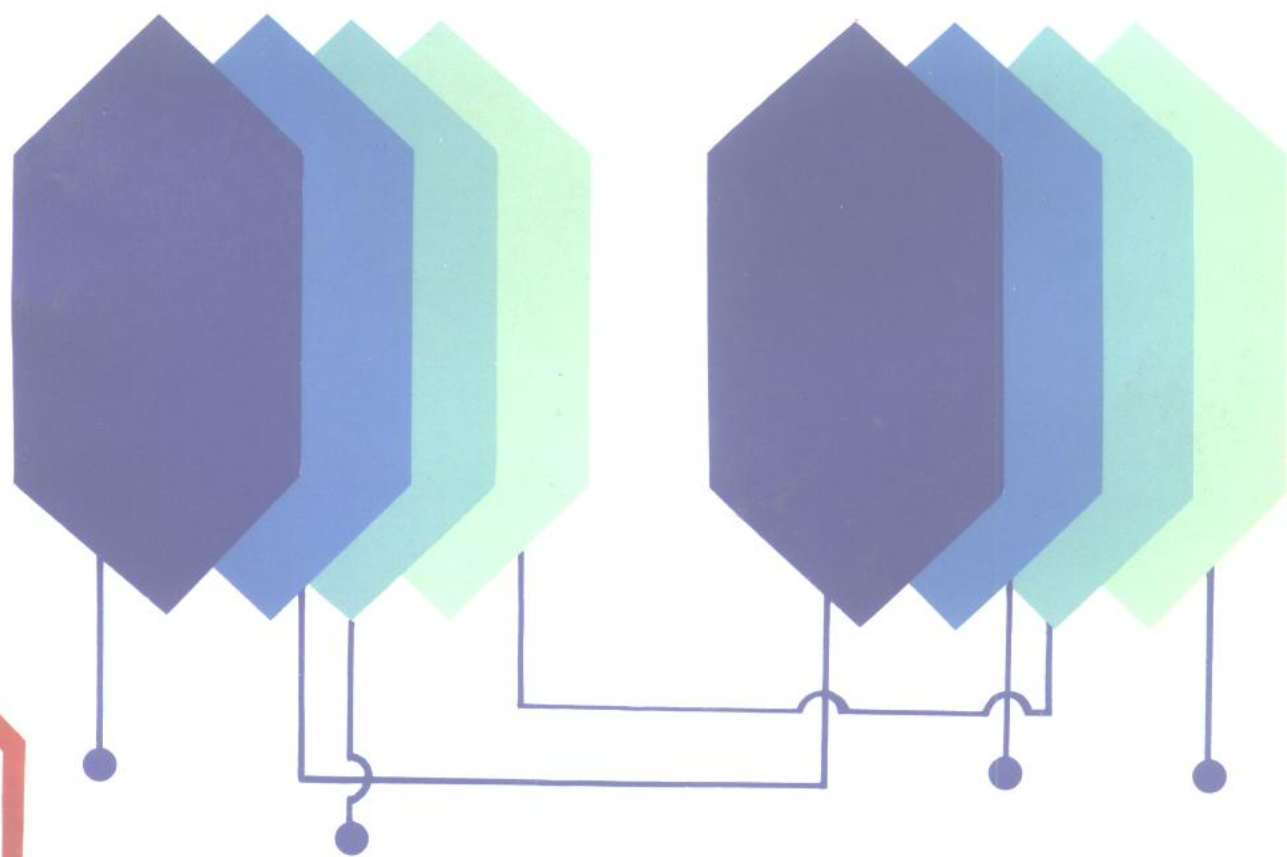


xiaogonglúdiandongjijiyuanlishejiyingong

陈湘坤  
陆祺泰 编著

# 小功率电动机 原理设计应用



人民邮电出版社

# 小功率电动机 原理、设计、应用

陈湘坤 陆祺泰 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

图书在版编目(CIP)数据

小功率电动机原理、设计、应用/陈湘坤,陆祺泰编著.北京:人民邮电出版社,1995.8  
ISBN 7-115-05696-X

I. 小… II. ①陈… ②陆… III. 电动机 IV. TM32

内容简介

本书以工农业电气自动化、办公自动化和家用电器等设备中使用的小功率电动机为核心,对各类单相异步电动机、微型同步电动机、永磁直流电动机和单相串励电动机的工作原理、基本结构、运行性能,进行了详细分析与论述。深入系统地阐述了单相异步电动机的电磁设计、永磁材料及永磁电动机设计。介绍了常用的几种控制微电动机的结构、原理及特性。

书中给出了许多应用实例,对有关技术标准、安全要求、质量认证、电机保护等内容,也作了适当介绍。

本书注重理论与实际的结合,语言通俗易懂,便于读者自学。可作为大专院校电机、电气、自动化等专业的教材或教学参考书,也可供从事电工技术、家用电器、电机工作的技术人员和爱好者阅读。

小功率电动机原理、设计、应用

Xiao gong lu dian dong ji yuanli sheji yingyong

陈湘坤 陆祺泰 编著

责任编辑:李少民

\*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同111号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

\*

开本:787×1092 1/16 1995年7月 第一版

印张:17 1995年7月 北京第1次印刷

字数:437千字 印数:1—8000册

ISBN 7-115-05696-X/TN·896

定价:19.00元

# 前 言

随着工农业生产电气化、办公自动化和家庭电气化的发展,作为驱动各种小型机具的动力——小功率电动机得到了广泛应用,其门类繁多,结构各异并以专用产品居多。小功率电动机在原理上侧重于单相供电和永磁励磁,它的功能、结构、性能、尺寸及安装形式等都依机械要求而定。各行各业电气工程技术人员,经常都会接触到这类电机的技术问题。所以大专院校、各类职业技术学校的有关专业都增设了《小功率电动机》专业课或选修课,工程技术人员,尤其是电机、电气、自动化和家用电器等专业的技术人员,也经常需要这方面的材料。笔者综合近十年来在广东工学院讲授《小功率电动机》课程的教学经验,在校内出版的《小功率电动机》教材基础上编著了本书。

全书共分八章,第一章绪论,包括电动机的分类、技术标准、基本定律、设计的基本内容及质量、安全要求等内容;第二、三、四章详细论述了单相异步电动机的结构、工作原理、理论基础、特性、应用和电磁设计;第五章介绍了几种微型同步电动机的结构、工作原理、特性,对自起动永磁同步电动机的起动问题作了较深入的分析;第六章除讲述永磁直流电动机的一般问题外,对几种磁钢的磁性能、磁钢的设计及静态工作点的确定等作了较详细说明,并对稳速电动机和无刷直流电动机也有一定篇幅阐述;第七章叙述了单相串励电动机的结构、工作原理、运行性能、基本方程以及换向、火花、无线电干扰等;第八章介绍了常用的控制微电机的结构、原理及特性。本书重视理论与实践的结合,给出了许多应用实例,书末还列出了各系列电动机的性能指标和技术数据、曲线图表等资料。

本书第一章至第七章及附录由陈湘坤编写,第八章由陆祺泰编写。全书由中国电工技术学会电气技术专业教育专业委员会主任委员徐德淦教授审定。广东工学院有关部门对本书的编写出版给予了大力支持。黄维国教授、邹慈云副教授、彭可芳副教授以及电机电器教研室,对本书的编写也给了热情的帮助,提供了许多宝贵建议,在此一并表示衷心感谢。书中不完善及不当之处,望读者批评指正。

编著者

1995年1月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 小功率电动机的应用和分类.....	(1)
第二节 电动机的基本定律及常用物理量的单位.....	(1)
第三节 电动机设计的基本内容和要求.....	(6)
第四节 绝缘等级和安全常识.....	(9)
<b>第二章 单相异步电动机工作原理及运行分析</b> .....	(12)
第一节 单相异步电动机的结构和工作原理 .....	(12)
第二节 几种基本结构型式单相异步电动机的性能特点及应用范围 .....	(15)
第三节 单相异步电动机的绕组 .....	(19)
第四节 单相异步电动机的磁势 .....	(26)
第五节 电阻和电容起动单相异步电动机运行性能的分析与计算 .....	(32)
第六节 电容运转式单相异步电动机运行性能的分析与计算 .....	(41)
第七节 其他单相异步电动机的讨论 .....	(46)
<b>第三章 单相异步电动机的起动、调速、反转和保护</b> .....	(52)
第一节 单相异步电动机的起动特性和起动开关 .....	(52)
第二节 单相异步电动机的调速方法 .....	(57)
第三节 单相异步电动机的反转 .....	(62)
第四节 小功率电动机的保护 .....	(63)
<b>第四章 单相异步电动机的设计</b> .....	(68)
第一节 电磁设计的主要内容和设计步骤 .....	(68)
第二节 主要尺寸和电磁负荷 .....	(70)
第三节 定子和转子冲片设计 .....	(72)
第四节 定子主绕组设计 .....	(76)
第五节 转子鼠笼绕组的初步设计 .....	(79)
第六节 磁路计算 .....	(82)
第七节 参数计算 .....	(88)
第八节 单相异步电动机运行性能计算 .....	(94)
第九节 电容运转电动机副绕组设计及运行性能计算 .....	(97)
第十节 电阻起动电动机副绕组设计.....	(101)
第十一节 电容起动电动机副绕组设计及起动电容的选择.....	(106)
<b>第五章 小功率同步电动机</b> .....	(110)
第一节 三相同步电动机的基本结构和工作原理.....	(110)
第二节 三相同步电动机的电磁关系和电势平衡方程.....	(112)
第三节 同步电动机的转矩和功角特性.....	(113)
第四节 小功率磁阻式同步电动机.....	(115)

第五节	小功率永磁式同步电动机	(123)
第六节	磁滞同步电动机	(132)
<b>第六章</b>	<b>永磁直流电动机</b>	(139)
第一节	普通永磁直流电动机的结构及基本系列	(139)
第二节	工作原理和静态工作特性	(140)
第三节	三槽电动机	(143)
第四节	永磁直流电动机的磁路及永磁材料	(147)
第五节	永磁磁路静态工作点的确定	(150)
第六节	永磁直流稳速电动机的一般概念	(155)
第七节	机械稳速电动机和电子稳速电动机	(158)
第八节	永磁直流无刷电动机	(162)
第九节	小功率永磁直流电动机设计	(167)
<b>第七章</b>	<b>单相串励电动机</b>	(180)
第一节	概述	(180)
第二节	单相串励电动机的结构和工作原理	(180)
第三节	单相串励电动机的电压方程和相量图	(182)
第四节	转速、转矩和机械特性	(185)
第五节	单相串励电动机的转速调节	(188)
第六节	单相串励电动机的电枢绕组和换向	(190)
第七节	干扰及其抑制	(194)
<b>第八章</b>	<b>控制电机</b>	(197)
第一节	概述	(197)
第二节	伺服电动机	(202)
第三节	测速发电机	(210)
第四节	旋转变压器	(216)
第五节	自整角机	(222)
第六节	步进电动机	(231)
<b>附录</b>		(239)
附录 1-1	AO2、BO2、CO2、DO2 系列电动机的性能指标	(239)
附录 1-2	YS、YU、YC、YY 系列电动机的性能指标	(242)
附录 2	正弦绕组每槽线数分配和基波绕组系数 $K_{dp1}$ 表	(245)
附录 3	正弦绕组的谐波强度 $h_{Sv}$ 表	(247)
附录 4-1	齿部磁化曲线表	(249)
附录 4-2	轭部磁化曲线表	(249)
附录 5-1	定子圆底槽的槽常数 $K_{S1}$	(250)
附录 5-2	定子、转子平底槽和圆形槽的槽常数 $K_{S1}$ 和 $K_{S2}$	(251)
附录 6	转子梨形槽的槽常数 $K_{S2}$	(252)
附录 7	相带谐波系数 $K_B$	(253)
附录 8	斜槽系数 $C_{SK}$ 和 $K_{SK}$	(254)
附录 9	最大转矩对应的转差率 $S'_m$ 初值曲线	(255)

附录 10	起动时定、转子的等效槽口宽度 $W_{10}^*$ 、 $W_{20}^*$ 以及 运行时转子闭口槽的等效槽口宽度 $W'_{20}$ .....	(255)
附录 11	端环电流校正系数 $K_R$ 曲线 .....	(256)
附录 12	集肤效应电阻增加系数 $C_{dbr}$ 和电抗下降系数 $C_{dbx}$ 曲线 .....	(256)
附录 13	电容器的交流电阻 $R_C$ 和电抗 $X_C$ 值 .....	(257)
附录 14	比损耗曲线表 .....	(257)
附录 15-1	D <sub>23</sub> 热轧电工钢片磁化曲线表 .....	(258)
附录 15-2	DT1 低碳钢片磁化曲线表 .....	(259)
附录 16	常用电磁线的规格 .....	(259)
参考文献	.....	(262)

# 第一章 绪 论

## 第一节 小功率电动机的应用和分类

按照国家标准和我国现行的标准,小功率电动机指折算至 1500r/min(转/分)时连续额定功率不超过 1.1kW 的电动机,曾称为驱动微电机或分马力电动机。这类电动机在工业生产现代化、办公室自动化和家庭中应用极广,如小型机床、电动工具、农业机械、园艺工具、医疗器械、车辆电器、办公器具、音像设备、计时及定时器、计算机外围设备、军事装备、轻工机械及其它工农业、商业、交通乃至人们日常生活的各个领域,几乎无处不用到小功率电动机。在图 1-1 中列出的部分办公自动化和家庭用的器具和设备都由小功率电动机驱动工作。

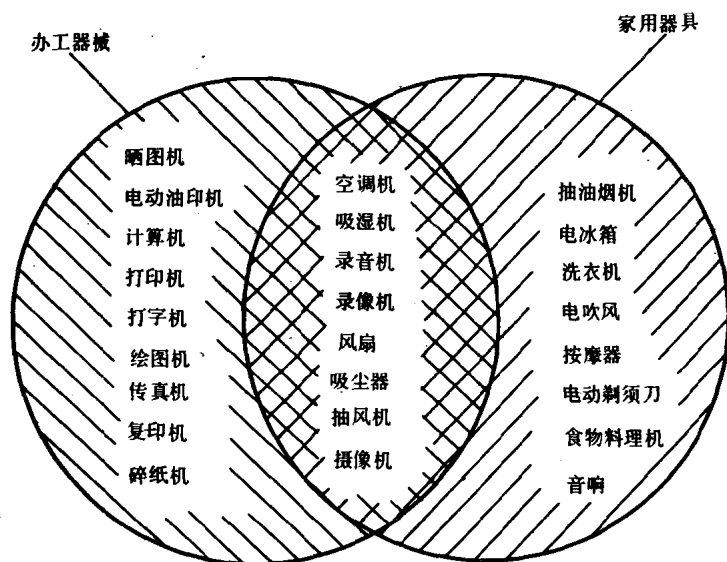


图 1-1 部分办公器械与家用器具

小功率电动机的品种繁多,各类电动机除一般用途的标准产品外,还有品种规格多、产量大的特殊用途电动机和专用电动机。按照电动机结构和工作原理的不同,小功率电动机可分为四大类,见表 1-1。

本书将讨论其中主要的、常用的各种电动机(简称电机)。

## 第二节 电动机的基本定律及常用物理量的单位

表 1-2 列出了本书采用的电学、磁学、力学常用物理量的单位和符号。



表 1-1

小功率电动机分类

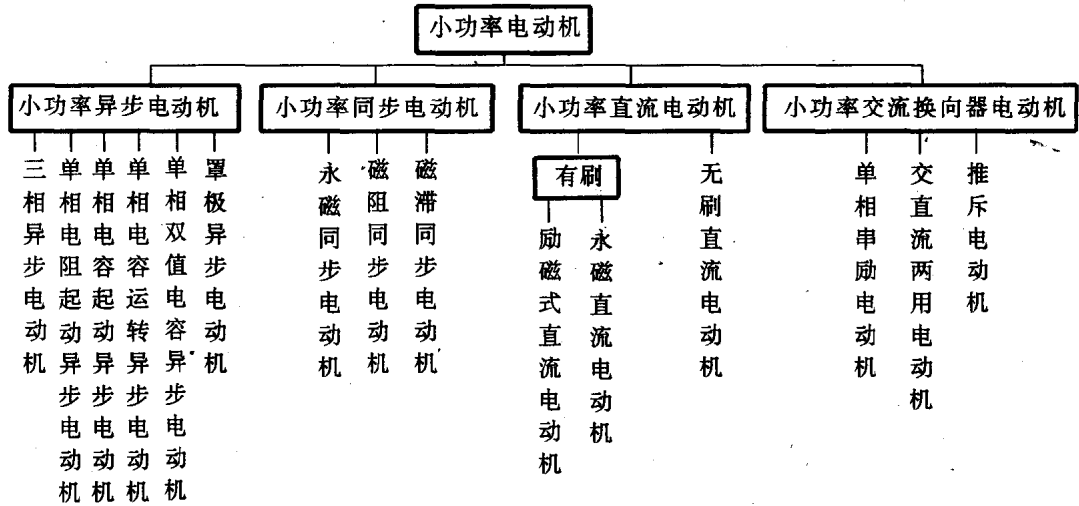


表 1-2

常用电学、磁学、力学单位和符号

量的名称	符 号	单位名称	单位符号	单位换算
电压	$U$	伏〔特〕	V	
电动势	$E$			
电流	$I$	安〔培〕	A	
磁通势	$F, F_m$	安〔培〕	A	
磁场强度	$H$	安每米 安每厘米 奥〔斯特〕	A/m A/cm Oe	$1\text{A/m} = 10^{-2}\text{A/cm}$ $1\text{Oe} = \frac{1}{0.4\pi}\text{A/cm}$
磁通〔量〕	$\Phi$	韦〔伯〕 麦〔克斯韦〕	Wb Mx	$1\text{Wb} = 10^8\text{Mx}$
磁通〔量〕密度 磁感应强度	$B$	特〔斯拉〕 高斯	T Gs	$1\text{T} = 10^4\text{Gs}$
电容	$C$	法〔拉〕 微法	F $\mu\text{F}$	$1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$
自感 互感	$L$ $M$	亨〔利〕	H	
磁导率 真空磁导率	$\mu$ $\mu_0$	亨每米	H/m	
阻抗 电抗 电阻	$Z$ $X$ $R$	欧〔姆〕	$\Omega$	
功率	$P$	瓦〔特〕	W	
转矩	$T$	牛〔顿〕·米 千克力·米	N·m kgf·m	$1\text{kgf}\cdot\text{m} = 9.807\text{N}\cdot\text{m}$

续表

量的名称	符 号	单位名称	单位符号	单位换算
速度	$v$	米每秒	m/s	
角速度	$\omega$ $\Omega$	弧度每秒	rad/s	
转速	$n$	转每分	r/min	
频率	$f$	赫[兹]	Hz	
周期	$T$	秒	s	
长度	$L$	米, 厘米	m, cm	1m=100cm
面积	$S, A$	平方米, 平方厘米	m <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> cm <sup>2</sup>

电动机是通过气隙磁场将电能转换为机械能的机电能量转换机械。其工作原理建立在基本电磁定律基础上,我们首先对这些基本定律作一概要复习。

### 一、安培环路定律——全电流定律

本定律阐述电流产生磁场的规律。由式(1-1)表达

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{L} = \sum I \quad (1-1)$$

说明沿着任何一条闭合回路  $L$ , 磁场强度  $\vec{H}$  的线积分等于该闭合回路所包围的全电流。电流  $I$  的方向这样规定: 电流方向与闭合回路绕行方向符合右手螺旋法则时为正, 反之为负。见图 1-2。图中  $I_1, I_2$  为正,  $I_3$  为负。

即 
$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{L} = I_1 + I_2 - I_3$$

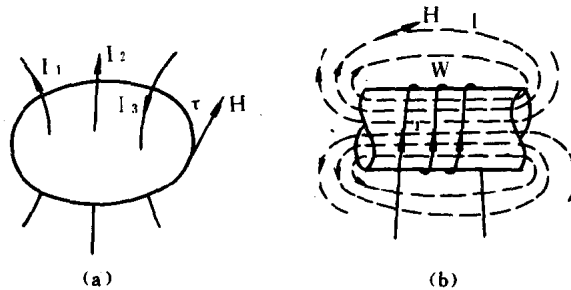


图 1-2 安培环路定律

将全电流定律用到电机中, 由于电机磁路通常可按不同的材料和几何尺寸分成几段, 每段中的磁场强度是相同的, 因而可改写成

$$\sum_{i=1}^n H_i L_i = WI \quad (1-2)$$

式中  $H_i$ ——第  $i$  段磁路磁场强度(A/m)

$L_i$ ——第  $i$  段磁路计算长度(m)

$WI$ ——磁势(A)

$W$ ——线圈匝数

磁场是由电流产生的, 磁场的强弱及方向由磁感应强度向量  $\vec{B}$  表示。形象地描绘磁场采

用磁力线,磁力线是闭合曲线,磁力线的方向与产生磁场的电流方向之间符合右螺旋法则。穿过单位面积的磁力线数就定义为磁感应强度  $B$ 。

磁感应强度不仅与电流有关,而且与周围介质有关,当周围放有铁磁物质时,磁场会大大加强。这是因为不同的介质有不同的磁导率,磁导率用  $\mu$  表示,单位是(H/m)。真空磁导率  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m,铁磁物质(如铁、钢、钴、镍等)  $\mu$  为  $\mu_0$  的几百至几千倍,而且与磁场强弱有关,不是一个常数。因此,磁场强度与磁感应强度间的关系为

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (1-3)$$

式中: $B$  的单位是(T), $\mu$  的单位是(H/m), $H$  的单位是(A/m)。由于磁势的单位是(A),因此从  $H$  的单位可以知道,磁场强度  $H$  就是单位长度磁路上所消耗的磁势,或称单位磁化力。

在均匀磁场中,穿过面积  $S$  的磁力线定义为磁通  $\Phi$

$$\Phi = B \cdot S \quad (1-4)$$

$\Phi$  的单位是(Wb),磁感应强度的单位是 T,  $T = \text{Wb}/\text{m}^2$ 。 $S$  的单位是( $\text{m}^2$ ),因此,在工程上又称  $B$  为磁通密度。在电机设计中,还是习惯采用 cm 作为长度单位,用 Mx 作为磁通单位,用 Gs 作为磁通密度单位,用 A/cm 作为磁场强度单位。实用单位和国际单位的关系为

$$1\text{Wb} = 10^8\text{Mx}; \quad 1\text{T} = 10^4\text{Gs}; \quad 1\text{A/cm} = 1.256\text{Oe}$$

## 二、毕—萨电磁力定律

本定律阐述处于磁场中的载流导体受有电磁力的作用,见图 1-3。当磁场与载流导体互相垂直时,作用在导体上的电磁力为

$$f = BiL \quad (1-5)$$

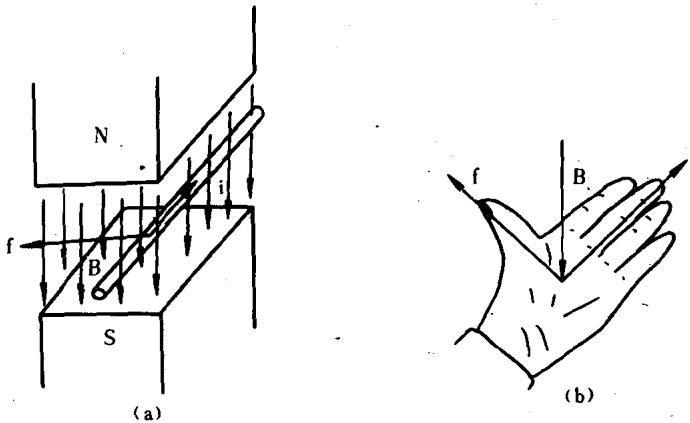


图 1-3 电磁力定律

式中  $f$ —电磁力(N)

$B$ —磁感应强度(T)

$i$ —导体中的电流(A)

$L$ —导体的有效长度(m)

电磁力  $f$  的方向由左手定则判定:磁通指向手心,伸直四指指电流方向,垂直的拇指指电磁力方向。

### 三、电磁感应定律

本定律阐述磁通变化产生感应电势的规律。

#### 1. 变化磁通产生的感应电势——变压器电势

如图 1-4, 当穿过线圈的磁通  $\Phi$  随时间发生变化时, 在线圈中产生感应电势  $e$

$$e = -W \frac{d\Phi}{dt} \quad (1-6)$$

式中  $W$ —与磁通  $\Phi$  相交链的线圈匝数

$\Phi$ —与线圈交链的磁通(Wb)

$t$ —时间(s)

$e$ —感应电动势(V)

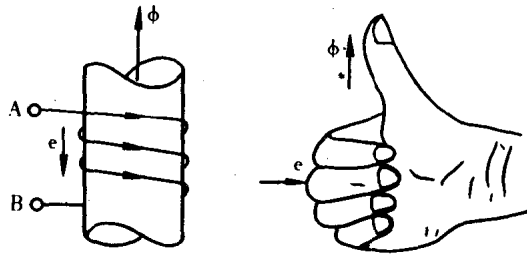


图 1-4 电磁感应定律

感应电势的大小与线圈匝数和磁通变化率的乘积成正比, 感应电势的正方向与磁通正方向符合右螺旋法则: 右手握住线圈, 垂直的大拇指指向磁通正方向, 弯曲的四指指出线圈中感应电势正方向。

#### 2. 切割电势

导线在磁场中运动并切割磁力线时, 导线中产生感应电动势  $e$

$$e = BLv \quad (1-7)$$

式中  $B$ —磁感应强度(T)

$L$ —导线有效长度(m)

$v$ —导线垂直于磁场的运动速度(m/s)

式(1-7)适用于均匀磁场。感应电势的方向由右手定则确定: 手心迎着磁通, 垂直的拇指指向导线运动方向, 平行四指指向感应电势方向。见图 1-5。

### 四、能量守恒原理

该原理认为, 在质量不变的物理系统中, 能量总是守恒的, 能量既不能凭空产生也不会凭空消失, 而仅能变换存在的形式。在电动机中, 能量平衡关系表示为

电源输入的电能 = 磁场储能的增加 + 转换为热能的能量损耗 + 机械能的输出

式中, 转换为热能的能量损耗主要包括三个部分: 定、转子绕组铜耗; 交变磁通在铁心中的铁耗; 通风、摩擦产生的机械损耗。这些损耗都变成热量使电机温度上升。

虽然各种电机结构型式和工作原理有所不同, 但在能量传递和转换过程中所依赖的基本定律是相同的。认真掌握和灵活运用这些基本定律是学习本课程的基础。

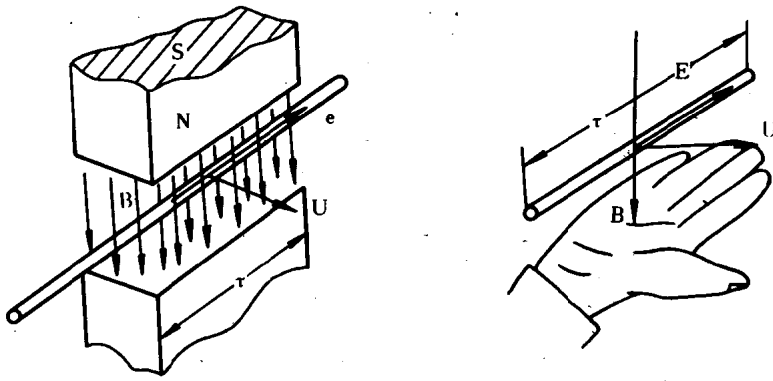


图 1-5 电磁感应定律

### 第三节 电动机设计的基本内容和要求

#### 一、电机设计的基本内容

电机设计是指：根据用户提出的产品规格(如功率、电压、频率、转速等)和技术要求(如效率、功率因数、起动转矩、起动电流、过载能力等)，结合国家在经济技术方面的方针政策(如国家标准、部颁标准等)和工厂生产实际情况，运用有关理论和计算方法，设计出性能优良、结构简单、体积小、制造和使用维修方便的电机。

电机设计包括电磁设计和结构设计两大部分。电磁设计的主要内容是：根据技术条件或技术任务书的规定参照生产实践经验，通过计算和方案比较，确定与电磁性能有关的尺寸和数据，选定有关材料，并核算电磁性能，使电磁性能达到技术条件或技术任务书的要求。由于电磁性能与主要尺寸之间是一种复杂的多元非线性函数关系，不能依靠简单的数学式直接表达和求解，而是要经过反复的调整设计才能完成。因而电磁设计是一项繁琐而复杂的工作，要得出一个好的方案，用人工计算要耗费很多时间。目前已普遍利用电子计算机进行辅助设计(CAD)。电子计算机计算速度快、精度高，能又快又好地完成设计任务，还可设计出某些性能最优良的电机，如设计出用料最省，成本最低和效率最高的电机。

结构设计的主要内容是：根据使用要求或技术条件以及由电磁设计所确定的有关尺寸数据，进行电机的机械设计。包括确定电机总体结构形式(如安装形式、防护形式、通风散热形式等)；外形设计；绘制总装图；确定零部件材料、尺寸及加工要求、配合关系；绘制零部件图。必要时还需进行机械强度计算、温升计算等。在结构设计时要认真贯彻“标准化、系列化、通用化”等方针政策，使设计的电机有良好的经济性、可靠性和先进性。

结构设计和电磁设计是相辅相成的，没有好的结构设计绝不可能得到一个好的产品。本书仅讨论电磁设计的内容，结构设计内容请参阅有关书籍。

#### 二、对电动机设计者的要求

1. 设计人员应熟悉国家标准和有关标准。设计前应搜集相近电机的产品样本(或样机)、技术资料(包括试验数据)，并听取生产和使用单位的意见和要求，然后在国家标准有关规定及分析相应资料的基础上，编制技术任务书或技术协议书。

2. 设计过程中,设计者应注重理论与实际、设计与工艺相结合,能从原材料的供应到加工、装配、使用和维修等多方面进行全面考虑。

3. 电机设计是个复杂的过程,需要考虑的因素和确定的尺寸、数据很多,设计中会遇到不少错综复杂的矛盾,因此设计人员必须全面地、相互联系地看问题,并能抓住问题的核心,针对具体情况采取不同的调整设计的方案。有时,在改善某一性能时会使其其他性能变差,这时就要全面分析、全面照顾。此外,产品的工艺性、经济性、实用性、艺术性都是设计人员必须考虑的。因此,设计者除了应很好地掌握电机原理,还应有宽广的知识面和一定的审美观。

### 三、额定数据

电机设计是在给定的额定数据和一些特定的技术数据下进行的。各种电机给定的额定数据列于表 1-3。

表 1-3 各种电动机给定的额定数据

电机种类	小功率单相异步电动机	小功率单相交流串励电动机	小功率永磁直流电动机
额定数据	额定功率 <sup>①</sup> 额定频率 额定电压 额定电流 额定转速	额定输出功率 额定频率 额定电压 额定电流 额定转速	额定电压 额定电流 额定转矩 额定转速

① 通用电机一般指输出功率,专用电机有时指输入功率。

小功率单相异步电动机,有时还增加一些给定技术数据,如:效率、功率因数、起动转矩倍数、最大转矩倍数、起动电流等。

### 四、国家标准

电机的国家标准是国家有关部门在总结以往电机设计、制造和使用经验的基础上,从当前情况出发,并考虑到今后发展需要而对各种型号电机提出一定要求的文件。国家标准由国务院有关主管部门或国家技术监督局直接领导的全国标准化技术委员会组织制订,由国家技术监督局审批、编号和发布。在国家标准中凡属保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、行政法规,规定强制执行的标准都是强制性标准,设计、制造电机时必须严格执行。表 1-4 列出了小功率电动机的现行标准名称及标准代号供参考。

表 1-4 小功率电动机现行标准

类别	适用范围	标准名称	标准代号
基础标准	各种电机(除另有注明者外)	旋转电机 基本技术要求	GB755-87
		电机安装尺寸及公差	GB4772-84
		电机线端标志及旋转方向	GB1921-80
		电机产品型号编制方法	GB4831-84
		电机功率等级	GB4826-84
		电机外壳防护分级	GB4942.1-85
		电机冷却方法	GB1993-80
		电机结构及安装型式代号	GB997-81
		电工名词术语 电机	GB2900.25-82
	小功率电动机	小功率电动机通用技术条件 电工名词术语 小功率电动机	GB5171-85 GB2900.27-85

续表

类别	适用范围	标准名称	标准代号
方 法 标 准	各种电机	三相异步电动机试验方法	GB1032-85
		单相异步电动机试验方法	GB9651-88
旋转电机振动测定方法及限值		GB10068.1~2-88	
旋转电机噪声测定方法及限值		GB10069.1~3-88	
交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘试验方法		JB/Z294-87	
小功率电动机	小功率电动机	小功率单相串励电动机试验方法	GB8128-87
		小功率同步电动机试验方法	ZBK21001-88
		分马力单相串激电动机噪声测定方法及噪声限值	JB/DQ3116-85
		分马力单相串激电动机振动测定方法及振动限值	JB/DQ3117-85
产 品 标 准	小功率电动机	AO2系列分马力三相异步电动机技术条件	JB1009-81
		BO2系列分马力单相电阻起动异步电动机技术条件	JB1010-81
		CO2系列分马力单相电容起动异步电动机技术条件	JB1011-81
		DO2系列分马力单相电容运转异步电动机技术条件	JB1012-81
		洗衣机用XD型电机技术条件	GB3537-83
		AOB系列三相电泵	JB1243-72
		M系列驱动微型永磁直流电动机技术条件	JB2425-78
		热带型微电机	GB96-80
		分马力三相离合器电动机技术条件	JB3699-84
		分马力单相离合器电动机技术条件	JB3698-84
		交流台扇电动机通用技术条件	GB5089-85
		吊扇用电容运转异步电动机技术条件	GB6828-86
		纺织用微型三相异步电动机技术条件	FT484-80
		双桶洗衣机用脱水电动机技术条件	JB3758-84
		洗衣机脱水用电动机	GB9650-88
		AO2-H系列船用三相异步电动机技术条件	JB/DQ3164-86
		房间空气调节器风扇用单相电容运转异步电动机通用技术条件	JB4278-86
		家用水泵用单相异步电动机技术条件	JB4376-86
		铁氧体永磁直流电动机技术条件	GB6654-86
		电动阀门用三相异步电动机技术条件	JB2197-77
		家用缝纫机电动机技术条件	JB4052-85
		小功率单相串励电动机技术条件	JB4327-86
		小功率单相串励电动机通用技术条件	GB9926-88
		家用换气扇用电动机技术条件	ZBK20001-89
		变压器风扇用电动机技术条件	ZBK22002-88
		小功率单相双值电容异步电动机技术条件	ZBK20003-89
玩具电动机	ZBY5700-89		
其 它	各类电机	单速三相笼型异步电动机的起动性能	GB5767-86
		电工电子产品基本环境试验规程	GB2423.3-81
		交流电动机电容器	GB3667-83
		单相电动机起动用离心开关技术条件	ZBK26005-89
		电动工具、家用电器和类似器具无线电干扰特性的测量方法和允许值	GB4343-84
		家用和类似用途电器的安全通用要求	GB4706.1-84

类别	适用范围	标准名称	标准代号
其它	各类电机	爆炸性环境用防爆电气设备	
		—通用要求	GB3836.1—83
		—隔爆型电气设备“d”	GB3836.2—83
		—增安型电气设备“e”	GB3836.3—83
		—本质安全型电路和电气设备“i”	GB3836.4—83

## 第四节 绝缘等级和安全常识

### 一、绝缘和绝缘等级

电动机的电磁结构主要由电路、磁路构成。除了导电和导磁材料外,还要用到许多绝缘材料。绝缘材料不仅起了电气隔离作用使电流按一定路径通过,使带电部分与铁心、机壳很好地隔离以保障设备和人身安全,同时还起到防潮、散热、冷却、机械支撑、储能灭弧、防霉、防虫等多种作用。

电机对绝缘材料性能的要求主要有:

1. 介电性能。指绝缘材料在外施电压作用下所显示的绝缘质量和内部分子结构的稳定性。如绝缘电阻、耐压强度、泄漏电流、耐电弧性等都是介电性能的具体体现;
2. 机械强度。指能承受拉伸、弯曲、重力、振动、挤压等形式的机械负荷而不变形,不损坏;
3. 耐热性能。电机运行时的能量损耗会使电机温度升高,在出现故障时温度升高会更快。温度升高会使绝缘材料老化,温度超过一定数值,老化速度加快,材料介电性能和机械性能下降,使安全可靠性能降低,甚至完全丧失绝缘性能而造成短路事故,烧毁电机。因此绝缘材料的耐热性对电机很重要。

不同的绝缘材料耐热性能不同。根据材料的耐热性,绝缘材料可分为 Y、A、E、B、F、H、C 各级,目前 Y 级已被淘汰。各级绝缘材料的耐热等级列于表 1—5。

表 1—5 绝缘材料的耐热等级

耐热等级	最高容许温度, C	材 料 构 成
Y	90	天然纤维的纺织品,以醋酸纤维和聚酰胺为基础的合成纺织品,以及易于分解和溶化点较低的塑料(脲醛树脂)
A	105	工作于矿物油中和用油或树脂复合胶浸过的 Y 级材料,漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等
E	120	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线
B	130	聚酯薄膜,经树脂粘合或浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等,聚酯漆、聚酯漆包线
F	155	以有机纤维材料补强和石带补强的云母片制品,玻璃丝和石棉,玻璃漆布,以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品,以无机材料作补强和玻璃布补强的云母粉制品,化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料,复合硅有机聚酯漆



续表

耐热等级	最高容许温度, °C	材 料 构 成
H	180	无补强或以无机材料为补强的云母制品, 加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等
C	>180	不要用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物如石英、石棉、云母、玻璃和陶瓷材料等

4. 吸湿性能。绝缘材料被水分子渗透的性能即吸湿性能。水分子渗透到绝缘材料中能形成导体或半导体, 使材料的介电性能降低, 因此要求材料的吸湿性能越弱越好。

## 二、安全标准

电动机的安全使用包括设备的安全和人身的安全, 这涉及到电机结构的安全性以及在选用、安装、运行中对电机安全性的考虑。

国内外对电器产品的安全十分重视, 并设有专门的安全检验机构专职产品安全认可。在电气安全技术及其标准化研究领域, 目前国际上最有影响和最具权威性的组织机构有国际电工委员会(简称 IEC)、美国保险商试验所(简称 UL)、加拿大的 CSA 机构等。我国在 1957 年加入 IEC 组织, 从 70 年代末 80 年代初开始又与 UL 公司建立了业务往来, 为改变国内电气安全技术的落后状态发挥了积极作用, 也为世界电气安全技术作出了贡献。1990 年 6 月 1 日正式颁布了《小功率电动机的安全要求》国家标准, 这是我国电动机行业安全技术发展的一个重要里程碑。

早在 1989 年我国有关部门就规定: 从 1989 年 7 月 1 日起首先对家用电器用微电机实施强制性安全认证。安全认证检测的项目一般包括: 标志检验; 外壳防护试验; 起动试验; 泄漏电流测量; 绝缘电阻测量; 介电强度试验; 湿热试验; 耐久性试验; 非正常工作试验; 机械强度检验; 结构检验; 内部布线检验; 元件检验; 连接电源和连接元件的软线检验; 外接导线的接线端检验; 接地装置检验; 联接件检验; 爬电距离和电气间隙检验; 耐热试验; 阻燃试验; 耐漏电痕迹试验和防锈试验等。

下面列出防触电的安全要求:

1. 电动机绕组的绝缘电阻在常态下应不低于  $20M\Omega$ , 在热态下应不低于  $1M\Omega$ 。其试验方法及要求见表 1-6;
2. 电动机应能承受频率为 50Hz 的耐电压试验绝缘不被击穿。试验电压施加于绕组与机壳之间。试验方法及要求见表 1-6;
3. 为考核电动机的耐潮湿水平, 电动机能承受规定的交变湿热试验或恒定湿热试验。试验方法及要求见表 1-6;
4. 在工作温度下, 电动机的泄漏电流不应超过规定数值。试验方法及要求见表 1-6;
5. 额定电压为 42V 以上的电动机(双重绝缘除外); 在接线盒内或机座上设置一接地端子, 并有可靠的接地标志, 以供连接保护导线或接地导线用;
6. 接线柱装置的带电部分应做到不用工具就不能触及;
7. 不同极性的带电部件之间, 或是带电部件与绝缘的金属部件之间, 或是用附加绝缘隔离的金属部件之间的爬电距离及电气间隙都不得小于规定值;
8. 对金属外壳电容器, 要用附加绝缘将其与易触及的金属部件隔开。