



项目式工程训练“十三五”系列规划教材

工业自动化 综合应用实训 (基础篇)

主 编 李 疆

副主编 杨秋萍 欧阳崇伟 唐丽华



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

项目式工程训练“十三五”系列规划教材

工业自动化综合应用实训

(基础篇)

主 编 李 疆

副主编 杨秋萍 欧阳崇伟

唐丽华 舒泽芳

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共分六个模块,是以三菱工业自动化设备为背景,以实训项目的形式,对常用低压电器、变频调速器、FX系列PLC及其特殊功能模块、触摸屏等工程中常用的工业自动化设备进行了基础理论和工程应用的介绍。本书还将这些设备的综合应用以工程实例的形式予以展现,以便读者能将理论与实践工程相结合,对实际工作提供一定的指导和借鉴作用。

本书附录中收录了常用的电气线路图符号、气动符号以及PLC指令,以方便读者查阅。

本书可作为高等学校机械、电子、自动化专业的工程训练教材或实验实训教材,也可作为高职高专院校相关专业的教材或相关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工业自动化综合应用实训(基础篇)/李疆主编. — 西安:西安电子科技大学出版社,2015.9
项目式工程训练“十三五”系列规划教材
ISBN 978-7-5606-3829-4

I. ①工… II. ①李… III. ①工业—自动化系统—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第191174号

策划编辑 毛红兵

责任编辑 刘小莉 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029) 88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 15.75

字 数 362千字

印 数 1~1000册

定 价 33.00元

ISBN 978-7-5606-3829-4/TP

XDUP 4121001-1

***** 如有印装问题可调换 *****

前 言

工程训练是工科高等教育过程中重要的实践环节，也是高校为工科学生搭建理论学习和工程实践的重要平台。现代工业的高速发展，对高校学生的工程能力、创新能力提出了更高的要求。随着“工程教育”教学改革逐步推进，工程训练正逐步摆脱传统金工实习的影响，以大工程为背景，跨专业、跨学科的工程训练模式正逐渐形成。

项目式工程训练“十三五”系列规划教材围绕现代工业生产中的现代制造、自动控制、机器人等技术领域的基本知识、基本技能展开教学内容，以项目式训练和综合工程应用推进训练进程，真正达到“学以致用”的目的。

工业自动化综合应用实训教材以三菱自动化产品和软件为应用案例，分基础篇和提高篇两本，深入浅出地对低压电器、PLC、触摸屏、变频调速系统、伺服控制系统、工业网络等工厂常用自动化设备进行了理论和实践同步学习和训练。

为缩短教学与实际生产的差距，本教材中的所有应用实例均以工程项目的形式进行展现，同时该教材还强调以项目为基础，应用所学技术解决实际工程问题。这不仅能让学习人员快速掌握简单自动控制系统从构思、设计、实现到运作的全部工程过程，而且有利于提高学习人员的设计创新能力和工程应用能力。

本实训教材中列举的工程实例均通过严格测试，对于工程训练、实验实训、教学参考、毕业设计都有较高的参考价值。

本书由李疆、杨秋萍、欧阳崇伟、唐丽华、舒泽芳、彭晓珊、石文昌编著。全书由李疆教授审核并定稿，杨秋萍老师和欧阳崇伟老师对书中的工程案例进行设计和测试。

在编写过程中，作者参阅、引用了三菱电机自动有限公司最新技术资料并借鉴了一些教材和文献，这部分内容均已在参考文献中列出，对未能列出的文献和资料，编者向其作者表示诚挚的感谢。

限于编者的水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请相关专家和读者批评指正。

编者

2015年5月

目 录

实训安全要求	1
模块一 电气基础实训	2
任务1 认识常用低压电器	2
【实训目标】	2
【知识链接】	2
1.1 常用低压配电电器	2
1.2 常用主令开关	3
1.3 交流接触器	3
1.4 常用控制继电器	4
1.5 其他	5
任务2 电气控制图基础知识	6
【实训目标】	6
【知识链接】	6
2.1 电气控制电路图的组成	6
2.2 电气控制电路图的绘制规则	6
2.3 识读电气图的基本步骤	9
任务3 三相异步电动机的直接启动控制	10
【实训目标】	10
【知识链接】	10
3.1 三相异步电动机简介	10
3.2 三相异步电动机铭牌	10
【三相异步电动机的直接启动控制实训】	12
3.3 工程描述	12
3.4 控制电路图	12
3.5 电器元件清单	13
3.6 安装与接线	13
3.7 检查与调试	13
【工场经验】	14
任务4 三相异步电动机接触器点动控制	14
【实训目标】	14

【三相异步电动机接触器点动控制实训】	14
4.1 工程描述	14
4.2 控制电路图	14
4.3 电器元件清单	15
4.4 安装与接线	15
4.5 检查与调试	16
【工场经验】	16
任务5 三相异步电动机接触器启-保-停控制	16
【实训目标】	16
【三相异步电动机接触器启-保-停控制实训】	17
5.1 工程描述	17
5.2 控制电路图	17
5.3 电气元件清单	17
5.4 安装与接线	18
5.5 检查与调试	19
【工场经验】	19
任务6 数字万用表使用实训	19
【实训目标】	19
【知识链接】	19
6.1 DT-9205T数字万用表的基本构成	19
6.2 主要测量挡位的使用方法	20
6.3 数字万用表的使用方法	22
【数字万用表的使用实训】	24
6.4 工作描述	24
6.5 万用表测量点示意图	25
6.6 电气元件清单	25
6.7 安装与接线	26
6.8 检查与调试	26
任务7 多用电子测量仪使用实训	28
【实训目标】	28
【知识链接】	28
7.1 多用电子测量仪ME96NSR简介	28
7.2 ME96NSR多用电子测量仪的简单设置操作	31
【三相异步电机控制电路电工参数监测(三相4线制)实训】	34
7.3 工程描述	34
7.4 监测电路图	34
7.5 电器元件清单	34
7.6 安装与接线	35

7.7 检查与调试	36
模块二 变频调速器应用实训	37
任务8 变频调速器的基础知识	37
【实训目标】	37
【知识链接】	37
8.1 变频器的工作原理	37
8.2 变频器的基本构成	38
8.3 变频器的基本功能	39
8.4 变频器的常用控制方式	39
8.5 变频器的选择	40
任务9 认识三菱FR-E740-0.4K-CHT变频器	42
【实训目标】	42
【知识链接】	43
9.1 三菱FR-E700系列变频器型号说明	43
9.2 三菱FR-E740-0.4K-CHT变频器的安装与配线	43
9.3 变频器的功能	48
9.4 变频器的运行模式	50
任务10 变频器PU运行模式实训	50
【实训目标】	50
【变频器PU运行模式实训】	51
10.1 工程描述	51
10.2 控制电路图	51
10.3 电器元件清单	51
10.4 安装与接线	52
10.5 调试与运行	52
任务11 变频器外部/面板操作(EXT/PU)组合模式操作实训	58
【实训目标】	58
【变频器三线式运转模式操作实训】	58
11.1 工程描述	58
11.2 控制电路图	58
11.3 电器元件清单	58
11.4 安装与接线	59
11.5 检查与调试	59
【工场经验】	60
任务12 变频器外部操作模式实训	60
【实训目标】	60
【变频器外部操作模式实训】	61

12.1	工程描述	61
12.2	控制电路图	61
12.3	电器元件清单	61
12.4	安装与接线	62
12.5	检查与调试	62
任务13	变频器七段速控制实训	63
【实训目标】	.....	63
【知识链接】	.....	63
【变频器七段速控制实训】	.....	64
13.1	工程描述	64
13.2	控制电路图	64
13.3	电器元件清单	64
13.4	安装与接线	65
13.5	检查与调试	66
任务14	FR Configurator软件使用实训	66
【实训目标】	.....	66
【FR Configurator软件简介】	.....	67
【硬件连接】	.....	67
【FR Configurator软件使用简介】	.....	67
14.1	软件启动	67
14.2	开机界面	67
14.3	Easy setup简介	68
14.4	在线参数编辑简介	71
【操作训练】	.....	73
模块三	PLC应用实训	74
任务15	认识PLC	74
【实训目标】	.....	74
【知识链接】	.....	74
15.1	PLC系统的组成	74
15.2	PLC的分类	75
15.3	PLC的工作方式	76
15.4	PLC的应用	77
15.5	FX3U型PLC简介	77
任务16	GX Works2编程软件操作实训	79
【实训目标】	.....	79
【知识链接】	.....	80
16.1	新建工程	80

16.2	程序编辑	81
16.3	注释、声明和注解的编辑	83
16.4	程序变换	85
16.5	程序修改	85
16.6	程序的写入与读取	86
16.7	模拟仿真	89
任务17	PLC基本指令实训	90
【实训目标】		90
【知识链接】		90
17.1	PLC编程元件	90
17.2	PLC常用基本指令	92
17.3	编写梯形图时的注意事项	94
17.4	三菱FX-TRN-BEG-C仿真学习软件简介	95
【仿真训练】		98
17.5	基本编程练习	98
17.6	计数器编程练习	102
17.7	定时器编程练习	104
【扶梯自动控制系统的设计实训】		107
17.8	工程描述	107
17.9	控制电路图	108
17.10	电器元件清单	108
17.11	安装与接线	109
17.12	编程与调试	109
任务18	常用应用指令编程练习	109
【实训目标】		109
【知识链接】		109
18.1	应用指令的表达形式	109
18.2	常用应用指令	111
【舞台控制系统仿真编程练习】		120
18.3	仿真项目选择	120
18.4	控制要求	120
18.5	参考程序	121
任务19	步进指令实训	122
【实训目标】		122
【知识链接】		122
19.1	顺序控制设计方法	122
19.2	顺序功能图(SFC)的编程方法	124
19.3	工程应用练习	129

模块四 人机界面应用实训	131
任务20 认识触摸屏及相关软件	131
【实训目标】	131
【知识链接】	131
20.1 触摸屏简介	131
20.2 触摸屏画面设计软件简介	131
20.3 训练要求	132
20.4 触摸屏画面设计步骤	133
20.5 触摸屏画面仿真	138
20.6 工程保存	140
任务21 触摸屏、PLC综合实训	140
【实训目标】	140
【触摸屏、PLC对指示灯的控制实训】	140
21.1 工程描述	140
21.2 控制电路	140
21.3 电器元件清单	140
21.4 安装与接线	141
21.5 检查与调试	141
模块五 PLC自动控制系统综合实训	146
任务22 认识常用传感器	146
【实训目标】	146
【知识链接】	146
22.1 传感器的定义	146
22.2 传感器的分类	146
22.3 传感器常见的应用举例	147
22.4 常用传感器简介	147
【输送机自动启停控制及计数实训】	150
22.5 工程描述	150
22.6 控制电路图	150
22.7 电器元件清单	152
22.8 安装与接线	152
22.9 检查与调试	152
22.10 参考程序及触摸屏画面	152
任务23 触摸屏、PLC、4ADPT模块综合实训	153
【实训目标】	153
【知识链接】	153

23.1	变送器简介	153
23.2	PLC模拟量I/O模块简介	154
23.3	FX2N-4AD-PT模块简介	155
	【厂房温度控制系统实训】	158
23.4	工程描述	158
23.5	控制电路	158
23.6	电器元件清单	159
23.7	安装与接线	159
23.8	检查与调试	159
23.9	参考程序及触摸屏画面	159
任务24	触摸屏、PLC、AD模块综合实训	161
	【实训目标】	161
	【知识链接】	161
24.1	FX2N-4AD模块简介	161
24.2	模拟量、数字量、物理量之间的换算	164
24.3	程序实例	165
	【物体的距离检测及显示实训】	166
24.4	工程描述	166
24.5	控制电路	166
24.6	电器元件清单	166
24.7	安装与接线	167
24.8	检查与调试	168
24.9	PLC参考程序及触摸屏画面	168
任务25	触摸屏、PLC、DA模块、变频器综合实训	170
	【实训目标】	170
	【知识链接】	170
25.1	FX2N-2DA模块简介	170
25.2	变频器模拟量调整	172
	【FX-2DA输出电流信号控制变频器的输出频率实训】	175
25.3	工程描述	175
25.4	控制电路	175
25.5	电器元件清单	177
25.6	安装与接线	177
25.7	检查与调试	177
25.8	参考程序、GOT画面及变频器参数设置	177
模块六	气动控制系统应用实训	183
任务26	气动技术基础知识	183

【实训目标】	183
【知识链接】	183
26.1 空气的基本性质	183
26.2 气动系统的基本构成	184
26.3 气动技术的应用	185
26.4 气动系统的特点	186
任务27 认识常用气动元件	186
【实训目标】	186
【知识链接】	187
27.1 气源设备	187
27.2 气源处理元件	187
27.3 气动执行元件	188
27.4 气动控制元件	189
27.5 气动辅助元件	190
27.6 气动元件的选用	191
【工场经验】	192
任务28 识读气动回路图	193
【实训目标】	193
【知识链接】	193
任务29 气源三联件及单作用气缸的使用实训	195
【实训目标】	195
【知识链接】	195
【气源三联件及单作用气缸的使用实训】	196
29.1 工程描述	196
29.2 气动回路图	196
29.3 气动元件清单	196
29.4 安装与配管	197
29.5 检查与调试	197
【工场经验】	197
任务30 双作用气缸的控制实训	197
【实训目标】	197
【知识链接】	198
【双作用气缸的控制实训】	198
30.1 工程描述	198
30.2 气动回路图	198
30.3 气动元件清单	198
30.4 安装与接线	199
30.5 检查与调试	199

任务31 单电控二位五通电磁阀的使用实训	199
【实训目标】	199
【知识链接】	200
【单电控二位五通电磁阀的使用实训】	200
31.1 工程描述	200
31.2 控制电路图及气动回路图	201
31.3 电器及气动元件清单	201
31.4 安装与接线	202
31.5 检查与调试	202
任务32 摆动气缸的控制实训	203
【实训目标】	203
【知识链接】	203
【摆动气缸的控制实训】	203
32.1 工程描述	203
32.2 控制电路图及气动回路图	204
32.3 电器元件清单	205
32.4 安装与接线	205
32.5 检查与调试	206
附录1 电气线路图的图形、文字及符号	207
附录2 常用气动图形符号	219
附录3 FX3U系列PLC基本指令与步进指令表	225
附录4 FX3U系列PLC应用指令表	227
参考文献	238

实训安全要求

1. 本实训使用 220 V 或 380 V 交流电，参加实训人员应严格执行实验室安全操作规程。
2. 严禁携带食物、饮料或外来设备进入实训室。
3. 实训过程中禁止吸烟、打闹、喧哗及其他不文明行为。实训开始后，严禁在电脑上打游戏、接打手机或做与实训无关的事。
4. 实训项目通电前，须经实训教师检查无误并提醒同组人员注意后，方可接通电源。
5. 实训过程中严禁带电接线、拆线、接触带电裸露部位及电动机的旋转部件。
6. 各种仪表、设备严禁过载运行或其他非正常运行。当仪表、设备发生故障时，应报告教师，不得自行拆卸设备。
7. 实训过程中发生故障，必须切断电源并报告教师，待查明原因并排除故障后，才能继续进行实训。
8. 设备进入通电试运行后，实训人员须注意观察，不得远离实训设备，出现故障应立刻切断电源。
9. 实训完毕后，应仔细检查实训记录，经实训教师同意后再切断电源，拆除线路。拆除后的电器元件、实训用线及仪表工具，应分类放置在指定位置，并清理实训场地及桌面。

模块一 电气基础实训

任务1 认识常用低压电器

【实训目标】

- (1) 认识常用低压电器及配线使用的工具。
- (2) 了解常用低压电器类型、型号及选用方法，熟记其图形符号和文字符号。
- (3) 掌握电路配线的基本原则和工具的使用方法。

【知识链接】

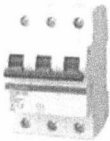
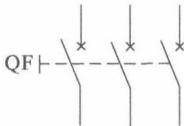
控制电器是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通或断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。控制电器按其工作电压的高低，以交流 1000 V、直流 1500 V 为界，可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。

低压电器根据它在电气线路中所处的地位和作用，可分为低压配电电器(也称低压开关)和低压控制电器两大类；根据它的动作方式又可分为自动切换电器和非自动切换电器两大类。配电电器是指断路器、熔断器、万能开关和转换开关；控制电器是指接触器、控制继电器、起动机、控制器、主令电器、电阻器、变阻器和电磁铁等。

1.1 常用低压配电电器

低压配电电器是指低压配电系统或动力装置中用来进行电能分配、完成接通或分断电路及对配电线路和设备进行保护的电器。实训中常用的低压配电电器见表 1.1。

表 1.1 常用配电电器表

名称	外形图片	图形及文字符号	简要说明
断路器	 小型断路器		断路器适用于交流50/60Hz，额定电压230/400V，额定电流至63A线路的过载或短路保护，也可用作不频繁接通和分断电路。小型断路器的额定电流可以按照电机总容量电流值(额定电流)的1.25~1.5倍来选取

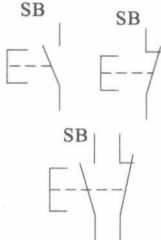
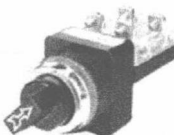
续表

名称	外形图片	图形及文字符号	简要说明
熔断器	 熔断器座及熔体	 FU	熔断器是最简单有效的保护电器,用作线路和设备的短路或过载保护。熔断器串接在所保护的电路中,当电路发生短路或严重过载时,熔体自动迅速熔断,从而切断电路。常用产品主要有瓷插式、螺旋式和密封管式三种

1.2 常用主令开关

主令电器是用作闭合或断开控制电路,以发出指令或作程序控制的开关电器。实训中常用的主令开关见表1.2。

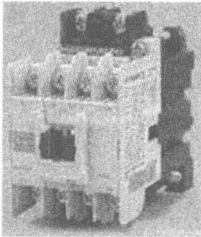
表1.2 常用主令开关表

名称	外形图片	图形及文字符号	简要说明
按钮	 按钮	 SB	按钮压下后触点动作,抬起后触点复原,一般用作启停控制或功能输入。按钮为模块化,标配为一个常开触点和一个常闭触点,可根据使用需要增减
急停按钮	 急停按钮	 SB	急停按钮(一般为红色或黄色)压下时触点动作,然后自锁,将按钮旋转一定角度才能复位,一般用作事故紧急停车
旋钮	 旋钮	 SA	旋钮开关通过旋转一定角度停在该位置使触点接通,反方向旋转则使触点断开,一般用作电源开关或功能切换

1.3 交流接触器

交流接触器是一种用来接通或断开带负载的交流主电路或大容量控制电路的自动化切换器,主要控制对象是电动机或其他电力负载,如电热器,电焊机等,其详细说明见表1.3。

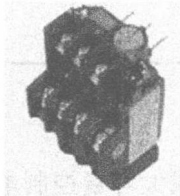
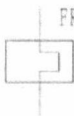
表 1.3 交流接触器表

名称	图片	图形及文字符号		简要说明
交流接触器	 交流接触器	线圈		接触器是指工业电中利用线圈中流过电流产生磁场，使触头闭合，以达到控制负载的电器。接触器由电磁系统(铁心，静铁心，电磁线圈)、触头系统(常开触头和常闭触头)和灭弧装置组成。其原理是接触器的电磁线圈通电后会产生很强的磁场，使静铁心产生电磁吸力吸引衔铁，并带动触头动作——常闭触头断开，常开触头闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复原——常闭触头闭合，常开触头断开。 接触器控制容量大，适用于频繁操作和远距离控制，是自动控制系统中的重要元件之一。 通用接触器分为交流接触器和直流接触器。 交流接触器的主要参数为触点电流。触点电流一般按被控装置的额定电流选取，没有相同规格的向上一挡选取
		主触点		
		辅助常开触点		
		辅助常闭触点		

1.4 常用控制继电器

控制继电器主要用于远距离接通和分断交、直流小容量控制电路，并在电力驱动系统中供控制、保护及信号转换用。控制继电器的输入量通常是电流、电压等电量，也可以是温度、压力、速度等非电量，输出量则是触点动作时发出的电信号或输出电路的参数变化。继电器的特点是当其输入量的变化达到一定程度时，输出量才会发生阶跃性的变化。由于本教材以PLC控制为主要内容，控制继电器的内容只在表1.4中作简要介绍。

表 1.4 常用控制继电器表

名称	图片	图形及文字符号		简要说明
热继电器	 热继电器	热元件		热继电器由热敏元件、动作电流设定钮和触点等组成，将其主端子串入被保护的电路中，当线路中电流超过设定值一定时间后，热敏元件发热变形使辅助触点动作，从而控制交流接触器断电。当热继电器用于保护长期工作制或间断长期工作制的电动机时，一般按电动机的额定电流来选用
		常闭触点		