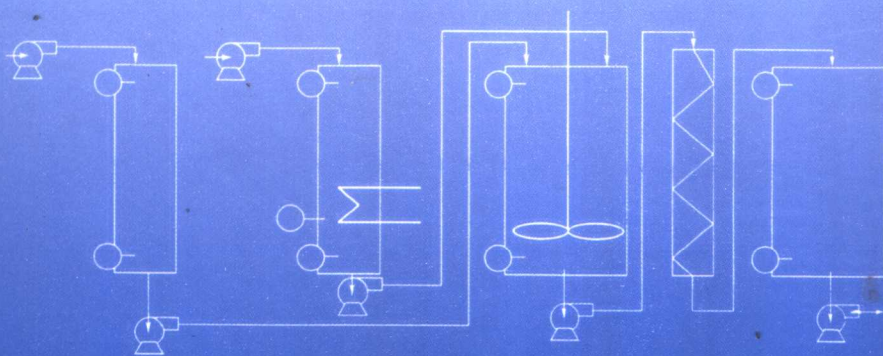




教育部高职高专规划教材

可编程控制器实训教程

吴明亮 蔡夕忠 主编



32.3
33



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

可编程控制器实训教程

吴明亮 蔡夕忠 主编
徐咏冬 主审



 化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器实训教程 / 吴明亮, 蔡夕忠主编. —北京:
化学工业出版社, 2005.6
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-7109-4

I. 可… II. ①吴… ②蔡… III. 可编程序控制器—高等
学校: 技术学院—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 065673 号

教育部高职高专规划教材
可编程控制器实训教程

吴明亮 蔡夕忠 主编

徐咏冬 主审

责任编辑: 张建茹 唐旭华

文字编辑: 朱 磊

责任校对: 周梦华

封面设计: 关 飞

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11.5 字数 278 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7109-4

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

为了适应社会经济和科学技术迅速发展及教育教学改革的需要,全国化工高职电仪类专业教学指导委员会组织有关院校经过广泛深入的调查研究和讨论,制定了高职高专电仪类专业新一轮的教材建设规划。新的规划教材根据“以就业为导向”的原则,注重以先进的科学发展观调整和组织教学内容,增强认知结构与能力结构的有机结合,强调培养对象对职业岗位(群)的适应程度,对电仪类专业教材的整体优化力图有所突破,有所创新。

本书是根据全国化工高职电仪类专业教学指导委员会 2004 年石家庄会议制定的教学计划和北京会议制定的《可编程控制器实训教程》教材编写大纲而编写的。

近年来,随着大规模集成电路的发展,以微处理器为核心的可编程控制器(PLC)得到了迅猛的发展。早期的 PLC 主要用于顺序控制,今天的 PLC 已经能够应用于闭环控制、运动控制以及复杂的分布式控制系统,已逐步发展成为一类解决自动化问题的有效而便捷的方式。由于 PLC 自身具有功能完善、结构模块化、开发容易、操作方便、性能稳定、可靠性高、性价比高等优点,因而在工业生产中具有广阔的应用前景,并被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。而且随着集成电路的发展和网络时代的到来,PLC 必将能够获得更大的发展空间。

本书在内容的选取方面颇具特色,将理论教程和实训教程合二为一,统称为可编程控制器实训教程,以“必需”与“够用”为度,将知识点作了较为精密的整合。教学内容深入浅出,通俗易懂。大大精简了教学课时。既有利于教师教,又有利于学生学,还有利于广大 PLC 爱好者自学。

本书在教材结构的组织方面大胆打破常规,以工程项目为教学主线,通过设计不同的工程项目,巧妙地将知识和技能训练融于各个项目之中,各个项目按照知识点与技能要求循序渐进编排。采用“项目教学”法完成 PLC 课程的教学,突出了技能的提高,真正符合职业教育的特色。

本书从实际应用出发,以三菱 FX_{2N} 系列机型为重点,并简单介绍了一个西门子公司 S7 系列 S7-200 的训练项目,以扩展学生的视野。全书共 18 个项目,从硬件到软件,从基本指令、步进指令到应用指令,从开关量控制到模拟量控制等进行了系统的介绍,其中有些项目是编者在多年来从事教学及工程实践中总结和开发出来的,学生接触这些项目可以实现零距离上岗。

本书内容已制作成用于多媒体教学的 PowerPoint 课件,并将免费提供给采用本书作为教材的高职高专院校使用。如有需要可联系:txh@cip.com.cn 或 zjru68@263.net。

参加本书编写的人员都是在各高职高专院校从事可编程控制器教学和研究的一线教学人员,由吴明亮、蔡夕忠任主编。其中项目 2、项目 3、项目 7、项目 9、项目 12、项目 13、项目 14、项目 16 由吴明亮编写,项目 1、项目 4、项目 5、项目 6、项目 8、项目 10、项目 15、项目 17 由蔡夕忠编写,项目 11、附录 B 由罗智勇编写,项目 18、附录 A 由赵战国编写。全书由吴明亮统稿,徐咏冬老师担任主审。

因编者水平有限,书中如有错误之处,恳请广大读者及同行批评指正。

编者

2005 年 5 月

目 录

项目 1 FX _{2N} 系列 PLC 的认识	1	6.4 训练内容	55
1.1 学习目标	1	6.5 实训报告要求与考核标准	57
1.2 项目所需设备、工具、材料	1	项目 7 三相异步电动机过载保护及	
1.3 相关知识	1	报警控制	59
1.4 训练内容	11	7.1 学习目标	59
1.5 实训报告要求与考核标准	12	7.2 项目所需设备、工具、材料	59
项目 2 手持式 PLC 编程器的使用	14	7.3 相关知识	59
2.1 学习目标	14	7.4 训练内容	62
2.2 项目所需设备、工具、材料	14	7.5 实训报告要求与考核标准	63
2.3 相关知识	14	项目 8 三相异步电动机的星形-	
2.4 训练内容	24	三角形降压启动控制	65
2.5 实训报告要求与考核标准	26	8.1 学习目标	65
项目 3 编程软件的使用	27	8.2 项目所需设备、工具、材料	65
3.1 学习目标	27	8.3 相关知识	65
3.2 项目所需设备、工具、材料	27	8.4 训练内容	68
3.3 相关知识	27	8.5 实训报告要求与考核标准	71
3.4 训练内容	34	项目 9 交通信号灯控制	72
3.5 实训报告要求与考核标准	35	9.1 学习目标	72
项目 4 PLC 的接线	36	9.2 项目所需设备、工具、材料	72
4.1 学习目标	36	9.3 相关知识	72
4.2 项目所需设备、工具、材料	36	9.4 训练内容	78
4.3 相关知识	36	9.5 实训报告要求与考核标准	81
4.4 训练内容	41	项目 10 某化学反应生产过程的	
4.5 实训报告要求与考核标准	42	PLC 控制	82
项目 5 PLC 的程序执行过程认识	43	10.1 学习目标	82
5.1 学习目标	43	10.2 项目所需设备、工具、材料	82
5.2 项目所需设备、工具、材料	43	10.3 相关知识	82
5.3 相关知识	43	10.4 训练内容	83
5.4 训练内容	47	10.5 实训报告要求与考核标准	85
5.5 实训报告要求与考核标准	48	项目 11 机械手的顺序控制	87
项目 6 三相异步电动机的启动与		11.1 学习目标	87
正反转控制	50	11.2 项目所需设备、工具、材料	87
6.1 学习目标	50	11.3 相关知识	87
6.2 项目所需设备、工具、材料	50	11.4 训练内容	91
6.3 相关知识	50	11.5 实训报告要求与考核标准	98

项目 12 APV 燃烧炉点火系统的控制	100	项目 16 某炉温闭环控制系统的 PLC 控制	126
12.1 学习目标	100	16.1 学习目标	126
12.2 项目所需设备、工具、材料	100	16.2 项目所需设备、工具、材料	126
12.3 相关知识	100	16.3 相关知识	126
12.4 训练内容	102	16.4 训练内容	130
12.5 实训报告要求与考核标准	105	16.5 实训报告要求与考核标准	134
项目 13 工作台自动往返循环控制	106	项目 17 电梯控制	135
13.1 学习目标	106	17.1 学习目标	135
13.2 项目所需设备、工具、材料	106	17.2 项目所需设备、工具、材料	135
13.3 相关知识	106	17.3 相关知识	135
13.4 训练内容	108	17.4 训练内容	137
13.5 实训报告要求与考核标准	111	17.5 实训报告要求与考核标准	139
项目 14 艺术彩灯造型的 PLC 控制	113	项目 18 S7-200 系列 PLC 的认识	141
14.1 学习目标	113	18.1 项目要求	141
14.2 项目所需设备、工具、材料	113	18.2 项目所需设备、工具、材料	141
14.3 相关知识	113	18.3 相关知识	141
14.4 训练内容	114	18.4 训练内容	149
14.5 实训报告要求与考核标准	117	18.5 实训报告要求与考核标准	153
项目 15 联锁报警控制	118	附录 A FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{2NC} 的应用指令一览表	155
15.1 学习目标	118	附录 B FX 系列可编程控制器的特殊元件	158
15.2 项目所需设备、工具、材料	118	参考文献	174
15.3 相关知识	118		
15.4 训练内容	120		
15.5 实训报告要求与考核标准	124		

项目 1 FX_{2N} 系列 PLC 的认识

1.1 学习目标

- ① 熟练掌握 PLC 的基本概念、PLC 的基本构成、了解 PLC 的发展历程和应用情况。
- ② 了解不同系列三菱 PLC 的基本特点, FX_{2N} 系列 PLC 的型号、外部端子的功能与连接方法。
- ③ FX_{2N} 系列 PLC 软元件认识, 明确内部继电器的分类与编号等。
- ④ 了解 PLC 在生产控制中的应用情况。

1.2 项目所需设备、工具、材料

项目所需设备、工具、材料见表 1-1。

表 1-1 项目所需设备、工具、材料

名 称	型号或规格	数 量	名 称	型号或规格	数 量
可编程控制器	FX _{2N} -48MR	1 台	按 钮	LA10-1	2 只
计算机	带三菱编程软件、编程电缆	1 套	三相异步电动机	1.1kW/380V	1 台
交流接触器	CJ20-10	1 只	导线若干		若干
指示灯	220V/15W	2 只			

1.3 相关知识

可编程控制器是一种以 CPU 为核心的计算机工业控制装置, 由于其良好的性能价格比和稳定的工作状态以及简便的操作性, 已经广泛应用于生产实际中。

可编程控制器是一种数字运算操作系统, 专为工业环境应用而设计, 有较强的抗干扰能力。它采用了可程序的存储器, 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, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的生产过程。可编程控制器及其有关外围设备都按易于与工业系统联成一体、易于扩充其功能的原则设计。

可编程控制器具有开关量顺序控制和模拟量的闭环控制等多种功能, 早期作为一种新型的顺序控制装置应用于生产实际中。以往的顺序控制装置大多采用继电器-接触器硬连线构成, 控制要求不同, 接线就不同, 而可编程控制器以微处理器为核心, 具有信息存储能力、软件编程能力和扩展性强等优势, 通过编程可以实现不同的控制功能, 在顺序控制领域得到广泛应用。大部分的 DCS (集散控制系统) 能够实现顺序控制功能, 但可编程控制器的处理周期比 DCS 系统要短得多, 因此在顺序控制方面具有明显优势。很多企业在使用 DCS 进行过程控制时, 对于间歇加料、固体和粉末产品包装等过程和压缩机控制、过程联锁保护等, 较多采用 PLC 完成顺序控制功能。可编程控制器可以单独使用, 也可以挂载在 DCS 网络中, 成为 DCS 控制系统的一部分。

1.3.1 PLC 基础知识

(1) PLC 的发展过程

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台可编程控制器, 用于通用汽车公司的生产线, 取代生产线上的继电器控制系统, 开创了工业控制的新纪元。1971 年, 日本、德国、英国、法国等相继开发了适于本国的可编程控制器, 并推广使用。1974 年, 中国也开始研制生产可编程控制器。早期的可编程控制器是为取代继电器-接触器控制系统而设计的, 用于开关量控制, 具有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能, 故称之为可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller)。

随着微电子技术、计算机技术及数字控制技术的高速发展, 到 20 世纪 80 年代末, PLC 技术已经很成熟, 并从开关量逻辑控制扩展到计算机数字控制 (CNC) 等领域。近年生产的 PLC 在处理速度、控制功能、通信能力等方面均有新的突破, 并向电气控制、仪表控制、计算机控制一体化方向发展, 性能价格比不断提高。这时的可编程控制器的功能已不限于逻辑运算, 具有了连续模拟量处理、高速计数、远程输入、输出和网络通信等功能。国际电工委员会 (IEC) 将可编程逻辑控制器改称为可编程控制器 PC (Programmable Controller)。后来由于发现其简写与个人计算机 (Personal Computer) 相同, 所以又重新沿用 PLC 的简称。

目前, 在世界先进工业国家 PLC 已经成为工业控制的标准设备, 它的应用几乎覆盖了所有的工业企业。PLC 技术已经成为当今世界的潮流, 成为工业自动化的三大支柱 (PLC 技术、机器人、计算机辅助设计和制造) 之一。

(2) PLC 的基本构成

本书以三菱公司生产的 FX_{2N} 系列小型 PLC 为主要机型, 介绍 PLC 的应用知识, 训练 PLC 的操作技能。FX_{2N} 系列 PLC 硬件组成与其他类型 PLC 基本相同, 主体由三部分组成, 主要包括中央处理器 CPU、存储系统和输入、输出接口。PLC 的基本结构如图 1-1 所示。系统电源有些在 CPU 模块内, 也有单独作为一个单元的, 编程器一般看作 PLC 的外设。PLC 内部采用总线结构, 进行数据和指令的传输。

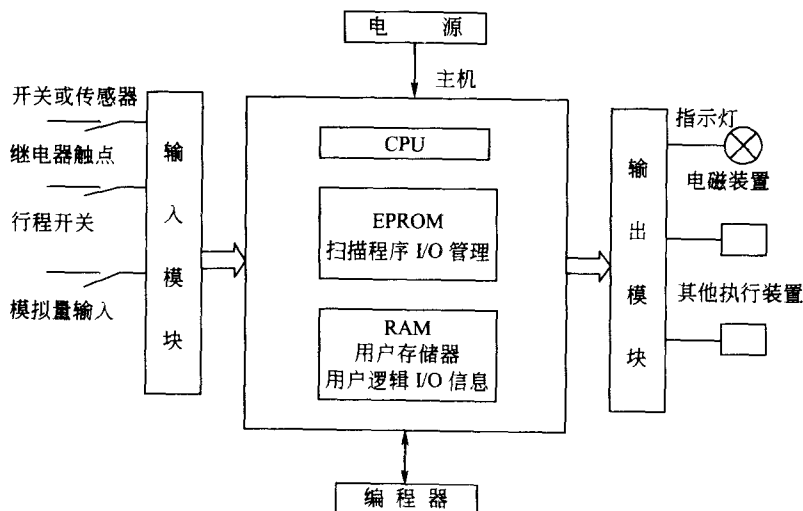


图 1-1 PLC 的组成框图

外部的开关信号、模拟信号以及各种传感器检测信号作为 PLC 的输入变量, 它们经 PLC

的输入端子进入 PLC 的输入存储器,收集和暂存被控对象实际运行的状态信息和数据;经 PLC 内部运算与处理后,按被控对象实际动作要求产生输出结果;输出结果送到输出端子作为输出变量,驱动执行机构。PLC 的各部分协调一致地实现对现场设备的控制。

① 中央处理器 CPU CPU 的主要作用是解释并执行用户及系统程序,通过运行用户及系统程序完成所有控制、处理、通信以及所赋予的其他功能,控制整个系统协调一致地工作。常用的 CPU 主要有通用微处理器、单片机和双极型位片机。

② 存储器模块 随机存取存储器 RAM 用于存储 PLC 内部的输入、输出信息,并存储内部继电器(软继电器)、移位寄存器、数据寄存器、定时器/计数器以及累加器等的工作状态,还可存储用户正在调试和修改的程序以及各种暂存的数据、中间变量等。

只读存储器 ROM 用于存储系统程序。可紫外线擦除电编程的只读存储器 EPROM,它主要用来存放 PLC 的操作系统和监控程序,如果用户程序已完全调试好,也可将程序固化在 EPROM 中。可电擦除可电改写的只读存储器 EEPROM,它主要用来存放用户程序。

③ 输入输出模块 可编程序控制器是一种工业控制计算机系统,它的控制对象是工业生产过程,与 DCS 相似,它与工业生产过程的联系也是通过输入输出接口模块(I/O)实现的。I/O 模块是可编程序控制器与生产过程相联系的桥梁。

PLC 连接的过程变量按信号类型划分可分为开关量(即数字量)、模拟量和脉冲量等,相应输入输出模块可分为开关量输入模块、开关量输出模块、模拟量输入模块、模拟量输出模块和脉冲量输入模块等。

④ 编程器 编程器是 PLC 必不可少的重要外部设备。编程器将用户所希望的功能通过编程语言送到 PLC 的用户程序存储器中。编程器不仅能对程序进行写入、读出、修改,还能对 PLC 的工作状态进行监控,同时也是用户与 PLC 之间进行人机对话的界面。随着 PLC 的功能不断增强,编程语言多样化,编程已经可以在计算机上完成。具体介绍将在项目 2、3 中详细说明。

(3) PLC 的分类

① 按容量分 大致可分为“小”、“中”、“大”三种类型。

- 小型 PLC I/O 点总数一般小于或等于 256 点。其特点是体积小、结构紧凑,整个硬件融为一体,除了开关量 I/O 以外,还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通讯联网以及各种应用指令。如 OMRON 的 C**P/H (**表示 20~26)系列、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CQM 系列, SIMENS 的 S7-200 系列。

- 中型 PLC I/O 点总数通常从 256 点至 2048 点,内存在 8K 以下, I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外,还能采用直接处理方式,即在扫描用户程序的过程中,直接读输入、刷新输出。它能联接各种特殊功能模块,通讯联网功能更强,指令系统更丰富,内存容量更大,扫描速度更快。如 OMRON 的 C200P/H, SIMENS 的 S7-300 系列。

- 大型 PLC 一般 I/O 点数在 2048 点以上的称为大型 PLC。大型 PLC 的软件、硬件功能极强。具有极强的自诊断功能。通讯联网功能强,有各种通讯联网的模块,可以构成三级通讯网,实现工厂生产管理自动化。如 OMRON 的 C500P/H、C1000P/H, SIMENS 的 S7-400 系列。

② 按硬件结构分 按结构分可将 PLC 分为整体式 PLC、模块式 PLC、叠装式 PLC 三类。

- 整体式 PLC 它是将 PLC 各组成部分集装在一个机壳内,输入、输出接线端子及电

源进线分别在机箱的上、下两侧，并有相应的发光二极管显示输入/输出状态。面板上留有编程器的插座、EPROM 存储器插座、扩展单元的接口插座等。编程器和主机是分离的，程序编写完毕后即可拔下编程器。

具有这种结构的可编程控制器结构紧凑、体积小、价格低。小型 PLC 一般采用整体式结构。如图 1-2 所示的三菱 FX_{1S} 系列 PLC。

- 模块式 PLC 输入/输出点数较多的大、中型和部分小型 PLC 采用模块式结构。

模块式 PLC 采用积木搭接的方式组成系统，便于扩展，其 CPU、输入、输出、电源等都是独立的模块，有的 PLC 的电源包含在 CPU 模块之中。PLC 由框架和各模块组成，各模块插在相应插槽上，通过总线连接。PLC 厂家备有不同槽数的框架供用户选用。用户可以选用不同档次的 CPU 模块、品种繁多的 I/O 模块和其他特殊模块，硬件配置灵活，维修时更换模块也很方便。采用这种结构形式的有 SIEMENS 的 S5 系列、S7-300 系列、400 系列，OMRON 的 C500、C1000H 及 C2000H 等以及小型 CQM 系列。如图 1-3 所示为三菱 MELSEC-Q 系列 PLC 的外形图。

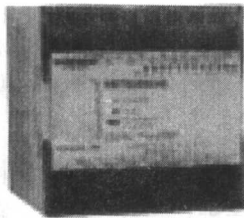


图 1-2 FX_{1S} 系列 PLC 外形图

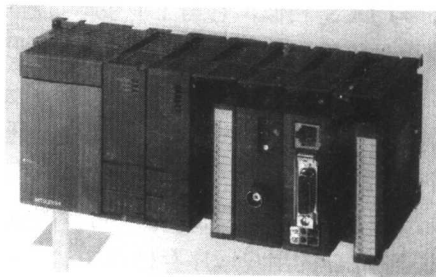


图 1-3 MELSEC-Q 系列 PLC 的外形图

• 叠装式 PLC 上述两种结构各有特色，整体式 PLC 结构紧凑、安装方便、体积小，易于与被控设备组成一体，但有时系统所配置的输入输出点不能被充分利用，且不同 PLC 的尺寸大小不一致，不易安装整齐；模块式 PLC 点数配置灵活，但是尺寸较大，很难与小型设备连成一体。为此开发了叠装式 PLC，它吸收了整体式和模块式 PLC 的优点，其基本单元、扩展单元等高宽，它们不用基板，仅用扁平电缆连接，紧密拼装后组成一个整齐的体积小巧的长方体，而且输入、输出点数的配置也相当灵活。带扩展功能的 PLC，扩展后的结构即为叠装式 PLC，如图 1-4 所示的三菱公司 FX_{2N} 系列 PLC 外形图。

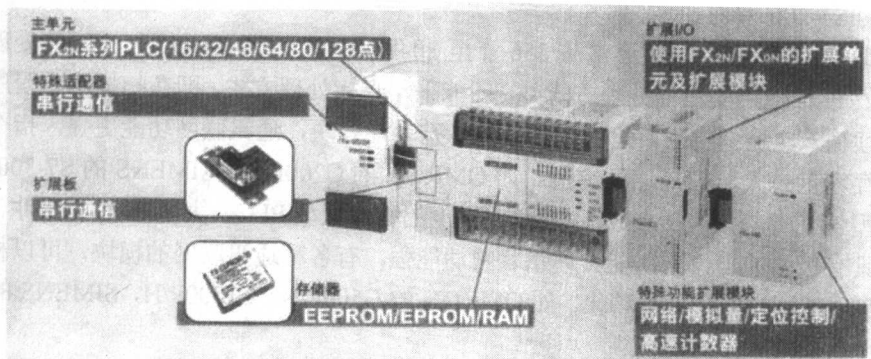


图 1-4 带扩展单元的 FX_{2N} 系列 PLC 的外形图

(4) PLC 的编程语言

可编程控制器目前常用的编程语言有以下几种：梯形图语言、助记符语言、顺序功能图、功能块图和某些高级语言。手持编程器多采用助记符语言，计算机软件编程采用梯形图语言，也有采用顺序功能图、功能块图的。

① 梯形图语言 梯形图的表达式沿用了原电气控制系统中的继电器控制电路图的形式，二者的基本构思是一致的，只是使用符号和表达方式有所区别。

【例 1-1】 某一过程控制系统中，工艺要求开关 1 闭合 40s 后，指示灯亮，按下开关 2 后灯熄灭。采用三菱 FX_{2N} 系列 PLC 实现控制，图 1-5 (a) 为实现这一功能的梯形图程序，它是由若干个梯级组成的，每一个输出元素构成一个梯级，而每个梯级可由多条支路组成。

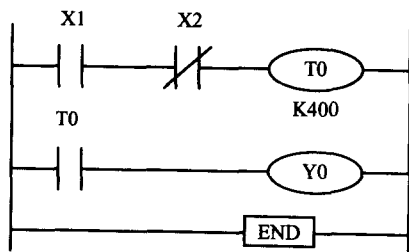
梯形图从上至下按行编写，每一行则按从左至右的顺序编写。CPU 将按自左到右，从上而下的顺序执行程序。梯形图的左侧竖直线称母线（源母线）。梯形图的左侧安排输入触点（如果有若干个触点相并联的支路应安排在最左端）和辅助继电器触点（运算中间结果），最右边必须是输出元素。

梯形图中的输入触点只有二种：动合触点（）和动断触点（），这些触点可以是 PLC 的外接开关对应的内部映像触点，也可以是 PLC 内部继电器触点，或内部定时、计数器的触点。每一个触点都有自己特殊的编号，以示区别。同一编号的触点可以有动合和动断两种状态，使用次数不限。因为梯形图中使用的“继电器”对应 PLC 内的存储区某字节或某位，所用的触点对应于该位的状态，可以反复读取，故人们称 PLC 有无限对触点。梯形图中的触点可以任意的串联、并联。

梯形图中的输出线圈对应 PLC 内存的相应位，输出线圈包括输出继电器线圈、辅助继电器线圈以及计数器、定时器线圈等，其逻辑动作只有线圈接通后，对应的触点才可能发生动作。用户程序运算结果可以立即为后续程序所利用。

② 助记符语言 助记符语言又称命令语句表达式语言，它常用一些助记符来表示 PLC 的某种操作。它类似微机中的汇编语言，但比汇编语言更直观易懂。用户可以很容易地将梯形图语言转换成助记符语言。

图 1-5 (b) 为梯形图对应的用助记符表示的指令表。



(a) 梯形图

```
LD  X1
ANI X2
OUT T0
SP  K400
LD  T0
OUT Y0
END
```

(b) 指令表

图 1-5 PLC 梯形图与助记符语言

这里要说明的是不同厂家生产的 PLC 所使用的助记符各不相同，因此同一梯形图写成的助记符语句不相同。用户在将梯形图转换为助记符时，必须先弄清 PLC 的型号及内部各器件编号、使用范围和每一条助记符的使用方法。

③ 顺序功能图 顺序功能图常用来编制顺序控制程序，它包括步、动作、转换三个要

素。顺序功能图法可以将一个复杂的控制过程分解为一些小的工作状态。对于这些小状态的功能依次处理后再把这些小状态依一定顺序控制要求连接组合成整体的控制程序。图 1-6 所示为采用顺序功能图编制的程序段，详情请见项目 9。

④ 功能块图 功能块图是一种类似于数字逻辑电路的编程语言，用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方块左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入端、输出端的小圆圈表示“非”运算，信号自左向右流动。类似于电路一样，方框被“导线”连接在一起。如图 1-7 所示为功能块图示例。

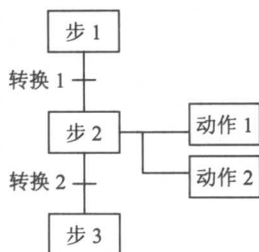


图 1-6 顺序功能图

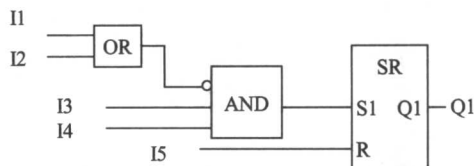


图 1-7 功能块图

1.3.2 FX_{2N} 系列 PLC 硬件认识

三菱公司的 FX 系列 PLC 是比较具有代表性的微型 PLC，除具有基本的指令表编程以外，还可以采用梯形图编程及对应机械动作流程进行顺序设计的 SFC（Sequential Function Chart）顺序功能图编程，而且这些程序可以相互转换。在 FX 系列 PLC 中设置了高速计数器扩大了 PLC 的应用领域。

(1) FX_{2N} 系列 PLC 外部结构

FX_{2N} 系列 PLC 的硬件结构可以参考图 1-4 中带扩展模块的 PLC，图中表示出主机如何扩展，通信接口位置等。

图 1-8 为 FX_{2N}-64MR 的主机外形图。其面板部件如图中注释。详细 I/O 端子编号见图 1-9。

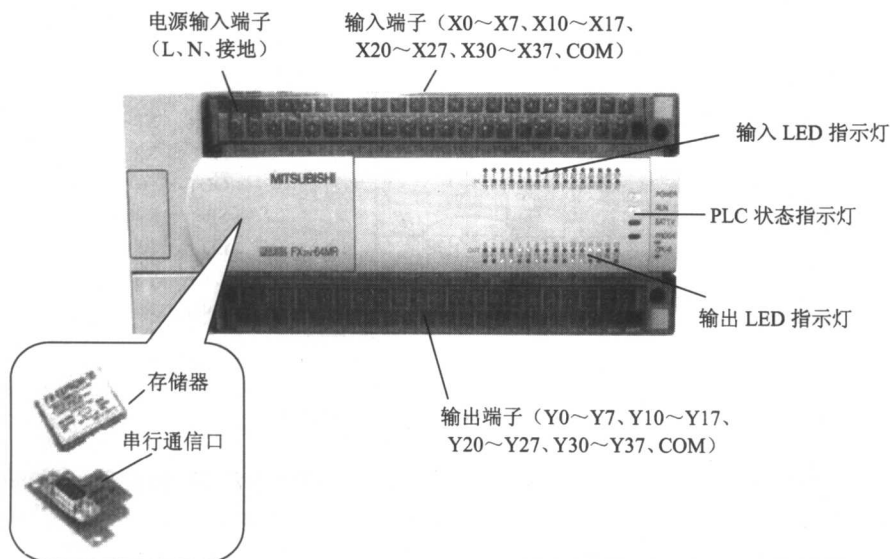
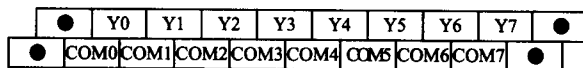
图 1-8 FX_{2N} PLC 外部结构图

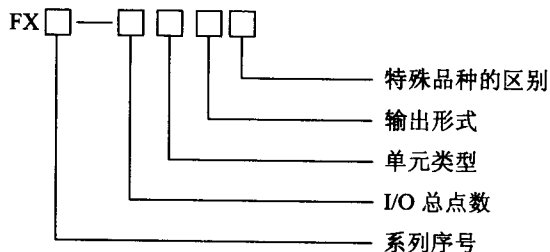
图 1-9 FX_{2N}-64MR 接线端子图

采用继电器输出，输出侧左端 4 个点共用一个 COM 端，右边多输出点共用一个 COM 端。输出的 COM 比输入端要多，主要考虑负载电源种类较多，而输入电源的类型相对较少。对于晶体管输出的 PLC 其共用端子 COM 更多，图 1-10 为 FX_{2N}-16MT 的输出端子。

图 1-10 FX_{2N}-16MT 晶体管输出接线端

(2) FX 系列 PLC 型号的含义

在 PLC 的正面，一般都有表示该 PLC 型号的字符符号，通过阅读该符号即可以获得该 PLC 的基本信息。FX 系列 PLC 的型号命名基本格式如下。



序列号：0、0S、0N、2、2C、1S、2N、2NC。

I/O 总点数：10~256。

单元类型：M——基本单元；

E——输入输出混合扩展单元及扩展模块；

EX——输入专用扩展模块；

EY——输出专用扩展模块。

输出形式：R——继电器输出；

T——晶体管输出；

S——晶闸管输出。

特殊品种区别：D——DC 电源，DC 输入；

A1——AC 电源，AC 输入；

H——大电流输出扩展模块（1A/1 点）；

V——立式端子排的扩展模块；

C——接插口输入输出方式；

F——输入滤波器 1ms 的扩展模块；

L——TTL 输入扩展模块；

S——独立端子（无公共端）扩展模块。

若特殊品种一项无符号，说明通指 AC 电源、DC 输入、横排端子排；继电器输出，2A/点；晶体管输出，0.5A/点；晶闸管输出，0.3A/点。

例如，FX_{2N}-48MRD 含义为 FX_{2N} 系列，输入输出总点数为 48 点，继电器输出，DC 电源，DC 输入的基本单元。又如 FX-4EYSH 的含义为 FX 系列，输入点数为 0 点，输出 4 点，晶闸管输出，大电流输出扩展模块。

FX 还有一些特殊的功能模块，如模拟量输入输出模块、通信接口模块及外围设备等，使用时可以参照 FX 系列 PLC 产品手册。

FX_{2N} 系列 17 种基本单元（CPU 单元或主机单元）见表 1-2。

表 1-2 FX_{2N} 系列 17 种（AC 电源、DC 输入）基本单元

型 号			输入点数 (DC24V, 点)	输出点数 (R、T, 点)	扩展模块可用 点数(点)
继电器输出	晶体管输出	晶闸管输出			
FX _{2N} -16MR	FX _{2N} -16MT	FX _{2N} -16MS	8	8	24~32
FX _{2N} -32MR	FX _{2N} -32MT	FX _{2N} -32MS	16	16	
FX _{2N} -48MR	FX _{2N} -48MT	FX _{2N} -48MS	24	24	
FX _{2N} -64MR	FX _{2N} -64MT	FX _{2N} -64MS	32	32	48~120
FX _{2N} -80MR	FX _{2N} -80MT	FX _{2N} -80MS	40	40	
FX _{2N} -128MR	FX _{2N} -128MT		64	64	

1.3.3 FX_{2N} 系列 PLC 软元件认识

(1) 数据结构

在 PLC 内部结构和用户应用程序中使用着大量的数据。这些数据从结构或数制上具有以下几种形式。

① 十进制数 十进制数在 PLC 中又称字数据。它主要存在于定时器和计数器的设定值 K；辅助继电器、定时器、计数器、状态继电器等的编号；定时器和计数器当前值等方面。

② 二进制数 十进制数、八进制数、十六进制数、BCD 码在 PLC 内部均是以二进制数的形态存在。但使用外围设备进行系统运行监控显示时，会还原成原来的数制。一位二进制数在 PLC 中又称为位数据。

③ 八进制数 FX 系列 PLC 的输入继电器、输出继电器的地址编号采用八进制。

④ 十六进制数 十六进制数用于指定应用指令中的操作数或指定动作。

⑤ BCD 码 BCD 码是以 4 位二进制数表示与其对应的一位十进制数的方法。PLC 中的十进制数常以 BCD 码的形态出现，它还常用于 BCD 输出形式的数字式开关或七段码的显示器控制等方面。

⑥ 常数 K、H 常数 K 用来表示十进制数，16 位常数的范围为 -32768~+32767，32 位常数的范围为 -2147483648~+2147483647。

常数 H 用来表示十六进制数，十六进制包括 0~9 和 A~F 这 16 个数字，16 位常数的范围为 0~FFFF，32 位常数的范围为 0~FFFFFFFF。

PLC 内部定时器、计数器的设定值用常数 K 来设定，常数 K 和 H 可用作应用指令的操作数。

(2) 软元件 (内部继电器)

软元件简称元件。PLC 内部存储器的每一个存储单元均称为元件, 各个元件与 PLC 的监控程序、用户的应用程序合作, 会产生或模拟出不同的功能。当元件产生的是继电器功能时, 称这类元件为软继电器, 简称继电器, 它不是物理意义上的实物器件, 而是一定的存储单元与程序的结合产物。后面介绍的各类继电器、定时器、计数器都指此类软元件。

元件的数量及类别是由 PLC 监控程序规定的, 它的规模决定着 PLC 整体功能及数据处理的能力。通常在使用 PLC 时, 主要查看相关的操作手册。表 1-3 表示 FX_{2N} 系列 PLC 软元件一览表。

表 1-3 FX_{2N} 系列 PLC 软元件一览表

型号		FX _{2N} -16M	FX _{2N} -32M	FX _{2N} -48M	FX _{2N} -64M	FX _{2N} -80M	FX _{2N} -128M	扩展时		
元件										
输入继电器	X	X0~X7 8 点	X0~X17 16 点	X0~X27 24 点	X0~X37 32 点	X0~X47 40 点	X0~X77 64 点	X0~X267 184 点	合计 256 点	
输出继电器	Y	Y0~Y7 8 点	Y0~Y17 16 点	Y0~Y27 24 点	Y0~Y37 32 点	Y0~Y47 40 点	Y0~Y77 64 点	Y0~Y267 184 点		
辅助继电器	M	【M0~M499】 500 点一般用		【M500~M1023】 524 点保持用		【M1024~M3071】 2038 点保持用		【M8000~M8255】 256 特殊用		
状态继电器	S	【S0~S499】 500 点一般用			【S500~S899】 400 点保持用			【S900~S999】 100 点特殊用		
定时器	T	一般在子程序或中断程序 中使用 T192~T199		【T200~T245】 46 点 10 ms		【T246~T249】 4 点 1 ms 累积		【T250~T255】 6 点 100 ms 累积		
计数器	C	16 位增量计数器			32 位可逆计数器			32 位高速可逆计数器		
		【C0~C99】 100 点一般用	【C100~C199】 100 点保持用	【C200~C219】 20 点一般用	【C220~C234】 15 点保持用	【C235~C245】 1 相 1 输入	【C246~C250】 1 相 2 输入	【C251~C255】 2 相输入		
数据寄存器	D、V、Z	【D0~D199】 200 点一般用		【D200~D511】 312 点保持用		【D512~D7999】 7488 点保持用 D1000 后可以设定做 文件寄存器使用		【D8000~D8195】 256 点特殊用	【V7~V0】 【Z7~Z0】 16 点变址用	
嵌套指针		N0~N7 8 点主控用		P0~P127 128 点跳跃、子程序 用、分支式指针		I00*~I50* 6 点 输入中断用指针		I6*~I8* 3 点 定时器中断用指针	I010~I060 6 点 计数器中断用指针	
常数	K	16 位: -32768~-+32767				32 位: -2147483648~-+2147483647				
	H	16 位: 0~FFFFH				32 位: 0~FFFFFFFFH				

注: *为 0 表示下降沿中断; *为 1 表示上升沿中断。

① 输入继电器 (X) 输入继电器是 PLC 中用来专门存储系统输入信号的内部虚拟继电器。它又被称为输入的映像区, 它可以有无数个动合触点和动断触点, 在 PLC 编程中可以随意使用。这类继电器的状态不能用程序驱动, 只能用输入信号驱动。FX 系列 PLC 的输入继电器采用八进制编号。FX_{2N} 系列 PLC 带扩展时, 输入继电器最多可达 184 点, 其编号为 X0~X7、X10~X17...X260~X267。

② 输出继电器 (Y) 输出继电器是 PLC 中专门用来将运算结果信号经输出接口电路及输出端子送达并控制外部负载的虚拟继电器。它在 PLC 内部直接与输出接口电路相连, 它有无数个动合触点与动断触点, 这些动合与动断触点可在 PLC 编程时随意使用。外部信号无法直接驱动输出继电器, 它只能用程序驱动。FX 系列 PLC 的输出继电器采用八进制编号。FX_{2N} 系列 PLC 带扩展时, 输出继电器最多可达 184 点, 其编号为 Y0~Y267。

③ 内部辅助继电器 (M) PLC 内有很多辅助继电器。辅助继电器的线圈与输出继电器

一样,由 PLC 内各软元件的触点驱动。辅助继电器的动合和动断触点使用次数不限,在 PLC 内可以自由使用。但是,这些触点不能直接驱动外部负载,外部负载的驱动必须由输出继电器执行。在逻辑运算中经常需要一些中间继电器作为辅助运算用。这些元件不直接对外输入、输出,但经常用作状态暂存、移位运算等。它的数量比软元件 X、Y 多。内部辅助继电器中还有一类特殊辅助继电器,它有各种特殊功能,如定时时钟、进/借位标志、启动/停止、单步运行、通信状态、出错标志等。FX_{2N} 系列 PLC 的辅助继电器按照其功能分成以下三类。

- 通用辅助继电器 M0~M499 (500 点) 通用辅助继电器元件是按十进制进行编号的,FX_{2N} 系列 PLC 有 500 点,其编号为 M0~M499。

- 断电保持辅助继电器 M500~M1023 (524 点) PLC 在运行中发生停电,输出继电器和通用辅助继电器全部成断开状态。再运行时,除去 PLC 运行时就接通的以外,其他都断开。但是,根据不同控制对象要求,有些控制对象需要保持停电前的状态,并能在再运行时再现停电前的状态情形。断电保持辅助继电器完成此功能,停电保持由 PLC 内装的后备电池支持。

- 特殊辅助继电器 M8000~M8255 (256 点) 这些特殊辅助继电器各自具有特殊的功能,一般分成两大类。一类是只能利用其触点,其线圈由 PLC 自动驱动。例如:M8000 (运行监视)、M8002 (初始脉冲)、M8013 (1s 时钟脉冲)。另一类是可驱动线圈型的特殊辅助继电器,用户驱动其线圈后,PLC 做特定的动作。例如,M8033 指 PLC 停止时输出保持,M8034 是指禁止全部输出,M8039 是指定时扫描。

④ 内部状态继电器 (S) 状态继电器是 PLC 在顺序控制系统中实现控制的重要内部元件。它与后面介绍的步进顺序控制指令 STL 组合使用,运用顺序功能图编制高效易懂的程序。状态继电器与辅助继电器一样,有无数的动合触点和动断触点,在顺控程序内可任意使用。状态继电器分成四类,其编号及点数如下。

初始状态: S0~S9 (10 点)。

回零: S10~S19 (10 点)。

通用: S20~S499 (480 点)。

保持: S500~S899 (400 点)。

报警: S900~S999 (100 点)。

有关状态继电器的应用,可参考项目十 STL 指令的有关内容。

⑤ 内部定时器 定时器在 PLC 中相当于一个时间继电器,它有一个设定值寄存器 (一个字)、一个当前值寄存器 (字) 以及无数个触点 (位)。对于每一个定时器,这三个量使用同一个名称,但使用场合不一样,其所指意义也不一样。通常在一个可编程控制器中有几十个至数百个定时器,可用于定时操作。其详细介绍参照项目 7。

⑥ 内部计数器 计数器是 PLC 重要内部部件,它是在执行扫描操作时对内部元件 X、Y、M、S、T、C 的信号进行计数。当计数达到设定值时,计数器触点动作。计数器的动合、动断触点可以无限使用。其详细介绍参照项目 9。

⑦ 数据寄存器 (D) 可编程控制器用于模拟量控制、位置控制、数据 I/O 时,需要许多数据寄存器存储参数及工作数据。这类寄存器的数量随着机型不同而不同。

每个数据寄存器都是 16 位,其中最高位为符号位,可以用两个数据寄存器合并起来存放 32 位数据 (最高位为符号位)。

- 通用数据寄存器 D0~D199 只要不写入数据,则数据将不会变化,直到再次写入。这类寄存器内的数据,一旦 PLC 状态由运行 (RUN) 转成 (STOP) 时全部数据均清零。