

中天传播

世纪英才

高等职业教育**课改**系列规划教材

(电子信息类)

PLC控制系统 设计与调试

王成福 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

封面设计：孔庆英

中天传播

世纪英才 高等职业教育课改系列规划教材(电子信息类)

- ◎ 电子技术基本技能
- ◎ 单片机应用系统设计与制作
- ◎ PLC控制系统设计与调试
- ◎ 电子线路板设计与制作



人民邮电出版社网址: www.ptpress.com.cn

ISBN 978-7-115-21730-1



9 787115 217301 >

ISBN 978-7-115-21730-1

定价: 29.00 元

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材（电子信息类）

PLC 控制系统设计与调试

王成福 主编

人民邮电出版社
北 京

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC控制系统设计与调试 / 王成福主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2010.1

(世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 电子信息类)

ISBN 978-7-115-21730-1

I. ①P… II. ①王… III. ①可编程序控制器—控制系统—系统设计—高等学校: 技术学校—教材②可编程序控制器—控制系统—调试—高等学校: 技术学校—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第200207号

内 容 提 要

本书从 PLC 控制系统设计与调试职业岗位的任职要求出发, 以 4 个工程应用项目为载体, 介绍了 PLC 控制系统总体控制方案设计、PLC 机型和低压电器设备选型、PLC 接口电路和控制柜设计、控制程序设计与系统联机调试、随机技术文件编写等内容。本书以 S7-200 系列 PLC 为例, 由浅入深、循序渐进地介绍了 PLC 应用的相关知识和操作训练内容。本书力求对 S7-200 系列 PLC 应用知识和 PLC 控制系统开发过程做到全面的介绍, 并将理论知识与操作训练相结合, 使学生全面掌握 PLC 控制系统的设计与调试技术, 达到举一反三的目的。

本书可作为高职高专院校应用电子、电气自动化、机电一体化专业的教材, 也可作为相关专业师生和工程技术人员参考用书。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材 (电子信息类)

PLC 控制系统设计与调试

- ◆ 主 编 王成福
责任编辑 丁金炎
执行编辑 洪 婕
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16
字数: 380 千字
印数: 1—3 500 册
- 2010 年 1 月第 1 版
2010 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21730-1

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

本书是金华职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一,是由多年从事 PLC 应用项目开发及课程教学的老师及其紧密合作企业的工程师一起编写的。

本书从高职学生的接受能力、课程的易学性和 PLC 工程应用出发,以当前国内流行的 S7-200 系列 PLC 为主,介绍 PLC 控制系统的开发方法。在内容选取上完全按照工作过程系统化的要求,主要是根据 PLC 控制系统的开发设计岗位、装配调试岗位和技术服务岗位人员所承担的设计系统总体控制方案、选购 PLC 机型和电子元器件、设计 PLC 的外部接口电路与控制柜、装配 PLC 控制系统、编写控制程序与系统联机调试、编写随机技术文件等典型工作任务,结合认知规律及学生职业生涯发展规律,融入 PLC 程序设计师资格要求,进行综合分析与归纳总结出来的学习知识与工作任务。

本书力求对 PLC 应用知识与 PLC 控制系统开发过程做到全面的介绍,以便于学生掌握关键技术,达到举一反三的目的。全书以项目描述、任务学习引导、工作页、项目练习与评价、拓展学习的次序,完整地介绍了 PLC 工程应用项目的开发过程与评价方法。通过对运输小车 PLC 控制系统设计与调试、传统机床 PLC 控制系统设计与装调、智能抢答 PLC 控制系统设计与制作、电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试 4 个工程项目的详细介绍与教学实施,可以使学生掌握 PLC 控制系统开发的一般方法。

本书共设计了 4 个教学项目,参考学时数为 120 学时,可以采用项目引领、任务驱动、学做结合的理论实践一体化和工作过程系统化的教学方法。本书中在每一项教学项目实施时,又根据需要将项目任务分成若干个子任务,设计了一系列与教学实施相配套的过程质量控制表,具有工作过程结构完整、工作要素全面、包含工作过程知识等特点,以便于按照资讯、计划、决策、实施、检查、评价 6 步法实施教学。

本书中所有的表单电子文件,可以在人民邮电出版社网站 (<http://www.ptpress.com.cn>) 下载。

本书项目一由叶红芳和王成福共同编写,项目二由黄敏编写,项目三和附录由王成福编写,项目四由王成福、祝建军、景志昂共同编写。

在本书的编写过程中,先后得到金华大维电子科技有限公司、金华汉生机电工程有限公司、浙江佳环电子有限公司的工程技术人员和金华职业技术学院领导的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

开篇导学	1
导学一 常用低压电器	1
导学二 电动机正反转控制电路	25
导学三 PLC 概述	28
导学四 PLC 的结构与工作原理	33
项目一 运输小车 PLC 控制系统设计与调试	41
项目描述	41
任务一 运输小车控制系统设计任务分析	42
任务二 运输小车控制系统设计方案	43
任务三 运输小车控制电路设计与制作	44
任务四 运输小车控制程序设计	51
任务五 程序编辑与联机调试	69
项目练习与评价	77
项目二 传统机床 PLC 控制系统设计与装调	79
项目描述	79
任务一 电动葫芦 PLC 控制系统设计与装调	80
任务二 C6140 型车床 PLC 控制系统设计与装调	88
任务三 M7120 型磨床 PLC 控制系统设计与装调	94
任务四 X62W 型铣床 PLC 控制系统设计与装调	104
任务五 T68 型镗床 PLC 控制系统设计与装调	117
拓展学习	133
项目练习与评价	137
项目三 智能抢答 PLC 控制系统设计与制作	139
项目描述	139
任务一 智能抢答控制系统设计任务分析	140
任务二 智能抢答控制系统设计方案	141
任务三 智能抢答控制电路设计与制作	143
任务四 智能抢答控制程序设计	147
任务五 程序编辑与联机调试	151
拓展学习	153
项目练习与评价	170

2

开 篇 导 学

导学一 常用低压电器

电器用于接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备。低压电器是用于交流 50Hz (或 60Hz), 额定电压为 1 200V 及以下, 或者直流额定电压 1 500V 及以下的电器, 例如, 断路器、接触器、继电器等。

一、隔离器

能起到隔离电源作用的开关电器称为隔离器。隔离器分断时能将电路中所有电流通路切断, 并保持有效的隔离距离。隔离器一般属于无载通断电器, 只能接通或分断分布电流和无载情况下的感应电流等可忽略的电流, 但也有一些隔离器产品具有一定的通断能力, 能在非故障条件下接通或分断电气设备。刀开关是一种最简单的电器, 它是在一块绝缘板上组装两组静触头, 利用一组活动刀片的拉、合实现电路的切断与导通。有的刀开关带简单的灭弧罩, 有的将触头和刀片完全裸露在空气中, 利用空气的间隙有效地形成一个明显的断开点, 因此, 刀开关是一种隔离器。隔离器和熔断器串联组合成一个单元, 当隔离器的动触头由熔断体或带熔断体的载熔件组成时, 即为隔离器式熔断器组, 或称为熔断器式隔离器。当刀开关的动触头由熔断体组成时, 即为熔断器式刀开关。隔离器的外形图和图形符号如图 0-1 所示。

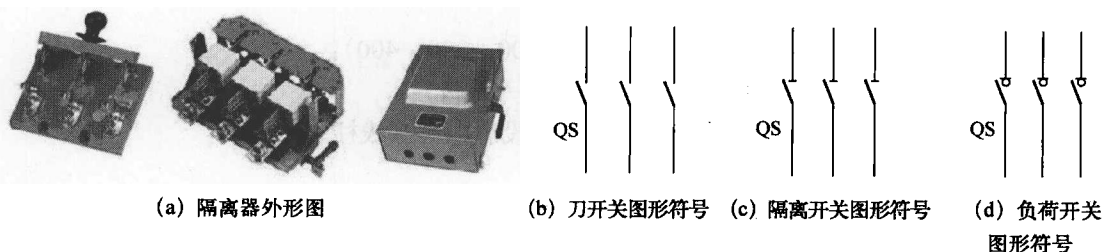


图 0-1 隔离器的外形图和图形符号

1. 低压隔离器的分类

(1) 刀开关。刀开关有单极、双极和三极之分, 主要供无载通断电路使用, 有时也用作工作电流较小的照明设备和小型电动机的电源开关。带灭弧罩并采用杠杆操作的刀开关有 HD11、HD12、HD13、HD14、HD17 等系列单投刀开关, 以及 HS11、HS12、HS13 等系列双投刀开关, 适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、额定电流至 1500A 的配电设备中, 可以用于无需频繁手动接通和分断额定电流值以下的负荷电路; 不带灭弧罩或采用中央手柄操作的刀开关有 HD11、HS11、HS17 等系列单投或双投刀开关, 不能切断带电流的电路,

只能作为隔离开关使用。

(2) 隔离开关。兼有开关作用的隔离器称为隔离开关，主要作为电源开关使用，不允许带负载操作，带熔断器式隔离开关还具有短路保护、过载保护功能。常用的有 HD17、HS17 系列刀形隔离器；HD18 系列空气式隔离器；HG1、HG30 系列熔断器式隔离器；HH10、HH15、HH16、HH3016 系列隔离开关熔断器组；HR3、HR5、HR6 熔断器式刀开关等。其中，HD17 系列手柄操作型隔离器，其最大额定电流可达 1 600A；HD18 系列为换代产品，有手柄操作和动力操作两种，其最大额定电流可达 4 000A；HR5 系列为更新设计产品，采用 NT 系列熔断器，有断相保护功能，主要用于交流 50Hz、额定电压至 600V、额定电流至 630A，有高短路电流的配电设备中。

(3) 负荷开关。刀开关和熔断器串联组合成负荷开关，负荷开关具有接通与分断负荷电路以及短路保护作用。常用的有 HK1、HK2、HK4、HK8 系列开启式负荷开关，适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、额定电流 60A 及以下的照明设备，电阻式电热设备或 5.5kW 以下小型电动机的控制电路中。HH3、HH4、HH10D 系列封闭式负荷开关适用于交流 50Hz、额定电压至 380V、额定电流最大可达 200A 的照明设备，电阻式电热设备或 15kW 以下电动机的控制电路中，用于手动不频繁地接通和分断电路，以及作线路末端的短路保护之用。HR11 系列熔断器式隔离开关配用 RT15 型高分断能力熔断器，适用于交流频率 50Hz、额定绝缘电压 500V、额定工作电流至 400A 的照明电路和电热电路中，用于手动不频繁地接通与分断负载电路，以及作电路的过载与短路保护之用。

HH3 系列负荷开关适用于额定工作电压 380V、额定工作电流至 400A、频率为 50Hz 的交流电路中，可用于手动不频繁地接通或分断有负载的电路，并对电路有短路保护作用。

HH3 系列型号标注形式及含义如下：

HH 3 - ? / ? ?

① ② ③ ④ ⑤

- ① HH 代表封闭式负荷开关；
- ② 3 是设计代号；
- ③ 额定电流值 (A) (15、30、60、100、200、300、400)；
- ④ 极数 (1—单极、2—双极、3—三极、4—四极)；
- ⑤ 末尾有“Z”，表示有中性接线柱；否则没有中性接线柱。

2. 低压隔离器的选用

首先根据线路要求确定隔离器的类型、极数，然后按以下要求确定隔离器的技术数据。

(1) 额定电压大于或等于线路的工作电压。

(2) 当作为阻性负载控制开关时，其额定电流大于或等于线路的计算电流；当作为电动机的全压启动开关时，其额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。

(3) 带熔断器的隔离器，其极限分断能力应大于线路的最大短路电流。

(4) 对于大电流的隔离器，其电动稳定性电流和热稳定性电流都必须大于线路可能出现的最大短路电流。电动稳定性电流是指发生短路故障时，并不因其产生巨大电动力作用而使隔离器变形、损坏或者触刀自动弹出等现象所允许的最大短路电流。热稳定性电流是指发生短路故障时，并不因其在一定时间内 (通常为 1s) 产生温度急剧升高而熔焊的现象所允许的最大短路电流。

【例 0-1】某电灌站有一台 Y132M-4 型、7.5kW 的电动机，额定电压为 380V，电流为 15.4A，电动机出口处三相短路冲击电流为 2 614A，试选择电源铁壳开关。

解：根据选择铁壳开关的要求，选择 HH3-60 型的铁壳开关。开关的额定电压为 500V，大于工作电压 380V，能满足线路要求；开关的额定电流为 60A，其控制电动机的 3 倍工作电流为 $3 \times 15.4 = 46.2$ (A)，开关的额定电流能满足线路要求；HH3-60 开关熔断器的极限分断电流为 3 000A，大于线路短路电流要求 (2 614A)，因此，选择 HH3-60 型铁壳开关可满足 7.5kW 电动机的控制要求。

二、低压断路器

低压断路器也称为自动空气开关，可用来接通和分断负载电路，也可用来控制不频繁启动的电动机。它的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部功能的总和。低压断路器是低压配电网中一种重要的保护电器，它具有过载保护、短路保护、欠电压保护等功能，并且动作值可调、分断能力高、操作方便、使用安全，所以目前被广泛应用。常用断路器的外形图和图形符号如图 0-2 所示。

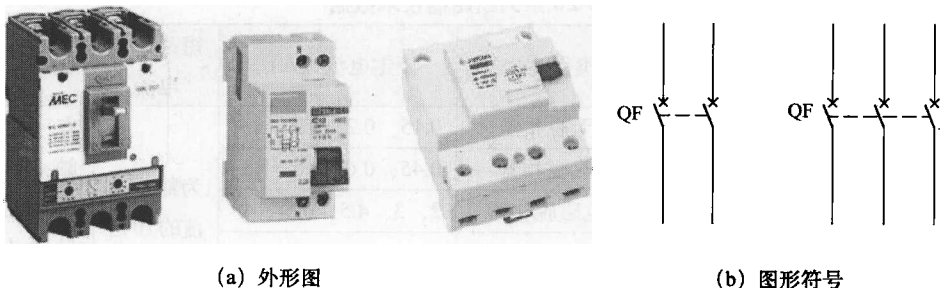


图 0-2 断路器的外形图和图形符号

1. 低压断路器的组成及工作过程

低压断路器是由操作机构、触点、保护装置（包括过电流脱扣器、热脱扣器、欠电压脱扣器）、灭弧系统等组成的。其工作过程是：主触点靠手动操作或电动合闸，主触点闭合后，自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器担负短路保护和严重过载保护功能，热脱扣器担负过载保护功能。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁闭合，使自由脱扣机构动作，主触点断开主电路；当电路过载时，热脱扣器的热元件发热，使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作，使主电路断开；当电路欠电压时，欠电压脱扣器的衔铁释放，使自由脱扣机构动作，使主电路断开。分励脱扣器用于远距离控制，可实现远距离控制断路器切断电源。在正常工作时，其线圈是断电的，当需要远距离控制时，按下启动按钮，使线圈通电，衔铁带动自由脱扣机构动作，使主触点断开。

2. 低压断路器的分类

常用典型低压断路器有以下几类。

(1) 万能框架式断路器。它具有绝缘衬垫的钢制框架，并将所有部件安装在这个框架底座内，主要用作配电网的总开关和保护电器。主要型号有 DW12、DW16（一般型）、DW15、ADW15（电动机传动操作机构）、DW15HH（多功能、高性能型）、DW17（ME）、DW40、

号为 C45N-1A~C45N-63A 的产品,单极的额定电压为 240V、多极的额定电压为 415V,额定电流为 1~63A,分断能力为 10kA;型号为 C45AD-1A~C45AD-40A 的产品,单极的额定电压为 240V、多极的额定电压为 415V,额定电流为 1~40A,分断能力为 6kA。

(4) 漏电断路器。它由操作机构、电磁脱扣器、触头系统、灭弧室、零序电流互感器、漏电脱扣器、试验装置等部件组成,所有部件都置于一个绝缘外壳中。正常工作时,其功能与作用和低压断路器相同,作不频繁操作的开关电器和保护电器。当电路泄漏电流超过规定值或者有人触电时,它能在安全时间内自动切断电源。通常当通过人体的电流达到 1mA 时,人已能察觉,但只要不超过 10mA,人尚能自主摆脱;若工频电流达到 20mA,人就难以摆脱;若通过人体的工频电流大于 50mA,心脏就会停止跳动,严重威胁人的生命,而且触电对人体的危害程度还与作用时间、电源频率、电流通过人体的路径等有关。

常用的漏电断路器有 DZ10L、DZ12L-60、DZ13L-60、DZ15L、DZ15LE、DZL16、DZL18、DZ20L、DZL21B-100、DZL25、DZL30-32、F1/L5、JC、BLM1L、DZ47LE、SMD1L、FNB1L、AB62 等系列产品。例如,AB62-20 型漏电断路器,适用于交流 220/380V、50Hz、额定电流为 10~40A 的线路中,额定漏电动作电流为 30mA、50mA、75mA,漏电分断时间小于 0.1s,额定短路通断能力为 500A;DZ47LE 系列漏电断路器适用于交流 50Hz,额定工作电压 230/400V,额定电流至 60A 的线路中,额定漏电动作电流为 30mA、50mA、100mA、300mA,漏电分断时间小于 0.1s,额定短路通断能力为 630A。

漏电断路器的选择除了考虑满足普通断路器的要求外,还应考虑漏电动作电流的大小:一是漏电动作电流必须大于电网正常泄漏电流,二是漏电动作电流必须小于引起火灾的最小点燃电流或者人身安全电流。即:

① 用于单台用电设备时,漏电断路器动作电流应不小于正常运行时实测泄漏电流的 4 倍,但也不能过大,以免因漏电引起触电事故和火灾;

② 配电线路的漏电断路器动作电流应不小于正常运行时实测泄漏电流的 2.5 倍,同时还应不小于其中泄漏电流最大的一台用电设备正常运行时泄漏电流的 4 倍;

③ 用于全网保护时,动作电流应不小于实测泄漏电流的 2 倍。

(5) 智能化断路器。智能化断路器是采用微处理器或单片机为核心的智能控制器(智能脱扣器),它不仅具有普通断路器的各种保护功能,同时还具有实时显示电路中的各种电气参数(如电流、电压、功率、功率因数等)、对电路进行在线监测、自行调节、测量、试验、自诊断、通信等功能,并能对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改,还能使电路动作时的故障参数存储在非易失的存储器中以便查询。目前国内主要的智能断路器有 DW45、DW40、DW914 (AH)、DW18 (AE-S)、DW48、DW19 (3WE)、DW17 (ME)、YCW1、HCW1、RAW1、RAW2、BW1、KFM2E、HSW1、HSW2、CM1E、CM1Z 等系列产品。例如,HSW1 智能型万能式低压断路器,适用于交流 50 (60) Hz,额定电压至 600 (690) V 及以下,额定电流 400~6300A 的配电网络中,用来分配电能和保护线路及电源设备免受过载、欠电压、短路、单相接地等故障的危害,并具有智能化保护功能;HSW2 系列智能型万能式低压断路器适用于交流 50Hz,额定电压至 690V 及以下,断路器脉冲耐压 12 000V,额定电流 630~4 000A,极限短路分断能力可达 80kA 的配电网络中,用来分配电能和保护线路及电源设备免受过载、欠电压、短路、单相接地等故障的危害,在正常条件下也可作线路的不频繁转换之用。断路器具有智能化保护功能和四段选择性保护,能避免系统不必要的停电,提高供电可靠性。

3. 低压断路器的选用

应根据具体使用条件选择使用类型，选择额定电压、额定电流、脱扣器整定电流、分励脱扣器和欠电压脱扣器的额定电压、极限分断能力等参数。

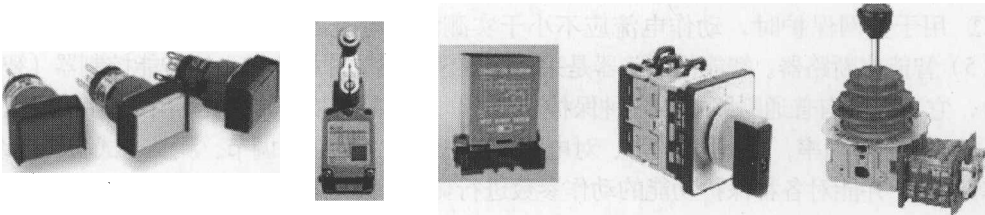
(1) 万能式断路器和塑料外壳式断路器的选用。它们各有特点，选择时应按给定的用途进行比较，以选用最合适的型式。一般来看，如果选用时着重选择性好，应选用万能式断路器；如果着重体积小、价格便宜、能防止意外地触及带电部件，则应选用塑料外壳式断路器。此外，可从额定电流和短路电流的要求来考虑，额定电流在 600A 以下，且短路电流不大时，可选用塑壳断路器；额定电流较大，短路电流亦较大时，应选用万能式断路器。

(2) 断路器电气参数的选择。

- ① 断路器的额定工作电压大于或等于线路额定电压。
- ② 断路器的额定电流大于或等于线路计算负载电流。
- ③ 断路器的极限短路通断能力大于或等于线路中可能出现的最大短路电流。
- ④ 断路器欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压。
- ⑤ 断路器的分励脱扣器额定电压等于控制电源电压。
- ⑥ 长延时脱扣器整定电流等于线路计算负载电流（或电动机额定电流）。
- ⑦ 瞬时（或短延时）整定电流：对于配电用的断路器，其瞬时整定电流可按线路尖峰电流的 1.35 倍确定；对于保护笼型异步电动机的断路器，瞬时整定电流为电动机额定电流的 8~15 倍；对于保护绕线式异步电动机的断路器，其瞬时整定电流为电动机额定电流的 3~6 倍。

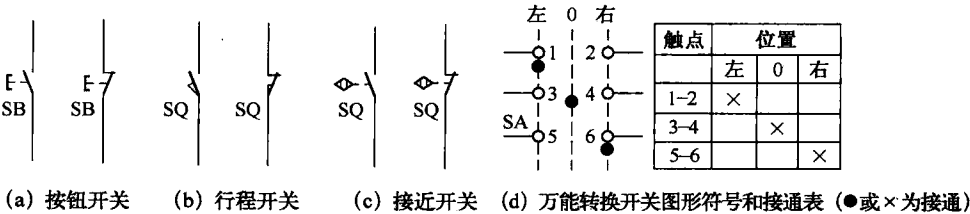
三、主令电器

主令电器是用来接通和分断控制电路以发号施令的电器。主令电器应用广泛，种类繁多，常用的有按钮开关、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器等产品。常用主令电器的外形图如图 0-3 所示，图形符号如图 0-4 所示。



(a) 按钮开关 (b) 行程开关 (c) 接近开关 (d) 万能转换开关 (e) 主令控制器

图 0-3 常用主令电器的外形图



(a) 按钮开关 (b) 行程开关 (c) 接近开关 (d) 万能转换开关图形符号和接通表（●或×为接通）

图 0-4 常用主令电器的图形符号

1. 常用主令电器简介

(1) 按钮开关。这是一种手动操作且可以自动复位的主令电器，其结构简单，使用广泛，在控制电路中用于手动发出控制信号以控制接触器、继电器、电磁启动器等。按钮开关的结构较多，有嵌压式、紧急式、钥匙式、旋钮式、带信号灯式、带灯掀钮式等。按钮开关的颜色有红、绿、黑、黄、蓝、白等，按国家标准规定，红色按钮做停止按钮，绿色按钮做启动按钮。按钮开关内的触点对数及类型可根据需要组合，一般有动合（常开）触点、动断（常闭）触点及复合触点 3 种类型。常用按钮开关有 LA2、LA4、LA10、LA18、LA19、LA20、LA25、LA32、LA38、LAY1、LAY3、LAY4、LAY6、LAY37（PBC）等系列产品。例如，LAY37 按钮开关的颈部直径为 $\phi 22$ 或 $\phi 25$ ，适用于交流 50Hz、电压至 380V、电流为 3A 的控制电路中作控制、信号、连锁等用途。选用按钮开关时，主要根据使用场合、触点类型和数量、按钮的尺寸、额定电压、额定电流、颜色等来决定。

(2) 行程开关。这是一种利用生产机械的某运动部件对开关操作机构的碰撞而使触点动作，从而发出控制信号的主令电器。行程开关按其结构可分为直动式（例如，LX1、JLXK1 系列）、滚轮式（例如，LX2、JLXK2 系列）和微动式（例如，LXW2、LXW-11、JW、LXW5、LXW6 系列）3 类。常用的行程开关还有 LX3、LX8、LX10、LX19、LX21、LX23、LX25、LX29、LX33、LXK3、LXP1（3SE3）等系列产品。选用行程开关时，主要考虑应用场合、控制对象、防护等级、额定电压、额定电流、触点类型和数量等。直动式行程开关的结构与按钮开关相似，缺点是触点的分合速度与机械运动部件（挡块）推动推杆的速度有关，当运动部件的移动速度低于 0.4m/min 时，因触点断开、闭合的速度缓慢，易被电弧烧坏，应选用具有瞬动机构的滚轮式或微动式行程开关。

(3) 接近开关。这是一种无触点式的行程开关。这种开关一般由感应头、电子振荡器等电子线路组成。当生产机械运动部件上的感应体接近感应头时，感应头的参数值发生变化，影响振荡器的工作，而使电子开关电路导通或关断，从而输出相应的主令信号。接近开关不仅能用于行程控制、限位保护，还可用于高速计数、测速、检测零件尺寸、液面控制、检测金属体的存在等。接近开关按其工作原理来分，主要有高频振荡式、霍尔式、超声波式、电容式、差动线圈式、永磁式等。接近开关的主要特点是稳定可靠、寿命长、重复定位精度高。常用产品有 AB、LJ、CJ、SJ、JKDX、JKS、LXJ3、LXJ6、LXJ8（3SG）、LXJ10 等系列接近开关。选用接近开关时，主要考虑动作行程、工作电压、动作频率、响应时间、输出形式以及触点电流容量等参数。

(4) 万能转换开关。这是由多组相同结构的触点组件叠装而成的多挡位、多回路的手动控制电器，广泛用于各种配电装置的电源隔离、电路转换、电动机远距离控制等，也常用作电压表、电流表的换相开关。在图 0-4（c）中，图形符号中的每一横线代表一对触点，而用 3 条竖线分别代表手柄的 3 个位置，哪一对触点接通就在代表该位置竖线的触点下面用黑点“●”表示；触点的通断也可用接通表来表示，表中的“×”表示触点闭合。常用的万能转换开关有 LW2、LW5、LW6、LW8、LW10、LW12、LW15、LW16、LWX1、LWX1B、VK、3LB 等系列产品。选用万能转换开关时，主要考虑额定工作电压、额定工作电流、手柄类型、定位特征、触点数量、接线图编号、面板形式及标志等参数。

(5) 主令控制器。这是一种用来频繁地按顺序切换多个控制电路的主令电器。它与磁

力控制盘配合，可以实现对起重机、轧钢机及其他生产机械的远距离控制。使用主令控制器时，通过转动操作手柄带动凸轮转动，并经过机械传动机构使动、静触点按一定顺序闭合与断开，以获得按一定顺序进行控制的电路。主令控制器和万能转换开关相似，只是触点和操动器位置更多一些，其触点开闭和操动器位置之间的对应关系也常用操作图或接通表来表示。常用主令控制器有 LK1、LK4、LK5、LK14、LK16、LK17、LK18、LK5G、LK22、LK23、LKT8、LK23P、THQ（仿施耐德产品 XKD-F）、XLKT8 等系列产品。例如，LKT8 系列凸轮可调式主令控制器，约定发热电流 10A，适用于交流 50Hz、380V 以下，在机械传动装置中，作频繁转换控制线路之用。由于传统主令控制器是由机械凸轮和触点组成，因而存在触点部分故障较多、调整不方便、控制精度低、寿命短等缺点，近年来推出了以 PLC 或增强型单片机为核心的智能主令控制器。智能主令控制器用程序逻辑代替机械凸轮的动作，以无触点代替有触点，这样就避免了许多机械故障，提高了系统的可靠性。常用的智能主令控制器有 ZNLK-18J 型、ZLKZ 型、LWK4 型、ZDQ-1 型、HW-LK 型、CKLK 系列等产品。选用主令控制器时，主要考虑所需控制的电路数、触点闭合顺序、手柄类型、操作图型式、工作电压及触点的电流容量等参数。

2. 几种常用组合开关的种类及应用

根据组合开关在电路中的不同作用，组合开关图形与文字符号有两种。当在电路中用作隔离开关时，起不频繁地接通和分断电气控制线路的作用，其图形符号如图 0-5 (b)、图 0-5 (c) 所示，其文字标注符为 QS，并有单极、双极和三极之分；当组合开关作转换开关使用时，图形符号见图 0-5 (c)，该图是一个三极组合开关，文字标注符为 SA。

当组合开关用于一般电热、照明电路时，选择的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和。若用于控制电动机时，其额定电流一般选为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。由于组合开关的通断能力较低，当用于控制电动机作可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后，才允许反向接通。

常用的组合开关系列有 HZ5、HZ10、HZ15 等，其外形图和图形符号如图 0-5 所示。

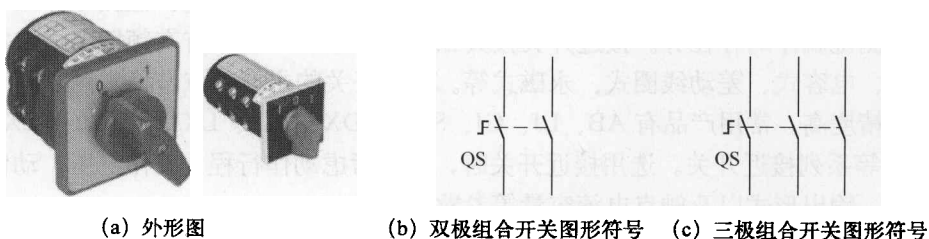


图 0-5 组合开关的外形图与图形符号

(1) HZ5 系列组合开关。HZ5 系列适用于交流 50Hz（或 60Hz）、电压 380V 及以下、电流至 60A 的电气控制线路中，作为电源引入开关或异步电动机控制开关使用。HZ5 系列型号标注形式及含义如下：

HZ 5 - ? / ? ? ?
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥

① HZ 是组合开关类组代号；

② 5 是设计序号；

- ③ 额定电流值 (A) (10、20、40、60);
- ④ 开关控制电动机功率 (kW);
- ⑤ 定位特征代号 (L—单相顺时针 60°、M—双向 60°);
- ⑥ 开关结构编号 (01—双极开关、02—三极开关、03—四极开关、04—两种电压双极开关、05—感应电动机逆转换开关、06—两种电压三极开关、07—星三角启动器、08—双速电动机开关)。

(2) HZ10 系列组合开关。HZ10 系列组合开关主要适用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、直流电压 220V 及以下的电路中, 作手动不频繁地接通或分断电路, 换接电源或负载, 测量电路之用, 也可控制小容量电动机。HZ10 系列型号标注形式及含义如下:

HZ 10 D - ? ? / ?

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

- ① HZ 是组合开关类组代号;
- ② 10 是设计序号;
- ③ D 是改型代号;
- ④ 额定电流值 (A) (10、25、63、100);
- ⑤ 开关类型 (无—单电源开关、P—两种电路转换、S—三种电路转换、G—四种电路转换、N—控制小容量电动机开关、E119—电焊机开关);
- ⑥ 极数 (1—单极、2—双极、3—三极、4—四极)。

(3) HZ15 系列组合开关。HZ15 系列是在 HZ10 系列基础上的改型产品, 主要适用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、直流电压 220V 及以下、额定电流至 63A 的电气线路中, 供手动不频繁地接通、分断与转换电阻电感混合负载电路和直流电阻性负载电路之用。其中 10A、25A 开关可直接启动, 以及在运转中分断交流 1.1kW、2.2kW 鼠笼型感应电动机。HZ15 系列型号标注形式及含义如下:

HZ 15 - ? / ? ? ?

① ② ③ ④

- ① 额定电流值 (A) (10、25、63);
- ② 极数 (1、2、3、4);
- ③ 断路与限位的代号 (0—有断路、1—有断路及限位、2—无断路);
- ④ 转换电路数 (1、2)。

四、接触器

接触器是一种自动的电磁式电器, 适用于远距离频繁接通和断开交、直流主电路及大容量控制电路, 主要应用于自动控制交、直流电动机, 电热设备, 电容器组, 电阻炉等。它不仅能减轻操作者的劳动强度, 使操作者避开高电压、大电流的电路以确保人身安全, 而且控制容量可以很大, 工作可靠, 操作频率高, 使用寿命长, 还具有低电压 (欠压与失压) 释放保护功能等优点, 因而得到了广泛应用。接触器有多种类型, 按操作方式分, 有电磁式接触器、气动式接触器和电磁气动式接触器; 按灭弧介质分, 有空气电磁式接触器、油浸式接触器和真空接触器; 按电源频率分, 有工频 (50Hz 或 60Hz) 和中频 (例如 400Hz) 两种; 按主触头控制的电流种类分, 有交流接触器、直流接触器、切换电容接触器等。常

用接触器的外形如图 0-6 所示。

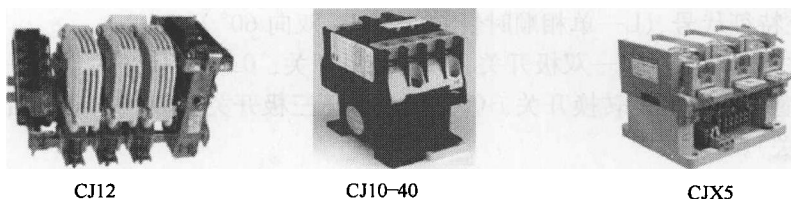


图 0-6 常用接触器外形图

1. 接触器的工作原理

接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧系统、释放弹簧及基座等几部分组成。接触器的基本工作原理是利用电磁原理，通过控制电路控制可动衔铁的运动来带动触点，从而控制主电路的通断。当接在控制电路中的线圈通电后，衔铁在电磁吸力作用下被吸向铁芯，衔铁运动的同时带动触点动作，使其常闭触点分开，常开触点闭合；当线圈断电或线圈的电压过低时，电磁吸力消失或减弱，衔铁在释放弹簧的作用下被释放，使触点复位、控制电路断电，从而起到失压与欠压释放保护功能。接触器的图形符号和文字符号如图 0-7 所示。

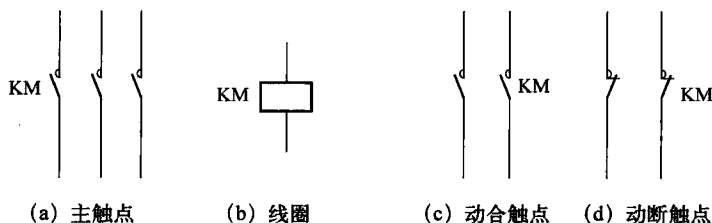


图 0-7 接触器的图形符号和文字符号

2. 接触器的主要技术参数

(1) 接触器的极数和电流种类：主触点极数有两极、三极和四极之分，电流种类有交流和直流两种。

(2) 额定工作电压：主触点之间的正常工作电压。

(3) 额定工作电流：主触点正常工作电流。

(4) 额定通断能力：主触点在规定条件下，能可靠地接通和分断的电流值。

(5) 线圈额定工作电压：接触器电磁线圈正常工作电压值。

(6) 操作频率：接触器在每小时内允许的最高操作次数。

(7) 机械寿命和电气寿命：机械寿命是指接触器需要修理或更换零件前所能承受的无载操作次数；电气寿命是指在规定的正常工作条件下，接触器需要修理或更换前的有载次数。

(8) 使用类别：根据接触器操作条件的规定要求，不同的用电设备其负载性质和通断过程的电流变化相差很大，因此对接触器的要求也有所不同，具体表现在使用类别的不同，而且接触器主触点和辅助触点的使用类别也不同，如表 0-2 所示。