

高职高专“十二五”规划教材

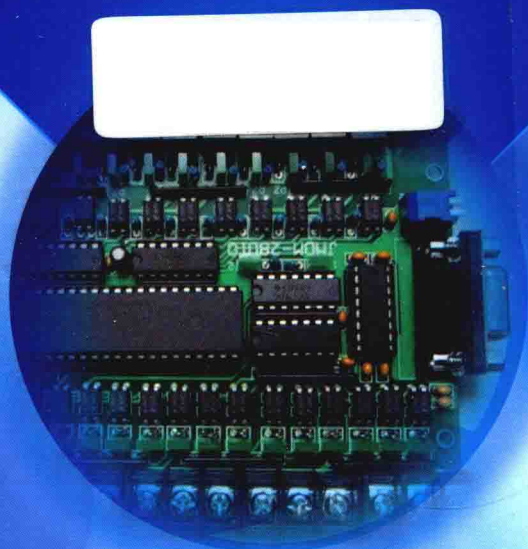
PLC KONGZHI XITONG DE ANZHUANG YU TIAOSHI

PLC控制系统的 安装与调试



宋秀玲 主编

杜国华 郭翠锋 副主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

PLC 控制系统的安装与调试

宋秀玲 主 编
杜国华 郭翠锋 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从实际应用出发,以可编程控制技术为主线,从技能培养、技术应用的角度出发,采用了任务驱动教学模式,系统地讲解了可编程控制技术的应用。

全书内容主要包括 PLC 基本知识、PLC 基本指令及应用、PLC 步进指令及应用、功能指令及应用和综合应用 5 个模块,每个模块中又有若干个任务,每个任务以实例为切入点,让学生在“学中做,做中学”,充分体现了可编程控制器的应用性和实践性。学生通过课后练习,将加深对可编程控制器知识的理解、掌握和应用。

本书可作为高等职业技术学院和中等职业学校的机电一体化技术、电气自动化、数控技术、机械设计与制造、楼宇自动化及相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 控制系统的安装与调试/宋秀玲主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 7
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-20580-3

I. ①P… II. ①宋… III. ①PLC 技术-高等职业教育-
教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 089059 号

责任编辑:王听讲
责任校对:边涛

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 188 千字 2014 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

可编程控制器 (PLC) 是专门为工业应用而设计的一种控制装置, 自 1969 年问世以来, 以其特有的一系列优点, 在工业自动化领域中发挥着越来越大的作用。PLC 与机器人、计算机辅助设计与制造成为现代工业自动化生产的三大支柱, 广泛应用于机械、化工、煤炭、交通等行业。

为了提高高等职业教育人才培养质量, 充分体现基于工作过程的教学理念, 我们按照“教学做一体化”的授课模式来组织内容, 本书是在经过教学实践的基础上编写而成的。

本书以三菱 FX2N PLC 为主线, 采用项目导向, 任务驱动教学模式, 打破了传统的以传授理论知识为主的教学理念, 从生产实际与工程应用的角度出发, 把 PLC 理论知识融入到 5 个模块中, 每个模块又包括若干个教学任务, 每个任务分为学习目标、知识学习、工作任务等环节, 内容按学生认识规律, 由简到难, 循序渐进安排, 通俗易懂。

本书按 72 授课学时编写, 教学过程全部在实训室完成。我们将为使用本书的教师免费提供电子教案, 需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由宋秀玲主编, 杜国华、郭翠锋担任副主编, 其中模块一、模块二由杜国华编写, 模块三由郭翠锋编写, 模块四和附录由宋秀玲编写, 模块五由宋秀玲和郭翠锋合编, 丁惠忠、李松涛参加了全书编写。

由于编写时间仓促, 加之编者水平有限, 书中难免存在错误与不足之处, 敬请读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 PLC 基本知识	1
任务一 认识 PLC	1
任务二 GX Developer 编程软件的应用	12
课后练习	27
模块二 PLC 基本指令及应用	29
任务一 三相异步电动机点动 PLC 控制系统的安装与调试	29
任务二 三相异步电动机连续运动的 PLC 控制安装与调试	34
任务三 三相异步电动机正反转的 PLC 控制安装与调试	38
任务四 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动的 PLC 控制安装与调试	41
任务五 三相异步电动机对多台电动机的 PLC 控制安装与调试	49
课后练习	56
模块三 PLC 步进指令及应用	57
任务一 多种液体混合装置的 PLC 控制	57
任务二 运料小车的 PLC 控制	64
任务三 十字路口交通信号灯的 PLC 控制	72
课后练习	78
模块四 功能指令及应用	80
任务一 数码管的 PLC 控制	80
任务二 三层电梯的 PLC 控制	87
任务三 城市灯光的 PLC 控制	92
任务四 铁塔之光的 PLC 控制	97
课后练习	101
模块五 综合应用	102
任务一 自动送料装车系统的 PLC 控制	102
任务二 四层电梯的 PLC 控制	105
附录	111
附录 1 FX2N 系列的特殊元件	111
附录 2 FX2N 系列基本指令一览表	114
附录 3 FX2N 系列功能指令一览表	115
参考文献	118

模块一 PLC 基本知识

任务一 认识 PLC

学习目标

- ① 了解 PLC 的概念、产生、特点及应用；
- ② 掌握 PLC 内部结构、分类及工作原理；
- ③ 了解 PLC 内部软继电器知识；
- ④ 了解 PLC 的编程语言。

知识学习

可编程控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 是一种以微处理为基础的工业自动控制装置, 取代了传统的电气控制装置, 具有体积小、功能强等一系列优点。在自动控制时代, 电气设备能否方便可靠地实现自动化, 很大程度上取决于对可编程控制器的应用水平。本章将简要介绍可编程控制器的产生、发展、组成及特点等。

一、可编程控制器的产生与发展

在可编程控制器问世以前, 继电接触器控制装置在工业领域中占据着主导地位, 继电接触器是一种弱电流、低电压控制强电流、高电压的电磁开关, 这种控制装置的可靠性差、体积大、运行速度慢, 在复杂的继电器控制系统中, 查找和排除故障都非常困难, 会花去大量的时间, 从而大大影响了生产效率; 如果生产工艺发生变化, 继电器控制装置就需要经常更改设计和安装, 造成人力、物力和财力的严重浪费, 不利于产品的更新换代。

PLC 在 20 世纪 60 年代后期间世, 开始主要用于汽车制造业。当时的汽车生产流水线控制系统基本上都是由继电接触器控制装置构成的, 继电接触器控制系统的局限性严重制约了汽车的更新换代。20 世纪 60 年代末期, 美国汽车制造工业竞争激烈, 美国通用汽车公司 (GM), 为了适应汽车生产工艺不断更新的需求, 寻求一种新的控制装置来取代继电器控制系统, 为此, 公开招标, 对控制系统提出了 10 项基本要求:

- ① 维护方便;
- ② 编程简单方便, 可现场修改程序;
- ③ 可靠性高于继电器控制系统;
- ④ 体积小于继电器控制装置;
- ⑤ 可以与管理中心的计算机系统进行通信;

- ⑥ 成本可与继电器控制系统竞争；
- ⑦ 输入可为市电；
- ⑧ 输出可为市电，电流在 2A 以上，可直接驱动电磁阀；
- ⑨ 便于扩展，扩展时原系统变更小；
- ⑩ 用户程序存储容量至少为 4KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程控制器，并在通用汽车公司的生产线上首次试用成功，从此开创了可编程控制器的新局面。

此后，日本、德国等相继引入该技术。1974 年，我国也开始研制可编程控制器。在这个时期，可编程控制器虽然采用了计算机的设计思想，但实际上只有逻辑运算、定时、计数等基本功能。

20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的迅速发展，可编程控制器有了更多的计算机功能，它不仅用逻辑编程取代了硬件连线逻辑，还增加了函数运算、数据传送和处理等功能，使可编程控制器不仅可以进行逻辑控制，而且可以对模拟量进行控制，真正成为了一种电子计算机工业控制装置。

二、可编程控制器的定义

为了确定可编程控制器的性质，1987 年 2 月，国际电工委员会（IEC）颁布了可编程控制器标准草案，在草案中对可编程控制器作了如下定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下的应用而设计。它采用可程序的存储器，用来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，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备，都应按易与工业系统联成一个整体，易扩充其功能的原则设计。”

三、可编程控制器的特点

可编程控制器出现后发展十分迅速，应用于许多工业领域，其原因在于与继电器接触器控制系统相比，有许多明显特点。

1. 可靠性高，抗干扰能力强

高可靠性是 PLC 最突出的特点之一，PLC 是专为工业控制设计的，采用了微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，还在硬件上采取了光电隔离、滤波、屏蔽等措施。

2. 编程简单，使用方便

PLC 作为通用的工业控制设备，提供了多种面向用户的语言，常用的有梯形图、指令语句表和顺序流程图。梯形图是 PLC 最常用的编程语言，与继电器控制原理图类似，具有直观、清晰等优点。不需要专门的计算机知识和语言，具有一定电工和工艺知识的人都可在短时间内掌握。利用专用的编程器，可方便地查看、编辑、修改用户程序。

3. 使用灵活、通用性强

PLC 的硬件是标准化的，加之 PLC 的产品已系列化，功能模块品种多，可以灵活地组成各种不同大小和不同功能的控制系统。在 PLC 构成的控制系统中，只需在 PLC 的输入输出端子上接入相应的输入输出信号线。当需要变更控制系统的功能时，只要用编程器在线或离线修改程序即可，同一个 PLC 装置可用于不同的控制对象，只是输入输出组件和应用软件要发生改变而已。

4. 设计、施工、调试周期短

用继电器接触器控制完成一项控制工程，必须首先按工艺要求画出电气原理图，然后画出继电器柜的布置和接线图等，进行安装调试，后期修改起来十分不便。对于 PLC 控制系统，由于采用软件代替硬件实现控制，所以硬件线路非常简洁，并多为模块化积木式结构，且已商品化，只需要按性能、容量（输入输出点数、内存大小）等选用组装即可，而大量具体的程序编制工作也可在 PLC 到货前进行，因而缩短了设计周期，使设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了硬接线实现控制功能，大大减轻了烦琐的安装接线工作，缩短了施工周期。PLC 是通过程序完成控制任务的，采用了方便用户的工业编程语言，还具有强制和仿真的功能，故程序的设计、修改和调试都很方便，大大缩短设计和调试周期。

5. 体积小、功耗小、性价比高

对于复杂的控制系统，使用 PLC 后，由于 PLC 采用了半导体集成电路，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，使控制系统的体积大大缩小，同时节省了大量费用。PLC 体积小、重量轻，结构紧凑，功能低，因而是实现机电一体化的理想控制设备。

6. 运行快捷

传统继电器节点的响应时间一般需要几百毫秒，而 PLC 里的节点反应速度快，内部是微秒级的，外部是毫秒级的。

PLC 的缺点是价格比较高。

四、可编程控制器的基本结构

可编程控制器实质上是一种工业计算机，只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言，故可编程控制器与计算机的组成十分相似。从硬件结构看，PLC 由中央处理单元（CPU）、存储器（ROM/RAM）、输入单元、输出单元、编程器、电源等主要部件组成。结构如图 1-1 所示。

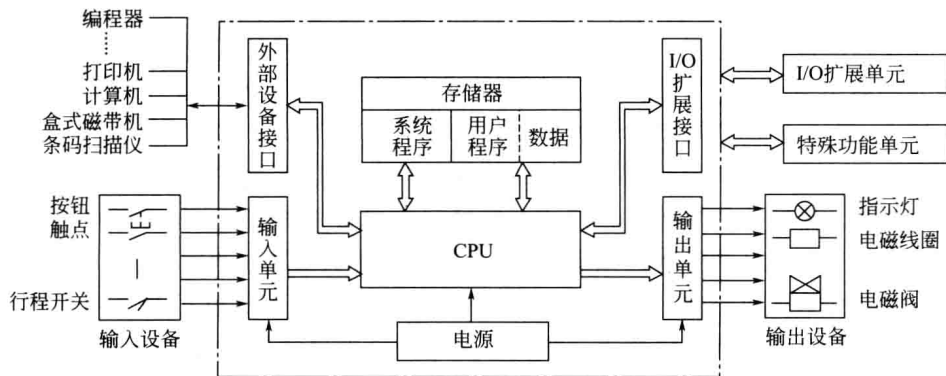


图 1-1 PLC 的内部结构

1. 中央处理器（CPU）

中央处理器模块主要由 CPU 芯片组成。

CPU 是可编程控制器的核心，相当于人的大脑，起着指挥的作用，主要有以下功能。

① 编程时接受并存储从编程器输入的用户程序和数据，并能对其进行修改或更新。

② 检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查，发现语法错误时立即报警，并停止输入；在程序运行过程中如果发现错误，则立即报警或停止程序的执行。

③ 以扫描方式接受现场输入的用户程序和数据，并存入输入状态表（即输入继电器）和数据寄存器（输入映像寄存器）中。

④ 从存储器中逐条读出用户程序，对其进行解读，并完成用户程序中规定的各种任务，更新输出映像寄存器的内容。

⑤ 故障诊断。诊断电源及可编程控制器内部电路的故障，根据故障或错误类型，通过显示器显示出相应的信息，以提示用户及时排除故障或纠正错误。

不同型号的 PLC 的 CPU 芯片不同，目前，PLC 中的 CPU 主要采用单片机，如 Z80A80518039AMD2900 等。

小型 PLC 大多数采用 8 位单片机。

中型 PLC 大多数采用 16 位甚至 32 位单片机，三菱 FX2N 型号 PLC 的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

2. 存储器

可编程控制器的存储器可以分为系统程序存储器、用户程序存储器。

存储器分为只读存储器（ROM）和随机存储器（RAM）两大类。ROM 中的内容只能读出不能写入，它的写入需要使用特殊的方法和设备，一旦写入即使掉电也不会消失，称为固化。ROM 主要存放系统程序。

RAM 的内容可以随时由 CPU 对它进行读取，任意修改，但掉电后，信息会丢失。用户程序是使用者为 PLC 完成某一具体控制任务编写的应用程序，用户程序在设计和调试的过程中要经常进行读写操作，为了便于调试和修改，用户程序一般存储在 RAM 中。

RAM 中的内容在掉电后要消失，所以 PLC 对 RAM 提供备用锂电池，一般锂电池使用期为 3~5 年。如果调试通过的用户程序要长期使用，可用专用 EPROM 写入器把程序固化在 EPROM 芯片中，再把芯片插入 PLC 的 EPROM 插座上。

3. 输入单元

实际生产中信号电平是多样的，外部执行机构所需的电平也不相同，而 PLC 的 CPU 所处理的信号只能是其标准电平，因此，需要通过输入、输出单元实现这些信号电平的转换。PLC 的输入和输出单元实际上是 PLC 与控制 and 被控对象之间传送信号的接口部件。其输入、输出单元均有良好的电隔离和滤波作用。

输入模块通过输入端子接受现场设备的控制信号（包括开关量和模拟量信号），如控制按钮、限位开关、传感器信号等，并把这些信号转换成被控设备能接收的电压或电流信号，以驱动被控装置（包括开关量和模拟量），如电磁阀、接触器、信号灯等。

为了防止各种干扰信号和高电压信号进入 PLC，影响其可靠性，甚至损坏设备，现场输入接口电路一般由光电耦合电路进行隔离。光电耦合电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光电晶体管组成。

通常 PLC 的输入类型有直流输入（DC24V）、交流输入和交直流输入。输入电路的电源可由外部提供，有的也可由 PLC 内部提供。

对于直流输入，根据现场输入接口电路形式的不同，分为源型输入和漏型输入两种形式。绝大部分欧美品牌的 PLC 采用漏型输入，而绝大部分亚洲品牌的 PLC 采用源型输入。

4. 输出单元

输出单元的作用是在 PLC 运行时 CPU 从输入映像寄存器读取输入信息并进行处理，将处理结果放到输出映像寄存器中。输出映像寄存器由与输出点相对应的触发器组成，输出接

口电路的任务是将弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器和指示灯等被控设备的执行元件动作。

输出接口电路通常有 3 种类型，分别是继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型。每种输出电路都采用电气隔离技术，电源由外部提供，输出电流一般为 $1.5\sim 2\text{A}$ ，输出电流的额定值与负载的性质有关。

PLC 是通过输入/输出端子与控制 and 被控对象取得联系的，PLC 的输入/输出端子的组织形式通常有三种，即汇点式、分组式和分隔式。绝大部分 PLC 的输入端子采用汇点式，也有的 PLC 为了增加使用的灵活性而采用分组式。

5. 电源

PLC 的供电电源一般是市电，也有用直流 24V 供电的，PLC 对电源稳定性的要求不高，一般允许电源电压额定值在 $-15\%\sim +10\%$ 的范围内波动。小型整体式 PLC 内部有一个开关式稳压电源，可将交流/直流供电电源转化为 PLC 内部电路需要的 5V 直流工作电源和 I/O 单元需要的 24V 直流电源。大中型 PLC 都有专门的电源单元。

6. 编程器

编程器是 PLC 最基本、最重要的外围设备，其作用是供用户进行程序的编制并送入 PLC 的存储器，并对程序进行检查和修改。编程器有简易型和智能型两类。简易型的编程器只能联机编程，且往往需要将梯形图转化为指令语句表后才能输入。智能型的编程器又称图形编程器，可以联机编程，也可以脱机编程，具有 LCD 或 CRT 图形显示功能，可以直接输入梯形图和通过屏幕对话进行编程。

此外，还可以利用计算机作为编程器，PLC 生产厂家配有相应的软件包，只要在个人计算机上安装相应的软件包，即可用个人计算机对 PLC 进行编程，这种编程方法特别简单、方便，使用计算机编程已经成为 PLC 发展的必然趋势。

五、可编程控制器基本工作原理

PLC 有两种基本工作状态，运行状态和停止状态。运行状态是指执行应用程序状态，停止状态一般用来对程序进行编制和修改。在运行状态时，PLC 通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。为了使 PLC 的输出及时响应随时变化的输入信号，用户程序反复不断地重复执行，直到 PLC 切换到停止状态。

除了执行用户程序外，在每次循环过程中，PLC 还要完成内部处理和通信处理工作。一次完整的循环可概括为 5 个阶段，如图 1-2 所示。

1. 内部处理

检查 CPU 等内部硬件是否正常，使监视定时器复位，并进行其他内部处理。在每一次扫描开始前，CPU 都要进行复位监视定时器、硬件检查、用户内存检查等操作。如果有异常情况，除了故障显示灯亮以外，还判断并显示故障的性质。如果属于一般性故障则只报警不停机，等待处理。如果属于严重故障，则停止 PLC 的运行。公共处理阶段所用的时间一般是固定的，不同机型的 PLC 有所差异。

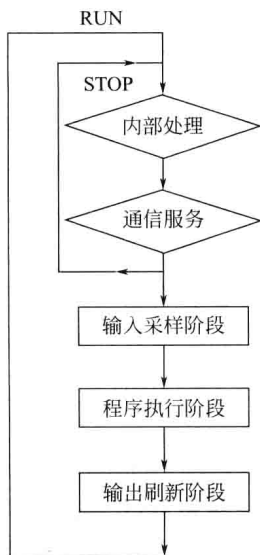


图 1-2 PLC 的扫描过程示意图

2. 通信服务

PLC 自诊断处理完成以后进入通信服务过程。首先检查有无通信任务，如有则调用相应进程，完成与其他设备的通信处理，并对通信数据作相应处理；然后进行时钟、特殊寄存器更新处理等工作。

PLC 处于停止状态时，只执行以上操作；当 PLC 处于运行状态时，除了执行以上操作还要完成 3 个阶段的操作。

3. 输入采样阶段

在该阶段，PLC 把所有外部输入电路的接通和断开状态读入到输入映像寄存器中。外接的输入触点电路接通时，对应的输入映像寄存器为“1”状态，与之对应的梯形图中输入继电器的常开触点接通，常闭触点断开；外部的输入电路断开时，对应的输入映像寄存器为“0”，与之对应的梯形图中输入继电器的常开触点断开，常闭触点接通，如图 1-3 所示。

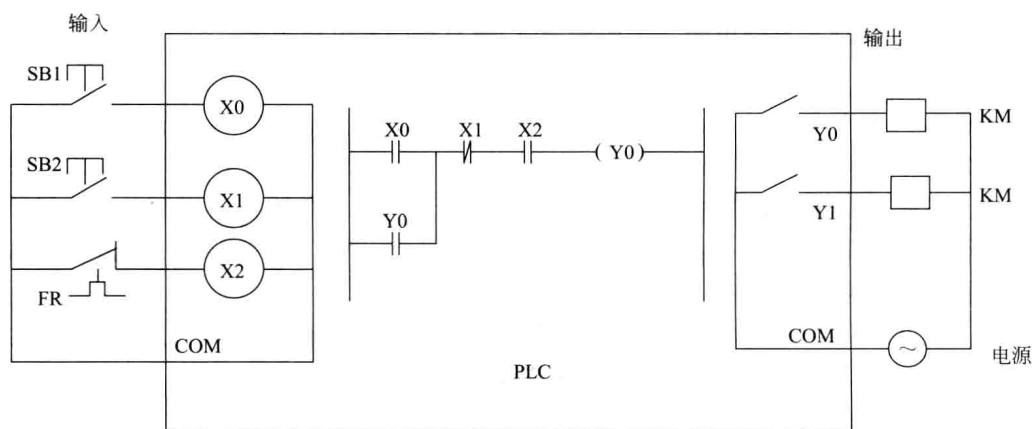


图 1-3 PLC 的程序执行过程示意图

4. 程序执行阶段

PLC 用户程序的编写形式主要有两种，即梯形图和指令语句表。对梯形图程序，PLC 按先上后下、先左后右的步序原则逐一扫描，执行程序。对指令语句表，按步序号顺序执行。在执行指令时，用户程序涉及输入、输出状态时，PLC 从输入映像寄存器读出一阶段采入的程序涉及的对应输入端子的“0/1”状态，并从输出映像寄存器读出对应映像寄存器的当前“0/1”状态，以及程序涉及的其他元件映像寄存器中的“0/1”状态，PLC 根据用户程序进行逻辑运算，并把运算结果再写入对应的元件映像寄存器中。

5. 输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后，元件映像寄存器中所有输出继电器的状态（接通/断开），在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过输出端子和外部电源，驱动外部负载。

六、可编程控制器的分类

PLC 产品的种类繁多，其规格和性能也各不相同，通常根据其结构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少等进行大致分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式，可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式 PLC 整体式又称单元式货箱体式 PLC，就是将电源、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。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元(又称主机)和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与编程器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源,没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元,如模拟量单元、数据 I/O 单元等,这些特殊单元使 PLC 的功能得以扩展。

(2) 模块式 PLC 模块式 PLC 又称积木式 PLC,是将构成 PLC 的各个部分按功能分别做成若干个单独的模块,如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块等。模块式 PLC 由框架和各种模块组成。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活,可根据需要选配不同规模的系统,而且装配方便,便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来,构成叠装式 PLC。叠装式 PLC 的 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块,但它们之间靠电缆进行联接,并且各个模块可以一层层地叠装。这样,不但系统可以灵活配置,还可做得体积小巧。

2. 按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同,可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

(1) 低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,还可有少量模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档 PLC 除了具有低档 PLC 的功能外,还具有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID 控制等功能,适用于复杂控制系统。

(3) 高档 PLC 除具有中档 PLC 的功能外,还增加了带符号算术运算、位逻辑运算、平方根运算、矩阵运算、特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 具有更强的通信联网功能,可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统,实现工厂自动化。

3. 按 I/O 点数分类

根据 PLC 的 I/O 点数的多少,可将 PLC 分为小型、中型和大型三类。

(1) 小型 PLC I/O 点数小于 256 点;单 CPU、8 位或 16 位处理器、用户存储器容量为 4KB 以下。这类可编程控制器结构简单,大多数为整体式结构。

(2) 中型 PLC I/O 点数为 256~2048 点;双 CPU,用户存储器容量为 2~8KB。这类可编程控制器由于 I/O 点数跨度大,所以采用模块式结构。

(3) 大型 PLC I/O 点数大于 2048 点;多 CPU,16 位、32 位处理器,用户存储器容量为 8~16KB。这类 PLC 不仅能进行大量的逻辑控制,还能实现多种、多路的模拟量控制。大型 PLC 的结构形式也是模块式。

七、可编程序控制器的应用

随着 PLC 的性能价格比的不断提高:①微处理器的芯片及有关元件的价格大大降低,PLC 的成本下降;②PLC 的功能大大增强,因而 PLC 的应用日益广泛。目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、水泥、采矿、石油、化工、电力、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、机械制造等各行业。其应用范围大致可归纳为以下几种。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 取代传统的继电接触器控制系统,实现逻

辑控制和顺序控制。开关量的逻辑控制可用于单机控制，也可用于多机群控，还可用于自动生产线的控制等。

2. 运动控制

PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机械，现在一般使用专用的运动模块。目前，制造商已提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。即把描述目标位置的数据送给模块，模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。运动的程序可用 PLC 的语言完成，通过编程器输入。

3. 闭环过程控制

PLC 通过模拟量的 I/O 模块实现模拟量与数字量的 A/D、D/A 转换，可实现对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的 PID 控制。目前，PLC 的这个功能已经广泛应用于热处理炉、锅炉等设备中。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算（包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算）、数据传递、排序和查表、位操作等功能；可以完成数据的采集、分析和处理。数据处理一般用在大中型控制系统中；具有 CNC 功能：把支持顺序控制的 PLC 与数字控制设备紧密结合。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间及其智能设备之间的通信。

PLC 和计算机之间具有 RS—232 接口，用同轴电缆将它们连成网络，以实现信息的交换。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。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制，然后利用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

并不是所有的 PLC 都具有上述的全部功能，有的小型 PLC 只具上述部分功能，但价格比较便宜。

八、FX 系列 PLC 型号名称含义

FX 系列 PLC 型号的含义如图 1-4 所示。

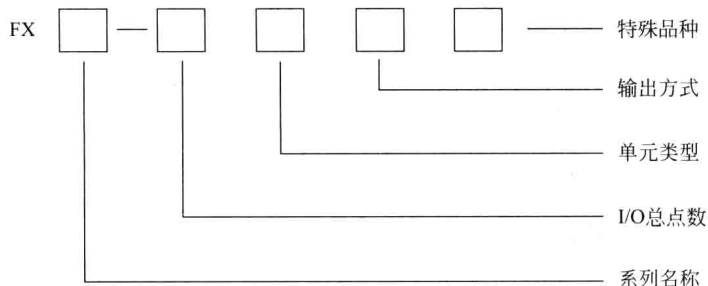


图 1-4 PLC 的型号

其中系列名称有 0、2、0S、1S、0N、1N、2N 等。

I/O 点数：10 □ 256。

单元类型：

M——基本单元；

E——输入/输出混合扩展单元与扩展模块；

EX——输入专用扩展模块；

EY——输出专用扩展模块。

输出方式：

R——继电器输出；

T——晶体管输出；

S——晶闸管输出。

特殊品种：

D——DC 电源，DC 输出；

A1——AC 电源，AC（AC100~120V）输入或。

AC 输出模块：

H——大电流输出扩展模块；

C——接插口输入输出方式；

V——立式端子排的扩展模块；

F——输入滤波时间常数为 1ms 的扩展模块。

如果特殊品种一项中无符号，则为 AC 电源、DC 输入、横式端子排、标准输出。

例如 FX2N-64MR：表示 FX2N 系列，64 个 I/O 点基本单元，属于继电器输出，使用 24V 直流电源。

九、FX 系列 PLC 的性能指标

各厂家的 PLC 或同一厂家不同系列的 PLC，在性能指标上会有很大的差别，PLC 的主要性能指标有以下几种。

1. 输入/输出点数

早期生产的 PLC 用于顺序控制和逻辑控制，其规模用开关量 I/O 点数来表示，通常所说的 I/O 点数是指开关量输入和输出点数之和，对于整体式 PLC，开关量 I/O 点数通常各占总点数的 50%。例如 32 点的 PLC，表示其开关量输入、输出点数各有 16 个，即有 16 个输入端子用来接受外部控制信号，16 个输出端子可以直接或间接驱动外部负载。

I/O 点数是 PLC 组成控制系统时所能接入的 I/O 信号的最大数量，表示 PLC 组成系统时可能的最大规模。这时有个问题要注意，在总的点数中，输入点与输出点总是按一定比例设置的，往往是输入点数大于输出点数，且输入与输出点数不能相互替代。

2. 应用程序的存储容量

PLC 的存储器包括系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器。系统程序由 PLC 生产厂家编写并写入 ROM 中，系统程序存储器存放管理程序、标准子程序、调用程序、检查程序、监控程序和用户指令解释程序等，它们一般存储在 ROM 中。

厂家给出的资料中是用户存储容量和数据存储容量。用户程序是用户使用编程器输入的编程指令，如用户使用编程软件编制的梯形图程序，这部分程序存放在随机存储器和可电擦除只读存储器中。

应用程序的容量大小决定了 PLC 可以容纳用户程序的长短和控制水平，通常用 K 字（KW），K 字节（KB）或 K 位来表示，1K=1024。也有的 PLC 直接用所能存放的程序量表示。在一些文献中称 PLC 中存放程序的地址单位为“步”，每一步占用两个字，一条基本指

令一般为一步。功能复杂的指令，特别是功能指令，往往有若干步。因而用“步”来表示程序容量，往往以最简单指令为单位，称为多少 K 基本指令（步）。

3. 扫描速度

一般以执行 1000 条基本指令所需的时间来衡量。单位为 ms/千步，也有以执行一步指令时间计的，如 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。一般逻辑指令与运算指令的平均执行时间有较大的差别，因而大多场合，扫描速度往往需要标明是执行哪类程序。

以下是扫描速度的参考值：由目前 PLC 采用的 CPU 的主频考虑，扫描速度比较慢的为 2.2ms/K 逻辑运算程序，60ms/K 数字运算程序；较快的为 1ms/K 逻辑运算程序，10ms/K 数字运算程序；更快的能达到 0.75/K 逻辑运算程序。

4. 指令的种类及数量

不同厂家的 PLC 编程语言不同，相互不兼容。梯形图语言指令表语言较为常见，近年来功能图语言的使用量有上升趋势。能同时使用多种编程方法的机器，更容易使用。编程能力中还有一个内容是指令的功能。衡量指令功能强弱可看两个方面：一是指令条数的多少，二是指令中综合性指令的条数。一条综合性指令一般可以完成一项专门操作。比如查表、排序等功能，相当于一个子程序。指令的功能越强，使用指令完成一定的控制目的就越容易。另外，可编程序控制器的可扩展性、可靠性、易操作规程性及经济性等性能指标也较受用户的关注。

5. 内部器件的种类和数量

PLC 有大量的内部元件，用来存放变量和中间结果，也用来保持数据、模块设置等。这些元件的种类与数量越多，表示 PLC 存储和处理各种信息的能力越强。

十、可编程控制器的发展趋势

目前 PLC 的市场竞争十分激烈，各大公司纷纷看中了中国这个巨大的市场。随着技术的发展和市场需求的增加，PLC 的结构和功能也在不断发生变化，各生产厂家不断推出功能更强的 PLC 产品。PLC 的发展趋势主要体现为以下几个方面。

1. 高速化

为了提高 PLC 的处理能力，要求 PLC 具有更好的响应速度和更大的存储容量。目前，有的 PLC 的扫描速度可达 0.1ms/K 步左右。PLC 的扫描速度已成为很重要的一个性能指标。

2. 小型化

随着应用范围的扩大和用户投资规模的不同，小型化、低成本的 PLC 将被广泛应用于各行各业，小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展，使配置更加灵活。

3. 网络化

加强 PLC 联网通信的能力，是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类：一类是 PLC 之间联网通信，各 PLC 生产厂家都有自己的专有联网手段；另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信，一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力，PLC 生产厂家之间也在协商制订通用的通信标准，以构成更大的网络系统，PLC 已成为集散控制系统（DCS）不可缺少的重要组成部分。

4. 多功能化

为满足各种自动化控制系统的要求，近年来不断开发出许多功能模块，如高速计数模

块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块，既扩展了 PLC 功能，又使用灵活方便，扩大了 PLC 应用范围。

5. 高可靠性

根据统计资料表明：在 PLC 控制系统的故障中，内部故障占 20%，它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测、处理；而其余 80% 的故障属于 PLC 的外部故障。因此，PLC 生产厂家都致力于研制、发展用于检测外部故障的专用智能模块，进一步提高系统的可靠性。

6. 编程语言多样化

PLC 的编程语言在原有的梯形图、指令语句表和顺序功能图语言的基础上，正在向不断丰富和高层次发展。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种趋势。

十一、可编程控制器的编程语言

PLC 使用的编程语言共有 5 种，分别是梯形图、指令语句表、顺序功能图、逻辑符号图和高级编程语言。

1. 梯形图

梯形图是最直观、最简单的一种编程语言，是以图形符号及图形符号在图中的相互关系表示控制关系的编程语言，是从继电器控制电路图演变过来的。在形式上类似于电器控制电路，由触点、线圈组成，电气技术人员容易接受。是目前使用较多的一种编程语言。

如图 1-5 所示为一段最简单的梯形图。梯形图由左、右母线和逻辑行组成，逻辑行由各种等效继电器触点串并联后和线圈串联组成。

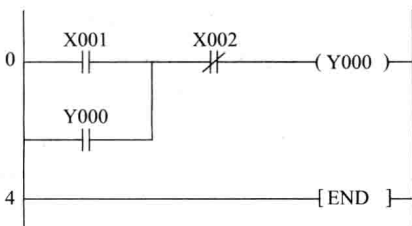


图 1-5 PLC 梯形图

梯形图左右两端的母线是不接任何电源的，梯形图中并不流过真实的电流，只是假想的电流，假想电流是执行用户程序时满足输出执行条件而进行的假设。假想电流只能从左到右、从上到下流动。

同一个梯形图中的编程元件，不同的厂家会有所不同，但它们所表示的逻辑控制功能是相同的。

2. 指令语句表

梯形图编程语言的优点是直观、简便。如果采用经济便携式编程器将程序输入到 PLC 中，只能使用另一种语言——指令语句表，指令语句表是一种与计算机汇编语言类似的助记符编程语言。它由若干条指令组成，语句是指令语句表编程语言的最小独立单元，每个控制功能由一个或多个语句组成的程序来执行。PLC 的语句由指令操作码和操作数两部分组成。操作码由助记符表示，说明操作的功能，规定 CPU 如何动作，操作数是基本的操作对象，如 X0。

如图 1-5 所示的梯形图对应的指令语句表如图 1-6 所示。

步序	指令操作码	操作数
0	LD	X001
1	OR	Y000
2	ANI	X002
3	OUT	Y000
4	END	

3. 顺序功能图

顺序功能图又称状态转移图或状态流程图，是使用状态来描述控制任务或过程的流程图，是一种专用于工业顺序控制程序设计语言。

图 1-6 图 1-5 梯形图

对应的指令语句表

顺序功能图能完整地描述控制系统的工作过程、功能和特性，顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法，步、转换和动作是

顺序功能图中要的 3 种元件。顺序功能图是分析、设计电气控制系统控制程序的重要工具。

4. 逻辑符号图

逻辑符号图与数字电路的逻辑图极为相似，它用类似与门、或门的矩形框来表示逻辑运算关系，矩形框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量。信号从左向右流动。逻辑符号图编程语言直观易懂，容易掌握。

5. 高级编程语言

结构文本编程语言是一种专用的高级编程语言。与梯形图相比，它能实现复杂的数学运算。在大型 PLC 中，为了完成具有数据处理、定位控制、图形操作终端等较为复杂的控制时，往往使用高级编程语言。高级编程语言编写的程序也非常简洁、紧凑。

任务二 GX Developer 编程软件的应用

学习目标

- ① 熟悉 GX Developer 软件界面；
- ② 了解编程软件的安装；
- ③ 掌握梯形图的基本输入操作；
- ④ 掌握利用 PLC 编程软件编辑、调试等基本操作；
- ⑤ 掌握 PLC 与计算机的连接及通信。

知识学习

一、PLC 编程软件的安装

1. GX Developer 编程软件的安装

FX 系列可编程控制器 GX Developer 编程软件的安装过程如下。

打开三菱 PLC 编程软件 GX Developer 文件夹，如图 1-7 所示。

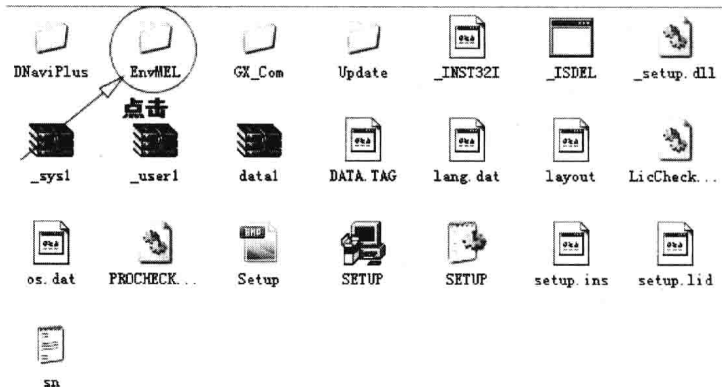


图 1-7 PLC 编程软件 GX Developer