

TDS 系列

智能式低压电力电容器

技术说明书 (2008.10版)

产品打破了现有低压无功自动补偿的模式，
使低压无功自动补偿

- 结构简洁
- 生产简易
- 维护简便
- 体积缩小
- 资源节省
- 成本降低
- 电耗减少
- 温升下降
- 寿命延长
- 性能提高
- 组合灵活
- 应用辽阔



江苏现代电力电容器有限公司 南通现代电力科技有限公司

[目录]

TDS系列智能式低压电力电容器

···CONTENTS···

THEME 01	概述	1
THEME 02	企业资质	2
2.1	江苏省高新技术企业认定证书	2
2.2	南通市产学研示范企业	2
2.3	江苏省质量信得过企业(产品)证书	3
2.4	ISO9001:2000证书	3
THEME 03	产品资质	4
3.1	产品检验报告	4
3.2	产品科技成果鉴定证书	4
3.3	产品100万次投切检验报告	5
3.4	江苏省高新技术产品认定证书	5
THEME 04	产品工作原理	6
4.1	整机工作原理	6
4.2	元部件特点	6
4.2.1	智能组件	6
4.2.2	零投切开关组件	7
4.2.3	微型电流取样互感器	7
4.2.4	快速断路器	7
4.2.5	低压电力电容器	7
THEME 05	产品分类	8
THEME 06	产品与常规型产品的比较	9
6.1	与常规型产品结构比较	9
6.2	与常规型产品性能比较	11
THEME 07	产品技术指标	12
7.1	环境条件	12
7.2	电源条件	12
7.3	电气安全	12
7.4	测量误差	12
7.5	保护误差	12
7.6	无功补偿参数	12
7.7	可靠性参数	13
7.8	机械参数	13

[目录]

TDS系列智能式低压电力电容器

···CONTENTS···

7.8.1 立式产品	13
7.8.2 卧式产品	13
7.8.3 分离式产品面板	14
7.8.4 插件式产品	14
THEME 08 产品应用	15
8.1 产品与常规型产品的应用比较	15
8.2 应用方式	16
8.2.1 就地无功分散补偿中应用	16
8.2.2 箱式变中应用	18
8.2.3 户外配电无功补偿中应用	18
8.2.4 户外配电监测与无功补偿中应用	19
8.2.5 低压成套柜中应用	19
8.2.6 低压抽出式箱体中应用	21
THEME 09 应用设计要点	23
9.1 产品型式选定	23
9.2 产品额定电压、额定容量选定	23
9.3 产品接线端子定义	25
9.4 产品配套件	26
9.4.1 TDS-1530系列配电综合测控装置	26
9.4.2 TDS-1400系列低压无功补偿控制器	30
9.4.3 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置	31
9.4.4 穿心式二次电流互感器与开启式一次电流互感器	33
9.4.5 电抗器	34
THEME 10 典型应用定货图	35
10.1 产品的符号	35
10.2 几种应用的元器件比较	35
10.3 定货图设计	36
10.3.1 方案编号	36
10.3.2 功能图形符号	36
10.3.3 直接应用定货图设计例	37
10.3.4 箱式变中应用定货图设计例	38
10.3.5 户外配电监测与无功补偿中应用定货图设计例	39
10.3.6 低压成套柜中应用定货图设计例	40
10.3.7 低压抽出式箱中应用定货图设计例	41
10.3.8 应用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的定货图设计例	42

[目录]

TDS系列智能式低压电力电容器

...CONTENTS...▶

THEME 11	典型应用电气原理图	43
11.1	典型应用电气原理图索引	43
11.2	直接应用	44
11.2.1	单台直接应用	44
11.2.2	多台直接应用	45
11.3	组箱应用	46
11.3.1	无外接控制器	46
11.3.2	有外接控制器	48
11.4	组柜应用	49
11.4.1	无外接控制器	50
11.4.2	有外接控制器（通信控制）	51
11.4.3	有外接控制器（接点控制）	53
11.5	组抽出式箱应用	55
11.5.1	三相补偿	55
11.5.2	混合补偿	56
11.6	TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置应用	57
11.6.1	三相补偿	57
11.6.2	分相补偿	58
11.6.3	混合补偿	58
11.7	自动 / 手动转换开关并用	59
11.8	产品的双电容并用	59
THEME 12	典型应用电气接线图	60
12.1	无外接控制器应用电气接线图设计	60
12.1.1	简式应用电气接线图设计例	60
12.1.2	外接指示灯应用电气接线图设计例	61
12.1.3	外接指示灯、手控应用电气接线图设计例	62
12.1.4	三相、分相混合补偿简式应用电气接线图设计例	63
12.1.5	三相、分相混合补偿外接指示灯应用电气接线图设计例	64
12.2	有外接控制器应用电气接线图设计	65
12.2.1	简式应用电气接线图设计例	65
12.2.2	外接指示灯应用电气接线图设计例	66
12.2.3	外接指示灯、手控应用电气接线图设计例	67
12.2.4	三相、分相混合补偿简式应用电气接线图设计例	68
12.2.5	三相、分相混合补偿外接指示灯应用电气接线图设计例	69
12.3	TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置应用电气接线图设计	70
12.3.1	三相补偿应用电气接线图设计	70
12.3.2	分相补偿应用电气接线图设计	71
12.3.3	混合补偿应用电气接线图设计	72

[目录]

TDS系列智能式低压电力电容器

CONTENTS

THEME 13 使用要点 73

- 13.1 产品端接线 73
 - 13.1.1 电源线连接 73
 - 13.1.2 信号线连接 73
 - 13.1.3 接地线连接 74
- 13.2 电源端接线 74
- 13.3 人机联系 74
- 13.4 出厂检查与试验 76
 - 13.4.1 基本参数检查 76
 - 13.4.2 强投电容器试验 77
 - 13.4.3 自动控制试验 77
- 13.5 使用现场检查与试验 78
 - 13.5.1 使用现场检查 78
 - 13.5.2 使用现场试验 78
- 13.6 随机附件 78
 - 13.6.1 穿心式二次电流互感器 78
 - 13.6.2 冷压接头 79
 - 13.6.3 卧式产品连接线缆 79

THEME 14 常见错误与异常情况 80

- 14.1 常见错误 80
 - 14.1.1 产品端接线错误 80
 - 14.1.2 产品端接线不可靠 80
 - 14.1.3 配电端接线错误 81
- 14.2 常见异常情况及其处理 82

THEME 15 附录 84

- 15.1 TDS-1400、TDS-1530、TDS-1600三种产品功能与应用比较 84
- 15.2 复合开关电器易损原因分析 85
 - 15.2.1 复合开关电器原理 85
 - 15.2.2 晶闸管的主要参数及选择 85
 - 15.2.3 零投切低压电力电容器复合开关中晶闸管的工作状态 86
 - 15.2.4 用于低压电力电容器零投切控制的复合开关易损原因分析 88

THEME 01 概述

TDS系列智能式低压电力电容器是以二台(△型)或一台(Y型)低压电力电容器为主体,采用微电子软硬件技术、微型传感技术、微型网络技术和电器制造技术等最新技术成果,将其智能化,实现低压无功自动补偿功能和使其能够可靠工作、使用方便的零投切、保护、测量、信号、联机等系列功能,是低压无功自动补偿技术的重大突破、可灵活使用于低压无功补偿的各种场合,改变了现有低压无功自动补偿设备的结构模式,具有性能好、使用方便、价格低的全面优点。

产品是本公司历经多年的科研成果,具有完全的自主知识产权,受多项专利保护。



产品专利证书

产品在全国各地得到广泛应用,产生了极大的社会效益,产品因此获“国家重点新产品”荣誉。



国家重点新产品证书

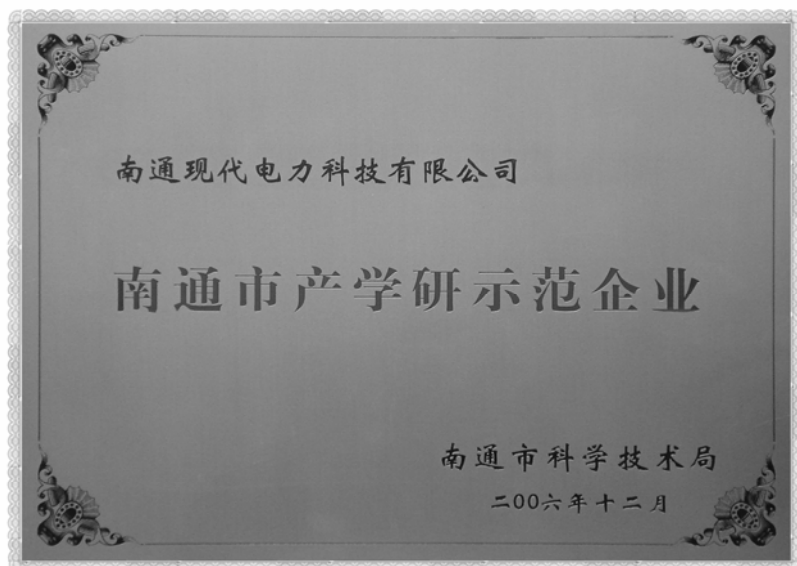
THEME 02 企业资质

2.1 江苏省高新技术企业认定证书



江苏省高新技术企业认定证书

2.2 南通市产学研示范企业证书



南通市产学研示范企业证书

THEME 02 企业资质

2.3 江苏省质量信得过企业（产品）证书



江苏省质量信得过企业（产品）证书

2.4 ISO9001:2000证书



ISO9001: 2000证书

TDB系列智能式低压电力电容器

THEME 03 产品资质

3.1 产品检验报告

产品通过电力工业无功补偿成套装置质量检验测试中心检验。

电力工业无功补偿成套装置质量检验测试中心 检验报告	
低电压无功补偿装置检验	
报告编号: 13 第 1 页	报告日期: 2007年12月12日
试样名称: 智能式低压电力电容器	规格型号: TDB
试样来源: 江苏现代电力电容器有限公司	检验日期: 2007年12月13日
生产单位: 江苏现代电力电容器有限公司	检验地点: 江苏现代电力电容器有限公司
主要技术参数: 额定电压: 380V 额定容量: 40kvar 额定频率: 50 Hz	
内部主要元器件: 电容器: 40kvar 20kvar 熔断器: 12A 熔断器: 12A	
检验数量: 2台	检验数量: 1台
检验日期: 2007年12月13日	检验日期: 2007年12月13日
出厂编号: 700014 700015	试验编号: 200712201 200712202
检验依据: GB/T13485-2006《电力设备质量检验规范》	
主要检验项目: 1. 外观及结构检查 2. 电气性能 3. 机械性能 4. 绝缘性能 5. 安全性能 6. 运行性能 7. 环境性能 8. 可靠性 9. 可维护性 10. 可回收性 11. 可降解性	
检验结论: 经检验, 上述产品符合GB/T13485-2006《电力设备质量检验规范》的要求, 准予出厂。	
检验人员: 王元华 周建忠	审核: 王元华 周建忠

产品检验报告

产品在科学技术成果鉴定前(2002年5月22日)曾通过电力工业部无功补偿成套装置质量检验测试中心的检验。

3.2 产品科技成果鉴定证书

产品通过江苏省科学技术厅科学技术成果鉴定。

科学技术成果鉴定证书	
成果名称: TDB-1300 系列智能式低压电力电容器	鉴定意见
完成单位: 南通现代电力科技有限公司 南通现代电力科学研究所	2002年4月11日, 江苏省科技厅委托, 南通市科技局组织有关专家对南通现代电力科技有限公司和南通现代电力科学研究所联合开发的“TDB-1300 系列智能式低压电力电容器”进行成果鉴定。经鉴定委员会对申报材料认真审查和现场测试, 形成鉴定意见如下:
鉴定形式: 会议鉴定	1. 产品采用智能式电力电容器智能化方式, 可以智能使用, 也可以多台并联使用, 适用于低压无功(功率因数)自动补偿, 具有结构简单、体积小、重量轻、使用性能可靠、性能价格比高、有利于低压无功(功率因数)补偿, 达到节约电能和提高供电设备利用率、应用范围广、具有推广价值。
鉴定日期: 二〇〇二年六月一日	2. 产品功能齐全, 使用灵活, 可塑性和可维护性较好, 标准化和模块化程度高, 生产和运输方便, 性能价格比高, 有利于低压无功(功率因数)补偿, 达到节约电能和提高供电设备利用率、应用范围广、具有推广价值。
鉴定批准日期: 二〇〇二年七月一日	3. 产品通过电力工业部无功补偿成套装置质量检验测试中心检验。
	4. 产品资料文件基本齐全, 技术标准基本完善, 贯彻执行国家现行有关标准, 可以投入生产。
	5. 企业检测手段基本齐全, 已具备批量生产条件。
	鉴定委员会一致同意该成果通过鉴定。表彰研制单位进一步完善技术标准, 提高成果工艺水平, 扩大推广应用。
	鉴定委员会主任: 王元华 副主任: 周建忠

产品科技成果鉴定证书

3.3 产品100万次投切检验报告

  		(检验编号: 1 第 121 号 编号: 04021) TIS-1300 智能式低压电力设备 南通现代科技实业有限公司																																									
电力设备系统自动化设备 质量检验测试中心		编号: 04021																																									
检 验 报 告																																											
(电话登记) 第 121 号																																											
																																											
检验类别: 100 万次投切负荷检验																																											
样品名称: TIS-1300 智能式低压电力电容器 (20kVar ~ 20kVar)																																											
委托单位: 南通现代科技实业有限公司																																											
检测中心名称: 																																											
检验日期: 2005 年 2 月 22 日																																											
<table border="1"> <tr> <th>样品型号</th> <td>TIS-1300</td> <th>样品名称</th> <td>智能式低压电力电容器</td> </tr> <tr> <td>检验类别</td> <td>100 万次投切负荷性能</td> <td>委托单位</td> <td>南通现代科技实业有限公司</td> </tr> <tr> <td>样品数量</td> <td>1 台</td> <td>样品编号</td> <td>04021</td> </tr> <tr> <td>检验日期/时间</td> <td>2004 年 11 月 8 日</td> <td>检验地点/环境</td> <td>丹徒区实验室, 电压检测室</td> </tr> <tr> <td>检验时间</td> <td colspan="3">2004 年 11 月 8 日 9:00 至 2004 年 11 月 8 日 17:00</td> </tr> <tr> <td>检验地点</td> <td colspan="3">电力工业电力设备系统自动化设备检测中心</td> </tr> <tr> <td>检验依据</td> <td colspan="3"> 南通现代科技实业有限公司内部质量控制文件 TIS-1300 智能式低压电力电容器出厂检验 (2004.01.01) </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> 本部分检验设备名称、型号及规格: </td> </tr> <tr> <td>10kV 电压源</td> <td>DM7000</td> <td>10kV 电压源</td> <td>DM7000</td> </tr> <tr> <td>10kV 电压源</td> <td>DM7000</td> <td>10kV 电压源</td> <td>DM7000</td> </tr> </table>				样品型号	TIS-1300	样品名称	智能式低压电力电容器	检验类别	100 万次投切负荷性能	委托单位	南通现代科技实业有限公司	样品数量	1 台	样品编号	04021	检验日期/时间	2004 年 11 月 8 日	检验地点/环境	丹徒区实验室, 电压检测室	检验时间	2004 年 11 月 8 日 9:00 至 2004 年 11 月 8 日 17:00			检验地点	电力工业电力设备系统自动化设备检测中心			检验依据	南通现代科技实业有限公司内部质量控制文件 TIS-1300 智能式低压电力电容器出厂检验 (2004.01.01)			本部分检验设备名称、型号及规格:				10kV 电压源	DM7000	10kV 电压源	DM7000	10kV 电压源	DM7000	10kV 电压源	DM7000
样品型号	TIS-1300	样品名称	智能式低压电力电容器																																								
检验类别	100 万次投切负荷性能	委托单位	南通现代科技实业有限公司																																								
样品数量	1 台	样品编号	04021																																								
检验日期/时间	2004 年 11 月 8 日	检验地点/环境	丹徒区实验室, 电压检测室																																								
检验时间	2004 年 11 月 8 日 9:00 至 2004 年 11 月 8 日 17:00																																										
检验地点	电力工业电力设备系统自动化设备检测中心																																										
检验依据	南通现代科技实业有限公司内部质量控制文件 TIS-1300 智能式低压电力电容器出厂检验 (2004.01.01)																																										
本部分检验设备名称、型号及规格:																																											
10kV 电压源	DM7000	10kV 电压源	DM7000																																								
10kV 电压源	DM7000	10kV 电压源	DM7000																																								
检验结论: 南通现代科技实业有限公司样品 TIS-1300 智能式低压电力电容器, 经检验符合 GB 1984-2003 标准, 检验合格。																																											
检验	黄 彦	见证人	周永东																																								
主检	黄 彦	复核	周永东																																								
审核	周永东	批准	周永东																																								
备注: 1. 本部分为 1 次检验, 合格判定采用合格判定规则 (GB 28001-2003)。 2. 检验过程中, 未发生任何不合格品或不合格项, 检验合格。 3. 本部分检验结果不作为, 检验报告不作为合格判定依据。 4. 本部分检验结果, 检验合格判定依据 GB 1984-2003 标准。																																											
检验报告有效期至: 2005 年 12 月 31 日 电力工业电力设备系统自动化设备检测中心 (南通现代科技实业有限公司)																																											
检验报告编号: 04021		检验报告编号: 04021																																									

检验表明,产品经每分钟12次投切、时间2个月、累计1036800次试验后,包括投切开关组件在内的所有元部件工作正常,并且电容器的容量几乎没有衰减。

TDS 系列

THEME 04 产品工作原理

4.1 整机工作原理

产品由智能组件、零投切开关组件、电流取样组件和低压电力电容器等元部件组成，下图1是产品系列中分相补偿方式产品的工作原理框图。

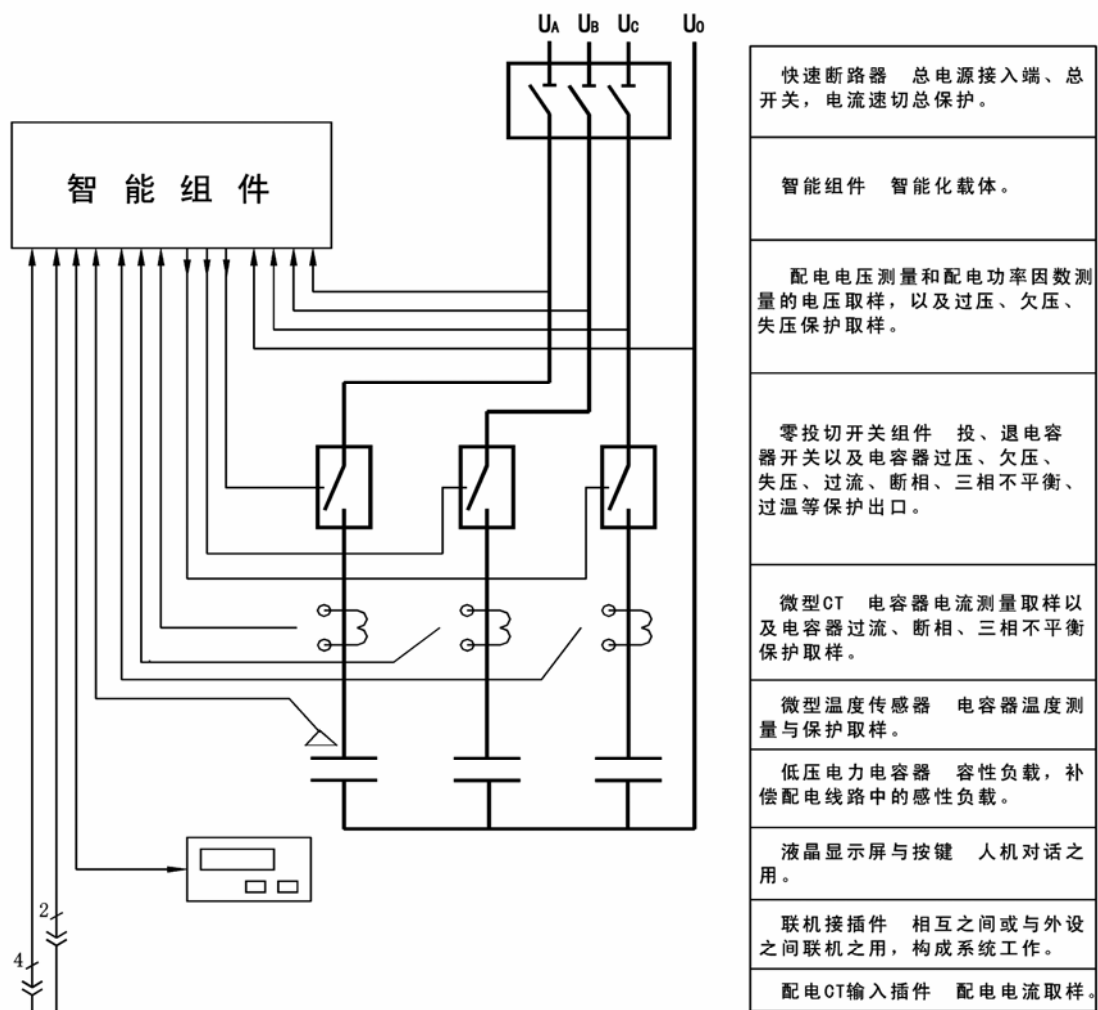


图1 工作原理框图（分相补偿方式）

4.2 元部件特点

4.2.1 智能组件

智能组件中所有电子元器件均采用宽温型和工业品级，能够适应温度变化大、电磁干扰严重的恶劣环境，可以长时间不间断地可靠工作。

THEME 04 产品工作原理

4.2.2 零投切开关组件

投切低压电力电容器采用基于电磁式的“零投切”开关组件，其触点可以在二端交流电压为零时闭合，触点闭合时可以在通过其交流电流为零时断开，从而使投、切负载产生的涌流极小。

基于电磁式的零投切开关组件是一种在智能器件控制下的特殊继电器，具有常规继电器所不具备的吸释快速性、吸释时间稳定性和吸释过程微抖动性等方面优异机械特性。

基于电磁式的“零投切”开关组件与现有机械开关电器、半导体开关电器、复合开关（机械开关与半导体开关相结合）电器的比较如下表1所示。

表1 各种开关电器的比较

序	内 容	机械开关电器	半导体开关电器	复合开关电器	基于电磁式的零投切开关组件
1	电压过零投入、电流过零切除功能	无	有	有	有
2	投切涌流	大	小	小	小
3	无功补偿速度	慢	快	中	中
4	耐电压、电流冲击性	中	低	低	高
5	功率消耗	中	特大	中	小
6	体积与重量	中	特大（含散热器）	大	小
7	价格	低	高	高	低

由表可见，基于电磁式的“零投切”开关组件具有最好的性价比，特别是其机械寿命、电气寿命达到100万次投切的可靠性，是其它开关电器所不能及的。

关于复合开关电器易损原因分析见附录（15.2条）。

4.2.3 微型电流取样互感器

电容器的各相电流取样采用以玻璃合金为芯的微型互感器，线性度高、频率特性好、相差小，保证电流、功率测量和电流型保护的准确与稳定。

4.2.4 快速断路器

快速断路器采用小型断路器，经特殊设计，在5倍额定电流时10ms内断开，用于电流速切总保护，避免跳上级开关，同时作为电源接入端子和电源总开关。

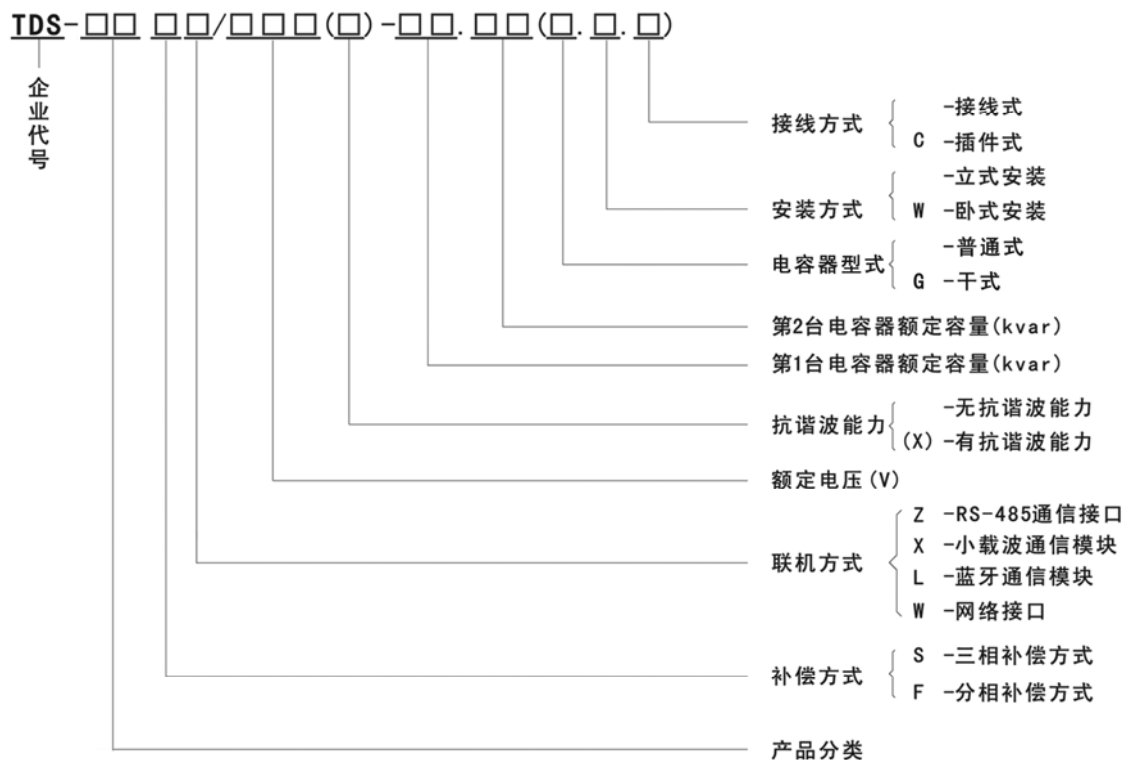
4.2.5 低压电力电容器

产品中的低压电力电容器采用自愈式低压并联补偿电容器。电容器内使用渐进式加厚铝锌金属化聚丙烯薄膜作为电介质，薄膜厚度与该处的电流密度成正比，因而具有更好的可靠性。电容器内置温度传感器，反映电容器过电压、过谐波、漏电流过大和环境温度过高等情况下电容器内部发热程度，实现过温度保护。

TDS系列智能式低压电力电容器

THEME 05 产品分类

TDS系列智能式低压电力电容器的产品型号如下，表明产品种类。



三相补偿方式产品含有前后二台“△”型电容器，最大电容量为(20+20) kvar，二台电容器容量可不同，两台电容器工作时不同时投、退；分相补偿方式产品仅有一台“Y”型电容器，前面容器内有一相，后面容器内有二相，最大电容量为20kvar，可以分相投、退。

三相补偿方式产品中的二台电容器容量可相同或不同，如(20+20)、(20+10)、(10+10)、(10+5) kvar等。额定电压一般三相补偿方式取450V、分相补偿方式取250V，可靠性较高。

抗谐波电容器的最大容量为(10+10) kvar，其体积与普通(20+20) kvar电容器相同。

干式电容器体不注入可燃性液体状的油或蜡类填充物，具有如下特点：

- 容量的使用衰减性小；
- 介质损小，发热量小，允许应用环境温度宽；
- 整体阻燃，不会产生火警；
- 没有泄漏现象，不会污染环境，不会产生环保问题。

机械安装固定有立式和卧式两种，卧式主要用于高度受限的抽出式箱中等，卧式产品的面板与产品本体分开，产品面板可安装在抽出式箱的前面板上，之间用小线缆连接。

THEME 06 产品与常规型产品的比较

6.1 与常规型产品结构比较

以TDS-□□SZ/450-20型智能式低压电力电容器为例，与其相似功能的常规型产品的电气原理比较和实物结构比较分别如下图2、图3所示。

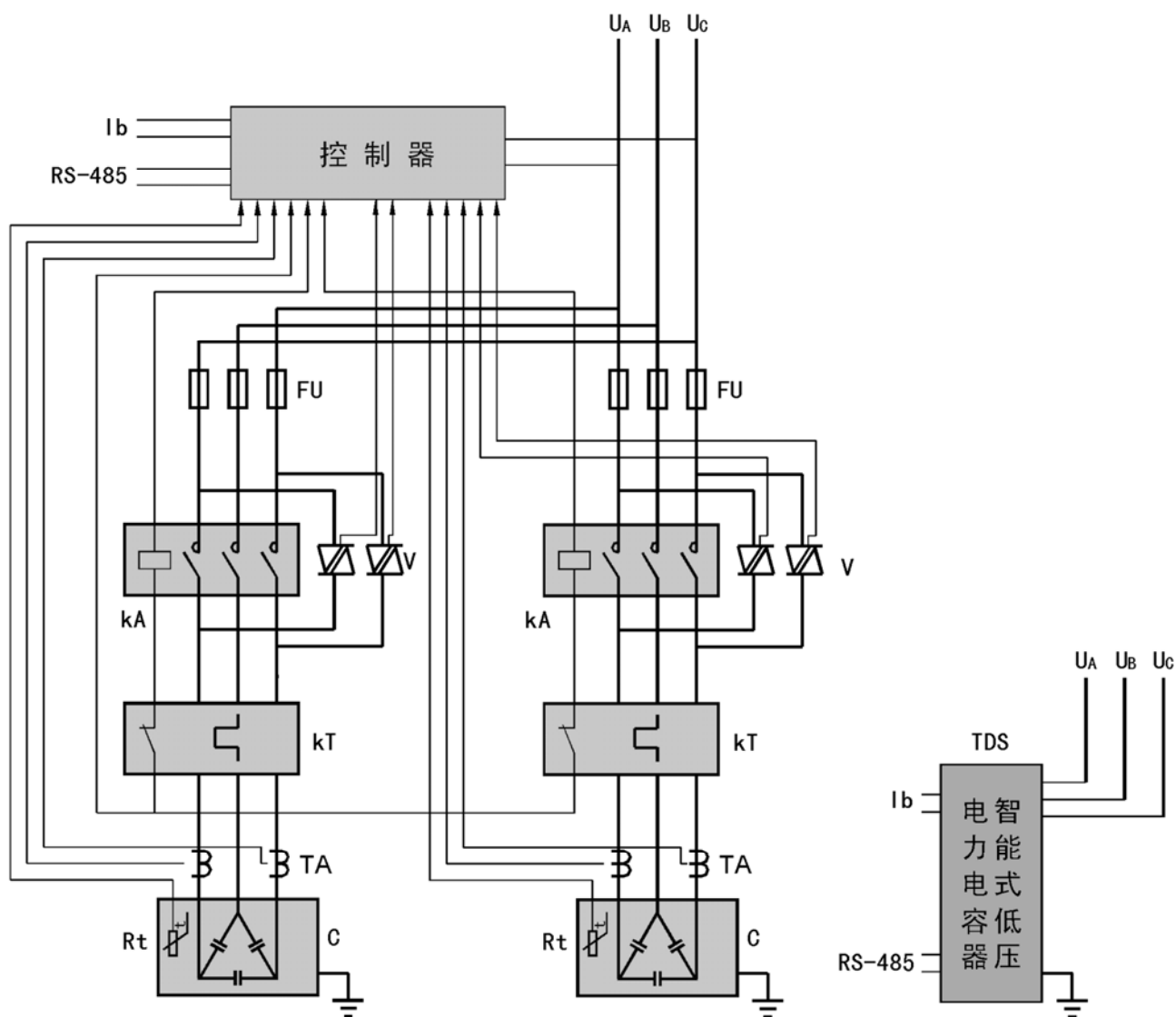


图2 与常规型产品电气原理比较

THEME 06 产品与常规型产品的比较

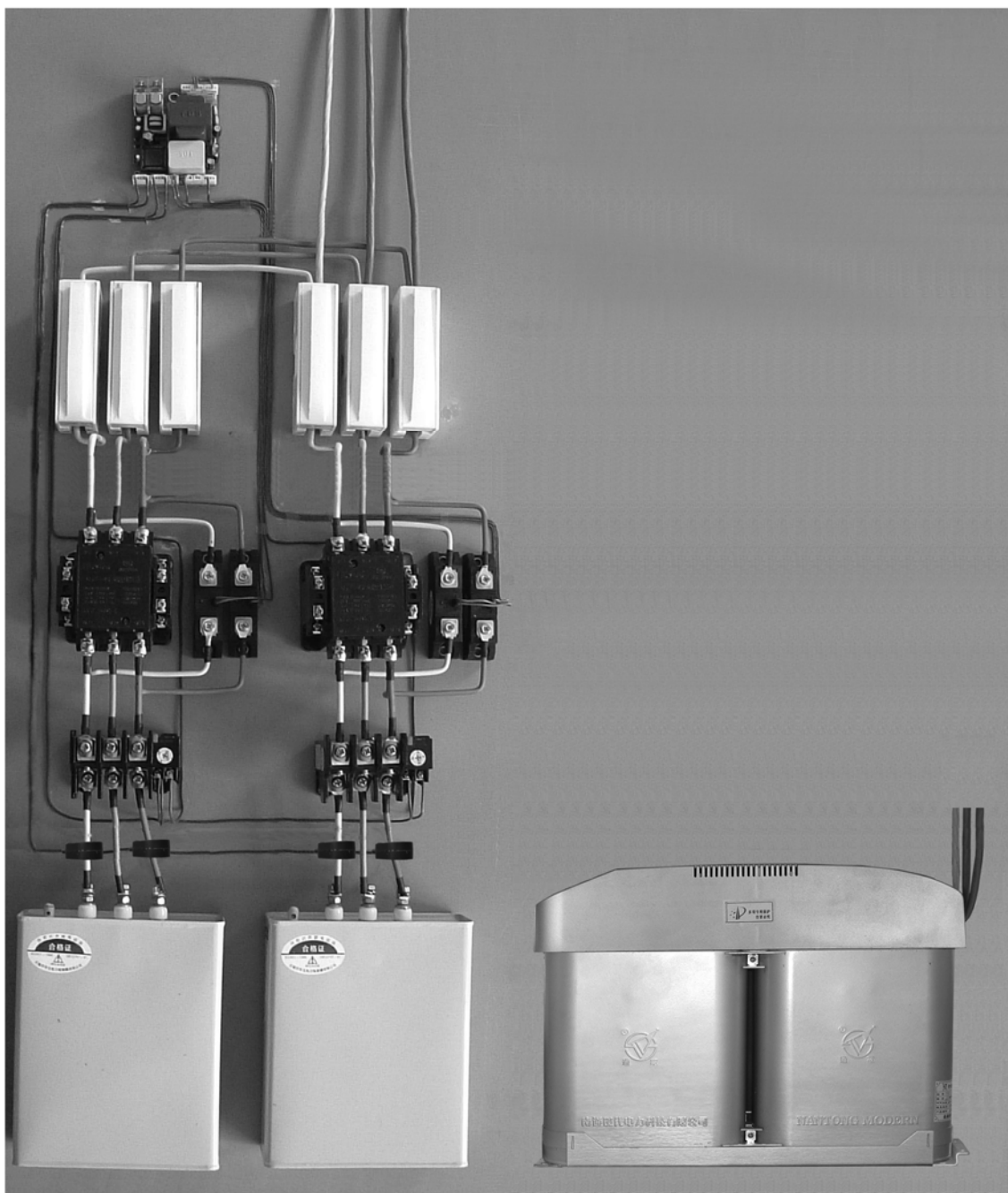


图3 与常规型产品实物结构比较

THEME 06 产品与常规型产品的比较

6.2 与常规型产品性能比较

图2中，二者在性能上比较如下表2所列。

表2 与常规型产品的性能比较

序	内容	常规型产品	本产品
1	控制	进行低压无功自动控制与手动控制。	进行低压无功自动控制与手动控制。
			实现电容器电压过零投入、电流过零切除。 可以多台积木式组合使用。多台使用时自动产生一个主机，其余则为从机，构成低压无功自动控制系统工作；个别从机故障自动退出，不影响其余工作；主机故障自动退出后在其余从机中自动产生一个新的主机，组成一个新的系统工作；容量相同的电容器按循环投切原则，容量不同的电容器按适补原则投切。
2	测量	配电电压、电流、无功功率、功率因数测量。	配电电压、电流、无功功率、功率因数测量。
			CT 相位与变比自动测量、校正； 各台电容器三相电流、体内温度测量。
3	保护	回路电流速切、过流保护，电容器过压、欠压保护。	回路电流速切、过流保护，电容器过压、欠压保护。
			电容器过温*、断相、三相不平衡保护。
4	信号	电容器投切状态、过欠补状态、过欠压状态信号。	电容器投切状态、过欠补状态、过欠压状态信号。
			保护动作类型、自诊断故障类型信号。
5	联机		具有联机接口和联机规约软件。
6	人机对话	数码管与按键。	液晶显示器与按键，中文提示。

* 电容器过温保护能够在电容器严重过电压、过谐波、环境过温和漏电流严重情况下退出运行而得到有效保护。低压电力电容器的温度特性是整个产品可靠性的制约点和瓶颈，因此低压电力电容器的过温度保护使整个产品的可靠性得到很大提高。

THEME 07 产品技术指标**7.1 环境条件**

环境温度：-25~45℃（-45~65℃）；

相对湿度：40℃，20~90%；

海拔高度：≤4000m。

7.2 电源条件

额定电压：~220V/~380V；

电压偏差：±20%；

电压波形：正弦波，总畸变率不大于5%；

工频频率：48.5~51.5Hz；

功率消耗：<0.5W（切除电容器时），

<1W（投入二台电容器时）。

7.3 电气安全

电气间隙与爬电距离、绝缘强度、安全防护、短路强度、采样与控制电路防护均符合中华人民共和国电力行业标准DL/T842-2003《低压并联电容器装置使用技术条件》中对应条款要求。

7.4 测量误差

电 压：≤0.5%（在80~120%额定电压范围内）；

电 流：≤1%（在5%~20%额定电流范围内），
≤0.5%（在20%~120%额定电流范围内）；

功 率：≤1%；

功率因数：±0.01；

温 度：±1℃。

7.5 保护误差

电 压：≤0.5%；

电 流：≤1.0%；

温 度：±1℃；

时 间：±0.01s。

7.6 无功补偿参数

无功补偿误差：≤最小电容器容量的75%；

电容器投切间隔：>10s；

无 功 容 量：单台≤（20+20）kvar（三相）、≤20kvar（分相）；

无 控 制 器：联机≤20台；

有 控 制 器：联机≤32台。

THEME 07 产品技术指标

7.7 可靠性参数

控制准确率: 100%;
投切允许次数: 100万次;
电容器容量运行时间衰减率: $\leq 1\%/年$;
电容器容量投切衰减率: $\leq 0.1\%/万次$;
年故障率: $\leq 0.1\%$ 。

7.8 机械参数

7.8.1 立式产品

重量: 8.0 kg [(20+20) kvar];
外形尺寸: $W70 \times L380 \times H310 \text{ mm}^3$ [(20+20) kvar], 见下图4所示;
固定孔间距: $W59 \text{ mm} \times L355 \text{ mm}$, 见下图4所示。

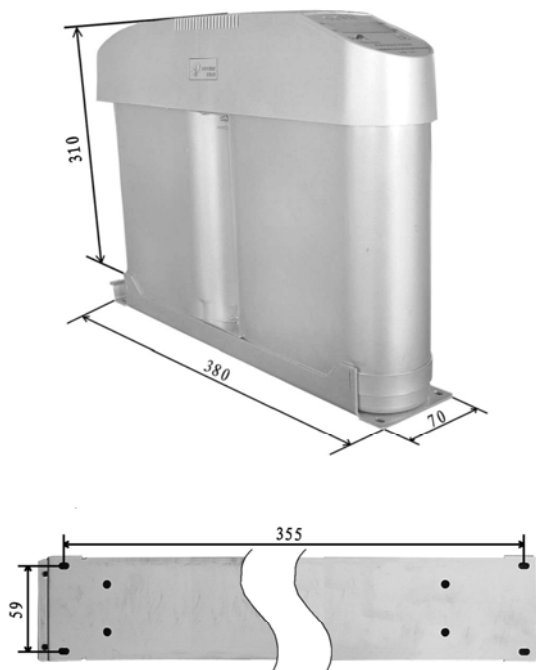


图4 立式产品外形尺寸与安装固定孔尺寸[(20+20) kvar]

不同型号的产品, 底座尺寸一样, 高度尺寸(H)不一样。

7.8.2 卧式产品

重量: 8.2 kg [(20+20) kvar];
外形尺寸: $W310 \times L400 \times H100 \text{ mm}^3$ [(20+20) kvar], 见下图5所示;
固定孔间距: $W70 \text{ mm} \times L380 \text{ mm}$, 见下图5所示。

THEME 07 产品技术指标

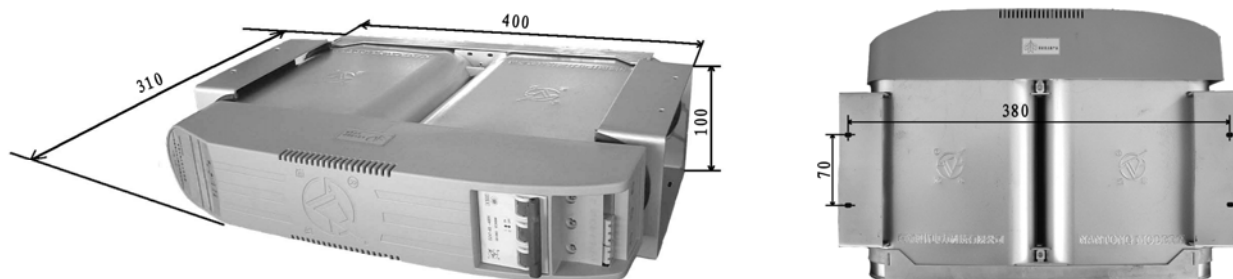


图5 卧式产品外形尺寸与安装固定孔尺寸[(20+20) kvar]

7.8.3 分离式产品面板

外形尺寸: $L176 \times H75 \times W75 \text{ mm}^3$, 见下图6所示;

固定孔尺寸: $W171 \times H70 \text{ mm}^2$, 见下图6所示。

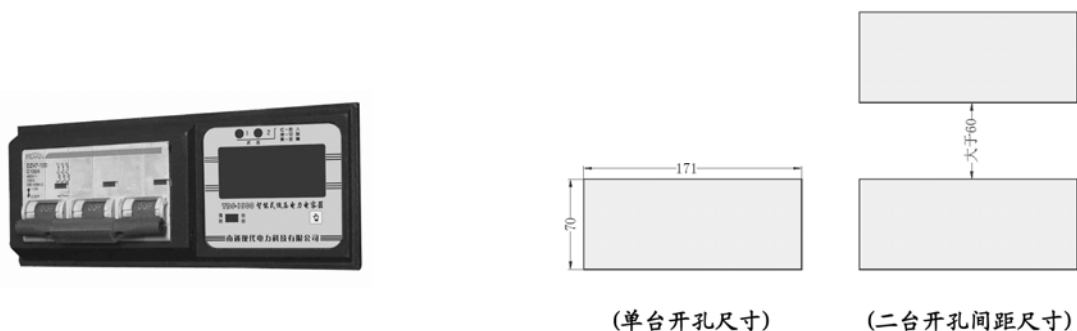


图6 分离式产品面板外形与安装开孔尺寸

7.8.4 插件式产品

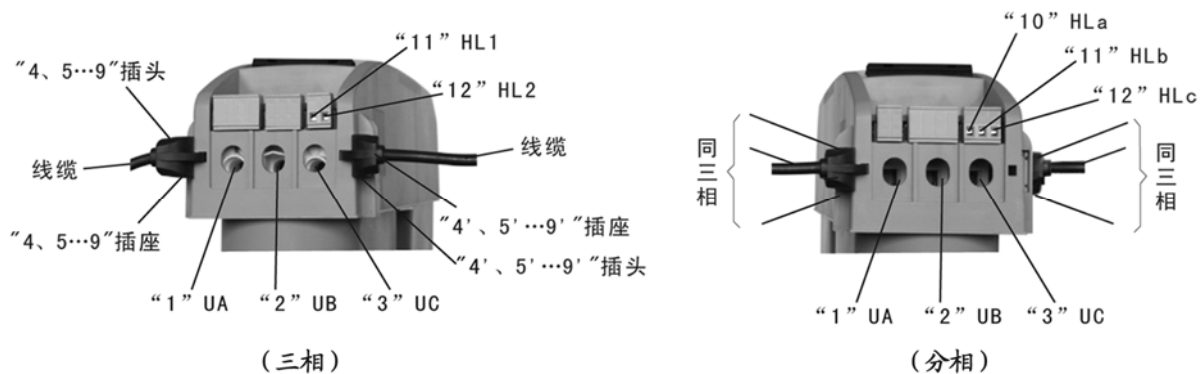


图7 插件式产品的端子与接插件

THEME 08 产品应用

8.1 产品与常规型产品的应用比较

本产品与常规型产品的应用比较如下表3。

表3 本产品与常规型产品间的比较

序	内容	常规型产品	本产品	备注
1	结构模式	由一台控制器和若干低压电力电容器、交流接触器、电抗器及保护器件等在箱、屏内组装而成。	由若干台智能式低压电力电容器或再加一台控制器在箱、柜内积木式组装而成。	智能式低压电力电容器可以不外加箱、柜体，直接单台使用或多台简单并联后使用。
2	功能	常规功能。	常规功能之外，还具有零投切、电容器体内过温保护、电容器各相电流保护，以及故障自诊断、联机等功能。	零投切减少投切对电网的冲击，提高控制的快速性，同时延长电容器的使用寿命（见下图8、9所示）。
3	配置与可调性	产品为整体性设备，以远景需要配置，一次性投资。 产品一旦形成后，其配置和无功补偿的调整十分困难。	产品为积木式组件设备，可按当前需要和经济能力配置，日后可按情扩展，实现分期投资。 在使用现场可以方便地进行容量配置调整，实现无功补偿优化。	
4	体积与重量	体积、重量均大。	体积、重量均小。	同样设备箱、柜内，一般可多装无功补偿容量2倍以上。
5	生产与运输	产品结构复杂、体积大，不易生产、运输。	产品结构简洁，体积小，便于生产、运输。	一般可节省连接导线80%以上，减少接点80%以上，生产工时减少60%以上。可以分体运输，在使用现场快速组装。
6	功耗	功耗大。	功耗小。	一般可降低器件能耗、导线能耗和接点能耗80%以上，因此设备箱、柜内温升小。
7	可靠性	控制器是整机可靠性的瓶颈，一旦故障则整机失效。 整体元部件种类、数量多，可靠性不易控制。	控制器可要可不要，智能式低压电力电容器可自成系统工作，实现低压无功自动补偿功能，个别智能式低压电力电容器故障后自动退出，并不影响其余工作。 整机只有智能式低压电力电容器，或外加控制器。智能式低压电力电容器达到100万次投切的机械寿命和电气寿命，可靠性高。	实现普通低压无功自动补偿功能的可不要控制器，需要配电综合监测与无功补偿功能的，则要配备有配电综合监测功能的控制器。

THEME 08 产品应用

8	可维性	整体技术难度大，现场故障诊断与处理比较困难，所需时间长。	故障自诊断功能强，结构简洁，装卸方便，现场故障诊断与处理容易。	
9	经济性	装置价格与电容器数量不成比例，数量少价格相对高，反之价格相对低。	装置价格与智能式低压电力电容器数量成正比，数量多总价格与常规型价格相当，数量少总价格比常规型低很多。	
10	补偿模式与应用面	一般用于集中式无功自动补偿，不便于分散无功自动补偿，应用面窄。	集中、分散两宜，各种场合均可使用，应用面广。	

失效率 (%)

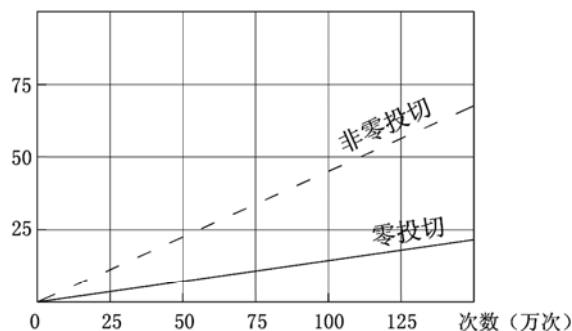


图8 零投切与非零投切对电容器失效率的影响

衰减率 (%)

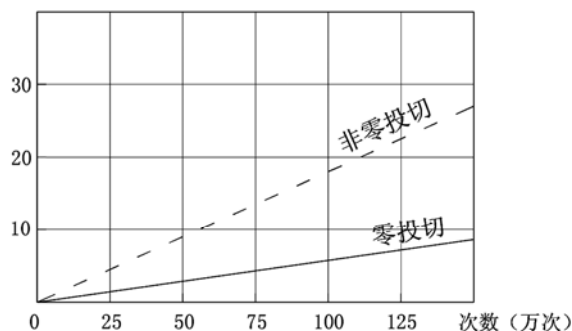


图9 零投切与非零投切对电容器容量衰减率的影响

8.2 应用方式

8.2.1 就地无功分散补偿中应用

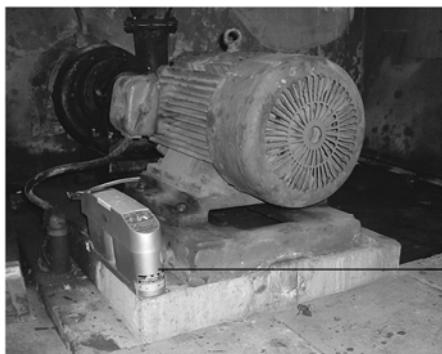
产品使用灵活、方便，可以不需要专用箱、柜，实现各种场合的小容量就地无功自动补偿，效果理想，如下列图10所示的情况：

- 1) 在用电设备旁放置，可实现数十至100kvar左右的无功分级、分相自动补偿；
- 2) 在壁挂式配电箱内放置，可实现数十kvar的无功分级、分相自动补偿；

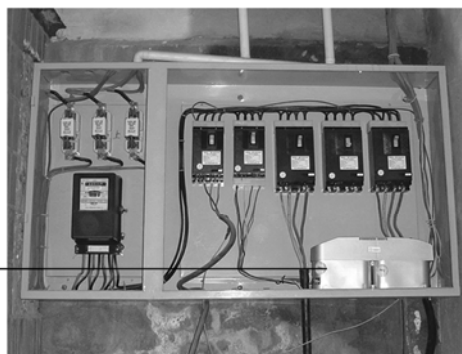
TDS系列智能式低压电力电容器

THEME 08 产品应用

- 3) 在新村配电箱内放置, 可实现数十kvar的无功分级、分相补偿;
- 4) 在工厂车间配电设备内(外)放置, 可实现数百kvar的无功分级、分相自动补偿;
- 5) 在用户配变小于100kvar的计量柜、配电柜内放置, 可实现数十至100kvar左右的无功分级、分相自动补偿。

智能式低压
电力电容器

电动机额定功率: 80kW;
智能式低压电力电容器: 1台;
无功补偿容量: 30kvar (20kvar+10kvar);
无功补偿4级: 0、10、20、30kvar。



配电容量: 50kVA;
智能式低压电力电容器: 1台;
无功补偿容量: 15kvar (10kvar+5kvar);
无功补偿4级: 0、5、10、15kvar。

智能式低压
电力电容器

智能式低压电力电容器: 1台;
无功补偿容量: 30kvar (20kvar+10kvar);
无功补偿4级: 0、10、20、30kvar。



智能式低压电力电容器: 1台;
无功补偿容量: 30kvar (20kvar+10kvar);
无功补偿4级: 0、10、20、30kvar。

图10 几种无功就地分散补偿

THEME 08 产品应用

8.2.2 箱式变中应用

在箱式变中积木式组装成无功自动补偿装置，或者与配变综合测控装置相结合，组装成配电监测与无功自动补偿系统，如下图11、图12所示，具有占用空间小、生产简易、维护和容量调整方便等显著优越性。



图11 美式箱变中应用

配电综合
测控装置

智能式低压
电力电容器



图12 欧式箱变中应用

8.2.3 户外配变无功补偿中应用

对户外配变进行无功补偿，可将产品安装于柱挂式户外设备箱内，例如下图13所示，具有结构简洁、体积小、生产简易、价格低、维护方便等优点。



箱体尺寸：450(宽)×380(高)
×100(厚)mm³。
智能式低压电力电容器：1台；
无功补偿容量：40kvar
(20kvar+20kvar)；
无功补偿3级：0、20、40kvar；



箱体尺寸：450(宽)×380(高)
×180(厚)mm³。
智能式低压电力电容器：2台；
无功补偿容量：55kvar
(20kvar+20kvar
+10kvar+5kvar)；
无功补偿12级：0、5、10、15、20、
25、30、35、40、45、
50、55kvar；



户外配变无功补偿箱

图13 户外配变无功补偿中应用

THEME 08 产品应用

8.2.4 户外配电监测与无功补偿中应用

将产品和配电综合测控装置在户外式设备箱内积木式组装而成，如下图14所示。用户可以根据情况将配电监测与无功补偿分期实施，由配电监测数据确定无功补偿容量，无功补偿容量也可以在投运后根据运行参数进行现场调整，实现无功补偿配置优化。



设备箱尺寸：480(长)×400(宽)×650(高)mm³；
设备箱质量：39kg；
配电综合测控装置：1台；
智能式低压电力电容器：2台；
无功补偿容量：70kvar (20kvar+20kvar+20kvar+10kvar)；
无功补偿8级：0、10、20、30、40、50、60、70kvar。



图14 户外配电监测与无功补偿中应用

8.2.5 低压成套柜中应用

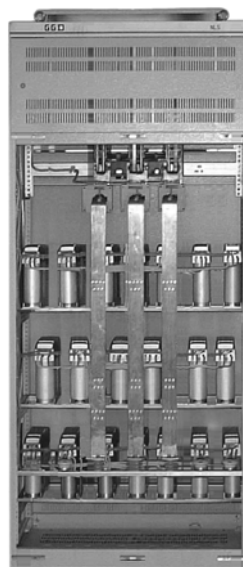
产品在柜体中积木式组装，构成无功自动补偿装置，打破现有无功自动补偿装置的结构模式，如图15、图16所示，具有电容器零投切等优异功能以及结构简洁、同样柜体可装更多电容量、生产简易、容量可调整性好、运行维护方便等特点。由于每台智能式低压电力电容器上具有运行工况指示和显示，以及可以手动投退操作，因此一般情况下在柜上不装状态指示灯和手动操作开关。

TDS系列智能式低压电力电容器

THEME 08 产品应用



斜视



后视

柜体 (GGD) 尺寸: 1000(宽) × 600(深) × 2230(高) mm³;
智能式低压电力电容器: 20台 (20+20) kvar;
无功补偿总容量: 800kvar [(20kvar+20kvar) × 20]。

注: 控制器使用了本公司产品TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置, 使接法极为简洁。

图15 GGD低压成套柜中应用



柜体 (MNS) 尺寸: 600(宽) × 800(深) × 2200(高) mm³;
智能式低压电力电容器: 12台 (20kvar + 20kvar);
无功补偿总容量: 480kvar [(20kvar + 20kvar) × 12]。

图16 MNS低压成套柜中应用

THEME 08 产品应用

8.2.6 低压抽出式箱体中应用

产品在抽出式箱体中组装，构成无功自动补偿箱，这种抽出式箱式无功自动补偿箱可以单台使用，如果一台的电容量不够，可以数台简单并接后形成一个较大容量的无功自动补偿装置。抽出式无功补偿箱在抽出式箱柜中安置灵活，一台抽出式无功补偿箱可以在抽出式柜中任意安置，数台抽出式无功补偿箱可以集中在一列抽出式柜中安置也可以在多列抽出式柜中分散安置。

抽出式箱体中应使用面板与本体相分离的产品。

抽出式箱体中最多可装2台产品，最大容量80kvar。

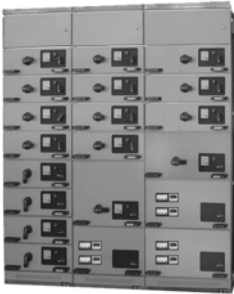
低压抽出式柜（箱体）有几种结构形式，因生产厂家不同型号不尽相同，下以某厂产品型号GCS、MNS和GCK为例，由其组成的抽出式无功补偿箱比较见下表4所列：

表4 GCS、MNS和GCK抽出式无功补偿箱比较

序	内 容	GCS 型	MNS 型	GCK 型
1	机箱尺寸 (常规)	宽度：600mm； 深度：450、500mm； 高度：以单元为单位， 1单元=160mm。	宽度：600mm； 深度：450、500mm； 高度：以E为单位， 1E=200mm。	宽度：600mm； 深度：450、500mm； 高度：以模数为单位， 1模数=200mm。
2	插拔箱 方式	单手旋转操作手柄。	双手推、拉两只手柄。	开箱门（箱门固定在柜体上），双手推、拉箱体。
3	插拔箱闭锁 开关位置	在旋转操作机构上。	在右侧辅操作机构上。	
4	卧装一台产品 高度要求	等于或高于1单元  [最大容量40kvar：(20+20) kvar]。	等于或高于1E  [最大容量40kvar：(20+20) kvar]。	等于或高于1模数  [最大容量40kvar：(20+20) kvar]。
5	卧装二台产品 高度要求	等于或高于2单元  [最大容量80kvar：2×(20+20) kvar]。	等于或高于1.5E  [最大容量80kvar：2×(20+20) kvar]。	等于或高于1.5模数  [最大容量80kvar：2×(20+20) kvar]。

TDS系列智能式低压电力电容器

THEME 08 产品应用

6	立装产品 高度要求	等于或高于 2.5 单元  [最大容量 80kvar: $2 \times (20+20)$ kvar]。	等于或高于 2E  [最大容量 80kvar: $2 \times (20+20)$ kvar]。	等于或高于 2 模数  [最大容量 80kvar: $2 \times (20+20)$ kvar]。
7	抽出式箱 无功自动补偿 装置	 无功补偿	 无功补偿	 无功补偿

在条件允许情况下，抽出式无功自动补偿箱安置在温度较低的柜体的下部较好。

THEME 09 应用设计要点

9.1 产品型式选定

普通类产品型式选定参考下表5说明。

表5 普通类产品型式说明

类 型	型号中代号位置	代号	代号定义	使 用 特 点
补偿方式	TDS-□□■□/□□□□ —□□.□□ □□□□	S	三相补偿	三相同步补偿, 体积、价格相对小, 普遍使用。
		F	分相补偿	可分相补偿, 适用于三相无功严重不平衡场合, 体积大、价格高, 很少单独使用, 一般与三相补偿结合使用。
联机方式	TDS-□□□■/□□□□ —□□.□□	Z	RS-485 通信	有线、价低、普通使用。
		X	小载波通信	无线, 价高, 很少使用。
		L	蓝牙通信	
		W	网络通信	有线, 价高, 很少使用。
抗谐波性	TDS-□□□□/□□□□ (X) —□□.□□	(X)	有抗谐波能力	用于谐波比较严重的场合(不能用于有中频炉场合)。
电容器型式	TDS-□□□□/□□□□ —□□.□□ (G)	(G)	干式电容器	性能好、无泄露、不产生污染、阻燃、价格略高。
安装形式	TDS-□□□□/□□□□ —□□.□□ (W)	(W)	卧式安装	产品在箱(如抽出式箱)内安装, 如箱的高度不够, 可采用卧式, 面板与本体分离, 之间用小线缆连接。
接线方式	TDS-□□□□/□□□□ —□□.□□ (C)	(C)	插件	产品调换方便, 但插座机械固定较为困难。

9.2 产品额定电压、额定容量选定

产品额定电压(U_N)的选定参考下表6说明。

表6 额定电压说明

类 型	电压因数 $\times U_N$	最大持续时间	说 明
工 频	1.00	连续	
工 频	1.10	每 24h 中 8h	
工 频	1.15	每24h中30min	是以在电容器的整个使用寿命期间总共不超过 200 次为前提。
工 频	1.20	5min	
工 频	1.30	1min	
工频加谐波	使电流不超过额定电流 1.43 倍		

TDB系列智能式低压电力电容器

THEME 09 应用设计要点

电容器是产品中电压耐受性最脆弱的元件，因此额定电压选取应有较大安全裕度。产品一般安装于配变出口处，该处电压较高，三相补偿方式 U_N 取450V、分相补偿方式 U_N 取250V较好。

常规产品的额定容量见下表7所示。

表7 常规产品的额定容量

补偿方式	普通产品容量 (kvar)					抗谐波产品容量 (kvar)			
三相补偿	(20+20)	(20+10)	(10+5)	(5+2.5)	(2.5+1.25)	(10+10)	(10+5)	(5+2.5)	(2.5+1.25)
分相补偿	20	10	5	2.5	1.25	10	5	2.5	1.25

三相补偿方式也有(10+10)、(5+5)、(2.5+2.5)、(1.25+1.25) kvar额定容量规格。

普通无功补偿装置的智能式低压电力电容器的配置参考见下表8。

表8 普通无功补偿装置的智能式低压电力电容器的配置参考

序	总容量 (kvar)	智能式低压电力电容器配置 (台)					补偿效果		
		(20+20) kvar	(20+10) kvar	(10+5) kvar	(5+2.5) kvar	(2.5+1.25) kvar	最小~最大 (kvar)	级数 (级)	级差 (kvar)
1	3.75					1	0~3.75	4	1.25
2	7.5				1		0~7.5	4	2.5
3	11.25				1	1	0~11.25	10	1.25
4	15			1			0~15	4	5
5	18.75			1		1	0~18.75	16	1.25
6	22.5			1	1		0~22.5	10	2.5
7	30		1				0~30	4	10
8	37.5		1		1		0~37.5	16	2.5
9	45		1	1			0~45	10	5
10	55	1		1			0~55	16	5
11	70	1	1				0~70	8	10
12	95	2		1			0~95	20	5
13	110	2	1				0~110	12	10
14	150	3	1				0~150	16	10
15	190	4	1				0~190	20	10
16	230	5	1				0~230	24	10
17	240	6					0~240	12	20
18	320	8					0~320	16	20
19	480	12					0~480	24	20
20	600	15					0~600	30	20
21	800	20					0~800	40	20

THEME 09 应用设计要点

表中最小容量的一台电容器决定分级无功补偿的级差，其投运时间平均为通电时间一半，与其它循环投运的电容器投运时间相似；但投、切次数高于其他电容器，由于采用了过零投切开关，投切次数并不影响其使用寿命。

三相补偿与分相补偿二者相结合的混合补偿方式的低压无功补偿，其智能式低压电力电容器的配置可参照表8；完全的分相补偿方式的低压无功补偿因其体积大、成本高而较少采用。

智能式低压电力电容器数量超过20台或者混合补偿方式的低压无功补偿装置因控制复杂而外加控制器较好。

9.3 产品接线端子定义

产品的接线端子分电源端子、接地端子及测控联机端子三种，均置于装置的后部。

电源端子有“ U_A 、 U_B 、 U_C 、 U_N ”和“1、2、3、0”标志，接地端子有“ $\frac{1}{2}$ ”标志，二者不因产品型号变化而改变。

测控联机端子使用插拔件，便于现场调试和调换，其数量和定义因产品型号不同而不同，产品上有定义标志和“4、5、6、7、8、9、10、11”序号标志，接线时或调换时应予充分注意。

各种型号产品的接线端子如下表9所示。

表9 各种型号产品接线端子排列与定义

补偿方式	接线方式	接线端排列与定义	补偿方式	接线方式	接线端排列与定义
三相补偿	接线式		分相补偿	接线式	
	插件式			插件式	

* 立式产品使用中，三相式的11、12端子不可短接，分相式的10、11、12端子不可短接。

* 卧式产品在装于抽出式箱中时，11、12端子应与箱中的插拔箱闭锁开关常开接点相接，使抽出式箱拔出时电容器在退运状态。

* 多台使用时，RS-485输入端子（4、5）并联，注意A、B端不可搞反，取样电流端子（三相 6、7，分相 6、7、8、9）并联，顺序不能搞错。

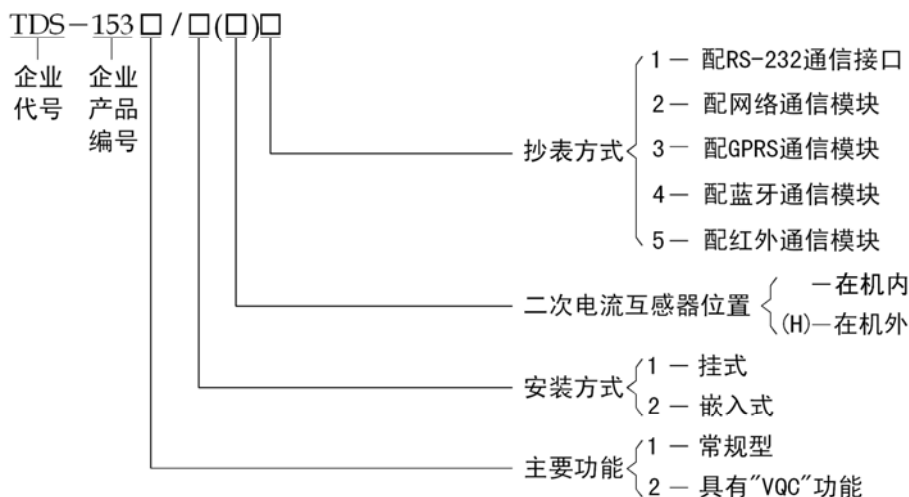
THEME 09 应用设计要点

9.4 产品配套件

9.4.1 TDS-1530系列配电综合测控装置

● 本公司有TDS-1530系列配电综合测控装置的生产和销售，该装置具有十分完全的配电综合测控功能(详见该产品技术说明书)，并且具有和TDS系列智能式低压电力电容器相配的RS-485通信软、硬件。在设计、制造配电监测与无功补偿箱时，如果采用TDS系列智能式低压电力电容器，而且如果同时采用TDS-1530系列配电综合测控装置，则二者间采用通信方式构成系统，可以简化连接线提高可靠性。

● TDS-1530系列配电综合测控装置的产品型号如下：



二次电流互感器在机外的产品，需配如图24所示的TDS-100型穿心式二次电流互感器，其电流引入端子采用普通插拔式端子，可随意插拔。

● 主要功能

1) 测量

配电三相电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率、有功电量、无功电量以及谐波分量的实时值。

2) 统计

电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率、谐波分量、有功电量、无功电量的整点值；

每日电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率，谐波的最大最小值；

每日停电时间、来电时间；

电容器累计投运时间、动作次数；

有载分接开关的动作时间、次数；

统计数据保存二个月，不因停电消失或变异。

3) 信号

电容器的投运、退运状态信号；

有载分接开关的挡位信号；

THEME 09 应用设计要点

保护动作的类型信号；
电源失压信号；
设备自检性故障类型信号；
外设状态信号。

4) 保护

系统过电压、欠电压、过谐波、零序过电流等保护，保护动作时闭锁控制输出。

5) 负荷控制

控制目标：功率、时段（或按用户要求）；
输出方式：继电器触点；
输出容量：AC5A/380V。

6) 电压无功综合控制（“VQC”）

主画面为电压无功综合自动控制动态图；
采用模糊控制理论以最少动作次数获取最高的电压合格率和最佳的节能效果。

7) 人机联系

点阵式背光液晶显示屏和键盘。

8) 远动

内容：遥测、遥信、遥控、遥调；
接口：RS-232、485口；
通道：蓝牙模块、红外模块、GPRS模块和网络模块等。

● TDS-1530系列配电综合测控装置的外形如下图17所示：



图17 TDS-1530系列配电综合测控装置的外形

THEME 09 应用设计要点

- 挂式外形尺寸：175 (W) × 280 (H) × 90 (T) mm³，固定孔尺寸如下图18所示。
- 嵌装式外形尺寸：166 (W) × 190 (H) × 135 (D) mm³，安装开孔尺寸：152 (W) × 162 (H) mm²。

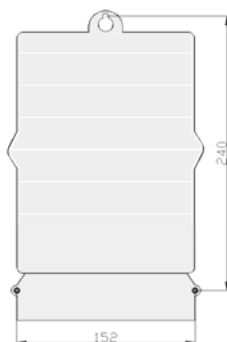
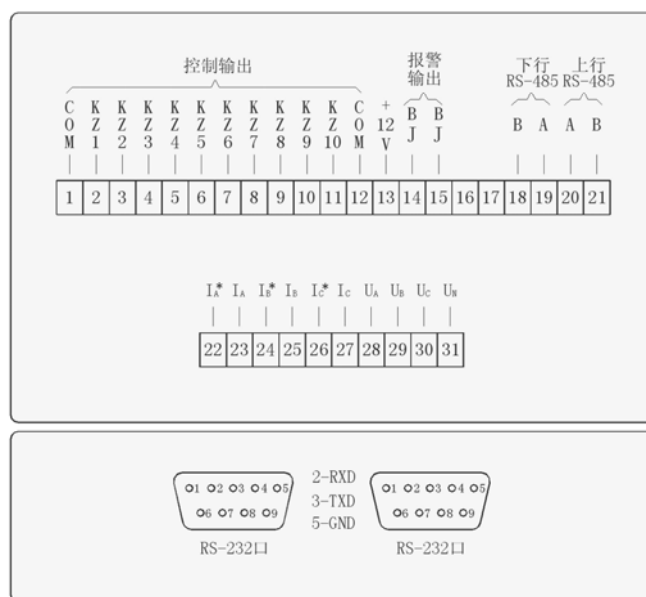


图18 TDS-153□/1□型安装孔尺寸

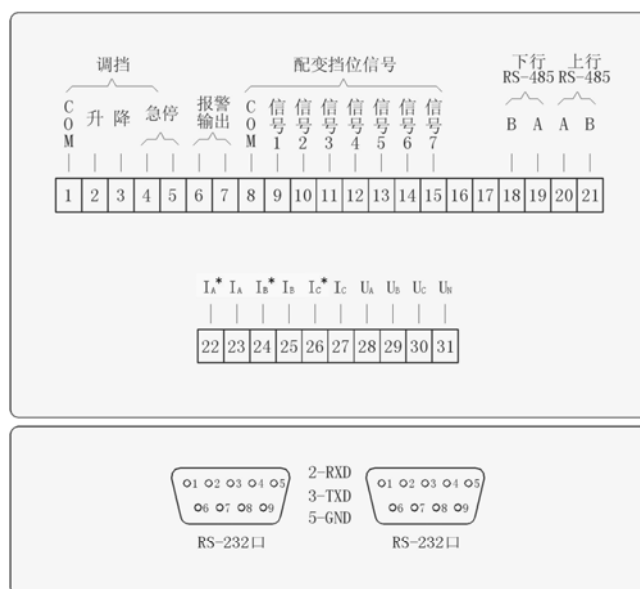
- TDS-1530系列配电综合测控装置的接线端子的排列与定义如下图19所示：



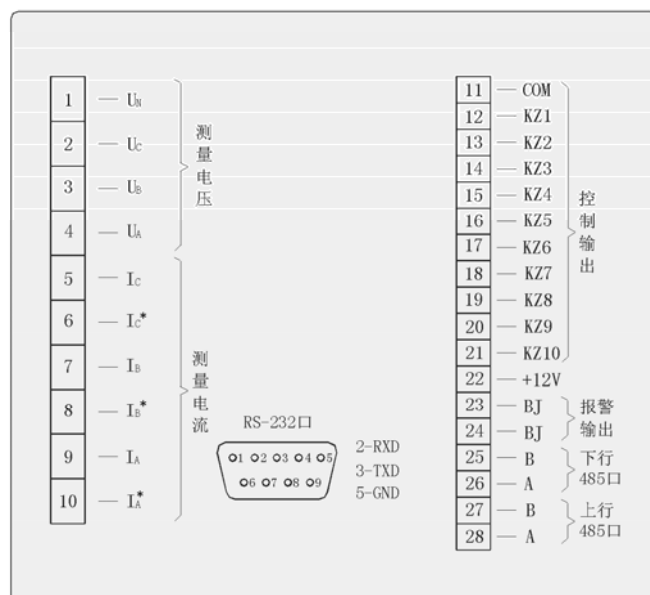
(TDS-1531/1□型)

TDS系列智能式低压电力电容器

THEME 09 应用设计要点



(TDS-1532/1□型)



(TDS-1531/2□型)

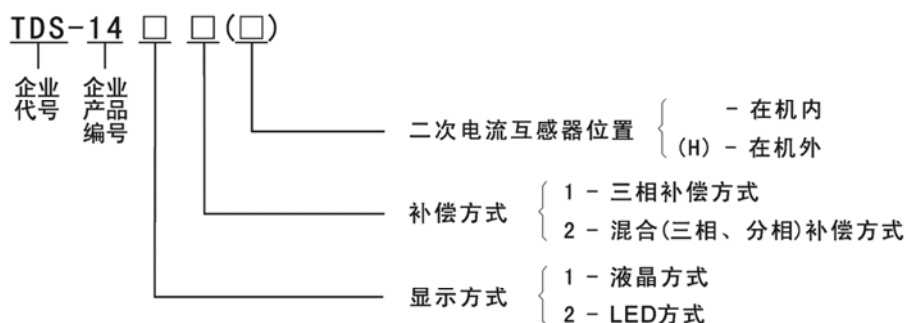
图19 TDS-1530系列配电综合测控装置的接线端子排列与定义

THEME 09 应用设计要点

9.4.2 TDS-1400系列低压无功补偿控制器

● 本公司有TDS-1400系列低压无功控制器的生产与销售，该控制器(详见该产品技术说明书)具有和TDS系列智能式低压电力电容器相配的RS-485通信软、硬件。如果采用TDS系列智能式低压电力电容器和TDS-1400系列低压无功补偿控制器组成低压无功补偿装置，则二者间采用通信方式组成系统，可以使连接线大为简化，提高可靠性。

● TDS-1400系列低压无功补偿控制器的型号如下：



二次电流互感器在机外的产品，需配如图24所示的TDS-100型穿心式二次电流互感器，其电流引入端子采用普通插拔式端子。

● 主要功能

1) 设置功能

CT变比设置；
保护定值设置；
延时时间设置；
功率因数设置。

2) 控制功能

自动、手动控制；
根据受控物理量（无功功率、无功电流、功率因数、时段）进行自动投切控制；
容量相同的电容器按循环投切原则投切控制，容量不同的电容器按无功缺额选择投切控制；
在投切电容器之前对投切产生的配电无功和电压变化进行预测，如预期投切后需要逆向操作的则不再投切控制。

3) 测量功能

配电电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率测量。

4) 信号功能

电容器投运、退运信号；
产品本身或外设故障信号。

5) 保护功能

过压、欠压和失压保护；
过压加速保护；
投切振荡保护。

THEME 09 应用设计要点

- TDS-1400系列低压无功补偿控制器的外形见下图20所示：



图20 TDS-1400系列低压无功补偿控制器的外形

- TDS-1400系列低压无功补偿控制器的外形尺寸与安装尺寸如下：
产品外形尺寸：128 (W) × 142 (H) × 128 (D) mm³，安装开孔尺寸：113 (W) × 113 (H) mm²。
- TDS-1400系列低压无功补偿控制器的接线端子的排列与定义如下图21所示：

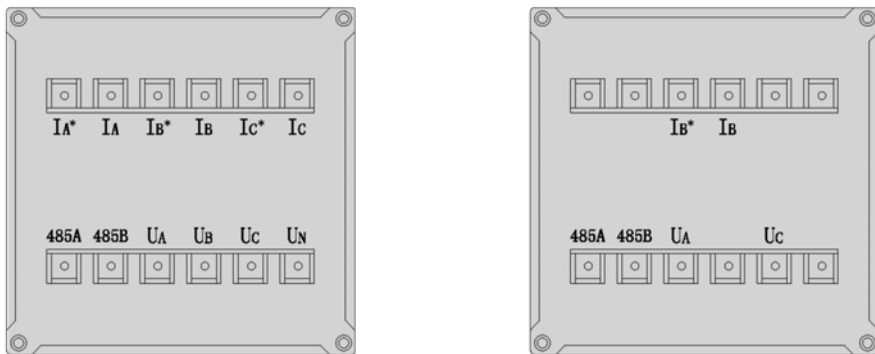


图21 TDS-1400系列低压无功补偿控制器的接线端子排列与定义

注：控制器的后盖板上接线端子与机芯电气连接采用接触式，同时机芯整体化，万一故障时，可以不拆除外接线，将后盖板拿下换上机芯，再装上后盖板即可。

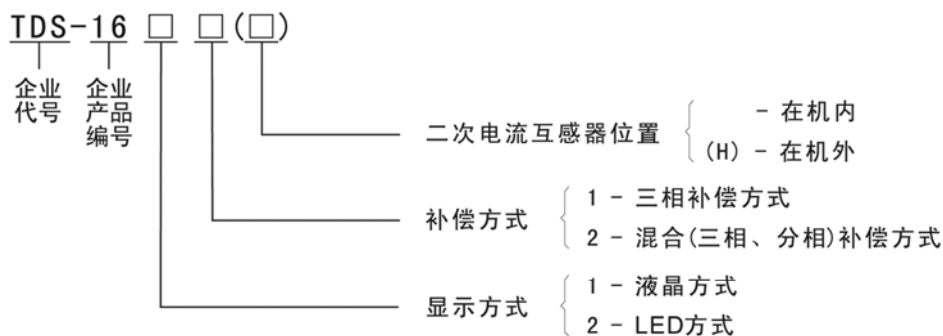
9.4.3 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置

- TDS-1600系列低压无功补偿综合测控装置是现代电力为适应低压无功自动补偿的发展需要，在吸收了国内外低压无功自动补偿技术的基础上研制与生产的新一代产品。

产品具有RS-485通信接口，可与本公司生产的TDS系列智能式低压电力电容器配套使用，接线简洁，运行可靠。使用本产品，可以替代现有低压无功补偿柜上电压表1只、电压测量转换开关1只、功率因数表1只、电流表3只，低压无功补偿控制器1台，以及所有电容器状态指示灯，使其极为简洁，同时可节省大量接线。

THEME 09 应用设计要点

- TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的型号如下：



- 主要功能

1) 设置功能

CT变比设置；
保护定值设置；
延时时间设置；
功率因数设置。

2) 控制功能

自动、手动控制；
根据受控物理量（无功功率、无功电流、功率因数、电压时段）进行自动投切控制；
容量相同的电容器按循环投切原则投切控制，容量不同的电容器按无功缺额选择投切控制；
在投切电容器之前对投切产生的配电无功和电压变化进行预测，如预期投切后需要逆向操作的则不再投切控制。

3) 测量功能

配电电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率测量；
柜内补偿无功电流（投运电力电容器总电流）测量。

4) 信号功能

电容器投运、退运信号；
产品本身或外设故障信号。

5) 保护功能

过压、欠压和失压保护；
过压加速保护；
投切振荡保护。

THEME 09 应用设计要点

- TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的外形见下图22所示:



(TDS-161□型)



(TDS-162□型)

图22 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的外形

- TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的外形尺寸与安装尺寸如下:
产品外形尺寸: 166 (W) × 190 (H) × 135 (D) mm³, 安装开孔尺寸: 152 (W) × 162 (H) mm².
- TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的接线端子的排列与定义如下图23所示:

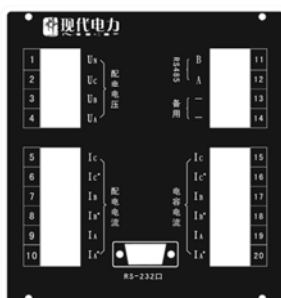


图23 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的接线端子排列与定义

9.4.4 穿心式二次电流互感器与开启式一次电流互感器

产品在进行低压无功自动补偿时, 需要引入低压配电的负载电流, 测量其功率因数和无功缺额。下图24、图25所示的电流互感器是产品的配件, 可用于电流取样, 二者的特点是次级电流很小, 允许开路, 引入到产品的配电电流输入端, 安全、可靠和便于产品调换。



图24 TDS-100型穿心式二次电流互感器



图25 TDS-110型开启式一次电流互感器

THEME 09 应用设计要点

图24是TDS-100型二次电流互感器，体积很小，将标准的一次电流互感器的二次侧电流（0~5A）变换成交流电压信号；图25则是TDS-110型一次电流互感器，将配电负荷电流直接变换成交流电压信号，采用开启式，便于现场安装；常规一次电流互感器与TDS-100型二次电流互感器在电气接线上的差别如下图26所示。

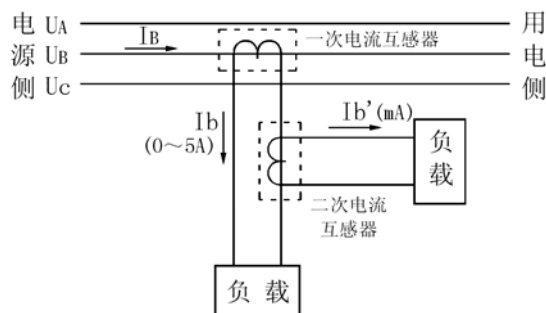


图26 一次、二次电流互感器在电气接线上的差别

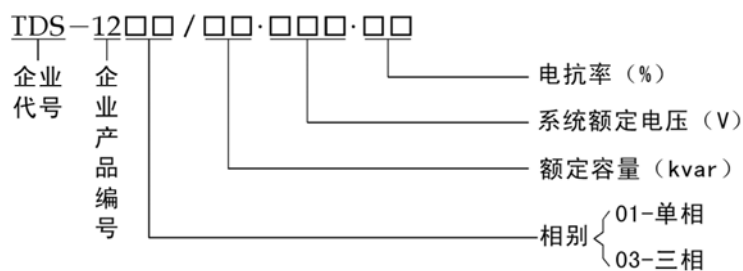
9.4.5 电抗器

TDS系列智能式低压电力电容器具谐波保护功能，即在谐波分量达到谐波保护设定值时，电容器退运，但是没有抗谐波功能，因此在持续超值的场合，应采用且有抗谐波能力的产品（TDS-13□□/□□□（X）-□□.□□型）。在谐波特大的场合，应安装无功补偿与消谐综合装置，这种装置在各电容器回路中需要串接电抗器，本公司有无功补偿与消谐综合装置和如下图27所示TDS-1200系列串联电抗器产品。



图27 TDS-1200系列串联电抗器

TDS-1200系列串联电抗器的型号如下：



无功补偿与消谐综合装置产品为非标型，对现场诸多参数测量后方可进行设计与制作。

THEME 10 典型应用定货图

10.1 产品的符号

根据GB5465.1、GB5465.2和GB5094、GB7159确定TDS系列智能式低压电力电容器的图形符号如下图28所示，文字符号为“CA”。



图28 智能式低压电力电容器的图形符号与文字符号

10.2 几种应用的元器件比较

产品主要有直接和在箱式变、户外式无功补偿箱、低压成套柜、低压抽出式箱中等应用，其元器件差异见表10所示。

表10 几种应用的元器件比较

应用 \ 元器件	智能式低压电力电容器	箱体	柜体	抽出式箱体	总开关	避雷器	总显仪表	外接控制器	外接状态指示	外接手动控制	电气闭锁
直接	√										
箱式变	√				√	√		*			
户外式无功补偿箱	√	√			√	√		*	*		
低压成套柜	√		√		√	√	√	*	*	*	
低压抽出式箱	√			√	*						√

注：空格表示无，“√”表示有，“*”表示可选。

总显仪表一般为显示装置三相总电流的电流表三只、显示系统电压的电压表一只及其转换测量开关一只、显示系统功率因数的功率因数表一只。

外接控制器一般在如下情况采用：

- 1) 配电监测和无功补偿要求较高或特殊的情况；
- 2) 智能式低压电力电容器数量超过20台或混合补偿方式等控制较为复杂的情况；
- 3) 谐波较为严重的情况。

智能式低压电力电容器上具有电容器投运、退行、故障指示，因此一般不外接状态指示灯。在智能式低压电力电容器置于柜内或箱内时，可外装总显仪表。观察总显仪表，如无功补偿正常，就不必观察每台电容器投、退状态，如无功补偿不正常，可再开柜门或箱门检查各台电容器投运、退运或故障状态。

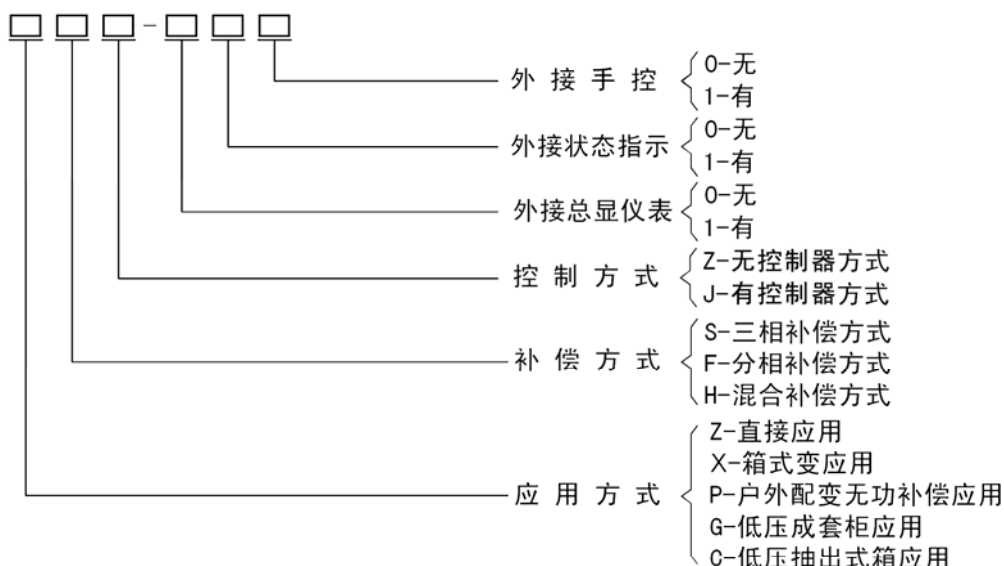
THEME 10 典型应用定货图

智能式低压电力电容器上具有强投、自动和电源总开关，可以实现手动投运、退运功能，因此一般不外装手动控制开关。在智能式低压电力电容器置于柜内或箱内时，可外装总显仪表。观察总显仪表，如无功补偿正常，就不需要进行手动投运、退运控制，如无功补偿不正常，再开柜门或箱门可以在智能式低压电力电容器上进行手动投运、退运控制。

10.3 定货图设计

10.3.1 方案编号

智能式低压电力电容器应用广阔、使用灵活，可形成繁多的应用方案，为便于查阅与调用，制定如下方案编号规则。



10.3.2 功能图形符号

为了在主接线图上反映无功补偿的一些功能要求，根据GB5465.1、GB5465.2和GB5094、GB7159确定下列功能图形符号。

表11 功能图形符号

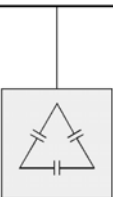
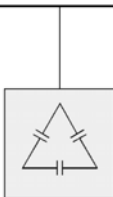
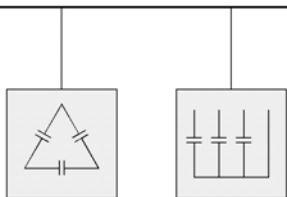
序	图形符号	功 能	备 注
1		测显功能	电流表、功率因数表、电压表及电压测量转换开关。
2		状态信号功能	信号指示灯。
3		控制器功能	采用 TDS-1400 系列低压无功补偿控制器或 TDS-1530 系列配电综合测控装置等。
4		测显、状态和控制器功能	采用 TDS-1600 系列低压无功补偿柜综合测控装置。
5		自动、手动转换控制功能	自动、手动转换开关。

THEME 10 典型应用定货图

10.3.3 直接应用定货图设计例

直接应用定货图设计例见下表12所示。

表12 直接应用定货图设计例

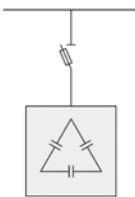
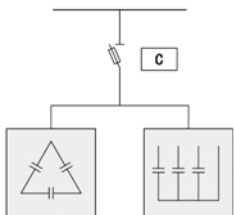
方案编号		ZSZ-000	ZSZ-000	ZHZ-000
电源线 规格:				
主 接 线				
电容器总容量		55kvar	110kvar	80kvar
元 器 件	智能式低压电力电容器 型号:TDS-□□SZ/450-20.20	1台	2台	1台
	智能式低压电力电容器 型号:TDS-□□SZ/450-20.10		1台	1台
	智能式低压电力电容器 型号:TDS-□□SZ/450-10.5	1台		
	智能式低压电力电容器 型号:TDS-□□FZ/250-10			1台
	二次电流互感器 型号:TDS-100	1只	1只	3只
电气原理图参考		图 31	图 31	图 33

THEME 10 典型应用定货图

10.3.4 箱式变中应用定货图设计例

箱式变中应用定货图设计例如下表13所示。

表13 箱式变中应用定货图设计例

方案编号		XSZ-000	XHJ-000
电源母线 规格:			
主 接 线			
电容器总容量		150kvar	180kvar
元 器 件	刀闸 型号:	1 把	1 把
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20	3 台	
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10	1 台	
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20		3 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10		1 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□FZ/250-20		1 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□FZ/250-10		1 台
配电综合测控装置 型号: TDS-1531			1 台
电气原理图参考		图 31 (加刀闸)	图 37 (减避雷器、指示灯)

THEME 10 典型应用定货图

10.3.5 户外配电监测与无功补偿中应用定货图设计例

户外配电监测与无功补偿中应用定货图设计例如下表14所示。

表14 户外配电监测与无功补偿中应用定货图设计例

方案编号		PSZ-000	PHZ-000	PSJ-000	PHJ-010
电源线 规格:					
主 接 线					
电 容 器 总 容 量		110kvar	80kvar	150kvar	160kvar
元 器 件	空气开关 型号:	1 只	1 只	1 只	1 只
	避雷器 型号:	3 只	3 只	3 只	3 只
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20	2 台	1 台		
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10	1 台	1 台		
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20			3 台	3 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10			1 台	1 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□FZ/250-10		1 台		
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□FZ/250-10				1 台
	配电综合测控装置 型号: TDS-1531			1 台	1 台
指示灯 型号:					6 只
电 气 原 理 图 参 考		图 34 (减指示灯)	图 36	图 37 (减分补、指示灯)	图 37 (减指示灯)

THEME 10 典型应用定货图

10.3.6 低压成套柜中应用定货图设计例

低压成套柜中应用定货图设计见下表15所示。

表15 低压成套柜中应用定货图设计例

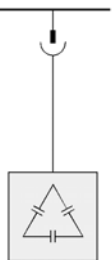
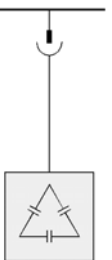
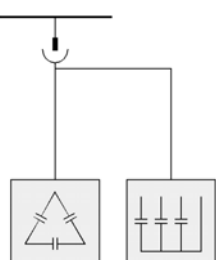
方案编号		GSZ-000	GSJ-000	GSZ-100	GSZ-110	GSJ-111
主母线 规格:						
主接线						
电容器总容量		230kvar	430kvar	400kvar	350kvar	800kvar
元 器 件	隔离开关 型号:	1 把	1 把	1 把	1 把	1 把
	避雷器 型号:	3 只	3 只	3 只	3 只	3 只
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20	5 台		10 台	8 台	
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10	1 台			1 台	
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20		10 台			20 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10		1 台			
	二次电流互感器 型号: TDS-100	1 只		1 只	1 只	
	低压无功补偿控制器 型号:		1 台			1 台
	一次电流互感器 (5A) 型号:			3 只	3 只	3 只
	电流表 型号:			3 只	3 只	3 只
	功率因数表 型号:			1 只	1 只	1 只
	电压表 型号:			1 只	1 只	1 只
	电压测量转换开关 型号:			1 把	1 把	1 把
	指示灯 型号:				9 只	20 只
	自动、手动转换开关 型号:					2 把
柜体尺寸 (宽×深×高) mm ³		1000×600×2200mm ³ (GGD) 柜体最多可放智能式低压电力电容器 20 台, 总容量 800kvar 600×800×2200mm ³ (GCS) 柜体最多可放智能式低压电力电容器 12 台, 总容量 480kvar				
电气原理图参考		图39 (减测显仪表)	图43 (减测显仪表) 图47 (减测显仪表)	图39	图40	图46、50

THEME 10 典型应用定货图

10.3.7 低压抽出式箱中应用定货图设计例

低压抽出式箱中应用定货图设计例见下表16所示。

表16 低压抽出式箱中应用设计例

方案编号		CSZ-000	CSZ-000	CHZ-000
柜序号/箱序号		/	/	/
主母线 规格:				
电 容 器 总 容 量		80kvar	70kvar	60kvar
箱内元件	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20(W)		1 台	1 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.10(W)		1 台	
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□FZ/250-20 (W)			1 台
	智能式低压电力电容器 型号: TDS-□□SZ/450-20.20	2 台		
箱体要求	箱体尺寸: 宽×深×高 (mm ³)			
	箱面板开孔: 宽×高 (mm ²)	171×70 (二孔、纵向排列、间距 60)	171×70 (二孔、纵向排列、间距 60)	171×70 (三孔、纵向排列、间距 60)
电气原理图参考		图 52、53	图 52、53	图 54、55

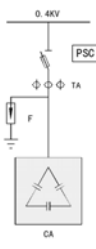
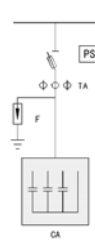
用于无功补偿的低压抽出式箱可以单独组柜，也可以与用于受电、馈电、联络等用途的抽出式箱共同组柜，也可以置于多列柜中，但抽出箱的深度尺寸必须相互一致。

THEME 10 典型应用定货图

10.3.8 应用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的定货图设计例

应用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的定货图设计例见下表17所示。

表17 应用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置的定货图设计例

方案编号		GSJ-000	GSJ-000	GSJ-000	备注
柜序号/箱序号		/	/	/	CA为TDS智能式低压电力电容器，除电容器外，同时具有控制、保护、测量、信号和自诊断等功能。
主母线 规格:					
主接线					
电 容 容 量	总容量 (kvar)				
	三相补偿容 (kvar)				混合补偿中的分相补偿容量一般占 20%~30%。
	分相补偿容 (kvar)				
开关/型号、规格		1	1	1	一般用刀熔开关
电流互感器/型号、规格		3	3	3	
避雷器/型号、规格		3	3	3	
T D S 智 能 式 电 力 电 容 器	型号、规格				根据实际情况配置 如为干式电容器另加注明
	型号、规格				
	型号、规格				
	型号、规格				
TDS-1622 低压无功补偿柜综合测控装置		1	1	1	
柜 体	高度 (mm)				
	宽度 (mm)				
	深度 (mm)				
电气原理图参考		图 56	图 57	图 58	

THEME 11 典型应用电气原理图

11.1 典型应用电气原理图索引

典型应用电气原理图索引见下表18所示。

表18 典型应用电气原理图索引

序	应用类型			产品型号	图序	备注
1	直接应用 (11.2)	单台 (11.2.1)	三相补偿 (11.2.1.1)	□□SZ	图 29	一般台数较少,分散安装于电动机旁等使用现场。
2			分相补偿 (11.2.1.2)	□□FZ	图 30	
3		多台 (11.2.2)	三相补偿 (11.2.2.1)	□□SZ	图 31	
4			分相补偿 (11.2.2.2)	□□FZ	图 32	
5			混合补偿 (11.2.2.3)	□□SZ、□□FZ	图 33	
6	组箱应用 (11.3)	无外接控制器 (11.3.1)	三相补偿 (11.3.1.1)	□□SZ	图 34	一般台数较少,用于户外配变等场合。
7			分相补偿 (11.3.1.2)	□□FZ	图 35	
8			混合补偿 (11.3.1.3)	□□SZ、□□FZ	图 36	
9		有外接控制器 (11.3.2)	通信控制(混合补偿) (11.3.2.1)	□□SZ、□□FZ	图 37	
10			接点控制(混合补偿) (11.3.2.2)	□□SZ、□□FZ	图 38	
11	组柜应用 (11.4)	无外接控制器 (11.4.1)	简式 (11.4.1.1)	□□SZ	图 39	一般台数较多,多为三相补偿式,安装在配电室,用于无功集中补偿。
12			外接指示灯 (11.4.1.2)	□□SZ	图 40	
13			外接手控 (11.4.1.3)	□□SZ	图 41	
14			外接指示灯、手控 (11.4.1.4)	□□SZ	图 42	
15		有外接控制器 (通信控制) (11.4.2)	简式 (11.4.2.1)	□□SZ	图 43	
16			外接指示灯 (11.4.2.2)	□□SZ	图 44	
17			外接手控 (11.4.2.3)	□□SZ	图 45	
18			外接指示灯、手控 (11.4.2.4)	□□SZ	图 46	
19		有外接控制器 (接点控制) (11.4.3)	简式 (11.4.3.1)	□□SZ	图 47	
20			外接指示灯 (11.4.3.2)	□□SZ	图 48	
21			外接手控 (11.4.3.3)	□□SZ	图 49	
22			外接指示灯、手控 (11.4.3.4)	□□SZ	图 50	
23	组抽出式箱应用 (11.5)	三相补偿 (11.5.1)	一台产品箱内接线 (11.5.1.1)	□□SZ	图 51	抽出箱高度有限,一般用卧式产品。
24			二台产品箱内接线 (11.5.1.2)	□□SZ	图 52	
25			三相补偿箱间联线 (11.5.1.3)		图 53	
26		混合补偿 (11.5.2)	二台产品箱内接线 (11.5.2.1)	□□SZ、□□FZ	图 54	
27			混合补偿箱间联线 (11.5.2.2)		图 55	
28	TDS-1600 系列 低压无功补偿柜 综合测控装置应用 (11.6)	三相补偿 (11.6.1)			图 56	
29		分相补偿 (11.6.2)			图 57	
30		混合补偿 (11.6.3)			图 58	
31	自动/手动转换开关并用 (11.7)				图 59、60	
32	产品的双电容并用 (11.8)				图 61	

THEME 11 典型应用电气原理图

11.2 直接应用

11.2.1 单台直接应用

11.2.1.1 单台（三相补偿）直接应用

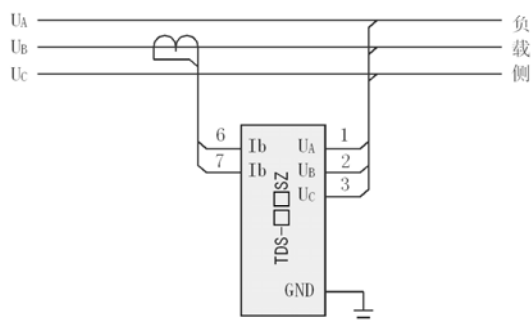


图29 单台（三相补偿）直接应用电气原理

单台直接应用，负载电流一般较小，电流取样可使用图25所示的开启式一次电流互感器，将其二次侧直接引入产品。

11.2.1.2 单台（分相补偿）直接应用

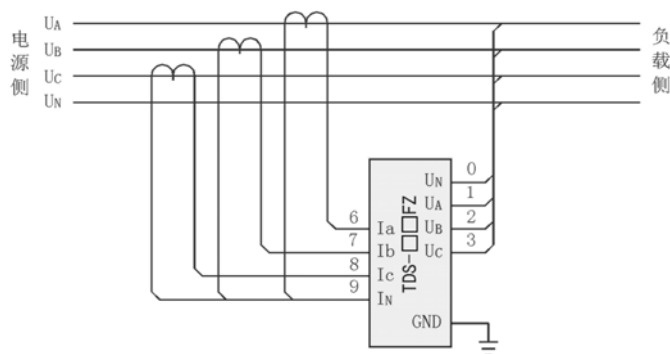


图30 单台（分相补偿）直接应用电气原理

图中电流取样使用图25中所示的与产品配套的开启式电流互感器。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.2.2 多台直接应用

11.2.2.1 多台（三相补偿）直接应用

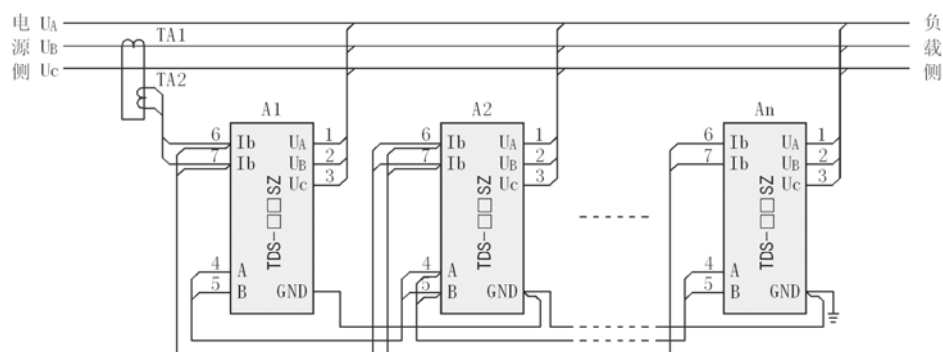


图31 多台（三相补偿）直接应用电气原理

图31中电流取样使用图24中所示的穿心式二次电流互感器（TA2），一次电流互感器TA1可用普通市售电流互感器。

11.2.2.2 多台（分相补偿）直接应用

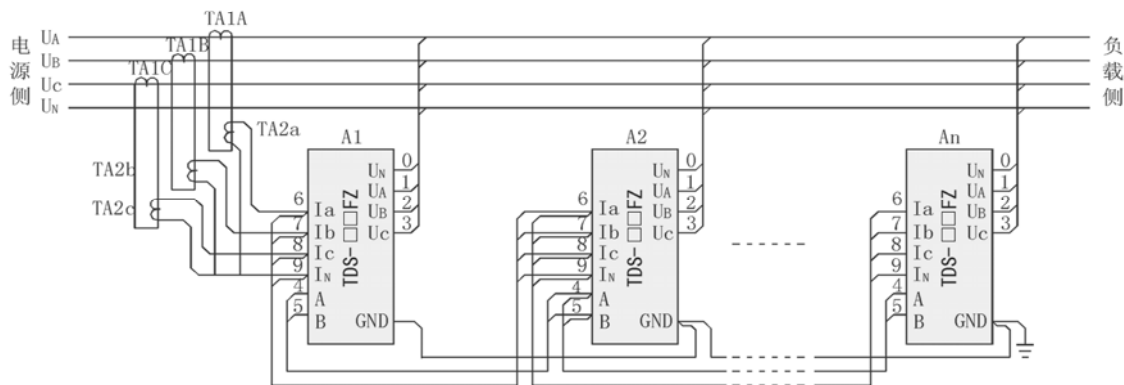


图32 多台（分相补偿）直接应用电气原理

分相补偿需要三组电流互感器进行三相电流取样，多台分相补偿很少采用。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.2.2.3 多台（混合补偿）直接应用

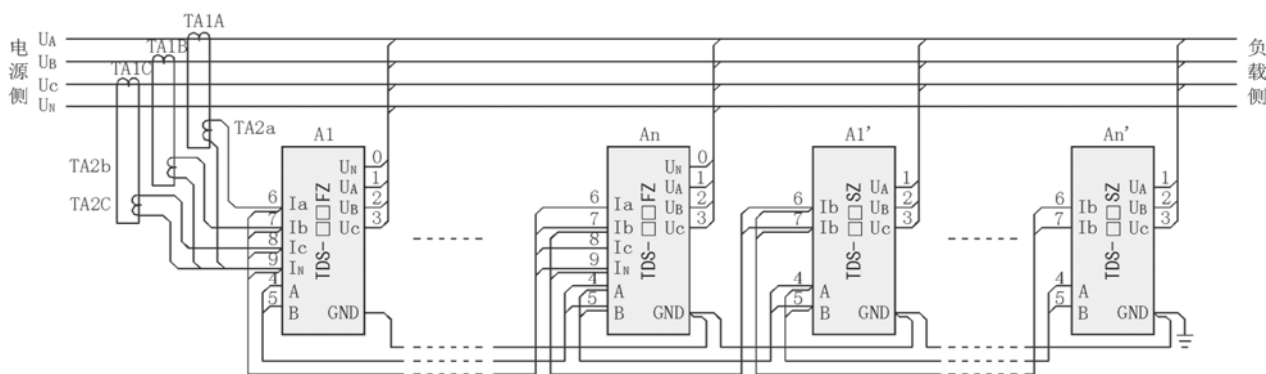


图33 多台（混合补偿）直接应用电气原理

11.3 组箱应用

11.3.1 无外接控制器

11.3.1.1 无外接控制器（三相补偿）组箱应用

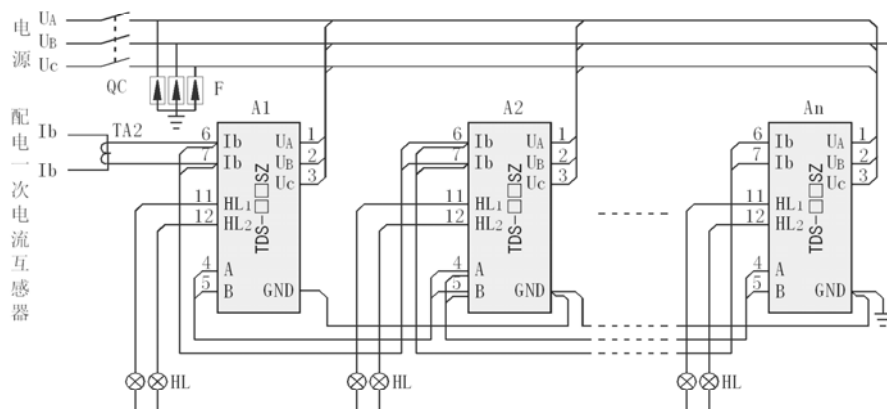


图34 无外接控制器（三相补偿）组箱应用电气原理

与图31相比，增加了箱体和总开关QC、避雷器F和反映各台电容器投切状态的指示灯。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.3.1.2 无外接控制器（分相补偿）组箱应用

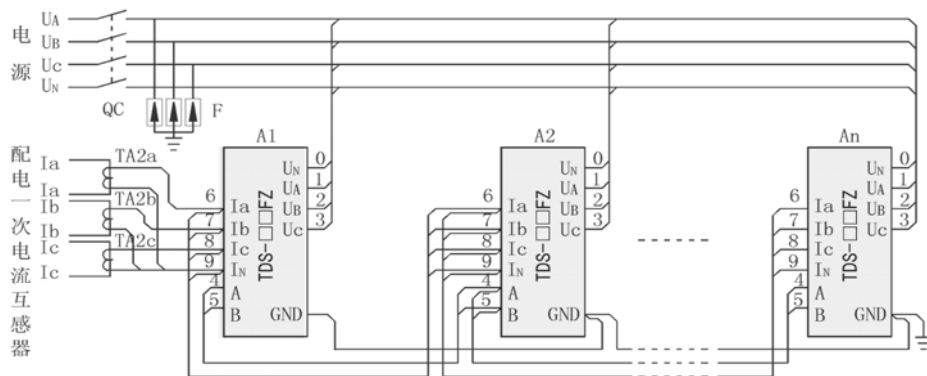


图35 无外接控制器（分相补偿）组箱应用电气原理

与图32相比，增加了箱体和总开关QC、避雷器F。

11.3.1.3 无外接控制器（混合补偿）组箱应用

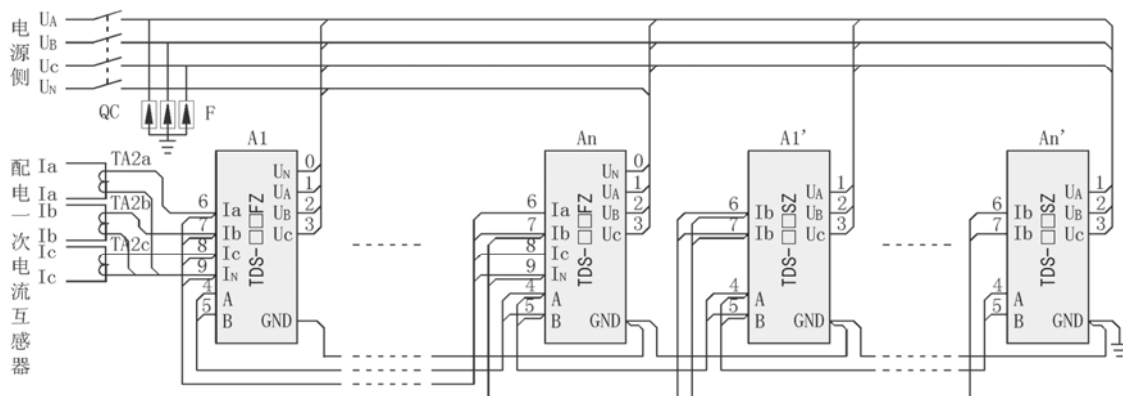


图36 无外接控制器（混合补偿）组箱应用电气原理

与图33相比，增加了箱体和总开关QC、避雷器F。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.3.2 有外接控制器

11.3.2.1 有外接控制器（通信控制、混合补偿）应用

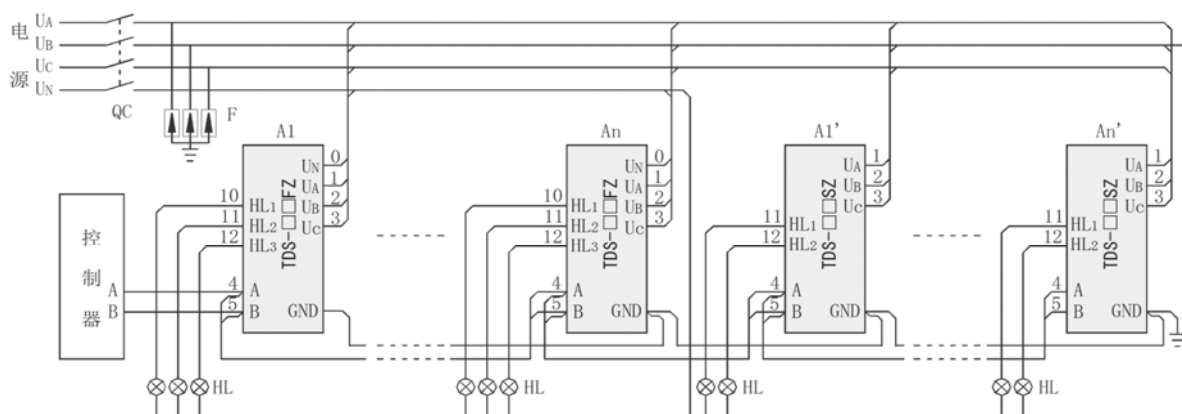


图37 有外接控制器（通信控制、混合补偿）应用电气原理

图中控制器应采用具有RS-485通信口和混合补偿功能的低压无功补偿控制器或性能较好的配变综合测控装置类产品，控制器的电气接线按其产品说明。

11.3.2.2 有外接控制器（接点控制、混合补偿）应用

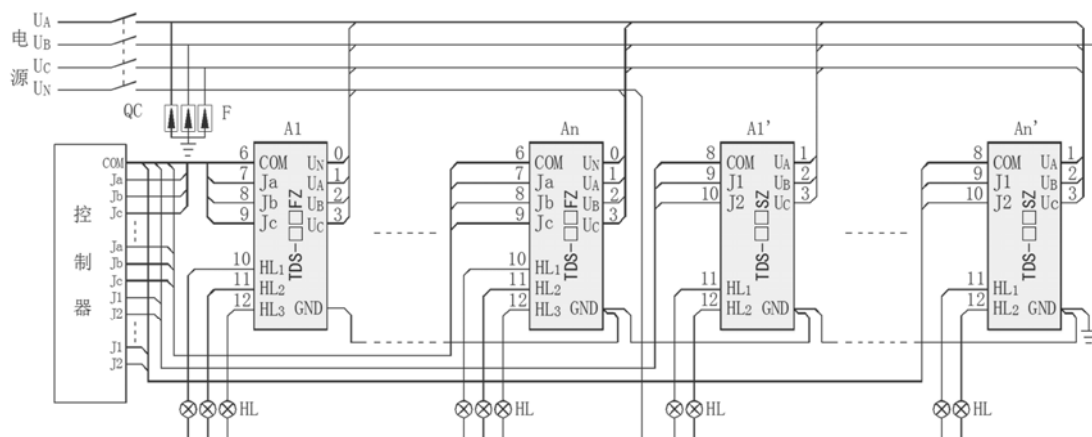


图38 有外接控制器（接点控制、混合补偿）应用电气原理

图中控制器可采用具有混合补偿功能的低压无功补偿控制器或配电综合测控装置，控制器的电气接线按其产品说明。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.4 组柜应用

11.4.1 无外接控制器

11.4.1.1 无外接控制器（简式）组柜应用

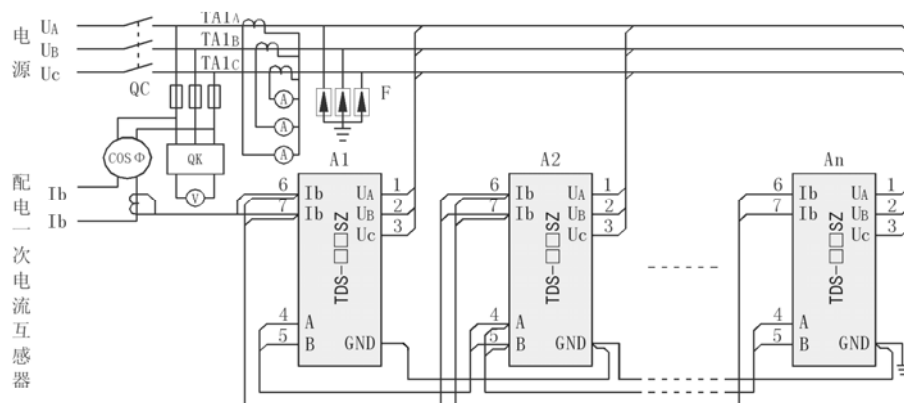


图39 无外接控制器（简式）组柜应用电气原理

与图31相比，增加了 $\cos \phi$ 表、电流表和电压表等总显示仪表。QK是电压测量转换，接线按其产品说明。

11.4.1.2 无外接控制器（外接指示灯）组柜应用

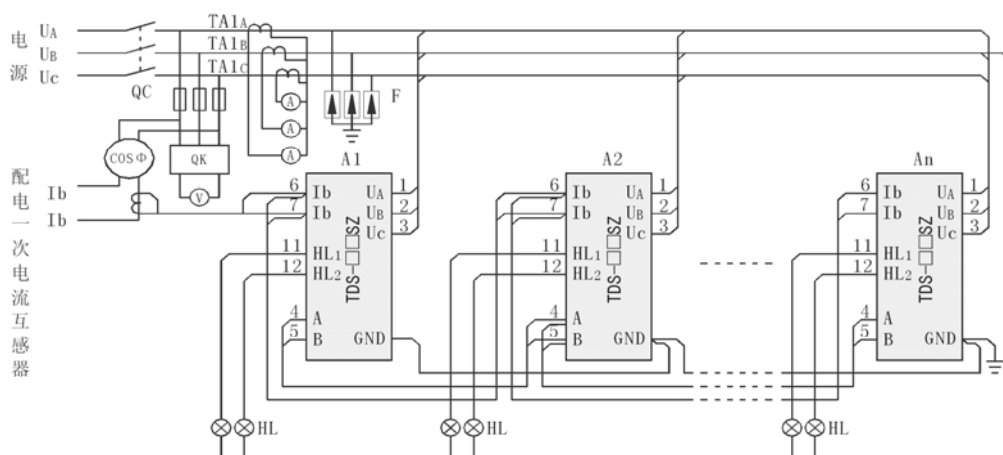


图40 无外接控制器（外接指示灯）组柜应用电气原理

与图34相比，增加了 $\cos \phi$ 表、电流表和电压表等总显示仪表。QK是电压测量转换，接线按其产品说明。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.4.1.3 无外接控制器（外接手控）组柜应用

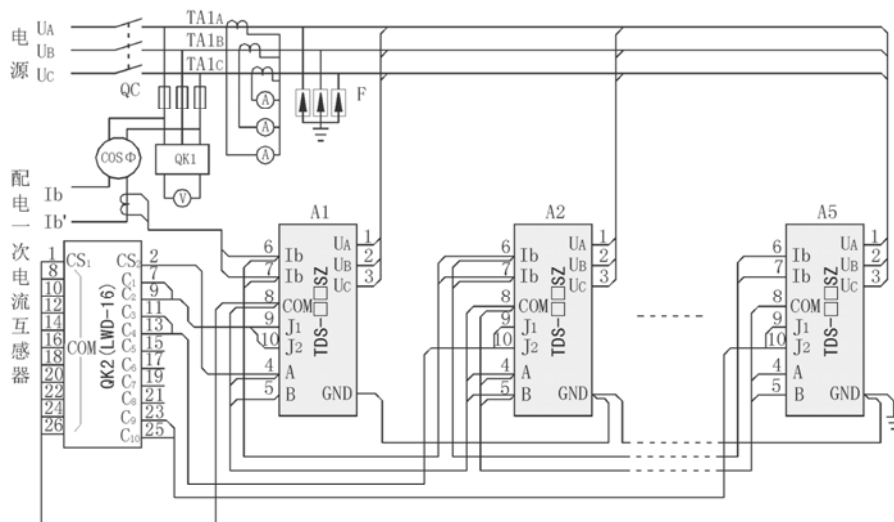


图41 无外接控制器（外接手控）组柜应用电气原理

图中QK1是电压测量转换开关，QK2是手动/自动转换及手动控制开关，接线按其产品说明。

11.4.1.4 无外接控制器（外接指示灯、手控）组柜应用

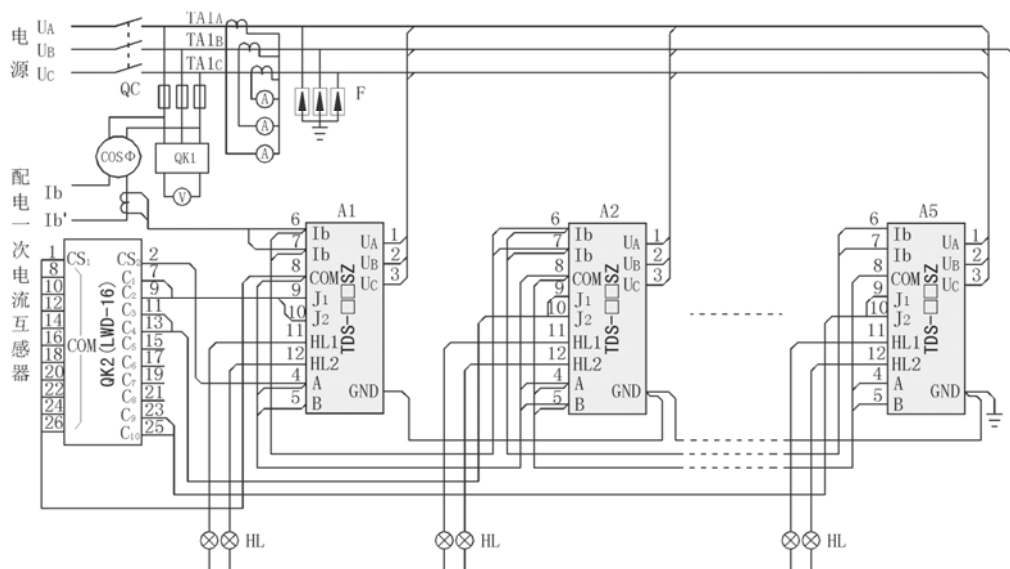


图42 无外接控制器（外接指示灯、手控）组柜应用电气原理

QK1、QK2见图41说明。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.4.2 有外接控制器（通信控制）

11.4.2.1 有外接控制器（通信控制、简式）组柜应用

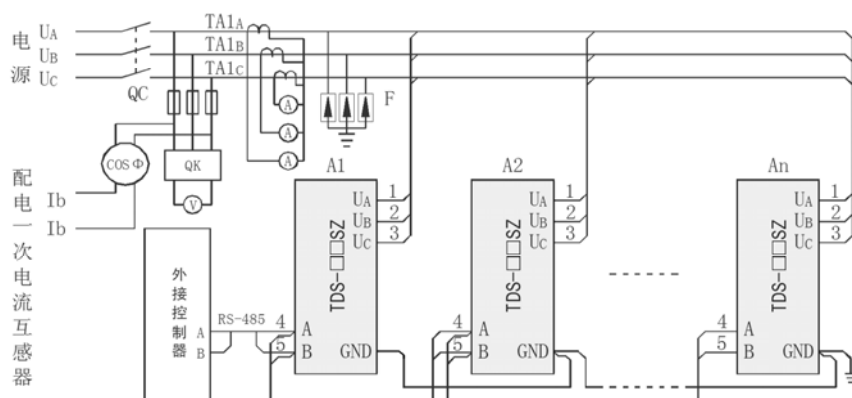


图43 有外接控制器（通信控制、简式）组柜应用电气原理

QK、外接控制器等接线按其产品说明。

11.4.2.2 有外接控制器（通信控制、外接指示灯）组柜应用

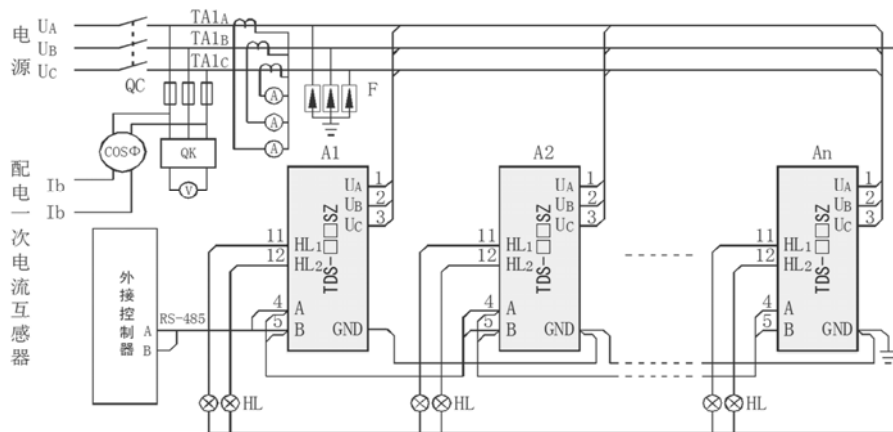


图44 有外接控制器（通信控制、外接指示灯）组柜应用电气原理

QK、外接控制器等接线按其产品说明。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.4.2.3 有外接控制器（通信控制、外接手控）组柜应用

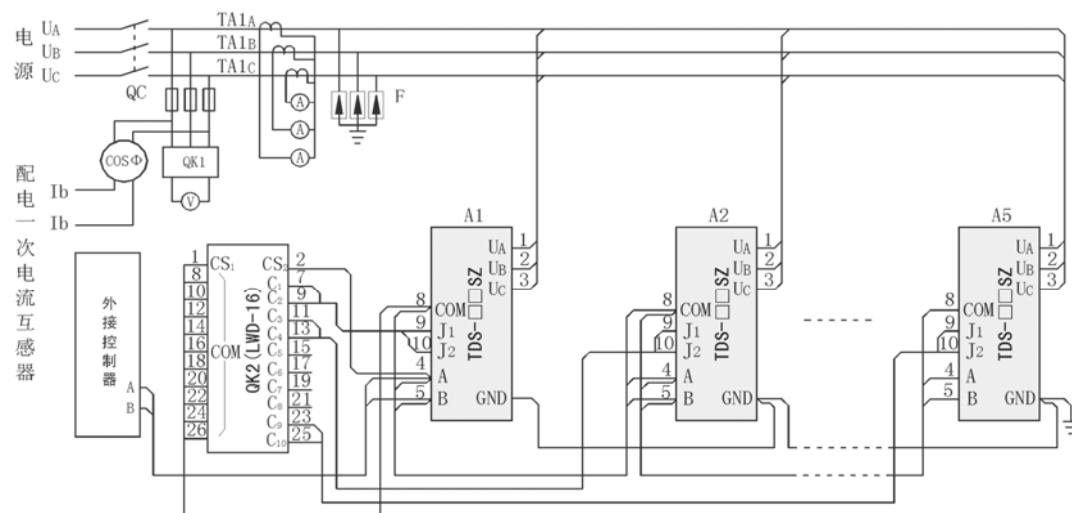


图45 有外接控制器（通信控制、外接手控）组柜应用电气原理

QK1、QK2、外接控制器等接线按其产品说明。

11.4.2.4 有外接控制器（通信控制、外接指示灯、手控）组柜应用

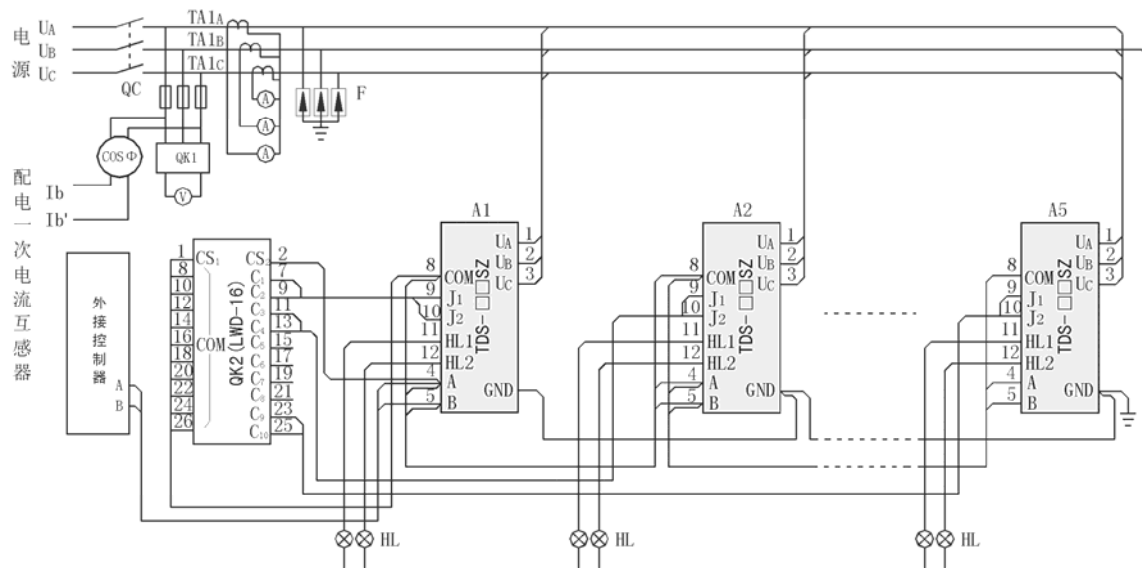


图46 有外接控制器（通信控制、外接指示灯、手控）组柜应用电气原理

QK1、QK2、外接控制器等接线按其产品说明。

THEME 11 典型应用电气原理图

11.4.3 有外接控制器（接点控制）

11.4.3.1 有外接控制器（接点控制、简式）组柜应用

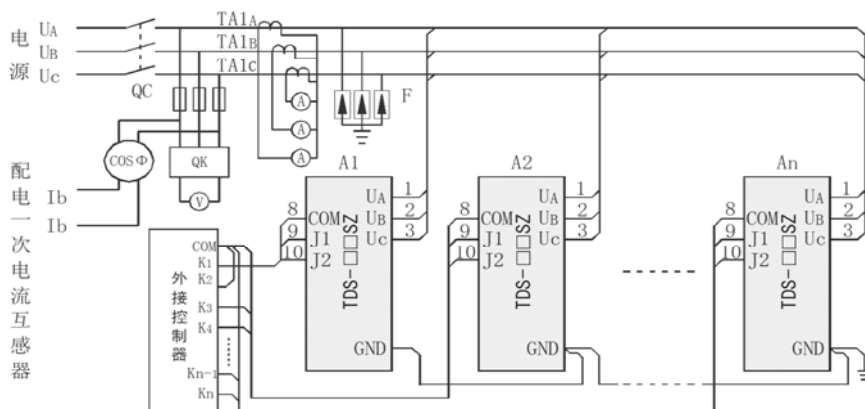


图47 有外接控制器（接点控制、简式）组柜应用电气原理

QK、外接控制器等接线按其产品说明。

11.4.3.2 有外接控制器（接点控制、外接指示灯）组柜应用

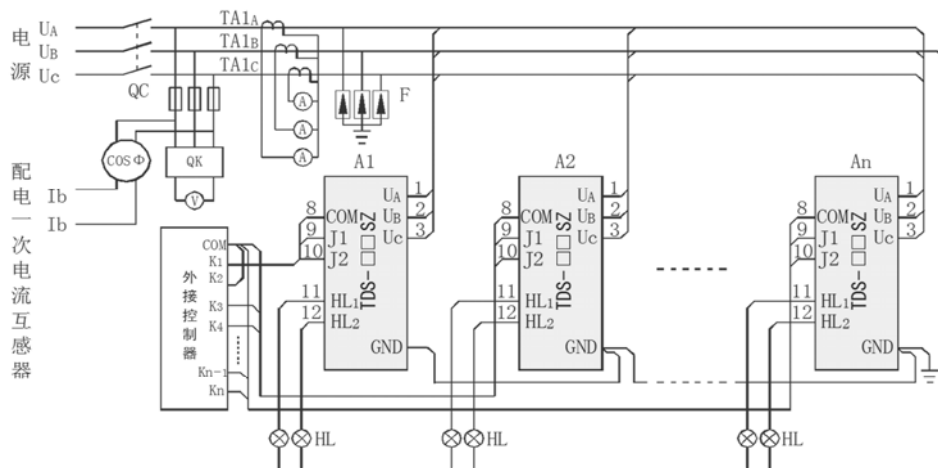


图48 有外接控制器（接点控制，外接指示灯）组柜应用电气原理

QK、外接控制器等接线按其产品说明。

THEME 11> 典型应用电气原理图

11.4.3.3 有外接控制器（接点控制、外接手控）组柜应用

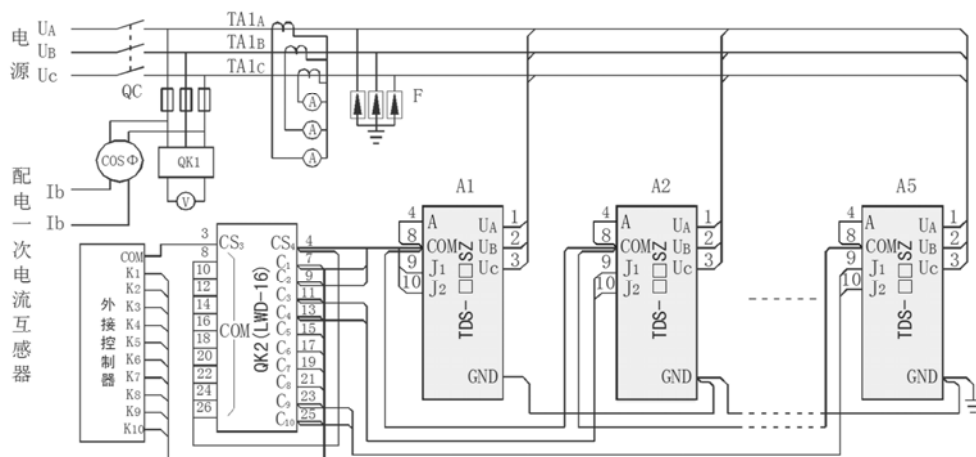


图49 有外接控制器（接点控制、外接手控）组柜应用电气原理

QK1、QK2、外接控制器等接线按其产品说明。

11.4.3.4 有外接控制器（接点控制、外接指示灯、手控）组柜应用

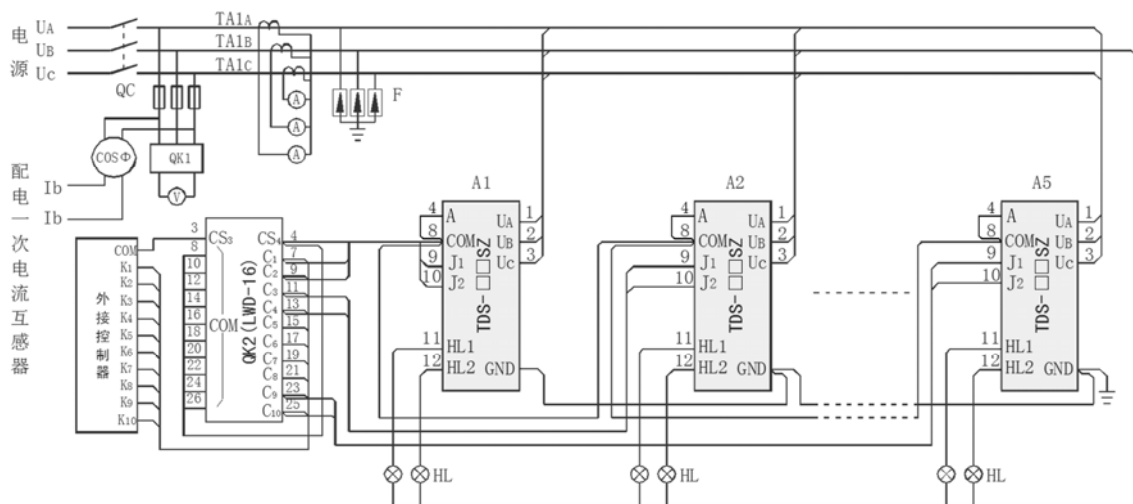


图50 有外接控制器（接点控制、外接指示灯、手控）组柜应用电气原理

QK1、QK2、外接控制器等接线按其产品说明。

THEME 11> 典型应用电气原理图

11.5 组抽出式箱应用

11.5.1 三相补偿

11.5.1.1 一台产品箱内接线

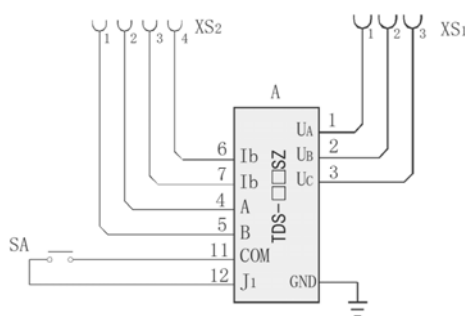


图51 一台产品抽出式箱内应用电气原理

图中XS₁是一次连接插件，XS₂是二次连接插件，SA为抽出式箱的插拔闭锁开关，在插拔箱时处于断开状态（下同）。

11.5.1.2 二台产品箱内接线

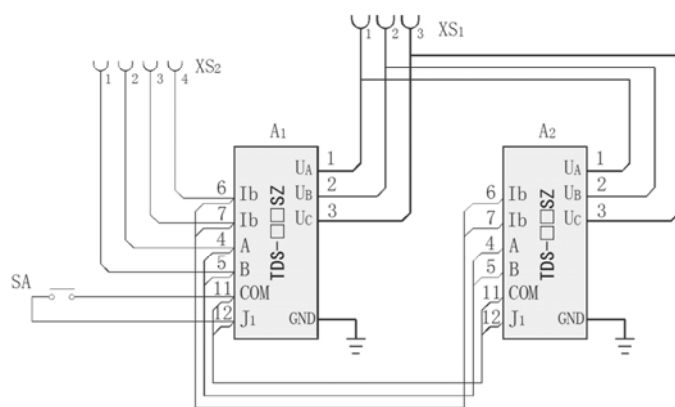


图52 二台产品抽出式箱内应用电气原理

THEME 11 典型应用电气原理图

11.5.1.3 三相补偿箱间联接

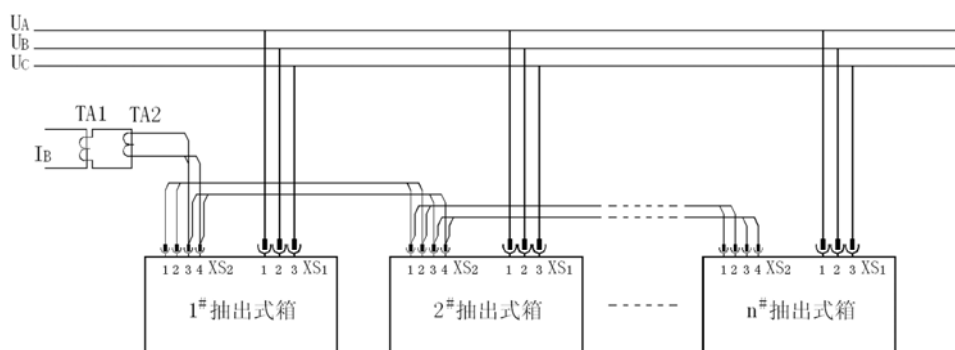


图53 三相补偿抽出式箱之间组合应用电气原理

11.5.2 混合补偿

11.5.2.1 二台产品箱内接线

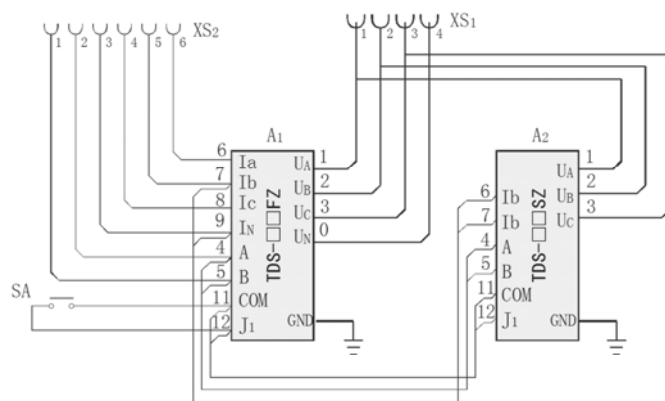


图54 混合补偿抽出式箱内应用电气原理

THEME 11 典型应用电气原理图

11.5.2.2 混合补偿箱间联接

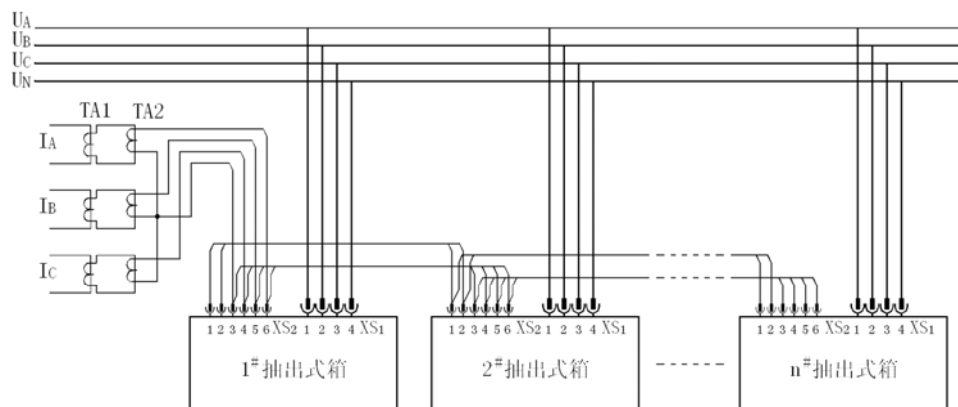


图55 混合补偿抽出式箱之间组合应用电气原理

11.6 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置应用

11.6.1 三相补偿

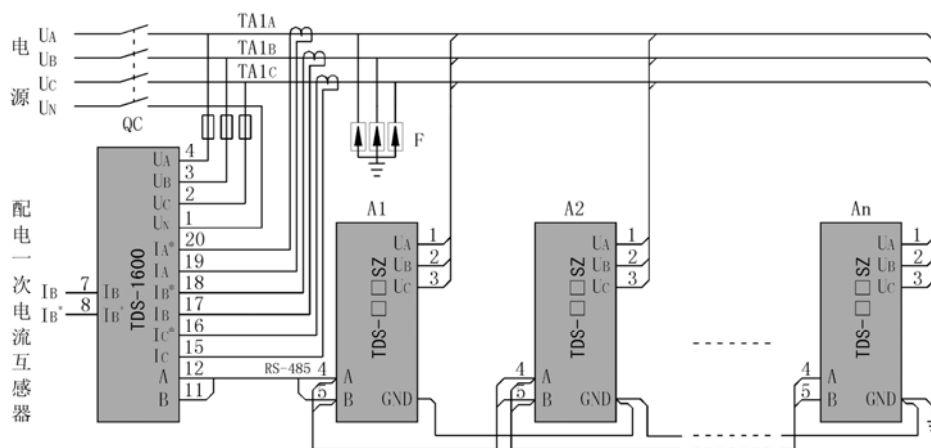


图56 使用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置三相补偿应用电气原理

THEME 11 典型应用电气原理图

11.6.2 分相补偿

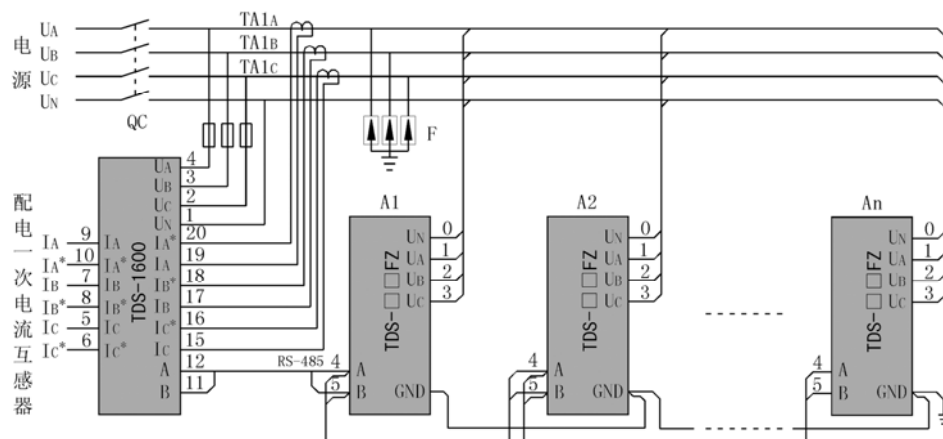


图57 使用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置分相补偿应用电气原理

11.6.3 混合补偿

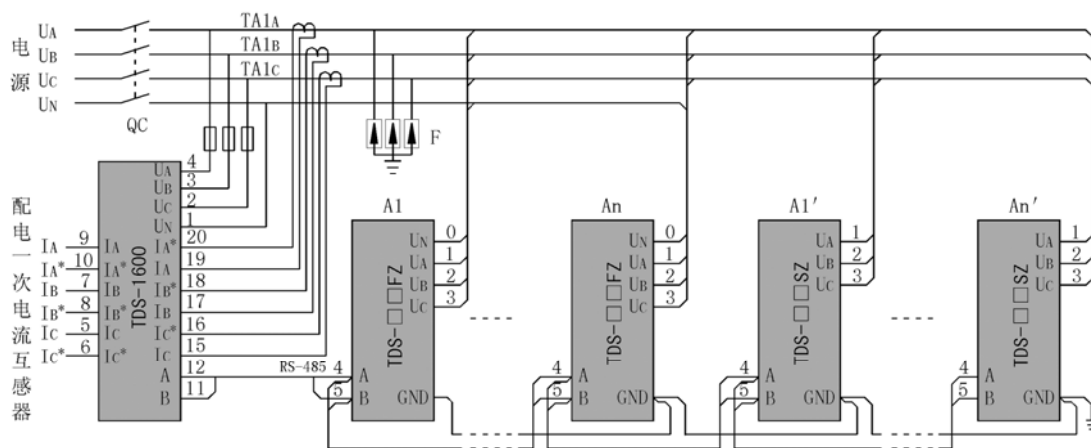


图58 使用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置混合补偿应用电气原理

THEME 11 典型应用电气原理图

11.7 自动/手动转换开关并用

目前用于无功自动补偿装置的自动/手动转换开关的级数较少，一般为10级可接10台电容器。在电容器数量超过10台电容器时，或智能式低压电力电容器（三相）数量超过5台时，即不够用。在此情况下，可以使用二只或二只以上自动/手动转换开关，对于使用RS-485串行口的情况（如图41、42）这时自动/手动转换开关的转换控制接点1、2应并联，如下图59所示。对于使用外接控制器接点控制的情况（如图49、50）则自动/手动转换开关的转换接点3、4应串联，如下图60所示。

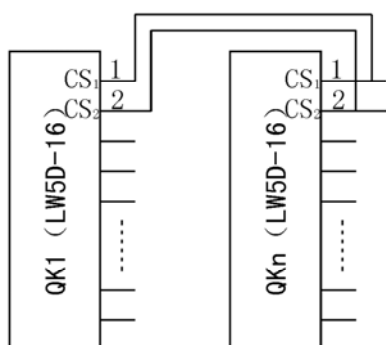


图59 自动/手动转换开关的转换接点并联

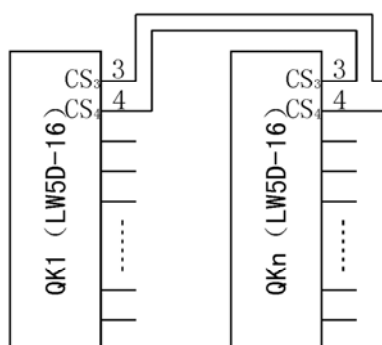


图60 自动/手动转换开关的转换接点串联

11.8 产品的双电容并用

在所用智能式低压电容器数量较多，又外接控制器输出控制接点数量或自动/手动转换开关的级数较少时，可以将智能式低压电力电容器的二个受控端（J₁、J₂）并接，如下图61所示，这样智能式低压电力电容器（三相）中二个电容器可接受一个控制接点控制而同步投、切。

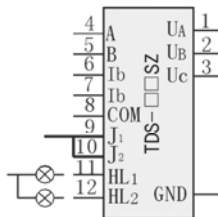


图61 智能式低压电力电容器（三相）的双电容并用

图中HL₁、HL₂二端分别反映二台电容器的投切情况而不能并接。

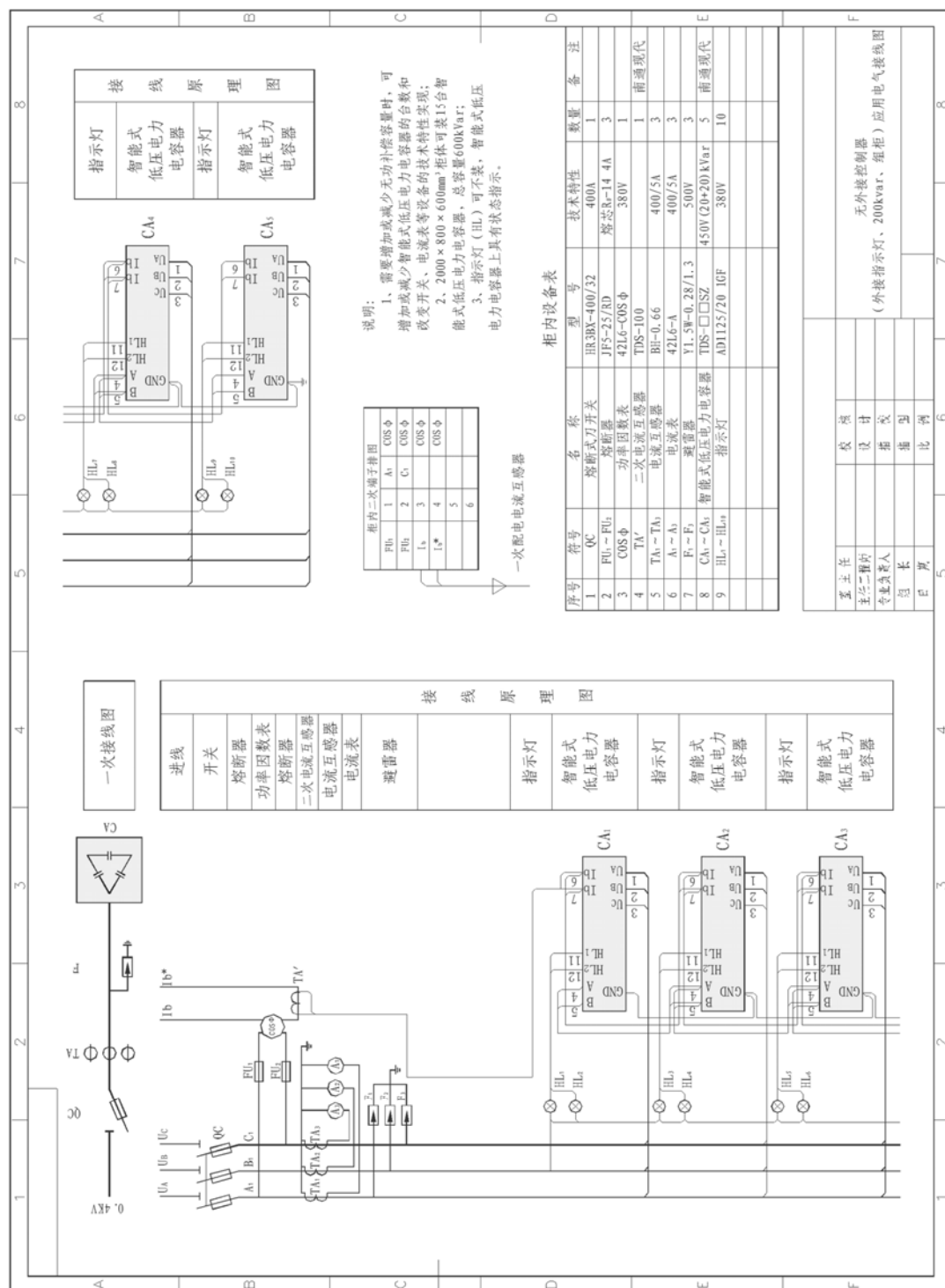
根据定货图和电气原理图可以进行低压无功自动补偿设备的接线图设计,无功自动补偿设备生产厂家则根据无功自动补偿设备电气接线图进行无功自动补偿设备的生产。

产品多台并联使用，可以不需要外接控制器自动组成一个低压无功自动补偿系统工作。

[illegible]

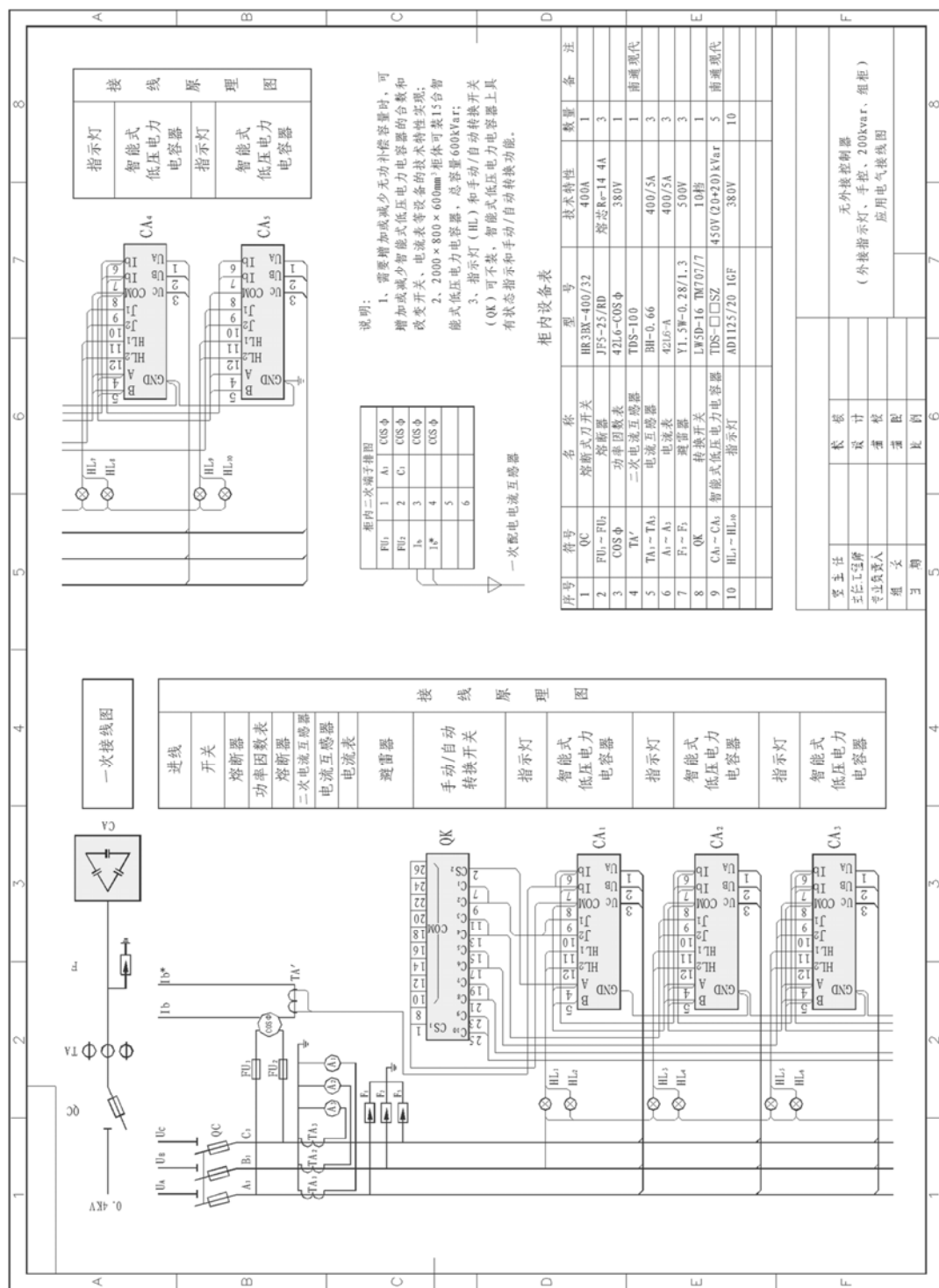
THEME 12 典型应用电气接线图

12.1.2 外接指示灯应用电气接线图设计例



THEME 12 典型应用电气接线图

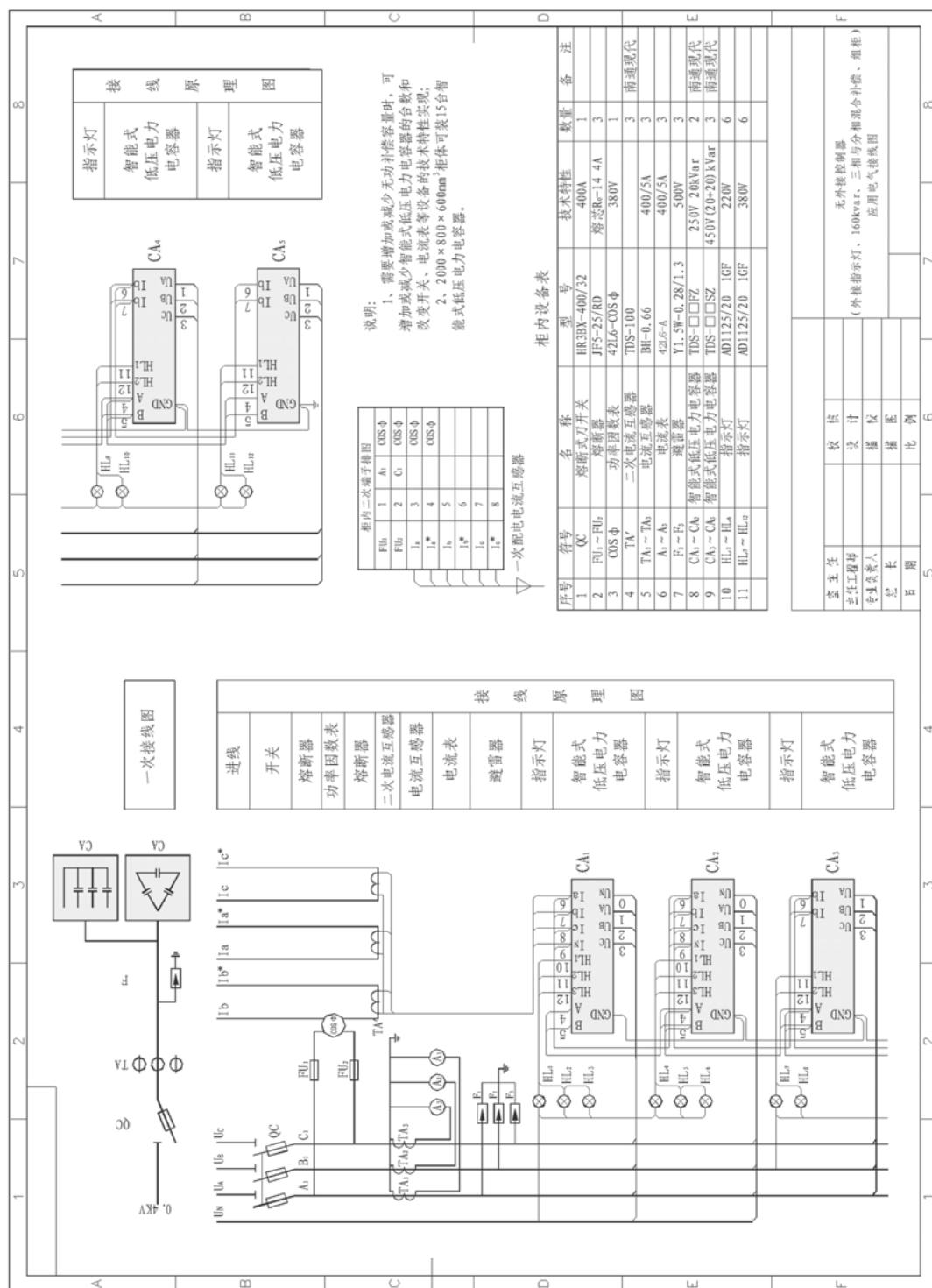
12.1.3 外接指示灯、手控应用电气接线图设计例



12.1.4 三相、分相混合补偿简式应用电气接线图设计例



12.1.5 三相、分相混合补偿外接指示灯应用电气接线图设计例

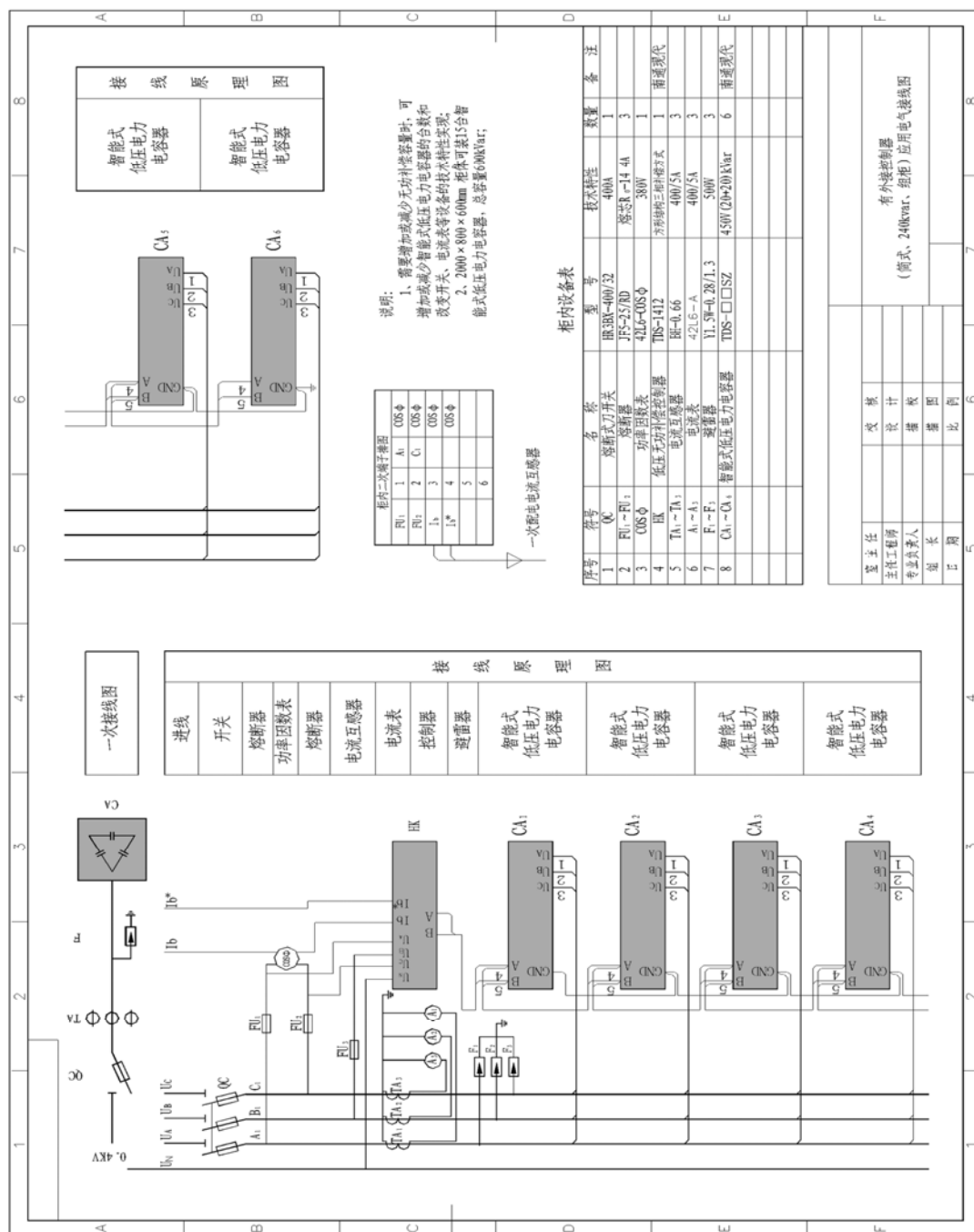


THEME 12 典型应用电气接线图

12.2 有外接控制器应用电气接线图设计

在产品台数较多和控制比较复杂的情况，可以外接控制器，外接控制器和产品间采用通信方式或接点联结方式组成低压无功自动补偿系统工作。

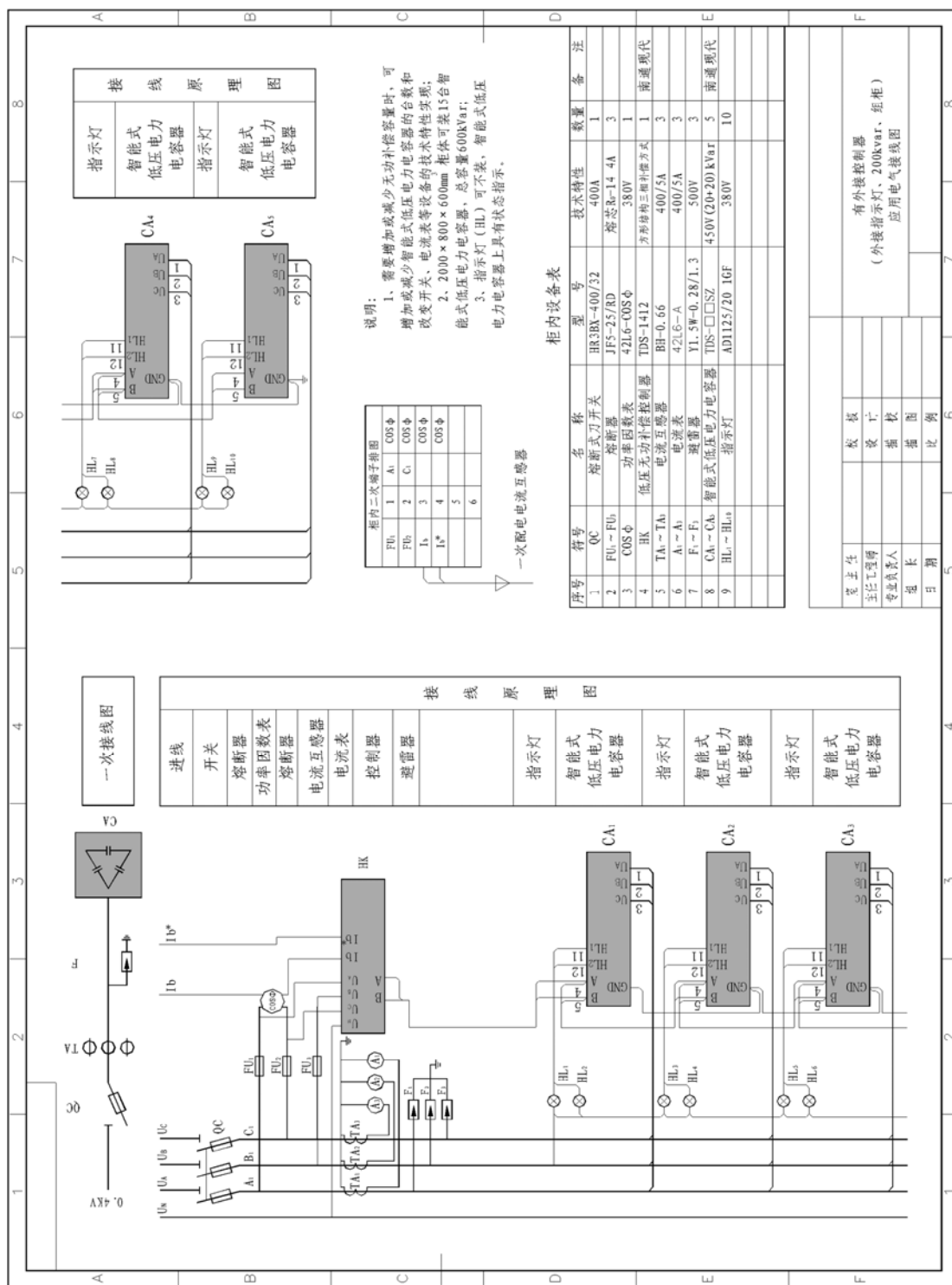
12.2.1 简式应用电气接线图设计例



TDS系列智能式低压电力电容器

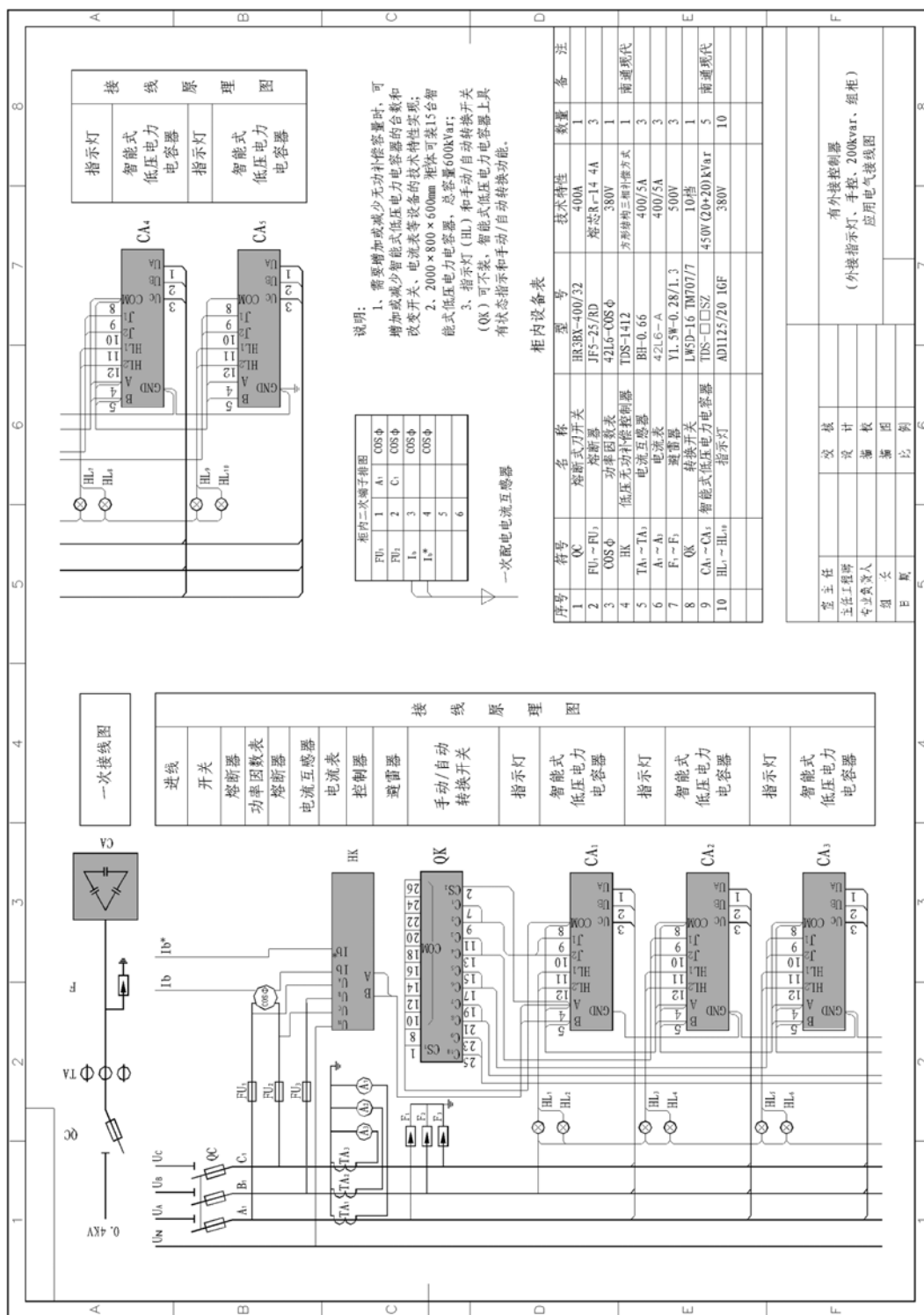
THEME 12 典型应用电气接线图

12.2.2 外接指示灯应用电气接线图设计例

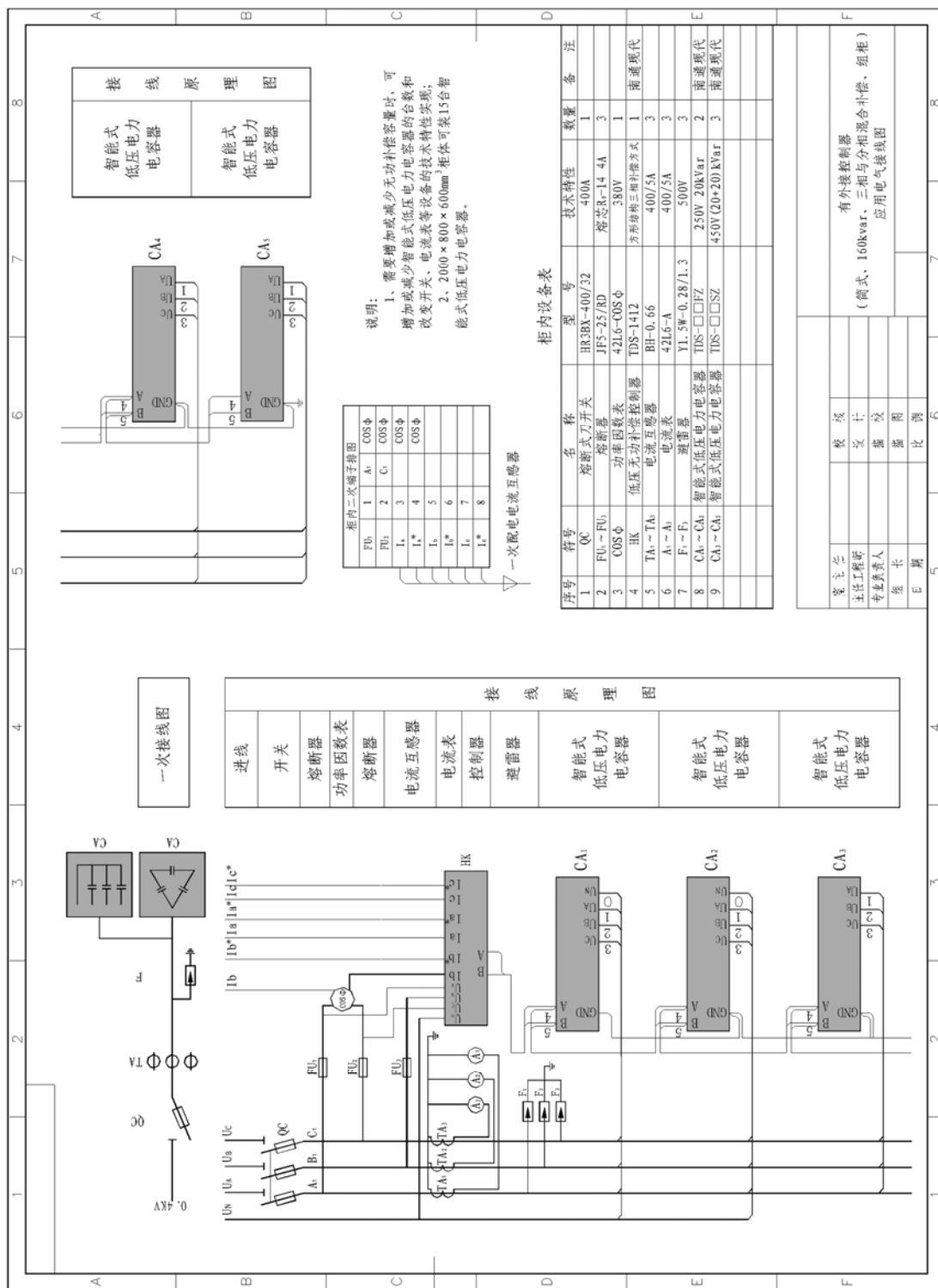


THEME 12 典型应用电气接线图

12.2.3 外接指示灯、手控应用电气接线图设计例

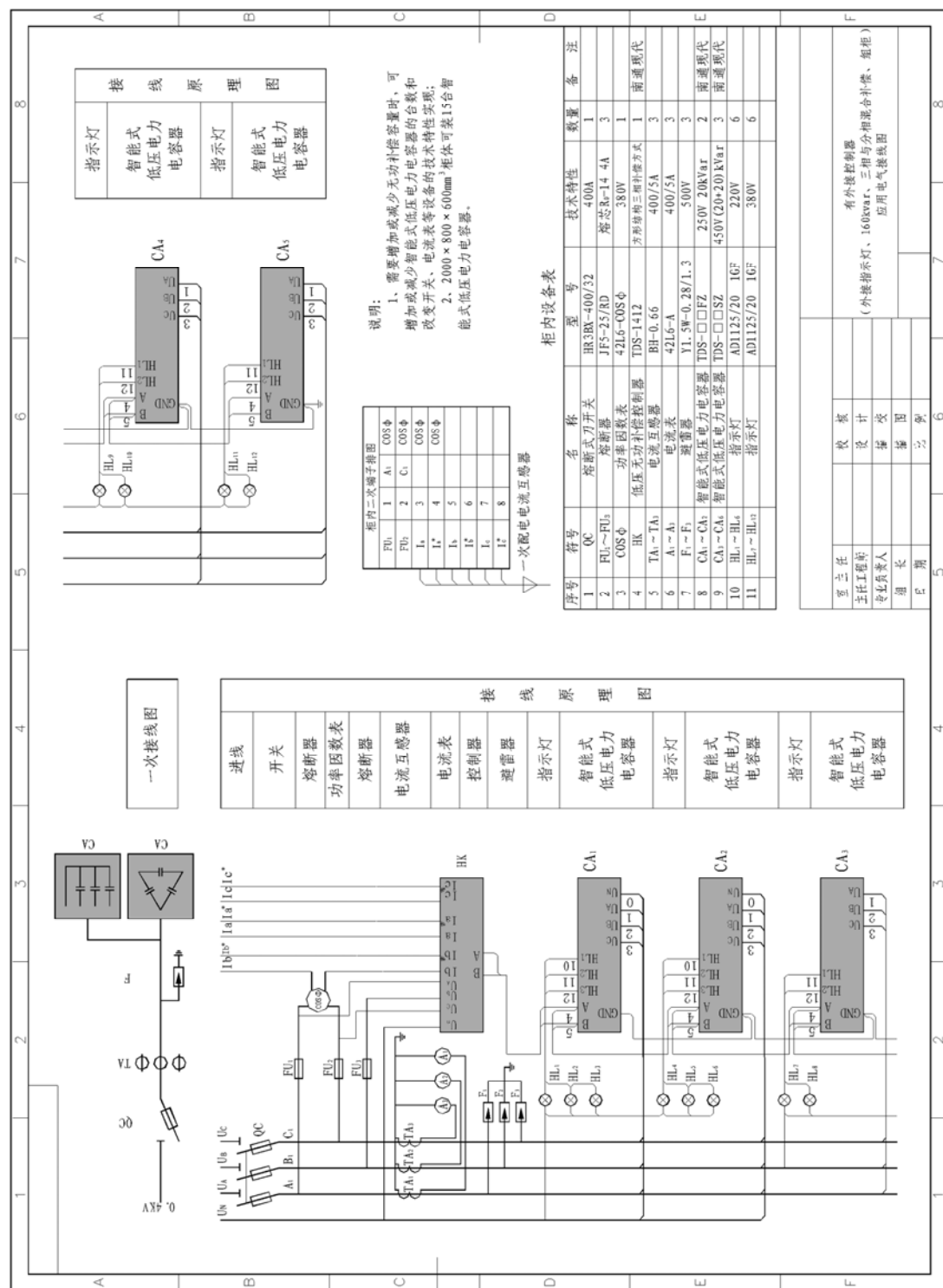


12.2.4 三相、分相混合补偿简式应用电气接线图设计例



THEME 12 典型应用电气接线图

12.2.5 三相、分相混合补偿外接指示灯应用电气接线图设计例

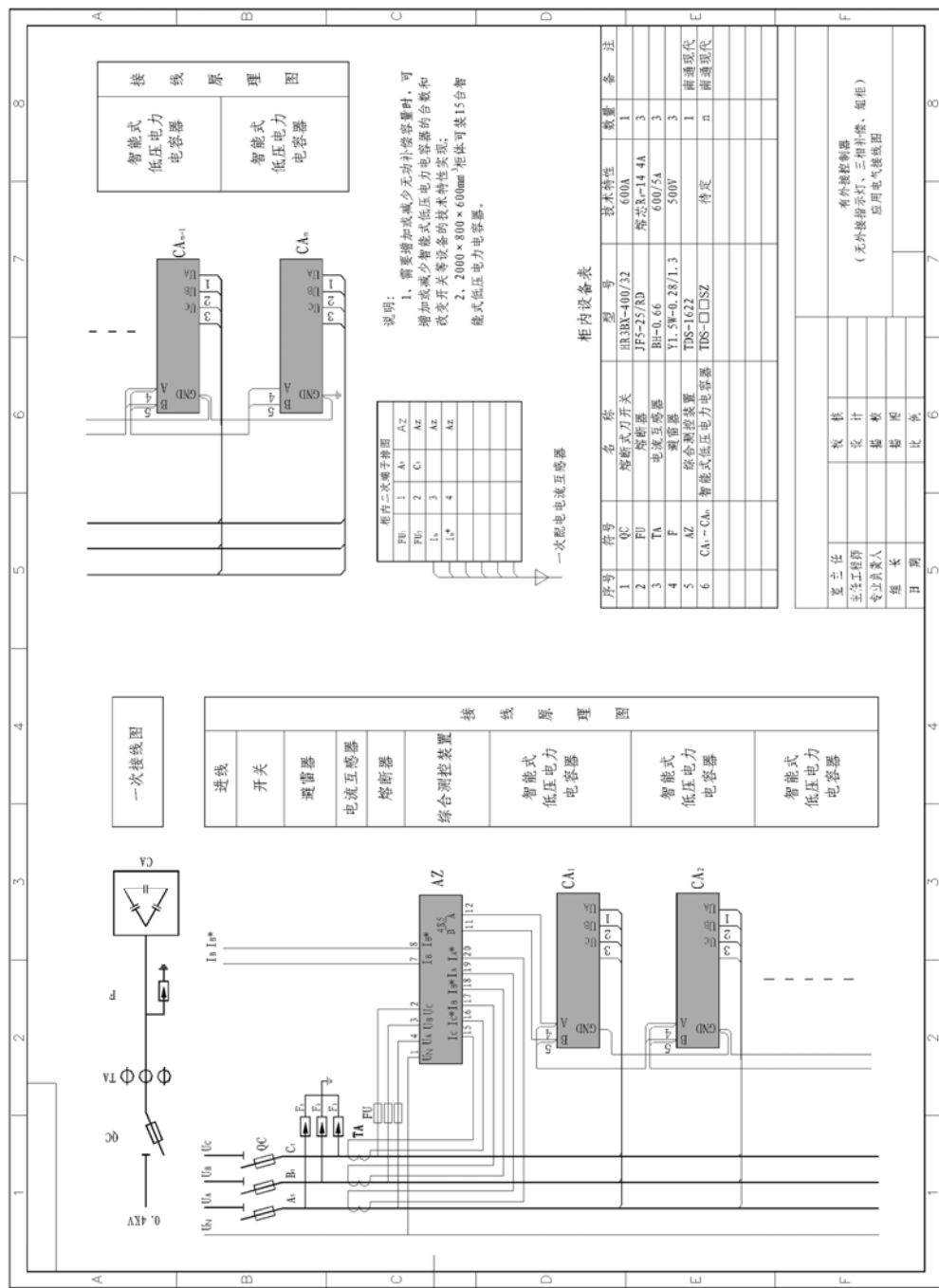


THEME 12 典型应用电气接线图

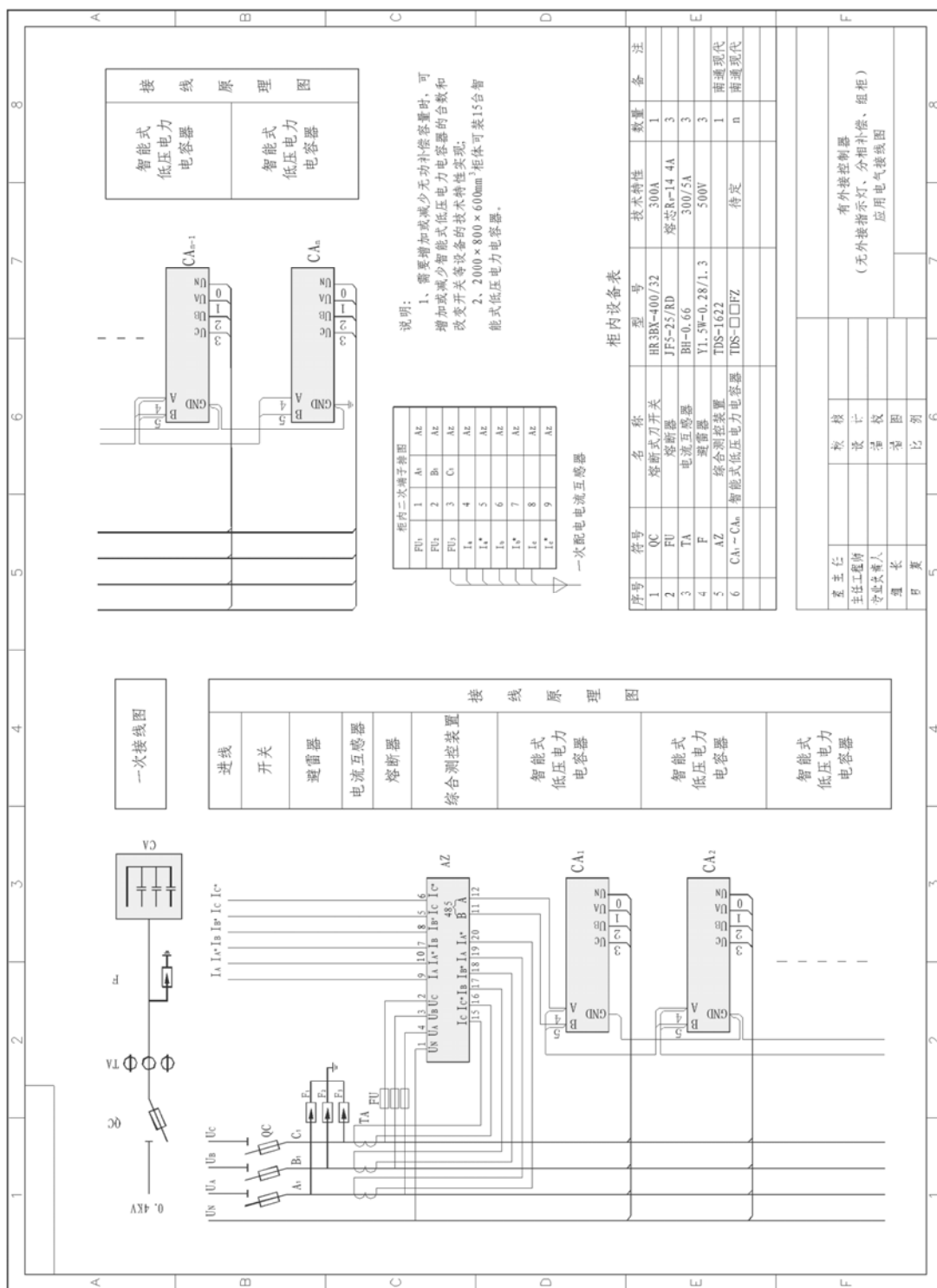
12.3 TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置应用电气接线图设计

使用TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置使低压无功补偿柜性能得到提高、结构大为简化、成本降低。

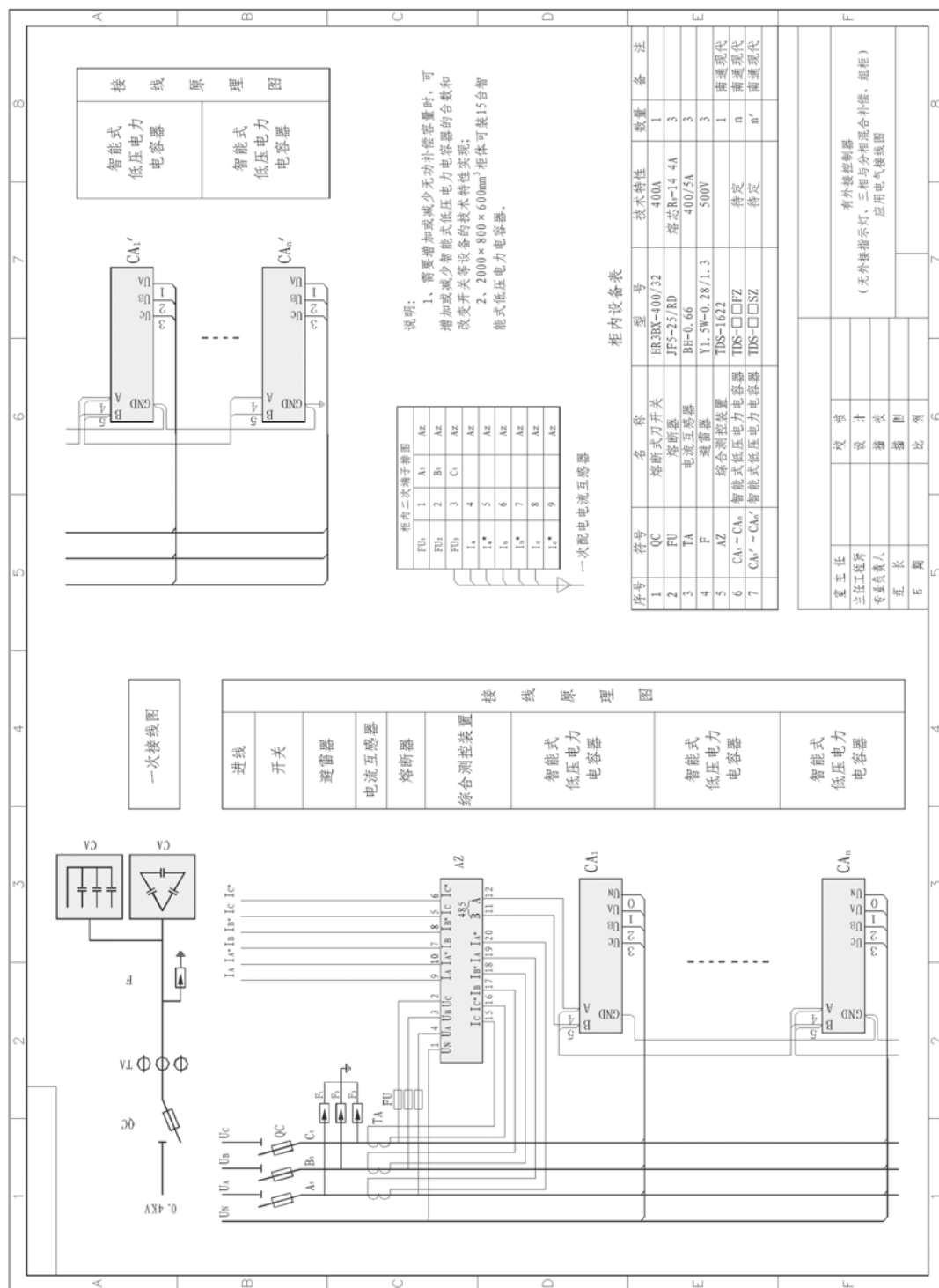
12.3.1 三相补偿应用电气接线图设计例



12.3.2 分相补偿应用电气接线图设计例



12.3.3 混合补偿应用电气接线图设计例



THEME 13 使用要点

13.1 产品端接线

产品的电气接线应按产品的电气接线图，电气接线图则应按电气原理图设计。产品端的接线有电源线、信号线和接地线三种。

13.1.1 电源线连接

电源线应根据产品的总容量选择截面积合适的多芯铜导线，总容量为30kvar及以上的三相补偿产品应采用标准16mm²截面积的多芯铜导线，其余规格的产品可采用标准10mm²截面积的多芯铜导线。电源线的线头制作如下图62所示。

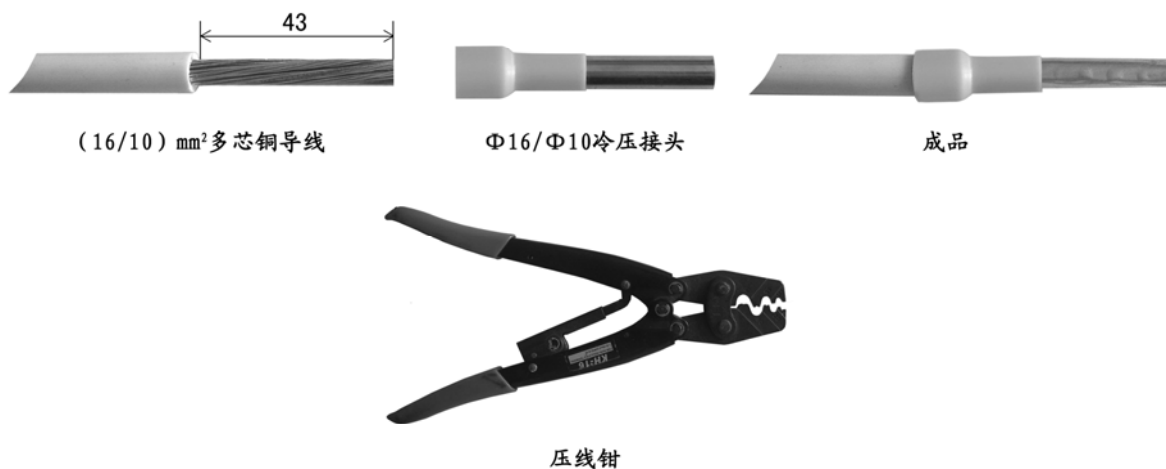


图62 电源线的线头制作

接电源线时必须上紧螺丝，用劲试拉电源线，证明十分牢固方可，否则造成该处过度发热，损坏产品。

13.1.2 信号线连接

信号线包括三次电流线、RS-485通信线、外接手控线 and 外接指示灯线等。信号线上所载电流很小，选择强度合适的多芯铜导线或小电缆，一般采用截面积为(0.75)mm²左右的多芯铜导线，其线头制作如图63所示。

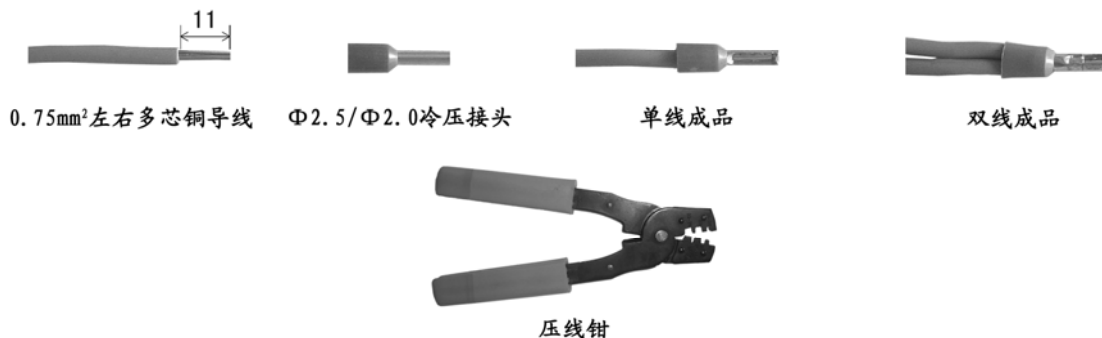


图63 信号线的线头制作

信号线数量较多，不可接错，接信号线时必须上紧螺丝，应试拉表明十分可靠才行。

THEME 13 使用要点

13.1.3 接地线连接

接地线端子在产品底部（有标志），接地线应采用截面积不小于 2.5mm^2 的单股铜导线，接地线连接线应十分可靠，并应真正与外部接地端相连。

13.2 电源端接线

电源端接线有电源线和电流互感器（CT）二次侧线两种。电源端接线应防止两种错误，一是将无功补偿设备与电流互感器（CT）在线路上的顺序搞错，如下图64所示，顺序错误造成低压电力电容器投退不会引起无功测量

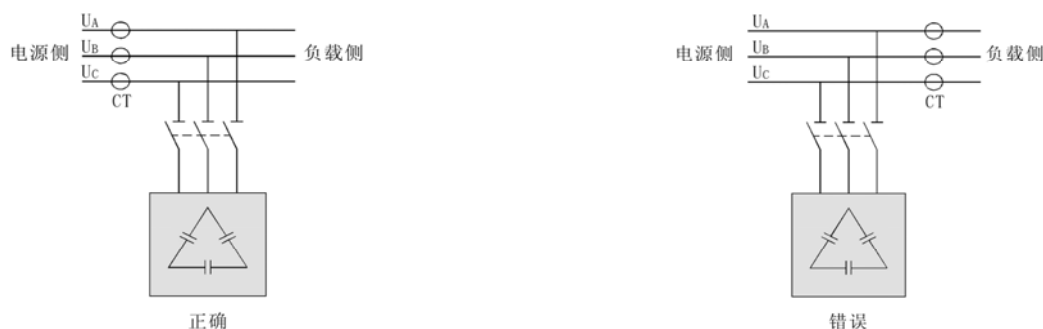


图64 无功补偿设备与电流互感器在线路上的顺序

值和功率因数测量值变化；二是将 U_A 、 U_B 、 U_C 三三相的相序搞错，这可能是电源线接入相序搞错或者电流互感器安装相序搞错，相序错误造成无功补偿设备不能正确投退低压电力电容器。

在只有三相补偿产品时，只接B相电流互感器；而如有分相补偿产品时，则必须接A、B、C三相电流互感器。

13.3 人机联系

产品的人机联系采用置于机前的液晶显示屏和按键，如下图65所示。

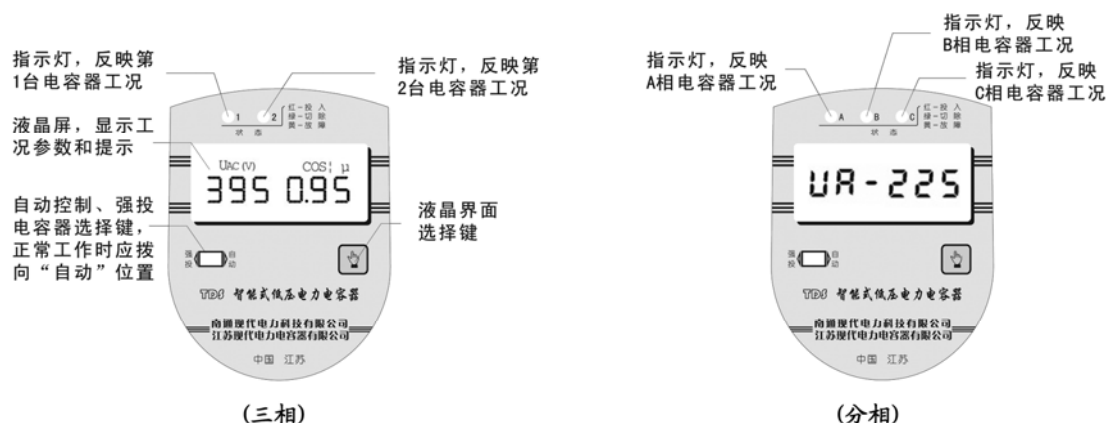


图65 人机联系界面

THEME 13 使用要点

液晶屏中文显示的保护动作类型有过压、欠压、过流、过温和不平衡等，显示的自检性故障类型用符号表示如下表19所示：

表19 自检性故障类型

序	内 容	注 释	序	内 容	注 释
1	1-DYQX	电源缺相	5	5-DLQY	电流取样回路故障
2	2-KGBX	控制开关不能吸合	6	6-CLDL	测量电路故障
3	3-KGBD	控制开关不能断开	7	7-CSK	参数库故障
4	4-DYQY	电压取样回路故障	8	8-TX	通信故障

按转换键，液晶屏的内容轮显，三相补偿式见下表20所示，分相补偿式见下表21所示。

表20 三相补偿式的液晶屏轮显内容

序	内 容	注 释	序	内 容	注 释
1		配电 AC 相电压； 配电功率因数，个位数“0”表示滞后，“—”表示超前。	4		电容器的 A、B 相电流，如二台电容器均投运时为总电流，投运一台电容器时为该投运电容器的电流。
2		配电 B 相二次侧电流； 配电无功功率。	5		电容器的 C 相电流，如二台电容器均投运时为总电流，投运一台时为该投运电容器的电流； 自检性故障，故障类型见上表19所示。
3		二台电容器的体内温度。	6	JH-002	产品通信地址。
			7	166 001	自动得到的 CT 变比。

THEME 13 使用要点

表21 分相补偿式的液晶屏轮显内容表

序	内 容	注 释	序	内 容	注 释
1	UA-221	配电 A 相电压。	9	C-0.90 ^{COSΦ}	配电 C 相功率因数，个位数“0”为滞后，“—”为超前。
2	Ub-225	配电 B 相电压。	10	A-225 ^{Q(Var)}	配电 A 相无功功率。
3	UC-218	配电 C 相电压。	11	b-215 ^{Q(Var)}	配电 B 相无功功率。
4	IA-213	配电 A 相二次电流。	12	C-231 ^{Q(Var)}	配电 C 相无功功率。
5	Ib-210	配电 B 相二次电流。	13	21.3 22.5 ^{tc1 tc2}	二台电容器体内温度。
6	Ic-217	配电 C 相二次电流。	14	35.1 36.0 ^{IA IB}	电容器 A、B 相电流。
7	A-0.95 ^{COSΦ}	配电 A 相功率因数，个位数“0”为滞后，“—”为超前。	15	34.2 000 ^{IC}	电容器 C 相电流；自检性故障，故障类型见上表19所示。
8	b-0.92 ^{COSΦ}	配电 B 相功率因数，个位数“0”为滞后，“—”为超前。	16	JH-003	产品通信地址。

13.4 出厂检查与试验

13.4.1 基本参数检查

接线结束并经校核确认无误后，用万用表检查三相电源线各相之间及各相与外壳间是否短路，将面板上拨键拨向“自动”并合上开关，面板上二指示灯显示绿色，按键检查显示器，应如下：

U_{AC} （三相）或 U_A 、 U_B 、 U_C （分相）数值与实际配电电压一致；

I_b （三相）或 I_a 、 I_b 、 I_c （分相）数值与实际配电二次电流一致；

$\cos\Phi$ 数值与实际配电功率因数一致；

tc_1 、 tc_2 、数值与实际二台电容器外壳温度相近（实际为电容器体内温度）；

I_A 、 I_B 、 I_C 为电容器工作电流，均为零。

THEME 13 使用要点

多台产品使用时,通信线连接正确后,应自动联机形成队列。按面板上的按键,找到“JH”界面,如出现“JH2 016”表示该产品通信地址为016,“2”表示产品在自动联机形成队列时为2#(按产品通信地址由小到大自动排列)若某台产品该界面显示“JH-041”,表示该产品通信地址为41,“-”表示未进入列队,应检查通信线(产品4、5端)。自动联机队列最多只能有10台不同通信地址的产品。

多台产品使用时,各台产品所显示的配电电压、电流、功率因数、无功功率等应基本相同。

13.4.2 强投电容器试验

用钳形电流表监视产品的三相进线电流。将面板上拨键拨向“强投”挡,面板上二指示灯应顺次显示红色,同时按键检查显示器: I_A 、 I_B 、 I_C 顺序显示一台电容器三相工作电流和二台电容器三相工作总电流,应与钳形电流表显示值一致。试验完成后,应将拨键拨回“自动”档。

13.4.3 自动控制试验

进行自动控制试验时,应将面板上的拨键拨向“自动”档。

1) 有外接控制器时,产品执行外接控制器的控制命令。操作外接控制器使其发出控制电容器的投、退命令,产品应准确执行。

2) 无外接控制器时,产品将根据无功缺额进行完全的自动控制,投、退电容器使无功(功率因数)得到最佳补偿。在具备调试设备的情况下,可以操作调试设备改变无功参数,产品应向补偿无功(减少无功)方向自动控制电容器的投、退。

在不具备调试设备的情况下,可以按如下图66虚线框所示制作一简易试验装置进行。图中C是容量20kvar左右

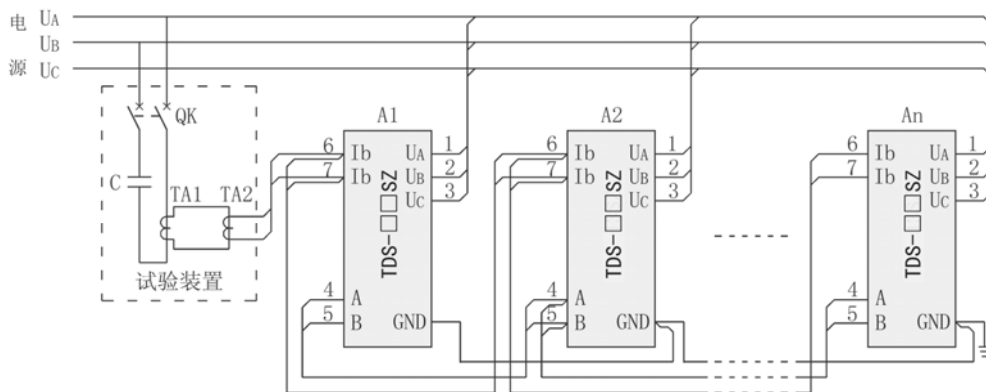


图66 用简易设备进行自动控制试验电气原理

的三相或单相低压电力电容器,TA1是普通变比为50/5的电流互感器,TA2是产品配件穿心式二次电流互感器,QK是小型断路器。当QK合闸时,产品显示的功率因数在0.5左右,产品中的电容器即自动顺次投运,而当QK分闸时,产品中投运的电容器即顺次退运,由此确定产品自动控制功能正常与否。对于分相补偿的产品,先采用图66所示的接法可以试验分相补偿产品的B相补偿功能,再将试验设备分别接入BC和CA间,则可试验C相和A相补偿功能。

THEME 13 使用要点

13.5 使用现场检查与试验

13.5.1 使用现场检查

使用现场检查分接线正确性检查和产品工作正常性检查，接线正确性检查要注意下列几点：

- 1) 流经无功取样用的电流互感器的电流必须是负载电流与无功补偿设备工作电流之和，缺一不可；
- 2) 三相补偿方式的无功补偿设备只对B相电流取样；
- 3) 有分相补偿方式的无功补偿设备要对A、B、C三相电流取样，A、B、C三相相序不能搞错；
- 4) 用手试摸产品电源进线部分外壳和空气开关外壳，如温度很高，应上紧电源进线固定螺丝或者应用 $\Phi 16\text{mm}^2$

的标准多芯铜线作为产品的电线进线；

- 5) 信号线接插件必须插紧，不得松动。

产品工作正常性检查要注意下列几点：

- 1) 各台产品所测显的配电电压、电流、无功功率、功率因数应基本一致；
- 2) 产品的“JH”界面内容

JH □ □ □

产品机号，应是各台不重复的三位数字

队列号，应为“0~9”，如出现“-”，表明联机通信不好，应检查通信接头“4”、“5”端子，或调换产品。

3) 产品指示灯如为黄色，表明保护动作或出现自检性故障，保护动作类型在液晶显示屏上有中文提示，自检性故障类型则根据界面提示查阅表19。

13.5.2 使用现场试验

使用现场可以对产品进行强投试验，将产品面板上的试验键拨向强投侧，所对应的低压电力电容器投入运行，观察配电电流、无功功率和功率因数应有变化，同时观察低压电力电容器各相电流，显示值应与计算值相近。

13.6 随机附件

13.6.1 穿心式二次电流互感器

穿心式二次电流互感器如前图24所示，用于电流取样，将标准的一次电流互感器的二次电流(0~5A)变换成电压信号(0~2V)，使用时，其输出端子与各台产品的取样电流输入端相并联。由多台智能式低压电力电容器组成的一个无功自动补偿系统(或设备)时，如智能式低压电力电容器均为三相式，则仅需一只穿心式电流互感器(B相电流取样)，否则需要三只穿心式电流互感器(A、B、C三相电流取样)。

THEME 13 使用要点

13.6.2 冷压接头

冷压接头如下表22所示。

表22 冷压接头配置

数量 规格 接头规格	共 补		分 补		备 注
	总容量 $\geq 30\text{kvar}$ (只)	总容量 $< 30\text{kvar}$ (只)	总容量 $> 10\text{kvar}$ (只)	总容量 $\leq 10\text{kvar}$ (只)	
LD3-16-38	3				配 16mm^2 导线
LD3-10-38		3	3	3	配 10mm^2 导线
LD3-10-18			1	1	配 10mm^2 导线
LD3-2.5-10	4~8	4~8	4~8	4~8	配二根 1.0mm^2 导线
LD3-1.5-8	2~4	2~4	2~4	2~4	配一根 1.0mm^2 导线

13.6.3 卧式产品连接线缆

卧式产品的显示面板与本体分离，二者之间采用如下67所示的小线缆连接。每台卧式产品需要一根连接线缆。



图67 卧式产品连接线缆

THEME 14 常见错误与异常情况

14.1 常见错误

本产品智能化程度高，使用简便，但是仍有使用者粗心大意，常见接线错误和接线没有拧紧二种低级错误，结果使产品不能正常工作或者损坏产品。

14.1.1 产品端接线错误

接线错误情况及后果见下表23所示：

表23 接线错误情况及后果

线 类		情 况	后 果
电源线		U_A 、 U_B 、 U_C 相序错	使 $\cos \phi$ 测量有错、无功补偿出错
信 号 线	RS-485 线 引脚 （“4”、“5”）	A、B 接反	不能正常工作
		与取样电流端或控制接点端接错	
		与指示灯端接错	所有产品及控制器内部损坏
	取样电流线	与 RS-485 端或控制接线端接错	不能正常工作
		与指示灯端接错	二次电流互感器损坏
		将一次电流互感器次级（5A）接入	产品内部损坏
	控制接点线	与 RS-485 端或取样电流端接错	不能正常工作
		与指示灯端接错	控制器内部损坏
	指示灯线	二线（三相式）或三线（分相式）短路	产品内部损坏
		与 RS-485 端接错	所有产品及控制器内部损坏
		与取样电流端接错	所有产品内部损坏
		与控制接点端接错	所有产品及控制器内部损坏

14.1.2 产品端接线不可靠

产品端接线不可靠及其后果见下表24所示：

表24 产品端接线不可靠及其后果

线 类	情 况	后 果
电源线	没有拧紧但没有脱落	产品接入端发热损坏、致使产品不能使用
	没有拧紧导致脱落	造成短路损坏产品、配变和其它设备
信号线	没有拧紧但没有脱落	产品工作时好时坏
	没有拧紧导致脱落	产品不能正常工作，并可能使产品、控制器内部损坏

THEME 14 常见错误与异常情况

14.1.3 配电端接线错误

配电端接线错误主要表现为无功补偿取样电流互感器的相序搞错与同铭端搞错，以及取样电流互感器位置放错与无功补偿设备电源线位置接错，这些情况使无功补偿混乱，不能产生预期的无功补偿效果。

无功补偿电流取样互感器的相序搞错与同铭端搞错，这可以通过仔细查线发现，应予纠正。

无功补偿器的取样电流互感器的安装位置应该保证流经无功补偿取样电流互感器的电流包括需要无功补偿的负载电流和无功补偿设备的本身电流这二部分，如下图68所示。

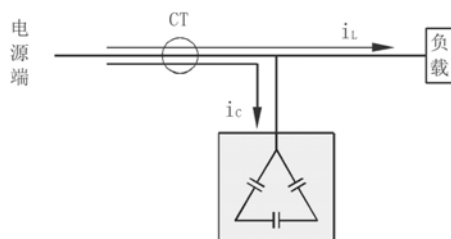


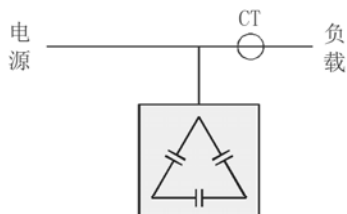
图68 无功补偿的电流

图中：CT — 取样电流互感器；

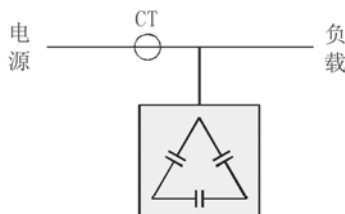
i_L — 负载电流；

i_c — 无功补偿设备电流（补偿电容器电流）。

下图69为二种正、误接法。

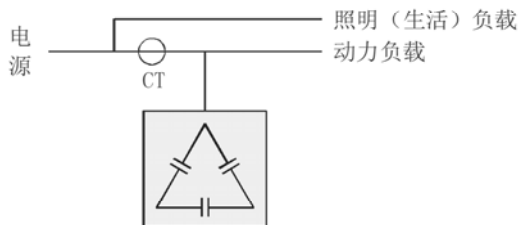


错误（无功补偿设备的工作电流没有流经取样电流互感器）

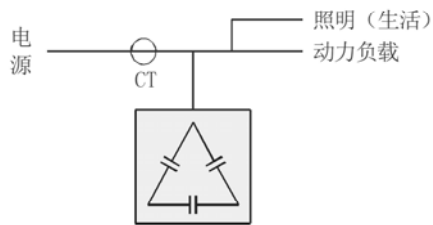


正确

(a)



错误（照明负载的电流没有流经取样电流互感器，对照明部分没有补偿作用）



正确

(b)

图69 二种正、误接法

THEME 14 常见错误与异常情况

14.2 常见异常情况及其处理

常见异常情况及其处理见表25所示：

表25 常见异常情况及其处理

序	异常情况	原因	检查方法	处理方法
1	电容器不投	产品间通信不良。	按产品上的键，应有“JH3 045”或“J14 045”显示，若为“JH-045”表明通信不良，应检查产品的通信线。	采取措施，确保各台产品通信线（4、5端）并联准确、可靠连接。
		产品与控制器间通信不良。	观察控制器，所显示的产品台数与实际台数不同。	使控制器的下行 485 通信线 A、B 与产品通信线 A（4端）、B（5端）对应准确、可靠连接。
		配电（负载）电流过小。	按产品上的键，显示的配电电流若小于 0.05A，电容器不投属正常。进一步检查实际配电（负载）电流，如与产品显示值偏差较大，说明电流取样环节问题。	对电流取样各环节进行处理，应使电流取样一次互感器安装位置正确，二次电流互感器无损坏并接线正确可靠。
		配电（负载）电流取样有误。	观察控制器，所显示的各相有功功率、功率因数混乱，或与实际情况偏差很大。	仔细检查配电电流取样互感器的接线，进行调整，保证相序正确，同铭端正确。
2	电容器投切正常，补偿效果不理想	有控制器情况下，某相电流特别小，会影响三相补偿电容器投退。	检查配电电流，与控制器的显示值是否一致。	配电电流与控制器的显示值如一致，属正常情况，如需要改善无功补偿后果，需增加分相补偿产品；如不一致，则应设法排除造成不一致的故障。
3	电容器能投，但投后产品与控制器上显示的功率因数不变	配电电流取样互感器的安装位置不正确。	检查配电电流取样互感器安装位置是否正确。	配电电流取样互感器的安装位置，应使电容器及负载的电流都流过电流互感器。
4	电容器投切震荡	同系统的多台产品未能组成系统工作，各台产品各自工作。	检查产品的通信线是否连接或连接有误。	采取措施使通信线 A、B（产品 4、5端）并联正确和可靠连接。

THEME 14 常见错误与异常情况

5	外接指示灯状态与实际不符	指示灯规格不对或接线有误。	检查指示灯产品规格和接线是否有误。	三相式产品的指示灯要用 AC380V 规格的二只，分别接产品 11、12 端，指示灯公共端接 U_0 ；分相式产品要用 AC220V 规格的三只，分别接产品 10、11、12 端，指示灯公共端接 U_0 。
6	产品上与屏上功率因数表的指示值不一致	屏上功率因数表指示值不准。	检查各台产品的功率因数显示值，若基本一致，说明屏上功率因数表指示不准。可同时观察计量表上有功脉冲灯与无功脉冲灯的闪烁比例，可大致知道当前功率因数；有功灯与无功灯的闪烁比例为 2:1， $\cos \phi = 0.89$ ，有功灯与无功灯的闪烁比例为 3:1， $\cos \phi = 0.95$ 。	排除屏上功率因数指示不准的故障。
7	产品过温保护	产品中电容器过温后退出运行，温度下降后恢复工作，达到保护电容器的目的。	查看产品上电容器温度，如超过 58°C ，该电容器退运并有黄灯亮（其他电容器仍可投退），在退运后温度会下降，到 53°C 以下并保持 4 分钟，过温故障会自动解除，恢复正常工作。	不需要处理。
8	产品电流取样端（三相式 6、7 端；分相式 6、7、8、9 端）损坏（内部也损坏）	将一次电流互感器次级（5A）接入。	检查是否将一次电流互感器次级（5A）接入。	将产品配件穿心式二次电流互感器串入一次电流互感器的次级，然后将配件穿心式二次电流互感器的次级接入产品的电流取样端；已损坏产品应调换。

THEME 15 附录

15.1 TDS-1400、TDS-1530、TDS-1600三种产品功能与应用比较

TDS系列智能式低压电力电容器不能与其它厂家的无功补偿控制器配套使用，仅能与本公司研发、生产的TDS-1400系列低压无功补偿控制器、TDS-1530系列配电综合测控装置和TDS-1600系列低压无功补偿柜综合测控装置三种产品配套使用，各种产品应用时可参阅下表26。

表26 各种控制器产品的功能与应用比较

序	名称	主要功能				主要特点	应用场合
		测量	信号	控制	通信		
1	TDS-1400 系列 低压无功 补偿控制 器	配电电压、 电流、有功功率、 无功功率、功率 因数等。	电 容 器 运 行 状 态、设备工 作状态等。	无 功 优 化 自 动 控 制。	具 有 RS-485 通 信口。	控制器的后 盖板上的接线端 子与机芯电气连 接采用接触式， 可以不拆外接 线调换机芯。	用于普通无 功自动补偿场 合。
2	TDS-1530 系列 配电综合 测控装置	配电电压、 电流、有功功率、 无功功率、功率 因数，以及有功 电量、无功电量、 谐波分量、电压 合格率等。	电 容 器 状 态、有 载 分 接 开 关 状 态、自 检 性 故 障 类型等。	无 功 优 化 自 动 控 制、 “VQC” 功 能、以及负 荷控制等。	RS-485、RS-232 等通信接 口，可接蓝 牙、GPRS 模块等。	功能齐全、 尚有许多统计功 能。	用于配电监 测与无功补偿场 合，可与配电管 理自动化系统配 套，实现配电管 理自动化。
3	TDS-1600 系列 低压无功 补偿柜综 合测控装 置	配电电压、 电流、有功功率、 无功功率、功率 因数，以及柜内 电容器各相总电 流等。	电 容 器 运 行 状 态、设备工 作状态等。	无 功 优 化 自 动 控 制。	RS-485、RS-232 通信口。	同时测量、 显示配电参数、 柜内参数，不需 要按键翻转。	用于屏、柜 上，替代电流表 3 只、电压表 1 只、 电压测量转换开 关 1 只、功率因 数表 1 只、手动/ 自动开关 1 只， 以及电容器状态 指示灯等。

注：三种产品的设置功能、保护功能基本相同。

THEME 15 附录

15.2 复合开关电器易损原因分析

15.2.1 复合开关电器原理

在低压无功自动补偿设备中,为了既能实现对低压电力电容器的“零投切”又能减小功率损耗,较多采用“复合开关”。这种复合开关电器的结构如图70所示,将晶闸管与继电器(或接触器)的触点相并联,其中(a)采



图70 复合开关结构

用单向晶闸管,(b)采用双向晶闸管。由于晶闸管的导通时间可控性好、导通功耗大,而继电器触点的接通、断开时间可控性差、但接通功耗小,二者取长补短,合闸时先在电压过零点附近导通晶闸管,然后接通继电器触点分闸时则先断开继电器触点,后在电流过零点晶闸管截至。

15.2.2 晶闸管的主要参数及选择

晶闸管是静止型的功率器件,具有弱电控制强电及输出响应快等特点。反应晶闸管性能的参数众多,如断态重复峰值电压(V_{DRM})、反向重复峰值电压(V_{RRM})、额定电压(U_{ked})和通态平均电压(V_T)等电压定额参数,有通态平均电流或额定电流(I_T)、维持电流(I_H)、擎住电流(I_L)、断态重复平均电流(I_{DR})、反向重复平均电流(I_{RR})和浪涌电流(I_{TSM})等电流定额参数,有门极触发电流(I_{GT})、门极触发电压(V_{GT})等门极定额参数,有断态电压临界上升率($\frac{du}{dt}$)、通态电流临界上升率($\frac{di}{dt}$)等动态参数,以及额定结温(T_{jm})参数等。在普通应用场合,考虑较多的是额定电压(U_{ked})和额定(通态)电流(I_T)参数。

● 晶闸管的额定电压(U_{ked})选择

如果晶闸管实际承受的最大峰值电压 U_m ,则晶闸管的额定电压(U_{ked})选取应满足如下要求:

$$U_{ked} = (2 \sim 3) U_m \quad (1)$$

式中 系数(2~3)为考虑操作过电压等因素的安全系数,对于要求高可靠性的设备,该系数应取更大的数值。

● 晶闸管的额定电流(I_T)选择

如果晶闸管实际负载电流 I_d ,则晶闸管的额定电流(I_T)应满足如下要求:

$$I_T = (1.5 \sim 2) I_d \quad (2)$$

式中 (1.5~2)为安全系数,对于要求可靠性高的设备,要取较大的数值。

THEME 15 附录

15.2.3 零投切低压电力电容器复合开关中晶闸管的工作状态

用于零投切低压电力电容器的复合开关中的晶闸管在合闸和分闸时的短时间内工作，晶闸管与继电器工作时序如图71所示。

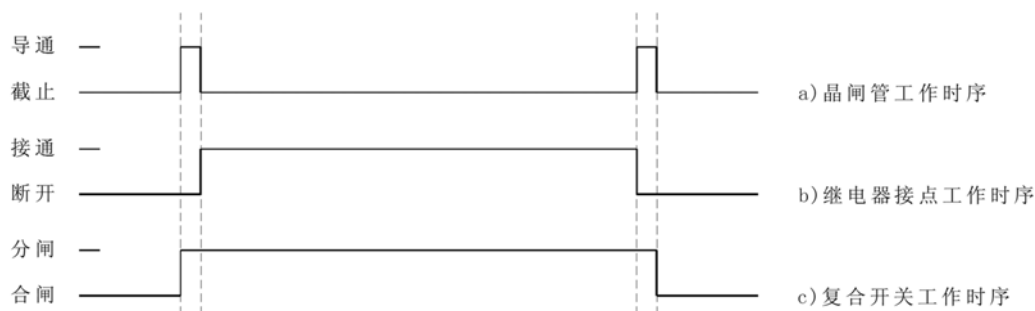


图71 晶闸管与继电器工作时序

低压电力电容器和普通电容器一样，上电时其两端电压不能突变，电容器相当于短路，瞬间浪涌电流决定于电源内阻和负载回路阻抗，电流峰值很大。导通瞬间的等效电路如图72所示。

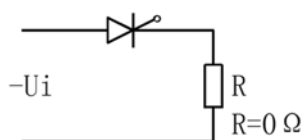


图72 导通瞬间的等效电路

在复合开关所接低压电力电容器负载运行时，投运后通过晶闸管截止将其退运。由于晶闸管截止的不可控性，在门极触发电压消失后电流过零晶闸管截止，而电流过零时低压电力电容器上因充电而达到电压最大值。在晶闸管截止前后的电源电压、晶闸管工作电流、低压电力电容器上电压和晶闸管承受电压波形如图73所示。

THEME 15 附录

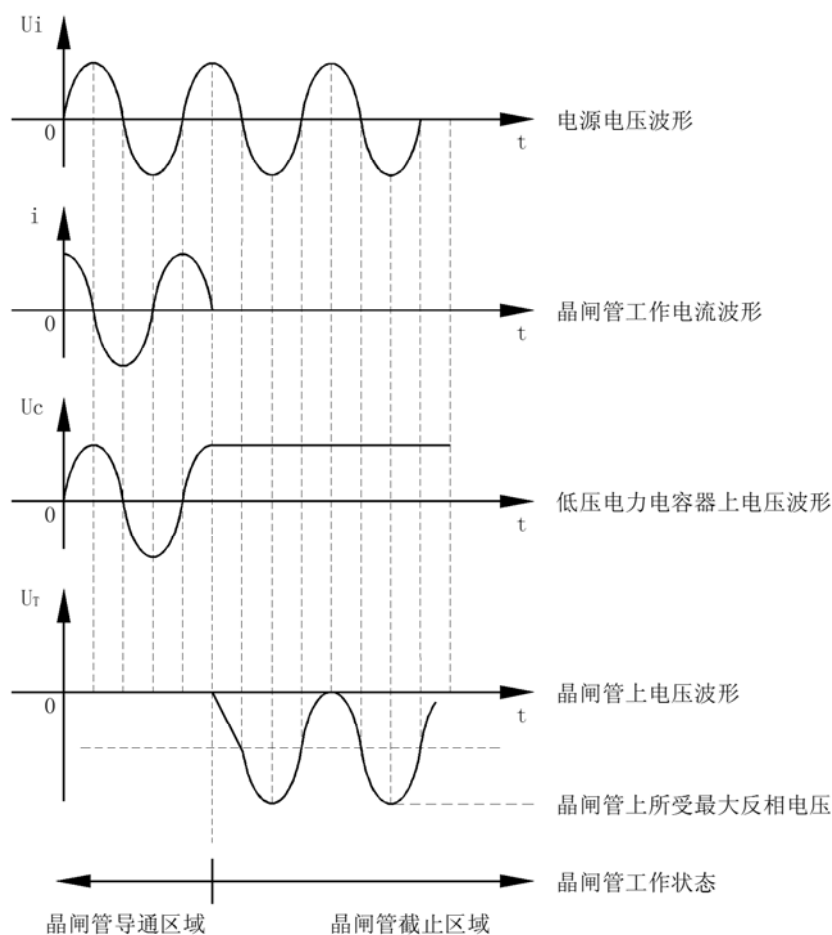


图73 晶闸管截止前后有关波形

由图73可见，在低压电力电容器为负载时，晶闸管截止后所受反向峰值电压是输入电源电压的峰值的两倍，其等效电路如图74所示。

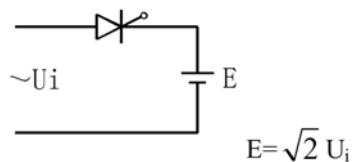


图74 截止后的等效电路

THEME 15 附录

15.2.4 用于低压电力电容器零投切控制的复合开关易损原因分析

用于低压电力电容器零投切控制的复合开关容易损坏，通常大多数由于晶闸管损坏所造成，而致使晶闸管损坏的主要因素如下。

1) 电流定额选择不当 工作于低压电力电容器零投切控制的晶闸管，虽然工作时间很短，但由于所接负载是大容量的低压电力电容器，并且导通瞬间负载处于短路状态（见图72所示），受晶闸管最低导通电压限制和过零检测偏差的影响，不能实现理想状态下的电压过零导通，仍有较大的涌流出现。晶闸管的额定电流（ I_T ）应按上述（2）式计算选取，并且具有较好的浪涌电流（ I_{TSM} ）指标。如三相式20kvar低压电力电容器，其工作电流30A，按（2）式要求选用的晶闸管的额定电流（ I_T ）应在50A以上，但鉴于经济方面的考虑，现有复合开关产品中的晶闸管较少达到该指标。

2) 电压定额指标达不到要求 见图73、图74，工作于低压电力电容器零投切控制的晶闸管，在其截止后一段时间内，所承受的反向峰值电压为电源电压最大值和电容器上充电电压最大值的迭加。低压电力电容器上的充电电压最大值（ U_{cm} ）与晶闸管上所承受的反向电压最大值（ U_{zm} ）。分别为：

$$U_{cm}=380 \times \sqrt{2} \times (1+20\%) = 645 \text{ (V)} \quad (3)$$

$$U_{zm}=380 \times \sqrt{2} \times (1+20\%) + U_c = 1290 \text{ (V)} \quad (4)$$

式中： 380 — 电源额定电压（V）；
 $\sqrt{2}$ — 正弦波系数；
 20% — 电源电压上波动范围。

按前述（1）计算，晶闸管的额定电压（ U_{ked} ）至少取2500V以上。但是目前小容量（100A及以下）的晶闸管国内外市场尚无额定电压（ U_{ked} ）超过1600V的产品，造成现有复合开关中的晶闸管截止时处于电压危险区，很容易击穿损坏。

3) 保护措施不良 晶闸管虽然有很多优点，但是其承受过电压和过电流的能力较差，很短时间的过电压和过电流就会被损坏，并且不可修复。使用于低压电力电容器零投切控制的晶闸管又工作于低压电力网，其因操作、谐波、雷击等原因工况复杂多变，因此为了使晶闸管能够可靠地长期运行，除了充分留有余地合理选择晶闸管元件外，必须针对过电压、过电流发生的原因采取行之有效的保护措施。现有的使用于低压电力电容器零投切控制的复合开关中的晶闸管的保护措施可能限于设计水平、经济和装置体积等因素，普遍存在保护不全、针对性差、有效性差等情况，因此在瞬息万变的电网条件中易损坏。



产品研发部之一



产品的总装生产线



产品老化考机室一角



在工具车上待出厂产品

地址：江苏省南通市现代电力路1号

邮编：226005

电话：(热线) 0513-80112000

(传真) 0513-80112020

<http://www.tds-1300.com>

MODERN ELECTRIC POWER