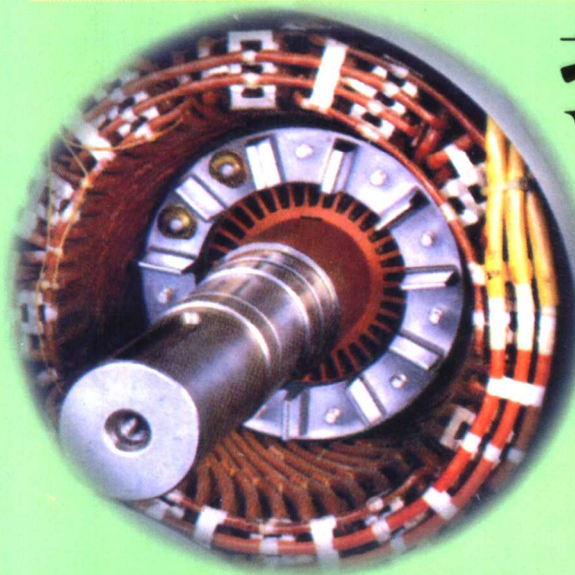


机电工人实用技术丛书

电机修理 实用技术



DIANJI XIULI
SHIYONG JISHU

邓先和

编著



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

机电工人实用技术丛书

电机修理实用技术

邓先和 编著

辽宁科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电机修理实用技术 / 邓先和编著. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2004.1

ISBN 7-5381-4039-5

I. 电… II. 邓… III. 电机-维修 IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 067609 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 9.25

字 数: 213 千字

印 数: 1~5000

出版时间: 2004 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2004 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 庄庆芳

版式设计: 于 浪

责任校对: 周 文

定 价: 15.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

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

内 容 提 要

本书系统地介绍了常用电动机的原理、结构、故障原因、检测方法及修理工艺。为提高电机修理人员的专业技能，书中有选择地介绍了电动机修理计算方面的方法和公式，列举了一定数量的修理实例，并收录了修理电动机时所急需的各种技术数据。

本书条理清楚、通俗易懂、图文结合、方便实用，适合电动机修理人员阅读使用，也可作为电机修理培训班的教材。

出版说明

当前国际上处于新一轮的产业调整中，制造业逐渐向发展中国家转移，我国正在成为世界上制造业的大国，机械制造业更是如此。机械制造业是技术密集型产业，它的发展离不开高素质的技术工人。目前，我国有技术工人 8000 万左右，其中初级工为 60%，中级工为 35%，高级工（包括技师和高级技师）为 5%，而发达国家则为高级工 35%，中级工 50%，初级工 15%，我国的中、高级技术工人短缺现象非常严重。劳动力市场急需掌握现代机械制造技术的技工，已经出现了高薪聘请不到高级技工的现象。

为适应机械工业大发展的形势和劳动力市场的需求，培养一大批掌握现代化机械制造技术的高素质的技工是当务之急。而图书市场上，真正针对技术工人的实用技术辅导读物寥寥无几，鉴于这种状况，我们组织一些有丰富的教学和实践经验的作者，包括职业技术学院的教师、科研院所和工矿企业的高级工程师以及生产一线的高级技师，合作编写了“机电工人实用技术丛书”。

“机电工人实用技术丛书”按工种分类，选择的考虑是：从业人员较多，技术含量较高，多数企业急需。第一批出版 8 种，分别是《车工实用技术》、《冷作钣金工实用技术》、《数控铣工实用技术》、《铸造工实用技术》、《金属热处理工实用技术》、《电机修理实用技术》、《焊工实用技术》和《模具工实用技术》。

这套书在编写内容及方式上力争做到通俗易懂，具有先进性、科学性和可操作性，具体体现在：

(1) 实用性。汇集近年来的现场经验技术、技术资料与工艺数据；

(2) 新颖性。采用新国标或向国际标准 (ISO) 靠拢；

(3) 先进性。体现新技术、新工艺等知识；

(4) 简明性。语言精练，多用图表，便于读者阅读；

(5) 普及性。通俗易懂，适合读者自学提高，通过典型示例介绍，起到举一反三的作用。

这套书编排科学，通俗易懂，图文并茂，非常适合中、高级技术工人及现场技术人员阅读。实用、新颖是这套丛书的特点。相信这套书为生产一线的技术工人和技术人员，在提高技术水平和解决实际问题方面，能够有一些有益的帮助。

前 言

在我们的日常生活和工农业生产中，三相异步电动机、单相异步电动机和单相串励电动机的应用十分广泛，随之而来这些常用电动机的修理任务日益增加。但目前全面系统地介绍这些常用电动机修理方面的图书还较为短缺。为此，结合我们在实际中的调查结果编写了《电机修理实用技术》一书，以满足广大电机修理人员的需要。

本书从实际出发，系统地介绍了常用电动机的原理、结构及更换定子绕组的全过程，具体介绍了常用电动机的故障原因、检查方法和修理工艺。有选择地介绍了较为实用的电动机修理计算方面的方法及经验公式，为了方便广大电机修理人员查阅数据，书后还收录了常用电动机相关的技术数据。

本书在编写过程中，避开了高深的电磁理论和一些抽象的概念，结合作者多年的教学及实践经验，力求深入浅出、通俗易懂、图文并茂、方便实用。但愿本书能成为电机修理人员的好帮手。

全书共分八章，第五章由孙成普编写，第六章由高宇编写，第八章由刘丽编写，其余章节及附录由邓先和编写。

本书在编写过程中，参考了许多电机修理方面的有关书籍，李尚铭、邓晓宇、安保清给本书初稿提出了不少宝贵意见，在此一并表示衷心地感谢。由于作者水平有限，编写时间紧迫，书中不当之处在所难免，恳请有关专家和读者批评指正。

作 者

目 录

出版说明	1
前 言	1
第一章 三相异步电动机的构造	1
第一节 三相异步电动机的基本原理	1
第二节 三相异步电动机的基本结构	5
第三节 电动机的拆卸与装配	10
第二章 三相异步电动机的定子绕组	19
第一节 定子绕组概述	19
第二节 单层绕组	29
第三节 双层绕组	39
第三章 定子绕组的整体更换	53
第一节 拆除旧绕组	53
第二节 绕制线圈	57
第三节 嵌线	64
第四节 接线	69
第五节 浸漆与烘干	75
第六节 检查试验	80
第四章 三相异步电动机的故障与修理	83
第一节 机械方面的故障与修理	83
第二节 定子绕组的故障与修理	91
第三节 转子的故障与修理	117
第四节 电动机运行时的故障分析及处理方法	134

第五章 单相异步电动机	139
第一节 单相异步电动机的分类及启动原理	139
第二节 单相异步电动机的定子绕组	149
第三节 单相异步电动机的故障与修理	156
第六章 单相串励电动机	168
第一节 单相串励电动机的工作原理与结构	168
第二节 单相串励电动机全部更换电枢绕组的 的工艺要点	173
第三节 单相串励电动机的故障与修理	179
第七章 交流电动机的修理计算	192
第一节 改变导线线径的计算	192
第二节 三相异步电动机的重绕计算	196
第三节 三相异步电动机的改极计算	207
第四节 三相异步电动机改为单相运行的计算	210
第五节 单相异步电动机的重绕计算	216
第八章 常用电动机修理实例	233
第一节 三相异步电动机修理实例	233
第二节 单相异步电动机修理实例	243
第三节 单相串励电动机修理实例	250
附表一 电机常用电磁线和绝缘材料	256
附表二 电机绕组常用表面覆盖漆和浸渍漆	257
附表三 J₂ 系列电动机的技术数据(380V)	258
附表四 JO₂ 系列电动机的技术数据(380V)	260
附表五 Y 系列三相异步电动机技术数据(IP23)	265
附表六 Y 系列三相异步电动机技术数据(IP44)	268
附表七 YR 系列绕线转子三相异步电动机技术数据(IP23)	273
附表八 YR 系列绕线转子三相异步电动机技术数据(IP44)	276

附表九 JX 系列单相电容运转异步电动机技术数据	279
附表十 JY 系列单相电容启动异步电动机技术数据	281
附表十一 JZ 系列单相电阻启动异步电动机技术数据	282
附表十二 220V 手电钻(电锤)单相串励电动机技术数据	285
参考文献	286

第一章 三相异步电动机的构造

为适应各种机械不同的技术要求和工作环境，电动机具有多种多样的类型和结构。本章首先对电动机的各种类型进行简要介绍，然后重点介绍最常用的三相异步电动机的原理和结构，为今后修理电动机打下必要的基础。

第一节 三相异步电动机的基本原理

一、电动机的分类

电动机根据所需电源性质的不同，分为直流电动机和交流电动机两大类。直流电动机虽然具有良好的调速性能，但由于结构比较复杂，造价高，需要直流电源，不便于维护，所以只用在某些特殊生产机械上。

交流电动机根据作用原理的不同，又分为同步电动机和异步电动机两大类。同步电动机的转子需要用直流电源励磁，它的转速是固定不变的。例如三相同步电动机，其转子的转速始终与电机旋转磁场转速相等，或者说同步，因此该类型的电动机称为同步电动机。而异步电动机转子的转速则随着负载的增加稍有下降，例如三相异步电动机，其转子转速总是略小于旋转磁场的转速，不相等或者说异步，所以此类电动机称为异步电动机。

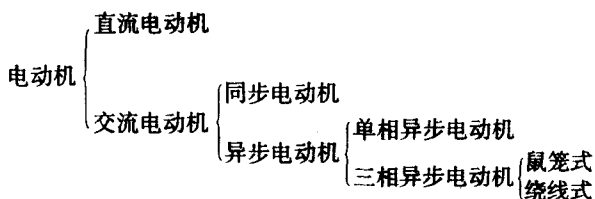
因为大多数机械并不一定严格要求转速不变，况且异步电动机相对其他电动机而言，具有结构简单、制造方便、运行可靠、价格低廉、转子不需要外接电源等许多宝贵的优点，因此，它被

广泛地应用在工农业生产和我们的日常生活中。它是各类电动机中应用最广、需要量最大的一种电动机，为所有电动机总容量的80%左右。

异步电动机按照所需电源相数的不同又分为三相异步电动机和单相异步电动机。三相异步电动机对单相异步电动机而言性能好、效率高，因此，工农业生产中的机械大都采用三相异步电动机。对于只有单相电源的地方和容量较小的机械设备（如家用电器和医疗卫生等设备）才采用单相异步电动机。

为了满足不同生产机械的要求，三相异步电动机的转子有两种不同型式，一种是鼠笼式转子，另一种是绕线式转子。绕线式的三相异步电动机可在转子绕组中串入电阻，对电动机进行调速，可以提高启动转矩和限制启动电流，但绕线式电动机结构比较复杂，维护也不太方便，所以通常只用在启动性能要求较高的设备上，如吊车、卷扬机等。绝大部分机械对启动性能并没有特殊要求，因此，鼠笼式三相异步电动机应用十分广泛。

综上所述，电动机的分类可以简括如下：



二、三相异步电动机的工作原理

图 1-1 为三相异步电动机工作原理图，这是一台最简单的三相异步电动机。在电动机的定子铁芯里，嵌放着对称的三相绕组 U_1-U_2 、 V_1-V_2 、 W_1-W_2 。转子是一个闭合的多相绕组。定、转子上的小圆圈表示定、转子绕组直导体的横截面。

当电动机定子中对称的三相绕组接通对称三相交流电时，定子电流便会产生一个旋转磁场，且以同步转速 n_1 沿着顺时针方

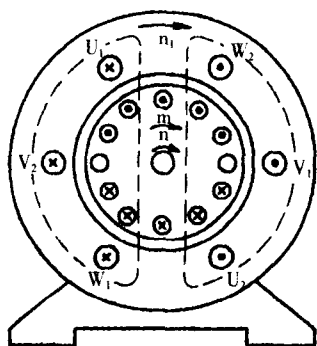


图 1-1 三相异步电动机的工作原理图

向旋转。由于转子是静止的，即使转动以后其转速也小于旋转磁场转速，所以转子与旋转磁场之间存在相对运动，转子导体因切割定子磁场而产生感应电势和感应电流。假设转子为纯电阻性电路，那么转子电流就与感应电势同相位，其方向由右手定则确定。转子电流与定子磁场相互作用产生电磁力 F ，其方向由左手定则确定。电磁力对转轴形成一个电磁转矩（其作用方向与旋转磁场方向一致），从而驱动转子顺着旋转磁场的旋转方向旋转，将输入的电能转变成旋转的机械能。如果电动机轴上带有机机械负载，那么，电动机就带动机械负载一起旋转，从而使电动机对机械负载做了功。

异步电动机的旋转方向始终与旋转磁场的旋转方向一致，而旋转磁场的方向取决于电流的相序，因此，任意对调电动机的两根电源线，便可使电动机反转。

为什么异步电动机的转速 n 总是略小于旋转磁场的转速 n_1 ？因为只有这样，转子绕组才能产生电磁转矩，使电动机旋转。如果转速 $n =$ 旋转磁场转速 n_1 ，转子与定子磁场之间没有相对运动，则转子没有感应电势和感应电流产生，电磁转矩为零，电动机就没有机械功率输出。因此，电动机的转速略小于旋转磁场的转速

是异步电动机工作的必要条件。又因为异步电动机转子电势和转子电流是通过电磁感应作用而产生的，所以异步电动机又称为感应电动机。

综上所述，电动机之所以能带动生产机械旋转是离不开旋转磁场的，对于旋转磁场的转速 n_1 ，读者可自行分析。在如图 1-1 所示的 2 极电动机中，交流电变化一个周期，旋转磁场就转一圈，我国交流电的频率为 50Hz，即交流电每秒钟变化 50 个周波，那么旋转磁场每秒钟就要转 50 转，每分钟自然就要旋转 3000 转。理论和实践证明，旋转磁场的极数与定子三相绕组的分布和排列有关，将定子绕组进行不同的排列和分布，就可以得到不同的磁极对数，而旋转磁场的转速 n_1 又和电机的磁极对数 p 成反比，2 极电动机的磁极对数等于 1，所以 2 极电动机旋转磁场的转速 n_1 就是 3000r/min，而 4 极电动机的磁极对数等于 2，所以它的旋转磁场转速 n_1 为 1500r/min，其他极数电动机的旋转磁场转速 n_1 写成公式为

$$n_1 = 60f/p = (60 \times 50) / p \quad (\text{r/min})$$

根据上面公式，我们可以得出 6 极电动机旋转磁场转速 $n_1 = (60 \times 50) / 3 = 1000\text{r/min}$ ，8 极电动机旋转磁场的转速 $n_1 = (60 \times 50) / 4 = 750\text{r/min}$ 。如此类推，极数越多的电动机，旋转磁场转速越低。

电动机的转速 n 总是略小于旋转磁场的转速 n_1 ，它们之间的转速差与旋转磁场转速 n_1 的比值，称之为转差率 S 。

$$S = (n_1 - n) / n_1$$

转差率是异步电动机的一个基本技术参数。一般情况下，三相异步电动机的转差率小于 5%，这进一步说明，异步电动机的转速虽小于旋转磁场的转速，但十分接近。知道这一点对今后的电机修理工作将有一定启示，如从铭牌上看到某电机的额定转速为 2960r/min，你马上就会知道这是两极电机；或者铭牌没有了，测出某电机的转速为 730r/min，那你马上就会想到旋转磁场

750r/min与之最接近，该电机应该为8极电动机。反过来，一台6极电动机修好以后，在做空载试验时，虽然没有技术数据在手，但是你会心中有数，该电机转速应该是980r/min左右。

第二节 三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机主要由固定不动的定子和旋转的转子两部分组成。转子装在定子腔内，为保证转子能在定子腔内灵活转动，定子与转子之间有一个很小的间隙，称为气隙。另外，还有端盖、轴承、风扇等零部件。如图1-2所示。

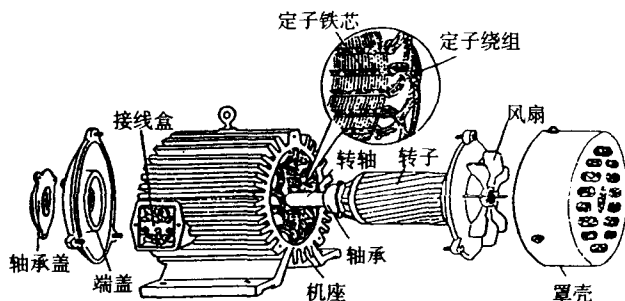


图1-2 三相鼠笼式异步电动机的构造

一、定子

定子主要包括机座、定子铁芯、定子绕组三部分。

(1) 机座一般由铸铁或铸钢制成。它用以固定定子铁芯。机座两头有端盖，装有轴承，用以支撑转子。封闭式电动机的机座表面上有许多散热片，可以增加散热面积。

(2) 定子铁芯由导磁率很高的环形硅钢片叠压而成，铁芯的内圆开有均匀分布的定子槽，用以嵌放定子绕组。定子铁芯还是电机磁路的一个重要组成部分。为了减少涡流损耗，环形硅钢

片均涂以绝缘漆彼此绝缘。为了冷却铁芯，在大容量电机中，定子铁芯分成很多段。每两段之间留有径向通风槽，作为冷却空气的通道。

(3) 定子绕组由嵌放在铁芯槽内的线圈按一定规律连接而成(将在第二章中详细讨论)。中、小型异步电动机的线圈一般用高强度聚脂漆包圆铜线绕制而成，大、中型异步电动机的线圈用截面较大的绝缘扁铜线制作而成。定子绕组是电机的主要电路部分。

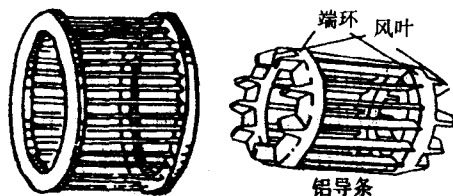
二、转子

转子由转轴、转子铁芯和转子绕组构成。

(1) 转轴一般用中碳钢加工而成，其作用是固定转子铁芯和传递机械功率。

(2) 转子铁芯由 0.5mm 圆形硅钢片叠压而成，这些圆形硅钢片通常就是定子硅钢片冲下来的内圆部分。转子铁芯圆周表面开有均匀分布的槽，以便嵌放或浇铸转子绕组。

(3) 转子绕组分为鼠笼型和绕线型两种类型。鼠笼型绕组由嵌放在铁芯槽内的铜条和两端的铜环构成。假设将转子铁芯去掉，剩下的转子绕组的形状就像一个关松鼠的笼子，所以我们将这样的转子绕组称为鼠笼式绕组，如图 1-3 (a) 所示。



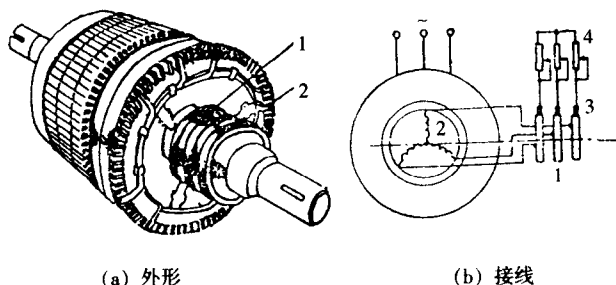
(a) 铜鼠笼绕组；

(b) 铸铝转子绕组

图 1-3 鼠笼式转子绕组

为了节省用铜和提高生产效率,中小型鼠笼式异步电动机都采用铸铝转子,铸铝工艺可以将转子绕组及风扇叶一次铸出。如图 1-3 (b) 所示。采用这种转子绕组的电动机称为鼠笼式异步电动机。

绕线式转子绕组与定子绕组一样,也是对称的三相绕组。转子三相绕组一般接成星形,三个末端连接在一起,三个始端分别接到转轴的三个滑环上,滑环又通过电刷与外面附加的变阻器连接,用来改善电动机的启动性能和调速性能。绕线式转子外形及接线如图 1-4 所示。采用这种转子绕组的电动机称为绕线式三相异步电动机。



1—滑环; 2—转子绕组; 3—电刷; 4—变阻器

图 1-4 绕线式电动机转子外形及接线

为了使转子能在定子内灵活转动,定、转子之间留有一定的气隙,一般为 $0.2\sim 2\text{mm}$ 。气隙越大,磁路磁阻越大,产生额定磁通所需的励磁电流越大,功率因数越低。气隙过小,会使电机装配困难,或使定子与转子发生摩擦,俗称扫膛。因此,气隙的大小通常由制造厂设计出一个合理的尺寸,从电动机技术数据中可以查出。

三、主要零部件

(1) 端盖。一般用铸铁制造,其作用是保护定子绕组端部,