

电气控制安装与调试

田莉莉 权志勇 主编

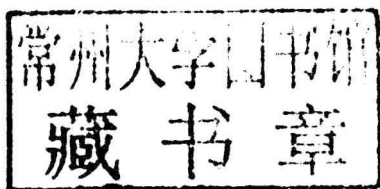
南开大学出版社



电气控制安装与调试

田莉莉 权志勇 主 编

夏学民 甄娟娟 副主编



南开大学出版社

天 津

图书在版编目(CIP)数据

电气控制安装与调试/田莉莉,权志勇主编. —天津:
南开大学出版社, 2014.5
ISBN 978-7-310-04494-8

I. ①电… II. ①田… ②权… III. ①电气控制装置—设备安装—中等专业学校—教材②电气控制装置—调试方法—中等专业学校—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 099166 号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人:孙克强

地址:天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码:300071

营销部电话:(022)23508339 23500755

营销部传真:(022)23508542 邮购部电话:(022)23502200

*

唐山天意印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

240×170 毫米 16 开本 8.375 印张 131 千字

定价:19.00 元

如遇图书印装质量问题,请与本社营销部联系调换,电话:(022)23507125

编写指导委员会

主任：吴兴民

副主任：董雪峰

委员：（按姓名笔画排序）

王利明 田莉莉 任海东 吴兴民 宋玉玺 金建忠
周继功 武天弓 张 帅 张亚力 张丽丽 张 威
赵建华 贺天柱 郝晶卉 贾英布 康占武 董雪峰

序 言

在我国进行社会主义经济体制改革和实现现代化建设战略目标的关键时期，中等职业教育如何适应新时期的发展需要？如何更好地培养数以亿计的、能在各行各业进行技术传播和技术应用的、具有创新精神和创业能力的高素质劳动者和中、高级专门人才？这是我们所有职教人必须面对的共同命题。

我校六十年的教学改革实践证明，课程改革是教育教学改革的核心，是改变中等职业教育理念、改革中等职业教育人才培养模式、提高中等职业教育教学质量、全面推进素质教育的突破口，而教材建设正是课程改革的关键点。那么，如何推进中等职业学校的教材建设？这不单是教育行政部门、研究部门的工作，更应是广大中职学校、教师的使命。

因此，我们必须认真研究中职学校的课程教材现状，探究专业诉求和发展前景，设置有中职特色的课程标准和新课程体系，开展有中职特色的教材编写。

本系列教材是我校在开展国家示范校建设的大背景下，结合自身教育教学改革实际，开创性编写的适用于学校发展特点的一套丛书。它紧跟时代发展，紧贴企业需求，对接行业职业标准和职业岗位能力，符合五个重点专业的教学建设要求，突出工学结合培养模式，强调教、学、做一体化内容，更加符合学生的认知规律，整体上突显了技工院校的办学特色。

与传统教材相比，本系列丛书更强调新知识、新技术、新工艺、新方法的运用。在编写形式上，打破了以文字表述为主的枯燥形式，添加了生动形象的图片资料，教材更显立体化、数字化、多样化。

看到这套丛书的付梓出版，我很激动。因为这项科学的课程改革工作，凝结了我校教育工作者的辛勤汗水，浸润着全体教师的拳拳赤子之情。在此，我谨向本系列丛书的编者表示诚挚的谢意，感谢你们对学校的发展做出的突出贡献！

最后，衷心道一声：你们辛苦了！

吴兴民
2013年12月

前 言

为了响应国家倡导的“以就业为导向，以能力为本位”的精神，结合我校实际情况，经过充分研讨与论证，编写了《电气控制安装与调试》这本教材。该教材结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求，精简整合理论课程，注重实训教学，强化上岗前培训；教材内容统筹规划，合理安排知识点、技能点，避免重复；教学形式生动活泼，以符合中等职业学校学生的认知规律。

本教材包括常用低压电器及其安装、检测与维修和三相异步电动机基本控制线路两个单元。主要内容有：常用低压电器的识别、安装、检测与维修；基本控制环节电路章节中，较全面地分析并介绍了各种典型环节电路。

该教材有以下几个特点：

1. 坚持以能力为本位，重视实践能力的培养，突出职业技术教育特色。根据电工类专业毕业生所从事职业的实际需要，合理确定学生应具备的能力结构与知识结构，对教材内容的深度、难度作了较大程度的调整，同时，进一步加强实践性教学内容，以满足企业对技能型人才的需求。

2. 吸收和借鉴其它中等职业技术学校教学改革的成功经验，部分专业课教材的编写采用了理论知识与技能训练一体化的模式，使教材内容更加符合学生的认知规律，易于激发学生的学习兴趣。

3. 根据科学技术发展，合理更新教材内容，尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，力求使教材具有较鲜明的时代特征。同时，在教材编写过程中，严格贯彻了国家有关技术标准的要求。

4. 努力贯彻国家关于职业资格证书与学生证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，力求使教材内容涵盖有关国家职业标准（中级）的知识和技能要求。

5. 在教材编写模式方面，尽可能使用图片、实物照片或表格形式将各个知识点生动地展示出来，力求给学生营造一个更加直观的认知环境。同时，针对相关知识点，设计了很多贴近生活的导入和互动训练等，意在引导学生参与到实践中来。

6. 本书内容结合了专业特点，取材广泛，较好地处理了教学内容的深度和广度，体现了先进性、灵活性和实用性。

由于编者的水平有限，书中难免有错谋和不妥之处，恳请各位读者提出批评指正。

编者

2013年12月

目 录

单元 1 常用低压电器及其安装、检测与维修	1
项目 1 初识低压电器	2
项目 2 低压电器的分类及相关概念	58
单元 2 三相异步电动机基本控制线路	61
项目 1 三相异步电动机的正转控制线路	61
项目 2 三相异步电动机的正反转控制线路	72
项目 3 位置控制与自动往返控制线路	81
项目 4 三相异步电动机的顺序控制线路与多地控制线路	87
项目 5 三相异步电动机的降压启动控制线路	97
项目 6 三相异步电动机的制动控制线路	111
项目 7 多速异步电动机的控制线路	118

单元 1

常用低压电器及其安装、 检测与维修

学习导入

在我国的经济建设和人民生活中，电能的应用越来越广泛。要实现工业、农业、国防和科学技术的现代化，就更离不开电器化。为了安全、可靠地使用电能，电路中就必须有各种起调节、分配、控制和保护作用的电气设备，这些电气设备统称为电器。从生产或使用的角度来看，电器可分为高压电器和低压电器两大类。我国的现行标准是将工作电压交流 1200V 以下，直流 1500V 以下的电器线路中的电气设备称为低压电器。

【学习目标】

1. 知识目标

- ◆ 了解常用低压电器的种类、型号组成形式。
- ◆ 熟悉常用低压电器的功能、结构及原理。

2. 能力目标

- ◆ 掌握常用低压电器的选用和拆装维修方法。
- ◆ 熟记常用低压电器的图形符号和文字符号。

项目 1 初识低压电器

任务 1 低压熔断器



任务目标

1. 掌握熔断器的种类、型号及其命名方式。
2. 掌握熔断器的结构和原理。
3. 熟记常用熔断器的符号。
4. 学习检测、检修常用熔断器。



任务知识

熔断器是一种用于过载与短路保护的电器，当超出限定值的电流通过熔断器的熔体时，会将其熔化而分断电路，如图 1-1 所示。它具有结构简单、体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉等优点，获得广泛应用。



(a) RL6 系列螺旋式熔断器



(b) 符号

图 1-1 低压熔断器

1. 熔断器的结构、工作原理及特性

熔断器主要由熔体、触点插座和绝缘底板等部分组成。熔体是熔断器的核心部分，常做成丝状或片状，其材料有两类：一类为低熔点材料，如铅锡合金、锌等；另一类为高熔点材料，如银、铜、铝等。熔断器接入电路时，熔体系串接在电路中，负载电流流经熔体，由于电流的热效应使温度上升，当电路发生过载或短路时，电流大于熔体允许的正常发热电流，使熔体温度急剧上升，超过其熔点而熔断，将电路切断，有效地保护了电路和设备。

电气设备的电流保护主要有过载延时保护和短路瞬时保护。过载保护与短路保护不仅电流倍数不同，两者的差异也很大，如表 1-1 所示。

表 1-1 过载保护和短路保护的差异

类型	过载保护	短路保护
特性	需要反时限保护特性	需要瞬动保护特性
参数要求	要求熔化系数小，发热时间常数大	要求较大的限流系数、较小的发热时间常数、较高的分断能力和较低的过电压
工作原理	过载动作的物理过程主要是热熔化过程	主要是电弧的熄灭过程

2. 熔断器的主要技术参数

1) 额定电压

熔断器的额定电压是指熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压，它取决于线路的额定电压，其值一般大于或等于所接电路的额定电压。

2) 熔体的额定电流

熔体的额定电流是指熔体长期通过而不会熔断的电流。

3) 熔断器的额定电流

熔断器的额定电流是保证熔断器（指绝缘底座）能长期正常工作的电流。

4) 极限分断能力

极限分断能力是指熔断器在规定的额定电压和功率因数（或时间常数）的条件下，能分断的最大短路电流值。

3. 几种常用的熔断器

常用的熔断器有 RC1A 系列瓷插式熔断器、RL6、RL7 系列螺旋式熔断器和 RLS2 系列螺旋式快速熔断器等。

1) RC1A 系列瓷插式熔断器

这是一种常见的结构简单的熔断器，俗称“瓷插保险”。它由瓷盖、瓷底、触头、熔体四部分组成，电流较大时，在灭弧室中垫有石棉编织物，用以防止熔体熔断时金属颗粒喷溅。此种熔断器具有价廉、尺寸小、更换方便等优点。但是，其分断能力较小，电弧声光效应较大，多用于民用和工业企业的照明电路中。

2) RL6 系列螺旋式熔断器

由瓷底座、带螺纹的瓷帽、熔管、瓷套等组成。瓷管内装有熔体并装满石英砂，将熔管置入底座内，旋紧瓷帽，电路就可接通。瓷帽顶总有玻璃圆孔，其内有熔断指示器，当熔体熔断时指示器跳出。

管内石英砂用于熄灭电弧，当产生电弧时，电弧在石英砂中因冷却而熄灭。因此，这种熔断器具有较高的分断能力。常用的有 RL6、RL7 系列螺旋型熔断器。

3) RLS2 系列螺旋式快速熔断器

它是在 RL1 系列基础上为保护硅整流元件和晶闸管而设计的。其结构与 RL1 系列完全相同。此外，还有 RS0、RS3 等系列快速熔断器。



大师点睛

熔断器的选择

1. 选熔体额定工作电流

①短路保护 单台设备 $I_{FU} = (1.5-3) I_{LN}$

多台设备 $I_{FU} \geq (1.5-2.5) I_{Nmax} + \Sigma I_N$

②过载保护 $I_{FU} \approx (1.1-1.2) I_N$

2. 选熔断器型号

熔断器额定电流 \geq 熔体额定电流；熔断器额定电压 \geq 熔断器工作点的电压；根据负载保护要求选熔断器类别

3. 常用熔断器

瓷插式熔断器、螺旋式熔断器。



任务内容

识别、安装和检修低压熔断器。



任务实施

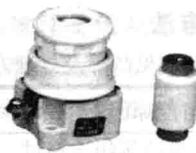
1. 识别低压熔断器

(1) 准备工作整理工作台，观察摆放在实验台上的低压熔断器的外观特征。常见的几种低压熔断器如图 1-2 所示。

单元1 常用低压电器及其安装、检测与维修



(a) 瓷插式



(b) RL1、RLS 系列螺旋式



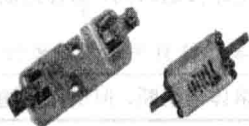
(c) RM10 系列无填料封闭管式



(d) RT18 系列圆筒帽形



(e) RT15 系列螺栓连接



(f) RT0 系列有填料封闭管式

图 1-2 几种低压熔断器

(2) 对照图 1-2, 在教师的指导下, 认识、判断实验台上摆放的低压熔断器, 并根据要求填入表 1-2。

表 1-2 低压熔断器的识别

序号	1	2	3	4	5	6
名称						
型号						

2. 安装和检修低压熔断器

1) 工具和仪表

低压熔断器的安装和检修操作常用的电工工具有: 尖嘴钳、螺钉旋具、活络扳手和镊子等; 常用的电工仪表有: 万用表、摇表(兆欧表)等。

2) 熔断器安装

在教师指导下完成熔断器的安装。



操作时的注意事项有:

(1) 用于安装使用的熔断器应完整无损, 并具有额定电压、额定电流值标志。

大师点睛

(2) 熔断器安装时应保证熔体与夹头、夹头与夹座接触良好。

瓷插式熔断器应垂直安装。螺旋式熔断器接线时, 电源线应接在下接线座上, 负载线应接在上接线座上, 以保证能安全地更换熔管。

(3) 熔断器内要安装合格的熔体, 不能用多根小规格的熔体并联代替一根大规格的熔体。在多级保护的场合, 各级熔体应相互配合, 上级熔断器的额定电流等级以大于下级熔断器的额定电流等级两级为宜。

3) 熔断器的常见故障及处理方法 (表 1-3)

表 1-3 熔断器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电路接通瞬间, 熔体熔断	(1) 熔体电流等级选择过小 (2) 负载侧短路或接地 (3) 熔体安装时受机械损伤	(1) 更换熔体 (2) 排除负载故障 (3) 更换熔体
熔体未熔断, 但电路不通	熔体或接线座接触不良	重新连接

4) 更换熔断器的熔体

(1) 检查所给熔断器的熔体是否完好。对 RC1A 型, 可拔下瓷盖进行检查; 对 RL1 型, 应首先查看其熔断指示器。

(2) 若熔体已熔断, 按原规格选配熔体。

(3) 更换熔体。对 RC1A 系列熔断器, 安装熔丝时熔丝缠绕方向要正确, 安装过程中不得损伤熔丝; 对 RL1 系列熔断器, 熔断管不能倒装。

(4) 用万用表检查更换熔体后的熔断器各部分接触是否良好。

螺旋式熔断器的主要操作步骤如图 1-3 所示。



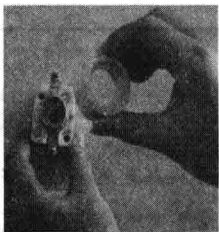
①准备好熔断器, 并将上瓷盖用手旋下



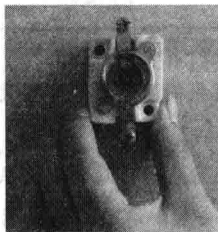
②取下上瓷盖



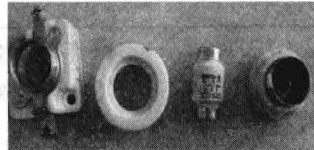
③取下熔芯



④旋下下瓷盖



⑤观察熔断器的熔体, 并注意进出端子



⑥按拆卸步骤的四大部件, 并按刚才相反的步骤安装起来

图 1-3 螺旋式熔断器的更换步骤



大师点睛

更换熔体时的注意事项

(1) 更换熔体或熔管时, 必须切断电源, 尤其不允许带负荷操作, 以免发生电弧灼伤。管式熔断器的熔体应用专用的绝缘插拔器进行更换。

(2) 对 RM10 系列熔断器, 在切断过三次相当于分断能力的电流后, 必须更换熔断管, 以保证能可靠地切断所规定分断能力的电流。

(3) 熔体熔断后, 应分析原因排除故障后, 再更换新的熔体。在更换新的熔体时, 不能轻易改变熔体的规格, 更不准随便使用铜丝或铁丝代替熔体。

(4) 熔断器兼作隔离器件使用时, 应安装在控制开关的电源进线端; 若仅作短路保护用, 应装在控制开关的出线端。

任务2 低压开关



任务目标

1. 掌握低压开关的种类, 型号及其命名方式。
2. 掌握低压开关的结构和原理。
3. 熟记常用低压开关的符号。
4. 学习检测、检修低压开关。



任务知识

在居民楼或办公楼里, 常使用图 1-4 (a) 所示的开关箱, 箱中的低压断路器控制着像电灯、空调、电风扇等照明及家用、办公电器电器线路的工作情况。

在建筑工地上, 常使用图 1-4 (b) 所示的开关箱, 箱中的低压断路器和开启式负荷开关等电气控制着像搅拌机、抹光机等建筑机械电器线路的工作情况。

图 1-4 中使用的低压断路器、负荷开关都是常用的低压开关。低压开关一般为非自动切换电器, 主要作为隔离、转换及接通和分断电路用。

本任务的主要内容就是认识常见的低压开关, 并掌握其选择、拆装及检修的方法。

低压开关主要用作隔离、转换以及接通和分断电路用。多数作为机床电路的电源开关、局部照明电路的控制, 有时也可用来直接控制小容量电



(a) 居民楼开关箱 (b) 工地开关箱

图 1-4 常见的低压开关

动机的起动、停止和正反转控制。

常见的低压开关有刀开关、组合开关、自动空气开关等。

1. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器。适用于交流 500V 以下的小电流电路，主要作为电灯、电阻和电热等回路的控制开关用。

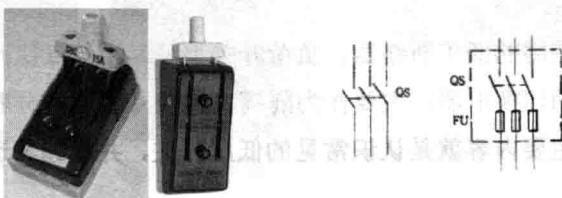


三极开关适当降低容量后，可作为小型电动机的手动不频繁操作控制开关用，并具有短路保护作用。

大师点睛

1) 瓷底胶盖闸刀开关（以下简称闸刀开关）

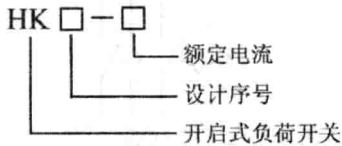
闸刀开关又称开启式负荷开关，HK 系列闸刀开关的外观及符号如图 1-5 所示。它由刀开关和熔断器组合而成，均装在瓷底板上。HK 系列闸刀开关不设专门的灭弧装置，仅利用胶盖的遮护以防止电弧灼伤人手。操作者在合闸和拉闸时，应动作迅速，使电弧较快地熄灭，以减轻电弧对动触刀和静夹座的灼损。



(a) 外观 (b) 刀开关符号 (c) 带熔断器刀开关符号

图 1-5 HK 系列闸刀开关外观及符号

型号及含义如下:



HK1 系列开启式开关基本技术参数见表 1-4。

表 1-4 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型号	极数	额定电流 (A)	额定电压 (V)	可控制电动机最大容量(kW)		熔丝线径 ϕ (mm)
				220V	380V	
HK1-15	2	15	220	-	-	1.45~1.59
HK1-30	2	30	220	-	-	2.30~2.52
HK1-60	2	60	220	-	-	3.36~4.00
HK1-15	3	15	380	1.5	2.2	1.45~1.59
HK1-30	3	30	380	3.0	4.0	2.30~2.52
HK1-60	3	60	380	4.5	5.5	3.36~4.00

闸刀开关因其内部安装了熔丝, 当它所控制的电路发生短路故障时, 可借熔丝的熔断迅速切断故障电路, 从而保护电路中其他电气设备。

这种开关适用于接通或断开有电压而无负载电流的电路, 不宜分断有负载的电路, 但因其结构简单、操作方便、价格便宜, 在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 电动机的控制电路中仍可采用。用于照明电路时可选用额定电压为 250V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关; 用于电动机直接启动时, 可选用额定电压为 380V 或 500V, 额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极开关。



大师点睛

在安装闸刀开关时, 应注意将电源进线装在静触座上, 用电负荷接在闸刀的下出线端上。当开关断开时, 闸刀和熔丝上不带电, 可保证换装熔丝安全。闸刀在合闸状态时, 手柄应向上, 不可倒装或平装, 以防误合闸。负荷较大时, 为防止出现闸刀本体相间短路, 可与熔断器配合使用。闸刀本体不再装熔丝, 此时闸刀开关只做开关使用, 短路保护由熔断器完成。

2) 铁壳开关

铁壳开关又称封闭式负荷开关, 常用的 HH 系列铁壳开关的符号如图