

● 国家示范性高职院校建设项目成果

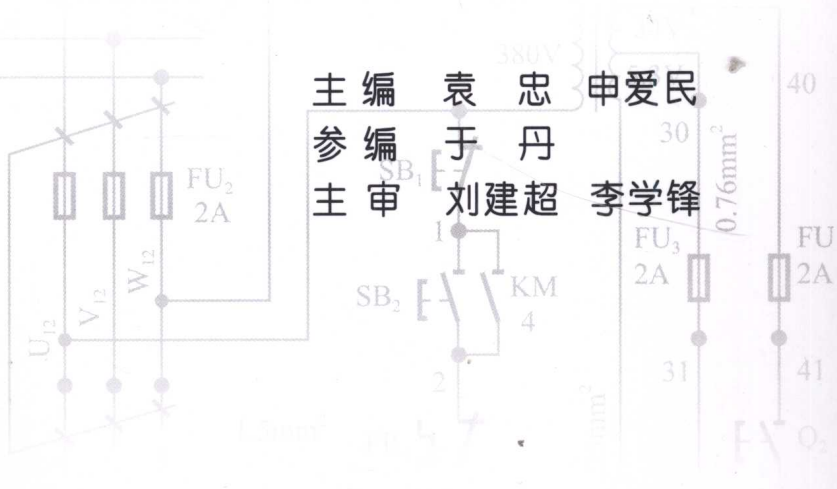
● 省级精品课程配套教材

机床电气控制系统

运行与维护



主编 袁忠 申爱民
参编 于丹
主审 刘建超 李学锋



- » 采用“行动导向”、“任务引领”、“项目驱动”模式
- » 基于工作过程安排，内容涵盖了常用低压电器、单元电路到典型机床电气控制系统
- » 理论实践一体化，便于实施“学中做”和“做中学”
- » 配有多媒体教学资源，方便老师讲解和学生理解

机床电气控制系统

运行与维护

主 编 袁 忠 申爱民
参 编 于 丹
主 审 刘建超 李学锋

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书基于对机床电气控制与维护工作岗位的分析,按高职院校学生的认知规律和职业成才规律,以工作过程为导向,由浅入深地安排了10个学习情境和15个有关工作任务,对学生进行相关职业能力的训练和知识点的学习。

本书分上下两篇,主要内容包括:三相异步电动机的基本运行控制,介绍单向、可逆、顺序运行控制、降压和制动控制;典型机床设备电气控制,介绍CA6140型普通车床、X62W型万能铣床、M7130型平面磨床、Z3040型摇臂钻床等的电气控制系统的调试与维护。本书知识点的安排打破了传统学科体系的模式,基于工作过程的相关性来进行重组和排序。内容涵盖了常用低压电器、典型电气控制环节、典型机床设备电气控制系统等。为便于教学,本书配有同步电子教案和丰富的多媒体动画资源。

本书可作为高职院校机电、数控、电气类专业的教材,也可作为相关培训班的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制系统运行与维护/袁忠,申爱民编著. —北京:电子工业出版社,2010.6

ISBN 978-7-121-10998-0

I. ①机… II. ①袁…②申… III. ①机床—电气控制系统—运行②机床—电气控制系统—维护
IV. ①TG502.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第100222号

策划编辑:李洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑:李洁 特约编辑:刘忠

印刷:北京市李史山胶印厂

装订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:454千字

印次:2010年6月第1次印刷

印数:4000册 定价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

为适应高等职业教育发展的需要，贯彻落实教育部“16号文件”精神，各高职院校都在进行“基于工作过程导向”的课程改革和建设。为此，“行动导向”、“任务引领”、“项目驱动”等课程模式应运而生，已经成为高职教育发展的主流趋势，并在广大教师的积极探索和实践中不断丰富和完善。

本书作为我院课程改革的主要成果形式之一，在编写过程中坚持“以就业为导向，以能力为本位”的宗旨，以职业岗位的能力需求为依据，根据工作过程的相关性，以典型工作任务为载体，以工作过程为导向，将为培养能力而实施的训练任务和完成任务所需的知识点进行重组，构架新的教学内容体系，创设具有完整工作过程的学习情境，形成工作任务引领型课程，为落实“教、学、做”一体化教学模式创造条件。

本书在内容和形式上有以下特点：

1. 任务引领。以典型工作任务为中心，组合知识、技能和态度，创设“学习情境”，让学生在完成工作任务的过程中学习相关知识、培养综合能力。

2. 项目驱动。通过完成典型的工作任务，激发学生的成就动机，使之主动去培养完成工作任务所需的综合能力。

3. 内容实用。紧紧围绕完成工作任务的需要，按“够用必需”的原则来选择教学内容，不强调知识的系统性，只注重内容的实用性和针对性。在内容安排上，设置了“情境描述”、“学习与训练要求”、“相关知识点”、“技能训练”等环节。

4. 教、学、做一体化。打破传统“理论”与“实践”二元分离的局面，基于工作过程的完整性实施教学，实现理论与实践的有机结合，即“学中做”或“做中学”。

5. 以学生为中心。在体例上以“学习情境”为主线设计教学内容，就是把学生放在主导地位来考虑的；另一方面，本书图文并茂，多媒体教学资源丰富，为提高学生的学习兴趣和主动性创造条件。

本书以10个学习情境和15个有关工作任务贯穿而成，贴近工程实际，突出强化了实践环节。为配合本教材的使用，从电器元件、单元电路到典型机床系统控制系统都有丰富的多媒体教学资源，便于老师讲解和学生理解。

本书由袁忠、申爱民担任主编，于丹参编。其中，袁忠老师编写了情境二至情境六，并对整体编排模式进行了设计；申爱民老师编写了情境七至情境十；于丹老师编写了情境一。

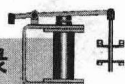
本书由刘建超、李学锋教授任主审。在编写过程中得到了刘建超教授、李学锋教授的大力支持和指导，在此表示衷心的感谢。由于编写经验不足、时间仓促，书中错误难免，肯请读者批评指正。

为便于教学，本书配有同步电子教案和丰富的多媒体动画资源，需要者请与出版社编辑(ljje@phei.com.cn)联系。

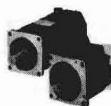
目 录

上篇 三相异步电动机的基本运行控制

能力培养目标.....	(1)
安全规范.....	(1)
情境一 三相异步电动机的认识与安装	(3)
情境概述.....	(3)
学习与训练要求.....	(3)
1.1 三相异步电动机的结构与工作原理.....	(4)
1.1.1 三相异步电动机的结构.....	(4)
1.1.2 三相异步电动机的基本工作原理.....	(7)
1.1.3 三相异步电动机的运行分析.....	(11)
1.2 三相异步电动机的选用.....	(14)
1.2.1 三相异步电动机的选用指南.....	(14)
1.2.2 三相异步电动机的铭牌.....	(14)
1.2.3 三相异步电动机的“Y— Δ ”连接.....	(19)
1.3 三相异步电动机的维护保养.....	(21)
1.3.1 使用前的检查.....	(21)
1.3.2 安装试运行.....	(21)
1.3.3 运行中的维护.....	(22)
1.3.4 拆装维护.....	(23)
1.3.5 三相异步电动机的常见故障及排除.....	(23)
技能训练.....	(25)
习题一.....	(29)
情境二 三相异步电动机的单向运行控制	(31)
情境概述.....	(31)
学习与训练要求.....	(31)
2.1 三相异步电动机点动控制线路的安装、调试与维护.....	(32)
2.1.1 低压电器基础知识.....	(32)
2.1.2 常用低压电器(1).....	(36)
2.1.3 基本电气控制系统图的识读.....	(49)
2.1.4 三相异步电动机的点动控制原理.....	(64)
2.1.5 三相异步电动机的点动控制线路的故障排除.....	(66)



技能训练.....	(70)
2.2 三相异步电动机点动/长动混合控制线路的安装、调试与维护.....	(73)
2.2.1 三相异步电动机点动/长动控制原理.....	(73)
2.2.2 三相异步电动机点动/长动混合控制线路的安装与调试.....	(79)
2.2.3 三相异步电动机长动控制线路的排故.....	(79)
技能训练.....	(84)
习题二.....	(89)
情境三 三相异步电动机的可逆运行控制.....	(90)
情境概述.....	(90)
学习与训练要求.....	(90)
3.1 三相异步电动机的正反转运行控制线路的安装、调试与维护.....	(91)
3.1.1 常用低压电器(2)——倒顺开关.....	(91)
3.1.2 三相异步电动机正反转控制线路的识读.....	(92)
3.1.3 三相异步电动机正反转控制线路的故障排除.....	(96)
技能训练.....	(100)
3.2 工作台自动往复运行控制线路的安装与调试.....	(104)
3.2.1 常用低压电器(3).....	(104)
3.2.2 工作台自动往复运行控制电路的识读.....	(108)
3.2.3 工作台自动往复运行控制线路的安装与调试.....	(110)
技能训练.....	(111)
习题三.....	(116)
情境四 三相异步电动机顺序运行控制.....	(117)
情境概述.....	(117)
学习与训练要求.....	(117)
4.1 三相异步电动机延时启动/停止控制线路的安装、调试与维护.....	(118)
4.1.1 常用低压电器(4)——时间继电器.....	(118)
4.1.2 三相异步电动机的延时启动/停止控制线路的识读.....	(122)
4.1.3 三相异步电动机延时启动/停止控制线路的安装、调试与维护.....	(124)
技能训练.....	(127)
4.2 多台电动机顺序启动/逆序停止运行控制线路的安装、调试与维护.....	(129)
4.2.1 顺序控制电路的识读.....	(130)
4.2.2 两台电动机顺序启动/逆序停止运行控制线路的安装、调试与检修.....	(133)
技能训练.....	(137)
习题四.....	(141)
情境五 三相异步电动机的降压启动控制.....	(142)
情境概述.....	(142)
学习与训练要求.....	(142)



5.1 三相异步电动机定子串电阻降压启动控制线路的安装、调试与维护	(143)
5.1.1 定子绕组串电阻降压启动控制线路的识读	(143)
5.1.2 定子绕组串电阻降压启动控制线路的安装、调试与检修	(148)
技能训练	(150)
5.2 三相异步电动机“Y— Δ ”降压启动控制线路的安装、调试与维护	(154)
任务描述	(154)
5.2.1 “Y— Δ ”降压启动控制线路的识读	(154)
5.2.2 “Y— Δ ”降压启动控制线路的安装、调试与检修	(159)
技能训练	(163)
习题五	(166)
情境六 三相异步电动机的制动控制	(168)
情境概述	(168)
学习与训练要求	(168)
6.1 三相异步电动机反接制动控制线路的安装、调试与维护	(169)
任务描述	(169)
6.1.1 速度继电器	(169)
6.1.2 三相异步电动机反接制动控制线路的识读	(171)
6.1.3 三相异步电动机反接制动控制线路的安装、调试与检修	(176)
技能训练	(178)
6.2 三相异步电动机能耗制动控制线路的安装、调试与维护	(182)
任务描述	(182)
6.2.1 三相异步电动机能耗制动的基本原理	(183)
6.2.2 三相异步电动机能耗制动控制线路的识读	(185)
6.2.3 三相异步电动机能耗制动控制线路的安装、调试与检修	(189)
技能训练	(192)
习题六	(195)
第一部分 知识点归纳与小结	(196)

下篇 典型机床设备电气控制

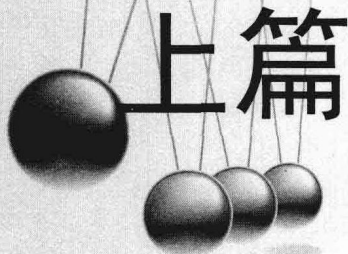
能力培养目标	(203)
学习与训练要求	(204)
安全规范	(204)
工作步骤	(204)
情境七 CA6140 型普通车床电气控制系统安装、调试与维护	(208)
情境概述	(208)
学习与训练要求	(208)



7.1 CA6140 型普通车床概述.....	(209)
7.1.1 车床概述.....	(209)
7.1.2 CA6140 型普通车床结构.....	(209)
7.1.3 CA6140 型普通车床技术参数.....	(210)
7.2 CA6140 型普通车床电气控制电路分析.....	(210)
7.2.1 CA6140 型普通车床运动分析.....	(210)
7.2.2 CA6140 型普通车床的电气控制要求.....	(211)
7.2.3 CA6140 型普通车床电气控制电路分析.....	(211)
技能训练.....	(215)
情境八 X62W 型万能铣床电气控制系统的调试与维护.....	(221)
情境概述.....	(221)
学习与训练要求.....	(221)
8.1 X62W 型万能铣床概述.....	(222)
8.1.1 铣床概述.....	(222)
8.1.2 X62W 型万能铣床主要结构.....	(222)
8.1.3 X62W 型万能铣床主要技术参数.....	(223)
8.2 X62W 型万能铣床电气控制电路分析.....	(223)
8.2.1 铣床的运动形式.....	(223)
8.2.2 铣床的电力拖动特点及控制要求.....	(224)
8.2.3 X62W 型万能铣床电气控制电路分析.....	(225)
技能训练.....	(231)
情境九 M7130 型平面磨床电气控制系统的调试与维护.....	(237)
情境概述.....	(237)
学习与训练要求.....	(237)
9.1 M7130 型平面磨床概述.....	(238)
9.1.1 磨床概述.....	(238)
9.1.2 M7130 型平面磨床及技术参数.....	(239)
9.2 M7130 型平面磨床电气控制电路分析.....	(240)
9.2.1 M7130 型平面磨床运动分析及对电气控制要求.....	(240)
9.2.2 M7130 型平面磨床电气控制电路分析.....	(241)
技能训练.....	(245)
情境十 Z3040 型摇臂钻床电气控制系统的调试与维护.....	(250)
情境概述.....	(250)
学习与训练要求.....	(250)
10.1 Z3040 型摇臂钻床概述.....	(251)
10.1.1 钻床概述.....	(251)
10.1.2 Z3040 型摇臂钻床及技术参数.....	(251)



10.2 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路分析	(252)
10.2.1 Z3040 型摇臂钻床的运动形式和对电动机控制要求	(252)
10.2.2 Z3040 型摇臂钻床液压系统操纵过程	(253)
10.2.3 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路分析	(254)
技能训练	(260)
习题十	(263)
第二部分 知识点归纳与小结	(264)
附录	(266)
附录 A 三相异步电动机的型号	(266)
附录 B 电动机 IEC IP 防护等级	(267)
附录 C 常用低压电器的图形与文字符号	(268)
附录 D 电气装配的工艺要求	(271)
附录 E 常用配线方式	(273)
附录 F 安全用电常识	(273)
附录 G 电气设备的防火	(274)
参考文献	(276)



三相异步电动机的基本运行控制

目前,在生产中大量使用的各种机床设备,都是采用三相异步电动机作为动力源。由于机床的功能不同,其电气控制系统的构成和原理也不尽相同。但对于任何机床而言,不管其电气控制系统怎么复杂,都是由若干基本控制电路组成,所以,掌握三相异步电动机的基本控制电路,是对机床电气控制系统进行运行维护的基础。

本篇情境一是对三相异步电动机的认识训练,从情境二到情境六,由浅入深、由易到难安排了 10 个工作任务对三相异步电动机的基本运行控制进行训练,以达到熟练掌握的目的。

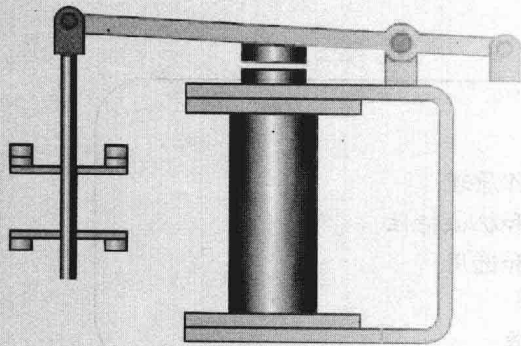
能力培养目标

通过完成若干典型工作任务,能正确运用电工工具对电动机的点动、正反转、延时启/停、顺序启/停、降压启动以及制动等基本控制线路进行安装、调试和维修。学会识读、绘制相关的电气控制系统图;并进一步理解和掌握其工作原理。

安全规范

在完成各工作任务时,必须遵守下列安全规范:

1. 工作前应详细检查自己所用的电工工具是否安全可靠,穿戴好必要的防护用品。
2. 线路在未经确定无电前,一律视为有电状态,所以,不可用手触摸。
3. 送电前必须认真检查,确定是否符合要求并和有关人员协调好,方能送电。
4. 若必须进行带电作业时,要经过实操老师批准,并要有专人监护。
5. 在工作过程中,对拆除下的导线要将带电线头包好,防止触电。
6. 工作结束时,所有材料、工具、仪表等分别归类放置,并恢复原有的防护装置。



情境概述

三相异步电动机是中小电动机的主导产品，其作为最重要的动力设备之一，将电能转换为机械能，驱动各类机械设备，广泛应用于机械、化工、纺织、冶金、建筑、农机、矿山、轻工等行业，大量作为机床、风机、水泵、压缩机、印刷机、造纸机、纺织机、轧钢机、空调机、城市地铁、轻轨交通以及矿山电动车辆等主要机械驱动的动力源，是一种产量大配套面广的机电产品，对国民经济、节能环保以及人民生活的各个领域有着极其密切的关系和重要的影响，发挥着不可或缺及不可替代的作用。所以，掌握三相异步电动机的基本知识是机床电气控制技术的基础。

通过本情境的学习和实际操作训练，使学生了解三相异步电动机的基本常识并掌握其结构、工作原理和使用与维护技能。

学习与训练要求

技能点：

1. 正确使用常见的电工工具、电工仪表；
2. 正确选用三相异步电动机；
3. 掌握三相异步电动机的星形（Y）和三角形（ Δ ）的接线方式；
4. 会对电动机进行日常保养维护。

知识点：

1. 三相异步电动机的结构和工作原理、绕组的连接方式；
2. 三相异步电动机的铭牌参数含义；
3. 三相异步电动机的维护与保养。



相关知识点

- ◇ 三相异步电动机的结构和工作原理
- ◇ 三相异步电动机的运动分析和机械特性
- ◇ 三相异步电动机的铭牌参数和选用
- ◇ 三相异步电动机的Y/Δ连接
- ◇ 三相异步电动机的维护与保养

1.1 三相异步电动机的结构与工作原理

1.1.1 三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要由定子、转子和机座组成，如图 1-1 所示。

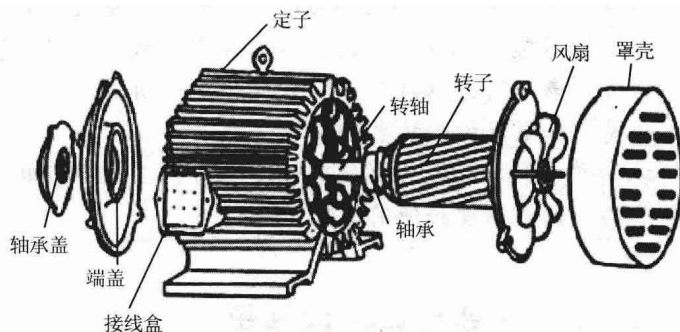


图 1-1 三相异步电动机的结构

1. 定子

定子由定子铁心、定子绕组等部件组成。定子的主要作用是产生旋转磁场。

(1) 定子铁心

作用：是电动机磁路的一部分，其上放置定子绕组。

构造：定子铁心一般由 0.35~0.5mm 厚表面具有绝缘层的硅钢片冲制、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，如图 1-2 所示。

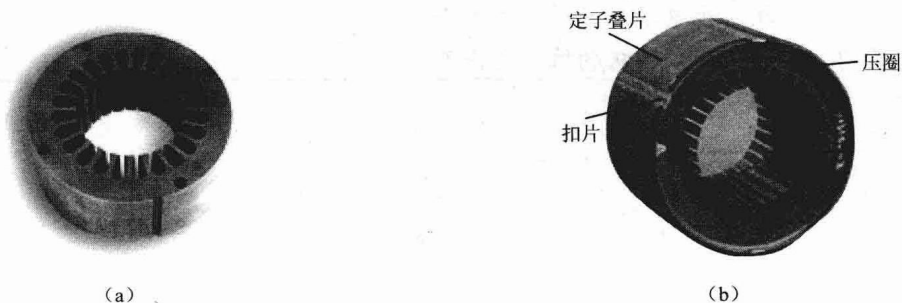
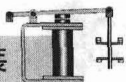


图 1-2 定子铁心



(2) 定子铁心的槽型

半闭口型槽：绕组嵌线和绝缘都较困难，一般用于小型低压电动机中。

半开口型槽：可嵌放成型绕组，一般用于大型、中型低压电动机。成型绕组即绕组可事先经过绝缘处理后再放入槽内。

开口型槽：用以嵌放成型绕组，绝缘方法方便，主要用在高压电动机中。

(3) 定子绕组

作用：是电动机的电路部分，当通入三相交流电时，产生旋转磁场。

构造：由三个在空间互隔 120° 、对称排列、结构完全相同的绕组连接而成，这些绕组的各个线圈按一定规律分别嵌放在定子各槽内，如图 1-3 所示。

定子绕组的主要绝缘项目(保证绕组的各导电部分与铁心间的可靠绝缘以及绕组本身间的可靠绝缘)有以下三种：

- 1) 对地绝缘：定子绕组整体与定子铁心间的绝缘。
- 2) 相间绝缘：各相定子绕组间的绝缘。
- 3) 匝间绝缘：每相定子绕组各线匝间的绝缘。

定子绕组的分类：单层绕组和双层绕组。

定子绕组的应用：单层绕组用于 10kW 以下的电动机；双层短距绕组用在较大容量的电动机中。

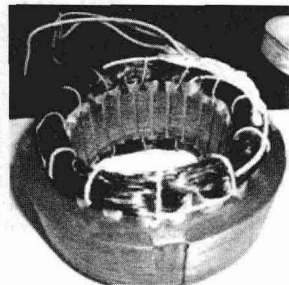
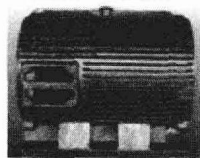


图 1-3 定子绕组

2. 机座

作用：用以固定定子铁心与前后端盖以支撑转子，并起防护、散热等作用。

构造：机座通常为铸铁件，大型异步电动机机座一般用钢板焊成，微型电动机的机座采用铸铝件。封闭式电动机的机座外面有散热筋以增加散热面积，防护式电动机的机座两端端盖开有通风孔，使电动机内外的空气可直接对流，以利于散热，如图 1-4 所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-4 机座

3. 转子

转子由转子铁心、转子绕组、转轴等部件组成。转子主要用来产生电磁转矩。

(1) 转子铁心

作用：作为电动机磁路的一部分，在铁心槽内放置转子绕组。

构造：所用材料与定子一样，由 0.5mm 厚的硅钢片冲制、叠压而成，硅钢片外圆冲有均匀分布的孔，用来安置转子绕组。通常用定子铁心冲落后的硅钢片内圆来冲

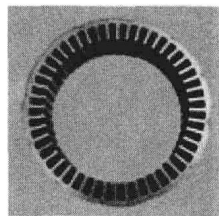


图 1-5 转子铁心



制转子铁心。一般小型异步电动机的转子铁心直接压装在转轴上，大、中型异步电动机（转子直径为 300~400mm 以上）的转子铁心则借助于转子支架压在转轴上，如图 1-5 所示。

(2) 转子绕组

作用：切割定子旋转磁场产生感应电动势及电流，并形成电磁转矩而使电动机旋转。

构造：分为鼠笼式转子和绕线式转子。

1) 鼠笼式转子：转子绕组由插入转子槽中的多根导条和两个环行的端环组成。若去掉转子铁心，整个绕组的外形像一个鼠笼，故称鼠笼式绕组。

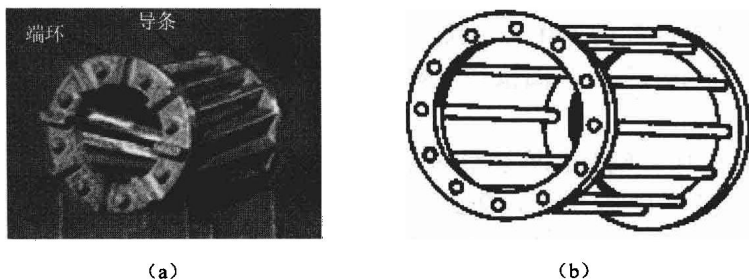


图 1-6 鼠笼式绕组

小型鼠笼式电动机采用铸铝转子绕组，对于 100kW 以上的电动机采用铜条和铜端环焊接而成，如图 1-7 所示。鼠笼式转子分为阻抗式转子、单鼠笼式转子、双鼠笼式转子、深槽式转子几种，启动转矩等特性各有不同。



图 1-7 鼠笼式转子

2) 绕线式转子（图 1-8）：绕线转子绕组与定子绕组相似，也是一个对称的三相绕组，一般接成星形（Y）连接，三个出线头接到转轴的三个集流环上，再通过电刷与外电路连接。

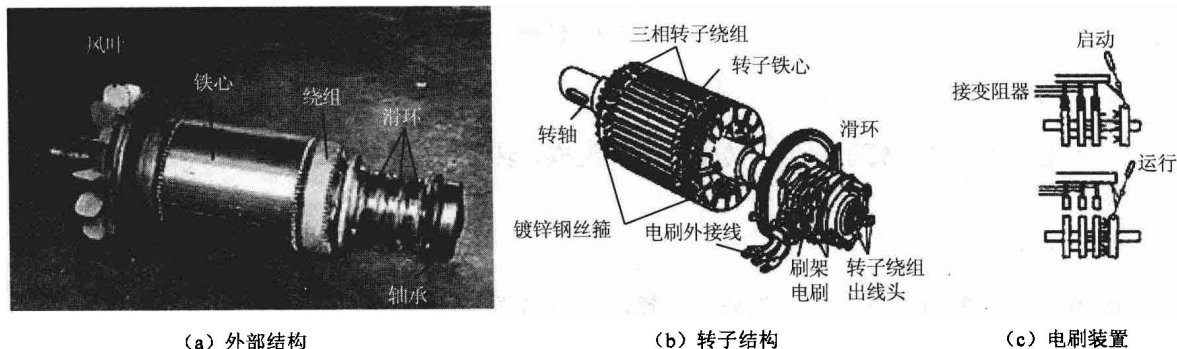
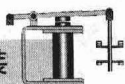


图 1-8 绕线式转子



特点：结构较复杂，应用不如鼠笼式电动机广泛。但通过集流环和电刷可改善启动、制动及调速性能，在要求一定范围内进行平滑调速的设备，如吊车、电梯、空气压缩机等。

(3) 转轴 (图 1-9)

用来支撑转子和传递转矩。一般由中碳钢或合金钢制成。

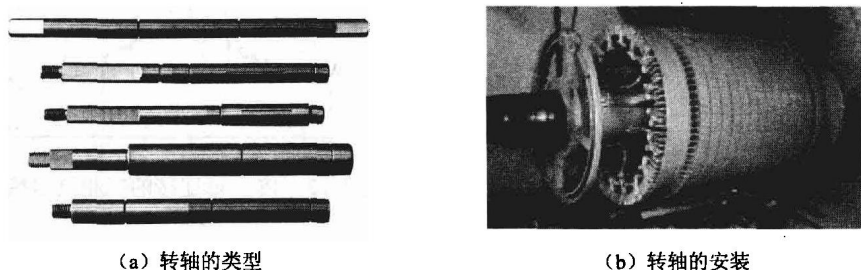


图 1-9 转轴



思考并讨论

三相异步电动机的定子和转子各有哪些部件组成？

1.1.2 三相异步电动机的基本工作原理

如图 1-10 所示，用一个简单的实验观察三相异步电动机的工作原理。

当摇动磁铁时，鼠笼式转子跟随转动；如果摇把方向发生改变，鼠笼式转子方向也会发生变化。故得出结论：旋转磁场可以拖动鼠笼式转子转动。

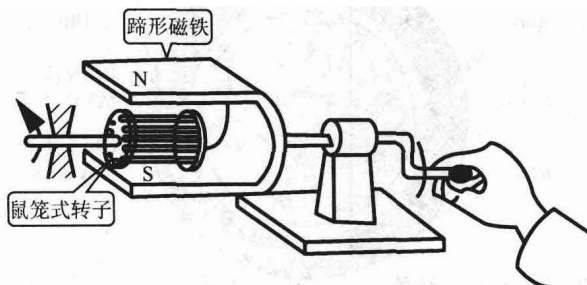


图 1-10 旋转磁场实验

三相异步电动机就是利用三相交流电所产生的旋转磁场与转子绕组中的感应电流相互作用，产生电磁转矩而拖动转子转动的。

1. 三相异步电动机的工作原理

(1) 旋转磁场产生的原理

以两极电动机即 $2p=2$ 为例说明，如图 1-11 所示。

对称的三相绕组 U_1/U_2 、 V_1/V_2 、 W_1/W_2 假定为集中绕组，三相绕组接成 Y 形连接，并通以



三相对称电流 i_A 、 i_B 、 i_C ，如图 1-12 和图 1-13 所示。

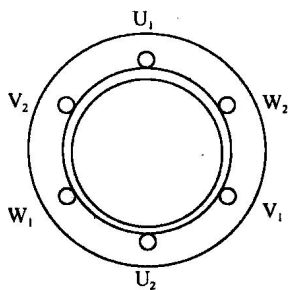


图 1-11 简化的三相绕组分布图

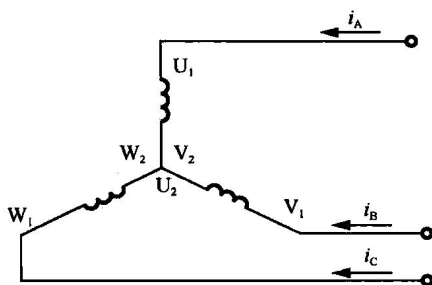


图 1-12 按 Y 形连接的三相绕组接通三相电源

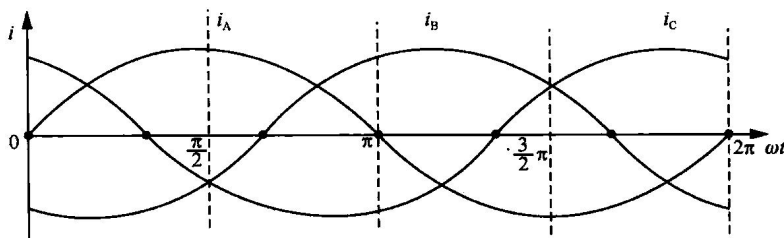


图 1-13 三相对称电流波形图

当 $\omega t=0$ 时， $i_A=0$ ； i_B 为负值，即 i_B 由末端 V_2 流入，首端 V_1 流出； i_C 为正值，即 i_C 由首端 W_1 流入，末端 W_2 流出。电流流入端用“×”表示，电流流出端用“·”表示。利用右手螺旋定则可确定在 $\omega t=0$ 瞬间由三相电流所产生的合成磁场方向，如图 1-14 所示。可见合成磁场是一对磁极，磁场方向与纵轴线方向一致，上方是北极 (N)，下方是南极 (S)。

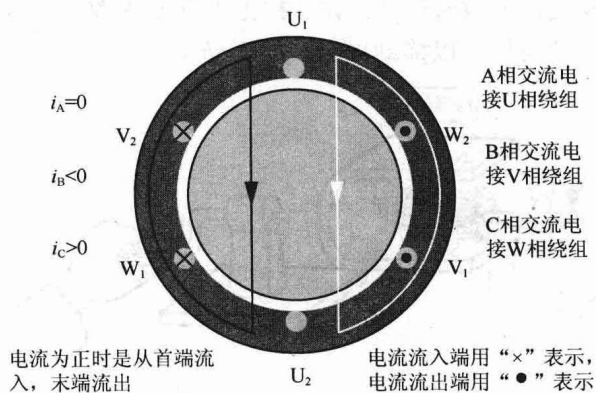


图 1-14 当 $\omega t=0$ 时

当 $\omega t=\pi/2$ 时， i_A 为正最大值，即 i_A 由首端 U_1 流入，末端 U_2 流出； $i_B<0$ ，即 i_B 由末端 V_2 流入，首端 V_1 流出； $i_C<0$ ，即 i_C 由 W_2 流入， W_1 流出。其合成磁场方向，如图 1-15 所示。可见合成磁场方向为 $\omega t=0$ 时按顺时针方向转过 90° 。

当 $\omega t=\pi$ 时的合成磁场，如图 1-16 所示。

当 $\omega t=3\pi/2$ 时的合成磁场，如图 1-17 所示。