



普通高等教育规划教材

电机与拖动基础

汤天浩 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

电机与拖动基础

主 编 汤天浩
副主编 张建华 石安乐
参 编 谢 卫 孙国琴 胡春慧
 陈佳新 窦金生
主 审 陈伯时 李杰仁



机械工业出版社

本书是为自动化等非电机专业编写的教材，为适应当前教育改革的需要，将原“电机学”与“电力拖动基础”两门课程的主要内容合并为“电机与拖动基础”。全书共分十一章，前两章是全书的基础，分别阐述电机的基本原理，包括电磁感应、机电能量转换和旋转电机的基本概念、结构与模型；电力拖动动力学基础，包括电力拖动系统的运动方程、稳态和动态分析等内容。在此基础上，后续章节分析和讨论了直流电机、变压器、异步电机、同步电机和特种电机的原理、结构和运行特性，包括电机的启动、制动和调速等问题。

本书适于普通高等学校非电机专业作为教材使用，也可作为职工大学、夜大以及大专院校有关专业的教材，并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电机与拖动基础/汤天浩主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.7
普通高等教育规划教材
ISBN 7-111-14653-0

I. 电... II. 汤... III. ①电机—高等学校—教材 ②电力传动—高等学校—教材 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 055034 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王保家 苏颖杰 责任编辑: 苏颖杰

版式设计: 冉晓华 责任校对: 贾卫东

封面设计: 姚毅 责任印制: 李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 15 印张 · 368 千字

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材 编 审 委 员 会

主 任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学 (威海)
童幸生 江汉大学

自动化专业分委员会

- 主任：刘国荣 湖南工程学院
- 副主任：汤天浩 上海海事大学
- 梁景凯 哈尔滨工业大学（威海）
- 委员：（按姓氏笔画排序）
- 刘启中 上海工程技术大学
- 刘国繁 湖南工程学院
- 陈虹 扬州大学
- 宋丽蓉 南京工程学院
- 钱同惠 江汉大学
- 黄家善 福建工程学院

序 一

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来，科学技术突飞猛进，国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化和我国加入 WTO，世界制造业将逐步向我国转移。有人认为，我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此，工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止，我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才，为经济的发展作出了巨大的贡献。但据 IMD1998 年的调查，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第 36 位，与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下，国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校，并于 2001、2002 年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”，对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言：“科学家研究已有的世界，工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律，所以科学强调分析，强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学（包括自然科学、技术科学和社会科学）理论和技术手段去改造客观世界的实践活动，所以它强调综合，强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案，采用不同的培养模式，采用具有不同特点的教材。然而，我国目前的工程教育没有注意到这一点，而是：①过分侧重工程科学（分析）方面，轻视了工程实际训练方面，重理论，轻实践，没有足够的工程实践训练，工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象，导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一，课程结构不合理，知识面过窄，导致知识结构单一，所学知识中有一些内容已陈旧，交叉学科、信息学科的内容知之甚少，人文社会科学知识薄弱，学生创新能力不强。③教材单一，注重工程的科学分析，轻视工程实践能力的培养；注重理论知识的传授，轻视学生个性特别是创新精神的培养；注重教材的系统性和完整性，造成课程方面的相互重复、脱节等现象；缺乏工程应用背景，存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验，自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展，培养更多优秀的工程技术人员，我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材，目的在于改革传统的高等工程教育教材，建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材，满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是：

1. 保证基础，确保后劲

科技的发展，要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此，从内容安排上，保证学生有较厚实的基础，满足本科教学的基本要求，使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色，强化应用

围绕培养目标，以工程应用为背景，通过理论与工程实际相结合，构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针：知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为：“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上，挑选出最基本的内容、方法及典型应用；“新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容，以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容，并将这些按新的教学系统重新组织；“广”指在保持本学科基本体系下，处理好与相邻以及交叉学科的关系；“用”指注重理论与实际融会贯通，特别是注入工程意识，包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点，合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课（专业基础课、专业课）教材的建设，并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设，力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者，确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验，又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务，以确保教材质量。

我们相信，本套系列教材的出版，对我国工程应用型人才培养质量的提高，必将产生积极作用，会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光，高瞻远瞩，及时提出并组织编写这套系列教材，他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作，并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件，在此深表衷心感谢！

编委会主任
湖南工程学院院长 刘国荣教授

序 二

电机和电力拖动系统是现代社会生产和生活中一种主要的用电方式，几乎已经无处不见它的踪迹。因此，关于它的基本知识是现代工程技术人员所必备的，高校电气工程及其自动化专业或自动化专业把“电机与拖动”课程列为专业基础课是十分必要的。

供高校选用的“电机与拖动”教材已经有多种版本，但随着科学和技术的发展，有关电机与拖动的知识不断更新，而许多诸如信息技术等新技术又不断融入自动化领域中来。很多课程内容与学时的矛盾日益突出，如何在新的形势下改造和发展专业基础课便迫在眉睫，“电机与拖动”课程当然也不例外。

汤天浩教授主编的这本《电机与拖动基础》就是在这样的形势下完成的。通读之后，使人感到，这是一本很有特色的教材。首先，它在有限学时和篇幅的条件下，在如何融合电机和电力拖动的基本知识上花了很大的功夫，突出了基本原理和实用技术，删去了过多的电机结构和与设计制造有关的内容，使之更适合于技术应用型的专业；其次，它按照时代的需要，在舍弃过时内容、加强先进知识上做了不少工作，这也是本书的重要进步；此外，全书的体系也有新意。

本书已在改革这门课程的体系上走出了可喜的一步，当然，还不能说它已经做到尽善尽美了。期望作为年轻教授和学术带头人的汤天浩同志和本书所有参编老师，在这本书的基础上，汲取使用过程中出现的问题和意见，不断改进，精益求精，创造出本课的一本精品教材。

陈伯时

前 言

本书包括了原“电机学”和“电力拖动基础”两门课程的主要内容，适用于非电机专业的各专业学习电机原理与拖动基础之用，也可供有关专业师生、工程技术人员参考。

教材的编写始终以基本原理和应用性为指导思想，在内容方面以电力拖动系统中使用最为广泛的电机与拖动形式为重点，既参考和吸收了现有教材的精华，也融入了编者的见解和思考。在编写过程中，从选材、内容安排到阐述方法等方面都作了一些新的尝试。本书有别于其他同类教材的特点是：

1. 作为全书的理论基础，第一章集中介绍了基本电磁规律，机电能量转换基本原理，旋转电机的基本结构、模型和工作原理，以及电机发热等各种电机所共有的基本原理和知识，为后续章节从基本电机模型和机电能量转换原理来分析具体电机奠定了理论基础。

2. 作为电力拖动系统的基础，第二章除了介绍电力拖动系统的运动方程、机械负载的转矩特性等传统内容外，新增加了电力拖动系统稳态分析和动态分析的内容，并在动态分析中集中讨论了电机的转矩、电流和发热等动态过程的一般过渡状态，以便于在后续章节分析电机的起动、制动和调速的动态过程。

3. 新增了第六章，讲述交流电机理论的共同问题，将交流电机的电枢绕组、电动势以及脉振磁动势和旋转电机等交流电机共性的问题集中进行分析和讨论，有助于更好地学习和理解交流异步电机和同步电机。

4. 在电机原理部分主要阐述电机的基本概念、结构和原理，简化了繁琐的磁场绕组连接等内容，着重从模型电机出发建立电机的基本方程和等效电路，进而分析电机的基本特性。

5. 在电力拖动部分强调基本原理的实际应用，主要分析电动机在起动、制动和调速状态的静态和动态特性，并适当说明了电动机在这些工作状态下的简单控制方法。删除了过去复杂的起动电阻计算等内容，新增了采用电力电子变流器实现电动机软起动等内容。

6. 为适应当前电机发展的趋势，新增了特种电机及其新发展的内容，以拓展视野，并为实际应用提供多种可能的选择。

全书共分为十一章，其中有些较深内容的章节加了“*”号，主要内容的教学时数为54~72学时，各学校可根据各自教学大纲的需要选择内容和安排教学。

本书由上海海事大学汤天浩教授担任主编，扬州大学张建华副教授和湖南工程学院石安乐副教授担任副主编，参加编写的还有上海海事大学谢卫副教授、上海应用技术学院孙国琴和胡春慧副教授、福建工程学院陈佳新副教授、镇江船艇学院窦金生副教授。因此，本书凝聚了集体智慧和辛劳。汤天浩教授和谢卫副教授负责全书的修改和统稿，特别是谢卫副教授作为电机工程博士为本书的编写做出了重要贡献。

本书的编写还得到上海海事大学的大力支持，博士生姚刚制作了部分精美的图表，陈意惠老师提供了部分习题和插图，硕士生杨铭帮助打印了部分内容，在此谨向他们的辛勤工作表示感谢！

全书由上海大学陈伯时教授、上海海事大学李杰仁教授担任主审。作为主编的博士生导师，两位恩师自始至终地关心和指导着本书编写的全过程，从编写大纲的拟定到内容的选取以及表述的方式，都提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

尽管我们在编写本书过程中付出了许多心血，但因水平所限，还会存在许多缺点和不足，恳请广大读者批评指正。

编者

常用符号表

一、元件和装置用的文字符号(按国家标准 GB/T7159—1987)

A	电枢绕组, A 相绕组	Q	断路器
B	B 相绕组	QS	隔离开关
C	电容器	R	电阻器、变阻器
C	C 相绕组	RP	电位器
F	励磁绕组	SA	控制开关, 选择开关
FU	熔断器	SB	按钮开关
G	发电机	SM	伺服电动机
K	继电器, 接触器	T	变压器
KA	继电器	TA	电流互感器, 霍尔电流传感器
KM	接触器	TC	调压变压器
L	电感, 电抗器	TI	逆变变压器
M	电动机(总称)	TU	自耦变压器
MA	异步电动机	U	变换器, 调制器
MD	直流电动机	UCR	可控整流器
MS	同步电动机	UI	逆变器
PA	电流表	UPE	电力电子变换器
PC	脉冲计数器	V	晶闸管整流装置
PV	电压表		

二、常见下角标

A	A 相绕组	lim	极限, 限制(limit)
a	电枢绕组(armature); a 相绕组	m	磁的(magnetic); 主要部分(main)
add	附加(additional)	m, mech	机械的(mechanical)
av	平均值(average)	m, max	最大值(maximum)
B	B 相绕组	min	最小值(minimum)
b	b 相绕组; 制动(brake)	N	额定值, 标称值(nominal)
bl	堵转(block)	p	磁极(poles); 峰值(peak value)
C	C 相绕组	q	q 轴(quadrature axis)
c	环路、环流(circulating); 铁心(core)	r	转子(rotator); 反向(reverse)
cr	临界(critical)	ref	参考(reference)
d	直流(direct current); d 轴(direct axis)	rec	整流器(rectifier)
e	电(electricity); 电源(electric source)	s	定子(stator); 串联(series)
em	电磁的(electric - magnetic)	sh	短路(shorting)
f	磁场(field); 正向(forward)	ss	稳态(steady state)
g	气隙(gap)	st	起动(starting)
is	初态(initial state)	sy	同步(synchronous)
L	负载(Load)	T	转矩(torque)
l	线值(line); 漏磁(leakage)	W	线圈(winding)

三、参数和物理量文字符号

A	散热系数	G	重力
a	直流电机电枢支路对数	g	重力加速度;气隙宽度
B	磁通密度	GD^2	飞轮惯量
C	电容;电机热容	H	磁场强度
C_e	他励直流电机的电动势系数	I, i	电流
C_m	串励直流电机的电动势系数	I_a, i_a	电枢电流
C_T	他励直流电机的转矩系数	I_d	整流器输出电流
C_{T_s}	串励直流电机的转矩系数	I_f, i_f	励磁电流
D	直径;调速范围	I_0, i_0	空载电流
E, e	感应电动势(大写为平均值或有效值,小写为瞬时值,下同)	I_1, i_1	变压器一次电流
E_a, e_a	电枢感应电动势、反电动势	I_2, i_2	变压器二次电流
E_{add}, e_{add}	附加电动势	I'_2, i'_2	变压器二次侧折算电流
E_1, e_1	变压器一次绕组感应电动势	I_L, i_L	负载电流
$E_{1\sigma}, e_{1\sigma}$	变压器一次绕组漏磁电动势	I_N, i_N	额定电流
E_2, e_2	变压器二次绕组感应电动势	I_r, i_r	交流电机转子电流
E'_2, e'_2	变压器二次绕组折算感应电动势	I'_r, i'_r	交流电机转子折算电流
$E_{2\sigma}, e_{2\sigma}$	变压器二次绕组漏磁电动势	I_s, i_s	交流电机定子电流
$E'_{2\sigma}, e'_{2\sigma}$	变压器二次绕组折算漏磁电动势	I_{st}, i_{st}	电机起动电流
E_r, \dot{E}_r	交流电机转子感应电动势	I_{sh}, i_{sh}	短路电流
E'_r, \dot{E}'_r	交流电机转子折算感应电动势	J	转动惯量
E_{r0}, \dot{E}_{r0}	交流电机转子静止电动势	j	传动机构减速比
E'_{r0}, \dot{E}'_{r0}	交流电机转子折算静止电动势	K	系数、常数、比值
$E_{r\sigma}, \dot{E}_{r\sigma}$	交流电机转子漏磁电动势	K_1	起动电流倍数
$E'_{r\sigma}, \dot{E}'_{r\sigma}$	交流电机转子漏磁折算电动势	K_T	起动转矩倍数
E_s, \dot{E}_s	交流电机定子感应电动势	k	变压器的匝比、电压比;比例系数
$E_{s\sigma}, \dot{E}_{s\sigma}$	交流电机定子漏磁电动势	k_e	异步电动机电压比
F	力,电磁力	k_i	异步电动机电流比
F_a	电枢磁动势	k_{w1}	定子绕组系数
F_m	磁动势	k_{w2}	转子绕组系数
F_f	励磁磁动势	L	电感
F_r	转子磁动势	L_σ	漏感
F_s	定子磁动势	L_m	互感
F_{sr}	定子、转子合成磁动势	m	质量;相数
f	频率	N	绕组匝数
f_c	电源频率	n	转速
f_1	变压器一次侧电源频率,定子频率	n_0	理想空载转速
f_2	交流电机转子频率	n_1	同步转速
f_s	交流电机转差频率	n_p	极对数
		P	功率

P_0	空载功率	U_c	控制电压
P_1	输入功率	U_d	整流器输出电压
P_2	输出功率	U_f, u_f	励磁电压
P_{em}	电磁功率	U_l, u_l	负载电压
P_l	负载功率	U_N, u_N	额定电压
P_m	机械功率	U_r, u_r	交流电机转子电压
P_N	额定功率	U'_r, u'_r	交流电机转子折算电压
P_s	转差功率	U_{r0}, u_{r0}	交流电机转子静止电压
P_{sh}	短路输入功率	U'_{r0}, u'_{r0}	交流电机转子静止折算电压
p	磁极数	U_s, u_s	交流电机定子电压
Q	无功功率;热量	U_{sh}	短路电压
R	电阻;电枢回路总电阻	u_{sh}	基准温度短路电压相对值
R_a	直流电机电枢电阻	V	体积
R_{ch}	能耗制动电阻	v	速度,线速度
R_f	励磁电阻	W	能量
R_1	变压器一次绕组电阻	W_e	电能
R_2, R'_2	变压器二次绕组电阻及折算	W_f	磁场储能
R_r, R'_r	转子绕组电阻及折算	W'_f	磁余能
R_{rb}	反接制动电阻	W_m	机械能
R_{rec}	整流装置内阻	X	电抗
R_s	定子绕组电阻	X_f	励磁电抗
R_{sh}	短路电阻	X_1	变压器一次绕组电抗
R_{st}	起动电阻	X_2, X'_2	变压器二次绕组电抗及折算
R_m	磁阻	X_r, X'_r	转子绕组旋转漏电抗及折算
S	视在功率;面积	X_{r0}, X'_{r0}	转子绕组静止漏电抗及折算
s	转差率;静差率	X_s	定子绕组漏电抗
T	转矩	X_{sh}	短路电抗
T_0	空载转矩	γ	电机绕组节距
T_e	电磁转矩	Z	电阻抗
T_{em}	最大电磁转矩	Z_f	励磁阻抗
T_f	摩擦转矩	Z_0	变压器空载总阻抗
T_l	负载转矩	Z_1	变压器一次绕组阻抗
T_m	机械转矩	Z_2, Z'_2	变压器二次绕组阻抗及折算
T_N	额定转矩	Z_L, Z'_L	负载阻抗及折算
T_{st}	起动转矩	Z_r, Z'_r	转子绕组阻抗及折算
t	时间	Z_{r0}, Z'_{r0}	转子绕组静止阻抗及折算
U, u	电压,电源电压	Z_s	定子绕组阻抗
U_1, u_1	变压器一次电压	Z_{sh}	短路阻抗
U_2, u_2	变压器二次电压	α	机械特性硬度
U'_2, u'_2	变压器二次侧折算电压	β	机械特性斜率;变压器负载系数
U_a	直流电机电枢电压	γ	夹角

δ	放大系数;静差率	Φ_a	电枢磁通
Δn	转速降落	Φ_f	励磁磁通
Δp	功率损耗	Φ_m	主磁通
Δp_{add}	附加损耗	Φ_N	额定磁通
Δp_{Cu}	铜耗	Φ_r	转子磁通
Δp_{Fe}	铁耗	Φ_s	定子磁通
Δp_m	机械损耗	Φ_{rs}	合成磁通
ΔU	电压差	φ	相位角;阻抗角
η	效率	φ_1	一次侧、定子相位角;阻抗角
η_c	传动装置的传递效率	φ_2	二次侧、转子相位角;阻抗角
θ	角位移;温度	φ_r	转子磁动势与合成磁动势的夹角
λ	电机允许过载倍数;波长	φ_s	转子磁动势与定子磁动势的夹角
μ	磁导率	φ_s	定子磁动势与合成磁动势的夹角
μ_0	真空磁导率	Ψ, ψ	磁链
μ_r	相对磁导率	ω	角转速
ρ	调速比	ω_1	同步角转速,同步角频率
σ	漏磁系数;转差功率损耗系数	ω_2	转子角转速,转子角频率
τ	温升	ω_e	电角频率
Φ	磁通	ω_s	转差角转速
Φ_0	空载磁通		

目 录

序一	
序二	
前言	
常用符号表	
绪论	1
第一章 电机的基本原理	3
第一节 电磁感应	3
第二节 机电能量转换基本原理	8
第三节 电机的基本结构与工作原理	11
第四节 电机的能量损耗与发热	15
小结	16
思考题与习题	17
第二章 电力拖动系统的动力学基础	18
第一节 电力拖动系统的运动方程	18
第二节 生产机械的负载转矩特性	19
第三节 电力拖动系统的稳态分析——稳定运行的条件	21
* 第四节 电力拖动系统的动态分析——过渡过程分析	24
* 第五节 多轴电力拖动系统的化简	27
小结	32
思考题与习题	33
第三章 直流电机原理	34
第一节 直流电机的基本原理和结构	34
第二节 直流电机的电枢绕组和磁场	36
第三节 电枢绕组感应电动势和电磁转矩	40
第四节 直流电机的基本方程和工作特性	42
小结	49
思考题与习题	50
第四章 直流电机拖动基础	51
第一节 他励直流电动机的机械特性	51
第二节 他励直流电动机的起动	53
第三节 他励直流电动机的调速	57
第四节 他励直流电动机的制动	64
* 第五节 串励和复励电动机的电力拖动	78
小结	82
思考题与习题	83
第五章 变压器	85
第一节 变压器的基本原理与结构	85
第二节 变压器的空载运行和负载运行	89
第三节 变压器的等效电路和参数测定	93
第四节 变压器的运行特性	98
第五节 三相变压器	101
* 第六节 其他用途的变压器	107
小结	111
思考题与习题	111
第六章 交流电机的旋转磁场理论	113
第一节 电枢绕组的磁动势	113
第二节 旋转磁场的形成和特点	114
第三节 交流电机的主磁通和漏磁通	116
小结	117
思考题与习题	117
第七章 异步电机原理	118
第一节 异步电机的结构和运行方式	118
第二节 异步电动机的电磁关系	123
第三节 异步电动机的功率与转矩	131
第四节 异步电动机的工作特性	134
小结	136
思考题与习题	137
第八章 同步电机原理	139
第一节 同步电机的结构和运行方式	139

第二节	同步电动机的电压方程和相量图	142	的选择	200	
第三节	同步电动机的功率方程和功角特性	145	第一节	电动机的型号和铭牌参数	200
第四节	同步电动机的功率因数及U形曲线	150	第二节	电动机的绝缘等级与工作制分类	203
* 第五节	永磁同步电动机	153	第三节	不同工作制下电动机的功率选择	205
小结		156	第四节	电动机额定数据的选择	207
思考题与习题		157	小结		208
第九章	交流电机拖动基础	158	思考题与习题		209
第一节	异步电动机的机械特性	158	* 第十一章	特种电机	210
第二节	异步电动机的起动	163	第一节	单相异步电动机	210
第三节	异步电动机的调速	173	第二节	磁阻式同步电动机	214
第四节	异步电动机的制动	185	第三节	磁滞式同步电动机	215
* 第五节	同步电动机的电力拖动	193	第四节	步进电动机	217
小结		197	第五节	直线电动机	219
思考题与习题		198	小结		222
第十章	电力拖动系统电动机		参考文献		223

绪 论

一、概述

物质、能量和信息是人类赖以生存的三大基本要素。电能作为一种能量形式，由于其易于传输、变换、分配和控制，已成为使用最为广泛的现代能源，也是人们生产和生活中使用动力的主要来源。在电能的生产、传输、变换、分配、控制和管理中，电机是主要的机电能量转换装置。例如：在电能的生产过程中，发电机将机械能转换成电能；在电能的传输过程中，变压器是主要的传输设备；在电能的使用中，电动机将电能转换成机械能。

电力拖动就是使用各种电动机作为原动机拖动生产机械运动，以完成一定的生产任务。由于电动机具有性能优良、高效可靠、控制方便等优点，因此现代化生产中，大多数生产机械都采用电力拖动。例如：在工农业生产和交通运输中，机床、轧钢机、起重机、卷扬机、鼓风机、抽水机、纺织机、印染机、印刷机、电动工具和电动车辆等都采用电力拖动；在人们的日常生活中，各种家用电器大都使用微特电机作为驱动装置。在自动控制系统、计算机系统和机器人等高新技术中，大量使用控制电机作为检测、放大和执行元件。

因此，可以说电机与电力拖动系统已广泛应用到我们现代社会生产和生活的方方面面。如果没有发电机也就没有大量的电能产生，如果没有电动机也就没有用电力拖动的运动装置和设备。目前，电机与拖动的现状可以概括为两点：

1) 电力拖动现已取代了其他拖动形式，成为主要的拖动形式。这是因为电动机与其他原动机相比有许多优点，比如：电能的获得和转换比较经济；传输和分配比较便利；操作和控制容易，特别是易于实现自动与远程控制。因此，目前绝大多数的生产机械都采用电力拖动。而且，目前电力拖动的方式也几乎全部是单机或多机拖动。

2) 当代科学和技术的新成果广泛地应用于电力拖动系统之中，比如：电力电子学的发展，使半导体变流装置广泛地用作电力拖动的电源；微电子学的发展，使电子控制器件和微处理机成为电力拖动的主要控制手段；自动控制理论广泛应用于电力拖动自动控制系统中，大大提高了系统的性能等。

随着现代电力电子技术、自动化技术和计算机技术的发展，电机与拖动的发展趋势为：

- 1) 用交流电力拖动取代直流电力拖动。
- 2) 从节能的角度改造电力拖动系统；比如：用交流调速系统拖动电动水泵可以节能。
- 3) 继续采用新技术不断提高电力拖动系统的性能和完善系统功能。
- 4) 通过系统集成和技术融合，组成综合自动化系统，以进一步提高生产效率。

二、电力拖动的历史、现状与发展趋势

早在远古时代，人类已经应用流水为动力带动水车。据史料记载：公元前 3000 年，中国有了水车，后来又出现了风车，这些都是最简单的拖动系统。17 世纪末，人类开始利用蒸汽为动力。1782 年，瓦特发明了第一台连续运转的蒸汽机，开创了机器时代。那时原动机与生产机械之间的连接是靠绳索或传动带，而各车间甚至全厂所有的工作就靠这种传动方式与一台原动机相连。