



煤矿井下电工丛书

煤矿井下常用电动机

开滦煤矿编



煤炭工业出版社



煤矿井下电工手册

煤矿井下常用电动机

张德成 编



煤炭工业出版社

煤矿井下电工丛书

煤矿井下常用电动机

开滦煤矿编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了煤矿井下常用隔爆异步电动机、直流电动机的运行维护、故障分析处理及检修。对其结构、原理及工作特性亦作了简要阐述，并附有常用隔爆异步电动机的主要技术数据。该书注意总结了电动机的维修经验，内容具体实用，文字力求通俗易懂。可供具有初中文化程度的煤矿电工阅读，亦可供煤矿七·二一大学教学及有关技术人员参考。

煤矿井下电工丛书
煤矿井下常用电动机
开 漆 煤 矿 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

石油化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $10 \frac{5}{8}$

字数 233 千字 印数 1—20,500

1976年6月第1版 1976年6月第1次印刷

书号15035·2034 定价 0.73 元

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国社会主义革命和社会主义建设事业蓬勃发展。煤炭工业战线欣欣向荣，形势一派大好。

毛主席教导我们：“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。**”

为了适应煤炭工业的迅速发展，满足煤矿电工为革命学习技术的迫切要求，我们组织了以工人为主体的“三结合”编写小组，结合总结煤矿电工的实践经验，并收集了有关技术资料，编写了《煤矿井下电工丛书》。

参加“三结合”编写小组的有：河北矿冶学院、开滦煤矿唐山矿、赵各庄矿、开滦煤矿机修厂、开滦大学附属技工学校的工人、技术人员和教师。在编写过程中，进行了反复的调查研究、征求意见和修改补充。内容由浅入深，文字力求通俗易懂，结合煤矿生产实际选编了一些例题，便于读者掌握和运用电的技术知识。

在编写过程中，我们得到许多厂矿、科研与设计单位以及院校的大力支持，谨此表示感谢。

由于我们的政治思想水平和技术水平所限，加之时间仓促，书中定有不少缺点和错误，热诚的希望同志们提出批评指正。

开 滦 煤 矿

一九七四年九月

目 录

前言

概述	1
第一章 三相异步电动机	5
第一节 三相异步电动机的构造	5
第二节 三相异步电动机的简单原理	8
第三节 三相异步电动机的铭牌	14
第四节 三相异步电动机的工作特性	21
第五节 三相异步电动机的起动	29
第六节 三相异步电动机的制动	37
第七节 三相异步电动机的调速与反转	39
第八节 三相异步电动机的运行维护	41
第九节 三相异步电动机的故障分析与处理	43
第二章 隔爆三相异步电动机的修理	53
第一节 绕组的基本概念	53
第二节 绕组计算	53
第三节 绕组的连接	55
第四节 几种常用的三相电动机接线图	66
第五节 三相异步电动机的电角度及电势星形图	80
第六节 三相异步电动机的故障检修	82
第七节 三相异步电动机定子绕组的重绕	99
第八节 三相异步电动机的空壳重绕计算	104
第九节 三相异步电动机修复后的试验及简单圆图	163
第十节 三相异步电动机的升压改造	176
第三章 直流电动机	201
第一节 直流电动机的用途及分类	201
第二节 直流电动机的构造	201

第三节	直流电动机的工作原理·····	204
第四节	直流电动机的转矩、反电势和转速·····	205
第五节	直流电动机的工作特性·····	207
第六节	直流电动机的起动、调速和反转·····	213
第七节	直流电动机的运行维护·····	217
第八节	直流电动机的故障分析与处理·····	223
第四章	直流电动机的修理·····	229
第一节	绕组的基本概念·····	229
第二节	换向器的修理·····	233
第三节	电枢的修理·····	247
第四节	直流电动机修复后的试验·····	285
附录	常用隔爆异步电动机的技术数据及安装尺寸···	288

概 述

电动机在煤矿井下应用极为广泛。尤其是交流异步电动机。它的作用是将电能转换成机械能，从而带动采、掘、运等机械的运转，满足采煤工作的需要。

分类

煤矿井下常用电动机按所用电源的种类分为直流电动机和交流电动机两大类。交流电动机又可分为同步电动机和异步电动机（感应电动机）；交流异步电动机根据转子的结构不同又可分为绕线式异步电动机和鼠笼式异步电动机。

用途

直流电动机中串激式直流电动机具有较好的牵引特性，煤矿井下常用作电机车的牵引电动机。随着煤矿机械化的发展和大整流设备的出现，煤矿井下对直流电动机的运用正在逐渐增多，如皮带运输机的牵引电动机就是一例，它用的是复激电动机。

同步电动机一般只在功率较大或转速必须恒定时才采用。煤矿井下应用不多，一般用作地面扇风机、压风机及绞车的电动机。某些大型矿井井下大型水泵的电动机有时采用。

绕线式异步电动机起动转矩较大，而且便于调速，在煤矿井下多用于绞车电动机。

鼠笼式异步电动机由于构造简单、坚固耐用、起动方

便、价格低廉等许多优点，因而在煤矿井下得到了极为广泛的应用，特别是在井下采区所用机械的电动机，绝大部分全属鼠笼式异步电动机。

井下隔爆电动机的特点

矿用隔爆电动机的内部构造基本上和一般电动机相同。由于考虑到井下有瓦斯、煤尘及其他可燃性气体的存在，以及井下潮湿的工作环境，电动机外壳都要求隔爆，特点为：

1. 外壳的所有接合面（隔爆面）应当具有一定的间隙、宽度和光洁度。而且应符合本丛书第二分册（防爆原理及修理工艺）的一切要求，保证不致将机壳内的爆炸火焰传至壳外引起外部可燃性气体的爆炸或燃烧。

2. 外壳具有一定的强度。我国规定井下工作面使用的隔爆型电动机的外壳必须用铸钢或钢板焊接制造，对于移动式电气设备的个别零件可用铸铁制成。

新制及修理后的外壳及外壳零件，都应作水压试验，检查外壳强度及加工时可能产生的缺陷，并验证外壳的耐爆性。水压试验应承受的压力见表 1，加压时间不得少于 1 分钟。

表 1 水压试验应承受的压力

外壳净容积 公斤	0.5 以下	0.5~2	2 以上
应承受的压力 大气压	3	6	8

注：“外壳净容积”指装配后的空腔净容积，即除去铁芯及绕组以后的空气容积。

3. 对绝缘材料的要求高，井下爆炸性气体对绝缘材料有腐蚀作用，同时井下电动机的运行温度较高，所以对绝缘材料要求耐潮、耐热、耐弧。在此情况下隔爆电动机应采用

不低于B级或E级的绝缘材料，并浸漆3~4次，电动机全部浸漆后，在绕组端部再喷一层耐弧绝缘灰瓷漆。采煤机等采掘机械的电动机由于运行中易于过负荷，所以常采用H级绝缘材料。

4. 隔爆电动机的出线盒除具有隔爆要求外，为了避免各接线柱之间或接线柱与机壳之间的距离太近而产生弧光短路及漏电现象，各接线柱之间和接线柱与机壳之间应具有一定的漏电距离和空气间隙（见表2）。固定线端的绝缘板应采用耐热、耐潮及耐弧的塑料制成。为了防止电缆引入口的传爆，在出线口装有紧箍电缆起密封作用的弹性垫圈，其内径与电缆的公称外径相等，厚度为0.3倍电缆外径，高度为0.7倍电缆外径；垫圈的外径与出线口的内径间隙不得大于2毫米。对于移动式或半固定式设备的电动机，为了防止电缆在移动时受损伤或拔脱，出线口应做成喇叭形，并装有防止电缆拔脱的压板。

表 2 出线盒的漏电距离和空气间隙

电动机的电压 伏	漏 电 距 离 毫 米		空 气 间 隙 毫 米	
	垂直绝缘面	水平绝缘面	连接电动机内部导线的导电部分	连接外来导线和联络软线的进线端子
127~250	15	20	7	15
380~660	20	25	9	20

- 注：1. 漏电距离是指二接线柱之间或接线柱和机壳之间因绝缘不良可能产生的漏泄电流沿绝缘体表面爬行的最短距离；
2. 空气间隙是指二接线柱之间或接线柱和外壳之间能避免弧光短路的最小空间距离；
3. 电动机装配后，绝缘体表面与铅垂线所夹之角度小于30°时作为垂直绝缘面；大于30°时作为水平绝缘面。因水平绝缘面容易堆积灰尘和水珠，所以其漏电距离较垂直绝缘面大些。

5. 由于井下煤尘、岩粉和尘埃较多,进入电动机轴承后容易发生故障,所以隔爆电动机的轴承结构应有较好的密封装置,如曲路环、胶皮、牛皮油封或毛毡圈等,并且最好使用优质的润滑油。

6. 采、掘、运等机械的电动机往往起动频繁且易于发生过负荷,一般都采用双鼠笼或深槽结构的转子,因此具有较大的起动力矩和过载能力。

第一章 三相异步电动机

第一节 三相异步电动机的构造

三相异步电动机主要由工作部分——定子和转子；支承部分——机座、端盖以及若干附件所组成。

鼠笼式异步电动机和绕线式异步电动机的主要区别是转子的构造不同。

下面介绍异步电动机的各个部件。

定子 是电动机的固定部分。

定子铁芯是用冲成圆环状的 0.35~0.5 毫米厚的 $D_{21} \sim D_{23}$ 硅钢片迭压而成，每片硅钢片涂有绝缘漆或氧化膜，以减少涡流损失，铁芯内圆冲有凹槽，铁芯迭压后形成定子槽，槽内嵌置定子绕组（关于绕组的概念将在后面第二章中叙述），定子铁芯冲片见图1-1。

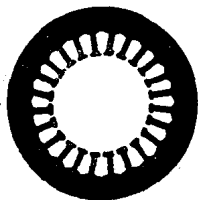


图 1-1 定子铁芯冲片

转子 是电动机的转动部分。为了保证转子可以在定子内自由转动，在转子与定子之间留有一定的空气间隙，其间隙的大小对电动机性能影响很大。为了减少励磁电流，提高功率因数，异步电动机定子与转子间的空气隙尽可能做得小些。但是允许的最小气隙是受转子安装的偏心值所限制，还要考虑轴承的磨损和单边磁拉力等的影响。一般小型电动机

的空气隙均为 $0.35 \sim 0.5$ 毫米，大型电动机的空气隙为 $1 \sim 1.5$ 毫米。

转子由转轴、铁芯和转子绕组组成。电动机轴一般用中碳钢制成。

转子铁芯是用冲成圆形 $0.35 \sim 0.5$ 毫米厚的 $D_{21} \sim D_{23}$ 硅钢片迭压而成，铁芯外圆一周冲有槽口，槽中嵌置转子绕组。转子铁芯冲片见图1-2。



图 1-2 转子铁芯冲片

鼠笼式电动机的转子是用铜条或铝条嵌入转子槽内，并在两端用铜环或铝环短接起来，构成所谓鼠笼，见图1-3甲。

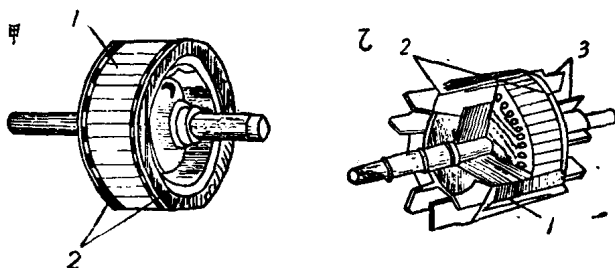


图 1-3 鼠笼式异步电动机转子

甲—铜条转子；乙—铸铝转子

1—转子铁芯；2—端环；3—风叶

目前很多中小型电动机，转子槽内的导体和两端的端环连同通风用的风扇一起用铝铸成整体，见图1-3乙。

鼠笼式转子还有所谓双鼠笼转子和深槽转子。双鼠笼转子的槽形见图1-4；深槽转子的槽形见图1-5。双鼠笼转子有内、外两个鼠笼，深槽转子的槽较深，槽形的设计都是为了改善电动机的起动性能，以提高起动力矩。

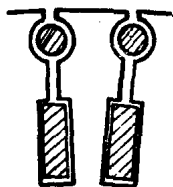


图 1-4 双鼠笼转子的槽形

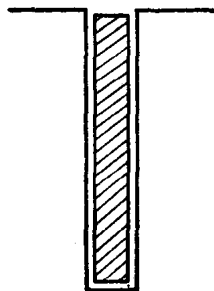


图 1-5 深槽转子的槽形

绕线式电动机的转子槽内也与定子槽内相似地嵌入三相绕组，绕组在内部接成星形或三角形，三根引出线分别接到固定在转子轴上的三个滑环上，由一组支持在端盖上的电刷将滑环与外电路（例如起动或调速用电阻）接通，所以绕线式转子又叫滑环式转子。起动时，通过电刷接入起动变阻器，以减少起动电流。起动后，把变阻器切除，并将三个滑环短路。

机座 是电动机的主要支承，用以保护和固定定子和转子。隔爆式电动机外壳用铸钢或钢板焊接而成，外部有散热片。较大电动机机座内有循环通风，还有采用循环水冷的，如双滚筒采煤机的电动机就是这样。机座上还装有出线盒。

端盖 作为转子的支承和安装轴承的地方。端盖用螺钉

固定于机座上，这样便于拆卸检修。

出线盒 是固定电动机定子三相绕组出线头的地方。出线板上出线头旁标有各相绕组首末端符号，可按不同要求接成星形或三角形。也有的电动机已在内部按不同要求接好线，而在出线板上只引出三根或四根线。

第二节 三相异步电动机的简单原理

异步电动机是靠着旋转磁场的作用而转动起来的。

为说明这个问题，我们先用图 1-6 所示的装置作一个简单的实验。装置的外部是一个马蹄形磁铁，它可通过手柄而转动；中间是一个小铝框。当摇动手柄使马蹄形磁铁旋转时，放在两磁极间的小铝框也会跟着转动起来，这就是异步电动机的简单原理。

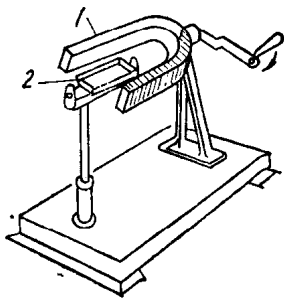


图 1-6 异步电动机的简单原理图

1—马蹄形磁铁；2—铝框

实验中的旋转磁铁就相当于异步电动机中的旋转磁场，电动机的旋转磁场是由定子三相绕组通入三相对称电流而产生的；实验中的铝框就相当于异步电动机中的转子绕组。

由于转子绕组切割旋转磁场的磁力线，在转子绕组中产生感应电流。转子绕组的感应电流与旋转磁场相互作用，就使电动机的转子转动起来。可见，电动机能够转动的关键，就是定子的旋转磁场与转子绕组中感应电流的相互作用。

三相异步电动机的旋转磁场

我们以最简单的三相绕组为例来分析其产生磁场的情况，如图1-7所示。把三个匝数相同的线圈 D_1D_4 、 D_2D_5 、 D_3D_6 放置到定子的六个铁芯槽内，以 D_1 、 D_2 、 D_3 三端分别

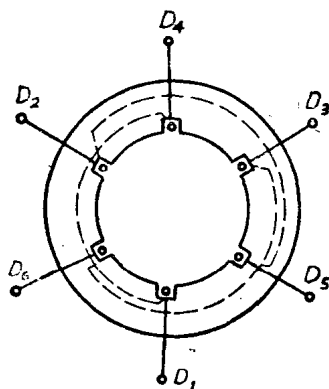


图 1-7 最简单的三相电动机绕组

表示它们的首端，彼此互差 120° 的角度；以 D_4 、 D_5 、 D_6 分别表示它们的尾端，也相隔 120° 。将 D_4 、 D_5 、 D_6 三端连在一起成星形连接， D_1 、 D_2 、 D_3 三端接三相对称电源，各相电流 i_A 、 i_B 、 i_C 的波形如图 1-8 所示。

下面分析当三相对称绕组通入三相对称电流后产生的磁场。

我们规定：电流从线圈的首端 D_1 、 D_2 、 D_3 流入而从线

圈的尾端 D_4 、 D_5 、 D_6 流出为正，反之为负。

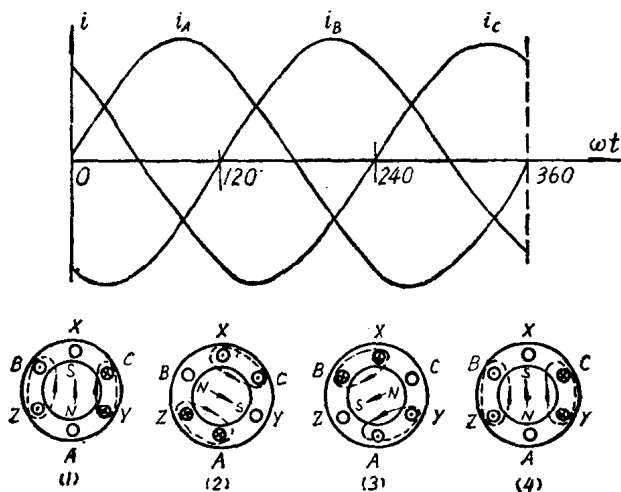


图 1-8 三相绕组产生的旋转磁场（一对极）

(1) $-\omega t=0$; (2) $-\omega t=120^\circ$; (3) $-\omega t=240^\circ$; (4) $-\omega t=360^\circ$

我们选四个瞬间 ($\omega t=0$ 、 $\omega t=120^\circ$ 、 $\omega t=240^\circ$ 、 $\omega t=360^\circ$) 进行分析。

1. 当 $\omega t=0$ 时

见图1-8。这时通入线圈 D_1D_4 的电流 i_A 为零；通入线圈 D_2D_5 的电流 i_B 为负；通入线圈 D_3D_6 的电流 i_C 为正。用符号 $\otimes$ 表示电流方向朝里，用符号 $\odot$ 表示电流方向朝外，如图1-8 (1) 所示。根据右手定则，所产生的合成磁场如图中箭头所示。它有一个N极和一个S极，故称为两个极或一对极。

2. 当 $\omega t=120^\circ$ 时

见图1-8。这时 i_A 为正， i_B 为零， i_C 为负。电流产生的合成磁场如图1-8 (2) 所示。这时合成磁场比较 $\omega t=0$ 时按顺时针方向转过了 120° 的空间角度。