



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业院校电气自动化技术专业

电 机 构 造 及 维 修

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

Dianqi Zidonghua Jishu Zhuanye

GNH

GaodengZhiyeJishuYuanxiao



中国劳动保障出版社

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业技术学院电气自动化技术专业

电机构造及维修

主编 龙飞文

中国劳动社会保障出版社
(北京市西城区百万庄大街1号 邮编100029)

责任编辑：龙飞文

封面设计：龙飞文

北京中宣部出版单位：中国劳动社会保障出版社 北京中宣部出版单位：中国劳动社会保障出版社

787毫米×1092毫米 1/32开本 9.5印张 235千字

2007年4月第1版 2007年4月第1版

定价：15.00元

联系电话：010-64252311

中国劳动社会保障出版社

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

发行所：北京

发行所：北京

举报电话：010-64252311

图书在版编目(CIP)数据

电机构造及维修/龙飞文主编. —北京:中国劳动保障出版社, 2007
高等职业技术学院电气自动化技术专业

ISBN 978 - 7 - 5045 - 6098 - 8

I. 电… II. 龙… III. ①电机 - 构造 ②电机 - 维修 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第035294 号

中国劳动保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 9.5印张 222千字

2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

定价: 17.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

前言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，坚持以就业为导向的职业教育办学方针，推进高等职业技术学院课程和教材改革，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与企业、行业一线专家，共同研究开发了电类专业课程的基础平台，涉及电工基础、模拟电子技术、数字电子技术、电工基本技能、金工实习等课程；还开发了电气自动化技术、应用电子、移动通信技术三个专业模块的课程。在课程开发的同时，编写了电类专业相关教材 36 种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

第一，从职业（岗位）需求分析入手，参照国家职业标准《维修电工》《家用电子产品维修工》《电子设备装接工》《家用电器产品维修工》《用户通信终端（移动电话机）维修员》的要求，精选教材内容，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

第二，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

第三，按照教学规律和学生的认知规律，合理编排教材内容。尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

第四，突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需求。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2006 年 6 月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材,根据高等职业技术学院电气自动化技术专业教学计划和教学大纲,由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。主要内容包括:三相异步电动机、单相异步电动机、直流电机、同步电机以及电磁调速异步电动机、伺服电动机、测速发电机、步进电动机、交磁电机扩大机等特种电机。

本书为高等职业技术学院电气自动化技术专业教材,也可作为成人高校、广播电视大学、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的电气自动化技术专业教材,或作为自学用书。

本书由龙飞文主编,参加编写的有李海华、林耀忠、张秋妍、刘青泉,由肖建章主审。

目 录

课题一 三相异步电动机	(1)
任务一 三相异步电动机的拆装	(1)
任务二 三相异步电动机的检测	(11)
任务三 三相异步电动机定子绕组嵌线	(21)
任务四 三相异步电动机的使用和维护	(36)
任务五 三相异步电动机的故障检修	(41)
课题二 单相异步电动机	(49)
任务一 单相异步电动机的拆装	(49)
任务二 单相异步电动机的检测	(57)
任务三 单相异步电动机定子绕组嵌线	(62)
任务四 单相异步电动机的使用和维护	(68)
任务五 单相异步电动机的故障检修	(70)
课题三 直流电机	(75)
任务一 直流电机的拆装	(75)
任务二 直流电机电枢绕组嵌线	(83)
任务三 直流电机的检测	(89)
任务四 直流电机的使用和维护	(97)
任务五 直流电机的故障检修	(103)
课题四 同步电机	(109)
任务一 同步发电机的使用和维护	(109)
任务二 同步电动机的使用和维护	(116)
课题五 特种电机	(122)
任务一 电磁调速异步电动机的使用和维护	(122)
任务二 伺服电动机的使用和维护	(127)
任务三 测速发电机的使用和维护	(132)
任务四 步进电动机的使用和维护	(136)
任务五 交磁电机扩大机的使用和维护	(140)
参考文献	(145)

课题一 三相异步电动机



图 1—0 三相异步电动机应用实例

三相异步电动机广泛作为普通机床、电力运输、起重设备等生产机械的动力机。如图 1—0 所示是一台普通磨床，砂轮采用三相异步电动机驱动。本课题的任务就是研究三相异步电动机的结构、工作原理、机械特性和运行理论等知识；学习掌握三相异步电动机的拆装、检测、定子绕组嵌线、使用维护和维修等技能。

任务一 三相异步电动机的拆装

◆ 知识点

- ✎ 了解三相异步电动机的内部结构及其分类
- ✎ 熟悉三相异步电动机的铭牌参数，并能进行简单计算

◆ 技能点

- ✎ 掌握三相异步电动机的拆装技能

任务导入

三相异步电动机结构简单、价格低廉、坚固耐用、使用维护方便，但由于某些使用场合

环境比较差，需要经常定期拆装清洗内部。要学会正确拆装三相异步电动机，必须先了解三相异步电动机的结构等相关知识。

相关知识

一、三相异步电动机的结构

如图 1—1 所示，三相异步电动机是由定子和转子两大部分及其他附件所组成。

1. 定子

定子由定子铁心、定子绕组和机座组成。

(1) 定子铁心 如图 1—2 所示，定子铁心一般由 0.35~0.5 mm 厚、表面具有绝缘层的薄硅钢片叠压而成，在铁心的内圆冲有均匀分布的槽，用以嵌放定子绕组。定子铁心是电动机磁路的一部分。

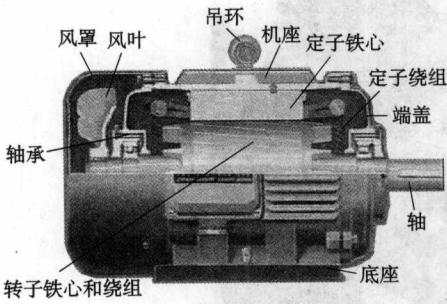


图 1—1 三相异步电动机的内部结构

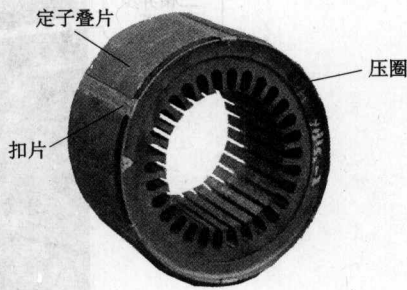


图 1—2 定子铁心结构

(2) 定子绕组 如图 1—3 所示，定子绕组用铜或铝制的绝缘线绕制而成，它有三相绕组，对称嵌放在定子铁心槽内。

三相绕组有六个端线，首端分别用 U₁、V₁、W₁ 表示，末端用 U₂、V₂、W₂ 表示。为了便于改变接线，六个端线都接在电动机定子壳体外的接线盒内。绕组可以连接成星形或三角形，如图 1—4 所示。

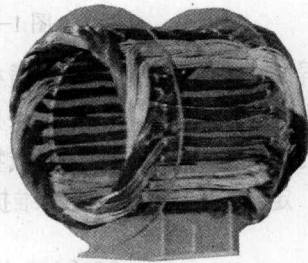


图 1—3 三相异步电动机的定子绕组结构

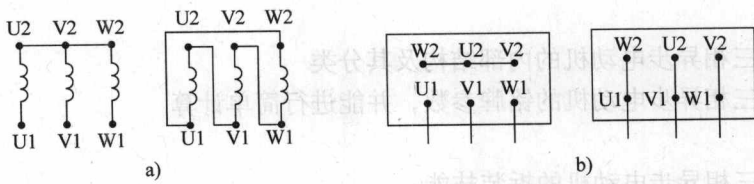


图 1—4 三相定子绕组的接线方法

a) 绕组接法 b) 接线盒接法

(3) 机座 如图 1—5 所示，机座是用铸铁或铝铸造而成，它能起到固定铁心和支撑端盖的作用。

2. 转子

转子由转子铁心、转子绕组和转轴组成。

(1) 转子铁心 转子铁心也是由薄硅钢片叠压而成，导磁。为了改善启动和运行性能，笼式异步电动机一般采用斜槽结构，如图 1—6 所示。

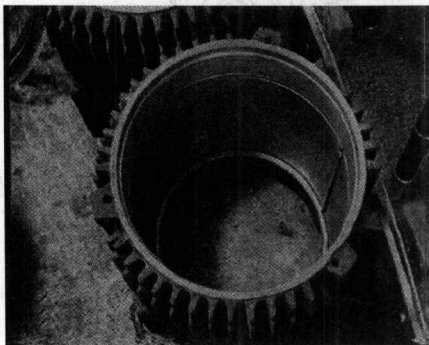


图 1—5 三相异步电动机的机座

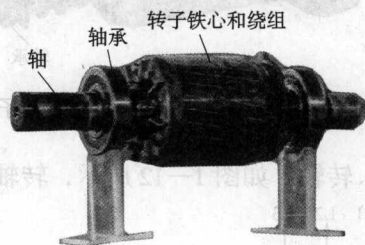
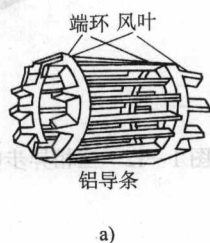


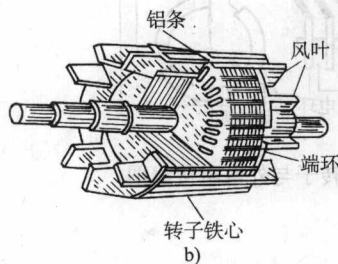
图 1—6 三相异步电动机的转子

(2) 转子绕组 转子绕组分为笼式转子绕组和绕线式转子绕组两种。

1) 笼式转子绕组 如图 1—7、1—8 所示，笼式转子绕组用铝浇注或铜条与端环铆接而成。



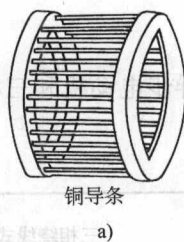
a)



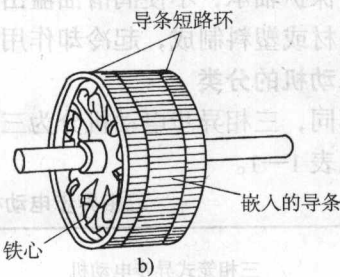
b)

图 1—7 铸铝转子结构

a) 铸铝转子绕组 b) 铸铝转子



a)



b)

图 1—8 铜条转子结构

a) 铜条转子绕组 b) 铜条转子

2) 绕线式转子绕组 如图 1—9 所示，绕线式转子绕组与定子绕组相似，也是采用绝缘铜线绕制而成，然后对称嵌入转子铁心槽内。转子的三相绕组一般接成星形，三根引出线分别接在转轴上的三个铜制集电环上。集电环与集电环之间以及集电环与轴之间彼此绝缘。

转子绕组通过电刷与外电路接通，如图 1—10 和 1—11 所示。

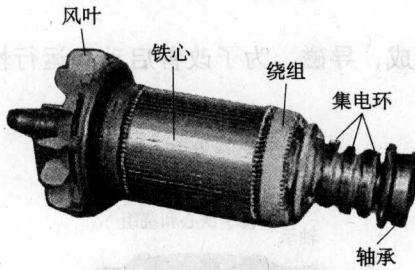


图 1—9 三相异步电动机的绕线转子

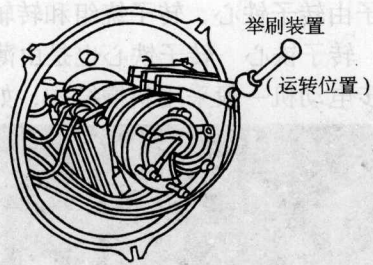


图 1—10 三相绕线式异步电动机的举刷装置

(3) 转轴 如图 1—12 所示，转轴由碳钢或合金钢制成，用于传递动力。

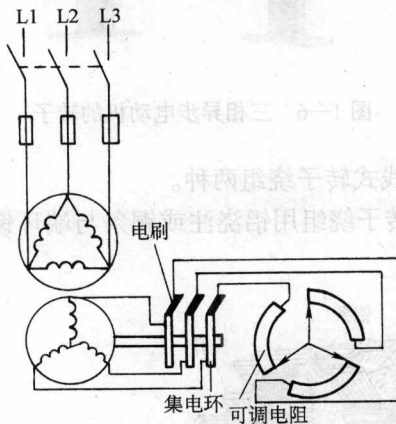


图 1—11 绕线转子与外电阻接线图

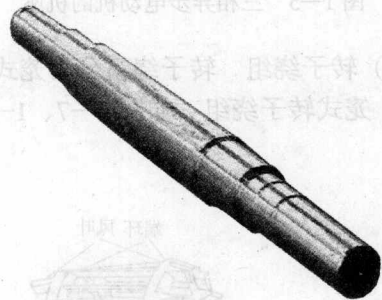


图 1—12 三相异步电动机的转轴

3. 其他附件

- (1) 端盖 由铸铁或铝铸造而成，起支撑转子的作用。
- (2) 轴承 连接转动与不动部分，一般采用滚动轴承。
- (3) 轴承端盖 保护轴承，不使润滑油溢出。
- (4) 风扇 用铝材或塑料制成，起冷却作用。

二、三相异步电动机的分类

按照转子结构不同，三相异步电动机分为三相笼式异步电动机和三相绕线式异步电动机两种，两者的比较见表 1—1。

表 1—1

三相异步电动机的分类

类型 内容	三相笼式异步电动机	三相绕线式异步电动机
定子结构	对称三相定子绕组	对称三相定子绕组
转子结构	铝浇注或铜条与端环铆接而成	绝缘铜线绕制成对称三相绕组
识别方法	没有集电环和电刷	有集电环和电刷
用途	用于小功率三相异步电动机	用于较大功率三相异步电动机

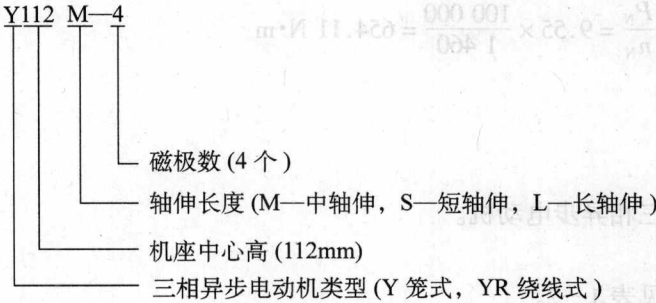
三、三相异步电动机的铭牌

三相异步电动机的铭牌如图 1—13 所示。

Hiway 三相异步电动机					
型号 Y112M-4		功率 4 kW	工作制 S1		
电压 380	V	电流 8.56	A	接法	△
转速 1440/min	频率 50Hz	绝缘等级		B	
防护等级 IP44	标准编号 JB/T9616-1999	重量	4.9	kg	
出厂编号 88569		制造日期	2005	年	9月
华威集团 华乐电机制造有限公司					

图 1—13 三相异步电动机的铭牌

1. 型号



2. 额定值

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| (1) 额定电压 U_N (V) | 额定运行时, 规定加在定子绕组上的线电压。 |
| (2) 额定电流 I_N (A) | 额定运行时, 规定加在定子绕组上的线电流。 |
| (3) 额定功率 P_N (W) | 额定运行时, 电动机的输出功率。 |
| (4) 额定转速 n_N (r/min) | 额定运行时, 电动机的转子转速。 |
| (5) 额定频率 f (Hz) | 规定的电源频率。 |

3. 绕组接线方式

△接法或 Y 接法。

4. 铭牌额定数值计算

(1) 转矩和功率的关系:

$$T_N = 9.55 \frac{P_N}{n_N}$$

(2) 输入功率和额定电压、额定电流的关系:

$$P_1 = \sqrt{3} U_N I_N \cos \phi_N \quad (\cos \phi_N: \text{定子绕组的功率因数})$$

(3) 效率

1) 损耗

- ①铁损耗 铁心中的涡流损耗和磁滞损耗, 与电源电压有关, 是不变损耗。
- ②铜损耗 通过定子绕组和转子绕组中的电流发热产生的损耗, 与电流的平方成正比, 是可变损耗。
- ③机械损耗 机械摩擦和空气阻力所产生的损耗。

总损耗

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (P_1: \text{输入功率}, P_2: \text{输出功率})$$

2) 效率

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

例题 1—1 某三相异步电动机, 额定输出功率 $P_N = 100 \text{ kW}$, 额定电压 $U_N = 380 \text{ V}$, 额定电流 $I_N = 183.5 \text{ A}$, 功率因数 $\cos \phi_N = 0.9$, 额定转速 $n_N = 1\,460 \text{ r/min}$, 求输入功率 P_1 、效率 η 、额定输出转矩 T_N 。

解: $P_1 = \sqrt{3} U_N I_N \cos \phi_N = \sqrt{3} \times 380 \times 183.5 \times 0.9 = 108.70 \text{ kW}$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{100}{108.70} \times 100\% = 92\%$$

$$T_N = 9.55 \frac{P_N}{n_N} = 9.55 \times \frac{100\,000}{1\,460} = 654.11 \text{ N}\cdot\text{m}$$

任务实施

一、目的

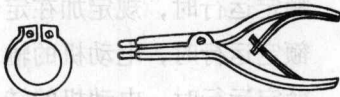
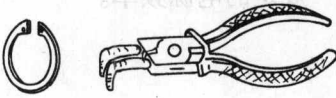
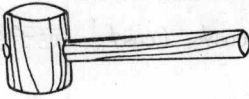
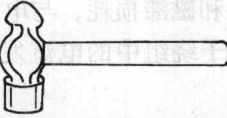
学会正确拆装三相异步电动机。

二、拆装工具

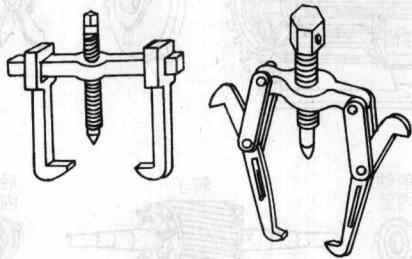
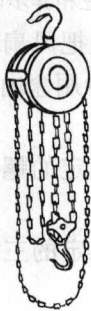
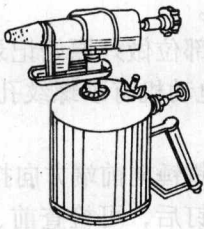
常用拆装工具见表 1—2。

表 1—2

常用拆装工具

名 称	图 片	数 量
外圆卡圈钳		1
内圆卡圈钳		1
自制扳手		1
木锤		1
铁锤		1

续表

名 称	图 片	数 量
拉拔器		1
手动葫芦		1
汽油喷灯		1

三、拆装步骤

1. 拆卸前的准备工作

- (1) 用压缩空气吹净电动机表面的灰尘，并将电动机表面污垢擦拭干净。
- (2) 清理施工现场环境。
- (3) 熟悉电动机结构特点和检修技术要求。
- (4) 准备好拆卸电动机的工具和设备。
- (5) 拆除电动机外部接线，并做好记录。

2. 拆卸步骤

三相异步电动机的拆解图，如图 1—14 所示。

(1) 笼式转子电动机拆卸步骤

1) 拆卸连接件（联轴器或带轮） 为拆卸电动机，应先将电动机与机械设备连接的连接件上的固定螺钉或固定键、定位销松开，然后用拆卸工具将连接件拆下来，如图 1—15 所示。

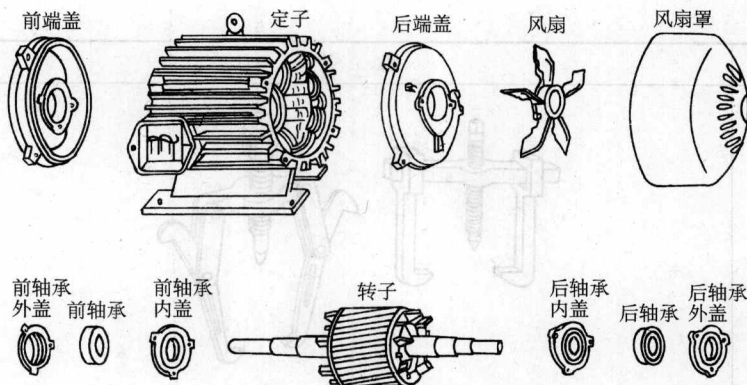


图 1—14 三相异步电动机的拆解图

2) 拆卸外风扇罩 拆风扇罩时,要把风扇罩与机座连接的固定螺钉拆下来,并保存在专用盒内。注意保存好垫圈或弹簧止退垫圈。

3) 拆卸外风扇 把外风扇与转轴固定的螺钉或风扇的卡箍螺钉拧开,可拆下外风扇。

4) 拆下后轴承外盖与后轴承内盖固定的三颗螺钉,取下后轴承外盖。

5) 拧下固定后端盖的固定螺钉。

6) 拧下固定前端盖的固定螺钉。

7) 将前、后端盖与机座配合的部位做好原始记录标志。然后用扁铲伸入机座与后端盖的配合面缝隙中撬开后端盖(有的电动机有顶螺纹孔,应先将螺钉拧出),取下后端盖,如图 1—16 所示。

8) 用木板垫在转子后轴端,用铁锤向前端方向打击,则可将前端盖连转子一起移出。

9) 拆卸前轴承外盖与内盖的螺钉后,可检查前、后轴承。一般情况下,不应轻易拆卸轴承。

如要拆卸轴承,通常采用如图 1—17 所示的拆卸工具(拉拔器)和方法。

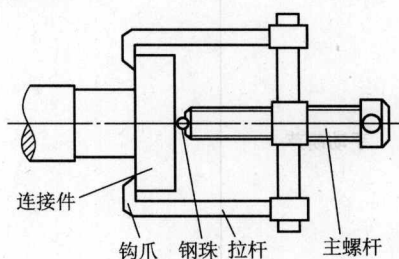


图 1—15 拆卸连接件

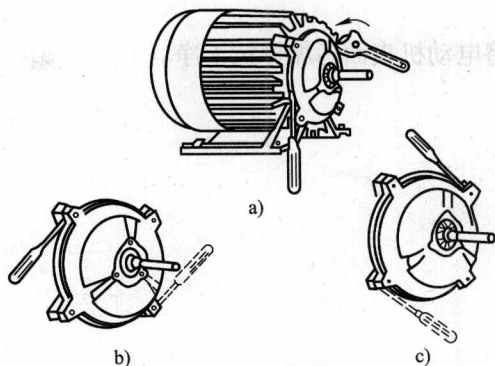


图 1—16 后端盖的拆卸

a) 拧下后端盖的固定螺母 b) 用扁铲伸入机座与后端盖的配合面缝隙中 c) 撬开后端盖

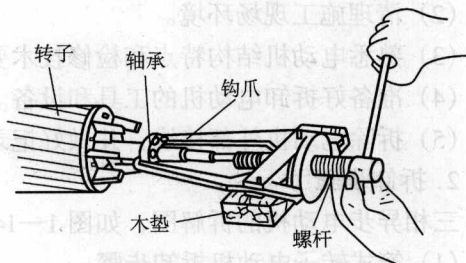


图 1—17 拉拔器拆卸轴承

对于配合较紧的新的中小型异步电动机，为了防止损坏表面油漆和端盖，可按如图 1—18 所示步骤进行。

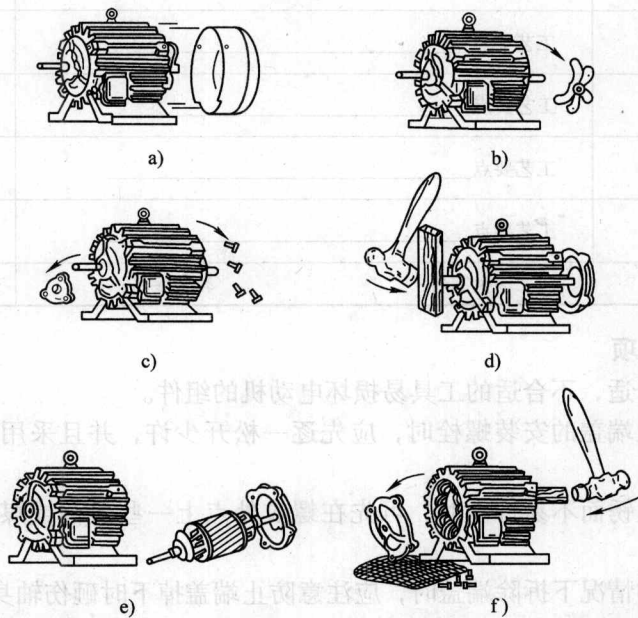


图 1—18 配合较紧的新的中小型异步电动机拆卸步骤

- a) 拆卸外风扇罩 b) 拆卸风扇 c) 拆卸前轴承外盖和拧下后端盖固定螺母
d) 用铁锤敲打木板顶出转子 e) 将转子连同后端盖从定子中抽出 f) 用铁锤敲打木板将前端盖拆下

(2) 绕线转子电动机拆卸要点

- 1) 对于绕线转子电动机，通常是先拆前端盖，后拆后端盖。这是因为前端盖装有电刷装置和短路装置。
- 2) 在拆除之前，先把电刷提起并绑扎，标志好刷架位置，以防拆卸端盖时碰坏电刷和电刷装置。
- 3) 对于负载端是滚柱轴承的电动机，应先拆卸非负载端。
- 4) 拆卸较重的端盖时，在拆卸之前要用吊车或起重工具吊好，然后再进行拆卸。

3. 装配步骤

清洗各零部件，按照与拆卸步骤相反的顺序进行。

四、评分标准

步骤	内容	工艺要求	配分	得分
1	拆装前的准备工作	拆卸所做记号： (1) 联轴器或带轮与轴台的距离_____mm (2) 端盖与机座间记号做于_____方位 (3) 前后轴承记号的形状_____	10分	
2	拆卸顺序	1 _____, 2 _____, 3 _____, 4 _____, 5 _____, 6 _____, 7 _____, 8 _____	10分	

续表

步骤	内容	工艺要求	配分	得分
3	拆卸带轮或联轴器	工艺要点_____	20分	
4	拆卸端盖	工艺要点_____	20分	
5	拆卸轴承	工艺要点_____	20分	
6	装配	工艺要点_____	20分	
训练所用时间:		学生签名:	教师签名:	总分

五、操作注意事项

1. 所用工具要合适, 不合适的工具易损坏电动机的组件。
2. 拆卸轴承盖及端盖的安装螺栓时, 应先逐一松开少许, 并且采用对角轮流进行的方式进行拆卸。
3. 某个螺钉因生锈而不易拧动时, 可先在螺纹处点上一些机油或煤油, 待一段时间后再用扳手旋动它。
4. 转子未抽出的情况下拆除端盖时, 应注意防止端盖掉下时砸伤轴身。
5. 必要时, 应在拆卸前对原有配合位置做一些标记, 以利于组装时恢复原状。
6. 对拆下的部件要妥善保护, 对特殊部件应更注意。
7. 要保持场地的清洁。

作业检查

一、填空题

1. 三相异步电动机均由_____和_____两大部分组成。它们之间的气隙一般为_____至_____mm。
2. 三相异步电动机定子铁心的作用是作为_____的一部分, 并在铁心槽内放置_____。
3. 三相异步电动机按转子结构分为_____和_____两种。

二、判断题

1. 三相异步电动机的机座必须采用导磁材料制造。()
2. 只要看国产三相异步电动机型号中的最后一个数字, 就能估算出该电动机的转速。()
3. 三相异步电动机的额定电压和额定电流是指电动机的输入线电压和线电流, 额定功率是指电动机轴上输出的机械功率。()

三、选择题

1. 三相异步电动机的定子铁心及转子铁心均采用硅钢片叠压而成, 其原因是()。
 - A. 减少铁心中的能量损耗
 - B. 允许电流流过
 - C. 价格低廉制造方便
2. 三相笼式异步电动机的转子铁心一般采用斜槽结构, 其原因是()。
 - A. 改善电动机的启动及运行性能
 - B. 增加转子导体的有效长度

C. 简化制造工艺

3. 国产小功率三相笼式异步电动机转子导体结构最广泛采用的是 ()。

A. 铜条结构转子

B. 铸铝转子

C. 深槽式转子

四、计算题

1. Y112M—4 三相异步电动机额定数据为: $P_N = 7.5 \text{ kW}$, $U_N = 380 \text{ V}$, $I_N = 15.4 \text{ A}$, $\cos\phi = 0.85$, $n_N = 1440 \text{ r/min}$, 求输入功率 P_1 , 功率损耗 ΔP , 效率 η , 额定转矩 T_N 。

2. 某三相异步电动机额定数据为: $P_N = 40 \text{ kW}$, $U_N = 380 \text{ V}$, $\eta = 84\%$, $\cos\phi = 0.79$, $n_N = 950 \text{ r/min}$, 求输入功率 P_1 , 线电流 I_N , 额定转矩 T_N 。

五、技能题

拆装一台三相绕线式异步电动机, 写出工艺要点。

任务二 三相异步电动机的检测

◆ 知识点

- 掌握三相异步电动机的工作原理, 正确理解旋转磁场、转差率等概念
- 了解三相异步电动机定子绕组和转子绕组之间的物理量关系

◆ 技能点

- 掌握测量绕组直流电阻、绝缘电阻、空载电流的方法

任务导入

拆装三相异步电动机后, 必须检查其装配质量, 检测三相异步电动机的绕组直流电阻、绝缘电阻、空载电流等各项性能指标是否达到要求。检测试验是为了判别电动机的质量好坏。做检测试验前, 应先了解三相异步电动机是如何转动的和一些简单的运行理论等相关知识。

相关知识

一、三相异步电动机的工作原理

1. 电动机定子上有三相对称绕组, 如图 1—19a、b 所示。

2. 三相对称绕组中通入三相对称交流电, 如图 1—19c 所示。

3. 电动机气隙空间产生旋转磁场, 如图 1—19d 所示。

(1) 两极 (一个 N 极, 一个 S 极) 旋转磁场的产生

规定: 三相交流电为正半周时, 电流由绕组的首端流入, 由末端流出; 三相交流电为负半周时, 电流由绕组的末端流入, 由首端流出。

1) 当 $\omega t = 0$ 时, $i_U = 0$, U 相绕组中没有电流, 不产生磁场; i_V 是负值, V 相绕组中的电流是由 V2 端流入, V1 端流出; i_W 是正值, W 相绕组中的电流是由 W1 端流入, W2 端流出。用安培定则可以确定此瞬间的磁场方向, 如图 1—19d①所示。

2) 当 $\omega t = \pi/2$ 时, i_V 和 i_W 是负值, V 相绕组中的电流是由 V2 端流入, V1 端流出; W 相绕组中的电流是由 W2 端流入, W1 端流出; i_U 是正值, U 相绕组中的电流是由 U1 端流