



国家中职示范学校重点建设专业系列教材

机·电·技·术·应·用·专·业

# 电机与电气控制技术

DIANJI YU DIANQI  
KONGZHI JISHU

○主编 徐勇田

江苏教育出版社 凤凰职教



国家中职示范学校重点建设专业系列教材

机·电·技·术·应·用·专·业

# 电机与电气控制技术

DIANJI YU DIANQI  
KONGZHI JISHU

○主编 徐勇田

## 图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制技术/徐勇田主编. —南京:江苏教育出版社,2013.8(2017.4重印)

ISBN 978-7-5499-2906-1

I. ①电… II. ①徐… III. ①电机学—中等专业学校—教材 ②电气控制—中等专业学校—教材 IV. ①TM3 ②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 119975 号

## 书 名 电机与电气控制技术

---

主 编 徐勇田  
责任编辑 顾金萍 王 颖  
出版发行 江苏教育出版社  
地 址 南京市湖南路1号A楼,邮编:210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.ppve.cn>  
印 刷 三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司  
厂 址 河北廊坊市三河市李旗庄崔家窑  
电 话 0316-3456566  
开 本 787毫米×1092毫米 1/16  
印 张 15.75  
版 次 2013年8月第1版 2017年4月第8次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5499-2906-1  
定 价 35.10元  
批发电话 025-83658830  
盗版举报 025-83658873

---

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换  
提供盗版线索者给予重奖

# 国家中职示范学校重点建设专业系列教材

## 编写指导委员会

顾 问：沈 健 陈海燕 杨湘宁 孙真福  
策 划：尹伟民 刘克勇 杨志霞 徐 宁 王巧林  
主 任：杨 新  
副主任：张荣胜 王国海 曹华祝 徐 忠 吴 魏  
委 员：王稼伟 谢心鹏 陈志平 孙伟宏 甘志雄  
许振华 张 波 张希成 马 松 吕成鹰  
周 俊 王志强 潘晓群 张兵营 杨晓华  
姜 峻 徐志方 黄学勇 王亮伟 杨建良  
金玉书 缪世春 黄少基 陈乃军 李太云  
邓立新 赵建康 芮新海 刘 波 秦榛蓁  
缪正宏 王生宁 巫伟钢 孙秀华 王巍平  
虞静东 季 军 黄 晨 葛伯炎 戴建坤  
金同实 王胜发 王 伟 张圣琪 臧其林  
庞志勤 刘 勇 黄熙宗 钱文玉 王慕启  
徐祥华 陈大斌 冷耀明



# 总序

作为国家中等职业教育改革发展示范校建设的核心成果——国家中  
职示范学校重点建设专业系列教材终于出版了。它凝聚了示范校一线优  
秀教师和职教领域专家学者的心血,正是他们的专业智慧和辛勤劳动才  
使得这一艰难而浩繁的系统工程得以顺利完成。

这套系列教材无论在体例设计与逻辑架构上,还是在内容构成与呈  
现形式上,皆是务实与创造并重、规范与创新兼备,显示着编写者宽阔的  
视野和开阔的思路,予人耳目一新之感。在共建共享的合作机制下,编写  
人员克服“繁、难、散、旧”等传统教材编写过程中容易出现的通病,着力于  
“实”,尝试于“新”,指向于“活”。内容选择紧扣产业发展与企业用工需  
求,内容呈现方式也更加灵活。不仅给教师使用时提供了发挥与创造的  
空间,也让这套教材更具柔性,为教学活动提供了更为广阔自由的空间。  
同时,该系列教材还体现了专业与专业之间的叠加整合,甚至是异构融  
合。在系列化的整体架构下,相关专业之间可以顾盼呼应、相互支撑,从  
而在各自独立成书的基础上形成系列化、集成化、规模化的总体效应。

教材的设计编写要为提高教育教学质量服务。我们基于工作过程开  
发的以典型工作任务或案例为主体的项目化教材充分体现了“专业与产  
业对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产对接”,教师要以开  
放的思维和姿态,充分利用教材中反映产业升级和技术进步的知识元素,调  
动学生内在的学习动力和发展潜力,引导学生在实践中学习,在学习  
中实践。

我们相信,这套教材通过广大师生的创造性使用,一定会展现出自身  
的个性化魅力,有力促进示范校建设迈向更高的发展层次。同时,我们也

真切地希望大家在使用中能及时反馈意见、提出建议,从而保证这套系列教材日臻完善。

国家中等职业教育改革发展示范校建设工作协作会



# 前言

本教材编写坚持“以就业为导向,以能力为本位,理论与实践结合,技能与生产实际结合”的原则,全书围绕职业技能培训目标,以国家职业标准为依据,以“适用”“实用”“够用”为原则设计课程。本教材将电机与电气控制的理论和技能融合在一起落实到任务的实施过程中,以任务驱动学习,通过任务的实施来驱动实践操作,充分体现“做中学”和“做中教”的新课改理念,有效地培养、提高学生的自主学习能力和专业实践技能。

为了建立以能力为本位、以职业实践为主线、以项目课程为主体的模块化课程体系,以任务驱动学习,使学生在完成每一具体任务的过程中构建相关理论知识和发展职业能力,本教材参考课程标准,体现“四新”特点,以培养学生综合职业实践能力为目标,对课程内容的选取和编排作了大胆的革新。本教材内容分为3个模块,11个项目,31个任务。

《电机与电气控制技术》课程是中等专业学校机电类专业的一门集专业理论和技能训练于一体的专业核心课程。通过对本课程的学习和训练,使学生熟悉电动机、低压电器和控制线路的基础知识,掌握电动机的基本控制线路和机电设备电气线路的识读方法,能够根据电气原理图对常见生产设备的控制线路进行电气故障的检查和排除。

本教材具有以下几个特色:①构建了以学习者为中心、以学生自主学习为基础的新型“做中学”教学思想和教学过程。②融入机电行业的新知识、新技术、新工艺和新设备等内容,注重专业工种和发展新趋势的介绍,选取了实际生产中的机电设备作为教学内容。③教材结构清晰,关系明朗,项目编写由浅入深,任务安排循序渐进,符合认知规律,便于操作成功。④“任务实施”步骤和内容详尽,易于操作;“知识链接”简明扼要,便于理解;“拓展知识”既有深入研究的内容,又有广度了解的专业情况和新设备。

本教材由徐勇田老师主编,石丽娟、王涛、陈燕和刘军等老师参编。其中,徐勇田编写项目5、项目9~11,并对全书进行统稿,陈燕编写项目1,王涛编写项目2和3,石丽娟编写项目4,刘军编写项目6~8。

尽管编者主观上尽了最大的努力,但鉴于编者水平有限,教材中肯定有不妥之处,望广大读者和专家能不吝指教,我们将不断改进和修订,力求使本教材能成为大家喜爱的高质量的项目化教材。本教材的编写得到有关领导的大力支持,在编写中参考了部分专家、学者的著作和有关企业产品的技术资料,另在本书交互式教学资源脚本的编撰过程中得到袁琳、周荻、王艳、邹维红和陆超顺等老师的帮助和参与,在此一并表示感谢。

编者







# 目录

## 模块一 常见电动机

### 项目 1 控制与检测交流电动机

- 任务 1 认识及检测三相异步电动机 ..... 1
- 任务 2 启动、反转和制动三相异步电动机 ..... 10
- 任务 3 三相异步电动机的调速 ..... 17
- 任务 4 三相异步电动机的拆装、维护与故障检修 ..... 21
- 任务 5 单相异步电动机的应用 ..... 28

### 项目 2 控制与检测直流电动机

- 任务 1 认识及检测直流电动机 ..... 38
- 任务 2 直流电动机的启动、反转和制动 ..... 47
- 任务 3 直流电动机的调速 ..... 55

### 项目 3 认识特种电动机

- 任务 1 认识步进电动机 ..... 65
- 任务 2 认识伺服电动机 ..... 72

## 模块二 三相异步电动机的基本控制线路

### 项目 4 常见低压电器及其识别与检测

- 任务 1 识别与检测低压熔断器 ..... 81
- 任务 2 识别与检测低压开关 ..... 89
- 任务 3 识别与检测主令电器 ..... 96
- 任务 4 识别、拆装与检测接触器 ..... 103
- 任务 5 识别与检测继电器 ..... 108

### 项目 5 识读、安装和检修点动与连动控制线路

- 任务 1 识读点动与连动控制线路 ..... 119
- 任务 2 安装与检修点动与连动控制线路 ..... 127

### 项目 6 识读、安装和检修降压启动控制线路

- 任务 1 识读降压启动控制线路 ..... 138
- 任务 2 安装和检修 Y- $\Delta$ 降压启动控制线路 ..... 145

### 项目 7 识读、安装和检修正反转及位置控制线路

- 任务 1 识读正反转及位置控制线路 ..... 152
- 任务 2 安装和检修正反转和位置控制线路 ..... 162

### 项目 8 识读、安装和检修顺序控制及多地控制线路

- 任务 1 识读顺序控制和多地控制线路 ..... 169
- 任务 2 安装和检修顺序控制和多地控制线路 ..... 177

### 项目 9 识读、安装和检修制动控制线路

- 任务 1 识读制动控制线路 ..... 184
- 任务 2 安装与检修电气制动控制线路 ..... 195

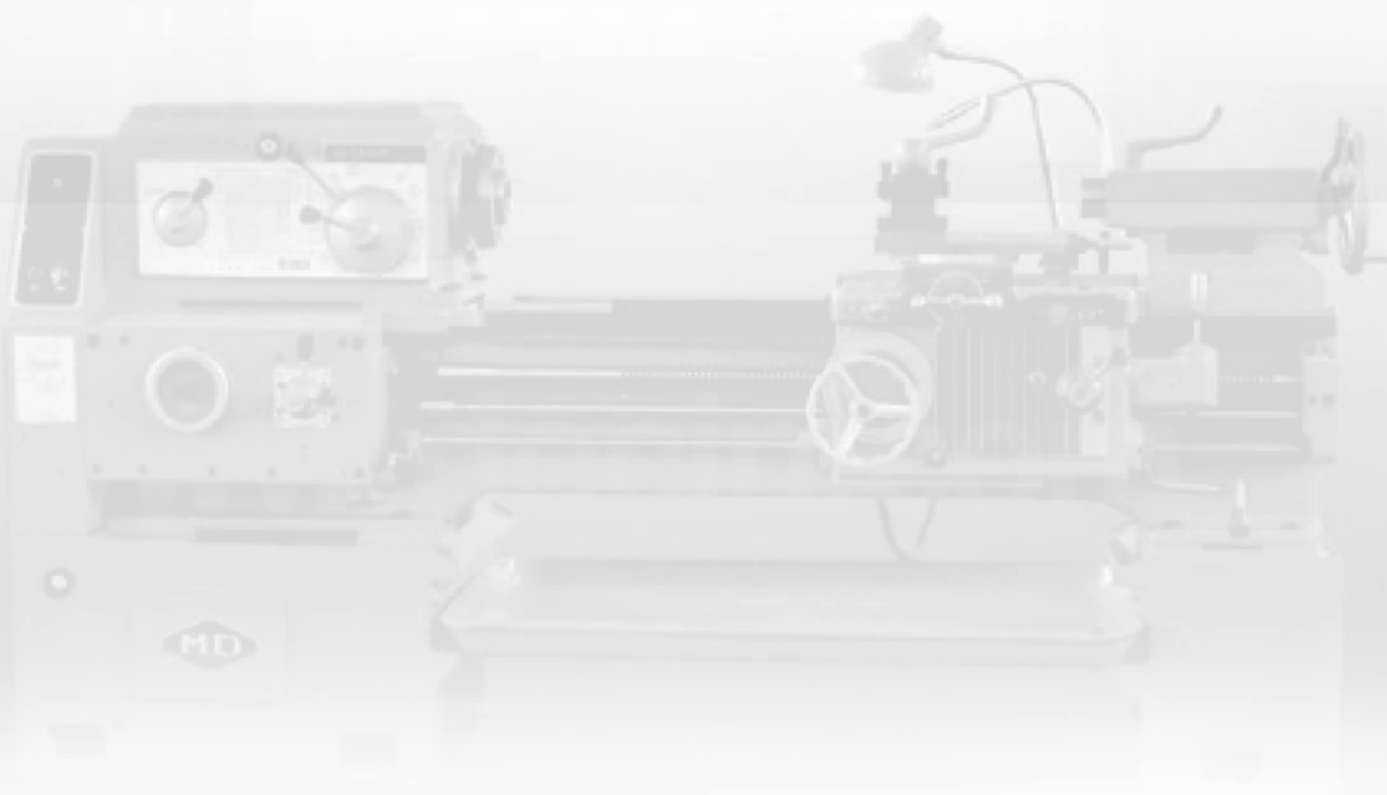
### 模块三 机电设备电气控制线路

#### 项目 10 识读和检修 CD<sub>I</sub> 型电动葫芦控制线路

任务 1 认识 CD <sub>I</sub> 型电动葫芦 .....	203
任务 2 识读 CD <sub>I</sub> 型电动葫芦电气控制线路 .....	209
任务 3 检修 CD <sub>I</sub> 型电动葫芦电气控制线路 .....	214

#### 项目 11 识读和检修 CA6140 车床电气控制线路

任务 1 认识 CA6140 车床 .....	221
任务 2 识读 CA6140 车床电气控制线路 .....	226
任务 3 检修 CA6140 车床电气控制线路 .....	231
参考文献 .....	241



# 模块一 常见电动机

## 项目

### 1

## 控制与检测交流电动机

在机电设备中,三相异步电动机是所有电动机中应用最广泛的一种。据统计,现在电网中的电能三分之二以上是由三相异步电动机消耗的。本项目主要介绍如何控制与检测交流电动机。具体包括三相异步电动机的检测、调速、启动、反转和制动、拆装、日常维护、常见故障判断与处理等内容。

### 任务 1 认识及检测三相异步电动机

#### 任务书

1. 认识并检测三相异步电动机及相关设备。
2. 学会异步电动机的接线和基本操作。

#### 任务描述

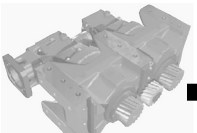
通过初步的学习,了解三相异步电动机及相关设备的规格、量程和额定值等,学会检测三相异步电动机绕组好坏并能判别出其首末端,按照电路图接好实训线路,通电正常启动三相异步电动机,进行相关测量和观察。建议教学 2 学时。

#### 任务思考

1. 简述三相异步电动机的基本结构。
2. 说明三相异步电动机名称中“异步”“感应”的含义。
3. 产生旋转磁场的条件是什么? 旋转磁场的转向和转速由哪些因素决定?
4. 有一台三相四极异步电动机,电源频率为 50 Hz,带额定负载运行时的转差率为 0.03,求同步转速和额定转速。
5. 两台三相异步电动机的电源频率均为 50 Hz,额定转速分别为 1 440 r/min 和 2 910 r/min,试问它们的磁极数分别是多少? 额定转差率分别是多少?
6. 叙述用万用表判别三相异步电动机各相绕组首末端的操作方法。

#### 知识链接

在整个电能的消耗中,电动机的耗能约占 60%~70%,而在整个电动机的耗能中,三相异步电动机又居首位。三相异步电动机由三相交流电源供电,由于其性价比较高,因此在工、农业及其他各个领域中都获得了广泛的使用。



## 一、三相异步电动机的特点及用途

三相异步电动机具有结构简单、价格低廉、坚固耐用、使用维护方便、运行性能好,并可节省各种材料等优点,其缺点是轻载功率因数低,在启动、调速性能等方面尚有不足之处,比不上直流电动机。三相异步电动机广泛应用于对调速性能要求不高的场合,如普通机床、起重机、生产线、鼓风机、水泵以及各种农副产品的加工机械等。三相异步电动机的外形如图 1-1 所示。



▲图 1-1 三相异步电动机的外形

## 二、三相异步电动机的分类

三相异步电动机种类繁多,常见的分类有以下几种。

### 1. 按转子的结构分类

根据电动机转子结构的不同,可分为鼠笼型异步电动机和绕线转子异步电动机。

### 2. 按工作电压分类

根据电动机工作电压的不同,可分为高压异步电动机和低压异步电动机。

### 3. 按工作性能分类

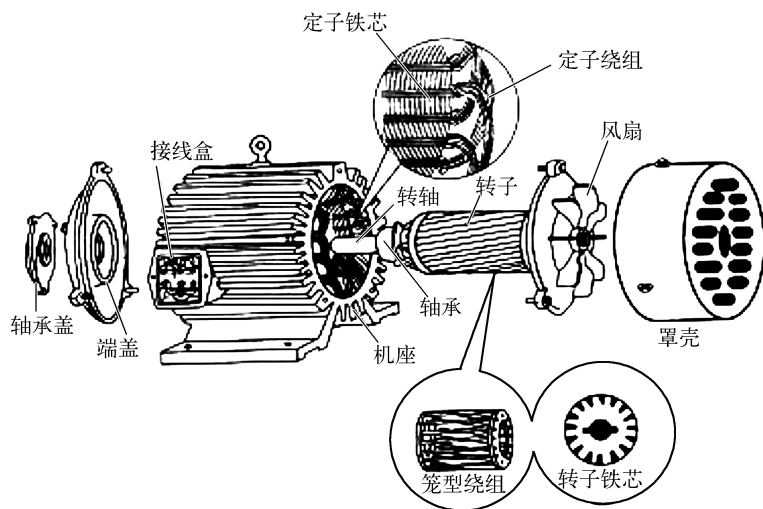
根据电动机工作性能的不同,可分为高启动转矩异步电动机和高转差异步电动机。

### 4. 按外形尺寸及功率大小分类

根据电动机外形尺寸及功率大小的不同,可分为大型、中型、小型异步电动机等。

## 三、三相异步电动机的结构

三相异步电动机虽然种类繁多,但基本结构均由定子和转子两大部分组成,定子和转子之间有空气隙。三相异步电动机的结构如图 1-2 所示,其主要组成部分如下。



▲图 1-2 三相异步电动机的结构

### 1. 定子

定子是指电动机中静止不动的部分,主要包括定子铁芯、定子绕组、机座、端盖、罩壳等



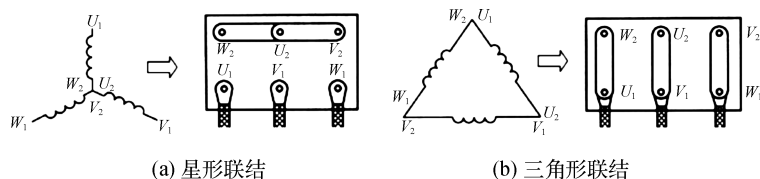
部分。

### (1) 定子铁芯。

定子铁芯作为电动机磁路的通路,一般用 0.5 mm 厚、表面有绝缘层的硅钢片叠压而成。在定子铁芯的内圆冲有沿圆周均匀分布的槽,在槽内嵌放三相定子绕组。

### (2) 定子绕组。

定子绕组作为电动机的电路部分通入三相交流电产生旋转磁场。它由嵌放在定子铁芯槽中的线圈按一定规则连接成三相定子绕组。定子三相绕组的结构完全对称,一般有 6 个引出端  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $W_1$  和  $W_2$ ,它们与机座上接线盒内的接线柱相连。具体接法有星形(Y)和三角形( $\Delta$ )两种,如图 1-3 所示。也可将 6 个接线端接入控制电路中实行星形与三角形的换接。

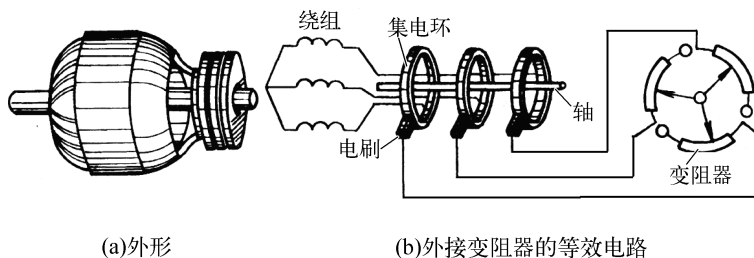


▲图 1-3 三相笼型电动机的接线

## 2. 转子

转子是指电动机的旋转部分,包括转子铁芯、转子绕组、风扇、转轴等。

转子铁芯也是由冲成槽的硅钢片叠成,槽内浇铸有端部相互短接的铝条,形成“笼型”,故称“笼型”转子。还有一种转子是在铁芯槽内嵌入三相绕组,并接成星形,通过滑环、电刷与外加电阻接通,如图 1-4 所示,即绕线式转子。绕线式转子在启动时接入可变电阻,正常运转时变阻器可转到零位。



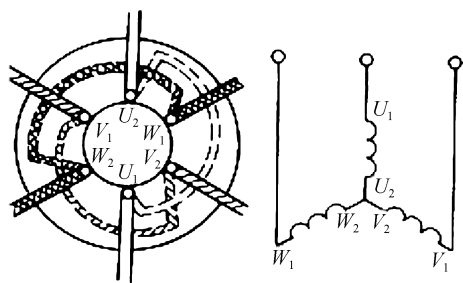
▲图 1-4 绕线转子异步电动机结构图

## 四、三相异步电动机的工作原理

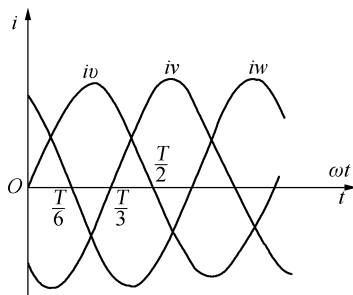
旋转磁场是异步电动机工作的基本条件。产生旋转磁场的条件是三相定子绕组在空间位置上对称,且在定子绕组中通入三相对称交流电。

### 1. 旋转磁场的产生

最简单的三相异步电动机的定子绕组如图 1-5 所示。每相绕组只有一个线圈,三个相同的线圈  $U_1 - U_2$ 、 $V_1 - V_2$ 、 $W_1 - W_2$  在空间的位置彼此互差  $120^\circ$ ,分别放在定子铁芯槽中。当把三相线圈接成星形,并接通三相对称电源后,那么在定子绕组中便产生三个对称电流,即  $i_U = I_m \sin \omega t$ ,  $i_V = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$ ,  $i_W = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$ 。其波形如图 1-6 所示。



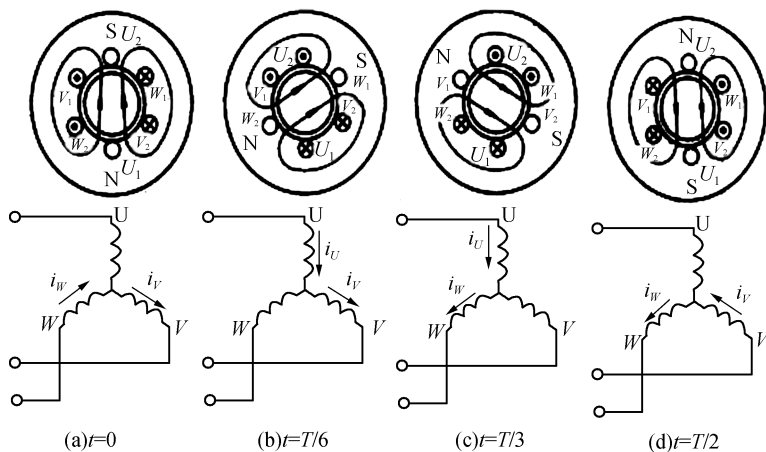
▲图 1-5 异步电动机最简单的定子绕组



▲图 1-6 三相电流的波形

电流通过每个线圈要产生磁场,而通入定子绕组的三相交流电流的大小及方向均随时间而变化,那么三个线圈所产生的合成磁场是怎样的呢?这可由每个线圈在同一时刻各自产生的磁场进行叠加而得到。

假定电流由线圈的始端流入,末端流出为正,反之则为负。电流流进端用  $0, T/6, T/3, T/2$  四个时刻所产生的合成磁场作定性的分析(其中  $T$  为三相电流变化的周期)。旋转磁场的产生如图 1-7 所示。



▲图 1-7 旋转磁场的产生

当  $t=T/6$  时,  $U$  相电流为正,由  $U_1$  端流向  $U_2$  端,  $V$  相电流为负,由  $V_2$  端流向  $V_1$  端,  $W$  相电流为零。其合成磁场如图 1-7(b) 所示,也是一个两极磁场,但  $N, S$  极的轴线在空间顺时针方向转了  $60^\circ$ 。

当  $t=T/3$  时,  $U$  相电流为正,由  $U_1$  端流向  $U_2$  端,  $V$  相电流为零,  $W$  相电流为负,由  $W_2$  端流向  $W_1$  端,其合成磁场比上一时刻又向前转过了  $60^\circ$ ,如图 1-7(c) 所示。

用同样的方法可得出当  $t=T/2$  时,合成磁场比上一时刻又转过了  $60^\circ$  空间角。由此可见,图 1-7 是一对磁极产生的旋转磁场。当电流经过一个周期的变化时,磁场也沿着顺时针方向旋转一周,即在空间旋转的角度为  $360^\circ$ (一转)。我们把旋转磁场在空间的转动速度定义为同步转速,用  $n_0$  表示。

当空间互差  $120^\circ$  的线圈中通入对称的三相交流电流时,在空间就产生一个旋转磁场。

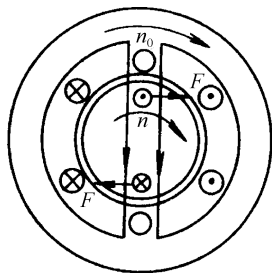


## 2. 旋转磁场的旋转速度

理论分析与实践证明,旋转磁场的转速可用  $n_0 = \frac{60f}{p}$  表示。式中,  $n_0$  是旋转磁场的转速, 又称同步转速, 单位为 r/min;  $f$  是三相电源的频率, 单位为 Hz;  $p$  是磁极对数。

## 3. 三相异步电动机的旋转原理

如果在三相定子绕组中通入三相对称电流,则在定子、转子铁芯及其之间的空气隙中产生一个同步转速为  $n_0$  的旋转磁场,某瞬间定子电流产生的磁场如图1-8所示,在空间按顺时针方向旋转。因转子尚未转动,所以静止的转子与旋转磁场产生相对运动,在转子导体中产生感应电动势,并在形成闭合回路的转子导体中产生感应电流,其方向用右手定则判定。在图1-8中,笼型转子上方导体电流流出纸面,下方导体电流流进纸面。根据电磁力定律,转子电流在旋转磁场中受到磁场力  $F$  的作用,  $F$  的方向用左手定则判定。电磁力在转轴上形成电磁转矩。由图可见,电磁转矩的方向与旋转磁场的方向一致,使转子按旋转磁场的方向转动。因此,要改变三相异步电动机的旋转方向只需改变旋转磁场的转向即可。



▲图1-8 异步电动机转动原理

## 4. 转差率

由上面的分析还可看出,转子的转速  $n$  一定要小于旋转磁场的转速  $n_0$ 。如果三相异步电机转子的转速与旋转磁场的转速大小相等,那么,磁场与转子之间就没有相对运动,导体不能切割磁力线,因此转子线圈中也就不会产生感应电动势和电流,三相异步电机转子导体在磁场中也就不会受到电磁力的作用而使转子转动。因而三相异步电机的转子旋转速度不可能与旋转磁场相同,总是小于旋转磁场的同步转速,这就是异步电动机“异步”的含义。但在特殊运行方式下(如发电制动),三相异步电机转子转速可以大于同步转速。又因为转子电流是电磁感应所产生的,所以也称为感应电动机。

异步电动机的旋转磁场的转速,即同步转速  $n_0$  与转子转速  $n$  之差称为转差,转差与同步转速  $n_0$  的比值称为转差率,用  $s$  表示,即

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

电动机的转速就是电动机转子的转速  $n$ ,其与转差率  $s$  和同步转速  $n_0$  的关系为

$$n = (1 - s)n_0$$

转差率是分析异步电动机运动情况的一个重要参数,  $s$  的大小与异步电动机的运行情况密切相关:

- ① 当电动机静止或刚启动的一瞬间时  $n=0$ , 对应的转差率  $s=1$ 。
- ② 当  $n=n_0$  时(理想空载运行), 转差率  $s=0$ 。
- ③ 稳定运行时,  $s$  在  $0 \sim 1$  之间变化, 一般  $s$  在  $2\% \sim 8\%$ 。

## 五、三相异步电动机的铭牌

在异步电动机的机座上都装有一块铭牌,如图1-9所示。铭牌上标出了该电动机的一些数据,要正确使用电动机,必须看懂铭牌,下面以 Y112M-4 型电动机为例来说明铭牌数据的含义。

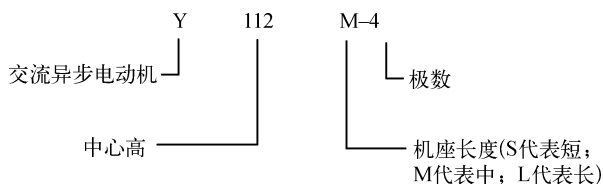




三相异步电动机		
型号	Y112M-4	电压 380 V
功率	4.0 kW	频率 50 Hz
转速	1440 r/min	绝缘等级 B 级
产品编号	05638	接法 $\Delta$
	重量 59 kg	工作方式 连续
		年 月
		电机厂

▲图 1-9 三相异步电动机的铭牌

### 1. 型号



### 2. 额定频率

额定频率是指加在电动机定子绕组上的允许频率,国产异步电动机的额定频率为 50 Hz。

### 3. 额定电压 $U_N$

额定电压是指定子三相绕组规定应加的线电压值。一般应为 380 V。

### 4. 额定电流 $I_N$

额定电流是当电动机轴上输出额定功率时,定子电路取用的线电流。

### 5. 额定功率 $P_N$

额定功率是电动机在额定转速下长期持续工作时,电动机不过热,轴上所能输出的机械功率。

三相异步电动机的额定功率  $P_N$  与其他额定数据之间有如下关系:

$$P_N = \sqrt{3}U_N I_N \eta_N \cos \varphi_N$$

式中,  $\cos \varphi_N$  为额定功率因数;  $\eta_N$  为额定效率。

根据电动机额定功率,可求出电动机的额定转矩为  $T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N}$ 。

式中,  $T_N$  为额定转矩(N·m);  $P_N$  为额定功率(kW);  $n_N$  为额定转速(r/min)。

### 6. 额定转速

额定转速是指电动机在额定负载时的转子转速。

### 7. 绝缘等级

绝缘等级是指电动机定子绕组所用的绝缘材料的等级。绝缘材料按耐热性能可分为 7 个等级,见表 1-1。采用哪种绝缘等级的材料,取决于电动机的最高允许温度,如环境温度规定为 40 °C,电动机的温升为 90 °C,则最高允许温度为 130 °C,这就需要采用 B 级绝缘材料。国产电机使用的绝缘材料等级一般为 B、F、H、C 四个等级。

▼表 1-1 绝缘材料耐热性能等级

绝缘等级	Y	A	E	B	F	H	C
最高允许温度/°C	90	105	120	130	155	180	大于 180



## 任务实施

现进行三相异步电动机的检测和接线的实践操作,具体任务实施步骤及内容如下。

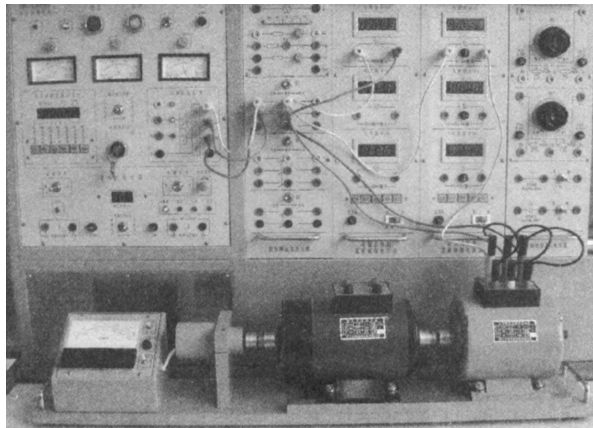
### 一、准备工作

1. 工具与仪表:交流电压表和电流表各1块,万用表和兆欧表各1块。
2. 设备与材料:三相调压交流电源1套,三相笼型转子异步电动机1台,三相电源开关1个,导线若干。

### 二、训练内容

#### Step 1 认识、检测并记录三相异步电动机及相关设备的规格、量程和额定值

本实训操作需要使用的三相调压交流电源、三相笼型转子异步电动机、三相电源开关、交流电压表和转速表等相关设备如图1-10所示。通过旋转手柄调节三相调压交流电源的输出电压大小,开始实训前将手柄逆时针方向调到最小位置。三相笼型转子异步电动机是实训操作的对象,通电后观察其启动、反转的情况以及转速的大小。



▲图1-10 三相异步电动机工作线路的接线

检测并记录上述设备的规格、量程和额定值,将结果记录在表1-2中。

▼表1-2 设备仪表观察记录

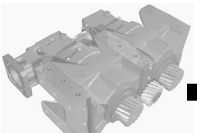
观察项目内容	数据结果	观察项目内容	数据结果
三相调压交流电源输出电压范围/V		交流电动机的型号及其含义	
交流电压表的量程/V		交流电动机的额定电压	
交流电流表的量程/A		交流电动机的额定频率	
转速表的测速范围/(r/min)		交流电动机的额定功率	

#### Step 2 观察与检测电动机接线盒中的绕组

- (1) 观察同一相绕组的首末端在接线盒中是否上下对齐。
- (2) 用万用表  $R \times 1$  挡估测绕组的阻值。 $R_U = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, R_V = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, R_W = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

#### Step 3 判断电动机绕组的首末端

- (1) 将三相绕组的首末端拆离接线柱,做好标志后打乱次序。



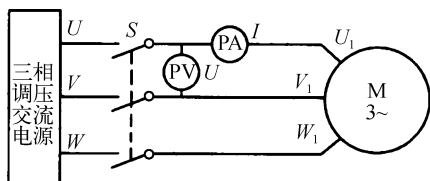
- (2) 用万用表判别出每相绕组的两端。
- (3) 用万用表判别出每相绕组的首末端,并与标志作对比检验判别的正确性。
- (4) 将三相绕组的首末端重新与接线柱连接牢固。

#### Step 4 电动机绝缘测量

分别测试电动机绕组与地绝缘电阻、绕组与绕组之间绝缘电阻,检查电动机的各项绝缘电阻是否满足要求。

#### Step 5 绘制三相异步电动机的工作电路图并接线

根据三相笼型转子异步电动机的额定值和接法确定电源电压的大小,选择交流电压表和电流表的量程,绘制三相笼型转子异步电动机的工作电路(如图 1-11 所示),然后按照工作电路图 1-1 接线。选择适当的仪表量程,将三相交流电源调节手柄逆时针方向调到最小位置。检查电动机与测速发电机的联轴器是否连接可靠。注意电动机接线盒中定子绕组的连接方式。



▲图 1-11 三相异步电动机的简单工作电路

#### Step 6 通电启动三相异步电动机

经指导教师认可后,启动电源控制屏的总开关。闭合电动机的电源开关 S,顺时针方向旋电压调节手柄,慢慢升高电源电压,观察异步电动机是否启动运转。将电源电压调节到额定值,观察并记录电动机转速和电流的数值。 $I = \underline{\hspace{2cm}}$  A;  $n = \underline{\hspace{2cm}}$  r/min。

#### Step 7 改变三相异步电动机的转向

在断开电源开关 S 的条件下,调换电动机接线盒中的任意两根电源线,电源电压调到最小位置。再闭合电动机的电源开关 S,慢慢升高电源电压,观察异步电动机是否反转,转速表指针是否反向偏转,若反向偏转要及时拨动转速表的方向开关。

### 任务评价

三相异步电动机基本操作评分标准见表 1-3。

▼表 1-3 三相异步电动机基本操作评分标准

序号	训练内容	评分标准	配分	得分
1	技能训练的准备	对技能训练的内容较为熟悉	10	
2	仪器、仪表的使用	正确使用万用表、转速表、实验台等设备	10	
3	观察电动机等设备	观察科学,数据记录正确	10	
4	判断定子绕组首尾端	会用万用表较快判断出定子绕组首尾端	20	
5	电动机工作线路接线	实训线路接线正确	20	
6	电动机启动反转等操作	操作规范,数据测量正确	20	
7	技能训练的结束工作	规范、高标准做好训练结束工作	10	
8	指导教师签名	日期	总评成绩	
9	备注:发生重大责任事故、严重违反教学纪律者得 0 分		学生姓名	



## 拓展知识

### 三相异步电动机的两个重要测量

#### 1. 三相异步电动机定子绕组首尾端的判断

当电动机接线板损坏,定子绕组的 6 个线头分不清楚时,不可盲目接线,以免引起电动机内部故障,甚至烧坏电动机,必须将 6 个线头的组别分清后才能接线。

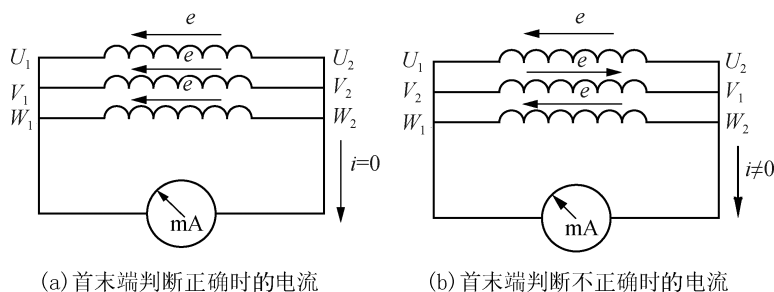
(1) 判断电动机出线端的组别。

采用导通法:将万用表拨到电阻  $R \times 1 \text{ k}$  挡,红表笔接电动机任一根出线,黑表笔分别接其余出线,电阻值最小达零时两表笔所接的出线即是同一绕组。同样可区分其余出线的组别,判断后做好标记。

(2) 判断电动机绕组首末端。

在三相异步电动机中,如果出线端接错,则三相电流在电机中形成不了旋转磁场,电机不但不能正常运转,而且三相电流严重不对称,会导致发热甚至烧坏电机。

测量方法:用万用表检查绕组的首、尾端,用万用表的毫安挡测试,拨到  $\times 0.5 \text{ mA}$  挡位。把已判断出出线端组别的绕组分成两组,每两组的三端连接在一起,转动电动机的转子,如表的指针不动,说明三相绕组是首首相连,尾尾相连;如指针摆动,可将任一相绕组引出线首尾位置调换后再试,直到表针不动为止。



▲图 1-12 绕组首末端的测量与判别

#### 2. 电动机绝缘测量

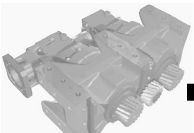
测试电动机绕组与地绝缘电阻、绕组与绕组之间绝缘电阻,要用兆欧表测量,下面介绍测量方法。

(1) 各绕组对地绝缘电阻。

使用摇表,将“E”端接在不涂漆的机壳上,“L”端依次接在各相绕组的引出端,平衡地转动手柄,使转速保持在  $120 \text{ r/min}$ ,示数应该大于  $5 \text{ M}\Omega$ ,证明绕组对地电阻符合绝缘标准。如果表针指向小于  $1 \text{ M}\Omega$  的数值上,证明电阻过低,不能投入运转,要检查电动机槽绝缘是否损坏或者是否受潮。

(2) 三相绕组之间的绝缘电阻。

使用摇表,将“L”和“E”端分别接在两相绕组的引出端,平衡地转动手柄,使转速保持在  $120 \text{ r/min}$ ,测其阻值不得小于  $5 \text{ M}\Omega$ ,相与相之间的绝缘电阻应大于  $5 \text{ M}\Omega$  ( $500 \text{ V}$ )。如果小于  $1 \text{ M}\Omega$  ( $500 \text{ V}$ ),要分析原因,如是否相间绝缘纸、层间绝缘纸损坏、电动机受潮,根据情况加以



电风扇用电动机可分为直流电动机和交流电动机,一般使用的有电容运转单相异步电动机、罩极式电动机和直流电动机等,其中电容运转单相异步电动机占绝大多数。

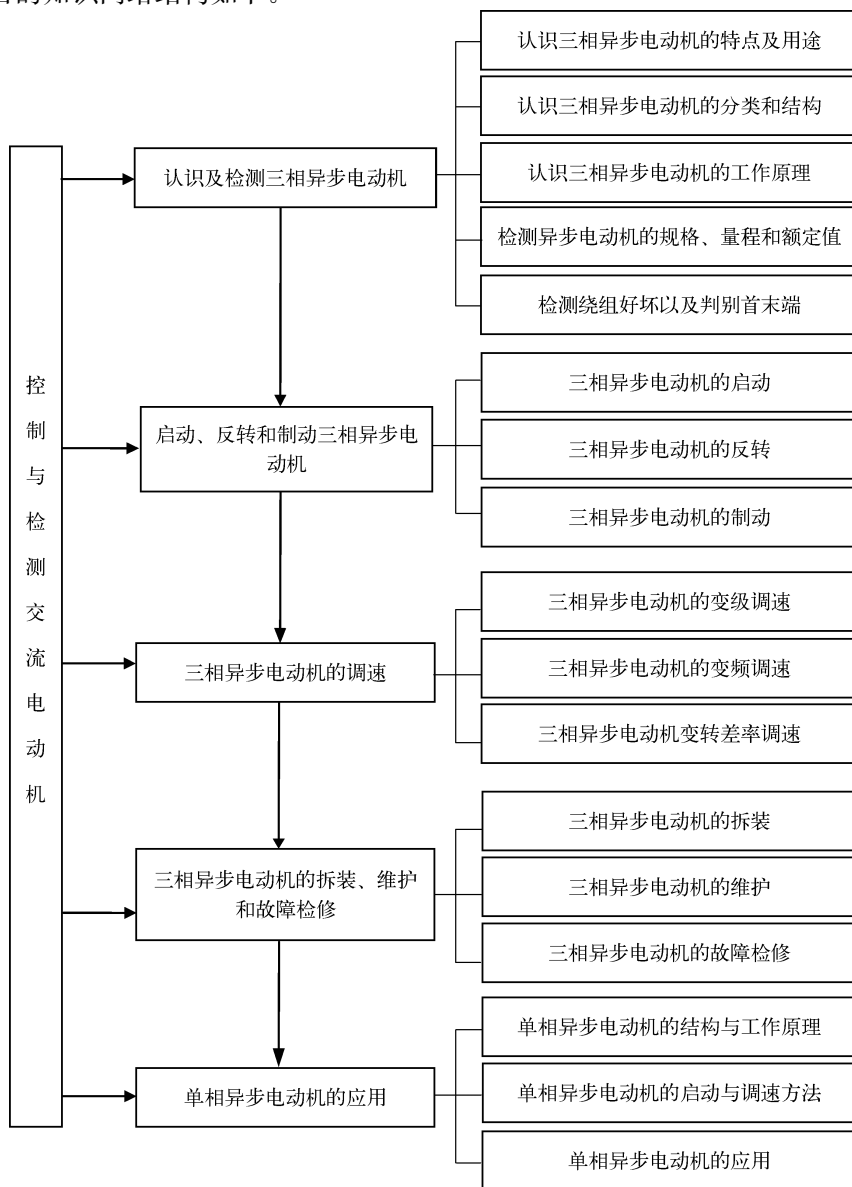
单相异步电动机定子铁芯上嵌放两套绕组,即运行绕组和启动绕组,它们结构基本相同,空间上位置相差 90°,在启动绕组中串入电容器 C 后再与运行绕组并联在单相电源上。当接入单相交流电时,将在绕组中形成旋转磁场。通过调节串入电抗的大小,可以控制定子绕组上的电压,从而达到调速的目的。

### 3. 电冰箱

电冰箱要求电动机具有启动转矩大、高功率因数、高效率等性能,多采用电阻分相式单相异步电动机。

## 项目小结

本项目的知识网络结构如下。





## 项目测评

### 一、填空题

1. 三相异步电动机主要是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两大部分组成。\_\_\_\_\_是固定部分,用来产生\_\_\_\_\_。\_\_\_\_\_是转动部分,又分\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种,用来产生\_\_\_\_\_。
2. 三相异步电动机的调速方法有:(1)\_\_\_\_\_,(2)\_\_\_\_\_,(3)\_\_\_\_\_。
3. 异步电动机启动的主要问题是:\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
4. 通入三相异步电动机定子绕组中的交流电频率  $f=50\text{ Hz}$ ,那么当电动机磁极对数  $p=1, p=2, p=3$  时的旋转磁场的转速分别为  $n_1=$ \_\_\_\_\_,  $n_2=$ \_\_\_\_\_,  $n_3=$ \_\_\_\_\_。

### 二、简答题

1. 定子绕组产生旋转磁场的条件是什么? 决定同步转速的两个参数是什么?
2. 若三相异步电动机的转子绕组开路,定子绕组接通三相电源后,电动机会转动吗? 为什么? 为什么三相异步电动机不能工作在同步转速?
3. 三相异步电动机的额定转差率一般是多少? 启动瞬间的转差率是多少? 转差率等于零对应什么情况? 这在实际中存在吗?
4. 当三相绕组的排列顺序和电源相序同时改变,旋转磁场的转向是否改变? 为什么?
5. 异步电动机分别在重载或轻载情况下启动时,启动电流大小是否一样? 为什么? 启动时间是否一样? 为什么?
6. 三相异步电动机在运行时,转子突然被卡住,这时电动机的电流会如何变化? 对电动机有何影响?
7. 在桥式起重机的绕线转子异步电动机转子回路中串联可变电阻,定子绕组按提升方向接通电源,调节可变电阻既能使重物提升又能使重物下降,其中有无矛盾? 关键何在?
8. 在  $s=0, s=1, 0<s<1, s>1$  这4种情况下,三相异步电动机各处于什么工作状态?

### 三、操作题

1. 根据图 1-11 所示,然后按照工作电路图 1-10 接线,在 5 分钟内安装好实际线路,线路经自检和校验正确合格后通电试车,观察并记录电动机转速和电流的数值。
2. 根据图 1-21,连接三相笼型转子异步电动机 Y- $\Delta$ 启动的实际线路,观察并记录全压启动和 Y- $\Delta$ 启动的启动电流,并做定性比较。
3. 根据图 1-22 和 1-23,分别连接三相异步电动机的能耗制动和反接制动的实际线路,并观察异步电动机制动的过程,做好相应的记录。
4. 根据图 1-26,连接三相异步电动机的调速线路,分别采用电动机转子串电阻调速和电动机定子绕组降压调速两种方法记录转速,填入相应的表格中,并做比较。
5. 根据拆卸步骤,正确拆卸三相异步电动机的主要部件,并填写相应的记录表。
6. 根据装配步骤,正确装配三相异步电动机,并填写相应的记录表。