



PLC应用与 组态监控技术

王艳芬 侯益坤 主编

PLC



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

PLC 应用与组态监控技术

主编 王艳芬 侯益坤

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书采用项目导向,任务驱动,教、学、做一体化的教学模式编写;突出“以能力为本位,以学生为主体”的职业教育课程改革思想;同时,从职业岗位需求出发,对 PLC 技术和组态监控技术进行了课程整合,理论与实训相结合,突出了高职高专教育特色。

全书共分为两部分。上篇为 PLC 技术,由五个项目构成,主要涉及 PLC 的工作原理、指令系统和程序设计方法、PLC 软件使用等内容,同时配有习题和实训内容;下篇为组态监控技术,由九个项目组成,最后一个项目是自动控制系统综合实训。下篇涵盖了工控软件组态王的常用功能和应用,内容涉及 I/O 设备管理、变量定义、动画连接、趋势曲线、报警和事件、常用控件等,每个项目后配有实训和训练课题。

本书可作为高等院校电气自动化类、电子信息类和机电一体化类及相关专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用与组态监控技术/王艳芬,侯益坤主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6852 - 3

I. ①P… II. ①王…②侯… III. ①plc 技术-高等学校-教材②计算机监控-高等学校-教材 IV. ①TM571. 6②TP277

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 231048 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 476 千字

版 次 / 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2 000 册

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

随着我国工业化和信息化进程的加快,自动控制及工业监控技术扮演着越来越重要的角色。现在已经公认,PLC 及其网络是现代工业自动化三大支柱(PLC、机器人、CAD/DAM)之一,它的应用越来越广泛。而组态软件为自动控制系统监控层提供了良好的软件平台和开发环境。因此,以 PLC 为支柱的自动控制系统和以组态软件为平台的工业监控层是密不可分的,是现代工业自动化控制系统的重要组成部分,广泛应用于电力、水利、市政供排水、燃气、供热、石油、化工、智能建筑等领域的数据采集与控制以及过程控制等诸多领域。

本书开拓性地将 PLC 技术与组态监控技术有机地结合在一起。首先讲述了自动控制系统的核心——PLC 技术。以松下 FP 系列机型为例,详细介绍了 PLC 的工作原理、指令系统和系统设计三部分。日本松下小型机以其体积小、指令丰富、功能强大在国际同类产品中享有盛誉,在市场份额中占有重要一席。读者只要掌握了该机型的指令系统,对其他厂家的 PLC 机型可收到触类旁通,举一反三的效果。其次以北京亚控科技发展有限公司开发的通用工控组态软件——组态王为基础,采用项目导入、任务驱动的教学模式,全面地介绍了工控组态软件的功能和应用。在本书的最后,将 PLC 技术与组态监控技术有机地结合在一起,完成了三种典型工业自动化控制及监控系统的设计实例。

本书的特点如下:

1. 内容适应企业岗位需求

经过市场调研、企业岗位需求调研,目前,工业自动化控制领域的人才需求明显增加,对职业技能的要求也与时俱进。掌握 PLC 技术、组态监控技术、触摸屏等技术的人才更是炙手可热。

2. 教学模式新

采用项目教学法,即采用教材配套资源中的实训、项目训练、综合练习和自动控制系统实训展开教学。便于学生学习和掌握这两门先进技术。本书的教学时数为 70~90 学时。

全书共分为两部分。上篇为 PLC 技术,由五个项目构成;下篇为组态监控技术,由九个项目组成,最后一个项目是自动控制系统综合实训。

本书由王艳芬、侯益坤共同担任主编。其中侯益坤老师编写了上篇 PLC 技术;王艳芬老师编写了下篇组态监控技术。此外,伍勤谟老师也参与了部分项目

前言

的编写工作。全书由王艳芬统稿。

在本书的编写过程中得到了北京亚控科技发展有限公司的大力支持和帮助,在此表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编者

随着科学技术的飞速发展,工业自动化水平不断提高,PLC在工业自动化领域中的应用越来越广泛。PLC作为一种新型的工业控制设备,具有体积小、功耗低、寿命长、可靠性高等优点,广泛应用于各种工业控制场合。本书主要介绍PLC的基本原理、组成、应用及编程方法,旨在帮助读者了解PLC的基本知识,掌握PLC的编程方法,为实际应用打下基础。本书共分五章,第一章介绍PLC的发展概况、分类及应用;第二章介绍PLC的组成、工作原理及基本指令;第三章介绍PLC的编程语言及编程方法;第四章介绍PLC的硬件配置及系统组态;第五章介绍PLC在工业控制中的应用实例。本书可作为高等院校自动化专业及相关专业的教材,也可供从事工业自动化工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中,参考了国内外有关PLC的文献资料,并得到了北京亚控科技发展有限公司的大力支持。本书的出版得到了北京亚控科技发展有限公司的资助。本书在编写过程中,得到了北京亚控科技发展有限公司的大力支持。本书的出版得到了北京亚控科技发展有限公司的资助。本书在编写过程中,得到了北京亚控科技发展有限公司的大力支持。本书的出版得到了北京亚控科技发展有限公司的资助。

目录

Contents

Contents

上篇 PLC 技术

项目 1 PLC 概述与内部结构	3
任务 1 PLC 概述	3
任务 2 PLC 的构成与工作方式	4
任务 3 PLC 的内部软元件	11
习题 1	19
实训 认识 PLC	19
项目 2 FPWIN GR 软件的使用	21
任务 1 FPWIN GR 软件的安装	21
任务 2 创建 FP PLC 程序	23
任务 3 文件的编辑和运行监控	30
习题 2	43
实训 FPWIN GR 软件的应用	43
项目 3 FP 系列 PLC 的基本指令及其编程	45
任务 1 基本顺序指令	45
任务 2 基本功能指令	54
任务 3 控制指令	63
任务 4 数值比较指令	88
习题 3	91
实训 1 基本指令的综合运用之一——彩灯循环控制	95
实训 2 基本指令的综合运用之二——抢答器的设计	97
项目 4 FP 系列 PLC 的高级指令及其编程	99
任务 1 数据传输类指令	99
任务 2 数据运算类指令	107
任务 3 数据比较指令	121
任务 4 数据转换指令	125

目 录

任务5 数据移位指令	136
任务6 位操作指令	145
习题4	150
实训 PLC 对自动售货机系统的控制	152
项目5 FP 系列 PLC 的通信方式	155
任务1 FP 系列 PLC 的通信方式	155
任务2 MODBUS RTU 通信功能	159
习题5	162
下篇 组态监控技术	
项目6 初识组态王软件	165
任务1 软件的安装	165
任务2 工程管理器	167
任务3 工程浏览器	174
习题6	194
实训 建立一个自己的组态王工程	194
项目7 I/O 设备管理	195
任务1 组态王逻辑设备	195
任务2 如何定义 I/O 设备	198
任务3 组态王提供的设备通信测试	200
实训 学会定义一个 I/O 设备	202
项目8 变量的定义与管理	203
任务1 变量的类型	203
任务2 变量的定义	206
任务3 变量的管理	209
实训 学会定义各种类型的变量	211
项目9 图形画面与动画连接	212
任务1 画面开发工具	212
任务2 动画连接	213
任务3 图库管理	230
实训 数字时钟画面设计	237
项目10 命令语言	239
任务1 命令语言的类型	239

任务2 命令语言的语法	244
实训1 控制水箱画面设计	247
实训2 主画面的制作, 建立主画面与各分画面的切换	249
实训3 水在管道中流动画面的制作	252
项目11 趋势曲线	255
任务1 实时趋势曲线	255
任务2 历史趋势曲线	258
实训 实时趋势曲线的制作	267
项目12 报警和事件	271
任务1 变量的报警	271
任务2 事件类型及使用方法	287
实训 报警的制作	291
项目13 常用控件	295
任务1 控件简介	295
任务2 组态王内置控件	296
实训 棒图控件的使用	299
项目14 综合实训	302
综合实训1 流水灯系统的设计	302
综合实训2 交通灯系统的设计	306
综合实训3 九路抢答器系统的设计	309
参考文献	313
附录	314
A FP1 继电器和存储区	314
B FP-X 继电器和存储区	315
C FP1 特殊内部继电器	317
D FP-X 特殊内部继电器	318

上 篇

PLC 技 术

项目 1

PLC 概述与内部结构

任务 1 PLC 概述

任务目标

了解可编程控制器的产生、发展、特点和应用领域。

任务分解

1.1 可编程控制器的产生与历史

自动生产线、各种功能的机械手和多工位、多工序自动机床等设备，在自动控制过程中大多以电动机作为动力。电动机是通过某种控制方式接受控制的。其中以各种有触点的继电器、接触器、行程开关等自动控制电器组成的控制线路称为继电接触器控制方式。继电器控制系统的优点是：简单易懂、操作方便、价格便宜。缺点是：体积大、可靠性低、查找故障困难、接线复杂、对生产工艺变化的适应性差。继电接触器控制经历了比较长的历史。

20 世纪 60 年代，由于小型计算机的出现和大规模生产及多机群控制的发展，人们曾试图用小型计算机来实现工业控制，代替传统的继电接触器控制。1968 年美国 General Motors 公司，为了适应生产工艺不断更新的需要，要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器，并提出 10 项招标指标。这就是著名的 GM10 条。

- (1) 编程简单，可在现场修改程序；
- (2) 可靠性高于继电器控制柜；
- (3) 体积小于继电器控制柜；
- (4) 维护方便，最好是插件式；
- (5) 可将数据直接送入管理计算机；
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争；
- (7) 输入可以是交流 115 V；
- (8) 输出为交流 115 V、2 A 以上，能直接驱动电磁阀等；
- (9) 在扩展时，原系统只需很小变更；
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4 K。

GM10 条是可编程序控制器出现的直接原因。

1969 年，美国数据设备公司（DEC）研制出世界上第一台可编程控制器，并成功地应用在 GM 公司的生产线上。这一时期它主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，故称为可编程逻辑控制器，简称 PLC（Programmable Logic Controller）。

70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，使 PLC 从开关量的逻辑控制

扩展到数字控制及生产过程控制领域,真正成为一种电子计算机工业控制装置,故称为可编程控制器,简称PC(Programmable Controller)。但由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)相混淆,故人们仍习惯地用PLC作为可编程控制器的缩写。

1985年1月国际电工委员会对可编程控制器的定义:可编程序控制器是一种数字运算的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在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。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充的原则设计。

1.2 PLC的特点及应用领域

1. PLC的主要特点

- ① 可靠性高、抗干扰能力强。
- ② 编程简单、使用方便、柔性好。易学易懂的梯形图语言,类似计算机汇编语言的助记符语言。
- ③ 通用性好,具有互换性强、扩展功能强的特点。
- ④ 功能强大,可实现三电一体化。将电控(逻辑控制)、电仪(过程控制)和电结(运动控制)集于一体,可以方便、灵活地组合成各种不同规模 and 要求的控制系统。
- ⑤ 体积小、重量轻、功耗低。

2. PLC的应用领域

- ① 开关量的逻辑控制:可取代传统继电器系统和顺序控制器,对各种机床、自动电梯、装配生产线、电镀流水线、运输和检测等进行控制,而且输入、输出的点数不受限制。
- ② 机械运动控制:可用于精密金属切削机床、机械手、机器人等设备的控制。
- ③ 过程控制(模拟量控制):通过配用A/D、D/A转换模块及智能PID模块实现对生产过程中的温度、压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行闭环调节控制。
- ④ 数据处理:具有很强的数学运算、数据传送能力。
- ⑤ 多级控制:利用PLC的网络通信功能模块及远程I/O控制模块实现多台PLC之间、PLC与上位计算机的连接,以完成较大规模的复杂控制。

3. PLC的发展趋势

- ① 方便灵活和小型化。
- ② 高功能和大型化。
- ③ 产品规范化、标准化。

任务2 PLC的构成与工作方式

任务目标

了解可编程控制器的构成、工作方式和性能指标与分类。

任务分解

2.1 PLC的基本组成

PLC是一种在工业环境下使用,集计算机技术、自动控制技术、通信技术、过程控制于

一体的电子装置，它的基本结构与普通微机的结构相似，主要由中央微处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口电路、电源等部分组成，如图1-1所示。

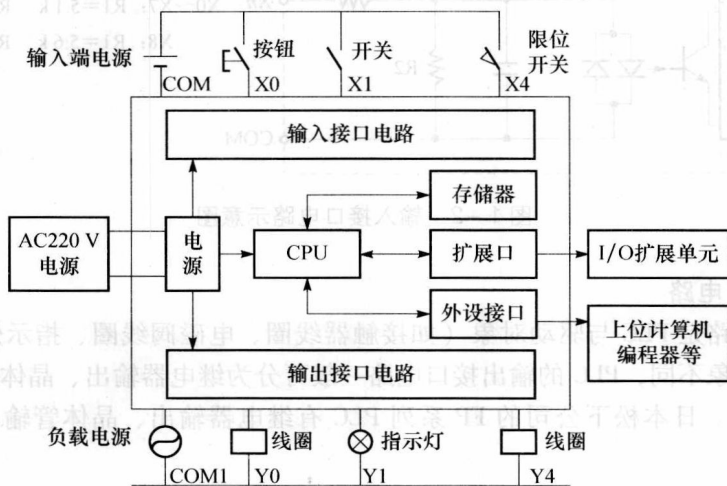


图 1-1 PLC 结构示意图

1. 中央微处理器（CPU）

CPU 是 PLC 的控制中心，它由运算器、寄存器和控制电路组成，将它们集成在一个芯片中。它从输入接口电路读入输入信号，按用户程序对输入信息进行数字逻辑运算，并把运算的结果通过输出接口电路送到输出设备，控制输出设备的运行。

CPU 的一个重要的技术指标是它的运算速度。随着计数器技术的发展，PLC 的 CPU 运算速度已从原来的执行一个指令需要十几到几十微秒减少到零点几微秒。

2. 存储器

存储器是 PLC 用来存放系统程序、用户程序和数据的器件，包括只读存储器 ROM 和随机读写存储器 RAM 两类。

只读存储器 ROM 是存储制造商编写的系统程序存储器，具有开机自检、工作方式选择、信息传递和对用户程序的解释功能。

读写存储器 RAM 是用来存放用户程序和数据的存储器。读出时 RAM 的存储器内容不变；写入时新写入的信息覆盖原信息，“以新换旧”。

一般来说存储器容量的大小，决定了 PLC 的性能。容量越大，能容纳用户程序越多。例如某 PLC 的容量是 33k 步，即表示该 PLC 能容纳用户编写 33k 步的程序。

3. 输入接口电路

输入接口电路是 PLC 与外部输入设备（如按钮、开关、行程开关等）之间的连接部件。通过输入接口电路，将从外部输入设备来的信号送到 PLC。输入接口电路有将外部输入电压（例如 DC 24 V）转换为 PLC 的工作电压（DC 5 V）的作用，也有防止外界干扰的作用。其示意如图 1-2 所示。

图中 COM 为公共端， X_n 为第 n 个输入端接线柱。当 COM 端与 X_n 端连接上电源及按钮，按钮闭合，则光电耦合器的二极管有电流通过，光敏晶体管导通， X_n 接通的信号被送入 PLC 内部电路，而且表示 X_n 接通的发光二极管发亮。这种光电耦合电路能有效地防止外界干扰。

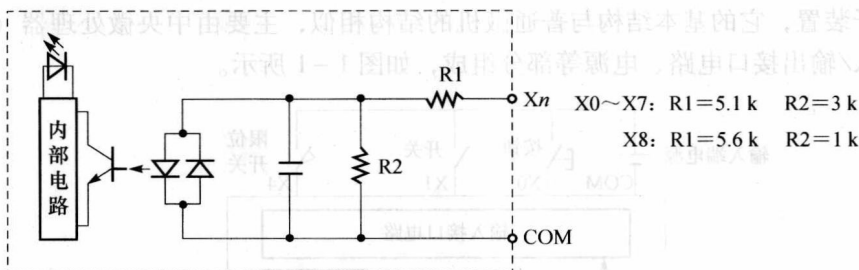


图 1-2 输入接口电路示意图

4. 输出接口电路

输出接口电路是 PLC 与驱动对象（如接触器线圈、电磁阀线圈、指示灯等）的连接部件。由于驱动对象不同，PLC 的输出接口电路一般可分为继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出等三种形式。日本松下公司的 FP 系列 PLC 有继电器输出、晶体管输出两种形式，如图 1-3 所示。

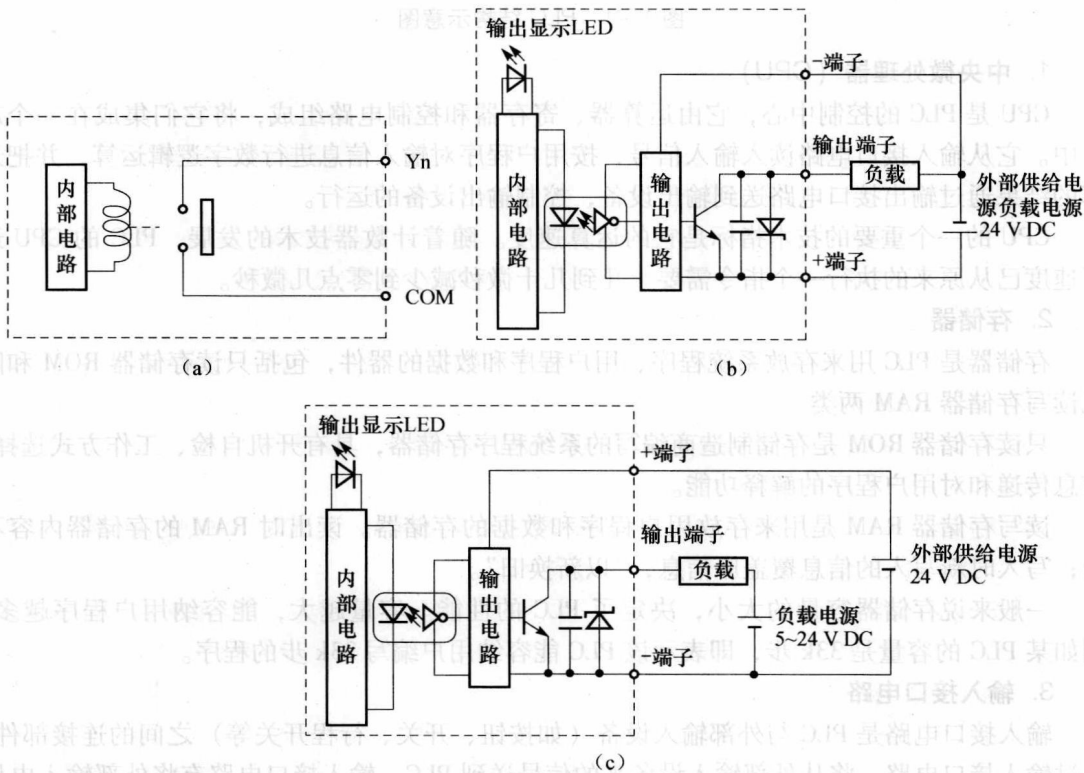


图 1-3 输出接口电路示意图

(a) 继电器输出；(b) 晶体管输出（PNP 型）；(c) 晶体管输出（NPN 型）

如图 1-3 (a) 所示为继电器输出等效电路图。在公共端 COM 与输出端 Y_n 之间接上负载电源及驱动线圈，则当内部继电器 Y_n 得电，其对应触点闭合，使公共端 COM、负载电源、驱动线圈与输出端 Y_n 形成一通路，使线圈得电，从而驱动负载。继电器输出适用于交

流或直流负载情况。额定控制容量为 AC 250 V/2 A 或 DC 30 V/2 A。

图 1-3 (b) 和图 1-3 (c) 为晶体管输出, 适用于直流、小功率高速负载。对 PNP 晶体管输出, 额定负载电压 DC 24 V、最大负载电流 0.5 A。对 NPN 晶体管输出, 额定负载电压 DC 5 ~ 24 V、最大负载电流 0.5 A。

5. 电源

PLC 的电源部件一般采用开关稳压电源, 是一个将 AC 220 V 交流电变成可供 PLC 各部分所需电压的装置。为了防止及消除工业环境下的空间电磁干扰, PLC 电源采用了较多的滤波环节, 具有过电压和欠电压保护, 抗干扰能力强。

6. FP-X 系列 PLC 的控制单元

小型的 PLC 一般都是整体封装, 将 CPU、存储器、输入/输出 (I/O) 接口电路和电源部件等集合在一个机壳内, 如图 1-4 (a) 所示。中型以上的 PLC, 一般是模块式结构, 将电源模块、CPU 模块、输入/输出模块、功能模块等安装在机架上, 如图 1-4 (b) 所示。

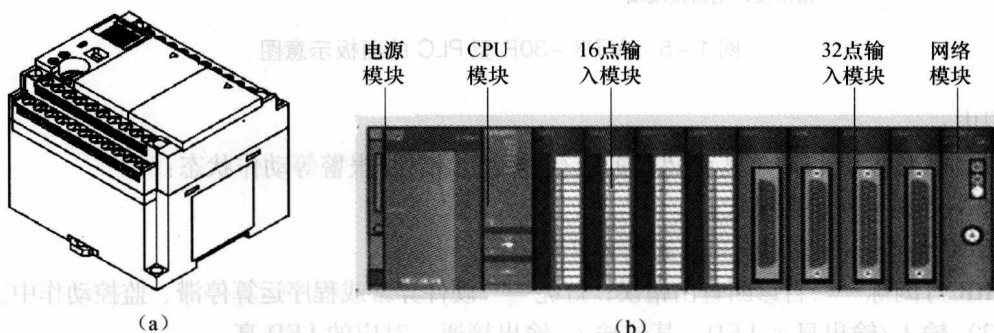


图 1-4 整体和模块式结构的 PLC

(a) 松下 FP-X 系列 PLC 整体式结构; (b) 三菱 Q 系列 PLC 模块式结构

日本松下公司 FP 系列 PLC 是整体封装的 PLC, 其中 FP-X 系列是近几年开发的小型 PLC, 运算速度快, 功能比较强大。

FP-X 系列 PLC 的型号命名规则为:

AFPX - □ □ □ □
① ② ③ ④

其意义为:

- ① 单元名称: C - 控制单元; E - 扩展单元
- ② 输入/输出 (I/O) 总点数
- ③ 输出类型: R - 继电器输出; T - NPN 晶体管输出; P - PNP 晶体管输出
- ④ PLC 供电方式: 缺省 - AC 供电; D - DC 供电

例如: 型号 AFPX-30R, 为 FP-X 控制单元, I/O 总点数 30, 继电器输出, AC 220 V 供电; 型号 AFPX-60TD, 为 FP-X 控制单元, I/O 总点数 60, NPN 晶体管输出, DC 供电。

如图 1-5 所示为 AFPX-30R 型 PLC 的面板示意图。

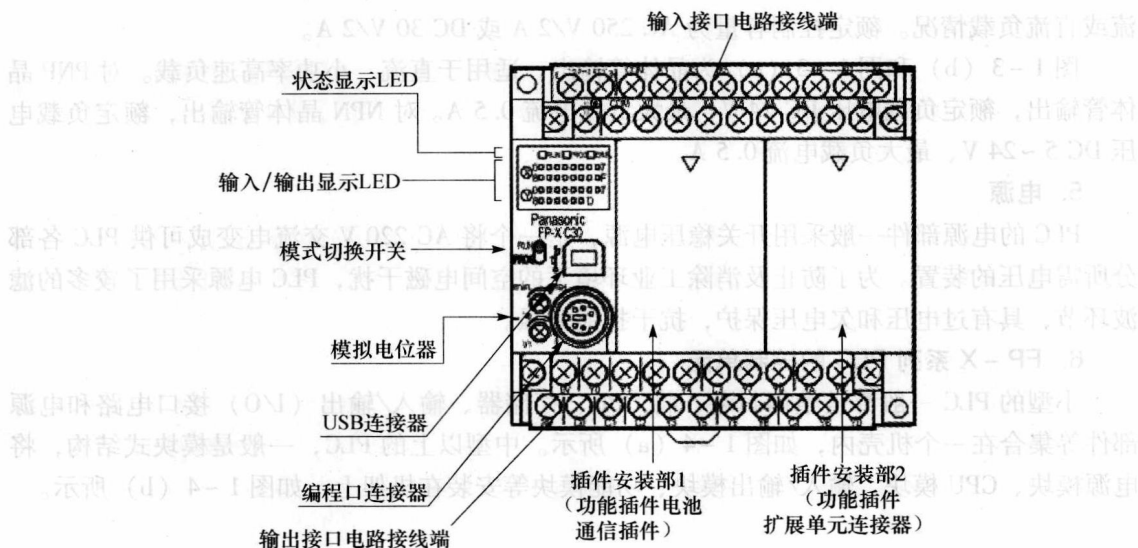


图 1-5 AFPX-30R 型 PLC 的面板示意图

图中:

(1) 状态显示 LED 显示 PLC 的运行/停止、错误/报警等动作状态:

RUN 灯亮——运行模式;

PROG 灯亮——编程模式 (运行停止);

ERR 灯闪烁——自诊断查出错误; 灯亮——硬件异常或程序运算停滞、监控动作中。

(2) 输入/输出显示 LED 某位输入/输出接通, 对应的 LED 亮。

(3) 模式切换开关

置 RUN 位置——执行程序, 开始运行;

置 PROG 位置——编程模式, 停止运行。

(4) USB 连接器 用于连接编程工具。

(5) 模拟电位器 转动可调电位器, 使特殊数据寄存器 DT90040 ~ DT90043 的值在 K0 ~ K1000 范围内变化。

(6) 编程口连接器 用于连接编程工具。

(7) 输入接口电路接线端 电源以及输入接线端子。

(8) 输出接口电路接线端 负载电源以及输出接线端子。

(9) 插件安装部 用于连接扩展插卡和扩展 I/O 单元。

AFPX-C30R 的输入/输出接线端子排列如图 1-6 所示。

由图 1-6 可见, 输出端 Y0 用公共端 C0 (即 COM0, 下同), Y1 用公共端 C1 等, 这是为了适应不同的负载, 其电源电压可能不同的缘故。

7. FP-X 系列 PLC 的扩展单元

当输入/输出点数不够时, 可以使用 I/O 扩展单元, 扩充 I/O 点数。扩展单元有 16 点、30 点、继电器输出、晶体管输出等多种, 其输入/输出接线端子排列与图 1-6 相似, 也需要输入端电源和输出端电源。扩展单元一般通过专用的扩展电缆连接在控制单元的右方, 可以连接 7 台, 最后还可以通过扩展 FPO 适配器再连接一台。如图 1-7 所示。

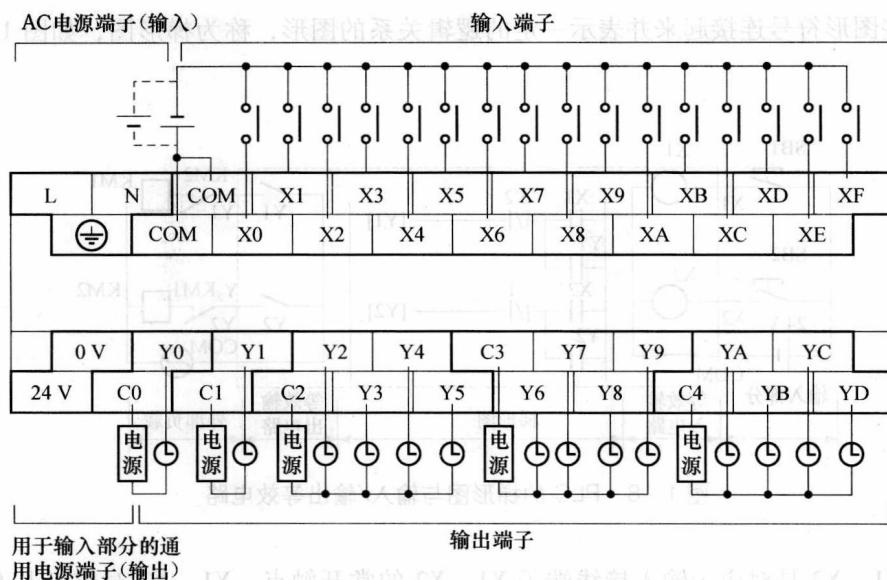


图 1-6 AFPX-C30R 的输入/输出接线端子

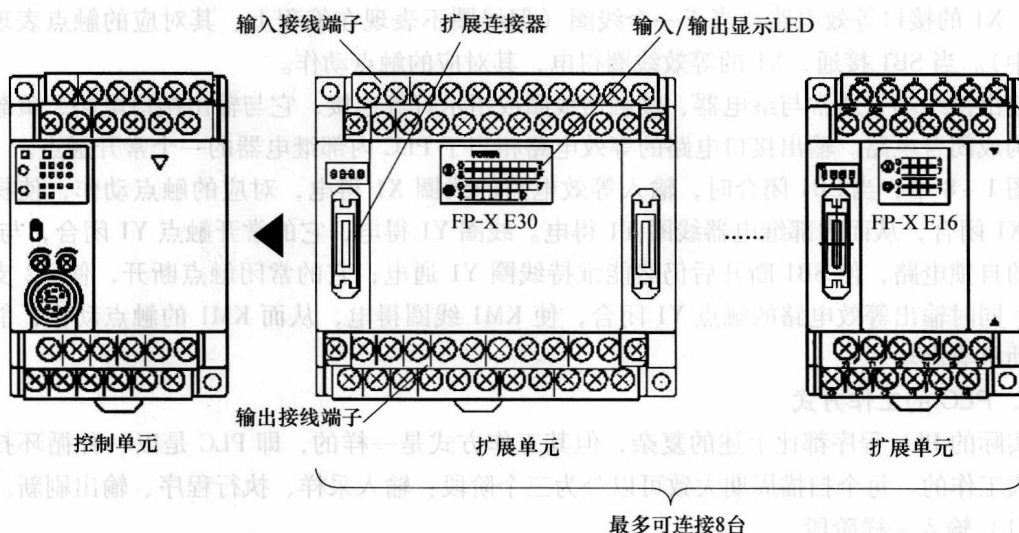


图 1-7 控制单元和扩展单元的连接

2.2 PLC 工作方式

1. PLC 的图形符号

PLC 运行时是以执行程序来对过程控制的。PLC 程序由指令或图形符号组成。其中的图形符号与电工技术的触点、继电器、接触器的图形符号很相似。如：

常开触点：—|—

常闭触点：—|/—

线圈：—()—