



普通高等教育“十二五”机电类规划教材



机床电气控制与PLC (第2版)

曲尔光 弓 铨 主 编

刘春艳 张 洁 蒋 荣 郭英桂 副主编

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

机床电气控制与 PLC

(第2版)

曲尔光 弓 锵 主 编
刘春艳 张 洁 蒋 荣 郭英桂 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书内容包括三部分,共14章。第一部分,详细阐述了机床电气控制电路及其分析和设计方法;第二部分,详细介绍了PLC基本原理、PLC控制系统设计、PLC应用、常用的PLC等;第三部分,详细介绍了实验的目的、要求、原理和电路、内容及步骤等。本书从工程应用的角度考虑教材的编写,举例时力求结合工程应用实际,并注意建立健全基本资料体系。本书也注意从研究性教学的角度考虑教材的编写,注重加强实验教学,尽量增加设计性和综合性实验。同时,本书还注重案例教学方式、启发式教学方式的建设和开拓。

本书可作为应用技术型本科院校和高职高专自动控制、电气和机电一体化等专业的教材,也可以作为广大电气工程师及相关从业者的自学和参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制与PLC/曲尔光,弓锵主编.—2版.—北京:电子工业出版社,2015.8

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-121-26049-0

I. ①机… II. ①曲… ②弓… III. ①机床—电气控制—高等学校—教材②plc技术—高等学校—教材
IV. ①TG502.35②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第098699号

策划编辑:李 洁

责任编辑:刘真平

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:489千字

版 次:2010年6月第1版

2015年8月第2版

印 次:2015年8月第1次印刷

定 价:39.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言（第2版）

《《《《 PREFACE

针对理工类本科院校应用技术型人才培养模式的需要，本书在保持第1版特色的基础上，进一步突出应用技术型特点：为提高读者对知识的感性认知程度，在第2版中增加了部分电气元件实物图例；更新原版中陈旧的知识内容，以适应技术的发展；增加综合训练环节，以培养读者解决实际问题的能力；修正第1版中存在的知识老化问题。具体表现为：

1. 在第1章中增加智能系统/器件等新知识内容。
2. 删减第1版第2章中直流调速控制、第3章中组合机床和第7章编程器的内容。
3. 新增第5章继电器-接触器控制系统综合训练和第12章PLC控制系统综合训练，以提高学习者对理论知识的综合应用能力。
4. 以OMRON公司CPM系列PLC为对象，重新编撰PLC部分章节，增加CPM系列硬件和软件指令介绍，修正PLC梯形图。
5. 新增PLC系统设计方法介绍，系统介绍PLC控制系统的设计过程。
6. 新增第7章PLC通信。
7. 增加PLC机型/系统图片，提高教材可读性。
8. 修正了第1版中出现的其他问题。

全书共14章，分为三部分。第一部分为继电器-接触器控制技术，包括第1~5章，重点介绍继电器-接触器控制系统的设计、典型的继电器-接触器控制单元、典型的通用机床电气控制电路；第二部分为PLC控制技术，包括第6~12章，重点介绍PLC控制系统的原理、CPM系列PLC指令和设计方法；第三部分为实验，包括第13、14章，对继电器-接触器控制电路和PLC控制电路实验进行详细介绍。

本书由运城学院机电工程系曲尔光教授、弓锵副教授组织编写，曲尔光、弓锵（运城学院）任主编，刘春艳（运城学院）、张洁（运城学院）、蒋荣（南京工程学院）、郭英桂（晋中学院）任副主编。其中蒋荣编写第1章，弓锵编写第2章、第3章，曲尔光编写第4章，郭英桂编写第5章，刘春艳编写第6章、第10章，张慧鹏编写第7章，张洁编写第8章、第9章（9.1~9.3节）、第11章（11.1~11.3节）、第13章、第14章，王新海编写第12章，乔守全编写9.4节，卫旋编写11.4节。全书由弓锵统稿和初审，曲尔光教授审定。

限于编者的水平，书中错误与不妥之处在所难免，敬请广大教师、读者批评指正。

编 者

2015年1月

前言（第1版）

<<<< PREFACE

本书是普通高等教育“十二五”规划教材和面向 21 世纪的课程教材，是为适应应用型本科教学的需求而编写的。

以继电器-接触器逻辑控制和可编程控制器（PLC）为主要组成部分的电气控制技术，在现代工业领域特别是机电设备控制技术中有着不可替代的作用。在传统的机床电气控制系统中，继电器-接触器逻辑控制是主要的控制方式。随着技术的进步和生产过程的日益复杂，PLC 技术得到迅速发展，其应用范围也日益广泛，PLC、机器人、CAD/CAM 技术已成为现代工业自动化的三大支柱。由于 PLC 技术是在继电器-接触器逻辑控制技术的基础上发展起来的，学习继电器-接触器逻辑控制技术对学习 PLC 技术具有支撑与促进作用。因此，本书首先介绍继电器-接触器逻辑控制技术，在此基础上再介绍 PLC 技术。

本课程是机电专业专业基础课之一，在专业领域内，对提高学生工程实践和增强专业分析问题、解决问题的能力具有重要作用。因此，在编写中，我们从工程应用角度出发，结合工程实际举例，尽可能真实地反映本专业的工程实际。

全书共分 12 章。在内容安排上，首先，从低压电器元件、继电器-接触器控制电路和电动机调速 3 方面，较为详细地介绍了机床电气控制技术，分析了常见机床设备的典型电气控制电路，讲述了电气控制系统的一般设计方法。其次，在 PLC 技术方面，在介绍了 PLC 内部结构和工作原理的基础上，以欧姆龙（OMRON）公司 C 系列 P 型机为例重点分析 PLC 特点及 PLC 控制系统的设计过程，并从工程应用角度详细介绍了数控机床及机电控制系统、机械手的控制系统、大电动机的 Y- Δ 启动控制系统、运料小车控制系统等，同时，也对其他公司的常用 PLC 产品系列进行了简要介绍。最后，给出了机床电气控制技术与 PLC 实验项目，每一个实验的目的、要求、内容、步骤和设备都十分明确，提供的参考电路和程序对这些实验具有实践指导作用。

本书由运城学院机电工程系曲尔光教授组织编写，曲尔光、弓锵（运城学院）任主编，刘春艳（运城学院）、张洁（运城学院）、蒋荣（南京工程学院）任副主编。其中，蒋荣编写第 1 章，弓锵编写第 2 章、第 3 章，曲尔光编写第 4 章，张洁编写第 6 章、第 8 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章，刘春艳编写第 5 章、第 7 章、第 9 章。全书由曲尔光教授审定和统稿。

限于编者的水平，书中疏漏与不妥之处在所难免，敬请广大教师、读者批评指正。

编 者

目录

<<<< CONTENTS

第1章 常用机床控制电器

1.1 控制电器概述	1	1.5.2 工作原理	13
1.2 低压隔离电器	2	1.5.3 交、直流接触器的特点	13
1.2.1 刀开关	2	1.5.4 技术参数	13
1.2.2 组合开关	3	1.6 继电器	14
1.2.3 低压断路器	4	1.6.1 电压继电器	14
1.3 主令电器	6	1.6.2 电流继电器	15
1.3.1 按钮	6	1.6.3 中间继电器	16
1.3.2 行程开关	7	1.6.4 时间继电器	16
1.3.3 凸轮控制器	8	1.6.5 热继电器	18
1.3.4 主令控制器	9	1.6.6 速度继电器	19
1.4 熔断器	10	1.6.7 压力继电器	19
1.4.1 熔断器的工作原理	10	1.6.8 温度继电器	20
1.4.2 常用熔断器的种类与技术数据	10	1.6.9 其他继电器	20
1.4.3 熔断器的选择	11	1.7 新型智能化低压电器	22
1.5 接触器	12	思考与练习题	23
1.5.1 结构	12		

第2章 电动机基本电气控制电路

2.1 电气控制电路的绘制	24	2.5.1 双速电动机的变极调速控制 电路	37
2.1.1 常用电气图形符号和文字符号	24	2.5.2 多地控制电路	38
2.1.2 电气控制系统图	24	2.5.3 多台电动机同时启停控制电路	39
2.2 启动与点动控制电路	27	2.5.4 顺序启停控制电路	39
2.2.1 三相异步电动机启动控制电路	27	2.6 参量控制技术	41
2.2.2 三相异步电动机点动控制电路	30	2.6.1 行程原则控制	41
2.3 制动控制电路	30	2.6.2 时间原则控制	41
2.3.1 反接制动控制电路	30	2.6.3 速度原则控制	42
2.3.2 电磁机械制动电路	31	2.6.4 电流原则控制	42
2.3.3 能耗制动控制电路	33	2.7 对电动机控制的保护环节	43
2.4 可逆及循环运行控制电路	35	2.7.1 联锁控制	44
2.4.1 可逆运行控制电路	35	2.7.2 短路保护	44
2.4.2 循环运行控制电路	36	2.7.3 过载保护	45
2.5 其他典型控制电路	37		

2.7.4 零压和欠压保护	45	思考与练习题	46
2.7.5 弱磁保护	45		

第3章 典型机床电气控制线路分析

3.1 机床电气控制线路识图步骤	48	3.3.3 M7475B 型平面磨床	65
3.2 普通车床电气控制系统分析	48	3.4 摇臂钻床电气控制系统分析	71
3.2.1 CA6140 型卧式车床	48	3.4.1 Z35 型摇臂钻床	71
3.2.2 CW6136A 型卧式车床	50	3.4.2 Z3040 型摇臂钻床	74
3.2.3 C650 型卧式车床	52	3.5 常用铣床电气控制系统分析	77
3.2.4 C5225 型立式车床	54	3.5.1 XA6132 型卧式铣床	77
3.3 磨床电气控制系统分析	61	3.5.2 其他铣床	80
3.3.1 M7130 型卧轴矩台平面磨床	61	思考与练习题	81
3.3.2 M1432 型万能外圆磨床	62		

第4章 电气控制线路设计基础

4.1 电气设计的主要内容	83	4.2.5 控制方式的选择	86
4.1.1 电气设计的一般内容	83	4.2.6 电动机的选择	86
4.1.2 电气设计的技术条件	84	4.2.7 常用电气元件的选择	87
4.2 电气设计的一般要求和步骤	84	4.3 电气控制线路的设计方法	90
4.2.1 电气设计的一般要求	84	4.3.1 经验设计法	90
4.2.2 电气设计的一般步骤	84	4.3.2 逻辑设计法	94
4.2.3 机床电气传动方案的确定	84	4.3.3 电气控制图的 CAD 制图	95
4.2.4 电气控制方案的确定	85	思考与练习题	97

第5章 继电器-接触器控制系统综合训练

5.1 设计任务	98	5.3 电气控制线路设计	99
5.2 主要运动形式及控制要求	98	5.3.1 主电路设计	99
5.2.1 主运动	98	5.3.2 控制电路设计	100
5.2.2 进给运动	98	5.3.3 信号指示与照明电路	101
5.2.3 辅助运动	98	5.4 电气元件选择	101
5.2.4 电动机型号	99	5.5 绘制电气控制图	102

第6章 PLC 基本原理

6.1 概述	104	6.2.2 PLC 输入/输出接口电路	109
6.1.1 PLC 的定义和发展史	104	6.2.3 特殊继电器	110
6.1.2 PLC 的应用领域与发展方向	105	6.2.3 特殊功能单元	111
6.1.3 PLC 的分类	106	6.2.4 编程器和其他外设备	111
6.1.4 PLC 控制系统与电气控制系 统的比较	107	6.3 PLC 的编程语言	112
6.2 PLC 的硬件组成及各部分功能	107	6.3.1 梯形图语言	112
6.2.1 PLC 的基本组成	107	6.3.2 语句表语言	112
		6.3.3 逻辑图语言	113

6.3.4 功能表图语言	113	6.4.2 PLC 的工作过程	117
6.3.5 高级语言	116	6.4.3 PLC 的扫描周期及响应时间	118
6.4 PLC 的工作原理	116	思考与练习题	119
6.4.1 PLC 控制系统的等效电路	116		

第7章 PLC 通信

7.1 通信方式	121	7.2.2 同轴电缆	123
7.1.1 串行通信与并行通信	121	7.2.3 光纤	124
7.1.2 单工通信与双工通信	121	7.3 常用通信接口	125
7.1.3 异步通信与同步通信	122	7.3.1 RS-232C	125
7.1.4 基带传输与频带传输	122	7.3.2 RS-422	126
7.2 通信介质	123	7.3.3 RS-485	127
7.2.1 双绞线	123	思考与练习题	128

第8章 欧姆龙 CPM 系列 PLC

8.1 CPM 系列 PLC 的系统组成及特点	129	8.3 CPM 系列 PLC 指令系统	145
8.1.1 CPM 系列 PLC 的系统组成	129	8.3.1 概述	145
8.1.2 CPM 系列 PLC 的功能和适用范围	129	8.3.2 基本指令	145
8.2 系统配置	131	8.3.3 功能指令	151
8.2.1 型号表示及 I/O 扩展配置	131	8.3.4 运算指令	156
8.2.2 通道及存储器的分配	134	8.3.5 特殊指令	161
8.2.3 技术指标	144	思考与练习题	162

第9章 PLC 控制系统设计

9.1 设计过程	164	9.2.5 机型选择的工程应用考虑	176
9.1.1 列出系统的控制要求和工作流程	165	9.3 I/O 模块的选择	177
9.1.2 确立控制方案	166	9.3.1 开关量输入模块的选择	178
9.1.3 系统设计	166	9.3.2 开关量输出模块的选择	179
9.1.4 系统调试	169	9.3.3 模拟量模块的选择	180
9.1.5 系统的试运行	170	9.3.4 智能 I/O 模块的选择	181
9.1.6 编写系统技术文件	170	9.4 PLC 控制系统设计方法	181
9.2 机型的选择	171	9.4.1 逻辑设计法	181
9.2.1 PLC 机型选择的原则	171	9.4.2 时序图设计法	184
9.2.2 PLC 功能要求	172	9.4.3 顺序控制设计法	184
9.2.3 响应速度	175	9.4.4 经验设计法	186
9.2.4 指令系统	175	9.4.5 替代法	186
		思考与练习题	187

第10章 PLC 应用

10.1 数控机床及机电控制系统概述	188	10.1.1 数控机床的组成	188
--------------------------	-----	----------------------	-----

10.1.2 PLC 在数控机床中的应用	189	10.4.2 三层电梯自动控制的顺序功 能图	206
10.1.3 机电控制技术	193	10.4.3 三层电梯自动控制的 I/O 地址 分配表	207
10.1.4 机电控制系统的基本要素和 功能	194	10.4.4 三层电梯的梯形图程序	207
10.1.5 现代生产的三大类型	199	10.5 运料小车控制	210
10.2 机械手的控制	200	10.5.1 控制要求	210
10.2.1 控制要求	201	10.5.2 运料小车控制的顺序功能图	210
10.2.2 机械手控制的顺序功能图	201	10.5.3 运料小车控制的 I/O 地址分 配表	211
10.2.3 机械手控制的 I/O 地址分配表	201	10.5.4 运料小车控制的梯形图	211
10.2.4 机械手控制的梯形图	202	10.6 钻孔动力头的控制	212
10.3 大电动机的 Y- Δ 启动控制	203	10.6.1 控制要求	212
10.3.1 控制要求	203	10.6.2 钻孔动力头控制的顺序功 能图	212
10.3.2 大电动机 Y- Δ 启动控制的 I/O 地址分配表	204	10.6.3 钻孔动力头控制的 I/O 地址 分配表	213
10.3.3 大电动机 Y- Δ 启动控制的梯 形图程序	204	10.6.4 钻孔动力头控制的梯形图	213
10.4 三层电梯的自动控制	205		
10.4.1 控制要求	205		

第 11 章 常用 PLC 简介

11.1 OMRON 公司 C 系列 PLC	215	11.3.1 FX 系列 PLC 的特点与功能	232
11.1.1 C 系列 P 型机的特点与功能	215	11.3.2 系统配置	234
11.1.2 系统配置	216	11.4 GE FANUC 公司 Series 90 TM PLC 家族	237
11.2 西门子公司 SIMATIC S7 系列 PLC	221	11.4.1 Series 90 TM PLC 家族的特点 与功能	237
11.2.1 S7-200 系列 PLC 的特点与 功能	222	11.4.2 型号及功能参数	238
11.2.2 系统配置	224	思考与练习题	242
11.3 三菱公司 FX 系列 PLC	231		

第 12 章 PLC 控制系统综合训练

12.1 设计任务	243	12.4.1 硬件选型明细	245
12.2 功能分析	243	12.4.2 气动机构设计	246
12.3 方案设计	243	12.4.3 机械部件设计	246
12.3.1 总体方案设计	243	12.4.4 PLC 和变频器	248
12.3.2 送料系统	244	12.4.5 PLC 端口地址分配	248
12.3.3 搬运机械手系统	244	12.4.6 硬件连线设计图	249
12.3.4 物料传送系统	244	12.5 程序设计	249
12.3.5 分拣机构系统	245	12.5.1 PLC 控制程序设计	249
12.4 系统硬件设计	245	12.5.2 系统测试	252

第 13 章 继电器-接触器控制实验

13.1 三相异步电动机单向点动及启动控制	254	13.2.5 实验内容和步骤	258
13.1.1 实验目的	254	13.3 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	258
13.1.2 实验要求	254	13.3.1 实验目的	258
13.1.3 实验设备及电气元件	254	13.3.2 实验要求	258
13.1.4 实验原理和电路	254	13.3.3 实验设备及电气元件	259
13.1.5 实验内容和步骤	255	13.3.4 实验原理和电路	259
13.2 三相异步电动机正反转控制及行程控制	256	13.3.5 实验内容和步骤	260
13.2.1 实验目的	256	13.4 三相异步电动机制动控制	260
13.2.2 实验要求	256	13.4.1 实验目的	260
13.2.3 实验设备及电气元件	256	13.4.2 实验要求	261
13.2.4 实验原理和电路	256	13.4.3 实验设备及电气元件	261
		13.4.4 实验原理和电路	261
		13.4.5 实验内容和步骤	262

第 14 章 PLC 实验

14.1 PLC 演示实验	264	14.3.1 实验目的	269
14.1.1 演示一	264	14.3.2 实验要求	269
14.1.2 演示二	265	14.3.3 实验设备及电气元件	269
14.1.3 演示三	265	14.3.4 实验内容	269
14.2 用 PLC 控制交流异步电动机的正反转及停止	267	14.3.5 实验步骤	271
14.2.1 实验目的	267	14.4 用 PLC 控制电梯运行	271
14.2.2 实验要求	267	14.4.1 实验目的	271
14.2.3 实验设备及电气元件	267	14.4.2 实验要求	272
14.2.4 实验内容	267	14.4.3 实验设备及电气元件	272
14.2.5 实验步骤	268	14.4.4 实验内容	272
14.3 用 PLC 控制交通信号灯	269	14.4.5 实验步骤	274

第 4 章 常用机床控制电器

1.1 控制电器概述

控制电器是机床电气控制系统的重要组成元件。它是通过接通和断开电路中的电流，来实现对电路或非电对象切换、控制、保护、检测、变换以及调节的电气设备，其最基本和最典型的功能就是“开”和“关”。

1. 控制电器的概念与分类

机床控制电器指的是用于机床电气自动控制系统领域的低压电器，通常指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电气设备。

控制电器的种类繁多，可以按照不同的分类原则进行分类。

按用途可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。

按电器在电气控制系统中的作用可分为执行元件和信号元件。

按动作性质可分为自动切换电器和非自动切换电器。自动切换电器的动作依靠本身或外来信号自动进行；非自动切换电器又称手动电器，靠人工直接操作进行切换。

按执行机能可分为有触点电器和无触点电器。

根据使用环境可分为一般用途低压电器（也称基本系列）、防爆电器、船用电器、化工电器、牵引电器等。

低压电器一般都有两个基本部分。一是感受部分，能感受外界信号，通过转换、放大和判断，做出有规律的反应。在非自动切换电器中，感受部件有操作手柄、顶杆等多种形式；在有触点的自动切换电器中，感受部件大多是电磁机构。二是执行机构，根据感受部分的指令，对电路执行“开”、“关”等任务。

2. 配电电器

低压配电电器主要用于配电电路，对电路及设备进行保护及通断控制、转换电源和负载。主要包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。

3. 控制电器

低压控制电器主要用于控制受电设备，使其达到预期的工作状态。

主要包括控制继电器、接触器、启动器、控制器、主令电器、电阻器。

4. 执行元件

执行元件是用来带动生产机械运行和保持机械装置在固定位置上的一种执行电器。

主要包括电磁阀、电磁离合器和电磁制动器。

5. 信号元件

信号元件又称信号控制开关，是将模拟量转换为开关量的控制电器。
主要包括按钮开关、行程开关、电流及电压继电器和速度继电器。

1.2 低压隔离电器

1.2.1 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，是一种结构简单、应用最广泛的手动电器，主要用于接通和切断长期工作设备的电源及不经常启动及制动、容量小于 7.5kW 的异步电动机。

刀开关主要由操作手柄、触刀、触点座和底座组成，依靠手动来实现触刀插入触点座与脱离触点座的控制。按刀数可分为单极、双极和三极，有时也称单刀、双刀和三刀。

图 1-1 所示为刀开关的图形和文字符号。图 1-2 所示为刀开关的型号含义。

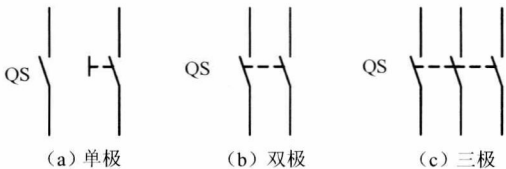


图 1-1 刀开关的图形和文字符号

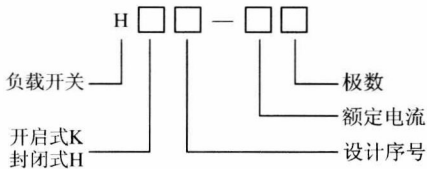
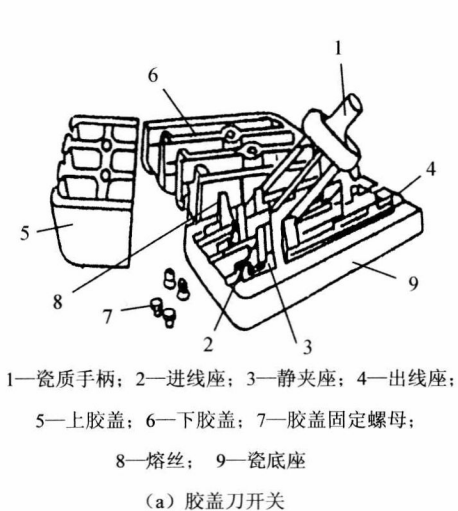
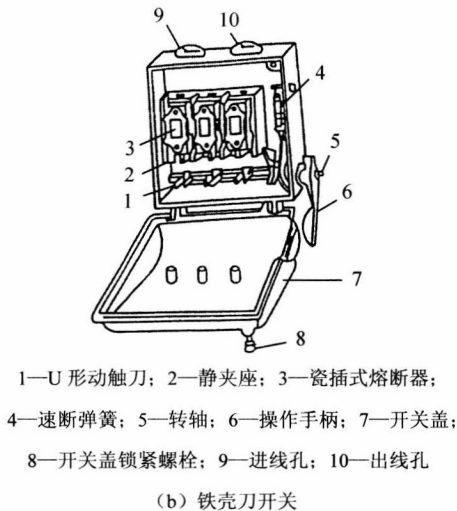


图 1-2 刀开关的型号含义

常见的刀开关一般有胶盖刀开关和铁壳刀开关两种类型，其结构示意图如图 1-3 所示。



(a) 胶盖刀开关



(b) 铁壳刀开关

图 1-3 刀开关的结构示意图

胶盖刀开关主要用于工频 380V、60A 以下的电力线路中，作为一般照明、电热等电路的控制开关，也可作为分支线路的配电开关。适用于接通或断开有电压而无负载电流的电路，适当降低容量时可用于不频繁启动的小型电动机，常用型号有 HK1、HK2 等系列。

铁壳刀开关（熔断器式刀开关）应用于配电线路，起到电源开关、隔离开关及电路保护作用，一般不用于直接通断电动机，常用型号有 HR5、HH10、HH11 等系列。

刀开关主要技术参数有以下三项：

（1）额定电压。指在规定条件下，保证电器正常工作的电压值。国产刀开关额定电压一般为交流工频 500V 以下，直流 440V 以下。

（2）额定电流。指在规定条件下，保证电器正常工作的电流值。目前生产的刀开关额定电流为 10A、15A、20A、30A、60A、100A、200A、400A、600A、1000A 及 1500A 等，特别型号可达 5000A。

（3）通断能力。指在规定条件下，能在额定电压下接通和分断的电流值。

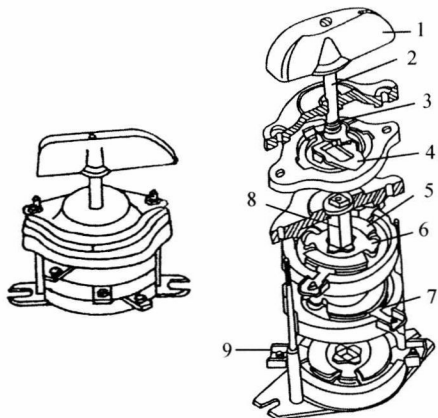
刀开关在选择时应使其额定电压等于或大于电路额定电压，其电流应等于或大于电路额定电流。当用刀开关控制电动机时，其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。

刀开关在安装时，手柄应向上，不得倒装或平装，避免由于重力自由下落而引起误动作和合闸。接线时应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样拉闸后刀片与电源隔离，防止可能发生的意外事故。

1.2.2 组合开关

组合开关又称转换开关，常用于交流 380V 以下、直流 220V 以下的电气线路中，供手动不频繁地接通或分断电路，可控制小容量交、直流电动机。一般控制的异步电动机容量小于 5kW，每小时接通次数不超过 15~20 次。

组合开关由若干个分别装在数层绝缘体内的双断点桥式动触片、与盒外接线柱相连的静触点、绝缘方轴、手柄等组成。其结构如图 1-4 所示。



1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；6—动触点；7—静触点；8—绝缘方轴；9—接线柱

图 1-4 HZ-10/3 型组合开关

动触点装在附有手柄的绝缘方轴上，方轴随手柄而转动，动触点随转动并变更与静触点分合的位置。组合开关实际上是一个多触点、多位置、可以控制多个回路的开关电器。

组合开关分为单极、两极和三极三种。图 1-5（a）所示为三极组合开关用作隔离开关时的图形符号，图 1-5（b）所示为三极组合开关用作转换开关时的图形符号，图 1-5（c）所示为图 1-5（b）所示状态下触点导通状态表。组合开关的型号含义如图 1-6 所示。

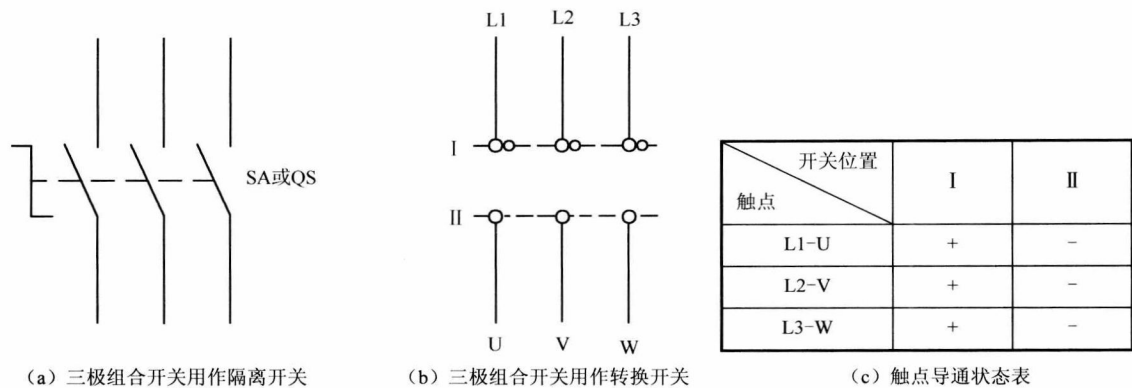


图 1-5 组合开关的图形和文字符号

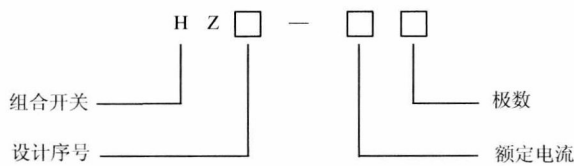


图 1-6 组合开关的型号含义

组合开关的主要参数有额定电压、额定电流、极数、允许操作次数等。其中额定电流有 10A、20A、40A、60A 等几个等级，常用型号有 HZ5、HZ10、HZ15 等系列。

具体选用时需注意以下情况：

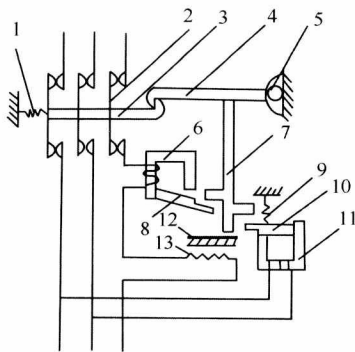
- (1) 用于照明或电热，组合开关的额定电流应等于或大于被控电路中各负载电流的总和。
- (2) 用于电动机控制电路时，组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。
- (3) 组合开关通断能力较低，当用于控制电动机做可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后方可反向接通。
- (4) 当操作频率过高或负载的功率因数较低时，转换开关要降低容量使用，否则会影响开关寿命。

1.2.3 低压断路器

低压断路器也称自动空气开关，用于分配电能、不频繁地启动异步电动机以及对电源线路及电动机等的保护。当发生严重过载、短路或欠电压等故障时能自动切断电路。它是低压配电线路应用非常广泛的一种保护电器。

低压断路器主要由三个基本部分组成：触头、灭弧系统和各种脱扣器。脱扣器包括过电流脱扣器、失压（欠电压）脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。图 1-7 所示为低压断路器的结构原理图。开关是靠操作机构拖动或电动合闸的，并由自由脱扣机构将主触头锁在合闸位置上。

过电流脱扣器的线圈、热脱扣器的热元件与主电路串联；失压脱扣器的线圈与主电路并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构动作。当电路过载时，热脱扣器的热元件产生的热量增加，双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作。当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制分断电路之用。



1—弹簧；2—三相触点；3—锁键；4—搭钩；5—转轴；6—过电流脱扣器；7—杠杆；
8、10—衔铁；9—弹簧；11—欠电压脱扣器；12—双金属片；13—电阻丝

图 1-7 低压断路器的结构原理图

图 1-8 所示为低压断路器图形和文字符号。图 1-9 所示为低压断路器的型号含义。

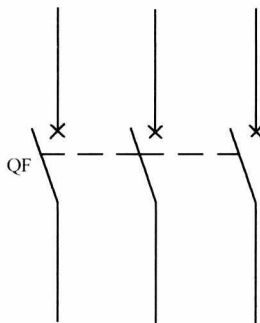


图 1-8 低压断路器图形和文字符号

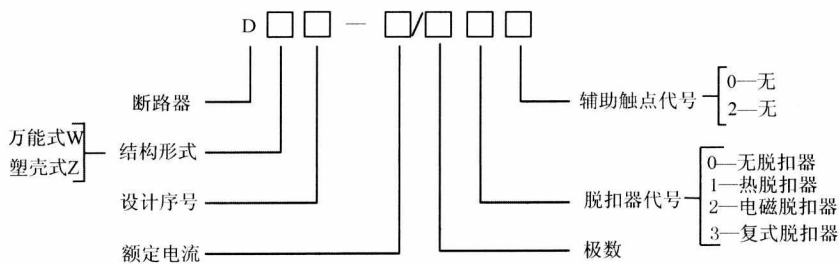


图 1-9 低压断路器的型号含义

选择低压断路器时，其额定电压与额定电流应不小于电路正常工作时的电压和电流，热脱扣器及过电流脱扣器的整定电流与负载额定电流一致。

低压断路器在安装使用时应注意：当断路器与熔断器配合使用时，熔断器应装在断路器之间，以利安全；电磁脱扣器的整定值不允许随意更改，使用一段时间后应检查其动作的准确性；断路器在分断电路后，应在切除前级电源的情况下及时检查触点，如有严重电灼痕迹，可用干布擦去，如发现触点烧毛，可用砂纸或细锉小心修整。

1.3 主令电器

主令电器是自动控制系统中用于发送和转换控制命令的电器。主令电器用于控制电路，不能直接分合主电路。

1.3.1 按钮

按钮是一种结构简单、使用广泛的手动电器，在控制电路中用于手动发出控制信号以控制接触器、继电器等。

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、触点和外壳等部分组成。其结构示意图如图 1-10 所示，其图形和文字符号如图 1-11 所示，型号含义如图 1-12 所示。

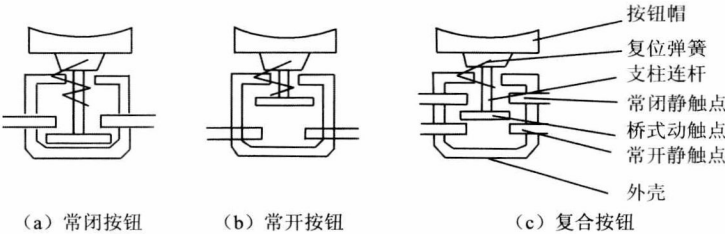


图 1-10 按钮的结构示意图

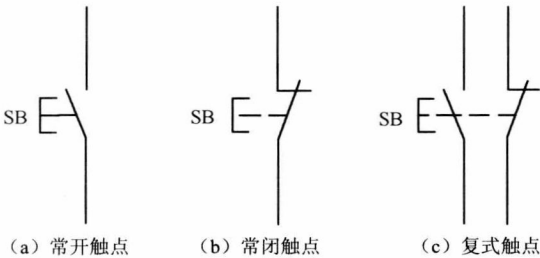


图 1-11 按钮的图形和文字符号

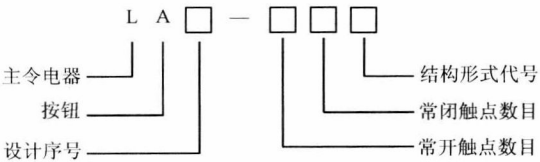


图 1-12 按钮的型号含义

根据需要，按钮的触点形式和数量可装配成 1 常开 1 常闭到 6 常开 6 常闭的形式。接线时，也可只接常开或常闭触点。当按下按钮时，先断开常闭触点，再接通常开触点。按钮放开后，在复位弹簧的作用下触点复位。

除了有直上直下的掀按式按钮外，还有自锁式、紧急式、钥匙式和旋钮式等多种形式，有些按钮还带有指示灯。

为方便使用，按钮帽会根据其作用采用不同颜色，表 1-1 所示为按钮颜色及其含义，图 1-13 所示为各种按钮的形象化符号，图 1-14 所示为各种按钮的外形。

表 1-1 按钮颜色及其含义

颜 色	含 义	典 型 应 用
红色	危险情况下的操作	紧急停止
	停止或分断	停止一台或多台电动机，停止一台机器的一部分，使电气元件失电
黄色	应急或干预	抑制不正常情况或中断不理想的工作周期
绿色	启动或接通	启动一台或多台电动机，启动一台机器的一部分，使电气元件得电
蓝色	上述几种颜色未包括的任一种功能	—
黑色、灰色、白色	无专门指定功能	可用于停止和分断上述以外的任何情况

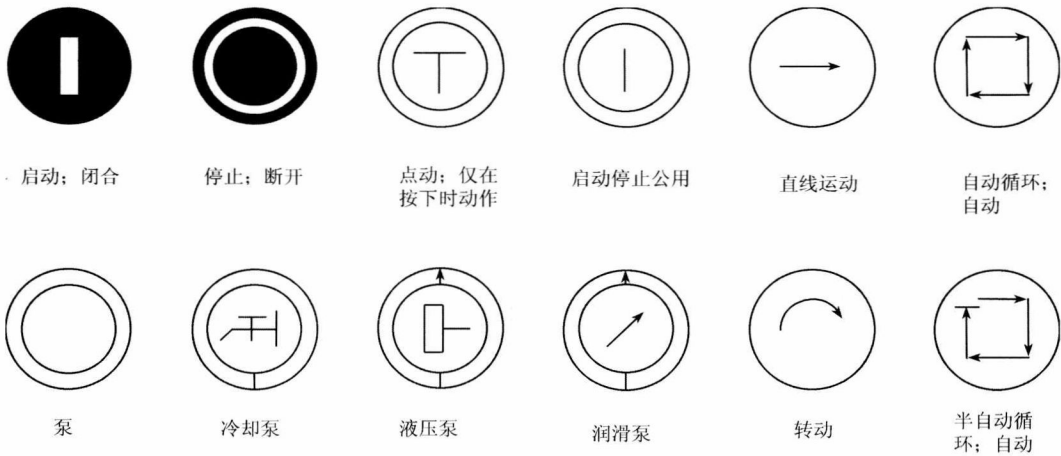


图 1-13 各种按钮的形象化符号

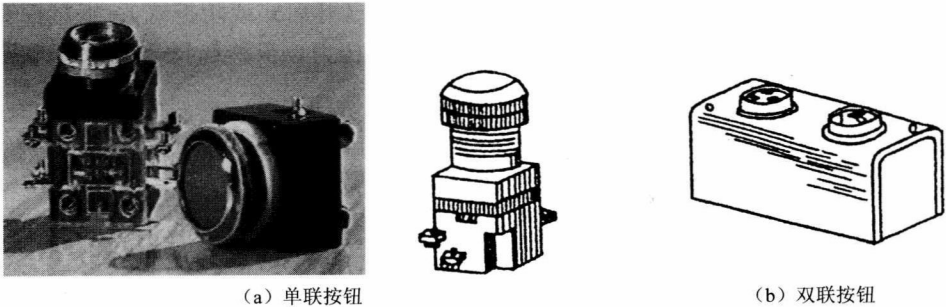


图 1-14 各种按钮的外形

按钮的主要参数有外观形式及安装孔尺寸、触点数量及触点的电流容量。常见的按钮型号有 LA10、LA20、LA25 等系列。

1.3.2 行程开关

行程开关又称限位开关，是一种利用生产机械某些运动部件的碰撞来发出控制命令的主令电器，是用于控制生产机械的运动方向、速度、行程大小或位置的一种自动控制器件。

行程开关的动作示意图见图 1-15，图形和文字符号见图 1-16。

行程开关种类很多，常用的行程开关有按钮式、单轮旋转式和双轮旋转式，其外形见图 1-17。这些种类的行程开关基本结构大体相同，都是由操作头、触点系统和外壳组成。操作头接收机