



一技之长
丛书

电动机 维修技能



DIANDONGJI WEIXIU JINENG



杨利军 彭 涛 编著

福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



• 一技之长 •
丛书

电动机 维修技能

DIANDONGJI WEIXIU JINENG

杨利军 彭 涛 编著

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

电动机维修技能/杨利军, 彭涛编著. —福州: 福建科学技术出版社, 2009. 6

(一技之长丛书/程周主编)

ISBN 978-7-5335-3372-4

I. 电… II. ①杨…②彭… III. 电动机—维修 IV. TM320.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 078573 号

- | | |
|------|------------------------------------|
| 书 名 | 电动机维修技能
一技之长丛书 |
| 编 著 | 杨利军 彭 涛 |
| 出版发行 | 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001) |
| 网 址 | www.fjstp.com |
| 经 销 | 各地新华书店 |
| 排 版 | 福建科学技术出版社排版室 |
| 印 刷 | 福州晚报印刷厂 |
| 开 本 | 889 毫米×1194 毫米 1/32 |
| 印 张 | 5.5 |
| 字 数 | 133 千字 |
| 版 次 | 2009 年 6 月第 1 版 |
| 印 次 | 2009 年 6 月第 1 次印刷 |
| 书 号 | ISBN 978-7-5335-3372-4 |
| 定 价 | 10.00 元 |

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

随着国民经济的飞速发展，异步电动机作为城镇、农村、厂矿、企事业单位以及家庭常用的动力负载，得到了广泛的应用。

本书围绕异步电动机的修理方法和技能，介绍了单、三相异步电动机的常见故障及检修操作方法和技能。这些方法都是从生产实践中提炼出来的，读者经过学习、理解和掌握后，就可用于实际操作了。

本书的特点是图文并茂、通俗易懂，可作为电机修理工的培训教材，也可作为电工的参考读物。

本书由杨利军、彭涛主编。

由于编写时间仓促，加上水平有限，书中存在的错误和问题在所难免，恳请各位读者和同仁批评指正，我们表示万分感谢。

作者

目 录

第一章 异步电动机的基本知识	(1)
一、三相异步电动机的结构	(1)
(一) 定子	(1)
(二) 转子	(3)
(三) 机械构件	(4)
二、三相异步电动机的铭牌数据	(5)
三、三相异步电动机的工作原理	(10)
(一) 旋转实验	(10)
(二) 旋转磁场的产生	(11)
(三) 旋转磁场的转向	(12)
(四) 旋转磁场的转速	(13)
(五) 电动机的转动原理	(13)
(六) 转差率	(14)
四、单相异步电动机的结构、铭牌和工作原理	(14)
(一) 单相异步电动机的结构	(15)
(二) 单相异步电动机的铭牌	(17)
(三) 单相异步电动机的工作原理	(19)
(四) 电容分相单相异步电动机	(21)
(五) 电阻分相单相异步电动机	(24)
(六) 单相罩极异步电动机	(24)
(七) 各类单相异步电动机比较	(25)
第二章 异步电动机定子绕组	(28)
一、概述	(28)

(一) 绕组的常用术语及其含义	(28)
(二) 绕组的类型	(30)
(三) 交流绕组的构成要求	(30)
二、三相异步电动机定子绕组	(31)
(一) 单层绕组	(31)
(二) 三相双层绕组	(40)
(三) 分数槽双层绕组	(46)
三、单相异步电动机定子绕组	(49)
(一) 单层链式绕组	(50)
(二) 单层同心式绕组	(51)
(三) 双层叠绕组	(52)
(四) 正弦绕组	(52)
第三章 异步电动机的拆装	(55)
一、电动机的拆卸	(55)
(一) 电动机的解体	(55)
(二) 拆卸转子的方法	(56)
(三) 皮带轮与轴承的拆卸	(56)
(四) 端盖的拆卸	(58)
二、电动机的装配	(59)
(一) 装前清洗工作	(59)
(二) 轴承安装	(61)
(三) 端盖的安装	(62)
(四) 带轮的安装	(63)
第四章 定子绕组的大修	(65)
一、异步电动机定子绕组的拆除	(65)
(一) 原始数据记录	(65)
(二) 工具、材料的准备	(69)

(三) 定子绕组的拆除	(71)
(四) 定子绕组的绝缘清理	(73)
二、定子绕组的制作	(79)
(一) 绕线模的结构	(79)
(二) 模心尺寸确定	(80)
(三) 绕线	(81)
三、下线工艺与下线规律	(83)
(一) 下线工艺	(83)
(二) 各种绕组的下线规律	(90)
四、接线与引线制作	(97)
(一) 线圈的连接和校核	(97)
(二) 接头制作工艺	(97)
(三) 引出线选择	(99)
(四) 接头焊接工艺	(99)
(五) 线圈端部绑扎	(101)
五、定子绕组的检测、浸漆与烘干	(102)
(一) 绕组的初步检测	(102)
(二) 定子绕组的浸漆与烘干	(104)
第五章 三相异步电动机故障检修	(114)
一、转子断笼故障检修	(114)
(一) 断笼现象与原因	(114)
(二) 断笼故障点的确定	(114)
(三) 断笼故障的修理	(115)
二、轴承故障检修	(116)
(一) 轴承松动	(117)
(二) 轴承过紧	(118)
(三) 轴承有杂物	(119)
(四) 轴承损坏与更换	(119)

三、定子绕组故障检查	(120)
(一) 常见故障	(120)
(二) 故障诊断方法	(121)
四、电动机不能启动及转速偏低故障检修	(126)
(一) 负载过重	(127)
(二) 电动机一相断线	(127)
(三) 电动机的机械故障	(128)
(四) 电源电压低	(128)
(五) 定子绕组匝间短路	(129)
(六) 定子绕组单相接地	(129)
(七) 定子绕组内部断线	(129)
(八) 笼型转子断条	(130)
(九) 定子绕组一相反接	(130)
(十) 电源容量不足	(130)
(十一) 启动方式的选择或接线不正确	(131)
(十二) 电动机控制线路有故障	(131)
五、电动机过热故障检修	(131)
(一) 定子绕组过热	(131)
(二) 铁心过热	(133)
(三) 轴承过热	(134)
(四) 散热不良	(134)
六、电动机振动、响声异常故障检修	(135)
(一) 声音不正常	(135)
(二) 振动异常	(138)
七、三相异步电动机故障检修一览表	(138)
第六章 单相异步电动机故障检修	(144)
一、单相异步电动机电容器故障	(144)
(一) 电容器断路和短路	(144)

(二) 电容器电容量不足	(145)
(三) 电容器接错	(145)
(四) 电容器耐压的检测	(146)
二、单相异步电动机故障排除实例	(147)
(一) 吊扇通电后反转, 无风送出	(147)
(二) 落地箱式风扇不转	(148)
(三) 双桶洗衣机脱水桶转速下降	(149)
三、单相异步电动机故障检修一览表	(151)
第七章 电动机修复后的试验	(153)
一、绝缘电阻及直流电阻的测定	(154)
(一) 绝缘电阻的测定	(154)
(二) 绕组在实际冷态下直流电阻的测定	(155)
二、对地绝缘耐压试验及空载试验	(159)
(一) 对地绝缘耐压试验	(159)
(二) 空载试验	(161)
参考资料	(164)

第一章 异步电动机的基本知识

一、三相异步电动机的结构

图 1-1 是 Y 系列电动机的分解图。从图中可见，电动机最主要的部分是转子和定子，其余部分如端盖、风扇和轴承等，都是电动机的辅助部分。

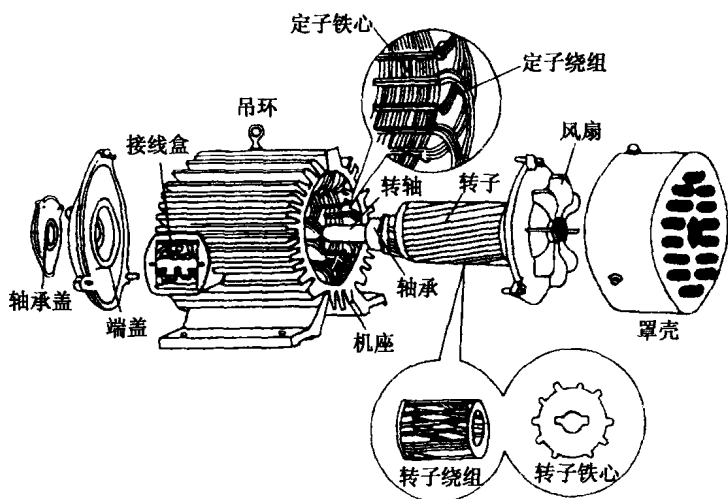


图 1-1 三相异步电动机的结构

(一) 定子

1. 机座

定子是由机座、定子铁心和定子绕组组成的。机座是电动机的支架，主要用于支承铁心和固定端盖。中小型异步电动机的机座一般用铸铁制成，有的小型机采用铝合金铸成。封闭式电动机

机座外表有散热片，防护式电动机机座两侧开有通风孔，便于散热。机座的内腔是一个圆柱形的空间，用来安装定子铁心、定子绕组及整个转子。

2. 定子铁心

定子铁心是电动机磁路的一部分，是由冲成圆环形、厚度为 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ 的硅钢片叠压而成的。采用硅钢片是因为硅钢片导磁性能好、铁耗小。硅钢片表面涂有绝缘漆，使各片之间互相绝缘，以减小铁心的涡流损失。小容量电动机（5号机座以下）硅钢片不需另涂绝缘漆，而利用硅钢片表面的氧化层作为片间绝缘。定子硅钢片如图 1-2 (a) 所示。

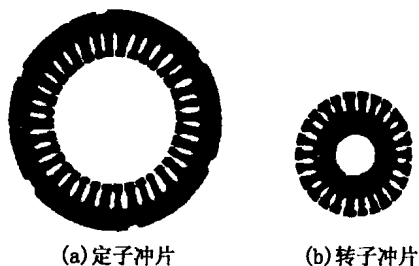


图 1-2 定子和转子铁心冲片

定子铁心的外表呈圆柱形，内圆上均匀地冲有许多与轴平行的槽，在铁心叠压以后形成定子槽，以便嵌入定子绕组，如图 1-3 所示。

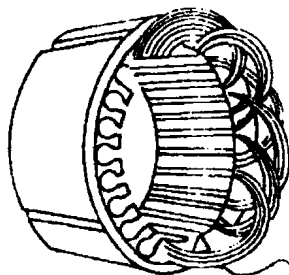


图 1-3 定子铁心和定子绕组

3. 定子绕组

定子绕组是电动机的电路部分，如图 1-3 所示。接通三相交流电后可以形成旋转磁场。绕组是由许多线圈连接而成，每个线圈有两个有效边，分别放于两个槽内，各线圈按照一定规律连接成三相绕组。定子绕组可以接成星形 (Y) 或三角形 (Δ)。中小型电动机绕组一般采用高强漆包圆铜线绕制而成。

(二) 转子

转子是电动机的转动部分，由转轴、铁心和转子绕组（笼条）组成，如图 1-4 所示。电动机轴一般用中碳钢制成。转子铁心也是用 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ 厚的硅钢片 [图 1-2 (b)] 叠压而成，再压装在轴上。在转子铁心外圆四周冲有均匀分布的槽，槽中嵌放导体（铜条或铝条）。转子按结构不同可分为两种形式：一种是笼型转子或短路式转子，另一种是绕线转子或集电环式转子。

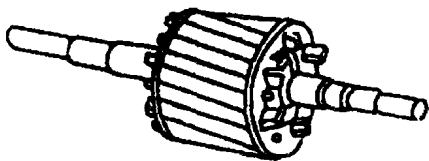


图 1-4 转子外形

笼型转子的绕组由安放在槽内的裸导体构成，导体的材料有铜条和铸铝条两种。铜条绕组是把裸铜条插入转子铁心的槽内，两端由两个端环焊接成通路，如图 1-5 所示。铸铝绕组是将铝熔化后浇注到转子铁心的槽内，同时将两个端环与冷却用的风扇浇铸在一起，如图 1-6 所示。目前我国生产的中小型笼型异步电动机，大都采用铸铝转子。

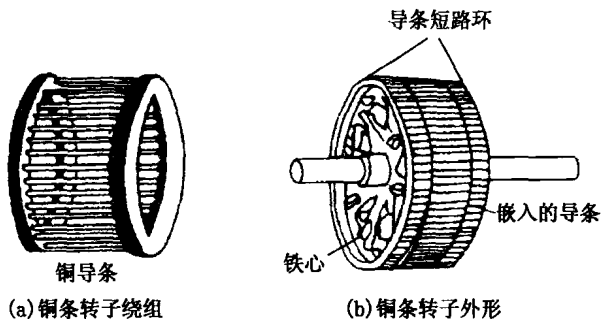


图 1-5 铜条的笼型转子

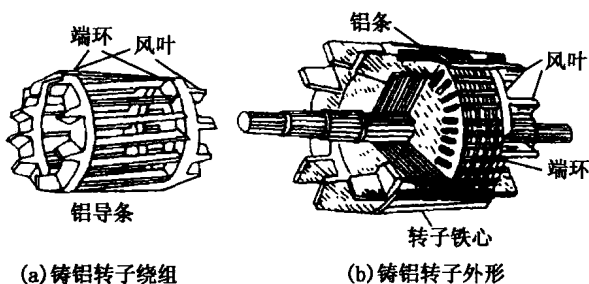


图 1-6 铸铝的笼型转子

(三) 机械构件

电动机除了以上主要部分之外，还有转轴、轴承、轴承盖、风叶、风罩、出线盒、吊环等机械构件。

(1) 转轴。转轴一般用中碳钢加工而成。转子铁心被套在转轴上。该轴支撑着转子的重量，使转子能在定子内腔均匀地旋转，并传递电动机的输出转矩。转轴的形状如图 1-7 所示。



图 1-7 电动机的转轴

(2) 轴承。轴承由外圈、内圈、保持架及滚动体组成。它的外圈紧套在端盖中心的圆孔中，内圈则紧套在转子轴上，如图 1-8 所示。当转子转动时，内圈随之转动，外圈则因与轴承端盖紧密配合而不动，两圈之间装有滚动体并涂有润滑脂，以减小摩擦。

(3) 端盖。端盖由铸铁浇铸而成，其作用是把转子支承在定子内腔的中心。

(4) 轴承盖。轴承盖也由铸铁铸成，其作用是固定转子轴承，并限制转子使其仅能沿轴向在极小范围内移动。

(5) 风叶。风叶由铸铝或硬质塑料制成，其作用主要是排风

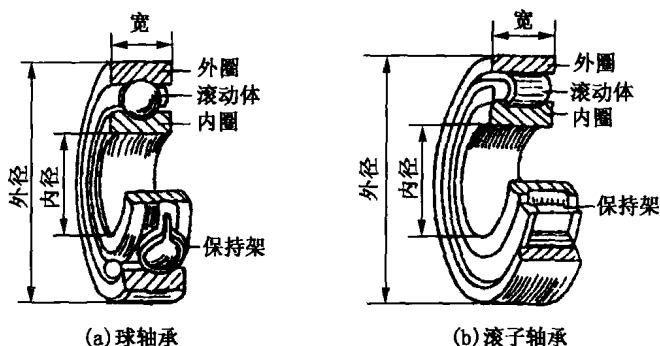


图 1-8 滚动轴承的构造

散热。

(6) 风罩。风罩由薄铁片制成，主要起保护风叶和定向排风的作用。

(7) 出线盒。出线盒也由铸铁制成，其主要作用是固定和保护定子绕组的出线端头。

(8) 吊环。吊环一般由刚性的圆钢制成，它安装在机座上方，便于吊装电动机。

二、三相异步电动机的铭牌数据

铭牌较详细地介绍了电动机的特性和一般技术要求，给使用、检查和修理电动机创造了良好的条件。主要参数有：型号、额定功率、额定电压、额定电流、额定频率、额定转速、接法、定额（工作方式）、绝缘等级、温升等。若电动机没有铭牌或铭牌上的内容不清，则不要轻易使用该电动机，以免发生事故。正确使用电动机，必须要看懂铭牌。现以 Y132S-4 型电动机为例（如图 1-9 所示），来说明铭牌上各个数据的意义。

1. 型号

为了适应不同用途和不同工作环境的需要，将电动机制成不

三相异步电动机			
型号	Y132S-4	额定功率因数	
额定功率	5.5 kW	额定频率	50 Hz
额定电压	380 V	转子电压	
额定电流	11.7 A	转子电流	
接法	Δ	环境温度	
额定转速	1440 r/min	绝缘等级	F 级
防护等级	IP44	额定效率	
工作制	S1	重量	68 kg
定额	S2-60min	日期	20 年 月
XXX 机电厂			

图 1-9 Y132S-4 型电动机铭牌

同的系列，每种系列用各种型号表示。Y132S-4 各个符号的含义如下：Y——三相异步电动机；132——机座中心高（mm）；S——机座长度代号（S——短机座；M——中机座；L——长机座）；4——磁极数。

异步电动机的产品名称代号及其汉字意义见表 1-1。

表 1-1 异步电动机产品名称代号

产品名称	新代号	汉字意义	老代号
异步电动机	Y	异	J, JO
绕线式异步电动机	YR	异绕	JR, JRO
防爆型异步电动机	YB	异爆	JB, JBS
高启动转矩异步电动机	YQ	异起	JQ, JQO

小型 Y、Y-L 系列鼠笼式异步电动机是封闭自扇冷式。Y 系列定子绕组为铜线，Y-L 系列为铝线。电动机功率是 0.55 ~ 90 kW。

2. 接法

这是指定子三相绕组的接法。一般鼠笼式电动机的接线盒中

有六根引出线，标有 U_1 、 V_1 、 W_1 、 U_2 、 V_2 、 W_2 。其中， U_1 、 U_2 是第一相绕组的两端（旧标号是 D_1 、 D_2 ）； V_1 、 V_2 是第二相绕组的两端（旧标号是 D_3 、 D_4 ）； W_1 、 W_2 是第三相绕组的两端（旧标号是 D_5 、 D_6 ）。如果 U_1 、 V_1 、 W_1 分别为三相绕组的始端（头），则 U_2 、 V_2 、 W_2 是相应的末端（尾）。

这六个引出线端在接电源之前，相互间必须正确连接。连接方法有星形（Y）连接和三角形（ Δ ）连接两种（图 1-10）。通常三相异步电动机为 3kW 以下者，连接成星形；为 4kW 以上者，连接成三角形。

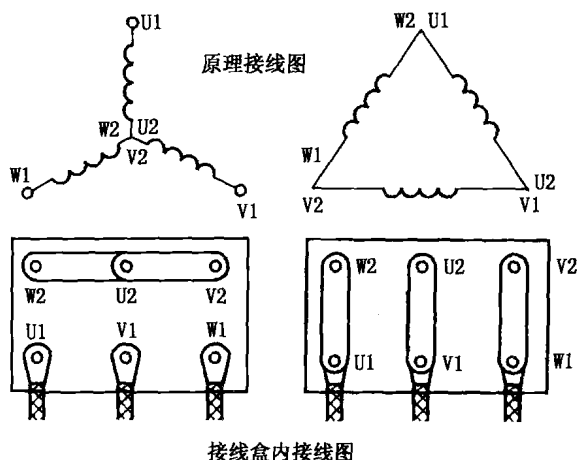


图 1-10 定子绕组的星形连接和三角形连接

3. 电压

铭牌上所标的电压值是指电动机在额定运行时定子绕组上应加的线电压值。一般规定电动机的电压不应高于或低于额定值的 5%。

当电压高于额定值时，磁通将增大，这将使励磁电流增加，电流大于额定电流，绕组会过热。同时，由于磁通的增大，铁损

(与磁通平方成正比)也就增大,使定子铁心过热。

但常见的是电压低于额定值,这时引起转速下降,电流增加。如果在满载或接近满载的情况下,电流将超过额定值,使绕组过热。还必须注意,在低于额定电压下运行时,和电压平方成正比的电磁转矩也会显著地降低,这对电动机的运行也是不利的。

三相异步电动机的额定电压有 380V、3 000V 及 6 000V 等多种。

4. 电流

铭牌上所标的电流值是指电动机在额定运行时定子绕组的线电流值。当电动机空载时,转子电流近似为零。这时的定子电流几乎全为建立旋转磁场的励磁电流。当输出功率增大时,转子电流和定子电流都随之相应增大。图 1-11 所示是一台 10kW 三相异步电动机的工作特性曲线。

5. 功率与效率

铭牌上所标的功率值是指电动机在额定运行时轴上输出的机械功率值。输出功率与输入功率不等,其差值等于电动机本身的损耗功率,包括铜损、铁损及机械损耗等。效率 η 就是输出功率与输入功率的比值。现以 Y132S-4 型电动机为例:

$$\begin{aligned}\text{输入功率 } P_1 &= \sqrt{3} U_N I_N \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 11.7 \times 0.85 \\ &= 8.6 \text{ (kW)}\end{aligned}$$

$$\text{输出功率 } P_2 = 5.5 \text{ (kW)}$$

$$\text{效率 } \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{5.5}{8.6} \times 100\% = 87\%$$

一般鼠笼式电动机在额定运行时的效率为 72%~93%。 $\eta=f(P_2)$ 的曲线如图 1-11 所示,在额定功率的 75%左右时效率最高。

6. 功率因数

因为电动机是电感性负载,定子相电流比相电压滞后一个