

电气控制与 PLC应用

南京动力高等专科学校 余雷声 主 编
上海机械高等专科学校 方宗达 副主编

高等专科学校机电一体化专业系列教材



机械工业出版社

高等专科学校机电一体化专业系列教材

电气控制与 PLC 应用

主 编 余雷声
副主编 方宗达
参 编 海 心 孙 平
主 审 易泓可

2029104



机械工业出版社

本书从应用角度出发,主要介绍电气控制技术及系统设计、可编程序控制器(PLC)原理及应用。全书分为6章,包括常用低压电器、电气控制系统的基本控制电路、典型机械设备电气控制系统分析、可编程序控制器及其控制系统的设计和应用、电气控制装置设计等。每章末附有思考题和习题。

本书系高等专科学校机电一体化专业系列教材之一,适用于大专院校的机电一体化、自动控制和机制等专业课教学,也可供职工大学、业余大学使用及工程技术人员自学参考。

电气控制与 PLC 应用

(重排本)

南京动力高等专科学校 余雷声 主 编
上海机械高等专科学校 方宗达 副主编

*

责任编辑:贡克勤 版式设计:张世琴
封面设计:姚毅 责任校对:肖新民
责任印制:路琳

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)
邮政编码:100037
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)
北京机工印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787mm×1092mm^{1/16}·印张 13.5·字数 324 千字
1999年10月第1版第4次印刷
印数 14001-19000 定价:18.00元

*

ISBN 7-111-05126-2/TM·645(课)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

序

随着微处理器和微型计算机的问世，电子计算机已深深介入机械制造的各个领域，一系列机、电、计算机一体化的新产品诞生。为适应这个变化，迫切需要高等专科学校培养制造、调试、使用、维修机电一体化产品的技术人才。有鉴于此，不少高等工业专科学校在多年探索机制专业改造并取得经验的基础上正在创办机电工程（机电一体化）专业，以满足社会的需要，但各校对新开专业缺乏经验，缺少教材和师资，在此形势下，1995年3月机械工业部教材编辑室在全国机械制造专业教材编审委员会和全国高等专科学校机械制造专业协会的协助下于南京召开了高等专科学校机电一体化教学与教材研讨会，研讨了机械行业技术发展的大趋势，认为办好机、电、计算机紧密结合的新机电工程专业，培养制造、调试、使用、维修机电一体化产品的机电一体化人材是非常必要的。为给机电一体化专业奠定物质基础，会议决定立即组织第一批急需的机电一体化专业系列教材，初步确定了各教材的主编、协编和主审人员。1995年4月机械工业部教材编辑室又在长沙召开了各课程编写大纲协调会，并进一步调整、落实了编审班子。会后各参编教师立即行动，认真撰写，在1995年9月威海召开的审稿会的基础上，历经了一年左右时间，这一套统编教材终于陆续交稿出版。

这批教材的出版是我们对机电工程（机电一体化）专业教学的一种尝试，希望它能满足各校的教学所需，这套教材在组织编写过程中得到了众多学校和老师的热心帮助，在这里特向吴善元、盛善权、黄鹤汀、易泓可等诸位老师表示衷心的感谢。

机械工业部教材编辑室

1995年11月

前 言

在生产过程、科学研究和其它产业领域中，电气控制技术的应用都是十分广泛的。在机械设备的控制中，电气控制亦比其它的控制方法使用得更为普遍。随着科学技术日新月异的发展，特别是大规模集成电路的问世和微处理机技术的应用，出现了可编程序控制器(PLC)，使电气控制技术进入了一个崭新的阶段。因此，了解和学习这些重要技术对高校工程类专业的学生来说，已是必不可少的。本书介绍常用低压电器、电气控制系统的基本控制电路、典型机械设备电气控制系统分析、可编程序控制器及其控制系统的设计和应用、电气控制装置设计等。本课程的参考教学时数为60~70学时。

本书编写的总目标是解决机械电气控制的技术及应用问题，培养和提高学生分析问题和解决问题的能力。编者认为只有掌握一定的基本原理、基本方法，通过基本技能的训练和实例的引导，才能真正实现上述目标。

本书在编写上力求突出针对性、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，尽可能体现出专科教材的特色。

本书适用于高等工程专科学校机电一体化专业、工业自动化专业、机制专业及其它相关专业。它是机电类专业的主干课程。本书对与机电相关专业的本科生和工程技术人员来说也是一本较好的自学教材和参考书。

本书由南京动力高等专科学校余雷声任主编，并编写绪论和第四章；上海机械高等专科学校方宗达为副主编，并编写第五、六章；河南机电高等专科学校孙平编写第一章及第三章的第四、五、六节；南京机械高等专科学校海心编写第二章及第三章的第一、二、三节。全书由余雷声、海心统稿。南昌高等专科学校易泓可担任主审，对书稿提出了许多中肯和建设性意见。本书在编写过程中还得到了上海欧姆龙自动化系统有限公司的帮助，公司技术经理佐藤忠好为本书编写提供了大量的资料，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏或不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1995年10月

目 录

序	
前言	
绪论	1
一、电气控制技术的发展概况	1
二、本课程的性质与任务	2
第一章 常用低压电器	4
第一节 概述	4
第二节 低压电器的电磁机构及执行机构	4
一、电磁机构	4
二、触头系统	5
三、灭弧系统	5
第三节 接触器	6
第四节 控制继电器	8
一、电压、电流继电器	9
二、中间继电器	9
三、时间继电器	10
四、热继电器	12
五、速度继电器	13
第五节 熔断器	15
一、熔断器的工作原理	15
二、常用熔断器的种类及技术数据	15
三、熔断器的选择	15
第六节 低压隔离器	16
一、刀开关	16
二、组合开关	17
第七节 低压断路器	18
第八节 主令电器	20
一、控制按钮	20
二、行程开关与接近开关	21
三、万能转换开关	23
四、凸轮控制器	24
思考题与习题	25
第二章 电气控制系统的基本控制电路	26
第一节 电气制图及电路图	26
一、电气图中的图形符号和文字符号	26
二、电路图	27
三、电器元件布置图	29
四、接线图	30
第二节 电气控制线路的逻辑代数分析方法	30
一、电器元件的逻辑表示	30
二、电路状态的逻辑表示	31
三、电路化简的逻辑法	31
第三节 异步电动机的起动和正反转控制	31
一、笼型异步电动机的起动控制	31
二、绕线转子异步电动机的起动控制	36
三、笼型异步电动机正反转控制	38
第四节 笼型异步电动机的制动控制	42
一、能耗制动控制电路	42
二、反接制动控制电路	43
第五节 双速异步电动机控制电路	44
一、电动机磁极对数的产生与变化	44
二、双速电动机控制电路	45
第六节 异步电动机的其它基本控制电路	46
一、点动与长动控制	46
二、多地点与多条件控制	47
三、顺序(条件)控制	47
四、联锁控制	48
五、自动循环控制	49
思考题与习题	56
第三章 典型机械设备电气控制系统分析	57
第一节 卧式车床的电气控制电路	58
一、机床结构及工作要求	58
二、电力拖动及控制要求	58
三、机床电气控制系统分析	58
第二节 X62W型万能升降台铣床的电气控制电路	62
一、机床的主要结构和运动形式	62
二、电力拖动和控制要求	62
三、控制电路分析	63
第三节 组合机床的电气控制电路	68

一、机床的结构(或组成)及运动	68	四、远程单元及标准模块	120
二、机床的拖动及控制要求	69	思考题与习题	124
三、机床控制电路分析	70	第五章 PLC 控制系统的设计和应用 ..	126
第四节 锻压机械的电气控制电路	74	第一节 编程方法与规则	126
一、液压机工作过程	75	一、命令语句表达式编程	126
二、电气控制系统	77	二、梯形图编程	126
三、顶出缸和停止操作	79	第二节 PLC 控制系统的设计步骤及有关	
第五节 桥式起重机的电气控制电路	79	内容	135
一、概述	79	第三节 应用举例	136
二、桥式起重机的结构简介	79	一、PLC 在机械手搬物控制中的应用 ..	136
三、桥式起重机的主要技术参数	80	二、PLC 在沥青混凝土拌和机上的应	
四、提升机构对电力拖动的主要要求	80	用	137
五、10t 桥式起重机典型电路分析	80	三、PLC 在集选电梯外呼信号停站控制	
第六节 小型冷库的电气控制电路	84	中的应用	145
一、主电路	84	四、PLC 在数控加工中心刀库控制中的	
二、控制、显示及报警电路	84	应用	147
思考题与习题	87	习题	152
第四章 可编程序控制器	88	第六章 电气控制装置设计	155
第一节 概述	88	第一节 电气控制系统设计的基本原则和	
一、可编程序控制器的特点	88	内容	155
二、可编程序控制器的应用和发展	88	一、电气控制系统设计的基本原则	155
三、可编程序控制器基本结构和工作原		二、电气控制系统设计的基本内容	156
理	90	第二节 电气控制装置的设计步骤与设计	
四、可编程序控制器的主要性能指标	91	要点	156
第二节 可编程序控制器的编程语言及分		一、设计步骤	156
类	92	二、设计要点	157
一、可编程序控制器的编程语言	92	第三节 设计举例	165
二、可编程序控制器的分类	92	一、两层车库概述	165
三、OMRON 公司 C 系列机简介	93	二、初步设计	165
第三节 OMRON 公司 C 系列 P 型机	94	三、技术设计	166
一、P 型机的硬件组成	94	思考题与习题	170
二、内部器件	97	附录	171
三、机型的编号方法	98	附录 A 常用低压电器技术数据	171
四、P 型机的指令系统	98	附录 B 电气技术用文字符号	179
第四节 OMRON 公司的 C200H PLC	111	附录 C 电气图用图形符号	180
一、C200H PLC 系统的组成	111	附录 D 逻辑代数的基本运算法则	190
二、C200H 的内部器件	113	附录 E C200H PLC 指令系统一览表	191
三、C200H 的指令系统	115	参考文献	208

绪 论

一、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。到本世纪 30 年代，电气控制技术的发展，推动了电器产品的进步，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，基本控制电路亦形成规范，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。在本世纪 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% 左右。到 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 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的推广，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，例如用机、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。

从本世纪 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,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,均未能获得广泛应用。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,使得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h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。

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贮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,形成了从产品设计与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,在人类进入21世纪的时候,电气控制技术必将达到更高的水平。

二、本课程的性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课,主要内容是以电动机或其它执行电器为控制对象,介绍继电器接触器控制系统和PLC控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路以及电气控制系统的设计方法。当前PLC控制系统应用十分普遍,已经成为实现工业自动化的主要手段,把它作为教学重点是毫无疑问的。但是根据我国当前情况,继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式,而且控制系统所用的低压电器正在向小型化、长寿命发展,出现

了功能多样的电子式电器，使继电器控制系统性能不断提高，因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位。另一方面 PLC 是计算机技术与继电器控制技术相结合的产物，而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关，因此掌握继电器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

电动机调速技术和数控技术内容十分丰富而且自成体系，另有专门课程介绍，本书不再涉及。

本课程的目标是培养实际应用的能力，具体要求是：

- 1) 熟悉常用控制电器的结构原理、用途，了解其型号规格并能够正确使用。
- 2) 熟练掌握继电器控制线路的基本环节，能够独立分析电气控制线路的工作原理。
- 3) 熟悉典型设备电气控制系统，具有从事电气设备安装调试、维修管理等知识。
- 4) 掌握 PLC 的基本原理及编程方法，能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编制应用程序。
- 5) 具有设计和改进一般机械设备电气控制线路的基本能力。

第一章 常用低压电器

第一节 概 述

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，按其用途可分为配电电器和控制电器；按其动作方式可分为自动电器和手动电器；按其执行机构又可分为有触点电器和无触点电器等等。综合考虑各种电器的功能和结构特点，通常将低压电器分为刀开关、隔离器、隔离开关及其组合电路。

自改革开放以来，我国低压电器产品发展很快，通过自行设计新产品和从国外著名厂家引进技术，产品品种和质量都有明显的提高，符合新国家标准、部颁标准和达到国际电工委员会（IEC）标准的产品不断增加。从 1982 年至 1990 年，机械工业部相继颁布了 12 批能耗高、性能落后应予淘汰的产品目录，其中也包括了某些低压电器产品，严格禁止生产厂继续销售和使用单位购买淘汰产品，对选用淘汰产品的工程设计则视为劣质设计。国家制定这些“扶优限劣”的技术政策对我国低压电器产品的技术进步和提高电气控制系统的可靠性有着十分重要的作用。

当前，低压电器继续沿着体积小、重量轻、安全可靠、使用方便的方向发展，主要途径是利用微电子技术提高传统电器的性能；在产品品种方面，大力发展电子化的新型控制电器，如接近开关、光电开关、电子式时间继电器、固态继电器与接触器、漏电继电器、电子式电机保护器和半导体起动器等，以适应控制系统迅速电子化的需要。

本章主要介绍在机械设备电气控制系统中经常用到的低压电器，着重介绍部分技术先进、符合 IEC 标准的电器产品，为阅读和理解电气控制线路和正确使用及选择这些器件打好基础。

第二节 低压电器的电磁机构及执行机构

电磁式电器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。

一、电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力，带动触头动作，完成通断电路的控制作用。

电磁机构由铁心、衔铁和线圈等几部分组成，其作用原理：当线圈中有工作电流通过时，电磁吸力克服弹簧的反作用力，使得衔铁与铁心闭合，由连接机构带动相应的触头动作。

从常用铁心的衔铁运动形式上看,铁心主要可分为拍合式和直动式两大类,图 1-1a 为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,其铁心材料由电工软铁制成,它广泛用于直流电器中。图 1-1b 为衔铁沿轴转动的拍合式铁心,铁心形状有 E 形和 U 形两种,其铁心材料由硅钢片叠成,多用于触头容量较大的交流电器中;图 1-1c 为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心,它也是由硅钢片叠制而成的,多用于触头为中、小容量的交流接触器和继电器中。电磁线圈由漆包线绕制而成,也分为交、直流两大类,当线圈通过工作电流时产生足够的磁动势,从而在磁路中形成磁通,使衔铁获得足够的电磁力,克服反作用力而吸合。在交流电流产生的交变磁场中,为避免因磁通过零点造成衔铁的抖动,需在交流电器铁心的端部开槽,嵌入一铜短路环,使环内感应电流产生的磁通与环外磁通不同时过零,使电磁吸力 F 总是大于弹簧的反作用力,因而可以消除交流铁心的抖动。

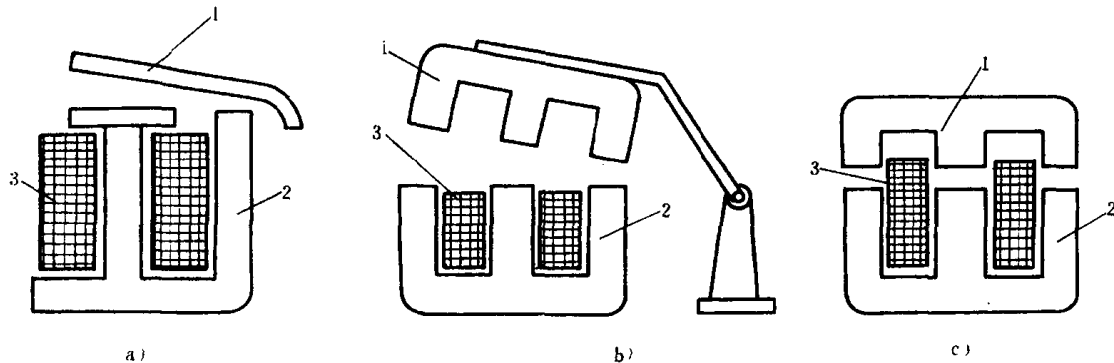


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

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,但电磁机构实质上就是电磁铁的一种,电磁铁还有很多用途,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动阀、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;起重电磁铁用于起重搬运磁性货物件等等。

二、触头系统

触头的作用是接通或分断电路,因此要求触头要具有良好的接触性能,电流容量较小的电器(如接触器、继电器等)常采用银质材料作触头,这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似,可以避免触头表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触头的结构有桥式和指式两类。图 1-2 为桥式结构。桥式触头又分为点接触式和面接触式,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。因指形触头在接通与分断时产生滚动摩擦,可以去掉氧化膜,故其触头可以用紫铜制造,特别适合于触头分合次数多、电流大的场合。

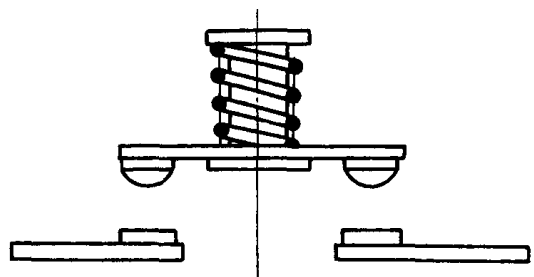


图 1-2 桥式触点结构型式

三、灭弧系统

触头在分断电流瞬间，在触头间的气隙中就会产生电弧，电弧的高温能将触头烧损，并可能造成其它事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有：①迅速增加电弧长度（拉长电弧），使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭。②使电弧与流体介质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电流有自然过零点，故其电弧较易熄灭。

低压控制电器常用的具体灭弧方法有：

1) 机械灭弧 通过机械装置将电弧迅速拉长。这种方法多用于开关电器中。

2) 磁吹灭弧 在一个与触头串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭。

3) 窄缝（纵缝）灭弧法 在电弧所形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄（纵）缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭。这种结构多用于交流接触器上。

4) 栅片灭弧法 当触头分开时，产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因而就有许多个阴阳极压降。对交流电弧来说，近阴极处，在电弧过零时就会出现一个 $150\sim 250\text{V}$ 的介质强度，使电弧无法继续维持而熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧，如图 1-3 所示。

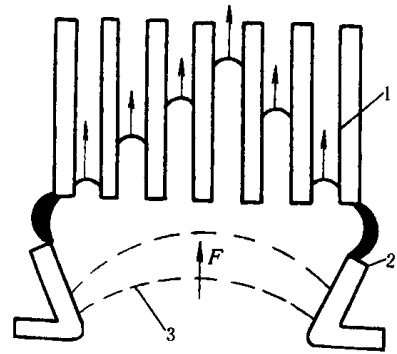


图 1-3 金属栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片 2—触头 3—电弧

第三节 接 触 器

接触器是一种通用性很强的电磁式电器，它可以频繁地接通和分断交、直流主电路，并可实现远距离控制，主要用来控制电动机，也可控制电容器、电阻炉和照明器具等电力负载。交流接触器的主触头通常有 3 对，直流接触器为 2 对。接触器的动、静触头一般置于灭弧罩内，有一种真空接触器则是将动触头密闭于真空泡中，它具有分断能力高，寿命长，操作频率高，体积小及重量轻等优点，近年来还出现了由晶闸管组成无触头的接触器。

随控制对象及其运行方式的不同，交流接触器的工作条件也有很大差别，按其接通和分断条件可分为若干种使用类别，现列举主要的几类如下：

使用类别代号	典型用途举例
AC-1 (JK0)	无感或微感负载、电阻炉
AC-2 (JK1、JK2)	绕线转子异步电动机的起动、分断
AC-3 (JK3)	笼型异步电动机的起动、运转中分断
AC-4 (JK4)	笼型异步电动机的起动、反接制动
AC-5a	控制放电灯的通断
AC-5b	控制白炽灯的通断

AC-6a 变压器的通断

AC-6b 电容器的通断

交流接触器常用型号有 CJ10、CJ12 系列，其新产品有 CJ20 系列，引进生产的交流接触器有德国西门子的 3TB 系列、法国 TE 公司的 LC1、LC2 系列、德国 BBC 的 B 系列等，这些引进产品大多采用积木式结构，可以根据需要加装辅助触头、空气延时触头、热继电器及机械联锁附件，安装方式有用螺钉安装和快速卡装在标准导轨上等两种。新产品的体积和重量都比老产品 CJ10 系列大大减少，而技术性能显著提高。图 1-4 为 CJ20 系列交流接触器结构示意图。

部分交流接触器的主要技术参数见表 1-1 和表 1-2。

选择接触器时应从其工作条件出发，主要考虑下列因素：

① 控制交流负载应选用交流接触器；控制直流负载则选用直流接触器。

② 接触器的使用类别应与负载性质相一致。

③ 主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

④ 主触头的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流；还要注意的是接触器主触头的额定工作电流是在规定条件下（额定工作电压、使用类别、操作频率等）能够正常工作的电流值，当实际使用条件不同时，这个电流值也将随之改变。

⑤ 吸引线圈的额定电压应与控制回路电压相一致，接触器在线圈额定电压 85% 及以上时应能可靠地吸合。

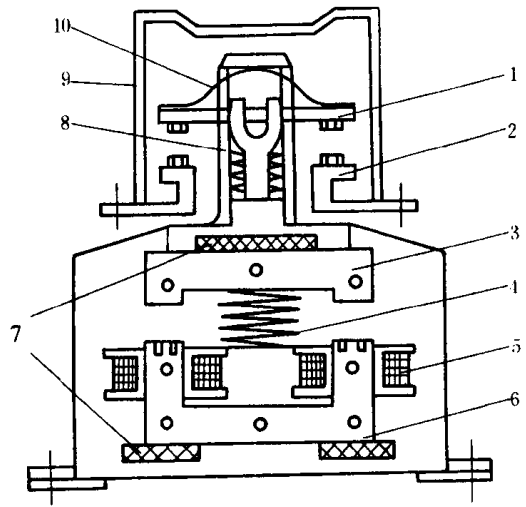


图 1-4 CJ20 系列交流接触器结构示意图

1—动触桥 2—静触头 3—衔铁 4—缓冲弹簧
5—电磁线圈 6—铁心 7—垫毡 8—触头弹簧
9—灭弧罩 10—触头压力簧片

表 1-1 CJ20 系列交流接触器主要技术参数

型 号	频率 (Hz)	辅助触头额定 电 流 (A)	吸引线圈电压 (V)	主触头额定电流 (A)	额定电压 (V)	可控制电动机 最大功率 (kW)
CJ20-10	50	5	~36、127 220、380	10	380/220	4/2.2
CJ20-16				16	380/220	7.5/4.5
CJ20-25				25	380/220	11/5.5
CJ20-40				40	380/220	22/11
CJ20-63				63	380/220	30/18
CJ20-100				100	380/220	50/28
CJ20-160				160	380/220	85/48
CJ20-250				250	380/220	132/80
CJ20-400				400	380/220	220/115

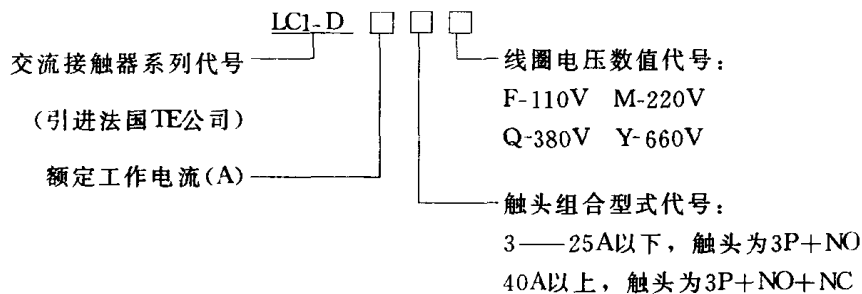
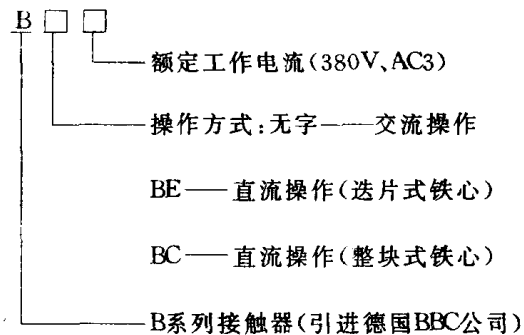
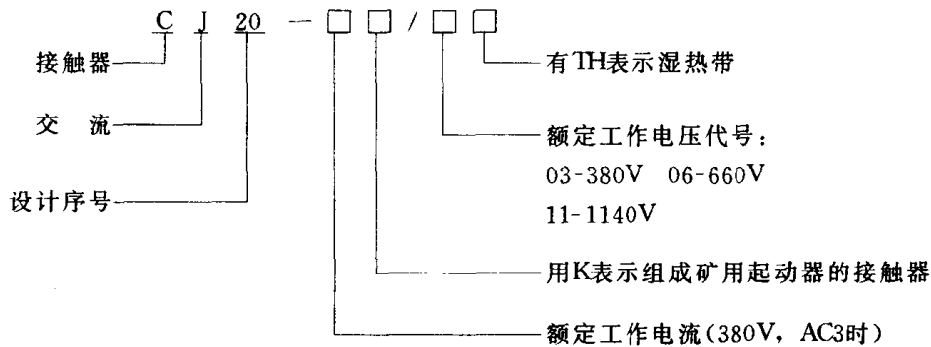
表 1-2 CJ12 系列交流接触器主要技术数据

型 号	额定电流 (A)	极 数	额定电压	辅 助 触 头		线 圈	
				容 量	对 数	额定电压 (V)	
CJ12-100	100	1、3、4、5	交流 380	1000V·A/380 直 流 90W/220	6 对常开与常闭 点可任意组合	~36	127
CJ12-150	150					220	380
CJ12-250	250						
CJ12-400	400						
CJ12-600	600						

⑥ 主触头和辅助触头的数量应能满足控制系统的需要。

下面以 CJ20、B、LC1-D 系列为例，介绍其技术规格表示方法：

型号意义：



注：3P—3 对主触头；NO、NC——对常开、常闭触头

第四节 控制继电器

控制继电器主要用于控制与保护电路作信号转换用。它具有输入电路(又称感应元件)和

输出电路（又称执行元件），当感应元件中的输入量（如电流、电压、温度、压力等）变化到某一定值时继电器动作，执行元件便接通和断开控制回路。

控制继电器种类繁多，常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器以及温度、压力、计数、频率继电器等等。

电子元器件的发展应用，推动了各种电子式的小型继电器的出现，这类继电器比传统的继电器灵敏度更高，寿命更长，动作更快，体积更小，一般都采用密封式或封闭式结构，用插座与外电路联接，便于迅速替换，能与电子线路配合使用。下面对经常使用的几种继电器作简单介绍。

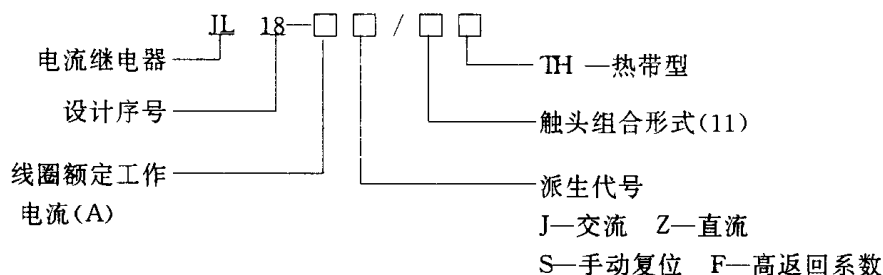
一、电压、电流继电器

根据输入（线圈）电流大小而动作的继电器称为电流继电器。按用途还可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器的任务是当电路发生短路及过流时立即将电路切断，因此过流继电器线圈通过小于整定电流时继电器不动作，只有超过整定电流时，继电器才动作。过电流继电器的动作电流整定范围，交流过流继电器为 $110\% \sim 350\% I_N$ ，直流过流继电器为 $70\% \sim 300\% I_N$ 。欠电流继电器的任务是当电路电流过低时立即将电路切断，因此欠电流继电器线圈通过的电流大于或等于整定电流时，继电器吸合，只有电流低于整定电流时，继电器才释放。欠电流继电器动作电流整定范围，吸合电流为 $30\% \sim 50\% I_N$ ，释放电流为 $10\% \sim 20\% I_N$ ，欠电流继电器一般是自动复位的。

与此类似，电压继电器是根据输入电压大小而动作的继电器，过电压继电器动作电压整定范围为 $105\% \sim 120\% U_N$ ，欠电压继电器吸合电压调整范围为 $30\% \sim 50\% U_N$ ，释放电压调整范围为 $7\% \sim 20\% U_N$ 。

下面以 JL18 系列电流继电器为例，介绍其规格表示方法并在表 1-3 上表示其主要技术参数。

型号意义：



整定电流调节范围：

交流吸合 $110\% \sim 350\% I_N$

直流吸合 $70\% \sim 300\% I_N$

二、中间继电器

中间继电器的作用是将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大（即增大触头容量）的继电器。

常用的中间继电器有 JZ7 系列，以 JZ7-62 为例，JZ 为中间继电器的代号，7 为设计序号，有 6 对常开触头，2 对常闭触头。表 1-4 为 JZ7 系列的主要技术数据。

新型中间继电器触头闭合过程中动、静触头间有一段滑擦、滚压过程，可以有效地清除触头表面的各种生成膜及尘埃，减小了接触电阻，提高了接触可靠性，有的还装了防尘罩或

表 1-3 JL18 系列电流继电器技术参数

型 号	线 圈 额 定 值		结构特征
	工作电压 (V)	工作电流 (A)	
JL18-1.0	~380 -220	1.0	触头工作电压~380V -220V 发热电流 10A 可自动及手动复位
JL18-1.6		1.6	
JL18-2.5		2.5	
JL18-4.0		4.0	
JL18-6.3		6.3	
JL18-10		10	
JL18-16		16	
JL18-25		25	
JL18-40		40	
JL18-63		63	
JL18-100		100	
JL18-160		160	
JL18-250		250	
JL18-400		400	
JL18-630		630	

表 1-4 JZ7 系列中间继电器的技术数据

型 号	触点额定电压 (V)	触点额定电流 (A)	触点对数		吸引线圈电压 (V)	额定操作频率 (次/h)
			常 开	常 闭		
JZ7-44	500	5	4	4	交流 50Hz 时 12、36、127、 220、380	1200
JZ7-62			6	2		
JZ7-80			8	0		

采用密封结构，也是提高可靠性的措施。有些中间继电器安装在插座上，插座有多种型式可供选择，有些中间继电器可直接安装在导轨上，安装和拆卸均很方便。常用的有 JZ18、MA、K、HH5、RT11 等系列。

三、时间继电器

时间继电器有空气式、电动式、电子式等多种，是一种按照时间原则进行控制的继电器。

1. 空气式时间继电器

它由电磁机构、工作触头及气室三部分组成，它的延时是靠空气的阻尼作用来实现的。常见的型号有 JS7-A 系列，按其控制原理有通电延时和断电延时两种类型。

图 1-5 为 JS7-A 型空气阻尼式时间继电器的工作原理图。

当通电延时型时间继电器电磁铁线圈 1 通电后，将衔铁吸下，于是顶杆 6 与衔铁间出现一个空隙，当与顶杆相连的活塞在弹簧 7 作用下由上向下移动时，在橡皮膜上面形成空气稀薄的空间（气室），空气由进气孔逐渐进入气室，活塞因受到空气的阻力，不能迅速下降，在