

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

电气控制与PLC 技术

主 编 郭艳萍

中国电力出版社

PLC 应用案例解密

电气控制与 PLC 技术

王 强 主编



教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

电气控制与PLC 技术

主 编 郭艳萍

参 编 (排名不分先后)

罗 枚 王 蕊 刘铁生 丁小伍



北京师范大学出版社
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 PLC 技术/郭艳萍主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2007. 2

(21 世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978—7—303—08400—5

I. 电… II. 郭… III. ①电气设备—自动控制—高等学校: 技术学校—教材②可编程控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM762 TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 013706 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

出 版 人: 赖德胜

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm × 260 mm

印 张: 16.75

字 数: 258 千字

版 次: 2007 年 2 月第 1 版

印 次: 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

责任编辑: 周光明 美术编辑: 李荷芬

责任校对: 李 菡 责任印制: 董本刚

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

本书如有印装质量问题, 请与出版部联系调换。

电话: 010—58800825。

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会,对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨,同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以3年制为基础,

兼顾2年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2.教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材,并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院
山东劳动职业技术学院
济宁职业技术学院
辽宁省交通高等专科学校
浙江机电职业技术学院
杭州职业技术学院
西安科技大学电子信息学院
西安科技大学通信学院
西安科技大学机械学院
天津渤海职业技术学院
天津渤海集团公司教育中心
连云港职业技术学院
景德镇高等专科学校
徐州工业职业技术学院
广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院
浙江商业职业技术学院
内蒙古电子信息职业技术学院
济源职业技术学院
河南科技学院
苏州经贸职业技术学院
浙江工商职业技术学院
温州大学
四川工商职业技术学院
常州轻工职业技术学院
河北工业职业技术学院
太原理工大学轻纺学院
浙江交通职业技术学院
保定职业技术学院
绵阳职业技术学院
北岳职业技术学院
天津职业大学
石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院
九江职业技术学院
青岛远洋船员学院
无锡科技职业学院
广东白云职业技术学院
三峡大学职业技术学院
西安欧亚学院实验中心
天津机电职业技术学院
漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校
赣南师范学院
江西交通职业技术学院
河北农业大学城建学院
华北电力大学
北京工业职业技术学院
湖北职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
天津电子信息职业技术学院
广东松山职业技术学院
常州轻工职业技术学院
北京师范大学
山西大学工程学院
平顶山工学院
黄石理工学院
广东岭南职业技术学院
青岛港湾职业技术学院
郑州铁路职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京农业职业技术学院
宁波职业技术学院
宁波工程学院

北京化工大学成教学院
天津交通职业技术学院
济南电子机械工程学院
山东职业技术学院
天津中德职业技术学院
天津现代职业技术学院
天津青年职业技术学院
无锡南洋学院
北京城市学院
北京经济技术职业学院
北京联合大学
大红鹰职业技术学院
广东华立学院
广西工贸职业技术学院
贵州商业高等专科学校
桂林旅游职业技术学院
河北司法警官职业学院
黑龙江省教科院
湖北财经高等专科学校
华东师范大学职成教所
淮南职业技术学院
淮阴工学院
黄河水利职业技术学院
南京工业职业技术学院
南京铁道职业技术学院
黔南民族职业技术学院
青岛职业技术学院
陕西财经职业技术学院
陕西职业技术学院
深圳信息职业技术学院
深圳职业技术学院
石家庄职业技术学院
四川建筑职业技术学院
四川职业技术学院
太原旅游职业技术学院
泰山职业技术学院
温州职业技术学院
无锡商业职业技术学院

武汉商业服务学院
杨凌职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
郑州旅游职业技术学院
淄博职业技术学院
云南机电职业技术学院
云南林业职业技术学院
云南国防工业职业技术学院
云南文化艺术职业学院
云南农业职业技术学院
云南能源职业技术学院
云南省交通职业技术学院
云南司法警官职业学院
云南热带作物职业技术学院
西双版纳职业技术学院
玉溪农业职业技术学院
云南科技信息职业学院
昆明艺术职业学院
云南经济管理职业学院
云南农业大学
云南师范大学
昆明大学
陕西安康师范学院
云南水利水电学校
昆明工业职业技术学院
云南财税学院
云南大学高职学院
山西综合职业技术学院
温州科技职业技术学院
昆明广播电视大学
天津中德职业技术学院
天津职教中心
天津现代职业技术学院
天津师范大学
武警昆明指挥学院
天津工业大学
天津开发区职业技术学院

前 言

根据我国电气自动化技术的发展对自动化专业和机电专业领域人才技能的要求,本书将传统的《工厂电气控制设备》和现在该领域的最新技术《PLC原理与应用》合二为一,以适应教育部高职高专课程改革的要求。

本教材是以教育部《高职高专规划教材编写的指导思想、原则和特色》的要求为指导,并遵循高职高专培养技术应用型人才的目标而进行编写的。以“加强应用、注重技能、培养能力”为宗旨,提供了许多继电—接触控制和 PLC 控制的典型控制实例,并在每章后面都设有技能训练,旨在培养高职学生的基本实验技能和安装、调试电气自动控制系统的能力。本教材的 PLC 以目前国内应用广泛且具有很高的性价比的三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为例,介绍其硬件组成、指令系统和典型应用实例,注重对学生新技术应用能力的培养,以实现学校和企业的技术接轨。

本书主要介绍低压电器、电动机典型控制环节、常见机床控制电路的分析、三菱 FX 系列 PLC 的基本指令和应用指令、PLC 的程序设计、PLC 编程软件的使用、实验实训等内容。重点介绍 FX_{2N} 系列 PLC 的结构、工作原理、指令系统及应用实例。

本书由漯河职业技术学院的郭艳萍任主编,编写了第 3 章、第 5 章、第 7 章、第 9 章,并进行全书的统稿工作。陕西纺织服装职业技术学院的罗枚编写了第 1 章和第 2 章;唐山学院的王蕊编写了第 4 章;江西现代职业技术学院的刘铁生编写了第 6 章;江西生物科技职业学院的丁小伍编写了第 8 章。

限于编者的水平,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 11 月

目 录

第 1 章 常用低压电器	(1)	2.1.1 常用电气图的图形符号与 文字符号	(30)
1.1 低压电器基本知识	(1)	2.1.2 电气原理图	(33)
1.1.1 低压电器的分类	(1)	2.1.3 电器元件布置图	(35)
1.1.2 低压电器的作用	(3)	2.1.4 电气安装接线图	(36)
1.1.3 低压电器的基本结构	(3)	2.2 电气控制电路的基本控制 规律	(36)
1.2 主令电器	(7)	2.2.1 自锁控制电路	(36)
1.2.1 控制按钮	(7)	2.2.2 互锁控制电路	(38)
1.2.2 行程开关	(8)	2.2.3 行程控制电路	(40)
1.2.3 接近开关	(9)	2.2.4 多地控制电路	(41)
1.2.4 万能转换开关	(10)	2.2.5 顺序控制电路	(42)
1.3 接触器	(10)	2.3 三相异步电动机降压起动 控制电路	(43)
1.3.1 接触器的结构及工作原理	(11)	2.3.1 定子串电阻降压起动控制 电路	(44)
1.3.2 接触器的主要技术参数及 型号	(11)	2.3.2 自耦变压器降压起动控制 电路	(44)
1.4 继电器	(13)	2.3.3 Y- Δ 降压起动控制电路	(46)
1.4.1 电磁式继电器的结构及 工作原理	(13)	2.3.4 绕线式异步电动机转子串 电阻降压起动控制电路	(47)
1.4.2 电流继电器	(14)	2.4 三相异步电动机制动控制 电路	(49)
1.4.3 电压继电器	(15)	2.4.1 机械制动控制电路	(50)
1.4.4 时间继电器	(16)	2.4.2 反接制动控制电路	(50)
1.4.5 热继电器	(17)	2.4.3 能耗制动控制电路	(51)
1.4.6 速度继电器	(18)	2.5 三相异步电动机调速控制 电路	(53)
1.5 其他常用低压电器	(19)		
1.5.1 刀开关	(19)		
1.5.2 熔断器	(21)		
1.5.3 断路器	(23)		
第 2 章 基本电气控制电路	(30)		
2.1 电气控制系统图的绘制 规则和常用符号	(30)		



2.5.1 变极调速原理	(53)
2.5.2 变极调速控制电路	(54)
第3章 典型机床电气控制电路的分析	(60)
3.1 电气控制电路分析基础	(60)
3.1.1 电气控制电路分析的内容	(60)
3.1.2 电气原理图阅读分析的方法和步骤	(61)
3.2 C650 卧式车床的电气控制电路	(62)
3.2.1 车床的主要结构与运动分析	(62)
3.2.2 车床的电力拖动形式及控制要求	(63)
3.2.3 车床的电气控制电路分析	(63)
3.2.4 车床电气控制电路的特点	(66)
3.3 X62W 卧式万能铣床的电气控制电路	(67)
3.3.1 铣床的主要结构与运动分析	(67)
3.3.2 铣床的电力拖动形式及控制要求	(68)
3.3.3 铣床的电气控制电路分析	(69)
3.3.4 铣床电气控制电路的特点	(75)
第4章 电气控制系统的设计与安装	(79)
4.1 电气控制系统设计的一般原则和程序	(79)
4.1.1 电气控制系统设计的基本原则	(79)
4.1.2 电气控制系统设计的基本内容	(79)
4.1.3 电气控制系统设计的	

一般程序	(80)
4.2 电力拖动方案的确定和电动机的选择	(81)
4.2.1 电力拖动方案的确定	(81)
4.2.2 拖动电动机的选择	(82)
4.3 电气控制电路原理图设计的一般要求	(83)
4.3.1 合理选择控制电路电流种类与控制电压数值	(83)
4.3.2 电气控制电路设计的注意事项	(83)
4.4 电气原理图的设计方法及实例	(89)
4.4.1 电气原理图设计方法	(89)
4.4.2 电气原理图设计实例	(90)
4.5 常用电器元件的选择	(93)
4.5.1 主令电器的选择	(93)
4.5.2 接触器的选择	(94)
4.5.3 继电器的选择	(94)
4.5.4 熔断器的选择	(95)
4.5.5 控制变压器容量的选择	(95)
4.6 电气控制系统的工艺设计	(96)
4.6.1 电气设备的总体布置	(96)
4.6.2 绘制电器元件的位置图	(96)
4.6.3 绘制电气控制系统的接线图	(97)
4.6.4 编写设计说明书及使用说明书	(97)
4.7 电气控制系统的安装与调试	(98)
4.7.1 安装与调试的基本要求	(98)
4.7.2 电气控制柜的安装配线	(99)
4.7.3 电气控制柜的调试	(100)

4.8 电气控制系统设计举例	(101)	6.2.3 辅助继电器 (M)	(135)
第5章 可编程控制器 (PLC) 概述	(114)	6.2.4 状态继电器 (S)	(136)
5.1 PLC 的产生、发展和特点	(114)	6.2.5 定时器 (T) 与计数器 (C)	(137)
5.1.1 PLC 的定义	(114)	6.2.6 数据寄存器 (D)	(139)
5.1.2 PLC 的产生和发展	(114)	6.2.7 内部指针与常数	(140)
5.1.3 PLC 的特点	(116)	6.3 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令	(141)
5.1.4 PLC 的分类	(117)	6.3.1 LD、LDI、OUT 指令	(143)
5.1.5 PLC 的应用领域	(118)	6.3.2 触点的串并联指令	(144)
5.1.6 PLC 的主要生产厂家	(118)	6.3.3 电路块的串并联指令	(145)
5.2 PLC 的基本结构	(119)	6.3.4 LDP/LDF、ANDP/ANDF 和 ORP/ORF 指令	(146)
5.3 PLC 的工作原理	(122)	6.3.5 MC、MCR 指令	(148)
5.3.1 扫描工作方式	(122)	6.3.6 SET、RST 指令	(149)
5.3.2 PLC 的工作过程	(123)	6.3.7 栈存储器与多重输出电路 (MPS/MRD/MPP) 指令	(150)
5.3.3 PLC 的 I/O 滞后现象	(124)	6.3.8 脉冲输出、取反、空操作与结束指令	(152)
5.4 FX 系列 PLC 的硬件	(124)	6.4 FX 系列 PLC 功能指令	(154)
5.4.1 FX 系列 PLC 的型号和外形	(125)	6.4.1 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令的基本格式与数据结构	(154)
5.4.2 FX 系列 PLC 的特点	(126)	6.4.2 比较与传送类指令	(157)
5.4.3 FX 系列 PLC 的硬件组成	(127)	6.4.3 数据变换指令	(161)
第6章 可编程控制器的编程语言及指令系统	(130)	6.4.4 算术逻辑运算指令	(162)
6.1 PLC 的编程语言	(130)	6.4.5 循环移位与移位指令	(164)
6.1.1 PLC 编程语言的国际标准	(130)	第7章 PLC 程序设计及应用举例	(172)
6.1.2 梯形图编程规则	(132)	7.1 PLC 程序设计步骤及方法	(172)
6.2 FX 系列 PLC 梯形图中的编程元件	(134)	7.1.1 PLC 程序设计的一般步骤	(172)
6.2.1 PLC 的基本数据结构	(134)	7.1.2 PLC 程序设计方法	(172)
6.2.2 输入继电器 (X) 与输出继电器 (Y)	(134)		



7.2 经验设计法	(173)
7.2.1 基本应用程序	(174)
7.2.2 电动机正反转控制	(178)
7.2.3 电动机顺序控制	(180)
7.2.4 十字路口的交通灯控制	(181)
7.3 顺序功能图设计法	(185)
7.3.1 顺序功能图 (SFC) 的组成	(185)
7.3.2 绘制顺序功能图的规则	(187)
7.3.3 顺序功能图的基本结构	(187)
7.4 使用 STL 指令的编程方法	(189)
7.4.1 STL/RET 指令	(189)
7.4.2 单序列编程	(191)
7.4.3 选择序列编程	(193)
7.4.4 并行序列编程	(198)
7.5 具有多种工作方式的控制系统的编程方法	(201)
7.5.1 机械手的控制要求	(201)
7.5.2 机械手 I/O 分配	(203)
7.5.3 程序设计	(203)
第 8 章 PLC 控制系统设计	(213)
8.1 PLC 控制系统设计原则与步骤	(213)
8.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	(213)
8.1.2 PLC 控制系统设计的步骤	(213)
8.2 PLC 机型选择	(214)
8.3 硬件和软件的设计与调试	(217)
8.4 PLC 控制系统的可靠性设计	(218)
8.4.1 电源的抗干扰措施	(219)

8.4.2 控制系统的接地	(220)
8.4.3 安装与布线的抗干扰措施	(220)
8.4.4 PLC 输入输出的可靠性措施	(221)
8.4.5 故障检测与诊断	(222)
8.5 节省 PLC 输入输出点数的方法	(223)
8.5.1 减少输入点数的方法	(223)
8.5.2 减少输出点数的方法	(224)
第 9 章 PLC 编程器与编程软件的使用方法	(227)
9.1 FX-20P-E 型简易手持编程器的使用方法	(227)
9.1.1 HPP 操作面板和功能	(227)
9.1.2 HPP 工作方式选择	(230)
9.1.3 联机编程方式	(231)
9.1.4 联机监视/测试	(235)
9.1.5 脱机编程方式	(239)
9.2 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件简介	(240)
9.2.1 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的基本功能与软件安装	(240)
9.2.2 SWOPC-FXGP/WIN-C 软件的基本界面	(241)
9.2.3 梯形图程序的生成与编辑	(243)
9.2.4 指令表的生成与编辑	(249)
9.2.5 PLC 的在线操作	(249)
9.2.6 PLC 的监控与测试功能	(250)
参考文献	(254)

第1章 常用低压电器

学习要点

通过本章的学习,了解常用低压电器的结构和工作原理,熟练掌握低压电器的型号、图形符号和文字符号,学会正确选择和合理使用低压电器。

1.1 低压电器基本知识

1.1.1 低压电器的分类

在电能的生产、输送、分配和应用中,起着开关、控制、调节和保护作用的电气设备称为电器。常用低压电器是指工作在交流电压 1200V、直流电压 1500V 以下的各种电器。生产机械上大多用低压电器。

低压电器种类繁多,按其结构、用途及所控制对象的不同,可以有不同的分类方式。

1. 按用途和控制对象不同,可将低压电器分为配电电器和控制电器

(1) 配电电器

用于电能的输送和分配的电器称为低压配电电器,这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强、在系统发生故障时保护动作准确,工作可靠,有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 控制电器

用于各种控制电路和控制系统的电器称为控制电器,这类电器包括接触器、起动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高,寿命长,有相应的转换能力。

2. 按操作方式不同,可将低压电器分为自动电器和手动电器

(1) 自动电器

通过电器本身参数变化或外来信号(如电、磁、光、热等)自动完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器

通过人力直接操作来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。



3. 按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器

电磁式电器是依据电磁感应原理来工作的电器，如接触器、各类电磁式继电器等。非电量控制电器的工作是靠外力或某种非电量的变化而动作的电器，如行程开关、速度继电器等。

另外，低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等，对不同类型低压电器的防护型式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

常用低压电器的主要种类和用途如表 1.1 所示。

表 1.1 常用低压电器的主要种类及用途

序号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过载、短路、欠电压、漏电压保护，也可用于不频繁接通和断开电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离，有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换，也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷，切断带负荷电路
		直流接触器	
6	起动器	磁力起动器	主要用于电动机的起动
		星、三角起动器	
		自耦降压起动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	

续表

序号	类别	主要品种	用途
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也可用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	

1.1.2 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、调节、指示和转换。低压电器的作用如下。

(1)控制作用:如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2)保护作用:能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电机的过热保护,电网的短路保护、漏电保护等。

(3)测量作用:利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4)调节作用:低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5)指示作用:利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6)转换作用:在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的转换等。

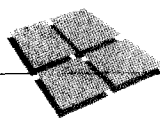
1.1.3 低压电器的基本结构

电磁式低压电器大都有两个主要组成部分,即:感测部分——电磁机构和执行部分——触头系统。

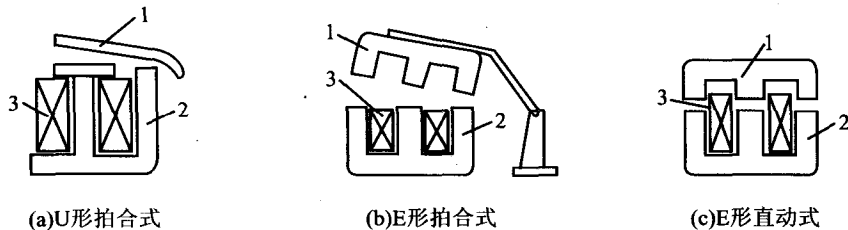
1. 电磁机构

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,从而完成接通或分断电路的功能。

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁3个基本部分组成。



常用的电磁机构如图 1.1 所示, 可分为 3 种形式。



1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

图 1.1 常用的电磁机构

(1) 衔铁沿棱角转动的 U 形拍合式铁心, 如图 1.1(a) 所示。这种形式广泛应用于直流电器中。

(2) 衔铁沿轴转动的 E 形拍合式铁心, 如图 1.1(b) 所示。此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。多用于交流接触器、继电器中。

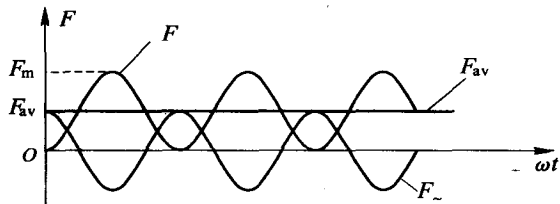
2. 直流电磁铁和交流电磁铁

按吸引线圈所通电流性质的不同, 电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

直流电磁铁由于通入的是直流电, 其铁心不发热, 只有线圈发热, 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。铁心和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电, 铁心中存在磁滞损耗和涡流损耗, 线圈和铁心都发热, 所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架, 使铁心与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖形, 以利于铁心和线圈的散热。铁心用硅钢片叠加而成, 以减小涡流。

电磁铁工作时, 线圈产生的磁通作用于衔铁, 产生电磁吸力, 并使衔铁产生机械位移。衔铁复位时在复位弹簧的作用下, 衔铁回到原位。因此, 作用在衔铁上的力有两个: 电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机构产生, 反力则由复位弹簧和触头弹簧产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力, 即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同; 衔铁复位时要求反力大于电磁吸力, 即衔铁位移的方向与反力的方向相同。



F —交流电磁吸力; F_m —最大吸力;
 F_{av} —平均吸力; F_- —电磁吸力的交变分量

图 1.2 交流电磁铁吸力变化情况

当线圈中通以直流电时, 气隙磁感应强度不变, 直流电磁铁的电磁吸力为恒值。当线圈中通以交流电时, 磁感应强度为交变量, 交流电磁铁的电磁吸力 F 在 0 (最小值) ~ F_m (最大值) 之间变化, 其吸力曲线如图 1.2 所示。在一个周期内, 当电磁吸力的瞬时值大于反力时, 衔铁吸合; 当电磁