

国家示范性高等职业院校核心课程
“十一五”规划教材 · 电子电气类



ianzi Dianqi Lei

电机及电气控制

主 编 ⊙ 赵淑娟 张 辉 朱奎林
副主编 ⊙ 徐 健 冉晟伊
主 审 ⊙ 李惕新



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家示范性高等职业院校核心课程 · 电子电气类
“十一五”规划教材

Dianji ji Dianqi Kongzhi
电机及电气控制

主 编 赵淑娟 张 辉 朱奎林
副主编 徐 健 冉晟伊
主 审 李惕新

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书以电机及电气控制技术应用领域的典型实例为载体,划分为三个学习项目,主要介绍了三相交流异步电动机、小型非标设备的电气控制线路的开发及典型通用机床的电气控制线路常见故障的分析。本书的编写特点是:采用任务驱动、理论和实际相结合的形式,有效地将理论与实践联系起来。

本书可作为高等职业院校电气、机电一体化、计算机控制、电子、通信等专业的教材,可供其他专业如机械、汽车、计算机等专业师生及有关工程技术人员参考,也可作为中等职业学校有关专业的提高教材,还可作为自学考试人员的学习用书。

----- 图书在版编目(CIP)数据

电机及电气控制 / 赵淑娟, 张辉, 朱奎林主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2009.8

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材. 电子电气类

ISBN 978-7-5643-0399-0

I. 电… II. ①赵…②张…③朱… III. ①电机学—高等学校: 技术学校—教材②电气控制—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM3 TM921.5

-----中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第151743号-----

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材·电子电气类

电 机 及 电 气 控 制

主 编 赵淑娟 张 辉 朱奎林

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 陈长江 宋清贵

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm×230 mm 印张: 15.625

字数: 279千字 印数: 1—3 000册

2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-0399-0

定价: 28.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

出版说明

进入 21 世纪以来,在国家的高度重视与大力支持下,我国高等职业教育得到了迅猛发展,截止 2007 年底,全国独立设置的高职学院已达 1100 多所,高职教育招生人数和在校生人数均占高等教育招生人数的半壁河山。高职教育在优化高等教育体系结构、促进教育大众化、培养高技能人才,促进并加快地方经济的建设和发展等方面起到了重要作用,作出了重大贡献。但由于我国高等职业教育起步较晚,在高速发展的过程中还存在一些亟待解决的问题,特别是在课程体系和教材形式上,“中专延长型”及“本科压缩型”的影子始终挥之不去,真正适合我国国情的高职课程体系及相应的教材正处在探索与改进之中。

2006 年,我国财政部、教育部启动了国家示范性高等职业院校建设项目,财政部拨出数十亿专项资金在之后三年中重点支持 100 所高等职业院校的建设。示范性高等职业院校建设主要围绕重点专业及专业群的实验/实训条件建设、课程体系及教学内容改革、师资培养三方面开展,其中课程体系及教学内容改革是示范建设的主要内容。为了配合高等职业院校核心专业课程的示范建设,我们在全中国范围内组织了一批高职高专院校,由国家示范性高职院校牵头,组织编写这套电子电气类专业核心课程教材。

重庆工业职业技术学院是 2006 年全国首批 28 所示范高职院校之一,其电气自动化技术专业是国家重点建设专业。2007 年初,由重庆工业职业技术学院电气自动化技术专业牵头,组织重庆工程职业技术学院、重庆电力高等专科学校、四川信息职业技术学院、黑龙江交通职业技术学院、郑州铁路职业技术学院、宜宾职业技术学院、泸州职业技术学院、吉林铁道职业技术学院等十多所高职院校的相关专业教师成立了《国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材》编写委员会,共同编写本套系列教材,从 2008 年开始陆续出版,计划用 1~2 年时间出版 20 本左右教材。为了满足多层次、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

在编写本套教材的过程中,结合示范建设工作的推进,我们反复学习了教育部有关高等职业教育改革的文件精神,多次聆听了教育部领导及国内高职教育专家的讲话,明确了高职教育改革的方向。同时,我们也组织教师到澳大利亚、新加坡、德国、中国香港地区的职业院校进行了学习和交流,广

泛学习和吸收了国际先进的职业教育理念、课程体系、教学内容、教学方法等。通过学习和思考，我们将本套教材编写的指导思想确定为：学习国际职业教育先进经验，结合我国实际情况，针对电气电子类专业特点，突出职业教育与工程实际应用紧密结合，坚持工作过程系统化的课程开发理念和行动导向的教学理念。

本套专业课程教材的突出特点是：以典型的工作任务为载体，按照资讯、决策、计划、实施、检查、评估六个步骤，培养学生的方法能力、专业能力、社会能力。由于电气电子类专业具有就业岗位涉及行业范围广、工作任务技术性强、对学生创新能力要求高等特点，本套教材没有像某些以技能为主的专业一样将专业基础课程的内容解构后与专业课程进行重构，而是基本保持了专业基础课程的构架。在专业基础课程教材的编写中，大量采用了项目导向的教学方法，突出了与工程实际和应用相结合，强化了与后续课程的联系与衔接。我们相信，通过使用本套教材进行教学，既能明显提高学生解决工程实际问题的能力，实现学生毕业与就业的“零距离”，又能为学生可持续发展和创新能力的提高打下坚实的基础。

本系列教材的主要读者群是高职电子电气类专业及相关专业的学生和教师，以及企业相关技术人员。我们希望，本套教材在符合专业培养目标、反映专业教育改革方向、满足专业教学需要的同时，努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材，为高职电气电子类专业的教学质量提高贡献一份力量，为教学改革探索出一条新路。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持，并欢迎提出批评和意见。

《国家示范性高等职业院校核心课程
“十一五”规划教材》编写委员会
2008年1月

《国家示范性高等职业院校核心课程 “十一五”规划教材》编写委员会

顾 问

徐 益 (重庆工业职业技术学院)
王 华 (吉林铁道职业技术学院)
李惕新 (机械工业第三设计研究院)
刘慕尹 (重庆川仪控制仪表分公司)
苏国成 (重庆川仪一厂)

主任委员 易 谷

委 员 (按姓氏笔画)

毛才局	毛臣健	王树祥	邓 莉	邓书蕾
冉晟伊	田宜驰	伍小兵	伍家洁	刘 赞
刘慰平	向文斌	朱 斌	朱奎林	朱 鸿
严兴喜	何 兵	何 弢	吴晓艳	张 莉
张 辉	张晓琴	张艳红	张渠扬	张慧坤
怀越生	胡昌荣	李 华	李 媛	李 明
李 静	李经智	李茂清	李庭贵	杨启军
肖前军	苏 渊	邱富军	陈 亮	陈 挺
周进民	周洪江	罗德雄	侯 涛	赵文钊
赵文宣	赵淑娟	凌泽明	晏剑辉	徐纯新
徐 健	秦祖铭	秦建生	涂仁喜	贾正松
黄 戎	黄礼超	黄俊杰	龚于庆	蒲晓湘
廖建文	樊明哲	潘 锋	彭伦天	

前言

本书根据“高等职业技术学院电气、电子专业”课程标准，由一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业一线专家共同研究编写。教材内容根据高职电类专业毕业生就业岗位能力需求进行选取，特别强调与工程实际应用相结合，尽可能多地将最新的工程实际应用案例纳入教学内容，突出教学内容的实用性，重点培养学生解决实际工程问题的能力。

学习项目1以三相交流异步电动机拆装、检测为主线，介绍三相交流异步电动机的结构、工作原理、工作特性、机械特性、检测及使用方法；学习项目2以自动送料系统、混凝土搅拌机为载体，介绍常用低压电气元件的使用方法及电气控制线路的设计和安装、调试知识；学习项目3以Z3040摇臂钻床、X62W万能铣床为载体，介绍控制线路常见电气故障的检修方法。每个学习项目以任务为驱动，在学习完相关知识、完成相关技能训练的基础上进行任务实施。每个学习项目中都增加了知识拓展或综合提高环节，每个任务完成后都有扩展性的思考题，力求达到使学生开阔眼界，具备举一反三的学习能力和工作能力。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

第一，注重与行业的深度结合，我们聘请了电气、机电领域知名企业的高级工程师共同研究教材开发，由学校骨干教师任主编、企业高工任主审。从教材编写思路的确定和编写大纲的审定，到教师下企业调研搜集资料，教材编写所选的设备和技术资料是否符合企业实际等问题的解决，以及教材的审核和最终定稿，整个过程都有企业技术人员的实质性参与，保证了教材内容与实际应用的紧密结合，反映了企业各生产岗位的相关技术要求，这是本教材的突出特点。

第二，以行动导向为主线，选取典型的任务、项目、产品、案例等作为载体，将学习的目标要求（知识、技能、素质），通过采取工学交替、任务驱动、项目导向、课堂与实习地点一体化等以行动导向为核心的教学模式，引导学生获取信息、训练技能，完成项目实施、检查与评估，有效地培养学生的专业能力、方法能力和社会能力。

第三，从职业（岗位）需求分析入手，遵循“以工作任务引领专业知识，以职业资格证书的标准规范课程内容”的原则，参照国家职业标准《维修电工》《电气助理工程师》《电气制图员》的要求，精选教材内容，切实落实“双证”融通的课程教材。

第四,注重必备知识与拓展知识的关系。一方面针对学生未来某一职业岗位或岗位群,选择特定的知识和技能,不过分强调内容的完整性、系统性,着力选择学生就业时所需要的知识结构和能力结构,使学生得到业界的认可;另一方面,又要为学生长期的工作和发展服务,为今后的持续学习创造接口和条件,增加的拓展性教学内容,对学生将来解决职业岗位技术问题具有可参考性。

第五,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。

本书作为高等职业教育电气、计算机控制、机电一体化等专业的教材,也可供其他专业如机械、汽车等专业师生及有关工程技术人员参考,同时可作为中等职业学校有关专业的提高性教材,以及作为自学考试人员的参考学习用书。

本书由重庆工业职业技术学院教师赵淑娟、吉林铁道职业技术学院教师张辉、四川信息职业技术学院教师朱奎林任主编;重钢集团焦化厂工程师徐健、重庆工程职业技术学院教师冉晟伊任副主编。全书由赵淑娟统稿。机械工业第三设计研究院教授级高工李惕新主审本书并提供了详尽的修改意见,在此表示万分感谢。

在本书的编写过程中,编者参考了一些国内外同行的优秀教材和资料,在此向这些资料文献的作者深表感谢。

在本书的编写过程中,得到了重庆工业职业技术学院毛臣健、郭选明,中冶赛迪信息技术有限公司彭燕华,重庆博森集团刘英田,重庆机床厂王良勇、重庆长安集团章凯波、重庆信威通信技术有限公司沈从希、邓勇,西子奥的斯重庆分公司邓祥勇,重庆天星环保工程有限公司陈方建,重庆威博机电技术有限公司李文德等多位行业专家和多家单位的大力支持,编者在此一并表示感谢。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。

编 者

2009年5月

目 录

学习项目 1 三相交流异步电动机	1
任务 1 三相交流异步电动机的拆装	1
【任务及要求】	1
【任务分析】	2
【学习目标】	2
【相关知识】	2
【思考与提高】	10
【任务实施】	10
【技能测试】	12
任务 2 三相交流异步电动机的检测	13
【任务及要求】	13
【任务分析】	14
【学习目标】	14
【相关知识】	14
【思考与提高】	24
【任务实施】	25
【技能测试】	30
【知识拓展】	30
学习项目 2 小型非标产品电气控制线路的开发	39
任务 1 自动装料控制系统的开发	39
【任务及要求】	39
【任务分析】	40
【学习目标】	40
【相关知识】	41
技能训练 1	74
技能训练 2	91
技能训练 3	96
【思考与提高】	96

【任务实施】	98
【技能测试】	105
任务 2 混凝土搅拌机电气控制线路的开发	105
【任务及要求】	105
【任务分析】	106
【学习目标】	106
【相关知识】	107
技能训练 1	113
技能训练 2	117
技能训练 3	128
技能训练 4	135
【思考与提高】	136
【任务实施】	139
【技能测试】	146
【知识拓展】	146
学习项目 3 典型通用机床的电气控制线路的检修	173
任务 1 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路的检修	173
【任务及要求】	173
【任务分析】	174
【学习目标】	174
【相关知识】	174
技能训练 1	178
技能训练 2	182
技能训练 3	184
【思考与提高】	184
【任务实施】	185
【技能测试】	186
任务 2 X62W 型万能铣床电气控制线路的检修	186
【任务及要求】	186
【任务分析】	187
【学习目标】	187
【相关知识】	187
技能训练 1	191

技能训练 2	197
技能训练 3	199
【思考与提高】	199
【任务实施】	199
【技能测试】	201
【知识拓展】	201
附 录	206
附录 A 国家电气标准的若干规定	206
附录 B 新旧电气元件符号对照	210
附录 C 部分电气元件的技术数据	215
参考文献	237

学习项目 1 三相交流异步电动机

项目描述 在现代工业中，为了实现各种生产工艺过程，需要使用各种各样采用了自动化技术的生产机械，而各种各样的生产机械一般都需要由电动机来驱动。由于现代电网中普遍采用交流电，而三相交流异步电动机具有结构简单、工作可靠、维护方便、价格便宜等众多优点，所以在现代各行各业中，三相交流异步电动机有着广泛的应用。本学习项目主要介绍三相交流异步电动机的基本结构、铭牌数据、工作原理、运行特性及拆装等知识和技能，为后续电气控制技术的学习打下基础。

任务 1 三相交流异步电动机的拆装

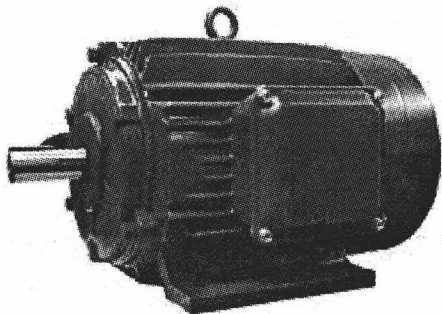


图 1-1 三相异步电动机实例

【任务及要求】

1. 工作任务

某机床上一台型号为 Y112M-4 的三相交流异步电动机，由于其内部污染，严重影响了运行性能。现要求对其内部进行清理。

三相交流异步电动机的额定数据为： $P_N = 7.5 \text{ kW}$ ， $U_N = 380 \text{ V}$ ， $I_N = 15.4 \text{ A}$ ， $\cos \varphi_N = 0.85$ ， $n_N = 1\,440 \text{ r/min}$ 。

2. 基本要求

根据相关行业及国家规范与标准，对其进行拆卸后进行内部清理，然后重新装配。

3. 学习产出

电动机拆装记录单。

【任务分析】

对三相交流异步电动机内部进行清理，首先就要对其进行拆卸。为了能够在清理完毕后顺利进行装配，需要对交流异步电动机的结构进行准确的了解。

【学习目标】

1. 规范与标准

了解相关行业及国家规范与标准，重点是《电机手册》、《国家电气设备安全技术规范》GB 19517—2004、《用电安全导则》GB/T 13869—92。

2. 知识目标

了解三相交流异步电动机的基本结构，熟悉三相交流异步电动机的铭牌数据及其含义。

3. 技能目标

能按照相关行业及国家规范与标准对小型三相笼形异步电动机进行拆装。

4. 技术文件

学习规范编写三相笼形异步电动机的拆装记录等技术文件。

【相关知识】

电机一般分为静止电机、控制电机和旋转电机。静止电机指的是静止不动的电机，比如变压器；控制电机指的是将信号进行转换和传递的电机，比如伺服电机；旋转电机指的是转轴发生相对运动并能够进行能量转换的电机，一般又分为电动机和发电机。发电机是将机械能转换成为电能，电动机是将电能转换成为机械能。电动机又可以按照外加电源的种类分为直流电动机、交流电动机。交流电动机又可以按照外加电压的相数分为单相电动机和三相电动机。三相电动机又可以按照转轴的运动形式分为同步电动机和异步电动机。工厂里常用的是三相交流异步电动机，它具有结构简单、工作可靠、维护方便、价格便宜等优点，在现代各行各业中都有着广泛的应用。三相交流异步电动机的缺点是功率因数较低，启动和调速性能

相对于同等容量的直流电机而言比较差,因此,三相交流异步电动机广泛应用于对调速性能要求不高的场合,比如普通机床、生产线、鼓风机、水泵等。本学习项目主要以三相交流异步电动机为主讲解有关电动机的相关知识。

一、三相交流异步电动机的结构

我国生产的三相异步电动机的种类很多,适用场合和用途各不相同,一般用符号 Y 来进行代表。部分常用的 Y 系列三相交流异步电动机的性能及特点如表 1-1 所示。

表 1-1 部分 Y 系列三相交流异步电动机的性能特点

系列品种	系列名称	性能及特点
Y	全封闭自扇冷式笼形转子三相交流异步电动机	具有高效、节能、启动转矩大、性能好、噪声低、振动小、可靠性高、使用维护方便等优点。采用 B 级防护,外壳防护等级为 IP44。应用于农业机械、机床、搅拌机等
YVF	变频调速三相交流异步电动机	具有过载能力大、机械强度高、调速范围广、运行稳定的特点,电动机噪声低、振动小,有助于节能和实现自动化控制
YD	变极调速电动机	性能优良,适用于矿山、冶金、纺织等需要分级变速的设备上
YB	防爆型三相交流异步电动机	适用于有爆炸性气体混合物存在的场所
YLB	立式深井泵用异步电动机	该电动机是驱动立式深井泵的专用电动机,适用于广大农村及工地吸取地下水

三相交流异步电动机的种类虽多,但各类三相交流异步电动机的基本结构是类似的,它们都由定子和转子这两大基本部分组成,此外,还有端盖、轴承、接线盒、吊环等其他附件。图 1-2 所示为 Y 系列封闭式三相笼形异步电动机的结构示意图。

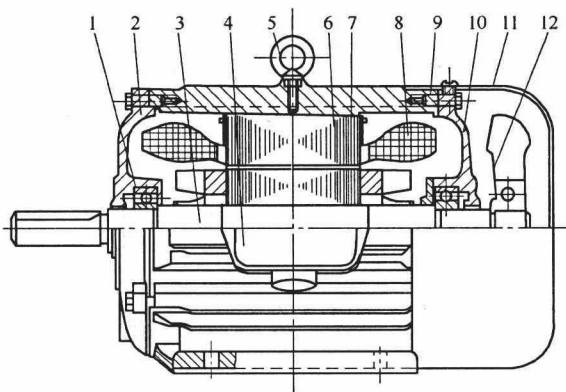


图 1-2 封闭式三相笼形异步电动机的结构图

1—轴承；2—前端盖；3—转轴；4—接线盒；5—吊环；6—定子铁芯；7—转子；
8—定子绕组；9—机座；10—后端盖；11—风罩；12—风扇

1. 定子部分

在三相交流异步电动机中，定子是用来产生旋转磁场的。三相交流异步电动机的定子一般由外壳、定子铁芯、定子绕组等部分组成。

(1) 外壳

三相交流异步电动机的外壳一般包括机座、端盖、轴承盖、接线盒及吊环等部件。

机座：由铸铁或铸钢浇铸成形。它的作用是保护和固定三相交流异步电动机的定子绕组。通常，机座的外表要求散热性能好，所以一般都铸有散热片。

端盖：由铸铁或铸钢浇铸成形，它的作用是把转子固定在定子内腔中心，使转子能够在定子中均匀地旋转，是三相电动机机械结构的重要组成部分。

轴承盖：也是用铸铁或铸钢浇铸成形的，它的作用是固定转子，使转子不能轴向移动，另外起存放润滑油和保护轴承的作用。

接线盒：一般是用铸铁浇铸，其作用是保护和固定绕组的引出线端子。

吊环：一般是用铸钢制造，安装在机座的上端，方便起吊、搬运三相电动机。

(2) 定子铁芯

三相交流异步电动机的定子铁芯是三相交流异步电动机磁路的一部分，一般由 0.35~0.5 mm 厚的表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成，硅钢片较薄而且片与片之间是绝缘的，如图 1-3 所示。定子铁芯内圆有均匀分布的槽口，用来嵌放定子绕组。

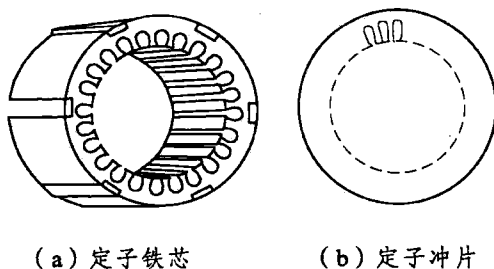
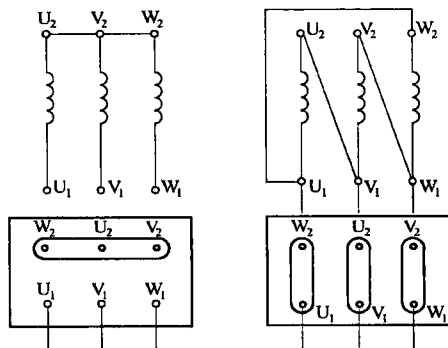


图 1-3 定子铁芯及冲片示意图

(3) 定子绕组

定子绕组是三相交流异步电动机的电路部分。三相交流异步电动机中有三相绕组，通入三相对称电流时，就会产生旋转磁场。所谓旋转磁场，就是一种极性和大小不变且以一定速度旋转的磁场。电动机的三相绕组由三组彼此独立的绕组组成，且每组绕组又由若干线圈连接而成。每组绕组即为一相，每组绕组在空间相差 120° 电角度。电角度 $= p \times$ 机械角度， p 是电动机的极对数。若电机有 p 对磁极，电机圆周按电角度计算就为 $p \times 360^\circ$ 电角度，而其机械角度总是 360° 。

定子绕组的线圈用绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制。中、小型三相异步电动机多采用圆漆包线，大、中型三相异步电动机的定子线圈则用较大截面的绝缘扁铜线或扁铝线绕制后，再按一定规律嵌入定子铁芯槽内。定子三相绕组的六个出线端都引至接线盒上，首端分别标为 U_1 、 V_1 、 W_1 ，末端分别标为 U_2 、 V_2 、 W_2 ，这六个出线端在接线盒里的排列如图 1-4 所示。三相交流异



(a) 星形 (Y) 连接 (b) 三角形 (Δ) 连接

图 1-4 定子绕组的联结

步电动机的定子绕组可以根据电动机的容量和实际需要接成星形或三角形。对于大型异步电动机，通常接为 Δ 接法，对于中、小型异步电动机，则可按照不同的要求接为Y接法或 Δ 接法。

2. 转子部分

三相交流异步电动机的转子是三相交流异步电动机的转动部分。它在定子绕组通入相应的交流电源后所产生的旋转磁场的作用下获得一定的转矩而旋转，通过联轴器或者皮带轮带动其他设备做功。转子由转子铁芯、转子绕组和转轴等部分组成。

(1) 转子铁芯

三相交流异步电动机的转子铁芯通常是用 $0.35\sim 0.5\text{ mm}$ 厚的硅钢片叠压而成，套在转轴上，作用和定子铁芯相同，一方面作为电动机磁路的一部分，一方面用来安放转子绕组。

(2) 转子绕组

三相交流异步电动机的转子绕组分为绕线型与笼形两种，因此，三相交流异步电动机也分为绕线型异步电动机与笼形异步电动机。机床上常用的三相交流异步电动机是采用笼形绕组的笼形异步电动机。

a. 笼形绕组

笼形绕组就是在转子铁芯的每一个槽中插入一根铜条，在铜条两端各用一个铜环（称为端环）把导条连接起来，称为铜排转子，如图1-5（a）所示。也可用铸铝的方法，把转子导条和端环风扇叶片用铝液一次浇铸而成，称为铸铝转子， 100 kW 以下的异步电动机一般采用铸铝转子，如图1-5（b）所示。实际生产中的笼形转子铁芯槽沿轴向是斜的，导致导条也是斜的，这样主要是为了改善笼形电动机的启动性能。

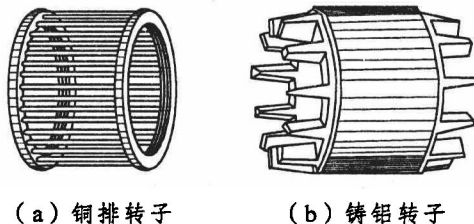


图 1-5 笼形转子绕组

笼形绕组因结构简单、制造方便、运行可靠，所以得到广泛应用。

b. 绕线型绕组

绕线型转子绕组与定子绕组一样，也是一个三相对称绕组。用绝缘导线