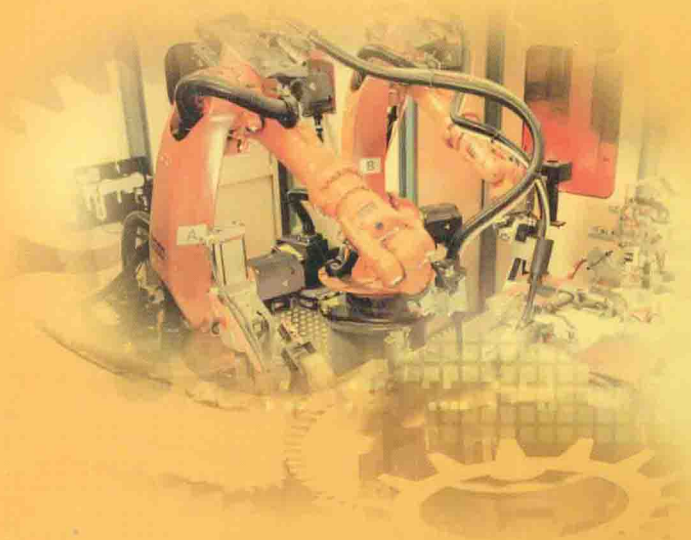


机电设备电控与维修

JIDIAN SHEBEI
DIANKONG YU WEIXIU

◎主编 刘 凯



机电设备电控与维修

主 编 刘 凯

副主编 韩 红

参 编 林 杨 朗丽香 杜世法

侯岩滨 王文明 陆显峰



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书在编写上采用任务驱动法,任务1~任务4为继电器-接触器控制系统,任务5~任务7为典型机床电气控制系统,任务8~任务14为PLC电气控制系统(西门子S7-200系列)。教材将工厂的典型案例引入课程教学,以使达到低压电器控制系统和PLC控制系统的分析、设计、安装、调试和维修的能力要求,实现培养学生专业技能和职业素质的目的。

本书可作为各类高等院校电气、自动化、机电一体化、机电设备维护、维修及相关专业的教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机电设备电控与维修/刘凯主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014.8
ISBN 978-7-5640-9119-4

I. ①机… II. ①刘… III. ①机电设备—电子控制装置—高等学校—教材
②机电设备—维修—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第075705号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京富达印务有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/20.5

字 数/472千字

版 次/2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

定 价/59.00元



责任编辑/陈莉华

文案编辑/张慧峰

责任校对/孟祥敬

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

“机电设备电控与维修”作为机电一体化专业的核心课程,其对应教材在编写上本着“以就业为导向、以能力为本位”的教育理念,坚持以“能力培养为中心,理论知识为支撑”,注重培养和提高学生的职业岗位能力。

本书以企业岗位需求和国家职业标准为主要依据,紧紧把握“以任务为驱动、以项目为导向”的最新教育教学理念,采用任务驱动法组织内容。本书依托工厂机电设备电气控制与维修的典型工作任务,属于综合性、实践性较强的课程教材,包括继电器-接触器控制系统、典型机床电气控制系统和 PLC 电气控制系统(西门子 S7-200 系列)三个模块。旨在使学生通过学习,达到低压电器控制系统和 PLC 控制系统的分析、设计、安装、调试和维修的能力要求,并能够完成机电设备安装调试员和 PLC 程序调试员职业岗位的工作。

本书以企业岗位需求和国家职业标准为主要依据,邀请具有丰富机电设备电气控制经验的企业一线技术人员和行业专家参与编写,使本教材内容密切联系工厂生产实际,有利于实现工学结合的人才培养模式。本书立足于“以就业为导向、以能力为本位”的人才培养目标,并充分考虑高等院校的教学特点,其主要特色表现在以下几个方面:

(1) 本书打破传统教材按章节划分理论知识的方法,将理论知识按照相应的教学载体进行重构,以必需、够用为度,摒弃过去大量的文字说明和理论论证,图文并茂,消除枯燥乏味的感觉,力求通过图例和典型工作任务,让学生掌握本专业所需的岗位技能。

(2) 本书按照任务引入→相关知识→教学实施→任务实施→知识拓展的模式组织内容。采用任务引领模式,即以工作任务引领知识,让学生在实现工作任务的过程中学习相关知识,同时培养综合职业能力。

(3) 在编写思路,坚持以“能力培养为中心,理论知识为支撑”,将各个抽象的知识点融入实际项目中,从而激发学生的学习兴趣,寓教于乐,提高学生的动手能力、分析能力和创新能力。

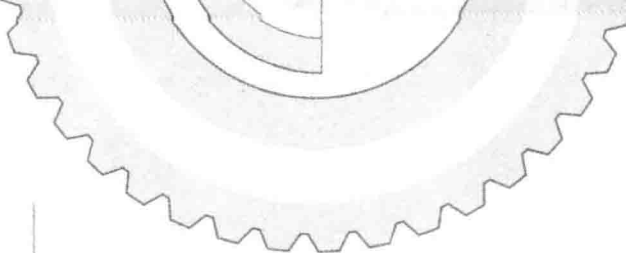
(4) 本书凸显工学结合、学用一致,理论密切联系生产实际,有着“教、学、做”一体化的现代教学特色,并注重对学生进行素质和技能的培养与提高。

(5) 本书适用范围广,工科高校电气控制专业、机电一体化专业、机电设备维护维修专业、数控专业、机械设计与制造专业,这些通用专业均开设有机电设备电气控制类课程,均可使用本教材。它也可以作为从事机电设备维护、维修的工程技术人员参考资料。

本书由刘凯任主编，韩红任副主编，林杨、朗丽香、侯岩滨、杜世法、陆显峰、王文明参加了部分内容的编写。其中，任务8~任务14由刘凯编写，任务2和任务3由韩红编写，任务1由林杨编写，任务4由朗丽香编写，任务5由侯岩滨编写，任务6由杜世法编写，任务7由王文明编写，附录由陆显峰编写。刘凯老师负责全书的组织和统稿。

尽管在探索“机电设备电控维修”课程教材特色建设的突破方面做出了许多努力，但是，由于编者水平有限，教材编写中难免存在疏漏之处，恳请各位读者在使用本书的过程中提出宝贵意见（可发邮件至邮箱 chinaliukai@163.com），在此深表感谢。

编者



目 录

工作任务1 三相异步电动机全压启动控制 1

【相关知识】 2

1.1 三相异步电动机的认识 2

1.2 低压电器基础知识 8

1.3 常用低压电器元件的认识与选用 11

【教学实施】 16

1.4 三相异步电动机的点动控制电路分析 16

1.5 三相异步电动机全压启动控制电路分析 17

1.6 安全用电操作规程及电气消防 18

【任务实施】 22

1.7 三相异步电动机全压启动控制接线与调试 22

【知识扩展】 28

三相交流异步电动机常见故障分析及检修 28

工作任务2 三相异步电动机正反转控制 31

【相关知识】 32

2.1 电气控制系统图的识读 32

2.2 低压电气控制系统设计与布线 36

2.3 万能转换开关与行程开关的认识 37

【教学实施】 39

2.4 三相异步电动机正反转控制电路分析 39

2.5 导线工艺连接操作规程 45

【任务实施】 48

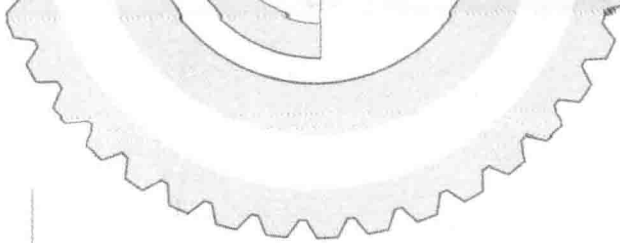
2.6 三相异步电动机正反转控制接线与调试 48

【知识扩展】 53

常用电工工具和仪表的认识与使用 53

目 录 >>>

工作任务3 三相异步电动机Y- Δ 降压启动控制	60
【相关知识】	61
3.1 低压断路器与继电器的认识与选用	61
【教学实施】	66
3.2 三相鼠笼式异步电动机降压启动控制	66
3.3 三相异步电动机Y- Δ 降压启动控制电路分析	69
【任务实施】	70
3.4 三相异步电动机Y- Δ 降压启动控制接线与调试	70
【知识扩展】	75
低压电气元件故障检修	75
工作任务4 三相异步电动机制动控制	78
【相关知识】	79
4.1 速度继电器的认识	79
【教学实施】	80
4.2 三相异步电动机机械制动控制	80
4.3 三相异步电动机电气制动控制	82
【任务实施】	85
4.4 三相异步电动机反接制动控制接线与调试	85
【知识扩展】	89
电动机控制线路检修方法及步骤	89
工作任务5 CA6140 车床电气控制与检修	92
【相关知识】	93
5.1 CA6140 普通车床的认识	93
【教学实施】	94
5.2 CA6140 车床电气控制系统分析	94



《《《 目 录

5.3 CA6140 车床常见电气故障与检修	96
【任务实施】	98
5.4 CA6140 车床主轴电动机不工作的电气故障检修	98
【知识扩展】	101
机床电气控制线路分析内容及步骤	101
工作任务 6 M7130 平面磨床电气控制与检修	103
【相关知识】	104
6.1 M7130 平面磨床的认识	104
【教学实施】	106
6.2 M7130 平面磨床电气控制系统分析	106
6.3 M7130 平面磨床常见电气故障与检修	108
【任务实施】	109
6.4 M7130 平面磨床电磁吸盘无吸力电气故障检修	109
【知识扩展】	113
机床电气故障检修步骤与原则	113
工作任务 7 Z3040 摇臂钻床电气控制与检修	115
【相关知识】	116
7.1 Z3040 摇臂钻床的认识	116
【教学实施】	118
7.2 Z3040 摇臂钻床控制电路分析	118
7.3 Z3040 摇臂钻床常见电气故障与检修	120
【任务实施】	122
7.4 Z3040 摇臂钻床摇臂不能升降的电气故障检修	122
【知识扩展】	125
电气控制线路常见故障分析与检修	125

目 录 >>>

工作任务 8 三相异步电动机全压启动 PLC 控制系统设计 127

【相关知识】 128

8.1 PLC 的认识 128

8.2 西门子 S7-200 系列 PLC 的认识 136

8.3 西门子 S7-200 系列 PLC 基本编程指令 143

【教学实施】 155

8.4 三相异步电动机全压启动 PLC 控制设计与编程 155

【任务实施】 156

8.5 三相异步电动机全压启动 PLC 控制接线与调试 156

【知识扩展】 162

S7-200 系列 PLC 的安装与配线 162

工作任务 9 电动机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制系统设计 167

【相关知识】 168

9.1 西门子 STEP7-Micro/WIN 编程软件的认识 168

9.2 定时器与计数器指令编程与应用 174

【教学实施】 182

9.3 电动机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制设计与编程 182

【任务实施】 184

9.4 电动机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制接线与调试 184

【知识扩展】 188

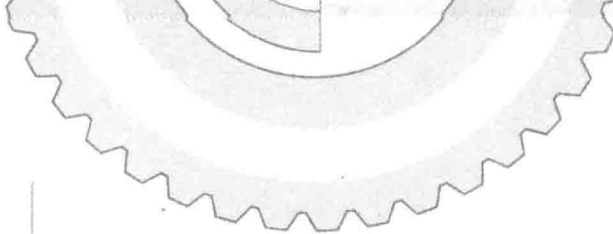
PLC 控制系统的设计要点 188

工作任务 10 循环彩灯的 PLC 控制系统设计 191

【相关知识】 192

10.1 西门子 PLC 数据处理指令的编程与应用 192

10.2 西门子 PLC 算术、逻辑运算指令编程与应用 200



《《《 目 录

【教学实施】	206
10.3 循环彩灯 PLC 控制设计与编程	206
【任务实施】	207
10.4 循环彩灯 PLC 控制接线与调试	207
【知识扩展】	210
西门子 S7-200 系列 PLC 主机扩展	210
 工作任务 11 温度监测 PLC 控制系统设计	 213
【相关知识】	214
11.1 西门子 S7-200 PLC 子程序的编程与应用	214
11.2 西门子 S7-200 PLC 中断程序的编程与应用	217
11.3 西门子 S7-200 PLC 模拟量的控制	221
【教学实施】	223
11.4 温度监测 PLC 控制设计与编程	223
【任务实施】	226
11.5 温度监测 PLC 控制接线与调试	226
【知识扩展】	229
程序控制指令的编程与应用	229
 工作任务 12 步进电机 PLC 控制系统设计	 234
【相关知识】	235
12.1 高速计数指令编程与应用	235
12.2 高速脉冲输出指令编程与应用	242
【教学实施】	247
12.3 步进电机 PLC 控制系统设计与编程	247
【任务实施】	252
12.4 步进电机 PLC 控制接线与调试	252
【知识扩展】	255
西门子 PLC 的 PID 控制	255

目 录 >>>

工作任务 13 自动运料小车 PLC 控制系统设计	262
【相关知识】	263
13.1 顺序功能图编程与应用	263
【教学实施】	268
13.2 自动运料小车 PLC 控制设计与编程	268
【任务实施】	271
13.3 自动运料小车 PLC 控制接线与调试	271
【知识扩展】	274
PLC 的检修与维护	274
工作任务 14 两台 S7-200 PLC 之间的 PPI 通信	278
【相关知识】	279
14.1 通信的基础知识	279
14.2 西门子 S7-200 PLC 通信	283
【教学实施】	286
14.3 西门子 S7-200 PLC 的 PPI 通信设计与编程	286
【任务实施】	292
14.4 两台 PLC 之间的 PPI 通信接线与调试	292
【知识扩展】	295
西门子 S7-200 PLC 自由口通信的实现	295
附 录	300
附录 A 常用低压电气元件文字符号表	300
附录 B 常用电气元件参数表	301
附录 C 西门子 S7-200 系列 PLC 存储单元地址表	306
附录 D 西门子 S7-200 系列 PLC 特殊标志位 (SM) 存储器表	307
附录 E 西门子 S7-200 系列 PLC 基本指令表	308
参考文献	314

工作任务1 三相异步电动机全压启动控制

本工作任务需完成的目标和内容请参考表 1-1。

表 1-1 工作任务单

工作任务		三相异步电动机全压启动控制		学时	12
班 级		地点		日期	
知识目标		①三相异步电动机的内部结构及工作原理； ②低压电器控制的基本知识； ③常用低压电器元件的工作原理、型号及选用方法，熟记其图形符号和文字代号； ④三相异步电动机的全压启动控制环节； ⑤电动机控制电路的保护环节； ⑥用电安全操作规程及电气消防			
能力目标		①能根据不同场合，正确地选用电动机及常用低压电器元件； ②能准确地分析电动机的点动、全压启动控制电路； ③能根据电路图，对电动机的全压启动控制电路进行接线、调试及故障排除等； ④能够正确使用常用电工工具； ⑤能够对电动机运行常见电气故障进行检修； ⑥能够根据工艺要求和控制要求进行电路的安装及布线			
任务描述		①安装并调试电动机的全压启动控制线路； ②控制要求：按下启动按钮，电动机全压启动并连续工作，按下停止按钮，电动机停转； ③控制系统要求有短路保护、过载保护、失压保护和欠压保护			
工程过程	资讯	①三相交流异步电动机的基本认识； ②常用低压电器元件的认识； ③三相交流异步电动机的点动与自锁控制； ④安全用电			
	决策	①根据控制要求，查阅电气手册，正确选用电器元件； ②三相异步电动机全压启动控制电路的设计与分析； ③根据原理图，画出安装接线图，并完成安装接线			

工作任务		三相异步电动机全压启动控制		学时	12
班 级		地 点		日期	
	计划	①组建任务小组,明确工作分工; ②列出仪器与设备清单; ③制定安装、接线及调试步骤			
	实施	①安装电气元件; ②按工艺流程进行板前布线; ③按照控制要求调试电路; ④运行中的常见故障检修			
检查与评价	检查内容及要求	①根据提供的线路图,按照安全规范要求,正确利用工具和仪表,熟练完成电器元件安装;元件在配电板上布置合理,安装要准确; ②布线美观,电源和电动机配线、按钮接线要接到端子排上,进出线槽的导线要有端子标号; ③通电调试,注意观察电动机、各电器元件及线路各部分工作是否正常;若发现异常情况,必须立即切断电源;调试过程如遇故障自行排除			
	评价	①自评; ②互评; ③老师点评; ④总结、评估			

【相关知识】



1.1 三相异步电动机的认识

电动机的作用是将电能转换为机械能,电动机按照工作电源方式不同,分为直流电动机和交流电动机。具体分类如图 1-1 所示。

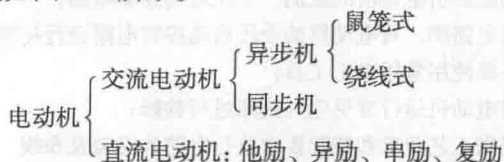


图 1-1 电动机分类

三相异步电动机因为结构简单、运行可靠性好、价格相对便宜和制造维护方便,所以得到广泛应用。又因现在变频调速技术已广泛使用,所以异步电动机的调速已可与直流电动机相媲美。三相异步电动机的缺点是启动转矩小、启动电流大。目前它已广泛应用于工农业生产中,例如: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。

1.1.1 三相异步电动机的结构与工作原理

1. 三相交流异步电动机的结构

三相异步电动机由两个基本部分组成:一是固定不动的部分,称为定子;二是旋转部分,

称为转子。图 1-2 表示了三相异步电动机的外形和内部结构。

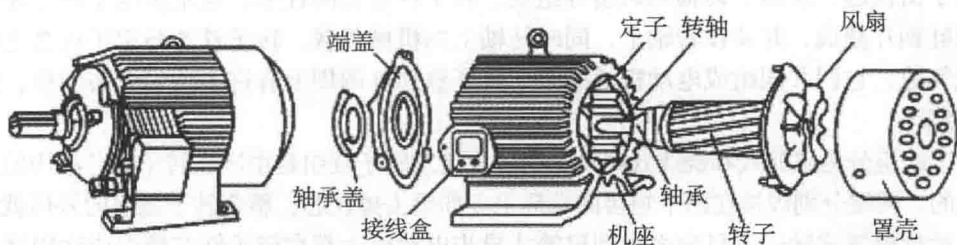


图 1-2 三相异步电动机的外形和内部结构

(1) 定子

定子由机座、定子铁芯、定子三相绕组和端盖等组成。机座通常用铸铁制成，机座内装有由相互绝缘的硅钢片叠成的筒形铁芯，铁芯内圆周上有许多均匀分布的槽，槽内嵌放三相绕组，绕组与铁芯间有良好的绝缘。三相绕组是定子的电路部分，中小型电动机一般采用漆包线绕制，共分三相，分布在定子铁芯槽内，它们在定子内圆周空间里的排列彼此相隔 120° ，以构成对称的三相绕组，如图 1-3 所示。

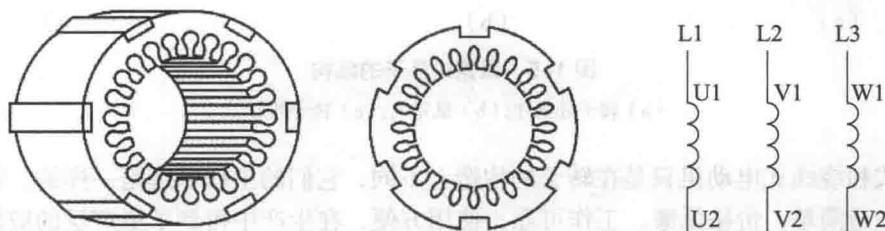


图 1-3 定子铁芯、定子硅钢片及三相绕组

三相绕组共有六个出线端，其通常接在置于电动机外壳上的接线盒中，三相绕组的首端接头分别用 U_1 、 V_1 及 W_1 表示，其对应的末端接头分别用 U_2 、 V_2 和 W_2 表示。三相绕组可以连接成星形 (Y) 或三角形 (Δ)，如图 1-4 所示。电动机如果标有两种电压值 (如 220/380 V)，则电源电压为 220 V 时，电动机做三角形连接；电源电压为 380 V 时，电动机做星形连接。通常 Y 系列 4 kW 以上的三相异步电动机在运行时均采用三角形接法，以便于采用 $Y-\Delta$ 降压启动。

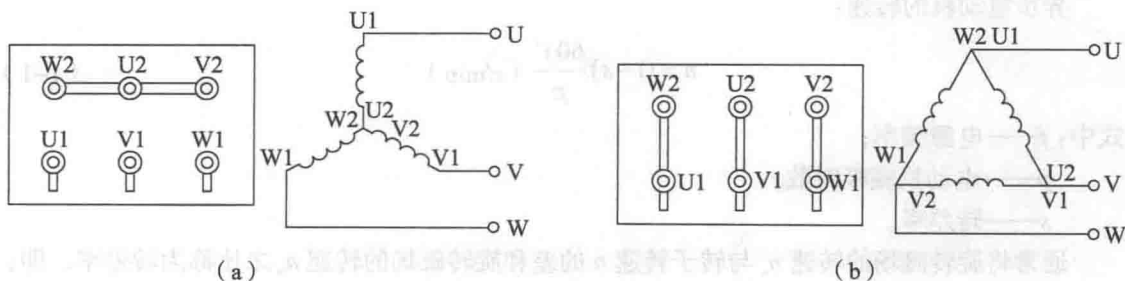


图 1-4 定子绕组的星形和三角形连接

(a) 星形连接; (b) 三角形连接

(2) 转子

转子由铁芯、绕组、转轴和风扇等组成。转子铁芯为圆柱形,通常由定子铁芯冲片冲下的内圆硅钢片叠成,并装在转轴上,同时转轴上加机械负载。转子铁芯与定子铁芯之间有微小的空气隙,它们共同组成电动机的磁路。转子铁芯外圆周上有许多均匀分布的槽,槽内安放转子绕组。

转子绕组分为鼠笼式和绕线式两种结构。鼠笼式转子绕组是由嵌在转子铁芯槽内的若干铜条组成的,两端分别焊接在两个短接的端环上。如果去掉铁芯,整个转子绕组的外形就像一个鼠笼,故称鼠笼式转子。目前中小型鼠笼式异步电动机大都在转子铁芯槽中浇注铝液,铸成鼠笼式绕组,并在端环上铸出许多叶片,作为冷却的风扇。鼠笼式转子的结构如图 1-5 所示。

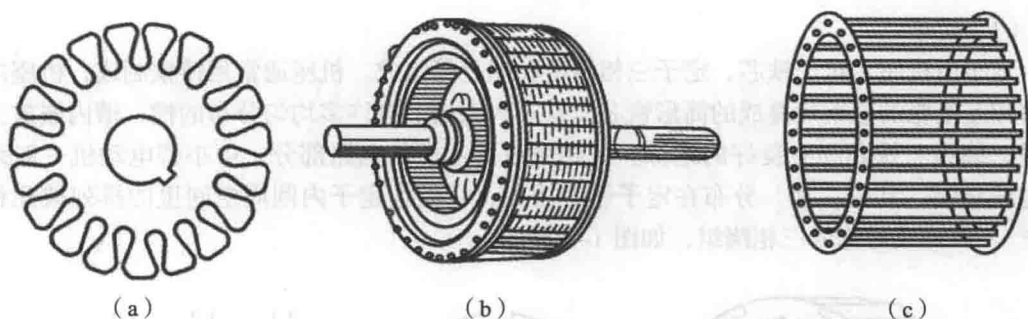


图 1-5 鼠笼式转子的结构

(a) 转子硅钢片; (b) 鼠笼式; (c) 转子外形

鼠笼式和绕线式电动机只是在转子的构造上不同,它们的工作原理是一样的。鼠笼式电动机由于构造简单,价格低廉,工作可靠,使用方便,在生产中得到了最广泛的应用。绕线式转子异步电动机由于其结构复杂,价格较高,一般只用于对启动和调速有较高要求的场合,如立式车床、起重机等。

2. 三相交流异步电动机的工作原理

三相异步电动机的工作原理:三相异步电动机的定子绕组通过对称的三相电流,电动机的定子绕组就会形成圆形旋转磁场。定子有旋转磁场就会在电动机转子导条中产生感应电动势和感应电流,且转子会产生电磁力矩,并跟着定子磁场旋转。异步电动机在工作时,转子的旋转速度必须低于旋转磁场的转速,因此,异步电动机的转速就叫做异步转速,凡是以这样方式工作的电动机都被称为异步电动机。

异步电动机的转速:

$$n = (1-s) \frac{60f}{p} \quad (\text{r/min}) \quad (1-1)$$

式中: f ——电源频率;

p ——电动机磁极对数;

s ——转差率。

通常将旋转磁场的转速 n_s 与转子转速 n 的差和旋转磁场的转速 n_s 之比称为转差率,即:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (1-2)$$

转差率是分析三相交流异步电动机工作特性的重要参数。电动机启动瞬间, $s=1$, 转差率最大, 在启动过程中随着转子转速升高, 转差率越来越小。由于三相交流异步电动机的额定转速与旋转磁场的转速接近, 则额定转差率很小, 通常为 1%~7%。

1.1.2 三相异步电动机的选择与控制

1. 三相异步电动机的铭牌及含义

三相异步电动机的铭牌及含义见表 1-2。

表 1-2 三相异步电动机的铭牌

三相异步电动机					
型号	Y132M-4	功率/kW	7.5	频率/Hz	50
额定电压/V	380	额定电流/A	15.4	接法	Δ
转速/(r/min ⁻¹)	1 440	绝缘等级	B	工作方式	连续
年 月 日			× × × 电机厂		

(1) 型号 Y132M-4 含义

型号 Y132M-4 的含义如下:

Y——三相鼠笼式异步电动机;

132——机座中心高 132 mm;

M——机座长度代号 (L 为长机座, M 为中机座, S 为短机座);

4——磁极数 (磁极对数 $p=2$)。

(2) 额定电压 U_N

额定电压 U_N 是电动机在额定运行时, 加在定子绕组出线端的线电压。电源电压波动应在 $U_N \pm 5\%$ 范围内。电压过高, 电动机易烧毁; 电压过低, 电动机难启动, 且可能带不动负载, 并易烧坏。Y 系列三相异步电动机的额定电压为 380 V。

(3) 额定电流 I_N

额定电流 I_N 指电动机加额定电压同时输出额定功率时, 流入定子绕组中的线电流。

(4) 绝缘等级

电动机绕组所用绝缘材料按它的允许耐热程度规定的等级分有 A、E、B、F、H、C 等几个等级, 目前一般电动机采用较多的是 E 级绝缘和 B 级绝缘。

2. 三相异步电动机的选择

三相异步电动机的选择是否合理, 对电气设备是否能安全运行和是否具有良好的经济、技术指标有很大影响。在选择电动机时, 应根据电源类型、生产机械对拖动性能的需要, 合理选择其功率、种类和型号等。

正确选择电动机的原则: 完全满足生产机械对电动机提出的功率、转矩、转速以及启动、调速、制动和过载等要求, 优先选用结构简单、运行可靠、维护方便、价格便宜的电动机, 而且不能超过国家标准所规定的温升。

(1) 电动机种类的选择

电动机种类选择依据: 由机械特性、调速情况与启动性能、维护以及价格、工作方式 (连

电动机启动性能的要求, 电动机的启动性能主要受对电动机启动电流的限制:

调速性能要求不高时,应尽量采用交流电动机。

工作制机械，应选用鼠笼式电动机；

制启动电流与提高启动转矩的生产机械，应采

要调速的生产机械，应采用同步电动机。

择,功率选大了虽然能保证其正常运行,但是选小了则不能保证电动机和生产机械的正常运行由于过载而过早损坏。对连续运行的电动机,额定功率等于或稍大于生产机械的功率即可。

封闭式和防爆式，其结构形式和适用场合见

应用

结构形式	特 点	适用场合
开启式	结构上无防护装置, 通风良好	干燥、无尘的场合
防护式	机壳或端盖下有通风罩, 可防杂物掉入	一般场合
封闭式	外壳严密封闭, 电动机靠自身风扇或外部风扇冷却, 并带散热片	潮湿、多灰尘或酸性气体场合
防爆式	整个电动机严密封闭	有爆炸性气体的场合

型、功率以及使用地点的电源电压来决定。Y系等级。且只有大功率异步电动机才采用 3 000 V

求而选定的, 但该转速通常不低于 500 r/min。尺寸愈大, 价格愈贵, 且效率也较低, 所以就不

速读 从《陈鹤亭先生集》中, 我们了解到, 陈鹤亭先生是清初著名学者、诗人、散文家、戏曲家。

额定转速的过程。异步电动机启动的特点是启动电流大的危害是：会对电网的正常运行产生冲击，启动频繁，过大的启动电流也会破坏电动机的绝缘，所以有直接启动和降压启动两种方法，而大功率的电