

☆ 普通高等工科院校电气工程本科生通用教材 ☆

# 电机学 与电力拖动基础

DIANJI XUE YU DIANLI TUODONG JICHU

汤蕴璆 主审  
刘慧娟 张威 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

责任编辑：王九贤 jxwang@ndip.cn  
责任校对：钱辉玲  
封面设计：王晓军 xjwang@ndip.cn

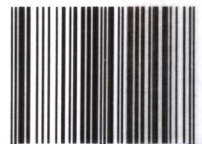
# 电机学与电力拖动基础



► 上架建议：电机学、电力拖动教材 ◀

<http://www.ndip.cn>

ISBN 978-7-118-05249-7



9 787118 052497 >

定价：29.00 元

2007

TM3/91

2007

普通高等工科院校电气工程本科生通用教材

# 电机学与电力拖动基础

汤蕴璆 主审

刘慧娟 张威 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书是“电机学”和“电力拖动基础”两门课程主要内容的有机结合。第1~第5章主要是“电机学”的内容,包括电机分析的基础知识、直流电机、变压器、交流电机的共同理论、三相感应电机和同步电机。第6、第7章主要是“电力拖动基础”的内容,包括直流电动机的电力拖动和三相感应电动机的电力拖动。为加强学生对相关知识的理解,各章中备有相应的例题和复习题。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化、电气信息工程专业和其他强弱电结合专业的教材,亦可供相关专业技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电机学与电力拖动基础/刘慧娟,张威编著. —北京:  
国防工业出版社,2007.8  
ISBN 978-7-118-05249-7

I. 电... II. ①刘... ②张... III. ①电机学②电力传动  
IV. TM3 TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 097266 号

※

国防工业出版社出版发行  
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)  
天利华印刷装订有限公司印刷  
新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$  字数 400 千字  
2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

本书是高等学校电气工程及其自动化、电气信息工程专业和其他强弱电结合专业的“电机学”和“电力拖动基础”两门主要技术基础课的教材,内容涉及本学科一些最基本的理论和分析方法,是“电机学”和“电力拖动基础”两门课程主要内容的有机结合。

本书是编者在总结多年教学经验的基础上,结合电气工程及其自动化、电气信息工程专业的电机学和电力拖动教学大纲,对教学内容和表述方法进行梳理和更新,以适应 21 世纪教学改革的需要而编写的。

本书的主要特点是:

(1)以直流电机、变压器、感应电机和同步电机等 4 种典型通用电机为研究对象,着重讲解其工作原理和稳态运行特性,以及各类电机的共同性问题。突出本专业本科教学应掌握的基本概念、基本理论和基本分析方法,以提高学生解决工程实际问题的能力。

(2)在讲述电机理论的基础上,加入了交流、直流电动机的电力拖动内容,为学习后续课程和解决今后遇到的工程问题打下了相应的基础。

(3)将“磁路”等电机分析的基础知识放在绪论中,可供读者学习参考。

(4)在每一节后都附有相应的思考题,各章都有本章小结和复习题,以帮助读者加强对本节、本章内容的理解和掌握。

(5)各章的内容具有相对独立性,可根据实际需要和学时决定取舍,各章的次序在具体讲授时亦可以改变。

全书的编写方针是结合国情,博采众长,削枝强干,推陈出新。目标是编写一本取材精、科学性强、概念清、便于教学的简明教材。

本书由哈尔滨理工大学汤蕴璆教授主审。由北京交通大学刘慧娟副教授、张威、郭芳和武慧芳老师共同编写,刘慧娟、张威担任主编。具体分工为:刘慧娟编写绪论、第 1 章、第 6 章和第 7 章等;张威编写第 3 章、第 4 章;武慧芳编写第 2 章;郭芳编写第 5 章。汤蕴璆教授对全书的一稿和二稿做了非常仔细的审阅,并提出了许多宝贵的修改意见和建议,在此表示衷心的感谢!

本书的编写得到了北京交通大学各级领导的关怀和帮助,得到了张奕黄教授的关心和大力支持,在此一并表示谢意。

由于编者的水平有限,编写时间仓促,书中难免有不妥和错漏之处,恳请读者提出宝贵意见,以便在再版中修正。

编者

# 目 录

<b>第 0 章 绪论</b> .....	1
0.1 电机与电力拖动技术的发展.....	1
0.1.1 电机在国民经济中的作用.....	1
0.1.2 电机的主要类别.....	2
0.1.3 电机中所用的材料.....	2
0.1.4 电机发展简史及其发展趋势.....	2
0.1.5 我国电机制造工业的发展概况.....	4
0.1.6 电力拖动技术的发展概况及其发展趋势.....	4
0.2 本课程的性质、内容、任务、特点及学习方法.....	5
0.2.1 本课程的性质、内容和任务.....	5
0.2.2 本课程的特点.....	5
0.2.3 本课程的分析方法和步骤.....	5
0.2.4 本课程的学习方法.....	6
0.3 电机分析的基础知识.....	6
0.3.1 磁场和磁路分析中常用物理量.....	6
0.3.2 磁路的概念.....	9
0.3.3 铁磁材料的性质.....	9
0.3.4 基本电磁定律.....	12
0.3.5 电路与磁路的类比.....	16
<b>第 1 章 直流电机</b> .....	18
1.1 直流电机的工作原理、基本结构、励磁方式和额定值.....	18
1.1.1 直流电机的工作原理.....	18
1.1.2 直流电机的结构.....	20
1.1.3 直流电机的励磁方式.....	23
1.1.4 直流电机的铭牌数据.....	24
思考题.....	25
1.2 直流电机的电枢绕组.....	25
1.2.1 直流电枢绕组的基本特点.....	25
1.2.2 直流电枢绕组的基本形式.....	26

思考题 .....	31
1.3 直流电机的磁场 .....	31
1.3.1 直流电机空载时的气隙磁场 .....	31
1.3.2 直流电机负载时的气隙磁场和电枢反应 .....	32
思考题 .....	36
1.4 电枢绕组的感应电动势和电磁转矩 .....	36
1.4.1 直流电机的感应电动势 .....	36
1.4.2 直流电机的电磁转矩 .....	37
1.4.3 $C_T$ 与 $C_e$ 的关系 .....	38
思考题 .....	38
1.5 直流电机的基本方程式 .....	39
1.5.1 直流发电机的基本方程式 .....	39
1.5.2 直流电动机的基本方程式 .....	41
思考题 .....	42
1.6 直流发电机的运行特性 .....	42
1.6.1 他励直流发电机的运行特性 .....	43
1.6.2 并励直流发电机的运行特性 .....	44
1.6.3 复励直流发电机的运行特性 .....	45
思考题 .....	46
1.7 并励直流发电机的自励 .....	46
思考题 .....	47
1.8 直流电动机的运行特性 .....	48
1.8.1 他励直流电动机的工作特性和机械特性 .....	48
1.8.2 并励直流电动机的运行特性 .....	50
1.8.3 串励直流电动机的运行特性 .....	50
1.8.4 复励直流电动机的运行特性 .....	52
思考题 .....	53
1.9 直流电机的换向 .....	54
1.9.1 换向的电磁过程 .....	54
1.9.2 改善换向的方法 .....	55
思考题 .....	55
本章小结 .....	56
复习题 .....	57
<b>第2章 变压器</b> .....	<b>61</b>
2.1 变压器的工作原理与结构 .....	61
2.1.1 变压器的工作原理 .....	61

2.1.2	变压器的分类 .....	62
2.1.3	变压器的基本结构 .....	62
2.1.4	变压器的铭牌数据 .....	64
思考题	.....	65
2.2	单相变压器的空载运行分析 .....	65
2.2.1	空载运行时的电磁过程 .....	65
2.2.2	空载运行时的主要物理量 .....	66
2.2.3	空载运行时的电压方程式、等效电路和相量图 .....	67
思考题	.....	69
2.3	单相变压器的负载运行分析 .....	69
2.3.1	负载运行时的电磁过程 .....	69
2.3.2	磁动势方程式 .....	70
2.3.3	电压方程式 .....	71
2.3.4	绕组折算与等效电路 .....	71
2.3.5	负载运行时的相量图 .....	73
思考题	.....	73
2.4	变压器的参数测定 .....	74
2.4.1	空载试验 .....	74
2.4.2	短路试验 .....	74
2.4.3	标么值 .....	75
思考题	.....	79
2.5	变压器的运行特性 .....	79
2.5.1	外特性和电压变化率 .....	80
2.5.2	效率和效率特性 .....	81
思考题	.....	83
2.6	三相变压器 .....	83
2.6.1	三相变压器的磁路系统 .....	83
2.6.2	三相变压器的电路系统——连接组 .....	84
2.7	变压器的并联运行 .....	88
2.7.1	并联运行的条件 .....	89
2.7.2	变比不等时的并联运行 .....	89
2.7.3	连接组不同时的并联运行 .....	91
2.7.4	短路阻抗标么值不等时的并联运行 .....	92
思考题	.....	93
2.8	其他变压器 .....	93
2.8.1	自耦变压器 .....	94
2.8.2	仪用互感器 .....	96



思考题 .....	98
本章小结 .....	98
复习题 .....	99
<b>第3章 交流电机的共同理论</b> .....	<b>102</b>
3.1 同步电机的工作原理 .....	102
思考题 .....	103
3.2 交流绕组 .....	103
3.2.1 交流绕组的分类和构成原则 .....	103
3.2.2 交流绕组的基本概念 .....	103
3.2.3 三相单层绕组 .....	105
3.2.4 三相双层叠绕组 .....	107
思考题 .....	108
3.3 交流绕组的感应电动势 .....	109
3.3.1 导体电动势 .....	109
3.3.2 线圈电动势和节距因数 .....	109
3.3.3 线圈组电动势和分布因数 .....	110
3.3.4 相电动势 .....	111
3.3.5 交流绕组感应电动势中的高次谐波及其削弱方法 .....	112
思考题 .....	115
3.4 感应电动机的工作原理 .....	115
思考题 .....	116
3.5 交流绕组的磁动势 .....	116
3.5.1 单相交流绕组的磁动势——脉振磁动势 .....	116
3.5.2 三相交流绕组的合成磁动势——旋转磁动势 .....	120
思考题 .....	124
本章小结 .....	125
复习题 .....	125
<b>第4章 感应电机</b> .....	<b>127</b>
4.1 感应电机的基本结构、运行状态和额定值 .....	127
4.1.1 感应电机的基本结构 .....	127
4.1.2 感应电机的运行状态 .....	129
4.1.3 额定值 .....	130
思考题 .....	130
4.2 感应电动机内部的电磁关系 .....	130
4.2.1 感应电动机的主磁通和漏磁通 .....	130

4.2.2	感应电动机的电磁关系 .....	131
思考题	.....	135
4.3	感应电动机的等效电路 .....	135
4.3.1	频率归算 .....	135
4.3.2	绕组归算 .....	136
4.3.3	等效电路和相量图 .....	138
4.3.4	感应电动机负载变化时的物理过程 .....	138
4.3.5	近似等效电路 .....	139
思考题	.....	140
4.4	感应电动机的功率方程和转矩方程 .....	140
4.4.1	功率方程 .....	141
4.4.2	转矩方程 .....	142
4.4.3	电磁转矩 .....	142
思考题	.....	143
4.5	笼型转子绕组的相数和极数 .....	143
4.5.1	笼型转子的相数 .....	143
4.5.2	笼型转子的极数 .....	143
思考题	.....	144
4.6	感应电动机参数的测定 .....	144
4.6.1	空载试验 .....	144
4.6.2	堵转试验 .....	145
思考题	.....	146
4.7	感应电动机的运行特性 .....	146
4.7.1	感应电动机的工作特性 .....	146
4.7.2	感应电动机的机械特性 .....	147
思考题	.....	148
本章小结	.....	148
复习题	.....	149
<b>第5章</b>	<b>同步电机</b> .....	<b>151</b>
5.1	同步电机的分类、结构和工作原理 .....	151
5.1.1	同步电机的分类 .....	151
5.1.2	同步电机的基本结构 .....	152
5.1.3	同步电机的工作原理 .....	155
5.1.4	同步电机的额定值 .....	156
5.1.5	同步电机的励磁方式 .....	156
思考题	.....	156

5.2	同步发电机的空载和负载运行	156
5.2.1	同步发电机的空载运行	156
5.2.2	同步发电机的负载运行	158
	思考题	160
5.3	同步发电机的电压方程、相量图和等效电路	160
5.3.1	隐极同步发电机的电压方程、相量图和等效电路	161
5.3.2	凸极同步发电机的电压方程、相量图	163
	思考题	165
5.4	同步发电机的功率方程和转矩方程	166
5.4.1	同步发电机的功率方程	166
5.4.2	同步发电机的电磁功率	166
5.4.3	同步发电机的转矩方程	167
5.5	同步发电机的运行特性	167
5.5.1	空载特性	167
5.5.2	短路特性	168
5.5.3	外特性	170
5.5.4	调整特性	171
	思考题	171
5.6	同步发电机与电网的并联运行	171
5.6.1	并联运行的条件和方法	172
5.6.2	同步发电机的功角特性	174
5.6.3	同步发电机有功功率的调节和静态稳定	177
5.6.4	同步发电机无功功率的调节和V形曲线	180
	思考题	181
5.7	同步电动机	181
5.7.1	同步电动机的电压方程、相量图和等效电路	181
5.7.2	同步电动机的功角特性、功率方程和转矩方程	182
5.7.3	同步电动机功率因数的调节	183
5.7.4	同步电动机的启动	185
	思考题	187
	本章小结	187
	复习题	188
<b>第6章</b>	<b>直流电动机的电力拖动</b>	<b>192</b>
6.1	电力拖动系统的运动方程式	192
6.1.1	电力拖动系统的运动方程式	192
6.1.2	运动方程式中转矩的符号	193

思考题	193
6.2 生产机械的负载转矩特性	194
6.2.1 恒转矩负载特性	194
6.2.2 通风机类负载特性	194
6.2.3 恒功率负载特性	194
思考题	195
6.3 他励直流电动机的机械特性	195
6.3.1 他励直流电动机的机械特性	195
6.3.2 他励直流电动机的人为机械特性	197
6.3.3 机械特性的求取	198
6.3.4 电力拖动系统的稳定运行条件	199
思考题	200
6.4 他励直流电动机的启动	201
6.4.1 他励直流电动机的直接启动	201
6.4.2 他励直流电动机电枢回路串电阻启动	202
6.4.3 他励直流电动机降压启动	203
6.4.4 他励直流电动机启动的过渡过程	203
思考题	206
6.5 他励直流电动机的制动	206
6.5.1 能耗制动	207
6.5.2 反接制动	208
6.5.3 回馈制动	210
6.5.4 直流电动机的四象限运行	212
思考题	213
6.6 他励直流电动机的调速	213
6.6.1 调速指标	214
6.6.2 电枢回路串电阻调速	216
6.6.3 降低电源电压调速	217
6.6.4 弱磁调速	219
6.6.5 调速时的容许输出与负载类型的配合	220
思考题	223
本章小结	223
复习题	224
<b>第7章 三相感应电动机的电力拖动</b>	<b>227</b>
7.1 三相感应电动机的机械特性	227
7.1.1 机械特性的参数表达式	227

7.1.2	固有机械特性 .....	227
7.1.3	三相感应电动机的稳定运行区域 .....	231
7.1.4	人为机械特性 .....	232
7.1.5	机械特性的实用表达式 .....	234
思考题	.....	236
7.2	三相感应电动机的启动 .....	236
7.2.1	三相笼型感应电动机的启动方法 .....	237
7.2.2	三相绕线式感应电动机的启动方法 .....	241
7.2.3	高启动转矩的三相笼型感应电动机 .....	246
思考题	.....	248
7.3	三相感应电动机的制动 .....	248
7.3.1	能耗制动 .....	248
7.3.2	反接制动 .....	250
7.3.3	回馈制动 .....	252
思考题	.....	253
7.4	三相感应电动机的调速 .....	253
7.4.1	变极调速 .....	254
7.4.2	变频调速 .....	257
7.4.3	变转差率调速 .....	260
7.4.4	电磁调速感应电动机 .....	263
思考题	.....	265
本章小结	.....	265
复习题	.....	268
参考文献	.....	270

# 第 0 章 绪 论

## 0.1 电机与电力拖动技术的发展

### 0.1.1 电机在国民经济中的作用

电能是现代能源中应用最广的二次能源,它适宜于大量生产、集中管理、远距离传输、灵活分配及自动控制,是现代最常用的一种能源。而电机是与电能的生产、变换、分配、使用和控制有关的能量转换机械,其主要作用有以下几种。

#### 1. 电机是电能生产、传输和分配中的主要设备

电力工业的发展是以电机制造工业的发展为基础的。在发电厂中,发电机由汽轮机、水轮机、柴油机或其他动力机械带动电机的转子旋转,将一次能源(燃料燃烧的热能、水的位能、原子核裂变的原子能、风能、太阳能以及潮汐能等)转化而来的机械能进一步转化为电能。显然,没有发电机就没有电能的大规模生产,所以发电机是电力系统中最关键的电气设备。发电厂通常位置偏僻,发电机发出的电压一般为  $10.5\text{kV}\sim 20\text{kV}$ ,为了把大量电能经济、远距离地输送出去,应当采用高压输电,一般输电电压为  $110\text{kV}$ 、 $220\text{kV}$ 、 $330\text{kV}$ 、 $500\text{kV}$  或更高,此时需要采用升压变压器将发电机输出的电压升高后再进行传输。到达用电地区后,为了安全用电,还需要各种等级的降压变压器将电压降低。一般电力系统及电网所需要的变压器的总容量,达到发电设备总容量的 7 倍~8 倍。因此,在电力工业中,发电机和变压器是发电厂和变电站的主要电气设备。

#### 2. 电机是各种生产机械和装备的动力设备

在工农业、交通运输及日常生活中,广泛使用各种电动机来拖动生产机械和装备。例如,在机械工业中,各种工作母机都需要一台或多台不同容量的电动机来拖动和控制,磨床电动机的转速可达每分钟数万转,甚至更高,有些机床需要多速可控电动机;冶金工业中各种高炉、转炉和平炉都需要多台电动机来驱动,大型轧钢机要用  $5000\text{kW}$  或更大功率的直流电动机;农业中的电力排灌、农副产品加工,各类企业中的鼓风、起吊、运输传送,采矿场的矿石采掘和传送,交通运输中的城市电车、铁道电力机车的牵引,以及造纸、医疗器械、家用电器等都需要各种交、直流电动机来驱动。

#### 3. 电机是自动控制系统中的重要元件

随着科学技术的发展,工农业和国防设施的自动化程度越来越高。各种各样的控制电机被用作执行、检测、放大和解算元件。这类电机一般功率较小,品种繁多,用途各异,精度要求较高。例如火炮和雷达的自动定位,人造卫星发射和飞行的控制,舰船方向舵的自动控制,机床加工的自动控制和显示,电梯的自动选层与显示,以及计算机、自动记录仪表等的运行控制、监测或记录显示等,都离不开各种各样的控制电机。所以众多各种容量

的精密控制电机是整个自动控制系统中的重要元件。

总之,在电力工业中,产生电能的发电机和对电能进行变换、传输与分配的变压器是电站和变电所的主要电气设备。在机械、冶金、纺织、石油、煤炭、化工、交通运输业及其他工农业中,需要大量的电动机作为各种生产机械的动力设备。在航天、航空和国防科技等领域的自动控制过程中,需要各种各样的控制电机作为检测、随动、执行和解算元件。因此,电机在国民经济的各个领域起着极其重要的作用。

### 0.1.2 电机的主要类别

电机是一种机电能量转换或信号转换的电磁机械装置。电机中有磁路和电路,电路和磁路利用电磁感应定律和电磁力定律,产生感应电动势和电磁转矩,以实现机电能量的转换。

按功能来分,可将电机分为以下4类。

(1)发电机:将机械能转换为电能。

(2)电动机:将电能转换为机械能。

(3)变压器、移相器、变频器、变流机:将一种电能转换为另一种形式的电能,分别用于改变电能的电压、相位、频率和电流。

(4)控制电机:在自动控制系统中作为产生、传递信号的元件或伺服元件。

根据应用电流的种类,旋转电机可分为直流电机和交流电机两类,交流电机中又可分为感应电机(也称为异步电机)、同步电机和交流换向器电机3种。

### 0.1.3 电机中所用的材料

电机中所用的材料可分为以下4类。

(1)导电材料,用于电机中的电路系统。为减小线路损耗,要求导电材料的电阻率小。常用紫铜及铝。

(2)导磁材料,用于电机中的磁路系统。为了在一定励磁磁动势下产生较强的磁场并降低铁耗,要求导磁材料有较高的磁导率和较低的铁耗系数。交流磁路中常用硅钢片、直流磁路常用钢板和铸钢。

(3)绝缘材料,作为带电体之间及带电体与铁芯之间的电气隔离。要求绝缘材料的介电强度高且耐热性能好。电机中所用绝缘材料,按耐热能力可分为A、E、B、F、H等多级,其最高允许工作温度分别为105℃、120℃、130℃、155℃、180℃。

(4)结构材料,支撑和连接各个部件,使各部件构成整体。要求材料的机械强度高,加工方便、重量轻,常用铸钢、铸铁、钢板、铝合金及工程塑料。

### 0.1.4 电机发展简史及其发展趋势

电机的发展与社会生产力的发展密不可分,大致分为初期发展时期和近代发展时期。初期发展时期分为以下4个阶段。

#### 1. 电磁感应定律的发现

1931年,法拉第提出了电磁感应定律,随后出现了各种各样原始形式的发电机。人们掌握了电能和机械能可以互相转换的规律,使得大规模使用电能有了可能。

## 2. 直流电机的发展

电能工业中最早的应用是满足照明和电化学工业的需要,所以最初发展的电机是直流发电机。1845年,用电磁铁代替了永久磁铁,1867年制成了自励直流发电机,1870年制成了环形电枢,1873年发展为鼓形电枢,形成了现代直流电机的基本形式。直流电动机最初由电池供电,后来改为直流发电机供电,由于电源问题,其发展受到限制。1882年建成了第一条直流输电线路,为广泛应用电能指明了前景。

## 3. 单相交流电的应用

为了把较多的电功率输送至较远的地区,人们尝试用交流电传输电能。1876年,交流电已被应用于照明装置。后来原始形式的同步发电机及变压器的相继出现,为单相交流系统的发展奠定了基础。1884年,具有闭合磁路的变压器制成,并得到推广使用,使单相交流电的应用得到了迅速发展。

## 4. 三相交流电的应用

在单相交流电源供电情况下,单相电动机无法自行启动。不久,两相电流产生旋转磁场的原理被发现,1885年制成了两相交流感应电动机的模型。1889—1897年,经一系列的研究与实验,制成了三相电动机和三相变压器,建成了第一个三相交流输电系统,它的优越性很快得到了公认,并取代了两相制,奠定了交流三相制在工业上广泛应用的基础。交流三相制发电厂的迅速发展,高速运转的汽轮发电机代替了以蒸汽机为原动机的发电机。

交流输电系统的建成,是电力工业、电机工业发展的一个重要阶段。进入20世纪以后,在电气化基础上,大型工业企业不断集中并迅速发展,要求传输的功率不断加大,距离延伸,电气设备在不断经历着巨大的变革。

电机近代发展及今后发展的主要趋势有以下几个方面。

### 1. 单机容量不断提高

随着科学技术水平的不断提高,电力工业的不断发展带动发电机和变压器的单机容量不断增大,这是电机制造业发展的重要趋势。单机容量的提高与冷却技术的发展,绝缘、硅钢片、转子钢材等有效材料和结构材料性能的改进,设计和工艺水平的提高等都有密切的关系。超导技术的发展,对电机单机容量限制的突破也会起到重要的作用。

### 2. 中小型电机技术和经济指标不断改进

当前,已广泛应用计算机对电机进行设计和分析。计算机辅助设计可以大大缩短计算时间,便于选取最佳设计方案,而且通过建立足够精确的数学模型,可以使计算结果与电机实际性能更接近,从而减少样机试制工作量,加速了新产品的开发。除设计技术进一步完善外,新工艺不断出现,生产过程自动化受到很大重视,新型磁性、绝缘材料的研制,这些都大大促进了电机性能指标和产品经济效益的提高。

### 3. 应用范围不断扩大

为适应各种不同工作要求,电机的系列和品种也越来越多。除一般用途的电机外,还有如潜水电机、防爆电机、船舶电机、矿用电机等各种特定用途的电机,以及如高速电机、计时电机、陀螺电机等特殊用途电机。此外,一些新型结构电机,如印制绕组电机、无刷电机、直线电机、各类永磁电机等都得到了迅速发展。



随着科学技术的突飞猛进,电机在制造上也向大型、巨型的方向发展。中小型电机正向多用途、多品种,向高效、节能方向发展。在应用上,随着计算机技术、控制理论和技术以及电力电子技术的不断发展和完善,电机正向更高的层次不断发展。

### 0.1.5 我国电机制造业的发展概况

自新中国成立以来,我国电机制造业发展很快。建国以前,国内的电机制造厂主要做些装配和修理工作,生产的电机容量小,如发电机的单机容量不超过 200kW,电动机不超过 230kW,变压器不超过 2000kV·A。建国以后,我国电机制造业从仿制进入到自行实验研究和自行设计阶段,50 多年来已经建立了自己的电机工业体系,有了统一的国家标准和统一的产品系列。我国生产的各种类型电机,不仅能满足国民经济各部门的需要,而且有的产品已经达到国际水平。目前,我国电机工业的学者和工程技术人员,正对电机的新原理、新结构、新系列、新工艺、新材料、新的运行方式和调速方法,进行更多的探索、研究和试验工作,并取得了许多可喜的成绩。

### 0.1.6 电力拖动技术的发展概况及其发展趋势

电力拖动系统一般由控制设备、电动机、传动机构、生产机械和电源 5 部分组成。其关系如图 0-1 所示。



图 0-1 电力拖动系统的组成

应用各种电动机拖动各种生产机械的电力拖动技术,其发展与电机的发展是相互促进的,两者既独立发展,又彼此紧密联系。电机理论和制造技术的不断提高,为电力拖动技术的发展提供了可能的基础和平台,而电力拖动技术的不断发展又为电机理论和电机制造提供了实际的工程上的需求。

最初的电力拖动方式是通过天轴实现的,称为“成组拖动”。它由一台电动机拖动一组生产机械,其间的能量传递和分配完全用机械方法,靠天轴及机械传动系统来实现。成组拖动的损耗大,效率低,生产率低,而且易出事故。如果电动机发生故障,则成组的生产机械将停车。这是一种陈旧的电力拖动方式。

为了克服上述缺点,自 20 世纪 20 年代以来,广泛采用一种“单电动机拖动系统”,即用一台单独的电动机拖动一台生产机械。这样,电动机与生产机械密切配合,可以用电气方法调节每台生产机械的转速,进一步简化了机械结构,易于实现生产机械运转的自动化。

随着生产机械结构的复杂化,自 20 世纪 30 年代起,广泛采用“多电动机拖动系统”,即每一个工作机构用单独的电动机拖动,因而简化了生产机械的机械结构,用电气控制线路及装置实现了各电动机间的转速关系恒定、某一参数维持在容许范围内等。

随着生产的发展,对拖动系统提出了更高的要求,如要求提高加工精度与工作速度,要求快速启动、制动及逆转,实现在很宽的范围内调速,以及整个生产过程自动化等,这就需要有一整套自动控制设备组成自动化的电力拖动系统。随着自动控制理论的不发