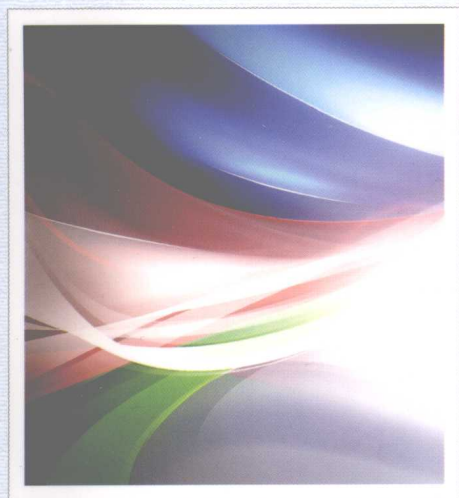


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材



电气控制与PLC 综合应用技术

高等职业技术教育研究会 审定

张伟林 主编

牛小方 刘慧 副主编

Electrical Control and
PLC Application Technology

- ◆ 快速掌握PLC、触摸屏和变频器在工业控制中的应用技术
- ◆ 结合生产实际讲述，贯彻职业教育“边学边做”的编写模式
- ◆ 贴合职业教育特点需求，所举案例来源于生产设备实际电路

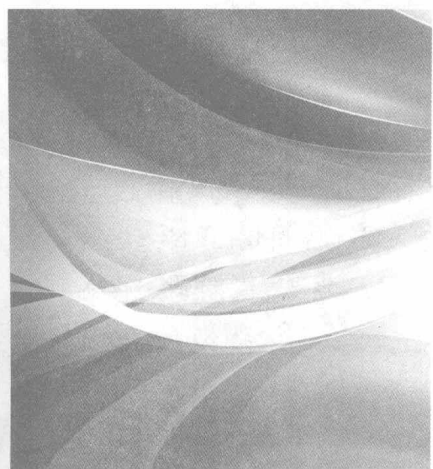


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材



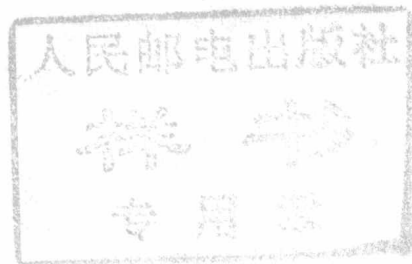
电气控制与PLC 综合应用技术

高等职业技术教育研究会 审定

张伟林 主编

牛小方 刘慧 副主编

Electrical Control and
PLC Application Technology



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制与PLC综合应用技术 / 张伟林主编. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 5
中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
ISBN 978-7-115-19779-5

I. 电… II. 张… III. ①电气控制—职业教育—教材
②可程序控制器—职业教育—教材 IV.
TM921. 5 TP332. 3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第037246号

内 容 提 要

本书根据高职高专教学改革的精神, 紧密结合当前社会对机电类人才技能结构的要求, 以国内目前使用最多的西门子 S7-200 系列小型 PLC 为主要对象, 详细介绍了 PLC、触摸屏和变频器在电气控制方面的综合应用技术。

本书既着重于讲述 PLC、触摸屏和变频器在电气控制中的基本应用知识和基本操作技能, 又结合生产实际介绍其综合应用技术, 采用“边学边做”的教学方法, 可以使读者较快掌握书中内容。

本书可作为高职高专院校机电、工业自动化、电气等相关专业的教材, 也可供从事机电、电气等行业的工程技术人员参考使用。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材

电气控制与 PLC 综合应用技术

-
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 张伟林
副 主 编 牛小方 刘慧
责任编辑 潘春燕
执行编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18
字数: 438 千字 2009 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19779-5/TN

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

职业教育与职业资格证书推进策略与 “双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

李秀忠 周明虎 林 平 韩志国 顾 晔 吴晓苏 周 虹 钟 健
赵 宇 冯建东 散晓燕 安宗权 黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林
吴新佳 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”
培养方案规划教材编委会

主 任：李秀忠

副主任：吴晓苏 孙慧平

委 员：	徐小增	郭建尊	王诗军	李艳霞	王金花	蔡冬根	林党养
	刘树青	娄 琳	金文兵	朱 强	霍苏平	周 玮	周 兰
	张伟林	贾俊良	陈万利	杨占尧	郑 金	黄中玉	李 辉
	华满香	周建安	孙卫锋	林宗良	金英姬	黄义俊	董小金
	牛荣华	丁如春	冯锦春	刘 岩	赵仕元	张雪梅	申晓龙
	毛好喜	李本红	任成高	余慰荔	周旭光	苏 伟	刘 宏
	王雁彬	邵 萍	郭宏彦	何全陆	张念淮	姜庆华	张江城
	吴 灏	阮予明	李振杰	李 英	燕居怀	谢海良	王 浩
	陈桂芳	宋雪臣	楚 忠	王双林	王广业	刘 慧	孟庆平

审稿委员会

主 任：彭跃湘

副主任：胡进德

委 员：	米久贵	卜燕萍	徐立娟	陈忠平	庄 军	谭 毅	谢响明
	汤长清	高荣林	卜新民	罗澄清	王德发	王德山	栾 敏
	李 学	张 鑫	吕修海	王达斌	周 林	熊 江	王军红
	杨国生	周信安	叶立清	雷云进	谷长峰	向 东	葛序风
	刘战术	魏东坡	肖允鑫	李 丹	张光跃	陈玉平	林长青
	戴晓光	罗正斌	刘晓军	张秀玲	袁小平	李 宏	张凤军
	陈晓罗	肖 龙	何 谦	周 玮	张瑞林	周 林	潘爱民
							徐国洪

张国锋	陈孝先	夏光蔚	李燕林	刘一兵	田培成	刘 勇	冯光林
魏仕华	曹淑联	孙振强	罗 伦	田 晶	卜燕萍	王少岩	山 颖
温钢云	蔡超强	刘建敏	吴京霞	张海筹	张森林	范恒彦	朱庚生
丁明成	李华楹	孟华峰	范恒彦	高荣林	杨亚辉	鞠加彬	白福民
宋丽华	王世桥	孙 岩	彭跃湘	李 明	吴春玉	吴 民	张华忠
牟志华	申凤琴	孙佳海	黎川林	孟 平	杨 强	麦崇裔	胡进德
吴德平	赵红毅	王观海	公 相	王朝红	姬红旭	吕 品	李 凡
李 江							

本书主审：徐立娟

丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于“双证书”的专业解决方案、课程资源匮乏,“双证课程”不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施“双证书”制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立,又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、“双

证课程”按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案，也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

前言

目前,以 PLC、触摸屏和变频器为主体的新型电气控制系统已广泛应用于各个生产领域。为了适应现代企业对高级机电技术人员既有较新知识,又有较强能力的素质要求,我们编写了这本适合高职高专院校机电类及相关专业使用的教材。本书以国内目前使用最多的西门子 S7-200 系列小型 PLC 为主要对象,详细介绍了 PLC、触摸屏和变频器在电气控制方面的综合应用技术。

与当前高职高专同类教材相比,本教材具有以下特点。

1. 以基本单元电路为主,为读者掌握电气控制技术打下基础,同时又注重提高读者综合运用电气控制技术的能力。

2. 有较多的实习操作内容,体现了高职高专突出实践教学的特色。

3. 运用“边学边做”的方法。本书是理论与实习密切结合的教材,大多数电路、指令和程序都有相应的实习操作内容。读者经过“编程→上机验证→修改→通过→操作”的实践过程,能较快掌握相应的技能。

4. 内容贴近生产实际,书中所举案例来源于生产设备电气控制中的实际电路,并体现 PLC 在生产实践中的综合应用技术。

5. 书中内容以 PLC、触摸屏和变频器的通用知识为主,即使读者使用的 PLC、触摸屏和变频器的型号与本书不同,也不影响学习。

本教材学时安排可参考下面的学时分配表,表中带“*”号部分可选修。

学时分配表

章 节	总 学 时	理 论	操 作
第 1 章 电气控制电路	30	12	18
第 2 章 PLC 基础知识	4	4	
第 3 章 基本指令的应用	20	8	12
第 4 章 顺序控制指令的应用	8	4	4
第 5 章 功能指令的应用	24	12	12
第 6 章 中断与高速计数器	8	6	2
第 7 章 变频器的使用	10	4	6
第 8 章 触摸屏的使用	8	4	4
第 9 章 模拟量扩展模块与 PID 控制	10	6	4
* 第 10 章 PLC、触摸屏和变频器综合应用	4	4	
合 计	126	64	62

本书由张伟林、牛小方、刘慧、李永际、吴延斌、樊海良编写。全书由张伟林任主编,牛小方、刘慧任副主编。

由于编者水平有限和经验不足,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。编者联系邮箱:ZWLCN@126.COM。

编者

2009 年 2 月

目 录

第 1 章 电气控制电路 1	
1.1 三相交流异步电动机..... 1	
1.1.1 三相交流异步电动机的 结构..... 1	
1.1.2 三相交流异步电动机的 转动原理..... 2	
1.1.3 三相交流异步电动机的 额定值..... 4	
1.1.4 三相交流异步电动机的 检查与测试..... 4	
1.2 直接启动控制电路..... 5	
1.2.1 开启式刀开关..... 5	
1.2.2 封闭式负荷开关..... 6	
1.2.3 组合开关..... 7	
1.2.4 隔离开关..... 7	
1.2.5 熔断器..... 8	
1.2.6 负荷开关直接启动控制 电路..... 9	
1.2.7 实习操作: 安装和操作负荷 开关直接启动控制电路..... 10	
1.3 点动控制电路..... 10	
1.3.1 按钮..... 11	
1.3.2 接触器..... 11	
1.3.3 中间继电器..... 13	
1.3.4 点动控制电路..... 14	
1.3.5 实习操作: 安装和操作 点动控制电路..... 15	
1.4 自锁控制电路..... 16	
1.4.1 自锁控制电路..... 16	
1.4.2 实习操作: 安装和操作自锁 控制电路..... 17	
1.4.3 热继电器..... 18	
1.4.4 具有过载保护的自锁控制 电路..... 20	
1.4.5 实习操作: 安装和操作具有 过载保护的自锁控制电路..... 21	
1.5 点动和自锁混合控制、多地 控制以及顺序控制电路..... 22	
1.5.1 低压断路器..... 22	
1.5.2 点动与自锁混合控制电路..... 23	
1.5.3 实习操作: 安装和操作 点动与自锁混合控制电路..... 24	
1.5.4 多地控制电路..... 26	
1.5.5 顺序控制电路..... 26	
1.6 正反转控制电路..... 28	
1.6.1 接触器联锁的正反转控制 电路..... 28	
1.6.2 实习操作: 安装和操作 接触器联锁的正反转控制 电路..... 29	
1.6.3 双重联锁的正反转控制 电路..... 31	
1.6.4 实习操作: 安装和操作双重 联锁的正反转控制电路..... 32	
1.7 位置控制和自动往返控制电路..... 32	
1.7.1 行程开关..... 33	
1.7.2 位置控制电路..... 34	
1.7.3 自动往返控制电路..... 35	
1.7.4 实习操作: 安装和操作 自动往返控制电路..... 37	
1.8 Y- Δ 形降压启动控制电路..... 38	
1.8.1 时间继电器..... 38	

1.8.2	Y- Δ 形降压启动控制电路	40	3.2.3	置位指令 S、复位指令 R	74
1.8.3	实习操作: 安装和操作 Y- Δ 形降压启动控制电路	41	3.2.4	实习操作: 电动机自锁 控制电路与程序	75
1.9	三相异步电动机的调速	43	3.3	边沿脉冲指令与正反转控制 程序	77
1.9.1	三相交流异步电动机的 调速方法	43	3.3.1	脉冲上升沿、下降沿指令 EU、ED	77
1.9.2	双绕组变极调速	43	3.3.2	实习操作: 电动机正反转 控制电路与程序	78
1.9.3	双 Y 形绕组变极调速	44	3.4	块指令、多地控制和点动 自锁混合控制程序	80
1.10	机床电气控制电路	45	3.4.1	电路块指令 ALD、OLD	80
本章小结		46	3.4.2	PLC 多地控制	83
练习题		47	3.4.3	实习操作: 点动自锁混合 控制电路与程序	83
第 2 章	PLC 基础知识	51	3.5	定时器指令与延时控制程序	85
2.1	PLC 控制系统的构成与特点	51	3.5.1	定时器指令 TON、 TOF、TONR	85
2.2	PLC 的产生与定义	52	3.5.2	特殊存储器 SM 与脉冲 产生程序	88
2.3	PLC 的应用、分类及程序语言	53	3.5.3	实习操作: 3 台电动机 顺序启动控制电路与程序	89
2.4	PLC 的结构	54	3.6	计数器指令与计数控制程序	91
2.5	PLC 的循环扫描工作方式	56	3.6.1	增计数器指令 CTU	92
2.6	S7-200 的主要指标及接线 端口	57	3.6.2	减计数器指令 CTD	93
2.6.1	S7-200 的结构及主要指标	57	3.6.3	增减计数器指令 CTUD	93
2.6.2	CPU224 型 PLC 的外部 端子图	59	3.6.4	实习操作: 单按钮启动/ 停止控制程序	94
本章小结		60	3.7	堆栈指令与 Y- Δ 形启动 控制程序	95
练习题		60	3.7.1	进栈指令 LPS、读栈指令 LRD、出栈指令 LPP	95
第 3 章	基本指令的应用	61	3.7.2	实习操作: 电动机 Y- Δ 形 降压启动控制电路与程序	98
3.1	编程与仿真	61	本章小结		100
3.1.1	LD、LDN、= 指令及其 应用	61	练习题		101
3.1.2	电动机点动控制电路与 程序	62	第 4 章	顺序控制指令的应用	103
3.1.3	S7-200 的连接与编程 软件的设置	62	4.1	单流程控制	103
3.1.4	编写、下载、运行和监控 点动控制程序	66	4.1.1	顺序控制指令 LSCR、	
3.1.5	仿真运行点动控制程序	69			
3.2	串联、并联指令, 置位、复位 指令与自锁控制程序	73			
3.2.1	触点串联指令 A、AN	73			
3.2.2	触点并联指令 O、ON	74			

SCRT、SCRE	103	5.6.2 逻辑“或”指令 WOR	131
4.1.2 电动机 Y - Δ 形降压启动 控制电路与程序	104	5.6.3 逻辑“取反”指令 INV	132
4.1.3 实习操作: 电动机 Y - Δ 形 降压启动控制	107	5.7 子程序调用指令及其应用	133
4.2 并行流程与选择流程的控制 ..	107	5.7.1 子程序指令 CALL、 CRET	134
4.2.1 电动机 3 速控制电路与 程序	107	5.7.2 实习操作: 子程序调用 举例	134
4.2.2 实习操作: 电动机 3 速 控制	109	5.8 循环指令及其应用	136
本章小结	110	5.8.1 循环指令 FOR、NEXT	136
练习题	110	5.8.2 循环指令的举例	137
第 5 章 功能指令的应用	111	5.9 比较指令及其应用	138
5.1 输入/输出继电器的表示格式 ..	111	5.9.1 比较指令	138
5.1.1 输入继电器的表示格式	111	5.9.2 实习操作: 传送带的 PLC 控制程序	140
5.1.2 输出继电器的表示格式	112	5.10 数码显示及其应用	142
5.2 数据传送指令及应用	113	5.10.1 七段数码显示	142
5.2.1 数据传送指令 MOV	113	5.10.2 七段编码指令 SEG	144
5.2.2 数据传送指令应用举例	114	5.10.3 BCD 码转换指令 IBCD	145
5.2.3 实习操作: 电动机 Y - Δ 形启动控制电路与程序	115	5.10.4 多位数码显示	147
5.3 跳转指令及应用	117	5.10.5 实习操作: 停车场数码 显示应用程序	147
5.3.1 跳转指令 JMP、标号 指令 LBL	118	5.11 模拟电位器、拨码开关及其 应用	150
5.3.2 实习操作: 手动/自动控制 选择程序	118	5.11.1 累加器 (AC) 与模拟 电位器的应用	150
5.4 数据类型与算术运算指令	120	5.11.2 拨码开关与 BCDI 指令 ..	152
5.4.1 数据类型	121	本章小结	153
5.4.2 加法指令 ADD	121	练习题	153
5.4.3 减法指令 SUB	123	第 6 章 中断与高速计数器	156
5.4.4 乘法指令 MUL	124	6.1 中断指令及其应用	156
5.4.5 除法指令 DIV	125	6.1.1 中断指令	156
5.5 增 1/减 1 指令 INC/DEC 及其 应用	127	6.1.2 中断事件	157
5.5.1 增 1/减 1 指令 INC/DEC ..	127	6.1.3 I/O 中断的应用	158
5.5.2 实习操作: 单按钮的功率 控制程序	128	6.1.4 定时中断的应用	159
5.6 逻辑运算指令及其应用	130	6.2 高速计数器及其应用	160
5.6.1 逻辑“与”指令 WAND	130	6.2.1 高速计数器指令与模式	160
		6.2.2 高速计数器的应用	162
		6.2.3 实习操作: 用高速计数器 指令向导编程	166

本章小结	167
练习题	167
第 7 章 变频器的使用	169
7.1 变频器概述	169
7.1.1 变频器的用途和构造	169
7.1.2 变频器电路配线与注意 事项	171
7.1.3 变频器日常维护	172
7.2 变频器输出频率	173
7.2.1 变频器输出频率的含义	173
7.2.2 设置或修改变频器输出 频率的方法	174
7.3 通用变频器 FR-E500 的使用	174
7.3.1 变频器的配线图与端子板	175
7.3.2 变频器操作面板与参数 设定	177
7.3.3 实习操作: 变频器面板 操作模式	178
7.3.4 实习操作: 变频器外部 操作模式	179
7.3.5 实习操作: 变频器组合 操作模式	180
7.3.6 实习操作: 继电器控制的 变频器调速电路	180
7.4 PLC 与变频器综合应用	182
7.4.1 控制要求与电路	182
7.4.2 变频器多段速设置	183
7.4.3 PLC 控制程序	185
7.4.4 实习操作: 模拟 PLC 控制的 变频器多段调速电路	187
本章小结	187
练习题	188
第 8 章 触摸屏的使用	189
8.1 触摸屏概述	189
8.2 组态软件的使用	190
8.2.1 组态软件的安装	190
8.2.2 创建一个新项目文件	191
8.2.3 添加变量	192
8.2.4 添加文字标签	193

8.2.5 添加弹出按钮	194
8.2.6 离线模拟	196
8.2.7 将项目文件下载到 触摸屏	196
8.2.8 PLC 控制程序的传送与 操作	197
8.3 用“人机界面”进行实时 控制	197
8.3.1 控制要求与“人机界面”	197
8.3.2 添加输入控件	198
8.3.3 添加输出控件	199
8.3.4 全部变量属性	200
8.3.5 PLC 控制程序	200
8.3.6 实习操作: 用“人机界面” 进行实时控制	201
8.4 HMI 多画面和消息视图的 应用	202
8.4.1 控制要求与“人机界面”	202
8.4.2 添加新画面	203
8.4.3 添加翻页按钮	203
8.4.4 添加消息视图与修改按钮 属性	204
8.4.5 添加变量	205
8.4.6 实习操作: 显示运行 消息的自锁控制	206
本章小结	207
练习题	207
第 9 章 模拟量扩展模块与 PID 控制	208
9.1 模拟量扩展模块概述	208
9.1.1 模拟量扩展模块的种类和 连接	208
9.1.2 模拟量输出模块的地址和 技术规范	209
9.1.3 模拟量输入模块的地址和 技术规范	209
9.2 模拟量输出模块的使用与 仿真	210
9.2.1 模拟量输出模块的数据字	

格式和使用注意事项	210
9.2.2 模拟量输出模块 EM232 的 使用与仿真	211
9.3 模拟量输入模块的使用与 仿真	213
9.3.1 模拟量输入模块的数据字 格式和使用注意事项	213
9.3.2 模拟量输入模块 EM231 的 使用与仿真	214
9.4 模拟量混合模块 EM235 的 使用	217
9.4.1 模拟量混合模块 EM235	217
9.4.2 触摸屏与 EM235 (EM232) 控制的变频调速	219
* 9.5 PID 控制	221
9.5.1 PID 控制概述与 PID 指令	221
9.5.2 应用 PID 指令编写水箱 水位控制程序	223
9.5.3 应用 PID 指令向导编写 水箱水位控制程序	226
9.5.4 应用 PID 自整定功能模拟 调试水箱水位控制程序	230
阅读材料	233
本章小结	234
练习题	234
*第 10 章 PLC、触摸屏和变频器	

综合应用	236
10.1 JWF1124 型清棉机	236
10.1.1 清棉机的作用和结构	236
10.1.2 清棉机的电气特点	237
10.2 电路组成	237
10.2.1 主电路	237
10.2.2 PLC 控制电路	239
10.3 触摸屏界面	241
10.4 PLC 程序	242
10.4.1 调试程序	245
10.4.2 打手转速的计数与 显示程序	246
10.4.3 打手防轧程序	246
10.4.4 故障控制字、故障 显示与保护程序	247
10.4.5 开机操作	247
阅读材料	247
本章小结	248
练习题	249
附录 1 常用电气图形符号与文字 符号	250
附录 2 三菱通用变频器 FR-E500 参数表	253
附录 3 S7-200 系列 PLC	258
参考文献	273

第1章

电气控制电路

工业生产中的大多数机械设备都是通过电动机进行拖动的,要使电动机按照生产工艺要求正常地运转,就要组成具备相应控制功能的电路。这些电路无论简单或复杂,一般都是由点动控制、自锁控制、正反转控制、Y- Δ 形(星形/三角形)降压启动控制等基本电气控制电路组合而成。

1.1

三相交流异步电动机

1.1.1 三相交流异步电动机的结构

三相交流异步电动机的构件分解如图 1-1 所示。

三相交流异步电动机主要由定子(固定部分)和转子(旋转部分)2大部分构成。

1. 定子

定子由机座、定子铁芯和三相定子绕组等组成。机座通常采用铸铁或钢板制成,起到固定定子铁芯、利用两个端盖支撑转子、保护整台电动机的电磁部分和散热的作用。定子铁芯由0.35~0.5mm厚的硅钢片叠压而成,片与片之间涂有绝缘漆以减少涡流损耗,定子铁芯构成电动机的磁路部分。硅钢片内圆上冲有均匀分布的槽,用于对称放置三相定子绕组。机座与定子铁芯如图 1-2 所示。

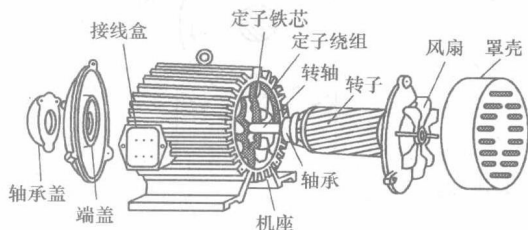


图 1-1 三相交流异步电动机的构件分解图

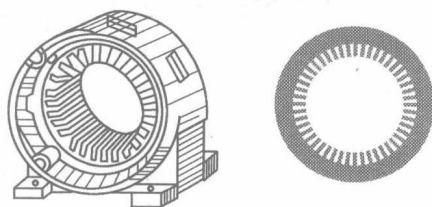


图 1-2 三相交流异步电动机的机座与定子铁芯

三相定子绕组通常采用高强度的漆包线绕制而成, U相、V相和W相引出的6根出线端接在电动机外壳的接线盒里, 其中U1、V1、W1为三相绕组的首端, U2、V2、W2为三相绕组的末端。三相定子绕组根据电源电压和绕组的额定电压值连接成Y形(星形)或 Δ 形(三角形), 三相绕组的首端接三相交流电源, 如图1-3所示。

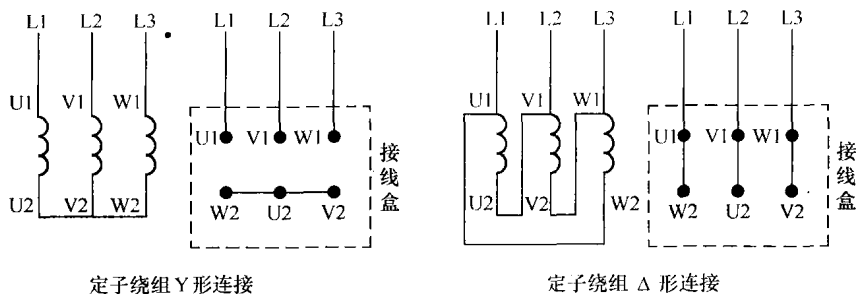


图 1-3 三相交流异步电动机的定子绕组连接方式

2. 转子

三相交流异步电动机的转子由转轴、转子铁芯和转子绕组等组成。转轴用来支撑转子旋转, 保证定子与转子间均匀的空气隙。转子铁芯也是由硅钢片叠成, 硅钢片的外圆上冲有均匀分布的槽, 用来嵌入转子绕组, 转子铁芯与定子铁芯构成闭合磁路。转子绕组由铜条或熔铝浇铸而成, 形似鼠笼, 故称为鼠笼型转子, 如图1-4所示。

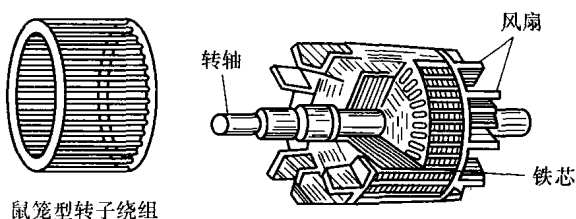


图 1-4 三相交流异步电动机的鼠笼型转子绕组

1.1.2 三相交流异步电动机的转动原理

1. 鼠笼型转子随旋转磁极而转动的实验

为了说明三相交流异步电动机的转动原理, 先来做一个如图1-5所示的实验。

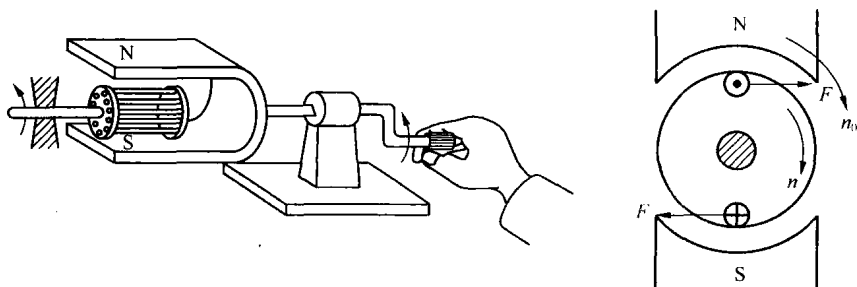


图 1-5 鼠笼型转子随旋转磁极而转动的实验

在实验中, 鼠笼型转子与手动的旋转磁铁始终同向旋转。这是因为, 当磁铁旋转时, 转子

导体做切割磁力线的相对运动,在闭合的转子导体中产生了感应电动势和感生电流,感生电流的方向可用右手定则判别。通有感生电流的转子导体受到电磁力的作用,电磁力 F 的方向可用左手定则来判别。于是,转子在电磁力产生的电磁转矩作用下转动,由图 1-5 可判断出转子转动的方向与磁极旋转的方向相同。

2. 旋转磁场的产生

当三相定子绕组接三相交流电源后,绕组内便通入三相对称交流电流 i_u 、 i_v 、 i_w ,三相交流电流在转子空间产生的磁场如图 1-6 所示。

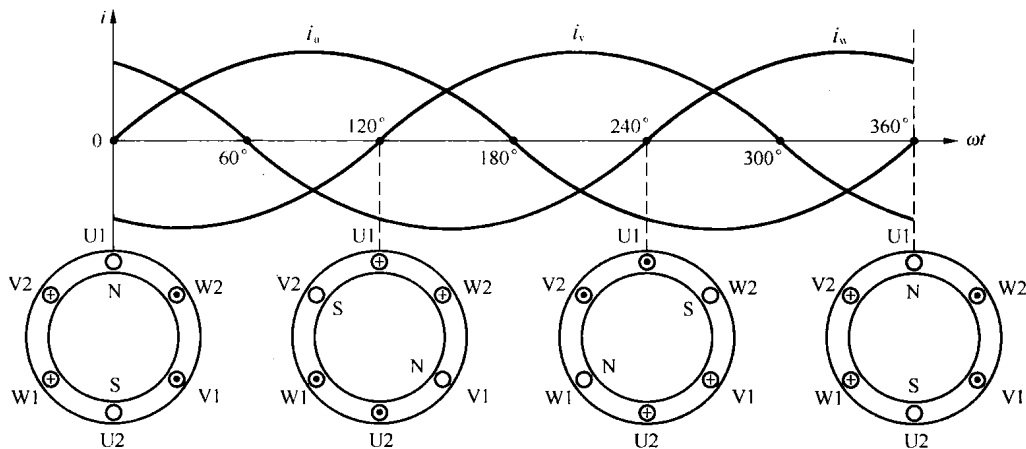


图 1-6 转子空间旋转磁场的变化

由图 1-6 可以看出,三相绕组在空间位置上互差 120° ,三相交流电流在转子空间产生的旋转磁场具有 1 对磁极(N 极、S 极各 1 个)。当电流从 $\omega t = 0^\circ$ 变化到 $\omega t = 120^\circ$ 时,磁场在空间也旋转了 120° 。即三相交流电流产生的合成磁场是随电流的变化在转子空间不断地旋转,这就是旋转磁场的产生原理。

三相交流电流变化一个周期,2 极(1 对磁极)旋转磁场旋转 360° ,即正好旋转 1 圈。若电源的频率为 f_1 ,旋转磁场每分钟将旋转 $n_s = 60 f_1 = 60 \times 50 = 3\,000 \text{ r/min}$ 。当旋转磁场具有 4 极即 2 对磁极时,其转速仅为 1 对磁极时的一半,即 $n_s = 60 f_1 / 2 = 60 \times 50 / 2 = 1\,500 \text{ r/min}$ 。所以,旋转磁场的转速与电源频率和旋转磁场的磁极对数有关。当磁场具有 P 对磁极时,旋转磁场的转速为

$$n_s = \frac{60 f_1}{P}$$

式中: n_s —— 旋转磁场的转速 (r/min);

f_1 —— 交流电源的频率 (Hz);

P —— 电动机定子绕组的磁极对数。

设电源频率为 50 Hz,电动机磁极个数与旋转磁场的转速关系见表 1-1。

表 1-1

磁极个数与旋转磁场转速的关系

磁极 (个)	2 极	4 极	6 极	8 极	10 极	12 极
n_s (r/min)	3 000	1 500	1 000	750	600	500