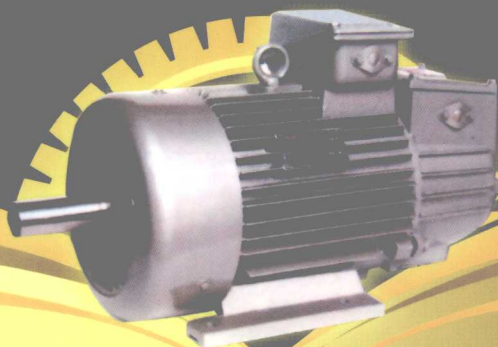


电动机 的使用与 维修

DIANDONGJI
DE SHIYONG
YU WEIXIU



孙克军 主编 杨国福 副主编



化学工业出版社

电动机 的使用与维修

DIANDONGJI
DE SHIYONG
YU WEIXIU

孙克军 主编 杨国福 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电动机的使用与维修/孙克军主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-122-02389-6

I. 电… II. 孙… III. ①电动机-使用②电动机-维修
IV. TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 036773 号

责任编辑: 卢小林 刘 哲

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 王素芹

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号)

邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 203 千字

2008 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

《电动机的使用与维修》

编写人员

主 编	孙克军	
副 主 编	杨国福	
编写人员	孙克军	杨国福
	闫和平	孙丽君
	赵松杰	杜深慧

前言

随着我国电力事业的飞速发展，电动机在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。为了满足广大电动机使用与维护人员学习电动机相关知识的需要，我们组织编写了《电动机的使用与维修》一书。

本书内容以基础知识和操作技能为重点，介绍了三相异步电动机、单相异步电动机、直流电动机等常用电动机的基本结构、工作原理、机械特性、启动、调速与制动方法，以及电动机的选择和计算实例，同时还介绍了常用电动机的运行、维护、检修及其常见故障的排除方法等。全书内容深入浅出，通俗易懂，突出实用，便于自学。

本书由孙克军担任主编，杨国福担任副主编。第一章由闫和平编写，第二、三章由孙克军编写，第四章由杨国福编写，第五章由杜深慧编写，第六章由孙丽君编写，第七章由赵松杰编写。

由于水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者
2008. 2

目 录

第一章 常用电动机的基础知识	1
第一节 三相异步电动机	1
一、三相异步电动机的基本结构	1
二、三相异步电动机的工作原理	4
三、旋转磁场的产生及特点	7
四、三相异步电动机的转差率	12
五、三相异步电动机的用途和分类	13
六、三相异步电动机的型号和铭牌	14
七、三相异步电动机的机械特性	22
第二节 单相异步电动机	24
一、单相异步电动机的基本结构	24
二、单相异步电动机的工作原理	26
三、单相异步电动机的用途和分类	27
四、单相异步电动机的机械特性	30
第三节 直流电动机	32
一、直流电动机的基本结构	32
二、直流电机的工作原理	37
三、直流电机的用途和分类	40
四、直流电动机的机械特性	41

第二章 常用电动机的启动	45
第一节 笼型三相异步电动机的启动	46
一、直接启动	46
二、星-三角启动	48
三、自耦变压器降压启动	51
第二节 绕线转子三相异步电动机的启动	56
一、转子回路串电阻分级启动	56
二、转子回路串频敏变阻器启动	62
第三节 直流电动机的启动	63
一、直接启动	65
二、降压启动	66
三、电枢回路串电阻启动	68
第三章 常用电动机的调速	76
第一节 异步电动机的调速	78
一、降电压调速	79
二、变极调速	81
三、变频调速	88
四、绕线转子异步电动机转子回路串电阻调速	94
五、利用电磁滑差离合器调速	98
六、单相异步电动机的调速	101
第二节 直流电动机的调速	104
一、电枢回路串电阻调速	104
二、改变电枢端电压调速	107
三、弱磁调速	110
第四章 常用电动机的制动	116
第一节 三相异步电动机的制动	116

一、回馈制动	116
二、反接制动	118
三、能耗制动	121
第二节 直流电动机的制动	124
一、能耗制动	125
二、反接制动	129
三、回馈制动	133
第五章 常用电动机的选择	139
第一节 电动机种类的选择	139
一、常用电动机的种类及性能特点	139
二、选择电动机的种类时应考虑的主要内容	140
第二节 电动机防护形式的选择	143
第三节 电动机额定电压的选择	145
第四节 电动机额定转速的选择	145
第五节 电动机额定功率的选择	146
一、负载功率的简易计算	146
二、电动机额定功率的选择	148
第六章 常用电动机的运行与维护	154
第一节 交流异步电动机的运行与维护	154
一、异步电动机启动前的准备和检查	154
二、异步电动机启动时的注意事项	156
三、异步电动机运行中的监视	156
四、异步电动机的定期维护	158
五、异步电动机的常见故障及其排除方法	159
第二节 直流电动机的运行与维护	165
一、直流电动机使用前的准备及检查	165

二、直流电动机运行中的维护	165
三、常见故障及其排除方法	166
第七章 常用电动机的检修	170
第一节 异步电动机定子绕组常见故障检修	170
一、定子绕组接地故障的检修	170
二、定子绕组短路故障的检修	171
三、定子绕组断路故障的检修	174
第二节 异步电动机转子绕组常见故障的检修	176
第三节 直流电动机电枢绕组常见故障的检修	178
一、电枢绕组接地的检修	178
二、电枢绕组短路的检修	180
三、电枢绕组断路的检修	181
第四节 换向器常见故障的检修	182
一、换向片间短路的检修	182
二、换向器接地的检修	182
三、换向器表面划痕的修理	182
第五节 电动机绕组的浸漆与烘干	184
一、绕组浸漆的目的与基本要求	184
二、浸漆处理常用的绝缘漆	184
三、浸漆处理工艺	187
四、烘干绕组的常用方法	193
第六节 电动机修理后的检查与试验	196
一、装配质量的检查	197
二、直流电阻的测定	197
三、绝缘电阻的测定	198
四、耐压试验	198
五、空载试验	199

六、短时升高电压试验.....	200
第七节 异步电动机绕组改绕的简易计算.....	201
一、电磁线代用.....	201
二、改变笼型三相异步电动机的极数.....	205
三、改变笼型三相异步电动机的电压.....	210
四、改变笼型三相异步电动机的频率.....	215
附录.....	221
参考文献.....	241

第一章

常用电动机的基础知识

第一节 三相异步电动机

一、三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机主要由两大部分组成：一个是静止部分，称为定子；另一个是旋转部分，称为转子。转子装在定子腔内，为了保证转子能在定子内自由转动，定、转子之间必须有一定的间隙，称为气隙。此外，在定子两端还装有端盖等。笼型三相异步电动机的结构如图 1-1 所示，绕线型三相异步电动机的结构如图 1-2 所示。

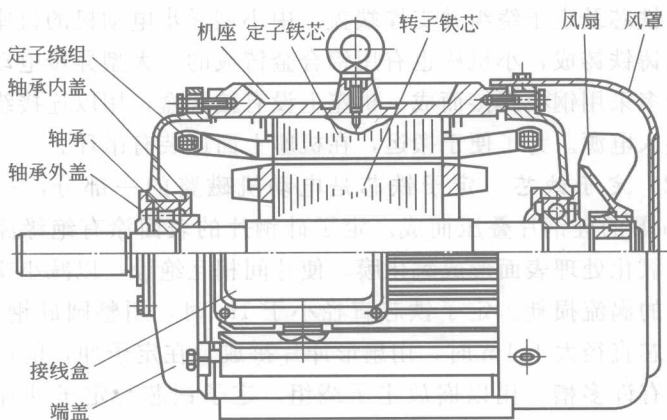


图 1-1 笼型三相异步电动机

1. 定子

定子主要由机座、定子铁芯、定子绕组三部分组成。

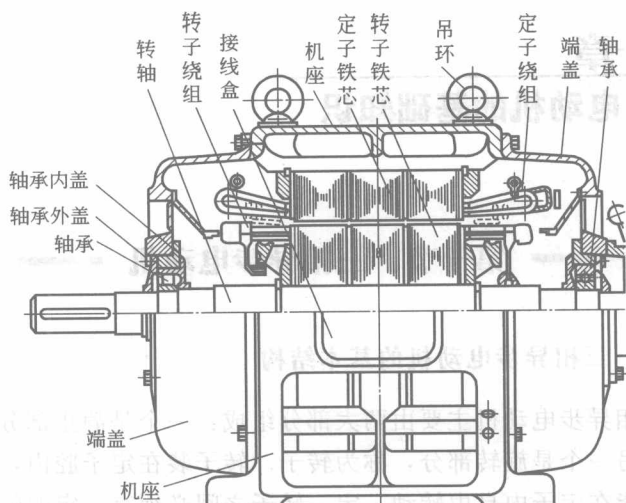


图 1-2 绕线型三相异步电动机

(1) 机座 机座是电动机的外壳和支架，它的作用是固定和保护定子铁芯及定子绕组并支撑端盖。中小型异步电动机的机座一般都采用铸铁铸成，小机座也有用铝合金铸成的。大型异步电动机的机座大多采用钢板焊接而成。机座上设有接线盒，用以连接绕组引线和接入电源。为了便于搬运，在机座上面还装有吊环。

(2) 定子铁芯 定子铁芯是电动机磁路的一部分，一般用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成。定子硅钢片的表面涂有绝缘漆或硅钢片经氧化处理表面形成氧化膜，使片间相互绝缘，以减小交变磁通引起的涡流损耗。定子铁芯直径小于 1m 时，用整圆硅钢冲片；定子铁芯直径大于 1m 时，用扇形冲片拼成。在定子冲片的内圆均匀地冲有许多槽，用以嵌放定子绕组。定子铁芯与定子冲片如图 1-3 所示。

(3) 定子绕组 定子绕组是电动机的电路部分。三相异步电动机有三个独立的绕组（即三相绕组），每相绕组包含若干线圈，每个线圈又由若干匝构成。中小型电动机的线圈一般采用高强度漆包

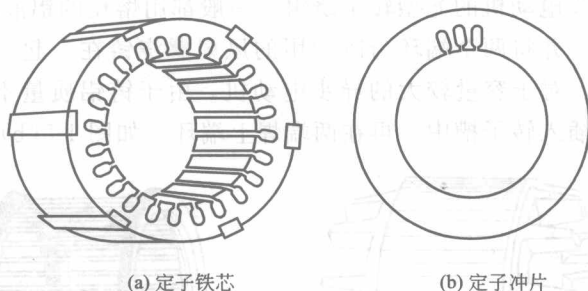


图 1-3 定子铁芯与定子冲片

圆铜线绕制而成，大中型电动机一般采用外层包有绝缘的扁铜线做成成型线圈。三相绕组按照一定的规律依次嵌放在定子槽内，并与定子铁芯之间绝缘。定子绕组通以三相交流电时，便会产生旋转磁场。

2. 转子

转子由转子铁芯、转子绕组和转轴三部分组成。

(1) 转子铁芯 转子铁芯也是电动机磁路的一部分，一般用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，在硅钢片的外圆上均匀地冲有许多槽，如图 1-4 所示，用以浇铸铝条或嵌放转子绕组。转子铁芯压装在转轴上。

(2) 转子绕组 转子绕组分为笼型和绕线型两种。

① 笼型转子绕组 该绕组是由插入每个转子铁芯槽中的裸导条与两端的环形端环连接组成。如果去掉铁芯，整个绕组就像一只笼子，故称为笼型转子绕组，如图 1-5 所示。

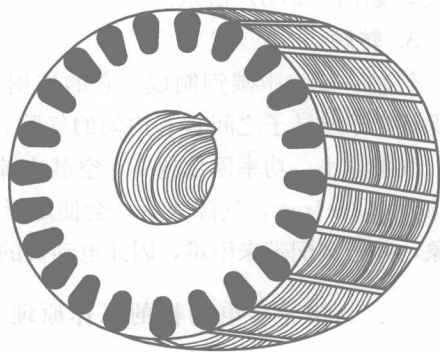


图 1-4 转子铁芯

中小型异步电动机的笼型转子绕组，一般都用熔化的铝液浇入转子铁芯槽中，并将两个端环与冷却用的风扇翼浇铸在一起，如图 1-5 (a) 所示。对于容量较大的异步电动机，由于铸铝质量不易保证，常用铜条插入转子槽中，再在两端焊上端环，如图 1-5 (b) 所示。

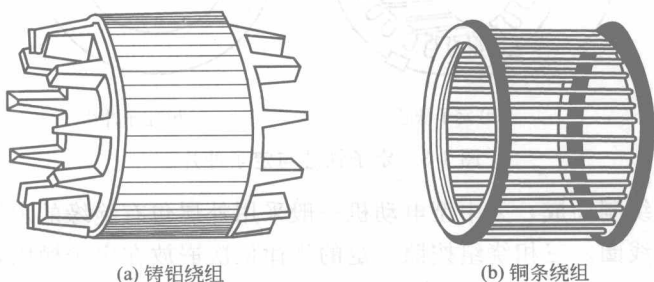


图 1-5 笼型转子绕组

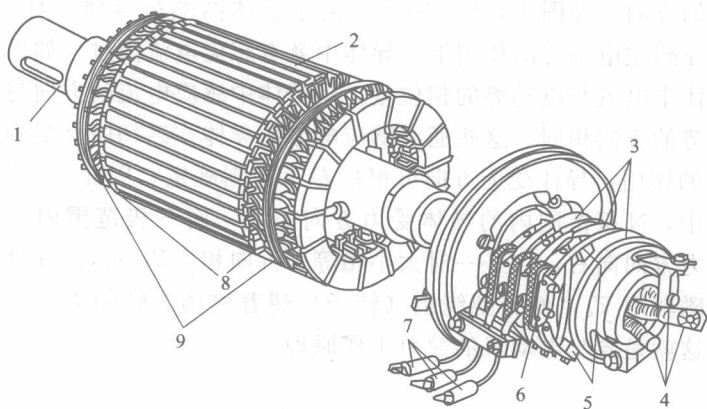
② 绕线型转子绕组 绕线型转子绕组与定子绕组相似，也是把绝缘导线嵌入槽内，接成三相对称绕组，一般采用星形 (Y) 连接，三根引出线通过转轴内孔分别接到固定在转轴上的三个铜制的互相绝缘的集电环 (俗称滑环) 上，转子绕组可以通过集电环和电刷与外接变阻器相连，用以改善电动机的启动性能或调节电动机的转速。绕线转子如图 1-6 (a) 所示。绕线转子绕组与外加变阻器的连接，如图 1-6 (b) 所示。

3. 转轴

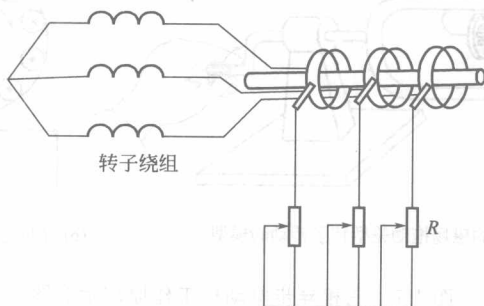
转轴一般由中碳钢制成，它的作用主要是支承转子，传递转矩，并保证定子与转子之间具有均匀的气隙。气隙也是电动机磁路的一部分，气隙越小，功率因数越高，空载电流越小。中小型异步电动机的气隙为 $0.2 \sim 1\text{mm}$ 。气隙太小，会使定子铁芯与转子铁芯发生“扫膛”现象，并给装配带来困难，因此电动机的气隙量是经过周密计算的。

二、三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机工作原理的示意图如图 1-7 所示。在一个可旋



(a) 绕线转子



(b) 绕线转子绕组与外加变阻器的连接

图 1-6 绕线转子

- 1—转轴；2—转子铁芯；3—集电环；4—转子绕组引出线头；
5—电刷；6—刷架；7—电刷外接线；8—三相转子绕组；9—镀锌钢丝箍

转的马蹄形磁铁中，放置一个可以自由转动的笼型绕组，如图 1-7 (a) 所示。当转动马蹄形磁铁时，笼型绕组就会跟着它向相同的方向旋转。这是因为磁铁转动时，它的磁场与笼型绕组中的导体（即导条）之间产生相对运动，磁场逆时针方向旋转，相当于转子导体顺时针方向切割磁力线，根据右手定则可以确定转子导体中感应电

动势的方向,如图 1-7(b) 所示。由于导体两端被金属端环短路,因此在感应电动势的作用下,导体中就有感应电流流过,如果不考虑导体中电流与电动势的相位差,则导体中感应电流的方向与感应电动势的方向相同。这些通有感应电流的导体在磁场中会受到电磁力 f 的作用,导体受力方向可根据左手定则确定。因此,在图 1-7(b) 中, N 极范围内的导体受力方向向左,而 S 极范围内的导体的受力方向向右,这是一对大小相等、方向相反的力,因此就形成了电磁转矩 T_e ,使笼型绕组(转子)朝着磁场旋转的方向转动起来。这就是异步电动机的简单工作原理。

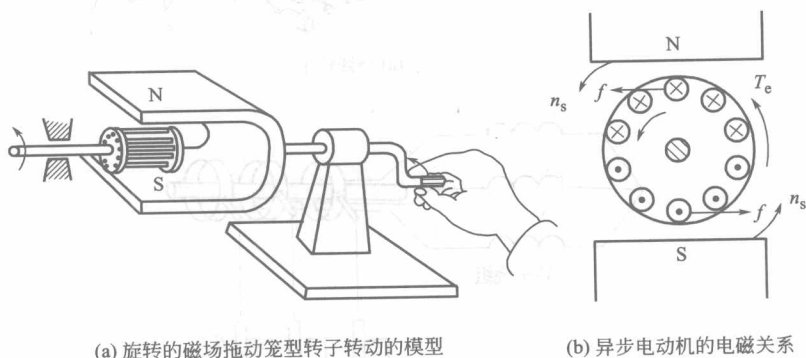


图 1-7 三相异步电动机工作原理示意图

实际的三相异步电动机是利用定子三相对称绕组通入三相对称电流而产生旋转磁场的,这个旋转磁场的转速 n_s 又称为同步转速。三相异步电动机转子的转速 n 不可能达到定子旋转磁场的转速,即电动机的转速 n 不可能达到同步转速 n_s 。因为,如果达到同步转速,则转子导体与旋转磁场之间就没有相对运动,因而在转子导体中就不能产生感应电动势和感应电流,也就不能产生推动转子旋转的电磁力 f 和电磁转矩 T_e 。所以,异步电动机的转速总是低于同步转速,即两种转速之间总是存在差异,异步电动机因此而得名。由于转子电流由感应产生,故这种电动机又称感应电动机。

三、旋转磁场的产生及特点

1. 旋转磁场的产生

图 1-8 为三相异步电动机定子绕组的示意图。在图 1-8(a) 中, 导体 A 与导体 X 组成一个线圈, 导体 B 与 Y、C 和 Z 分别组成另外两个线圈, 三个线圈在空间互相相隔 120° , 每个线圈为一相绕组, 三相绕组按图 1-8(b) 接成星形, 并把各相的首端 A、B、C 接到三相交流电源上, 则就有三相交流电流通过相应的定子绕组。在绕组中通过的三相对称电流的变化规律为

$$i_A = I_m \sin \omega t$$

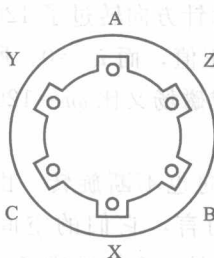
$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

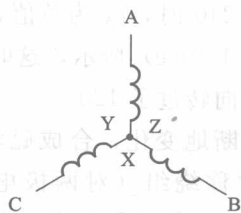
式中 ω ——定子电流的角频率, rad/s , $\omega = 2\pi f_1$;

f_1 ——定子电流的频率, Hz ;

t ——时间, s 。



(a) 布置图



(b) 接线图

图 1-8 最简单的三相绕组示意图

各相电流随时间变化的曲线如图 1-9 所示。

假定三相交流电流为正值时, 电流从绕组的首端流进, 而从末端流出, 即电流从导体 A、B、C 流入纸面, 用符号 $\otimes$ 表示, 而从导体 X、Y、Z 流出纸面, 用符号 $\odot$ 表示。当电流为负值时, 则方向相反。当线圈通过电流时, 就产生磁场。因为通的是交变电流,