



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专电子信息专业系列教材

电气控制与PLC技术 (第2版)

■ 王兆明 主 编
■ 云建军 主 审

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专电子信息专业系列教材

电气控制与PLC技术 (第2版)

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍了电气控制技术 & 系统设计、可编程序控制器原理及应用,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。全书共分 11 章。第 1~4 章为电气控制,主要包括常用低压电器、电气控制线路的基本环节、典型机械设备电气控制系统分析、电气控制线路设计基础。第 5~11 章为可编程序控制器,主要包括可编程序控制器的构成及工作原理、可编程序控制器的指令系统、梯形图及编程方法、可编程序控制器应用、可编程序控制器通信及应用、可编程序控制器的安装与接线、其他类型的可编程序控制器简介。附录提供了实训指导书、电气控制线路常用图形符号和文字符号,以及 CXP 编程软件简介。

本书适于作为高职高专自动化、电气技术、应用电子、机电一体化及相近专业的教材,也可供电气工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术/王兆明主编. --2 版. --北京:清华大学出版社,2010.4

(高职高专电子信息专业系列教材)

ISBN 978-7-302-21816-6

I. ①电… II. ①王… III. ①电气控制—高等学校:技术学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 002385 号

责任编辑:刘青

责任校对:袁芳

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:22.25

字 数:497千字

版 次:2010年4月第2版

印 次:2010年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:31.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:033449-01

本书是根据高等职业教育“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”的原则,并充分考虑到电气控制技术的实际应用和发展情况,按照高职高专的教育特色,突出应用性知识的学习和能力的培养,力求使基础理论与工程实际紧密联系。在编写过程中以实际应用和便于教学为目标,与当前流行的先进技术产品相结合,力求突出针对性、实用性和先进性。叙述方法由简到繁、深入浅出、主次分明、详略得当,尽可能体现出高职高专教育的特色。

《电气控制与 PLC 技术》一书自 2005 年出版以来,已被多所高职院校选作教材之用,得到了广大读者的肯定和好评,在此过程中,作者也收到了许多很有价值的建议和意见,为此,我们根据教学实践的反馈意见和工程应用的实际需要,对本书进行了全面的修订。

本次修订,除对第一版中的少数错误进行改正以外,对内容进行了适当调整,说明如下:

- (1) 删除了第 3 章典型机械设备电气控制系统分析中桥式起重机的电气控制线路部分。
- (2) 增加了可程序控制器的安装与接线一章。
- (3) 增加了实训指导书的内容。
- (4) 重新编写了可程序控制器的通信及应用一章。

本书主要介绍了电气控制技术及系统设计、可程序控制器原理与应用及通信网络技术,系统地阐述了电气控制和可程序控制器的分析与设计的一般方法。全书分两大部分共 11 章。第一部分为电气控制,主要内容有:常用低压电器、电气控制线路的基本环节、典型机械设备电气控制系统分析、电气控制线路设计基础。第二部分为可程序控制器,主要内容有:可程序控制器的构成及工作原理、可程序控制器的指令系统、梯形图及编程方法、可程序控制器应用、可程序控制器通信及应用、可程序控制器的安装与接线、其他类型的可程序控制器简介。附录提供了实训指导书、电气控制线路常用图形符号和文字符号、CXP 编程软件简介。

本书可作为高职高专自动化、电气技术、应用电子、机电一体化及相近专业的教材,也可供电气工程技术人员参考。

本书由吉林大学王兆明主编,云建军主审。参加本书编写的有吉林大学王兆明(绪论,第 6~8、10、11 章,附录 A)、王枫(第 1、2、4 章)、罗冠龙(第 3 章、附录 B、附录 C)、王治刚(第 9 章),吉林建筑工程学院李玉丽(第 5 章)。全书由王兆明统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月

绪论	1
第 1 章 常用低压电器	4
1.1 低压电器的电磁机构及执行机构	4
1.2 刀开关与自动开关	6
1.2.1 刀开关	6
1.2.2 组合开关	8
1.2.3 低压断路器	9
1.3 熔断器	11
1.3.1 熔断器的结构与工作原理	11
1.3.2 常用熔断器	12
1.3.3 熔断器的选择	12
1.4 主令电器	12
1.4.1 控制按钮	13
1.4.2 行程开关	14
1.4.3 万能转换开关	15
1.4.4 凸轮控制器	15
1.5 电磁式接触器	16
1.5.1 交流接触器	17
1.5.2 直流接触器	18
1.5.3 接触器的主要技术参数及型号的含义	18
1.6 继电器	19
1.6.1 电磁式电流、电压和中间继电器	19
1.6.2 时间继电器	21
1.6.3 热继电器	24
1.6.4 速度继电器	26
1.7 电子电器	27
1.7.1 晶体管时间继电器	27

1.7.2	固态继电器	28
1.7.3	热敏电阻式温度继电器	29
1.7.4	接近开关	30
小结		31
思考题与习题		31
第 2 章	电气控制线路的基本环节	33
2.1	电气控制线路的绘制	33
2.1.1	常用电气图形符号和文字符号	34
2.1.2	电气原理图	35
2.1.3	电气元件布置图	37
2.1.4	电气安装接线图	37
2.1.5	阅读和分析电气控制线路图的方法	37
2.2	三相异步电动机起动控制线路	39
2.2.1	鼠笼式异步电动机直接起动控制	40
2.2.2	鼠笼式异步电动机降压起动控制	42
2.2.3	绕线式异步电动机的起动控制	49
2.3	三相异步电动机正反转控制线路	53
2.3.1	按钮控制的电动机正反转控制线路	53
2.3.2	行程开关控制的电动机正反转控制线路	54
2.4	三相鼠笼式异步电动机制动控制线路	56
2.4.1	电磁机械制动控制线路	56
2.4.2	能耗制动控制线路	58
2.4.3	反接制动控制线路	61
2.5	三相异步电动机调速控制线路	64
2.5.1	变极调速控制线路	64
2.5.2	变频调速与变频器的使用	65
2.6	异步电动机的其他基本控制电路	70
2.6.1	点动与长动控制	70
2.6.2	多地点与多条件控制	71
2.6.3	顺序控制	72
2.6.4	联锁控制	73
小结		74
思考题与习题		74
第 3 章	典型机械设备电气控制系统分析	76
3.1	车床电气控制	77
3.1.1	C620-1 型普通车床的电气控制	77

3.1.2	C650 卧式车床的电气控制	79
3.2	铣床电气控制线路	83
3.2.1	铣床的主要结构和运动形式	83
3.2.2	电力拖动和控制要求	84
3.2.3	控制电路分析	84
3.3	磨床的电气控制	89
3.3.1	平面磨床的主要结构及运动形式	90
3.3.2	磨床的拖动特点及控制要求	90
3.3.3	M7130 平面磨床电气控制	91
3.4	摇臂钻床电气控制线路	93
3.4.1	摇臂钻床的主要结构及运动形式	93
3.4.2	Z3040 摇臂钻床的电气控制	94
3.5	组合机床的电气控制电路	96
3.5.1	机床的结构及运动	97
3.5.2	机床的拖动及控制要求	97
3.5.3	机床控制电路分析	98
	小结	102
	思考题与习题	102
第 4 章	电气控制线路设计基础	103
4.1	电气设计的主要内容	103
4.2	电气设计的一般原则	104
4.3	电气控制线路的设计	109
4.3.1	经验设计法	109
4.3.2	逻辑设计法	113
	小结	121
	思考题与习题	121
第 5 章	可编程序控制器的构成及工作原理	123
5.1	可编程序控制器概述	123
5.1.1	可编程序控制器的产生和发展	123
5.1.2	可编程序控制器的特点、分类及应用场合	124
5.2	可编程序控制器的工作原理	127
5.2.1	可编程序控制器的基本结构	127
5.2.2	可编程序控制器的基本工作原理	130
5.2.3	可编程序控制器的技术性能和继电器及其编号	133
	小结	135
	思考题与习题	136

第 6 章 可编程序控制器的指令系统	137
6.1 可编程序控制器基本指令及举例	137
6.1.1 一般指令	137
6.1.2 定时器和计数器指令	144
6.2 应用指令	149
6.2.1 分支与跳步指令	149
6.2.2 位移与 TR 继电器	152
6.2.3 微分与保持指令	155
6.3 数据处理指令	157
6.3.1 传送指令	157
6.3.2 比较与转换指令	161
6.3.3 加法与减法指令	164
6.3.4 译码与编码指令	167
6.3.5 高速计数器指令	171
6.4 欧姆龙 C200H 可编程序控制器	174
6.4.1 欧姆龙 C200H 系统的组成	174
6.4.2 欧姆龙 C200H 的内部器件	175
6.4.3 欧姆龙 C200H 的指令系统	176
小结	180
思考题与习题	180
第 7 章 梯形图及编程方法	184
7.1 基本编程方法——经验法	184
7.1.1 梯形图设计原则	184
7.1.2 编程技巧	185
7.1.3 常用基本电路举例	189
7.2 时序电路设计方法	195
7.2.1 触点控制规律	195
7.2.2 编程步骤	195
7.2.3 举例	196
7.3 用功能表图设计梯形图	200
7.3.1 功能表图及其组成	200
7.3.2 功能表图的结构形式	201
7.3.3 用功能表图设计顺序控制梯形图	205
小结	208
思考题与习题	209

第 8 章 可编程序控制器应用	210
8.1 应用设计步骤	210
8.1.1 评估控制任务	210
8.1.2 PLC 选型	211
8.1.3 系统设计	215
8.1.4 系统调试	216
8.2 应用程序举例	216
8.2.1 两种液体混合装置	216
8.2.2 十字路口交通信号灯控制	220
8.2.3 机械手步进控制	223
8.2.4 三层楼电梯 PLC 控制系统	228
8.2.5 钻床钻深精度控制	231
小结	237
思考题与习题	237
第 9 章 可编程序控制器通信及应用	239
9.1 概述	239
9.1.1 信息层	239
9.1.2 控制层	241
9.1.3 设备层	241
9.2 工业以太网通信	242
9.2.1 局域网	242
9.2.2 广域网	245
9.3 Host Link 通信	246
9.3.1 系统连接结构	247
9.3.2 Host Link 通信接口	249
9.3.3 Host Link 通信编程	251
9.4 PC Link 通信	257
9.4.1 硬件连接	257
9.4.2 PLC 设定	258
9.5 Controller Link 通信	260
9.5.1 概述	260
9.5.2 通信指令	260
9.6 无协议通信	264
9.6.1 串行设定指令	264
9.6.2 串行端口输出指令	265
9.6.3 串行端口接收指令	265
9.7 PLC 与上位机串行通信实例	269

小结	271
思考题与习题	271
第 10 章 可编程序控制器的安装与接线	273
10.1 C 系列 P 型机的安装	273
10.2 C 系列 P 型机的系统接线	274
小结	276
思考题与习题	276
第 11 章 其他类型的可编程序控制器简介	277
11.1 德国西门子公司可编程序控制器简介	277
11.1.1 SIMATIC S5 系列	277
11.1.2 S7-200 系列	281
11.2 三菱公司可编程序控制器简介	283
11.2.1 F 系列 PLC	283
11.2.2 F ₁ 、F ₂ 系列 PLC	284
11.2.3 FX、MEISEC-A 系列 PLC	285
附录 A 实训指导书	287
实训一 三相异步电动机单向运行的控制电路	287
实训二 三相异步电动机正反转运行的控制电路	289
实训三 三相异步电动机 Y- Δ 起动的控制电路	291
实训四 C620 型普通车床的电气控制电路	293
实训五 PLC 基本逻辑指令	294
实训六 定时器指令	296
实训七 计数器指令	297
实训八 微分指令、锁存器指令	299
实训九 位移指令	300
实训十 传送指令	301
实训十一 BIN、BCD 指令	302
实训十二 比较指令	303
实训十三 译码指令	305
实训十四 编码指令	305
实训十五 十字路口交通信号灯控制	306
实训十六 两种液体混合装置控制	309
实训十七 四层电梯控制	310
实训十八 刀具库管理控制	315

附录 B 电气控制线路常用图形符号和文字符号	317
附录 C CXP 编程软件简介	320
C.1 界面	320
C.2 脱机编程序	329
C.3 联机调程序	331
C.4 监控	332
C.5 设定	340
C.6 旧程序转换	342
参考文献	343

绪 论

1. 电气控制技术的发展概况

19世纪末,直流发电机、交流发电机和直流电动机、异步电动机相继问世,揭开了电气控制技术的序幕。20世纪初,电动机逐步取代蒸汽机用来驱动生产机械,最初沿用集中拖动的方式,由一台电动机拖动若干台机器,这种方式能量传递路径长、损耗大、操作不便、安全性差。后来改由一台电动机拖动一台机器,称为单独拖动方式,它克服了集中拖动的缺点。随着生产技术的发展,机器功能增多,结构更加复杂,为了简化机械传动系统,出现了一台机器的几个运动部件分别由一台电动机拖动,这种方式称为多电机拖动。在这种情况下,机器的电气控制系统不但可对各台电动机的起动、制动、反转、停车等进行控制,还具有对各台电动机之间实行协调、联锁、顺序切换、显示工作状态的功能。对生产过程比较复杂的系统还要求对影响产品质量的各种工艺参数如温度、压力、流量、速度、时间等能够自动测量和自动调节,这样就构成了功能相当完善的电气自动化系统。到20世纪30年代,电气控制技术的发展推动了电气产品的进步,继电器、接触器、按钮、开关等元器件形成了功能齐全的多种系列,基本控制电路也形成了规范,可以实现远距离控制。这种主要用于控制交流电动机的系统通常称为继电器-接触器控制系统。

电力拖动系统按照使用的电动机种类可分为直流拖动和交流拖动两大类。直流电动机的优点是具有良好的起动、制动、调速性能,可以在很宽的范围内平滑调速,能在很短的时间里改变转向。在20世纪30年代出现的交流电动机-直流发电机-直流电动机的无级调速系统,广泛用于对电力拖动技术性能要求较高的机床等机械设备上。据统计,直流拖动系统约占电力拖动系统的20%。到20世纪60年代,大功率晶闸管研制成功,使变流技术发生了根本性的变化,晶闸管-直流电动机的调速系统克服了旋转变流机组体积大、造价高、效率低、运行噪声大、维修困难等缺点,而且系统的调速精度、动态响应等技术性能也有很大的提高。进入20世纪80年代以后,由于电力电子技术和微电子技术的迅速发展以及两者的相互融合,使交流电动机调速技术有很大的突破,出现了笼型电动机的变频调速系统和绕线转子异步电动机的串级调速系统。交流电动机具有制造容易,维修方便,结构牢固,运行可靠,能用于易燃易爆、潮湿、多粉尘、有腐蚀性等恶劣环境之诸多优点。调速技术上的突破,使交流电动机调速系统得到迅速推广,不仅正在逐步取代直流调速系统,而且应用领域扩大到过去被认为不需要调速的拖动系统中。例如风机、水泵实现调速后,可以按负载变化自动改变电动机转速,使供风量或供水量适应用户需要,不仅改善了工质的供应情况,而且收到显著的节能效果。由此可见交流调速技术的应用前景非常广阔。

从 20 世纪 30 年代开始,机械加工企业为了提高生产效率,采用机械化流水作业的生产方式,对不同类型的零件分别组成自动生产线。随着产品机型的更新换代,生产线承担的加工对象也随之改变,这就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,而继电器-接触器控制系统是采用固定接线的,很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多,这种有触点的电器工作频率较低,在频繁动作情况下寿命较短,从而造成系统故障,使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题,20 世纪 60 年代初期利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器-接触器控制系统,对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制,由于这些控制装置本身存在某些不足,均未能得到广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司,为适应汽车型号不断更新,提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电器-接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并把编程方法和程序输入方式加以简化,使不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于 1969 年率先研制出第一台可编程序控制器(简称 PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快,功能不断增强,从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达 10 万小时以上,可以大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置。

数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年美国研制成功第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机械制造技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(CNC)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(MC),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

20 世纪 70 年代出现了计算机群控系统,即直接数控(DNC)系统,由一台较大型的计算机控制与管理多台数控机床和数控加工中心,能完成多品种、多工序的产品加工。在此基础上增加刀具和工件在加工设备与储存装置之间的装卸输送系统及必要的检测设备,由计算机对整个系统进行控制和管理,这样就构成了柔性制造系统(FMS)。近年来又出现了计算机集成制造系统(CIMS),综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人等多项高技术,形成了从产品设计到制造的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

回顾一个世纪以来电气控制技术的发展概况,不难看出它始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。电气控制技术的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高。从另一方面看,电气控制技术又是与微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术等紧密联系在一起。当前科学技术继续在突飞猛进,向前发展,

在不久的将来,电气控制技术必将达到更高的水平。

2. 本课程的性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究和其他各个领域的应用十分广泛。该课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍和讲解继电器-接触器控制系统和可编程序控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。其中可编程序控制器的飞速发展和其强大的功能,使它已成为实现工业自动化的主要手段之一。所以本课程重点是可编程序控制器,但这并不意味着继电器-接触器控制系统就不重要了。这是因为:首先,继电器-接触器控制在小型电气系统中还普遍使用,而且它是组成电气控制系统的基础;其次,尽管可编程序控制器取代了继电器,但它所取代的主要是逻辑控制部分,而电气控制系统中的信号采集和驱动输出部分仍然要由电气元器件及控制电路来完成。所以对继电器-接触器控制系统的学习是非常必要的。该课程的目标是让学生掌握一门非常实用的工业控制技术,以及培养和提高学生的实际应用能力。

电气控制技术是电类和机电类专业学生所必须掌握的最基础的实际应用课程之一,具体要求如下:

- (1) 熟悉常用控制电器的工作原理和用途,达到正确使用和选用的目的,并了解一些新型元器件的用途。
- (2) 熟练掌握电气控制线路的基本环节,并具备阅读和分析电气控制线路的能力,从而能设计简单的电气控制线路,较好地掌握电气控制线路的简单设计方法。
- (3) 了解电气控制线路分析的步骤,熟悉典型生产设备的电气控制系统的工作原理。
- (4) 了解电气控制线路设计的基础,能够根据要求设计出一般的电气控制线路。
- (5) 熟悉可编程序控制器的基本概况和工作原理。
- (6) 熟练掌握可编程序控制器的基本指令系统和典型电路的编程,掌握可编程序控制器的程序设计方法。熟练掌握功能图的编程方法。掌握和熟悉可编程序控制器功能指令的使用。
- (7) 掌握和了解可编程序控制器的网络和通信原理,会编制简单的通信程序。
- (8) 了解可编程序控制器实际应用程序的设计步骤和方法。

凡是对电能的生产、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均可称为电器。用于交流 50Hz 额定电压 1200V 以下,直流额定电压 1500V 以下的电路内起通断保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。低压电器的品种规格繁多,构造各异。按用途可分为配电电器和控制电器;按动作方式可分为自动电器和手动电器;按执行机构可分为有触点电器和无触点电器;按电器的功能和结构特点,将电器分为刀开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器等。

本章主要介绍在机械设备电气控制系统中,常用低压电器的原理、结构、型号、符号规格和用途等。

1.1 低压电器的电磁机构及执行机构

电磁式电器是指以电磁力为驱动力的电器,它在低压电器中占有十分重要的地位,在电气控制系统中应用最为普遍。各种类型的电磁式电器主要由电磁机构和执行机构所组成,电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种,执行机构则可分为触头和灭弧装置两部分。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的检测部分,它的主要作用是将电磁能量转换成机械能量,带动触头动作,从而实现电路的接通或分断。电磁机构由吸引线圈、铁心、衔铁组成,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 分别是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

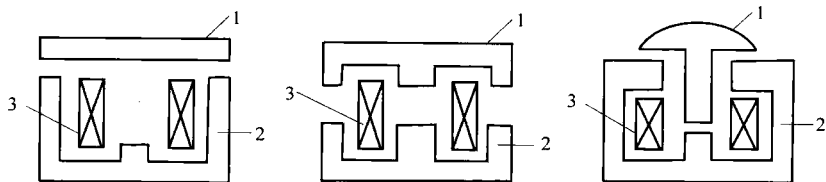


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁; 2—铁心; 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,衔铁在电磁力的作用下产生机械

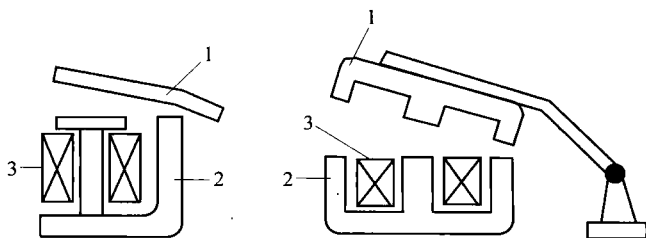


图 1-2 拍合式电磁机构
1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

位移使铁心吸合。通入交流电的线圈称交流线圈。

对于直流线圈,铁心不发热,直流线圈发热,因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心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,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心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。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。

还应指出,对电磁式电器而言,电磁机构的作用是使触头实现自动化操作。电磁机构实质上是电磁铁的一种,电磁铁还有很多其他用途。例如,牵引电磁铁有拉动式和推动式两种,可以用于远距离控制和操作各种机构;阀用电磁铁可以远距离控制各种气阀、液压阀,以实现机械自动控制;制动电磁铁则用来控制自动抱闸装置,实现快速停车等。

2. 触头系统

触头是电器的执行机构,在衔铁的带动下起接通和分断电路的作用。由于铜具有良好的导电、导热性能,触头通常用铜制成。铜质表面容易产生氧化膜,使触头的接触电阻增大,从而使触头的损耗也增大。有些小容量电器的触头采用银质材料,与铜质触头相比,银质触头除具有更好的导电、导热性能外,触头的氧化膜电阻率与纯银相比相差无几,而且氧化膜的生成温度很高,所以,银质触头的接触电阻较小,而且较稳定。

触头的结构有桥式和指式两类。桥式触头又分为点接触式(图 1-3(a))和面接触式(图 1-3(b)),点接触式适用于电流不大的场合,面接触式适用于电流较大的场合。图 1-3(c)为指形触头,指形触头在接通与分断时产生滚动摩擦,可以去掉氧化膜,故其触头可以用

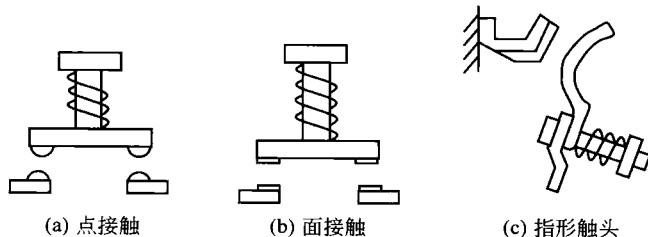


图 1-3 交流接触器触头的结构形式