

怎样维修电动机

(修订版)

何报杏 编著

本书荣获“第二届金
盾版优秀畅销书奖”

金盾出版社

再版说明

本书自 1992 年出版至今,得到广大读者的肯定与厚爱,发行量已突破 47 万册,其间有的读者还提出了宝贵意见和建议,在此表示诚挚的谢意。

随着生产技术和维修观念的不断创新,维修电动机不应只局限于排除故障、修复使用等传统内容,而应由一般性维修向改善性维修拓展,由恢复性维修向改造性维修拓展。只有这样,才能满足不同层次的维修需求。为此,本书再版时作了较大的修改。主要是:删去部分相对过时的内容;修改了少数章节;补充了电动机改压、改极、改正弦绕组的方法;新增第十章——电动机维修实例。在新增加的内容当中既有维修工艺的具体运用,也有新的维修技术和典型案例的分析,还介绍了特殊专用电动机的维修经验。修订后,本书基本上涵盖了常用单相、三相电动机的结构原理、维护检修、修改计算等必要内容,希望它成为广大读者的好助手。

由于作者学识所限,书中不妥之处在所难免,敬请读者提出改进意见。

作 者
2001 年 6 月

前 言

随着我国经济建设的发展和电气化程度的提高,电动机的使用范围越来越广,电动机的维修任务也越来越重。但目前市场上有关电动机维修方面的图书资料较为缺乏。为此,笔者编写了本书,以满足广大电动机维修人员的急需。

本书主要介绍常用的交流电动机绕组的结构及嵌线方法,单相、三相交流电动机和串激电动机的故障分析与检修,电动机绕组、集电环和机械零件的修理工艺以及异步电动机、串激电动机绕组重绕的计算方法。维修技术采用了一些新工艺、新方法。考虑到电动机修理现场的实际需要,把电气修理与机械修理、局部检修与全部重绕、修理工艺与修理计算结合起来编写,并紧密联系各章节内容举例示范,列出需用的修理数据和图表。将常用电动机的技术数据和通用修理材料规格收入附录,以供查阅。

本书编写过程中,得到有关同志的热情鼓励与支持,彭玲根为本书绘制了部分图表,在此一并致谢。由于作者学识所限,书中难免有错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

1992年9月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 电动机类型和基本结构	(2)
第二节 修理工作的一般规定	(7)
第三节 修理项目和工艺程序	(8)
第四节 修理工作的组织管理	(11)
第二章 三相交流电动机绕组	(12)
第一节 绕组概述	(12)
第二节 单层绕组	(15)
第三节 双层绕组	(23)
第四节 单双层混合绕组	(33)
第五节 分数槽绕组	(36)
第三章 三相异步电动机故障的检修	(41)
第一节 异步电动机的故障特点和维护处理	(41)
第二节 电动机的拆卸和装配	(46)
第三节 绕组绝缘电阻偏低的处理	(49)
第四节 绕组接地故障的检修	(55)
第五节 绕组短路故障的检修	(61)
第六节 绕组断路故障的检修	(67)
第七节 绕组接线错误的检查	(69)
第四章 异步电动机定子绕组的重绕	(73)
第一节 拆除绕组	(73)
第二节 绕制线圈	(74)

第三节	绕组嵌装	(79)
第四节	浸漆与烘干	(87)
第五节	检查试验	(89)
第六节	成型线圈的全部拆换	(92)
第七节	潜没式电动机定子绕组的重绕	(100)
第五章	异步电动机转子故障的检修	(102)
第一节	鼠笼转子故障的检修	(102)
第二节	绕线转子的局部检修	(107)
第三节	成型绕组的全部拆换	(111)
第四节	集电环故障的检修	(118)
第五节	电刷的修理	(123)
第六章	单相电动机故障的检修	(125)
第一节	单相异步电动机的结构特点	(125)
第二节	单相异步电动机绕组	(127)
第三节	单相异步电动机定子绕组的重绕	(134)
第四节	单相串激电动机的修理	(137)
第七章	铁心和机械零部件的修理	(148)
第一节	铁心故障的检修	(148)
第二节	轴承部分故障的检修	(149)
第三节	机械零件的修理	(160)
第八章	三相异步电动机的修理计算	(166)
第一节	旧定子铁心重绕线圈的计算	(166)
第二节	380 伏绕组改为 660 伏绕组的方法和计算	(177)
第三节	单速电动机改为双速电动机的方法和计 算	(183)
第四节	三相绕组改为正弦绕组的方法和计算	(201)

第五节 鼠笼转子的简易计算	(212)
第九章 单相电动机的修理计算	(214)
第一节 单相异步电动机的重绕计算	(214)
第二节 单相串激电动机的重绕计算	(230)
第十章 电动机维修实例	(236)
第一节 三相异步电动机的维修实例	(236)
第二节 单相异步电动机的维修实例	(254)
第三节 单相串激电动机的维修实例	(262)
附录 常用电动机的技术数据和通用修理材料规格	(267)
附表 1 JO ₂ 系列电动机铁心绕组数据	(267)
附表 2 Y 系列电动机(IP23)绕组数据	(271)
附表 3 Y 系列电动机(IP44)绕组数据	(273)
附表 4 YR 系列电动机(IP44)绕组数据	(276)
附表 5 三相潜没式电动机技术数据	(280)
附表 6 JX 型电容运转式单相电动机技术数据 ...	(282)
附表 7 JY 型电容起动式单相电动机技术数据 ...	(283)
附表 8 JZ 型分相式单相电动机技术数据	(284)
附表 9 电扇电动机技术数据(220V)	(285)
附表 10 手电钻单相串激电动机技术数据	(288)
附表 11 圆铜漆包线规格及电阻值	(289)
附表 12 裸扁铜、铝线规格	(291)
附表 13 电动机绝缘结构常用电磁线和绝缘材料	(292)
附表 14 电动机常用绝缘漆	(293)

第一章 概 述

电动机修理是对使用中有故障的电动机进行全面检查和针对性修复,使其恢复和改善原有参数或形状的一种技术保障工作。它是保证电动机安全经济运行的一项重要措施。因此,应当切实做到应修必修,修必修好,使电动机经常处于良好的技术状态。

电动机修理工作包括检查、修理和试机三个阶段。修理工作根据故障性质和现场条件,有的可以就地进行,有的要送到专门的电动机修理部门修理。

从事电动机修理的人员,应当懂得电动机基本原理及其结构,了解其常用材料的性能及用途,掌握修理操作技能,明了常用维修器具的主要特性及使用方法,具备一般机电设备安装与安全知识。

为了保证修理质量与安全,在动手修理前应进行充分的技术准备,尤其是对于专用或特殊电动机,其修理质量和工期在很大程度上取决于技术准备如何。

技术准备工作大致有以下内容:

- (1)查阅核对待修电动机的有关技术数据;
- (2)检查弄清故障性质及其部位;
- (3)制定修理改进方案与安全措施;
- (4)准备工具材料及仪器仪表。

第一节 电动机类型和基本结构

一、电动机类型

旋转电动机一般按电源性质分为交流电动机和直流电动机两大类。交流电动机又可分为同步电动机和异步电动机两种基本型式。无论交流电动机或直流电动机,都是以法拉第电磁感应定律为基础而制成的,它们的工作原理是基于定子、转子之间的磁场与电流的相互作用。对发电机而言,是导体旋转切割磁力线(或磁场旋转切割导体)使绕组感生电动势;对电动机而言,是绕组中的电流与磁场相互作用而产生转矩,驱动转子旋转。因此,旋转电动机都具有可逆性,即既可以在发电机状态下工作,也可以在电动机状态下工作。

同步电动机的定子是三相交流绕组,转子为磁极绕组,通过装在转轴上的一对集电环与直流电源相连接。异步电动机的定子也是三相绕组,从电源吸取无功励磁电流建立旋转磁场,转子有鼠笼式及绕线式两种,前者为自身短路的绕组,后者为普通三相绕组,通过轴上的三个集电环与外电路相连接。直流电动机定子为磁场部分,其励磁方式有他励及自励两种。在自励式电动机中,按励磁绕组与电枢绕组连接方式的不同,分为并励、串励及复励三种,其中并励是最常用的一种励磁方式。转子(即电枢)是能量转换部分,其绕组为自身闭路的交流绕组,通过换向器及电刷变换成直流电并与外电路相连接。

异步电动机按功率等级范围划分为大、中、小型。中小型电动机是指中心高为 80~630 毫米的各种三相异步电动机,其中:Y 系列低压(380 伏)电动机,中心高为 80~355 毫米,功率为 0.55~350 千瓦;高压(3000 伏及以上)电动机,中心

高为 315~630 毫米,功率为 220~2800 千瓦。老系列中小型电动机的功率范围,低压为 0.6~300 千瓦,高压为 75~1250 千瓦。一般将 100 千瓦以下的电动机称为小型电动机。

二、三相异步电动机的结构特点

1. 结构 异步电动机主要由定子与转子两部分构成,转子有笼型及绕线型两种。定子与转子之间有一个小气隙,中小型电动机的气隙一般为 0.2~2 毫米。图 1-1 和图 1-2 分别为 Y 系列(IP23)和 Y 系列(IP44)电动机的典型结构。

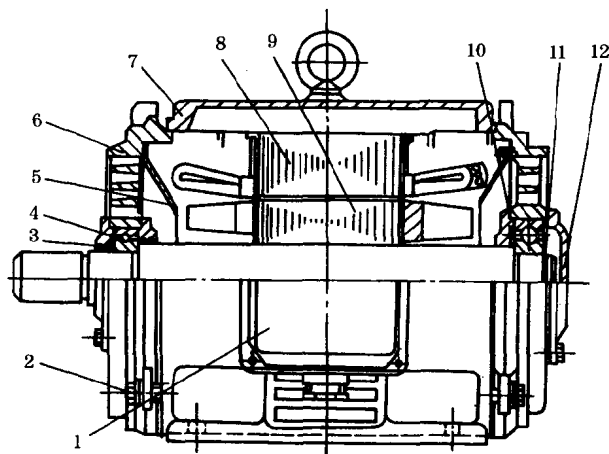


图 1-1 Y 系列(IP23)电动机典型结构图

1. 接线盒 2. 紧固件 3、12. 轴承外盖 4. 轴承 5. 挡风板 6. 端盖
7. 机座 8. 定子铁心 9. 转子 10. 轴承内盖 11. 轴用挡圈

(1)定子。定子主要由铁心、绕组及机座三部分组成。

①铁心。定子铁心由圆环形硅钢片叠压而成。硅钢片两面涂以绝缘漆,厚度一般为 0.5 毫米。铁心的内圆冲有一圈均匀分布的槽,用来嵌放定子绕组。定子铁心的槽形通常分为半闭口槽,半开口槽及开口槽三种。中小型低压电动机一般采用

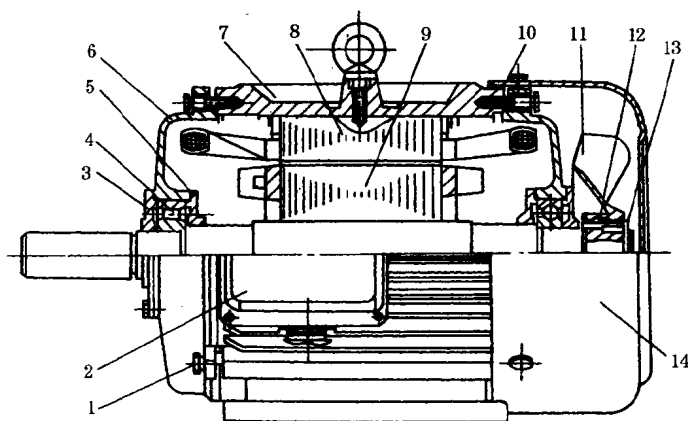


图 1-2 Y 系列 (IP44) 电动机典型结构图

1. 紧固件 2. 接线盒 3. 轴承外盖 4. 轴承 5. 轴承内盖 6. 端盖
7. 机座 8. 定子铁心 9. 转子 10. 风罩 11. 外风扇 12. 键
13. 轴用挡圈 14. 外风扇罩

半闭口槽。

②绕组。三相异步电动机的定子绕组由对称的三个绕组组成。每个绕组由许多线圈按一定规律连接而成。中小型低压电动机的线圈由高强度漆包圆铜线绕制,线圈与槽壁之间垫以槽绝缘。定子绕组在槽内的布置分为单层绕组和双层绕组两种基本型式。绕组嵌好后用槽楔锁口压紧。槽楔用竹、胶布板或环氧玻璃布板等非磁性材料制成。

③机座。机座的作用主要是固定和支撑定子铁心。中小型电动机一般采用铸铁机座。由于封闭式电动机的热量主要通过机座散出,故在机座外表面铸出均匀分布的散热筋,以增大散热面积。

(2)转子。转子主要由铁心、绕组及转轴等部分组成。

①铁心。转子铁心一般也用 0.5 毫米厚的冲槽硅钢片叠

成,固定在转轴或转子支架上。转子铁心的外圆冲有均匀分布的槽口,用以嵌放转子绕组或浇铸绕组。

②绕组。转子绕组分为笼型及绕线型两种结构。笼型绕组由插入转子铁心槽内的导体及两端的端环构成。如果去掉铁心,整个绕组的外形就像一个松鼠笼子,所以笼型转子习惯上又称为鼠笼形转子,如图 1-3a 所示。为了节省用铜和提高生产率,中小容量的笼型电动机都采用铸铝转子,如图 1-3b 所示。这种转子的铝导条、端环及风扇叶一次铸出。此外,笼型绕组还有双笼式及深槽式。这两种转子可改善异步电动机的起动性能,主要用于 100 千瓦以上的大中型电动机。

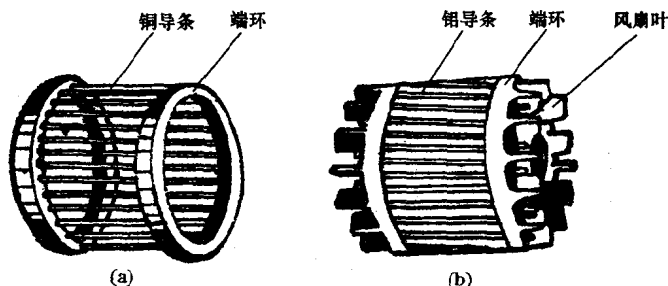


图 1-3 笼型绕组

(a)铜笼 (b)铝笼

绕线型绕组(见图 1-4)与定子绕组一样,也是一套对称三相绕组,三相绕组的出线端分别接到转轴的三个集电环上,再通过电刷与外电路连接。这样就可以在转子电路中接入附加电阻或其它控制装置,以改善电动机的起动性能及调速性能。为了减少电刷与集电环的磨损,中等容量以上的绕线型电动机装有举刷装置,电动机起动后,可将电刷提起,同时将三个集电环短接。

2. 特点 三相异步电动机具有结构简单、运行可靠、维

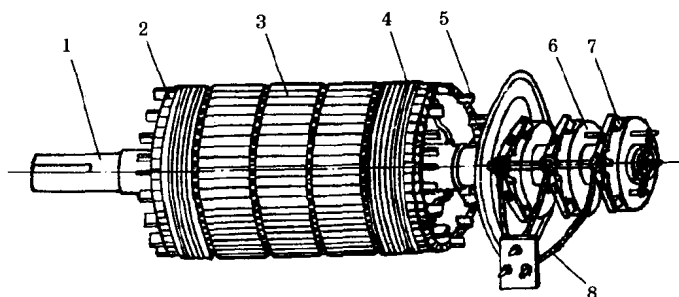


图 1-4 绕线型转子

1. 转轴 2. 绕组 3. 铁心 4. 绑线 5. 风扇叶
6. 集电环 7. 电刷 8. 引出线

修方便、价格便宜等极为宝贵的优点,因此它得到了最广泛的应用,也是本书介绍的重点。异步电动机的主要缺点是:功率因数较低,起动电流较大,调速比较困难。电力电子技术和大功率电子器件的开发与应用,为异步电动机的调速开辟了新的前景。异步电动机的电子变频调速、交流调压调速及电气串级调速已经在众多领域中获得广泛的应用。

我国三相异步电动机已生产四代产品,目前在用的主要是第二代产品 J_2 、 JO_2 系列和第三代产品 Y 系列及其派生产品,还有少量 20 世纪 90 年代生产的第四代产品 Y_2 系列。其中 J_2 、 JO_2 为 E 级绝缘, Y 系列为 B 级绝缘, Y_2 系列为 F 级绝缘。在修理时要区别不同产品,选择相应耐热等级的导线及绝缘材料。

第二节 修理工作的一般规定

一、一般要求

(1)电动机拆卸前对有关零部件应做好标记,如记下接线端子、刷架、端盖及滑动轴承盖的相对位置等。拆卸时应小心,以免损坏零部件。

(2)新线圈绕制好后,应认真核对每个线圈的匝数是否相同,线圈首末端应套以不同颜色的蜡管,以示区别。

(3)更换绕组应保持原来的线径。对槽满率较低的电动机,新线径可略大,以降低损耗及温升。

(4)铝绕组更换为铜绕组时,铜线的截面积应等于或大于铝线截面积的70%,线圈匝数不变。

(5)绕制或嵌放线圈时,要精心操作,不能损伤导线及其绝缘层。局部修理时,要特别注意不能损坏相邻的好线圈。

(6)3~6千伏的电动机更换绕组时,应做工艺过程中的交流耐压试验,1千伏以下的电动机可不做。耐压试验的时间,如无特别说明,均为1分钟。

(7)更换绕组时应使用与电动机铭牌耐热等级相适应的绝缘材料。

(8)机械零件进行补焊及切削加工时,要特别注意防止变形、开裂及偏心。

(9)电动机修理完毕,应按规定进行检查、试验及试机。

二、试机中应注意的事项

(1)测量电动机各绕组及其相连的电气回路的绝缘电阻应合格。

(2)电动机各绕组的极性应正确,连接无误。起动变阻器

及其回路应完好。

(3)清除各种临时线和电动机周围的杂物,用手转动转子,应灵活且无异声。

(4)检查确认不可逆转装置电动机的旋转方向,应正确无误。

(5)电动机通电起动,应先空载后负载。运转中应特别注意电压、电流、温度、声音、润滑及换向情况是否正常。

(6)电动机起动后,操作人员要坚守岗位,准备随时紧急停机。

(7)试机中若电动机出现异常现象,应断电检查,未排除故障,不准许重新起动。

第三节 修理项目和工艺程序

一、修理项目及周期

1. 小修 一般指不解体电动机就地进行的检修工作。其大致内容为:

(1)擦拭电动机外壳,检查及拧紧松动的螺栓,外表面局部补漆;

(2)拆下外轴承盖检查润滑脂,发现缺油及时补充;

(3)研磨电刷、集电环或换向器,更换电刷,修理短路装置;

(4)处理接线端子,修理出线盒及风扇;

(5)测量气隙(对防护式电动机)、绝缘电阻及试机。

三班制的通用设备小修周期为 3~4 个月,两班及一班制的设备分别延长 1~2 个月。

2. 大修 指需要将电动机解体或拆离基础才能进行的

修理工作。

(1)修理内容。

①小修的全部项目；

②清扫绕组，修补铁心；

③补焊转子导条，更换轴承或修补合金；

④绕组的局部修理、重绕或更改性修理；

⑤为消除日常记载及拆修过程中发现的各种缺陷而必须做的工作。

(2)修理周期及要求。大修周期一般为1年，或与被驱动的机械同时进行。在绕组烧坏或发生其它故障不能继续运行时即应进行大修。恢复性修理的电动机，大修后应全面恢复其原有结构及性能。具体要求如下：

①运行正常。

· 出力达到铭牌要求；

· 电动机各部位温升在容许范围内。环境温度为40℃时电动机的允许温升值见表1-1；

表 1-1 电动机允许温升值 (℃)

电动机 部 位	A 级绝缘		E 级绝缘		B 级绝缘		F 级绝缘		H 级绝缘	
	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法	温度计法	电阻法
定子绕组	55	60	65	75	70	80	85	100	105	125
转子绕组	55	60	65	75	70	80	85	100	105	125
定子铁心	60	—	75	—	80	—	100	—	125	—
集电环	60	—	70	—	80	—	90	—	100	—
换向器	60	—	70	—	80	—	90	—	100	—
滚动轴承	55	—	55	—	55	—	55	—	55	—
滑动轴承	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—

• 集电环或换向器运行时基本无火花或只有部分小火
花；

• 电动机声音正常，无大的振动。

②结构完整无损，零部件齐全完好。

• 外壳上有符合规定的铭牌；

• 绕组、铁心、槽楔无老化、松动、变色等现象；

• 轴承不漏油，机脚、端盖、风扇完整无损；

• 外表清洁，螺栓齐全紧固。

③技术资料齐全准确，有履历卡片，有检修及试验记录。

二、电动机修理工艺流程

为了缩短修理时间，应妥善安排各项修理工作，有效的办法是将绕组修理与机械零部件修理进行平行作业。电动机修理工艺流程如图 1-5 所示。

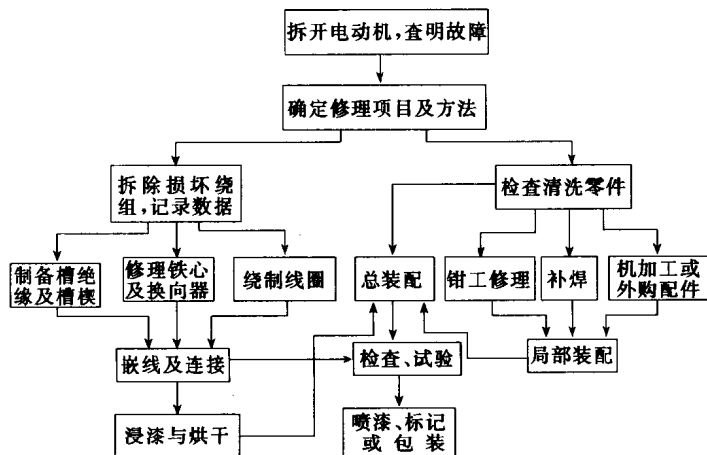


图 1-5 电动机修理工艺流程图

第四节 修理工作的组织管理

(1)大型企业设立电修厂(车间),负责电动机的全部修理工作。中小型企业一般设电修工段或电工班,由动力车间领导,负责电动机的运行维护及修理工作。

(2)建立送修卡(任务单)制度。送修卡应包括以下内容:电动机名称、型号规格、数量、修理项目及要求、送修单位及日期、修理情况、完工日期、修理人等。

(3)修理单位应根据自身的实际情况,制定先进而合理的修理工时定额和材料消耗定额,并在实践中不断修订完善。

(4)电动机修理车间(班组)要制订各级人员的岗位责任制及质量检查制度,并严格执行,奖罚兑现。

(5)严格数据管理,做好修理记录及试验记录,特别要注明修理或修改部分的情况。记录按月整理归档备查。