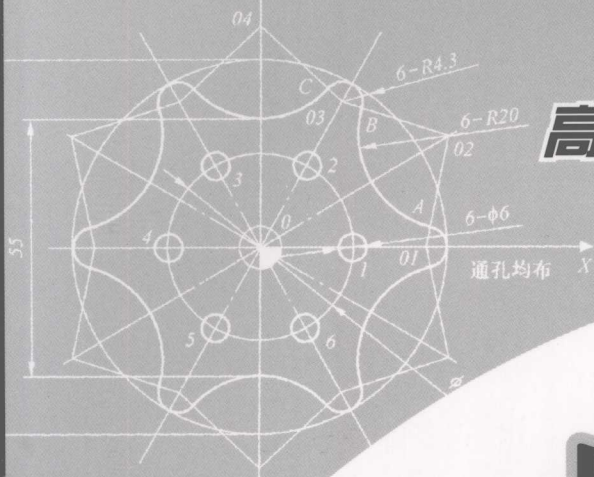
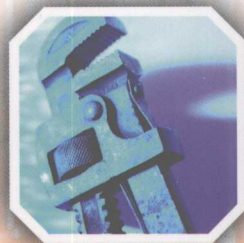
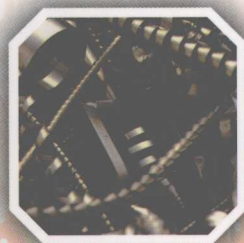


高职高专机电类规划教材



电气控制 与PLC应用

■ 张伟林 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图件合编目 (CIP) 编录

申产控器 PLC 应用 \ 米伟林 主编 . 北京 : 人民邮电出版社 , 2007.9

高职高专机电类规划教材

申 . I II III ① 申产控器一高等学对林
② 器控器器一高等学对林
③ 器控器器一高等学对林

电气控制与 PLC 应用

内 容 要 点

本教材内容分两部分，第一部分为电气控制，第二部分为 PLC 应用。全书共分 10 章，第一章至第四章为电气控制，第五章至第十章为 PLC 应用。本书可作为高职高专院校机电类专业及相关专业的教材，也可供从事该工作的工程技术人员参考。

主 编 张 伟 林

高 职 高 专 机 电 类 规 划 教 材
申 产 控 器 PLC 应 用

◆ 主 编 米 伟 林
任 编 文 雁 雁

◆ 人 民 邮 电 出 版 社 出 版
社 址 北 京 市 文 华 门 外 德 胜 门 外 大街 22 号
电 话 010-67114000
网 址 http://www.ptpress.com.cn

◆ 开 本 787×1092 1/16
印 张 14.5

2007 年 9 月 第 1 版

人 民 邮 电 出 版 社

北 京 7-112-16216-8-T11

定 价 : 21.00 元

邮 政 发 行 函 购 电 话 : (010) 67114082 印 装 量 函 购 电 话 : (010) 67152523

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 PLC 应用 / 张伟林主编. —北京: 人民邮电出版社, 2007.9
高职高专机电类规划教材
ISBN 978-7-115-16216-8

I. 电... II. 张... III. ①电气控制—高等学校: 技术学校—教材
②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 083635 号

内 容 提 要

本书内容包括电气控制线路、变频器与可编程序控制器应用三大部分。全书共分 6 章, 分别是: 电动机与电气控制线路、变频器的使用、PLC 基本指令的应用、PLC 步进指令的应用、PLC 功能指令的应用、PLC 与变频器综合应用。

本书着重讲解电气控制线路、变频器与可编程序控制器在实际生产中的基本应用知识和基本操作技能, 在讲述过程中力求表述简明、举例恰当、实用性强。

本书可作为高职高专、高级技校、技师学院机电类、电气类专业的教材, 也可供从事机电类工作的工程技术人员参考使用。

高职高专机电类规划教材 电气控制与 PLC 应用

-
- ◆ 主 编 张伟林
责任编辑 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>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.25
字数: 337 千字 2007 年 9 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2007 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16216-8/TN

定价: 21.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

高职高专机电类规划教材

编审委员会

主任：郭建尊

副主任：赵小平 孙小撈 马国亮

委员：(以姓氏拼音为序)

陈建环 陈桂芳 陈 静 程东风 毕建平 杜可可

巩运强 霍苏萍 郝 屏 黄健龙 孔云龙 李大成

李俊松 娄 琳 李新德 李秀忠 李银玉 李 英

李龙根 马春峰 宁玉伟 瞿彩萍 施振金 申辉阳

申晓龙 田光辉 童桂英 王 浩 王宇平 王金花

解金榜 于保敏 杨 伟 张伟林 赵晓东 张景耀

张月楼 周 兰 章志芳 曾和兰 张 薇

丛 书 前 言

目前, 高职高专教育已成为我国普通高等教育的重要组成部分。“十一五”期间, 国家将投资 20 亿元建设 100 所示范性高等职业院校, 如此大规模的建设计划在我国职业教育发展历史上还是第一次, 这充分表明国家正在深化高职高专教育的深层次的重大改革, 加大力度推动生产、服务第一线真正需要的应用型人才的培养。

为适应当前我国高职高专教育如火如荼的发展形势, 配合高职高专院校的教学和教材改革, 进一步提高我国高职高专教育质量, 人民邮电出版社在相关教育、行政主管部门的大力支持下, 组织专家、高职高专院校的骨干教师及相关行业的工程师, 共同策划编写了一套符合当前职业教育改革精神的高质量实用型教材——“高职高专机电类规划教材”。

本系列教材充分体现了高职高专教育的特点, 突出了理论和实践的紧密结合。本着“易学, 易用”的编写原则, 强调学生创造能力、创新精神和解决实际问题能力的培养, 使学生在 2~3 年的时间内充分掌握基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材按照如下的原则组织、策划和编写, 以尽可能地适应当今高职高专教育领域教学改革和教材建设的新需求和新特点。

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当, 够用为度, 降低难度。对概念和基本理论, 尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细, 可操作性强。使学生很容易达到对基本技能的掌握。
3. 内容紧随新技术发展, 将新技术、新工艺、新设备、新材料引进教材。
4. 尽可能多地采用实物图和原理图结合, 便于学生将书本知识与生产实践紧密联系起来。
5. 每本书配备全面的教学服务内容, 包括电子教案, 习题答案等。

本系列教材第一批共有 22 本, 涵盖了高职高专机电类各专业的专业基础课和数控、模具、CAD/CAM 专业的大部分专业课, 将在 2007 年年底出版。

为方便高职高专老师授课和学生学习, 本系列教材将提供完善的教学服务体系, 包括多媒体教学课件或电子教案、习题答案等教学辅助资料, 欢迎访问人民邮电出版社网站: <http://www.ptpress.com.cn/download/>, 进行资料下载。

我们期望, 通过本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业技术教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业技术教育日臻成熟和完善。同时欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来, 如对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教材出版分社联系, 联系方式: 010-67145004, panxinwen@ptpress.com.cn。

“高职高专机电类规划教材”丛书编委会

2007.5

编者的话

随着计算机技术的迅速发展,以可编程序控制器(PLC)控制、变频器调速为主体的新型电气控制系统已逐渐取代传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。为了适应现代企业对高级机电技术人员既有较新知识、又有较强能力的要求,我们编写了适合高等职业技术院校机电类及相关专业使用的《电气控制与 PLC 应用》一书。

本书具有以下特点。

1. 内容覆盖面大。书中内容包括交流电动机、电气控制、变频器和 PLC 应用技术,适合具有一定电工、电子基础知识的读者。

2. 着重于基础知识和应用技能。本书把基本电气控制电路、变频器的参数设置与 PLC 基本功能程序的学习与操作作为重点,实用性较强。

3. 遵循“在动手中学习”的方法。本书是理论与实习一体化的教材,所有电路、指令和程序都有相应的实习操作内容。经过编程→上机验证→修改→通过的实践过程,读者能较快掌握电气控制、变频器与 PLC 应用技术。

4. 内容新颖。书中介绍各类电器、变频器和 PLC 均是目前国内常用的较新型号。

本书共分 6 章,分别是:电动机与电气控制线路、变频器的使用、PLC 基本指令的应用、PLC 步进指令的应用、PLC 功能指令的应用、PLC 与变频器综合应用。

本书第 1 章由赵建群编写,第 3 章由仵征编写,第 4 章由李晓波编写,第 2、5、6 章及附录由张伟林编写。全书由张伟林任主编,由王金花任主审。编写过程中得到了陈惠群、荣维良、张智勇的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在错误与不足之处,诚恳希望读者批评指正,以便在适当时候修订完善。编者信箱:ZWLCN@126.COM。

编者
2007 年 4 月

目 录

02	.....	2.2.1	1
80	.....	2.2.1	1
85	.....	2.2.1	1
92	.....	2.2.1	1
93	.....	2.2.1	1
96	.....	2.2.1	1
97	.....	2.2.1	1
98	.....	2.2.1	1
99	.....	2.2.1	1
100	.....	2.2.1	1
101	.....	2.2.1	1
102	.....	2.2.1	1
103	.....	2.2.1	1
104	.....	2.2.1	1
105	.....	2.2.1	1
106	.....	2.2.1	1
107	.....	2.2.1	1
108	.....	2.2.1	1
109	.....	2.2.1	1
110	.....	2.2.1	1
111	.....	2.2.1	1
112	.....	2.2.1	1
113	.....	2.2.1	1
114	.....	2.2.1	1
115	.....	2.2.1	1
116	.....	2.2.1	1
117	.....	2.2.1	1
118	.....	2.2.1	1
119	.....	2.2.1	1
120	.....	2.2.1	1
121	.....	2.2.1	1
122	.....	2.2.1	1
123	.....	2.2.1	1
124	.....	2.2.1	1
125	.....	2.2.1	1
126	.....	2.2.1	1
127	.....	2.2.1	1
128	.....	2.2.1	1
129	.....	2.2.1	1
130	.....	2.2.1	1
131	.....	2.2.1	1
132	.....	2.2.1	1
133	.....	2.2.1	1
134	.....	2.2.1	1
135	.....	2.2.1	1
136	.....	2.2.1	1
137	.....	2.2.1	1
138	.....	2.2.1	1
139	.....	2.2.1	1
140	.....	2.2.1	1
141	.....	2.2.1	1
142	.....	2.2.1	1
143	.....	2.2.1	1
144	.....	2.2.1	1
145	.....	2.2.1	1
146	.....	2.2.1	1
147	.....	2.2.1	1
148	.....	2.2.1	1
149	.....	2.2.1	1
150	.....	2.2.1	1
151	.....	2.2.1	1
152	.....	2.2.1	1
153	.....	2.2.1	1
154	.....	2.2.1	1
155	.....	2.2.1	1
156	.....	2.2.1	1
157	.....	2.2.1	1
158	.....	2.2.1	1
159	.....	2.2.1	1
160	.....	2.2.1	1
161	.....	2.2.1	1
162	.....	2.2.1	1
163	.....	2.2.1	1
164	.....	2.2.1	1
165	.....	2.2.1	1
166	.....	2.2.1	1
167	.....	2.2.1	1
168	.....	2.2.1	1
169	.....	2.2.1	1
170	.....	2.2.1	1
171	.....	2.2.1	1
172	.....	2.2.1	1
173	.....	2.2.1	1
174	.....	2.2.1	1
175	.....	2.2.1	1
176	.....	2.2.1	1
177	.....	2.2.1	1
178	.....	2.2.1	1
179	.....	2.2.1	1
180	.....	2.2.1	1
181	.....	2.2.1	1
182	.....	2.2.1	1
183	.....	2.2.1	1
184	.....	2.2.1	1
185	.....	2.2.1	1
186	.....	2.2.1	1
187	.....	2.2.1	1
188	.....	2.2.1	1
189	.....	2.2.1	1
190	.....	2.2.1	1
191	.....	2.2.1	1
192	.....	2.2.1	1
193	.....	2.2.1	1
194	.....	2.2.1	1
195	.....	2.2.1	1
196	.....	2.2.1	1
197	.....	2.2.1	1
198	.....	2.2.1	1
199	.....	2.2.1	1
200	.....	2.2.1	1

1.5.5	顺序控制线路	26
1.6	正反转控制线路	28
1.6.1	接触器联锁的正反转控制线路	28
1.6.2	实习操作: 安装和操作接触器联锁的正反转控制线路	29
1.6.3	双重联锁的正反转控制线路	30
1.6.4	实习操作: 安装和操作双重联锁的正反转控制线路	31
1.7	位置控制和自动往返控制线路	32
1.7.1	行程开关	33
1.7.2	位置控制线路	33
1.7.3	自动往返控制线路	35
1.7.4	实习操作: 安装和操作自动往返控制线路	36
1.8	Y- Δ 降压启动控制线路	37
1.8.1	时间继电器	37
1.8.2	Y- Δ 降压启动控制线路	39
1.8.3	实习操作: 安装和操作Y- Δ 降压启动控制线路	41
	本章小结	42
	练习题	42
第 2 章	变频器的使用	46
2.1	变频器概述	46
2.1.1	三相交流异步电动机的调速方法	46
2.1.2	变频器的用途和构造	47
2.1.3	变频器的工作原理	48
2.1.4	变频器电路配线与注意事项	50
2.2	变频器输出频率的设置或修改	51
2.2.1	设置或修改变频器输出频率的方法	51
2.2.2	变频器输出频率的含义	51
2.3	三菱通用变频器 FR-E500 系列的使用	53
2.3.1	变频器的配线图与端子板	53
2.3.2	变频器操作面板与参数设定	55
2.3.3	实习操作: 变频器面板操作模式	56
2.3.4	实习操作: 变频器外部操作模式	57
2.3.5	实习操作: 变频器组合操作模式	57
2.3.6	实习操作: 继电器控制的变频器调速线路	58
2.3.7	变频器的日常维护	60
	本章小结	60
	练习题	61
第 3 章	PLC 基本指令的应用	63

401	3.1 PLC 的基本知识与手持编程器的使用	63
	3.1.1 一个简单的 PLC 控制例子	64
901	3.1.2 PLC 的应用、分类及程序语言	66
901	3.1.3 PLC 控制系统的特点	67
901	3.1.4 PLC 的硬件结构	67
011	3.1.5 FX _{2N} 系列 PLC 基本单元的型号与端子排列	69
011	3.1.6 PLC 的循环扫描工作方式	70
011	3.2 点动控制程序与编程软件	71
111	3.2.1 输入继电器 X 和输出继电器 Y	71
511	3.2.2 LD、LDI、OUT、END 指令及其应用	72
811	3.2.3 应用 PLC 编程软件编写点动控制程序	73
411	3.3 串并指令、置位指令与自锁控制程序	77
211	3.3.1 接点串联指令 AND、ANI	77
211	3.3.2 接点并联指令 OR、ORI	78
911	3.3.3 辅助继电器 M	78
711	3.3.4 置位指令 SET、复位指令 RST	79
811	3.3.5 实习操作: 三相电动机自锁控制线路与程序	80
911	3.3.6 问题解答	81
051	3.4 脉冲指令与正反转控制程序	82
151	3.4.1 脉冲上升沿、下降沿“取”指令 LDP、LDF	82
451	3.4.2 实习操作: 三相电动机正反转控制线路与程序	83
451	3.5 块指令与点动自锁混合控制和多地控制程序	85
251	3.5.1 电路块操作指令 ANB、ORB	85
751	3.5.2 交替输出指令 ALT	88
	3.5.3 PLC 多地控制	89
751	3.5.4 实习操作: 点动自锁混合控制线路与程序	90
751	3.6 延时控制程序	91
951	3.6.1 定时器 T	91
951	3.6.2 脉冲产生程序	93
081	3.6.3 实习操作: 三台电动机顺序启动控制线路和程序	94
181	3.7 堆栈、主控指令与 Y-Δ 启动控制程序	95
881	3.7.1 进栈、读栈、出栈指令 MPS、MRD、MPP	96
881	3.7.2 主控、主控复位指令 MC、MCR	98
481	3.7.3 实习操作: 电动机 Y-Δ 降压启动控制线路与程序	99
281	3.8 计数控制程序	101
981	3.8.1 普通计数器 C	101
981	3.8.2 16 位增计数器 (C0 ~ C199)	101
781	3.8.3 32 位增减计数器 (C200 ~ C234)	103
881	本章小结	104

80	练习题	104
80	第 4 章 PLC 步进指令的应用	109
80	4.1 步进指令及步进程序的编程方法	109
80	4.1.1 三台电动机顺序启动控制线路	109
80	4.1.2 工序图	110
80	4.1.3 状态继电器 S	110
80	4.1.4 状态流程图	110
80	4.1.5 步进指令 STL、RET	111
80	4.1.6 步进梯形图和指令表程序	112
80	4.1.7 步进程序中的电动机过载保护	113
80	4.1.8 实习操作: 三台电动机顺序启动控制程序	114
80	4.2 步进指令的单流程控制举例	115
80	4.2.1 运料小车单流程控制	115
80	4.2.2 实习操作: 运料小车单流程控制程序	116
80	4.3 步进指令的选择结构流程控制	117
80	4.3.1 选择不同运行方式的运料小车	118
80	4.3.2 实习操作: 选择不同运行方式的运料小车控制程序	119
80	4.4 步进指令的并行结构流程控制	120
80	4.4.1 十字路口交通信号灯	121
80	4.4.2 实习操作: 交通信号灯控制程序	124
80	本章小结	124
80	练习题	125
80	第 5 章 PLC 功能指令的应用	127
80	5.1 用数据传送指令实现电动机的 Y- Δ 降压启动控制	127
80	5.1.1 位元件与字元件	127
80	5.1.2 数据传送指令 MOV	129
80	5.1.3 数据传送指令应用举例	129
80	5.1.4 区间复位指令 ZRST	130
80	5.1.5 实习操作: 电动机 Y- Δ 降压启动控制线路与程序	131
80	5.2 用跳转指令实现选择运行程序段	133
80	5.2.1 条件跳转指令 CJ	133
80	5.2.2 条件跳转指令应用举例	134
80	5.2.3 实习操作: 电动机手动/自动选择控制程序	135
80	5.3 算术运算指令与单按钮的功率控制	136
80	5.3.1 加法指令 ADD	136
80	5.3.2 减法指令 SUB	137
80	5.3.3 乘法指令 MUL	138

5.3.4	除法指令 DIV	139
5.3.5	加 1 指令 INC	140
5.3.6	实习操作: 单按钮的功率控制程序	141
5.4	字逻辑运算指令及应用	142
5.4.1	逻辑字“与”指令 WAND	142
5.4.2	逻辑字“或”指令 WOR	143
5.4.3	逻辑字“异或”指令 WXOR	144
5.5	子程序调用指令及应用	145
5.5.1	子程序指令 CALL、SRET 与主程序结束指令 FEND	145
5.5.2	实习操作: 子程序调用举例	146
5.6	循环指令及应用	147
5.6.1	循环指令 FOR、NEXT	147
5.6.2	变址寄存器 V、Z	150
5.6.3	实习操作: 循环、变址和子程序调用举例	150
5.7	比较指令的应用与时钟控制程序	152
5.7.1	接点比较指令	152
5.7.2	组件比较指令 CMP	155
5.7.3	区间比较指令 ZCP	157
5.7.4	实习操作: 传送带的 PLC 控制程序	158
5.7.5	马路照明灯时钟控制程序	159
5.8	循环移位指令及应用	161
5.8.1	循环左移指令 ROL	162
5.8.2	循环右移指令 ROR	163
5.8.3	位左移指令 SFTL	165
5.8.4	位右移指令 SFTR	167
5.8.5	实习操作: 循环移位控制程序	168
5.9	数码显示及应用	169
5.9.1	七段数码显示	169
5.9.2	七段编码指令 SEGD	172
5.9.3	BCD 码指令 BCD	173
5.9.4	多位数码显示	175
5.9.5	实习操作: 数码显示应用程序	177
	本章小结	177
	练习题	177
第 6 章	PLC 与变频器综合应用	181
6.1	高速计数与变频器多段调速控制	181
6.1.1	高速计数器	181
6.1.2	高速计数与变频器多段调速程序的应用实例	185

6.1.3	实习操作: 计数与变频多段调速控制程序	189
6.2	电位器、拨码开关与变频器直流制动	190
6.2.1	内置电位器	190
6.2.2	模拟电位器板和电位器读取指令 VRRD、VRSC	191
6.2.3	拨码开关与 BIN 指令	191
6.2.4	变频器直流制动与定位停车	192
6.2.5	实习操作: 变频器直流制动与定位停车	195
	本章小结	196
	练习题	196
附录 1	常用电气图形符号与文字符号	198
附录 2	三菱通用变频器 FR-E500 参数表	201
附录 3	FX _{2N} 系列 PLC 性能规格表	205
附录 4	FX _{2N} 系列 PLC 基本指令与步进指令表	207
附录 5	FX _{2N} 系列 PLC 功能指令表	209
附录 6	三菱 PLC 手持编程器 FX-20P	213
参考文献		214

出看以可。图 2 所示为继电器电气控制系统 (a) 和 PLC 电气控制系统 (b) 的框图。图 2(a) 所示为继电器电气控制系统，其控制逻辑由继电器实现。图 2(b) 所示为 PLC 电气控制系统，其控制逻辑由 PLC 实现。图 2(a) 和图 2(b) 的框图如下所示。

绪 论

容内件本 三

：首容内要主，式式种新和突又型原作工，做种内系统备电由备电由用空由要任件本

- 1. 器电用已动电
- 2. 器电用空本基
- 3. 器电变
- 4. 器电用空编可

一、电气控制系统的组成

电气控制系统主要由控制电器、保护电器和拖动电动机等组成。如图 1 所示的某台纺纱设备的电气控制柜中，由断路器、熔断器、接触器、热继电器、可编程控制器 (PLC) 等电器构成了一个电气控制系统。

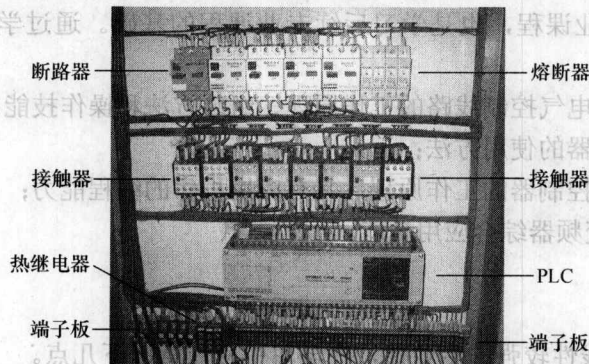


图 1 使用可编程控制器的电气控制柜

二、继电器电气控制系统与 PLC 电气控制系统的区别



(a) 继电器电气控制系统 (b) PLC 电气控制系统

图 2 电气控制系统框图

图 2 (a)、(b) 所示分别为继电器电气控制系统和 PLC 电气控制系统框图。可以看出，它们实现逻辑控制的方式不同，继电器控制逻辑由继电器硬件连线组成，PLC 控制逻辑由程序组成。PLC 利用程序中的“软继电器”取代传统的硬件继电器，使控制系统的硬件结构大大简化，具有使用方便、编程简单、控制功能强等优点。目前，在各个行业电气控制中广泛应用 PLC 电气控制设备。

三、本书内容

本书主要研究机电设备电气控制系统的构成、工作原理及实际操作方法，主要内容有：

1. 电动机与低压电器；
2. 基本电气控制线路；
3. 变频器；
4. 可编程序控制器；
5. 可编程序控制器与变频器的综合应用。

四、学习目标

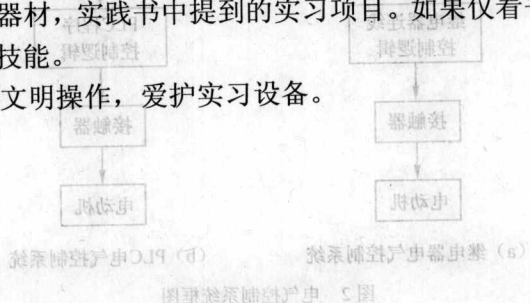
“电气控制与 PLC 应用”是高等职业技术学院机电专业及其相关专业的一门集理论与实习操作于一体的专业课程，也是学习后续专业课程的基础。通过学习，读者可以达到以下目标：

1. 掌握常用低压电气控制线路的工作原理、组装方法和操作技能；
2. 掌握通用变频器的使用方法；
3. 掌握可编程序控制器的工作原理，具有应用程序的编程能力；
4. 掌握 PLC 与变频器综合应用技能。

五、注意事项

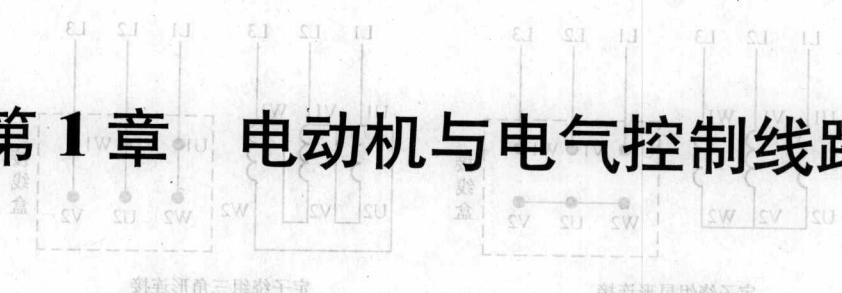
本课程是一门实践性较强的专业课，在学习时应注意以下几点。

1. 在“动手中学习”。学习变频器和 PLC 编程时，要先编写操作指令或程序，然后上机试操作。初期编写的指令和程序总会出现这样或那样的问题，达不到预期的控制目标。要根据实际偏差，分析产生问题的原因，修改指令或程序，再上机操作验证。在反复修改和操作的过程中理解指令和程序怎样正确地编写。
2. 提倡独立编程和操作。在编程中遇到困难时，一是要多看书中的例题；二是多查指令表（见附录）；三是勤思考。解决难点的过程，也是掌握指令、提高编程能力的过程。
3. 要有配套的实习器材，实践中提到的实习项目。如果仅看书不动手操作，难以较好地掌握变频器和 PLC 的技能。
4. 注意用电安全和文明操作，爱护实习设备。



电动机与电气控制线路

第 1 章 电动机与电气控制线路



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。这些电路无论复杂或简单，一般都是由点动控制、自锁控制、正反转控制、星/三角降压启动控制等基本控制线路组合而成。

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。

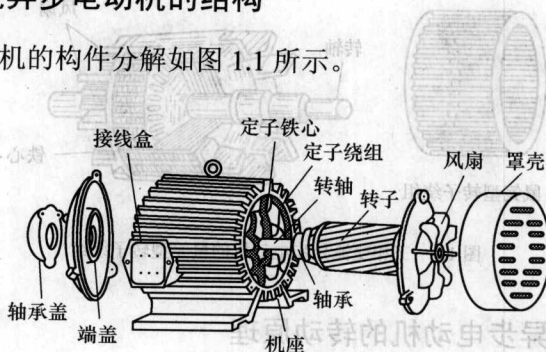


图 1.1 三相异步电动机的构件分解图

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）两大部分构成。

1. 定子

定子由机座、定子铁心和三相定子绕组等组成。

机座用铸铁或钢板制成，起固定构件和散热的作用。定子铁心由薄硅钢片叠压铆成，片与片之间绝缘以减少涡流，定子铁心构成磁路部分。硅钢片内圆上冲有均匀槽口，用于放置对称三相定子绕组。机座与铁心如图 1.2 所示。

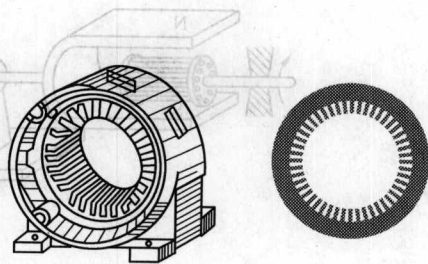


图 1.2 三相交流异步电动机的机座与定子铁心

三相定子绕组 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 为绕组的首端，U2、V2、W2 为末端。三相定子绕组根据电源电压和负载额定值连接成星形 (Y) 或三角形 (Δ)，每相绕组的首端连接三相交流电源，如图 1.3 所示。

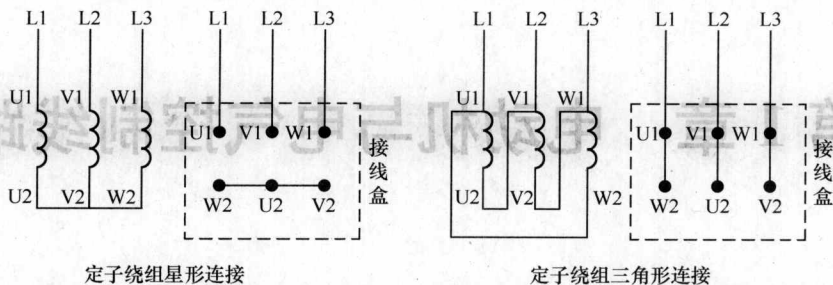


图 1.3 三相异步电动机的定子绕组连接方式

2. 转子

三相交流异步电动机的转子由转轴、转子铁心和转子绕组等组成。转轴用来支撑转子旋转，保证定子与转子间均匀的空气隙。转子铁心也是由硅钢片叠成，硅钢片外圆上冲有均匀槽口，用来嵌入转子绕组，转子铁心与定子铁心构成闭合磁路。转子绕组由熔铝浇铸而成，形似鼠笼，故称为鼠笼型转子，如图 1.4 所示。

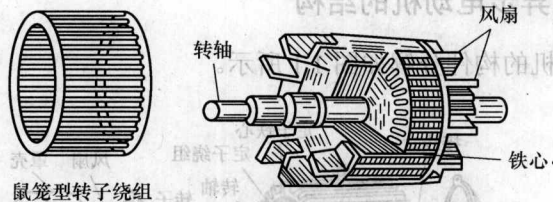


图 1.4 三相交流异步电动机的鼠笼型转子绕组

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。

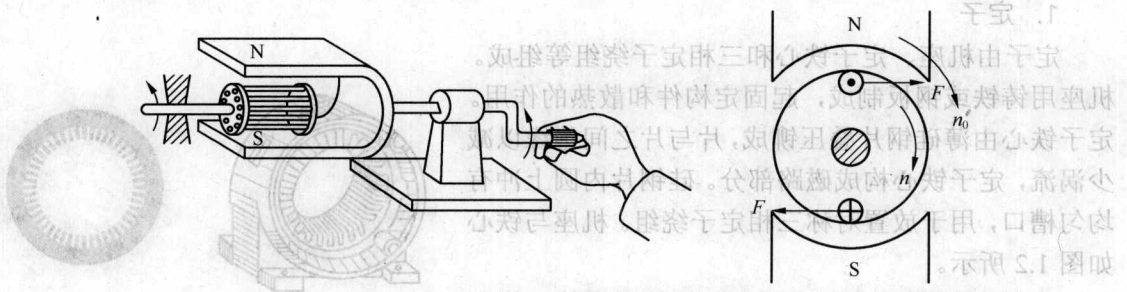


图 1.5 鼠笼型转子随旋转磁极而转动的实验

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，当磁极旋转时，转子导体切割磁极的磁力线，在闭合的转子导体中产生感生电动势和感生电流。感生电流的方向由右手定则判别。感生电流受到磁场力的作用，电磁力 F 的方向用左手定则来判别。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

当三相定子绕组连接三相交流电源后，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。

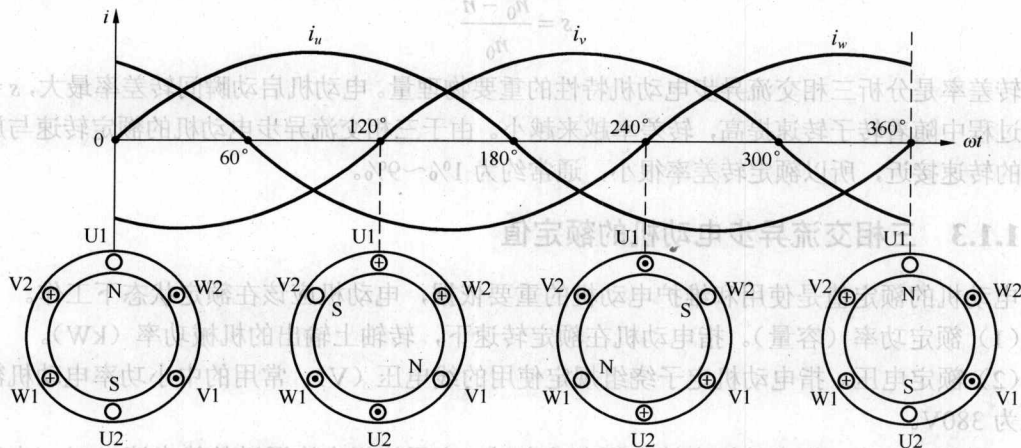


图 1.6 转子空间旋转磁场的变化

由图 1.6 可以看出，每相绕组的空间位置相差 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、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，两极旋转磁场旋转 360° 。所以，旋转磁场的转速与电源频率和旋转磁场的磁极数有关。当磁场具有 P 对磁极时，旋转磁场的转速为

$$n_0 = \frac{60f_1}{P}$$

式中： n_0 —旋转磁场转速（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如表 1.1 所示。

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_0 (r/min)	3000	1500	1000	750	600	500

电动机转子的转动方向与磁场旋转的方向相同，如果需要改变电动机的转动方向，必须改变旋转磁场的方向。旋转磁场的方向与流入定子绕组的三相交流电流的相序有关，因此，