT 使能
- p10202[0...1] SI Motion SBT 制动选择
- p10203 SI Motion SBT 控制选择
- p10204 SI Motion SBT 电机类型
- p10208[0...1] SI Motion SBT 测试转矩斜坡时间
- p10209[0...1] SI Motion SBT 制动转矩
- p10210[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的测试转矩系数
- p10211[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的测试时长
- p10212[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的位置公差
- p10218 SI Motion SBT 测试转矩符号
- p10220[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的测试转矩系数
- p10221[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的测试时长
- p10222[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的位置公差
- p10230[0...5] BI:SI Motion SBT 控制字
- r10231 SI Motion SBT 控制字诊断
- r10234.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW3B
- p10235 CI:SI Safety Control Channel 控制字 S_STW3B
- r10240 SI Motion SBT 测试转矩诊断

- r10241 SI Motion SBT 负载转矩诊断
- r10251 CO/BO:SI Safety Control Channel 控制字 S_STW1B 诊断
- p60122 IF1 PROFIdrive SIC/SCC 报文选择

## 5.2.13 Safe Acceleration Monitor (SAM)

### 5.2.13.1 描述

“Safe Acceleration Monitor”（SAM）功能用于对 OFF3 斜坡上的制动过程进行安全监控。此功能在 SS1、SS2 或 STOP B 和 STOP C 中生效。

### 功能特性

只要电机不断减速，变频器就一直在当前转速上设定一个公差值 p9548，对当前转速+公差之和进行监控。如果电机短暂加速，SAM 停止在最后转速上。SAM 在电机减速到“停机转速”时结束。

如果在制动斜坡上电机的加速度超出了 p9548 设置的公差，SAM 会检测出这一错误，并触发 STOP A。监控工作原理如下：

- “SAM”监控在执行 SS1（或 STOP B）和 SS2（或 STOP C）时激活。
- - 在低于 p9568 中设置的速度限值后，SAM 限值被冻结。
- 至 SOS/STO 的过渡时间届满后继续执行 SAM 监控。

**说明**

**SSM 和 SAM 关联**

p9568 被设为 0 时，SSM 的速度限值（p9546）同时用作 SAM 的下限值（安全加速监控）。电机速度低于该限值后，SAM 不再触发驱动响应。

因此在这种情况下如果 SSM 速度限值设得比较高，在执行安全功能 SS1 和 SS2 时 SAM 监控的作用会受到一定限制。

**说明**

**不能直接选中 SAM**

SAM 不是独立功能，它是 Safety Integrated Extended Functions SS1 和 SS2 以及 STOP B 和 STOP C 的一部分，不能单独选中。

**响应**

- **超出速度限值（SAM）：**
  - STOP A
  - 输出安全信息 C01706
- **系统故障：**
  - 首先触发 STOP F，之后 STOP A
  - 输出安全信息 C01711

### 5.2.13.2 计算实际速度的 SAM 公差

- 设置 SAM 公差时：
  - 在触发 SS1 或 SS2 后可能出现的加速由加速度 a 和加速时间决定。
  - 加速时间为一个监控周期（MC；p9500），即从检测出 SS1/SS2 到 $n_{设定}$ 变为 0 所经过的时间。
- 计算 SAM 公差：
  SAM 的实际速度 = 加速度 x 加速度持续时间
  公差的计算公式为：
  - 线性轴上：
    SAM 公差 [mm/min] = a [m/s²] × Ü[s] × 1000 [mm/m] × 60 [s/min]
  - 回转轴上：
    SAM 公差 [rev./min] = a [rev./s²] × Ü [s] × 60 [s/min]
- 建议
  在上述公式的计算结果基础上再提高 20 % 作为 SAM 公差。
- 该公差必须可以为轴沿 OFF3 斜坡达到静止状态时出现的“下冲”留出余量，但具体值无法计算得出。

**说明**

**首个监控周期**

在设置 SAM 时要在首个“SI Motion 监控周期”（p9500）中设置一个较高的 SAM 公差，以避免误触发。如下计算增高系数：
SI Motion 监控周期 （p9500）/SI Motion 实际值检测周期 （p9511）

示例：
SI Motion 监控周期 （p9500） = 12 ms
SI Motion 实际值检测周期 （p9511） = 1 ms
SAM 公差 （p9548） = 300 转/分钟
实际转速 = 250
旋转轴

监控激活后首个监控周期中的 SAM 限值因此为：

实际转速 + SAM 公差 × （12 ms/1 ms） =
250 转/分钟 + 300 转/分钟 × 12 =
约 3850 转/分钟

### 5.2.13.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2825 SAM (Safe Acceleration Monitor), SBR (Safe Brake Ramp)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9546 SI Motion SSM (SGA n < nx) 速度限值（控制单元）
- p9548 SI Motion SAM 转速实际值公差（控制单元）
- p9568 SI Motion SAM 速度限值（控制单元）

## 5.2.14 Safe Brake Ramp (SBR)

### 5.2.14.1 引言

Safe Brake Ramp (SBR) 功能用于电机的制动斜坡进行安全监控。SBR 功能在执行“带/不带编码器的 SS1”和“不带编码器的 SLS”、SS2 及 STOP B/STOP C（使用编码器的安全功能）时投入使用，用于监控制动过程。但是，在执行 SLS 时必须将 Safety Integrated Functions (r9733) 设定值限制与斜坡函数发生器 (p1051/p1052) 连接起来。

**功能特性**

在触发 SS1、SS2 或 SLS 后电机立即沿着 OFF3 斜坡减速制动。在延迟时间 p9582 届满后 SBR 监控功能激活。驱动监控电机在制动过程中是否超出设置的制动斜坡（SBR）。在以下条件下 SBR 会关闭：

- 执行 SS1 时：
  - 电机速度低于关机速度（p9560）。
    或者：
  - 延时（p9556）届满。
- 执行 SS2 时：
  SS2 延时（p9552）届满。
- 执行 SLS 时：
  - 设置的制动斜坡达到新的 SLS 速度档。
    或者：
  - 电机实际速度低于新的 SLS 速度档，并且在经过 p9582 设置的时间后仍低于该限值。

SBR 关闭后，取决于使用的 Safety Integrated 功能，其他一些特定功能如 STO、新的 SLS 限值会激活。

### 5.2.14.2 工作时序

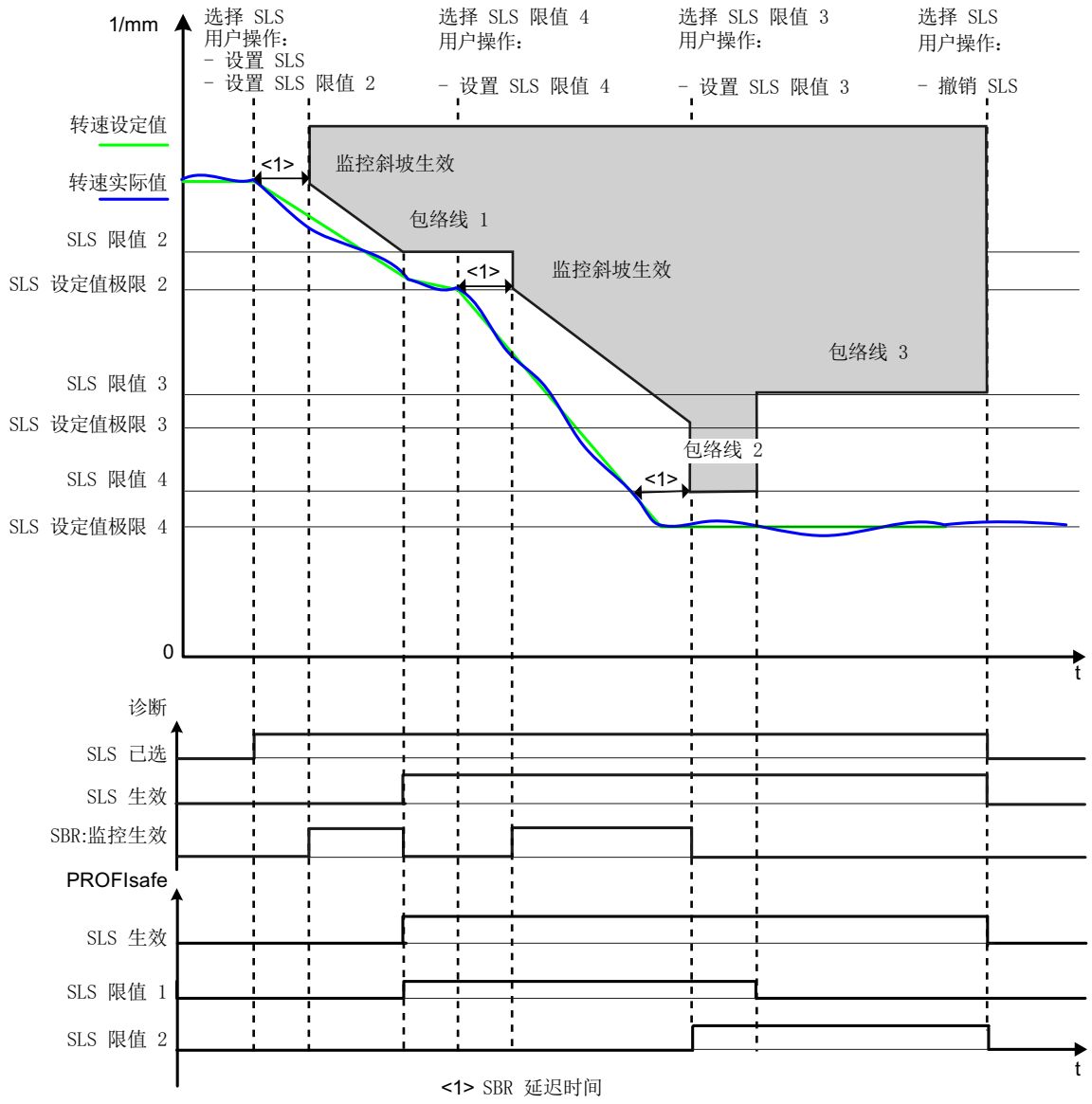



图 5-21 示例：不带编码器的 “Safe Brake Ramp”（执行 SLS 时）

### 5.2.14.3 参数设置

#### 制动斜坡的设置

制动斜坡的坡度由 p9581（SI Motion 制动斜坡基准值）和 p9583（SI Motion 制动斜坡监控时间）定义。参数 p9581 用于定义参考速度，参数 p9583 用于定义减速时间。参数 p9582 定义从触发 SS1、选择 SLS 或 SLS 换挡到制动斜坡监控生效所经过的时间。

**说明**

**SBR 和 OFF3 曲线**

SBR 曲线应和 OFF3 曲线相匹配。此外还应检查驱动是否在所有负载条件下都能沿着 OFF3 斜坡运行。

**说明**

**SBR 延迟时间限制**

SBR 延迟时间（p9582）最短为 2 个 SI 运动监控周期（2 × p9500），也就是说：即使延迟时间（p9582）被设为小于 2 × p9500 的值，SBR 也在 SS1 激活后的 2 个安全周期后激活。

若延迟时间（p9582）设为一个比 2 x p9500 大的值，则 SBR 在 SS1 激活后的延迟时间 p9582 届满后激活。注意，SBR 延迟时间要取安全周期 (p9500) 的整数倍。

#### 超出 SBR 制动斜坡时的响应

- 输出安全信息 C01706（SI Motion:超出了 SAM/SBR 限值）
- 触发 STOP A，停止驱动
- 通过 p9516.4 = 1（“单编码器安全时编码器故障后无 STOP A”）可设置以下特性：
  - 在单编码器系统中发生编码器故障后，驱动会触发 STOP F，但不会立即触发 STOP A。
  - 如果选择了安全功能，则在 STOP F 后会执行受时间控制的随动停止 STOP B 或 STOP A，且不执行 SBR 或 SAM 监控。

  您可以使用该特性：如果在编码器故障后惯性滑行会有损害，则可切换到采用无编码器制动的无编码器运行。

#### 特性

- 它是功能“带/不带编码器的 SS1”、“带编码器的 SS2”以及“无编码器的 SLS”和“STOP B/STOP C（带编码器的安全功能）”的组成部分。
- 安全制动斜坡可设置

#### 5.2.14.4 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2825 SAM (Safe Acceleration Monitor), SBR (Safe Brake Ramp)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9516 SI Motion 安全功能的编码器配置（控制单元）
- p9560 SI Motion 关机速度（控制单元）
- p9581 SI Motion 制动斜坡参考值（控制单元）
- p9582 SI Motion 制动斜坡延迟时间（控制单元）
- p9583 SI Motion 制动斜坡监控时间（控制单元）

### 5.2.15 带编码器系统的实际值安全检测

原则上可使用以下编码器系统安全检测速度/位置：

- 单编码器系统
  或者
- 双编码器系统

**说明**

**编码器连接规定**

连接编码器时注意现行规定：参见 SINAMICS S120 驱动功能手册。

#### 5.2.15.1 单编码器系统

单编码器系统指只使用电机编码器来检测实际速度/位置。这种电机编码器必须符合相应的要求（参见编码器类型）。实际速度/位置在编码器或编码器模块中直接生成，然后通过 DRIVE-CLiQ 传送到控制单元。

在无 DRIVE-CLiQ 接口的电机上，编码器需要通过附加的编码器模块接入。

即使电机处于转矩闭环控制中，只要确保变频器能分析编码器信号，也要选择 SI 运动监控功能。

**说明**

**单编码器系统中出现编码器故障时不执行 SAM 或 SBR 的制动斜坡监控**

通过 p9516.4 = 1（“单编码器安全时编码器故障后无 STOP A”）可设置以下特性：

- 在单编码器系统中发生编码器故障后，驱动会触发 STOP F，但不会立即触发 STOP A。
- 如果选择了安全功能，则在 STOP F 后会执行受时间控制的随动停止 STOP B[1]；即不执行 SBR 或 SAM 监控的停止响应。

您可以使用该特性：如果在编码器故障后惯性滑行会有损害，则可切换到采用无编码器制动的无编码器运行。

[1] 如果选择了包含在 Extended Functions 中的 Basic Functions，则随动停止为 STOP A。

### 线性电机应用中的特殊性

在线性电机上，电机编码器（光栅尺）也就相当于负载上的测量系统。因此只需要一个测量系统。编码器通过编码器模块或直接通过 DRIVE-CLiQ 连接到电机上。

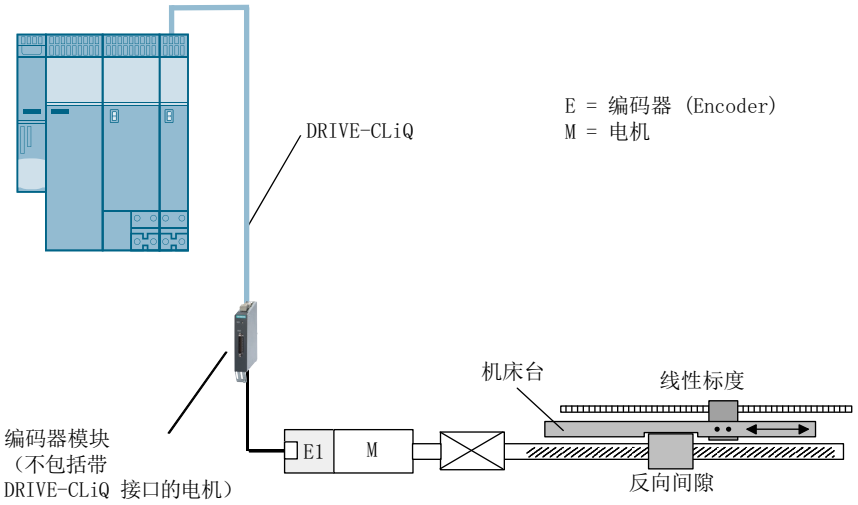



图 5-22　示例：单编码器系统

## 5.2.15.2　双编码器系统

双编码器系统指使用 2 个单独的编码器来检测实际值。这些实际值通过 DRIVE-CLiQ 传送给控制单元。

在无 DRIVE-CLiQ 接口的电机上，编码器需要通过附加的编码器模块接入（参见“编码器类型”）。

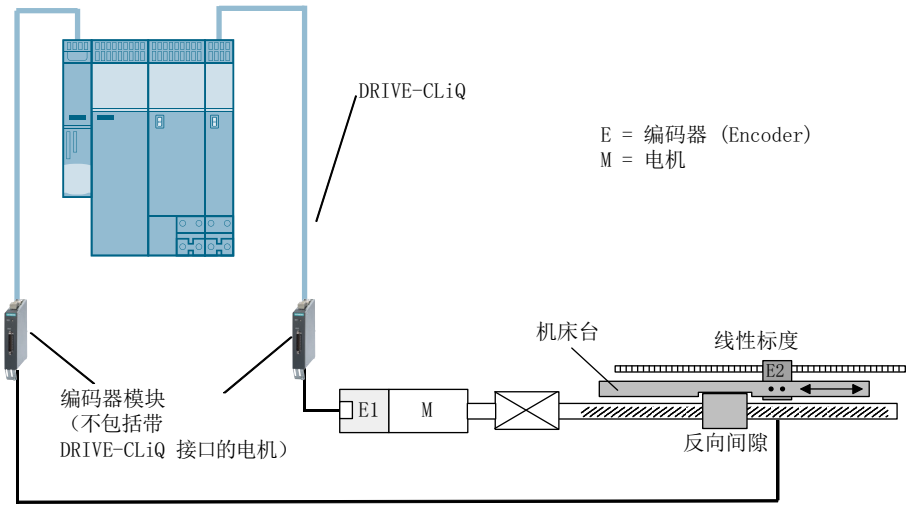



图 5-23　示例：滚珠丝杠上直线轴的双编码器系统

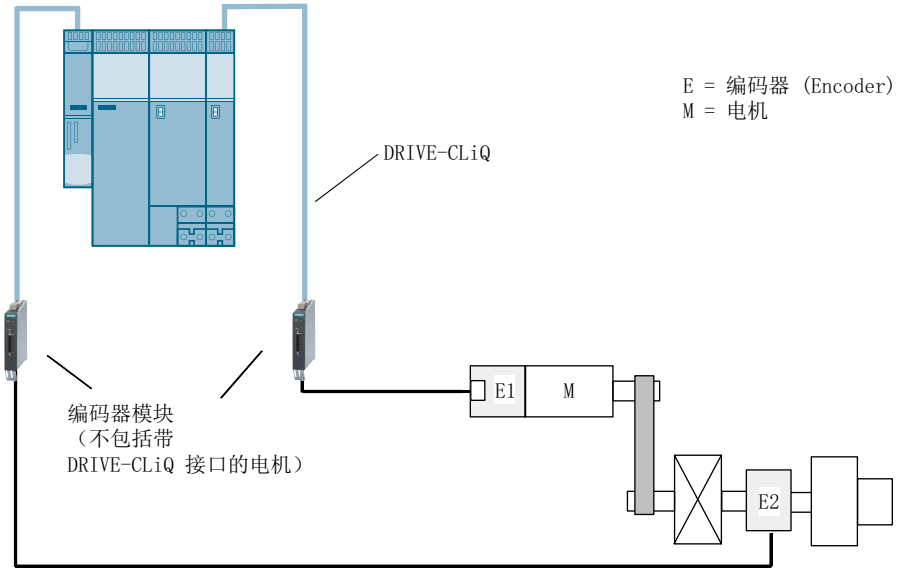



图 5-24　示例：回转轴上的双编码器系统

在为 Safety Integrated 配置双编码器系统时请注意对照 p9315~p9329 和 r0401~r0474。

**说明**

**编码器参数分配**

参数 p95xx 用于第 1 个编码器；参数 p93xx 用于第 2 个编码器。

**说明**

**传送编码器调试值**

设置参数 p9700 = 46（2E hex），将编码器调试过程中得出的参数值传送到安全参数设置中。仅当与驱动设备在线相连时，才能使用该复制功能。

表格 5-3　双编码器系统应用中的编码器参数和对应的安全参数

| 安全参数 | 名称 | 编码器参数 |
|---|---|---|
| p9315/p9515 SI Motion 粗略位置值配置 | | |
| p9315.0/p9515.0 | 向上计数器 | r0474[x].0 |
| p9315.1/p9515.1 | 编码器 CRC 首个低值字节 | r0474[x].1 |
| p9315.2/p9515.2 | 冗余粗略位置值，最左边高值位 | r0474[x].2 |
| p9315.16/p9515.16 | DRIVE-CLiQ 编码器 | p0404[x].10 |
| p9316/p9516 SI Motion 安全功能编码器配置 | | |
| p9316.0/p9516.0 | 旋转/线性电机编码器 | p0404[x].0 |
| p9316.1/p9516.1 | 位置实际值符号切换 | p0410[x] |
| p9317/p9517 | SI Motion 光栅尺栅距 | p0407 |
| p9318/p9518 | SI Motion 编码器每转线数 | p0408 |
| p9319/p9519 | SI Motion 细分分辨率 G1_XIST1 | p0418 |
| p9320/p9520 | SI Motion 主轴丝杠螺距 | Startdrive 编码器参数设置对话框 |
| p9321/p9521 | SI Motion 编码器齿轮箱 | Startdrive 编码器参数设置对话框 |
| p9322/p9522 | SI Motion 编码器齿轮箱 | Startdrive 编码器参数设置对话框 |
| p9323/p9523 | SI Motion 冗余粗略位置值，有效位 | r0470 |
| p9324/p9524 | SI Motion 冗余粗略位置值，精分辨率位 | r0471 |
| p9325/p9525 | SI Motion 冗余粗略位置值，相关位 | r0472 |
| p9326/p9526 | SI Motion 编码器分配 | Startdrive 编码器参数设置对话框 |
| p9328/p9528 | SI Motion 编码器模块节点识别符 | – |

| 安全参数 | 名称 | 编码器参数 |
|---|---|---|
| p9329/p9529 | SI Motion Gx_XIST1 粗略位置，安全高值位 | DRIVE-CLiQ 编码器：<br>p0415 = r0470 – r0471 |
| | | SMx 模块：p0415 = 14 |

### 5.2.15.3 单/双编码器系统中的编码器类型

增量编码器或绝对值编码器都可以用于安全检测实际位置。

绝对位置值可通过串行 EnDat 接口或 SSI 接口传送到控制器。但安全功能并不能分析这些绝对位置值。

在为配备 SINAMICS Safety Integrated 的设备配置单编码器或双编码器系统时，为确保实际值的安全检测，只允许使用符合下列条件的编码器：

- 带 1 Vpp 正弦/余弦信号的编码器
  - 单编码器系统和双编码器系统
  - 连接至 SINAMICS 编码器模块 SME20/25、SME120/125 和 SMC20
  - 完全用模拟技术来生成并处理信号。以排除某些输出有效电平但实际上处于“稳态”（被冻结）的 A/B 信号。
- HTL/TTL 编码器
  - 只适用于双编码器系统。此时，编码器必须为 HTL/TTL 编码器。另一个编码器可以是正弦/余弦编码器或 HTL/TTL 编码器。
  - 连接至电柜安装式编码器模块 SMC30 或 CU310-2、CUA32、SINAMICS HLA 或 SINAMICS S120 Combi 的板载接口。
  - 连接在 CU310-2、CUA32、SINAMICS HLA 或 SINAMICS S120 Combi 的板载接口上的 HTL/TTL 编码器不可以作为第一编码器运行。
  - 请注意 HTL/TTL 编码器系统上允许的最小速度分辨率 (r9732[1])。
  - 双 HTL/TTL 编码器必须使用单独的电源。
- EnDat-2.2 编码器，通过 SMC40 转换信号
  - 单编码器系统和双编码器系统
- DRIVE-CLiQ 编码器
  - 单编码器系统和双编码器系统

**说明**

**带内置 DRIVE-CLiQ 接口的编码器**

这些编码器至少要符合 IEC 61800-5-2 (SIL2) 或 ISO 13849-1 (Performance Level-d/ Category-3) 的认证。

必须对编码器在电机中心轴或线性驱动轴上的固定情况进行 FMEA 分析，分析结果要将编码器松动定位为“必须排除的故障”（相关信息参见 DIN EN 61800-5-2，2008，表 D.16）。若编码器紧固件松动，编码器将无法正确检测运行位置。

编码器轴打滑或断裂的故障安全检测，可通过（例如）所采集的安全实际值与期待的设定值的合理性检验来实现。如果在定义的时间内实际值不处于可设定的设定值公差带中，则可认定打滑或者编码器与电机的连接断裂。该监控必须在安全用户程序中根据 SIL 2 或 PL d 加以确保。

在此请注意，符合编码器的上述要求是机器厂商的单方责任。但编码器厂商有义务向机器厂商提供如何在机器内部安装编码器的相关信息。FMEA 分析报告须由机器厂商提供。

如需了解哪些西门子电机型号（带或不带 DRIVE-CLiQ 接口）支持 Safety Integrated 功能，请访问网址：

Safety Integrated 西门子电机 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/33512621)

在此类电机上，可认为编码器已安全固定在了电机轴上且可以排除编码器紧固件有松动的情况。

**说明**

**具有 EnDat 接口和额外正弦/余弦信号的绝对值单圈编码器**

有些绝对值单圈编码器（如 EQI）具有 EnDat 接口，可输出额外的正弦/余弦信号，但是内部却按照感应测量原理工作，一般不允许用于 SINAMICS Safety Integrated。

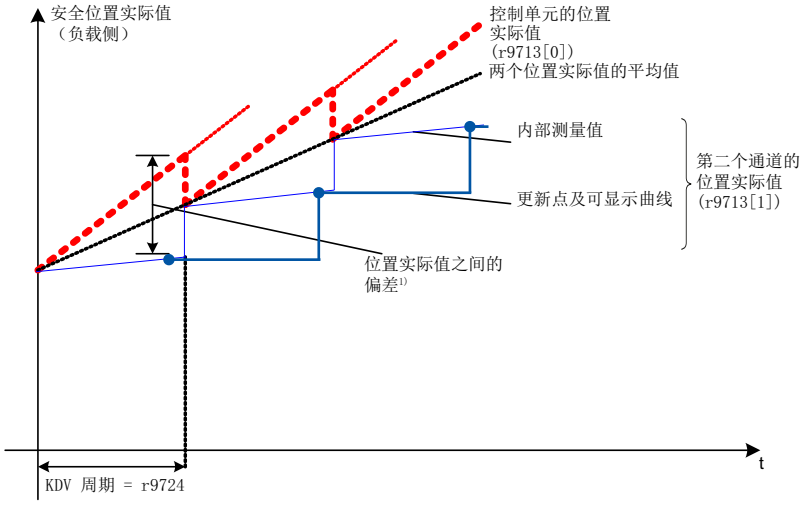
**说明**

**SINAMICS HLA 的编码器类型**

SINAMICS HLA 支持下列编码器类型

- 单编码器系统
  - 安全配套的 DRIVE-CLiQ 编码器
  - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1 $V_{SS}$，纯模拟量信号处理）
- 双编码器系统
  - 带 DRIVE-CLiQ 接口的编码器
  - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1 $V_{SS}$，纯模拟量信号处理）
  - 通过 SMC30 连接的 HTL/TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）
  - 通过 HLA 模块上的板载接口连接的 TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）

### 5.2.15.4 实际值同步




1) 该偏差不可以超过交叉校验周期 (r9724) 期间达到最大转差 (p9549) 时形成的位置差。

图 5-25 实际值同步示意图（举例）

实际值同步激活后 (p9501.3 = 1)，例如：在带转差的系统或机器上激活，两个通道检测出的实际值会周期性地求平均值。此时，系统会按交叉校验周期（r9724）来监控当前转差是否超出 p9549 中设置的最大转差。此时，系统会按交叉校验周期（r9724）来监控当前转差是否超出 p9549 中设置的最大转差。

如果未使能“实际值同步”，则在交叉校验中将 p9542 中设置的值作为公差使用。

### 5.2.15.5 安全运动监控

实际值采集的属性确定了（所用编码器除外）达到最佳安全运动监控的值：

- 最大安全速度 (r9730)
  实际值采集时允许用于安全监控功能的最大速度（负载侧）在 r9730 中显示。该参数显示编码器参数设置时能够正确采集安全编码器实际值（冗余编码器粗略位置）的最大负载速度。
  实际值采集周期 (p9511) 确定了实际值的采集频率。所选周期越大，“最大安全速度”越大。控制单元的负载也越大。设置时须考虑到此情况。
  对于 SINAMICS S120M，实际值采集周期 (p9511) 允许的值只有 2 或 0 ms。在这两种情况下，变频器都采用实际值采集周期 = 2 ms 进行计算，与 PROFIBUS DP/PN 周期无关。

- 安全定位精度 (r9731)
  通过采集实际值达到最佳定位精度。有 2 个编码器系统时，会基于编码器线数显示较差编码器的精度。

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9501.3 SI Motion 安全功能使能：实际值同步使能
- p9502 SI Motion 轴类型（控制单元）
- p9511 SI Motion 实际值采集周期（控制单元）
- p9515 SI Motion 编码器粗略位置值配置（控制单元）
- p9516 SI Motion 安全功能的编码器配置（控制单元）
- p9517 SI Motion 线性编码器的栅距（控制单元）
- p9518 SI Motion 编码器每转线数（控制单元）
- p9519 SI Motion G1_XIST1 细分分辨率（控制单元）
- p9520 SI Motion 丝杠螺距（控制单元）
- p9521[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分母（控制单元）
- p9522[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分子（控制单元）
- p9523 SI Motion 冗余粗略位置值有效位（控制单元）
- p9524 SI Motion 冗余粗略位置值，精分辨率位（控制单元）
- p9525 SI Motion 冗余粗略位置值，相关位（控制单元）
- p9526 SI Motion 第二通道的编码器分配
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9549 SI Motion 转差，速度公差（控制单元）
- p9700 SI Motion 复制功能
- r9713[0...5] CO：SI Motion 负载侧位置实际值诊断
- r9714[0...2] CO：SI Motion 速度诊断
- r9724 SI Motion 交叉校验周期
- r9730 SI Motion 最大检测速率
- r9731 SI Motion 安全定位精度
- r9732[0...1] SI Motion 速度分辨率

## 5.2.16 不带编码器的安全实际值检测

当您需要根据应用的具体情况来确保不带编码器的 Safety Extended Functions 中的安全运行监控时，可以设置参数 p9585, p9586, p9588 和 p9589。在大多数情况下您可以直接采用缺省设置。

### 5.2.16.1 无编码器计算中的延迟时间

如果实际值检测在启动阶段仍未被正确执行，变频器会发出信息，但是不会报告安全问题。为避免此情况的发生，您可提高参数值**无编码器计算中的延迟时间**（p9586）。“无编码器计算中的延迟时间”（p9586）如下确定：

- 请用 Trace 功能记录驱动系统（驱动器+电机+负载） 的启动特性，以确定最短延时 p9586。Trace 功能此时可确定 p9586 的值。
- 为避免故障响应，撤销功能“不带编码器的 SDI”和“不带编码器的 SLS”。
- 通过触发器“OFF2 → 无效”激活 Trace 功能，并选择需要记录的信号：至少一个电机电流相位和 OFF2。记录给出 ON 指令后、电流达到 $I_{额定}$前该选中的电机电流相位。在 p9586 中输入电流下降到 $I_{min}$ 所需的时间加上 + 10 % 的反向时间的总和。
- 在具体应用中启动驱动器，检查其启动特性。参照 Trace 记录，查看经过多少时间后异步电机或磁阻电机的峰值电流开始下降或转子位置检测功能的脉冲模型结束，经过多少时间后电流超出了 p9588 “没有编码器的最小电流实际值检测”。
- 将测得的时间 + 约 10 % 后输入 p9586。
- 激活功能“不带编码器的 SDI”和“不带编码器的 SLS”。现在重新启动系统，Trace 功能激活。
- 现在在系统上应该不再会出现信息。
- 也可逐步提高 p9586，在每次修改后查看系统响应。如果系统不再输出多余信息，便表明您设置了合适的延迟时间。

### 5.2.16.2 无编码器实际值检测的误差

借助**无编码器实际值检测误差**（p9585）参数，可根据电流和电压角度设置合理性监控公差。

- 同步电机中必须设置 p9585 = 4 。
- 减小这个值，实际值检测和合理性检测都会被影响。
- 提高这个值将导致检测延时更长。
- 对于装机装柜型设备，可在 1000 kW 以内的异步电机上使用无编码器的 Safety Integrated 功能：对于大型电机，则需提高参数 p9585 的值。装机装柜型设备上参数 p9585 的缺省值为 “2”。
- 在出厂设置 (= -1) 中，同步电机自动使用数值 4 计算，异步电机或磁阻电机自动使用数值 0 计算。
- 诊断参数 r9786[0...2] 显示当前变频器从合理性角度、电压角度和电流角度测量的数值。您可以利用这些值来修改 p9585。

### 5.2.16.3 加速时的电压公差

- **加速时的电压公差**（p9589）一栏中的值用于避免加速期间的电压峰值。提高该百分比值会导致在加速过程中出现高幅电压峰值，以避免影响实际值检测。

  **说明**

  **磁阻电机的设置**

  磁阻电机运行时，控制器设置多数为动态选择。当 p9589 为出厂设置时，如果此时驱动输出信息 C01711 以及故障值 1043，则请采取以下解决办法：

  - 提高 p9589。
    根据经验，500 % 到 1000 % 之间的值可提供稳健的性能。

- 按以下步骤设置**加速电压公差** (p9589) 的值：
  - 诊断参 r9784[0...1] 用于显示设置的加速度和实测出的加速度。您可以利用这些值来修改 p9589。
  - 使用 Trace 功能记录电流控制器周期中的以下参数：
    - r9784[0]:设定加速度值
    - r9784[1]:实际加速度值
    - r9714[0]:控制单元上的负载侧速度实际值
    - r0063:转速实际值
  - 使电机加速，如可能直至额定转速
  - 请检查，r9714[0] 和 r0063 是否符合范围 0 … 额定转速。
  - 请这样设置 p9589，使得在 0 … 额定转速的范围内 r9784[1] 每秒最多两次达到 r9784[0]。
    - 如果出现信息 C01711 及故障值 1043，则应增大 p9589。
    - 当加速过程导致安全实际速度过高时，需要降低该值。
  - 请重新检查，r9714[0] 和 r0063 是否符合范围 0 … 额定转速。

### 5.2.16.4 核实设置

如果更改了以下其中一个参数，则应重新检查无编码器时的实际值采集并设置：

- PROFIdrive 同步模式异步参与：
  p2049 = 1
- 伺服控制时的电流控制器采样时间：
  p0115[0] = 187.5 µs、150 µs、100 µs、937.5 µs、75 µs、50.0 µs 或 37.5 µs
- 矢量控制时的电流控制器采样时间：
  p0115[0] = 375 µs、312.5 µs、218.75 µs、200 µs、187.5 µs、175 µs、156.25 µs、150 µs 或 137.5 µs

### 5.2.16.5 重要参数一览

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9585 SI Motion 无编码器实际值检测的误差公差（控制单元）
- p9586 SI Motion 无编码器实际值检测的延时（控制单元）
- p9587 SI Motion 无编码器实际值检测的滤波时间（控制单元）
- p9588 SI Motion 无编码器实际值检测的最小电流（控制单元）
- p9589 SI Motion 无编码器实际值检测的加速度限值（控制单元）
- p9700 SI Motion 复制功能
- r9732[0...1] SI Motion 速度分辨率

## 5.2.17 安全齿轮级切换

“安全齿轮级切换”功能可支持运行中 8 个齿轮级间的切换。齿轮级之间的切换只能通过 PROFIsafe 进行 (p9601.3 = 1)。

**“安全齿轮级切换”的参数设置**

必须先参数设置下列值，才能启用“安全齿轮级切换”：

- 齿轮级
  通过参数 p9521（分母）和 p9522（分子）设置最多 8 个不同的齿轮级。
- 旋转方向反转
  通过参数 p9539 设置相应齿轮级是否要配合旋转方向反转。
- 位置公差
  齿轮级切换期间可能会发生运动，因此可能需要提升切换操作持续时间的公差阈值。通过参数 p9539 设置在齿轮级切换期间如何计算公差：
  - 不带实际值同步：p9542 × p9543
  - 带实际值同步：p9549 × p9543

### 选择

按如下步骤使能“安全齿轮级切换”功能：

1. 设置 p9501.26 = 1
   - 若未设置通过 PROFIsafe 控制，变频器会输出包含对应故障值的故障 F01681。
   - 若在不支持“安全齿轮级切换”功能的变频器上激活了该功能，那么变片器会输出故障 F01682，故障值 39。
2. 关闭驱动设备然后重新执行上电（POWER ON）。

### 诊断

所选择的齿轮级会在参数 r9720，位 24 至 26 中显示，用于诊断。

对齿轮级切换的选择会在参数 r9720，位 27 中显示，用于诊断。

### “安全齿轮级切换”和回参考点

齿轮级切换会导致参考位置和用户确认的失效。因此在齿轮级切换后需进行回参考点，从而重新恢复“已安全回参考点”状态（参见章节“概述 (页 199)”）。

### 5.2.17.1 不提升位置公差的齿轮级切换

执行下列步骤，进行不需要提升实际位置交叉校验公差的齿轮级切换。

1. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 0 至位 2 设置新的齿轮级。
2. 之后会自动执行单次实际值同步。该同步用于对切换操作可能引起的两个通道的位置实际值之间的差值进行补偿。
   之后新的齿轮级生效。

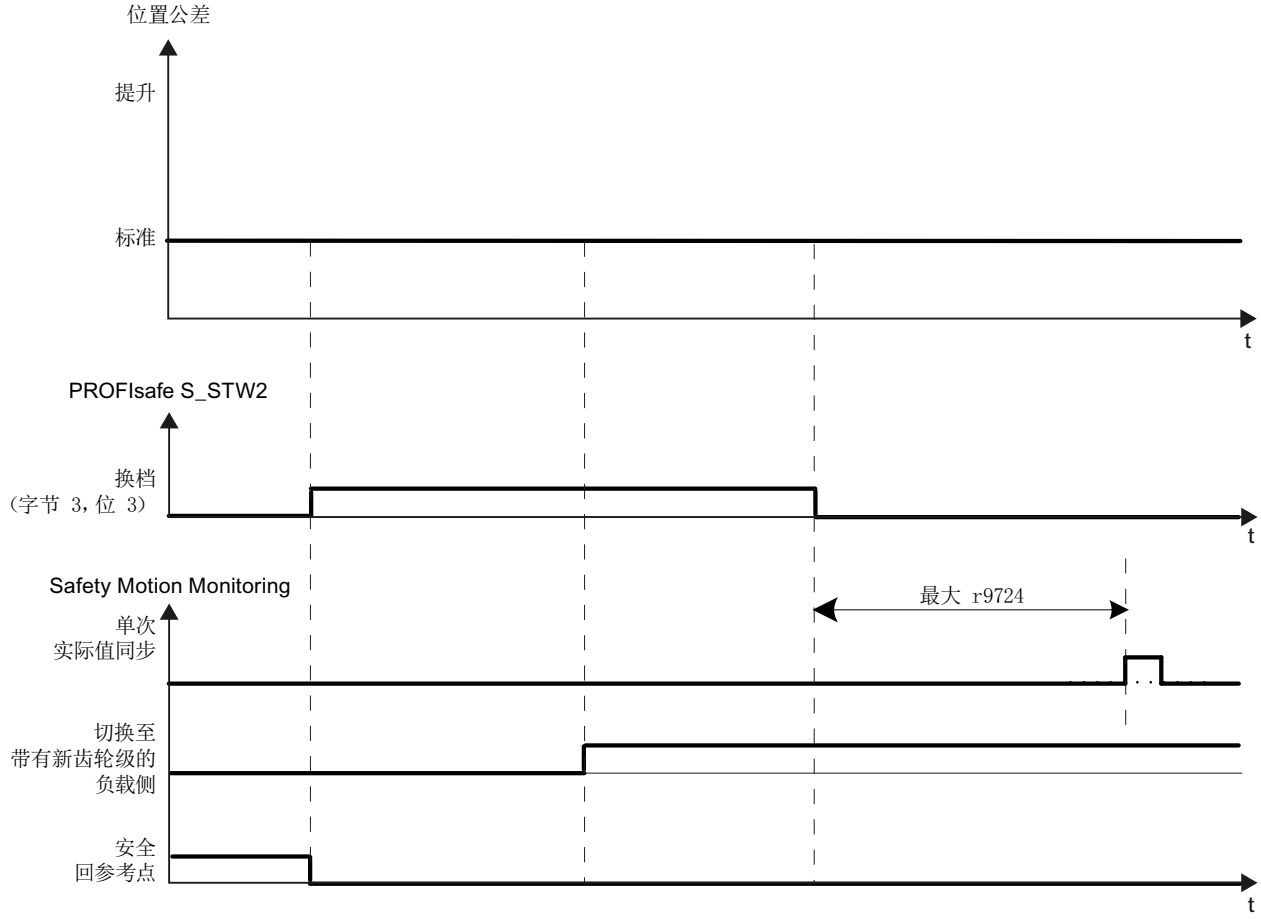



图 5-26 不提升位置公差的齿轮级切换，从 “0” 到 “1”

### 5.2.17.2 提升位置公差的齿轮级切换

执行下列步骤，进行需要提升实际位置交叉校验公差的齿轮级切换。

**说明**

**提升位置公差的最大持续时间**

提升的位置公差不得设置超过 2 分钟。若超出了该时间，变频器会输出消息 C01711，故障值 1015（≙ STOP F）。

1. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 3（= 1）设置提升位置公差。
2. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 0 至位 2 设置新的齿轮级。
3. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 3（= 0）将位置公差重新恢复为普通值。
4. 之后会自动执行单次实际值同步。该同步用于对切换操作可能引起的两个通道的位置实际值之间的差值进行补偿。
   之后新的齿轮级生效。

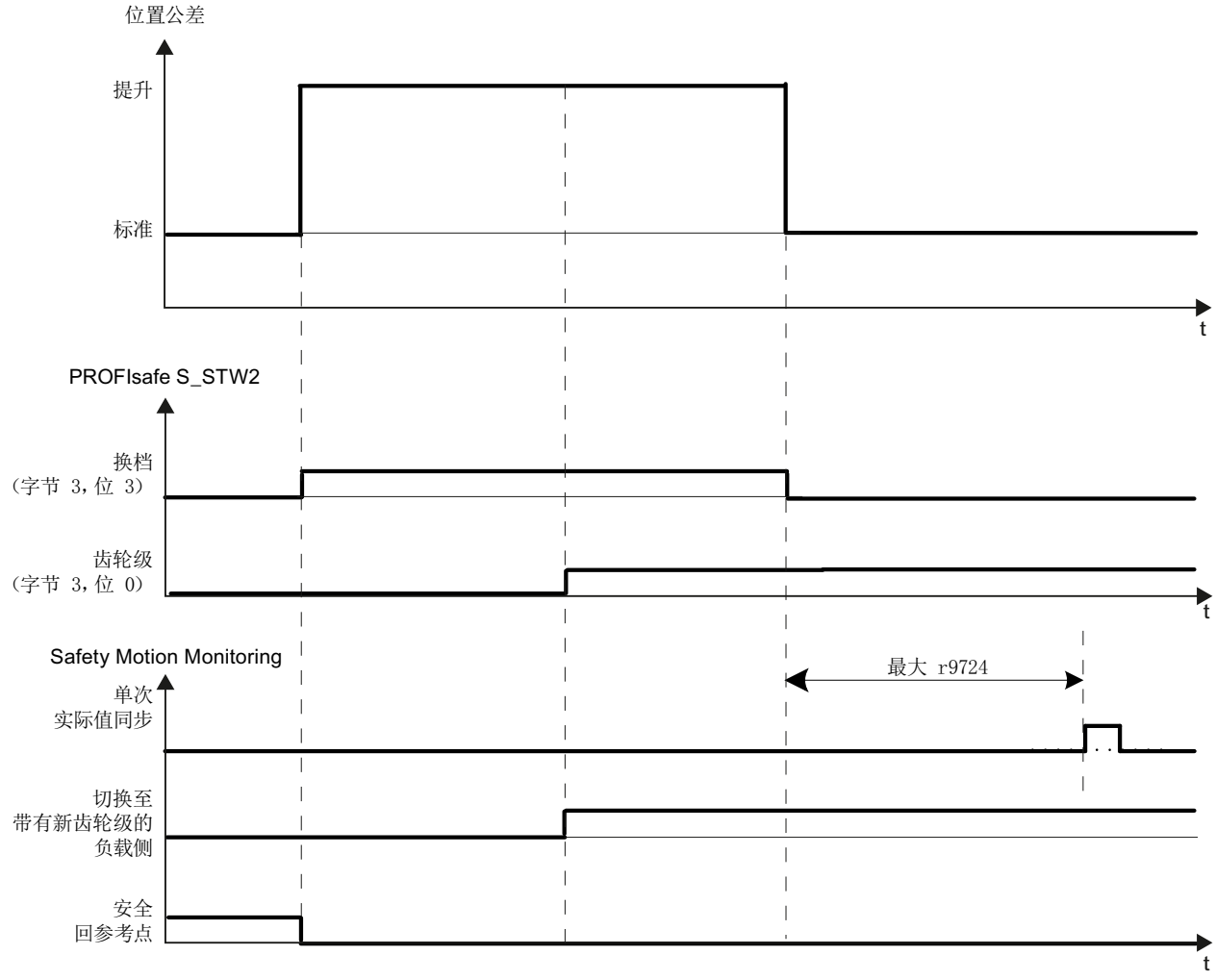



图 5-27　提升位置公差的齿轮级切换

#### 5.2.17.3 重要参数一览

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9501.26 SI Motion 安全功能使能（控制单元）：使能安全齿轮级切换
- p9521[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分母（控制单元）
- p9522[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分子（控制单元）
- p9539[0...7] SI Motion 齿轮级旋转方向反转（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9543 SI Motion 齿轮级切换位置公差系数（控制单元）
- p9549 SI Motion 转差，速度公差（控制单元）
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号

### 5.2.18 强制潜在故障检查（Teststop）

#### 5.2.18.1 概述

为满足标准 EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 中关于及时发现故障的要求，每隔一段时间就要检查系统断路路径能否正常工作。

对于 Basic 和 Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 来说，该项检查的最大时间间隔为 8760 小时，即至少每年一次。

强制潜在故障检查 (Teststop) 必须通过定期的手动测试或自动测试实现。

系统会检查强制检查的定时器，在设置的定时器届满后，每次热启动时都会报警 A01697：“SI Motion：需要对运动监控功能进行测试”。并且系统会使一个状态位置位，该状态位又通过 BICO 连接到一个输出或 PZD 位上。此报警不会影响设备的运行。

**参见**

CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)

TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)

### 5.2.18.2 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

可在以下时间点执行强制潜在故障检查 (Teststop)：

1. 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在与应用相适宜的时间点执行，因此可根据应用触发。
   实现这一功能的参数是单通道参数 p9705，它既可以通过 BICO 连接到驱动设备（控制单元）的输入端子上，又可以连接到任意 PZD 的位上。
   此外还可以通过 Safety Control Channel 选中 Teststop（参见章节 “Safety Control Channel（SCC） (页 270)”）。
   - p9559 SI Motion 强制潜在故障检查定时器（控制单元）
   - p9705 BI:SI Motion 强制潜在故障检查信号源
   - r9723.0 CO/BO:SI Motion 驱动集成的诊断信号

   按照说明执行强制潜在故障检查时，不需要为此进行上电。通过撤销 Teststop（强制潜在故障检查）请求来进行应答。
2. 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在上电时自动执行。
   - 需要对 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 进行自动强制潜在故障检查，以及对 CU310-2 上的 F-DO 进行自动测试时，请设置 p9507.6 = 1。
     为了测试 CU310-2 的 F-DO，必须设置 p10042，并在 p10046 中激活测试。

     **说明**

     **自动强制潜在故障检查 (Teststop) 和 SBT**

     Safety Integrated Extended/Advanced Functions 的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 可配合“选择强制潜在故障检查时进行制动测试”（p10203 = 2）功能使用。

   - 需要执行对 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 时，设置 p10048 = 1。
   - 在上电时已参数设置了强制潜在故障检查 (Teststop) 的情形下，仍可根据应用在任意时间触发该检查。
   - 若特定问题（例如通讯故障）使自动触发的该功能无法正确结束，那么消除问题后该功能将会自动重新启动。
   - 强制潜在故障检查 (Teststop) 成功完成后，变频器进入“运行就绪”状态。
   - 自动强制潜在故障检查 (Teststop) 会使定时器 p9559 复位。
   - 上电时的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 对 Safety Integrated Functions 无影响。

强制潜在故障检查 (Teststop) 功能的范围在所有情形下一致。

### 5.2.18.3 安全装置

假设在运行的设备上已通过相应的安全设施（例如防护门）排除了危险性。因此用户只会看到强制潜在故障检查 (Teststop) 即将到期的报警并被要求及时执行检查。

强制潜在故障检查 (Teststop) 的执行示例：

- 设备上电后驱动器静止时。
- 打开防护门前。
- 以规定间隔进行检查（比如 8 小时间隔）。
- 在自动运行中由时间和事件触发。

**说明**

**前提条件**

在对安全功能进行强制检查时会触发 STO，因此之前不要选择 STO。

使用模块型功率模块时，必须在受控的静止状态（转速设定为 0，电机通电）中触发强制检查。

### 5.2.18.4 TM54F 的 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)

可使用自动测试停止功能用于 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。

在对 TM54F 进行强制检查时，按照下面的接线示例来连接使用的 F-DI。数字量输入 F-DI 0~ F-DI 4 必须由电源“L1+”供电。数字量输入 F-DI 5~ F-DI 9 必须由电源“L2+”供电。

## TM54F 接线示例

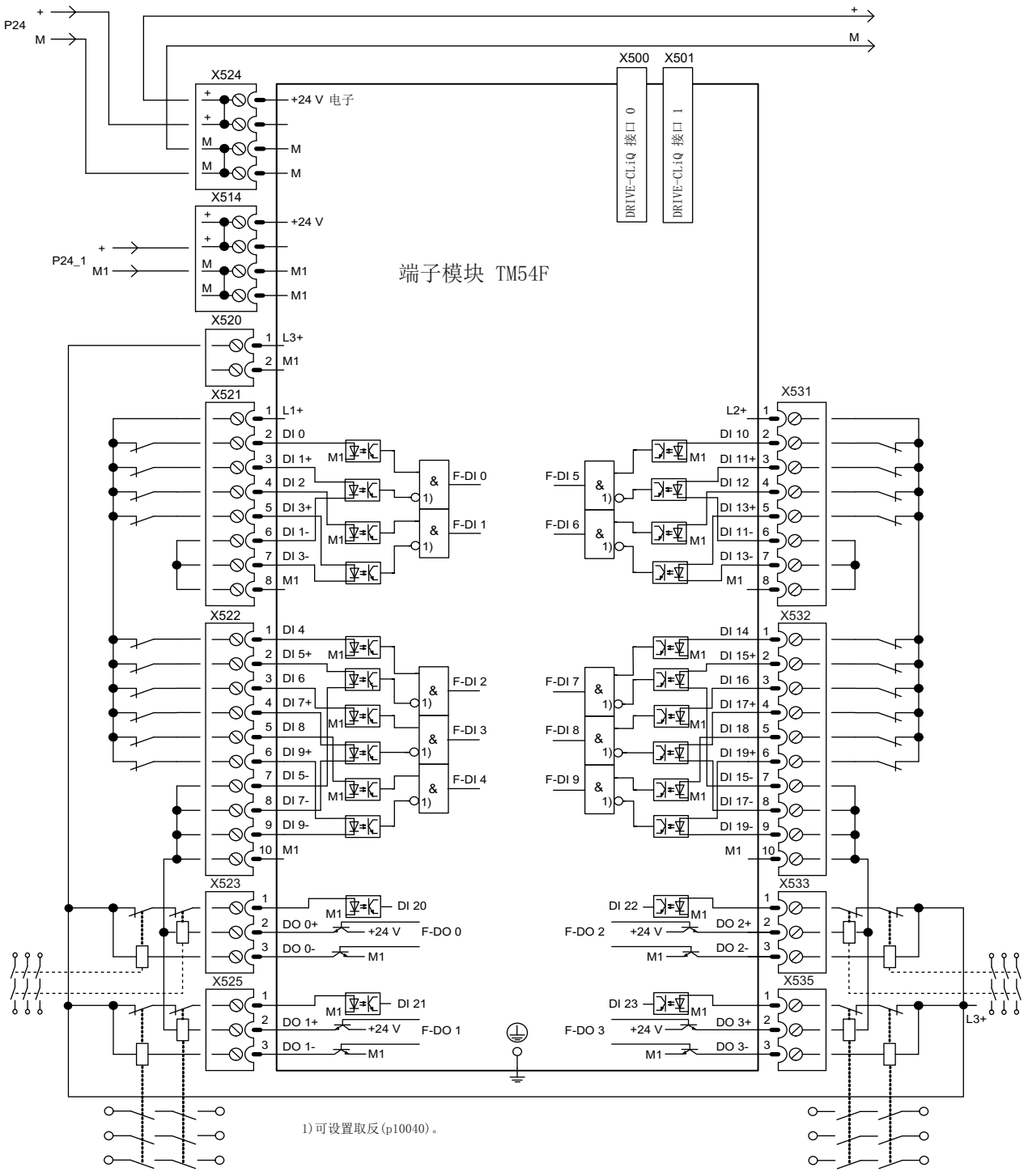



图 5-28　TM54F 接线示例

### F-DI 和 F-DO 的详细说明

- F-DI 必须通过 p10041 报告强制检查的状态。

  **说明**

  **测试期间 F-DI 失效**

  F-DI 的状态在测试期间被冻结！

  - 注意：测试期间不会检测 F-DI 的状态。

- 相应的 F-DO 必须通过 p10046 反馈强制检查的状态。

  **说明**

  **测试期间的 F-DO**

  不通过 p10046 输出反馈的 F-DO 在整个强制潜在故障检查期间一直保持为 0（该值是故障安全值）。

  强制潜在故障检查的最长时间：$T_{Teststop} = T_{F-DI} + T_{F-DO}$

  - F-DI 的检查时间：$T_{FDIs} = 3 \times r10015 + 3 \times X$ ms
    （X = 20 ms 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 X）
  - 测试 F-DO：$T_{FDOs} = 8 \times r10015 + 6 \times Y$ ms
    （Y = p10001 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 Y）

  TM54F 的 Safety Integrated 功能通过 r10015 中显示的采样时间执行。该采样时间对应 p10000[0..5] 中输入的最小通讯采样时间。

**说明**

**需要对特定的 F-DI 或 F-DO 进行手动强制检查**

如果由于相连设备的原因无法对特定 F-DI 或者 F-DO 执行强制检查：

- 必须采取其它措施对 F-DI/F-DO 进行检查，例如：操作开关和触发特定的设备功能。

### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

- 强制潜在故障检查应在适宜的时间执行。因此必须根据应用触发，或在上电时执行。该要求可通过参数 p10007 实现，它既可以通过 BICO 连接到控制单元的输入端子上，又可以连接到任意 PZD 的位上。
- 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在上电时自动执行。
  - 需要执行对 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的自动强制潜在故障检查时，设置 p10048 = 1。
  - 在上电时已设置了强制潜在故障检查的情形下，仍可根据应用在任意时间触发该检查。
  - 若特定问题（例如通讯故障）使自动触发的该功能无法正确结束，那么消除问题后该功能将会自动重新启动。
  - 强制潜在故障检查 (Teststop) 成功完成后，TM54F 进入“运行就绪”状态。
  - 自动强制潜在故障检查 (Teststop) 会使定时器 p9559 复位。
  - 上电时的自动强制潜在故障检查对 Safety Integrated Functions 无影响。

系统会检查强制检查的定时器，在设置的定时器届满后，每次热启动时都会报警 A35014：“TM54F：需要进行强制检查”。

- p10001 SI F-DO 0 ... 3 上强制检查的等待时间
- p10003 SI Motion 强制潜在故障检查定时器
- p10007 BI:SI Motion F-DO 强制潜在故障检查的信号源
- p10041 SI TM54F F-DI 测试使能
- p10046 SI Motion F-DO 反馈输入激活

强制潜在故障检查 (Teststop) 不需要重新上电，但是可在重新上电时自动执行：通过撤销 Teststop（强制潜在故障检查）请求来进行应答。

**说明**

**CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop)**

此处的说明针对的是 CU310-2 上 F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。更多关于执行强制潜在故障检查的说明可以参见章节“CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)”。

**说明**

**F-DI 和/或 F-DO 的手动检查**

如果有 F-DI 和/或 F-DO 不需要进行自动检查或无法进行自动检查，比如：CU310-2 上的 F-DI，则必须以适当的间隔手动操作相连的执行器/传感器，以检查这些端子能否正常工作，其响应是否正常。

### 更多信息

更多关于执行强制检查的说明可以参见：

- TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)
- CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)

# 5.3 Safety Integrated 高级功能

## 5.3.1 PFH 值的说明

**说明**

**PFH 值**

SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：

PFH 值 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/76254308/en)

## 5.3.2 扩展功能或高级功能的授权

- 运行**每个**带有 Safety Integrated Extended Functions 或 Advanced Functions 的轴都需要获得**一个**授权。您可以通过 Startdrive 上的按钮 “License Key” 来输入相应的授权码。接着您可以按下“激活”按钮来激活授权码。
  或者您也可以在参数 p9920 中输入 ASCII 码格式的授权码。设置 p9921 = 1 即可激活授权码。
- 在《SINAMICS S120 功能手册》的“授权”一章中描述了如何生成 SINAMICS Safety Integrated Extended Functions 或 SINAMICS Safety Integrated Advanced Functions 的授权码。如果授权不足，装置会通过以下故障和 LED 指示：
  - F13000 → 授权不充分
  - LED RDY → 以 2 Hz 的频率红色闪烁
- 在购买驱动时您就已经可以决定是否使用 Safety Integrated Functions。如果决定使用，即可获取一份或多份保存在随附存储卡上的授权。此时，您不必明确激活授权。
- 可以购买一份有固定使用期限的 Safety Integrated Trial License，用于测试。
  关于 Trial License 的详细信息请参见“SINAMICS S120 功能手册之驱动功能分册”，章节“授权”。

## 5.3.3 Safely-Limited Position (SLP)

“Safely-Limited Position”（SLP：安全极限位置）功能用于安全监控轴是否在两个运行范围或位置区域内运动，两个区域之间可以通过一个安全信号实现切换。

### 前提条件

使用 Safely-Limited Position 功能必须满足以下前提条件：

- 使用一个或两个合适的编码器用于带编码器的扩展安全功能（另见章节“带编码器系统的实际值安全检测 (页 166)”）
- 凡是执行了使驱动器失去绝对位置的操作后（例如：重新上电、驻留等），便在调试时通过回参考点再次确定驱动器的绝对位置。

安全回参考点的说明请参见“概述 (页 199)”一节。

### 工作原理

SLP 一旦激活，便会监控轴是否在激活的位置区域内运行。可通过一个安全信号在 2 个位置区域内切换。每个位置区域由预定义的一对限位开关限制。一旦电机越过其中的某个限位开关，变频器便触发设置的停止响应（STOP A、STOP B、STOP C、STOP D 或者 STOP E），输出安全信息 C01715。

为应答故障，必须切换至一个未被超限的位置区域或撤销 SLP 功能。完成应答后，驱动可再次回到允许区域内。

借助 TM54F 上提供的“回退”功能可使驱动回到允许区域内（参见章节 “轴回退 (页 191)”）。

### 功能特性

- 通过安全端子（TM54F 或者板载 F-DI）或 PROFIsafe 选中
- 通过 2 对限位开关定义位置区域（p9534 和 p9535）
- 2 个不同位置区域之间可以安全切换（PROFIsafe 报文 30 上不可用）
- 停止响应可设置 (p9562)

### SLP 的使能

- “Safely-Limited Position”（SLP）功能可通过参数 p9501.1 = 1 使能。
- 使能后重新对变频器上电。

**说明**

**使能 SLP 后无法实现实际值同步**

不允许同时使能 SLP 和实际值同步功能 (p9501.3 = 1) ：该情况下驱动器会发出故障信息 F01688。

### SLP 的控制信号及状态信号

SLP 的选择和位置区域的切换能通过 F-DI 及 PROFIsafe 控制位来实现。通过参数 r9720.6 可以检查是否选中了 SLP。通过参数 r9720.19 可以检查当前选中了哪个 SLP 位置区域。如果 SLP 生效，状态位 r9722.6 被置位。生效的位置区域通过 r9722.19 来显示。通过参数 r9722.30 和 r9722.31 可以检查电机运行是否超出了选中的 SLP 运行范围。

**说明**

**显示波动**

r9722.30 和 r9722.31 没有设计回差。如果电机在限位开关附近运动，这些参数值的显示可能会上下波动。

## 5.3.3.1 SLP 的控制

### 控制 SLP

有 2 种方式可以选择/撤销/切换 SLP 限位：

### PROFIsafe

- 通过控制字 S_STW1.6 或 S_STW2.6 选择/撤销 SLP。
- 通过控制字 S_STW2.19 在两对限位开关之间切换。
- S_ZSW2.23 显示当前位置是否是“安全”的。只有是处于“安全回参考点”状态时，该位才置位。
- SLP 是否生效由状态字 S_ZSW1.6 或 S_ZSW2.6 的位 6 指明。只有当 SLP 选中后并且轴处于“安全回参考点”状态时，该位才被置位。
- 状态字 S_ZSW2.19 显示当前生效的 SLP 限位，只有在 SLP 生效时，该显示才生效。
- S_ZSW2.30 和 S_ZSW2.31 显示轴是否在生效的位置区域上限内和下限以上。

**说明**

**PROFIsafe 控制**

状态信号“SLP 生效”（S_ZSW1.6 或 S_ZSW2.6）不等同于诊断信号“SLP 生效” (r9722.6)，而是相当于“SLP 生效” (r9722.6) 与“安全回参考点” (r9722.23) 的逻辑“与”运算结果。

其余的 SLP 状态信号 S_ZSW2.19 “SLP 位置区域生效”、S_ZSW2.30 “未超出 SLP 上限”以及 S_ZSW2.31 “未低于 SLP 下限”和 r9722 中相应的位一一对应。

**说明**

**PROFIsafe 报文 30 上的局限性**

PROFIsafe 报文 30（带 16 位 S_STW1 和 S_ZSW1）的使用有以下局限性：

- 只有位置区域 1 可用。
- 不可以切换到位置区域 2。
- 不提供状态反馈信号“安全回参考点”、“位置区域生效”、“未超出 SLP 上限”和“未低于 SLP 下限”。

### F-DI

SLP 通过 TM54F 上的 F-DI 或 CU310-2 上的板载 F-DI 选中。

- 通过参数 p10032 确定用于选择 SLP 的端子。
- 通过参数 p10033 确定选中 SLP 位置区域的端子。
- 状态信号“SLP 生效”能直接作为信号源或通过“Safe State”信号（p10039）与 F-DO（p10042）相连接。

**说明**

**使用 TM54F 或板载端子的扩展功能**

安全状态信号“SLP 生效”不等同于诊断信号“SLP 生效” (r9722.6)，而是相当于“SLP 生效” (r9722.6) 与“安全回参考点” (r9722.23) 的逻辑“与”运算结果。

而状态信号“生效的 SLP 范围”与信号“生效的 SLP 位置范围” (r9722.19) 相对应。

**说明**

**总线故障时的响应**

在 p9580 ≠ 0、SLP 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应时（即设置 p9562[0...1] ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

### 5.3.3.2 轴回退

在超出生效的运行范围极限后，驱动器必须被退回至允许的范围。在此情况下安全应答只重新触发安全信息，驱动器的运动被阻止。如果在其它运行范围内的转换不可行，可彻底取消SLP。缺点：无法监控驱动器是否在允许的运行范围内运动。

因此针对退回功能的实现，建议执行以下步骤：

#### 安全调试

1. 完整设置 SLP。
2. 完整设置 SDI。
3. 为这两个功能进行验收测试。

后面的步骤根据控制方式的不同而有所区别。

#### 通过 PROFIsafe 进行控制

- 按照以下步骤执行 F-CPU 中的用户程序，回退功能根据以下步骤执行：
  - 在 SLP 下限超限时选择 SDI+ 或 SLP 上限超限时选择 SDI-
  - 等待选中的 SDI 生效，然后撤销 SLP
  - 应答超限信息
  - 给出相应设定值，使电机回到限位范围内
  - 选择 SLP
  - 等待 SLP 生效，然后撤销 SDI
- 电机超出某个 SLP 限位时，执行以下操作：
  - 激活回退程序，例如：通过一个 F-CPU 的 F-DI 激活。

---

**说明**

**有关回退的常见问题**

有关如何通过一个故障安全控制器和 PROFIsafe 通讯实现回退的描述请浏览网页：
回退 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/65128501)

---

### 通过 F-DI（TM54F 或机载端子）控制

1. 通过参数 p10009 确定选择/撤销“轴回退”的 F-DI。
2. 在独立的验收测试中配置 2 个 F-DI 给选择/撤销功能 SDI+ 和 SDI-。
3. 电机超出某个 SLP 限位时，执行以下操作：
   - 将 F-DI“退回”信号从 0 调到 1（该信号脉冲沿会进入计算）。退回功能对所有已安全回参考点的驱动器中均生效，并会出现暂时的极限值超限。在退回功能生效时，SLP 未生效并且在某些限制超限后，SDI+ 或 SDI- 被选择。
   - 应答超限信息
   - 给出相应设定值，使电机回到允许的限位范围内。
   - 将 F-DI“退回”信号从 1 调到 0（该信号脉冲沿会进入计算）。SDI 因此被撤销，SLP 再次激活。

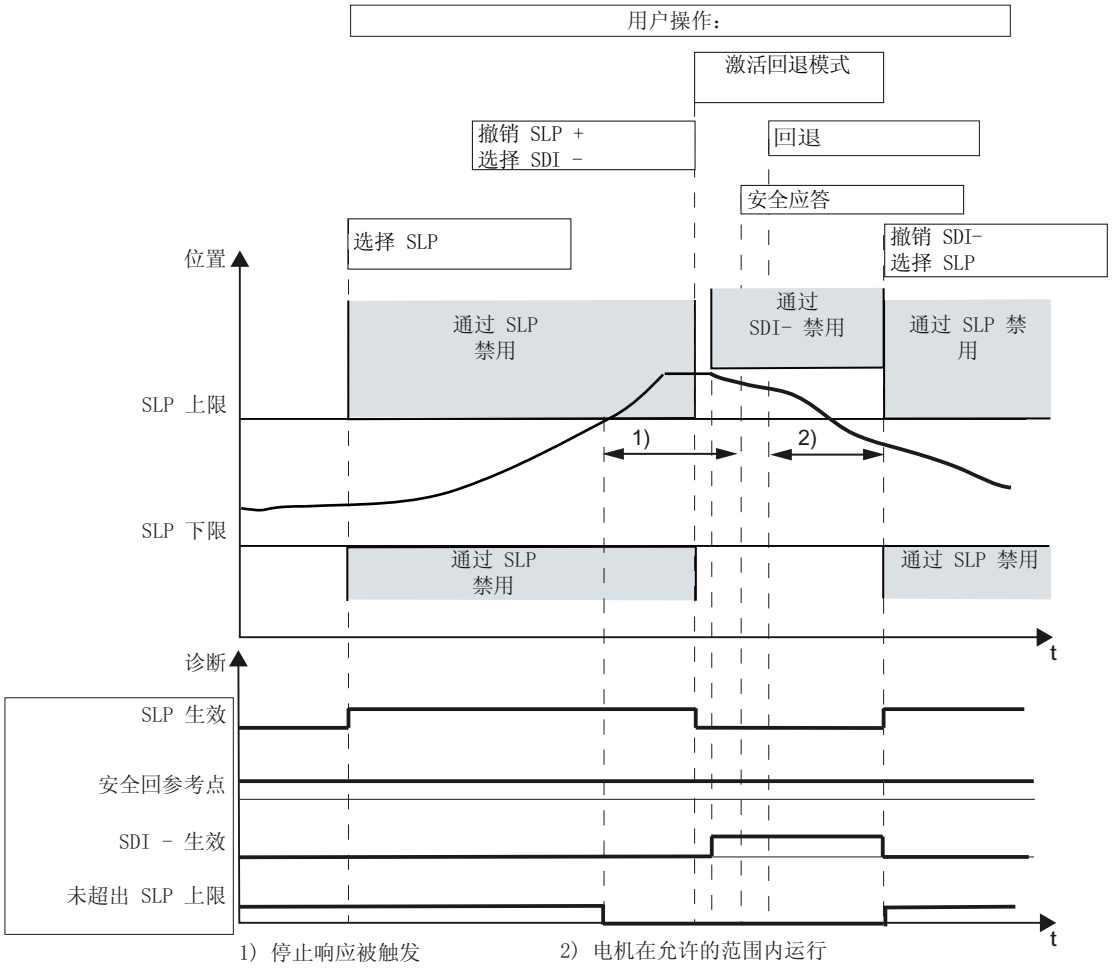



图 5-29　SLP 和回退的工作时序

### 5.3.3.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2822 SI 功能 - SLP (Safely-Limited Position)
- 2840 SI 功能 - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号
- 2893 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 0 … F-DI 4)
- 2894 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 5 … F-DI 9)
- 2895 SI TM54F - 故障安全数字量输出 (F-DO 0 … F-DO 3)，数字量输入 (DI 20 … DI 23)
- 2905 SI TM54F - 控制接口(p9601.2 = 1 & p9601.3 = 0)
- 2906 SI TM54F - 安全状态选择
- 2907 SI – TM54F 分配 (F-DO0...F-DO3)
- 2870 SI 功能 - CU310-2 (F-DI 0 ... F-DI 2)
- 2873 SI 功能 - CU310-2 故障安全数字量输出 (F-DO 0)
- 2875 SI 功能 - CU310-2 控制接口
- 2876 SI 功能 - CU310-2 安全状态选择
- 2877 SI 功能 - CU310-2 分配 (F-DO 0)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9534[0...1] SI Motion SLP (SE) 上限（控制单元）
- p9535[0...1] SI Motion SLP (SE) 下限（控制单元）
- p9544 SI Motion 实际值比较公差（回参考点）（控制单元）
- p9562[0...1] SI Motion SLP (SE) 停止响应（控制单元）
- p10009 SI Motion SLP 回退 F-DI（处理器 1）
- p10032[0...3] SI TM54F SLP 输入端子（处理器 1）
- p10033[0...3] SI TM54F SLP 位置区域输入端子（处理器 1）
- p10039[0...3] SI TM54F 安全状态信号选择（处理器 1）
- p10109 SI Motion SLP 回退 F-DI（处理器 2）
- p10132 SI Motion SLP 输入端子（处理器 2）

- p10133 SI Motion SLP 位置区域输入端子（处理器 2）
- p10139 SI Motion 安全状态信号选择（处理器 2）

## 5.3.4 安全位置的传送 (SP)

借助“安全位置 (SP)”功能变频器可以将安全参考位置值（即：绝对或相对位置）通过 PROFIsafe 传送给上级控制器。可在上级控制器中使用安全相对位置（Safe Position，SP）的传送来计算安全速度。只有在控制器层面上创建了绝对位置的参考值，才允许用来进行安全位置监控。在此情况下，可以不使用 SINAMICS S120（r9722.23）的位“安全回参考点”。

### 使能功能“安全位置值的传送”

“安全位置值的传送”功能的使能需要首先：

- 使能 Safety Integrated Functions
  - p9601 = 12 = C hex（≙ 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能）
    或者
  - p9601 = 13 = D hex（≙ 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能）
- 使能“安全绝对位置传输，可通过控制系统计算速度”
  - 选择 PROFIsafe 报文 901 或 902 (p60022、p9611、p9811)
  - p9501.2 = 1（≙ 使能绝对位置）
  - p9501.25 = 1 (≙ 使能通过 PROFIsafe 传送安全位置）

  **说明**

  **使能 SP 后无法实现实际值同步**

  如果已经使能了安全位置值传送，之后则不允许使能实际值同步 (p9501.3 = 1)：该情况下驱动器会发出故障信息 F01688。
- 使能“安全相对位置传输”，仅用于通过控制系统的速度计算
  - 选择 PROFIsafe 报文 901 或 902
  - p9501.25 = 1
- 使能后重新对变频器上电。

### 工作原理

在您完成设置、给出使能和进行上电后，该功能会自动选中，将安全参考位置传送给控制器。注意以下事项：

- 安全绝对位置值的传送
  - 如果通过 p9501.25 = 1 和 p9501.2 = 0 使能了安全相对位置的传送，则安全相对位置的有效性通过位 S_ZSW2.22 显示。
  - 如果通过 p9501.25 = 1 和 p9501.2 = 1 使能了安全绝对位置的传送，则在驱动安全回参考点后才置位 S_ZSW2.22。
- 安全相对位置值的传送（如：用于速度计算）
  - S_ZSW2.22 （r9722.22，位置实际值有效）置位才可以计算速度。

### 设置回转轴上的模数值

- 借助参数 p9505 可以在安全绝对位置（p9501.2 = 1 和 p9501.25 = 1）的传送使能后定义一个安全回转轴（p9502 = 1）的模数范围。
  设置模数值后，一旦超出可显示的数值范围会导致位置实际值跃变。因此，p9505 只允许设置为 $2^n \cdot 360°$ (n = 1, 2, 3, …)。所有其他情况下变频器都会输出报警 A01794。只有当应用允许可能出现的位置实际值跃变或这种跃变不构成问题时，才可隐藏该报警。
- 在 p9505 = 0 时，模数功能关闭。在安全线性轴上（p9502 = 0）或安全相对位置（p9501.2 = 0 和 p9501.25 = 1）的传送使能后，该参数无任何意义。
- 如果同时使能了 SLP（p9501.1 = 1），则必须关闭模数功能（p9505 = 0）。

### 速度计算

速度须由控制器根据位置变化值计算得出：

- 位置差 = 新位置 - 旧位置
- 周期差 = 新周期数 - 旧周期数
- 时间差 = 周期差 × 安全周期
  （周期差 = 0 时，用上次计算出的速度。）
- v = 位置差/时间差
- 格式调整后的 v

### 验收

“安全位置值的传送”功能无需进行验收测试，但必须在上级控制器中借助安全位置 (SP) 对该功能进行验收。

### 5.3.4.1 数值范围

**传送格式和数值范围**

- 32 位
  这些值在报文 902 中作为 32 位值传送，数值范围为：

表格 5-4　数值范围与分辨率（32 位）

| | 线性轴 | 旋转轴 |
|---|---|---|
| 位置值 | ±737280000 | ±737280000 |
| 单位 | 1 µm | 0.001 ° |
| 注释 | ±737280 m 的范围，精确到 1 µm | ≙ 2048 转 |

- 16 位
  希望在报文 901 中用 16 位格式传送位置值时，需要通过 p9574 缩放位置值。此时您必须选择合适的缩放系数，使位置值不超过 16 位。如果位置实际值超出了 16 位显示范围 (±32767)，便会触发 STOP F 并输出带有故障值 7001 的信息 C01711。取决于您选择的缩放系数，变频器可以用不同的精度监测不同位置范围。示例：
  – 缩放系数：1000
  – 单位：1 µm（线性轴）
  – 位置值：±32767 mm

  该设置表明，变频器可以监测 ±32767 米的位置范围，精确到 1 毫米。

**说明**

**16 位缩放**

r9708[0] 和 r9708[1] 的平均值除以该缩放系数便可进行缩放。

示例：r9708[0] 和 r9708[1]中记录的位置值为 -29999 mm，经缩放系数 p9574 = 1000 缩放后驱动器传送给控制器的数值为 -29。

### r9708 的数值范围

参数 r9708 中诊断信息的显示具有以下特性：

表格 5-5　数值范围与分辨率（32 位）

| | 线性轴 | 旋转轴 |
|---|---|---|
| 位置值 | ±737280000 | ±737280000 |
| 单位 | 1 µm | 0.001 ° |
| 注释 | ±737280 m 的范围，精确到 1 µm | ≙ 2048 转 |

参数 r9713 中显示的值与 r9708 中显示的值一致；但采用 SINAMICS 内部计算单位。

## 5.3.4.2　安全位置值的同步传输

在根据应用的要求而需要同步传输位置值的轴上，请按以下步骤操作：

**说明**

**仅在 CU320-2 上可用**

此性能未在 CU310-2 上提供。

### 选择和使能

1. 在所有需要同时同步传输位置值的轴上，请进行以下参数设置：
   – 激活同步位置传输：p9501.29 = 1
   – 通过 PROFIsafe 使能 SP：p9501.25 = 1
2. 在涉及到的所有轴上设置相同的现场总线周期（DP/PN 周期）以及相同的 SI Motion 监控周期（$t_{SI}$）。
   DP/PN 周期必须是 SI Motion 监控周期的偶数倍。周期设置示例：

   电流控制器周期 (p115[0]) = 0.125 ms
   SI Motion 实际值采集周期 (p9511) = 1.0 ms
   SI Motion 监控周期 (p9500) = 2.0 ms
   现场总线周期 (DP/PN 周期) = 4.0 ms

- 在涉及到的所有轴上激活时钟同步的 PROFIdrive 通讯。

**说明**

**需要进行验收测试**

如要在安全验收之后更改现场总线周期，则必须重新执行安全验收测试。

### 激活

安全位置的同步传输功能在使能后一直生效。无需通过 PROFIsafe 循环控制字来选择/取消。

### 状态反馈信息

驱动在状态字 S_ZSW2.22 中输出循环状态反馈信息“SP 有效”。

如果位置无法与其他轴同步，则在进行位置同步传输的参数设置时也会删除该位。

### F 主站安全程序中的检查

必须通过 F 主站的安全程序检查以下内容：

- 所采用的脉冲间隔中所有参与轴的计数器的同步性 (S_CYCLE_COUNT)
- 所采用的脉冲间隔中各个轴的计数器的正确变化

## 5.3.4.3 功能图和参数

### 功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2840 SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9505 SI Motion SP 模数值（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9713[0...5] CO：SI Motion 负载侧位置实际值诊断

## 5.3.5 安全回参考点

### 5.3.5.1 概述

通过“安全回参考点”功能变频器可以确定安全的参考位置。以下功能中需要该安全位置：

- Safely-Limited Position (SLP) (页 187)
- 安全位置的传送 (SP) (页 194)
- Safe Cam (SCA) (页 201)

**概述**

在大多数情况下，回参考点这一过程是由外部控制器执行的。只有在一些特殊情况下，它才由变频器执行，例如：通过 EPOS。

- 外部控制器执行的回参考点
  前提条件：轴不在运动
  由控制器计算出的参考位置已输入到参数 p9572 中，并设置 p9573 = 89 激活它。
- EPOS 执行的回参考点
  SINAMICS 功能 EPOS 可以将确定出的参考位置直接传送给 Safety Integrated。即使轴在运动时也可以传送。
- 用户确认
  在回参考点结束一段时间内（参见章节“回参考点的方式 (页 200)”），必须给出用户确认（p9726 = p9740 = AC hex）。

只有使能功能（如 SLP）需要参考位置时，Safety Integrated 才会使用该位置。Safety Integrated 通过诊断位 r9723.17 报告驱动器是否回参考点。Safety Integrated 在诊断参数 r9708 和 r9713 中显示驱动位置。轴安全回参考点后，位 r9722.23 置位。

参数 r9708 中诊断信息的显示具有以下特性：

表格 5-6　数值范围与分辨率（32 位）

| | **线性轴** | **旋转轴** |
|---|---|---|
| 位置值 | ±737280000 | ±737280000 |
| 单位 | 1 µm | 0.001 ° |
| 注释 | ±737280 m 的范围，精确到 1 µm | ≙ 2048 转 |

参数 r9713 中显示的值与参数 r9708 中显示的值一致；但采用 SINAMICS 内部计算单位。

### 5.3.5.2 回参考点的方式

SINAMICS 有 2 种回参考点的形式：

- 初始回参考点
  在首次执行安全回参考点或在之后因故障而回参考点的过程中，以下步骤是非常重要的：
  - 将由控制器计算出的参考位置输入到参数 p9572 中，并设置 p9573 = 89 激活它。在采用 EPOS 的位置控制中省略该步骤。
  - 确认回参考点正确执行 (r9723.17 = 1)
  - 确认位置实际值：在 4 秒内设置“p9726 = p9740 = AC hex”
    - 如果在设置“p9726 = AC hex”后 4 秒内您没有设置“p9740 = AC hex”，变频器会输出信息 C01711（值：1002），C30711（值：0）和可能的后续信息。两个安全通道中的用户确认均被删除。
    - 如果在设置“p9740 = AC hex”后 4 秒内您没有设置“p9726 = AC hex”，变频器会输出信息 C01711（值：0），C30711（值：1002）和可能的后续信息。两个安全通道中的用户确认均被删除。
    在正确设置“用户确认”后驱动器已安全回参考点 (r9722.23 = 1)。

  **说明**

  **不允许进行自动用户确认**

  请注意，操作人员必须核实计算出的位置和轴实际位置之间的一致性，方可给出确认。比如：可目检轴位置进行核实。任何情况下不允许未经用户确认完全由控制器自动设置参数。只有在借助安全传感器对回参考点位置进行了安全检测后才允许该操作。

- 后续回参考点
  在重新上电之后或撤销“驻留轴”后，进行带有安全历史事件（已完成内部用户确认）的回参考点时都是指后续回参考点。
  - 将由控制器计算出的位置输入到参数 p9572 中，并设置 p9573 = 89 激活它。通过 EPOS 位置控制器中和使用绝对值编码器时省略该步骤。
  - 在驱动回参考点后，Safety Integrated 自动进行合理性检测。
  - 如果当前的绝对位置与之前由 Safety Integrated 保存在 NVRAM 中的静止位置的差异在 p9544 的公差范围之内，驱动器会转到“安全回参考点”状态（r9722.23 = 1）。

**说明**

**参考位置的保护**

参数“SI Motion 参考位置” (p9572) 和“SI Motion 接收参考位置” (p9573) 不受安全密码的保护，也不进行安全 CRC 校验。

- 请您采取适合您设备的相应措施，确保这些参数不会被无意中更改。

#### 5.3.5.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2821 SI 功能 - 安全回参考点

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9572 SI Motion 参考位置（控制单元）
- p9573 接收 SI Motion 参考位置（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9713[0...5] CO：SI Motion 负载侧位置实际值诊断
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）
- r9723.0...17 CO/BO:SI Motion 驱动集成的诊断信号
- p9726 SI Motion 选择/撤销用户确认
- p9740 SI Motion 选择/撤销用户确认，MM

### 5.3.6 Safe Cam (SCA)

借助“Safe Cam”（安全凸轮，SCA）功能可以实现安全电子凸轮功能、安全区域检测或轴专用的工作空间/保护空间限制并能以此代替基于硬件的解决方案。每根轴上最多可设置 30 个凸轮。每个凸轮都是有目的地进行释放。

**说明**

“Safe Cam”（SCA）安全功能只能在带编码器时使用。

### 确定凸轮位置

- 借助参数 p9536[x] 和 p9537[x]（x = 0 ... 29）确定待监控的凸轮位置。
  注意定义的凸轮必须具有特定的最小长度：p9536[x] - p9537[x] ≥ p9540 + p9542
  如果没有遵守该规定，驱动会输出消息 F01686（“SI Motion：不允许设置凸轮位置）。
- 由于不同的周期和运行时间，两个监控通道的凸轮信号不能同时或不能准确的在同一位置进行操控。因此，必要时需要通过参数 p9540 为所有凸轮规定一个公差带。在此公差带内，监控通道可以具有相同凸轮的不同信号状态：

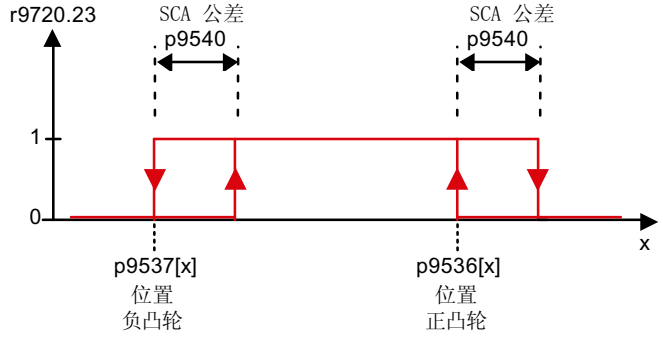



图 5-30　设置凸轮和公差

**说明**

功能 SCA 的公差带选择应尽可能的小（<5 ... 10 mm）。建议将凸轮公差设置的大于等于实际值公差。

- 借助功能 “概述 (页 199)”使轴回参考点。

### 使能 SCA

- 设置 p9501.28 = 1，使能 SCA 功能。
- 设置 p9503.x = 1（x = 0 ... 29），单独使能各个凸轮。

**⚠ 警告**

**安全回参考点**

上电后，已使能的凸轮信号立即输出，但是只有安全回参考点后该任务才准确无误，也就是说，只有安全回参考点后，凸轮才算保险。

- 借助功能 “概述 (页 199)”使轴回参考点。

### 选择 SCA

借助 PROFIsafe 控制字 S_STW2.23 选择 SCA 功能。必须将报文 903 用于 SCA，为此必须为 SCA 提供控制字 S_STW2 和状态字 S_ZSW_CAM1。

### 凸轮同步

通过 PROFIsafe 将凸轮状态字传送至 F 主站时，两个监控通道中的凸轮信号会进行同步。此时也会监控第 2 个通道中的不同凸轮信号是否合理。如果驱动发现了错误，则会输出信息 C01711 和故障值 1014。

监控凸轮位置时，将 p9542（“实际值比较公差”）中两个监控通道之间实际位置交叉比较的公差设置用作位置公差。

### 通过 PROFIsafe 进行传送

设置并选择了 SCA 后，监控的结果会被传送至状态字 S_ZSW_CAM1（参见章节“其他过程数据 (页 243)”）。

### 功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2826 SCA (Safe Cam)
- 2844 S_ZSW_CAM1 安全状态字 Safe Cam 1

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9503 SI Motion SCA (SN) 使能（控制单元）
- p9505 SI Motion SP 模数值（控制单元）
- p9536[0...29] SI Motion SCA (SN) 正凸轮位置（控制单元）
- p9537[0...29] SI Motion SCA (SN) 负凸轮位置（控制单元）
- p9540 SI Motion SCA (SN) 公差（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- r9703.0...31 CO/BO:SI Motion SCA 状态信号（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9720.23 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号：撤销 SCA
- r9727 SI Motion 驱动内部用户确认
- r9771.22 SI 共有功能：支持 SCA

### 5.3.7 强制潜在故障检查（Teststop）

为满足标准 EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 中关于及时发现故障的要求，每隔一段时间就要检查系统断路路径能否正常工作。

对于 Basic 和 Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 来说，该项检查的最大时间间隔为 8760 小时，即至少每年一次。

强制潜在故障检查 (Teststop) 必须通过定期的手动测试或自动测试实现。

系统会检查强制检查的定时器，在设置的定时器届满后，每次热启动时都会报警 A01697："SI Motion：需要对运动监控功能进行测试"。并且系统会使一个状态位置位，该状态位又通过 BICO 连接到一个输出或 PZD 位上。此报警不会影响设备的运行。

**参见**

CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)

TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)

#### 5.3.7.1 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

可在以下时间点执行强制潜在故障检查 (Teststop)：

1. 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在与应用相适宜的时间点执行，因此可根据应用触发。
   实现这一功能的参数是单通道参数 p9705，它既可以通过 BICO 连接到驱动设备（控制单元）的输入端子上，又可以连接到任意 PZD 的位上。
   此外还可以通过 Safety Control Channel 选中 Teststop（参见章节 “Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (页 270)”）。
   - p9559 SI Motion 强制潜在故障检查定时器（控制单元）
   - p9705 BI:SI Motion 强制潜在故障检查信号源
   - r9723.0 CO/BO:SI Motion 驱动集成的诊断信号

   按照说明执行强制潜在故障检查时，不需要为此进行上电。通过撤销 Teststop（强制潜在故障检查）请求来进行应答。
2. 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在上电时自动执行。
   - 需要对 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 进行自动强制潜在故障检查，以及对 CU310-2 上的 F-DO 进行自动测试时，请设置 p9507.6 = 1。
     为了测试 CU310-2 的 F-DO，必须设置 p10042，并在 p10046 中激活测试。

     **说明**

     **自动强制潜在故障检查 (Teststop) 和 SBT**

     Safety Integrated Extended/Advanced Functions 的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 可配合“选择强制潜在故障检查时进行制动测试”（p10203 = 2）功能使用。

   - 需要执行对 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 时，设置 p10048 = 1。
   - 在上电时已参数设置了强制潜在故障检查 (Teststop) 的情形下，仍可根据应用在任意时间触发该检查。
   - 若特定问题（例如通讯故障）使自动触发的该功能无法正确结束，那么消除问题后该功能将会自动重新启动。
   - 强制潜在故障检查 (Teststop) 成功完成后，变频器进入“运行就绪”状态。
   - 自动强制潜在故障检查 (Teststop) 会使定时器 p9559 复位。
   - 上电时的自动强制潜在故障检查 (Teststop) 对 Safety Integrated Functions 无影响。

强制潜在故障检查 (Teststop) 功能的范围在所有情形下一致。

#### 5.3.7.2 安全装置

假设在运行的设备上已通过相应的安全设施（例如防护门）排除了危险性。因此用户只会看到强制潜在故障检查 (Teststop) 即将到期的报警并被要求及时执行检查。

强制潜在故障检查 (Teststop) 的执行示例：

- 设备上电后驱动器静止时。
- 打开防护门前。
- 以规定间隔进行检查（比如 8 小时间隔）。
- 在自动运行中由时间和事件触发。

**说明**

**前提条件**

在对安全功能进行强制检查时会触发 STO，因此之前不要选择 STO。

使用模块型功率模块时，必须在受控的静止状态（转速设定为 0，电机通电）中触发强制检查。

### 5.3.7.3 TM54F 的 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)

可使用自动测试停止功能用于 F-DI/F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。

在对 TM54F 进行强制检查时，按照下面的接线示例来连接使用的 F-DI。数字量输入 F-DI 0~ F-DI 4 必须由电源“L1+”供电。数字量输入 F-DI 5~ F-DI 9 必须由电源“L2+”供电。

## TM54F 接线示例

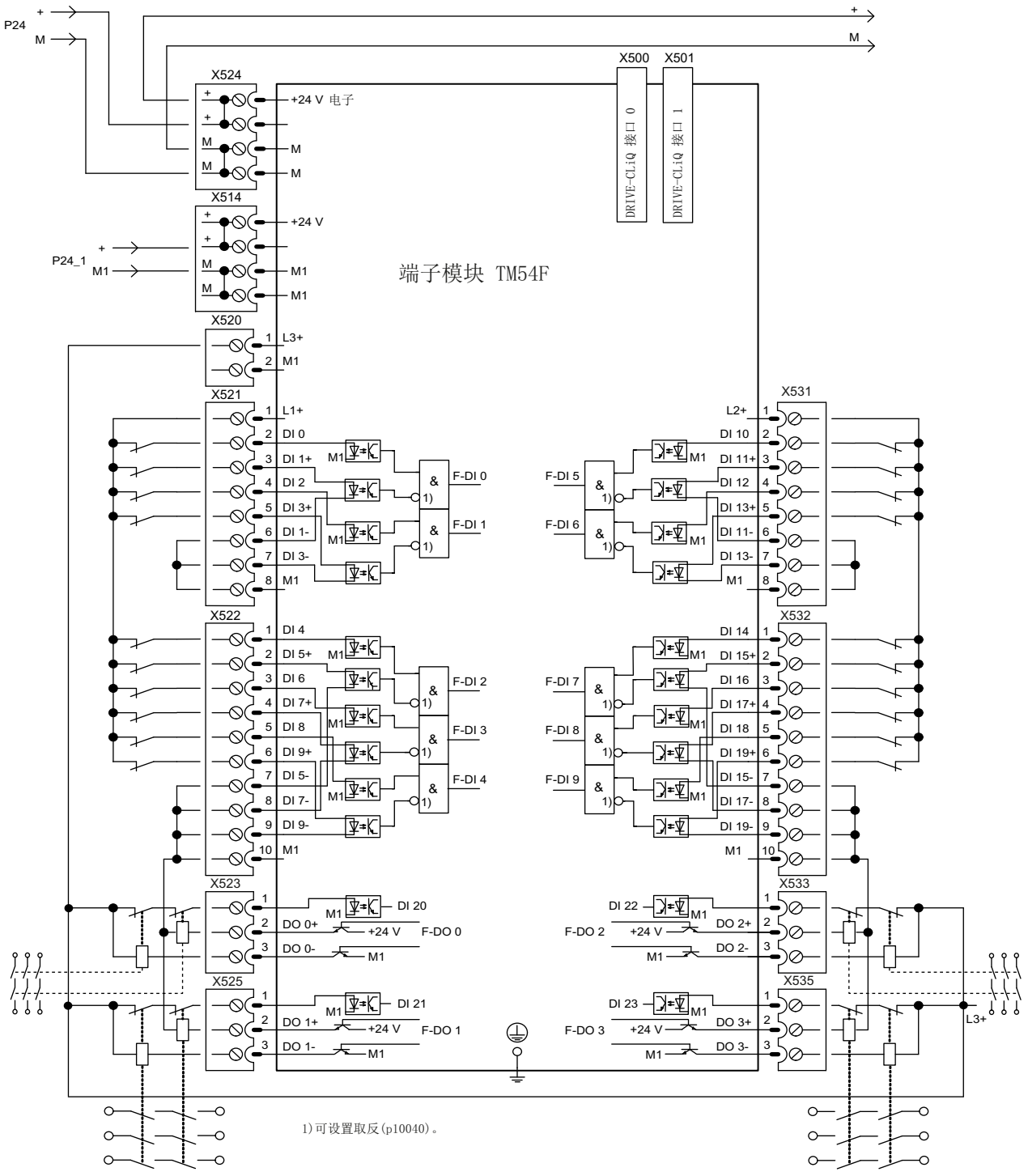



图 5-31　TM54F 接线示例

### F-DI 和 F-DO 的详细说明

- F-DI 必须通过 p10041 报告强制检查的状态。

  **说明**

  **测试期间 F-DI 失效**

  F-DI 的状态在测试期间被冻结！

  - 注意：测试期间不会检测 F-DI 的状态。

- 相应的 F-DO 必须通过 p10046 反馈强制检查的状态。

  **说明**

  **测试期间的 F-DO**

  不通过 p10046 输出反馈的 F-DO 在整个强制潜在故障检查期间一直保持为 0（该值是故障安全值）。

  强制潜在故障检查的最长时间：$T_{Teststop} = T_{F-DI} + T_{F-DO}$

  - F-DI 的检查时间：$T_{FDIs} = 3 \times r10015 + 3 \times X$ ms
    （X = 20 ms 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 X）
  - 测试 F-DO：$T_{FDOs} = 8 \times r10015 + 6 \times Y$ ms
    （Y = p10001 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 Y）

  TM54F 的 Safety Integrated 功能通过 r10015 中显示的采样时间执行。该采样时间对应 p10000[0..5] 中输入的最小通讯采样时间。

**说明**

**需要对特定的 F-DI 或 F-DO 进行手动强制检查**

如果由于相连设备的原因无法对特定 F-DI 或者 F-DO 执行强制检查：

- 必须采取其它措施对 F-DI/F-DO 进行检查，例如：操作开关和触发特定的设备功能。

### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

- 强制潜在故障检查应在适宜的时间执行。因此必须根据应用触发，或在上电时执行。该要求可通过参数 p10007 实现，它既可以通过 BICO 连接到控制单元的输入端子上，又可以连接到任意 PZD 的位上。
- 强制潜在故障检查 (Teststop) 可在上电时自动执行。
  - 需要执行对 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的自动强制潜在故障检查时，设置 p10048 = 1。
  - 在上电时已设置了强制潜在故障检查的情形下，仍可根据应用在任意时间触发该检查。
  - 若特定问题（例如通讯故障）使自动触发的该功能无法正确结束，那么消除问题后该功能将会自动重新启动。
  - 强制潜在故障检查 (Teststop) 成功完成后，TM54F 进入“运行就绪”状态。
  - 自动强制潜在故障检查 (Teststop) 会使定时器 p9559 复位。
  - 上电时的自动强制潜在故障检查对 Safety Integrated Functions 无影响。

系统会检查强制检查的定时器，在设置的定时器届满后，每次热启动时都会报警 A35014：“TM54F：需要进行强制检查”。

- p10001 SI F-DO 0 ... 3 上强制检查的等待时间
- p10003 SI Motion 强制潜在故障检查定时器
- p10007 BI:SI Motion F-DO 强制潜在故障检查的信号源
- p10041 SI TM54F F-DI 测试使能
- p10046 SI Motion F-DO 反馈输入激活

强制潜在故障检查 (Teststop) 不需要重新上电，但是可在重新上电时自动执行：通过撤销 Teststop（强制潜在故障检查）请求来进行应答。

**说明**

**CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop)**

此处的说明针对的是 CU310-2 上 F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。更多关于执行强制潜在故障检查的说明可以参见章节“CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)”。

**说明**

**F-DI 和/或 F-DO 的手动检查**

如果有 F-DI 和/或 F-DO 不需要进行自动检查或无法进行自动检查，比如：CU310-2 上的 F-DI，则必须以适当的间隔手动操作相连的执行器/传感器，以检查这些端子能否正常工作，其响应是否正常。

### 更多信息

更多关于执行强制检查的说明可以参见：

- TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)
- CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)

# 安全功能控制 6

## 6.1 控制方式

Safety Integrated Functions 的控制方式有以下几种：

| 控制方式 | 基本 | 扩展 | 高级 |
|---|---|---|---|
| 通过控制单元和电机模块/功率模块上的端子控制 | x | - | - |
| 通过基于 PROFIBUS 或 PROFINET 的 PROFIsafe 控制 | x | x | x |
| TM54F | x | x | x |
| 自动生效控制 | - | SLS、SDI | - |
| 机载 F-DI/F-DO (CU310-2) | x[1)] | x | x |

1) 只有 F-DI 0 可用于控制， F-DO 不工作。

**说明**

**PROFIsafe 或 TM54F**

在驱动器上配备了一个控制单元时，可以选择通过 PROFIsafe 或 TM54F 控制安全功能，但这两种控制方式不能同时选中！

故障安全的输入和输出（F-DI 和 F-DO）是 SINAMICS S120 Safety Integrated 过程功能的接口。

F-DI（Failsafe Digital Input，即故障安全输入）上输入的一个双通道信号用于选择或撤销安全功能，

F-DO（Failsafe Digital Output，即故障安全输出）可以输出一个双通道信号反馈安全功能的状态，

### 输入/输出信号的双通道处理

安全信号的输入/输出和处理都采用双通道技术， 因此，所有安全功能的输入和反馈必须以双通道方式给出或分接。

## 6.2 通过控制单元和电机/功率模块上的端子控制

### 特性

- 只对于 Basic Functions
- 使用 2 个数字量输入的双通道结构（例如：控制单元/功率单元）
- 控制单元和电机模块上的端子可以设置去抖，避免因干扰信号或测试信号导致故障信息。滤波时间通过参数 p9651 设置。
- 不同结构形式采用不同的端子台
- 装机装柜型功率单元并联时，控制单元上最多 8 个数字量输入（p9620[0...7]）会自动逻辑“与”连接在一起。
- CU310-2 上提供 F-DI 0 供使用

### SINAMICS S120 的安全功能端子一览

不同的 SINAMICS S120 功率单元结构的安全功能输入端名称会不同。下表列出了这些名称：

表格 6-1　安全功能输入端子

| 模块 | 第 1 断路路径 (p9620[0]) | 第 2 断路路径（EP 端子） |
|---|---|---|
| 控制单元 CU320-2 | X122.1....6/X132.1…6<br>DI 0...7/16/17/20/21 | – |
| 书本型/紧凑书本型单电机模块 | （参见 CU320-2） | X21.3 和 X21.4<br>（电机模块上） |
| 装机装柜型单轴电机模块功率模块 | （参见 CU320-2） | X41.1 和 X41.2 |
| 书本型/紧凑书本型双轴电机模块 | （参见 CU320-2） | X21.3 和 X21.4（电机接口 X1）<br>X22.3 和 X22.4（电机接口 X2）<br>（电机模块上） |
| 使用 CUA31/CUA32 的模块型功率模块 | （参见 CU320-2） | X210.3 和 X210.4（CUA31/CUA32 上） |
| 控制单元 CU310-2 | X120.3<br>X121.1...4 | X120.4 和 X120.5[1)] |
| 带有 CU310-2 的装机装柜型功率模块 | （参见 CU310-2） | X41.1 和 X41.2 |

| 模块 | 第 1 断路路径 (p9620[0]) | 第 2 断路路径（EP 端子） |
|---|---|---|
| 使用 CU310-2 的模块型功率模块 | （参见 CU310-2） | STO_A 和 STO_B<br>（详细信息请参见章节“通过模块型功率模块的端子控制 STO (页 219)”）。 |
| Controller Extension SIMOTION CX32-2 | X122.1...6<br>DI 0...3/16/17 | – |

[1] 注意：在 CU310-2 上必须将 EP 端子（DI 17）用作断路路径。第 2 个断路路径可以是任意一个未占用的数字量输入（DI）。
端子相关的更多信息请参见设备手册。

**说明**

**EP 端子的功能**

当 Safety Integrated Basic Functions 通过板载端子被使能时，EP 端子只能进行检测。

### 装机装柜型电机模块并联

装机装柜型电机模块并联时，并联的驱动对象之间构成安全的逻辑“与”连接。p9620 的下标数量等于 p0120 中定义的并联的装机装柜型组件的数量。

## 6.2.1 双通道结构说明

这些安全功能需要在每个驱动器上通过 2 个端子单独选中或撤销。

- 控制单元断路路径（CU310-2/CU320-2）
  通过 BICO 互联 (BI:p9620[0]) 选择所需输入端子。
- 电机模块/功率模块断路路径（使用 CUA3x 或 CU310-2）
  输入端为“EP”端子（脉冲使能，英语“Enable Pulses”）。

必须在公差时间 p9650 内操作两个端子，否则会输出故障信息。

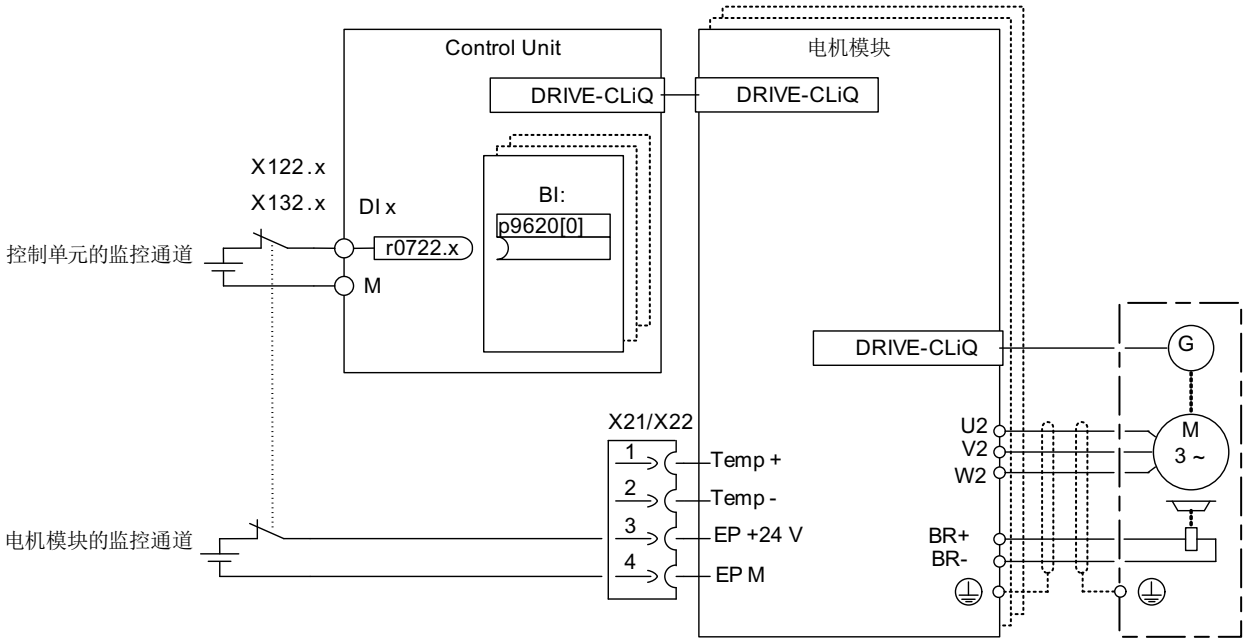



图 6-1　示例：“Safe Torque Off”的端子：以书本型电机模块和 CU320-2 为例

## 6.2.2　驱动器的分组

### 驱动分组（不用于 CU310-2）

为了在多个驱动器上同时触发某个安全功能，必须将相应驱动器的端子按照以下方式分组：

1. 关机回路
   将属于一组的所有驱动的参数 p9620 与 CU320-2 仅有的一个 DI (r0722.x) 相连。
2. 断路路径（使用 CUA3x 的电机模块/功率模块）
   将属于一组的各个电机模块/功率模块的端子连接到 CUA31/CUA32。

**说明**

**分组设置**

两个监控通道中的分组必须相同配置（控制单元上的 DI）和接线（EP 端子）。

**说明**

**分组中的 STO 接线**

如果在一个驱动器中触发了 STO，同组中的其它驱动器不会自动进入 STO。

在测试关机回路时系统会检查驱动器是否进入了 STO，此时，操作人员要为每一组选择 STO，然后逐个检查驱动器。

**示例：端子分组**

目标：组别 1（驱动器 1 和 2）和组别 2（驱动器 3 和 4）要实现单独的 STO 控制。为此在控制单元和电机模块中必须执行相同的“Safe Torque Off”分组。

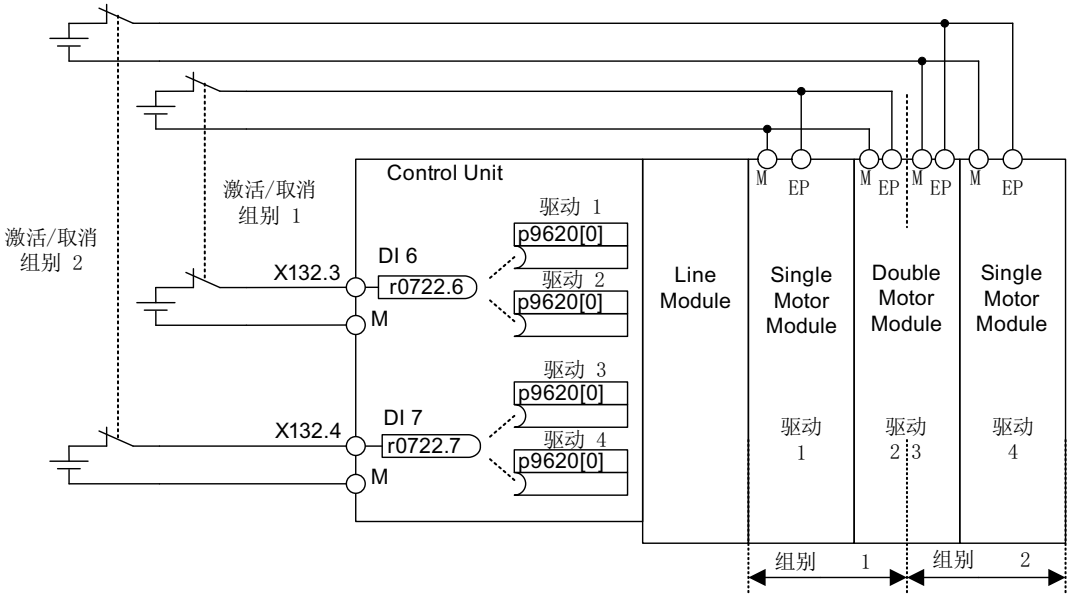



图 6-2　示例：端子分组：以书本型电机模块和 CU320-2 为例

## 6.2.3　两个监控通道的同时性和公差时间

在两个监控通道中，监控功能必须同时通过输入端选择或撤销，它只会作用于相应的驱动器。

- 1 信号：撤销功能
- 0 信号：选择功能

此时，您可以通过参数来调整机械开关动作产生的延时。通过以下参数设置公差时间，在该时间段内两个监控通道内的安全功能可视为同时选中或同时撤销：

- p9650（Basic Functions）
- p10002（Extended/Advanced Functions）

### 6.2.3.1 公差时间

**说明**

**公差时间设置**

为了避免误触发故障报警，公差时间要始终比这些输入端上 2 次开关事件（ON/OFF、OFF/ON）的最短相隔时间短。

- 如果在公差时间内未能成功选择或撤销监控功能，交叉校验会检测出该错误并输出以下故障 (STOP F)：
  - F01611（Basic Functions）
  - C01770（Extended/Advanced Functions）

  执行 STO 时：此时，之前在一个通道内已经选中的 STO 会清除脉冲。

  **说明**

  **执行 Basic Functions 时开关过程的时间间隔**

  如果开关动作频繁出现，系统会输出信息 F01611（故障值 1000）。原因取决于控制方式：
  - F-DI 上连续出现信号切换。
  - 通过 PROFIsafe 连续触发 STO（也作为后续响应）。

  在 5 倍的 p9650 时间内，端子上至少要有两个开关过程，通过 PROFIsafe 的时间间隔至少要是 p9650。

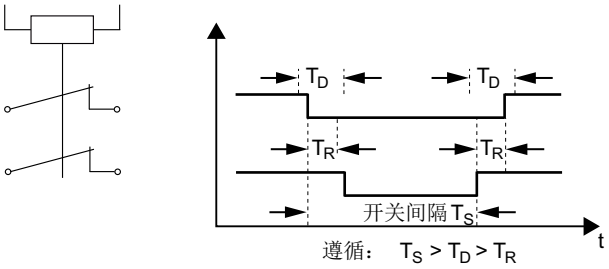
- 如果在公差时间内未能成功双通道选择 “Safe Stop 1”，交叉校验会检测出该错误并输出故障 F01611（STOP F）。所设“SI Safe Stop 1 延迟时间” (p9652) 届满后，脉冲被封锁。

  **说明**

  为了在确保单通道选择该功能时驱动器也可以制动到静态，p9652 中的时间必须小于交叉数据校验的参数总和（p9650 和 p9658）。否则在 “p9650 + p9658” 时间届满后，驱动器会惯性停车。

有关设置差异时间（另见下图“差异时间”）的详细说明请参考 “SINAMICS S120/S150 参数手册”中的以下信息：

- F01611（Basic Functions）
- C01770（Extended/Advanced Functions）




$T_S$ 开关间隔

$T_D$ 差异时间

$T_R$ 反应时间

图 6-3 差异时间

### 6.2.3.2 重要参数一览

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9650 SI F-DI 切换公差时间（控制单元）
- p9652 SI Safe Stop 1 延迟时间（控制单元）
- p9658 SI 上 STOP F 向 STOP A 的过渡时间（控制单元）
- p10002 SI Motion F-DI 切换公差时间（处理器 1）

## 6.2.4 位模测试

### F-DO 的位模测试

变频器通常会立即对 F-DI 的信号变化作出响应，在以下情况下不需要这种响应：一个控制模块通过“位模测试”（明暗测试）来检查它的故障安全输出，检测是否有短路或短接现象。将控制模块的一个 F-DO 和变频器的一个 F-DI 连接在一起后，变频器便对该测试信号作出响应。

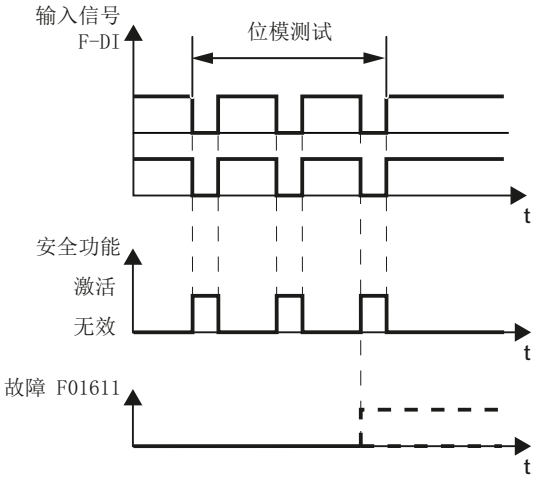



图 6-4 变频器对位模测试作出响应

**说明**

**Safety Integrated 功能意外触发时的去抖时间**

如果测试脉冲导致 Safety Integrated 功能意外触发，可借助于 F-DI 输入滤波器（用于基本功能的 p9651 或用于扩展功能/高级功能的 p10017）抑制测试脉冲。为此要在 p9651 或 p10017 中输入一个大于测试脉冲持续时间的数值。

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9651 SI STO/SBC/SS1 去抖时间（控制单元）
- p10017 SI Motion 数字量输入的去抖时间（处理器 1）

## 6.2.5 通过模块型功率模块的端子控制 STO

### 功率模块 PM240-2 FSD 到 FSG

“Safe Torque Off”（STO）安全功能用于安全封锁对电机的转矩输出。

借助 PM 端子（STO_A 和 STO_B）以及 2 个 DIP 开关，在控制单元 CU310-2 或带 CUA32 的 CU320-2 上，“Safe Torque Off”（STO）可以通过功率模块的硬件进行使用。该硬件 STO 可借助应用措施使用，EN 13849-1 PL e 级和 IEC 61508 SIL3 级。

| 功率模块 | 控制单元 | |
|---|---|---|
| PM240-2 FSD … FSG | CU310-2 | 带 CUA32 的 CU320-2 |

### 前提条件

- 当不在 SINAMICS S120 控制单元上使用安全功能时，才可以使用功率模块的 STO 端子。
  如果同时使用两个安全功能包（功率模块的 STO 端子以及 Basic/Extended/Advanced Functions），则会使双方都发生故障。
- 如要选择安全功能 STO，需要一个上级控制器。
- 已正确设置用于 STO 反馈的数字量输出。变频器通过 2 个数字量输出向上级控制器报告对安全功能 STO 的控制。
  在变频器 FSD…FSG 上，反馈信息“STO 生效”必须与控制单元的 2 个数字量输出进行互联：
  - r1838.3
  - r1838.4
- 上级控制器会监控是否选择了安全功能 STO 以及监控变频器的反馈。
- 强制潜在故障检查（Teststop）
  上级控制器会定期选择安全功能 STO 并检测变频器的反馈。我们建议您，在上级控制器中设置一个时间监控，如果逾期未进行强制潜在故障检查，则发出警告。

**说明**

**诊断**

断路路径的状态可以通过控制单元的 2 个数字量输出端进行监控。更多信息请见 SINAMICS S120/S150 参数手册。

有关端子和 DIP 开关的详细信息，请参见：端子 STO_A/STO_B 和 DIP 开关 (页 221)

### 达到 SIL 2/PL d 需满足的前提条件

- 适用的上位控制器
  - SIRIUS 3SK1
    单通道静态反馈电路
  - SIRIUS 3SK2
    双通道动态反馈电路
  - MSS 3RK3
    双通道动态反馈电路
  - SIMATIC
    安全程序中的反馈电路监控
- 每年执行一次强制潜在故障检查

### 达到 SIL 3/PL e 需满足的前提条件

- 适用的上位控制器
  - SIRIUS 3SK2
    双通道动态反馈电路
  - MSS 3RK3
  - 双通道动态反馈电路
  - SIMATIC
    安全程序中的反馈电路监控
- 每 3 个月执行一次强制潜在故障检查
  进行强制潜在故障检查时，STO 的反馈应延迟执行。

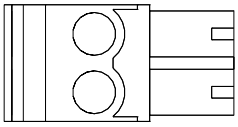
### 应用示例

应用示例请访问网站服务与支持 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109766026)。

### 6.2.5.1 端子 STO_A/STO_B 和 DIP 开关

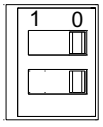
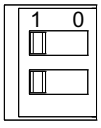
#### 端子 STO_A/STO_B

表格 6-2 安全功能 Safe Torque Off 的端子 STO_A/STO_B

| | 端子 | 信号名称 | 技术数据 |
|---|---|---|---|
| 端子：<br>  | 1 | STO_A/<br>STO_B | 电压:DC 24 V (20.4 ... 28.8 V)<br>电流消耗：最大 1.0 A |
| | 2 | M | 质量 |
| • 类型：螺钉端子 2（参见 SINAMICS S120 AC 驱动手册，章节“螺钉端子”）<br>• 最大可连接的横截面：2.5 $mm^2$ | | | |

#### DIP 开关

表格 6-3 通过功率模块端子的安全功能 Safe Torque Off 的 DIP 开关

| DIP 开关 | 使用 |
|---|---|
|  | 若要使用 CU310-2 的 Safety Integrated，必须撤销功能“通过功率模块端子控制 STO”（将两个属于接口 STO_A/STO_B 的 DIP 开关拨至位置“0”）。 |
|  | 必须将**两个** DIP 开关置于“1”位置，才能使能通过功率模块端子的安全功能“Safe Torque Off”。 |

## 6.3 通过 PROFIsafe 进行控制

Safety Integrated Functions 除了可通过端子、TM54F 或 CU310-2 机载端子控制外，还可以通过 PROFIsafe 控制。PROFIBUS 和 PROFINET 通讯中使用以下 PROFIsafe 报文：30、31、901、902 和 903

不论是 Safety Integrated Basic Functions、Safety Integrated Extended Functions 或是 Safety Integrated Advanced Functions 都可以通过 PROFIsafe 控制。

**说明**

**开关过程的时间间隔**

如果开关动作频繁出现，系统会输出信息 F01611（故障值 1000）。原因取决于控制方式：

- F-DI 上连续出现信号切换。
- 通过 PROFIsafe 连续触发 STO（也作为后续响应）。

在 5 倍的 p9650 时间内，端子上至少要有两个开关过程，通过 PROFIsafe 的时间间隔至少要是 p9650。

### 6.3.1 Safety Integrated Functions 与 PROFIsafe 的分配

下表为您简要说明，哪个 Safety Integrated 功能由哪一条 PROFIsafe 报文控制。

表格 6-4 Safety Integrated 功能与 PROFIsafe 报文的分配

| 安全功能 | PROFIsafe 报文 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 30 | 31 | 901 | 902 | 903 |
| STO | x | x | x | x | x |
| SS1 | x | x | x | x | x |
| SOS | x | x | x | x | x |
| SS2 | x | x | x | x | x |
| SS2E | - | x | x | x | x |
| SLS | x | x | x | x | x |
| SSM[1)] | x | x | x | x | x |
| SDI | x | x | x | x | x |
| SLP | X [2)] | x | x | x | x |
| SCA | - | - | - | - | x |
| SLA | x | x | x | x | x |

| 安全功能 | PROFIsafe 报文 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 30 | 31 | 901 | 902 | 903 |
| SP | - | - | x | x | - |
| 安全齿轮级切换 | - | x | x | x | x |

1) 作为 S_ZSW1 和 S_ZSW2 中的反馈信号

2) 2 个不同位置区域之间不能安全切换

## 6.3.2 使能 PROFIsafe 控制方式

在 PROFIsafe 通讯中，SINAMICS 设备需要占用一个 PROFIBUS 接口或 PROFINET 接口。驱动组中每个配置了 PROFIsafe 的驱动器都是一个 PROFIsafe 从站（称为 F 从站或 F 设备），它和 F 主站通过 PROFIBUS 或 PROFINET 进行故障安全式通讯，从 F 主站处收到一条单独的 PROFIsafe 报文。

该通讯要占用一条 PROFIsafe 安全通道，即所谓的安全插槽，它可通过调试工具 Startdrive 创建并传送到 HW-Config（该安全插槽也可通过 SIMATIC Manager Step 7 创建）。创建该通道后，即可通过 PROFIsafe 报文 30、31、901、902 和 903 来控制 Safety Integrated Functions。相关控制字和状态字的结构在下文详细说明（参见章节“报文结构 (页 226)”）。所选择的用于 Safety Integrated 功能的 PROFIsafe 报文位于用于通讯的标准报文（如报文 2）之前。

### PROFIsafe 的使能

Safety Integrated Functions 的 PROFIsafe 控制方式由参数 p9601 使能：

- Basic Functions：p9601 = 8 hex 或 9 hex
- Extended/Advanced Functions：p9601 = C hex 或 D hex

**说明**

**Safety Integrated Functions 通过 PROFIsafe 控制时需要获得的授权**

Basic Functions 的使用不需要获得授权。通过 PROFIsafe 控制时也无需授权。而 Safety Integrated Extended 或 Advanced Functions 的使用需要购买授权。

所有和 PROFIsafe 通讯相关的参数都通过密码和校验和来防止意外的修改。报文配置是在 F 主站中的硬件配置中完成的（参见章节“通过 PROFIBUS 的 PROFIsafe (页 338)”和“PROFINET 的 PROFIsafe 通讯 (页 339)”）。

### Safety Integrated Basic Functions 由“PROFIsafe + 端子”控制

在使能了 Safety Integrated Basic Functions 的 PROFIsafe 控制方式后，您还可以通过设置 p9601.0 = 1 来使能中央控制单元和电机模块/功率模块的端子控制方式。配置的 SS1 延迟时间 p9652 必须大于 0，方能选择 SS1。通过 PROFIsafe 控制时，既可选择 SS1，也可选择 STO。通过端子控制时，该情况下只有 SS1 可用。

STO 比 SS1 的优先级更高，也就是说：SS1 和 STO 同时被选中时，STO 会优先执行。

**说明**

**PROFIsafe 上的双轴电机模块，采样时间 62.5 µs**

同时选择了以下选项时，双轴电机模块上的变频器会输出信息 F01625“安全数据中的生命符号出错”：

- Safety Integrated Basic Functions 由 PROFIsafe 控制
- “内部控制回路的采样时间” p0115[0] = 62.5 µs
- “高电流控制器动态”（p1810.11 = 1）

此外还会出现信息 F30802“功率单元：时间片溢出”。

有以下方法可以解决该问题：

- 使用单轴电机模块。
- 取消激活“高电流控制器动态”（p1810.11 = 0）。
- 提高“内部控制回路的采样时间”（p0115[0]）。
- Safety Integrated Basic Functions 由端子控制

### 6.3.3 选择 PROFIsafe 报文

进行如下操作来确定所需 PROFIsafe 报文：

1. 在参数 p60022 中选择要使用的报文。
2. 在参数 p9611 中选择同一报文编号。

**说明**

**兼容模式**

p60022 = 0 的情形下设置 p9611 = 998 时（例如：将一个安全项目升级到固件 V4.5），同样会设置 PROFIsafe 报文，同 p60022 = 30 且 p9611 = 30 一样。

#### PROFIsafe 配置

通过 PROFIsafe 的安全功能控制需要输入 PROFIsafe 地址。

**说明**

在 Startdrive 中，通讯参数只能在设置对话框中进行更改。

1. 点击图标 “报文配置”
   PROFINET 接口的特性显示在检视窗口中。“循环数据传输”设置区域激活。可在此确定驱动对象的报文。
2. 点击“驱动轴_x”的报文配置中的条目<添加报文>。

3. 在该条目的下拉菜单中选择选件“添加安全报文”。
   Startdrive 会添加“安全实际值”和“安全设定值”行。相应的 PROFIsafe 报文已预分配。
4. 在检视窗口中打开新窗口“安全设定值”（用于驱动轴_x）。
5. 在“F 地址”中修正驱动的 PROFIsafe 地址。
6. 再次回到功能视图下的“控制”窗口。
   在“PROFIsafe 地址”（p9610）中显示 F 地址值。在下拉列表“PROFIsafe 报文编号”中显示预分配的 PROFIsafe 报文。
7. 点击“接收值”，将报文从预分配中接收至安全编程中。
8. 在下拉列表“PROFIsafe 故障响应”（p9612）中选择 PROFIsafe 通讯故障时所需的停止响应。

**说明**

**明确的 PROFIsafe 地址**

您必须确保 PROFIsafe 地址在整个 CPU 和整个网络内是唯一的。

- PROFIsafe 地址类型 1 上的 F-I/O 通过其唯一的“安全目标地址”确定。
- F 外围设备（此处为驱动设备）的 F 目标地址在网络和 CPU（系统）中必须明确用于全部 F 外围设备。此时也需要注意 PROFIsafe 地址类型 2 的 F 外围设备，例如：ET 200SP 类型的模块。
- 也要注意“SIMATIC 安全 - 配置和编程”章节的 TIA Portal 在线帮助中相应的文档。(SDR001)

## 6.3.4 报文结构

从控制单元收到的 PROFIsafe 报文会在参数 r9768 中显示,而需要发送的 PROFIsafe 报文会在参数 r9769 中显示。

### 报文 30 的结构

报文 30 传输有效载荷数据：安全控制字 1（S_STW1）和安全状态字 1（S_ZSW1）。 报文如下构成：

| | 输出数据 | 输入数据 |
|---|---|---|
| PZD1 | S_STW1 | S_ZSW1 |

### 报文 31 的结构

报文 31 传输有效载荷数据：安全控制字 2 (S_STW2) 和安全状态字 2 (S_ZSW2)。报文如下构成：

| | 输出数据 | 输入数据 |
|---|---|---|
| PZD1 | S_STW2 | S_ZSW2 |
| PZD2 | | |

### 报文 901 的结构

报文 901 传输有效载荷数据：S_STW2、可变 SLS 限值 (S_SLS_LIMIT_A)、S_ZSW2、生效的 SLS1 限值 (S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE)、计数器值 (S_CYCLE_COUNT) 和以 16 位格式显示的安全位置值 (S_XIST16)。报文如下构成：

| | 输出数据 | 输入数据 |
|---|---|---|
| PZD1 | S_STW2 | S_ZSW2 |
| PZD2 | | |
| PZD3 | S_SLS_LIMIT_A | S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE |
| PZD4 | – | S_CYCLE_COUNT |
| PZD5 | – | S_XIST16 |

### 报文 902 的结构

报文 902 传输以下有效数据：

- S_STW2
- 可变的 SLS 限值（S_SLS_LIMIT_A）
- S_ZSW2
- 档位 1 的 SLS 有效值（S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE）
- 计数器值（S_CYCLE_COUNT）
- 32 位格式的安全位置值（S_XIST32）。

报文 902 的结构如下：

| | 输出数据 | 输入数据 |
|---|---|---|
| PZD1 | S_STW2 | S_ZSW2 |
| PZD2 | | |
| PZD3 | S_SLS_LIMIT_A | S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE |
| PZD4 | – | S_CYCLE_COUNT |
| PZD5 | – | S_XIST32 |
| PZD6 | | |

只有当上位控制系统 (F-Host) 能够处理 32 位的数值时，报文 902 才可投入使用。

**说明**

**西门子产品中的报文 902**

TIA Portal 中的 STEP7 安全功能可处理该值。旧的 STEP7 版本中的分布式安全功能无此功能。

## 报文 903 的结构

报文 903 作为有效数据 S_STW2、S_SLS_LIMIT_A、S_ZSW2、S_ZSW_CAM1 和 S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE 进行传输。

报文 903 的结构如下：

| | 输出数据 | 输入数据 |
|---|---|---|
| PZD1 | S_STW2 | S_ZSW2 |
| PZD2 | | |
| PZD3 | S_SLS_LIMIT_A | S_ZSW_CAM1 |
| PZD4 | – | |
| PZD5 | – | S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE |

## 6.3.5 过程数据

### 6.3.5.1 S_STW1 与 S_ZSW1 （基本功能）

#### 安全控制字 1 (S_STW1)

S_STW1，输出信号
参见功能图 [2806]。

表格 6-5 安全控制字 1 (S_STW1) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO | 1 | 撤销 STO |
| | | | 0 | 选择 STO |
| | 1 | SS1 | 1 | 撤销 SS1 |
| | | | 0 | 选择 SS1 |
| | 2 | SS2 | 0 | –[1)] |
| | 3 | SOS | 0 | –[1)] |
| | 4 | SLS | 0 | –[1)] |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP | 0 | –[1)] |
| | 7 | 内部事件应答 | 1/0 | 应答 |
| | | | 0 | 无应答 |
| 1 | 0 | SLA | 0 | –[1)] |
| | 1 | 选择 SLS 位 0 | 0 | –[1)] |
| | 2 | 选择 SLS 位 1 | 0 | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + | 0 | –[1)] |
| | 5 | SDI - | 0 | |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |

[1)] 和基本功能无关的信号：应该设为 0。

### 安全状态字 1 (S_ZSW1)

S_ZSW1，输入信号
参见功能图 [2806]。

表格 6-6　安全状态字 1 (S_ZSW1) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO 生效 | 1 | STO 生效 |
| | | | 0 | STO 未生效 |
| | 1 | SS1 生效 | 1 | SS1 生效 |
| | | | 0 | SS1 未生效 |
| | 2 | SS2 生效 | 0 | –[1)] |
| | 3 | SOS 生效 | 0 | –[1)] |
| | 4 | SLS 生效 | 0 | –[1)] |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP 生效 | 0 | –[1)] |
| | 7 | 内部事件 | 1 | 内部事件 |
| | | | 0 | 无内部事件 |
| 1 | 0 | SLA 生效 | 0 | –[1)] |
| | 1 | 生效的 SLS 档位位 0 | 0 | –[1)] |
| | 2 | 生效的 SLS 档位位 1 | 0 | |
| | 3 | SOS 已选 | 0 | –[1)] |
| | 4 | SDI + 生效 | 0 | –[1)] |
| | 5 | SDI - 生效 | 0 | –[1)] |
| | 6 | 预留 | – | – |
| | 7 | SSM（转速低于限值） | 0 | –[1)] |

[1)] 和基本功能无关的信号：不应参与计算。

### 6.3.5.2 S_STW2 与 S_ZSW2 （基本功能）

#### 安全控制字 2 (S_STW2)

S_STW2，输出信号
参见功能图 [2806]。

表格 6-7 安全控制字 2 (S_STW2) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO | 1 | 撤销 STO |
| | | | 0 | 选择 STO |
| | 1 | SS1 | 1 | 撤销 SS1 |
| | | | 0 | 选择 SS1 |
| | 2 | SS2 | 0 | –[1)] |
| | 3 | SOS | 0 | –[1)] |
| | 4 | SLS | 0 | –[1)] |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP | 0 | –[1)] |
| | 7 | 内部事件应答 | 1/0 | 应答 |
| | | | 0 | 无应答 |
| 1 | 0 | SLA 生效 | 0 | –[1)] |
| | 1 | 选择 SLS 位 0 | 0 | –[1)] |
| | 2 | 选择 SLS 位 1 | 0 | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + | 0 | –[1)] |
| | 5 | SDI - | 0 | –[1)] |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |
| 2 | 0 ... 2 | 预留 | – | – |
| | 3 | 选择 SLP 位置范围 | 0 | –[1)] |
| | 4 ... 6 | 预留 | – | – |
| | 7 | SCA | 0 | –[1)] |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 选择齿轮级，位 0 | 0 | –[1)] |
| | 1 | 选择齿轮级，位 1 | 0 | –[1)] |
| | 2 | 选择齿轮级，位 2 | 0 | –[1)] |
| | 3 | 齿轮级切换 | 0 | –[1)] |
| | 4 | SS2E | 0 | –[1)] |
| | 5, 6, 7 | 预留 | – | – |

[1)] 和 Basic Functions 无关的信号应该都置 0。

### 安全状态字 2 (S_ZSW2)

S_ZSW2，输入信号
参见功能图 [2806]。

表格 6-8 安全状态字 2 (S_ZSW2) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO 生效 | 1 | STO 生效 |
| | | | 0 | STO 未生效 |
| | 1 | SS1 生效 | 1 | SS1 生效 |
| | | | 0 | SS1 未生效 |
| | 2 | SS2 生效 | 0 | –[1)] |
| | 3 | SOS 生效 | 0 | –[1)] |
| | 4 | SLS 生效 | 0 | –[1)] |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP 生效 | 0 | –[1)] |
| | 7 | 内部事件 | 1 | 内部事件 |
| | | | 0 | 无内部事件 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | SLA 生效 | 0 | –[1] |
| | 1 | 生效的 SLS 档位位 0 | 0 | –[1] |
| | 2 | 生效的 SLS 档位位 1 | 0 | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + 生效 | 0 | –[1] |
| | 5 | SDI - 生效 | 0 | –[1] |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |
| | 7 | SSM（转速） | 0 | –[1] |
| 2 | 0 ... 2 | 预留 | – | – |
| | 3 | SLP 有效位置区域 | 0 | –[1] |
| | 4, 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | 安全位置有效 | 0 | –[1] |
| | 7 | 安全回参考点 | 0 | –[1] |
| 3 | 0 ... 2 | F-DI 0 ... 2[2] | 0 | –[1] |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SS2E 生效 | 0 | –[1] |
| | 5 | SOS 已选 | 0 | –[1] |
| | 6 | 未超出 SLP 上限 | 0 | –[1] |
| | 7 | 未低于 SLP 下限 | 0 | –[1] |

[1] 和 Basic Functions 无关的信号：不应参与计算。

[2] 只在 CU310-2 中有效。

#### 6.3.5.3 S_STW1 与 S_ZSW1（扩展功能/高级功能）

### 安全控制字 1 (S_STW1)

S_STW1，输出信号
参见功能图 [2842]。

表格 6-9 安全控制字 1 (S_STW1) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO | 1 | 撤销 STO |
| | | | 0 | 选择 STO |
| | 1 | SS1 | 1 | 撤销 SS1 |
| | | | 0 | 选择 SS1 |
| | 2 | SS2 | 1 | 撤销 SS2 |
| | | | 0 | 选择 SS2 |
| | 3 | SOS | 1 | 撤销 SOS |
| | | | 0 | 选择 SOS |
| | 4 | SLS | 1 | 撤销 SLS |
| | | | 0 | 选择 SLS |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP[1)] | 1 | 撤销 SLP |
| | | | 0 | 选择 SLP |
| | 7 | 内部事件应答 | 1/0 | 应答 |
| | | | 0 | 无应答 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | SLA | 1 | 撤销 SLA |
| | | | 0 | 选择 SLA |
| | 1 | 选择 SLS 位 0 | – | 选择 SLS 速度限值（2 个位） |
| | 2 | 选择 SLS 位 1 | – | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + | 1 | 撤销 SDI + |
| | | | 0 | 选择 SDI + |
| | 5 | SDI - | 1 | 撤销 SDI - |
| | | | 0 | 选择 SDI - |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |

[1] 和扩展功能无关的信号：不应参与计算。

### 安全状态字 1 (S_ZSW1)

S_ZSW1，输入信号
参见功能图 [2842]。

表格 6-10　安全状态字 1 (S_ZSW1) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO 生效 | 1 | STO 生效 |
| | | | 0 | STO 未生效 |
| | 1 | SS1 生效 | 1 | SS1 生效 |
| | | | 0 | SS1 未生效 |
| | 2 | SS2 生效 | 1 | SS2 生效 |
| | | | 0 | SS2 未生效 |
| | 3 | SOS 生效 | 1 | SOS 生效 |
| | | | 0 | SOS 未生效 |
| | 4 | SLS 生效 | 1 | SLS 生效 |
| | | | 0 | SLS 未生效 |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP 生效 [1)] | 1 | SLP 生效 |
| | | | 0 | SLP 未生效 |
| | | | – | 状态信号“SLP 生效”不等同于诊断信号“SLP 生效” (r9722.6)，而是相当于“SLP 生效” (r9722.6) 与“安全回参考点” (r9722.23) 的逻辑“与”运算结果。 |
| | 7 | 内部事件 | 1 | 内部事件 |
| | | | 0 | 无内部事件 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | SLA 生效 | 1 | SLA 生效 |
| | | | 0 | SLA 未生效 |
| | 1 | 生效的 SLS 档位位 0 | – | 显示 SLS 速度限值（2 个位） |
| | 2 | 生效的 SLS 档位位 1 | – | |
| | 3 | SOS 已选 | 1 | SOS 已选 |
| | | | 0 | SOS 已撤销 |
| | 4 | SDI + 生效 | 1 | SDI + 生效 |
| | | | 0 | SDI + 未生效 |
| | 5 | SDI - 生效 | 1 | SDI - 生效 |
| | | | 0 | SDI - 未生效 |
| | 6 | 预留 | – | – |
| | 7 | SSM（转速） | 1 | SSM（转速低于限值） |
| | | | 0 | SSM（速度超过或等于限值） |

[1] 和扩展功能无关的信号：不应参与计算。

### 6.3.5.4 S_STW2 与 S_ZSW2（扩展功能/高级功能）

#### 安全控制字 2 (S_STW2)

S_STW2，输出信号
参见功能图 [2843]。

表格 6-11 安全控制字 2 (S_STW2) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO | 1 | 撤销 STO |
| | | | 0 | 选择 STO |
| | 1 | SS1 | 1 | 撤销 SS1 |
| | | | 0 | 选择 SS1 |
| | 2 | SS2 | 1 | 撤销 SS2 |
| | | | 0 | 选择 SS2 |
| | 3 | SOS | 1 | 撤销 SOS |
| | | | 0 | 选择 SOS |
| | 4 | SLS | 1 | 撤销 SLS |
| | | | 0 | 选择 SLS |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP[1] | 1 | 撤销 SLP |
| | | | 0 | 选择 SLP |
| | 7 | 内部事件应答 | 1/0 | 应答 |
| | | | 0 | 无应答 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | SLA | 1 | 撤销 SLA |
| | | | 0 | 选择 SLA |
| | 1 | 选择 SLS 位 0 | – | 选择 SLS 速度限值（2 个位） |
| | 2 | 选择 SLS 位 1 | – | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + | 1 | 撤销 SDI + |
| | | | 0 | 选择 SDI + |
| | 5 | SDI - | 1 | 撤销 SDI - |
| | | | 0 | 选择 SDI - |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |
| 2 | 0 ... 2 | 预留 | – | – |
| | 3 | 选择 SLP 位置范围 [1] | 1 | 选择 SLP 范围 2 (SLP2) |
| | | | 0 | 选择 SLP 范围 1 (SLP1) |
| | 4 ... 6 | 预留 | – | – |
| | 7 | SCA[1] | 1 | 撤销 SCA |
| | | | 0 | 选择 SCA |
| 3 | 0 | 选择齿轮级，位 0 | – | 选择齿轮级（3 个位） |
| | 1 | 选择齿轮级，位 1 | – | |
| | 2 | 选择齿轮级，位 2 | – | |
| | 3 | 齿轮级切换 | 1 | 包含提升位置公差 |
| | | | 0 | 不包含提升位置公差 |
| | 4 | SS2E | 1 | 撤销 SS2E |
| | | | 0 | 选择 SS2E |
| | 5 | SS2ESR | 1 | 撤销 SS2ESR |
| | | | 0 | 选择 SS2ESR |
| | 6, 7 | 预留 | – | – |

[1] 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

### 安全状态字 2 (S_ZSW2)

S_ZSW2，输入信号
参见功能图 [2843]。

表格 6-12　安全状态字 2 (S_ZSW2) 说明

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | STO 生效 | 1 | STO 生效 |
| | | | 0 | STO 未生效 |
| | 1 | SS1 生效 | 1 | SS1 生效 |
| | | | 0 | SS1 未生效 |
| | 2 | SS2 生效 | 1 | SS2 生效 |
| | | | 0 | SS2 未生效 |
| | 3 | SOS 生效 | 1 | SOS 生效 |
| | | | 0 | SOS 未生效 |
| | 4 | SLS 生效 | 1 | SLS 生效 |
| | | | 0 | SLS 未生效 |
| | 5 | 预留 | – | – |
| | 6 | SLP 生效 [1] | 1 | SLP 生效 |
| | | | 0 | SLP 未生效 |
| | | | – | 状态信号“SLP 生效”不等同于诊断信号“SLP 生效” (r9722.6)，而是相当于“SLP 生效” (r9722.6) 与“安全回参考点” (r9722.23) 的逻辑“与”运算结果。 |
| | 7 | 内部事件 | 1 | 内部事件 |
| | | | 0 | 无内部事件 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | SLA 生效 | 1 | SLA 生效 |
| | | | 0 | SLA 未生效 |
| | 1 | 生效的 SLS 档位位 0 | – | 显示 SLS 速度限值（2 个位） |
| | 2 | 生效的 SLS 档位位 1 | – | |
| | 3 | 预留 | – | – |
| | 4 | SDI + 生效 | 1 | SDI + 生效 |
| | | | 0 | SDI + 未生效 |
| | 5 | SDI - 生效 | 1 | SDI - 生效 |
| | | | 0 | SDI - 未生效 |
| | 6 | 预留 | – | – |
| | 7 | SSM（转速） | 1 | SSM（转速低于限值） |
| | | | 0 | SSM（速度超过或等于限值） |
| 2 | 0 ... 2 | 预留 | – | – |
| | 3 | SLP 有效位置区域 [1)] | 1 | SLP 范围 2 (SLP2) 生效 |
| | | | 0 | SLP 范围 1 (SLP1) 生效 |
| | | | - | 状态信号“生效的 SLP 位置范围”始终与诊断信号“生效的 SLP 位置范围” (r9722.19) 一致。 |
| | 4, 5 | 预留 | - | - |
| | 6 | 安全位置有效 | 1 | 安全位置有效 |
| | | | 0 | 安全位置无效 |
| | 7 | 安全回参考点 | 1 | 安全位置用作“安全回参考点” |
| | | | 0 | 安全位置不用作“安全回参考点” |

[1)] 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | F-DI 0[2)] | 1 | F-DI 0 未生效 |
| | | | 0 | F-DI 0 生效 |
| | 1 | F-DI 1[2)] | 1 | F-DI 1 未生效 |
| | | | 0 | F-DI 1 生效 |
| | 2 | F-DI 2[2)] | 1 | F-DI 2 未生效 |
| | | | 0 | F-DI 2 生效 |
| | 3 | SS2ESR | 1 | SS2ESR 生效 |
| | | | 0 | SS2ESR 未生效 |
| | 4 | SS2E 生效 | 1 | SS2E 生效 |
| | | | 0 | SS2E 未生效 |
| | 5 | SOS 已选 | 1 | SOS 已选 |
| | | | 0 | SOS 已撤销 |
| | 6 | 未超出 SLP 上限 [1)] | 1 | SLP：未超出上限 |
| | | | 0 | SLP：超出上限 |
| | | | – | 状态信号“未超出 SLP 上限”始终与诊断信号“未超出 SLP 上限” (r9722.30) 一致。 |
| | 7 | 未低于 SLP 下限 [1)] | 1 | SLP：未低于下限 |
| | | | 0 | SLP：低于下限 |
| | | | – | 状态信号“未低于 SLP 下限”始终与诊断信号“未低于 SLP 下限” (r9722.31) 一致。 |

[1)] 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

[2)] 只在 CU310-2 中有效。

### 6.3.5.5 其他过程数据

#### S_SLS_LIMIT_A

- 报文 901、902 和 903 中的 PZD3，输出信号
- SLS 速度限值设定
- 数值范围 1 ... 32767；32767 ≙ SLS 1 档的 100 %

#### S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE

- 报文 901、902 和 903 中的 PZD3，输入信号
- 生效的 SLS 速度限值
- 数值范围 1 ... 32767；32767 ≙ 100 %
- 只在 SLS 1 档生效及 p9501.24=1 时进行检测。

#### S_CYCLE_COUNT

- 报文 901 和 902 中的 PZD4，输入信号
- 安全周期计数器
- 数值范围 -32768 ... +32767
- 只在安全位置的传送生效（p9501.25 = 1）和位置实际值是有效值（r9722.22 = r9722.23 = 1）时进行计算。

#### S_XIST16

- 报文 901 中的 PZD5，输入信号
- 当前位置实际值（16 位）
- 数值范围 ±32767

- 通过 p9574 缩放

**说明**

**缩放**

传送到 S_XIST16 中的位置值不允许超出可显示的数值范围。因此，可为驱动的安全位置值 (r9713[0]) 配置一个缩放系数。传送前通过该系数划分位置值，以便在精度降低时仍可以传送一个较大的数值范围。

示例：r9708[0] 和 r9708[1] 中记录的位置值为 -29999 mm，经缩放系数 p9x74 = 1000 缩放后驱动器传送给控制器的数值为 -29。

- 只在安全位置的传送生效（p9501.25 = 1）和位置实际值是有效值（r9722.22 = r9722.23 = 1）时进行 S_XIST16 计算。

### S_XIST32

- 报文 902 中的 PZD5 和 PZD6，输入信号
- 当前位置实际值（32 位）
- 数值范围 ±737280000
- 单位：1 µm（线性轴），0.001 °（回转轴）
- 只在安全位置的传送生效（p9501.25 = 1）和位置实际值是有效值（r9722.22 = r9722.23 = 1）时进行 S_XIST32 计算。

### S_ZSW_CAM1

S_ZSW_CAM1，Safe Cam
参见功能图 [2844]。

表格 6-13　Safe Cam 安全状态字说明（S_ZSW_CAM1）

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 凸轮 1 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 1 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 1 上 |
| | 1 | 凸轮 2 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 2 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 2 上 |
| | 2 | 凸轮 3 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 3 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 3 上 |
| | 3 | 凸轮 4 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 4 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 4 上 |
| | 4 | 凸轮 5 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 5 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 5 上 |
| | 5 | 凸轮 6 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 6 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 6 上 |
| | 6 | 凸轮 7 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 7 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 7 上 |
| | 7 | 凸轮 8 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 8 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 8 上 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 凸轮 9 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 9 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 9 上 |
| | 1 | 凸轮 10 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 10 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 10 上 |
| | 2 | 凸轮 11 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 11 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 11 上 |
| | 3 | 凸轮 12 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 12 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 12 上 |
| | 4 | 凸轮 13 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 13 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 13 上 |
| | 5 | 凸轮 14 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 14 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 14 上 |
| | 6 | 凸轮 15 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 15 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 15 上 |
| | 7 | 凸轮 16 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 16 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 16 上 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 0 | 凸轮 17 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 17 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 17 上 |
| | 1 | 凸轮 18 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 18 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 18 上 |
| | 2 | 凸轮 19 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 19 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 19 上 |
| | 3 | 凸轮 20 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 20 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 20 上 |
| | 4 | 凸轮 21 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 21 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 21 上 |
| | 5 | 凸轮 22 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 22 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 22 上 |
| | 6 | 凸轮 23 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 23 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 23 上 |
| | 7 | 凸轮 24 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 24 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 24 上 |

| 字节 | 位 | 含义 | 注释 | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 凸轮 25 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 25 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 25 上 |
| | 1 | 凸轮 26 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 26 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 26 上 |
| | 2 | 凸轮 27 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 27 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 27 上 |
| | 3 | 凸轮 28 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 28 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 28 上 |
| | 4 | 凸轮 29 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 29 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 29 上 |
| | 5 | 凸轮 30 上的位置 | 1 | 位置在凸轮 30 上 |
| | | | 0 | 位置不在凸轮 30 上 |
| | 6 | SCA 生效 | 1 | SCA 生效 |
| | | | 0 | SCA 未生效 |
| | 7 | SCA 值的有效性 | 1 | SCA 值有效 |
| | | | 0 | SCA 值无效 |

### 6.3.6 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2840 SI 功能 - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号
- 2858 SI 功能，通过 PROFIsafe 控制 (p9601.2=p9601.3 = 1)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9562[0...1] SI Motion SLP (SE) 停止响应（控制单元）
- p9563[0...3] SI Motion SLS（SG）专用停止响应（控制单元）
- p9566 SI Motion SDI 停止响应（控制单元）
- p9580 SI Motion 总线故障停止响应延时（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）

- p9610 SI PROFIsafe 地址（控制单元）
- p9611 SI PROFIsafe 报文选择（控制单元）
- p9612 SI PROFIsafe 故障响应（控制单元）
- p60022 PROFIsafe 报文选择

## 6.4 通过 TM54F 控制

**说明**

**调试 TM54F**

- TM54F 尚未在 Startdrive 中提供。
- 关于使用 STARTER 进行调试的说明请参见本手册的老版本。

TM54F 端子模块是一个端子扩展模块，可卡装在符合 DIN EN 60715 的标准导轨上。TM54F 可提供故障安全的数字量输入/输出来控制 Safety Integrated Basic Functions、Extended Functions 和 Advanced Functions 并输出这些功能的状态信号。

**说明**

**TM54F DRIVE-CLiQ 支路**

- TM54F 必须通过 DRIVE-CLiQ 直接连接到控制单元上。
- 每个控制单元只能通过 DRIVE-CLiQ 连接一个 TM54F。
- 在 TM54F 上可以连接更多的 DRIVE-CLiQ 节点，例如：编码器模块 M 端子模块 TM，但是不能连接更多的 TM54F 模块。电机模块和电源模块不允许连接到一个 TM54F 上。
- 在使用控制单元 CU310-2 时，TM54F 不允许连接到功率模块所在的 DRIVE-CLiQ 支路上。TM54F 只能连接到控制单元上唯一的 DRIVE-CLiQ 插口 X100 上。

### TM54F 端子一览

| 类型 | 数量 |
|---|---|
| 故障安全数字量输出（F-DO） | 4 |
| 故障安全数字量输入（F-DI） | 10 |
| 传感器 [1)] 电源，可进行潜在故障检查 [2)] | 2 |
| 传感器 [1)] 电源，不可进行潜在故障检查 | 1 |
| 强制潜在故障检查 (Teststop) 时用于检查 F-DO 的数字量输入 | 4 |

[1] 传感器：用于发出指令和采集信号的故障安全装置，例如急停按钮、安全门开关、限位开关和光栅/光帘。

[2)] 潜在故障检查：在进行潜在故障检查 (Teststop)，检查传感器、电缆连接和信号分析电子装置时，传感器电源会被 TM54F 接通并切断。

TM54F 上有 4 个 F-DO 和 10 个 F-DI。一个 F-DO 由一个 DC 24 V 输出、一个接地输出、以及一个用于读回开关状态的数字量输入组成。一个 F-DI 由 2 个数字量输入组成。

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2890 SI TM54F 一览

## 6.4.1 Safety Integrated 功能与 F-DI/TM54F 的分配

下表为您简要说明，哪个 Safety Integrated 功能由哪一个 F-DI/F-DO（板载或 TM54F）控制。

表格 6-14 Safety Integrated 功能与 F-DI/F-DO（板载或 TM54F）的分配

| 安全功能 | 板载 F-DI/F-DO | TM54F F-DI/F-DO |
|---|---|---|
| STO | x | x |
| SS1 | x | x |
| SOS | x | x |
| SS2 | x | x |
| SS2E | - | - |
| SLS | x | x |
| SSM[1)] | x | x |
| SDI | x | x |
| SLP | x | x |
| SCA | - | - |
| SLA | - | - |
| SP | - | - |
| 安全齿轮级切换 | - | - |

1) 作为 S_ZSW1 和 S_ZSW2 中的反馈信号

## 6.4.2 故障应答

在排除故障后您可以用以下方式应答 TM54F 输出的故障信息：

- 上电
- 使信号“内部事件应答”输出下降沿，接着在控制单元（“安全故障确认”）上应答故障信息

## 6.4.3 F-DI 的功能

### 描述

一个故障安全输入（F-DI）由 2 个数字量输入组成。在第 2 个数字量输入上还另外引出了光耦合器的阴极 (M)，用于故障安全控制系统的输出端进行接地连接（为此阳极上必须连接 DC 24 V）。

通过参数 p10040 可以确定 F-DI 是作为常闭触点/常闭触点还是作为常闭触点/常开触点工作。每个 F-DI 的状态都可通过参数 r10051 查看。两个驱动对象的位通过逻辑“与”连接，得出相应 F-DI 的状态。

可以用输入滤波器 p10017 上滤掉 F-DO 的测试信号和干扰脉冲，以避免输出不必要的故障信息。

**术语解释：**

**常闭触点/常闭触点：**两个输入都必须为“零电平”才可以选中某个安全功能。

**常闭触点/常开触点：**输入 1 必须为“零电平”，输入 2 必须为“1 电平”，才可以选中某个安全功能。

在监控时间 p10002 内，F-DI 的两个数字量输入的信号必须都变为 p10040 设置的状态。

TM54F 的 F-DI 0 ... 4 必须连接至可动态化电源 L1+， F-DI 5 ... 9 必须连接至 L2+，用于进行强制潜在故障检查 (Teststop)。更多有关强制潜在故障检查 (Teststop) 的信息请参见章节“概述 (页 180)”。

表格 6-15　SINAMICS S120/S150 参数手册中的 F-DI 一览：

| 模块 | 功能图 | 输入端 |
|---|---|---|
| TM54F | 2893 | F-DI 0 ... 4 |
| | 2894 | F-DI 5 ... 9 |

### F-DI 特性

- 每个 F-DI 有 2 个数字量输入，采用故障安全设计
- 可通过 p10017 设置输入滤波器，滤掉测试信号，参见章节“位模测试 (页 218)”。
- 可通过 p10040 将接口配置为常闭触点/常闭触点或常闭触点/常开触点
- 可通过 r10051 查看状态
- 可通过 p10002 为所有 F-DI 的两个数字量输入设置一致性公差时间

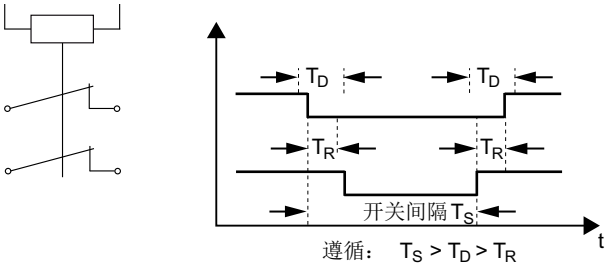
**说明**

**差异时间**

公差时间要始终设得比输入端上 2 次开关事件（ON/OFF、OFF/ON）的最短相隔时间短（另见下图“差异时间”）。

有关设置差异时间的详细说明请参考 “SINAMICS S120/S150 参数手册”中的以下信息：

- F01611（Basic Functions）
- C01770（Extended/Advanced Functions）




$T_S$ 开关间隔

$T_D$ 差异时间

$T_R$ 反应时间

图 6-5 差异时间

- 在第二个数字量输入上另有光耦合器的阴极引出，用于和 F-DO 的接地相连。
- 一个 F-DI 内出现不同的信号状态时，该 F-DI 的两个数字量输入的信号会被冻结为逻辑 0（相当于选中安全功能），直到用参数 p10006 对该 F-DI 进行安全应答。
- 在必要时可以通过 p10002 适当延长检测一个 F-DI 内的两个数字量输入信号状态是否不同的监控时间，以避免信号的切换动作导致不必要的响应，免去后面所需的安全应答。在该监控时间内，F-DI 的两个数字量输入的信号状态必须相同，否则会输出故障信息 F35151“TM54F：不一致性错误”。该信息需要进行安全应答。

**⚠ 警告**

**断开状态（逻辑状态“0”或“OFF”）下诊断电流导致的错误开关状态会引起意外运动**

与机械开关触点（例如急停开关）不同，半导体开关即使在断开状态下也可能带有诊断电流。在数字量输入接线错误时，该诊断电流可能会导致错误的开关状态。数字量输入错误的信号状态可引起机器部件意外运动，进而导致人员重伤或死亡。

- 请遵循在相应的制造商文档中给出的数字量输入和数字量输出的条件。
- 检查“OFF”状态中与电流相关的数字量输入和数字量输出条件，必要时将数字量输入与合适尺寸的外部电阻连接（与数字量输入的参考电位相反）。

有关该主题的更多信息，请访问网址：设置和配置安全硬件 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/39700013)

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2893 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 0 … F-DI 4)
- 2894 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 5 … F-DI 9)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p10002 SI TM54F F-DI 切换公差时间
- p10017 SI TM54F 数字量输入的去抖时间
- p10040 SI TM54F F-DI 输入模式
- r10051.0...9 CO/BO:SI TM54F 数字量输入状态

## 6.4.4 F-DO 的功能

### 6.4.4.1 F-DO 的功能

一个故障安全数字量输出端（F-DO）由 2 个数字量输出和 1 个在强制潜在故障检查 (Teststop) 时用于检查开关状态的数字量输入组成。第 1 个数字量输出上连接的是 DC 24 V，第 2 个数字量输出上连接的是电源 X514（TM54F）的接地。

每个 F-DO 的状态都可通过参数 r10052 查看。相应 DI 的状态可通过参数 r10053 中读取，该参数只在 TM54F_SL（从站模块 TM54F_SL）上提供。

F-DO 上连接的执行器在特定的前提条件下可在强制潜在故障检查 (Teststop) 时一同检查。相关内容参见章节 “TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)”。

表格 6-16 SINAMICS S120/S150 参数手册中的 F-DO 一览：

| 模块 | 功能图 | 输出 | 对应的控制输入 |
|---|---|---|---|
| TM54F | 2895 | F-DO 0 ... 3 | DI 20 ... 23 |

### 6.4.4.2 信号源

驱动组是具有相同特性的多个驱动器的组合，驱动组通过参数 p10010 和 p10011 设置。

4 个驱动组中的每一个驱动组都有以下信号（p10042 ..., p10045）可以连接到 F-DO 上：

- STO 生效
- SS2 生效
- SLS 生效
- 安全状态
- 生效的 SLS 档位位 0
- SDI + 生效
- SLP 生效
- 内部事件
- SS1 生效
- SOS 生效
- SSM 反馈生效
- SOS 已选
- 生效的 SLS 档位位 1
- SDI - 生效
- 有效 SLP 范围

每个驱动组（下标 0 代表驱动组 1，以此类推）都可以通过 p10039[0...3] 请求以下安全状态信号：

- STO 生效（电源被断开/脉冲被封锁）
- SS2 生效
- SLS 生效
- SDI + 生效
- SS1 生效
- SOS 生效
- SLP 生效
- SDI - 生效

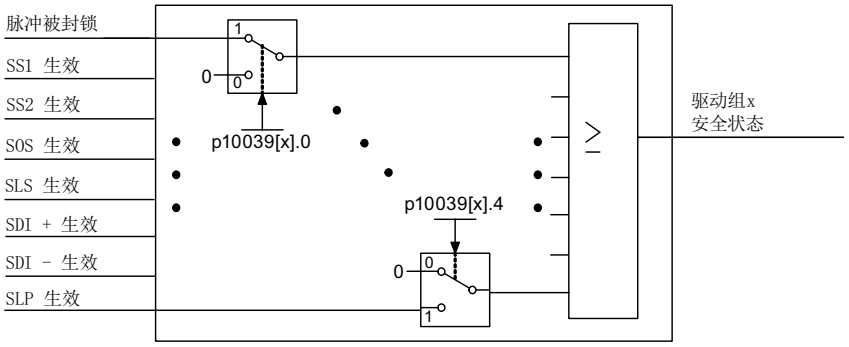



图 6-6　选择安全状态（Extended/Advanced Functions 示例）

一个驱动组中各个驱动器的相同信号（高电平有效）逻辑与连接在一起，而通过 p10039 选择的不同信号以逻辑“或”连接在一起。逻辑运算的最后结果得出每个驱动组的“安全状态”。详细信息参见“SINAMICS S120/S150 参数手册”中的功能图 2901（Basic Functions）或 2906（Extended/Advanced Functions）。

通过参数 p10042[0...5] 到 p10045[0...5] 可以为每个 F-DO 最多连接 6 个信号，这些信号逻辑与连接在一起。

### 6.4.4.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2893 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 0 … F-DI 4)
- 2894 SI TM54F - 故障安全数字量输入 (F-DI 5 … F-DI 9)
- 2895 SI TM54F - 故障安全数字量输出 (F-DO 0 … F-DO 3)，数字量输入 (DI 20 … DI 23)
- 2900 SI Basic Functions - TM54F 控制接口 (p9601.2/3 = 0, p9601.6 = 1)
- 2901 SI Basic Functions - TM54F 安全状态选择
- 2902 SI Basic Functions - TM54F 分配 (F-DO 0 … F-DO 3)
- 2905 SI TM54F - Extended/Advanced Functions 的控制接口 (p9601.2 = 1 & p9601.3 = 0)
- 2906 SI TM54F - Extended/Advanced Functions 的安全状态选择
- 2907 SI TM54F - Extended/Advanced Functions 分配 (F-DO 0 … F-DO 3)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p10039[0...3] SI TM54F 安全状态信号选择
- p10042[0...5] SI TM54F F-DO 0 信号源
- p10043[0...5] SI TM54F F-DO 1 信号源
- p10044[0...5] SI TM54F F-DO 2 信号源
- p10045[0...5] SI TM54F F-DO 3 信号源
- r10051.0...9 CO/BO:SI TM54F 数字量输入状态
- r10052.0...3 CO/BO:SI TM54F 数字量输出状态
- r10053.0...3 CO/BO:SI TM54F 数字量输入 20 ... 23 状态

## 6.5 PROFIsafe 或 TM54F 通讯故障

### 通讯故障时的响应的出厂设置

在以下情况下，变频器的响应为 STOP A：

- 与上级控制器的 PROFIsafe 通讯故障。
- 与 TM54F 的 DRIVE-CLiQ 通讯故障。

### 6.5.1 STOP B 作为与 PROFIsafe 控制通讯故障时的响应

#### PROFIsafe 控制时的通讯故障

如果轴的惯性停车可导致设备损坏，可使轴在斜坡上减速停止作为通讯故障时的响应，以此替代 STOP A。

#### 通讯故障

通讯故障在此关系中可表示以下含义：

- PROFIsafe 通讯中断或故障
- 上级控制器 (F-CPU) 处于停止状态

#### 前提条件

您已使能了 Safety Integrated Extended 或 Advanced Functions 。

#### 变频器的响应

参数 p9612 确定了 PROFIsafe 通讯故障时变频器的停止响应：

- p9612 = 0：STOP A
- p9612 = 1：STOP B

**说明**

为了在设置的停止响应 STOP B 时也能遵循 OFF3 斜坡，在使用安全 Basic Functions 时须注意以下几点：

- 设置的从 STOP F 至 STOP A 的过渡时间（p9658）必须大于等于 SS1 延时（p9652）。
- 如果上级控制器对变频器故障所作出的响应是撤回控制使能，在出现故障 F01611 和 F30611 时必须将信息类型改为报警 (p2118、p2119)。

## 6.5.2 通讯故障时触发 ESR

### 通讯故障时触发 ESR

如果在通讯故障时轴在制动斜坡上制动可导致设备损坏，则制动过程最多可延时 800 ms。延时期间，变频器可通过功能模块“扩展停机和回退 (ESR)”使轴停止。

如果仍保留与上级运动控制器的通讯（如在 TM54F 故障或带独立运行控制器的 SIMATIC F-CPU 故障时），那么在延时期间也可通过控制器执行回退。前提是控制器侧配置了回退功能，参见 S_ZSW1B，位 14 (r9734.14) “已请求 ESR 回退”。

### 通讯故障

通讯故障在此关系中可表示以下含义：

- PROFIsafe 通讯中断或故障
- 上级控制器 (SIMATIC F-CPU) 处于停止状态
- TM54F 控制的 DRIVE-CLiQ 通讯中断或故障

### 前提条件

下文描述的变频器响应须满足以下前提条件：

- 您已使能了 Safety Integrated Basic/Extended/Advanced Functions。
- 功能模块“扩展的停机和回退”(ESR)已使能。

### 变频器的响应

通讯故障时，变频器根据功能模块 ESR 的设置作出响应。

通讯故障时，可设置的最大延时 (p9580) 为 800 ms。该时间届满后，变频器激活 “Safe Torque Off” 功能。

根据设置，可阻止停止响应或 ESR 响应的安全功能。必须按如下步骤设置安全功能，以免影响 ESR 响应：

| 功能 | 通讯故障后 ESR 响应的前提条件 | 设置 |
|---|---|---|
| SLP | 总线故障时将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应 | p9562[0...1] ≥ 10 |
| SLS | 总线故障时将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应 | p9563[0...3] ≥ 10 |
| SDI | 总线故障时将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应 | p9566 ≥ 10 |
| SLA | 总线故障时将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLA 响应 | p9579 ≥ 10 |
| --- | 足够的 STOP F 至 STOP B 的过渡时间，如果通讯故障时出现其他故障 | p9555 ≥ p9580 |
| --- | 足够的 STOP F 至 STOP A 的过渡时间，如果通讯故障时出现其他故障 | p9658 ≥ p9580 |
| --- | 在 STOP F 生效时检查生效的设定速度限值 (CO:r9733) 是否置零。 | p9507.1 |

## 6.6 通过 F-DI 控制扩展功能/高级功能（在 CU310-2 上）

CU310-2 上有以下端子：

表格 6-17　CU310-2 接口一览

| 类型 | 数量 |
| --- | --- |
| 故障安全数字量输出（F-DO） | 1 |
| 故障安全数字量输入（F-DI） | 3 |
| 传感器 [1)] 电源，不可进行潜在故障检查 | 1 |
| 强制潜在故障检查 (Teststop) 时用于检查 F-DO 的数字量输入 | 1 |

[1] 传感器：用于发出指令和采集信号的故障安全装置，例如急停按钮、安全门开关、限位开关和光栅/光帘。

CU310-2 提供 1 个故障安全数字量输出端和 3 个故障安全数字量输入端。一个 F-DO 由一个 DC 24 V 输出、一个接地输出、以及一个用于读回开关状态的数字量输入组成。一个 F-DI 由 2 个数字量输入组成。

**说明**

**故障应答**

在排除故障后您可以用以下方式应答 CU310-2 输出的故障信息：

- 上电
- 使信号“内部事件应答”输出下降沿，接着在控制单元（“安全故障确认”）上应答故障信息。

一个 F-DI 内出现不同的信号状态时，该 F-DI 的两个数字量输入的信号会被冻结为逻辑 0（相当于选中安全功能），直到用参数 p10006 对该 F-DI 进行安全应答或对报警进行了扩展式应答。

在必要时可以通过 p10002 适当延长检测一个 F-DI 内的两个数字量输入信号状态是否不同的监控时间，以避免信号的切换动作导致不必要的响应，免去后面所需的安全应答。在该监

控时间内，两个相关数字量输入端（F-DI）上的信号状态必须相同，否则会输出故障信息 C01770/C30770“不一致性错误”（CU310-2）。该信息需要进行安全应答。

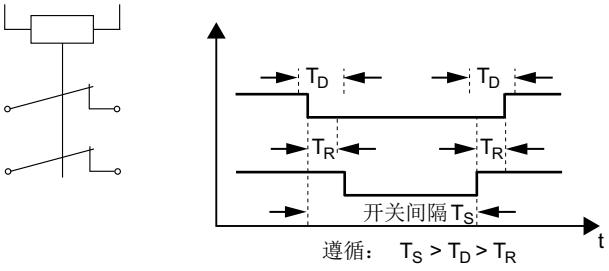
**说明**

**差异时间**

公差时间必须始终要设得比该 F-DI 上信号所需的最短切换间隔要短（另见下图“差异时间”）。

有关设置差异时间的详细说明请参考 “SINAMICS S120/S150 参数手册”中的以下信息：

- F01611（Basic Functions）
- C01770（Extended/Advanced Functions）




$T_S$ 开关间隔

$T_D$ 差异时间

$T_R$ 反应时间

图 6-7 差异时间

## 6.6.1 Safety Integrated 功能与 F-DI/TM54F 的分配

下表为您简要说明，哪个 Safety Integrated 功能由哪一个 F-DI/F-DO（板载或 TM54F）控制。

表格 6-18 Safety Integrated 功能与 F-DI/F-DO（板载或 TM54F）的分配

| 安全功能 | 板载 F-DI/F-DO | TM54F F-DI/F-DO |
|---|---|---|
| STO | x | x |
| SS1 | x | x |
| SOS | x | x |
| SS2 | x | x |
| SS2E | - | - |
| SLS | x | x |

| 安全功能 | 板载 F-DI/F-DO | TM54F F-DI/F-DO |
|---|---|---|
| SSM[1)] | x | x |
| SDI | x | x |
| SLP | x | x |
| SCA | - | - |
| SLA | - | - |
| SP | - | - |
| 安全齿轮级切换 | - | - |

1) 作为 S_ZSW1 和 S_ZSW2 中的反馈信号

## 6.6.2 F-DI 的功能

### 6.6.2.1 描述

一个故障安全输入（F-DI）由 2 个数字量输入组成。在第 2 个数字量输入上还另外引出了光耦合器的阴极（M），用于故障安全控制系统的输出端进行接地连接（为此阳极上必须连接 DC 24 V）。

通过参数 p10040 可以确定 F-DI 是作为常闭触点/常闭触点还是作为常闭触点/常开触点工作。每个 F-DI 的状态都可通过参数 r10051 查看。两个驱动对象的相同位通过逻辑“与”连接，得出相应 F-DI 的状态。

可以用输入滤波器 p10017 上滤掉 F-DO 的测试信号和干扰脉冲，以避免输出不必要的故障信息。

**术语解释：**

**常闭触点/常闭触点：**两个输入都必须为“零电平”才可以选中某个安全功能。

**常闭触点/常开触点：**输入 1 必须为“零电平”，输入 2 必须为“1 电平”，才可以选中某个安全功能。

在监控时间 p10002 内，F-DI 的两个数字量输入的信号必须都变为 p10040 设置的状态。

CU310-2 的数字量输入端不能通过 Teststop 进行潜在故障检查。

表格 6-19 SINAMICS S120/S150 参数手册中的 F-DI 一览：

| 模块 | 功能图 | 输入端 |
|---|---|---|
| CU310-2 | 2870 | F-DI 0 ... 2 |

### 6.6.2.2 F-DI 特性

- 每个 F-DI 有 2 个数字量输入，采用故障安全设计
- 可通过 p10017 设置输入滤波器，滤掉测试信号，参见章节“位模测试 (页 218)”。
- 可通过 p10040 将接口配置为常闭触点/常闭触点或常闭触点/常开触点
- 可通过 r10051 查看状态
- 可通过 p10002 为所有 F-DI 的两个数字量输入设置一致性公差时间

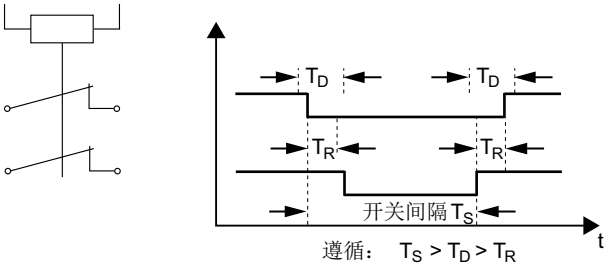
**说明**

**差异时间**

公差时间要始终设得比输入端上 2 次开关事件（ON/OFF、OFF/ON）的最短相隔时间短。

有关设置差异时间（另见下图“差异时间”）的详细说明请参考“SINAMICS S120/S150 参数手册”中的以下信息：

– F01611（Basic Functions）
– C01770（Extended/Advanced Functions）




$T_S$ 开关间隔

$T_D$ 差异时间

$T_R$ 反应时间

图 6-8 差异时间

- 在第 2 个数字量输入上另有光耦合器的阴极引出，用于和 F-DO 的接地相连。

**⚠ 警告**

**断开状态（逻辑状态“0”或“OFF”）下诊断电流导致的错误开关状态会引起意外运动**

与机械开关触点（例如急停开关）不同，半导体开关即使在断开状态下也可能带有诊断电流。在数字量输入接线错误时，该诊断电流可能会导致错误的开关状态。数字量输入错误的信号状态可引起机器部件意外运动，进而导致人员重伤或死亡。

- 请遵循在相应的制造商文档中给出的数字量输入和数字量输出的条件。
- 检查“OFF”状态中与电流相关的数字量输入和数字量输出条件，必要时将数字量输入与合适尺寸的外部电阻连接（与数字量输入的参考电位相反）。

有关该主题的更多信息，请访问网址：

设置和配置安全硬件 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/39700013)

#### 6.6.2.3 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2870 SI 功能 - CU310-2 (F-DI 0 ... F-DI 2)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p10002 SI Motion F-DI 切换公差时间（处理器 1）
- p10017 SI Motion 数字量输入的去抖时间（处理器 1）
- p10040 SI Motion F-DI 输入模式（处理器 1）
- r10051.0...2 CO/BO:SI Motion 数字量输入状态（处理器 1）

### 6.6.3 F-DO 的功能

#### 6.6.3.1 描述

一个故障安全数字量输出（F-DO）由 2 个数字量输出和一个在强制潜在故障检查 (Teststop) 时用于检查开关状态的数字量输入组成。第 1 个数字量输出上连接的是 DC 24 V，第 2 个数字量输出上连接的是电源 X130 (CU310-2) 的接地。

每个 F-DO 的状态都可通过参数 r10052 查看。相应 DI22 的状态都可通过参数 r0722.22 查看。

F-DO 上连接的执行器在特定的前提条件下可在强制潜在故障检查 (Teststop) 时一同检查。相关内容参见章节“CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 324)”。

表格 6-20 SINAMICS S120/S150 参数手册中的 F-DO 一览：

| 模块 | 功能图 | 输出 | 对应的控制输入 |
|---|---|---|---|
| CU310-2 | 2873 | F-DO 0 | DI 22 |

**F-DO 的特性**

- 每个 F-DO 具有 2 个数字量输出和一个在强制潜在故障检查 (Teststop) 时用于回读开关状态的数字量输入，采用故障安全设计。
- 状态参数 r10051/r10052

**说明**

**通过 r0747.16 显示**

数字量输出 DO16+ 和 DO16- 作为 F-DO 生效时，参数 r0747“CU 数字量输出状态”位 16 “DO 16 (- / X130.7, 8)”不显示由 Safety Integrated 设定的电平，而是 BICO 信号源 p0746 “BI：端子 DO 16 的 CU 信号源”所对应的未生效设定状态。

### 6.6.3.2 F-DO 的信号源

对于 CU310-2，有以下信号 (p10042, ..., p10045) 可以连接到 F-DO 上：

- STO 生效
- SS1 生效
- SS2 生效
- SOS 生效
- SLS 生效
- SSM 反馈生效
- 安全状态
- SOS 已选
- 内部事件
- 生效的 SLS 档位位 0
- 生效的 SLS 档位位 1
- SDI + 生效
- SDI - 生效
- SLP 生效
- 有效 SLP 范围

通过参数 p10042[0...5] 可以为 F-DO 最多连接 6 个信号，这些信号以逻辑“与”连接在一起。

### 6.6.3.3 “Safe State”信号选择

对于 CU310-2，可通过 p10039[0...3] 对以下（安全状态）信号发出请求：

- STO 生效（电源被断开/脉冲被封锁）
- SS1 生效
- SS2 生效
- SOS 生效
- SLS 生效
- SDI + 生效
- SDI - 生效
- SLP 生效

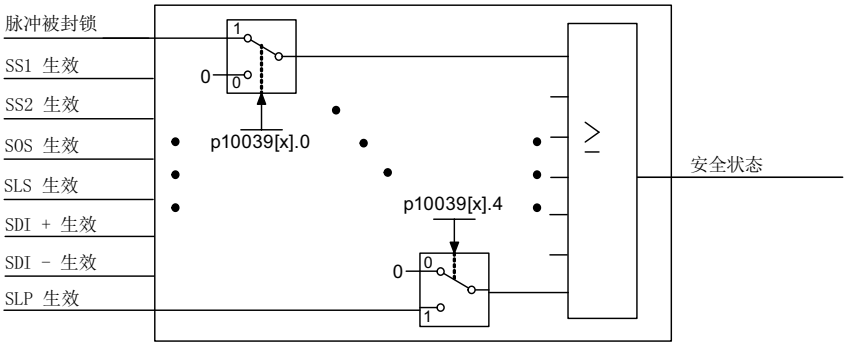



图 6-9 选择 Safe State

相同信号（高电平有效）通过逻辑“与”连接。而通过 p10039 选择的不同信号以逻辑“或”连接在一起。逻辑运算的最后结果得出“安全状态”。详细信息参见“SINAMICS S120/S150 参数手册”的功能图 2876。

### 6.6.3.4 功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2870 SI 功能 - CU310-2 (F-DI 0 ... F-DI 2)
- 2873 SI 功能 - CU310-2 故障安全数字量输出 (F-DO 0)
- 2875 SI 功能 - CU310-2 控制接口
- 2876 SI 功能 - CU310-2 安全状态选择
- 2877 SI 功能 - CU310-2 分配 (F-DO 0)

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p10039 SI Safe State 信号选择（处理器 1）
- p10042[0...5] SI F-DO 0 信号源
- r10051.0...2 CO/BO:SI 数字量输入状态（处理器 1）
- r10052.0 CO/BO:SI 数字量输出状态（处理器 1）

## 6.7 自动生效的运动监控

安全功能除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在这种模式中，安全功能在变频器上电后一直选中。

### 示例

通过“自动生效的 SLS”可实现，如对最大速度的监控，该监控可阻止驱动超出机械转速极限。因此请勿通过功能“自动生效”来使用 F-DI 和 F-CPU。

### 功能特性

- “自动生效的运动监控”有以下几种：

| p9601 | 含义 | 功能范围 | 注释 |
|---|---|---|---|
| 0024 hex | 变频器集成的运动监控无需选择，自动生效 | • SLS<br>• SDI | • p9501.0 = 1<br>• p9501.17 = 1 |
| 0025 hex | 变频器集成的运动监控无需选择，自动生效（含 STO） | • SLS<br>• SDI<br>• STO<br>• SS1<br>• SBC | • p9501.0 = 1<br>• p9501.17 = 1<br>• Basic Functions<br>• Basic Functions<br>• Basic Functions |

- 通过 p9512 可单独选中“自动生效的 SLS”和“自动生效的 SDI +/SDI -”。
- 自动生效的安全功能有“带编码器”和“不带编码器”两种形式，通过 p9506 选择。
- 和通过 PROFIsafe/端子控制方式一样，自动生效的安全功能也要事先设置和使能。

### SI 故障信息的应答方式

SI 故障信息的应答方式根据功能有所不同：

- 变频器集成的自动生效的运动监控
  SI 故障信息只能通过重新上电应答。
- 自动生效的驱动集成的运动监控和由端子控制的 Basic Functions
  安全功能的故障信息可通过重新上电应答或先选中再撤销 STO / SS1 的方式应答，参见章节“Safe Torque Off (STO) (页 80)”中的“扩展应答方式”。

### 区别

功能自动生效和通过 PROFIsafe 或端子选中生效之间的不同在各个功能的调试小节中说明，参见章节：

- "Safely-Limited Speed (SLS) (页 123)"
- "Safe Direction (SDI) (页 139)"

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501.0 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9512 SI Motion 自动生效的安全功能的选择（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）

# 6.8 Safety Info Channel 和 Safety Control Channel

## 6.8.1 Safety Info Channel （SIC）

驱动中集成的 Safety Integrated 功能的状态信息（S_ZSW1B、S_ZSW2B、S_ZSW3B 和 S_V_LIMIT_B）可以通过“安全信息通道”（Safety Info Channel，SIC）传送给上级控制器。

## 6.8.2 Safety Control Channel （SCC）

通过安全控制通道 (SCC) 可将控制信息 (S_STW1B 和 S_STW3B) 从上级控制器传送到变频器的安全功能中。

## 6.8.3 可能的报文配置 (700、701)

预定义的 PROFIdrive 报文 700 和 701 可用于传送 SIC 和 SCC：

### 报文 700

预定义的 PROFIdrive 报文 700 可用于传送 SIC：

表格 6-21　报文 700 的结构

| | 接收数据 | 发送数据 | 参数 |
|---|---|---|---|
| PZD1 | – | S_ZSW1B | r9734 |
| PZD2 | – | S_V_LIMIT_B | r9733[2] |
| PZD3 | – | | |

关于 PROFIdrive 通讯的详细说明，请参见“SINAMICS S120 功能手册之通讯”中的“PROFIdrive 通讯”一章。

### 报文 701

预定义的 PROFIdrive 报文 701 可用于传送 SIC 和 SCC：

表格 6-22　报文 701 的结构

| | 接收数据 | 参数 | 发送数据 | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| PZD1 | S_STW1B | p10250 | S_ZSW1B | r9734 |
| PZD2 | S_STW3B | p10235 | S_ZSW2B | r9743 |
| PZD3 | – | – | S_V_LIMIT_B | r9733[2] |
| PZD4 | – | – | | |
| PZD5 | – | – | S_ZSW3B | r10234 |

**说明**

**发送数据更新**

只有在使能了 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 后，发送数据 S_ZSW2B 和 S_ZSW3B 才会更新。

关于 PROFIdrive 通讯的详细说明，
请参见“SINAMICS S120 功能手册之通讯”中的“PROFIdrive 通讯”一章。

## 6.8.4 组态

### 配置原则（示意图）

下图为报文 700 和 701 的配置示意图：

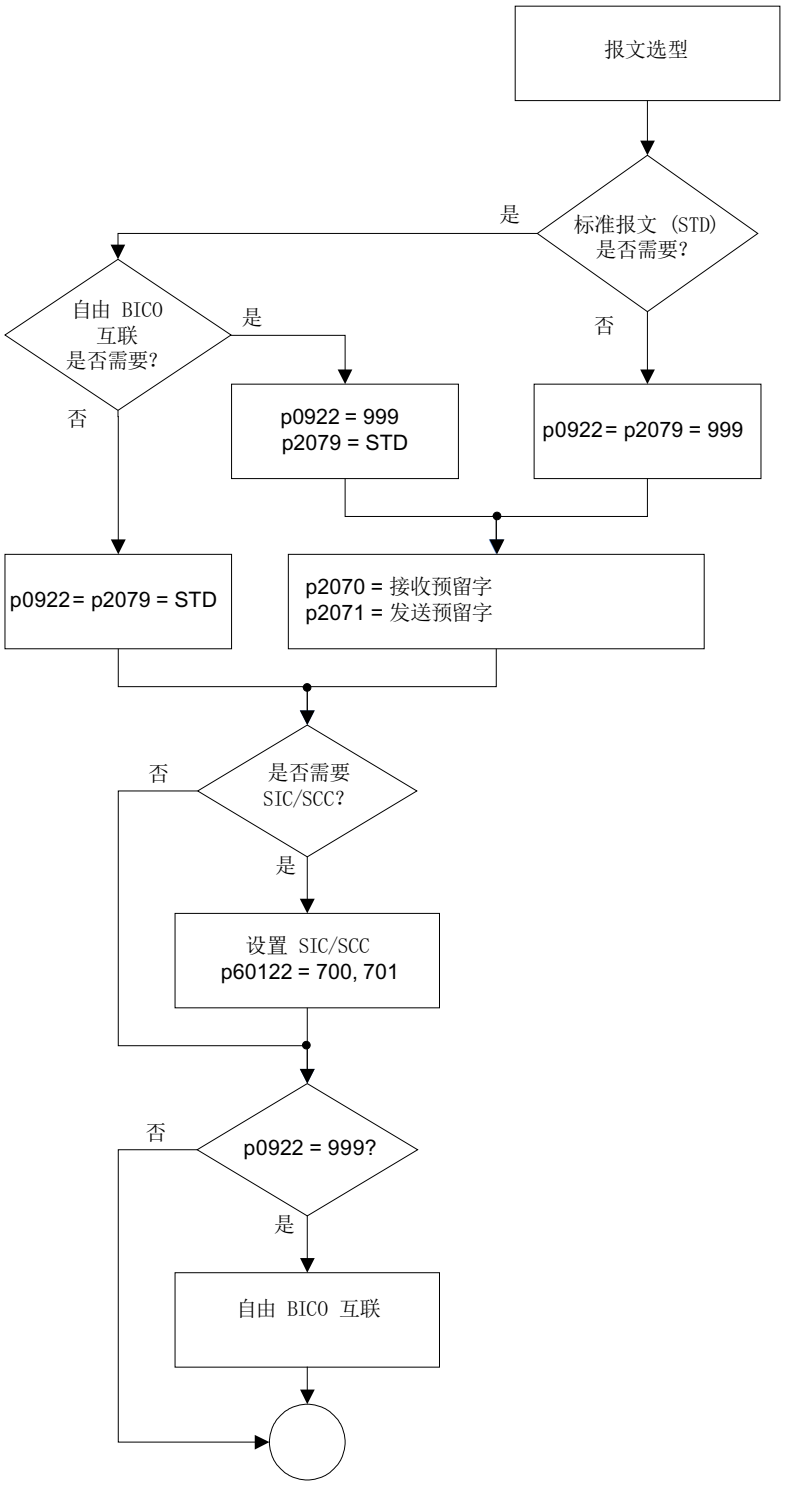



图 6-10　配置报文的步骤

### 配置原则（详细信息）

- 通过参数 p2070 定义，接收字 r2050/r2060 中 SCC 从哪个位置（在多少个字以后）开始。
- 通过参数 p2071 定义，发送字 p2051/p2061 中 SIC 从哪个位置（在多少个字以后）开始。
- 若需通过 p0922 = 999 和 p2079 = x 设置一个带 PZD 扩展的固定报文，可相应调整 p2070 和 p2071。
- 在 p0922 = p2079 = x 时，p2070 和 p2071 无法修改。
- 在写入参数 p0922 或 p2079 时，参数 p2070 和 p2071 会被相应赋值（通过标准报文的长度）。r2050[...]/r2060[...] 和 p2051[...]/p2061[...] 中的所有 BICO 互联均会被删除，报文 x 会被相应地重新分配。此时还会设置 p60122 = 999。
- 在从固定报文（p0922 = p2079 = x）切换为自由报文（p0922 = 999）时，p2070 和 p2071 保持不变，但是会解除锁定。p60122 的值保留。
- 手动修改 p10235 和 p10250 会触发故障 F01786，无驱动响应。该故障可通过标准消息应答进行应答。

**说明**

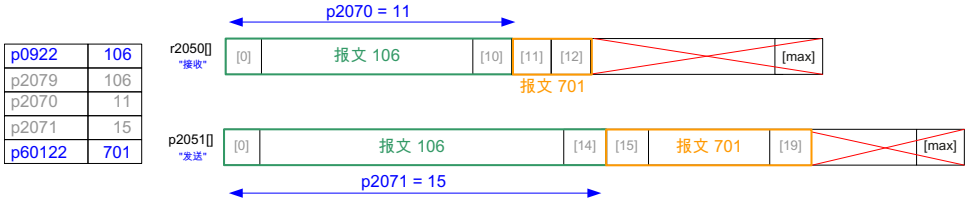
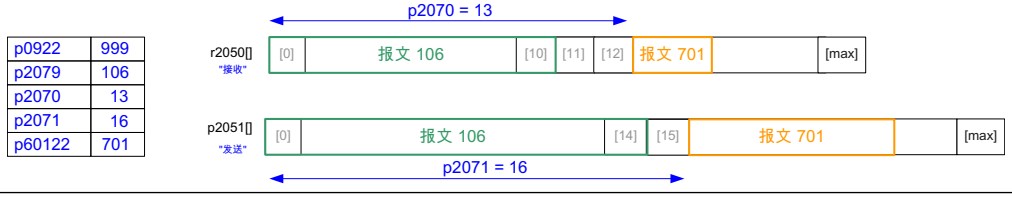
**修改 p2070、p2071 和 p60122 对 r2050[...]/r2060[...] 和 p2051[...]/p2061[...] 的影响**

- 修改 p2070 和 p2071 时，r2050[...]/r2060[...] 和 p2051[...]/p2061[...] 中的所有 BiCo 互联均会被删除（从当前设置的标准报文结束处开始）。此时还会设置 p60122 = 999。
- 将 p60122 设置为 ≠ 999 的值时，r2050[...]/r2060[...] 和 p2051[...]/p2061[...] 中的所有 BiCo 互联均会被删除（从 p2070 或 p2071 中设置的索引开始），并会为 SIC/SCC 设置新的报文。

## 6.8.5 应用

可将报文 700 和 701 作为对您的报文的扩展。始终只能选择这两个报文中的一个。

为此进行下列步骤：

| 应用场合 | 用户操作 | 结果 |
|---|---|---|
| 标准报文 + SIC/SCC | • 确定标准报文；如：p0922 = 106 | • p2079 = p0922 = 106<br>• r2050 和 p2051 会被相应赋值并完全锁定。<br>• p2070 和 p2071 中的发送字/接收字的数量是设定好的，不能改变（例如：p2070 = 11 和 p2071 = 15）。 |
| | • 选择 SIC/SCC；如 p60122 = 701 | • SCC/SIC 的报文扩展在 r2050 和 p2051 中直接添加至标准报文。 |
| |  | |
| 标准报文 + 带 BICO 和 SIC/SCC 的自由报文 | • 确定可能有报文扩展的标准报文；如 p0922 = 999 和 p2079 = 106 | • r2050 和 p2051 会被相应设置。未赋值的区域可自由互联。<br>• p2070 = 11，p2071 = 15 根据 p0922 赋值且不可修改。 |
| | • 为采用自由 BICO 连接的报文扩展预留位置，例如在接收方向预留 2 个字，在发送方向预留 1 个字：<br>– p2070 = 11 + 2 = 13<br>– p2071 = 15 + 1 = 16 | • 字 r2050[11...12] 和 p2051[15] 预留给报文扩展，且可自由互联。 |
| | • 选择 SIC/SCC；如 p60122 = 701 | • SIC/SCC 的报文扩展从 r2050[13…] 和 p2051[16…] 起添加。<br>• r2050 和 p2051 中的 SIC/SCC 字为相应设置，无法互联。其他字可自由互联 |
| |  | |

| 应用场合 | 用户操作 | 结果 |
|---|---|---|
| 标准报文修改（不带自由报文组态） | • 确定新标准报文；如：p0922 = 105 | • r2050 和 p2051 会被删除并重新设定。 |
| | • 选择 SIC/SCC；如 p60122 = 701 | • SCC 报文扩展附加在标准报文之后。<br>• r2050 和 p2051 根据 p0922 和 SIC/SCC 设置并完全锁定。 |
| 标准报文修改（带自由报文组态） | • 修改标准报文（见上）<br>• 按照“标准报文 + 带 BICO 和 SIC/SCC 的自由报文组态”步骤继续操作 | – |
| 更换 SIC/SCC 报文 | • 更换 SIC/SCC；如 p60122 = 700 | • 从 p2070 或 p2071 中设置的索引起，r2050[...] 和 p2051[...] 中设置的所有 BICO 互联均会被删除。<br>• SIC 的报文扩展会根据 p2051 添加至参数 p2071。 |
| 添加其他字“带 BICO 的自由报文组态” | • 修改 p2070 或 p2071 中的值。 | • 在从固定报文（p0922 = p2079 = x）切换为自由报文（p0922 = 999）时，p2070 和 p2071 保持不变，但是会解除锁定。p60122 的值保留。 |
| | • 选择 SIC/SCC；如 p60122 = 701 | • 重新生成 SIC/SCC。 |
| | • 现在重新确定自由报文组态（见上）。 | – |

**说明**

**参数关联性**

- 若 p2070 或 p2071 的值低于标准报文的长度，那么在输入时会被拒绝。
- 在 p2070 或 p2071 中设置的值会使添加 SCC/SIC 报文超出允许的最大 PZD 长度时，p60122 中的写入访问会被拒绝。

## 6.8.6 用于 SIC 和 SCC 的发送数据

### S_ZSW1B

SI Motion Safety Info Channel 状态字

表格 6-23 S_ZSW1B 的说明

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | STO 生效 | 1 | STO 生效 | r9734.0 |
| | | 0 | STO 未生效 | |
| 1 | SS1 生效 | 1 | SS1 生效 | r9734.1 |
| | | 0 | SS1 未生效 | |
| 2 | SS2 生效 | 1 | SS2 生效 | r9734.2 |
| | | 0 | SS2 未生效 | |
| 3 | SOS 生效 | 1 | SOS 生效 | r9734.3 |
| | | 0 | SOS 未生效 | |
| 4 | SLS 生效 | 1 | SLS 生效 | r9734.4 |
| | | 0 | SLS 未生效 | |
| 5 | SOS 已选 | 1 | SOS 已选 | r9734.5 |
| | | 0 | SOS 已撤销 | |
| 6 | SLS 已选 | 1 | SLS 已选 | r9734.6 |
| | | 0 | SLS 撤销 | |
| 7 | 内部事件 | 1 | 内部事件 | r9734.7 |
| | | 0 | 无内部事件 | |
| 8 | SLA 生效 | 1 | SLA 生效 | r9734.8 |
| | | 0 | SLA 未生效 | |
| 9 | 生效的 SLS 档位位 0 | – | 显示 SLS 速度限值（2 个位） | r9734.9 |
| 10 | 生效的 SLS 档位位 1 | – | | r9734.10 |
| 11 | 预留 | – | – | – |
| 12 | SDI + 已选 | 1 | SDI + 已选 | r9734.12 |
| | | 0 | SDI + 撤销 | |
| 13 | SDI - 已选 | 1 | SDI - 已选 | r9734.13 |
| | | 0 | SDI - 撤销 | |

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 14 | ESR 回退生效 | 1 | ESR 回退生效 | r9734.14 |
| | | 0 | ESR 回退不生效 | |
| 15 | 存在安全信息 | 1 | 存在安全信息 | r9734.15 |
| | | 0 | 不存在安全信息 | |

## S_ZSW2B

Safety Info Channel 状态字 2

表格 6-24 S_ZSW2B 的说明

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 0...3 | 预留 | – | – | – |
| 4 | 选中的 SLP 位置区域 | 1 | SLP 区域 2 被选中 | r9743.4 |
| | | 0 | SLP 区域 1 被选中 | |
| 5, 6 | 预留 | – | – | – |
| 7 | SLP 被选中和用户确认 | 1 | SLP 被选中和用户确认已给出 | r9743.7 |
| | | 0 | SLP 被选中或用户确认未给出 | |
| 8 | SDI + | 1 | SDI + 已选 | r9743.8 |
| | | 0 | SDI + 撤销 | |
| 9 | SDI - | 1 | SDI - 已选 | r9743.9 |
| | | 0 | SDI - 撤销 | |
| 10, 11 | 预留 | – | – | – |
| 12 | 强制潜在故障检查生效 | 1 | 强制潜在故障检查生效 | r9743.12 |
| | | 0 | 强制潜在故障检查未生效 | |
| 13 | 需要进行强制潜在故障检查 | 1 | 需要进行强制潜在故障检查 | r9743.13 |
| | | 0 | 不需要进行强制潜在故障检查 | |
| 14 | 需要参考位置 | 1 | 需要参考位置 | r9743.14 |
| | | 0 | 不需要参考位置 | |
| 15 | 检测到参考触发指令或参考位置有效 | 1 | 检测到参考触发指令或参考位置有效 | r9743.15 |
| | | 0 | 未检测到参考触发指令或参考位置无效 | |

## S_ZSW3B

Safety Info Channel 状态字 3

表格 6-25　S_ZSW3B 的说明

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 制动测试 | 1 | 制动测试已选 | r10234.0 |
| | | 0 | 制动测试已撤销 | |
| 1 | 驱动/外部设定值给定 1) | 1 | 驱动的设定值给定 | r10234.1 |
| | | 0 | 外部设定值（控制器）给定 | |
| 2 | 制动生效 | 1 | 制动测试 2 生效 | r10234.2 |
| | | 0 | 制动测试 1 生效 | |
| 3 | 制动测试生效 | 1 | 测试生效 | r10234.3 |
| | | 0 | 测试无效 | |
| 4 | 制动测试结果 | 1 | 需要进行测试 | r10234.4 |
| | | 0 | 测试错误 | |
| 5 | 制动测试结束 | 1 | 执行测试 | r10234.5 |
| | | 0 | 测试未完成 | |
| 6 | 请求外部制动 | 1 | 闭合制动 | r10234.6 |
| | | 0 | 打开制动功能 | |

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 7 | 当前负载符号 | 1 | 符号为负 | r10234.7 |
| | | 0 | 符号为正 | |
| 8...10 | 预留 | – | – | – |
| 11 | SS2E | 1 | SS2E 生效 | r10234.11 |
| | | 0 | SS2E 未生效 | |
| 12 | SS2ESR | 1 | SS2ESR 生效 | r10234.12 |
| | | 0 | SS2ESR 未生效 | |
| 13 | 预留 | – | – | – |
| 14 | 选择验收测试 SLP（SE） | 1 | 选择验收测试 SLP（SE） | r10234.14 |
| | | 0 | 撤销验收测试 SLP（SE） | |
| 15 | 选择验收测试模式 | 1 | 选择验收测试模式 | r10234.15 |
| | | 0 | 撤销验收测试模式 | |

[1] 驱动的设定值给定：转速设定值由 SBT 功能给定。
外部设定值（控制器）给定：“标准”转速设定值生效。

### S_V_LIMIT_B

设定值速度限值（SLS-Speedlimit）为 32 位，含符号位。

- SLS 速度限值显示在 r9733[2]中。
- SLS 速度限值由 p2000 定标。
  S_V_LIMIT_B = 4000 0000 hex ≙ p2000 中设定的转速

## 6.8.7 SCC 的接收数据

### S_STW1B

Safety Control Channel 控制字 1

表格 6-26 S_STW1B 的说明

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 0...7 | 预留 | – | – | – |
| 8 | Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) | 1 | Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 已选 | r10251.8 |
| | | 0 | Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 已撤销 | |
| 9...12 | 预留 | – | – | – |
| 13 | 控制系统闭合制动器 | 1 | 选择“控制系统闭合制动器” | r10251.13 |
| | | 0 | 取消“控制系统闭合制动器” | |
| 14, 15 | 预留 | – | – | – |

### S_STW3B

Safety Control Channel 控制字 3

表格 6-27 S_STW3B 的说明

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 选择制动测试 | 1 | 制动测试已选 | r10231.0 |
| | | 0 | 制动测试已撤销 | |
| 1 | 开始制动测试 | 1 | 要求开始制动测试 | r10231.1 |
| | | 0 | 不要求开始制动测试 | |
| 2 | 制动选择 | 1 | 制动测试 2 已选 | r10231.2 |
| | | 0 | 制动测试 1 已选 | |
| 3 | 选择旋转方向 | 1 | 负方向已选 | r10231.3 |
| | | 0 | 正方向已选 | |
| 4 | 选择测试序列 | 1 | 测试序列 2 已选 | r10231.4 |
| | | 0 | 测试序列 1 已选 | |

| 位 | 含义 | 注释 | | 参数 |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 外部制动状态 | 1 | 外部制动闭合 | r10231.5 |
| | | 0 | 外部制动打开 | |
| 6...15 | 预留 | – | – | – |

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- r9733[0...2] CO：SI Motion 设定速度限值生效
- r9734.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW1B
- r9743.4...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW2B
- r10231 SI Motion SBT 控制字诊断
- r10234.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW3B
- p10235 CI：SI Safety Control Channel 控制字 S_STW3B
- p10250 CI：SI Safety Control Channel 控制字 S_STW1B
- r10251.8...12 CO/BO:SI Safety Control Channel 控制字 S_STW1B 诊断
- p60122 IF1 PROFIdrive SIC/SCC 报文选择

# 调试 7

## 7.1 Safety Integrated 固件版本

### Safety Integrated 固件版本

控制单元和电机模块上安全功能的固件有各自的版本标识。各个硬件的版本标识可通过下列参数读取。

- 指出总固件版本的参数为：
  - r0018 控制单元固件版本
- 指出基本功能固件版本的参数为：
  - r9770[0...3] SI 驱动器中集成的安全功能的版本（控制单元）
  - r9870[0...3] SI 驱动器中集成的安全功能的版本（电机模块）
- 指出扩展功能/高级功能的固件版本的参数为：
  - r9590[0...3] SI Motion 安全运动监控的版本（控制单元）
  - r9390[0...3] SI Motion 安全运动监控的版本（电机模块）
  - r9890[0...2] SI 版本（编码器模块）
    或
    r0148[0...n] 在 DQI 编码器上
  - r10090[0...3] SI TM54F 版本

### 基本功能和扩展功能/高级功能

在基本功能和/或扩展功能/高级功能使能后，系统会检查是否设置了 p7826 = 1 “自动固件更新”。
设置了“自动固件更新”后，系统在每次启动时都会对比 DRIVE-CLiQ 组件的固件版本和控制单元的固件版本，必要时更新固件版本。

否则系统会报告故障 F01664（SI CU：无自动固件更新）。

在对 Safety Integrated 基本功能进行验收测试时，请查看 r9770 和 r9870 中指出的安全功能固件版本，记录下这些版本信息。

在对 Safety Integrated 扩展功能/高级功能进行验收测试时，除了查看上述参数外，还需要查看 r9590/r9390（针对电机模块）、r9890（针对编码器模块）或 r0148[0...n]（针对 DQI 编码器）和 r10090（针对端子模块 TM54F）指出的安全功能固件版本，记录下这些版本信息。

# 7.2 参数、校验和、版本

### Safety Integrated 参数的特点

Safety Integrated 参数有以下特点：

- SI 参数独立用于每条监控通道。
- 在启动时会生成 SI 参数的 CRC 校验和，并对其进行复查。显示参数不包含在 CRC 中。
- 数据管理：参数永久性保存在存储卡上。
- 有些 SI 参数有密码保护，以防止意外修改或未经授权的修改。
- 恢复 SI 参数的出厂设置
  - 通过设置 p3900 和 p0010 = 30 可以将变频器集成的 SI 参数复位为出厂设置，前提是没有 SI 功能被激活（即 p9501 = p9601= p10010 = 0）。
  - 可通过 p0970 = 5 将 Safety 参数恢复为出厂设置。前提条件是为 Safety Integrated 设置了密码。在 Safety Integrated 使能的情况下这可能会触发故障信息，其会要求进行验收测试。接着您需要保存参数，并给变频器重新上电。
  - 在安全功能已激活时（p9501 = p9601 = p10010 ≠ 0），也可将所有参数完全复位为出厂设置（p0976 = 1 且 p0009 = 30，控制单元上）。

**说明**

有关密码的详细信息请见“使用安全口令 (页 286)”一章。

**说明**

**未保护的 SI 参数**

以下 SI 参数没有密码保护：

- p9370 SI Motion 验收测试模式（电机模块）
- p9570 SI Motion 验收测试模式（控制单元）
- p9533 SI Motion SLS 设定速度限值
- p9783 SI Motion 同步电机电流注入，无编码器

**说明**

仅在在线模式下才提供密码保护功能。

### 检查 CRC 校验和

在 SI 参数范围内，每个监控通道都有 2 个实际校验和参数，目标校验和和实际校验和属于某个经过校验和检查的 SI 参数。

在开展调试时您必须将这两个实际 CRC 校验和输入到对应的目标 CRC 校验和参数中，通过参数 p9701 或通过相应的 Startdrive 功能可以同时传输一个驱动对象上的所有校验和。

- Basic Functions

| | |
|---|---|
| • r9798 | 安全参数的实际校验和（控制单元） |
| • p9799 | 安全参数的目标校验和（控制单元） |
| • r9898 | 安全参数的实际校验和（电机模块） |
| • p9899 | 安全参数的目标校验和（电机模块） |

- Extended/Advanced Functions （还包括以下校验和参数）

| | |
|---|---|
| • r9398[0...1] | SI Motion 安全参数的实际校验和（电机模块） |
| • p9399[0...1] | SI Motion 安全参数的目标校验和（电机模块） |
| • r9728[0...2] | SI Motion 安全参数的实际校验和 |
| • p9729[0...2] | SI Motion 安全功能参数的目标校验和 |

每次启动时都会计算 SI 参数的 CRC 校验和，并将得出的实际校验和与目标 CRC 校验和进行比较。

如果两者不同，变频器会报告故障 F01650/F30650 或 F01680/F30680。

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2818 SI Extended/Advanced Functions - 参数管理

## 7.3 使用安全口令

使用安全密码可用于防止用户误操作安全参数。设置一个强密码，以激活保护。

**说明**

安全密码不是用于防止黑客攻非法访问等用途的密码，而是用于防止用户误操作等用途的密码。

**说明**

仅在在线模式下才提供密码保护功能。

### 重置密码

- 需要当前密码才能通过复位安全参数将密码恢复为出厂设置。
- 请注意，为设备恢复出厂设置时也会删除安全密码。

### 使用安全密码的详细说明

如设置了密码，在 Safety Integrated 的调试模式中（p0010 = 95），只有在参数 p9761 中输入了驱动器 SI 密码或者在 p10061 中输入了 TM54F SI 口令后，才可以对 SI 参数进行修改。除了给出的参数，在 Startdrive 中还会提供相应的功能！

- 在首次调试 Safety Integrated 时：
  - 缺省设置：p10061 = 0 （输入 TM54F SI 密码）
  - 缺省设置：p9761 = 0 （输入驱动 SI 密码）

  即：

  在首次调试时也不应输入 SI 密码。
- 在批量调试 SI 参数或者更换备件时：
  - 安全密码保存在存储卡和 Startdrive 项目中。
  - 更换备件时不需要输入 SI 密码。
- 修改驱动器用密码
  - p0010 = 95 调试模式
  - p9761 = 输入“旧的 Safety 密码”
  - p9762 = 输入“新密码”
  - p9763 = 确认“新密码”
  - p0977 = 1；“Copy RAM to ROM”
  - 自此新的密码开始生效。

- 修改 TM54F 的密码
  - p0010 = 95 调试模式
  - p10061 = 旧的 TM54F SI 密码（出厂设置“0”）
  - p10062 = 输入“新密码”
  - p10063 = 确认“新密码”
  - p0977 = 1；“Copy RAM to ROM”
  - 自此新的密码开始生效
- 使用 Startdrive 更改密码
  - 在 Startdrive 二级导航中点击“输入密码”。
  - 输入当前密码。
  - 然后输入新密码。
  - 再次输入该新密码。
  - 点击按钮“更改密码”，接收新密码。
- 使用 Startdrive 重置密码
  - 在 Startdrive 二级导航中点击“输入密码”。
  - 先在弹出的对话框中输入旧密码。
  - 将新密码设为 0。
  - 点击按钮“更改密码”，接收新密码。
  - SINAMICS S120 显示对话框 “Please change password!”
  - 关闭对话框。
  - 然后在 “Change password” 对话框中点击按钮 “Cancel”。
  - 现在，密码被恢复为缺省设置 “0”。
- 如果丢失了 SI 密码，则不可以再修改 SI 配置。可采用以下方式：
  - 重新调试 SINAMICS S120：
    将全部驱动设备（控制单元与所有连接的驱动/组件）恢复为出厂设置。
    重新调试驱动设备和驱动。
    重新调试 Safety Integrated。
  - 将另一个项目（不带安全密码或带有已知安全密码）加载到驱动中。由于会进行重新调试，因此，无需密码。
  - 如有问题，请咨询“技术支持”（参见“培训与支持 (页 21)”）。

## 功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2818 SI Extended/Advanced Functions - 参数管理

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9761 输入 SI 密码
- p9762 新 SI 密码
- p9763 确认 SI 密码
- p10061 SI TM54F 输入密码
- p10062 SI TM54F 新密码
- p10063 SI TM54F 确认密码

# 7.4 Safety Integrated 功能的 DRIVE-CLiQ 规定

**说明**

**通用 DRIVE-CLiQ 拓扑规定**

通行的 DRIVE-CLiQ 拓扑规定也适用于 Safety Integrated Functions（Basic Functions, Extended Functions 和 Advanced Functions）。这些规定详见以下手册中的“DRIVE-CLiQ 拓扑规定”一章：
文档：《SINAMICS S120 功能手册之驱动功能分册》
其中还根据固件版本列出了例外的 Safety Integrated 组件。

**说明**

**安全监控周期（p9500）的影响**

选择的安全监控周期短于 12 ms 时，在一些复杂的配置中，控制单元上允许连接到轴数可能要小于此处列出的最大轴数。

### Safety Integrated Basic Functions 的规则

除了通用的拓扑规定外，Safety Integrated Basic Functions 还要遵守一些特殊拓扑规定：

- 通过 PROFIsafe 控制时每条 DRIVE-CLiQ 支路上最多允许有 4 个驱动器

### Safety Integrated Extended/Advanced Functions 的规则

除了通用的拓扑规定外，Safety Integrated Extended/Advanced Functions 还要遵守一些特殊拓扑规定：

- 周期时间为缺省设置（安全监控周期 = 12 ms；电流控制器周期 = 125 µs）时最多 6 根伺服轴；此时一条 DRIVE-CLiQ 支路中最多 4 根伺服轴
- 在以下周期时间时最多允许 6 根矢量轴（Safety 监控周期为 12 ms；电流控制器周期为 500 µs）
- 一个双轴电机模块相当于 2 个 DRIVE-CLiQ 节点。

- 对于双轴电机模块而言（相当于两个驱动对象），即使在 p0115[0] 中的数值是不同的，p9511 中的数值也必须是相同的。
- 一条 DRIVE-CLiQ 支路上禁止运行超过 4 个配备 Safety Extended Functions 的电机模块。此时应满足条件：所有轴上的 $T_{IReg}$（电流控制器采样时间）= 125 µs。除 4 个配备 Safety Extended Functions 的电机模块以外，在一条 DRIVE-CLiQ 支路上还可运行下列模块：
  - 一个 Line Module，当 $T_{IReg}$（电流控制器采样时间）≥ 250 µs 时
  - 一个 Motor Module，当 $T_{IReg}$（电流控制器采样时间）≥ 125 µs 时
  - 以及至多 7 个 Sensor Modules 或 DRIVE-CLiQ 编码器

  **例外：**当一条 DRIVE-CLiQ 支路上所串联的 S120M 或 S220 模块的数量 ≥ 3 时，该支路上禁止运行超过 6 个带 Safety Extended Functions 的电机模块。

### “V/f 控制（矢量控制）”的规则 [1)]

| 安全功能 | V/f 轴的数量 |
|---|---|
| Basic Functions | 12 |
| 通过 TM54F 控制的 Basic Functions | 6 |
| 通过 PROFIsafe 控制的 Extended/Advanced Functions | 11 |
| 通过 TM54F 控制的 Extended/Advanced Functions | 6 |
| 自动生效的运动监控 | 12[2)] |

1) 表格中的数值适用于带编码器和不带编码器的 Extended/Advanced Functions 及并联驱动组。

2) 所有轴 V/f 控制、500 µs、带编码器的 Safety Integrated

### TM54F

- TM54F 必须直接通过 DRIVE-CLiQ 连到控制单元上。一个控制单元只能连接一个 TM54F。
- 在 TM54F 上可以连接更多的 DRIVE-CLiQ 节点，例如：编码器模块 M 端子模块 TM，但是不能连接更多的 TM54F 模块。电机模块和电源模块不允许连接到一个 TM54F 上。
- 在使用控制单元 CU310-2 时，TM54F 不允许连接到功率模块所在的 DRIVE-CLiQ 支路上。TM54F 只能连接到控制单元上唯一的 DRIVE-CLiQ 插口 X100 上。

# 7.5 强制潜在故障检查（Teststop）

为了满足标准 DIN EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 中关于及时检测故障的要求，变频器必须定期检查安全功能回路能否正常工作，至少一年一次。变频器会定期测试其内部的电机转速监控回路，通过安全封锁脉冲来安全切断提供给电机的能量，使电机中止转矩输出。

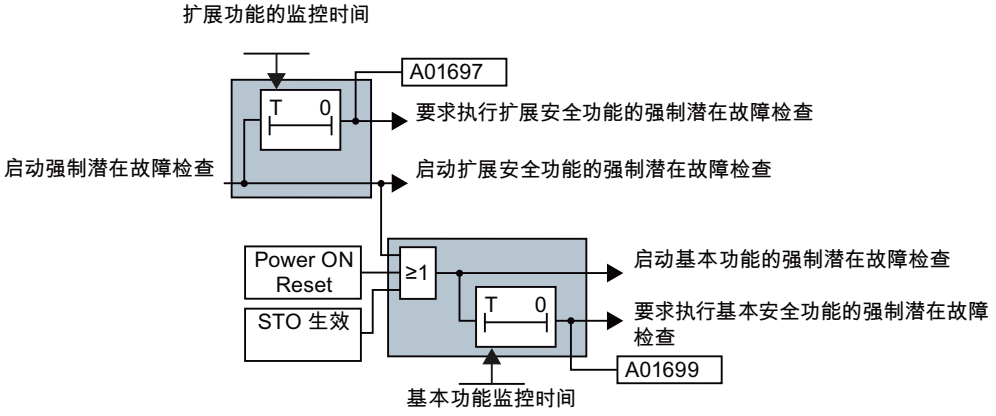



图 7-1 变频器上定期强制潜在故障检查 (Teststop) 的监控方式

表格 7-1 强制潜在故障检查 (Teststop) 的监控方式

| Extended/Advanced Functions | Basic Functions |
|---|---|
| r9765 指出了离检查到期相差的时间。 | r9660 指出了离检查到期相差的时间。 |
| 检查到期时，变频器会发出报警 A01697。 | 检查到期时，变频器会发出报警 A01699。 |

## 7.5.1 设置强制潜在故障检查 (Teststop)

### 设置强制潜在故障检查 (Teststop)

如果仅使用 “Basic Functions”，必须在调试时进行如下操作：

1. p9659 设为和您的应用适宜的数值。
2. 将 r9773.31 和某个数字量输出或现场总线状态字中的某个位互联在一起，以便将报警 A01699 传送给上级控制器处理。

“Basic Functions” 回路是 “Extended/Advanced Functions” 回路的一部分。如果使用 “Extended/Advanced Functions”，必须在调试时进行如下操作：

1. p9559 设为和您的应用适宜的数值。
2. p9659 设为最大值。
3. 将时间监控信号 (r9723.0) 和某个数字量输出或现场总线状态字中的某个位互联在一起，以便将报警 A01697 传送给上级控制器处理。

## 7.5.2 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

如果变频器发出报警 A01699 或 A01697，您必须在下一个合适的时机启动强制潜在故障检查 (Teststop)。

此报警不会影响设备的运行。进行强制潜在故障检查 (Teststop) 前应停止电机。

**说明**

**内部选择 STO**

强制潜在故障检查 (Teststop) 的控制会在内部自动选择 STO。此时，之前未停止的或没有配备抱闸的驱动会缓慢停转。

**强制潜在故障检查 (Teststop) 的触发条件**

- Extended/Advanced Functions
  - 您可以确定触发变频器测试其转速监控回路的信号。也可在注入电源电压（上电）后自动执行检查。
  - 正确执行强制潜在故障检查 (Teststop) 时不允许激活 STO 功能。
  - 在您选中强制潜在故障检查 (Teststop) 后，变频器不仅检查 Extended/Advanced Functions 回路，也会检查 Basic Functions 回路。
- Basic Functions
  如执行如下任意一个操作，变频器就会测试内部的转矩切断回路：
  - 注入电源电压（上电）。
  - 每次选择 STO 或 SS1 功能后。
  - 对 Extended Functions 进行强制潜在故障检查 (Teststop)。

**说明**

**附加信息**

- 有关强制潜在故障检查 (Teststop) 的详细信息参见章节 “概述 (页 180)”。
- TM54F 强制潜在故障检查 (Teststop) 的说明参见章节 “TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop) (页 331)”。

### 7.5.3 执行强制潜在故障检查 (Teststop) 的时间点示例

- 设备上电后驱动处于静止状态时
- 在防护门打开时
- 以规定间隔时间进行检查（比如 8 小时间隔）
- 注入电源电压（上电）后自动执行。
- 在自动运行中，根据时间和事件

**说明**

**在 CU310-2 上执行 Teststop**

在 CU310-2 上执行 Teststop 时必须使能脉冲：此处应以 $N_{设定}$ = 0 接通驱动。

## 7.6 Safety Integrated 和 ESR

下表介绍了 SINAMICS Safety Integrated 用于 ESR 的各种方式。此时需要区分触发变频器 ESR 的 3 种方式：

1. STOP E
   超限内部响应 + SLS, SDI, SLP, SLA 带后续响应
2. STOP F
   监控通道故障 + 使用 STOP B → STOP A 编程后续响应
3. 通讯中断
   电缆，CPU STOP，...

| | 类型 | Basic Functions | Extended/Advanced Functions |
|---|---|---|---|
| 驱动自控 ESR（“内部” ESR） | 1 | • STOP E：不可用 → SS1 会立刻使用 STOP B 进行响应 | • STOP E（超限内部响应 + SLS, SDI, SLP, SLA 带后续响应）<br>• 例如在超限时触发<br>• 使用此功能时会监控以下值：p0890[1] = r9721.15 (Safety Integrated STOP E) |
| | 2 | • STOP F（监控通道故障 + 使用 STOP B → STOP A 编程后续响应）<br>• 例如，输入端子上出现差异<br>• Basic Functions 置位 r9734.14<br>• p0890[4] = r9734.14 | • STOP F（监控通道故障 + 使用 STOP B → STOP A 编程后续响应）<br>• 从 STOP F 至 STOP B 的过渡时间中可请求 ESR。<br>• p0890[2] = r9723.1 (Safety Integrated STOP F) |
| | 3 | • 通讯中断：不可用 | • 通讯中断（电缆，CPU STOP，...）<br>• 在“总线故障延时” (p9580) 从 STOP F 至 STOP B 期间可以请求 ESR。<br>• p0890[3] = r9723.2 (Safety Integrated 通讯故障)<br>• 注释：由于 p9580 延迟了 STO 触发，则必须明确选择带延时的安全功能。请在总线故障时为该功能设置带延迟 STO 的 STOP（例如 SLS 时的 p9563）。 |

| | 类型 | Basic Functions | Extended/Advanced Functions |
|---|---|---|---|
| 系统控制 ESR（“外部” ESR） | 1 | • STOP E：不可用 → SS1 会立刻使用 STOP B 进行响应 | • STOP E（超限内部响应 + SLS, SDI, SLP, SLA 带后续响应）<br>• SS2ESR:STOP E 明确由控制系统请求；S_STW2.29 和 S_ZSW3B.12<br>• 驱动自控 ESR (p0890, …) 在使用外部 ESR 时不使能。<br>• ESR 通过 r9734.14 请求。<br>• 运动控制系统检测 r9734.14 (SIC)。<br>• 位 r9734.14 用作外部 CPU 的触发器，可触发外部 ESR。如果请求通过 S_STW2.29 发出，则还需置位 r10234.12 (S_ZSW3B)。此时可以确定超出极限值是由 ESR 导致的。此后，外部 CPU 会预设设定值。 |
| | 2 | • STOP F（监控通道故障 + 使用 STOP B → STOP A 编程后续响应）<br>• 驱动自控 ESR (p0890, …) 在使用外部 ESR 时不使能。<br>• ESR 通过 r9734.14 请求。<br>• 运动控制系统检测 r9734.14 (SIC)。<br>• 位 r9734.14 用作外部 CPU 的触发器，可触发外部 ESR。此后，外部 CPU 会预设设定值。 | • STOP F（监控通道故障 + 使用 STOP B → STOP A 编程后续响应）<br>• 从 STOP F 至 STOP B 期间可以请求 ESR。<br>• 驱动自控 ESR (p0890, …) 在使用外部 ESR 时不使能。<br>• ESR 通过 r9734.14 请求。<br>• 运动控制系统检测 r9734.14 (SIC)。<br>• 位 r9734.14 用作外部 CPU 的触发器，可触发外部 ESR。此后，外部 CPU 会预设设定值。 |
| | 3 | • 通讯中断：不可用 | • 通讯中断：不可用 |

# 7.7 Safety Integrated 功能的调试

## 7.7.1 概述

1. 在 Startdrive 二级导航中选择菜单“<驱动轴> > 驱动功能 > Safety Integrated > 功能选择”。
2. 如要调试 Safety Integrated Basic Functions，可在“功能选择”窗口中进行以下设置。同时选择安全功能的控制方式：
   - 端子控制
   - PROFIsafe 控制
   - “端子+PROFIsafe”控制
3. 如要调试 Safety Integrated Extended Functions，可在“功能选择”窗口中进行以下设置。同时选择控制方式及与 Basic Functions 的组合方式：
   - PROFIsafe 控制
   - 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能
   - 自动生效
   - 扩展功能自动生效，通过机载端子控制的基本功能

**说明**

**调试 TM54F 和 CU310-2**

TM54F、CU310-2 和 PROFIBUS 尚未在 Startdrive 中提供。

**说明**

**Startdrive 配置**

- Safety Integrated Functions 的配置示例参见“Basic Functions (页 308)”和“Extended Functions (页 313)”章节。
- 在 Startdrive 中进行配置的详细信息请查看在线帮助。

### 安全槽

为了能够通过 PROFINET 控制 Safety Integrated Functions，必须先创建一个安全插槽。相应步骤见以下章节中的说明：

- "PROFINET 的 PROFIsafe 通讯 (页 339)"

### 参数视图

Safety Integrated Functions 可在 Startdrive 中通过参数视图进行设置，但通过对话框设置会更简单、更不易出错。

**说明**

**出厂设置下的密码**

密码的出厂设置为 “0”。

## 7.7.2 提示

**说明**

**电机模块的版本不兼容**

如果电机模块中存在不匹配的版本，则在进入 Safety 调试模式（p0010 = 95）时，控制单元进行如下响应：

- 控制单元输出故障 F01655（SI CU：监控功能的补偿）。该故障会触发停止响应 OFF2。
- 控制单元通过单独的安全关机回路封锁脉冲。
- 设置了 p1215、p9602 时，电机抱闸闭合。
- 安全功能禁用后才可应答故障 (p9601)。

**说明**

**复制参数用于第 2 条通道**

在通过 Startdrive 窗口（在线和离线）设置 Safety Integrated 功能时，只需给定通道值。如何复制第 2 通道的参数，请参见章节“接收设置至驱动 (页 306)”。

**说明**

**复制时的特性**

在复制参数时，安全运动监控中应用的编码器参数 p9515~p9529 有以下特点：

- 安全功能没有使能时(p9501 = 0)：
  在系统启动时，这些参数依据关联的编码器参数（如 p0410, p0474, ...）自动设置。
- 安全功能使能时(p9501 > 0)：
  在系统启动时，系统会检查这些参数和关联的编码器参数（如 p0410, p0474, ...）是否一致。

详细信息请参见“SINAMICS S120/S150 参数手册”中的“参数说明”。

**说明**

**复制一个带有使能 Safety Integrated Functions 的驱动器**

如果离线复制了一个带有使能 Safety Integrated Functions 的驱动器，下载项目时系统会报告故障 F01656。如果在复制后组件号发生变化，系统会一直报告错误，例如：复制了其他一个驱动对象号或其他硬件。

请注意该限制或重新执行安全调试。

**说明**

**激活修改后的安全参数**

在退出调试模式后（p0010 = 0），大多数参数修改立即生效，

但也有些参数在重新上电后才生效。此时驱动器会输出一条信息（A01693 或 A30693）提示您进行这一操作。

## 7.7.3 调试 Safety Integrated 的前提

- 驱动器调试必须已完成。
- 在线调试安全功能时，驱动不允许处于“运行”状态。
- 另外，调试 “Safe Brake Control”(SBC) 功能时还须注意：
  必须将带抱闸的电机连接到电机模块或安全制动继电器/安全制动适配器(SBR/SBA)的对应接口上。

## 7.7.4 调试不带编码器的 Safety Integrated 前的预设置

在调试不带编码器的 Safety Integrated 功能前，您需要进行额外的一些预设置。必须对斜坡函数发生器进行参数设置，使得在无编码器运行时不会出现跳跃状的信号。

1. 如配置了矢量驱动器，斜坡函数发生器会自动生成。请直接从第 3 步开始。
2. 如配置了伺服驱动器，请按以下步骤激活斜坡函数发生器：激活功能模块“扩展的设定值通道”。
3. 打开斜坡函数发生器，点击带斜坡的按钮。
4. 在其中输入数据，定义斜坡。
5. 为确定电机数据并提高转矩精度，还需执行“电机数据识别”：首先测量静止的电机，然后测量旋转的电机。参见“SINAMICS S120 功能手册之驱动功能”中有关电机数据识别的章节。

## 激活 Safety Integrated

1. 打开 Safety Integrated 选择窗口，从中选择所需的安全控制方式。
2. 在下拉菜单中选择 “[1] Safety without encoder and brake ramp (SBR)” 或 “[3] Safety without encoder with Safe Acceleration Monitor (SAM)/delay time”。
3. 将实际值检测周期（p9511）设为电流控制器周期（p0115[0]），如：125 µs。
4. 在 “Configuration” 对话框中点击 “Mechanics configuration”。提高实际值公差 (p9542)，例如改为 1 mm 或 12 °。
   在配置齿轮箱传动比时应考虑电机的极对数。

   **说明**

   **电气转速和机械转速之间的关系**

   无编码器的安全实际值检测用于计算驱动的电气转速。极对数 (r0313) 指定系数，将该系数与电气转速相乘，得出电机轴上的机械转速。

5. 打开 SS1，设置一个大于 0 的关机速度 (p9560)。只有在选中了 “无编码器带制动斜坡的安全 (SBR)”功能后才需强制执行该操作。
6. 调用 SLS/SDI，将所有停止响应改为 “[0]STOP A” 或 “[1]STOP B”(p9563[0...3], p9566)，然后关闭窗口。
7. 现在您可以根据您的应用来设置安全功能。
8. 通过 p9585 确定“SI Motion 无编码器实际值检测的误差公差”的值（参见章节 “不带编码器的安全实际值检测 (页 173)”）。
9. 点击按钮 “Copy Parameter”。
10. 点击按钮 “Activate settings”。
11. 关闭驱动设备然后重新执行上电，以激活修改。

    **说明**

    **输出信息 C01711/C30711 时的特性**

    如果变频器在加速或减速时输出信息 C01711/C30711（信息值为 1041~1043），表明加速度或减速度可能设得过大。解决办法有：

    - 降低斜坡坡度。
    - 用带圆弧的扩展斜坡函数发生器使启动更加平缓。
    - 降低前馈。
    - 修改 p9586、p9587、p9588、p9589 和 p9783 的值，参见 SINAMICS S120/S150 参数手册中的说明。

## 7.7.5 采样时间设置

### 术语解释

系统中的软件功能是以不同的**采样周期**（p0115，p0799，p4099）循环执行的。

安全功能以**监控周期** (p9500) 循环执行，TM54F 以 r10015 中显示的**采样时间**更新信号。该采样时间对应 p10000[0..5] 中输入的最小通讯采样时间。SI Basic Functions 的监控周期显示在 r9780 中。

PROFIBUS 通讯以**通讯周期**循环进行。

来自主站的 PROFIsafe 报文以 PROFIsafe 扫描周期处理。

### 7.7.5.1 规定

- 监控周期（p9500）可设置为 500 µs 至 25 ms 之间的值。

**说明**

**监控周期相同设置**

所有驱动器和 TM54F 上的监控周期必须相同。

但是监控周期会影响控制单元中扩展功能占用的 CPU 时间：周期越短，Extended/Advanced Functions 占用的 CPU 时间也就越长，因此特定监控周期的可用性取决于控制单元上的空闲 CPU 时间。
控制单元上空闲 CPU 时间的主要影响因素有：驱动器的总数量、使能的 Extended/Advanced Functions 的数量、相连的 DRIVE-CLiQ 组件、选中的 DRIVE-CLiQ 拓扑结构、CBE20 的使用和选中的工艺功能。借助工具 “SIZER” 可以确定可控制轴的数量。

**说明**

**被禁止的驱动器占用 CPU 时间**

请注意，即使是被禁止的驱动器也会占用 CPU 时间，在 CPU 达到临界负载率时，光禁止驱动器是不够的，必须删除它来减轻 CPU 负载。

- PROFIsafe（通过 PROFIBUS/PROFINET）
  - 监控周期（p9500）必须为实际值检测周期的整数倍值。实际值检测周期通常等于 p9511 的值，但当 p9511 = 0 时，在*等时同步模式*中，该周期等于等时同步的 PROFIBUS 通讯周期；在*非等时同步模式*中，该周期为 1 ms。
  - 实际值采集周期 ≥ 4 倍的电流控制器周期
    建议：实际值采集周期 ≥ 8 倍的电流控制器周期。

    **说明**

    **使用无编码器的安全功能时的实际值采集周期**

    这不适用于使用无编码器的安全功能时的情况：实际值检测周期必须设置为与电流控制器周期相同的值。

    **说明**

    **SINAMICS S120M 的实际值采集周期**

    SINAMICS S120M 只允许固定的实际值采集周期 2 ms：对于 p9511，在 SINAMICS S120M 上只接受 2 ms 或 0（如为后者会从内部接受为 2 ms – 与 PROFIBUS DP/PN 周期无关）。

  - 最多可控制的驱动数量随着所设置的电流控制器采样时间（p0115[0]）而发生变化（参见 SINAMICS S120 功能手册之驱动功能，章节“系统规则、采样时间和 DRIVE-CLiQ 布线”）。
- TM54F
  TM54F 的采样时间必须设置为与所用 Safety Integrated 功能的监控周期相同的值（p10000[0..5] = p9500 或 r9780）。

  **说明**

  **监控周期和 PROFIsafe 扫描周期相互关联**

  安全功能以监控周期循环执行：Basic Functions 为 r9780，Extended/Advanced Functions 为 p9500。PROFIsafe 报文以相当于两个监控周期的 PROFIsafe 扫描周期处理。

### 7.7.5.2 重要参数一览

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9500 SI Motion 监控周期（控制单元），针对 Extended 和 Advanced Functions
- p9511 SI Motion 实际值采集周期（控制单元）

- r9780 SI 监控周期（控制单元）
- p10000[0..5] SI TM54F 通讯周期

# 7.8 调试：一般步骤

## 7.8.1 采用基本设置

### 7.8.1.1 开始安全调试

#### 前提条件

出于安全技术方面的原因，在 Startdrive 的离线模式中，您只能设置第 1 条通道中的安全参数。为设置第 2 条通道中的安全参数，驱动必须处于在线模式。设置有密码保护。

| 图标 | 描述 |
| --- | --- |
| | Startdrive 不在线。 |
| | Startdrive 在线。运行模式还未激活。 |
| | Startdrive 在线。运行模式已生效。在二级导航菜单的安全标记旁边显示“铅笔” 。 |

#### 激活安全设置

1. 点击图标“在线连接”。
2. 在参数编辑器的图标栏中点击图标
   密码输入对话框打开。
3. 输入密码。
   只有在首次启动时才需要输入新密码，以替换默认密码。
4. 按下 “OK”，确认设置。
   安全调试已生效。

### 7.8.1.2 采用安全基本设置

□ “驱动轴 > 参数 > Safety Integrated > 功能选择”

#### 选择安全功能

**说明**

安全功能可以离线选择。安全调试激活时（运行模式）可在线进行选择。

1. 在第一个下拉菜单中选择所需的安全功能：
   – 无 Safety Integrated Function
   – Basic Functions
   – Extended / Advanced Functions

   如果选择了 Basic Functions 或 Extended / Advanced Functions，则会分别显示附加设置窗口。

**说明**

调用 Extended Functions 和 Advanced Functions 的步骤是一样的。Startdrive 会显示您已获得许可证的功能。

如果您具有 Advanced Functions 的许可证，那么也就自动获得了 Extended Functions 的许可证。如果只有 Extended Functions 的许可证，则只会显示这些功能。

## 进行 Safety Integrated Basic Functions 的基本设置

1. 在第一个下拉菜单中选择“Basic Functions”的设置。

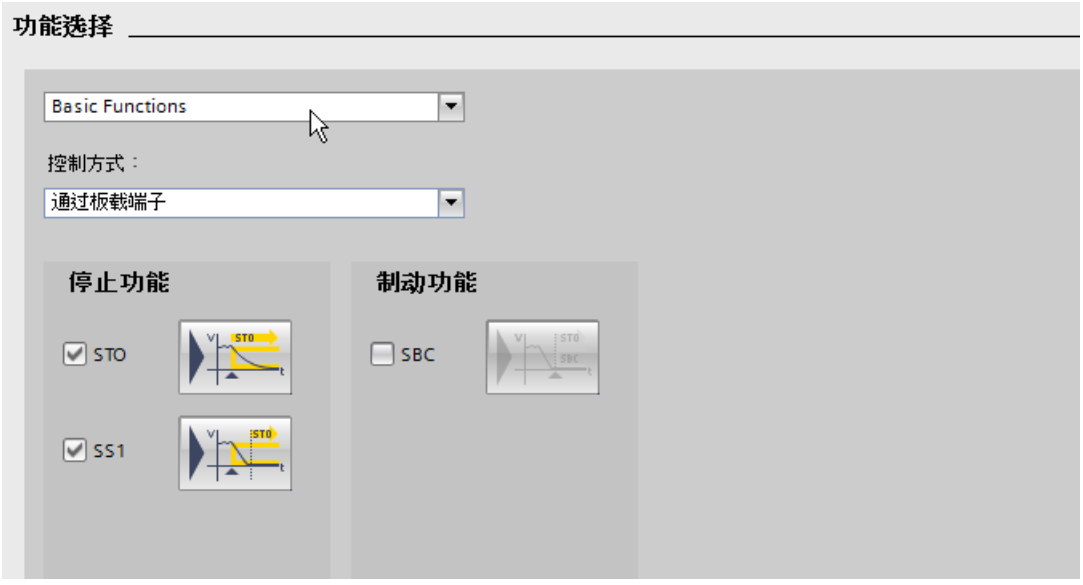



图 7-2 Basic Functions

2. 在下拉菜单“控制方式”中选择以下设置之一：
   – 通过 PROFIsafe
     选件“通过板载端子控制基本功能”自动生效。
   – 通过板载端子

   窗口底部的相关功能生效。
3. 点击所需功能的按钮。
   显示相应屏幕。
4. 设置功能（参见章节“Basic Functions (页 308)”）。

## 进行 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 的基本设置

1. 在第一个下拉菜单中选择“Extended/Advanced Functions”的设置。

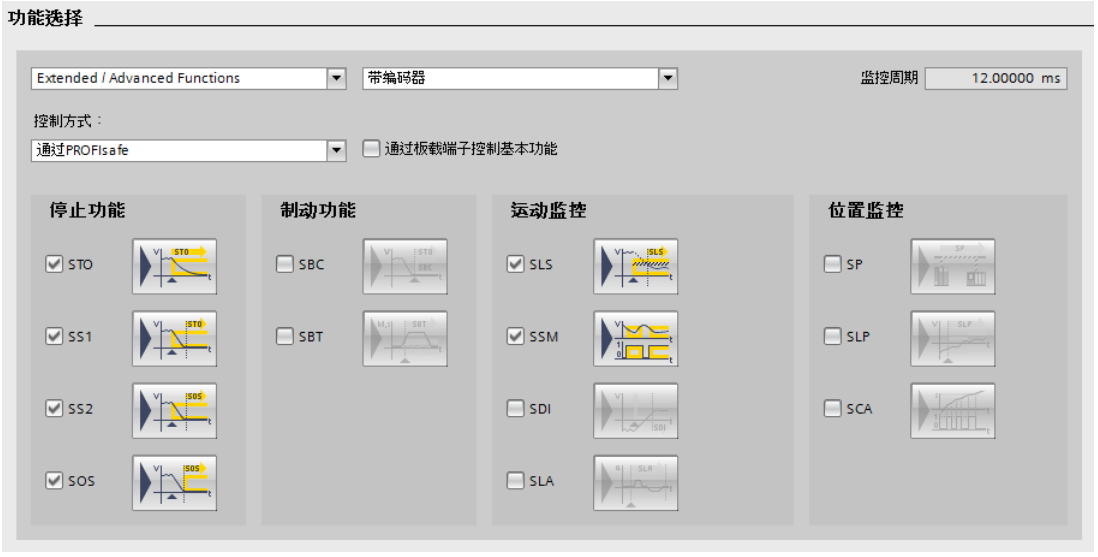



图 7-3　扩展功能

2. 在第 2 个下拉菜单中选择是否使用安全编码器：
   - 带编码器
   - 不带编码器
3. 在下拉菜单“控制方式”中选择以下设置之一：
   - 通过 PROFIsafe
     选件“通过板载端子控制基本功能”自动生效。
   - 自动生效
     仅限 SBC、SBT、SDI 和 SLS、SBT，仅限带编码器的 Extended / Advanced Functions。
4. 勾选或不勾选选项“通过板载端子控制的基本功能”。
   然后，窗口底部的相关 Safety Integrated Functions 生效。
   - 停止功能
   - 制动功能
   - 运动监控
   - 位置监控（=Advanced Functions）
5. 点击所需 Safety Integrated Function 的按钮。
   设置功能（参见章节“Extended 和 Advanced Functions (页 313)”）。

### 7.8.1.3 接收设置至驱动

设置完所有安全功能后，驱动必须接收这些设置。

**说明**

驱动必须保持在线模式才能将设置接收至驱动。

1. 点击图标栏中的图标，以接收设置并取消激活安全功能。
   此时要执行以下步骤：
   - 参数设置从处理器 1 复制至处理器 2。
   - 提供功能“从 RAM 复制到 ROM”。
   - 安全模式已取消激活，图标带有黄色边框。
2. 驱动转至离线。
   现在可借助参数设置继续其他设置，对话框激活。

### 7.8.1.4 修改安全密码

❒ “驱动轴 > 参数 > Safety Integrated > 输入密码”

使用安全密码可用于防止用户误操作安全参数。设置一个强密码，以激活保护。需要当前密码才能将密码恢复为出厂设置。

**说明**

安全密码不是用于防止黑客攻非法访问等用途的密码，而是用于防止用户误操作等用途的密码。

**前提条件**

- 驱动轴处于在线模式。
  只能在在线模式中采集或修改安全密码。

## 操作步骤

按如下步骤修改安全密码：

1. 在上面输入当前密码。

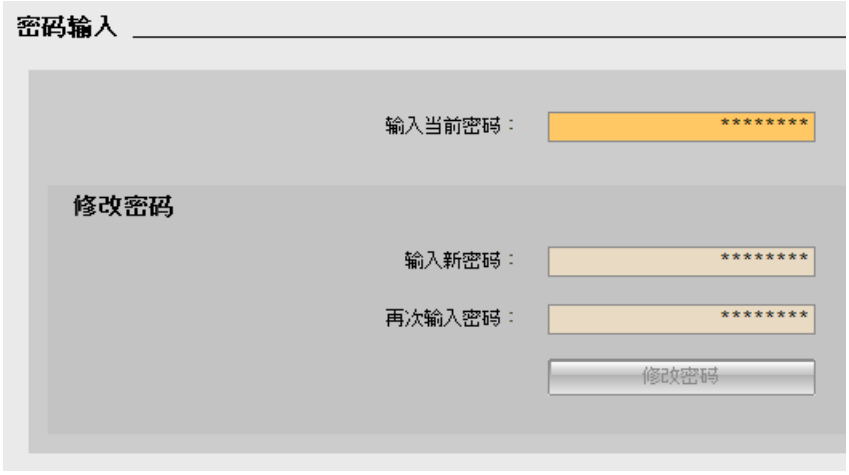



图 7-4　密码输入

2. 在下面输入新密码。
3. 在下面重复输入新密码。
4. 点击按钮“更改密码”，接收新密码。

## 7.8.2 基本功能

### 7.8.2.1 Startdrive 调试

#### 配置安全功能

按如下步骤配置 Safety Integrated Functions STO, SS1 和 SBC：

1. 调用“STO/SS1/SBC”。

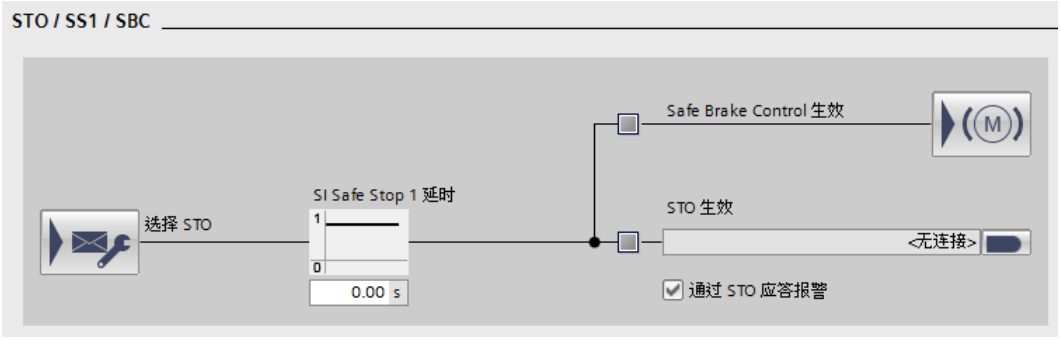



图 7-5 Safety Integrated Basic Functions STO、SS1 和 SBC

2. 点击按钮 （“选择 STO”），配置 STO 功能。
出现“控制”窗口。窗口的显示取决于 Safety Integrated Basic Functions 的基本设置。
3. 在此窗口中配置通过安全输入/输出的控制和或通过 PROFIsafe 的控制。

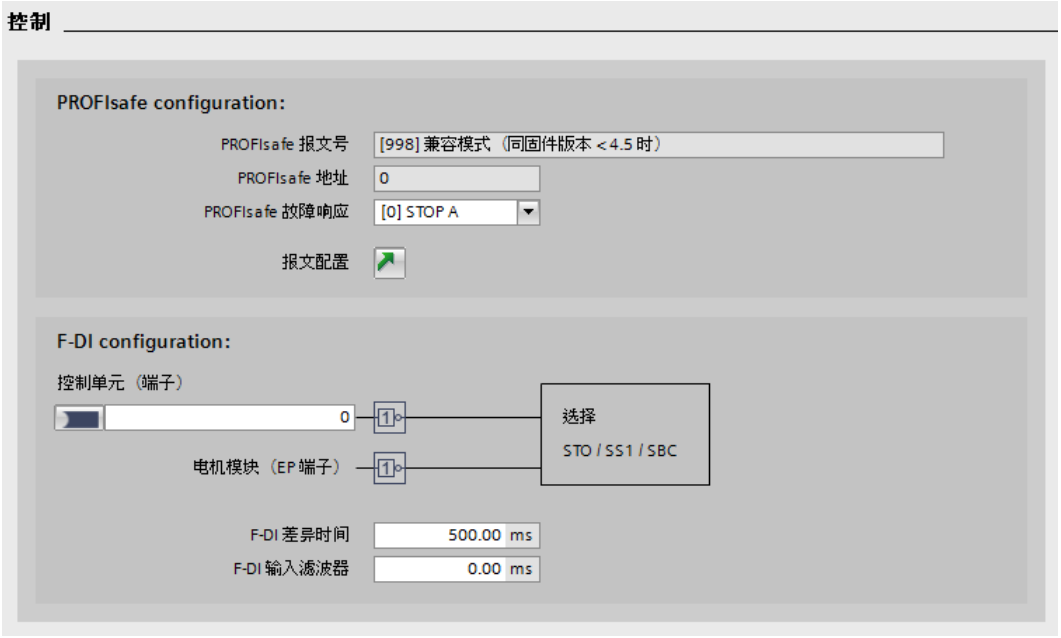



图 7-6 示例：STO 控制

4. 重新调用“STO/SS1/SBC”。

5. 在“安全停止 1 延迟时间”中采集延迟时间，直到 STO 启动，从而来配置 SS1。
6. 然后互联用于“驱动中的 STO 激活”信号的信号源 r9773.1。
7. 点击按钮 （制动控制），配置 SBC 功能。

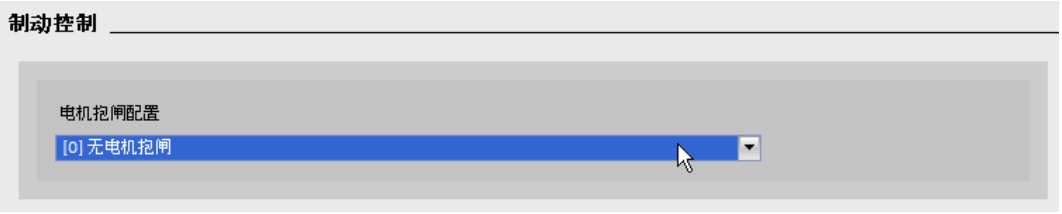



图 7-7　示例：不带电机抱闸的制动控制

8. 点击图标栏中的“保存项目”，保存项目中的更改。
9. 将设置传送到驱动：章节“接收设置至驱动 (页 306)”

**结果**

成功配置 Safety Integrated Basic Functions。

### 7.8.2.2 通过直接访问参数进行调试

按如下步骤，通过端子调试 Basic Functions "STO", "SBC" 和 "SS1"：

表格 7-2 调试 Basic Functions “STO”、“SBC” 和 “SS1”

| 编号 | 参数 | 说明和注释 |
|---|---|---|
| 1 | p0010 = 95 | 设置 **Safety Integrated 调试模式**。<br>• 输出以下报警和故障：<br>– A01698 (SI CU:当前处于调试模式）<br>仅对于首次调试：<br>– F01650 (SI CU:要求进行验收测试）故障值 = 130（电机模块的 Safety Integrated 参数不存在）。<br>– F30650 (SI MM:要求进行验收测试），故障值 = 130（电机模块的 Safety Integrated 参数不存在）。<br>验收测试和验收记录参见第 17 步。<br>• 脉冲被安全删除。<br>• 现有的已经设置的电机抱闸已闭合。<br>• 在该模式中首次更改 Safety Integrated 参数时会输出故障 F01650 或 F30650，故障值 = 2003。<br>该特性适用于 Safety Integrated 调试的整个周期，即在 Safety Integrated 调试模式中无法选择/取消 STO，因为在此期间始终会强制执行安全的脉冲清除。 |
| 2 | p9761 = “值” | **输入 Safety Integrated 密码**。<br>在首次调试 Safety Integrated 时：<br>• Safety Integrated 密码 = 0<br>• p9761 缺省设置 = 0<br>即首次调试时不需设置 Safety Integrated 密码。 |
| 3 | p9601.0 = 1 | **使能 “Safe Torque Off（STO）” 功能**。 |
| 4 | p9602 = 1 | **使能 “Safe Brake Control (SBC)” 功能**。<br>• SBC 无法单独使用，只能和 STO 或 SS1 功能组合使用。 |
| 5 | p9652 > 0 | **使能 “Safe Stop 1 (SS1)” 功能**。<br>• 只有在至少激活了一个 Safety Integrated 监控功能时（即 p9601 ≠ 0），“Safe Stop 1” 功能才生效。 |

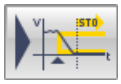
| 编号 | 参数 | 说明和注释 |
| --- | --- | --- |
| 6 | p9620 = “CU 上的快速 DI”<br>端子“EP” | **设置 “Safe Torque Off（STO）” 的端子。**<br>连接电机模块上的端子 “EP（脉冲使能）”<br>● 控制单元监控通道：<br>正确连接单个驱动上的 BI：p9620 后，可以：<br>– 选择/取消 STO<br>– STO 端子分组<br>● 电机模块监控通道：<br>正确连接单个电机模块上的端子“EP”后，可以：<br>– 选择/取消 STO<br>– STO 端子分组<br>**提示：**<br>STO 端子分组必须在两个监控通道中按同样方式进行。 |
| 7 | p9650 = “值” | **设置 F-DI 切换的公差时间。**<br>控制单元上 F-DI 切换的公差时间<br>● 在退出 Safety Integrated 调试模式后才能接收参数更改（即设置 p0010 ≠ 95 时）。<br>● 由于两个监控通道中运行时间不同，F-DI 切换（例如选择或取消 STO）无法同时生效。在 F-DI 切换后的公差时间内不会进行动态数据的交叉比较。 |
| 8 | p9651 = “值” | 用于控制 STO/SBC/SS1 的**故障安全数字量输入的去抖时间** |
| 9 | p9658 = “值” | **设置 STOP F 到 STOP A 的过渡时间。**<br>● STOP F 是交叉数据比较受到影响时，由故障 F01611 或 F30611（SI：在一条监控通道中出现故障）。标准配置下 STOP F “不触发停止响应”。<br>● 超出设置的时间后 STOP A（立即执行 Safety Integrated 脉冲清除）由故障 F01600 或 F30600（SI：STOP A 已触发。<br>p9658 的缺省设置为 0，即标准配置下 STOP F 下会无延迟地过渡到 STOP A。 |
| 10 | p9659 = “值” | **设置执行 Safety Integrated 断路路径强制检查和测试的时间。**<br>● 该时间届满后，报警 A01699（SI CU：要求测试断路路径），要求用户进行断路路径测试（即选择/取消 STO）。<br>● 调试人员可更改执行 Safety Integrated 断路路径强制检查和测试的时间。 |
| 11 | p9762 = “值”<br>p9763 = “值” | **新建 Safety Integrated 密码。**<br>输入新密码。<br>确认新密码。<br>● 新密码在 p9762 中输入并在 p9763 中确认后才生效。<br>● 以后必须在 p9761 中输入新密码，才能修改 Safety Integrated 参数。<br>● 修改 Safety Integrated 密码时无需调整校验和。 |

| 编号 | 参数 | 说明和注释 |
|---|---|---|
| 12 | p9621 = “值”<br>p9622[0...1] = “值” | **设置 Safe Brake Adapter**。<br>• 通过 p9621 设置安全制动适配器的信号源。<br>• 通过 p9622 设置接通和关闭安全制动适配器继电器的等待时间。 |
| 13 | p9700 = 57 hex<br>p9701 = DC hex | **保存并复制 Safety Integrated Functions 参数。**<br>设置了 Safety Integrated Functions 的专用参数后，这些参数必须由控制单元复制到电机/功率模块中并在电机/功率模块中激活：<br>• p9700 SI Motion 复制功能<br>• p9701 SI Motion 确认数据修改 |
| 14 | p0010 = 0 | **退出 Safety Integrated 调试模式**。<br>• 至少一个 Safety Integrated 监控功能 (p9601 ≠ 0) 被激活时，会检查校验和：如果控制单元上的校验和没有正确设置，则输出故障 F01650（SI CU：要求进行验收测试），故障代码 2000，并且无法退出 Safety Integrated 调试模式。如果电机模块上的校验和没有进行正确设置，则输出故障 F01650（SI CU：要求进行验收测试），故障代码 2001，并且无法退出 Safety Integrated 调试模式。<br>• 如果未激活 Safety Integrated 监控功能 (p9601 = 0)，则不进行校验和检查，直接退出 Safety Integrated 调试模式。<br>在退出 Safety Integrated 调试模式时会进行以下操作：<br>• 在首次调试后必须执行上电，系统会通过信息 A01693 显示。 |
| 15 | p0971 = 1<br>p0977 = 1 | 所有驱动参数（整个驱动组或仅单轴）必须手动从 RAM 备份至 ROM。这些数据不会自动存储！ |
| 16 | 上电 | **执行上电**。<br>在调试后必须执行上电（POWER ON）复位。 |
| 17 | - | **执行验收测试并填写验收报告**。<br>在 Safety Integrated 调试完成后调试人员必须对已经激活的 Safety Integrated 监控功能进行验收测试。<br>并将验收测试的结果记录在验收报告中。 |

## 7.8.3 Extended 和 Advanced Functions

下面的 SS1 示例中描述了如何在 Startdrive 中调试 Safety Integrated Extended Functions。此处展示的界面为离线调试时的示例。为完成调试，必须在之后建立 Startdrive 与驱动之间的在线连接。

### 7.8.3.1 SS1（扩展功能）




在窗口“SS1”中进行电机延迟设置。功能“SS1”可对电机进行制动，监测电机减速度是否在定义的限值范围内，延迟时间结束后或低于转速阈值后触发功能“STO”。

#### Safe Stop 1（示例）

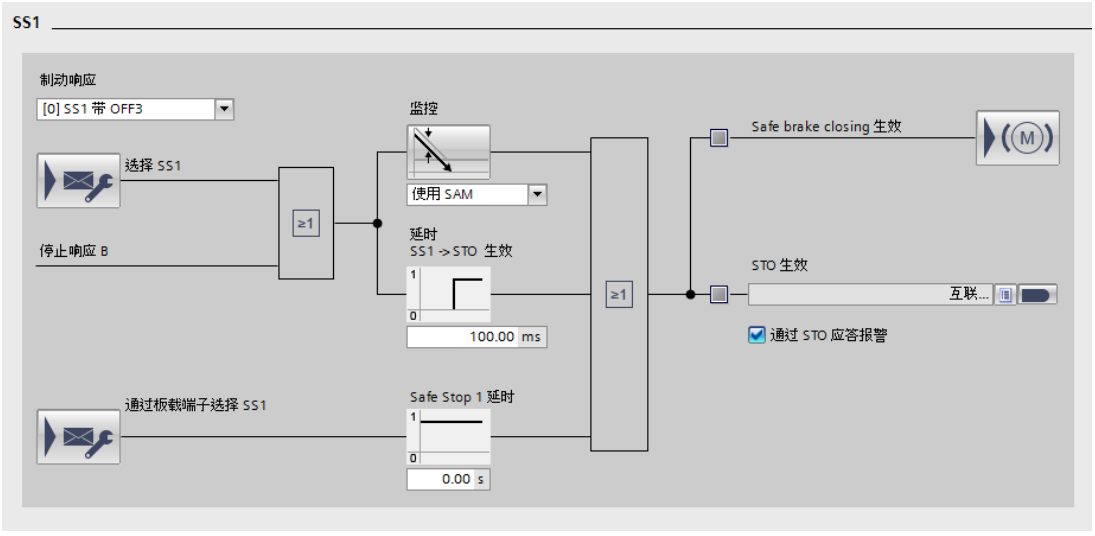



图 7-8 Safe Stop 1（示例）

#### 配置带内部制动响应（OFF3）的电机延迟

1. 在下拉菜单“制动响应”中选择设置“[0]带 OFF3 的 SS1”。
   显示相应的窗口。
2. 在下拉菜单“监控”中选择监控方式：
   - 带 SAM
   - 带 SBR
3. 点击按钮“监控”并在对话框中设置任一种制动监控功能“SAM”或“SBR”。
4. 在输入栏“延迟时间 SS1 -> STO 激活”（p9556）中输入预期的延迟时间。
5. 在输入栏“安全停止 1 延迟时间”（p9652）中输入预期的延迟时间。
6. 互联信号源“驱动中的 STO 生效”（r9773.1）。

7. 如果要获取通过 STO 的报警应答，则勾选相同名称的选项。
8. 点击图标栏中的“保存项目”，保存项目中的更改。

### 配置带外部停止的电机延迟

**⚠ 警告**

**可能有任意轴运动**

使用“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”功能时，延时 (p9652) 期间轴可能会运动。

1. 在下拉菜单“制动响应”中选择设置“[1] SS1 外部停止”。
   显示相应的窗口。
2. 在输入栏“延迟时间 SS1 -> STO 激活”（p9556）中输入预期的延迟时间。
3. 在输入栏“安全停止 1 延迟时间”（p9652）中输入预期的延迟时间。
4. 互联信号汇点“驱动中的 STO 生效”（r9773.1）。
5. 如果要获取通过 STO 的报警应答，则勾选相同名称的选项。
6. 点击图标栏中的“保存项目”，保存项目中的更改。

### 结束参数设置

- 以相同方式设置所有选中的功能。
- 将设置传送到驱动：章节“接收设置至驱动 (页 306)”

## 7.8.4 综合设置

### 7.8.4.1 实际值检测/机械系统参数设置

实际值检测/机械系统只允许设置用于 Extended Functions。

在进行实际值检测时，根据您的配置，只会提供所需的参数：

| | 参数 | 配置时所需的参数：<br>- 编码器系统<br>- 电机型号<br>- 轴类型 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |
| **轴类型**<br>选择轴类型：“线性轴”或“回转轴/主轴”。 | p9502 | x | x | x | x | x | x | x |
| **拓扑结构**<br>选择是使用“单编码器系统”还是“双编码器系统”。 | p9526 | x | x | x | x | x | – | – |
| **Modulo range**- 仅限回转轴/主轴<br>设置回转轴上“安全位置”功能的模数值（单位：度）。在安全回参考点、绝对位置使能后通过 PROFIsafe 传输安全位置时均会考虑该模数值。 | p9505 | x | x | x | – | – | – | – |
| 安全功能按照监控周期中所显示的采样时间执行。 | p9500 | x | x | x | x | x | x | x |
| 实际值检测周期确定了 Safety Integrated 实际值采集的时间。<br>• 检测周期越长，检测速率也就越低，但是对于计算实际值的控制单元造成的负载也相应降低。<br>• 最大检测速率显示在 r9730 中，超过该速率实际值检测可能会出错。<br>执行不带编码器的运动监控功能时的设置标准：<br>• 实际值检测周期必须设置为与电流控制器周期（p0115）相同的值。 | p9511 | x | x | x | x | x | x | x |
| 按钮 “Accept Encoder data” 只供在线使用且可以更新安全参数。<br>根据配置、单编码器或双编码器系统，将基本系统中的编码器参数复制到相应的安全参数中。 | – | x | x | x | x | x | x | x |
| **旋转方向反转**<br>在此设置相应齿轮级是否要配合旋转方向反转。 | p9539[0] | x | x | x | – | – | – | – |
| **线数**<br>该区域显示所使用的编码器的线数。 | p9518 | x | x | x | x | x | – | – |
| **精分辨率**<br>该区域显示所使用的编码器控制字的位的数量。 | p9519 | x | x | x | x | x | – | – |

| | 参数 | 配置时所需的参数：<br>- 编码器系统<br>- 电机型号<br>- 轴类型 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |
| **负载转数与编码器转数之比**<br>此处可以为所使用的编码器设置传动系数。传动系数是编码器转数与传动轴转数（负载转数）之比。<br>• “Number of load revoluations”用于输入负载转数。<br>• “Number of encoder revolutions”用于输入编码器转数。 | p9521<br>p9522 | x | x | x | – | – | x | x |
| **传动系数**<br>设置编码器（或无编码监控功能上的电机）与负载间的传动比的分母和分子。 | p9321<br>p9322 | x | – | – | – | – | – | – |
| 在此对用于电机模块上的安全运动监控的编码器的编码器线数进行参数设置。 | p9318 | x | – | x | – | x | – | – |
| 在此对用于电机模块上的安全运动监控的编码器的编码器精分辨率进行参数设置。 | p9319 | x | – | x | – | x | – | – |
| 实际值同步激活后，例如：在带转差的系统或机器上激活，两个通道检测出的实际值会周期性地求平均值。此时，系统会按交叉校验周期（r9724）来监控当前转差是否超出 p9549 中设置的最大转差。<br>如果未使能“实际值同步”，则在交叉校验中将 p9542 中设置的值作为公差使用。 | p9501.3 | x | – | x | – | x | – | – |
| **实际值公差**<br>在此处设置两个监控通道的实际位置之间交叉检验的公差。 | p9542 | x | – | x | – | x | x | x |
| **速度公差**<br>在此设置用于交叉校验的转速实际值最大公差（仅在实际值同步激活时）。 | p9549 | x | – | x | – | x | – | – |

| | 参数 | 配置时所需的参数：<br>- 编码器系统<br>- 电机型号<br>- 轴类型 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |
| **丝杠螺距**<br>在此设置用于输入编码器和负载（带有旋转编码器的线性轴）之间的传动比（仅在线性轴上可用）。 | p9520 | – | – | – | – | – | x | – |
| **极对数**<br>无编码器的安全实际值检测用于计算驱动的电气转速。极对数指定系数，将该系数与电气转速相乘，得出电机轴上的机械转速。 | p0313 | – | – | – | – | – | x | x |

**表头图例：**

① 双编码器，旋转，回转
② 单编码器，旋转，线性
③ 双编码器，旋转，线性
④ 单编码器，线性，线性
⑤ 双编码器，线性，线性
⑥ 无编码器，线性
⑦ 无编码器，回转

### 7.8.4.2 配置安全功能的控制方式

❒ “驱动轴 > 参数 > Safety Integrated > 控制”

**控制**

在“控制”窗口中进行 SINAMICS S120 的设置，用于安全输入和输出或通过 PROFIsafe 的控制。

在该窗口中，Startdrive 只显示在所选控制方式下必须注意的参数。

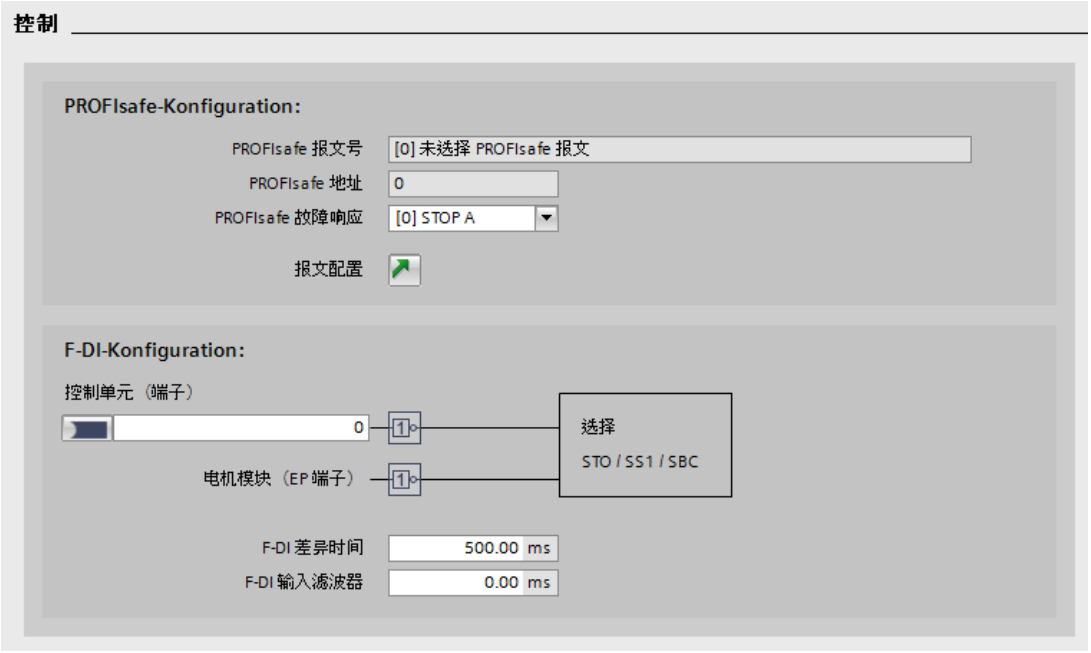



图 7-9　示例：通过 PROFIsafe 和 F-DI 进行控制

## F-DI 配置

该功能项设置用于监控一个 F-DI 的两个端子的信号状态是否达到相同逻辑值的时间。

此时，您可以通过参数来调整机械开关动作产生的延时。如 p9650 可以设置时间，即在该时间段内两个监控通道内的安全功能可视为同时选中或同时撤销。

出现内部故障或超出限值时驱动内部的安全功能会输出安全故障。

1. 互联控制单元上 STO、SS1 或 SBC 的信号源 p9620。
   只允许将固定零点和数字量输入 DI 0...7、16、17、20、21 作为信号源。
2. 在“公差时间”（p9650）中输入公差时间。
3. 在“F-DI 输入滤波器”（p9651）中输入输入滤波器（去抖时间）的时间。
   去抖时间被取为整数倍的毫秒值后传送到系统。该去抖时间适用于强制动态检查的 F-DI 和回读输入。去抖时间指允许 F-DI 上的干扰脉冲存在的最长时间，超过该时间后干扰脉冲便被视为开关脉冲。

## PROFIsafe 配置

通过 PROFIsafe 的安全功能控制需要输入 PROFIsafe 地址。

1. 点击图标 “报文配置”
   PROFINET 接口的特性显示在检视窗口中。“循环数据传输”设置区域激活。可在此确定驱动对象的报文。
2. 点击“驱动轴_x”的报文配置中的条目<添加报文>。

3. 在该条目的下拉菜单中选择选件“添加安全报文”。
   Startdrive 会添加“安全实际值”和“安全设定值”行。相应的 PROFIsafe 报文已预分配。
4. 在检视窗口中打开新窗口“安全设定值”（用于驱动轴_x）。
5. 在“F 地址”中修正驱动的 PROFIsafe 地址。
6. 再次回到功能视图下的“控制”窗口。
   在“PROFIsafe 地址”（p9610）中显示 F 地址值。在下拉列表“PROFIsafe 报文编号”中显示预分配的 PROFIsafe 报文。
7. 点击“接收值”，将报文从预分配中接收至安全编程中。
8. 在下拉列表“PROFIsafe 故障响应”（p9612）中选择 PROFIsafe 通讯故障时所需的停止响应。

**说明**

**明确的 PROFIsafe 地址**

您必须确保 PROFIsafe 地址在整个 CPU 和整个网络内是唯一的。

- PROFIsafe 地址类型 1 上的 F-I/O 通过其唯一的“安全目标地址”确定。
- F 外围设备（此处为驱动设备）的 F 目标地址在网络和 CPU（系统）中必须明确用于全部 F 外围设备。此时也需要注意 PROFIsafe 地址类型 2 的 F 外围设备，例如：ET 200SP 类型的模块。
- 也要注意“SIMATIC 安全 - 配置和编程”章节的 TIA Portal 在线帮助中相应的文档。(SDR001)

**自动生效 - 配置**

SDI 和 SLS 功能除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在此情况下，SDI 功能在变频器上电后永久激活（带编码器）或在接通后激活（无编码器），参见 SDI (Extended Functions) (页 69)。自动生效的 SLS 功能没有延时，在变频器上电后永久激活（带编码器）或在接通后激活（无编码器），参见 SLS (Extended Functions) (页 60)。

1. 在各个下拉列表中选择，是否要一直选择 SLS 或 SDI。

### 7.8.4.3 强制潜在故障检查（Test stop）

❒ “驱动轴 > 参数 > Safety Integrated > 强制潜在故障检查”

**“Teststop”窗口**

在“Test stop”窗口中设置强制潜在故障检查（Test stop）的参数。

为了满足标准 DIN EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 中关于及时检测故障的要求，变频器必须定期检查安全功能回路能否正常工作，至少一年一次。变频器会定期测试其内部的电机转速监控回路，通过安全封锁脉冲来安全切断提供给电机的能量，使电机中止转矩输出。

## Basic Functions 上的强制潜在故障检查

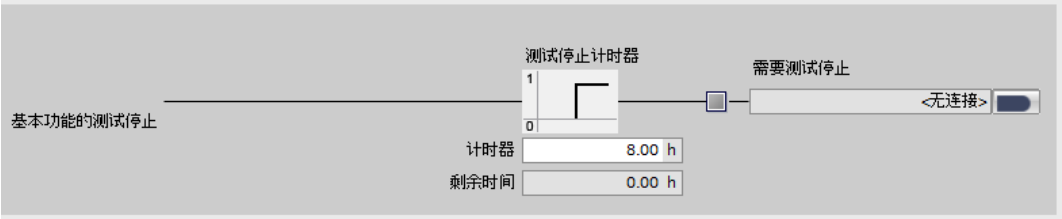



图 7-10　示例：Basic Functions

按如下步骤进行 Basic Functions 上的强制潜在故障检查（Teststop）参数设置：

1. 在“计时器”（p9659）中输入执行强制检查和安全回路断路测试的时间间隔。
   在设置的时间内至少要选择然后撤销 STO 功能一次。每次取消 STO 时，监控时间清零。
2. 将“需要强制潜在故障检查”信号汇点（r9773.31）和某个数字量输出或现场总线状态字中的某个位互联。

**说明**

**Basic Functions 定时器清零**

如果在同时使用 Extended/Advanced Functions 完成了相应的强制检查，Basic Functions 强制潜在故障检查 (Teststop) 的定时器也一同清零。

选中了 Extended/Advanced Functions 中的 STO 时，驱动器不会检查用于控制 Basic Functions 的端子和控制扩展功能的端子是否不同。也就是说，在执行 Basic Functions 的强制潜在故障检查 (Teststop) 时，不能同时选中 Extended/Advanced Functions 中的 STO 或 SS1。否则可能无法检查端子是否正确控制了对应的 SI 功能。

## Extended/Advanced Functions 上的 Test stop

**说明**

如果在 Extended/Advanced Functions 上勾选了“通过板载端子的基本功能”，则必须执行 Basic Functions 和 Extended/Advanced Functions 的强制潜在故障检查设置。

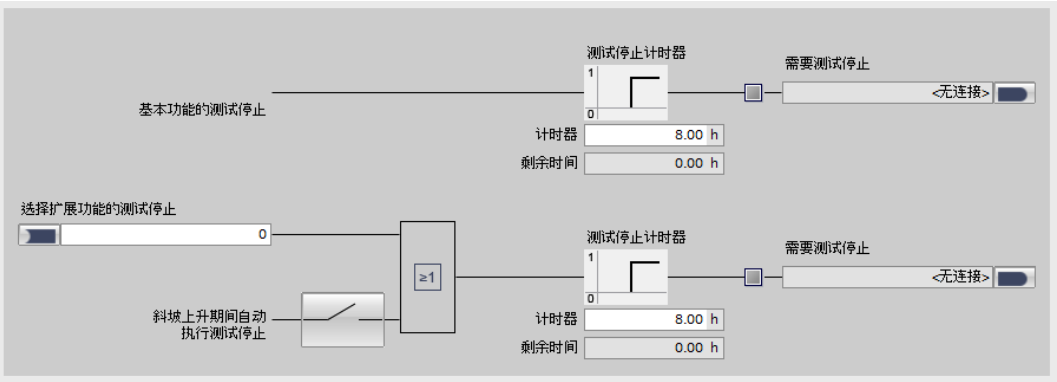



图 7-11　示例：Extended 和 Advanced Functions

按如下步骤进行 Extended Functions 上的强制潜在故障检查（Teststop）参数设置：

1. 如果要在启动时执行强制潜在故障检查，则需要在“启动时自动执行强制潜在故障检查”上建立连接。按钮上的线条必须清晰。
   - 或者 -
   如果启动时不想自动执行强制潜在故障检查，则选择信号（p9705），该信号能触发强制潜在故障检查。确保“启动时自动执行强制潜在故障检查”上的连接已断开。
2. 在“计时器”（p9559）中输入执行强制检查和安全回路断路测试的时间间隔。
   在设置的时间内至少要选择然后撤销 STO 功能一次。每次取消 STO 时，监控时间清零。
3. 将“需要强制潜在故障检查”信号汇点（r9723.0）和某个数字量输出或现场总线状态字中的某个位互联。

### 状态显示

以下元素能显示强制潜在故障检查的当前状态：

- 剩余时间：
  显示强制潜在故障检查和安全断路路径测试到期的剩余时间（Basic Functions 上为 r9660，Extended Functions 上为 r9765）。
- 需要进行强制潜在故障检查：
  显示驱动上必须进行强制潜在故障检查（Teststop）。将 r9773.31 或 r9723.0 和某个数字量输出或现场总线状态字中的某个位互联在一起，以便将报警 A01699 传送给上级控制器处理（Basic Functions 上为 r9773.31，Extended/Advanced Functions 上为 r9723.0）。

## 7.8.4.4　Safety Integrated 设置的功能状态

❒ “驱动轴 > 参数 > Safety Integrated > 功能状态”

## “功能状态”窗口

“功能状态”窗口左侧显示了所有 Safety Integrated 功能列表。

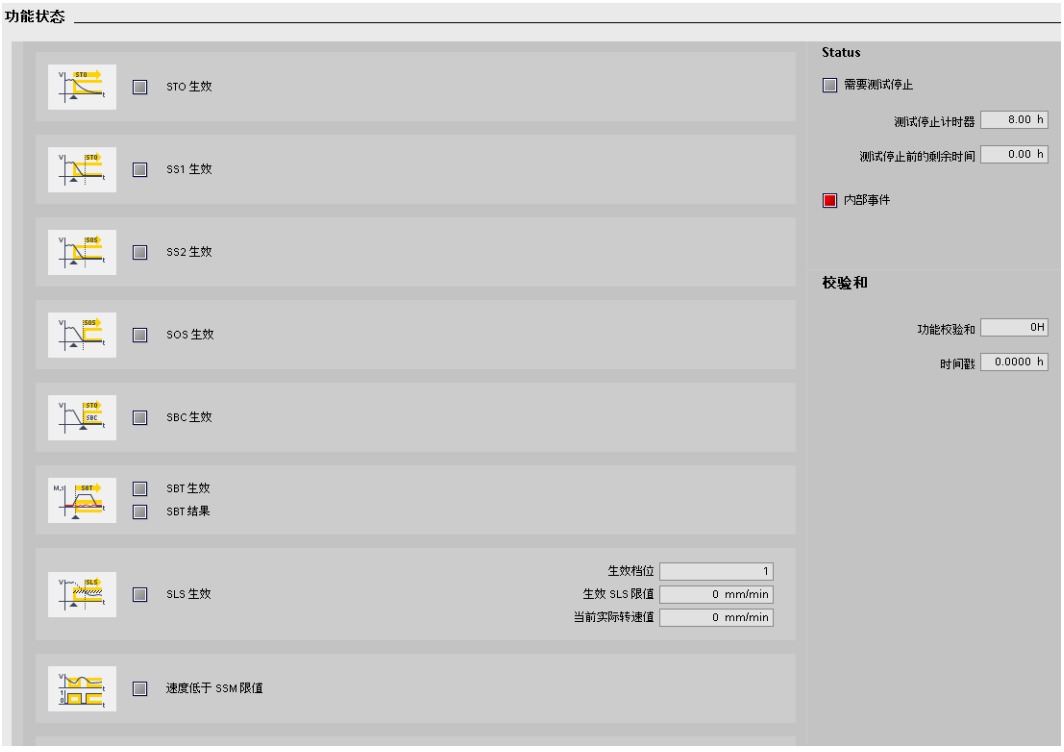



图 7-12　示例：显示 Safety Integrated 功能状态

## 显示

所有在 Startdrive 中激活的 Safety Integrated 功能都会通过绿色 LED 清晰地标出。

此外，所选 Safety Integrated 功能的重要信息也会部分显示。

窗口右侧显示状态信息：

- 需要进行强制潜在故障检查
  显示需要进行强制潜在故障检查（Teststop）。
  - “Timer Teststop”（p9659）：强制检查和安全断路路径测试的时间间隔。在设置的时间内至少要选择然后撤销 STO 功能一次。每次取消 STO 时，监控时间清零。
  - “剩余时间”（Basic Functions 上为 r9660，Extended Functions 上为 r9765）显示强制潜在故障检查和安全断路路径测试到期的剩余时间。
- 内部事件
  在出现首个安全信息时置位。
- 通讯故障
  通讯（PROFIsafe）故障。

# 7.9 调试 CU310-2

## 7.9.1 调试基本步骤

满足以下条件时才能配置 CU310-2 上的 Safety Integrated 功能：

- 完成了所有驱动器的首次调试
- 将传感器接到 F-DI 上并将执行器接到 F-DO 上（若使用）

**配置步骤**

1. 配置 CU310-2 的安全功能
2. 配置输入（若使用）
3. 配置输出（若使用）
4. 将参数复制到第 2 个驱动对象
5. 修改安全功能的密码
6. 点击“Activate settings”传送配置
7. 在 Startdrive 中保存整个项目
8. 在驱动器中通过“Copy RAM to ROM”保存项目
9. 执行上电
10. 验收测试

**说明**

**调试 CU310-2**

- CU310-2 尚未在 Startdrive 中提供。
- 关于使用 STARTER 进行调试的说明请参见本手册的老版本。

## 7.9.2 CU310-2 的强制潜在故障检查 (Teststop)

### 检查 F-DI/F-DO

必须定期检查 F-DI/F-DO 的故障安全性（如通过测试停机或强制潜在故障检查）。为此 CU310-2 包含了一个功能块，该功能块通过一个 BICO 信号源选中时便会触发 F-DO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。在每次成功完成检查后都会启动一个定时器，确保下一次强制潜在故障检查 (Teststop) 在规定间隔内完成。设置的检查间隔 (p10003) 期满后每次控制单元启动时，系统都会输出信息 A01774 提示用户执行强制潜在故障检查 (Teststop)。

- F-DO 有 3 种强制潜在故障检查模式可选（见下文）。

**说明**

**检查 CU310-2 上的传感器**

与 TM54F 不同，在执行强制潜在故障检查（Teststop）时并不会与连接在 CU310-2 F-DI 上的传感器进行检查。F-DI 上的传感器的检查必须由用户循环执行。为此，只需操作相应的传感器和检查相应的功能选项。

### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

按如下步骤进行参数设置：

1. 从您应用中使用的电路推导出合适的强制潜在故障检查模式（参见下文的示意图）。
2. 通过 p10047 设置所需的强制潜在故障检查模式。
3. 通过 p10046 确定是否检查 F-DO 0。
4. 通过 p10001 确定在多长时间内必须在对应的 F-DI 上或 DIAG 输入上检测到 F-DO 的信号。
5. 通过 p10003 设置强制潜在故障检查 (Teststop) 的时间间隔。在该间隔期满后系统会输出信息 A01774 提示您进行 FDI/FDO 的强制潜在故障检查 (Teststop)。
6. 通过 p10007 确定触发强制潜在故障检查的信号源。例如：该信号可以是一个控制信号或通过 BICO 互联的开关。

在执行强制潜在故障检查期间，系统会输出信息 A01772（正在进行 F-DO 的强制潜在故障检查）。在强制潜在故障检查结束后，信息 A01772 和 A01774 消失。如果在强制潜在故障

检查 (Teststop) 期间检测出故障，系统会报告故障 F01773。从该故障信息中指出的故障值您可以看出在选中的强制潜在故障检查模式的哪个步骤中出现了错误。

**⚠ 警告**

**不当使用 F-DO 的反馈 DI 而引起的意外运行可导致生命危险**

如果在进行 Teststop/强制潜在故障检查时，F-DO 的 DI 不只用于反馈信息，还用于其他用途，那么故障检查序列可能会引起意外的驱动运行。

- 在进行强制潜在故障检查 (Teststop) 时，F-DO 的 DI 只可用于反馈信息，不允许用于其他用途。

### 强制潜在故障检查（Teststop）：持续时间

持续时间的计算公式为：

$$T_{Teststop} = 8 \times p9500\ 6 \times p10001 +$$

F-DO 的检查时间　生效 F-DI 的计算时间

#### 7.9.2.1 检查模式 1： 内部诊断信号检测（被动负载）

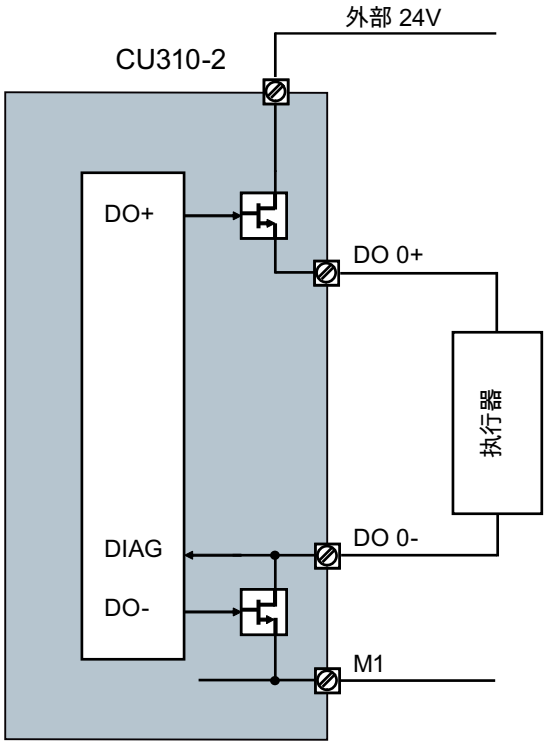



图 7-13 F-DO 回路“强制检查模式 1：内部诊断信号检测（被动负载）”

| DO+ | DO- | DIAG 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 低 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 低 |
| ON | OFF | 高 |
| OFF | OFF | 低 |

检查模式 1 的检查步骤

### 7.9.2.2 检查模式 2： F-DO 在 DI 中回读（继电器回路）

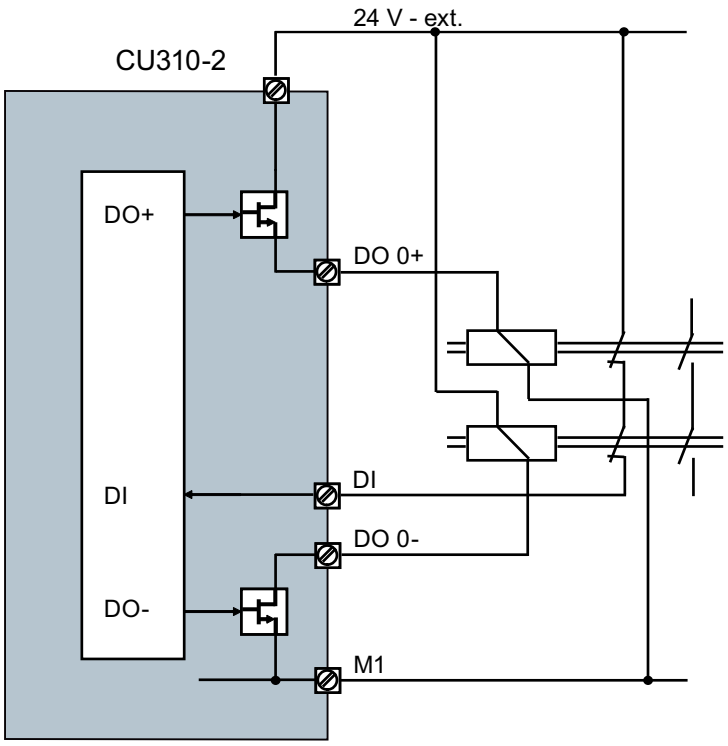



图 7-14 F-DO 回路的“检查模式 2：F-DO 在 DI 中回读（继电器回路）”

| DO+ | DO- | DI 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 高 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 低 |
| ON | OFF | 低 |
| OFF | OFF | 高 |

检查模式 2 的检查步骤

### 7.9.2.3 检查模式 3： F-DO 在 DI 中回读（执行器反馈）

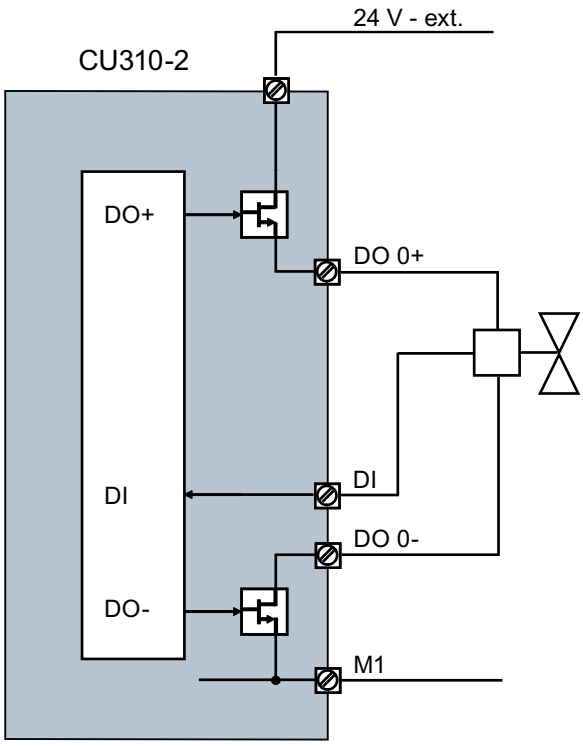



图 7-15 F-DO 回路“强制检查模式 3：在 DI 中回读 F-DO（执行器反馈）”

| DO+ | DO- | DI 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 高 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 高 |
| ON | OFF | 高 |
| OFF | OFF | 高 |

检查模式 3 的检查步骤

#### 7.9.2.4 测试停机模式的参数

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- p9500 SI Motion 监控周期（控制单元），针对 Extended/Advanced Functions
- p10001 SI Motion DO 上进行强制潜在故障检查的等待时间
- p10003 SI Motion 强制潜在故障检查定时器
- p10007 BI：SI Motion F-DO 强制潜在故障检查的信号源
- p10017 SI Motion 数字量输入的去抖时间（处理器 1）
- p10046 SI Motion F-DO 反馈输入激活
- p10047 SI Motion F-DO 强制潜在故障检查模式（处理器 1）

# 7.10 调试 TM54F

## 7.10.1 调试基本步骤

满足以下条件时才能配置 TM54F：

- 所有驱动的首次调试都已结束。
- 完成了需要使用的 TM54F 的 F-DI 和 F-DO 的接线工作。

**配置步骤**

1. 插入 TM54F
2. 配置 TM54F 和构建驱动组
3. 配置驱动组的安全功能
4. 配置输入和输出
5. 将参数复制到第 2 个驱动对象 (TM54F_SL)
6. 修改安全密码
7. 点击“Activate settings”传送配置
8. 在 Startdrive 中保存整个项目
9. 在驱动器中通过“Copy RAM to ROM”保存项目
10. 执行上电
11. 验收测试

---

**说明**

**调试 TM54F**

- TM54F 尚未在 Startdrive 中提供。
- 关于使用 STARTER 进行调试的说明请参见本手册的老版本。

---

## 7.10.2 TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop)

### 检查故障安全输入和输出端

必须定期检查 F-DI/F-DO 的故障安全性（如通过测试停机或强制潜在故障检查）。为此，TM54F 包含了一个功能块，该功能块在以下情况中会执行强制潜在故障检查 (Teststop)：

- 通过一个 BICO 信号源选中
- 注入电源电压（上电）后自动执行。

在每次成功完成强制潜在故障检查 (Teststop) 后都会启动一个定时器（p10003），确保下一次检查在规定间隔内完成。在该间隔期满后、每次控制单元上电时系统都会发出报警信息 A35014“必须进行 TM54F 强制潜在故障检查”提示用户完成检查。

可以选择 F-DI 用于进行强制潜在故障检查 (Teststop)。F-DO 有 3 种强制潜在故障检查模式可选（见下文）。

我们假设在当前正在运行的设备上已经通过配备相应的安全装置（如防护门）确保了人身安全，因此用户只会看到强制潜在故障检查 (Teststop) 即将到期的报警并被要求及时执行检查。

强制潜在故障检查 (Teststop) 的执行示例：

- 设备上电后驱动处于静止状态时
- 打开防护门前
- 以规定间隔时间进行检查（比如 8 小时间隔）
- 在自动运行中，根据时间和事件
- 注入电源电压（上电）后自动执行。

### 执行强制潜在故障检查 (Teststop)

按如下步骤进行参数设置：

1. 从您应用中使用的电路推导出合适的强制潜在故障检查模式（参见下文的示意图）。
2. 通过 p10047 设置所需的强制潜在故障检查模式。
3. 通过 p10046 确定需要进行检查的 F-DO(F-DO 0~F-DO 3)，注意：
   在进行强制潜在故障检查 (Teststop) 期间其他 F-DO 关闭。
4. 通过 p10041 确定需要进行检查的 F-DI。
   在此不能选择不是由 L1+和 L2+供电的端子。
   只有当连接在 F-DI 上的传感器是由 L1+ 或 L2+ 供电时才可对其进行检查。如果 F-DO 连接的是预处理设备，则无需使用该输入端的强制潜在故障检查 (Teststop) 功能。
5. 通过 p10001 确定在多长时间内必须在 DI 20 ... DI 23 或 DIAG 输入上检测到 DO 的信号。请根据外部 F-DO 回路的最长响应时间来确定该时间。

6. 通过 p10003 设置强制潜在故障检查 (Teststop) 的时间间隔。在该间隔期满后系统会输出信息 A35014 提示您进行 TM54F 的强制潜在故障检查 (Teststop)。
7. 通过 p10007 确定触发强制潜在故障检查的信号源。例如：该信号可以是一个控制信号或通过 BICO 互联的开关。
   为此，也可在每次注入电源电压（上电）后自动执行强制潜在故障检查 (p9507.6 = 1)。

在执行强制潜在故障检查期间，系统会输出信息 A35012（TM54F：强制潜在故障检查生效）。F-DI 的状态在强制潜在故障检查 (Teststop) 期间被冻结。在强制潜在故障检查结束后，信息 A35014 和 A35012 消失。如果在强制潜在故障检查期间检测出故障，系统会报告故障 F35013。从该故障信息中指出的故障值您可以看出在选中的强制潜在故障检查模式的哪个步骤中出现了错误。

⚠ 小心

**反馈信息 F-DO 只可用于强制潜在故障检查 (Teststop)**

否则强制潜在故障检查序列可能会引起意外的驱动响应。在进行强制潜在故障检查 (Teststop) 时，F-DO 的 DI 只可用于反馈信息，不允许用于其他用途。

- 请注意，在进行强制潜在故障检查 (Teststop) 时，用于反馈信息的 F-DO 不允许用于其他用途。

不通过 p10046 输出反馈的 F-DO 在整个强制潜在故障检查期间一直保持为 0（该值是故障安全值）。

**强制潜在故障检查（Teststop）：持续时间**

强制潜在故障检查的最长时间：$T_{Teststop} = T_{F-DI} + T_{F-DO}$

- F-DI 的检查时间：$T_{FDIs} = 3 \times r10015 + 3 \times X$ ms
  （X = 20 ms 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 X）
- F-DO 的检查时间：$T_{FDOs} = 8 \times r10015 + 6 \times Y$ ms
  （Y = p10001 或 r10015 或 p10017，3 个值中的最大时间值确定了等待时间 Y）

TM54F 的安全功能通过 r10015 中显示的采样时间执行。该采样时间对应 p10000[0..5] 中输入的最小通讯采样时间。

### 7.10.2.1 执行强制潜在故障检查

**执行强制潜在故障检查**

设置强制潜在故障检查的步骤为：

1. 从您应用中使用的电路推导出合适的强制潜在故障检查模式（参见下文的示意图）。
2. 通过 p10047 设置所需的强制潜在故障检查模式。

3. 通过 p10046 确定是否检查 F-DO 0。
4. 通过参数 p10017 设置 F-DI 的去抖时间。
5. 通过 p10001 确定在多长时间内必须在对应的 F-DI 上或 DIAG 输入上检测到 F-DO 的信号。
6. 通过 p10003 设置强制潜在故障检查的时间间隔。在该间隔期满后系统会输出信息 A01774 提示您执行 F-DI/DO 的测试停机。
7. 通过 p10007 确定触发强制潜在故障检查的信号源。例如：该信号可以是一个控制信号或通过 BICO 互联的开关。

在执行强制潜在故障检查期间，系统会输出信息 A01772 （正在进行 F-DI/DO 的强制潜在故障检查）。在强制潜在故障检查结束后，信息 A01772 和 A01774 消失。如果在强制潜在故障检查期间检测出故障，系统会报告故障 F01773。从该故障信息中指出的故障值您可以看出在选中的强制潜在故障检查模式的哪个步骤中出现了错误。

### 强制潜在故障检查的持续时间

强制潜在故障检查持续时间的计算公式为：

$$T_{Teststop} = 3 \cdot p10000 + 2 \cdot (3\ ms + p10017) + 8 \cdot p10000 + 6 \cdot (p10001 + p10017)$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-DI 的检查时间 | 失效 F-DI 的计算时间 | F-DO 的检查时间 | 生效 F-DI 的计算时间 |

### 7.10.2.2 检查模式 1： 内部诊断信号检测（被动负载）

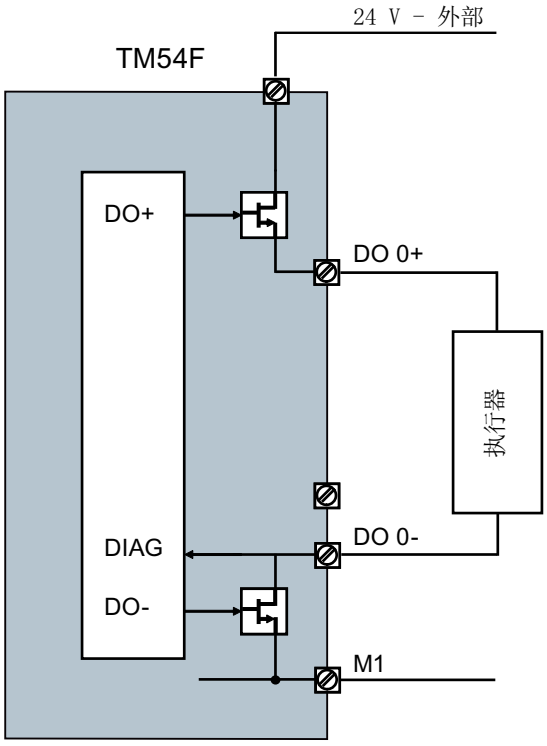



图 7-16 F-DO 回路“强制检查模式 1：内部诊断信号检测（被动负载）”

| L1+ | L2+ | 注释 |
|---|---|---|
| OFF | ON | 检查 F-DI 0 ... 4 是否为 0 V |
| OFF | OFF | 检查 F-DI 5 ... 9 是否为 0 V |

| DO+ | DO- | DIAG 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 低 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 低 |
| ON | OFF | 高 |
| OFF | OFF | 低 |

检查模式 1 的检查步骤

### 7.10.2.3 检查模式 2： F-DO 在 DI 中回读（继电器回路）

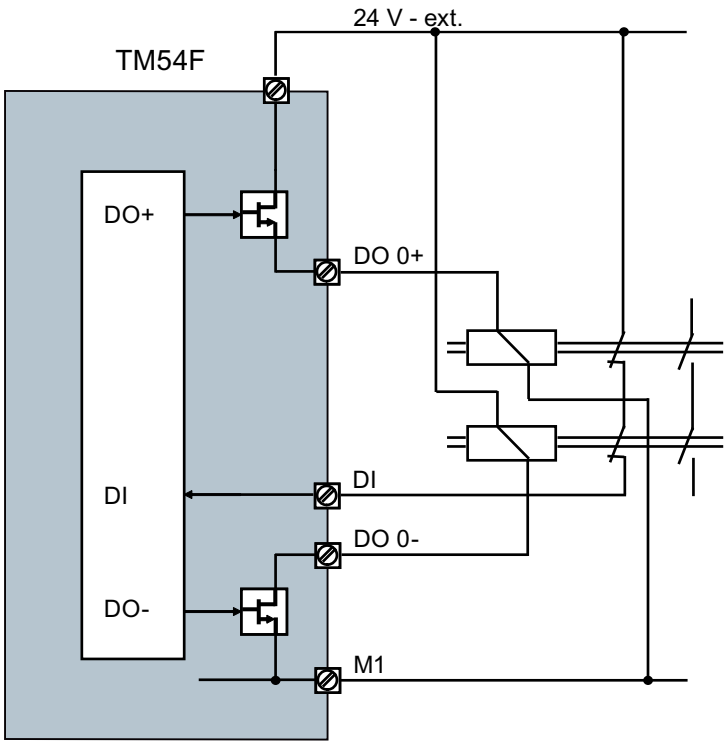



图 7-17 F-DO 回路的“检查模式 2：F-DO 在 DI 中回读（继电器回路）”

| L1+ | L2+ | 注释 |
|---|---|---|
| OFF | ON | 检查 F-DI 0 ... 4 是否为 0 V |
| ON | ON | 检查 F-DI 5 ... 9 是否为 0 V |

| DO+ | DO- | DI 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 高 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 低 |
| ON | OFF | 低 |
| OFF | OFF | 高 |

检查模式 2 的检查步骤

### 7.10.2.4 检查模式 3： F-DO 在 DI 中回读（执行器反馈）

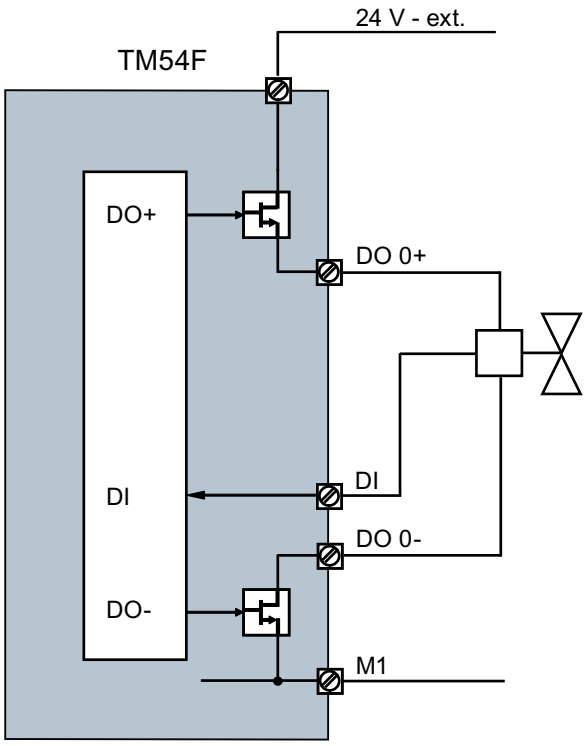



图 7-18 F-DO 回路“强制检查模式 3：在 DI 中回读 F-DO（执行器反馈）”

| L1+ | L2+ | 注释 |
|---|---|---|
| OFF | ON | 检查 F-DI 0 ... 4 是否为 0 V |
| ON | ON | 检查 F-DI 5 ... 9 是否为 0 V |

| DO+ | DO- | DI 信号的目标电平 |
|---|---|---|
| OFF | OFF | 高 |
| ON | ON | 低 |
| OFF | ON | 高 |
| ON | OFF | 高 |
| OFF | OFF | 高 |

检查模式 3 的检查步骤

### 7.10.2.5 强制潜在故障检查模式：功能图和参数

**功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- 2892 SI TM54F - 配置，F-DI/F-DO 测试

**重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）**

- r10015 SI TM54F 采样时间
- p10001 SI TM54F DO 0 ... DO 3 上进行强制潜在故障检查的等待时间
- p10003 SI TM54F 强制潜在故障检查定时器
- p10007 BI：SI TM54F F-DI/F-DO 强制潜在故障检查的信号源
- p10017 SI TM54F 数字量输入的去抖时间
- p10046 F TM54F F-DO 反馈输入激活
- p10047[0...3] SI TM54F F-DO 强制潜在故障检查模式

# 7.11 PROFIsafe 通讯

### PROFIsafe 通讯的使用前提

故障安全通讯（F 通讯）的配置、组态和运行对硬件和软件有以下最低要求：

| | |
|---|---|
| 软件： | |
| | • SIMATIC Manager STEP 7 V5.5 SP1 或更高版本<br>• S7 F Configuration Pack V5.5 SP5[1]或更高版本<br>• S7 Distributed Safety Programming V5.4 SP5[1]或更高版本<br>• Startdrive V15 SP1<br>• Drive ES Basic V5.4 SP4[1]或更高版本 [2]<br>• 正确的软件安装方式 |
| 硬件： | |
| | • 配备有安全功能的控制器（本例中为 SIMATIC F-CPU 317F-2）<br>• SINAMICS S120（本例中为 CU320-2）<br>• 正确的设备安装方式 |

[1] 针对使用 SIMATIC F-CPU 的情况

[2] 除 Drive ES Basic 之外您还可借助 GSD 文件调试通讯。

**说明**

**必要的软件组件或硬件组件**

如果缺少上述一个软件或硬件，或者有一个软件或硬件比上文列出的版本旧，便无法再配置 PROFIBUS 或 PROFINET 的 PROFIsafe 通讯。

## 7.11.1 通过 PROFIBUS 的 PROFIsafe

**说明**

**Startdrive**

请注意，该功能尚不可在 Startdrive 中使用。

如要使用 STARTER 调试此功能，请参阅本手册的旧版本。

## 7.11.2 PROFINET 的 PROFIsafe 通讯

有关在配备了 SIMATIC S7-1500F 的 SINAMICS S120 上，如何通过 PROFIsafe 报文控制 Safety Integrated Functions 的示例，请点击此处 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109749224/en)。

## 7.11.3 通过 Startdrive 配置 PROFIsafe

### 通过专家参数表激活 PROFIsafe

为了通过 PROFIsafe 激活 Safety Integrated Functions，必须在参数视图中设置 p9601.3 = 1。位 0 可以设为 “1” 或 “0”，取决于您是否希望采用 “端子+ PROFIsafe”的组合控制方式。通过 p9601.2 的赋值来选择是使用 Safety Integrated Basic Functions（= 0）还是 Extended/Advanced Functions（= 1）。

**说明**

除了配置 PROFIsafe 控制外，通常还需进行参数修改，这取决于所使用的安全功能。相关说明参见章节 “Safety Integrated 功能说明 (页 79)”。

### 保存并复制 Safety Integrated 参数

- 设置了 Safety Integrated Functions 的专用参数（例如 PROFIsafe 地址）后，这些参数必须由控制单元复制到电机/功率模块中：接收设置至驱动 (页 306)
- 或者也可通过参数视图执行该过程：
  - p9700 SI Motion 复制功能
  - p9701 SI Motion 确认数据修改

### 验收测试

在配置调试结束后必须执行验收测试，参见“验收测试 (页 347)”一章。

**说明**

**修改安全程序的全局签名**

在 HW-Config 中修改了 SINAMICS 驱动器的 F 参数后，SIMATIC F-CPU 中安全程序的全局签名也会一同改变，通过全局签名可以判断 F-CPU 中与安全相关的设置（SINAMICS 从站的 F 参数）是否改变。但此全局签名不包括与安全相关的驱动参数，因此无法监控驱动参数的变化。

#### 7.11.3.1 选择 PROFIsafe 报文

进行如下操作来确定所需 PROFIsafe 报文：

1. 在参数 p60022 中选择要使用的报文。
2. 在参数 p9611 中选择同一报文编号。

**说明**

**兼容模式**

p60022 = 0 的情形下设置 p9611 = 998 时（例如：将一个安全项目升级到固件 V4.5），同样会设置 PROFIsafe 报文，同 p60022 = 30 且 p9611 = 30 一样。

### PROFIsafe 配置

通过 PROFIsafe 的安全功能控制需要输入 PROFIsafe 地址。

**说明**

在 Startdrive 中，通讯参数只能在设置对话框中进行更改。

1. 点击图标 “报文配置”
   PROFINET 接口的特性显示在检视窗口中。“循环数据传输”设置区域激活。可在此确定驱动对象的报文。
2. 点击“驱动轴_x”的报文配置中的条目<添加报文>。
3. 在该条目的下拉菜单中选择选件“添加安全报文”。
   Startdrive 会添加“安全实际值”和“安全设定值”行。相应的 PROFIsafe 报文已预分配。
4. 在检视窗口中打开新窗口“安全设定值”（用于驱动轴_x）。
5. 在“F 地址”中修正驱动的 PROFIsafe 地址。
6. 再次回到功能视图下的“控制”窗口。
   在“PROFIsafe 地址”（p9610）中显示 F 地址值。在下拉列表“PROFIsafe 报文编号”中显示预分配的 PROFIsafe 报文。

7. 点击“接收值”，将报文从预分配中接收至安全编程中。
8. 在下拉列表“PROFIsafe 故障响应”（p9612）中选择 PROFIsafe 通讯故障时所需的停止响应。

**说明**

**明确的 PROFIsafe 地址**

您必须确保 PROFIsafe 地址在整个 CPU 和整个网络内是唯一的。

- PROFIsafe 地址类型 1 上的 F-I/O 通过其唯一的“安全目标地址”确定。
- F 外围设备（此处为驱动设备）的 F 目标地址在网络和 CPU（系统）中必须明确用于全部 F 外围设备。此时也需要注意 PROFIsafe 地址类型 2 的 F 外围设备，例如：ET 200SP 类型的模块。
- 也要注意“SIMATIC 安全 - 配置和编程”章节的 TIA Portal 在线帮助中相应的文档。(SDR001)

## 7.12 模块化的设备方案 Safety Integrated

Safety Integrated 基本功能、扩展功能和高级功能采用模块化的设备方案，以方便具有模块化结构的设备的调试。在这种方案中，设备及其所有可用选件首先都整合在一个拓扑结构中，但只有实际装入设备的选件才会激活。另外某些部件也可以事先禁用，以后可根据需要再激活。

模块化设备方案的应用场合可分为以下几种：

- 结束批量调试后首次激活配备了安全功能的组件后需要确认硬件更换，参见“组件更换提示 (页 407)”一章。
- 结束所有驱动器（含 Safety Integrated 扩展功能/高级功能）的调试后需要通过 p0105 禁止驱动器，但无需更换硬件。
  被禁止的驱动器只有通过热启动或重新上电才能激活。

| 注意 |
| --- |
| **不允许通过 p0895 禁止**<br>在 Safety Integrated 功能使能后，不能通过 p0895 来禁止驱动对象或功率单元。 |

- 可通过 p0105 禁止驱动对象 TM54F。只有之前已经通过 p0105 逐个禁止了 p10010 中设定的驱动器时，才可以禁止 TM54F 本身。
- 备件更换，此时驱动器通过 p0105 被禁止，以换入硬件。被禁止的驱动器在热启动或重新上电后确认硬件更换后再次激活（参见章节“组件更换提示 (页 407)”）。
- 更换控制单元上的零部件，以确定发生故障的位置。对于 Safety Integrated 功能来说，该操作相当于一次硬件更换。在热启动或重新上电后，必须确认硬件更换（参见章节“组件更换提示 (页 407)”）。
- 如果离线复制了一个带有使能安全功能的驱动器，下载项目时系统会报告错误 F01656。如果在复制后组件号发生变化，系统会一直报告错误，例如：复制了其他一个驱动对象号或其他硬件。在这种情况下要注意 F01656 的处理说明，参见“SINAMICS S120/S150 参数手册”。

## 7.13 批量调试提示

已经上传到 Startdrive 中的项目可以传送到其他驱动器中，其中的安全参数设置保持不变。

1. 将 Startdrive 项目载入驱动设备中。
2. 确保没有人员进入危险区域，然后再接通设备。
3. “通过 PROFIsafe 控制 Extended/Advanced Functions”时，请注意以下报警：
   - F01650（故障值 2005），指出控制单元已被更换
   - A01695，指出编码器模块已被更换。系统还会输出 C30711 报告一条监控通道出错，信息值为 1031，停止响应为 STOP F。
4. 使用 Startdrive 调试时，请执行以下步骤：
   - 在安全功能的配置主窗口中点击 **“Acknowledge hardware replacement”**。
   - 输出故障 F01650/F30650（要求验收测试，参见章节“特定操作下需要进行的验收测试项目 (页 356)”）。
   - 根据步骤 6 运行。
5. SINAMICS 用 BOP 调试或 SIMOTION 用 HMI 调试时，请采取以下措施：
   - 激活 “Safety Integrated 调试” (p0010 = 95)
   - 启动节点标识符的复制功能 (p9700 = 1D hex)。
   - 确认驱动对象上的硬件 CRC (p9701 = EC hex)。
   - 退出“Safety Integrated 调试”模式 (p0010 = 0)
   - 根据步骤 6 运行。
6. 在伺服或矢量驱动对象上更换编码器模块，和在 TM54F_MA 驱动对象（如果有）上更换电机模块时，必须执行步骤 4 或 5。
7. 将所有参数保存至存储卡 (p0977 = 1)。
8. 给所有组件重新上电。

**⚠ 警告**

**更换组件时不执行功能测试可引起意外运行**

更换组件后如不执行功能测试，可能引起意外运行，从而导致重伤或死亡。

- 详细信息参见“特定操作下需要进行的验收测试项目 (页 356)”和“验收测试 (页 347)”章节。

**进行批量调试时 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 输出的安全信息**

在调试带绝对值编码器的第三方电机时，系统可能会输出一条安全信息中断调试。

这一错误的原因可能是存储卡上保存的绝对值编码器的序列号和需要调试的控制单元中的编码器不一致。为避免系统输出中断调试的安全信息，您必须事先在 Startdrive 中手动修改绝对值编码器的序列号。相关说明请见“组件更换提示 (页 407)”章节。然后您可以继续调试。

## 7.14 应用示例

SINAMICS S120 驱动的应用示例可从以下网页获取“SINAMICS 应用示例 (https://www.automation.siemens.com/mc-app/sinamics-application-examples/Home/Index?language=en)”。在该处可以找到用于实现 SIMATIC 控制系统与 SINAMICS 驱动技术的优化配合的高效系统方案。

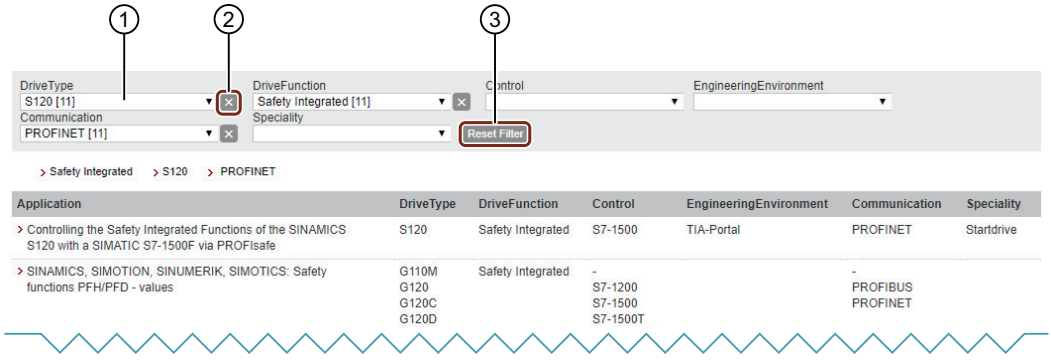
应用示例可提供：

- 可重复使用的模块，用于设定值和实际值的比例
- 对必要的配置步骤的说明，内含截屏
- 程序和模块经过测试，确保参数访问的安全性
- 显著缩短调试时间
- 详细文档，包含所使用的硬件和软件组件的零件表

此外您还可获取工艺应用示例，例如卷取机、调度装置或简单的同步。此外应用示例中还涵盖了对自由功能块（FBLOCKS）、带驱动控制图（DCC）的驱动集成逻辑运算以及 Safety Integrated 的使用说明。

## 搜索和调用应用示例

1. 调用以下网页：SINAMICS 应用示例 (https://www.automation.siemens.com/mc-app/sinamics-application-examples/Home/Index?language=en)。
2. 设定期望的筛选项设置。
   每次设定筛选项设置时，结果列表均会更新。
   必要时撤销个别或所有筛选项。



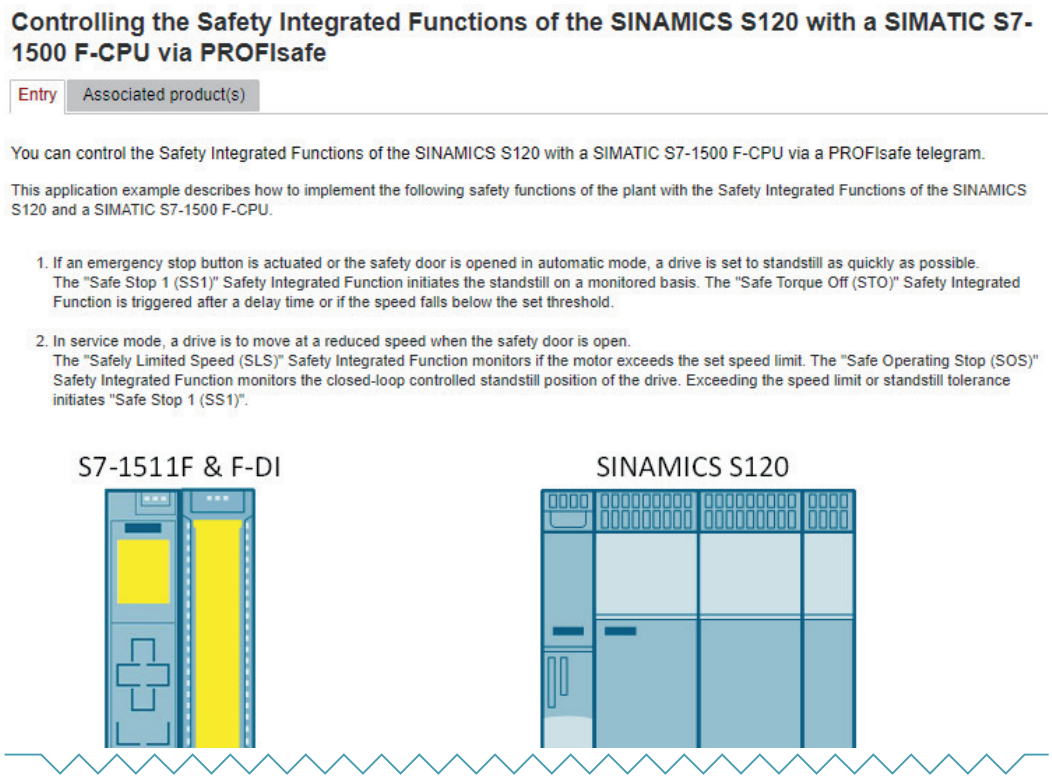

① 可选择的选项（例如 S120）：可用记录的数量显示在方括号中。

② 撤销个别筛选项

③ 撤销所有筛选项

图 7-19 示例：筛选项设置

3. 为了显示有关一条记录的简短信息，点击结果列表中的对应记录。
   西门子工业在线支持（Siemens Industry Online Support，SIOS）中会显示所需的简短信息。




通常还可通过该简短信息下载到 PDF 格式的详细应用说明。

# 验收测试

# 8

**说明**

**验收责任**

验收测试由机器制造商负责执行和记录：对单个安全功能执行验收测试和进行记录的相关建议，请参见“Startdrive 验收测试 (页 360)”章节。

有关验收测试的详细信息，请见：

- 验收测试概述 (页 348)
- 验收测试的内容和完整度 (页 351)
- Startdrive 验收测试 (页 360)
- Safety 日志 (页 366)

# 8.1 验收测试概述

欧盟机械指令和 DIN EN ISO 13849-1 要求：

- 在调试后检查和安全相关的功能和机器部件。
  → 验收测试。
  在 SINAMICS Safety Integrated Functions（简称 SI 功能）的应用中，验收测试的目的在于检查驱动器中集成的 Safety Integrated 监控功能和停止功能能否正常工作。测试的目的是检查定义的安全功能是否正确执行、检查执行的测试机制（强制潜在故障检查措施）、以及通过有目的的超出公差限值检查特定监控功能的响应。无论是驱动器专有的 Safety Integrated 运动监控功能，还是端子模块 TM54F 上驱动器通用的 Safety Integrated 功能，都要经过验收测试。

  **说明**

  **验收测试的目的**

  通过该测试获得的数值（如：距离、时间等）和检测出的系统特性（例如：触发特定停止响应）可用于检查安全功能的合理性。通过验收测试应能够发现潜在的配置错误并记录下正确的配置。验收测试获得的数值都是典型值，不是最差情况值，这些值只代表设备在测量这一时间点上的特性，这些数值不能用于推导实际值（如：最大制动距离）。

- 填写包含测试结果的验收报告。
  → 文档。

## 8.1.1 要求

根据标准 DIN EN 61800-5-2 第 7.1 章 f 点的要求，电气驱动器的安全功能需要经过验收测试。在该标准中也称“配置检查”。

- 对应用加以说明，含示意图
- 对应用中使用的安全部件加以说明，含软件版本
- 列出 PDS（SR）[指和安全相关的电气驱动系统]中使用的各项安全功能
- 按照规定的测试方法检查这些安全功能，并记录下所有测试的结果
- 列出 PDS（SR）中的所有安全参数及其赋值
- 记录校验和、测试日期，测试人员签字确认

在首次调试设备上的 Safety Integrated 功能时，您需要进行完整的验收测试。必须为每台驱动器单独执行验收测试。而在完成安全功能的扩展、将参数设置批量传送到其它设备、硬件更换和软件升级后，您可以进行简化的验收测试，它包含的测试项目相对较少。下文归纳了执行验收测试的前提条件，指出何时进行完整/简化的验收测试。

### 8.1.2 验收测试的前提条件

- 设备已正确接线。
- 所有安全装置（例如防护门监控、光帘、急停开关等）都已连接且就绪。
- 必须设置口令来防止非法访问安全参数，设置口令这一步骤必须明确地记录在验收报告中，但是口令本身不要记录下来。
- 开环和闭环控制已经调试完毕，否则例如驱动闭环控制的动态特性改变可能会引起制动距离的变化。其中包括例如：
  - 设定值通道的设置
  - 上一级控制系统中的位置控制
  - 驱动闭环控制

### 8.1.3 验收测试的组成部分

验收测试由 2 部分组成：

- 检查变频器中安全功能的设置是否正确：
  - 转速控制可以控制机器中配置的应用情况吗？
  - 设置的接口、时间和监控与机器的配置相符吗？
- 检查机器或设备中与安全相关的功能是否可以正常运行。
  该部分内容在变频器的验收测试结束后进行：
  - 所有安全装置（例如防护门监控、光帘或急停开关等）都已连接且就绪了吗？
  - 上级控制器可以正确响应变频器中与安全相关的反馈信号吗？
  - 变频器的设置与机器中配置的与安全相关的功能相符吗？

### 8.1.4 记录

记录由以下部分组成：

- 描述机器或设备中的与安全相关的组件及功能。
- 记录验收测试的结果。
- 记录安全功能的设置。
- 文档必须由执行验收测试的人员签字。

### 8.1.5 更多信息

**说明**

**更多信息**

- 请注意章节“Safety Integrated 功能说明 (页 79)”和“调试 (页 283)”中的信息。
- 对单个安全功能执行验收测试和进行记录的相关建议，请参见“Startdrive 验收测试 (页 360)”章节。
- 电子版的验收报告模板请从当地的西门子办事处获取。

**说明**

**PFH 值**

SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：

PFH (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/76254308/en)

### 8.1.6 验收测试模式

#### 验收测试模式的说明

验收测试模式可通过 p9570 激活，通过 p9558 设置为进行测试而允许超限的持续时间。在验收测试模式中，速度设定值限幅失效。为避免变频器一直保持验收测试模式，在 p9558 设置的持续时间结束后，变频器自动退出该模式。

只有在执行安全功能 SS2、SOS、SDI、SLS 和 SLP 的验收测试时，我们才建议激活验收测试模式，在其他功能上，该模式不起作用。

通常情况下，SOS 可以直接选中或通过 SS2 选中。验收测试模式激活时，为确保电机在“SS2 生效”状态中同样可以超出 SOS 静态限值运行，在电机制动并过渡到 SOS 状态后，验收测试模式会再次使能设定值，使电机运行。在验收测试模式中应答 SOS 超限错误后，当前位置会作为新的静态位置传送给变频器，从而避免变频器再次立即报告 SOS 超限。

**⚠ 警告**

**验收测试时的轴运动**

在转速设定值不为零、SS2 激活且电机处于静止状态（SOS 有效）的情况下，激活验收测试模式会立即引起轴运动。在危险区域停留可导致人员重伤或死亡。

- 因此，执行验收测试时应采取适当的措施确保无人员停留在危险区域。

# 8.2 验收测试的内容和完整度

## 8.2.1 完整验收测试包含的项目

### A) 文档

设备文档，含安全功能

- 设备说明和一览图
- 控制器（如果有）数据
- 功能表：
  - 生效的监控功能，取决于设备的工作方式和防护门
  - 其他带有安全功能的传感装置
  - 该表格是配置工作的目标或结果。
- 每个驱动器的 SI 功能
- 安全设备的数据

### B) 诊断功能/安全功能的功能测试

对使用的 SI 功能进行详细的功能检查。在某些功能中要用 Trace 记录某些参数。

在 Startdrive 中执行该操作时，支持验收测试向导 (页 360)。

- 测试编码器设置
  - 在使用带编码器的 Extended/Advanced Functions 时需要进行此项测试
  - 只需在更换编码器时进行此项测试
- 测试 SI 功能 “Safe Torque Off” (STO)
  - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
- 测试 SI 功能 “Safe Stop 1” (SS1)
  - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
  - 在使用 Extended Functions 时可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safe Brake Control” (SBC)
  - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
- 测试 SI 功能 “Safe Stop 2” (SS2)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。

- 测试 SI 功能 “Safe Operating Stop” (SOS)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safely-Limited Speed” (SLS)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safe Direction” (SDI)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safe Speed Monitor” (SSM)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safely-Limited Position” (SLP)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safe Cam” (SCA)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试 SI 功能 “Safely-Limited Acceleration” (SLA)
  - 为此可用 Trace 记录某些参数。
- 测试诊断功能 "Safe Brake Test" (SBT)
  - 在使用 Extended Functions 时可用 Trace 记录某些参数。

### C) 强制潜在故障检查的功能测试 (Teststop)

检查每台变频器 Basic 和/或 Extended/Advanced Functions 的安全功能强制潜在故障检查 (Teststop) 能否正确执行，如果有 TM54F，还要检查该模块上安全功能的强制潜在故障检查。

- 测试变频器上的安全功能的强制潜在故障检查 (Teststop)
  - 使用 Basic Functions 时，先选中 STO，再撤销 STO。
  - 使用 Extended/Advanced Functions 时，要执行强制潜在故障检查 (Teststop)。
- TM54F 的强制潜在故障检查（如果有）
  - 执行 TM54F 的强制潜在故障检查
- CU310-2 的强制潜在故障检查（如果有）
  - 执行 CU310-2 的强制潜在故障检查

### D) 撰写报告

记录下调试状态并签字

- 检查安全参数
- 记录下每台变频器的校验和

- 设定安全参数的保护密码，并记录下该步骤，但不要在报告中写下密码！
- 从 RAM 保存到 ROM，将项目上传至 Startdrive 并保存项目
- 会签

### 8.2.2 简化验收测试包含的项目

#### A) 文档

设备文档，含安全功能

1. 硬件数据的补充或修改
2. 软件数据的补充或修改（版本信息）
3. 功能表的补充或修改：
   - 生效的监控功能，取决于设备的工作方式和防护门
   - 其他带有安全功能的传感装置
   - 该表格应反映配置工作的目标或结果
4. 每台驱动器上 SI 功能的补充或修改
5. 安全设备信息的补充或修改

#### B) 诊断功能/安全功能的功能测试

对使用的 SI 功能进行详细的功能检查。在某些功能中要用 Trace 记录某些参数。

在 Startdrive 中执行该操作时，支持验收测试向导 (页 360)。

1. 测试 SI 功能 “Safe Torque Off” (STO)
   - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
   - 在该项测试中无需用 Trace 记录任何信号。
2. 测试 SI 功能 “Safe Stop 1” (SS1)
   - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
   - 在使用 Extended Functions 时可用 Trace 记录某些参数。
3. 测试 SI 功能 “Safe Brake Control” (SBC)
   - 在使用 Safety Integrated Basic Functions 和/或 Extended Functions 时进行此项测试
   - 在该项测试中无需用 Trace 记录任何信号。
4. 测试 SI 功能 “Safe Stop 2” (SS2)
   - 为此可用 Trace 记录某些参数。
5. 测试 SI 功能 “Safe Operating Stop” (SOS)
   - 为此可用 Trace 记录某些参数。
6. 测试 SI 功能 “Safely-Limited Speed” (SLS)
   - 为此可用 Trace 记录某些参数。
7. 测试 SI 功能 “Safe Direction” (SDI)
   - 为此可用 Trace 记录某些参数。

8. 测试 SI 功能 “Safe Speed Monitor” (SSM)
   – 为此可用 Trace 记录某些参数。
9. 测试 SI 功能 “Safely-Limited Position” (SLP)
   – 为此可用 Trace 记录某些参数。
10. 测试 SI 功能 “Safe Cam” (SCA)
   – 为此可用 Trace 记录某些参数。
11. 测试 SI 功能 “Safely-Limited Acceleration” (SLA)
   – 为此可用 Trace 记录某些参数。
12. 测试诊断功能 "Safe Brake Test" (SBT)
   – 在使用 Extended Functions 时可用 Trace 记录某些参数。

### C) 强制潜在故障检查的功能测试 (Teststop)

检查每台变频器 Basic 和/或 Extended/Advanced Functions 的安全功能强制潜在故障检查 (Teststop) 能否正确执行，如果有 TM54F，还要检查该模块上安全功能的强制潜在故障检查。

1. 测试变频器上的安全功能的强制潜在故障检查 (Teststop)
   – 使用 Basic Functions 时，先选中 STO，再撤销 STO。
   – 使用 Extended/Advanced Functions 时，要执行强制潜在故障检查 (Teststop)。
2. TM54F 的强制潜在故障检查（如果有）
   – 执行 TM54F 的强制潜在故障检查
3. CU310-2 的强制潜在故障检查（如果有）
   – 执行 CU310-2 的强制潜在故障检查

### D) 实际值检测的功能测试

1. 实际值检测的常规测试
   - 在更换硬件后首先给系统上电，然后在两个方向上短时间运行电机。

   **⚠ 警告**

   **验收测试时的轴运动**

   运行时电机转动。

   - 因此，执行验收测试时应采取适当的措施确保无人员停留在危险区域。

2. 检查安全实际值检测是否能正常工作
   - 只有在使用 Extended/Advanced Functions 时需要进行此项测试
   - 激活运动监控功能（如 SLS 或带回差的 SSM），使电机在两个方向上短时间运行。
3. 测试编码器设置
   - 在使用带编码器的 Extended/Advanced Functions 时需要进行此项测试
   - 只需在更换编码器时进行此项测试
   - 在该项测试中无需用 Trace 记录任何信号。

### E) 撰写报告

记录下调试状态并签字

1. 补充每台变频器的校验和
2. 会签

## 8.2.3 特定操作下需要进行的验收测试项目

### 特定操作下需要进行的简化验收测试项目

下表以简化验收测试包含的项目 (页 354)章节为依据。

表格 8-1 特定操作下需要进行的简化验收测试项目

| 措施 | A) 文档 | B) 安全功能的功能测试 | C) 强制潜在故障检查的功能测试 (Teststop) | D) 实际值检测的功能测试 | E) 撰写报告 |
|---|---|---|---|---|---|
| **更换编码器系统** | 否 | 否 | 否 | 是 | 是 |
| **更换 SMC/SME** | 是，进行第 1 项和第 2 项测试 | 否 | 否 | 是 | 是 |

| 措施 | A) 文档 | B) 安全功能的功能测试 | C) 强制潜在故障检查的功能测试 (Teststop) | D) 实际值检测的功能测试 | E) 撰写报告 |
|---|---|---|---|---|---|
| **更换带有 DRIVE-CLiQ 接口的电机** | 是，进行第 1 项和第 2 项测试 | 否 | 否 | 是 | 是 |
| **更换以下硬件：控制单元、电机模块、功率模块或 Safe Brake Relay** | 是，进行第 1 项和第 2 项测试 | 是，进行第 1 项、第 2 项和第 3 项测试 | 是，仅第 1 项测试 | 是，仅第 1 项测试 | 是 |
| **更换 TM54F** | 是，进行第 1 项和第 2 项测试 | 是，但仅需要检查安全功能能否正确选中 | 是 | 是，仅第 1 项测试 | 是 |
| **固件升级 [1]（控制单元/功率单元/编码器模块）** | 是，仅第 2 项测试 | 是，当使用了新的安全功能时 | 是 | 是，仅第 1 项测试 | 是 |
| **修改某个安全功能的某个参数（如 SLS 限值）** | 是，进行第 4 项和第 5 项测试 | 是，测试被修改的功能 | 否 | 是 | 是 |
| **将项目传送到其他设备上（即批量调试）** | 是 | 是，但仅需要检查安全功能能否正确选中 | 是 | 是 | 是 |
| **Simotion D 中的 [1]其他固件版本** | 是，仅第 2 项测试 | 是，当使用了新的安全功能时 | 是 | 是，仅第 1 项测试 | 是 |

[1] 升级/降级

### 8.2.4 验收时的相关校验和

#### 安全功能的校验和

以下校验和用于每个安全功能生效的驱动。

| 安全功能/参数 | 校验和 | 修改校验和的原因 |
|---|---|---|
| **基本功能** | | |
| p9799 | 设定校验和（通道 1） | 修改基本功能的安全参数 |
| p9899 | 设定校验和（通道 2） | |
| **扩展功能/高级功能** | | |
| p9799 | 设定校验和（通道 1） | 修改扩展功能/高级功能的安全参数 |
| p9899 | 设定校验和（通道 2） | |
| p9729[0] | 运动监控 SI 参数的设定校验和（通道 1） | 修改与编码器数据无关的扩展功能/高级功能的安全参数 |
| p9729[1] | 实际值 SI 参数的设定校验和（通道 1） | 修改编码器参数（如编码器线数、精分辨率等）或机械设置（如齿轮箱、主轴丝杠螺距等） |
| p9729[2] | 硬件 SI 参数的设定校验和（通道 1） | 只要更换了由安全评估的编码器模块 |
| p9399[0] | 运动监控 SI 参数的设定校验和（通道 2） | 修改扩展功能/高级功能的安全参数 |
| p9399[1] | 参照硬件 SI 参数的设定校验和（通道 2） | 更换与安全相关的硬件 |
| **TM54F** | | |
| p10005[0] | 与硬件无关的 TM54F 参数（分别用于主站和从站模块）的设定校验和 | 修改 TM54F 的安全参数 |
| p10005[1] | 与硬件相关的 TM54F 参数的设定校验和 | 更换通过 TM54F 控制的电机模块 |

所有安全变更（功能或硬件相关）都记录在控制单元的安全日志中。修改安全参数后，控制单元中的校验和也会发生变化。因此，有必要记录安全日志 (r9781[0]) 和对应时间戳 (r9782[0]) 的功能校验和。

**说明**

为确保功能校验和，必须更换同类型（相同订货号）的组件。

下图显示了控制单元安全日志的 SINAMICS 组件的功能设定校验和。

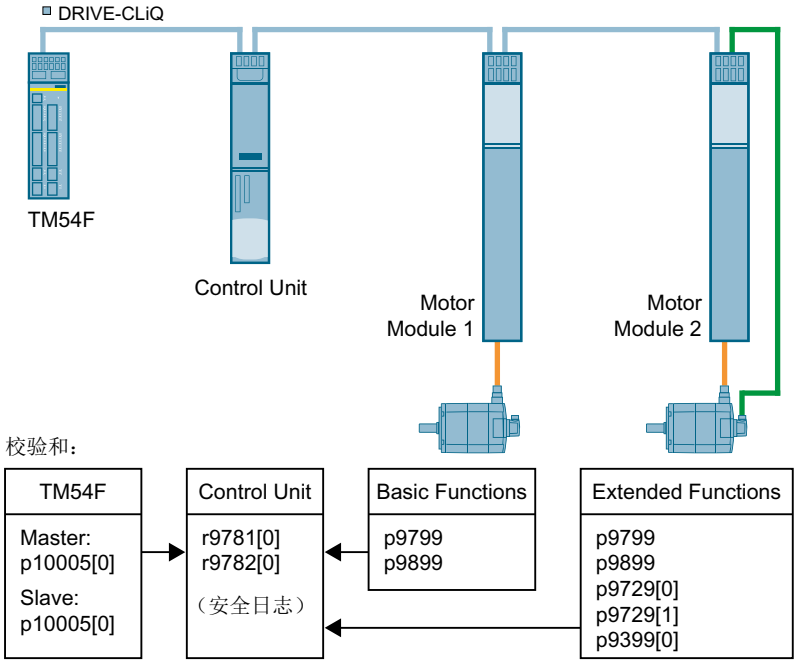



图 8-1　SINAMICS 组件的功能设定校验和的参数

# 8.3 Startdrive 验收测试

## 8.3.1 提示

**说明**

**验收测试的条件**

对安全功能进行验收测试时，要尽量使用设备允许的最大速度和最大加速度进行测试，这样可以确定设备需要的最长制动距离和制动时间。

**说明**

**Basic 和 Extended Functions 的验收测试**

Safety Integrated 验收测试在功能选择中为您提供了可测试的功能，取决于设备类型及其设置（Basic 或 Extended Functions，通过 PROFIsafe 或端子控制）。

**说明**

**Trace 记录**

在 Extended Functions 中，Trace 记录可在测试期间提供机器性能分析。此时可借助信号变化检查，机器性能是否符合需求。借助所记录的信号可以评估例如延时和超程长度。

**说明**

**非关键报警**

在分析报警缓冲器时您可以忽略以下报警：

- A01697 SI Motion:需要进行运动监控测试
- A35014 TM54F:需要进行强制潜在故障检查
  这些报警在每次系统启动后都会出现，不是关键报警。
- A01699 SI CU:需要进行安全回路的断路测试
  该报警在 p9659 设置的时间期满后输出。

您无需将这些报警记录到验收报告中。

**说明**

**输出 A01796 报警时不进行验收测试**

系统输出报警 A01796 时，脉冲被安全封锁，无法再进行验收测试。

## 8.3.2 准备验收测试

### 检测全部驱动一览

1. 在项目导航中点击“验收测试”。
2. 在二级导航栏中选择窗口“一览”。
3. 点击“检测”，识别您 Startdrive 项目中所有带 Safety Integrated Functions 的驱动。
4. 一览窗口会列出现有的所有带 Safety Integrated Functions 的驱动及其测试状态。
   测试状态的颜色标识：
   - 灰色：Safety Integrated Functions 已设置，但验收测试还未执行
   - 红色：验收测试失败
   - 蓝色：验收测试为初始状态
   - 绿色：验收测试成功
5. 点击“输出”，生成“xlsx”格式的一览表。该表可在 Microsoft Excel 中，也可以在其他的表格处理工具（如 LibreOffice）中打开。
   借助一览表，尤其是可在配置多个驱动时对您的工作进度进行跟踪或记录。

### 准备验收测试

1. 待测试的驱动已完成参数设置和调试。此后如有更改，必须重新进行验收测试。
2. 在项目导航中点击“验收测试”。
   驱动设备上提供了 Safety Integrated Functions。
   在此将以下内容考虑在内：是否选择 Basic Functions、Extended Functions 或 Advanced Functions，以及选择的控制方式（PROFIsafe 或板载端子）。
3. 在针对所需驱动设备的二级导航中选择所有待测试的 Safety Integrated Functions。
   生效的功能会被自动预选。可修改此预选，并且选择或取消功能。
4. 点击“接收”，确定针对 Safety Integrated 验收测试的功能选择。
   在二级导航中会显示针对待测试功能的条目。通过这些条目导航至各测试。
5. 与待测试的驱动设备建立在线连接。

### 复位测试结果

1. 点击按钮“复位测试结果”，删除迄今为止为该驱动执行过的所有测试。
   以便恢复初始状态，从而重新执行验收测试。

## 8.3.3 执行验收测试（示例）

### 描述

在步骤“准备验收测试 (页 361)”中接收功能选择后，在二级导航中显示待测试的功能。

现在可以从上至下或者以任意顺序执行测试。

各测试的状态如下所示：

- 蓝色：测试为初始状态且尚未开始。
- 绿色：测试已成功完成。
- 红色：测试因错误而终止。可通过重新选择功能重复测试。

### 验收测试向导的区域划分

对于每个验收测试而言，向导的区域划分均相同。

在上部区域内，工作流程展示各测试步骤及其状态。
状态的含义如下：

- 蓝色：进行中的测试步骤
- 绿色：测试步骤已完成

在位于工作流程下方的区域内，显示针对测试步骤的指令。测试步骤应由用户执行。执行完指令后，点击“下一步”进入下一步骤。在末尾点击“完成”，完成测试。随后会在二级导航中更新此测试的状态。

在下部区域内设有针对测试步骤的操作元件。例如为用于使待测试轴运行的控制面板。

### 开始和执行验收测试

1. 点击待测试的功能（在此为 SS1）。
   在工作区域中启动向导。
2. 输入测试名称。这个名称之后也会显示在验收报告中。
3. 您可以更改该测试的跟踪设置或者使用默认设置。对于多数应用而言，预设便已足够。
   通过修改能够根据机器的机械条件进行调整，例如当轴的机械装置具有非常高的转动惯量，进而需要较长的斜坡时间来加速和制动时。
4. 注意验收测试的起始窗口上的安全注意事项和提示。
5. 当所有的预防措施都已实施后，点击“启动测试”。
   打开所选择测试的向导。

6. 第一步应运行驱动，以便可触发急停。
   在“驱动运行方式”下拉列表中选择时通过控制面板，还是通过上级控制器的用户程序来运行轴。
   - 控制面板：
     如果通过控制面板运行驱动，则会在该窗口中进行显示。
     激活控制权，给定设定值，并沿期望的方向启动电机。
     接着点击“下一步”，进入下一步骤。
   - 用户程序：
     当通过用户程序运行驱动时，开始运行。
     一旦电机旋转，点击“下一步”进入下一步骤。
7. 在选择的驱动上触发急停（SS1）。当 LED 显示 SS1 生效时，点击“下一步”。
   电机沿 OFF3 制动斜坡制动。根据参数设置过渡至 STO（例如在延时届满后，或者在低于关断速度时）。若设有制动，且其通过 SBC 进行过参数设置，则随着过渡至 STO 将这个制动闭合。
8. 当驱动停止时，重新交还控制权。点击“下一步”。
9. 对至目前为止的过程进行记录，并作为跟踪显示。
   结合信号记录检查测试时间及内容过程。在此测试中，当电机近乎达到静止状态时，才允许触发 STO。
   如果测试过程符合您的期望，点击“下一步”。
10. 或者：若过程不符合期望，则点击“取消”终止测试。
    在此情形下，检查所有输入条件的正确性，并在必要时重复测试。
    示例场景：触发 STO，尽管点击转速仍很高。在此情形下，可能的原因可能是错误的参数设置，例如从 SS1 至 STO 的过小延时或者过大的关断速度。
11. 撤销选择 SS1，并点击“下一步”。
    测试已成功执行。
12. 点击“完成”，退出向导。

**结果**

二级导航中的测试状态更新。

在所有其他功能的向导中，都可按照类似方式执行测试。

## 8.3.4 记录并完成验收测试

**描述**

验收报告可随时生成，即使测试尚未执行或因故障而中断。此时也可记录初步结果。

当所有测试都已成功执行后，才能生成最终有效的验收报告。

### 前提条件

- 所有测试都已成功完成。各项测试都已打上了绿勾。

### 生成验收报告

1. 在一览窗口的“生成记录”下列出了所有驱动及其当前的测试状态。
2. 请在“完成”窗口中选择要为其生成记录的驱动。
   您可以任意选择驱动，无需考虑其测试状态。
   已向其传输结果的驱动实例会一同显示在可展开的子条目列表中。如选择了相应的主驱动，这些驱动实例始终会包含在验收报告中。
3. 点击按钮“生成”。
   对话框“另存为”打开。
4. 当选择了一个驱动时，默认会将其驱动名建议为验收报告的文件名。
   当选择了多个驱动时，会打开一个对话框来选择报告的存放目录。对于所选择的每个驱动，会以其驱动名称保存报告。

### 可选：生成功能表

借助功能表，您可以生成用户自定义一览，除了验收测试结果外，其也可在验收报告中存档。该一览的结构如下：

| 列 | 说明 |
|---|---|
| 运行方式 | 在下拉菜单中选择预先给定的运行方式，以便建立所需场景。 |
| 描述 | 为选择的运行方式输入一条解释性注释。 |
| 保护装置 | 在下拉列表中选择要在相关场景中使用的保护机构。 |
| 规格 | 为所使用的保护装置输入一条解释性注释。 |
| 轴 | 在下拉列表中选择相应的驱动轴。 |
| 监控 | 在下拉列表中选择所使用的 Safety Integrated Function。 |

### 结果

验收报告为“xlsx”格式的表格，可以在 Microsoft Excel 或者其他表格处理工具（例如 LibreOffice）中打开。

报告会显示为多个独立的表格。它们是：

- 封面：机器说明引言
- 驱动_x - 概述：参数文档以及该驱动的跟踪记录

- 驱动_x - 功能测试：该驱动所有测试数据的文档
  运行状态的彩色标识：
  - 红色：失败
  - 黄色：未测试
  - 绿色：成功测试
- 完成：汇总及签名

**说明**

**验收报告的正确显示：**

验收报告的显示取决于，使用哪些 Windows 设置以及使用哪个表格处理工具来调用文件。

- Microsoft Excel
  如果按以下方式设定 Windows 显示设置时，验收报告则可在 Microsoft Excel 中正确显示：
  控制面板 > 外观和个性化 > 显示 > 使阅读屏幕上的内容更容易 > 选项“较小(S) - 100 %”
- LibreOffice
  验收报告的显示与 Windows 的设置无关，始终可正确显示。

### 8.3.5 传输验收测试结果

为了简化之后的验收测试，您可以通过本功能将成功执行的测试的结果传输给驱动。Safety Integrated 验收测试向导会列出可以考虑的驱动。

1. 打开一个已成功完成验收测试的驱动的“结果传输”窗口。
2. 点击按钮“检测”，以便检验出适合的驱动。
   首次检测后，此按钮会变为“更新”。
3. 选择要向其传输结果的驱动。
   选中的驱动会成为所测试驱动的实例。
4. 点击按钮“接收”。
   传输状态会显示在窗口中。

## 8.4 Safety 日志

“安全日志”功能用于检测安全参数是否被修改，这些修改会影响对应的 CRC 校验和。CRC 校验和只有在 p9601 > 0 时（即：使能控制单元/电机模块上的安全功能）才会计算。

数据的变化可以通过安全参数 CRC 校验和的变化看出。每次修改安全参数后，目标 CRC 校验和都会作出相应改变，使驱动器继续运行而不输出任何安全信息。除了功能性更改外，硬件更换伴随的安全功能更改也会反映在 CRC 校验和中。

以下更改会记录在安全日志中：

- 功能性更改，记录在 CRC 校验和 r9781[0]中：
  - 各个轴扩展功能/高级功能的功能 CRC 校验和(p9729[0...1])，
  - 基本安全功能的 CRC 校验和（p9799，控制单元安全参数的目标校验和），针对特定轴
  - TM54F 的功能 CRC 校验和（p10005[0]），全局（基本功能、扩展功能和高级功能）
  - 各轴上变频器集成的基本功能、扩展功能和高级功能的使能(p9601)
- 硬件引起的更改记录在 CRC 校验和 r9781[1]中：
  - 各个轴扩展功能/高级功能的硬件 CRC 校验和 (p9729[2])
  - TM54F 的硬件相关 CRC 校验和（p10005[1]），全局（基本功能、扩展功能和高级功能）

# 系统特性

# 9

## 9.1 最新信息

关于保障设备运行安全的重要提示：

| 注意 |
| --- |
| **意外运行威胁运行安全**<br>带有故障安全功能的设备要求用户方采取特殊措施确保设备的运行安全，如在产品追踪框架内介绍产品安全缺陷的相关信息，则这些信息可通过多种不同渠道进行传播。因此西门子会发布专门的最新资讯，公布对于设备运行安全很重要或者可能重要的产品新功能和特性。<br>• 我们建议您订阅最新资讯，以便及时掌握最新信息，了解设备的功能更新情况。 |

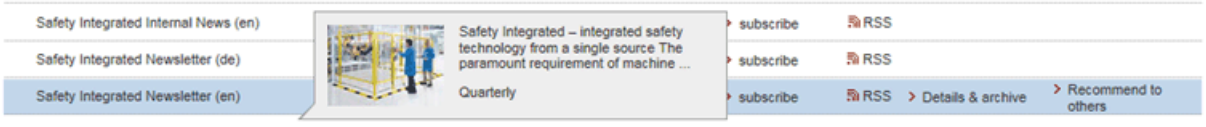
订阅最新资讯的步骤为：

1. 在浏览器中调用以下西门子网页：
   Siemens Drives (https://www.industry.siemens.com/newsletter/public/AllNewsletters.aspx)
2. 将网页设置成您需要的语言。

   **说明**

   **最新资讯**

   完成注册并登录，才可以订阅最新资讯。在注册时网页会自动引导您完成注册。
3. 点击“登录/注册”。
4. 输入您的登录信息。如果您还没有注册，请选择“是的，我想现在注册”。
   在下面的窗口中您可以订阅最新资讯。
5. 您可以在“所有最新资讯”标题下查看当前有哪些最新资讯可以订阅。
6. 打开“产品和解决方案”。
   现在会显示可提供的关于安全系统的最新资讯。点击条目“订阅”可以订阅相应主题的最新资讯。如果您希望获得关于最新资讯的详细信息，可使用网页的附加功能。




7. 请至少订阅以下产品的最新资讯：
   – Safety Integrated 最新资讯

## 9.2 认证

SINAMICS S 驱动系统的安全功能满足以下要求：

- DIN EN ISO 13849-1 3 类
- DIN EN ISO 13849-1 性能等级（Performance Level，PL）d
- 符合 IEC 61508 和 EN 61800-5-2 的安全集成等级 2 (SIL 2)。

此外 SINAMICS 安全功能通常经过独立机构认证。您可从当地的西门子办事处获取已经过认证的组件的列表。

## 9.3 安全功能的故障概率

根据 IEC 61508、IEC 62061 和 DIN EN ISO 13849-1 的相关规定，安全功能的故障概率必须以 PFH 值（Probability of Failure per Hour 每小时故障概率）的形式注明。安全功能的 PFH 值取决于驱动器器的安全方案、硬件配置以及其它安全功能组件的 PFH 值。

在 SINAMICS S120 驱动器上，PFH 值主要取决于硬件配置（驱动数量、控制方式、使用的编码器的数量等）。它代表了驱动器集成的所有安全功能的故障概率。

- SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：
  PFH 值 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/76254308/en)
- 所有来自西门子公司的安全组件的 PFH 值均在 “Safety Evaluation Tool” 中，参见：
  Safety Evaluation Tool (http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/safety-integrated/machine-safety/safety-evaluation-tool/Pages/default.aspx)

# 9.4 响应时间

Safety Integrated Basic Functions 按照监控周期（r9780）执行。PROFIsafe 报文按照相当于两个监控周期的 PROFIsafe 扫描周期处理（PROFIsafe 扫描周期 = 2 × r9780）。

**说明**

**监控周期的当前值（r9780）**

在线接入驱动器后，您才可以看到监控周期（r9780）的当前值。但是如果只是要粗略计算出响应时间，可以利用以下值：

- 如果 p0115[0] = 31.25 µs，62.5 µs 或 125 µs，则 r9780 = 4 ms。
- 如果 p0115[0] = 250 µs，则 r9780 = 8 ms。
- 如果 p0115[0] = 400 µs 或 500 µs，则 r9780 = 16 ms。

### 对表格内容的提示信息

驱动系统是提供安全功能的组件。“无故障驱动系统”这一名称表示提供安全功能的组件自身无故障：

- 驱动系统无故障时的最差值
  出现驱动系统外部的故障时（例如控制系统给定的设定值错误，电机、闭环控制、负载特性导致超出限值，等），能够确保响应时间为“驱动系统无故障时的最差值”。
- 存在故障时的最差值
  驱动系统内部存在故障时（例如功率单元断路路径上存在故障，编码器实际值采集中出错，微处理器（控制单元或电机模块）中出错，等），能够确保响应时间为“存在故障时的最差值”。

### 9.4.1 通过模块型功率模块的端子控制 STO 和 SBC

下表列出了从模块型功率模块的端子 STO_A，STO_B 给出控制信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 9-1 SI 功能由控制单元和电机模块上的端子控制时的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO<br>功率模块 PM240-2 或 PM240P-2 的端子 STO_A，STO_B (HW-STO) | 20 ms | – |
| SBC<br>功率模块 PM240-2 或 PM240P-2 的端子 STO_A，STO_B | 24 ms | – |
| 通过数字量输出发出 HW-STO (r1838) 反馈信号的时间 | 20 ms + 2 · p0799[0] | – |

### 9.4.2 由控制单元和电机模块上的端子控制的 SI 基本功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 9-2 SI 功能由控制单元和电机模块上的端子控制时的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 2 x r9780 + t_E[1)] | 3 x r9780 + t_E[1)] |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至开始 STO） | 2 x r9780 + p9652 + t_E[1)] | 3 x r9780 + p9652 + t_E[1)] |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至开始 SBC） | 4 x r9780 + p9652 + t_E[1)] | 8 x r9780 + p9652 + t_E[1)] |
| SS1（时间受控）<br>选择（在开始制动前） | 3 x r9780 + 2 ms + t_E[1)] | 4 x r9780 + 2 ms + t_E[1)] |
| SBC | 4 x r9780 + t_E[1)] | 8 x r9780 + t_E[1)] |

[1)] 其中的 t_E（使用的数字量输入的去抖时间）：

| | |
|---|---|
| p9651 = 0 | t_E[1)] = 2 × p0799（缺省值为 4 ms） |
| p9651 ≠ 0 | t_E[1)] = p9651 + p0799 + 1 ms |

[1)] t_E 的最短时间为 t_E_min = 2 ms。

### 9.4.3 由 PROFIsafe 控制的 SI 基本功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从控制单元收到 PROFIsafe 报文到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

**说明**

**SINAMICS 内部响应时间**

表中列出的响应时间是 SINAMICS 的内部响应时间。其中没有包含 F 主机的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会导致在 PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）在故障监控时也考虑在计算之内。

表格 9-3　由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 5 x r9780 + t_K[2)] | 5 x r9780 + t_K[2)] |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至触发 STO） | 5 x r9780 + p9652 + t_K[2)] | 5 x r978 + p9652 + t_K[2)] |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至触发 SBC） | 6 x r9780 + p9652 + t_K[2)] | 10 x r9780 + p9652 + t_K[2)] |
| SS1 (time controlled)<br>选择（直至开始制动） | 5 x r9780 + 2 ms + t_K[2)] | 5 x r9780 + 2 ms + t_K[2)] |
| SBC | 6 x r9780 + t_K[2)] | 10 x r9780 + t_K[2)] |

[2)] t_K 是 SINAMICS 模块内部通讯的时间。t_K 可按如下方式测定：

| | |
|---|---|
| 等时同步通讯 | t_K = To（关于 To 请参见参数 r2064[4]） |
| 非等时同步通讯 | t_K = 4 ms<br>适用于不含 p2048（IF1 通讯）或 p8848（IF2 通讯）的模块。 |
| | t_K = p2048 或 p8848 中的值<br>适用于含有 p2048（IF1 通讯）或 p8848（IF2 通讯）的模块。 |

### 9.4.4 由 TM54F 控制的基本功能

下表列出了从 TM54F 给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 9-4 由 TM54F 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 3 x r9780 + p10017 + 2 ms | 3 x r9780 + p10017 + 2 ms |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至开始 STO） | 3 x r9780 + p9652 + p10017 + 2 ms | 3 x r9780 + p9652 + p10017 + 2 ms |
| SS1/SS1E（时间受控）<br>选择（直至开始 SBC） | 4 x r9780 + p9652 + p10017 + 2 ms | 8 x r9780 + p9652 + p10017 + 2 ms |
| SS1（时间受控）<br>选择（在开始制动前） | 3 x r9780 + p10017 + 4 ms | 3 x r9780 + p10017 + 4 ms |
| SBC | 4 x r9780 + p10017 + 2 ms | 8 x r9780 + p10017 + 2 ms |

### 9.4.5 由 PROFIsafe 控制的带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从控制单元收到 PROFIsafe 报文到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1][2]。

表格 9-5 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 5 · p9500[8] + r9780 + t_K[6] | 5 · p9500[8] + 2 · r9780 + t_K[6] |
| SS1（时间受控）、SS1E、SS2E：从选中到启动安全定时器的时间<br>SS1（加速度受控）、SS2：从选中到制动响应的时间<br>SOS：从选中到静态监控启动的时间 | 5 x p9500[8] + 2 ms + t_K[6] | 5 x p9500[8] + 2 ms + t_K[6] |
| SBC | 5 · p9500[8] + 2 · r9780 + t_K[6] | 5 · p9500[8] + 6 · r9780 + t_K[6] |
| SBR 或 SAM（超出限值，直至 STO 生效） | 2 x p9500 + r9780 | 2.5 x p9500 + r9780 + t_IST[5] |
| SOS 超出静态公差窗口 | 1.5 x p9500 + 2 ms | 3 x p9500 + 2 ms + t_IST[5] |
| 超出 SLS 限速 [3] | 2 x p9500 + 2 ms | 3.5 x p9500 + 2 ms + t_IST[5] |
| SSM[4] | 4 x p9500 | 4.5 x p9500 + t_IST[5] |
| SDI（超出限值，直至开始制动） | 1.5 x p9500 + 2 ms | 3 x p9500 + 2 ms + t_IST[5] |
| SLA:选择或取消 | 5 · p9500[8] + t_K | 5 · p9500[8] + t_K |
| SLA：超限 | 3 · p9500 + 2 ms | 4 · p9500 + 2 ms + t_Ist |

[1] 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions。

[2] 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含 F 主机的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会导致在 PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）在故障监控时也考虑在计算之内。

[3] SLS：指驱动器开始制动动作的响应时间，或向运动控制器发出信息 “SOS selected” 的响应时间。

[4] SSM：指驱动器转速低出监控极限值到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。

[5] t_IST:

| | | |
|---|---|---|
| p9511 ≠ 0 时： | | t_IST = p9511 |
| p9511 = 0 时： | 当存在一个等时同步的 PROFIBUS 主站时： | t_ACT= PROFIBUS 周期 |
| | 其他情况下： | t_IST = 1 ms |

6) t_K 是 SINAMICS 模块内部通讯的时间；t_K 可按如下方式测定：

| | |
|---|---|
| 在等时同步通讯中 | t_K = To（关于 To 请参见参数 r2064[4]） |
| 在非等时同步<br>通讯中 | t_K = 4 ms<br>（用于不带参数 p2048 或 p8848[7] 的模块） |
| | t_K = p2048 或 p8848[7] 中的值<br>（用于带有参数 p2048 或 p8848[7] 的模块） |

7) p2048 适用于 IF1 通讯，p8848 适用于 IF2 通讯。

8) 使用周期同步的 PROFIsafe 报文以及 F-CPU 上时间尽可能届满时，该部分会从 5 x p9500 降低到 3 x p9500。

### 9.4.6 由 TM54F 控制的带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

表格 9-6 由 TM54F 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 3,5 · p9500 + r9780 + p10017[4] + 1 ms | 4 · p9500 + 2 · r9780 + p10017[4] + 1 ms |
| SS1（时间和加速度受控），<br>SS1E (时间受控的)，<br>SS2 被选择（开始制动前） | 3,5 · p9500 + p10017[4] + 3 ms | 4 · p9500 + p10017[4] + 3 ms |
| SBC | 3,5 · p9500 + 2 · r9780 + p10017[4] + 1 ms | 4 · p9500 + 6 · r9780 + p10017[4] + 1 ms |
| SBR 或 SAM<br>（超出限值，直至 STO 生效） | 2 · p9500 + r9780 | 2,5 · p9500 + r9780 + t_IST[5] |
| SOS 超出静态公差窗口 | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[5] |
| 超出 SLS 限速 [2] | 2 · p9500 + 2 ms | 3,5 · p9500 + 2 ms + t_IST[5] |
| SSM[3] | 3 · p9500 | 3,5 · p9500 + t_IST[5] |
| SDI<br>（超出限值，直至开始制动） | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[5] |

[1] 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions！

[2] SLS：指驱动器开始制动动作的响应时间，或向运动控制器发出信息 “SOS selected” 的响应时间。

[3] SSM：指驱动器转速低于监控极限值到 F-DO 上发送信息之间的响应时间。

[4] 在 CU310-2 上进行响应时间的计算时请使用驱动对象“TM54F_xx”的参数 p10017，而不要使用控制单元的相应参数。

[5] t_IST 时：

| | | |
|---|---|---|
| p9511 ≠ 0 时： | | t_IST = p9511 |
| p9511 = 0 时： | 当存在一个等时同步的 PROFIBUS 主站时： | t_ACT= PROFIBUS 周期 |
| | 其他情况下： | t_IST = 1 ms |

### 9.4.7 由端子控制的带编码器的 SI 扩展功能（仅限 CU310-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

表格 9-7 由安全机载端子控制的的 Extended Functions 的响应时间（仅限 CU310-2）

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | 3,5 · p9500 + r9780 + t_E[5] | 4 · p9500 + 2 · r9780 + t_E[5] |
| SS1（时间和加速度受控），<br>SS1E (时间受控)，<br>SS2 被选择（开始制动前） | 3,5 · p9500 + 2 ms + t_E[5] | 4 · p9500 + 2 ms + t_E[5] |
| SBC | 3,5 · p9500 + 2 · r9780 + t_E[5] | 4 · p9500 + 9 · r9780 + t_E[5] |
| SBR 或 SAM（超出限值，直至 STO 生效） | 2 · p9500 + r9780 | 2,5 · p9500 + r9780 + t_IST[4] |
| SOS 超出静态公差窗口 | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[4] |
| 超出 SLS 限速 [2] | 2 · p9500 + 2 ms | 3,5 · p9500 + 2 ms + t_IST[4] |
| SSM[3] | 3 · p9500 | 3,5 · p9500 + t_IST[4] |
| SDI（超出限值，直至开始制动） | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[4] |

[1] 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions！

[2] SLS：指驱动器开始制动动作的响应时间，或向运动控制器发出信息 “SOS selected” 的响应时间。

[3] SSM：指驱动器转速低出监控极限值到通过 TM54F 端子发送信息之间的响应时间。

[4] t_IST：

| | | |
|---|---|---|
| p9511 ≠ 0 时： | | t_IST = p9511 |
| p9511 = 0 时： | 当存在一个等时同步的 PROFIBUS 主站时： | t_ACT= PROFIBUS 周期 |
| | 其他情况下： | t_IST = 1 ms |

[5] t_E 时：

| | |
|---|---|
| p10017 = 0 | t_E = 2 · p0799 |
| p10017 ≠ 0 | t_E = p10017 + p0799 + 1 ms |

### 9.4.8 由 PROFIsafe 控制的不带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从控制单元收到 PROFIsafe 报文到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1)2)]。

表格 9-8 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | | 最差值 | |
|---|---|---|---|
| | | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | | 5 · p9500 + r9780 + t_K[4)] | 5 · p9500 + 2 · r9780 + t_K[4)] |
| SS1<br>（转速受控/时间和加速度受控），<br>SS1E（时间受控） | | 5 · p9500 + 2 ms + t_K[4)] | 5 · p9500 + 2 ms + t_K[4)] |
| SBC | | 5 · p9500 + 2 · r9780 + t_K[4)] | 5 · p9500 + 6 · r9780 + t_K[4)] |
| SBR 或 SAM（超出限值，直至 STO 生效） | | 3 · p9500 + r9780 + p9587 + 4 ms | 3,5 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| 超出 SLS 限速 [3)] | 标准 [3)] | 3 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| | 启动阶段 [3)] | 3 · p9500 + p9587 + p9586[3)] + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9587 + p9586[3)] + 32 ms |
| SSM[6)] | | 6 · p9500 + p9587 + 4 ms | 6,5 · p9500 + p9587 + 32 ms |
| SDI（超出限值，直至开始制动） | 标准 [3)] | 2,5 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| | 启动阶段 [3)] | 2,5 · p9500 + p9587 + p9586[3)] + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + p9586[3)] + 32 ms |
| SP[7)] | | 6 · p9500 + p9587 + 4 ms | 6,5 · p9500 + p9587 + 32 ms |

1) 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions！

2) 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含 F 主机的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会导致在 PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）在故障监控时也考虑在计算之内。

3) 启动阶段：此处描述的是接通后的响应（ON 指令，在事先封锁的脉冲中）
缺省设置：该响应在脉冲已使能时有效。
由于借助 p9586 可以连接在脉冲使能后才延时生效的不带编码器的实际值检测，为此会有一个不同的响应。

4) t_K 是 SINAMICS 模块内部通讯的时间；t_K 可按如下方式测定：

| | |
|---|---|
| 在等时同步通讯中 | t_K = To（关于 To 请参见参数 r2064[4]） |
| 在非等时同步<br>通讯中 | t_K = 4 ms<br>（用于不带参数 p2048 或 p8848[5] 的模块） |
| | t_K = p2048 或 p8848 中的值 [5]<br>（用于带参数 p2048 或 p8848[5] 的模块） |

[5] p2048 适用于 IF1 通讯，p8848 适用于 IF2 通讯。

[6] SSM：指驱动器转速低出监控极限值到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。

[7] SP：指安全位置检测到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。

### 9.4.9 由端子控制的不带编码器的 SI 扩展功能（仅限 CU310-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

**⚠ 小心**

**特定条件下不带编码器的 SLS 或不带编码器的 SDI 的响应时间延长**

如果在使能功率模块的触发脉冲时就已经选中了没有编码器的 SLS 或 SDI，请注意，在驱动器启动阶段，如果驱动器超出极限值或出现系统错误，安全功能会经过一段延时后作出响应，延时为 p9586 [2]中设置的时间值（见上表）。

在经过 p9586 设置的延时后，各项安全功能在上表指出的标准响应时间内发出响应。

表格 9-9 由端子控制的不带编码器的 SI Extended Functions 的响应时间（仅限 CU310-2）

| 功能 | | 最差值 | |
|---|---|---|---|
| | | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | | 3,5 · p9500 + r9780 + t_E[3] | 4 · p9500 + 2 · r9780 + t_E[3] |
| SS1<br>（转速受控/时间和加速度受控），<br>SS1E（时间受控） | | 3,5 · p9500 + 2 ms + t_E[3] | 4 · p9500 + 2 ms + t_E[3] |
| SBC | | 3,5 · p9500 + 2 · r9780 + t_E[3] | 4 · p9500 + 9 · r9780 + t_E[3] |
| SBR 或 SAM（超出限值，直至 STO 生效） | | 3 · p9500 + r9780 + p9587 + 4 ms | 3,5 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| 超出 SLS 限速 [3] | 标准 [2] | 3 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9578 + 32 ms |
| | 启动阶段 [2] | 3 · p9500 + p9586[2] + p9578 + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9586[2] + p9578 + 32 ms |
| SSM | | 4 · p9500 + p9587 + 4 ms | 4,5 · p9500 + p9587 + 32 ms |

| 功能 | | 最差值 | |
|---|---|---|---|
| | | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SDI（超出限值，直至开始制动） | 标准 2) | 2,5 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| | 启动阶段 2) | 2,5 · p9500 + p9587 + p9586 2) + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + p9586 2) + 32 ms |

1) 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions！

2) 启动阶段：此处描述的是接通后的响应（ON 指令，在事先封锁的脉冲中）
缺省设置：该响应在脉冲已使能时有效。
由于借助 p9586 可以连接在脉冲使能后才延时生效的不带编码器的实际值检测，为此会有一个不同的响应。

3) t_E 时：

| | |
|---|---|
| p10017 = 0 | t_E = 2 · p0799 |
| p10017 ≠ 0 | t_E = p10017 + p0799 + 1 ms |

## 9.4.10 由 TM54F 控制的不带编码器的 SI 扩展功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

> ⚠ 小心
>
> **特定条件下不带编码器的 SLS 或不带编码器的 SDI 的响应时间延长**
>
> 如果在使能功率模块的触发脉冲时就已经选中了没有编码器的 SLS 或 SDI，请注意，在驱动器启动阶段，如果驱动器超出极限值或出现系统错误，安全功能会经过一段延时后作出响应，延时为 p9586 [2]中设置的时间值（见上表）。
>
> 在经过 p9586 设置的延时后，各项安全功能在上表指出的标准响应时间内发出响应。

表格 9-10　由 TM54F 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | | 最差值 | |
|---|---|---|---|
| | | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| STO | | 3,5 · p9500 + r9780 + p10017[3] + 1 ms | 4 · p9500 + 2 · r9780 + p10017[3] + 1 ms |
| SS1<br>（转速受控/时间和加速度受控），<br>SS1E（时间受控） | | 3,5 · p9500 + p10017[3] + 3 ms | 4 · p9500 + p10017[3] + 3 ms |
| SBC | | 3,5 · p9500 + 2 · r9780 + p10017[3] + 1 ms | 4 · p9500 + 6 · r9780 + p10017[3] + 1 ms |
| SBR 或 SAM（超出限值，直至 STO 生效） | | 3 · p9500 + +r9780 + p9587 + 4 ms | 3,5 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| 超出 SLS 限速 [3] | 标准 [2] | 3 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| | 启动阶段 [2] | 3 · p9500 + p9587 + p9586[2] + 6 ms | 4,5 · p9500 + r9780 + p9587 + p9586[2] + 32 ms |
| SSM | | 4 · p9500 + p9587 + 4 ms | 4,5 · p9500 + p9587 + 32 ms |

| 功能 | | 最差值 | |
|---|---|---|---|
| | | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SDI（超出限值，直至开始制动） | 标准 2) | 2,5 · p9500 + p9587 + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + 32 ms |
| | 启动阶段 2) | 2,5 · p9500 + p9587 + p9586 2) + 6 ms | 4 · p9500 + r9780 + p9587 + p9586 2) + 32 ms |

1) 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的 Extended Functions！

2) 启动阶段：此处描述的是接通后的响应（ON 指令，在事先封锁的脉冲中）
缺省设置：该响应在脉冲已使能时有效。
由于借助 p9586 可以连接在脉冲使能后才延时生效的不带编码器的实际值检测，为此会有一个不同的响应。

3) 在 CU310-2 上进行响应时间的计算时请使用驱动对象“TM54F_xx”的参数 p10017，而不要使用控制单元的相应参数。

### 9.4.11 由 PROFIsafe 控制的带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从控制单元收到 PROFIsafe 报文到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

表格 9-11 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SLP（超出限值，直至开始响应） | 1.5 x p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[2] |
| SP[4] 带周期同步的 PROFIsafe 报文 | 3 x p9500 | 3 · p9500 + t_IST[2] |
| SCA：从超出凸轮起始位置或终止位置到 S_ZSW_CAM1 中发出反馈信息的时间 | 3.5 x p9500 | 4 · p9500 + t_IST[2] |

[1] 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含 F 主机的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会导致在 PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）在故障监控时也考虑在计算之内。

[2] t_IST:

| | |
|---|---|
| 在等时同步通讯中 | t_K = To（关于 To 请参见参数 r2064[4]） |
| 在非等时同步通讯中 | t_K = 4 ms<br>（用于不带参数 p2048 或 p8848[7] 的模块） |
| | t_K = p2048 或 p8848[7] 中的值<br>（用于带有参数 p2048 或 p8848[7] 的模块） |

[4] SP:指安全位置检测到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。

### 9.4.12 由 TM54F 控制的带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 9-12 由 TM54F 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SLP<br>（超出限值，直至开始响应） | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[1)] |

[1)] 针对 t_IST：

| | | |
|---|---|---|
| p9511 ≠ 0 时： | | t_IST = p9511 |
| p9511 = 0 时： | 当存在一个等时同步的 PROFIBUS 主站时： | t_ACT= PROFIBUS 周期 |
| | 其他情况下： | t_IST = 1 ms |

### 9.4.13 由端子控制的带编码器的高级功能（仅限 CU310-2）

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 9-13 由安全机载端子控制的的高级功能的响应时间（仅限 CU310-2）

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SLP（超出限值，直至开始响应） | 1,5 · p9500 + 2 ms | 3 · p9500 + 2 ms + t_IST[1)] |

[1)] t_IST:

| | | |
|---|---|---|
| p9511 ≠ 0 时： | | t_IST = p9511 |
| p9511 = 0 时： | 当存在一个等时同步的 PROFIBUS 主站时： | t_ACT= PROFIBUS 周期 |
| | 其他情况下： | t_IST = 1 ms |

### 9.4.14 由 PROFIsafe 控制的不带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2）

下表列出了从控制单元收到 PROFIsafe 报文到各项 SI 功能作出响应之间的时间 [1]。

表格 9-14 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

| 功能 | 最差值 | |
|---|---|---|
| | 驱动系统正常运行时 | 存在故障时 |
| SP[2] | 6 · p9500 + p9587 + 4 ms | 6,5 · p9500 + p9587 + 32 ms |

[1] 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含 F 主机的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会导致在 PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间（F_WD_Time）在故障监控时也考虑在计算之内。

[2] SP:指安全位置检测到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。

# 10 标准和规定

## 10.1 概述

### 10.1.1 目标

技术设备和产品的制造商和销售商有责任确保设备和产品的安全性，也就是说，他们应采用最先进的技术设计出尽可能安全的设备、机械及其它技术装置。 为此，有关经济合作组织在标准中说明了所有对安全非常重要的先进技术。 遵循这些相关标准可有依据地推定设备保达到了先进安全技术水平，进而确保设备安装人员和机械/设备制造商履行了相关义务。

安全技术应尽可能降低设备对人和环境造成的危害，同时尽可能少地限制工业生产和设备使用（除非是一些必要的限制）。 一些全球标准和规定旨在为所有国家的人员和环境提供相同程度的保护，并避免安全要求高低不同引起的恶性竞争。

在不同的国家和地区，设备安全保障有不同的方案和要求。 在法律规定和安全要求中，何时检查设备是否充分安全、采用什么方法检查以及责任分配等也各不相同。

机械制造商和设备安装人员必须确保机械和设备的安全性符合使用地的法律法规。 例如，在美国使用的机械的控制系统必须符合美国当地的要求，即使其制造商来自欧洲经济共同体（EEA）。

## 10.1.2 功能安全

从需要保护的对象的角度来看，安全是一个密不可分的整体。但造成危险的原因和避免这些危险的技术措施可能存在很大的差异，因此人们将安全分为不同的类型，例如根据造成危险的原因进行分类。当安全取决于功能正常工作时，该安全便是“功能安全”。

为了保证机械或设备的功能安全，保护装置/控制装置的安全部件必须正常工作，并且在故障状态下能够使设备保持在安全状态或将设备进入安全状态。为此需要使用符合相关标准要求的专业技术。对功能安全的要求基于以下几个基本目标：

- 避免系统故障
- 控制偶然发生的错误或故障

衡量达到的功能安全的尺度有：危险故障发生的几率、故障公差和避免系统故障后应达到的质量水平。这些尺度在各个标准中定义为特定的分级：在 IEC/EN 61508、IEC/EN 62061 中是“安全集成等级”（Safety Integrity Level，SIL）；在 EN ISO 13849-1 中是“类别”（Category）和“性能等级”（Performance Level，PL）。

## 10.2 欧洲的机械安全

和产品生产相关的欧盟指令以调控自由商品贸易的欧盟条约第 95 条为基础。 在这些指令的基础上形成了一个新的全球措施（“new approach”，“global approach”）：

- 欧盟指令只描述了通用安全目标和定义了基本安全要求。
- 技术详细信息只能由欧洲议会和欧盟理事会委任的标准委员会（CEN、CENELEC）在标准中定义。 这些标准与特定指令保持协调，并且公布在欧洲议会和欧盟理事会公报中。 立法者不会强制规定要求遵守某标准。 但是如果遵守了这些协调标准，便可假定为满足了相关指令的所有安全要求。
- 欧盟指令要求成员国之间相互承认彼此的国家规定。

欧盟指令彼此之间具有等同的效力，即一个特定的设备涉及到多个指令时，所有相关指令的要求都生效（例如对于带电气装置的机械，机械指令和低压指令都适用）。

### 10.2.1 机械指令

附件 I 中规定了机械类产品的基本健康和安全要求，必须符合这些要求。

必须尽责地实施保护目标，以符合指令要求。

机械制造商必须出具证明，表明设备符合基本要求。使用协调标准可以简化证明过程。

相关机械指令为 IEC 61800-5-2 可调速的电驱动系统；第 5-2 部分：安全要求 - 功能安全。

IEC 61800-5-2 在 IEC 61508 范围内监控适用于安全相关应用 (PDS(SR)) 的可调速电驱动系统 (PDS)。

IEC 61800-5-2 引入 PDS(SR) 要求作为安全相关系统的子系统。为此，可在考虑了 PDS 安全功能的情况下实现 PDS(SR) 电气、电子和可编程电子元件的转换。

PDS(SR) 的制造商和供应商可通过 IEC 61800-5-2 标准向用户（如控制系统集成商或机器和设备的开发人员）证明其产品的安全性能。

### 10.2.2 欧洲协调标准

欧洲协调标准由欧盟委员会授权的两个标准机构 CEN（Comité Européen de Normalisation）和 CENELEC（Comité Européen de Normalisation Étrotechnique）制订，用于对特定产品的欧盟指令要求进行详细描述。这些标准（欧盟标准）随欧洲议会和欧盟理事会公报颁布，之后必须不加更改地纳入各成员国的国家标准中。它们满足基本的安全和健康要求，以及机械指令的附件 I 中所述的保护目标。

在遵循了相关协调标准的情况下，会“自动假定”为遵循了机械指令；即相关的安全要求包含在特定标准中时，制造商在遵循了该标准的情况下可假定遵循了机械指令。但并非所有欧洲标准都为协调标准。协调标准会公布在欧洲议会和欧盟理事会公报中。

欧洲的机械安全标准可划分为以下等级：

- A 类标准（基本标准）
- B 类标准（类别标准）
- C 类标准（产品标准）

**A 类标准/基本标准**

A 类标准中包含对所有机械的概念和定义。例如 EN ISO 12100（原 EN 292-1）“机械安全 - 基本概念，通用设计原则”。

A 类标准主要针对制定 B 类/C 类标准的机构。如果没有相应的 C 类标准，其中的风险最小化措施对制造商也非常有用。

**B 类标准/类别标准**

B 类标准为涉及了多种机械类别的安全技术标准。B 类标准主要针对制定 C 类标准的机构。如果没有相应的 C 类标准，其中对机械设计和结构的规定对制造商也非常有用。

B 类标准还可以进一步划分为：

- B1 类标准，用于高级安全要素，例如人体工学原则、与危险来源的安全距离，防止身体部位受到撞击的最小距离。
- B2 类标准，用于各种机械类别的安全设备，例如急停设备、双手控制设备、联锁设备、非接触生效防护设备、控制系统的安全部件。

**C 类标准/产品标准**

C 类标准为特定产品的专用标准，例如机床、木材加工机、升降机、包装机、印刷机等。产品标准为对特定机械的要求。这些要求有时可能会与基本标准和类别标准有所差别。对于机械制造商，C 类标准/产品标准具有最高的优先级。符合该标准时，便可以假定机械制造商符合了机械指令附录 I 的基本要求（自动符合性假定）。如果某种机械无产品标准，则可在机械结构设计时采用 B 类标准。

标准的完整清单以及授权的标准草案都可从以下网址获取：

标准 (http://www.newapproach.org/)

建议：由于科技高速发展，机械标准中的改动也较为频繁，因此在使用这些标准（尤其是 C 类标准）时需要特别注意它的时效性。此外还需注意，产品不一定要符合这些标准，但是一定要达到相关欧盟指令中的所有安全目标。

## 10.2.3 控制系统安全设计相关标准

如果机械的功能安全性取决于控制系统功能，则在设计控制系统时必须将发生安全功能失灵的几率降到足够低。EN ISO 13849-1 和 IEC61508 标准定义了机械控制系统安全设计相关的原则，这些原则符合欧盟机械指令中的所有安全目标。使用此标准即可满足机械指令中的相关安全目标。

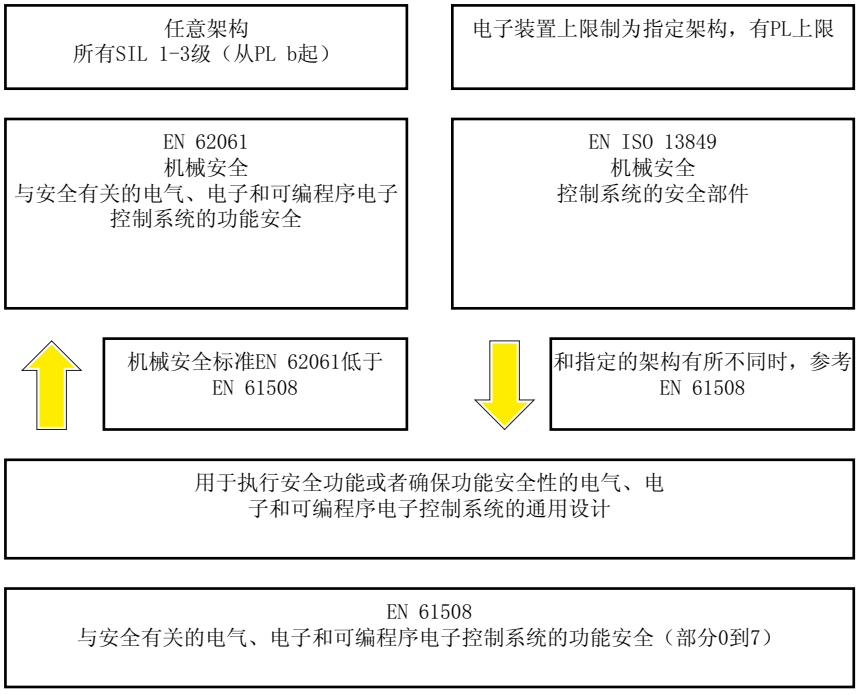



图 10-1 控制系统安全设计相关标准

EN ISO 13849-1、EN 62061 和 EN 61508 的应用范围相近。为了便于用户选择，IEC 协会和 ISO 协会都在其标准的引言中以同一张表格列出了两种标准的应用范围。根据工艺（机械、气动、液压、电气、电子、可编程电子）、风险分级、架构等要素选择使用 EN ISO 13849-1 或 EN 62061。

集成了安全功能的可调速电驱动适用于标准 IEC 61800-5-2 的应用。IEC 61800-5-2 确定了要求并为设计、研发、集成和验证安全相关应用的功能安全性给出了建议。IEC 61800-5-2 适用于可调速电驱动系统。

| | 执行安全相关控制功能的工艺 | EN ISO 13849-1 | EN 62061 |
|---|---|---|---|
| A | 非电气（例如液压、气压） | X | 未被涵盖 |
| B | 机电装置（例如继电器和/或简单电子装置） | 限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = e | 所有架构，最大到 SIL 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| C | 复杂电子装置（例如可编程电子装置） | 限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = d | 所有架构，最大到 SIL 3 |
| D | A+B | 限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = e | X<br>参见注释 3 |
| E | C+B | 限制为指定架构（参见注释 1），最大为 PL = d | 所有架构，最大到 SIL 3 |
| F | C +A<br>或者<br>C +A 或者 C+B | X<br><br>参见注释 2 | X<br><br>参见注释 3 |

“X” 表示标准涵盖了此项。

注释 1：
指定架构在 EN ISO 13849-1 的附录 B 中描述，是定量分析的简单基础。

注释 2：
针对复杂的电子装置：使用符合 EN ISO 13849-1，最高性能等级 PL 为 d 的架构，或者使用符合 EN 62061 的架构。

注释 3：
对于非电气工艺：使用符合 EN ISO 13849-1 的组件作为子系统。

## 10.2.4 DIN EN ISO 13849-1

出于工艺原因，根据 DIN EN 13849-1 进行的定性分析对于现代控制系统不够充分，例如 DIN EN ISO 13849-1 中没有考虑时间特性（例如时间间隔、循环测试、寿命）。而时间特性是 DIN EN ISO 13849-1 中的可靠性测试基础（每个时间单位发生故障的几率）。

DIN EN ISO 13849-1 涵盖了所有安全功能以及所有参与了安全功能执行的设备。使用 DIN EN ISO 138491 时，除了定性分析外，还要对安全功能进行定量分析。并基于特定类别使用性能等级（PL，Performance Level）这一参数。以下安全技术参数是组件/设备必需的：

- 类别（结构要求）
- PL:性能等级
- $MTTF_d$:平均无危险故障时间
  meantime to dangerous failure
- DC：诊断覆盖率
  diagnostic coverage
- CCF:CCF：共因故障
  common cause failure

该标准描述了如何在指定构架的基础上、计算控制系统中安全相关部件的性能等级 PL。与此有偏差时，DIN EN ISO 13849-1 参考 IEC 61508。

对于由多个安全相关部件组成的整体系统，此标准用于说明如何计算总 PL。

**说明**

**DIN EN ISO 13849-1 和机械指令**

从 2007 年五月起，DIN EN ISO 13849-1 和机械指令统一。

## 10.2.5 EN 62061

EN 62061（等同于 IEC 62061）是 IEC/EN 61508 以下的用于特定领域的标准。它对机械上和安全相关的电气控制系统的设计和制造进行描述，涉及从设计阶段到设备退役的整个生命周期。此标准基于安全功能的定量和定性分析。

对于复杂的控制系统，标准采用“Top-Down”的描述方式，即“功能分解（Functional Decomposition）”。此时，它将通过风险分析得到的安全功能划分为子安全功能，并将它们分配给实际设备（子系统和子系统单元）。其中涵盖了硬件和软件。EN 62061 也描述了对应用程序设计的要求。

和安全相关的控制系统由不同子系统组成。子系统通过安全技术参数（SIL 索赔期限 和 $PFH_D$）说明。

可编程电子设备（例如 PLC）或者调速驱动器必须符合 IEC 61508，它们可作为子系统集成到控制系统中。子系统的制造商必须给出以下安全技术参数。

子系统安全技术参数：

- SIL CL：SIL 索赔期限
  SIL claim limit
- $PFH_D$：每小时发生危险故障的几率
  probability of dangerous failures per hour
- T1：寿命
  lifetime

简单子系统（例如由电子机械部件组成的传感器或执行器），由相连的不同子系统单元（设备）组成，子系统的 $PFH_D$ 值可以由这些单元的参数值计算得出。

子系统单元（设备）的安全技术参数：

- λ：故障率
  failure rate
- B10 值：用于易磨损的单元
- T1：寿命
  lifetime

对于电子机械设备，设备制造商给出的是特定开关次数下的故障率。和时间相关的故障率、寿命必须根据实际应用的开关频率确定。

在结构设计阶段需要为子系统（由子系统单元构成）定义的参数：

- T2:诊断时间间隔
  diagnostic test interval
- β:对共因故障的灵敏性
  susceptibility to common cause failure
- DC：诊断覆盖率
  diagnostic coverage

安全相关控制系统的 $PFH_D$ 值由单个子系统的 $PFH_D$ 值相加得出。

用户可通过以下方式实现和安全相关的控制系统：

- 使用已经满足了 EN ISO 13849-1、IEC/EN 61508 或 IEC/EN 62061 要求的设备和子系统。在标准中会说明在实现安全功能时如何集成符合要求的设备。
- 开发自己的子系统：
  - 可编程的电子系统或复杂系统：使用 IEC 61508 或 IEC 61800-5-2。
  - 简单设备和子系统：使用 EN 62061。

EN 62061 中未涵盖对非电气系统的描述。此标准提供了用于设计制造电气、电子和可编程电子控制系统的详细信息。非电气系统必须使用 DIN EN ISO 13849-1。

**说明**

**功能示例**

简单子系统的设计、集成信息已作为“功能示例”出版

**说明**

**EN 62061 和机械指令**

在欧洲，IEC 62061 已经批准为 EN 62061，且与机械指令协调。

### 10.2.6 系列标准 IEC 61508（VDE 0803）

此系列标准对最先进的技术进行了描述。

IEC 61508 不是欧盟指令的协调标准， 因此不会“自动假定”满足了指令中的保护目标， 但是根据新的条款，安全相关产品的制造商也可以使用 IEC 61508 来满足欧洲指令中的基本要求，例如在以下情况下：

- 在相关应用领域没有适用的协调标准。 在此情况下制造商可使用 IEC 61508， 但是不存在符合性假定。
- 欧洲协调标准（例如：EN 62061、EN ISO 13849、EN 60204-1）中引用了 IEC 61508 时。 这样可以确保满足指令中的相关要求（“一同生效的标准”）。 从引用的角度来说，如果制造商负责地使用了 IEC 61508，则自动假定制造商符合了引用该标准的协调标准。

系列标准 IEC 61508 包含了使用 E/E/PES 系统（**e**lectrical/**e**lectronic/**p**rogrammable **e**lectronic **S**ystem）执行安全功能或者确保功能安全性时需要考虑的全部要素。 其它危险例如电击危险则不在该标准中描述（与 DIN EN ISO 13849 相似）。

近来 IEC 61508 被定位为“国际基本安全出版物”，作为其它行业标准的框架，例如：EN 62061。 由于它的国际定位，此标准在世界范围内具有很高的接受度，尤其是在北美和汽车工业领域。 现在很多机构要求此标准例如作为 NRTL 清单的基础。

此外， IEC 61508 的新发展还包括：从传感器到执行器的全套安全安装的系统设计技术要求；由意外硬件故障造成的危险故障几率的量化，以及为整个 E/E/PES 安全生命周期的每个阶段创建文档。

### 10.2.7 风险分析/评估

由于自身的结构和功能，机械和设备存在风险。因此机械指令要求对每台机械进行风险评估，并在必要时降低风险，使遗留风险小于允许的风险。执行风险评估时必须使用以下标准：

- EN ISO 12100 “机械安全 - 通用设计原则 - 风险评估和风险降低”
- EN ISO 13849-1“机械安全 - 控制系统安全部件”

EN ISO 12100 重点描述了需要分析的风险和风险降低的设计原则。

风险评估是指对机械造成的危险进行系统研究的一系列步骤。完成风险评估后要采取相应的降低风险措施。然后再次评估风险、降低风险，由此形成了一个不断重复的过程，这样可以尽可能地消除故障，确保采取了相应的保护措施。

风险评估包括

- 风险分析
  - 确定机械的限制 (EN ISO 12100)
  - 风险识别 (EN ISO 12100)
  - 风险预估（EN 1050 第 7 段）
- 风险评估

根据实现安全性的重复过程，在风险预估后要进行风险评估。此时要决定是否需要降低风险。如果需要继续降低风险，必须选择和使用适当的保护措施。然后必须重复风险评估。

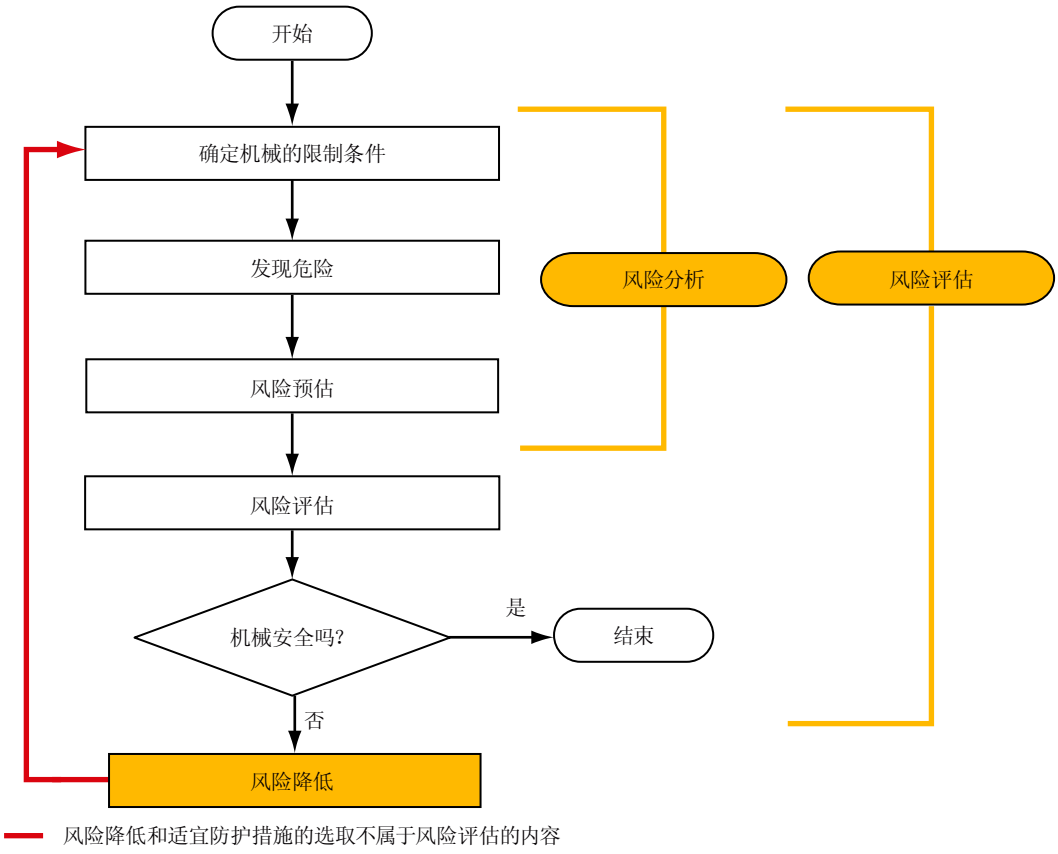



图 10-2　实现安全性的重复过程

风险降低必须通过适宜的机械设计/制造来实现，例如通过适用于安全功能的控制系统或保护措施。

如果保护措施中包含了联锁和控制功能，则保护措施必须根据 EN ISO 13849-1 设计。除了 EN ISO 13849-1，电气和电子系统也可使用 EN 62061。此时，电子控制系统和总线系统还必须符合 IEC 61508。

### 10.2.8 风险降低

除了通过结构设计，机械的风险降低也可通过和安全相关的控制系统功能实现。 为了实现这些控制系统功能，必须遵循标准中规定的根据风险程度分级的特殊要求。这些要求在 EN ISO 13849--1 中描述，电气系统，尤其是带可编程电子设备的电气系统在 EN 61508 或 EN 62061 中描述。 对和安全相关的控制系统部件的要求根据风险程度以及必要的风险降低措施分级。

**EN ISO 13849-1** 定义了风险矩阵，使用性能等级 (Performance Level，PL) 取代“类别”。

**IEC/EN 62061** 使用安全集成等级 (Safety Integrity Level，SIL) 分级。 它是控制系统安全性能的量化标度。必要的 SIL 也根据 ISO 12100 (EN 1050) 的风险评估原则得出。 在标准的附录 A 中描述了确定必要的安全集成等级 SIL 的方法。

不论使用的是哪种标准，在各种情况下都必须确保机械控制系统上所有参与安全功能执行的组件都满足这些要求。

### 10.2.9 遗留风险

在技术高度发展的当今世界，安全只是一个相对的概念。 在现实中是无法完全排除风险达到绝对安全的，即所谓的“零风险保障”。 遗留风险是指按照先进的经济和技术条件执行了相应的保护措施后仍无法避免的风险。

在机械/设备文档中必须提示遗留风险（用户信息，根据 EN ISO 12100）。

### 10.2.10 欧盟一致性声明

产品的 EG 一致性声明可从当地西门子办事处获取或参见以下网页：

EG 一致性声明 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/67385845/en)

## 10.3 美国的机械安全

美国和欧洲对工作环境安全的法律规定的重要区别在于，在美国没有统一的针对机械安全的国家法规来规定制造商/供应商的责任，更多是要求雇主提供安全的工作环境。

详细信息请参见以下章节：

- OSHA 的最低要求 (页 401)
- NRTL 清单 (页 402)
- NFPA 79 (页 403)
- ANSI B11 (页 403)

### 10.3.1 OSHA 的最低要求

在 1970 年的职业安全法（Occupational Safety and Health Act，OSHA）中规定了雇主必须提供安全的工作环境的要求。OSHA 的核心要求位于第 5 段“责任（Duties）”中。

职业安全法由职业安全与健康管理局（Occupational Safety and Health Administration，通常称为 OSHA）负责管理。OSHA 会安排地区检察员来检查工作环境是否符合规定。

OSHA 中的工作安全相关规定在 OSHA 29 CFR 1910.xxx（“OSHA 法规 (29 CFR) 部分 1910 职业安全和健康”）中描述。（CFR：Code of Federal Regulations，美国联邦法规）

OSHA (http://www.osha.gov)

在 29 CFR 1910.5 “标准适用性（Applicability of standards）” 中确定了标准的适用范围。此条款与欧洲的相关规定相似。当特定产品的标准涵盖了相关要素时，则具有比通用标准更高的优先级。满足了此标准时，雇主可以推定满足了标准中相关要素的 OSHA 核心要求。

对于某些特定应用，OSHA 要求所有用于保护雇员的电气设备必须获得 OSHA 授权的国家认可实验室（Nationally Recognized Testing Laboratory，NRTL）的许可。

除了 OSHA 的规定外，还须遵守其它组织如 NFPA 和 ANSI 制订的标准，以及在美国广泛适用的产品责任法。产品责任法颁布后，制造商和销售商不得不为了自己的利益认真遵守法规并采用先进技术。

第三方保险企业通常要求其客户满足标准机构制定的适用的标准的要求。自保企业不受此要求约束，但是在发生事故时必须能证明遵循了普遍公认的安全原则。

### 10.3.2 NRTL 清单

所有在美国使用的电气设备都必须获得 OSHA 授权的国家认可实验室（Nationally Recognized Testing Laboratory，NRTL）的许可，以保障雇员的安全。 国家认可实验室有权通过清单、标签或其它方式颁发设备和材料的许可。 检测的基础为国家标准例如 NFPA 79，以及国际标准例如 E/E/PES 系统的标准 IEC/EN 61508。

### 10.3.3 NFPA 79

NFPA 79 标准（工业机械电子标准）适用于额定电压小于 600 V 的工业机械电子设备。由多台协同工作的机械所组成的整体也称之为机械。

NFPA 79 中涵盖了对可编程电子系统和通讯总线的基本要求。当这些设备被用于安全相关的功能时，必须列出在清单上。满足了这些要求时，电子控制系统和通讯总线也可用于停止类别 0 和 1 的急停功能（参见 NFPA 79 9.2.5.4.1.4）。同 EN 60204-1 一样，NFPA 79 也不再要求在执行急停功能时通过电子机械方式断开电源。

对可编程电子系统和通讯总线的核心要求符合 NFPA 79 9.4.3：

1. 包含了基于软件的控制器的控制系统必须
   - 在发生单个故障时
     (a) 断开系统使其进入安全状态
     (b) 防止重新启动直到故障被消除
     (c) 防止意外的启动
   - 具有和硬件式控制系统相同的防护等级
   - 根据符合公认的、适用于该系统的标准设计。
2. 在附注中将 IEC 61508、IEC 62061、ISO 13849--1、ISO 13849-2 和 IEC 61800-5-2 列为适用的标准。

保险商实验所（Underwriter Laboratories Inc. UL）定义了一个特殊的类别“可编程安全控制器”（名称代码 NRGF）用于满足此要求。此类别涵盖了包含软件且设计用于安全功能的控制设备。

对此类别的详细描述以及满足此要求的设备列表可通过以下网址获取：

NRGF (http://www.ul.com) → Online Certifications Directory → UL Category code/Guide information → search for category "NRGF"

TUV Rheinland of North America 也是此应用的 NRTL。

### 10.3.4 ANSI B11

ANSI B11 标准是由多个协会，例如美国制造技术协会（Association for Manufacturing Technology，AMT）和机器人工业联合会（Robotic Industries Association，RIA）共同制定的标准。

通过风险分析/评估对机械潜在的危险进行评估。根据 NFPA 79、ANSI/RIA 15.06、ANSI B11.TR-3 和 SEMI S10（半导体），风险分析为一项重要要求。借助风险分析后记录下的结果，并根据实际应用的安全等级可以选择合适的安全技术。

## 10.4 日本的机械安全

日本的情况与欧洲和美国不同，它没有和欧洲类似的对功能安全性的法律要求，同样产品责任法的效力也不及美国。

在日本没有对标准应用的法律要求，但是有使用 JIS（日本工业标准）的管理建议：日本借鉴欧洲的方案，将基本标准作为国家标准：

表格 10-1　日本标准

| ISO/IEC 编号 | JIS 编号 | 注释 |
| --- | --- | --- |
| ISO12100 (EN 1050) | JIS B 9700, JIS B 9702 | 原 TR B 0008 和 TR B 0009 |
| ISO13849-1 | JIS B 9705-1 | - |
| ISO13849-2 | JIS B 9705-1 | - |
| IEC 60204-1 | JIS B 9960-1 | 无附录 F 或欧洲前言中的路线图 |
| IEC 61508-0 至 -7 | JIS C 0508 | - |
| IEC 62061 | - | 还没有 JIS 号 |

## 10.5 企业设备规定

除了指令和标准中的要求外，还须遵循企业特定的要求。 特别是大型企业，例如汽车制造商，对自动化部件有很高的要求，并常会将其作为自己的设备规范列出。

和安全相关的事项（例如运行方式、进入危险区域的操作，急停方案等）必须事先与客户说明，确保这些事项纳入到风险评估/降低过程中。

# 10.6 其他和安全相关的事项

## 10.6.1 同业工伤事故保险联合会的信息页

有时从指令、标准或者规范文本并不能得出需要执行的安全措施。此时还需要相应的提示和说明。

为此，同业工伤事故保险联合会的各专业委员会出版各种主题的出版物。

**说明**

这些出版物以德语发行。其中一部分也提供英语和法语版本。

例如可参考以下主题的信息页：

- 生产时的流程监控
- 引力负载轴
- 滚压机械
- 车床和车削中心 - 购买/销售

专业委员会信息页可由所有团体使用，例如：在向车间提供建议、制定规范或者设计机械和设备上的安全措施时可以参考。专业委员会的信息页中包含对相应专业领域的建议，机械制造、生产系统、钢铁制造等。

可通过以下网址 (http://www.bghm.de/)下载信息页：

1. 首先选择“Arbeitsschützer”区域，之后选择菜单“Praxishilfen”，最后选择“DGUV-Informationen”。

## 10.6.2 其它文献

- Safety Integrated，工业安全系统（第 5 版，带附录），产品编号 6ZB5 000-0AA01-0BA1
- Safety Integrated - 术语和标准 - 机床安全术语（版本 04.2007），产品编号 E86060-T1813-A101-A1

# 维护 11

## 11.1 组件更换提示

**说明**

**注意其他安全提示**

修改或更换软件组件的注意事项请参见“安全说明 (页 27)”一章！

**⚠ 警告**

**更换组件时不执行功能测试可引起意外运行**

更换组件后，连接或功能可能错误，这样在进入电机的危险区域时可导致人员重伤或死亡。

- 更换组件后，务必要进行简单的功能测试。
  详细信息参见章节“特定操作下需要进行的验收测试项目 (页 356)”和“验收测试 (页 347)”。

按照安全规定的要求更换损坏的组件。下面将介绍 Safety Integrated 相关的组件更换信息。组件更换的更多信息请参见 SINAMICS S120 功能手册中的“组件更换示例”章节。

- 驱动依据 NodeID 和保存的相应硬件组件的 CRC 来识别组件更换。驱动响应及必须采取的措施请见下表：

### 11.1.1 各组件的详细更换信息

| | 被更换的组件 | 控制方式 | 驱动的响应（故障） | 用户操作 | | | 诊断参数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 需要故障应答 1) | 组件更换后需要进行应答 2) | 保存 3) | |
| **Basic Functions** | Control Unit | 所有 | F01641.0 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | Motor Module | 所有 | F01641.1 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | Power Module | 所有 | F01641.2 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |

| | 被更换的组件 | 控制方式 | 驱动的响应（故障） | 用户操作 | | | 诊断参数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 需要故障应答 1) | 组件更换后需要进行应答 2) | 保存 3) | |
| **Extended/ Advanced Functions** | Control Unit | 所有 | F01641.0 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | Motor Module | PROFIsafe，自动生效的板载 F-DI | F01641.1 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | | TM54F | F01640.1 = 1 | 支持 | 支持 | 支持 | r9776.2 = 1<br>r9776.3 = 1 |
| | Power Module | 所有 | F01641.2 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | Sensor Module（处理器 1） | 所有 | F01641.3 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | Sensor Module（处理器 2） | 所有 | F01640.4 = 1 | 支持 | 支持 | 支持 | r9776.2 = 1<br>r9776.3 = 1 |
| | 编码器 4) | 所有 | F01641.5 = 1<br>F01641.6 = 1 | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |
| | TM54F | 所有 | F01641（仅在 TM54F_MA 上） | 支持 | 不支持 | 支持 | r9776.2 = 1 |

1) 每次更换组件后，必须通过标准故障应答（例如 p2103 发出 0/1 信号）来应答故障。不过在未应答的情况下驱动也可不受限制地继续运行。

2) 必须对更换列表中的组件进行应答，以确保设备内部可以重新建立通讯连接。更换其他组件时无需进行应答，因为新建立的通讯连接会自动备份。
在所有相关驱动对象上执行以下步骤，以应答组件更换：
- 检查是否满足以下前提条件：
- p0010 = 0

- 驱动对象上不允许有固件更新生效。
- 设置 p9702 = 29 (= 1D hex)
- 如果应答过程结束，p9702 会重新跳回 0 值。

3) 组件更换后必须保存已更改的数据：
- 驱动对象上不允许有固件更新生效。
- 设置 p0977 = 1，执行“Copy RAM to ROM”。

若未进行保存，那么在下一次上电时系统会重新发出故障信息。

4) 仅针对有序列号的编码器（例如 EnDat）

## 11.1.2 使用无编码器的安全功能时更换电机

使用无编码器的安全功能时，电机的极对数起着决定性作用。如果更换了电机，则特性由电机极对数决定：如果新电机的极对数高于配置的极对数，则机械速度会低于由 Safety Integrated 计算出的速度。如果它低于配置的电机极对数，比如：更换备件后，则机械速度会高于由 Safety Integrated 计算出的速度。

- 进行此类更换后应进行检测，将安全实际速度 (r9714) 与正常速度（r0063 或输出频率）进行比较，必要时修改配置的极对数。

## 11.1.3 参数与功能图

### 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- r9670 SI 模块标识（控制单元）
- r9671[0...n] SI 模块标识（电机模块）
- p9672 SI 模块标识（功率模块）
- p9673 SI 模块标识（编码器模块，通道 1）
- p9674 SI 模块标识（编码器模块，通道 2）
- p9675 SI 模块标识，通道 1 传感器
- p9676 SI 模块标识，通道 2 传感器
- p9702 SI 确认组件更换
- r9776 SI 诊断
- r9793[0...9] SI 组件更换诊断
- r10070 SI TM54F 模块识别

## 11.2 固件升级提示

**⚠ 警告**

**固件升级时不执行上电和验收测试**

升级固件后，系统会发出信息 A01007“DRIVE-CLiQ 组件需执行上电”，这样在进入电机的危险区域时可导致人员重伤或死亡。

- 然后执行简化验收测试。
- 完成验收测试后，再进入危险区域进行操作。

**⚠ 警告**

**更换组件时不执行功能测试可引起意外运行**

更换组件后，连接或功能可能错误，这样在进入电机的危险区域时可导致人员重伤或死亡。

- 重新给系统上电。
- 更换组件后，务必要进行简单的功能测试。
  详细信息参见章节“特定操作下需要进行的验收测试项目 (页 356)”和“Startdrive 验收测试 (页 360)”。

# 11.3 SI 故障信息

## 11.3.1 停止响应

### 停止响应一览

Safety Integrated Extended/Advanced Functions 检测出故障和超限时会触发以下停止响应：

## 停止响应一览

表格 11-1　停止响应一览

| 停止响应 | 触发条件 | 操作 | 结果 |
| --- | --- | --- | --- |
| STOP A[1]（符合 STO[2]） | • 出现任何一个可以通过脉冲封锁应答的 SI 故障时被触发<br>• 作为 STOP B 的后续响应被触发<br>• 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 | 立即封锁脉冲 | 驱动器惯性停转 |
| STOP B[1]（符合 SS1[3]） | 示例：<br>• 超出 p9530 中设定的静态公差（SOS）<br>• 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发<br>• 作为 STOP F 的后续响应被触发<br>• 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 | 立即给出转速设定值 0 并开始延时段 $t_B$，<br>$t_B$ 届满后或者 $n_{实际} < n_{关机}$ 时触发 STOP A。 | STOP B 之后触发 STOP A。<br>电机沿着 OFF3 斜坡制动，接着过渡至 STOP A<br>**提示：**<br>执行“带外部停止的 SS1”（SS1E）时不沿着 OFF3 斜坡制动（参见章节“带外部停止的 Safe Stop 1 (页 112)”）。 |

| 停止响应 | 触发条件 | 操作 | 结果 |
| --- | --- | --- | --- |
| STOP C[1)]<br>（符合 SS2[4)]） | • 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发<br>作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 | 立即给出转速设定值 0 并开始延时段 $t_C$，<br>$t_C$ 届满后选择 SOS。 | 电机沿着 OFF3 斜坡制动，之后选择 SOS。 |
| STOP D[1)] | • 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 | 开始延时段 $t_D$，<br>无驱动器自动响应。<br>$t_D$ 届满后激活 SOS。 | 电机必须通过（驱动组中的）上级控制器制动！<br>$t_D$ 届满后选择 SOS。<br>仅在 SOS 中超出了静态公差窗口时才会执行变频器的自动响应。 |
| STOP E[1)] | • 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发<br>• 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 | p9554 届满后触发 SOS | 控制变频器中集成的 ESR 功能 |
| STOP F[1)] | 在交叉数据校验出错时被触发。<br>作为 STOP B 或 STOP A 的后续响应被触发。 | 延时段 $t_{F1}$（Basic Functions）或 $t_{F2}$（Extended/Advanced Functions）生效。<br>变频器无响应 | 选择了安全功能（SOS、SLS）时或者使能了带回差的 SSM 时，$t_{F1}$（Basic Functions）届满后过渡至 STOP A，$t_{F2}$（Extended/Advanced Functions）届满后过渡至 STOP B。 |

1) 参见下文“总线故障时延迟的脉冲封锁”的说明。

2) 触发 STOP A（不考虑安全信息）后驱动器的响应与触发 STO 后的响应相符。请注意，STO 的设置同样适用于 STOP A。

3) 触发 STOP B（不考虑安全信息）后驱动器的响应与触发 SS1 后的响应相符。比如：SAM 或 SBR 监控以相同的方式生效。请注意，SS1 的设置同样适用于 STOP B。

4) 触发 STOP C（不考虑安全信息）后驱动器的响应与触发 SS2 后的响应相符。比如：SAM 或 SBR（使用编码器的安全功能）监控以相同的方式生效。请注意，SS2 的设置同样适用于 STOP C。

**说明**

**总线故障时延迟的脉冲封锁**

SLP、SLS、SDI 和 SLA 的停止响应中也可以选择“在出现总线故障时延迟脉冲封锁”，以便变频器在通讯中断时有充分的时间响应：

- 在 p9580 ≠ 0、SLS 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应时（即设置 p9563[0...3] ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 p9580 ≠ 0、SDI 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应时（即设置 p9566 ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 p9580 ≠ 0、SLP 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应时（即设置 p9562[0...1] ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 p9580 ≠ 0、SLA 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLA 响应时（即设置 p9579 ≥ 10），驱动才会执行设置的 ESR 响应。

延迟时间（p9580）最长为 800 毫秒。

**说明**

**STOP F 和 STOP B 之间的延迟时间**

只有在 STOP F 和 STOP B 之间由于分析“内部事件”（r9722.7）反馈信号而引起了额外的响应时，才能设置这两者之间的延迟时间。

另外在使用延迟时间时必须选中一个监控功能如高速度限值的 SLS 或者配置 SSM 的回差。

SSM 上使能的回差应视为一个激活的监控功能。

## 停止响应的过渡延迟时间

| | |
|---|---|
| $t_B$ | p9556 |
| $t_C$ | p9552 |
| $t_D$ | p9553 |
| $t_{F1}$ | p9658 |
| $t_{F2}$ | p9555 |
| $n_{关机}$ | p9560 |

**故障和报警说明**

**说明**

**文档**

SINAMICS Safety Integrated 故障和报警的详细信息请参见以下手册：

文档：SINAMICS S120/S150 参数手册

## 11.3.2 停止响应的优先级

表格 11-2 停止响应的优先级

| 优先级 | 停止响应 |
|---|---|
| 最高优先级 | STOP A |
| ..... | STOP B |
| ... | STOP C |
| .. | STOP D |
| .. | STOP E |
| 最低优先级 | STOP F |

**停止响应与 Extended Functions 的优先级**

表格 11-3 停止响应与 Extended Functions 的优先级

| **停止响应/ Extended Function** | | 最高优先级 | ... | ... | ... | ... | 最低优先级 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **STOP A** | **STOP B** | **STOP C** | **STOP D** | **STOP E** | **STOP F** |
| 最高优先级 | **STO** | STOP A/STO | STO | STO | STO | STO | STO |
| ..... | **SS1** | STOP A | STOP B/SS1 | SS1 | SS1 | SS1 | SS1 |
| ... | **SS2** | STOP A | STOP B | STOP C/SS2 | SS2 | SS2 | SS2/STOP B[2)] |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | **SS2E** | STOP A | STOP B | STOP C/SS2 | SS2 | SS2 | SS2/STOP B[2)] |
| .. | **SOS** | STOP A[1)] | STOP B[1)] | SOS | SOS | STOP E/SOS | STOP B[2)] |
| 最低优先级 | **SLS, SLA** | STOP A[3)] | STOP B[3)] | STOP C[4)] | STOP D[4)] | STOP E[4)] | STOP B[2)] |

1) SOS 监控功能一直保持生效，但是不会再触发故障响应，因为驱动器已作出响应。

2) STOP B 是 STOP F 的后续响应，它在设置的时间后生效。STOP F 本身没有作用，选择的安全功能仍然保持生效。

3) SLS 或 SLA 监控功能一直保持生效，但是不会再触发故障响应，因为驱动器已作出响应。

4) 制动过程中 SLS 或 SLA 一直保持生效，之后切换至 SOS。

上表指出了选中的安全功能触发了 STOP 时会有哪些停止响应或安全功能生效。停止响应从左至右按照优先级由高到低的顺序排列 (STOP A-F)。

每个安全功能只有一个优先级。例如即使请求了 STO，SOS 依然生效。引起电机减速制动的安全功能 (SS1、SS2) 在表中从上至下按照优先级从高到低的顺序排列。

如果一栏中有两项，则表示停止响应和安全功能具有相同的优先级。说明：

- STOP A 等同于选择 STO
- STOP B 等同于选择 SS1
- STOP C 等同于选择 SS2
- STOP D 等同于选择 SOS
- STOP E 等同于选择 SOS（在另激活标准功能“扩展停机和回退 (ESR)”时）
- SS2 功能被选中时，STOP F 会引起后续停止 STOP B。SS2 继续保持生效。

**举例说明，以便于表格的理解**

- 刚刚选择了安全功能 SS1。STOP A 保持生效。
- 选择高优先级功能的 STOP 会触发现有低优先级功能的 STOP。比如：选择 SS1 (≙ STOP B) 会触发 STOP C-F。
- 选中了安全功能 SLS。该选择对 STOP A~STOP D 没有任何影响。现在，STOP F 会触发 STOP B，因为已经选择了一个安全功能。
- 选择了停止响应 STOP C。之前选择的是安全功能 STO 或 SS1 时，STOP C 不生效。之前选择的是 SS2 时，该制动斜坡保持生效。之前选择的是 SOS 时，SOS 继续生效，同时它也是 STOP C 的最终状态。之前选择的是 SLS 时，电机通过 STOP C 制动。

### 11.3.3 SI 故障信息的应答方式

**说明**

**通过重新上电进行应答**

同所有其它故障信息一样，SI 故障信息也可通过关闭/接通驱动器（重新上电）来应答。如果还没有消除故障，则在引导启动后，故障再次出现。

#### 通过 TM54F/CU310-2 进行应答

通过参数 p10006 “SI 内部事件应答输入端子” 可应答以下对象中的故障：

- 安全驱动
- TM54F 的 F-DI
- CU310-2

**“安全故障应答”** 机制的工作原理如下：
通过参数 p10006 “Safety Integrated 内部事件应答输入端子”，设置 TM54F 或 CU310-2 的 F-DI 的动作。这样便能借助一个安全输入信号应答驱动器或 TM54F 上出现的故障。该输入端上的下降沿会置位驱动器中“内部事件” (Internal Event) 的状态，也会置位配备的 TM54F 或 CU310-2 中“内部事件”的状态。

为了防止无意或错误地应答 SI 故障信息，F-DI 应答输入端上的信号在静止状态下电平必须为 “0”。该信号必须在 F-DI 上输出下降沿（即从 1 变为 0）以应答 SI 故障信息。未达到所要求的静止状态时，系统会输出报警。

使用 TM54F 时，在进行此项应答后，还要在控制单元上进行应答。该应答的作用如下：

- TM54F 故障会从故障缓冲器中清除。
- TM54F 上红色的 READY LED 会被复位。

#### 通过 PROFIsafe 应答

上一级控制器通过 PROFIsafe 报文（STW 位 7）为每个驱动对象单独置位信号“内部事件应答”。该信号的下降沿使得相应驱动的“内部事件” (Internal Event) 状态置位，进而应答故障。
驱动对象 (DOs) 中的故障不可通过上一级控制系统批量应答，而必须对各驱动对象单独进行应答。

**扩展应答方式**

在设置了 p9507.0 = 1 时，选择/撤销 STO 或 SS1 会自动应答安全信息。

如果除了“由端子控制的 Basic Functions”外还使能了“Extended/Advanced Functions”，也可以通过 PROFIsafe 或 TM54F 或 CU310-2 上的端子选择/撤销 STO 来应答信息。

## 11.4 信息缓冲器

驱动器除了故障缓冲器（F...）和的报警缓冲器（A...）外，还有专用于 Safety Integrated Extended/Advanced Functions 的安全信息缓冲器（C...），前两个缓冲器参见 SINAMICS S120 调试手册的相应章节。

Safety Integrated Basic Functions 的故障信息则保存在缺省的故障缓冲器中（参见 SINAMICS S120 调试手册中“故障和报警缓冲器”一章）。

**说明**

**Basic 和 Extended/Advanced Functions 的信息**

如果您希望不管是 Basic Functions 的信息还是 Extended/Advanced Functions 的信息都保存到缺省故障缓冲器中，请设置 p3117 = 1。

安全信息缓冲器和故障缓冲器的结构类似，由信息码、信息值、信息接收/消除时间、SINAMICS 组件号和诊断属性组成。

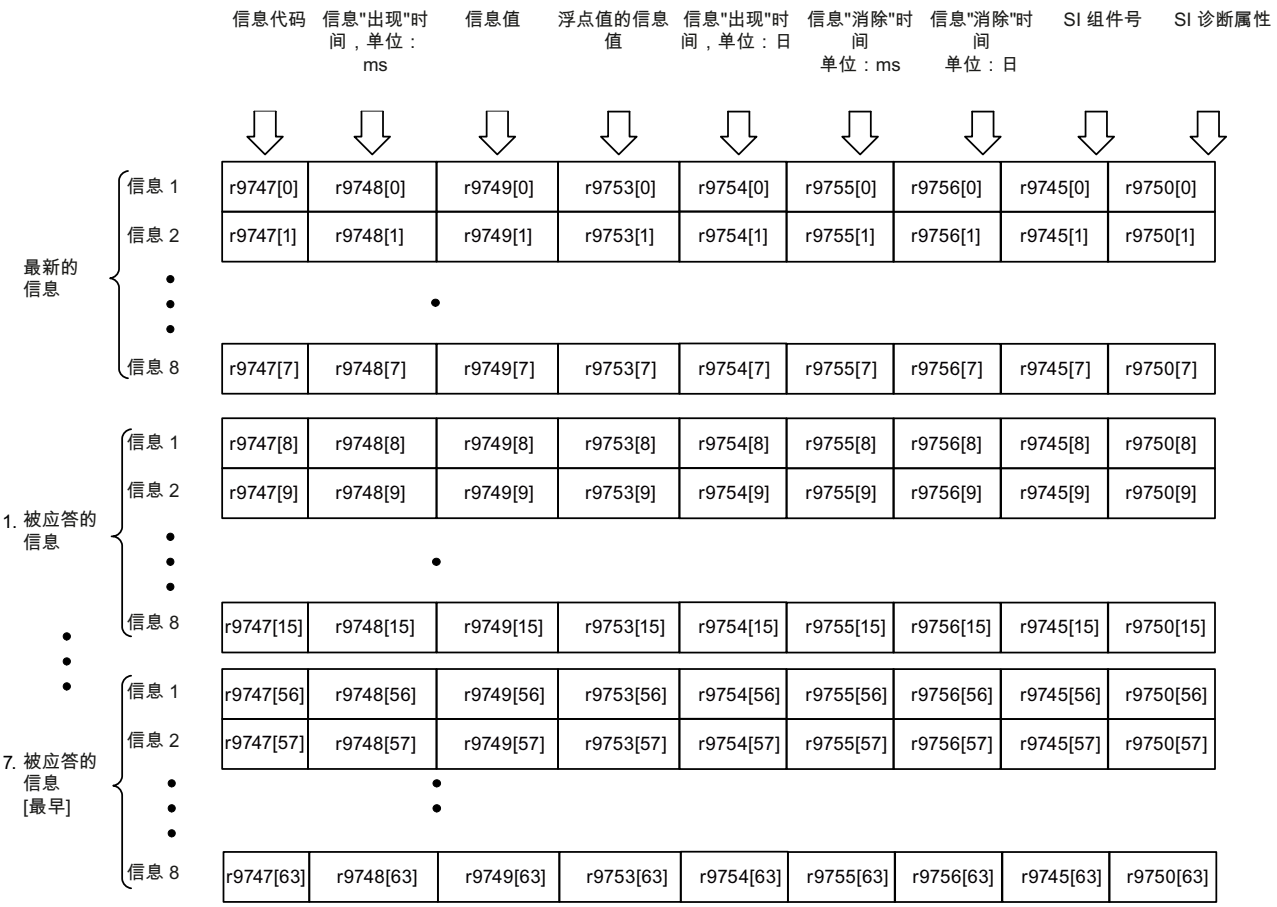



图 11-1 安全信息缓冲器的结构

一旦输出一条安全信息，r2139.5 便置 1，但信息会经过一段延时后进入缓冲器。因此我们建议在发现上述参数位置位并查看 r9744 确定缓冲器有改动后，再去查看安全信息缓冲器。

信息必须通过 TM54F 或 CU310-2 上的一个 F-DI 应答或通过 PROFIsafe 应答。

**安全信息缓冲器的特性：**

- 信息事件在缓冲器中按照发生的时间顺序排列。
- 发生了新的信息事件时，信息缓冲器中也会相应地重新排列。历史进入“已应答的信息事件”1~7 中。
- 如果您至少清除了“当前信息事件”中的一个异常并应答了该信息，信息缓冲器会重新排列。未消除的信息保留在“当前信息事件”中。
- 如果“当前信息事件”中记录了 8 条信息且出现了新信息，则索引 7 中的信息参数会被新的信息覆盖。
- 每次信息缓冲器有所改变时，r9744 都会向上计数。
- 有些信息可能会输出信息值（r9749，r9753）。信息值用于信息的精确诊断，其含义请参见信息描述。

**删除信息缓冲器：**

信息缓冲器通过设置 p9752 = 0 即可删除。重新上电后 p9752 也会置 0。此时会一并删除故障缓冲器。

## 重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- r2139.0...15 CO/BO:状态字，故障/报警 1
- r9744 SI 信息缓冲器改动计数器
- r9745[0...63] SI 组件
- r9747[0...63] SI 信息码
- r9748[0...63] SI 接收信息时间，单位毫秒
- r9749[0...63] SI 信息值
- r9750[0...63] SI 诊断属性
- p9752 SI 信息事件计数器
- r9753[0...63] SI 浮点值的信息值
- r9754[0...63] SI 接收信息时间，单位天
- r9755[0...63] SI 消除信息时间，单位毫秒
- r9756[0...63] SI 消除信息时间，单位天

# 附录 A

## A.1 Startdrive 中的可用模块

Startdrive V15 支持的 SINAMICS S120 硬件及功能列表，请见以下服务与支持网页 (https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109761180)。

Startdrive V16 提供了以下新功能：链接 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109771625)

# A.2 缩略语目录

**说明**

以下缩写列表包含了在全部 SINAMICS 驱动系列中使用的缩写及其含义。

## A

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| A… | Alarm | 报警 |
| AC | Alternating Current | 交流电 |
| ADC | Analog Digital Converter | 模拟数字转换器 |
| AI | Analog Input | 模拟量输入 |
| AIM | Active Interface Module | 调节型接口模块 |
| ALM | Active Line Module | 调节型电源模块 |
| AO | Analog Output | 模拟量输出 |
| AOP | Advanced Operator Panel | 高级操作面板 |
| APC | Advanced Positioning Control | 高级定位控制 |
| AR | Automatic Restart | 自动重启 |
| ASC | Armature Short-Circuit | 电枢短路 |
| ASCII | American Standard Code for Information Interchange | 美国信息互换标准码 |
| AS-i | AS-Interface (Actuator Sensor Interface) | 自动化技术中的开放式总线系统 |
| ASM | Asynchronmotor | 异步电机 |
| AVS | Active Vibration Suppression | 有效振荡阻尼 |
| AWG | American Wire Gauge | American Wire Gauge（美国线规） |

## B

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| BB | Betriebsbedingung | 运行条件 |
| BERO | - | 无接触接近开关 |
| BI | Binector Input | 二进制互联输入 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| BIA | Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit | 工作安全职业学院 |
| BICO | Binector Connector Technology | 数字接口模拟接口连接技术 |
| BLM | Basic Line Module | 基本型电源模块 |
| BO | Binector Output | 二进制互联输出 |
| BOP | Basic Operator Panel | 基本操作面板 |

## C

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| C | Capacitance | 电容 |
| C… | - | 安全信息 |
| CAN | Controller Area Network | 串行总线系统 |
| CBC | Communication Board CAN | CAN 通讯模块 |
| CBE | Communication Board Ethernet | PROFINET 通讯板（以太网） |
| CD | Compact Disc | 光盘 |
| CDS | Command Data Set | 指令数据组 |
| CF Card | CompactFlash Card | CF 卡 |
| CI | Connector Input | 模拟量互联输入 |
| CLC | Clearance Control | 距离调节 |
| CNC | Computerized Numerical Control | 计算机数字控制 |
| CO | Connector Output | 模拟量互联输出 |
| CO/BO | Connector Output/Binector Output | 模拟接口/数字接口输出 |
| COB-ID | CAN Object-Identification | CAN 对象识别 |
| CoL | Certificate of License | 许可证 |
| COM | Common contact of a change-over relay | 转换接点的中央接点 |
| COMM | Commissioning | 调试 |
| CP | Communication Processor | 通讯处理器 |
| CPU | Central Processing Unit | 中央处理器 |
| CRC | Cyclic Redundancy Check | 循环冗余检查 |
| CSM | Control Supply Module | 控制电源模块 |
| CU | Control Unit | 控制单元 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| CUA | Control Unit Adapter | 控制单元适配器 |
| CUD | Control Unit DC | 直流控制单元 |

## D

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| DAC | Digital Analog Converter | 数字模拟转换器 |
| DC | Direct Current | 直流电 |
| DCB | Drive Control Block | 驱动控制块 |
| DCBRK | DC Brake | 直流制动 |
| DCC | Drive Control Chart | 驱动控制图 |
| DCN | Direct Current Negative | 负直流电 |
| DCP | Direct Current Positive | 正直流电 |
| DDC | Dynamic Drive Control | 动态驱动控制 |
| DDS | Drive Data Set | 驱动数据组 |
| DHCP | Dynamic Host Configuration Protocol | Dynamic Host Configuration Protocol（通讯协议） |
| DI | Digital Input | 数字量输入 |
| DI/DO | Digital Input/Digital Output | 双向数字量输入/输出 |
| DIN | Deutsches Institut für Normung | 德国标准协会 |
| DMC | DRIVE-CLiQ Hub Module Cabinet | DRIVE-CLiQ 集线器模块柜 |
| DME | DRIVE-CLiQ Hub Module External | DRIVE-CLiQ 集线器外部模块 |
| DMM | Double Motor Module | 双轴电机模块 |
| DO | Digital Output | 数字量输出 |
| DO | Drive Object | 驱动对象 |
| DP | Decentralized Peripherals | 分布式外设 |
| DPRAM | Dual Ported Random Access Memory | 双向存取储器 |
| DQ | DRIVE-CLiQ | DRIVE-CLiQ |
| DRAM | Dynamic Random Access Memory | 动态存储器 |
| DRIVE-CLiQ | Drive Component Link with IQ | 带 IQ 的驱动组件链接 |
| DSC | Dynamic Servo Control | 动态伺服控制 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| DSM | Doppelsubmodul | 双重子模块 |
| DTC | Digital Time Clock | 数字时钟 |

## E

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| EASC | External Armature Short-Circuit | 外部电枢短路 |
| EDS | Encoder Data Set | 编码器数据组 |
| EEPROM | Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory | 电可擦可编程只-读-存储器 |
| EGB | Elektrostatisch gefährdete Baugruppen | 静电敏感元器件 |
| EIP | EtherNet/IP | EtherNet Industrial Protocol （实时以太网） |
| ELCB | Earth Leakage Circuit Breaker | 剩余电流保护开关 |
| ELP | Earth Leakage Protection | 接地监控 |
| EMC | Electromagnetic Compatibility | 电磁兼容性 |
| EMF | Electromotive Force | 电动势 |
| EMK | Elektromotorische Kraft | 电动势 |
| EMV | Elektromagnetische Verträglichkeit | 电磁兼容性 |
| EN | Europäische Norm | 欧洲标准 |
| EnDat | Encoder-Data-Interface | 编码器接口 |
| EP | Enable Pulses | 脉冲使能 |
| EPOS | Einfachpositionierer | 简单定位器 |
| ES | Engineering System | 工程系统 |
| ESB | Ersatzschaltbild | 等效电路图 |
| ESD | Electrostatic Sensitive Devices | 静电敏感元器件 |
| ESM | Essential Service Mode | 紧急工作模式 |
| ESR | Extended Stop and Retract | 扩展的停止和退回 |

## F

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| F… | Fault | 故障 |
| FAQ | Frequently Asked Questions | 常见问题 |
| FBLOCKS | Free Blocks | 自由功能块 |
| FCC | Function Control Chart | 功能控制图 |
| FCC | Flux Current Control | 流量调节 |
| FD | Function Diagram | 功能图 |
| F-DI | Failsafe Digital Input | 故障安全数字量输入 |
| F-DO | Failsafe Digital Output | 故障安全数字量输出 |
| FEPROM | Flash-EPROM | 非易失的读写存储器 |
| FG | Function Generator | 函数发生器 |
| FI | - | 剩余电流 |
| FOC | Fiber-Optic Cable | 光缆 |
| FP | Funktionsplan | 功能图 |
| FPGA | Field Programmable Gate Array | 现场可编程门阵列 |
| F-PLC | Fail-safe PLC | 故障安全 PLC |
| FW | Firmware | 固件 |

## G

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| GB | Gigabyte | 十亿字节 |
| GC | Global Control | 全局控制报文，即广播报文 |
| GND | Ground | 所有信号电压和工作电压的基准电位，一般定义为 0 V（也为 M） |
| GSD | Gerätestammdaten | 设备主数据：用来说明 PROFIBUS 从站的特征 |
| GSV | Gate Supply Voltage | 门供电电压 |
| GUID | Globally Unique Identifier | 全局唯一标识符 |

## H

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| HF | High frequency | 高频率 |
| HFD | Hochfrequenzdrossel | 高频电抗器 |
| HLA | Hydraulic Linear Actuator | 液压直线驱动 |
| HLG | Hochlaufgeber | 斜坡函数发生器 |
| HM | Hydraulic Module | 液压模块 |
| HMI | Human Machine Interface | 人机界面 |
| HTL | High-Threshold Logic | 高干扰阈值逻辑 |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol | 一种通讯协议：超文本传输协议 |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol Secure | 一种通讯协议：安全超文本传输协议 |
| HW | Hardware | 硬件 |

## I

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| i. V. | In Vorbereitung | 准备中：该特性暂未提供 |
| I/O | Input/Output | 输入/输出 |
| I2C | Inter-Integrated Circuit | 内部串行数据总线 |
| IASC | Internal Armature Short-Circuit | 内部电枢短路 |
| IBN | Inbetriebnahme | 调试 |
| ID | Identifier | 识别 |
| IE | Industrial Ethernet | 工业以太网 |
| IEC | International Electrotechnical Commission | 国际电工委员会 |
| IF | Interface | 接口 |
| IGBT | Insulated Gate Bipolar Transistor | 带绝缘控制电极的双极晶体管 |
| IGCT | Integrated Gate-Controlled Thyristor | 带集成控制电机的半导体功率开关 |
| IL | Impulslöschung | 脉冲封锁 |
| IP | Internet Protocol | 互联网协议 |
| IPO | Interpolator | 插补器 |
| ISO | Internationale Organisation für Normung | 国际标准化组织 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| IT | Isolé Terre | 未接地三相交流电电源 |
| IVP | Internal Voltage Protection | 内部电压保护 |

## J

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| JOG | Jogging | 手动方式 |

## K

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| KDV | Kreuzweiser Datenvergleich | 交叉数据校验 |
| KHP | Know-how protection | 专有技术保护 |
| KIP | Kinetische Pufferung | 动能缓冲 |
| Kp | - | 比例增益 |
| KTY84-130 | - | 温度传感器 |

## L

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| L | | |
| L | - | 电感的表示符号 |
| LED | Light Emitting Diode | 发光二极管 |
| LIN | Linearmotor | 直线电机 |
| LR | Lageregler | 位置控制器 |
| LSB | Least Significant Bit | 最低位 |
| LSC | Line-Side Converter | 电源整流器 |
| LSS | Line-Side Switch | 电源开关 |
| LU | Length Unit | 长度单位 |
| LWL | Lichtwellenleiter | 光缆 |

## M

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| M | - | 转矩的表示符号 |
| M | Masse | 所有信号电压和工作电压的基准电位，一般定义为 0 V（也为 GND） |
| MB | Megabyte | 兆字节 |
| MCC | Motion Control Chart | 运动控制图 |
| MDI | Manual Data Input | 手动数据输入 |
| MDS | Motor Data Set | 电机数据组 |
| MLFB | Maschinenlesbare Fabrikatebezeichnung | 可机读产品标识 |
| MM | Motor Module | 电机模块 |
| MMC | Man-Machine Communication | 人机对话 |
| MMC | Micro Memory Card | 微存储卡 |
| MRCD | Modular Residual Current protection Device | 模块化剩余电流保护装置 |
| MSB | Most Significant Bit | 最高位 |
| MSC | Motor-Side Converter | 电机整流器 |
| MSCY_C1 | Master Slave Cycle Class 1 | 主 从（等级 1）间的循环通讯 |
| MSR | Motorstromrichter | 电机整流器 |
| MT | Messtaster | 测头 |

## N

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| N. C. | Not Connected | 未连接 |
| N… | No Report | 没有显示信息或内部显示信息 |
| NAMUR | Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie | 国际过程工业自动化用户协会 |
| NC | Normally Closed (contact) | 常闭触点 |
| NC | Numerical Control | 数字控制系统 |
| NEMA | National Electrical Manufacturers Association | USA（美利坚合众国）的国家测绘总局 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| NM | Nullmarke | 零标记 |
| NO | Normally Open (contact) | 常开触点 |
| NSR | Netzstromrichter | 电源整流器 |
| NTP | Network Time Protocol | 时间同步协议 |
| NVRAM | Non-Volatile Random Access Memory | 可读写的非易失性存储器 |

## O

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| OA | Open Architecture | 为驱动系统 SINAMICS 提供附加功能的软件组件 |
| OAIF | Open Architecture Interface | SINAMICS 固件版本，从该版本起可使用 OA 应用程序 |
| OASP | Open Architecture Support Package | 调试工具上附加的 OA 应用程序 |
| OC | Operating Condition | 运行条件 |
| OCC | One Cable Connection | 一根电缆连接技术 |
| OEM | Original Equipment Manufacturer | 原装设备制造商 |
| OLP | Optical Link Plug | 光导线总线插头 |
| OMI | Option Module Interface | 选件模块接口 |

## P

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| p… | - | 可调参数 |
| P1 | Processor 1 | 处理器 1 |
| P2 | Processor 2 | 处理器 2 |
| PB | PROFIBUS | PROFIBUS |
| PcCtrl | PC Control | 主机的控制权 |
| PD | PROFIdrive | PROFIdrive |
| PDC | Precision Drive Control | 精确驱动器 |
| PDS | Power unit Data Set | 功率单元数据组 |
| PDS | Power Drive System | 驱动系统 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| PE | Protective Earth | 保护地 |
| PELV | Protective Extra Low Voltage | 保护低压 |
| PFH | Probability of dangerous failure per hour | 每小时失效概率 |
| PG | Programmiergerät | 编程设备 |
| PI | Proportional Integral | 比例积分 |
| PID | Proportional Integral Differential | 比例积分微分 |
| PLC | Programmable Logical Controller | 可编程逻辑控制 |
| PLL | Phase-Locked Loop | 锁相环 |
| PM | Power Module | 功率模块 |
| PMI | Power Module Interface | Power Module Interface |
| PMSM | Permanent-magnet synchronous motor | 永磁同步电机 |
| PN | PROFINET | PROFINET |
| PNO | PROFIBUS Nutzerorganisation | PROFIBUS 用户组织 |
| PPI | Point to Point Interface | 点对点接口 |
| PRBS | Pseudo Random Binary Signal | 白色干扰 |
| PROFIBUS | Process Field Bus | 串行数据总线 |
| PS | Power Supply | 电源 |
| PSA | Power Stack Adapter | 功率栈适配器 |
| PT1000 | - | 温度传感器 |
| PTC | Positive Temperature Coefficient | 正温度系数 |
| PTP | Point To Point | 点对点 |
| PWM | Pulse Width Modulation | 脉宽调制 |
| PZD | Prozessdaten | 过程数据 |

## Q

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| 无条目 | | |

## R

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| r… | - | 显示参数（只读） |
| RAM | Random Access Memory | 可读写的存储器 |
| RCCB | Residual Current Circuit Breaker | 剩余电流保护开关 |
| RCD | Residual Current Device | 剩余电流保护装置 |
| RCM | Residual Current Monitor | 电流差监控器 |
| REL | Reluctance motor textile | 纺织专用磁阻电机 |
| RESM | Reluctance synchronous motor | 同步磁阻电机 |
| RFG | Ramp-Function Generator | 斜坡函数发生器 |
| RJ45 | Registered Jack 45 | 用于数据传输的带屏蔽或无屏蔽的多芯铜导线的 8 极插接系统的名称 |
| RKA | Rückkühlanlage | 循环冷却装置 |
| RLM | Renewable Line Module | 再生电源模块 |
| RO | Read Only | 只读 |
| ROM | Read-Only Memory | 只读存储器 |
| RPDO | Receive Process Data Object | 接收过程数据对象 |
| RS232 | Recommended Standard 232 | 发送方与接收方之间串行电缆数据传输的接口标准（也称作 EIA232） |
| RS485 | Recommended Standard 485 | 多目标、并行和/或串行电缆总线系统的接口标准（多个发送方和接收方之间的数据传输，也称作 EIA485） |
| RTC | Real Time Clock | 实时时钟 |
| RZA | Raumzeigerapproximation | 空间矢量近似 |

## S

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| S1 | - | 持续运行 |
| S3 | - | 断续运行 |
| SAM | Safe Acceleration Monitor | 安全加速监视器 |
| SBC | Safe Brake Control | 安全制动控制 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| SBH | Sicherer Betriebshalt | 安全操作停止 |
| SBR | Safe Brake Ramp | 安全制动斜坡监控 |
| SBT | Safe Brake Test | 安全制动测试 |
| SCA | Safe Cam | 安全凸轮 |
| SCC | Safety Control Channel | 安全控制通道 |
| SCSE | Single Channel Safety Encoder | 单通道编码器 |
| SD Card | SecureDigital Card | SD 卡 |
| SDC | Standard Drive Control | 标准驱动控制 |
| SDI | Safe Direction | 安全方向 |
| SE | Sicherer Software-Endschalter | 安全软件限位开关 |
| SESM | Separately-excited synchronous motor | 他励同步电机 |
| SG | Sicher reduzierte Geschwindigkeit | 安全降低速度 |
| SGA | Sicherheitsgerichteter Ausgang | 安全输出 |
| SGE | Sicherheitsgerichteter Eingang | 安全输入 |
| SH | Sicherer Halt | 安全停止 |
| SI | Safety Integrated | Safety Integrated |
| SIC | Safety Info Channel | 安全信息通道 |
| SIL | Safety Integrity Level | 安全完整性等级 |
| SITOP | - | 西门子电源系统 |
| SLA | Safely-Limited Acceleration | 安全限制加速 |
| SLM | Smart Line Module | 非调节型电源模块 |
| SLP | Safely-Limited Position | 安全限制位置 |
| SLS | Safely-Limited Speed | 安全限制速度 |
| SLVC | Sensorless Vector Control | 无编码器矢量控制 |
| SM | Sensor Module | 编码器模块 |
| SMC | Sensor Module Cabinet | 机柜安装式编码器模块 |
| SME | Sensor Module External | 外部编码器模块 |
| SMI | SINAMICS Sensor Module Integrated | 集成式 SINAMICS 编码器模块 |
| SMM | Single Motor Module | 单轴电机模块 |
| SN | Sicherer Software-Nocken | 安全软件凸轮 |
| SOS | Safe Operating Stop | 安全操作停止 |

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| SP | Service Pack | 服务包 |
| SP | Safe Position | 安全位置 |
| SPC | Setpoint Channel | 设定值通道 |
| SPI | Serial Peripheral Interface | 连接外设的串行接口 |
| SPS | Speicherprogrammierbare Steuerung | 可编程逻辑控制 |
| SS1 | Safe Stop 1 | Safe Stop 1（时间监控、斜坡监控） |
| SS1E | Safe Stop 1 External | 带外部停止的 Safe Stop 1 |
| SS2 | Safe Stop 2 | Safe Stop 2 |
| SS2E | Safe Stop 2 External | 带外部停止的 Safe Stop 2 |
| SSI | Synchronous Serial Interface | 同步串行接口 |
| SSL | Secure Sockets Layer | 安全数据传输加密协议（新版 TLS） |
| SSM | Safe Speed Monitor | 安全转速监视器 |
| SSP | SINAMICS Support Package | SINAMICS 支持包 |
| STO | Safe Torque Off | 安全转矩关闭 |
| STW | Steuerwort | 控制字 |

## T

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| TB | Terminal Board | 端子板 |
| TEC | Technology Extension | 软件组件，作为附加工艺包安装，可扩展 SINAMICS 的功能（之前的 OA 应用） |
| TIA | Totally Integrated Automation | 全集成自动化 |
| TLS | Transport Layer Security | 安全数据传输加密协议（旧版 SSL） |
| TM | Terminal Module | 端子模块 |
| TN | Terre Neutre | 已接地三相交流电源 |
| Tn | - | 积分作用时间 |
| TPDO | Transmit Process Data Object | 传输过程数据对象 |
| TSN | Time-Sensitive Networking | 时间敏感网络 |
| TT | Terre Terre | 已接地三相交流电源 |
| TTL | Transistor-Transistor-Logic | 晶体管-晶体管逻辑 |
| Tv | - | 微分作用时间 |

## U

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| UL | Underwriters Laboratories Inc. | 美国保险商实验室公司 |
| UPS | Uninterruptible Power Supply | 不间断电源 |
| USV | Unterbrechungsfreie Stromversorgung | 不间断电源 |
| UTC | Universal Time Coordinated | 协调世界时 |

## V

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| VC | Vector Control | 矢量控制 |
| Vdc | - | 直流母线电压 |
| VdcN | - | 负向分段直流母线电压 |
| VdcP | - | 正向分段直流母线电压 |
| VDE | Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik | 电子技术、电气技术和信息技术联合会 |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure | 德国工程师协会 |
| VPM | Voltage Protection Module | 电压保护模块 |
| Vpp | Volt peak to peak | 峰峰电压 |
| VSM | Voltage Sensing Module | 电压监控模块 |

## W

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| WEA | Wiedereinschaltautomatik | 自动重启 |
| WZM | Werkzeugmaschine | 机床 |

## X

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| XML | Extensible Markup Language | 可扩展标志语言（用于 Web 发布和文件管理的标准语言） |

## Y

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| 无条目 | | |

## Z

| 缩写 | 缩写的全称 | 含义 |
|---|---|---|
| ZK | Zwischenkreis | 直流母线 |
| ZM | Zero Mark | 零标记 |
| ZSW | Zustandswort | 状态字 |

# A.3 手册一览

| | | | |
|---|---|---|---|
| 通用文档/产品样本 | | | |
| SINAMICS | G110 | D 11 | - 内置变频器 0.12 kW 至 3 kW |
| | G120 | D 31 | - SINAMICS 变频器，适用于单轴驱动和 SIMOTICS 电机 |
| | G130, G150 | D 11 | - 内置变频器<br>- 变频调速柜 |
| | S120, S150 | D 21.3 | - SINAMICS S120 装机装柜型及变频调速柜<br>- SINAMICS S150 变频调速柜 |
| | S120 | D 21.4 | - SINAMICS S120 和 SIMOTICS |
| 制造商/服务文档 | | | |
| SINAMICS | G110 | | - 入门指南<br>- 操作说明<br>- 参数手册 |
| | G120 | | - 入门指南<br>- 操作说明<br>- 安装手册<br>- Safety Integrated 功能手册<br>- 参数手册 |
| | G130 | | - 操作说明<br>- 参数手册 |
| | G150 | | - 操作说明<br>- 参数手册 |
| | GM150,<br>SM120/SM150,<br>GL150, SL150 | | - 操作说明<br>- 参数手册 |
| | S110 | | - 设备手册<br>- 入门指南<br>- 功能手册<br>- 参数手册 |
| | S120 | | - 入门指南<br>- 调试手册<br>- 功能手册“驱动”<br>- 功能手册“通讯”（自固件 V5.2 起）<br>- Safety Integrated 功能手册<br>- DCC 功能手册<br>- 参数手册<br>- 控制单元及补充系统组件手册<br>- 书本型功率单元设备手册<br>- 风冷式装机装柜型功率单元手册<br>- 水冷式装机装柜型功率单元手册<br>- 水冷式装机装柜型功率单元手册，用于共同的冷却回路<br>- Combi 设备手册<br>- 变频柜设备手册<br>- AC 驱动设备手册<br>- SINAMICS S120M 设备手册之分布式驱动技术<br>- SINAMICS HLA 系统手册之液压驱动 |
| | S150 | | - 操作说明<br>- 参数手册 |
| | S210 | | - SINAMICS S210 操作说明 |
| 电机 | | | - 选型手册之电机 |
| 通用 | | | - 选型手册之电磁兼容安装指南 |

# A.4 更新记录

新版本手册和 2017/11 版本的重要区别

| 固件版本 V5.2 中增加的新功能 | 参见章节 |
| --- | --- |
| Startdrive 中的验收测试向导 | Startdrive 验收测试 (页 360) |
| Safe Stop 2 Extended Stop and Retract | Safe Stop 2 Extended Stop and Retract (SS2ESR) (页 120) |
| 通过 Startdrive 调试 | • 手册中有多处介绍<br>• Startdrive 中的可用模块 (页 421) |

| 更新/补充说明 | 参见章节 |
| --- | --- |
| 删除验收测试建议 | 之前的章节 A.4 |

**说明**

可供使用的硬件组件和软件功能概览请参见以下文档的附录：

- SINAMICS S120 功能手册“驱动功能”

# A.5 停机方式

安全停止功能用于将处于运行状态下的电机减速至静止状态。系统出现故障时，停止响应类型是固定设置的或由机床制造商配置。

为此，可根据具体情况对电机的停机方式进行调整。

采用以下安装方式时，可对带 SS1 的 STOP B 和带 SS2 的 STOP C 进行比较。

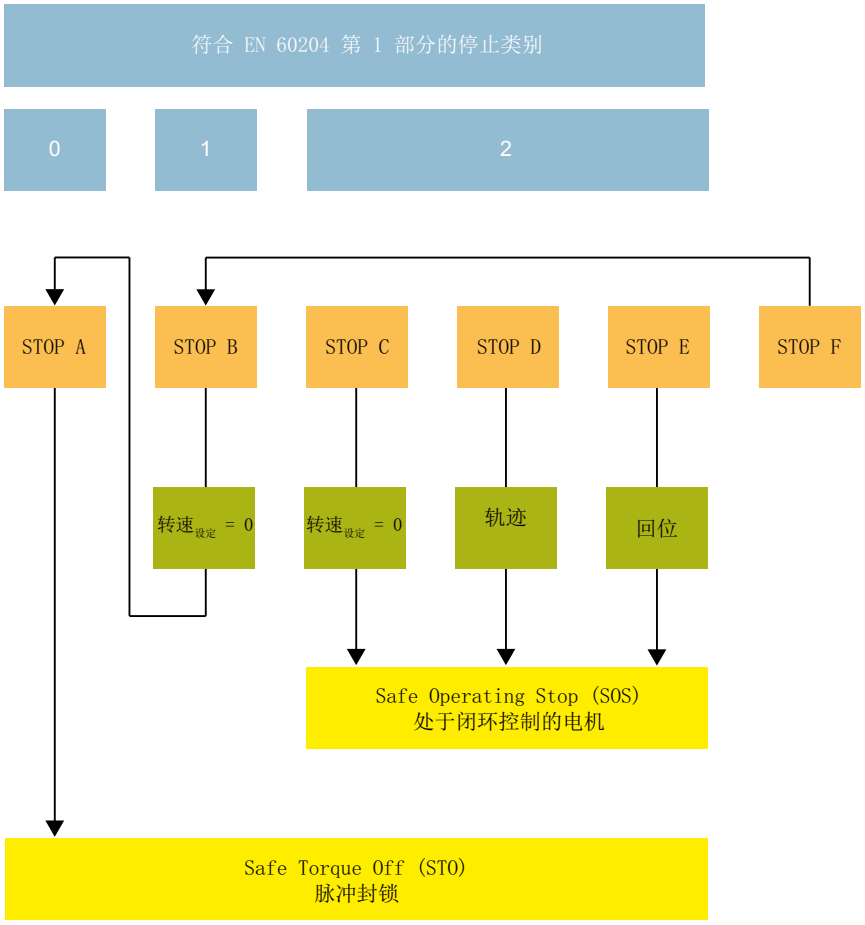



图 A-1 停机方式一览

## STOP A

借助 STOP A（符合 EN 60204-1 的 0 类停机，不带电位隔离）可使电机直接停机。仍在运行的电机自由停转。这样可以防止电机在静态下意外启动。

使用场合：

- 例如发生安全故障时

### STOP B

电机根据电流限值减速制动，直至达到安全停止状态（符合 EN 60204-1 的 1 类停机，不带电位隔离）。

使用场合

- 如 SOS 响应时

### STOP C

电机根据电流限值减速制动，直至达到安全操作停止状态（符合 EN 60204-1 的 2 类停机）。

急停时，一般会先选中 STOP C，再选中 STOP A，因为这是使电机减速制动的最快方法。

使用场合：

- 人员保护

### STOP D

电机沿着轮廓上的轨迹（插补）减速制动，直至静止。

使用场合：

- 刀具和工件保护（机床保护）

### STOP E

例如在刀具和工件相互分离时，电机沿着轮廓轨迹减速制动（包括回位运动），直至达到安全操作停止状态。

使用场合：

- 机床保护

### STOP F

STOP F 固定配有交叉结果和数据检查 (KDV) 且不受用户影响。

如果在 SI 监控通道中发现不一致，系统会触发 STOP F。

根据参数设置，系统会在以下情况中触发 STOP A 或 STOP B。

使用场合：

- 在进行交叉结果和数据检查时识别出故障
- 识别出 SINUMERIK 与电机的通讯故障
- 识别出编码器故障

# 索引


## A

Advanced Functions
前提条件, 101, 187
授权, 101, 187

## B

Basic Functions
HLA 上的 STO, 85
PROFIsafe+ 端子, 224
SBC, 89
SS1, 86
STO, 80
TM54F, 47, 80
停止响应, 97

## C

CPU 时间, 300
禁用的驱动器, 300
CU310-2
调试, 323

## D

DDS
切换, 28
DRIVE-CLiQ 拓扑规定, 289

## E

EDS
切换, 28
EN 61800-5-2, 48
ESR
通讯故障, 258
Extended Functions, 102
不带编码器, 102
前提条件, 101, 187
授权, 101, 187
驻留, 103
Extended/Advanced Functions
带编码器, 102

## F

F01611
故障值 1000, 216, 222
F01625, 225
F30802, 225
F-DI, 211
F-DI/F-DO（板载或 TM54F）
Safety Integrated 功能, 251, 261
F-DO, 211

## H

HLA, 35, 37
HTL/TTL 编码器, 170

## P

PFH 值, 369
PROFIsafe, 211
SLS 速度限值, 125
激活, 339
双轴电机模块, 225
PROFIsafe 报文
Safety Integrated 功能, 222
PROFIsafe 的使能, 224

## S

S_CYCLE_COUNT, 243
S_SLS_LIMIT_A, 243
S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE, 243
S_STW1
基本功能, 229
扩展功能/高级功能, 234
S_STW1B, 281
S_STW2
Basic Functions, 231
Extended/Advanced Functions, 238
S_STW3B, 281
S_V_LIMIT_B, 280
S_XIST16, 243
S_XIST32, 244
S_ZSW_CAM1
高级功能, 245

S_ZSW1
基本功能, 230
扩展功能/高级功能, 236
S_ZSW1B, 277
S_ZSW2
Basic Functions, 232
Extended/Advanced Functions, 240
S_ZSW2B, 278
S_ZSW3B, 279
S120M
实际值采集周期, 172
Safe Acceleration Monitor, 160
SAM, 102
Safe Brake Control
SBC, 89, 113
扩展功能, 113
装机装柜型设备, 92
Safe Brake Ramp
SBR, 102, 109, 116, 163
Safe Cam, 201
Safe Direction, 69, 140
带编码器, 140
自动生效, 144
Safe Operating Stop, 57
SOS, 114
Safe position
传送, 194
Safe Speed Monitor
SSM, 132
不带编码器, 136
带编码器, 134
概述, 132
重新启动, 138
Safe Stop 1
Basic Functions, 86
Extended Functions, 109
SS1, 86, 102, 109, 116
不带编码器, 111
带 OFF3（Basic Functions）, 86
带 OFF3（Extended Functions）, 109, 110
带编码器, 109
带外部停止（Extended Functions）, 112
时间和加速度受控, 109
时间受控, 86
转速受控, 111
Safe Stop 2, 58, 116
Extended Stop and Retract, 120
SS2, 116
带外部停止, 118
Safe Torque Off, 48
Basic Functions, 80
STO, 54, 80, 108
扩展功能, 54, 108
在 HLA 上（Basic Functions）, 85
Safely-Limited Acceleration, 71, 146
Safely-Limited Position, 74
Safely-Limited Speed, 60, 123
带编码器, 125
自动生效, 129
Safety Control Channel, 270
Safety Evaluation Tool, 369
Safety Info Channel, 270
Safety Integrated
功能安全, 390
机械指令, 391
调试, 297
Safety Integrated Functions 一览, 43
Safety Integrated 的密码, 286
Safety Integrated 功能与 F-DI/F-DO（板载或 TM54F）的分配, 251, 261
Safety Integrated 功能与 PROFIsafe 报文的分配, 222
SAM
执行 SS1 时, 56
执行 SS2 时, 59
SAM （Safe Acceleration Monitor）, 160
SBA, 92
SBC
Basic Functions, 89
Safe Brake Control, 50, 89
Safe Brake Control（扩展功能）, 113
基本功能, 50
选择, 51
SBR
延迟时间, 56
执行 SLS 时, 65
执行 SS1 时, 56
执行 SS2 时, 59
SBT
制动磨损, 41
SCA, 201
S_ZSW_CAM1, 245
概述, 78
公差, 202
回参考点, 202
描述, 201
使能, 202
SCC
参见 “Safety Control Channel”, 270
SDI
Safe Direction, 69
不带编码器, 142
带编码器, 140
防夹保护, 41, 69

概述, 69
工作时序, 69
卷帘门, 41, 69
小车, 41, 69
压力气缸, 41, 69
自动生效, 144
总线故障时的响应, 139
SIC
参见 “Safety Info Channel”, 270
Siemens Industry Online Support
APP, 15
Siemens Industry Online Support App, 15
SINAMICS S120M
实际值采集周期, 301
SLA, 146
Safely-Limited Acceleration, 71
描述, 146
使能, 146
调试模式, 71
SLP, 74
Safely-Limited Position, 74
概述, 74
SLS
Safely-Limited Speed, 60
SLS 档位, 65
SLS 速度档的切换, 64
SLS 速度档由 PROFIsafe 设定, 125, 127
不带编码器, 128
带编码器, 125
档位, 64
工作时序, 61, 63
取消, 63
水平传送带, 40, 61
速度限值, 126
选择, 63
主轴驱动器, 40, 61
自动生效, 129
SOS, 57
Safe Operating Stop, 114
防护门, 57
SP, 194
安全限位开关, 41
安全响应取决于轴的位置, 41
传感器的不同响应, 41
多维保护区, 41
计算安全速度, 41
区域方案, 41
轴优先安全方案, 41
SS1
Basic Functions, 86
Extended Functions 中的“Safe Stop 1”, 109
Safe Stop 1, 49, 54, 86, 109
Safe Stop 1（Basic Functions）, 86
SBR, 111
不带编码器, 111
带 OFF3（Basic Functions）, 86
带 OFF3（Extended Functions）, 109
带编码器, 109
带外部停止（Basic Functions）, 88
带外部停止（Extended Functions）, 112
防护门, 48, 54
工作时序, 49, 55, 56
工作原理, 49, 55
公差, 56
基本功能, 49, 54
监控模式, 55
时间和加速度受控, 111
使能, 56
示例, 40
停机转速, 56
延迟时间, 56, 110
延迟时间 SBR, 56
延时, 65
制动时序图, 56
制动斜坡监控, 111
转速受控, 111
SS1E, 88
带外部停止的 SS1（Basic Functions）, 88
SS2, 58
Safe Stop 2, 58, 59, 116
带外部停止, 118
防护门, 59
工作时序, 59, 60
工作原理, 59
使能, 60
选择, 60
诊断, 60
制动时序图, 60
转速, 59
SS2ESR, 120, 295
SSM
Safe Speed Monitor, 132
不带编码器, 136
带编码器, 134
工作时序, 68
离心机, 40, 67
重新启动, 138
Startdrive
Advanced Functions 的基本设置, 305
Basic Functions, 308
Extended Functions 的基本设置, 305
F-DI 配置, 317
PROFIsafe 配置, 225, 318, 340
SS1, 313

STO、SS1 和 SBC, 308
Teststop, 319
功能状态, 322
机械系统, 314
基本设置 Basic Functions, 304
激活 Safety Integrated, 303
接收设置至驱动, 306
配置控制方式, 317
强制潜在故障检查, 319
实际值检测, 314
输入/输出, 317
修改密码, 307
选择安全功能, 303
STO
Basic Functions, 80
Safe Torque Off, 48
Safe Torque Off（Basic Functions）, 80
基本功能, 48
急停按钮, 40
扩展功能中的“Safe Torque Off”, 54, 108
内部电枢短路, 83
选择, 48
在 HLA 上（Basic Functions）, 85
STO 端子 PM240-2 和 PM240P-2
DIP 开关, 221
SIL 2/PL d, 220
SIL 3/PL e, 220
STO_A/STO_B, 221
前提条件, 219
STOP A, 97, 411
STOP B, 411
STOP C, 411
STOP D, 411
STOP E, 411
STOP F, 97, 411


## T


Teststop
Extended/Advanced Functions, 180, 204
参数设置, 319
概述, 291
根据应用触发, 181, 205
启动时自动执行, 181, 205
TM54F, 211
Basic Functions, 47, 80
调试, 330
Trial License, 101, 187


## 安


安全槽, 296
安全齿轮级切换, 176
安全方向, 140
安全回参考点, 76, 199
安全日志, 366
安全凸轮, (SCA)
安全位置的传送, 194
安全运动监控, 172
安全制动适配器
装机装柜型设备, 92


## 报


报警缓冲器, 419
报文
30, 226
31, 227
700, 270
701, 271
901, 227
902, 227
903, 228


## 编


编码器
HTL/TTL, 170
带 1 Vpp 正弦/余弦信号, 170
类型, 166
实际值同步, 172
系统, 166
用于 HLA 的类型, 171


## 并


并联驱动组, 290


## 参


参数视图, 297


## 超


超限, 411

## 齿

齿轮级切换
    安全, 176

## 带

带第三方电机的批量调试, 343
带有绝对值编码器的第三方电机, 343

## 单

单编码器系统, 166

## 第

第三方网页, 16

## 电

电枢短路
    内部, 83

## 断

断路路径测试, 98

## 二

二维码, 16

## 复

复制, 342
    离线, 342

## 功

功能安全, 390
功能测试, 180, 204
功能状态
    Startdrive, 322

## 固

固件升级
    上电和验收测试, 410

## 故

故障概率, 369
故障响应, 411
故障应答，TM54F 上
    安全, 413

## 过

过程数据
    S_CYCLE_COUNT, 243
    S_SLS_LIMIT_A, 243
    S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE, 243
    S_XIST16, 243
    S_XIST32, 244
过程数据，状态字
    S_ZSW_CAM1（高级功能）, 245
    S_ZSW1（基本功能）, 230
    S_ZSW1（扩展功能/高级功能）, 236
    S_ZSW1B, 277
    S_ZSW2（Basic Functions）, 232
    S_ZSW2（Extended/Advanced Functions）, 240
    S_ZSW2B, 278
    S_ZSW3B, 279
过程数据、控制字
    S_STW1（基本功能）, 229
    S_STW1（扩展功能/高级功能）, 234
    S_STW1B, 281
    S_STW2（Basic Functions）, 231
    S_STW2（Extended/Advanced Functions）, 238
    S_STW3B, 281

## 机

机械系统, 314

## 基

基本功能
    SBC, 50
    SS1, 49, 54
    STO, 48

## 急

急停按钮, 49

## 计

计算速度, 194

## 禁

禁用的驱动器
    CPU 时间, 300

## 警

警告
    报警缓冲器, 419
    警告历史, 419
警告值, 419

## 静

静态监控, 56

## 开

开关过程
    Basic Functions, 216
    时间间隔, 216, 222

## 扩

扩展功能/高级功能
    驱动对象的禁用/激活, 342
扩展应答方式, 418

## 滤

滤波器
    明暗测试, 218

## 密

密码
    修改, 286

## 明

明暗测试, 218

## 模

模块化的设备方案, 342

## 内

内部电枢短路, 83

## 配

配置
    控制, 317

## 前

前提条件
    Advanced Functions, 101, 187
    Extended Functions, 101, 187

## 强

强制潜在故障检查
    参数设置, 319
强制潜在故障检查（Teststop）, 180, 204, 291
    Basic Functions, 98
    CU310-2, 324
    Extended/Advanced Functions, 180, 204
    HLA, 85
    TM54F, 331
    根据应用触发, 99, 181, 185, 205, 209
    间隔, 331
    启动时自动执行, 99, 181, 185, 205, 209
强制潜在故障检查定时器, 332

## 切

切换
    SLS 档位, 64

## 驱

驱动对象
    禁用/激活, 342

驱动组, 290

## 时

时间和加速度受控, 111

## 实

实际值安全检测, 166
实际值采集周期
    S120M, 172
    SINAMICS S120, 301
实际值检测, 166, 314
实际值同步
    编码器, 172

## 授

授权
    Advanced Functions, 101, 187
    Basic Functions, 224
    Extended Functions, 101, 187, 224
    Trial License, 101, 187

## 数

数据组切换, 28

## 双

双编码器系统, 166
双通道式制动控制, 91
双轴电机模块
    F01625, 225
    F30802, 225
    PROFIsafe, 225

## 速

速度的计算, 194

## 提

提升位置公差, 178

## 调

调试
    CU310-2, 323
    Safety Integrated, 297
    TM54F, 330

## 停

停止响应, 411
    Basic Functions, 97
    STOP A, 97
    STOP F, 97
    相对于 Extended Functions 的优先级, 415
    优先级, 415

## 通

通讯故障, 258
    ESR, 258

## 位

位模测试, 218
位置公差, 178
    未提升, 178

## 响

响应时间, 370
    通过模块型功率模块的端子控制 STO, 371
    由 PROFIsafe 控制的 Basic Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 373
    由 PROFIsafe 控制的不带编码器的 Extended Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 379
    由 PROFIsafe 控制的不带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2）, 388
    由 PROFIsafe 控制的带编码器的 Advanced Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 385
    由 PROFIsafe 控制的带编码器的 Extended Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 375
    由 TM54F 控制的 Basic Functions, 374
    由 TM54F 控制的不带编码器的 SI Extended Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 383
    由 TM54F 控制的带编码器的 Extended Functions（CU310-2 和 CU320-2）, 377
    由 TM54F 控制的带编码器的高级功能（CU310-2 和 CU320-2）, 386

由端子控制的不带编码器的 SI Extended Functions（仅限 CU310-2）, 381
由端子控制的带编码器的 Extended Functions（仅限 CU310-2）, 378
由端子控制的带编码器的高级功能（仅限 CU310-2）, 387
由控制单元和电机模块上的端子控制的 Basic Functions, 372

## 信

信息缓冲器, 419

## 修

修改
密码, 286

## 延

延迟时间
SBR, 56
SS1, 110

## 验

验收, (参见验收测试)
记录, 348
验收测试
复位, 361
结束, 363
前提条件, 349
生成验收报告, 363
要求, 348
执行, 361
准备, 361

## 液

液压驱动, 35, 37

## 遗

遗留风险, 29

## 应

应答
扩展, 418

## 驻

驻留, 103

## 总

总线故障时的响应
SDI, 139

## 组

组件更换, 342
上电和验收测试, 407, 410
需要的措施, 407
影响, 407

## 更多信息

Siemens:
**www.siemens.com**

工业在线支持（服务与支持）：
**www.siemens.com/online-support**

IndustryMall:
**www.siemens.com/industrymall**

Siemens AG
Digital Industries
Motion Control
邮编 3180
91050 Erlangen
德国

Scan the QR-Code for product information