



普通高等教育“十五”国家级规划教材

( 高职高专教育 )

# 电机及拖动

(第2版)

许晓峰 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材  
(高职高专教育)

# 电机及拖动

(第2版)

许晓峰 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是在2000年8月第一版的基础上修订而成的。全书共分8章,主要内容有直流电机、直流电动机的电力拖动、变压器、三相异步电动机、三相异步电动机的电力拖动、同步电机、驱动和控制微电机以及电力拖动系统中电动机的选择等。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的工业电气自动化、供用电技术和电气技术等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员工作时参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电机及拖动/许晓峰主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2004.6

ISBN 7-04-014655-X

I. 电... II. 许... III. ①电机—高等学校—教材  
②电力传动—高等学校—教材 IV. ①TM3②TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第025786号

策划编辑 尹洪 责任编辑 李刚 封面设计 王凌波 责任绘图 尹莉  
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总机 010-82028899

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

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

经销 新华书店北京发行所

印刷 涿州市星河印刷有限公司

开本 787×1092 1/16

印张 19.75

字数 480 000

版次 2000年8月第1版

2004年6月第2版

印次 2004年6月第1次印刷

定价 22.90元

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

## 出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

## 第二版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是在2000年8月第一版的基础上修订而成的。本书第一版于2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖。

全书共分8章,主要内容有直流电机、直流电机的电力拖动、变压器、三相异步电动机,三相异步电动机的电力拖动、同步电机、驱动和控制微电机以及电力拖动系统中电动机的选择等。和第一版相比,在难度上有所降低(特别是降低了习题的难度),在内容与结构上进行部分改动,例如,将交流绕组及电动势和磁动势内容放到三相异步电动机一章中讲述,将各种微电机内容并入控制电机章节中。删掉了电机及拖动实验以及部分附录等内容,增加了直线电动机和开关磁阻电动机等内容。

另外,编者还为本书编写了配套的学习指导书,书中内容包括内容提要、基本要求、重点与难点分析、典型例题分析、部分思考题与习题解答、自测题参考答案等六个方面。

本教材力争做到概念准确、内容精练、重点突出、理论联系实际。在讲解上力求通俗易懂、便于自学。本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的工业电气自动化、供用电技术和电气技术等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员工作时参考。

书中带有\*的内容为选学内容。

本书第2、5、8章由沈阳工程学院吕中枢教授编写,第1章和第7章中的第7.4~7.8节由承德石油高等专科学校邹振春副教授编写,第6章和第7章中的第7.3节由南昌水利水电高等专科学校吕树清教授编写,其余部分由沈阳工程学院许晓峰副教授编写,全书由许晓峰统稿并担任主编。

本书由北京交通大学武慧芳副教授主审。主审审阅过程中提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编者

2004年1月

# 第一版前言

本书是根据1999年6月在北京联合大学召开的“高职高专机械、电子类教材研讨会”确定的教材编写原则,参考了现行高等工程专科基础课程教学基本要求,并结合我国高等职业教育的现状和发展趋势,按照“三教统筹,协调发展”的思路编写,可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的工业电气自动化、电气技术、供用电技术和机电一体化等专业的“电机及拖动”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

“电机及拖动”课程是高等职业技术学校、高等专科学校和部分成人高等学校工业电气自动化、电气技术、供用电技术和机电一体化等专业学生必修的一门技术基础课,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新课。

本书编写时注意体现如下特点:

1. 侧重于基本原理和基本概念的阐述,并强调基本理论的实际应用。
2. 编写教材时,部分内容采用提出问题、分析问题、解决问题,最后总结出概念并推广到一般的写作方法。
3. 教材中编入了一些工程中已经应用且较为成熟的新技术,力求取材新颖。
4. 为便于巩固应掌握的基本知识和引导应用,书中配有大量的例题、思考题和习题。
5. 教材中所反映的实验和试验等实践环节内容,采用单独列章的方式加以叙述。
6. 在每章末附有自测题目,以便于学生自检、自测。
7. 教学内容模块化,各模块教学目标明确,具有针对性、可组合性和可选择性,便于不同专业选修。为了满足各专业的需要,并考虑各专业讲授的学时数相差较大(60~120学时),本书按多学时情况编写,对于少学时情况,可根据专业需要进行删减或选择。书中带有\*的内容为选学内容。
8. 内容叙述力求简明扼要,通俗易懂,深入浅出,富于启发性。
9. 书中符号和插图采用国家新标准。

全书共分10章,其中2、6和9章由沈阳电力高等专科学校吕中枢教授编写,1、8章由承德石油高等专科学校邹振春副教授编写,7、10章由南昌水利水电高等专科学校吕树清副教授编写,4章由沈阳电力高等专科学校吴志宏老师编写,其余部分由沈阳电力高等专科学校许晓峰副教授编写,全书由许晓峰统稿并担任主编。

本书由深圳职业技术学院曹家喆副教授主审,审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中缺点和错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

2000年2月于沈阳

## 主要符号表

- $a$ ——直流机电枢绕组并联支路对数;交流绕组并联支路数
- $a_c$ ——有效信号系数
- $B$ ——磁通密度
- $B_a$ ——电枢磁通密度
- $B_{av}$ ——平均磁通密度
- $B_0$ ——空载磁通密度
- $B_\delta$ ——气隙磁通密度
- $C_e$ ——电动势常数
- $C_T$ ——转矩常数
- $D_a$ ——直流机电枢铁心外径
- $E$ ——感应电动势
- $E_a$ ——电枢电动势
- $E_{ad}$ ——直轴电枢反应电动势
- $E_{aq}$ ——交轴电枢反应电动势
- $E_0$ ——空载电动势
- $E_1$ ——变压器一次侧电动势;交流电机定子绕组感应电动势
- $E_2$ ——变压器二次侧电动势;异步电动机转子不动时的感应电动势
- $E_{2s}$ ——异步电动机转子旋转时的电动势
- $E_\nu$ —— $\nu$ 次谐波电动势
- $E_s$ ——定子漏磁电动势
- $E_\delta$ ——气隙电动势
- $E_p$ ——每相电动势
- $E_Q$ ——虚构电动势
- $E_{1\sigma}$ ——变压器一次侧漏电动势
- $E_{2\sigma}$ ——变压器二次侧漏电动势
- $e$ ——电动势瞬时值
- $e_L$ ——直流电机换向元件中的自感电动势
- $e_M$ ——直流电机换向元件中的互感电动势
- $e_r$ ——直流电机换向元件中的电抗电动势
- $e_s$ ——直流电机换向元件中的电枢反应电动势

$F$ ——电机磁动势;力  
 $F_a$ ——直流电机电枢磁动势  
 $F_{ad}$ ——直轴电枢反应磁动势  
 $F_{aq}$ ——交轴电枢反应磁动势  
 $F_f$ ——励磁磁动势  
 $F_\delta$ ——气隙磁动势  
 $f$ ——频率;磁动势瞬时值  
 $f_N$ ——额定频率  
 $f_1$ ——异步电机定子电路频率  
 $f_2$ ——异步电机转子电路频率  
 $f_\nu$ —— $\nu$ 次谐波频率  
 $GD^2$ ——飞轮矩  
 $H$ ——磁场强度  
 $I$ ——电流  
 $I_a$ ——电枢电流  
 $I_f$ ——励磁电流  
 $I_{fN}$ ——额定励磁电流  
 $I_S$ ——短路电流  
 $I_N$ ——额定电流  
 $I_0$ ——空载电流  
 $I_{0a}$ ——铁损耗电流  
 $I_{0r}$ ——励磁电流  
 $I_1$ ——变压器一次侧电流;交流电机定子电流  
 $I_2$ ——变压器二次侧电流;异步电机转子电流  
 $I_{1L}$ ——定子电流或一次电流的负载分量  
 $I_{st}$ ——起动电流  
 $i_a$ ——绕组支路电流  
 $J$ ——转动惯量  
 $K$ ——直流电机换向片数;系数  
 $k$ ——变压器的变比  
 $k_a$ ——自耦变压器变比  
 $k_e$ ——异步电机电动势变比  
 $k_i$ ——异步电机电流变比  
 $k_I$ ——起动电流倍数  
 $k_{q1}$ ——交流绕组基波分布系数; $k_{qv}$ ——交流绕组谐波分布系数  
 $k_{st}$ ——异步电动机起动转矩倍数



$k_{w1}$ ——交流绕组基波绕组系数;  $k_{wv}$ ——交流绕组谐波绕组系数  
 $k_{y1}$ ——交流绕组基波短距系数;  $k_{yv}$ ——交流绕组谐波短距系数  
 $k_{\mu}$ ——饱和系数  
 $L$ ——自感系数  
 $L_r$ ——换向元件等效合成漏电感  
 $l$ ——有效导体的长度  
 $M$ ——互感系数  
 $m$ ——相数; 直流电动机起动级数  
 $N$ ——直流电机电枢绕组总导体数  
 $N_1$ ——变压器一次侧匝数; 异步电机定子绕组每相串联匝数  
 $N_2$ ——变压器二次侧匝数; 异步电机转子绕组每相串联匝数  
 $n$ ——转速  
 $n_N$ ——额定转速  
 $n_1$ ——同步转速  
 $n_0$ ——直流电动机理想空载转速  
 $P_N$ ——额定功率  
 $P_{em}$ ——电磁功率  
 $P_{MEC}$ ——总机械功率  
 $P_1$ ——输入功率  
 $P_2$ ——输出功率  
 $p$ ——极对数  
 $P_{ad}$ ——附加损耗, 杂散损耗  
 $P_{Cu}$ ——铜损耗  
 $P_{Fe}$ ——铁损耗  
 $P_{mec}$ ——机械损耗, 摩擦损耗  
 $P_f$ ——励磁损耗  
 $P_S$ ——短路损耗  
 $P_0$ ——空载损耗  
 $Q$ ——无功功率  
 $q$ ——每极每相槽数  
 $R$ ——电阻  
 $R_a$ ——直流电机电枢回路电阻  
 $R_{cr}$ ——直流发电机励磁回路的临界电阻  
 $R_f$ ——励磁回路电阻  
 $R_L$ ——负载电阻  
 $R_m$ ——磁阻

$R_1$ ——变压器一次绕组电阻;异步电机定子电阻  
 $R_2$ ——变压器二次绕组电阻;异步电机转子电阻  
 $R_S$ ——变压器、异步电机的短路电阻  
 $R_m$ ——变压器、异步电机的励磁电阻  
 $S$ ——直流电机元件数;变压器视在功率  
 $s$ ——异步电动机转差率  
 $s_m$ ——临界转差率  
 $s_N$ ——额定转差率  
 $T$ ——转矩;周期;时间常数  
 $T_{em}$ ——电磁转矩  
 $T_L$ ——负载转矩  
 $T_m$ ——最大电磁转矩  
 $T_N$ ——额定转矩  
 $T_{st}$ ——起动转矩  
 $T_0$ ——空载转矩,制动转矩  
 $T_1$ ——输入转矩,拖动转矩  
 $T_2$ ——输出转矩  
 $U$ ——电压  
 $U_f$ ——励磁电压  
 $U_S$ ——变压器短路电压  
 $U_N$ ——额定电压  
 $U_1$ ——变压器一次侧电压;交流电机定子电压  
 $U_2$ ——变压器二次侧电压;异步电机转子电压  
 $U_{20}$ ——变压器二次侧空载电压  
 $u_s$ ——短路电压百分值  
 $u_{sa}$ ——短路电压的有功分量  
 $u_{sr}$ ——短路电压的无功分量  
 $v$ ——线速度  
 $X$ ——电抗  
 $X_a$ ——电枢反应电抗  
 $X_{ad}$ ——直轴电枢反应电抗  
 $X_{aq}$ ——交轴电枢反应电抗  
 $X_d$ ——直轴同步电抗  
 $X_q$ ——交轴同步电抗  
 $X_S$ ——短路电抗  
 $X_L$ ——负载电抗

$X_m$ ——励磁电抗  
 $X_t$ ——同步电抗  
 $X_g$ ——漏电抗  
 $X_1$ ——变压器一次侧漏电抗;交流电机定子漏电抗  
 $X_2$ ——变压器二次侧漏电抗;异步电机转子不动时的漏电抗  
 $X_{2s}$ ——异步电动机转子转动时的漏电抗  
 $y$ ——节距;直流电机电枢绕组的合成节距  
 $y_K$ ——直流电机换向器节距  
 $y_1$ ——直流电机第一节距  
 $y_2$ ——第二节距  
 $Z$ ——电机槽数;阻抗  
 $Z_s$ ——短路阻抗  
 $Z_L$ ——负载阻抗  
 $Z_m$ ——励磁阻抗  
 $Z_r$ ——步进电机转子齿数  
 $Z_1$ ——变压器一次侧漏阻抗;异步电动机定子漏阻抗  
 $Z_2$ ——变压器二次侧漏阻抗;异步电动机转子漏阻抗  
 $\alpha$ ——角度;槽距角  
 $\beta$ ——角度;变压器负载系数  
 $\gamma$ ——角度  
 $\delta$ ——气隙长度;功角(又称为功率角)  
 $\eta$ ——效率  
 $\eta_{\max}$ ——最大效率  
 $\theta$ ——角度;温度  
 $\theta_{se}$ ——步进电机的步距角  
 $\mu$ ——磁导率  
 $\mu_{Fe}$ ——铁磁性材料磁导率  
 $\mu_r$ ——相对磁导率  
 $\nu$ ——谐波次数  
 $\tau$ ——极距;温升  
 $\tau_{\max}$ ——绝缘材料允许的最高温升  
 $\Phi$ ——主磁通;每极磁通  
 $\Phi_m$ ——变压器主磁通最大值  
 $\Phi_{1\sigma}$ ——一次侧漏磁通  
 $\Phi_{2\sigma}$ ——二次侧漏磁通  
 $\Phi_1$ ——基波磁通

$\Phi_\nu$ —— $\nu$ 次谐波磁通

$\Phi_0$ ——空载磁通;异步电动机气隙主磁通

$\varphi$ ——相位角;功率因数角

$\varphi_1$ ——变压器一次侧功率因数角;异步电机定子功率因数角

$\varphi_2$ ——变压器二次侧功率因数角;异步电机转子电路功率因数角

$\Psi$ ——磁链;内功率因数角

$\Omega$ ——机械角速度

$\Omega_1$ ——同步机械角速度

$\omega$ ——电角速度;角频率

$\lambda$  或  $\lambda_T$ ——过载能力

# 目 录

绪论 .....	1	3.7 三相变压器 .....	106
0.1 电机及电力拖动系统概述 .....	1	3.8 变压器的并联运行 .....	114
0.2 本课程的性质、任务和内容 .....	2	3.9 其他用途的变压器 .....	116
0.3 本课程的特点及学习方法 .....	3	小结 .....	120
<b>第 1 章 直流电机</b> .....	<b>4</b>	思考题与习题 .....	121
1.1 直流电机的基本工作原理与结构 .....	4	本章自测题 .....	124
1.2 直流电机的电枢绕组简介 .....	10	<b>第 4 章 三相异步电动机</b> .....	<b>126</b>
1.3 直流电机的电枢反应 .....	16	4.1 三相异步电动机的基本工作原理 与结构 .....	126
1.4 直流电机的电枢电动势和电磁 转矩 .....	21	4.2 交流电机的绕组 .....	133
1.5 直流电机的换向 .....	23	4.3 交流电机绕组的感应电动势 .....	140
1.6 直流发电机 .....	27	4.4 交流电机绕组的磁动势 .....	144
1.7 直流电动机 .....	32	4.5 三相异步电动机的空载运行 .....	151
小结 .....	35	4.6 三相异步电动机的负载运行 .....	153
思考题与习题 .....	36	4.7 三相异步电动机的等效电路和相 量图 .....	158
本章自测题 .....	37	4.8 三相异步电动机的功率平衡、转矩 平衡和工作特性 .....	162
<b>第 2 章 直流电动机的电力拖动</b> .....	<b>39</b>	4.9 三相异步电动机的参数测定 .....	166
2.1 电力拖动系统的运动方程式和负 载转矩特性 .....	39	小结 .....	169
2.2 他励直流电动机的机械特性 .....	42	思考题与习题 .....	169
2.3 他励直流电动机的起动 .....	50	本章自测题 .....	171
2.4 他励直流电动机的制动 .....	54	<b>第 5 章 三相异步电动机的电力       拖动</b> .....	<b>173</b>
2.5 他励直流电动机的调速 .....	60	5.1 三相异步电动机的机械特性 .....	173
2.6 串励及复励直流电动机的电力 拖动 .....	67	5.2 三相异步电动机的起动 .....	179
小结 .....	72	5.3 三相异步电动机的制动 .....	188
思考题与习题 .....	73	5.4 三相异步电动机的调速 .....	192
本章自测题 .....	75	小结 .....	204
<b>第 3 章 变压器</b> .....	<b>76</b>	思考题与习题 .....	205
3.1 变压器的基本工作原理和结构 .....	77	本章自测题 .....	206
3.2 单相变压器的空载运行 .....	83	<b>第 6 章 同步电机</b> .....	<b>208</b>
3.3 单相变压器的负载运行 .....	89	6.1 同步电机的基本工作原理与 结构 .....	208
3.4 变压器参数的测定 .....	96	6.2 同步发电机的空载运行 .....	213
3.5 标么值 .....	100		
3.6 变压器的运行特性 .....	102		

6.3 同步发电机的电枢反应 .....	215	小结 .....	279
6.4 同步发电机的负载运行 .....	219	思考题与习题 .....	280
6.5 同步发电机的并联运行 .....	224	本章自测题 .....	281
6.6 同步电动机和同步调相机 .....	230	<b>第 8 章 电力拖动系统中电动机的</b>	
小结 .....	235	<b>选择</b> .....	283
思考题与习题 .....	236	8.1 电动机的发热和冷却 .....	283
本章自测题 .....	237	8.2 电动机的工作制分类 .....	285
<b>第 7 章 驱动和控制微电机</b> .....	239	8.3 电动机容量的选择方法 .....	286
· 7.1 单相异步电动机 .....	239	8.4 电动机种类、型式、电压、转速	
* 7.2 直线电动机 .....	244	的选择 .....	289
* 7.3 微型同步电动机 .....	247	小结 .....	290
7.4 伺服电机 .....	253	思考题与习题 .....	291
7.5 测速发电机 .....	258	<b>附录 电机理论中常用的物理概念与</b>	
7.6 自整角机 .....	261	<b>基本电磁定律</b> .....	292
7.7 旋转变压器 .....	265	<b>部分思考题与习题参考答案</b> .....	298
7.8 步进电机 .....	271	<b>参考文献</b> .....	301
* 7.9 开关磁阻电动机 .....	277		

# 绪 论

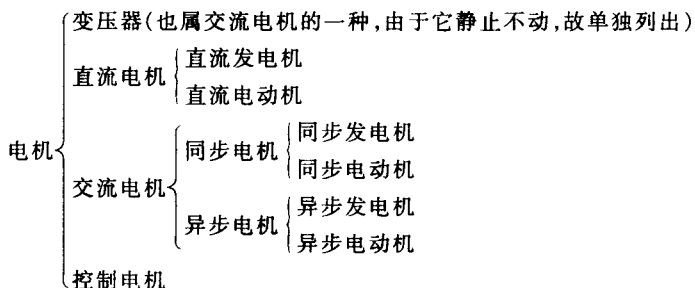
## 0.1 电机及电力拖动系统概述

电能在现代化工农业生产、交通运输、科学技术、信息传输、国防建设以及日常生活等各个领域获得了极为广泛的应用。而电机是生产、传输、分配及应用电能的主要设备。在现代化生产过程中,电力拖动系统是为了实现各种生产工艺过程所必不可少的传动系统,是生产过程电气化、自动化的重要前提。

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。电机常用的分类方法主要有两种:一种分类方法是按功能用途分,可分为发电机、电动机、变压器和控制电机四大类。发电机的功能是将机械能转换为电能。电动机的功能则是将电能转换为机械能,它可以作为拖动各种生产机械的动力,是国民经济各部门应用最多的动力机械,也是最主要的用电设备,各种电动机所消耗的电能占全国总发电量的60%~70%。变压器的作用是将一种电压等级的电能转换为同频率另一种电压等级的电能。控制电机主要用于信号的变换与传递,在各种自动化控制系统中作为多种控制元件使用,如国防工业、数控机床、计算机外围设备、机器人和音像设备等均大量使用控制电机。

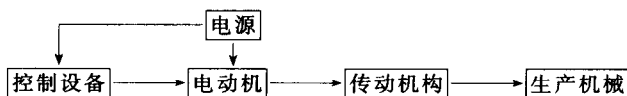
另一种分类方法是按照电机的结构或转速分类,可分为变压器和旋转电机。变压器为静止电机。根据电源电流的不同旋转电机又分为直流电机和交流电机两大类。交流电机又分为同步电机和异步电机。同步电机转速恒为同步转速。电力系统中的发电机几乎都是同步电机。异步电机处于电动机状态运行时转速低于同步转速,当处于发电机运行状态时转速高于同步转速。异步电机主要用作电动机。

综合以上两种分类方法,可归纳如下:



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。

用电动机作为原动机来拖动生产机械运行的系统,称为电力拖动系统。电力拖动系统包括:电动机、传动机构、生产机械、控制设备和电源五个部分,它们之间的关系如下所示。



电动机把电能转换成机械能,通过传动机构把电动机的运动经过中间变速或变换运动方式后,再传给生产机械驱动生产机械工作(有些情况下,电动机直接拖动生产机械,而不需要传动机构)。生产机械是执行某一生产任务的机械设备,是电力拖动的对象。控制设备是由各种控制电机、电器、电子元件及控制计算机等组成,用以控制电动机的运动,从而对生产机械的运动实现自动控制。为了向电动机及电气控制设备供电,电源是不可缺少的部分。

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。

电机是随着生产的发展而发展的,反过来,电机的发展又促进了社会生产力的不断提高。从19世纪末期起,电动机就逐渐代替蒸汽机作为拖动生产机械的原动机。一个多世纪以来,虽然电机的基本结构变化不大,但是电机的类型增加了许多,在运行性能、经济指标等方面也都有了很大的改进和提高,而且随着自动控制系统和计算机技术的发展,在一般旋转电机的理论基础上又发展出许多种类的控制电机,控制电机具有高可靠性、高精度度、快速响应的特点,已成为电机学科的一个独立分支。

纵观电力拖动的发展过程,交、直流两种拖动方式并存于各个生产领域。在交流电出现以前,直流电力拖动是唯一的一种电力拖动方式。19世纪末期,由于研制出了经济实用的交流电动机,致使交流电力拖动在工业中得到了广泛的应用。但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,对电力拖动在起动、制动、正反转以及调速精度与范围等静态特性和动态响应方面提出了新的、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技术领域,相当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(又称整流子),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,半导体变流技术的交流调速系统得以实现。尤其是70年代以来,大规模集成电路和计算机控制技术的发展,为交流电力拖动的广泛应用创造了有利条件。诸如交流电动机的串级调速、各种类型的变频调速、无换向器电动机调速等,使得交流电力拖动逐步具备了调速范围宽、稳态精度高、动态响应快以及在四象限做可逆运行等良好的技术性能,在调速性能方面完全可与直流电力拖动媲美。除此之外,由于交流电力拖动具有调速性能优良、维修费用低等优点,因此它今后将被广泛地应用于各个工业电气自动化领域中,并逐步取代直流电力拖动而成为电力拖动的主流。

## 0.2 本课程的性质、任务和内容

本课程是工业电气自动化、电气技术和供用电技术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、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准备必要的基础知识,同时也有助于培养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、三相异步电动机、三相异步电动机的电力拖动、同步电机、驱动和控制微电机、电力拖动系统中电动机的选择共 8 个部分。

### 0.3 本课程的特点及学习方法

电机及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。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,为学好电机及拖动这门课,学习时应注意以下几点:

- (1) 要抓主要矛盾,有条件地略去一些次要因素,找出问题的本质。
- (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,可运用对比或比较的学习方法,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,重视科学试验和下厂实践。
- (5) 针对本书的编写特点,书中每章后附有大量思考题,建议读者在学习每一节内容之前,首先预习相关的思考题,带着问题来学习,其效果将更好。