

助你轻松迈入电工电子技术的大门

双色图解·重在应用

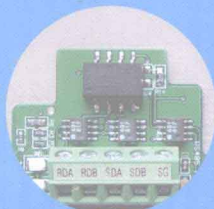
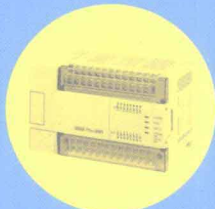
图解学

X000	Y000	X002	(Y000)
启动按钮	停止按钮	停止按钮	停止按钮
Y000			
启动按钮			
X001	(Y000)	X002	(Y001)
停止按钮	启动按钮	停止按钮	停止按钮
Y001			
启动按钮			

PLC 技术及应用

蔡杏山 主编

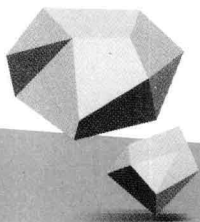
双色版



TUJIE
YIXUE
PLC
JISHU
JI
YINGYONG



化学工业出版社



PLC 技术及应用

双色版

蔡杏山 主编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

图解易学PLC技术及应用 (双色版) / 蔡杏山主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-122-12185-1

I. 图… II. ①蔡… III. 可编程序控制器-图解 IV. TM571.6-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第 178460 号

责任编辑: 李军亮
责任校对: 周梦华

文字编辑: 云 雷
装帧设计: 尹琳琳

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张16 字数353千字 2012年2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: 46.00元

版权所有 违者必究

PLC技术是一门当前非常热门的电气控制技术。什么是PLC呢？PLC意为可编程控制器，从外形上看，它像一只有很多接线端子和一些接口的箱子，接线端子分为输入端子、输出端子和电源端子，接口分为编程接口和扩展接口。编程接口用于连接电脑，电脑中编写好的程序由此接口送入PLC，扩展接口用于连接一些特殊功能模块，增强PLC的控制功能。当用户从输入端子给PLC发送命令（如按下输入端子外接的开关）时，PLC内部的程序运行，再从输出端子输出控制信号，去驱动外围的执行部件（如接触器线圈），从而完成控制要求。

在当今的工业界，只要涉及控制的地方都可采用PLC来完成。PLC的应用可概括为两个方面：一是单机控制为主的自动控制，如包装机械、印刷机械、纺织机械、注塑机械、自动焊接设备、隧道盾构设备、水处理设备、切割、多轴磨床、冶金行业的辊压、连铸机械等；二是以过程控制为主的流程自动化控制，如工厂自动化生产线、污水处理、自来水处理、楼宇控制、火电主控、辅控、水电主控、辅控、冶金行业、太阳能、水泥、石油、石化、铁路交通等。PLC应用非常广泛，对于想迈入电气自动化控制领域的人来说，学习PLC技术显得非常重要。

如何学好PLC技术呢？PLC是一种依靠软件驱动的控制设备，学好PLC的一个非常重要标志就是能编写出符合控制要求的程序。在学习PLC编程时，除了要掌握各种指令的用法外，还要了解PLC内部的各种软元件。如果将一台PLC当作一个公司，各种软元件就像是公司的各个人员，各种指令则是给这些人员发出各种工作命令，编程过程就是按从前到后的顺序罗列指令操作软元件的过程，只要这些软元件完成指令要求的操作，最后PLC就能输出符合要求的控制信号。目前市面上使用的PLC型号很多，主要有三菱、西门子和欧姆龙系列等，本书以使用广泛的三菱FX系列PLC为例来介绍PLC技术，读者只要掌握一种型号的PLC，再学习其他型号的PLC就比较容易。

PLC技术是一门中、高级的电气控制技术，本书可让您从零开始学习PLC技术，轻松快速掌握PLC技术。为了让读者能逐渐成为电气控制领域的高手，我们将后续推出相关图书，有关新书信息可登录我们的学习辅导网站www.eTV100.com了解，读者在学习过程中遇到问题也可在该网站向我们提问。

本书在编写过程中得到了许多老师的支持，其中蔡玉山、詹春华、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、黄勇、蔡任英、何宗昌、朱球辉、刘凌云、何广文、邵永亮、刘元能、何彬和刘海峰等参与了部分章节的编写工作，在此一致表示感谢。由于我们水平有限，书中的不当和疏漏之处在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

第 1 章

概述



1

- 1.1 初识PLC /1
 - 1.1.1 什么是PLC /1
 - 1.1.2 PLC控制与继电器控制比较 /2
- 1.2 PLC分类与特点 /4
 - 1.2.1 PLC的分类 /4
 - 1.2.2 PLC的特点 /5

第 2 章

PLC的组成与原理



7

- 2.1 PLC的基本组成 /7
 - 2.1.1 PLC的组成方框图 /7
 - 2.1.2 PLC各部分说明 /8
- 2.2 PLC的工作原理 /11
 - 2.2.1 PLC的工作方式 /11
 - 2.2.2 PLC用户程序的执行过程 /12
- 2.3 三菱FX系列PLC命名方法与规格说明 /13
 - 2.3.1 FX系列PLC型号的命名方法 /13
 - 2.3.2 FX系列PLC的规格说明 /14

- 3.1 编程语言 /23
 - 3.1.1 梯形图语言 /23
 - 3.1.2 语句表语言 /24
 - 3.1.3 SFC 顺序功能图语言 /24
- 3.2 三菱FXGP/WIN-C 编程软件的使用 /25
 - 3.2.1 软件的安装和启动 /25
 - 3.2.2 程序的编写 /26
 - 3.2.3 程序的转换与传送 /29
- 3.3 梯形图的编程规则与技巧 /31
 - 3.3.1 梯形图编程的规则 /31
 - 3.3.2 梯形图编程技巧 /31
- 3.4 三菱FX2N 系列PLC的编程器件 /32
 - 3.4.1 编程器件（软元件）介绍 /33
 - 3.4.2 三菱FX 系列PLC编程器件的种类与编号 /35
- 3.5 PLC应用系统开发过程 /37
 - 3.5.1 PLC应用系统开发流程 /37
 - 3.5.2 PLC应用系统开发举例 /37

- 4.1 基本指令说明 /41
 - 4.1.1 逻辑取及驱动指令（LD、LDI、OUT） /41
 - 4.1.2 触点串联指令（AND、ANI） /42
 - 4.1.3 触点并联指令（OR、ORI） /43
 - 4.1.4 串联电路块的并联指令（ORB） /43
 - 4.1.5 并联电路块的串联指令（ANB） /44

- 4.1.6 边沿检测指令 (LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF) /45
- 4.1.7 多重输出指令 (MPS、MRD、MPP) /46
- 4.1.8 主控和主控复位指令 (MC、MCR) /49
- 4.1.9 取反指令 (INV) /50
- 4.1.10 置位与复位指令 (SET、RST) /50
- 4.1.11 脉冲微分输出指令 (PLS、PLF) /51
- 4.1.12 空操作指令 (NOP) /52
- 4.1.13 程序结束指令 (END) /53
- 4.2 PLC基本控制线路与梯形图 /54
 - 4.2.1 启动、自锁和停止控制线路与梯形图 /54
 - 4.2.2 正、反转联锁控制线路与梯形图 /55
 - 4.2.3 多地控制线路与梯形图 /56
 - 4.2.4 定时控制线路与梯形图 /58
 - 4.2.5 定时器与计数器组合延长定时控制线路与梯形图 /60
 - 4.2.6 多重输出控制线路与梯形图 /61
 - 4.2.7 过载报警控制线路与梯形图 /61
 - 4.2.8 闪烁控制线路与梯形图 /63
- 4.3 基本指令应用实例 /63
 - 4.3.1 喷泉控制 /63
 - 4.3.2 交通信号灯控制 /66

第 5 章

步进指令及应用实例



70

- 5.1 状态转移图与步进指令 /70
 - 5.1.1 顺序控制与状态转移图 /70
 - 5.1.2 步进指令说明 /71
 - 5.1.3 状态转移图分支方式 /72
- 5.2 步进指令应用实例 /74
 - 5.2.1 液体混合装置的PLC控制 (单分支方式) /74

- 5.2.2 简易机械手的PLC控制（单分支方式） /79
- 5.2.3 大小铁球分检机的PLC控制
（选择性分支方式） /83
- 5.2.4 交通信号灯的PLC控制（并行分支方式） /88

第 6 章

功能指令的使用



94

- 6.1 功能指令的格式与规则 /94
 - 6.1.1 功能指令的格式 /94
 - 6.1.2 功能指令的规则 /95
- 6.2 功能指令使用说明 /98
 - 6.2.1 程序流程控制指令 /98
 - 6.2.2 传送与比较指令 /104
 - 6.2.3 四则运算与逻辑运算指令 /109
 - 6.2.4 循环与移位指令 /115
 - 6.2.5 数据处理指令 /122
 - 6.2.6 高速处理指令 /127
 - 6.2.7 方便指令 /136
 - 6.2.8 外部I/O设备指令 /147
 - 6.2.9 外部设备（SER）指令 /159
 - 6.2.10 浮点运算 /170
 - 6.2.11 高低位变换指令 /171
 - 6.2.12 时钟运算指令 /171
 - 6.2.13 格雷码变换指令 /177
 - 6.2.14 触点比较指令 /178

第 7 章

模拟量模块及使用



182

- 7.1 模拟量输入模块FX2N-4AD /183
 - 7.1.1 外形 /183

- 7.1.2 接线 /183
- 7.1.3 性能指标 /184
- 7.1.4 输入输出曲线 /185
- 7.1.5 增益和偏移说明 /185
- 7.1.6 缓冲存储器 (BFM) 功能说明 /187
- 7.1.7 实例程序 /189
- 7.2 模拟量输出模块FX2N-4DA /191
 - 7.2.1 外形 /191
 - 7.2.2 接线 /192
 - 7.2.3 性能指标 /192
 - 7.2.4 输入输出曲线 /193
 - 7.2.5 增益和偏移说明 /193
 - 7.2.6 缓冲存储器 (BFM) 功能说明 /194
 - 7.2.7 实例程序 /197
- 7.3 温度模拟量输入模块FX2N-4AD-PT /199
 - 7.3.1 外形 /199
 - 7.3.2 PT100型温度传感器与模块的接线 /199
 - 7.3.3 性能指标 /201
 - 7.3.4 输入输出曲线 /201
 - 7.3.5 缓冲存储器 (BFM) 功能说明 /202
 - 7.3.6 实例程序 /204

第 8 章

PLC 通信



205

- 8.1 通信基础知识 /205
 - 8.1.1 通信方式 /205
 - 8.1.2 通信传输介质 /208
- 8.2 通信接口设备 /209
 - 8.2.1 FX2N-232-BD 通信板 /209
 - 8.2.2 FX2N-422-BD 通信板 /212
 - 8.2.3 FX2N-485-BD 通信板 /213

8.3 PLC通信 /216

8.3.1 PLC与打印机通信（无协议通信） /216

8.3.2 两台PLC通信（并联连接通信） /218

8.3.3 多台PLC通信（N：N网络通信） /223

附录 **A**

三菱FX系列PLC的特殊软
元件（辅助继电器M、
数据寄存器D）



232

附录 **B**

三菱FX系列PLC指令
系统



239

第 1 章

概述

1.1 初识 PLC

1.1.1 什么是 PLC

PLC是英文**Programmable Logic Controller**的缩写，意为可编程序逻辑控制器，是一种专为工业应用而设计的控制器。世界上第一台PLC于1969年由美国数字设备公司(DEC)研制成功，随着技术的发展，PLC的功能越来越强大，不仅限于逻辑控制。因此，美国电气制造协会NEMA于1980年对它进行重命名，称为可编程控制器(Programmable Controller)，简称PC，但由于PC容易和个人计算机PC(Personal Computer)混淆，故人们仍习惯将PLC当作可编程控制器的缩写。

图1-1列出了几种常见的PLC。

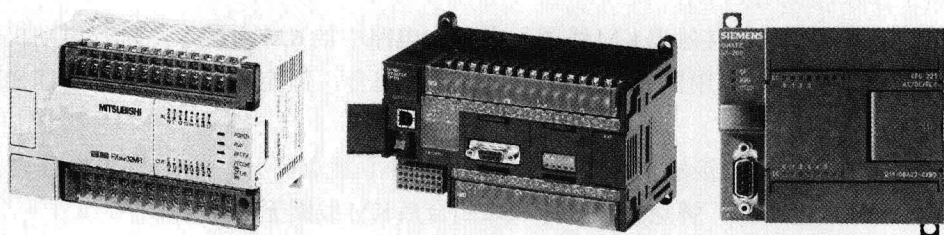


图1-1 几种常见的PLC

PLC 的定义

由于可编程序控制器一直在发展中，至今尚未对其下最后的定义。国际电工学

会(IEC)对PLC最新定义为:可编程控制器是一种数字运算操作电子系统,专为在工业环境下应用而设计,它采用了可程序的存储器,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,并通过数字的、模拟的输入和输出,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、易于扩充其功能的原则设计。

1.1.2 PLC控制与继电器控制比较

PLC控制是在继电器控制基础上发展起来的,为了让读者能初步了解PLC控制方式,下面以电动机正转控制为例对两种控制系统进行比较。

(1) 继电器正转控制

图1-2是一种常见的继电器正转控制线路,可以对电动机进行正转和停转控制,右图为主电路,左图为控制电路。

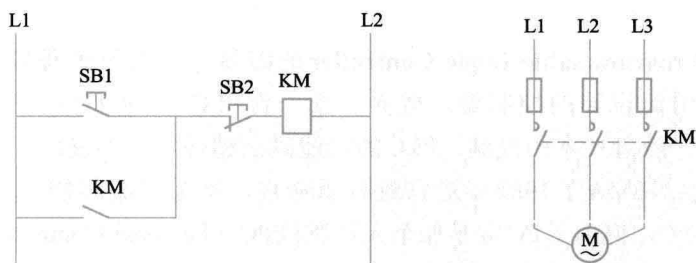


图1-2 继电器正转控制线路

电路工作原理说明如下。

按下启动按钮SB1,接触器KM线圈得电,主电路中的KM主触点闭合,电动机得电运转,与此同时,控制电路中的KM常开自锁触点也闭合,锁定KM线圈得电(即SB1断开后KM线圈仍可得电)。

按下停止按钮SB2,接触器KM线圈失电,KM主触点断开,电动机失电停转,同时KM常开自锁触点也断开,解除自锁(即SB2闭合后KM线圈无法得电)。

(2) PLC正转控制

图1-3是PLC正转控制线路,它可以实现与图1-2所示的继电器正转控制线路相同的功能。PLC正转控制线路也可分作主电路和控制电路两部分,PLC与外接的输入、输出部件构成控制电路,主电路与继电器正转控制主线路相同。

在组建PLC控制系统时,先要进行硬件连接,再编写控制程序。PLC正转控制线路的硬件接线如图1-3所示,PLC输入端子连接SB1(启动)、SB2(停止)和电源,输出端子连

接接触器线圈KM和电源。PLC硬件连接完成后，再在电脑中使用专门的PLC编程软件编写图示的梯形图程序，然后通过电脑与PLC之间的连接电缆将程序写入PLC。

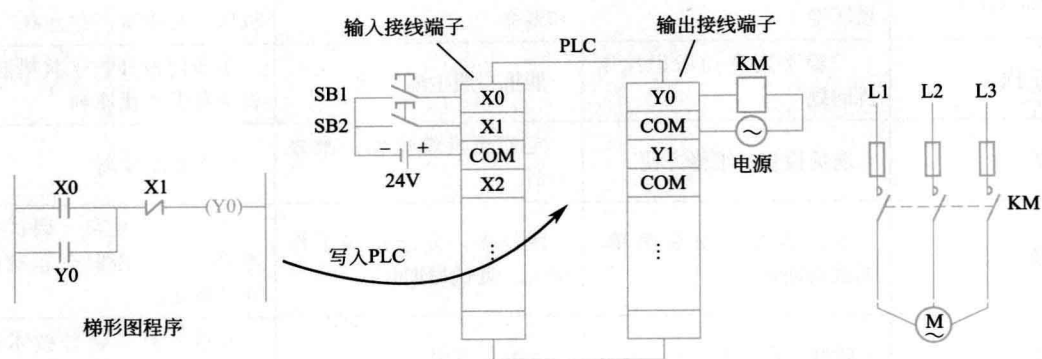


图1-3 PLC正转控制线路

PLC软、硬件准备好后就可以操作运行。操作运行过程说明如下。

按下启动按钮SB1，X0、COM端子之间的PLC内部电路与24V电源、SB1构成回路，有电流流过X0、COM端子间的电路，PLC内部程序运行，运行结果使PLC的Y0、COM端子之间的内部电路导通，接触器线圈KM得电，主电路中的KM主触点闭合，电动机运转，松开SB1后，内部程序维持Y0、COM端子之间的内部电路导通，让KM线圈继续得电（自锁）。

按下停止按钮SB2，X1、COM端子之间的PLC内部电路与24V电源、SB2构成回路，有电流流过X1、COM端子间的电路，PLC内部程序运行，运行结果使PLC的Y0、COM端子之间的内部电路断开，接触器线圈KM失电，主电路中的KM主触点断开，电动机停转，松开SB2后，内部程序让Y0、COM端子之间的内部电路维持断开状态。

（3）PLC控制、继电器和单片机控制的比较

PLC控制与继电器控制相比，具有改变程序就能变换控制功能的优点，但在简单控制时成本较高，另外，利用单片机也可以实现控制。PLC、继电器和单片机控制系统比较见表1-1。

表1-1 PLC、继电器和单片机控制系统的比较

比较内容	PLC控制系统	继电器控制系统	单片机控制系统
功能	用程序可以实现各种复杂控制	用大量继电器布线逻辑实现顺序控制	用程序实现各种复杂控制，功能最强
改变控制内容	修改程序较简单容易	改变硬件接线、工作量大	修改程序，技术难度大
可靠性	平均无故障工作时间长	受机械触点寿命限制	一般比PLC差
工作方式	顺序扫描	顺序控制	中断处理，响应最快
接口	直接与生产设备相连	直接与生产设备相连	要设计专门的接口

比较内容	PLC控制系统	继电器控制系统	单片机控制系统
环境适应性	可适应一般工业生产现场环境	环境差,会降低可靠性和寿命	要求有较好的环境,如机房、实验室、办公室
抗干扰	一般不用专门考虑抗干扰问题	能抗一般电磁干扰	要专门设计抗干扰措施,否则易受干扰影响
维护	现场检查,维修方便	定期更换继电器,维修费时	技术难度较高
系统开发	设计容易、安装简单、调试周期短	图样多,安装接线工作量大,调试周期长	系统设计复杂,调试技术难度大,需要有系统的计算机知识
通用性	较好,适应面广	一般是专用	要进行软、硬件技术改造才能作其他用
硬件成本	比单片机控制系统高	少于30个继电器时成本较低	一般比PLC低

1.2 PLC分类与特点

1.2.1 PLC的分类

PLC的种类很多,下面按结构形式、控制规模和实现功能对PLC进行分类。

(1) 按结构形式分类

按硬件的结构形式不同,PLC可分为整体式和组合式。

整体式PLC又称箱式PLC,图1-1所示的3个PLC均为整体式PLC,其外形像一个方形的箱体,这种PLC的CPU、存储器、I/O接口等都安装在一个箱体内。整体式PLC的结构简单、体积小、价格低。小型PLC一般采用整体式结构。

组合式PLC又称模块式PLC,图1-4列出了两种常见的组合式PLC。组合式PLC有一个

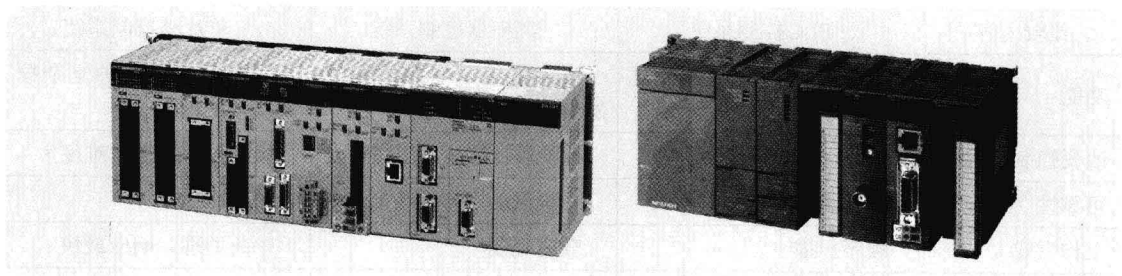


图1-4 组合式PLC

总线基板，基板上有很多总线插槽，其中由CPU、存储器和电源构成的一个模块通常固定安装在某个插槽中，其他功能模块可随意安装在其他不同的插槽内。组合式PLC配置灵活，可通过增减模块而组成不同规模的系统，安装维修方便，但价格较贵。大、中型PLC一般采用组合式结构。

(2) 按控制规模分类

I/O点数（输入/输出端子的个数）是衡量PLC控制规模的重要参数，根据I/O点数多少，可将PLC分为小型、中型和大型三类。

① 小型PLC。其I/O点数小于256点，采用8位或16位单CPU，用户存储器容量4K字以下。

② 中型PLC。其I/O点数在256～2048点之间，采用双CPU，用户存储器容量2～8K。

③ 大型PLC。其I/O点数大于2048点，采用16位、32位多CPU，用户存储器容量8～16K。

(3) 按功能分类

根据PLC具有的功能不同，可将PLC分为低档、中档、高档三类。

① 低档PLC。它具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能，有些还有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。低档PLC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。它具有低档PLC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、数制转换、远程I/O、子程序、通信联网等功能，有些还增设有中断控制、PID控制等功能。中档PLC适用于比较复杂控制系统。

③ 高档PLC。它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、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档PLC机具有很强的通信联网功能，一般用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂控制自动化。

1.2.2 PLC的特点

PLC是一种专为工业应用而设计的控制器，它主要有以下特点。

(1) 可靠性高，抗干扰能力强

为了适应工业应用要求，PLC从硬件和软件方面采用了大量的技术措施，以便能在恶劣环境下长时间可靠运行。现在大多数PLC的平均无故障运行时间已达到几十万小时，如三菱公司的F1、F2系列PLC平均无故障运行时间可达30万小时。

(2) 通用性强，控制程序可变，使用方便

PLC可利用齐全的各种硬件装置来组成各种控制系统，用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后，在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下，无需大量改变PLC的硬件设备，只需更改程序就可以满足要求。

(3) 功能强, 适应范围广

现代PLC不仅有逻辑运算、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, 易用易学

目前, 大多数PLC采用梯形图编程方式, 梯形图语言的编程元件符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近, 这样使大多数工厂企业电气技术人员非常容易接受和掌握。

(5) 系统设计、调试和维修方便

PLC用软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, 使控制柜的设计安装接线工作量大为减少。另外, PLC的用户程序可以通过电脑在实验室仿真调试, 减少了现场的调试工作量。此外, 由于PLC结构模块化及很强的自我诊断能力, 维修也极为方便。

第 2 章

PLC的组成与原理

PLC主要由CPU、存储器、输入接口、输出接口、通信接口和扩展接口等组成。在工作时，PLC采用循环扫描方式逐条运行用户程序，然后根据程序运行结果输出相应的控制。PLC种类很多，本书主要介绍三菱FX2N系列PLC硬件和软件知识。

2.1 PLC的基本组成

2.1.1 PLC的组成方框图

PLC的种类很多，但结构大同小异，典型的PLC控制系统组成方框图如图2-1所示。在组建PLC控制系统时，需要给PLC的输入端子接有关的输入设备（如按钮、触点和行程开关

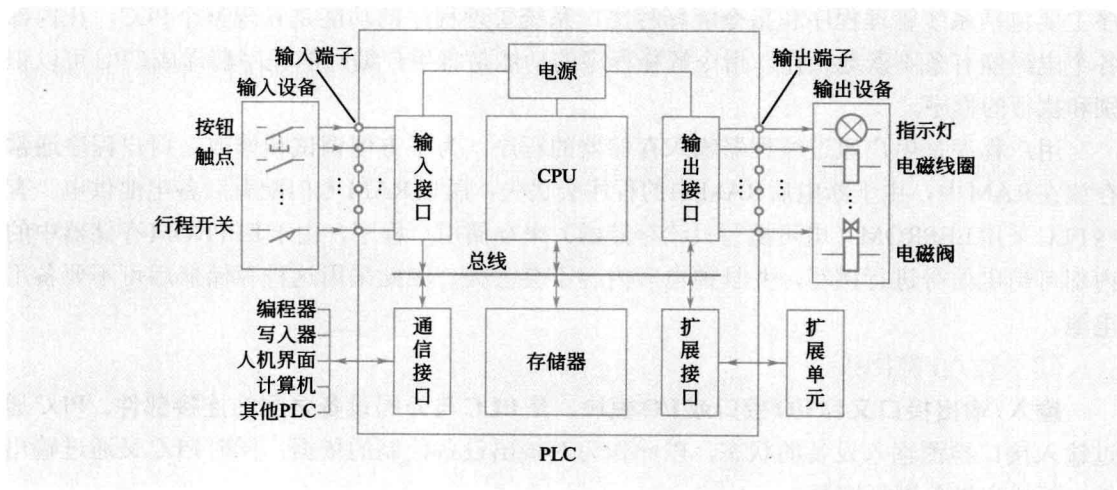


图 2-1 典型的PLC控制系统组成方框图