



21世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材

21 SHIJI PUTONG GAO DENG ZHI YE JIAO YU JI XIE DI AN ZI X I L I E G U I H U A J I A O C A I



电气控制与PLC

Electrical Control Technology and PLC

主编 祖国建



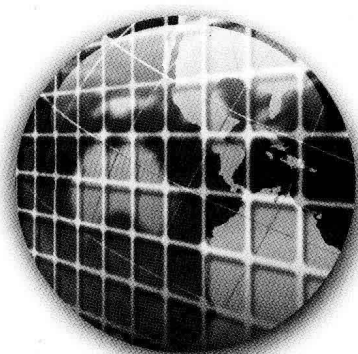
华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



21世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材

21 SHIJI PUTONG GAODENG ZHIYE JIAOYU JIXIE DIANZI XILIE GUIHUA JIAOCAI



电气控制与PLC

Electrical Control Technology and PLC

主 编：祖国建

副主编：廖世海 向丽坤 王烈准

编 委：（编委排名以姓氏笔画为序）

王烈准 向丽坤 肖雪耀 周青云

祖国建 梁德深、廖世海



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内容提要

电气控制与PLC课程是机电类、自动化类高职工科专业开设的实践性强,与生产实践联系密切,强弱电结合,集机械、液压、电气于一体的技术应用型课程。

本书以模块式结构编排,共六个模块,包括常用低压电器、控制线路基本环节、典型机床电气控制、PLC指令系统、PLC控制系统的设计与应用和电气控制技术拓展。每个模块设有课堂演示、基本技能训练和综合项目实训等实践教学环节。模块内容以“渐进式”方式设置,大部分模块都设有类似于实际项目的综合实训项目,通过实际项目的分析、研究、设计、操作,促使学生切实掌握电气控制与PLC的基础知识及基本应用,在专业技能上达到对电气线路会分析、会安装施工、会维修管理、会一般设计的“四会”能力要求。

在讲授可编程控制器时,本书以三菱公司FX系列PLC为主要对象,对其常用指令和基本应用作了详细的介绍,在拓展模块中介绍了S7-200系列PLC的指令及应用。

本书可作为高职高专、高级技校、技师学院等的机电类、自动化类、电子类专业相关课程教材,也可供专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC /祖国建 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010年1月

21世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材

ISBN 978-7-5609-5933-7

I.电… II.祖… 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.TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第238671号

电气控制与PLC

祖国建 主 编

策划编辑:袁 冲

责任编辑:史永霞 张 蕾

责任校对:张 琳

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:天慧图文

印 刷:武汉武铁印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:15 插页:2

版次:2010年1月第1版

印次:2010年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5609-5933-7/TM·117

装帧设计:上艺设计

责任监印:周治超

字数:357 000

定价:26.00元

(本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换)



21 世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材

编审委员会

总顾问/编委会主任

程大章(教育部高等学校高职高专机电设备技术类专业教学指导委员会委员)

编委会副主任(以下排名不分先后)

祖国建	周养萍	杜 涛	杜贵明	张森林	祝木田	杨丽娜	高炳易
陈天祥	马雪峰	蒋洪平	杜文忠	马 彪	陈健巍	刘 骋	许立太
郭庆梁	艾小玲	耿海珍	康 力	张琳琳	张国庆	何克详	万文龙
邵永录	董 霞	孙振强	熊建武	刘秋艳	山 磊	李福军	董 彦
李国会	孙 琳	何冰强	高显宏	于保敏	侯勇强	喻丕珠	慕 灿

编委会委员(以下排名不分先后)

廖世海	向丽坤	王烈准	肖雪耀	周青云	庞丽芹	李贤温	孟庆平
肖 强	包西平	孙 滨	张世生	李 迅	刘 力	彭丽华	张丽荣
陈庆丰	王建勋	窦本洋	朱 红	和春梅	王 飒	张莉莉	张勇明
赵伟阁	李绍鹏	朱 军	蒋昌华	蒋素清	连为民	王 磊	赵 辉
牛 鑫	王文魁	王 华	葛东霞	纪利琴	周 华	李代席	董 勇
马红奎	余佑财	张智芳	葛广军	汤银忠	刁统山	李虹飞	王晓华
孙玉峰	祥 安	孙玉芹	梁 健	薛颖操	贾 磊	姜 凌	江 华
张爱华	金 莹	郭佳俊	李景龙	窦 涛	石 玉	尚庆宝	江桂荣
吉 庆	许西惠	吴承恩	滕旭东	姜 芳	童宏永	项 东	李汉平
葛乐清	孙春霞	姚 群	王宜君	王宏元	黄仕彪	胡才万	李艳菲
唐新兴	宋炎荣	沈铁敏	于海玲	李 刚	李晓红	崔立功	公 相
陈 龙	刘正平	张桂花	张晶辉	武海燕	关锐钟	耿晓明	蒋 浩
朱显明	马洪波	唐 静	蔡新梅	高 艳	王 莉	童 星	张 森
朱 敏	王震婷	冯珊珊	肖红波	郭庆梁	胡才万	董海东	范 玉
钟江静	金敦水	段继承	王东刚	李凤光	冯 娟	伍端阳	梁德深

21 世纪普通高等职业教育机械电子系列规划教材 参编院校名录

湖南铁道职业技术学院(国家示范性高职院校)	长治职业技术学院
芜湖职业技术学院(国家示范性高职院校)	济源职业技术学院
平顶山工业职业技术学院(国家示范性高职院校)	南京铁道职业技术学院
辽宁交通高等专科学校(国家示范性高职院校)	台州职业技术学院
兰州石化职业技术学院(国家示范性高职院校)	辽宁信息职业技术学院
武汉职业技术学院(国家示范性高职院校)	辽宁机电职业技术学院
淄博职业学院(国家示范性高职院校)	德州科技职业学院
西安航空职业技术学院(国家示范性高职院校)	贵州电子信息职业技术学院
长春职业技术学院(国家示范性高职院校)	山东胜利职业学院
昆明冶金高等专科学校(国家示范性高职院校)	广州现代信息工程职业技术学院
吉林工业职业技术学院(国家示范性高职院校)	济南工程职业技术学院
大庆职业学院(国家示范性高职院校)	抚顺职业技术学院
徐州建筑职业技术学院(国家示范性高职院校)	咸阳职业技术学院
永州职业技术学院(国家示范性高职院校)	阜阳职业技术学院
陕西工业职业技术学院(国家示范性高职院校)	苏州工业职业技术学院
娄底职业技术学院	重庆城市职业学院
常州机电职业技术学院	安徽新华学院
常德职业技术学院	河南城建学院
江西工业工程职业技术学院	重庆交通科技职业学院
六安职业技术学院	济南职业学院
郑州职业技术学院	江西工程职业学院
泰山职业技术学院	盐城纺织职业技术学院
天津滨海职业学院	咸宁职业技术学院
辽宁装备制造职业技术学院	贵州航天职业技术学院
武汉交通职业学院	青岛滨海学院
襄樊职业技术学院	辽宁石油化工大学职业技术学院
广东工贸职业技术学院	商丘科技职业学院
广东水利电力职业技术学院	浙江工商职业技术学院
滨州职业学院	郑州工业安全职业学院
随州职业技术学院	黑龙江工商职业技术学院
徐州工业职业技术学院	永城职业学院
南充职业技术学院	华南理工大学广州汽车学院
内蒙古机电职业技术学院	山西综合职业技术学院
宣城职业技术学院	安徽电子信息职业技术学院
成都电子机械高等专科学校	黑龙江农业经济职业学院
连云港职业技术学院	黑龙江林业职业技术学院
黑龙江信息技术职业学院	渤海船舶职业学院
江西交通职业技术学院	辽阳职业技术学院
江苏联合职业技术学院	四川科技职业学院
漯河职业技术学院	曲江广播电视大学
江苏经贸职业技术学院	

随着微机技术的迅猛发展,以可编程序控制器(PLC)、变频调速器为主体的现代电气控制系统逐步在取代传统的继电器控制系统,并已广泛应用于工业生产的各行各业。为了突出针对性、实用性、先进性和好教好学的高职教育特征,打破以往教材的编写思路,本教材的编写立足于应用型人才的培养,以培养学习者胜任典型工作任务为目的,在注重基础理论的同时,突出编写了实践性教学环节。在编写过程中,我们力图做到深入浅出,层次分明,详略得当,尽可能体现出工学结合的高职教育特点。

本教材突出特征是适用于采用“模块化”方式组织教学。一方面采用理论与实践一体化教学,强调技术应用;另一方面采用“模块化”结构,并以“渐进式”方式设置模块内容,大部分模块后设有综合实训项目,以实际项目的分析、操作、探究、设计等来达到教学目的。在使用过程中,建议根据教材特点,采用“以学生为中心”和“以项目为中心”灵活多样的教学方法。课程采用讲练结合、课堂讲解与演示相结合、“教师教”与“学生做”相结合的教学方式,课程的大部分内容安排到实训室进行,实现仿真生产环境下的“教、学、做、评”合一,实现课堂与实训地点一体化。本书在教学使用过程中,可根据专业的不同、课时的多少进行删减。

参与本书编写工作的有:郑州职业技术学院周青云(模块1);娄底职业技术学院肖雪耀(模块2);昆明冶金高等专科学校向丽坤(模块3);江西工业工程职业技术学院廖世海(模块4);六安职业技术学院王烈准(模块5);娄底职业技术学院祖国建(模块6和附录1、2)。全书由祖国建任主编并统稿,张海筹教授进行了审定。

本书的顺利出版,得到了湖北众邦文化传播有限公司、华中科技大学出版社相关领导及编辑的大力支持,在此一并致谢!

由于编者的水平有限,编写时间仓促,错误、不妥之处难免,敬请读者批评指正。

编者

2010年2月

Contents

目 录

模块 1 常用低压电器 (1)

1.1 理论基础	(1)
1.1.1 低压电器的基础知识	(1)
1.1.2 接触器	(2)
1.1.3 继电器	(5)
1.1.4 熔断器	(14)
1.1.5 低压开关和断路器	(18)
1.1.6 主令电器	(22)
1.2 课堂演示	(27)
1.2.1 演示要求	(27)
1.2.2 演示步骤	(27)
1.3 基本技能训练	(28)
1.3.1 常用电工工具仪表的使用	(28)
1.3.2 低压电器的拆装	(33)
习题与思考题 1	(33)

模块 2 控制线路基本环节 (35)

2.1 理论基础	(35)
2.1.1 电气控制系统图基本知识	(35)
2.1.2 三相异步电动机全压启动控制线路	(39)
2.1.3 异步电动机降压启动控制线路	(42)
2.1.4 三相异步电动机的电力制动控制线路	(48)
2.1.5 三相异步电动机的调速控制线路	(50)
2.1.6 其他典型控制环节	(53)



2.1.7 直流电动机的控制线路	(55)
2.1.8 电动机控制的保护环节	(58)
2.2 课堂演示	(60)
2.2.1 间歇运行控制电路原理	(60)
2.2.2 演示步骤	(61)
2.2.3 边学边议	(61)
2.3 基本技能训练	(61)
2.3.1 电动机单向启动线路的接线	(61)
2.3.2 三相异步电动机的正反转控制线路	(62)
2.3.3 三相异步电动机的能耗制动控制线路	(63)
2.4 综合项目——水塔供水控制系统的设计	(64)
习题与思考题 2	(65)

模块 3 典型机床电气控制 (68)

3.1 理论基础	(68)
3.1.1 电气控制线路分析基础	(68)
3.1.2 C650 型卧式车床电气控制	(70)
3.1.3 C6140T 车床电气控制	(73)
3.1.4 X62W 卧式万能铣床电气控制	(76)
3.1.5 T68 型卧式镗床电气控制	(82)
3.1.6 机床电气故障排除的方法	(89)
3.2 课堂演示	(93)
3.2.1 C650 卧式车床电气控制线路及演示用设备	(93)
3.2.2 演示步骤	(93)
3.2.3 边学边议	(93)
3.3 基本技能训练	(94)
3.4 综合项目——摇臂钻床电气系统的设计与制作	(95)
习题与思考题 3	(100)

模块 4 PLC 的指令系统 (101)

4.1 理论基础	(101)
4.1.1 可编程序控制器概述	(101)
4.1.2 可编程序控制器的基本组成	(105)
4.1.3 PLC 的工作原理	(108)



4.1.4 PLC 的编程语言	(110)
4.1.5 FX 系列 PLC 概述	(111)
4.1.6 基本逻辑指令及使用	(117)
4.1.7 PLC 的编程及应用	(125)
4.1.8 步进指令及状态编程法	(132)
4.1.9 应用指令的初步认识	(134)
4.2 课堂演示	(139)
4.2.1 双定时器 PLC 闪光控制电路原理	(139)
4.2.2 演示步骤	(140)
4.2.3 边学边议	(141)
4.3 基本技能训练	(141)
4.3.1 基本指令的编程练习	(141)
4.3.2 异步电动机 Y- Δ 降压启动的 PLC 控制	(142)
4.3.3 十字路口交通灯控制的模拟	(143)
4.4 综合项目——抢答器的 PLC 控制设计与制作	(144)
习题与思考题 4	(144)
模块 5 PLC 控制系统的设计与应用	(147)
5.1 理论基础	(147)
5.1.1 PLC 控制系统设计概要和要点	(147)
5.1.2 PLC 控制系统的硬件设计	(150)
5.1.3 PLC 控制系统的软件设计	(153)
5.1.4 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用方法	(155)
5.1.5 可编程序控制器应用系统的设计	(167)
5.1.6 PLC 应用中的若干问题	(176)
5.2 课堂演示	(181)
5.2.1 闪光控制的原理	(181)
5.2.2 课堂演示的目的	(182)
5.2.3 演示步骤	(182)
5.2.4 边学边议	(182)
5.3 基本技能训练	(182)
5.3.1 运料小车控制模拟	(182)
5.3.2 机械手动作的模拟	(184)
5.4 综合项目——三层电梯的控制设计	(186)
习题与思考题 5	(187)

**模块 6 电气控制技术的拓展 (189)**

6.1 理论基础	(189)
6.1.1 通信模块及其应用	(189)
6.1.2 模拟量输入/输出模块及其应用	(195)
6.1.3 位置控制模块及其应用	(196)
6.1.4 变频器多段调速的应用	(196)
6.1.5 PLC 的合理选型及其抗干扰技术	(198)
6.1.6 开放式 PLC(OpenPLC)	(202)
6.1.7 软件 PLC 技术	(208)
6.2 课堂演示	(211)
6.2.1 模拟量输入/输出模块的硬件接线	(212)
6.2.2 演示电路控制程序	(212)
6.2.3 演示步骤	(212)
6.2.4 边学边议	(212)
6.3 基本技能训练	(213)
6.3.1 PLC 编程口通信练习	(213)
6.3.2 自动售货机的 PLC 控制	(214)
习题与思考题 6	(215)

附录 1 FX-20P-E 型编程器及其使用 (216)**附录 2 SW3D5-GPPW-E 编程软件及其使用 (225)****参考文献 (230)**

模块 1

常用低压电器

【知识目标】

1. 熟悉常用低压电器的结构、工作原理及用途。
2. 熟记常用低压电器的图形和文字符号。
3. 了解低压电器的发展方向和新产品。

【能力目标】

1. 会根据工作设计需要正确选用低压电器。
2. 能独立拆卸、组装常用低压电器,完成实训任务。

1.1 理论基础

1.1.1 低压电器的基础知识

1. 概述

低压电器是指根据外界施加的信号和要求,能以自动或手动方式对额定交流电压 1 200 V 或直流电压 1 500 V 及以下的电路,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、检测、保护、变换和调节的电工设备。采用电磁原理构成的低压电气元件,称为电磁式低压电器;利用集成电路或电子元件构成的低压电器,称为电子式低压电器;利用现代控制原理构成的低压电器或装置,称为自动化电器、智能化电器或可通信电器;根据电器的控制原理、结构原理及用途,又可有终端组合式电器、智能化电器和模数化电器等。

低压电器是各种机床控制电路及电力拖动自动控制系统的基本组成元件,直接影响着后两者的可靠性和经济性。因此,学习掌握一些常见电器的结构、工作原理及正确的选用方法,已成为学习和掌握后续知识及了解新型电器的基础。

2. 低压电器的分类

低压电器结构各异,种类繁多,功能多样,用途广泛,因而低压电器有不同的分类方法。例如:低压电器按其动作方式,可分为自动切换电器和非自动切换电器;按其在电路中的位



置和作用,可分为控制电器和配电电器;按其执行功能,可分为有触头和无触头电器等。习惯上按用途将低压电器划分为以下几类。

(1) 低压配电电器。低压配电电器是用于低压供电系统电能输送和分配的电器。如刀开关、断路器、隔离开关、转换开关及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强,限流效果好,动稳定及热稳定性性能好。

(2) 低压控制电器。低压控制电器是用于各种控制电路和控制系统的电器。如接触器、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,机械寿命要长。

(3) 低压主令电器。低压主令电器是用于发送控制指令的电器。如按钮、主令开关、行程开关和万能开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,机械寿命要长。

(4) 低压保护电器。低压保护电器是用于对电路和电器设备进行安全保护的电器。如熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器、壁垒器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应灵敏度要高,可靠性要高。

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

(6) 其他电器。其他电器包括变频调速器、可编程序控制器、软启动器、稳压与调压电器等。

3. 我国低压电器的发展方向

低压电器的发展方向取决于国民经济的发展和现代工业自动化的发展需求,以及新技术、新工艺和新材料的研究与应用。当前,我国低压电器正按照国际标准进行新产品的研制和开发,朝更高层次迈进。对传统的新一代产品向着提高电气元件的性能,大力发展机电一体化产品的方向发展,并提出了高性能、高可靠、小型化、多功能、组合化、模块化、电子化、智能化的要求。随着计算机网络的发展与应用,正在研制开发、生产和推广应用各种可通信智能化电器、模数化终端组合电器和节能电器等。带微处理器的智能化电器具有完善的保护功能、智能接口、试验、测量、自诊断、显示、通信等多项组合功能。模数化终端组合电器实现了电器尺寸模数化、安装轨道化、外形艺术化和使用安全化,是理想的新一代配电装置。

1.1.2 接触器

接触器是一种自动控制电器,它可以用作频繁的远距离接通或切断交直流电路及大容量控制电路。由于它体积小、价格便宜和维护方便,因而用途非常广泛。接触器最主要的控制对象是电动机,控制电动机的启动、正反转、制动和调速等;也可用于控制其他负载,如电焊机、电阻炉等。

1. 接触器的分类

接触器按其主触头控制的电路中的电流种类分类,有直流接触器和交流接触器。接触器的线圈电流种类既有与各自主触头电流种类相同的,也有不同的。对于重要场合使用的交流接触器,多采用直流励磁方式,使工作更可靠。

按其主触头的极数来分,则直流接触器有单极和双极两种,交流接触器有三极、四极和五极三种。

按控制电路操作电压的种类分类,接触器有交流操作、直流操作和交直流两用操作三种。

2. 接触器的结构

目前最常用最普通的接触器是电磁式交流接触器,它是由电磁机构、触头系统、灭弧装

置和其他部件组成。图 1.1 所示为交流接触器的结构示意图及图形符号。要注意的是,在绘制电路图时同一电器必须使用同一文字符号。

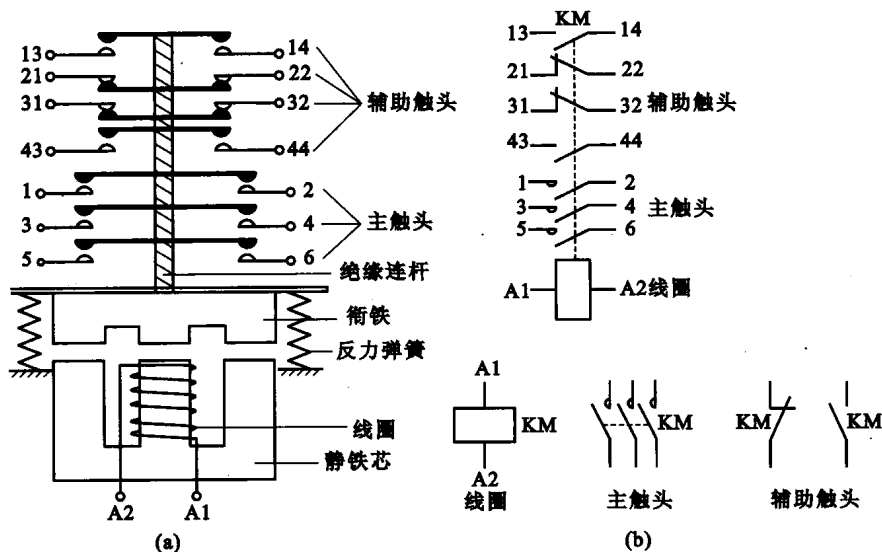


图 1.1 交流接触器的结构示意图及图形符号

(a) 接触器结构示意图; (b) 接触器的图形符号

(1) 电磁机构由线圈、衔铁和静铁芯组成。线圈用较粗一点的漆包线绕在骨架上做成扁而厚的形状,与铁芯隔离,有利于它们的散热;铁芯和衔铁用硅钢片叠成,可减小涡流和磁滞损耗。在铁芯部分一般嵌装短路铜环,目的是消除因交变磁通随交流电流过零而引起衔铁在吸合过程中所产生的振动和噪声。

(2) 交流接触器的触头系统包括主触头和辅助触头。主触头用于通断主电路,有三对、四对或五对常开触头;辅助触头用于控制电路,起电气联锁或控制作用,通常有两对常开和两对常闭触头。

(3) 灭弧装置在自然环境中断开电路时,如果被断开电路的电压(电流)超过某一数值,则触头间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的放电现象。电弧对电器的影响主要有三方面:触头虽已断开,但由于电弧的存在,使电路的切断时间延长,甚至不能断开;电弧的温度很高,严重时可使触头熔化;电弧向四周喷射时,会使电器及周围物质损坏,甚至造成短路,引发火灾。主触头电流在 20 A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器,常采用双断口桥形触头,装有陶土灭弧罩,以利于灭弧;对于大容量的接触器,常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧机构。

(4) 其他部件包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

接触器上标有端子标号,线圈为 A1、A2,主触头 1、3、5 接电源侧,2、4、6 接负荷侧;辅助触头用两位数表示,前一位为辅助触头顺序号,后一位的 3、4 表示常开触头,1、2 表示常闭触头。

直流接触器和交流接触器在结构上基本相同。不同的地方有:直流接触器铁芯由整块软钢组成,不存在发热问题;直流接触器线圈用细的漆包线绕成匝多且长而薄的圆筒形,与铁芯直接接触,易于散热;直流接触器灭弧较难,一般采用磁吹灭弧装置。

3. 接触器的工作原理

接触器的控制原理很简单,当线圈接通额定电压时,在静铁芯中产生电磁场,衔铁受到

电磁力的吸引,克服弹簧反力向下运动,带动绝缘连杆和动触头也向下运动,使常开触头闭合,常闭触头断开。当线圈失电或电压低于释放电压时,电磁力小于弹簧反力,衔铁返回原位,常开触头断开,常闭触头闭合。

4. 接触器的主要技术参数

(1) 额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触头的额定电压。交流接触器通常使用的额定电压等级有:110 V、220 V、380 V、500 V、660 V 和 690 V 等,在特殊场合应用的额定电压高达 1 140 V。直流接触器常用的额定电压主要有:110 V、220 V、440 V 和 660 V 等。

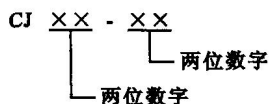
(2) 额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触头的额定工作电流。它是在一定的条件(额定电压、使用类别和操作频率等)下规定的,目前常用的是电流等级。交流接触器常用的有:5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A、800 A、1 000 A等电流等级。直流接触器常用的有:5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A、800 A、1 000 A等电流等级。

(3) 线圈的额定电压。通常使用的额定电压等级,交流有 36 V、127 V、220 V 和 380 V,直流有 24 V、48 V、220 V 和 440 V。

(4) 动作值。动作值是指接触器的吸合电压和释放电压。规定接触器的吸合电压大于线圈额定电压的 85% 时应可靠吸合, 释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

5. 常用接触器的型号

目前,常用国产交流接触器的型号有 CJ10、CJ12、CJ20 等系列。CJ10 为国产老型号产品;CJ20 为 20 世纪 80 年代开发的新产品,可取代 CJ10 系列;CJ12 主要应用于冶金、矿山机械及起重机等设备。通常,国产接触器型号的具体格式如下:



型号的含义是：“C”代表接触器，“J”代表交流，短线前的数字为产品序列号，短线后的数字则表示主触点的额定电流。例如：CJ20-40 型，表示 CJ20 系列的交流接触器，主触点的额定电流是 40 A。此外，还有许多引进国外技术生产的新产品，如引进德国西门子制造技术生产的 CJX1 系列，其性能、特性及安装尺寸等同于德国西门子公司生产的 3TB、3TF、3TD 系列。这些产品的特点是：其结构和材质有所改进，体积小，并采用“积木式”组合结构，触点数量、使用功能可进行组装扩大，使用更加灵活方便。接触器的外形如图 1.2 所示。

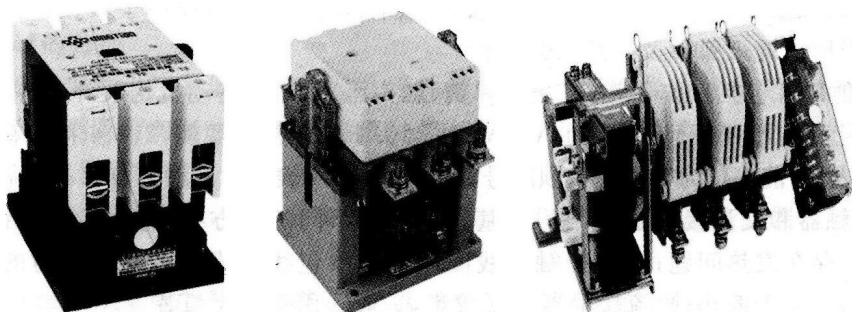


图 1.2 接触器外形图



6. 接触器的选择

接触器的选用主要考虑其类型、主触头的额定电压和额定电流、辅助触头的数量与种类、线圈的电压等级、操作频率等。在选择时,应注意:

- (1) 根据负载性质选择接触器的类型;
- (2) 额定电压应大于或等于被控电路的工作电压;
- (3) 额定电流应大于或等于被控电路的工作电流,对于电动机负载,还应根据其运行方式适当调整;
- (4) 接触器线圈的额定电压与频率要与所在控制电路选用的电压和频率相一致;
- (5) 根据使用地点的周围环境来选择有关的系列或特殊的接触器。

1.1.3 继电器

继电器是一种根据外界某种特定形式的输入信号来控制电路通断的自动切换电器。其输入信号可以是电量参数(如电压、电流等),也可以是非电量参数(如温度、压力、转速、时间等),而其输出信号通常是触头的动作。继电器一般不直接控制负载电路,而是通过接触器等其他电器来实现对负载电路的控制。

继电器的种类很多,按输入量可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器、压力继电器等;按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器等;按用途可分为控制继电器、保护继电器等。虽然种类繁多,但都具有继电器特性。继电器的工作特性曲线如图 1.3 所示。

当继电器输入量 x 由 0 增加至 x_2 之前,输出量 y 为 0;当输入量增加到 x_2 时,继电器吸合,输出量 y 为 y_1 ,即常开触点闭合,常闭触点断开;当输入量继续增大时,继电器动作状态不变。在输出量 y 为 y_1 的状态下,输入量 x 减小,当小于 x_1 时,继电器释放,输出量 y 变为 0,即常开触点断开,常闭触点闭合, x 再减小, y 值保持 0。在继电器特性曲线中, x_2 称为继电器吸合值, x_1 称为继电器释放值。 $k=x_1/x_2$,称为继电器的返回系数,该系数 k 值可以调节,它是继电器的重要参数之一。

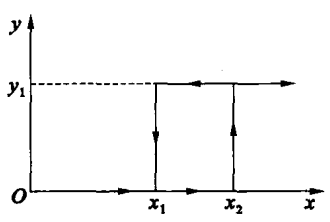


图 1.3 继电器工作特性曲线

1. 热继电器

热继电器主要用于电气设备的过载保护。热继电器是利用电流热效应原理,当热量积聚到一定程度时使触点动作,从而切断电路,实现保护的电器。例如:三相异步电动机在实际运行中,常会遇到因电气或机械原因等引起的过电流(如过载和断相)现象。如果过电流不严重,持续时间短,绕组不超过允许温升,这种过电流是允许的;如果过电流情况严重,持续时间较长,则会加快电动机绝缘老化,甚至烧毁电动机,因此,在电动机回路中应设置电动机过载保护装置。

1) 热继电器的分类

按照热继电器的动作方式,可分为双金属片式、热敏电阻式、易熔合金式以及电子式等几种,使用最普遍的是双金属片式,它结构简单、成本较低,且具有良好的反时限特性(即电流越大动作时间越短,电流与时间成反比)。

2) 热继电器的结构及工作原理

图 1.4 所示是双金属片式热继电器的结构示意图和图形符号。由图可见,热继电器主要由双金属片、热元件、复位按钮、传动杆、拉簧、调节旋钮、复位螺丝、触点和接线端子等组成。

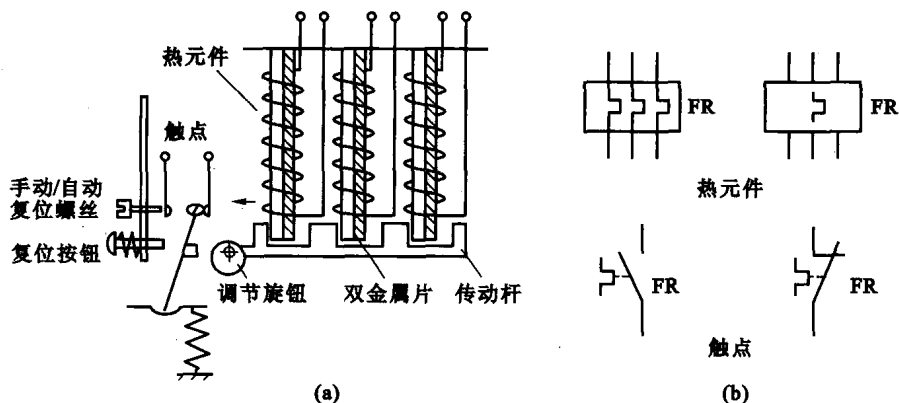


图 1.4 双金属片式热继电器的结构示意图及图形符号

(a) 热继电器结构示意图;(b) 热继电器的图形符号

双金属片是一种将两种线膨胀系数不同的金属用机械碾压方法使之形成一体的金属片。由于两种线膨胀系数不同的金属紧密地贴合在一起,当产生热效应时,使得双金属片向膨胀系数小的一侧弯曲,由弯曲产生的位移带动触头动作。

例如,电机的过热保护装置就是将热元件串接于电机的主定子电路中,通过热元件的电流就是电动机的工作电流。当电动机正常运行时,其工作电流通过热元件产生的热量使双金属片变形,但变形小不足以使热继电器动作。当电动机发生过电流且超过整定值时,热元件产生的热量增大,使双金属片弯曲位移增大,在达到一定程度时,通过传动机构使触点系统动作,通过控制电路切断电动机的工作电源。同时,热元件也因失电而逐渐降温,经过一段时间的冷却,双金属片恢复到原来状态,触点系统复位。

热继电器整定动作电流的调节是通过调节旋钮来实现的。调节旋钮为一个偏心轮,调节旋钮可以改变传动杆和动触点之间的传动距离,距离越长动作电流就越大,反之动作电流就越小。

热继电器复位方式有自动复位和手动复位两种,将复位螺丝旋入,使常开的静触点向动触点靠近,这样动触点在闭合时处于不稳定状态,在双金属片冷却后动触点也返回,为自动复位方式。如将复位螺丝旋出,触点不能自动复位,为手动复位方式。在手动复位方式下,需在双金属片恢复状态时按下复位按钮才能使触点复位。

3) 常用热继电器的类型

国产热继电器的品种很多,常用的有 JR0、JR15、JR16、JR20、3UA、T 等系列。其中 JR15 为两相结构,其余多为三相结构,并可带断相保护装置。JR20 是我国自行设计的换代新产品,常与 CJ20 型交流接触器配套使用,3UA 是引进德国西门子的生产技术,与 3TB、3TF 等系列接触器配套使用,T 系列是引进德国 ABB 公司的生产技术,与 B 系列接触器配套使用。一般情况下,每一系列的热继电器只能和相适应系列的接触器配套使用。型号的标识一般由 6 部分组成,例如 JR16-20/3D 型,“J”表示继电器,“R”表示“热”,“16”表示序列号,“20”表示额定电流为 20 A,“3”表示为三相结构,“D”表示带断相保护装置。图 1.5 所示为 T 系列热继电器的外形。

4) 热继电器的选择原则

热继电器主要用于电动机的过载保护,使用中应考虑电动机的工作环境、启动情况、负载性质等因素,具体应按以下几个方面来选择。

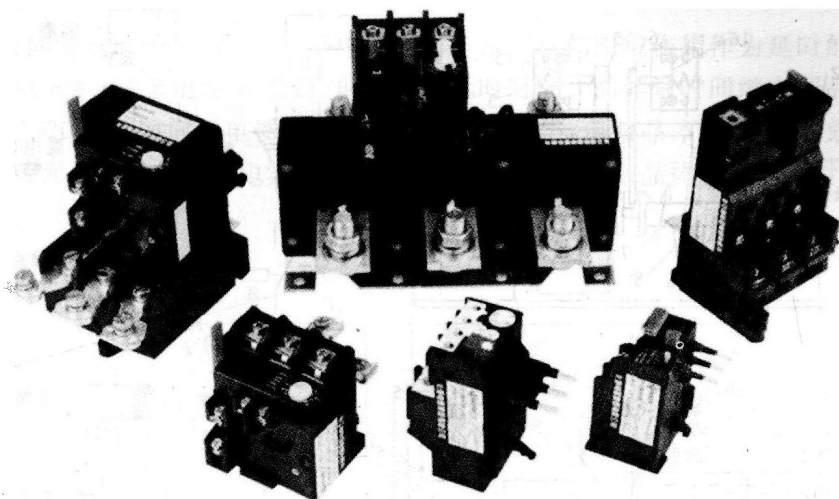


图 1.5 T 系列热继电器外形图

(1) 热继电器结构形式的选择: 星形接法的电动机可选用两相或三相结构热继电器, 三角形接法的电动机应选用带断相保护装置的三相结构热继电器。

(2) 热继电器的整定电流值一般为电动机额定电流的 $1.05 \sim 1.1$ 倍。如果电动机的过载能力较差, 其配用的热继电器的额定电流应适当小些, 通常为电动机额定电流的 $60\% \sim 80\%$ 。

(3) 热继电器有热惯性, 不能用作短路保护, 使用时应考虑与短路配合问题。

(4) 对于重复短时工作的电动机(如起重机的电动机), 要注意确定热继电器的允许操作频率。因为操作频率较高时, 热继电器的动作特性会变差, 甚至不能正常工作, 电动机将得不到可靠的过载保护。因此, 对于可逆运行和频繁通断的电动机, 应选用过电流继电器或能反映绕组实际温度的温度继电器来进行保护。

2. 时间继电器

时间继电器按其延时原理有电磁式、机械空气阻尼式、电动式、电子式、可编程式和数字式等, 它是一种利用这些原理实现触头延时接通或断开的自动电器, 作为辅助电气元件用于各种电器保护及自动装置中。时间继电器的种类很多, 按延时方式可分为通电延时型、断电延时型和带有瞬时触头的通电(或断电)延时型。通电延时指接受输入信号后延时一定的时间, 触点才接通或断开, 当输入信号消失后, 触点瞬时复原。断电延时指接受输入信号时, 触点瞬时接通或断开, 当输入信号消失后, 再延时一定的时间, 触点才复原。机床电路中应用较多的是空气阻尼式和电子式时间继电器。

1) 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器是利用空气通过小气孔节流的原理获得延时动作的。图 1.6 所示为空气阻尼式时间继电器的结构示意图及图形符号。它由电磁机构、延时机构和触点系统组成。电磁机构为直动式双 E 型铁芯, 线圈可以有交直流两种, 触头系统借用 LX5 型微动开关, 延时机构采用气囊式阻尼器。延时方式有通电延时型和断电延时型, 当衔铁位于静铁芯和延时机构之间的位置时是通电延时型, 如图 1.6(a) 所示; 当静铁芯位于衔铁和延时机构之间的位置时是断电延时型, 如图 1.6(c) 所示(即改变通电延时型时间继电器的电磁机构位置, 将电磁铁翻转 180° 安装)。