



21世纪 高等职业教育通用教材

电气控制与 PLC应用技术

● 主编 丁向荣 林知秋

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育通用教材

电气控制与 PLC 应用技术

主 编 丁向荣 林知秋

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是为了适应高职院校深化教学改革,加强课程建设的实际要求而编写的。它涵盖了“电气控制技术”和“可编程控制器应用技术”两门课程的主要内容,特色鲜明。

本书介绍了以低压电器、典型控制线路、常用生产机械设备的电气控制线路为主要内容的电气控制技术;以松下电工公司的 FP1-C24 型 PLC 为教学机型,系统地阐述了 FP1 系列可编程控制器的硬件系统配置、指令系统与应用技术。此外,对松下电工的 FP0,FP Σ 系列及 OMRON 公司、西门子公司、三菱公司近期推出的小型 PLC 产品作了简单介绍。

本书为高职高专及成人教育机电类、电子电气类、自动化等专业的教学用书,也可作为电气、自动化工程人员的参考与自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子控制与 PLC 应用技术 / 丁向荣,林知秋主编.上海:上海
交通大学出版社,2005

21 世纪高等职业教育通用教材

ISBN 7-313-04101-2

I. 电... II. ①丁... ②林... III. ①电气设备-自动控制-高等
学校: 技术学校-教材②可编程控制器-程序设计-高等学
校: 技术学校-教材

IV. TM762②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 083548 号

电气控制与 PLC 应用技术

丁向荣 林知秋 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

太仓市印刷厂有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:20.75 字数:507 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3 050

ISBN 7-313-04101-2/TN·109 定价:34.00 元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等职业教育通用教材

编 审 委 员 会

主 任 名 单

(以姓氏笔画为序)

编审委员会顾问

叶春生 詹平华

编审委员会名誉主任

李 进 李宗尧

编审委员会主任

闵光太 潘立本

编审委员会常务副主任

东鲁红

编审委员会副主任

孔宪思	王俊堂	王继东	白玉江
冯拾松	匡亦珍	朱懿心	吴惠荣
李 光	李坚利	陈 礼	赵祥大
洪申我	饶文涛	秦士嘉	黄 斌
董 刚	薛志信		

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学院、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

本书是为了适应高职高专院校深化教学改革,加强课程建设的实际要求而编写的。它涵盖了“电气控制技术”和“可编程序控制器应用技术”两门课程的主要内容,特色鲜明。本书着重介绍了低压电器、典型控制线路、常用生产机械设备的电气控制线路、可编程序控制器的原理与应用技术。

全书共分 12 章和 11 个附录,第 1~4 章主要阐述了电气控制技术,第 5 章主要介绍了可编程序控制器的基本知识,第 6~10 章系统地介绍了松下电工公司的 FP1 系列 PLC 的硬件系统配置、指令系统与应用技术,第 11 章简单介绍了我国工业控制应用中较常用的其他几个类型产品的性能特点,第 12 章为实验指导,着重提出了实验、实训的主要内容与基本要求。附录中列出了常用电气符号及 FP1 系列 PLC 的内部寄存器配置表、指令系统表、FP 编程器 II 与 FPCWIN GR 编程软件的功能表。

本书的主要特点是紧密围绕高职高专教育的培养目标,理论知识的介绍遵循“必需、够用”的原则,强调对学生应用技术能力的培养;以就业为导向,紧贴生产实际,既介绍当前仍广泛采用的继电接触式自动控制技术,又着重讲述 PLC 应用技术以及当前流行的先进技术产品及其应用。为便于教师组织实施教学与学生自学,采取了二项措施:一是对各章节均提出了教学目标和教学重点、难点;二是为各章的主要内容进行了系统、精练的小结,并精选了思考题和习题。

本书为高职高专及成人教育机电类、电子电气类、自动化等专业的教学用书,也可作为相关专业及专业技术人员的参考与自学用书。

本书第 5~8 章由丁向荣编写,第 2 章由林知秋编写,第 1,4 章由江路明编写,第 3,9 章由李汉珊编写,第 10,11 章由甘宏礼编写,第 12 章及附录由黎小桃编写。本书由江西应用技术职业学院丁向荣、林知秋任主编,负责全书编写的组织、修改和统稿工作。

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目录

1 低压电器	1
1.1 概述	1
1.2 主电路中常用的低压电器	6
1.3 控制电路中常用的电器元件	18
本章小结	38
思考题与习题	38
2 继电接触式自动控制系统	40
2.1 电气控制系统图的绘制规则和常用符号	40
2.2 电气线路中的保护措施	45
2.3 典型电气控制关系	47
2.4 三相异步电动机起动控制线路	52
2.5 三相异步电动机制动控制线路	55
2.6 三相异步电动机调速控制线路	58
2.7 自动循环控制	60
2.8 直流电动机控制线路	61
本章小结	64
思考题与习题	66
3 常用机械设备的电气控制	69
3.1 普通车床的电气控制线路	69
3.2 平面磨床的电气控制线路	73
3.3 摇臂钻床的电气控制线路	77
3.4 万能铣床的电气控制线路	82
3.5 卧式镗床的电气控制线路	88
3.6 机床电气设备的日常维护、保养与检修	92
本章小结	97
思考题与习题	97
4 电气控制系统的设计与安装	99
4.1 电气控制系统设计的主要内容、一般程序及基本原则	99
4.2 电气原理线路设计的步骤和方法	102
4.3 电器元件布置图及电气安装接线图的设计	106

4.4 电气控制系统的安装与调试	107
本章小结	112
思考题与习题	112
5 可编程序控制器的基本知识	114
5.1 可编程序控制器的产生和发展历程	114
5.2 可编程序控制器的基本结构	116
5.3 可编程序控制器的基本原理与主要技术性能	120
5.4 可编程序控制器的编程语言	123
5.5 可编程序控制器的分类及功能	124
5.6 可编程序控制器的特点、应用场合和发展趋势	127
本章小结	129
思考题与习题	129
6 FP1 系列 PLC 的硬件系统配置	131
6.1 FP1 系列的产品类型和技术性能	131
6.2 FP1 系列主控单元的面板	133
6.3 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	134
本章小结	139
思考题与习题	139
7 FP1 的指令系统	141
7.1 概述	141
7.2 FP1 基本指令	142
7.3 FP1 高级指令	164
本章小结	185
思考题与习题	186
8 可编程序控制器的编程与应用	189
8.1 PLC 的编程特点和原则	189
8.2 典型控制电路	193
8.3 PLC 编程实例	197
8.4 FP1 手持编程器的使用	205
8.5 FPWIN GR 编程软件的使用	212
本章小结	223
思考题与习题	224
9 FP1 的特殊功能与功能模块	228
9.1 FP1 的特殊功能及指令	228

9.2 FP1 的功能模块	236
9.3 FP1 的通信	240
本章小结	246
思考题与习题	247
10 PLC 应用系统的设计、安装与维护	248
10.1 PLC 应用系统的基本设计方法与步骤	248
10.2 PLC 应用系统设计举例	251
10.3 PLC 的安装与配线	253
10.4 PLC 的维护与检修	258
本章小结	259
思考题与习题	259
11 其他 PLC 简介	260
11.1 松下电工公司的 FP0,FP Σ 系列	260
11.2 OMRON 公司的 PLC 系列	262
11.3 西门子公司的 S7 系列	268
11.4 三菱公司的 FX 系列	271
本章小结	276
思考题与习题	277
12 实验指导	278
12.1 低压电器的识别	278
12.2 交直流电压继电器动作电压的整定	278
12.3 根据电气原理图绘制电气接线图	279
12.4 基本控制线路的接线练习	280
12.5 典型生产机械电气控制线路的分析与故障检测	281
12.6 PLC 的接线与手持编程器的使用	281
12.7 FPLWIN—GR 编程软件的使用	283
12.8 PLC 基本指令的练习	285
12.9 PLC 高级指令的练习	286
12.10 PLC 编程练习	286
12.11 PLC 功能模块的使用	288
12.12 PLC 综合练习	289
附录	291
附录一 常用电气符号一览表	291
附录二 特殊内部继电器表	295
附录三 特殊数据寄存器表	296

附录四	FP1 系统寄存器表·····	299
附录五	基本指令表·····	301
附录六	高级指令表·····	306
附录七	FP1 输入、输出规格表 ·····	310
附录八	键盘指令表·····	312
附录九	非键盘指令表·····	313
附录十	OP 功能表 ·····	314
附录十一	FPWIN—GR 编程软件菜单功能一览表 ·····	315
参考文献	·····	318

1 低压电器

教学目标 本章主要内容是介绍主电路中常用的低压电器及控制电路中常用的电器元件。通过本章学习,掌握电磁式低压电器的基础知识;了解主电路中常用低压电器及控制电路中常用电器元件的结构、基本工作原理、作用、主要技术参数、典型产品、图形符号和文字符号;掌握主电路中常用低压电器及控制电路常用电器元件的选择、整定、使用和维护方法。

教学重点与难点 电磁式低压电器的基础知识;主电路中常用低压电器的结构工作原理;控制电路中常用电器元件的结构和工作原理。

1.1 概述

在工业、农业、交通、国防以及人们生活等一切用电部门中,大多数采用低压供电。低压供电的输送分配和保护是依靠刀开关、断路器以及熔断器等低压电器来实现的,电气元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。而低压电力的使用则是把电能转换为其他能量的过程,其间的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的,即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统均由用途不同的各类低压电器所组成。

1.1.1 低压电器的作用与分类

低压电器是一种能够根据外界信号的要求,自动或通过手动对电路进行接通或断开、断续或连续地改变电路参数,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换或调节作用的电工器械。简言之,低压电器就是一种能控制电路的设备。低压电器通常是指用在交流额定电压1200V、直流额定电压1500V及以下的电路中起通断、保护控制或调节作用的电气产品。

低压电器的用途广泛,功能多样,品种和规格繁多,原理结构各异。为了概括地了解这些低压电器,从以下几个方面加以分类。

1.1.1.1 按操作方式分

(1) 手动电器 由人工直接操作才能完成任务的电器称为手动电器,如刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器 不需人工直接操作,按照电的或非电的信号自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器,如低压断路器、接触器和继电器等。

1.1.1.2 按用途分

(1) 低压配电电器 主要用于低压供电系统的电器。这类低压电器有刀开关、断路器、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强、限流效果好、动

稳定及热稳定性能好。

(2) 低压控制电器 主要用于电力拖动控制系统的电器。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

(3) 低压主令电器 主要用于发送控制指令的电器。这类低压电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

(4) 低压保护电器 主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器、避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定通断能力,反应灵敏度要高,可靠性要高。

(5) 低压执行电器 主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

1.1.1.3 按工作原理分

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理来工作的电器,如交直流接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 电器的工作是靠外力或非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

其中电磁式电器在电气控制线路中使用量较大,其类型也很多,并且各类电磁式电器在工作原理和结构上基本相同。为此,下面将首先介绍电磁式低压电器的基础知识。

1.1.2 电磁式低压电器的基础知识

从结构上看,电器一般都有两个基本组成部分,即检测部分(电磁机构)和执行部分(触点系统)。检测部分是接收外界输入的信号,并通过转换、放大、判断,做出有规律的反应,使执行部分动作,且输出相应的指令,以实现控制目的;而执行部分则是触点系统。

1.1.2.1 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的重要组成部分之一,它将电磁能转换成机械能,带动触点使之闭合或断开。电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等组成。电磁机构中的线圈、铁芯是静止不动的,只有衔铁是可动的。其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式,图1-1和图1-2是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

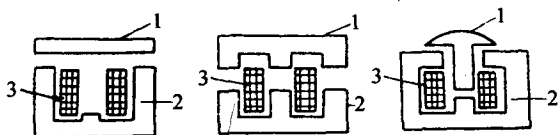


图 1-1 直动式电磁机构

1-衔铁 2-铁芯 3-吸引线圈

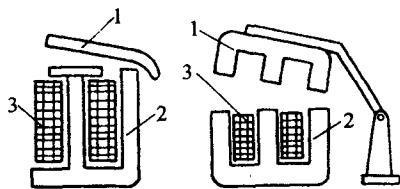


图 1-2 拍合式电磁机构

1-衔铁 2-铁芯 3-吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通。衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁芯吸合。通入直流电的线圈称直流线圈,通入交流电的线圈称交流线圈。

对于直流线圈,铁芯不发热,只有线圈发热,因此线圈与铁芯接触以利散热,线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁芯中有涡流和磁滞损耗,铁芯也要发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况,在铁芯与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁芯用硅钢片叠成,以减小涡流。

另外,根据线圈在电路中的连接方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈),如图1-3所示。串联(电流)线圈串接在线路中,流过的电流大,为减小对电器的影响,线圈的导线粗且匝数少,线圈的阻抗较小。并联(电压)线圈并联在线路上,为减小分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。

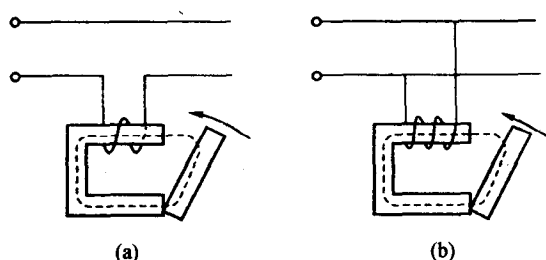


图 1-3 电磁机构中线圈接入电路的方式

(a) 串联电磁机构 (b) 并联电磁机构

1.1.2.2 电磁机构的特性

电磁机构的工作情况常用吸力特性和反力特性来表征,两者的配合关系将直接影响电磁式电器的工作可靠性。电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于衔铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移,衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此作用在衔铁上的力有两个:电磁吸力和反力。电磁吸力由电磁机构产生,反力由复位弹簧和触点所产生。铁芯吸合时要求电磁吸力大于反力,即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同。衔铁复位时情况则相反(此时线圈断电,只有剩磁产生的电磁吸力)。计算电磁吸力的公式如下:

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中 F 为电磁吸力(N); B 为气隙磁感应强度(T); S 为磁极截面积(m^2)。

当线圈中通过直流电时, F 为恒值。当线圈中通过交流电时,磁感应强度为交变量,即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

由式(1-1)和式(1-2)可得

$$F = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \sin^2 \omega t \quad (1-3)$$

电磁吸力按正弦函数平方的规律变化,最大值为

$$F_m = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \quad (1-4)$$

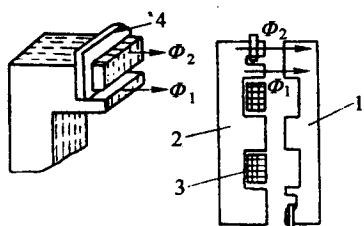


图 1-4 交流电磁铁的短路环

1-衔铁 2-铁芯 3-线圈 4-短路环

电磁吸力的最小值为零。当电磁吸力的瞬时值大于反力时，铁芯吸合；当电磁吸力的瞬时值小于反力时，铁芯释放。所以电源电压变化一个周期，电磁铁吸合两次，释放两次，电磁机构会产生剧烈的振动和噪声，因此不能正常工作。解决的办法是在铁芯端面开一小槽，在槽内嵌入铜质短路环，如图1-4所示。

加上短路环后，磁通被分为大小接近、相位相差约 90° 的两相磁通，因而两相磁通不会同时过零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比，所以由两相磁通产生的合成电磁较为平坦，在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力，使铁芯牢牢吸合，这样就消除了振动和噪声，一般短路环包围2/3的铁芯端面。

1.1.2.3 电接触及灭弧工作原理

1) 电接触

触点是电磁式电路的执行部分，电器就是通过触点的动作来分合被控制的电路。触头在闭合状态下动、静触点完全接触，并有工作电流通过时，称为电接触。电接触情况的好坏将影响触点的工作可靠性和使用寿命。影响电接触情况的主要因素是触点的接触电阻，因为接触电阻大时，易使触点发热而温度升高，从而易使触点产生熔焊现象，这样既影响工作可靠性又降低了触点的寿命。触点的接触电阻不仅与触点的接触形式有关，而且还与接触压力、触点材料及表面状况有关。

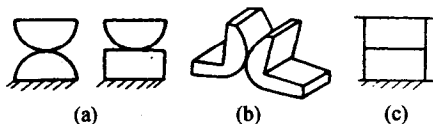


图 1-5 触点的接触形式

(a) 点接触 (b) 线接触 (c) 面接触

(1) 触点的接触形式 触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图1-5所示。

(2) 接触电阻 当动、静触点闭合后，不可能是全部紧密地接触。从微观来看，只是在一些突出的凸起点存在着有效接触，从而造成了从一个导体至另外一个导体的过渡区域。在过渡区域里，电流只通过一些

相接触的凸起点，形成收缩状的电流线，因而使这个区域的电流密度大大增加。另外，由于只是一些凸起点相接触，使有效导电面积减小，所以该区域的电阻远远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时在过渡区域所形成的电阻，称为接触电阻。由于接触电阻的存在，不仅会造成一定的电压损失，还会使铜耗增加，造成触点温升超过允许值。这样，触点在较高的温度下很容易产生熔焊现象而使触点工作不可靠，所以，在实际中应采取相应措施来减小接触电阻。

(3) 影响接触电阻的因素和相应措施

① 接触压力。增加接触压力(F_1 或 F_2)，可使相接触的凸起点发生变形而增加接触面积，因而会减小接触电阻。因此在动触点安装一个触点弹簧，如图1-6所示。

② 触点材料。材料的电阻率越小，接触电阻也越小。在金属中银的电阻率最小，但价格贵，实际中常在铜基触点上镀银或嵌银，以减小接触电阻。

③ 触点表面状况。触点温度升高会加速金属表面的氧化速度。由于一般金属氧化物的电阻率比金属本身大得多，所以一旦接触表面生成氧化物之后，会使接触电阻增大，严重的氧

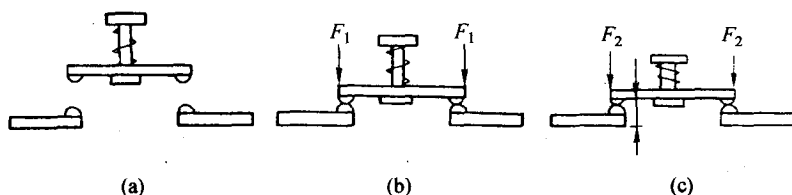


图 1-6 触点位置示意图

(a) 打开位置 (b) 刚接触位置 (c) 闭合后位置

化将使接触点之间形成绝缘而导致电路断路。但银的氧化物电阻率比纯银大得不是太多,因此,在小容量电器中可采用银或镀银触点。在大容量电器中,可采用具有滑动作用的指形触点。这样,在每次闭合过程中都可以磨去氧化膜,从而保持金属表面清洁,以增强触点的导电性。此外,触点的尘埃也会影响其导电性,所以当触点聚集了尘埃后,应用无水乙醇或四氯化碳擦拭干净,如果触点表面被电弧烧灼而出现烟熏状,也需要这样处理。

2) 灭弧工作原理

触点在通电状态下动、静触点脱离接触时,由于电场的存在,使触点表面的自由电子大量溢出而产生电弧。电弧一方面烧蚀触点,降低电器寿命和电器工作可靠性;另一方面会使分断时间延长,严重时会引起火灾或其他安全事故,所以必须迅速消除。

(1) 常用的灭弧方法

① 迅速增大电弧长度。电弧长度增加,使触点间隙增加,电场强度降低,同时又使散热面积增大,降低电弧温度,使自由电子和空穴复合的运动加强,因而电弧容易熄灭。

② 冷却。使电弧与冷却介质接触,带走电弧热量,也可使复合运动得以加强,从而使电弧熄灭。

(2) 常用的灭弧装置

① 电动力灭弧。电动力灭弧如图1-7所示。桥式触点在分断时本身具有电动力灭弧功能,不用任何附加装置,便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

② 磁吹灭弧。在触点电路中串入吹弧线圈,如图1-8所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围,其方向由右手定则确定(如图中 $\times$ 所示)。触点间的电弧所产生的磁场,其方向如 $\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同(叠加),在弧柱上方方向相反(相减),所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下,电弧受力的方向为 F 所指的方向。在 F 的作用下,电弧被吹离触点,经引弧角引进灭弧罩,使电弧熄灭。

③ 栅片灭弧。灭弧栅是一组镀铜的薄铜片,它们彼此间相互绝缘,如图1-9所示。当电弧进入栅片被割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧片之间都有150~250V的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大提高,以至外加电压无法维持,电弧迅速熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却。基于上述原因,电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多,所以在交流电器中

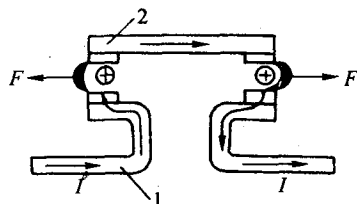


图 1-7 电动力灭弧示意图

1-静触点 2-动触点

常采用栅片灭弧。

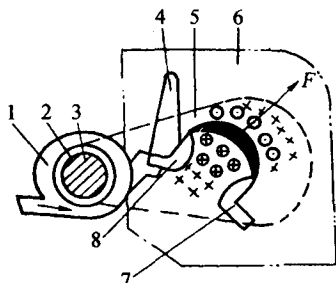


图 1-8 磁吹灭弧示意图

1-吹弧线圈 2-绝缘套 3-铁芯 4-引弧角
5-导磁夹板 6-灭弧罩 7-动触点 8-静触点

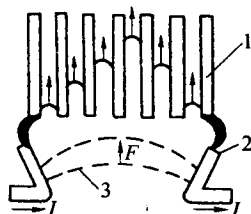


图 1-9 栅片灭弧示意图

1-灭弧栅片 2-触点 3-电弧

1.2 主电路中常用的低压电器

电力拖动控制系统一般分成两大部分。一部分是主电路，由电动机和接通、断开、控制电动机的接触器主触点等电器元件组成，一般主电路的电流较大。另一部分是控制电路，由接触器线圈、继电器等电器元件组成，它的任务是根据给定的指令，依照自动控制系统的规律和具体的工艺要求对主电路系统进行控制，控制电路的电流较小。由此可见，主电路和控制电路对电器元件的要求不同，下面将分别对主电路和控制电路所使用的低压电器元件进行讨论。

1.2.1 刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的手动电器，主要在低压成套配电装置中，用以不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关之用，也可用以不频繁地接通与分断额定电流以下的负载（如小型电动机等）。

刀开关按极数分为单极、双极和三极；按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式；按刀开关转换方向分为单投和双投等。

1.2.1.1 胶盖刀开关

胶盖刀开关是一种结构最简单、应用最广泛的手动电器，适用于交流50Hz，额定电压单相220V、三相380V，额定电流至100A的电路中，用作电路的电流开关和小容量的电动机非频繁起动的操作开关。胶盖刀开关由操作手柄、熔丝、触刀、触刀座和底座组成，如图1-10所示。胶盖壳使电弧不致飞出灼伤操作人员，防止极间电弧造成电源短路；熔丝起短路保护作用。

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动下滑而引起误合闸，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。

刀开关的图形、文字符号如图1-11所示。胶盖刀开关的技术数据见表1-1。

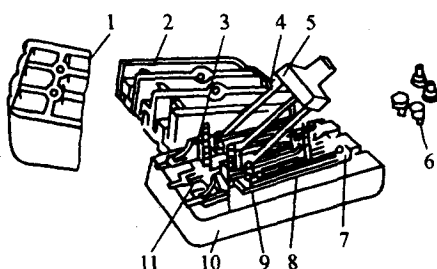


图 1-10 胶盖刀开关的结构

- 1-下胶盖 2-上胶盖 3-插座 4-触刀 5-操作手柄
6-胶盖紧固螺母 7-进线座 8-熔丝 9-触刀座
10-瓷底座 11-出线座

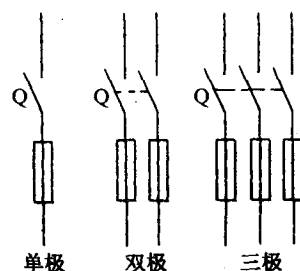


图 1-11 刀开关图形、文字符号

表 1-1 HK2 刀开关的技术数据

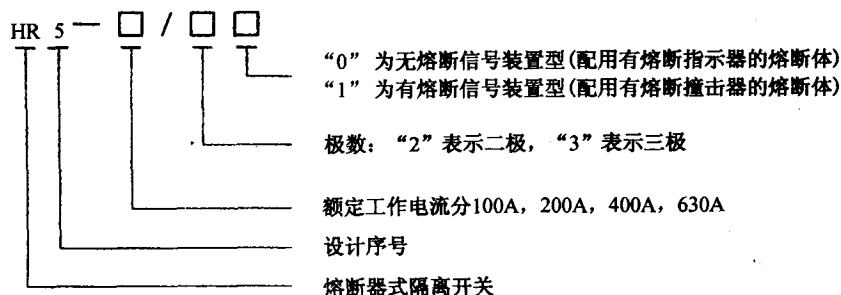
额定电压 /V	额定电流 /A	极数	熔体极限分断能力 /A	控制最大电动机功率 /kW	机械寿命 /次	电寿命 /次
250	10	2	500	1.1	10 000	2 000
	15		500	1.5		
	30		1 000	3.0		
380	15	3	500	2.2	10 000	2 000
	30		1 000	4.0		
	60		1 500	5.5		

1.2.1.2 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关即熔断器式隔离开关，是以熔断体或带有熔断体的载熔件作为动触点的一种隔离开关。常用的型号有HR3, HR5, HR6系列，其中HR5和HR6系列符合 GB 14043—3 及IEC408标准，主要用于额定电压 AC 660V(45~60Hz)，约定发热电流至630A的具有高短路电流的配电电路和电动机电路中，作为电源开关、隔离开关、应急开关，并作为电路保护用，但一般不作为直接开关单台电动机之用。HR5, HR6熔断器式隔离开关中的熔断器为 NT 型低压高分断型熔断器。NT 型熔断器系引进德图 AEG 公司制造技术生产的产品。

HR5, HR6 系列若配有熔断撞击器的熔断体，当某极熔断体熔断时，撞击器弹出使辅助开关发出信号，以实现断相保护。

熔断器式隔离开关的型号及其含义如下：



HR5 系列的主要技术参数及所配用的熔体列于表1-2。