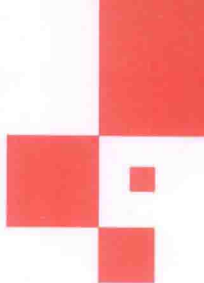




教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



P rinciples and Applications of Programmable Logic Controllers
Structure, Programming, Communication and Configuration of Siemens S7-200 PLC

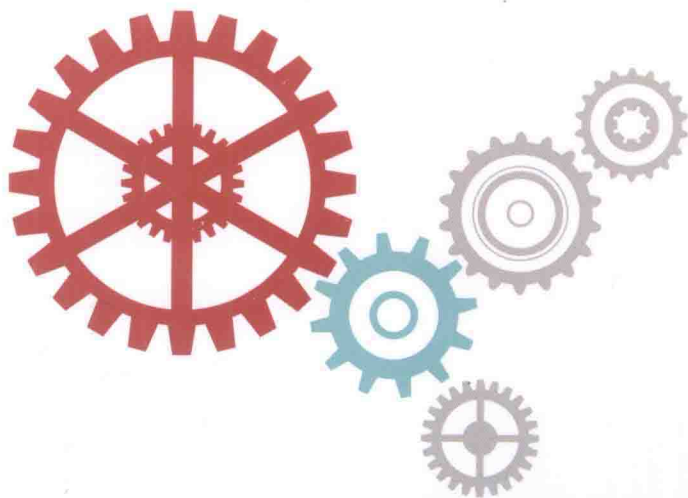
可编程序控制器 原理及应用

西门子S7-200 PLC结构、编程、通信与组态

肖军 主编 陶文华 副主编

Xiao Jun

Tao Wenhua



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会
高等学校电子信息类专业系列教材

Principles and Applications of Programmable Logic Controllers
Structure, Programming, Communication and Configuration of Siemens S7-200 PLC

可编程序控制器原理及应用

西门子S7-200 PLC结构、编程、通信与组态

肖军 主编 陶文华 副主编

Xiao Jun

Tao Wenhua

清华大学出版社
北京

TP 332.3
388

内 容 简 介

本书在介绍可编程序控制器(PLC)的组成、原理及特点的基础上,着重阐述典型 PLC 的基本配置、指令系统及编程方法;通过多种案例,重点讲解 PLC 控制系统的工程设计方法;针对性地介绍了 PLC 的通信技术以及组态软件的应用方法。

本书遵循工程人才培养模式改革思路,参照“卓越”培养计划理念,注重工程概念,强调内容的实用性和可操作性。书中各章内容均突出应用能力培养,强化实践教学和技能培养,精简理论内容,丰富案例解析。

本书主要作为高等院校电气信息类相关专业的本科教材,也可供工业控制领域有关工程技术人员参考。

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

可编程序控制器原理及应用:西门子 S7-200 PLC 结构、编程、通信与组态/肖军主编.--北京:清华大学出版社,2014

高等学校电子信息类专业系列教材

ISBN 978-7-302-37498-5

I. ①可… II. ①肖… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 170874 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16

字 数:384 千字

版 次:2014 年 12 月第 1 版

印 次:2014 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

产品编号:058346-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	北京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋 峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳 伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

随着计算机、网络通信、自动控制、软件等技术的发展,可编程序控制器(PLC)技术也随之得到了飞速发展,PLC 以极高的可靠性、丰富的功能模块、强大的控制功能、灵活的编程方法、突出的通信能力等特点,已经成为工业控制领域中迅猛发展的工业控制设备。

鉴于可编程序控制器品牌较多且发展极快,本教材注重讲述可编程序控制器的共性知识,突出阐述了可编程序控制器的基本概念、特点、原理及技术方法,以便读者掌握其精髓,做到触类旁通。

本书编写过程中遵循工程人才培养模式改革思路,强调内容的实用性,注重工程概念,力图通过案例、实例讲授可编程序控制器及其相关技术。在吸取多年教学经验的基础上,着重从应用角度出发,力求学以致用,重点关注技术应用方面的需要。侧重介绍可编程序控制器典型应用的内容,力图使本书形成内容简明、系统性和实用性为一体的通用教材。

全书内容可操作性强,便于学生学习和深入研究。本书主要作为高等院校电气信息类本科教材,适用教学时数为 40~48 学时。本书内容与控制工程设计内容紧密相关,以便培养学生扎实的工程设计能力;本书对于有关工程技术人员具有一定的参考价值。

本书共分 7 章。第 1 章介绍了电气控制的基本概念和分类,着重讨论了常用低压电器和基本电气控制电路;第 2 章阐述了 PLC 的定义、分类、功能、特点、组成和原理;第 3 章介绍了典型的 S7-200 PLC 的配置和功能;第 4 章阐述了 S7-200 PLC 的指令系统和编程方法;第 5 章讲解了 PLC 控制系统的工程设计方法,介绍了典型案例及其程序设计方法;第 6 章重点阐述了 PLC 相关的网络通信概念和方法;第 7 章阐述了流行组态软件 MCGS 在 PLC 控制系统中的应用方法。

本书由辽宁石油化工大学肖军担任主编,陶文华等人担任副主编。肖军编写了第 2、7 章,陶文华编写了第 4、5 章,张新玉编写了第 1、3 章,柳强编写了第 6 章。本书编写过程中,参考了大量学者同仁的相关书籍和文献;樊帅、张莹等研究生对本书的插图及文字做了校对;清华大学出版社编辑提供了很好的建议;在此一并致以诚挚谢意!

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免出现错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2014 年 5 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 电气控制基础	1
1.1 常用低压电器	1
1.1.1 电器的基本知识	1
1.1.2 熔断器	5
1.1.3 接触器	7
1.1.4 继电器	9
1.1.5 主令电器	14
1.1.6 开关电器	18
1.2 基本电气控制电路	20
1.2.1 电气控制系统图的绘制	20
1.2.2 三相笼型异步电动机的全压起动控制电路	21
1.2.3 三相笼型异步电动机的减压起动控制电路	24
1.2.4 三相异步电动机的调速控制电路	26
1.2.5 三相异步电动机的制动控制电路	29
1.2.6 电气控制系统的保护环节	30
1.2.7 电气控制电路的一般设计	31
本章小结	33
习题	33
第 2 章 可编程序控制器概述	34
2.1 可编程序控制器的定义及分类	34
2.1.1 可编程序控制器的定义	34
2.1.2 可编程序控制器的分类	36
2.2 可编程序控制器的组成及原理	39
2.2.1 PLC 的基本结构	40
2.2.2 PLC 的组成	40
2.2.3 PLC 的工作原理	44
2.2.4 PLC 的编程语言	44
2.3 可编程序控制器的功能及特点	46
2.3.1 PLC 的主要功能	46
2.3.2 PLC 的主要特点	48

2.3.3	PLC 的性能指标	51
2.4	可编程序控制器的应用及发展	54
2.4.1	PLC 与其他控制设备的差异	54
2.4.2	PLC 的应用领域	60
2.4.3	PLC 的发展过程	63
2.4.4	PLC 的发展趋势	64
	本章小结	68
	习题	68
第3章	可编程序控制器的系统配置	69
3.1	S7-200 PLC 系统的基本构成	69
3.1.1	基本单元	70
3.1.2	编程器	71
3.1.3	STEP7-Micro/WIN32 编程软件	71
3.1.4	通信电缆	71
3.1.5	人机界面	72
3.2	S7-200 PLC 的接口模块	72
3.2.1	数字量模块	72
3.2.2	模拟量模块	76
3.2.3	热电偶、热电阻扩展模块	78
3.2.4	PROFIBUS-DP 通信模块	79
3.2.5	工业以太网 CP243-1 通信处理器	80
3.2.6	工业以太网 CP243-2 通信处理器	81
3.3	S7-200 PLC 的系统配置	81
3.3.1	S7-200 PLC 的基本配置	81
3.3.2	S7-200 PLC 的扩展配置	83
	本章小结	85
	习题	85
第4章	S7-200 PLC 的指令系统	86
4.1	S7-200 PLC 数据类型	86
4.1.1	基本数据类型	86
4.1.2	数据格式	86
4.2	S7-200 PLC 存储器区域	87
4.2.1	S7-200 PLC 存储器区域的划分	87
4.2.2	数据区存储器的地址表示	87
4.2.3	数据区存储器区域	88
4.3	S7-200 PLC 寻址方式	91
4.3.1	立即寻址	92
4.3.2	直接寻址	92
4.3.3	间接寻址	93

4.4	S7-200 PLC 用户程序结构及规则	94
4.4.1	S7-200 PLC 用户程序结构	94
4.4.2	S7-200 PLC 编程规则	94
4.5	S7-200 PLC 基本指令及编程方法	95
4.5.1	基本逻辑指令	95
4.5.2	逻辑堆栈指令	98
4.5.3	定时器指令	101
4.5.4	计数器指令	104
4.5.5	比较指令	107
4.5.6	顺序控制继电器指令	108
4.6	S7-200 PLC 功能指令及编程方法	110
4.6.1	数据传送指令	110
4.6.2	算术及逻辑运算指令	112
4.6.3	移位指令	117
4.6.4	转换指令	120
4.6.5	特殊功能指令	123
4.6.6	时钟指令	140
4.7	S7-300 和 S7-400 的基本指令	142
4.7.1	基本概念	142
4.7.2	基本指令	145
	本章小结	148
	习题	148
第 5 章	PLC 控制系统的工程设计方法	151
5.1	PLC 控制系统设计概述	151
5.1.1	PLC 控制系统的设计原则	151
5.1.2	PLC 控制系统的设计内容及步骤	152
5.2	PLC 控制系统的配置设计	153
5.2.1	PLC 机型选择	153
5.2.2	PLC I/O 点配置	154
5.2.3	I/O 模块的选择	155
5.2.4	安全回路设计	156
5.3	PLC 控制系统的抗干扰设计	156
5.3.1	干扰的来源	156
5.3.2	主要抗干扰措施	158
5.4	PLC 控制系统应用程序设计	159
5.4.1	程序设计内容及步骤	159
5.4.2	应用程序的设计方法	161
5.5	PLC 控制系统的设计案例	175
5.5.1	金属板收料控制设计	175

5.5.2	全自动洗衣机控制设计	176
5.5.3	交通灯信号控制设计	176
5.5.4	小车送料控制设计	178
5.5.5	机械手控制设计	185
5.5.6	组合机床控制设计	189
5.5.7	除尘室 PLC 控制设计	194
5.5.8	水塔水位模拟控制设计	195
5.5.9	温度检测与控制设计	197
	本章小结	199
	习题	200
第 6 章	可程序控制器的通信	201
6.1	数据通信的基本方法	201
6.1.1	数据通信的传输方法	201
6.1.2	通信网络的拓扑结构	203
6.1.3	数据通信的传输介质	203
6.1.4	串行通信的接口标准	205
6.2	通信网络模型和标准	206
6.2.1	开放系统互连模型	206
6.2.2	IEEE 802 通信标准	208
6.2.3	现场总线及其标准	210
6.3	工业控制网络的通信	211
6.3.1	工业以太网	211
6.3.2	PROFIBUS 总线	211
6.3.3	OPC 与 PC Access	213
6.4	可程序控制器的通信	214
6.4.1	S7 系列 PLC 通信协议	214
6.4.2	S7 系列 PLC 通信网络	215
6.4.3	S7-200 PLC 的通信指令	216
	本章小结	220
	习题	220
第 7 章	组态软件在 PLC 监控系统中的应用	221
7.1	MCGS 组态软件简介	221
7.1.1	MCGS 特点和功能	221
7.1.2	MCGS 的体系结构	223
7.1.3	MCGS 的工作方式	226
7.2	MCGS 的组态方法	226
7.2.1	MCGS 的组态流程	226
7.2.2	MCGS 主控窗口组态	227
7.2.3	MCGS 用户窗口组态	227

7.2.4 MCGS 设备窗口组态	229
7.2.5 MCGS 的运行调试	234
7.3 过程监控系统的设计案例	234
7.3.1 罐区工艺流程简介	234
7.3.2 罐区监控系统功能组态	235
本章小结	236
习题	238
参考文献	239

生产过程中机械设备的运转大多数是由电动机拖动的,通过控制电动机的起停、正反转、调速和制动等,可实现对机械设备运转的控制。虽然,当前基于可编程序控制器(PLC)的控制已经成为工业控制的主流,但是,传统的低压电器控制技术仍是 PLC 控制技术的基础内容之一。低压电器是电力拖动控制系统的基本组成元件,控制系统的先进性、经济性及可靠性与所用低压电器有着直接关系。因此,必须熟练掌握低压电器的结构及原理,正确选择和合理使用低压电器,培养电气控制电路分析与设计能力。本章主要阐述常用低压电器的结构、工作原理、用途及使用方法,介绍由这些器件组成的电气控制基本电路结构及工作原理。

1.1 常用低压电器

1.1.1 电器的基本知识

1. 电器的定义及分类

1) 电器的定义

凡是自动或手动接通和断开电路,实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电气元件统称为电器。

2) 电器的分类

电器的用途广泛,种类繁多,构造各异。其分类方法很多,从使用的角度出发,通常有以下几种分类方法。

(1) 按工作电压等级分类。①低压电器:工作电压在交流 1200V 或直流 1500V 以下的各种电器,例如接触器、熔断器、继电器、主令电器等。②高压电器:工作电压在交流 1200V 或直流 1500V 以上的各种电器,例如高压熔断器、隔离开关、高压断路器等。

(2) 按用途分类。①控制电器:用于各种控制电路和控制系统的电器,例如接触器、各种控制继电器、控制器等。②主令电器:用于自动控制系统中发送控制指令的电器,例如控制按钮、万能转换开关、行程开关等。③保护电器:用于保护电路及用电设备的电器,例如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。④配电电器:用于电能的输送和分配的电器,例如刀开关、隔离开关、高压断路器等。⑤执行电器:用于完成某种动作或传动功能的电器,例如电磁铁、电磁离合器等。

(3) 按工作原理分类。①电磁式电器:依据电磁感应原理工作的电器,例如交直流接

触器、各种电磁式继电器等。②非电量控制电器：电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器，例如刀开关、行程开关、速度继电器等。

2. 电磁式电器的结构及工作原理

电磁式电器在自动控制系统中使用最多，其类型也很多。各类电磁式电器在工作原理和结构上基本相同，就其结构而言，主要由两部分组成，即感测部分（电磁机构）和执行部分（触头系统）。

1) 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分，它的主要作用是将电磁能量转换为机械能量，带动触头动作，从而完成接通或分断电路的任务。

电磁机构由吸引线圈、铁心、衔铁等部分组成。

(1) 常用的磁路结构。常用的磁路结构如图 1-1 所示。①衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-1(a)所示。这种结构广泛应用于直流电器中。②衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-1(b)所示。这种结构多用于触点容量较大的交流电器中。③衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心，如图 1-1(c)所示。这种结构多用于继电器和交流接触器中。

(2) 吸引线圈。吸引线圈的作用是将电能转换为磁场能量。按通入的电流种类不同，可分为直流线圈和交流线圈。



图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

2) 电磁吸力与吸力特性

电磁吸力是影响电磁式电器可靠工作的一个重要参数，电磁吸力可按式求得

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

式中， F 为电磁吸力； B 为气隙磁感应强度； S 为磁极截面积。

在固定铁心与衔铁之间的气隙值 δ 及外加电压值一定时，对于直流电磁机构，电磁吸力为恒定值。但对于交流电磁机构，由于外加正弦交流电压，其气隙磁感应强度亦按正弦规律变化，即

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

将式(1-2)代入式(1-1)可得

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

由式(1-3)可见，电磁吸力的最大值为

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

因此,交流电磁机构的电磁吸力是随时间变化而变化的。

另一方面,交直流电磁机构在吸动或释放过程中,由于气隙值 δ 是变化的,因此,电磁吸力又随气隙值 δ 变化而变化。通常交流电磁机构的电磁吸力是指它的平均吸力。

所谓吸力特性是指电磁吸力 F 随衔铁与铁心间气隙 δ 变化的关系曲线。不同的电磁机构,有不同的吸力特性。一般电磁机构的吸力特性如图1-2所示。

对于直流电磁机构,其励磁电流的大小与气隙无关,电磁吸力随气隙的减小而增大,吸力特性为二次曲线形状,它表明衔铁闭合前后吸力变化很大。交流电磁机构的励磁电流与气隙成正比,其电磁吸力随气隙的减小略有增大,所以吸力特性比较平坦。

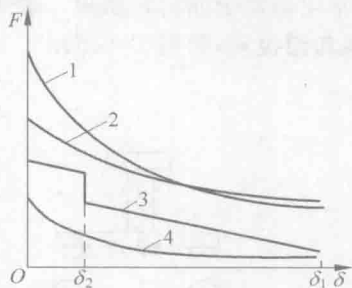


图1-2 电磁机构的吸力特性与反力特性

1—直流吸力特性; 2—交流吸力特性;

3—反力特性; 4—剩磁吸力特性

3) 反力特性

反力特性是指反作用力 F_r 随气隙 δ 变化的关系曲线,如图1-2中的3所示。

为了使电磁机构能正常工作,其吸力特性与反力特性配合必须得当。在衔铁吸合过程中,其吸力特性必须始终位于反力特性上方,即吸力要大于反力;反之,衔铁释放时,吸力特性必须始终位于反力特性下方,即反力要大于吸力。

4) 交流电磁机构的短路环

由式(1-3)可知,交流电磁机构的电磁吸力是一个两倍于电源频率的周期性变量。在电磁机构工作过程中,衔铁始终受到反作用弹簧及触头弹簧等反作用力 F_r 的作用。尽管电磁吸力的平均值大于反作用力,但是,在某些时候电磁吸力的瞬时值仍将小于反作用力。当电磁吸力瞬时值小于反作用力时,衔铁开始释放;当电磁吸力瞬时值大于反作用力时,衔铁吸合;如此周而复始,会使衔铁产生振动,发出噪声。为此必须采取有效措施,消除衔铁所产生的振动和噪声。

具体解决办法是在铁心的端面开一个槽,在槽内嵌入一个用铜制成的短路环,如图1-3所示。短路环把铁心中的磁通分为两部分,即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环的 Φ_2 ,且 Φ_2 滞后于 Φ_1 ,使合成吸力始终大于反作用力,这样,就可消除衔铁所产生的振动和噪声。

通常短路环应包围 $\frac{2}{3}$ 的铁心端面,一般用铜、康铜或镍铬合金等材料制成。

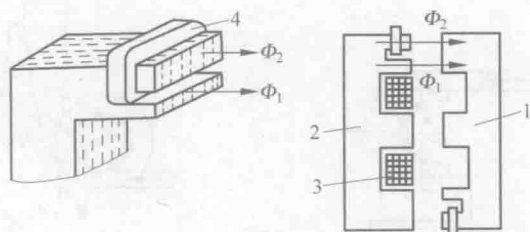


图1-3 交流电磁铁的短路环

1—衔铁; 2—铁心; 3—线圈; 4—短路环

3. 电器的触头系统及电弧

1) 电器的触头系统

触头是电器的执行部分,起接通和分断电路的作用。因此,要求触头导电、导热性能良好,通常用铜或银质材料制成。触头的结构形式很多,按其接触形式可分为三种,即点接触、线接触和面接触,如图 1-4 所示。

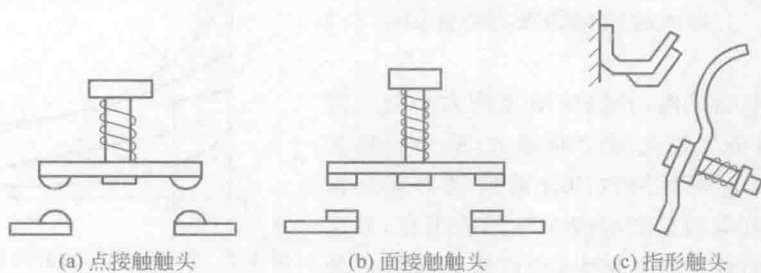


图 1-4 触头的结构形式

(1) 桥式触头。图 1-4(a)是两个点接触的桥式触头,图 1-4(b)是两个面接触的桥式触头,两个触点串于同一个电路中,电路的接通与断开由两个触点共同完成。点接触的桥式触头适用于电流不大、且触头压力小的场合;面接触的桥式触头适用于大电流的场合。

(2) 指形触头。图 1-4(c)所示为指形触头,其接触区域为一条直线,触头接通或分断时产生滚动摩擦,以利于除掉氧化膜。指形触头适用于通电次数多、大电流的场合。

2) 电弧的产生及灭弧方法

在大气中断开电路时,如果被断开电路的电流超过某一数值,断开后加在触头间隙两端电压超过某一数值时,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。电弧出现时,伴随高温并产生强光,会使触头受到严重腐蚀,甚至还会引起火灾或其他事故。因此,必须采取有效措施熄灭电弧,以确保电路和电器元件工作安全可靠。要熄灭电弧,应设法降低电弧的温度和电场强度,常用的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧等。

(1) 电动力灭弧。利用流过导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场,使电弧受力而迅速移动和拉长,加快冷却并熄灭,如图 1-5 所示。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

(2) 磁吹灭弧。在触头电路中串入一个吹弧线圈,负载电流产生的磁场方向如图 1-6 所

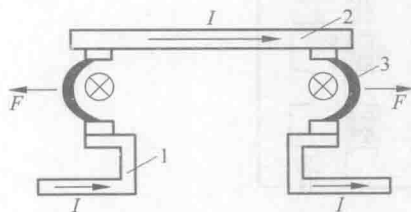


图 1-5 电动力灭弧示意图

1—静触头; 2—动触头; 3—电弧

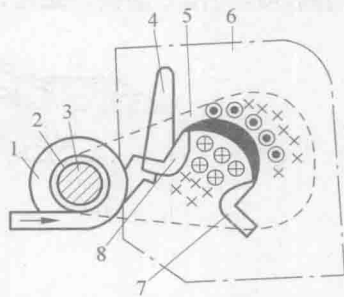


图 1-6 磁吹灭弧示意图

1—吹弧线圈; 2—绝缘管; 3—铁心; 4—熄弧角;
5—导磁颊片; 6—灭弧罩; 7—动触头; 8—静触头

示。当触头断开产生电弧后,在电动力作用下,电弧被拉长并吹入灭弧罩6中,使电弧冷却熄灭。这种灭弧装置是利用电弧电流灭弧,电流越大,吹弧能力也越强。它广泛应用于直流接触器中。

(3) 窄缝灭弧。这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现的。当触头断开时,电弧在电动力作用下进入窄缝内,窄缝可将电弧弧柱直径压缩,使电弧同缝壁紧密接触,使电弧加快冷却并熄灭,如图1-7所示。窄缝灭弧常用于交流和直流接触器中。

(4) 栅片灭弧。栅片灭弧示意图如图1-8所示。灭弧栅由多片镀铜薄钢片(称为栅片)组成,这些栅片置于电器触头上方的灭弧栅内,彼此之间相互绝缘。当触头断开产生电弧时,在电动力作用下,电弧被拉入灭弧栅而被分割成数段串联的短弧,使电弧迅速冷却并熄灭。

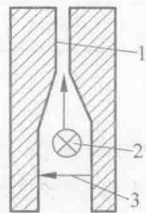


图 1-7 窄缝灭弧示意图

1—窄缝中的电弧; 2—电弧; 3—灭弧磁场

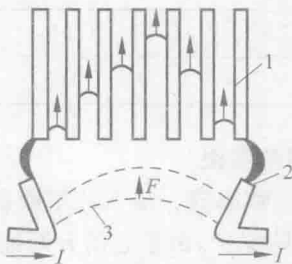


图 1-8 栅片灭弧示意图

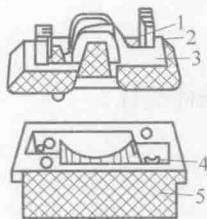
1—灭弧栅片; 2—触头; 3—电弧

1.1.2 熔断器

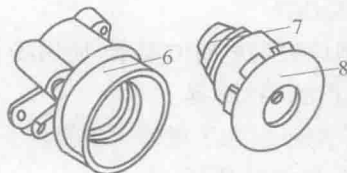
熔断器是用于配电线路的短路保护和严重过载的一种保护电器,它以结构简单、体积小、使用维护方便、具有较高的分断能力和良好的限流性能等优点而获得广泛应用。

1. 熔断器的结构及工作原理

熔断器主要由熔体、熔管、填料、盖板、接线端、指示器和底座等部分组成。熔体由易熔金属材料铝、锡、锌、银、铜及其合金制成,通常制成丝状或片状;熔管是安装熔体的外壳,在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔断器的外形图如图1-9所示。



(a) 插入式熔断器



(b) 螺旋式熔断器

图 1-9 熔断器的外形图

1—熔体; 2—动触头; 3—瓷插件; 4—静触头; 5—瓷底座; 6—底座; 7—熔体; 8—瓷帽

熔断器串接在被保护的电路中,当电路正常工作时,熔断器允许通过一定大小的电流,其熔体不会熔断;当电路发生短路或严重过载时,熔体中流过很大的故障电流,一旦电流产生的热量达到熔体的熔点,熔断器的熔体熔断,自动切断电路,从而起到保护电路的作用。