

王莉萍 主编

# PLC应用技术

PLC YINGYONG JISHU



四川大学出版社

PLC  
应用技术

王莉萍 主编



四川大学出版社

责任编辑:梁 平  
责任校对:秦 妍  
封面设计:原谋设计工作室  
责任印制:王 炜

### 图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术 / 王莉萍主编. —成都: 四川大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5614-7877-6

I. ①P… II. ①王… III. ①plc 技术—中等专业学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 157670 号

### 书名 PLC 应用技术

---

主 编 王莉萍  
出 版 四川大学出版社  
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)  
发 行 四川大学出版社  
书 号 ISBN 978-7-5614-7877-6  
印 刷 四川五洲彩印有限责任公司  
成品尺寸 185 mm×260 mm  
印 张 11.75  
字 数 281 千字  
版 次 2015 年 1 月第 1 版  
印 次 2015 年 1 月第 1 次印刷  
定 价 22.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/  
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请  
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

---

版权所有◆侵权必究

中国水电七局高级技工学校  
国家中职示范校重点支持电气自动化设备  
安装与维修专业建设教材  
编审委员会

主任 黄 健

副主任 鲁煜鹏

委员 王莉萍 苏 珩 代 军 汪柳琼

# 前 言

中国水电七局高级技工学校是首批国家重点技工学校、国家级重点中等职业学校，是教育部、人社部和财政部批准的国家级中等职业教育改革发展示范校建设单位。为积极推进教育内容创新，我们以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位、教材对接技能为切入点，组织教学经验丰富的骨干教师与行业、企业的一线技术能手，共同编写了电气自动化设备安装与维修专业的《PLC应用技术》一书。

可编程控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是在传统的继电器控制系统基础上，融合计算机技术和通信技术，专门为工业控制而设计的，具有结构简单、性能优越、可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便等一系列优点，在工业上得到了越来越广泛的应用。学习和掌握可编程控制器技术已成为工业自动化技术高技能人才的一项必须任务，因此，在职业学校的电气类、机电类专业中 PLC 应用技术已成了必修的专业课程。

全书分为四个模块，分别介绍了 PLC 基础知识、PLC 基本控制指令的应用、PLC 顺序控制的设计方法、数据处理类应用指令。每个模块由若干典型任务构成，任务载体来源于典型工业自动化控制实例，以任务实施带动相关知识点的学习。任务的选择既考虑其独立性、完整性，又考虑到所包含的知识点能循序渐进、承上启下。

本书在编写中秉持以“技能操作为核心”的教学理念，倡导“以用促学，学以致用”的教学思想。教材的编写采用“任务驱动式”方式，各任务注重以实际操作案例为引导，融入各知识点，通过任务描述、任务分析、知识链接、知识拓展、任务实施、技能拓展、考核评价等过程，以“做中学、学中做”的学习方式，使学生逐步掌握各个知识点及相关应用，并能考查学生对所学知识的运用和掌握情况，培养学生独立解决问题的能力，注重学生专业能力、方法能力、社会能力的培养。

本书在编写过程中，得到了中国水电七局有限公司机电安装分局、五分局等企业专家的大力支持，在此表示衷心的感谢。限于时间和编者水平，书中疏漏之处在所难免，不当之处恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

模块一 PLC 的基础知识 .....	( 1 )
任务一 初识 PLC .....	( 1 )
任务二 PLC 硬件安装与接线 .....	( 10 )
任务三 SWOPC—FXGP/WIN—C 编程软件的使用 .....	( 21 )
任务四 GX—Developer 编程软件的安装与使用 .....	( 38 )
模块二 PLC 基本控制指令的应用 .....	( 59 )
任务一 三相异步电动机连续运行控制 .....	( 59 )
任务二 三相异步电动机的正反转控制 .....	( 66 )
任务三 装配流水线控制 .....	( 75 )
任务四 传送带控制 .....	( 83 )
任务五 Y— $\Delta$ 降压启动的电动机控制 .....	( 89 )
任务六 彩灯循环闪烁的 PLC 控制 .....	( 97 )
模块三 PLC 顺序控制的设计方法 .....	( 108 )
任务一 运料小车 .....	( 108 )
任务二 十字路口交通信号灯控制 .....	( 118 )
任务三 自动门控制系统 .....	( 127 )
任务四 多种液体混合装置的 PLC 控制 .....	( 134 )
任务五 机械手的 PLC 控制 .....	( 140 )
模块四 PLC 功能指令的应用 .....	( 149 )
任务一 喷泉的全喷全停控制 .....	( 150 )
任务二 喷泉的逐个喷射控制 .....	( 156 )
任务三 喷泉的间隔喷射控制 .....	( 162 )
附 录 .....	( 168 )
附录 A FX2N 系列 PLC 基本指令 .....	( 168 )
附录 B FX2N 系列 PLC 功能指令 .....	( 170 )
附录 C FX2N 系列 PLC 的特殊辅助继电器 .....	( 173 )
附录 D FX 系列 PLC 错码表 .....	( 174 )
参考文献 .....	( 179 )



## 模块一 PLC 的基础知识

### 任务一 初识 PLC

#### 学习目标

1. 能识别不同种类的 PLC 并了解 PLC 的应用领域。
2. 了解 PLC 的特点及与继电器控制系统相比的优点。

#### 知识链接

#### 一、PLC 的产生和定义

20 世纪 60 年代末，工业产品出现了多种品种、小批量的发展趋势，产品的每一次改型都直接导致继电器接触器控制系统的重新设计和安装。为了尽可能减少重新设计和安装的工作量，降低成本，缩短周期，于是设想把计算机系统的功能完备、灵活、通用与继电器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，制造一种新型的工业装置。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）公开招标，要求用新的控制装置取代继电器，其所提出的招标要求即著名的“通用十条”：

- (1) 编程方便，现场可修改程序；
- (2) 维修方便，采用模块化结构；
- (3) 可靠性高于继电器控制装置；
- (4) 体积小于继电器控制装置；
- (5) 数据可直接送入计算机；



- (6) 成本可与继电器控制装置竞争；
- (7) 输入可以是交流 115 V；
- (8) 输出为交流 115 V、2 A 以上，能直接驱动电磁阀、接触器等；
- (9) 在扩展时，原系统只要很小变更；
- (10) 用户程序存储器容量能扩展。

1969 年，根据“通用十条”的要求，美国数字设备公司（DEC）设计研发出世界上第一台可编程控制器，并在汽车自动装配线上使用并获得成功。由于当时系统主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，所以被命名为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。最早期的 PLC 只具有简易的逻辑开/关（on/off）功能，但比起传统继电器的控制方式，已具有容易修改、安装、诊断与不占空间等优点。

1987 年 2 月，在国际电工委员会（IEC）颁布的可编程控制器标准草案中对 PLC 做了如下定义：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、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设备，都应按易于与工业控制器系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

## 二、PLC 的分类

通常各类 PLC 产品可按结构、I/O 点数及具备的功能三方面进行分类。

### 1. 按结构分类

按结构可分为整体式、模块式和叠装式。

#### (1) 整体式 PLC。

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。一般小型的 PLC 采用这种结构，整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成，如图 1-1 所示。

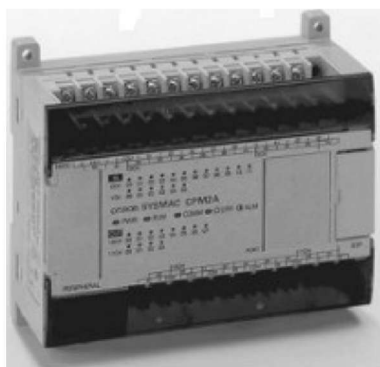


图 1-1 整体式 PLC

#### (2) 模块式 PLC。





模块式 PLC 是把各个组成部分做成若干个独立的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块以及各种功能模块等。模块式 PLC 由框架和各种模块组成。这种结构的特点是配置灵活、装配和维修方便、易于扩展。一般大中型的 PLC 都采用这种结构，如图 1-2 所示。



图 1-2 模块式 PLC

### (3) 叠装式 PLC。

叠装式 PLC 是把整体式和模块式结合在一起。它吸收了模块式和整体式的优点，输入、输出点数的配置相当灵活，其基本单元、扩展单元等高等宽，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，如图 1-3 所示。

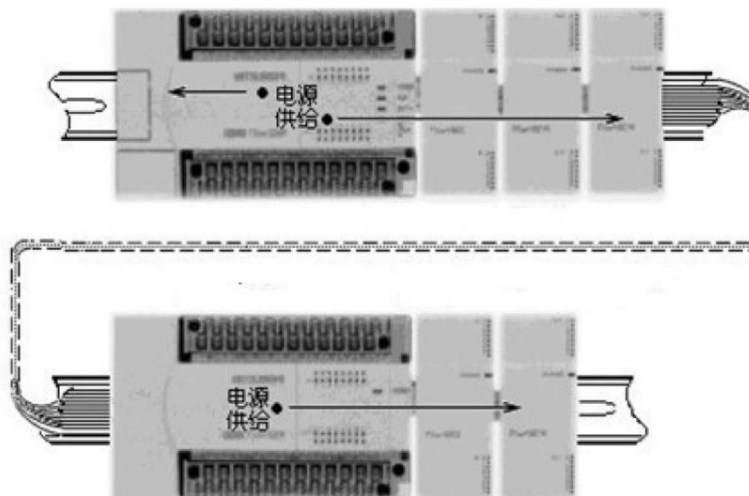


图 1-3 叠装式 PLC

## 2. 按 I/O 的点数分类

一般而言，处理 I/O 点数越多，控制关系就越复杂，用户要求的程序存储器容量越大，要求 PLC 指令及其他功能比较多，指令执行的过程也比较快。按 PLC 的输入、输出点数的多少可将 PLC 分为以下三类。

### (1) 小型机。



小型 PLC 的功能一般以开关量控制为主，小型 PLC 输入、输出点数一般在 256 点以下，用户程序存储器容量在 4 KB 左右。现在的高性能小型 PLC 还具有一定的通信能力和少量的模拟量处理能力。这类的 PLC 的特点是价格低廉，体积小，适合于控制单台设备和开发机电一体化产品。

(2) 中型机。

中型 PLC 的输入、输出总点数在 256 到 2048 点之间，用户程序存储器容量达到 8 KB 左右。中型 PLC 不仅具有开关量和模拟量的控制功能，还具有更强的数字计算能力，它的通信功能和模拟量处理功能更强大，中型机比小型机更丰富，中型机适用于更复杂的逻辑控制系统以及连续生产线的过程控制系统场合。

(3) 大型机。

大型机总点数在 2048 点以上，用户程序存储器容量达到 16 KB 以上。大型 PLC 的性能已经与大型 PLC 的输入、输出工业控制计算机相当，它具有计算、控制和调节的能力，还具有强大的网络结构和通信联网能力，有些 PLC 还具有冗余能力。它的监视系统采用显示器显示，能够表示过程的动态流程，记录各种曲线、PID 调节参数等；它配备多种智能板，构成一台多功能系统。这种系统还可以和其他型号的控制器的控制互连，和上位机相联，组成一个集中分散的生产过程和产品质量控制系统。大型机适用于设备自动化控制、过程自动化控制和过程监控系统。

3. 按功能分类

(1) 低档机：具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能。

(2) 中档机：除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、远程 I/O、通信等功能。

(3) 高档机：除具有中档机的功能外，还有符号算术运算、位逻辑运算、矩阵运算、二次方根运算及其他特殊功能的函数运算、表格功能等。

### 三、PLC 的特点

#### 1. PLC 软件易学，编程简单

PLC 采用简明的梯形图、逻辑图或语句表等编程语言，而无需计算机知识，因此系统开发周期短，现场调试容易。另外，可在线修改程序，改变控制方案而不拆动硬件。如图 1-4 所示为 PLC 内部各内等效继电器的线圈和触点。

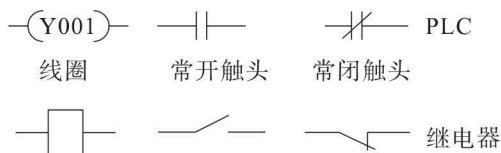


图 1-4 线圈和触头的图形符号

#### 2. 功能强，性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，有很强的功能，可以实



现非常复杂的控制功能。它与相同功能的继电器系统相比，具有很高的性能价格比。PLC可以通过通信联网，实现分散控制、集中管理。

### 3. 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

PLC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。PLC的安装接线也很方便，一般用接线端子连接外部接线。PLC有较强的带负载能力，可以直接驱动一般的电磁阀和小型交流接触器。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。PLC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元件，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。

PLC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，PLC已被广大用户公认为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

PLC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。

PLC的梯形图程序一般采用顺序控制设计法来设计。这种编程方法很有规律，很容易掌握。对于复杂的控制系统，设计梯形图的时间比设计相同功能的继电器系统电路图的时间要少得多。

PLC的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过PLC上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器系统少得多。

### 6. 维修工作量小，维修方便

PLC的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。PLC或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据PLC上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

## 知识拓展

### 一、PLC的发展

#### 1. PLC的发展过程

PLC的发展与计算机技术、微电子技术、自动控制技术、数字通信技术、网络技



术等密切相关。这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展，而 PLC 的发展又对这些高新技术提出了更高的要求，促进了它们的发展。其发展过程大致可分三个阶段：

(1) 第一阶段（20 世纪 60 年代末—70 年代中期）。

早期的 PLC 作为继电器控制系统的替代物，其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制和定时/计数控制等任务。此时的可编程控制器仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能，只是用来取代传统的继电器控制系统，通常称为可编程逻辑控制器。

(2) 第二阶段（20 世纪 70 年代中期—80 年代后期）。

20 世纪 70 年代，微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。各个 PLC 厂商先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元使 PLC 的功能大大增强。

(3) 第三阶段（20 世纪 80 年代后期至今）。

20 世纪 80 年代后期，随着超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器的价格大幅度下降，各种 PLC 采用的微处理器的性能普遍提高。这时的 PLC 已不仅仅具有逻辑判断功能，而且具有通信和联网、数据处理和图像显示等功能。为了进一步提高 PLC 的处理速度，各制造厂家还开发了专用芯片，PLC 的软件和硬件功能发生了巨大变化：体积更小，成本更低，I/O 模块更丰富，处理速度更快，指令功能更强。

PLC 的功能早已不止当初的数字逻辑运算功能，因此近年来 PLC 常以可编程控制器（Programmable Controller）简称。

## 2. 国外 PLC 发展的情况

自从美国研制出第一台 PLC 以后，日本、德国、法国等也相继开始研制 PLC，并得到迅速发展。目前，世界上有 200 多家 PLC 厂商，400 多种 PLC 产品，按地域可分成美国、欧洲和日本三个流派，各流派各具特色。

美国是 PLC 生产大国，产品规格、种类齐全，著名的品牌有 A-B 公司、通用电气（GE）公司（如图 1-5 所示）、莫迪康（MODICON）公司、德州仪器（TI）公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商，其产品约占美国 PLC 产品市场的一半。

德国的西门子（SIEMENS）公司、AEG 公司、法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子的产品以性能精良而久负盛名（如图 1-6 所示），在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。



图 1-5 GE 公司 90-30 模块式 PLC



图 1-6 西门子 S7-400 PLC

日本主要发展中小型的 PLC，其小型 PLC 最具特色，性能先进、结构紧凑、价格



便宜,在世界市场上占有重要地位。日本有许多 PLC 制造商,如三菱(如图 1-7、1-8 所示)、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等,在小型 PLC 市场上,日本产品约占有 70% 的份额。



图 1-7 三菱公司 FX1N 系列 PLC



图 1-8 三菱公司 FX2N 系列 PLC

### 3. 国内 PLC 发展的情况

我国 PLC 研制、生产和应用的发展较快,尤其在应用方面更为突出。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初,我国在传统设备改造和新设备设计中,不断拓展 PLC 的应用领域,PLC 的广泛应用对我国的工业自动化水平的提高起到了巨大的作用。目前,PLC 在中国已经形成了规模巨大的应用市场,同时,我国有许多自主研发的 PLC 设备,如中国科学院自动化研究所的 PLC-0088、上海机床电器厂的 CKY-40、中外合资无锡华光电子工业有限公司的 SR-400 型等,已广泛应用在了冶金、电力、化工、机械等各行各业。

### 4. PLC 的发展方向

现代 PLC 的发展有两个主要趋势。其一是向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方面发展,主要表现在为了减小体积、降低成本,向高性能的整体型发展,在提高系统可靠性的基础上产品的体积越来越小、功能越来越强。其二是向大型网络化、高可靠性、良好的兼容性和多功能方面发展,趋向于当前工业控制计算机(工控机)的性能,主要表现在大中型 PLC 的高功能、大容量、智能化、网络化发展,使之能与计算机组成集成控制系统,以便对大规模的复杂系统进行综合的自动控制。

总之,高功能、高速度、高集成度、容量大、体积小、成本低、通信联网功能强已成为 PLC 发展的总趋势。

## 二、PLC 的应用

最初,PLC 主要用于开关量的逻辑控制。随着 PLC 技术的进步,它的应用领域不断扩大。PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业,如图 1-9 所示。如今 PLC 不仅用于开关量控制,还用于模拟量控制;可联网、通讯,实现大范围、跨地域的控制与管理。PLC 已日益成为工业控制装置家族中一个重要的角色。



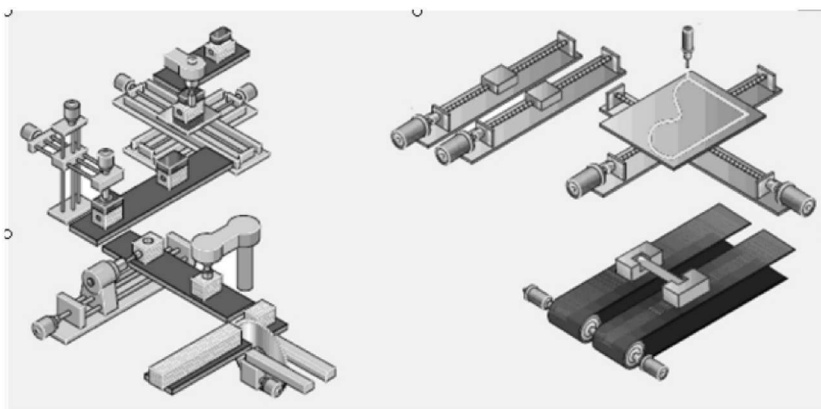
扶手电梯



垂直电梯



路口交通信号灯控制



PLC 在复杂的定位控制中运用

PLC 在高速定位控制中的运用



PLC 在机器人控制方面的应用

图 1-9 PLC 的应用

1. 用于开关量控制

PLC 控制开关量的能力是很强的。所控制的入出点数，少的十几点、几十点，多



的可到几百、几千点，甚至几万点。由于它能联网，点数几乎不受限制，不管多少点都能控制。所控制的逻辑问题可以是多种多样的：组合的、时序的；即时的、延时的；不需计数的，需要计数的；固定顺序的，随机工作的；等等，都可进行。

用 PLC 进行开关量控制的实例是很多的，冶金、机械、轻工、化工、纺织等等，几乎所有工业行业都需要用到它。目前，PLC 首用的目标，也是别的控制器无法与其比拟的，就是它能方便并可靠地用于开关量的控制。

## 2. 用于模拟量控制

模拟量，如电流、电压、温度、压力等等，它的大小是连续变化的。工业生产，特别是连续型生产过程，常要对这些物理量进行控制。作为一种工业控制电子装置，PLC 若不能对这些量进行控制，那是一大不足。为此，各 PLC 厂家都在这方面进行大量的开发。目前，不仅大型、中型机可以进行模拟量控制，就是小型机，也能进行这样的控制。PLC 进行模拟量控制，还有 A/D、D/A 组合在一起的单元，并可用 PID 或模糊控制算法实现控制，可得到很高的控制质量。用 PLC 进行模拟量控制的好处是，在进行模拟量控制的同时，开关量也可控制。这个优点是别的控制器所不具备的，或控制的实现不如 PLC 方便。当然，若纯为模拟量的系统，用 PLC 可能在性能价格比上不如用调节器，这也是应当看到的。

## 3. 用于数字量控制

实际的物理量，除了开关量、模拟量，还有数字量。如机床部件的位移，常以数字量表示。数字量的控制，有效的办法是 NC，即数字控制技术。这是 20 世纪 50 年代诞生于美国的基于计算机的控制技术。当今已很普及，并也很完善。目前，先进国家的金属切削机床，数控化的比率已超过 40%~80%，有的甚至更高。PLC 也是基于计算机的技术，并日益完善，故它也完全可以用于数字量控制。

## 4. 用于数据采集

随着 PLC 技术的发展，其数据存储区越来越大。如 OMRON 公司的 PLC，前期产品 C60P 的 DM 区仅 64 个字，而后来的 C60H 达到 1000 个字；到了 CQM1 可多达 6000 个字。这样庞大的数据存储区，可以存储大量数据。数据采集可以用计数器，累计记录采集到的脉冲数，并定时地转存到 DM 区中去。

## 5. 用于监控

PLC 自检信号很多，内部器件也很多，多数使用者未充分发挥其作用。其实，完全可利用它进行 PLC 自身工作的监控，或对控制对象进行监控。

## 6. 通信及联网

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出各自的网络系统。



### 课后思考

1. 简述 PLC 的定义及特点。
2. 简述 PLC 的分类和发展趋势。
3. PLC 有哪些应用？

## 任务二 PLC 硬件安装与接线



### 学习目标

1. 熟悉 PLC 的系统特性及工作原理；
2. 掌握 PLC 硬件的安装方法、步骤和使用方法；
3. 能完成 PLC 输入、输出端子与外部设备的连接。



### 任务描述

PLC 的种类繁多、性能各异，但在硬件组成上，几乎都具有相同或相似的结构。学习 PLC 的应用，首先要了解 PLC 的硬件组成及工作原理，能完成 PLC 输入端子、输出端子与外部设备之间的连接。

例如要实现如下的工作要求：某单位一组彩灯（6 盏）要求采用 PLC 控制，置位开关 SD 为 ON 时启动，LED（发光二极管）指示灯依次循环显示 1、2、3、4、5、6；置位开关 SD 为 OFF 时，LED 指示灯停止显示，系统停止工作。



### 任务分析

为了实现任务中 PLC 对彩灯的控制，可选用三菱 FX2N 系列 PLC，如图 1-10 所示。本任务主要介绍三菱 FX 系列 PLC 硬件组成及系统特性、硬件的安装和使用，熟悉 PLC 系统特性及工作原理。



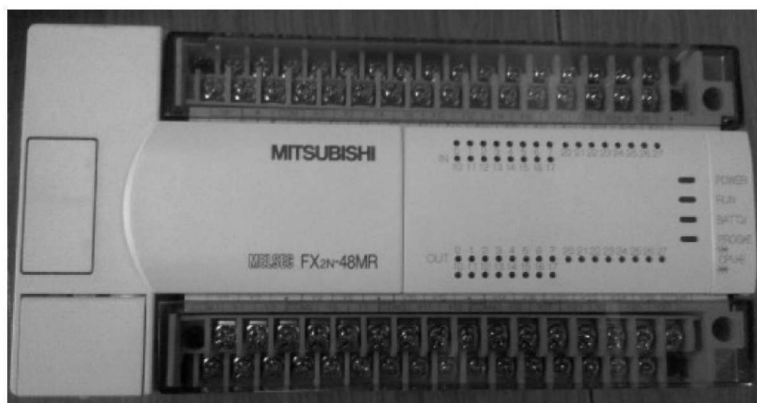


图 1-10 三菱 FX2N 系列 PLC

### 知识链接

## 一、PLC 型号的含义

不同品牌的 PLC 厂家有不同的型号命名方法，三菱公司的 PLC 主要有 Q 系列、A 系列、FX 系列等，其中 FX 系列的机型主要有 FX0、FX0N、FX1、FX1S、FX1N、FX2N、FX3G、FX3U 等几种，在此我们选用 FX2N-48MR 型号的 PLC 进行编程控制。

其型号的含义如图 1-11 所示。

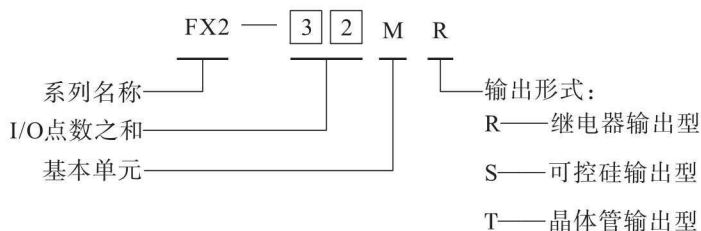


图 1-11 PLC 型号名称及含义

## 二、PLC 的结构

### (一) PLC 的外部结构

三菱 FX2N 系列 PLC 外部结构可以分为 3 部分，分别是接线端子部分、通信接口部分、状态指示部分。

#### 1. 接线端子

接线端子分为输入接线端和输出接线端。