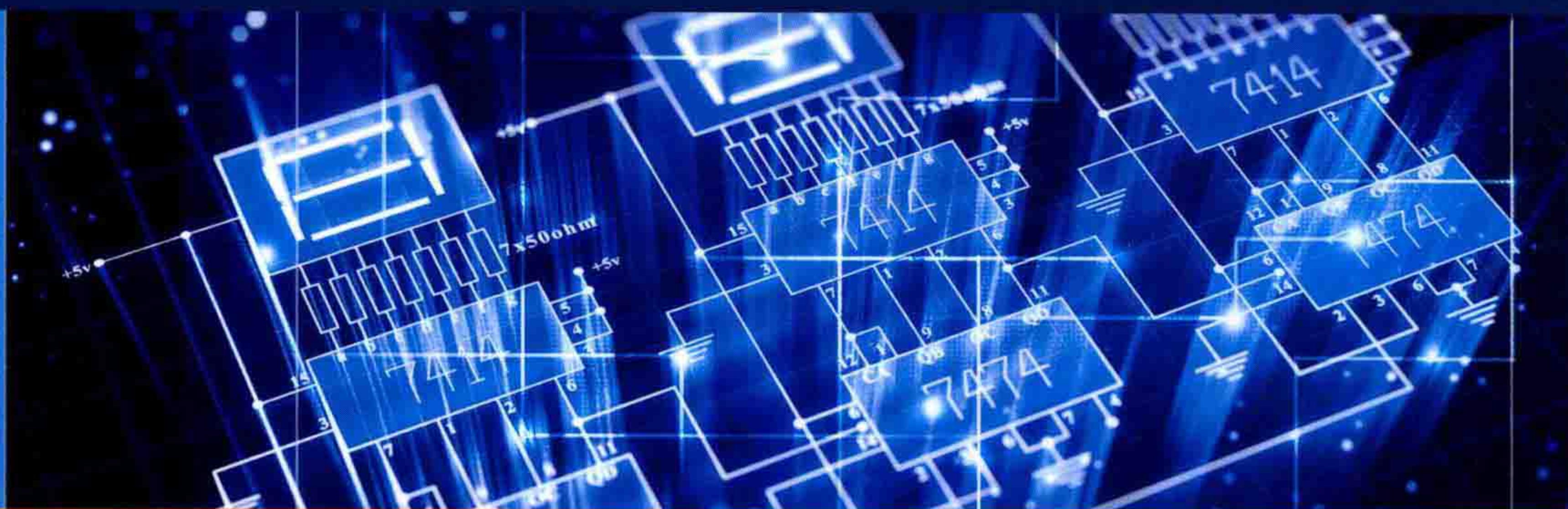


电气工程师 自学成才手册 (精通篇)

◎ 蔡杏山 主编



Electrical
Engineer



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电气工程师自学成才手册

(精通篇)

蔡杏山 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

《电气工程师自学成才手册》分为基础篇、提高篇、精通篇三册。本书为精通篇，主要包括 PLC 入门与实践操作，三菱 FX 系列 PLC 硬件接线和软元件说明，三菱 PLC 编程与仿真软件的使用，基本梯形图元件与指令的使用及实例，步进指令的使用及实例，应用指令的使用举例，模拟量模块的使用，PLC 通信，变频器的使用，变频器的典型控制功能及应用电路，变频器的选用、安装与维护，PLC 与变频器的综合应用，触摸屏与 PLC 的综合应用，交流伺服系统的组成与原理，三菱通用伺服驱动器的硬件系统，三菱伺服驱动器的显示操作与参数设置，伺服驱动器三种工作模式的应用举例与标准接线，步进电机与步进驱动器的使用及应用实例，三菱定位模块的使用等内容。

本书具有基础起点低、内容由浅入深、语言通俗易懂、结构安排符合学习认知规律的特点，适合作为电气工程师高级阶段的自学图书，也适合作为职业学校和社会培训机构高级层次的电工技术教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气工程师自学成才手册. 精通篇 / 蔡杏山主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.1
ISBN 978-7-121-33170-1

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电工技术—手册 IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 295746 号

责任编辑: 夏平飞

印刷: 北京京科印刷有限公司

装订: 北京京科印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 31 字数: 735 千字

版次: 2018 年 1 月第 1 版

印次: 2018 年 1 月第 1 次印刷

定价: 98.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254498。

前 言

随着科学技术的发展,社会各领域的电气化程度越来越高,这使得电气及相关行业需要越来越多的电工技术人才。对于一些对电工技术一无所知或略有一点基础的人来说,要想成为一名电气工程师或达到相同的技术程度,既可以在培训机构培训,也可以在职业学校系统学习,还可以自学成才,不管是哪种情况,都需要一些合适的学习图书,选择一些好图书,不但可以让学习者轻松迈入电工技术大门,而且能让学习者的技术水平迅速提高,快速成为电工技术领域的行家里手。

《电气工程师自学成才手册》是一套零基础起步、由浅入深、知识技能系统全面的电工技术学习图书,读者只要具有初中文化水平,通过系统阅读本套图书,就能很快达到电气工程师的技术水平。本套图书分为基础篇、提高篇、精通篇三册,其内容说明如下。

《电气工程师自学成才手册(基础篇)》主要包括电工基础知识,电工工具的使用与导线选用连接,电工电子测量仪表的使用,低压电器,电子元器件,变压器,电动机,三相异步电动机的常用控制电路,单相异步电动机及控制电路,直流电动机及控制电路,常用机床电气控制电路,变频器入门,PLC入门等内容。

《电气工程师自学成才手册(提高篇)》主要包括住宅配电线路的设计规划,常用电动工具的使用,暗装方式敷设电气线路,明装方式敷设电气线路,开关、插座的接线与安装,灯具、浴霸的接线与安装,弱电线路及门禁系统的接线与安装,电工识图基础,电工测量电路的识读,照明与动力配电线路的识读,供配电系统电气线路的识读,电子电路的识读,电力电子电路的识读,实用电工电子电路的识读,变频器的组成与主电路原理及检修,变频器的电源、驱动电路原理与检修,变频器的其他电路原理与检修等内容。

《电气工程师自学成才手册(精通篇)》主要包括PLC入门与实践操作,三菱FX系列PLC硬件接线和软元件说明,三菱PLC编程与仿真软件的使用,基本梯形图元件与指令的使用及实例,步进指令的使用及实例,应用指令的使用举例,模拟量模块的使用,PLC通信,变频器的使用,变频器的典型控制功能及应用电路,变频器的选用、安装与维护,PLC与变频器的综合应用,触摸屏与PLC的综合应用,交流伺服系统的组成与原理,三菱通用伺服驱动器的硬件系统,三菱伺服驱动器的显示操作与参数设置,伺服驱动器三种工作模式的应用举例与标准接线,步进电机与步进驱动器的使用及应用实例,三菱定位模块的使用等内容。

《电气工程师自学成才手册》主要有以下特点:

- ◆ 基础起点低。读者只需具有初中文化程度即可阅读本套图书。
- ◆ 语言通俗易懂。书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆ 内容解说详细。考虑到自学时一般无人指导，因此在编写过程中对书中的知识技能进行详细解说，让读者能轻松理解所学内容。
- ◆ 采用图文并茂的表现方式。书中大量采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。
- ◆ 内容安排符合认识规律。图书按照循序渐进、由浅入深的原则来确定各章节内容的先后顺序，读者只需从前往后阅读图书，便会水到渠成。
- ◆ 突出显示知识要点。为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。
- ◆ 网络免费辅导。读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天电学网：www.xxttee.com，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本套图书的新书信息。

本书在编写过程中得到了许多教师的支持，其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、朱球辉、蔡华山、蔡理峰、万四香、蔡理刚、何丽、梁云、唐颖、王娟、吴泽民、邓艳姣、何彬、何宗昌、蔡理忠、黄芳、谢佳宏、李清荣、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和部分章节的编写工作，在此一并表示感谢。由于我们水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编者

目 录

第 1 章 PLC 入门与实践操作	1
1.1 认识 PLC	1
1.1.1 什么是 PLC	1
1.1.2 PLC 控制与继电器控制比较	1
1.2 PLC 分类与特点	3
1.2.1 PLC 的分类	3
1.2.2 PLC 的特点	4
1.3 PLC 组成与工作原理	5
1.3.1 PLC 的组成方框图	5
1.3.2 PLC 各组成部分说明	5
1.3.3 PLC 的工作方式	8
1.3.4 用实例说明 PLC 程序的执行控制过程	9
1.4 用百元仿三菱 FX2N 型 PLC 学习实践操作	10
1.4.1 仿三菱 FX2N 型 PLC 硬件介绍	10
1.4.2 数据线驱动程序的安装	12
1.4.3 DC24V 电源适配器及 PLC 的电源接线	13
1.4.4 用编程软件编写程序并将程序写入 PLC	15
1.4.5 PLC 控制双灯先后点亮系统的线路图及工作原理	18
1.4.6 PLC 控制双灯先后点亮系统的实际接线	19
1.4.7 PLC 控制双灯先后点亮系统的通电试验	20
第 2 章 三菱 FX 系列 PLC 硬件接线和软元件说明	22
2.1 概述	22
2.1.1 三菱 FX 系列各类型 PLC 的特点	22
2.1.2 三菱 FX 系列 PLC 型号的命名方法	23
2.1.3 三菱 FX2N PLC 基本单元面板说明	23
2.2 三菱 FX PLC 的硬件接线	25
2.2.1 电源端子的接线	25
2.2.2 三菱 FX1S/FX1N/FX1NC/FX2N/FX2NC/FX3UC PLC 的输入端子接线	26

2.2.3	三菱 FX3U/FX3G PLC 的输入端子接线	28
2.2.4	无触点接近开关与 PLC 输入端子的接线	29
2.2.5	三菱 FX 系列 PLC 的输出端子接线	31
2.3	三菱 FX 系列 PLC 的软元件说明	33
2.3.1	输入继电器 (X) 和输出继电器 (Y)	33
2.3.2	辅助继电器 (M)	34
2.3.3	状态继电器 (S)	37
2.3.4	定时器 (T)	37
2.3.5	计数器 (C)	39
2.3.6	高速计数器	41
2.3.7	数据寄存器 (D)	44
2.3.8	变址寄存器 (V、Z)	45
2.3.9	常数 (K、H)	45
2.4	三菱 FX 系列 PLC 规格概要	46
2.4.1	三菱 FX1S/FX1N/FX1NC PLC 规格概要	46
2.4.2	三菱 FX2N/2NC PLC 规格概要	48
2.4.3	三菱 FX3U/3UC/3G PLC 规格概要	50
第 3 章	三菱 PLC 编程与仿真软件的使用	53
3.1	编程基础	53
3.1.1	编程语言	53
3.1.2	梯形图的编程规则与技巧	54
3.2	三菱 GX Developer 编程软件的使用	55
3.2.1	软件的安装	56
3.2.2	软件的启动与窗口及工具说明	58
3.2.3	创建新工程	61
3.2.4	编写梯形图程序	62
3.2.5	梯形图的编辑	65
3.2.6	查找与替换功能的使用	68
3.2.7	注释、声明和注解的添加与显示	70
3.2.8	读取并转换 FXGP/WIN 格式文件	72
3.2.9	PLC 与计算机的连接及程序的写入与读出	73
3.2.10	在线监视 PLC 程序的运行	76
3.3	三菱 GX Simulator 仿真软件的使用	77
3.3.1	安装 GX Simulator 仿真软件	78
3.3.2	仿真操作	79

3.3.3	软元件监视	80
3.3.4	时序图监视	81
3.4	三菱 FXGP/WIN-C 编程软件的使用	81
3.4.1	软件的安装和启动	82
3.4.2	程序的编写	82
3.4.3	程序的转换与写入 PLC	84
第 4 章	基本梯形图元件与指令的使用及实例	86
4.1	基本梯形图元件与指令说明	86
4.1.1	常开触点、常闭触点与线圈	86
4.1.2	触点的串联和并联	87
4.1.3	触点串联后并联与触点并联后串联	87
4.1.4	边沿检测触点	88
4.1.5	主控指令和主控复位指令	89
4.1.6	取反指令	90
4.1.7	结果边沿检测指令	91
4.1.8	置位指令与复位指令	92
4.1.9	脉冲微分输出指令	92
4.1.10	程序结束指令	93
4.2	PLC 基本控制线路与梯形图	94
4.2.1	启动、自锁和停止控制的 PLC 线路与梯形图	94
4.2.2	正反转连锁控制的 PLC 线路与梯形图	95
4.2.3	多地控制的 PLC 线路与梯形图	96
4.2.4	定时控制的 PLC 线路与梯形图	97
4.2.5	定时器与计数器组合延长定时控制的 PLC 线路与梯形图	99
4.2.6	多重输出控制的 PLC 线路与梯形图	100
4.2.7	过载报警控制的 PLC 线路与梯形图	101
4.2.8	闪烁控制的 PLC 线路与梯形图	102
4.3	喷泉的 PLC 控制系统开发实例	103
4.3.1	明确系统控制要求	103
4.3.2	确定输入/输出设备并为其分配合适的 I/O 端子	103
4.3.3	绘制喷泉的 PLC 控制线路图	103
4.3.4	编写 PLC 控制程序	104
4.3.5	详解硬件线路和梯形图的工作原理	105
4.4	交通信号灯的 PLC 控制系统开发实例	106
4.4.1	明确系统控制要求	106

4.4.2	确定输入/输出设备并为其分配合适的 PLC I/O 端子	106
4.4.3	绘制交通信号灯的 PLC 控制线路图	106
4.4.4	编写 PLC 控制程序	107
4.4.5	详解硬件线路和梯形图的工作原理	107
第 5 章	步进指令的使用及实例	109
5.1	状态转移图与步进指令	109
5.1.1	顺序控制与状态转移图	109
5.1.2	步进指令说明	110
5.1.3	步进指令在两种编程软件中的编写形式	111
5.1.4	状态转移图分支方式	112
5.1.5	用步进指令编程时的注意事项	113
5.2	液体混合装置的 PLC 控制系统开发实例	113
5.2.1	明确系统控制要求	113
5.2.2	确定输入/输出设备并分配合适的 I/O 端子	114
5.2.3	绘制 PLC 控制线路图	114
5.2.4	编写 PLC 控制程序	115
5.2.5	详解硬件线路和梯形图的工作原理	115
5.3	简易机械手的 PLC 控制系统开发实例	118
5.3.1	明确系统控制要求	118
5.3.2	确定输入/输出设备并分配合适的 I/O 端子	118
5.3.3	绘制 PLC 控制线路图	119
5.3.4	编写 PLC 控制程序	119
5.3.5	详解硬件线路和梯形图的工作原理	119
5.4	大小铁球分拣机的 PLC 控制系统开发实例	121
5.4.1	明确系统控制要求	121
5.4.2	确定输入/输出设备并分配合适的 I/O 端子	122
5.4.3	绘制 PLC 控制线路图	122
5.4.4	编写 PLC 控制程序	123
5.4.5	详解硬件线路和梯形图的工作原理	124
第 6 章	应用指令的使用举例	126
6.1	应用指令的格式与规则	126
6.1.1	应用指令的格式	126
6.1.2	应用指令的规则	127
6.2	应用指令的使用举例	129

6.2.1	程序流程指令	129
6.2.2	传送与比较指令	134
6.2.3	四则运算与逻辑运算指令	139
6.2.4	循环与移位指令	144
6.2.5	数据处理指令	151
6.2.6	高速处理指令	156
6.2.7	方便指令	164
6.2.8	外部 I/O 设备指令	173
6.2.9	外部串行设备 (SER) 指令	183
6.2.10	浮点数 (实数) 运算指令	193
6.2.11	高低位变换指令	195
6.2.12	时钟运算指令	195
6.2.13	格雷码变换指令	201
6.2.14	触点比较指令	202
第 7 章	模拟量模块的使用	205
7.1	模拟量输入模块 FX2N-4AD	205
7.1.1	外形	205
7.1.2	接线	206
7.1.3	性能指标	207
7.1.4	输入/输出曲线	207
7.1.5	增益和偏移说明	207
7.1.6	缓冲存储器 (BFM) 功能说明	208
7.1.7	实例程序	211
7.2	模拟量输出模块 FX2N-4DA	212
7.2.1	外形	213
7.2.2	接线	213
7.2.3	性能指标	213
7.2.4	输入/输出曲线	214
7.2.5	增益和偏移说明	214
7.2.6	缓冲存储器 (BFM) 功能说明	215
7.2.7	实例程序	217
7.3	温度模拟量输入模块 FX2N-4AD-PT	218
7.3.1	外形	218
7.3.2	PT100 型温度传感器与模块的接线	219
7.3.3	性能指标	220

7.3.4	输入/输出曲线	220
7.3.5	缓冲存储器（BFM）功能说明	220
7.3.6	实例程序	222
第 8 章	PLC 通信	223
8.1	通信基础知识	223
8.1.1	通信方式	223
8.1.2	通信传输介质	225
8.2	通信接口设备	226
8.2.1	FX2N-232-BD 通信板	227
8.2.2	FX2N-422-BD 通信板	229
8.2.3	FX2N-485-BD 通信板	230
8.3	PLC 通信	231
8.3.1	PLC 与打印机通信（无协议通信）	231
8.3.2	两台 PLC 通信（并联连接通信）	233
8.3.3	多台 PLC 通信（N:N 网络通信）	237
第 9 章	变频器的使用	244
9.1	外形与结构	244
9.1.1	外形与型号含义	244
9.1.2	结构	244
9.1.3	面板的拆卸	245
9.2	端子功能与接线	245
9.2.1	总接线图及端子功能说明	245
9.2.2	主回路接线	249
9.2.3	控制回路接线	251
9.2.4	PU 接口的连接	254
9.3	操作面板及其使用	255
9.3.1	操作面板介绍	256
9.3.2	操作面板的使用	257
9.4	操作运行	260
9.4.1	外部操作运行	260
9.4.2	PU 操作运行	261
9.4.3	组合操作运行	262
9.5	常用控制功能与参数设置	263
9.5.1	操作模式选择功能与参数	263

9.5.2	频率相关功能与参数	263
9.5.3	启动、加减速控制功能与参数	265
9.5.4	点动控制功能与参数	267
9.5.5	转矩提升功能与参数	267
9.5.6	制动控制功能与参数	267
9.5.7	瞬时停电再启动功能与参数	268
9.5.8	控制方式功能与参数	269
9.5.9	电子过流保护功能与参数 (Pr.9)	270
9.5.10	负载类型选择功能与参数	270
9.5.11	MRS 端子输入选择功能与参数	270
9.5.12	禁止写入和逆转防止功能与参数	271
9.6	三菱 FR-700 系列变频器介绍	271
9.6.1	三菱 FR-700 系列变频器的特点说明	271
9.6.2	三菱 A700、F700、E700 和 D700 系列变频器比较	272
9.6.3	三菱 FR-A700 系列变频器的接线图及端子功能说明	274
9.6.4	三菱 FR-500 与 FR-700 系列变频器的比较	278
第 10 章	变频器的典型控制功能及应用电路	280
10.1	电动机正转控制功能及电路	280
10.1.1	开关控制式正转控制电路	280
10.1.2	继电器控制式正转控制电路	281
10.2	电动机正反转控制功能及电路	282
10.2.1	开关控制式正反转控制电路	282
10.2.2	继电器控制式正反转控制电路	283
10.3	工频与变频切换功能及电路	284
10.3.1	变频器跳闸保护电路	284
10.3.2	工频与变频的切换电路	285
10.4	多挡转速控制功能及电路	287
10.4.1	多挡转速控制端子	287
10.4.2	多挡转速控制参数的设置	288
10.4.3	多挡转速控制电路	288
10.5	程序控制功能及应用	290
10.5.1	程序控制参数设置	290
10.5.2	程序运行控制端子	291
10.5.3	程序控制应用举例	291
10.6	PID 控制功能及应用	292

10.6.1	PID 控制原理	292
10.6.2	PID 控制参数设置	293
10.6.3	PID 控制应用举例	294
第 11 章	变频器的选用、安装与维护	296
11.1	变频器的种类	296
11.2	变频器的选用与容量计算	297
11.2.1	额定值	297
11.2.2	选用	297
11.2.3	容量计算	298
11.3	变频器外围设备的选用	301
11.3.1	主电路外围设备的接线	301
11.3.2	熔断器的选用	302
11.3.3	断路器的选用	302
11.3.4	交流接触器的选用	302
11.3.5	交流电抗器的选用	303
11.3.6	直流电抗器的选用	303
11.3.7	制动电阻	304
11.3.8	热继电器的选用	305
11.3.9	噪声滤波器	305
11.4	变频器的安装、调试与维护	305
11.4.1	安装与接线	305
11.4.2	调试	308
11.4.3	维护	310
11.4.4	常见故障及其原因	310
第 12 章	PLC 与变频器的综合应用	312
12.1	PLC 以开关量方式控制变频器的硬件连接与实例	312
12.1.1	PLC 以开关量方式控制变频器的硬件连接	312
12.1.2	PLC 以开关量方式控制变频器实例一——电动机正反转控制	313
12.1.3	PLC 以开关量方式控制变频器实例二——电动机多挡转速控制	315
12.2	PLC 以模拟量方式控制变频器的硬件连接与实例	319
12.2.1	PLC 以模拟量方式控制变频器的硬件连接	319
12.2.2	PLC 以模拟量方式控制变频器的实例——中央空调冷却水流量控制	319
12.3	PLC 以 RS-485 通信方式控制变频器的硬件连接与实例	325
12.3.1	变频器和 PLC 的 RS-485 通信口	325

12.3.2	变频器与 PLC 的 RS-485 通信连接	327
12.3.3	RS-485 通信电缆的制作	327
12.3.4	PLC (计算机) 与变频器的 RS-485 通信基础知识	328
12.3.5	PLC 以 RS-485 通信方式控制变频器正转、反转、加速、减速和停止的实例	334
第 13 章	触摸屏与 PLC 的综合应用	340
13.1	触摸屏结构与类型	340
13.1.1	基本组成	340
13.1.2	触摸屏种类与工作原理	340
13.1.3	常用类型触摸屏的性能比较	343
13.2	三菱触摸屏型号参数及硬件连接	344
13.2.1	参数规格	344
13.2.2	型号含义	344
13.2.3	触摸屏与 PLC、变频器等硬件设备的连接	345
13.3	三菱 GT Designer 触摸屏软件的使用	346
13.3.1	软件的安装与窗口介绍	346
13.3.2	软件的使用	351
13.3.3	画面数据的上传与下载	354
13.4	用触摸屏操作 PLC 实现电动机正反转控制的开发实例	356
13.4.1	根据控制要求确定需要为触摸屏制作的画面	356
13.4.2	用 GT Designer 软件制作各个画面并设置画面切换方式	356
13.4.3	连接计算机与触摸屏并下载画面数据	364
13.4.4	用 PLC 编程软件编写电动机正反转控制程序	364
13.4.5	触摸屏、PLC 和电动机控制线路的硬件连接和触摸操作测试	365
第 14 章	交流伺服系统的组成与原理	366
14.1	交流伺服系统的组成方框图及说明	366
14.1.1	工作在位置控制模式时的系统组成及说明	366
14.1.2	工作在速度控制模式时的系统组成及说明	366
14.1.3	工作在转矩控制模式时的系统组成及说明	367
14.2	伺服电机与编码器	367
14.2.1	伺服电机	367
14.2.2	编码器	369
14.3	伺服驱动器的结构与原理	371
14.3.1	伺服驱动器的内部结构及说明	372
14.3.2	伺服驱动器的主电路	373

第 15 章 三菱通用伺服驱动器的硬件系统	379
15.1 面板、型号说明与规格.....	379
15.1.1 面板介绍.....	379
15.1.2 型号说明.....	380
15.1.3 规格.....	380
15.2 伺服驱动器与辅助设备的总接线.....	381
15.2.1 100A 以下的伺服驱动器与辅助设备的总接线.....	381
15.2.2 100A 以上的伺服驱动器与辅助设备的总接线.....	382
15.3 伺服驱动器的接头引脚功能及内部接口电路.....	382
15.3.1 接头引脚的排列规律.....	382
15.3.2 接头引脚的功能及内部接口电路.....	382
15.4 伺服驱动器的接线.....	384
15.4.1 数字量输入引脚的接线.....	384
15.4.2 数字量输出引脚的接线.....	385
15.4.3 脉冲输入引脚的接线.....	387
15.4.4 编码器脉冲输出引脚的接线.....	389
15.4.5 模拟量输入引脚的接线.....	390
15.4.6 模拟量输出引脚的接线.....	390
15.4.7 电源、再生制动电阻、伺服电机和启停保护电路的接线.....	391
15.4.8 接地线.....	392
第 16 章 三菱伺服驱动器的显示操作与参数设置	393
16.1 状态、诊断、报警和参数模式的显示与操作.....	393
16.1.1 各种模式的显示与切换.....	393
16.1.2 参数模式的显示与操作.....	393
16.1.3 状态模式的显示与操作.....	395
16.1.4 报警模式的显示与操作.....	397
16.1.5 诊断模式的显示与操作.....	397
16.1.6 外部 I/O 信号的显示.....	399
16.1.7 信号强制输出.....	400
16.2 参数设置.....	400
16.2.1 参数操作范围的设定.....	401
16.2.2 基本参数.....	401
16.2.3 电子齿轮的设置.....	407
16.2.4 扩展参数.....	409

第 17 章 伺服驱动器三种工作模式的应用举例与标准接线	412
17.1 速度控制模式的应用举例与标准接线	412
17.1.1 伺服电机多段速运行控制实例	412
17.1.2 工作台往返限位运行控制实例	417
17.1.3 速度控制模式的标准接线	421
17.2 转矩控制模式的应用举例与标准接线	422
17.2.1 卷纸机的收卷恒张力控制实例	422
17.2.2 转矩控制模式的标准接线	426
17.3 位置控制模式的应用举例与标准接线	428
17.3.1 工作台往返定位运行控制实例	428
17.3.2 位置控制模式的标准接线	431
第 18 章 步进电机与步进驱动器的使用及应用实例	433
18.1 步进电机	433
18.1.1 外形	433
18.1.2 结构与工作原理	433
18.2 步进驱动器	436
18.2.1 外形	436
18.2.2 内部组成与原理	436
18.2.3 步进驱动器的接线及说明	437
18.2.4 步进电机的接线及说明	438
18.2.5 细分设置	439
18.2.6 工作电流的设置	440
18.2.7 静态电流的设置	441
18.2.8 脉冲输入模式的设置	441
18.3 PLC 控制步进驱动器驱动步进电机的应用实例	442
18.3.1 步进电机正反向定角循环运行的控制线路及编程	442
18.3.2 步进电机定长运行的控制线路及编程	446
第 19 章 三菱定位模块的使用	451
19.1 FX2N-1PG 型定位模块的外形面板及端子说明	451
19.1.1 外形结构	451
19.1.2 面板指示灯说明	451
19.1.3 接线端子功能说明	452
19.1.4 性能规格	453

19.2	定位模块与外部设备的连接	453
19.2.1	输入/输出端子的内部接口电路	453
19.2.2	定位模块与步进驱动器的连接	454
19.2.3	定位模块与伺服驱动器的连接	454
19.3	定位模块的参数说明	455
19.3.1	BFM（缓冲寄存器）表	455
19.3.2	BFM 读/写（FROM/TO）指令	455
19.3.3	BFM 参数说明	457
19.4	定位模块的操作模式	464
19.4.1	JOG 操作	464
19.4.2	原点返回操作	467
19.4.3	单速定位操作	470
19.4.4	中断单速定位操作	470
19.4.5	双速定位操作	470
19.4.6	外部命令定位操作	471
19.4.7	变频操作	471
19.5	定位模块的应用实例——单速定位往返运动控制	472
19.5.1	控制要求及说明	472
19.5.2	PLC 和 PGU 的 I/O 端子分配	472
19.5.3	控制系统接线图	473
19.5.4	PGU 的参数设置	473
19.5.5	设置和控制程序	474