



电动机的 使用 与 修理

河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书简明地阐述了鼠笼型三相异步电动机的构造、原理和技术性能，全面地介绍了它的使用、维护、常见故障及修理等方面的知识。书末附有常用系列电动机技术性能数据和有关参考资料，以便查用参考。

此书内容丰富，资料翔实。可供广大农村电工以及从事电动机运行、维修工作的人员学习阅读。

电动机的使用与修理

(修订本)

方 铭 董国强 杨 刚编

责任编辑 孟庆云

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开 8.75印张 185千字

1975年7月第1版 1982年7月第2版

1982年7月第2次印刷 印数:50,001—80,000册

统一书号15245·15 定价0.75元

再 版 前 言

为适应工农业发展需要，帮助读者学习、掌握电动机使用和修理知识，我们编写了这本通俗技术读物。书中简明地阐述了鼠笼型三相异步电动机的构造、原理和技术性能；比较全面地介绍了它的使用、维护、常见故障以及修理等有关知识；书末汇编了部分常用数据和参考资料。

本书考虑到广大农村从事电动机运行、维修人员的实际情况，对原理的叙述从适用角度出发，力求删繁就简、深入浅出；对应用技术的介绍，尽量作到详细具体，便于掌握，以有助于解决生产中的实际问题。

原书出版于1975年。这次再版时，根据各方面的意见和我国电机产品更新换代工作的进展，作了必要的修订和适当的补充。

由于经验不足，水平有限，错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1982年1月

目 录

第一章 电动机的构造和原理	(1)
第一节 电动机简介	(1)
第二节 常用电动机的系列	(4)
第三节 电动机的结构	(7)
第四节 电动机的运行原理	(12)
第二章 电动机的技术数据和选择	(27)
第一节 电动机的铭牌	(27)
第二节 电动机的性能数据	(33)
第三节 电动机的外形尺寸和安装尺寸	(44)
第四节 电动机的选择	(44)
第三章 电动机的使用与维护	(47)
第一节 传动装置的选择与计算	(47)
第二节 电动机供电线路导线的选择	(58)
第三节 电动机的安装	(64)
第四节 电动机的起动	(69)
第五节 电动机起动保护设备的构造和使用	(81)
第六节 电动机的运行和维护	(98)
第四章 电动机的故障	(104)
第一节 电动机工作不正常的原因	(104)
第二节 电动机故障的判断	(110)
第三节 电动机故障的检查	(115)
第四节 电动机电气故障的处理	(126)

第五节 电动机机械故障的处理	(130)
第五章 电动机的修理	(135)
第一节 电动机的拆卸和装配	(135)
第二节 电动机绕组	(141)
第三节 绕组的大修	(157)
第四节 绕组的改绕和计算	(171)
第五节 电动机的试验	(190)
附录	(195)
I 短路侦察器的设计	(195)
II 绕线模尺寸的计算	(199)
III 铝—铝、铝—铜焊接方法	(204)
IV 常用系列电动机技术性能数据	(208)

第一章 电动机的构造和原理

第一节 电动机简介

一、概述 电动机是工农业生产中最常用的动力设备之一。它具有体积小、效率高、结构简单、使用方便等特点，在工厂、矿山、农村乃至日常生活中都得到广泛的应用。

根据电源、用途、工作环境等的不同，电动机具有多种多样的类型和结构。从冶金、矿山设备中使用的几千千瓦的大型电动机到自动控制系统中使用的不到一瓦的微型电动机都属于电动机的范畴。尽管这些电动机之间，从外形、体积到内部结构差别很大，但却具有一个共同的特点，即接通电源后，它们都能产生一定的转矩，带动与其配套的各种机械，去完成一定的工作，如碾米、磨面、抽水、轧花等等。用工程技术中常用的语言来说：就是能把电能转变成机械能。

在现代化的工矿企业中，几乎所有的机床设备都以电动机作为动力。在广大农村中，随着农电事业的迅速发展，农业排灌、农副产品加工中也广泛使用电动机。这对保证农业稳产高产，夺取农业丰收，发展农村经济和地方工业，将发挥越来越大的作用。

二、电动机的分类 电动机根据电源性质的不同，可分为交流电动机和直流电动机两大类。发电站发出来的电都是交流电，所以交流电动机的应用最为普遍。直流电动机结构比

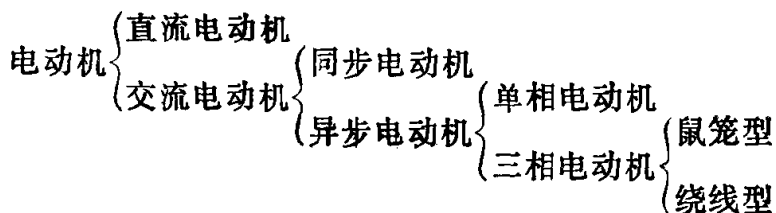
较复杂，只用在某些特殊场合，例如要求平滑调节转速的机械上（如龙门刨床的主拖动电机）。这时需要单独的直流电源供电。在使用蓄电池或干电池作为电源时，也常采用低压直流电动机，象汽车、拖拉机中的起动机之类。

交流电动机按照作用原理的不同，又可分为同步电动机和异步电动机（又称感应电动机）两类。同步电动机转子需要用直流电源励磁，它的转速是固定不变的；异步电动机的转子则由定子线圈的磁场感应出电势和电流，它的转速随着负载的增加而稍有降低，而且始终比极数相同的同步电动机低一些。同步电动机通常用在对转速有严格要求的机械上，如大型空气压缩机常采用同步电动机直接拖动，常见的“电钟”的原动机也是一只小型同步电动机。异步电动机的用途较广，按照电源的相数又分三相和单相两类。单相电动机容量较小，多用于日常生活用的电器或没有三相电源的地方，如电风扇、小型鼓风机、理发用的电吹风机、电唱机等等。动力电网都是三相交流电，因此我们常用的电动机绝大部分都是三相异步电动机。

为了满足不同的使用要求，三相异步电动机的转子也有两种不同的形式，一种是鼠笼型，另一种是绕线型。鼠笼型转子的结构将在下节详细介绍。绕线型转子槽内嵌入与定子极数相等的三相绕组，并与滑环相联，通过电刷和外接电阻串联。转子串入电阻后，可以提高起动转矩和限制起动电流，运转时将转子绕组端点短路或将起动电阻短路。绕线型电动机结构比较复杂，通常只用于对起动性能要求较高的设备上，如卷扬机、吊车等。一般机械如果对起动性能没有特殊要求，均配用三相鼠笼型异步电动机。下面本书所介绍的都

是指这类电动机。

综上所述，电动机的分类可以简括如下：



有关直流电动机、同步电动机、单相异步电动机的分类，因不是本书介绍的内容，这里就不再列入了。

三、电动机的结构型式 三相异步电动机，按照外壳防护要求的不同，可做成不同的结构型式。在小型农用电动机中常用的有下列几种：

1. 防护型 电机的外壳是半封闭的，端盖上有进风孔，机座两侧及底部有出风孔，通常也称为半封闭型。这种结构能防止垂直下落或与铅垂方向成一定角度范围的水滴、铁屑及其它杂物进入电机内部，适用于工作条件较好的场所。电动机采取内部循环通风方式，散热条件好。

2. 封闭型 电机的外壳是封闭的。机座上通常铸有散热片，常采用非轴伸端自带风扇，从外部冷却电机外壳。能防止水滴、灰尘、杂物飞溅进入，但水和潮气仍可通过缝隙侵入电机内部，因此，也不能受潮、浸水或受雨淋。

农村常用的电动机大多属于上述两种型式，由于农业机具使用条件较差，封闭型电动机使用更多。其它防护型式如防水式、水密式、潜水式、隔爆式等均比较少见。

上述的电机外壳防护型式分类法只是按通常的划分法分类的。现在国家对电机外壳防护等级已有比较明确的规定，

即按电机外壳防止固体异物进入电机内部和防止人体触及内部带电物或运动件的防护能力以及防止水进入内部达到有害程度的防护能力，分别划等定级。这里就不再详细介绍了。

第二节 常用电动机的系列

由于各种机械对配套电动机的结构、型式、功率、转速的要求各不相同，对于某一结构型式的电动机，通常都做成不同的转速和不同的功率。异步电动机的转速一般以相近的同步转速划分，由极数和电源频率决定。而功率则兼顾配套要求和制造方便，选取从小到大的一系列标准功率等级，如1.1、2.2、3、4、5.5千瓦等。功率和转速不同的电机，其体积也各不相同。我们把大小不同的电机依次排列，分为若干个“机座号”，每个机座号又分为几种长度。这些结构型式相同，而功率、转速、机座号各不相同的电动机，就组成了所谓“系列”。在各种系列中，用途最广，结构最简单的称为基本系列。基本系列稍加变化以适应其它特殊要求的系列，称为派生系列。

每个系列都以汉语拼音字母表示。以第一个字母为例：J表示异步电动机（新系列用Y表示），T表示同步电动机，Z表示直流电动机。其它字母则往往有不同的含义，如L可表示“立”式或“铝”线，B可表示防“爆”或“泵”用，Z可表示起“重”或“座”式轴承，至于O一般表示封闭式，R表示绕线式，可参看有关产品样本。农用三相异步电动机常见系列如下表：

上述各系列中，J2、JO2已基本取代了J、JO老系列，成

表 1-1

常见电动机系列

系列代号	结 构 型 式	名 称	用 途
J	防护式、铸铝转子	小型鼠笼式三相异步电动机	作一般性应用，如拖动水泵、风机、车床、铣床、钻床等
J2	同上，为二次改型设计	同上	同上
JO	封闭式，外壳上有散热片，外风扇自冷，铸铝转子	同上	用途同上，但多用于灰尘较多、水土飞溅厉害的场所
JO2	同上，为二次改型设计	同上	同上
Y(IP44)	同上，为最新设计的更新换代系列	同上	同上
JQ	同J系列	高起动转矩异步电动机	用于起动静止负荷或惯性负荷较大的机械，如压缩机、粉碎机等
JQ2	同上，为JQ的二次改型设计	同上	同上
JQO	同JO系列	同上	同上，但多用于灰尘较多、水土飞溅厉害的场所
JQO2	为JQO的改进型	同上	同上
JS	防护式，鼠笼转子	中型鼠笼式异步电动机	同J系列，但容量较大
JS2	同上，为二次改型设计	同上	同上
JR	防护式，绕线型转子	中小型绕线式异步电动机	用于电源容量不足，起动要求较高，频繁正反转场所
JR2	同上，为二次改型设计	中型绕线式异步电动机	同上

(续)

系列代号	结 构 型 式	名 称	用 途
J2-L	同J2系列, 但定子采用铝线	铝线小型鼠笼式异步电动机	同J2系列
JO2-L	同JO2系列, 但定子采用铝线	同上	同JO2系列
Y-L (IP44)	同Y(IP44)系列, 但定子采用铝线	同上	同Y(IP44)系列
JLB	封闭式, 立式安装, 空心轴, 可防止逆转	深井泵用异步电动机	与深井水泵配套专用
JQB	水泵和三相异步电动机同轴, 并合为一体, 密封防水	浅水排灌电泵	为可移式潜水电力排灌设备

为小型异步电动机中应用最广的系列。随着电机工业的发展, 具有现代水平的小型异步电动机更新换代产品Y系列, 现在已经试制成功, 即将取代J2、JO2系列。Y系列具有国际通用的功率等级和安装尺寸, 为国内外电机互相代用提供了方便。另外还具有体积小, 材料省, 效率高, 起动性能好, 工作可靠和节约能源等优点。

J2、JO2是目前小型三相异步电动机的两个基本系列。而JQ2、JQO2高起动转矩异步电动机、JLB深井泵用异步电动机等, 则属于这两个基本系列的派生系列。由于全国有统一的电动机基本系列, 派生系列又与基本系列有一定的依存关系, 这就给电动机的生产、配套、维修带来很大的方便。

第三节 电动机的结构

三相鼠笼型异步电动机的结构比较简单，它由定子、转子两大部分及端盖、轴承、通风零件、接线盒等组成（见图1-1、图1-2）。下面以J2、JO2典型结构为例，逐项介绍。

一、定子 定子部分由机座、定子铁心、定子绕组等组成。定子铁心一般以0.5毫米厚的硅钢片冲制的定子冲片叠压而成，冲片之间涂以很薄的绝缘漆。小型号中，也有利用钢片表面氧化膜作片间绝缘的。冲片采用含硅的薄钢片以及片间绝缘处理都是为了减少铁心中的损耗，防止铁心过热。

铁心槽内按照一定的顺序和联接方法嵌装定子线圈，构成三相绕组。定子线圈的材料在小电机中采用带绝缘层的圆铜线或圆铝线。线圈与铁心以及各相线圈之间，垫以绝缘材

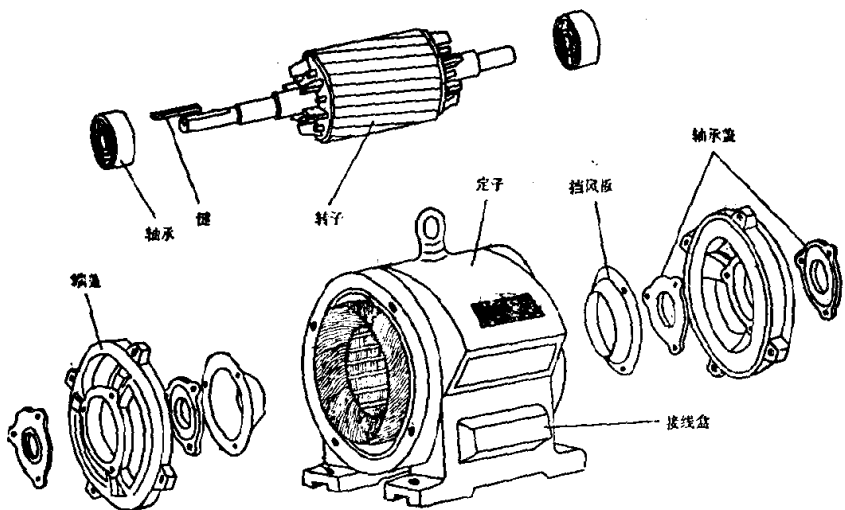


图 1-1 防护式电动机的构造

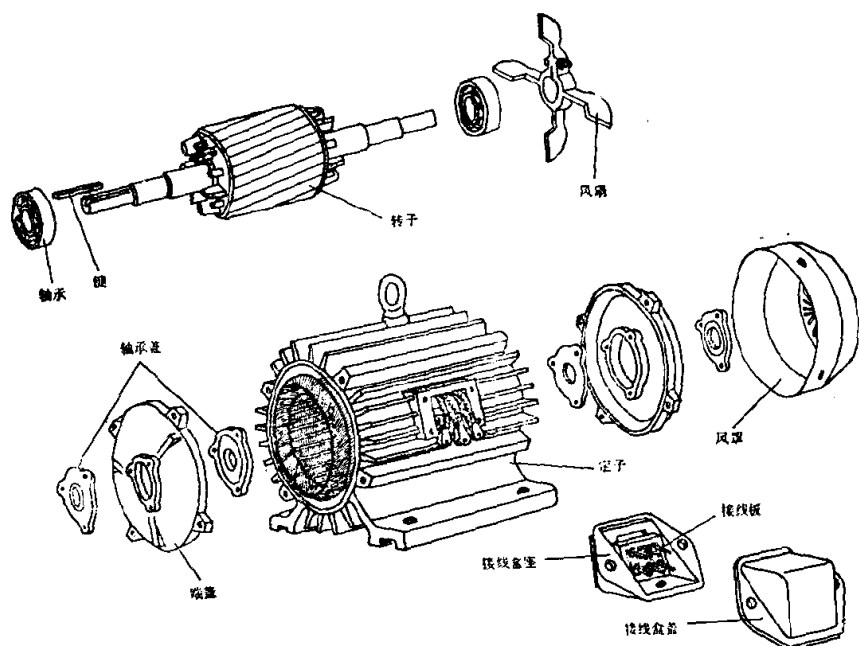


图 1-2 封闭扇冷式电动机的构造

料，槽口用槽楔封住。定子铁心嵌线后全部浸以绝缘漆，以提高线圈的绝缘性能。由于绝缘漆填充在铁心槽内和端部线匝之间，还可提高线圈散热能力和机械强度。三相线圈的首末两端，通过引接线引到接线盒内，亦有将导线套以绝缘套管直接引出的。在引接线末端一般焊有接线头。

机座一般由灰铸铁制成，亦有采用钢板焊接或铸铝的。根据防护型式不同而有不同的结构。J2系列机座两侧及底部有出风孔。定子铁心支持于机座内部的筋上，铁心与机座间有通风道。JO2系列机座为封闭圆筒形，定子铁心外圆与机座内径直接接触，机座表面有散热片，机座下部通常有两个小孔，供排出冷凝水之用。在机座顶端中部装有吊环螺钉，用以起吊电动机。小型号电机重量较轻，不必另装吊环。

二、转子 鼠笼型转子结构简单，由转轴、转子铁心和鼠笼三部分组成。转轴材料一般采用中碳钢。转子铁心与定子铁心类似，也由冲有槽孔的转子冲片叠成。不同的是转子槽沿外圆分布，而定子槽则分布在内圆上。鼠笼型转子槽内不嵌放线圈，而用铸铝填充。槽部的铝条称作“导条”，全部导条两端均与称为“端环”的铸铝圆环连成一体而形成一个铝笼，这就是所谓“鼠笼”。鼠笼型电机即由此得名。鼠笼型结构也有以铜条作导条，打入槽内后与铜制端环焊在一起的，在小型电动机中已很少见。

铸铝后的转子铁心形成一个整体，可以用热套、转轴滚花后冷压或键联接等方式与转轴固定。轴伸上有键槽，用于固定皮带轮或联轴器。

转子铸铝时通常把风叶和平衡柱一起铸出。转子在装配前需校动平衡（2、4极）或静平衡（6极以上），平衡块就铆在铸出的平衡柱上。

三、端盖及轴承部分 在小型电机中，一般均采用灰铸铁制的端盖。端盖除了作为保护外壳外，还起着支持轴承的作用。J2系列端盖上有进风孔，JO2则为封闭结构。端盖内孔称轴承室，与轴承外圈配合，小型电机一般采用滚动轴承。轴承两侧有轴承盖，在轴承和轴承盖内装有润滑脂，以保持轴承润滑。轴承盖可以保护轴承和防止润滑脂流失。有些电动机不装轴承外盖，而将其与端盖做成一体。还有些小电机在轴上轴承内侧装以挡油圈，以代替轴承内盖。

为了防止轴在热胀冷缩时轴承外圈被轴承盖卡死，一般在轴承外圈和轴承盖止口间留有0.5~1毫米的间隙。如果两端均有间隙，则转子用手拉动时就会产生一个微小的轴向窜

动，J、JO 系列中这是允许的。在 JO2 系列中通常将非轴伸端卡住，轴伸端留有间隙。较大型号的轴伸端采用内外圈可以相对移动的滚柱轴承，则不需再留间隙，此时轴承既未卡住，又不能窜动。端盖借止口与机座连接，利用机座止口与定子铁心内圆同心，端盖止口与轴承室同心，来保证定、转子之间的气隙均匀。小型异步电动机的气隙很小，通常只有 0.25~1.5 毫米。如果同心度不好，就会造成气隙不均匀，甚至定、转子铁心相擦。

四、出线部分 老系列电动机的出线很简单，定子引出线从机座出线孔引出，外面盖以接线盒盖。这种结构用户接线不方便，也不太安全。J2、JO2 系列有接线盒。它由接线盒座、接线盒盖、接线板等几部分组成。接线板通常用塑料压制，内嵌六个互相绝缘的接线螺钉。引出线的接线头用铜螺母固定到接线螺钉上，用户引入的电源线也接到相应的螺钉上。由于接线板在盒内，接缝处又垫有橡皮衬垫，不易受潮，使用比较安全。接线盒内装有接地螺钉，供安装接地线之用。在接线盒盖内部，应有接线图，接线板上亦应有相应的标志。电源线进入接线盒座处，一般制成管螺纹，可安装保护电源线的蛇皮管接头。接线盒的位置当面向轴伸时，通常在机座右侧中间。如果安装时需要从左侧出线，可以将转子拆下掉头装配。较大的机座号，接线盒的位置则靠近轴伸一端。

五、通风散热部分 电动机运行时，定子绕组和定子铁心都会发热，如果不能及时将热量散出，则电机的温度就会越来越高，造成电机过热烧毁。因此电动机必须采取通风散热措施。

电动机防护型式不同，通风散热的方式也不同。防护型

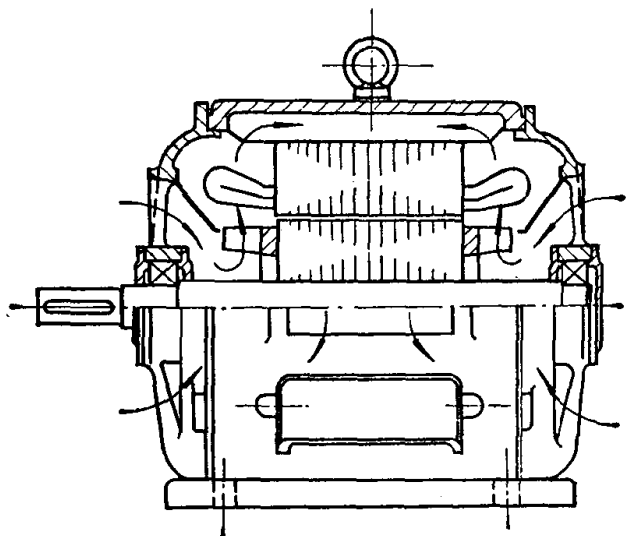


图 1-3 防护式电动机的通风

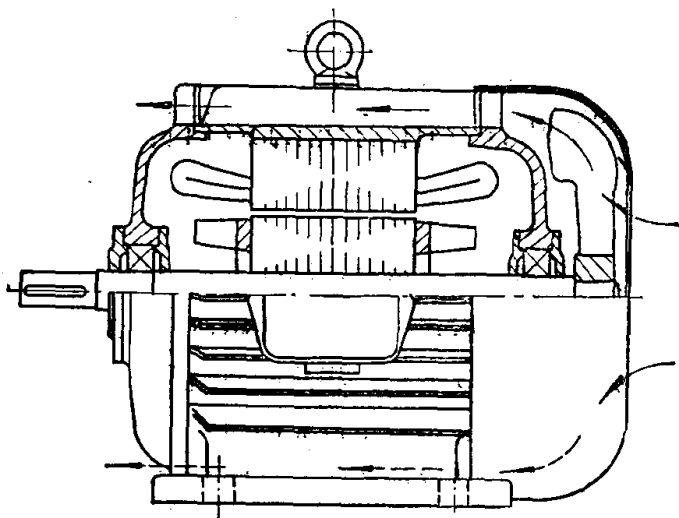


图 1-4 封闭扇冷式电动机的通风

电动机一般采用内部通风方式（图 1-3）。端盖内装有挡风板（亦称风斗）。冷却空气从两端端盖顺着挡风板进入电机内部，在转子风叶片的作用下，产生气流，吹拂线圈端部和定子铁心表面，最后从机座出风孔排出。鼠笼部分的热量则分别通过风扇、铁心散出。封闭型电动机在非轴伸端装有外风扇和风罩（图 1-4）。电动机内部产生的热量主要通过定子铁心传到机座上。冷却空气从风罩后端进入，受外风扇作用，顺着风罩出口，沿机座散热片间的沟槽高速吹拂，带走热量。散热片可以增大机座与冷却空气的接触面积，提高散热能力。轴伸端端盖冷却空气吹不到处散热较差。有些电动机在轴伸端端盖内部铸出吸热筋，外面铸出散热片来帮助散热。至于电动机内部由于没有进出口，只能靠转子风叶片的“搅拌”使内部热量均匀。外风扇的材料一般有铸铝、铸铁、塑料三种。其中铸铝风扇应用比较普遍。结构型式有盆式、大刀式等数种。

第四节 电动机的运行原理

一、电磁现象

1. 磁力和磁场 将一根棒形磁铁水平悬挂起来，使其能够自由转动，则静止后，一定是一端指南，一端指北。指南的一端称为南极，用 S 表示；指北的一端称为北极，用 N 表示。这是因为地球本身是一个巨大的磁石，南北两极是它的磁极。磁铁的磁极与地球的磁极存在着互相作用的力，称为磁力。

永久磁铁具有吸引铁屑的作用，而且两极吸力最强。这