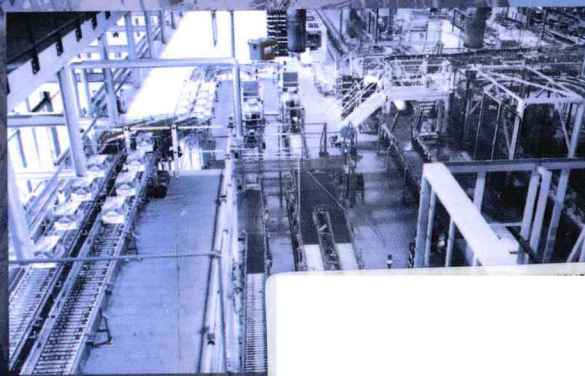


新编电气控制与 PLC应用技术

高安邦 智淑亚 董泽斯 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新编电气控制与 PLC 应用技术

高安邦	智淑亚	董泽斯	主编
褚雪莲	韩维民	崔冰	参编
田敏	石磊	张晓辉	主审



机械工业出版社

本书根据教育部“卓越工程师培养计划”的要求,从凸现行业指导、校企合作、工学结合、学用一致,理论密切联系生产实际、“教、学、做”一体化的现代教学特色,注重对大学生进行素质和技能培养与提高,以西门子的 S7-200 PLC 为对象,详尽介绍了电气控制与 PLC 应用技术。全书共分 7 章:第 1 章电气控制中常用的低压电器;第 2 章电气传动控制中最常用的三相交流异步电动机;第 3 章传统电气控制的基本环节与典型电路;第 4 章现代电气控制中的 PLC 应用技术;第 5 章典型生产设备电气和 PLC 控制系统分析;第 6 章生产设备的电气和 PLC 控制系统设计;第 7 章电气与 PLC 控制实验与课程设计指导。

本书可作为普通高等院校电气自动化、电气工程、信息工程、机械设计制造及自动化专业等相关专业本、专科教材,也可作为各类培训班和工程技术人员的培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

新编电气控制与 PLC 应用技术/高安邦,智淑亚,董泽斯主编. —北京:机械工业出版社,2012.12

ISBN 978 - 7 - 111 - 40269 - 5

I. ①新… II. ①高…②智…③董… III. ①电气控制 - 高等学校 - 教材②plc 技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 261922 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:时 静 责任编辑:时 静 张 博

版式设计:闫玥红 责任校对:李锦莉 程俊巧

责任印制:张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 29 印张 · 718 千字

0 001—3 500 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 40269 - 5

定价:69.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

序

百年风雨沧桑，百年磨砺奋进。我国的电气工程及其自动化专业从传统的“电力工程”逐渐发展成包括“强电”和“弱电”（甚至包括计算机专业）庞大的“电”类专业群，成为工科专业中学生人数最多、也是最受学生欢迎和喜爱的热门紧俏专业。从国家领导人到两院院士，从学术带头人到普通工程师，从两弹一星到嫦娥奔月，从三峡平湖到西电东送到处活跃着电气技术工作者的身影。百年积淀，再铸辉煌，携手扬帆新百年，目前我国的“电气工程”正在向着“弱电”控制“强电”，机（机械装备）、电（电气控制）、液（液压气动）、仪（仪器仪表）、光（光学）、计（机算机应用）等多学科交叉融合的方向快速发展。

按照国家最新颁布的学科和专业对照表，以机械装备为主体、以电气控制和计算机应用为技术核心的“机电一体化技术（C580201）”已被排在“自动化类学科（C5802）”九大专业的第一位，受到各高校以及学生们的青睐。

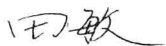
在 2011 年“十二五规划”的开局之年，教育部又提出了“卓越工程师教育培养计划”，要在全国工科院校的本科生、硕士研究生、博士研究生三个层次上，大力培养现场工程师、设计开发工程师和研究型工程师等多种类型的工程师后备人才。

要发展我国的电气自动化技术，启动和实施“卓越计划”，就需要打造出一套学以所用、学以致用、学以能用、学以好用的高水平专业新教材。

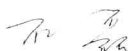
“电气控制与 PLC 应用技术”正是综合了生产设备、电气控制和 PLC 应用技术的一门新兴课程，是实现机械加工、工业生产、科学研究以及其他各个领域自动化的重要技术之一，它是机械电子工程（机电一体化）、机械设计制造及其自动化、电气工程、电气自动化等专业的一门最重要的专业课，应用特别广泛。该新兴技术教学的目的无疑就是使学生掌握典型机床加工设备的机械结构组成、生产工艺过程、对电气控制的要求以及传统机电设备电气控制特点，并了解传统机电技术上的落后，从而采用先进的 PLC 技术加以改造和研发创新；这是一门工学结合、学用一致、理论紧密联系生产实际，能有效培养学生分析和解决生产实际问题的工程实践创新能力和综合素质、铸造“卓越工程师”的实用技术。

本书根据教育部“卓越工程师培养计划”的要求，从凸现行业指导、校企合作、工学结合、学用一致，理论密切联系生产实际、“教、学、做”一体化的现代教学特色，注重对大学生进行素质和技能培养与提高，以西门子的 S7-200 系列 PLC 为对象，详尽介绍了机电设备的电气控制与 PLC 应用技术。本书以生产设备为主体，将生产设备的电气控制技术和 PLC 应用技术的内容融会贯通编写在一起，能够更好地体现出它们之间的内在联系，使本书的结构和理论基础系统化，并更具有科学性和先进性。本书注意精选内容，结合实际、突出应用，注重实例。在编排上循序渐进、由浅入深；在内容阐述上，力求简明扼要，图文并茂，通俗易懂，便于教学和自学。在绘图上使用国家最新标准。由于本课程的实践性强，因此配合理论教学还编写了“电气控制与 PLC 应用技术”的实验与课程设计指导之内容。这是一部既有理论，又突出实践的综合性教程。

我们祝愿这部新编教材能为我国机电相关专业的发展和“卓越工程师”的培养做出贡献。



中国西部教育顾问、江苏省电动机工程学会理事、江苏省第十一届人大代表
淮安市电子学会副理事长、中国民主促进会淮安市委副主委
淮安信息职业技术学院院长/教授/研究员级高级工程师/博士



海南省三亚高级技工学校（国家级重点技工学校、国家中等职业技术学校
教改革发展示范建设学校、国家高技能人才培养示范基地）校长
中国技工院校杰出校长/高级讲师/硕士



海南省三亚高级技工学校副校长/电气高级讲师/高级技师/高级考评员

前 言

“电气控制及 PLC 应用技术”是全国高等院校电类学科最重要的专业课程之一，它包含传统的“工厂电气控制”和“PLC 原理及应用”两门课程的内容。

传统电气控制通常采用的是“继电器-接触器”控制，其特点是控制简便、价格便宜，在 PLC、单片机等未出现前的几十年间一直被广泛应用。随着科学技术的不断发展，现代电气控制技术已发展到了一个相当高的水平。传统电气控制技术的内容也发生了很大变化，有些已被淘汰；但其最基础的部分对任何先进的控制系统来说仍是必不可少的，就是在今天，其市场占有率还相当大。

可编程序控制器（PLC）是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器-接触器”控制系统实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能，中/大型高档 PLC 还能像微型计算机那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点，已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业，分别超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备的市场份额；在自动化领域，PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 并称为现代工业技术的四大支柱并已跃居榜首；尤其在机电一体化中的应用更是越来越广泛，已成为改造和研发机电一体化产品最理想的首选/优选控制器；其应用的深度和广度也代表了一个国家工业现代化的先进程度。随着中国日趋成为世界的加工中心，各类加工基地的建设，生产线、加工设备和加工中心的大量启用，PLC 工程控制系统的应用还将进一步扩大。

PLC 是基于继电器逻辑控制系统的原理而设计的，它的出现正在逐渐取代继电器-接触器逻辑控制系统，它是现代电气控制技术中不可替代的核心控制器件。作为电类学科中最重要的应用型专业课之一，“电气控制及 PLC 应用技术”课程必须包括传统继电器控制系统的内容，只是要精心组织、合理删减、注重连接，而对于“PLC 的原理及应用”等实践性和创新性知识则要重点突出讲解。

本书根据教育部“卓越工程师培养计划”的要求，从凸现行业指导、校企合作、工学结合、学用一致，理论密切联系生产实际、“教、学、做”一体化的现代教学特色，注重对大学生进行素质和技能培养与提高，以西门子的 S7-200 系列 PLC 为对象，详尽介绍了“电气控制与 PLC 应用技术”。

本书的编写既是编者多年来从事教学研究和科研开发实践经验的概括和总结，又博采了目前各教材和著作之精华，参加该书编写工作的有高安邦教授（第 1 章）、金陵科技学院智淑亚副教授（第 2、3 章和附录 A）、海南省三亚高级技工学校人事处长董泽斯高级讲师（第 5 章和附录 B、C、D）、电工电子教学部主任褚雪莲讲师/硕士（第 4 章）、电工电子教学部副主任韩维民高级讲师（第 6 章）、保定电力职业技术学院崔冰讲师（第 7 章）。全书由海南省三亚高级技工学校/淮安信息职业技术学院特聘教授/哈尔滨理工大学教授/硕士生

导师高安邦主持编写和负责统稿；聘请了中国西部教育顾问/江苏省电动机工程学会理事/江苏省第十一届人大代表/淮安市电子学会副理事长/中国民主促进会淮安市委副主委/淮安信息职业技术学院院长田敏教授，曾荣获全国职教突出贡献奖及中国技工院校杰出校长称号的海南省三亚高级技工学校校长石磊高级讲师，副校长张晓辉高级讲师/高级技师/高级考评员担任主审，他们对本书的编写提供了大力支持并提出了最宝贵的编写意见；硕士/青年讲师杨帅、薛岚、陈银燕、关士岩、陈玉华、毕洁廷、赵冉冉、刘晓艳、王玲、姚薇和学生邱少华、王宇航、马鑫、邱一启、张纺、武婷婷、司雪美、朱颖、陆智华、余彬等也为本书做了大量的辅助性工作。在此表示最衷心的感谢！该书的编写得到了海南省三亚高级技工学校、金陵科技学院、淮安信息职业技术学院、哈尔滨理工大学和保定电力职业技术学院的大力支持，在此也表示最真诚的感谢！任何一本新书的出版都是在认真总结和引用前人知识和智慧的基础上创新发展起来的，本书的编写无疑也参考和引用了许多优秀教材与研究成果的精华。在此向本书所参考和引用的资料、文献、教材和专著的编著者表示最诚挚的敬意和感谢！

由于本书编写紧扣“卓越计划”启动和实施，要求较高、难度较大；并且 PLC 技术目前还处在不断发展和完善过程中，其应用的领域十分广泛，现场条件千变万化，控制方案多种多样，只有熟练掌握好 PLC 的基本原理，并经过丰富的现场工程实践才能将 PLC 学好、用熟、用透，做出高质量的工程应用设计。鉴于编者的水平和经验有限，书中错误、疏漏、不足之处肯定不少，敬请读者和专家们不吝批评、指正、赐教，以便今后不断更好地发展、完善、充实和提高。

编 者

目 录

序

前言

第1章 电气控制中常用的低压电器 1

1.1 概述	1
1.2 信号及控制电器	4
1.2.1 非自动切换信号及控制电器	4
1.2.2 自动切换信号及控制电器	12
1.3 执行电器	18
1.3.1 接触器	18
1.3.2 固态继电器	19
1.3.3 电磁执行电器	22
1.4 保护电器	25
1.4.1 熔断器	25
1.4.2 热继电器	26
1.4.3 电流和电压继电器	28
1.4.4 智能保护器	29
1.4.5 漏电保护器	30
1.5 电气控制中常用的其他器件	32
1.5.1 常用检测仪表	32
1.5.2 常用安装附件	34
本章小结	35
习题与思考题	35

第2章 电气传动控制中最常用的三相

交流异步电动机 36

2.1 交流异步电动机基础	36
2.1.1 交流异步电动机的结构组成	37
2.1.2 交流异步电动机的工作原理	38
2.1.3 交流异步电动机的铭牌	39
2.1.4 交流异步电动机的电磁转矩与机械特性	41
2.2 交流异步电动机的运行控制	45
2.2.1 交流异步电动机的工作特性	45
2.2.2 交流异步电动机的运行控制	46
2.2.3 交流异步电动机的一般故障维修	52
本章小结	54
习题与思考题	54

第3章 传统电气控制的基本环节与

典型电路 55

3.1 电气制图与识图基础	55
3.1.1 电气原理图	55
3.1.2 电器元件布置图	57
3.1.3 安装接线图	58
3.1.4 电气识图方法与步骤	58
3.2 传统电气控制常用的基本环节和典型电路	59
3.2.1 电动机的起动控制电路	59
3.2.2 电动机的正反转可逆控制电路	67
3.2.3 多台电动机的顺序控制	69
3.2.4 一台电动机的多地点控制	70
3.2.5 双速电动机的高低速控制电路	71
3.2.6 电动机的停机制动控制电路	72
3.2.7 电气控制中的其他常用控制电路	74
3.2.8 生产设备中的电液控制电路	76
3.2.9 电气控制的保护环节	79
本章小结	81
习题与思考题	82

第4章 现代电气控制中的 PLC 应用

技术 83

4.1 PLC 的快速入门	84
4.1.1 PLC 的诞生与迅猛发展	84
4.1.2 PLC 的基本概念	91
4.1.3 PLC 的基本结构及工作原理	97
4.1.4 PLC 的技术性能	106
4.1.5 PLC 的编程语言	109
4.1.6 PLC 的特殊功能	111
4.1.7 PLC 的主流产品	115
4.1.8 PLC 的主要应用	116
4.2 S7-200 系列 PLC 的开发应用指南	118
4.2.1 S7-200 系列 PLC 的硬件模块	120

4.2.2 S7-200 系列 PLC 的主要硬、软件性能指标	123	故障分析	279
4.2.3 S7-200 系列 PLC 的 13 大编程软元(器)件——数据存储区	128	5.5 M7130 平面磨床的电气与 PLC 电路图分析	280
4.2.4 S7-200 系列 PLC 的基本指令	135	5.5.1 M7130 平面磨床的结构组成和主要运动	280
4.2.5 S7-200 系列 PLC 编程软件 STEP7-Micro/WIN 的使用说明	185	5.5.2 M7130 平面磨床的电气控制电路	281
4.2.6 S7-200 PLC 的编程规则与技巧	218	5.5.3 M7130 平面磨床的 PLC 控制系统分析	282
4.2.7 PLC 控制中常用的基本电路编程环节	225	5.6 组合机床的电气与 PLC 控制电路分析	285
本章小结	257	5.6.1 组合机床的组成结构和工作特点	285
习题与思考题	257	5.6.2 深孔钻组合机床的 PLC 控制系统分析	286
第 5 章 典型生产设备电气和 PLC 控制系统分析	258	5.6.3 双头钻床的 PLC 控制系统分析	291
5.1 识读和分析电气与 PLC 控制电路图的方法和步骤	258	5.7 PLC 在数控机床中的工程应用分析	293
5.2 CA6140 普通车床的电气与 PLC 控制电路图分析	261	5.7.1 数控机床中 PLC 的主要功能	293
5.2.1 CA6140 普通车床的机械结构和主要运动	261	5.7.2 PLC 与机床之间的信号处理过程	294
5.2.2 CA6140 普通车床的电气控制电路	263	5.7.3 数控机床中 PLC 控制程序	295
5.2.3 CA6140 普通车床的 PLC 控制系统分析	263	本章小结	298
5.3 C650 卧式车床的电气与 PLC 控制电路图分析	266	习题与思考题	299
5.3.1 C650 卧式车床的机械结构、运动形式、拖动形式及控制要求	266	第 6 章 生产设备的电气和 PLC 控制系统设计	300
5.3.2 C650 卧式车床的电气控制电路	267	6.1 电气控制系统设计的基本内容和一般原则	301
5.3.3 C650 卧式车床的 PLC 控制系统分析	269	6.1.1 电气控制系统设计的基本内容	301
5.4 Z3040 摇臂钻床的电气与 PLC 控制系统分析	272	6.1.2 生产设备电气控制电路设计的一般原则	301
5.4.1 Z3040 摇臂钻床的机械结构和主要运动	273	6.2 拟定任务书,确定电力拖动方案和选择电动机	305
5.4.2 Z3040 摇臂钻床的电气控制电路	273	6.2.1 拟定任务书	305
5.4.3 Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制系统分析	276	6.2.2 确定电力拖动方式	305
5.4.4 Z3040 摇臂钻床的常见电控		6.2.3 确定生产设备调速方案	305
		6.2.4 进行电动机的选择	305
		6.2.5 生产设备的起动、制动和反向要求	308
		6.3 电气控制电路的经验设计法和逻辑	

设计法	309
6.3.1 经验设计法	309
6.3.2 逻辑设计法	313
6.3.3 原理设计中应注意的几个 问题	316
6.4 选择电气元件	317
6.4.1 继电器的选择	317
6.4.2 接触器的选择	318
6.4.3 熔断器的选择	318
6.4.4 常用控制电器的选择	319
6.4.5 常用低压开关的选择	319
6.4.6 电磁铁的选择	320
6.4.7 控制变压器的选择	321
6.5 生产设备电气控制系统的工艺设计	321
6.5.1 电气设备总体配置设计	321
6.5.2 电气元件布置图的设计及电器部 件接线图的绘制	322
6.5.3 清单汇总和说明书的编写	323
6.6 C6163 型卧式车床电气控制系统的 设计案例	324
6.6.1 C6163 卧式车床的主要结构及 设计要求	324
6.6.2 C6163 卧式车床电气控制电路 图的设计	325
6.6.3 C6163 卧式车床电气元件的 选择	326
6.6.4 绘制电气元件布置图和电气安装 接线图	327
6.6.5 检查和调整电气元件	328
6.6.6 电气控制柜的安装配线	328
6.6.7 电气控制柜的安装检查	329
6.6.8 电气控制柜的调试	330
6.6.9 文档工作	330
6.7 生产设备的 PLC 控制系统设计	331
6.7.1 PLC 控制系统设计的基本 原则	331
6.7.2 PLC 控制系统设计的基本 内容	331
6.7.3 PLC 控制系统设计的一般 步骤	332
6.7.4 PLC 控制系统经典设计举例	332
本章小结	345
习题与思考题	346

第 7 章 电气与 PLC 控制实验及课程

设计指导	347
7.1 电气与 PLC 控制实验及课程设计 基本要求和注意事项	347
7.1.1 实验及课程设计前的准备	347
7.1.2 实验及课程设计的实施进行	348
7.1.3 实验及课程设计报告	348
7.1.4 实验及课程设计中的安全 事项	349
7.1.5 实验及课程设计中要熟练掌握一 些关键主要设备的性能	349
7.2 电气控制部分实验指导	350
7.2.1 三相异步电动机点动和长动（连续） 控制实验	350
7.2.2 三相异步电动机正反转控制 实验	353
7.2.3 三相异步电动机 Y- Δ 起动控制 实验	355
7.2.4 三相异步电动机能耗制动控制 实验	359
7.2.5 多台三相异步电动机的顺序控 制实验（顺起逆停）	362
7.2.6 三相异步电动机的多地点控制 实验	366
7.2.7 三相异步电动机的减压起动控制 实验	367
7.2.8 三相异步电动机的反接制动控制 实验	370
7.2.9 双速异步电动机的高/低速制动 控制实验	373
7.2.10 三相异步电动机常用的保护控制 实验	376
7.3 PLC 控制技术实验指导	377
7.3.1 电动机 PLC 控制系统实验	377
7.3.2 继电器类指令实验	381
7.3.3 定时器类指令实验	383
7.3.4 计数器指令实验	385
7.3.5 微分指令、锁存器指令实验	388
7.3.6 移位指令实验	392
7.3.7 交通灯控制电路实验	395
7.3.8 运料车控制电路实验	397
7.3.9 混料罐控制实验	403
7.3.10 物流检测控制实验	405

7.4 电气与 PLC 控制课程设计指导	407	附录	441
7.4.1 多台电动机起动停止（顺起逆停） 控制系统设计	407	附录 A 电气图常用图形符号和文字符号 新/旧标准对照表	441
7.4.2 恒压供水控制系统设计	413	附录 B S7-200 系列 PLC 的系统配置	443
7.4.3 搬运机械手控制系统	421	附录 C S7-200 系列 PLC 的常用指令	444
7.4.4 PLC 的顺序控制程序设计	429	附录 D 常用的部分特殊标志位存 储器 SM	449
7.4.5 音乐演奏程序设计	435	参考文献	451
本章小结	440		

第 1 章 电气控制中常用的低压电器

主要内容:

- (1) 电气控制中常用低压电器的基本结构、工作原理、用途和选用方法。
- (2) 电气控制中常用低压电器的图形符号。

学习重点及教学要求:

- (1) 从使用的角度重点掌握电气控制中常用低压电器的基本结构、工作原理。
- (2) 从使用的角度了解电气控制中常用低压电器的用途和选用方法。
- (3) 熟练掌握电气控制中常用低压电器的图形符号说明,以便下一步分析、阅读和设计常用电气控制电路图。

1.1 概述

任何生产设备电气控制系统都需要一套电气控制装置来完成,包括各类低压电器,用以实现生产设备在生产过程中的各种工艺要求。所谓电器就是指能控制电的器具,即对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械。所谓低压电器,指工作在交流电压 1200V 或直流电压 1500V 及以下的电路中起通断、检测、保护、控制或调节作用的电器。电气控制常见的部分低压电器,如图 1-1 所示。

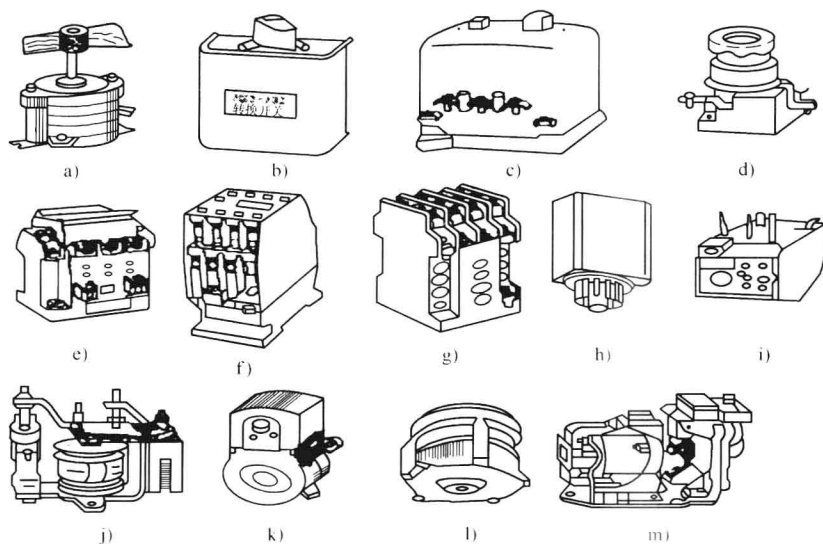


图 1-1 电气控制常见的部分低压电器

- a) HZ10/3 型组合开关 b) HZ3 型转换开关 c) DZ5-20 型断路器 d) RL 螺旋式熔断器 e) CJ10-20 型交流接触器
f) JDB 型交流接触器 g) JZ7 型中间继电器 h) JDS 型中间继电器 i) UA 型热继电器 j) JT4 型过电流继电器
k) JFZ0 型速度继电器 l) JY1 型速度继电器 m) JS7 型空气阻尼式时间继电器

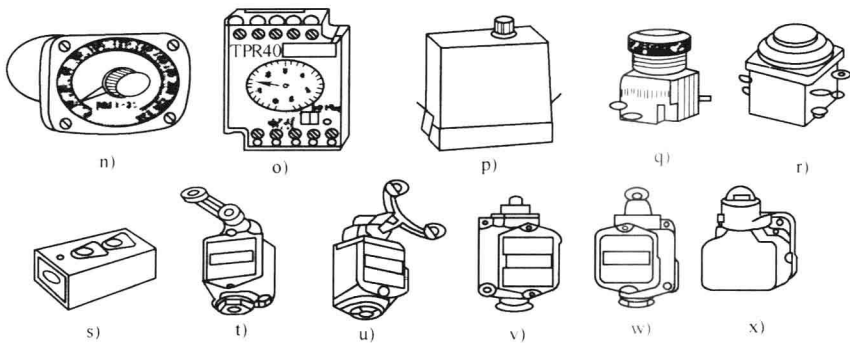


图 1-1 电气控制常见的部分低压电器（续）

n) JS11 型电动式时间继电器 o) TBR 型电动式时间继电器 p) JS14 型晶体管式时间继电器 q) LA19 型按钮
r) LA18 型按钮 s) LA10 型按钮 t) JLXK1-111 型行程开关 u) JLXK1-211 型行程开关 v) JLXK1-311 型
行程开关 w) JLXK1-411 型行程开关 x) X2-N 型行程开关

电器的种类很多，分类的方法也不同。图 1-2 为电器的不同分类；图 1-3 为常用的各种低压电器；表 1-1 为电气控制中常用低压电器的种类及用途说明。

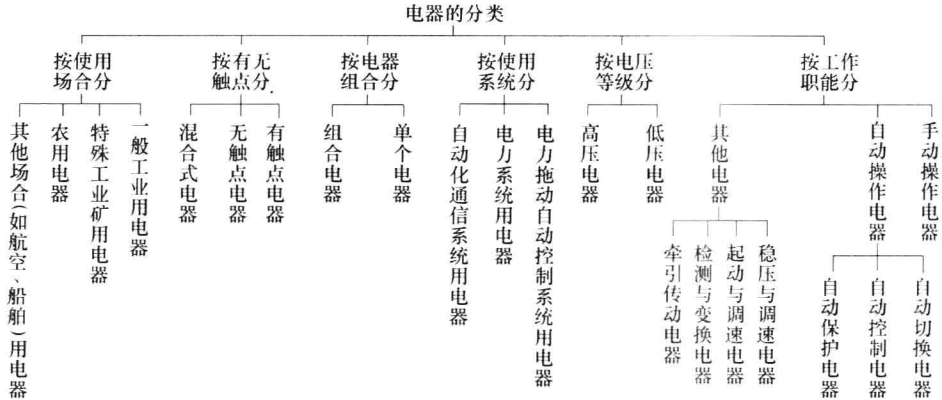


图 1-2 电器的不同分类

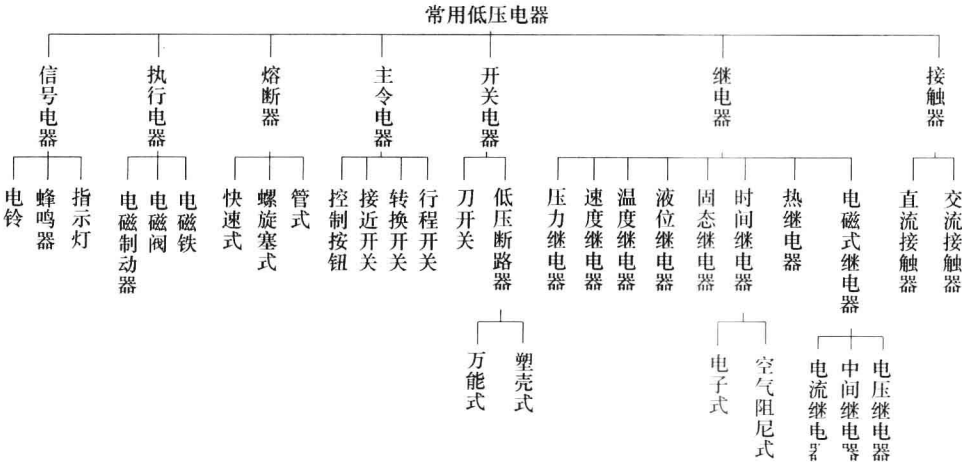


图 1-3 常用的各种低压电器

表 1-1 电气控制中常用低压电器的种类及用途说明

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	
6	起动机	磁力起动机	主要用于电动机的起动
		星三起动机	
		自耦减压起动机	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	
10	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	

按照在电气控制中的用途又可分为以下三大类:

(1) 信号及控制电器

用于发送控制指令及实现电气控制电路中逻辑运算、延时等功能的电器。如:按钮开

关、行程开关、刀开关、中间继电器、时间继电器、速度继电器等。

(2) 执行电器

用于完成传动或实现生产设备某种动作的电器。如：接触器、电磁阀、电磁铁、电磁离合器等。

(3) 保护电器

用于保护生产设备控制电路及其用电设备安全的电器。如：熔断器、热继电器、过/欠电流（压）继电器等。

本章就从使用的角度出发，按其在生产设备电气控制中的用途来分类介绍它们的结构、动作原理和图形符号。

1.2 信号及控制电器

1.2.1 非自动切换信号及控制电器

1. 按钮

按钮（SB）又称控制按钮或按钮开关，是一种手动控制电器。它只能短时接通或分断 5A 以下的小电流电路，向其他自动电器发出指令性的电信号，控制其他自动电器动作。由于按钮载流量小，不能直接用于控制主电路的通断。按钮的作用是发布命令，在控制电路中可用于远距离频繁地操纵接触器、继电器，从而控制电动机的起动、运转、停止。按钮的结构和图形符号如图 1-4 所示。常态时，动断（常闭）触点闭合，动合（常开）触点断开。按下按钮，动断（常闭）触点断开，动合（常开）触点闭合；松开按钮，在复位弹簧作用下使触点复位。为避免误操作，常将按钮帽做成不同的颜色来区别，如以红色作为停止和急停、绿色作为起动和运行、黄色表示干预、黑色表示点动、蓝色表示复位；另外还有黄、白等颜色和一些形象化符号供不同场合使用。其形象化符号如图 1-5 所示。

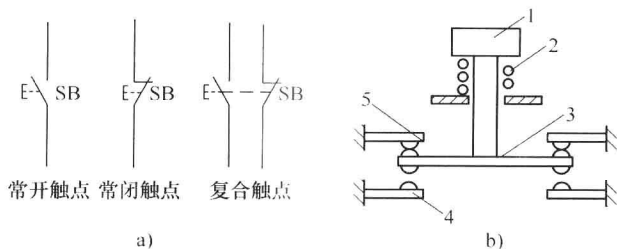


图 1-4 按钮的结构和图形符号

a) 按钮的结构 b) 按钮的图形符号

1—按钮帽 2—复位弹簧 3—桥式动触点

4—常开静触点 5—常闭静触点

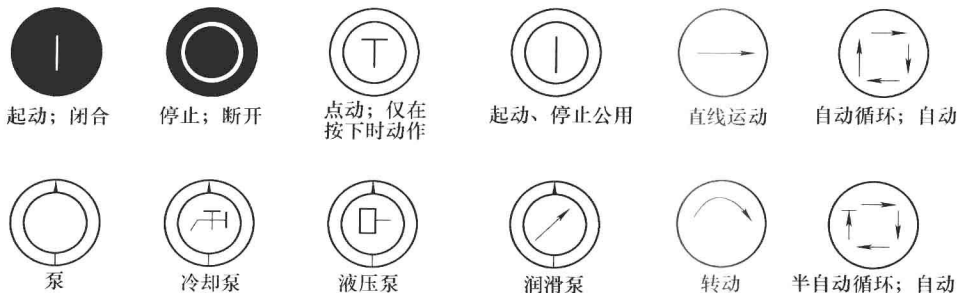


图 1-5 按钮的形象化符号

LA 系列部分按钮的外形图和触点系统如图 1-6 所示。

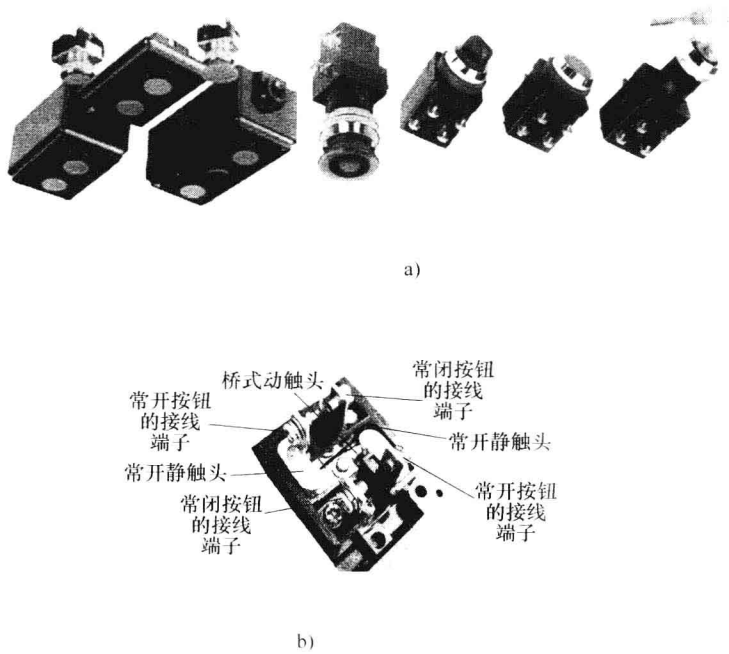


图 1-6 LA 系列部分按钮的外形图和触点系统
a) 按钮的外形图 b) 按钮的触点系统

按钮的选择使用时应从使用场合、所需触点数、触点型式及按钮帽的颜色等因素考虑。

2. 刀开关

刀开关（QS）俗名闸刀，是一种结构最简单且应用最广泛的手控低压电器，主要用于接通和切断长期工作设备的电源。广泛用在照明电路和小容量（5.5kW 以下）、不频繁起动的动力电路的控制电路中。刀开关的种类很多，根据通路的数量可分为单极、双极和三极。一般刀开关的额定电压不超过 500V。额定电流有 10A 到上千安培多种等级，有的刀开关附有熔断器。三极刀开关的结构如图 1-7 所示。

三极刀开关的图形符号如图 1-8 所示。

应用时主要根据电源种类、电压等级、工作电流、所需极数选择刀开关。

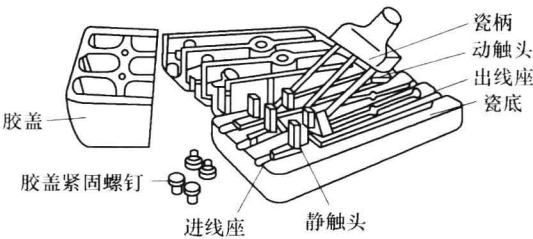


图 1-7 三极刀开关的结构图

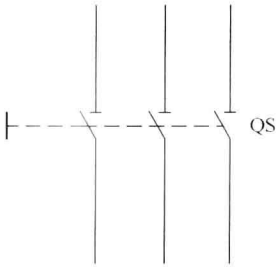


图 1-8 三极刀开关的图形符号

3. 行程开关

行程开关 [SQ (T)] 又称为限位开关。是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器，用于反映机构的运动方向或所在位置，可实现行程控制及极限位置的保护。行程开关分为有触点式和无触点式两种。有触点行程开关动作原理与按钮类似，动作时碰撞行程开关的顶杆。按结构可分为直动式、微动式和滚轮式三种。直动式结构简单，因其触点的分合速度取决于挡块的移动速度，当挡块的移动速度低于 0.4m/min 时，触点切断太慢，使电弧在触点上停留太长，易于烧蚀触点。此时可以选用有盘形弹簧机构能瞬时动作的滚轮式行程开关，其特点是通断时间不受挡块移动速度的影响，动作快；缺点是结构复杂，价格高。为克服直动式结构的问题，还可以选用有弯片状弹簧的微动式行程开关，这种行程开关更为灵巧、敏捷，缺点是不耐用。行程开关的结构与图形符号如图 1-9 所示。三种行程开关的结构特点如图 1-10 所示。

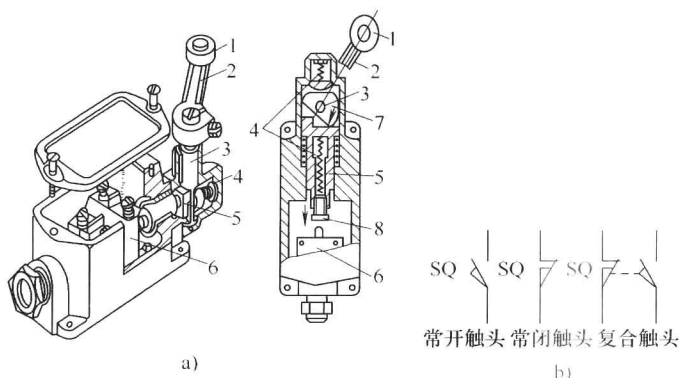


图 1-9 行程开关的结构与行程开关

a) 行程开关的结构 b) 行程开关

1—滚轮 2—杠杆 3—转轴 4—复位弹簧 5—撞块 6—微动开关
7—凸轮 8—调节螺钉

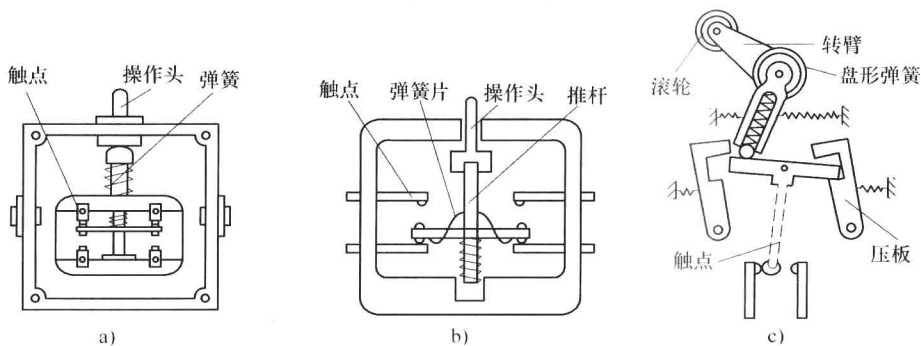


图 1-10 三种行程开关的结构特点

a) 直动式 b) 微动式 c) 滚轮式

LX 系列部分行程开关的外形图和触点系统如图 1-11 所示。

行程开关的选择主要应根据电源种类、电压等级、工作电流、现场使用环境条件等进行。