



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电机与拖动

第三版 配光盘

唐介 刘尧 主编



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电机与拖动

Dianji yu Tuodong

第三版 配光盘

唐介 刘尧 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书分为上、下两篇。上篇为电机与拖动基础,包括磁路、变压器、异步电机的基本理论、异步电机的电力拖动、同步电机的基本理论、同步电机的电力拖动、直流电机的基本理论、直流电机的电力拖动、控制电机、电动机的选择和维护、电力拖动系统的动力学基础。下篇为电机与拖动实验,包括单相变压器实验、三相变压器实验、笼型三相异步电动机实验、绕线型三相异步电动机实验、三相同步电动机实验、三相同步发电机实验、直流发电机实验、直流电动机实验、交流伺服电动机实验、直流测速发电机实验。

本书可作为高等学校自动化和电气工程及其自动化等专业的教材,也可作为成人高等教育和大专院校相关专业的教材,还可以供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动 / 唐介, 刘娆主编. — 3版. — 北京: 高等教育出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-04-030986-7

I. ①电… II. ①唐…②刘… III. ①电机—高等学校—教材②电力传动—高等学校—教材 IV. ①TM3
②TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第021015号

策划编辑 金春英 责任编辑 许海平 封面设计 于文燕 版式设计 余 杨
插图绘制 尹 莉 责任校对 殷 然 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	2003年7月第1版
印 张	20.5		2014年4月第3版
字 数	500千字	印 次	2014年4月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	41.80元(含光盘)
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。
版权所有 侵权必究
物料号 30986-00

前 言

本书第二版自 2007 年 12 月出版至今已经五年有余了。五年来，科技在进步，教改在深入，方法在更新，为了适应这些变化，在征求对本书第二版意见和总结我们自己教学和教改经验的基础上，对本书在体系、内容、叙述以及排版等方面进行了调整、增删、修改和更新，力求使之更适应教学的需要和读者的阅读。

为了达到理论教学和实验教学的统一，本书仍分上、下两篇，上篇为电机与拖动基础，下篇为电机与拖动实验。

为了给教师的教学和学生的自主学习提供较完整的教学资源，最大限度地满足教与学的需要，我们继续编写和制作了与本书配套的《电机与拖动（第三版）学习辅导与习题解答》和《电机与拖动（第三版）多媒体教学光盘》，都由高等教育出版社出版发行。

本书由大连理工大学唐介和刘娆主编，参加本书修订工作的还有徐占国（上篇第 3、4、9、10 章）和安毅（上篇第 7、8、11 章）。

本书经大连理工大学马鋈教授仔细审阅，提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，错误和欠妥之处在所难免，殷切期望使用本书的同仁、学生和其他读者给予批评指正。

编 者

2013 年 9 月

第二版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是供大学本科自动化和电气工程等专业使用的教材，也可供成人高等教育和大专院校相关专业选用。

正如在第一版前言中所叙，本书编写的基本思路是保证基础知识，降低理论深度，加强工程应用，更新内容体系。通过这次修订使本书在体系、内容、叙述和习题等方面更趋完善和成熟。主要特点如下：

1. 教材的完整性

全书分上、下两篇，上篇为电机与拖动基础，下篇为电机与拖动实验。体现了理论教学和实验教学的有机结合，形成了较完整的体系。

2. 教材的立体性

为了给教师的教学和学生的自主学习提供较完整的教学资源，最大限度地满足教与学的需要，我们还编写和制作了与本书配套的《电机与拖动(第二版)学习辅导和习题解答》和《电机与拖动(第二版)多媒体教学光盘》，都由高等教育出版社出版发行，形成了较完整的立体化教学软件包。

3. 教材的适时性

随着社会经济和科学技术的发展，人类认识和实践领域的扩大和加深，学生需要学习和了解的新知识明显增加，从人才培养的总体要求出发，知识的重新组织和分配势在必行，本课程所占的比重和学时不得不有所降低和减少。为了适应这一新形势、新情况和新要求，做到与时俱进，本教材在结构体系、内容选择和叙述方法等方面作了较大的改革和更新。例如在结构体系方面采用了先交流后直流，先电机后拖动的体系。加强了磁路—变压器—异步电机电磁关系的联系，可以起到一脉相连、易于理解和节省学时的作用。在拖动部分将电力拖动的动力学基础一章放在最后，既可避免放在前面造成内容上的不连贯，又可作为拖动部分的小结，且可根据学生学习机械原理等课程的具体情况灵活取舍。在电机部分的叙述上突出了从应用的角度而不是从设计的角度分析问题，并将交流电机绕组作为异步电机结构的一部分，只是一般性地介绍其线圈的放置和连接方式，未从设计的角度利用电动势星形图进行分析。面对学时减少的现状，教材没有单纯地大幅度删减内容，而是通过精选内容、保证基础、分清主次，加强应用来解决。同时又补充了同步电机电力拖动一章，介绍了自控式同步电动机、开关磁阻电动机和直线电动机等内容，较好地处理了传统内容与更新内容的关系。

4. 教材的适用性

为了使教材更好地符合学生的认识规律和教师的教学规律,做到好教好学。本书力求做到叙述清楚、概念准确、思路清晰、重点突出。

5. 教材的通用性

本教材在修订时进一步考虑了不同层次、不同类型学校的要求,可以广泛为各类学校所采用。例如在第3章中对绕组因数先作定性的分析,详细分析放在后面;对旋转磁通势先写出公式,再分析推导。这样既可以突出主要结论和内容,也可使教师根据学生具体情况决定是否要在课堂上讲述公式的推导过程。学时不足或学生基础较差时,可以减少讲授内容,降低教学要求,或者通过教学手段和教学方法的改进,提高课堂信息量,适当增加学生的自学内容。学时多或者学生基础好时,可从标有“*”号的内容中挑选补充的内容,或者通过习题课等提高学生对所学内容掌握的程度。

为了提高教材的通用性,下篇的8个实验中只提供了“实验目的”、“预备知识”、“实验内容”和“实验报告”四项,不涉及具体仪器设备和元器件的规格、型号。这些内容由教师结合各校实际情况在实验课上介绍,并将实验具体化。

6. 教材的规范性

本教材中的文字符号、图形符号和名词术语遵照国家标准的规定。

本教材各部分的教学参考学时为:

第1章	4学时	第7章	7学时
第2章	8学时	第8章	7学时
第3章	8学时	第9章	3学时
第4章	6学时	第10章	3学时
第5章	8学时	第11章	4学时
第6章	2学时	实验	12~16学时

参加本书修订的还有刘娆(上篇第1、2、5、6章)、徐占国(上篇第3、4、9、10章)、刘文琦(上篇第7、8、11章)、刘华毅(下篇)。

本书经大连理工大学马鋈教授仔细审阅,提出了许多宝贵意见。在此表示衷心感谢。

由于我们的水平有限,教学改革的研究也有待进一步深入,书中错误和不妥之处在所难免,殷切期望使用本书的同仁、学生和其他读者给予批评指正。

编者

2007年6月

第一版前言

本书是从 21 世纪人才培养的要求出发,结合我校在本课程教学改革中的经验和成果编写的。供大学本科自动化和电气工程等专业使用。

随着社会、经济和科技的发展,人类认识和实践领域的扩大和加深,学生需要学习和了解的新知识明显增加。从人才培养的总体要求出发,知识的重新组织和分配势在必行,本课程的学时就不得不有所减少,面对这一新情况、新要求、新形势,在分析了当前教学的现状和社会需要的基础上,为贯彻和适应创新教育和素质教育的精神,我们确定以保证基础知识、降低理论深度、加强工程应用、更新内容体系作为本教材编写的基本依据和主要特点。

为了充分利用现代化科技手段,提高教学的现代化水平,我们还将编制与本教材配套的多媒体课件或电子教案,并通过教学手段的更新,促进教学方法的改革,以增加课堂的信息量,注重培养学生的自学能力和创新精神。

本教材包括上、下两篇。上篇为电机与拖动基础,教学时数为 64 学时左右。下篇为电机与拖动实验,教学时数为 12 学时左右。书中打 * 号的部分是供选用的内容。

参加本书编写的有唐介(主编)、刘烧(上篇第 1、2 章)、徐占国(上篇第 3、4、10 章)、刘凤春(上篇第 5、6、9 章)、刘文琦(上篇第 7、8、11 章)、刘华毅(下篇)。

本书经大连理工大学马鋆教授仔细审阅,提出了宝贵的修改意见。在此,表示衷心感谢。

由于我们的水平有限,加之编写时间比较仓促,书中错误和不妥之处在所难免,殷切希望使用本教材的同仁、学生和其他读者给予批评指正。

编者

2003 年 1 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1
----------	---

上篇

电机与拖动基础

第 1 章 磁路	4	3.1 异步电机的用途和种类	57
1.1 磁场的基本物理量	4	3.2 三相异步电动机的工作原理	58
1.2 物质的磁性能	5	3.3 三相异步电动机的基本结构	63
1.3 磁路的基本定律	8	3.4 三相异步电动机的型号和额定值	69
1.4 铁心线圈电路	12	3.5 三相异步电动机的电动势平衡方程式	71
练习题	16	3.6 三相异步电动机的磁通势平衡方程式	75
第 2 章 变压器	18	3.7 三相异步电动机的运行分析	80
2.1 变压器的用途和种类	18	3.8 三相异步电动机的功率和转矩	84
2.2 变压器的工作原理	20	3.9 三相异步电动机的运行特性	87
2.3 变压器的基本结构	24	3.10 单相异步电动机	87
2.4 变压器的型号和额定值	27	3.11 三相直线异步电动机	90
2.5 变压器的运行分析	29	3.12 三相异步发电机	92
2.6 变压器的参数测定	33	练习题	93
2.7 变压器的运行特性	36	第 4 章 异步电机的电力拖动	96
2.8 三相变压器的联结组	39	4.1 三相异步电动机的机械特性	96
2.9 三相变压器的并联运行	44		
2.10 自耦变压器	47		
2.11 三绕组变压器	49		
2.12 仪用互感器	50		
2.13 小容量变压器的设计	52		
练习题	53		
第 3 章 异步电机的基本理论	57		

4.2 电力拖动系统的稳定运行	102	6.3 三相同步电动机的调速	167
4.3 三相异步电动机的起动	104	6.4 三相同步电动机的制动	169
4.4 三相异步电动机的调速	115	* 6.5 开关磁阻电动机	169
4.5 三相异步电动机的制动	126	练习题	170
练习题	131	第7章 直流电机的基本理论	172
第5章 同步电机的基本理论	133	7.1 直流电机的用途和种类	172
5.1 同步电机的用途和种类	133	7.2 直流电机的工作原理	173
5.2 三相同步电机的工作原理	134	7.3 直流电机的基本结构	175
5.3 三相同步电机的基本结构	136	7.4 直流电机的型号和额定值	180
5.4 三相同步电机的型号和额定值	137	7.5 直流电机的电枢反应	181
5.5 三相同步电动机的运行分析	138	7.6 直流电机的电磁转矩和电动势	182
5.6 三相同步电动机的功率和转矩	144	7.7 直流电动机的运行分析	183
5.7 三相同步电动机的运行特性	146	7.8 直流电动机的功率和转矩	188
5.8 三相同步电动机功率因数的调节	148	7.9 直流发电机的运行分析	190
* 5.9 微型同步电动机	149	7.10 直流发电机的功率和转矩	196
5.10 三相同步发电机的运行分析	151	练习题	198
5.11 三相同步发电机的功率和转矩	155	第8章 直流电机的电力拖动	200
5.12 三相同步发电机的运行特性	156	8.1 他励直流电动机的机械特性	200
5.13 三相同步发电机与电网的并联运行	158	8.2 他励直流电动机的起动	202
* 5.14 同步发电机的三相突然短路	161	8.3 他励直流电动机的调速	207
练习题	162	8.4 他励直流电动机的制动	211
第6章 同步电机的电力拖动	164	8.5 他励电动机在四象限中的运行状态	219
6.1 三相同步电动机的机械特性	164	8.6 并励直流电动机的电力拖动	220
6.2 三相同步电动机的起动	165	* 8.7 串励直流电动机的电力拖动	221
		* 8.8 复励直流电动机的电力拖动	222
		练习题	222
		第9章 控制电机	225
		9.1 控制电机的用途和种类	225

9.2 伺服电动机	227	的选择	261
9.3 力矩电动机	231	10.7 电动机的使用和维护	265
9.4 步进电动机	232	练习题	266
9.5 测速发电机	235		
9.6 自整角机	238	第 11 章 电力拖动系统的动力	
9.7 旋转变压器	241	学基础	269
*9.8 感应同步器	246	11.1 典型的电力拖动系统	269
练习题	248	11.2 电力拖动系统的运动	
第 10 章 电动机的选择和维护	250	方程式	270
10.1 电动机选择的基本内容	250	11.3 多轴旋转系统的折算	272
10.2 电机的发热和冷却	253	11.4 平移运动系统的折算	275
10.3 电机的工作制	254	11.5 升降运动系统的折算	277
10.4 电机的允许输出功率	256	*11.6 电力拖动系统的瞬态	
10.5 恒定负载电动机额定功率		过程	280
的选择	258	练习题	281
10.6 变动负载电动机额定功率		练习题答案	283

下篇

电机与拖动实验

实验须知	290	实验 5 三相同步电动机实验	302
实验 1 单相变压器实验	290	实验 6 三相同步发电机实验	304
实验 2 三相变压器实验	293	实验 7 直流发电机实验	305
实验 3 笼型三相异步电动机		实验 8 直流电动机实验	308
实验	296	实验 9 交流伺服电动机实验	310
实验 4 绕线型三相异步电动机		实验 10 直流测速发电机实验	312
实验	300		
主要参考文献	314		

绪 论

“电机与拖动”是电气工程及其自动化和自动化等专业必修的一门专业基础课，是培养学生专业素质的重要课程，也是学生在激烈的社会竞争中能否取得竞争优势的关键课程。

在 21 世纪的今天，电能的应用已遍及各行各业，乃至人类日常生活的各个方面，电已是不可须臾或缺的了。可是，大家是否知道，电能的产生主要依靠的是发电机；电能的输送和分配离不开变压器；将电能转换成机械能以拖动名目繁多的生产机械去完成各种各样的生产任务所依靠的是电动机。发电机、变压器和电动机是实现电能的生产、输送、分配、转换和应用的基本设备。它们的基本结构、工作原理、运行特性和操作技能等正是本课程所要研究的内容。

本课程由“电机”和“拖动”两部分组成。

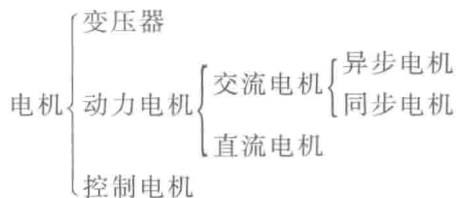
电机是实现能量转换和信号转换的电磁装置。用作能量转换的电机称为动力电机，用作信号转换的电机称为控制电机。

动力电机中，将机械能转换成电能的称为发电机；将电能转换成机械能的称为电动机。任何电机，理论上既可作发电机运行，也可作电动机运行，所以电机是一种双向的机电能量转换装置，这一特性称为电机的可逆原理。

按电流种类的不同，动力电机又分为交流电机和直流电机两大类。交流电机按工作原理的不同又分为异步电机和同步电机两种，每种又有单相和三相之分。

变压器是一种静止的能量转换装置，也属于电机的研究范畴。

综上所述，电机的种类可简单归纳如下：



拖动是指用电动机来拖动生产机械运动，以完成一定的生产任务。拖动部分主要介绍电动机在拖动生产机械工作时必然会遇到的有关起动、调速、制动以及电动机的选择和维护等问题。

本课程在介绍理论知识的同时，还要介绍实践知识和实验技能。实践教学对于提高同学们的综合素质，培养同学们的实践能力和创新精神具有重要作用。

总之，本课程主要介绍电机的基本理论，拖动的基本方法以及实验的基本技

能。课程的重点放在基本知识、基本理论和基本技能上。

那么应该怎样学习本课程呢？学习知识和培养能力只有通过正确的学习方法和刻苦努力才能实现。希望同学们学习时注意以下几点：

1. 听课与自学相结合

听课时要跟上思路，多想多问，积极探索。课后要认真复习和预习。通过听课与自学不断提高科学思维能力，培养勤于思考、勇于探索和敢于创新的精神。

2. 理论与实践相结合

学习本课程要注意理论联系实际，克服和避免重理论、轻实践的不良倾向。正如某位名人所言，没有实践的理论是空洞的理论，没有理论的实践是盲目的实践。学习时，要重视联系实际的工程应用，并通过实践和实验来提高自己的实际动手能力。

3. 特性与共性相结合

本课程在介绍各种电机时，往往较多地强调了它们各自的特性。学习时要自觉地从这些特性中总结出它们的共性，再从共性中去理解它们的特性，相互对照，深化理解。

殷切期望同学们通过本课程的学习，有所收获、有所前进、有所创新，努力成为未来国家的栋梁之才、家庭的可靠支柱。

第 1 章

上 篇

电机与拖动基础

本书在编写过程中参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电机与拖动工作的工程技术人员参考。

第1章 磁 路

电机是一种机电能量转换或信号转换的电磁机械装置。磁场是其实现能量转换、传递和储存的媒介。除某些功率很小的微型电机的磁场是由永久磁铁产生的以外，在大多数情况下，磁场都是由电流产生的，而且把磁场集中在一定的范围之内形成磁路。要掌握电机的基本理论，必须具备磁路的基本知识，因而本章围绕磁路进行研究，先介绍磁场的基本概念，再讨论磁路的基本定律，进而讨论磁路的计算方法。

1.1 磁场的基本物理量

磁场由电流产生，磁场的情况可形象地用磁感线来描述。例如电流通过直导线时的磁场和电流通过线圈时的磁场，其磁感线如图 1.1.1 所示。

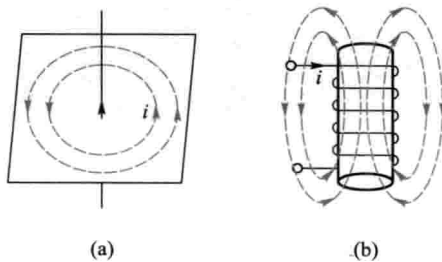


图 1.1.1 电流的磁场

(a) 直导线电流的磁场；(b) 线圈电流的磁场

磁感线是闭合的曲线，且与电流相交链，其方向与产生该磁场的电流方向符合右手螺旋定则。右手螺旋定则的用法是：在图 1.1.1(a) 中用右手大拇指表示电流的方向，其他四指的回转方向代表磁感线的方向；在图 1.1.1(b) 中用右手四个手指的回转方向代表电流的方向，大拇指表示线圈内部磁感线的方向。

磁感线上每一点的切线方向与该点磁场的方向一致,而磁场的强弱则可用磁感线的疏密程度显示。

若磁感线是一组如图 1.1.2 中间部分所示的间距相等的平行线时,这种磁场称为均匀磁场。

在对磁场进行分析和计算时,常用到以下物理量。

1. 磁通 Φ

磁场中穿过某一截面积 A 的总磁感线数称为通过该面积的磁通量,简称磁通(magnetic flux),用 Φ 表示,其单位为韦[伯](Wb)。

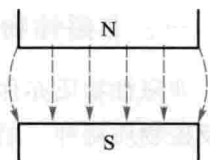


图 1.1.2 均匀磁场

2. 磁感应强度 B

磁感应强度(flux density)是描述磁介质中实际的磁场强弱和方向的物理量,它是一个矢量,用 B 表示,其数值表示磁场的强弱,其方向表示磁场的方向。在均匀磁场中,若通过与磁感线垂直的某面积 A 的磁通为 Φ ,则

$$B = \frac{\Phi}{A} \quad (1.1.1)$$

即磁感应强度在数值上就是与磁场方向垂直的单位面积上通过的磁通,所以磁感应强度也称为磁通密度。 B 的单位为特[斯拉](T), A 的单位为米²(m²)。

3. 磁场强度 H

磁场强度(magnetic field intensity)是进行磁场计算时引进的一个辅助物理量。磁场强度是一个矢量,用 H 表示。其方向与 B 的方向相同,即磁场方向。它并非磁介质中某点磁场强弱的实际值。在数值上 H 和 B 不相等,这可通过电流在无限大均匀介质中所产生的磁场为例来说明它们的区别。在该磁场中,除电流产生的磁场外,介质被磁化后还会产生附加磁场。 H 与 B 的主要区别是: H 代表电流本身产生的磁场的强弱,反映了电流的励磁能力,其大小只与产生该磁场的电流的大小成正比,与介质的性质无关; B 代表电流所产生的以及介质被磁化后所产生的总磁场的强弱,其大小不仅与电流的大小有关,还与介质的性质有关。 H 的单位为安/米(A/m)。

4. 磁导率 μ

磁感应强度 B 与磁场强度 H 之比称为磁导率(permeability),用 μ 表示,即

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (1.1.2)$$

它是衡量物质导磁能力的物理量,单位是亨/米(H/m)。

真空的磁导率为一常数,用 μ_0 表示,其值为

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (1.1.3)$$

- 【思考题】** (1) 用右手螺旋定则判断直导线电流和线圈电流所产生的磁场的方向时有何区别?
(2) 磁铁内、外磁感线的方向是由 N 极到 S 极还是由 S 极到 N 极?

1.2 物质的磁性能

自然界的物质按照磁导率的不同,大体上可分为两大类:磁性物质(magnetic material)和

非磁性物质(non-magnetic material)。

一、非磁性物质

非磁性物质亦称非铁磁物质,其磁导率 μ 近似等于真空的磁导率 μ_0 。它又分为顺磁物质和反磁物质两种。顺磁物质(如变压器油和空气)的 μ 稍大于 μ_0 ,反磁物质(如铜和铋)的 μ 稍小于 μ_0 。工程上将非磁性物质的 μ 均视为等于 μ_0 。非磁性物质的 B 和 H 成线性关系。

二、磁性物质

磁性物质又称铁磁物质,其磁性能主要有以下几点。

1. 高导磁性

磁性物质的 $\mu \gg \mu_0$,二者之比可达数百至数万。如铸钢的 μ 约为 μ_0 的1 000倍,硅钢片的 μ 约为 μ_0 的6 000~7 000倍,铍钼合金的 μ 可比 μ_0 大几万倍。

磁性物质的这一特点主要是由于铁磁物质内部存在着很多很小的强烈地沿同一方向自发磁化了的区域,称为“磁畴”。磁化前,无外磁场作用时,如图1.2.1所示,磁畴杂乱地排列,磁场互相抵消,对外界不显示磁性。若将铁磁物质放入磁场,则在外磁场作用下,磁畴的轴线趋于一致,形成一个附加磁场,叠加在外磁场上,从而使合成磁场大为增强,如图1.2.2所示。磁畴所产生的附加磁场比非磁性物质在同一磁场强度下所激励的磁场强得多,故铁磁物质的磁导率比非铁磁物质大得多。

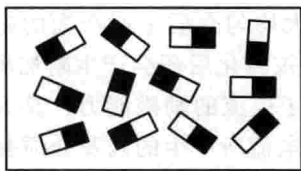


图 1.2.1 磁畴(磁化前)

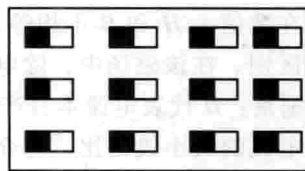


图 1.2.2 磁畴(磁化时)

磁性物质的这一性质被广泛应用于变压器和电机中,变压器和电机中的磁场大多是由通过线圈的电流来产生的,而这些线圈都是绕在磁性物质(称为铁心)上的,采用铁心后,在同样的电流下,铁心中的 B 和 Φ 将大大增加且比铁心外的 B 和 Φ 大得多,这样,一方面可用较小的电流产生较强的磁场,另一方面可使绝大部分磁通集中在由磁性物质限定的空间内。

2. 磁饱和性

磁性物质的磁导率 μ 不仅远大于 μ_0 ,而且不是常数,即 B 与 H 不成正比。二者的关系称为 $B-H$ 曲线或磁化曲线。当磁场强度 H 由零逐渐上升时,磁感应强度 B 从零增加的过程如图1.2.3所示,称为初始磁化曲线或起始磁化曲线(initial magnetization curve)。在 H 比较小时, B 与 H 几乎成正比地增加,当 H 增加到一定值后, B 的增加缓慢下来,到后来随着 H 的继续增加, B 却增加得很少,这种现象称为磁饱和(magnetic saturation)现象。

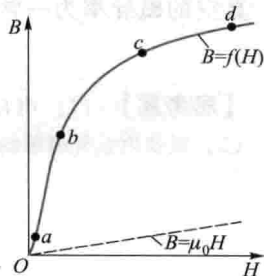


图 1.2.3 起始磁化曲线

磁性物质的这一特点是由于在外磁场的作用下,磁性物质中的