

中 低 压 电控实用技术

隋振有 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中低压电控实用技术

隋振有 编著



机械工业出版社

本书较系统地介绍了各类中低压电控电器的规格型号、技术参数及选用方面的知识,供广大读者选择和应用。

本书主要介绍了各种新型电器产品,以便适应产品的更新换代,适应新技术对新产品的需求。尤其,对控制电器的应用接线,对控制电器安装接线中的基础知识、新技术、新标准和应注意的问题以及实用的电气控制方案做了较全面的介绍。

本书可供广大电气工程技术人员在工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

中低压电控实用技术/隋振有编著. —北京:机械工业出版社, 2003.3

ISBN 7-111-11551-1

I. 中… II. 隋… III. 电气控制 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 004416 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:周娟 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚

封面设计:张静 责任印制:路琳

北京市樱花印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·19.25 印张·514 千字

0001—4000 册

定价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、8837 9646

封面无防伪标均为盗版

前 言

我国加入世界贸易组织以后，全球性的经济贸易往来将加快我国电气技术的发展，以及新技术、新材料、新产品的不断引进、研制和开发。

每一位电气工作者同企业一样，面临着机遇和挑战，要进取，必需不断地去学习新知识，掌握新技术，应用新产品，适应技术和设备更新的需要，跟上时代发展的步伐。

较系统地编写一本《中低压电控实用技术》是编者已久的夙愿，其目的有两个：一是充实提高自己；二是为广大读者推荐一个较好的“知识平台”。为此，本书着重编写了如下几方面的内容：

从基础知识入手，对基础性的电气控制技术和常用的电器产品加以归纳。

着眼高新技术，对新的电控技术加以探讨，对新型电器产品加以介绍。尤其是对计算机控制技术和智能型产品加以重点介绍，以便适应新型控制技术的发展，适应计算机技术普及的需要；采用国家颁布的新标准，适应与国际接轨的需要。

本书注重系统性，较全面地介绍了各类新型控制电器的规格型号、技术参数、工作和接线原理，以及选用中应注意的问题；并注重理论与实践相结合，总结了一些实践经验。

本书在编写过程中，得到德力西电器集团、华威电器集团、正泰电器集团、上海人民电器集团、常熟电器开关厂、常州低压电器二厂、哈尔滨电工仪表有限责任公司、沈阳自动控制研究院等单位的支持，并得到阿城继电器集团周秉功同志的帮助，借本书出版之际，编者表示衷心的感谢。

《中低压电控实用技术》和《中低压配电实用技术》两本书

IV

是姊妹篇。其问世的时刻，编者分享着收获的喜悦，同时欣慰地看到：在中华书苑百花园中增添了两朵小花，同百花一起点缀着文明古国灿烂的科技和文化。

值此，编者深切地期望它们能够得到广大读者的赏识和喜爱，能够被工矿企业、电力企业，尤其有志从事电气组装配线的电气工作人员以及各类职业学校师生所选用，成为从事电气设计、电器安装、电气运行、维护、检修和试验工作人员的理想工具书。

编者水平有限，错处难免，望广大读者多加批评指正。

编者

目 录

前 言

第 1 章 电气控制基础知识	1
1.1 电气控制	1
1.1.1 控制电路的设计及控制电器的选用	1
1.1.2 控制电器的安装接线	5
1.1.3 母线的选用、加工和安装	13
1.2 电气线路与电路图	24
1.2.1 电气线路	24
1.2.2 电气线路图	26
1.2.3 识图和用图	27
第 2 章 电气接线材料和零部件	31
2.1 绝缘材料	31
2.1.1 多层印制电路板	31
2.1.2 电工用套管、漆管、编织带	32
2.2 仪器仪表、电子设备连接线	42
2.2.1 绝缘电线	42
2.2.2 聚氯乙烯屏蔽电线	46
2.2.3 聚氯乙烯绝缘高压屏蔽电线	53
2.3 连接器件	61
2.3.1 连接器件的选用	61
2.3.2 常用连接器件	63
2.3.3 工业用插头插座与耦合器	72
第 3 章 交流接触器	75
3.1 交流接触器的技术参数和技术条件	75

3.1.1	交流接触器的技术参数	75
3.1.2	选择交流接触器的技术条件	76
3.1.3	新型交流接触器	79
3.2	交流接触器应用接线	102
3.2.1	交流接触器的控制信号电路及接线	102
3.2.2	交流接触器的选用及安装接线	128
第 4 章	低压断路器	133
4.1	新型低压断路器	133
4.1.1	小型低压断路器	133
4.1.2	塑料外壳式断路器	148
4.1.3	智能型万能式断路器	176
4.2	低压断路器的应用	185
4.2.1	低压断路器的选用	185
4.2.2	低压断路器应用接线实例	189
第 5 章	主令电器	208
5.1	按钮	208
5.1.1	按钮的规格型号含义	208
5.1.2	常用的按钮	208
5.1.3	按钮的选用	219
5.1.4	按钮的接线	219
5.1.5	按钮接线小结	224
5.2	行程开关、脚踏开关和超速开关	225
5.2.1	行程开关	225
5.2.2	LT3 系列脚踏开关	240
5.2.3	超速开关	241
5.2.4	行程开关、脚踏开关和超速开关的选用	243
5.2.5	行程开关、脚踏开关和超速开关的应用接线	244
5.3	万能转换开关	245
5.3.1	LW5 系列万能转换开关	245
5.3.2	LW6 系列万能转换开关	251

5.3.3	LW8 系列万能转换开关	251
5.3.4	LW10-10 系列万能转换开关	257
5.3.5	LW15 系列万能转换开关	259
5.3.6	JXS2-20 型万能转换开关	259
5.3.7	LWX 小型万能转换开关	261
5.3.8	3LB、3ST1 系列万能转换开关	262
5.3.9	万能转换开关的选用与安装接线	263
5.4	凸轮控制器	268
5.4.1	凸轮控制器产品简介	269
5.4.2	凸轮控制器的选用	273
5.4.3	凸轮控制器的应用接线	274
5.4.4	凸轮控制器的接线规律	283
5.4.5	凸轮控制器的安装和维护	284
5.5	主令控制器	285
5.5.1	LS2 系列主令开关	285
5.5.2	LS3 系列主令开关	285
5.5.3	LK4 系列凸轮调整式主令控制器	286
5.5.4	LK5 系列凸轮非调整式主令控制器	287
5.5.5	LK17 系列主令控制器	287
5.5.6	LK18 系列主令控制器	292
5.5.7	主令控制器的应用及安装接线	292
5.6	组合开关	298
5.6.1	HZ5 系列组合开关	298
5.6.2	HZ15 系列组合开关	305
第 6 章	继电器	310
6.1	继电器概述	310
6.1.1	继电器规格型号的编制方法	310
6.1.2	继电器的结构及工作原理	315
6.2	部分新型继电器简介	317
6.2.1	中间继电器	317
6.2.2	时间继电器	326

6.2.3 信号继电器	338
6.2.4 电流继电器	343
6.2.5 电压继电器	354
6.2.6 热过载继电器	362
6.3 继电器的应用	383
6.4 继电器的接线	387
6.4.1 继电器的本体接线	387
6.4.2 继电器的外部接线	389
第7章 微型计算机控制装置	395
7.1 微型计算机简介	395
7.1.1 微型计算机的结构、类型和工作原理	395
7.1.2 通用型微型计算机的选用	419
7.1.3 可编程序控制器	420
7.2 计算机控制电动机	461
7.3 计算机控制无功补偿装置	470
7.3.1 新型无功补偿控制装置简介	470
7.3.2 新型无功补偿控制器的工作原理	472
7.4 新型电工仪表	476
7.4.1 新型固定式电工仪表	476
7.4.2 新型电能表	477
7.5 计算机控制低压断路器	488
第8章 10kV 电气控制技术	502
8.1 10kV 电气控制技术概述	502
8.1.1 10kV 电气控制装置及其选用	502
8.1.2 10kV 遮断器控制技术	505
8.2 高压电动机综合保护装置	537
8.3 计算机控制 35kV/10kV 小型变电站	544
8.3.1 一次主接线和二次辅助接线	544
8.3.2 35kV/10kV 小型变电站设备布置	545

附录	567
附录 A 常用电气简图的图形符号	567
附录 B 部分电气元器件文字符号	591
附录 C 电气设备接线端子和特定导线线端识别及应用 字母数字符号	602
附录 D 新旧变压器绕组联结组标号对照表	603
附录 E 常用辅助文字符号及新旧符号对照	603
参考文献	605

第1章 电气控制基础知识

1.1 电气控制

人们把水能、热能、风能以及核能等转换为电能的同时，把电能从发电厂输送、分配到全国各地，并将其应用于生活、生产、军工以及科研等各个方面。在对电能转换、输送、分配和应用时要加以控制，且控制得越合理，其经济效益越理想，因此，人们把电能转换、电能输送和分配，以及电能销售和使用过程的控制，称为电气控制。

电气控制的产生源于电的基础理论。电气控制是在基础理论的指导下产生的，且在不断地完善、提高和发展。根据生活、生产以及科研各方面的需要，人们遵循电能的各种特性（或称效应）所形成的理论基础，研究制造出控制用的电器。例如源于电磁感应原理制造的各种电磁元件；由不同金属热元件通电后，受热变形的系数不同，研制出热过载继电器；因为光电子器件接受光线照射后，产生大量的自由电子，则生产出导通电子电路的电子开关等。

科学技术的飞速发展推动了控制电器的更新换代，如从继电器—接触器的有触点的逻辑控制系统，发展到微型控制器无触点的程序控制，用来控制电动机、断路器；从就地控制到远方“遥控”等等，新的科学技术产生了新型电器，促进了控制技术的发展，甚至产生飞跃，新型电器则成为综合技术的结晶。

1.1.1 控制电路的设计及控制电器的选用

1. 控制电路设计及控制电器选用的技术标准

(1) 设计和选用的技术标准 中低压控制电器的选用及其控制电路的设计必须遵照国家颁布的新的技术标准，结合实际并考

发展，其技术标准包括设计方面的技术规范，如：

- 1) GB50054-1995《低压配电设计规范》。
- 2) GB50062-1992《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》。
- 3) GB50277-1995《并联电容器设计规范》。
- 4) SDJ-1987《电测量仪表装置设计技术规范》。
- 5) DL/T-621-1997《交流电气装置和接地》。

以及电气装置安装工程施工及验收方面的规范，如：

- 6) GB50254-1996《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》。
- 7) GB50171-1992《电气装置工程盘及二次回路结线施工及验收规范》。
- 8) GBJ147-1990《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》等等。

(2) 设计和选用时应注意的问题 控制电路的设计及其控制电器的选用应具有一定理论根据，如依据短路电流计算来确定其开断容量等等，应符合新的技术标准，且尽量注意以下问题：

1) 控制线路应由常用的或经实际考验过的单元电路和环节组成，并符合新标准的要求。

2) 在确保安全和符合控制技术要求的条件下，应尽量减少回路中的触点。

3) 应注意电磁型电器线圈与其控制触点的连接位置。应将控制触点设计安装在线圈的前边，自锁触点应与控制触点并联。

4) 应尽量缩短连接导线的数量和长度。应合理地布置元件及正确地划分单元组合，以简化配线。

5) 正确选用电器。在同一装置中，应选用型号相同的标准元件，尽量减少控制电器的型号规格和数量。

6) 控制装置工作时，除必要的电器必须通电外，其余的电器应尽量不通电。

7) 在控制线路中，应避免产生意外通电的寄生电路。

8) 应避免采用许多电器依次动作才能接通一个电器控制线路的方案。

9) 对一些重要的控制系统, 应同时采用电气联锁和机械联锁, 防止误动作, 且应充分考虑各方面的安全闭锁关系。

10) 综合考虑各种保护环节, 既经济合理, 又安全可靠, 对控制系统应有完善的电气保护(如过载、短路、过电流、过电压、欠电压等等)以及必要的信号装置。

2. 控制电路及其控制电器选用的技术规则

(1) 所用电器元器件必须是国家定点生产厂家的合格产品规格型号及技术参数应符合设计要求, 应优先选用技术先进的新产品。

(2) 电器元器件的工频耐压试验

1) 低压电器元件及开关设备的辅助电路, 应承受工频电压试验值不低于表 1-1 “低压开关设备辅助电路应承受的工频电压试验值”的规定。

表 1-1 低压开关设备辅助电路应承受的工频电压试验值

电路	额定绝缘电压/V	试验电压/V
与主电路连接	$U_i \leq 60$	1000
	$60 < U_i \leq 300$	2000
	$300 < U_i \leq 660$	2500
	$660 < U_i \leq 800$	3000
不与主电路连接	$U_i \leq 12$	250
	$12 < U_i \leq 60$	500
	$U_i > 60$	$2U_i + 1000$ 最低 1500

2) 高压开关设备辅助回路应承受工频电压 2000V/min, 而无异常现象。

3) 低压元器件的绝缘电阻应不小于 $0.5M\Omega$, 所用兆欧表的电压等级见表 1-2 “测量绝缘电阻的兆欧表的电压等级”; 辅助电路绝缘电阻用 500V 兆欧表测量不低于 $0.5M\Omega$ 。

表 1-2 测量绝缘电阻的兆欧表的电压等级

额定绝缘电压/V	兆欧表的电压等级/V
≤ 60	250
$> 60 \sim 660$	500

(3) 电气间隙和爬电距离 高低压电器安装时的电气间隙和爬电距离应符合如下要求:

1) 在固定式开关设备中, 低压电器元件导体裸露部分对金属骨架之间的爬电距离和电气间隙应不小于表 1-3 “低压电具摆放允许最小电气间隙及爬电距离” 的规定。

表 1-3 低压电具摆放允许最小电气间隙及爬电距离

额定绝缘电压/V	电气间隙/mm		爬电距离/mm	
	$\leq 63A$	$> 63A$	$\leq 63A$	$> 63A$
≤ 60	3	3	3	5
$> 60 \sim 300$	5	6	6	8
$> 300 \sim 660$	8	10	10	12

2) 在抽出式开关设备中, 主电路插接件裸露带电部分与母带之间及对设备金属骨架间的电气间隙和爬电距离, 绝缘电压为 380~660V 时应不小于 60mm。

3) 低压电器裸露部分与设备金属骨架间的电气间隙小于规定值时, 应以带孔的绝缘块套垫之, 用螺栓杆固定。

4) 低压开关设备辅助电路中不同极性的裸露带电体之间及其与主电路裸露带电体、金属骨架间电气间隙和爬电距离应不小于表 1-3 的规定。

5) 高压开关设备辅助电路不同极性裸露带电体与金属骨架间电气间隙应不小于 4mm; 爬电距离不小于 6mm; 辅助电路与主电路 (6~10kV) 裸露带电体间的电气间隙应不小于 125mm。

(4) 飞弧距离 按说明书确定主电路断路器、接触器一类电器元件的飞弧距离。

(5) 电器元器件完好 所装电器元器件不得有损伤,防腐层完好,组合件齐全。

(6) 功能单元互换 抽出式开关设备同规格的功能单元应可以互换。

1.1.2 控制电器的安装接线

1. 安装接线规则

1) 无论是主电路元器件,还是辅助电路元器件,必须按设计图样规定的顺序摆放排列,安装牢固,不得歪斜。

2) 安装所用紧固件应热镀锌,其镀层不应有脱落、发霉等缺陷。

3) 紧固时应加垫圈(防松螺母或锁紧垫圈),紧固螺栓露出螺母2~5扣,同一柜中力求一致,且在便于安装侧紧固,紧固力应适宜,符合表1-4“螺栓紧固力矩允许值”的规定。

表 1-4 螺栓紧固力矩允许值

螺栓规格	M8	M10	M12	M14	M16
力矩/N·m	8~11	17~23	30~40	50~60	80~100

4) 管形电阻安装参数应符合表1-5“管形电阻安装参数表”的规定。

表 1-5 管形电阻安装参数表

管形电阻器 额定功率/W	管形电阻器与其他元器件之间的安装间距/mm				选用 BV、BVR 导线剥去绝缘 的长度/mm
	上方		侧方	下方	
	元器件允许 60℃ 时	元器件允许 50℃ 时			
7.5	30	40	10	10	20
15	30	100	10	10	20
20~50	100	200	20	20	40
75~100	100	300	30	30	40
150	150	300	30	30	40
200	150	400	30	30	40

5) 强、弱电路之间要有效隔离或屏蔽,消除干扰。

6) 无触点开关装置应可靠地被触发导通, 保护合理齐全。

7) 电器元器件安装固定后, 手动操作分合应灵活无卡阻等异常现象, 操作 5 次正常。

8) 抽出式开关的功能单元从连接位置抽出至试验位置, 再至分离位置, 往返操作应灵活, 锁定位置应可靠。

9) 电器设备的联锁应可靠。

①抽出开关的馈电单元与电动机控制单元及门与主开关间的联锁应正确可靠。

②开关设备的门锁、其他机械锁和程序锁的开闭应灵活可靠。

③柜与柜间的电气联锁应可靠。

10) 电气操作可靠, 在通电操作 5 次时, 应达到下列要求:

①电磁合闸、电动机储能及分励脱扣器的操作电源电压 (AC 或 DC) 在 85%~110% 额定电压内动作应可靠, 而在 30% 额定电压时, 分励脱扣器不合闸。

②欠电压脱扣器在 65% 额定电压时不脱扣, 慢降到 35% 额定电压时, 必须脱扣; 慢降到 85% 额定电压时, 应可靠合闸。

11) 低压辅助电路的电源线应接在母带上, 在母带上钻 $\phi 16\text{mm}$ 孔, 用 M5 螺钉两面加平垫固定。如果是铜铝接触, 应采取防电化学腐蚀的措施。

12) 辅助电路一律采用绝缘铜导线。截面积为: 弱电回路不小于 0.5mm^2 , 手车、抽屉柜用的多股软铜线可选 1.0mm^2 ; 计量回路为 2.5mm^2 ; 其余一律用 1.5mm^2 。上述不需要标明极性的接线采用黑色的; 接地保护线应采用黄绿双色相间的绝缘线。

2. 安装接线工艺

1) 配线应相序对应, 层次清楚, 避免交叉, 三相弧度、角度一致, 横平竖直, 整齐美观。

2) 导线连接牢固可靠, 不准有接头, 一般接线端子上并接导线不得超过两根。

3) 接线的羊圈应以顺时针方向弯成全圆, 其内径比接线螺钉外径大 $0.5\sim 1\text{mm}$, 加平垫后, 不能有外露部分。

4) 管形电阻与其他元器件一起安装时的规定为: 安装时的间距和接线时剥去的绝缘层长度应符合表 1-5 的要求, 其裸露部分应套上瓷珠。

5) 多股导线端头应加冷压端头接线。弱电回路中截面积小于 1mm^2 的单股线应挂锡。

6) 用剥线钳剥去绝缘层时, 不能留下绝缘物, 更不能伤及导线。

7) 辅助电路导线要归整成线束, 并应符合如下要求:

①线束应用扎带按等间距固定。垂直线束的固定间距不宜大于 400mm , 水平线束的固定间距不宜大于 300mm 。

②线束亦可用螺形管缠绕, 但应匀称整齐。

③弯曲线束或导线时, 不得用钳子夹, 弯曲半径应不小于其直径的 2 倍。

④线束不得直接贴在金属板上敷设, 如果敷设中遇到金属障碍, 应弯曲越过, 并与金属间留有 $3\sim 5\text{mm}$ 的间隙。穿越金属孔时, 在其孔上需套绝缘套或绝缘瓷套, 不得用螺形缠绕管代替。

⑤运行中移动部位的导线应采用多股软铜线, 且在敷设中应留有一定的裕度, 过转动门时, 应保证转动门开启 90° 。

⑥可移动部分的线束不得捆扎, 应采用螺形管缠绕。可移动线束的两端不得用金属夹直接固定, 应垫绝缘套或用非金属夹、非金属线固定, 两端固定线束的位置应上下错开, 便于移动。

⑦成套装置一般采用塑料槽配线, 槽内线应归整, 应避免交叉混杂, 以便于查线。

⑧导线端头应套标号套, 标上回路的数字和文字标号, 直流回路数字标号见表 1-6; 交流回路数字标号见表 1-7; 电源线路及三相电气设备端头文字标号见附录 C。

⑨标号套上的标号字迹应清晰、工整、不退色、不掉色, 所标注的内容及穿套的方向应与图样标注的一致。

⑩多台组合的电气装置, 无论是用导线束配线, 还是用多芯控制电缆配线, 都应先列出线束或电缆的敷设表, 在表中, 列出