



21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材
浙江省“十一五”重点教材建设项目



电机控制与实践

徐 锋 蒋友明 郑向军 编 著

- 理论知识系统，注重相关内容拓展
- 实践项目丰富，增强知识应用能力
- 重点环节详尽，掌控电机控制技术



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材
浙江省“十一五”重点教材建设项目

电机控制与实践

徐 锋 蒋友明 郑向军 编 著
盛 健 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书重点讲述三相异步电动机的结构、工作原理和基本控制环节。以电动机控制作为主线,将电动机的基本知识、电力拖动的基本知识、低压电器的基本知识和继电控制的基本知识有机地结合起来。本书对同步电机、变压器、控制电机、直流电机等的结构,工作原理和控制方法也进行了简单描述。

本书可作为高职高专院校自动化专业、机电一体化专业和电气工程专业的教学用书;也可作为应用型本科院校、成人教育学院、函授学院、中职学校等相关专业的辅助教材;还可供从事电气自动化、维修电工等相关工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机控制与实践/徐锋,蒋友明,郑向军编著. —北京:北京大学出版社,2012.9

(21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-21269-1

I. ①电… II. ①徐… ②蒋… ③郑… III. ①电机—控制系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM301.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 222154 号

书 名: 电机控制与实践

著作责任者: 徐 锋 蒋友明 郑向军 编著

策 划 编 辑: 赖 青 张永见

责 任 编 辑: 张永见

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21269-1/TH · 0316

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 405 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书结合了高职院校职业教育课程改革的最新经验，在浙江省高职高专自动化类专业教育指导委员会指导下编写而成。

本书重点讲述三相异步电动机的结构、原理与控制。本书在编写过程中，以电动机控制作为主线条，将电动机的基本常识、电力拖动的基本知识和低压电器及控制的基本知识有机地结合起来。在教学内容的选择上，坚持理论的“必需和够用”原则，力求避免繁琐的理论推导，突出应用性和实用性。在教学内容的编排上，遵循由浅入深、由简到繁的原则。

为了增强知识的系统性，本书在每一节的末尾安排有“知识链接”，作为相关知识和内容的补充和扩展。为了增强学生实践技能，本书安排有多个实践项目，通过这些实践项目，既能增加读者对电动机的应用能力，也能使读者加深对理论知识的理解。为便于读者理解，本书选用大量的实物图片和模型图片。为增加可读性，在语言描述上本书力求生动、风趣。

台州职业技术学院徐锋负责本书的统稿工作，并编写了第1~6章；台州职业技术学院蒋友明负责编写第7章；台州职业技术学院郑向军负责编写第8章。盛健教授对全书进行审核并对编写提出了诸多宝贵意见。此外，台州职业技术学院孙凌杰、应一镇对全书进行了校对。

本书在编写过程中得到了台州市维修电工首席技师李立民、台州市人力资源和社会保障局就业促进和职业能力建设处，以及台州市职业技能鉴定中心相关专家的悉心指导。本书在编写过程中还参考了大量互联网公开的文献资料，但未能逐一注明它们的出处，在此一并表示感谢。

建议使用本书开展教学的老师，将教学环境转移到实验实训室，并采用“教、学、做”一体的教学形式，讲授与实践可灵活编排。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请各位同行和广大读者批评指正。

徐锋

2012年6月

目 录

第 1 章 三相异步电动机基本知识 1

- 1.1 电动机的定义和种类 2
 - 1.1.1 电动机的定义 2
 - 1.1.2 电动机的种类 3
- 1.2 三相异步电动机的结构 5
 - 1.2.1 三相异步电动机的结构 5
 - 1.2.2 三相异步电动机的材料 8
- 1.3 三相异步电动机的工作原理 14
 - 1.3.1 三相异步电动机的工作
原理 14
 - 1.3.2 三相异步电动机的铭牌
参数 22
- 1.4 三相异步电动机的机械特性 27
 - 1.4.1 三相异步电动机机械特性
的一般常识 27
 - 1.4.2 三相异步电动机不同条件
下的机械特性 31
- 1.5 异步电动机的运行与负载特性 35
 - 1.5.1 三相异步电动机的运行 35
 - 1.5.2 生产机械的负载特性
曲线 36
 - 1.5.3 电动机的运行与特性
曲线 39
 - 1.5.4 三相异步的稳定运行区 41
 - 1.5.5 异步电动机的等效电路
与能量 41

第 2 章 三相异步电动机的启动与 控制 49

- 2.1 电动机启动的一般要求和方法 50
 - 2.1.1 电动机启动的一般要求 50
 - 2.1.2 三相异步电动机启动方法
介绍 50
- 2.2 隔离开关控制的全压启动 52
 - 2.2.1 三相交流电动机全压启动
特点 53

- 2.2.2 隔离开关控制的电动机全压
启动电路 55
- 2.3 接触器控制的单向全压启动 65
 - 2.3.1 电路中元件介绍 66
 - 2.3.2 接触器控制的全压启动电路
原理分析 70
- 2.4 接触器控制的正反转控制 76
 - 2.4.1 空气开关介绍 77
 - 2.4.2 控制电路工作原理分析 79
- 2.5 三相异步电动机的位置控制 84
 - 2.5.1 电路中使用的低压电器
介绍 85
 - 2.5.2 自动往返送料小车控制
原理分析 90
- 2.6 笼式电动机 γ - Δ 降压启动与
控制 94
 - 2.6.1 三相交流电动机 γ - Δ 降压
启动特点 94
 - 2.6.2 笼式电动机 γ - Δ 降压启动
手动控制 96
 - 2.6.3 笼式电动机 γ - Δ 降压启动
自动切换与控制 99
- 2.7 自耦变压器降压启动与控制 107
 - 2.7.1 自耦变压器介绍 107
 - 2.7.2 手动切换的自耦减压器
启动控制 108
 - 2.7.3 自动切换的自耦变压器
启动控制 110
 - 2.7.4 自耦减压器常用型号及
使用注意事项 110
- 2.8 定子串电阻或电抗降压启动与
控制 113
 - 2.8.1 串电抗或电阻启动时的性能
介绍 113
 - 2.8.2 串联电抗器(或电阻器)启动
控制电路分析 115
- 2.9 三相交流电动机软启动与控制 118

第1章

三相异步电动机基本知识

知识目标	了解三相异步电动机的结构、材料；了解电动机相关电磁感应基本知识，理解旋转磁场的产生条件和电动机的工作原理
能力目标	会正确使用工具完成小型笼式电动机的拆装；能读懂电动机铭牌参数的含义

本章导语

1838年，在俄罗斯涅瓦河的一个码头上，人们惊奇地发现一艘不烧煤、不燃油的机动船正缓缓行驶。至此，德国物理学家莫里兹·海尔曼·雅各比宣告了世界上第一台能提供动力的电动机诞生。今天，电动机已广泛应用于工业、国防等经济建设的各个领域。

1.1 电动机的定义和种类

丹麦物理学家奥斯特在 1820 年发现了电流的磁效应，英国科学家法拉第经过实验证实电磁感应现象的存在。电磁感应理论为电动机的发明奠定了基础。电力的产生和电动机的应用为人类现代文明奠定了物质基础。

电动机是一种把电能转变成机械能的电气设备，它拖动生产机械完成各种复杂和繁重的工作。电动机无处不在，例如，家庭中使用的洗衣机、电冰箱、空调外机、排风扇，交通运输中使用的电瓶车、电力机车，工矿企业中使用的机床、起重设备等，它们都是靠电动机来驱动的。人类若是离开了电动机，干起活来可就累了！

图 1.1 是电动机应用的例子。

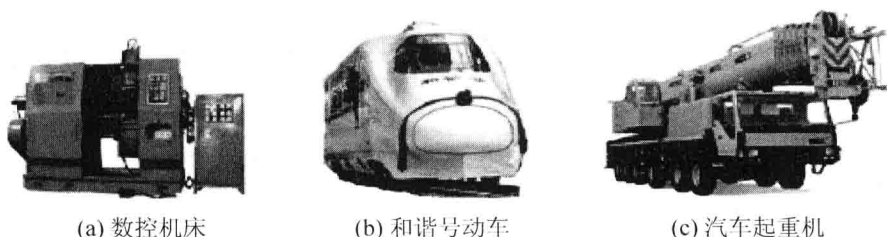


图 1.1 电动机应用举例

电动机形状不一，大小不同，小的电动机可以放在手掌上，大的电动机则要用汽车才拉得动。例如，电脑里面用来冷却的风扇所用的电动机就很小，只有手指那么大；而用来拖动机车的电动机就很大，直径就超过 1m。

图 1.2 是几款电动机的外形图。



图 1.2 几款不同形状、大小的电动机

1.1.1 电动机的定义

电动机(Motors)是根据通电导线在磁场中受力而运动的原理制成的，是一种实现能量转换的电磁设备；运行时，电动机向电网吸收电能，并将电能转换为机械能，通过电动机的轴输出，实现电能向机械能的转换。

通常电动机的作功部分(转子)做旋转运动，这种电动机称为旋转电动机，例如电动车和风扇上使用的电动机。也有做功部分做直线运动的，这种电动机称直线电动机，例如磁悬浮列车上使用的电动机。



电动机工作效率高,功率范围大,工作时不污染环境,噪声小,能满足各种运行要求,且控制非常方便。所以电动机在工农业生产、交通运输、国防、家电、医疗设备等方面得到广泛应用。

1.1.2 电动机的种类

电动机种类繁多,分类方法也有许多种。可以按工作电源分类,也可按电动机的结构特点、工作原理或用途等进行分类。下面介绍几种常用的分类方法。

(1) 按工作电源分类。根据工作电源的不同,电动机可分为直流电动机和交流电动机。交流电动机还可分为单相电动机和三相电动机。

(2) 按工作原理分类。根据工作原理的不同,电动机可分为异步电动机和同步电动机。异步电动机又分为感应电动机和交流换向器电动机。感应电动机又可分为三相异步电动机和单相异步电动机。同步电动机可分为永磁式同步电动机、磁阻式同步电动机和磁滞式同步电动机。

(3) 按用途分类。按用途的不同,电动机可分为驱动用电动机和控制用电动机。驱动用电动机又分为电动工具用电动机、家电用电动机及机械设备用电动机。控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

在工农业生产中,应用最为广泛的是三相异步电动机。三相异步电动机几乎占到电动机总量的80%以上,它是电动机家族中的主力军。三相异步电动机又可以分为鼠笼式异步电动机(简称笼式电动机)和绕线式异步电动机,而鼠笼式异步电动机又是主力中的主力。

本章主要讲述三相异步电动机(特别是三相鼠笼式异步电动机)的结构、制造所使用的材料、工作原理、机械特性、运行特点等,这些知识将直接影响读者今后对电动机的正确使用。因此,请读者务必认真学习,仔细领会!



知识链接 1-1

科学家与电动机的发明

“知识链接”在本书中能起到承前启后的作用,它能帮助读者回顾以前学过的知识,以便读者更加透彻地理解当前所学的知识,同时对读者学习后续内容起到铺垫和支持的作用。“知识链接”也能增加读者的知识面和学习兴趣,请读者仔细阅读!

1820年4月的一个晚上,丹麦物理学家奥斯特(Hans Christian Oersted)演示了电流磁效应的实验。当电池与铂丝相连时,靠近铂丝的小磁针摆动了,这就是电流的磁效应。

英国科学家法拉第(Michael Faraday)(图1.3)从中得到了启发,他认为假如磁铁固定,线圈就会运动。根据这种设想,1821年他成功地发明了一种装置,在装置内,只要有电流通过线圈,线圈就会绕着一块磁铁不停地转动。

事实上法拉第发明的是第一台电动机,虽然装置简陋,但它却是今天世界上使用的所有电动机的祖先。

1834年,德国科学家雅可比(Jacobi Carl Gustar Jacob)在两个U形电磁铁中间安装了一个六臂轮,每臂带两根棒形磁铁。通电后,棒形磁铁与U形磁铁之间产生相互吸引和





图 1.3 英国科学家法拉第

排斥作用，从而带动轮轴转动。后来，雅可比做了一个更大的装置并将它安装在小艇上，用 320 个丹尼尔电池供电，1838 年小艇在易北河上首次航行，当时的时速只有 2.2km/h。

与此同时，美国的达文波特也成功地研制出了驱动印刷机的电动机，并将其用来印刷美国电学期刊《电磁和机械情报》。但这两种电动机用电池作电源，成本高且不实用，因而都没有多大商业价值。

1870 年比利时工程师格拉姆发明了直流发电机。在设计上，直流发电机和直流电动机很相似。后来，格拉姆证实向直流发电机输入电流，其转子会像电动机一样旋转。于是，这种格拉姆型电动机被大量制造出来。

与此同时，德国发明家西门子(Ernst Werner von Siemens)(图 1.4)开始着手研究由电动机驱动的车辆。1879 年，在柏林工业展览会上，西门子公司不冒烟的电动车赢得观众的一片喝彩。西门子电动车当时只有 3 马力，后来美国发明大王爱迪生试验的电动车已高达 15 马力。但当时的电动机全是直流电动机，仅在电动车领域得到大规模应用。



图 1.4 德国科学家西门子

1888 年出生于南斯拉夫的美国发明家特斯拉(Nikola Tesla)发明了交流电动机。它根据电磁感应原理制成，又称感应电动机，这种电动机结构简单，使用交流电，无需整流，也不产生电火花，因此被广泛应用于工业和家用电器中，交流电动机通常由三相交流供电。

电动机的发明是具有划时代意义的，它凝聚着世界上一大批科学家的集体智慧。电动机的出现也为欧洲第二次工业革命(Second Industrial Revolution)奠定了基础。



考考您!

1. 什么是电动机？电动机有什么用？列举出不少于5个日常生活中使用电动机的例子。
2. 电动机的分类方法很多，除了文中提到的3种以外，查阅相关资料再举出两种分类方法。
3. 三相异步电动机有哪些类型？它是使用直流电还是交流电？家用电器中使用的电动机是三相异步电动机吗？为什么？
4. 您知道欧洲第二次工业革命开始的标志吗？上网查一查并用200字左右简单描述一下第二次工业革命是怎么回事。
5. 英国人法拉第是一位伟大的科学家，他一生中最伟大的贡献是什么？上网查一查，用200字左右描述法拉第的生平事迹。

1.2 三相异步电动机的结构

通过以下内容的学习，应当了解三相异步电动机的结构，掌握三相异步电动机定子和转子使用的磁性材料、绝缘材料、导体材料以及支撑材料的特点；分清鼠笼式异步电动机和绕线式异步电动机在结构上的不同之处。

1.2.1 三相异步电动机的结构

要想知道电动机的结构，最好的办法是把电动机拆开看个究竟。不过拆装之前，还是先通过图片了解一下电动机各个组成部分的形状吧！

三相异步电动机可分为三相鼠笼式异步电动机(下称笼式电动机)和三相绕线式异步电动机(下称绕线式电动机)两类。其中，鼠笼式异步电动机使用最为广泛。

三相异步电动机主要由定子和转子两大部件构成。

图1.5为普通三相鼠笼式异步电动机结构示意图。

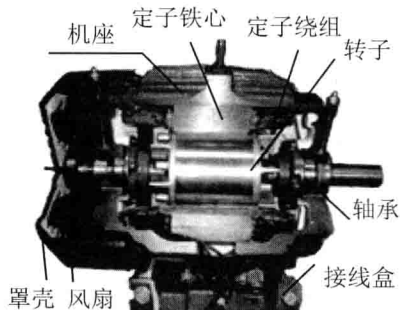


图 1.5 普通三相鼠笼式异步电动机结构示意图

1. 三相异步电动机的定子

电动机固定不动部分叫定子，它由定子铁心、定子绕组、机座等组成。定子和转子之间为气隙。

(1) 定子铁心。定子铁心用来导磁和安放绕组，一般由 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 厚、表面涂有绝缘层的硅钢片叠压而成。在铁心的内圆冲有均匀分布的槽，用以嵌放定子绕组。

(2) 定子绕组。用导电性能良好的铜线制成。将绕制成型的定子绕组放入定子槽中，再将定子放入机座(壳)内就构成了完整的电动机定子。

图 1.6 为定子铁心与散嵌绕组结构图。

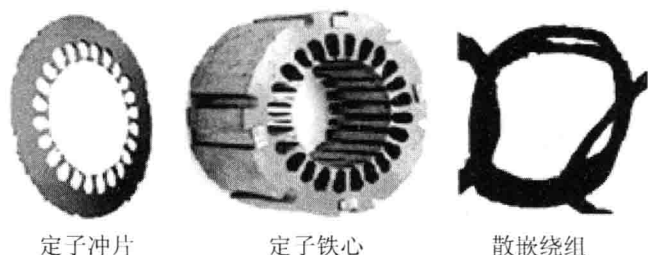


图 1.6 定子铁心及绕组示意图

(3) 机座。用于固定和支撑定子铁心及端盖，因此要求机座有一定的机械强度。中小型电动机的机座一般用铸铁或铸铝浇注而成，大型电动机则采用钢板焊接而成。

图 1.7 所示示意图反映了定子的构成。

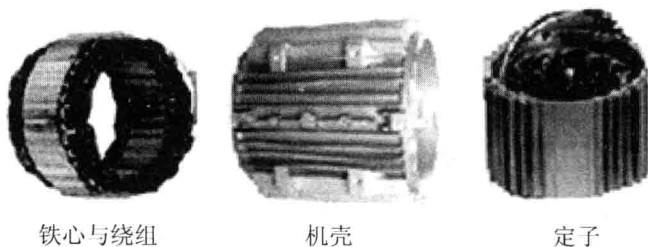


图 1.7 定子结构示意图

(4) 气隙。定子与转子之间的空隙称为气隙。中小型异步电动机的气隙一般为 $0.2\sim 1.5\text{mm}$ 。气隙的大小对电动机性能影响较大，气隙大，磁阻也大，产生同样大小的磁通，所需的励磁电流就越大，电动机的功率因数也就越低。但气隙过小，会给电动机的装配造成困难，运行时定子、转子容易发生摩擦，使电动机运行不可靠。

2. 三相异步电动机的转子

异步电动机旋转部分叫转子。转子由转子铁心和转子绕组构成。转子铁心所用材料与定子相同，用 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 厚的硅钢片冲制、叠压而成，硅钢片外圆冲有均匀分布的孔或槽，用来安放转子绕组。

图 1.8 为转子铁心结构示意图。

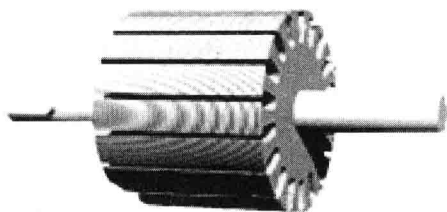


图 1.8 转子铁心结构示意图

(1) 鼠笼式异步电动机转子。转子绕组由插入转子槽中的多根导条和两个环型的端环组成。若去掉转子铁心，整个转子绕组就像一个鼠笼，这也是鼠笼式异步电动机名称的由来。

中、小型鼠笼式异步电动机采用铸铝转子绕组，对于 100kW 以上的电动机采用铜条和铜端环焊接而成。

图 1.9 为鼠笼式异步电动机转子导体结构示意图。

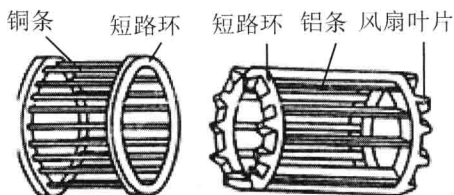


图 1.9 鼠笼式异步电动机转子导体结构示意图

另一种异步电动机称为绕线式异步电动机，它的定子与鼠笼式异步电动机完全相同，但它的转子绕组结构与鼠笼式异步电动机不同，是由导线绕制而成，所以称这种电动机为绕线式异步电动机。

(2) 绕线式转子。绕线式异步电动机转子绕组与定子绕组相似，是一个对称的三相绕组，一般接成星形，3 个出线头接到转轴的 3 个集流环上，再通过电刷与外电路连接。

图 1.10 为绕线式异步电动机转子结构示意图。

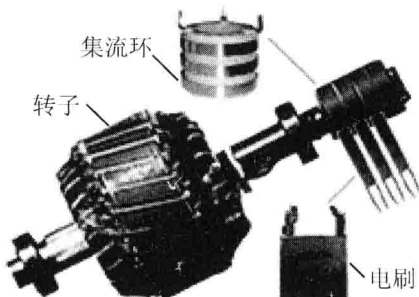


图 1.10 绕线式异步电动机转子结构示意图

绕线式异步电动机结构较复杂，应用不如鼠笼式异步电动机广泛。但绕线式异步电动机通过集流环和电刷在转子绕组回路中串入附加电阻、频敏变阻器等元件后，可以改善电动机的启动、制动及调速性能，故在一定范围内还有应用。

电动机尽管种类繁多,但它们的结构基本相似,都是由定子和转子组成。定子固定不动,用来安装转子和其他部件,例如风扇、前后端盖等;而转子则通过旋转带动机械工作,达到做功的目的。

1.2.2 三相异步电动机的材料

三相异步电动机中使用的材料有四大类,即导电材料、导磁材料、绝缘材料和机械支撑材料。不只是三相异步电动机,其他电动机使用的材料也是一样的。

(1) 导电材料。主要用于构成电动机的各种绕组,是电路的一部分。通常用导电性能良好的铜、铝制成。例如,鼠笼式异步电动机的定子绕组和转子导条。

(2) 导磁材料。主要用以构成电动机的磁路,通常用厚度为 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$,两面涂有绝缘漆的导磁性能良好的硅钢片叠成。例如,鼠笼式异步电动机的铁心。

(3) 机械支撑材料。用铸铁、钢板或铝合金制成,用以安装电动机的各个组成部件。例如,鼠笼式异步电动机的外壳或机座。

(4) 绝缘材料。用来隔离带电部分与非带电部分。常用云母、陶瓷等材料制成。按国际电工协会规定,绝缘材料的绝缘等级(所用绝缘材料的耐热等级)共分 Y、A、E、B、F、H、C 7 级。

绝缘材料的绝缘等级决定了电动机能承受的最高温度。由于绝缘材料是电动机内部最脆弱的材料,当电动机温度过高时,首先遭到破坏的就是绝缘材料。例如,高温下绝缘材料加速老化、绝缘性能变差直至电动机烧毁。

表 1-1 为 5 种常用绝缘材料的极限允许温度。

表 1-1 绝缘材料的极限允许温度表

等 级	绝缘材料	最高允许 温度/ $^{\circ}\text{C}$	最高允许 温升/ $^{\circ}\text{C}$
A	经过浸渍处理的棉、丝、纸板、木材和普通绝缘漆等	105	65
E	环氧树脂、聚酯薄膜、表壳纸、三醋酸纤维薄膜和高强度绝缘漆等	120	80
B	提高了耐热性能的有机漆作黏合剂的云母、石棉和玻璃纤维组合物	130	90
F	耐热优良的环氧树脂黏合或浸渍的云母、石棉和玻璃纤维组合物	155	115
H	硅有机树脂黏合或浸渍的云母、石棉和玻璃纤维组合物和硅有机橡胶	180	140



知识链接 1-2

磁性材料与电磁铁

电动机的工作原理是建立在电磁感应的理论基础上的。而磁性材料的出现为电动机的

制造奠定了物质基础。那么什么是磁现象？什么又是磁性材料？磁性材料又有什么特点呢？它在现代工农业生产中又有什么作用呢？

战国末年秦国宰相吕不韦编著的《吕氏春秋》中有“慈招铁，或引之也”的记载。当时的秦国人称“磁”为“慈”，把磁石吸引铁看作是母亲对子女的吸引，但石有慈和不慈两种，慈爱的石头能吸引他的子女，不慈爱的石头就不能吸引了。

西汉时候人们已经认识到磁只能吸引铁质材料，而不能吸引金、银、铜等金属和砖瓦之类的非金属材料。

北宋的沈括在《梦溪笔谈》中提到“方家以磁石摩针锋，则针能指南”。按沈括的说法，当时的人用磁石去摩擦缝衣针，就能使针变成指南针，也就是说针带上了磁性。

从现在的观点来看，沈括在故事中提到的现象就是物体的磁化现象。

现代科学已经证明，有些原本对外不显示磁性的材料，经磁化处理后能变成具有很强磁性的磁体。磁化理论为后人制造永磁体奠定了基础。

1820年丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应，这又为人类制造电磁铁提供了理论依据。

天然磁石(主要是指磁铁矿，如四氧化三铁等)的磁性很弱，因此使用范围十分有限。但电磁铁(人造磁铁)的磁性可以做到很强，并且易于控制，因而得到广泛应用。

如图1.11所示，起重机上的电磁吸盘具有很强的磁性，可以吸起比自身重量大几十倍的磁性物体。

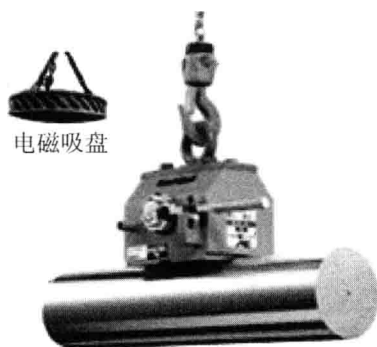


图 1.11 人造磁铁的应用

很多低压电器的动作机构都采用电磁铁来驱动。图1.12(a)和图1.12(b)分别为直流继电器的结构和工作原理示意图。

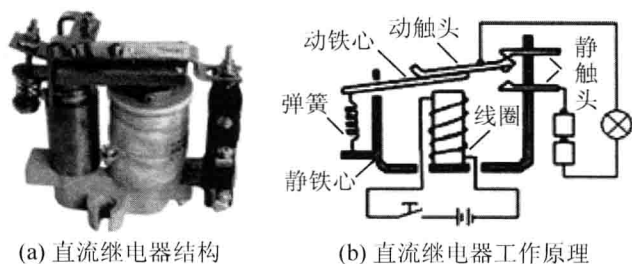


图 1.12 电磁铁在继电器中的应用

在高中物理中有空心线圈和铁心线圈产生的磁场大小比较的实验。两个结构完全相同的线圈，一个绕在铁质材料上，另一个则绕在木棒上或空心。当通以相同电流时，两个线圈产生的磁场强弱完全不同，绕在木棒上或空心的线圈产生的磁场很弱，而绕在铁心上的线圈产生的磁场则很强，比木棒或空心线圈产生的磁场要强数百倍或数千倍。

显而易见，绕制线圈的骨架材料对磁场的强弱产生了很大的影响。

科学实验表明，自然界中的铁、钴、镍及其合金等能够直接或间接产生磁性，这类物质称为磁性材料。

磁性材料主要分为软磁材料和硬磁材料两大类。软磁材料主要有铁硅合金、纯铁及低碳钢等；硬磁材料包括铝镍钴、钐钴、铁氧体和钕铁硼等。

那么磁性材料为什么会影响磁场的强弱呢？

(1) 磁性材料的磁化现象。将磁性材料置于外加的磁场中，原本不显示磁性的材料呈现出磁性，这一现象称为材料的磁化现象，而非磁性材料则不具备这种特性。

(2) 磁性材料内部的磁畴。磁性材料之所以会被磁化是因为其内部存在大量自发磁化的小区域——磁畴(图 1.13 中箭头所示)。可以把磁畴看成为很小的磁体，这些小磁体在磁性材料内部的排列杂乱无章，磁性相互抵消，因此对外不能显示出磁性。

(3) 磁性材料的磁化过程。当磁性材料处在外加磁场中时，磁性材料内部的磁畴将受到外加磁场的作用而变得排列有序(图 1.13(a)、图 1.13(b)所示)，原本相互抵消的磁性此时将得到加强，从而对外显示出磁性。

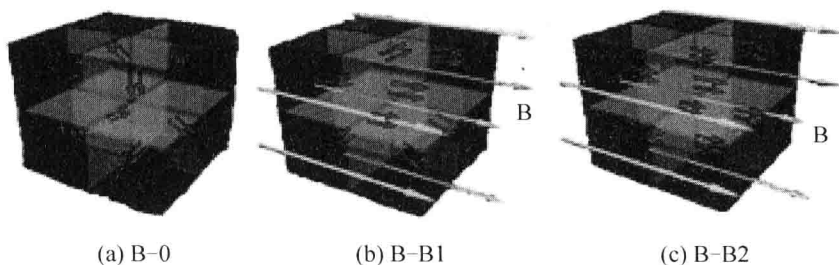


图 1.13 磁性材料的磁化过程示意图

(4) 磁饱和现象。磁化的效果与外加磁场的大小有关，随着外加磁场的增加，磁性材料内部的磁畴排列愈趋整齐，因而显示出更强的磁性。当内部的磁畴排列整齐后即便再增加外加磁场，磁性材料的磁场也基本不再发生变化，这种现象称为磁饱和。

硬磁性材料是指磁化后能长久保持磁性的材料。这些材料常应用于磁记录，如录音磁带、电脑磁盘粉、录像磁带等。

软磁材料磁化后不能保持原有的磁性。软磁材料主要用来制造变压器、电磁铁和电动机等。

硅钢是一种含碳极低的硅铁软磁合金，一般含硅量为 0.5%~4.5%。硅钢具有较高的电阻率和磁导率，较低矫顽力和铁心损耗，是一种电磁性能优良的电工材料，在电工仪表、电力、电信中得到广泛的应用。



实践项目 1 鼠笼式异步电动机的拆装

电动机进行维修或定期保养时,有时需要对其进行拆装。如果拆装方法不当,可能会造成电动机零部件的损坏,引发新的故障。因此,正确拆装电动机是确保检修质量的前提。拆装电动机是读者应当学会的专业技能!

知识要求	了解鼠笼式异步电动机的基本结构,掌握小型鼠笼式异步电动机拆装步骤和拆装工艺。通过拆装实践,进一步了解鼠笼式异步电动机的制造材料
能力要求	掌握鼠笼式异步电动机拆装时的步骤和注意事项,会正确使用工具完成鼠笼式异步电动机的拆卸和装配

1. 电动机拆装的工具

电动机的拆卸需要有借助工具的帮助。在小型鼠笼式异步电动机拆卸工作中,常用的工具有:螺丝刀、铁钳、扳手、套筒、铁锤、斜口钳、电工凿、内六角扳手、橡胶锤、铜棒和拉力器。

电动机的轴上有轴承,风扇、联轴器、皮带轮或齿轮等旋转部件,这些部件需要用到拉力器才能拆卸下来。

图 1.14 所示为电动机拆卸时经常使用的拉力器的外形,拉力器俗称拉马。

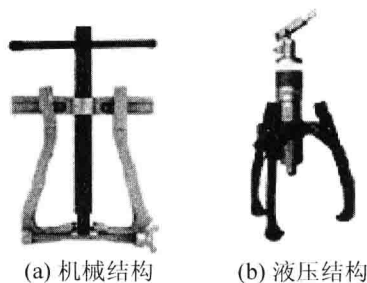


图 1.14 常见拉力器

2. 鼠笼式异步电动机的拆卸步骤

鼠笼式异步电机拆卸前应测量并记录联轴器或皮带轮与轴台之间的距离、电动机的出轴方向、引出线在机座上的出口方向,以避免恢复时出现错误。

图 1.15 所示为鼠笼式异步电动机拆卸顺序示意图。

鼠笼式异步电动机拆卸顺序如下:

①卸下皮带轮或联轴器,拆下电动机尾部风扇罩→②卸下定位键或定位螺丝,拆下风扇→③旋下前后端盖及螺钉,拆下前轴承外盖→④用木板垫在转轴前端,将转子连同后端盖一起用锤子从止口中敲出→⑤抽出转子→⑥将木方伸进定子铁心顶住前端盖,再用锤子敲击木方卸下前端盖,最后拆卸前后轴承及轴承内盖。



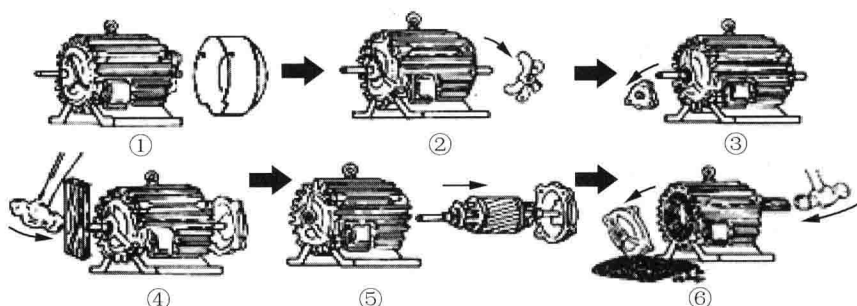


图 1.15 小型笼式电动机的拆卸顺序

3. 鼠笼式异步电动机主要部件拆卸

小型鼠笼式异步电动机拆卸并不困难，只是有些零件的拆卸，可能会用到拉力器等专用工具。例如，电动机轴上的皮带轮、联轴器、轴承等零件的拆卸。

(1) 皮带轮、联轴器拆卸。先在皮带轮或联轴器的轴伸端做好尺寸标记，然后旋松皮带轮上的固定螺丝或敲去定位销，给皮带轮或联轴器的内孔和转轴结合处加入适量煤油，稍等渗透后，使锈蚀的部分松动，再用拉具将皮带轮缓慢拉出。

图 1.16 所示为皮带轮拆卸示意图。

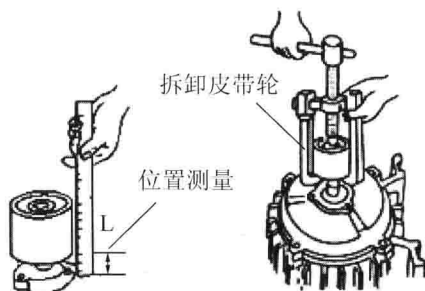


图 1.16 皮带轮的拆卸方法

若拉不出时，可用喷灯急火在皮带轮或联轴器外侧轴套四周加热，加热时需用石棉或湿布把轴包好，并向轴上不断浇冷水，以免使其随同外套膨胀，影响皮带轮或联轴器的拉出。加热温度不能过高，时间不能过长，以防变形。

(2) 转子拆卸。抽出转子之前，在转子下面气隙和绕组端部垫上厚纸板，以免抽出转子时碰伤铁心和绕组。对于小型电动机的转子可直接用手取出。操作时，一手握住转子轴，把转子拉出一些，随后另一手托住转子铁心渐渐往外移。

图 1.17 所示为小型笼式电动机转子的拆卸示意图。

拆卸稍大电动机转子时，可两人一起操作，每人抬住转轴的一端，渐渐地把转子往外移。若铁心较长，有一端不好出力时，可在轴上套一节金属管，当作假轴以方便出力和移动。

图 1.18 为稍大笼式电动机转子的拆卸示意图。对大型的电动机的转子必须用起重设备吊出。