

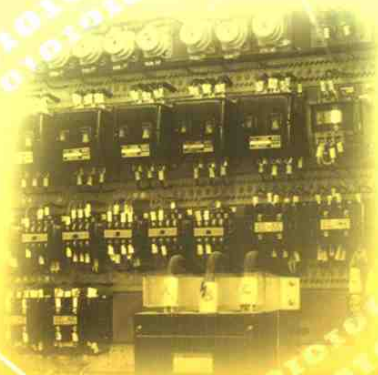


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电气控制实训

(电气运行与控制专业)

朱 平 主 编
蒋庆斌 副主编



机械工业出版社

7M571.2-43

282

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电气控制实训

(电气运行与控制专业)

主 编 朱 平
副 主 编 蒋庆斌
参 编 刘贤锋 王云良 朱长卿
责任主审 吴锡龙
审 稿 朱承高 张孝胜



A0974460



机械工业出版社

本书是教育部面向 21 世纪中等职业教育电气运行与控制专业的国家规划教材,主要内容有:电机、电器的使用与维护,机床线路的故障分析与处理,电气制图(电气 CAD),电气柜的安装调试,PLC 及变频器的使用与维护等。书中有关章节后还编入了维修电工考证指导的内容,附录中提供了有关维修电工考证应知、应会的模拟试题等资料。

本书以培养实践能力为主,突出工艺要领与操作技能,引用资料符合最新国家标准及其他相关技术规范。

本书为中等职业教育电气运行与控制等电类专业教学实习必修教材,亦可供从事电气技术与维修工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制实训/朱平主编. —北京:机械工业出版社, 2002.7

中等职业教育国家规划教材. 电气运行与控制专业

ISBN 7-111-10478-1

I. 电… II. 朱… III. 电气控制-专业学校-教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 044242 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:周 娟 卢若薇 版式设计:张世琴 责任校对:韩 晶

封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

北京市樱花印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm^{1/16}·15 印张·371 千字

0 001—4 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据中等职业学校电气运行与控制专业《电气控制实训》教学大纲编写的,系中等职业教育国家规划教材。本教材以培养学生的实践能力为主线,突出工艺要领与操作,既注重传统技能的培养,又注重新技术应用能力的培养。书中除详细介绍直流电机、常用低压电器的使用与维修,低压成套开关设备的安装与维护,机床线路的故障分析与处理等内容外,还着重介绍了电气 CAD、可编程序控制器和变频器的使用与维修等新技术内容,并附有实训作业、维修电工考证指导、综合实训课题及考核评分标准。本书引用的资料均符合最新国家标准及其他相关技术规范。书中涉及的低压成套开关设备配线工艺及成套设备的检验、电气 CAD 等内容都是根据电器生产厂家的有关工艺及规范要求编写的,因而具有知识新,实用性和综合性强等特点。

本书由常州机电职业技术学院朱平主编,蒋庆斌任副主编。全书编写分工为:朱平编写绪论、第三、五章,刘贤锋编写第一、二章,蒋庆斌编写第四、六章,王云良编写第七章,朱长卿编写第八章。第九章及附录由本书编者共同编写。

本书由上海交通大学朱承高高级工程师(教授级)、上海大学张孝胜副教授主审,编者对他们在审阅过程中提出的宝贵意见表示由衷感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 6 月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 异步电动机的维修	2
第一节 概述	2
第二节 三相异步电动机的结构及铭牌	3
第三节 三相异步电动机的拆装	6
第四节 三相异步电动机定子绕组的拆换	8
第五节 三相异步电动机修理后的检查和试验	29
第六节 单相异步电动机的维修	34
实训作业	37
第二章 直流电机的维修	38
第一节 概述	38
第二节 直流电动机的维护和修理	44
第三节 直流电机常见故障分析与处理	53
第四节 维修电工考证指导(电动机测试部分)	58
实训作业	60
第三章 常用低压电器的选用和维修	61
第一节 概述	61
第二节 常用低压电器的结构和工作原理	61
第三节 常用低压电器的选择和使用	70
第四节 常用低压电器的修理	75
实训作业	80
第四章 电气制图	81
第一节 概述	81
第二节 原理图与接线图的绘制	85
第三节 成套电器的 CAD 绘图	92
实训作业	120
第五章 低压成套开关设备的安装与维护	121
第一节 基本控制线路的安装配线	121
第二节 低压成套开关设备的装配与配线	123
第三节 低压成套开关设备的检查试验	135
第四节 低压成套开关设备的维护	139
第五节 维修电工考证指导(电气控制板的安装配线)	142
实训作业	144
第六章 电气控制线路的故障分析与处理	145
第一节 电气故障的排除方法	145
第二节 车床常见故障的分析与处理	150
第三节 铣床常见故障的分析与处理	154
第四节 钻床常见故障的分析与处理	158
第五节 维修电工考证指导(机床线路的故障排除)	163
实训作业	165
第七章 变频器的使用和维护	166
第一节 概述	166
第二节 变频器的操作与安装	167
第三节 变频器的维护	174
实训作业	177
第八章 可编程控制器(PLC)	178
第一节 概述	178
第二节 可编程控制器的编程	185
第三节 可编程控制器应用实例	190
实训作业	196
第九章 综合实训	197
课题一 三相笼型转子异步电动机的检修	197
课题二 三相异步电动机定子绕组的重绕	198
课题三 直流电动机的检修	199
课题四 电气 CAD 制图及模拟 CA6140 车床电气柜的安装与试验	201
课题五 电气 CAD 制图及 GGD 型开关柜的安装与试验	202
课题六 XA6132 万能铣床的电气故障分析与处理	205
课题七 用变频器对异步电动机进行三速控制	206

绪 论

一、本课程的任务与要求

《电气控制实训》是中等职业学校电气运行与控制专业必修的实训课程。通过实训,学生能牢固掌握电气控制方面的专业技能并巩固专业知识,为今后从事本专业工作以及学习新的科学技术打下良好的基础。具体说,通过本书的学习应达到如下要求:

1. 掌握电气安全生产的基本知识。
2. 学会交直流电动机的使用、维护,并具有处理常见故障的能力。
3. 能正确使用和维修常用低压电器,掌握低压成套开关设备的安装工艺、维护和检查试验方法,会使用电气 CAD 软件进行电气制图。
4. 能够排除机床电气线路的常见故障。
5. 学会可编程序控制器的使用和维护,初步学会变频器的使用和维护。
6. 通过实训作业、维修电工考证指导及综合实训,达到初、中级维护电工应知、应会的有关考核要求。
7. 能树立正确的劳动观,培养良好的职业习惯和职业道德,培养良好的团队精神。

二、学习方法与要求

电气控制实训一般包括预习、讲解与示范、操作实训、实训总结与考核等环节。实训时必须理论联系实际,通过实物、图片、录像、多媒体技术及参观生产工艺现场等提高教学质量与效果。为保证电气控制实训能正常进行,学生实训中必须做到以下几点:

1. 必须始终树立安全第一的思想。严格遵守安全文明生产的各项规章制度,严格遵守安全操作规程及工厂保密制度。
2. 充分认识实训教学的目的,认真参加实训,在指定岗位上实习,服从实习指导教师的管理,遵守实习纪律和制度。
3. 认真学好工艺基础知识。工艺基础知识是前人对实践技能和生产管理经验的总结。学好基础知识是搞好实训教学、掌握技能的前提。
4. 重视技能训练,掌握操作技能。要认真听取实习指导教师的讲解,仔细观察示范操作。实训时应严肃认真,细心操作,并严格按图样及工艺要求完成实训作业。
5. 注意节约器材,爱护设备、工具与仪器仪表,并应正确使用与妥善保管。
6. 重视实训总结。实训期间应认真做好有关记录,将每天的实训内容、调研资料、实训收获等整理后记入实训日志。实训结束后,要认真进行实训交流总结,完成实训报告。
7. 实训现场要合理布置,保持工作岗位整洁,进行文明生产。实训现场杂乱无章是电气技术工作一大禁忌,它不仅会给安装、调试等带来不便,也是事故产生的隐患。
8. 要树立团队意识,发扬团结协作的精神。否则,分组进行的实训项目很难圆满完成。

第一章 异步电动机的维修

随着科学技术、工农业生产的发展和电气化、自动化程度的不断提高,现代生产机械广泛应用电动机来拖动。由于异步电动机结构简单、运行可靠、维护方便及价格便宜,所以得到广泛的应用,其中小型异步电动机占所用电动机的70%以上。

为了保证电动机安全、可靠地运行,电动机必须定期进行维护与修理。修理电动机不仅要掌握电动机的维护知识,使其经常处于良好的运行状态,而且还要掌握异常状态的判断,故障原因的鉴别,以及正确迅速地进行修复的技能。本章着重介绍小型三相异步电动机的修理工艺及故障分析与处理,对单相异步电动机的修理作一般介绍。

第一节 概 述

一、电动机的基本类型

电动机通常分为两大类,一类是直流电动机,另一类是交流电动机。交流电动机按其转速与电源频率之间的关系,又分为同步电动机和异步电动机。异步电动机分单相和三相两大类。

单相异步电动机一般为1kW以下的小功率电动机,分为单相电阻起动、单相电容起动、单相电容运转、单相电容起动与运转和单相罩极式等,广泛应用于工业和人民日常生活的各个领域,尤其在电动工具、医疗器械、家用电器等领域使用得更多。

三相异步电动机按转子绕组型式分为笼型和绕线转子型两类,小型异步电动机大多为笼型;按尺寸分,有大型、中型和小型三种;按防护形式分,有开启式、防护式、封闭式三种;按通风冷却方式分,有自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式四种;按安装结构形式分,有卧式、立式、带底脚、带凸缘四种;按绝缘等级分,有E级、B级、F级、H级;按工作定额分,有连续、断续、短时三种。J2、JO2系列为一般用途的小型三相笼型异步电动机,目前已被淘汰,由Y系列三相笼型异步电动机所取代。Y系列异步电动机具有效率高,节能,堵转转矩高,噪声低,振动小和运行安全可靠等优点,安装尺寸和功率等级符合IEC标准,系我国统一设计的基本系列。Y2系列三相异步电动机是Y系列电动机的更新产品,进一步采用了新技术、新工艺与新材料,机座中心高为63~355mm,功率等级为0.12~315kW,绝缘等级为F级,防护等级为IP54,具有低振动、低噪声、结构新颖、造型美观及节能节材等优点,达到了20世纪90年代国际先进水平。

二、绕组的连接方式

三相绕组可接成星形(Y)或三角形(Δ)。为了便于接线,将三相绕组的六个出线端引至接线盒中,三相绕组的始端标为 U_1 、 V_1 、 W_1 ,末端标为 U_2 、 V_2 、 W_2 。在接线盒中的位置排列如图1-1所示。

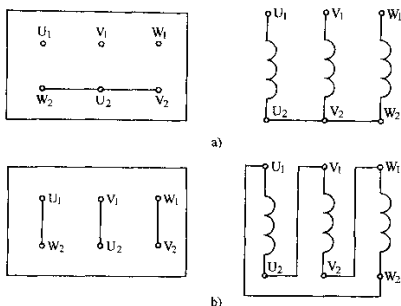


图 1-1 三相定子绕组的接线方式
a) 星形 (Y) 联结 b) 三角形 (Δ) 联结

第二节 三相异步电动机的结构及铭牌

一、三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要由定子和转子两个基本部分组成，其结构如图 1-2 所示。

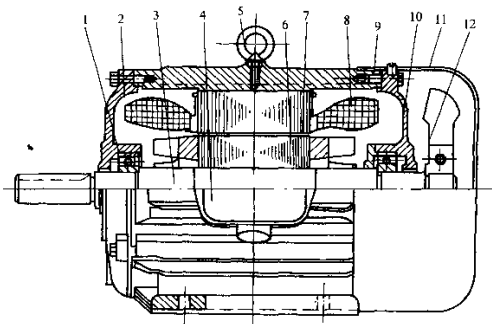


图 1-2 三相笼型异步电动机的结构
1—轴承 2—前端盖 3—转轴 4—接线盒 5—吊攀 6—定子铁心
7—转子 8—定子绕组 9—机座 10—后端盖 11—风罩 12—风扇

(一) 定子

定子是用来产生旋转磁场的。定子主要由定子铁心、定子绕组和机座三部分组成。

1. 定子铁心

定子铁心是电动机磁路的一部分，由相互绝缘的厚度为 0.5mm 的硅钢片叠压而成。定子硅钢片的内圆上冲有均匀分布的槽，槽内嵌放定子绕组，其槽可分半闭口、半开口、开口

等型式，如图 1-3 所示。

半闭口槽的优点是电动机的效率和功率因数较高，但绕组绝缘和嵌线较困难，一般用于低压小型异步电动机采用圆导线的散嵌绕组；半开口槽用于低压中型异步电动机采用分片的成型绕组；开口槽用于高压大中型异步电动机的成型绕组，由于绕组事先包扎好绝缘并经过绝缘处理，这样嵌线方便、绝缘可靠。

2. 定子绕组

定子绕组是电动机的电路部分，由三相对称绕组组成。

绕组采用聚酯漆包圆铜线或双玻璃丝包扁铜线绕制，按照一定的空间角度依次嵌入定子铁心槽内，绕组与铁心之间垫放绝缘材料，使其具有良好的绝缘。

3. 机座

机座是电动机磁路的一部分，主要用于支承定子铁心和固定端盖。中小型异步电动机一般采用铸铁机座，大型电动机机座都采用钢板焊成。根据电动机冷却方式的不同，采用不同的机座形式。Y 系列（IP44）封闭式电动机，在机座表面有散热筋片来增大散热面积；Y 系列（IP23）防护式电动机，机座表面没有散热筋片，而在机座两侧开有通风孔；Y2 系列（IP54）封闭式电动机，机座表面散热筋片采用水平、垂直平行分布形式，具有提高电动机表面质量，增加机座散热能力，改善铸件生产条件及提高生产效率等优点；Y2 系列（IP54）H63~112 铝合金机座具有重量轻，强度高，冷却面积大及散热性好等优点，适应了电动机的出口需要。

（二）转子

转子是电动机的旋转部分，它的作用是输出机械转矩。转子主要由转子铁心、转子绕组和转轴三部分组成。

1. 转子铁心

转子铁心是电动机磁路的一部分，也由厚度为 0.5mm 相互绝缘的硅钢片叠压而成。转子硅钢片的外圆上冲有均匀分布的槽，槽内嵌放转子绕组。中小型笼型异步电动机常用的转子铁心槽形如图 1-4 所示，其中图 a 为平行槽，可改善电动机的起动性能；图 b 为平行齿，由于模具加工方便，使用较普遍；图 c 为闭口槽，具有磁通波形较好，杂散损耗较小，效率高，温升低等优点，但其漏抗较大，使功率因数、起动转矩和最大转矩下降；图 d 为双笼槽，其优点是起动性能好，通过改变上笼和下笼的几何尺寸或材料，便可得到所需的机械特性。

为了改善电动机的起动性能，笼型异步电动机

的转子铁心一般都采用斜槽结构，即转子的槽不与轴线平行，而是倾斜一个角度，如图 1-5 所示。

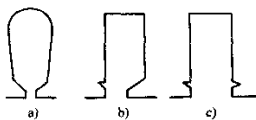


图 1-3 定子铁心槽形

a) 半闭口槽

b) 半开口槽 c) 开口槽

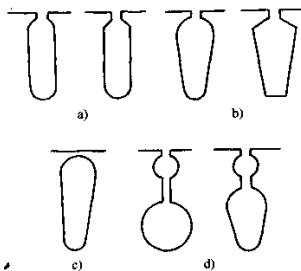


图 1-4 转子铁心槽形

a) 平行槽 b) 平行齿 c) 闭口槽 d) 双笼槽

2. 转子绕组

转子绕组用以切割定子磁场，产生感应电动势和电流，并使转子转动。按结构型式不同分为笼型和绕线转子型两种。

笼型转子绕组是由安放在槽内的裸铜条构成的，这些铜条两端分别焊接或铆接在两个端环上。100kW 以下的中小型异步电动机，一般采用熔化的铝浇铸在转子槽内，有的还连同端环、风叶等用铝铸成整体，如图 1-6 所示。

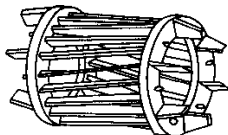


图 1-5 笼型转子的斜槽结构

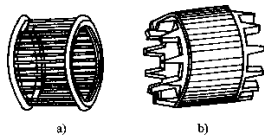


图 1-6 笼型转子

a) 铜条转子绕组 b) 铸铝转子

绕线转子型转子绕组和定子绕组相似，由绝缘导线或裸铜排制成绕组元件，嵌入转子槽内，然后连接成对称的三相绕组，一般接成星形，三相引出线接到转轴上二个互相绝缘的集电环上，再由集电环上的电刷引出。

3. 转轴

转轴的作用是支撑转子铁心和绕组，并传递电动机的机械转矩，同时又保证定子与转子间有一定的均匀气隙（即有一定的气隙均匀度）。

转轴的材料一般为 45 优质碳素结构钢，转轴制成阶梯形以便装配不同的零件。

二、三相异步电动机的铭牌

感应电动机在铭牌上标明的额定值主要有以下几项：

- (1) 额定容量 P_N 指转轴上输出的机械功率，单位是 kW。
- (2) 额定电压 U_N 指加在定子绕组上的线电压，单位是 V、kV。
- (3) 额定电流 I_N 指输入定子绕组的线电流，单位是 A。
- (4) 额定转速 n_N 单位是 r/min。
- (5) 额定频率 f_N 指电动机所接电源侧频率，单位是 Hz。我国的工频频率为 50Hz。
- (6) 绝缘等级 绝缘等级决定了电动机的容许温升，有时也不标明绝缘等级而直接标明容许温升。

(7) 接法 用 Y 或 Δ 表示。表示在额定运行时，定子绕组采用的联接方式。

若是绕线转子感应电动机，则还应有：

- (8) 转子绕组的开路电压 指定子接额定电压，转子绕组开路时的转子线电压，单位是 V。
- (9) 转子绕组的额定电流 指定子接额定电压、转子绕组短接时，在额定状态下运行的转子绕组线电流。单位是 A。

(8)、(9) 两项，主要用来作为配备起动电阻时的依据。

铭牌上除了上述额定数据外，还表明了电动机的型号。型号一般用来表示电动机的种类和几何尺寸的大小等。如新系列的感应电动机用字母 Y 表示，并用中心高表示电动机的直径大小；铁心长度则分别用 S、M、L 表示，S 最短，L 最长；电动机的防护形式由字母 IP

和两个数字表示, I 是 International (国际) 的第一个字母, P 是 Protection (防护) 的第一个字母, IP 后面的第一个数字代表第一种防护形式 (防尘) 的等级, 第二个数字代表第二种防护形式 (防水) 的等级, 数字越大, 表示防护的能力越强。

第三节 三相异步电动机的拆装

电动机检修工作中, 大量的的是拆、洗、清理、试验和组装工作, 因此掌握电动机的拆装工艺是十分重要的。下面以中小型异步电动机为例来说明其拆装过程。

一、异步电动机的拆卸

1. 准备工作

- 1) 准备各种工具。
- 2) 作好拆卸前的记录和检查, 并在线头、端盖等处做好标记, 便于修复后的装配。

2. 拆卸步骤

- 1) 切断电源, 拆开电动机与电源的连接线, 并对电源电线头做好绝缘处理。
- 2) 脱开并拆卸带轮或联轴器, 松掉底脚螺栓和接地螺栓。
- 3) 拆卸风罩和风叶。
- 4) 拆卸轴承盖和端盖, 对于绕线转子异步电动机, 应先提起和拆除电刷、电刷架和引出线。

5) 抽出或吊出转子。

3. 主要零部件的拆卸方法

(1) 带轮或联轴器的拆卸 首先在带轮或联轴器的轴伸端上做好尺寸标记, 再将带轮或联轴器上的定位螺钉或键销松脱取下, 装上图 1-7 所示的拉具。拉具的丝杠顶端要对准电动机轴端的中心, 使其受力均匀。转动丝杠, 把带轮或联轴器慢慢拉出。如拉不出, 不要硬卸, 可在定位螺孔内注入煤油, 待几个小时后再次再拉。如再拉不出, 可用喷灯等急火在带轮或联轴器四周加热, 使其膨胀, 就可趁热迅速拉出。但加热的温度不能太高, 以防止转轴变形。拆卸过程中不能用手锤直接敲出带轮或联轴器, 敲打会使带轮或联轴器碎裂、转轴变形或端盖受损等。

(2) 风罩和风叶的拆卸 首先, 把外风罩螺栓松脱, 取下风罩。然后把转轴尾部风叶上的定位螺栓或键销松脱、取下, 用金属棒或手锤在风叶四周均匀地轻敲, 风叶就可松脱下来。小型异步电动机的风叶一般不用卸下, 可随转子一起抽出。但如果后端盖内的轴承需加油或更换时, 就必须拆卸, 这时可把转子连同风叶放在压床中一起压出。对于采用塑料风叶的电动机, 可用热水使塑料风叶膨胀后卸下。

(3) 轴承盖和端盖的拆卸 首先, 把轴承的外盖螺栓松下, 卸下轴承外盖。为便于装配时复位, 在端盖与机座接缝处的任一位置做好标记, 然后松开端盖的紧固螺栓, 随后用锤子均匀地敲打端盖四周 (需衬上垫木), 把端盖取下。对于小型电动机, 可先把轴伸端的轴承外盖卸下, 再松开后端盖的固定螺栓 (如风叶装在轴伸端的, 则须先把后端盖外面的轴承外盖卸下), 然后用木锤敲打轴伸端, 这样可把转子连同后端一起取下。

如需拆卸轴承, 常用的有以下四种方法:

- 1) 用拉具拆卸: 应根据轴承的大小, 选用适宜的拉具, 拉具的脚爪应扣在轴承的内圈

上,切勿放在外圈上,以免拉坏轴承。拉具的丝杠顶点要对准转子轴端中心,动作要慢,用力要均匀,可参考图1-7所示的方法。

2) 用铜棒拆卸:轴承的内圈垫上铜棒,用手锤敲打铜棒,把轴承敲出,如图1-8所示。敲打时要沿轴承内圈四周均匀地用力,不可偏敲一边或用力过猛。

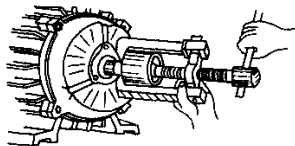


图1-7 拉具拆卸带轮

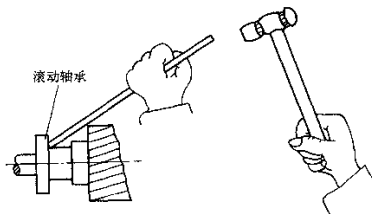


图1-8 用铜棒敲打拆卸滚动轴承

3) 搁在圆筒上的拆卸:在轴承的内圈下面用两块铁板夹住,搁在圆筒上面(圆筒内径略大于转子外径),再在轴的端面上垫放铝块或铜块,用手锤敲打,其着力点应对准轴中心,如图1-9所示。圆筒内应放些棉丝,以防轴承脱下时将转子和转轴摔坏。当敲至轴承逐渐松动时,用力要减弱。

也可在压床上把轴承压卸下来。

4) 加热拆卸:如因轴承装配时过紧或轴承氧化不易拆卸时,可将轴承内圈加热使其膨胀面松脱。加热前,用湿布包好转轴,防止热量扩散,用100℃左右的机油淋浇在轴承的内圈上,趁热将轴承拆卸。

5) 轴承在端盖内的拆卸:在拆卸时若遇轴承留在端盖的轴承室内时,则把端盖止口面向上,平稳地搁在两块铁板上,垫上一段直径小于轴承外径的金属棒,用手锤沿轴承外圆敲打金属棒,将轴承敲出,如图1-10所示。

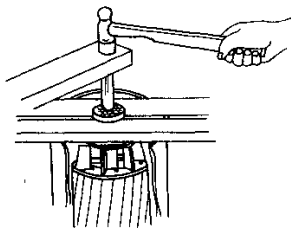


图1-9 搁在圆筒上拆卸轴承

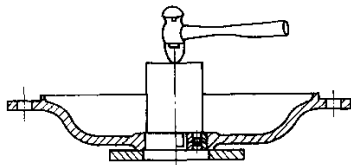


图1-10 拆卸端盖孔内的轴承

(4) 抽出转子 小型电动机的转子,如上所述,可以连同端盖一起取出。抽出转子时,应小心谨慎,动作缓慢,要求不可歪斜以免碰伤定子绕组。对于绕线转子,抽出时还要注意不要损伤集电环面和刷架等。

二、异步电动机的装配

异步电动机的装配顺序按拆卸时的逆顺序进行。装配前各配合处要先清理除锈。装配

时, 应将各部件按拆卸时所做标记复位。

1. 滚动轴承的安装

将轴承和轴承盖先用煤油清洗, 清洗后应检查轴承有无裂纹、内外轴承环有无裂纹等。再用手转动轴承外圈, 观察其转动是否灵活、均匀。

如果不需要更换轴承, 再将轴承用汽油洗干净, 用清洁的布擦干。

如果需要更换轴承, 应将新的轴承置放在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 的变压器油中加热 5min 左右, 等全部防锈油熔化后, 再用汽油洗干净, 用洁净的布擦干。

轴承清洗干燥后, 按规定加入新的润滑油。要求润滑油洁净、无杂质和水分, 加入轴承时应防止外界的灰尘、水和铁屑等异物落入。同时, 要求填装均匀, 不应完全装满。

轴承装套到轴颈上有冷套和热套两种方法。

(1) 冷套法 把轴承套到轴上, 对准轴颈, 用一段铁管(内径略大于轴颈直径, 外径略小于轴承内圈的外径)的一端顶在轴承内圈上, 用铁锤敲打另一端, 缓慢地敲入。

(2) 热套法 轴承可放在变压器油中加热, 温度为 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$, 加热 $20 \sim 40\text{min}$ 。温度不能太高, 时间不宜过长, 以免轴承退火。加热时, 轴承应放在网孔架上, 不与箱底或箱壁接触, 油面淹没轴承。油应能对流, 使轴承加热均匀。热套时, 要趁热迅速把轴承一直推到轴肩, 如果套不进应检查原因, 如果无外因可用套筒顶住内圈用手锤轻轻地敲入。轴承套好后, 用压缩空气吹去轴承内的变压器油。

2. 后端盖的安装

将轴伸端朝下垂直放置, 在其端面上垫上木板, 将后端盖套在后轴承上, 用木锤敲打, 把后端盖敲进去后, 装轴承外盖。紧固内外轴承盖的螺栓时要逐步拧紧, 不能先拧紧一个、再拧紧另一个。

3. 转子的安装

把转子对准定子内圆中心, 小心地往里放, 后端盖要对准与机座的标记。旋上后盖螺栓, 但不要拧紧。

4. 前端盖的安装

将前端盖与机座标记对准, 用木锤均匀敲击端盖四周, 注意不可单边着力, 并拧上端盖的紧固螺栓。

5. 风叶和风罩的安装

风叶和风罩安装完毕后, 用手转动转轴, 转子应转动灵活、均匀, 无停滞或偏重现象。

6. 带轮或联轴器的安装

安装时, 要注意对准键槽或止紧螺钉孔。中小型电动机, 在带轮或联轴器的端面上垫上木块用手锤打入。若打入困难时, 应在轴的另一端垫上木块顶在墙上再打入带轮或联轴器。

第四节 三相异步电动机定子绕组的拆换

电动机绕组是发生电气故障的主要部分, 当定子绕组由于严重故障而无法局部修复时, 就必须予以全部拆换。

异步电动机定子绕组的拆换工艺过程大致如下:

记录原始数据→拆除旧绕组→制作绕线模→绕制绕组→嵌线→接线→绑扎→检查及试验

→绝缘处理。

一、记录原始数据

在拆除旧绕组前及拆除过程中，必须记录下列原始数据，作为制作绕模、选用线径、绕制绕组和复算等的依据。

1. 铭牌数据

铭牌数据包括：①型号；②功率；③转速；④绝缘等级；⑤电压；⑥电流；⑦接法。

2. 绕组数据

绕组数据包括：①槽数；②每槽导线数；③导线型号、规格及并绕根数；④绕组节距；⑤并联路数；⑥绕组型式和尺寸；⑦绕组伸出铁心长度；⑧绕组接线图；⑨引出线与机座的相对位置；⑩绕组总重量。

测量绕组数据的方法是：①在拆旧绕组时，应保留一个较完整的绕组，以便量取其各部分尺寸；②将整个绕组一端剪断，选取其中三个周长最短的单元绕组，量取长度，其平均值作为绕线模模心周长尺寸；③测量线径时，应取绕组的直线部分，烧去漆层，用棉纱擦净，对同一根导线就在不同位置测量三次，取其平均值，且应多量几根导线。

3. 铁心数据

铁心数据包括：①定子转子内外径；②定子铁心和长度；③槽形尺寸。

槽形尺寸的测量方法是：用一张较厚的白纸按在槽上，取下槽形痕迹，再绘出槽形，并标注各部分尺寸，如图 1-11 所示。

二、拆除旧绕组

由于电动机绕组经过绝缘处理，非常坚硬，故不易拆除。拆除时必须采取适当措施，首先应将绝缘层软化或烧掉。为了保证电动机质量，一般不把定子放在火中加热，因为这样破坏了硅钢片的片间绝缘，既增加了涡流损耗，又造成铁心朝外松弛。同时，硅钢片经加热后性能变差。

通常采用下面几种拆除方法。

1. 冷拆法

首先，把槽楔敲出。若为开口槽，则很容易将绕组一次或分几次取出；若为半闭口槽或半开口槽，可用斜口钳把绕组一端的端接部分逐根剪断，在另一端用钳子把导线逐根从槽内拉出。在取出旧导线时，应按顺序逐一拉出，切勿用力过猛或多根并拉，以免损坏槽口。

为了保持导线的完整，应将焊接头熔断，并用扁锉锉平，使其容易通过槽口。

2. 通电加热法

将转子取出，向定子绕组通电，但电流不得超过额定电流的两倍。可以三相绕组同时通电或单个绕组通电。当绝缘软化、绕组端部冒烟时，切断电源，打出槽楔，趁热迅速拆除绕组。

3. 局部加热法

先把槽楔敲出，然后把绕组两端剪断，用喷灯对准槽口加热，待绝缘层软化后将导线逐根从槽内取出。在加热过程中应特别注意防止烧坏铁心，以免硅钢片性能变差。

另外，也可用烘箱、煤炉、煤气或乙炔等加热，其方法基本相同，但加热温度不宜超过 200℃，否则容易损坏铁心或烧裂机座。

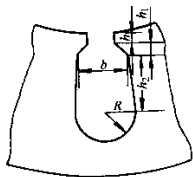


图 1-11 槽形尺寸图

4. 溶剂溶解法

用溶剂溶解绝缘层，以便拆除旧绕组。使用溶剂溶解法必须注意防火措施与通风条件，以免发生火灾或苯中毒。

常用的溶剂溶解方法如下：

1) 将小容量电动机直接浸入苯中，约 24h 后，可使绕组绝缘层软化，取出后立即拆除绕组。

2) 拆除 0.5kW 以下电动机绕组时，可将丙酮、酒精和苯按 25:20:55 重量比（即质量比，下同）配成混合溶液。把电动机浸入溶液中，约几十分钟后，绝缘层软化，即可拆除绕组。

3) 拆除 3kW 以下的小型电动机绕组时，可将丙酮、甲苯和石蜡按 50:45:5 的重量比准备好，先将石蜡加热熔化并移去热源，再加入甲苯，最后加入丙酮搅和。把电动机立放在有盖的铁盘内，用毛刷将溶液刷在绕组的两个端部和槽口，然后加盖防止挥发太快，1~2h 后，即可取出拆除绕组。

4) 用氢氧化钠作腐蚀剂，将氢氧化钠与水按 1:10 重量比配成溶液。氢氧化钠能把槽楔与绝缘层腐蚀掉，但不腐蚀硅钢片。将定子绕组浸溶 2~3h，如需加快速度，可将溶液加热至 80~100℃，定子绕组从溶液中取出后，必须用清水洗干净（勿使皮肤接触溶液），然后按顺序逐一拆除绕组。

铝壳或铝线电动机不宜采用此法，电动机上的铝质铭牌也应取下，以免受腐蚀。

比较上述方法，冷拆法因绕组在冷态时很硬，拆除较困难些；通电加热法使用较普遍，其温度容易控制，但必须具有足够容量的电源设备，最适用于中大型电动机；局部加热法方法简单，但往往使铁心质量变差；溶剂溶解法费用较贵，只适用于小型电动机，尤其是 1kW 左右的电动机更为适用。

电动机槽内旧绕组全部拆除后，应将槽内的残余绝缘物清除干净。若定子铁心硅钢片有凹斜，可用钳子修平；槽口用毛刺，应用细锉锉光。

拆除旧绕组的步骤是：在查清绕组的并联路数后，翻起一个跨距内的上层边，其高度以不妨碍下层边的拆出为止，然后逐个拆出绕组。在拆除过程中，应尽量保留一个完整的绕组，以便量取有关数据；作为制作绕线模和绕制新绕组时参考。

三、制作绕线模

在绕制电动机绕组前，应根据旧绕组的形状和尺寸制作绕线模。绕线模的尺寸是否合适，对绕组重绕工作的顺利进行起着决定性作用。绕线模尺寸做得太短，端部长度不足，嵌线时发生困难，甚至嵌不进去；绕线模尺寸做得太长，绕组电阻和端部漏抗都增大，影响电气性能，而且很浪费铜线，绕组还易碰触端盖。为此，绕线模的尺寸必须力求正确，拆除时留下的一个较完整的旧绕组可作为绕线模的设计依据。如果没有一个较完整的旧绕组，则需要新设计绕线模。

现介绍几种绕线模尺寸的计算方法。

1. 双层叠绕组

双层叠绕组绕线模心如图 1-12 所示。

其各尺寸的计算公式如下：

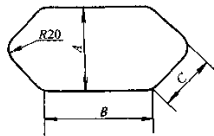


图 1-12 双层叠绕组
绕线模的模心

模心宽度

$$A = \frac{\pi (D_i + h_s)}{z_1} (y_1 - x) \quad (1-1)$$

式中 D_i ——定子铁心内径 (mm); h_s ——定子槽高 (mm); z_1 ——定子槽数; y_1 ——以槽数表示的定子绕组节距; x ——模心宽度校正系数,可按表 1-1 查取,功率大的电动机取上限。

表 1-1 校正系数表

极 数	2 极	4 极	6 极	8 极
x	1.5 ~ 2	0.5 ~ 0.75	0 ~ 0.25	0 ~ 0.2
t	1.49	1.53	1.58	1.53

模心直线部分长度

$$B = L + 2a \quad (1-2)$$

式中 L ——定子铁心长度 (mm); a ——定子绕组直线部分伸出铁心长度,可取 10 ~ 20mm,功率大、极数少的电动机取上限;

模心端部长度

$$C = A/t \quad (1-3)$$

式中 t ——模心端部长度校正系数,可按表 1-1 查取。

2. 单层绕组

(1) 单层同心式绕组 单层同心式绕组绕线模的模心如图 1-13 所示。

其各尺寸的计算公式如下:

$$\text{模心宽度} \quad A_1 = \frac{\pi (D_i + h_s)}{z_1} (y_{11} - x) \quad (1-4)$$

$$A_2 = \frac{\pi (D_i + h_s)}{z_1} (y_{12} - x) \quad (1-5)$$

式中 A_1 、 A_2 ——大线圈、小线圈模心的宽度 (mm); y_{11} 、 y_{12} ——大线圈、小线圈以槽数表示的节距; x ——模心宽度校正系数,可按表 1-2 查取。

表 1-2 校正系数值

绕组型		x			t
		2 极	4 极	6 极	
同心式	大线圈	2.1	1.1	—	2
	小线圈	1.6	0.6	—	2
交叉式	大线圈	2.1	1.1	—	1.8
	小线圈	1.85	0.85	—	1.9
链式		—	0.85	0.55	1.6

模心直线部分长度

$$B = L + 2a \quad (1-6)$$

模心端部圆弧半径

$$R_1 = \frac{A_1}{2} \quad (1-7)$$

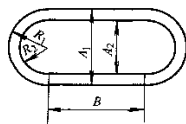


图 1-13 单层同心式绕组绕线模的模心

$$R_2 = \frac{A_2}{2} \quad (1-8)$$

式中 R_1 、 R_2 ——大线圈、小线圈端部的圆弧半径 (mm)。

(2) 单层交叉式绕组 单层交叉式绕组绕线模的模心如图 1-14 所示。

其各尺寸的计算公式如下：

模心宽度 A_1 、 A_2 的计算公式与单层同心式绕组相同，但应以交叉链式的 x 值代入。

模心直线部分长度 $B = L + 2a$ (1-9)

模心端部圆弧半径 $R_1 = \frac{A_1}{t}$ (1-10)

$$R_2 = \frac{A_2}{t} \quad (1-11)$$

式中 t ——模心端部长度校正系数，可按表 1-2 查取。

(3) 单层链式绕组 单层链式绕组绕线模的模心如图 1-15 所示。

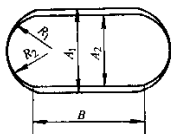


图 1-14 单层交叉式
绕组绕线模的模心

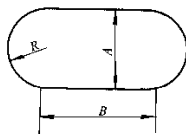


图 1-15 单层链式绕组
绕线模的模心

各尺寸的计算公式如下：

模心宽度 $A = \frac{\pi (D_1 + h_s)}{z_1} (y_1 - x)$ (1-12)

式中 x ——模心宽度校正系数，可按表 1-2 查取。

模心直线部分长度 $B = L + 2a$ (1-13)

模心端部圆弧半径 $R = \frac{A}{t}$ (1-14)

式中 t ——模心端部长度校正系数，可按表 1-2 查取。

3. 模心厚度和夹板尺寸

(1) 模心厚度 模心厚度 b 如图 1-16 所示。

$$b = 1.1 n d_1 \quad (1-15)$$

式中 n ——每层导线的根数，可自行确定，若为多根并绕，则为并绕根数 $\times$ 每层匝数；

d_1 ——单根导线绝缘后的直径 (mm)；

一般功率较小的电动机 $b = 8 \sim 10\text{mm}$ ，功率较大的电动机 $b = 10 \sim 15\text{mm}$ 。

(2) 夹板尺寸 夹板的形状与模心相同，每边比模心高出的长度约为线圈厚度 $e + (5 \sim 10)\text{mm}$ 。

如图 1-16 所示，夹板上应留有引出线槽及若干扎线槽。线圈厚度 e 的数值方程如下：