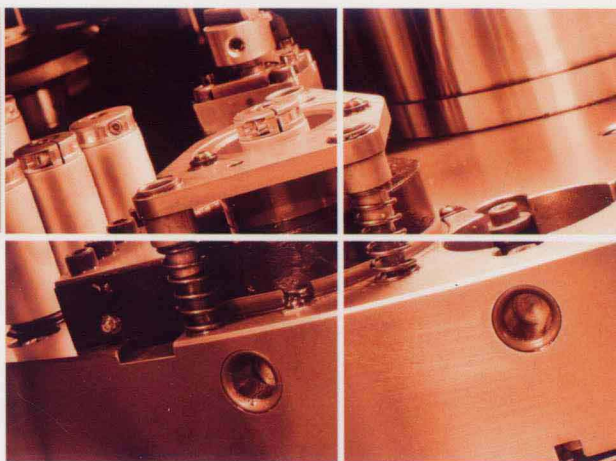


普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等教育机电类实用型规划教材



电气控制 技术基础

赵明光 刘明芹 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机电类实用型规划教材

电气控制技术基础

主 编	赵明光	刘明芹
副主编	张 贤	倪立学
参 编	王 玲	高 荣
主 审	侯志伟	



机械工业出版社

本书从工程应用基础和优化教学效果的角度出发,主要介绍了电气控制技术、控制系统设计、可编程控制器(PLC)的原理及应用。书中内容突出基础知识和基本应用。全书共七章,包括常用低压电器、电气控制电路的基本环节、典型机床电气控制电路分析、电气控制系统设计基础、可编程控制器的工作原理、FX_{2N}系列 PLC 的编程元件及基本指令、PLC 控制系统设计。每章后附有适量的习题,全书最后附有一份综合测试试卷。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化、机械电子工程、机电一体化等相近专业的教材,也可供电气控制领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术基础/赵明光,刘明芹主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-44710-8

I. ①电… II. ①赵… ②刘… III. ①电气控制—高等职业教育—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 266766 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:余 皞 责任编辑:余 皞 王 荣

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张 静 责任印制:张 楠

涿州市京南印刷厂印刷

2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 7.75 印张 · 186 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-44710-8

定价:18.80 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

普通高等教育机电类实用型规划教材

编 委 会

顾 问：黄鹤汀

主 任：舒小平

副主任：吴建华 周骥平 邓海平

委 员：乔 斌 左晓明 李纪明 唐国兴

赵占西 高成冲 郭兰中 周金宇

朱龙英 李 华 饶华球 韩继光

秘 书：刘小慧

序

长期以来,高等教育质量观集中表现为对不同类别、不同层次的学校采取同样的标准,对不同能力趋向、不同类型的学生采取同一规格的静态评价标准。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》明确要求:到2020年,我国的高等教育结构应更加合理,应建立高校分类体系,实行分类管理。要引导高校合理定位,克服同质化倾向,重点扩大技能型、应用型、复合型人才培养规模。普通高等学校完全学分制的教学改革,就是在这样的背景下应对科学技术的发展和人才需求结构变化,对于本科培养模式和新的教育教学框架的积极探索。

我国从2002年进入高等教育大众化阶段,多年来,专业规划与培养目标、人才培养模式与教学手段、教育教学体系和教学大纲、理论教学与实践教学的关系无不发生着根本的改变。但是教材建设仍然保持着传统高等教育的惯性,习惯于从学科的角度和专业的高度进行教材规划与建设,追求理论体系的详细与完整,体现出体系丰满、推导详尽、内容繁多的特点;出现了随着教学大纲中计划学时的减少、教材的内容却不能明显减少的背离现象;缺少对于不同培养目标的针对性,难以与高等教育改革同步;形成目前无论是研究型、应用型,还是实用型的教育模式,往往采用的都是研究型教材的局面。

在普通高等学校实行完全学分制的教学改革中,普通高等教育机电类实用型人才培养框架没有重复形式化、表面化的模式,打破机电类本科教育的“批量生产原则”,将素质教育作为贯穿于教育全过程的根本原则,规划出基础教育课程体系、专业核心课程体系和综合素质课程体系三级教学平台和完全学分制的必修与选修课程模块,形成以个人知识结构、文化价值观、理解和解决问题能力等方面为基础的相同专业方向不同素质能力的人才培养机制。力求改变高等教育培养的人才仅被教育体制鉴定为合格的现状,实现培养的人才具有适应社会与岗位需求变化的能力,使其被工作实践认定为合格。

“普通高等教育机电类实用型规划教材”是在江苏省一般工科院校机械专业教学指导委员会指导下,基于2009年江苏省高等教育教改立项研究课题“应用型本科院校完全学分制改革的全面探索与研究”,由扬州大学机械工程学院、淮海工学院机械工程学院、淮阴工学院机械工程学院等12所江苏省属高校机械类学院共同成立“普通高等教育机电类实用型规划教材”编委会所组织编写的。首批启动了10门隶属于专业核心平台课程的教材,准备第二批启动13门隶属于综合素质平台课程的教材,基本构成了针对机电类实用型人才培养的教材体系与完全学分制下同一专业不同方向的必修与选修课程网络,反映出以人的全面发展为目标的教育思想。

普通高等教育机电类实用型规划教材,强调多门学科交融,拓宽专业视野,注重课程体系的实践性、综合性及实用性。基于专业知识体系的分析,建立的由不同结构和功能模块组成的课程教学体系,使整个教育内容变得具有可分解、可操作和可组合性。一方面,不同层次的课程内容可以根据专业发展和学生的主体特性灵活配置;另一方面,整体结构

上不同模块之间的密切相关性也保证了专业素质培养的系统性,结合不同的实践环节与综合训练,突出培养学生在工作中知识更新能力与动手解决问题的能力。

在教材编写上,突破机电类本科教材体系全、起点高、期望大和内容宽的限制,遵循教育部《国家中长期教育改革和规划纲要》的精神,配合实用型机电类人才培养教育教学改革,从培养目标的角度,总结完全学分制教学体制改革的经验,结合机电类不同类型人才需求的比例和知识结构,重新整理规划了培养实用型机电类人才的基本知识框架。

教材力求简明实用,面向实际,突出应用性和适用性、易读易懂、便于自学的风格,有利于培养学生掌握基本理论和应用工程方法解决实际问题的能力。

删繁就简三秋树,领异标新二月花。冲破多少年来机电类高等教育和教材的传统是有压力的。这些压力会来自于从各个不同学科体系角度审视本科教育的惯性思维和希望把每一个接受本科教育者培养成为领域专家的精英式教育方式的延续。真诚地希望随着《国家中长期教育改革和规划纲要》的逐步实施,普通高等教育机电类实用型人才培养的完全学分制和与之配套的规划教材在高等教育教学改革中起到应有的作用。

“普通高等教育机电类实用型规划教材”编委会主任

舒小平

前 言

为了适应人才市场的需求,注重应用型工程技术人才的培养,高等工科院校不断实施新的教学计划。本书是为了机械设计制造及其自动化、机械电子工程、机电一体化等专业实施新的教学计划而编写的,选定的内容有常用低压电器、电气控制电路的基本环节、典型机床电气控制电路分析、电气控制系统设计基础、可编程序控制器的工作原理、FX_{2N}系列 PLC 的编程元器件及基本指令、PLC 控制系统设计。每章后附有习题。本书最后还附有电气图常用图形、文字符号新旧对照表和综合测试试卷等。

本书内容结合了专业特点,取材广泛,较好地处理了教学内容的深度和广度,体现了基础性、灵活性和实用性。在深入浅出地阐述了机床电气控制技术的有关基础知识的同时,注意了理论联系实际,注重了培养应用型的工程技术人才。在低压电器章节中,突出了电气元器件的工作原理、在电路中的应用和使用注意事项。在控制电路基本环节章节中,较全面地分析、介绍了各种典型环节电路。在机床电气控制章节中,分析了三种机床的电气控制电路。在电气控制系统设计中,对机床电气控制系统,从设计原则到设计方案的确定,电器的选择、安装与调试等过程都作了详细的阐述,分别以电动机、液压系统、指示灯为控制对象,举例说明了采用继电器—接触器控制系统设计的全过程。在可编程序控制器的原理与应用中,以当今最具特色、最具代表性的三菱 FX_{2N}系列超小型可编程序控制器为目标机型,介绍了可编程序控制器的组成、工作原理、编程元件、基本编程指令;并举例介绍了 PLC 在电动机、液压系统、指示灯控制系统中的应用。

本书由淮海工学院赵明光、刘明芹主编,张贤、倪立学担任副主编,淮阴工学院的王玲和高荣参加了编写。其中,赵明光编写了前言和第四章;刘明芹编写了第六章和第七章;王玲编写了第一章;张贤编写了第二章;高荣编写了第三章;倪立学编写了第五章。全书由赵明光统稿。淮阴工学院的侯志伟担任本书的主审,对书稿提出了许多中肯的建议和具有建设性的意见。

本书为普通高等院校机械类专业教学用书,也可作为非工业电气化或自动化专业(如电机电器、电子技术应用、计算机等)相关课程的教学用书。

由于编者的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请各位读者批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
绪论	1
一、机床电力拖动的基本概念及发展概况	1
二、机床电气控制技术的发展概况	2
第一章 常用低压电器	3
第一节 低压电器的基本知识	3
一、低压电器的分类	3
二、低压电器的主要技术参数	4
三、低压电器的结构	4
第二节 低压开关及低压断路器	6
一、低压开关	6
二、低压断路器	7
第三节 熔断器	8
一、熔断器的结构类型	8
二、熔断器的主要参数	8
第四节 主令电器	10
一、控制按钮	10
二、行程开关	11
三、万能转换开关	12
第五节 接触器	13
一、结构和工作原理	13
二、型号及技术参数	14
三、接触器的应用实例	15
四、直流接触器	15
第六节 继电器	16
一、电磁式继电器	16
二、时间继电器	19
三、热继电器	20
四、速度继电器	21
习题	22
第二章 电气控制电路的基本环节	23
第一节 电气制图及电路图分类	23
一、图形符号和文字符号	23
二、电气原理图	23
三、电气元器件布置图	24
四、安装接线图	24
第二节 交流电动机的基本控制电路	25
一、单向直接起动控制电路	25
二、电动机的点动控制电路	26
三、电动机正、反转控制电路	27
四、电动机顺序控制电路	29
五、多地控制电路	31
第三节 交流电动机减压起动控制电路	31
一、Y— Δ 减压起动控制电路	31
二、定子串联电阻减压起动控制电路	32
三、自耦变压器减压起动控制电路	33
第四节 交流电动机的制动控制电路	33
一、反接制动控制电路	33
二、能耗制动控制电路	34
第五节 笼型多速异步电动机控制电路	36
一、双速异步电动机定子绕组的联结	36
二、双速电动机高、低速控制电路	36
第六节 信号灯控制电路	37
第七节 电液控制	38
第八节 电动机的保护	39
一、短路保护	39
二、过载保护	40
三、过电流保护	40
四、零电压与欠电压保护	40
五、弱磁保护	41
习题	41
第三章 典型机床电气控制电路分析	43
第一节 CA6140 型卧式车床的电气控制电路	43
一、总体情况简介	43
二、主电路与控制电路分析	44
第二节 C650 型卧式车床的电气控制电路	46
一、总体情况简介	46
二、主电路与控制电路分析	46
第三节 X6132W 型万能升降台铣床的电气控制电路	49
一、总体情况简介	49
二、电气原理分析	49

习题	54
第四章 电气控制系统设计基础	55
第一节 电气控制系统设计的基本 原则和内容	55
第二节 电气控制电路原理图的设计方法	56
第三节 常用电气元器件的选择	60
一、按钮、开关类电器的选择	61
二、熔断器的选择	61
三、交流接触器的选择	62
四、继电器的选择	62
第四节 电气控制电路原理图的设计举例	63
一、电动机控制	63
二、电液控制	64
三、指示灯控制	65
习题	66
第五章 可程序控制器的工作原理	67
第一节 概述	67
一、PLC 的定义	67
二、PLC 的分类	67
三、世界知名 PLC 品牌	68
第二节 PLC 的基本结构及 工作原理	70
一、PLC 的基本结构	70
二、PLC 的工作原理	74
三、PLC 控制与继电器控制的区别	75
第三节 PLC 的技术指标、 特点及应用	76
一、PLC 的基本技术指标	76
二、PLC 的特点	77
三、PLC 的应用领域	78
习题	78

第六章 FX_{2N} 系列 PLC 的编程元件及 基本指令	79
第一节 FX _{2N} 系列 PLC 的编程元件	79
一、PLC 编程元件的类型及用途	79
二、FX _{2N} 系列 PLC 型号表示方法及 编程软元件	82
三、应用程序的编程语言	83
四、PLC 的指令系统	84
第二节 基本指令及分类功能	85
一、触点类指令	85
二、线圈输出类指令	88
三、其他基本指令	90
第三节 步进顺控指令	90
习题	92
第七章 PLC 控制系统的设计	94
第一节 PLC 控制系统设计的步骤及内容	94
第二节 PLC 控制系统开发中硬件资源 分配及接线	95
一、硬件资源分配	95
二、PLC 的端口接线	95
第三节 PLC 应用实例	98
一、常用电气电路的 PLC 控制	98
二、PLC 对液压系统的控制	102
三、PLC 对指示灯的控制	103
习题	105
附录	107
附录 A 电气图常用图形、文字符号新旧 对照表	107
附录 B 综合测试试卷	110
参考文献	113

绪 论

一、机床电力拖动的基本概念及发展概况

各工业生产部门的生产机械设备，基本上都是通过金属切削机床加工生产出来的，因此机床是机械制造业中的主要加工设备。机床的质量、数量及自动化水平，都直接影响到整个机械工业的发展。机床工业发展的水平是一个国家工业水平的重要标志。

生产机械一般由三个基本部分组成，即工作机构、传动机构及原动机。当原动机为电动机时，也就是说，由电动机通过传动机构带动工作机构进行工作时，这种拖动方式就称为电力拖动。

一般地说，电力拖动系统包括将电能转换成机械能，使机器动作的电动机、电气控制装置，以及电动机和机床运动部件相互联系的传动机构。人们总是把电动机以及与电动机有关的传动机构合并在一起视为电力拖动部分；把满足加工工艺要求，使电动机起动、制动、反向、调速等电气控制和电气操纵部分视为电气控制部分，或为电气自动控制装置。

机床电气自动控制采用各种控制元件、自动装置，对机床进行自动操纵、自动调节转速，按给定程序或自动适应多种条件的随机变化来达到最优的加工方案，以及实现工作循环自动化等。由于数控技术的发展，电子计算机的应用使机床电气自动控制发展到一个新的水平。

机床的拖动装置发展迅速，20 世纪初由于电动机的出现，使机床的动力得到了根本的改变。最初是由电动机直接代替蒸汽机，即由一台电动机拖动一组机床，称之为成组拖动。成组拖动是通过中间机构（天轴）实现能量分配与传递的，机构复杂，传递路径长，损耗大，生产灵活性也小，不适于现代化生产的需要。20 世纪 20 年代，出现了单独拖动形式，即由一台电动机拖动一台机床。由于生产发展的需要，机床在结构上有所改变，床身也增大了，尤其对动作要求相应地增多。这样各种辅助运动若也用同一台电动机拖动，其机械传动机构就变得十分复杂，而且还往往满足不了生产工艺上的要求，因此出现多台电动机分别拖动各运动机构的多电动机拖动方式。多电动机拖动被采用后，不但简化了机床本身的机械结构，提高了传动效率，而且使机床各运动部分能够选择最合理的运动速度，缩短了工时，也便于分别控制，促进了机床的自动化。

在电力拖动的发展史上，交流拖动、直流拖动两种方式是相辅相成交替发展的。由于直流调速性能好，调速范围可相应地扩大，调速精度高，因此在调速指标要求高的场合下，都广泛地采用了直流拖动系统。在 20 世纪 30 年代出现了直流发电机—电动机组的调速系统，以及通过电动机放大机等元器件实现控制的自动直流调速系统。由于晶闸管大功率整流器件的出现，以及变流技术的发展，晶闸管—电动机直流调速系统在机床中已广泛地被应用，在 20 世纪中期以前一直是如此。但是直流电动机不如交流电动机那样结构简单，制造和维护都不方便，价格较昂贵，单机容量、电压等级、转速指标也不如交流电动机高。又由于新型电子器件的出现，促使交流调速的迅速发展。近几十年来发达工业国家已从直流系统向交流

系统转移,在某些国家,交流调速系统的研究已突破关键技术问题,进入了应用及系列化的新时期。交流调速技术在我国的应用,必将促使机床电力拖动及其控制的发展。

二、机床电气控制技术的发展概况

大功率半导体器件、大规模集成电路、计算机控制技术、检测技术及现代控制理论的发展,推动了机床电气控制技术的发展。主要表现为:在控制方法上,从手动操纵发展到自动控制;在控制功能上,从单一功能发展到多功能;在操作上,从紧张、繁重发展到轻巧自如。

在机床电气控制方面,最初采用手动控制,如少数容量小、动作单一的机床(小型台钻、砂轮机),使用手动操纵电器直接控制。后来由于切削工具、机床结构的改进,切削功率的增大,机床运动的增多,手动控制已不能满足要求,于是出现了以继电器—接触器为主的控制电器所组成的控制装置和控制系统;这种控制系统,可实现对机床的各种运动的控制,如起停、反转、变速等。它们的控制方法简单直接、工作稳定可靠、成本低,使机床自动化迈进了一大步。

随着生产的发展,机床对加工精度、生产效率提出更高的要求。继电器—接触器系统的断续控制方式不能连续、准确地反映信号,很难达到精度的要求。后来又出现了各种可连续控制的控制器件,如电动机放大机、电子管及半导体放大器件,这样就相应地出现了连续控制的自动控制方式及自动控制系统,如电动机放大机控制系统、晶闸管控制系统等。

另一方面,由于继电器、接触器控制装置接线固定、使用的单一性,难以适应复杂和程序可变的控制对象的需要,所以20世纪60年代初就出现了顺序控制器。它的初期是以继电器或触发器作为记忆元件的控制器,即通过编码、逻辑组合来改变程序,满足不同加工程序的需要。这样就使机床控制系统具有更大的灵活性和通用性。它的特点是:通用性强、程序可变、编程容易、可靠性高、使用维护方便等。它被较广泛地应用于机械手、组合机床及生产自动线上,大大提高了机床自动化水平。

近年来,可编程序控制器在工业过程自动化系统中应用日益广泛。可编程序控制器技术是以硬接线的继电器、接触器控制为基础的,逐步发展为既有逻辑控制、计时、计数,又有运算、数据处理、模拟量调节、联网通信等功能的控制装置。它可通过数字式或者模拟式的输入和输出满足各种类型机械控制的需要。可编程序控制器及有关外部设备,都按既易于与工业控制系统联成整体,又易于扩充其功能的原则设计。可编程序控制器将成为生产机械设

备中开关量控制的主要电气控制装置。

机床电气自动控制课程,就是研究解决机床电气控制有关问题,阐述机床电气控制原理、实际机床控制电路、机床电气控制电路的设计方法和常用电气元器件的选择,以及可编程序控制器等。本书只涉及最基本、最典型的控制电路及控制实例。电气自动控制是各类机床的重要组成部分,因此对机械制造专业及机床设计人员来说应该掌握机床电气控制基本原理和方法。

第一章 常用低压电器

第一节 低压电器的基本知识

低压电器通常指工作在交流 1200V 以下、直流 1500V 以下电路中的电器。常用的低压电器主要有接触器、继电器、刀开关、断路器、转换开关、行程开关、按钮和熔断器等。

一、低压电器的分类

低压电器种类繁多，功能多样，构造各异，用途广泛。低压电器通常有如下分类。

1. 按用途分

(1) 低压配电电器 主要应用于低压配电系统中，要求系统发生故障时动作准确、工作可靠，在规定的条件下具有相应的动稳定性与热稳定性，使电器不会被损坏，如刀开关、转换开关、熔断器、断路器等。

(2) 低压控制电器 主要用于电气传动系统中，要求寿命长、体积小、重量轻且动作迅速、准确、可靠，如接触器、继电器等。

(3) 低压主令电器 主要用于发送控制指令的电器，如按钮、主令开关、行程开关等。

(4) 低压保护电器 主要用于对电路及用电设备进行保护的电器，如熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器等。

(5) 低压执行电器 主要用于完成某种动作或传送功能的电器，如电磁铁、电磁离合器等。

(6) 可通信电器 带有计算机接口和通信接口，可与计算机网络连接的电器，如智能化断路器、智能化接触器及电动机控制器等。

2. 按动作方式分

(1) 自动切换电器 可以依靠自身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作，如接触器、继电器等。

(2) 非自动切换电器 主要是用外力（如人力）直接操作来进行切换的电器，如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按执行功能分

(1) 有触点电器 有可分离的动触点、静触点，并利用触点的接通和分断来切换电路，如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器 无可分离的触点，主要利用电子元器件的开关效应，即导通和截止，来实现电路的通、断控制，如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器等。

4. 按工作原理分

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理来动作的电器，如交流、直流接触器，各种电磁

式继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器 依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

二、低压电器的主要技术参数

1. 额定电压

(1) 额定工作电压 规定条件下,保证电器正常工作的电压值。

(2) 额定绝缘电压 规定条件下,用来度量电器及其部件的绝缘强度、电气间隙和漏电极距离的标称电压值。除非另有规定,一般为电器最大额定工作电压。

(3) 额定脉冲耐受电压 反映电器当其所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。

2. 额定电流

(1) 额定工作电流 在规定条件下,保证开关电器正常工作的电流值。

(2) 约定发热电流 在规定条件下试验时,电器处于非封闭状态下,开关电器在八小时工作制下,各部件温升不超过极限值时所能承载的最大电流。

(3) 约定封闭发热电流 电器处于封闭状态下,在所规定的最小外壳内,开关电器在八小时工作制下,各部件的温升不超过极限值时所承载的最大电流。

(4) 额定持续电流 在规定的条件下,开关电器在长期工作制下,各部件的温升不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。

3. 操作频率与通电持续率

开关电器每小时可能实现的最高操作循环次数称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时的有载时间与工作周期之比,通常以百分数表示。

4. 机械寿命和电寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数,称为机械寿命。在正常工作条件下,机械开关电器无需修理或更换零件的负载操作次数称为电寿命。对于有触点的电器,其触点在工作中除机械磨损外,尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而,电器的电寿命一般小于其机械寿命。设计电器时,要求其电寿命为机械寿命的 20% ~ 50%。

三、低压电器的结构

1. 触点

触点又称为触头,是用来接通或断开被控制电路的,因此要求触点有良好的接触性能。触点工作一定时间后,会在表面生成一层氧化膜影响其导电性能,因此一般通电流不大的电器(如接触器、继电器等)常采用银质材料作触点,这是因为银的氧化膜电阻率低,可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种,如图 1-1 所示。点接触适用于电流不大、触点压力小的场合;面接触适用于大电流的场合;线接触适用于接电次数多,电流大的场合。

触点的结构形式有桥式和指式两类，如图 1-2 所示。桥式触点有点接触和面接触两种；指式触点一般是线接触，其优点是接通或分断时产生滚动摩擦，能去掉触点表面的氧化膜。

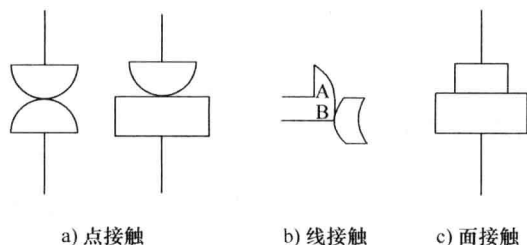


图 1-1 触点的接触形式

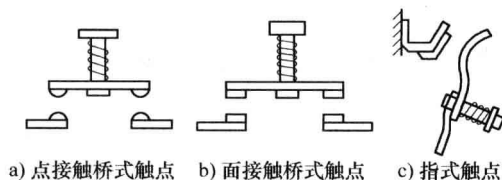


图 1-2 触点的结构形式

触点按其原始状态可分为常开（动合）触点和常闭（动断）触点，如图 1-3 所示。原始状态，对于电磁式电器（如接触器、继电器等）是指线圈未通电时的状态；对于非自动电器（如按钮、行程开关等）是指没有受到外力时的状态。原始状态时断开，线圈通电或受到外力作用后闭合的触点叫常开触点；原始状态时闭合，线圈通电或受到外力作用后断开的触点叫常闭触点。线圈断电后所有触点复位，即回复到原始状态。

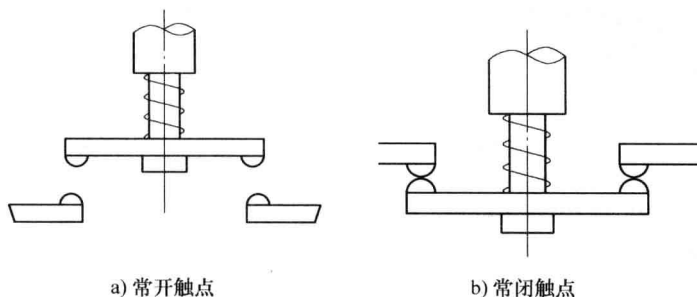


图 1-3 触点的原始状态

2. 灭弧装置

某些控制较大电流电路的电器需设有灭弧装置，以防止高温烧损触点金属表面，降低电器寿命。电弧实际上是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象。在自然环境中开断电路时，如果被开断电路的电流（电压）超过某一数值时（根据触点材料不同，其值约在 0.25 ~ 1A，12 ~ 20V 之间），在动、静触点脱离接触时，强电场使触点间隙中的气体游离，产生大量的电子和离子，并作定向运动，形成电弧。

电弧的高温能将触点烧损，并可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧，常采用灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置。

3. 操作机构

操作机构用来控制触点的动作，一般由传动机构、定位机构及储能弹簧组成。

第二节 低压开关及低压断路器

一、低压开关

低压开关是低压电器中结构比较简单、应用较广的一类手动电器，主要有刀开关、组合开关、隔离器、隔离开关、熔断器等。下面主要介绍刀开关和组合开关的功能和应用。

1. 刀开关

刀开关在低压电器中，作为不频繁接通和分断电路用，或用来将电路与电源隔离。以下以 HK2 系列刀开关为例对刀开关进行说明。

HK2 系列瓷底胶盖刀开关的结构如图 1-4 所示。

HK2 系列瓷底胶盖刀开关可用做电路的隔离开关、小容量电路的电源开关和小容量电动机非频繁起动的操作开关。开关由熔丝、触刀、触点座、操作手柄和底座组成。在使用时，进线座接电源端导线，出线座接负载端导线，靠触刀与触点座的分合来接通和分断电路。刀开关的图形、文字符号如图 1-5 所示。

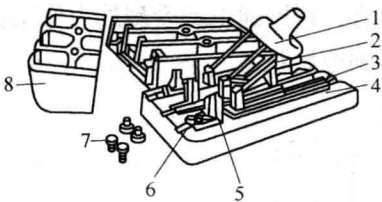


图 1-4 HK2 系列瓷底胶盖刀开关的结构

- 1—瓷柄 2—动触点 3—出线座
- 4—瓷底座 5—静触点 6—进线座
- 7—胶盖紧固螺钉 8—胶盖

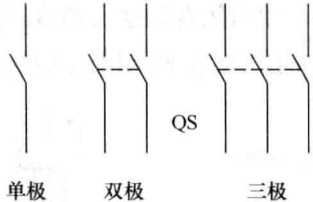


图 1-5 刀开关的图形及文字符号

刀开关安装时，手柄要向上，不得倒装或平装。倒装时手柄有可能因自重下滑而引起误合闸，造成人身安全事故。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在熔丝下端。这样拉闸后刀开关与电源隔离，便于更换熔丝。

HK2 系列刀开关的技术数据见表 1-1。

表 1-1 HK2 系列刀开关的技术数据

型号	额定电流/A	极数	额定电压/V	可控制电动机 最大容量/kW	熔丝规格
					熔体线径/mm
HK2	10	2	250	1.1	0.25
	15	2	250	1.5	0.41
	30	2	250	2.0	0.56
	15	3	500	3.2	0.45
	30	3	500	4.0	0.71
	60	3	500	5.0	1.12

HR 系列熔断器式刀开关应用也较广泛，常作为电动机的保护和电源开关、隔离开关及应急开关。常用的型号有 HR5、HR11 系列，HR5 系列熔断器式刀开关可与国外同类产品替

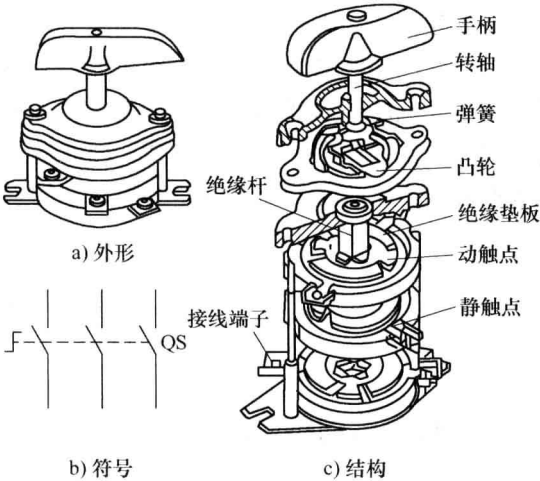
换。HR5 系列的熔断器带有撞击器时，任一极熔体熔断后，撞击弹出，通过横杆触动装在底板的微动开关发出信号或切断接触器的控制回路，以实现断相保护。HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术参数

型号	约定发热电流/A	配用熔体电流/A	额定工作 电压/V	额定绝缘 电压/V
		熔断器型号：RTO		
HR5	100	4 ~ 160	380	660
	200	80 ~ 250		
	400	125 ~ 400	660	
	630	315 ~ 630		

2. 组合开关

组合开关又称转换开关，是一种结构更为紧凑的手动电器。它是由装在同一根转轴上的多个单极旋转开关叠装在一起组成的。当转动手柄时，每一动触片即插入相应的静触片中，使电路接通。它可用做电源引入开关，也可用做 5.5kW 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。图 1-6 为组合开关的外形、结构及图形和文字符号。



二、低压断路器

低压断路器过去称自动开关、空气开关，现为了和 IEC 标准一致，改为此名。低压断路器可用来分配电能，不频繁地转换及启动电动机，对线路、电源设备及电动机等实行保护，可具有过载、短路、欠电压等保护功能。

1. 低压断路器的结构及工作原理

低压断路器的结构如图 1-7 所示。低压断路器在使用时，电源线接图中的 A、B、C 端，负载线接触点端。手动合闸后，动、静触点闭合，脱扣连杆 9 被锁扣 7 的锁钩钩住，它又将合闸连杆 5 钩住，将触点保持在闭合状态，发热元件 14 与主电路串联，有电流流过时发出热量，使热脱扣器 6 的下端向左弯曲，发生过载时热脱扣器 6 弯曲到将脱扣锁钩推离脱扣连杆 9，从而松开合闸连杆，动、静触点受脱扣弹簧 3 的作用而迅速分开。电磁脱扣器 8 有一个匝数很少的线圈与主电路串联，发生短路时，它使

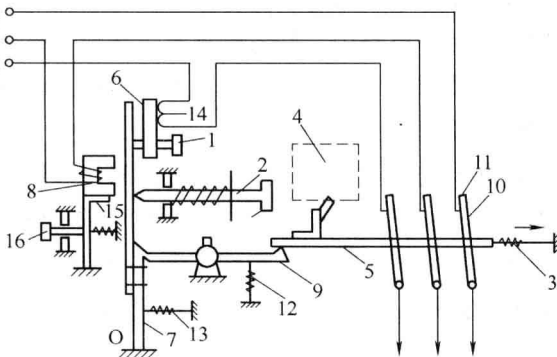


图 1-7 低压断路器的结构原理图

- 1—热脱扣器的整定按钮 2—手动脱扣按钮 3—脱扣弹簧
- 4—手动合闸机构 5—合闸连杆 6—热脱扣器 7—锁扣
- 8—电磁脱扣器 9—脱扣连杆 10、11—动、静触点
- 12、13—弹簧 14—发热元件 15—电磁脱扣弹簧
- 16—调节按钮

铁心脱扣器上部的吸力大于弹簧的反力,脱扣锁钩向左转动,最后也使触点断开。同时电磁脱扣器兼有欠电压保护功能。这样断路器在电路发生过载、短路和欠电压时,能起到保护作用。如果要求手动脱扣时,按下按钮 2 就可使触点断开。脱扣器的脱扣量值都可以进行整定,只要改变热脱扣器所需要的弯曲程度和电磁脱扣器铁心机构的气隙大小就可以了。当低压断路器由于过载而断开后,应等待 2~3min 才能重新合闸,以使热脱扣器回复原位。

2. 低压断路器的类型及其特点

低压断路器按结构和用途分为塑料外壳式(即装置式)、框架式(即万能式)、限流式、漏电和快速断路器。低压断路器按用途可分为配电用断路器、电动机保护用断路器、照明用微型断路器、剩余电流保护用断路器等。

低压断路器的图形及文字符号如图 1-8 所示。

对于低压断路器来说,只要造成短路都会使开关跳闸,将三相同时切断。低压断路器还有其他自动保护作用,所以性能优越。但它结构复杂、操作频率低、价格高,因此适用于要求较高的场合。在短路电流过大时,熔断器熔断时间要比断路器断开电路时间短,特别是对于只有一相熔断时可使用带单相断开保护的开关,解决短路保护问题。

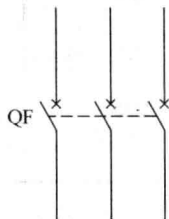


图 1-8 低压断路器的图形及文字符号

第三节 熔 断 器

一、熔断器的结构类型

熔断器由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。在电路中用做短路保护。其中熔体是主要部分,它既是感测元件又是执行元件,熔体是由低熔点的金属材料(如铅、锡、锌、铜、银及其合金等)制成丝状、带状、片状等;熔管的作用是安装熔体和熔体熔断时熄灭电弧,一般由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维材料制成。熔断器的熔体串接于被保护电路中,当电路正常工作时,熔体通过的电流不会使其熔断,当电路发生短路或严重过载故障时,熔体中通过很大电流,使其发热,当达到熔化温度时熔体自行熔断,切断故障电路,起到保护作用。

熔断器的种类很多,按结构来分有半封闭瓷插式、螺旋式、无填料密封管式和有填料密封管式等,它们的外形如图 1-9~图 1-12 所示。按用途来分有一般工业用熔断器、半导体器件保护用快速熔断器和特殊熔断器(如具有两段保护特性的快慢动作熔断器、自复式熔断器)。熔断器的图形和文字符号如图 1-13 所示。

二、熔断器的主要参数

(1) 额定电压 指熔断器长期工作和分断后能够承受的电压,其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

(2) 额定电流 指熔断器长期工作时,设备部件温升不超过规定值时所能承受的电流。厂商为了减少熔断管额定电流的规格,熔断器的额定电流等级比较少,而熔体的额定电流等