



iCourse · 教材

高等职业教育电类基础课新形态一体化规划教材

# 电机拖动与控制

徐建俊 居海清 主编



高等教育出版社



iCourse·教材

高等职业教育电类基础课新形态一体化规划教材

DIANJI TUODONG YU KONGZHI

# 电机拖动与控制

徐建俊 居海清 主 编

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书以工学结合、项目引导、“教学做”一体化为编写原则,涵盖电机与拖动、工厂电气控制设备、电气控制电路的绘制三个方面,分为三相异步电动机及其拖动控制、典型机床电气控制系统分析与设计、变压器及其他类型电动机的运行与应用、电气控制电路的绘制四个模块,每个模块都由若干个项目和任务组成。每个项目和任务都由课程编写小组从企业生产实践选题,再设计成教学项目,试做后编入教材,实用性极强。本书还借助现代信息技术,配套了数字课程网站,同时在书中的关键知识点和技能点插入了二维码资源标志,以助于教学。

本书可作为高职、高专电气类和机电类专业的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

电机拖动与控制 / 徐建俊, 居海清主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2015.7

ISBN 978-7-04-042558-1

I. ①电… II. ①徐… ②居… III. ①电机—电力传动—高等职业教育—教材②电机—控制系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM30

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第079870号

策划编辑 曹雪伟      责任编辑 曹雪伟      封面设计 赵 阳      版式设计 赵 阳  
插图绘制 黄建英      责任校对 殷 然      责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 涿州市星河印刷有限公司  
开 本 850mm×1168mm 1/16  
印 张 14.25  
字 数 360千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2015年7月第1版  
印 次 2015年7月第1次印刷  
定 价 39.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 42558-00

# 目录

绪论	001	实现——笼型异步电动机的降压启动	062
模块一 三相异步电动机及其拖动控制	003	任务 2 时间继电器转换的 Y- $\Delta$ 降压启动控制与实现——时间继电器、深槽式和双笼式笼型异步电动机	067
项目 1 小容量三相异步电动机的拆装	003	项目 5 绕线式异步电动机起动控制与实现	072
任务 1 三相异步电动机的拆卸——内部结构、工作原理	003	任务 绕线式异步电动机的起动控制与实现——电磁式继电器	072
任务 2 三相异步电动机的装配——铭牌、异步含义	009	项目 6 异步电动机的调速、制动控制与实现	079
任务 3 三相异步电动机的检查——空载、短路试验、定子绕组首尾端判别	011	任务 1 双速电动机控制与实现——调速、三相异步电动机选配	079
项目 2 三相异步电动机的单向起停控制与实现	015	任务 2 电源反接制动控制与实现——速度继电器、三相异步电动机的日常维护与故障处理	084
任务 1 常用低压电器的检测——常用低压电器 (SB、KM、QS、FU) 及电气图认识	016	任务 3 能耗制动控制与实现——制动方法、电控线路的故障诊断与维修	091
任务 2 单向点动控制与实现——线路制作方法、机械特性	033	【练习】	097
任务 3 单向连动控制与实现——热继电器及其与熔断器的区别	042	模块二 典型机床电气控制系统分析与设计	101
项目 3 三相异步电动机的正反向起动控制与实现	048	项目 1 电动葫芦电气控制线路分析	101
任务 1 双重联锁的正反向起动控制与实现——低压断路器、漏电保护器、电路保护环节	048	项目 2 普通车床的电气控制系统分析	104
任务 2 电动机的自动往复循环控制与实现——行程开关、起动要求	056	项目 3 平面磨床的电气控制系统分析	108
项目 4 笼型异步电动机的 Y- $\Delta$ 降压起动控制与实现	062	项目 4 摇臂钻床的电气控制系统分析	114
任务 1 按钮转换的 Y- $\Delta$ 降压起动控制与实现——笼型异步电动机的降压启动	062	项目 5 龙门刨床横梁升降控制线路设计——电气控制系统设计的主要内容、方法、原则及注意事项	121
		【练习】	131

<b>模块三 变压器及其他类型电机的运行与应用</b>	<b>133</b>		
<b>项目 1 变压器的运行与应用</b>	<b>133</b>		
任务 1 小型变压器的重绕修理 ——基本认识、运行与试验 方式	133		
任务 2 三相变压器的并联运行 ——联结组、并联运行条件	143		
任务 3 特种变压器的使用——变压 器的常见故障及处理	150		
<b>项目 2 直流电动机的运行与应用</b>	<b>154</b>		
任务 1 直流电动机的检查与试验 ——基本知识、机械特性	154		
任务 2 直流电动机的拖动与实现 ——常见故障及处理方法	162		
<b>项目 3 单相异步电动机的故障分析及排除</b>	<b>175</b>		
<b>项目 4 特种电动机及其应用</b>	<b>180</b>		
任务 1 反应式步进电动机及其应用	180		
任务 2 交流伺服电动机及其应用	182		
		任务 3 交流测速发电机及其应用	184
		<b>【练习】</b>	185
		<b>模块四 电气控制电路图的绘制</b>	<b>187</b>
		<b>项目 1 典型电气控制电路的绘制</b>	<b>187</b>
		任务 1 标准方案的建立	187
		任务 2 点动、连续控制电路绘制	196
		任务 3 正反转控制电路绘制	202
		<b>项目 2 高级绘图功能的使用</b>	<b>206</b>
		任务 1 层与高度的设置	206
		任务 2 参考指示的创建	206
		任务 3 插入图片	207
		任务 4 布置接线端子和电缆符号	207
		任务 5 创建符号	211
		任务 6 PLC 功能的使用	217
		<b>【练习】</b>	219
		<b>参考文献</b>	<b>220</b>

## 1. 电机拖动与控制在国民经济中的作用

电能是现代最常用且极为普遍的一种二次能源。电能具有许多优点,由于其生产、传输、控制和使用都比较方便,且效率较高,因而广泛应用于工业、农业、交通运输、信息传输及日常生活中,极大地推动了技术的进步和生产力的发展。

电机是与电能的生产、传输和使用有着密切关系的电磁机构。例如,将自然界的一次能源如水能、热能、风能、原子能等转换为电能就需要用发电机,它是电厂的主要电气设备。为了经济地使用和分配电能就需要用变压器,它是电力系统的主要电气设备。而其他行业大量使用各种电动机作为原动机,用以拖动各种机械设备,这称为电力拖动。在军事、信息和各种自动控制系统中,则应用大量的控制电机作为检测、执行、计算等元件。在医疗、文教和日常生活中,电机的应用也十分广泛。

随着电机及电力拖动技术的发展,其控制技术也迅速发展。特别是随着数控、电力电子、计算机、网络等技术的发展,电力拖动也正向自动控制系统——无触点控制系统、计算机控制系统迈进。

## 2. 课程的性质和任务

“电机拖动与控制”是电气类、机电类等相关专业的一门专业基础课,在专业的整个课程体系中起着承上启下的作用。与它密切相关的先行课程是“电路基础”,它所服务的后续课程是“电力电子技术”、“工厂供电”、“自动控制与系统”等课程。

本课程的任务是使学生掌握相关的基本理论,学会电机控制的基本实现方法与维修技能,能借助计算机及相关软件来进行该课程的学习,最后形成较高的专业技术应用能力。

## 3. 学习本课程应掌握的基本电磁理论

### (1) 载流导体在磁场中受力

带有电流的直导线放在磁场中将受到磁场力的作用。力的方向由左手定则确定。让磁力线穿过掌心,若四指的指向为导体中电流的方向,则拇指的指向即为导体的受力方向。

### (2) 电磁感应定律

导体切割磁力线时,导体中会产生感应电动势。感应电动势的方向由右手定则确定。让

磁力线穿过掌心，若拇指所指方向为导体在磁场中的运动方向，则四指的指向即为导体中感应电动势的方向。

#### 4. 课程教学方法建议

##### ① 实施“四个嵌入”模式的课程体系改革。

“将中高级电工、电气 CEAC 培训体系嵌入学历教育体系，将职业资格认证体系嵌入课程体系，将行业标准嵌入课程标准，将企业方化嵌入课程培育环境”。保证教学要求与岗位技能要求对接，保证专业课程内容与职业标准对接。

##### ② 充分发挥数字化资源的作用，构建自主学习型课程。

充分利用数字化资源，设计好课程的“第二课堂”，实施“翻转式”教学，通过课堂思考题和咨询、学习、交流等教学环节激发学生自主地利用数字化资源收集信息，去发现问题、分析问题和解决问题。数字化资源的使用是实施“翻转式”教学的有力保障，让课堂变成老师与学生之间、学生与学生之间互动的场所，激发学生的学习兴趣，提升学生自主学习的能力，将课堂教学推向更高的层次。

##### ③ 构建“双师”型课程教学团队，培养学生的职业能力和职业素养。

课程教学团队应由专任教师和兼职教师构成。本课程与行业联系较为紧密，专任教师主要负责课程的主要知识点和技能点的讲解及课堂组织；兼职教师主要负责企业行业规范要求、员工职业素养、现场电气设备维护和新技术的教学。

##### ④ 多样化的考核方式，常规化的“技能竞赛”，实现以赛促教，以教促学。

依据课程不同阶段的特点，遵循考核规律和全程化的原则，可构建一个将理论知识考核与实践技能考核相结合、过程性考核与结果性考核相结合、多种考核方式（笔试、实操与面试）相结合、课程评价标准与职业标准相结合的考核模式。课程中以“技能竞赛”的形式组织实操考核，模拟维修电工技能考核形式，切实推进教师、学生对“能力培养、习惯养成”的重视，充分调动教与学的积极性。

三相异步电动机与其他各种电动机相比,因其结构简单、制造方便、运行可靠、价格低廉等一系列优点,在各行各业中应用最为广泛。对于初学者来说,理解复杂的电动机拖动理论比较困难。本模块将“三相异步电动机的拖动理论”与“继电器-接触器控制系统的分析与实现”两部分有机融合,围绕“电机拖动的原理到具体控制方法的实现”这条主线,使读者思路更加连贯。本模块通过前两个项目“小容量三相异步电动机的拆装”和“三相异步电动机的单向起停控制与实现”先建立对三相异步电动机的内部结构和工作原理的认识,明确常用低压电器的结构、工作原理和选用,以及电气图的分类、绘制规则、阅读的基本方法,在此基础上通过项目3~6深入研究三相异步电动机起动、反转、调速、制动等拖动方法,并采用继电器-接触器控制技术将相应的拖动方法一一实现。

## 项目1 小容量三相异步电动机的拆装

### 【知识点】

- 三相异步电动机结构与工作原理
- 旋转磁场的产生与大小
- 异步电动机铭牌数据的含义
- 异步的含义
- 转差率的计算
- 三相异步电动机空载和短路试验

### 【技能点】

- 拆卸三相异步电动机
- 判别三相定子绕组的首尾端
- 对三相异步电动机进行通电前检查和试车检查

## 任务1 三相异步电动机的拆卸——内部结构、工作原理

### 【任务描述】

按照步骤对三相异步电动机进行拆卸,记录操作中的工艺要求,对拆卸后的三相异步电动机进行内部结构的认识,并分析其工作原理。

演示文稿:  
三相异步电动机  
的拆卸——  
内部结构、工  
作原理



微课:三相异步电动机的  
工作原理



## 1. 任务实施

在拆卸前,应准备好各种工具,做好拆卸前的记录和检查工作,在线头、端盖、刷握等处做好标记,以便拆卸后的装配。中小型异步电动机的拆卸步骤如下。

(1) 拆除电动机的所有引线。

(2) 拆卸带轮或联轴器。先将带轮或联轴器上的固定螺钉或销子松脱或取下,再用专用工具“拉马”转动丝杠,把带轮或联轴器慢慢拉出。

(3) 拆卸风扇或风罩。拆卸带轮后就可以把风罩卸下来,然后取下风扇上的定位螺栓,用锤子轻敲风扇四周,将其旋卸下来或从轴上顺槽拔出。

(4) 拆卸轴承盖和端盖。一般小型电动机都只拆风扇一侧的端盖。

(5) 抽出转子。对于笼型转子,直接从定子腔中抽出即可。

大部分常见的电动机,都可依照上述步骤,由外到内顺序拆卸,拆卸后的各部分结构如图 1-1 所示。对于有特殊结构的电动机来说,应依具体情况酌情处理。



动画：三相异步电动机的拆卸

图 1-1 小型异步电动机的内部结构

当电动机容量很小或电动机端盖与机座配合很紧不易拆下时,可用锤子(或在轴的前端垫上硬木块)敲击,使后端盖与机座脱离,然后把后端盖连同转子一同抽出机座。

对三相笼型异步电动机进行拆卸时,可将相关情况记入表 1-1。

表 1-1 三相笼型异步电动机的拆卸训练记录

步骤	内容	工艺要求
1	拆卸前的准备工作	1. 拆卸地点_____; 2. 拆卸前所作记号:(1)联轴器或带轮与轴的距离_____mm; (2)端盖与机座间记号做于_____方位;(3)前后轴承记号的形状_____; (4)机座在基础上的记号_____。
2	拆卸顺序	1. _____; 2. _____; 3. _____; 4. _____; 5. _____; 6. _____。
3	拆卸带轮或联轴器	1. 使用工具_____; 2. 工艺要点_____。
4	拆卸端盖	1. 使用工具_____; 2. 工艺要点_____。

续表

步骤	内容	工艺要求
5	检测数据	1. 定子铁心内径_____mm, 铁心长度_____mm; 2. 转子铁心外径_____mm, 铁心长度_____mm, 转子总长_____mm; 3. 轴承内径_____mm, 外径_____mm; 4. 键槽长_____mm, 宽_____mm, 深_____mm。
6	拆卸绕组	1. 使用工具_____; 2. 工艺要点_____ _____。

笔记

## 2. 知识学习——三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机主要由定子和转子两大部分组成, 定子和转子之间是气隙, 其结构如图 1-1 所示。

### (1) 异步电动机的定子

异步电动机的定子是由机座、定子铁心和定子绕组三部分组成。

- ① 机座: 机座的作用主要是固定与支撑定子铁心, 因此必须具备足够的机械强度和刚度。另外它也是电动机磁路的一部分。中小型异步电动机通常采用铸铁机座, 并根据不同的冷却方式采用不同的机座形式。大型电动机一般采用钢板焊接机座。
- ② 定子铁心: 定子铁心是异步电动机磁路的一部分, 铁心内圆上冲有均匀分布的槽, 用以嵌放定子绕组, 如图 1-2 所示。为降低损耗, 定子铁心用 0.5 mm 厚的硅钢片叠装而成, 硅钢片的两面都涂有绝缘漆。



图 1-2  
异步电动机定子及铁心冲片

定子绕组。定子绕组是三相对称绕组, 当通入三相交流电时, 能产生旋转磁场, 并与转子绕组相互作用, 实现能量的转换与传递。

### (2) 异步电动机的转子

异步电动机的转子是电动机的转动部分, 由转子铁心、转子绕组、转轴等部件组成。它的作用是带动其他机械设备旋转。

- ① 转子铁心: 转子铁心的作用和定子铁心的作用相同。它也是电动机磁路的一部分。在转子铁心外圆均匀地冲有许多槽, 用来嵌放转子绕组。转子铁心也是用 0.5 mm 的硅钢片叠压而成, 整个转子铁心固定在转轴上。转子铁心冲片槽形图如图 1-3 所示。
- ② 转子绕组: 三相异步电动机按转子绕组的结构可分为绕线式转子和笼型转子两种。根据转子的不同, 异步电动机分为绕线式转子异步电动机和笼型异步电动机。绕线式转子绕组与定子绕组相似, 也是嵌放在转子铁心槽内的对称三相绕组, 通常采用 Y 形接法。转

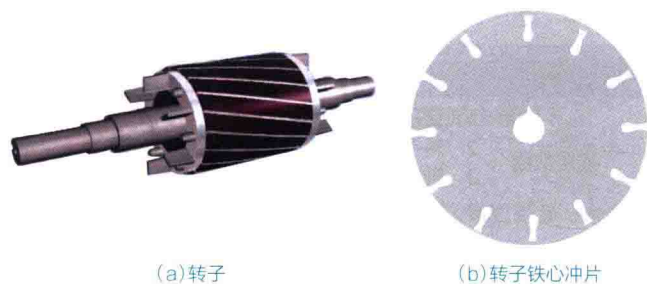


图 1-3  
异步电动机转子及铁心冲片

子绕组的三条引线分别接到三个滑环上，用一套电刷装置与外电阻连接。一般把外接电阻串入转子绕组回路中，用以改善电动机的运行性能，如图 1-4 所示。笼型转子绕组与定子绕组大不相同，它是一个短路绕组。在转子的每个槽内放置了一根导条，每根导条都比铁心长，在铁心的两端用两个铜环将所有的导条短路。如果把转子铁心去掉，剩下的绕组形状像一个松鼠笼子，因此称为笼型转子，如图 1-5 所示。槽内导条材料为铜或铝。

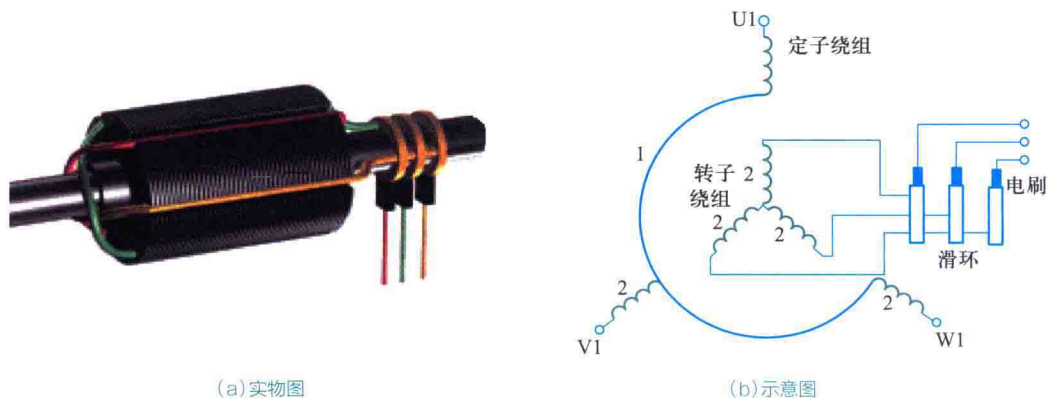
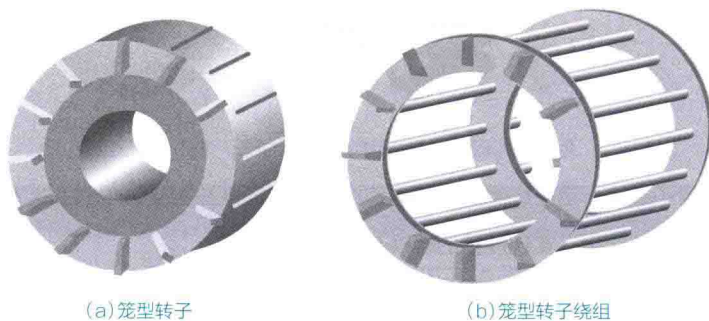


图 1-4  
绕线式异步电动机转子绕组接线方式

(a) 实物图

(b) 示意图



(a) 笼型转子

(b) 笼型转子绕组

图 1-5  
三相异步电动机的笼型转子结构示意图

### (3) 气隙

异步电动机的气隙比同容量的直流电动机的气隙要小得多。中型异步电动机的气隙一般为  $0.12 \sim 2 \text{ mm}$ 。

异步电动机的气隙过大或过小都将对异步电动机的运行产生不良影响。因为异步电动机的励磁电流是由定子电流提供的，气隙越大，磁阻越大，要求的励磁电流也越大，从而会降低异步电动机的功率因数。为了提高功率因数，应尽量让气隙小些，但也不能过小，否则装配困难，转子还有可能与定子发生机械摩擦。但是，从减少附加损耗及谐波磁通产生的磁通来看，气隙大一点又有好处。

### 3. 问题研讨——三相异步电动机如何实现能量转换

#### (1) 有电生磁——旋转磁场的产生

旋转磁场是一种极性和大小不变，且以一定转速旋转的磁场。理论分析和实践都证明，在对称三相绕组中流过对称三相交流电时会产生这种旋转磁场。

所谓三相对称绕组就是三个外形、尺寸、匝数都完全相同，首端彼此互隔  $120^\circ$ ，对称地放置到定子槽内的三个独立的绕组，它们的首端分别用字母 U1、V1、W1 表示，末端分别用 U2、V2、W2 表示。由电网提供的三相电压是对称三相电压。由于对称三相绕组组成的三相负载是对称三相负载，每相负载的复阻抗都相等，流过三相绕组的电流也必定是对称三相电流。

对称三相电流的函数式表示为

$$\begin{aligned} i_U &= I_m \sin \omega t \\ i_V &= I_m \sin (\omega t - 120^\circ) \\ i_W &= I_m \sin (\omega t + 120^\circ) \end{aligned} \quad (1-1)$$

其波形图如图 1-6 所示。

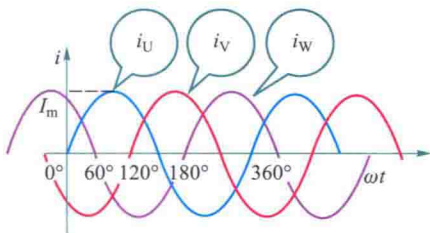


图 1-6 对称三相电流波形图

由于三相电流随时间的变化是连续的，且极为迅速，为了能考察它所产生的合成磁效应，说明旋转磁场的产生，可以选定  $\omega t=0^\circ$ 、 $\omega t=60^\circ$ 、 $\omega t=120^\circ$ 、 $\omega t=180^\circ$  四个特定瞬间以窥全貌，如图 1-7 所示。同时规定：电流为正值时，从每相绕组的首端入、末端出；电流为负值时，从末端入、首端出。用符号  $\odot$  表示电流流出，用  $\otimes$  表示电流流入。由于磁力线是闭合曲线，对它的磁极的性质作如下假定：磁力线由定子进入转子时，该处的磁场呈现 N 极磁性；反之，则呈现 S 极磁性。

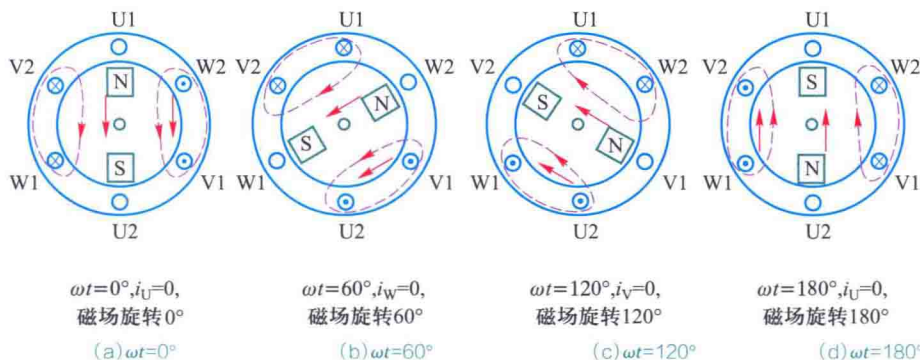


图 1-7 两极旋转磁场的产生

在  $\omega t=0^\circ$  这一瞬间，由电流瞬时表达式和波形图均可看出，此时： $i_U=0$ ， $i_V<0$ ， $i_W>0$

## 笔记

将各相电流方向表示在各相绕组剖面图上,如图 1-7(a)所示。从图 1-7(a)可以看出, V2、W1 均为电流流入, W2、V1 均为电流流出。根据右手螺旋定则,它们合成磁场的磁力线方向是由右向左穿过定子、转子铁心,是一个二极(一对极)磁场。用同样方法,可画出  $\omega t=60^\circ$ 、 $\omega t=120^\circ$ 、 $\omega t=180^\circ$  这三个特定瞬间的电流与磁力线分布情况,如图 1-7 所示。

依次仔细观察图 1-7(a)、(b)、(c)、(d),就会发现这种情况下建立的合成磁场既不是静止的,也不是方向交变的,而是如一对磁极在旋转的磁场。随着三相电流相应的变化,其合成的磁场按顺时针方向旋转。

注意,旋转磁场的旋转方向是由通入三相绕组中的电流的相序决定的。当通入三相对称绕组的对称三相电流的相序发生改变,即将三相电源中的任意两相绕组接线互换时,旋转磁场就会改变方向,它的转速为

$$n_1 = \frac{f_1}{p} (\text{r/s}) = \frac{60f_1}{p} (\text{r/min}) \quad (1-2)$$

式中  $f_1$ ——交流电的频率(Hz);

$p$ ——磁极对数。

用  $n_1$  表示旋转磁场的这种转速,称为同步转速。

#### (2) 动磁生电——电磁感应定律的应用

图 1-8 所示为三相异步电动机的工作原理图。定子上装有对称三相绕组。定子接通三相电源后,即在定子、转子之间的气隙内建立了一个同步转速为  $n_1$  的旋转磁场。磁场旋转时将切割转子导体,根据电磁感应定律可知,在转子导体中将产生感应电动势,其方向可由右手定则确定。磁场逆时针方向旋转时,导体相对磁极为顺时针方向切断磁力线。转子上半边导体感应电动势的方向为“入”,用  $\otimes$  表示;下半边导体感应电动势的方向为“出”,用  $\odot$  表示。因转子绕组是闭合的,导体中有电流,电流方向与电动势相同。

#### (3) 形成电磁转矩——电磁力定律的应用

载流导体在磁场中要受到电磁力,其方向由左手定则确定,如图 1-8 所示。在转子导条上形成一个逆时针方向的电磁转矩,于是转子就跟着旋转磁场按逆时针方向转动。从工作原理上看,不难理解三相异步电动机为什么又叫感应电动机了。

综上所述,三相异步电动机能够转动的必备条件有两个:一是电动机的定子必须产生一个在空间内不断旋转的磁场;二是电动机的转子必须是闭合导体。

### 4. 任务拓展

- ① 拆卸定子绕组并寻找每组线圈的连接规律。
- ② 为什么交流电动机会采用不同的转子形式?
- ③ 现代交流电动机在结构上有何发展趋势?
- ④ 交流电动机在生产生活中有哪些典型应用?

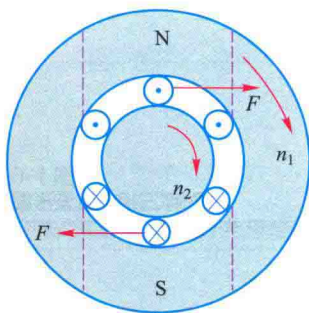


图 1-8 三相异步电动机的工作原理图

## 任务2 三相异步电动机的装配——铭牌、异步含义

### 【任务描述】

完成一台小容量三相异步电动机的装配任务，并整理装配步骤和工艺要求，理解电机铭牌数据和“异步”的含义。

#### 1. 任务实施

电动机的装配工序大致与拆卸顺序相反。装配时要注意清洁各部分零部件，定子内绕组端部、转子表面都要吹刷干净，不能有杂物。

- ① 定子部分。主要是定子绕组的绕制、连接、嵌放、封槽口、端部整形，和接线、绕组的绝缘浸漆、烘干处理等程序。
- ② 安放转子。安放转子时要特别小心，避免碰伤定子绕组。
- ③ 加装端盖。装端盖时，可用木锤均匀地敲击端盖四周，按对角线均匀对称地轮番拧紧螺钉，不要一次拧到底。端盖固定后，用手转动电动机的转子，转子应灵活、均匀、无停滞或偏轴现象。
- ④ 装风扇和风罩。
- ⑤ 接好引线，装好接线盒及铭牌。

在重新装配三相笼型异步电动机时，可将相关情况记入表 1-2。

表 1-2 三相笼型异步电动机的装配训练记录

步骤	内容	工艺要求
1	装配前的准备工作	1. 装配地点_____； 2. 装配前的准备_____。
2	装配顺序	1. _____； 2. _____； 3. _____； 4. _____； 5. _____； 6. _____。
3	工艺要点记录	

#### 2. 知识学习——异步电动机的铭牌数据含义

异步电动机的机座上都有一个铭牌，铭牌上标有型号和各种额定数据。

##### (1) 型号

为了满足工农业生产的不同需要，我国生产多种型号的电动机，每一种型号代表一系列电机产品。同一系列电机的结构、形状相似，零部件通用性很强，容量是按一定比例递增的。

型号是选用产品名称中最有代表意义的大写字母及阿拉伯数字表示的。例如，Y 表示异步电动机，R 代表绕线式，D 表示多速，如图 1-9 所示。

演示文稿：  
三相异步电动机  
的装配——铭  
牌、异步含义

虚拟实训：  
三相异步电动  
机的装配

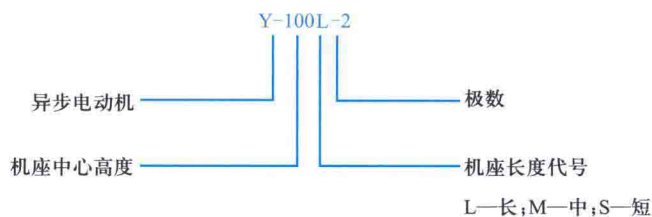


图 1-9  
异步电动机型号表示

国产异步电动机的主要系列如下。

**Y 系列：**全封闭、自扇风冷、笼型转子异步电动机。该系列异步电动机具有高效率、启动转矩大、噪声低、振动小、性能优良和外形美观等优点。

**DO<sub>2</sub> 系列：**微型单相电容运转式异步电动机。广泛用作录音机、家用电器、风扇、记录仪表的驱动设备。

### (2) 额定值

额定值是设计、制造、管理和使用电动机的依据。

- ① 额定功率  $P_N$ ：电动机在额定负载运行时，轴上所输出的机械功率，单位为 W。
- ② 额定电压  $U_N$ ：电动机正常工作时，定子绕组所加的线电压，单位为 V。
- ③ 额定电流  $I_N$ ：电动机输出功率时，定子绕组允许长期通过的线电流，单位为 A。
- ④ 额定频率  $f_N$ ：我国的电网频率为 50Hz。
- ⑤ 额定转速  $n_N$ ：电动机在额定状态下，转子的转速，单位为 r/min。
- ⑥ 绝缘等级：电动机所用绝缘材料的等级。它规定了电动机长期使用时的极限温度与温升。温升是绝缘允许的温度减去环境温度（标准规定为 40℃）和测温时方法上的误差值（一般为 5℃）。
- ⑦ 工作方式：电动机的工作方式分为连续工作制、短时工作制与断续周期工作制三类。选用电动机时，不同工作方式的负载应选用相应工作方式的电动机。

此外，铭牌上还标明绕组的相数、接法（接成 Y 形或  $\Delta$  形）等；对绕线式转子异步电动机，还标明转子的额定电动势及额定电流。

### (3) 铭牌举例

以 Y 系列三相异步电动机的铭牌为例，Y90L-4 型三相异步电动机的铭牌表示如表 1-3 所示。

表 1-3 Y90L-4 型三相异步电动机的铭牌

三 相 异 步 电 动 机					
型号	Y90 L-4	电压	380 V	接法	Y
功率	1.5 kW	电流	3.7 A	工作方式	连续
转速	1 400 r/min	功率因数	0.79	温升	75℃
频率	50 Hz	绝缘等级	B	出厂年月	×年×月
×××电机厂		产品编号	重量	公斤	

### 3. 问题研讨——为什么是“异步”电动机

转子的转向与旋转磁场的转向相同，但转子的转速  $n$  不能等于旋转磁场的同步转速  $n_1$ ，否则磁场与转子之间便无相对运动，转子就不会有感应电动势、电流与电磁转矩，转子也就根本不可能转动了。因此，异步电动机转子的转速  $n$  总是略小于旋转磁场的同步转速  $n_1$ ，即与旋转磁场“异步”地转动，所以这种电机称为“异步”电动机。若三相异步电动机带上机械负载，负载转矩越大则电动机的“异步”程度也越大。在分析中，用“转差率”这个概念来反映“异步”的程度。 $n_1$  与  $n$  之差称为“转差”。转差是异步电动机运行的必要条件。

转差与同步转速之比称为“转差率”，用  $s$  表示为

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1-3)$$

转差率是异步电动机的一个基本参数。一般情况下，异步电动机的转差率变化不大，空载转差率在 0.005 以下，满载转差率在 0.02~0.06 之间。可见，额定运行时异步电动机的转子转速非常接近同步转速。

例 1-1：已知一台四极三相异步电动机转子的额定转速为 1 430 r/min，求它的转差率。

解：同步转速

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1\,500 \text{ r/min}$$

转差率

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1\,500 - 1\,430}{1\,500} = 0.047$$

例 1-2：已知一台异步电动机的同步转速  $n_1=1\,000$  r/min，额定转差率  $s_N=0.03$ ，问该电动机额定运行时的转速是多少？

解：由  $s$  表示式可得

$$n_N = n_1(1 - s_N) = 1\,000 \times (1 - 0.03) = 970 \text{ r/min}$$

### 4. 任务拓展

- ① 完成一台三相异步电动机的装配任务，其定子槽数  $Z_1=24$  槽，磁极数  $2p=4$ ，每槽匝数为 100 匝，单层，600 相带，跨距采用短距式，绕组节距  $y=5$ 。
- ② 分析如何改变三相异步电动机的转向。

## 任务 3 三相异步电动机的检查——空载、短路试验、定子绕组首尾端判别

### 【任务描述】

对三相异步电动机进行通电前检查和试车检查，记录相关检查数据，理解三相异步电动机空载和短路试验的目的和方法，掌握定子绕组首尾端的判别方法。

笔记

演示文稿：  
三相异步电动机  
的检查——空载、  
短路试验、定子  
绕组首尾端判别



## 1. 任务实施

### (1) 三相异步电动机通电前的检查

- ① 检查机械部分的装配质量。包括所有紧固螺钉是否拧紧，转子转动是否灵活、无扫膛、无松动，轴承是否有杂声等。
- ② 测量绕组的绝缘电阻。用兆欧表测量电动机各相绕组之间及每相绕组与地（机壳）之间的绝缘电阻。对于绕线式异步电动机还要测量转子绕组、集电环对机壳和集电环之间的绝缘电阻。测量前应首先对兆欧表进行检验，同时要拆除电动机出线端子上的所有外部接线、星形或三角形连接片。按要求，电动机每 1 kV 工作电压的绝缘电阻不得低于 1 MΩ。电压在 1 kV 以下、容量为 1 000 kW 及以下的电动机，其绝缘电阻应不低于 0.5 MΩ。
- ③ 检查绕组的三相直流电阻。要求电动机的定子绕组、绕线式异步电动机转子绕组的三相直流电阻偏差应不小于 2%。对某些只更换个别线圈的电动机，直流电阻偏差应不超过 5%，若出现短路、断路、接地现象等，需对故障进行处理。

### (2) 电动机的空载试车

空载试车的目的是检查电动机通电空转时的状态是否符合要求。按铭牌要求接好电源线，在机壳上接好保护接地线进行空载试车，具体内容与要求如下。

- ① 运行时检查电动机的通风冷却和润滑情况。电动机的通风是否良好，风扇与风扇罩应无相互擦碰现象，轴承应转动均匀、润滑良好。
- ② 判断电动机运行音量是否正常。电动机运行音量应均匀，不得有嗡嗡声、擦碰声等异常声音。
- ③ 测量空载电流。在保证三相电压平衡的情况下，可以用配电柜上的电流表或钳形电流表检测空载电流。检测时应注意两个问题：一是空载电流与额定电流的百分比应在规定范围内；二是三相电流的不平衡程度，在 5% 左右即视为合格，若超过 10% 应视为不合格（即故障）。
- ④ 检查电动机温升是否正常。

可将电动机及运行中所检测有关数据记入表 1-4。

表 1-4 三相异步电动机检查的有关数据记录

铭牌 额定值	电压 _____ V, 电流 _____ A, 转速 _____ r/min, 功率 _____ kW, 接法 _____				
实 际 检 测	三相电源电压	$U_{UV}$ _____ V, $U_{VW}$ _____ V, $U_{WU}$ _____ V			
	三相绕组电阻	U相 _____ Ω, V相 _____ Ω, W相 _____ Ω			
	绝缘 电阻	对地绝缘	U相对地 _____ MΩ, V相对地 _____ MΩ, W相对地 _____ MΩ		
		相间绝缘	UV间 _____ MΩ, VW间 _____ MΩ, WU间 _____ MΩ		
	三相 电流	空载	$I_U$ _____ A, $I_V$ _____ A, $I_W$ _____ A		
		满载	$I_U$ _____ A, $I_V$ _____ A, $I_W$ _____ A		
转速	空载	r/min	满载	r/min	



技能操作视频：空载电流的测量



技能操作视频：空载转速的测量



技能操作视频：绝缘电阻的测量

虚拟实训：  
三相异步电动机  
的检测