

职业教育“十三五”规划教材
高等职业教育自动化类专业规划教材

PLC 应用技术

PLC YINGYONG JISHU

主 编 陈 斗

副主编 何志杰 蒋逢灵 刘志东



 中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

职业教育“十三五”规划教材
高等职业教育自动化类专业规划教材

PLC 应用技术

主编 陈 斗
副主编 何志杰 蒋逢灵 刘志东

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书是高等职业教育自动化类专业规划教材,是为适应国家高职高专示范院校建设和电气自动化技术、机电一体化技术、电气化铁道技术等专业的教学改革即“过程导向、任务驱动”的需要而编写的理实一体化教材。

全书内容共6个项目,以最新的三菱FX_{3U}系列PLC为典型机型,主要内容有:PLC的基础知识(包括2个任务:认识PLC、认识三菱FX_{3U}系列PLC),PLC的编程元件和基本逻辑指令(包括5个任务:连接驱动指令及其应用,串/并联指令及其应用,多重输出与主控指令及其应用,脉冲指令及其应用,置位、复位指令及其应用),PLC步进顺控指令及其应用(包括3个任务:简单流程的程序设计、循环与跳转程序设计、选择性分支与并行分支程序设计),典型功能指令及其应用(包括6个任务:功能指令概述、程序流控制指令及其应用,比较类指令与传送类指令及其应用,算术与逻辑运算类指令及其应用,移位指令与数据处理指令及其应用,高速处理指令及其应用),PLC模拟量控制和通信(包括2个任务:模拟量控制及其应用,FX_{3U}系列PLC的联网通信),PLC应用系统设计(1个任务:PLC应用系统设计)。每个任务基本包含任务引入与分析、基础知识、任务实施、考核标准、拓展与提高、思考与练习部分,书末附有部分参考答案。本书在内容编排上按由浅入深、由易到难的顺序进行讲授,每个项目自成一个系统。全书内容结合国家维修电工职业技能鉴定规范,融入了大量技能抽查和典型工程应用的实训项目和实例等,配有大量的实物图解和图表,介绍了技术领域的有关新知识和新技术,既有利于培训讲解,也有利于自学。同时,本书还配套有电子课件。

本书可以作为高职高专和各类职业学校的电气自动化技术、机电一体化技术、电气化铁道技术、应用电子技术和计算机应用技术等相关专业的规划教材、技能抽查指导书、实训指导书、岗位实习辅助教材,也可作为成人教育教材和工程技术人员参考用书,还可作为职业技能鉴定机构、再就业转岗培训等机构的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC应用技术/陈斗主编. —北京:电子工业出版社,2018.7

ISBN 978-7-121-34175-5

I. ①P… II. ①陈… III. ①PLC技术-高等学校-教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第099202号

策划编辑:贺志洪(hzh@phei.com.cn)

责任编辑:贺志洪 特约编辑:吴文英 徐 堃

印刷:北京七彩京通数码快印有限公司

装订:北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:416千字

版次:2018年7月第1版

印次:2018年7月第1次印刷

定价:41.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254609,hzh@phei.com.cn。

前 言

本书是高等职业教育自动化类专业规划教材，是为适应国家高职高专示范院校建设和电气自动化技术、机电一体化技术、电气化铁道技术等专业的教学改革，即为“过程导向、任务驱动”的需要而编写的理实一体化教材。

目前，市面上有关 PLC 的教材及参考书品种繁多，但大多数为本科类教材，并不完全适用于高职高专类学校，而且基本上还没有以最新的三菱 FX_{3U} 系列 PLC 机型为例的 PLC 应用技术课改教材，也没有结合技能抽查的教材。本书结合高职高专教育的教学目标和学生的特点，遵循“以能力培养为核心，以技能训练为主线，以理论知识为支撑”的原则，采用“项目导向、任务驱动、理实一体”的模式编写，在传统知识体系的基础上，以最新的三菱 FX_{3U} 系列 PLC 为典型机型，结合国家维修电工职业技能鉴定规范，引入大量技能抽查和典型工程应用的实训项目和实例等，介绍了技术领域的有关新知识和新技术。这样既可以避免任务驱动型教材的局限性和传统理论教材不注重应用的弊端，又可以提高学生的技能和持续发展能力。

全书内容共 6 个项目 19 个任务，每个任务来源于技能抽查和实际生产的典型案例，主要内容有：PLC 的基础知识（包括 2 个任务：认识 PLC、认识三菱 FX_{3U} 系列 PLC），PLC 的编程元件和基本逻辑指令（包括 5 个任务：连接驱动指令及其应用，串/并联指令及其应用，多重输出与主控指令及其应用，脉冲指令及其应用，置位、复位指令及其应用），PLC 步进顺控指令及其应用（包括 3 个任务：简单流程的程序设计、循环与跳转程序设计、选择性分支与并行分支程序设计）、典型功能指令及其应用（包括 6 个任务：功能指令概述、程序流控制指令及其应用、比较类指令与传送类指令及其应用、算术与逻辑运算类指令及其应用、移位指令与数据处理指令及其应用、高速处理指令及其应用），PLC 模拟量控制和通信（包括 2 个任务：模拟量控制及其应用、FX_{3U} 系列 PLC 的联网通信），PLC 应用系统设计（1 个任务：PLC 应用系统设计）。每个任务基本包含任务引入与分析、基础知识、任务实施、考核标准、拓展与提高、思考与练习部分，书末附有部分参考答案。本书在内容编排上按由浅入深、由易到难的顺序进行讲授，每个项目自成一个系统。本书通俗易懂，阐述简练，融入了大量技能抽查和典型工程应用的实训项目和实例等，配有大量的实物图解和图表，介绍了技术领域的有关新知识和新技术。既有利于培训讲解，也有利于自学，符合职业教育面向岗位突出技能培养的要求，满足工学结合课程改革的需求，使学生能够使用可编程控制器解决生产实际问题。在使用的过程中，可根据专业需要和自身的实际情况，对内容适当进行删减。

本书力求使读者通过学习，掌握 PLC 技术应用的技术与技能，形成综合职业能力，并有助于读者通过相关升学考试、技能抽查考试和维修电工职业资格证书的考试。

本书可以作为高职高专和各类职业学校的电气自动化技术、机电一体化技术、电气化铁道技术、应用电子技术和计算机应用技术等相关专业的规划教材、技能抽查指导书、实

训指导书、岗位实习辅助教材，也可作为成人教育教材和工程技术人员的参考用书，还可作为职业技能鉴定机构、再就业转岗培训等机构的参考用书。

本书由湖南铁路科技职业技术学院副教授陈斗主编，湖南化工职业技术学院副教授何志杰、湖南铁路科技职业技术学院的实验室主任刘志东、专业负责人蒋逢灵为副主编，湖南铁路科技职业技术学院的李玲、徐美清、贺国方参编。其中，项目1和附录由蒋逢灵编写；项目2由徐美清编写，项目3由李玲编写，项目4由刘志东编写，项目5由何志杰编写，项目6由贺国方编写；全书由陈斗负责统稿、修改和主审。在编写过程中，编者参考了一些书刊，并引用了相关资料，在此对这些文献资料的作者一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，殷切希望广大读者批评指正，以便修订时改进，并致谢意！

编者

2018年6月

目 录

项目 1 PLC 的基础知识	1
任务 1.1 认识 PLC	1
1.1.1 任务引入和分析	1
1.1.2 基础知识	1
1.1.3 任务实施	8
1.1.4 考核标准	9
1.1.5 拓展与提高	10
1.1.6 思考与练习	11
任务 1.2 认识三菱 FX_{3U} 系列 PLC	11
1.2.1 任务引入和分析	11
1.2.2 基础知识	12
1.2.3 任务实施	19
1.2.4 考核标准	28
1.2.5 拓展与提高	28
1.2.6 思考与练习	30
项目 2 PLC 的编程元件和基本逻辑指令	31
任务 2.1 连接驱动指令及其应用	31
2.1.1 任务引入与分析	31
2.1.2 基础知识	31
2.1.3 任务实施	32
2.1.4 考核标准	35
2.1.5 拓展与提高	35
2.1.6 思考与练习	38
任务 2.2 串/并联指令及其应用	39
2.2.1 任务引入与分析	39
2.2.2 基础知识	39
2.2.3 任务实施	43
2.2.4 考核标准	45
2.2.5 拓展与提高	46
2.2.6 思考与练习	47
任务 2.3 多重输出与主控指令及其应用	49
2.3.1 任务引入与分析	49
2.3.2 基础知识	50

2.3.3	任务实施	53
2.3.4	考核标准	57
2.3.5	拓展与提高	58
2.3.6	思考与练习	60
任务 2.4	脉冲指令及其应用	62
2.4.1	任务引入与分析	62
2.4.2	基础知识	63
2.4.3	任务实施	65
2.4.4	考核标准	69
2.4.5	拓展与提高	70
2.4.6	思考与练习	70
任务 2.5	置位、复位指令及其应用	72
2.5.1	任务引入与分析	72
2.5.2	基础知识	72
2.5.3	任务实施	73
2.5.4	考核标准	77
2.5.5	拓展与提高	78
2.5.6	思考与练习	79
项目 3	PLC 步进顺控指令及其应用	81
任务 3.1	简单流程的程序设计	81
3.1.1	任务引入与分析	81
3.1.2	基础知识	81
3.1.3	任务实施	86
3.1.4	考核标准	99
3.1.5	拓展与提高	99
3.1.6	思考与练习	101
任务 3.2	循环与跳转程序设计	102
3.2.1	任务引入与分析	102
3.2.2	基础知识	102
3.2.3	任务实施	104
3.2.4	考核标准	110
3.2.5	拓展与提高	110
3.2.6	思考与练习	112
任务 3.3	选择性分支与并行分支程序设计	112
3.3.1	任务引入与分析	112
3.3.2	基础知识	112
3.3.3	任务实施	116
3.3.4	考核标准	123
3.3.5	拓展与提高	124

3.3.6 思考与练习	126
项目 4 典型功能指令及其应用	127
任务 4.1 功能指令概述	127
4.1.1 任务引入与分析	127
4.1.2 基础知识	127
任务 4.2 程序流控制指令及其应用	132
4.2.1 任务引入与分析	132
4.2.2 基础知识	132
4.2.3 任务实施	136
4.2.4 考核标准	139
4.2.5 思考与练习	139
任务 4.3 比较类指令与传送类指令及其应用	140
4.3.1 任务引入与分析	140
4.3.2 基础知识	140
4.3.3 任务实施	146
4.3.4 考核标准	149
4.3.5 思考与练习	149
任务 4.4 算术与逻辑运算类指令及其应用	150
4.4.1 任务引入与分析	150
4.4.2 基础知识	150
4.4.3 任务实施	155
4.4.4 考核标准	157
4.4.5 思考与练习	157
任务 4.5 移位指令与数据处理指令及其应用	159
4.5.1 任务引入与分析	159
4.5.2 基础知识	160
4.5.3 任务实施	166
4.5.4 考核标准	167
4.5.5 思考与练习	169
任务 4.6 高速处理指令及其应用	169
4.6.1 任务引入与分析	169
4.6.2 基础知识	169
4.6.3 任务实施	177
4.6.4 考核标准	178
4.6.5 思考与练习	179
项目 5 PLC 模拟量控制和通信	180
任务 5.1 模拟量控制及其应用	180
5.1.1 任务引入与分析	180
5.1.2 基础知识	180

5.1.3	任务实施	187
5.1.4	考核标准	192
5.1.5	拓展与提高	192
5.1.6	思考与练习	192
任务 5.2	FX _{3U} 系列 PLC 的联网通信	193
5.2.1	任务引入与分析	193
5.2.2	基础知识	193
5.2.3	任务实施	194
5.2.4	考核标准	199
5.2.5	思考与练习	200
项目 6	PLC 应用系统设计案例	201
任务	PLC 应用系统设计	201
一	任务引入与分析	201
二	基础知识	201
三	任务实施	207
四	考核标准	215
五	拓展与提高	215
六	思考与练习	216
附录 A	FX 系列应用指令简表	218
附录 B	常用特殊辅助继电器	222
附录 C	FX _{3U} 系列 PLC 系统寄存器表	226
附录 D	参考答案	230
参考文献		251

项目 1 PLC 的基础知识

任务 1.1 认识 PLC

1.1.1 任务引入和分析

在传统工业自动化控制领域，长期占据主导地位的是继电器-接触器控制系统，这种控制方式常见于电动机的手动控制和自动控制。可编程控制器（Programmable Controller）是为工业控制应用而设计的，是一种以 CUP 为核心的计算机工业控制装置。早期的可编程控制器称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC，用它来代替继电器实现逻辑控制。随着微电子、计算机、通信等技术的飞速发展，可编程控制器的功能已大大超过了逻辑控制的范围。

1.1.2 基础知识

1. 可编程控制器的产生

在可编程序控制器问世以前，工业控制领域中以继电器控制占主导地位。这种由继电器构成的控制系统有着明显的缺点：体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高，尤其是对生产工艺多变的系统适应性更差，一旦生产任务和工艺发生变化，就必须重新设计，并改变硬件结构，这造成了时间和资金的严重浪费。

1968 年，美国通用汽车公司（GM 公司）为了在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线，以便降低生产成本，缩短新产品的开发周期，而提出了研制新型逻辑顺序控制装置，并提出了该装置的研制指标要求，即 10 项招标技术指标。

- (1) 编程简单，可在现场修改程序。
- (2) 维护方便，采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制系统。
- (4) 体积小于继电器控制系统。
- (5) 数据可以直接送入计算机。
- (6) 成本可与继电器控制系统竞争。
- (7) 输入可为市电（PLC 主机电源可以是 115V 电压）。
- (8) 输出可为市电（115V 交流电压，电流达 2A 以上），能直接驱动电磁阀、接触器等。
- (9) 通用性强、易于扩展。
- (10) 用户存储器容量大于 4K 字节。

美国数字设备公司，于 1969 年研制出了世界上第一台可编程序控制器，并应用于通用汽车公司的生产线上。当时叫可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller)，目的是用来取代继电器，以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。紧接着，美国 MODICON 公司也开发出同名的控制器，1971 年，日本从美国引进了这项新技术，很快研制成了日本第一台可编程控制器。1973 年，西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。

2. PLC 的发展

1968 年，美国最大的汽车制造厂家通用汽车公司 (GM 公司) 提出研制的设想。

1969 年，美国数字设备公司研制出了世界上第一台 PC，型号为 PDP-14。

20 世纪 70 年代初出现了微处理器，很快被引入可编程控制器，使 PLC 增加了运算、数据传送及处理等功能，成为真正具有计算机特征的工业控制装置。

20 世纪 70 年代中末期，可编程控制器进入了实用化发展阶段，计算机技术已全面引入可编程控制器中，使其功能发生了飞跃。

20 世纪 80 年代初，可编程控制器在先进工业国家中已获得了广泛的应用。

20 世纪末期，可编程控制器的发展特点是更加适应于现代工业控制的需要。

21 世纪初的几年，可编程控制器重点发展网络通信能力。

3. PLC 控制器的特点

PLC 能如此迅速发展的原因，除了工业自动化的客观需要外，还有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。其主要特点如下：

(1) 编程方法简单易学。梯形图是可编程序控制器使用最多的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观，易学易懂，熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言，可编程序控制器在执行梯形图程序时，应先用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。

(2) 功能强，性能价格比高。一台小型可编程序控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件，可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比，它具有很高的性能价格比。可编程序控制器可以通过通信联网，实现分散控制与集中管理。

(3) 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强。可编程序控制器产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统。可编程序控制器的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。可编程序控制器有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

(4) 可靠性高，抗干扰能力强。传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良，容易出现故障。可编程序控制器用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，仅剩下与输入和输出有关的少量硬件，接线可减少到继电器控制系统的 $1/10 \sim 1/100$ ，因触点接触不良造成的故障大为减少。可编程序控制器采取了一系列硬

件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。可编程序控制器已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

(5) 系统的设计、安装、调试工作量少。可编程序控制器用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

可编程序控制器的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，容易掌握。对于复杂的控制系统，梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

(6) 维修工作量小，维修方便。可编程序控制器的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。可编程序控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据可编程序控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明产生故障的原因，用更换模块的方法迅速地排除故障。

(7) 体积小，能耗低。对于复杂的控制系统，使用可编程序控制器后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型可编程序控制器的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/2 \sim 1/10$ 。

可编程序控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。

4. 可编程控制器的分类

1) PLC 硬件结构的类型

可编程序控制器发展很快，目前，全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装，便于扩展，方便接线，其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类：一类是一体化整体式 PLC，另一类是结构化模块式 PLC。

(1) 一体化整体式 PLC。从结构上看，早期的可编程序控制器是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、输入/输出端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一个完整的 PLC。它的特点是结构紧凑，体积小，成本低，安装方便，缺点是输入/输出点数是固定的，不一定能适合具体的控制现场的需要。这类产品有 OMRON 公司的 C20P、C40P、C60P，三菱公司的 FX 系列，东芝公司的 EX20/40 系列等。

(2) 结构化模块式 PLC。模块式结构又叫积木式结构。这种结构形式的特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。另外，机器上有一块带有插槽的母板，实质上就是计算机总线。把这些模块按控制系统需要选取后，都插到母板上，就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的特点是系统构成非常灵活，安装、扩展、维修都很方便，缺点是体积比较大。常见产品有 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H，西门子公司的 S5-115U、S7-300、S7-400 系列等。

2) PLC 的分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求，可编程序控制器能够处理的输入/输出信号数

是不一样的。一般将一路信号叫做一个点，将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照 I/O 点数的多少，可将 PLC 分为超小（微）、小、中、大、超大 5 种类型，如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 按 I/O 点数分类

分类	超小型	小型	中型	大型	超大型
I/O 点数	64 点以下	64~128 点	128~512 点	512~8192 点	8192 点以上

按功能分类可分为低档机、中档机、高档机，如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 按功能分

分类	主要功能	应用场合
低档机	具有逻辑运算、定时、技术、移位、自诊、按功能自诊断、监控等基本功能，有的还具备 AI/AO、数据传送、运算、通信等功能	开关量控制、顺序控制、定时/计数控制、少量模拟量控制等
中档机	除上述低档机的功能外，还有数制转换、子程序调用、通信联网功能，有的还具备中断控制、PID 回路控制等	过程控制、位置控制等
高档机	除上述中档机的功能外，还有较强的数据处理功能、模拟调节、函数运算、监控、智能控制、通信联网功能等	大规模过程控制系统，构成分布式控制系统，实现全局自动化网络

5. 可编程控制器的应用

PLC 作为自动化领域重要的控制设备，应用非常广泛。其用途大致可以归纳为以下几个方面。

1) 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 具有“与”“或”“非”等逻辑指令，可以实现触点和电路的串、并联，代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制，可用于单片机控制、多机群控、自动化生产线的控制等。例如注塑机、印刷机、电梯的控制、饮料灌装生产流水线、汽车、化工、造纸、轧钢自动生产线的控制等。

2) 模拟量控制

在工业控制过程中，有许多连续变化的量，如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使 PLC 处理模拟量，必须实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 制造厂商都有配套的 A/D 和 D/A 模块，使 PLC 可以很方便地用于模拟量控制。

3) 过程控制

过程控制是指温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PID 控制功能是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。目前的大中型 PLC 都有 PID 模块，许多小型 PLC 也具有 PID 功能。PID 控制功能一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在钢铁冶金、精细化工、锅炉控制、热处理等场合有非常广泛的应用。

4) 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算（包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算以及求

反、循环、移位、浮点数运算)、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与储存中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理通常用于大、中型控制系统,如柔性制造系统、机器人的控制系统。

5) 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起,可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,以满足工厂自动化系统发展的需要。单个 PLC 或远程 I/O 按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成集中管理信息的分布式网络系统。

6. 可编程控制器的结构

1) 可编程控制器的结构

工业控制计算机,其硬件系统都大体相同,主要由中央处理器模块、存储器模块、输入输出模块、编程器和电源等几部分构成,如图 1.1.1 所示。

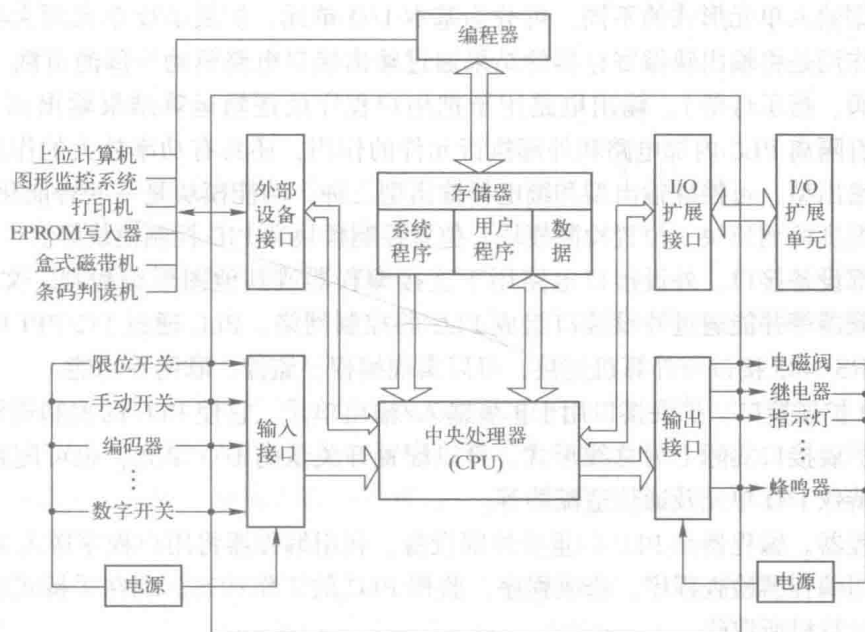


图 1.1.1 PLC 结构

(1) 中央处理器 (CPU)。CPU 是 PLC 的核心部件,主要用来运行用户程序、监控输入/输出接口状态以及进行逻辑判断和数据处理。CPU 用扫描的方式读取输入装置的状态或数据,从内存逐条读取用户程序,通过解释后按指令的规定产生控制信号,然后分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程,完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务,并根据运算结果控制输出设备响应外部设备的请求以及进行各种内部诊断。

(2) 存储器。可编程控制器的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和可电擦写的存储器 EEPROM 三大部分构成,主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。只读存

存储器 ROM 用以存放系统程序, 可编程控制器在生产过程中将系统程序固化在 ROM 中, 用户程序是不可改变的。用户程序和中间运算数据存放的随机存储器 RAM 中, RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器, 可用锂电池做备用电源。它存储的内容是易失的, 掉电后内容丢失; 当系统掉电时, 用户程序可以保存在只读存储器 EEPROM 或由高能电池支持的 RAM 中。EEPROM 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点, 用来存放需要长期保存的重要数据。

(3) 电源。PLC 的电源是指为 CPU、存储器和 I/O 接口等内部电子电路工作所配备的直流开关电源。电源的交流输入端一般都有脉冲吸收电路, 交流输入电压范围一般都比较宽, 抗干扰能力比较强。电源的直流输出电压多为直流 5V 和直流 24V。直流 5V 电源供 PLC 内部使用, 直流 24V 电源除供内部使用外还可以供输入/输出单元和各种传感器使用。

(4) 输入/输出接口。输入/输出接口电路即 I/O 单元。PLC 内部输入电路作用是将 PLC 外部电路 (如行程开关、按钮、传感器等) 提供的符合 PLC 输入电路要求的电压信号, 通过光电耦合电路送至 PLC 内部电路。输入电路有直流输入电路、交流输入电路和交直流输入电路。输入电路通常以光电隔离和阻容滤波的方式提高抗干扰能力, 输入响应时间一般在 0.1~15ms。根据输入信号形式的不同, 可分为模拟量 I/O 单元、数字量 I/O 单元两大类。根据输入单元形式的不同, 可分为基本 I/O 单元、扩展 I/O 单元两大类。PLC 内部输出电路作用是将输出映像寄存器的结果通过输出接口电路驱动外部的负载 (如接触器线圈、电磁阀、指示灯等)。输出电路用于把用户程序的逻辑运算结果输出到 PLC 外部, 输出电路具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用, 还具有功率放大的作用。输出电路有晶体管输出型、可控硅输出型和继电器输出型三种。功能模块是一些智能化的输入/输出电路, 如温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块和 PID 控制模块等。

(5) 外部设备接口。外设接口电路用于连接编程器或其他图形编程器、文本显示器、触摸屏、变频器等并能通过外设接口组成 PLC 的控制网络。PLC 通过 PC/PPI 电缆或使用 MPI 卡通过 RS-485 接口与计算机连接, 可以实现编程、监控、联网等功能。

(6) I/O 扩展接口。扩展接口用于扩展输入/输出单元, 它使 PLC 的控制规模配置更加灵活, 这种扩展接口实际上为总线形式, 可以配置开关量的 I/O 单元, 也可配置模拟量和高速计数等特殊 I/O 单元及通信适配器等。

(7) 编程器。编程器是 PLC 的重要外围设备。利用编程器将用户程序送入 PLC 的存储器, 还可以用编程器检查程序, 修改程序, 监视 PLC 的工作状态。现在手持式编程器已逐渐被笔记本计算机所取代。

7. 可编程控制器的工作原理

PLC 有两种基本的工作模式, 即运行 (RUN) 模式与停止 (STOP) 模式。在运行模式时, PLC 通过反复执行用户程序来实现控制功能。为了使 PLC 的输出及时地响应随时可能变化的输入信号, 用户程序不是只执行一次, 而是不断地重复执行, 直至 PLC 停机或切换到 STOP 模式。PLC 重复执行用户程序都是以循环扫描方式完成的。

1) 扫描工作方式

所谓扫描就是 CPU 依次对各种规定的操作项目进行访问和处理。PLC 运行时用户程序中有许多操作需要执行, 但 CPU 每一时刻只能执行一个操作而不能同时执行多个操作。因

此, CPU 只能按照程序规定的顺序依次执行各个操作, 这种需要处理多个作业时依次按顺序处理的工作方式称为扫描工作方式。

扫描是周而复始、不断循环的, 每扫描一个循环所用的时间称为扫描周期。

循环扫描工作方式是 PLC 的基本工作方式, 具有简单直观、方便用户进行程序设计, 先扫描的指令执行结果马上可被后面扫描的指令利用, 可通过 CPU 设置定时器监视每次扫描时间是否超过规定, 避免进入死循环等优点, 为 PLC 的可靠运行提供了保障。

2) 可编程控制器的工作过程

PLC 的工作过程基本上是用用户程序的执行过程, 它是在系统软件的控制下, 依次扫描各输入点状态 (输入采样), 按用户程序解算控制逻辑 (程序执行), 然后顺序地向各输出点发出相应的控制信号 (输出刷新)。除此之外, 为提高工作的可靠性和及时接收外部控制命令, 每个扫描周期还要进行故障自诊断 (自诊断), 处理与编辑器、计算机的通信请求 (与外设通信)。PLC 的扫描工作过程如图 1.1.2 所示。

(1) 自诊断。PLC 每次扫描用户程序前, 对 CPU、存储器、I/O 模块等进行故障诊断, 发现故障或异常情况则转入处理程序, 保留现行工作状态, 关闭部分输出, 停机并显示出错误信息。

(2) 与外设通信。在自诊断正常后, PLC 对编程器、上位机等通信接口进行扫描, 如有请求便响应处理。

(3) 输入采样。完成前两部工作后, PLC 扫描各输入点, 将各点状态和数据 (开关的通/断、A/D 转换值、BCD 码数据等) 读入到寄存器输入状态的输入映像寄存器中存储, 这个过程称为采样。在一个扫描周期内, 即便外部输入状态已发生改变, 输入映像寄存器中的内容也不改变。

(4) 程序执行。PLC 从用户程序存储器的最低地址 (0000H) 开始顺序扫描 (无跳转情况), 并分别从输入映像寄存器和输出映像寄存器中获得所需的数据进行运算、处理, 再将程序执行的结果写入输入映像寄存器中进行保存, 但这个结果在全部程序执行完毕之前不会送到输出端口上。

(5) 输出刷新。在执行完用户所有程序后, PLC 将输出映像寄存器中的内容送到寄存输出状态的输出锁存器中, 再去驱动用户设备, 这个过程称为输出刷新。

PLC 重复执行上述 5 个步骤, 按循环扫描方式工作, 实现对生产过程和设备的连续控制。直至接受到停止命令、停电、出现故障等才停止工作。

设上述 5 步操作所需时间分别为 T_1 、 T_2 、 \dots 、 T_5 , 则 PLC 的扫描周期为 5 步操作时间之和, 用 T 表示

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

不同型号的 PLC, 各步工作时间也不同, 根据使用说明书提供的数据和具体的应用程序可计算出扫描时间。

总之, 采用循环扫描的工作方式, 是 PLC 区别于微机和其他控制设备的最大特点, 使用者对此应给予足够的重视。



图 1.1.2 扫描过程

1.1.3 任务实施

PLC 是一种工业控制计算机，不光有硬件，软件也必不可少。PLC 的编程语言目前主要有以下几种：梯形图编程语言、助记符语言、顺序功能图编程语言、功能块图编程语言和某些高级语言等。

1. 梯形图编程语言

该语言习惯上叫梯形图。梯形图在形式上沿袭了传统的继电器控制电路的形式，或者说，梯形图编程语言是在电气控制系统中常用的继电器、接触器逻辑控制基础上简化了符号演变而来的，它形象、直观、实用，电气技术人员容易接受，是目前用得最多的一种 PLC 编程语言。梯形图的画法如图 1.1.3 所示。

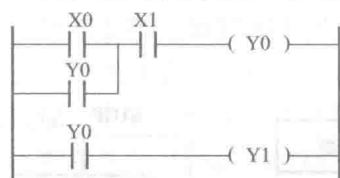


图 1.1.3 梯形图

梯形图中的输入触点只有两种：常开触点（ —|— ）和常闭触点（ —|/— ），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符号，以示区别。同一编号的触点可以有常开和常闭两种状态，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。PLC 有无数个常开和常闭触点，梯形图中的触点可以任意地串联、并联。

梯形图的格式要求如下：

- (1) 梯形图按行从上至下编写，每一行从左往右顺序编写。PLC 程序执行顺序与梯形的编写顺序一致。
- (2) 图 1.1.3 所示梯形图的左、右两边垂直线称为起始母线、终止母线。每一逻辑行必须从起始母线开始画起，终止于继电器线圈或终止母线，PLC 终止母线也可以省略。
- (3) 梯形图起始母线与线圈之间一定要有触点，而线圈与终止母线之间则不能有任何触点。

2. 助记符语言

助记符语言又称指令语句表达式语言，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。用助记符语言编写的程序较难阅读，其中逻辑关系很难一眼看出，所以在设计时一般使用梯形图语言。如果使用手持编程器，则必须将梯形图转换成助记符语言后再写入 PLC。下面以三菱公司 FX 系列的指令语句来说明。

LD X0 逻辑行开始，输入 X0 常开触点

OR Y0 并联 Y0 的自保触点

AND X1 串联 X1 的常开触点

OUT Y0 输出 Y0 逻辑行结束

LD Y0 输入 Y0 常开触点逻辑行开始

OUT Y1 输出 Y1 逻辑行结束