

# 电控实用 技术手册

◎ 隋振有 编著



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 电控实用技术手册

© 隋振有 编著



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 前 言

国民经济飞速发展，人民生活不断提高，电力已成为生活中不可缺少的绿色能源。但是，它又是一种需要一定的理论知识和技术水平才能控制得好的无形的能源。

我国加入世贸组织以来，与 WTO 中各国的技术交流和借鉴，电器产品的流通和选用，给每一位电气工作者提出了一个不能回避的问题。这就是必须在原有的电气技术的基础上，如何加强对新技术的学习，从而，掌握新标准，学习新技术，熟悉新材料，选用新产品，随着新型电气技术的应用，不断地提高自己，则使其成为个人求职谋业的保障，在市场经济大潮竞争中增加本领。

本书以上述思想为宗旨，对基础性的电控技术加以较系统的编写；对常用的电器产品加以归纳的同时，对新标准、新技术、新材料、新产品、新设备加以介绍，尤其对计算机技术和新型智能性产品在控制领域中的应用有选择地编写。从而，夯实基础，温故知新，加强对新技术的探讨，以便达到：适应科学技术发展的需要，适应计算机技术普及的需要，适应与国际接轨的需要，适应更新知识，提高技术能力的需要。

本书内容详细，专业性强而全面，语言简练，通俗易懂，其突出的特点是图文并茂，理论与实际有机地结合。对每章每节的题目，尽量做到交代清楚，讲解明白，涉及的内容详细全面，为自学者打造一个较理想的自修的平台。

本书与已出版的《配电实用技术》为姊妹篇，二者相辅相成。编者期望她们能形成一个较系统的电气技术知识体系，且受益于读者，这是编者最大的心愿。

本书适用于工矿企业、电力企业的电气工作人员和在校的高

等和高职师生选用。期望她成为您心爱的读本和工作学习中得力的工具书。

由于编者水平有限，书中可能存在不当之处，希望广大读者多加批评指正。

**编者**

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 电气控制基础知识</b> .....	1
1.1 电气控制 .....	1
1.1.1 电气技术标准 .....	1
1.1.2 控制电器的安装接线 .....	4
1.1.3 母线的选用、加工及安装 .....	7
1.1.4 电器安装时的检查试验 .....	16
1.1.5 印制电路板 (PCB) .....	17
1.2 电控装置的工作环境和条件 .....	19
1.2.1 电控装置的工作条件 .....	19
1.2.2 抗干扰的技术措施 .....	20
<b>第 2 章 电气线路图</b> .....	31
2.1 电气线路与电路图 .....	31
2.1.1 电气线路 .....	31
2.1.2 电气线路图 .....	32
2.2 电子电路识图须知 .....	34
2.2.1 模拟电子电路简介 .....	34
2.2.2 典型的模拟电子电路的技术参数、引脚功能和规格型号 .....	43
2.2.3 数字电子电路简介 .....	56
2.3 电气图样新标准 .....	70
2.3.1 图形符号 .....	70
2.3.2 文字符号 .....	98
2.3.3 回路标号和对小母线的规定 .....	111
2.3.4 信号助记符 .....	117
2.4 识图和用图 .....	117
2.4.1 识图 .....	117
2.4.2 用图 .....	119

<b>第 3 章 电气接线材料和零部件</b> .....	123
3.1 绝缘材料 .....	123
3.1.1 多层印制电路板 .....	123
3.1.2 电工用套管、漆管和编织带 .....	124
3.2 仪器仪表和电子设备连接线 .....	134
3.2.1 绝缘电线 .....	134
3.2.2 聚氯乙烯屏蔽电线 .....	138
3.2.3 聚氯乙烯绝缘高压屏蔽电线 .....	145
3.3 连接器件 .....	152
3.3.1 连接器件的选用 .....	152
3.3.2 常用连接器件 .....	154
3.3.3 工业用插头插座与耦合器 .....	163
<b>第 4 章 电动机及其控制</b> .....	166
4.1 电动机 .....	166
4.1.1 电动机简介 .....	166
4.1.2 电动机的运行管理 .....	169
4.2 电动机的控制技术 .....	171
4.2.1 电动机的起动 .....	171
4.2.2 电动机的制动 .....	180
4.2.3 电动机的调速控制 .....	189
4.2.4 电动机的变频调速 .....	197
4.2.5 交流电动机的软控制 .....	200
4.3 电动机的控制元件 .....	210
4.3.1 交流接触器 .....	210
4.3.2 其他控制和保护元件 .....	237
4.3.3 电动机控制元件的安装 .....	238
<b>第 5 章 主令电器及其应用</b> .....	242
5.1 按钮 .....	242
5.1.1 按钮的规格型号含义 .....	242
5.1.2 常用的按钮 .....	242
5.1.3 按钮的选用 .....	249
5.1.4 按钮的接线 .....	252
5.1.5 按钮接线小结 .....	256

5.2	行程开关、脚踏开关和超速开关	258
5.2.1	行程开关	258
5.2.2	LT3 系列脚踏开关	272
5.2.3	超速开关	273
5.2.4	行程开关、脚踏开关和超速开关的选用	274
5.2.5	行程开关、脚踏开关和超速开关的应用接线	276
5.3	万能转换开关	276
5.3.1	LW5 系列万能转换开关	277
5.3.2	LW6 系列万能转换开关	282
5.3.3	LW8 系列万能转换开关	283
5.3.4	LW10-10 系列万能转换开关	288
5.3.5	LW15 系列万能转换开关	288
5.3.6	JXS2-20 型万能转换开关	290
5.3.7	LWX 小型万能转换开关	292
5.3.8	3LB、3ST1 系列万能转换开关	292
5.3.9	万能转换开关的选用与安装接线	294
5.4	凸轮控制器	299
5.4.1	凸轮控制器产品简介	300
5.4.2	凸轮控制器的选用	306
5.4.3	凸轮控制器的应用接线	307
5.4.4	凸轮控制器的接线规律	314
5.4.5	凸轮控制器的安装和维护	315
5.5	主令控制器	316
5.5.1	LS2 系列主令开关	316
5.5.2	LS3 系列主令开关	316
5.5.3	LK4 系列凸轮调整式主令控制器	317
5.5.4	LK5 系列凸轮非调整式主令控制器	318
5.5.5	LK17 系列主令控制器	318
5.5.6	LK18 系列主令控制器	323
5.5.7	主令控制器的应用及安装接线	323
5.6	组合开关	330
5.6.1	HZ5 系列组合开关	330
5.6.2	HZ15 系列组合开关	338

<b>第 6 章 继电器与继电保护</b> .....	342
6.1 继电器 .....	342
6.1.1 继电器的分类 .....	342
6.1.2 继电器的结构及工作原理 .....	342
6.1.3 继电器内部和外部接线 .....	344
6.2 部分新型继电器简介 .....	351
6.2.1 中间继电器 .....	351
6.2.2 时间继电器 .....	361
6.2.3 信号继电器 .....	372
6.2.4 电流继电器 .....	376
6.2.5 电压继电器 .....	386
6.2.6 热过载继电器 .....	398
6.3 继电保护装置 .....	411
6.3.1 继电保护的基本原理 .....	412
6.3.2 继电保护的基本要求 .....	412
6.3.3 继电保护的分类 .....	414
6.3.4 常用的继电保护 .....	415
6.3.5 继电保护的配置 .....	433
6.3.6 常用继电保护动作值整定规则 .....	435
<b>第 7 章 断路器及其控制</b> .....	440
7.1 断路器简介 .....	440
7.1.1 断路器的结构和工作原理 .....	440
7.1.2 断路器的技术参数 .....	441
7.1.3 断路器的选用 .....	443
7.2 断路器的控制技术 .....	444
7.2.1 控制电路和信号电路的技术要求 .....	444
7.2.2 控制断路器的技术措施 .....	446
7.2.3 断路器的控制装置 .....	451
7.2.4 高压断路器的操作机构 .....	461
7.3 低压断路器的控制接线 .....	476
7.3.1 一般低压断路器的控制接线 .....	476
7.3.2 低压断路器操作控制接线 .....	478
7.3.3 断路器控制双电源的接线 .....	483



7.3.4 智能型万能式低压断路器	494
<b>第8章 新式小型变电站</b>	<b>507</b>
8.1 计算机控制 35kV/10kV 小型变电站	507
8.1.1 一次主接线和二次辅助接线	507
8.1.2 35kV/10kV 小型变电站设备布置	518
8.2 小型变电站电气设备的二次接线	527
8.2.1 电压互感器的二次接线	527
8.2.2 电流互感器二次接线	530
8.2.3 所用变压器的接线	531
8.2.4 变电站控制设备的二次接线	532
8.2.5 小型变电站二次线小结	538
<b>参考文献</b>	<b>544</b>

# 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 电气技术标准

#### 1. 部分技术规范

- (1) GB 50054—1995《低压配电设计规范》。
- (2) GB 50062—1992《电力装置的继电保护和自动装置设

计规范》。

(3) GB 50277—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》。

(6) GB 50254—1996《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》。

(7) GB 50171—1992《电气装置工程盘及二次回路结线施工及验收规范》。

(8) GBJ 147—1990《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》等。

## 2. 设计选用电器应注意的问题

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，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前提下，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，应合理地布放元器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，应同时采用电气连锁和机械连

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。

(11) 控制的和受控电器元件的绝缘电压应满足表 1-1 的要求。

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

(12) 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。

(13) 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；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
$\leq 60$	250
$> 60 \sim 660$	500

(14) 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 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	
	≤63A	>63A	≤63A	>63A
≤60	3	3	3	5
>60~300	5	6	6	8
>300~660	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。

(15) 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，应不小于规定值。

(16) 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。

(17) 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，其镀层不应有脱落和发霉等缺陷。

(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 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 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) 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。

(6) 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。

(7) 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 0.5~1mm，加平垫后，不能有外露部分。

(8) 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。

(9) 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<sup>2</sup> 的单股线应挂锡。

(10) 用剥线钳剥去绝缘层时，不能留下绝缘物，更不能伤及导线。

(11) 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 3~5mm 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或非金属线固定，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 2-23；交流回路数字标号见表 2-24。

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，在表中列出设备间往返的线束或电缆的根数、长度、芯数和芯线截面积规格，且对每一束线或电缆都留有备用的 1~2 根芯线，接线时应留有一定的维护裕量。

(12) 低压辅助电路的电源线应接在母带上，在母带上钻  $\phi 5\text{mm}$  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。

(13) 辅助电路一律采用绝缘铜导线。截面积为：弱电回路不小于  $0.5\text{mm}^2$ ，手车、抽屉柜用的多股软铜线可选  $1.0\text{mm}^2$ ；计量回路为  $2.5\text{mm}^2$ ；其余一律用  $1.5\text{mm}^2$ 。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。

(14) 单台电气装置的配线方式无有定论，其原则是使线条清晰，布线美观，便于维护查线，配线走向一致而无交叉混杂现象。

(15) 元件安装接线完毕，应贴好元件符号牌。符号牌的内容应与图样标注内容一致，字迹工整清楚，不退色，且在控制按钮、交流接触器等控制元件处标明受控回路名称。设备内所装元器件的产品合格证的标志与证件应齐全，整理装袋，挂在柜中，以便运行管理人员建立设备档案之用。

### 1.1.3 母线的选用、加工及安装

#### 1. 母线的选用规则

成套开关装置一般采用铝排、铜排做母线。

(1) 母线载流量。母线的载流量应大于或等于负载电流的最大值，其载流量应符合表 1-6 的规定；其机械强度应不小于表 1-7 的规定值。

(2) 铜铝母带表面质量。应光洁、平整，不应有裂纹、折皱、夹杂物及变形和扭曲现象。

(3) 绝缘母线。一般采用塑胶绝缘的铜、铝导线。其载流量应大于或等于负荷电流的最大值；其绝缘表面应光滑，洁净，有光泽，无裂纹，无气孔，不脱色。

(4) 铜铝接头。当母线上有铜铝接头时，应采取铜铝过渡措施，防止铜铝间电化学腐蚀。

(5) 母线截面积。设置三相四线制母线或专用的中性母线时，应参照表 1-8 来确定其截面积。

(6) 绝缘套。为缩小成套装置的外形尺寸，其裸铜母带应套



表 1-6 铜排、铝排、钢带载流量表

(A)

尺寸/ mm	每相和每极的铜排数			每相和每极的铝排数			钢排/mm			
	1	2	3	1	2	3	尺寸/ mm	电流	尺寸/ mm	电流
							1	2	3	4
宽×厚	275			215			70×3	215/320	90×4	290/480
20×3	340			265			75×3	230/345	100×4	325/535
25×3	475			365/370			80×3	245/365		
30×4	625	—/1090		480	—/855		90×3	275/410		
40×4	700/705	—/1250		540/545	—/965		100×3	305/460		
40×5	860/870	—/1525	—/1895	665/670	—/1180	—/1470				
50×5	955/960	—/1700	—/2145	740/745	—/1315	—/1655				
60×5	1125/1145	1740/1990	2240/2495	870/880	1350/1555	1720/1940				
60×6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	1150/1170	1630/2055	2100/2460				
80×6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	1425/1455	1935/2515	2500/3040	16×2.5	55/70	20×4	70/115
60×8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	1025/1040	1680/1840	2180/2330	20×2.5	60/90	22×4	75/125
80×8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	1320/1355	2024/2400	2620/2975	25×2.5	70/110	25×4	85/140
100×8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	1625/1699	2390/2945	3050/3620	20×3	65/100	30×4	100/165
120×8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	1900/2040	2650/3350	3380/4250	25×3	80/120	40×4	130/220
60×10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	1155/1180	2010/2110	2650/2720	30×3	95/140	50×4	165/270
80×10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	1480/1540	2410/2735	3100/3440	40×3	125/190	60×4	195/325
100×10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	1820/1910	2860/3350	3650/4160	50×3	155/230	70×4	225/375
120×10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	2070/2300	3200/3900	4100/4850	60×3	185/280	80×4	260/430

注：1. 载流量中的分子为交流值，分母为直流值。

2. 环境温度+25℃，最高允许温度为70℃，且在发生最大短路电流故障时，其电磁力不致使母带发生机械变形。