



教育部高等职业教育示范专业规划教材

可编程序控制器及应用 (三菱)

KE BIAN CHENG XU KONG ZHI QI JI YING YONG (SAN LING)

金彦平 主编



2.3
3

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠教学参考资料

教育部高等职业教育示范专业规划教材

可编程序控制器及应用（三菱）

主 编 金彦平
副主编 彭小平
参 编 丁才成 祝 骅
主 审 黄 伟



机械工业出版社

本书为职业院校“可编程序控制器及应用”课程实施项目化教学的配套教材,也可作为传统理论与实训一体化教学的选用教材,可供电气自动化技术、生产过程自动化技术、机电一体化技术等机电类专业使用。

本书共分3大部分,9个课程项目,每个课程项目均按照实际的PLC系统开发过程,即确定控制方案、设备选择、电路设计、电路安装与连接、I/O分配、软件开发、系统调试与投运、技术资料汇编的基本工作流程,设计组织教学的内容及过程,并设计了让学生自主学习和开发的课外训练项目。

通过9个理论与实践一体化、深入浅出的课程项目训练,使学生可以了解PLC的基本特点、功能、工作原理和工作方式,学习PLC的基本指令、步进指令、部分功能指令,PLC程序编写和调试的方法,以及PLC与变频器、触摸屏的连接与使用方法,熟悉PLC的常规操作,掌握PLC控制系统的设计方法,具有构建和维护一般PLC控制系统的基本应用能力。

为方便教学,本书配有免费电子课件(含参考程序、教案及教学设计等),凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379375; Email: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器及应用(三菱)/金彦平主编. —北京:机械工业出版社,2010.2

教育部高等职业教育示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-29522-8

I. 可… II. 金… 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(2010)第006688号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:曹雪伟 版式设计:崔永明

责任校对:纪敬 封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京富生印刷厂印刷

2010年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.5印张·306千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29522-8

定价:22.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

为深入贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006] 16号)精神,适应当前高等职业教育“大力推行工学结合,突出实践能力培养,改革人才培养模式”的教学改革需要,体现工学结合的职业教育特色,这本《可编程序控制器及应用(三菱)》教材依据高等职业教育培养高技术应用型人才的目标要求,以就业为导向,以工学结合为切入点,整合理论知识和实践知识、显性知识和默会知识,将陈述性知识穿插于程序性知识之中,实现课程内容综合化,探索高等职业教育教材建设的新路子。

本教材在设计思路考虑到学员胜任职业所需的知识和技能,直接反映职业岗位或职业角色对从业者的能力要求,以从业中实际应用的经验与策略的学习为主,以适度的概念和原理的理解为辅,依据职业活动体系的规律,采取以工作过程为中心的行动体系,以项目为载体,以工作任务为驱动,以学员为主体,做学教一体的项目化教学模式,因此教材在内容安排和组织形式上做了新的尝试,突破了常规按章节顺序编写知识与训练内容的结构形式,以工程项目为主线,按项目教学的特点分3个部分组织教材内容,方便学生学习和训练。

第1部分:以三菱FX系列PLC机型为例,简明扼要介绍了PLC的基本情况,PLC控制系统设计的要求和方法,方便学生快速认识PLC并了解其工程应用的一般情况。

第2部分:按职业能力的成长过程和认知规律,并遵循由浅入深、由简到难、循序渐进的学习过程,教材编排了9个工程训练项目,每个项目又按引领项目和自主巩固提高项目作双线安排。每个项目训练的内容,均依据资讯、决策、计划、实施、检查、评估六步法的工作过程细化成12个项目实施步骤;每个项目中紧扣本项目的知识和技能要求编写了学习和训练子任务,帮助学生轻松完成主项目;每个项目均介绍了完成项目必需的知识内容,方便学生对相关PLC知识的学习和技能的训练。

第3部分:编排了部分阅读材料,方便学生在项目训练过程中快速查阅相关指令及其他信息,引导学员查阅资料,提高信息收集与应用的能力。

本教材内容的编写和组织形式,是基于以工作任务为核心,选择、组织并学习知识和技能的项目化教学模式。在项目实施过程中,将相关理论知识的传授与实践能力的训练有机地结合在一起,使学生“在做中学,在学中做”,学习过程是以行动为主的自我建构过程,以完成工作化的项目任务为基础,在有目标的行动化的训练和学习中积累实践知识、获取理论知识。故教学组织异于常规理论教学与实训教学,是按项目实施的工作过程组织教学的,这需教师具有一定的实践经验,在教学中更需注意职业活动的引导、职业技术的指导和专业知识的归纳与总结。在此希望本教材能为师生提供帮助,也希望能为职业教育探索多元化的教学模式做些有益的尝试。

本教材为方便教师进行项目化教学的组织与实施,配合项目实施的12个工作步骤,分别设计有项目工作分组表、项目工作计划表、项目控制方案表、项目报告模板和项目考核表共五张表格(见书后附录),供教师参考。

本教材由金彦平任主编,彭小平任副主编,丁才成、祝骅参加了编写工作。第1部分由

IV

金彦平、祝骅合编，第2部分项目一、项目三、项目七、项目八由金彦平编写，第2部分项目二、项目四、项目五、项目六、项目九由彭小平编写，第3部分由丁才成编写，全书由黄伟主审。教材在编写过程中得到多方支持，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有疏漏不妥之处，敬请指正，恳请提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第 1 部分 PLC 概述 1

1.1 PLC 的基本知识 2

1.1.1 PLC 的定义 2

1.1.2 PLC 的特点及功能 2

1.1.3 PLC 的分类 4

1.1.4 PLC 的应用领域 4

1.1.5 PLC 的构成及工作过程 5

1.1.6 PLC 的编程语言 7

1.2 PLC 控制系统设计 9

1.2.1 PLC 控制系统设计基本原则 9

1.2.2 PLC 控制系统设计步骤 10

1.2.3 PLC 系统程序调试方法 11

1.2.4 PLC 控制系统项目设计案例 12

第 2 部分 训练项目 25

2.1 项目一 车库电动卷帘门的 PLC 控制 ... 26

2.1.1 项目任务 26

2.1.2 项目技能点与知识点 27

2.1.3 项目实施 27

2.1.4 相关知识 31

2.1.5 自主训练项目 47

2.2 项目二 十字路口交通灯的 PLC 控制 ... 49

2.2.1 项目任务 49

2.2.2 项目技能点与知识点 49

2.2.3 项目实施 49

2.2.4 相关知识 52

2.2.5 自主训练项目 66

2.3 项目三 工业机械手的 PLC 控制 68

2.3.1 项目任务 68

2.3.2 项目技能点与知识点 69

2.3.3 项目实施 69

2.3.4 相关知识 72

2.3.5 自主训练项目 79

2.4 项目四 工作台自动往返循环 PLC 控制 系统 80

2.4.1 项目任务 80

2.4.2 项目技能点与知识点 81

2.4.3 项目实施 82

2.4.4 相关知识 84

2.4.5 自主训练项目 92

2.5 项目五 灯光喷泉 PLC 控制系统 94

2.5.1 项目任务 94

2.5.2 项目技能点与知识点 94

2.5.3 项目实施 95

2.5.4 相关知识 97

2.5.5 自主训练项目 100

2.6 项目六 PLC 温度控制系统 101

2.6.1 项目任务 101

2.6.2 项目技能点与知识点 102

2.6.3 项目实施 102

2.6.4 相关知识 105

2.6.5 自主训练项目 115

2.7 项目七 四层电梯的 PLC 控制 117

2.7.1 项目任务 117

2.7.2 项目技能点与知识点 118

2.7.3 项目实施 119

2.7.4 相关知识 121

2.7.5 自主训练项目 124

2.8 项目八 基于 PLC 和变频器的开环调速 控制 125

2.8.1 项目任务 125

2.8.2 项目技能点与知识点 126

2.8.3 项目实施 127

2.8.4 相关知识 130

2.8.5 自主训练项目 133

2.9 项目九 基于 PLC 通信方式的变频器 闭环定位控制 134

2.9.1 项目任务 134

2.9.2 项目技能点与知识点 135

2.9.3 项目实施 136

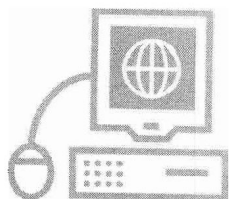
2.9.4 相关知识 139

2.9.5 自主训练项目 156

第 3 部分 阅读材料 159

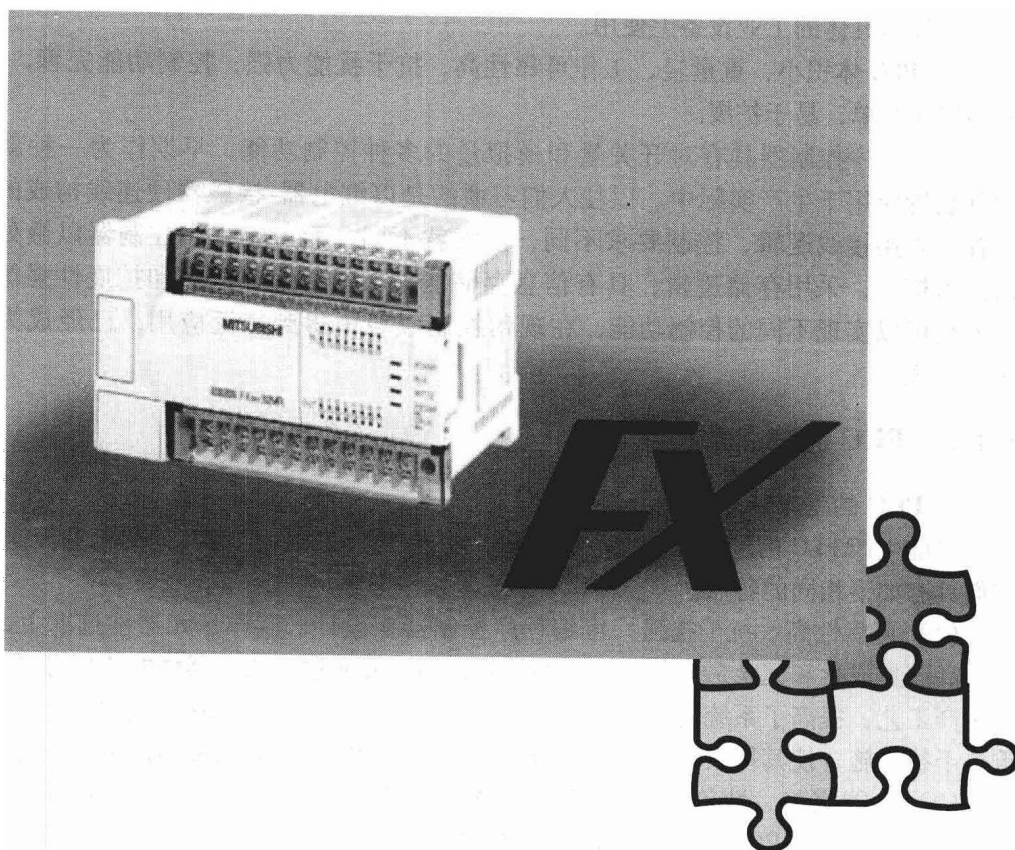
3.1 FXGPWIN 编程软件 160

3.1.1 进入 FXGPWIN 编程环境	160	3.3 FX 系列 PLC 软元件一览表	174
3.1.2 新建文件	160	3.4 FX _{2N} 系列 PLC 应用指令索引	176
3.1.3 程序的输入	161	3.5 PLC 系统常用电磁阀及检测开关	178
3.1.4 程序的下载	161	3.5.1 电磁阀	178
3.1.5 程序的运行与中止	162	3.5.2 光敏开关	182
3.1.6 程序的保存	165	3.5.3 接近开关	184
3.1.7 程序的修改	166	附录	186
3.1.8 程序的监控	166	附录 A 项目工作分组表	186
3.2 GX Developer 编程软件	167	附录 B 项目工作计划表	187
3.2.1 进入和退出编程环境	167	附录 C 项目控制方案表	189
3.2.2 创建一个新工程	168	附录 D 项目报告模板	190
3.2.3 程序的编制	169	附录 E 项目考核表	192
3.2.4 程序的运行	170	参考文献	193
3.2.5 模拟调试	171		



第 1 部分

PLC 概述



1.1 PLC 的基本知识

1.1.1 PLC 的定义

可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 缩写 PLC, 简称可编程序控制器), 是随着现代科学技术的进步与现代社会生产方式的转变, 为适应多品种、小批量、低能耗、高性能发展的需要, 产生的一种以 CPU 为核心的计算机新型工业控制装置。PLC 从 1969 年问世以来, 虽然至今才 40 年, 但由于其具有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。

在 1987 年 IEC (国际电工委员会) 颁布的 PLC 标准草案中有如下的定义: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计。

在 IEC 的定义中, PLC 是一种具有通信功能、有可扩展的输入/输出接口、能在工业环境下使用的计算机, 但 PLC 与一般意义上的计算机 (PC) 有以下的差别:

- 1) PLC 不仅具有计算机的内核, 还配置了许多使其适合于工业控制的器件。
- 2) PLC 是经过一次开发的工业控制用计算机, 是一种通用机, 但不经过二次开发, 它不能在任何具体的工业设备上使用。
- 3) PLC 体积小, 重量轻, 工作可靠性高, 抗干扰能力强, 控制功能完善, 适应性强, 安装接线简单, 易于扩展。

可编程序控制器具有对开关量和模拟量的多种控制功能, 早期作为一种新型的顺序控制装置应用于生产实际中。以往人们习惯的是以继电器-接触器硬连线构成的顺序控制装置, 采用接线逻辑, 控制要求不同, 接线就不同, 而可编程序控制器以微处理器、存储器为核心, 采用存储逻辑, 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, 在现代控制领域中得到广泛应用, 已经成为工业自动化支柱之一。

1.1.2 PLC 的特点及功能

1. PLC 的基本特点

目前生产 PLC 的厂家众多, 品种较多, 功能相差较大, 但与其他工业控制装置相比, 它们具有如下相同的特点。

(1) 可靠性高、抗干扰强 可编程序控制器在设计、制作、元器件选取上, 采用了精选、高度集成化和冗余最大等一系列的有效措施, 并通过延长元器件的使用寿命, 使用先进的生产工艺, 提高了系统的安全可靠性, 降低故障率。在其内部软、硬件的设计中, 采取多重抗干扰措施, 使其能安全地工作于恶劣的工业环境中, 具有较强的抗干扰能力。

(2) 功能完善、性价比高 可编程序控制器不仅具有开关量和模拟量的控制能力, 还具有数值运算、PID 调节、数据通信等功能, 并可外接 I/O 扩展单元、各种功能模块,

组合方便、灵活，易于扩展。且可编程序控制器内部有丰富的供用户使用的编程元件，有很强的功能，可实现非常复杂的控制，与相同功能的继电器系统相比，具有很高的性价比。

(3) 易学易用，操作简便 可编程序控制器采用的梯形图语言编程，其表达的方式和继电器电路图相接近，只使用少量的开关逻辑控制指令就可实现较复杂的继电器电路的功能，为不熟悉计算机原理和汇编语言的人从事工业控制打开了方便之门。而 PLC 的外部输入、输出电路接线，无论电路复杂程度如何，使用器件多少，均遵循相同的接线规则，易于掌握。PLC 的运行与停止，程序的写出和读入，运行过程的监控，操作也十分简捷。

(4) 维护方便，改造容易 可编程序控制器用存储逻辑代替接线逻辑，大大减少了控制设备外部的接线，使控制系统的设计及建造周期缩短了，同时 PLC 有较完善的自诊断和显示功能，维护也变得容易和简单，特别是其程序易于修改，因而对同一设备易于改变其生产过程，甚至改变其控制的策略和方法，很适合多品种、小批量生产场合。

(5) 体积小、重量轻、能耗低 以 FX_{2N}—48MR 超小型 PLC 为例，其大小尺寸为 182mm×90mm×87mm（长×宽×高），重量仅为 0.85kg，耗电量为 50VA。对于复杂的控制系统，PLC 控制系统与继电器-接触器控制系统相比，体积、重量、耗电量均大大减小，降低了生产成本，提高了综合效益。

2. PLC 的功能

近几年，随着计算机技术、通信技术的飞速发展，可编程序控制器的功能也越来越强大，但总体上可归纳为以下三个方面的功能。

(1) 逻辑控制功能 可编程序控制器是适合于工业控制用的计算机，是以存储器中的“位”运算为基础，按程序的要求，通过对来自外部的开关、按钮、传感器等开关量（数字量）信号进行逻辑运算处理，去控制外部指示灯的亮暗，继电器、电磁阀线圈的通断等，从而达到控制对象的目的。

可编程序控制器设置有与、或、非等逻辑指令，能够描述继电器接点的串联、并联、混联等各种连接关系，可代替继电器进行组合逻辑与顺序逻辑控制。在 PLC 内，提供有多个定时器、计数器，可满足生产工艺中时间控制、计数控制的要求，且使用方便，操作灵活。此外，逻辑控制中常用的代码转换、数据比较与处理等，也是 PLC 常用的基本功能。

(2) 特殊控制功能 可编程序控制器的特殊控制功能包括模/数（A/D）转换、数/模（D/A）转换、PID 调节与控制、位置控制等，这些功能的实现，一般需要使用特殊功能模块或功能指令。如过程控制中的温度、压力、流量和物位变量，以及位移、速度、电压、电流、电功率等连续变化物理量的采样，常常需要使用模/数转换模块；对输出给变频器的模拟量控制信号，需要用数/模转换模块。在 PLC 中，位置控制一般以脉冲的形式输出位置给定指令，指令脉冲再通过驱动器驱动步进电机或伺服电机，带动进给传动系统实现位置控制。

(3) 网络与通信功能 随着信息技术的发展，网络与通信在现代工业控制中已经显得越来越重要。PLC 除了与上位计算机通信外，还可在 PLC 之间、PLC 与其他的工业控制设备之间、PLC 与工业网络之间通信，并可通过现场总线、网络总线组成系统，从而便于 PLC

进入工厂自动化控制系统。

1.1.3 PLC 的分类

1. 按输入/输出点数分类

可编程序控制器外部信号的输入、内部运算结果的输出都要通过 PLC 的输入/输出端子进行连接,输入/输出端子的数目之和称为 PLC 的点数,简称 I/O 点数。根据 I/O 点数的多少,一般可将 PLC 分为以下三类。

(1) 小型机 小型 PLC 的 I/O 点数一般在 256 点以下,适合于控制小型设备以及开发单台机电一体化的产品。其特点是体积小、重量轻、价格低,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、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。

(2) 中型机 中型 PLC 的 I/O 点数在 256 ~ 1024 点之间,它能连接各种特殊功能模块,通信联网功能更强,指令系统更丰富,内存容量更大,扫描速度更快,适合于比较复杂的逻辑控制和过程控制系统。

(3) 大型机 大型 PLC 的 I/O 点数在 1024 点以上,软件、硬件功能极强,具有极强的自诊断功能。通信联网功能强,有各种通信联网的模块,可以构成通信网,可用于大规模过程控制、集散控制和工厂自动化网络控制系统,实现生产管理自动化。

2. 按结构形式分类

根据 PLC 结构形式的不同,可分为整体式和模块式两种。

(1) 整体式 整体式结构的特点是将 PLC 的基本部件安装在一个标准机壳内,构成一个整体,组成 PLC 一个基本单元,并可通过并行接口连接 I/O 扩展单元。整体式 PLC 一般配有多种专用的特殊模块,如模拟量处理模块、运动控制模块、通信模块等,供用户选配。小型机一般采用整体式结构。

(2) 模块式 模块式结构的 PLC 是由一些标准模块单元构成,各模块相互独立,外形尺寸统一,根据需要可进行选配,灵活组合,PLC 由框架和各模块组成,各模块插在相应的插槽上,通过总线连接。模块式 PLC 适合于较复杂和要求较高的系统,一般中型机以上的 PLC 多采用模块式结构。

PLC 除按上述两种方式分类外,还可按其他方式分类,如根据 PLC 不同的用途,可分为通用型和专用型两种,如按硬件结构也可分为单元式、叠装式、集成式、分布式等,在此不再一一说明。

1.1.4 PLC 的应用领域

目前,可编程序控制器在国内外已广泛用于机械制造、钢铁冶金、石油化工、煤炭电力、建筑建材、轻工纺织、交通运输、食品加工、医疗保健、环保和娱乐等众多行业,应用领域极其广泛,其应用范围可归纳为以下几种。

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 的输入、输出信号都是开关量,在对开关量的逻辑控制中,PLC 具有与、或、非等逻辑指令,能实现开关量的多种逻辑运算,可以代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制、顺序逻辑控制。开关量的逻辑控制可用

于单套设备，也可用于自动生产线，如喷泉控制、机床控制、汽车装配线、易拉罐生产线等。

2. 运动控制

运动控制是指 PLC 对直线运动或圆周运动的控制，也称位置控制，可使用 PLC 专用的指令或运动模块来完成此类控制。目前 PLC 的运动控制广泛地用于各种机械设备，如切削机床、机器人、电梯，以及与计算机数控装置组合在一起构成先进的数控机床等。

3. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量、物位等连续变化的模拟量的闭环控制。模拟量控制要通过模拟量的 I/O 模块，实现模拟量和数字量之间的转换，如 A/D 转换模块、D/A 转换模块。有些 PLC 还具有 PID 闭环控制功能，运用 PID 专用指令或 PID 智能模块，可以实现对模拟量的闭环过程控制。过程控制广泛用于石油、化工、电力、钢铁和冶金等行业，例如锅炉控制、流体输送控制、连轧机控制、塑料挤压控制等。

4. 数据处理

现代 PLC 都具有一定的数据的采集、分析和处理能力，能够完成数学运算、数据传送、转换、移位、比较、排序和查表等操作。数据处理通常用于大中型系统中，如柔性制造系统、机器人的控制系统等。

5. 通信联网

通信联网是指 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间、PLC 与其他智能设备之间的通信。利用 PLC 的专用通信接口，将 PLC 与其他计算机、智能设备一起，组成“分散控制、集中管理”的分布式控制系统，可以满足工厂自动化系统发展的需要。

1.1.5 PLC 的构成及工作过程

1. PLC 的基本构成

本教材以三菱公司生产的 FX_{2N} 系列小型 PLC 为主要机型，介绍 PLC 的知识，训练 PLC 的操作技能和 PLC 技术应用能力。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，主要包括微处理器 CPU、存储器、输入/输出模块，另外还有内部电源、通信接口等其他部分。PLC 的基本结构如图 1-1-1 所示。PLC 内部采用总线结构，进行数据和指令的传输。

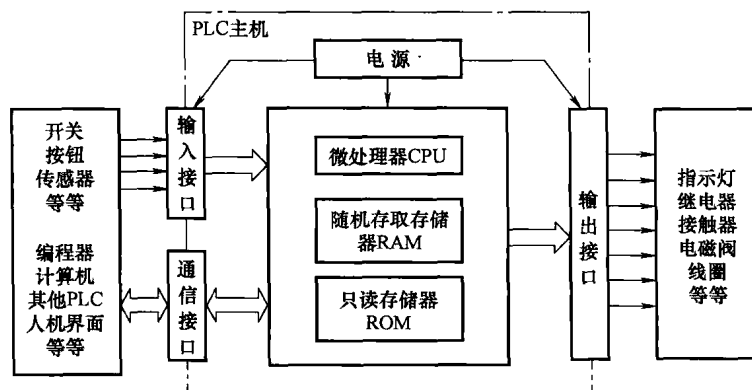


图 1-1-1 PLC 的组成框图

(1) 微处理器 CPU CPU 是 PLC 的核心, 它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, 控制协调整个系统的工作。通常 CPU 主要有通用微处理器、单片微处理器和位片式微处理器。

(2) 存储器 存储器主要用于存放系统程序、用户程序和工作状态数据。存储器分成只读存储器和随机存取存储器两种。只读存储器 ROM 的内容只能读出, 不能写入, 用于存储系统程序, 系统程序相当于个人计算机的操作系统, 由 PLC 生产厂家设计并固化在只读存储器中, 用户不能修改。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。

(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, 它与工业生产过程的联系是通过输入输出接口 (I/O) 实现的。输入接口的主要作用是完成外部信号到 PLC 内部信号的转换, 而输出接口的主要作用是完成 PLC 内部信号到外部信号的转换。

PLC 连接的过程变量按信号类型可划分为开关量 (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。选择不同的输入、输出模块, 可实现 PLC 与不同的现场信号、不同的现场执行元件之间的连接。如输入接口连接开关、按钮、传感器等设备可接收外部开关量信号, 通过 A/D 转换模块可接收外部模拟量信号; 输出接口连接指示灯、继电器线圈、电磁阀线圈等受控设备及负载, 通过 D/A 模块输出模拟量控制信号。

通信接口的主要作用是实现 PLC 与外部设备之间的数据交换。通过通信接口, PLC 可与编程器、人机界面、显示器、变频器等外设连接, 以实现 PLC 的数据输入与输出, 并且也可与上位计算机、其他 PLC、远程 I/O 等进行连接, 构成局域网、分布式控制系统或综合管理系统。

2. PLC 的工作过程

可编程序控制器是工业控制计算机, 其工作原理是建立在计算机控制系统基础上的, 但是考虑到 PLC 面向的是工业控制对象, 由于其工作的特殊性, 它与一般通用计算机又有区别。PLC 有着大量的接口器件、特定的系统软件、专用的编程工具, 因而它的使用方法、编程语言、工作过程与其他计算机控制系统有很大的差异。概括地讲, PLC 的主要工作过程分为内部处理、通信处理、输入处理、程序执行、输出处理 5 个基本阶段, 其工作过程如图 1-1-2 所示。

(1) 内部处理 内部处理主要是 PLC 自检, 包括硬件检查、存储器校验、用户程序检查等。自检时若检测到异常状态, PLC 会依故障类别进行报警或显示错误, 在 PLC 内部产生出错标志。

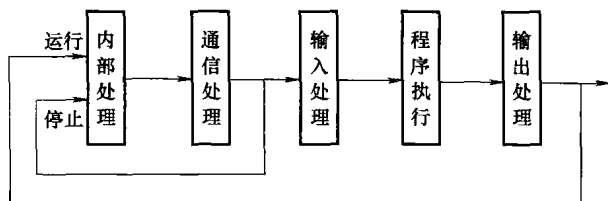


图 1-1-2 PLC 工作过程示意图

(2) 通信处理 在 PLC 自检结束后, PLC 进行通信处理, 对外部设备检测, 并决定是否与外部编程器、上位机等外部设备进

行通信，进入相应的联机工作状态。当上述两项结束后，PLC 启动循环时间监控功能，CPU 将对用户程序的执行时间进行监控，如果发生因程序错误引起的“死循环”等故障时，PLC 会给出报警信号，并做出相应的处理。

(3) 输入处理 输入处理即 PLC 输入的集中批处理过程。在输入处理阶段，PLC 对所有的外部输入信号的状态逐一读入，并将读入的信号状态值保存在 PLC 的输入映像（缓冲）寄存器中，供 PLC 用户程序执行时使用，读入的状态将一直保存到下一次采样数值到来后才被刷新。

(4) 程序执行 输入处理过程结束后，PLC 将对程序进行处理，即进入程序执行阶段。PLC 程序的处理过程就是按顺序逐条执行用户程序，即对程序按先上后下、先左后右的顺序进行逐行扫描，并将逻辑运算的结果立即写入到相应的元件状态寄存器中保存。这些状态寄存器的值可以马上被后面的程序使用，无需等到下一个循环。

(5) 输出处理 输出处理即 PLC 输出的集中批处理，也称输出刷新阶段。在此阶段 PLC 对所有外部输出信号的状态输出进行集中、统一刷新，将用户程序执行过程中所产生的结果一次性输出到 PLC 输出锁存器中，再通过输出接口电路驱动连接在输出端口上的外部元件。

PLC 经过上述 5 个过程，即完成了一次工作循环，为了能连续地完成 PLC 所承担的工作任务，系统必须周而复始地依一定顺序完成上述过程，这种工作方式就叫做循环扫描工作方式。完成一次循环工作的时间叫“循环时间”或“扫描周期”，PLC 的循环时间与 PLC 本身的性能、用户程序的大小等因素有关。PLC 生产厂家往往将上述仅前 2 个循环过程的状态称为停止（STOP）状态，此时用户程序没有被扫描执行，PLC 无输出，但可进行程序的读、写等操作，如果 PLC 按一定顺序完成了上述全过程，即为运行（RUN）状态。在分析用户程序的执行过程中，前 2 个过程与用户程序的执行关系不大，仅就 PLC 正常执行用户程序而言，其工作过程可简化为图 1-1-3 所示的输入处理、程序执行、输出处理 3 个过程。

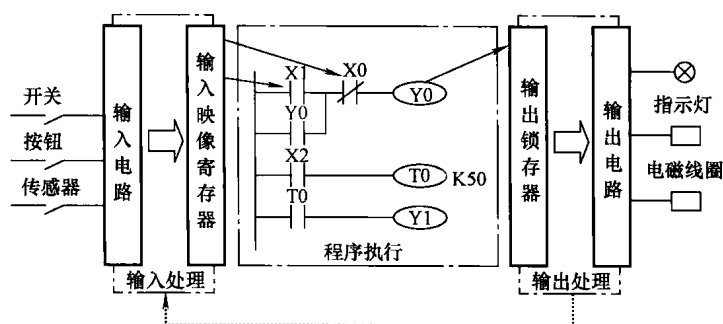


图 1-1-3 PLC 循环扫描工作过程

1.1.6 PLC 的编程语言

可编程序控制器常用的编程语言主要有梯形图、指令表、顺序功能图、功能块图、结构文本等。手持编程器多采用指令表（助记符语言）；计算机软件编程采用梯形图语言、指令表也有采用顺序功能图、功能块图的，其中以梯形图最为常用。

1. 梯形图

梯形图是一种以图形符号及其在图中的相互关系来表示控制关系的编程语言，梯形图的表达方式沿用了电气控制系统中的继电器-接触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。梯形图直观易懂，易被电气工程人员掌握，特别适合于开关量的逻辑控制。

梯形图自上而下逐行编写，每一行则按从左至右的顺序编写。梯形图通常有左右两条母线，右侧母线可以省略。两母线之间是内部软继电器的动合（常开）触点、动断（常闭）触点，以及软继电器的线圈组成的逻辑行，相当于电路回路。每个逻辑行必须以触点与左母线连接开始，以线圈与右母线连接而结束，触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮或内部条件等，线圈代表逻辑输出结果，用来控制外部的设备，如指示灯、继电器线圈等。

梯形图中的触点只有两种，即动合触点（ $\text{—}|$ ）和动断触点（ $\text{—}|/$ ），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，或内部定时器、计数器的触点。每一个触点都有自己的编号，以示区别。同一编号的触点在梯形图中可以有动合和动断两种状态，使用次数不限。梯形图中的触点可以任意地串联、并联、混联，但在绘制触点连接时，必须遵循梯形图的结构规则。PLC 梯形图如图 1-1-4a 所示。

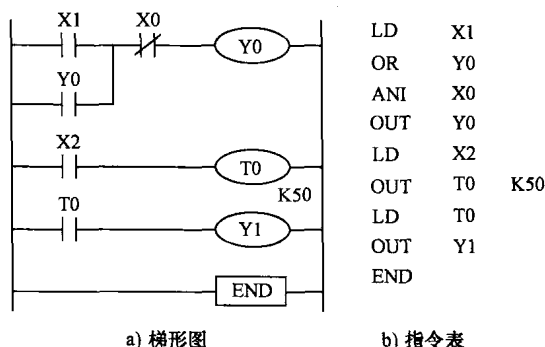


图 1-1-4 PLC 梯形图与指令表

2. 指令表

指令表编程语言是一种类似于计算机汇编语言中与指令相似的助记符表达式，指令表就是由助记符表达式构成的程序。

指令表程序相对梯形图程序而言较难阅读，用户编写程序时可以用助记符直接编写，也可以借助编程软件很容易将梯形图转换成助记符。图 1-1-4b 为梯形图对应的用助记符表示的指令表。

注意：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也不相同。用户在使用助记符编程时，必须先弄清 PLC 的型号及内部各元件编号、使用范围和每一条助记符的使用方法。

3. 顺序功能图

顺序功能图是用来编制顺序控制程序，提供一种组织程序的图形方法，根据它可以很容易地画出顺序控制梯形图程序。

顺序功能图可将一个复杂的控制过程分解为若干小的步序，对于这些小步序依次处理后再把这些小步序依一定顺序控制要求连接组合成整体的控制顺序。图 1-1-5 所示为采用顺序功能图编制的程序段。

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，方框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，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。图 1-1-6 所示为功能块图示例。

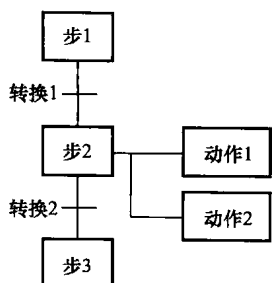


图 1-1-5 顺序功能图

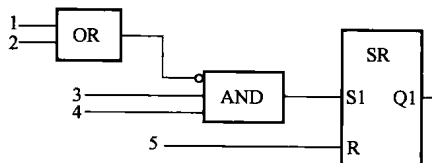


图 1-1-6 功能块图

1.2 PLC 控制系统设计

可编程控制技术是一种工程实际应用技术，虽然 PLC 具有很高的可靠性，但如果使用不当，系统设计不合理，将直接影响到控制系统运行的安全性和可靠性，因此，如何按控制要求设计出安全可靠、运行稳定、操作简便、维护容易、性价比高的控制系统，是学习 PLC 的技术人员的一个重要目的。对刚刚开始学习 PLC 技术的学生而言，在本节学习中可以先行了解 PLC 控制系统设计的基本原则、设计与调试方法，通过案例，取得初步的 PLC 控制系统设计整体印象，为后续开展项目化训练作好一定的准备。

1.2.1 PLC 控制系统设计基本原则

PLC 控制系统的设计必须以满足生产工艺要求，保证系统安全、准确、可靠运行为准则，并通过科学的方法与现代化的手段进行合理的规划与认真的设计。

PLC 控制系统的工程设计一般可分为系统总体设计、硬件设计、软件设计、系统调试、技术文件编制等几个基本步骤，在设计过程中应遵循以下基本设计原则。

- 1) 实现设备、生产机械、生产工艺的全部动作；
- 2) 满足设备、生产机械对产品的加工质量以及生产效率的要求；
- 3) 考虑控制对象、执行机构的电气性能，确保系统安全、稳定、可靠地工作；
- 4) 尽可能地简化控制系统的结构，降低生产制造成本；
- 5) 充分提高自动化程度，减轻劳动强度；
- 6) 改善操作性能，便于维修；
- 7) 适当留有 I/O 余量，考虑工艺的改进及系统扩充的需要；
- 8) 系统程序简洁、明了，便于维护、调试。

PLC 控制系统在满足生产工艺的要求下，一定要充分考虑系统的安全性和可靠性，不能因自身设计中的问题造成系统工作不稳定，影响产品质量和生产效率，以及可能引发安全事故，在此前提下，方可简化系统结构、简化操作、简化线路、简化程序以降低成本。故在上述系统设计基本原则中，最为重要的是满足控制要求、确保系统可靠性、简化系统结构这三个方面。

1.2.2 PLC 控制系统设计步骤

1. 分析被控对象、明确控制要求

详细分析被控对象的工艺过程及工作特点。首先搜集资料,深入调查研究,向有关工艺、机械设计人员和操作维修人员详细了解被控设备的工作原理、工艺流程和操作方法,了解被控对象机械、电气、液压传动之间的配合关系,提出被控对象对 PLC 控制系统的控制要求,确定控制方案,绘制系统结构框图及系统工艺流程图,拟订工作计划。

2. PLC 选型及相关电气设备的选择

PLC 的选择包括对 PLC 的机型、容量、I/O 模块、电源等的选择。根据系统的控制方案,先确定系统的输入设备的数量及种类,明确输入信号的特点,选择与之相匹配的输入模块。根据负载的要求选用合适的输出模块。确定输入/输出的点数。同时还要考虑用户今后的发展,适当留有 I/O 余量,以及考虑用户存储器的容量、通信功能是否能达到要求以及系列化、售后服务等因素,然后选择 PLC 主机型号及其他模块,确定外围输入与输出设备,列出设备清单和 PLC 输入/输出(I/O)地址分配表。

3. 控制流程设计

明确控制对象在各个阶段工作的特点,各阶段之间的转换条件,归纳出各执行元件的动作节拍表、控制要求表,画出控制流程图或动作循环图、时序图。

4. 电路设计

电路设计包括被控设备的主电路设计,PLC 外部的其他控制电路设计(PLC 外围硬件线路设计),PLC 输入/输出接线设计,PLC 主机、扩展单元、功能模块及输入/输出设备供电系统设计,电气控制柜和操作台的电器布置图及安装接线图设计等。

PLC 外围电路的设计也要确保系统的安全和可靠,如果外围电路不能满足 PLC 的基本要求,同样也可能影响到系统的正常运行,造成设备运行的不稳定,甚至危及设备与人身安全。

5. 控制程序设计

根据系统的控制要求,程序设计前应先确定系统所需的全部输入设备(如按钮、位置开关、转换开关及各种传感器等)和输出设备(如接触器、电磁阀、信号指示灯及其他执行器等),从而明确 PLC 的 I/O 点数,列出 I/O 地址分配表。

PLC 控制程序的设计可选择包括梯形图、指令表、顺序功能图、功能块图等几种形式的语言。程序设计要根据系统的控制要求,首先构建程序结构框架,然后采用合适的方法来设计 PLC 程序。程序以满足系统控制要求为主,逐一编写实现各控制功能或各子任务的程序,逐步完善系统指定的功能。

程序通常包括以下内容:

1) 初始化程序。在 PLC 上电后,一般都要做一些初始化的操作,为启动作必要的准备,避免系统发生误动作。初始化程序的主要内容有:对某些数据区、计数器等进行清零,对某些数据区所需数据进行恢复,对某些继电器进行置位或复位,对某些初始状态进行显示等。在有些系统中还需考虑紧急处理与复位程序。

2) 检测、故障诊断和显示等程序。这些程序相对独立,一般在程序设计基本完成时再添加。