

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

电 气 、 自 动 化 、 应 用 电 子 技 术 系 列



电气与可编程序 控制器应用技术

闫 坤 主 编



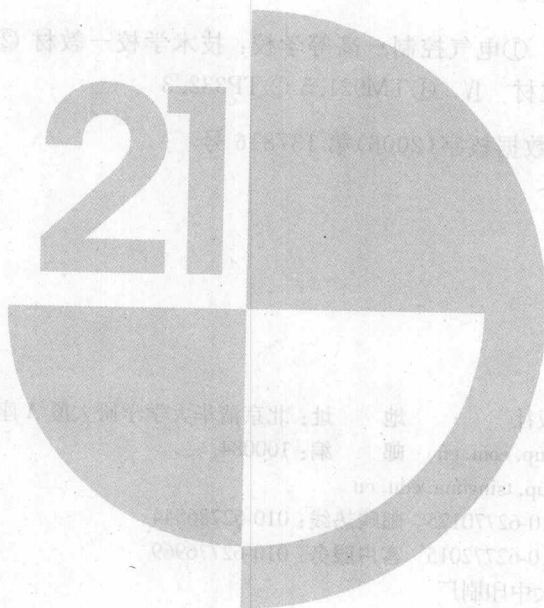
清华大学出版社

21 世纪高职高专规划教材

电气、自动化、应用电子技术系列

电气与可编程序 控制器应用技术

闫坤 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据高等职业院校电气自动化及机电一体化专业“电气与可编程序控制器应用技术”课程的教学大纲和电气技术的应用及发展情况编写的。全书的内容编排充分考虑既突出工程应用,又便于课堂教学。主要内容包括:常用低压电器、电气控制系统的基本环节、可编程序控制器基础知识、指令系统、可编程序控制器程序设计方法、可编程序控制器控制系统的设计与维护、应用实例,同时对工业网络系统、工控组态软件进行了剖析,并附有适量的习题。

本书可作为高等职业院校电气自动化、机电一体化专业以及相近专业的教材,也可以作为大专、电大等同等学历院校电气自动化、电气技术及相近专业的选用教材,并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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电气与可编程序控制器应用技术/闫坤主编. —北京:清华大学出版社,2007.2
21世纪高职高专规划教材. 电气、自动化、应用电子技术系列
ISBN 978-7-302-14171-6

I. 电… II. 闫… 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. ①TM921.5 ②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 137816 号

责任编辑:刘 菁

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市通州大中印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.75 字 数:522千字

版 次:2007年2月第1版 印 次:2007年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00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:019948-01

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类

的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

前言

电气与可编程序控制器应用技术

本书是根据高等职业院校电气自动化专业以及相近专业“电气与可编程序控制器应用技术”课程的教学大纲编写的。在编写过程中力求体现以下几个特点:

- 本书综汇了“工厂电气控制设备”与“可编程序控制器”两门课的主要内容。由于自动化领域中可编程序控制器(PLC)的主导地位,书中仅精选了“工厂电气控制设备”中电气元件及典型控制线路环节基本部分,大幅度增加了应用日益广泛的可编程序控制器的内容。章节编排与大纲内容相对应,打破传统两门课程的界限,注意了二者结合的合理过渡与有机融合。
- 编写本书时力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际、注重应用,适用于高职院校电类各专业等专业教学,也可作为工业自动化专业工程技术人员的培训教材和自学参考用书。
- 书中内容突出以工程实践为主线,除了在各个章节的编写中注意结合实际,配有应用举例外,还专门编排了工程应用内容章节供教学选用。
- 全书编写过程中淡化了理论教学与实验教学的界限。本着“必需”、“够用”的原则,编写时注意选用一些结合生产实际并浅显易懂的应用实例,其后配有注重培养学生操作技能和创新意识的、针对性较强的能力训练题。采用这样的编写方式便于学生理解知识要领,提高学生的动手能力。
- 为了适应当前对工控网络发展的需要,详细介绍了有关工控网络及通信的基本知识,并对松下主要 PLC 通信产品作了介绍,力求能反映最新技术动向。
- 本书力求组态软件与 PLC 有机结合,一方面可把组态软件应用到以后的工程项目开发改造中去,另一方面把组态软件应用到 PLC 的教学中,提出了 PLC 电气控制系统设计与组态监控设计相结合的新方法。

全书共分 9 章。第 1 章常用低压电器,第 2 章继电器-接触器控制的基本线路,第 3 章可编程序控制器的基础知识,第 4 章 FP1 系列可编程序控制器的规格及系统构成,第 5 章 FP1 系列可编程序控制器的指令系统,第 6 章 FP1 系列可编程序控制器的特殊功能及通信系统,第 7 章可编程序控制器顺序系统程序设计,第 8 章可编程序控制器控制系统的设计,第 9 章可编程序控制器在工业生产中的应用实例,书后附有小结和习题,附录提供松下 FP1 机型的特殊功能继电器、特殊数据寄存器及指令系统,供读者学习时参考。

本书由辽宁机电职业技术学院闫坤任主编(第3、6、7、8、9章,附录)、于晓云任副主编(第1、2、4、5章)。

本书在编写过程中得到了辽宁机电职业技术学院领导、同事的大力支持与帮助,在此,对他们以及参考文献中的所有编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005年12月

目 录

电气与可编程序控制器应用技术

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.1.1 低压电器的定义和分类.....	1
1.1.2 电磁式电器的工作原理和结构特点.....	2
1.1.3 电器的触头系统和电弧.....	5
1.2 开关电器	8
1.2.1 刀开关.....	8
1.2.2 转换开关.....	9
1.2.3 断路器	10
1.2.4 漏电保护断路器	12
1.3 熔断器.....	13
1.3.1 熔断器的结构和工作原理	13
1.3.2 熔断器的类型	13
1.3.3 熔断器的参数	15
1.3.4 熔断器的选用	15
1.3.5 熔断器的型号及图形文字符号	16
1.4 主令电器.....	16
1.4.1 控制按钮	16
1.4.2 行程开关	17
1.4.3 接近开关	18
1.4.4 万能转换开关	21
1.4.5 凸轮控制器	21
1.4.6 主令控制器	22
1.5 接触器.....	23
1.5.1 接触器的结构及工作原理	23
1.5.2 接触器的主要参数和型号	24
1.5.3 接触器的常见故障分析	25
1.5.4 接触器的图形文字符号	26

1.6 继电器	26
1.6.1 电磁式继电器	27
1.6.2 时间继电器	28
1.6.3 热继电器	31
1.6.4 速度继电器	32
1.7 电子电器	33
1.7.1 电子电器的特点和主要技术参数	33
1.7.2 电子电器的主要参数	35
1.7.3 晶体管时间继电器	37
1.7.4 固态保护继电器	40
1.7.5 晶闸管自动开关	43
1.7.6 晶体管停振型接近开关	43
1.7.7 无触点行程开关	43
1.8 常用电气元器件的选择	44
1.8.1 电源控制开关的选择	44
1.8.2 熔断器的选用	44
1.8.3 接触器的选用	45
小结	45
习题	45
第2章 继电器-接触器控制的基本线路	47
2.1 电气控制系统图的类型及有关规定	47
2.1.1 电气控制系统图中的图形符号和文字符号	47
2.1.2 电气原理图	51
2.1.3 电气元件布置图	54
2.1.4 电气安装接线图	54
2.2 三相笼型异步电动机常用启停控制线路	55
2.2.1 单向全压启动控制线路	55
2.2.2 电动机的正反转控制线路	57
2.2.3 三相笼型异步电动机减压启动控制线路	59
2.3 三相异步电动机的调速、制动控制线路	61
2.3.1 三相异步电动机的调速控制线路	61
2.3.2 三相异步电动机的制动控制线路	64
2.4 直流电动机的控制线路	68
2.4.1 直流电动机控制简介	68
2.4.2 直流电动机的控制线路	70
2.5 电气控制的保护环节	72

2.5.1	短路保护	72
2.5.2	过载保护	73
2.5.3	过电流保护	73
2.5.4	零电压及欠电压保护	73
2.5.5	弱磁保护	73
2.6	电气装配工艺实践	74
2.6.1	电器安装的工艺要求	74
2.6.2	板前配线的工艺要求	74
2.6.3	槽板配线的工艺要求	75
	小结	75
	习题	76
第3章 可编程序控制器的基础知识		77
3.1	可编程序控制器的产生及其发展趋势	77
3.1.1	可编程序控制器的定义	77
3.1.2	可编程序控制器的产生和发展	78
3.2	可编程序控制器的组成结构和基本工作原理	80
3.2.1	可编程序控制器的基本组成	80
3.2.2	PLC的工作原理	86
3.3	可编程序控制器的技术性能指标	88
3.3.1	PLC的一般技术规格	88
3.3.2	PLC的基本技术性能	89
3.3.3	PLC的内存分配及I/O点数	89
3.4	可编程序控制器与其他工业控制系统的比较	90
3.4.1	PLC与继电器控制系统的比较	90
3.4.2	PLC与集散控制系统的比较	90
3.4.3	PLC与工业控制计算机的比较	91
3.5	可编程序控制器的特点、分类与应用	91
3.5.1	可编程序控制器的特点	91
3.5.2	可编程序控制器的分类	93
3.5.3	可编程序控制器的应用领域	94
3.6	可编程序控制器的编程语言	95
3.6.1	梯形图编程语言	95
3.6.2	指令语句表编程语言	96
3.6.3	功能图编程语言(CSF)	97
3.6.4	高级语言编程	97
	小结	97

习题	98
第 4 章 FP1 系列可编程序控制器的规格及系统构成	99
4.1 概述	99
4.1.1 FP 系列 PLC 产品分类	99
4.1.2 FP 系列 PLC 新产品	101
4.1.3 独立的中文编程软件	101
4.2 FP1 系列 PLC 的构成及特性	101
4.2.1 FP1 系列 PLC 的构成	101
4.2.2 FP1 系列 PLC 的技术性能	103
4.3 FP1 内部资源及 I/O 配置	104
小结	109
习题	110
第 5 章 FP1 系列可编程序控制器的指令系统	112
5.1 概述	112
5.1.1 FP 系列程序结构	112
5.1.2 FP 系列指令类型	113
5.2 基本顺序指令	114
5.2.1 初始加载和输出指令	114
5.2.2 非指令	114
5.2.3 与指令	115
5.2.4 或指令	116
5.2.5 块逻辑操作指令	117
5.2.6 堆栈指令	118
5.2.7 微分指令	119
5.2.8 置位、复位指令	120
5.2.9 保持指令	121
5.2.10 空操作指令	122
5.2.11 应用举例	122
5.3 基本功能指令	124
5.3.1 定时器指令	125
5.3.2 辅助定时器指令	126
5.3.3 计数器指令	127
5.3.4 加/减双向计数器指令	128
5.3.5 左移移位指令	129
5.3.6 左/右移位寄存器指令	130

5.3.7 应用举例	131
5.4 控制指令	133
5.4.1 主控继电器指令	133
5.4.2 跳转指令	134
5.4.3 循环跳转指令	135
5.4.4 结束指令	136
5.4.5 步进指令	137
5.4.6 子程序指令	137
5.4.7 中断指令	138
5.4.8 应用举例	141
5.5 传送与比较类指令	142
5.5.1 基本比较指令	142
5.5.2 高级比较指令	146
5.5.3 数据传送指令	149
5.5.4 应用举例	153
5.6 数据转换指令	154
5.6.1 区块检查码计算指令	155
5.6.2 码制变换指令	155
5.6.3 数据计算指令	164
5.6.4 16位数据符号位扩展指令	165
5.6.5 编码/解码指令	166
5.6.6 应用举例	167
5.7 算术运算指令	168
5.7.1 BIN(二进制)算术运算指令	170
5.7.2 BCD码算术运算指令	172
5.7.3 应用举例	173
5.8 高速计数器及脉冲输出指令	174
5.8.1 高速计数器控制指令	174
5.8.2 读出或修改高速计数器的经过值指令	176
5.8.3 高速计数器的输出置位指令	176
5.8.4 高速计数器的输出复位指令	177
5.8.5 脉冲输出和状态输出控制指令	177
5.8.6 凸轮控制指令	181
5.9 其他特殊指令	184
小结	187
习题	188

第 6 章 FP1 系列可编程序控制器的特殊功能及通信系统	190
6.1 FP1 的特殊功能	190
6.1.1 脉冲输出	190
6.1.2 高速计数功能(HSC)	190
6.1.3 可调输入延时滤波功能	194
6.1.4 输入窄脉冲捕捉功能	195
6.2 FP1 的高级模块	196
6.2.1 A/D 转换模块	196
6.2.2 D/A 转换模块	199
6.3 FP 系列 PLC 的通信系统	202
6.3.1 通信的有关基本概念	202
6.3.2 FP1 的通信接口	204
6.3.3 通信方式	205
6.3.4 通信的设置	207
6.3.5 PLC 与调制解调器的通信	209
6.4 FP 系列 PLC 的通信网络简介	211
6.4.1 概述	211
6.4.2 MEWNET-Link 网络	211
6.4.3 远程 I/O 系统	223
6.4.4 FP 以太网	230
6.5 监控组态软件的应用	236
6.5.1 监控组态软件简介	236
6.5.2 亚控组态王监控软件	237
6.5.3 组态王应用实例入门	242
小结	244
习题	245
第 7 章 可编程序控制器顺序系统程序设计	247
7.1 概述	247
7.2 顺序控制系统功能图的设计	249
7.2.1 功能图设计法的基本步骤及内容	250
7.2.2 功能图的绘制	251
7.3 顺序控制系统梯形图的设计	256
7.3.1 功能图转换成梯形图的一般方法	256
7.3.2 实例分析	258
7.4 移位寄存器指令在 PLC 程序设计中的应用	260

7.4.1	移位寄存器指令在 PLC 程序设计中的应用方法	260
7.4.2	用移位寄存器指令实现顺序控制的应用实例	261
7.5	步进指令在 PLC 程序设计中的应用	265
7.5.1	用步进指令实现对各种顺序结构功能图的编程方法	266
7.5.2	步进指令编程举例	267
	小结	271
	习题	271
第 8 章	可编程序控制器控制系统的设计	273
8.1	PLC 控制系统设计的步骤和内容	273
8.1.1	系统采用 PLC 控制的一般条件	273
8.1.2	PLC 控制系统设计的基本原则	273
8.1.3	PLC 控制系统设计的基本内容	274
8.1.4	PLC 控制系统的设计步骤	274
8.2	PLC 控制系统模式的选择	278
8.2.1	单机控制系统	278
8.2.2	集中控制系统	278
8.2.3	分散控制系统	279
8.2.4	远程 I/O 控制系统	279
8.3	PLC 控制系统的抗干扰设计	280
8.3.1	输入输出通道的抗干扰措施	280
8.3.2	抑制电源干扰措施	282
8.3.3	控制系统接地设计	282
8.3.4	采用光耦合措施	283
8.3.5	环境技术条件设计	283
8.3.6	控制系统的冗余设计	285
8.3.7	控制系统的供电系统设计	286
8.4	减少 PLC 输入/输出点数的方法	288
8.4.1	减少输入点数的方法	288
8.4.2	减少输出点数的方法	292
8.5	PLC 维护与故障诊断	293
8.5.1	PLC 的日常维护	293
8.5.2	PLC 的故障诊断与排除	294
8.6	PLC 控制系统设计实例	299
	小结	304
	习题	304

第 9 章 可编程序控制器在工业生产中的应用实例	306
9.1 PLC 在组合机床中的应用	306
9.2 PLC 在工件传送与分拣生产线中的应用	312
9.3 PLC 在工业机械手中的应用	319
9.4 PLC 在模拟量控制系统中的应用	324
9.5 PLC 在数控加工中心刀具库控制中的应用	327
小结	331
习题	331
附录 松下 FP1 型 PLC 内部器件及指令表	333
参考文献	348

常用低压电器

本章主要介绍常用低压电器的分类、规格、型号、结构、工作原理、接线及用途。学习掌握上述知识,便于将来正确选择、使用及维护各种低压电器。

1.1 低压电器的基本知识

1.1.1 低压电器的定义和分类

1. 低压电器的定义

电器是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动接通或断开电路,实现断续或连续改变电路参数,以达到对电路或非电对象的控制、切换、保护、检测、变换和调节作用的电气设备。按国家标准规定,低压电器通常是指用于交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 及以下起通断、保护、控制或调节作用的电器。

2. 低压电器的分类

低压电器种类繁多,尤其近年来随着科技的不断发展,制造工艺的不断提高,出现了许多功能强大、用途广泛、工作原理各异、构造各异的低压电器,因而有很多的分类方法,最常用的是按用途和工作原理分类。

(1) 按用途分类

低压配电电器:主要用于低压配电电路中,对电路及设备进行保护以及通断、转换电源和负载的电器,包括隔离开关、刀开关、转换开关、自动开关等。主要技术要求是工作可靠、有足够的热稳定性和动稳定性,在系统发生故障的情况下保护动作准确。

低压控制电器:主要用于控制受电设备使其达到预期要求的工作状态的电器,包括接触器、控制继电器、启动器、电磁铁等。主要技术要求是工作可靠、寿命长、操作频率高等。

主令电器:用于自动控制系统中发送控制指令的电器。包括控制按钮、行程开关、万能转换开关等。

保护电器:用于保护电路、电源及负载的电器。如熔断器、热继电器、过电流继电器、欠电流继电器等。

(2) 按工作原理分类

电磁式电器：主要依据电磁感应原理来工作，核心部件是电磁线圈和触点，属于自动电器，依靠本身参数变化或外来信号的作用自动完成电路接通、分断等动作，包括接触器、继电器等。

电子式电器：是全部或部分由电子器件构成的电器。包括各种电量与非电量的信号检测电器，可实现软启动和综合保护的电机启停控制器，电动机的短路、断相、漏电保护继电器，自动开关半导体脱扣器，按电动机电流值控制的 Y-D 自动转换器以及各种晶闸管开关等。

非电量控制电器：主要依靠外力或某些非物理量的变化而动作，从而完成电路接通、分断等动作的电器。包括速度继电器、压力继电器、温度继电器、按钮、刀开关、转换开关等。

1.1.2 电磁式电器的工作原理和结构特点

电磁式电器在电气自动控制电路中应用最为广泛，类型也非常多，但各类电磁式电器的工作原理和结构特点基本相同。从结构上看，电磁式电器一般都有两个基本组成部分：感测部分和执行部分。感测部分主要是指电磁式电器的电磁机构，对于有触点的电磁式电器而言，执行部分主要是指电器的触头系统。电磁机构接受从外界输入的信号，并通过转换、放大、判断，作出相应的反应使触头系统动作，从而实现对电路控制的目的。

1. 电磁机构工作原理

电磁机构由线圈、铁心（静铁心）和衔铁（动铁心）三部分组成，线圈套在静止不动的铁心柱上，而衔铁是可动的。具体的工作原理是：当给线圈通以适当的电流时，就产生对应的磁场，磁通 Φ 通过铁心、衔铁和工作气隙形成闭合回路，从而产生电磁吸力，在电磁吸力的作用下将衔铁吸向铁心。但与此同时，衔铁的运动受到反力弹簧的拉力，只有当电磁吸力大于弹簧反力时衔铁才能可靠地被铁心吸住，称为衔铁吸合。而电磁机构的衔铁是与触头系统连在一起的，当衔铁吸合时，使触头系统一起动作，触点闭合或断开，从而实现对电路控制的目的。当线圈断电时，衔铁在弹簧力的作用下回到初始位置，称为衔铁复位。当衔铁复位时，触头系统随之复位。

2. 电磁机构的结构形式

常见的电磁机构有三种形式，如图 1-1 所示。

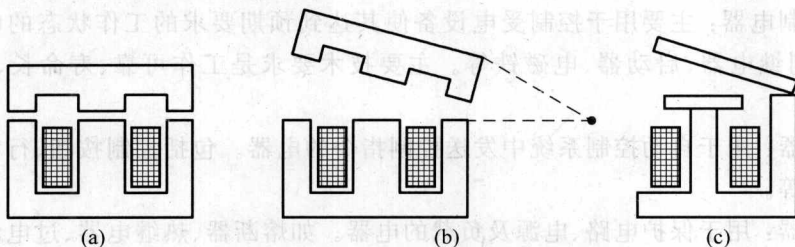


图 1-1 电磁机构的三种形式