



21世纪高职高专系列规划教材

机电电气控制专业



普通高等教育“十二五”国家级规划教材

电气控制与PLC 实训

DIANQI KONGZHI YU PLC SHIXUN

主 编 ◎ 郭艳萍

副主编 ◎ 邵 林 李晓波 陈 冰



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

21世纪高职高专系列规划教材 机电电气控制专业
七五 高职高专“十二五”规划教材

电气控制与PLC 实训

DIANQI KONGZHI YU PLC SHIKUN

主 编 ◎ 郭艳萍

副主编 ◎ 邵 林 李晓波 陈 冰



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC实训 / 郭艳萍主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.10

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-13514-1

I. ①电… II. ①郭… III. ①电气控制—高等职业教育—教材②plc技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第203614号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街19号

邮政编码: 100875

印刷: 北京东方圣雅印刷有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 184 mm × 260 mm

印张: 14.75

字数: 256千字

版次: 2011年10月第1版

印次: 2011年10月第1次印刷

定价: 25.00元

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

美术编辑: 高霞

装帧设计: 华鲁印联

责任校对: 李茵

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

前 言

《电气控制与 PLC 实训》是高职电气自动化、机电一体化、电子信息及数控技术专业必选的专业核心课程实践教学用教材，实验和实训是培养高职学生工程实践能力和创造能力的一个重要教学环节。编者根据目前我国电气专业人才培养目标、专业知识结构和能力结构的教学要求，结合多年来的教学经验，并借鉴其他教材，为本教材精心设计了许多实例。

本教材共 4 章，分别为电气控制电路实训、PLC 基础实训、PLC 综合实训和电气控制与 PLC 综合实践案例。全书共设计了 28 个实训项目，内容涉及典型控制电路、机床控制电路、PLC 基本指令和功能指令编程实训以及 PLC 与变频器和触摸屏综合应用案例。按照学生的认知规律，由浅入深、由简单到复杂、由单项到系统、由验证到设计对教材内容进行了科学合理的安排。第 3 章的许多实训项目都采用 2~4 种编程方法实现，第 4 章利用 PLC 改造继电-接触控制系统，将 PLC 与变频器和触摸屏结合起来使用，有利于拓展学生的思路，培养他们的综合思维能力和工程应用能力，有利于学生由模仿到创新，循序渐进地提高能力。

本书为了方便没有 PLC 设备的学生学习，在书中除了介绍 PLC 的编程和仿真软件外，还在所附光盘中增加了三菱 PLC 的学习软件 FX-TRN-BEG-C、PLC 编程手册、GX 编程软件和 GX-Simulator 仿真软件，且配有各章的程序，为学生提供了一个自学平台。

本书由漯河职业技术学院的郭艳萍任主编，编写了第 2 章及附表，并进行全书的精心选例和精心安排及统稿工作。连云港职业技术学院的邵林编写了第 1 章。漯河职业技术学院的李晓波和陈冰分别编写了第 3 章和第 4 章。漯河职业技术学院机电系 2006 级的部分学生参与了本书实例程序的调试工作，在此表示衷心的感谢！

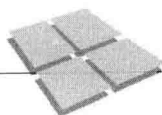
限于编者的水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2011 年 4 月于漯河

目 录

第 1 章 电气控制电路实训	(1)	2.1.1 PLC 的硬件结构	(50)
1.1 电气控制电路实训基础	(1)	2.1.2 FX 系列 PLC 的型号和外形	(51)
1.1.1 电工实训常用工具	(1)	2.1.3 FX 系列 PLC 的编程元件	(54)
1.1.2 常用低压电器	(6)	2.1.4 FX-20P-E 手持编程器的 使用方法	(57)
1.1.3 电气图的绘制与阅读 ...	(12)	2.1.5 GX Developer 编程软件的 使用方法	(62)
1.1.4 电气配线工艺	(16)	2.2 PLC 基本实训项目	(69)
1.1.5 电气控制电路常见故障的排除	(19)	实训 2.2.1 PLC 基本逻辑指令的 使用	(69)
1.2 电气控制电路的安装与调试 实训	(23)	实训 2.2.2 SET、RST 指令的使用	(76)
实训 1.2.1 三相异步电动机的 点动、自锁控制电路	(23)	实训 2.2.3 定时器、计数器的使用	(82)
实训 1.2.2 三相异步电动机正、 反转控制电路	(30)	实训 2.2.4 栈及主控指令的使用	(90)
实训 1.2.3 三相异步电动机自动 往返控制电路	(34)	实训 2.2.5 PLS 和 PLF 指令的 使用	(94)
实训 1.2.4 三相异步电动机 Y-△ 降压起动控制电路	(36)	实训 2.2.6 步进顺控指令的 使用	(98)
实训 1.2.5 三相异步电动机反接 制动控制电路	(39)	实训 2.2.7 传送指令的使用	(109)
实训 1.2.6 C650 普通车床电气控 制电路常见故障分析与排除	(42)	实训 2.2.8 移位指令的使用	(112)
第 2 章 PLC 基础实训	(50)		
2.1 PLC 实训基础	(50)		



实训 2.2.9 程序流向控制类指令的 使用	(116)
实训 2.2.10 数据变换指令的使用	(122)
实训 2.2.11 算术运算及比较指令的 使用	(126)
第 3 章 PLC 综合实训	(140)
实训 3.1 LED 数码显示的 PLC 控制	(140)
实训 3.2 单车道交通灯的 PLC 控制	(148)
实训 3.3 机械手的 PLC 控制	(157)
实训 3.4 多种液体混合装置控制	(164)
实训 3.5 水塔水位的 PLC 控制	(168)
实训 3.6 全自动洗衣机的 PLC 控制	(172)

第 4 章 电气控制与 PLC 综合实践案例	(178)
案例 1 X62W 铣床控制电路的 安装、调试和故障检修	(178)
案例 2 用 PLC 改造 Z3040 摇臂钻 床电气控制系统	(188)
案例 3 PLC 和变频器在电动机多 段速控制中的综合应用	(195)
案例 4 PLC 与变频器在 3 层电梯 中的综合应用	(202)
案例 5 带有倒计时显示的交通灯 监控系统设计	(210)
附表 FX 系列 PLC 功能指令一览表	(224)
参考文献	(229)

第1章 电气控制电路实训

1.1 电气控制电路实训基础

1.1.1 电工实训常用工具

电工常用工具是指一般电工经常使用的工具,对电气操作人员来说,能否熟悉和掌握电工常用工具的结构、性能、使用方法和操作规范,将直接影响电工的工作效率和电气工程的质量乃至人身安全。

1. 试电笔

试电笔是用来检验导线、电器和电气设备是否带电的一种常用电工工具。通常制成笔式和螺丝刀式两种,如图1.1所示。笔式试电笔由氖管、电阻、弹簧、笔身和笔尖等组成。使用试电笔时,必须按图1.2所示的正确方法把笔握妥,以手指触及笔尾的金属体,使氖管小窗背光朝操作人员。

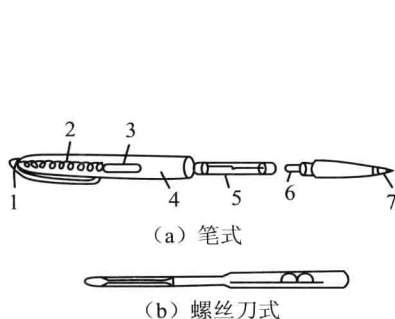


图 1.1 低压试电笔

- 1—笔尾的金属体 2—弹簧 3—小窗
4—笔身 5—氖管 6—电阻
7—笔尖的金属体

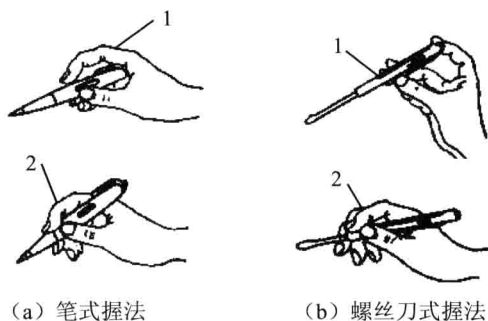


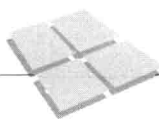
图 1.2 低压试电笔的使用方法

- 1—正确握法 2—错误握法

当用试电笔测带电体时,电流经带电体、电笔、人体、大地形成回路,只要带电体与大地间的电位差超过60V,电笔中的氖管就发光。低压试电笔测试范围为60~500V。

2. 钢丝钳

钢丝钳有铁柄和绝缘柄两种。绝缘柄为电工用钢丝钳,耐压为500V,常用的



规格有 150mm、175mm、200mm 三种。

电工钢丝钳是用于剪切或夹持导线、金属丝、工件的常用钳类工具，其结构和用法如图 1.3 所示。其中钳口用来弯绞和钳夹导线线头；齿口用来紧固或起松螺母；刀口用来剪切或剖削软导线绝缘层；侧口用来侧切电线线芯、钢丝或铅丝等较硬金属丝。

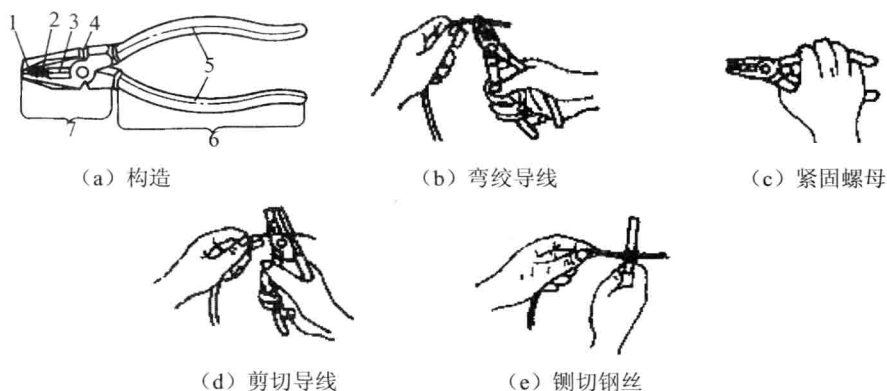


图 1.3 钢丝钳的构造及用途

1—钳口 2—齿口 3—刀口 4—侧口 5—绝缘管 6—钳柄 7—钳头

3. 尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的工作空间操作，如图 1.4 所示。尖嘴钳也有铁柄和绝缘柄两种，绝缘柄的耐压为 500V。尖嘴钳的用途如下。

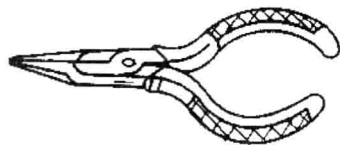


图 1.4 尖嘴钳

- (1) 带有刀口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。
- (2) 尖嘴钳能夹持较小的螺钉、垫圈、导线等元件。
- (3) 在装接控制线路时，尖嘴钳能将单股导线弯成所需的各种形状。

4. 剥线钳

剥线钳是用来剥削小直径导线绝缘层的专用工具，如图 1.5 所示。它的手柄是绝缘的，耐压为 500V。

剥线钳使用时，将要剥削的绝缘层长度用标尺定好后，即可把导线放入相应的刃口中(比导线直径稍大)，

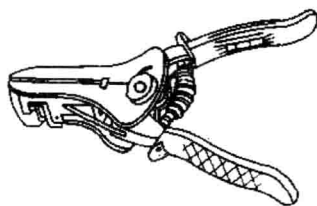


图 1.5 剥线钳

用手将钳柄握紧，导线的绝缘层即被割破，且自动弹出。

5. 电工刀

电工刀是用来剖削电线线头、切割木台缺口、削制木样的专用工具，如图 1.6 所示。使用电工刀时应将刀口朝外剖削；剖削导线绝缘层时，应使刀面与导线呈较小的锐角，以免割伤导线；电工刀刀柄无绝缘保护，不能用于带电作业，以免触电。



图 1.6 电工刀

6. 数字式万用表

(1) 数字式万用表的结构

数字式万用表是目前常用的一种数字化仪表。如图 1.7 是 DT840 型万用表面板示意图。

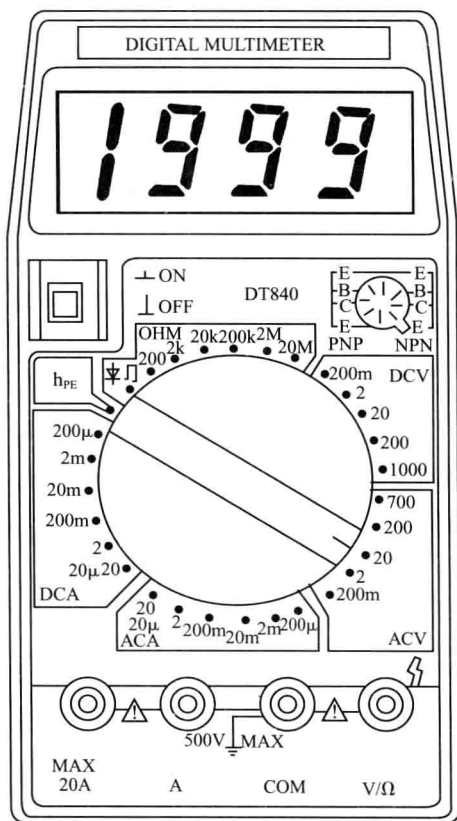
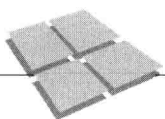


图 1.7 数字式万用表



使用数字万用表测试前,应注意如下事项。

①将 ON/OFF 开关置 ON 位置,检查 9V 电池电压值。如果电池电压不足,显示器左边将显示“LOBAT”或“BAT”字符。此时,应打开后盖,更换 F22 型 9V 层叠电池。如无上述字符显示,则可继续操作。

②测试笔插孔旁边的正三角中有感叹号的,表示输入电压或电流不应超过指示值。

③测试前应将功能开关置于所需的量程上。

(2) 数字式万用表的使用

① 直流电压、交流电压的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔,然后将功能开关置于 DCV(直流)或 ACV(交流)量程,并将测试表笔连接到被测源两端,显示器将显示被测电压值。在显示直流电压值的同时,将显示红表笔端的极性。如果显示器只显示“1”,表示超量程,应将功能开关置于更高的量程(下同)。

② 直流电流、交流电流的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔需视被测电流的大小而定。如果被测电流最大为 2A,应将红表笔插入 A 孔;如果被测电流最大为 20A,应将表笔插入 20A 插孔。再将功能开关置于 DCA 或 ACA 量程,将测试表笔串联接入被测电路,显示器即显示被测电流值,在测量直流电流时,显示器会显示红表笔端的极性。

③ 电阻的测量

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔(注意:红表笔极性此时为“+”,与指针式万用表相反),然后将功能开关置于 OHM 量程,将两表笔连接到被测电路上,显示器将显示出被测电阻值。

④ 二极管的测试

先将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入 V/ Ω 插孔,然后将功能开关置于二极管挡,将两表笔连接到被测二极管两端,显示器将显示二极管正向压降的毫伏值。当二极管反向时则过载。

7. 兆欧表

兆欧表又称摇表,是一种专门用来测量绝缘电阻的便携式仪表,主要用来检测供电线路、三相异步电动机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻,以便检验其绝缘程度的好坏。

(1) 兆欧表的选择

兆欧表的常用规格有 250V、500V、1000V、2500V 和 5000V 等挡级。选择兆欧表主要是选择其电压及测量范围。通常 500V 以下低压电气设备和线路选用 500~

1000V 兆欧表, 而瓷瓶、母线、刀开关等高压电气设备和线路应选用 2500V 以上兆欧表。

(2) 兆欧表的正确使用与维护

①测量前要先切断被测设备的电源, 并将设备的导电部分与大地接通, 进行充分放电以保证安全。用兆欧表测量过的电气设备, 也要及时接地放电, 方可进行再次测量。

②测量前要先检查兆欧表是否完好, 即在兆欧表未接上被测物之前, 摇动手柄使发电机达到额定转速(120r/min), 观察指针是否指在标尺的“ ∞ ”位置。将接线柱“线”(L)和“地”(E)短接, 缓慢摇动手柄, 观察指针是否迅速指在标尺的“0”位置。若指针不能指到该指的位置, 表明兆欧表有故障, 应检修后再用。

③根据测量项目正确接线。兆欧表上有 3 个接线柱, 分别标有“L”(线路)、“E”(接地)和“G”(屏蔽)。其中, “L”接在被测物和大地绝缘的导体部分, “E”接被测物的外壳或大地, “G”接在被测物的屏蔽环上或不需测量的部分。

一般测量时将被测的绝缘电阻接到“L”和“E”两个接线端钮上, 例如三相异步电动机绕组之间的绝缘电阻, 其接线如图 1.8(a)所示。若被测对象为线路对大地的绝缘电阻, 应将被测端接到“L”端钮, 被测外壳接“E”端钮, 例如测三相异步电动机一绕组对外壳的绝缘电阻, 其接线如图 1.8(b)所示。

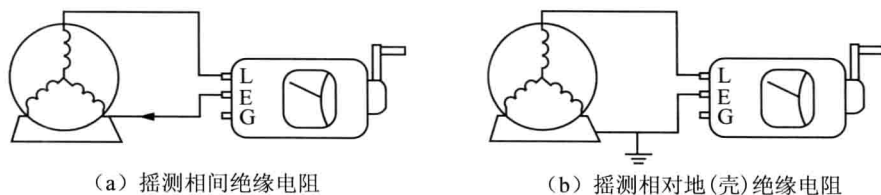


图 1.8 兆欧表接线示意图

8. 钳形电流表

钳形电流表通常在不断开被测电路的情况下就可以测量被测电流。由于钳形电流表的这一独特优点, 使其得到了广泛的应用。钳形电流表的外形如图 1.9 所示。

使用钳形电流表应注意钳形电流表的电压等级和电流值挡位。测量时, 应戴绝缘手套, 穿绝缘鞋; 测量小电流时, 为使读数更准确, 在条件允许时, 可将被测载流导线绕数圈后放入钳口进行测量。此时被测导线实际电流值应等于仪表读数除以放入钳口的导线圈数。

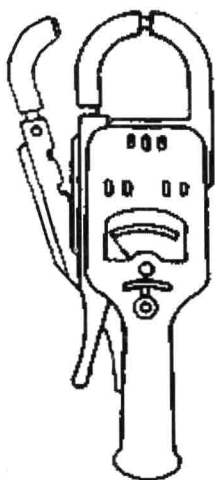
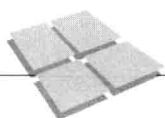


图 1.9 钳形电流表

1.1.2 常用低压电器

1. 转换开关

转换开关是一种多挡式，控制多回路的主令电器，一般可作为多种配电装置的远距离控制，也可作为电压表、电流表的换相开关，还可作为小容量电动机的启动、制动、调速及正反向转换的控制。

转换开关主要由操作机构、面板、手柄及数个触点座等部件组成，并用螺栓组装成为一个整体。触点座可有 1~10 层，每层均可装 3 对触点，并由其中的凸轮进行控制，如图 1.10 所示。由于每层凸轮可做成不同的形状，因此当手柄转到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触点按需要的规律接通和分断。

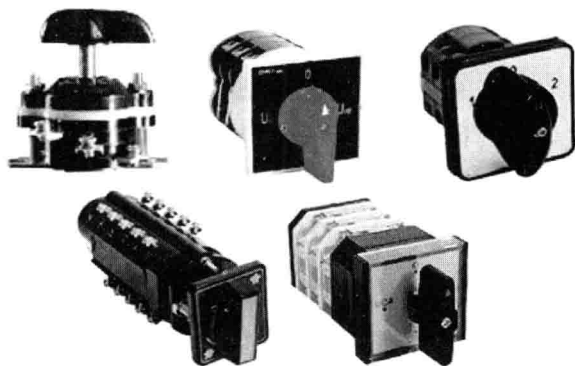


图 1.10 转换开关的外形

转换开关的图形符号和文字符号如图 1.11 所示。

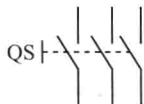


图 1.11 转换开关的图形符号和文字符号

2. 控制按钮

控制按钮是一种短时接通或断开小电流电路的电器，它不直接控制主电路的通断，而在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路。

常见控制按钮的外形如图 1.12 所示。



图 1.12 控制按钮外形

三联按钮的结构如图 1.13 所示。该三联按钮共有 3 组按钮，每组都有一对常开触点(简称 NO)、一对常闭触点(简称 NC)。

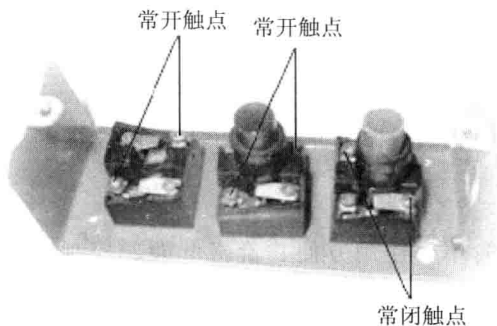
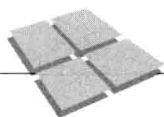


图 1.13 三联按钮结构示意图



按钮的图形符号和文字符号如图 1.14 所示。

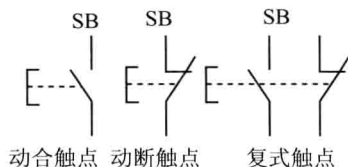


图 1.14 按钮的图形符号和文字符号

3. 行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关。它的作用与按钮相同，只是其触点的动作不是靠手动操作，而是利用生产机械某些运动部件上的挡铁碰撞其滚轮使触头动作来实现接通或分断电路的。

行程开关的结构分为 3 个部分：操作机构、触头系统和外壳，行程开关的外形如图 1.15 所示。

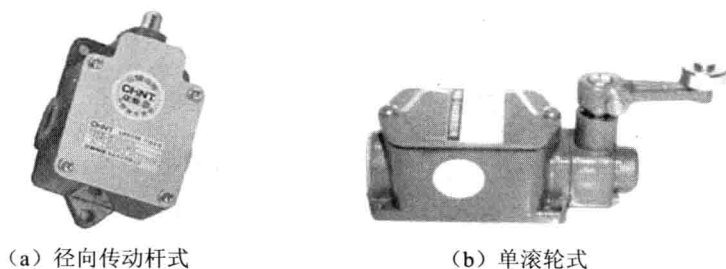


图 1.15 行程开关的外形示意图

行程开关的图形符号和文字符号如图 1.16 所示。

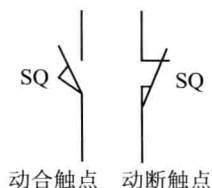


图 1.16 行程开关的图形符号和文字符号

4. 熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉、控制有效的短路保护电器。

常用的螺旋式熔断器的外形与结构如图 1.17 所示，由瓷座、瓷帽和熔断管等组成。熔断管上有一个标有颜色的熔断指示器，当熔体熔断时，熔断指示器便被反作用弹簧弹出自动脱落，显示熔丝已熔断。

在安装使用时，电源线应接在下接线座，负载线应接在上接线座，这样在更换

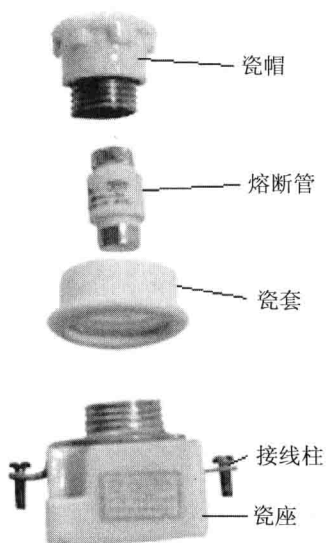


图 1.17 螺旋式熔断器的外形与结构

熔断管时(旋出瓷帽)，金属螺纹壳的上接线座便不会带电，保证维修者的安全。

熔断器的图形符号和文字符号如图 1.18 所示。

5. 接触器

接触器主要用于频繁接通或分断交、直流主电路和大容量的控制电路，可远距离操作，配合继电器可以实现定时操作、联锁控制及各种定量控制和失压及欠压保护。

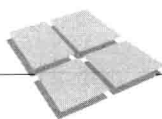
常见接触器的外形如图 1.19 所示。



图 1.18 熔断器的图形符号和文字符号



图 1.19 接触器的外形



接触器的结构及接线方式如图 1.20 所示。它主要由线圈、铁心和衔铁、触点构成。触点是接触器的执行部分，包括主触点和辅助触点。主触点的作用是接通和分断主电路，控制较大的电流，它有 3 对触点，接在主电路中；而辅助触点和线圈接在控制电路中，以满足各种控制方式的要求。

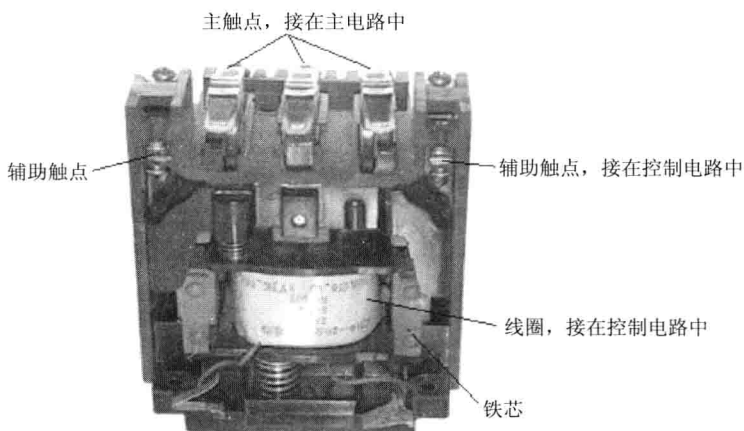


图 1.20 接触器结构及接线方式示意图

接触器的型号含义和电气符号如图 1.21 所示。

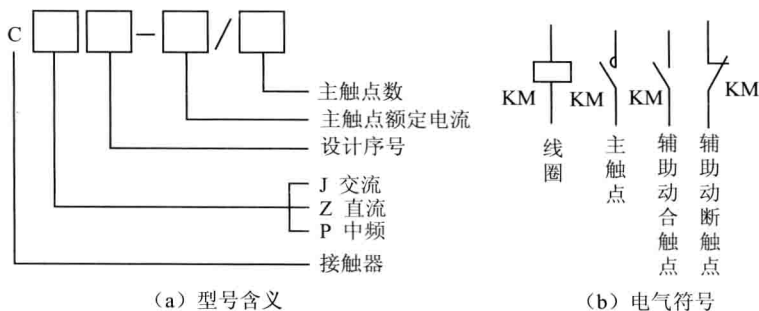


图 1.21 接触器的型号含义及电气符号

6. 热继电器

热继电器是利用电流热效应原理工作的电器，主要用于三相异步电动机的过载、缺相及三相电流不平衡的保护。

热继电器的外形及接线方式如图 1.22 所示。其中 3 个热元件串联在主电路中，辅助触点串联在控制电路中。

热继电器的型号含义及图形符号如图 1.23 所示。

7. 时间继电器

在自动控制系统中，有时需要继电器得到信号后不立即动作，而是要顺延一段

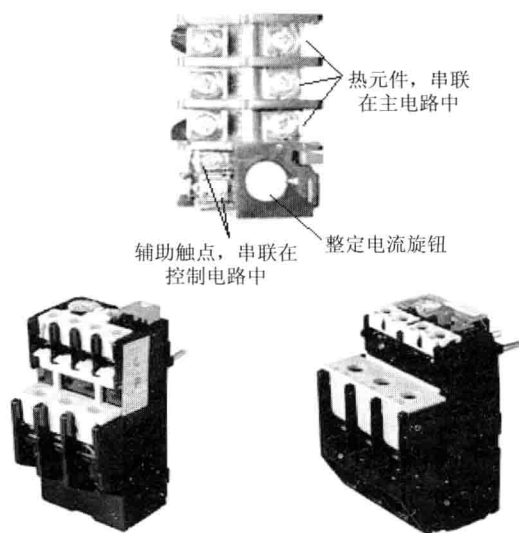


图 1.22 热继电器的外形

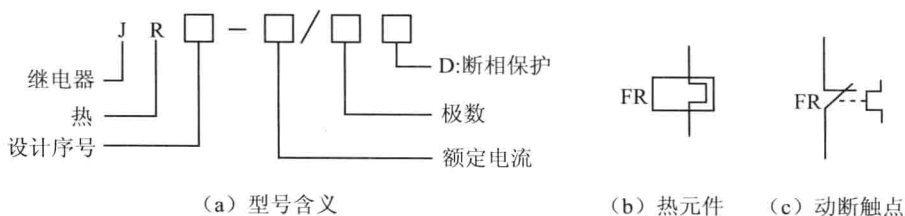


图 1.23 热继电器的型号含义及图形符号

时间后再动作并输出控制信号，以达到按时间顺序进行控制的目的。时间继电器就能实现这种功能。

常见时间继电器的外形如图 1.24 所示。



图 1.24 时间继电器的外形

按延时方式可分为通电延时型时间继电器和断电延时型时间继电器。

对于通电延时型时间继电器，当线圈通电时，其延时动合触点要延时一段时间才闭合，延时动断触点要延时一段时间才断开。当线圈失电时，其延时动合触点迅速断开，延时动断触点迅速闭合。