

高等职业教育

电子信息类专业 规划教材

ELECTRONIC ENGINEERING

可编程控制器 应用技术

王成福 主 编
黄 敏 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高等职业教育

电子信息类专业 规划教材

ELECTRONIC ENGINEERING

林德出版社电子信息类专业规划教材

本书是由多名从事PLC应用项目开发及课程教学的教师,邀请合作企业的工程师一起编写的,从高职学生的培养需求、课程培养目标及职业岗位需求出发,选择当前国内典型的S7-200系列PLC作为主要讲解对象,介绍PLC的组成、工作原理、系统构成、应用案例等。本书在内容选取上完全按照工作过程,以典型工作任务为载体,以项目驱动的方式进行讲解,力求做到理论与实践一体化教学。本书可作为高职高专院校电子信息类专业及相关专业的教材,也可供从事PLC应用开发的工程技术人员参考。

可编程控制器 应用技术

本书力求做到对PLC关键技术,达到举一反三的目的。首先,本书介绍了PLC的组成、工作原理、系统构成、应用案例等知识,为学生学习PLC打下基础;其次,通过运输小车PLC控制系统设计与调试、电除尘器打灰机PLC控制系统设计与制作、传统机床PLC控制系统设计与装调、电除尘器打灰机PLC控制系统编程与调试等5个工程项目开发的详细讲解,使学生掌握PLC应用的一般方法;最后,通过对PLC控制系统设计一般方法、PLC应用案例的讲解,使学生掌握程序设计技巧,使学生提高PLC控制系统的整体应用能力。

本书共分7章,参考学时数为120学时,采用项目驱动、通过工作来学习的理论实践一体化教学方法。

本书绪论、第1章、第3章、附录由王成福和景志昂共同编写,第2章由王成福和景志昂共同编写,第4章由王成福和戴慧江共同编写,第5章由王成福和景志昂共同编写,第6章由黄敏编写。

本书由四川工程职业技术学院罗光伟副教授主审。在本书的编写过程中,先后得到金华大维电子科技有限公司、金华华东环境设备有限公司、金华汉生机电工程有限公司的工程技术人员和金华职业技术学院领导的大力支持,在此,一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

本书由四川工程职业技术学院罗光伟副教授主审。在本书的编写过程中,先后得到金华大维电子科技有限公司、金华华东环境设备有限公司、金华汉生机电工程有限公司的工程技术人员和金华职业技术学院领导的大力支持,在此,一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 21.5厘米×27.5厘米
元0.22 定价 0001-1000 页印

编者
2010年8月

参 考 书 籍

1. 孙洪波. PLC应用案例解密. 北京:机械工业出版社, 2008
2. 王成福. PLC应用案例解密. 北京:机械工业出版社, 2008
3. 王成福. PLC应用案例解密. 北京:机械工业出版社, 2008

 中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高等职业教育电子信息类专业规划教材。

本书从 PLC 应用工程项目开发及相关职业岗位的任职要求出发,重点以 S7-200 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 控制系统总体控制方案设计、PLC 机型和低压电器设备选型、PLC 接口电路和控制柜设计、控制程序设计与系统联机调试、随机技术文件编写等。本书由浅入深,循序渐进地介绍了 PLC 应用基础知识、运输小车 PLC 控制系统设计与调试、智能抢答 PLC 控制系统设计与制作、传统机床 PLC 控制系统设计与装调、电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试、四层电梯 PLC 控制系统编程与调试、PLC 控制系统设计的一般方法等。本书力求做到对 S7-200 应用知识和 PLC 控制系统开发过程介绍的全面完整,并将理论教学与实验、实训相结合,达到举一反三的目的,使学生全面掌握 PLC 的应用。

本书可作为高职高专院校应用电子、电气自动化、机电一体化专业的教材,也可作为相关专业师生和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术 / 王成福主编. —北京: 中国电力出版社, 2010.7

高等职业教育电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-5123-0429-1

I. ①可… II. ①王… III. ①可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 086824 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 352 千字
印数 0001—3000 册 定价 23.50 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书是由多年从事 PLC 应用项目开发与课程教学的老师和紧密合作企业的工程师一起编写的,从高职学生的接受能力、课程的易学性和 PLC 工程应用出发,选择当前国内典型的 S7-200 系列 PLC 为主要教学背景,来介绍 PLC 控制系统的开发方法。本书在内容选取上完全按照工作过程系统化的要求,主要是面向 PLC 控制系统的开发设计岗位、装配调试岗位和技术服务岗位所从事的设计系统总体控制方案、选购 PLC 机型和电子元器件(询价与下单)、设计 PLC 的外部接口电路和控制柜、装配 PLC 控制系统、编写控制程序与系统联机调试、编写随机技术文件等典型工作任务,结合认知规律及学生职业生涯发展规律,融入 PLC 程序设计师资格要求,进行综合分析并归纳总结出来的学习任务。

本书力求做到对 PLC 应用知识与 PLC 控制系统开发过程全面介绍,以便使学生掌握关键技术,达到举一反三的目的。首先,本书通过介绍 PLC 的组成与工作原理、电气元件布置图、接线图和接线表的绘制等知识,为学生学习 PLC 控制系统开发打下基础;其次,通过运输小车 PLC 控制系统设计与调试、智能抢答 PLC 控制系统设计与制作、传统机床 PLC 控制系统设计与装调、电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试、四层电梯 PLC 控制系统编程与调试等 5 个工程项目开发的详细介绍,可以使学生掌握 PLC 控制系统开发的一般方法;最后,通过对 PLC 控制系统设计一般方法的总结,强调重视设计工作中的细节,掌握程序设计技巧,使学生提高 PLC 控制系统的整体设计水平。

本书共分 7 章,参考学时数为 120 学时,采用项目引领、任务驱动、通过工作来学习的理论实践一体化教学方法。

本书绪论、第 1 章、第 3 章、第 7 章、附录由王成福编写,第 2 章由王成福和黄敏共同编写,第 4 章由王成福和戴慧江共同编写,第 5 章由王成福和景志昂共同编写,第 6 章由黄敏编写。

本书由四川工程职业技术学院罗光伟副教授主审。在本书的编写过程中,先后得到金华大维电子科技有限公司、金华华东环保设备有限公司、金华汉生机电工程有限公司的工程技术人员和金华职业技术学院领导的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免会存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2010 年 5 月

4.2 C6140 型车床 PLC 控制系统设计与装调

4.3 M7120 型磨床 PLC 控制系统设计与装调

4.4 X62W 型铣床 PLC 控制系统设计与装调

4.5 T68 型镗床 PLC 控制系统设计与装调

小结

复习思考题

第 5 章 电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试

5.1 主电路设计

5.2 PLC 控制电路设计

目 录

前言	1
绪论	1
第 1 章 PLC 应用基础知识	6
1.1 PLC 产生与发展	6
1.2 PLC 的特点与应用领域	8
1.3 PLC 的基本组成与工作过程	11
1.4 PLC 控制装置内电气元件布置图	19
1.5 接线图和接线表	25
小结	33
复习思考题	33
第 2 章 运输小车 PLC 控制系统设计与调试	34
2.1 用接触器实现电动机正、反转控制电路	34
2.2 工作台自动循环控制电路	55
2.3 运输小车往返控制电路设计	57
2.4 运输小车往返控制程序设计	62
小结	64
复习思考题	64
第 3 章 智能抢答 PLC 控制系统设计与制作	66
3.1 控制思路分析	66
3.2 元器件选型与接口电路设计	67
3.3 控制程序设计	74
3.4 程序编辑与调试	86
小结	94
复习思考题	94
第 4 章 传统机床 PLC 控制系统设计与装调	96
4.1 电动葫芦 PLC 控制系统设计与装调	96
4.2 C6140 型车床 PLC 控制系统设计与装调	100
4.3 M7120 型磨床 PLC 控制系统设计与装调	105
4.4 X62W 型铣床 PLC 控制系统设计与装调	112
4.5 T68 型镗床 PLC 控制系统设计与装调	122
小结	134
复习思考题	135
第 5 章 电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试	136
5.1 主电路设计	136
5.2 PLC 控制电路设计	143

5.3	器件布置图和接线图设计	145
5.4	工作时序图与控制程序设计	151
5.5	程序联机调试	155
5.6	技术文件编制	156
	小结	159
	复习思考题	160
第 6 章	四层电梯 PLC 控制系统编程与调试	161
6.1	控制柜与主控电路设计	161
6.2	PLC 接口电路设计	164
6.3	控制程序设计	166
6.4	程序编辑与联机调试	173
	小结	174
	复习思考题	175
第 7 章	PLC 控制系统设计的一般方法	176
7.1	PLC 控制系统的总体设计	176
7.2	减少 PLC 输入/输出点数的方法	177
7.3	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	180
7.4	逻辑设计法	184
7.5	时序图设计法	186
7.6	经验设计法	189
7.7	顺序控制设计法	191
	小结	200
	复习思考题	200
附录 A	常用电气图用图形符号与文字符号	202
附录 B	S7-200 技术规范	212
附录 C	S7-200 指令系统	222
参考文献		225

绪 论

PLC 是一种集计算机技术、自动控制技术、通信技术于一体的新型自动控制装置。其功能强大,可靠性高,编程简单,使用方便,体积小,近年来在工业生产及日常生活中得到了广泛应用,被誉为当代工业自动化的三大支柱(PLC、工业机器人、CAD/CAM)之一。PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成,并由 PLC 作为控制器构成的电气控制系统。

通过调研发现,与 PLC 控制系统的相关职业岗位有 3 个: PLC 控制系统装配调试岗位、PLC 控制系统销售与技术服务岗位和 PLC 控制系统开发岗位。这些职业岗位的专业能力要求对不同的岗位有所不同,但方法能力和社会能力要求基本相同。

1. 专业能力

专业能力包括以下方面。

(1) PLC 控制系统装配与调试岗位。

- ① 能阅读电气布置图、电气安装图、电路图、接线图和接线表。
- ② 能根据图纸要求,正确选择 PLC 和相关元器件,并完成电气安装与接线工作。
- ③ 熟悉 PLC 控制系统的调试规程、调试方法、调试步骤等。
- ④ 能使用编程器、万用表等进行 PLC 控制系统的联机调试、故障判断与处理,进行产品质量检验,并交付客户。
- ⑤ 能根据工艺流程及劳动组织的特点,制定生产工作计划,编制装接工艺卡、生产记录文件,阐述装接规划并获取客户的认同。
- ⑥ 能关注劳动保护与环境保护,合理评价生产工艺与组织管理,提出优化方案。

(2) PLC 控制系统销售与技术服务岗位。

- ① 能分析比较常用 PLC 机型的特点与应用场所。
- ② 能介绍 PLC 控制系统的功能与优点。
- ③ 能在现场进行 PLC 控制系统的接线、联机调试、修改参数等。
- ④ 能对 PLC 控制系统的故障进行分析判断与维修,并能正确选择和更换故障元件或部件。
- ⑤ 有较强的交往与口头表达能力,为人忠诚、勤奋好学,不贪小便宜,能进行商务技术谈判,准备相关文档,客户访谈与管理等。

⑥ 了解国家的质量三包规定及厂家相关的服务承诺,从质量与经济的角度考虑设计装接工艺流程,能合理预算装接成本,预测产品质量目标。

(3) PLC 控制系统开发岗位。

- ① 能根据控制要求,正确选择用户输入设备(按钮、操作开关、限位开关和传感器等)、输出设备(继电器、接触器和信号灯等执行元件)以及由输出设备驱动的控制对象(电动机、电磁阀等)。

② 能正确选择 PLC, 包括机型的选择、容量的选择、I/O 点数(模块)的选择、电源模块以及特殊功能模块的选择等。

③ 能合理分配 I/O 点, 绘制电气连接接口图, 考虑必要的安全保护措施。

④ 能设计控制程序, 包括设计梯形图、语句表(即程序清单)或控制系统流程图。

⑤ 能设计控制台(柜), 包括设计电气布置图、接线图和接线表。

⑥ 能编制系统技术文件, 包括说明书、电气图及电气元件明细表等。PLC 控制系统的电气图包括电路图(主电路图和 PLC 的 I/O 接口图)、电气布置图、电气安装图、接线图和接线表、程序图(梯形图)。

2. 方法能力

方法能力包括以下方面。

(1) 能根据工作任务需要使用各种信息媒体收集资料, 包括阅读英文 PLC 使用手册。

(2) 能根据工作任务的目标要求, 制定工作计划, 有步骤地开展工作。

(3) 能分析工作中出现的问题, 并提出解决方法。

(4) 能自主学习新知识、新技术, 并能应用到实际工作中。

(5) 能从所给的参考资料中筛选出工作任务所需的核心资料。

(6) 能根据任务特点、工作环境及特定要求, 制定特定的工作计划。

(7) 能针对具体的项目, 提出若干种解决方案, 并能分析每种解决方案的优缺点, 最后找出最适合的解决方案。

(8) 工作中遇到问题能及时想办法解决, 并且能预防同类问题的再次出现。

(9) 能主动了解与掌握本行业的新知识、新技术的特点, 分析与本职工作的联系, 并且有选择地应用到工作中去。

(10) 能主动学习与了解 7S 的理念——“整理”(Seiri)、“整顿”(Seiton)、“清扫”(Seiso)、“清洁”(Seikeetsu)、“素养”(Shitsuke)、“安全”(Safety)、“节约”(Saving)。

3. 社会能力

社会能力包括以下方面。

(1) 具有同事之间、上下级之间的沟通能力。

(2) 能接纳企业文化, 适应企业的工作环境。

(3) 具有较强的社会责任感、工作责任心, 在执行任务过程中发现问题能及时反馈到有关部门, 并能针对企业实际提出合理化建议。

(4) 能处理好主人翁与被雇用的关系, 具有良好的忠诚度和敬业爱岗的精神。

(5) 工作过程中具有很强的执行力和一定的奉献精神。

(6) 具有团队协作精神, 善于与人交流和协商, 具有一定的谈判签约能力。

(7) 具有良好的职业道德, 能按照劳动保护与环境保护的要求开展工作。

(8) 具有身心健康, 承受压力, 快乐生活, 不断进取的思想、态度和观点。

(9) 能主动了解国家、地方相关环境保护的法律法规, 并在工作中严格遵守。

4. 课程教学目标

通过行业协会和专业委员会对行业、企业的调查和基于生产过程的职业能力分析, 在此基础上制定《可编程控制器应用技术》课程标准。从本行业高素质技能型人才所必需的基于 PLC 的电气控制与过程控制所需知识与技能出发, 在控制方案提出、传感器、可编程控制

器及其他器件的选择、PLC 程序的设计调试、控制线路的设计、安装、调试,随机技术文件的编写等基础理论知识和实践操作技能等方面进行训练,培养学生解决生产实际问题的能力。

《可编程序控制器应用技术》主要针对 PLC 控制系统的开发设计、装配与调试、销售与技术服务职业岗位的要求,从设计系统总体控制方案、识读与编制技术文件、选购 PLC 机型和电气元件(询价与下单)、设计 PLC 的 I/O 接口电路和控制柜(台)、装配与调试 PLC 控制系统、产品销售与技术服务,到 PLC 组网及上位机通信等典型工作任务进行分析归纳总结,主要为培养 PLC 控制系统的开发、设计、组装、调试、检测、维修等能力而设置的学习领域(课程)。通过本学习领域的学习,使学生能够根据常见工业控制对象的特点和要求,正确选择控制方案和控制规律,掌握常见传感器件和控制器件的选用和维护知识,熟练地掌握简单工业控制系统的安装和调试方法。本课程的设置符合高技能人才培养目标和专业相关技术领域职业岗位(群)的任职要求,对学生职业能力培养和职业素质养成起主要支撑或明显促进作用。

5. 课程教学设计思路

基于 PLC 控制系统的开发过程,对课程进行工作过程系统化设计。在课程教学设计时,体现教学内容实际化,教学过程仿真化与真实化相结合,教学组织小组化,课程评价与《PLC 程序设计师》技能认证相融通。

(1) 以紧密型校企合作企业的产品为载体,教学内容实际化。除绪论和第 1 章介绍教学组织安排和 PLC 应用必备的知识外,选取本地区典型的 PLC 控制系统产品为学习情境的载体,设置了 5 个学习情境,每个学习情境都是一个完整的 PLC 应用工程项目。在每一个学习情境的实施过程中,再通过若干个子情境来完成整个工程项目的工作任务。

(2) 以 PLC 控制系统开发为基础,教学过程仿真化与真实化相结合。按照企业实际生产过程普适的工作要求,以实际的工程项目为载体,进行 PLC 控制系统的开发设计、程序编写、联机调试以及制作接口电路等工作,将校内基地进行的模拟仿真化训练和企业顶岗真实化训练相结合,每个学习情景均按照“明确工作目标、制定工作计划、设计工作方案、完成工作任务、强化过程控制、实施质量评估”6 个工作步骤进行教学,不断总结教改经验,逐步提高教学效果。

教学过程与工作过程相比较,增加知识讲授、操作演示(虚拟动画和现场操作)、经验分享、总结考核等环节,以企业的生产任务单和产品检验单为基础,校企合作开发教学中使用的教学过程材料,并将教学实施过程按照生产工作流程步骤化、程序化,使教学过程源于工作过程又高于工作过程。

(3) 专业能力、社会能力与方法能力同步发展,教学组织小组化。每个学习情境都是一个综合性的学习任务,既包含完成综合性学习任务需要的知识,又要通过实施多样化的引导学生行动过程的教学方法,使学生在获取知识、发展专业能力的同时,获得社会能力和方法能力。因此,为了使学生的专业能力、社会能力和方法能力同步发展,教学组织以小组为单位,每个小组由 3 位学生组成,通过互相协作的方式来完成学习情境的工作任务,小组整体完成工作任务的质量与每位学生的学习成绩挂钩,既考虑个人贡献,又考虑团队协作精神。

(4) 课程评价与《PLC 程序设计师》技能认证相融通。本课程评价主要考核学生四个方面的能力:PLC 选型与接口电路器件选用能力;PLC 控制系统接线能力;PLC 控制程序设计能力;系统联机调试与总结能力。平时成绩由教师评价、企业评价和学生评价成绩三部分组

成,突出平时项目完成质量的考核,再结合平时表现、总结报告、小组协作情况进行综合评定。如果学生通过《PLC 程序设计师》技能认证,则直接采用《PLC 程序设计师》的考核成绩作为该课程的成绩。

6. 教学内容组织与安排

针对 PLC 控制系统的开发设计人员、装配调试人员和销售与技术服务人员所从事的岗位要求,设计学习项目。各个学习项目按照 PLC 应用能力的形成过程进行编排,每个学习情境都是一项完整的工作任务。其中,5 个工程应用项目均由硬件电路设计和软件设计两大工作任务。通过各个具体工作任务的完成,强化学生的专业能力,提升控制过程分析、程序编写与调试的方法能力,增强团队合作、沟通等社会能力,培养 PLC 程序设计师/高级维修电工必备的职业素质。通过学习项目的学习与训练,学生的应用能力可以迁移,并实现学生的可持续发展。教学内容及参考学时见表 0-1。

表 0-1

教学内容与参考学时

序号	学习项目	课时	教学目标
0	绪论	4	通过到 PLC 控制产品生产企业的认知实习、社会调研、讲座讲学,学生知道应该学习什么以及如何去学
1	PLC 应用基础知识	8	通过讲座讲学、相关资料和 PLC 销售商网站的学习,学生掌握 PLC 应用于工程项目所必备的基本知识与技能
2	运输小车 PLC 控制系统设计与调试	16	只有明确要做些什么,然后才能考虑怎么去做。因此,通过具有真实工业场景微缩的工业对象工程应用项目的学习与训练,学生在学习过程中积累一定的工作经验,能够正确合理地将工艺要求转化为控制要求,然后进行控制系统的综合。主要能力包括控制要求的分析、控制方案的构划、线路设计、程序设计、器件选配、设备安装、最终调试、设计文件撰写等
3	智能抢答 PLC 控制系统设计与调试	18	
4	传统机床 PLC 控制系统设计与调试	28	
5	电除尘振打 PLC 控制系统设计与调试	20	
6	四层电梯 PLC 控制系统设计与调试	20	
7	PLC 控制系统设计的一般方法	6	
合计		120	

7. 教学组织与实施建议

在教学组织与实施上遵循学生职业能力培养的基本规律,教学组织以小组为单位,每个小组由 3 位学生组成,通过互相协作的方式来完成学习情境的工作任务,采用理论实践一体化教学,对教学内容根据工作过程进行整合、序化,有效提高了学生的学习积极性和学习效果。具体做法如下。

(1) 基于 PLC 控制系统开发过程和学生职业能力形成需求,打破传统教学周概念。本课程以往授课计划为 4 课时/周 \times 16 周+2 周课程设计,经过基于工作过程课程开发思路的改革后,课程将按照每个学习情境的工作需要,集中在 10 周内完成全部工作任务,有利于学生职业能力的形成。

(2) 按照工作过程系统化的要求,进行学习情境的工作任务排序。每个学习情境都是一项完整的工程应用项目,按照控制要求分析、硬件电路设计、程序设计与调试、元器件选型、装配图与接线图设计、技术文件编写等工作任务排序教学内容。

(3) 工作任务在校内实训基地和校外实习基地同时进行。教学时,将每个教学班级进行

分组,部分同学在校内实训基地完成工作任务,部分同学在校外实习基地完成工作任务。教学场地根据不同的工作任务需求而改变。学生首先进行电路设计与程序设计的模拟仿真训练,然后跟着指导教师进行装配接线与系统调试,在不同的学习情境中进行轮岗实训,最后到紧密型合作企业进行顶岗实训。

(4) 在模拟仿真环境下安排理论实践一体化教学。本课程的教学不再安排理论授课教室教学,全部教学过程在校内外实训基地的生产车间进行;在实训场地安排多媒体教学现场,教师理论知识讲授后马上根据现场设备进行现场教学。

(5) 课程采用形成性考核,并与《PLC 程序设计师》技能认证相通。本课程评价采用形成性考核方式,将课程评价分为两大部分,其中一部分为期末理论考试成绩,占总成绩的 30%,主要考查学生对基本的 PLC 应用知识掌握程度、PLC 接口电路与控制程序的设计等;另一部分则是由平时成绩(工程应用教学项目的完成过程与完成质量的考核)和操作考试成绩(综合应用程序设计与调试)组成,占总成绩的 70%。如果学生通过《PLC 程序设计师》技能认证,则直接采用《PLC 程序设计师》的考核成绩作为该课程的成绩。

20 世纪 80 年代中期,随着电子技术的发展,PLC 的处理速度和可靠性不断提高,控制功能不断增强,体积进一步缩小,成本大幅度下降。进入 21 世纪以来,随着电子技术的发展,PLC 的处理速度和可靠性不断提高,控制功能不断增强,体积进一步缩小,成本大幅度下降,不仅进行逻辑控制,而且在模拟量的闭环控制、数字量的智能控制、数据采集、监控、通信联网及集散控制等方面都得到了较快发展。

1.1 PLC 的发展过程

1973 年,西门子公司最早投放市场的 PLC 是 SIMATIC S3,它实际上是带有简单操作接口的二进制控制器。1979 年 S3 被 SIMATIC S5 所取代。该系列 PLC 在 20 世纪 80 年代初, S5 系统进一步升级——U 系列 PLC。被常用机型有 S7-200、S7-300 和 S7-400。S7-200 系列 PLC 是紧凑型 PLC,体积小,价格低,功能强大,广泛应用于离散制造领域。S7-300 系列 PLC 是中型 PLC,功能强大,应用广泛,广泛应用于离散制造领域。S7-400 系列 PLC 是大型 PLC,功能强大,应用广泛,广泛应用于离散制造领域。PLC 的发展过程可以追溯到 20 世纪 50 年代,当时主要采用继电器逻辑控制。随着电子技术的进步,PLC 应运而生。PLC 的发展经历了以下几个阶段:1. 第一代 PLC (1970 年代): 主要是二进制控制器,如西门子的 S3 系列。2. 第二代 PLC (1980 年代): 引入了浮点运算、模拟量控制等功能,如西门子的 S5 系列。3. 第三代 PLC (1990 年代): 引入了模块化设计,提高了系统的灵活性和可扩展性,如西门子的 S7 系列。4. 第四代 PLC (2000 年代至今): 引入了网络通信功能,实现了分布式控制,如西门子的 S7-400 系列。PLC 的发展使得工业生产自动化水平不断提高,提高了生产效率和产品质量。

第 1 章

PLC 应用基础知识

【学习目标】

- ◇ 了解 PLC 的产生与发展过程。
- ◇ 熟悉 PLC 的特点与应用领域。
- ◇ 掌握 PLC 的基本组成与工作过程，为 PLC 控制系统开发打下基础。
- ◇ 能绘制 PLC 控制装置内部电气元件布置图。
- ◇ 能绘制接线图和接线表。

【工作任务】

- ◇ 调研和观察 PLC 应用实例。
- ◇ PLC 应用实验演示与操作练习。
- ◇ 电气元件布置图、接线图和接线表的绘制。

1.1 PLC 产生与发展

1.1.1 PLC 的诞生与定义

1. PLC 缩写的来源

20 世纪 70 年代生产的用于代替继电器控制系统的开关量逻辑控制器，称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。后来生产的 PLC，其控制功能已经远远超出逻辑控制的范畴，于是人们把它称为 Programmable Controller, PC。个人计算机也常简称为 PC (Personal Computer)，为了避免混淆，在大多数期刊书籍上仍把可编程序控制器简称为 PLC。

2. PLC 的诞生

1968 年，美国通用汽车公司 (General Motors, GM) 提出用一种新型控制装置替代继电器控制系统的设想，这种控制装置要把计算机的通用、灵活、功能完备与继电器控制的简单、易懂相结合。根据 GM 提出的设想，1969 年，美国数字设备公司 (Digital Equipment Corporation, DEC) 研制出世界上第一台 PLC，并在 GM 公司的汽车自动装配生产线上试用成功。1971 年，日本引进这项技术并开始生产 PLC。1973 年，德国和法国也研制出 PLC。1977 年，我国研制成功第一台 PLC。

3. PLC 的定义

国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 于 1987 年 2 月对 PLC 所作的定义为：PLC 是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种机械或生产过程。可编程控制器及

其有关外部设备, 都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

1.1.2 PLC的发展

1. 国内外主要 PLC 制造商

目前, 全世界生产 PLC 的公司 200 多家, 生产 400 多种产品。根据美国 Automation Research Corp (ARC) 调查, 世界 PLC 厂家的五霸分别为德国 Siemens (西门子) 公司、美国 Rockwell 自动化公司所属的 Allen-Bradley (A-B) 公司、法国 Schneider (施耐德) 公司、日本 Mitsubishi (三菱) 公司和 OMRON (欧姆龙) 公司, 他们的销售额约占全球总销售额的 2/3。国外主要 PLC 制造商还有 GE、松下、富士等。我国的 PLC 生产目前也有一定的发展, 小型 PLC 已批量生产, 中型 PLC 已有产品, 大型 PLC 已开始研制。国内 PLC 形成产品化的生产企业约 30 多家, 国内产品市场占有率不超过 10%, 主要生产单位有苏州电子计算机厂、苏州机床电器厂、上海兰星电气有限公司、天津市自动化仪表厂、杭州通灵控制电脑公司、北京机械工业自动化所和江苏嘉华实业有限公司等。国内产品在价格上占有明显的优势。

2. PLC 技术的发展过程

20 世纪 80 年代和 90 年代, 随着微电子技术的发展, PLC 的处理速度和可靠性不断提高, 控制功能不断增强, 体积进一步缩小, 成本大幅度下降。进入 21 世纪以来, 随着微电子技术的发展, PLC 的处理速度和可靠性不断提高, 控制功能不断增强, 产品更加规范化、标准化、多样化, 控制的开放性和模块化的体系结构 (Open Modular Architecture for Control, OMAC), 与现场总线的兼容, 体积进一步缩小, 成本大幅度下降, 不仅能进行逻辑控制, 而且在模拟量的闭环控制、数字量的智能控制、数据采集、监控、通信联网及集散控制等方面都得到了较快发展。

3. 西门子 PLC 的发展过程

1975 年, 西门子公司最早投放市场的 PLC 是 SIMATIC S3, 它实际上是带有简单操作接口的二进制控制器。1979 年 S3 被 SIMATIC S5 所取代, 该系统广泛地使用了微处理器。20 世纪 80 年代初, S5 系统进一步升级——U 系列 PLC, 较常用机型有 S5-90U、95U、100U、115U、135U、155U。1994 年 4 月, S7 系列诞生, 它更具有国际化、更高性能等级、更小安装空间、更良好的 Windows 用户界面等优势, 其机型为: S7-200、300、400。1996 年, 在过程控制领域, 西门子公司又提出 PCS7 (过程控制系统 7) 的概念, 将其优势的 WINCC (与 Windows 兼容的操作界面)、PROFIBUS (工业现场总线)、COROS (监控系统)、SINEC (西门子工业网络) 及控调技术融为一体。发展至今, S3、S5 系列 PLC 已逐步退出市场, 停止生产, 而 S7 系列 PLC 发展成为西门子自动化系统的控制核心, 而 TDC 系统沿用 SIMADYN D 技术内核, 是对 S7 系列产品的进一步升级, 它是西门子自动化系统最尖端、功能最强的可编程控制器。

4. OMRON 公司 PLC 的发展过程

20 世纪 80 年代初期, OMRON 的大、中、小型 PLC 分别是 C 系列的 C2000、C1000、C500、C120、C20。20 世纪 80 年代后期, OMRON 开发出 H 型 PLC, 大、中、小型对应应有 C2000H/C1000H、C200H、C60H/C40H/C28H/C20H。20 世纪 90 年代初期, 推出 CQM1 型 PLC。1997 年, 推出了小型 CPM1A 机。1998 年, 推出了 CVM1D 双机热备系统。1999 年, 推出了小型机 CPM2A/CPM2C/CPM2AE, SRM1、CQM1H 等。2001 年以来, 推出了 SYSMAC CP1L 系列多功能一体型小型 PLC; 中小型 PLC, 包括: CJ1M、CJ1G-CPU**P、CQM1H、C200H/HS、C200Hα、CJ1、C**H、C**P、C**K; 大型 PLC, 包括: CS1D、C1000F、CS1、

CV 系列、CVM1D、C1000H、C2000H 等。

1.2 PLC 的特点与应用领域

1.2.1 PLC 的主要特点

PLC 具有以下主要特点。

(1) 灵活性和通用性强。只要修改程序, PLC 外部接线改动极少, 甚至不改动, 就能实现新的控制功能。

(2) 抗干扰能力强、可靠性高。PLC 在软硬件方面采取了许多措施来提高其可靠性。在硬件方面采取的措施有:

① 采用严格的屏蔽措施, 以防外界干扰。

② 对供电系统采用多种形式的滤波, 以消除或抑制高频干扰。

③ 采用光电隔离措施, 有效地隔离了内部与外部电路间的直接电联系。

④ 大中型 PLC 采用模块化结构, 一旦某一模块发生故障, 就可迅速更换, 以缩短系统故障的停机时间。

在软件方面采取的措施有:

① 监控程序检测到故障时, 立即把当前状态保存起来, 并禁止对程序的任何操作。故障排除后立即恢复故障前的状态继续执行程序。

② PLC 设置了监视定时器, 如果程序执行时间超过设定值, 表明程序已进入死循环, 则立即报警。

(3) 编程语言简单易学。PLC 采用梯形图语言编程, 简单易学, 使用者无需掌握计算机的软、硬件知识。

(4) 与外设连接简单。输入接口可直接与按钮、传感器相连, 输出接口可直接驱动继电器、接触器、电磁阀等。

(5) PLC 功能强、扩展方便, 不仅具有条件控制、计数、定时、步进等控制功能, 而且还能完成 A/D、D/A 转换, 数字运算和数据处理, 运动控制等, 还具有联网通信功能。PLC 的功能扩展极为方便, 可根据需要灵活配置硬件模块。

(6) 控制系统设计、调试时间短。

(7) 体积小、重量轻、易于实现机电一体化。

1.2.2 PLC 与其他工业控制装置的比较

1. PLC 与继电器控制系统的比较

继电器控制系统是针对一定的生产机械、固定的生产工艺设计的, 利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合而成, 其连线多而复杂, 存在体积大、功耗大的问题; 机械触点动作时间较长, 一般需要几十毫秒, 还存在机械抖动问题; 触点开闭时会受到电弧的损坏, 并有机械磨损, 存在寿命短、可靠性差的问题。一旦继电器控制系统构成后, 想再改变或者增加控制功能都很困难, 通常需要重新设计、重新配线, 但具有价格比较便宜的优点。而 PLC 由于应用了微电子技术和计算机技术, 各种控制功能都是通过软件来实现的, 只要改变程序并改动少量外部接线, 就可适应生产工艺的改变。同时, 由于简化了硬件电路, 也就提高了 PLC 的可靠性。从适应性、可靠性、方便性及设计、安装、调试、维护、

体积、功耗等方面比较, PLC 都有显著优势。因此, 除了某些非常简单的控制场合外, 传统的继电器控制系统必将被 PLC 所取代。

2. PLC 与单片机系统的比较

单片机 (MCU) 具有结构简单、价格便宜、响应速度快、适应范围较广等优点, 一般用于工作环境较好的数字采集和工业控制领域。但由于单片机不是专门针对工业现场控制而设计, 因而与 PLC 相比有以下缺点。

(1) 不如 PLC 容易掌握。单片机用于控制系统必须进行硬件电路设计和专用指令编程, 这就要求设计人员具有一定的计算机硬件和软件的知识, 对于只熟悉机电控制的技术人员来说, 需要相当一段时间的学习才能掌握。而 PLC 本身是专为工业现场控制设计的微机应用系统, 但提供给用户使用的是接口端子和电控人员所熟悉的梯形图语言, 对于使用者来说, 不必去关心微机的一些技术问题, 而只要用较短时间去熟悉 PLC 的指令系统、接口连接与操作方法, 就能应用到工业控制现场。

(2) 不如 PLC 使用简单。单片机用于现场控制, 必须考虑现场设备与主机的连接, 接口的扩展、输入/输出信号的处理、接口工作方式等问题, 除了要设计控制程序外, 还要在外围做很多软件和硬件方面的工作, 系统调试工作也比较麻烦。而 PLC 的 I/O 接口已经做好, 输入接口可以直接和某些输入设备相连, 输出接口具有一定的驱动能力, 可以直接驱动某些负载。

(3) 不如 PLC 可靠。用单片机进行工业控制, 突出的问题就是抗干扰能力差, 设计者必须具有一定的现场控制和抗干扰处理经验, 才能处理好单片机系统的抗干扰问题, 否则在运行过程中容易出现死机现象。而 PLC 在硬件和软件上都采取了抗干扰措施, 如光电耦合、自诊断、多个 CPU 并行操作、冗余控制技术等, 使用者一般不需要专门考虑抗干扰措施, 可以直接在工业环境中使用。

3. PLC 与工业控制计算机的比较

工业控制计算机是通用微机为了适应工业生产控制要求而发展起来的一种控制设备, 简称工业 PC, 目前主要有 IPC 工控机和 CompactPCI 工控机两种类型。工业 PC 具有硬件结构方面总线标准化程度高、兼容性强, 软件资源丰富, 特别是有实时操作系统的支持, 故对要求快速、实时性强、模型复杂、计算工作量大的工业对象的控制占优势。但是, 使用工业 PC 去控制生产工艺过程, 要求开发人员具有较高的计算机专业知识和微机编程能力。另外, 工业 PC 毕竟是由通用微机发展而来的, 要想完全适应恶劣的生产现场要求, 还必须在软件和硬件方面进行抗干扰处理。而 PLC 最初是针对工业顺序控制应用发展而来的, 硬件结构专用性强, 通用性差, 很多优秀软件不能直接应用, 必须经过二次开发。但是, 由于 PLC 易学、易懂, 工作可靠性高, 控制通用性强, 因此得到广泛应用。尽管现代 PLC 在模拟信号处理、数值运算、实时控制等方面均有较大提高, 但在模型复杂、计算量大、实时性要求较高的应用场合, 工业 PC 则更能发挥其专长。

4. PLC 与集散控制系统的比较

集散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 是利用计算机技术对生产过程进行集中监测、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。DCS 是由仪表回路控制系统发展而来的, 所以它在模拟量处理、回路调节方面具有一定优势, 初期主要侧重于回路调节功能。而 PLC 是由继电器控制逻辑发展而来的, 所以它在数字处理、顺序控制方面具有一定优势, 初期主要侧重于开关量的顺序控制。这两种设备都随着微电子技术、计算机技术、信号处理技

术、测量控制技术、通信网络技术等的不断发展，同时都向对方扩展自己的技术功能。现代 PLC 的模拟量控制功能很强，配备各种智能模块以适应生产现场的多种特殊要求，具有 PID (Proportional-Integral-Differential) 调节功能和组网分级控制功能以及 DCS 所完成的控制功能。而新一代 DCS 具有通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好、安装简单规范、调试方便、运行安全可靠的特点，适用于石油、化工、冶金、轻工、造纸等各种生产过程，能提高生产自动化水平和管理水平，提高产品质量，降低能源消耗和原材料消耗，提高劳动生产率，保证生产的安全，促进工业技术发展，创造最佳的经济效益和社会效益。

到目前为止，PLC 和 DCS 的发展越来越接近，很多工业生产过程既可以用 PLC 控制，也可以用 DCS 控制。综合 PLC 和 DCS 的各自优势，把两者有机结合起来，可以形成一种全分布式的计算机控制系统。

5. PLC 与现场总线控制系统的比较

现场总线的概念是随着微电子技术的发展，数字通信网络延伸到工业过程现场成为可能后，于 1984 年前后提出的。现场总线是一种用于智能化现场设备和自动化系统的开放式，数字化，双向串行，多结点的通信总线。现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS) 是一种基于现场总线的、全分散、全数字化、全开放和可互操作的分布式控制系统。FCS 是由 DCS 与 PLC 发展而来的，不仅具备 DCS 和 PLC 的特点，而且还具有开放性，打破了 DCS 大型厂家的垄断；可互操作性，实现了控制产品的“即插即用”功能；彻底的分散性，具有更高的可靠性和灵活性，容易重组、扩建与维护等；低成本性，即 FCS 的总体成本低于 DCS 的成本等优点。而 PLC 经过 30 多年的发展，在技术上已十分成熟与完善，在处理开关量方面具有很强的优势，并开发了模拟量控制功能，显然 PLC 可以作为一个站点挂在高速的现场总线上，成为 FCS 的一个组成部分。

计算机控制系统的发展在经历了模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统 (采用单片机、PLC、SLC 等) 以及 DCS 后，将朝着 FCS 的方向发展。虽然以现场总线为基础的 FCS 发展很快，但是 FCS 发展还有很多工作要做，如统一标准、仪表智能化等。另外，传统控制系统的维护和改造还需要 DCS，因此 FCS 完全取代传统的 DCS 还需要一个较长的过程，同时 DCS 本身也在不断地发展与完善。DCS 和 FCS 两种控制策略各具优势，DCS 适用于较慢的数据传输速率，FCS 则更适用于较快的数据传输速率以及更灵活的处理数据。

综合所述，在过程控制领域中，随着 FCS 的出现，DCS 并不会消亡，就如 DCS 和 PLC 之间不会互相替换一样，而只是将过去处于控制系统中心地位的 DCS 移到现场总线的的一个站点上去，将控制系统中心地位让给 FCS。于是就出现了 PLC、工业 PC、DCS、FCS 共同瓜分市场，并朝着互相渗透、互相融合的方向发展。

1.2.3 PLC 的应用领域

PLC 在工业自动化中起着举足轻重的作用，在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。经验表明，80% 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。据统计，目前世界上有数百种 PLC 产品，主要应用在汽车 (23%)、粮食加工 (16.4%)、化学/制药 (14.6%)、金属/矿山 (11.5%)、纸浆/造纸 (11.3%) 等行业。虽然我国在 PLC 生产方面非常弱，但在 PLC 应用方面，我国是很活跃的，近年来每年约新投入 10 万台套 PLC 产品，年销售额 30 亿元，应用的行业也很广。在我国应用的 PLC 系统中，

I/O 64 点以下 PLC 销售额占整个 PLC 的 47%，64~256 点的占 31%，合计占整个 PLC 销售额的 78%。

例如，在电力工业中，用于电厂输煤系统、锅炉燃烧系统、汽轮机和锅炉的启动及停车系统、废水处理系统、发电机和变压器监控系统等；在冶金工业中，用于轧钢机、高炉冶炼、配料、钢板卷取控制，包装、进出料场控制等；在机械工业中，用于数控机床、机器人、自动仓库控制，电镀生产线控制、热处理控制等；在汽车工业中，用于自动焊接控制，装配生产线、喷漆流水线控制等；在食品工业中，用于制罐机控制、饮料灌装生产线控制、产品包装控制等；在化学工业中，用于化学反应槽控制、橡胶硫化机控制、自动配料控制等；在公共事业中，用于电梯控制、大楼防灾系统控制、交通灯控制等。

如果按应用类型来划分，PLC 的应用可分为以下几类。

1. 开关逻辑和顺序控制

开关逻辑和顺序控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，它取代传统的继电器控制系统，实现逻辑控制、顺序控制，可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制等，如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、石料加工生产线的控制等。

2. 位置控制

大多数 PLC 制造商，目前都能提供驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、金属成形机床、装配机械、机器人、电梯控制等。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量进行闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换，并对模拟量进行 PID 闭环控制。PID 闭环控制功能可用 PID 子程序来实现，也可用智能 PID 模块来实现。

4. 多级控制网络系统

PLC 之间、PLC 和上位计算机之间、PLC 和其他智能设备之间可以联网通信，实现远程数据处理和信息共享，从而构成工厂计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）。CIMS 能促使企业加快新产品投放市场的时间（Time to Market）、改善质量（Quality）、降低成本（Cost）以及完善服务体系（Service），以适应激烈的全球市场竞争要求。

1.3 PLC 的基本组成与工作过程

1.3.1 PLC 的基本组成

根据硬件结构形式的不同，PLC 可分为整体式和模块组合式 2 类。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点，其外形如图 1-1 所示。从电路构成来看，整体式 PLC 是由输入单元、电源、CPU、输出单元、外设接口、存储器、I/O 扩展端口等组成的，如图 1-2 所示。

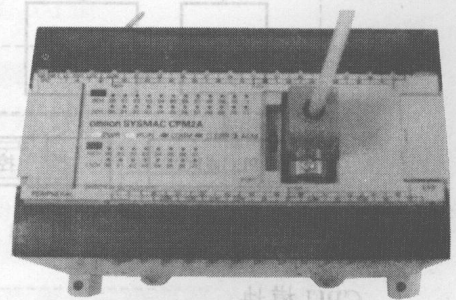


图 1-1 整体式 PLC 外形图