

中等职业教育示范专业规划教材



PLC JISHU
JI YINGYONG
XIANGMU JIAOCHENG

技术及应用项目教程

王少兵 主编 韩爱军 徐年华 副主编

Diagram illustrating electrical control components and PLC connections. The left side shows a power supply circuit with a circuit breaker (QS), fuses (FU1), and a main switch (KM1) connected to three-phase motors (M 3~). The middle section shows a control circuit with stop buttons (SB1, SB2), thermal relays (FR1, FR2), and a contactor (KM1) controlled by a PLC output (Y000). The right side shows a PLC rack with modules X000, X001, X002, X003, Y000, Y001, and COM terminals, connected to a 220V power source (FU2).



化学工业出版社

中等职业教育示范专业规划教材

PLC 技术及应用项目教程

王少兵 主 编

韩爱军 徐年华 副主编

卢 松 林广生 参 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以三菱FX2N系列可编程控制器(PLC)为背景,以项目实践教学为主线,以“实用、够用”为原则,注重学生职业能力的培养,加强学生“零距离上岗”的要求,以体现职业教育教学的特点。全书分为五大模块、12个项目,每项目含学习目标、项目内容、设备工具准备、操作指导、知识链接、拓展与提高、巩固与练习7个环节。具体项目内容为:PLC概述、PLC编程软件的使用、三相电动机启停控制、三相电动机顺序控制、三相电动机正反转循环控制、机械手送料系统控制、大小球分拣控制、交通信号灯控制、台车呼车控制、彩灯控制、物料分拣综合控制、PLC控制系统的安装、维护与故障诊断。

本书既可作为中等职业类学校电气、机电类教材,也可作为相关职业技能培训的参考教材,同时又可作为电工电子及自动控制技术爱好者的入门读物。

图书在版编目(CIP)数据

PLC技术及应用项目教程 / 王少兵主编. —北京:化学工业出版社, 2010.7

中等职业教育示范专业规划教材

ISBN 978-7-122-08632-7

I. P… II. 王… III. 可编程序控制器-专业学校-教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第093333号

责任编辑:李娜 高钰

装帧设计:刘丽华

责任校对:徐贞珍

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张8¼ 字数 210 千字 2010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: 16.50 元

版权所有 违者必究

前 言

随着科学技术的飞速发展，以微处理器为核心的工业控制计算机——可编程控制器(PLC)在生产过程控制、机电一体化、机械制造等方面得到了广泛的应用，已成为当代工业自动化控制的三大支柱之一。而 PLC 型号较多，为方便初学者能更快更好地掌握 PLC 控制技术及应用，编者结合多年的教学实践编写了本教材。

本书的主要特色如下。

一、以项目实施为主线，通过项目任务的完成实现教学目标

在教学内容安排上，全书分五大模块、12 个项目，将知识点和技能训练巧妙地隐含于各个项目中。通过项目实施，不仅激发了学生的学习兴趣，而且强化了学生思考探究的学习过程。当整个项目完成后，学生对新知识也就掌握了。

二、以“实用、够用”为原则，突出实践操作

在教学内容选取上，由浅入深，循序渐进，减少了理论知识的分析介绍，注重了项目的实用性和可操作性，明确了理实一体化教学目标，突出了技能训练和职业能力的培养。

三、教材图文并茂，内容通俗易懂，教学效果有评价

教学内容图文并茂，有助于提高学习效果，增强教材的可读性。每个项目的完成情况可对照“成绩评价表”进行量化考核。

本书由王少兵担任主编，韩爱军、徐年华担任副主编。全书共十二个项目，其中项目三、项目四、项目五、项目六由王少兵编写，项目一、项目八、项目九、项目十一和附录 B、附录 C 由韩爱军编写，项目七、项目十二由徐年华编写，项目十和附录 A 由卢松编写，项目二和附录 D 由林广生编写，全书由王少兵统稿。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中疏漏在所难免，恳请广大读者批评指正。编者联系方式：slzzwsb@163.com。

编 者
2010 年 5 月

目 录

模块一	PLC 基础知识	1
	项目一 PLC 概述	1
	项目二 PLC 编程软件的使用	10
模块二	PLC 基本逻辑指令应用	19
	项目三 三相电动机启停控制	19
	项目四 三相电动机顺序控制	31
	项目五 三相电动机正反转循环控制	43
模块三	步进指令应用	51
	项目六 机械手送料系统控制	51
	项目七 大小球分拣控制	64
	项目八 交通信号灯控制	75
模块四	功能指令应用	85
	项目九 台车呼车控制	85
	项目十 彩灯控制	96
模块五	综合应用	105
	项目十一 物料分拣综合控制	105
	项目十二 PLC 控制系统的安装、维护与故障诊断	120
附录		125
	附录 A 常用电气设备图形符号及文字符号	125
	附录 B FX 系列 PLC 软元件地址分配	126
	附录 C FX2N 系列 PLC 应用指令一览表	127
	附录 D FX2N 系列 PLC 特殊辅助继电器、特殊数据寄存器一览表	130
参考文献		135

模块一 PLC 基础知识

项目一 PLC 概述

一、学习目标

【知识目标】

- (1) 了解 PLC 的历史和作用。
- (2) 熟悉 PLC 的分类和其优点。
- (3) 掌握 PLC 的结构组成并熟悉其作用。
- (4) 了解 FX2N 系列 PLC 的基本知识。

【能力目标】

- (1) 能简述 PLC 的循环扫描工作过程。
- (2) 会简述 FX2N 系列 PLC 各部分的名称及其作用。

二、知识链接

(一) PLC 的定义

在工业生产过程中,大量的开关量顺序控制,它按照逻辑条件进行顺序动作,并按照逻辑关系进行连锁保护动作的控制及大量离散量的数据采集。传统上,这些功能是通过气动或电气控制系统来实现的。1968年美国通用汽车公司提出取代继电器控制装置的要求,第二年,美国数字公司研制出了基于集成电路和电子技术的控制装置,首次采用程序化的手段应用于电气控制,这就是第一代可编程序控制器,称 Programmable Logic Controller (PLC)。

1987年国际电工委员会(International Electrical Committee)颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义:“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,并能通过数字式或模拟式的输入和输出,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。”

20世纪80年代至90年代中期,随着电子技术、计算机技术的发展,PLC也进入了快速发展时期。PLC的功能越来越强大,模拟量处理能力、数字运算处理能力、人机接口功能和网络通讯功能得到大幅度提高,其应用涉及几乎所有的控制领域。全球有许多 PLC 生产厂家和知名品牌,欧美、日本的 PLC 产品占据市场主流地位,我国也有很多自主 PLC 品牌。本书主要以日本三菱公司的 FX2N 系列 PLC 作为学习机型。

(二) PLC 特点

PLC 是面向用户的专用工业控制计算机,跟传统的继电器控制系统相比具有许多明显的特点。

1. 可靠性高, 抗干扰能力强

为了限制故障的发生或者在发生故障时, 能很快查出故障发生点, 并将故障限制在局部, 各 PLC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施, 使 PLC 除了本身具有较强的自诊断能力、能及时给出出错信息、停止运行等待修复等功能外, 还具有很强的抗干扰能力。

2. 通用性强, 控制程序可变, 使用方便

PLC 品种齐全的各种硬件装置, 可以组成能满足各种要求的控制系统, 用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在确定硬件后, 在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下, 可不必改变 PLC 的硬件设备, 只需改编程序就可以满足要求。因此, PLC 除应用于单机控制外, 在工厂自动化中也被大量使用。

3. 功能强, 适应面广

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能, 还具有数字和模拟量的输入输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可控制一台生产机械、一条生产线, 又可控制一个生产过程。

4. 编程简单, 容易掌握

大多数 PLC 都采用继电控制形式的“梯形图编程方式”。既继承了传统控制线路的清晰直观, 又考虑到大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯及编程水平, 所以非常容易接受和掌握。

5. 减少了控制系统的设计及施工的工作量

由于 PLC 采用了软元件来取代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, 控制柜的设计安装接线工作量大为减少。同时, PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试, 也减少了现场的调试工作量。自诊断和监控功能又减少了维护工作量。

6. 体积小、重量轻、功耗低、维护方便

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品, 其结构紧凑、坚固、体积小、重量轻、功耗低。并且由于 PLC 的强抗干扰能力, 易于装入设备内部, 是实现机电一体化控制的理想控制设备。

(三) PLC 的分类

PLC 的品牌和型号众多, 在应用中可从不同的角度进行分类。

1. 按控制规模分

控制规模主要指控制开关量的输入、输出点数及控制模拟量的输入、输出路数, 或两者兼而有之(闭路系统)的路数, 但主要以开关量计。模拟量的路数可折算成开关量的点, 大致一路相当于 8~16 点。PLC 点数为输入点数与输出点数之和。按控制规模的分类如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC 按控制规模分类表

规 模	输入/输出点数	特 点
小型机	小于 256 点	体积小, 价格低廉, 适用于单台设备
中型机	256~2048 点	模拟量、开关量控制功能更强, 具有数字运算、通信网络能力, 适用于复杂控制
大型机	大于 2048 点	具有更强大的网络结构和通信联网能力, 适用于大型系统控制

2. 按结构分

按 PLC 的结构可分为整体式及模块式两大类。

整体式的 PLC 把电源、CPU、内存、I/O 系统都集成在一个箱体内。一个主机箱体就是一台完整的 PLC，就可用以实现控制。控制点数不符合需要，可再接扩展箱体，由主箱体及若干扩展箱体组成较大的系统，以实现较多点数的控制。图 1-1 所示为整体式 PLC。

模块式的 PLC 如图 1-2 所示，它是按功能分成若干模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。模块功能更单一、品种更多，便于系统配置，使 PLC 更能物尽其用，达到更高的使用效益。在大型机和中型机中，模块式的 PLC 应用较多。

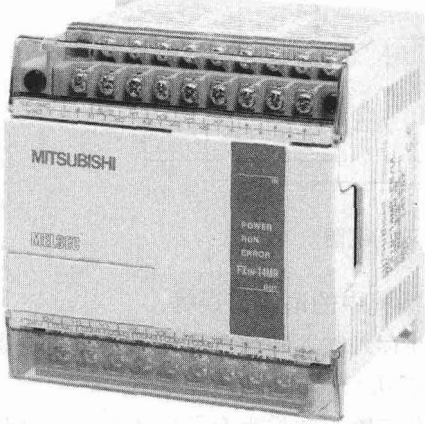


图 1-1 整体式 PLC

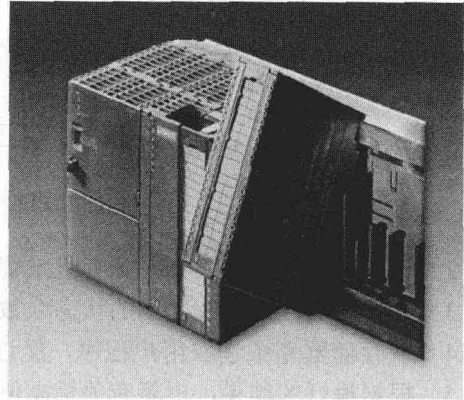


图 1-2 模块式 PLC

3. 按功能分

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) 低档机 具有逻辑运算、定时、计数、移位和自诊断等基本功能，还具有少量的开关量、模拟量、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量的模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档机 除了具有低档机的功能外，还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数/模转换、远程 I/O、通信联网等功能。

(3) 高档机 除了具有中档机的功能外，还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、功能函数运算及制表等功能。可用于大规模的过程控制或构成分布式的网络控制系统，实现工厂自动化。

(四) PLC 的硬件组成

PLC 实质上是专用于工业环境的计算机，其硬件结构与计算机相同，其结构和信号流程如图 1-3 所示。

1. 中央处理单元 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心，每台 PLC 至少有一个 CPU。小中型 PLC 大多采用通用微处理器和单片微处理器；大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器。小型 PLC 为单 CPU 系统，而中、大型 PLC 则大多为双 CPU 系统，甚至有些 PLC 中多达 8 个 CPU。

在 PLC 中，CPU 按系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作，归纳起来主要有以下几个方面。

(1) 接收从编程器输入的用户程序和数据。

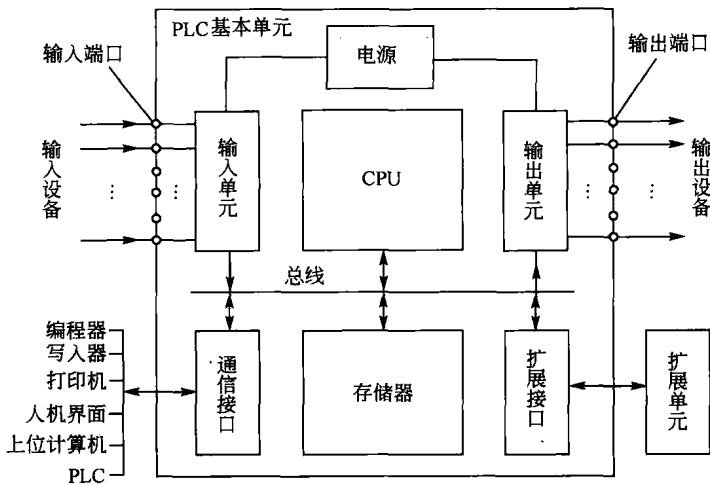


图 1-3 PLC 的硬件结构框图

- (2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。
- (3) 通过输入接口接收现场的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- (4) 从存储器逐条读取用户程序，经过解释后执行。
- (5) 根据执行的结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，并通过输出单元实现输出控制。有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器

存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器 RAM，另一种是只读存储器 ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM。在 PLC 中，存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

系统程序是由 PLC 的制造厂家编写的，和 PLC 的硬件组成有关，完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能，提供 PLC 运行的平台。系统程序关系到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会变动，所以是由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中，用户不能访问和修改。

用户程序是随 PLC 的控制对象而定的，由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序。为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。为了防止干扰对 RAM 中程序的破坏，当用户程序运行正常，不需要改变，可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 EEPROM 作为用户存储器。

工作数据是 PLC 运行过程中经常变化、经常存取的一些数据，存放在 RAM 中，以适应随机存取的要求。在 PLC 的工作数据存储区中，设有存放输入输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等逻辑器件的存储区，这些器件的状态都是由用户程序的初始设置和运行情况而确定的。根据需要，部分数据在掉电时用后备电池维持其现有的状态，这部分在掉电时可保存数据的存储区域称为保持数据区。

由于系统程序及工作数据与用户无直接联系，所以在 PLC 产品样本或使用手册中所列存储器的形式及容量是指用户程序存储器。当 PLC 提供的用户存储器容量不够用时，许多 PLC 还提供有存储器扩展功能。

3. 输入/输出单元

输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 模块,是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据,以这些数据作为 PLC 对被控制对象进行控制的依据;同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控制对象,以实现控制目的。

由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的,而 PLC 内部 CPU 的处理信息只能是标准电平,所以 I/O 接口要实现这种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能,以提高 PLC 的抗干扰能力。另外,I/O 接口上通常还有状态指示,工作状态直观,便于维护。

PLC 提供了多种操作电平和有驱动能力的 I/O 接口,有各种功能的 I/O 接口供用户选用。I/O 接口的主要类型有:数字量(开关量)输入、数字量(开关量)输出、模拟量输入、模拟量输出等。

常用的开关量输入接口按其使用的电源不同有三种类型:直流输入接口、交流输入接口和交/直流输入接口,其基本原理电路如图 1-4 所示。

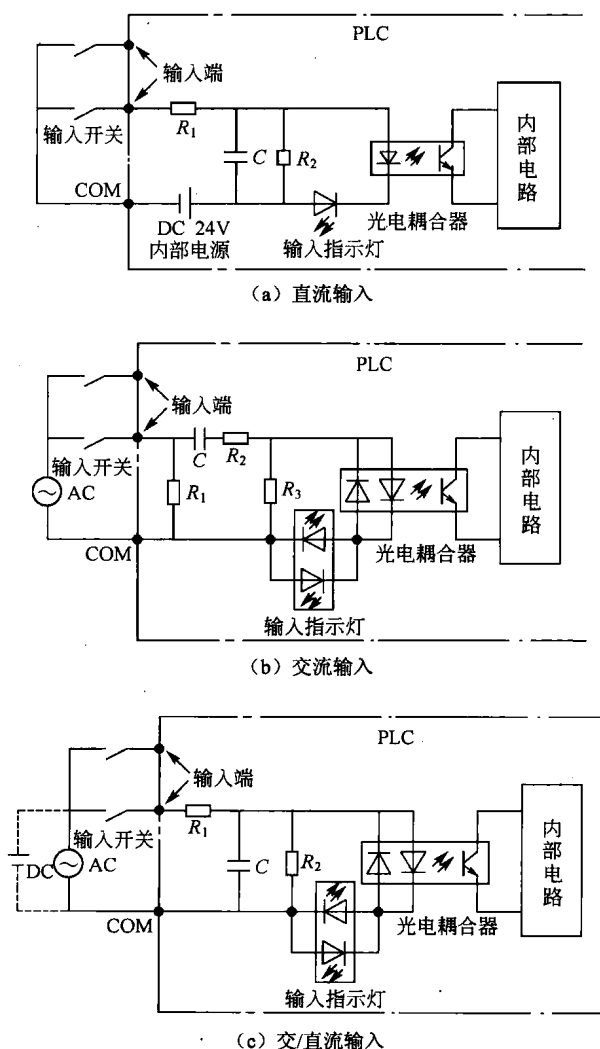


图 1-4 开关量输入接口的基本原理电路

常用的开关量输出接口按输出开关器件不同有三种类型：继电器输出、晶体管输出和双向晶闸管输出，其基本原理电路如图 1-5 所示。继电器输出接口可驱动交流或直流负载，但其响应时间长，动作频率低；而晶体管输出和双向晶闸管输出接口的响应速度快，动作频率高，但前者只能用于驱动直流负载，后者只能用于交流负载。

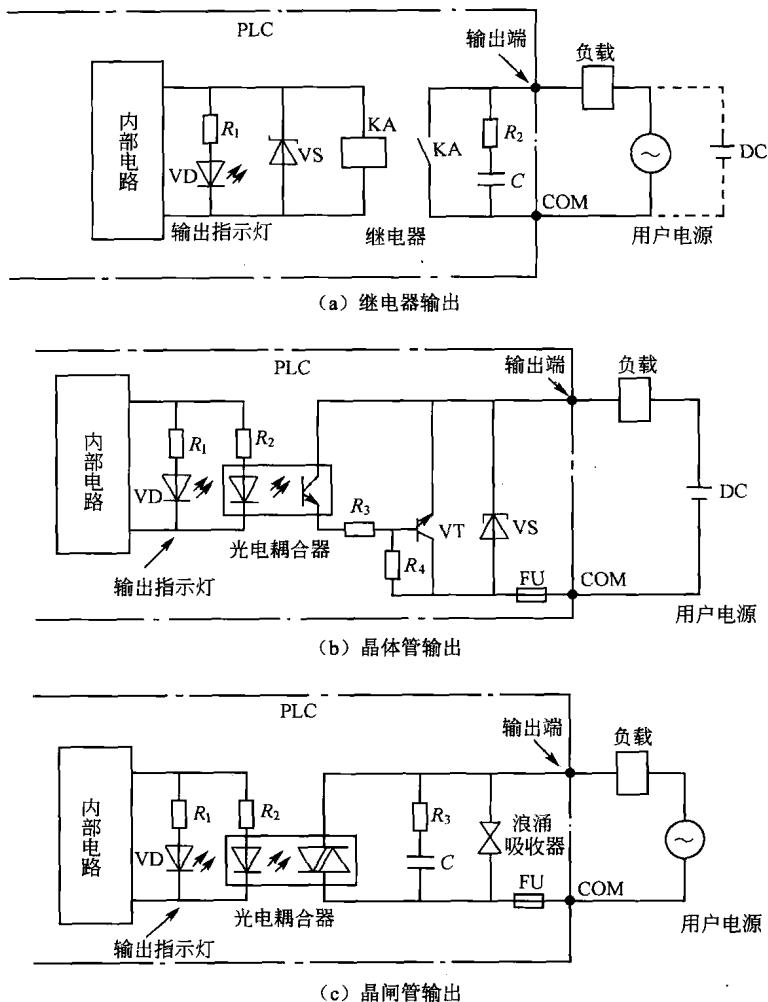


图 1-5 开关量输出接口的基本原理电路

PLC 的 I/O 接口所能接受的输入信号个数和输出信号个数称为 PLC 输入/输出 (I/O) 点数。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一。当系统的 I/O 点数不够时，可通过 PLC 的 I/O 扩展接口对系统进行扩展。

4. 通信接口

PLC 配有各种通信接口，这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接，可将过程信息、系统参数等输出打印；与监视器连接，可将控制过程图像显示出来；与其他 PLC 连接，可组成多机系统或连成网络，实现更大规模控制。与计算机连接，可组成多级分布

式控制系统，实现控制与管理相结合。

5. 智能接口模块

智能接口模块是一独立的计算机系统，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块，通过总线与 PLC 相连，进行数据交换，并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。

PLC 的智能接口模块种类很多，如高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块、中断控制模块等。

6. 电源

PLC 配有开关电源，以供内部电路使用。与普通电源相比，PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强。对电网提供的电源稳定性要求不高，一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源，用于对外部传感器供电。

7. 其他外部设备

除了以上所述的部件和设备外，PLC 还有许多外部设备，如编程器、EPROM 写入器、外存储器、人/机接口装置等。

(五) PLC 的工作原理

早期的 PLC 主要用于代替传统的由继电器接触器构成的控制装置，但这两者的运行方式是不相同的。

继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果这个继电器的线圈通电或断电，该继电器所有的触点(包括其常开或常闭触点)在继电器控制线路的哪个位置上都会立即同时动作。

PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点(包括其常开或常闭触点)不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

1. 扫描技术

当 PLC 投入运行后，其工作过程一般分为三个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段，完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段。

(1) 输入采样阶段 在输入采样阶段，PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据，并将它们存入 I/O 映像区中的相应单元内。输入采样结束后，转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中，即使输入状态和数据发生变化，I/O 映像区中的相应单元的状态和数据也不会改变。因此，如果输入是脉冲信号，则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期，才能保证在任何情况下，该输入均能被读入。

(2) 用户程序执行阶段 在用户程序执行阶段，PLC 总是按由上而下的顺序依次扫描用户程序(梯形图)。在扫描每一条梯形图时，总是先扫描梯形图左边的由各触点构成的控制线路，并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算，然后根据逻辑运算的结果，刷新该逻辑线圈在系统 RAM 存储区中对应位的状态；或者刷新该输出线圈在 I/O 映像区中对应位的状态；或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即在用户程序执行过程中，只有输入点在 I/O 映像区内的状态和数据不会发生变化，而其他输出点和软设备在 I/O 映像区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能发生变化，而且排在上面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面的凡是用到这些线圈或数据的

梯形图起作用；相反，排在下面的梯形图，其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

(3) 输出刷新阶段 当扫描用户程序结束后，PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间，CPU 按照 I/O 映像区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路，再经输出电路驱动相应的外设。这时，PLC 才真正输出。

一般来说，PLC 的扫描周期包括自诊断、通讯等，如图 1-6 所示，即一个扫描周期等于自诊断、通讯、输入采样、用户程序执行、输出刷新等所有时间的总和。

2. PLC 的 I/O 响应时间

为了增强 PLC 的抗干扰能力，提高其可靠性，PLC 的每个开关量输入端都采用光电隔离技术。为了能够实现继电器控制线路的硬逻辑并行控制，PLC 采用了不同于一般微型计算机的运行方式（扫描技术）。由于以上两个主要原因，使得 PLC 的 I/O 响应比一般微型计算机构成的工业控制系统慢得多，其响应时间至少等于一个扫描周期，一般均大于一个扫描周期甚至更长。所谓 I/O 响应时间指从 PLC 的某一输入信号变化开始到系统有关输出端信号的改变所需的时间。

(六) FX2N 系列 PLC 性能简介

1. 三菱电机公司小型 PLC 的发展历史

三菱电机推出的 FX 系列较以前的系列在硬件和软件功能上都有很大的提高，在我国曾经有很高的市场占有率。后来推出的 FX0，FX0s，FX0N 和 FX2N 等系列实现了微型化和多品种化，可满足不同用户的需要。

FX 系列的适应面广，并且有很强的网络通信功能，能够满足大多数要求较高的系统的需要。

2. FX 系列 PLC 的特点

FX 系列 PLC 体积小，外部结构美观紧凑，能提供多个子系列供用户选用。

FX 系列 PLC 的系统配置灵活，用户除了可选不同的子系列外，还可以选用多种基本单元、扩展单元和扩展模块，组成不同 I/O 点和不同功能的控制系统，各种配置都可以得到很高的性能价格比。FX 系列的硬件配置就像模块式 PLC 那样灵活，因为它的基本单元采用整体式结构，又具有比模块式 PLC 更高的性能价格比。

FX 系列的体积虽小，却具有很强的功能。它内置高速计数器，具有输入输出刷新、中断、输入滤波时间调整、恒定扫描时间等功能。使用脉冲输出功能，可直接控制步进电动机或伺服电动机。脉冲宽度调制功能可用于温度控制或照明灯的调光控制。可设置 8 位数字密码，以防止别人对用户程序的误改写或盗用，保护设计者的知识产权。FX 系列的基本单元和扩展单元一般采用插接式接线端子排，更换单元方便快捷。FX1S 和 FX1N 系列 PLC 使用 EEPROM，不需要定期更换锂电池，成为几乎不需要维护的电子控制装置；FX2N 系列使用带后备电池的 RAM。若采用可选的存储器扩充卡盒，FX2N 的用户存储器容量可扩充到 16K，可选用 RAM，EPROM 和 EEPROM 存储器卡盒。

FX 系列 PLC 可在线修改程序，通过调制解调器和电话线可实现远程监视和编程，元

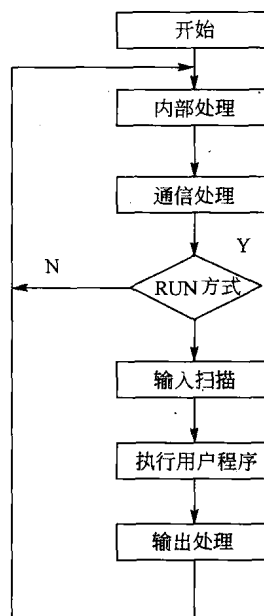


图 1-6 PLC 扫描周期工作原理图

件注释可储存在程序储存器中。持续扫描功能可用于定义扫描周期，可调节 8 点输入滤波器的时间常数，面板上的运行/停止开关易于操作。

3. FX 系列型号名称的含义

FX 系列 PLC 型号名称的含义如图 1-7 所示。

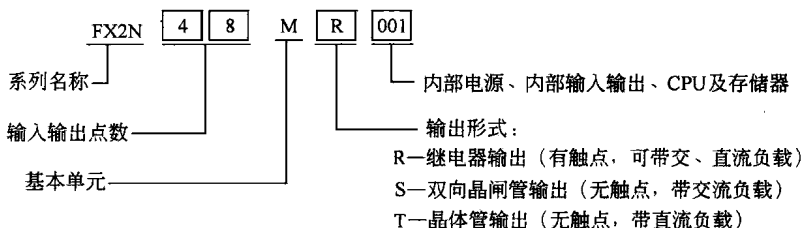


图 1-7 FX 系列 PLC 型号名称示意图

(1) 子系列名称，如 1S、1N、2N 等。

(2) 输入输出的总点数。

(3) 单元类型：M 为基本单元，E 为输入输出混合扩展单元与扩展模块，EX 为输入专用扩展模块，EY 为输出专用扩展模块。

(4) 输出形式：R 为继电器输出，T 为晶体管输出，S 为双向晶闸管输出。

(5) 电源和输入、输出类型等特性。D 和 DS 为 DC 24V 电源；DSS 为 DC 24V 电源，晶体管输出；ES 为交流电源；ESS 为交流电源，晶体管输出；UA1 为 AC 电源，AC 输入。例如 FX1N-60MT-D 属于 FX1N 系列，有 60 个 I/O 点的基本单元，晶体管输出型，使用 24V 直流电源。

4. FX2N PLC 的各部分名称

FX2N PLC 各部分名称如图 1-8 所示。

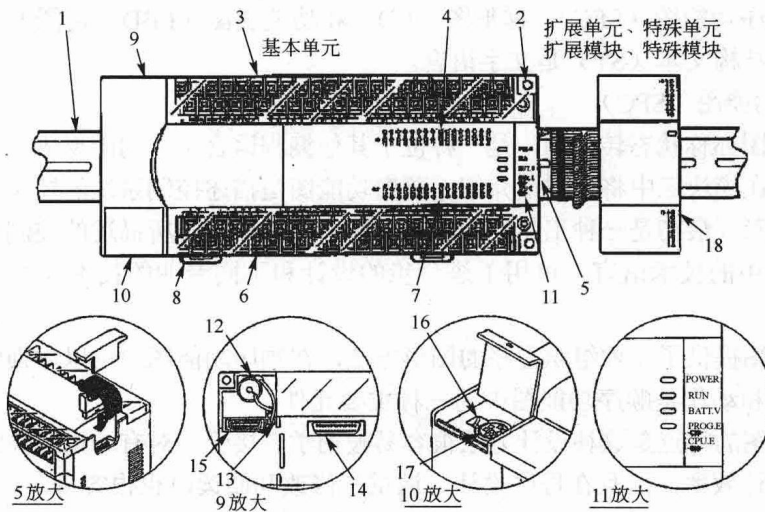


图 1-8 FX2N PLC 各部分名称示意图

1—35 mm 宽 DIN 导轨；2—安装孔 4 个 ($\phi 4.5$) (32 点以下者 2 个)；3—电源、辅助电源、输入信号用的装卸式端子台 (带盖板, FX2N—16M 除外)；4—输入指示灯；5—扩展单元、扩展模块、特殊单元、特殊模块、接线插座盖板；6—输出用的装卸式端子台 (带盖板, FX2N—16M 除外)；7—输出动作指示灯；8—DIN 导轨装卸用卡子；9—面板盖；10—外围设备接线插座、盖板；11—动作指示灯 POWER；电源指示 RUN；运行指示灯 BATT.V；电源电压下降指示 PROG-E；出错指示闪烁 (程序出错) CPU-E；出错指示亮灯 (CPU 出错)；12—锂电池 (F2-40BL, 标准装备)；13—锂电池连接插座；14—另选存储器滤波器安装插座；15—功能扩展板安装插座；16—内置 RUN/STOP 开关；17—编程设备、数据存储单元接线插座；

18—产品型号指示

三、巩固与练习

- (1) PLC 硬件结构组成部分及其作用是什么？
- (2) PLC 作用有哪些？
- (3) FX2N PLC 型号名称的含义是什么？
- (4) 说说 FX2N PLC 各部分的作用？

项目二 PLC 编程软件的使用

一、学习目标

【知识目标】

- (1) 熟悉编程语言种类及其特点。
- (2) 了解编程软件的安装和功能。
- (3) 掌握编程软件的程序输入方法。
- (4) 掌握利用编程软件对程序的读入和下载。

【能力目标】

- (1) 能正确输入和编辑梯形图程序。
- (2) 会进行程序的读入和下载操作。

二、项目内容

(一) PLC 编程语言

IEC (国际电工委员会) 的 PLC 编程语言标准 (IEC61131-3) 中有 5 种编程语言: 梯形图 (Ladder diagram)、指令表 (Instruction list)、顺序功能图 (Sequential function chart)、功能块图 (Function block diagram)、结构文本 (Structured text)。

其中的顺序功能图 (SFC)、梯形图 (LD) 和功能块图 (FBD) 是图形编程语言, 指令表 (IL) 和结构文本 (ST) 是文字语言。

1. 顺序功能图 (SFC)

顺序功能图亦称状态转移图, 是一种位于其他编程语言之上的图形语言, 用来编制顺序控制程序, 在模块三中将作详细介绍。顺序功能图是描述控制系统的控制过程、功能、特性的一种图形 (最初是一种工艺性的流程图), 它并不涉及所描述的控制功能的具体技术, 是一种通用的技术语言, 可用于进一步的设计和不同专业的技术人员之间进行技术交流。

顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法, 在顺序功能图中可以用别的语言嵌套编程。步、转换和动作是顺序功能图中的三种主要元件。

顺序功能图的特点是这种设计方法很容易被初学者接受。对有一定经验的技术人员, 不仅会提高设计效率, 而且在程序设计、调试、修改和阅读时也很容易。

功能表图在 PLC 编程过程中有以下两种用法。

(1) 直接根据功能表图的原理设计 PLC 程序, 编程主要通过 CRT 终端, 直接使用功能表图输入控制要求, 这种 PLC 的工作原理已不像小型机那样, 程序从头到尾循环扫描, 而只扫描那些与当前状态有关的条件, 从而大大减少了扫描时间, 提高了 PLC 的运行速度。目前已有此类产品, 如 GE FANUC 公司 (美)、西门子公司 (德)、TELEMECANIQUE 公司 (法)、富士 FACOM 公司 (日) 等, 多数在大、中型 PLC 上应用。

(2) 用功能表图描述 PLC 所要完成的控制功能（即作为工艺说明语言使用），然后再据此利用具有一定规则的技巧画出梯形图。这种用法，因为有功能表图易学易懂、描述简单清楚、设计时间少等优点，因此成为用梯形图设计程序的一种前置手段，是当前 PLC 梯形图设计的主要方法，也是一种先进的设计方法。

2. 梯形图 (LD)

梯形图是使用得最多的 PLC 图形编程语言。梯形图与继电器控制系统的电路图很相似，直观易懂，很容易被工厂熟悉继电器控制的电气人员掌握，特别适用于开关量逻辑控制。

梯形图由触点、线圈和应用指令等组成。触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮和内部条件等。线圈通常代表逻辑输出结果，用来控制外部的指示灯、交流接触器和内部的输出标志位等。

在分析梯形图中的逻辑关系时，为了借用继电器电路图的分析方法，可以想象左右两侧垂直母线之间有一个左正右负的直流电源电压（有时省略了右侧的垂直母线），利用能流这一概念，可以帮助我们更好地理解和分析梯形图（能流只能从左向右流动）。

3. 功能块图 (FBD)

这是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言，有数字电路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入、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。有的微型 PLC 模块（如西门子公司公司的“LOGO!”逻辑模块）使用功能块图语言，除此之外，国内很少有人使用功能块图语言。

4. 指令表 (IL)

指令表又称语句表。PLC 的指令是一种与微机汇编语言中的指令相似的助记符表达式，由指令组成的程序叫做指令表程序。指令表程序较难阅读，其中的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。如果使用手持式编程器，必须将梯形图转换成指令表后再写入 PLC。在用户程序存储器中，指令按步序号顺序排列。

5. 结构文本 (ST)

结构文本 (ST) 是为 IEC61131-3 标准创建的一种专用高级编程语言。与梯形图相比，它能实现复杂的数学运算，编写的程序非常简洁和紧凑。

除了提供几种编程语言供用户选择外，标准还允许编程者在同一程序中使用多种编程语言，这使编程者可选择不同的语言来适应特殊的工作。

本教材将以梯形图、顺序功能图为主，指令表为辅。

(二) FX 系列 PLC 的编程工具

PLC 的编程工具一般有计算机和手持编程器这两种。手持编程器有便于携带的优点，以语句（指令）为主要输入方式。FX 系列 PLC 常用的手持编程器为 FX-20P，其面板如图 2-1 所示。由于其显示屏较小，且使用指令表方式，所以操作不方便、看程序不直观的缺点制约其使用。本教材不对手持编程器作详细讲解，如有需要请查阅其使用手册。

随着计算机技术的发展，便携式电脑的涌现，使电脑在 PLC 编程过程中起主角作用。借助电脑，配以编程软件和仿真软件，可以很方便地进行程序的输入、编辑、下载、仿真。三菱公司开发的 FX 系列 PLC 的编程软件常用的有 FXGP-WIN-C 和 GX Developer。FXGP-WIN-C 是三菱 FX 系列 PLC 程序设计软件（不含 FX3U），支持梯形图、指令表、SFC

语言程序设计，可进行程序的线上更改、监控及调试，具有异地读写 PLC 程序功能。GX Developer 是三菱全系列 PLC 程序设计软件，支持梯形图、指令表、SFC、ST 及 FB、Label 语言程序设计，网络参数设定，可进行程序的线上更改、监控及调试，结构化程序的编写（分部程序设计），可制成标准化程序，在其他同类系统中使用时，并能进行一定功能的仿真。本教材使用 FXGP-WIN-C 编程软件来讲解编程的相关知识。

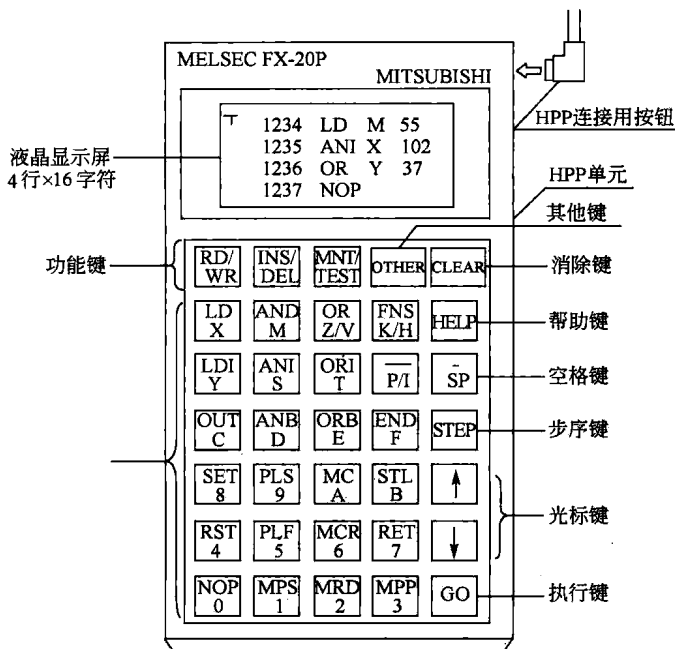


图 2-1 FX 系列 PLC 常用手持编程器面板图

（三）FXGP-WIN-C 编程软件的使用

1. FXGP-WIN-C 编程界面介绍

通过 PLC 经销商或网站，即可获得 FXGP-WIN-C 软件，执行其中的 SETUP.EXE 文件即可以较简单地安装 FXGP-WIN-C。安装完毕后，运行其执行程序就可以使用 FXGP-WIN-C 了。运行 SWOPC-FXGP/WIN-C 软件后，将出现初始启动画面，点击初始启动界面菜单栏中“文件”菜单，并在下拉菜单条中选取“新文件”菜单条，即出现图 2-2 所示的界面。

选择 FX2N 机型，点击“确认”按钮后，则出现程序编辑主界面，如图 2-3 所示。主界面包含以下几个分区：菜单栏（包括 11 个主菜单项），工具栏（快捷操作窗口），用户编辑区，编辑区下边分别是状态栏及功能键栏，界面右侧还可以看到功能图栏，下面分别予以说明。

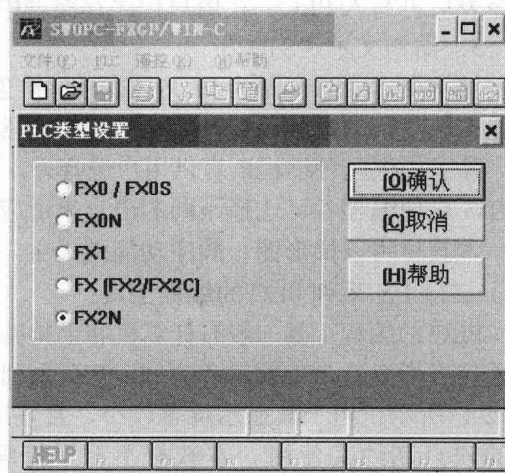


图 2-2 PLC 类型设置界面图