

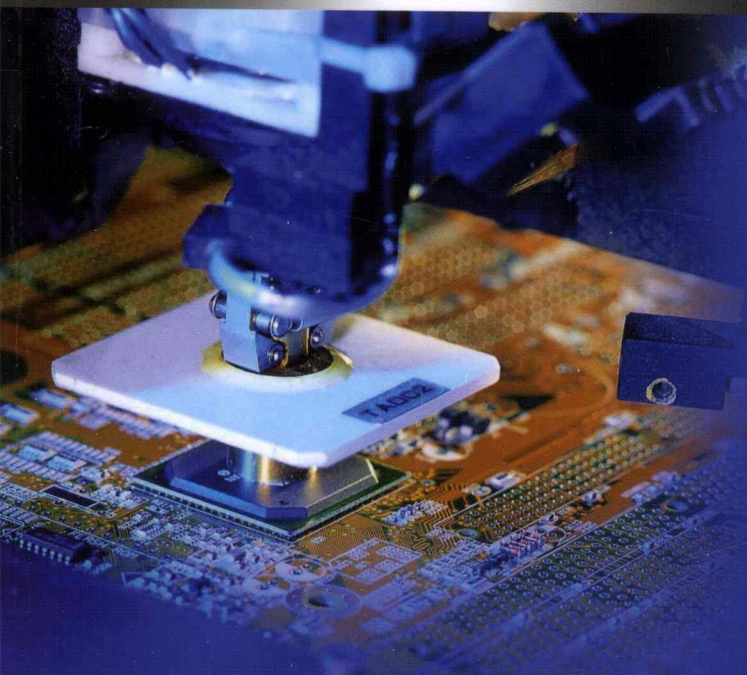


21世纪高职高专新概念规划教材

主 编 张明波

副主编 台 方 张子萍 耿红旗

可编程序控制器应用教程 (第二版)



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专新概念规划教材

可编程序控制器应用教程

（第二版）

主 编 张明波

副主编 台 方 张子萍 耿红旗



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在保持第一版编写风格的基础上,结合作者多年教学经验,并参考读者反馈信息,对各章节内容、结构等进行了修订、调整、完善和补充。全书共9章,主要内容包括:工厂电气控制初步、可编程序控制器概论、S7-200 可编程序控制器、基本指令、应用指令、编程软件、顺序控制梯形图的程序设计、应用设计等。

和第一版相比,本版中加大了 PLC 程序设计部分内容的比重,增加了 S7-200 系列 PLC 仿真程序的使用介绍,并提供了丰富的习题。

本书以培养实际能力为目的,并引用大量现行不同工业领域中的 PLC 控制系统实例或较大控制系统中精选的典型控制部分,有利于学生更好地了解工程实际,以便顺利走上工作岗位从事 PLC 及相关工业控制系统的维护和设计开发工作。实例在保持相对完整的前提下,力求短小精悍、分析透彻,便于学生理解且灵活掌握。

本书可作为高职高专电类、机电类各专业的教材,也可供有关技术人员参考。

本书提供电子教案及相关教学资源,读者可以从中国水利水电出版社网站或万水书苑上免费下载,网址:<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。使用本书的学校也可以与作者联系(zhang.mingbo@gc.ustb.edu.cn),索取更多相关教学资源。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器应用教程 / 张明波主编. — 2版
— 北京:中国水利水电出版社, 2009.10

21世纪高职高专新概念规划教材
ISBN 978-7-5084-6903-4

I. ①可… II. ①张… III. ①可编程序控制器—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190443号

策划编辑:雷顺加 责任编辑:张玉玲 加工编辑:陈欣 封面设计:李佳

书 名	21世纪高职高专新概念规划教材 可编程序控制器应用教程(第二版)
作 者	主 编 张明波 副主编 台 方 张子萍 耿红旗
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658(营销中心)、82562819(万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 17印张 420千字
版 次	2001年12月第1版 2009年10月第2版 2009年10月第10次印刷
印 数	26201—30200册
定 价	28.00元

21 世纪高职高专新概念规划教材 编委会名单

主任委员 刘 晓 柳菊兴

副主任委员 胡国铭 张栻勤 王前新 黄元山 柴 野
张建钢 陈志强 宋 红 汤鑫华 王国仪

委 员 (按姓氏笔划排序)

马洪娟	马新荣	尹朝庆	方 宁	方 鹏
毛芳烈	王 祥	王乃钊	王希辰	王国思
王明晶	王泽生	王绍卜	王春红	王路群
东小峰	台 方	叶永华	宁书林	田 原
田绍槐	申 会	石 焱	刘 猛	刘尔宁
刘慎熊	孙明魁	安志远	许学东	闫 菲
何 超	宋锦河	张 晞	张 慧	张弘强
张怀中	张晓辉	张浩军	张海春	张曙光
李 琦	李存斌	李作纬	李珍香	李家瑞
李晓桓	杨永生	杨庆德	杨名权	杨均青
汪振国	沈祥玖	肖晓丽	闵华清	陈 川
陈 炜	陈语林	陈道义	单永磊	周杨娣
周学毛	武铁敦	郑有想	侯怀昌	胡大鹏
胡国良	费名瑜	赵 敬	赵作斌	赵秀珍
赵海廷	唐伟奇	夏春华	徐 红	徐凯声
徐雅娜	殷均平	袁晓州	袁晓红	钱同惠
钱新恩	郭振民	曹季俊	梁建武	章元日
蒋金丹	蒋厚亮	覃晓康	谢兆鸿	韩春光
詹慧尊	雷运发	廖哲智	廖家平	管学理
蔡立军	黎能武	魏 雄		

项目总策划 雨 轩

编委会办公室 主 任 周金辉

副主任 孙春亮 杨庆川

参编学校名单

(按第一个字笔划排序)

三门峡职业技术学院	长沙交通学院
三联职业技术学院	长沙航空职业技术学院
山东大学	长春汽车工业高等专科学校
山东交通学院	内蒙古工业大学职业技术学院
山东建工学院	内蒙古民族高等专科学校
山东省电子工业学校	内蒙古警察职业学院
山东农业大学	兰州资源环境职业技术学院
山东省农业管理干部学院	北京对外经济贸易大学
山东省教育学院	北京科技大学职业技术学院
山东商业职业技术学院	北京科技大学成人教育学院
山西运城学院	北华航天工业学院
山西经济管理干部学院	四川托普职业技术学院
万博科技职业学院	包头轻工职业技术学院
广东技术师范学院天河学院	宁波城市职业技术学院
广东金融学院	石家庄学院
广东科贸职业学院	辽宁交通高等专科学校
广州市职工大学	辽宁经济职业技术学院
广州城市职业技术学院	安徽交通职业技术学院
广州铁路职业技术学院	安徽水利水电职业技术学院
广州康大职业技术学院	华中科技大学
中山火炬职业技术学院	华东交通大学
中华女子学院山东分院	华北电力大学
中国人民解放军第二炮兵学院	江汉大学
中国人民解放军军事经济学院	江西大宇职业技术学院
中国矿业大学	江西工业职业技术学院
中南大学	江西城市职业学院
天津职业技术师范学院	江西渝州电子工业学院
太原理工大学阳泉学院	江西服装职业技术学院
太原城市职业技术学院	江西赣西学院
长沙大学	西北大学软件职业技术学院
长沙民政职业技术学院	西安外事学院

西安欧亚学院
西安铁路职业技术学院
西安文理学院
扬州江海职业技术学院
杨陵职业技术学院
昆明冶金高等专科学校
武汉大学
武汉工业学院
武汉工程职业技术学院
武汉广播电视大学
武汉工程大学
武汉电力职业技术学院
武汉科技大学工贸学院
武汉科技大学外语外事职业学院
武汉软件职业学院
武汉商业服务学院
武汉铁路职业技术学院
河南济源职业技术学院
中南林业科技大学
中原工学院
南昌工程学院
南昌大学共青学院
哈尔滨金融专科学校
重庆正大软件职业技术学院
重庆工业职业技术学院
济南大学
济南交通高等专科学校
济南铁道职业技术学院
荆门职业技术学院
国家林业局管理干部学院
贵州无线电工业学校

贵州电子信息职业技术学院
浙江水利水电高等专科学校
浙江工业职业技术学院
浙江国际海运职业技术学院
恩施职业技术学院
黄冈职业技术学院
黄石理工学院
湖北工业大学
湖北交通职业技术学院
湖北汽车工业学院
湖北长江职业学院
湖北药检高等专科学校
湖北经济学院
湖北教育学院
湖北职业技术学院
湖北鄂州大学
湖北水利水电职业技术学院
湖南大学
湖南工业职业技术学院
湖南大众传媒职业技术学院
湖南工学院
湖南涉外经济学院
湖南郴州职业技术学院
湖南商学院
湖南税务高等专科学校
湖南信息科学职业学院
蓝天学院
福建林业职业技术学院
福建水利电力职业技术学院
黑龙江农业工程职业学院
黑龙江司法警官职业学院

序

根据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》)的精神,由中国水利水电出版社北京万水电子信息有限公司精心策划,聘请我国长期从事高职高专教学、有丰富教学经验的教师执笔,在充分汲取了高职高专和成人高等学校在探索培养技术应用性人才方面取得的成功经验和教学成果的基础上,撰写了这套《21 世纪高职高专新概念规划教材》。

为了编写本套教材,出版社进行了广泛的调研,走访了全国百余所具有代表性的高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育高等院校以及本科院校举办的二级职业技术学院,在广泛了解情况、探讨课程设置、研究课程体系的基础上,经过学校申报、征求意见、专家评选等方式,确定了本套书的主编,并成立了编委会。每本书的编委会聘请了多所学校主要学术带头人或主要从事该课程教学的骨干,教学大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论。

本套《21 世纪高职高专新概念规划教材》有如下特点:

(1) 面向 21 世纪人才培养的需求,结合高职高专学生的培养特点,具有鲜明的高职高专特色。本套教材的作者都是长期在第一线从事高职高专教育的骨干教师,对学生的基本情况、特点和认识规律等有深入的了解,在教学实践中积累了丰富的经验。因此可以说,每一本书都是教师们长期教学经验的总结。

(2) 以《基本要求》和《培养规格》为编写依据,内容全面,结构合理,文字简练,实用性强。在编写过程中,作者严格依据教育部提出的高职高专教育“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,加强了应用性和实际操作性的内容。

(3) 采用“问题(任务)驱动”的编写方式,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。本套书的编写思路与传统教材的编写思路不同:先提出问题,然后介绍解决问题的方法,最后归纳总结出一般规律或概念。我们把这个新的编写原则比喻成“一棵大树、问题驱动”的原则。即:一方面遵守先见(构建)“树”(每本书就是一棵大树),再见(构建)“枝”(书的每一章就是大树的一个分枝),最后见(构建)“叶”(每章中的若干小节及知识点)的编写原则;另一方面采用问题驱动方式,每一章都尽量用实际中的典型实例开头(提出问题、明确目标),然后逐渐展开(分析解决问题),在讲述实例的过程中将本章的知识点融入。这种精选实例,并将知识点融于实例中的编写方式,可读性、可操作性强,非常适合高职高专的学生阅读和使用。本书读者通过学习构建本书中的“树”,由“树”找“枝”,顺“枝”摸“叶”,最后达到构建自己所需要的“树”的目的。

(4) 部分教材配有实验指导和实训教程,便于学生练习提高。

(5) 部分教材配有动感电子教案。为顺应教育部提出的教材多元化、多媒体化发展的要

求,大部分教材都配有电子教案,以满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用PowerPoint制作,教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站www.waterpub.com.cn下载。

(6) 提供相关教材中所有程序的源代码,方便教师直接切换到系统环境中教学,提高教学效果。

总之,本套教材凝聚了数百名高职高专一线教师多年的教学经验和智慧,内容新颖,结构完整,概念清晰,深入浅出,通俗易懂,可读性、可操作性和实用性强。

本套教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校。

新世纪吹响了我国高职高专教育蓬勃发展的号角,新世纪对高职教育提出了新的要求,高职教育占据了全面素质教育中所不可缺少的地位,在我国高等教育事业中占有极其重要的位置,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着日趋显著的作用,是培养新世纪人才所不可缺少的力量。相信本套《21世纪高职高专新概念规划教材》的出版能为高职高专的教材建设和教学改革略尽绵薄之力,因为我们提供的不仅是一套教材,更是自始至终的教育支持,无论是学校、机构培训还是个人自学,都会从中得到极大的收获。

当然,本套教材肯定会有不足之处,恳请专家和读者批评指正。

21世纪高职高专新概念规划教材编委会

2001年3月

第二版前言

本书第一版于 2001 年出版,在第一版的使用过程中取得了不少经验,同时也发现了原书中的个别错误以及叙述不清楚的地方。因此在第一版编写风格的基础上,结合作者的教学经验,并参考读者的反馈信息,对各章节内容、结构等进行了修订、调整、完善和补充。

第二版的修订继续遵循理论紧密结合实际、理论以够用为度、着重加强实践环节的原则。第二版增加了 PLC 程序设计内容的比重,根据教学需要调整了部分章节结构,增删了部分章节内容。在本版中加入了 PLC 仿真程序使用的介绍,可以在暂不具备实验条件的情况下为 PLC 编程的学习提供帮助,同时增加了练习题的类型和数量,以方便读者自测和练习。

本书以培养实际能力为目的,引用大量现行不同工业领域中的 PLC 控制系统实例或较大控制系统中精选的典型控制部分,有利于学生更好地了解工程实际,以便顺利走上工作岗位从事 PLC 及相关工业控制系统的维护和设计开发工作。实例在保持相对完整的前提下,力求短小精悍、分析透彻,便于学生理解且灵活掌握。

本书由张明波任主编,台方、张子萍、耿红旗任副主编,主要编写人员分工如下:张明波编写第 7 章、第 9 章和附录,台方编写第 1~3 章,张子萍编写第 4、5 章,吕东艳编写第 6、8 章,耿红旗负责本书所有插图和程序的编写及调试工作。另外,参与本书部分编写工作的还有姜维斌、李晓莉、姜性宁、韩爱菁和张强等。

北京科技大学管庄校区信息工程系杨崇刚教授对本书提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。

本书在编写过程中参考了兄弟院校的有关教材及资料,在编写和出版过程中得到了雷顺加先生的大力支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促及编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

第一版前言

本书是依据教育部高职高专《可编程序控制器应用教学基本要求》编写而成。主要内容包括：继电器接触器控制系统、顺序控制及布尔代数、可编程序控制器概述、西门子可编程序控制器、PLC 程序设计及应用设计、PLC 在工业控制中的应用实例、通信及网络等。

本书题材新颖，叙述简练明确，由浅入深，通俗易懂，理论紧密结合实际，理论以够用为度，着重加强实践环节。本书以培养实际能力为目的，并引用大量现行不同工业领域中的 PLC 控制系统实例，或较大控制系统中精选的典型控制部分，有利于学生更好地了解工程实际，以便顺利走上工作岗位，从事 PLC 及相关工业控制系统维护和设计开发工作。实例在保持相对完整的前提下，力求短小精悍，分析透彻，便于学生理解且灵活掌握。本书习题安排合理。

本书是高等职业学校、高等专科学校的教材，供高职高专电类、机电类各专业学生使用，也可供有关技术人员参考。

本书为任课教师配有电子教案，此教案用 PowerPoint 制作，可以任意修改。选用本教材的教师可与北京万水电子信息有限公司联系，获取该电子教案。联系电话：010-68359168-331。

本书由台方主编，耿红旗、吕冬艳、黄遼中任副主编。各章编写分工如下：第二、三、八章由吕冬艳执笔编写；第四、五、六、七章由耿红旗执笔编写；绪论、第一章及附录等由台方执笔编写。参加本书大纲讨论及部分编写工作的教师还有郑海东、李井竹、王泽生、黄国祥、李雪早等。全书由台方统稿、定稿。

北京科技大学杨崇刚教授担任本书的主审，并对本书提出了许多宝贵意见，在此表示诚挚的感谢。另外，在编写过程中还参考了兄弟院校的有关教材及资料，在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 7 月

目 录

序

第二版前言

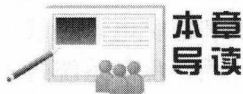
第一版前言

第1章 工厂电气控制初步	1	本章小结	40
1.1 工厂常用电器	1	习题2	41
1.1.1 工厂电器基本知识	1	第3章 S7-200 可编程序控制器	42
1.1.2 工厂常用电器	2	3.1 S 系列 PLC 发展概述	42
1.1.3 电气图形	9	3.2 S7-200 PLC 系统组成	43
1.2 基本控制电路	13	3.2.1 系统基本构成	43
1.2.1 直接起动控制电路	13	3.2.2 主机结构	44
1.2.2 降压起动	16	3.2.3 工作方式	49
1.2.3 电机的制动	17	3.2.4 特殊功能模块	49
1.2.4 电机的调速	19	3.2.5 输入输出扩展	51
1.2.5 顺序控制	20	3.2.6 CPU 的输入输出组态设置	54
1.3 数学辅助分析法	20	3.3 编程元件及程序知识	56
1.4 控制系统实例	23	3.3.1 数据类型	56
1.4.1 主轴和进给电动机的控制	23	3.3.2 编程元件介绍	57
1.4.2 快速移动	25	3.3.3 编程元件寻址	60
1.4.3 工作台或主轴箱与主轴机动进给联锁	26	3.3.4 指令系统和编程语言	64
本章小结	26	3.3.5 程序结构	68
习题1	26	3.4 相关设备	71
第2章 可编程序控制器概论	28	3.4.1 手编器	71
2.1 PLC 的发展、分类及应用	28	3.4.2 计算机	71
2.1.1 产生	28	3.4.3 人机界面	71
2.1.2 发展	29	3.5 工业软件	72
2.1.3 特点	30	3.5.1 应用和特点	72
2.1.4 分类	30	3.5.2 工业软件的类型	72
2.1.5 应用	31	本章小结	73
2.2 结构和工作原理	31	习题3	74
2.2.1 结构	31	第4章 基本指令	76
2.2.2 工作方式及特点	35	4.1 位操作类指令	76
2.3 技术性能指标	38	4.1.1 指令使用概述	76
2.4 编程语言	39	4.1.2 基本逻辑指令	80

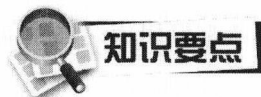
4.1.3 复杂逻辑指令	86	5.2.3 通信	147
4.1.4 定时器指令	90	5.2.4 高速计数器	147
4.1.5 计数器指令	93	5.2.5 高速脉冲输出	154
4.1.6 比较指令	97	5.2.6 PID 回路指令	162
4.2 运算指令	99	本章小结	166
4.2.1 加法	99	习题 5	167
4.2.2 减法	101	第 6 章 编程软件	170
4.2.3 乘法	102	6.1 编程软件安装	170
4.2.4 除法	104	6.1.1 系统要求	170
4.2.5 数学函数指令	105	6.1.2 软件安装	170
4.2.6 增减	107	6.1.3 硬件连接	171
4.2.7 逻辑运算	110	6.1.4 参数设置	171
4.3 其他数据处理指令	113	6.1.5 在线联系	172
4.3.1 传送类指令	113	6.1.6 设置修改 PLC 通信参数	172
4.3.2 移位指令	115	6.2 功能	172
4.3.3 字节交换指令	118	6.2.1 基本功能	172
4.3.4 填充指令	119	6.2.2 外观	173
4.4 表功能指令	119	6.2.3 各部分功能	173
4.4.1 表存数指令	119	6.2.4 系统组态	175
4.4.2 表取数指令	120	6.3 编程	178
4.4.3 表查指令	122	6.3.1 程序的打开和新建	178
4.5 转换指令	123	6.3.2 编辑程序	179
4.5.1 数据类型转换	123	6.4 调试及运行监控	184
4.5.2 编码和译码	125	6.4.1 选择扫描次数	184
4.5.3 七段码	126	6.4.2 状态图表监控	184
4.5.4 字符串转换	126	6.4.3 运行模式下编辑	185
本章小结	127	6.4.4 程序监视	185
习题 4	128	本章小结	187
第 5 章 应用指令	133	习题 6	188
5.1 程序控制类指令	133	第 7 章 顺序控制梯形图的程序设计	189
5.1.1 顺序控制继电器	133	7.1 经验设计法	189
5.1.2 结束及暂停	134	7.2 功能流程图法	193
5.1.3 看门狗	135	7.2.1 功能流程图概述	193
5.1.4 跳转	136	7.2.2 由功能流程图到梯形图程序	199
5.1.5 子程序指令	136	本章小结	206
5.1.6 程序循环	140	习题 7	206
5.2 特殊指令	141	第 8 章 应用设计	208
5.2.1 时钟指令	141	8.1 系统设计	208
5.2.2 中断	142	8.1.1 系统设计的原则	208

8.1.2 系统设计的步骤·····	209	9.3.2 网络指令·····	235
8.2 设计实例·····	212	9.3.3 应用实例·····	236
本章小结·····	218	9.4 自由口通信·····	238
习题 8·····	219	9.4.1 相关寄存器及标志·····	238
第 9 章 通信及网络 ·····	221	9.4.2 自由口指令·····	239
9.1 通信及网络概述·····	221	9.4.3 应用实例·····	240
9.1.1 通信方式·····	221	本章小结·····	242
9.1.2 网络概述·····	225	习题 9·····	242
9.1.3 S7-200 通信及网络·····	226	附录 1 错误代码和信息·····	245
9.2 通信实现·····	231	附录 2 特殊存储器标志位·····	248
9.2.1 确立通信方案·····	231	附录 3 PLC 仿真程序使用介绍·····	253
9.2.2 参数组态·····	231	参考文献·····	259
9.3 点对点网络通信·····	233	参考资料·····	259
9.3.1 控制寄存器和传送数据表·····	234		

第1章 工厂电气控制初步



本章简要介绍工厂常用电器的基本知识，如继电器、接触器、按钮开关等常规控制电器的动作执行特点和一些基本继电接触控制电路（如单向旋转控制电路、可逆转动控制电路、自动往返控制电路、电机的起动和制动控制电路等），介绍继电接触控制电路和逻辑函数之间的关系，同时以卧式镗床为例介绍继电接触控制系统的应用。本章内容是学习使用可编程控制器之前的必修内容。



- 工厂常用低压电器
- 基本控制电路
- 继电接触控制电路的数学辅助分析方法
- 继电接触控制系统实例

1.1 工厂常用电器

1.1.1 工厂电器基本知识

工厂电器种类繁多，应用面广。按适用的电压范围可以分为低压电器和高压电器。电压值的具体划分因各种不同的标准而不同，根据我国电工专业的划分范围，低压电器通常指在直流 1500V 以下或交流 1200V 以下的电路中起通断、控制、保护和调节作用的电气设备，也包括利用电能来控制、保护和调节非电过程和非电装置的用电设备；电压值超出这个范围的电器则通常称为高压电器。本章主要介绍工厂常用的低压电器。

1. 低压电器分类

低压电器的应用十分广泛，在大多数用电行业及人们的日常生活中，一般都使用低压设备完成电能的输送、分配、保护，以及设备的运行和控制。因此低压电器直接影响低压供电系统和控制系统的质量。

（1）按所控制的对象分类。

根据其控制的对象分为低压配电电器和低压控制电器。低压配电电器主要用于配电系统中，为工厂用电设备提供电能，此类电器一般要求工作可靠、有较强的动稳定性和热稳定性。动稳定性和热稳定性分别是指电器承受短路电流或冲击电流的电动力作用和热效应而不致损坏的能力，这类电器如刀开关和熔断器等。低压控制电器主要用于控制系统和用电设备

中，这类电器一般要求工作准确可靠、响应速度快且寿命长，如接触器、控制继电器、起动器、按钮等。

（2）按所起作用分类。

分为控制电器和保护电器。前者在系统中起通断、控制和调节作用，如刀开关、控制继电器、接触器、按钮等。随着电子技术和计算机技术的进步，近几年又出现了利用集成电路或电子元件构成的电器与 PLC 控制技术电子式电器、利用单片机构成的智能化电器，以及可以直接与现场总线连接的具有通信功能的电器。后者在系统中起保护作用，保障系统的安全运行，如熔断器、热继电器等。

（3）按动作性质分类。

分为自动控制电器和非自动控制电器。自动控制（自动）是指电器依靠自身参数或外来信号自动完成通断操作，如继电器和接触器等。非自动控制（手动）是指完全依靠手动来完成其通断操作，这类电器包括刀开关、控制按钮、组合开关等。

2. 结构

不同电器的结构有很大差别，但任何电器从功能上看都是由两个基本部分组成：感受部分和执行部分。

感受部分接受外来信号，经过判断或处理后，做出反应，使执行部分发生动作；执行部分则是用以完成控制任务的一个或多个部件。对于常见的有触点的电磁式电器，如接触器，电磁机构是感受部分，触头系统是执行部分。对于常见的手动电器，如刀开关，只有执行部分，感受部分的任务是由人来完成的。

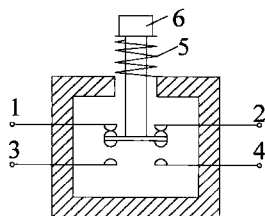
1.1.2 工厂常用电器

1. 手动控制电器

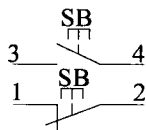
任何设备都需要操纵者给予一定的指令才能完成规定的控制，手动控制电器是自动控制设备中不可缺少的器件，常用的有按钮、刀开关、转换开关、行程开关等。

（1）按钮。

按钮是手动控制电器的一种，用来发出信号和接通或断开控制电路。图 1.1 所示是按钮的结构示意图和图文符号，1、2 是动断（常闭）触点，3、4 是动合（常开）触点，5 是复位弹簧，6 是按钮帽。



（a）结构示意图



（b）图文符号

图 1.1 按钮

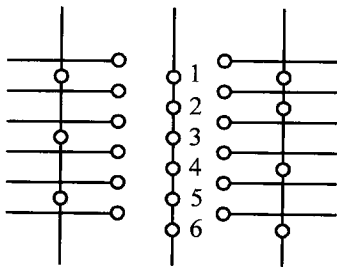
触点的数目和种类以及按钮的颜色应根据使用场合而定。例如停止按钮，为了醒目，以免误动作，一般用红色；还有一种紧急式按钮，按钮帽是红色蘑菇式的，比一般的掀钮式大

一些，在紧急情况下，能够很容易被看到并且按下，切断电路。

(2) 万能转换开关。

万能转换开关是由多组结构相同的开关元件叠装形成的，能够控制多个回路，使用方便，是一种常用的手动控制电器。

图 1.2 所示是 LW6 型万能转换开关的图形符号和触点合断表。图形符号中有 6 个回路，3 个挡位连线下有圆圈“○”的，表示这条电路是接通的。触点合断表中，用“×”表示被接通的电路，空格表示转换开关在该位置时此路是断开的。例如，这种型号的转换开关转至“Ⅱ”位置时，所有的电路全部被接通；转至“Ⅰ”位置时，只有 1、3、5 路接通；转至“Ⅲ”位置时，1、2、4、6 路接通。



(a) 图形符号

触点号	I	Ⅱ	Ⅲ
1	×	×	×
2		×	×
3	×	×	
4		×	×
5	×	×	
6		×	×

(b) 触点合断表

图 1.2 万能转换开关

2. 自动控制电器

自动控制电器是控制系统中的主要部件，包括接触器、继电器（中间继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器）等。

(1) 接触器。

接触器是一种用途极为广泛的自动控制电器，主要用于接通或切断交直流电动机的主电路或大容量控制电路，也经常用于控制其他电器，其主要控制对象是电动机，也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他设备。接触器可以频繁地操作，而且性能比较稳定。从不同的角度分类，接触器都有多种类型。例如，按触头控制电流的性质分，有交流接触器和直流接触器；按励磁方式分，有直流励磁接触器和交流励磁接触器；按触头系统驱动动力分，有电磁接触器、液压接触器和气动接触器等。

电磁接触器是最常用的一种接触器，下面以电磁接触器为例介绍接触器的结构和工作原理。

1) 电磁接触器的结构及工作原理。

电磁接触器是由电磁机构、触头系统、短路环、灭弧栅、支架、底座等部分组成。接触器是利用电磁吸力的原理工作的，主要由电磁机构和触头系统组成。电磁机构通常包括吸引线圈、铁芯和衔铁 3 部分。图 1.3 所示为接触器的结构示意图与图文符号，(a) 图中，1、2、3、4 是静触点，5、6 是动触点，7、8 是吸引线圈，9、10 分别是动、静铁芯，11 是弹簧；(b) 图中，1、2 之间是常闭触点，3、4 之间是常开触点，7、8 之间是线圈。

当吸引线圈通入电流后，产生磁场，电磁吸力将衔铁吸向铁芯，与衔铁连接在一起的触

头系统动作。同时，衔铁还受到与电磁吸力方向相反的反作用，弹簧的拉力。当电磁吸力大于弹簧拉力时，衔铁就能可靠地被铁芯吸住。

触点系统是接触器的执行机构，用以分断或闭合电路。图 1.3 (b) 所示为接触器的线圈与触点的符号，分为常开触点和常闭触点。常开触点是指当衔铁释放时处于断开状态，当衔铁吸合时触点闭合接通电路的触点；常闭触点是指当衔铁释放时处于闭合状态，当衔铁吸合时触头断开切断电路的触点。

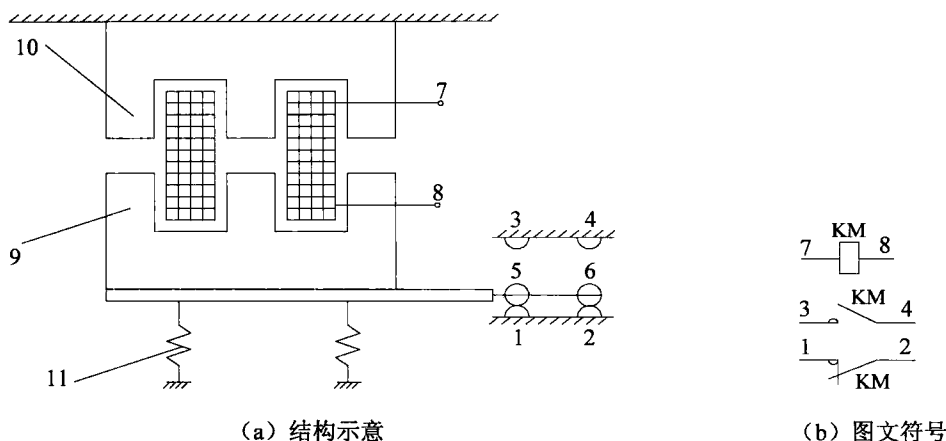


图 1.3 接触器

2) 电磁铁的特点。

根据吸引线圈通电电流的性质分类，电磁铁分为直流电磁铁和交流电磁铁。它们不仅工作性能不同，而且结构也不相同。直流电磁铁的工作性能受吸引线圈励磁电压的高低、衔铁行程的大小等因素的影响；结构上，由于直流电磁铁在稳定状态下通过恒定电流，所以磁通恒定，铁芯中没有因磁通交变而引起的磁滞损失与涡流损失，而只有线圈本身的铜损，所以直流电磁铁线圈做成没有骨架的细长形。交流电磁铁的吸力是周期性变化的，必然会在某一时刻电磁吸力小于弹簧拉力，这时衔铁被释放，而在某时刻电磁吸力大于弹簧拉力时，衔铁又被吸合，如此反复，衔铁将产生振动，这样，不仅对电器工作非常不利，而且有噪声，所以必须采取消振措施；结构上，由于铁芯中有磁滞损失和涡流损失，所以铁芯由硅钢片叠制而成，线圈形状是粗短形，而且有骨架，目的是将线圈与铁芯隔开，以免铁芯发热，热量传给线圈使其过热而烧坏。

通常采用短路环来解决交流电磁铁的振动问题。短路环的示意图如图 1.4 所示，其中 1 为短路环，2 为铁芯。短路环起到磁通分相的作用，把极面上的交变磁通分成两个交变磁通，并且使这两个磁通之间产生相位差，那么它们所产生的吸力间也有一个相位差，这样，两部分吸力就不会同时达到零值，当然合成后的吸力就不会有零值的时刻，如果使合成后的吸力在任一时刻都大于弹簧拉力，就消除了振动。

3) 灭弧。

触点工作的好坏直接影响整个电路的工作性能。在触头分断过程中，会在触点之间发生电弧，阻碍电路的切断并使触点受到损害，接触器多用于通断主电路，所以需要灭弧。

常用的灭弧方法有：拉长电弧、冷却电弧、将电弧分段。