

高等专科学校教材

电气控制原理与设计

方承远 王炳勋 编

diàn qì kòng zhì yuán lǐ yǔ shè jì

宁夏人民出版社

高等专科学校教材

电气控制原理与设计

宁夏人民出版社

内 容 提 要

本书参照机械部所属高等专科学校“工厂电气控制技术”课程组86年郑州会议及88年长春会议制订的大纲编写。书中主要内容包括电气控制的基本原理、控制线路的系统分析、电气控制设备的原理设计与工艺设计。除了传统控制技术外,还对近年来迅速发展的可编程序控制器(PC)的原理与应用技术作了较详细的叙述。为便于本课程的教学,书中还编入课程设计与实验系统二大部分内容,供选择使用。

本书可作为高等专科学校电气工程类专业“工厂电气控制技术”及类似课程的教材,也可以作为电气技术人员参考书和培训教材,中等专业学校也可选用。

本书责任编辑为董锡江副教授。

电 气 控 制 原 理 与 设 计

方承远 王炳勋编

宁夏人民出版社 出版发行

上海高机书店经销

(上海市复兴中路1195号)

常熟市福山中学印刷厂 印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 520千

1989年3月第1版第1次印刷 印数: 10000册

ISBN 7-227-00448-1/TP·2 定价: 5.80元

前 言

本教材是参照原机械工业部所属高等专科学校“工厂电气控制设备”课程组86年4月郑州会议精神和制订的教学大纲,并充分考虑电气控制技术的发展情况而编写的。在编写中,注意精选内容,力求结合生产实践,突出应用,着重基本原理与分析方法,尽可能做到通俗易懂,便于自学。

为了更好地满足各校教学需要,教材内容分为三大部分。

第一篇电气控制原理(第一至五章),在介绍常用电器的基础上,主要介绍电气控制的单元线路以及由此组成的各种电气控制系统的基本原理与分析方法。本篇第五章专门介绍了近年来迅速发展的可编程序控制器(PC)的原理及应用。

第二篇电气控制设计基础(第六、七章),着重叙述电气控制系统设计的原则,设计内容与要求,电气原理图及各种工艺图纸的设计方法,并通过设计举例,具体说明设计过程及设计步骤,俾能与课程设计密切配合。本篇第七章选编了较多的来自生产实际的课程设计参考题,供学生设计时自行选择。本课程要求集中排1~2周的课程设计,在教师指导下,让学生独立设计并按要求绘制规定的图纸。

第三篇电气控制实验系统(第八章),主要说明实际操作的重要性及实验的要求与方法。本篇在总结各校实验教学经验的基础上列举了较多的参考实验项目,并且开发了PC控制实验项目,供各校根据教学需要选择实验内容。

本课程的理论教学时数为70学时(包括PC部分20学时)。课程设计1~2周,实验教学课时16~20学时,不计在理论教学时数内。

本教材在编写中考虑了以下几点:

1. 着重于电气控制线路分析及线路设计的基本原理与方法的介绍,力求结合生产实际,满足一般电气控制技术工作的要求。

2. 在系统线路分析中着重思路与分析方法的归纳,并通过实例介绍,进一步说明具体分析过程。

3. 将理论教学、课程设计、实验操作有机地融为一体,更好地满足本课程的教学需要。

4. 将近年来迅速发展的先进控制技术——可编程序控制器(PC)引入本课程,更新教学内容。

因此,本书不仅可作为大专、职大、业余大学“工厂电气控制技术”,“电气控制技术”,“电气控制原理与设计”,“电力拖动自动控制”等课程的教材,同时也可作为工矿企业电气技术人员的进修参考书和培训教材。中等专业学校也可选用。

本书由上海机械专科学校方承远副教授与郑州机械专科学校王炳勋副教授共同编写。其中第一、二、八章由王炳勋编写,绪论、第三、四、五、六、七章及第八章的PC实验部分由方承远编写,全书由方承远统稿。

本书由马国琳教授,孔凡才副教授主审,参加审稿的还有方君川、黄涵文、唐敏利、莫正康、马西秦等副教授,陈瑞琮、王永珠、陈昌国等高级工程师,及方宗达、范大祥等老师。

在本书的组织、编写、审定过程中始终得到孔凡才副教授的指导与帮助，在第五章的编写中得到陈昌国、方宗达同志的热情帮助，编者在此表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中难免存在错误和不妥之处，谨请读者指正。

编者

八八年八月

绪 论

1. “电气控制原理与设计”课程的性质、内容与任务

“电气控制原理与设计”是一门实践性较强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究及其他各个领域的应用十分广泛。本课程主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍电气控制的基本原理、线路及设计方法。电气控制技术涉及面很广,各种电气控制设备种类繁多,功能各异,但就其控制原理、基本线路、设计基础而言,是类似的。本课程从应用角度出发,以方法论为手段,讲授上述几方面内容,以培养对电气控制系统分析和设计的基本能力。

现代化生产的水平、产品的质量和经济效益等各项指标,在很大程度上取决于生产设备的先进性和电气自动化程度。随着大规模集成电路及微型计算机技术的发展,使电气控制技术面临新的前景。可编程序控制器(PC)是近十几年发展起来的一种新型工业控制器,由于它把计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点与继电器系统的控制简单,使用方便、抗干扰能力强、价格便宜等优点结合起来,而其本身又具有体积小、重量轻、耗电省等特点,从而在工业生产过程中的应用越来越广泛。作为一个电气技术人员必须掌握PC的基本原理与应用技术。

任何一个复杂的电气控制系统,不管是采用计算机控制、PC控制或是采用传统的继电器接触器控制,都离不开各种控制电器元件,其控制线路也都是由各种基本单元控制环节组合而成。因此,在教学内容安排上,首先介绍常用控制电器的用途、结构、基本工作原理以及它们的型号规格和选用原则。在此基础上,讲述电器控制线路的基本环节。第一、二章的内容是电气控制系统读图分析与线路设计的基础。要求熟练掌握电气控制的各种单元线路,并能正确使用和选用各种常用的电器元件。

第三、四章是为了培养对控制线路及系统的分析能力。电气控制系统分析是本课程重点之一,重要的是要掌握分析的思路与方法。本部分内容是在第一、二章的基础上,综合介绍各种电气控制系统分析中的共性问题,并通过实例分析,介绍电气自动控制的分析思路和具体方法。

第五章可编程序控制器(PC)是作为一种先进的电气控制技术介绍给读者的。其目的是使读者了解PC控制的基本原理与控制过程,掌握PC应用的入门知识,以便在今后工作中进一步深化。

第六章《电气控制系统设计基础》是本课程的另一个重点内容。电气设计是以熟练掌握控制线路基本环节,具备较强的读图分析能力和一定的实践经验为基础。本章内容是介绍一般电气控制系统设计的要求、基本任务、设计方法和设计步骤。本章中部分内容可以与课程设计结合起来讲授。

2. 电气控制技术的发展概况

电气控制技术随着科学技术的不断发展,生产工艺不断提出新的要求而迅速发展。在控制方法上主要是从手动控制到自动控制;在控制功能上,是从简单到复杂;在操作上,由笨

重到轻巧，从控制原理上，由单一的有触点硬接线继电器控制系统转向以微处理器为中心的
软件控制系统。随着新的控制理论和新型电器及电子器件的出现，不断地推动着电气控制技
术的继续发展。

生产机械在采用电动机拖动的初期，常以一台电动机拖动多台设备，或一台机床的多个
动作采用同一台电动机拖动，称为集中拖动，相应的电气控制线路比较简单。随着生产机械
功能增多、自动化程度的提高，其机械传动系统也就越来越复杂，为了简化传动机构，而出现
分散拖动形式，即各个运动机构分别由不同电动机拖动，这种电气控制线路应具有各动作间
的配合、联锁、顺序、切换、协调、显示等功能，从而使控制线路进一步复杂化。此外，在
生产过程中，对影响产品质量的各种参数能自动调整的要求（例如温度、压力、时间、流
量、速度、转矩、功率等等的自动调节）是促使电气自动控制技术迅速向前发展，控制线路
日趋完善的另一个重要因素。

在实际生产中，由于大量存在一些用开关量控制的简单的中小型程序控制过程，而且实
际生产工艺和流程又是经常变化，因而传统的继电器接触控制系统，常常不能满足这种需要。
电子计算机控制系统的出现，大大提高了电气控制的灵活性和通用性，其控制功能和控制精
度也大大提高了一步。然而在其初期，存在着系统复杂，使用不便，抗干扰能力差，成本高
等缺陷，尤其对上述简单的过程控制有大材小用和不经济等问题。因而，在60年代出现了一
种能够根据生产需要，方便地改变控制程序，而又远比电子计算机结构简单，价格低廉的自
动化装置——顺序控制器，它是通过组合逻辑元件插接或编程来实现继电器接触控制线路功
能的装置，它能满足程序经常改变的控制要求，使控制系统具有较大的灵活性和通用性，然
而它还是使用硬件手段，装置体积大、功能也受到一定限制。随着大规模集成电路和微处理机
技术的发展和应用，上述控制技术也发生了根本变化。在七十年代出现了用软件手段来实现
各种控制功能、以微处理器为核心的新型工业控制器——可编程序控制器，这种器件完全能
够适应恶劣的工业环境。由于它兼备了计算机控制和继电器控制系统两方面的优点，目前在
世界各国已作为一种标准化通用设备普遍应用于工业控制。

为了解决占机械加工总量80%左右的单件和小批生产的自动化，以提高劳动生产率，提
高产品质量和降低劳动强度，在五十年代就出现了数控机床。它是一种具有广泛通用性的高
效率自动化机床，它综合应用了电子技术、检测技术、计算技术、自动控制和机床结构设计
等各个技术领域的最新技术成就。目前仍然广泛应用，并且在一般数控机床的基础上，发展
成为附带自动换刀，自适应等功能的复杂数控系列产品，称为加工中心。能对多道工序的工
件进行连续加工，节省了夹具，缩短了装夹定位，对刀等辅助时间，大大提高了工效和产品
质量，成功地取代了以往依靠模板、凸轮、专用夹具、刀具和定程挡块等来实现顺序加工的
自动机床、组合机床、专用机床，在生产中也得到了广泛应用。

数控装置实质上是一台专用计算机控制系统，由固定的逻辑线路来实现专门的控制运算
功能，不同的机械设备、加工对象需设计制作不同的数控装置，而其运控部分都是由小型通
用计算机组成，这种系统称为CNC系统。

以小型通用计算机去控制某一特定对象时，要依靠事前存放在存储器内的系统程序。而
CNC系统则依靠它来实现对具体机床的控制，对不同控制对象和不同的功能要求，只
需要改变CNC的系统程序即可。用软件方法来增加或改变控制系统的功能，具有很大的灵
活性和柔性，这是CNC系统的一个明显优点，同时该系统能将全部加工程序一次输入存
贮器，可避免逐段阅读程序时易出错的弊病，并能简化程序设计和修改。在CNC系统中还
设置了

各种诊断程序，进行故障预检及自动查找，提高了设备可靠性和便于维修。

上述各种先进控制设备的应用，大大促进了电气控制技术的发展。然而，无论是PC系统或是CNC系统的推广和应用都是以性能价格比的进一步提高为前提，目前我国在这方面还比较落后，某些方面还是以引进国外技术和产品为主，为了改变这种状况，当前急待解决的主要问题是：国产化，降低成本和人员培训，以便迅速跟上世界潮流，加快四化建设速度。

目 录

绪论

第一篇 电气控制原理

第一章 常用低压电器	(1)
1—1 概述	(1)
一、电器的分类	(1)
二、电磁式电器	(1)
三、电器的触头系统和电弧	(5)
1—2 开关电器	(7)
一、刀开关	(7)
二、转换开关	(8)
三、自动开关	(8)
1—3 熔断器	(10)
一、熔断器的用途和类型	(10)
二、熔断器的工作原理	(10)
三、新型熔断器	(11)
四、熔断器的选择	(11)
1—4 主令电器	(12)
一、控制按钮	(12)
二、行程开关	(12)
三、接近开关	(13)
四、万能转换开关	(14)
五、主令控制器	(15)
六、凸轮控制器	(15)
1—5 接触器	(17)
一、接触器的结构和工作原理	(17)
二、接触器的型号与主要技术数据	(18)
三、接触器的选择	(18)
1—6 继电器	(19)
一、电流继电器	(20)
二、电压继电器	(20)
三、中间继电器	(20)
四、时间继电器	(20)
五、热继电器	(23)

六、速度继电器	(26)
1—7 电磁离合器	(26)
本章小结	(27)
思考题与练习题	(127)

第二章 电气控制线路的基本环节 (29)

2—1 电气控制系统图的类型及规定画法 (29)

一、电气系统图的图形符号, 文字符号和回路标号	(29)
二、电气原理图	(31)
三、电气布置图	(32)
四、电气安装接线图	(32)

2—2 电动机控制的保护环节 (33)

一、短路保护	(33)
二、过载保护	(34)
三、过电流保护	(34)
四、零电压和欠电压保护	(34)
五、弱磁保护	(35)

2—3 电动机的起动控制线路 (35)

一、单相直接起动控制线路	(35)
二、电动机的点动控制线路	(36)
三、降压起动控制线路	(37)
四、限流起动控制线路	(39)
五、直流电动机电枢串电阻起动控制线路	(41)

2—4 电动机的转向及运动部件的行程控制 (41)

一、电动机“正—停—反”控制线路	(41)
二、电动机“正—反—停”控制线路	(42)
三、自动往复行程控制线路	(42)

2—5 电动机的转速控制 (43)

2—6 电动机的制动控制 (44)

一、反接制动控制线路	(45)
二、能耗制动控制线路	(46)

2—7 顺序控制单元线路 (49)

一、电动机顺序起停控制线路	(49)
二、继电器顺序控制环节	(50)

本章小结 (50)

思考题与练习题 (51)

附录 2—1 电工系统图图形符号 (GB312—64) (57)

附录 2—2 电工电气控制系统图文字符号 (GB315—64) (63)

附录 2—3 电力系统图上的回路标号 (GB316—64) (66)

第三章 电气控制系统分析	(70)
3—1 电气控制系统分析基础	(70)
一、电气控制分析的内容	(70)
二、电气原理图阅读分析方法	(71)
3—2 典型机床电气控制分析	(77)
一、X62W卧式万能铣床电气控制系统分析	(78)
二、M7475B立轴圆台平面磨床电气控制系统分析	(83)
三、组合机床电气控制系统分析	(89)
3—3 起重机械电气控制系统分析	(101)
一、概述	(101)
二、凸轮控制器控制线路分析	(103)
三、主令控制器控制线路分析	(105)
四、起重机电气控制中的保护设备	(108)
五、15/3吨桥式起重机整机控制线路分析	(109)
3—4 顺序控制系统电气控制分析	(112)
本章小结	(115)
思考题与练习题	(116)
第四章 交磁放大机自动调速系统分析	(119)
4—1 生产机械的速度调整	(119)
一、静态指标	(119)
二、动态指标	(121)
4—2 交磁放大机自动调速系统的组成与调速原理	(122)
一、F—D开环调速系统	(122)
二、F—D闭环自动调速系统	(124)
4—3 交磁放大机	(126)
一、交磁放大机的构造	(126)
二、交磁放大机的工作原理	(127)
三、交磁放大机的工作特性与放大倍数	(128)
四、交磁放大机的性能特点	(131)
4—4 JF—F—D转速负反馈自动调速系统	(131)
一、自动调速系统的静态结构图	(132)
二、控制绕组的电差接法与磁差接法	(132)
三、转速负反馈系统的静态分析	(132)
4—5 电压负反馈、电流正反馈在自动调速系统中的应用	(135)
一、电压负反馈自动调速系统	(135)
二、电压负反馈与电流正反馈自动调速系统	(137)
4—6 稳定环节	(139)
一、阻容式稳定环节	(139)

二、变压器稳定环节	(140)
三、桥形稳定环节	(140)
4—7 具有电流截止负反馈的自动调速系统	(141)
一、系统组成及工作原理	(141)
二、系统静特性分析	(142)
三、系统动特性分析	(143)
4—8 龙门刨床电力拖动电气控制分析	(144)
一、龙门刨床的运动分析及其对控制的要求	(144)
二、龙门刨床主拖动系统的静态分析	(145)
三、龙门刨床的其他拖动控制	(150)
四、主回路的保护与测量	(152)
本章小结	(157)
思考题与练习题	(157)

第五章 可编程序控制器的原理与应用

5—1 概述	(159)
一、什么是可编程序控制器 (PC)	(159)
二、PC的特点	(160)
三、PC的发展与应用	(162)
5—2 可编程序控制器的基本原理	(163)
一、PC的基本控制原理	(163)
二、系统的组成及各部分的作用	(164)
三、系统的工作过程和处理规则	(166)
四、PC与MC、梯形图与继电器控制图的区别	(169)
5—3 超小型F系列可编程序控制器的硬件和系统构成	(170)
一、F系列PC的型号、机种及系统构成	(171)
二、F系列PC硬件结构	(172)
三、F系列PC中使用的各种元器件	(172)
5—4 F系列PC的指令系统	(181)
一、LD、LDI、OUT指令	(181)
二、AND、ANI指令	(181)
三、OR、ORI指令	(182)
四、ORB指令	(182)
五、ANB指令	(183)
六、RST指令	(184)
七、PLS指令	(185)
八、SFT指令	(185)
九、NOP指令	(186)
十、END指令	(187)
十一、S(SET)、R(RESET)指令	(188)

十二、MC(Master control)、MCR(Master control reset)指令	(188)
十三、条件跳步指令和跳步结束指令	(189)
5—5 PC的程序设计和调试	(190)
一、程序设计基本步骤	(190)
二、梯形图设计规则	(191)
三、编程要令	(192)
四、程序的输入、检查与调试	(197)
5—6 可编程序控制器的应用	(207)
一、PC的应用范围	(207)
二、PC在工件取放控制中的应用	(208)
三、PC在注塑机电气控制中的应用	(214)
本章小结	(217)
思考题与练习题	(218)

第二篇 电气控制设计

第六章 电气控制设计基础	(221)
6—1 电气控制设计的一般原则、要求和基本内容	(221)
一、电气控制设计的一般原则	(221)
二、电气控制设计的基本内容	(222)
6—2 电力拖动方案及其控制方式的选择	(223)
一、电力拖动方案的选择	(223)
二、电力拖动控制方式的选择	(224)
6—3 电动机的选择	(226)
一、电动机选择的基本原则	(226)
二、电动机类型选择	(226)
三、电动机结构型式选择	(227)
四、电动机额定电压及转速选择	(227)
五、电动机容量选择	(227)
6—4 电气控制原理线路设计的方法与步骤	(232)
一、电气原理图绘制要求	(233)
二、电气原理图的设计方法与步骤	(234)
三、原理图设计中应注意的问题	(239)
6—5 电气保护的类型及实现方法	(243)
一、电流型保护	(243)
二、电压型保护	(245)
三、位置保护	(247)
四、温度、压力、流量、转速等保护	(247)
6—6 电气控制线路设计中的主要参数计算及常用控制电器选择	(247)
一、鼠笼式异步电动机起动、制动电阻计算	(247)

二、鼠笼式异步电动机能耗制动参数计算	(248)
三、控制变压器容量计算	(249)
四、常用控制电器选择	(249)
6—7 电气控制工艺设计	(252)
一、电气设备总体配置设计	(253)
二、元件布置图的设计与绘制	(254)
三、电气部件接线图的绘制	(254)
四、电气箱及非标准零件的设计	(254)
五、各类元器件及材料清单的汇总	(255)
六、编写设计说明书及使用说明书	(255)
本章小结	(255)
思考题与练习题	(256)

第七章 课程设计要求、设计方法及参考题选

7—1 概述	(258)
7—2 课程设计的目的和要求	(258)
7—3 课程设计任务、工作量与设计方法	(259)
一、设计任务书	(259)
二、设计方法及步骤	(259)
7—4 课程设计举例	(261)
一、设计任务书	(261)
二、设计过程	(262)
7—5 课程设计参考题选	(272)
课题一 专用镗孔机床的电气控制系统设计	(272)
课题二 气流除尘机电气控制系统设计	(273)
课题三 千斤顶油缸加工专用机床电气控制系统设计	(274)
课题四 机械手电气控制系统设计	(275)
课题五 深孔钻电气控制系统设计	(277)
课题六 全自动双面钻电气控制系统设计	(279)
课题七 四工位组合机床电气控制系统设计	(281)
课题八 成型磨床电气控制系统设计	(284)
课题九 专用棒齿铣电气控制系统设计	(285)
课题十 机械手PC控制系统设计	(285)
课题十一 电镀车间专用行车PC控制系统设计	(286)

第三篇 电气控制系统实验

第八章 电气控制系统实验的一般问题及参考实验项目

8—1 电气控制系统实验的目的和任务	(287)
一、实验目的	(287)

二、实验任务	(287)
8—2 实验方法	(287)
一、实验前准备	(287)
二、联接实验电路	(287)
三、观察与纪录	(288)
四、实验结束工作	(288)
8—3 实验报告及要求	(288)
8—4 参考实验项目、内容及要求	(288)
实验一 三相异步电动机单向运转起动及点动控制	(288)
实验二 三相异步电动机可逆运转控制	(290)
实验三 三相异步电动机星-三角降压 起动控制	(291)
实验四 鼠笼式异步电动机的制动控制	(292)
实验五 X62W铣床模拟控制线路的调试分析	(293)
实验六 凸轮控制器电路研究	(294)
实验七 电机放大机特性测试	(297)
实验八 JF—F—D调速系统的研究	(298)
实验九 红绿交通灯的PC控制	(303)
实验十 电镀线PC控制模拟实验	(307)

第一篇 电气控制原理

第一章 常用低压电器

本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、类型、规格、工作特点、应用范围与使用条件等有关知识,同时介绍它们的图形符号及文字符号,为正确选择和使用这些电器打下基础。学习本章时必须注意联系实际,抓住共性,区别个性,学会查阅和使用产品目录和手册等参考资料,正确选择电器。

1-1 概 述

一、电器的分类

电器的用途广泛,功能多样,品种规格繁多。其分类方法很多。下面介绍几种常用的分类方法:

(一) 按工作电压等级分类

1. 低压电器 系指工作在交流1000V或直流1200V以下的各种电器,主要用于低压配电系统、动力设备以及电力传动自动控制系统中。我国低压电器产品分刀开关和转换开关、熔断器、自动开关、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁等12类,此外还有插销和接线端子、信号灯等作为其它类。本章主要介绍电气控制系统中常用的低压电器。

2. 高压电器 工作电压超过交流1000V或直流1200V的各种电器称为高压电器。主要有隔离开关、高压熔断器、负荷开关和断路器等,这些将在《工厂供电》中介绍。

(二) 按动作性质分类

1. 手动电器 指需要人工直接操作才能完成各种指令任务的电器。如刀开关、隔离开关、转换开关、按钮等。

2. 自动电器 指不需要人工进行操作,而是按照电的或非电的信号自动完成各种指令任务的电器。如低压自动开关、交直流接触器、高压断路器、继电器、自动调压器等。

(三) 按用途分类

1. 控制电器 指用于各种控制电路的电器。例如各种接触器、继电器、主令电器、变阻器、电磁铁等。

2. 配电电器 指电能输送、分配过程中,完成对电路的接通断开、或在系统发生故障时以实现保护作用的电器。例如刀开关、自动开关、断路器、熔断器等。

二、电磁式电器

在电气控制线路中,电磁式电器的使用量最大。各类电磁式电器在工作原理、构造等方面有许多类似之处。

(一) 电磁式电器的电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分,其作用是将电磁能转换成机械能,使触头动作,实现

电路的接通与分断。

电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等几部分组成。

1. 常用的磁路结构

如图 1—1 所示, 常用的磁路结构有三种形式:

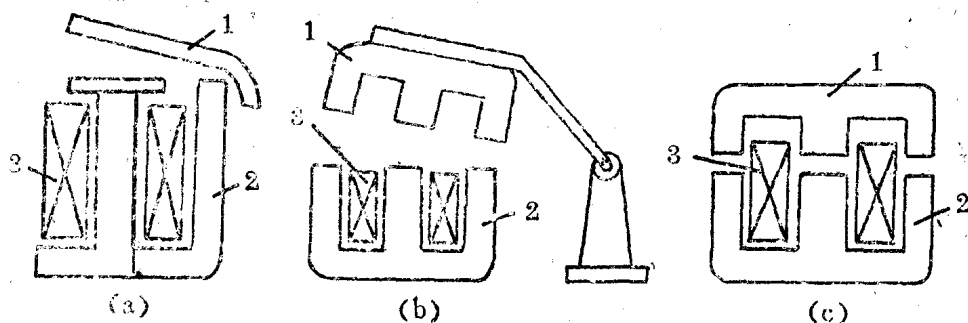


图 1—1 常用的磁路结构

1—衔铁; 2—铁轭; 3—吸引线圈。

(1) 衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯, 见图 1—1 (a)。其衔铁 1 沿铁轭 2 的棱角而转动。这种型式广泛应用于直流电器中。

(2) 衔铁沿轴转动的拍合式铁芯, 见图 1—1 (b)。其铁芯形状有 E 型和 U 型两种。此种结构多用于交流电器中。

(3) 双 E 形直动式铁芯, 如图 1—1 (c) 所示, 多用于交流接触器、继电器中。

2. 吸引线圈

吸引线圈将电能转换成磁场能量, 它是电磁机构的动力来源。按通入吸引线圈的电流种类不同, 可分为直流线圈和交流线圈。

对于直流励磁的电磁机构, 因构成磁路的铁芯不发热, 仅存在吸引线圈流过电流时产生的热量, 为扩大线圈的散热面积, 并通过铁芯来散热, 所以直流电磁机构的吸引线圈做成高而薄的瘦高型, 且不设线圈骨架, 使线圈与铁芯直接接触, 易于散热。

对于交流电磁机构的吸引线圈, 因构成磁路的铁芯存在磁滞和涡流损耗, 使铁芯发热, 这样线圈和铁芯都发热, 所以这种电磁机构的吸引线圈设有骨架, 使铁芯和线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型, 这样做有利于铁芯的散热。

吸引线圈在电路中有并联与串联二种接法, 相应的线圈称为电压线圈与电流线圈。电压线圈的匝数多, 导线细, 阻抗大, 电流较小。常用绝缘较好的电磁线绕制而成。电流线圈匝数少, 导线粗, 电流较大。常用扁铜线绕制。

(二) 电磁吸力与吸力特性

电磁式电器是根据电磁铁的基本原理而设计, 电磁吸力是影响其可靠工作的一个重要参数。电磁铁的吸力可由下式求得

$$F_x = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S$$

式中: F_x —对应一定空气隙 (δ) 的电磁吸力 (N)

B —气隙中磁感应强度 (T)

S —气隙截面积 (m^2)