

DIA~~Q~~QI
高职高专电气系列教材

可编程序控制器实训教程

□□□ Kebian Chengxu Kongzhiqi Shixun Jiaocheng □□□

□□□ 主 编 胡文金

□□□ 副主编 毛臣健 任国梅

□□□ 主 审 汤仕龙



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

可编程序控制器实训教程

主 编 胡文金
副主编 毛臣健 任国梅
主 审 汤仕龙

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书以应用技术和技能训练为主线,以高校普遍使用的三菱 FX2N 和松下 FP1 为参考机型,阐述了 PLC 的基本应用、综合训练和开发的全过程。主要内容包括实训概述、三菱 PLC 编程环境、松下 PLC 编程环境、基本实验、应用实验、实训项目和 PLC 电控系统工程设计。本实训教程与《可编程序控制器》配套使用,本书的最大特色在于大部分实验项目和实训项目取材于实际工程项目或其中的某个环节,对读者从事 PLC 应用和工程设计具有较大的实践指导意义。

本书可作为电气类、计算机类和机电类专业的实践教学用书,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器实训教程/胡文金主编. —重庆:重庆大学出版社,2007. 8

(高职高专电气系列教材)

ISBN 978-7-5624-4065-9

I. 可… II. 胡… III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 042563 号

可编程序控制器实训教程

主 编 胡文金

副主编 毛臣健 任国梅

主 审 汤仕龙

责任编辑:曾显跃 李定群 版式设计:曾显跃

责任校对:文 鹏 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆市川渝彩色印务有限责任公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:318 千

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4065-9 定价:19.00 元

*

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

自从 1969 年美国的 DEC 公司研制出首台 PLC 后,经过数十年的发展和应用推广,PLC 已在全球形成约 70 亿美元的市场,在中国的市场大约为 30 亿元人民币。PLC 在中国的应用,已经分别超过 DCS、智能控制仪表、IPC 的市场份额,跃居 4 大类工控设备之首。随着中国日趋成为世界的加工中心,各类加工基地的建设,生产线、加工设备和加工中心的启用,PLC 系统的应用还将进一步扩大。因此,学习 PLC 系统的意义十分重大,用好 PLC 的意义更为深远。

西门子、罗克韦尔、通用电气、三菱和欧姆龙公司是中国 PLC 市场最大的 5 家供应商,其产品占据了市场份额的 70% 以上。对于一个初学者,应从小型 PLC 开始学习,这样可以降低门槛,迅速掌握 PLC 应用技术。就高校实验室的教学机型来说,目前使用较多的机型是三菱的 FX 系列、西门子的 S7-200 系列、欧姆龙的 CPM 系列和松下 FP1 系列等。为此,我们以三菱的 FX 系列 PLC 和松下的 FP1 系列 PLC 为参考机型,编写了这本实训教程。

全书按 3 部分和 7 个章节进行编写。第 1 章,介绍 PLC 系统的应用概况、实训内容、要求、方法和考核办法。第 2 章,介绍三菱 FX 系列 PLC 的软元件、手持式编程器和基于 Windows 的编程环境 GX-Developer 及其应用。第 3 章,介绍松下 FP1 系列 PLC 的软元件、手持式编程器和基于 Windows 的编程环境 FPWIN-GR 及其应用。第 4 章,将 PLC 的指令系统及其基本应用分为 8 类,配备了 30 多个实验题目;每个具体的实验题目都给出了实验目的、控制要求、编址表、FX 和 FP1 的参考梯形图以及思考题,便于师生结合自己的实际情况进行选择;同时,还简要介绍了 PC/IPC 和 PLC 的通信技术。第 5 章,通过 9 个功能程序的实现方法,揭示了 PLC 基于梯形图设计程序的基本方法和技巧。第 6 章,介绍步进电机、摇臂钻床、机械手和铸造机等典型机械与电气设备的相关知识、控制要求及其程序实现方法,提供的控制程序直接来源于实际工程。第 7

章,介绍 PLC 电控系统的设计步骤、方案设计、选型设计、电气图设计、程序设计、抗干扰技术和接地技术等内容,并通过一个工程实例阐述了 PLC 电控系统的工程设计方法和全过程。

在编写过程中,我们力求做到通俗易懂,图文并茂,线路完整,程序可用。所有的实训项目和工程实例的电气图都有对应的 AutoCAD 文档,控制程序都有梯形图源程序,读者可从 chinaplc@126.com 邮箱中下载(密码为 chinaplc)。

本书由胡文金任主编,毛臣健和任国梅任副主编,汤仕龙任主审。参加编著的人员还有余群威、汤毅和高国芳。胡文金负责全书的统稿,并编著了第 1 章和第 7 章的 7.1~7.5 节,毛臣健编著了第 3 章,第 4~6 章的 FP1 控制程序和附录 D~F;任国梅编著了第 2,5 章、第 6 章的 6.1~6.3 节;余群威编写了第 4 章的 FX2N 控制程序;汤毅编著了 6.4 节和 7.6 节;高国芳编著了附录 A~C。汤仕龙教授审校了全书,提出了许多宝贵修改意见和建议,对促使本书更加实用化做出了较大贡献。编者限于阅历、经验和时间,难免书中存在错误,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 3 月

目 录

第1部分 实训基础

第1章 可编程序控制器实训概述	1
1.1 实训目的和要求	2
1.1.1 实训目的	2
1.1.2 实训要求	2
1.2 实训内容和方法	3
1.2.1 教学实验内容和方法	4
1.2.2 PLC 实训项目的内容和训练方法	4
1.2.3 PLC 工程设计的实训内容和方法	5
1.2.4 实训报告的内容及要求	6
1.3 考核办法	7
1.3.1 教学实验考核办法	7
1.3.2 PLC 实训与工程设计考核办法	7
第2章 三菱 FX 系列 PLC 的编程工具	9
2.1 三菱 FX2 系列 PLC 的各种软元件简介	9
2.1.1 软元件的概述	9
2.1.2 FX2 软元件说明	11
2.2 三菱 FX2 系列 PLC 的手持式编程器	12
2.2.1 概述	12
2.2.2 FX-20P-E 的结构及组成	12
2.2.3 编程操作	14
2.2.4 监视/测试操作	19
2.3 三菱 FX2 系列 PLC 的编程软件及其应用	21
2.3.1 GX Developer 编程软件的主要功能	21
2.3.2 系统配置	21
2.3.3 GX Developer 编程软件的安装	21
2.3.4 GX Developer 编程软件的界面	21
2.3.5 工程的创建和调试范例	22

第3章 松下 FP1 系列 PLC 的编程工具	28
3.1 松下 FP1 系列 PLC 的各种软元件简介	28
3.2 松下 FP1 系列 PLC 手持式编程器	31
3.2.1 松下 FP-II 手持编程器简介	31
3.2.2 手持编程器与主机的连接与操作	33
3.2.3 指令输入方式	33
3.2.4 程序编辑方式	34
3.2.5 OP 功能的使用	35
3.3 松下 FP1 系列 PLC 的编程软件及其应用	38
3.3.1 FPWIN GR 简介	38
3.3.2 程序的输入与编辑	39

第2部分 教学实验

第4章 基本实验	43
4.1 基本逻辑指令编程实验研究	43
4.1.1 走廊灯两地、三地控制程序	43
4.1.2 辊道电机正、反转控制程序	45
4.1.3 小车直线行驶自动往返控制程序	46
4.1.4 电机星三角启动控制程序	47
4.2 定时器、计数器指令编程实验研究	49
4.2.1 通电延时控制程序	49
4.2.2 断电延时控制程序	50
4.2.3 按钮计数控制程序	51
4.2.4 汽车转弯灯控制程序	52
4.2.5 圆盘机旋转到位、重启动控制程序	53
4.3 置位、复位及脉冲指令编程实验研究	54
4.3.1 模拟 R-S 触发器编程	54
4.3.2 构成“与”、“或”控制逻辑	55
4.3.3 单按钮单路启/停(跟斗开关)输出控制程序	56
4.3.4 单按钮双路交替启/停输出控制程序	57
4.3.5 对大型电机的启停控制	58
4.4 基本控制指令编程实验研究	60
4.4.1 循环右移指令的应用	60
4.4.2 移位指令的应用	61
4.4.3 应用主控指令对分支程序 A 和 B 进行控制编程	62

4.4.4	应用转移指令对分支程序 A 和 B 进行控制编程	62
4.4.5	应用子程序调用指令编程	64
4.5	算术运算和数据处理指令编程实验研究	66
4.5.1	应用加、减、乘、除指令编写运算程序	66
4.5.2	应用中断、循环、加 1、减 1、比较和刷新 WDT 指令的编程	67
4.5.3	应用数据传送指令编程(块传送、多点传送、移位传送)	68
4.5.4	应用与、或、异或、补码、ON 位测试指令编程	70
4.6	应用功能指令编程	71
4.6.1	分频器控制程序(应用交替指令、专用定时器指令或基本指令自编程实现)	71
4.6.2	应用高速计数器指令编程控制某行走机构的速度及速度区间显示(FX 系列)	71
4.6.3	应用高速计数器指令编程控制某行走机构的行程(松下 FP1 系列)	73
4.6.4	数据输入与显示控制程序(三菱 FX 系列)	74
4.7	SFC 流程图语言编程(步进顺控)实验研究	76
4.8	FX2N 系列 PLC 通信研究	81
4.8.1	采用通信口进行通信的 PLC 参数设置	81
4.8.2	通信格式	82
4.8.3	通信命令	83
4.8.4	PLC 通信实验	83
第 5 章	应用实验	86
5.1	彩灯(追光)控制程序实验研究	86
5.1.1	实验目的	86
5.1.2	控制要求	86
5.1.3	程序设计	86
5.1.4	思考题	88
5.2	抢答器控制程序实验研究	88
5.2.1	实验目的	88
5.2.2	控制要求	88
5.2.3	程序设计	89
5.2.4	思考题	90
5.3	学生成绩分级统计控制程序实验研究	90
5.3.1	实验目的	90

5.3.2	控制要求	90
5.3.3	程序设计	90
5.3.4	思考题	90
5.4	阶乘运算控制程序实验研究	93
5.4.1	实验目的	93
5.4.2	控制要求	93
5.4.3	程序设计	93
5.4.4	思考题	94
5.5	三台皮带机送料控制程序实验研究	94
5.5.1	实验目的	94
5.5.2	控制要求	94
5.5.3	程序设计	94
5.5.4	思考题	95
5.6	物料自动混合控制程序实验研究	96
5.6.1	实验目的	96
5.6.2	控制要求	96
5.6.3	程序设计	97
5.6.4	思考题	98
5.7	交通信号灯控制程序实验研究	98
5.7.1	实验目的	98
5.7.2	控制要求	98
5.7.3	程序设计	98
5.7.4	思考题	100
5.8	行车方向控制程序实验研究	100
5.8.1	实验目的	100
5.8.2	控制要求	100
5.8.3	程序设计	100
5.8.4	思考题	101
5.9	全自动洗衣机控制程序实验研究	102
5.9.1	实验目的	102
5.9.2	控制要求	102
5.9.3	程序设计	104
5.9.4	思考题	104

第3部分 综合实训项目与工程设计

第6章	综合实训项目	108
6.1	三相步进电动机控制系统设计	109
6.1.1	目的和要求	109

6.1.2	三相步进电动机工作原理简介	109
6.1.3	三相步进电动机的控制要求	111
6.1.4	实训内容	111
6.2	Z3050 摇臂钻床控制系统设计	115
6.2.1	目的和要求	115
6.2.2	机床概况	115
6.2.3	控制要求	115
6.2.4	实训内容	118
6.3	机械手控制系统设计	120
6.3.1	目的和要求	120
6.3.2	设备概况	120
6.3.3	控制要求	121
6.3.4	实训内容	122
6.4	铸造机控制系统设计	126
6.4.1	目的和要求	126
6.4.2	设备概况	126
6.4.3	控制要求	127
6.4.4	实训内容	127
第7章	PLC 电控系统工程设计	133
7.1	PLC 电控系统工程设计概述	133
7.1.1	工程设计步骤	133
7.1.2	总体方案设计	135
7.1.3	PLC 选型设计	135
7.2	电气系统及电气图的设计	138
7.2.1	电气图设计基础	138
7.2.2	电气图设计原则和方法	140
7.3	控制程序设计	144
7.3.1	控制程序的模块化设计	144
7.3.2	程序设计方法	144
7.4	PLC 电控系统的抗干扰设计	148
7.4.1	干扰源及其传播途径	148
7.4.2	抗干扰措施	148
7.5	PLC 电控系统的接地技术	149
7.5.1	安全接地	149
7.5.2	工作接地	150
7.5.3	屏蔽接地	150
7.5.4	接地方法	150
7.6	PLC 电控系统设计实例	151

7.6.1	需求分析	151
7.6.2	方案设计	152
7.6.3	选型设计	152
7.6.4	电气图设计	152
7.6.5	控制程序设计	160
7.6.6	调试及实物结果	162
7.6.7	使用说明书	162
附 录		164
附录 A	FX2N 系列 PLC 功能指令一览表	164
附录 B	FX2N 系列 PLC 常用特殊功能元件表	167
附录 C	FX2N 系列 PLC 错误代码一览表	170
附录 D	松下 FP1 系列 PLC 指令系统	174
附录 E	松下 FP1 系列 PLC 特殊功能元件表	185
附录 F	松下 FP1 系列 PLC OP 功能表	189

第 **I** 部分

实训基础

第 **I** 章

可编程序控制器实训概述

常用的现代工业控制设备主要有分散型控制系统(DCS)、可编程序控制器(PLC)、工业控制微机和智能控制仪表等,其中,PLC 是应用最为广泛和使用最为方便的控制设备。自从 1969 年美国的 DEC 公司研制出首台 PLC 后,经过数十年的发展和应用推广,PLC 已在全球形成约 70 亿美元的市场,在中国的市场大约为 30 亿元人民币。随着超大规模集成电路和信息技术的发展,PLC 逐渐向 DCS 和 IPC 渗透,形成了以 PLC 为核心的工业控制网和分布式控制系统,并在企业的大型生产过程中获得应用。西门子、罗克韦尔、通用电气、三菱和欧姆龙公司是中国 PLC 市场最大的 5 家供应商,其产品占据了市场份额的 70% 以上,其中西门子处于领先地位。近年来,中国已成为世界的制造中心和加工基地,随着加工企业、汽车与摩托车生产线及其类似流程工业的不断增加,PLC 在中国的应用日趋广泛,与此同时,对 PLC 专业人才的需求也将稳步增长。因此,掌握 PLC 应用技术是适应工业控制技术发展潮流的必然需求,也是从业者必备的专业知识和技能。

鉴于各学校所配 PLC 的实际情况和实训的可操作性,本书同时以三菱的 FX2N 和松下的

FPI 为参考机型贯穿整个教程的主要章节,即教学实验和训练项目均提供两套程序。这些程序可以到邮箱“chinaplc@126.com”下载,邮箱的密码为“chinaplc”。

1.1 实训目的和要求

1.1.1 实训目的

PLC 应用技术是一门实践性很强的课程,要求从事相关工作的工程技术人员具有较强的实践应用能力和较高的工程素质。我国工科大专院校已普遍开设了 PLC 或相关的专业课程,PLC 应用技术已逐渐成为电类、机电类和流体传动控制类专业学生的基本技能要求,并表现在相应的课程设计、毕业设计、科学研究和各类岗位技能训练中。PLC 应用技术的学习仅靠理论学习和实验是远远不够的,若要深入地掌握其应用技术,必须在加强理论知识学习的同时,还要注重对实践技能的系统训练。不仅通过传统的实验掌握 PLC 应用技术的基本知识和技能,还需通过专门的设计和实训,掌握该技术在应用系统的设计与工程设计方面的综合应用技能,最后结合专业知识,进一步加强在实际工程应用系统设计方面的综合实践训练,真正达到开发、设计 PLC 电控系统的目的。由于 PLC 技术和新技术密切相关,相关的新技术将不断出现,因此在理论和实践中还需要通过各种渠道,如公司产品技术手册和网上信息,以获得最新的知识和应用方法。

1.1.2 实训要求

对于 PLC 控制系统的设计来说,从一个工程任务的提出到最后的工程验收,都要经过需求分析、总体方案设计、电气系统设计、软件开发、联机调试、工程验收、技术归档和设备维护等若干步骤,因此,PLC 应用技术的实践训练不可能一步到位,而应采用循序渐进的原则。本教程的训练内容包括 PLC 的实训基础、教学实验、综合实训项目与工程设计 3 大部分。各个训练环节都体现了 PLC 应用技能训练这条主线,不同阶段的训练内容具有鲜明的层次性和递进性,以利于读者从基本应用入手,由浅入深,融会贯通,最终掌握 PLC 电控系统的设计和调试技术。

(1) 教学实验

教学实验一般是为 PLC 或同类课程服务的,教师可以根据其专业性质、教学侧重点和学时数安排选做其中的部分实验项目。教学实验的基本要求如下:

①在教师的指导下,熟悉 PLC 的编程环境和指令系统,完成简单程序的编写、输入和调试,完成实验结果的观测、记录和 PLC 程序的逻辑分析。

②了解实验程序的设计思路,学习梯形图程序设计、语句表程序设计的基本技巧和方法,理解梯形图和语句表之间的准确转换规则。

③通过基本指令和功能指令的编程实验,掌握常用指令的语法特点和典型程序的设计思路和方法。

(2) PLC 实训项目

学完 PLC 课程之后,为了巩固和应用所学的 PLC 知识和编程方法,一般需要安排 2~3 周

的课程设计或教学实习。教师可以结合专业能力的培养需求和专业知识的支撑情况,有针对性地选做其中的部分实训项目。基本要求如下:

①让学生在选定的 PLC 实训项目的实作过程中,逐步理解和学会 PLC 电气图的绘制、输入/输出信号的编址规则、软元件的监视和程序的调试技巧等。

②PLC 实训项目通常涉及具体的控制工艺,应学会工艺分析,将工艺需求转换成对 PLC 电控系统的控制要求。因此,PLC 实训项目训练的能力比较综合,其实施过程应使学生的实践能力、分析和解决问题的能力有一定的突破,创新能力也应有所表现。

③了解 PLC 的前沿技术,鼓励学生使用单台或多台 PLC 与工业 PC、智能仪表等构成工业控制网络,让学生获得全方位的训练,为工程设计和就业后快速上岗奠定良好的基础。

(3) PLC 电控系统的工程设计

这部分内容一般安排在生产实习或相关毕业设计题目中进行,旨在培养学生的工程意识和工程实践能力。基本要求如下:

①在教师的指导下,结合工程需求能够完成一个实际 PLC 电控系统的工程设计。

②锻炼学生的系统调试、现场安装、调试和测试技能,培养学生综合运用所学知识去分析和解决现场实际问题的基本能力。在没有工程实际课题的情况下,也可将实验室控制对象或专门的 PLC 实验对象当作工程对象,使学生获得仿真工程环境下的真实训练。

③培养学生检索和阅读专业文献的能力,强化其信息获取能力,以开阔视野,增强创新意识,扩展其专业知识面。

④提高学生的文字表达能力,能够书写高质量的设计报告和科研论文。

⑤培养学生的团队协作精神、独立自学能力和工作适应能力,逐步提高学生运用科研成果和新技术的能力。

1.2 实训内容和方法

PLC 应用技术的实训内容安排按照由浅入深、由易到难、循序渐进的基本原则,各阶段的内容安排上体现了较好的层次性和渐进性。不同层次的读者可以根据自己的情况选择练习的起点和训练的终点。为课程教学服务的教学实验则对基础知识列举一些简单、易实现的应用实例,以启发学生的思路,学生可以领会 PLC 逻辑程序和继电控制线路的相似性和区别。侧重培养实践能力的综合实训则以不同领域又具有代表性的电控系统作为训练对象,完整地提供一些作者开发的综合应用系统实例或其中的某个环节,这些训练项目具有较强的直观性、实践性和综合性的特点。直观性是不言而喻的,由于 PLC 的输入/输出信号均有指示灯,因此,借助于指示灯可以直观地显示 PLC 程序的运行结果。学生应养成一个思维习惯:PLC 的输入指示灯代表的是控制对象的状态输入;PLC 的输出信号代表是操作者让控制对象完成规定动作的控制信号。实践性则表现在操作者要通过一定的电气设计、制图、端子及线号分配、程序设计和调试等系列实践过程来设计一个实际的 PLC 电控系统。综合性则表现在操作者要经过综合分析,特别是控制工艺的分析,反复思考甚至多次求证才能解决训练项目中所遇到的问题。最后的 PLC 系统工程设计则着重培养学生或技术人员的工程意识和工程实践能力,直接服务于学生的毕业设计或相关工程技术人员的岗前培训。

1.2.1 教学实验内容和方法

教学实验的目的在于熟悉 PLC 的编程环境,掌握 PLC 的基本原理、指令系统、程序设计方法等,其教学安排应贯穿于理论教学的始终。教学实验应合理地安排时间,重点围绕基本指令、功能指令的教学及时进行,也可以根据理论教学的不同阶段,以循序渐进的方式进行训练。PLC 程序以梯形图为主,兼顾语句表的编程训练,以电脑编程为主,兼顾手持式编程器。PLC 实验项目主要分为基本实验和应用实验两大类。每一大类实验都安排有若干实验项目,每个实验项目又包括若干具体的实验题目,每个具体的实验题目都给出了基本的实验目的、控制要求、程序设计、程序分析与思考,以适应不同层次学生的教学需求。在理论教学的初期,教师可以给定相关实验内容和操作步骤,让学生进行验证性实验,即让学生输入教师给定的程序,按照操作步骤运行程序,观察和记录运行结果,促使学生尽快熟悉 PLC 编程环境和教学实验的特点,进而加深对 PLC 工作原理、梯形图和语句表的理解。在理论教学的中期,学生已有一定的实践体验,可以模仿教师指定的参考程序做适当修改和完善后再进行实验,并观察、分析和研究实验过程和结果,以逐步培养学生分析问题和解决问题的能力。在理论教学的后期,学生可以根据教师给定的实验题目的要求或实验思考题,自行设计程序进行实验,鼓励学生用不同的方法求解和完成实验题目,逐步培养学生的思维方式和创造能力,进一步提高分析问题和解决问题的综合实践能力。

1.2.2 PLC 实训项目的内容和训练方法

PLC 实训项目的内容相对地综合性要强一些,通过这些项目的实践,可以实现综合实训的目的,即强化学生综合运用已学的 PLC 技术及其专业知识来设计和调试简单电控系统的能力,训练学生的操作技能、调试技能和分析问题的能力,为后续的毕业设计和实际工作需要培养良好的工程素质。其教学形式以课程设计或教学实习为宜,时间一般为 2~3 周。在综合实训过程中,学生可以独立或分小组完成一个以 PLC 为核心的中、小型实际课题的设计。具体内容如下:

(1) 工艺分析

根据实训项目的具体要求,学生在教师的指导下进行熟悉控制对象的工艺,提取控制对象的输入/输出信号,形成 PLC 的输入编址和输出编址,归纳输出信号和输入信号的逻辑关系,确定控制程序的设计思路。

(2) 程序设计与调试

对于实训项目,程序最好采用直观的梯形图形式。实训项目的设计可借用前述教学实验的典型程序,如电机正转/反转控制程序、闪光报警程序等。实训项目的程序相对较长,在可能的情况下,采用子程序实现方案则有利于程序的调试。对实时性要求较高的控制信号,应以中断服务程序的方式予以实现。程序的调试有模拟调试和在线调试两种方式,模拟调试不需要 PLC,借助于 PLC 仿真软件即可实现调试,尽管模拟调试不能完全代替在线调试(手册中对其能够仿真的内容和指令有详细的说明),但对于 PLC 的一般读者和常规使用来说均可以满足调试需要。在线调试需要一台 PLC 和通信电缆,在条件许可的情况下,推荐读者尤其是在校的学生使用在线调试,这有利于强化和巩固学生对 PLC 原理和输入/输出逻辑的理解和掌握。无论采用何种调试方式,对于比较长的程序,应采取分段调试方法,通过在需要之处插入 END

指令即可实现分段调试。

(3) 书写设计报告

根据设计内容和调试结果书写设计报告或设计论文,包括摘要、目录、工艺要求、总体设计思路、电气图、梯形图、调试结果及其分析、技术小结等部分。设计报告既不要写成长篇大论或程序清单的指令注解,也不能简化为一张图纸和几行梯形图。技术小结是指读者通过本项目的实践,学到哪些知识和技能,取得哪些经验和教训。

值得注意的是,能够列入教学计划的实训时间总是有限的,因此除计划实训时间外,还应安排一定的实验室开放时间,以便使学习有余力的同学有更多的实践训练机会,充分发挥自己的能力,对学习比较吃力的同学则提供充足的时间以弥补不足。

1.2.3 PLC 工程设计的实训内容和方法

PLC 工程设计这一环节主要针对学生的毕业设计等实践环节或从事同类工作的一线工程技术人员的培训环节,训练强调的是整个项目的可行性、专业性、规范性和综合性。本教程给出的工程设计范例并不复杂,旨在训练读者了解 PLC 工程设计的全过程。主要内容如下:

①深入了解生产工艺和分析工艺,形成设计需求说明书或需求分析报告,应明确“做什么”,即所设计的 PLC 控制系统应具有什么样的功能,达到什么样的指标。对工艺是否正确理解是设计 PLC 电控系统的关键,必要时应和用户或操作人员进行交流,取得一线技术需求信息和工艺需求信息。

②根据需求分析进行总体设计或概要设计,解决“怎么做”的问题,其主要内容应包括系统的技术方案和技术途径、解决的关键技术问题、PLC 及其电控系统关键部件选型设计等。

③电气图设计。PLC 尽管是电控系统的核心,但 PLC 必须和电气元件协同工作才能实现规定的控制功能或技术要求。因此,在设计 PLC 控制程序之前,必须先完成电气图的设计。一个 PLC 电控系统的电气图主要包括主电路、电源回路、输入回路、输出回路、端子表或接线表、底板元件布局图、柜体尺寸简图、面板图、图目和元件表等。电气图必须符合相应的国家标准,并且从事设计、审核、标准化工作的人员不能是同一个人。

④电控柜安装和调试。根据设计的电气图进行电控柜的安装和调试。一个实际的 PLC 电控系统对安装质量、布线工艺的要求比较高,一般交付专业电气厂家进行外协安装。对于相对简单的 PLC 电控系统也可以自行安装。电控柜的调试一般由设计者完成。

⑤控制程序设计和调试。根据需求分析、方案设计以及输入/输出信号的逻辑关系进行控制程序的设计。对于功能相对复杂的系统,宜采用子程序或模块化设计方式,以简化调试过程。

⑥PLC 系统和现场设备的联机调试和现场投运,调试系统的功能,测试系统的逻辑关系或性能指标。

⑦验收、技术归档和售后服务。进行 PLC 工程设计训练时应尽量结合工程实际,选择合适的课题。实训课题主要有两类:一是用于完成教学训练的模拟课题、PLC 实验装置或教师曾经从事过的科研课题,应结合生产实际或当前技术进行课题的采集和筛选,按照教师的科研过程对学生进行综合训练;二是正在进行的工程实际课题,这类课题来源于科研、科技服务或专业实验室建设项目,这类课题的实施带有一定的研究性和较强的工程实践性,有利于培养学生的工程实践能力和创新能力。学生可以参与实施课题的全过程。

此外,选择的 PLC 工程设计训练项目还要符合 PLC 技术的发展要求,以保证系统在设计原理和方法上的先进性。例如,选择可以实现工业控制网络的 PLC,便于未来的系统扩展。采用先进的控制算法和实现方案,借助于 PLC 强大的逻辑功能和运算能力,减少诸如中间继电器等器件,以降低系统的装调复杂程度和维护开销;适当实施硬件软化和软件硬化技术,确保软件、硬件的协调工作和成本控制等。总的来说,就是要注重系统设计的可行性、灵活性和简易性,能够利用一定的成本在规定的时间内研制出满足规定功能及其性能指标的 PLC 电控系统,使 PLC 系统从单纯的功能性设计推进到综合性价比的设计。

1.2.4 实训报告的内容及要求

作为工程技术人员不仅要有丰富的理论知识和实践应用能力,还应具备较好的书面表达能力,即能够用书面形式系统、完整、清晰地表达自己的科研成果或工作情况,因此,书写高质量的设计报告或工作总结是训练学生具备工程实践素质的一个必不可少的环节,这里分别对实验报告和设计报告提出了基本要求,为培养学生的工程素质、规范科研论文的书写奠定基础。

(1) 实验报告的主要内容

实验报告是对实验过程和实验结果的记录、分析和总结,不同的实验项目,其内容略有差异。实验报告的内容主要包括实验目的和要求、实验方案和需要的实验条件、主要设备或元件、实验步骤或实验操作过程、实验结果和实验现象的分析、对实验内容和方法的改革设想等。实验报告应尽量避免照搬照抄实训教程的内容,切记照抄教程中的梯形图或语句表。实验报告应体现学生的实验收获或某些见解,如对思考题的解答、对实验结果的分析、实验线路的改进、列出自己编写和调试通过的关键性梯形图或语句表、实验存在的问题、经验教训等。

(2) 实训报告的主要内容

根据教学计划的安排和实训的操作形式,实训报告包括实习报告、课程设计报告等诸多形式,其要求基本相同。实训报告一般由封面、中文摘要、英文摘要、目录、正文、结语和附录等部分组成。摘要一般限定在 200 字以内,主要体现实训报告的核心内容和结论。正文应阐明课题的详细设计思路、过程和方法。其主要内容如下:

- ①设计题目、主要内容及设计要求。
- ②工艺分析、实现方案及多种实现方案的比较。
- ③硬件设计思路和设计过程。
- ④控制程序设计思路、主要逻辑关系、流程图和调试方法。
- ⑤系统功能调试和性能测试。

结语是对设计过程和设计结果的技术小结,应有明确的结论、设计成果对相似系统设计的指导意义等。附录主要包括完整的电气图、梯形图或语句表,这部分也可用存储媒体的形式提交指导教师。

从某种程度上说,设计论文是科研论文的一种特殊形式,其格式应该符合科技论文的相关规范。