

PLC 控制系统 设计、编程与调试(三菱)

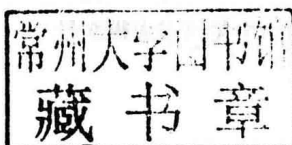
● 主 编 蒋思中 刘东海 白 雪

PLC 控制系统设计、编程与调试

(三菱)

主 编 蒋思中 刘东海 白 雪

副主编 黄月英 彭宇林 卢丹萍 方小菊 贾云芳



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

内 容 简 介

本教材基于工作过程导向的思路编写,将企业实际工程项目拆接转换成“简单电气控制系统设计、编程与调试”“PLC 步进顺控系统设计、编程与调试”“基于功能指令的 PLC 控制系统设计、编程与调试”“过程控制系统编程、调试及运行”4 个由易到难的项目。每个项目设若干学习情境,并按照“用户需求——需求分析——相关资讯——计划与实施——检查与评估”为主线来组织教学内容,有助于提升学生解决实际工程项目的能力。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

PLC 控制系统设计、编程与调试:三菱 / 蒋思中, 刘东海, 白雪主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 6

ISBN 978-7-5682-5833-3

I. ①P… II. ①蒋… ②刘… ③白… III. ①PLC 技术-教材 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 138105 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 310 千字

版 次 / 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 54.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 曾 仙

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

可编程序控制器 (PLC) 作为现代化的自动控制装置已经普遍应用于工业的各个领域, 它的发展代表了电气工程技术的先进水平。掌握 PLC 的组成原理及编程方法、熟悉 PLC 的应用技巧, 是每一位自动化技术专业的技术人员必须具备的基本能力之一。因此, “PLC 控制系统设计、编程与调试” 被列为自动化类专业的重点建设课程。

在对广西南南铝加工有限公司、广西盛隆冶金有限公司、东莞兴利五金塑胶有限公司等多家位于广西及珠江三角洲的大中型企业广泛调研的基础上, 我们总结认为, 自动化类专业的学生应具备应用某些品牌型号 (如三菱 FX_{2N} 系列或西门子 S7-200、300 系列) 的 PLC 进行自动化控制系统设计、软件编程、地址分配、安装与调试的专业核心能力。

编者对企业的实际工程项目进行拆接、转换, 归纳成为本教材的 4 个由易到难的项目: 简单电气控制系统设计、编程与调试; PLC 步进顺控系统设计、编程与调试; 基于功能指令的 PLC 控制系统设计、编程与调试; 过程控制系统设计、编程与调试。为了提升学生解决实际工程项目的能力, 本教材将每个项目分为若干学习情境, 并以 “用户需求——需求分析——相关资讯——计划与实施——检查与评估” 为主线来组织各学习情境 (情境 1.1 除外) 的教学内容。

以情境 1.2 为例进行说明。该学习情境的内容设计依次是: 用户需求——对三相电动机的全压启停控制系统进行改造; 需求分析——控制原理及所需的相关输入设备、执行元件; 相关资讯——PLC 输入/输出继电器、PLC 编程语言、三菱 FX 系列 PLC 基本指令等知识; 计划与实施——分配 I/O 地址、绘制 PLC 接线图、编制 PLC 程序、接线并调试; 检查与评估——通过项目评分来考查学生。

本教材由蒋思中、刘东海、白雪担任主编, 由黄月英、彭宇林、卢丹萍、方小菊、贾云芳担任副主编。项目一由黄月英和卢丹萍编写; 项目二由刘东海编写; 项目三由蒋思中和白雪编写; 项目四由彭宇林和方小菊编写。此外, 李春波、贾云芳参与了项目一和项目四的编写, 黄琪参与了项目二的编写。本教材由蒋思中负责项目编写和策划、统稿及初审工作, 由覃贵礼主审。

本教材在编写过程中得到了李春波、宋蓬殷、庞敏、覃贵礼的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者

项目一 简单电气控制系统设计、编程与调试	(1)
情境 1.1 可编程序控制器概述	(3)
情境 1.2 三相电动机全压启停控制系统改造	(26)
情境 1.3 电动机正反转控制系统设计、编程与调试	(32)
情境 1.4 电动机延时启动控制系统设计、编程与调试	(39)
情境 1.5 车库门自动控制系统设计、编程与调试	(47)
情境 1.6 仓库工件统计监控系统设计、编程与调试	(53)
情境 1.7 抢答器控制系统设计、编程与调试	(59)
项目二 PLC 步进顺控系统设计、编程与调试	(67)
情境 2.1 装配流水线控制系统设计、编程与调试 (步进顺控编程法)	(69)
情境 2.2 十字路口交通灯控制系统设计、编程与调试	(77)
情境 2.3 邮件分拣控制系统设计、编程与调试	(84)
项目三 基于功能指令的 PLC 控制系统设计、编程与调试	(91)
情境 3.1 LED 数码显示控制系统设计、编程与调试	(93)
情境 3.2 装配流水线控制系统设计、编程与调试 (功能指令编程法)	(101)
情境 3.3 简易计算器系统设计、编程与调试	(108)
情境 3.4 四位数码管显示控制系统设计、编程与调试	(115)
情境 3.5 生产线过程控制系统设计、编程与调试	(123)
项目四 过程控制系统设计、编程与调试	(131)
情境 4.1 步进电动机控制系统设计、编程与调试	(133)
情境 4.2 伺服电动机控制系统设计、编程与调试	(140)
情境 4.3 温度 PID 控制系统设计、编程与调试	(146)

附录	(161)
附录 1 FX 系列 PLC 的编程软件及其应用	(161)
附录 2 FX 系列 PLC 指令集	(169)
附录 3 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令一览表	(172)
附录 4 FX _{2N} 系列 PLC 常用特殊功能元件表	(175)
附录 5 FX _{2N} 系列 PLC 错误代码一览表	(178)
附录 6 PLC 的安装与接线	(182)
附录 7 PLC 的日常维护与常见故障分析	(184)
附录 8 PLC 模块的选择	(188)
附录 9 IEC 61131-3 标准简介	(190)
附录 10 THPFSL-2 型网络型可编程序控制器综合实训装置使用说明书	(194)
参考文献	(199)

简单电气控制系统设计、 编程与调试

可编程序控制器（PLC）控制系统具有响应速度快、控制精度高、可靠性强、控制程序可随工艺改变等传统继电器—接触器控制系统无可比拟的优势，被越来越广泛地应用于工业控制系统中。本项目主要介绍可编程序控制器的基础知识、基本软元件，以及利用取/取反、与/与反、或/或反、置位/复位等基本逻辑指令进行简单电气控制系统设计、编程与调试。

情境 1.1 可编程序控制器概述

一、学习目标

- (1) 了解 PLC 的发展历史，掌握 PLC 的硬件系统组成及工作原理。
- (2) 理解 PLC 的定义、功能、性能指标、控制特点以及 PLC 控制与继电器控制的区别和联系。
- (3) 了解 PLC 在工业控制中的应用现状，以及从结构、I/O 点数等角度对 PLC 进行分类的方法。
- (4) 掌握 PLC 的选型方法。

二、相关资讯

(一) 引言

图 1-1 所示为常规的三相异步电动机启停控制电路的几种形式。

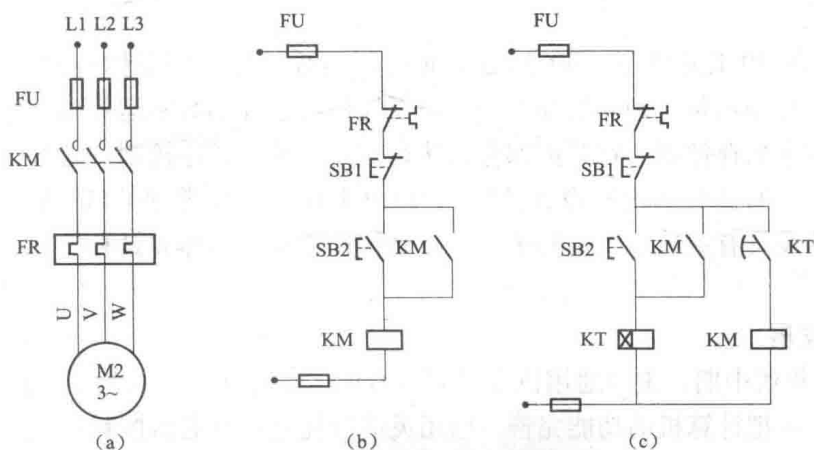


图 1-1 三相异步电动机启停控制电路

(a) 主电路；(b) 三相电动机全压启动；(c) 三相电动机延时启动

这类继电器控制电路的缺点有：

- (1) 一旦控制要求改变，电器控制系统必须重新配线安装。
- (2) 大型的继电器控制电路接线非常复杂，且体积庞大。
- (3) 由于机械触点容易损坏，因而系统的可靠性较差，检修工作相当困难。

若用 PLC 对三相异步电动机进行直接启动和延时启动，工作将变得简单。

采用 PLC 控制电路，用户只需要将输入设备（如启动按钮 SB1、停止按钮 SB2、热继电器 FR）接到 PLC 的输入端口，将输出设备（如接触器线圈 KM）接到 PLC 的输出端口，再接上电源就可以了。图 1-2 所示为采用 PLC 实现三相异步电动机启停控制的接线图。

利用这两种方式启停电动机的硬件接线图完全相同。

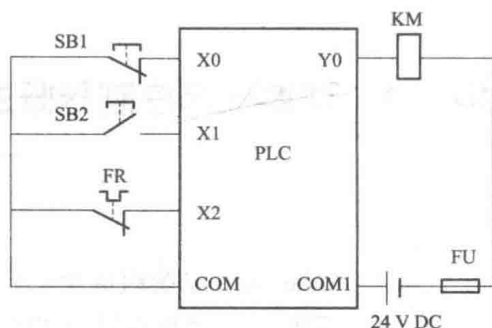


图 1-2 采用 PLC 实现电动机启停控制的接线图

(二) PLC 发展史

1. PLC 的产生

PLC 在早期是一种开关逻辑控制装置,被称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。随着计算机技术和通信技术的发展,PLC 采用微处理器作为其控制核心,它的功能已不再局限于逻辑控制的范畴。1980 年,美国电气制造协会 (NEMA) 将其命名为 Programmable Controller (PC)。为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称混淆,习惯上仍将其简称为 PLC。

2. PLC 的定义

1982 年,国际电工委员会 (IEC) 在颁布的《可编程序控制器标准草案》中将 PLC 定义为:可编程序控制器是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统。它采用一种可编程序的存储器,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,通过数字或模拟式的输入/输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。可编程序控制器及其有关装置应按易于与工业系统连成一个整体和具有扩充功能的原则进行设计。

3. PLC 的发展

20 世纪 60 年代中期,美国通用汽车公司 (GM) 为适应生产工艺不断更新的需要,提出了一种设想——把计算机的功能完善、通用灵活等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来,并提出了新型电气控制的 10 项招标要求。

- (1) 编程简单,可在现场修改和调试程序。
- (2) 价格低廉,性价比高于继电器控制系统。
- (3) 可靠性高于继电器控制系统。
- (4) 体积小于继电器控制系统,能耗少。
- (5) 能与计算机系统数据通信。
- (6) 输入可以是 115 V AC (美国电网电压是 110 V)。
- (7) 输出可以在 115 V 2 A AC 以上,能直接驱动电磁阀等。
- (8) 具有灵活的扩展能力。
- (9) 硬件维护方便,采用插入式模块结构。
- (10) 用户程序存储器的容量至少在 4 KB 以上。

美国数字设备公司 (DEC) 根据这一招标要求,于 1969 年研制成功了第一台可编程序

控制器 PDP-14，并在汽车自动装配线上试用成功。

这项新技术的使用在工业界产生了巨大的影响，从此可编程序控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年，日本从美国引进这项新技术，并很快成功研制出日本第一台可编程序控制器。1973—1974 年，德国、法国也相继成功研制出各自的可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制，在 1977 年成功研制出以 1 位微处理器 MC14500 为核心的可编程序控制器，并开始应用于工业生产控制。

从第一台 PLC 诞生至今，PLC 大致经历了四次更新换代。

第一代 PLC，多数使用 1 位微处理器开发，采用磁芯存储器，仅具有逻辑控制、定时、计数功能。

第二代 PLC，采用了 8 位微处理器及半导体存储器，产品逐步系列化，功能也有所增强，能实现数字运算、传送、比较等功能。

第三代 PLC，采用了高性能微处理器及位片式 CPU，数据处理速度大幅度提高，并具有较强的自诊断能力，开始向多功能和联网通信的方向发展。

第四代 PLC，不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU，内存容量也更大，可以直接用于一些规模较大的复杂控制系统；其编程语言除了可以使用传统的梯形图、流程图等，还可以使用高级语言。此外，第四代 PLC 的外设也更加多样化。

现在，PLC 已被广泛应用于工业控制的各领域，PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术共同构成了工业自动化的三大支柱。

4. PLC 的发展趋势

由于工业生产对自动控制系统需求的多样性，PLC 在今后有两个发展方向：一是朝着小型、简易、价格低廉的方向发展；二是朝着大型、高速、多功能的方向发展。

单片机技术的发展，促进了 PLC 向紧凑型发展，体积减小，价格降低，可靠性不断提高。这种小型的 PLC 可以广泛取代继电器控制系统，应用于单机控制和小型生产线的控制。这种 PLC 又称为单元式（整体式）PLC，如图 1-3 所示。

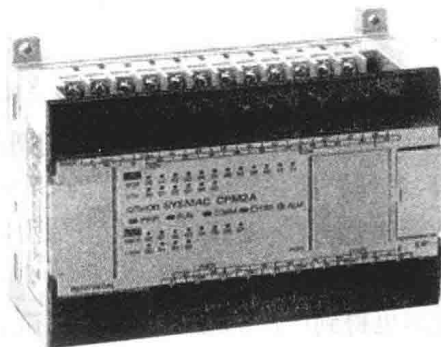


图 1-3 单元式（整体式）PLC 外形

大型模块式 PLC 一般为多微处理器系统，有较大的存储能力和功能强劲的输入/输出接口。通过丰富的智能外设接口，大型模块式 PLC 可以实现流量、温度、压力、位置等闭环控制；通过网络接口，大型模块式 PLC 可以级联不同类型的 PLC 和计算机，从而组成控制范围很大的局域网络，适用于大型的自动化控制系统。大型模块式 PLC 的外形如图 1-4 所示。

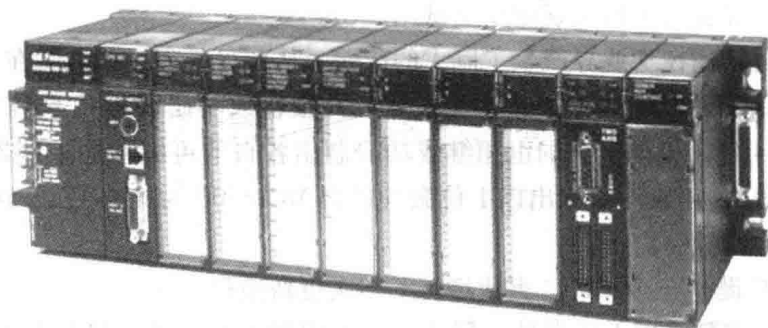


图 1-4 大型模块式 PLC 外形

5. PLC 的分类

PLC 的种类有很多,在功能、内存容量、控制规模、外形等方面差异较大。因此,PLC 的分类标准也不统一,但仍可以按其 I/O 点数、结构形式、实现功能进行大致的分类。

1) 按 I/O 点数分类

I/O 点数是指可编程序控制器外部的输入/输出端子的总数,这是可编程序控制器最重要的一项指标。PLC 按 I/O 点数分类大致可分为:小型机(小于 256 点)、中型机(257 ~ 2 048 点)、大型机(超过 2 048 点)。

2) 按结构形式分类

PLC 按结构形式可以分为整体式和分散式。整体式 PLC 具有结构紧凑、体积小、价格低等优点,但扩充灵活性较差。分散式 PLC 在硬件上具有较高的灵活性,其模块可以像积木一样进行组合,构成不同控制规模和功能的 PLC。因此,分散式 PLC 又被称为积木式 PLC。

6. 常见的 PLC 产品

目前,生产 PLC 的厂家较多,但配套生产大、中、小、微型 PLC 的厂家不多,较有影响并在中国市场占有较大份额的品牌如下:

1) 国外品牌

(1) 德国西门子公司的 S5 系列和 S7 系列产品。

S5 可编程序控制器系列的 S5-95U、S5-100U、S5-110A/S、S5-115U、S5-130/150U、S5-135/155U、S5-135U 和 S5-155U 为大型机,控制点数可超过 6 000 点,模拟量可超过 300 路。不过,目前 S5 系列已经停产。S7 系列的 S7-200(小型)、S7-300(中型)及 S7-400 机(大型)性能比 S5 大为提高,也得到广泛应用。

(2) 日本三菱公司的 FX 系列产品。

日本三菱公司的 PLC 在我国也得到广泛的应用,尤其是微、小型的 FX 系列产品,其子系列丰富,如 FX_{1S}系列、FX_{1N}系列、FX_{2N}系列、FX_{1NC}系列和 FX_{2NC}系列。三菱公司的较新产品有 FX_{3U}系列、FX_{3UC}系列、Q 系列、A 系列和 QnA 系列,其中,Q 系列、A 系列和 QnA 系列为中、大型机。

此外,还有日本欧姆龙公司的紧凑机型 CPH 系列、CPM1A 系列和 C 系列,日本松下公司的小型机 FP 系列,美国 AB 公司的 1760 系列,美国 GE 公司的 GE-II 系列等。

2) 国内品牌

我国也有很多厂家和科研院所从事 PLC 的研制和开发，但规模都不大。例如，中科院自动化研究所的 PLC - 0088，北京联想计算机集团公司的 GK - 40，上海机床电器厂的 CKY - 40，华光电子工业有限公司的 SR - 10、SR - 20/21 等。国产 PLC 在可靠性方面已经和国外 PLC 不相上下，且在价格方面有一定的优势，不过在性能方面与国外 PLC 相比还是有一定差距。

本教材主要以日本三菱公司的 FX 系列机型为例进行讲解。

7. PLC 的特点

作为一种新型的控制装置，PLC 与传统的继电器控制系统相比具有响应速度快、控制精度高、可靠性强、控制程序可随工艺改变、易与计算机连接、维修方便、体积和质量小、功耗低等诸多高品质与功能。

PLC 是在按钮开关、限位开关和其他传感器等发出的监控输入信号作用下进行工作的。输入信号作用于用户程序便产生输出信号，而这些输出信号可以直接控制外部的执行部件，如电动机、接触器、电磁阀、指示灯等。图 1 - 5 所示为 PLC 控制常用 I/O 器件。

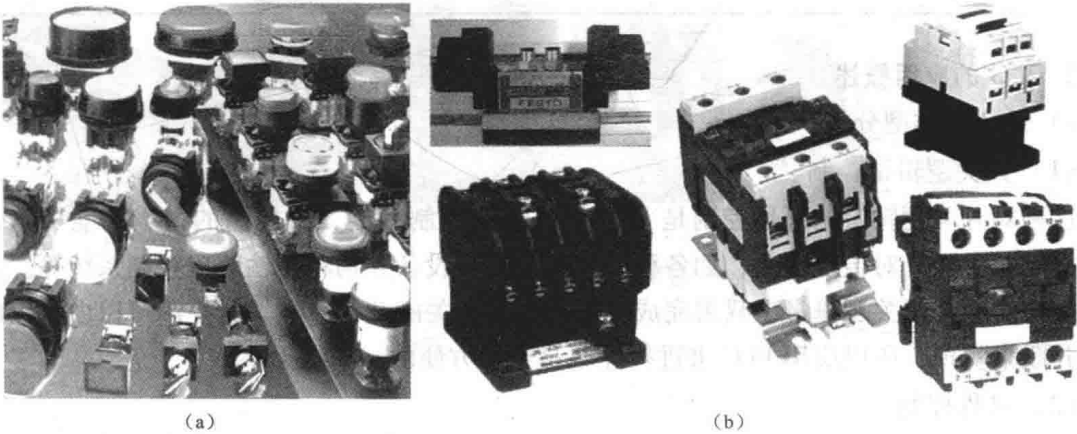


图 1 - 5 PLC 控制常用 I/O 器件
(a) 按钮、开关外形；(b) 接触器、电磁阀外形

PLC 和计算机虽然都具有中央处理器、存储器、输入/输出设备，且都可以连接 CRT、打印机，都依靠软件运行，但在许多方面仍存在较大差异。表 1 - 1 所示为 PLC 与计算机的比较。

表 1 - 1 PLC 与计算机的比较

比较项目	PLC	计算机
工作目的	用于机械及过程自动化	科学计算、数据管理、工业控制
工作环境	工业现场	计算机房、办公室、实验室等
工作方式	循环扫描方式	中断处理方式
表现形态	编程器和执行主机共两套计算机	没有专门的编程器

续表

比较项目	PLC	计算机
输入设备	控制开关、传感器、触点状态编程器、通信接口、其他计算机等	键盘、磁带机、磁盘机、卡片机、通信接口等
输出设备	电磁开关、电动机、电磁阀、电磁继电器、报警显示器、灯、加热器等，也可以连接 CRT、打印机	CRT、打印机、穿孔机、磁带机、磁盘机
特殊措施	抗干扰措施、各种动态检测、停电保护、监控功能、更换 I/O 模块不会影响主机工作、易维护的结构等	断电保护等一般措施
使用的软件	一般使用梯形图符号语言、操作系统等	汇编、BASIC、FORTRAN、PASCAL、C 语言等通用语言
对操作人员的要求	一般不需要学习专门语言、操作系统等	软件工作者、计算机工作者或有一定计算机基础的工程技术人员

8. PLC 的应用概述

1) 从应用类型分类

(1) 开关逻辑量控制。

这种对开关逻辑量的开环控制是 PLC 最基本的控制功能，所控制的逻辑功能可以是各种各样的，主要针对传统工业，如各种自动加工机械设备、物料传输装置控制系统等。其特点是被控对象是开关逻辑量，只需完成接通、断开开关的动作。逻辑量控制可以由触点的串联和并联来实现，所以应用 PLC 来进行控制是十分方便的。

(2) 过程控制。

工业控制系统的工作过程中，需要大量使用 PID 调节器，以便准确、可靠地完成各种工业控制要求的动作。现代大型 PLC 都配有 PID 子程序（制成软件，供用户调用）或 PID 智能模块，从而实现单回路、多回路的调节控制。例如，PID 调节控制应用于锅炉、冷冻、反应堆、水处理、酿酒等。

PLC 还应用于闭环的位置控制和速度控制，如连轧机的位置控制、自动电焊机控制等。

(3) 机器人控制。

由 PLC 控制的 3~6 轴机器人可以自动实施各种机械动作。

(4) 组成多级控制系统。

多级控制系统可以配合计算机等其他设备，实现工厂自动化网络。在这个系统中，多级控制系统充分利用 PLC 的通信接口和专用网络通信模块，使各自动化设备之间实现快速通信。

2) 从应用领域分类

现在，PLC 已经不仅被应用于工厂，而且被广泛应用到产业界的各个领域，如机械、食

品、造纸、运输、水处理、高层建筑、公共设施、农业和娱乐业等。图 1-6 列出了 PLC 的典型应用领域。

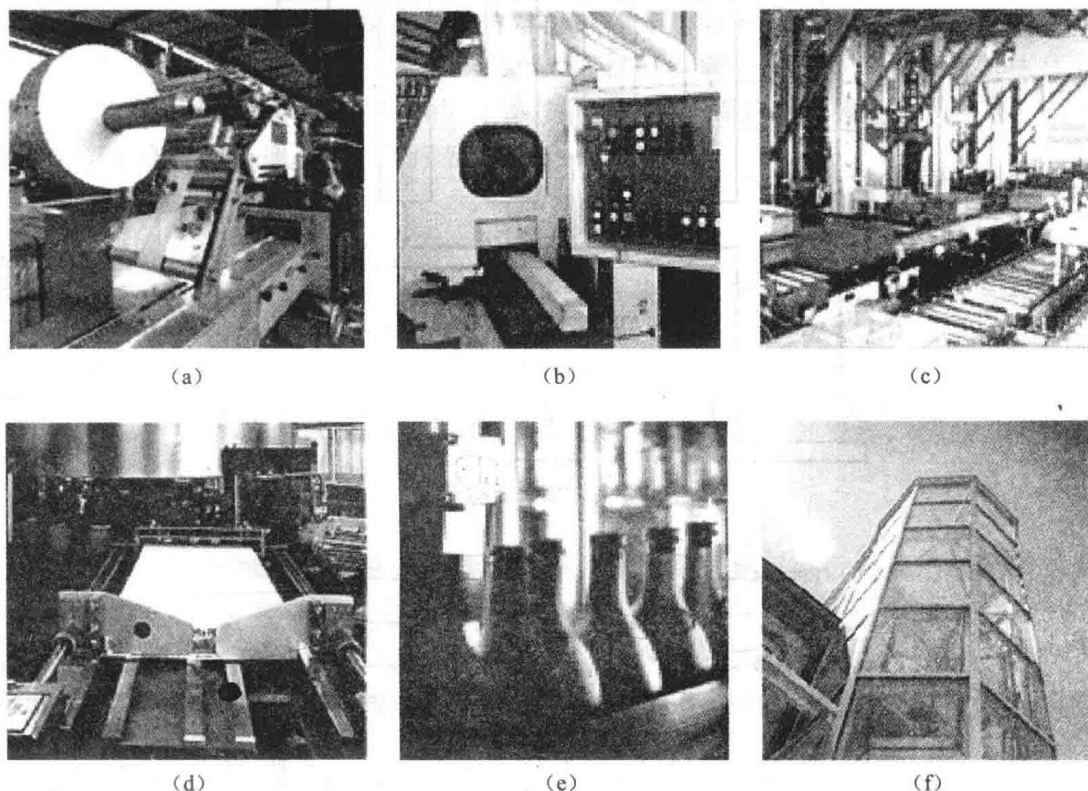


图 1-6 PLC 的典型应用领域

(a) 传送带生产线控制；(b) 木材加工；(c) 印刷机械；
(d) 纺织机械；(e) 灌装及包装机械；(f) 电梯控制

9. PLC 结构与组成

整体式 PLC 是将中央处理单元 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、电源、通信接口等组成一体，构成主机。另外，还有独立的 I/O 扩展单元与主机配合使用。在主机中，CPU 是 PLC 的核心，I/O 扩展单元是连接 CPU 与现场设备之间的接口电路，通信接口用于 PLC 与编程器和上位机等外部设备的连接。

分散式 PLC 是将 CPU、输入单元、输出单元、智能 I/O 单元、通信单元等分别做成相应的模块，再将各模块插在底板上，模块之间通过底板上的总线相互联系。装有 CPU 单元的底板称为 CPU 底板，其他底板称为扩展底板。CPU 底板与扩展底板之间通过电缆连接，距离一般不超过 10 m。

图 1-7 所示为 PLC 结构示意图，图 1-8 所示为 PLC 逻辑结构示意图，图 1-9 所示为分散式 PLC 逻辑结构示意图。

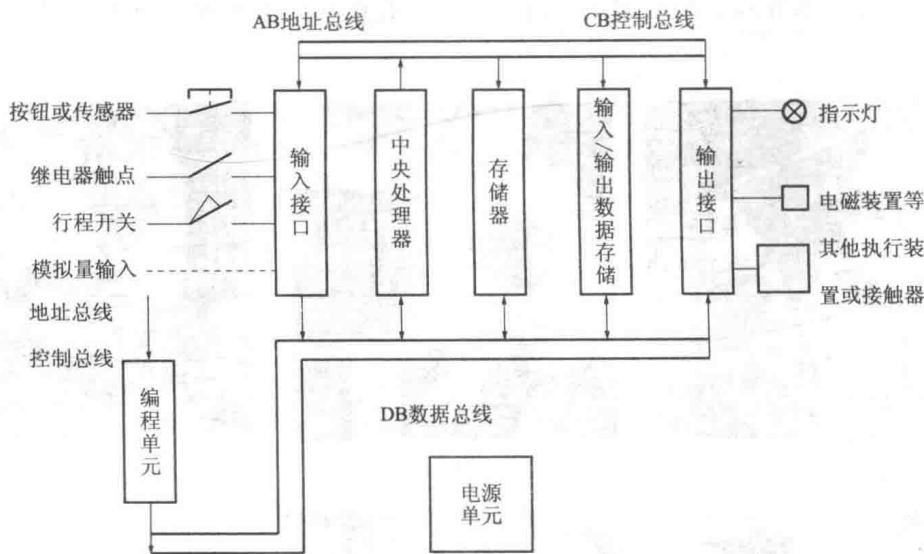


图 1-7 PLC 结构示意图

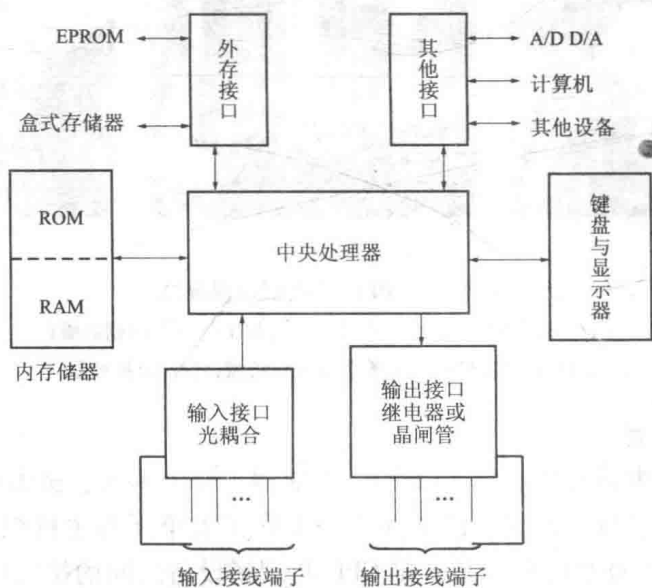


图 1-8 PLC 逻辑结构示意图

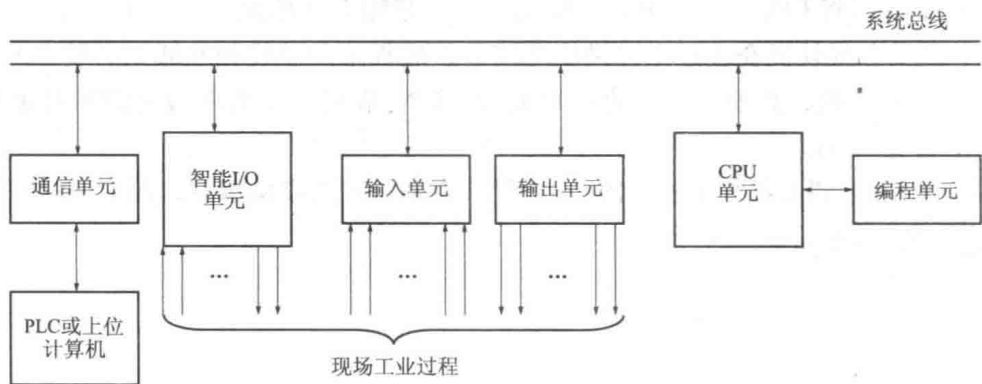


图 1-9 分散式 PLC 逻辑结构示意图