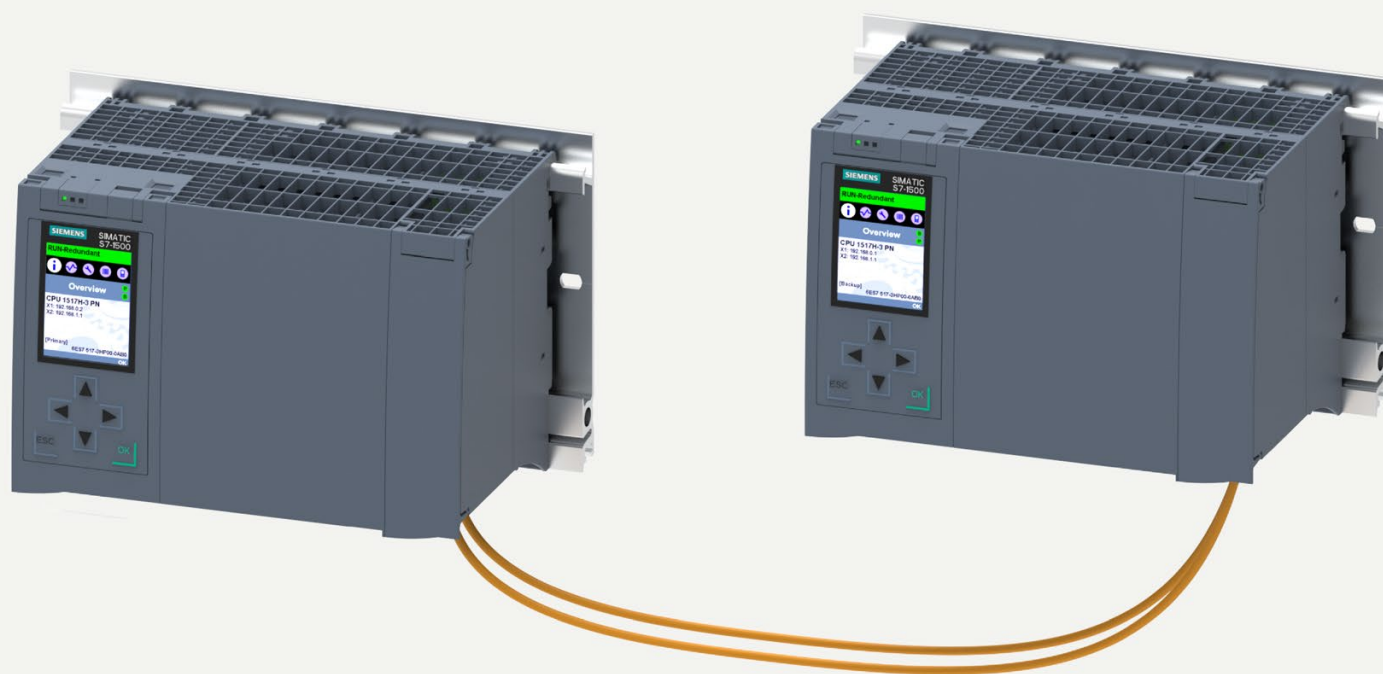




版本

01/2023

系统手册

SIMATIC

S7-1500

S7-1500R/H 冗余系统

support.industry.siemens.com

SIEMENS

SIMATIC

S7-1500

S7-1500R/H 冗余系统

系统手册

简介	1
安全信息	2
新属性/功能	3
系统概述	4
应用规划	5
安装	6
接线	7
组态	8
程序执行的基本知识	9
保护	10
调试	11
显示屏	12
维护	13
测试和维护功能	14
技术规范	15
尺寸图	A
附件/备件	B
停用	C

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。

目录

- 1 简介10
 - 1.1 S7-1500R/H 文档指南12
 - 1.1.1 信息类 S7-1500R/H.....12
 - 1.1.2 SIMATIC 技术文档.....13
- 2 安全信息16
 - 2.1 安全性信息.....16
 - 2.2 常规安全说明16
 - 2.2.1 本文档中的警告.....16
 - 2.2.2 安全符号17
 - 2.2.2.1 无防爆保护的设备17
 - 2.2.2.2 有防爆保护的设备18
 - 2.2.3 预期用途19
 - 2.2.4 对设备和备件进行改造19
 - 2.2.5 目标群体和人员资质.....20
 - 2.2.6 个人防护装备20
 - 2.2.7 开放源代码软件.....21
 - 2.2.8 安全操作22
 - 2.2.8.1 操作电气部件22
 - 2.2.9 残余风险22
 - 2.2.9.1 带电部件22
 - 2.2.9.2 导电污染23
 - 2.2.9.3 激光辐射23
 - 2.2.9.4 过热24
 - 2.2.9.5 不安全的运行状态24
 - 2.2.10 紧急情况下的行为25
 - 2.2.11 材料损坏25
 - 2.2.11.1 运输和存放.....25
 - 2.2.11.2 安装和连接.....25
- 3 新属性/功能.....26
- 4 系统概述32
 - 4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？32
 - 4.1.1 应用范围32
 - 4.1.2 S7-1500R/H 冗余系统的工作原理.....37
 - 4.1.3 工厂组件与自动化层级48
 - 4.1.4 可扩展性49
 - 4.1.5 特点概述54

4.2	组态	55
4.2.1	S7-1500R 冗余系统的结构	55
4.2.2	S7-1500H 冗余系统的结构	56
4.2.3	采用 SIMATIC S7-1500HF 的故障安全系统的组态	57
4.2.4	组件	59
4.3	S7-1500 R/H-CPU	61
4.3.1	CPU 技术规范概述	62
4.3.2	冗余	63
4.3.3	安全性	73
4.3.4	信息安全	77
4.3.5	诊断	79
4.3.6	跟踪	81
4.3.7	PID 控制	83
4.4	通信	86
4.4.1	系统和设备 IP 地址	86
4.4.2	集成通信接口	88
4.4.3	HMI 设备	89
4.5	电源	90
4.6	软件	91
4.6.1	TIA Portal	91
4.6.2	SINETPLAN	92
4.6.3	PRONETA	92
4.6.4	SIMATIC Automation Tool	93
5	应用规划	94
5.1	要求	94
5.2	与 S7-1500 自动化系统相比存在的限制条件	98
5.3	组态版本	100
5.3.1	PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500R/H 组态	101
5.3.2	采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500R/H 组态	103
5.3.3	S7-1500H 的特定组态变型	105
5.3.3.1	采用 S2 设备和交换机的线型拓扑组态	105
5.3.3.2	包含 R1 设备的 PROFINET 环网组态	107
5.3.3.3	包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 PROFINET 环网组态	111
5.3.3.4	包含 R1 设备的 PROFINET 环网和包含 S2 设备的 Y 型交换机的组态	113
5.3.3.5	包含 R1 设备的线型拓扑组态	116
5.3.3.6	包含 R1 设备和交换机的线型拓扑组态	118
5.3.3.7	包含 R1 设备和带 S2 设备的 Y 型交换机的线型拓扑组态	120
5.3.3.8	包含 S2 设备的组合型拓扑组态	123
5.3.3.9	包含 R1 设备的组合型拓扑组态	125
5.3.3.10	不含附加设备的组态	127

5.4	冗余案例	129
5.4.1	简介	129
5.4.2	主 CPU 故障	129
5.4.3	备用 CPU 故障	132
5.4.4	PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆故障	133
5.4.5	S7-1500H 特定冗余案例	135
5.4.5.1	S7-1500H 中的一条冗余连接故障	136
5.4.5.2	S7-1500H 中的两个冗余连接均发生故障（间隔超过 55 ms）	138
5.4.5.3	PROFINET 环网中的两个冗余连接和 PROFINET 电缆均发生故障	140
5.4.5.4	备用 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障	142
5.4.5.5	PROFINET 环网中 R1 设备中的接口模块故障	144
5.4.5.6	R1 设备主 CPU 的 PROFINET 环网中的两条 PROFINET 线路故障	146
5.4.5.7	线型拓扑中两个 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路故障	147
5.4.5.8	线型拓扑中两个 S2 设备之间的 PROFINET 线路故障	150
5.5	故障案例	152
5.5.1	PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障	153
5.5.2	PROFINET 环网中的交换机（采用额外的线型拓扑）发生故障	154
5.5.3	S7-1500R 特有的故障案例	157
5.5.3.1	S7-1500R 中的 PROFINET 环网中有两处电缆中断（间隔大于 1500 ms）	157
5.5.3.2	S7-1500R 中的 PROFINET 环网中有两处电缆中断（间隔不超过 1500 ms）	159
5.5.3.3	PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障时主 CPU 发生故障	161
5.5.4	S7-1500H 特有的故障案例	164
5.5.4.1	S7-1500H 中的两个冗余连接均发生故障（间隔未超过 55 ms）	164
5.5.4.2	S7-1500H 中的一个冗余连接和主 CPU 故障	166
5.5.4.3	主 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障	169
5.5.4.4	HF-CPU 的安全状态使冗余系统失效	171
5.5.4.5	R1 设备中的接口模块和 PROFINET 环网两个位置的 PROFINET 线路出现故障。	173
5.5.4.6	PROFINET 环网中包含 R1、S2 和 S1 设备的主 CPU 发生故障	175
5.5.4.7	包含 S2 设备的线型拓扑中两个位置的 PROFINET 线路故障	178
5.6	硬件配置	180
5.7	使用 HMI 设备	182
6	安装	186
6.1	基本知识	186
6.2	安装安装导轨	188
6.3	安装标准导轨适配器	193
6.4	安装负载电流电源	200
6.5	安装 R/H-CPU	202
7	接线	205
7.1	操作规则 and 规定	205

7.2	通过接地馈电系统运行	207
7.3	电气配置	211
7.4	接线规则	212
7.5	连接电源电压	213
7.6	连接负载电流电源	215
7.7	将 CPU 连接到负载电源	216
7.8	连接用于与 S7-1500R 进行通信的接口	218
7.8.1	将 PROFINET 环网连接到 S7-1500	218
7.9	连接用于与 S7-1500H 进行通信的接口	221
7.9.1	连接冗余连接（光纤电缆）	221
7.9.1.1	S7-1500H 的同步模块	221
7.9.1.2	选择光纤电缆	222
7.9.1.3	安装光纤电缆	225
7.9.1.4	将冗余连接（光纤电缆）连接至 S7-1500H	226
7.9.2	将 PROFINET 环网连接到 S7-1500H	231
7.9.3	将线型拓扑连接至 S7-1500H	234
8	组态	236
8.1	要求	236
8.2	组态 R/H CPU	236
8.3	组态 IO 设备和 MRP 角色的基本操作步骤	241
8.4	基于 PROFINET 环网和 R1 设备组态 H-CPU	246
8.5	组态其它组态变型	253
8.6	在 STEP 7 中显示 IO 设备分配	255
8.7	项目树	257
8.8	参数	258
8.9	过程映像和过程映像分区	258
8.9.1	过程映像 - 概述	258
8.9.2	在用户程序中更新过程映像分区	260
9	程序执行的基本知识	261
9.1	S7-1500R/H 编程	261
9.2	限制	265
9.3	事件和 OB	268
9.4	S7-1500R/H 冗余系统的特殊指令	276
9.4.1	通过 RH_CTRL 指令禁用/启用 SYNCUP	276
9.4.2	通过“RH_GetPrimaryID”确定主 CPU	279

9.5	异步指令	280
10	保护	287
10.1	保护功能概述	287
10.2	保护机密的组态数据	287
10.3	组态 CPU 的访问保护	288
10.4	使用显示屏设置其它密码保护	292
10.5	使用用户程序设置其它访问保护	293
10.6	专有技术保护	293
10.7	通过锁定 CPU 进行保护	297
11	调试	298
11.1	概述	298
11.2	首次上电前检查	299
11.3	调试过程	300
11.3.1	移除/插入 SIMATIC 存储卡	301
11.3.2	CPU 首次上电	304
11.3.3	CPU 配对	305
11.3.4	冗余 ID	307
11.3.5	将项目下载到 CPU 中	312
11.4	操作状态和系统状态	320
11.4.1	概述	320
11.4.2	STARTUP 操作状态	324
11.4.3	STOP 操作状态	327
11.4.4	SYNCUP 操作状态	327
11.4.5	RUN 操作状态	328
11.4.6	SYNCUP 系统状态	329
11.4.7	系统状态和操作状态转换	342
11.4.8	CPU 冗余丢失	354
11.4.9	显示和更改系统状态	358
11.5	CPU 存储器复位	361
11.5.1	存储器自动复位	363
11.5.2	存储器手动复位	363
11.6	备份和恢复 CPU 组态	366
11.7	时间同步	371
11.7.1	示例：组态 NTP 服务器	372
11.8	标识和维护数据	374
11.8.1	读取并输入 I&M 数据	374
11.8.2	I&M 数据的记录结构	376

11.8.3	示例：使用 Get_IM_Data 读取 CPU 的固件版本	378
12	显示屏	382
12.1	CPU 显示屏	382
13	维护	391
13.1	仍换 S7-1500R/H 冗余系统的组件.....	391
13.1.1	更换组件之前的检查	391
13.1.2	更换故障 R/H-CPU.....	394
13.1.3	更换故障的冗余连接	396
13.1.3.1	更换 S7-1500R 中两根存在故障的 PROFINET 电缆。	396
13.1.3.2	更换 S7-1500H 中故障的冗余连接	398
13.1.3.3	更换 S7-1500H 中发生故障的同步模块	398
13.1.3.4	更换 S7-1500H 中两根发生故障的冗余连接	399
13.1.4	更换故障的 PROFINET 电缆.....	400
13.1.5	更换故障的 SIMATIC 存储卡	401
13.1.6	更换出现故障的负载电流电源 PM	402
13.1.7	更换故障的 IO 设备/交换机	403
13.2	更换显示屏/前盖.....	405
13.3	更换负载电流电源的电源连接器处的编码元件	407
13.4	固件更新	409
13.5	将 CPU 复位为出厂设置	414
13.6	维护和维修	419
14	测试和维护功能	420
14.1	测试功能	420
14.2	读取/保存服务数据	426
15	技术规范	428
15.1	标准和认证	428
15.2	电磁兼容性	438
15.3	运输和贮存条件	440
15.4	机械和气候环境条件	441
15.5	有关绝缘测试、保护类别、防护等级和额定电压的信息	445
15.6	在危险区域 2 区中使用 S7-1500R/H.....	446
A	尺寸图	447
B	附件/备件	450

C 停用453

 C.1 简介453

 C.2 安全移除数据453

 C.3 回收和处置455

 术语表.....456

 索引471

简介

本文档的用途

本文档介绍了有关 S7-1500R/H 冗余系统以下方面的重要信息：

- 冗余系统概述
- 组态和故障案例
- 冗余系统安装、接线和调试方法
- 有关维护和故障排除的信息

所需基本知识

要理解本文档，需具备自动化工程组态基本知识。

本文档的适用性

本文档适用于 SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统的所有产品。

说明

H-CPU 系统手册的所有内容理论上也适用于故障安全 CPU (HF-CPU)。有差异的内容和特殊功能作为补充内容进行介绍，并标记为参考内容。

在安全模式下使用 HF-CPU 时，请注意 F 系统 SIMATIC Safety 编程与操作手册《SIMATIC Safety - 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》中的相关说明。

约定

STEP 7：在本文档中，将使用“STEP 7”指代组态与编程软件“STEP 7 (TIA Portal)”的所有版本。

另请参见下文列出的注意事项：

说明

这些注意事项包含有关本文档中所述产品、产品操作或文档中应特别关注部分的重要信息。

特殊信息

说明

有关确保工厂操作安全的重要说明

具有安全相关特性的工厂要求操作员必须遵循特定的安全操作要求。供应商也必须遵循特定的产品监控措施。为此，我们将以个人通告形式发布有关产品开发和与（或可能与）系统操作相关的安全特性。

您应订阅相应通知以获取最新的信息，并及时对系统进行必要的修改。

登录“工业在线支持”打开下方链接，在相应网页中单击右侧的“更新邮件”：

- SIMATIC S7-300/S7-300F (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/cz/ps/13751>)
 - SIMATIC S7-400/S7-400H/S7-400F/FH
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/cz/ps/13828>)
 - SIMATIC WinAC RTX (F) (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/ch/ps/13915>)
 - SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500F
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/ch/ps/13716>)
 - SIMATIC S7-1200/SIMATIC S7-1200F
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/cz/ps/13883>)
 - 分布式 I/O (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/cz/ps/14029>)
 - STEP 7 (TIA Portal) (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/ch/ps/14340>)
-

回收和处置

为了确保旧设备的回收和处理符合环保要求，请联系经认证的电子废料处理服务机构，并根据所在国家的相关规定进行回收处理。

工业商城

工业商城为西门子公司推出的全集成自动化 (TIA) 和全集成能源管理 (TIP) 自动化与驱动解决方案产品目录和订购系统。

Internet (<https://mall.industry.siemens.com>) 提供自动化和驱动器领域的所有产品目录。

1.1 S7-1500R/H 文档指南

1.1.1 信息类 S7-1500R/H



冗余 S7-1500R/H 系统的文档分为 3 个部分。

用户可根据需要快速访问所需内容。

相关文档，可从 Internet 免费下载。

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109742691>)

基本信息



系统手册和入门指南中详细描述了冗余 S7-1500R/H 系统的组态、安装、接线和调试。

STEP 7 在线帮助用户提供了组态和编程方面的支持。

示例：

- S7-1500R/H 入门指南
- S7-1500R/H 系统手册
- TIA Portal 在线帮助

设备信息



设备手册中包含模块特定信息的简要介绍，如特性、接线图、功能特性和技术规范。

示例：

- CPU 设备手册
- “电源模块”设备手册

常规信息



功能手册中包含有关冗余 S7-1500R/H 系统的常规主题的详细描述。

示例：

- 《诊断》功能手册
- 《通信》功能手册
- 功能手册“CPU 存储器的结构和使用”
- 《周期和响应时间》功能手册
- PROFINET 功能手册

产品信息

产品信息中记录了对这些手册的更改和补充信息。本产品信息的优先级高于设备手册和系统手册。

有关冗余 S7-1500R/H 系统产品信息的最新版本，敬请访问 Internet (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109742691>)。

手册集 S7-1500/ET 200MP

手册集 S7-1500/ET 200MP 中包含冗余 S7-1500R/H 系统的完整文档，这些文档收集在一个文件中。

该手册集可从 Internet 下载。

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/86140384>)

SIMATIC S7-1500 中各编程语言的比较列表

该比较列表中概览了不同控制器系列可使用的指令和功能。

有关该比较列表，敬请访问 Internet。

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/86630375>)

1.1.2 SIMATIC 技术文档

附加的 SIMATIC 文档将完善信息。可通过以下链接和 QR 代码获取这些文档及其用途。

借助“工业在线技术支持”，可获取所有主题的相关信息。应用示例用于帮助用户实施相应的自动化任务。

SIMATIC 技术文档概述

可以在此处找到西门子工业在线技术支持中可用的 SIMATIC 文档的概述：



工业在线技术支持（国际）

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109742705>)

观看此短视频，了解在西门子工业在线技术支持中可以直接找到概述的位置以及如何在移动设备上使用西门子工业在线技术支持：



每个视频快速介绍自动化产品的技术文档

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109780491>)



YouTube 视频：西门子自动化产品 - 技术文档一览

(<https://youtu.be/TwLSxxRQQsA>)

我的技术支持

通过“我的技术支持”，可以最大程度善用您的工业在线支持服务。

注册	要使用“我的技术支持”中的所有功能，必须先进行注册。注册后，可以在个人工作区中创建过滤器、收藏夹和选项卡。
支持申请	支持申请页面还支持用户资料自动填写，用户可随时查看当前的所申请的支持请求。
文档	在“文档”(Documentation) 区域中，可以构建您的个人库。
收藏夹	可使用“添加到我的技术支持收藏夹”(Add to mySupport favorites) 来标记特别感兴趣或经常需要的内容。在“收藏夹”(Favorites) 下，会显示所标记条目的列表。
最近查看的文章	“我的技术支持”中最近查看的页面位于“最近查看的文章”(Recently viewed articles) 下。
CAx 数据	借助 CAx 数据区域，可以访问 CAx 或 CAe 系统的最新产品数据。仅需单击几次，用户即可组态自己的下载包： • 产品图片、二维码、3D 模型、内部电路图、EPLAN 宏文件 • 手册、功能特性、操作手册、证书 • 产品主数据

有关“我的技术支持”，敬请访问 Internet。

(<https://support.industry.siemens.com/My/ww/zh>)

应用示例

应用示例中包含有各种工具的技术支持和各种自动化任务应用示例。自动化系统中的多个组件完美协作，可组合成各种不同的解决方案，用户无需再关注各个单独的产品。

有关应用示例，敬请访问 Internet。

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/ps/ae>)

安全信息

2.1 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>)。

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/cert>)。

2.2 常规安全说明

2.2.1 本文档中的警告

有关本文档中使用的警告的说明，请参见“法律信息”部分。

2.2.2 安全符号

2.2.2.1 无防爆保护的设备

下表包含 SIMATIC 设备、包装或随附的文档的符号说明。

符号	含义
	一般的警告符号 小心/注意 必须阅读产品文档。产品文档包含有关潜在风险、风险的识别及其预防措施等信息。
	必须阅读产品文档提供的信息。 ISO 7010 M002
	确保设备仅由专业电气工程师进行安装。 IEC 60417 No. 6182
 CABLE SPEC.	请注意，连接的电源线必须根据预期的最低和最高环境温度进行设计。
 EMC	请注意，设备必须按照 EMC 规则进行构建和连接。
 230V MODULES	请注意，230 V 设备可能会暴露于危险的电压中。 ANSI Z535.2
 24V MODULES	请注意，防护等级 III 的设备只能按照标准的 SELV/PELV 提供保护性的低电压。 IEC 60417-1-5180 “III 类设备”
 INDOOR USE ONLY INDUSTRIAL USE ONLY	请注意，该设备仅被批准用于工业领域，且仅可用于室内。
	请注意，安装设备时需要使用外壳。考虑使用以下外壳： • 立式控制柜 • 串行控制柜 • 端子盒 • 墙式外壳

2.2.2.2 有防爆保护的设备

下表包含 SIMATIC 设备、包装或随附的文档的符号说明。

符号	含义
  ONLY EX MODULES	指定的安全符号适用于具有防爆认证的设备。 必须阅读产品文档。产品文档包含有关潜在风险、风险的识别及其预防措施等信息。
	必须阅读产品文档提供的信息。 ISO 7010 M002
	确保设备仅由专业电气工程师进行安装。 IEC 60417 No. 6182
 F<2N DISPLAY F<4N HOUSING	遵循设备的机械等级。
 CABLE SPEC.	请注意，连接的电源线必须根据预期的最低和最高环境温度进行设计。
 EMC	请注意，设备必须按照 EMC 规则进行构建和连接。
 U = 0V	当设备处于欠电压状态时，请注意，可能无法安装或拆卸或插拔电源。
 230V MODULES	请注意，230 V 设备可能会暴露于危险的电压中。 ANSI Z535.2
 24V MODULES	请注意，防护等级 III 的设备只能按照标准的 SELV/PELV 提供保护性的低电压。 IEC 60417-1-5180 “III 类设备”
 INDOOR USE ONLY INDUSTRIAL USE ONLY	请注意，该设备仅被批准用于工业领域，且仅可用于室内。

符号	含义
 ZONE 2 INSIDE CABINET IP54	对于 2 区潜在爆炸性环境，请注意，只有安装在防护等级 $\geq$ IP54 的外壳中时，才能使用该设备。
 ZONE 22 INSIDE CABINET IP6x	对于 22 区潜在爆炸性环境，请注意，只有安装在防护等级 $\geq$ IP6x 的外壳中时，才能使用该设备。

2.2.3 预期用途

该系统用于控制机器和工厂。

预期用途还包括遵守本文档中的内容，特别是安全说明和使用条件部分。请参见“技术规范”部分。

2.2.4 对设备和备件进行改造

改造设备可能会影响设备的安全性和功能。

- 禁止对设备进行任何改造。
- 请勿撕下或遮盖设备上的安全说明。
- 请勿用胶带遮盖、覆盖或改造通风槽。
- 仅使用原装备件和附件。
- 仅使用西门子提供的软件。

2.2 常规安全说明

2.2.5 目标群体和人员资质

使用此设备的所有人员都需要具备以下知识：

- 本文档的内容以及随附文档的内容。
- 设备操作（阅读说明后）
- 相关标准和法规
- 事故预防法规

以下活动仅限于拥有特殊资质的人员：

操作电气部件

电气部件的操作只可由下列人员进行：

- 合格的电工
- 在合格人员的指导和监督下接受电工技术培训的人员。

调试和组态

调试和组态要求相关人员具备自动化技术领域的基本知识。

2.2.6 个人防护装备

个人防护装备与具体活动相关，由操作员自行确定。

在包装、拆包和安装过程中（以避免损坏财产）：

- ESD 腕带
- ESD 靴

2.2.7 开放源代码软件

本产品、解决方案或服务（统称“本产品”）中包含第三方软件组件。这些组件是开放源代码促进会 (<https://www.opensource.com>) 批准的许可证或西门子确定的类似许可证所许可的开放源代码软件（简称“OSS”）和/或商业或免费软件组件。针对 OSS 组件，适用的 OSS 许可证条件优先于涵盖本产品的任何其它条款和条件。本产品的 OSS 部分免许可费，可以免费使用。

如果西门子已经按照所适用的许可证的定义，根据第 2 版或之后版本的 GNU LGPL 将本产品的某些组件与获得许可证的 OSS 组件相组合或关联，并且如果使用相应的目标文件并非不受限制（“LGPL 许可模块”，LGPL 许可模块以及与 LGPL 许可模块相组合或关联的组件统称为“组合产品”），则在符合以下相关 LGPL 许可标准的前提下，以下附加权利予以适用：(i) 您有权修改组合产品供自己使用，包括但不限于修改组合产品以重新连接 LGPL 许可模块修改版本的权利，并且 (ii) 您可以对组合产品进行逆向工程（但仅限于调试您的修改）。修改权不包括散布此类修改的权利，您应对此类组合产品逆向工程所获得的任何信息予以保密。

某些 OSS 许可证需要西门子提供源代码，例如 GNU General Public License、GNU Lesser General Public License 和 Mozilla Public License。如果适用此类许可证并且本产品发货时未随附所需的源代码，收到本信息的任何人可以在所适用的 OSS 许可证要求的期限内通过以下地址联系获取这些源代码的副本：

Siemens AG
LC DI FA SL
Werner-von-Siemens Str.60
91052 Erlangen
Germany

关键词：开放源代码请求（请注明产品名称和版本，若适用）

西门子可收取最多 5 欧元的手续费以完成该请求。

关于进一步使用开放源代码软件的保修

您与西门子的协议中规定了西门子的保修义务。如果改造产品或 OSS 组件或者以非西门子指定方式使用产品，则保修将失效，而且我们不会提供任何技术支持。以下许可证条款可能包含针对您和相关许可方之间的责任限制。为了避免产生疑问，西门子不代表或约束任何第三方许可人作出任何保修承诺。产品中使用的开源软件及其相关许可协议可以在 Readme_OSS 中找到。

2.2 常规安全说明

2.2.8 安全操作

2.2.8.1 操作电气部件

- 只有合格的专家才能操作电气部件（请参见“目标群体和人员资质 (页 20)”部分）。
- 必须始终遵守当地的相关安全规定。
- 通知所有将受到该程序影响的人员。
- 遵循 5 项安全规则：
 1. 断开电源连接
 2. 增加保护措施以防止重新连接
 3. 确认与电压的所有极点安全隔离
 4. 接地和短路
 5. 在周围设立障碍物或覆盖邻近的带电部件

2.2.9 残余风险

执行所有技术和程序风险消除措施后，仍可能存在危险。

以下部分介绍了这些残余风险以及避免这些风险的措施。

2.2.9.1 带电部件

接触带电部件时触电会导致危及生命的伤害（死亡）。

操作

- 请勿打开设备外壳。
- 请勿使用损坏的设备。
- 拔插头，而非电缆。

安装和连接

- 只有合格的专家才能操作电气部件（请参见“目标群体和人员资质（页 20）”部分）。
- 遵守安全操作电气部件所需的保护措施（请参见“操作电气部件（页 22）”部分）
- 将连接电缆按电缆横截面进行熔断。
- 将设备安装在控制柜中。在外壳、控制柜或电气设备室中，需提供安全防护，防止触电和火灾蔓延。
- 根据适用法规将设备接地。
- 对于 24 V DC 电源 (SELV/PELV)，只能使用符合 IEC 61131-2 或 IEC 61010-2-201 标准的安全超低电压供电装置。

维护

- 只有合格的专家才能操作电气部件（请参见“目标群体和人员资质（页 20）”部分）。
- 遵守安全操作电气部件所需的保护措施（请参见“操作电气部件（页 22）”部分）。

2.2.9.2 导电污染

通过导电污染将电能传输到人体的过程中发生触电，这会导致危及生命的伤害（死亡）。

- 将设备安装在控制柜中。
- 使控制柜远离导电污染。

2.2.9.3 激光辐射

同步模块包含激光系统，根据 IEC 60825-1 标准属于“1 类激光产品”。

照射到视网膜上的激光束会导致失明。

- 请避免眼睛直接接触激光束。
- 请勿打开同步模块外壳。

2.2 常规安全说明

2.2.9.4 过热

由于设备和线路过热而产生的烟雾和火灾会导致烧伤和危及生命的伤害（死亡）。

过热可能由以下原因引起：

- 安装位置不正确
- 空气供应不足（例如，通风槽被粘住或堵住）
- 损坏电缆

安装和连接

- 请遵循安装位置的说明。
- 遵守规定的通风间隙要求。
- 将连接电缆按电缆横截面进行熔断。

维护

- 定期检查插头和电缆是否损坏。

2.2.9.5 不安全的运行状态

不安全的运行条件可能导致未知程度的人身伤害。

原因如下：

- 操纵软件，例如病毒、木马或蠕虫。

操纵软件，例如病毒、木马或蠕虫。

- 遵守防止篡改软件的保护措施（请参见“安全信息 (页 16)”部分）。
- 保持软件为最新版本。
- 通过适当的保护措施（例如病毒扫描程序），防止可移动介质上存储的文件遭受恶意软件攻击。
- 为 CPU 设置访问保护。

2.2.10 紧急情况下的行为

- 强制急停

恢复安全运行状态后：

- 解锁急停机制。
- （系统负责人）确保系统以受控和定义的方式启动。

2.2.11 材料损坏

2.2.11.1 运输和存放

- 包装、存储、运输及装运电子元件、模块和设备时，只能使用原厂包装或其他合适材料（例如导电泡沫胶或铝箔）。
- 仅采用提供的运输包装运输设备。
- 运输和存储过程中遵守相关规定。请参见“技术规范”部分。

2.2.11.2 安装和连接

- 仅当通过以下任一措施消除静电后，才可以触碰元件、模块和设备：
 - 佩戴 ESD 腕带
 - 在有导电层的 ESD 区域穿戴 ESD 靴或 ESD 接地条。
- 电子元件、模块和设备只能放置在导电表面之上（如，采用 ESD 涂层的工作台、导电 ESD 塑料泡沫、ESD 包装袋、ESD 运输容器）。
- 确保过压保护符合要求。

接通电源后，请勿安装/拆卸以下元件：

- 接通电源后，请勿安装/拆卸以下元件：
 - CPU

新属性/功能

与 11/2022 版相比，01/2023 版《S7-1500R/H 冗余系统系统手册》中新增的内容

新增内容		客户获益	信息出处
新增内容	常规安全说明	集中提供了 S7-1500R/H 冗余系统的常规安全说明。	常规安全说明 (页 16)部分

与 05/2021 版相比，11/2022 版《S7-1500R/H 冗余系统系统手册》中新增的内容

新增内容		客户获益	信息出处
新增内容	支持 PROFINET 系统冗余 R1	自固件版本 V3.0 起，S7-1500H 冗余系统支持 PROFINET 系统冗余 R1： - ET 200SP IM 155-6 PN R1 (6ES7155-6AU00-0HM0) - ET 200SP HA IM 155-6 PN HA (6DL1155-6AU00-0PM0) - ET 200iSP IM 152-1 PN (6ES7152-1BA00-0AB0) R1 设备配备了两个接口模块，而 S2 仅配备了 1 个接口模块。如果一个接口模块发生故障，H-CPU 仍然可以通过第二个接口模块访问 R1 设备。这意味着，相对于 S2 设备而言，R1 设备的可用性更高。	自系统概览 (页 32)部分开始

新增内容		客户获益	信息出处
	S7-1500H 的新组态变型	自固件版本 V3.0 起, S7-1500H 冗余系统支持其它组态变型: • 包含 R1 设备的 PROFINET 环网组态 • 包含 S2 设备、开关型 S1 设备的线型拓扑组态 • 包含 R1 设备的线型拓扑组态 • 包含 R1 设备、S2 设备的组合型拓扑组态 • 不含附加设备的组态 这样可将 S7-1500H 冗余系统连接到几乎所有的网络拓扑并解决复杂的自动化任务。	自系统概览 (页 32) 部分开始
	OB 70	自固件版本 V3.0 起, 可通过 OB 70 (I/O 冗余错误) 诊断 S7-1500H 系统中的 R1 和 S2 设备。	“程序编辑的基本要素 (页 261)”
	同步模块可实现长达 40 km 的间隔	自固件版本 V3.0 起, 新增了同步模块 Sync Module 1 GB FO 40 km。利用同步模块, 通过光纤相连的两个 H-CPU 最远可在空间上相距 40 km。这样便可将 S7-1500H 冗余系统用于长距离隧道安装中。	自“连接 (页 221)”部分开始
	数据块函数	自固件版本 V3.0 起, 支持用于数据块函数的指令。 • CREATE_DB (创建数据块) • READ_DBL (从装载存储器的数据块中读取数据) • WRIT_DBL (写入装载存储器中的数据块) • DELETE_DB (删除数据块)	STEP 7 在线帮助

与 11/2019 版相比, 05/2021 版《S7-1500R/H 冗余系统系统手册》中新增的内容

新增内容		客户获益	信息出处
新增内容	CPU 1518HF-4 PN	CPU 1518HF-4 PN 中加入了 HF-CPU, 从而扩展了 R/H-CPU 产品组合。这类 CPU 具有以下优势: - 集成了故障安全功能的强大 H-CPU - 集成的故障安全功能处理标准和安全程序, 从而允许在标准用户程序中评估故障安全数据。得益于这种功能集成, SIMATIC 的系统优势和全面功能也适用于故障安全应用。 - 每个 CPU 有 3 个 PROFINET 接口	自系统概览 (页 32) 部分开始
	控制交换 S1 设备的切换时间	自固件版本 V2.9 开始, 主 CPU 出现故障/停止运行后, 用户可以控制交换 S1 设备从断开到恢复所用的切换时间。该功能具有以下优势: 优化交换 S1 设备从断开到恢复之间的切换时间	《PROFINET (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856) 功能手册》
	MRP 互连	MRP 互连过程是对 MRP 的增强。MRP 互连可在 PROFINET 网络中实现两个或更多环网与 MRP 的冗余耦合。MRP 互连具有以下优势: - 设置冗余网络拓扑时将不受环网中最多运行 50 台设备的限制。 - 对采用环网冗余的更大型拓扑进行监视。	冗余 (页 83) 部分

新增内容		客户获益	信息出处
	R/H-CPU 仿真	PLCSIM Advanced V4.0 支持对 R/H-CPU 进行仿真 - 对工厂中使用 R/H-CPU 的设备进行虚拟调试 - 自动测试 STEP 7 用户程序 仿真具有以下优势： - 提前检测错误、最大限度地降低风险 - 缩短调试时间 - 无硬件成本	S7-PLCSIM Advanced (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109773484/en) 功能手册
	OB 72 (CPU 冗余错误)	自固件版本 V2.9 开始，操作系统在发生更多事件时将调用 OB 72： - R/H 系统已进入 RUN-Redundant 系统状态，两个 R/H-CPU 可以冗余同步。 - R/H 系统已进入 RUN-Redundant 系统状态，但两个 R/H-CPU 无法冗余同步。 - R/H 系统仍处于 RUN-Redundant 系统状态，两个 R/H-CPU 可以立即或再次冗余同步。 - R/H 系统仍处于 RUN-Redundant 系统状态，但两个 R/H-CPU 不能继续保持冗余同步。	S7-1500R/H 编程 (页 261) 部分
	"RH_CTRL"指令	自固件版本 V2.9 开始，"RH_CTRL"指令支持更多功能： - 请求 SYNCUP - 将主 CPU 切换到 STOP 模式（仅限 RUN-Redundant 系统状态） - 将备用 CPU 切换至 STOP 模式	S7-1500R/H 编程 (页 261) 部分
	配方功能的指令	自固件版本 V2.9 开始，支持配方功能的指令： - RecipeExport (导出配方) - RecipeImport (导入配方)	STEP 7 在线帮助

新增内容		客户获益	信息出处
	TO_BasicPos 和 SSI_Absolute_Encoder 工艺对象	“TO_BasicPos”工艺对象 借助“TO_BasicPos”指令，可以使用 SINAMICS S/G/V 基本定位器功能的工艺对 SINAMICS 驱动器进行循环控制。 SSI_Absolute_Encoder 工艺对象 通过“SSI_Absolute_Encoder”指令，可以使用用户程序控制 TM PosInput 工艺对象的位置检测及测量功能。	STEP 7 在线帮助

与 10/2018 版相比，11/2019 版《S7-1500R/H 冗余系统系统手册》中新增的内容

新增内容		客户获益	信息出处
新增内容	交换 S1 设备	通过 CPU 的“交换 S1 设备”功能，可以在 S7-1500R/H 冗余系统中操作标准 IO 设备。	“AUTOHOTSPOT”部分
	标准导轨适配器	使用标准导轨适配器将 R/H CPU 安装在标准 35 mm 导轨上。	“安装标准导轨适配器 (页 193)”部分
	使用断点进行测试	使用断点进行测试时，将在 STARTUP（启动 OB）或 RUN-Solo 系统状态下运行断点间的一段程序。使用断点进行测试具有以下优势： - 借助断点，测试 SCL 和 STL 程序代码 - 逐步定位逻辑错误 - 在实际调试前，简化并快速分析复杂程序 - 记录单次执行循环中的当前值 - 在 SCL 或 STL 程序段的 LAD/FBD 块中，还可使用断点进行程序验证。	“测试功能 (页 420)”部分

新增内容	客户获益	信息出处
PID 控制器	PID 控制器作为标准内置于所有 R/H-CPU 中。PID 控制器可测量物理变量的实际值，例如温度或压力，并将实际值与设定值进行比较。基于产生的误差信号，控制器计算调节变量，该调节变量会使过程值尽可能快速而稳定地达到设定值。 PID 控制器具有以下优势： - 通过集成的编辑器和块简化组态和编程。 - 通过 PG 和 HMI 简化仿真、可视化、调试和操作。 - 在操作期间自动计算控制参数和调节。 - 无需额外的硬件和软件。	PID 控制 (页 83)部分
更改的内容	RUN-Redundant 系统状态下下载修改的用户程序 可在 RUN-Redundant 系统状态下，将修改的用户程序下载到 R/H CPU。 优势：对用户程序进行更改期间，冗余系统将一直保持在 RUN-Redundant 系统状态下。系统状态在 RUN-Solo 或 SYNCUP 后不会改变。	将项目下载到 CPU 中 (页 312)部分
	在运行时备份 S7-1500R/H 冗余系统的组态 可在设备运行时备份，而无需中断运行过程。 不间断地工厂运行可有效地降低高额的重启与物料成本。	备份和恢复 CPU 组态 (页 366)部分
	用户程序中的报警 消息可显示 S7-1500R/H 冗余系统中的过程执行事件，可快速识别、准确定位和纠正错误。	功能手册《诊断 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192926)》

系统概述

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

S7-1500R/H 冗余系统

对于 S7-1500R/H 冗余系统，CPU 是重复的，也就是冗余的。两个 CPU 会并行处理相同的项目数据和相同的用户程序。两个 CPU 通过两条冗余连接进行同步。如果一个 CPU 出现故障，另一个 CPU 会接替它对过程进行控制。

使用冗余自动化系统的目的

冗余自动化系统旨在通过并行运行两个系统降低生产停机的可能性。

故障安全自动化系统的目标

故障安全自动化系统旨在通过安全关断将系统切换到安全状态，以保护生命安全、环境和资产。

说明

H-CPU 系统手册的所有内容理论上也适用于故障安全 CPU (HF-CPU)。有差异的内容和特殊功能作为补充内容进行介绍，并标记为参考内容。

4.1.1 应用范围

目标

S7-1500R/H 冗余系统可提供高度的可靠性和系统可用性。最重要的自动化组件的冗余组态可降低生产停机的可能性并减轻组件错误造成的后果。

生产停机的风险和成本越高，越值得使用冗余系统。可通过避免生产停机补偿通常来讲较高的投资成本。

使用

在冗余操作的系统中，个别自动化组件的故障不得妨碍工厂运营。S7-1500R/H 冗余系统用于以下领域，如：

- 隧道
- 机场（例如行李传送带）
- 地铁
- 造船
- 废水处理厂
- 高货架立体仓库

示例 1：避免停机

自动化任务

在公路隧道的以下应用中，可使用自动化解决方案：

- 控制隧道中的照明
- 控制隧道通风，以符合隧道内污染物浓度要求

特点

通风系统需确保不间断操作，从而将污染物浓度低于设定水平。为此，通风系统需确保始终可用，以从容应对自动化组件故障事件（如，因隧道内起火）。

解决方法

使用三个风扇 (M) 对隧道进行通风。自动化解决方案根据测得的污染物浓度控制风扇速度。隧道中的三个传感器测量空气中的污染物水平。配有两个冗余 CPU 的 S7-1500H 冗余系统用于确保风扇可用性。

S7-1500H 冗余系统在控制风扇的同时还控制着照明装置和交通信号灯。

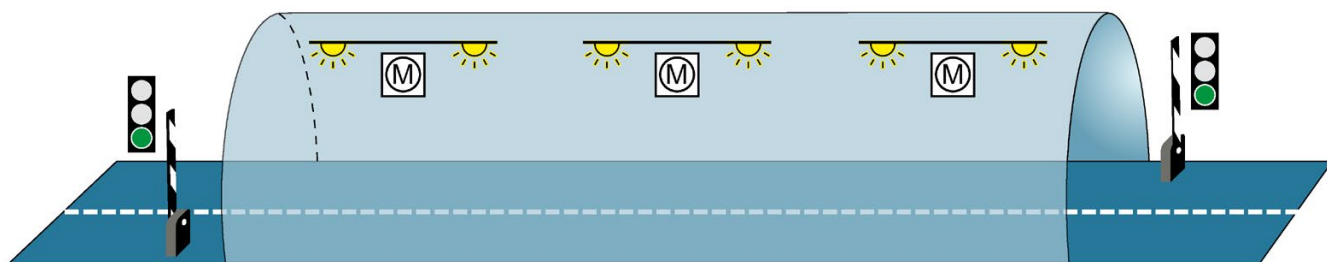


图 4-1 示例：隧道自动化

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

优势

用于控制风扇的用户程序在 S7-1500H 冗余系统中的两个 CPU 上运行。两个 CPU 间的位置可距离长达 40 km。如果因本地故障导致一个 CPU 或一条冗余连接失败，则该故障不会对所控制的过程造成任何影响。风扇继续运转。

有关 S7-1500H 隧道自动化的详细说明，请参见冗余系统 S7-1500R/H 入门指南 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109757712>)。

示例 2：避免因数据丢失增加系统重启成本

自动化任务

物流公司通过相应的自动化解决方案，对高货架立体仓库内中的货物的存取货仓进行控制。

特点

控制器故障会产生严重后果。系统重启后，需要重新找到存取货仓并再次记录集装箱内的货物清单。自动化解决方案需确保 CPU 发生故障时无任何数据丢失，以及仓库的继续运作。

解决方法

在仓库中对货物进行存取时，存取货仓将沿着 X、Y 和 Z 轴进行移动。如果该过程发生中断，则可能导致数据丢失，无法确认货物的所在位置。为了防止数据丢失，可采用 S7-1500R 冗余系统对货物的存取货仓进行控制。

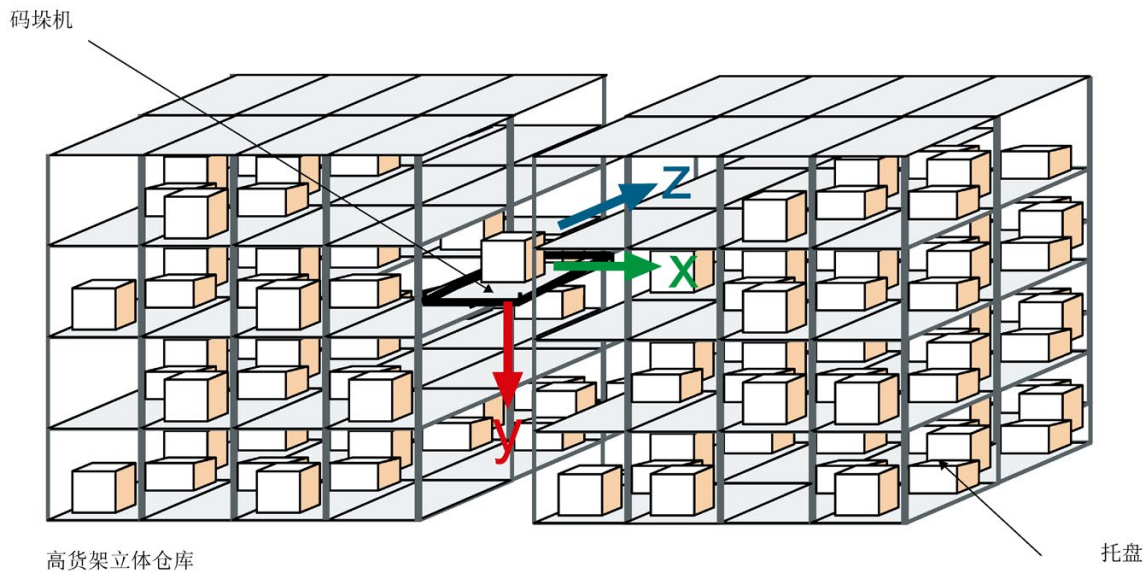


图 4-2 示例：高货架立体仓库

优势

如果一个 CPU 发生故障，另一个 CPU 将接管过程控制。过程数据和用户程序均冗余保存，可有效确保 CPU 发生故障时数据不会丢失。更换故障 CPU 并切换为 RUN 模式后，冗余系统将自动使用新 CPU 中的用户程序同步该项目。这一解决方案不仅可节省大量维护时间，同时还可有效降低仓库的停机成本。

示例 3：避免设备和材料损坏**自动化任务**

炼钢厂需要一个专业的自动化解决方案，对钢铁生产中所用的高炉进行控制。

特点

故障（尤其是过程工业中的故障）可能会导致系统、工件或物料损坏。在炼钢厂，如果过程中断，则将导致生铁冷却危险。之后，这些生铁将无法再用于钢材生产。自动化解决方案需确保 CPU 发生故障时工厂继续运行，以及物料无损。

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

解决方法

使用 S7-1500R 冗余系统，对高炉生产加工进行控制。通过冗余系统中的分布式自动化组件，严密控制温度、体积和压力等参数。

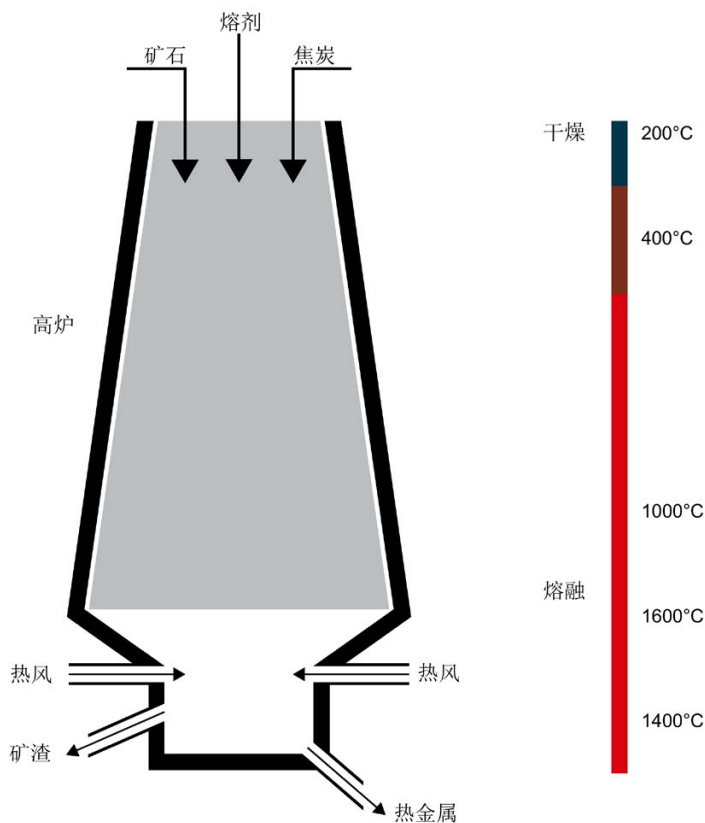


图 4-3 示例：高炉

优势

S7-1500R 冗余系统可完美解决因 CPU 或冗余连接故障而引发的各种问题。您可在设备运行过程中更换 CPU，而无需中断钢材冶炼过程。不间断地工厂运行可有效地降低高额的重启与物料成本。

参考

有关采用 1518HF-4 PN CPU 的 SIMATIC Safety Integrated 的示例，请参见“安全 (页 73)”部分。

4.1.2 S7-1500R/H 冗余系统的工作原理

简介

在 S7-1500R/H 冗余系统中，两个 CPU 中的一个发生故障不会影响正常的过程运行。

S7-1500R 和 S7-1500H 系统在结构、组态限值以及性能上均有所不同。

在 S7-1500R 系统中，环形拓扑中断不会影响正常的过程运行。

在 S7-1500H 系统中，线路拓扑中断和 R1 设备中的接口模块故障也不会影响正常的过程运行。

说明

每个 PROFINET 环网一次只能包含一个 R 系统或一个 H 系统。

不支持在同一 PROFINET 环网中同时使用一个 R 系统和一个 H 系统。

S7-1500 的设计和的工作原理

S7-1500R 冗余系统包含以下组件：

- 两个 S7-1500R CPU ①
- 采用介质冗余协议 PROFINET 环网 ②
- IO 设备 ③
- 交换机 ④（如果需要）

S7-1500R 冗余系统需要使用 PROFINET 环网。两个 CPU 必须通过 PROFINET 电缆互连。即使发生环网中断，所有节点仍继续相互通信。PROFINET 环网中的所有 PROFINET 设备必须支持介质冗余 (MRP)。

可以通过 ④ 交换机将其它设备与 PROFINET 环网分离，例如：

- 带有一个端口的 PROFINET 设备
- 不支持 MRP 的 PROFINET 设备
- 不支持 H-Sync 转发功能的 PROFINET 设备，比如标准 IO 设备

S7-1500R 系统中的冗余连接是支持 MRP ② 的 PROFINET 环网。

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

下图显示了 PROFINET 环网中 S7-1500R 的组态。

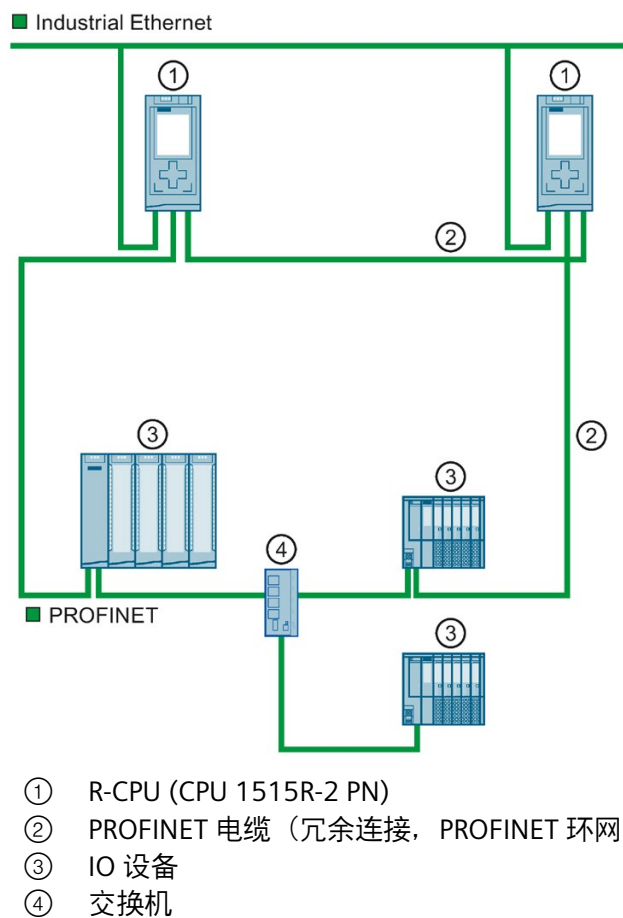


图 4-4 PROFINET 环网中的 S7-1500R 组态

工作原理

在冗余系统中，两个 CPU 中的一个将作为主 CPU 角色。另一个 CPU 将作为跟随 CPU（备用 CPU）。在操作过程中，各 CPU 的角色可变更。由于主 CPU 与备用 CPU 间进行同步，因此可确保主 CPU 发生故障时可在 CPU 间快速切换。如果主 CPU 发生故障，则备用 CPU 将作为新的主 CPU 继续进行过程控制。

该冗余连接使用 PROFINET 电缆的部分带宽进行 R-CPU 同步。即，这一部分带宽无法用于 PROFINET IO 通信。

S7-1500H 组态和操作原理

S7-1500H 冗余系统中包含下列组件：

- 两个 CPU S7-1500H ①
- 采用介质冗余协议 PROFINET 环网 ②（仅当组态为环形拓扑时）
- 两个冗余连接 ③
- IO 设备 ④
- 可能的交换机 ⑤

与 S7-1500R 相比，S7-1500H 支持更多的功能和组态变型：

- 系统冗余 R1
- H-CPU 不必是 PROFINET 环网或 MRP 域的一部分。
因此，可支持其它拓扑变型，例如线形拓扑、组合型拓扑或无需额外设备的设置。

环形拓扑

对于环型拓扑中的 S7-1500H，与 S7-1500R 一样，需要通过 CPU 闭合的 PROFINET 环网 ②。即使发生环网中断，所有节点仍继续相互通信。PROFINET 环网中的所有 PROFINET 设备必须支持介质冗余 (MRP)。

如果使用 R1 设备组态冗余系统，则需要两个独立的 PROFINET 环网。

可以通过 ⑤ 交换机将其它设备与 PROFINET 环网分离，例如：

- 带有一个端口的 PROFINET 设备
- 不支持 MRP 的 PROFINET 设备

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

下图显示了 PROFINET 环网中 S7-1500H 的组态。

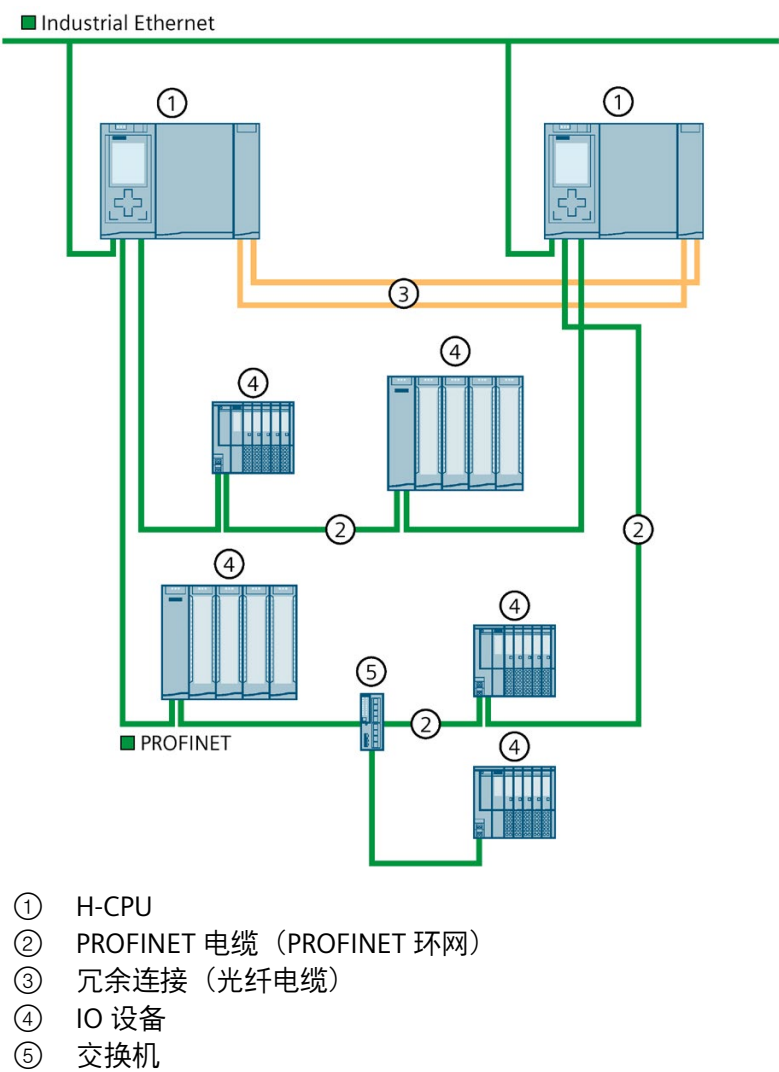
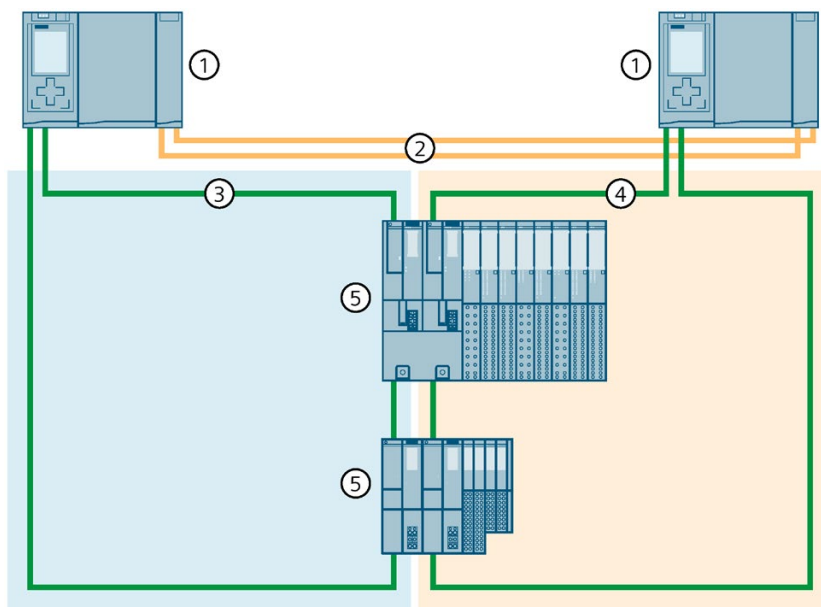


图 4-5 PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500H 组态

下图显示了在两个单独的 PROFINET 环网中带有 R1 设备的 S7-1500H 的组态。



- ① H-CPU
- ② 冗余连接（光纤电缆）
- ③ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑤ IO 设备（采用 R1 系统冗余）

图 4-6 在 PROFINET 环网中组态包含 R1 设备的 S7-1500H

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

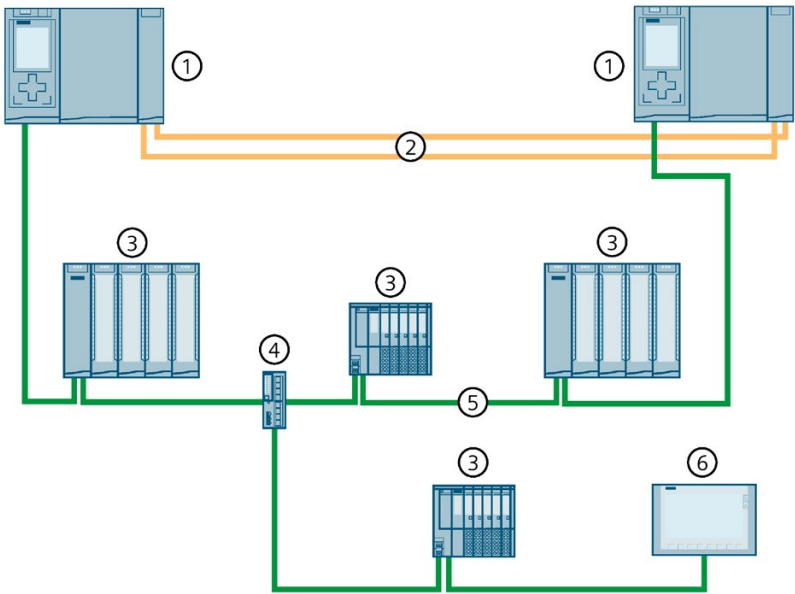
线形拓扑

如果在线形拓扑中组态冗余系统，则不需要 PROFINET 环网。线形拓扑中的 PROFINET 设备不必支持介质冗余 (MRP)。这意味着无需重新组态 MRP，并且可以缩短监视时间。在使用 SIMATIC Safety 的应用中，这可以实现更短的安全距离。

其它设备（例如带有一个端口的 PROFINET 设备）通过交换机 ④ 与线路分离。

对于线形拓扑，H-CPU 必须位于线路的末端。

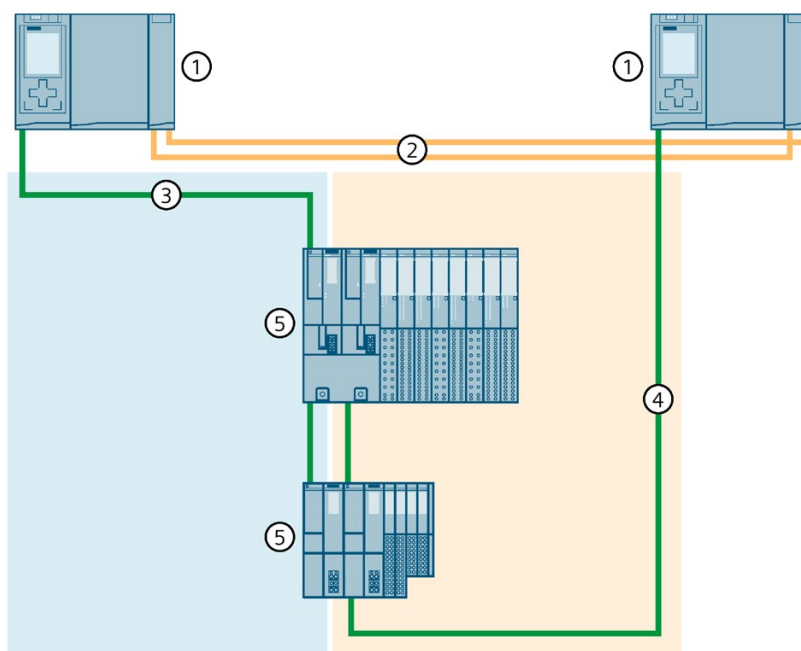
下图显示了线形拓扑中包含 S2 设备的 S7-1500H 的组态。



- ① H-CPU
- ② 冗余连接（光纤电缆）
- ③ IO 设备（采用系统冗余 S2）
- ④ 交换机
- ⑤ PROFINET 电缆（线形拓扑）
- ⑥ HMI 设备

图 4-7 线形拓扑中包含 S2 设备和交换机的 S7-1500H 组态

下图显示了线形拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 的组态。

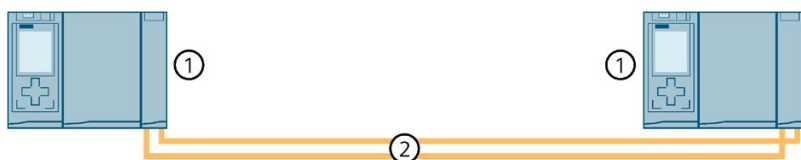


- ① H-CPU
- ② 冗余连接（光纤电缆）
- ③ PROFINET 电缆（线形拓扑 1）
- ④ PROFINET 电缆（线形拓扑 2）
- ⑤ IO 设备（采用 R1 系统冗余）

图 4-8 线形拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态

H-CPU 的 X1 接口上无附加设备的 S7-1500H

只有 2 个 H-CPU 的组态适用于在 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 上不需要任何附加设备的所有应用（例如 Modbus/TCP）：



- ① H-CPU
- ② 冗余连接（光纤电缆）

图 4-9 不含附加设备的 S7-1500H 组态

工作原理

与 S7-1500R 中不同，S7-1500H 中的 PROFINET 环网（PROFINET 网络）与冗余连接是分开的。两个冗余连接使用光纤电缆经由同步模块将 CPU 直接连接在一起。

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

在冗余系统中，两个 CPU 中的一个将作为主 CPU 角色。另一个 CPU 将作为跟随 CPU（备用 CPU）。在操作过程中，各 CPU 的角色可变更。

由于主 CPU 与备用 CPU 间进行同步，因此可确保主 CPU 发生故障时可在 CPU 间快速切换。如果主 CPU 发生故障，则备用 CPU 将作为新的主 CPU 继续进行过程控制。

H-CPU 的同步不会影响 PROFINET 上的带宽。

参考

有关 S7-1500H 冗余系统的更多信息和组态变型（例如组合拓扑），请参见“S7-1500H 冗余系统的特定组态变型 (页 105)”部分。

S7-1500R 与 S7-1500H 的区别

表格 4-1 S7-1500R 与 S7-1500H 的系统差异

	S7-1500R	S7-1500H
	CPU 1513R-1 PN CPU 1515R-2 PN	CPU 1517H-3 PN CPU 1518HF-4 PN
性能	- 数据传输率为 100 Mbps（用于同步和通信） - 数据工作存储器： - CPU 1513R-1 PN：最大 2.5 MB - CPU 1515R-2 PN：最大 4.5 MB - 代码工作存储器： - CPU 1513R-1 PN：最大 600 KB - CPU 1515R-2 PN：最大 1 MB	- 与 S7-1500R 相比，性能得到显著提升，原因如下： - 通过光缆建立的单独冗余连接 - 计算能力强 - 数据传输率为 1 Gbps（用于同步） - 数据工作存储器： - CPU 1517H-3 PN：最大为 8 MB - CPU 1518HF-4 PN：最大 60 MB - 代码工作存储器： - CPU 1517H-3 PN：最大为 2 MB - CPU 1518HF-4 PN：最大 9 MB
硬件	- CPU 在设计方面与相应的标准型 S7-1500 完全相同。 - CPU 同步在 PROFINET 环网中进行。 - 如果在 R 系统的 PROFINET 环网中使用具有两个以上端口的 PROFINET 设备（如交换机），这些设备必须支持 H-Sync 转发功能。 - 如果要在 R 系统的 PROFINET 环网中使用仅具有 2 个端口的 PROFINET 设备，则建议为 PROFINET 环网中的所有设备使用 H-Sync 转发功能。 - PROFINET 电缆的部分带宽用于同步 CPU。因此，可用于 PROFINET IO 通信的带宽较少。	- 每个 CPU 都配有 2 个光纤接口。 - CPU 的同步通过光纤独立于 PROFINET 网络工作。 - PROFINET 电缆的全部带宽均可用于 PROFINET IO 通信。
范围	- 两个 R-CPU 之间的距离： - 不带介质转换器时，最长 100 m - 有介质转换器时数千米（取决于所用介质转换器）	- 两个 H-CPU 之间的距离： - 最长 40 km（取决于所用的同步模块）

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

	S7-1500R	S7-1500H
组态版本	包含 S2 设备、开关型 S1 设备的 PROFINET 环网	- 包含 S2 设备、开关型 S1 设备的 PROFINET 网络 - 包含 R1 设备的 PROFINET 网络 - 组合拓扑中包含 R1 设备、S2 设备、开关型 S1 设备的 PROFINET 网络 - 不含附加设备的组态
组态限值	- 在 PROFINET 环网中：最多 50 个 PROFINET 设备，包括 R-CPU（建议最多 16 个 PROFINET 设备） - 在 PROFINET 环网中，通过交换机（附加线形拓扑）分隔开：最多 64 个 IO 设备	- PROFINET 环网：最多 50 个 PROFINET 设备（包括 H-CPU） - PROFINET 网络（环网、线形或组合拓扑）：最多 256 个 IO 设备

S7-1500 标准系统与 S7-1500R/H 对比

下表列出了 S7-1500 自动化系统与 S7-1500R/H 冗余系统的类似 CPU 的主要特点。

表格 4-2 S7-1500 与 S7-1500R/H 比较

	S7-1500		S7-1500R/H	
	CPU 1513-1 PN CPU 1515-2 PN CPU 1517-3 PN/DP	CPU 1518F-4 PN/DP	CPU 1513R-1 PN CPU 1515R-2 PN CPU 1517H-3 PN	CPU 1518HF-4 PN
支持集中式 I/O	✓	✓	---	---
组态控制	✓	✓	---	---
Web 服务器	✓	✓	---	---
CPU 冗余	---	---	✓	✓
系统冗余 S2	---	---	✓	✓
系统冗余 R1	---	---	✓ ¹⁾	✓
S1 设备	✓	✓	✓ ²⁾	✓ ²⁾
等时同步模式	✓	✓	---	---
共享设备	✓	✓	---	---

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

	S7-1500		S7-1500R/H	
用作智能设备	✓	✓	---	---
IRT	✓	✓	---	---
MRP	✓	✓	✓	✓
MRPD	✓	✓	---	---
OPC UA	✓	✓	---	---
运动控制	✓	✓	---	---
PID 控制	✓	✓	✓	✓
安全集成	✓	✓	✓	✓
保护功能：防拷贝保护	✓	✓	---	---
安全模式 ³⁾	---	✓	---	✓
集成系统诊断	✓	✓	✓	✓

1) 仅限 CPU 1517H-3 PN

2) 作为开关型 S1 设备

3) 为了保护人身安全、环境或投资，需要使用故障安全自动化系统（F 系统）。

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

4.1.3 工厂组件与自动化层级

工厂组件与自动化层级

以下示意图显示了冗余系统中从管理层级到控制层级和现场层级的主要组件。

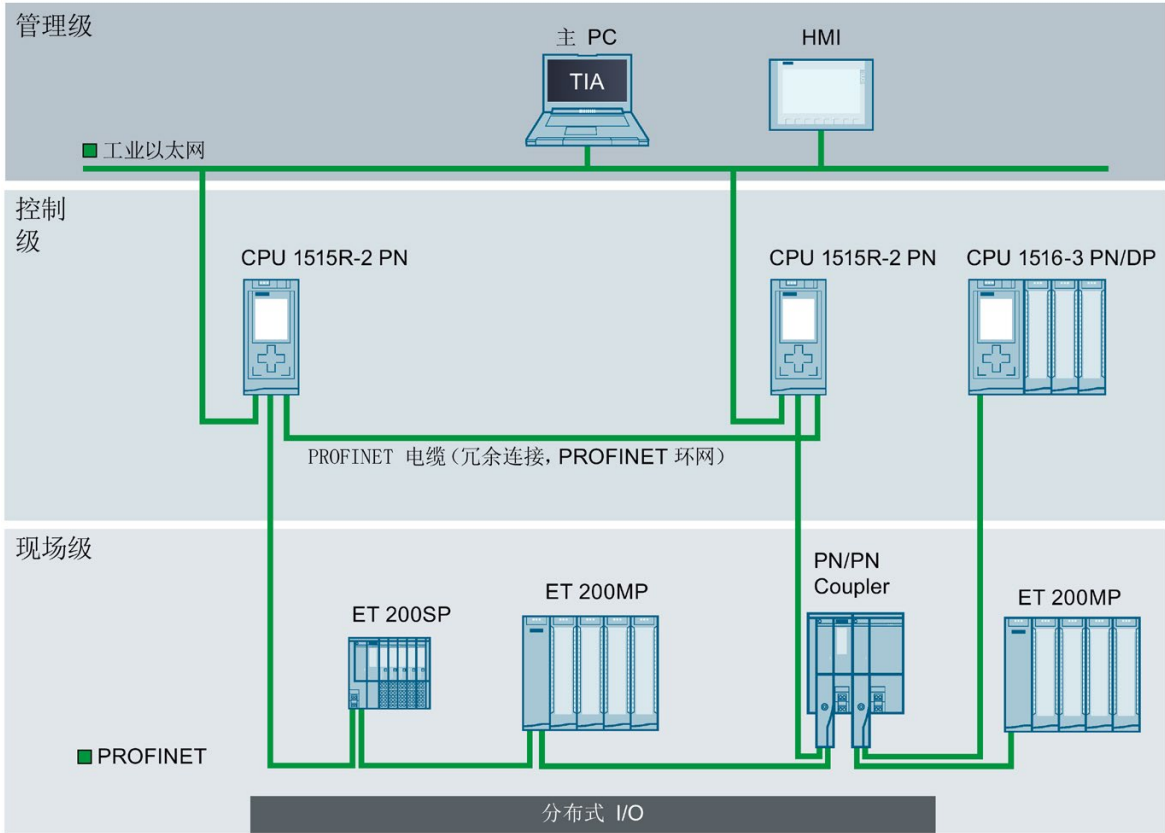


图 4-10 以 S7-1500R 为例介绍管理、控制和现场层级的可能组态

位于管理层级的主 PC 访问位于控制层级和现场层级的各种设备。主 PC 通过工业以太网连接到 CPU。

处于控制层级的 R-CPU 采用冗余设计。处于现场层级的 IO 设备连接至 PROFINET 环网内的 R-CPU。

冗余 S7-1500R 系统通过 PN/PN 耦合器与另一 PROFINET IO 系统循环交换 IO 数据。PN/PN 耦合器的左侧分配给 S7-1500R 冗余系统。PN/PN 耦合器的右侧分配给 CPU 1516-3 PN/DP (IO 控制器)。

该组态允许一个 CPU 发生故障或 PROFINET 环网中断。主 CPU 和备用 CPU 并行执行用户程序。如果一个 CPU 发生故障，另一个 CPU 将接管过程控制。

如果 PROFINET 环网中断（例如因电缆断开或 IO 设备故障），环网不再冗余。但未发生故障的 IO 设备会继续运行并可被访问。

4.1.4 可扩展性

简介

与非冗余系统相比，冗余系统使用起来对成本更为敏感：

- 有两个 CPU。
- 物理连接（PROFINET 环网和冗余连接）可能需要跨越较远的距离。

S7-1500R/H 冗余系统可扩展。也就是说，S7-1500R 和 S7-1500H 系统的功能范围相同，但在以下方面有所不同：

- 性能
- 硬件
- 组态版本
- 范围
- 组态限值
- 成本

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

说明

MRP 互连

MRP 互连可在 PROFINET 网络中实现两个或更多环网与 MRP 的冗余耦合。采用 MRP 互连后，设置冗余网络拓扑时将不受环网中最多设备数量的限制。更多信息，请参见“冗余 (页 63)”部分。

S7-1500R

通过 CPU S7-1515R-2 PN 的 X2 PROFINET 接口或使用额外的交换机将 CPU 连接至工业以太网。

S7-1500R 支持的 PROFINET 设备（交换机、S7-1500R CPU、S7-1500 CPU（V2.5 或更高版本）、HMI 设备和 IO 设备，如 ET 200MP 和 ET 200SP）数目如下：最多 50 个（建议值：最多 16 个）（在 PROFINET 环网中）

S7-1500R 在 R CPU 上支持以下数量的 IO 设备：在 PROFINET 环网中最多 64 个，通过交换机（附加线形拓扑）分隔开

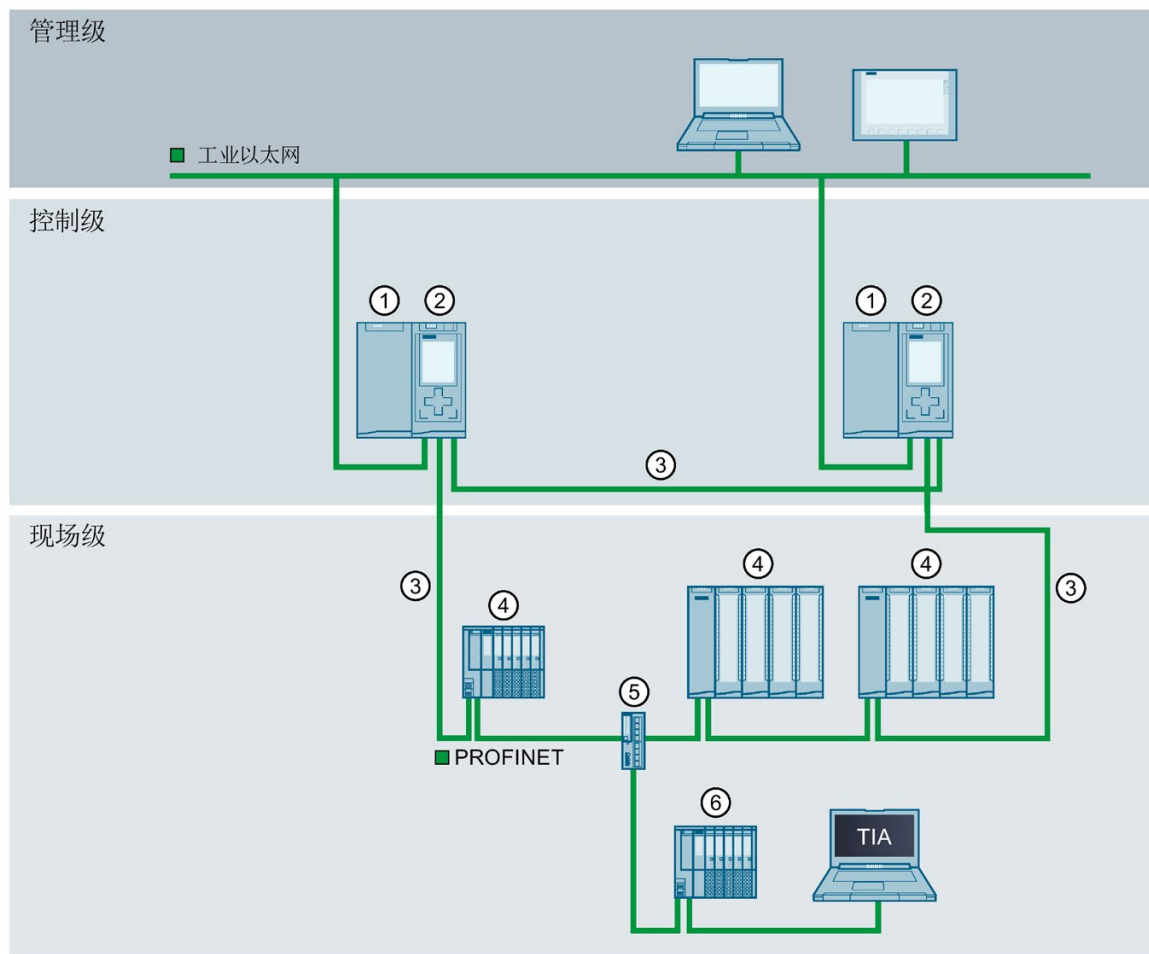
说明

针对 S7-1500R 的建议：PROFINET 环网中最多运行 16 个 PROFINET 设备（包括 R-CPU）。

PROFINET 环网中的设备数量会影响 S7-1500R 系统的可用性。因此在 PROFINET 环网中运行的 PROFINET 设备（包括 R-CPU）数量不应超过 16 个。如果 PROFINET 环网中运行的设备数量显著高于该限值，则会降低 IO 设备与 R-CPU 的可用性。

本文档中的技术规范基于环网中建议的 S7-1500R 可连接 PROFINET 设备最大数量，16 个。

S7-1500R 中的冗余连接为支持 MRP 的 PROFINET 环网。CPU 通过 PROFINET 环网进行同步。



- ① 负载电流电源（可选）
- ② CPU S7-1515R-2 PN
- ③ PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- ④ PROFINET 环网中的 IO 设备
- ⑤ 交换机
- ⑥ PROFINET 环网之外的 IO 设备（通过交换机分隔开）

图 4-11 S7-1500R 组态方式

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

S7-1500H

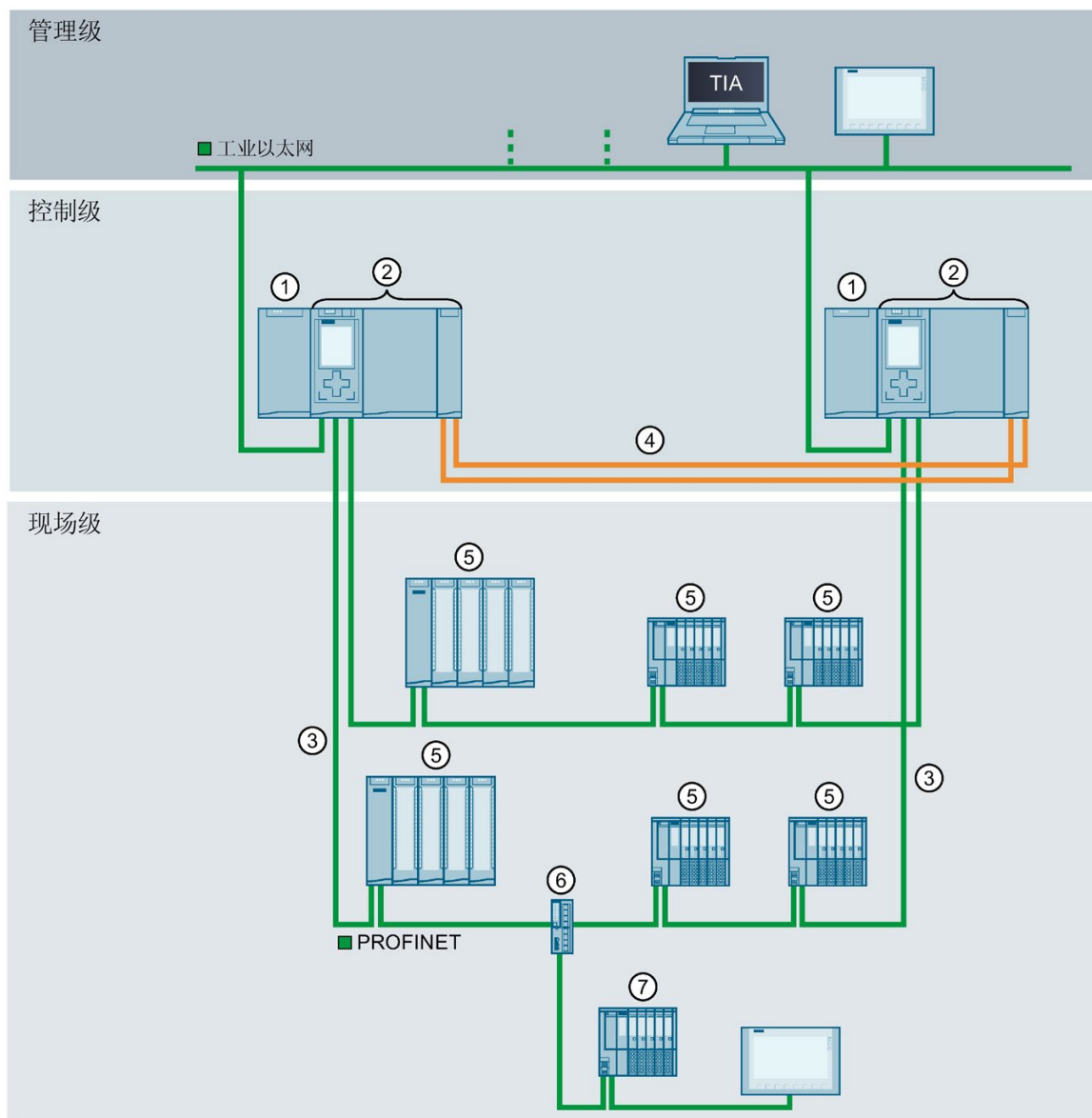
通过 PROFINET 接口或使用额外的交换机将 CPU 连接至工业以太网。

S7-1500H 支持的 PROFINET 设备（交换机、S7-1500H CPU、S7-1500 CPU（V2.5 或更高版本）、HMI 设备和 IO 设备，如 ET 200MP 和 ET 200SP）数目如下：最多 50 个（在 PROFINET 环网中）

S7-1500H 在 H-CPU 上支持以下数量的 IO 设备：最多 256 个（在 PROFINET 网络中）
（环网、线形或组合拓扑）

S7-1500H 中的冗余连接是两根双工光纤电缆，通过同步模块将 CPU 直接连接在一起。

下图显示了 PROFINET 环网中 S7-1500H 的组态示例。



- ① 负载电流电源（可选）
- ② CPU 1517H-3 PN
- ③ PROFINET 电缆（PROFINET 环网）
- ④ 冗余连接（2 根双工光纤电缆）
- ⑤ PROFINET 环网中的 IO 设备
- ⑥ 交换机
- ⑦ PROFINET 环网之外的 IO 设备（通过交换机分隔开）

图 4-12 PROFINET 环网中的 S7-1500H 组态变型

4.1 什么是 S7-1500R/H 冗余系统？

4.1.5 特点概述

下图总结了 S7-1500R/H 冗余系统的主要功能。

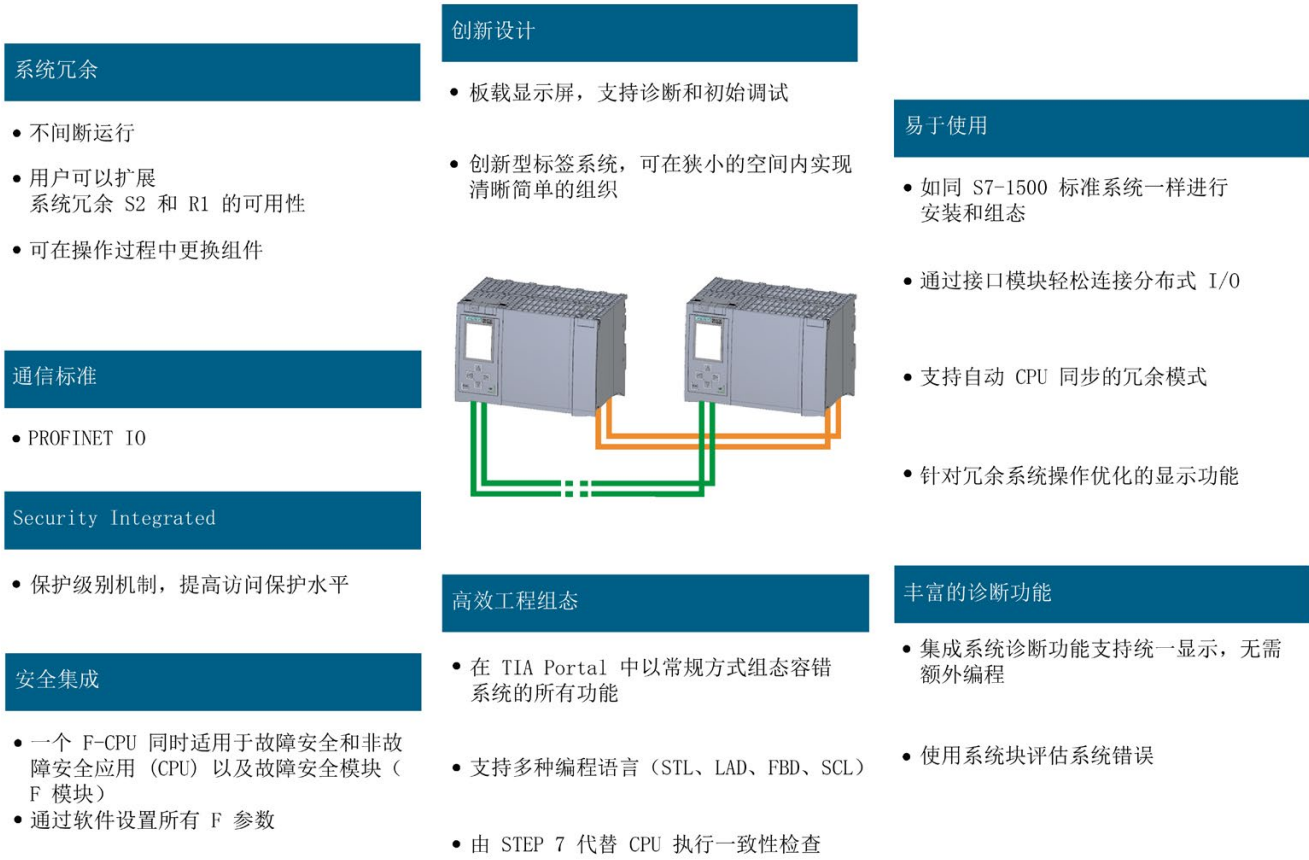


图 4-13 S7-1500R/H 特点

4.2 组态

4.2.1 S7-1500R 冗余系统的结构

组态

S7-1500R 冗余系统包含以下组件：

- 两个 R-CPU
- 两个 SIMATIC 存储卡
- PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- IO 设备
- 负载电流电源（可选）

冗余系统 S7-1500R 可安装在一个公共安装导轨，也可分别安装在 2 个单独的安装导轨上。将 PROFINET 电缆连接至 CPU 的 PROFINET 接口 X1 P2R 上会直接连接两个 CPU。利用 CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R，建立通过 IO 设备从第一个 CPU 连接到第二个 CPU 的 PROFINET 环网。

组态示例

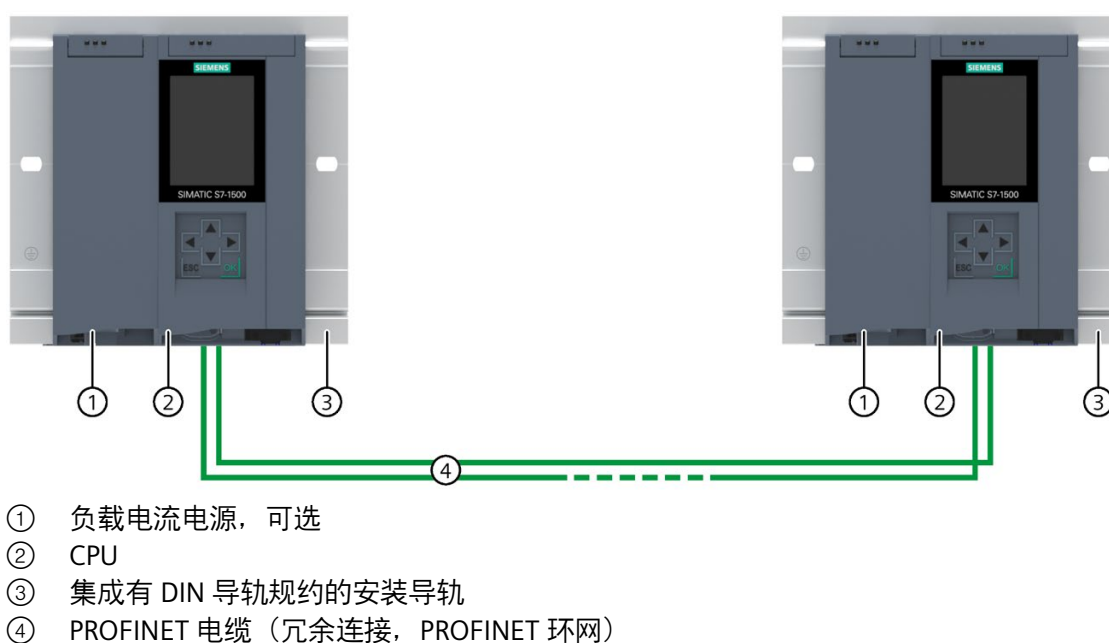


图 4-14 S7-1500R 组态示例

4.2.2 S7-1500H 冗余系统的结构

组态

S7-1500H 冗余系统包含以下组件：

- 两个 H-CPU
- 两个 SIMATIC 存储卡
- 四个同步模块（每个 H-CPU 中两个同步模块）
- 两个冗余连接（两根双工光纤电缆）
- IO 设备（如适用）
- 负载电流电源（可选）

S7-1500H 冗余系统应安装在共用安装导轨或两个单独的安装导轨上。通过光纤电缆，可将两个 CPU 连接到各 CPU 中的两个同步模块。通过 CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R 和 X1 P2R 建立 PROFINET 网络。

组态示例

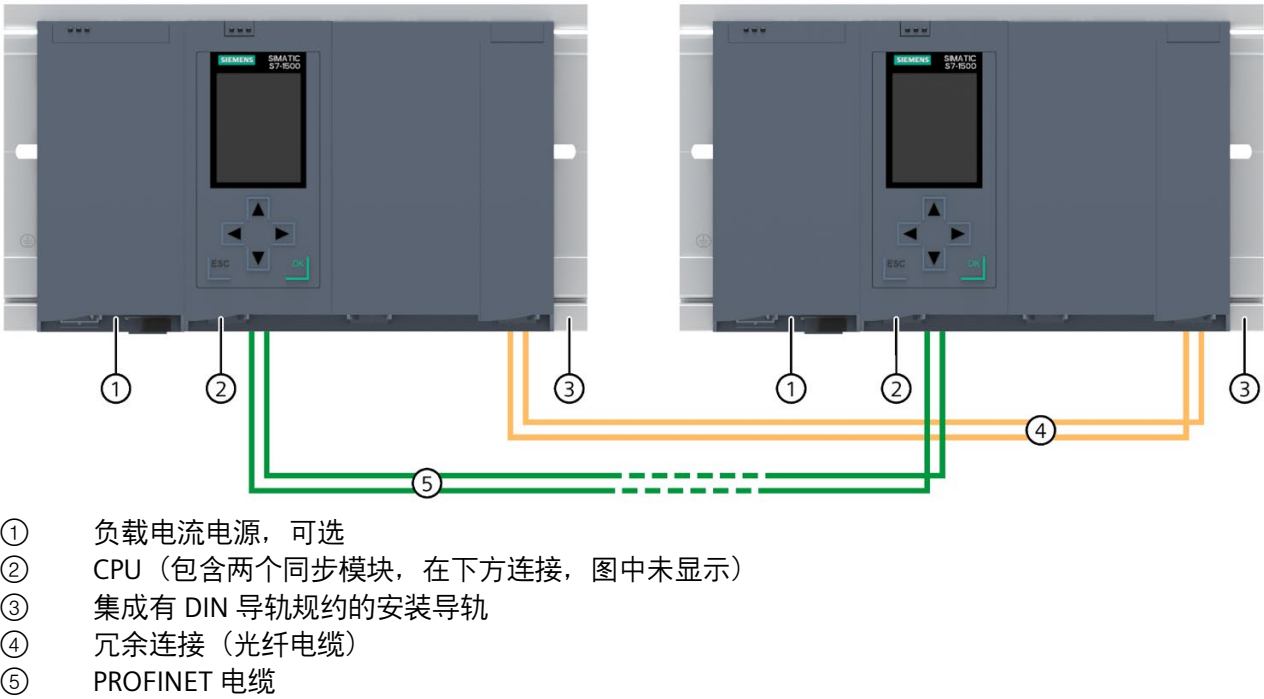


图 4-15 S7-1500H 组态示例

4.2.3 采用 SIMATIC S7-1500HF 的故障安全系统的组态

组态

故障安全自动化系统（F 系统）用于具有较高安全要求的系统。F 系统用于控制过程，确保中断后这些过程可立即处于安全状态。也就是说，F 系统用于控制过程，在这些过程中发生即时中断不会危害人身或环境。1518HF-4 PN CPU 是一种集成了故障安全功能的高性能 H-CPU (HF-CPU)。

HF 系统由以下组件组成：

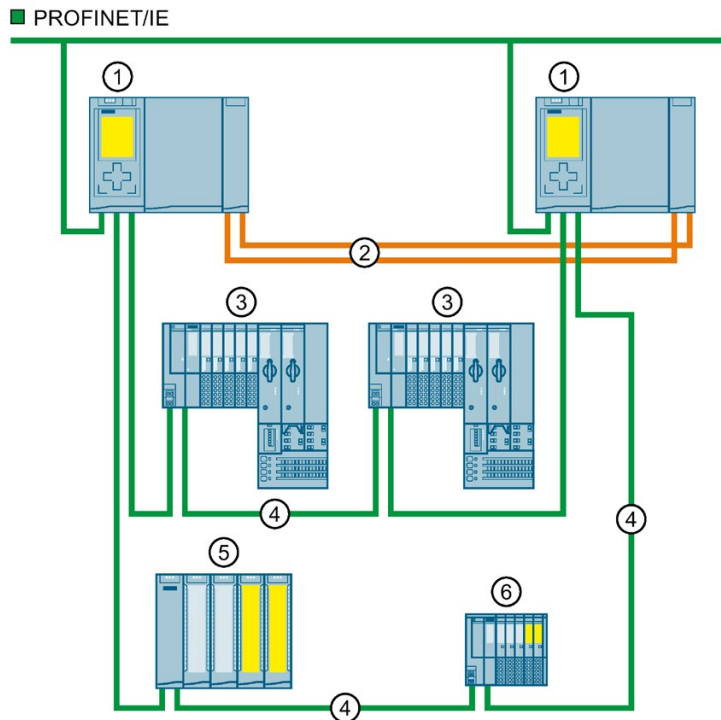
- 两个 HF-CPU
- 两个 SIMATIC 存储卡
- 四个同步模块（每个 HF-CPU 有两个同步模块）
- 两个冗余连接（两根双工光纤电缆）
- 使用故障安全模块的 IO 设备
- 负载电流电源（可选）

可以在 IO 设备中混合使用故障安全 I/O 模块和非故障安全 I/O 模块。

HF 系统（采用 1518HF-4 PN CPU）执行以下数据交换：

- 与 IO 设备的故障安全模块交换安全相关数据
- 与 IO 设备的非故障安全模块交换非安全相关数据

组态示例



- ① CPU 1518HF-4 PN
- ② 冗余连接（光纤电缆）
- ③ ET 200SP IO 设备
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网）
- ⑤ 含故障安全模块和非故障安全模块的 ET 200MP IO 设备
- ⑥ 含故障安全模块和非故障安全模块的 ET 200SP IO 设备

图 4-16 PROFINET 环网中使用两个 1518HF-4 PN CPU 的冗余系统的组态示例

说明

1518HF-4 PN CPU 固件版本 V3.0 及更高版本的其它组态变型

自固件版本 V3.0 起，HF 系统支持其它功能和组态变型：

- 系统冗余 R1
- HF CPU 不必是 PROFINET 环网或 MRP 域的一部分。

这样便可实现其它拓扑变型，例如线型拓扑、组合拓扑或无需额外设备的设置。

参考

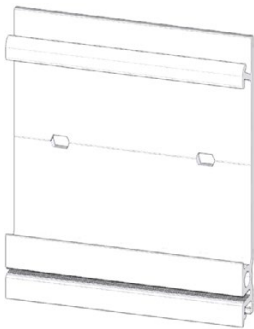
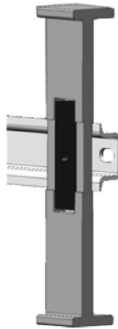
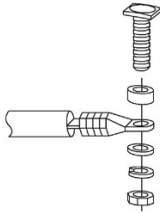
有关组态变型的详细信息，请参见“S7-1500H 的特定组态变型 (页 105)”部分。

关于 ET 200SP/ET 200SP HA/ET 200MP 故障安全模块的更多信息，请参见相关的系统和设备手册。

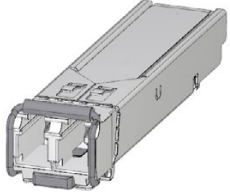
4.2.4 组件

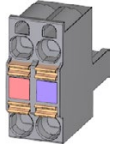
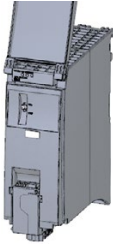
S7-1500R/H 冗余系统的组件

表格 4-3 S7-1500R/H 组件

组件	功能	图示
安装导轨	安装导轨是 S7-1500R/H 自动化系统的机架。可以利用安装导轨的整个长度。 可按照附件/备件 (页 450)来订购安装导轨。	
标准导轨适配器	R/H CPU 通过标准导轨适配器安装在标准 35 mm 导轨上。 标准导轨适配器可作为附件/备件 (页 450)订购。	
安装导轨的 PE 连接元件	螺钉套件将插入安装导轨的 T 形槽，需要将安装导轨接地。 螺钉套件包含在标准长度（160 mm 到 830 mm）安装导轨的交付清单中，可作为“附件/备件 (页 450)”进行订购。	

4.2 组态

组件	功能	图示
R/H-CPU	CPU 运行用户程序。 CPU 的附加特性和功能： - 通过工业以太网通信 - 通过 PROFINET IO 通信 - 冗余模式 - HMI 通信 - 集成系统诊断 - 集成保护保护（访问和专有技术保护）	
PROFINET 电缆	使用 PROFINET 电缆连接 PROFINET 环网或 PROFINET 网络中的 CPU 和 IO 设备。	
同步模块（适用于 S7-1500H）	通过 2 根光纤电缆在两个 H-CPU 之间建立冗余连接，共使用 4 个同步模块（每个 H-CPU 使用 2 个）。 可订购以下同步模块版本： 1 GB FO 10 m 同步模块：适用于长达 10 m 的光纤电缆 1 GB FO 10 km 同步模块：适用于长达 10 km 的光纤电缆 1 GB FO 40 km 同步模块：适用于最长 40 km 的光纤电缆	
光纤电缆（适用于 S7-1500H）	通过光纤电缆，可为每个 CPU 配对连接 2 个同步模块。可订购下列长度的光纤电缆： 1 m 2 m 10 m - 最长 40 km（有关更长的光缆型号的详细信息，请参见工业商城 (https://mall.industry.siemens.com)）。	

组件	功能	图示
用于提供 CPU 电源电压的 4 针连接插头	用于提供电源电压的 4 针连接插头。	
负载电流电源 (PM)	负载电流电源 (PM) 为中央模块 (CPU) 供应 24 V DC 电源。 如果要使用负载电流电源，则建议使用 SIMATIC 产品系列。可将这些设备安装在安装导轨上。 提供各种型号的负载电流电源： • PM 70 W 120/230 V AC • PM 190 W 120/230 V AC	

4.3 S7-1500 R/H-CPU

S7-1500R/H 冗余系统允许两个 R-CPU 或 H-CPU 中有一个发生故障。如果主 CPU 发生故障，则备用 CPU 将作为新的主 CPU 在中断点继续进行过程控制。

所有相关数据会通过主 CPU 与备用 CPU 之间的冗余连接在 CPU 之间进行永久同步。

主 CPU 和备用 CPU 并行执行用户程序。

通过 CPU 的显示屏，可以在各菜单中显示控制和状态信息。维修时，通过快速访问诊断报警，显著缩短工厂停工时间。

CPU 支持对所有 CPU 变量执行追踪功能，可实现驱动装置和控件的高效调试和快速优化。

4.3.1 CPU 技术规范概述

下表列出了 S7-1500 R/H CPU 的主要技术规范。

表格 4-4 R/H-CPU 技术规范概述

	CPU 1513R-1 PN	CPU 1515R-2 PN	CPU 1517H-3 PN	CPU 1518HF-4 PN
数据工作存储器，最大	2.5 MB	4.5 MB	8 MB	60 MB
代码工作存储器，最大	600 KB	1 MB	2 MB	9 MB
插入式装载存储器 (SIMATIC 存储卡)，最大	32 GB	32 GB	32 GB	32 GB
I/O 地址区，最大	32 KB/32 KB	32 KB/32 KB	32 KB/32 KB	32 KB/32 KB
PROFINET IO 接口	1	1	1	1
PROFINET 接口	-	1	1	2
位运算的处理时间	50 ns	20 ns	4 ns	4 ns
显示画面大小	3.45 cm	6.1 cm	6.1 cm	6.1 cm
R/H 系统的 PROFINET 环网 中适用的 PROFINET 设备， 最大值： - IO 设备 - S7-1500R/H CPU - 交换机 - S7-1500 CPU (自 V2.5 起) - HMI 设备	50 个 (建议值： 最多 16 个)	50 个 (建议值： 最多 16 个)	50	50
可在 R/H CPU 上使用的 IO 设备，最大值：	64	64	256	256
每个机架中的最大模块数量	2 (PM 和 CPU)	2 (PM 和 CPU)	2 (PM 和 CPU)	2 (PM 和 CPU)
CPU 之间的最大距离	取决于所用的介质转换器 (PROFINET 电缆，最长 100 m)	取决于所用的介质转换器 (PROFINET 电缆，最长 100 m)	取决于所用同步模块：最长 40 km	取决于所用同步模块：最长 40 km
冗余连接 (同步链路)	PROFINET 环网	PROFINET 环网	光纤电缆	光纤电缆

	CPU 1513R-1 PN	CPU 1515R-2 PN	CPU 1517H-3 PN	CPU 1518HF-4 PN
系统冗余	✓	✓	✓	✓
热备份	✓	✓	✓	✓
切换时间 ¹⁾	300 ms	300 ms	50 ms	50 ms

¹⁾ 切换时间是从主 CPU 发生故障或停止开始，直到备用 CPU 成为主 CPU 并且在中断点处作为主 CPU 进行过程控制的时间。切换时间会延长循环时间。

参考

有关完整的技术规范，请参见相关 CPU 的手册和 Internet (<https://mall.industry.siemens.com>)。

4.3.2 冗余

简介

在以下部分中，概述了如何在 S7-1500R/H 冗余系统中实现更高的网络和工厂可用性。

介质冗余协议 (MRP) 支持基于环形拓扑的 IO 设备连接。

尽管出现网络故障（交换机故障、线路中断），MRP 也仍可确保在整个网络中通过替代路径进行通信。

MRP 互连通过在 PROFINET 网络中基于 MRP 以冗余方式耦合两个或多个环网来实现更大数量的结构。

S7-1500R/H 冗余系统需要 PROFINET 环网中的介质冗余 (MRP)。自固件版本 V3.0 起，H-CPU 不再必须是 PROFINET 环网的一部分。这也允许其它拓扑，例如线形拓扑。

MRP 和 MRP 互连可独立于 IO 设备的系统冗余使用。

可以在冗余 S7-1500R/H 系统上使用以下 IO 设备：

- 采用系统冗余 S2 的 IO 设备
- 采用系统冗余 R1 的 IO 设备（仅限自固件版本 V3.0 起的 S7-1500H）
- 通过 CPU 的“交换 S1 设备”功能，可以操作标准 IO 设备。

在系统冗余 S2 中，R1 可容忍直接 IO 控制器和 IO 设备通信中的错误。

对于开关型 S1 设备，不能容忍 IO 控制器和 IO 设备通信的中断。S1 设备暂时发生故障，然后在必要时恢复。

S7-1500R/H 中的通信关系

对于冗余系统 S7-1500R/H，可使用不同的 IO 设备类型。对于不同的 IO 设备类型，在其可与冗余系统的 CPU 建立的通信关系 AR（应用程序关系）方面有所不同：

- 作为开关型 S1 设备的标准 IO 设备支持一个 AR
- S2 设备支持两个 AR
- R1 设备支持两个 AR（每个接口模块一个 AR）

为使 IO 设备能够与 IO 控制器（CPU 或 R/H 系统）交换数据，两者之间需要一个 AR。如果此 AR 中断或 IO 控制器出现故障，则无法通过此 AR 进行进一步的数据交换。IO 设备和 R/H 系统的另一个 CPU 之间的另一个 AR 会形成连接的冗余。这增加了冗余系统的可靠性。

介质冗余

介质冗余是用于确保网络和工厂可用性的功能。

如果环网中的传输链路在任何时候中断，例如由于 PROFINET 线路中断或站故障，冗余管理器会立即激活备用通信路径。

如果在环形拓扑中设置 S7-1500R/H 冗余系统，则两个 CPU 位于使用介质冗余方法 MRP 的 PROFINET 环网中。PROFINET 环网中的所有 PROFINET 设备必须支持介质冗余 (MRP)。对于 S7-1500H 冗余系统，还可以使用开关将两个 H-CPU 与 PROFINET 环网断开，在这种情况下它们不再包含在 PROFINET 环网中。

S7-1500R 使用 PROFINET 环网（通过 PROFINET 接口 X1）来同步两个 CPU。S7-1500H 使用通过光缆建立的冗余连接同步两个 CPU。

若要建立具有介质冗余性的环形拓扑结构，需要使用一个设备中的 2 个端口（环网端口，端口标签“R”）将线型网络拓扑结构的两个自由端接在一起。在设备组态中指定环网端口。

对于 S7-1500H，两个 H-CPU 也可以位于不同的 PROFINET 环网中。可通过 MRP 互连连接两个 PROFINET 环网。

在具有环形拓扑的 S7-1500R/H 冗余系统中，两个 CPU 的介质冗余角色必须组态为“管理器（自动）”。对于 PROFINET 环网中的其它所有 PROFINET 设备，必须组态“客户端”介质冗余角色。冗余管理器与冗余客户端之间存在基于 MRP 的通信连接。如果环网中任何一点断开，介质冗余协议 (MRP) 会自动重新组态各个设备之间的数据路径。

在 STEP 7 中组态 IO 设备的介质冗余角色和其它 PROFINET 设备。

H-Sync 转发

使用 H-Sync 转发功能时，支持 MRP 的 PROFINET 设备仅在 PROFINET 环网中转发 S7-1500R 冗余系统的同步数据（同步帧）。

此外，通过 H-Sync 转发功能，甚至可在对 PROFINET 环网进行重新组态过程中转发同步数据。如果 PROFINET 环网中断，H-Sync 转发功能可避免循环时间增加。

说明

H-Sync 转发支持

技术规范通常表明 PROFINET 设备是否支持 H-Sync 转发功能。

GSD 文件也将指示设备是否支持 H-Sync 转发功能。如果“MediaRedundancy”元素中的“AdditionalForwardingRulesSupported”属性设为“true”，则设备支持 H-Sync 转发功能。

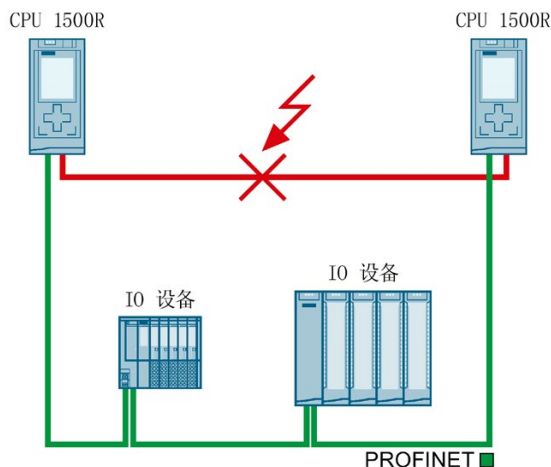
条件：

- H-Sync 转发与冗余 S7-1500H 系统不相关。在 S7-1500H 冗余系统中，H-Sync 帧仅通过光纤传输。
- 如果在 R 系统的 PROFINET 环网中使用具有两个以上端口的 PROFINET 设备（如交换机），这些设备必须支持 H-Sync 转发功能。

H-Sync 帧为 PROFINET 环网留下了一个没有 H-Sync 转发功能的交换机。这会导致网络负载额外升高。另一个严重的结果是网络中其它 R 系统的冗余可能发生故障或阻止启动。

- 如果要在 R 系统的 PROFINET 环网中使用仅具有 2 个端口的 PROFINET 设备，则建议为 PROFINET 环网中的所有设备使用 H-Sync 转发功能。

如果在 S7-1500R 冗余系统的 PROFINET 环网中操作不具备 H-Sync 转发功能的 PROFINET 设备，则以下情况将导致循环时间额外增加：



1. S7-1500R 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。
2. 直接连接两个 CPU 的 PROFINET 电缆发生故障。
3. PROFINET 环网中断。
4. PROFINET 环网将重新组态。
5. 不具备 H-Sync 转发功能的 PROFINET 设备不会在 PROFINET 环网重新组态过程中转发任何 H-Sync 帧。
6. 重新组态 PROFINET 环网会导致循环时间增加。

图 4-17 CPU 之间的 PROFINET 电缆故障

如果循环程序超过循环监视时间，则启动时间错误 OB (OB 80)。如果时间错误 OB (OB 80) 不存在或使用 OB 80 的循环监视时间超过两次，则冗余将丢失。有关超出循环时间时 S7-1500R/H 冗余系统响应的更多信息，请参见“事件与 OB”部分。

说明

如果直接连接 S7-1500R 冗余系统两个 CPU 的 PROFINET 电缆不太可能发生故障，则可在 S7-1500R 冗余系统的 PROFINET 环网中使用不具备 H-Sync 转发功能的 PROFINET 设备。

示例：S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU 在控制柜中并排放置。在这种情况下，PROFINET 电缆不太可能发生故障。

系统冗余 S2

系统冗余 S2 通过支持两个 AR 的接口模块将 IO 设备连接到冗余系统中的 IO 控制器。

使用 S2 系统冗余的 IO 设备可在以下情况下与 S7-1500R/H 冗余系统进行不间断的过程数据交换：

- CPU 故障
- PROFINET 环网中断
- 线形拓扑中断（适用于固件版本 V3.0 起的 S7-1500H）

使用系统冗余 S2 的 IO 设备支持系统冗余 AR。

在冗余系统中，带有系统冗余 S2 的一个 IO 设备将与两个 CPU（IO 控制器）均建立系统冗余 AR。因此 IO 设备同时支持两个 IO 控制器的 AR（用于相同模块）。

系统冗余 AR 可以是主 AR 或备用 AR。IO 设备会在输出端激活主 AR 的数据。备份 AR 的数据最初不被评估。

- RUN-Redundant 系统状态下的特性：

两个 CPU 均为 IO 控制器。PROFINET 通信在其中一个 CPU（IO 控制器）与 IO 设备之间的两个系统冗余 AR 上同步运行。如果主 CPU 发生故障或切换为 STOP，备用 CPU 会成为主 CPU，还会将备用 AR 切换为主 AR。该 AR 的数据会在输出端激活。

对于线形拓扑，只有主 AR 会发生故障。在这种情况下，之前的备份 AR 会切换到主 AR，但 CPU 的角色保持不变。

- RUN-Solo 系统状态下的特性：

只有主 CPU 是 IO 控制器。PROFINET 通信在主 CPU 与 IO 设备之间的 AR 上进行。备用 CPU 与 IO 设备之间无 AR。

在 STEP 7 中，将具有系统冗余 S2 的 IO 设备分配给冗余 S7-1500R/H 系统的两个 CPU。

系统冗余 R1

自固件版本 V3.0 起，S7-1500H 冗余系统支持采用系统冗余 R1 的 IO 设备。

系统冗余 R1 通过两个接口模块连接 IO 设备，每个接口模块都支持一个 AR 以连接到冗余系统中的 IO 控制器。IO 设备可通过两个接口模块基于两个独立的 PROFINET 网络（子网）进行通信。

使用系统冗余 R1 的 IO 设备可在以下情况下与 S7-1500H 冗余系统进行不间断的过程数据交换：

- CPU 故障
- PROFINET 环网或线形拓扑中断
- 接口模块故障
- 子网故障。

与系统冗余 S2 不同，对于两个 AR 中的每一个，系统冗余 R1 都有一个单独的接口模块。由于这些冗余接口模块，可用性高于 S2 设备。

- RUN-Redundant 系统状态下的行为：

PROFINET 通信同时在两个系统冗余 AR 上运行，每个 AR 在一个 CPU（IO 控制器）和 R1 设备的接口模块之间。

仅在 R1 设备的接口模块发生故障时，AR 才会切换。H-CPU 的角色不会更改。

但是，如果主 CPU 发生故障或切换到 STOP，则 S7-1500H 冗余系统的行为如下：

- 之前的备用 CPU 成为新的主 CPU。
- 新的主 CPU 使用 AR 连接 IO 设备的其它接口模块，并且仍然可以访问 IO 设备的输入和控制其输出。
- 之前的主 CPU 和分配的接口模块之间的 AR 断开连接。

- RUN-Solo 系统状态下的行为：

只有主 CPU 是 IO 控制器。PROFINET 通信在主 CPU（IO 控制器）和分配给主 CPU 的 IO 设备的接口模块之间的 AR 上运行。备用 CPU 将其所有 AR 分开。

在 STEP 7 中，通过以下方式组态具有系统冗余 R1 的 IO 设备：

- 将 R1 设备的左侧接口模块连接到冗余 ID 为 1 的 H-CPU。
- 必须将 R1 设备的右侧接口模块连接到冗余 ID 为 2 的 H-CPU。

交换 S1 设备

自固件版本 V2.8 起，S7-1500R/H 冗余系统支持“交换 S1 设备”功能。

通过 CPU 的“交换 S1 设备”功能，可以在 S7-1500R/H 冗余系统上操作标准 IO 设备。

标准 IO 设备始终分配给 S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU。与使用 S2 系统冗余的 IO 设备相比，标准 IO 设备仅支持一个 AR。

自固件版本 V3.0 起，S7-1500H 的备用 CPU 可与线形拓扑中的 S1 设备建立 AR。然后主 CPU 通过备用 CPU 接收数据。

- RUN-Redundant 系统状态下的行为：
PROFINET 通信在其中一个 CPU（IO 控制器）和标准 IO 设备之间的 AR 上运行。
如果这是主 CPU 并且其发生故障，则冗余 S7-1500R/H 系统行为如下：
 - 主 CPU 和标准 IO 设备之间的 AR 已断开连接。
 - 之前的备用 CPU 成为新的主 CPU。
 - S7-1500R/H 冗余系统暂时无法访问输入，也无法控制标准 IO 设备的输出。输出组态取决于相应通道的替换值特性。
 - 新的主 CPU 再次建立与标准 IO 设备的 AR。
 - 新的主 CPU 建立 AR 后，S7-1500R/H 冗余系统可再次访问输入并控制标准 IO 设备的输出。

线形拓扑中断时 S7-1500H 中的特殊行为：

说明

在主 CPU 和 IO 设备之间出现线路中断的情况下临时断开标准 IO 设备

如果主 CPU 和标准 IO 设备之间的线路中断，则 S7-1500H 冗余系统暂时无法访问标准 IO 设备的输入，也无法控制其输出。输出组态取决于相应通道的替换值特性。

备用 CPU 为标准 IO 设备建立 AR。备用 CPU 设置了 AR 后，S7-1500H 冗余系统便会再次访问标准 IO 设备的输入和控制其输出。

- RUN-Solo 系统状态下的特性：
只有主 CPU 是 IO 控制器。PROFINET 通信在主 CPU（IO 控制器）与标准 IO 设备之间的 AR 上进行。备用 CPU 与标准 IO 设备之间没有 AR。

在 STEP 7 中，通过将标准 IO 设备分配给 S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU，组态通过“交换 S1 设备”功能连接的 IO 设备。

说明

S7-1500R 冗余系统中的标准 IO 设备

标准 IO 设备通常不支持 H-Sync 转发。

为避免 PROFINET 环网中断时循环时间增加，请将标准 IO 设备（无 H-Sync 转发）集成在交换机下游，而不是 PROFINET 环网中。

说明

智能设备用作标准 IO 设备

请勿将在 STEP 7 中组态的设备作为智能设备分配给 S7-1500R/H 冗余系统。

要在 S7-1500R/H 冗余系统上采用智能设备作为标准 IO 设备，请始终通过 **GSD 文件** 组态智能设备。

- SIMATIC CPU 用作智能设备
 - 首先，将 STEP 7 中的 SIMATIC CPU 组态为具有所有传输区域的智能设备。
 - 将智能设备导出为 GSD 文件。GSD 导出功能位于 PROFINET 接口属性的“操作模式 > 智能设备通信 > 导出通用系统描述文件 (GSD)”(Operating mode > I-device communication > Export Generic System Description file (GSD)) 下。
 - 在 STEP 7 中安装 GSD 文件。
- HMI 设备用作智能设备（“直接键”功能）
 - 可以在此应用示例 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/73502293>) 中找到 SIMATIC 精智面板和 SIMATIC 移动面板的 GSD 文件。

将通过 GSD 文件组态的设备分配给 S7-1500R/H 冗余系统。

自固件版本 V2.9 开始，主 CPU 出现故障/停止运行后，用户可以控制交换 S1 设备从断开到恢复所用的切换时间。更多信息，请参见《PROFINET 功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856>)》。

MRP 互连

MRP 互连过程是对 MRP 的增强，可在 PROFINET 网络中实现两个或更多环网与 MRP 的冗余耦合。MRP 互连（与 MRP 一样）在标准 IEC 62439-2（第 3 版）中规定。

MRP 互连可实现对采用环网冗余的更大型拓扑进行监视。采用 MRP 互连后，组态冗余网络拓扑时将不受环网中最多 50 台设备的限制。有关 MRP 互连数量结构的信息，请参见《SCALANCE XM-400/XR-500 基于 Web 的管理 (WBM) 组态手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109760840>)》。

在固件版本 V2.9 及以上版本中，S7-1500R/H CPU 支持 MRP 互连。请遵循 R/H-CPU 可连接的最大设备数量的规定。更多信息，请参见 R/H CPU 的手册。

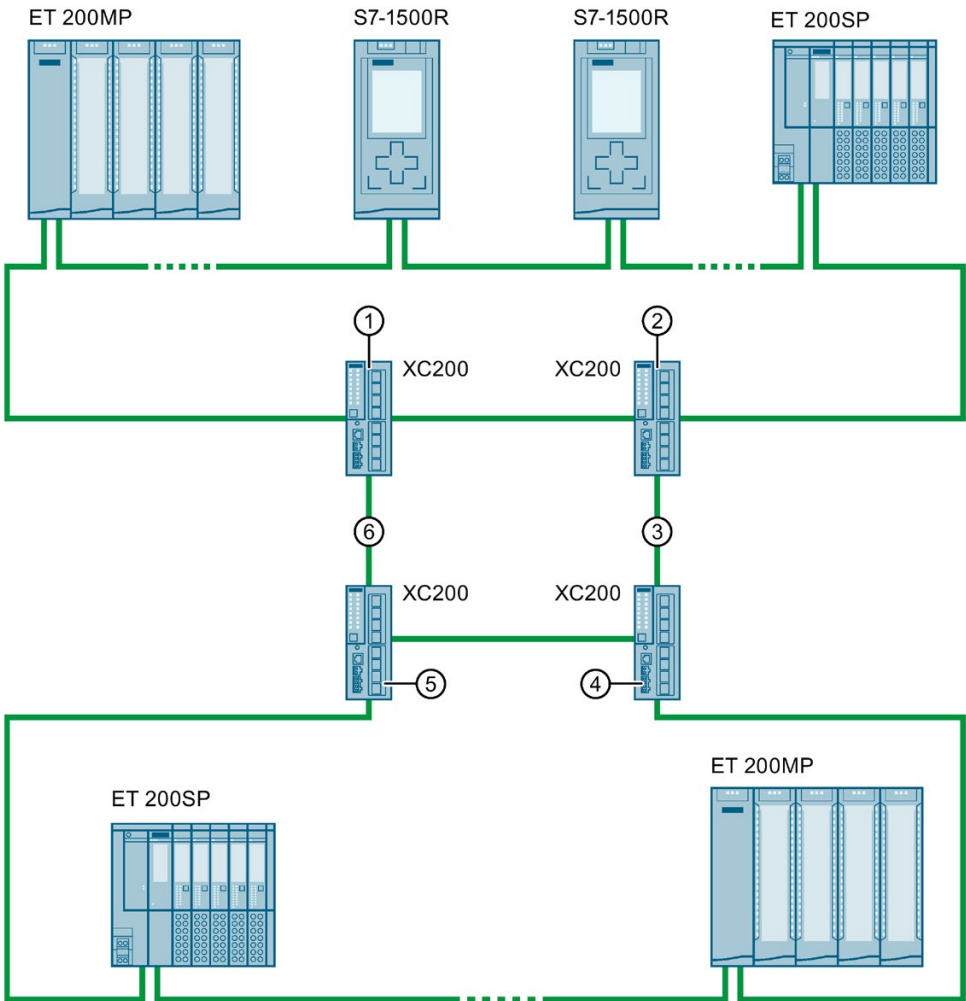
使用 4 台设备进行 MRP 互连连接

2 个 MRP 互连连接可在 2 个 MRP 环网之间提供冗余耦合。这 2 个连接需要四台设备：

- 1 个介质冗余互连管理器 (MIM)
- 3 个介质冗余互连客户端 (MIC)：
 - 主 MIC
 - 主耦合 MIC
 - 辅耦合 MIC

示例

下图显示的是以 2 个环网中使用 S7-1500R 为例的冗余耦合：



- ① 主 MIC
- ② 介质冗余互连管理器 (MIM)
- ③ 辅助链路
- ④ 辅耦合 MIC
- ⑤ 主耦合 MIC
- ⑥ 主链路

图 4-18 示例：在 2 个环网中 S7-1500R 与 MRP 互连的冗余连接

参考

有关介质冗余、系统冗余 S2、系统冗余 R1 和开关型 S1 设备的更多信息，请参见《PROFINET 功能手册

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856>)》。

有关 MRP 互连的更多信息，请参见《PROFINET 功能手册》及组态手册《SCALANCE XM-400/XR-500 基于 Web 的管理 (WBM)》。

4.3.3 安全性

加强安全措施

只要故障可能导致人身伤害或财产损失，就必须采用特殊标准来确保整个工厂的安全。存在针对工厂安全的特殊、工厂特定规定，操作员在设置控制系统时也必须考虑到这些规定。

对于具有安全责任的电子控制器，必须采取的预防或控制错误的措施基于工厂带来的风险。对于超出特定潜在危险的危险，操作员必须确保为工厂实施额外的措施，例如，通过使用故障安全自动化系统。

故障安全自动化系统（F 系统）用于控制过程，确保中断后这些过程可立即处于安全状态。也就是说，F 系统用于控制过程，在这些过程中发生即时中断不会危害人身或环境。

故障安全 SIMATIC Safety 系统可用于在机器和人员保护领域（例如，用于操作机床和加工机器时的急停设备）和过程工业（例如，用于为 I&C 保护设备和燃烧器执行保护功能）中实现安全概念。

使用 1518HF-4 PN CPU 将 F 功能集成到 S7-1500HF 冗余系统中。

SIMATIC Safety Integrated

要在工厂中实现故障安全功能，需对 F-CPU 进行编程。可以使用 TIA Portal 的“STEP 7 Safety Advanced”实现此目的。与 STEP 7 一起使用时，F-CPU 可将各种故障安全系统完美集成到工程组态环境中；一个控制器、一个通信系统和一个工程组态平台，实现标准和故障安全自动化：

- 集成安全技术
- 相关指令已通过德国技术监督组织认证，适用于各种安全应用
- 集成安全功能，安全等级可达 SIL 3 (IEC 61508)、SILCL 3 (IEC 62061) 和/或 PL e 和类别 4 (ISO 13849-1)
- 标准自动化系统和安全自动化系统采用统一的工程组态方式
- 通过 STEP 7 Safety 中的 F 更改历史来简单记录安全相关的更改
- 标准程序变更后，可对安全程序进行验收，也可对安全程序进行非更新性验收

优点和客户收益

SIMATIC Safety Integrated 可提供以下优势：

- 在 STEP 7 中使用 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 进行工程组态，标准和故障安全自动化任务使用的工程组态和运行概念相同。
- 在安全程序的安全系统库中，将经德国技术监督协会认证的说明书用于防护门、紧急停止、监控反馈回路和用户确认等；可节省时间并降低错误率
- 通过 PROFINET 即可连接 PROFIsafe 设备
- 为 F-CPU 和安全程序提供额外的密码保护以确保 IT 信息安全。
- 集成系统诊断中的集成

带急停按钮的行李输送系统示例

自动化任务

机场使用行李传送带分发行李。传送带和轨道开关将行李运送到不同的终端。如果出现危险情况或者行李在轨道开关位置或转运设施中卡住，工作人员需能立即停止传送带运行。

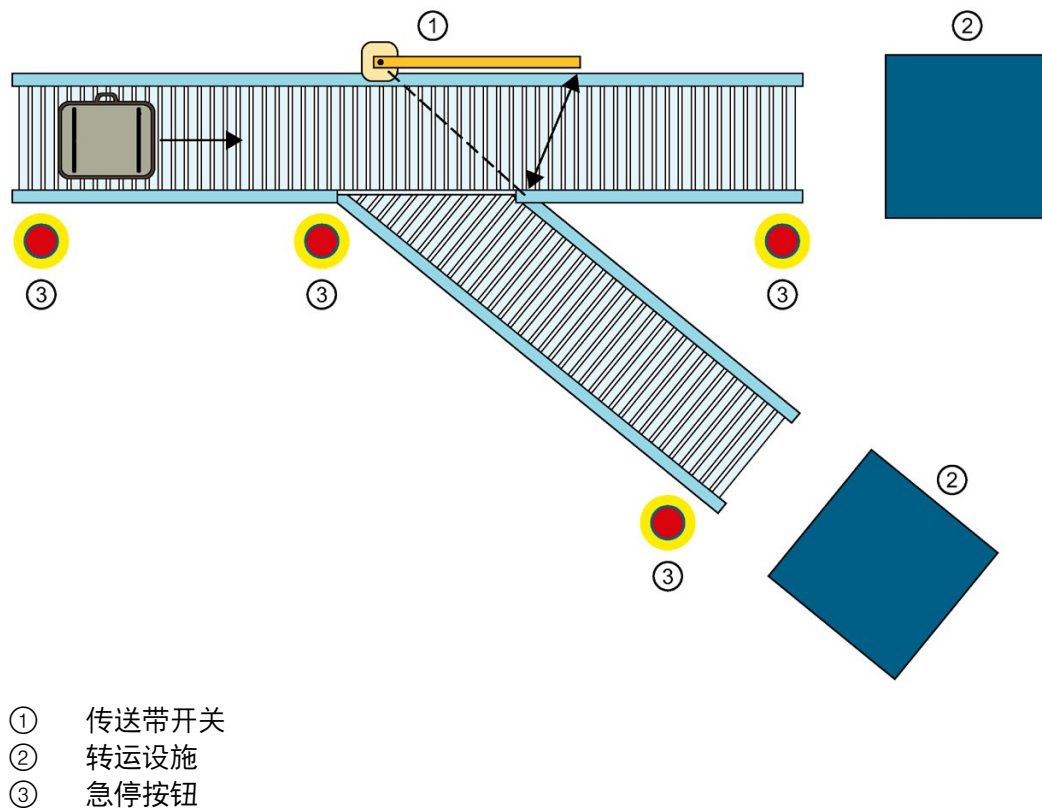


图 4-19 带急停按钮的行李输送系统

特点

需要 1518HF-4 PN CPU。利用集成的故障安全功能，通过 PROFIsafe 启用急停按钮。

解决方法

如果其中一个 CPU 发生故障（冗余丢失），S7-1500HF 冗余系统会由 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo 系统状态。HF 系统降低了 CPU 发生故障时触发 F-STOP 的可能性。

通过 ET 200SP 分布式 I/O 系统中的故障安全模块启用规定开关位置和转运设施处的急停按钮。如果发生危险或者行李卡住，员工需按下急停按钮。

结果：冗余系统通过 PROFIsafe 立即将传送带关停。

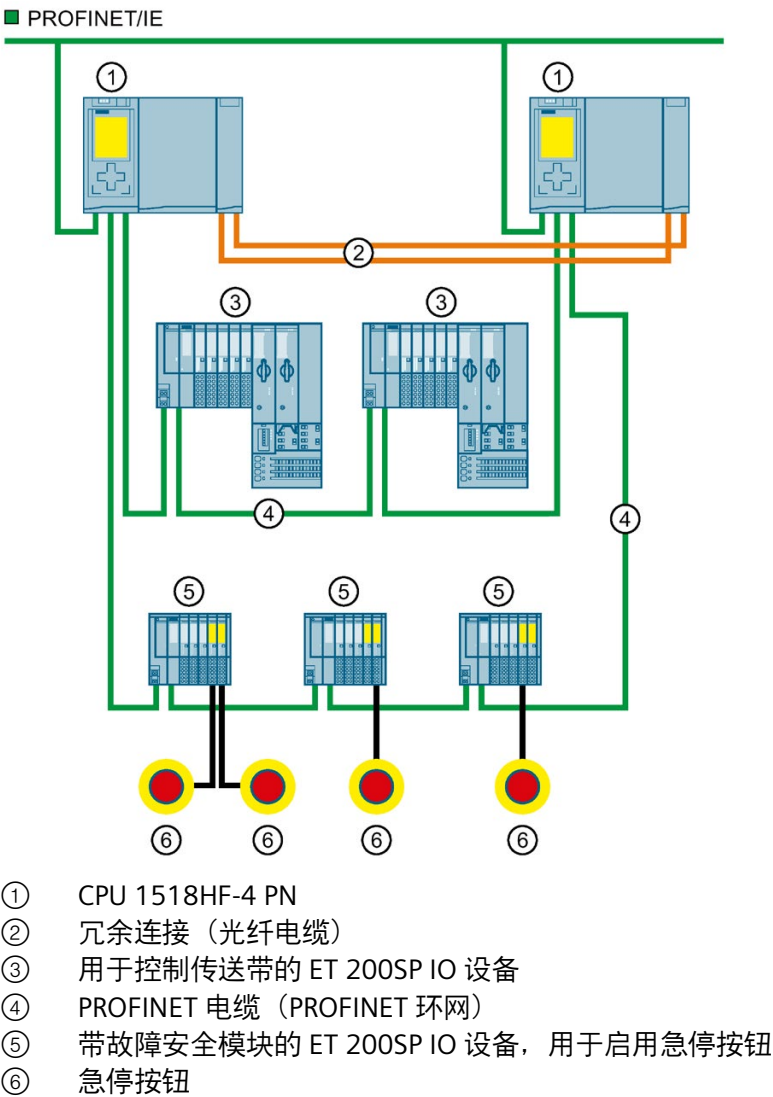


图 4-20 采用 CPU 1518HF-4 PN 和 ET 200SP 并带有故障安全模块的组态

优势

Safety Integrated 具有以下优势：

- 利用 TIA Portal 中的 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 进行工程组态
- 通过 PROFINET 即可连接 PROFIsafe 设备
- 集成系统诊断中的集成

参考

有关 F-CPU 组态和编程的详细说明，请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》。

4.3.4 信息安全

信息安全即为保护运动控制系统，防止数据损坏、窃取和人为错误。

保护功能

S7-1500R/H 冗余系统中集成的安全解决方案包含从授权级别到块保护等各种功能，可有效确保网络安全：

表格 4-5 保护功能概述

保护功能	说明
保护机密的组态数据	保护机密的 CPU 组态数据
完整性保护	默认情况下，CPU 具有完整性保护功能。这可帮助检测对以下项的任何篡改： • SIMATIC 存储卡上的工程组态数据 • 在 TIA Portal 与 CPU 之间传输的工程组态数据 • 在 HMI 系统与 CPU 之间传输的工程组态数据 • 在主 CPU 与备用 CPU 之间传输的同步数据 • 加密固件
访问保护	通过四个或五个（面向 HF-CPU）授权级别保护系统，防止在未授权的情况下更改组态
专有技术保护	通过密码功能，保护系统防止未经授权的访问和算法修改
CPU 锁定	在前盖上使用密封装置或锁具，保护系统防止未授权的访问

有关 SIMATIC 自动化系统中信息安全机制的更多信息，请参见《SIMATIC S7 控制器安全性 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/77431846>)》文档和《通信 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59192925>)》功能手册。

访问保护示例

可从 STEP 7 的四种或五种（采用 HF-CPU）不同的访问级别中进行选择，以限制用户对功能和存储区进行访问。

访问级别	访问				访问权限
	HMI	读取	写入	故障安	密码
☐ 完全访问权限，包括故障安全（无...	✓	✓	✓	✓	
☐ 完全访问权限（无任何保护）	✓	✓	✓		
☐ 读访问权限	✓	✓			
☒ HMI 访问权限	✓				
☐ 不能访问（完全保护）					

图 4-21 访问保护

例如，如果仅允许用户通过 HMI 进行访问，则可在 TIA Portal 中选择访问级别“HMI 访问”(HMI access)。随后，如果不输入密码，则只能进行 HMI 访问和诊断数据访问。

具有该访问级别的用户可通过 HMI 设备读取和写入变量。

用户不能：

- 将块或硬件配置下载到 CPU
- 将块或硬件配置从 CPU 上传到 PG/PC
- 运行编写测试功能
- 通过 PG/PC 更改操作状态
- 运行固件更新

保护功能的优点和客户收益

上述保护功能可帮助客户资产不受未经授权访问和修改，从而帮助其确保工厂可用性的安全。

PG/PC 和 HMI 通信

借助 STEP 7 和 WinCC（自版本 V17 起），固件版本为 2.9 的 R/H-CPU 支持创新和标准化安全 PG/PC 及 HMI 通信（简称为安全 PG/HMI 通信）。

参考

有关上述保护功能的更多信息，请参见“保护 (页 287)”部分和 STEP 7 在线帮助。

西门子产品和解决方案仅仅只是整套信息安全理念的一部分。请注意有关“工业信息安全 (<http://www.siemens.com/industrialsecurity>)”的更多信息。

4.3.5 诊断

S7-1500R/H 冗余系统中所有级别的自动化都集成有诊断功能。所有 SIMATIC 产品都集成有诊断功能，用于对故障和错误进行快速定位、分析和记录。

系统诊断功能集成在 CPU 的固件中，可独立于循环用户程序执行。CPU 可进行工厂故障实时检测并立即显示在显示设备上。

统一的显示理念会通过以下设备将错误消息以普通文本形式显示出来：

- TIA Portal
- HMI 设备
- CPU 显示屏

在 IO 设备中显示故障

S7-1500R/H 冗余系统的各个组件通过 PROFINET/工业以太网 (IE) 连接。设备检测到其模块（例如 IO 设备 ET 200SP）中的错误，并将诊断数据发送给指定的 CPU。CPU 分析此诊断信息并通知所连接的显示媒体。分析得出的信息以图形形式显示在 HMI 设备和 CPU 显示屏上的组态和编程软件 (TIA Portal) 中。

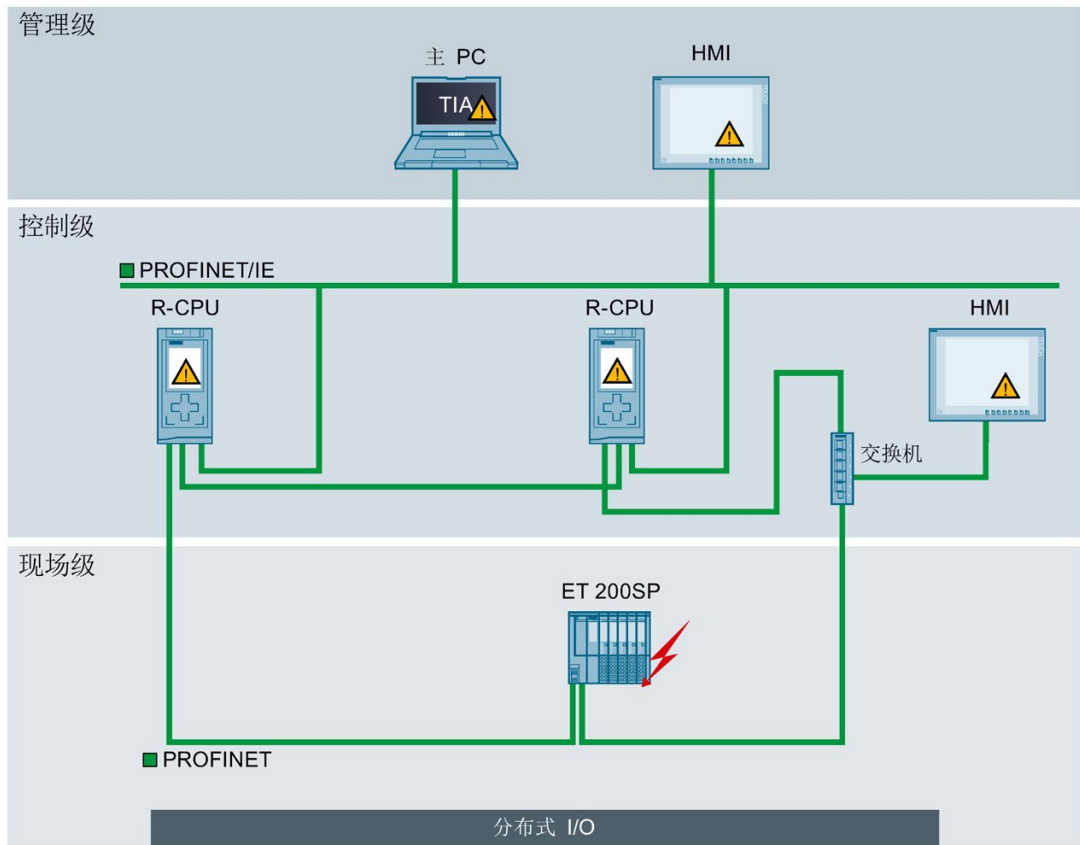


图 4-22 工厂内系统诊断的概述

优点和客户收益

集成式系统诊断具有以下优势：

- 诊断始终与工厂的实际状态相同。在 S7-1500R/H 冗余模式下，各 CPU 之间的诊断信息是同步的。
- 统一的显示理念可实现高效错误分析。
- 发现错误后立即判断错误来源可加快调试速度并最大限度地缩短生产停机时间。
- 通过组态诊断事件，根据自动化任务的需求定制诊断功能。

参考

有关诊断的更多信息，请参见功能手册《诊断
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192926>)》。

4.3.6 跟踪

功能功能便于对用户程序进行故障排除和优化。跟踪功能可记录设备变量并对记录进行评估，以供用户分析故障信号响应。如，CPU 中驱动参数变量、系统变量和用户变量。由于 CPU 会直接记录变量，因此，跟踪和逻辑分析器功能适用于监视高度动态的过程。

说明

跟踪限制

S7-1500R/H 冗余系统不支持在 SIMATIC 存储卡中存储测量值。

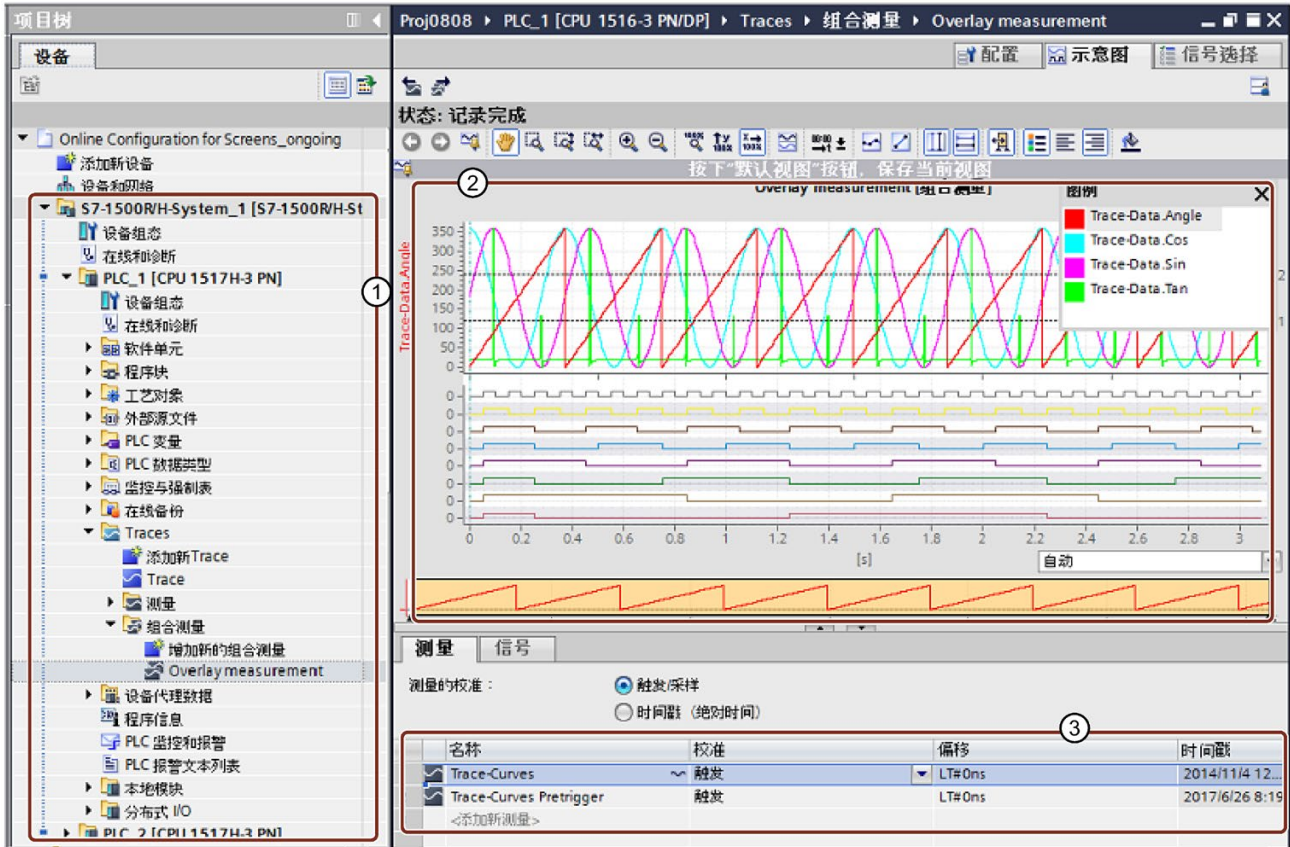
信号响应分析示例

要分析特定的信号响应，请定义待记录信号的记录和触发条件。

① 可从冗余系统项目树中顶级 CPU 的“跟踪”(Traces) 文件夹中调用跟踪功能。

趋势图 ② 将显示某次记录中所选的信号。在图形下部，各个位将显示为位轨迹。

信号表 ③ 中列出了所选测量的信号以及特定特性的设置选项。



① S7-1500R/H 在项目树中的跟踪记录

② 趋势图

③ 信号表

图 4-23 S7-1500R/H 的跟踪测量值

优点和客户收益

跟踪功能具有以下优势：

- 同时记录多达 64 个不同信号和多达四个 (R-CPU) 或八个 (H-CPU) 独立的跟踪作业
- 采用统一标准进行变量分析，即使是偶发错误也能快速定位

参考

有关跟踪功能的更多信息，请参见“测试功能 (页 420)”部分和功能手册《使用跟踪和逻辑分析仪 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/64897128>)》。

4.3.7 PID 控制

PID 控制器作为标准内置于所有 R/H-CPU 中。PID 控制器可测量物理变量的实际值，例如温度或压力，并将实际值与设定值进行比较。基于产生的误差信号，控制器计算调节变量，该调节变量会使过程值尽可能快速而稳定地达到设定值。

可以从三种不同的 PID 工艺对象中进行选择：

PID 工艺对象	说明
PID_Compact	PID_Compact 工艺对象为 PID 控制器提供了用于比例作用最终控制元件的集成调节。PID_Compact 可以实现不同的操作模式，例如： • 预调节 • 精确调节 • 自动模式 • 手动模式
PID_3Step	PID_3Step 工艺对象为 PID 控制器提供带有积分行为的阀门或执行器调节。可组态以下控制器： • 带位置反馈的三点步进式控制器 • 不带位置反馈的三点步进式控制器 • 带模拟量输出值的阀门控制器
PID_Temp	PID_Temp 工艺对象提供带有集成调节的连续 PID 控制器。PID_Temp 专为温度控制而设计，适用于加热或加热/冷却应用。共有两个输出，一个用于加热，一个用于冷却。也可以将 PID_Temp 用于其它控制任务。PID_Temp 可以级联。可以在手动或自动模式下使用 PID_Temp。

说明

限制

只有在 RUN-Solo 系统状态下，才能在 PID 工艺对象的组态编辑器中显示 CPU 中的起始值和相应的比较结果。

冷热水混合龙头中阀门的闭环控制示例

自动化任务是根据所需的温度设置控制冷热水混合龙头的阀门。可以在 PID_3Step 工艺对象中组态阀门的开关。为此需要：

- 实际值的模拟量输入通道
- “控制向上”的数字量输出（如打开阀门）
- “控制向下”的数字量输出（如关闭阀门）

第一步是在 STEP 7 中选择 PID_3Step 工艺对象：

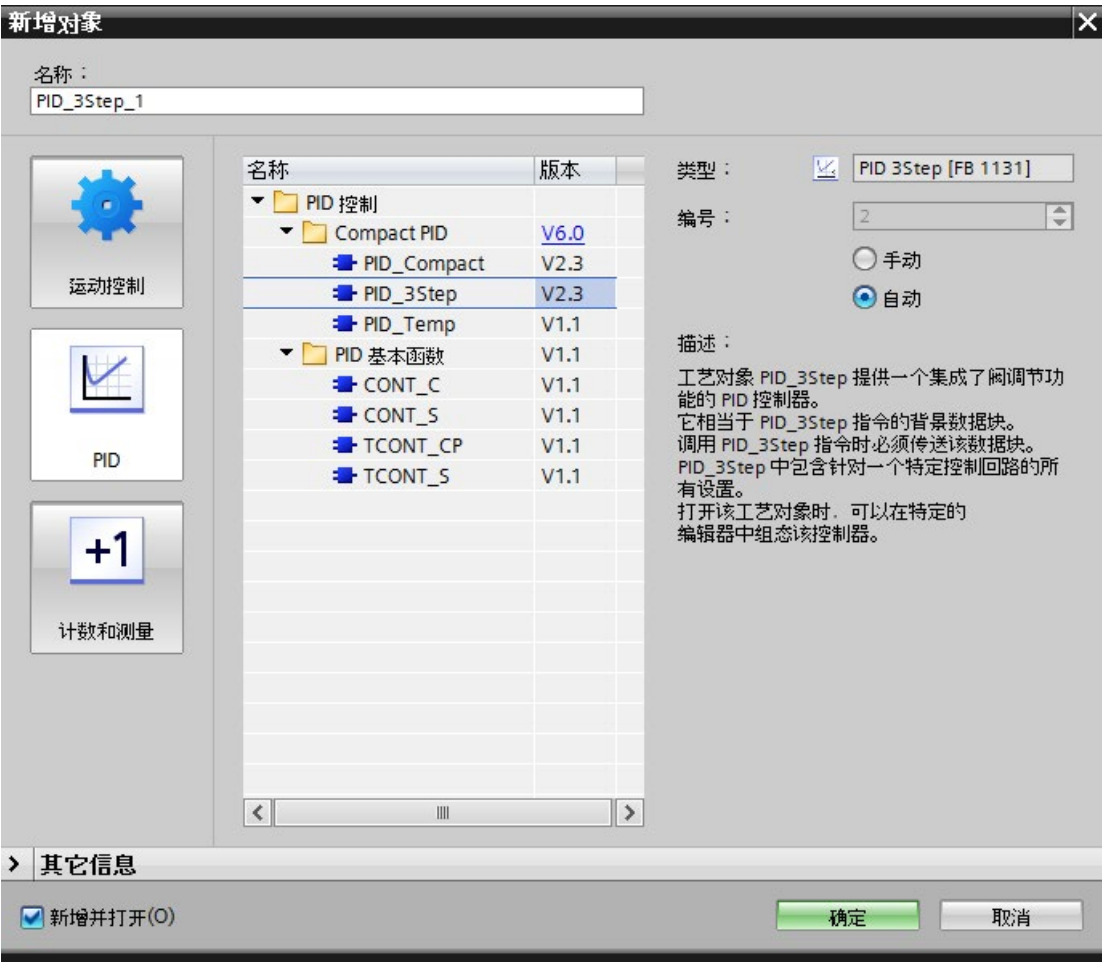


图 4-24 在 STEP 7 中选择 PID_3Step 工艺对象

选择工艺对象后，它将自动存储到“工艺对象”文件夹的项目树中。在组态窗口中，选择所需的参数区域并输入 PID 控制器的组态数据。

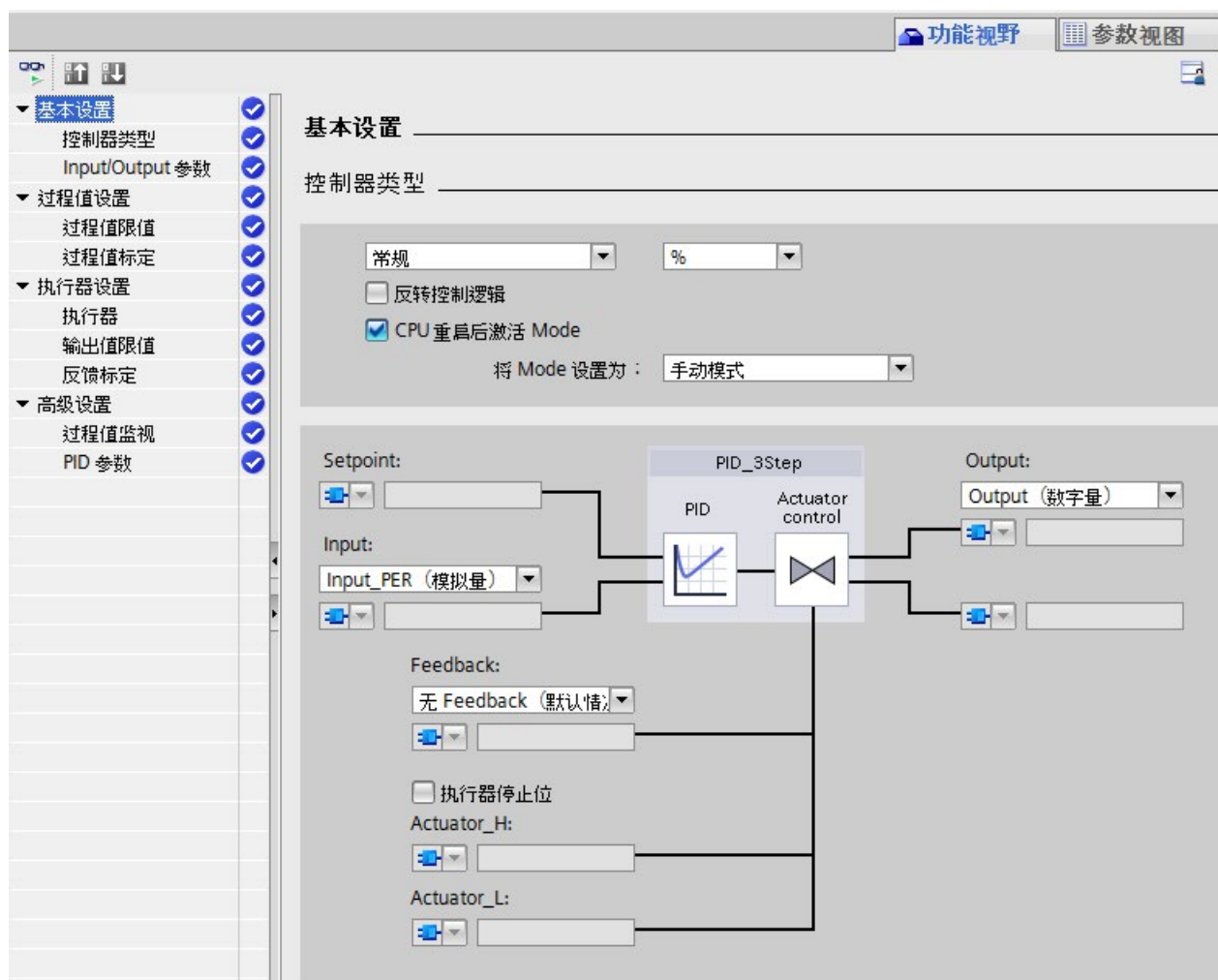


图 4-25 在 STEP 7 中组态 PID_3Step 工艺对象

所需的实例数据模块对应于 PID_3Step 工艺对象。

优点和客户收益

- 通过集成的编辑器和块简化组态和编程。
- 通过 PG 和 HMI 简化仿真、可视化、调试和操作。
- 在操作期间自动计算控制参数和调节。
- 无需额外的硬件和软件。

参考

有关 PID 控制器更多信息，请参见《PID 控制功能手册》
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/108210036>)。

4.4 通信

4.4.1 系统和设备 IP 地址

设备 IP 地址

要使 CPU 和 IO 设备的接口可被其它设备访问，接口的 IP 地址在网络中必须是唯一的（设备 IP 地址）。

MAC 地址

CPU 的每个接口及其端口都有唯一的 MAC 地址。LLDP 协议需要访问 PROFINET 端口的 MAC 地址进行诸如网络邻居侦测等功能。

这些 MAC 地址的编号范围连续，第一个和最后一个 MAC 地址印刷在每个 CPU 右侧的铭牌上。

系统 IP 地址

除了各 CPU 的设备 IP 地址之外，S7-1500R/H 冗余系统还支持以下系统 IP 地址：

- 两个 CPU 的 X1 PROFINET 接口的系统 IP 地址（系统 IP 地址 X1），适用于 CPU 1513R-1 PN、CPU 1515R-2 PN、CPU 1517H-3 PN 和 CPU 1518HF-4 PN
- 两个 CPU 的 X2 PROFINET 接口的系统 IP 地址（系统 IP 地址 X2），适用于 CPU 1515R-2 PN、CPU 1517H-3 PN 和 CPU 1518HF-4 PN
- 两个 CPU 的 X3 PROFINET 接口的系统 IP 地址（系统 IP 地址 X3），适用于 CPU 1518HF-4 PN

通过系统 IP 地址，可与其它设备（如，HMI 设备、CPU、PG/PC）进行通信。这些设备通常基于系统 IP 地址与冗余系统的主 CPU 进行数据通信。这样，可确保在冗余操作中原来的主 CPU 发生故障后，通信伙伴可在 RUN-Solo 系统状态下与新的主 CPU（之前的备用 CPU）进行通信。

每个系统 IP 地址都有一个虚拟 MAC 地址 PROFINET 接口的虚拟 MAC 地址必须不同。

用户可在 STEP 7 中启用该系统 IP 地址。

有关组态系统 IP 地址和虚拟 MAC 地址的信息，请参见“组态 S7-1500R”部分。

与设备 IP 地址相比，系统 IP 地址的优势

- 通信伙伴与主 CPU 的定向通信。
- 即使主 CPU 发生故障，S7-1500R/H 冗余系统仍可继续通过系统 IP 地址进行通信。

组态示例

在下图所示的组态中，S7-1500R/H 冗余系统通过系统 IP 地址 X2 与其它设备进行通信。其它设备通过 X2 PROFINET 接口连接到 S7-1500 冗余系统。

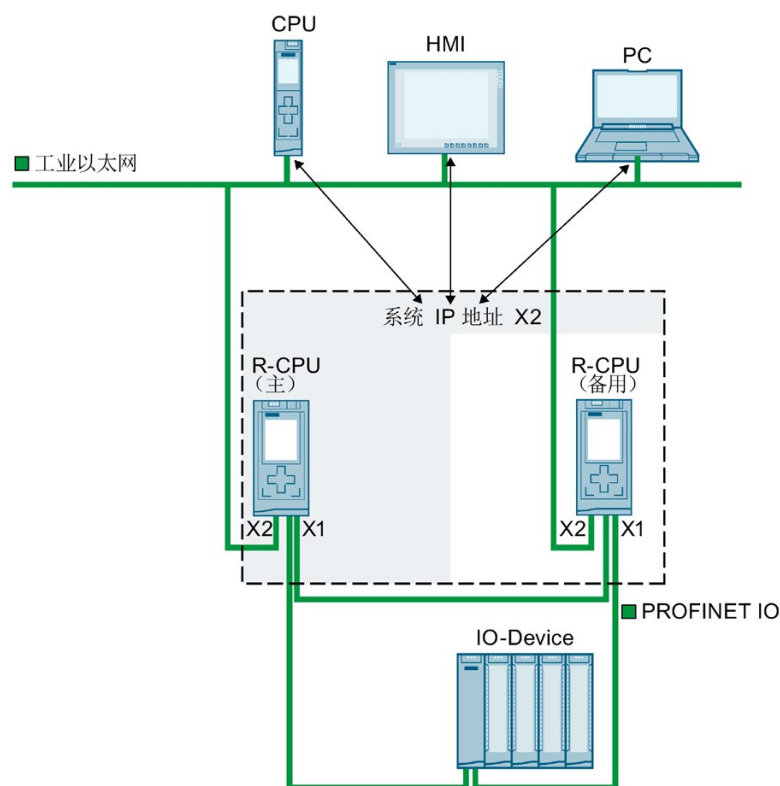


图 4-26 示例：S7 1500R/H 冗余系统通过系统 IP 地址 X2 进行通信

参考

有关 S7-1500R/H 冗余系统中系统 IP 地址的更多信息，请参见通信
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>)功能手册。

4.4 通信

4.4.2 集成通信接口

下表简要列出了 S7-1500R/H 冗余系统中的 CPU 通信选项：

表格 4- 6 S7-1500R/H 通信选项

通信选项	服务提供源：			
	PROFINET 接口 X1（设备 IP 地址）	PROFINET 接口 X2（设备 IP 地址） ¹⁾	PROFINET 接口 X3（设备 IP 地址） ²⁾	系统 IP 地址（位于 X1、X2 和 X3 接口）
PROFINET IO	✓	---	---	---
MRP（介质冗余协议）	✓	---	---	---
LLDP（网络拓扑检测）	✓	✓	✓	---
PG 通信，用于调试、测试和诊断	✓	✓	✓	---
HMI 通信，用于操作控制和监视	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓
开放式用户通信	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓
S7 在通信中作为服务器	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓ ³⁾	✓
S7 路由	✓	✓	✓	---
IP 转发	✓	✓	✓	✓
时间同步	✓	✓	✓	---

- 1) 不适用于 CPU 1513R-1 PN
- 2) 不适用于 CPU 1513R-1 PN、CPU 1515R-2 PN 和 CPU 1517H-3 PN
- 3) 主要通过系统 IP 地址进行的通信：如果通信伙伴使用设备 IP 地址且采用该设备 IP 地址的 CPU 出现故障，则通信伙伴和 S7-1500R/H 之间的通信也会失败。

参考

有关通信选项的更多信息，请参见《通信功能手册》。

4.4.3 HMI 设备

HMI 设备用于实现机器层级的过程可视化与控制。为 S7-1500R/H 冗余系统和标准 S7-1500 系统使用相同的 HMI 设备。

基于 HMI 通信，CPU 可与一个或多个 HMI 设备进行数据交换。HMI 设备包括 HMI Basic/Comfort/Mobile Panel 等。

HMI 设备与冗余系统的连接取决于特定应用。在 STEP 7 中，可组态以下通信选项：

- HMI 设备通过系统 IP 地址与冗余系统进行通信。
- HMI 设备通过设备 IP 地址与 R/H-CPU 进行通信（如，用于诊断目的）。

参考

有关使用 HMI 设备的更多信息，请参见“使用 HMI 设备 (页 182)”部分和《通信功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>)》。

有关所有可用 HMI 设备的概览信息，敬请访问“网上商城 (<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/9109999?tree=CatalogTree>)”。

4.5 电源

冗余系统的 CPU 采用集成式系统电源，可以向集成系统电源添加一个负载电流电源。

说明

CPU 用于在负载电流电源上进行固定和连续操作。

负载电源 (PM)

负载电流电源 (PM) 为系统组件和 CPU 供电。可将负载电流电源直接安装在 CPU 的左边（不连接背板总线）。

使用 SITOP 电源作为负载电源的备选

还可将外部的 SITOP 系列

(<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10008864>) (SITOP smart 或 SITOP modular) 24 V 电源用于以下情形：

- 24 V 电源冗余安装
(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109768676>)，以防止电源装置出现故障
- 缓冲 24 V 电源（例如使用 DC UPS），防止发生电源故障
- 选择性监视 24 V 负载，防止发生过载或短路

4.6 软件

4.6.1 TIA Portal

TIA Portal 中集成有各种 SIMATIC 控制器。使用 TIA Portal 进行工程组态可实现：

- 组态和编程
- 共享数据管理
- 统一的控制、显示和驱动操作理念

TIA Portal 极大简化了工厂内所有组态阶段的工程组态过程。

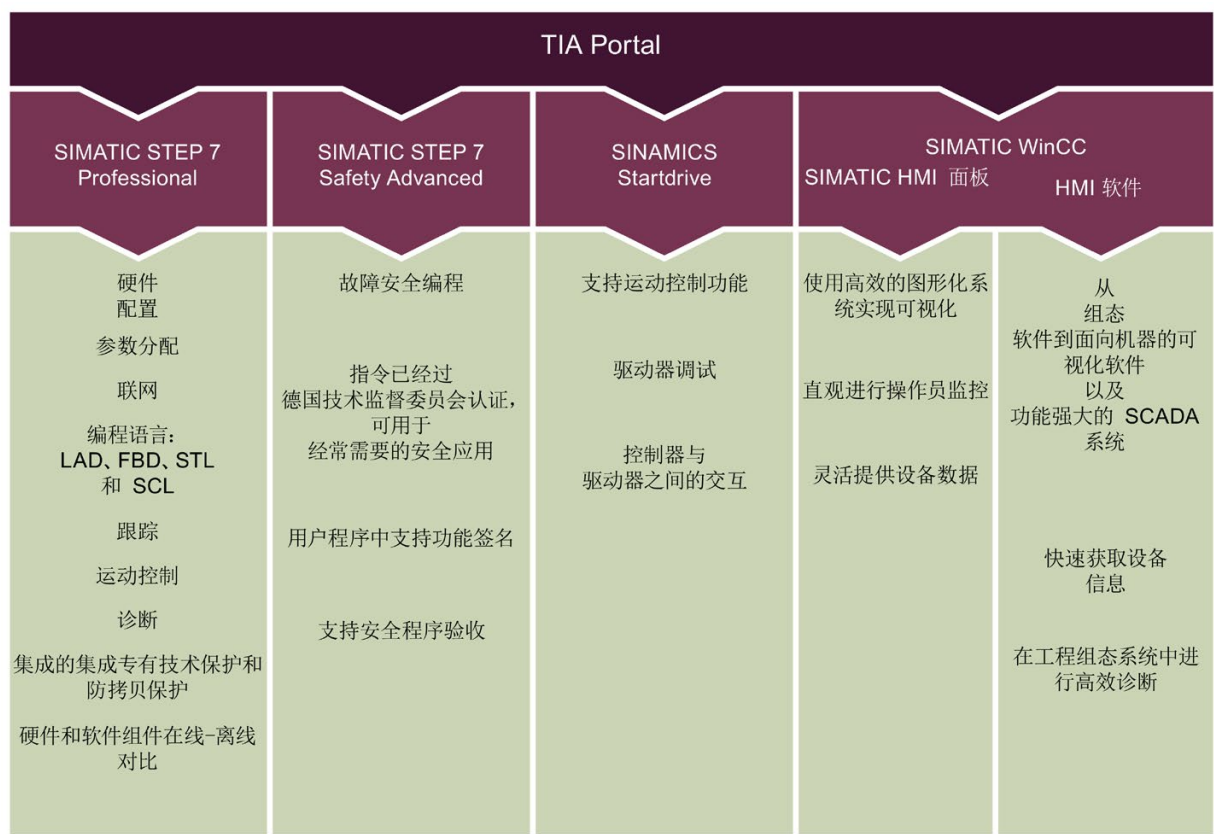


图 4-27 TIA Portal 概述

4.6.2 SINETPLAN

SINETPLAN (<http://www.siemens.com/sinetplan>) 是西门子公司推出的一种网络规划工具，用于对基于 PROFINET 的自动化系统和网络进行规划设计。使用该工具时，在规划阶段即可对 PROFINET 系统进行预测型的专业设计。SINETPLAN 还可辅助进行网络优化，帮助用户最大限度地利用网络资源和规划预留资源，从而在计划使用之前便可避免生产操作期间出现调试问题和故障，大幅提升工厂的生产力水平和生产运行的安全性。

优势概览：

- 端口特定的网络负载计算方式，显著优化网络性能
- 优异的现有系统在线扫描和验证功能，生产力水平大幅提升
- 通过导入与仿真现有的 STEP7 项目，提高调试前的数据透明度
- 通过实现长期投资安全和资源的合理应用，显著提高生产效率

4.6.3 PRONETA

SIEMENS PRONETA（PROFINET 网络分析服务）可在调试过程中分析工厂网络的具体状况。PRONETA 具有以下两大核心功能：

- 拓扑总览功能，独立扫描 PROFINET 和连接的所有组件。
- 通过 IO 检查，快速完成工厂接线和模块组态测试。

SIEMENS PRONETA (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/67460624/>) 可从 Internet 上免费下载。

4.6.4 SIMATIC Automation Tool

通过 SIMATIC Automation Tool

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/98161300>), 可同时对各个 SIMATIC S7 站进行调试和维护操作, 而无需打开 TIA Portal。SIMATIC Automation Tool 支持以下各种功能:

- 网络浏览和创建一个表格列示网络中可访问的设备。
- 通过 LED 指示灯闪烁或 HMI 显示定位设备
- 将地址 (IP、子网、网关) 下载到设备中
- 将 PROFINET 名称 (站名称) 下载到设备中
- 将 CPU 设置为 RUN 或 STOP 模式
- 将 CPU 中的时间设置为 PG/PC 的当前时间
- 将新程序下载到 CPU 或 HMI 设备中
- 从 CPU 中下载、下载到 CPU 或从 CPU 中删除配方数据
- 从 CPU 中下载, 或从 CPU 中删除数据日志数据
- 通过备份文件, 备份/恢复 CPU 和 HMI 设备中的数据
- 从 CPU 中下载服务数据
- 读取 CPU 的诊断缓冲区
- 复位 CPU 存储器
- 将设备复位为出厂设置
- 将固件更新下载到设备中

SIMATIC Automation Tool 提供附加的软件开发工具包 (SDK) 版本:

借助 SIMATIC Automation Tool SDK (软件开发工具包), 可以创建基于 SIMATIC Automation Tool API (应用程序编程接口) 的应用程序。为了有效处理大量设备自动化任务, 可以将这些特定于用户的应用程序分发给第三方 (包括 API 软件)。无需任何许可证密钥即可使用特定于用户的应用程序。

应用规划

5.1 要求

简介

请注意以下针对 S7-1500R/H 冗余系统使用的要求：

硬件要求

表格 5- 1 硬件要求

特性	要求
S7-1500R/H CPU	- 冗余系统中有 2 个相同的 R-CPU 或 H-CPU - 两个 CPU 的订货号和固件版本完全相同 - R/H-CPU 的固件版本：固件版本 V2.6 及更高版本 ¹⁾

特性	要求
PROFINET 设备	- 介质冗余 (MRP) - PROFINET 环网中的所有 PROFINET 设备都支持功能介质冗余。 - 两个 CPU 的介质冗余角色为“管理器（自动）”。PROFINET 环网中其它所有设备的介质冗余角色为“客户端”。 - H-Sync 转发²⁾ - 用于包含 S7-1500R 的 PROFINET 环网中的 PROFINET 设备： - 如果在 R 系统的 PROFINET 环网中使用具有两个以上端口的 PROFINET 设备（如交换机），这些设备必须支持 H-Sync 转发功能。 - 如果要在 R 系统的 PROFINET 环网中使用仅具有 2 个端口的 PROFINET 设备，则建议为 PROFINET 环网中的所有设备使用 H-Sync 转发功能。 - 冗余： - 通过交换 S1 设备功能，可以在 S7-1500R/H 冗余系统上操作任何标准 IO 设备。 - IO 设备必须支持 S2 或 R1 系统冗余，以便在主 CPU 发生故障时不间断地交换过程数据（主-备份切换）。 - 以下 SIMATIC PROFINET IO 设备支持系统冗余 S2、介质冗余和 H-Sync 转发功能： - ET 200SP IM 155-6 PN HF (6ES7155-6AU00-0CN0)，固件版本 V4.2 或更高版本 - ET 200SP IM 155-6 PN/2 HF (6ES7155-6AU01-0CN0)，固件版本 V4.2 或更高版本 - ET 200SP IM 155-6 PN/3 HF (6ES7155-6AU30-0CN0)，固件版本 V4.2 或更高版本 - ET 200SP IM 155-6 MF HF (6ES7155-6MU00-0CN0)，固件版本 V5.0.1 及更高版本 - ET 200MP (6ES7155-5AA00-0AC0)，固件版本 V4.2 或更高版本 - PN/PN 耦合器 (6ES7158-3AD10-0XA0)，固件版本 V4.2 或更高版本 - PN/MF 耦合器 (6ES7158-3MU10-0XA0)，固件版本为 V5.0 或更高版本 - 以下 SIMATIC PROFINET IO 设备支持系统冗余 R1、介质冗余： - ET 200SP IM 155-6 PN R1 (6ES7155-6AU00-0HM0)，固件版本 V6.0. 或更高版本。有关 IM 155-6 PN R1 接口模块的兼容 I/O 模块列表，请参见 ET 200SP 分布式 I/O 系统文档的产品信息 (https://support.industry.siemens.com/cs/zh/zh/view/73021864)。R1 功能也在 I/O 模块的技术规范中指定。 - ET 200SP HA IM 155-6 PN HA (6DL1155-6AU00-0PM0)，固件版本 V1.2 及更高版本 - ET200iSP 的 ET 200iSP IM 152-1 PN，用于标准和冗余操作 (6ES7152-1BA00-0AB0)，固件版本 V1.0 及更高版本

5.1 要求

特性	要求
	- 以下交换机产品系列支持系统冗余 S2、介质冗余和 H-Sync 转发： - XC-200、XP-200 和 XF-200BA，例如 SCALANCE XC208 (6GK5208-0BA00-2AC2)，固件版本 V4.0 及更高版本 - XM-400 和 XR-500，固件版本 V6.3.0 及更高版本 - S7-1500 CPU：固件版本 V2.5 或更高版本 STEP 7 中的冗余系统在计算 PROFINET 环网内外的最大 IO 设备数量时不会识别 - S7-1500 CPU。如果使用 S7-1500 CPU，需要自行检查最大设备数量。 - SINAMICS S120 PROFINET 控制单元（CU310-2 PN 或 CU320-2 PN）支持系统冗余 S2、介质冗余和 H-Sync 转发，固件版本 V5.2 或更高版本。
负载电流电源 PM	R/H CPU 的负载电流电源 PM 可选用 PM。 适用的负载电流电源： - PM 70 W 120/230 V AC - PM 190 W 120/230 V AC

- 1) 自 R-CPU 的固件版本 V3.0 起，CPU 和显示器之间的固件不再分开。显示器的固件包含在 R-CPU 的固件中。
- 2) 如果使用的 PROFINET 设备不支持在 S7-1500R 中进行 H-Sync 转发，则在 RUN-Redundant 系统状态下可能会导致循环时间额外增加。如果循环程序超过循环监视时间，则启动时间错误 OB (OB 80)。更多信息，请参见“事件与 OB”部分。

特例：单独操作 R/H CPU

可将 R/H CPU 作为单独 CPU 进行操作。操作时请注意以下事项：

- 即使仅设置一个 CPU，也需要为 S7-1500R/H 组态 2 个 R-CPU 或 H-CPU。
- CPU 上的 MAINT LED 指示灯始终黄色点亮（要求维护）：
 - R/H 系统处于非冗余模式。
 - 未发现伙伴 CPU。

要求

表格 5-2 要求

要求	STEP 7 版本
CPU 1513R-1 PN、CPU 1515R-2 PN、CPU 1517H-3 PN	SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 或更高版本
CPU 1518HF-4 PN	SIMATIC STEP 7 Professional V17 或更高版本
S7-1500H(F) : • 系统冗余 R1 的支持 • H-CPU 不必是 PROFINET 环网或 MRP 域的一部分。这允许其它拓扑变型，例如线形拓扑或无需额外设备的设置。	SIMATIC STEP 7 Professional V18 或更高版本

5.2 与 S7-1500 自动化系统相比存在的限制条件

简介

请注意，使用 S7-1500R/H 冗余系统时，与使用 S7-1500 自动化系统相比，存在以下限制条件。

硬件限制

表格 5- 3 硬件限制

特性	限制
故障安全模块	不支持 1513R-1 PN、1515R-2 PN 和 1517H-3 PN CPU 上的故障安全模块，因为没有可用的 CPU 故障安全型号。只有 HF-CPU 支持故障安全模块。
系列机器项目，组态控制（选项处理）	不支持
集中式 I/O	S7-1500R/H 冗余系统的硬件配置不支持集中式 I/O 模块。
循环和响应时间	循环与响应时间较长：更多信息，请参见功能手册《循环与响应时间 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193558)》。

软件限制

表格 5-4 软件限制

功能	限制
指令	特定指令限制：更多信息，请参见“限制 (页 265)”部分。
显示：“模块”(Modules) 菜单命令	不支持
SIMATIC Energy Suite	不支持
固件更新	不支持通过可访问设备进行固件更新。
在 STEP 7 中进行硬件检测 (读取组态)	不支持
智能设备	S7-1500R/H 冗余系统无法用作智能设备。
IRT	不支持
校准模拟量模块	只能在 RUN-Solo 系统状态下校准 IO 设备的模拟量模块。 1. 将冗余 ID 为 1 的 CPU 切换至 STOP 工作状态。 2. 使用 STEP 7 与待校准的模拟量模块建立在线连接。 3. 使用 STEP 7 对模拟量模块进行校准。有关该主题的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。 4. 然后启动冗余 ID 为 1 的 CPU。
已组态连接	连接类型不支持用于通信连接。仅支持已编程连接。
运动控制	CPU 中不支持运动控制功能。
MRPD	不支持
多用户工程组态	在 RUN-Redundant 或 SYNCUP 系统状态下不支持调试模式（以及在线调试项目）。
在线功能	在 RUN-Redundant 系统状态下，只能在线连接 STEP 7。 在 RUN-Solo 或 STOP 系统状态下，可以同时建立多个在线连接。
OPC UA	不支持
安全 OUC	不支持 TCON 指令可用但不受支持。
PROFINET 发送时钟	仅 1 ms
共享设备	不支持

功能	限制
系统电源	以下参数无关紧要： “系统电源 > 常规 > 连接到电源电压 L+/未连接到电源电压 L+”(System power supply > General > Connection to supply voltage L+/No connection to supply voltage L+)
等时同步模式	不支持等时同步模式
使用断点进行测试	只能在 STARTUP（启动 OB）或 RUN-Solo 系统状态下使用断点进行测试。
跟踪	不支持在 SIMATIC 存储卡中存储测量值（设备中的测量值）。
Web 服务器	不支持

5.3 组态版本

简介

可组态不同版本的 S7-1500R/H 冗余系统。

在 S7-1500R/H 系统的各种组态方式中，以下组件可进行冗余：

- R/H-CPU
- 同步接口
- PROFINET 环网中的介质
- R1 设备的接口模块

在本章节中，将介绍可使用的组态方式及其优势。

以下约定适用：



图 5-1 绿色交通信号灯

5.3.1 PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500R/H 组态

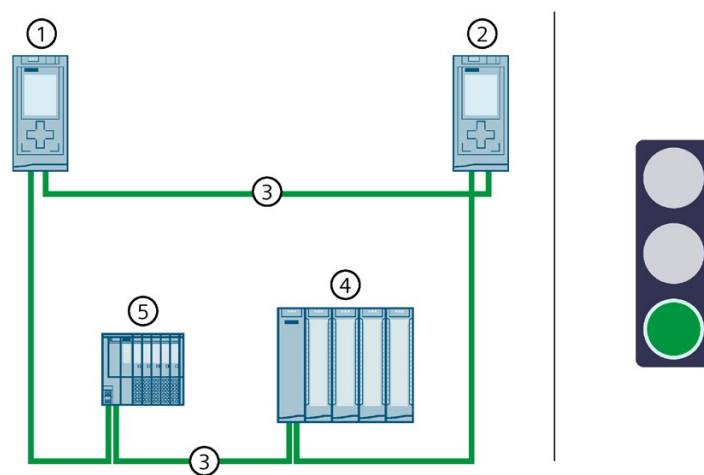
简介

以下章节介绍了 PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500R/H 冗余系统的组态。

优势

- 使用 S2 系统冗余的 IO 设备可在 CPU 出现故障时与 S7-1500R/H 冗余系统进行不间断的过程数据交换。
- PROFINET 环网中的任何位置出现电缆中断的情况，冗余系统仍可继续运行。

S7-1500R 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- ④ IO 设备 ET 200MP（使用系统冗余 S2）
- ⑤ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）

图 5-2 PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500R 组态

S7-1500H 组态

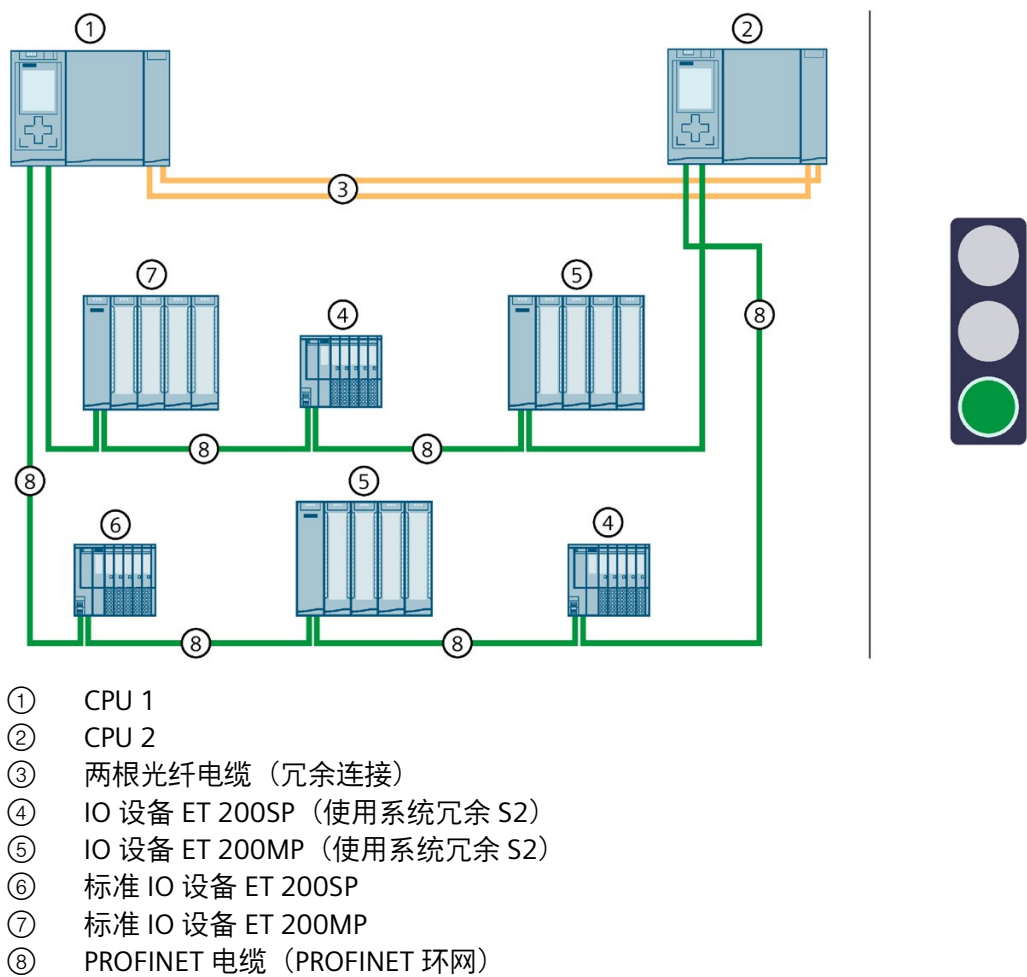


图 5-3 PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500H 组态

5.3.2 采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500R/H 组态

简介

以下章节介绍了采用交换机和线型拓扑的 S7-1500R/H 冗余系统的组态。

优势

- 可使用交换机将其它线性拓扑添加到 PROFINET 环网。与 PROFINET 环网不同，线性拓扑不是冗余的。
- PROFINET IO 设备可位于 PROFINET 环网中，也可通过交换机分开。

S7-1500R 组态

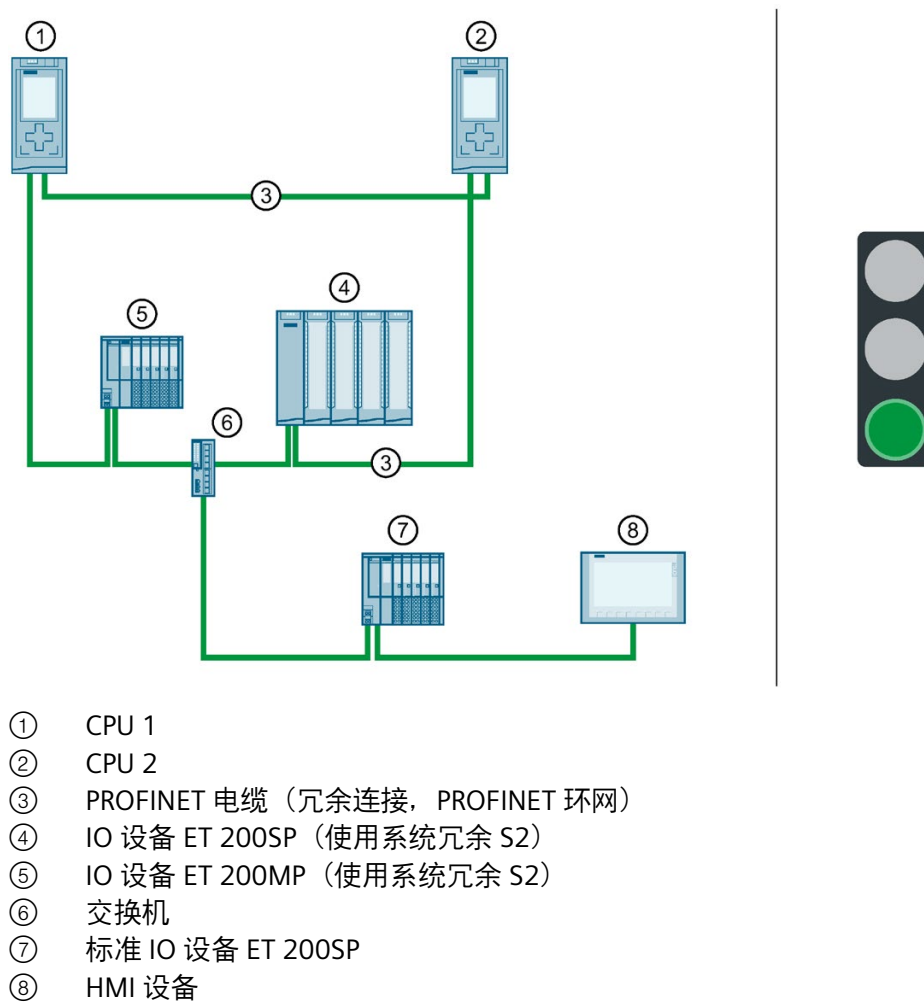


图 5-4 采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500R 组态

S7-1500H 组态

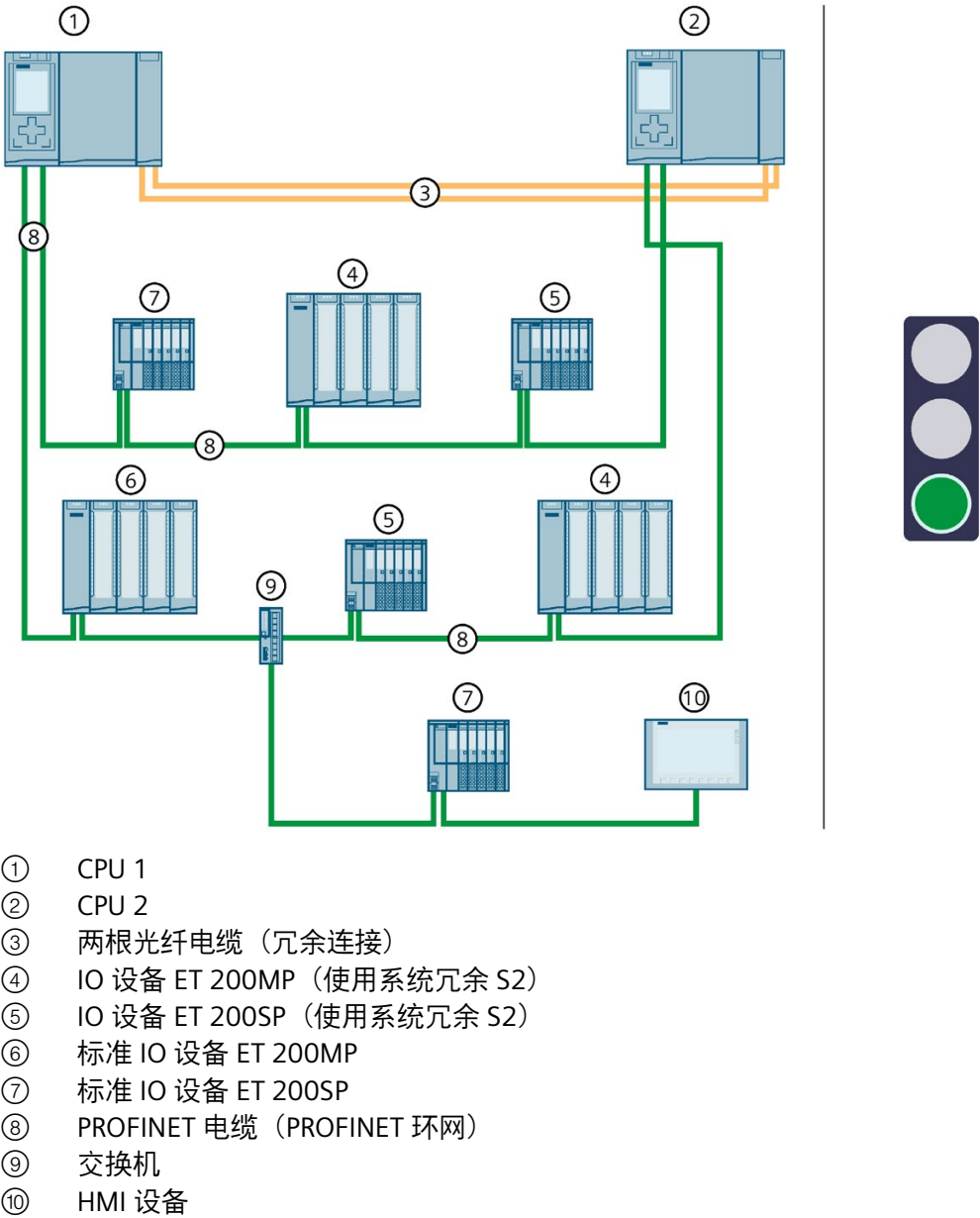


图 5-5 采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500H 组态

5.3.3 S7-1500H 的特定组态变型

5.3.3.1 采用 S2 设备和交换机的线型拓扑组态

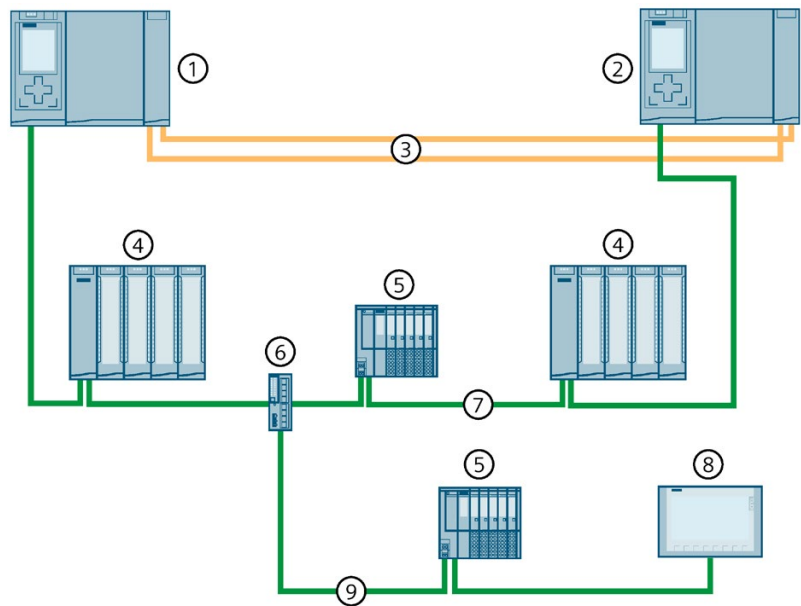
简介

以下章节介绍了线型拓扑中采用线型拓扑、S2 设备和交换机的 S7-1500H 冗余系统的组态。其它线型拓扑连接到交换机。

优势

- 由于采用线型拓扑，需要的接线工作量会减少。只有一条 PROFINET 线路连接到 H-CPU 的每个 PROFINET 接口 X1。
- 无需组态 MRP 辊。
- 无需花费时间进行 MRP 重新组态，因此可缩短监视时间。
- 如果 H-CPU 之间的线型拓扑出现断线现象，S2 设备不会发生故障。
- 可通过交换机将组态扩展为包含其它线型拓扑。

线型拓扑中包含 S2 设备和交换机的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ IO 设备 ET 200MP（使用系统冗余 S2）
- ⑤ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）
- ⑥ 交换机
- ⑦ PROFINET 电缆（线型拓扑）
- ⑧ HMI 设备（开关型 S1 设备或 S2 设备）
- ⑨ PROFINET 电缆（其它线型拓扑）

图 5-6 线型拓扑中包含 S2 设备和交换机的 S7-1500H 组态

说明

如果线型拓扑中连接备用 CPU 的 AR 发生故障（例如由于断线），则冗余系统必须减少同步的数据。结果：循环时间会减少。

说明

将 PROFINET 环网移植到线型拓扑中

如果要包含 PROFINET 环网的组态案例移植到线型拓扑中，请注意以下变动：

- 移除 H-CPU 的 X1 接口上的环网网段（PROFINET 电缆），例如直接连接到 X1 P2 接口上的 PROFINET 电缆。
 - 将 H-CPU 和 IO 设备的 MRP 角色改为“环网中无设备”(No device in the ring) 设置。
 - 如有必要，可调整已组态的拓扑。请注意通过系统 IP 地址连接到 PROFINET 环网中的 HMI 设备。
-

5.3.3.2 包含 R1 设备的 PROFINET 环网组态

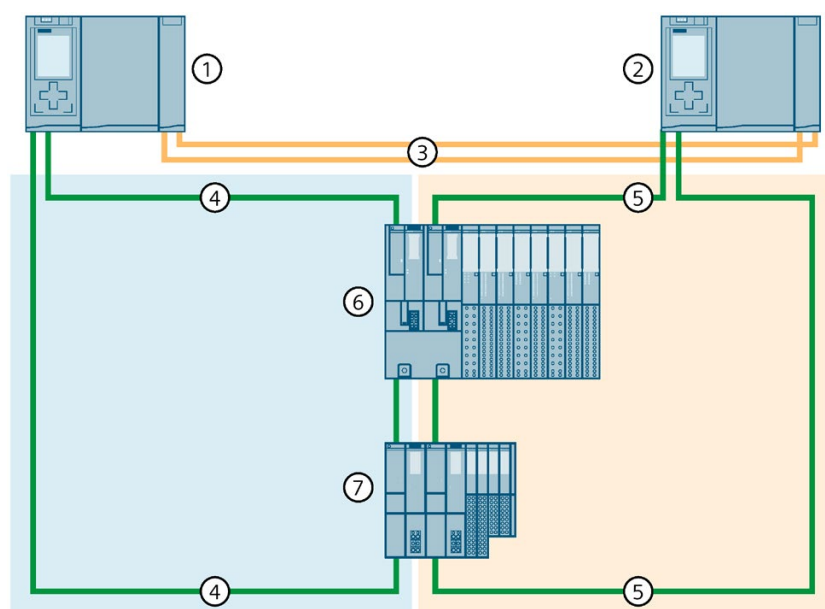
简介

以下部分显示了 2 个 PROFINET 环网中包含 R1 设备的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

- 通过两个独立的 PROFINET 环网进行通信。
- 与系统冗余 S2 一样，系统冗余 R1 可以在 CPU 发生故障时与 S7-1500H 冗余系统进行不间断的过程数据交换。
- 如果 R1 设备的接口模块发生故障或 PROFINET 环网线路中断，冗余系统将运行。

在 PROFINET 环网中组态包含 R1 设备的 S7-1500H



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）

图 5-7 在 PROFINET 环网中组态包含 R1 设备的 S7-1500H

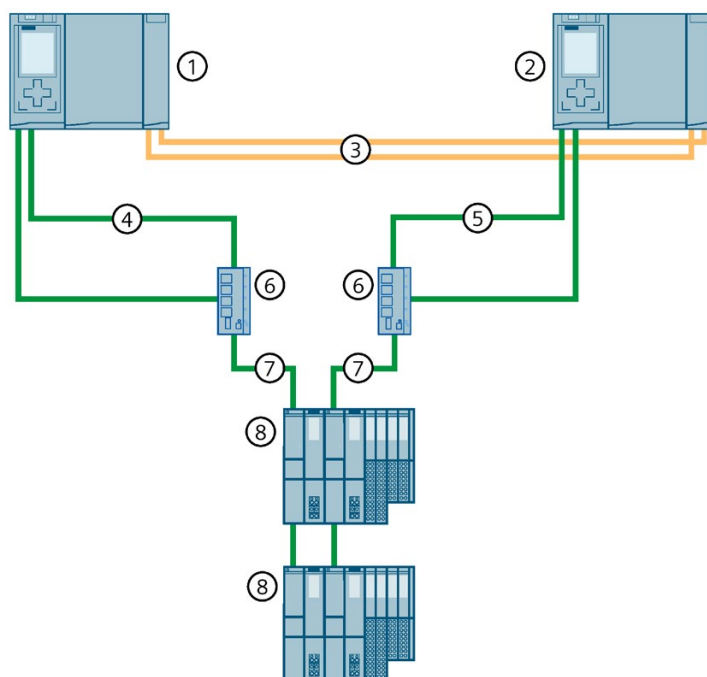
不推荐的组态变型

不推荐以下组态变型：

组态变型 1

每个 H-CPU 都在单独的 PROFINET 环网 1 和 2 中组态。部分或所有 R1 设备通过 2 个交换机连接到这些 PROFINET 环网。R1 设备自身通过线形拓扑连接。

在此组态变型中，PROFINET 环网的介质冗余可用性受限，因为较低级别线形拓扑中的 R1 设备无法从 PROFINET 环网中受益。



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ 交换机
- ⑦ PROFINET 电缆（线形拓扑）
- ⑧ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）

图 5-8 组态变型 1

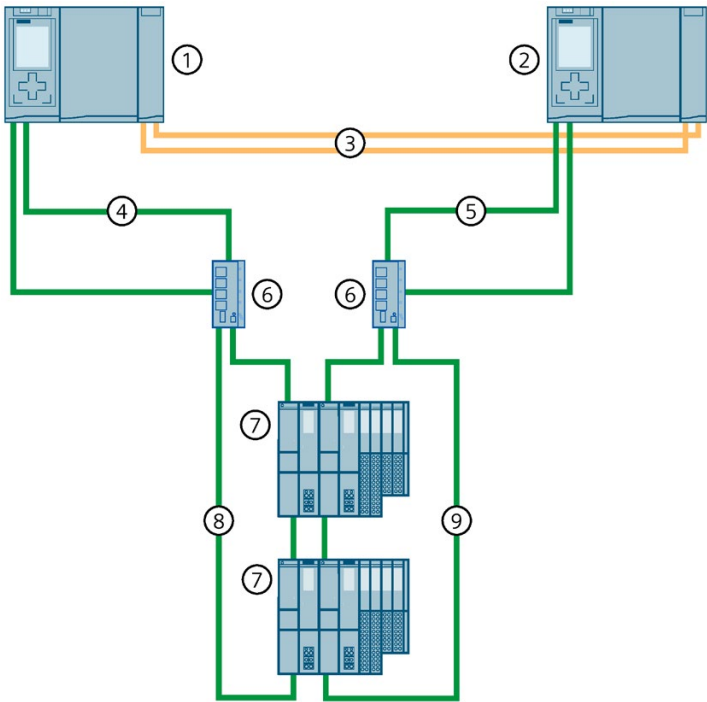
组态变型 2

每个 H-CPU 都在单独的 PROFINET 环网 1 和 2 中组态。交换机用于通过 PROFINET 环网 3 和 4 扩展 PROFINET 环网 1 和 2。PROFINET 环网 3 和 4 的扩展无需 MRP 互连即可连接。PROFINET 环网 3 和 4 包含额外的 R1 设备。

此组态变型的问题在于，两个连接的 MRP 域中的交换机都必须是 MRP 管理器，然后 H-CPU 就不再可以担任此角色。

结果：H 系统不知道备用 CPU 上 PROFINET 环网的状态。同步终止，未达到 RUN-Redundant 系统状态。

如果自动化任务的硬件配置超过了 PROFINET 环网中设备的最大可能数量，则使用 MRP 互连。采用 MRP 互连后，组态冗余网络拓扑时将不受环网中最多 50 台设备的限制。



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ 交换机
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）
- ⑧ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 3）
- ⑨ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 4）

图 5-9 组态变型 2

参见

冗余 (页 63)

5.3.3.3 包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 PROFINET 环网组态

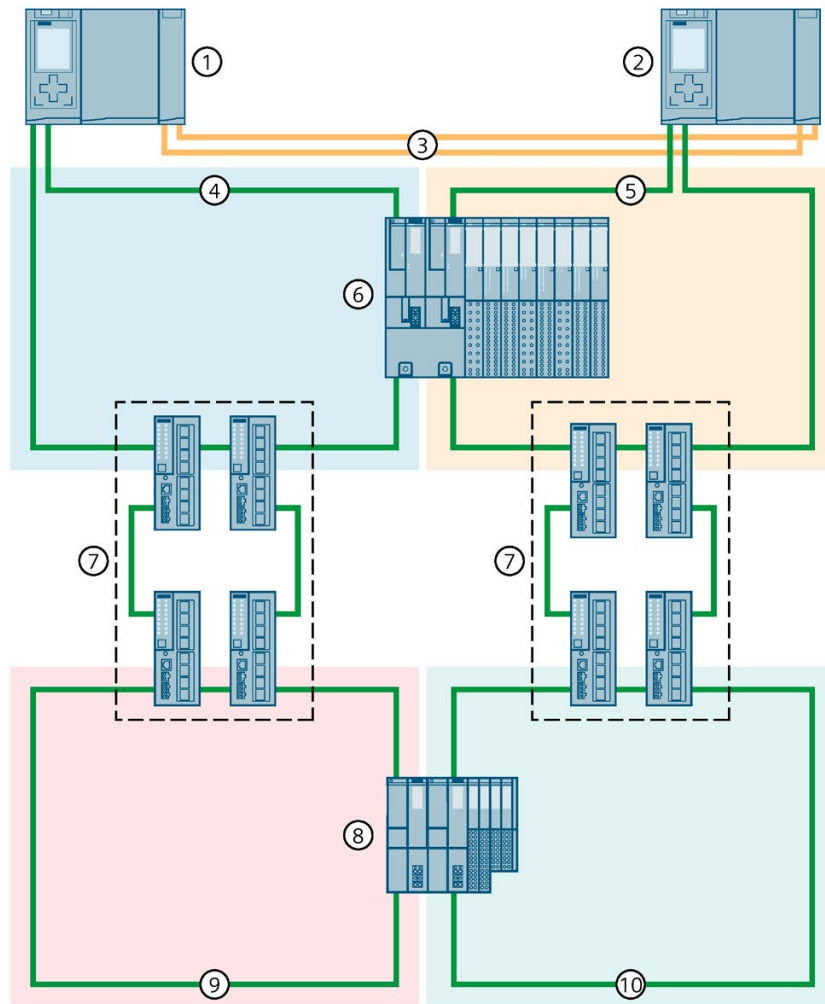
简介

以下章节介绍了 PROFINET 环网中包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 S7-1500H 冗余系统组态。

优势

- 通过交换机和 MRP 互连，可利用包含 R1 设备的四个或更多 MRP 环网进行冗余数据交换。
- 通过进行 MRP 互连的 R1 设备的通信是通过两个独立的 PROFINET 环网进行的。
- 如果 R1 设备的接口模块发生故障或 PROFINET 环网线路中断，冗余系统将正常运行，而不考虑断线位置。

PROFINET 环网中包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ 4 x XC200 交换机（MRP 互连）
- ⑧ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）
- ⑨ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 3）
- ⑩ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 4）

图 5-10 PROFINET 环网中包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态

5.3.3.4 包含 R1 设备的 PROFINET 环网和包含 S2 设备的 Y 型交换机的组态

简介

以下部分显示了 PROFINET 环网中包含 R1 设备的 S7-1500H 冗余系统和包含 S2 设备的 Y 型交换机的组态。

优势

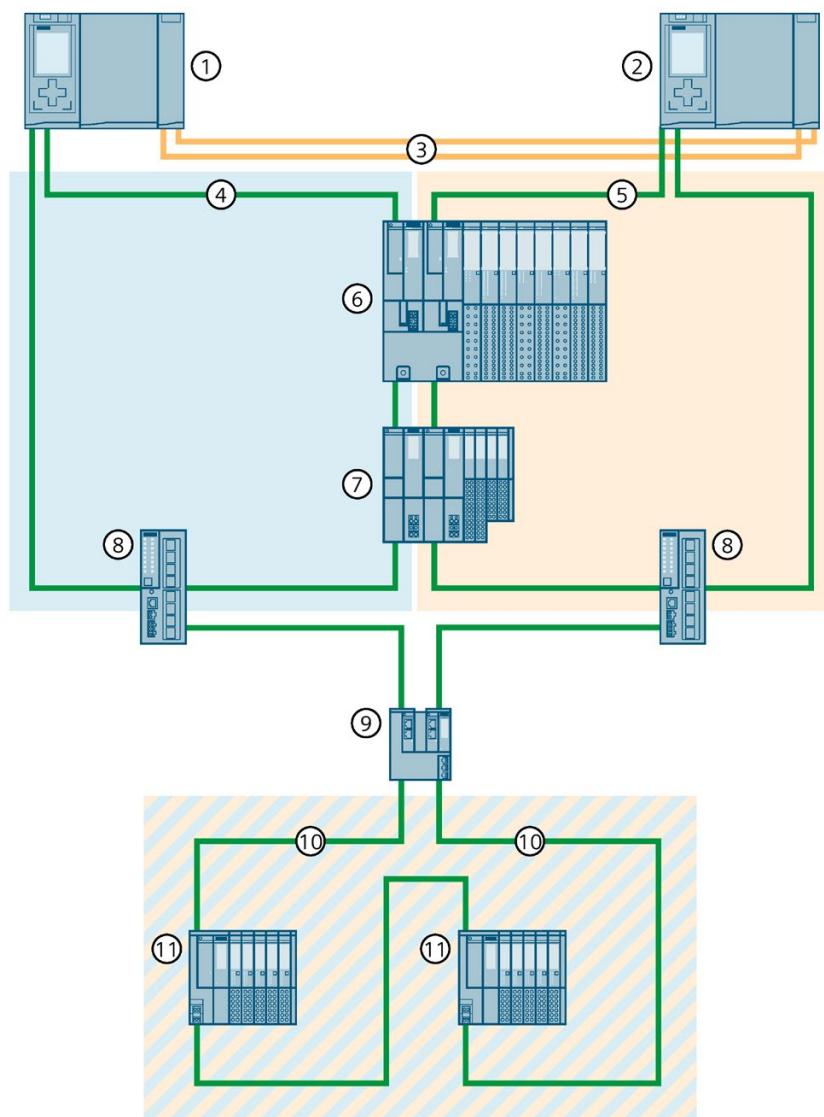
- 如果要在组态中同时使用 R1 设备和 S2/S1 设备，则需要一个 Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA) 用于进行 S2/S1 设备连接。将 S2/S1 设备连接到 Y 型交换机的 PROFINET 环网端口。通过两个交换机将 Y 型交换机连接到 S7-1500H 冗余系统的 PROFINET 环网 1 和 PROFINET 环网 2。
- 为提高 PROFINET 网络的可用性，需要两个具有 DNA 冗余的 Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA)、一个 DNA 管理器和一个 DNA 客户端。DNA 冗余只能通过连接的 PROFINET 环网实现。一个 Y 型交换机承担 MRP 管理器和 DNA 管理器的角色，另一个 Y 型交换机承担 MRP 客户端和 DNA 客户端的角色。
通过具有 DNA 冗余的 Y 型交换机，可将由 S2-/S1 设备组成的 PROFINET 环网以冗余方式连接到 S7-1500H 的 PROFINET 环网。这降低了 Y 型交换机处 S2/S1 设备发生故障的可能性，并提高了网络的可用性。有关 DNA 冗余的更多信息，请参见《SCALANCE XB-200/XC-200/XF-200BA/XP-200/XR-300WG 基于 Web 的管理 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109780061>)》组态手册。

说明

交换机和 Y 型交换机参数分配的特性

更多相关信息，请参见“组态其它组态变型 (页 253)”部分。

PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）
- ⑧ 交换机
- ⑨ Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA)
- ⑩ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 3）
- ⑪ ET 200SP IO 设备（采用系统冗余 S2）或开关型 S1 设备

图 5-11 PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态

PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态

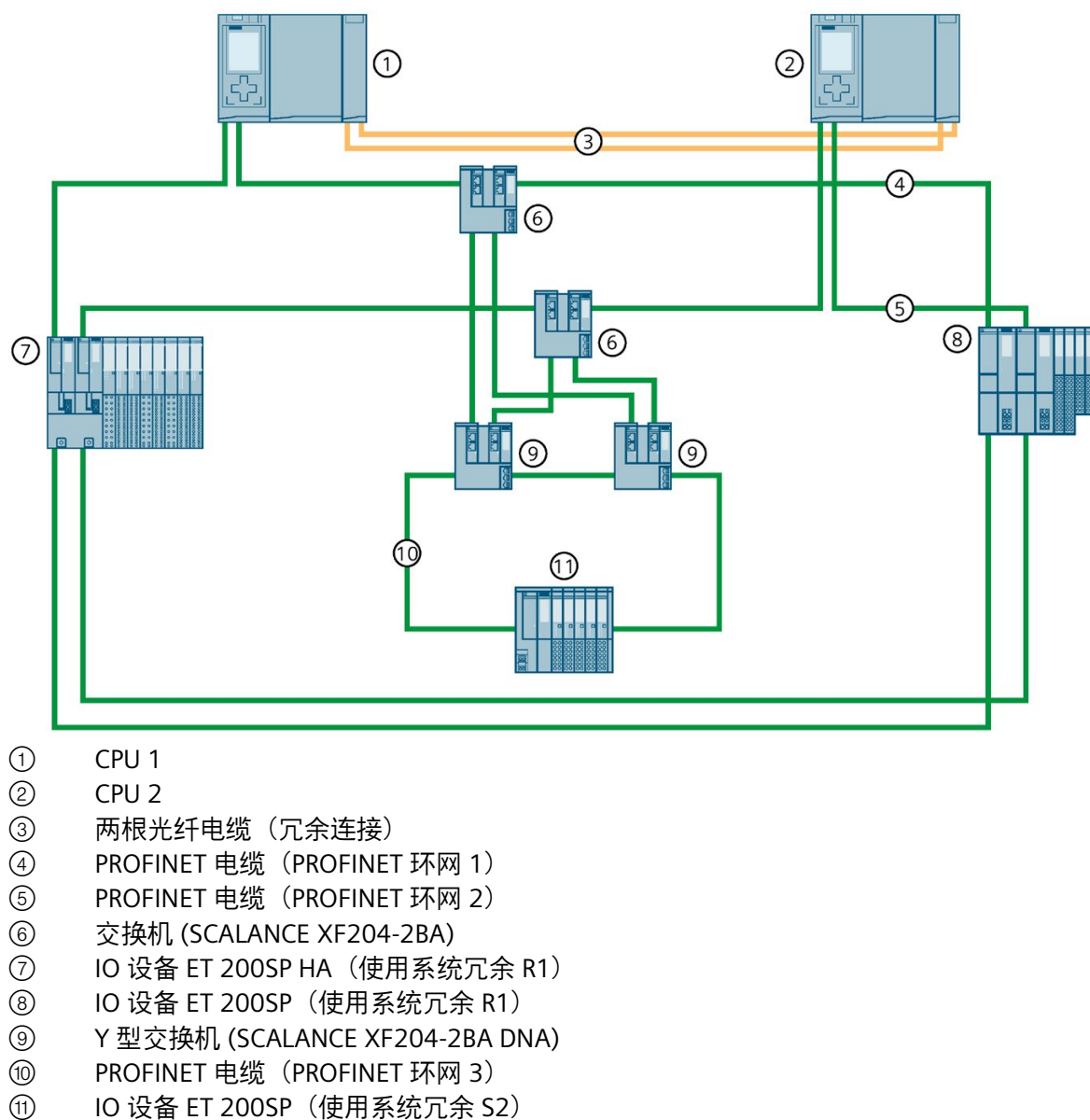


图 5-12 PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态

5.3.3.5 包含 R1 设备的线型拓扑组态

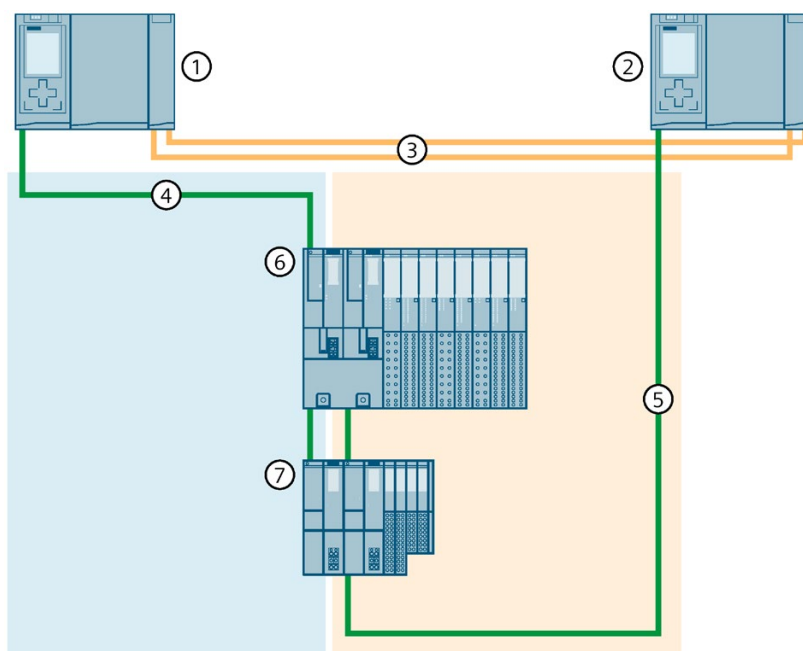
简介

以下部分显示了线型拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

- 与环形拓扑相比，线形拓扑所需的布线工作更少。只有一条 PROFINET 线路连接到 H-CPU 的每个 PROFINET 接口 X1。
- 无需组态 MRP 辊。
- R1 设备的重新组态时间大幅缩短，因此可以缩短监视时间。
- 如下图所示以相反方向连接 R1 设备。反向布线可确保在 R1 设备发生故障或更换时，所有其它设备仍然可用。这提高了冗余系统的可用性：
 - 在 RUN-Redundant 系统状态下，可以更换特定的 R1 设备，而不会出现其它 R1 设备的故障。更多相关信息，请参见“更换 S7-1500R/H 冗余系统的组件 (页 391)”部分。
 - 如果两个相邻 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路发生线路中断，冗余系统将继续与所有 R1 设备交换过程数据。更多相关信息，请参见“线型拓扑中两个 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路故障 (页 147)”部分。

线形拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（线形拓扑 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（线形拓扑 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）

图 5-13 线形拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态

不推荐的组态变型

不推荐以下组态变型：

- 通过两个接口模块的端口 2 循环通过 R1 设备，集成到线型拓扑中。
- 直接连接 R1 设备上两个接口模块的端口 1。

结果：没有可用的网络冗余。

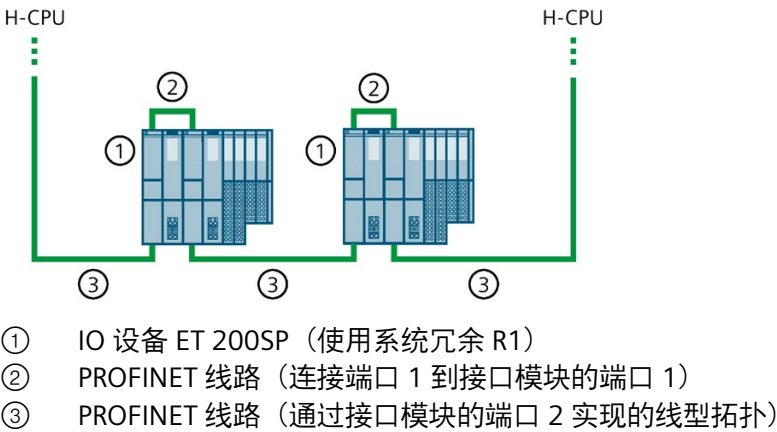


图 5-14 不推荐的组态变型

5.3.3.6 包含 R1 设备和交换机的线型拓扑组态

简介

以下章节介绍了线型拓扑中包含 R1 设备和交换机的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

- 可使用交换机将包含下级 R1 设备的线型拓扑扩展为两个 PROFINET 环网。
- 在该组态变型中，每个交换机连接一个 PROFINET 环网。每个 PROFINET 环网位于自己的 MRP 域中。
- 利用该组态变型，可实现对冗余系统的模块化调试。示例：分布式 I/O 系统已安装并已接线。H-CPU 分别通过 PROFINET 接口 X1 连接到分布式 I/O 系统。

线型拓扑中包含 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态

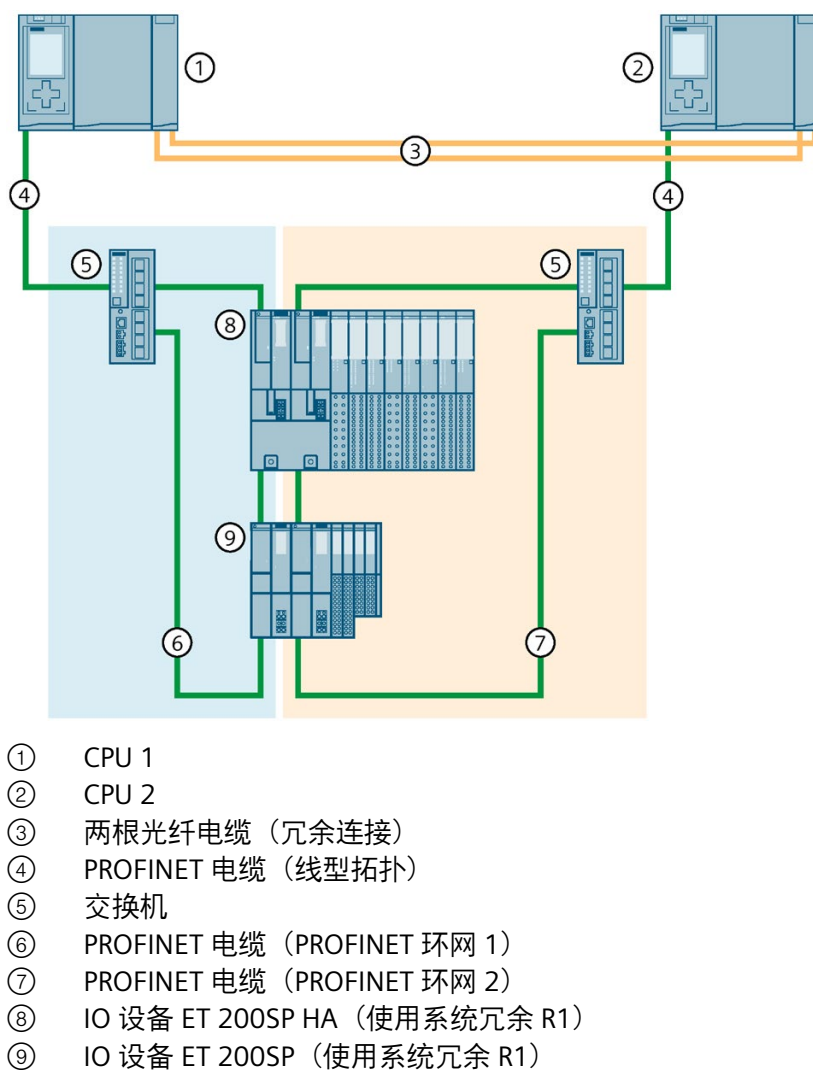


图 5-15 线型拓扑中包含 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态

说明

要进行 PROFINET 诊断，需要将交换机组态为“开关型 S1 设备”。更多信息，请参见“组态其它组态变型 (页 253)”部分。

5.3.3.7 包含 R1 设备和带 S2 设备的 Y 型交换机的线型拓扑组态

简介

以下章节介绍了线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

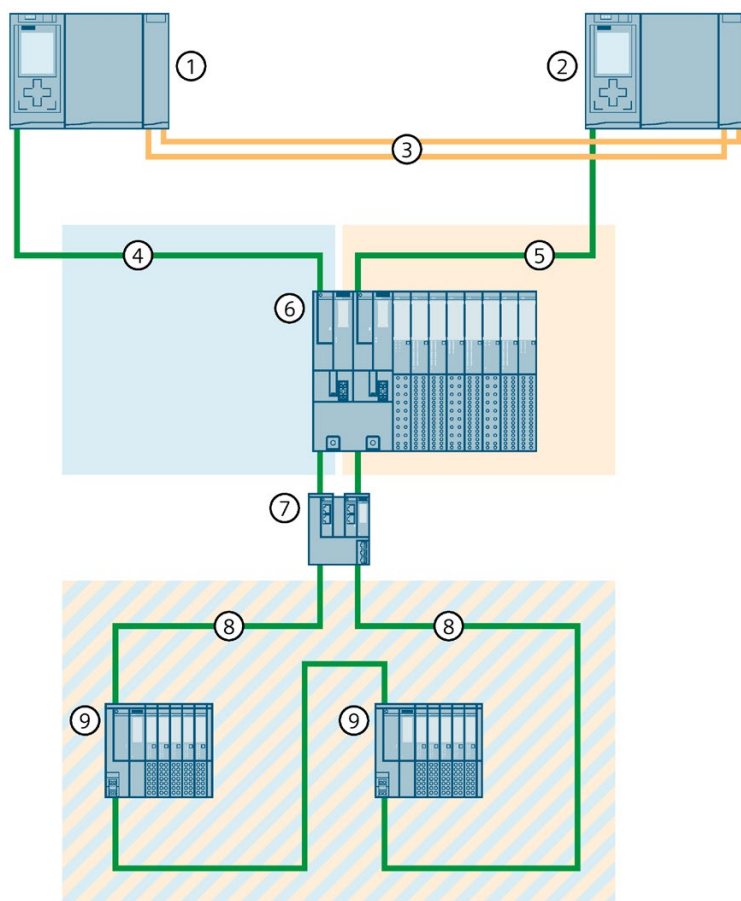
- 如果要在组态中同时使用 R1 设备和 S2/S1 设备，则需要一个 Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA) 用于进行 S2/S1 设备连接。将 S2/S1 设备连接到 Y 型交换机的 PROFINET 环网端口。
- 为提高 PROFINET 网络的可用性，需要两个具有 DNA 冗余的 Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA)、一个 DNA 管理器和一个 DNA 客户端。DNA 冗余只能通过连接的 PROFINET 环网实现。一个 Y 型交换机承担 MRP 管理器和 DNA 管理器的角色，另一个 Y 型交换机承担 MRP 客户端和 DNA 客户端的角色。
通过具有 DNA 冗余的 Y 型交换机，可将由 S2/S1 设备组成的 PROFINET 环网以冗余方式连接到 S7-1500H 的线型拓扑。这降低了 Y 型交换机处 S2/S1 设备发生故障的可能性，并提高了网络的可用性。有关 DNA 冗余的更多信息，请参见《SCALANCE XB-200/XC-200/XF-200BA/XP-200/XR-300WG 基于 Web 的管理 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109780061>)》组态手册。

说明

交换机和 Y 型交换机参数分配的特性

更多相关信息，请参见“组态其它组态变型 (页 253)”部分。

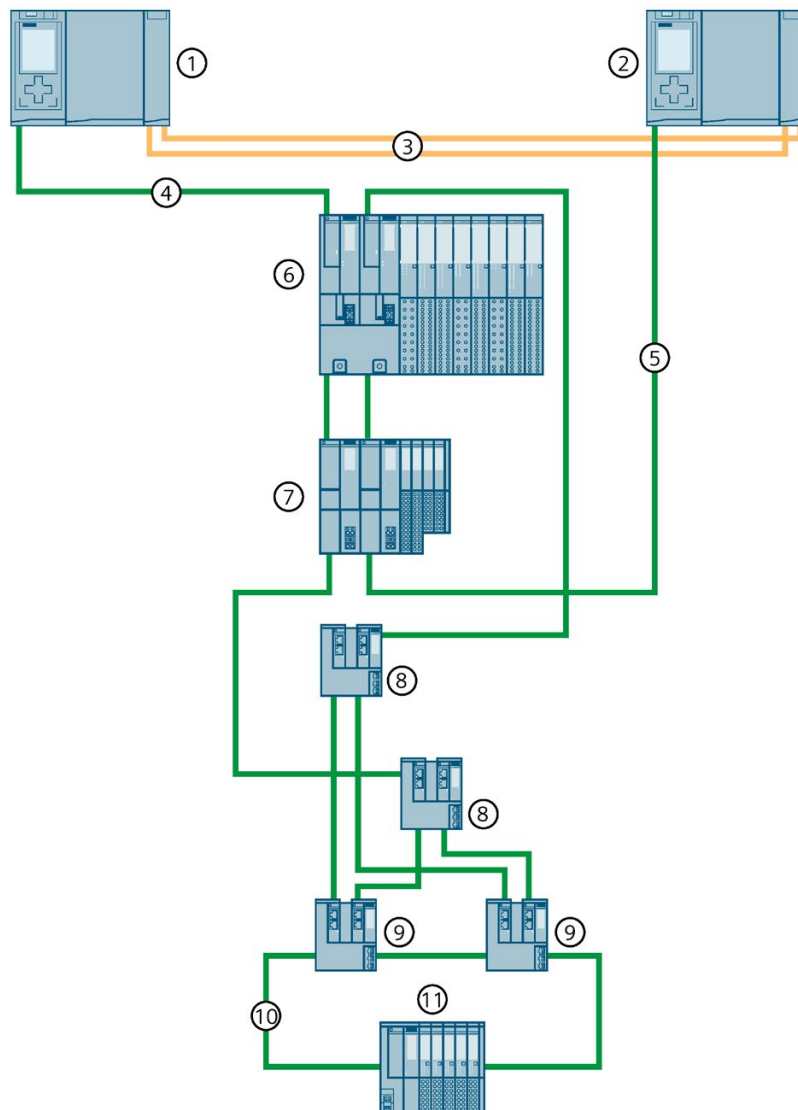
线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（线型拓扑 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（线型拓扑 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA)
- ⑧ PROFINET 电缆（PROFINET 环网）
- ⑨ ET 200SP IO 设备（采用系统冗余 S2）或开关型 S1 设备

图 5-16 线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态

线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（线型拓扑 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（线型拓扑 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）
- ⑧ 交换机 (SCALANCE XF204-2BA)
- ⑨ Y 型交换机 (SCALANCE XF204-2BA DNA)
- ⑩ PROFINET 电缆（PROFINET 环网）
- ⑪ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）

图 5-17 线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态

5.3.3.8 包含 S2 设备的组合型拓扑组态

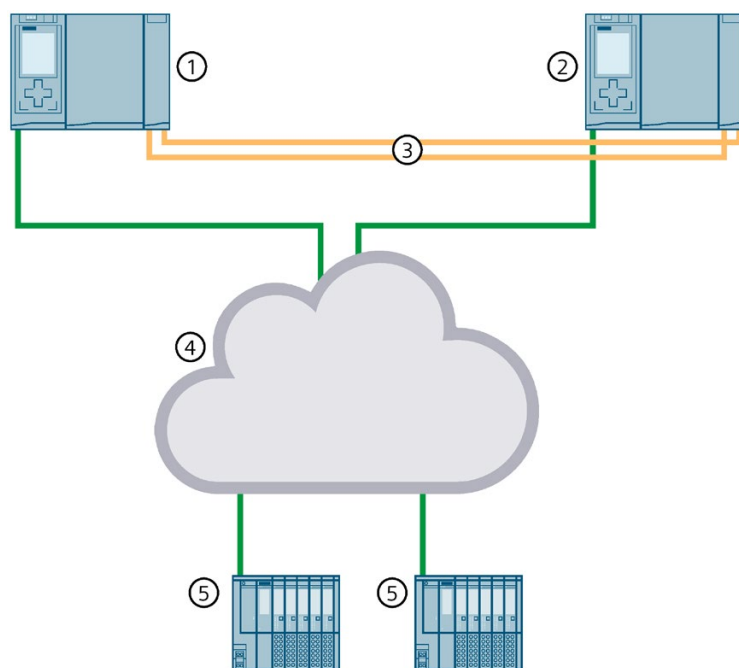
简介

以下章节介绍了组合型拓扑中包含 S2 设备的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

- 在组合型拓扑中，允许使用任何拓扑：
 - 环形拓扑
 - 线型拓扑
 - 星形拓扑结构
- 组合型拓扑可通过其它 S2 设备进行扩展。
- 现有的骨干环网可连接到 S7-1500H 冗余系统。它们通过交换机连接骨干环网和其它 S2 设备。

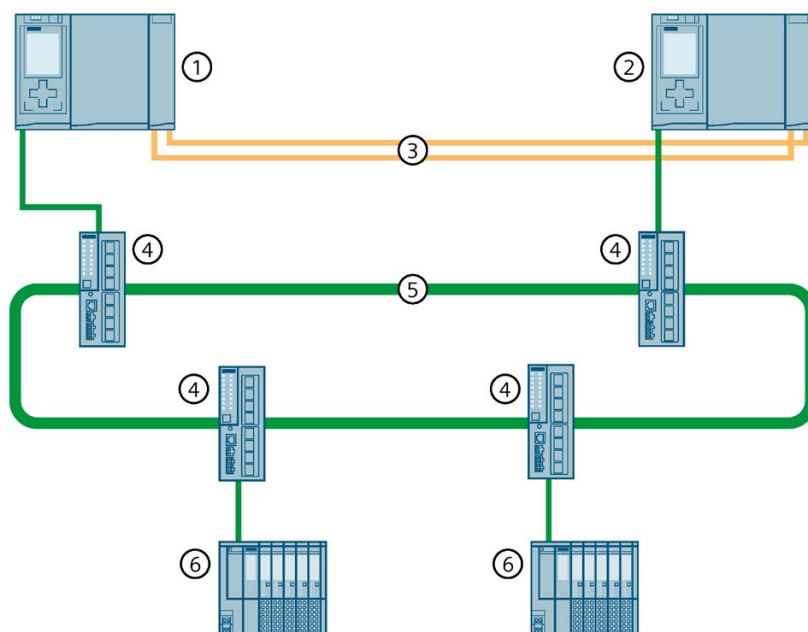
组合型拓扑中包含 S2 设备的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ 组合拓扑
- ⑤ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）

图 5-18 组合型拓扑中 S7-1500H 和 S2 设备的组态

包含 S2 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ 交换机
- ⑤ 骨干环网（现有组合型拓扑）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）

图 5-19 包含 S2 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态

5.3.3.9 包含 R1 设备的组合型拓扑组态

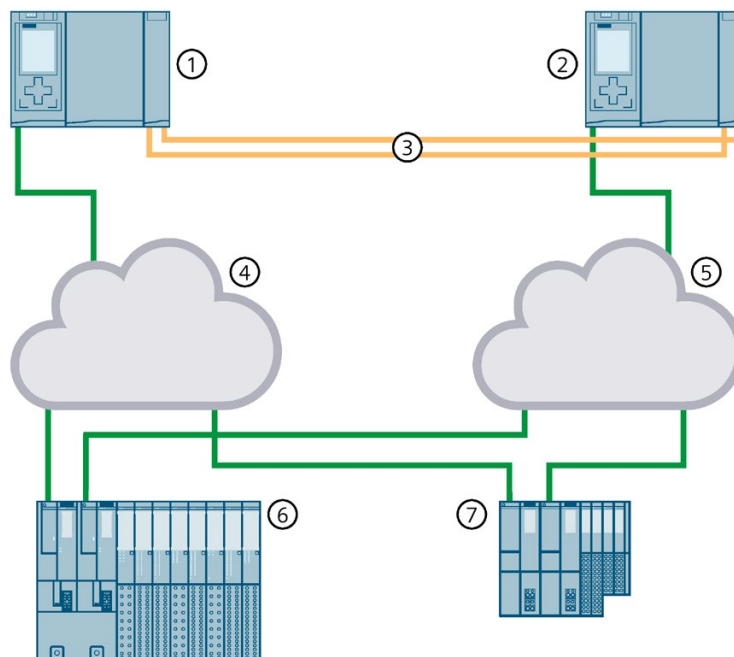
简介

以下章节介绍了组合型拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

- 在组合型拓扑中，允许使用任何拓扑：
 - 环形拓扑
 - 线型拓扑
 - 星形拓扑结构
- 组合型拓扑可通过其它 R1 设备进行扩展。
- 两个现有的骨干环网可连接到 S7-1500H 冗余系统作为独立网络。它们通过交换机连接骨干环网和其它 R1 设备。

组合型拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态



- ① CPU 1
- ② CPU 2
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ 组合型拓扑 1
- ⑤ 组合型拓扑 2
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（使用系统冗余 R1）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 R1）

图 5-20 组合型拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态

包含 R1 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态

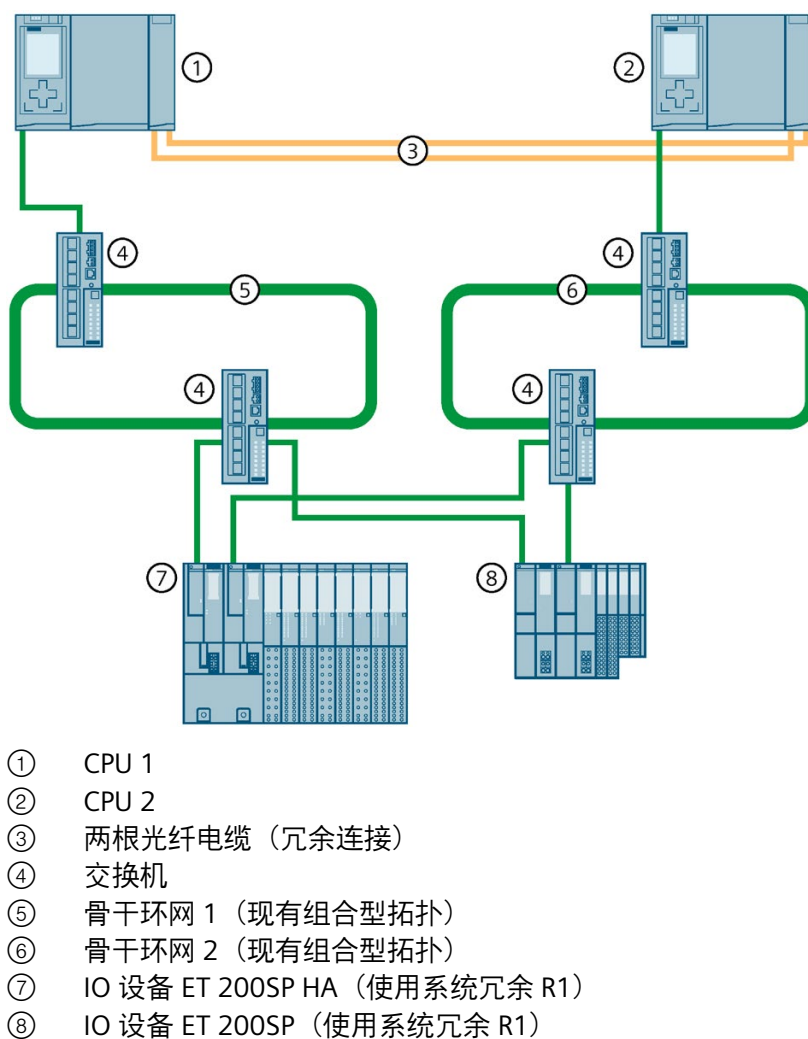


图 5-21 包含 R1 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态

5.3.3.10 不含附加设备的组态

简介

以下章节介绍了 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 上未连接其它设备（IO 设备、交换机、Y 型链路）的 S7-1500H 冗余系统的组态。

优势

该组态适用于 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 上不需要连接任何其它设备的所有应用。

示例：在工厂中，S7-1500H 冗余系统通过 Modbus/TCP 与第三方设备通信。将连接外部设备的 PROFINET 线路连接到 H-CPU 的 PROFINET 接口 X2。

H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 上未连接其它设备的 S7-1500H 组态

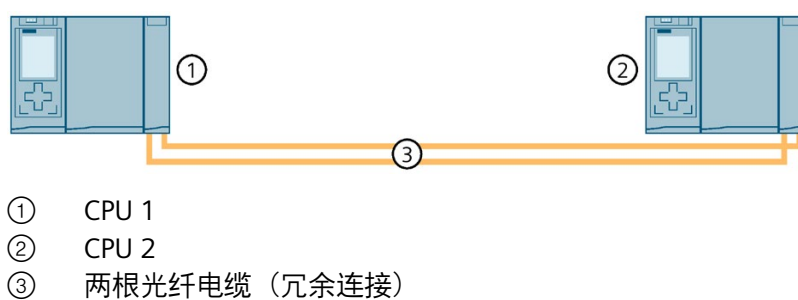


图 5-22 不含附加设备的 S7-1500H 组态

5.4 冗余案例

5.4.1 简介

简介

在本章节中，将基于不同的组态方式介绍各种可能的冗余案例。冗余应用不会导致过程受限。在以下示例中，该冗余系统支持容错功能。

以下约定适用：



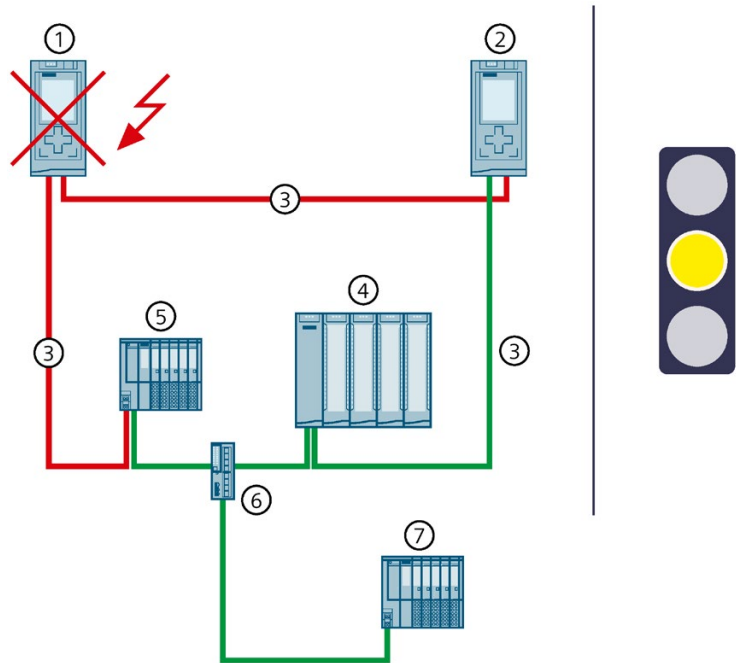
图 5-23 黄色交通信号灯

5.4.2 主 CPU 故障

简介

在以下冗余案例中，将以 PROFINET 环网为例介绍主 CPU 发生故障时所导致的结果。

冗余案例



- ① 主 CPU → 故障
- ② 备用 CPU → 成为新的主 CPU
- ③ PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- ④ IO 设备 ET 200MP（使用系统冗余 S2）
- ⑤ IO 设备 ET 200SP（使用系统冗余 S2）
- ⑥ 交换机
- ⑦ 标准 IO 设备 ET 200SP

图 5-24 主 CPU 故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. 冗余系统的主 CPU 在 RUN-Redundant 系统状态下发生故障。
2. 冗余系统切换为备用 CPU。备用 CPU 成为新的主 CPU。冗余系统切换为 RUN-Solo 系统状态。有关 RUN-Solo 系统状态的更多信息，请参见“操作与系统状态 (页 320)”部分。
3. 新的主 CPU 会与 IO 设备交换过程数据。

说明

主 CPU 发生故障时暂时隔离标准 IO 设备

如果主 CPU 出现故障，标准 IO 设备（“交换 S1 设备”）将暂时与 S7-1500R/H 冗余系统隔离。在此期间，组态的替换值行为适用于标准 IO 设备的模块。

新的主 CPU 再次建立与标准 IO 设备的连接。短时间过后，主 CPU 恢复与标准 IO 设备交换过程数据。

4. 系统冗余受到限制。此限制对过程没有任何影响。
如果另一系统组件或另一网段发生故障，可能导致 S7-1500R/H 冗余系统故障。更多信息，请参见“故障案例 (页 152)”部分。

诊断

主-备用切换后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU（之前的备用 CPU）→ RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R/H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。冗余系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。
- 备用 CPU（之前的主 CPU）→ 故障

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

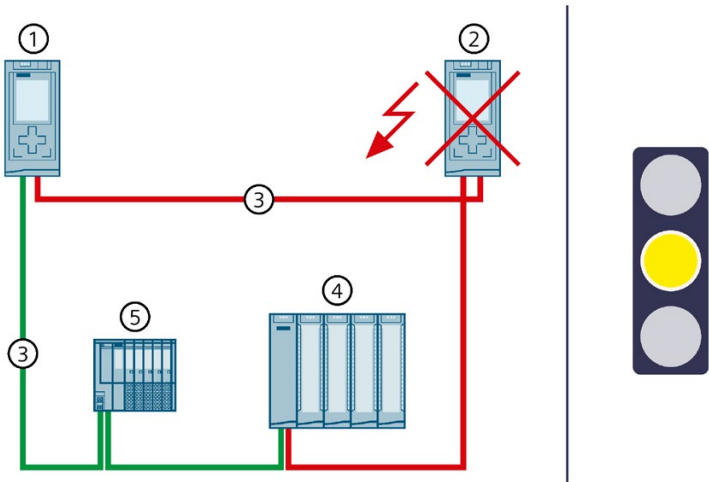
更换故障的 CPU。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 R/H CPU (页 394)”部分。

5.4.3 备用 CPU 故障

简介

在以下冗余案例中，将以 PROFINET 环网为例介绍备用 CPU 发生故障时所导致的结果。

冗余案例



- ① 主 CPU
- ② 备用 CPU → 故障
- ③ PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- ④ IO 设备 ET 200MP
- ⑤ IO 设备 ET 200SP

图 5-25 备用 CPU 故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. 冗余系统的备用 CPU 在 RUN-Redundant 系统状态下发生故障。
2. 冗余系统切换为 RUN-Solo 系统状态。有关 RUN-Solo 系统状态的更多信息，请参见“操作与系统状态 (页 320)”部分。
3. 主 CPU 继续与 IO 设备（和标准 IO 设备）进行过程数据交换。
4. 系统冗余受到限制。此限制对过程没有任何影响。
如果另一系统组件或另一网段发生故障，可能导致 S7-1500R/H 冗余系统故障。更多信息，请参见“故障案例 (页 152)”部分。

诊断

主-备用切换后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R/H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。冗余系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。
- 备用 CPU → 故障

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 CPU。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 R/H CPU (页 394)”部分。

5.4.4 PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆故障

简介

在以下冗余案例中，将介绍 PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆发生故障时所导致的结果。

冗余案例

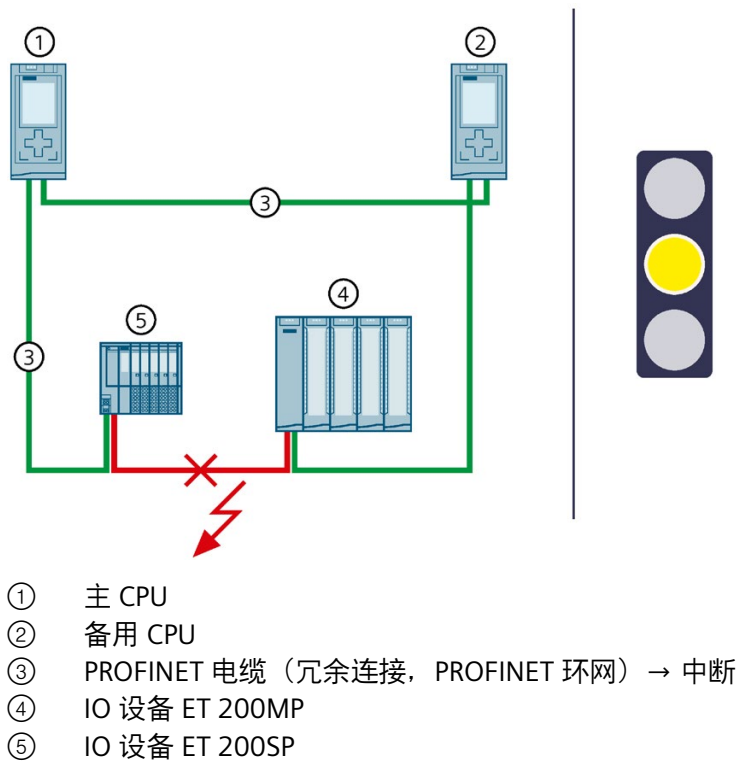


图 5-26 PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. PROFINET 电缆发生故障或断开连接，将导致冗余系统的 PROFINET 环网断开。
2. 冗余系统将保持为 RUN-Redundant 系统状态。主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 操作状态。
3. 冗余系统将通过备用连接，与备用 CPU 进行连接。这样，冗余系统即可重新访问 PROFINET 环网中的所有 IO 设备。
4. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。

如果另一系统组件或另一网段发生故障，可能导致 S7-1500R/H 冗余系统故障。

- 如果 PROFINET 电缆在另一点也中断，PROFINET 环网中的 IO 设备可能发生故障，具体视中断位置而定。
- 更多信息，请参见“故障案例 (页 152)”部分。

诊断

PROFINET 电缆故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网断开。冗余系统中只剩余一个冗余连接。



警告

S7-1500R 冗余系统故障

如果除 PROFINET 电缆之外，主 CPU 也发生故障，备用 CPU 会切换为 STOP 操作状态。更多信息，请参见“PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障时主 CPU 发生故障 (页 161)”部分。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电或重新连接断开的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆”部分。

5.4.5 S7-1500H 特定冗余案例

5.4.5.1 S7-1500H 中的一条冗余连接故障

简介

在以下冗余案例中，将以 PROFINET 环网为例介绍 S7-1500H 上的冗余连接发生故障时所导致的结果。

冗余案例

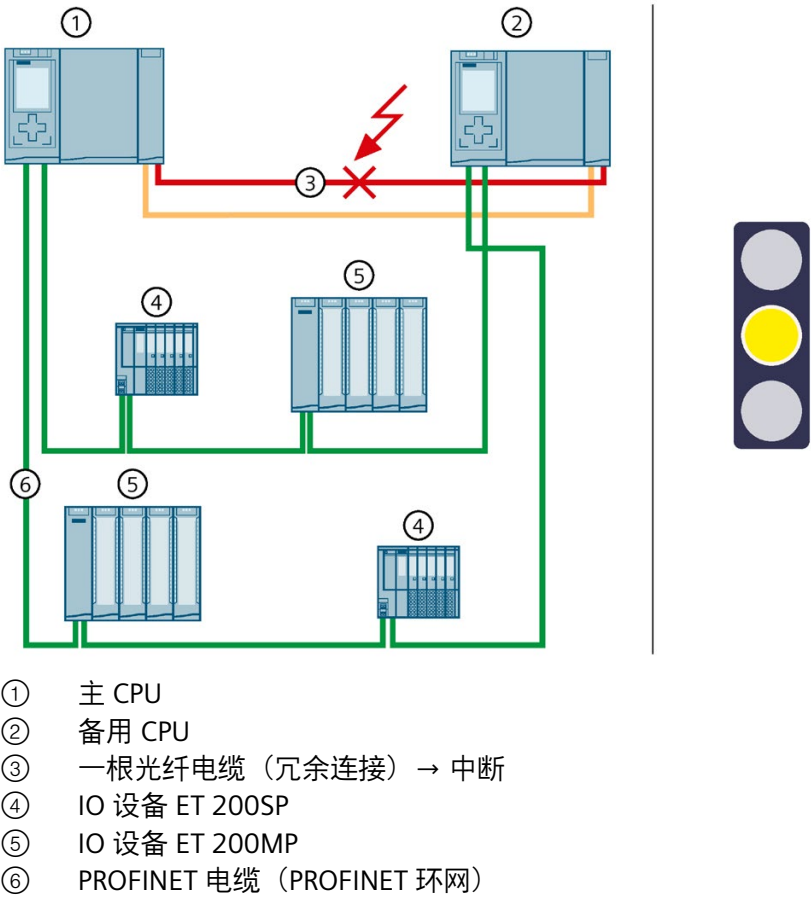


图 5-27 冗余连接故障

事件顺序

1. 两个冗余连接（光纤电缆）中的一个中断。
2. 系统继续与 IO 设备进行过程数据交换。
3. 系统冗余受到限制。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。但该限制对此过程无影响。

诊断

冗余连接故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统中只剩余一个冗余连接。



警告

冗余系统故障

如果除冗余连接之外，主 CPU 也发生故障，备用 CPU 会切换为 STOP 操作状态。更多信息，请参见“S7-1500H 中的一个冗余连接和主 CPU 故障 (页 166)”部分。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

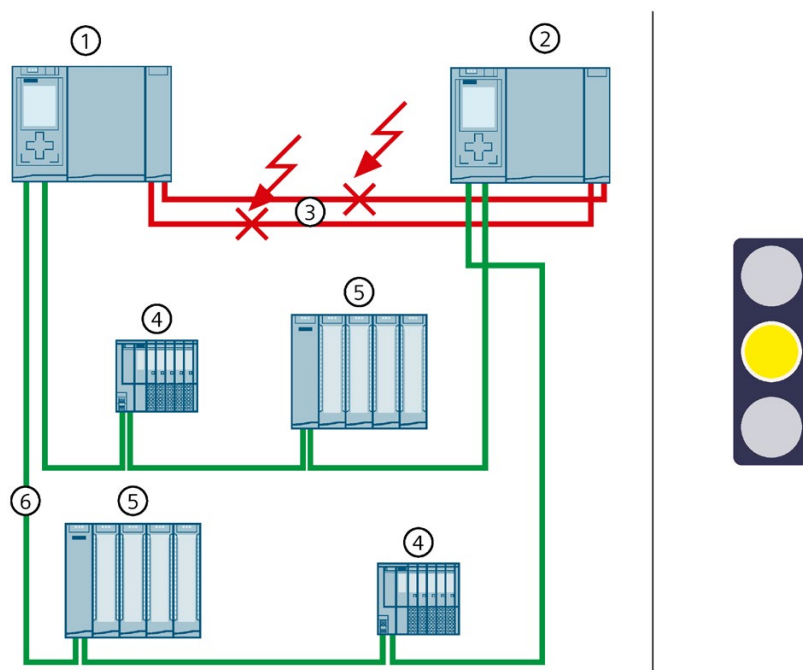
更换故障的冗余连接。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”部分。

5.4.5.2 S7-1500H 中的两个冗余连接均发生故障（间隔超过 55 ms）

简介

在以下冗余案例中，以 PROFINET 环网为例介绍了 S7-1500H 中两条冗余连接均发生故障时所导致的结果。在该冗余场景下，两次冗余连接故障的间隔大于 55 ms。

冗余案例



- ① 主 CPU (S7-1500H)
- ② 备用 CPU (S7-1500H)
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）→ 中断
- ④ IO 设备 ET 200MP
- ⑤ IO 设备 ET 200SP
- ⑥ PROFINET 电缆（PROFINET 环网）

图 5-28 两个冗余连接均发生故障（间隔大于 55 ms）

事件顺序

1. 两个冗余连接（光纤电缆）中断，间隔大于 55 ms。
2. 冗余系统切换为 RUN-Solo 系统状态。主 CPU 保持在 RUN 操作状态下。备用 CPU 切换为 STOP 操作状态。
3. 主 CPU 将继续与 IO 设备进行过程数据交换。
4. 系统冗余受到限制。此限制对过程没有任何影响。
如果另一系统组件或另一网段发生故障，可能导致 S7-1500R/H 冗余系统故障。更多信息，请参见“故障案例 (页 152)”部分。

诊断

两个冗余连接均发生故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。
- 备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的冗余连接。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”部分。

5.4.5.3 PROFINET 环网中的两个冗余连接和 PROFINET 电缆均发生故障

简介

以下冗余场景介绍了 PROFINET 中的两条冗余连接和 PROFINET 电缆均发生故障时会带来的影响。
在该冗余场景下，两次冗余连接故障的间隔大于 55 ms。

冗余案例

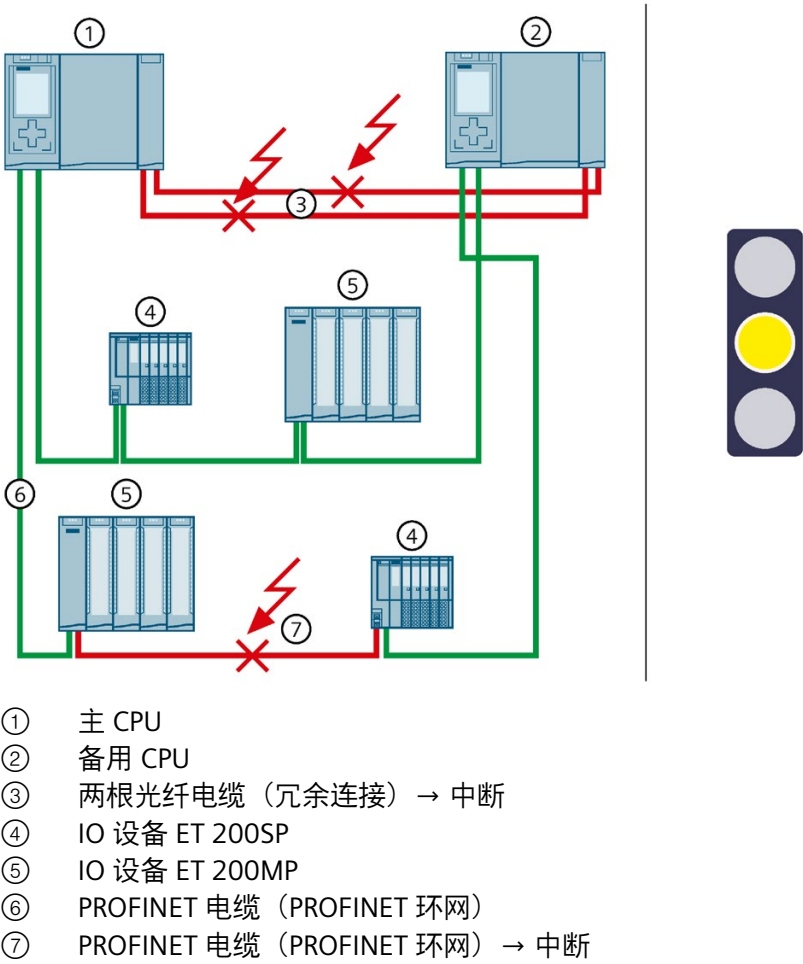


图 5-29 PROFINET 环网中的两个冗余连接和 PROFINET 电缆均发生故障

事件顺序

1. 冗余系统中的两个冗余连接（光纤电缆）均发生故障。两次故障的间隔时间大于 55 ms。
2. 冗余系统切换为 RUN-Solo 系统状态。主 CPU 保持在 RUN 操作状态下。备用 CPU 切换为 STOP 操作状态。
3. PROFINET 电缆故障，将导致 PROFINET 环网断开。
4. 冗余系统可通过备用 PROFINET 电缆，重新访问 PROFINET 环网中的所有 IO 设备。
5. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。

诊断

荣誉连接和 PROFINET 电缆故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开（要求：主 CPU 是 MRP 管理器）。
- 备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的冗余连接和故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见以下部分：

- “更换故障的冗余连接 (页 396)”
- “更换故障的 PROFINET 电缆”

5.4.5.4 备用 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障

简介

在以下冗余案例中，将介绍备用 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆发生故障时所导致的结果。

冗余案例

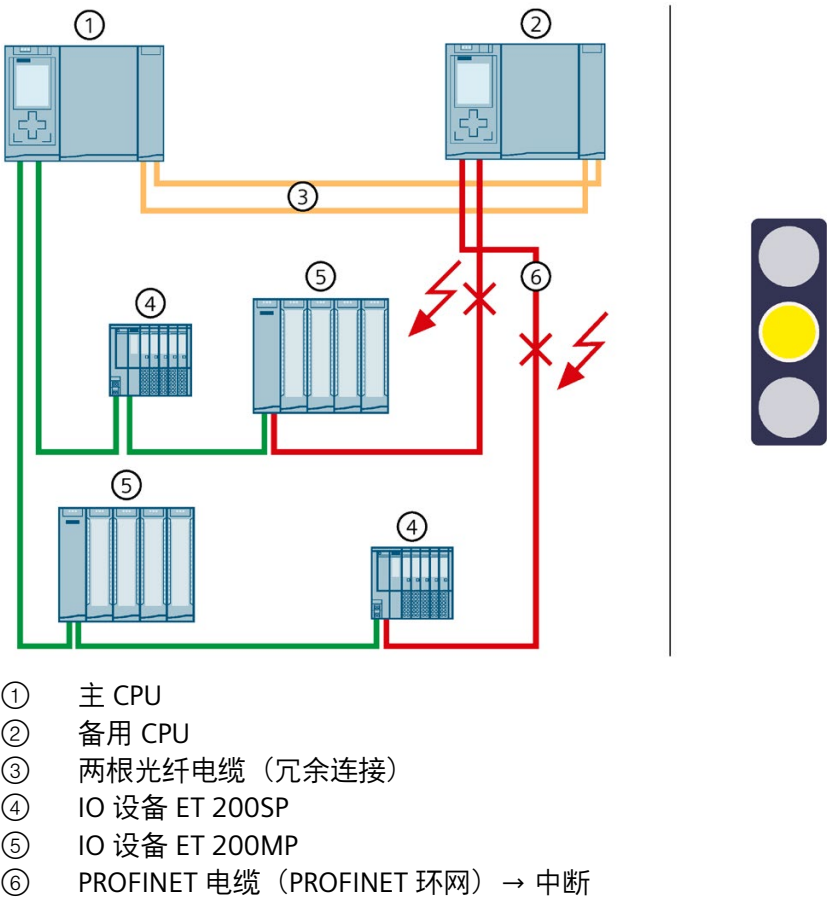


图 5-30 备用 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障

事件顺序

1. 备用 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障。
2. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。
3. 冗余系统可继续访问 PROFINET 环网中的所有 IO 设备。
4. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。

诊断

备用 CPU 上两根 PROFINET 电缆故障后的系统状态、工作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网断开。无备用 AR。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。

5.4.5.5 PROFINET 环网中 R1 设备中的接口模块故障

简介

以下冗余案例描述了 PROFINET 环网中 R1 设备的接口模块故障的影响。

冗余案例

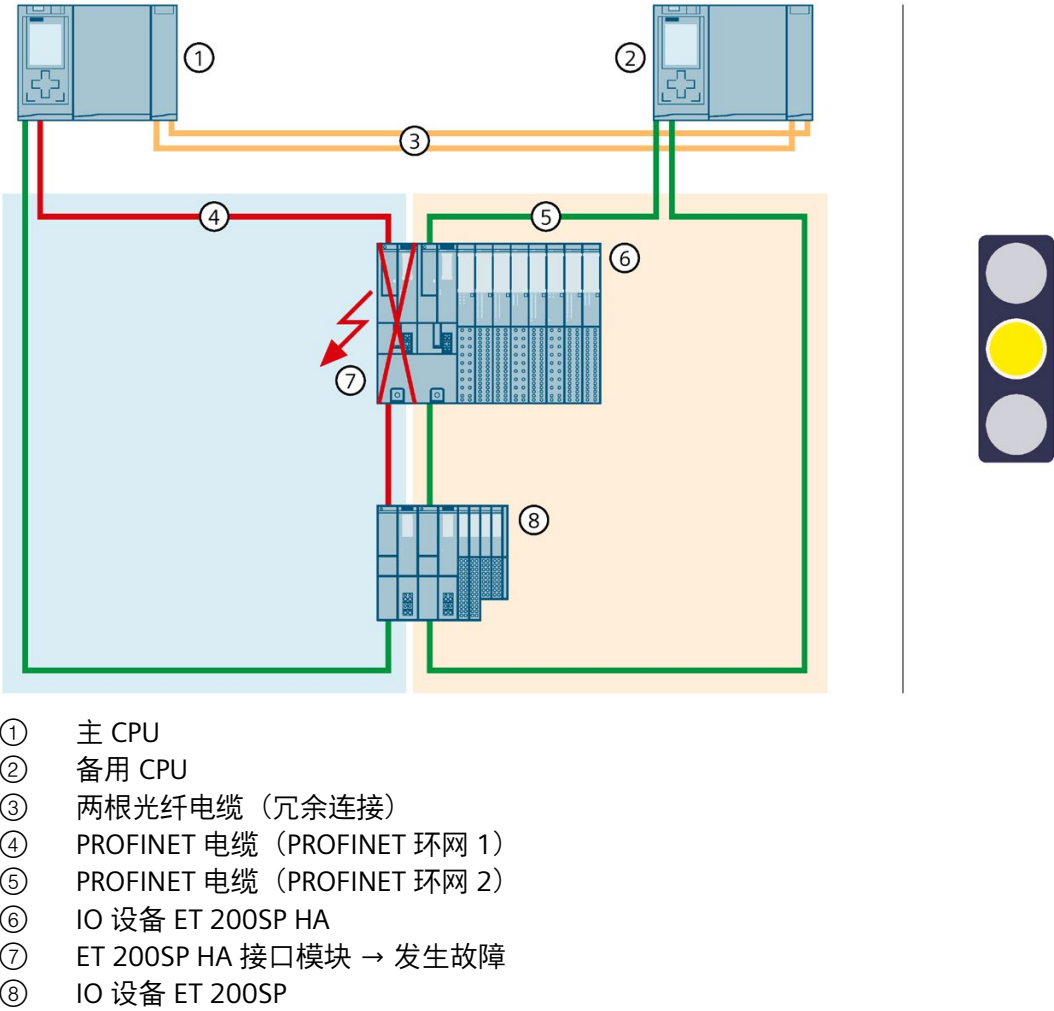


图 5-31 PROFINET 环网中 R1 设备中的接口模块故障

事件顺序

1. R1 设备的左侧接口模块（插槽 0）在 PROFINET 环网 1 中发生故障并中断 PROFINET 环网 1。
2. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下：主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。主 CPU 和备用 CPU 的角色不会更改。
3. 冗余系统选择基于备用 CPU 和 PROFINET 环网 2 的替代连接。这允许冗余系统访问 R1 设备（通过插槽 1 的右侧接口模块）。
4. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。如果另一个系统组件发生故障，S7-1500R/H 冗余系统可能会因此发生故障。

诊断

接口模块故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：接口模块故障。PROFINET 环网 1 断开。无备用 AR。

说明

诊断显示存在偏差

如果移除 R1 设备的接口模块，则另一个接口模块会报错，即 ERROR LED 将呈红色闪烁。尽管 LED 指示灯显示错误，但因为 R1 设备的第二个接口模块会接管工作，所以过程也不会受到影响。

在 STEP 7 在线诊断中，R1 设备仅显示为“要求维护，下级组件出错”(Maintenance demanded, error in lower-level component)。原因是 R1 设备和 H-CPU 在诊断上的视野范围不同。

IO 设备仅面向本地，因此会指示缺少模块。而 H-CPU 的视野范围更大，两个接口模块的冗余将纳入考量。而由于存在冗余，诊断信息的严重程度更低。

因此，在评估诊断信息时，请不要只注意设备 LED 指示灯提示的错误。为全面评估诊断信息，还必须查看 STEP 7 在线诊断并评估诊断缓冲区。更多相关信息，请参见《诊断 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192926>)》功能手册。

解决方法

更换 R1 设备有故障的接口模块。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障的 I/O 设备/交换机 (页 403)”部分。

5.4.5.6 R1 设备主 CPU 的 PROFINET 环网中的两条 PROFINET 线路故障

简介

在以下冗余案例中，将介绍 R1 设备主 CPU 的 PROFINET 环网 1 中的两条 PROFINET 线路发生故障时所导致的结果。

故障案例

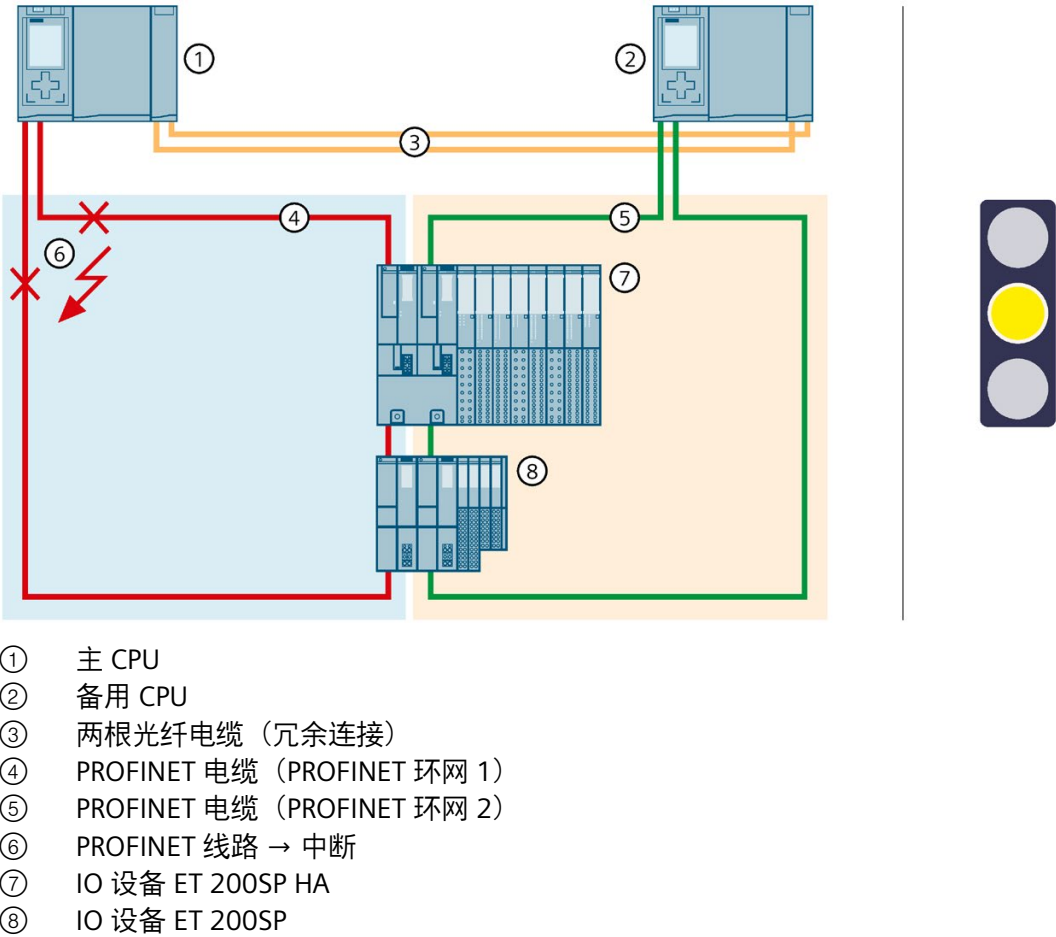


图 5-32 主 CPU 的 PROFINET 环网 1 中的两条 PROFINET 线路故障。

事件顺序

1. 主 CPU 的 PROFINET 环网 1 中的两条 PROFINET 线路故障。冗余系统将不会执行主-备用切换。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。
2. 冗余系统选择基于备用 CPU 和 PROFINET 环网 2 的替代连接。这允许冗余系统再次访问 R1 设备。
3. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。如果另一个系统组件发生故障，S7-1500R/H 冗余系统可能会因此发生故障。

诊断

两根 PROFINET 电缆故障后的系统状态、工作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网 1 断开。无备用 AR。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。

5.4.5.7 线型拓扑中两个 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路故障

简介

以下冗余案例描述了线型拓扑中两个 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路故障的影响。

冗余案例

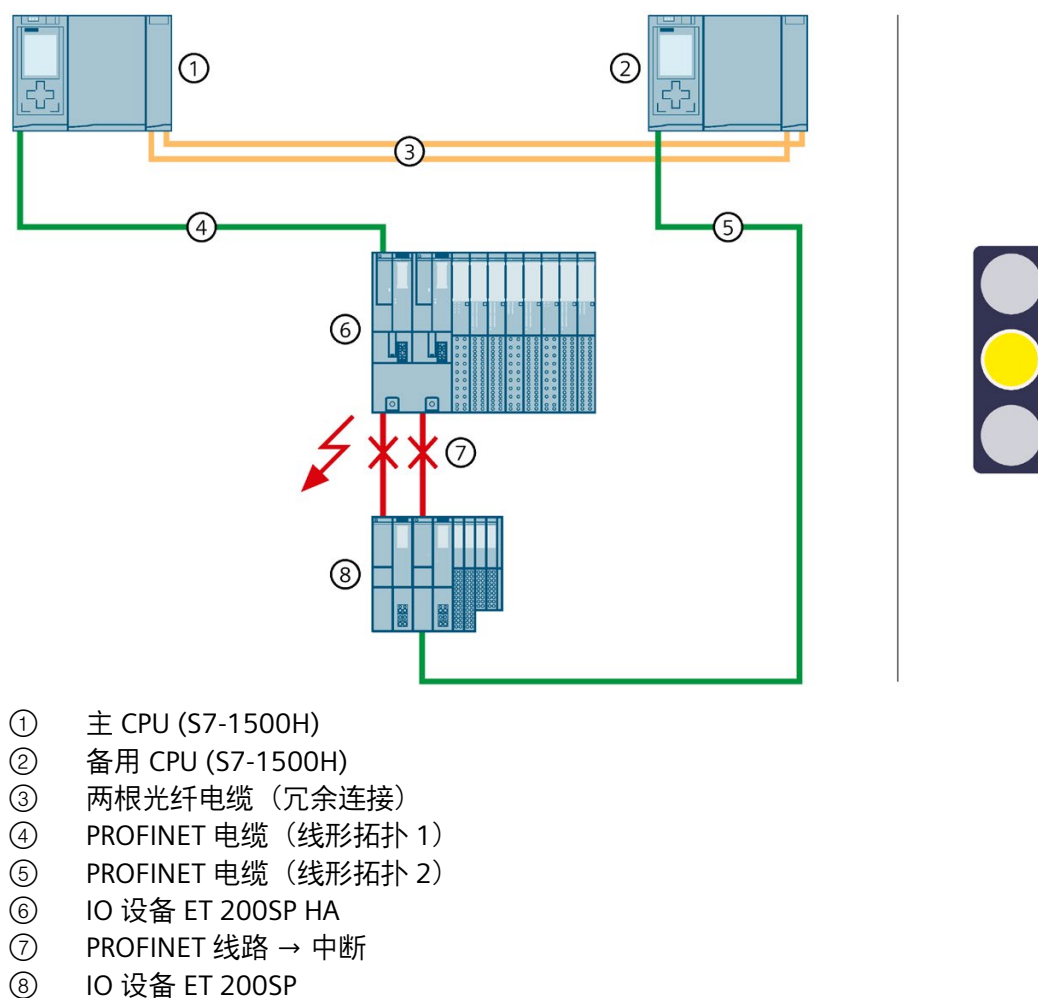


图 5-33 线型拓扑中两个 R1 设备之间的两条 PROFINET 线路故障

事件顺序

1. R1 设备之间的两条 PROFINET 线路均出现故障。
2. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下：主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。主 CPU 和备用 CPU 的角色不会更改。
3. 冗余系统通过备用 CPU 选择与较低级别 R1 设备的替代连接。这允许冗余系统再次访问线型拓扑中的所有 IO 设备。
4. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。
如果另一个系统组件或其它网段发生故障，S7-1500R/H 冗余系统可能会因此发生故障：
如果 PROFINET 电缆在线型拓扑中的另一点也中断，则 IO 设备将发生故障。

说明

PROFINET 线路的单独路由

布置 PROFINET 电缆时，请确保始终将 PROFINET 电缆在 R1 设备之间和 H-CPU 之间单独布置。这样，同时损坏的可能很低，并增加了冗余系统的可用性。

诊断

两根 PROFINET 电缆故障后的系统状态、工作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：无备用 AR。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换两个 PROFINET 线路。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。

5.4.5.8 线型拓扑中两个 S2 设备之间的 PROFINET 线路故障

简介

以下冗余案例描述了线型拓扑中两个 S2 设备之间的一条 PROFINET 线路故障的影响。

冗余案例

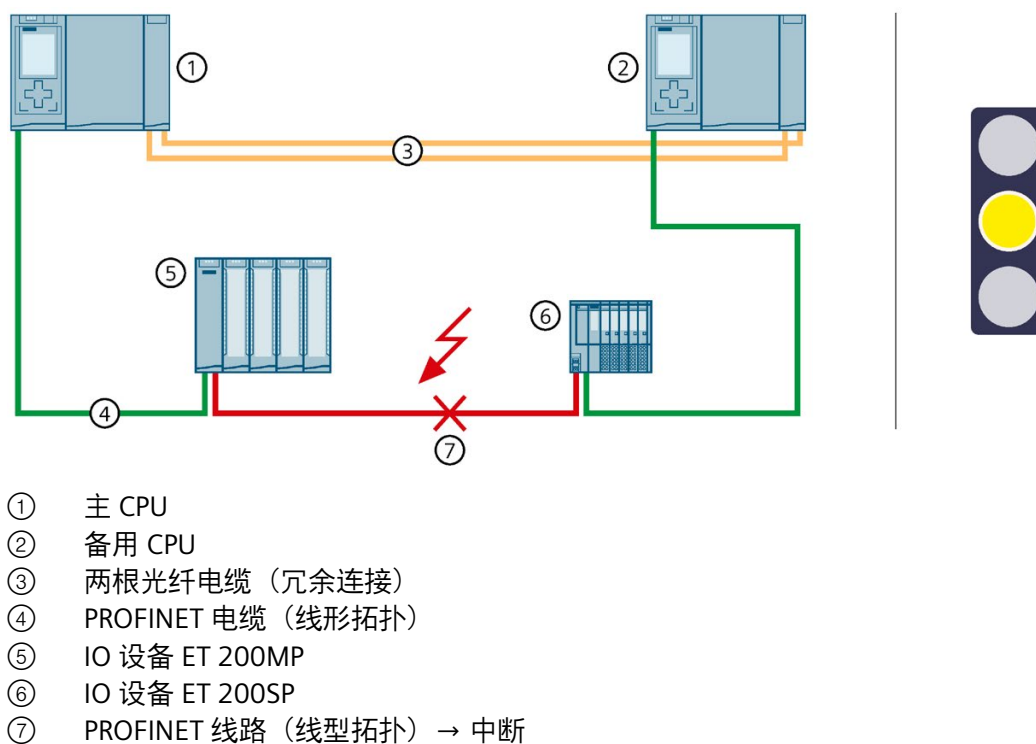


图 5-34 线型拓扑中两个 S2 设备之间的 PROFINET 线路故障

事件顺序

1. 两个 S2 设备之间的 PROFINET 线路出现故障。
2. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下：主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。
3. 冗余系统通过备用 CPU 选择与 ET 200SP 的替代连接。这允许冗余系统再次访问线型拓扑中的所有 IO 设备。
4. 系统冗余受到限制。但该限制对此过程无影响。
如果另一个系统组件或其它网段发生故障，S7-1500R/H 冗余系统可能会因此发生故障：
如果 PROFINET 电缆在线型拓扑中的另一点也中断，则 IO 设备将发生故障。

诊断

PROFINET 电缆故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：无备用 AR。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。

5.5 故障案例

简介

在本章节中，将介绍不同组态方式中可能发生的故障案例。故障将引发各种过程限制。在以下示例中，该冗余系统将不再继续支持容错功能。

以下约定适用：



系统冗余失败。
该故障将影响此过程。

图 5-35 红色交通信号灯

5.5.1 PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障

简介

在以下故障案例中，将介绍 PROFINET 环网中 IO 设备发生故障时造成的影响。

故障案例

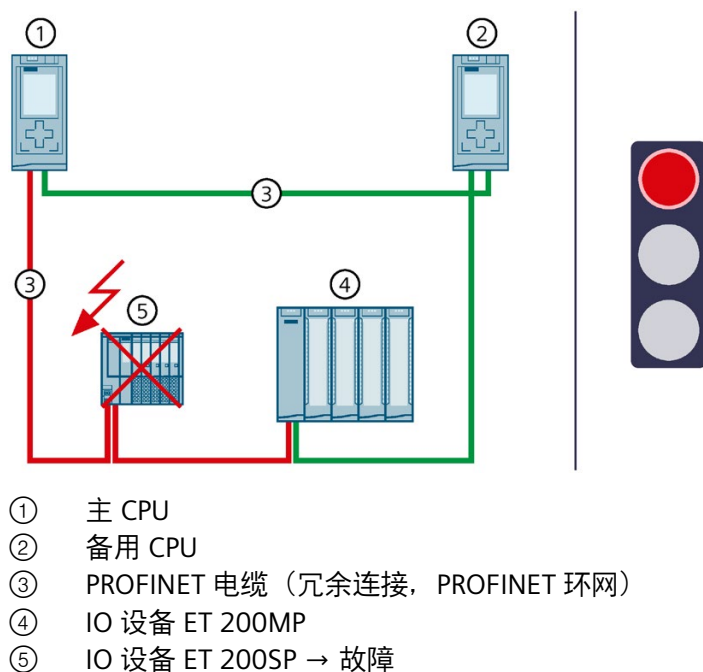


图 5-36 PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障。
2. PROFINET 环网中断。
3. 冗余系统将通过备用连接，与备用 CPU 进行连接。这样，冗余系统便可再次访问 PROFINET 环网中剩余的所有 IO 设备。
4. IO 设备故障会影响过程。如果发生故障的输入和输出在系统中具有重要功能，其故障会严重影响过程。

诊断

IO 设备发生故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网断开。单一冗余连接可用。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：IO 设备故障。

 **警告**

冗余系统故障

如果除 PROFINET 电缆之外，主 CPU 也发生故障，备用 CPU 会切换为 STOP 操作状态。更多信息，请参见“PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障时主 CPU 发生故障 (页 161)”部分。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

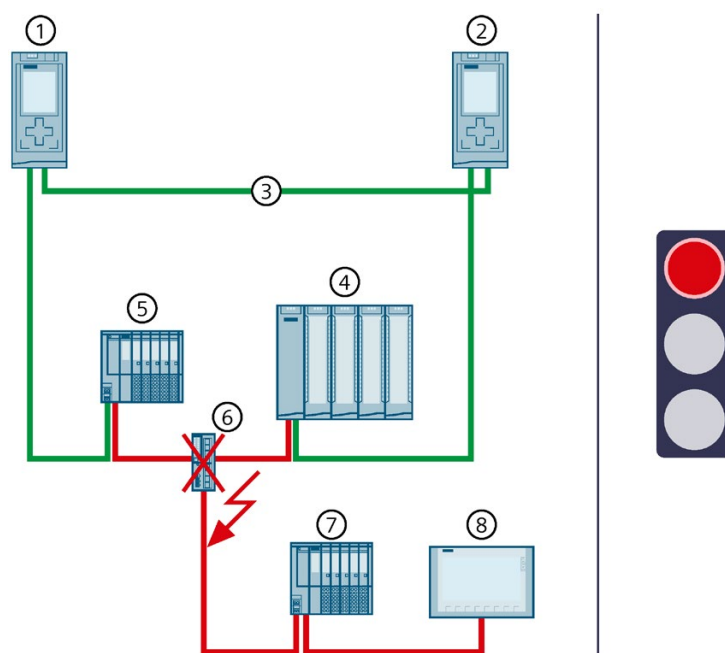
更换故障的 IO 设备。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障的 I/O 设备/交换机 (页 403)”部分。

5.5.2 PROFINET 环网中的交换机（采用额外的线型拓扑）发生故障

简介

在以下故障案例中，将介绍 PROFINET 环网中交换机（采用额外的线型拓扑）发生故障时造成的影响。

故障案例



- ① 主 CPU
- ② 备用 CPU
- ③ PROFINET 电缆（冗余连接，PROFINET 环网）
- ④ IO 设备 ET 200MP
- ⑤ IO 设备 ET 200SP
- ⑥ 交换机 → 故障
- ⑦ IO 设备 ET 200SP
- ⑧ HMI 设备

图 5-37 PROFINET 环网中的交换机故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. PROFINET 环网中的交换机（采用额外的线型拓扑）发生故障。
2. PROFINET 环网中断。
3. 适用情况下，冗余系统会选择 IO 设备的其它连接 ④ 和 ⑤ 切换到备用 CPU。这样，冗余系统即可重新访问 PROFINET 环网中的所有 IO 设备。
4. 由于不能继续访问额外线型拓扑中的 IO 设备，因此交换机故障会影响过程。如果发生故障的输入和输出在系统中具有重要功能，其故障会严重影响过程。

诊断

交换机故障后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网断开。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：一个或多个 IO 设备故障。

 **警告**

冗余系统故障

如果除 PROFINET 电缆之外，主 CPU 也发生故障，备用 CPU 会切换为 STOP 操作状态。更多信息，请参见“PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障时主 CPU 发生故障 (页 161)”部分。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的交换机。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障的 I/O 设备/交换机 (页 403)”部分。

5.5.3 S7-1500R 特有的故障案例

5.5.3.1 S7-1500R 中的 PROFINET 环网中有两处电缆中断（间隔大于 1500 ms）

简介

在以下故障案例中，将介绍 PROFINET 环网中两处电缆断开时造成的影响。在此故障案例中，两次电缆断开的间隔大于 1500 ms。

故障案例

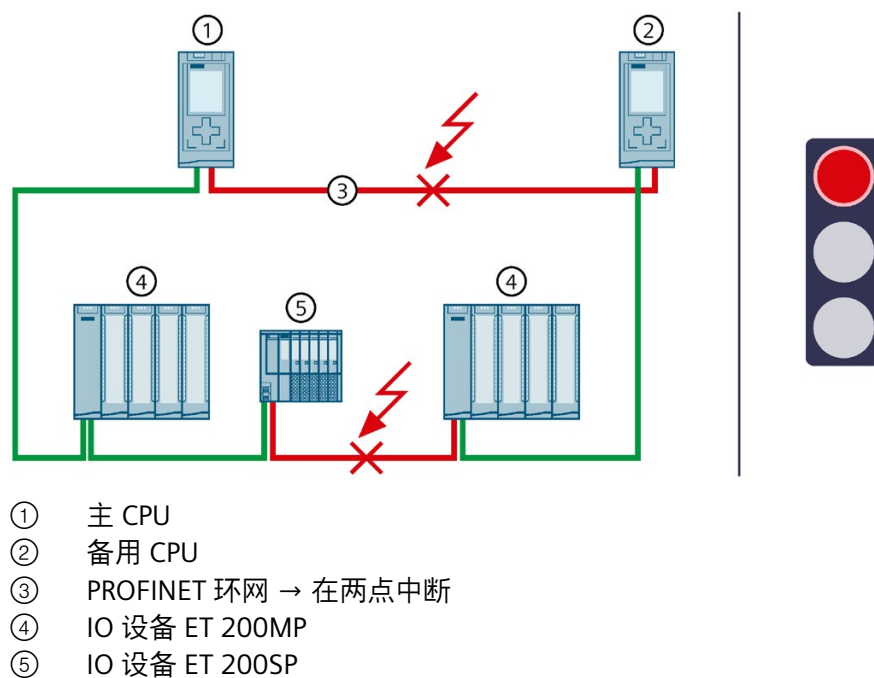


图 5-38 PROFINET 环网中有两处电缆中断（间隔大于 1500 ms）

事件顺序

1. PROFINET 环网在一点中断。
2. 冗余系统将保持为 RUN-Redundant 系统状态。主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 操作状态。
3. PROFINET 环网在超出 1500 ms 后的 1 秒内断开。
4. 冗余系统切换为 RUN-Solo 系统状态。主 CPU 保持在 RUN 操作状态下。备用 CPU 切换为 STOP 操作状态。
5. CPU 冗余故障。故障对过程产生影响。RUN-Solo 系统状态和电缆中断表示并非 PROFINET 环网中的所有 IO 设备均可访问。
如果发生故障的输入和输出在系统中具有重要功能，其故障会严重影响过程。

诊断

电缆中断后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。R 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：一个或多个 IO 设备无法访问。
- 备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。R 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”部分。

5.5.3.2 S7-1500R 中的 PROFINET 环网中有两处电缆中断（间隔不超过 1500 ms）

简介

在以下故障案例中，将介绍 PROFINET 环网中两处电缆断开时造成的影响。在此故障案例中，两次电缆中断的间隔不超过 1500 ms。

故障案例

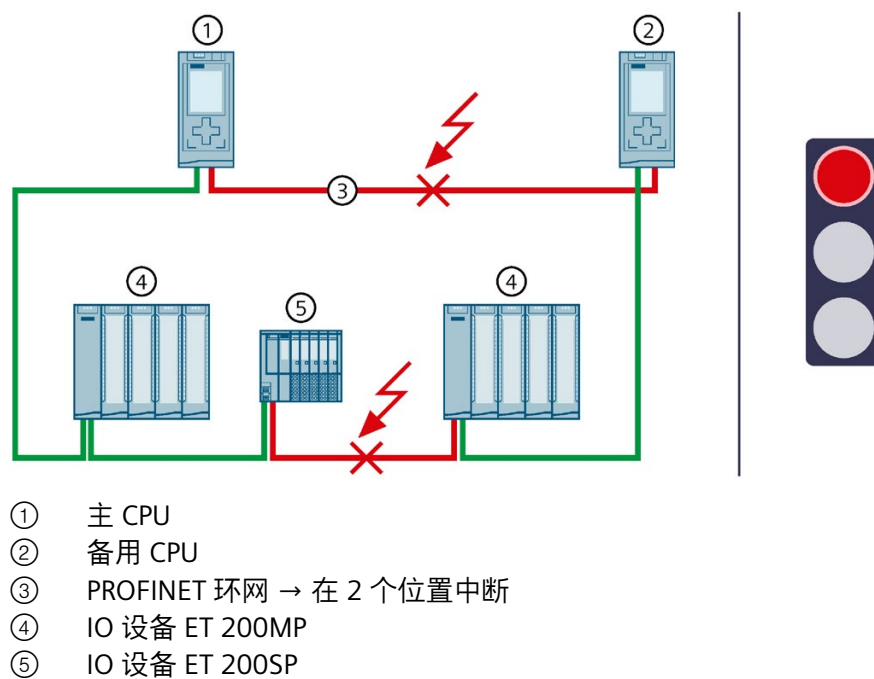


图 5-39 PROFINET 环网中有 2 处电缆中断（间隔不超过 1500 ms）

事件顺序

- 1. PROFINET 环网 2 处中断的时间间隔不超过 1500 ms。
- 2. 冗余系统切换为未定义的系统状态：主 CPU 保持在 RUN 操作状态下。备用 CPU 成为主 CPU，并仍处于 RUN 操作状态。
- 3. 两个主 CPU 会继续与可访问的 IO 设备交换过程数据。
- 4. 系统冗余故障。冗余系统当前的系统状态未定义。未定义的系统状态可导致过程中存在危险状态。

 **警告**

S7-1500R 冗余系统将转入未定义的系统状态，同时 PROFINET 环网中有 2 处电缆断开（间隔不超过 1500 ms）

将 PROFINET 放置在免受损坏的安全位置。PROFINET 电缆始终应分开放置，以免 PROFINET 电缆同时损坏（在不超过 1500 ms 的时间内）。

诊断

电缆中断后的系统状态和操作状态：

- 冗余系统 → 系统状态错误（未定义：每个 R 系统处于 RUN-Solo 系统状态。）
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。R 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：IO 设备故障。
- 主 CPU（之前的备用 CPU） → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。R 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：IO 设备故障。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

请注意以下事项：

说明

更换故障的 PROFINET 电缆之前，必须将两个 R-CPU 切换为 STOP 操作状态。随后才能维修 PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆。之后，将 R-CPU 切换回 RUN 操作状态。

有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”部分。

5.5.3.3 PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障时主 CPU 发生故障

简介

在以下故障案例中，将介绍 PROFINET 环网中 IO 设备发生故障同时主 CPU 也发生故障时所造成的影响。

故障案例

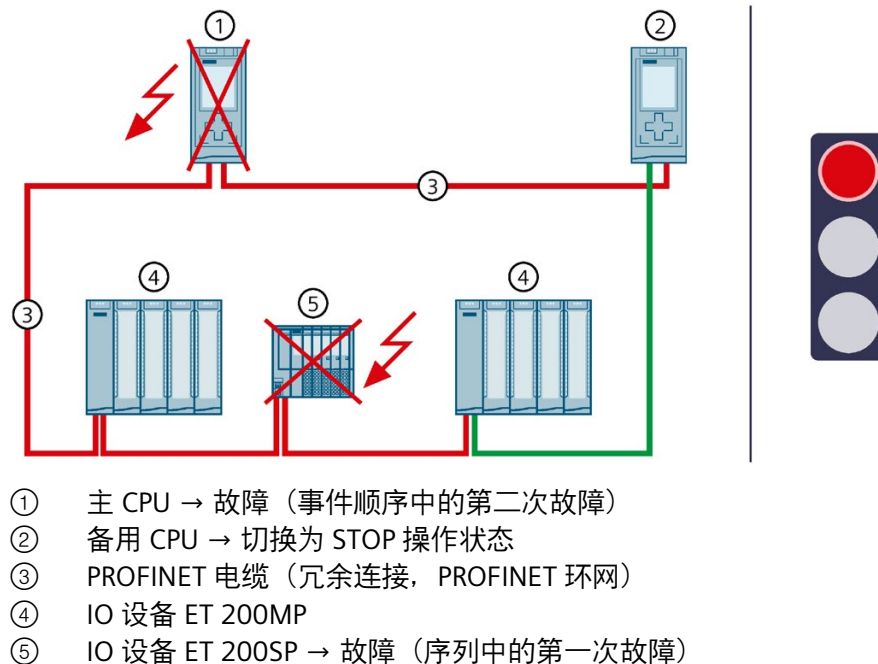


图 5-40 PROFINET 环网中的 IO 设备以及主 CPU 发生故障（以 S7-1500R 为例）

事件顺序

1. PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障。
2. 因此，PROFINET 环网中断。
3. 冗余系统将通过备用连接，与备用 CPU 进行连接。这样，冗余系统便可再次访问 PROFINET 环网中剩余的所有 IO 设备。
4. 主 CPU 也发生故障。
5. 冗余系统不会切换为使用备用 CPU，并会切换为 STOP 系统状态。备用 CPU 的角色保持不变。

说明

备用 CPU 无法区分以下情形：

- 备用 CPU 无法继续访问主 CPU，因为主 CPU 已发生故障。
- 另一冗余连接也已中断，且主 CPU 可能仍在运行。

因此，备用 CPU 不会接管为主 CPU，从而防止转入未定义的系统状态。

6. 冗余系统已发生故障。过程不再由冗余系统控制。

诊断

PROFINET 环网中的 IO 设备发生故障后的系统状态、操作状态和错误显示以及备用 CPU 的 STOP 状态：

- 冗余系统 → STOP 系统状态
- 主 CPU → 故障
- 备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：R 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。R 系统中未找到伙伴 CPU。PROFINET 环网断开。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 IO 设备和故障的主 CPU。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 R/H CPU (页 394)”和“更换故障 I/O 设备/交换机 (页 403)”部分。

说明

如果已确信 CPU 在 STOP 操作状态下仍在工作并可访问所有重要 IO 设备，请执行以下操作：

1. 更换故障的 IO 设备。
 2. 将处于 STOP 操作状态的 CPU 切换为 RUN 操作状态。
 3. 更换故障的 CPU。将新 CPU 切换为 RUN 操作状态。
-

5.5.4 S7-1500H 特有的故障案例

5.5.4.1 S7-1500H 中的两个冗余连接均发生故障（间隔未超过 55 ms）

简介

以下故障案例以 PROFINET 环网为例描述了 S7-1500H 上的两个冗余连接出现故障时的影响。在此故障场景中，发生冗余连接故障的时间间隔未超过 55 ms。

故障案例

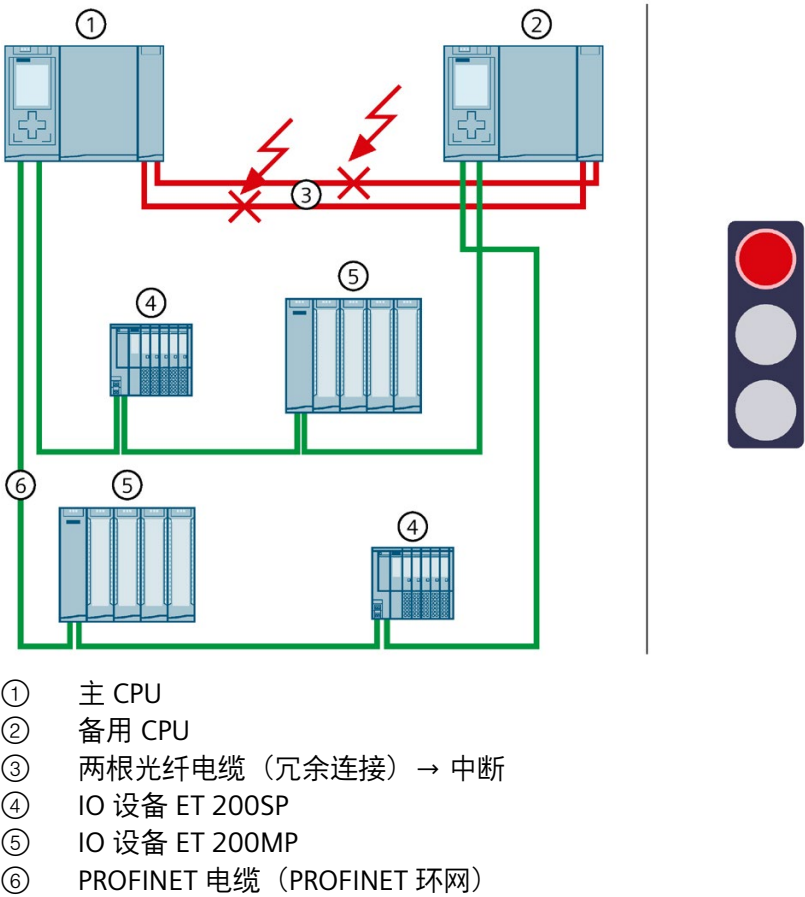


图 5-41 两个冗余连接故障

事件顺序

1. 两个冗余连接（光纤电缆）中断，间隔未超过 55 ms。
2. 冗余系统切换为未定义的系统状态：主 CPU 保持在 RUN 操作状态下。备用 CPU 成为主 CPU，并仍处于 RUN 操作状态。
3. 两个主 CPU 会继续与 PROFINET 设备交换过程数据。
4. 系统冗余故障。冗余系统当前的系统状态未定义。未定义的系统状态可导致过程中存在危险状态。



警告

S7-1500H 冗余系统处于未定义的系统状态，两个冗余连接同时中断，间隔未超过 55 ms。

铺设冗余连接时，应保护好光纤电缆，以免损坏。放置电缆时，还应确保两个冗余连接始终彼此分隔。这样，可避免冗余连接同时损坏（间隔时间小于 55 ms）。

诊断

两个冗余连接均发生故障后的系统状态和操作状态：

- 冗余系统 → 系统状态错误（未定义：每个 H 系统处于 RUN-Solo 系统状态）。
- 主 CPU → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。
- 主 CPU（之前的备用 CPU） → RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

5.5 故障案例

解决方法

请注意以下事项：

说明

更换故障的冗余连接之前，必须将两个 H-CPU 切换为 STOP 操作状态。之后，才能修复冗余连接。将 H-CPU 切换回 RUN 操作状态。

有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”部分。

5.5.4.2 S7-1500H 中的一个冗余连接和主 CPU 故障

简介

在以下故障案例中，以 PROFINET 环网为例介绍了 S7-1500H 中一条冗余连接以及主 CPU 发生故障时所导致的结果。在此故障场景中，冗余连接发生故障和主 CPU 发生故障的时间间隔超过 55 ms。

故障案例

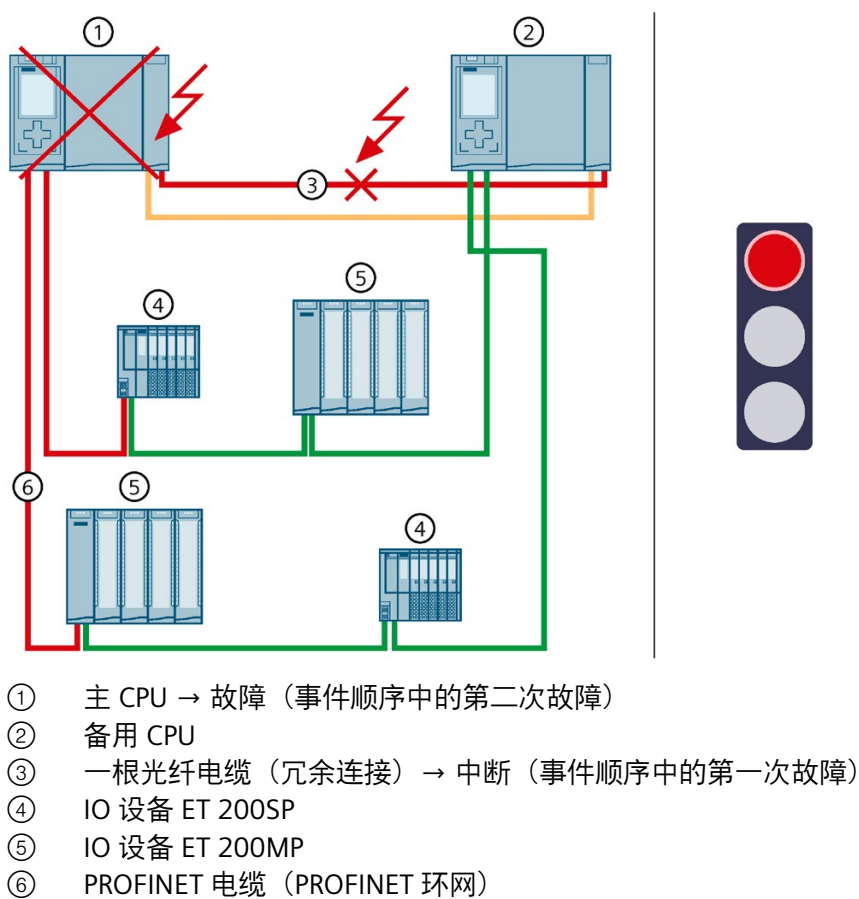


图 5-42 冗余连接和主 CPU 故障

事件顺序

1. 两个冗余连接中的一个中断。
2. 可用性受到限制。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。
3. 主 CPU 也发生故障。由于出现故障，备用 CPU 不能再与主 CPU 连接。
4. 冗余系统不会切换为使用备用 CPU，而是切换为 STOP 系统状态。备用 CPU 的角色保持不变。

说明

备用 CPU 无法区分以下情形：

- 备用 CPU 无法继续访问主 CPU，因为主 CPU 已发生故障。
- 另一冗余连接也已中断，且主 CPU 可能仍在运行。

因此，备用 CPU 不会接管为主 CPU，从而防止转入未定义的系统状态。

5. 系统冗余失败。过程不再由冗余系统控制。

诊断

冗余连接和主 CPU 发生故障后的系统状态和操作状态：

- 冗余系统 → STOP 系统状态
- 主 CPU → 故障
- 备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。H 系统中未找到伙伴 CPU。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的冗余连接和主 CPU。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障冗余连接 (页 396)”和“更换故障 R/H CPU (页 394)”部分。

5.5.4.3 主 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障

简介

在以下故障案例中，将介绍主 CPU 的 PROFINET 环网中的两条 PROFINET 线路发生故障时所导致的结果。

故障案例

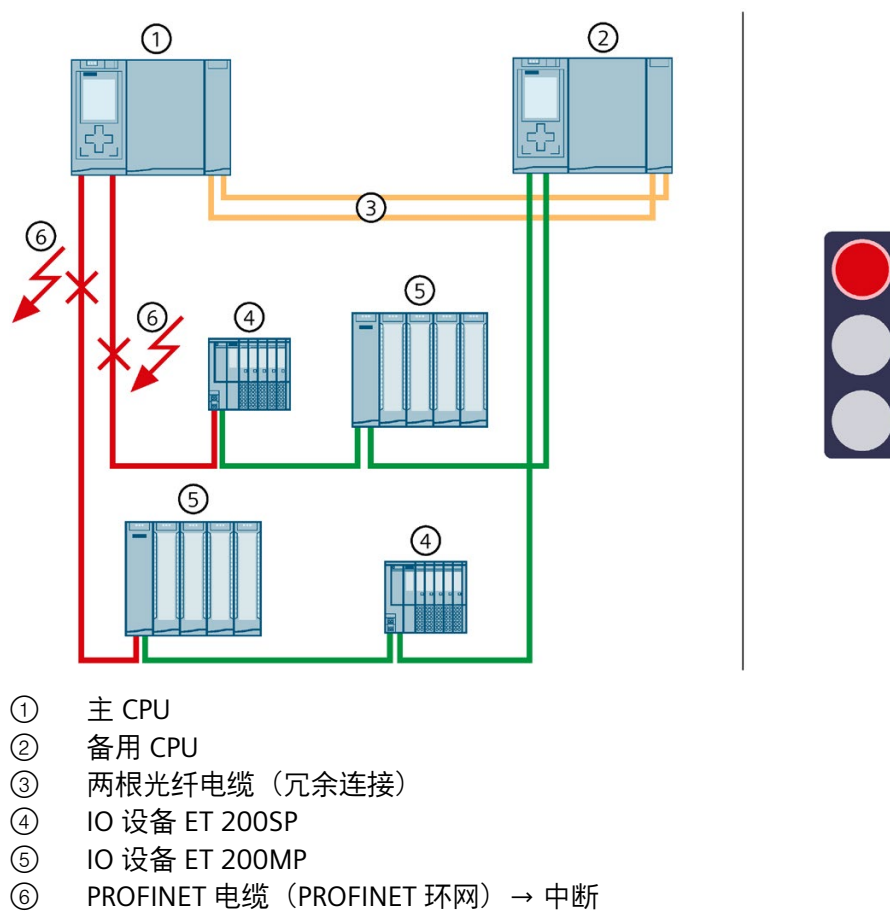


图 5-43 主 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障

事件顺序

1. 主 CPU 的 PROFINET 环网中的两根 PROFINET 电缆故障。冗余系统将不会执行主-备用切换。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。
2. 主 CPU 无法继续访问 PROFINET 环网中的 IO 设备。IO 设备将恢复替换值。
3. 两根 PROFINET 电缆发生故障都会影响该过程，因为主 CPU 无法继续访问 PROFINET 环网中的 IO 设备。

诊断

两根 PROFINET 电缆故障后的系统状态、工作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网断开。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：IO 设备故障。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。

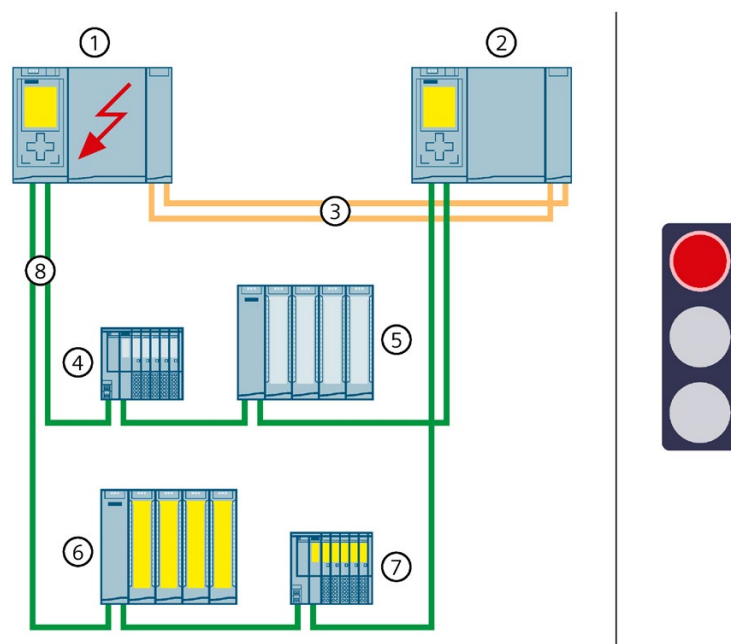
5.5.4.4 HF-CPU 的安全状态使冗余系统失效

简介

以下故障场景描述了集成故障安全功能 (CPU 1518HF-4 PN) 的安全程序中发生数据损坏的后果。在 PROFINET 环网中还存在使用安全故障模块的 IO 设备。

有关安全程序中数据损坏的更多信息, 请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》。

故障案例



- ① 主 CPU (CPU 1518HF-4 PN) → 安全程序中的数据因编程错误而损坏
- ② 备用 CPU (CPU 1518HF-4 PN)
- ③ 两根光纤电缆 (冗余连接)
- ④ IO 设备 ET 200SP
- ⑤ IO 设备 ET 200MP
- ⑥ 含故障安全模块的 ET 200MP IO 设备
- ⑦ 含故障安全模块的 ET 200SP IO 设备
- ⑧ PROFINET 电缆 (PROFINET 环网)

图 5-44 1518HF-4 PN CPU 的安全状态使冗余系统失效

5.5 故障案例

事件顺序

1. 主 CPU 安全程序中的数据因编程错误而损坏（如果使能输出 ENO 未连接，则 DIV 指令 = 0）。
2. 错误响应状态将所有故障安全输入/输出切换为安全状态。HF 系统随后切换为 STOP 系统状态。
3. 系统冗余失败。过程不再由冗余系统控制。

诊断

发生故障后系统状态、操作状态和错误的显示：

- 冗余系统 → STOP 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → STOP 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

检查用户程序（例如，通过标准用户程序对 F 数据进行写访问）。

5.5.4.5 R1 设备中的接口模块和 PROFINET 环网两个位置的 PROFINET 线路出现故障。

简介

以下故障案例描述了 R1 设备中的接口模块故障和 PROFINET 环网两个位置处的 PROFINET 线路故障的影响。

故障案例

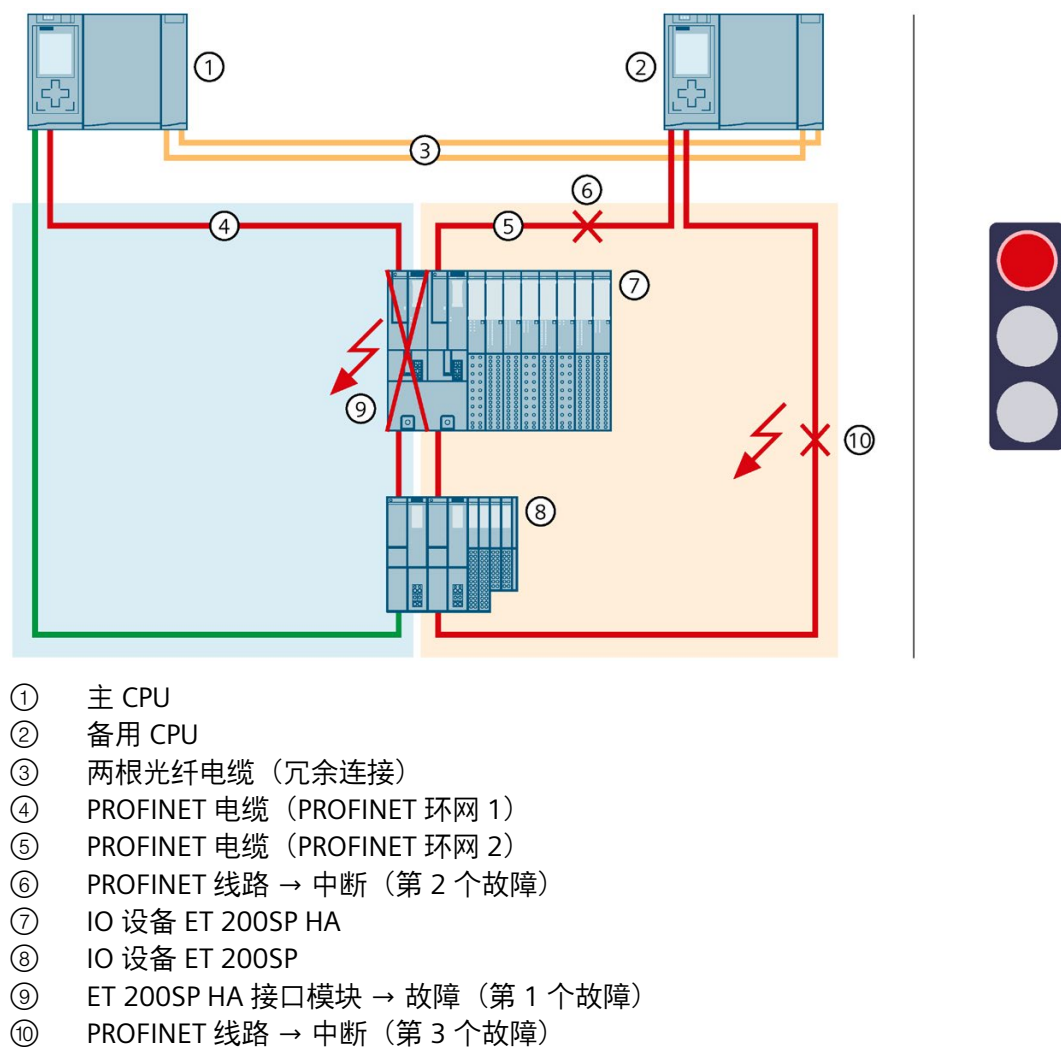


图 5-45 R1 设备中的接口模块和 PROFINET 环网两个位置的 PROFINET 线路出现故障。

事件顺序

1. R1 设备的左侧接口模块（插槽 0）在 PROFINET 环网 1 中发生故障并中断 PROFINET 环网 1。
2. 冗余系统选择基于备用 CPU 和 PROFINET 环网 2 的替代连接。这允许冗余系统访问 R1 设备（通过插槽 1 的右侧接口模块）。
3. 此外，从右侧接口模块（插槽 1）到备用 CPU 的 PROFINET 线路出现故障。
4. 冗余系统选择基于备用 CPU 和 PROFINET 环网 2 的替代连接。这允许冗余系统访问 R1 设备（通过插槽 1 的右侧接口模块）。
5. 此外，备用 CPU 的另一条 PROFINET 线路发生故障。
6. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下：主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。
7. 连接到备用 CPU 的另一条 PROFINET 线路出现故障会对过程产生影响，因为冗余系统不再访问上层 R 设备。IO 设备恢复替换值。

诊断

接口模块和两条 PROFINET 线路发生故障后的系统状态、操作状态和故障指示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：PROFINET 环网 1 断开。PROFINET 环网 2 断开。无备用 AR。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：一个或多个 IO 设备故障。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换 R1 设备有故障的接口模块和有故障的 PROFINET 线路。有关该过程的更多信息，请参见“更换有故障的 IO 设备/交换机”部分和“更换有故障的 PROFINET 电缆”部分。

5.5.4.6 PROFINET 环网中包含 R1、S2 和 S1 设备的主 CPU 发生故障

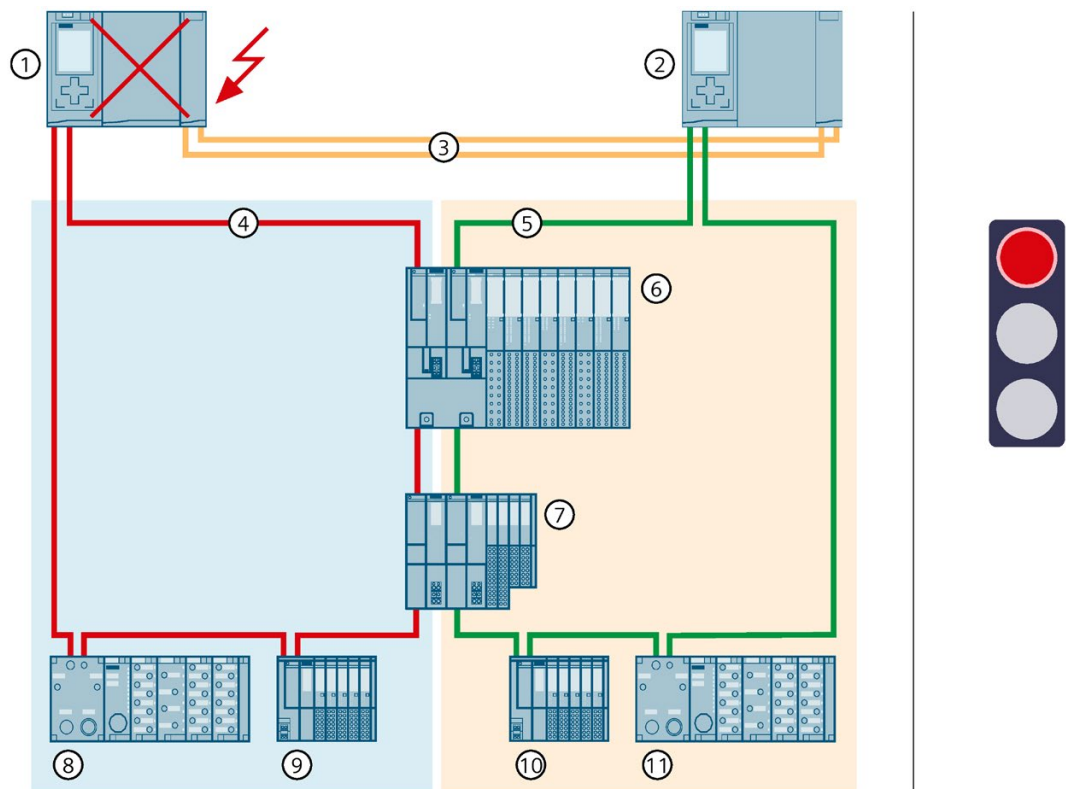
简介

以下故障案例描述了 PROFINET 环网中包含 R1、S2 和 S1 设备的主 CPU 故障的影响。

说明

如果 S2 设备只能由一个 CPU 访问，则 H-CPU 的默认操作模式“IO 设备 (S2)”会触发 MAINT 诊断。H-CPU 上的 MAINT LED 点亮。为防止 MAINT 诊断，必须将操作模式从“IO 设备 (S2)”更改为“IO 设备 (S1)”。可在 STEP 7 的“I/O 通信”(I/O communication) 视图中为每个 S2 设备设置参数操作模式。

故障案例



- ① 主 CPU → 故障
- ② 备用 CPU → 成为新的主 CPU
- ③ 两根光纤电缆（冗余连接）
- ④ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 1）
- ⑤ PROFINET 电缆（PROFINET 环网 2）
- ⑥ IO 设备 ET 200SP HA（R1 设备）
- ⑦ IO 设备 ET 200SP（R1 设备）
- ⑧ IO 设备 ET 200pro（S1 设备）→ 不再可访问，因为分配了 PROFINET 环网 1
- ⑨ IO 设备 ET 200SP（S2 设备，重新参数化为 S1 设备）→ 不再可访问，因为分配了 PROFINET 环网 1
- ⑩ IO 设备 ET 200SP（S2 设备，重新参数化为 S1 设备）
- ⑪ IO 设备 ET 200pro（S1 设备）

图 5-46 PROFINET 环网中包含 R1 和 S1 设备的主 CPU 发生故障

事件顺序

1. 冗余系统的主 CPU 在 RUN-Redundant 系统状态下发生故障。
2. 冗余系统切换为备用 CPU。备用 CPU 成为新的主 CPU。冗余系统切换到 RUN-Solo 系统状态。
3. PROFINET 环网 2 中的 R1 和 S1 设备仍可通过新的主 CPU 访问。
4. PROFINET 环网 1 中的 S1 设备不再被新的主 CPU 访问。S1 设备恢复为替换值。
5. 主 CPU 的故障会影响该过程，因为无法再从主 CPU 访问 PROFINET 环网 1 中的 S1 设备。

诊断

主-备用切换后的系统状态、操作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Solo 系统状态
- 主 CPU（之前的备用 CPU）→ RUN 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：H 系统未处于 RUN-Redundant 系统状态。冗余系统中未找到伙伴 CPU。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：一个或多个 IO 设备故障。
- 备用 CPU（之前的主 CPU）→ 故障

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 CPU。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 R/H CPU (页 394)”部分。

5.5.4.7 包含 S2 设备的线型拓扑中两个位置的 PROFINET 线路故障

简介

以下故障案例描述了包含 S2 设备的线型拓扑中两个点的 PROFINET 线路发生故障时造成的影响。

故障案例

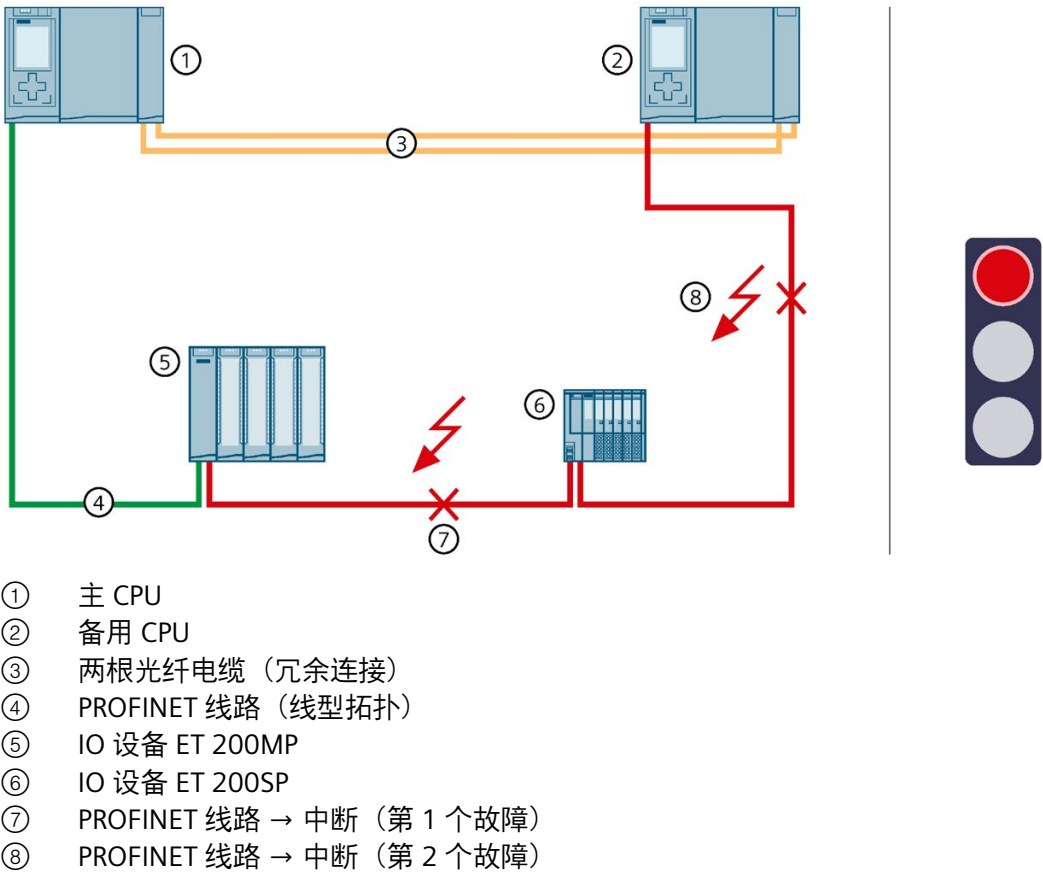


图 5-47 包含 S2 设备的线型拓扑中两个位置的 PROFINET 线路故障

事件顺序

1. 两个 IO 设备之间的 PROFINET 线路出现故障。
2. 冗余系统可继续访问线型拓扑中的所有 IO 设备。
3. 此外，备用 CPU 的 PROFINET 线路发生故障。
4. 冗余系统不再访问线型拓扑中的所有 IO 设备。这些 IO 设备恢复替换值。
5. 冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下：主 CPU 和备用 CPU 保持为 RUN-Redundant 工作状态。
6. 两条 PROFINET 线路的故障都会影响过程，因为线型拓扑中的 IO 设备不再可访问。

诊断

两根 PROFINET 电缆故障后的系统状态、工作状态和错误显示：

- 冗余系统 → RUN-Redundant 系统状态
- 主 CPU/备用 CPU → RUN-Redundant 操作状态
 - MAINT LED 指示灯 → 黄色点亮：无备用 AR。
 - ERROR LED 指示灯 → 红色闪烁：一个或多个 IO 设备故障。

说明

如需了解详细的诊断信息，请查看诊断缓冲区。

解决方法

更换故障的 PROFINET 电缆。有关这些操作步骤的更多信息，请参见“更换故障 PROFINET 电缆”部分。

5.6 硬件配置

适用于 R/H-CPU 的模块

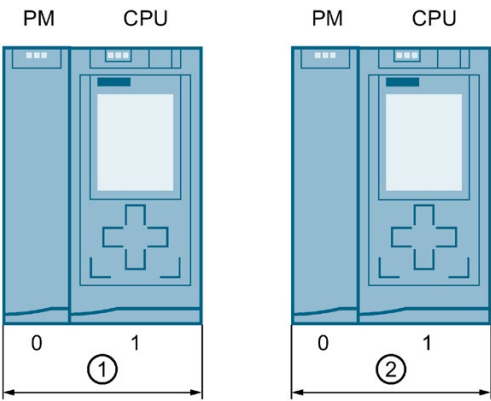
R/H-CPU 的集成系统电源提供操作所需的电源。此外，还可以使用负载电流电源。

下表列出了各 R/H-CPU 插槽中可插入的模块：

表格 5- 5 最大组态

模块类型	最大模块数量，主 CPU (安装导轨)	最大模块数量，备用 CPU (安装导轨)
负载电流电源 (PM) ¹⁾	无限制	无限制
CPU	1	1

1) 不连接到背板总线。



- ① 可选负载电流电源和第一个 R/H-CPU
- ② 可选负载电流电源和第二个 R/H-CPU

图 5-48 插槽号分配

冗余系统中的最大 PROFINET 设备、IO 设备数

下表列出了冗余系统中的最大 PROFINET 设备、IO 设备数。

表格 5- 6 冗余系统中的 PROFINET 设备、IO 设备数

最大设备数	最大 S7-1500R 数	最大 S7-1500H 数
R/H 系统 PROFINET 环网中的最大 PROFINET 设备数 最大数量包含已组态的交换机、S7-1500R/H CPU、S7-1500 CPU（V2.5 或更高版本）、HMI 设备和 IO 设备。不包括介质转换器。	50（建议 16） ¹⁾	50
R/H CPU 上的最大可连接 IO 设备数	64	256

- ¹⁾ 建议：PROFINET 环网中的设备数量会影响 S7-1500R 系统的可用性。PROFINET 环网中的 PROFINET 设备（包括 R-CPU）数量不得超过 16 个。如果在 PROFINET 环网中运行的设备数明显高于该值，可用性会降低。

本文档中的技术规范基于建议的环网中 S7-1500R 可连接 PROFINET 设备的最大数量，即 16 个。

5.7 使用 HMI 设备

简介

可为 S7-1500R/H 冗余系统和 S7-1500 自动化系统使用相同的 HMI 设备。

如果在包含 S7-1500R 的 PROFINET 环网中使用 HMI 设备，那么这些 HMI 设备必须支持介质冗余。此外，还建议使用“H-Sync 转发”功能。

如果在包含 S7-1500H 的 PROFINET 环网中使用 HMI 设备，那么这些 HMI 设备必须支持介质冗余。

使用组态和编程软件（工程师站）将 HMI 组态传送到 HMI 设备。

可通过系统 IP 地址将 HMI 设备连接到冗余系统。可在 PROFINET 环网范围内和范围之外连接到冗余系统。假定已激活系统 IP 地址并在 HMI 设备的连接组态中选择该地址，那么，在 RUN-Redundant、RUN-Solo 和 STOP 系统状态下，HMI 始终会通过系统 IP 地址与主 CPU 进行通信。

如果主 CPU 角色切换到另一 CPU，HMI 设备的通信关系也会切换到另一（主）CPU。

还可以使用设备 IP 地址代替系统 IP 地址将 HMI 设备连接至 R/H-CPU。随后，HMI 设备仅会与所连接的 CPU 进行通信。

通过设备代理数据交换数据时，请确保已为 PROFINET 接口分配正确的 IP 地址和系统 IP 地址。有关设备代理数据的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

根据 CPU 1518HF-4 PN/CPU 1517H-3 PN/CPU 1515R-2 PN 的示例，通过工业以太网和 PROFINET 环网连接 HMI 设备

下图举例说明了如何通过工业以太网和 PROFINET 环网将 CPU 1518HF-4 PN 连接到 HMI 设备。HMI 设备的连接方式与 CPU 1517H-3 PN/CPU 1515R-2 PN 相同。

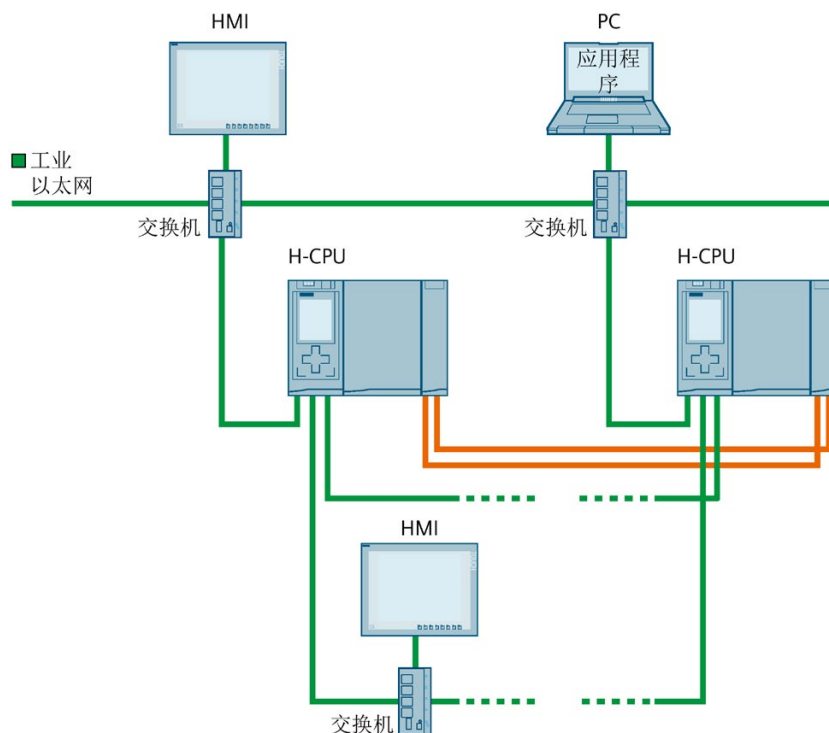


图 5-49 CPU 1518HF-4 PN 组装示例：通过工业以太网和 PROFINET 环网连接 HMI 设备

CPU 1517H-3 PN/CPU 1515R-2 PN 具有一个带 2 个端口 (X1 P1R、X1 P2R) 的 PROFINET IO 接口和一个带 1 个端口 (X2 P1) 的 PROFINET 接口。CPU 1518HF-4 PN 有一个附加 PROFINET 接口，该接口配有一个端口 (X3 P1)。

要通过工业以太网将 HMI 设备连接至 CPU，需要使用 CPU 的 X2/X3 PROFINET 接口。PROFINET 接口 X2/X3 支持 PROFINET 基本功能。举例来说，接口适用于与 HMI 设备或组态和编程软件（工程师站）进行通信。

说明

如果 PROFINET 设备（比如 HMI 设备）已连接到两个 R/H-CPU，那么它只能通过系统 IP 地址与冗余系统进行通信。PROFINET 设备必须连接至两个 R/H-CPU 上的相同接口，即 X1 或 X2/X3。不得混用接口 X1 和 X2/X3：如果混用接口 X1 和 X2/X3，HMI 连接不再冗余。

将交换机集成到 PROFINET 环网可将 HMI 设备连接到 PROFINET 环网。使用此方法可与 HMI 设备建立连接。

PROFINET 环网是通过 CPU 的 PROFINET IO 接口 (X1) 建立的。如果在环网内操作 HMI 设备，需要将 MRP 角色“客户端”分配给 MRP 域。有关 HMI 设备应用规划的更多信息，请参见“要求 (页 94)”部分。

说明

将 HMI 设备连接到线型拓扑

要将 HMI 设备连接到线型拓扑，还需要通过交换机将 HMI 设备连接到线型拓扑。为 HMI 设备分配 MRP 角色“非环网中的设备”(Not device in the ring)。

有关 CPUs 1518HF-4 PN/1517H-3 PN/1515R-2 PN 接口的更多信息，请参见相关设备手册。

使用 CPU 1513R-1 PN 通过工业以太网连接 HMI 设备

下图显示了如何通过工业以太网将 HMI 设备连接至 CPU 1513R-1 PN。

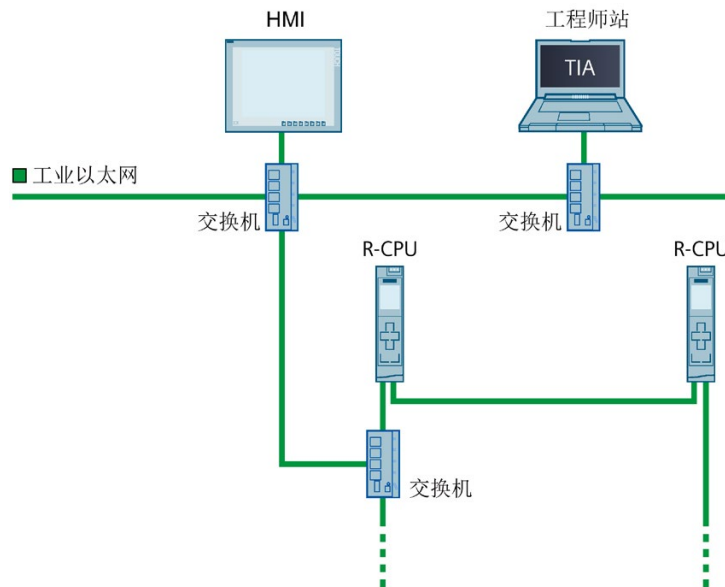


图 5-50 组态示例 CPU 1513R-1 PN：通过交换机连接 HMI 设备

CPU 1513R-1 PN 配有一个双端口的 PROFINET IO 接口 (X1 P1R R 和 X1 P2R)。

要通过工业以太网连接 HMI 设备和 CPU，则需通过 PROFINET 接口 X1 构建 PROFINET 环网。将交换机集成到 PROFINET 环网。使用此方法可建立工业以太网连接。

有关 CPU 1513R-1 PN 接口的更多信息，请参见相关设备手册。

参考

有关系统 IP 地址的更多信息，请参见“组态过程”部分和《通信 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59192925>)》功能手册。

有关如何与 S7-1500R/H 冗余系统建立 HMI 连接的更多信息，请参见功能手册《通信 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59192925>)》。

有关如何将 HMI 设备与 S7-1500R/H 相连的示例，请参见以下条目 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109781687>)。

安装

6.1 基本知识

安装现场

S7-1500R/H 冗余系统的所有模块均为未封装设备。未封装设备只能安装在机壳、控制柜或室内电气操作区中。在室内、控制柜和电气操作室内，还需提供安全防护，以防止触电和火灾蔓延，此外，还需满足有关机械强度的相关要求。不仅如此，室内、控制柜和电气操作室的数据访问还需通过钥匙或工具。人员必须经过培训或批准后才允许访问。

安装位置

S7-1500R/H 冗余系统设计用在以下安装位置：

- 水平安装位置最多可达 60 °C
- 垂直安装位置最多可达 40 °C

说明

如果在 CPU 1517H-3 PN 或 1518HF-4 PN 中使用同步模块 Sync Module 1 GB FO 40 km (6ES7960-1FE00-0AA5)，则以下最高环境温度适用：

- 水平安装位置最高可达 55 °C
 - 垂直安装位置最高可达 35 °C
-

更多信息，请参见“机械和气候环境条件”部分。

安装导轨

可将以下组件安装在 S7-1500R/H CPU、负载电流电源旁边的安装导轨上：

- 端子
- 断路器
- 小型接触器
- 类似组件

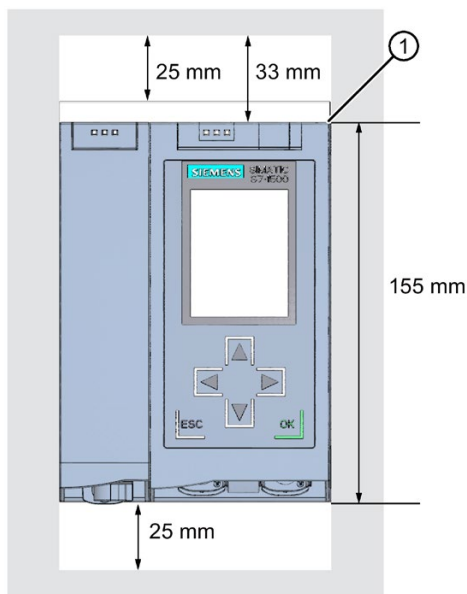
这些组件可能影响电缆管道的安装尺寸。

模块可以安装到安装导轨的外边缘。

有多种长度的安装导轨可用。使用在线产品目录或在线订购系统来订购安装导轨。可以在附录附件/备件 (页 450)中找到可供货长度和部件号。

最小间隙

模块可以安装到安装导轨的外边缘。在安装或卸下 S7-1500R/H 冗余系统时保留以下最小空隙。



① 安装导轨的上边缘

图 6-1 控制柜中的最小间隙

6.2 安装安装导轨

安装规则

组态冗余系统包括：

R/H-CPU 和可选负载电流电源。

 警告
导电性污染物的防护 考虑到环保问题，需对这些设备进行保护以防止导电性污染。 举例来说，将这些设备安装在相应防护等级的控制柜中可防止导电性污染。

6.2 安装安装导轨

简介

R/H-CPU 应安装在共用安装导轨或两个单独的安装导轨上。

长度和钻孔

可供货六种长度的安装导轨：

- 160 mm
- 245 mm
- 482.6 mm (19 英寸)
- 530 mm
- 830 mm
- 2000 mm

有关订货号，请参见附录“附件/备件 (页 450)”。

160 至 830 mm 长的安装导轨上有两个固定螺钉孔。同时还提供了一套用于将安装导轨接地的螺钉。

2000 mm 长的安装导轨设计为用于特殊长度的安装组合，固定螺钉时无需开孔。安装导轨未带接地用螺钉套件（可作为附件/备件 (页 450)进行订购）。

有关最大孔距，请参见“钻孔尺寸”表。

所需工具

- 市售钢锯
- 钻床 Ø 6.5 mm
- 螺丝刀
- 10 号可调螺钉扳手或套筒扳手，用于接地电缆连接
- 可调螺钉扳手，用于所选固定螺钉
- 用于接地电缆的剥线工具和压接工具

所需附件

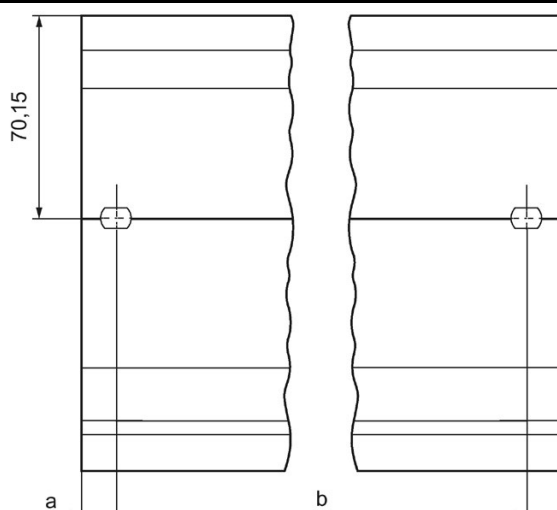
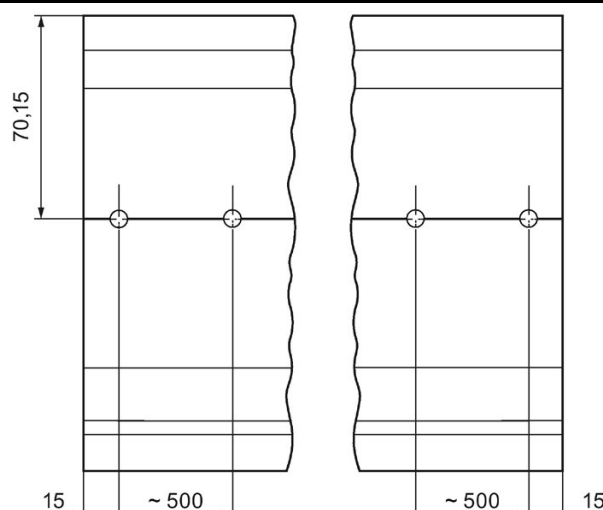
使用以下型号的螺钉来固定安装导轨：

表格 6-1 所需附件

对于...	使用...	说明
• 外部固定螺钉 • 额外固定螺钉（适用于安装导轨 > 482.6 mm）	符合 ISO 1207/ISO 1580 (DIN 84/DIN 85) 的 M6 有槽圆头螺钉	应根据安装选择合适的螺钉长度。 对于圆柱头螺钉，还需准备内径为 6.4 mm、外径为 11 mm 的垫圈（ISO 7092 (DIN 433)）。
	符合 ISO 4017 (DIN 4017) 的 M6 六角头螺钉	

钻孔尺寸

表格 6- 2 钻孔尺寸

“标准型”安装导轨			“加长型”安装导轨	
				
安装导轨的长度	距离 a	距离 b		
160 mm	10 mm	140 mm		
245 mm	10 mm	225 mm		
482.6 mm	8.3 mm	466 mm		
530 mm	15 mm	500 mm		
830 mm	15 mm	800 mm		

额外固定螺钉（用于安装导轨 > 530 mm）

对于长度大于 530 mm 的安装导轨，建议在标识槽上以大于 482.6 mm 的间距额外增加固定螺钉。

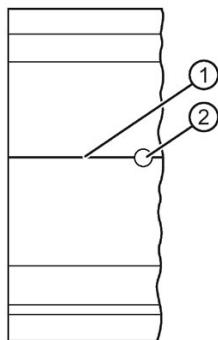
准备 2000 mm 安装导轨

要准备 2000 mm 安装导轨以进行安装，请按以下步骤操作：

1. 将 2000 mm 的安装导轨切割为所需的长度。
2. 标注孔。有关所需尺寸，请参见“钻孔尺寸”表：
 - 位于安装导轨开头和末尾的两个钻孔
 - 其它钻孔以最大 500 mm 的相同间距沿着标识槽排列
3. 根据所选的固定类型，钻取所标注的孔。
4. 确保安装导轨上无毛刺/裂口或金属屑。

说明

为保证牢固安装所有模块，请确保钻孔位于标识槽上靠中间的位置。仅使用最大尺寸的螺钉。



- ① 额外钻孔的标识槽
- ② 额外钻孔

图 6-2 准备 2000 mm 安装导轨

安装安装导轨

安装 R/H-CPU 的安装导轨时，确保留有充足的空间进行安装和散热。请参见图“控制柜中的最小间隙 (页 187)”。

使用螺钉将导轨安装到安装表面。

连接保护性导线

S7-1500R/H 冗余系统的安装导轨必须连接到电气系统的保护性导线系统，从而确保电气安全。

要连接保护性导线，请执行以下步骤：

1. 剥去直径最小为 10 mm² 的接地导线外壳。使用压线钳连接一个用于 M6 螺栓的环形端子。
2. 将附带的螺栓滑入 T 型槽中。
3. 将垫片、带接地连接器的环形端子、扁平垫圈和锁定垫圈插入螺栓（按该顺序）。旋转六角螺母。通过该螺母将组件拧紧到位（扭矩 4 Nm）。
4. 将接地电缆的另一端连接到中央接地点/保护性母线 (PE)。
5. 如果将冗余系统安装在单独的安装导轨上，则为另一安装导轨重复步骤 1 到 4。

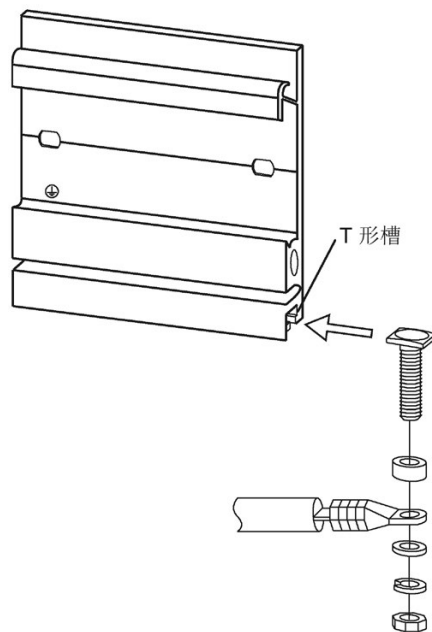


图 6-3 连接保护性导线（保护接地）

说明

安装导轨的其它接地方法

如果满足以下要求，则不需要用接地螺钉进行接地：

必须采用符合适用标准的类似装置将安装导轨可靠地连接至保护性导线系统，例如，可靠地连接至已经接地的控制柜壁。

参考

有关安装导轨准确尺寸的更多信息，请参见附录“尺寸图 (页 447)”。

6.3 安装标准导轨适配器

简介

使用标准导轨适配器将冗余 SIMATIC S7-1500R/H 系统安装在标准 35 mm 导轨上。

将 DIN 导轨适配器作为单独附件订购。

说明

使用标准安装导轨适配器在 35 mm 标准安装导轨上安装 S7-1500R/H 模块时，请注意有关机械负载的以下技术规范：

符合 IEC 60068-2-6 规定的振动测试（正弦波）

- $5 \text{ Hz} \leq f \leq 8.4 \text{ Hz}$ ，等幅 3.5 mm
- $8.4 \text{ Hz} \leq f \leq 150 \text{ Hz}$ ，恒定加速度 1 g

振动持续时间：在三个垂直的坐标轴上，分别进行 10 次频率扫描

符合 IEC 60068-2-27 标准的冲击测试

- 冲击类型：半正弦波
 - 冲击强度：150 m/s² 峰值，持续时间 11 ms
 - 冲击方向：在 X、Y、Z 正负方向上各 3 次
-

订货号

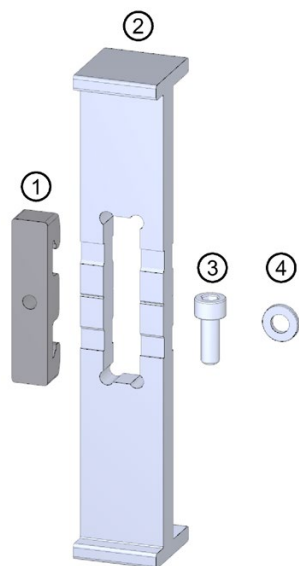
6ES7590-6AA00-0AA0

供货范围包括十个适配器，十个内六角螺钉和十个垫圈。

6.3 安装标准导轨适配器

视图

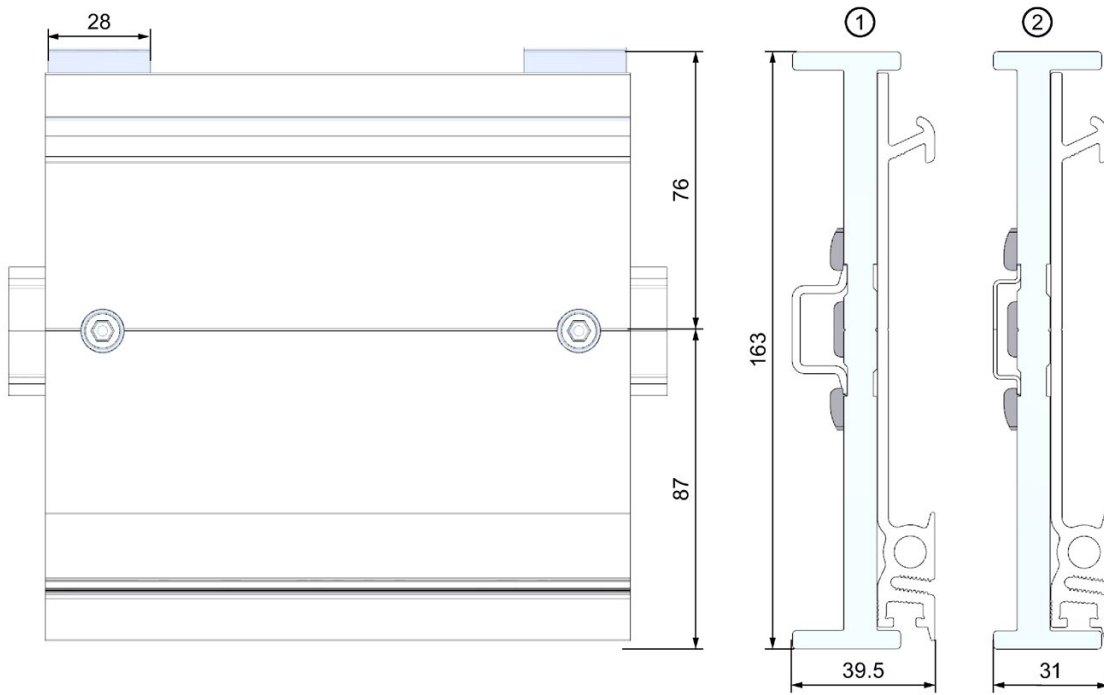
DIN 导轨连接件包括一个夹具、一个适配器框架和一个带垫圈的内六角螺钉。



- ① 夹具
- ② 适配器框架
- ③ 内六角螺钉
- ④ 垫圈

图 6-4 DIN 导轨适配器部件

尺寸图



- ① 安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 7.5 mm 时适配器框架的位置
- ② 安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 15 mm 时适配器框架的位置

图 6-5 尺寸图

所需工具

与符合 EN ISO 4762 (DIN 912) 的 M6 内六角螺钉匹配的扳手。

特性

- 标准导轨适配器可以将 S7-1500R/H 安装导轨安装到标准的 35 mm 标准导轨上。
- DIN 导轨适配器允许使用预制控制柜和接线盒系统。
- 可以像以前一样再次使用 S7-1500R/H 安装导轨的总长度。
- 为确保最佳稳定性，两个 DIN 导轨适配器之间的间隙不得超过 250 mm。

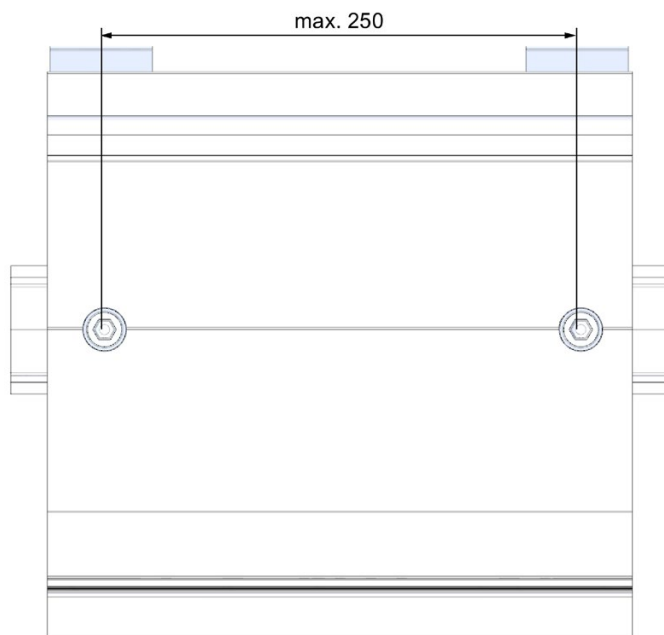


图 6-6 两个 DIN 导轨适配器之间的距离

说明

请注意，根据安装导轨宽度的不同，因钻孔原因，安装导轨适配器每侧最多可突出 4 mm。

可在下表找到各种 DIN 导轨的突出尺寸概览。

表格 6-3 需要额外的横向空间

安装导轨	订货号	适配器需要额外的空间
• 160.0 mm（带钻孔）	6ES7590-1AB60-0AA0	4 mm
• 245.0 mm（带钻孔）	6ES7590-1AC40-0AA0	4 mm
• 482.6 mm（带钻孔）	6ES7590-1AE80-0AA0	8 mm
• 530.0 mm	6ES7590-1AF30-0AA0	0 mm
• 830.0 mm（带钻孔）	6ES7590-1AJ30-0AA0	0 mm

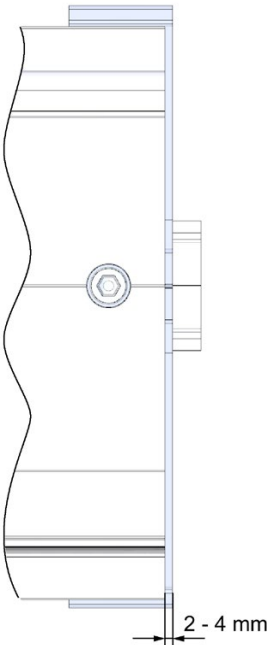


图 6-7 DIN 导轨适配器突出

操作步骤

安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 7.5 mm

要将 DIN 导轨适配器安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 7.5 mm 上，请遵循以下步骤：

1. 将夹具放置到标准 DIN 导轨上。
2. 适配器框架的较短横向边缘指向机柜壁或箱壁 (2)。
3. 将 S7-1500R/H 安装导轨放在适配器框架上，使 S7-1500R/H 安装导轨中的凹槽覆盖适配器框架中的凹槽。
- 将带有适配器框架的 S7-1500R/H 安装导轨放在夹具上 (4)。
4. 使用螺钉将 S7-1500R/H 安装导轨紧固到标准导轨适配器和标准安装导轨上（拧紧扭矩 5 Nm 到 6 Nm）。

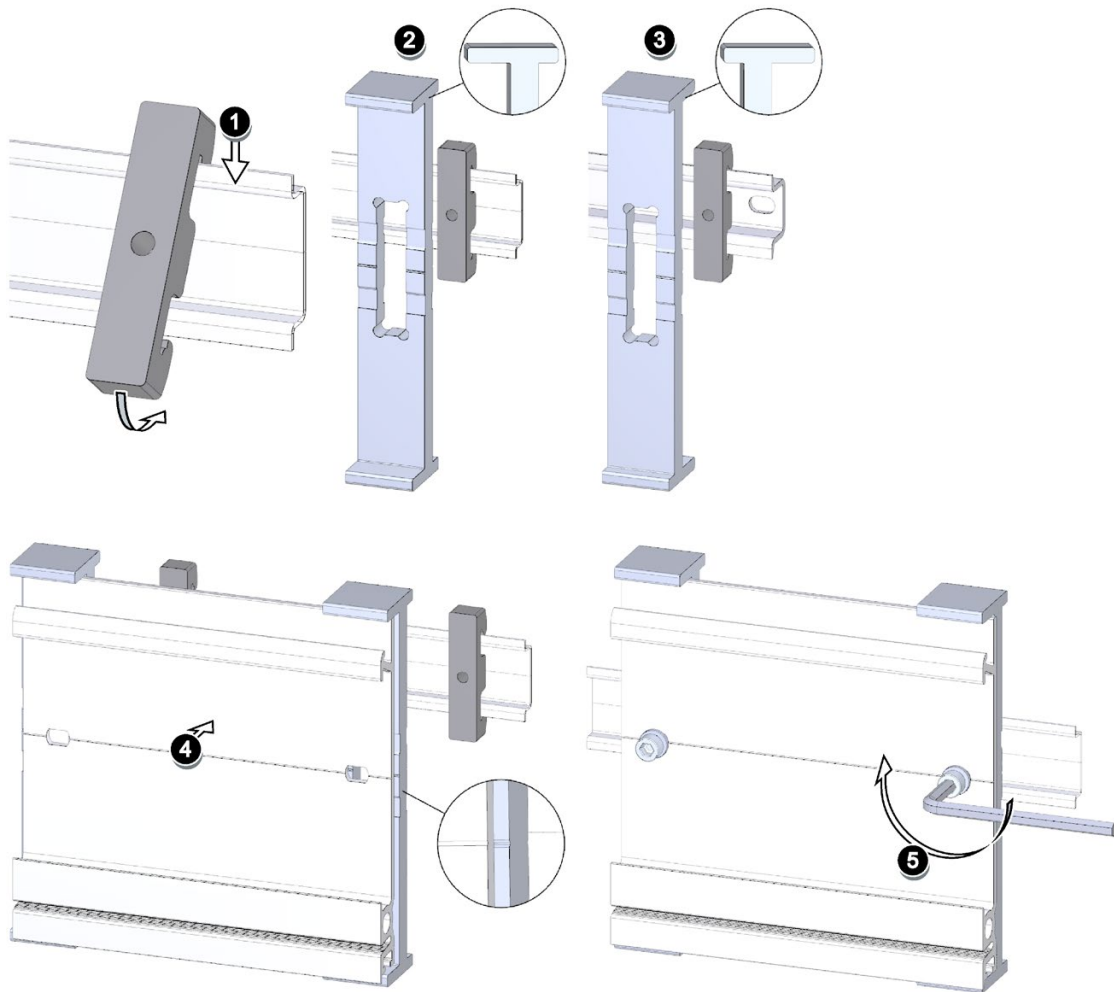


图 6-8 将 DIN 导轨适配器安装到 DIN 导轨 35 mm x 7.5 mm 或 35 mm x 15 mm 的顺序

安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 15 mm

要将 DIN 导轨适配器安装到标准 DIN 导轨 35 mm x 15 mm 上，请遵循以下步骤：

1. 将夹具放置到标准 DIN 导轨上。
2. 适配器框架的较长横向边缘指向机柜壁或箱壁 (3)。
3. 将 S7-1500R/H 安装导轨放在适配器框架上，使 S7-1500R/H 安装导轨中的凹槽覆盖适配器框架中的凹槽。
将带有适配器框架的 S7-1500R/H 安装导轨放在夹具上 (4)。
4. 使用螺钉将 S7-1500R/H 安装导轨紧固到标准导轨适配器和标准安装导轨上（拧紧扭矩 5 Nm 到 6 Nm）。

6.4 安装负载电流电源

简介

负载电流电源不连接 S7-1500R/H 冗余系统的背板总线，也不占用背板总线上的插槽。

要求

安装导轨已安装。

所需工具

刀口宽度为 4.5 mm 的螺丝刀

安装负载电流电源

具体顺序，请观看视频 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/78027451>)

要安装负载电流电源，请按以下步骤操作：

1. 将负载电流电源钩挂在安装导轨上。
2. 向后旋动负载电流电源。



图 6-9 安装负载电流电源

3. 打开前盖。
4. 从负载电流电源断开电源线连接器的连接。
5. 拧紧负载电流电源（扭矩 1.5 Nm）。
6. 将已经接好线的电源线连接器插入负载电流电源。

有关电源线连接器的接线说明，请参见“连接负载电流电源 (页 215)”部分。

说明

负载电流电源只能安装在 S7-1500R/H 冗余系统外部的左侧或右侧。在右侧安装负载电流电源时，由于负载电流电源发热，必须留有空隙。更多信息，请参见相关手册。可用的负载电流电源数量没有任何限制。

卸下负载电流电源

已连接了负载电流电源。

要卸下负载电流电源，请按以下步骤操作：

1. 打开前盖。
2. 关闭负载电流电源。
3. 关闭电源电压。
4. 断开电源线连接器的连接，并从负载电流电源拔下该连接器。
5. 拧松固定螺钉。
6. 将负载电流电源旋出安装导轨。

参考

更多信息，请参见负载电流电源模块的手册。

6.5 安装 R/H-CPU

简介

S7-1500R/H 冗余系统中 CPU 的安装方式与 S7-1500 自动化系统中 CPU 的安装方式完全相同。

要求

安装导轨已安装。

说明

保护膜

请注意，R/H-CPU 的显示屏上贴有可撕下的保护膜。

所需工具

刀口宽度为 4.5 mm 的螺丝刀

安装 R/H-CPU

具体顺序，请观看视频 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/78027451>)

按下列步骤安装 R/H-CPU：

1. 将 CPU 安装在安装导轨上。
仅使用可选负载电流电源：将 CPU 移至左侧的负载电流电源。



2. 向后旋动 CPU。
3. 拧紧 CPU（扭矩 1.5 Nm）。

卸载 R/H-CPU

R/H-CPU 已连接。

按下列步骤拆卸 R/H-CPU：

1. 打开前盖。
2. 将 CPU 切换至 STOP 模式。
3. 关闭电源电压。
4. 拉出电源连接器。
5. 断开 CPU 的连接线：
 - R-CPU：断开 PROFINET 电缆。
 - H-CPU：断开 PROFINET 电缆和光纤电缆。
6. 拧松 CPU 固定螺钉。
7. 旋转 CPU，使其脱离安装导轨。

因电场或静电放电而造成设备损坏

静电敏感设备 (ESD) 是指会因电场或静电放电而受损的独立组件、集成电路、模块或设备。

**注意****因电场或静电放电而造成设备损坏**

电场或静电放电会破坏独立组件、集成电路、模块或设备，从而导致功能失败。

- 包装、存储、运输及发送电子元件、模块和设备时，只能使用原厂包装或其他合适材料（例如导电泡沫胶或铝箔）。
- 仅当通过以下任一措施接地后，用户才能触碰元件、模块和设备：
 - 佩戴 ESD 腕带。
 - 在有导电层的 ESD 区域穿戴 ESD 靴或 ESD 接地条
- 电子元件、模块和设备只能放在导电表面（采用 ESD 涂层的工作台、导电 ESD 塑料泡沫、ESD 包装袋、ESD 运输容器）。

接线

7.1 操作规则 and 规定

简介

S7-1500R/H 冗余系统属于设备和系统组件，需遵守应用领域特定的规则 and 规定。

本部分概要说明了在设备或系统中集成冗余系统时要遵循的一些重要规则。连接 S7-1500R/H 冗余系统时，请遵守以下规则。

具体应用

请遵守具体应用的相关安全和事故预防规定（例如，机器指令）。

急停设备

符合 IEC 60204 标准（对应于 DIN VDE 0113）的急停设备必须在工厂或系统的所有操作模式下都保持有效。

排除工厂危险状态

发生以下情况时，不能出现危险操作状态：

- 发生电压骤降或电源故障后设备重启。
- 发生故障后重新建立总线通信。
- S7-1500R/H 中出现未定义的系统状态。示例：两个冗余连接均发生故障，间隔时间未超过 1500 ms（R 系统）或 55 ms（H 系统）。

如果发生危险操作状态，则强制执行急停。

解锁“急停”设备后，不得执行非受控或未定义的冗余系统启动。

外部熔断器/开关

在 R/H-CPU 附近区域安装外部熔断器/开关。

线路电压

有关线路电压的注意事项如下：

- 对于不带多极断路器的固定设备或系统，在建筑物安装中必须提供电源隔离设备（多极）。
- 对于负载电流电源，组态的额定电压范围必须与当地的线路电压相匹配。
- 对于 S7-1500R/H 冗余系统的所有电源电路，线路电压与额定值的波动/偏离值必须在允许的容差范围内。

更多信息，请参见“有关绝缘测试、保护类别、防护等级和额定电压的规范 (页 445)”部分。

24 VDC 电源

使用 24 V DC 电源时，应注意以下事项：

- 根据 IEC 61131-2 或 IEC 61010-2-201，24 V DC 电源装置 (SELV/PELV) 必须提供安全超低电压。
- 为防止 S7-1500R/H 冗余系统受雷电以及过电压影响，请使用过电压保护器。

有关避雷和过电压防护组件信息，请参见《定义防干扰型控制器 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193566>)》功能手册。

发生电压中断时的电源要求

说明

为符合 IEC 61131-2 的要求，只能使用电源缓冲时间至少为 10 ms 的电源组/电源装置（例如 230/400 V AC → 24 V DC）。对于可能的电压中断，应遵循应用的相关要求（例如，对于“燃烧器”产品，按照 EN 298 标准为 30 ms，按照 NAMUR 建议 NE 21 则为 20 ms）。有关 PS 组件的最新信息，敬请访问 Internet (<https://mall.industry.siemens.com>)。

这些要求当然也适用于未采用 S7-1500 或 ET 200SP/S7-300-/S7-400 技术的电源组/电源装置。

防触电防护

S7-1500R/H 冗余系统的安装导轨必须连接到保护性导线，以防止发生电击。

只能使用黄绿色的导线连接到保护性导线连接。

预防外部电气影响

下面描述了对于预防电气影响和/或故障您必须关注的方面：

- 对于使用 S7-1500R/H 冗余系统的所有设备，必须将防电磁干扰系统连接到横截面足够大的保护性导体。
- 必须确保正确铺设和安装电源线、信号线和总线。
- 信号线和总线发生电缆断开、断路或跨接时不会导致设备或系统转入未定义的状态。

防止未经授权接触冗余连接

保护冗余 S7-1500H 系统中的冗余连接，以防未经授权接触光纤电缆（例如通过空间接触保护）。

参考

更多信息，请参见功能手册《设计防干扰型控制器
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193566>)》。

7.2 通过接地馈电系统运行

简介

下文中介绍了 S7-1500R/H 冗余系统中有关接地供电电源的完整组态信息（TN-S 网络）。在此，将讨论的以下特定主题：

- 关断设备、短路和过载保护（基于
 - IEC 60364（对应 DIN VDE 0100）
 - IEC 60204（对应 DIN VDE 0113）
- 负载电流电源和负载电路

接地供电

如果使用 TN-S 系统，则需将中性导线（N）和保护性导线（PE）分别接地。这两个导线是导致过压的部分原因。设备运行时，电流会流经中性导线。发生故障（例如带电导线和地面之间的单个接地故障）时，电流会流经保护性导线。

7.2 通过接地馈电系统运行

安全电气隔离 (SELV 符合 IEC 61131-2 或 61010-2-201 标准要求)

输出电压为 24 V DC 的负载电流电源需要进行安全电气隔离和电压限制 (超低电压)。输出电压为 24 V DC 的负载电流电源未连接到保护性导线。

基于 IEC 61131-2 / IEC 61010-2-201 标准要求, 这种保护措施也称为 SELV (安全超低电压)。

SELV 电路的接线必须与其它非 SELV 电路的接线安全隔离, 或者所有导线的绝缘材料尺寸必须满足高压需求。

安全超低电压 (PELV 符合 IEC 61131-2 或 IEC 61010-2-201 标准要求)

接地输出电压为 24 V DC 的负载电流电源需要与保护性导线进行安全连接及进行电压限制 (超低电压)。

基于 IEC 61131-2 / IEC 61010-2-201 标准要求, 这种保护措施也称为 PELV (保护超低电压)。

PELV 电路的接线必须与其它非 PELV 电路的接线安全隔离, 或者所有导线的绝缘材料尺寸必须满足高压需求。

控制器的参考电位

S7-1500R/H 冗余系统的参考电位通过 R/H-CPU 中的高阻型 RC 装置与安装导轨相连。这种连接可传导高频干扰电流, 并避免出现静电。尽管安装导轨已接地, 但由于高阻型连接, 必须将 S7-1500R/H 冗余系统的参考电位视为未接地。

如果要配置具有接地参考电位的 S7-1500R/H 冗余系统, 请在 CPU 的 M 接口与保护性导线之间建立电气连接。

有关电位的简化表示, 请参见“电气配置 (页 211)”部分。

短路和过载保护

进行整体安装时，需要各种短路和过载保护措施。组件的特性和所需保护措施规定的等级特性取决于适用于工厂组态的 IEC (DIN VDE) 规定。以下的表格参考了下图并比较了 IEC (DIN VDE) 规定。

表格 7- 1 组件和所需保护措施

	参见下图	IEC 60364 (DIN VDE 0100)	IEC 60204 (DIN VDE 0113)
控制系统关断设备、传感器和执行器	①	主开关	隔离开关
短路和过载保护： 在传感器和执行器组中	②	单极电路保护	- 带接地辅助电路： 单极保护 - 否则：所有极保护

S7-1500R/H 的完整组态

下图显示了由 TN-S 网络供电的 S7-1500R/H 冗余系统（负载电流电源和接地方案）的整体组态。

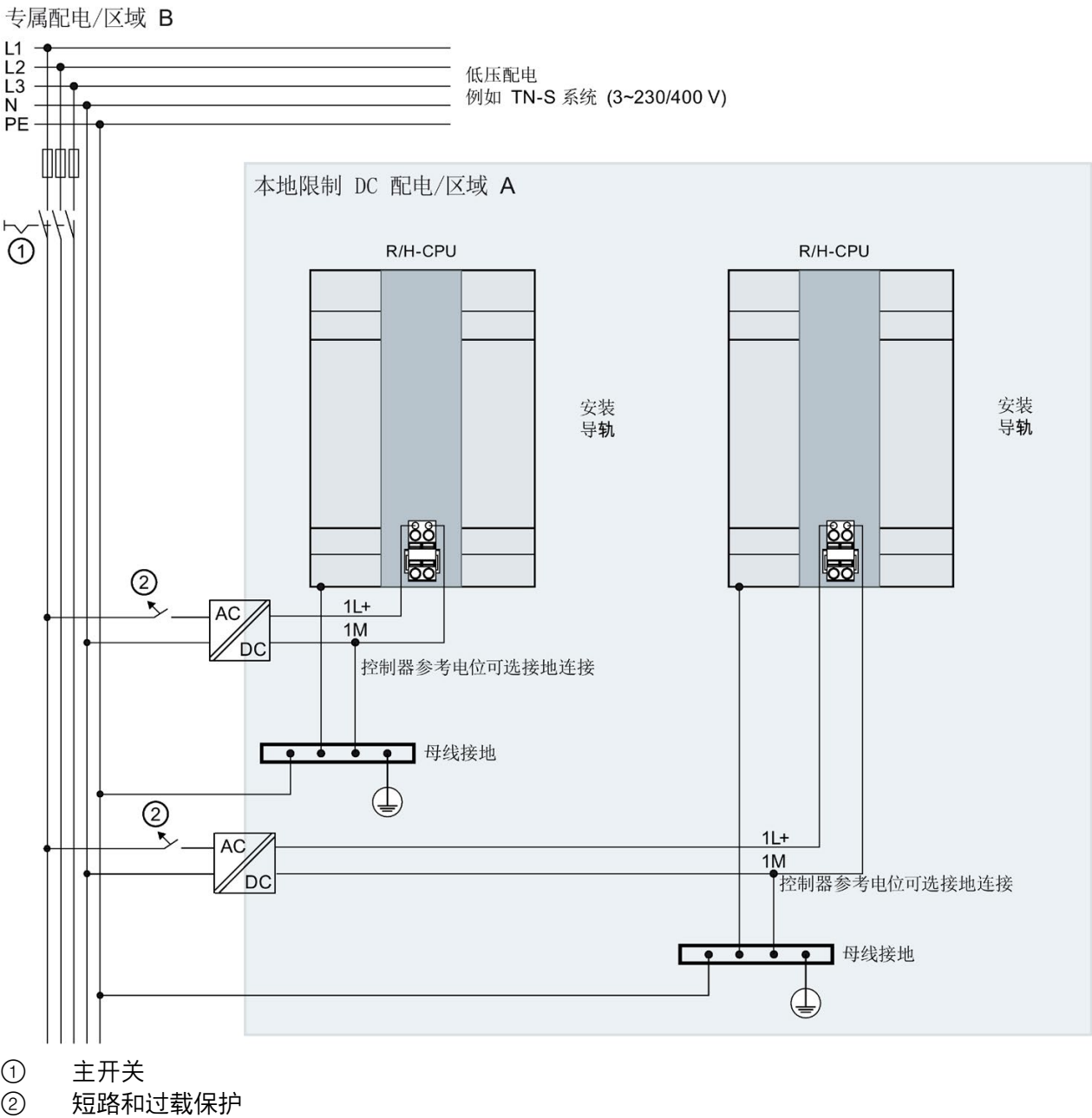


图 7-1 参考电位接地时运行 S7-1500R/H

说明

如果通过上游本地电源将 S7-1500R/H 冗余系统连接到专属配电系统（或电池），则无需提供任何过电压保护措施。

7.3 电气配置

电气隔离

冗余 System S7-1500R/H 中，以下组件之间存在电气隔离：

- R-CPU 的通信接口 (PROFINET) 与其它所有电路组件之间
- H-CPU 的通信接口 (PROFINET) 与其它所有电路组件之间

通过集成 RC 装置或集成电容来传导高频干扰电流并且会消除静电荷。

S7-1500R/H 电位

下图是 S7-1500R/H 冗余系统的简化电位图。

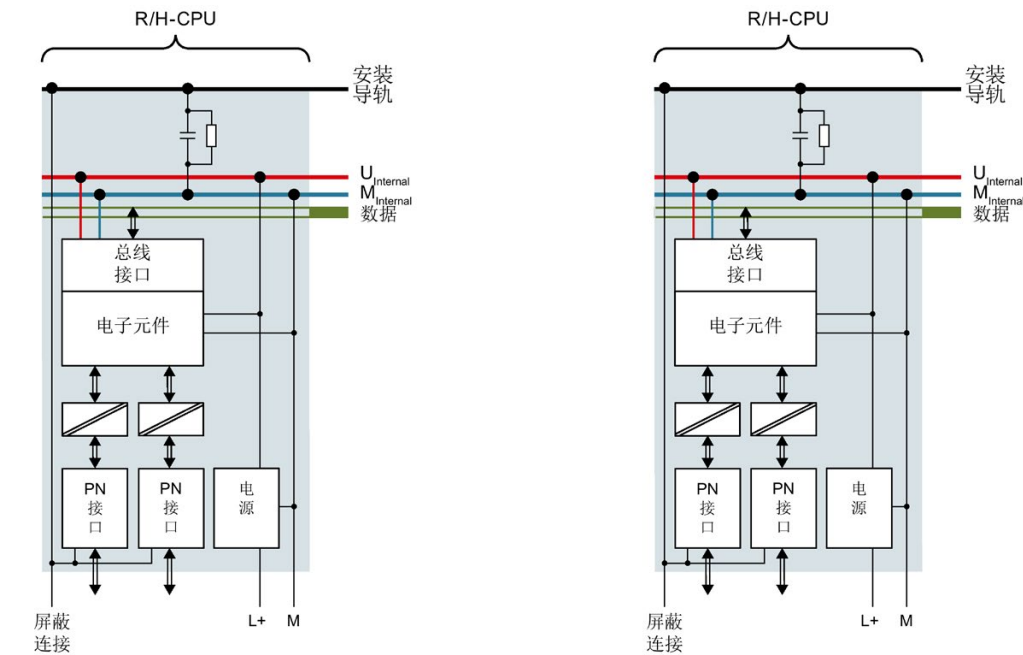


图 7-2 在 CPU 1515R-2 PN 示例中，S7-1500R/H 的相应电位

7.4 接线规则

简介

使用合适的电缆连接 S7-1500R/H 冗余系统。下表列出了 R/H-CPU 和负载电流电源的接线规则。

R/H CPU 和负载电流电源

表格 7-2 R/H-CPU 和负载电流电源的接线规则

适用的接线规则...		R/H-CPU	负载电流电源
实心电缆的电缆横截面积（铜缆）		-	-
		-	-
柔性电缆的电缆横截面积（铜缆）	无导线端头	0.25 至 2.5 mm ²	0.5 到 2.5 mm ²
		AWG ¹⁾ ：24 到 14	AWG ¹⁾ ：20 到 14
	带导线端头	0.25 到 1.5 mm ²	0.5 到 1.5 mm ²
		AWG ¹⁾ ：24 到 16	AWG ¹⁾ ：20 到 16
每个连接的导线数		1	1
导线的剥线长度		10 到 11 mm	7 到 8 mm
符合 DIN 46228 的导线端头	无塑料套管	A 型，长 10 mm	A 型，长 7 mm
	带塑料套管，0.25 至 1.5 mm ²	E 型，长 10 mm	A 型，长 7 mm
护套直径		-	8.5 mm
工具		3 - 3.5 mm 螺丝刀，锥形设计	3 - 3.5 mm 螺丝刀，锥形设计
连接系统		直插式端子	螺钉型端子
拧紧扭矩		-	从 0.5 Nm 到 0.6 Nm

¹⁾ 美国线缆规格

支持的电缆温度

说明

支持的电缆温度

在选择电缆时，请注意操作期间电缆的温度最多可以比 S7-1500R/H 冗余系统的环境温度高 30 °C。

示例：如果在环境温度为 30 °C 的开关柜中使用该系统，则必须使用温度范围至少为 60 °C 的连接导线。

对于在运行期间承载 ≥ 8 A 电流负载的端子，电缆温度必须比环境温度高出 65 °C。

可以更准确地确定每种应用所需的电缆温度。为此，请在与最大可能功率和环境温度值对应的负载下测量系统中的电缆温度。

用户应根据所用电路的电气特征以及安装环境，指定其它连接类型和要求的材料。

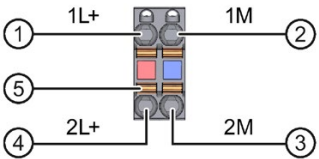
7.5 连接电源电压

简介

电源电压通过位于 R/H-CPU 前部或底部的 4 针连接器提供。

连接电源电压 (X80)

4 孔连接器连接具有下列含义：



- ① 电源电压 +24 V DC（电流限制为 10 A）
- ② 电源电压接地（电流限值为 10 A）
- ③ 回路电源电压接地
- ④ 回路电源电压 +24 V DC
- ⑤ 开簧器（每个端子一个开簧器）

图 7-3 连接电源电压

即使拔出电源，也可通过此电缆连接器使电源不间断供电。

要求

- 仅在关闭电源电压的情况下才可将电缆连接器接线。
- 请遵循接线规则 (页 212)。

无需工具的电缆连接：带导线端头或超声波焊接多股电线

要不使用工具来连接导线，请按以下步骤操作：

1. 将电线剥去 8 至 11 mm。
2. 密封或压接带有导线端头的电线。
3. 将电缆尽可能深地插入直插式端子中。
4. 将已接线的连接器推到 CPU 的插槽中。

所需工具

3 至 3.5 mm 的开槽头螺丝刀

连接电线：不带导线端头的未经处理的多股电线

要连接不带端头的导线，请按以下步骤操作：

1. 将电线剥去 8 至 11 mm。
2. 将螺丝刀按入弹簧释放装置中。将电缆尽可能深地插入直插式端子中。
3. 将螺丝刀拔出弹簧释放装置。
4. 将已接线的连接器推到 CPU 的插槽中。

拧松电线

要拔出导线，请按以下步骤操作：

1. 使用螺丝刀将其尽可能推入弹簧释放装置。
2. 拨下推入端子的导线。

卸下连接插头

通过螺丝刀将连接器从 CPU 中撬出。

7.6 连接负载电流电源

简介

负载电流电源在交付时已安装电源连接器。模块及其相关电源连接器都已编码。编码元件由两部分组成。一个编码元件位于模块中，另一个编码元件位于电源连接器中。负载电流电源使用相同的电源连接器来连接电压。

编码元件可防止将电源连接器插入其它类型的负载电流电源中。

所需工具

3 到 3.5 mm 螺丝刀

连接电源电压和负载电流电源

具体顺序，请观看视频 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/78027451>)

要连接电源电压，请按以下步骤操作：

1. 向上旋转模块前盖直至其锁定。
2. 按下电源线连接器的解锁按钮（图 1）。从模块前侧拆下电源线连接器。
3. 拧松连接器前部的螺钉。这将松开外壳滑锁和电缆夹。如果有螺钉仍处于拧紧状态，则无法卸下连接器的外盖（图 2）。
4. 使用适当的工具拔出连接器外盖（图 3）。

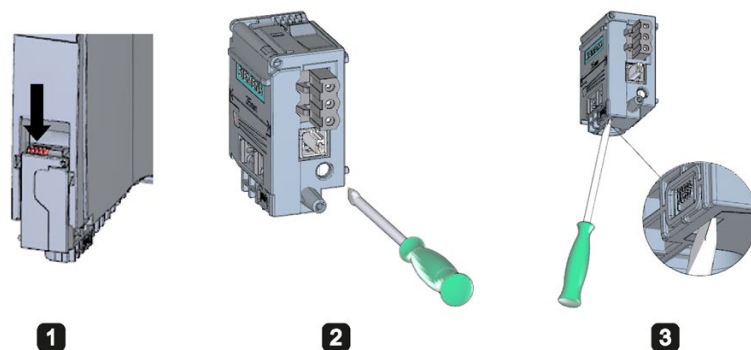


图 7-4 连接电源电压和负载电流电源 (1)

5. 将电缆套管剥去 35 mm。将导线剥去 7 到 8 mm。连接末端套管。
6. 根据连接图（图 4）将电线连接到连接器上。
7. 合上外盖（图 5）。

7.7 将 CPU 连接到负载电源

8. 重新拧紧螺钉（图 6）。这会影响到电线固定夹。

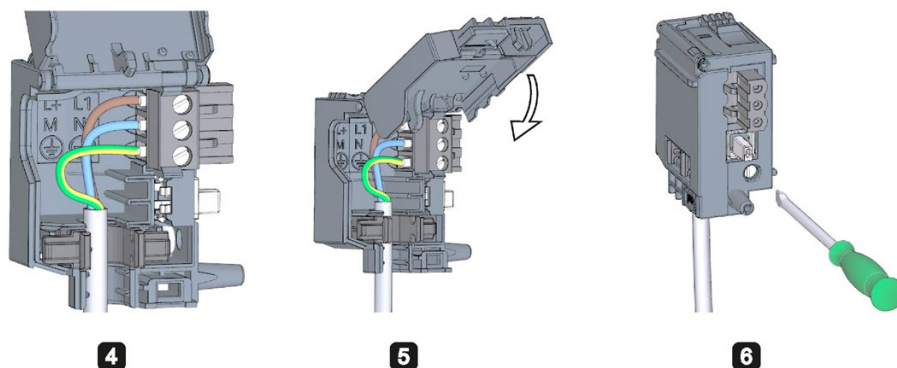


图 7-5 连接电源电压和负载电流电源 (2)

9. 将电源连接器插入模块，直至滑锁咬合就位。

参考

有关连接负载电流电源 24 V DC 输出电压的更多信息，请参见相关模块的手册。

7.7 将 CPU 连接到负载电源

简介

负载电流电源配有一个直插式 24 V DC 输出端子（位于底部的前盖后）。将电源电压电缆连接至 CPU 的这一端子上。

要求

- 仅在关闭电源电压的情况下才可将电缆连接器接线。
- 用于将电源电压连接到 CPU 的连接器已安装。更多信息，请参见“连接电源电压 (页 213)”部分。

所需工具

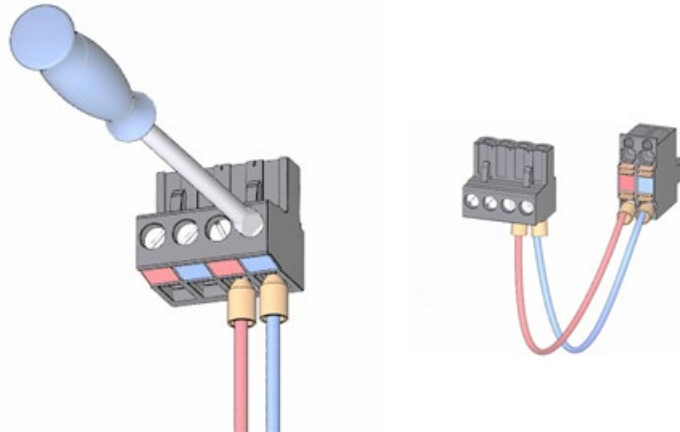
3 到 3.5 mm 螺丝刀

连接 CPU 和负载电流电源

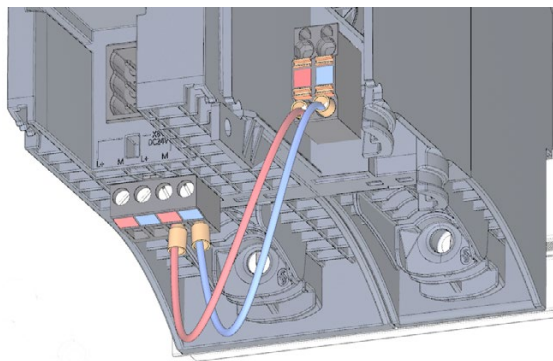
具体顺序，请观看视频 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/78027451>)

要连接电源电压电缆，请按以下步骤操作：

1. 打开负载电流电源的前盖。向下拉出 24 V DC 输出端子。
2. 将 24 V DC 输出端子连接到 CPU 的 4 针连接器。



3. 将负载电流电源连接到 CPU。



说明

设备下方的连接

4 极连接插头的连接插座位于设备底部。

- CPU 1513R-1 PN，订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0 起
- CPU 1515R-2 PN，订货号自 6ES7515-2RN03-0AB0 起

更多信息，请参见 CPU 手册。

7.8 连接用于与 S7-1500R 进行通信的接口

连接通信接口

使用标准化的插头连接器连接 CPU 的通信接口。

使用预制连接电缆进行连接。如果要自行准备通信电缆，请参见 CPU 手册中指定的接口分配。请遵循连接器的安装说明。

7.8.1 将 PROFINET 环网连接到 S7-1500

简介

使用 PROFINET 接口 X1 P1R 和 X1 P2R 的 RJ45 插座连接两个 R-CPU 之间的 PROFINET 环网。

要求

- 两个 R-CPU 之间的 PROFINET 环网的两个连接之一不得包含除透明介质转换器以外的其它任何 IO 设备、交换机或其它 PROFINET 设备。
- STEP 7 中的默认设置为 PROFINET 接口 X1 的端口 2。
 - 将 PROFINET 电缆连接到两个 R-CPU 的 PROFINET 接口的端口。
 - PROFINET 电缆的最大长度为 100 m。
- 可通过介质转换器（电气/光学）延长两个 R-CPU 间的距离。在这种情况下，最大长度取决于所用介质转换器类型。
更多信息，请参见介质转换器的文档。
 - 关于技术规范
 - 关于使用
 - 关于调试
- 将 IO 设备、交换机和其它 PROFINET 设备连接到另一 PROFINET 环网连接。STEP 7 中的默认设置为 PROFINET 接口 X1 的端口 1。

所需附件

- 用于 PROFINET 环网的 PROFINET 电缆
- 可选透明介质转换器（电气 ⇌ 光学）

操作步骤

要将 PROFINET 环网连接到 SIMATIC S7-1500R，请按以下步骤操作：

1. 向上旋转 R-CPU 的前盖。
2. 将 PROFINET 电缆的 RJ45 连接器插入两个 R-CPU 上的 PROFINET 接口 X1 P2R 的 RJ45 插座。

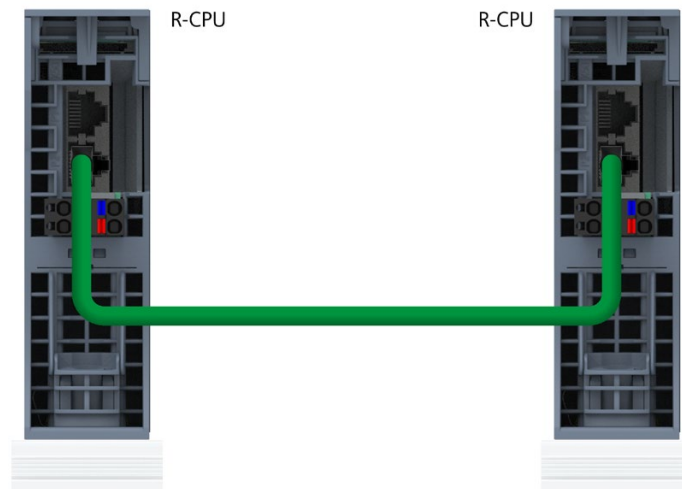


图 7-6 PROFINET 接口 X1 P2R：连接 R-CPU（仰视图）

3. 将 PROFINET 电缆的 RJ45 连接器插入两个 R-CPU 上的 PROFINET 接口 X1 P1R 的 RJ45 插座。连接 PROFINET 环网中的另一台 PROFINET 设备。

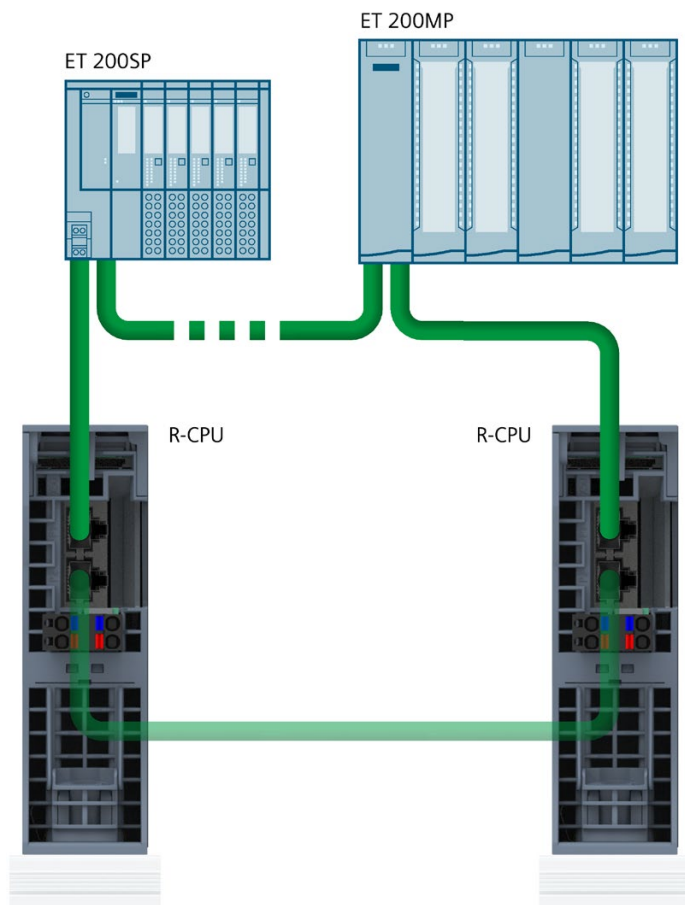


图 7-7 PROFINET 接口 X1 P1R :

4. 合上 R-CPU 的前盖。

7.9 连接用于与 S7-1500H 进行通信的接口

连接通信接口

使用标准化的插头连接器连接 CPU 的通信接口。

使用预制连接电缆进行连接。如果要自行准备通信电缆，请参见 CPU 手册中指定的接口分配。请遵循连接器的安装说明。

7.9.1 连接冗余连接（光纤电缆）

7.9.1.1 S7-1500H 的同步模块

简介

使用同步模块在两个 H-CPU 间创建两个冗余连接。每个 CPU 需要两个相同的同步模块，并通过光纤电缆连接。

视图

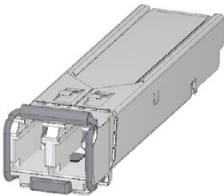


图 7-8 同步模块

两个 H-CPU 之间的最大电缆长度（光纤电缆）

在 S7-1500H 冗余通中，需要使用四个同类型的同步模块。可订购以下类型的同步模块：

两个 H-CPU 之间的最大电缆长度	订货号
10 m	6ES7960-1CB00-0AA5
10 km（最短长度：2 m）	6ES7960-1FB00-0AA5
40 km（最短长度：8 km）	6ES7960-1FE00-0AA5

7.9.1.2 选择光纤电缆

简介

有关光纤电缆概述、必要条件和技术规范，请参见系统手册《工业以太网/PROFINET 无源网络组件 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/84922825>)》。

规则

请遵循以下规则：

- 如果使用光纤电缆，请确保在同步模块上提供足够大的应力消除。
- 遵循所用光纤电缆的技术规范（衰减、带宽）。

长达 10 m 的电缆

6ES7960-1CB00-0AA5 同步模块可使用长达 10 m 的光纤电缆对进行操作。

长达 10 m 的电缆，可选择以下规范：

- 50/125 μ 或 62.5/125 μ 多模光纤
- 每个 S7-1500H 2 x 双工电缆，交叉
- LC-LC 连接器类型

以下电缆可用作 S7-1500H 的附件：

表格 7-3 作为附件的光纤电缆

长度	订货号
1 m	6ES7960-1BB00-5AA5
2 m	6ES7960-1BC00-5AA5
10 m	6ES7960-1CB00-5AA5

长达 40 km 的电缆

使用长达 40 km 的光纤电缆成对插入同步模块 6ES7960-1FB00-0AA5 或 6ES7960-1FE00-0AA5。

如果电缆长度超过 10 m，则需定制光纤电缆。选择以下规范：

- 最长 10 km：单模光纤 9/125 μ （光纤规范 OS1 或 OS2）
- 10 km 到 40 km：单模光纤 9/125 μ （光纤规范 OS2）

在特殊情况下，可使用长达 10 m 的可作为附件提供的电缆进行调试和测试。但如果要永久使用，必须将下表中规定的电缆与单模光纤配合使用。

有关适用于特定应用的其它规范，请参见下表。

表格 7-4 室内使用的光纤电缆规范

电缆	所需组件	规范
铺设在建筑物内的全套电缆。 • 室内与室外无电缆接头。 • 利用预组装电缆轻松完成全套安装。	用于室内的插接电缆	2 x 用于冗余系统的双工电缆（连接器类型 LC-LC，线芯交叉）： 连接器类型与其它组件配套。
	用于室内的安装电缆	用于冗余系统的 4 芯多芯电缆（连接器类型 LC-LC，线芯交叉）： 1 根适用于冗余系统的 4 芯电缆 • 两个接口在一根电缆中 1 或 2 根适用于冗余系统的多芯共用电缆： • 接口单独放置，以提高可用性（减小共同原因因数） • 连接器类型与其它组件配套

表格 7-5 室外使用的光纤电缆规范

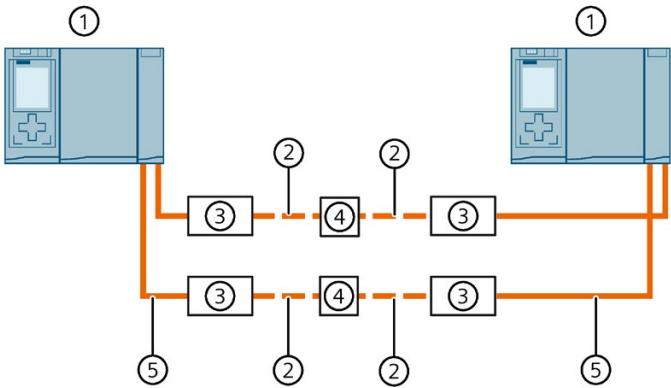
电缆	所需组件	规范
需要在室内和室外区域之间安装电缆盒。 通过配电箱（插线板）安装。更多信息，见下文。	安装电缆 用于室外应用（和室内应用）	用于室外的安装电缆： • 每个 S7-1500H 系统 1 根 4 芯电缆 • 两个接口在一根电缆中 • 1 或 2 根多芯共用电缆 • 接口单独放置，以提高可用性（减小共同原因因数） • 连接器类型与其它组件配套
	用于室内的插接电缆	连接器类型与其它组件配套。

通过配电箱安装光纤电缆（插线板）

如果电缆布线需要从室内引到室外，需通过配电箱（插线板）执行光纤电缆安装。配电箱（插线板）将不同的电缆（插接电缆和安装电缆）与连接器类型相连。每一个转接位置都需要使用一个单独的配电箱（插线板）。

说明

只要衰减未超过 1 dB，就可以安装连接器、配电箱（插线板）并插接光纤电缆。



- ① H-CPU
- ② 用于室外的安装电缆
- ③ 配电箱（插线板）
- ④ 插接光纤电缆
- ⑤ 用于室内的插接电缆

图 7-9 通过配电箱（插线板）安装

7.9.1.3 安装光纤电缆

简介

光纤电缆仅可由经过培训的专业人员铺设。铺设时应遵循所有适用的规定和法规要求。

实际上，光纤电缆安装不当是造成错误和故障的最常见原因。可能原因包括：

- 因弯曲半径不够大而造成光纤电缆扭结
- 因人员踩踏电缆、挤压或被其它沉重电缆压住光纤电缆导致其受力过大，进而造成光纤电缆被压坏
- 因张力过大造成过度拉伸
- 锋利边缘造成的损坏

现场品质保证

铺设光纤电缆时，应检查以下几点：

- 交付的光纤电缆是否正确无误？
- 产品是否存在肉眼可见的运输损坏？
- 是否在现场安排了合适的位置临时存放光纤电缆？
- 电缆类别是否与连接组件的类别相匹配？

安装光纤电缆

铺设光纤电缆时请注意以下几点：

- 如果已排除区域中的安全隐患（垂直凸起物、连接轴、电信交换机室等），光纤电缆可安装在开放位置。
- 使用束线带将光纤电缆连接到安装导轨上，例如电缆槽或金属丝网槽。固定电缆时需多加留意，以免挤压电缆。确保光纤电缆不会承受过大的压力。
- 铺设光纤电缆之前：清理孔边缘。将孔弄圆。这样可避免拉入和固定电缆时不会损伤电缆护套。
- 弯曲半径不得小于制造商指定的值。
- 电缆槽的分支半径必须对应于光纤电缆的指定弯曲半径。
- 铺设冗余连接时，应保护好光纤电缆，以免损坏。

**警告**

S7-1500H 冗余系统处于未定义的系统状态，两个冗余连接同时中断，中断间隔未超过 1500 ms（R 系统）或 55 ms（H 系统）。

铺设冗余连接时，应保护好光纤电缆，以免损坏。放置电缆时，还应确保两个冗余连接始终彼此分隔。这可以防止两个冗余连接在间隔时间未超过 1500 ms（R 系统）或 55 ms（H 系统）时同时损坏。

参考

请遵循系统手册《工业以太网/PROFINET 无源网络组件

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/84922825>)》中关于光纤电缆的安装说明。

7.9.1.4 将冗余连接（光纤电缆）连接至 S7-1500H**简介**

冗余连接（光纤电缆）通过同步模块上的插座连接在两个 H-CPU 之间。每个 CPU 需要两个同步模块。将同步模块成对连接到光纤电缆。

要求

- 冗余连接（光纤电缆）不得包含任何额外的介质转换器、IO 设备或交换机。允许使用配电箱。
- 冗余连接的最大长度为 10 m/10 km/40 km。

所需附件

- 4 个同步模块，每个 H-CPU 2 个同步模块
 - 最长 10 m：1 GB FO 10 m 同步模块
 - 最长 10 km：1 GB FO 10 km 同步模块
 - 最长 40 km：同步模块 1 GB FO 40 km
- 2 条冗余连接的同步电缆 FO。可以订购以下长度的冗余连接。有关订货号，请参见附录“附件/备件 (页 450)”。
 - 同步模块 1 GB FO 10 m：1 m、2 m、10 m
 - 同步模块 1 GB FO 10 km：有关更长的光缆型号的详细信息，请参见工业商城 (<https://mall.industry.siemens.com>)。
 - 同步模块 1 GB FO 40 km：有关更长的光缆型号的详细信息，请参见工业商城 (<https://mall.industry.siemens.com>)。

说明

如果在 CPU 1517H-3 PN 或 1518HF-4 PN 中使用同步模块 Sync Module 1 GB FO 40 km (6ES7960-1FE00-0AA5)，则以下最高环境温度适用：

- 水平安装位置最高可达 55 °C
 - 垂直安装位置最高可达 35 °C
-

安全信息

 警告
在 2 区危险区域中可能会发生人身伤害或财产损失 在危险区域 2 区中，如果在操作过程中卸下或安装同步模块，则可能会造成人员受伤或财产损失。在危险区域 2 区中，卸下或安装同步模块之前请务必断开 R/H-CPU 的电源连接。
 小心
同步模块包含激光系统，按照 IEC 60825-1 被分类为“1 类激光产品”。 可导致人员受伤。 请避免眼睛直接接触激光束。请勿打开外壳。请仔细阅读系统手册中的信息。



图 7-10 1 类激光产品

插入同步模块并连接光纤电缆

要插入同步模块并连接光纤电缆，请按以下步骤操作：

1. 从同步模块连接上取下堵头。
2. 将两个同步模块推入端口 1 的 H-Sync 接口（模块插槽中）：
CPU 1517H-3 PN：X3（H-Sync 通道 1）和 X4（H-Sync 通道 2）
CPU 1518HF-4 PN：X4（H-Sync 通道 1）和 X5（H-Sync 通道 2）
同步模块必须发出咔哒声才表示安装就位。然后将每个同步模块上的夹具推到左侧。结果：同步模块锁定到位。

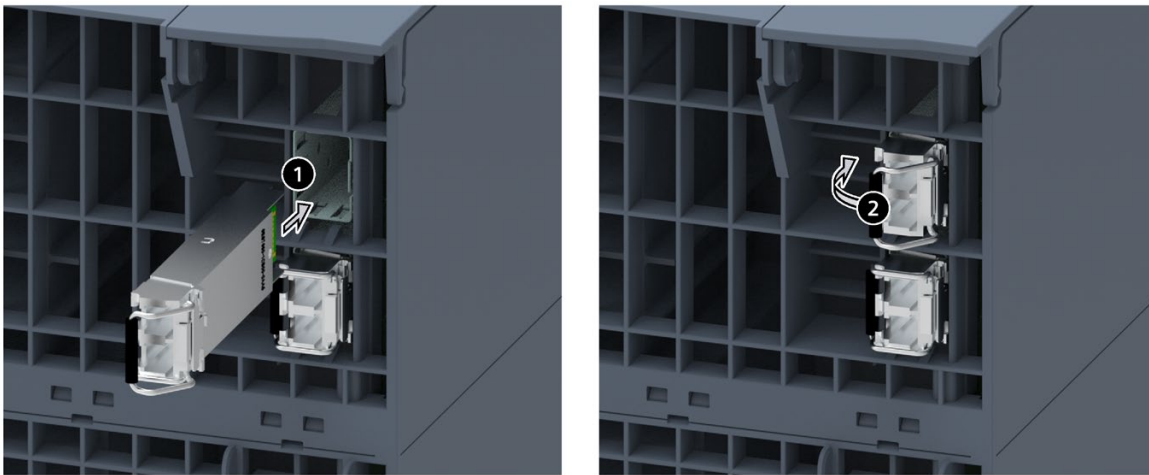


图 7-11 插入并锁定同步模块

7.9 连接用于与 S7-1500H 进行通信的接口

3. 用外壳固定住冗余连接的预组装连接器。将连接器推入同步模块的插槽中。应可听到连接器卡入到位的声音。
4. 针对第二个 H-CPU 重复步骤 1 到 3。

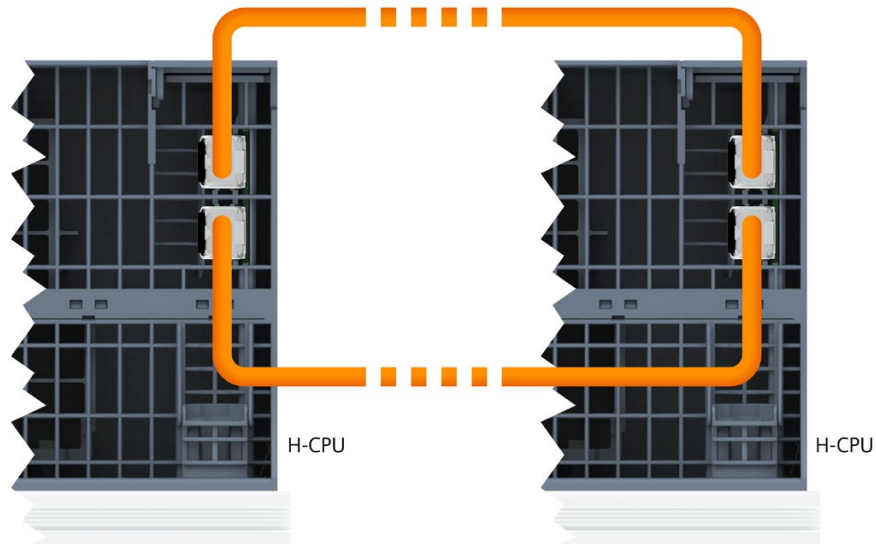


图 7-12 将冗余连接（光纤电缆）连接至 S7-1500H

卸下同步子模块

要卸下同步模块，请按以下步骤操作：

1. 轻轻地按下连接器释放装置，握住连接器的同时将连接器从同步模块中拔出。
2. 将连接器模块夹拨至右侧。
3. 将同步模块从 CPU 上的 H-Sync 接口中拉出。
4. 将堵头放在同步模块上。
5. 为 H-CPU 上的所有 H-Sync 接口重复此过程。

保护未使用同步模块上的 LC 插座

存放未使用的同步模块时，需要保护 LC 插座。
使用堵头封住 LC 插座，防止落入灰尘。同步模块交付时已插入堵头。

注意
因灰尘导致光学性能下降 即使 LC 插座中存在少量灰尘，也会影响信号传输质量。灰尘可导致操作不同步。 存放和安装同步模块时，应防止 LC 插座受到污染。

7.9.2 将 PROFINET 环网连接到 S7-1500H

简介

通过 PROFINET 接口 X1 P1R 和 X1 P2R 的 RJ45 插座连接 PROFINET 环网。

所需附件

用于 PROFINET 环网的 PROFINET 电缆

连接包含 S2 设备的 PROFINET 环网

将 PROFINET 环网 PROFINET 电缆上的 RJ45 连接器分别插入位于两个 H-CPU 上 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 的 RJ45 插座中。

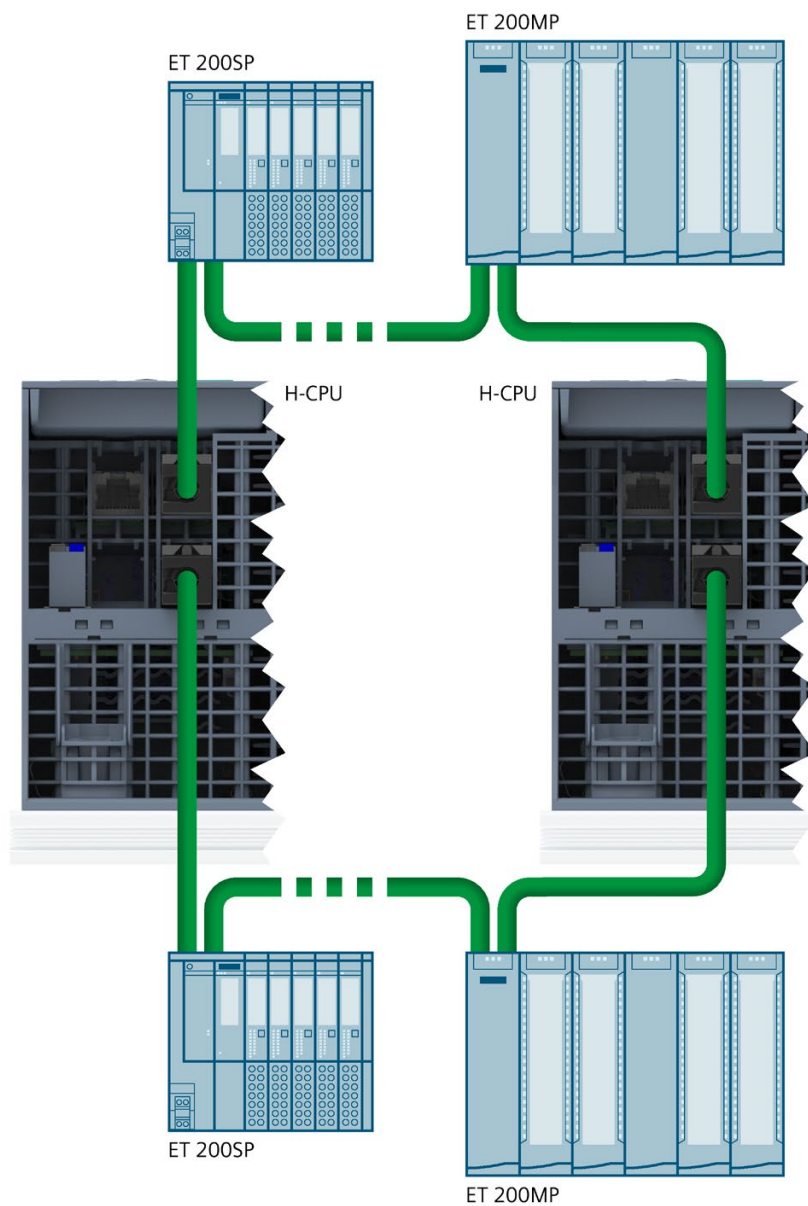


图 7-13 连接包含 S2 设备的 PROFINET 环网

连接包含 R1 设备的 PROFINET 环网

将左侧 PROFINET 环网（包含左侧接口模块的 PROFINET 环网 1）的 RJ45 连接器插入冗余 ID 为 1 的 H-CPU 上 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 的 RJ45 插座中。

将右侧 PROFINET 环网（包含右侧接口模块的 PROFINET 环网 2）的 RJ45 连接器插入冗余 ID 为 2 的 H-CPU 上 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R 的 RJ45 插座中。

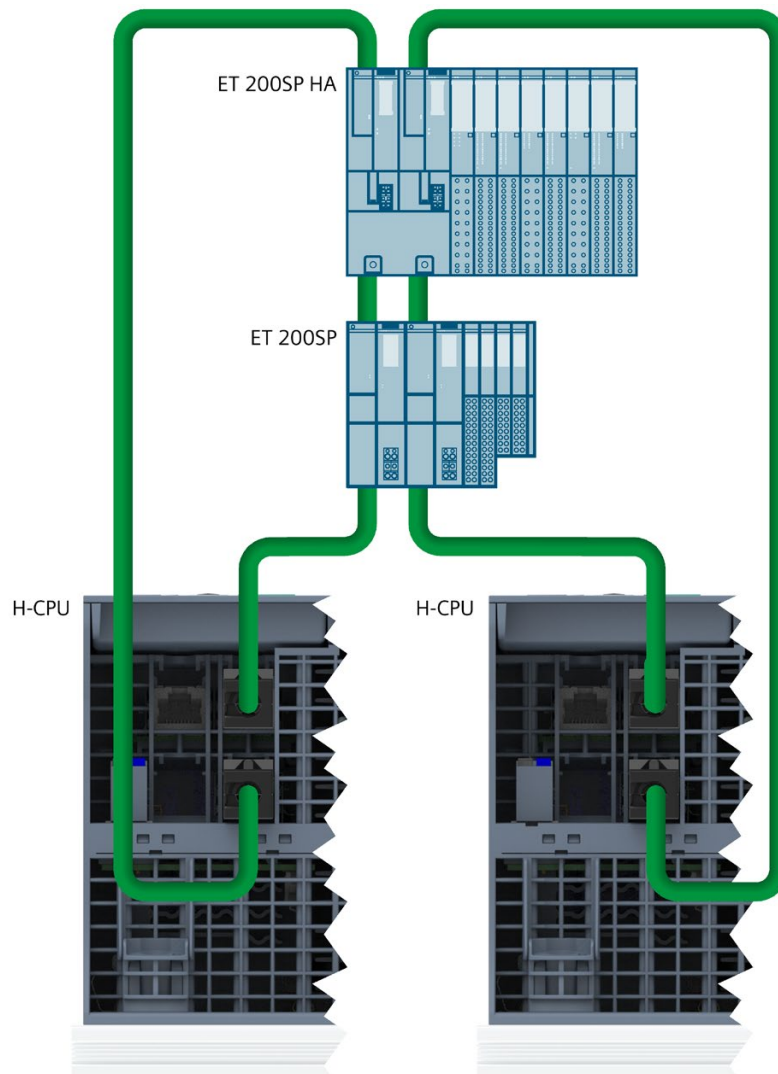


图 7-14 连接包含 R1 设备的 PROFINET 环网

7.9.3 将线型拓扑连接至 S7-1500H

简介

通过 PROFINET 接口 X1 P1R 的 RJ45 插座连接线型拓扑。

所需附件

用于线型拓扑的 PROFINET 电缆

连接包含 S2 设备的线型拓扑

将线型拓扑 PROFINET 电缆的 RJ45 连接器插入两个 H-CPU 上 PROFINET 接口 X1 P1R 的每个 RJ45 插座中。

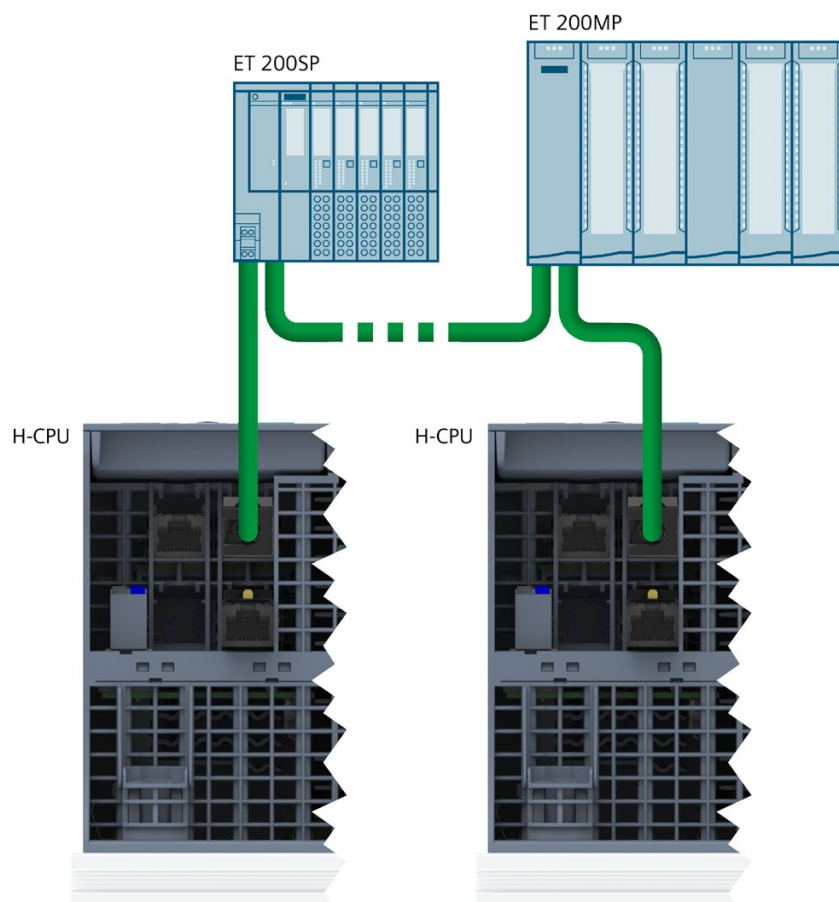


图 7-15 将包含 S2 设备的线型拓扑连接到 S7-1500H

连接包含 R1 设备的线型拓扑

按下图所示使用 PROFINET 电缆连接线型拓扑的设备：

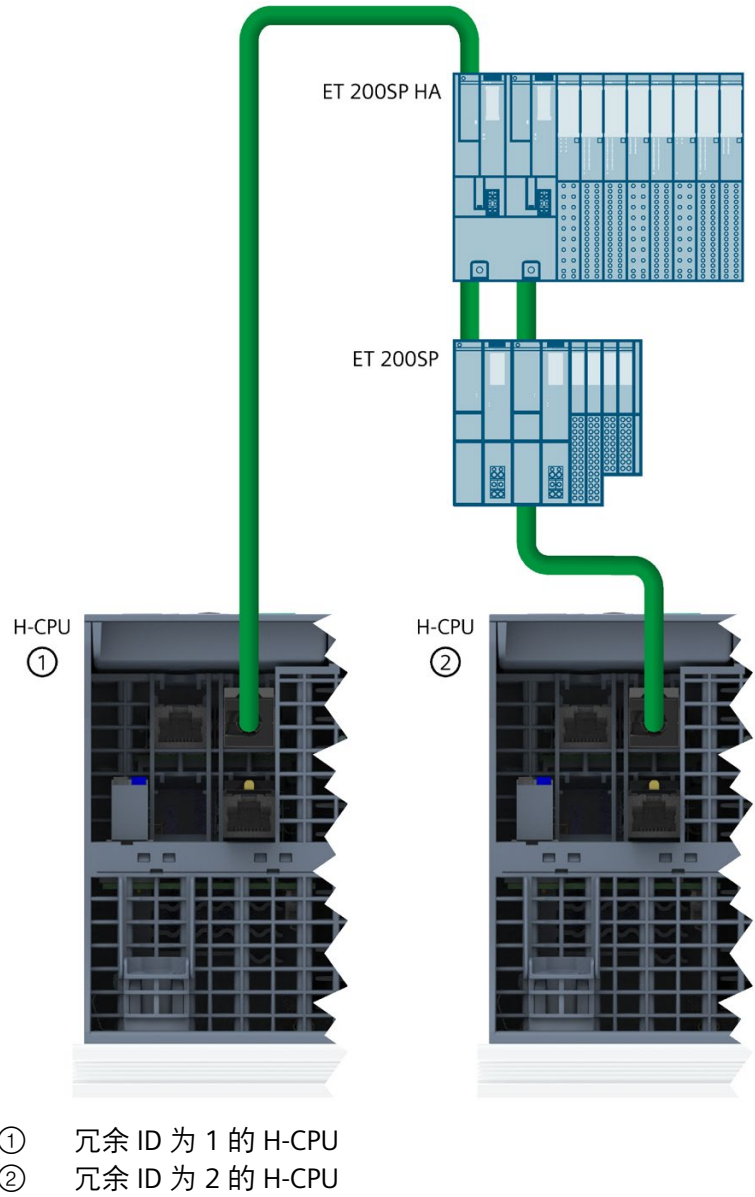


图 7-16 将包含 R1 设备的线型拓扑连接到 S7-1500H

组态

8.1 要求

硬件和软件要求

有关操作 S7-1500R/H 冗余系统的硬件和软件要求，请参见“要求 (页 94)”部分。

说明

一致性检查

如果将 STEP 7 项目组态为拓扑，则会通过 STEP 7 检查一致性。会通过错误消息指示组态错误。

8.2 组态 R/H CPU

简介

以下部分将引导用户完成成为 S7-1500R 冗余系统组态 R-CPU 的各个步骤。对 S7-1500H 中的 H-CPU 进行项目工程组态的操作步骤与对 R-CPU 进行项目工程组态的操作步骤相同。

要求

组态假定：

- 已设置 PG/PC 的 IP 地址。

1. 创建项目和 R-CPU

1. 在 STEP 7 中创建新项目。为项目命名。
2. 从网络视图硬件目录中的硬件配置中选择 CPU 1515R-2 PN。
3. 将 CPU 拖放到网络视图的任务窗口中。

结果：STEP 7 会自动创建冗余系统的两个 1515R-2 PN CPU。这两个 CPU 将以图形方式显示在 STEP 7 的网络视图中。

说明

从硬件配置中删除 CPU。

仅可成对删除两个 CPU。

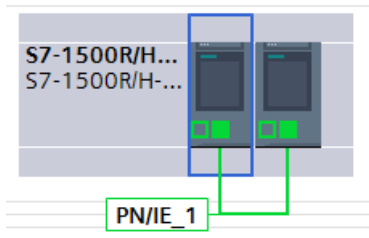


图 8-1 在网络视图中显示 CPU

1. 在设备视图中打开 CPU。在设备视图中，第一个 CPU 和第二个 CPU 均位于插槽 1 中。
2. 在“属性”(Properties) 中指定唯一的 CPU 名称。

2.分配 IP 地址（设备 IP 地址）

STEP 7 会自动为 CPU 的每个 PROFINET 接口分配一个 IP 地址。用户也可手动分配 IP 地址。

对于各 CPU 的 PROFINET 接口 X1，IP 地址必须位于同一个子网中。

IP 地址将显示在 CPU 属性中“IP 协议”(IP protocol) 部分的“PROFINET 接口 [X1]”(PROFINET interface [X1]) 区域内。

IP 协议

IP 地址 : 192 . 168 . 0 . 1

子网掩码 : 255 . 255 . 255 . 0

☐ 使用路由器

路由器地址 : 0 . 0 . 0 . 0

图 8-2 IP 地址

冗余 ID

在 STEP 7 项目树中，这两个 CPU 将分别显示在冗余系统中各自的树中：

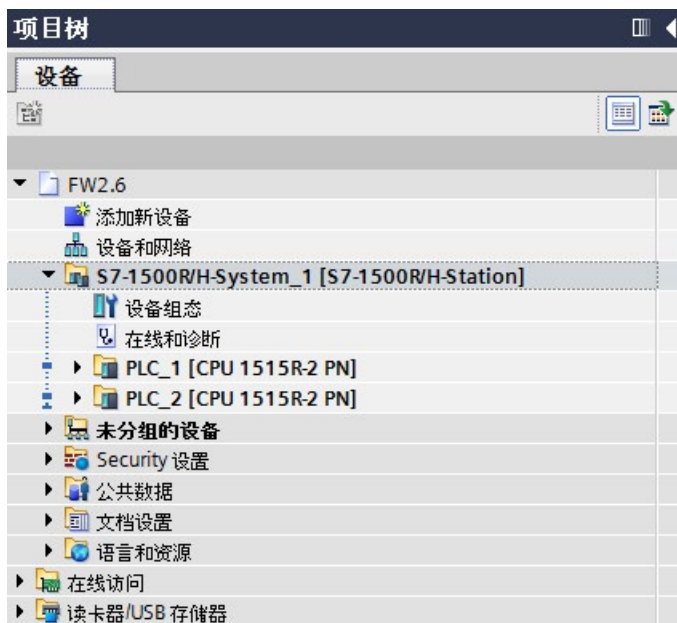


图 8-3 项目树中的冗余系统

在冗余系统中，每个 CPU 都有一个冗余 ID。通过冗余 ID 在 STEP 7 中将项目树分配给实际的 CPU。两个 CPU 中最顶端的 CPU 通常为冗余 ID 为“1”的 CPU。底部 CPU 的冗余 ID 为“2”。

如果 CPU 带有有效的硬件配置，同时用户更改了该 CPU 的冗余 ID，则还需更改该 CPU 的名称和 IP 地址。更多信息，请参见“冗余 ID (页 307)”部分。

3.分配系统 IP 地址

除了各 CPU 的设备 IP 地址之外，还可为 S7-1500R/H 冗余系统分配系统 IP 地址。

通过系统 IP 地址，可与其它设备（如，HMI 设备、CPU、PG/PC）进行通信。这些设备通常基于系统 IP 地址与冗余系统的主 CPU 进行数据通信。这样，可确保在冗余操作中原来的主 CPU 发生故障后，通信伙伴可在 RUN-Solo 系统状态下与新的主 CPU（之前的备用 CPU）进行数据通信。

按以下步骤激活两个 CPU 的 PROFINET 接口 X1 的系统 IP 地址：

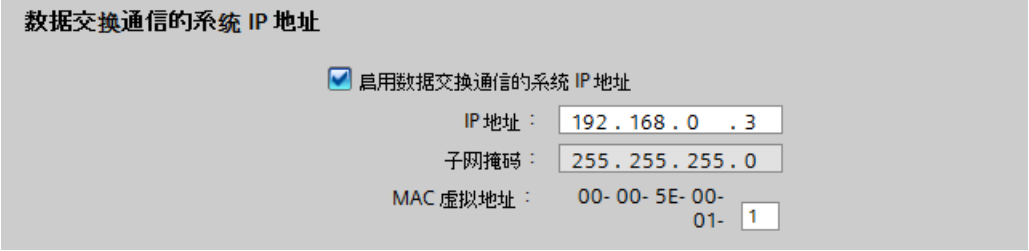
1. 在网络视图中，选择一个 CPU。在巡视窗口中，选择“属性”(Properties) 选项卡。
2. 在区域导航中，选择区域“PROFINET 接口 [X1]”(PROFINET interface [X1]) 和“切换通信的系统 IP 地址”(System IP address for switched communication) 部分。
3. 请确保接口 X1 选中复选框“启用切换通信的系统 IP 地址”(Enable the system IP address for switched communication)。在“IP 地址”(IP address) 字段中，应用或分配系统 IP 地址。
子网掩码不能修改，且与设备 IP 地址的子网掩码相对应。
4. 为系统 IP 地址应用或分配虚拟 MAC 地址。
虚拟 MAC 地址的长度为 6 个字节。字节分配采用十六进制。

说明

虚拟 MAC 地址

需确保以太网广播域中存储的所有 MAC 地址唯一。特别是在包含由 VRRP 组成的第三方设备以及由多个 STEP 7 项目所组态的冗余系统组成的系统中。

5. 另一个 CPU 将自动应用这些设置。



数据交换通信的系统 IP 地址

☒ 启用数据交换通信的系统 IP 地址

IP 地址 : 192.168.0.3

子网掩码 : 255.255.255.0

MAC 虚拟地址 : 00-00-5E-00-01-1

图 8-4 系统 IP 地址

有关系统 IP 地址的更多信息，请参见《通信功能手册
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>)》。

4. 设置循环监视时间

STEP 7 会指定默认的最小和最大循环时间值。

默认值将显示在 CPU 属性的“循环”(Cycle) 区域中。

说明

请设置较长的循环时间

选择用户进程所允许的最大循环时间限值。

- 该循环时间还包含冗余操作中两个 CPU 进行同步的时间。
- 系统状态进行 SYNCUP → RUN-Redundant 转换时，可能会导致循环时间临时增加。

如果只有一个 CPU 进行过程控制（RUN-Solo 系统状态），则循环时间明显低于冗余操作时所需的时间。

有关循环时间的更多信息以及最大和最小循环时间的参数化建议，请参见功能手册《循环与响应时间》(<https://support.industry.siemens.com/cs/at/zh/view/59193558>)。

有关系统状态的信息，请参见“操作与系统状态 (页 320)”部分。

8.3 组态 IO 设备和 MRP 角色的基本操作步骤

简介

S7-1500R/H 冗余系统中 IO 设备的组态与 S7-1500R 和 S7-1500H 基本相同。组态因冗余系统的组态变型（PROFINET 环网、线型拓扑、组合拓扑）以及使用的 S1、R1 和 S2 IO 设备类型而略有不同。

以下部分以组态两个 IO 设备（ET 200MP 和 ET 200SP）为例介绍了相应操作步骤。

本部分结尾处简要总结了设置和规则方面的差异。

组态 PROFINET 环网中包含 R1 设备的 H-CPU 的操作步骤与基本操作步骤不同。相关说明，请参见单独的部分（页 246）。

要求

组态假定：

- 已组态 R/H CPU。更多信息，请参见“组态 R/H CPU（页 236）”部分。

1. 创建 IO 设备

要在冗余系统中创建两个 IO 设备，请按以下步骤操作：

1. 切换到网络视图。
2. 将 IO 设备（例如接口模块 IM 155-5 PN HF）从硬件目录拖动到工作窗口。
3. 将所需模块拖动到 IO 设备中的相应插槽中。
4. 以同样的方法选择第二个 IO 设备，例如 IM 155-6 PN HF。
5. 分配所需模块。

2.将 IO 设备分配给冗余系统

要将 IO 设备分配给冗余系统，应将每个 IO 设备连接到各 CPU。

为此，请执行以下步骤：

- 1. 在 IM 155-5 PN HF 的 PROFINET 接口与左侧 CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
- 2. 在 IM 155-5 PN HF 的 PROFINET 接口与右侧 CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
- 3. 以同样的方法将第二个 IO 设备 IM 155-6 PN HF 分配给两个 CPU。为第二个 IO 设备设置看门狗定时器。

结果：IO 设备连接到 S7-1500R/H 冗余系统。将为 IO 设备显示“多个分配”(Multiple assignment)。

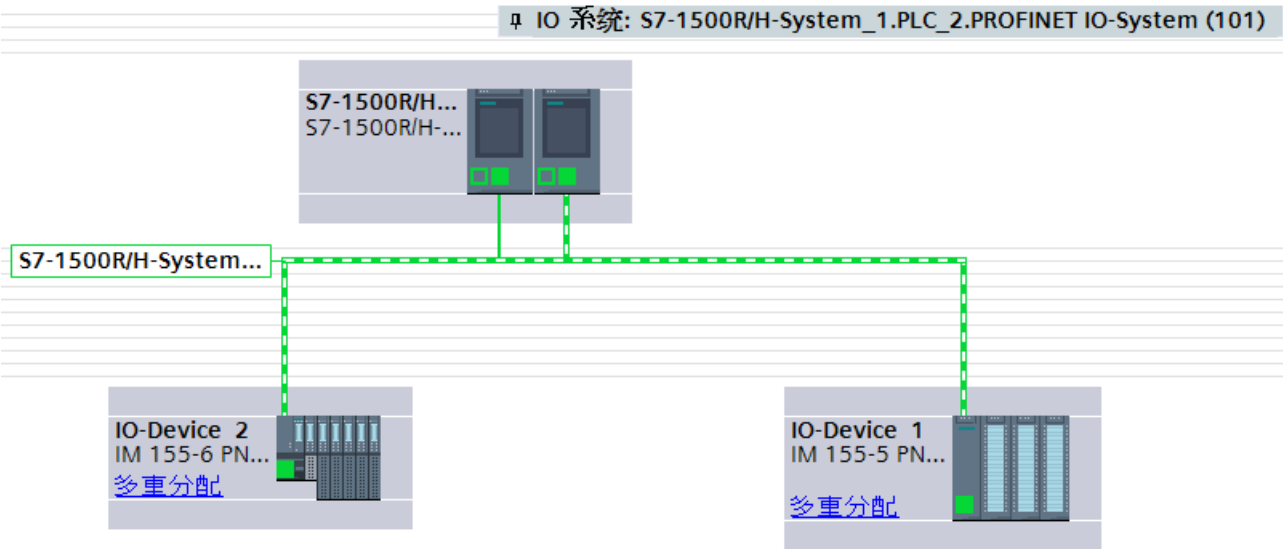


图 8-5 采用系统冗余的网络视图中分配的 IO 设备

说明

如果已为 IO 设备组态模块并编译项目，则会在巡视窗口中收到看门狗定时器的错误消息。设置错误消息中指示的看门狗定时器。

3. 定义冗余系统 CPU 和 IO 设备的 MRP 角色

在 STEP 7 中创建了 S7-1500R/H 冗余系统后，STEP 7 将自动为两个 CPU 的 PROFINET 接口 X1 分配 MRP 角色。默认设置取决于拓扑：

- PROFINET 环网“管理器（自动）”
- 线型拓扑“非环网中的设备”

必要时，需要更改 CPU 的 MRP 角色。为此，请执行以下步骤：

1. 在 STEP 7 的网络视图中，选择冗余系统内其中一个 CPU 的 PROFINET 接口 X1。
2. 在巡视窗口中，浏览到“属性 > 常规 > 高级选项 > 介质冗余”(Properties > General > Advanced options > Media redundancy)。



图 8-6 S7-1500R/H：设置介质冗余

在巡视窗口中，STEP 7 将显示该 CPU 的 PROFINET 接口 X1 所在 MRP 域的特性。

3. 为 CPU 的 PROFINET 接口 X1 沿用或设置合适的介质冗余角色。

8.3 组态 IO 设备和 MRP 角色的基本操作步骤

4. 单击“域设置”(Domain settings) 按钮。
5. 在“设备”(Devices) 表的“MRP 角色”(MRP role) 列中，按照拓扑为所有 IO 设备分配 MRP 角色：
- PROFINET 环网“客户端”中的所有设备

– 线型拓扑“非环网中的设备”中的所有设备
- 下例显示了为 PROFINET 环网设置 MRP 角色。

设备					
	PROFINET 设备名称	MRP 域：	MRP 角色	环网 1	环网 2
1	io-device_1	mrpdomain-1	客户端	Port_1 [X1 P1 R]	Port_2 [X1 P2 R]
2	io-device_2	mrpdomain-1	客户端	Port_1 [X1 P1 R]	Port_2 [X1 P2 R]
3	plc_1.profinet-schnittstelle_1	mrpdomain-1	管理员 (自动)	Port_1 [X1 P1 R]	Port_2 [X1 P2 R]

图 8-7 S7-1500R/H：为设备设置 MRP 角色

4.在 STEP 7 项目外组态设备

为不在 STEP 7 中的 PROFINET 环网、线型拓扑或组合拓扑的设备设置与在 STEP 7 中组态的设备相同的 MRP 角色。

示例：对于 PROFINET 环网中的交换机，通过交换机的 Web 界面设置 MRP 角色“客户端”(Client)。

STEP 7 中的设置和规则摘要

表格 8-1 设置 STEP 7 中的 MRP 角色和规则

属性	PROFINET 环网		线型拓扑	组合拓扑	不含附加设备的 H-CPU
冗余系统中可采用的拓扑	S7-1500R	S7-1500H	S7-1500H		S7-1500H
CPU 的 MRP 角色	管理器 (自动)	管理器 (自动)	非环网中的设备		非环网中的设备
IO 设备的 MRP 角色	客户端	客户端	非环网中的设备	取决于安装位置：非环网中的设备或客户端	-
STEP 7 项目以外设备的 MRP 角色	客户端	客户端	非环网中的设备		-
规则	-	分配单独的 R1 设备： 在网络视图中分配：需要将 R1 设备的左侧接口模块连接到冗余 ID 为 1 的 H-CPU。必须将 R1 设备的右侧接口模块连接到冗余 ID 为 2 的 H-CPU。 同时分配多个 R1 设备： 1. 在网络视图中选择 R1 设备。 2. 通过鼠标右键打开快捷菜单，并选择菜单命令“分配新 DP 主站/IO 控制器”(Assign new DP master/IO controller)。 3. 在对话框中选择两个 IO 控制器 (H-CPU)。 结果：所有标记的 R1 设备均分配给 H-CPU • 冗余 ID 为 1 的 H-CPU 上插槽 0 上的 IM • 冗余 ID 为 2 的 H-CPU 上插槽 1 上的 IM			• 请勿组态 STEP 7 项目中的其它任何 IO 设备。 • 请勿在硬件配置中将 PROFINET 线路连接到 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 P1R/X1 P2R。

参考

有关 S7-1500R/H 冗余系统 PROFINET 拓扑的信息，请参见《PROFINET 功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856>)》。

8.4 基于 PROFINET 环网和 R1 设备组态 H-CPU

简介

以下部分将逐步指导用户为 S7-1500H 冗余系统组态带有 R1 设备的 PROFINET 环网。组态示例由两个 R1 设备 (ET 200SP IM 155-6 PN R1) 组成。

要求

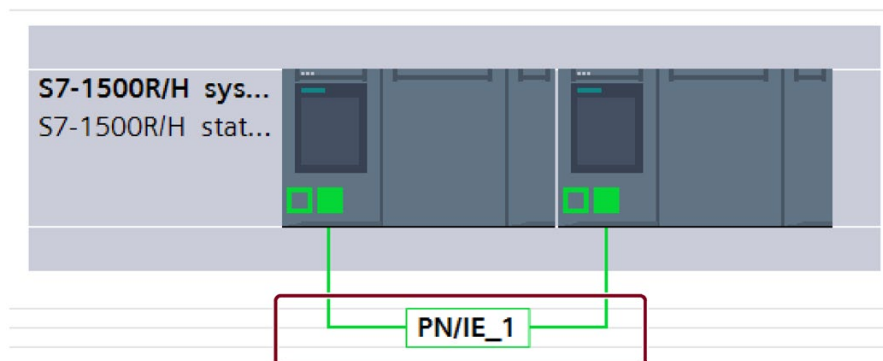
组态假定：

- 已组态 H-CPU。更多信息，请参见“组态 R/H CPU (页 236)”部分。

1. 创建额外的 MRP 域

对于 R1 设备，通过两个独立的 PROFINET 环网进行通信。为此，必须在 STEP 7 中创建另一个 MRP 域。为此，请执行以下步骤：

- 切换到网络视图。
- 单击两个 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间的连接 PN/IE_1 (Sync-Domain_1)。



- 在巡视窗口中，导航到“属性 > 常规 > PROFINET 子网 > 域管理 > MRP 域”(Properties > General > PROFINET subnet > Domain management > MRP domains)。

4. 在表的第二行中创建另一个域“mrpdomain-2”。

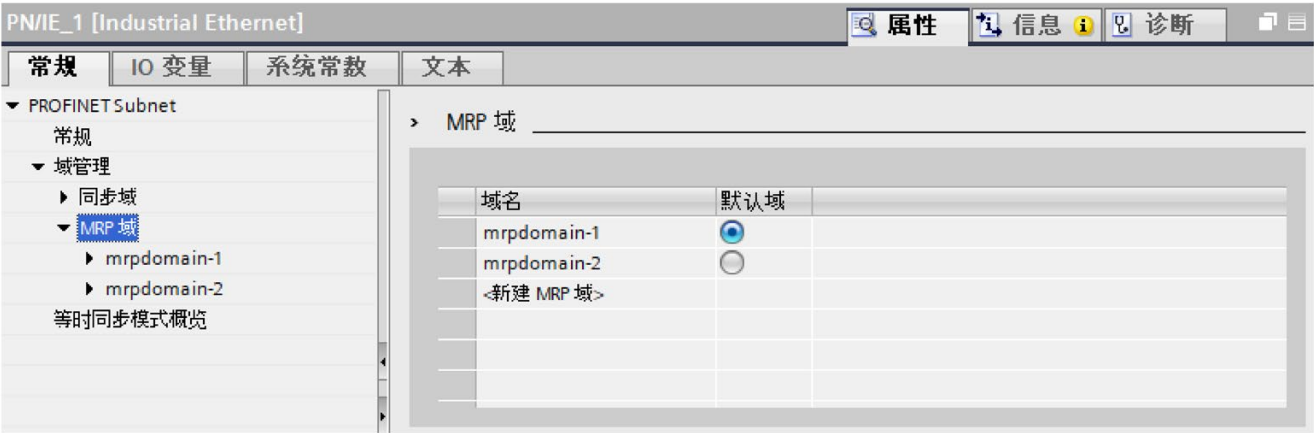


图 8-8 创建另一个 MRP 域“mrpdomain-2”

2.创建 R1 设备

示例中，将采用系统冗余 R1 的两个 R1 设备添加到 H-CPU 中。为此，请执行以下步骤：

- 1. 切换到网络视图。
- 2. 将 ET 200SP IM 155-6 PN R1 从硬件目录拖到工作窗口中。
- 3. 切换到 ET 200SP IM 155-6 PN R1 的设备视图。
- 4. 将所需 I/O 模块和服务器模块拖到 ET 200SP IM 155-6 PN R1 的相应插槽中。
- 5. 对另一个 ET 200SP IM 155-6 PN R1 重复步骤 1 到 4。

结果：R1 设备已创建，模块已分配。



图 8-9 ET 200SP IM 155-6 PN R1 已创建，模块已分配

3. 将 IO 设备分配给冗余系统

要将 R1 设备分配给 S7-1500H 冗余系统，请将 R1 设备的每个接口模块连接到每个 H-CPU。

每个 R1 设备的左侧接口模块必须连接到网络视图中的左侧 H-CPU。每个 R1 设备的右侧接口模块必须连接到网络视图中的右侧 H-CPU。

为此，请执行以下步骤：

1. 切换到网络视图。
2. 在 ET200SP-R1_1 站的左侧接口模块的 PROFINET 接口和左侧 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
3. 在 ET200SP-R1_1 站的右侧接口模块的 PROFINET 接口和右侧 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
4. 切换到 ET200SP-R1_1 站的设备视图并为两个接口模块设置看门狗定时器。为此，导航到巡视窗口中的“属性 > PROFINET 接口 [X1] > 高级选项 > 实时设置 > IO 周期”(Properties > PROFINET interface [X1] > Advanced options > Real-time settings > IO cycle)。
5. 为 ET200SP-R1_2 站重复步骤 1 到 4。

结果：R1 设备连接到 S7-1500H 冗余系统。

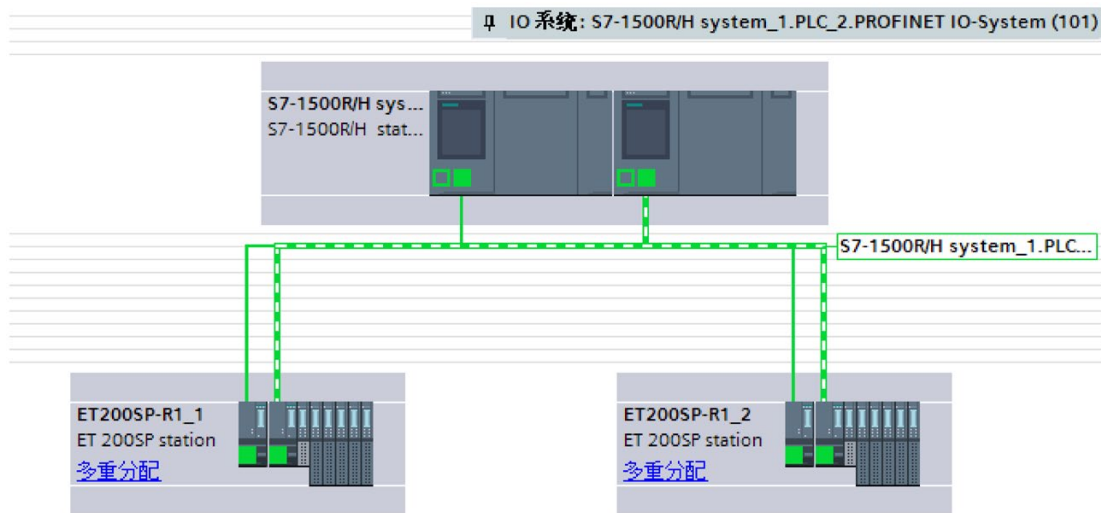


图 8-10 采用系统冗余的网络视图中分配的 R1 设备

说明**分配 IO 设备的替代方法。**

对于较大的项目，我们建议按如下方式分配 IO 设备：

1. 切换到网络视图。
 2. 将光标移到要分配的站上。
 3. 按下鼠标右键并在快捷菜单中选择“分配给新 DP 主站/IO 控制器”(Assign to new DP master/IO Controller)。
 4. 在以下对话框中选择两个 IO 控制器，然后单击“确定”(Ok)。这会将左侧接口模块分配给左侧 IO 控制器，将右侧接口模块分配给右侧 IO 控制器。
 5. 对其它 IO 设备重复步骤 2 到 4 或同时标记多个站。
-

4.指定 S7-1500H 冗余系统的 CPU 的 MRP 角色和 MRP 域。

在 STEP 7 中创建 S7-1500H 冗余系统后，STEP 7 将自动为两个 CPU 的 PROFINET 接口 X1 分配 MRP 角色“非环网中的设备”(Not device in the ring)。对于作为 PROFINET 环网的项目工程组态，必须将 MRP 角色更改为“管理员（自动）”(Manager (auto))。

要更改冗余系统的 MRP 角色，请按以下步骤操作：

1. 切换到 S7-1500H 冗余系统的设备视图。
2. 选择 S7-1500H 冗余系统的上层 H-CPU（安装导轨_0）的 PROFINET 接口 X1。
3. 在巡视窗口中，浏览到“属性 > 常规 > 高级选项 > 介质冗余”(Properties > General > Advanced options > Media redundancy)。
4. 将 MRP 域更改为“mrpdomain-1”（根据需要），将 H-CPU 的介质冗余角色更改为“管理员（自动）”(Manager (auto))。
5. 选择 S7-1500H 冗余系统中下方 H-CPU 的 PROFINET 接口 X1。

6. 将 MRP 域更改为“mrpdomain-2”（根据需要），将 H-CPU 的介质冗余角色更改为“管理员（自动）”(Manager (auto))。
7. 启用“诊断中断”(Diagnostic interrupts) 选项。

说明

如果启用“诊断中断”(Diagnostic interrupts) 选项，则在出现以下错误时会在环网端口生成诊断中断：

布线或端口错误：

- 相邻的环网端口不支持介质冗余 MRP。
- 环网端口连接到非环网端口。
- 环网端口连接到另一个 MRP 域的环网端口。

有关该主题的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

5.在 STEP 7 中为 S7-1500H 冗余系统的 R1 设备指定 MRP 角色和 MRP 域。

要为环网的其它设备定义介质冗余，请按以下步骤操作：

1. 切换到左侧 ET 200SP (ET200SP-R1_1) 的设备视图。
2. 单击左侧 IM 155-6 PN R1 的 PROFINET 接口 X1。
3. 将 MRP 域更改为“mrpdomain-1”（根据需要），将介质冗余角色更改为“客户端”(Client)。
4. 单击右侧 IM 155-6 PN R1 的 PROFINET 接口 X1。
5. 将 MRP 域更改为“mrpdomain-2”，将介质冗余角色更改为“客户端”(Client)。
6. 切换到右侧 ET 200SP (ET200SP-R1_2) 的设备视图并重复步骤 2 到 5。

说明

分配 MRP 角色和 MRP 域的替代方法。

对于较大的项目，我们建议按如下方式分配 MRP 角色和 MRP 域：

1. 切换到网络视图。
 2. 单击连接 PN/IE_1。
 3. 在巡视窗口中，导航到“属性 > 常规 > MRP 域”(Properties > General > MRP domains)。
 4. 向下滚动到“设备”(Devices) 部分。
 - 在“PROFINET IO 系统”(PROFINET IO system) 下，选择控制器接口。
 - 在“设备”(Devices) 下组态相应的 MRP 域和 MRP 角色。
-

6.在 STEP 7 项目外组态设备

为 STEP 7 以外的 PROFINET 环网设备设置 MRP 角色“客户端”(Client)。

参考

有关 S7-1500R/H 冗余系统 PROFINET 拓扑的信息，请参见《PROFINET 功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856>)》。

8.5 组态其它组态变型

简介

在本部分中，将介绍有关组态 S7-500H 冗余系统其它组态变型的信息。

组态包含 R1 设备和 Y 型交换机的 PROFINET 环网或线型拓扑

重新对仅可通过 H-CPU 访问的 S2 设备的操作模式进行参数设置

如果 S2 设备只能由一个 CPU 访问，则 H-CPU 的默认操作模式“IO 设备 (S2)”（例如用于交换机）会触发 MAINT 诊断。H-CPU 上的 MAINT LED 点亮。为防止 MAINT 诊断，必须将操作模式从“IO 设备 (S2)”更改为“IO 设备 (S1)”。可在 STEP 7 的“I/O 通信”(I/O communication) 视图中为每个 S2 设备设置参数操作模式。

组态采用 DNA 冗余的 Y 型交换机

可通过以下几种方式组态 DNA 冗余：

- 通过 Y 型交换机的基于 Web 的管理组态 DNA 冗余。结果：未在 STEP 7 中将 Y 型交换机作为 IO 设备集成。
- 建议：在硬件配置中组态 DNA 冗余，并将 Y 型交换机的参数设置为 IO 设备。这样便可评估 Y 型交换机的 PROFINET 诊断并执行快速故障排除。

下级 PROFINET 环网的 Y 型交换机和 IO 设备的 MRP 角色

分配以下 MRP 角色：

- 对于 Y 型交换机：“管理器”
- 对于两个采用 DNA 冗余的 Y 型交换机：
 - Y 型交换机作为 MRP 管理器/DNA 管理器：“管理器”
 - Y 型交换机作为 MRP 客户端/DNA 客户端：“客户端”
- 对于 IO 设备：“客户端”

8.5 组态其它组态变型

有关 Y 型交换机 DNA 冗余以及下级 PROFINET 环网参数分配的更多信息，请参见《SCALANCE XB-200/XC-200/XF-200BA/XP-200/XR-300WG 基于 Web 的管理 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109780061>)》组态手册。

说明

组态 PROFINET 接口时的特性

使用 Y 型交换机下游的 S2/S1 设备时，所有 IP 地址必须位于同一个子网中。与 R1 设备相比，S2/S1 设备只有一个接口模块。如果当前的主 CPU 与 S2/S1 设备不在同一子网中，则主 CPU 不能再访问这些设备。在这种情况下，编译组态时，STEP 7 已输出错误消息。

包含 R1 设备和交换机的线型拓扑组态

重新对交换机的操作模式进行参数设置

交换机的默认操作模式“IO 设备 (S2)”会永久在 H-CPU 上触发 MAINT 诊断。H-CPU 上的 MAINT LED 点亮。为防止 MAINT 诊断，必须将交换机的操作模式从“IO 设备 (S2)”更改为“IO 设备 (S1)”。可在 STEP 7 的“I/O 通信”(I/O communication) 视图中为每个 IO 设备设置参数操作模式。

参见

组态 R/H CPU (页 236)

8.6 在 STEP 7 中显示 IO 设备分配

简介

在 STEP 7 的“I/O 通信”(I/O communication) 视图中，可显示 IO 设备分配，并可更改 IO 设备的操作模式。

操作步骤

要访问“I/O 通信”(I/O communication) 视图，请按以下步骤操作：

1. 在 STEP 7 的网络视图选择冗余系统。
2. 在网络视图的表格视图中，切换为“I/O 通信”(I/O communication)。

在 STEP 7 中显示 IO 设备分配

无论 IO 设备作为系统冗余设备还是标准 IO 设备（“交换 S1 设备”）连接到 S7-1500R/H 冗余系统，网络视图始终会显示“多次分配”(Multi assigned)。

表中包含所有分配给 S7-1500R/H 冗余系统 PROFINET 接口的 IO 设备。

“操作模式”(Operating mode) 列显示 IO 设备与 S7-1500R/H 冗余系统的连接方式：

- IO 设备 (S2)：IO 设备连接到冗余系统。
- IO 设备 (R1)：IO 设备连接到冗余系统。
- IO 设备 (S1)：IO 设备通过“交换 S1 设备”功能连接。

如果要更改 IO 设备的操作模式，则单击相应条目并选择其它操作模式。

8.6 在 STEP 7 中显示 IO 设备分配

下图显示了 STEP 7 如何在网络视图的表格视图中显示两个采用系统冗余 S2 的 IO 设备。

拓扑视图网络视图设备视图

网络概览连接关系IO 通信VPN远程控制

离线组态在线分配

	伙伴 1	↔	伙伴 2	伙伴 2 上的接口	模式
1	▼ PLC_1				
2	▼ PROFINET-Schnittstelle_1				
3	X1	↔	IO-Device_1	PROFINET-Schnittstelle	IO-Device(S2)
4	X1	↔	IO-Device_2	PROFINET-Schnittstelle	IO-Device(S2)
5	▼ PLC_2				
6	▼ PROFINET-Schnittstelle_1				
7	X1	↔	IO-Device_1	PROFINET-Schnittstelle	IO-Device(S2)
8	X1	↔	IO-Device_2	PROFINET-Schnittstelle	IO-Device(S2)

图 8-11 在 STEP 7 中显示 IO 设备分配

参考

计算 PROFIsafe 监视时间

要计算 PROFIsafe 监视时间，需要在“I/O 通信”(I/O communication) 视图的右侧区域找到 RDHT [ms] 和 MTOT [ms] 时间。

拓扑视图网络视图设备视图

IO 通信VPN远程控制

编号	RDHT [ms]	MTOT [ms]
	1348	1000
	1348	1000
	1348	1000
	1348	1000

图 8-12 显示 RDHT 和 MTOT 时间信息

RDHT 时间信息：冗余数据保持时间 (Redundancy Data Hold Time)。RDHT 指示 IO 设备发生故障之前，AR 交换期间 IO 设备输出未更新的时长。

MTOT 时间信息：最长接管时间 (Maximum Take over Time)。MTOT 指示 IO 设备发生故障之前，AR 交换期间 IO 设备输入未更新的时长。

仅当已组态 STEP 7 项目之后，才会显示 RDHT 和 MTOT 的有效值。如果之后更改硬件配置，需要重新编译项目。编译后，STEP 7 将再次显示有效值。

更多信息，请参见 Internet

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/93839056>) 上的以下条目以及

《SIMATIC Safety - 组态和编程

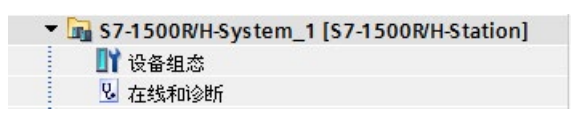
(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》编程与操作手册。

8.7 项目树

项目树的结构

在项目树中，STEP 7 将为各 CPU 创建项目树。项目树采用树形结构，包含该项目的所有元素和编辑器。

表格 8-2 项目树的结构

	在 H 系统下，可查看适用于整个系统的设备组态和诊断选项。
	项目树上面部分显示的 CPU 的冗余 ID 为“1”。CPU 特性显示在其下方。 本部分还包含冗余系统的其它特性、用户程序以及其它系统相关的项目条目。 对于 HF-CPU，安全管理编辑器位于最上面的 CPU 中。 分配给 CPU 的 IO 设备列于“分布式 I/O”(Distributed I/O) 下。

	项目树下面部分的 CPU 的冗余 ID 为“2”。CPU 特性显示在其下方。 分配给 CPU 的 IO 设备列于“分布式 I/O”(Distributed I/O) 下。
	所有使用的分布式 I/O 设备均列于“未分组设备”(Ungrouped devices) 下。

8.8 参数

“参数分配”意味着设置参数特性。包括设置地址、启用报警和定义通信特性。

在 STEP 7 巡视窗口的区域导航中选择 CPU 的特性参数。CPU 具有常规参数和 R/H 特定参数。两个 CPU 的某些参数必须是相同的。STEP 7 将这些参数应用到第二个 CPU。各 CPU 上的其它参数必须是不同的（例如设备 IP 地址）。如果组态不一致，则将在 STEP 7 将显示该冲突。

参考

有关所有 CPU 参数的详细说明，请参见 STEP 7 在线帮助。

8.9 过程映像和过程映像分区

8.9.1 过程映像 - 概述

过程映像输入和输出

输入和输出的过程映像，是对信号状态的映射。CPU 将输入和输出模块中的值传送到过程映像区输入和输出中。循环程序开始时，CPU 将过程映像输出以信号状态的形式传送到输出模块中。CPU 随后将输入模块的信号状态传送到过程映像输入中。

过程映像的优点

过程映像的程序循环执行过程中访问的过程信号映射始终一致。如果在程序执行期间输入模块的信号状态更改，那么信号状态会保留在过程映像中。CPU 在下一个循环时才对该过程映像进行更新。

过程映像的一致性

更新过程映像时，S7-1500R/H 冗余系统将各子模块的数据作为一致性数据进行访问。此特性与 S7-1500 CPU 完全相同。

每个子模块中可作为一致性数据访问的最大数据量，取决于 IO 系统。例如，PROFINET IO 的数据量为 1024 个字节。

32 个过程映像分区

CPU 使用过程映像分区将特定模块中已更新的输入/输出与用户程序的特定部分进行同步。

在 S7-1500R/H 冗余系统中，整个过程映像可细分为最多 32 个过程映像分区 (PIP)。

CPU 将在每个程序循环开始时自动更新 TPA 0（自动更新）。更多信息，请参见功能手册《循环与响应时间 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193558>)》。

在组态 IO 设备时，可以将其它 OB 分配给过程映像分区 PIP 1 到 PIP 31。

CPU 始终在执行相关 OB 前读取输入的过程映像分区 (PIPI)。CPU 在 OB 结束时输出输出的过程映像分区 (PIPQ)。

下图说明了过程映像分区的更新。

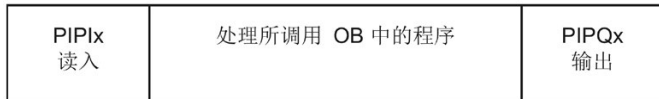


图 8-13 更新过程映像分区

8.9.2 在用户程序中更新过程映像分区

要求

或者也可使用以下指令更新过程映像：

- “UPDAT_PI”指令
- “UPDAT_PO”指令

指令位于 STEP 7“指令”(Instructions) 选项卡中的“扩展指令”(Extended instructions) 下。用户程序内的任意位置均可以调用该指令。

使用“UPDAT_PI”和“UPDAT_PO”指令更新过程映像分区的要求：

- 不能将过程映像分区分配给任何 OB。这意味着过程映像分区不会自动更新。

说明

更新 PIP 0

PIP 0（自动更新）不能使用指令“UPDAT_PI”和“UPDAT_PO”进行更新。

UPDAT_PI：更新输入的过程映像分区

通过该指令，将 IO 设备输入模块中的信号状态读入到输入过程映像分区 (PIPI)。

UPDAT_PO：更新输出的过程映像分区

通过该指令，可以将输出的过程映像分区 (PIP) 传输到 IO 设备的输出模块。

对 I/O 设备的输入和输出进行直接 I/O 访问

如果因编程原因需要对 I/O 进行直接读/写访问，也可以采用这种方式代替通过过程映像进行的 I/O 访问。直接（写入）I/O 访问也将写入过程映像。这将防止过程映像的后续输出再次改写通过直接访问写入的值。

说明

避免直接 I/O 访问。直接 I/O 访问的每个实例都会在 RUN-Redundant 系统状态下同步，因此循环时间会延长。建议：通过过程映像或过程映像分区访问 IO 设备的输入和输出。

参考

有关过程映像分区的更多信息，请参见功能手册《循环与响应时间》(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193558>)。

程序执行的基本知识

9.1 S7-1500R/H 编程

S7-1500R/H 冗余系统的用户程序

对于用户程序的设计和编程，冗余 S7-1500R/H 系统所采用的规则与 S7-1500 自动化系统相同。

在冗余操作中，两个 CPU 中存储的用户程序相同。这两个 CPU 按事件同步处理用户程序。

就用户程序执行而言，S7-1500R/H 冗余系统的特性与 S7-1500 自动化系统的相同。同步功能已集成到操作系统中，可在主 CPU 和备用 CPU 之间自动运行，但不可见。

S7-1500R/H 冗余系统的特定指令和块

S7-1500R/H 冗余系统提供了特定的指令和 OB。

“RH_CTRL”指令

使用“RH_CTRL”指令，可对 R/H 系统进行以下控制：

- 锁定 SYNCUP 的性能（模式 3）或再次释放 SYNCUP 的性能（模式 4）。
其目的在于，仅在非关键过程阶段，才能使用 SYNCUP（更多信息，请参见“通过 RH_CTRL 指令禁用/启用 SYNCUP (页 276)”部分）。

自固件版本 V2.9 开始：

- 请求 SYNCUP（模式 7）。
在 RUN-Solo 系统状态下，可以利用此功能通过用户程序请求 SYNCUP。
- 将主 CPU 切换到 STOP 模式（模式 8，仅在 RUN-Redundant 系统状态下）。
在紧急情况下（例如主 CPU 区域发出火警），可以通过该功能执行主-备用切换，作为预防措施。
- 将备用 CPU 切换至 STOP 模式（模式 9）。

自固件版本 V3.0 起：

- 查询当前状态，确定 SYNCUP 是被阻止还是已启用（模式 10）。

“RH_GetPrimaryID”指令

在用户程序中使用“RH_GetPrimaryID”指令读取当前作为主 CPU 的 CPU（更多信息，请参见“通过“RH_GetPrimaryID”确定主 CPU (页 279)”部分）。

OB 72 (CPU 冗余错误)

除了 S7-1500 CPU 中的 OB 之外，还可使用 OB 72 (CPU 冗余错误)。发生以下某个事件时，R/H 系统中各 CPU 的操作系统将调用 CPU 冗余错误 OB (OB72)：

- 由于 CPU 故障，导致冗余丢失
- 由于 CPU 切换为 STOP 模式（由用户或系统触发），导致冗余丢失

固件版本 V2.8 及以下版本：

- R/H 系统已进入 RUN-Redundant 系统状态。

自固件版本 V2.9 开始：

- R/H 系统已进入 RUN-Redundant 系统状态，两个 R/H-CPU 可以冗余同步。
- R/H 系统已进入 RUN-Redundant 系统状态，但两个 R/H-CPU 无法冗余同步。
- R/H 系统仍处于 RUN-Redundant 系统状态，两个 R/H-CPU 可以立即或再次冗余同步。
- R/H 系统仍处于 RUN-Redundant 系统状态，但两个 R/H-CPU 不能继续保持冗余同步。

说明

未冗余同步的 R/H 系统不允许再出现任何故障。这种情况下，需检查并尽可能立即维修 PROFINET 环网（R 系统）或光缆（H 系统）。

OB 70 (IO 冗余错误)

自固件版本 V3.0 起，可通过 OB 70 (I/O 冗余错误) 诊断 S7-1500H 系统中的 R1 和 S2 设备。

如果 R1/S2 冗余设备在系统状态 RUN-Redundant 下发生冗余丢失或冗余返回，则 CPU 的操作系统会调用 OB 70。冗余丢失意味着 R1/S2 设备的两个 AR 的一个 AR 发生故障。冗余返回意味着 R1/S2 设备的第二个 AR 返回。

例如，冗余丢失是由以下事件之一引起的：

- 由于电压故障导致 S2 设备故障
- R1 设备的两个接口模块之一故障
- R1 或 S2 设备一侧的线路中断

仅在 RUN-Redundant 系统状态下调用 OB 70。H 系统退出系统状态 RUN-Redundant 时，将调用 OB 72（CPU 冗余错误）。

STEP 7 在线帮助

有关指令和块的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

程序执行过程中的特性

- 在 STEP 7 项目树的顶端 CPU（如，PLC_1）中，创建 S7-1500R/H 冗余系统的用户程序。
- 冗余系统 S7-1500R/H 不支持某些 S7-1500 CPU 指令。在 STEP 7 的“指令”(Instructions)任务卡中，S7-1500R/H 冗余系统不支持的指令将显示为灰色。
而 STEP 7 在程序代码中，将不支持的指令显示为红色。如果编译的程序代码包含不支持的指令，则 STEP 7 将输出错误消息。
有关不支持的指令，请参见“限制 (页 265)”部分。
- 如果指令中带有“LADDR”块参数，则可通过该参数确定两个 CPU 中该指令的目标 CPU。
示例：要读取冗余 ID 为 1 的 CPU 的 I&M 数据，可在“Get_IM_Data”指令的“LADDR”块参数中指定硬件标识符 65149（或系统常量“Local1”）。
有关 S7-1500R/H 冗余系统的块参数和系统常量，请参见 STEP 7 在线帮助。
- 在 SYNCUP 操作模式下，许多异步操作指令的执行时间将延长。如果在 S7-1500R/H 冗余系统处于 SYNCUP 系统状态下时调用异步指令，可能不会触发所需功能。
解决方法：SYNCUP 结束后，再次调用异步指令。即会触发所需功能。
建议：始终循环调用异步指令。

- 与 S7-1500 自动化系统相比，冗余 S7-1500R/H 系统不仅会在优化块访问期间，还会在非优化块访问期间初始化功能 (FC) 的本地临时数据。有关优化块访问的系统初始化信息，请参见 STEP 7 在线帮助。
- 通过 SNMP 状态的数据记录和非循环通信故障时的行为（例如，使用指令 RDREC 和 WRREC）更改 CPU 设置：
如果要针对每次数据记录传输的指定应用案例更改 CPU 的默认行为，可为此使用以下特殊数据记录。标准 CPU 和 R/H-CPU 的数据记录结构相同。但是，在冗余系统环境中进行编程时，必须考虑特定点，以便设置对两个 CPU 都起作用。这些特定点在《PROFINET 功能手册》和《通信功能手册》的相应部分中指定：
 - 《通信功能手册》
(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59192925>)：SNMP
 - 《PROFINET 功能手册》
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856>)：在交换数据时处理超时

编程样式指南

编程样式指南中介绍的编程指南可帮助您创建统一的程序代码。您可以更好地维护和重用统一的程序代码。这样可以尽早检测或避免错误，如通过编译器。

如需编程样式指南，请访问 Internet

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109478084>)。

9.2 限制

有限制的支持指令

表格 9-1 有限制的支持指令 CPU 1513R / CPU 1515R / CPU 1517H / CPU 1518HF 固件版本 V3.0

指令	说明	限制
通信		
TMAIL_C (V5.0 或更高版本)	发送电子邮件	固件版本为 V2.9 及更高版本的 S7-1500R/H CPU 支持版本低于 V5.0 的指令“TMAIL_C”。
扩展指令		
CREATE_DB	创建数据块	不支持在“仅在工作存储器中”模式下创建数据块。支持另外两种模式“仅在负载存储器中”或“工作和负载存储器中”。更多相关信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

不支持的指令

表格 9-2 固件版本为 V3.0 的 CPU 1513R / CPU 1515R / CPU 1517H / CPU 1518HF 不支持的指令

指令	说明
通信	
GET	从远程 CPU 读取数据
PUT	将数据写入远程 CPU
USEND	非协同性数据发送
URCV	非协同性数据接收
BSEND	数据分段发送
BRCV	数据分段接收
T_CONFIG	组态接口
OPC-UA_Connect	创建连接
OPC-UA_NamespaceGetIndexList	读取命名空间索引
OPC-UA_NodeGetHandleList	获取用于读写访问的句柄
OPC-UA_MethodGetHandleList	获取方法调用句柄

9.2 限制

指令	说明
OPC-UA_TranslatePathList	读取节点参数
OPC-UA_ReadList	读取变量
OPC-UA_WriteList	写入变量
OPC-UA_MethodCall	调用方法
OPC-UA_NodeReleaseHandleList	启用用于读写访问的句柄
OPC-UA_MethodReleaseHandleList	启用方法调用句柄
OPC-UA_Disconnect	关闭连接
OPC-UA_ConnectionGetStatus	读取连接状态
OPC-UA_ServerMethodPre	服务器方法调用的准备过程
OPC-UA_ServerMethodPost	服务器方法调用的后处理过程
WWW	同步用户页面
S_USSI	初始化 USS
FTP_CMD	与 FTP 服务器建立 FTP 连接
扩展指令	
SET_TIMEZONE ¹⁾	设置时区
SNC_RTCB	同步从站时钟
SYNC_PI	同步过程映像输入
SYNC_PO	同步过程映像输出
D_ACT_DP	启用/禁用 DP 从站
ReconfigIOSystem	重新组态 IO 系统
WR_REC	将数据记录写入 I/O (使用新指令 WRREC)
RD_REC	从 I/O 读取数据记录 (使用新指令 RDREC)
RCVREC	接收数据记录 (智能设备)
PRVREC	启用数据记录 (智能设备)
DPSYC_FR	同步 DP 从站/冻结输入
DPNRM_DG	读取 DP 从站的诊断数据
DP_TOPOL	确定 DP 主站系统的拓扑结构
PE_WOL	通过 WakeOnLan 启动和停止节能模式
PE_I_DEV	控制智能设备中的 PROFIenergy 命令

指令	说明
WR_DPARM	传送数据记录
ATTACH	将 OB 关联到中断事件
DETACH	解除 OB 与中断事件的关联
DataLogCreate	创建数据日志
DataLogOpen	打开数据日志
DataLogWrite	写入数据日志
DataLogClear	清空数据日志
DataLogClose	关闭数据日志
DataLogDelete	删除数据日志
DataLogNewFile	新文件中的数据日志
FileReadC	从存储卡读取文件
FileWriteC	将数据写入到存储卡上
基本指令	
ReadFromArrayDBL	从装载存储器的 ARRAY 数据块中读取
WriteToArrayDBL	写入装载存储器的 ARRAY 数据块中
工艺	
所有运动控制指令（MC_Power、MC_Home、MC_...）	-
基于时间的 IO	
TIO_SYNC	同步 TIO 模块
TIO_DI	读取数字量输入的边沿和关联的时间戳
TIO_DQ	在数字量输出处输出由时间控制的边沿

1) 在 CPU 中进行调用时，该指令将生成一个负返回值 RETVAL。

不支持的 OB

S7-1500R/H 冗余系统的 CPU 不支持以下 OB：

- 同步循环中断 OB
- OB 67“MC-PreServo”
- OB 91“MC-Servo”
- OB 92“MC 插补器”
- OB 95“MC-PostServo”

9.3 事件和 OB

启动事件

下表概括介绍了启动时间及其 OB 的可能事件源：

表格 9-3 启动事件

事件源	优先级（默认优先级）	OB 编号	默认系统响应 ¹⁾	OB 数目
启动	1	100, ≥ 123	忽略	0 至 100
循环程序	1	1, ≥ 123	忽略	0 至 100
时间中断	2 到 24 (2)	10 到 17, ≥ 123	不适用	0 至 20
延时中断	2 到 24 (3)	20 到 23, ≥ 123	不适用	0 至 20
循环中断	2 至 24 (8 至 17, 与频率有关)	30 到 38, ≥ 123	不适用	0 至 20
硬件中断	2 到 26 (16)	40 到 47, ≥ 123	忽略	0 至 50
状态中断	2 到 24 (4)	55	忽略	0 或 1
更新报警	2 到 24 (4)	56	忽略	0 或 1
制造商或配置文件特定的中断	2 到 24 (4)	57	忽略	0 或 1
I/O 冗余错误	2 到 26 (6)	70	忽略	0 或 1

事件源	优先级（默认优先级）	OB 编号	默认系统响应 ¹⁾	OB 数目
CPU 冗余错误	2 到 26 (26)	72	忽略	0 或 1
时间错误	22	80	忽略	0 或 1
超出最大循环时间			取决于系统状态 ²⁾	
诊断中断	2 到 26 (5)	82	忽略	0 或 1
可移除/插入的模块	2 到 26 (6)	83	忽略	0 或 1
机架错误	2 到 26 (6)	86	忽略	0 或 1
编程错误（仅限全局错误处理）	2 到 26 (7)	121	STOP	0 或 1
I/O 访问错误（仅限全局错误处理）	2 到 26 (7)	122	忽略	0 或 1

¹⁾ 如果 OB 尚未组态。

²⁾ 参见“超出循环时间时 S7-1500R/H 冗余系统的响应”部分

对启动事件的响应

发生触发时将导致以下响应：

- 对于已分配 OB 的事件，将触发执行所分配的 OB。该事件将按照优先级在队列中排列（例外情况：硬件中断）。
- 如果事件来自尚未分配 OB 的事件源，则 CPU 将执行默认的系统响应。

说明

某些事件源无需组态就已存在（如启动、拔出/插入）。

OB 72 和 OB 86 对系统状态转换的响应

如果 IO 设备发生故障，OB 86 会报告“机架故障”（若设定）。OB 72 的“CPU 冗余错误”会报告冗余系统中失去冗余或冗余同步失败。

下图显示了系统状态从 RUN-Solo 转换为 RUN-Redundant（以及反向转换）期间两个 OB 的行为。

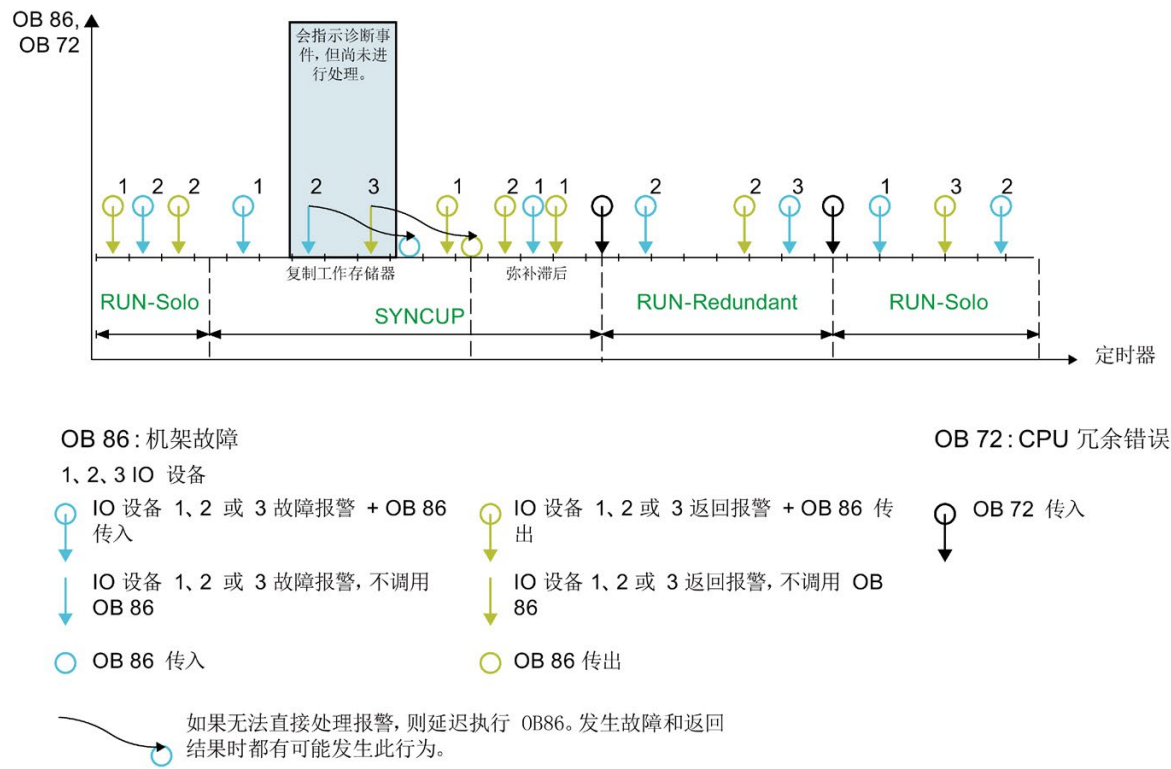


图 9-1 系统状态转换期间的 OB 72 和 OB 86

OB 86

示例中有三个 IO 设备。每当其中一个 IO 设备发生故障后，IO 设备都会恢复。每次 IO 设备故障/IO 设备恢复都会加以指示。调用 OB 86 会中断循环程序的执行。

在 SYNCUP 系统状态的“复制主存储器”阶段，处理用于中断循环程序处理过程的 OB。会指示新的诊断事件，但尚未对 OB 进行处理。本例中，会指示 IO 设备 2 故障以及 IO 设备 3 恢复。在进入下一阶段“弥补备用 CPU 滞后”时，才会对 OB 86 进行处理。

说明**OB 86 的执行顺序**

请注意，OB 86 的处理顺序可能与相关诊断事件的处理顺序不同。

说明**站重新集成时出错**

当站在 R/H-CPU 中返回错误时，不会尝试在诊断缓冲区中输出确切的错误信息，这一点与标准 CPU 相反。

OB 72

如果系统随后切换为 RUN-Redundant 系统状态，会调用 OB 72“CPU 冗余错误”。在以下情况下，将再次调用 OB 72：

- 冗余系统脱离冗余运行状态并切换为 RUN-Solo 系统状态。
- 冗余系统处于冗余运行状态，两个 R/H-CPU 无法再冗余同步，或者可以再次冗余同步。

上述情况可以通过 OB 72 的启动信息来区分。有关该主题的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

说明**延迟执行 OB 72**

由于相应的诊断事件处理与用户程序是异步进行的，因此执行 OB 72 还可能存在延迟。

主-备用切换时，标准 IO 设备的 OB 72 和 OB 86 的行为

如果主 CPU 出现故障或进入 STOP 模式，标准 IO 设备将暂时与 S7-1500R/H 冗余系统分离。从 CPU 角度来看，标准 IO 设备出现故障。会调用 OB 72“冗余错误”，但不会调用发生故障的 IO 设备的附加 OB 86“模块机架故障”。要检测发生故障的 IO 设备，请调用 OB 72 中的 DeviceStates 指令。要检测所有发生故障的 IO 设备，必须将 OB 72 的优先级设为 26（默认值）。

通过“交换 S1 设备”功能，新的主 CPU 再次与标准 IO 设备建立 AR。每次返回 IO 设备时都会调用 OB 86。

在 RUN-Redundant 系统状态下，R1/S2 设备发生故障时 OB 70 和 OB 86 的行为

如果 R1/S2 设备发生故障，OB 86 会报告“模块故障”（若进行相应设定）。

- 如果在 R1/S2 设备发生故障之前存在两个 AR，则操作系统会在 OB 86 之前调用 OB 70“I/O 冗余错误”
- 如果在 R1/S2 设备发生故障之前只存在一个 AR 且该 AR 未丢失，则不会调用 OB 70。

在 RUN-Redundant 系统状态下，R1/S2 设备恢复时 OB 70 和 OB 86 的行为

如果 R1/S2 设备恢复，OB 86 会报告“模块恢复”（若进行相应设定）。

调用 OB 86 指示站恢复，与调用 OB 86 时 R1/S2 设备的冗余状态无关。

- 如果恢复时可建立两个 AR，则会在 OB 86 之后调用 OB 70。R1/S2 设备冗余。
- 如果恢复时仅可建立一个 AR，则不会调用 OB 70。R1/S2 设备非冗余。

OB 70 和 OB 86 的优先级

说明

OB 70 和 OB 86 的优先级

为 OB 70 和 OB 86 选择相同的优先级，或保持默认设置（优先级 6）。这样可避免 OB 彼此中断。对于优先级相同的事件，用户程序按发生的时间顺序进行处理。

SYNCUP 后 OB 70 和 OB 86 的行为

如果访问系统状态 RUN-Redundant 后 R1/S2 设备变为冗余状态，则会调用 OB 70（离去）。

如果 IO 设备仅可通过备用 CPU 访问，且此设备在 SYNCUP 前不可访问，则在系统状态 RUN-Redundant 下会调用 OB 86（离去），而不会调用 OB 70。这说明 IO 设备已恢复且没有冗余。

示例：OB 72 CPU 冗余故障

自动化任务

使用 S7-1500R 冗余系统控制着高炉。S7-1500R 冗余系统控制着高炉温度、体积和压力参数。

特点

如果冗余丢失（由于主 CPU 故障等原因），高炉控制室中的信号灯会指示该事件。控制室通知维修人员。维修人员更换故障的 CPU。

解决方法

发生 CPU 冗余错误时，系统将调用 OB 72。OB 72 中的用户程序控制着 ET 200SP 中连有信号灯的数字量输出模块（继电器）。

超出循环时间时 S7-1500R/H 冗余系统的响应

下表列出了超出循环时间时冗余系统的响应。

如果用户程序在最大循环时间内未到达循环控制点，冗余系统会按照“首次超出循环时间”一列中的说明作出响应。冗余系统随后会复位循环时间监视。

如果在同一循环中第二次超出最大循环时间，冗余系统会按照“第二次超出循环时间”一列中的说明作出响应。冗余系统随后会复位循环时间监视。

9.3 事件和 OB

如果在同一循环中第三次超出最大循环时间，冗余系统会按照“第三次超出循环时间”一列中的说明作出响应。冗余系统随后会复位循环时间监视（仅当组态了时间错误 OB 80 时）。

表格 9-4 超出循环时间时 S7-1500R/H 冗余系统的响应（不调用 OB 80）

初始情况			首次超出循环时间			第二次超出循环时间		
系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU
RUN-Solo	RUN	STOP	STOP	STOP	STOP	---	---	---
SYNCUP¹⁾	RUN-Syncup	SYNCUP	STOP	STOP	STOP	---	---	---
SYNCUP²⁾	RUN-Syncup	SYNCUP	RUN-Solo	RUN	STOP	STOP	STOP	STOP
RUN-Redundant	RUN-Redundant	RUN-Redundant	RUN-Solo	RUN	STOP	STOP	STOP	STOP

1) 在工作存储器内容快照之前 SYNCUP

2) 在工作存储器内容快照之后 SYNCUP

表格 9-5 超出循环时间时 S7-1500R/H 冗余系统的响应（调用 OB 80）

初始情况			首次超出循环时间			第二次超出循环时间			第三次超出循环时间		
系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU
RUN-Solo	RUN	STOP	RUN-Solo	RUN + OB 80	STOP	STOP	STOP	STOP	---	---	---
SYNCUP¹⁾	RUN-Syncup	SYNCUP	SYNCUP	RUN-Syncup + OB 80	SYNCUP	STOP	STOP	STOP	---	---	---

初始情况			首次超出循环时间			第二次超出循环时间			第三次超出循环时间		
系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU	系统	主 CPU	备用 CPU
SYNCU P²⁾	RUN-Syncup	SYNCU P	SYNCU P	RUN-Syncup + OB 80	SYNCU P + OB 80	RUN-Solo	RUN + OB 80	STOP	STOP	STOP	STOP
RUN-Redundant	RUN-Redundant	RUN-Redundant	RUN-Redundant	RUN-Redundant + OB 80	RUN-Redundant + OB 80	RUN-Solo	RUN + OB 80	STOP	STOP	STOP	STOP

1) 在工作存储器内容快照之前 SYNCUP

2) 在工作存储器内容快照之后 SYNCUP

事件源与 OB 间的分配

OB 类型决定了将 OB 分配给事件源的位置：

- 对于硬件中断：在硬件配置中分配
- 对于其它所有 OB 类型：组态事件源后，在创建 OB 时在适当的位置进行分配。

OB 优先级和运行时特性

如果 OB 被分配给事件，则 OB 将拥有该事件的优先级。S7-1500R/H CPU 支持的优先级从 1（最低）到 26（最高）。以下条目对于事件执行必不可少：

- 调用和执行所分配的 OB
- 更新已分配 OB 的过程映像分区

用户程序按优先级独占式处理 OB。这意味着同时发出多个 OB 请求时，程序将首先处理优先级最高的 OB。如果所发生事件的优先级高于当前执行的 OB，则中断此 OB 的执行*。对于优先级相同的事件，用户程序按发生的时间顺序进行处理。

*例外情况：在 RUN-Redundant 系统状态下，优先级较高的 OB 83“插拔模块”不会中断 OB 82“诊断中断”的执行。

说明

通信

通信（例如 PG/PC 的测试功能）的优先级始终为 15。为了避免时间关键型应用中的程序运行时间发生不必要的延长，应确保这些 OB 不会被通信延迟或中断。为这些 OB 分配 > 15 的优先级。

参考

有关组织块的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

9.4 S7-1500R/H 冗余系统的特殊指令

9.4.1 通过 RH_CTRL 指令禁用/启用 SYNCUP

简介

可使用“RH_CTRL”指令禁用 S7-1500R/H 冗余系统的 SYNCUP 或启用 SYNCUP 的执行。禁用适用于：

- 直至通过“RH_CTRL”指令取消禁用
- 直至 S7-1500R/H 冗余系统切换为 STOP 系统状态

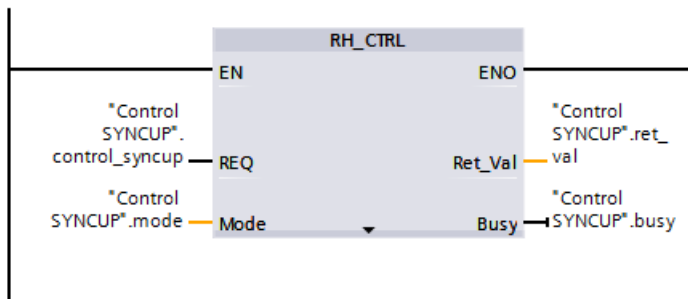
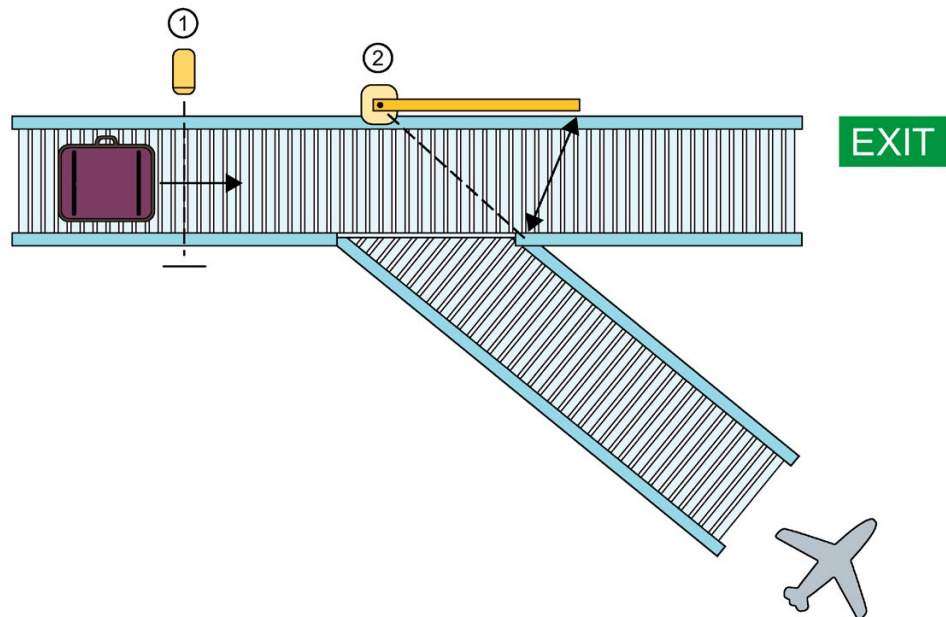


图 9-2 RH_CTRL 指令

示例：为行李处理系统禁用/启用 SYNCUP**自动化任务**

机场的行李处理系统用于分发行李。航班到达后，所有行李会装载到行李处理系统中。行李以高速通过扫描仪。扫描仪检查行李的目的地：

- 如果一件行李已到达其目的机场，行李处理系统会直接将其转送到行李提取处。
- 如果一件行李未到达其最终目的地，系统会立即将其重新转到转接班机。



- ① 扫描仪
② 导向装置

图 9-3 机场行李处理系统

为了确保机场行李处理系统具有高可用性，可使用 S7-1500R/H 冗余系统作为控制器。如果其中一个 CPU 发生故障（冗余丢失），S7-1500R/H 冗余系统会由 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo。CPU 会继续确保对行李处理系统的通知，但没有其它冗余 CPU 可用。

用替换 CPU 更换故障 CPU。有关更换 CPU 的操作步骤，请参见“更换故障 R/H-CPU (页 394)”部分。

将更换后的 CPU 设置为 RUN 模式后，R/H 系统立即做出以下响应：

- 替换 CPU（备用 CPU）切换为 SYNCUP 操作状态，并向主 CPU 发送相应状态消息。
- 主 CPU 随后从 RUN 操作状态切换为 RUN-Syncup。
- 之后，S7-1500R/H 冗余系统会执行 SYNCUP。

处于 SYNCUP 状态时，主 CPU 的用户程序运行的循环时间会延长。在该循环中，冗余系统响应输入信号变化之前存在一定的延迟。

在 SYNCUP 系统状态下，当一件行李通过扫描仪时，冗余系统只能在如上所述的延长循环时间后才会响应扫描仪。最坏的情况下，行李已在系统作出响应之前通过导向装置。此件行李随后会移至行李领取处，而不是转接班机。

特点

需要使用“RH_CTRL”指令，根据需要禁用和启用 SYNCUP 的执行。

解决方法

可使用“RH_CTRL”指令禁用 S7-1500R/H 冗余系统 SYNCUP 系统状态的执行。如果不再需要禁用 SYNCUP 状态，可使用“RH_CTRL”指令再次启用此状态的执行。

禁用 SYNCUP 的执行可避免行李处理系统满负荷或接近满负荷运行时程序循环延长。为此，在用户程序中使用块参数 MODE = 3 调用“RH_CTRL”指令。

用替换 CPU 更换故障 CPU。

将更换后的 CPU 从禁用的 SYNCUP 状态设置为 RUN 状态后，R/H 系统立即做出以下响应：

- 更换后的 CPU（备用 CPU）显示 SYNCUP 状态。
- 然后，主 CPU 显示 RUN-Syncup 状态。
- 冗余系统切换为 SYNCUP 系统状态。冗余系统尚未运行 SYNCUP。

一旦行李处理系统以低负荷运行（例如在夜间），则立即启用 SYNCUP 系统状态。为此，在用户程序中使用块参数 MODE = 4 调用“RH_CTRL”指令。

冗余系统以 SYNCUP 状态运行。冗余系统随后会切换为 RUN-Redundant 系统状态。现在，在用户程序中使用块参数 MODE = 3 调用“RH_CTRL”指令，再次禁用 SYNCUP。

参考

有关“RH_CTRL”指令的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

有关 SYNCUP 的更多信息，请参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分。

9.4.2 通过“RH_GetPrimaryID”确定主 CPU

使用“RH_GetPrimaryID”指令读取当前作为主 CPU 的 CPU。该指令会在块参数 Ret_Val 中输出主 CPU 的冗余 ID。

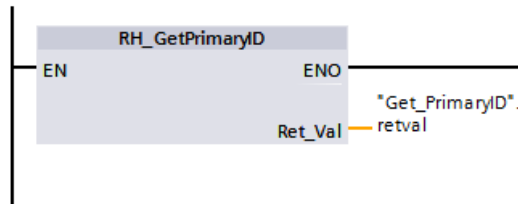


图 9-4 “RH_GetPrimaryID”指令

示例：从主 CPU 的 SIMATIC 存储卡中读取维护信息

从主 CPU 的 SIMATIC 存储卡中读取维护信息的操作步骤如下：

1. 通过“RH_GetPrimaryID”获取主 CPU 的冗余 ID。
2. 通过“GetSMCInfo”从主 CPU 的 SIMATIC 存储卡中读取维护信息。
 - 如果冗余 ID 为 1 的 CPU 为主 CPU，则在块参数 Mode 中输入“12”（“1”代表冗余 ID，“2”代表维护信息）。
 - 如果冗余 ID 为 2 的 CPU 为主 CPU，则在块参数 Mode 中输入“22”（“2”代表冗余 ID，“2”代表维护信息）。

参考

有关“RH_GetPrimaryID”指令的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

9.5 异步指令

简介

在程序执行过程中，同步和异步指令有着显著不同。

“同步”和“异步”属性与指令调用与执行间的时间顺序相关。

以下情况适用于同步指令：同步指令调用完成时，指令执行也完成。

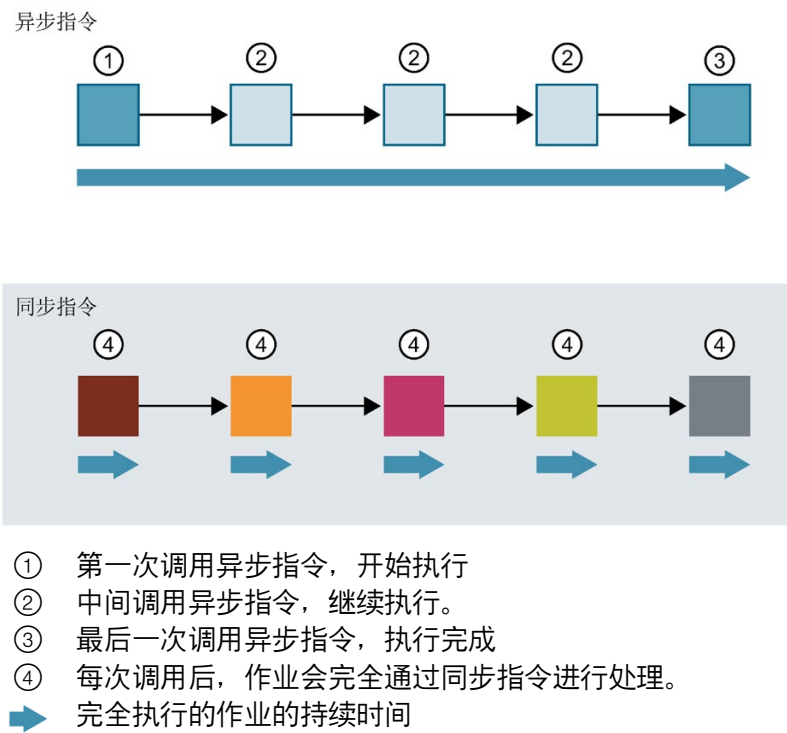
而异步指令，则情况有所不同：异步指令调用完成时，异步指令的执行不一定完成。这也就意味着，异步指令的执行可以跨多次调用。在 CPU 中，异步指令的执行与用户程序循环同时进行。异步指令在 CPU 中生成待处理的作业。

异步指令通常用于传输数据（例如，模块的数据记录、通信数据或诊断数据）。

同步/异步指令之间的不同之处

下图显示了异步指令和同步指令处理的不同之处。在该图中，CPU 在指令执行完成（如，完成传输数据记录）之前，调用该异步指令五次。

使用同步指令，在每次调用中全面执行该指令。



- ① 第一次调用异步指令，开始执行
- ② 中间调用异步指令，继续执行。
- ③ 最后一次调用异步指令，执行完成
- ④ 每次调用后，作业会完全通过同步指令进行处理。
- ➡ 完全执行的作业的持续时间

图 9-5 异步指令和同步指令之间的不同之处

说明**SYNCUP 系统状态下处理异步指令。**

如果 S7-1500R/H 冗余系统执行 SYNCUP，会延长异步指令的处理时间。

需要循环调用异步指令（例如在 OB 1 中）才能实现 SYNCUP 系统状态的动态响应。

异步指令作业的并行处理

CPU 可同时执行多个异步指令作业。在以下情况下，CPU 将并行执行多个作业：

- 用于异步指令的作业会启动，而该指令的其它作业仍在运行中。
- 但不超出该指令可同时运行的作业最大数目。

下图显示了 WRREC 指令中两个作业的并行处理。在一段时间内，两个指令同时执行。

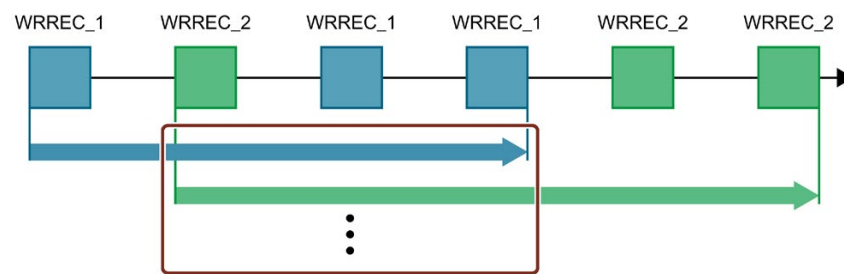


图 9-6 异步指令 WRREC 的并行执行

说明**异步语句之间的依赖关系**

用户程序中的调用顺序可能不同于异步指令的处理顺序。这可能导致异步指令之间的依赖关系出现问题。

解决方法：为确保能够正确地按先后顺序进行处理，请在顺控器中使用异步语句的状态输出。仅当异步指令已完成且已通过参数 DONE 确认后，才能开始执行下一条异步指令。

示例：对于 RecipeImport 和 RecipeExport 配方功能，需要使用 CSV 文件存储配方数据。如果导入和导出时使用同一 CSV 文件，则两个异步语句会建立相互依赖关系。在顺控器中，将跳转中 RecipeImport 指令的参数 DONE 状态关联到将执行 RecipeExport 的下一步。进行此关联后，可确保正确进行处理。

为作业分配指令调用

要跨多个调用执行一个指令，CPU 需向该指令正在运行的作业唯一指定一个后续调用。

CPU 可通过以下两种方式为作业分配一个调用，具体取决于指令的类型：

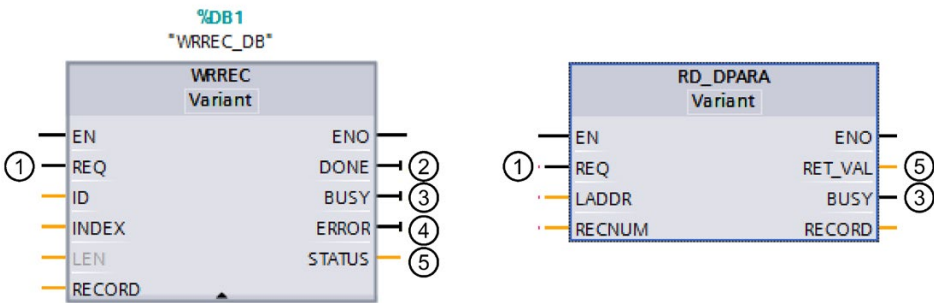
- 使用指令的背景数据块（“SFB”类型）
- 使用标识该作业的指令的输入参数。在异步指令的执行过程中，这些输入参数必须与执行过程中的各调用相匹配。

示例：指令“RD_DPARA”由 LADDR 和 RECNUM 标识。

异步指令的状态

异步指令通过块参数 STATUS/RET_VAL 和 BUSY 显示指令的状态。有些异步指令也会使用块参数 DONE 和 ERROR 显示。

下图显示了两个异步指令 WRREC 和 RD_DPARA 的执行



- ① 输入参数 REQ 用于启动作业，执行异步指令。
- ② 输出参数 DONE 用于指示该作业已完成且无错误。
- ③ 输出参数 BUSY 用于指示作业是否正在执行。BUSY=1 时，为该异步指令分配资源。BUSY= 0 时，未分配资源。
- ④ 输出参数 ERROR 用于指示发生了错误。
- ⑤ 输出参数 STATUS/RET_VAL 用于提供有关作业执行的状态信息。发生错误后，输出参数 STATUS/RET_VAL 用于接收错误信息。

图 9-7 指令 WRREC 和 RD_DPARA 示例中，异步指令的块参数说明。

总结

下表简要列出了上文中介绍的参数关系。在该表格中，还特别列示了调用后但指令执行不完整时可能的输出参数值。

说明

同步指令的输出参数可以在每次调用时更改。

因此，每次调用异步指令后，需对相关输出参数进行评估。

表格 9- 6 作业“运行”过程中，REQ、STATUS/RET_VAL、BUSY 和 DONE 间的相互关系。

调用的顺序号	调用的类型	REQ	STATUS/RET_VAL	BUSY	DONE	ERROR
1	第一次调用	1	W#16#7001	1	0	0
			错误代码（如，W#16#80C3 表示资源不足）	0	0	1
2 到 (n - 1)	中间调用	-	W#16#7002	1	0	0
n	最后一次调用	-	W#16#0000（如果无错误）	0	1	0
			错误代码（如果出错）。	0	0	1

资源的使用

异步指令在执行过程中将占用 CPU 中的资源。根据 CPU 类型和指令的不同，资源的使用具有一定限制。CPU 仅可同时处理设定的最大数目的异步指令作业。在作业成功完成后或在出错后，这些资源将再次可用。

示例：对于 RDREC 指令，S7-1500R/H CPU 最多可以并行处理 20 个作业。

如果超出一个指令可同时运行的最大作业数量，开始另一作业时，会出现以下情况：

- 作业未执行。
- ERROR 输出参数返回值 1。
- STATUS 块参数返回错误代码 W#16#80C3（资源不足）。

说明

低层级的异步指令

某些异步指令可使用一个或多个低层级的异步指令进行处理。下表列出了这种相关性。请注意，每条级别较低的指令通常占用指令资源池中的一个资源。

扩展指令：可同时运行作业的最大数目

表格 9-7 所用的扩展异步指令和级别较低的指令中可同时运行的最大作业数

扩展指令	1513R-1 PN	1515R-2 PN	1517H-3 PN	1518HF-4 PN
分布式 I/O				
RDREC	20			
WRREC	20			
ASI_CTRL	使用 RDREC、WRREC			
PROFenergy				
PE_START_END	使用 RDREC、WRREC			
PE_CMD	使用 RDREC、WRREC			
PE_DS3_Write_ET20 OS	使用 RDREC、WRREC			
PE_WOL	使用 RDREC、WRREC、TUSEND、TURCV、TCON、TDISCON			

扩展指令	1513R-1 PN	1515R-2 PN	1517H-3 PN	1518HF-4 PN
模块参数分配				
RD_DPAR			10	
RD_DPARA			10	
RD_DPARM			10	
诊断				
Get_IM_Data			10	
GetStationInfo			10	
配方				
RecipeExport			10	
RecipeImport			10	
数据块函数				
CREATE_DB			10	
READ_DBL			10	
WRIT_DBL			10	
DELETE_DB			10	

通信：可同时运行作业的最大数目

表格 9- 8 用于开放式用户通信的异步指令和级别较低的指令中可同时运行的最大作业数

开放式用户通信	1513R-1 P N	1515R-2 PN		1517H-3 PN	1518HF-4 PN
		V2.9.x 及以 下版本	V3.0 或更 高版本		
TSEND TUSEND	88	108	128	288	320
TRCV TURCV	88	108	128	288	320
TCON	88	108	128	288	320
TDISCON	88	108	128	288	320
T_RESET	88	108	128	288	320
T_DIAG	88	108	128	288	320

9.5 异步指令

开放式用户通信	1513R-1 P	1515R-2 PN	1517H-3 PN	1518HF-4
TSEND_C	使用 TSEND、TUSEND、TRCV、TCON、TDISCON			
TRCV_C	使用 TSEND、TUSEND、TRCV、TURCV、TCON、TDISCON			

表格 9-9 用于 MODBUS TCP 的异步指令的级别较低的指令

MODBUS TCP	1513R-1 PN	1515R-2 PN	1517H-3 PN	1518HF-4 PN
MB_CLIENT	使用 TSEND、TUSEND、TRCV、TURCV、TCON、TDISCON			
MB_SERVER	使用 TSEND、TUSEND、TRCV、TURCV、TCON、TDISCON			

表格 9-10 用于通信处理器的异步指令的级别较低的指令

通信处理器	1513R-1 PN	1515R-2 PN	1517H-3 PN	1518HF-4 PN
PtP 通信				
Port_Config	使用 RDDEC、WRREC			
Send_Config	使用 RDDEC、WRREC			
Receive_Config	使用 RDDEC、WRREC			
Send_P2P	使用 RDDEC、WRREC			
Receive_P2P	使用 RDDEC、WRREC			
Receive_Reset	使用 RDDEC、WRREC			
Signal_Get	使用 RDDEC、WRREC			
Signal_Set	使用 RDDEC、WRREC			
Get_Features	使用 RDDEC、WRREC			
Set_Features	使用 RDDEC、WRREC			
USS 通信				
USS_Port_Scan	使用 RDDEC、WRREC			
MODBUS (RTU)				
Modbus_Comm_Load	使用 RDDEC、WRREC			

参考

有关块参数分配的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

保护

10.1 保护功能概述

简介

本部分描述了用于防止未经授权的访问的功能：

- 保护机密的组态数据
- 访问保护
- 专有技术保护
- 通过锁定 CPU 进行保护

其它 CPU 保护措施

下列措施进一步防止了通过外部资源和网络进行未经授权的访问：

- 不激活通过 NTP 服务器进行时间同步。
- 不激活 PUT/GET 通信。

10.2 保护机密的组态数据

自 STEP 7 V17 起，可通过指定一个密码保护相应 CPU 的机密组态数据。包括诸如私钥等基于证书的协议正常运行所需数据。

有关机密组态数据保护的更多信息，请参见功能手册《通信
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>)》。

10.3 组态 CPU 的访问保护

简介

S7-1500R/H 冗余系统提供了四种或五种不同的访问级别，用于限制对特定功能的访问。

设置访问等级和密码后，需输入密码才能访问功能和存储区。将在 CPU 的对象属性中指定各种访问级别及其相应密码。

密码规则

确保密码的安全性足够高。密码不得采用机器可识别的模式。

请遵循以下规则：

- 分配的密码长度至少为 8 个字符。
- 使用不同格式和字符：大写/小写、数字和特殊字符。

CPU 的访问级别

表格 10- 1 访问级别和访问限制

访问级别	访问限制
完全访问权限， 包括故障安全 (无任何保护)	STEP 7 和 HMI 应用程序的用户有权访问所有标准功能和故障安全功能。 无需密码。
完全访问权限 (无保护)	STEP 7 的用户有权访问标准功能。 HMI 应用程序可访问所有功能（故障安全功能和标准功能）。 需要密码： 要具备访问故障安全功能的权限，用户需在 STEP 7 中输入“完全访问权限，包括故障安全”(Full access incl. fail-safe) 的密码。
读访问权	使用此访问级别，仅允许在不输入密码的情况下对硬件配置和块进行读访问。还可以进行 HMI 访问和诊断数据访问。 如果不输入密码，则不能将块或硬件配置下载到 CPU 中。 如果没有密码，也 无法 进行以下操作：写测试功能和固件更新（在线）。

访问级别	访问限制
HMI 访问权	相同的访问限制适用于 HMI 访问的读访问。 如果没有密码，也 无法 进行以下操作：更改操作状态 (RUN/STOP/SYNCUP) 以及显示在线/离线比较状态。
无访问权（完全保护）	对 CPU 进行全面保护时，不能对硬件配置或块进行读/写访问（不提供密码形式的访问权限）。同样无法进行 HMI 访问。 必须输入正确密码，通过验证后，才能再次获得 CPU 的完全访问权。

参考

有关不同访问等级可执行的功能列表，请参见 STEP 7 在线帮助中的“设置保护选项”(Setting options for the protection)。

访问级别的属性

每个访问级别都允许在不输入密码的情况下对某些功能进行无限制访问，例如，使用“可访问设备”功能进行识别。

CPU 的默认设置为“无访问权限（完全保护）”。在默认访问级别下，不允许用户读取或更改硬件配置或块。要获得对 CPU 的访问权限，也可以在 CPU 属性中分配参数：

- “无访问权限（完全保护）”保护级别的密码
- 其它保护级别，例如“完全访问权限（无保护）”

CPU 之间的通信（通过块中的通信函数）不受 CPU 的访问等级的限制。

输入正确的密码可以访问对应级别中允许的所有功能。

说明

组态一个访问级别并不能取代专有技术保护

通过组态访问等级，可提供一个较高的防护等级，有效防止通过网络访问对 CPU 进行未经授权的更改。访问级别可用于限制将硬件和软件组态下载到 CPU 的权限。但不会对 SIMATIC 存储卡上的块进行读写保护。使用专有技术保护则可以保护 SIMATIC 存储卡上的代码块。

不同访问级别下的功能特性

STEP 7 在线帮助提供了一张表，其中列出了不同访问级别下可以使用的在线功能。

组态访问级别

组态 CPU 访问级别的操作步骤如下：

- 1. 在巡视窗口中，打开 CPU 的特性。
- 2. 打开区域导航栏中的“保护与安全”(Protection & Security)。

将在巡视窗口中显示一张列有各种访问级别的表格。

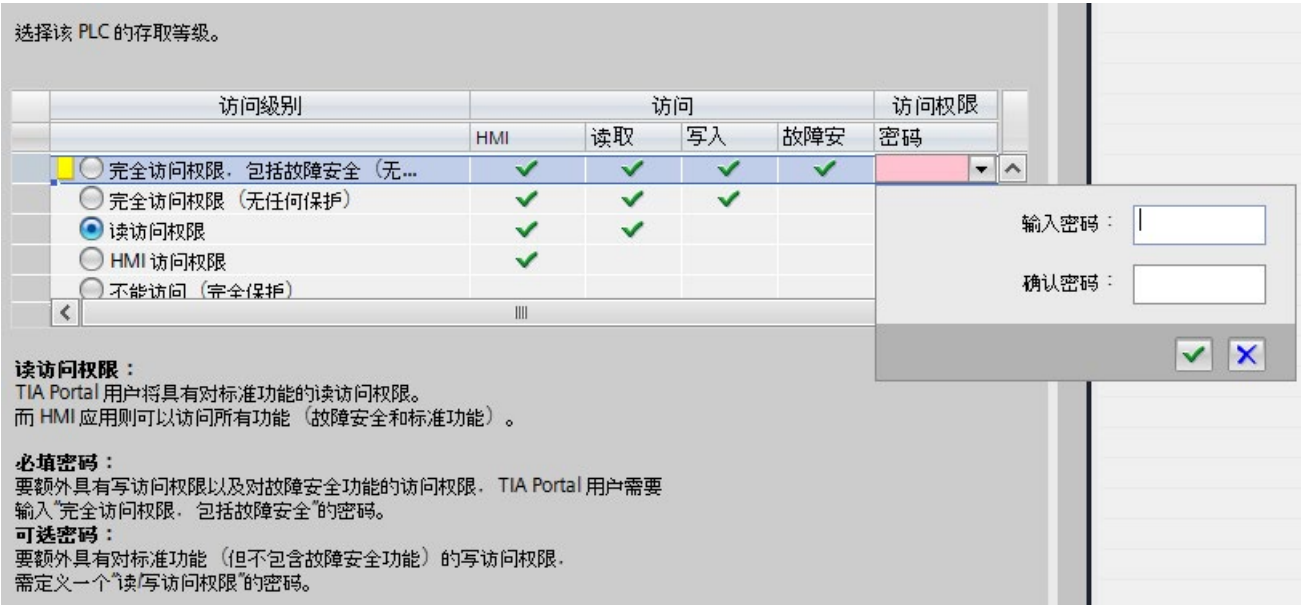


图 10-1 可能的访问级别

- 3. 激活表格第一列中所需的保护等级。列中访问级别右侧的绿色复选标记将指示如不输入密码仍可执行的操作。在上例中（图：可能的访问级别），没有密码仍可进行读访问和 HMI 访问。
- 4. 在“输入密码”(Enter password) 列中，在第一行指定“完全访问权限”(Full access) 访问级别的密码。在“确认密码”(Confirm password) 列中，再次输入所选密码以免输入错误。
- 5. 根据需要为其它访问级别分配密码。
- 6. 下载硬件配置以使访问级别生效。

CPU 会通过条目将以下操作记录到诊断缓冲区中：

- 正确或错误密码的输入
- 访问级别组态的更改

操作期间受密码保护的 CPU 的行为

将设置加载到 CPU 后，CPU 保护将在在线连接后生效。如果设置较高的访问级别且将其下载到 CPU，其它所有在线连接都将中断。随后需要建立新的在线连接。

在执行在线功能之前，STEP 7 检查所需的权限，必要时将提示用户输入密码。在任何时刻，只能在一个 PG/PC 执行受密码保护的功能。其它 PG/PC 无法登录。

会在在线连接持续时间内或 STEP 7 打开的时间段内应用对受保护数据的访问权限。“在线 > 清除访问权限”(Online > Clear access rights) 会清除访问权限。

在 RUN 状态下，可在显示屏本地限制对受密码保护的 CPU 的访问。这样，即使输入密码也无法进行访问。

F-CPU 的访问级别

对于故障安全 CPU，除了上述的四种访问级别外，还有另外一种访问级别。有关该访问级别的更多信息，请参见 SIMATIC Safety 编程与操作手册 《SIMATIC Safety - 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)》中的故障安全系统介绍。

10.4 使用显示屏设置其它密码保护

禁止访问受密码保护的 CPU

可在 CPU 显示屏上阻止访问受密码保护的 CPU（本地密码阻止）。如果模式选择器设为 RUN，阻止会生效。

阻止访问需要在 STEP 7 中组态保护等级并加以应用（不考虑是否采用密码保护）。即使通过连接的 PG/PC 访问 CPU，并且输入了正确的密码，也会拒绝访问 CPU。

可以分别在显示屏上为每个访问级别设置访问阻止。

在 SYNCUP 状态下备用 CPU 接管设置。对于处于 RUN-Redundant 系统状态的主 CPU 或备用 CPU，切换至访问阻止的操作也适用于对方。

操作步骤

如果要通过显示屏阻止访问 CPU，需要在 STEP 7 中组态使用密码的访问级别。

如果在显示屏上为 CPU 设置本地访问保护，在 RUN-Redundant 系统状态下，会阻止访问两个 CPU。请按以下步骤操作：

1. 在显示屏上，选择“设置 > 保护”(Settings > Protection) 菜单。
2. 单击“确定”(OK) 确认选择。为每个访问级别指定是否允许在 RUN 操作状态下进行访问。
 - 允许：在 STEP 7 中输入正确密码可访问 CPU。
 - 在 RUN 下取消激活：如果模式选择器设为 RUN，不能再使用该访问级别的权限登录 CPU。即使用户知道密码，也会拒绝其访问。如果操作模式开关处于 STOP 位置，则会再次启用通过密码进行访问。

显示屏访问保护

在 STEP 7 中，在 CPU 的特性中组态显示屏密码。这样便可通过本地密码实现本地访问保护。

10.5 使用用户程序设置其它访问保护

通过用户程序实现访问保护

除了通过显示屏实现访问保护之外，还有另一种实现方法。在 STEP 7 中，也可使用指令 `ENDIS_PW` 限制对受密码保护的 CPU 的访问。

有关该指令的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助中的“`ENDIS_PW`：限制和启用密码合法性”

10.6 专有技术保护

应用

可以使用专有技术保护来保护程序中一个或多个 OB、FB、FC 块以及全局数据块，防止受未经授权的访问。可以指定密码以限制对块的访问。密码可提供高级别防护功能，以防止对块进行未经授权的读取和篡改。专有技术保护不涉及 CPU（STEP 7 中的离线访问）。

密码提供程序

除了手动输入密码，也可在 STEP 7 中分配一个密码提供程序。使用密码提供程序时，可从可用的密码列表选择一个密码。打开一个专有技术保护块时，STEP 7 将连接该密码提供程序并检索相应的密码。

要安装并激活密码提供程序才能实现连接。此外，还需提供设置文件，用于定义密码提供程序的使用方式。

密码提供程序具有以下优势：

- 通过密码提供程序定义和管理密码。打开专有技术保护块时，将使用密码对应的符号名称。例如，在密码提供程序中，使用符号名称“Machine_1”标记密码。“Machine_1”背后的实际密码不对用户公开。
用户本身不知道密码，因此密码提供程序可提供最佳块保护。
- STEP 7 将自动打开专有技术保护块，而无需直接输入密码。从而节省大量时间。

有关连接密码提供程序的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

可读数据

若一个块受专有技术保护，在不输入正确密码的情况下，只能读取下列数据：

- 块标题、注释和块属性
- 块参数（INPUT、OUTPUT、IN、OUT、RETURN）
- 程序调用结构
- 不带使用点信息的全局变量

其它操作

对于受到专有技术保护的块，可执行以下进一步操作：

- 复制和删除
- 在程序中调用
- 在线/离线比较
- 加载

全局数据块和数组数据块

可以通过专有技术保护防止全局数据块（全局 DB）受到未授权的写入访问。无有效密码的用户在未提供使用相关信息的情况下只能读取全局数据块。但是，无法更改全局数据块。

专有技术保护不适用于数组数据块（数组 DB）。

设置块的专有技术保护

要对块设置专有技术保护，请按下列步骤操作：

1. 打开相应块的属性。
2. 在“常规”(General) 下选择“保护”(Protection) 选项。

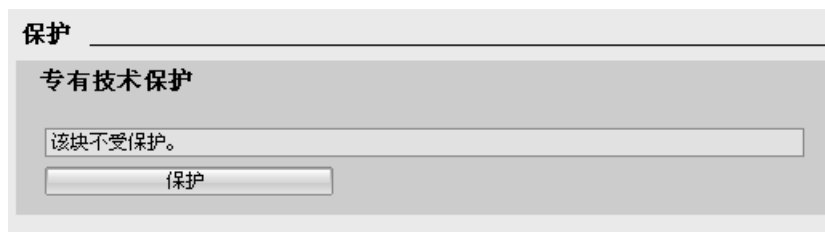


图 10-2 设置块的专有技术保护

- 单击“保护”(Protection) 显示“定义保护”(Define protection) 对话框。



图 10-3 定义保护

- 在“新密码”(New password) 框中输入新密码。在“确认密码”(Confirm password) 框中输入相同的密码。
- 单击“确定”(OK)，确认输入。
- 单击“确定”(OK)，关闭“专有技术保护”(Know-how protection) 对话框。

结果：所选块受到专有技术保护。在项目树中，受专有技术保护的块将标记为一个挂锁形标识。输入的密码将应用于所选的所有块。

说明

密码提供程序

此外，也可使用密码提供程序为块设置专有技术保护。

打开受专有技术保护的块

要打开受到专有技术保护的块，请按下列步骤操作：

- 双击块，将打开“访问保护”(Access protection) 对话框。
- 输入受专有技术保护块的密码。
- 单击“确定”(OK)，确认输入。

结果：专有技术保护块随即打开。

该块打开后，可编辑该块的程序代码和块接口，直到关闭该块或 STEP 7。下次打开该块时，需要再次输入密码。如果使用“取消”(Cancel) 按钮关闭“访问保护”(Access protection) 对话框，则块虽然可以打开，但不显示块代码。用户将无法编辑块。

若将该块复制或添加到一个库中，其专有技术保护不会取消。副本块同样也受专有技术保护。

更改块的专有技术保护

要更改块的专有技术保护，请按下列步骤操作：

1. 选择要更改其专有技术保护的块。不能在程序编辑器中打开受保护的块。
2. 在“编辑”(Edit) 菜单中，选择“专有技术保护”(Know-how protection) 命令以打开“更改保护”(Change protection) 对话框。
3. 要更改专有知识保护的密码，请在“原密码”(Old password) 下输入当前密码。
4. 现在在“新密码”(New password) 下输入新面貌，然后在“确认密码”(Confirm password) 下确认密码。
5. 单击“确定”(OK)，确认输入。

结果：所选块的专有知识保护密码已更改。

取消块的专有技术保护

要移除块的专有技术保护，请按下列步骤操作：

1. 选择要取消专有技术保护的块。不能在程序编辑器中打开受保护的块。
2. 在“编辑”(Edit) 菜单中，选择“专有技术保护”(Know-how protection) 命令以打开“更改保护”(Change protection) 对话框。



图 10-4 取消专有技术保护

3. 要移除块的专有知识保护，请在“原密码”(Old password) 下输入当前密码。将新密码对应的字段留空。
4. 单击“移除”(Remove)，确认输入。

结果：所选块的专有技术保护设置已取消。

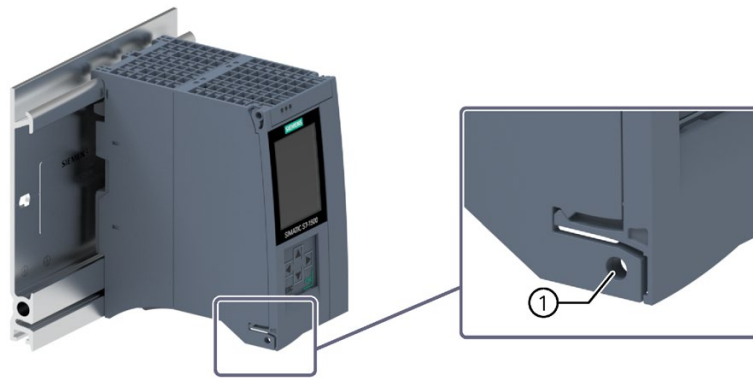
10.7 通过锁定 CPU 进行保护

锁定选项

使用安全前盖板为 CPU 提供额外保护，以免受到未经授权访问（例如访问 SIMATIC 存储卡）。

有以下几种选择，如：

- 加盖印章
- 使用锁具锁定前盖板（锁孔直径：3 mm）



① CPU 上的锁紧装置

图 10-5 通过锁定 CPU 进行保护

调试

11.1 概述

简介

在本章节中，将介绍以下主题的相关信息：

- 首次上电前检查
- 调试过程
- 移除/插入 SIMATIC 存储卡
- CPU 首次上电
- CPU 配对
- 分配冗余 ID
- 将项目下载到 CPU 中
- 操作状态和系统状态
- CPU 存储器复位
- 备份和恢复组态
- 时间同步
- 标识和维护数据

调试要求

说明

执行测试

确保工厂安全至关重要。因此，必须执行完整功能测试和必需的安全检查，然后才能对设备进行最终调试。

在测试过程中，还应考虑到所有可预见性的错误。这样可避免操作期间伤害到人员或设备。

调试所需的软件工具

SIEMENS PRONETA 提供调试支持。有关 SIEMENS PRONETA 的更多信息，请参见“软件 (页 91)”部分。

11.2 首次上电前检查

在首次上电前，请检查 S7-1500R/H 冗余系统的安装和接线。

检查问题

以下问题可作为检查系统的指南（采用核对表形式）。

机架

- 安装导轨是否牢固安装在墙壁、机架或机柜上？
- 是否正确安装电缆线槽？
- 是否留有最小间隙？

接地原则

- 安装导轨是否连接到保护性导线？
- 如果适用，S7-1500R/H 冗余系统上的所有其他保护性导线连接点是否均连接到保护性导线？保护性导线是否进行过测试？
- 设备的相关部分是否连接了所需的低阻抗等电位连接电缆？

模块安装和布线

- 是否所有已插入/安装的模块都符合安装规划以及 STEP 7 中的组态，且已牢固地固定在安装导轨上？
- S7-1500H 冗余系统中的所有同步模块是否已安装并锁定？应可听到模块卡入到模块插槽中的声音。
- S7-1500H 冗余系统中的所有冗余连接连接器是否正确连接至 LC 插座？应可听到连接器卡入到 LC 插座中的声音。
- S7-1500R 冗余系统中 CPU 之间的冗余连接（PROFINET 电缆）是否连接至 PROFINET 接口 X1 的正确端口？所用端口必需与 STEP 7 中的组态相对应。
- 是否连接了 S7-1500R/H 冗余系统中的 PROFINET 设备？

负载电流电源

- 是否关闭所有负载电流电源？
- 是否正确接线电源线连接器？
- 是否与线路电压建立连接？

11.3 调试过程

要求

- CPU 处于“出厂设置”状态或已复位为出厂设置。更多信息，请参见“将 CPU 复位为出厂设置 (页 414)”部分。
- CPU 的订货号相同或兼容。
- SIMATIC 存储卡与交货时相同或者已格式化，但未设置写保护。
- S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU 的固件版本相同。更多信息，请参见“固件更新 (页 409)”部分。

调试 SIMATIC S7-1500R/H 的步骤

要调试 S7-1500R/H 冗余系统，建议执行以下操作步骤：

表格 11- 1 调试 SIMATIC S7-1500R/H 的步骤

步骤	操作步骤	更多信息
1	在 STEP 7 中进行硬件配置	“组态 (页 236)”部分
2	创建用户程序	“S7-1500R/H 编程 (页 261)”部分和 STEP 7 在线帮助
3	插入所需的模块	“安装 (页 186)”部分
4	连接组态（电源电压的线路、PROFINET 环网或线型拓扑、冗余连接）并进行检查。	“接线 (页 205)”部分
5	将 SIMATIC 存储卡插入 CPU	“移除/插入 SIMATIC 存储卡 (页 301)”部分
6	启动 CPU、可选负载电流电源和分布式 I/O	“CPU 首次上电 (页 304)”部分

步骤	操作步骤	更多信息
7	CPU 配对	"CPU 配对 (页 305)"部分
8	为 CPU 分配冗余 ID	"冗余 ID (页 307)"部分
9	检查 LED 指示灯	有关 LED 指示灯的含义, 请参见模块手册。
10	评估 CPU 显示屏上的信息	"CPU 显示屏 (页 382)"部分
11	将硬件配置和用户程序加载到 CPU	"将项目下载到 CPU 中 (页 312)"部分
12	测试输入和输出	将执行以下功能: 在 STOP 模式下, 监视和修改变量、测试程序状态、强制、控制输出。更多信息, 请参见"测试和维护功能 (页 420)"部分。

SIMATIC Safety F 系统的调试步骤

要进行调试, 需使用 1518HF-4 PN CPU。F 系统的调试步骤与 R/H 系统的调试步骤基本上没有区别。使用安全管理编辑器调试 SIMATIC Safety 并激活安全模式。安全管理编辑器分配给 STEP 7 项目树中最上面的 CPU。

关于调试 SIMATIC Safety F 系统和安全管理编辑器的更多信息, 请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)》。

11.3.1 移除/插入 SIMATIC 存储卡

要求

对于 S7-1500R/H 冗余系统, 需要为两个 CPU 各使用一个 SIMATIC 存储器。

CPU 仅支持预先格式化的 SIMATIC 存储卡。如果必要, 可在 CPU 中使用 SIMATIC 存储卡之前将其格式化。

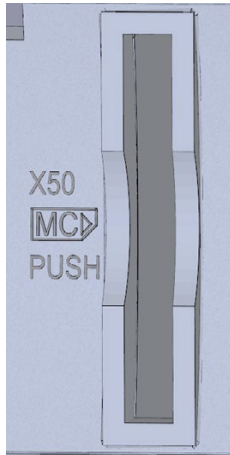
有关格式化 SIMATIC 存储卡的更多信息, 请参见《CPU 存储器的结构和使用 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193101>)》功能手册。

确保两个 CPU 的 SIMATIC 存储卡未设置写保护。

插入 SIMATIC 存储卡

要插入 SIMATIC 存储卡，请按以下步骤操作：

1. 打开 CPU 的前盖。
2. 如图所示，在 CPU 上，将 SIMATIC 存储卡插入 SIMATIC 存储卡插槽中。



- ① 订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0/6ES7515-2RN03-0AB0 起的 R-CPU：
SIMATIC 存储卡的插槽位于 CPU 底部。

图 11-1 SIMATIC 存储卡的插槽

3. 小心地将 SIMATIC 存储卡插入 CPU，轻轻按下，直至 SIMATIC 存储卡卡入到位。

取出 SIMATIC 存储卡

要取出 SIMATIC 存储卡，请按以下步骤操作：

1. 打开前盖。
2. 将 CPU 切换至 STOP 状态。
3. 将 SIMATIC 存储卡轻轻推入 CPU 中。存储卡卡入到位后，即可取出 SIMATIC 存储卡。

只有在 CPU 处于 POWER OFF 或 STOP 状态时，才能取出 SIMATIC 存储卡。请确保：

- STOP 模式下未执行写入功能。写入功能是 PG/PC 的在线功能，例如加载/删除块和测试功能。
- POWER OFF 之前未激活写入功能

如果在写过程中取出 SIMATIC 存储卡，则可能发生以下问题：

- 文件的数据内容不完整。
- 文件不可读或不存在。
- 卡的全部内容损坏。

另请注意 Internet (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59457183>) 上有关取出 SIMATIC 存储卡的常见问题与解答。

说明

如果将处于冗余模式的 CPU 切换为 STOP 操作状态，S7-1500R/H 冗余系统会切换为 RUN-Solo 系统状态。另一个 CPU 会保持对过程的控制。

取出或插入 SIMATIC 卡后，CPU 会作出响应。

在 STOP 操作状态下插入或取出 SIMATIC 存储卡，将触发对该 SIMATIC 存储卡的重新评估。此时，CPU 对 SIMATIC 存储卡上的组态内容与保持性备份数据进行比较。如果保持性备份数据和 SIMATIC 存储卡上的组态数据一致，则该保持性数据保留不变。如果数据不同，CPU 将自动执行存储器复位。存储器复位会删除 CPU 中的保持性数据。有关存储器复位的更多信息，请参见“CPU 存储器复位 (页 361)”部分。

CPU 将对 SIMATIC 存储卡进行评估。在此过程中，RUN/STOP LED 指示灯闪烁。

说明

将 SIMATIC 存储卡用作固件更新卡

如果将 SIMATIC 存储卡用作固件更新卡，取出和插入该卡不会导致保持性数据丢失。

参考

有关 SIMATIC 存储卡的更多信息，请参见《CPU 存储器的结构和使用 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193101>)》功能手册。

11.3.2 CPU 首次上电

要求

- SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统已安装。
- 系统已接线。
- SIMATIC 存储卡已插入 CPU。

操作步骤

要调试 CPU，请按以下步骤操作：

1. 接通负载电流电源。

结果：

- CPU 运行 LED 测试。所有 LED 指示灯以 2 Hz 频率闪烁。
 - RUN/STOP LED 指示灯呈黄色/绿色交替闪烁
 - ERROR-LED 指示灯呈红色
 - MAINT LED 指示灯呈黄色。
- CPU 执行系统初始化并对 SIMATIC 存储卡进行评估：
 - RUN/STOP LED 指示灯以 2 Hz 的频率呈黄色闪烁。
- 系统初始化完成后，CPU 切换为 STOP 模式：
 - RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

11.3.3 CPU 配对

简介

配对是指两个 CPU 在网络中相互识别。配对过程中，CPU 会交换信息，以便相互识别。

示例：查看匹配的订货号和固件版本。

两个 CPU 成功配对是冗余操作的基本要求。

要求

要成功进行配对，CPU 的固件版本必须相同，且订货号必须相同或兼容。

如果所使用的组态方式无效，则两个 CPU 将无法配对。例如，PROFINET 环网中 R-CPU 的数量超过两个。配对错误显示在诊断缓冲区中。

配对过程

要对两个 CPU 进行配对，请按以下步骤操作：

1. 在两个 CPU 之间创建冗余连接。将 CPU 连接至接口的相应端口（例如，对于 R-CPU：X1 P2R）。
2. 为两个 CPU 上电。

配对丢失

如果配对已建立，使用无效的组态方式将导致配对丢失。RUN 系统状态下的配对丢失还会导致主 CPU 与备用 CPU 之间的同步丢失。系统切换为 RUN-Solo 系统状态。

主 CPU 切换为 RUN 操作状态，并接管对过程的单独控制。备用 CPU 切换为 STOP 操作状态。

如果因主 CPU 故障导致配对丢失，备用 CPU 会成为新的主 CPU，并会接管对过程的单独控制。

检查配对状态

有关如何在显示屏上和 STEP 7 中检查配对是否成功，请参见“更换组件之前的检查 (页 391)”部分。

检查 RUN-Solo 系统状态下的配对

如果冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态，请遵循以下规则：

- 请勿立即开始更换组件。
- 请勿立即将故障 CPU 切换为 RUN 操作状态。

首先检查 RUN-Solo 系统状态下的配对状态。



小心

请勿将处于 RUN-Solo 系统状态的故障 CPU 切换为 RUN 操作状态。

否则可能导致冗余系统转入未定义的系统状态。两个 CPU 都会成为主 CPU。

如果 S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态，不得立即将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

可能的原因：两个 R-CPU 之间未配对。在显示屏上检查配对状态，或者根据诊断状态或诊断缓冲区检查。

如果未配对，说明冗余连接已中断。具体操作步骤，请参见“更换组件之前的检查 (页 391)”部分。

主 CPU 和备用 CPU 角色分配

在配对期间，主 CPU 和备用 CPU 的角色由 S7-1500R/H 冗余系统进行分配。

冗余系统通常会尝试恢复 R/H CP 之前的角色。在此，可执行以下操作：最后控制进程的 CPU 成为主 CPU。要求：系统时间设置正确。

恢复出厂设置后，冗余系统将根据以下条件分配角色：

冗余系统比较两个 SIMATIC 存储卡的以下标准，并确定角色分配的优先级：

- SIMATIC 存储卡包含 STEP 7 项目
→ 高优先级
- SIMATIC 存储卡为空且可写入
→ 中等优先级
- SIMATIC 存储卡：
 - 缺失或
 - 已插入，但是为空或不可写入
→ 低优先级

结果：

如果两个 R/H CPU 的优先级不同，则优先级较高的 CPU 将成为主 CPU。

如果优先级相同，则 CPU 序列号较低的 R/H CPU 成为主 CPU（请参见 CPU 或 CPU 显示屏上的铭牌）。

说明

如果 R/H CPU 处于 RUN 模式，则再次配对时，为其分配的角色不会发生变化。

11.3.4 冗余 ID

简介

要实现冗余操作，冗余系统中的两个 CPU 必须处理相同的项目数据。在 SYNCUP 下，操作系统会将 SIMATIC 存储卡的内容从主 CPU 复制到备用 CPU。

装载存储器包含两个 CPU 的项目数据。有必要复制项目数据，以确保实现冗余操作。通过分配冗余 ID，可定义 CPU 为自身使用哪些项目数据。

冗余 ID 1 和 2

仅当两个 CPU 的冗余 ID 不同时，才能实现冗余操作。冗余 ID 的值可以是 1 和 2。CPU 将冗余 ID 保存在其保持性数据区中。

在以下情况下，两个 CPU 的冗余 ID 均为 1：

- 初始调试时的默认设置
- 复位为出厂设置后

在 STEP 7 项目树中，这两个 CPU 将分别显示在各自的树中：在 STEP 7 中，通过冗余 ID 将项目树分配给实际的 CPU。项目树中的两个 CPU 中，上方 CPU 的冗余 ID 始终为 1。两个 CPU 中下方的 CPU 的冗余 ID 通常为 2。

诊断显示按相同方式分配给项目树中的实际 CPU。

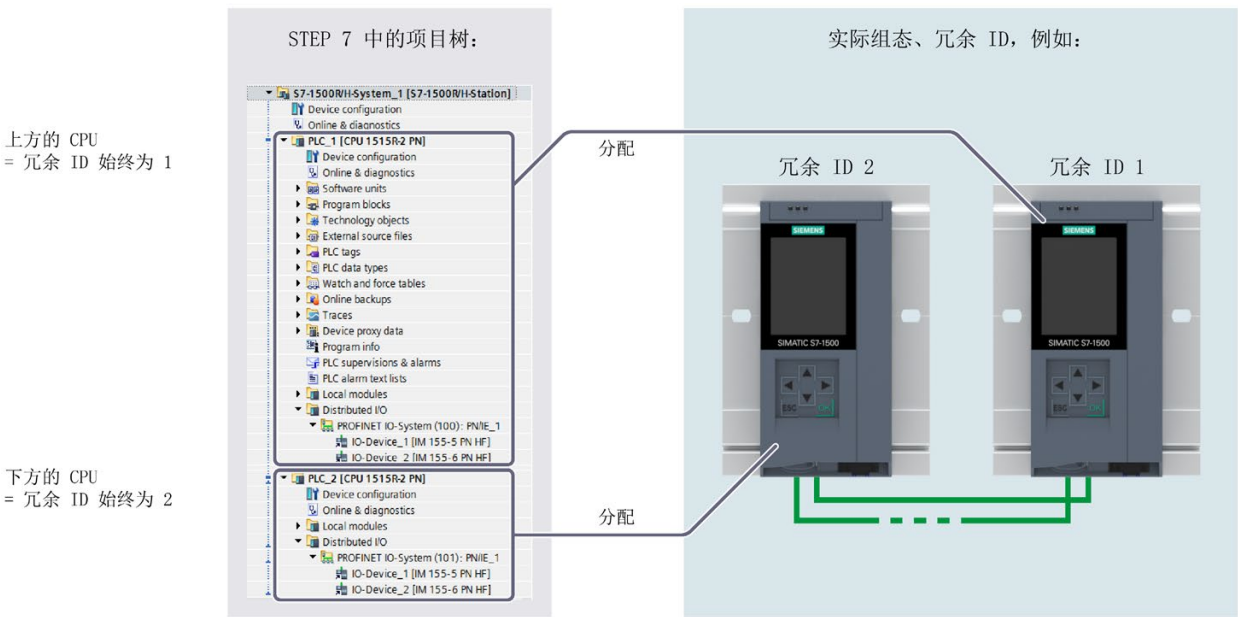


图 11-2 在项目树与实际组态之间分配冗余 ID

在组态中为 CPU 分配冗余 ID

要求：CPU 的固件版本相同，且订货号相同或兼容。

可使用以下选项为 CPU 分配不同的冗余 ID：

- 自动分配
- 使用显示屏进行分配

自动分配

要求：

冗余系统两个真实 CPU 的冗余 ID 相同（例如，都为“1”）。

自动分配选项：

- 两个 CPU 均处于 STOP 模式。两个 R-CPU 之间已配对。ERROR LED 指示灯红色闪烁。

操作步骤：将组态中的左侧 CPU 切换为 RUN 操作状态。结果：组态中的右侧 CPU 会更改其冗余 ID。

- 组态中左侧 CPU 处于 RUN 操作状态。组态中右侧 CPU 处于 STOP 操作状态。两个冗余连接是分开的，因此两个 CPU 之间未配对。

操作步骤：建立至少一个冗余连接，在两个 CPU 之间实施配对。结果：组态中的右侧 CPU 会更改其冗余 ID。

- 组态中左侧 CPU 处于 RUN 操作状态。组态中的右侧 CPU 处于 POWER OFF 操作状态。至少建立了一个冗余连接。由于断电，两个 CPU 之间未配对。

操作步骤：为组态中的右侧 CPU 上电。结果：组态中的右侧 CPU 会更改其冗余 ID。

使用显示屏进行分配

要求：

两个实际 CPU 位于冗余系统中：

- 两个 CPU 相互连接
- 具有冗余 ID 1
- CPU 的模式开关处于 STOP 位置
- 两个 CPU 均处于断电模式。

操作步骤：

要通过 CPU 显示屏分配冗余 ID，请按以下步骤操作：

1. 对要为其分配冗余 ID 2 的 CPU 上电。
2. 在该 CPU 的显示屏上，选择菜单命令“概述>冗余”(Overview > Redundancy)。为该 CPU 分配冗余 ID 2。
为 CPU 分配了冗余 ID 2 后，CPU 将自动重新启动。
3. 将另一个 CPU 切换到“断电”模式。

4. 先将项目和硬件配置下载到要切换为 RUN 操作状态的 CPU 中。

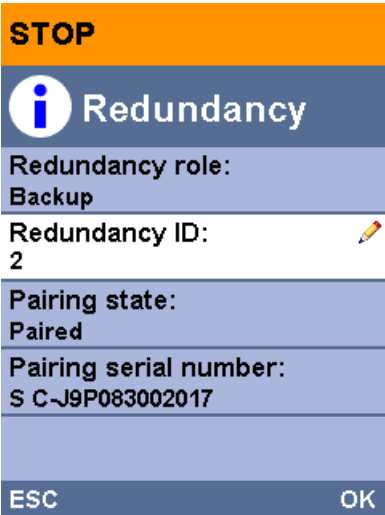


图 11-3 分配冗余 ID

通过显示屏读取冗余 ID

除了可以通过显示屏分配冗余 ID 之外，还可以使用菜单命令“概述 > 冗余”(Overview > Redundancy) 读取冗余 ID。显示屏始终会显示查询冗余 ID 使用的显示屏所在的 CPU 的冗余 ID。

通过显示屏切换冗余 ID

由于每个 CPU 都有自有的冗余 ID，因此可以根据需要互相交换 CPU 的冗余 ID。

举例来说，以下情况下可能需要切换冗余 ID：

- 仅可访问两个 CPU 中的一个。
- 分配的冗余 ID 不正确。

说明

切换冗余 ID 会对项目导航中项目树的实际 CPU 分配。

如果两个实际的 CPU 包含相同项目，切换冗余 ID 还会切换 CPU 之间的所有已组态特性，包括 PROFINET 接口的 IP 地址、设备名称和已组态拓扑等。

在显示屏中，只能在一个 CPU 上交换已为两个 CPU 分配的冗余 ID。

要切换冗余 ID，请按以下步骤操作：

1. 确保两个 CPU 均处于 STOP 操作状态：
2. 确保两个 CPU 彼此相连。
3. 使用显示屏更改 CPU 的冗余 ID。

结果：已在一个 CPU 上更改冗余 ID 后，两个 CPU 均会重新启动，并且每个 CPU 现在都包含另一 CPU 之前的冗余 ID。

冗余 ID 分配不兼容

两个 R-CPU 之间已配对。更多信息，请参见“CPU 配对 (页 305)”部分。

在以下情况下，冗余系统会自动检查冗余 ID 的兼容性：

- 两个 CPU 均处于 STOP 操作状态且其冗余 ID 相同。

如果为两个 CPU 分配了相同的冗余 ID，两个 CPU 上的 ERROR LED 指示灯红色闪烁。每个 CPU 显示屏都会指示分配冲突（符号 ）。CPU 会在诊断缓冲区中生成一个条目。可通过显示屏等读取条目。

要建立冗余模式，可通过以下方式解决分配冲突：

- 使用显示屏为一个 CPU 分配不同的冗余 ID。
- 将要保持为其分配的冗余 ID 的 CPU 切换为 RUN 操作状态。

更改冗余 ID 时 CPU 的特性

请注意，仅当 CPU 处于 STOP 操作状态时，才能更改 CPU 的冗余 ID。每次成功更改冗余 ID 后，相关 CPU 会自动重新启动。

11.3.5 将项目下载到 CPU 中

简介

需要将项目数据下载到 CPU。使用 SIMATIC 存储卡进行离线下载，或通过在线连接将项目数据从 PG/PC HMI 设备下载到 CPU。仅当 CPU 处于 STOP 操作状态时，才能下载完整的项目数据（所有组态数据和完整的用户程序）。

说明

同时在线访问两个 CPU

无法同时从 STEP 7 在线访问两个 CPU。可访问主 CPU 或备用 CPU。

下载选项

可选择以下方法将项目数据下载到 S7-1500R/H 冗余系统：

- 在 STOP 系统状态下下载完整的项目数据
 - 在 RUN-Solo 系统状态下下载更改的用户程序
 - 在 RUN-Redundant 系统状态下下载更改的用户程序
-

说明

在 RUN-Redundant 系统状态下加载：在执行写入功能之前，检查可用空间是否充足

在执行写入功能之前，系统会检查 CPU 的 SIMATIC 存储卡上是否有足够的可用空间来执行此功能。写入功能是 PG/PC 的在线功能，例如测试功能、在 RUN-Redundant 系统状态下下载修改的用户程序。

如果一个或全部 SIMATIC 存储卡空间不足，写入功能将被中止，冗余系统继续以最初的组态运行。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。

说明

机密组态数据的密码

使用 S7-1500R/H CPU 时，加载过程中仅将机密 PLC 组态数据的密码加载到其中一个 CPU 中。为确保 SYNCUP 过程正常运行且伙伴 CPU 正常运行，SYNCUP 前需通过“在线与诊断”(Online and Diagnostics) 编辑器将该密码传送到伙伴 CPU 中：

- 在“在线和诊断”(Online and diagnostics) 视图中，可指定区域“保护机密 PLC 组态数据的密码”(Password to protect confidential PLC configuration data)。
 - 输入所需密码，并单击“设置”(Set) 按钮。如果输入的密码正确，则伙伴 CPU 可使用受保护的 PLC 组态数据并启动 SYNCUP 过程。
-

说明

在使用 1518HF-4 PN CPU 的 SIMATIC Safety F 系统中加载安全程序

要了解准确的步骤，请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/EN/view/54110126>)》。

将项目数据下载到 CPU 中

项目数据默认下载到主 CPU 中。

操作步骤

请按以下步骤操作：

1. 在项目树中右键单击选择 S7-1500R/H 系统。
2. 从快捷菜单中选择“下载到设备 > 硬件和软件（仅更改）”(Download to device > Software and software (only changes)) 命令。

“扩展下载”(Extended download) 对话框窗口会在“已组态访问节点..”(Configured access nodes of...) 表中显示已组态 CPU 的地址。

1. 从“PG/PC 接口类型”(Type of the PG/PC interface) 下拉列表中选择子网。
2. 在“PG/PC 接口”(PG/PC interface) 中选择适配器。
3. 从“接口/子网连接”(Connection to interface/subnet) 下拉列表中选择与 PG/PC 相连的接口。或者选择“尝试所有接口”(Try all interfaces) 条目。

4. 单击“开始搜索”(Start search) 按钮。

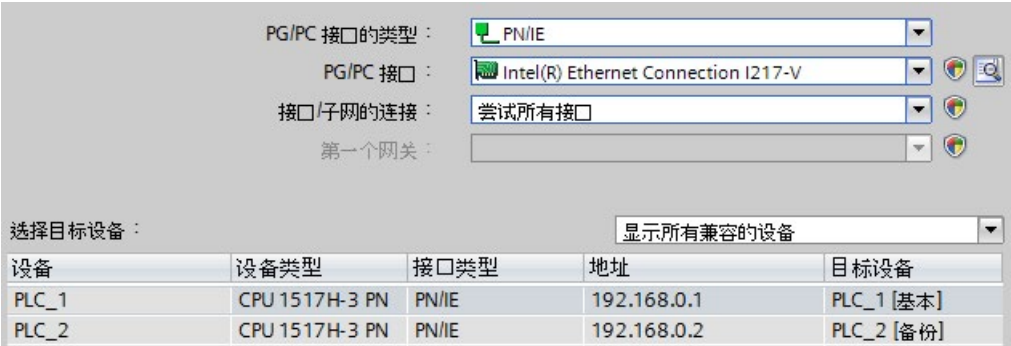


图 11-4 “扩展下载”(Extended download) 对话框窗口（主 CPU）

“选择目标设备”(Select target device) 表会显示 S7-1500R/H 系统中的 CPU 及其角色。已选择主 CPU。要求：已使用 CPU 显示屏或在 STEP 7 中通过可访问设备分配 IP 地址（例如用于调试）。

5. 单击“加载”(Load)。

说明

注意组态中 CPU 的冗余 ID：

- 冗余 ID 为 1 的实际 CPU 会使用 STEP 7 项目树中顶层 CPU 的项目数据。
- 冗余 ID 为 2 的实际 CPU 会使用 STEP 7 项目树中底层 CPU 的项目数据。

在显示屏中通过菜单命令“概述 > 冗余”(Overview > Redundancy) 读取 CPU 的冗余 ID。有关分配冗余 ID 的更多信息，请参见“冗余 ID (页 307)”部分。

“加载预览”(Load preview) 对话框窗口

必要时，会在下载前对项目数据进行编译。仅可加载一致且已正确编译的项目数据。

在“加载预览”(Load preview) 对话框窗口中，将列出有关待运行加载程序的重要信息：

操作步骤

1. 编译完成后，查看“加载预览”(Load preview) 对话框窗口中的消息。
2. 如果 S7-1500R/H 系统未处于 STOP 系统状态，请使系统停止运行。为此，请在下拉菜单的“操作”(Action) 列选择“停止 RH 系统”(Stop RH system)。
3. 单击“下载”(Download) 按钮开始下载。

加载后启动 CPU

“加载结果”(Results of loading) 对话框窗口会显示加载过程的结果。

 **警告**

CPU 在用户程序出错的情况下启动

启动 CPU 之前，确保出错的用户程序：

- 不会造成资产损坏或人员受伤
- 不会导致系统转入危险状态

要求

CPU 模式选择器位于 RUN 位置。

操作步骤

1. 要在加载完成后启动主 CPU，请在“操作”(Action) 列选择“启动模块”(Start module)。
2. 要完成加载，请单击“完成”(Finish)。

结果：主 CPU 切换为 RUN 操作状态。

3. 将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

结果：成功 SYNCUP 后，S7-1500/H 系统会切换为冗余模式。

说明

加载期间的角色变更

请注意，加载前、加载期间或加载后，主 CPU 和备用 CPU 之间可能发生角色变更。

加载过程中可能发生角色变更的情况：主 CPU 发生故障（电源故障、硬件故障）或处于 STOP，而且：

- 在这段时间内使用模式选择器、显示屏或通信命令将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。
- 或
- 在此期间打开备用 CPU。

如果发生角色变更，新的主 CPU 会使用原有项目数据启动。备用 CPU 中的新项目数据会在两个 CPU 的同步过程中被原项目数据覆盖，以实现冗余操作。

将项目数据下载到备用 CPU

还可以将项目数据下载到备用 CPU。备用 CPU 在重启后将成为包含其项目数据的主 CPU 时，才能进行下载。

要求

备用 CPU 处于 STOP 模式。

操作步骤：

- 1. 将项目数据下载到备用 CPU。主 CPU 继续控制过程。
- 2. 加载后将主 CPU 切换为 STOP 操作状态。
- 3. 将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。备用 CPU 会成为主 CPU，并在 RUN-Solo 系统状态下使用新加载的用户程序独自对过程进行控制。
- 4. 将新备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

结果：系统状态为 RUN-Redundant。

说明

下载到备用 CPU 时，请注意以下事项：
如果项目使用保持性数据，备用 CPU 运行时使用的数据可能已过期。

下载到备用 CPU 的具体操作步骤：

- 1. 在项目树中右键单击选择 S7-1500R/H 系统。
- 2. 在“下载到备用 CPU”(Download to backup CPU) 下选择“硬件和软件（仅限更改）”(Hardware and software (changes only))。

现已在“扩展下载”(Extended download) 对话框窗口中选择备用 CPU，而未选择主 CPU。

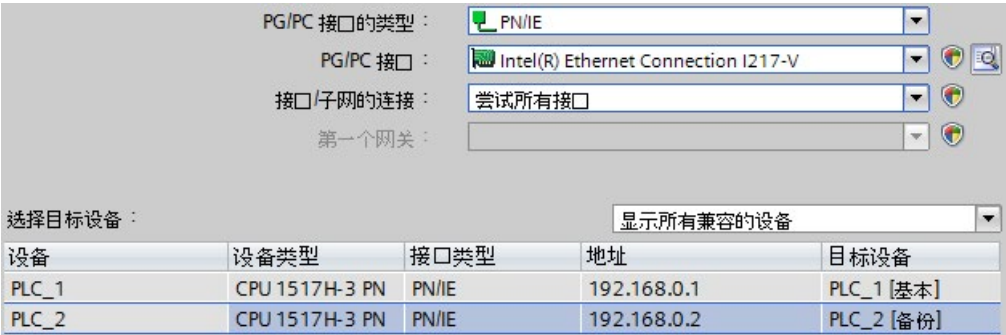


图 11-5 “扩展下载”(Extended download) 对话框窗口（备用 CPU）

在 RUN-Solo 系统状态下下载用户程序

冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。将修改过的用户程序下载到主 CPU。

优势：

- 下载器件，主 CPU 会保持对过程的控制。该设备仍在运行。
- 恢复之前的用户程序：

在 RUN-Solo 操作模式下加载后，备用 CPU 处于 STOP 模式。之前的用户程序仍在备用 CPU 中。

如果要恢复之前的用户程序，则将主 CPU 切换到 STOP 操作模式，然后将备用 CPU 切换到 RUN 操作模式。结果：具有之前用户程序的备用 CPU 作为主 CPU 启动。

然后，将备用 CPU 切换到 RUN 操作状态。结果：具有之前用户程序的冗余系统处于 Run-Redundant 系统状态。

说明

如果恢复之前的用户程序，该操作过程描述的是如何进入冗余系统的 STOP 模式。

操作步骤

要在 RUN 操作状态时下载用户程序，请按以下步骤操作：

1. 将备用 CPU 切换为 STOP 操作状态。S7-1500R/H 系统切换为 RUN-Solo 系统状态。
2. 使用“下载到设备 > 软件（仅限更改）”(Download to device > Software (changes only)) 将修改过的用户程序下载到主 CPU。主 CPU 继续控制过程。
3. 将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

主 CPU 仍处于 RUN 操作状态，并会在 SYNCUP 下将修改过的用户程序同步到备用 CPU。

结果：S7-1500R/H 系统会切换回采用修改过的用户程序的冗余模式。

在 RUN-Redundant 系统状态下下载修改后的用户程序

自 R/H CPU 的固件版本 V2.8 开始，可以在 RUN-Redundant 系统状态下，下载修改后的用户程序。如果在下载过程中未发出错误消息，则将修改后的用户程序下载到冗余系统中。

优势：下载期间，冗余系统将保持为 RUN-Redundant 系统状态。

用户程序中的更改

当用户程序发生以下更改时，冗余系统将在下载过程中保持在 RUN-Redundant 系统状态：

表格 11- 2 在 RUN-Redundant 系统状态下下载更改

用户程序	操作	注意事项
文本列表（报警）	新建、更改	-
注释	新建、更改、删除	例外情况：硬件配置中的注释
块	始终下载多个更改	-
OB	新建、更改、删除、更改属性	-
FB、FC、DB、用户数据类型 UDT	新建、更改、删除	-
FB、FC	更改代码、更改界面	-
DB	更改属性（更改“优化块访问”属性）	-
	新建	新数据块中的实际值被设置为起始值。
	更改变量的名称/类型，添加或删除变量（未启用预留存储区）	结构已修改的数据块中变量的实际值设置为起始值。
	添加新变量（激活预留存储区）	预留存储区内所添加变量的实际值被设置为起始值。
PLC 变量	添加（定时器、计数器和位存储器）	-

说明

在 RUN-Redundant 系统状态下将修改后的用户程序下载到 R/H CPU 时的响应时间。
在 RUN-Redundant 系统状态下执行下载过程期间，系统的响应时间相对于正常冗余模式受到限制。用户程序包含的更改越多，对响应时间的影响越大。

要求

- 自固件版本 V2.8 起可行
- R/H CPU 的 SIMATIC 存储卡可用存储空间充足
- 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。

操作步骤

在 RUN-Redundant 系统状态下，可以通过多种方式下载修改后的用户程序：

在 RUN-Redundant 系统状态下执行下载的选项	按以下步骤在处于 RUN-Redundant 系统状态时下载修改后的用户程序：
将修改后的用户程序下载到主 CPU	1. 在项目树中选择程序文件夹或修改后用户程序的块。 2. 选择“下载到设备”(Download to device) 按钮或“在线 > 下载到设备”(Online > Download to device) 菜单命令。
	1. 在项目导航中选择 S7-1500R/H 系统。 2. 按鼠标右键。从快捷菜单中选择“下载到设备 > 软件(仅更改)”(Download to device > Software (only changes)) 命令。
将修改后的用户程序下载到备用 CPU	1. 在项目导航中选择 S7-1500R/H 系统。 2. 按鼠标右键。从快捷菜单中选择“下载到备用 CPU > 软件(仅更改)”(Download to backup CPU > Software (only changes)) 命令。

结果：下载修改后的用户程序后，冗余系统保持在 RUN-Redundant 系统状态。

说明

只有使用“下载到设备 > 软件（仅更改）”(Download to device > Software (only changes)) 菜单命令时，冗余系统才会保持在 RUN-Redundant 系统状态。

随后，可通过以下菜单停止冗余系统：

- “下载到设备 > 硬件配置”(Download to device > Hardware configuration)
- “下载到设备 > 软件（所有块）”(Download to device > Software (all blocks))
- “下载到设备 > 硬件和软件（仅更改）”(Download to device > Hardware and software (only changes))

11.4 操作状态和系统状态

11.4.1 概述

操作状态

操作状态是指在特定时间点单个 CPU 的操作特性。了解 CPU 的操作状态可用于编程启动、测试和错误诊断。当前操作状态将通过 CPU 正面的 LED 状态指示灯和 CPU 显示屏进行指示。

与 S7-1500 标准 CPU 相同，S7-1500R/H CPU 也包含操作状态 STOP、STARTUP 和 RUN。但作为冗余系统进行操作时，其中一个 CPU 可采用附加操作状态 SYNCUP，用于对两个子系统进行同步。冗余系统的 RUN 操作模式拆分为以下状态：

- RUN
- RUN-Syncup
- RUN-Redundant.

系统状态

通过系统状态，可直接评估冗余系统的操作特性。这些系统状态由各 CPU 的操作状态组合而成。

- STOP
- STARTUP
- RUN-Solo
- SYNCUP
- RUN-Redundant

事件受控制的同步

事件受控制的同步操作可确保冗余系统中的两个 CPU 可进行冗余操作（RUN-Redundant 系统状态）。

在所有可能导致系统转入不同内部子系统状态的事件中，操作系统将自动同步主 CPU 和备用 CPU 的数据。

举例来说，以下情况下，主 CPU 和备用 CPU 会进行同步：

- 直接访问 I/O 设备
- 中断循环程序执行的事件
- 更新用户时间，例如 S7 定时器
- 更新过程映像
- 通过通信功能更改数据
- 访问不同的 CPU 上可能不同的数据，例如当前时间、系统时间或运行系统消息

冗余模式的同步

在 SYNCUP 系统状态下，操作系统将同步两个 CPU 中的用户程序，进行冗余操作。

同步操作可确保两个 CPU 可进行冗余操作。在冗余操作中，如果主 CPU 发生故障，则备用 CPU 将在中断点处作为新的主 CPU 进行过程控制。

实现冗余系统状态的要求

如果满足以下要求，冗余系统将达到 RUN-Redundant 系统状态：

- 已满足 S7-1500R/H 冗余系统的使用要求（参见“应用规划 (页 94)”部分）。
- 冗余系统中的两个 CPU 已相互识别，即已成功配对（参见“CPU 配对 (页 305)”部分）；
- 已遵循“调试过程 (页 300)”中的详细信息，完成系统调试。

系统状态和操作状态概述

下图显示了各 CPU 可能的操作状态及对应的系统状态。

一般来讲，两个 CPU 的优先级相同，这样，每个 CPU 既可作为主 CPU，也可作为备用 CPU。

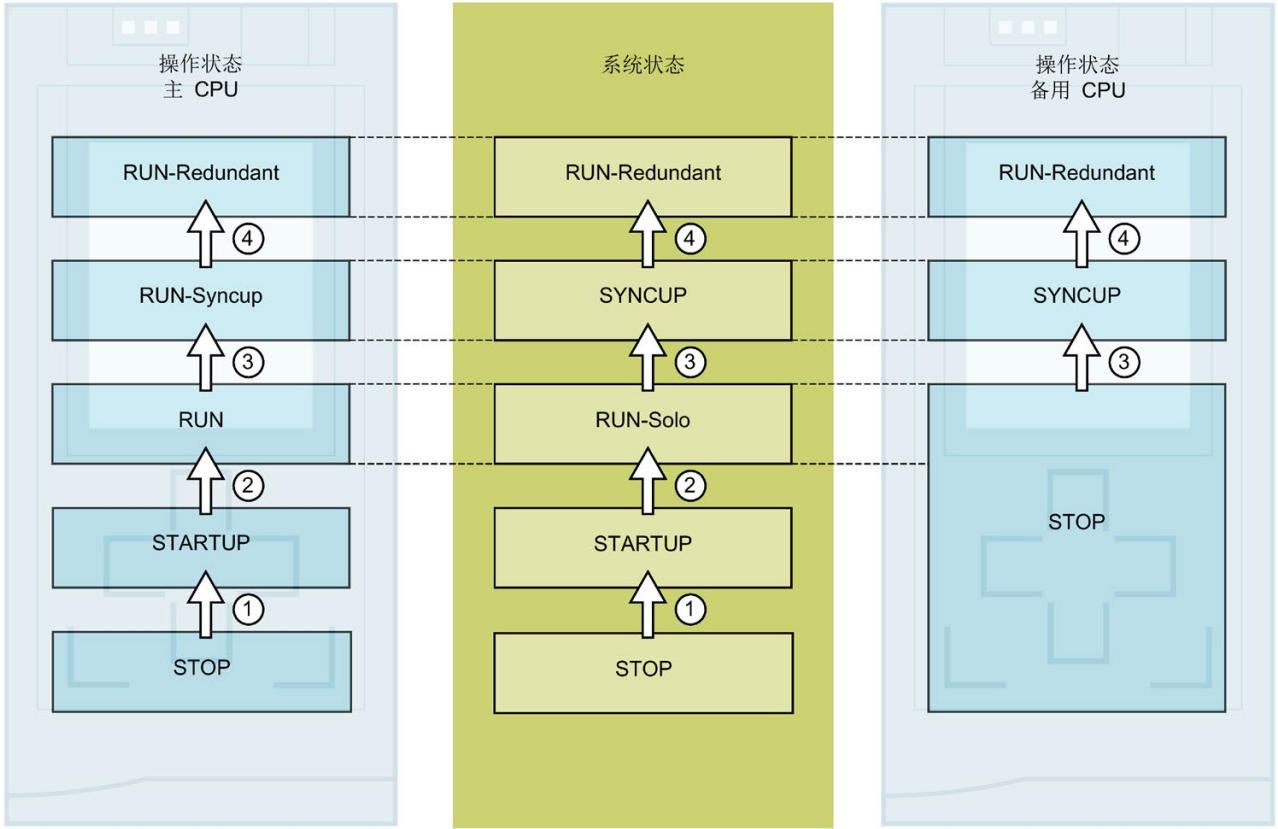


图 11-6 系统状态和操作状态

下表概括介绍了冗余系统如何启动并同时在各种操作模式和系统状态之间切换。以下列初始情况和操作步骤为例。

操作状态和系统状态在以下章节中进行了详细介绍。

表格 11-3 冗余系统启动

图中编号	主 CPU	系统状态	备用 CPU
初始情况：两个 CPU 均处于 STOP 操作状态。模式选择器也处于 STOP 位置。			
步骤 1：将要作为主 CPU 的 CPU 上的模式选择开关由 STOP 切换到 RUN。			
①	CPU 切换到 STARTUP，并执行启动 OB 100 以及其它可用的启动 OB。	STOP → STARTUP	CPU 保持 STOP 模式。
②	成功 STARTUP 后，CPU 切换为 RUN 状态。 CPU 以标准 CPU 的方式在 RUN 状态下运行并执行用户程序。	STARTUP → RUN-Solo	CPU 保持 STOP 模式。
步骤 2：将备用 CPU 上的模式选择开关由 STOP 切换到 RUN。			
③	RUN → RUN-Syncup	RUN-Solo → SYNCUP	STOP → SYNCUP
	两个用户程序会进行同步，以实现冗余模式。主 CPU 会将装载存储器和工作存储器的内容复制到备用 CPU。备用 CPU 会追上主 CPU 上用户程序处理的进度。成功同步后，两个 CPU 中的存储器内容完全相同。		
④	RUN-Syncup → RUN-Redundant	SYNCUP → RUN-Redundant	SYNCUP → RUN-Redundant
	SYNCUP 后，CPU 进入 RUN-Redundant 模式。两个 CPU 同步执行用户程序。 状态转换还会触发 OB 72，并可能触发 OB 70。有关 OB 72 和 OB 70 的更多信息，请参见“S7-1500R/H 编程 (页 300)”部分。		

参见

S7-1500R/H 编程 (页 261)

11.4.2 STARTUP 操作状态

启动处理（仅限主 CPU 中）

STARTUP 仅由主 CPU 执行。

在 STARTUP 下，主 CPU 的操作特性与 S7-1500R/H 标准 CPU 相同。

响应

在 CPU 开始执行循环用户程序之前，将执行启动程序。

通过编写相应的启动 OB，可以在启动例程中初始化循环程序的变量。可以编写一个或多个启动 OB，也可以一个也不创建。

注意事项

- 根据相应模块的组态禁用或响应所有输出：将提供组态的替换值或保持上一个值输出，并将控制过程保持在安全操作状态。
- 将初始化过程映像。
- 不会更新过程映像。

要在启动过程中读取输入的当前状态，可通过直接 I/O 访问来访问各输入。
要在启动过程中初始化输出，可通过过程映像或通过直接 I/O 访问来写入值。但是，转换为 RUN 工作模式的过程中，数值会首次在输出端输出。
- CPU 始终以暖启动方式启动。
 - 如果将数据定义为保持性数据，则在 STOP 或电源故障后重新启动时，其内容仍然保留。
 - 将初始化非保持性位存储器、定时器和计时器。
 - 将初始化数据块中的非保持性变量。
- 在 STARTUP 期间，尚未运行循环时间监视

- CPU 按启动组织块编号的顺序处理启动组织块。无论所选的启动类型如何，CPU 都会处理所有编程的启动 OB（见下图“设置启动行为”）。
- 如果发生相关事件，则 CPU 可在启动期间启动以下 OB：
 - OB 82：诊断中断
 - OB 83：可移除/插入的模块
 - OB 86：机架错误
 - OB 121：编程错误（仅限全局错误处理）
 - OB 122：I/O 访问错误（仅限全局错误处理）有关如何使用全局和本地错误处理的相关说明，请参见 STEP 7 在线帮助。

其它所有 OB 均在转换为操作状态 RUN 或系统状态 RUN-Redundant (OB 70) 时由 CPU 启动。

期望组态和实际组态不匹配时的特性

下载到 CPU 的组态是期望的组态。实际组态是指自动化系统的实际物理组态。如果期望组态和实际组态不同，硬件兼容性设置会定义 CPU 的特性。

中止或未运行启动

如果启动期间出错，CPU 将中止 STARTUP 并恢复 STOP 操作状态。

以下情况下，CPU 不会执行 STARTUP：

- 未插入 SIMATIC 存储卡或插入的存储卡无效。
- 必须将硬件配置下载到 CPU。

组态启动特性

在 STEP 7 中，可在 CPU 属性的“启动”(Startup) 组中组态该 CPU 的特性。

要设置启动特性，请按以下步骤操作：

- 1. 在 STEP 7 硬件和网络编辑器的设备视图中选择 CPU。
- 2. 在特性中，选择“启动”(Startup) 区域。

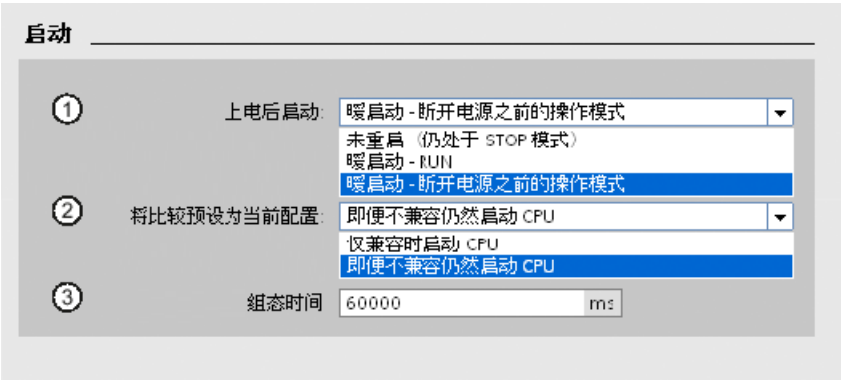


图 11-7 设置启动特性

- ① 在上电后设置启动类型
- ② 定义插槽中的模块与所组态的模块无法匹配时的启动特性。该参数适用于 CPU 和所有未选择其它设置的模块。
 - 仅在兼容时启动 CPU：使用此设置时，已组态插槽中的模块必须与已组态模块兼容。兼容意味着模块在以下方面与组态的模块匹配：
 - 输入和输出数
 - 电气和功能特性
 - 即使不兼容也启动 CPU：使用此设置时，CPU 的启动与所插入的模块类型无关。
- ③ 指定最大时间段（默认值：60000 ms），在此时间内，分布式 I/O 必须做好操作准备。

如果分布式 I/O 在组态时间内准备好操作，CPU 将切换为 RUN。

如果分布式 I/O 在组态时间内未准备就绪，则 CPU 的启动特性将取决于硬件兼容性设置。

11.4.3 STOP 操作状态

响应

在 STOP 操作状态下，CPU 不执行用户程序。

如果两个 CPU 均处于 STOP 模式，则根据相应模块的组态禁用或响应所有输出：将提供组态的替换值或保持上一个值输出，从而将控制过程保持在安全操作状态。

注意事项

在 STOP 操作状态下，备用 CPU 不会与 IO 设备建立连接。

在 STOP 操作状态下，主 CPU 会与 IO 设备建立连接。如果已组态系统 IP 地址，即使主 CPU 处于 STOP 操作状态，也会激活系统 IP 地址。

如果两个 CPU 均处于 STOP，并且将组态下载到一个 CPU 中，注意以下几点：

- 尚未将组态下载到备用 CPU 且备用 CPU 应成为主 CPU：
将备用 CPU 切换为主 CPU（可在下载过程的事件对话框中或通过 CPU 的模式切换来操作）。
- 即使主 CPU 处于 STOP 操作状态，将组态下载到主 CPU 后，也会按照下载的硬件配置对所连接 IO 设备进行组态。

11.4.4 SYNCUP 操作状态

SYNCUP 操作状态（仅限备用 CPU）

在 SYNCUP 操作状态下，操作系统将同步备用 CPU 与主 CPU。主 CPU 处于 RUN-Syncup 操作状态并对操作过程进行控制。

与主 CPU 不同，备用 CPU 不会转入 STARTUP 操作状态。

更多信息，请参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分。

注意事项

SYNCUP 期间，对在线功能的访问会受限。更多信息，请参见“测试功能 (页 420)”部分。

11.4.5 RUN 操作状态

RUN 操作状态

主 CPU 转入 RUN-Redundant 系统状态前，会经历以下操作模式：

- RUN
- RUN-Syncup
- RUN-Redundant

备用 CPU 只有 RUN-Redundant 操作状态。

响应

在 RUN 操作状态下，主 CPU 的操作特性与 S7-1500 标准 CPU 相同：执行循环、时间驱动型和中断驱动型程序。

在每个程序周期内，将自动更新“自动更新”过程映像中的地址。更多信息，请参见“过程映像和过程映像分区 (页 258)”部分。

当 CPU 写入输出和读取输入时，循环程序将从第一条指令开始执行并运行到最后一条指令。高优先级的事件（如，硬件中断、诊断中断和通信）可中断循环程序执行并延长循环时间。

如果已组态有最小循环时间，则 CPU 将在该最小循环时间后才结束循环程序的执行（即使用户程序早已完成）。

操作系统将基于可组态的上限值（即，最大循环时间）监视循环程序的运行时间。通过调用 RE_TRIGR 指令，可在程序的任何位置处重新启动时间监视。

如果循环程序超过最大循环时间，则操作系统可能会启动时间错误 OB (OB 80)。更多信息，请参见“启动事件 (页 268)”部分。

在 RUN 操作状态下的注意事项

在非冗余操作过程中，两个 CPU 相互独立，可以有不同的项目。

RUN-Syncup 操作状态

在 RUN-Syncup 操作状态下，备用 CPU 将与主 CPU 进行同步。SYNCUP 会暂时对主 CPU 造成影响（例如，延时异步服务，以及通过传输负载和工作存储器内容来延长循环时间），并同时在备用 CPU 中运行。更多信息，请参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分。

RUN-Redundant 操作状态

冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。两个 CPU 同步处理用户程序。

11.4.6 SYNCUP 系统状态

要求

- 两个 CPU 的订货号和固件版本相同。
- 每个 CPU 中都插入了 SIMATIC 存储卡。
- PROFINET 环网闭合并且已组态。
- S7-1500H 冗余系统中至少有一个冗余连接（光纤电缆）。
- 已组态的 PROFINET 环网中的介质冗余角色：
 - 两个 CPU 的介质冗余角色为“管理器（自动）”。
 - PROFINET 环网中其它所有设备的介质冗余角色为“客户端”。
- 已对两个 CPU 进行配对。
- 主 CPU 处于 RUN 操作状态。
- SYNCUP 的执行未禁用（默认设置）。
- 未运行加载功能。
- 不使用断点进行测试。

使用断点进行测试时不执行 SYNCUP。有关使用断点进行测试的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

SYNCUP 系统状态

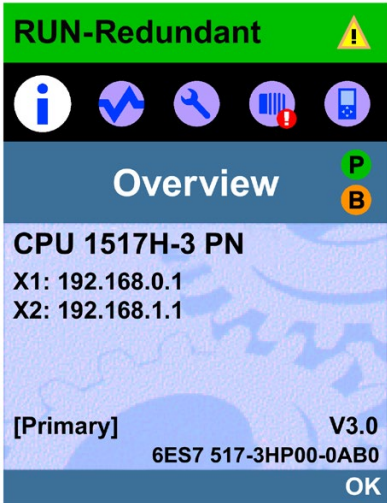
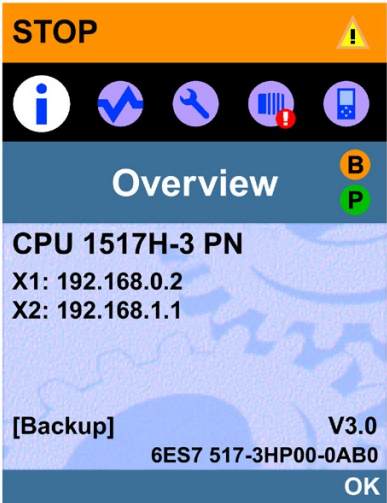
在 SYNCUP 系统状态下进行同步可确保两个 CPU 可以冗余方式运行。在 SYNCUP 系统状态下，冗余系统会从 RUN-Solo 系统状态切换为 RUN-Redundant 系统状态。之后，两个 CPU 将同步处理同一个用户程序。

启动 SYNCUP

初始情况为 RUN-Solo 系统状态。冗余系统的主 CPU 处于 RUN 操作状态，备用 CPU 处于 STOP 操作状态。

操作状态显示在显示屏上：

表格 11-4 启动 SYNCUP

主 CPU	备用 CPU
	

通过以下方式启动 SYNCUP：

- 通过 PG/PC/HMI 设备或显示屏启动备用 CPU，并将模式选择器设为 RUN。
- 或
- 将备用 CPU 上的模式选择开关由 STOP 切换到 RUN。
- 或
- 为备用 CPU 上电（将模式选择器设为 RUN）。

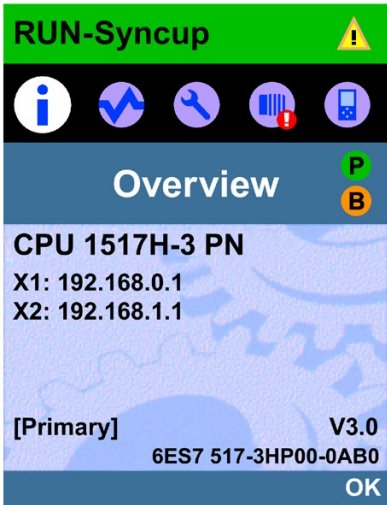
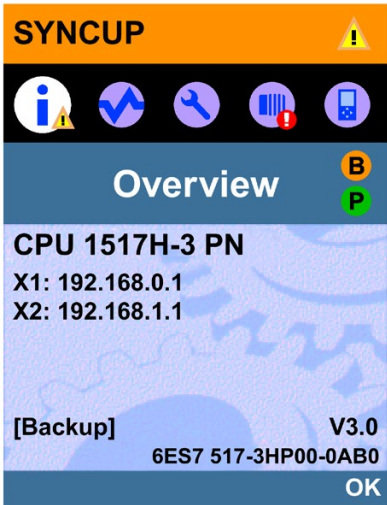
准备 SYNCUP 系统状态

SYNCUP 启动后，CPU 准备 SYNCUP：

- 备用 CPU 切换为 SYNCUP 操作状态，并向主 CPU 发送状态消息。
- 主 CPU 随后从 RUN 操作状态切换为 RUN-Syncup。

当前操作状态显示在显示屏上：

表格 11-5 准备 SYNCUP

主 CPU	备用 CPU
	

SYNCUP 系统状态的顺序

两个 CPU 的操作系统会分五个阶段完成 SYNCUP：

- 复制 SIMATIC 存储卡 ①
- 重新启动备用 CPU ②
- 完成任务 ③
- 复制工作存储器 ④
- 弥补备用 CPU 滞后 ⑤

主 CPU 的显示屏会显示 SYNCUP 系统状态的当前阶段。

备用 CPU 的显示屏在 ② 到 ⑤ 阶段显示“正在连接...”(Connecting...) 状态，直至达到 RUN-Redundant 系统状态。

① 复制 SIMATIC 存储卡

主 CPU 会将装载存储器的部分内容复制到备用 CPU：

- \SIMATIC.S7S 文件夹中 CPU 的用户程序、系统块和项目数据

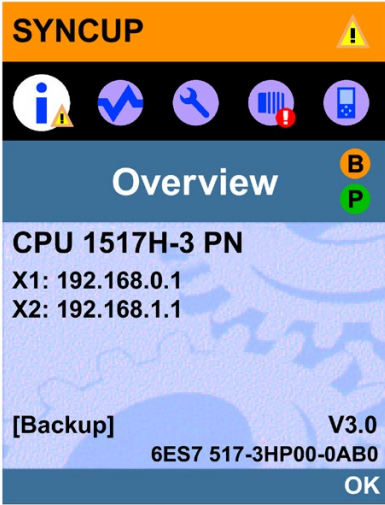
说明

覆盖装载存储器的内容

复制会用主 CPU 装载存储器的内容覆盖备用 CPU 的 SIMATIC 存储卡中的装载存储器内容。

主 CPU 的显示屏指示复制进程。

表格 11- 6 复制 SIMATIC 存储卡

主 CPU	备用 CPU
	

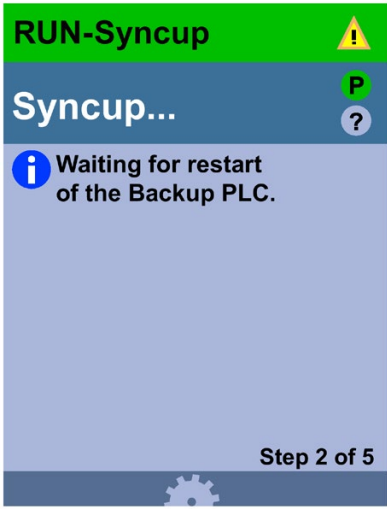
备用 CPU 将传输的负载存储器内容复制到其工作存储器。

② 重新启动备用 CPU

备用 CPU 重新启动并自动切换回 SYNCUP 操作状态。

备用 CPU 的显示屏显示“正在连接...”(Connecting...) 状态。

表格 11- 7 重新启动备用 CPU

主 CPU	备用 CPU
	

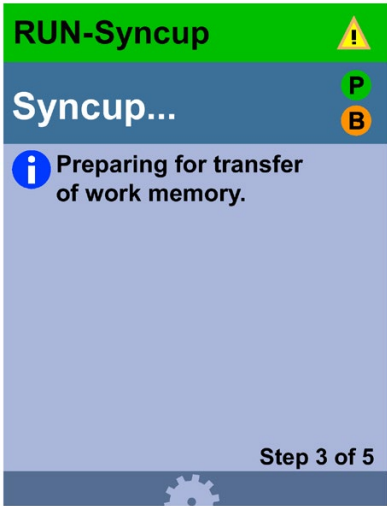
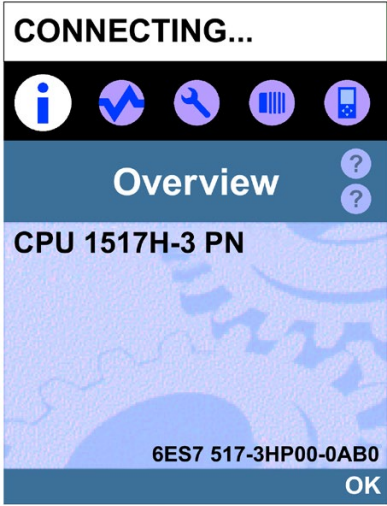
③ 完成任务

在主 CPU 上异步运行的指令会终止，会接受新指令，但不会启动这些指令。

从此时起，重新启动的异步指令将会延迟，直到达到“复制工作存储器”阶段。指令的“BUSY”输出参数为“1”。但是，处理过程尚未开始。

主 CPU 中的通信连接暂时终止。不能再删除、加载、生成或压缩用户程序中的块。不能再执行任何测试或调试功能。

表格 11- 8 准备复制工作存储器

主 CPU	备用 CPU
	

④ 复制工作存储器

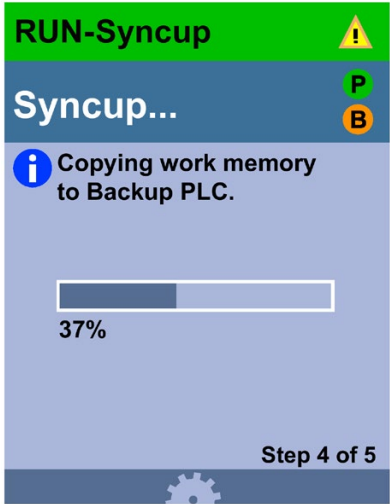
主 CPU 在下一循环控制点保存其存储器内容和某些系统存储器内容（备用 CPU 转储）的一致快照。过程映像、位存储器、SIMATIC 时间/计数功能、临时本地数据、数据块内容。

保存完快照后，主 CPU 会立即恢复执行用户程序。会重新建立通信连接并开始执行异步指令。

主 CPU 会将一致的快照复制到备用 CPU 并继续并行操作。数据块、过程映像等会立即被主 CPU 中的当前数据覆盖。

主 CPU 的显示屏指示复制进程。

表格 11- 9 复制工作存储器

主 CPU	备用 CPU
	

备用 CPU 忙于接受数据，随后才能处理用户程序。

⑤ 弥补备用 CPU 滞后

在阶段 ⑤，备用 CPU 会追上主 CPU 的进度。

备用 CPU 将在每个循环控制点向主 CPU 发送有关程序进度的状态消息。

主 CPU 的显示屏指示备用 CPU 的滞后时长。

表格 11- 10 弥补备用 CPU 滞后

主 CPU	备用 CPU

一旦备用 CPU 追赶上主 CPU，两个 CPU 均会切换为 RUN-Redundant 操作状态。备用 CPU 建立与 IO 设备的连接（仅限系统冗余 S2 和 R1）并且通信链路再次可用。两个 CPU 同步处理用户程序。

说明

SYNCUP 期间的负荷较大

如果 SYNCUP 期间的负荷较大，会延长程序循环时间。

SYNCUP 耗时过长，且显示屏未显示任何进度，可中止 SYNCUP 并优化用户程序。更多信息，请参见“SYNCUP 系统状态中止”。

说明

设置足够长的最大循环时间

为 CPU 组态足够长的最大循环时间。系统状态进行 SYNCUP → RUN-Redundant 转换时，可能会导致循环时间临时增加。

SYNCUP 系统状态的影响

在 SYNCUP 状态下，执行用户程序和通信功能有不同的影响。下表列出了相应的影响。

表格 11- 11 SYNCUP 的特性

操作步骤	SYNCUP 系统状态期间的影响
在主 CPU 上处理用户程序	会处理所有优先级类 (OB)。快照期间，处理会延迟。保存完快照后，主 CPU 会立即恢复执行用户程序，并会开始执行异步指令。
删除、加载、生成和压缩块	无法删除、加载、生成和压缩块。
处理通信功能	部分功能的执行会受到限制并延迟。系统会在 SYNCUP 之后弥补所有功能中的延迟。
PG/PC 操作	根据所处的 SYNCUP 阶段，PG/PC 与 CPU 之间可能无法进行在线连接。现有连接被中止。
测试和调试功能，如“监视和修改变量”、“监视（开/关）”。	根据所处的 SYNCUP 阶段，可能无法使用任何测试和调试功能。
主 CPU 中的连接处理	开始时，所有通信连接都会中止。 保存完快照后，主 CPU 会通过有效的连接建立方式重新建立通信连接。请注意，CPU 需要一些时间来重新建立通信连接。 CPU 使用被动连接设置重新建立连接端点以进行通信连接。
备用 CPU 中的连接处理	开始时，所有通信连接都会中止。 备用 CPU 与 IO 设备建立连接 (AR)（仅限 S2 和 R1 系统冗余）。 在备用 CPU 追赶过程中，备用 CPU 上的通信连接可用。
诊断报警	SYNCUP 系统状态期间，诊断报警可能会延迟。OB 82 报告延迟的诊断报警。 如果在“弥补备用 CPU 滞后”阶段出现诊断报警，诊断报警会延长此阶段的时间。更多信息，请参见“程序处理的基础知识 (页 268)”部分。

SYNCUP 系统状态中止

即使已成功启动 SYNCUP 系统状态，以下情况下也能进行中止：

- 将其中一个 CPU 断电时。
- 如果将备用 CPU 切换为 STOP；主 CPU 会继续在 RUN 操作状态下进行操作。SYNCUP 的中止可能会延迟几秒钟。
- 如果将主 CPU 设为 STOP；冗余系统会切换为 STOP 系统状态，因为备用 CPU 未准备好接管对过程的控制（未在下图中显示）。如适用，备用 CPU 重新启动。
- 如果 100 次程序循环及 10 至 13 秒后备用 CPU 滞后未减小到最小值以下，主 CPU 会中止 SYNCUP。评估主 CPU 和备用 CPU 的诊断缓冲区。
- 如果其中一个 CPU 检测到会影响进度的错误，例如主 CPU 中超出循环时间。
- 如果在切换为 SYNCUP 系统状态之前 PROFINET 环网已中断，或者 PROFINET 环网在 SYNCUP 期间中断。
- 如果 PROFINET 环网中除 CPU 以外还有其它设备，且已为这些设备分配了介质冗余角色“管理器”或“管理器（自动）”。
- 如果在带有 PROFINET 环网 (R1) 的组态中，备用 CPU 在 SYNCUP 之前被分配了介质冗余角色“非环网中的设备”(Not device in the ring)。

有关错误原因及补救措施的详细列表，请参见表格“SYNCUP 中止：原因及解决方法”。

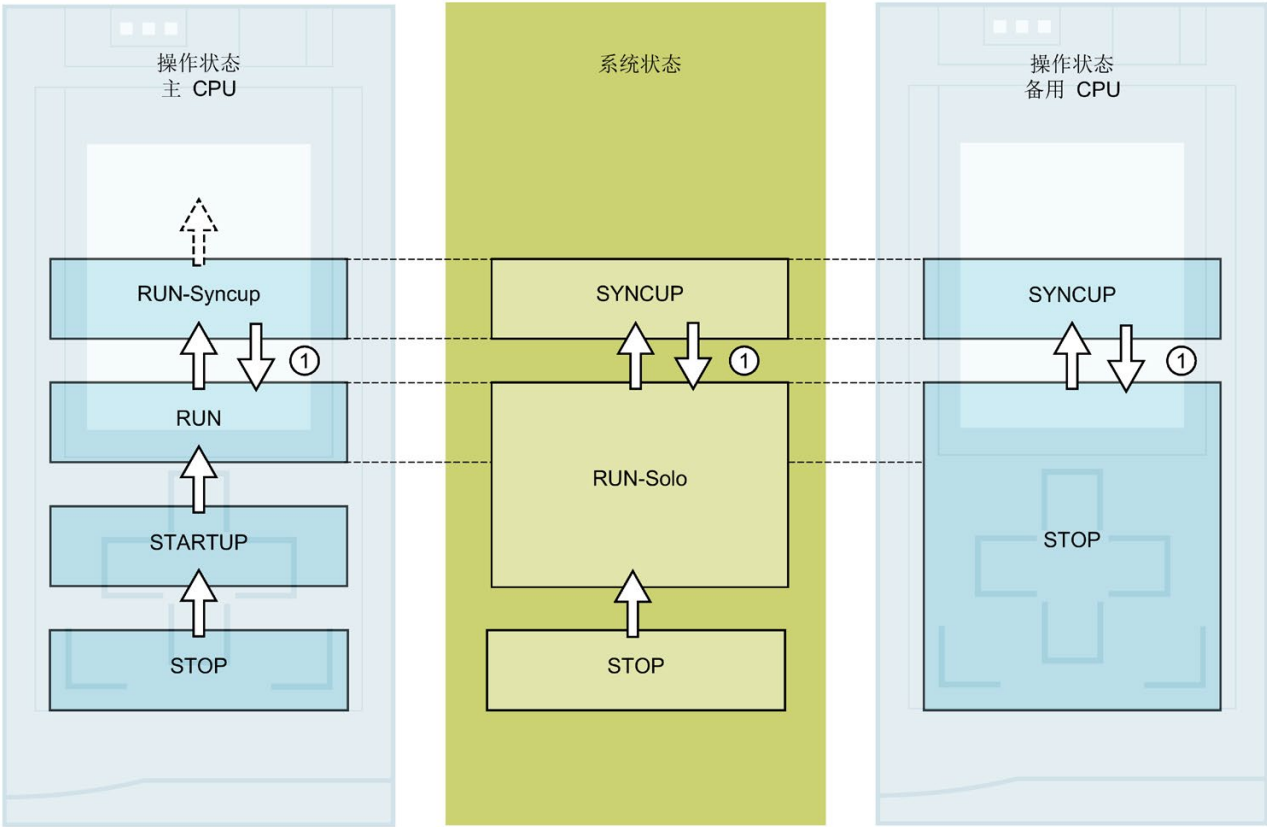


图 11-8 SYNCUP 系统状态中止

表格 11- 12 事件顺序：SYNCUP 中止

图中 编号	主 CPU	系统状态	备用 CPU
初始情况：S7-1500R/H 冗余系统处于 SYNCUP 系统状态。备用 CPU 中出错。			
①	CPU 不会从 RUN-Syncup 操作状态切换为 RUN-Redundant，而是会恢复为 RUN 并继续执行用户程序。	SYNCUP → RUN-Solo	如果 SYNCUP 中止，备用 CPU 可能会重新启动，随后会切换为 STOP 操作状态。备用 CPU 准备好进行新的 SYNCUP。

纠正错误的操作步骤

1. 消除错误。
2. 将备用 CPU 由 STOP 切换为 RUN。

备用 CPU 由 STOP 切换为 SYNCUP 操作状态。同步重新开始。

错误原因和故障排除

SYNCUP 系统状态中止可能有多种原因。如果 SYNCUP 中止，请评估组 CPU 和备用 CPU 的诊断缓冲区。

表格 11- 13 SYNCUP 中止：原因及解决方法

SYNCUP 中止的原因	解决方法
备用 CPU 的 SIMATIC 存储卡的存储空间过小。	删除 SIMATIC 存储卡中的数据，或使用存储容量更大的 SIMATIC 存储卡。更多信息，请参见《CPU 存储器的结构和使用 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193101)》功能手册。
备用 CPU 的 SIMATIC 存储卡上的文件或目录名称包含不受支持的字符。	确保文件和/或目录名称不包含元音变音 (ö、ä、ü、Ö、Ä、Ü)。
备用 CPU 的 SIMATIC 存储卡上的目录中使用的层级数量过多。	确保目录结构不包含超过 6 个层级（例如： (F:)SIMATIC MC/1/2/3/4/5/6/file.txt)。
系统过载。用户程序负荷过大，因此备用 CPU 无法跟上主 CPU 上的程序执行进度。	使用“RT_INFO”指令生成有关 OB、通信或用户程序运行系统的统计信息。 通过以下方式缩短备用 CPU 相对于主 CPU 的延迟： • 减少对循环事件（同一来源的事件，例如循环中断 OB 的启动事件）的后期处理，从而解决 CPU 过载问题。 更多信息，请参见《循环和响应时间 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59193558)》功能手册。 • 请勿为程序循环 OB 设置过小的最小循环时间或增大最小循环时间。这样会减小程序循环 OB 的调用频率。

SYNCUP 中止的原因	解决方法
主 CPU 与备用 CPU 之间冗余连接的负荷过大。因此，备用 CPU 无法跟上主 CPU 上的程序执行进度。	通过以下方式减小主 CPU 与备用 CPU 之间冗余连接的负荷： • 减少对循环事件的后期处理（见上文） • 避免使用会增大同步负荷的指令，例如直接访问、时间访问（如 RD_SYS_T、WR_SYS_T、RD_LOC_T） • 减少通信（HMI、PG/PC、开放式用户通信等） • 遵循组态规则
超出主 CPU 中的最大循环时间	• 降低硬件配置中的通信符合，以缩短循环时间。 • 组态足够长的最大循环时间。 • 如果已下载用户程序中存在 OB 80（时间错误 OB），操作系统会调用此 OB，以容许超出循环时间（参见“启动事件 (页 268)”部分）。
主 CPU 或备用 CPU 进入 STOP 操作状态。	将主 CPU 或备用 CPU 切换到 RUN 操作状态。
PROFINET 环网中断	更换 PROFINET 环网中出现故障的 PROFINET 电缆或 PROFINET 设备。
在 PROFINET 环网中，除了两个 CPU 外，还有介质冗余角色为“管理器”或“管理器（自动）”的其它设备。	为 PROFINET 环网中的其它所有设备组态介质冗余角色“客户端”。
在带有 PROFINET 环网 (R1) 的组态中，备用 CPU 在 SYNCUP 之前被分配了介质冗余角色“非环网中的设备”(Not device in the ring)。	删除备用 CPU 的 SIMATIC 存储卡。
主 CPU 或备用 CPU 的电源出现故障。	恢复电源。更换出现故障的负载电流电源 (PM)。
在 SYNCUP 期间，两个 CPU 同时断电/上电： 如果在 SYNCUP 期间两个 CPU 同时断电/上电，SYNCUP 将被中止。	再次让两个 CPU 断电/上电。SYNCUP 再次执行。

参见

将 CPU 复位为出厂设置 (页 414)

11.4.7 系统状态和操作状态转换

系统状态转换

下图显示了 S7-1500R/H 冗余系统的系统状态转换。

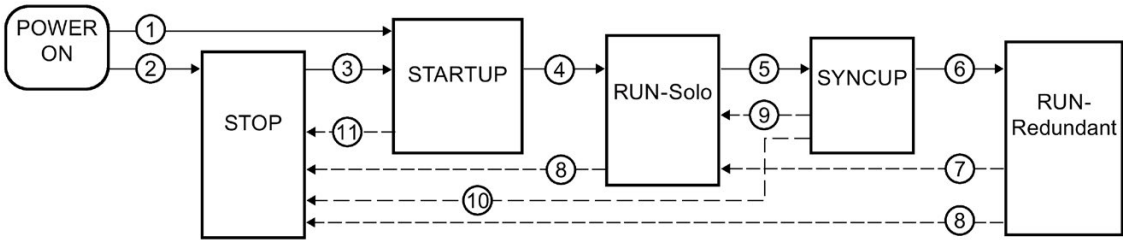


图 11-9 系统状态转换

操作状态转换

冗余系统的工作状态转换

下图显示了主 CPU 和备用 CPU 的工作状态转换。

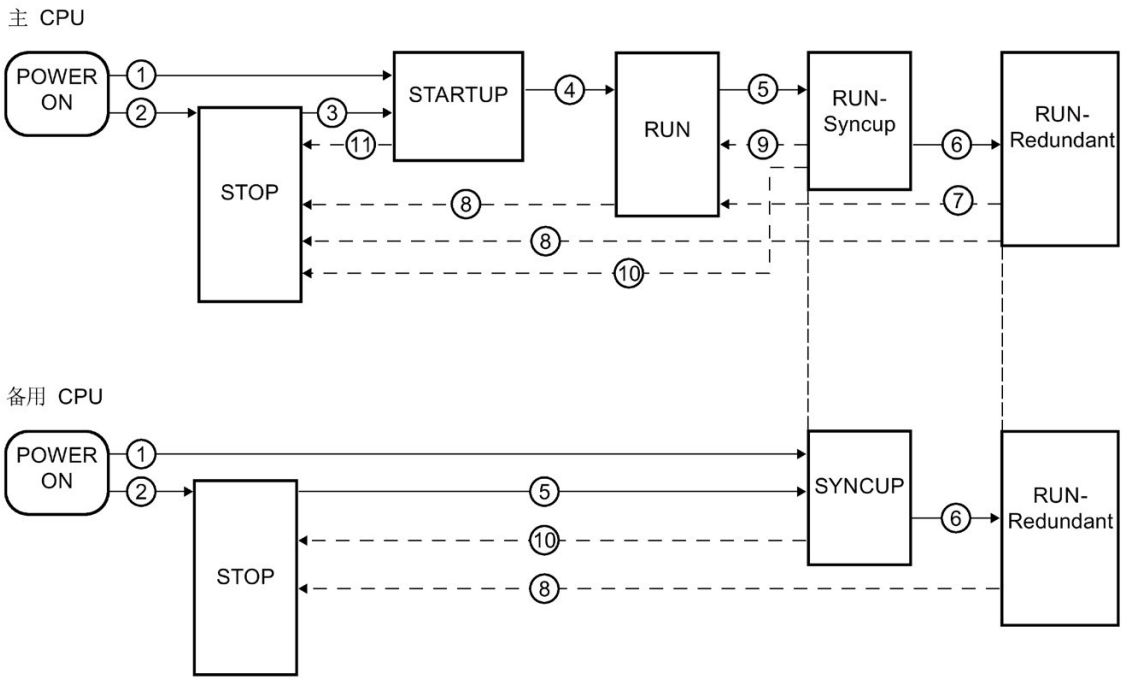


图 11-10 操作状态转换

① POWER ON → STARTUP, POWER ON → SYNCUP

转换	说明	结论
系统状态转换	POWER ON → STARTUP CPU 启动后执行配对过程。以下情况下，冗余系统会切换为 STARTUP： • 模式选择器设置到 RUN 位置。 • 先前的“POWER OFF”是由电源中断触发的， • 硬件配置与程序块一致， 且 • 设置了启动类型“暖启动 - RUN”， 或者 • 设置了启动类型“断电前的暖启动 - 操作模式”(Warm restart - Operating mode before POWER OFF)，且系统在断电之前处于 RUN-Solo、SYNCUP 或 RUN-Redundant 状态。 成为主 CPU 的 CPU 会运行 STARTUP。 主 CPU 切换为 STARTUP 操作状态。	POWER ON → STARTUP 后，主 CPU 将清空非保持性数据，并将非保持性数据块中的内容复位为装载存储器的初始值。同时保留保持性存储器和保持性 DB 中的内容。

转换	说明	结论
操作状态转换	POWER ON → STARTUP CPU 启动后执行配对过程。以下情况下，主 CPU 会切换为 STARTUP 操作状态： • 模式选择器位于 RUN 位置； • 先前的“POWER OFF”是由电源中断触发的， • 硬件配置与程序块一致， 且 设置了启动类型“暖启动 - RUN” 或 • 设置了启动类型“断电前的暖启动 - 操作模式”(Warm restart - Operating mode before POWER OFF)，且 CPU 在断电之前处于 STARTUP、RUN、RUN-Syncup 或 RUN-Redundant 状态。	
	POWER ON → SYNCUP CPU 启动后执行配对过程。以下情况下，备用 CPU 会切换为 SYNCUP 操作状态： • 模式选择器位于 RUN 位置， 且 • 主 CPU 处于 STARTUP 或 RUN 操作状态。	

只有主 CPU 可在上电后自动启动

说明

“只有主 CPU 可在上电后自动启动”功能可防止具有过期保持性数据的 CPU 自动切换到 RUN 操作模式。

可以手动将备用 CPU 切换到 RUN 模式，然后，该 CPU 会自动成为主 CPU 并使用其保持性数据启动。

如果已将“上电后启动”(Startup after POWER ON) 和“暖启动...”(Warm restart...) 参数化为启动类型，则仅当 CPU 在上电时成为主 CPU 后才会执行启动，即：

- 未发现伙伴 CPU
或
- 由于角色分配原因，本地 CPU 成为主 CPU，伙伴 CPU 成为备用 CPU

如果 CPU 在上电时成为备用 CPU，则：

- 满足所有要求后，会导致自动 SYNCUP
或
- 备用 CPU 切换到 STOP 模式

在这两种情况下，CPU 仍是备用 CPU，因此不能自动执行 STARTUP。

以下两个示例说明了该过程：

① 参数化“暖启动 - 运行”(Warm restart - RUN) 后不启动

要求：

- 已参数化两个 CPU 的“暖启动 - 运行”(Warm restart - RUN)。
- 两个 CPU 均完成了配对。
- 两个 CPU 均处于 STOP 模式。
- 将两个模式开关都设置为 RUN。

操作步骤：

1. 对备用 CPU 断电/上电。结果：该 CPU 再次成为备用 CPU 并切换到 STOP 模式。
2. 对主 CPU 断电/上电。结果：CPU 切换至 RUN 模式。冗余系统切换到 RUN-Solo 系统状态。
3. 再次将备用 CPU 切换到断电/上电模式。结果：冗余系统切换到 SYNCUP 系统状态。

② 参数化“暖启动 - 断电前操作模式”(Warm restart - operating mode before POWER OFF) 后不启动

要求：

- 已参数化两个 CPU 的“暖启动 - 断电前操作模式”(Warm restart - operating mode before POWER OFF)。
- 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态下。

操作步骤：

1. 同时将两个 CPU 断电。
2. 将主 CPU 的模式选择器设为 STOP。
3. 再次对两个 CPU 上电。结果：冗余系统切换为 STOP 系统状态。

② POWER ON → STOP

转换	说明	影响
系统状态转换	POWER ON → STOP	主 CPU 将清空非保持性数据，并将非保持性数据块中的内容复位为装载存储器的初始值。同时保留保持性存储器和保持性 DB 中的内容。
操作状态转换	以下情况下，冗余系统会切换为 STOP 系统状态： • CPU 具有不同的固件版本 或 • 模式选择器位于 STOP 位置 或 • 硬件配置与程序块不一致 或 • 设置了启动类型“不重新启动（保持 STOP 状态）”(No restart (remain in STOP)), 或 • 设置了启动类型“断电前的暖启动 - 操作模式”(Warm restart - Operating mode before POWER OFF)，且冗余系统在断电之前处于 STOP 状态。	

③STOP → STARTUP

转换	说明	影响
系统状态转换	STOP → STARTUP 以下情况下，冗余系统会切换为 STARTUP 系统状态： - 通过 PG/PC 或显示屏、将模式选择器设为 RUN 的方式，将 CPU 设置为 RUN。 或 - 将模式选择开关从 STOP 切换到 RUN。 最先从 STOP 切换为 RUN 的 CPU 会保持/成为主 CPU。该 CPU 会切换到 STARTUP 操作状态并处理启动块。 备用 CPU 仍处于 STOP。	主 CPU 将清空非保持性数据，并将非保持性数据块中的内容复位为装载存储器的初始值。同时保留保持性存储器和保持性 DB 中的内容。 如果主 CPU 和备用 CPU 之间可能发生角色变更，则连接的 IO 设备暂时不可用。
操作状态转换	STOP → STARTUP 以下情况下，主 CPU 在启动后会切换为 STARTUP 操作状态： - 硬件配置与程序块一致。 以及 - 通过 PG/PC 或显示屏、将模式选择器设为 RUN 的方式，将 CPU 设置为 RUN。 或 - 将模式选择开关从 STOP 切换到 RUN。	

④ STARTUP → RUN-Solo、STARTUP → RUN

转换	说明	影响
系统状态转换	STARTUP → RUN-Solo 以下情况下，冗余系统会由 STARTUP 切换为 RUN-Solo 系统状态： - 主 CPU 已对 PLC 变量进行了初始化 以及 - 主 CPU 已成功执行启动块 而且 - 已组态“仅在兼容时启动 CPU”(Startup CPU only if compatible)，组态时间结束之前所有 IO 设备均发出反馈，且所有 IO 设备与组态的硬件配置相匹配，或者已组态“即使不兼容也启动 CPU”(Startup CPU even if mismatch)，并且组态时间已到。 备用 CPU 仍处于 STOP。	过程映像已更新，并开始处理循环用户程序。 IO 设备的输出已进行初始化。
操作状态转换	STARTUP → RUN 以下情况下，主 CPU 会切换为 RUN 操作状态： - CPU 已对 PLC 变量进行了初始化； - CPU 已成功执行启动块； 以及 - 已组态“仅在兼容时启动 CPU”(Startup CPU only if compatible)，组态时间结束之前所有 IO 设备均发出反馈，且所有 IO 设备与组态的硬件配置相匹配，或者已组态“即使不兼容也启动 CPU”(Startup CPU even if mismatch)，并且组态时间已到。	

⑤ RUN-Solo → SYNCUP、RUN → RUN-Syncup、STOP → SYNCUP

转换	说明	影响
系统状态转换	RUN-Solo → SYNCUP 主 CPU 处于 RUN 操作状态。以下情况下，冗余系统会从 RUN-Solo 系统状态切换为 SYNCUP 系统状态： - 通过 PG/PC、显示屏或 RH_CTRL 指令（模式 7）将 CPU 设置为 RUN，并将模式选择器设置为 RUN - 或 - 将备用 CPU 上的模式选择开关由 STOP 切换到 RUN。 - 或 - 为备用 CPU 上电（将模式选择器设为 RUN） - 以及 - 未通过 RH_CTRL 指令禁用 SYNCUP 系统。	参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分
操作状态转换	RUN → RUN-Syncup 以下情况下，主 CPU 会从 RUN 操作状态切换为 RUN-Syncup 操作状态： - 通过 PG/PC 或显示屏、将模式选择器设为 RUN 的方式，将备用 CPU 设置为 RUN。 - 或 - 将备用 CPU 上的模式选择开关由 STOP 切换到 RUN。 - 或 - 为备用 CPU 上电（将模式选择器设为 RUN）。 STOP → SYNCUP 备用 CPU 从 STOP 操作状态切换为 SYNCUP 操作状态。	

⑥ SYNCUP → RUN-Redundant、RUN-Syncup → RUN-Redundant

转换	说明	影响
系统状态转换	SYNCUP → RUN-Redundant 如果 SYNCUP 已成功运行，冗余系统会由 SYNCUP 切换为 RUN-Redundant 系统状态。 在 RUN-Redundant 系统状态下，两个 CPU 会同步执行用户程序。 注：系统状态进行 SYNCUP → RUN-Redundant 转换时，可能会导致循环时间临时增加。为 CPU 组态足够长的最大循环时间。	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。 备用 CPU 上的通信连接（HMI、PG/PC）可用。
操作状态转换	RUN-Syncup → RUN-Redundant 如果 SYNCUP 已成功运行，主 CPU 会从 RUN-Syncup 操作状态切换为 RUN-Redundant 操作状态。 SYNCUP → RUN-Redundant 如果 SYNCUP 已成功运行，备用 CPU 会从 SYNCUP 操作状态切换为 RUN-Redundant 操作状态。	两个 CPU 同步处理用户程序。

⑦ RUN-Redundant → RUN-Solo、RUN-Redundant → RUN

转换	说明	影响
系统状态转换	RUN-Redundant → RUN-Solo 以下情况下，冗余系统会从 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo 系统状态（冗余丢失）： • 将其中一个 CPU 断电。 - 或 • CPU 检测到阻止进一步工作的错误。 - 或 • 如果超出了循环时间，请参见“事件与 OB (页 268)”部分 - 或 • 通过 PG/PC、显示屏、RH_CTRL 指令（模式 8/9）或模式选择器将其中一个 CPU 设为 STOP。 主 CPU 切换为 RUN，或者备用 CPU 成为主 CPU 并切换为 RUN。	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。
操作状态转换	RUN-Redundant → RUN 主 CPU 从 RUN-Redundant 操作状态切换为 RUN 操作状态，并继续执行用户程序。	这一操作状态转换不会对数据产生任何影响。

⑧ RUN-Redundant → STOP、RUN-Solo → STOP、RUN → STOP

转换	说明	影响
系统状态转换	RUN-Redundant → STOP、RUN-Solo → STOP 以下情况下，冗余系统会从 RUN-Redundant/RUN-Solo 系统状态切换为 STOP 系统状态： • CPU 检测到阻止继续处理的错误 或 • 冗余系统处理用户程序中的 STOP 命令 或 • 通过 PG/PC 将冗余系统设为 STOP。	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。
操作状态转换	RUN-Redundant → STOP、RUN → STOP 以下情况下，主 CPU 会从 RUN-Redundant/RUN 操作状态切换为 STOP 操作状态： • CPU 检测到阻止其中一个 CPU 继续工作的错误。 或 • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将 CPU 设为 STOP。	这些操作模式转换对数据无影响。
	RUN-Redundant → STOP 备用 CPU 从 RUN-Redundant 操作状态切换为 STOP 操作状态。	

⑨ SYNCUP → RUN-Solo、RUN-Syncup → RUN

转换	说明	影响
系统状态转换	SYNCUP → RUN-Solo 以下情况下，冗余系统会从 SYNCUP 系统状态切换为 RUN-Solo 系统状态： • 对备用 CPU 执行断电操作 或 • 冗余系统在 SYNCUP 期间检测到阻止进行冗余操作的错误 或 • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将备用 CPU 设为 STOP。	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。
主 CPU 操作状态转换	RUN-Syncup → RUN 主 CPU 从 RUN-Syncup 操作状态切换为 RUN 操作状态，并继续执行用户程序。	这些操作模式转换对数据无影响。

⑩ SYNCUP → STOP, RUN-Syncup → STOP

转换	说明	影响
系统状态转换	SYNCUP → STOP 以下情况下，冗余系统会从 SYNCUP 系统状态切换为 STOP 系统状态： • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将主 CPU 设为 STOP。 • 因主 CPU 或两个 CPU 出错而导致 SYNCUP 中止。	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。
操作状态转换	RUN-Syncup → STOP 以下情况下，主 CPU 会从 RUN-Syncup 操作状态切换为 STOP 操作状态： • CPU 检测到阻止继续处理的错误 - 或 • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将主 CPU 设为 STOP - 或 • 冗余系统处理用户程序中的 STOP 命令。	这些操作模式转换对数据无影响。
	SYNCUP → STOP 以下情况下，SYNCUP 中止后，备用 CPU 会重新启动并切换为 STOP 操作状态： • SYNCUP 因出错而中止（有关错误原因以及补救措施，请参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分） - 或 • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将 CPU 设为 STOP。	

⑪STARTUP → STOP

转换	说明	影响
系统状态转换	STARTUP → STOP 以下情况下，冗余系统会从 STARTUP 系统状态切换为 STOP 系统状态：	这一系统状态转换不会对数据产生任何影响。
主 CPU 操作状态转换	• CPU 在启动过程中检测到阻止继续处理的错误 - 或 • 通过 PG/PC、显示屏或模式选择器将主 CPU 设为 STOP - 或 • 主 CPU 处理启动 OB 中的 STOP 命令 - 或 • 在 CPU 特性中，已设置以下启动特性： – 分布式 I/O 的组态时间过短，且 – “仅在兼容时启动 CPU” 主 CPU 切换为 STOP。	这一操作状态转换不会对数据产生任何影响。

11.4.8 CPU 冗余丢失

简介

如果 S7-1500R/H 中的 CPU 发生故障或处于 STOP 操作状态，冗余系统会从 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo 系统状态。操作系统调用 OB 72“CPU 冗余错误”。

以下部分考虑的是因 CPU 故障/切换为 STOP 模式导致的冗余丢失。“系统和工作状态转换 (页 342)”部分更详细地介绍了系统与工作状态的转换 ⑦。

- RUN-Redundant → RUN-Solo
- RUN-Redundant → RUN

说明

I/O 冗余丢失

如果 RUN-Redundant 系统状态下 S7-1500H 中冗余 R1/S2 设备的冗余丢失，则说明 R1/S2 设备的两个 AR 之一出现故障。操作系统调用 OB 70“I/O 冗余错误”。有关详细信息，请参见“S7-1500R/H 编程 (页 261)”部分。

响应

CPU 冗余丢失意味着：

- 冗余系统从 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo 系统状态。
- 主 CPU 从 RUN-Redundant 操作状态切换为 RUN (1)
或
- 主-备用切换：备用 CPU 成为主 CPU，并从 RUN-Redundant 操作状态切换为 RUN (2)。

主 CPU 会在 RUN 操作状态下继续执行用户程序，并会与 IO 设备交换过程数据。

CPU 冗余丢失的原因

以下情况下，冗余系统会从 RUN-Redundant 系统状态切换为 RUN-Solo：

- 将其中一个 CPU 断电。
- 通过 PG/PC、显示屏、RH_CTRL 指令（模式 8/9）或模式选择器将两个 CPU 中的一个设置为 STOP。
- CPU 检测阻止继续处理的错误，例如：
 - CPU 故障（因硬件故障等原因）。
 - 超出循环时间

(1) 主 CPU 切换为 RUN 操作状态

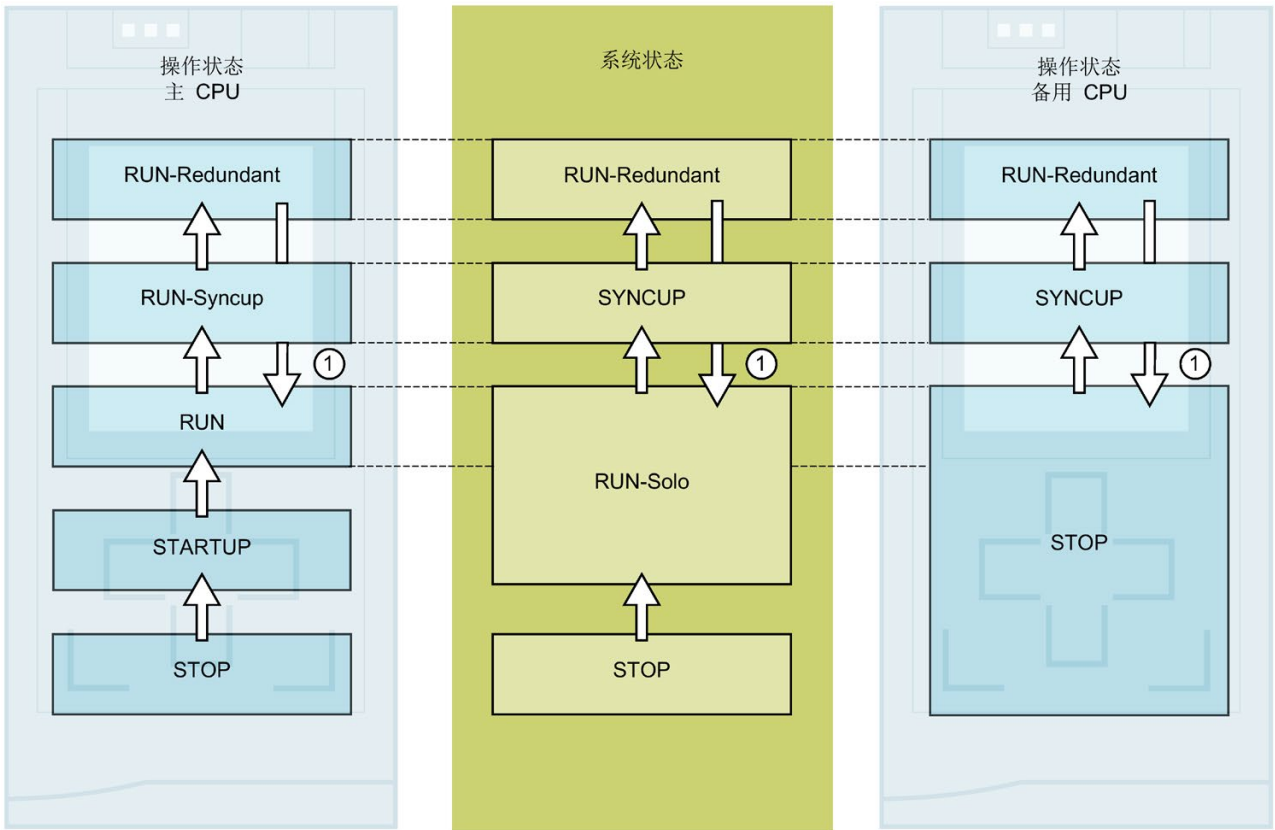


图 11-11 主 CPU 切换为 RUN 操作状态

表格 11- 14 对 CPU 冗余丢失的响应：主 CPU 切换为 RUN

图中编号	主 CPU	系统状态	备用 CPU
初始情况：S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。 备用 CPU 因硬件故障而出错			
①	CPU 从 RUN-Redundant 切换为 RUN。CPU 作为标准 CPU 运行，并继续处理用户程序。	RUN-Redundant → RUN-Solo	出错后，CPU 从 RUN-Redundant 操作状态切换为 STOP 或 POWER OFF。

冗余操作的错误消除步骤

- 1. 消除错误。
- 2. 启动备用 CPU。

备用 CPU 从 STOP 操作状态切换为 SYNCUP 操作状态。

按照 SYNCUP 系统状态 (页 329)部分中的详细说明开始同步。

(2) 主-备用切换

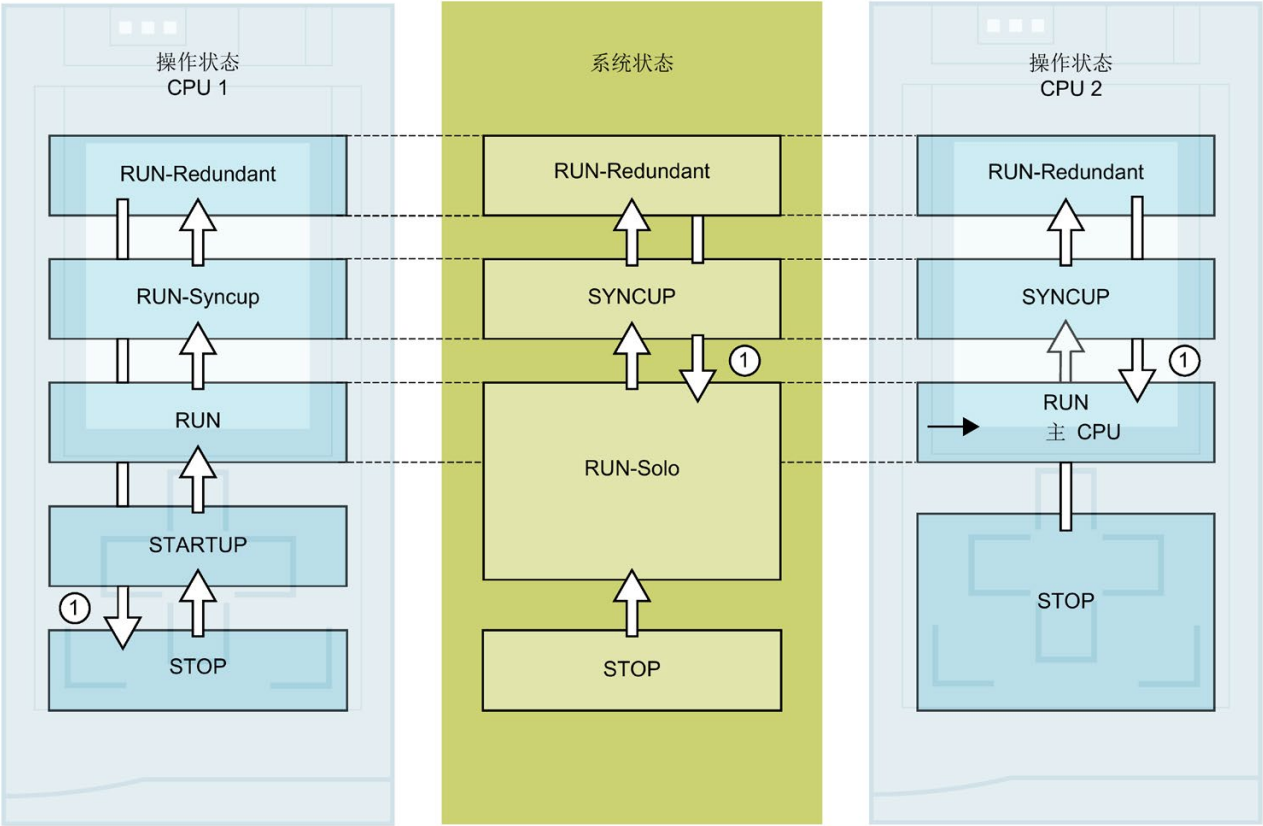


图 11-12 主-备份切换

11.4 操作状态和系统状态

表格 11- 15 响应主 CPU 错误：备用 CPU 成为主 CPU，并切换为 RUN

图中编号	CPU 1	系统状态	CPU 2
初始情况：S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。 主 CPU (CPU 1) 因硬件故障而出错。			
①	发生故障后，CPU 1 从 RUN-Redundant 操作状态切换为 STOP 或 POWER OFF。	RUN-Redundant → RUN-Solo	CPU 2 成为主 CPU，并切换为 RUN 操作状态 CPU 作为标准 CPU 运行，并继续处理用户程序。

冗余操作的错误消除步骤

1. 消除错误。
2. 启动 CPU 1。
- CPU 1 成为 备用 CPU，并从 STOP 操作状态切换为 SYNCUP 操作状态。
- 按照 SYNCUP 系统状态 (页 329)部分中的详细说明开始同步。

11.4.9 显示和更改系统状态

简介

- 要进行调试和维修，需要了解有关冗余系统的系统状态信息。示例：
- 初始调试时，冗余系统不会切换为 RUN-Redundant 系统状态。
 - 主 CPU 因故障而失效。

选项

- 可选择以下方法显示和更改 S7-1500R/H 冗余系统的系统状态：
- 可使用 CPU 上的模式选择器更改 CPU 的操作状态，进而更改系统状态
 - 通过主 CPU 和备用 CPU 的显示屏
 - 例如，在 STEP 7 中，当 R/H-CPU 相距较远时

主 CPU 和备用 CPU 的显示

显示操作状态：

主 CPU 和备用 CPU 的操作状态显示在显示画面顶部的状态信息中。两个操作状态定义系统状态。

示例：

- 主 CPU 和备用 CPU 的状态信息：RUN-Redundant、RUN-Redundant。结果：系统状态为 RUN-Redundant。
- 主 CPU 和备用 CPU 的状态信息：RUN、STOP。结果：系统状态为 RUN-Solo。

更改操作状态：

在显示画面的“设置 > RUN / STOP”(Settings > RUN > STOP) 菜单中将 CPU 切换为所需操作状态。

说明

请注意，仅可通过在显示屏中将两个 CPU 切换为 RUN 或 STOP 操作状态的方式实现系统状态 RUN-Redundant 和 STOP。

SIMATIC S7-1500 显示屏仿真器

有关可用菜单命令显示仿真的信息，请参见《SIMATIC S7-1500 显示屏仿真器 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109761758>)》。

STEP 7

显示系统状态：

系统状态显示在 R/H 系统操作面板上（在线与诊断）。

更改系统状态：

在 R/H 系统操作面板上（在线与诊断）：

- STOP 系统状态：按 STOP R/H-System 按钮。

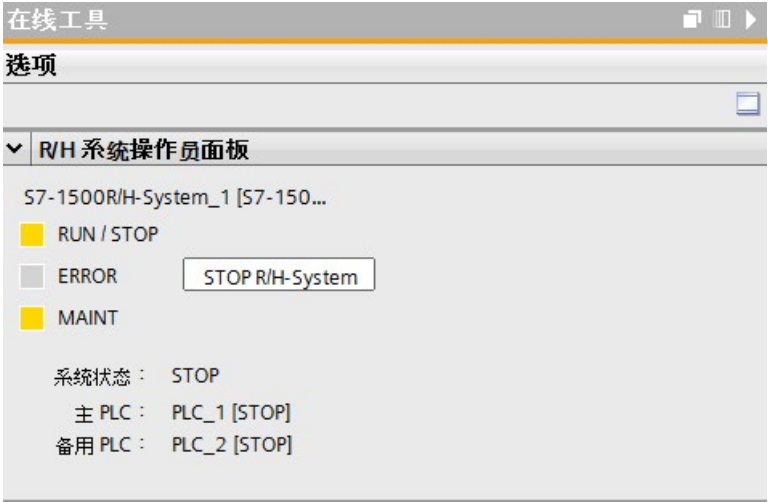


图 11-13 R/H 系统操作面板上的 STOP 系统

在 CPU 控制面板上（在线与诊断）：

- RUN-Redundant 系统状态：按两个 CPU 操作面板上的 RUN R/H-System 按钮。

说明

请注意，不能通过 R/H 系统控制面板将 S7-1500R/H 系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。要实现 RUN-Redundant 系统状态，可通过各 CPU 的控制面板将其切换为 RUN。

11.5 CPU 存储器复位

存储器复位的基础知识

可为主 CPU 和备用 CPU 执行存储器复位。通常只需要为主 CPU 执行存储器复位。

原因：主 CPU 存储器复位后，需要触发同步，以实现冗余操作。在 SYNCUP 下，备用 CPU 会与主 CPU 中的保持性数据同步。SYNCUP 后，备用 CPU 会处理与主 CPU 相同的用户程序。

R/H-CPU 的存储器复位过程与 S7-1500 标准 CPU 的存储器复位过程完全相同。CPU 必须处于 STOP 操作状态才能进行存储器复位。

存储器复位使 CPU 恢复其“初始状态”。

说明

存储器复位仅会影响对其应用此功能的 CPU。要对两个 CPU 进行存储器复位，应依次为各 CPU 应用此功能。

存储器复位意味着：

- 断开 PG/PC 和 CPU 间的现有在线连接。
- 将删除工作存储器中的内容以及保持性和非保持性数据。
- 将保留诊断缓冲区、时间、IP 地址和冗余 ID。
- 随后，CPU 通过已装载的项目数据（硬件配置、代码块和数据块以及强制作业）进行初始化。CPU 将此数据从装载内存复制到工作存储器。
- 数据块的值不再是实际值，而是组态的起始值。
- 强制作业保持激活。

检测 CPU 存储器复位

RUN/STOP LED 指示灯以 2 Hz 的频率黄色闪烁。复位完成后，CPU 将切换为 STOP 模式。RUN/STOP LED 指示灯黄色点亮。

存储器复位后的结果

下表简要列出了存储器复位后，存储器对象中的内容。

表格 11- 16 存储器复位后的存储器对象

存储器对象	内容
冗余 ID	保留
数据块和背景数据块的实际值	已初始化
位存储器、定时器和计数器	已初始化
诊断缓冲区中的条目 ¹⁾ （保持性区域）	保留
诊断缓冲区中的条目（非保持性区域）	已初始化
IP 地址	保留
设备名称（模块名称）	保留
运行时间定时器的计数器读数	保留
时间	保留

¹⁾ 诊断缓冲区中有 500 个最近条目。

说明

用于保护机密组态数据的密码

CPU 的存储器复位后，将保留用于保护机密组态数据的密码。仅当设置了“删除用于保护机密 PLC 组态数据的密码”选项时，才会删除该密码。

有关用于保护机密组态数据的密码的更多信息，请参见《通信
(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>)》功能手册。

11.5.1 存储器自动复位

存储器自动复位的可能原因

以下情况下无法继续正常操作。CPU 将执行存储器自动复位。

可能由以下原因引起：

- 用户程序过大，无法完全加载到工作存储器中。
- SIMATIC 存储卡中的项目数据损坏，例如，文件被删除。
- 取出或插入 SIMATIC 存储卡。保持性备份数据与 SIMATIC 存储卡上的组态存在结构差异。
- SYNCUP 中止备用 CPU。更多信息，请参见“SYNCUP 系统状态 (页 329)”部分。

11.5.2 存储器手动复位

存储器手动复位的原因

需要进行存储器复位以将主 CPU 或备用 CPU 复位为其“初始状态”。存储器复位仅可在 CPU 的 STOP 操作状态下运行。

CPU 存储器复位

可通过以下三种方式执行 CPU 存储器复位：

- 使用模式选择器/模式选择键
- 使用显示屏
- 使用 STEP 7

使用模式选择器（订货号为 6ES7513-1RL00-0AB0、6ES7515-2RM00-0AB0、6ES7517-3HP00-0AB0、6ES7518-4JP00-0AB0 的 R/H CPU）的操作步骤

说明**存储器复位 ↔ 复位为出厂设置**

下面所述的步骤也相当于复位到出厂设置的步骤：

- 选择开关中插入了 SIMATIC 存储卡：CPU 执行存储器复位
 - 选择开关中未插入 SIMATIC 存储卡：CPU 复位为出厂设置
-

要使用模式选择器复位 CPU 存储器，请按以下步骤操作：

1. 将模式选择器设置为 STOP。

结果：RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

2. 将模式选择器设置为 MRES。将开关保持在此位置，直至 RUN/STOP LED 指示灯第二次点亮并保持约三秒时间。然后松开模式选择器。

3. 在之后的 3 秒钟时间内，将模式选择器切换回 MRES 位置，然后重新返回 STOP 操作状态。

结果：CPU 执行存储器复位。

有关将 CPU 复位到出厂设置的信息，请参见“将 CPU 复位到出厂设置 (页 414)”部分。

使用操作模式键（订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0、6ES7515-2RN03-0AB0 起的 R-CPU）的操作步骤

说明**存储器复位 ↔ 复位为出厂设置**

下面所述的步骤也相当于复位到出厂设置的步骤：

- 已插入 SIMATIC 存储卡时的按键操作：CPU 执行存储器复位
 - 未插入 SIMATIC 存储卡时的按键操作：CPU 复位为出厂设置
-

要使用模式选择键执行 CPU 存储器复位，请按以下步骤操作：

1. 按 STOP 模式选择键。

结果：STOP ACTIVE 和 RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

2. 按下操作模式按钮 STOP，直至 RUN/STOP LED 指示灯第二次点亮，并在 3 秒后保持在点亮状态。之后，松开按钮。

3. 在接下来 3 秒内，再次按 STOP 模式选择键。

结果：CPU 执行存储器复位。

有关将 CPU 复位到出厂设置的信息，请参见“将 CPU 复位到出厂设置 (页 414)”部分。

使用显示屏的步骤

要导航至所需的“存储器复位”(Memory reset) 菜单命令，请按照以下顺序选择菜单命令并按“确定”(OK) 进行确认。

- 设置 → 复位 → M 存储器复位 (Settings → Reset → Memory reset)

结果：CPU 执行存储器复位。

使用 STEP 7 的步骤

要求：CPU 与 PG/PC 之间存在在线连接。

要使用 STEP 7 复位 CPU 存储器，请按以下步骤操作：

1. 打开 CPU 的“在线工具”(Online Tools) 任务卡。
2. 在“CPU 操作面板”(CPU operator panel) 窗格中，单击“MRES”。
3. 在确认提示窗口中，单击“确定”(OK)。

结果：CPU 执行存储器复位。

11.6 备份和恢复 CPU 组态

从在线设备备份

可能对设备操作进行更改。例如，可能添加新设备、更换现有设备或调整用户程序。如果这些更改导致不良系统行为，则可以将设备恢复到之前的状态。在将更改后的组态下载到 CPU 之前，首先需要使用选项“从在线设备备份”(Backup from online device) 来创建当前设备状态的完整备份。如果已分配用于保护机密 PLC 组态数据的密码，则不会保存此密码。有关密码的更多信息，请参见保护机密组态数据 (页 287)部分。

从设备上传（软件）

使用“从设备上传（软件）”(Upload from device (software)) 选项，将软件项目数据从 CPU 上传到项目中的现有 CPU。

上传设备作为新站

如果在工厂中操作一个新 PG/PC，则之前用于创建工厂组态的 STEP 7 项目可能不可用。在这种情况下，可以使用选项“上传设备作为新站”(Upload device as new station) 将设备的数据加载到 PG/PC 中的项目。

实际值的快照

要在后期恢复实际值，请使用“实际值的快照”(Snapshot of the actual values) 选项备份数据块的实际值。

备份类型概述

下表显示的 CPU 数据备份取决于所选的备份类型及其具体特性：

表格 11- 17 备份类型

	从在线设备备份	从设备上传（软件）	上传设备作为新站	实际值的快照
所有数据块的实际值 （全局数据块和背景数据块）	✓	✓	✓	✓
类型为 OB、FC、FB 和 DB 的块	✓	✓	✓	--
PLC 变量 （变量名称和常量名称）	✓	✓	✓	--
硬件配置	✓	--	✓	--
实际值（位存储器、定时器和计数器）	✓	--	--	--
SIMATIC 存储卡的内容	✓	--	--	--
诊断缓冲区中的条目	--	--	--	--
当前时间	--	--	--	--
用于保护机密组态数据的密码	--	--	--	--
备份类型的属性				
可以编辑备份	--	✓	✓	✓
可在系统状态下备份	RUN-Solo ¹⁾ , STOP	RUN-Redundant, RUN-Solo, STOP	RUN-Redundant, RUN-Solo, STOP	RUN-Redundant, RUN-Solo, STOP

¹⁾ 从备用 CPU

示例：从在线设备备份

下例介绍了如何在 STEP 7 中对 CPU 的当前设备状态执行全面备份。S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。应考虑以下特别注意事项：

- 备份前，备用 CPU 进入 STOP 模式。
- 备份备用 CPU 的 CPU 数据。

要启动备份，请执行以下操作：

1. 在项目树中右键单击选择 S7-1500R/H 系统。
2. 在快捷菜单中，选择“从在线设备备份”(Backup from online device) 命令。
3. 在“上传预览”(Upload preview) 对话框窗口中，将列出有关待运行备份过程的重要信息。要进行备份，需要将 S7-1500R/H 冗余系统设置为 RUN-Solo 系统状态。

注：在预览中打开“停止模块”(Stop module) 条目，可以查看已停止的 CPU。

4. 在“操作”(Action) 列中，从下拉菜单中选择“停止模块”(Stop module) 命令。
5. 单击“从设备上传”(Upload from device)。备用 CPU 切换为 STOP 工作状态。开始备份备用 CPU 的 CPU 数据。备份保存于项目树顶层 CPU 的文件夹中。
6. 再次将冗余系统切换到 RUN-Redundant 系统状态。

示例：恢复在线设备的备份。

如果之前保存了 CPU 数据，则可以将数据备份传输回设备。然后将保存的备份还原到 CPU。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。应考虑以下特别注意事项：

- 备份将加载到主 CPU 中。
- 恢复前，冗余系统进入 STOP 系统状态。

要启动备份恢复，请执行以下操作：

1. 在项目中，打开项目树中顶层 CPU 的文件夹，显示较低级别的对象。
2. 打开“在线备份”(Online backups) 文件夹。
3. 选择要恢复的备份文件。
4. 在“在线”(Online) 菜单中，选择“下载到设备”(Download to device) 命令。
5. 在“加载预览”(Load preview) 对话框窗口中，将列出有关待运行恢复程序的重要信息：要进行恢复，必须将 S7-1500R/H 冗余系统切换为 STOP 系统状态。
6. 在“操作”(Action) 列中，从下拉菜单中选择“覆盖”(Overwrite) 命令。

7. 单击“下载”(Download)。冗余系统切换为 STOP 系统状态。备份已传送到备用 CPU 上并被恢复。“加载结果”(Load results) 对话框随即打开。在此对话框中，可以检查加载操作是否成功并执行下一步所需操作（无操作，启动模块）。
8. 单击“完成”(Finish)。

参考

有关各种备份类型的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

紧急地址（紧急 IP）

如果无法通过 IP 地址访问 CPU，可以为 CPU 设置临时的紧急 IP 地址（紧急 IP）。有关紧急地址选项的更多信息，请参见功能手册《通信》(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/59192925/zh>)》。

多语言项目文本的存储

组态 CPU 时，将创建不同类别的文本，例如

- 对象名称（块名称、模块名称、变量名称等）
- 注释（块、程序段、监控表等）
- 消息和诊断文本

文本由系统提供（例如，诊断缓冲区中的文本）或在组态期间创建（例如消息）。

在项目中，这些文本可以为单语言，也可翻译为多语言。在项目树中，可对所有语言的项目文本进行管理维护：“语言和资源 > 项目文本”(Languages & Resources > Project texts)。组态期间生成的文本可下载到 CPU 中。

以下包含项目数据的文本将以所选语言下载到 CPU 中，并且可供 CPU 显示屏使用：

- 诊断缓冲区文本（不可编辑）
- 模块状态的状态文本（不能更改）
- 带有相关文本列表的消息文本
- PLC 代码查看器中的变量注释和步注释
- 监控表中的注释

以下包含项目语言的文本也将以所选语言加载到 CPU 中，但不能供 CPU 显示使用：

- 变量表中的注释（变量和常量）
- 全局数据块中的注释
- FB、FC、DB 和 UDT 块接口中的元素注释
- 以 LAD、FBD 或 STL 语言编写的块程序段标题
- 块注释
- 程序段注释
- LAD 和 FBD 语句的注释

S7-1500R/H CPU 最多支持以三种不同的项目语言归档多语言项目文本。如果项目语言的项目文本超出在 SIMATIC 存储卡上为其预留的存储空间，则该项目将无法下载到 CPU 中。系统将中止下载过程，并提示存储空间不足。在这种情况下，需采取措施减小所需的存储空间，例如，缩短注释长度。

说明

SIMATIC 存储卡

请确保 SIMATIC 存储卡上有足够的可用存储空间来下载项目。

为了能够下载和备份项目，SIMATIC 存储卡上的项目大小和文件大小不能超过 2 GB。

请勿处理 SIMATIC 存储卡上 OMSSTORE 文件夹中的内容。

有关读取 CPU 和 SIMATIC 存储卡中存储器使用情况的信息，请参见《CPU 存储器的结构和使用 (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/de/view/59193101/zh>)》功能手册。

有关 STEP 7 中多语言项目文本的参数分配信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

11.7 时间同步

简介

所有 S7-1500R/H CPU 均包含内部时钟。该时钟会显示：

- 精度为 1 毫秒的日时钟
- 日期和星期

CPU 会考虑夏令时引起的时间变化。

在冗余模式下，S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU 会不断同步其内部时钟。

可使用 NTP 程序同步 CPU 的时间。

工作原理

在 NTP 模式下，设备定期将时间查询（客户端模式）发送到子网 (LAN) 中的 NTP 服务器。根据服务器的响应，计算最可靠、最准确的时间，并同步 S7-1500R/H CPU 的时钟。这种模式的优点是它能够实现跨子网的时间同步。可最多同步四台 NTP 服务器的日时钟。例如，通过 IP 地址寻址通信处理器或 HMI 设备，作为时间同步的源。

更新时间间隔定义各时间查询之间的时间间隔（单位为秒）。时间间隔的取值范围是 10 秒到一天。在 NTP 模式中，通常传递 UTC（世界协调时间）。UTC 对应于 GMT（格林尼治标准时间）。

条件

- 在 S7-1500R/H 冗余系统中，需要分别为两个 CPU 组态 NTP 模式下的时间同步。如果可能，请为两个 CPU 使用相同的设置。
- 在“属性 > 常规 > 时间”(Properties > General > Time) 参数组中，通过 NTP 方法定义时间同步设置。
- 确保主 CPU 与 NTP 服务器一直保持连接。备用 CPU 随后会从主 CPU 接收其同步日时钟。

操作步骤

要为 CPU 启用时间同步，请按以下步骤操作：

1. 在“属性 > 常规 > 时间”(Properties > General > Time) 参数组中组态接口属性。
2. 在“时间同步”(Time synchronization) 参数中设置“在项目中设置 NTP 服务器”(Set NTP server in project) 值。
3. 在参数“服务器 1-4”(Server 1-4) 中输入最多四个 NTP 服务器的 IP 地址。
4. 在参数“更新间隔”(Update interval) 中设置时间查询的时间间隔。

11.7.1 示例：组态 NTP 服务器

使用自己的 NTP 服务器组态时间同步

自动化任务

在网络中使用自己的服务器。自有服务器具有以下优势：

- 防止未经授权的外部访问
- 使用自己的 NTP 服务器进行同步的每个设备采用相同的时间。

要使用该 NTP 服务器同步 S7-1500R/H 冗余系统的 CPU。

条件和参数

- 您的网络中具有自己的 NTP 服务器（IP 地址为 192.168.1.15）。
- S7-1500R/H 冗余系统

解决方法

1. 在 STEP 7 中选择第一个 R/H CPU。
2. 在 CPU 的属性中导航到“属性 > 常规 > 时间”(Properties > General > Time)。
3. 在“时间同步”(Time synchronization) 参数中设置“在项目中设置 NTP 服务器”(Set NTP server in project) 值。

- 在“NTP 服务器 1 :”(NTP Server 1:) 中输入 NTP 服务器的 IP 地址：192.168.1.15。



时间同步

NTP 模式

时间同步: 在项目中设置 NTP 服务器

NTP 服务器 1: 192.168.1.15

NTP 服务器 2:

NTP 服务器 3:

NTP 服务器 4:

更新间隔: 10 s

图 11-14 示例：组态 NTP 服务器

- 为第二个 CPU 重复步骤 2 和 4。
- 将硬件配置下载到主 CPU。

结果

S7-1500R/H 冗余系统使用 NTP 服务器 192.168.1.15 同步时间。

11.8 标识和维护数据

11.8.1 读取并输入 I&M 数据

I&M 数据

标识和维护数据（I&M 数据）是保存在模块上的信息。该数据为：

- 只读（I 数据）或
- 读/写（M 数据）

标识数据 (I&M0)：有关模块制造商的只读信息。一些标识数据也印刷在模块的外壳上，如，订货号和序列号。

维护数据 (I&M1、2、3)：设备特定信息，例如，安装位置。将在组态期间创建 S7-1500R/H 的维护数据并下载到冗余系统。

S7-1500R/H 支持标识数据 I&M0 到 I&M3。例外情况：S7-1500H 的同步模块仅支持标识数据 I&M0。

在以下活动中需要提供 I&M 标识数据：

- 检查设备组态
- 查找设备中的硬件更改
- 纠正设备中的错误

可使用 I&M 标识数据在线明确识别模块。

读取 I&M 数据的方式

- 通过用户程序
- 通过 CPU 的显示屏
- 通过 STEP 7 或 HMI 设备

通过用户程序读取 I&M 数据

可通过以下方式在用户程序中读取模块的 I&M 数据：

- 使用 RDREC 指令

有关统一插入的模块和分布式模块（通过 PROFINET IO 访问）的数据记录结构，请参见“I&M 数据的记录结构 (页 376)”部分。

- 使用 Get_IM_Data 指令

说明

Get_IM_Data：从固件版本最高为 V2.8 的 S7-1500 R/H CPU 显示屏读取 I&M 数据时，冗余丢失。

如果从 CPU 显示屏读取 I&M 数据，则在某些情况下，“Get_IM_Data”指令可能会向 S7-1500R/H 冗余系统的两个 CPU 返回不同的数据。在用户程序中对数据进行进一步处理可能会导致冗余丢失。

请勿将显示器的硬件标识符（65154、65354）用于“Get_IM_Data”指令的 LADDR 参数。

参考

有关这些指令的说明，请参见 STEP 7 在线帮助。

通过显示屏读取 I&M 数据

要读取 CPU 的 I&M 数据，请按以下步骤操作：

1. 浏览到 CPU 显示屏的“概述/PLC”(Overview/PLC) 菜单。
2. 选择“设备名称”(Plant designation)或“位置标识符”(location designation)。单击“确定”(OK) 进行确认。

通过 STEP 7 读取 I&M 数据

要求：必须在线连接 CPU。

要使用 STEP 7 从主 CPU 和备用 CPU 中读取 I&M 数据，请按以下步骤操作：

1. 在项目树中选择该 CPU。
2. 转至“在线与诊断”(Online & diagnostics)。
3. 在“诊断”(Diagnostics) 文件夹中，选择“常规”(General) 区域。

通过 STEP 7 输入维护数据

STEP 7 分配默认模块名称。可以输入下列信息：

- 设备名称 (I&M 1)
- 位置标识符 (I&M 1)
- 安装日期 (I&M 2)
- 其它信息 (I&M 3)

要通过 STEP 7 输入维护数据，请按以下步骤操作：

1. 在 STEP 7 设备视图选择 CPU。
2. 在特性的“常规”(General) 下，选择“标识和维护”(Identification & Maintenance) 区域。
3. 输入数据。

在加载硬件配置的过程中，还将加载维护数据（I&M 1、2 和 3）。

11.8.2 I&M 数据的记录结构

通过用户程序读取 I&M 记录（集中式和分布式，通过 PROFINET IO）

使用读取数据记录（“RDREC”指令）访问特定的标识数据。在相关记录索引下，可获取标识数据的相应部分。

这些记录的结构如下所示：

表格 11- 18 I&M 标识数据的数据记录基本结构

内容	长度（字节）	编码（十六进制）
标头信息		
BlockType	2	I&M0:0020 _H I&M1：0021 _H I&M2：0022 _H I&M3：0023 _H
BlockLength	2	I&M0:0038 _H I&M1：0038 _H I&M2：0012 _H I&M3：0038 _H
BlockVersionHigh	1	01

内容	长度 (字节)	编码 (十六进制)
BlockVersionLow	1	00
标识数据		
标识数据 (见下表)	I&M0/索引 AFF0 _H : 54 I&M1/索引 AFF1 _H : 54 I&M2/索引 AFF2 _H : 16 I&M3/索引 AFF3 _H : 54	- - - -

表格 11- 19 I&M 标识数据的记录结构

标识数据	访问	示例	说明
标识数据 0 : (记录索引 AFF0_H)			
VendorIDHigh	读取 (1 个字节)	0000 _H	供应商名称 (002A _H = SIEMENS AG)
VendorIDLow	读取 (1 个字节)	002A _H	
Order_ID	读取 (20 个字节)	6ES7515-2RM00-0AB0	模块订货号 (例如 CPU 1515R-1 PN)
IM_SERIAL_NUMBER	读取 (16 个字节)	-	序列号 (设备特定)
IM_HARDWARE_REVISION	读取 (2 个字节)	1	相应的硬件版本 (例如, 1)
IM_SOFTWARE_REVISION	读取	固件版本	提供有关模块固件版本的信息 (例如, V1.0.0)
• SWRevisionPrefix	(1 个字节)	V	
• IM_SWRevision_Functional_Enhancement	(1 个字节)	0000 _H - 00FF _H	
• IM_SWRevision_Bug_Fix	(1 个字节)	0000 _H - 00FF _H	
• IM_SWRevision_Internal_Change	(1 个字节)	0000 _H - 00FF _H	
IM_REVISION_COUNTER	读取 (2 个字节)	0000 _H	提供有关模块上参数更改的信息 (未使用)
IM_PROFILE_ID	读取 (2 个字节)	0000 _H	常规设备

11.8 标识和维护数据

标识数据	访问	示例	说明
IM_PROFILE_SPECIFIC_TYPE	读取（2 个字节）	0001 _H	CPU
		0003 _H	I/O 模块
IM_VERSION	读取	0101 _H	提供有关 ID 数据版本信息 (0101 _H = V1.1)
• IM_Version_Major	(1 个字节)		
• IM_Version_Minor	(1 个字节)		
IM_SUPPORTED	读取（2 个字节）	000E _H	提供有关标识和维护数据的信息 (I&M1 至 I&M3)
维护数据 1：（记录索引 AFF1_H）			
IM_TAG_FUNCTION	读取/写入（32 个字节）	-	在此，可输入在设备范围内唯一的模块标识号。
IM_TAG_LOCATION	读取/写入（22 个字节）	-	在此，可输入模块的安装位置。
维护数据 2：（记录索引 AFF2_H）			
IM_DATE	读取/写入（16 个字节）	YYYY-MM-DD HH:MM	在此，可输入模块的安装日期。
维护数据 3：（记录索引 AFF3_H）			
IM_DESCRIPTOR	读取/写入（54 个字节）	-	在此，可输入模块的注释。

11.8.3 示例：使用 Get_IM_Data 读取 CPU 的固件版本

自动化任务

要检查冗余系统中的模块是否具有当前固件版本。可在 I&M 0 数据中找到模块的固件版本。IM 0 数据是设备的基本信息。I&M 0 数据包含如下信息：

- 制造商 ID
- 订货号和序列号
- 硬件和固件版本

要读取 I&M 0 数据，请使用“Get_IM_Data”指令。可通过“Get_IM_Data”指令读取 CPU 用户程序中所有模块的 I&M 0 数据，并将 I&M 0 数据存储存储在数据块中。

条件和参数

要读取 CPU 的 I&M 数据，请使用“Get_IM_Data”指令的下列块参数：

- LADDR：在 LADDR 参数中输入系统常量或 CPU 的硬件标识符。可通过以下几种方式：
 - “Local1”(65149)：指令始终返回冗余 ID 为 1 的 CPU 的 I&M 数据。
 - “Local2”(65349)：指令始终返回冗余 ID 为 2 的 CPU 的 I&M 数据。
- IM_TYPE：在 IM_TYPE 块参数中输入 I&M 数据编号（例如，“0”代表 I&M 0 数据）。
- DATA：用于存储读取的 I&M 数据的区域（例如，在全局数据块中）。将 I&M 0 数据存储在数据类型“IM0_Data”的区域中。

该示例说明如何读取 CPU 1513R-1 PN（冗余 ID 1，6ES7513-1RM03-0AB0）的 I&M 0 数据。

解决方法

要读取冗余 ID 为 1 的 CPU 的 I&M 0 数据，请按以下步骤操作：

1. 创建全局数据块以存储 I&M 0 数据。
2. 在该全局数据块中，创建一个数据类型为“IM0_Data”的结构。可为该结构分配任意名称（本例中为“imData”）。

SLI_gDB_Get_IM_Data			
	名称	数据类型	起始值
1	Static		
2	imData	IM0_Data	
3	done	Bool	false
4	busy	Bool	false
5	error	Bool	false
6	status	Word	16#0

图 11-15 示例：I&M 数据的数据块

3. 在用户程序中（如在 OB 1 中）创建“Get_IM_Data”指令。

4. 按下图所示连接“Get_IM_Data”指令：

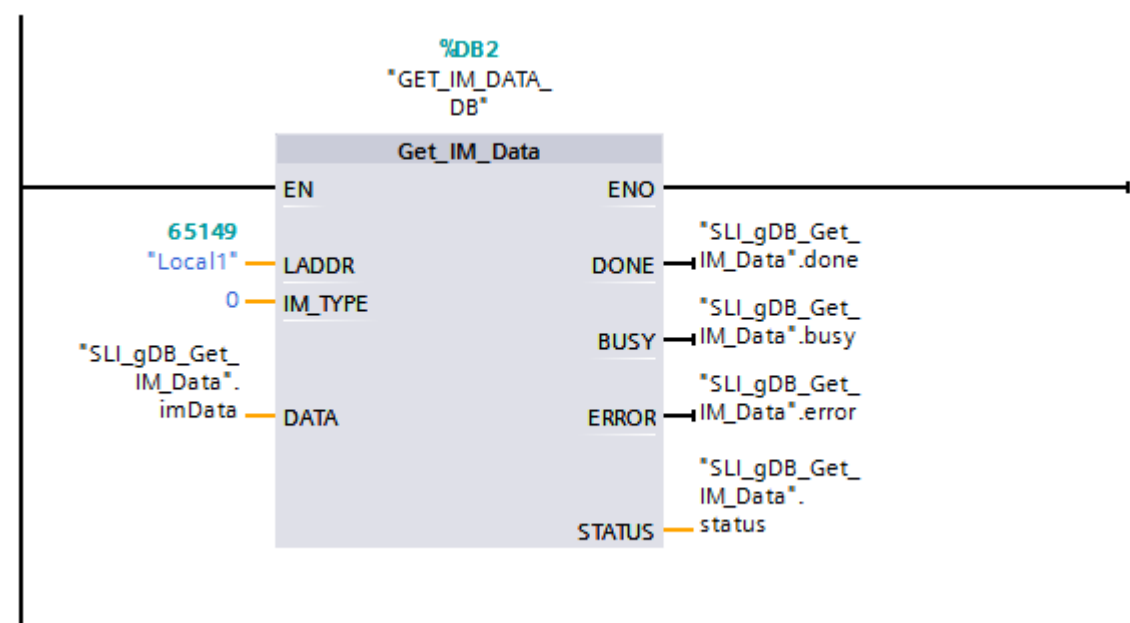


图 11-16 示例：从 S7-1500R 冗余系统读取 I&M0 数据

5. 在用户程序中调用“Get_IM_Data”指令。

结果

“Get_IM_Data”指令已将冗余 ID 为 1 的 CPU 的 I&M 0 数据存储在数据块中。

可以在 STEP 7 中在线查看 I&M 0 数据，例如，通过数据块中的“全部监视”按钮。在本示例中使用的 CPU 是固件版本为 V3.0 的 CPU 1513R-1 PN (6ES7513-1RM03-0AB0)。该 CPU 的序列号为“S C-F9S840662018”。

SLI_gDB_Get_IM_Data				
	名称	数据类型	起始值	监视值
1	Static			
2	imData	IMO_Data		
3	Manufacturer_ID	UInt	0	42
4	Order_ID	String[20]	"	'6ES7513-1RM03-0...
5	Serial_Number	String[16]	"	'S C-F9S840662018'
6	Hardware_Revision	UInt	0	1
7	Software_Revision	IMO_Version		
8	Type	Char	' '	'V'
9	Functional	USInt	0	3
10	Bugfix	USInt	0	0
11	Internal	USInt	0	0
12	Revision_Counter	UInt	0	0
13	Profile_ID	UInt	0	0
14	Profile_Specific_Ty...	UInt	0	0
15	IM_Version	Word	16#0	16#0101
16	IM_Supported	Word	16#0	16#001E
17	done	Bool	false	TRUE
18	busy	Bool	false	FALSE
19	error	Bool	false	FALSE
20	status	Word	16#0	16#0000

图 11-17 示例：R CPU 的 I&M 0 数据

优势

在数据块，可快速查看需要进行更新的模块。

显示屏

12.1 CPU 显示屏

简介

以下部分概括介绍了 R/H-CPU 显示屏的操作方式。有关各个选件、培训课程和可选菜单项仿真等的详细信息，请参见《SIMATIC S7-1500 显示屏仿真器 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109761758>)》。

显示屏

R/H-CPU 带有一个前盖板，上面有一个显示屏和一些操作按键。通过 CPU 的显示屏，可以在各菜单中显示控制和状态信息。使用操作键，可在菜单中导航并进行各种设置。

优势

该显示屏具有以下优势：

- 通过纯文本形式的诊断消息缩短停机时间
- 调试和维护所需的时间更少、设备停机时间更短。
- 对强制表进行写访问和对监控表进行读/写访问可缩短停机时间。
通过监控表和强制表，可在显示屏上监视和修改用户程序中各变量的实际值。有关监控表和强制表的更多信息，请参见“测试和维护功能 (页 420)”部分和 STEP 7 在线帮助。
- 通过图形和百分比进度显示屏显示 SYNCUP 系统状态
- 安全模式的状态和集成 F-CPU 的 F 参数的概览

对显示屏使用密码保护

在 CPU 的特性中，在 STEP 7 中组态显示屏操作密码。这样便可通过本地密码实现本地访问保护。可为各显示屏组态不同的密码保护。

显示屏的操作温度

为提高显示屏的服务寿命，显示屏在超过所允许的工作温度时会自动关闭。当显示屏再次冷却后，将再次自动打开。显示屏关闭后，LED 指示灯将继续指示 CPU 的状态。

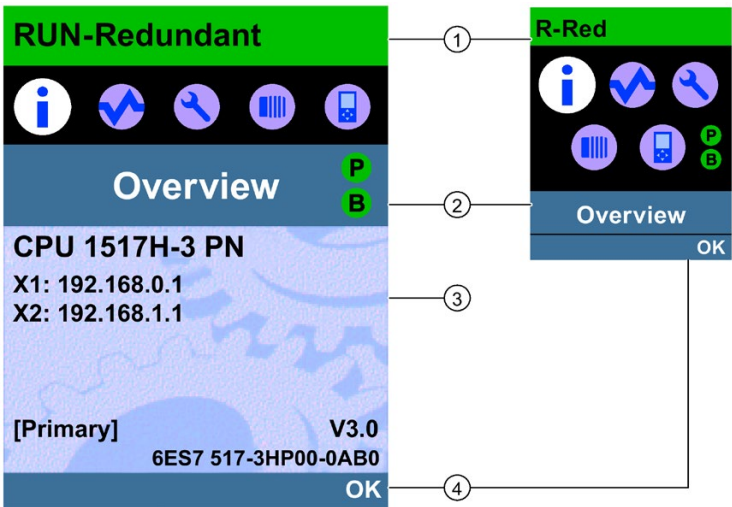
有关显示屏温度的更多信息，请参见 CPU 手册中的技术规范。

说明

R/H-CPU 不具备内部温度测量功能。不支持读取 R/H-CPU 内部温度。

显示屏

下图示例显示了一个带大显示屏的 CPU（左侧：例如 CPU 1517H-3 PN）和一个带小显示屏的 CPU（右侧：CPU 1513R-1 PN）。



- ① CPU 状态信息
- ② 菜单名称
- ③ 数据显示域
- ④ 导航帮助，例如，OK/ESC 或页码

图 12-1 显示屏的示例视图

图注 ① : CPU 状态信息

下表列出了可通过显示屏检索的 CPU 状态信息。

表格 12- 1 CPU 状态信息

状态数据的颜色和图标	含义
绿色	• RUN • RUN-Syncup • RUN-Redundant
橙色	• STARTUP • SYNCUP • STOP • STOP - 固件更新
红色	FAULT
白色	• CPU 和显示屏之间建立了连接。
	组态有保护等级。
	• CPU 中至少激活了一个报警。 • CPU 中未插入 SIMATIC 存储卡。 • 用户程序未加载。
	CPU 中激活了强制作业。
	F 功能已激活。安全模式激活。如果安全模式已取消激活，则该符号呈灰色。
	故障安全 CPU

图注 ②：菜单名称

下表列出了显示屏中的可用菜单。

表格 12-2 菜单名称

主菜单项	含义	说明
	概述	“概述”(Overview) 菜单包含以下信息： - 本地 CPU 的特性 - F CPU 的特性 - 安全模块的状态 - 集体签名 - 上次更改日期 - 冗余特性，例如 - 角色显示（主 CPU 或备用 CPU） - 显示和设置冗余 ID - 显示配对状态 - 已插入 SIMATIC 存储卡的特性
	诊断	“诊断”(Diagnostics) 菜单包括： - 显示报警 - 显示诊断缓冲区 - 对强制表和监控表进行读访问和写访问 - 循环时间的显示 - 显示存储器使用情况
	设置	在“设置”(Settings) 菜单中，用户可以： - 分配 CPU 的 IP 地址和 PROFINET 设备名称 - 设置日期/时间 - 设置操作状态 (RUN/STOP) - 执行 CPU 存储器复位或复位为出厂设置 - 禁用和启用密码 - 使用显示密码禁用/启用显示 - 格式化 SIMATIC 存储卡 - 运行固件更新和显示状态 - 转换 SIMATIC 存储卡或删除用户程序

主菜单项	含义	说明
	模块	“模块”(Modules) 菜单不支持用于 R/H-CPU。
	显示屏	在“显示”(Display) 菜单中，可组态显示屏的相关设置，例如，语言设置、亮度和省电模式。省电模式将使显示屏变暗。待机模式将关闭显示屏。

菜单图标

下表列出了菜单中显示的图标。

表格 12- 3 菜单图标

图标	含义
	可编辑的菜单项。
	选择所需的语言。
	消息位于下一页中。
	下一页面下方存在错误消息。
	标记的模块不可访问。
	浏览到下一页面。
	在编辑模式中，可使用两个箭头键进行选择： • 向下/向上：跳转到选定位置，或选择所需的数字/选项。
	在编辑模式中，可使用四个箭头键进行选择： • 向下/向上：跳转到选定位置，或选择所需的数字。 • 向左/向右：向前或向后跳一位。
	报警尚未确认。
	报警已确认。

控制键

使用以下按键操作显示屏：

- 四个箭头键：上、下、左、右
如果按住一个箭头键 2 秒钟时间，将生成一个自动滚动功能。
- 一个 ESC 键
- 一个 OK 键

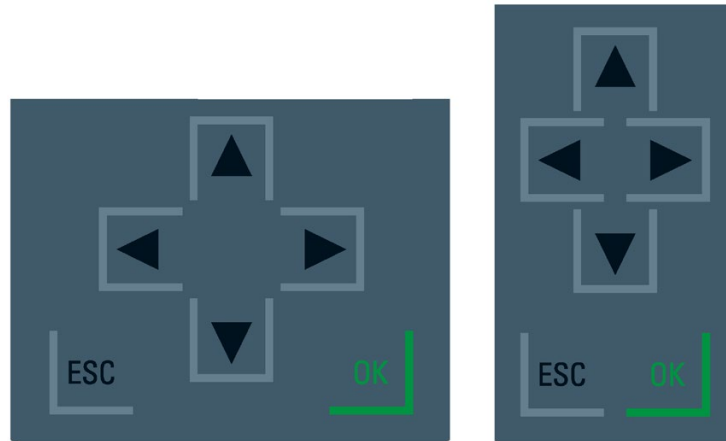


图 12-2 控制键

说明

如果显示屏处于省电模式或待机模式，则可通过按任何键退出此模式。

“OK”和“ESC”键的功能

- 在可输入信息的菜单命令中：
 - OK → 用于访问菜单命令、确认输入以及退出编辑模式
 - ESC → 恢复原始内容（不保存更改）并退出编辑模式
- 在不可输入信息的菜单命令中：
 - OK → 跳转到下一个子菜单命令
 - ESC → 回到前一个菜单命令

在显示屏的任意屏幕上按住 ESC 大约 3 秒。结果：自动返回主页面。

工具提示

显示屏显示某些值时可能超出显示屏可用宽度。此类数值包括：

- 站名称
- 设备标识
- 位置标识符
- PROFINET 设备名称

对于显示屏较小的 CPU，经常会超出显示屏可用宽度。

如果将光标放置在显示屏的相关值处并按下左箭头键，则将显示一条工具提示。该工具提示以完整长度显示值名称。再次按“左”箭头键或“ESC”键时，工具提示再次隐藏。

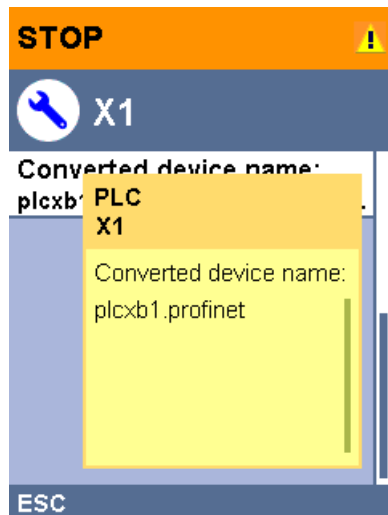


图 12-3 工具提示的功能

通过 STEP 7 将图片上传到显示屏

在 STEP 7 设备视图中，使用“显示 > 用户自定义徽标”(Display > User-defined logo) 功能将图像从文件系统下载到 CPU 显示屏。为了便于区分，可将不同图像下载到两个 R/H-CPU 中。



图 12-4 将图片上传到 CPU

需要以正确宽高比显示已上传图片时，可以根据 CPU 使用以下尺寸的图像：

表格 12-4 尺寸

CPU	尺寸	支持的格式
CPU 1513R-1 PN	128 x 120 像素	Bitmap、JPEG、GIF、PNG
CPU 1515R-2 PN	240 x 260 像素	Bitmap、JPEG、GIF、PNG
CPU 1517H-3 PN	240 x 260 像素	Bitmap、JPEG、GIF、PNG
CPU 1518HF-4 PN	240 x 260 像素	Bitmap、JPEG、GIF、PNG

如果上传的图片超出指定尺寸，则显示屏仅显示图片的一部分。STEP 7 中的“调整徽标”(Adjust logo) 选项可以将图像缩小为指定尺寸。但是，这种情况下，将不保持图片的原始宽高比。

在显示屏上显示图片

要将已上传的图片显示在 CPU 的显示屏上，请按显示屏主画面中的 ESC 键。若在主画面中上传图片，则显示屏会在 60 秒后自动显示图片。需要再次隐藏图片时，按显示屏上的任意键即可。

语言设置

可为菜单和消息文本单独设置下列语言：

- 简体中文
- 德语
- 英语
- 法语
- 意大利语
- 日语
- 韩语
- 葡萄牙语（巴西）
- 俄语
- 西班牙语
- 土耳其语

可在显示屏中的“显示”(Display) 菜单或在 STEP 7 中的 CPU 硬件配置下的“用户界面语言”(User interface languages) 下直接选择需要的语言。

要在显示屏上显示消息文本，请按以下步骤操作：

1. 组态将显示为界面语言的项目语言。
 - 为此，可在巡视窗口中选择 CPU 并浏览到“多语言”(Multiple languages) 区域（“属性 > 常规 > 多语言支持”(Properties > General > Multilingual support)）。
 - 将所需的项目语言指定为界面语言。
2. 将消息文本作为软件组件下载到 CPU 中。
 - 为此，请在“加载预览”(Load preview) 对话框中的“文本库”(Text libraries) 下选择“统一下载”(Consistent download) 选项（默认设置）。

参考

有关 HF-CPU 显示屏的重要信息/特殊要求，请参见产品信息“F-CPU S7-1500 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109478599/en>)”。

维护

13.1 仍换 S7-1500R/H 冗余系统的组件

13.1.1 更换组件之前的检查

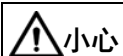
简介

如果冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态，请遵循以下规则：

- 请勿立即开始更换组件。
- 请勿立即将故障 CPU 切换为 RUN 操作状态。

首先检查 RUN-Solo 系统状态下的配对状态。

检查 RUN-Solo 系统状态下的配对



小心

请勿将处于 RUN-Solo 系统状态的故障 CPU 切换为 RUN 操作状态。

否则可能导致冗余系统转入未定义的系统状态。两个 CPU 都会成为主 CPU。

如果 S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态，不得立即将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

可能的原因：两个 R-CPU 之间未配对。在显示屏上检查配对状态，或者根据诊断状态或诊断缓冲区检查。

例如，如果未配对，说明冗余连接已中断。请遵守以下步骤。

检查配对状态

可通过以下方法检查配对状态：

- 直接通过备用 CPU 的显示屏。
在“概述 > 冗余 > 配对状态”(Overview > Redundancy > Pairing state) 菜单中：
 - 已配对
 - 单次配对 (X*P*)
 - 未配对
 - 未配对 - 伙伴过多
 - 未配对 - 订货号不匹配
 - 未配对 - 固件不匹配

主 CPU	备用 CPU
STOP Redundancy Redundancy role: Primary Redundancy ID: 1 Pairing state: Paired Pairing serial number: S C-J9P136562017 ESC	STOP Redundancy Redundancy role: Backup Redundancy ID: 2 Pairing state: Paired Pairing serial number: S C-J9P083002017 ESC

示例：已配对

- 在 STEP 7 中 S7-1500R/H 系统的诊断状态（在线与诊断）中：
检查诊断状态中的系统状态：
 - 配对：“配对状态”(Pairing state) 字段中显示“已配对”(Paired)。
 - 未配对：“配对状态”(Pairing status) 字段中显示“未配对”(No pairing)。

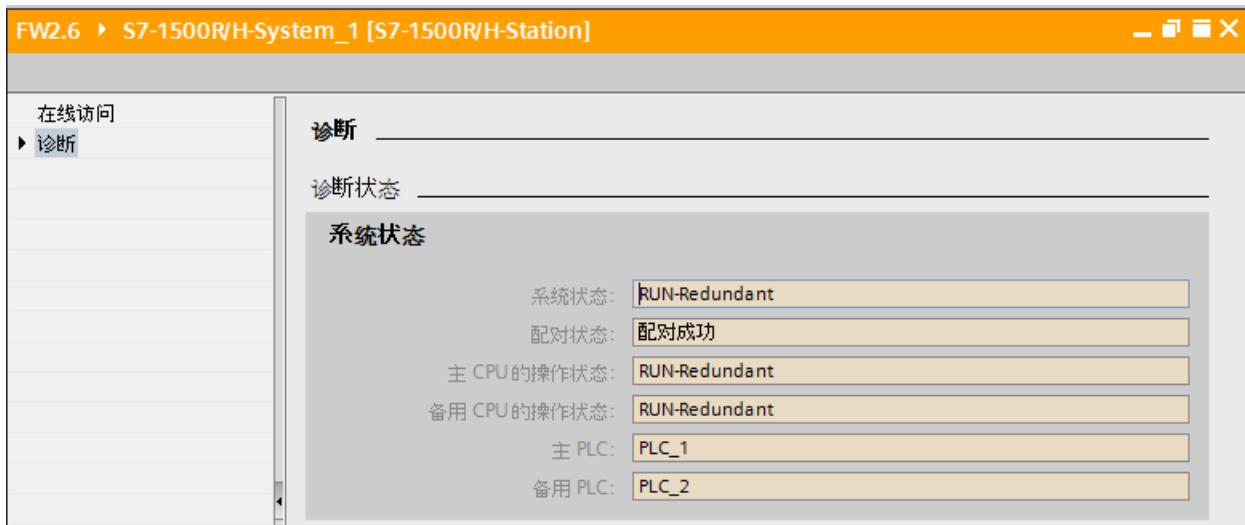


图 13-1 “已配对”诊断状态

- 在 STEP 7 中的诊断缓冲区（在线与诊断）中：检查配对的条目。

操作步骤

要开始配对（例如，在冗余连接中断时配对），请按照下列步骤操作：

1. 将备用 CPU 的模式选择器设为 STOP。
2. S7-1500R：维修 PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆。将 PROFINET 电缆插入 R-CPU 接口。
S7-1500H：维修光纤电缆和同步模块。将光纤电缆插入同步模块。
3. 检查冗余系统是否成功配对。请注意上方“检查配对状态”(Checking pairing state) 中的信息。
4. 将备用 CPU 的模式选择器设为 RUN。

结果

S7-1500R/H 冗余系统切换为 RUN-Redundant 系统状态

13.1.2 更换故障 R/H-CPU

初始情况

其中一个 R/H-CPU 发生故障或 R/H-CPU 无法继续运行。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态。

说明

更换有故障的 HF-CPU（包含安全程序）

要了解准确的步骤，请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》。

说明

R/H-CPU 部件更换方案

根据部件更换方案，更换其中的 R/H-CPU 会影响用于保护机密组态数据的密码。如果将故障 R/H-CPU 更换为新 R/H-CPU，首次使用时必须为新 R/H-CPU 分配之前的有效密码。

更多关于部件更换方案的信息和规则，请参见《通信 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925>) 功能手册》。

要求

- 请阅读“更换组件之前的检查 (页 391)”部分内的信息。
- 替换 CPU 的订货号和固件版本与故障 R/H-CPU 相同。可能需要将较旧的固件版本加载到替换 CPU 上。

说明

固件版本为 V3.0 的 S7-1500R CPU

固件版本为 V3.0 的 S7-1500R CPU 采用新的订货号。

不允许组合使用旧订货号 (6ES751x-xRx00-0AB0) 和新订货号 (6ES751x-xRx03-0AB0) 的模式。

-
- 替换 CPU 的 SIMATIC 存储卡的存储空间充足。
 - 主 CPU 未禁用 SYNCUP（默认）。

更换 R/H-CPU 的操作步骤

更换冗余系统中的 R/H-CPU 时，请按以下步骤操作：

1. 切断故障 R/H-CPU 的电源电压。
2. 拔下电源电压连接器。
3. 断开所有 PROFINET 总线连接器。然后将总线连接器从 R/H-CPU 中拔出。
4. 仅限 H-CPU：断开 H-CPU 的冗余连接（光纤电缆）。
5. 仅限 H-CPU：将同步模块从 H-CPU 中拉出。
6. 取出故障 R/H-CPU。
7. 安装插入了 SIMATIC 存储卡的替换 CPU，并将模式选择器置于 STOP 位置。
8. 仅限 H-CPU：将同步模块插入替换 CPU。
9. 仅限 H-CPU：将冗余连接（光纤电缆）插入同步模块。
10. 将 PROFINET 总线连接器插入 R/H-CPU 中。
11. 将电源电压连接器插入 R/H-CPU 的插座中。
12. 再次接通电源电压。
13. 检查配对。
14. 启动替换 CPU。

结果

1. 已更换的 R/H-CPU 执行 SYNCUP。
2. 已更换的 CPU 切换为 RUN-Redundant 操作状态并作为备用 CPU 操作。

13.1.3 更换故障的冗余连接

简介

本部分介绍以下替换场景：

S7-1500R：

- 更换 S7-1500R 中发生故障的 PROFINET 电缆。
PROFINET 环网在任意点断开。更多信息，请参见“更换发生故障的 PROFINET 电缆 (页 400)”部分。
- 更换 S7-1500R 中发生故障的两根 PROFINET 电缆。
PROFINET 环网存在两个断点。

S7-1500H：

- 更换 S7-1500H 中发生故障的冗余连接。
光纤电缆已断开。
- 更换 S7-1500H 中发生故障的同步模块。
- 更换 S7-1500H 中发生故障的两条冗余连接。
两根光纤电缆均已断开。

评估诊断缓冲区

R/H-CPU 的诊断缓冲区中提供详细的诊断信息。这些条目在冗余连接的更换场景中特别有用：

- S7-1500R：包含有关一根或两根 PROFINET 电缆是否断开、R-CPU 端口是否故障等信息。
- S7-1500H：包含有关光纤电缆是否断开、或同步模块是否故障等信息（通过额外的模块诊断功能）。

13.1.3.1 更换 S7-1500R 中两根存在故障的 PROFINET 电缆。

初始情况：两根 PROFINET 电缆相继出现故障

PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆在两点相继中断（间隔大于 1500 ms）。

S7-1500R 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态。

要求

请阅读“更换组件之前的检查 (页 391)”部分内的信息。

操作步骤：更换两根 PROFINET 电缆

要更换故障的 PROFINET 电缆，请按以下步骤操作：

1. 确定 PROFINET 环网中故障的 PROFINET 电缆。
2. 依次更换 PROFINET 电缆。
3. 如有必要，请在重新启动一个 CPU 后启动另外一个。

结果

冗余系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。

初始情况：两根 PROFINET 电缆同时出现故障

PROFINET 环网中的 PROFINET 电缆在两点同时中断（间隔不超过 1500 ms）。

两个 R-CPU 均为主 CPU。S7-1500R 冗余系统处于未定义的系统状态。

操作步骤：更换两根 PROFINET 电缆

要更换故障的 PROFINET 电缆，请按以下步骤操作：

1. 立即将两个 R-CPU 切换为 STOP 操作状态。
2. 确定 PROFINET 环网中故障的 PROFINET 电缆。
3. 依次更换 PROFINET 电缆。
4. 然后，启动 R-CPU。

结果

冗余系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。

13.1 仍换 S7-1500R/H 冗余系统的组件

13.1.3.2 更换 S7-1500H 中故障的冗余连接

初始情况

一个冗余连接（光纤电缆）已中断。显示屏会显示：单次配对，包含接口和端口的信息。
S7-1500H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。

操作步骤：更换冗余连接

要更换故障的冗余连接，请按以下步骤操作：

1. 检查 LED X3/X4 (CPU 1517H-3 PN) 或 LED X4/X5 (CPU 1518HF-4 PN)。根据 LED 指示灯的熄灭情况，可精准定位发生故障的冗余连接。
2. 检查通过 LED 指示灯确定的冗余连接。
3. 如果冗余连接故障，则更换光纤电缆。

结果

更换发生故障的冗余连接。X3/X4 或 X4/X5 LED 指示灯呈黄色/绿色闪烁。

13.1.3.3 更换 S7-1500H 中发生故障的同步模块

初始情况

同步模块发生故障。
冗余 S7-1500H 处于 RUN-Redundant 系统状态。

操作步骤：更换同步模块

要更换故障的同步模块，请按以下步骤操作：

1. 检查主 CPU 和备用 CPU 上的 LED X3/X4 (CPU 1517H-3 PN) 或 LED X4/X5 (CPU 1518HF-4 PN)。根据 LED 指示灯的熄灭情况，确定发生故障的同步模块。
2. 更换故障的同步模块。连接冗余连接（光纤电缆）。
3. 如果 X3/X4 或 X4/X5 LED 指示灯仍不亮，则更换另一个 CPU 上的同步模块。

结果

故障同步模块已更换。X3/X4 或 X4/X5 LED 指示灯呈黄色/绿色闪烁。

13.1.3.4 更换 S7-1500H 中两根发生故障的冗余连接

初始情况：两个冗余连接相继发生故障

两个冗余连接（光纤电缆）相继中断（间隔超过 55 ms）。

S7-1500H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态。

要求

请阅读“更换组件之前的检查 (页 391)”部分内的信息。

操作步骤：更换两个冗余连接

要更换故障的冗余连接，请按以下步骤操作：

1. 检查主 CPU 和备用 CPU 上的 LED X3/X4 (CPU 1517H-3 PN) 或 LED X4/X5 (CPU 1518HF-4 PN)。如果所有 LED 指示灯均熄灭，说明两个冗余连接均发生故障。
2. 依次更换冗余连接（光纤电缆）。
3. 启动处于 STOP 模式的 CPU。

结果

发生故障的冗余连接已更换。冗余系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。X3/X4 或 X4/X5 LED 指示灯呈黄色/绿色闪烁。

初始情况：两个冗余连接同时发生故障

两个冗余连接（光纤电缆）同时中断（间隔未超过 55 ms）。

两个 H-CPU 均为主 CPU。S7-1500H 冗余系统处于未定义的系统状态。

13.1 仍换 S7-1500R/H 冗余系统的组件

操作步骤：更换两个冗余连接

要更换故障的冗余连接，请按以下步骤操作：

1. 立即将 H-CPU 切换为 STOP 操作状态。
2. 依次更换冗余连接（光纤电缆）。
3. 将 H-CPU 切换回 RUN 操作状态。

结果

冗余系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。X3/X4 或 X4/X5 LED 指示灯呈黄色/绿色闪烁。

13.1.4 更换故障的 PROFINET 电缆

初始情况

PROFINET 已在任意指定点断开。两个 CPU 上的 MAINT LED 指示灯均为黄色点亮。

S7-1500R 显示屏上将显示以下信息：单次配对，包含接口和端口的信息。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。

操作步骤：更换 PROFINET 电缆

要更换故障的 PROFINET 电缆，请按以下步骤操作：

1. 检查主 CPU 和备用 CPU 上的 X1 P1/X1 P2 LED 指示灯。如果 LED 指示灯熄灭，说明 PROFINET 环网断开。
2. 确定 PROFINET 环网中故障的 PROFINET 电缆。检查 PROFINET 节点的链路 RX/TX LED。如果链路 RX/TX LED 已关闭，则 PROFINET 设备上的 PROFINET 接口与通信伙伴之间没有连接。
3. 更换故障的 PROFINET 电缆。

结果

故障 PROFINET 电缆已更换。

主 CPU 和备用 CPU 上的 X1 P1/X1 P2 LED 指示灯均为黄色点亮。两个 CPU 上的 MAINT LED 指示灯均熄灭。

13.1.5 更换故障的 SIMATIC 存储卡

初始情况

CPU 的 SIMATIC 存储卡发生故障。系统诊断报告系统错误。受影响的 CPU 切换为 STOP 操作状态。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态。

说明

更换 HF-CPU（包含安全程序）中有故障的 SIMATIC 存储卡

要了解准确的步骤，请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety – 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》。

要求

- 请阅读“更换组件之前的检查 (页 391)”部分内的信息。
- 新的 SIMATIC 存储卡必须有足够大的存储空间来存储项目。

操作步骤

要更换发生故障的 SIMATIC 存储卡，请按以下步骤操作：

1. 更换处于 STOP 的 CPU 中的 SIMATIC 存储卡。
2. 启动 CPU。

结果

1. 冗余系统会运行 SYNCUP。SYNCUP 将项目数据从主 CPU 传送到备用 CPU。
2. CPU 切换为 RUN-Redundant 操作状态并作为备用 CPU 操作。冗余系统再次转入 RUN-Redundant 系统状态。

参考

如果 SIMATIC 存储卡中的存储空间不足，可在操作过程中更换存储卡。有关 SIMATIC 存储卡的操作步骤、冗余系统响应及其它信息，请参见《CPU 存储器的结构和使用 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59193101>)》功能手册。

13.1.6 更换出现故障的负载电流电源 PM

初始情况

负载电流电源 PM 出现故障。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Solo 系统状态。

要求

请阅读“更换组件之前的检查 (页 391)”部分内的信息。

操作步骤

按以下步骤更换出现故障的负载电流电源：

1. 切断主电源（24 V DC 或 230 V AC）。
2. 更换出现故障的负载电流电源 PM。
3. 再次接通主电源。
4. 接通替换负载电流电源 PM。

结果

1. 更换了负载电流电源 PM 的 CPU 会运行 SYNCUP。要求：CPU 模式选择器位于 RUN 位置。
2. CPU 切换为 RUN-Redundant 操作状态并作为备用 CPU 操作。冗余系统再次转入 RUN-Redundant 系统状态。

13.1.7 更换故障的 IO 设备/交换机

初始情况

PROFINET 环网或线型拓扑中的 PROFINET 设备（IO 设备/交换机）因 IO 设备存在故障或电源故障灯等原因而发生故障。PROFINET 环网或线型拓扑中断。两个 CPU 上的 MAINT LED 指示灯均为黄色点亮。两个 CPU 上的 ERROR LED 指示灯红色闪烁。

S7-1500R/H 冗余系统处于 RUN-Redundant 系统状态。

说明

如果交换机/IO 设备发生故障，S7-1500R/H 冗余系统无法访问已连接直线拓扑中的下游设备。

IO 设备更换步骤

要更换故障的 PROFINET 设备，请按以下步骤操作：

1. 确定发生故障的 PROFINET 设备。
2. 切断 PROFINET 设备的电源电压。
3. 断开电源电压电缆连接。
4. 将 PROFINET 电缆从 PROFINET 设备的端口中拔出。
5. 更换 PROFINET 设备。
6. 将 PROFINET 电缆连接到 PROFINET 设备的端口。
7. 将电源电压电缆连接到 PROFINET 设备。
8. 再次接通电源电压。

说明

为 PROFINET 设备设置“客户端”介质冗余角色。

如果更换 PROFINET 环网中的 PROFINET 设备，需要在 STEP 7 中为 PROFINET 设备组态“客户端”介质冗余角色。客户端介质冗余角色设置对于非 IO 设备（例如交换机）的节点非常重要。这些节点不接收 R/H CPU 分配的参数。

已替换的 IO 设备会由 R/H 系统自动组态，并再次接收正确的设置。

13.1 仍换 S7-1500R/H 冗余系统的组件

更换 R1 设备接口模块的步骤

如果更换 R1 设备的故障接口模块，请按照相关文档中的步骤进行操作。

结果

PROFINET 环网或线型拓扑再次关闭。S7-1500R/H 冗余系统中的 PROFINET 设备可再次访问。两个 CPU 上的 MAINT 和 ERROR LED 指示灯均熄灭。

13.2 更换显示屏/前盖

简介

前盖板/显示屏可插入。如有必要，可在操作期间卸下前盖板/显示屏 (RUN-Redundant)，或更换前盖板/显示屏。卸下或更换前盖板/显示屏不会影响操作中的 CPU。

更换显示屏（订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0、6ES7515-2RN03-0AB0 起的 R-CPU）

要将显示屏从 R-CPU 上卸下，请按以下步骤操作：

1. 向上翻开前盖板。
2. 从前面将 3.5 mm 螺丝刀按入显示屏的解锁机构。解锁机构位于显示屏正上方的中间位置。
3. 从上方轻轻按下螺丝刀，从支架上撬出显示屏。
4. 向上卸下显示屏。
5. 您已卸下显示屏。
6. 将新的显示屏置于 R-CPU 中，并将其牢固地按在顶部区域，直到听到接合声。
7. 将前盖向下翻转到位。

下图显示了 CPU 1513R-1 PN 的操作示例。

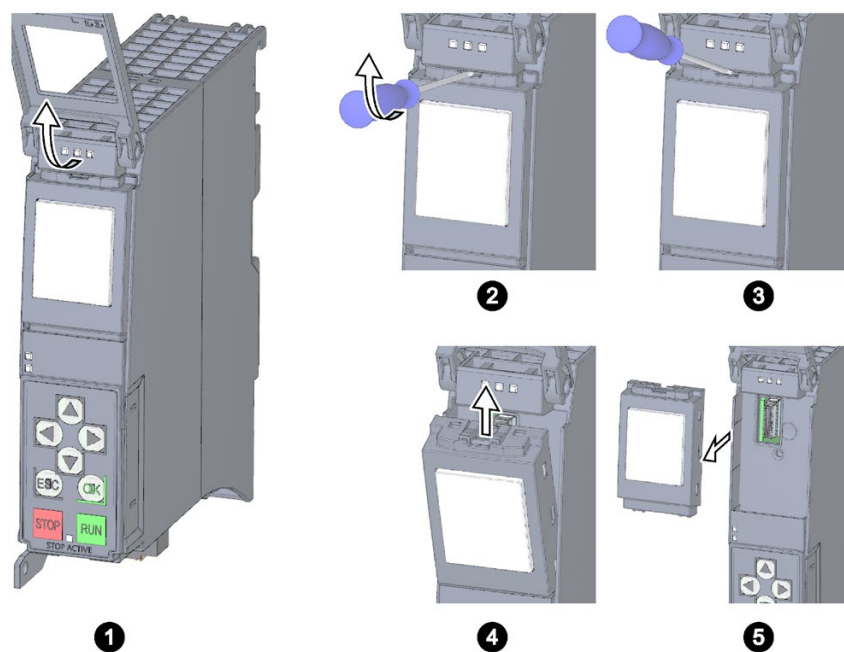


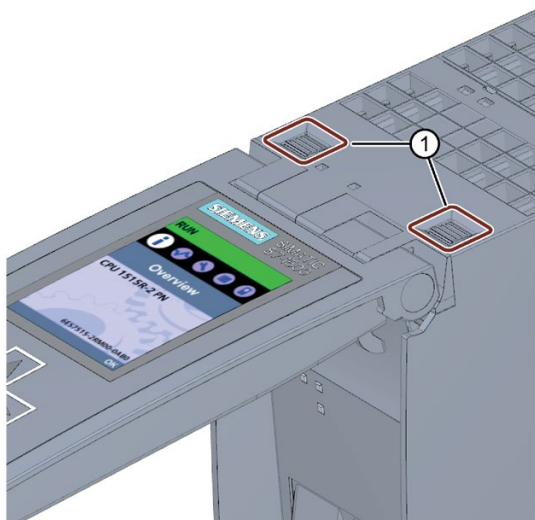
图 13-2 卸下显示屏

更换前盖板（订货号为 6ES7513-1RL00-0AB0、6ES7515-2RM00-0AB0、6ES7517-3HP00-0AB0、6ES7518-4JP00-0AB0 的 R/H CPU）

要从 CPU 卸下前盖板，请按以下步骤操作：

- 1. 向上翻开前盖板，直至前盖板与模块前部呈 90°角。
- 2. 在前盖板的顶部区域，按住锚点：CPU 1515R-2 PN、CPU 1517H-3 PN 和 CPU 1518HF-4 PN 有两个锚点。CPU 1513R-1 PN 有一个锚点。
同时，朝您的方向拉动前盖板，将其卸下。

下图中的视图以 CPU 1515R-2 PN 为例。



① 卸下和安装前面板时用到的紧固件

图 13-3 卸下显示屏

2 区危险区域

 **警告**

在 2 区危险区域中可能会发生人身伤害或财产损失

在危险区域 2 区中，如果在操作过程中卸下或安装前盖板/显示屏，则可能会造成人员受伤或财产损失。

在危险区域 2 区中，卸下或安装前盖板之前请务必断开 R/H-CPU 的电源连接。

13.3 更换负载电流电源的电源连接器处的编码元件

简介

编码单元包含一个 2 部件编码元件。

出厂时，编码元件的一部分已插入在电源连接器的后端。另一部分牢固插入在负载电流电源中。

这可防止将负载电流电源的电源连接器插到另一种类型的模块中。

 危险
请勿操作编码元件或将其取下 • 变更或更换编码元件可能会导致危险状况。 • 要避免损坏，请不要变更或更换编码元件。 • 不得拆卸编码元件。

更换部件方案

在更换部件的情况下，将编码元件插入到新电源连接器中。

 危险
危险电压 安装编码元件时，必须考虑负载电流电源的供电电压：24 V DC、24/48/60 V DC 或 120/230 V AC/DC 只能在断电时安装编码元件。 插入编码元件的电源连接器的电压必须与电源模块的相同。

13.3 更换负载电流电源的电源连接器处的编码元件

操作步骤

要更换负载电流电源的电源连接器上的编码元件，请按以下步骤操作：

1. 面向电源线接头上的标签。

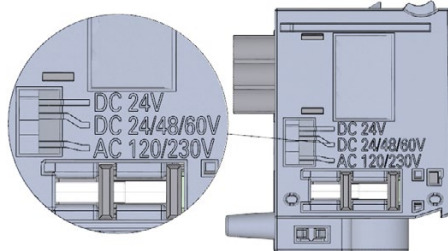


图 13-4 电源连接器上的标签

2. 并面对编码元件上的红色标记。
3. 编码元件具有 3 个红色标记。旋转编码元件使得 3 个红色标记中的一个与连接器上指示的电压相对应。
4. 将编码元件插入到电源线连接器的后端，直至听到锁定就位的声音。下图显示了如何将编码元件插入 24 V DC 的电源线连接器。

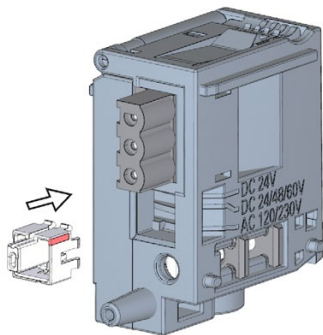


图 13-5 将编码元件插入电源连接器

13.4 固件更新

简介

使用固件文件更新 CPU、显示屏和 I/O 设备的固件（例如更新新功能）。固件更新不影响模块上的保持性数据。

说明

在冗余模式下操作的 CPU

在冗余模式下运行的 CPU 的订货号和固件版本必须相同。

要更换组件，在冗余模式下操作的两个 CPU 的固件版本必须完全相同。因此能够像升级一样进行降级。

说明

CPU 降级和升级

不能将标准 CPU 或 F-CPU 升级为 R-CPU 或 H-CPU。不能将 R/H-CPU 的固件降级为标准 CPU 或 F-CPU。

建议始终将其更新为相应订货号的最新固件版本。固件的之期版本仅用作备份，以便可以降级到原始版本。

固件更新对执行更新的 CPU 的用户程序没有影响。但如果在用户程序中使用了 CPU 固件尚不支持的新功能，则降级使用会影响用户程序。

以下条目 (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/109478459>)列出了 CPU（包括显示屏）的所有固件版本，以及相应固件版本的新功能说明。

要求

已从 Siemens 工业在线支持 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/ps>) 下载了固件更新的文件。

在该 Web 页面，选择：

“自动化技术 > 自动化系统 > SIMATIC 工业自动化系统 > 控制器 > 高级控制器 > S7-1500 > CPU > 冗余 CPU”(Automation technology > Automation systems > SIMATIC industrial automation systems > Controllers > Advanced Controller > S7-1500 > CPU > Redundant CPUs)



图 13-6 以 S7-1500 为例的产品树

在此位置，可浏览到待更新的特定类型模块。单击“支持”(Support) 下方的链接“软件下载”(Software downloads)，继续操作。保存所需的固件更新文件。

在安装固件更新之前，请确保模块当前未使用。

固件的更新方式

可通过以下方式进行固件更新：

- 在 STEP 7 中，通过“在线与诊断”进行在线更新
- 通过 SIMATIC 存储卡：仅适用于 CPU 和显示屏

下表概括介绍了固件更新的各种选项。

固件更新	CPU	显示屏	PROFINET IO 设备
在 STEP 7 中通过“在线与诊断”进行更新	✓		✓
SIMATIC 存储卡	✓		--

操作步骤：在 STEP 7 中，通过“在线与诊断”进行在线更新

要求：已组态 CPU/PROFINET IO 设备与 PG/PC 和 CPU 之间的在线连接。

要通过 STEP 7 在线进行固件更新，请按以下步骤操作：

1. 在设备视图选择模块。
2. 在快捷菜单中，选择“在线与诊断”(Online & diagnostics) 菜单命令。
3. 在“功能”(Functions) 文件夹中，选择“固件更新”(Firmware update) 组。
对于 CPU，可以选择要更新 CPU 还是显示屏。
4. 单击“固件更新”(Firmware update) 区域中的“浏览”(Browse) 按钮，选择固件更新文件的路径。
5. 选择正确的固件文件。固件更新区域的表格中，列有所选固件文件可更新的所有模块。
6. 单击“执行更新”(Run update) 按钮。如果模块支持所选择的文件，则将该文件下载到模块中。如果需要切换 CPU 操作模式，那么 STEP 7 会通过对话框进行提示。

说明

更新 PROFINET IO 设备

更新 IO 设备时，R/H 系统仍处于 RUN-Redundant 系统状态。

更新固件

“更新后运行固件”(Run firmware after update) 复选框始终处于选中状态。

文件成功加载后，CPU 会接受固件并使用新固件进行操作。

使用 SIMATIC 存储卡的步骤

要使用 SIMATIC 存储卡进行固件更新，请执行以下步骤：

1. 将 SIMATIC 存储卡插到 PG/PC 的 SD 读卡器中。
2. 要在 SIMATIC 存储卡上存储更新文件，则在项目树的“读卡器/USB 存储器”(Card reader/USB memory) 中选择 SIMATIC 存储卡。
3. 在“项目”(Project) 菜单中，选择“读卡器/USB 存储器 > 创建固件更新存储卡”(Card Reader/USB memory > Create firmware update memory card) 命令。
4. 在文件选择对话框中，浏览到所需的固件更新文件。随后还可以确定删除 SIMATIC 存储卡的内容还是将固件更新文件添加到 SIMATIC 存储卡中。
5. 将包含有固件更新文件的 SIMATIC 存储卡插入 CPU 中。

插入 SIMATIC 存储卡后立即开始固件更新。

显示屏上会指示 CPU 处于 STOP，并且正在执行固件更新。

显示屏在固件更新完成后显示结果画面。

6. CPU 上的 RUN LED 指示灯呈黄色点亮，MAINT LED 指示灯呈黄色闪烁。

固件更新完成后，取出 SIMATIC 存储卡。

如果之后想将 SIMATIC 存储卡用作程序卡，请将 SIMATIC 存储卡留在 CPU 中。为此，在固件更新完成后，需在显示屏上选择菜单项“转换存储卡”(Convert memory card)。

还可以在 STEP 7 中将 SIMATIC 存储卡转换为程序卡。

说明

SIMATIC 存储卡的存储容量

如果通过 SIMATIC 存储卡进行固件更新，则必须使用容量足够大的存储卡。

从“西门子工业在线支持”下载更新文件时，需检查更新文件的指定文件大小。更新文件的总大小不得超出 SIMATIC 存储卡可用的存储容量。

有关 SIMATIC 存储卡容量的更多信息，请参见“附件/备件 (页 450)”部分和《CPU 存储器的结构和使用 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59193101>)》功能手册。

安装 R/H-CPU 的固件更新

要对 R/H-CPU 进行固件更新，必须将两个 R/H-CPU 切换为 STOP 操作状态。在固件更新过程中，主 CPU 和备用 CPU 之间可能会发生角色变化。假设初始情况如下：CPU 1 为主 CPU。CPU 2 为备用 CPU。

要在固件更新过程中保留保持性数据，必须按以下顺序进行操作：

- 1. 将 CPU 2 切换为 STOP 操作状态。
- 2. 运行 CPU 2 的更新。
更新：CPU 2 启动后忽略任何配对错误（固件错误）。
- 3. 将 CPU 1 切换为 STOP 操作状态。
- 4. 现在运行 CPU 1 的更新。
- 5. 将 CPU 1 切换为 RUN 操作状态。
- 6. 将 CPU 2 切换为 RUN 操作状态。

警告

存在不允许系统状态的风险

安装固件更新会使 CPU 切换为 STOP 模式，因此，冗余系统会切换为 STOP 系统状态。STOP 可能会影响在线过程或机器的操作。

过程或机器的意外操作都可能导致死亡或严重的人身伤害和/或材料损坏。

请确保在安装固件更新之前，CPU 未控制任何活动的过程。

安装 R/H-CPU 显示屏的固件更新

R/H-CPU 显示屏的固件更新在 RUN-Solo 系统状态下运行。在固件更新过程中，主 CPU 和备用 CPU 之间可能会发生角色变化。假设初始情况如下：CPU 1 为主 CPU。CPU 2 为备用 CPU。

按照以下顺序操作：

- 1. 将 CPU 2 切换为 STOP 操作状态。
- 2. 运行 CPU 2 显示屏的更新。
- 3. 将 CPU 2 切换为 RUN 操作状态。等待 R/H 系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。
- 4. 将 CPU 1 切换为 STOP 操作状态。

13.5 将 CPU 复位为出厂设置

5. 运行 CPU 1 显示屏的更新。
6. 将 CPU 1 切换为 RUN 操作状态。等待 R/H 系统切换为 RUN-Redundant 系统状态。

固件更新后的行为

固件更新后，需检查已更新模块的固件版本。

参考

有关固件更新的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

13.5 将 CPU 复位为出厂设置

简介

使用“复位为出厂设置”(Reset to factory settings)，可将 CPU 复位为交付时的状态。此功能将删除 CPU 内部保存的所有信息。

建议：

以下情况下，可将 CPU 切换为其交付时的状态：

- 移除 CPU 并在其它程序中使用。
- 存放 CPU 时。

复位到出厂设置时，请注意还要删除 IP 地址参数。

将 CPU 复位为出厂设置的方式

可通过以下方式将 CPU 复位为其交付时的状态：

- 使用模式选择器/模式选择键
- 使用显示屏
- 使用 STEP 7

使用模式选择器（订货号为 6ES7513-1RL00-0AB0、6ES7515-2RM00-0AB0、6ES7517-3HP00-0AB0、6ES7518-4JP00-0AB0 的 R/H CPU）的操作步骤

确保 CPU 处于 STOP 操作状态。CPU 显示屏指示 STOP 操作状态。RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

说明

复位为出厂设置 ↔ 存储器复位

下面所述的步骤还对应于存储器复位的步骤：

- 选择开关中插入了 SIMATIC 存储卡：CPU 执行存储器复位
 - 选择开关中未插入 SIMATIC 存储卡：CPU 复位为出厂设置
-

按如下方法恢复 CPU 的出厂设置：

1. 将模式选择器设置到 STOP 位置。

结果：RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

2. 取出 CPU 中的 SIMATIC 存储卡。等待 RUN/STOP LED 指示灯停止闪烁。
3. 将模式选择器设置为 MRES 位置。将模式选择开关保持在此位置，直至 RUN/STOP LED 指示灯第二次点亮并保持约 3 秒时间。然后松开模式选择器。
4. 在之后的 3 秒钟时间内，将模式选择器切换回 MRES 位置，然后重新返回 STOP 操作状态。

结果：CPU 将执行“复位为出厂设置”，在此过程中，RUN/STOP LED 指示灯黄色闪烁。当 RUN/STOP LED 指示灯黄色点亮时，CPU 已复位为出厂设置，并处于 STOP 操作状态。同时，“复位为出厂设置”事件进入诊断缓冲区。

说明

CPU 通过模式选择开关复位为出厂设置时，还将删除 CPU 的 IP 地址并将冗余 ID 复位为 1。

13.5 将 CPU 复位为出厂设置

使用操作模式键（订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0、6ES7515-2RN03-0AB0 起的 R-CPU）的操作步骤

确保 CPU 处于 STOP 操作状态。CPU 显示屏指示 STOP 操作状态。RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

说明

复位为出厂设置 ↔ 存储器复位

下面所述的步骤还对应于存储器复位的步骤：

- 已插入 SIMATIC 存储卡时的按键操作：CPU 执行存储器复位
 - 未插入 SIMATIC 存储卡时的按键操作：CPU 复位为出厂设置
-

如下所示复位到出厂设置：

1. 按 STOP 模式选择键。
结果：STOP-ACTIVE 和 RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。
2. 按下 STOP 操作模式按钮，直至 RUN/STOP LED 指示灯第二次点亮并保持在点亮状态（需要 3 秒钟时间）。之后，松开按钮。
3. 在接下来 3 秒内，再次按 STOP 模式选择键。

结果：CPU 将执行“复位为出厂设置”，在此过程中，RUN/STOP LED 指示灯黄色闪烁。当 STOP-ACTIVE 和 RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮时，CPU 已复位为出厂设置，并处于 STOP 模式。同时，“复位为出厂设置”事件进入诊断缓冲区。

说明

通过操作模式按钮将 CPU 复位为出厂设置时，还将删除 CPU 的 IP 地址并将冗余 ID 复位为 1。

使用显示屏的步骤

确保 CPU 处于 STOP 操作状态。CPU 显示屏指示 STOP 操作状态。RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮。

1. 等待 RUN/STOP LED 指示灯停止闪烁。
2. 要导航至所需的“出厂设置”(Factory settings) 菜单命令，请按照以下顺序选择菜单命令并按“确定”(OK) 进行确认。

– 设置 → 复位 → 出厂设置 (Settings → Reset → Factory settings)

结果：CPU 将执行“复位为出厂设置”，在此过程中，RUN/STOP LED 指示灯黄色闪烁。当 RUN/STOP LED 指示灯黄色点亮时，CPU 已复位为出厂设置，并处于 STOP 操作状态。同时，“复位为出厂设置”事件进入诊断缓冲区。

使用 STEP 7 的步骤

要使用 STEP 7 将 CPU 复位为出厂设置，请按以下步骤操作：

确保存在与 CPU 的在线连接。

1. 打开 CPU 的在线与诊断视图。
2. 在“功能”(Functions) 文件夹中，选择“复位为出厂设置”(Reset to factory settings) 组。
3. 如果要保留 IP 地址，请选择“保留 IP 地址”(Keep IP address) 选项按钮。如果要删除 IP 地址，请选择“删除 IP 地址”(Delete IP address) 选项按钮。

说明

“删除 IP 地址”(Delete IP address) 这一功能适用于所有 IP 地址，而不考虑在线连接的建立方式。

如果插入 SIMATIC 存储卡，则选择“删除 IP 地址”(Delete IP address) 选项会产生以下影响：

- IP 地址删除，且 CPU 复位为出厂设置。
 - 之后，存储在 SIMATIC 存储卡中的组态（含 IP 地址）将下载到 CPU 中。如果未保存任何组态（例如，由于对 SIMATIC 存储器进行了擦除或格式化），则不会分配新的 IP 地址。
-

4. 单击“复位”(Reset) 按钮。

13.5 将 CPU 复位为出厂设置

5. 在确认提示窗口中，单击“确定”(OK)。

结果：CPU 将执行“复位为出厂设置”，在此过程中，RUN/STOP LED 指示灯黄色闪烁。当 RUN/STOP LED 指示灯呈黄色点亮时，CPU 已复位为出厂设置，并处于 STOP 操作状态。同时，“复位为出厂设置”事件进入诊断缓冲区。

复位为出厂设置后的结果

下表简要列出了复位为出厂设置后，存储器对象中的内容。

表格 13-1 复位为出厂设置后的结果

存储器对象	内容
冗余 ID	设为“1”
数据块和背景数据块的实际值	已初始化
位存储器、定时器和计数器	已初始化
工艺对象的保持性变量	已初始化
诊断缓冲区中的条目（保持性区域）	已初始化
诊断缓冲区中的条目（非保持性区域）	已初始化
IP 地址	取决于过程： • 使用模式开关：已删除 • 使用显示屏：已删除 • 使用 STEP 7：取决于“保留 IP 地址”(Retain IP address)/“删除 IP 地址”(Delete IP address) 选项按钮的设置
设备名称（模块名称）	设置为“CPUcommon”
运行时间定时器的计数器读数	已初始化
时间	设为“00:00:00, Jan. 01, 2012”

说明**IP 地址冲突**

CPU 复位为出厂设置时，还将删除 CPU 的 IP 地址并将冗余 ID 复位为 1。请注意以下事项：已处于操作状态的 S7-1500R/H 冗余系统会切换为 STOP 系统状态。如果将冗余 ID 为 2 的 CPU 复位为出厂设置，则会为该 CPU 分配另一 CPU（冗余 ID 为 1）的 IP 地址。这会造成 IP 地址冲突。仅可通过紧急地址访问该 CPU。有关紧急地址的信息，请参见“备份和恢复 CPU 组态 (页 366)”部分。

可能的补救措施：使用显示屏为 CPU 分配之前设置的冗余 ID。然后可再次通过原 IP 地址访问该 CPU。

说明**用于保护机密组态数据的密码**

CPU 重置为出厂设置后，将保留用于保护机密组态数据的密码。仅当设置了“删除用于保护机密 PLC 组态数据的密码”选项时，才会删除该密码。

有关用于保护机密组态数据的密码的更多信息，请参见《通信 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/59192925>)》功能手册。

参考

有关“复位为出厂设置”的更多信息，请参见功能手册《CPU 存储器的结构和使用 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/59193101>)》中的存储区和保持性部分以及 STEP 7 在线帮助。有关 CPU 存储器复位的信息，请参见“CPU 存储器复位 (页 361)”部分。

13.6 维护和维修

R/H CPU 无需维护。

说明

只能由制造商对 R/H CPU 进行维修。

测试和维护功能

14.1 测试功能

简介

可以测试用户程序在 CPU 中的操作情况。监视信号状态和变量值。为变量预分配数值可仿真程序执行的特定情况。

说明

使用测试功能

使用测试功能会影响程序执行时间，从而影响控制器的循环时间和响应时间。

说明

RUN-Redundant 系统状态下的测试功能：在执行写入功能之前，检查可用空间是否充足

在执行写入功能之前，系统会检查 CPU 的 SIMATIC 存储卡上是否有足够的可用空间来执行此功能。写入功能是 PG/PC 的在线功能，例如加载/删除块和测试功能，在 RUN-Redundant 系统状态下加载修改的用户程序。

如果一个或全部 SIMATIC 存储卡空间不足，写入功能将被中止，冗余系统继续以最初的组态运行。冗余系统将保持在 RUN-Redundant 系统状态下。

要求

- 在线连接到相关主 CPU 或备用 CPU。不能同时建立与两个 CPU 的在线连接。
- CPU 中有可执行用户程序。
- 冗余系统不得处于 SYNCUP 系统状态下。

例外情况：测试功能“使用强制表进行测试”和“跟踪功能”还支持用于 SYNCUP 系统状态。但 SYNCUP 系统状态下没有在线连接。更多信息，请参见本章节。

测试方式

- 通过程序状态进行测试
- 使用断点进行测试（只能在 STARTUP（启动 OB）或 RUN-Solo 系统状态下执行）
- 通过监控表进行测试
- 使用强制表进行测试
- 通过 PLC 变量表进行测试
- 通过数据块编辑器进行测试
- 通过 LED 指示灯闪烁进行测试
- 测试跟踪功能

通过程序状态进行测试

通过程序状态可以监视程序的执行情况。显示操作数的值和逻辑运算结果 (RLO)。这样便可检测和解决程序中的逻辑错误。

说明

“程序状态”功能的限制

监视循环可显著增加循环时间。增加的循环时间取决于以下因素：

- 要监视的变量数。
- 运行的实际循环数

 **警告**

通过程序状态进行测试

使用“程序状态”功能进行测试时，如果发生功能混乱或程序错误，则可能造成导致严重损坏或人身伤害。

通过“程序状态”功能进行测试前，请确保采取适当措施防范危险状况发生。

使用断点进行测试

使用该测试选项时，需要在程序中先设置断点并建立在线连接，之后在 CPU 中启用这些断点。然后执行断点间的一段程序。

要求：

- 只能在 STARTUP（启动 OB）或 RUN-Solo 系统状态下使用主 CPU 上的断点进行测试。
- 可使用编程语言 SCL 或 STL 设置断点。

使用断点进行测试具有以下优势：

- 逐步定位逻辑错误
- 在实际调试前，简化并快速分析复杂程序
- 记录单次执行循环中的当前值
- 在 SCL 或 STL 程序段的 LAD/FBD 块中，还可使用断点进行程序验证。

说明

使用断点进行测试时的限制

- 使用断点进行测试时，可能会存在超过 R/H-CPU 循环时间的风险。
- 如果在 RUN-Solo 系统状态下设置了断点，则 SYNCUP 会被拒绝。
- 如果在采用 1518HF-4 PN CPU 的 HF 系统的标准用户程序中设置了断点，安全程序会出现错误。如果仍要使用断点进行测试，则必须先禁用安全模式。有关错误和后果的更多信息，请参见编程与操作手册《SIMATIC Safety - 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/54110126>)》。

修改与强制的差异

修改功能与强制功能的基本差异在于其存储器行为：

- 修改：变量修改是一种在线功能，且不保存在 CPU 中。可以在监控表或强制表中或通过断开在线连接来结束变量修改。
- 强制：强制作业会写入 SIMATIC 存储卡，且断电后仍会保留。S7-1500R/H CPU 通过符号来显示激活的强制作业。只能在强制表中结束外设输入和外设输出强制。
在 SYNCUP 模式下，强制作业会传送到备用 CPU。随后，强制作业会在两个 CPU 处于 RUN-Redundant 系统状态时生效。

通过监控表进行测试

监控表中可以使用以下功能：

- 监视变量

使用监控表可以监视 CPU 用户程序中各个变量的实际值。

- 在 PG/PC 上
- 在 CPU 显示屏上

要在 CPU 显示屏上显示变量值，请注意以下要求：必须在强制表的“名称”(Name) 列中为每个变量指定符号名。

监视以下操作数区域：

- 输入和输出（过程映像）和位存储器
- 数据块的内容
- 外设输入和外设输出
- 定时器和计数器

- 修改变量

使用该功能，可在 PG/PC 上将值分配给用户程序或 CPU 中的各个变量。也可使用程序状态测试进行修改。

可修改以下操作数区域：

- 输入和输出（过程映像）和位存储器
- 数据块的内容
- 外设输入和外设输出（例如，%I0.0:P, %Q0.0:P）
- 定时器和计数器

使用强制表进行测试

强制表中提供了以下功能：

- 监视变量

使用监控表监视 CPU 用户程序中各个变量的实际值。

- 在 PG/PC 上
- 在 CPU 显示屏上

可监视包含或不包含触发条件的表。

要在 CPU 显示屏上显示变量值，请注意以下要求：必须在强制表的“名称”(Name) 列中为每个变量指定符号名。

必须监视以下变量：

- 位存储器
 - 数据块的内容
 - 外设输入
- 强制外设输入和外设输出

可以强制各个外设输入或输出。

- 外设输入：为程序指定固定值，强制外设输入“绕过”传感器/输入。程序会接收到强制值而非实际输入值（通过过程映像或直接访问）。
- 外设输出：为执行器指定固定值，强制外设输出“绕过”整个程序。

强制表的优势是可以模拟不同的测试环境并用固定值覆盖 CPU 中的变量。这样用户能够干预正在运行的过程来进行调整。

通过 PLC 变量表进行测试

在 PLC 变量表中，可直接监视 CPU 中变量的当前值。为此，需打开 PLC 变量表并启动监视功能。

还可以将 PLC 变量复制到监视表或强制表，并在其中对其进行监视、修改或强制。

通过数据块编辑器进行测试

在数据块编辑器中，可通过各种不同方式对变量进行监视和修改。这些功能可直接访问在线程序中变量的实际值。实际值是指在程序执行过程中的任何给定时刻，CPU 工作存储器中变量的当前值。数据库编辑器中的以下功能可用于监视和修改。

- 在线监视变量
- 修改各个实际值
- 创建实际值的快照

说明

在调试过程中设置数据值

设备调试过程中，通常需要调整数据值，以使程序适应局部条件。

对此，数据块的声明表中包含有相应功能。

通过 LED 指示灯闪烁进行测试

在许多在线对话框中，都可执行 LED 指示灯闪烁测试。在不确定硬件配置中的哪个设备对应于软件中当前所选设备时，此功能很有用。

如果在 STEP 7 中单击“在线与诊断（在线访问）”(Online & diagnostics (online access)) 下的“闪烁 LED”(Flash LED) 按钮，当前所选设备上的相应 LED 指示灯将闪烁。CPU 上的 RUN/STOP、ERROR 和 MAINT LED 指示灯将闪烁。LED 指示灯将始终闪烁，直至闪烁测试终止。

测试跟踪功能

跟踪功能用于根据可设置的触发条件记录 CPU 变量。变量示例为 CPU 的系统变量和用户变量。CPU 将保存记录结果。必要时可以使用 STEP 7 显示和评估记录结果。

- 限制：R/H-CPU 不支持在 SIMATIC 存储卡中存储测量值（设备中的测量值）。
- 操作步骤
 - 可从项目树中顶层 CPU 的“跟踪”(Traces) 文件夹中调用跟踪功能。
 - 在“测量”(Measurements) 系统文件夹中双击打开记录，以显示测量值。测量的“曲线图”(Diagram) 选项卡在工作区域中打开。

有关通过跟踪功能进行测试的信息，另请参见 Internet

(<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/102781176>) 中的常见问题解答。

参考

有关测试功能的更多信息，请参见 STEP 7 在线帮助。

有关通过跟踪功能进行测试的更多信息，请参见功能手册《使用跟踪和逻辑分析器功能 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/64897128>)》。

14.2 读取/保存服务数据

服务数据

除了诊断缓冲区的内容之外，服务数据还包含有关 CPU 内部状态的许多其它数据点。如果 CPU 发生故障且无法通过其它方法解决，则可以将服务数据发送给我们的产品支持团队。产品支持团队将利用服务数据帮助您分析问题。

请注意以下事项：

- 在以下情况下读取服务数据：
 - CPU 切换为 STOP 操作状态后立即读取。
 - 冗余系统同步丢失后立即读取。
- 始终读取主 CPU 和备用 CPU 的服务数据。

说明

读取 CPU 上的服务器数据时，不能执行下载到设备中操作。

要求

S7-1500R/H 冗余系统不得处于 SYNCUP 或 RUN-Redundant 系统状态下。

读取服务数据的方法

可以通过以下方式读取服务数据：

- STEP 7
- SIMATIC 存储卡

使用 STEP 7 的操作步骤

有关保存服务数据的更多信息，请在 STEP 7 在线帮助中搜索关键字“保存服务数据”。

使用 SIMATIC 存储卡的操作步骤

如果不能通过以太网与 CPU 通信，请使用 SIMATIC 存储卡保存服务数据。在其它所有情况下，请通过 STEP 7 保存服务数据。

与保存服务数据的其它方式相比，采用 SIMATIC 存储卡的过程更耗时。在保存数据之前，还需要确保 SIMATIC 存储卡上有足够的存储空间。

要使 R/H-CPU 通过 SIMATIC 存储卡保存服务数据，请按以下步骤操作：

1. 将 SIMATIC 存储卡插入 PC/PG 的读卡器。
2. 在编辑器中打开作业文件 S7_JOB.S7S。
3. 在编辑器中，将条目 PROGRAM 改写为 STRING 或字符串 DUMP。
不要使用任何空格/换行符/引号，以确保文件大小正好为 4 个字节。
4. 确保 SIMATIC 存储卡未设置写保护。将 SIMATIC 存储卡插入到 CPU 的卡插槽中。
对于 R/H-CPU，使用的存储卡容量均应 ≥ 32 MB。
5. 采用现有文件名保存文件。

结果：CPU 将服务数据文件 DUMP S7S 写入 SIMATIC 存储卡，并仍然保持 STOP 模式。

当 STOP LED 停止闪烁并持续亮起时，说明服务数据传输完毕。如果服务数据传输成功，则只有 STOP LED 指示灯点亮。

如果传输出错，STOP LED 会持续亮起，ERROR LED 会闪烁。CPU 还会将含有出错相关信息的文本文件保存在 DUMP.S7S 文件夹中。

技术规范

简介

本章列出了系统的技术数据：

- S7-1500R/H 冗余系统的模块应遵循和符合的标准值和测试值。
- 测试 S7-1500R/H 冗余系统时依照的测试标准。

模块的技术数据

有关各个模块的技术数据，请参见各模块的手册。如果本文档中的数据与手册中的有所出入，则优先使用手册中的技术数据。

15.1 标准和认证

当前有效的标志和授权

说明

关于 S7-1500R/H 冗余系统组件的信息

当前有效的标志和认证都印刷在 S7-1500R/H 冗余系统的组件上。

安全信息

 警告
可能造成人员伤害和财产损失 在危险区域中，如果在 S7-1500R/H 冗余系统的运行过程中断开直插式连接，可能会造成人员伤害和物品损坏。 在危险环境中断开直插式连接之前，应始终先关断 S7-1500R/H 冗余系统的电源。
 警告
爆炸危险 更换组件后，则可能会不符合 Class I, DIV. 2 或 Zone 2 的标准要求。
 警告
装配要求 该设备仅适用于 Class I, Div. 2, Group A、B、C、D；Class I, Zone 2, Group IIC 或非危险区域。

工厂或系统的安全

注意
安全由组装方负责 装有该设备的任何工厂或系统的安全性均由工厂或系统的组装方负责。

在电气设施内或电气设施上工作的五条安全规则

定义了电气设施内或电气设施上工作时需要遵循的一组规则（DIN VDE 0105 中将其归纳为“五条安全规则”），作为预防电气事故的措施：

1. 断开连接
2. 固定以防止重新连接
3. 核实设备不带电
4. 接地和短路
5. 在周围设立障碍物或覆盖邻近的带电部分

开始电气系统中的工作之前，必须按上述顺序来实施这五条安全规则。完成工作后，按相反顺序来实施这五条安全规则。

我们假定每位电气人员都熟悉这些规则。

CE 标志



S7-1500R/H 冗余系统遵循欧盟官方公报刊载的可编程逻辑控制器欧洲统一标准 (EN)。S7-1500R/H 冗余系统符合以下指令的要求和防护目标。

- 2014/30/EU“电磁兼容性”（EMC 指令）
- 2014/34/EU“专用于潜在的易爆环境中的设备和防护系统”（防爆指令）
- 2011/65/EU“电气和电子设备中特定有害物质的使用限制”（RoHS 指令）

相应机构的欧盟符合性声明从以下地址获取：

Siemens AG
Digital Industries
Factory Automation
DI FA TI COS TT
Postfach 1963
D-92209 Amberg

也可以在西门子工业在线支持网站上通过关键字“符合性声明”下载欧盟符合性声明。

UKCA 标记



S7-1500R/H 冗余系统遵循英国政府官方综合名单刊载的可编程逻辑控制器指定英国标准 (BS)。S7-1500R/H 冗余系统符合以下规则和相关补充的要求和防护目标：

- 电气设备（安全）规范 2016（低压）
- 电磁兼容性规范 2016 (EMC)
- 专用于潜在的易爆环境中的设备和防护系统规范 2016（防爆）
- 电气和电子设备中特定有害物质的使用限制规范 2012 (RoHS)。
- S7-1500R/H 安全组件的机器供应规则（安全）2008

相应机构的英国符合性声明获取方式：

Siemens AG
Digital Industries
Factory Automation
DI FA TI COS TT
P.O.Box 1963
D-92209 Amberg

也可以在西门子工业在线支持网站上通过关键字“符合性声明”下载相应英国符合性声明。

cULus 认证



美国安全检测实验室公司，符合

- UL 508（工业控制设备）或 UL 61010-1 和 UL 61010-2-201
- CAN/C22.2 第 142 号（过程控制设备）或 CAN/CSA C22.2 第 61010-1 号和 CAN/CSA C22.2 第 61010-2-201 号

或者

cULus HAZLOC 认证



美国安全检测实验室公司，符合

- UL 508（工业控制设备）或 UL 61010-1 和 UL 61010-2-201
- CAN/CSA C22.2 第 142 号（过程控制设备）或 CAN/CSA C22.2 第 61010-1 号和 CAN/CSA C22.2 第 61010-2-201 号
- ANSI/ISA 12.12.01
- CAN/CSA C22.2 第 213 号（危险区域）

获准用于

I 类、2 分区、A、B、C、D T4 组；

I 类、2 分区、IIC T4 组

cULus 危险区域的安装说明

- 警告 - 爆炸危险 - 电路通电时切勿断开连接，除非已知该区域为非危险区域。
- 警告 - 爆炸危险 - 在危险场所 Class I，Division 2 或 Zone 2，替换组件可能会影响其安全性。
- 该设备适合用于 Class I，Division 2，Groups A、B、C、D；Class I，Zone 2，Group IIC；或非危险区域。

警告：接触某些化学物质可能降低继电器中使用材料的密封性能。

FM 认证



美国工厂联合研究会 (FM) 符合

- 认证标准等级编号 3611、3600、3810
- ANSI/UL 121201
- ANSI/UL 61010-1
- CAN/CSA C22.2 第 213 号
- CAN/CSA C22.2 第 61010-1 号
- CAN/CSA C22.2 第 0-10 号

获准用于 I 类、2 分区、A、B、C、D T4 组；

I 类、2 分区、IIC T4 组

FM 的安装说明

- 警告 - 爆炸危险 - 电路通电时切勿断开连接，除非已知该区域为非危险区域。
- 警告 - 爆炸危险 - 在危险场所 Class I, Division 2 或 Zone 2，替换组件可能会影响其安全性。
- 该设备适合用于 Class I, Division 2, Groups A、B、C、D；Class I, Zone 2, Group IIC；或非危险区域。

警告：接触某些化学物质可能降低继电器中使用材料的密封性能。

ATEX 认证



符合 EN 60079-15（适用于易爆气体环境中的电气设备 - 第 15 部分：防护类型为“n”）和 EN 60079-0（适用于易爆气体环境中的电气设备 - 第 0 部分：一般要求）。

II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
DEKRA 12ATEX0004X

或者

符合 EN 60079-7（适用于易爆气体环境中的电气设备 - 第 7 部分：增安型“e”）和 EN IEC 60079-0（适用于易爆气体环境中的电气设备 - 第 0 部分：一般要求）。

II 3 G Ex ec IIC T4 Gc
DEKRA 20ATEX0003 X

在危险区域中使用时的特殊要求：

1. 设备只能用于污染等级不超过 2 级的区域（根据 EN 60664-1 中的定义）。
2. 设备应安装在合适的机壳中，根据 EN 60079-15 或 EN 60079-7，机壳提供的防护等级应不低于 IP54。使用时必须考虑环境条件。
3. 应采取预防措施，防止产生高于 119 V 的瞬变干扰而超出额定电压。

UKEX 认证



符合 EN 60079-7（易爆气体环境 - 第 7 部分：设备防护，增安型“e”）和 EN IEC 60079-0（易爆气体环境 - 第 0 部分：设备 - 一般要求）。

II 3 G Ex ec IIC T4 Gc
DEKRA 21UKEX0008 X

在爆炸性气体环境中使用时的特殊要求：

1. 设备只能用于污染等级不超过 2 级的区域（根据 EN 60664-1 中的定义）。
2. 设备应安装在合适的机壳中，根据 EN IEC 60079-0，机壳提供的防护等级应不低于 IP54。使用时必须考虑环境条件。
3. 应采取预防措施，防止产生高于 119 V 的瞬变干扰而超出额定电压。

IECEX 认证



符合 IEC 60079-15（易爆环境 - 第 15 部分：设备防护，防护类型为“n”）和 IEC 60079-0（易爆环境 - 第 0 部分：设备 - 一般要求）。

II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
IECEX DEK 13.0010X

或者

符合 IEC 60079-7（易爆气体环境 - 第 7 部分：设备防护，增安型“e”）和 IEC 60079-0（易爆气体环境 - 第 0 部分：设备 - 一般要求）。

II 3 G Ex ec IIC T4 Gc
IECEX DEK 19.0087 X

在危险区域中使用时的特殊要求：

1. 设备只能用于污染等级不超过 2 级的区域（根据 IEC 60664-1 中的定义）。
2. 设备应安装在合适的机壳中，根据 EN 60079-15 或 EN 60079-7，机壳提供的防护等级应不低于 IP54。使用时必须考虑环境条件。
3. 应采取预防措施，防止产生高于 119 V 的瞬变干扰而超出额定电压。

CCCEX 认证



符合 GB/T 3836.8（爆炸性环境 - 第 8 部分：设备防护，防护等级“n”）和 GB/T 3836.1（爆炸性环境 - 第 1 部分：设备 - 一般要求）。

Ex nA IIC T4 Gc

在危险区域中使用时的特殊要求：

- 设备只能用于污染等级不超过 2 级的区域（根据 GB/T 16935.1 中的定义）。
- 设备必须安装在合适的外壳中，以确保根据 GB/T 3836.8 的规定，防护等级至少为 IP54。使用时必须考虑环境条件。
- 必须确保将设备的电源端子的暂态保护值设置为不超过额定峰值电压值的 140%。

RCM，澳大利亚/新西兰符合性声明



S7-1500R/H 冗余系统符合标准 EN 61000-6-4 的要求。

韩国认证



请注意，本设备在射频干扰方面符合 A 类限制值。本设备可用于所有区域，但住宅区除外。

이 기기는 업무용(A 급) 전자파 적합기기로서 판매자 또는 사용자는 이 점을 주의하시기 바라며 가정 외의 지역에서 사용하는 것을 목적으로 합니다.

欧亚关税同盟的标志



EAC（欧亚符合性）

俄罗斯、白俄罗斯和哈萨克斯坦的关税同盟

关税同盟 (TR CU) 技术要求的符合性声明。

IEC 61131-2

S7-1500R/H 冗余系统符合 IEC 61131-2 标准的要求和条件（可编程逻辑控制器，第 2 部分：设备要求和测试）的要求和条件。

IEC 61010-2-201

S7-1500R/H 冗余系统符合 IEC 61010-2-201 标准的要求和条件（针对用于测量、控制和实验室用途的电气设备的安全要求第 2-201 部分：针对特控制设备的特殊要求）。

PROFINET 标准

S7-1500R/H 冗余系统的 PROFINET 接口基于标准 IEC 61158 类型 10。

船级社认证

船级社：

- ABS（美国船级社）
- BV（法国船级社）
- DNV- GL (Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd)
- LRS (Lloyds Register of Shipping, 英国劳氏船级社)
- Class NK（日本船级社）
- CCS（中国船级社）

工业用途

S7-1500R/H 冗余系统设计用在工业环境中。它符合针对此种用途的以下标准：

- 辐射要求 EN 61000-6-4：2007 + A1：2011
- 抗干扰要求 EN 61000-6-2：2019

在混合区域中使用

在某些情况下，S7-1500R/H 冗余系统可用于混合环境中。混合区域包含住宅区和不会对住宅区造成严重影响的商业运营场所。

如果在混合环境中使用 S7-1500R/H 冗余系统，则需确保无线电干扰强度符合技术标准 EN 61000-6-3 中要求的限制等级。为遵循这些限制，在混合区域中使用时可采取的相应措施如下：

- 将 S7-1500R/H 冗余系统安装在接地的控制柜中
- 在供电线路中使用噪声滤波器

还需要进行单独的验收测试。

在住宅区使用

说明

S7-1500R/H 冗余系统不适合在居民生活区内使用

S7-1500R/H 冗余系统不用于住宅区在居民生活区内使用 S7-1500R/H 冗余系统，可能会影响无线电或电视接收。

参考

有关这些标记和认证的证书，敬请访问 Internet

(<http://www.siemens.com/automation/service&support>) 上的 Siemens 工业在线支持。

15.2 电磁兼容性

定义

电磁兼容性 (EMC) 是指电气设备在其电磁环境中正常运行且不影响环境的能力。

S7-1500R/H 冗余系统还满足欧洲单一市场 EMC 的法规要求。是否合规取决于 S7-1500R/H 冗余系统是否符合电气设备的相关要求和准则。

符合 NE21 的 EMC

S7-1500R/H 冗余系统满足 NAMUR 指南 NE21 的 EMC 规范。

脉冲型干扰

下表列出了 S7-1500R/H 冗余系统对于脉冲型干扰变量的电磁兼容性。

表格 15-1 脉冲型干扰

脉冲型干扰	测试电压	对应的严重程度等级
符合 IEC 61000-4-2 的静电放电	空气放电：± 8 kV	3
	接触放电：±6 kV	3
符合 IEC 61000-4-4 的短脉冲（快速瞬态干扰）	±2 kV（电源线）	3
	±2 kV（信号线 > 30 m）	4
	±1 kV（信号线 < 30 m）	3
符合 IEC 61000-4-5 的高能单脉冲（浪涌） 需要的外部保护电路（不适用于 230 V 模块） 更多信息，请参见《设计无干扰控制器》功能手册。		3
• 不对称耦合	±2 kV（电源线） 带有防护装置的直流电压 ±2 kV（仅信号/数据线 > 30 m）， 带保护元件	
• 对称耦合	±1 kV（电源线），带有防护装置的 直流电压 ±1 kV（仅信号/数据线 > 30 m）， 带保护元件	

正弦波干扰

下表列出了 S7-1500R/H 冗余系统对于正弦波干扰（RF 辐射）的电磁兼容性。

表格 15- 2 RF 辐射的正弦波干扰

符合 IEC 61000-4-3/NAMUR 21 的 RF 辐射 电磁 RF 场, 振幅调制		对应的严重度等级
80 MHz 到 2.7 GHz	10 V/m	3
2.7 GHz 到 6 GHz	3 V/m	2
80 % AM (1 kHz)		

下表列出了 S7-1500R/H 冗余系统对于正弦波干扰（RF 耦合）的电磁兼容性。

表格 15- 3 RF 耦合的正弦波干扰

符合 IEC 61000-4-6 的 RF 耦合	对应的严重度等级
从 10 kHz 起	3
10 V _{rms}	
80 % AM (1 kHz)	
150 Ω 源阻抗	

射频干扰

电磁场干扰辐射符合 EN 55016

表格 15- 4 电磁场的干扰辐射

频率	干扰辐射	测量距离
30 MHz 到 230 MHz	< 40 dB (μV/m) QP	10 m
230 MHz 到 1000 MHz	< 47 dB (μV/m) QP	10 m
1 GHz 到 3 GHz	< 76 dB (μV/m) P	3 m
3 GHz 到 6 GHz	< 80 dB (μV/m) P	3 m

15.3 运输和贮存条件

通过符合 EN 55016 的 AC 电源的干扰辐射。

表格 15- 5 AC 电源的干扰辐射

频率	干扰辐射
0.15 MHz 到 0.5 MHz	< 79 dB (μV) Q < 66 dB (μV) M
0.5 MHz 到 30 MHz	< 73 dB (μV) Q < 60 dB (μV) M

15.3 运输和贮存条件

简介

S7-1500R/H 冗余系统符合 IEC 61131-2 运输和存储条件的有关规范。以下信息适用于采用原包装进行运输和存储的模块。

模块的运输和贮存条件

表格 15- 6 运输和贮存条件

情况类型	允许范围
自由落体（在运输包装中）	≤ 1 m
温度	从 -40 °C 到 +70 °C
大气压	1140 至 660 hPa（相当于海拔 -1000 到 3500 m）
相对湿度	5% 到 95%，无凝露
抗正弦振动，符合 IEC 60068-2-6	5 到 8.4 Hz：3.5 mm 8.4 - 500 Hz：9.8 m/s ²
抗冲击，符合 IEC 60068-2-27	250 m/s ² ，6 ms，1000 次冲击

15.4 机械和气候环境条件

工作条件

S7-1500R/H 冗余系统需要在不受气候影响的固定地点使用。运行条件基于 IEC 61131-2:2017 的要求：

- OTH4
- STH4（R/H CPU：最低环境温度 -40 °C，最小相对湿度 5%）
- TTH4（R/H CPU：最小相对湿度 5%）

机械环境条件测试

下表列出了有关机械环境条件测试类型及范围的重要信息。

表格 15- 7 机械环境条件测试

测试条件	测试标准	说明
振动	符合 IEC 60068-2-6 的振动测试（正弦）	振动类型：变化率为 1 倍频程/分钟的频率扫描。 5 Hz ≤ f ≤ 8.4 Hz，等幅 7 mm 8.4 Hz ≤ f ≤ 150 Hz，恒定加速度 2 g 振动持续时间：在 X、Y、Z 三个方向上各 10 次
抗冲击性	符合 IEC 60068-2-27 的冲击测试	冲击类型：半正弦波 冲击强度：15 g 最大值，11 ms 持续时间 冲击方向：在 X、Y、Z 正负方向上各 3 次
持续冲击	符合 IEC 60068-2-27 的冲击测试	冲击类型：半正弦波 冲击强度：250 m/s² 峰值，6 ms 持续时间 冲击方向：在 X、Y、Z 正负方向上各 1000 次

振动减小

如果 S7-1500R/H 冗余系统正遭受严重冲击或振荡，请采取适当措施来降低加速度或振幅。

建议在减震材料（例如，橡胶金属防震装置）上安装 S7-1500R/H 冗余系统。

气候环境条件

下表列出了 SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统运行期间所允许的气候环境条件：

表格 15- 8 气候环境条件

环境条件		允许范围	注释
温度 R-CPU	水平安装位置	0 到 60 °C 订货号 6ES7513-1RL00-0AB0、 6ES7515-2RM00-0AB0：	为提高显示屏的服务寿命，显示屏在超过所允许的工作温度时会自动关闭。 在某些温度条件下，显示屏会关闭并再次开启。更多信息，请参见 CPU 手册中的技术规范。
		-30 到 60 °C 订货号 6ES7513-1RM03-0AB0、 6ES7515-2RN03-0AB0：	
	垂直安装位置	0 到 40 °C 订货号 6ES7513-1RL00-0AB0、 6ES7515-2RM00-0AB0：	
		-30 到 40 °C 订货号 6ES7513-1RM03-0AB0、 6ES7515-2RN03-0AB0：	
温度 H-CPU	水平安装位置	0 到 60 °C	
		0 到 55 °C 包含同步模块 Sync Module 1 GB FO 40 km (6ES7960-1FE00- 0AA5) ¹⁾	
	垂直安装位置	0 到 40 °C	
		0 到 35 °C 包含同步模块 Sync Module 1 GB FO 40 km (6ES7960-1FE00- 0AA5) ¹⁾	

环境条件	允许范围	注释
温度变化	10 K/h	-
相对湿度	从 10 % 到 95 %	无冷凝
大气压	1140 到 795 hPa	相当于海拔高度 -1000 m 到 2000 m。 请注意以下部分“在海平面以上超过 2000 m 处使用 S7-1500R/H 冗余系统”。
污染浓度	ANSI/ISA-71.04 severity level G1; G2; G3	-

- 1) 如果在 H-CPU 中使用 Sync Module 1 GB FO 40 km (6ES7960-1FE00-0AA5) 同步模块，则限制适用于最高环境温度。

在海平面以上超过 2000 m 处使用 S7-1500R/H 冗余系统

表格 15- 9 最大安装海拔高度为 5000 m 的 R/H CPU

CPU 名称	订货号	版本	最大安装海拔高度
CPU 1513R-1 PN	6ES7513-1RL00-0AB0 6ES7513-1RM03-0AB0	FS01 或更高版本	5,000 m
CPU 1515R-2 PN	6ES7515-2RM00-0AB0 6ES7515-2RN03-0AB0		
CPU 1517H-3 PN	6ES7517-3HP00-0AB0		
CPU 1518HF-4 PN	6ES7518-4JP00-0AB0		

“海平面以上操作高度”的最大值在相应模块的技术规范中进行了说明。有关包含每日更新的技术规范的产品数据表，敬请访问 Internet (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/ps/td>) 上的工业在线支持。在网站上输入所需模块的订货号或简短描述即可获取。

对于海拔超过 2000 m 的高度，下列限制适用于规定的最高环境温度：

关于安装海拔高度规定的最大环境温度限制

安装海拔高度	环境温度降容系数 ¹⁾
-1000 m 到 2000 m	1.0
2000 m 到 3000 m	0.9
3000 m 到 4000 m	0.8
4000 m 到 5000 m	0.7

¹⁾ 降容系数的适用基值为 2000 m 下的最高允许环境温度（以 °C 为单位）。

说明

- 允许在海拔高度之间进行线性插值。
- 降容系数可补偿由于密度较低而下降的高海拔空气冷却效果。
- 请注意技术规范中各 CPU 的安装位置。其依据是 IEC 61131-2:2017 标准。
- 确保在海拔超过 2000 m 时使用的是额定电源。
- R/H CPU 的显示屏适用于 ≤ 3,000 m 的海拔高度。在高度 > 3,000 m 下运行设备时，极少数情况下 CPU 显示屏可能会出现问题；但是，不影响 CPU 运行。
- CPU 1517H-3 PN/CPU 1518HF-4 PN 的同步模块（同步模块 1 GB FO 10 m：6ES7960-1CB00-0AA5；同步模块 1 GB FO 10 km：6ES7960-1FB00-0AA5，Sync module 1 GB FO 40 km：6ES7960-1FE00-0AA5）也已发布，适用于 5000 m 的海拔高度。

对模块可用性的影响

在海拔高度 2000 m 以上运行期间，宇宙辐射较高时，还将对电子元件的故障率（所谓软失效率）产生影响。在个别情况下，这可能会导致主备份切换。

HF-CPU 的 PFDavg、PFH 值

下面列出了具有 20 年使用寿命和 100 小时修理时间的 HF-CPU 的可能故障值（PFDavg 和 PFH 值）：

低要求模式下的操作 低要求模式 符合 IEC 61508:2010 : PFDavg = 要求时发生危险性故障的平均概率	高要求/连续模式下的操作 高要求/连续模式： 符合 IEC 61508:2010 : PFH = 危险性故障发生频率的平均值 [h ⁻¹]
<2E-05	< 1E-09

15.5 有关绝缘测试、保护类别、防护等级和额定电压的信息

绝缘

根据 IEC 61010-2-201 的要求设计绝缘。

说明

对于电源电压为 24 V DC (SELV/PELV) 的模块，需使用 707 V DC 进行电气隔离测试（型式试验）。

污染等级/过压类别符合 IEC 61131-2、IEC 61010-2-201

- 污染等级 2
- 过电压类别：II

防护等级符合 IEC 61131-2、IEC 61010-2-201

S7-1500R/H 冗余系统符合防护类别 I 的要求以及防护类别 II 和 III 的部分要求。

防护等级 IP20

防护等级 IP20 符合 IEC 60529 对 S7-1500R/H 冗余系统所有模块的要求：

- 防止与标准测试手指接触
- 防止直径超过 12.5 mm 的异物
- 无防水保护

额定工作电压

在下表列出了 S7-1500R/H 冗余系统正常运行时的额定电压和相应容差。

表格 15- 10 额定工作电压

额定电压	容差范围
24 VDC	19.2 V DC 至 28.8 V DC ¹⁾

¹⁾ 静态值：生成为保护性超低电压，带有符合 IEC 61131-2 或 IEC 61010-2-201 的安全电气隔离。

15.6 在危险区域 2 区中使用 S7-1500R/H

参考

更多信息，请参见产品信息“在危险区域 2 区中使用模块
(<http://support.automation.siemens.com/WW/view/zh/19692172>)”。

尺寸图

安装导轨 160 mm

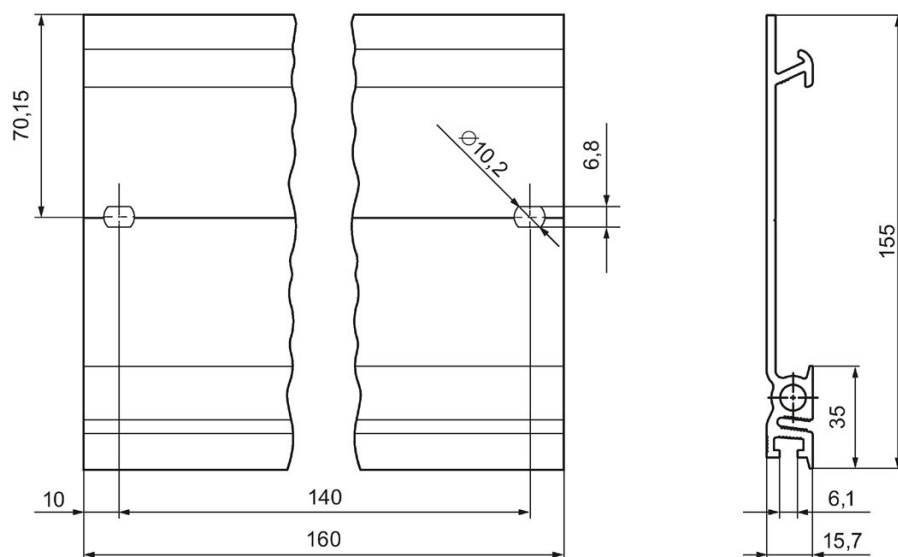


图 A-1 安装导轨 160 mm

安装导轨 245 mm

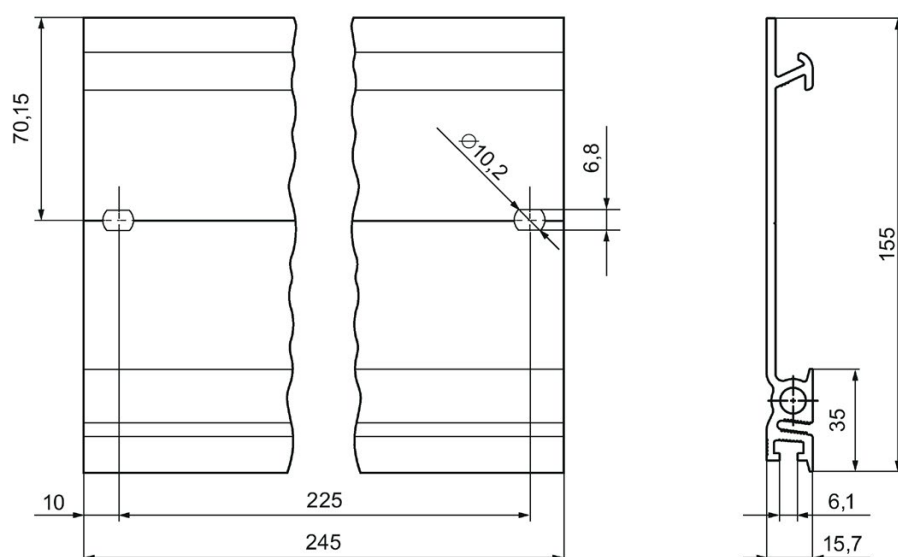


图 A-2 安装导轨 245 mm

安装导轨 482.6 mm

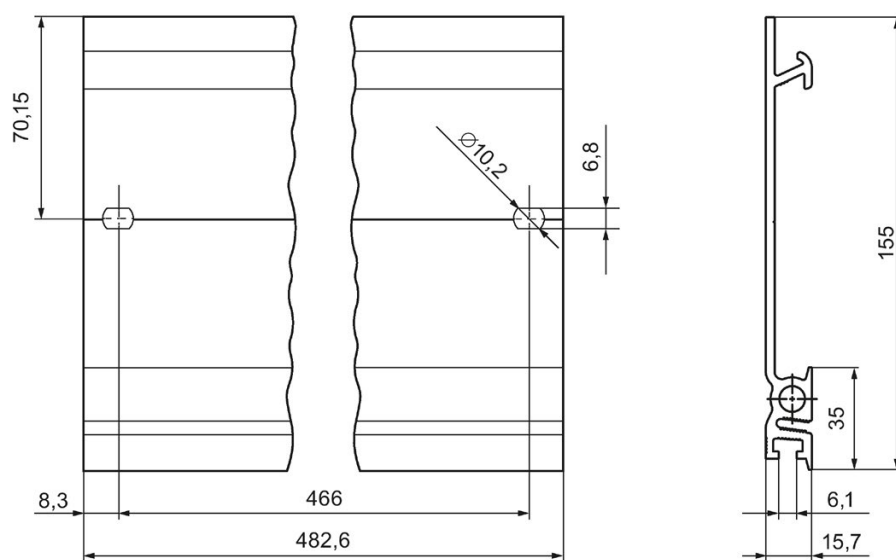


图 A-3 安装导轨 482.6 mm

安装导轨 530 mm

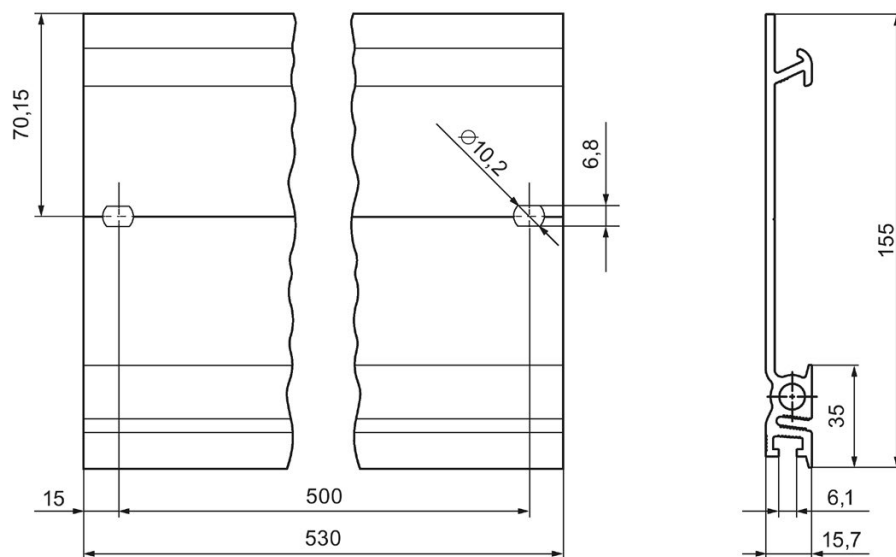


图 A-4 安装导轨 530 mm

安装导轨 830 mm

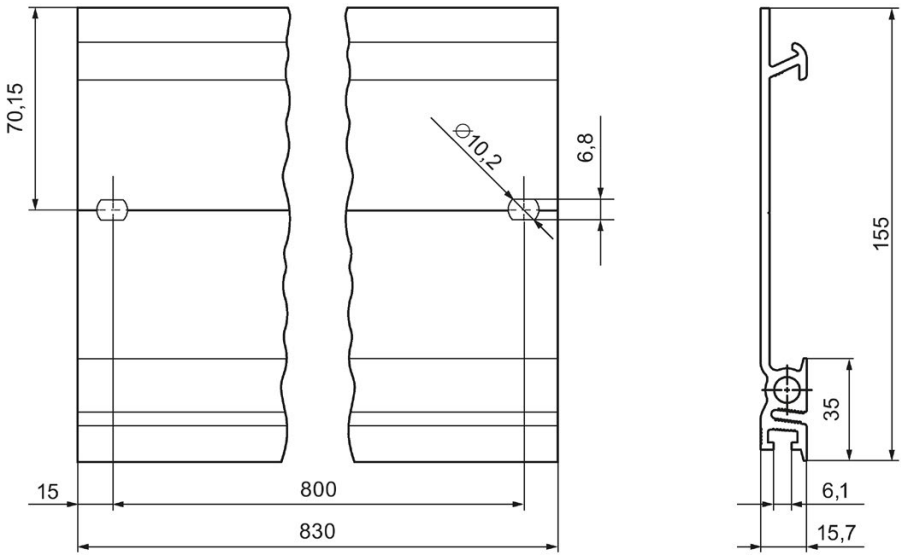


图 A-5 安装导轨 830 mm

安装导轨 2000 mm

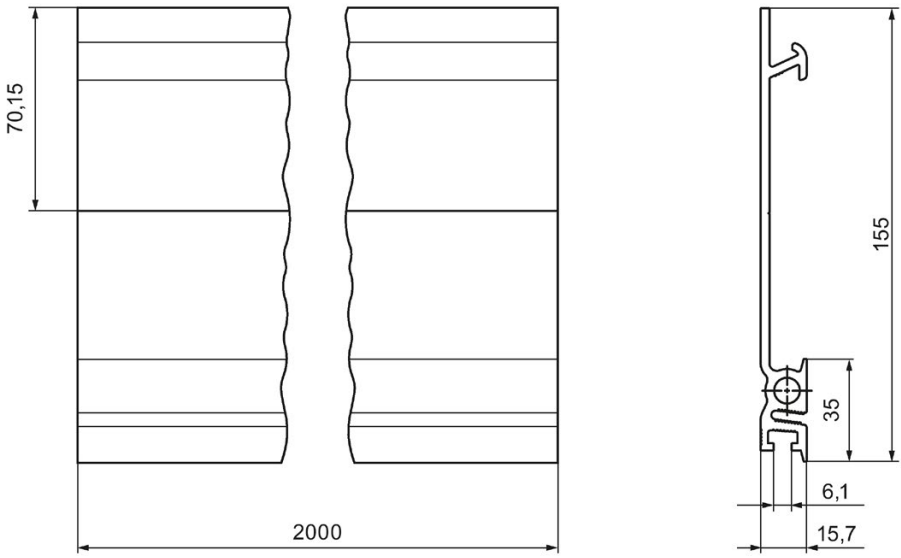


图 A-6 安装导轨 2000 mm

附件/备件

常规附件

表格 B- 1 常规附件

标识	订货号
安装导轨	
• 安装导轨, 160 mm (带钻孔)	6ES7590-1AB60-0AA0
• 安装导轨, 245 mm (带钻孔)	6ES7590-1AC40-0AA0
• 安装导轨, 482 mm (带钻孔)	6ES7590-1AE80-0AA0
• 安装导轨, 530 mm (带钻孔)	6ES7590-1AF30-0AA0
• 安装导轨, 830 mm (带钻孔)	6ES7590-1AJ30-0AA0
• 安装导轨, 2000 mm (不带钻孔), 按需切割长度	6ES7590-1BC00-0AA0
标准导轨适配器, 10 个适配器, 10 个内六角螺钉和 10 个垫圈	6ES7590-6AA00-0AA0
用于 2000 mm 安装导轨的 PE 连接元件 (备件), 20 个	6ES7590-5AA00-0AA0
电源电压的 4 孔连接插头 (备件), 10 个	6ES7193-4JB00-0AA0
U 型连接器 (备件), 5 个	6ES7590-0AA00-0AA0
35 mm 显示模块 (替换件), 适合 R-CPU, 1 件	6ES7591-1AA01-0AA0
35 mm 显示模块 (替换件), 适合 R-CPU (订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0 起), 1 件	6ES7591-1AB00-0AA0
35 mm 盖板 (替换件), 具有显示屏/显示屏按键开口, 适合 R-CPU (订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0 起), 5 件	6ES7591-4AB00-0AA0
70 mm 显示模块 (替换件), 适合 R/H CPU, 1 件	6ES7591-1BA02-0AA0
70 mm 显示模块 (替换件), 适合 R-CPU (订货号自 6ES7515-2RN03-0AB0 起), 1 件	6ES7591-1BB00-0AA0
70 mm 盖板 (替换件), 具有显示屏/显示屏按键开口, 适合 R-CPU (订货号自 6ES7515-2RN03-0AB0 起), 5 件	6ES7591-4BB00-0AA0

标识	订货号
电源线连接器，带有电源编码元件（备件），10 件	6ES7590-8AA00-0AA0
CPU 1517H-3 PN、CPU 1518HF-4 PN 的同步模块	
• 1 GB FO 10 m 同步模块	6ES7960-1CB00-0AA5
• 1 GB FO 10 km 同步模块	6ES7960-1FB00-0AA5
• 同步模块 1 GB FO 40 km	6ES7960-1FE00-0AA5
CPU 1517H-3 PN、CPU 1518HF-4 PN 的冗余连接	
• FO 1 m 同步电缆（多模光纤）	6ES7960-1BB00-5AA5
• FO 2 m 同步电缆（多模光纤）	6ES7960-1BC00-5AA5
• FO 10 m 同步电缆（多模光纤）	6ES7960-1CB00-5AA5
• FO 40 km（最长）同步电缆（单模光纤）	参见工业商城 (https://mall.industry.siemens.com)
用于冗余连接的 PROFINET 电缆，CPU 1513R-1 PN、CPU 1515R-2 PN 的 PROFINET 环网； 用于 CPU 1517H-3 PN、CPU 1518HF-4 PN 的 PROFINET 环网的 PROFINET 电缆	
• 工业以太网 FastConnect RJ45 插头 180 度引出线，1 件	6GK1901-1BB10-2AA0
• 工业以太网 FastConnect RJ45 插头 180 度引出线，10 件	6GK1901-1BB10-2AB0
• 工业以太网 FastConnect RJ45 插头 90 度引出线，1 件	6GK1901-1BB20-2AA0
• 工业以太网 FastConnect RJ45 插头 90 度引出线，10 件	6GK1901-1BB20-2AB0

SIMATIC 存储卡

表格 B- 2 SIMATIC 存储卡

订货号	容量
6ES7954-8LCxx-0AA0	4 MB
6ES7954-8LExx-0AA0	12 MB
6ES7954-8LFxx-0AA0	24 MB
6ES7954-8LL02-0AA0	256 MB
6ES7954-8LPxx-0AA0	2 GB
6ES7954-8LT02-0AA0	32 GB

介质转换器（电气 ⇄ 光学）

表格 B- 3 介质转换器（电气 ⇄ 光学）

订货号	订货号
SIMATIC NET 介质转换器 SCALANCE X101-1	6GK5101-1BB00-2AA3
RUGGEDCOM RMC-24-TXFXSM-XX	6GK6001-0AC01-0EA0
其它介质转换器	按需供应

在线产品目录

S7-1500R/H 冗余系统的更多订货号，请参见 Internet (<https://mall.industry.siemens.com>) 上的在线产品目录和在线订购系统。

停用

C.1 简介

在以下部分中，将找到有关如何正确停用 SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统的各个组件的信息。组件达到其使用寿命时，必须进行停用。

停用包括环境无害化处置和安全移除存储介质中电子元件的所有数字数据。

C.2 安全移除数据

在处置 S7-1500R/H 冗余系统的组件之前，必须从这些组件的存储介质中安全地删除所有数据。

注意
非安全删除数据会导致数据滥用 从数据存储器中不完整或不安全地删除数据可能会导致数据被第三方滥用。 为此，请确保在处置产品之前从所有存储介质中安全删除数据。

要从待处置的 R/H CPU 的数据存储器中删除所有数据，请将相应的模块复位为其出厂设置。“复位为出厂设置”功能将 CPU 复位为其交付状态。此功能将删除 CPU 内部保存的所有信息。

删除数据

要从每个 R/H-CPU 和 SIMATIC 存储卡中安全删除数据，请按给定顺序执行以下步骤：

1. 格式化 SIMATIC 存储卡。

格式化操作会删除 SIMATIC 存储卡中的所有内容。

使用 STEP 7 进行格式化：

- 建立一条在线连接。
- 打开 CPU 的在线和诊断视图（通过项目环境或“可访问的设备”(Accessible devices)）。
- 在该对话框中，选择“功能 > 格式化存储卡”(Functions > Format memory card)，然后单击“格式化”(Format) 按钮。

使用 CPU 的显示屏进行格式化

- 在 CPU 显示屏中，选择菜单“设置 > 卡功能 > 格式化卡”(Settings > Card functions > Format card)，然后单击“确定”(OK) 进行确认。

2. 恢复 CPU 的出厂设置。

我们建议在 STEP 7 中复位 CPU。将 CPU 复位为出厂设置时，请在复位前选择图中所示的选项。

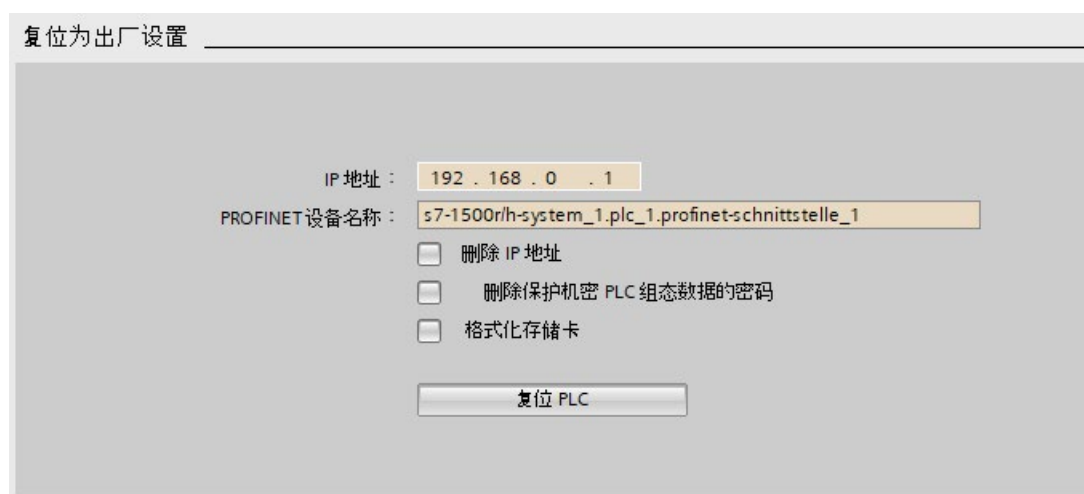


图 C-1 将 CPU 复位为出厂设置

说明

如果使用 STEP 7 复位 CPU 并选择了“格式化存储卡”(Format memory card) 选项，则可跳过所述步骤序列的第 1 步。

有关将 CPU 复位为出厂设置的详细信息，请参见“将 CPU 复位为出厂设置 (页 414)”部分。

结果：仍包含在模块和 SIMATIC 存储卡的数据存储器中的所有数据已被删除。现可处置组件。

说明

如果在格式化后不再打算使用 SIMATIC 存储卡，请在处置之前将其销毁。

一种安全的销毁方法是将卡粉碎到无法重建的程度。为此，还可使用专门处理数据存储介质销毁的废物处置服务。

C.3 回收和处置

为了确保旧设备的回收和处理符合环保要求，请联系经认证的电子废料处理公司机构，并根据所在国家的相关规定进行回收处理。

术语表

AR

AR（应用关系）涵盖 IO 控制器与 IO 设备之间的所有通信关系（例如 IO 数据、数据记录、中断）。

CPU

中央处理单元 (**C**entral **P**rocessing **U**nit, CPU) 中包含有操作系统，可执行用户程序。用户程序位于 SIMATIC 存储卡中，在 CPU 的工作存储器中执行处理。CPU 上的 PROFINET 接口支持与 PROFINET 设备、PROFINET 控制器、HMI 设备以及 PG/PC 同时通信。

CPU 的固件

在 SIMATIC 中，CPU 的固件与用户程序不同。

固件是内嵌在电子设备中的软件。在功能方面，固件永久连接到硬件。固件通常存储在闪存（如，EPROM、EEPROM 或 ROM）中，用户无法进行替换，只能通过特殊工具或功能进行替换。

用户程序：更多信息，请参见术语表中的条目“用户程序”。

DNA 冗余

DNA 冗余是指使用冗余双网络访问 (**D**ual **N**etwork **A**ccess, DNA) 连接包含两个解耦网络的网络。为此，会使用两个 Y 型交换机，一个 DNA 管理器和一个 DNA 客户端。

DP

分布式 I/O

F-CPU

F-CPU 是指具有故障安全功能的 CPU，经批准可在 SIMATIC Safety 中使用。标准用户程序也可在 F-CPU 中运行。

GSD 文件

通用站描述，包含 PROFINET 或 PROFIBUS 设备组态所必需的所有属性。

H-Sync 转发

使用 H-Sync 转发功能时，支持 MRP 的 PROFINET 设备仅在 PROFINET 环网中转发 S7-1500R 冗余系统的同步数据（同步帧）。

此外，通过 H-Sync 转发功能，甚至可在对 PROFINET 环网进行重新组态过程中转发同步数据。如果 PROFINET 环网中断，H-Sync 转发功能可避免循环时间增加。

S7-1500R：建议为 PROFINET 环网中所有仅具有 2 个端口的 PROFINET 设备使用 H-Sync 转发功能。PROFINET 环网中所有具有两个以上端口（例如交换机）的 PROFINET 设备必须支持 H-Sync 转发功能。

S7-1500H：H-Sync 转发功能与 S7-1500H 冗余系统无关。

I/O 模块

分布式 I/O 的设备，用作控制器和过程间的接口。

IP 地址

IP 地址由 4 个 0 到 255 间的十进制数组成。这些十进制数使用句点进行分隔（如，192.162.0.0）。

IP 地址由以下几个部分组成：

- 网络地址
- 设备地址（IO 控制器 I/O 设备的 PROFINET 接口）

MAC 地址

PROFINET 接口的每个端口（PROFINET 设备）在出厂时都分配了一个全球唯一的设备标识符。该设备标识符即是 MAC 地址，长度为 6 字节。

MAC 地址可分为以下几个部分：

- 生产商 ID，长度为 3 个字节
- 3 字节设备 ID（连续编号）。

MAC 地址通常显示在设备的正面。

示例：08-00-06-6B-80-C0

NTP

网络时间协议 (NTP) 是自动化系统中通过工业以太网进行时钟同步的标准。NTP 使用 UDP 无线网络传输协议。

PELV

Protective Extra Low Voltage = 安全超低电压已连接至保护接地端

PROFINET

PROcess **F**ield **NET**work 的缩写，即开放式工业以太网标准，是 PROFIBUS 和工业以太网的进一步发展。一种跨制造商的通信、自动化和工程组态模型，由 PROFIBUS International e.V. 定义为一种自动化标准。

PROFINET IO

用于在 PROFINET 范围内实现模块化、分布式应用的通信机制。

PROFINET IO 控制器

用于寻址所连 IO 设备的设备（如，分布式 I/O 系统）。IO 控制器与分配的 IO 设备之间交换输入和输出信号。IO 控制器通常为运行用户程序的 CPU。

PROFINET IO 设备

分布式现场设备，可分配给一个或多个 IO 控制器。示例：分布式 I/O 系统、阀端子、变频器和交换机。

PROFIsafe

用于在故障安全系统的安全程序和 F-I/O 模块之间进行通信的安全相关的 PROFINET IO 总线规约。

SELV

Safety Extra Low Voltage = 安全超低电压

SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol) 是一种标准通信协议，用于诊断以太网的网络结构并为其分配参数。

在进行办公设置和自动化系统工程组态时，以太网中不同厂商的大多数设备都支持 SNMP。

在同一个网络中，可同时运行基于 SNMP 协议的应用程序与 PROFINET 应用程序。

所支持的功能范围取决于设备类型。例如，交换机比 CP 1616 具有更多功能。

TIA Portal

TIA Portal

TIA Portal 是充分发挥全集成自动化所有潜能的关键所在。此软件可优化操作、机器和过程序列。

安全程序

安全相关的用户程序

安全功能

集成在 F-CPU 和 F-I/O 中的机制，允许在 SIMATIC Safety 故障安全系统中使用。

根据 IEC 61508 的规定：由安全继电器实现的功能，可以使系统在出现特定错误时保持安全状态，或将系统转换为安全状态。

安全级别

安全级别 (Safety Integrity Level) SIL 符合 IEC 61508。安全完整性等级越高，用于防止出现系统错误及控制系统错误和硬件故障的措施就越严格。

使用故障安全模块时，安全级别可以达到 SIL3。

保持性

发生电源故障或从 STOP 转换为 RUN 模式后，数据仍然保留不变的存储区。发生电源故障或从 STOP 转换为 RUN 模式后，非保持性区域位存储器、定时器和计数器将复位。数据块的非保持性内容会复位为初始值。

备用 CPU

S7-1500R/H 冗余系统中，某 CPU 的角色。如果 R/H 系统处于 RUN-Redundant 系统状态，则主 CPU 将对过程进行控制。备用 CPU 将同步处理用户程序，并在主 CPU 发生故障时接管过程控制。

背景数据块

在 STEP 7 用户程序中每次调用函数块时，都将指定一个自动生成的数据块。输入、输出和 in/out 参数的值与本地数据块一样都存储在背景块数据中。

标识数据

保存在模块中的信息，可用于复查系统组态和定位硬件变更。

波特率

数据传输率，指示每秒传输的比特数（波特率 = 比特率）。

参考电位

可以通过观察和/或测量所涉及电路电压的电位。

参数

- STEP 7 代码块的变量：
- 设置模块特性的变量（每个模块一个或多个）。在交付状态下，每个模块都有相应的基本设置，可在 STEP 7 组态中进行更改。参数可分为静态参数和动态参数。

参数，动态

通过用户在用户程序中调用 SFC，可在操作过程中对动态模块参数进行更改。如，模拟量输入模块的限值。

参数，静态

静态模块参数无法通过用户程序进行更改，只能在 STEP 7 中通过组态更改（如，数字量输入模块的输入延时）。

操作状态

操作状态是指在任何给定时间点某个单 CPU 的操作特性。

S7-1500R/H 冗余系统的主 CPU 则具有 STOP、STARTUP、RUN、RUN-Syncup 和 RUN-Redundant 五种操作状态。备用 CPU 具有 STOP、SYNCUP 和 RUN-Redundant 三种操作状态。

产品型号 (PV) = 功能版本 (FV)

产品型号或功能版本为模块的硬件版本信息。

大地

接地即意味着任意点的电位都为零。

单个设备中所有互连的不带电组件

大地

接地即意味着任意点的电位都为零。

单个设备中所有互连的不带电组件

代码块

在 SIMATIC S7 中，代码块包含部分 STEP 7 用户程序。

等电位连接

一种电气连接（等电位连接导体），可使电子设备的导电部件及其它导电部件连接至相等或接近相等的电位，以避免在这些部件之间产生干扰电压或危险电压。

定时器

定时器是 CPU 系统存储器的组件。操作系统将自动更新“定时器单元”中的内容，更新过程与用户程序不同步。通过 STEP 7 指令，可精准定义定时器单元的具体功能（如，接通延时时间）并触发该功能的执行。

非隔离的模块

对于非隔离的输入和输出模块，控制电路和负载电路的参考电位是电气互连的。

分布式 I/O 系统

带有分布式 I/O 模块的系统，距离对其进行控制的 CPU 较远。

负载电流电源

负载电流电源为模块的输入和输出电路供电。

隔离的模块

对于隔离的输入和输出模块，控制电路和负载电路的参考电位是电气隔离的。示例包括光频隔离器、继电器或变压器。输入/输出电路可以连接到公共电位。

更新中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，更新”。

功能性接地

功能性接地是指电路和大地之间形成一个低阻抗电流路径。它不适合用作保护措施，但可提高抗干扰能力。

骨干环网

骨干环网是一种极其高速的网络。由于 PROFINET 的带宽限制为 100 Mbps，因此 PROFINET 组件仅可通过交换机连接到骨干环网。

示例：隧道中装有摄影机的环网。

固件更新

通过固件更新对模块固件进行更新。固件更新是指运行 CPU 或接口模块的新功能等。

故障安全系统

故障安全系统（F 系统）的特点是，在发生特定故障时保持安全状态，或者立即转换为其他安全状态。

过程映像 (I/O)

CPU 将输入和输出模块中的值传送到该存储区域内。循环程序开始时，CPU 将过程映像输出以信号状态的形式传送到输出模块中。CPU 随后将输入模块的信号状态读入过程映像输入中。随后 CPU 执行用户程序。

函数

函数 (FC) 是一个不带静态数据的代码块。通过函数，可在用户程序中进行参数传递。因此，函数非常适用于对频繁执行的复杂功能（如计算）进行编程。

函数块

函数块 (FB) 是一个包含静态数据的代码块。通过函数块，可在用户程序中进行参数传递。因此，函数块可用于对反复执行的复杂功能（如，闭环控制或操作模式选择）进行编程。

计数器

计数器是 CPU 系统存储器的组件。通过 STEP 7 指令（如，加/减计数），示例：可修改“计数器单元”中的内容。

交换 S1 设备

通过 CPU 的“交换 S1 设备”功能，可以在 S7-1500R/H 冗余系统上操作标准 IO 设备。

PROFINET 通信在主 CPU 与标准 IO 设备之间的 AR 上进行。更换主 CPU 时，标准 IO 设备会短暂地与 S7-1500R/H 冗余系统断开连接，直至新的主 CPU 再次与标准 IO 设备建立 AR。如果 S7-1500H 中的线型拓扑中断，备用 CPU 会在短暂的时间后与标准 IO 设备建立 AR。

交换机

PROFIBUS 是一个线形网络。通信节点通过一根无源电缆（总线）连接在一起。

与之相反，工业以太网则采用点到点连接方式：每个通信节点仅直接连接至另一个通信节点。

如果将一个通信节点连接其它多个通信节点，需要先将该通信节点连接到一个有源网络组件（交换机）端口上。可将其它通信节点（包括交换机）连接到该交换机的其它端口上。通信节点和交换机之间仍采用点对点的连接方式。

这样，交换机即可重新生成并分发所接收的信号。交换机将“记住”所连 PROFINET 设备或其它交换机的 MAC 地址。交换机只转发用于所连接 PROFINET 设备或交换机的信号。

交换机具有特定数目的连接（端口）。可以将至多一个 PROFINET 设备或额外交换机连接到每个端口。

接地

接地意味着通过一个接地系统将导电部件连接至接地电极。

接口模块

分布式 I/O 系统中的模块。接口模块通过现场总线将分布式 I/O 系统连接到 CPU（IO 控制器），并为 I/O 模块准备数据。

连接插头

连接插头在设备和电缆等设备之间提供物理连接。

暖启动

更多信息，请参见术语表中的条目“重新启动”。

排

与安装导轨相连的所有模块。

配对

配对是指 S7-1500R/H 的 CPU 在网络中相互识别。配对过程中，CPU 会交换信息，以便相互识别。示例：查看匹配的订货号和固件版本。两个 CPU 成功配对是冗余操作的基本要求。

冗余 ID

两个 CPU 的装载存储器均包含一个 CPU 以及另一个 CPU 的项目数据。通过分配冗余 ID，可定义 CPU 为自身使用哪些项目数据。

冗余连接

在 S7-1500R 系统中，使用支持 MRP 的 PROFINET 环网进行冗余连接。该冗余连接使用 PROFINET 电缆的部分带宽进行 CPU 同步，即，这一部分带宽无法用于 PROFINET IO 通信。

与 S7-1500R 中不同，S7-1500H 中的 PROFINET 环网与冗余连接是分开的。两个冗余连接使用光纤电缆经由同步模块将 CPU 直接连接在一起。因此，PROFINET 电缆的带宽可用于 PROFINET IO 通信。

冗余系统

冗余系统具有多个（冗余）重要自动化组件实例。如果冗余组件发生故障，仍会保持过程控制。

设备

设备可通过总线对数据进行发送、接收或放大。如，通过 PROFINET IO 进行数据传递的 IO 设备。

设备名称

每个 IO 设备必须具有唯一的设备名称。这是允许 IO 控制器与 IO 设备进行通信的必要条件。优势：比起复杂的 IP 地址，设备名称更容易管理。

IO 设备在交付时，没有设备名称。必须在 IO 控制器对 IO 设备进行寻址前使用 PG/PC 分配设备名称。示例：在启动期间传送组态数据（如 IP 地址）或者在循环模式下交换用户数据。

时间中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，时间”。

数据块

数据块 (DB) 是用户程序中包含用户数据的数据区域。可用数据块：

- 从所有代码块中可访问的全局数据块。
- 分配给某个特定函数块调用的背景数据块。

同步模块

使用同步模块在 S7-1500H 冗余系统的 CPU 间创建冗余连接。每个 CPU 需要两个同步模块，并通过光纤电缆成对连接。

位存储器

位存储器是 CPU 的一个系统存储器组件，用于保存中间结果。通过用户程序逐位、逐字节、逐字或逐双字地访问位存储器。

系统 IP 地址

除了各 CPU 的设备 IP 地址之外，S7-1500R/H 冗余系统还支持以下系统 IP 地址。通过系统 IP 地址，可与其它设备（如，HMI 设备、CPU、PG/PC）进行通信。这些设备通常基于系统 IP 地址与冗余系统的主 CPU 进行数据通信。这样，可确保在冗余操作中原来的主 CPU 发生故障后，通信伙伴可在 RUN-Solo 系统状态下与新的主 CPU（之前的备用 CPU）进行通信。

系统状态

S7-1500R/H 冗余系统的系统状态取决于主 CPU 和备用 CPU 的操作状态。术语“系统状态”用于快速标识两个 CPU 上同时出现操作状态。S7-1500R/H 冗余系统具有 STOP、STARTUP、RUN-Solo、SYNCUP 和 RUN-Redundant 五种系统状态。

循环控制点

循环控制点标志着一个循环结束和下一循环开始。循环时间统计信息以及对已组态最大循环时间的监控在循环控制点开始。

达到循环控制点后，CPU 会立即将过程映像输出写入到输出模块、读取输入模块中的输入信号状态，然后执行第一个程序循环 OB。

要在冗余模式下达到循环控制点，必须满足以下要求：

- 主 CPU 已到达循环程序结束点
- 备用 CPU 已到达循环程序结束点，并将该信息报告给了主 CPU
- 如果组态了最小循环时间，则需要将其取消

循环时间

循环时间是 CPU 执行一次用户程序所需的时间。

循环中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，循环”。

压接

将两个组件连接在一起。如，通过塑料夹连接终端套管和电缆。

延时中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，延时”。

一致性数据

一致数据是指在内容上属于一个整体的数据。一致数据项会一起进行读写。

硬件中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，硬件”。

用户程序

在 SIMATIC 中，用户程序与 CPU 的固件不同。

用户程序中包含控制系统或过程的所有指令、声明和数据。用户程序分配给冗余系统。支持构建到较小的单元中。

固件：更多信息，请参见术语表中的条目“CPU 固件”。

预接线

将前连接器连接到 I/O 模块的“预接线位置”或在将前连接器插入 I/O 模块之前进行接线。

运行系统错误

在自动化系统中执行用户程序时发生的错误（不在过程中）。

诊断

监视功能包括：

- 对错误、故障和报警进行检测、定位与分类。
- 显示错误、故障和报警并进行进一步评估。

系统运行过程中将自动运行以上功能。这样，可通过缩短调试时间和停机时间提高系统可用性。

诊断缓冲区

诊断缓冲区是 CPU 中一个由电池供电的存储区，诊断事件在其中按发生顺序进行存储。

诊断中断

更多信息，请参见术语表中的条目“中断，诊断”。

直插式端子

无需使用工具就可连接电线的端子。

中断

在 CPU 的操作系统中，将用户程序执行分为不同的控制优先级。这些优先级包括各种中断，如硬件中断。发生中断时，操作系统将自动调用某个已分配的组织块。在组织块中（如，函数块中）编程设置所需响应。

中断，更新

接收到更新中断时，操作系统将调用更新中断 OB。更改设备的插槽参数时，可能会发生这种情况。

中断，时间

时间中断属于 SIMATIC S7 的程序执行优先类，根据一个特定的日期和时间生成时间中断。CPU 将随后执行相应的组织块。

中断，循环

CPU 在一个设置的时间段内周期性地生成一个循环中断，并执行相应的组织块。

中断，延时

延时中断属于 SIMATIC S7 的程序执行优先类，在用户程序中所启动的定时器到期后生成时间中断。CPU 将随后执行相应的组织块。

中断，硬件

过程中发生特定事件后，中断触发模块将触发一个硬件中断。该硬件中断将发送至 CPU。CPU 随后根据该中断的优先级执行所分配的组织块。

中断，诊断

具有诊断功能的模块可通过诊断中断，向 CPU 报告检测到的系统错误。

重新启动

重新启动会删除所有非保持性位存储器中的内容，而非保持性数据块中的内容将复位为装载存储器中的起始值。保持性位存储器和保持性数据块中的数据将保留。程序执行时，从调用第一个启动组织块开始。重启是通过 CPU POWER OFF/POWER ON 触发的。

主 CPU

S7-1500R/H 冗余系统中，某 CPU 的角色。如果 R/H 系统处于 RUN-Redundant 系统状态，则主 CPU 将对过程进行控制。备用 CPU 将同步处理用户程序，并在主 CPU 发生故障时接管过程控制。

主-备份切换

主 CPU 在冗余系统中承担主导角色。如果主 CPU 在故障后无法正常工作，备用 CPU 会接管主 CPU 角色并作为 CPU 运行。

自动化系统

可编程逻辑控制器，用于对过程工程组态行业和制造技术中的过程链进行开环和闭环控制。自动化系统可包含各种组件和集成系统功能，具体取决于自动化任务。

总线

与现场总线系统中所有设备相连的公共传输路径。

总线（自组装）

模块都在安装导轨上对齐排列，以机械和电气方式通过 U 型连接器（可旋转就位）相互连接。这样，每添加一个模块就会相应地扩展总线。

总线电缆接口

总线电缆连接器是总线节点与总线电缆间的物理连接。

组态

系统地排列各个模块（组态）。

组织块

组织块 (OB) 可作为 CPU 的操作系统与用户程序间的接口。组织块可确定用户程序的执行顺序。

索引

2

24 VDC 电源, 206

C

CE 认证, 430

CPU, 60

 备份/恢复内容, 367

 复位为出厂设置, 414

 读取服务数据, 426

CPU 冗余错误, 262, 270

CPU 技术规范概述, 62

CPU 的访问级别, 288

CPU 数据的备份类型, 367

cULus 认证, 431

F

F 系统, 57, 301

F 系统

F-CPU, 74

FM 认证, 433

H

H-CPU

 安装, 202

 卸载, 203

HMI 设备, 89

 连接, 183

 使用, 182

HMI 设备

H-Sync 转发, 65

I

I&M 数据

 读取, 374

I/O 冗余错误, 262, 272

IEC 60204, 205

IEC 61010-2-201, 436

IEC 61131-2, 436

L

LED 指示灯闪烁测试, 425

M

MAC 地址, 86

MRP 互连, 71

N

NTP 过程, 371

O

OB

 优先级和运行时特性, 275

 事件源, 275

OB 70, 262, 272

OB 72, 262, 270

OB 86, 270

P

PE 连接元件, 59

PELV

- 接地超低压, 208
 - PID 控制, 83
 - PID 控制器, 83
 - PLC 变量表, 424
 - PROFINET 电缆, 60
 - PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态, 115
 - PROFINET 环网中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态, 114
 - PROFINET 环网中包含采用 MRP 互连的 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态, 112
 - PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500H 组态, 102
 - PROFINET 环网中连接了 IO 设备的 S7-1500R 组态, 101
 - PRONETA, 92
- ## R
- R/H-CPU
 - 存储器复位, 361
 - 更换, 395
 - 附件, 450
 - 参考电位, 208
 - 组态版本, 100
 - 显示屏, 382
 - 硬件配置, 180
 - R1 设备, 41, 272
 - R-CPU
 - 安装, 202
 - 卸载, 203
- ## S
- S2 设备, 42, 272
 - S7 路由, 88
 - S7-1500 硬件配置
 - 插槽, 180, 181
 - S7-1500H 冗余系统的工作原理, 39
 - S7-1500R 与 S7-1500H 的区别, 45
 - S7-1500R 与 S7-1500H 的系统区别, 45
 - S7-1500R 冗余系统的工作原理, 37
 - S7-1500R/H
 - 组件概述, 59
 - S7-1500R/H 中的通信关系, 64
 - S7-1500R/H 冗余系统的特点, 54
 - S7-1500R/H 的组态版本, 100
 - S7-1500R/H 组件, 59
 - S7-1500R/H 通信选项, 88
 - SELV
 - 安全电气隔离, 208
 - SIMATIC Safety Integrated, 74
 - SIMATIC 存储卡, 452
 - SINETPLAN, 92
 - SITOP 电源, 90
 - SYNCUP
 - OB 特性, 273
 - SYNCUP 系统状态, 329, 340
 - 取消, 338
 - 事件顺序, 331
 - 要求, 329
 - 准备工作, 331
- ## T
- TIA Portal, 91
- ## G
- 工厂组件, 48
 - 工作模式
 - RUN, 328
 - RUN-Redundant, 329
 - Run-Syncup, 328
 - STARTUP, 324
 - STOP, 327
 - SYNCUP, 327
 - 切换, 359
 - 组态启动特性, 326
 - 显示, 359

工具提示, 388

X

下载项目数据, 312

Y

与之前版本的系统手册相比所作的更改, 30

K

开放源代码软件, 21
使用, 21

W

无线电干扰, 437, 439

Z H

专有技术保护, 293
支持的电缆温度, 213

B

不支持的指令, 265
不含附加设备的 S7-1500H, 43
不含附加设备的 S7-1500H 组态, 128

Q

气候环境条件, 442

J

介质冗余, 64
介质冗余 (MRP)
分配 MRP 角色, 251

S7-1500R/H 冗余系统
系统手册, 01/2023, A5E41815205-AE

介质转换器 (电气 $\leftrightarrow$ 光学), 452
计算 PROFI-safe 监视时间, 256

R

认证, 428
CE, 430
cULus, 431
FM, 433
IEC 61010-2-201, 436
IEC 61131-2, 436
冗余
故障, 129
冗余 ID
分配, 309
更换, 310
读取, 310
冗余丢失, 355
OB 72 和 OB 86 的响应, 270
冗余丢失
冗余系统启动, 323

C H

尺寸图
安装导轨, 447

D

打开受专有技术保护的块, 295

K

可扩展性, 49

D

电气关系, 211
电气隔离, 211

电缆长度

- 最长 10 m, 222
- 最长 40 km, 223

电源, 90

电磁兼容性 (EMC), 438

- 干扰, 438
- 无线电干扰, 439

Y

用户程序, 261

- 在 RUN-Redundant 系统状态下下载, 317
- 在 RUN-Solo 系统状态下下载, 317

B

包含 R1 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态, 127

包含 S2 设备和骨干环网的 S7-1500H 组态, 125

C H

出厂设置, 415

J

纠正故障, 391

- 更换 IO 设备/交换机, 403
- 更换 PROFINET 电缆, 400
- 更换 R/H-CPU, 395
- 更换 S7-1500H 的冗余连接, 398, 399
- 更换 S7-1500H 的同步模块, 398
- 更换 S7-1500R 的 PROFINET 电缆, 396
- 更换 SIMATIC 存储卡, 401
- 更换冗余连接, 396
- 更换负载电流电源, 402
- 更换编码元件或电源连接插头, 407

机架故障, 270

G

过程映像

- 输入和输出, 258

过程映像分区

- 在用户程序中更新, 260

Z

在 PROFINET 环网中组态包含 R1 设备的 S7-1500H, 108

在 STEP 7 中显示 IO 设备分配, 255

Y

有限制的支持指令, 265

C

存储器复位

- 手册, 364, 364
- 自动, 363
- 基本知识, 361

G

光纤电缆, 60

- 安装, 225
- 连接, 221
- 选择, 222

T

同步/异步指令之间的不同之处, 280

同步模块, 60, 221

- 可插拔, 229
- 卸载, 230

Z

自动化层级, 48

F

负载电流电源, 61
 安装, 卸载, 200
 连接 CPU, 217
负载电源 (PM), 90

J

交换 S1 设备, 69
交换前盖板, 406

W

污染等级, 445

A

安全电气隔离, 208
安全规则, 430
安全要求, 57
安全管理编辑器, 301
安装
 DIN 导轨适配器, 193
 R/H-CPU, 202
 负载电流电源, 200
 安装导轨, 188, 191
 基本知识, 186
安装导轨, 59, 187, 188
 长度, 190
 尺寸图, 447
 安装, 191
 连接保护性导线, 192
 紧固件, 190
 钻孔, 190
安装位置, 186

安装规则, 188
安装标准导轨适配器, 193

S H

设备 IP 地址, 86
 分配, 238

F

访问级别
 分配参数, 290

Y

异步指令, 280

F

防护等级 IP20, 445

Y

运输条件, 440

J

技术规范
 CPU S7-1500R/H, 62
 气候环境条件, 442
 电磁兼容性 (EMC), 438
 运输和贮存条件, 440
 标准和认证, 428

K

块的专有技术保护
 切换, 296
 设置, 294

拆除, 296

G

更换 R1 设备接口模块, 404

更换组件, 391

IO 设备/交换机, 403

PROFINET 电缆, 400

R/H-CPU, 395

S7-1500H 的冗余连接, 398, 399

S7-1500H 的同步模块, 398

S7-1500R 的 PROFINET 电缆, 396

SIMATIC 存储卡, 401

冗余连接, 396

负载电流电源, 402

编码元件或电源插头, 407

更换显示屏（订货号自 6ES7513-1RM03-0AB0/6ES7515-2RN03-0AB0 起的 R-CPU）, 405

L

连接 PROFINET 环网

至 S7-1500H, 231, 234

至 S7-1500R, 218

连接电源电压, 213

连接插头

4 针, 61

S H

时间同步, 371

X

系统 IP 地址, 86

分配, 239

系统 IP 地址

系统冗余 R1, 68

系统冗余 S2, 67

系统状态

切换, 359

显示, 359

系统状态转换, 342

系统诊断, 80

Y

应急地址, 369

Q

启动事件, 268

Z H

诊断, 79

F

附件, 450

H

环形拓扑, 39

环境条件

工作条件, 441

气候, 442

机械, 441

Q

取出/插入 SIMATIC 存储卡

取出或插入 SIMATIC 卡后, CPU 会作出响应。 , 303

R

软件, 91

限制, 99

要求, 97

J

具体应用, 205

G

固件更新, 409
 使用 STEP 7, 411
 通过 SIMATIC 存储卡, 412

Z H

贮存条件, 440

G

供电
 接地, 207

S H

使用, 32
 工业环境, 437
 从 HMI 设备, 182
 危险区域 2 区中, 446
 居民生活区, 437
 混合区域中, 437
使用 PROFINET 设备, 181

C

采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500H 组态, 104
采用交换机和其它线型拓扑的 S7-1500R 组态, 103

F

服务数据, 426

读取, 426
通过 SIMATIC 存储卡读取, 427
通过 STEP 7 保存, 427

B

备件, 450

X

限制
 软件, 99
线形拓扑, 42
线形拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态, 117
线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机（采用 DNA 冗余）的 S7-1500H 组态, 122
线型拓扑中包含 R1 设备和 Y 型交换机的 S7-1500H 组态, 121
线型拓扑中包含 R1 设备和交换机的 S7-1500H 组态, 119
线型拓扑中包含 S2 设备和交换机的 S7-1500H 组态, 106
线路电压, 206

Z

组合型拓扑中 S7-1500H 和 S2 设备的组态, 124
组合型拓扑中包含 R1 设备的 S7-1500H 组态, 126
组态, 57, 208, 236
 S7-1500H 冗余系统, 39, 56
 S7-1500H 冗余系统
 S7-1500R 冗余系统, 37, 55
 S7-1500R 冗余系统
 电气, 211
 在接地参考电位上, 207
组态 IO 设备, 241
组态 NTP 服务器, 372
组态包含 R1 设备的 PROFINET 环网, 246
组态其它组态变型, 253

X

项目树, 257
项目语言, 369

G

故障安全自动化系统, 57
故障案例, 129, 152

B

标识数据
 记录结构, 376
标准, 428
标准 IO 设备, 272
标准导轨适配器, 59

Y

要求
 软件, 97
 硬件, 94

X

显示屏, 382
 将图片上传到显示屏, 389
 语言, 390
 控制键, 387
 基本知识, 382
 菜单, 385
 菜单图标, 386
 密码保护, 382
显示屏访问保护, 292
卸载
 R/H-CPU, 203
 负载电流电源, 201

B

保护, 288, 294, 297
 专有技术保护, 294
 机械锁定, 297
 访问级别, 288
 防触电, 206
 受密码保护的 CPU 的行为, 291
保护功能, 77
保护类别, 445

J

急停设备, 205
将冗余连接（光纤电缆）连接至 S7-1500H, 226
将项目下载到 CPU 中, 313
将通信接口连接到 S7-1500H, 221
将通信接口连接到 S7-1500R, 218

C

测试功能, 420
测试电压, 445

Y

语言
 显示屏, 390

J

绝缘, 445

P

配电盒, 224
配对, 305

Y

原因及解决方法, 340

J

监控表, 423

紧急 IP, 369

T

特定块, 261

D

调试, 376

上电前检查, 299

取出/插入 SIMATIC 存储卡, 301

标识数据, 374, 376

标识数据 - 记录结构, 376

首次上电, 304

首次上电, 要求, 304

操作步骤, 300

T

通过用户程序实现访问保护, 293

通信, 86

Y

预防外部电气影响, 207

J

接地, 192

CPU 概述, 210

参考电位接地时的组态, 207

接地供电, 207

接地超低压, 208

接线, 205

HMI 设备, 183

R/H-CPU 上的电源电压, 213

不使用工具, 214

负载电流电源, 215

基本规则, 205

接线规则, 212

K

控制, 422

控制器的参考电位, 208

C H

常见问题与解答

取出 SIMATIC 存储卡, 302

固件更新, 414

D

断点, 422

M

密码提供程序, 293

W

维护, 391

固件更新, 409

复位为出厂设置, 415

测试功能, 420

读取服务数据, 426

C H

插线板, 224

Y

硬件

- 限制, 98
- 要求, 94

硬件限制, 98

Z

- 最大组态, 180
- 最小间隙, 187

D

短路和过载保护, 209

C H

- 程序执行, 263
- 程序状态, 421

Q

- 强制, 422
- 强制表, 424

B

- 编码元件, 215
 - 电源连接器, 407
- 编程样式指南, 264

J

禁用 SYNCUP, 276

G

概述

- S7-1500R/H 的组件, 59
- 系统状态和操作状态, 322
- 将 CPU 接地, 210

S H

输入维护数据, 376

G

- 跟踪, 81
- 跟踪功能, 425

J

静电放电, 438

E

额定电压, 445

C

操作状态转换, 342

Z H

整体配置, 210

B

避雷保护, 206