



高职高专机电一体化专业规划教材

电气控制与PLC技术应用

DIANQI KONGZHI YU PLC JISHU YINGYONG

徐超 主编
阎勤劳 主审
宋春华 李江华 周名侦 兰新武 副主编



赠送
电子课件

本书特色

- 注重对学生新技术应用能力的培养，实现企业和学校的无缝对接。
- 针对每一工作过程组织相关的知识要点，将工作环境与学习环境有机结合。
- 结合国家职业技能鉴定标准，强化岗前培训。
- 理论知识阐述条理清晰，详略得当，易于掌握。



清华大学出版社

高职高专机电一体化专业规划教材

电气控制与 PLC 技术应用

徐 超 主 编

阎勤劳 主 审

宋春华 李江华 周名侦 兰新武 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容分为电气控制技术和 PLC 技术两部分,共 5 章。前 4 章的主要内容包括:工厂典型生产机械电气控制系统运行维护和故障排除,运料小车和工业机械手的 PLC 控制系统运行维护及调试,PLC 通信技术应用。第 5 章为技能实训,通过单项和综合技能项目训练,满足维修电工和 PLC 设计员职业技能鉴定的要求,构建职业资格证书“直通车”。本书内容先进实用,简明扼要,图文并茂,实例丰富,通俗易懂,便于教学和自学。

本书可作为高职高专机电一体化、机电、自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化等专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术应用/徐超主编;阎勤劳主审;宋春华,李江华,周名侦,兰新武副主编. —北京:清华大学出版社,2009.7

(高职高专机电一体化专业规划教材)

ISBN 978-7-302-20496-1

I. 电… II. ①徐… ②阎… ③宋… ④李… ⑤周… ⑥兰… III. ①电气控制—高等学校;技术学校—教材 ②可编程控制器—高等学校;技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 107034 号

责任编辑:孙兴芳 桑任松

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李凤茹

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.5 字 数:520 千字

版 次:2009 年 7 月第 1 版 印 次:2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:032438-01

前 言

电气控制系统是实现工业生产、科学研究及其他各个领域自动化的重要手段之一，在国民经济各行业中的许多部门得到广泛应用。可编程控制器(PLC)应用技术是在 20 世纪 60 年代诞生并开始发展起来的一种新型工业控制装置，它是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一门新兴技术，具有通用性强、可靠性高、能适应恶劣的工业环境、指令系统简单、编程简便易学、体积小、维修方便等一系列优点，广泛应用于机械制造、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环保等各个行业的控制中。

近年来，我国高等职业教育蓬勃发展，为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才。高等职业教育作为高等教育的一种创新形式，肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命，在我国加快推进社会主义现代化建设进程中具有不可替代的作用。随着我国走新型工业化道路、建设社会主义新农村和创新型国家对高技能人才要求的不断提高，高等职业教育既面临着极好的发展机遇，也面临着严峻的挑战。必须大力推行工学结合改革，积极探索基于工作过程的课程开发，加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力，全面提高高等职业教育的教学质量。为此，清华大学出版社组织有关高职院校、企业和研发机构编写了这套教材，以适应高等职业教育的教学内容和教学方法改革。

由于电气控制技术与可编程控制器技术起源于同一体系，只是发展阶段不同，在理论和应用上一脉相承，而变频器和触摸屏则是当今电气控制领域的新器件且应用广泛。因此本书将上述三部分内容编在一起，既体现出它们的内在联系，又具有科学性和先进性。围绕注重对学生新技术应用能力的培养，实现企业和学校的无缝对接，在内容处理上，结合“工作过程导向”职教研究成果，分析企业维修电工与可编程序控制系统设计师岗位工作任务和应具备的岗位能力要求，针对每一个工作过程来组织相关的课程内容，将工作环境与学习环境有机地结合起来，符合高等职业教育的需求。结合国家职业技能鉴定标准，强化岗前培训，实训项目既有单项训练，又有铣床电气控制线路故障检测、恒压供水电气控制系统设计等综合训练，明确考核标准，技能要求满足机电一体化、机电、电气、自动化等高职毕业生所面向的岗位群。在内容阐述上，力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂、实例丰富。每章对职业岗位所需知识和能力目标进行恰当的设计，以典型项目导入，包括基础知识、项目实施、检查和评估、技能拓展、技能训练、工程问题、知识链接等，把学生职业能力的培养融汇于教材之中。

本书内容分为 5 章，具体内容如下。

第 1 章为工厂典型生产机械电气控制系统运行维护和故障排除，以 C616 型车床电气控制系统为项目导向，介绍电气控制系统运行维护和故障排除所需的基础知识：主令电器、交流接触器、继电器等常用低压电器的用途、结构、工作原理、主要技术参数、产品



与图形符号以及选用等；笼型电动机正反转、启动、制动、调速、顺序启(停)等电气控制线路分析；介绍电气控制线路制作的工作过程；熟悉电气原理图、绘制安装接线图、选用和检查电器元件、固定电器元件、按图接线、检查与维护、评估与调整；最后以“Z3040型摇臂钻床电气控制线路”等为技能拓展训练项目，培养电气工程师所应具备的能力和知识。

第2章为运料小车 PLC 控制系统运行维护及调试，以运料小车为项目导向，介绍 PLC 控制系统运行维护及调试所需的基础知识：可编程序控制器的组成、原理、特点，FX2N 系列 PLC 内部软元件、基本逻辑指令，WIN-C 编程软件安装与使用等；PLC 控制系统程序设计、系统检查和评估、PLC 常见的工程问题等；最后以“两台电动机顺序启动 PLC 控制系统设计”等为技能拓展项目。

第3章为工业机械手 PLC 控制系统运行维护及调试，以工业机械手为项目导向，介绍运用步进指令或功能指令编写的 PLC 控制程序所需的基础知识：FX2N 系列 PLC 步进顺控指令、功能指令的功能、助记符、格式和使用方法等；系统程序设计、检查和评估，最后以“台车的呼车 PLC 控制系统设计”等为技能拓展项目。

第4章为 PLC 通信技术应用，以电动机正反转控制为项目导向，介绍了数据通信方式、通信扩展板、触摸屏、三菱系列变频器的 RS-485 通信、变频器的操作等 PLC 通信技术所需的基础知识，介绍 PLC 通信技术应用的工作过程：分析控制要求、系统硬件连接、编制并下载 PLC 程序、触摸屏画面设计(变频器参数设置)、PLC 通信系统的检查和评估。最后以“PLC 和变频器控制的恒压供水系统”、“工件分拣装置 PLC 控制系统”为技能拓展项目。

第5章为技能实训，通过单项和综合技能项目训练，进一步培养学生实践操作技能，满足维修电工和 PLC 设计员职业技能鉴定的要求，构建职业资格证书“直通车”。

本书可作为高队员高专机电一体化、机电、自动化、电气工程及其自动化、机械工程及期自动化等专业教材，也可供相关工程技术人员参考。

本书由徐超担任主编，阎勤劳担任主审，宋春华、李江华、周名侦、兰新武担任副主编。其中，第1、2、4章主要由徐超编写并负责统稿，第3章及各章的习题由宋春华编写，第5章由周名侦编写，工程问题及部分习题由兰新武编写，李江华编写了第1章部分内容并负责全书插图的绘制和处理工作，杨中国、孙红霞、李辉等为本书的编写提供了资料，沈悦涛、陈炯涛等对一些程序进行了调试验证。在本书的编写过程中，得到了广东交通职业技术学院领导、广州机床厂、广东粤科自动化信息技术中心和精品课程组其他成员的大力支持，在此一并感谢！

由于作者水平有限，书中谬误之处敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 工厂典型生产机械电气控制系统运行维护和故障排除	1
1.1 C616 车床电气控制系统	1
1.2 基础知识	2
1.2.1 常用低压电器	2
1.2.2 低压电器智能化和发展趋势	25
1.2.3 电气控制线路的基本环节	28
1.3 C616 车床电气控制线路的制作	58
1.3.1 制作电动机控制线路的步骤	58
1.3.2 C616 车床电气控制线路分析	60
1.3.3 绘制安装接线图	62
1.3.4 低压电器元件的选用	62
1.3.5 固定电器元件	64
1.3.6 照图接线	65
1.4 C616 车床电气控制系统的检查与评估	65
1.4.1 电气控制系统的检查与维护	65
1.4.2 评估与调整	76
1.5 拓展实训	77
1.5.1 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路分析	77
1.5.2 X62W 型万能铣床电气控制线路分析	82
1.5.3 30t/5t 桥式起重机电气控制线路分析	89
本章小结	97
思考与习题	98
自测题	99
第 2 章 运料小车 PLC 控制系统运行维护及调试	103
2.1 运料小车工作过程和控制要求	103
2.2 基础知识	104
2.2.1 可编程控制器的组成、原理和特点	104
2.2.2 PLC 内部软元件	106
2.2.3 FX2N 基本逻辑指令	110
2.2.4 WIN-C 编程软件安装与使用	118
2.3 运料小车 PLC 控制系统程序设计	132
2.3.1 用户 I/O 设备的确定	132
2.3.2 PLC 的选用	132
2.3.3 绘制 PLC 的 I/O 分配图	135
2.3.4 根据控制要求设计系统步序图	135
2.3.5 设计 PLC 控制程序(梯形图)	135
2.4 运料小车 PLC 控制系统检查和评估	137
2.5 拓展实训	138
2.5.1 电动机正反转 PLC 控制系统设计	138
2.5.2 两台电动机顺序启动 PLC 控制系统设计	140
2.6 PLC 常见的工程问题	142
2.6.1 PLC 端口的扩展与保护	142
2.6.2 PLC 系统的抗干扰措施	146
2.6.3 PLC 的测试及维护	148
本章小结	150
思考与习题	150
自测题	153
第 3 章 工业机械手 PLC 控制系统运行维护及调试	157
3.1 工业机械手的工作过程和控制要求	157



3.2 基础知识.....	159	4.4 检查与评估.....	239
3.2.1 FX2N 系列 PLC 步进 顺控指令.....	159	4.5 拓展实训.....	240
3.2.2 FX2N 系列 PLC 功能指令.....	165	4.5.1 PLC 和变频器控制的 恒压供水系统.....	240
3.3 工业机械手 PLC 控制系统 程序设计.....	189	4.5.2 工件分拣装置 PLC 控制.....	246
3.3.1 用户 I/O 设备的确定.....	189	本章小结.....	250
3.3.2 工业机械手控制系统 PLC 的 选用.....	191	思考与习题.....	250
3.3.3 绘制 PLC 的 I/O 分配图.....	191	自测题.....	251
3.3.4 根据控制要求设计系统 状态转移图.....	191	第 5 章 技能实训.....	254
3.3.5 设计 PLC 控制程序 (梯形图).....	193	5.1 低压电器使用实训.....	254
3.4 工业机械手 PLC 控制系统 检查和评估.....	196	5.2 两台电动机按时间原则联锁 启动控制.....	254
3.4.1 PLC 的检查和评估.....	196	5.3 三相异步电动机单向启动控制 线路制作实训.....	256
3.4.2 程序调试.....	196	5.4 正反向启动控制线路(双向联锁) 制作实训.....	259
3.5 拓展实训.....	200	5.5 反接制动控制线路制作实训.....	262
3.5.1 台车的呼车控制.....	200	5.6 X62W 型万能铣床电气控制线路 故障检测实训.....	265
3.5.2 十字路口交通灯控制.....	202	5.7 电气控制系统综合设计实训.....	267
本章小结.....	205	5.8 PLC 认识性实训.....	270
思考与习题.....	206	5.9 SWOPC-FXGP-WIN-C 专用软件的 使用实训.....	272
自测题.....	207	5.10 编程器的使用实训.....	273
第 4 章 PLC 通信技术应用.....	210	5.11 三相交流异步电动机 Y- Δ 启动 PLC 控制实训.....	275
4.1 运用 PLC 通信技术控制三相笼型 异步电动机的要求.....	210	5.12 自动送料装车系统 PLC 控制设计 实训.....	277
4.2 基础知识.....	211	5.13 PLC 对自动售货机系统的 控制实训.....	282
4.2.1 数据通信方式.....	211	5.14 PLC 触摸屏的通信实训.....	286
4.2.2 通信扩展板.....	213	5.15 PLC 和变频器的通信实训.....	287
4.2.3 触摸屏.....	214	5.16 触摸屏和变频器的通信实训.....	288
4.2.4 三菱系列变频器的 RS-485 通信和操作.....	220	5.17 恒压供水系统运行.....	289
4.3 PLC 通信技术应用.....	229	附录 A 常用低压电器主要技术数据.....	300
4.3.1 PLC 和触摸屏的通信.....	229		
4.3.2 PLC 和变频器的通信.....	233		
4.3.3 触摸屏和变频器的通信.....	237		

附录 B FX2N 系列可编程控制器 主要技术指标.....	310	附录 D FX2N 可编程控制器应用 指令总表.....	315
附录 C FX2N 系列 PLC 常用特殊 辅助继电器与特殊数据 寄存器功能表.....	314	自测题参考答案.....	330
		参考文献.....	333

第 1 章 工厂典型生产机械电气控制系统运行维护和故障排除

学习要点

- (1) 熟悉工厂典型生产机械电气控制系统所用低压电器的结构、原理、用途、文字和图形符号。
- (2) 掌握工厂典型生产机械电力拖动系统启动、调速、制动、正反转等电气控制原理图的绘制和工作过程的分析。
- (3) 利用“查线读图法”，正确分析工厂典型生产机械电气控制线路的工作过程和保护环节。
- (4) 掌握“电阻测量法”等查找电路故障点的方法。

技能目标

- (1) 能根据控制要求正确选用和维护开关、熔断器、按钮、接触器、继电器等。
- (2) 能借助《电工手册》等工具书查找产品的技术数据。
- (3) 能利用国标的文字和图形符号绘制电气原理图。
- (4) 能按照电气控制的要求设计简单的电气原理图。
- (5) 能独立分析电气原理图，培养电气识图能力。
- (6) 根据电气原理图绘制电气安装接线图并照图接线，能进行试车。
- (7) 能独立分析电气控制线路故障的原因，并借助电工工具和仪表查出故障点。
- (8) 具有一定的创新能力，对电气控制系统进行优化。
- (9) 训练与人合作、信息处理、分析问题和解决问题等关键能力。

项目案例导入

C616 车床控制系统主轴电动机 $P=4\text{kW}$ ，直接启动，能实现正反转、过载和短路保护。要求：①正确选择所用低压电器；②绘制三相笼型异步电动机点动、连续、正反转等电气控制原理图并进行工作过程分析；③制作 C616 车床电气控制线路；④利用“查线读图法”正确分析 C616 型车床电气控制系统工作过程和保护环节；⑤C616 车床主轴电动机不能启动时，试借助万用表检测故障点并进行排除。

1.1 C616 车床电气控制系统

车床是应用极为广泛的金属切削机床，在各种车床中用得最多的就是卧式车床。其主要用于车削外圆、内圆、端面、螺纹和成形表面，也可通过尾架进行钻孔、铰孔和攻螺纹等加工。



1. 机床结构

卧式车床主要由床身、主轴变速箱、挂轮箱、进给箱、溜板箱、刀架与溜板、尾架、光杠、丝杠、床腿等部分组成，如图 1-1 所示。

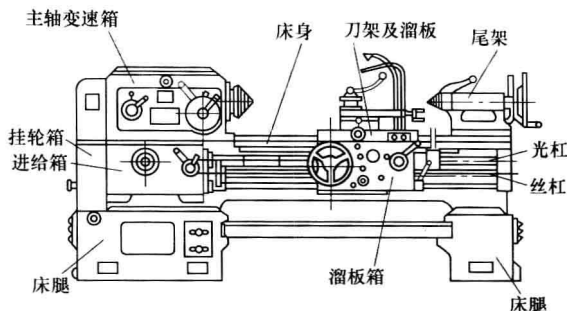


图 1-1 C616 车床结构

车床的主运动是主轴的旋转运动，由主轴电动机通过皮带传到主轴箱带动旋转；刀架是由溜板箱带着直线移动的，称为进给运动。进给运动也是由主轴电动机经过主轴箱输出轴、挂轮箱传给进给箱，再通过光杠将运动传入溜板箱，溜板箱带动刀架作纵、横两个方向的进给运动。

2. 拖动方式和控制特点

卧式车床共有 3 台笼型异步电动机，即主电动机 M_1 、润滑电动机 M_2 和冷却泵电动机 M_3 。从车削工艺要求出发，对各电动机的控制要求如下。

(1) 主电动机 M_1 (功率为 4kW)：由它完成主运动的驱动。要求：可实现正、反转，并设有过载、短路和零压保护。

(2) 润滑电动机 M_2 ：直接启动、单向运行、连续工作方式，润滑电动机工作后才允许主电动机工作。

(3) 冷却泵电动机 M_3 (功率为 0.125kW)：它除了要在润滑电动机启动后才工作外，还可视实际需要由转换开关进行控制。

(4) 车床电气控制系统要有局部照明、必要的指示等辅助电路。

1.2 基础知识

1.2.1 常用低压电器

工作在交流 1200V、直流 1500V 电压及以下电压的电器称为低压电器，其用途是对供电及用电系统进行开关、控制、保护和调节。根据其控制对象的不同，低压电器分为配电电器和控制电器两大类。前者主要用于低压配电系统和动力回路，常用的有刀开关、转换开关、熔断器、自动开关等；后者主要用于电力传输系统和电气自动控制系统中，常用的有主令电器、接触器、继电器、启动器、控制器、电阻器、变阻器、电磁铁等。本小节主

要介绍常用的主令电器、低压开关类电器、熔断器、接触器、继电器等低压控制电器的结构和工作原理。

1. 主令电器

主令电器是用于自动控制系统中发出指令的操作电器，利用它控制接触器、继电器或其他电器，通过电路接通和分断来实现对生产机械的自动控制。常用的主令电器有按钮开关、行程开关、万能转换开关、凸轮控制器、主令控制器等。

1) 按钮开关

按钮开关是一种用来接通或分断小电流电路的手动控制电器。在控制电路中，通过它发出“指令”控制接触器和继电器等电器，再由它们去控制主电路的通断。

按钮开关的外形和结构如图 1-2 所示，主要由按钮帽、复位弹簧、常开触点、常闭触点、接线柱、外壳等组成。它的图形符号和文字符号如图 1-3 所示。按钮开关的种类很多，生产机械上常用的有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。其中，LA18 系列按钮是积木式结构，触点数目可根据需要拼装；结构形式有掀按式、紧急式、钥匙式和旋钮式。LA19 系列在按钮内装有信号灯，除作为控制电路的主令电器使用外，还可作信号指示灯使用。LA 系列按钮的主要技术数据参见附录 A 中的表 A-1。

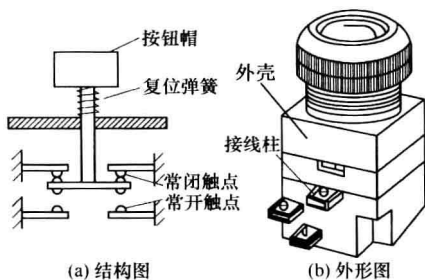


图 1-2 按钮开关的外形和结构

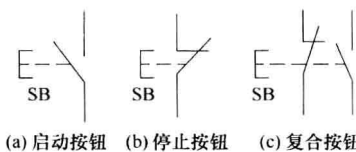


图 1-3 按钮开关的图形符号和文字符号

按钮开关的型号含义如图 1-4 所示。

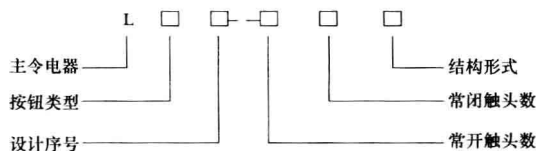


图 1-4 按钮开关型号的含义

不同结构形式的按钮，分别用不同的字母表示，例如：A—按钮；K—开启式；S—防水式；H—保护式；F—防腐式；J—紧急式；X—旋钮式；Y—钥匙式；D—带指示灯式；DJ—紧急式带指示灯。

选用按钮应根据使用场合、被控电路所需触点的数目及按钮的颜色等综合考虑。使用前，应检查按钮动作是否自如，弹性是否正常，触点接触是否良好可靠。由于按钮触点之间距离较小，所以应注意保持触点及导电部分的清洁，防止触点间短路或漏电。



2) 行程开关

行程开关又称限位开关或位置开关，其作用与按钮开关相同，只是其触点的动作不是靠手动操作，而是利用生产机械运动部件的碰撞来发出指令，即将机械信号转为电信号，通过控制其他电器来控制运动部件的行程大小、运动方向或进行限位保护，通过接通或分断电路来限制机械运动的行程、位置或改变其运动状态，达到自动控制的目的。

为了适应生产机械对行程开关的碰撞，行程开关有多种构造形式，常用的有直动式(按钮式)和滚轮式(旋转式)。其中，滚轮式又有单滚轮式和双滚轮式两种。直动式行程开关如图 1-5 所示，其图形符号和文字符号如图 1-6 所示。

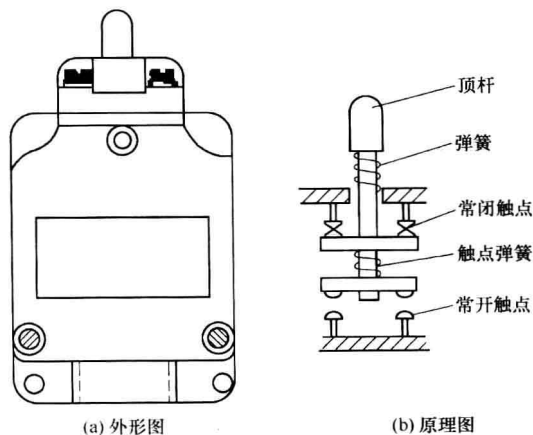


图 1-5 直动式行程开关

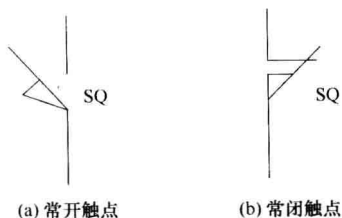


图 1-6 行程开关的图形符号和文字符号

常用的行程开关有 LX19 系列和 JLXK1 系列，其型号的含义分别如图 1-7 和图 1-8 所示。

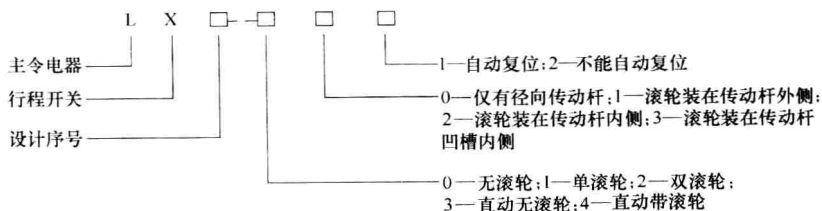


图 1-7 LX19 系列型号的含义

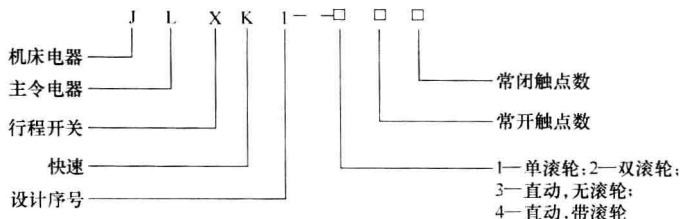


图 1-8 JLXK1 系列型号的含义

各种系列的行程开关的基本结构相同，区别仅在于使行程开关动作的传动装置和动作速度不同。直动式行程开关触点的分合速度取决于挡块移动速度。当挡块移动速度低于 0.4m/min 时，触点切断太慢，易受电弧烧灼，这时应采用有盘形弹簧机构、能瞬时动作的滚轮式行程开关，或采用更为灵敏、轻巧的微动开关。

引进德国西门子公司技术生产的 3SE3 系列行程开关，有开启式和保护式两大类。动作方式有瞬动型和蠕动型，头部结构有直动、滚轮直动、杠杆、单轮、双轮、滚动摆杆可调、杠杆可调 and 弹簧杆等。该系列开关规格全，外形结构多样，拆装方便，使用灵活，动作可靠且技术性能优良。

选用行程开关，主要应根据被控电路的特点、要求及生产现场条件和所需触点数量、种类等因素综合考虑。JLXK1 系列行程开关主要技术数据参见附录 A 中的表 A-2；3SE3 系列行程开关主要技术数据参见附录 A 中的表 A-3。

3) 凸轮控制器

凸轮控制器主要用于起重设备和其他电力拖动装置，以控制电动机的启动、正反转、调速和制动。其结构如图 1-9 所示。

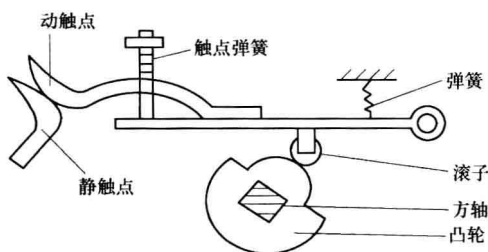


图 1-9 凸轮控制器结构示意图

凸轮控制器的动作原理是转动手柄时，转轴带动凸轮一起转动。转到某一位置时，凸轮顶动滚子，克服弹簧压力使动触点按顺时针方向转动，脱离静触点而分断电路。在转轴上叠装不同形状的凸轮，可使若干个触点组按规定的顺序接通或分断。

凸轮控制器在电气原理图中的图形、文字符号及触点通断表如图 1-10 所示。

由于其触点的分合状态与操作手柄的位置有关，因此，在电路中除画出触点图形符号之外，还应有操作手柄与触点分合状态的表示方法，其表示方法有两种：一种是在电路图中画虚线和画“·”的方法，如图 1-10(a)所示，即用虚线表示操作手柄的位置，用有/无



“·”表示触点的闭合和断开状态。

如在触点图形符号下方的虚线位置上画“·”，则表示当操作手柄处于该位置时，该触点处于闭合状态；若在虚线位置上未画“·”，则表示该触点是处于断开状态。另一种是在电路图中既不画虚线也不画“·”，而是在触点图形符号上标出触点编号，再用通断表表示操作手柄于不同位置时的触点分合状态，如图 1-10(b)所示，在通断表中用有无“+”来表示操作手柄在不同位置时触点的闭合和断开状态。

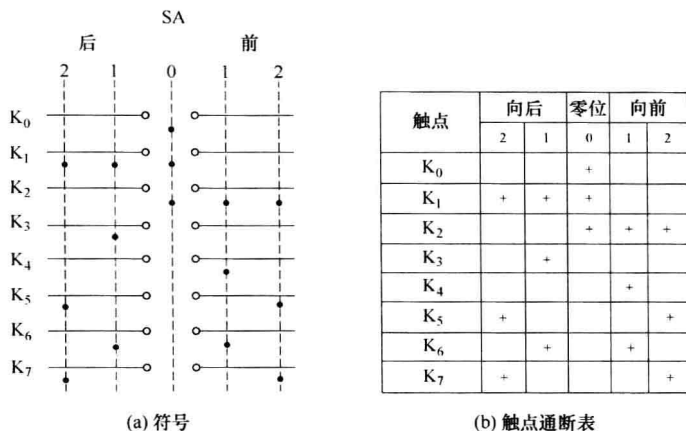


图 1-10 凸轮控制器的图形、文字符号及触点通断表

国产的凸轮控制器有 KT10、KT14 等系列交流凸轮控制器和 KTZ2 系列直流凸轮控制器。KT14 系列凸轮控制器主要技术数据见附录 A 中的表 A-4。

选用凸轮控制器时，主要根据电动机的容量、额定电压、额定电流和控制位置数目来选择。

4) 主令控制器

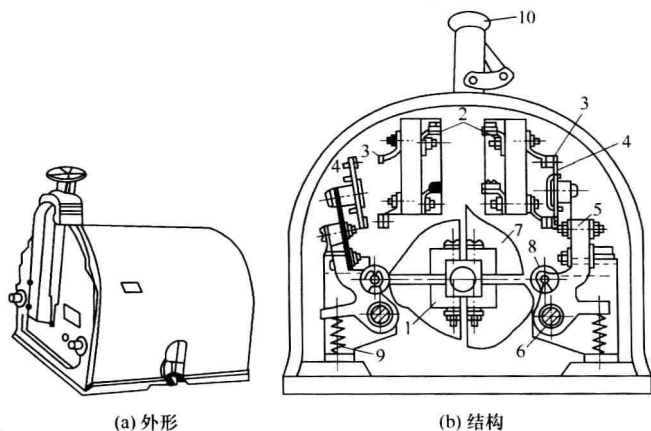
主令控制器是按照预定程序转换控制电路的主令电器，用在控制系统中发布命令，通过接触器实现对电动机的启动、制动、调速和反转控制。

主令控制器的外形及结构如图 1-11 所示。它由铸铁的底座、支架和支架上安装的动、静触点及凸轮盘所组成的接触系统等构成。图 1-11 中的 1 与 7 表示固定于方形转轴上的凸轮块；2 是固定触点的接线柱，由它连接操作回路；3 是固定触点，由桥式动触点 4 来闭合与分断；桥式动触点 4 固定于能绕轴 6 转动的支杆 5 上。

主令控制器的动作原理是：当转动手柄 10 使凸轮块 7 转动时，推压小轮 8 使支杆 5 绕轴 6 转动，使桥式动触点 4 与固定触点 3 分断，将被操作回路断开；相反，当转动手柄 10 使小轮 8 位于凸轮块 7 的凹槽处时，由于弹簧 9 的作用，使动触点 4 与静触点 3 闭合，接通操作回路。可见，触点闭合与分断的顺序是由凸轮块的形状所决定的。

主令控制器在电气原理图中的符号及触点分合表与凸轮控制器相同。常用的主令控制器有 LK1、LK5、LK6、LK14 等系列，其型号的含义如图 1-12 所示。

主令控制器的选用主要根据额定电流和所需控制回路数来选择。LK14 系列主令控制器的主要技术数据见附录 A 中的表 A-5。



1, 7—凸轮块；2—接线柱；3—固定触点；4—桥式动触点；
5—支杆；6—轴；8—小轮；9—弹簧；10—转动手柄

图 1-11 主令控制器的外形及结构图

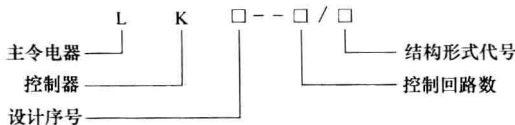


图 1-12 LK 系列主令控制器型号的含义

2. 低压开关类电器

常用低压开关类电器包括刀开关、组合开关和自动开关三类，下面分别对其结构、原理等进行介绍。

1) 刀开关

常用的刀开关主要有胶盖闸刀开关和铁壳开关。

(1) 胶盖闸刀开关又称为开启式负荷开关，广泛用作照明电路和小容量(5.5kW 及以下)动力电路不频繁启动的控制开关，其外形及结构如图 1-13 所示。刀开关的图形和文字符号如图 1-14 所示。

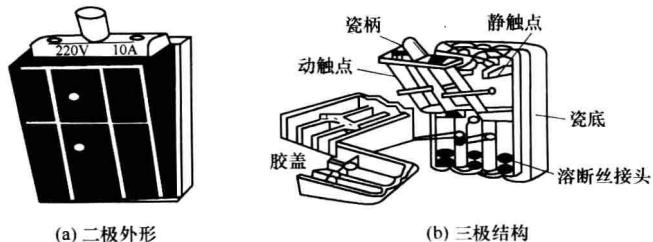


图 1-13 胶盖闸刀开关外形及结构

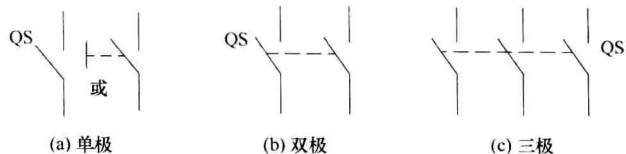


图 1-14 刀开关的图形和文字符号

胶盖闸刀开关具有结构简单、价格低廉以及安装、使用、维修方便的优点。选用时，主要根据电源种类、电压等级、所需极数、断流容量等进行选择。控制电动机时，其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。HK1 系列胶盖闸刀开关的主要技术数据见附录 A 中的表 A-6。

(2) 铁壳开关又称封闭式负荷开关，可不频繁地接通和分断负荷电路，也可以用作 15kW 以下电动机不频繁启动的控制开关，其基本结构如图 1-15 所示。它的铸铁壳内装有由刀片和夹座组成的触点系统、熔断器和速断弹簧，30A 以上的还装有灭弧罩。HH10 系列铁壳开关技术数据参见附录 A 中的表 A-7。

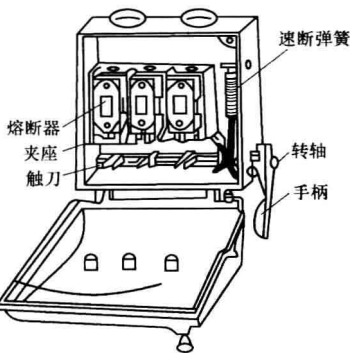


图 1-15 铁壳开关内部结构

常用的铁壳开关为 HH 系列，其型号的含义如图 1-16 所示。

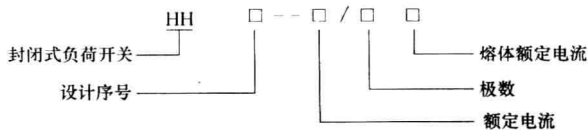


图 1-16 HH 系列铁壳开关型号的含义

铁壳开关具有操作方便、使用安全、通断性能好的优点。选用时可参照胶盖刀开关的选用原则进行。操作时，不得面对它拉闸或合闸，一般用左手掌握手柄。若更换熔丝，必须在分闸时进行。

2) 组合开关

组合开关由多节触点组合而成，是一种手动控制电器。它可用作电源引入开关，也可

用作 5.5 kW 以下电动机的直接启动、停止、反转和调速控制开关，主要用于机床控制电路中。

组合开关的外形及结构如图 1-17 所示。它的内部有三对静触点，分别用三层绝缘板相隔，各自附有连接线路的接线柱。三个动触点(刀片)相互绝缘，与各自的静触点相对应，套在共同的绝缘杆上。绝缘杆的一端装有操作手柄。转动手柄，即可完成三组触点之间的开合或切换。开关内装有速断弹簧，以提高触点的分断速度。组合开关的图形和文字符号如图 1-18 所示。

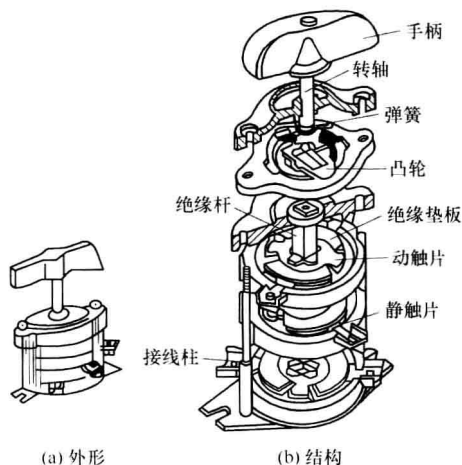


图 1-17 组合开关的外形及结构

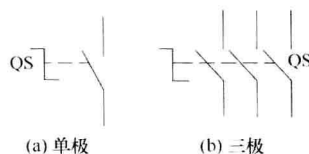


图 1-18 组合开关的图形和文字符号

常用的组合开关有 HZ 系列，其型号的含义如图 1-19 所示。

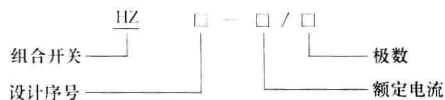


图 1-19 HZ 系列组合开关型号的含义

组合开关具有体积小、寿命长、结构简单、操作方便、灭弧性能较好等优点。选用时，应根据电源开关的种类、电压等级、所需触点数量及电动机的容量进行选择。HZ10 系列组合开关的主要技术数据参见附录 A 中的表 A-8。

3) 自动开关

自动开关又称为自动空气开关或自动空气断路器。在低压电路中，用于分断和接通负荷电路，控制电动机的运行和停止。它具有过载、短路和失压保护等功能，能自动切断故障电路，保护用电设备的安全。按其结构不同分类，常用自动开关有装置式和万能式两种。其型号含义如图 1-20 所示。