



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 机电一体化技术专业

# 电机与 电力拖动

· 李明 主编

· 岑方卫 朱琼玲 赵淑娟 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·机电一体化技术专业

# 电机与电力拖动

李 明 主编

岑方卫

朱琼玲 副主编

赵淑娟

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 提 要

本教材主要介绍交、直流电动机, 变压器结构、原理及电机拖动的有关知识。全书共分 9 章: 直流电机, 直流电机的电力拖动, 变压器, 三相交流异步电动机, 三相异步电动机的电力拖动, 单相异步电动机, 同步电动机, 电动机的选择, 控制电机。

本教材是针对高职教育《电气自动化控制》专业而编写, 编写时力求把握高职教育的特点, 淡化电机内部电磁场理论; 减少公式的推导; 注意分析其结构对公式中参数的影响; 简化电机原理分析; 加强实际应用的举例。

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。

### 图书在版编目(CIP)数据

电机与电力拖动/李明主编. —北京: 电子工业出版社, 2003.8  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·机电一体化技术专业  
ISBN 7-5053-8748-0

I. 电… II. 李… III. ①电机—高等学校: 技术学校—教材 ②电力传动—高等学校: 技术学校—教材  
IV. ① TM3 ② TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 069682 号

责任编辑: 吕 迈

印 刷: 北京彩艺印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.25 字数: 197 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 13.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。  
联系电话: (010) 68279077

# 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院    | 广州大学科技贸易技术学院   |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院     |
| 江西蓝天职业技术学院   | 江西工业工程职业技术学院   |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院     |
| 保定职业技术学院     | 广东轻工职业技术学院     |
| 安徽职业技术学院     | 西安理工大学         |
| 杭州中策职业学校     | 辽宁大学高职学院       |
| 黄石高等专科学校     | 天津职业大学         |
| 天津职业技术师范学院   | 天津大学机械电子学院     |
| 福建工程学院       | 九江职业技术学院       |
| 湖北汽车工业学院     | 包头职业技术学院       |
| 广州铁路职业技术学院   | 北京轻工职业技术学院     |
| 台州职业技术学院     | 黄冈职业技术学院       |
| 重庆工业高等专科学校   | 郑州工业高等专科学校     |
| 济宁职业技术学院     | 泉州黎明职业大学       |
| 四川工商职业技术学院   | 浙江财经学院信息学院     |
| 吉林交通职业技术学院   | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院    | 南京金陵科技学院       |
| 天津滨海职业技术学院   | 无锡职业技术学院       |
| 杭州职业技术学院     | 西安科技学院         |
| 重庆职业技术学院     | 西安电子科技大学       |
| 重庆工业职业技术学院   | 河北化工医药职业技术学院   |

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

# 前 言

本教材是根据电子工业出版社于2002年11月在杭州召开的高职高专教材研讨会上所确定的高职教材编写,根据“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”的原则,结合当前高职教育特点,经与会有关老师认真研究教材编写大纲并由有关专家审核,对编写大纲提出大量宝贵意见的基础上编写的。

该教材是将“电机学”、“电力拖动”、“控制电机”等课程有机地结合在一起的一门课程。在编写过程中我们始终坚持编写原则,把内容的重点放在使用较多的电机上。在分析电动机运行性能时,结合后续课程“电气控制”的一些分析方法,以期为专业课程服务。

在内容的叙述上,本书强调电动机的结构、基本工作原理、主要性能和实际应用意义,对理论的分析采用淡化的手段,均在阐述物理意义的基础上给出公式,而不是通过理论推导得出。由于各校实验条件和设备不同,本书没有编写相关实验内容。

本书由重庆工程职业技术学院李明老师担任主编,并编写了第1章、第2章。柳州职业技术学院岑方卫老师担任副主编,编写了第3章、第7章、第8章、第9章。重庆工程职业技术学院朱琼玲老师担任副主编,编写了第4章。重庆工业职业技术学院赵淑娟老师担任副主编,编写了第5章、第6章。

由于编者水平所限,书中错误或不当之处在所难免,恳请读者批评指正。



目 录  
Contents

绪论 .....	(1)
0.1 电机及电力拖动的发展历史、分类 .....	(1)
0.2 本课程的性质、任务和内容 .....	(2)
0.3 本课程的特点及学习方法 .....	(3)
第 1 章 直流电机 .....	(4)
1.1 直流电机的基本工作原理与结构 .....	(4)
1.1.1 直流电机的基本工作原理 .....	(4)
1.1.2 直流电机的基本结构 .....	(6)
1.1.3 直流电机的铭牌数据及主要系列 .....	(8)
1.2 直流电机的电枢绕组简介 .....	(9)
1.2.1 电枢绕组的基本知识 .....	(9)
1.2.2 单叠绕组 .....	(11)
1.3 直流电机的电枢反应 .....	(13)
1.3.1 直流电机的空载磁场 .....	(14)
1.3.2 直流电机的电枢磁场 .....	(15)
1.3.3 电枢反应 .....	(15)
1.4 直流电机的电枢电动势和电磁转矩 .....	(15)
1.4.1 直流电机的电枢电动势 .....	(15)
1.4.2 直流电机的电磁转矩 .....	(16)
1.5 直流电机的换向 .....	(16)
1.5.1 换向过程 .....	(17)
1.5.2 换向元件中的感应电动势和电流变化的特点 .....	(17)
1.5.3 改善换向的方法 .....	(18)
1.6 直流电动机 .....	(18)
1.6.1 直流电动机的励磁方式 .....	(18)
1.6.2 他励直流电动机的基本方程式 .....	(19)
1.6.3 他励直流电动机的工作特性 .....	(20)
本章小结 .....	(21)





思考题和习题 1 .....	(22)
<b>第 2 章 直流电动机的电力拖动 .....</b>	<b>(23)</b>
2.1 电力拖动系统的运动方程式 .....	(23)
2.1.1 单轴拖动系统的运动方程式 .....	(24)
2.1.2 运动方程式中正、负号的规定 .....	(25)
2.1.3 拖动系统的运动状态 .....	(25)
2.1.4 多轴拖动系统中的运动方程式简介 .....	(25)
2.2 生产机械的负载转矩特性 .....	(26)
2.2.1 恒转矩负载特性 .....	(27)
2.2.2 恒功率负载特性 .....	(27)
2.2.3 通风机型负载特性 .....	(27)
2.3 他励直流电动机的机械特性 .....	(28)
2.3.1 机械特性方程式 .....	(28)
2.3.2 固有机械特性和人为机械特性 .....	(29)
2.3.3 电力拖动系统稳定运行的条件 .....	(30)
2.4 他励直流电动机的启动 .....	(31)
2.4.1 直接启动 .....	(31)
2.4.2 电枢回路串电阻启动 .....	(32)
2.4.3 降低电枢电压启动 .....	(33)
2.4.4 他励直流电动机的反转 .....	(33)
2.5 他励直流电动机的电气制动 .....	(33)
2.5.1 能耗制动 .....	(34)
2.5.2 反接制动 .....	(35)
2.5.3 回馈制动 .....	(38)
2.6 他励直流电动机的调速 .....	(38)
2.6.1 电枢串电阻调速 .....	(40)
2.6.2 改变电枢电源电压调速 .....	(40)
2.6.3 弱磁调速 .....	(41)
2.7 串励直流电动机的电力拖动 .....	(41)
2.7.1 机械特性 .....	(41)
2.7.2 串励直流电动机的启动与调速 .....	(42)
2.7.3 串励直流电动机的电气制动 .....	(43)
本章小结 .....	(44)
思考题和习题 2 .....	(45)
<b>第 3 章 变压器 .....</b>	<b>(47)</b>
3.1 变压器的基本工作原理和结构 .....	(47)
3.1.1 基本工作原理 .....	(47)
3.1.2 基本结构 .....	(49)



3.1.3 分类	(51)
3.1.4 铭牌	(51)
3.2 变压器的空载运行	(52)
3.2.1 空载运行时的物理情况	(52)
3.2.2 感应电动势	(53)
3.2.3 空载电流和空载损耗	(54)
3.2.4 等效电路	(55)
3.3 变压器的负载运行	(55)
3.3.1 负载运行时的物理情况	(55)
3.3.2 负载运行时的基本方程式	(56)
3.3.3 等效电路	(57)
3.4 变压器的参数测定	(59)
3.4.1 空载试验	(59)
3.4.2 短路试验	(60)
3.4.3 标么值	(62)
3.5 变压器的运行特性	(63)
3.5.1 外特性与电压变化率	(63)
3.5.2 变压器的损耗与效率	(63)
3.6 三相变压器	(64)
3.6.1 磁路系统	(64)
3.6.2 单相变压器的极性	(65)
3.6.3 三相变压器的连接组别	(66)
3.7 变压器的并联运行	(67)
3.7.1 并联运行的优点	(68)
3.7.2 并联运行的条件	(68)
3.8 其他用途变压器	(70)
3.8.1 自耦变压器	(70)
3.8.2 仪用变压器	(71)
3.8.3 电焊变压器	(73)
本章小结	(73)
思考题和习题 3	(74)
<b>第 4 章 三相交流异步电动机</b>	<b>(75)</b>
4.1 三相异步电动机的工作原理及结构	(75)
4.1.1 结构	(75)
4.1.2 工作原理	(77)
4.1.3 主要系列	(80)
4.2 三相异步电动机的定子绕组	(82)
4.2.1 对三相异步电动机定子绕组的基本要求和分类	(82)
4.2.2 三相异步电动机定子绕组的几个基本概念	(83)



4.2.3	三相单层绕组	(84)
4.2.4	三相双层绕组	(86)
4.3	三相异步电动机的空载运行	(88)
4.3.1	空载运行的电磁关系	(88)
4.3.2	空载时的定子电压平衡关系	(88)
4.4	三相异步电动机的负载运行	(89)
4.4.1	负载运行时的电磁关系	(89)
4.4.2	转子绕组各电磁量特点	(89)
4.4.3	磁动势平衡方程	(90)
4.4.4	电压平衡方程式	(91)
4.5	三相异步电动机的等效电路	(91)
4.5.1	折算	(91)
4.5.2	等效电路	(93)
4.6	三相异步电动机的功率和电磁转矩	(94)
4.6.1	功率平衡方程式	(94)
4.6.2	转矩平衡方程式	(95)
4.7	三相异步电动机的工作特性	(95)
4.7.1	转速特性 $n=f(P_2)$	(96)
4.7.2	转矩特性 $T_{em}=f(P_2)$	(96)
4.7.3	定子电流特性 $I_1=f(P_2)$	(96)
4.7.4	功率因数特性 $\cos\varphi_1=f(P_2)$	(96)
4.7.5	效率特性 $\eta=f(P_2)$	(96)
	本章小结	(97)
	思考题和习题 4	(97)
<b>第 5 章 三相异步电动机的电力拖动</b>		<b>(99)</b>
5.1	三相异步电动机的机械特性	(99)
5.1.1	机械特性的表达式	(99)
5.1.2	三相异步电动机的机械特性	(100)
5.2	三相异步电动机的启动	(103)
5.2.1	笼形异步电动机的启动	(103)
5.2.2	绕线形异步电动机的启动	(106)
5.3	三相异步电动机的电气制动	(107)
5.3.1	能耗制动	(107)
5.3.2	反接制动	(108)
5.3.3	回馈制动	(109)
5.4	三相异步电动机的调速	(110)
5.4.1	变极调速	(110)
5.4.2	变频调速	(111)
5.4.3	改变转差率调速	(112)

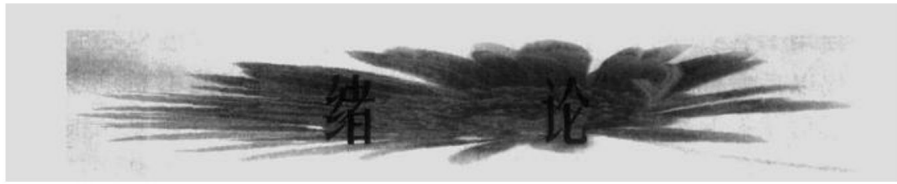


本章小结 .....	(113)
思考题和习题 5 .....	(114)
<b>第 6 章 单相异步电动机 .....</b>	<b>(115)</b>
思考题和习题 6 .....	(117)
<b>第 7 章 同步电动机 .....</b>	<b>(118)</b>
7.1 同步电动机的基本工作原理和结构 .....	(118)
7.1.1 结构 .....	(118)
7.1.2 工作原理 .....	(119)
7.2 同步电动机的电路分析 .....	(119)
7.3 同步电动机的功角特性 .....	(120)
7.4 同步电动机的功率因数调节 .....	(122)
7.5 同步电动机的启动 .....	(123)
本章小结 .....	(123)
思考题和习题 7 .....	(124)
<b>第 8 章 电动机的选择 .....</b>	<b>(125)</b>
8.1 电动机额定功率的选择 .....	(125)
8.1.1 电动机的发热与冷却 .....	(125)
8.1.2 电动机的工作制 .....	(127)
8.1.3 电动机额定功率的选择 .....	(128)
8.2 电动机种类、结构、电压和转速的选择 .....	(131)
8.2.1 电动机种类的选择 .....	(131)
8.2.2 电动机结构形式的选择 .....	(132)
8.2.3 电动机额定电压的选择 .....	(133)
8.2.4 电动机额定转速的选择 .....	(133)
本章小结 .....	(134)
思考题和习题 8 .....	(134)
<b>第 9 章 控制电机 .....</b>	<b>(136)</b>
9.1 伺服电动机 .....	(136)
9.1.1 交流伺服电动机 .....	(136)
9.1.2 直流伺服电动机 .....	(138)
9.2 测速发电机 .....	(138)
9.2.1 交流测速发电机 .....	(138)
9.2.2 直流测速发电机 .....	(140)
9.3 自整角机 .....	(141)
9.3.1 力矩式自整角机的工作原理 .....	(141)
9.3.2 控制式自整角机的工作原理 .....	(143)
9.4 旋转变压器 .....	(144)
9.5 步进电动机 .....	(146)



---

9.5.1 结构·····	(146)
9.5.2 基本工作原理·····	(147)
9.6 直线电动机·····	(148)
9.6.1 结构·····	(148)
9.6.2 基本工作原理·····	(149)
本章小结·····	(150)
思考题和习题 9·····	(150)
参考文献·····	(151)



## 0.1 电机及电力拖动的发展历史、分类

1802 年奥斯特发现了电流在磁场中受力的物理现象,随后由安培对这种现象进行了科学的总结,发现了磁路定律及全电流定律。在此基础上人们在实验室里制成了直流电动机的模型。1831 年法拉第发现了电磁感应定律,为生产制造各种发电机提供了依据。随后制成了直流发电机,替换了价格昂贵的电池,为直流电动机的广泛应用提供了电源。可见在电机与电力拖动发展史上首先得到应用的是直流电机。1871 年凡麦尔发明了交流发电机。1878 年亚布洛契可夫用交流发电机和变压器为他发明的照明装置供电。1885 年意大利物理学家费拉利斯发现了两相电流可以产生旋转磁场。一年以后费拉利斯和在美国的坦斯拉几乎同时制成了两相感应电动机的模型。1888 年多里沃多勃罗沃尔斯提出了三相制,并制成了三相感应电动机,奠定了三相电路和三相电机的基础。此后三相交流电迅速地发展起来,到 20 世纪初,各种三相交流电动机均已设计制造成功。进入 20 世纪以后,人们在降低电机成本,减小电机尺寸,提高电机性能,选用新型电磁材料,改进电机生产工艺等方面进行了大量工作,使现代电机与本世纪初的电机有很大差别。

我国的电机工业,从新中国成立以来的 50 多年间,建立了独立自主的完整体系。早在 1965 年我国就研制成功当时世界上第一台 125kW 双水内冷汽轮发电机,显示了我国电机工业的迅速掘起。近些年来,随着对电机新材料的研究并在电机设计、制造工艺中利用计算机技术,普通电机的性能更好、运行更可靠;而控制电机的高可靠性、高精度、快速响应使控制系统完成各种人工无法完成的快速复杂的精巧工作。

在现代化工业生产过程中,为了实现各种生产工艺过程,需要使用各种各样的生产机械。拖动各种生产机械运转,可以采用气动、液压传动和电力拖动。由于电力拖动具有控制简单,调节性能好、损耗小、经济、能实现远距离控制和自动控制等一系列优点,因此大多数生产机械均采用电力拖动。按照电动机的种类不同,电力拖动系统分为直流电力拖动系统和交流电力拖动系统两大类。

电力拖动的发展过程,交、直流两种拖动方式并存于各生产领域,各时期科学技术的发展水平不同,它们所处的地位也有所不同。在交流电出现以前,直流电力拖动是惟一的一种电力拖动方式。随着经济实用交流电动机的研制成功,使交流电力拖动在工业中得到了广泛的应用。但是随着生产技术的发展,特别是精密机械加工与冶金工业生产过程的进步,对电力拖动在启动、制动、正反转以及调速提出了新的、更高的要求。由于交流电力拖动比直流电力拖动在技术上难以实现这些要求,所以 20 世纪以来,在可逆、可调速与高精度的拖动领域中,在相当长一个时期内几乎都是采用直流电力拖动,而交流电力拖动则主要用于恒转速系统。

虽然直流电动机具有调速性能优异这一突出优点,但是由于它具有电刷与换向器,

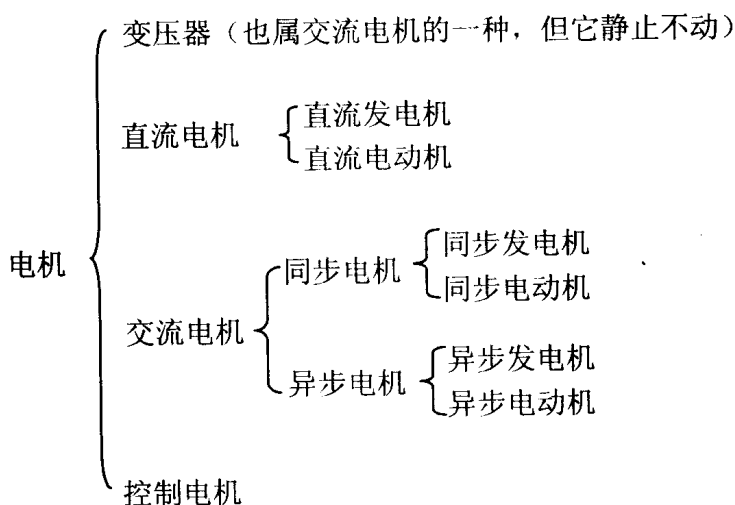


这使得它的故障率较高，电动机的使用环境受到限制（如不能在有易燃、易爆气体及尘埃多的场合使用），其电压等级、额定转速、单机容量的发展也受到限制，所以在 20 世纪 60 年代以后，随着电力电子技术的发展，交流调速的不断进步和完善，在调速性能方面由落后状态直到可与直流调速相媲美。今天，交流调速在很多场合已取代直流调速。在不远的将来，交流调速将完全取代直流调速，可以说这是一种必然的发展趋势。

电机是利用电磁感应原理工作的机械，它应用广泛，种类繁多，性能各异，分类方法也很多。常见的分类方法为：按功能用途分，可分为发电机、电动机、变压器和控制电机 4 大类。

按照电机的结构或转速分类，可分为变压器和旋转电机。根据电源的不同，旋转电机又分为直流电机和交流电机两大类。交流电机又分为同步电机和异步电机两类。

综合以上分类方法，可归纳如下：



## 0.2 本课程的性质、任务和内容

本课程是电气自动化控制、供用电技术和机电一体化等专业的一门专业基础课。它是将“电机学”、“电力拖动”和“控制电机”等课程有机结合而成的一门课。

本课程的任务是使学生掌握变压器、交直流电机及控制电机的基本结构和工作原理以及电力拖动系统的运行性能、基本分析计算、电机选择及试验方法，为学习后续课程和今后的工作打下必要的基础，同时也培养学生在电机及电力拖动方面分析和解决问题的能力。

本课程的内容有直流电机，直流电动机的电力拖动，变压器，三相交流异步电动机，三相交流异步电动机的电力拖动，单相异步电动机，同步电机，控制电机，电动机的选择等。



### 0.3 本课程的特点及学习方法

电机学及电力拖动既是一门理论性很强的技术基础课，又具有专业课的性质，涉及的基础理论和实际知识面广，是电学、磁学、动力学、热学等学科知识的综合，所以理论性较强。而用理论分析各种电机及拖动的实际问题时，必须结合电机的具体结构、采用工程观点和工程分析方法。在掌握基本理论的同时，还要注意培养学生的实验操作技能和计算能力，因此实践性也较强。鉴于以上原因，为学好电机及电力拖动这门课，学习时应注意以下几点：

- (1) 要抓主要矛盾，忽略一些次要因素，抓住问题的本质。
- (2) 要抓住重点，即应牢固掌握基本概念、基本原理和主要特性。
- (3) 要有良好的学习方法，可运用对比的学习方法，找出各种电机的共性和特点，以加深对各种电机及拖动系统性能和原理的理解。
- (4) 学习时要理论联系实际，重视试验和到工厂实践。
- (5) 要站在应用的角度看电机，把电机视为拖动系统中的一个器件来学习，不宜过多地耗时于电机的内部电磁关系。



# 第1章 直流电机



## 内容提要

本章主要介绍直流电机的基本结构及工作原理,讨论直流电机的磁场分布,感应电动势的产生条件及性质,电磁转矩,电枢反应及其对电机的影响,电机的换向及改善换向的方法并从应用的角度分析直流电动机的励磁方式和工作特性。

## 1.1 直流电机的基本工作原理与结构

### 1.1.1 直流电机的基本工作原理

直流电机分为直流电动机和直流发电机两大类,其工作原理可通过直流电机的简化模型进行说明。

#### 1. 直流发电机的工作原理

图 1.1 为直流发电机的简化模型。图中 N, S 为固定不动的定子磁极,abcd 是固定在可旋转磁圆柱体上的转子线圈,线圈的首端 a,末端 d 连接到两个相互绝缘并可随线圈一同转动的导电换向片上。转子线圈与外电路的连接是通过放置在换向片上固定不动的电刷实现的。在定子与转子间有间隙存在,称其为气隙。当有原动机拖动转子以一定的转速逆时针旋转时,根据电磁感应定律可知,在切割磁场的线圈 abcd 中将产生感应电动势。两条有效边导体产生的感应电动势大小应为

$$e = B_x L v \quad (1-1)$$

式中  $B_x$  为导体所在处的磁通密度,单位为  $\text{Wb}/\text{m}^2$ ;  $L$  为导体 ab 或 cd 的有效长度,单位为  $\text{m}$ ;  $v$  为导体 ab 或 cd 与  $B_x$  间的相对线速度,单位为  $\text{m}/\text{s}$ ;  $e$  为导体感应电动势,单位为  $\text{V}$ 。

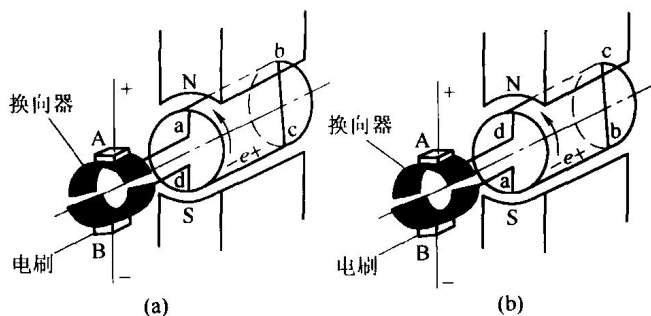


图 1.1 直流发电机模型