

石油高职高专规划教材

可编程控制器原理及应用

李宝对 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高职高专规划教材

可编程控制器原理及应用

李宝对 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以美国罗克韦尔自动化公司下属 AB 公司的产品为例, 主要介绍 SLC 500 和 ControlLogix 5000 两个系列, 对可编程控制器的基本概念、组成及工作原理、编程、网络系统、应用软件及其在油气储运中的应用进行了详细讲解。

本书可作为高职高专石油储运、燃气输配、仪表、自动化等专业的教材, 也可从事可编程控制器技术工作的工程人员提供相关方面的参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理及应用/李宝对主编.

北京: 石油工业出版社, 2008. 8

石油高职高专规划教材

ISBN 978-7-5021-6696-0

I. 可…

II. 李…

III. 可编程序控制器-高等学校: 技术学校-教材

IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 109764 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523612 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 中国石油报社印刷厂

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 14

字数: 355 千字

定价: 21.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

可编程控制器（简称 PLC）作为一种以微电脑技术为核心的通用自动化控制装置，具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展等优点，被广泛应用于能源、化工、交通、冶金、机械制造等各种行业。随着石油天然气长输管道的迅猛发展，PLC 作为核心控制设备，正在发挥越来越大的作用。为满足对掌握 PLC 技术人才日益紧迫的需求，为适应石油高职高专院校学生培养教学计划，我们组织编写了《可编程控制器原理及应用》教材。本教材适用于高职高专石油储运、燃气输配、仪表、自动化等专业的教学。

PLC 产品的生产厂家众多，为适应石油高职高专院校培养计划，本书主要选用美国罗克韦尔自动化公司（Rockwell Automation）下属艾伦—布拉德利公司（Allen-Bradley，简称 AB 公司）的 PLC 产品。不仅是因为 AB 公司的 PLC 产品在技术上、规模上、市场占有率上都处于领先地位，更主要是因为 AB 公司的 PLC 产品在中国石油天然气储运项目中占有 90% 以上的市场份额。

本书共分为八章，以 AB 公司的 PLC 主导产品——SLC 500 和 Control-Logix 5000 为例，主要介绍可编程控制器的基本概念、组成及工作原理、编程、网络系统、应用软件及其在油气储运中的应用。本书建议学时 60 学时，其中实践环节 24 学时。

本书由河北石油职业技术学院李宝对主编，中油龙慧自动化公司系统部侯旭主审。具体分工如下：第一章由张思俊和尹明编写，第二章由李宝对和张伟编写，第三章由冯彬和张智编写，第四章由张智和王晖编写，第五章由尹明和刘彦儒编写，第六章由张智和冯彬编写，第七章由尹明和杨文川编写，第八章由杨文川和李宝对编写，实验部分由张伟、张智和尹明编写。

由于编者水平有限，书中有不妥和疏漏之处，恳切希望读者批评指正。

编 者
2008 年 1 月

目 录

第一章 可编程控制器概述	1
第一节 可编程控制器的产生与定义.....	1
第二节 可编程控制器的特点、分类及在工业控制中的应用.....	2
第三节 可编程控制器的国内外状况及发展趋势.....	6
第二章 可编程控制器系统的组成及工作原理	9
第一节 可编程控制器系统的组成.....	9
第二节 SLC 500 系列可编程控制器	25
第三节 ControlLogix 系列可编程控制器	43
第四节 MicroLogix 系列可编程控制器	64
第三章 可编程控制器的编程	67
第一节 可编程控制器的编程方式	67
第二节 可编程控制器的内存组织	71
第三节 可编程控制器的指令系统	75
第四章 可编程控制器的网络系统	102
第一节 概述	102
第二节 以太网网络	105
第三节 控制网网络	109
第四节 设备网网络.....	125
第五节 其他网络.....	130
第五章 RSLogix 编程软件	131
第一节 RSLogix 500 软件的集成开发环境	131
第二节 RSLogix 5000 软件的集成开发环境	140
第六章 RSLinx 软件的应用	149
第一节 RSLinx 软件版本介绍	149
第二节 RSLinx 软件的界面元件组成及主要功能	151
第三节 RSLinx 软件的应用	154
第七章 RSView32 软件应用	156
第一节 RSView32 软件的集成开发环境	156
第二节 RSView32 软件的应用	158
第三节 通过设置使 RSView32 作为 DDE/OPC 服务器	187

第八章 可编程控制器在油气储运工程中的应用实例	188
第一节 可编程控制器系统设计	188
第二节 油库自动化消防系统	192
第三节 长输管道 SCADA 系统应用概况	197
第四节 可编程控制器安装和维护注意事项	201
实验	204
实验一 用 RSLinx 创建通信路径	204
实验二 在 ControlNet 网络中添加变频器	206
实验三 应用 RSLogix 500 软件创建工程	208
实验四 程序的编辑、保存和下载	211
实验五 RSVIEW 32 软件的认识和简单应用	212
实验六 RSVIEW 32 软件常用基本功能的应用	214
参考文献	217

第一章 可编程控制器概述

可编程控制器 (Programmable Controller) 是计算机家族中的一员, 是为工业控制应用而设计制造的。

可编程控制器最初叫做可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。经过十几年的发展, 可编程逻辑控制器已不仅能实现继电器控制所具有的逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能, 同时还具有了执行算术运算、对模拟量进行控制等功能。美国电气制造商协会经过 4 年的调查, 于 1980 年将可编程逻辑控制器正式命名为可编程控制器 (Programmable Controller, PC)。后来由于 PC 这个名称常常被用来称呼个人电脑 (Personal Computer), 为了区别, 现在仍然将可编程控制器称为 PLC。

第一节 可编程控制器的产生与定义

在可编程控制器出现以前, 在工业电气控制领域中, 继电器控制占主导地位。由于它结构简单、操作方便、价格便宜、能在一定范围内满足自动控制的需要, 因而应用广泛。随着生产的发展, 控制要求越来越复杂, 继电器的类型和数量不得不大量增加, 电器之间的连接也变得非常复杂。而且电器控制系统存在体积大、可靠性低、查找和排除故障困难等缺点, 特别是其接线复杂、不易更改、对生产工艺变化的适应性差, 因此继电器控制系统的通用性和灵活性都远远不能够满足现代生产的需求, 人们对控制系统提出了更可靠、更经济、更通用、更灵活、易维修等要求。

20 世纪 60 年代开始, 各种控制装置相继被开发出来, 例如半导体逻辑元件控制装置。半导体逻辑元件是一种由半导体电子器件 (各种晶体管、电阻、电容和可控硅整流元件等) 组成的自动化元件, 其种类很多, 例如各种逻辑门 (与、或、非)、触发器、延时元件、振荡器、电子检测器、开关放大器、接近开关等。用这些元件, 可按某种控制需要构成相应的无触点逻辑控制系统及控制装置, 也可用它们组成通用的顺序控制装置。后来, 由于小型计算机的出现和大规模生产以及多机群控技术的发展, 有人试图用小型计算机来实现工业控制的要求, 但由于价格昂贵、输入/输出电路不匹配以及编程技术复杂等原因而未得到推广应用。

1968 年, 美国最大的汽车制造厂家——通用汽车公司 (GM) 提出了研制可编程控制器的基本设想, 即:

- (1) 能用于工业现场;
- (2) 能改变其控制“逻辑”, 而不需要变动其组成元件和修改内部接线;
- (3) 出现故障时易于诊断和维修。

通用汽车公司设想的可编程控制器在保留了继电器控制系统结构简单、操作方便、价格便宜等优点的基础上, 同时具有现代化生产线所要求的时间响应快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺改变、易于与计算机连接、维修方便等诸多高品质与功能。这一设想提出后, 美国数字设备公司 (DEC) 于 1969 年研制出了基于集成电路和电子技

术的控制装置，首次把程序化的手段应用于电气控制，这就是第一台 PLC，型号为 PDP-14，并在通用汽车公司的自动装配线上试用，取得了很好的效果。从此，PLC 技术迅速发展起来。

早期 PLC 具有模块化、可扩充、可重编程及适用于工业环境的特性。这些控制器易于安装、占用空间小、可重复使用。尽管其编程有些琐碎，但它具有公共的工厂标准——梯形图编程语言，这样使得不熟悉计算机的人也能方便地使用它。

随着微电子技术和计算机技术的发展，20 世纪 70 年代中期，微处理器技术应用到 PLC 中，使可编程控制技术得到了跨越式发展。此时的 PLC 不仅具有逻辑控制功能，还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。在这个时期，日本、德意志联邦共和国和法国相继研制出自己的 PLC，我国在 1974 年也开始研制，研制成功后于 1977 年开始应用。

20 世纪 70 年代末，由于超大规模集成电路的出现，使 PLC 向大规模、高速性能方向发展，形成了多种系列化产品。在功能上，此时的 PLC 已可以代替某些模拟控制装置和 DDC 系统。

20 世纪 80 年代以后，PLC 的软、硬件功能进一步得到加强，PLC 已发展成为一种可提供诸多功能的成熟的控制系统，能与其他设备通信，生成报表，调度产出，可诊断自身故障及机器故障。这些改进使 PLC 满足了今天对高质量、高产出的要求。尽管 PLC 功能越来越强，但它仍然保留了先前的简单与易于使用的特点。

可编程控制器一直在发展中，所以至今尚未对其下最后的定义。国际电工委员会 (IEC) 先后于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了可编程控制器标准草案的第一、第二和第三稿。在第三稿中，对 PLC 作了如下定义：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；它采用了可编程的存储器，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，并通过数字的或模拟的输入和输出，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。

第二节 可编程控制器的特点、分类 及在工业控制中的应用

一、可编程控制器的特点

PLC 本质上是一种具有特殊体系结构的工业计算机，但它具有比一般计算机更强的与工业过程相连的接口和更适用于控制要求的编程语言。由于 PLC 特有的接口器件及监控软件，使其外形不像计算机，其编程语言和工作原理与一般计算机也有差别。

总而言之，为适应工业环境，与一般控制装置相比较，可编程控制器的特点表现为以下几个方面：

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。

可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一。微机系统虽然具有很强的功能，但其抗干扰能力较差，工业现场的电磁干扰、电源波动、机械振动、温度和湿度的变化，都有可能使微机系统不能正常工作。而 PLC 是专为在恶劣工业环境下应用而设计的，在其设

计和制造过程中采用了多层次的抗干扰措施，并精选元器件，使其可在恶劣的环境下工作。PLC 的出厂试验项目中，有一项就是抗干扰试验，要求其能承受幅值为 1000V，上升时间为 1ns，脉冲宽度为 $1\mu\text{s}$ 的干扰脉冲。一般 PLC 的平均故障间隔时间可达几十万至上千万小时。另外，虽然继电器控制系统具有良好的抗干扰能力，但由于使用了大量的机械触点，连线复杂，各触点在吸合及断开时容易受电弧的损害，寿命较短。而 PLC 采用了微电子技术，大量的开关动作可由无触点的电子电路来完成，许多中间继电器及繁杂的连线可用程序来实现，因此寿命长，可靠性大大提高。

(2) 编程简单、使用方便。

PLC 是面向用户的设备，因此大部分 PLC 都充分考虑了现场工程人员的技能与习惯，尽量采用简单易行的编程语言，例如采用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图类似，这种编程语言形象直观、容易掌握，不需要专门的计算机知识和语言，具有一定的电工和工艺知识的人员都可在短时间内学会，因而是目前 PLC 中最常用的一种编程语言。

许多 PLC 还针对具体问题，设计了各种专用编程指令及编程方法，进一步简化了编程。

(3) 功能完善、通用性强。

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能，而且还具有 A/D 转换和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、通信联网等许多功能。同时，由于 PLC 产品的系列化、模块化，有品种齐全的硬件装置供用户选用，因此可以组成满足各种要求的控制系统。

(4) 体积小、重量轻、便于安装。

由于 PLC 采用集成电路，使其结构紧凑、体积小、重量轻、便于安装。以三菱公司的 F1-40M 型 PLC 为例，其外型尺寸仅为 $305\text{mm} \times 110\text{mm} \times 110\text{mm}$ ，重量为 2.3kg，功耗小于 $25\text{V} \cdot \text{A}$ ，而且具有很好的抗振能力和适应环境温度、湿度变化的能力。

(5) 设计安装简单、维护方便。

由于 PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件，控制柜的设计、安装、接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试，缩短了应用设计和调试周期。在维修方面，由于 PLC 的故障率极低，因此维修工作量很小；而且 PLC 具有很强的自诊断功能，如果出现故障，可根据 PLC 上指示或编程器上提供的故障信息，迅速查明原因，故维修极为方便。

除了以上所述特点外，现在的 PLC 还具有强大的网络功能，可以通过各种通信接口将数据直接传送给上位机，以实现上位机的数据采集和监控。例如，美国罗克韦尔自动化公司下属 AB 公司的 PLC 产品可以组成诸如以太网 (EtherNet)、控制网 (ControlNet)、设备网 (DeviceNet) 以及传统的 DH+、DH-485、远程 I/O (Remote I/O) 等网络，大大加强了 PLC 的控制功能。正因为 PLC 具有如此丰富的功能，因此 PLC 控制系统在工业企业中的应用越来越广泛。

二、可编程控制器的分类

PLC 产品种类繁多，其规格和性能也各不相同。通常根据 PLC 结构形式的不同、I/O 点数的多少和功能的差异等对其进行分类。

（一）根据结构形式分类

PLC 按结构形式不同可分为整体式和机架模块式两种。

（1）整体式 PLC 是将中央处理器、电源部件、输入/输出部件集中配置在一起，具有结构紧凑、体积小、重量轻和价格低的特点，小型 PLC 常采用这种结构。

（2）机架模块式 PLC 是将各部分单独的模块分开，如中央处理器模块、电源模块、输入/输出模块等。使用时可将这些模块分别插入机架底板的插槽内，配置灵活、方便，便于扩展。可根据实际生产需要配置各种不同的模块，构成不同的控制系统，一般大中型 PLC 采用机架模块式结构。

（二）根据 I/O 点数分类

PLC 根据 I/O 点数、存储容量的不同可分为小型、中型和大型三类。

（1）小型 PLC 的 I/O 点数在 128 点以下，用户程序存储器容量在 2kB 以下，具有逻辑运算、定时、计数等功能，适合开关量的场合，可用于实现条件控制、定时控制、计数控制以及顺序控制等。也有些小型 PLC 增加了模拟量处理、算术运算功能，使其应用面更广。

（2）中型 PLC 的 I/O 点数为 128~512 点，用户程序存储器容量为 2~8kB 具有逻辑运算、算术运算、数据传送、数据通信、模拟量输入/输出等功能，可完成既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制。

（3）大型 PLC 的 I/O 点数在 512 点以上，用户程序存储器容量达到 8kB 或 8kB 以上，具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印等功能，能进行中断控制、智能控制、远程控制等。在用于大规模过程控制时，可构成分布式网络控制系统或整个工厂的自动化网络控制系统。

（三）根据功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同，可将其分为低档、中档、高档三类。

（1）低档 PLC 基本功能有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断以及监控等，还可有少量模拟量输入/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 除具有低档 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，有些还可增设中断控制、PID 控制等功能，适用于复杂控制系统。

（3）高档 PLC 除具有中档 PLC 的功能外，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、制表及表格传送等功能。高档 PLC 具有更强的通信联网功能，可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统，实现工厂自动化。

三、可编程控制器在工业控制中的应用

由于可编程控制器具有可靠、灵活、功能齐全等优点，广泛应用于冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、轻工、环保及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性价比的不断提高，其应用领域不断扩大。

(一) PLC 的主要应用领域及典型应用

以下列出的是已应用 PLC 的一些主要领域及一些典型应用。

- (1) 石油天然气工业：长输管道自动化控制与管理。
- (2) 电力工业：煤处理系统控制、锅炉燃烧控制、灰渣和飞灰处理系统控制、烟道控制等。
- (3) 机械及制造工业：数控机床控制、车床控制、焊接控制、电镀控制、自动装卸控制、物料传送控制、自动仓库控制、金属铸造控制、热处理控制、输送带控制等。
- (4) 汽车制造工业：移送机械控制、自动焊接控制、装配生产线控制、铸造控制、喷漆流水线控制等。
- (5) 造纸工业：纸浆搅拌控制、抄纸机控制、卷取机控制等。
- (6) 钢铁工业：轧钢机转机控制、加热炉控制、高炉上料控制、配料控制、钢板卷取控制、料场进出料自动分配控制、包装和搬运控制、翻砂造型控制等。
- (7) 食品工业：发酵罐过程控制、配比控制、净洗控制、包装机控制、搅拌机控制。
- (8) 轻工业：玻璃瓶厂炉子配料及自动制瓶控制、注塑机程控控制、搪瓷喷花控制等。
- (9) 化学工业：化学反应槽批量控制、化学水净化处理控制、自动配料控制、化工流程控制。
- (10) 公用事业：大楼电梯控制、大楼防灾机械控制、剧场舞台灯光配光控制、隧道排气控制、新闻转播控制。

(二) PLC 的应用类型

从应用类型看，PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面。

1. 开关量逻辑控制

利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现开关量逻辑控制，可以取代传统的继电器控制，用于单机控制、多机群控制、自动生产线控制等。例如，机床、印刷机械、装配生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是 PLC 最基本的应用，也是 PLC 最广泛的应用领域。

2. 生产监控

PLC 有较强的监控功能，它能记忆某些异常情况，或在发生异常情况时自动中止运行。在控制系统中，操作人员通过监控命令可以监视有关部分的运行状态，可以调整计时、计数等设定值，为调试和维护提供方便。PLC 还可以连接打印机，对程序和数据进行硬复制。

3. 模拟量控制

在工业生产过程当中，模拟量（如温度、压力、液位、流量等）的大小是连续变化的并且经常要对这些模拟量进行监控。为了用可编程控制器处理模拟量，必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产了配套的 A/D 转换和 D/A 转换模块，使可编程控制器可用于模拟量控制。

用 PLC 进行模拟量控制的好处是，在进行模拟量控制的同时，也可控制开关量。这个优点是继电器控制所不具备的，或继电器控制的实现不如 PLC 方便。

4. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。大、中型 PLC 都具有多路模拟量输入/输出模块和 PID 控制功能，有的小型 PLC 也具有模拟量输入/输出功能，因此 PLC 可实现模拟量控制，而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制，用于过程控制。过程控制在石化、冶金、热处理、锅炉控制等场合有着非常广泛的应用。

5. 组成大型控制网络

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信，PLC 与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式网络控制系统，满足自动化系统发展的需要。

联网、通信正适应了当今计算机集成制造系统（CIMS）及智能化工厂发展的需要。它可使工业控制从点（Point）到线（Line）再到面（Aero），使设备级的控制、生产线的控制、管理层的控制连成一个整体，进而可创造更高的效益。

第三节 可编程控制器的国内外状况及发展趋势

自从第一台 PLC 问世以来，可编程控制器经过 40 多年的发展，在美国、德国、日本等工业发达国家已成为重要的产业之一。目前，世界上有 200 多个厂家生产 PLC，较有名的有：美国的 AB、通用电气和莫迪康公司；日本的三菱、富士、欧姆龙和松下电工公司；德国的西门子公司；法国的施耐德公司；韩国的三星和 LG 公司等。

我国的 PLC 研制、生产和应用也发展很快，尤其在应用方面更为突出。20 世纪 70 年代末和 80 年代初，我国从国外引进了不少成套设备、专用设备的 PLC。此后，在传统设备改造和新设备设计中，PLC 的应用逐年增多，并取得了显著的经济效益。PLC 在我国的应用越来越广泛，对提高我国工业自动化水平起到了巨大的作用。但总的来看，由于国内基础设施、工艺水平相对落后，所生产的 PLC 的性能、可靠性还不能与国外产品相提并论，因此目前国内使用的 PLC 大都还是国外引进产品，例如西气东输天然气管道工程中大量应用的是 MODICON PLC 产品。

从近年的统计数据看，在世界范围内 PLC 产品的产量、销量、用量高居工业控制装置榜首，而且市场需求量一直以每年 15% 的比率上升。PLC 已成为工业自动化控制领域中占主导地位的通用工业控制装置。

从未来的发展来看，PLC 的技术发展趋势如下：

(1) 向高速率、大容量方向发展。

为了提高 PLC 的处理能力，要求 PLC 具有更好的响应速率和更大的存储容量。目前，有的 PLC 的扫描速率可达 0.1ms/k 步左右。PLC 的扫描速率已成为一个很重要的性能指标。

在存储容量方面，有的 PLC 最高可达几十兆字节。为了扩大存储容量，有的公司已使用了磁盘存储器。

(2) 向超大型、超小型两个方向发展。

当前中小型 PLC 比较多，为了适应市场的多种需要，今后 PLC 要向多品种方向发展，

特别是向超大型和超小型两个方向发展。现已有 I/O 点数达 14336 点的超大型 PLC，其使用 32 位微处理器，多 CPU 并行工作和大容量存储器，功能十分强大。

小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展，使配置更加灵活。为了满足市场需要，已开发了各种简易、经济的超小型微型 PLC，最小配置的 I/O 点数为 8~16 点，以适应单机及小型自动控制的需要，如三菱公司 α 系列 PLC。

(3) 大力开发智能模块，加强联网通信能力。

为满足各种自动化控制系统的要求，近年来陆续开发出各种功能模块，如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些带 CPU 和存储器的智能 I/O 模块，既扩展了 PLC 的功能，又使用灵活方便，扩大了 PLC 的应用范围。

加强 PLC 联网通信的能力，是 PLC 技术进步的潮流。PLC 的联网通信有两类：一类是 PLC 之间的联网通信，各 PLC 生产厂家都有自己的专有联网手段；另一类是 PLC 与计算机之间的联网通信，一般 PLC 都有专用通信模块与计算机通信。为了加强联网通信能力，PLC 生产厂家之间也在协商制订通用的通信标准，以构成更大的网络系统。PLC 已成为集散控制系统 (DCS) 不可缺少的重要组成部分。

(4) 外部故障的检测与处理能力不断增强。

统计资料表明，在 PLC 控制系统的故障中，CPU 占 5%，I/O 接口占 15%，输入设备占 45%，输出设备占 30%，线路占 5%。前两项共 20% 的故障属于 PLC 的内部故障，它可通过 PLC 本身的软、硬件实现检测与处理；而其余 80% 的故障属于 PLC 的外部故障。因此，PLC 生产厂家都致力于研制、发展用于检测外部故障的专用智能模块，从而进一步提高系统的可靠性。

(5) 编程语言多样化。

在 PLC 系统结构不断发展的同时，PLC 的编程语言也越来越丰富，功能也不断增强。除了大多数 PLC 使用的梯形图语言外，为了适应各种控制要求，出现了面向顺序控制的步进编程语言、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言等。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种趋势。

另外，PLC 的发展趋势还有可编程控制器通信的易用化和“傻瓜化”，可编程控制器的软件化与 PC 化，组态软件引发的七位计算机编程革命，可编程控制器与现场总线相结合等。

美国是 PLC 生产大国，有 100 多家 PLC 厂商，其中 AB 公司是美国最大的 PLC 制造商，其产品约占美国 PLC 市场的一半。AB 公司隶属于美国罗克韦尔自动化公司 (Rockwell Automation)，是全球最早生产 PLC 的厂家之一，也是全球 PLC 技术最为先进的厂家之一，它与德国的西门子、日本的三菱、美国的通用电气等多家公司一起促进了 PLC 技术的发展。AB 公司自从 20 世纪 70 年代开始生产可编程控制器以来，经过几十年的发展，形成了很大的生产规模。据统计，其 PLC 在北美的市场占有率达 67% 以上，而且在其他地区的占有率也在日益增长。AB 公司的 PLC 产品与其他公司相比，除了性能好、可靠性高等特点之外，在通信网络、编程软件等方面还具有独特的优势：

(1) AB 公司的世界级自动化系统给用户提供了一个开放性的网络。这是一个完整的开放性网络，它包括三个网络层。在设备层，采用设备网 (DeviceNet) 将底层的设备直接连到车间控制器上，这种连接无需通过 I/O 模块。世界上 150 家以上厂家提供的产品都与该设备网兼容。在控制层，采用控制网 (ControlNet) 网络，它满足了连接 PLC 处理器、I/O

计算机、操作员界面以及其他智能设备所需的实时、高信息吞吐量应用的要求。控制网网络组合了 I/O 网络和对等网络的功能，同时也提供了这两个网络的高速性能。一方面，利用控制网 5MB/s 的传输速率，可以重复传输诸如 I/O 数据刷新和处理器信息互锁的关键数据；另一方面，它也支持非实时关键数据的传输，例如程序上载、下载和报文等。因此，控制网网络能很好地满足工业应用方面的需求，如自动传输线、油漆车间、供水和废水处理等。在信息层，采用了以太网（EtherNet），它支持 TCP/IP 通信协议，通过以太网可以访问车间级的数据，从而将控制系统与信息管理系统集成起来。另外，AB 公司还有传统意义上的远程 I/O 网络（Remote I/O）、增强型数据高速公路（DH+）、DH-485 等通信网络。通过这些网络，就可以构成一个开放性的自动化网络。

(2) AB 公司提供了功能强大的可编程控制器系列。AB 公司的可编程控制器产品很多，从其容量的角度（即 I/O 点数），可从大到小分为 ControlLogix、SLC 500 以及 MicroLogix 等系列，而每一系列又可以按 I/O 点数、通信类型、功能的不同分成很多类型，以满足不同的工业控制要求。

(3) AB 公司提供了品种齐全的 I/O 模块。AB 公司的 I/O 模块产品非常丰富，可以满足不同系统的需求，如离散量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块、特殊 I/O 模块等。

(4) AB 公司的 PLC 产品提供了功能强大的编程、仿真、通信、监控等软件及一些特殊应用的特殊软件，这些软件使用方便、功能强大，并大都运行在 Windows2000 或 WindowsNT 平台之下，与微软公司的应用软件完全兼容，因而直观、易学、方便。

(5) AB 公司还提供了操作员接口（Operator Interface）、各种电缆及连接器、各种工控机及各种编程器，他们还生产了智能马达控制器、马达控制中心、传动装置（变频器）、机械传动装置及部件、运动控制产品、工控器件（如开关、传感器、继电器、接触器、马达启动器等）、电力监控模块（Power Monitor）等。

AB 公司可以提供 50 万种以上的自动化产品，并提供工业控制和系统解决方案，它在整个自动化领域已处于领先地位。AB 公司的产品自从 20 世纪 80 年代进入中国市场以来，年销售额正以每年 30% 的速率递增，目前已广泛应用于各种领域，在石油化工自动化系统中已占有 90% 以上的市场分额。如 AB 公司的可编程控制器在北京燕山石油化工有限公司 3.5×10^5 t 乙烯联锁控制系统中的应用、ControlLogix 在格拉管线中（格尔木至拉萨成品油输油管道）的应用等。因此，在不久的将来，AB 公司的产品，特别是可编程控制器会越来越被大家所熟悉，也正是这个原因及 AB 公司的先进技术，本书将系统地介绍 AB 公司的 PLC 产品，包括可编程控制器处理器及其 I/O 和 PLC 的编程、PLC 系统的网络系统、PLC 系统的各种编程及监控软件，并将简单介绍 PLC 的系统设计。目的是使大家在了解 AB 公司可编程控制器产品的同时，能够完成系统的配置（包括处理器及 I/O 选型）、程序的策划、程序的编程及运行，最后完成整个自动化系统的设计与运行。

第二章 可编程控制器系统的组成及工作原理

本章将介绍可编程控制器的组成，如 CPU 模块、I/O 模块、编程设备、电源、框架等，使大家能够了解可编程控制器的基本组成及组成部分的主要技术信息。本章以 AB 公司的可编程控制器为例，进行详细讲解，如模块的外形、特点、工作方式、使用方法、接线方法、安装与维护等，其中以 SLC 500 系列可编程控制器和 ControlLogix 系列可编程控制器为重点。本章对可编程控制器工作原理和主要性能指标也进行了相应的讲解。

第一节 可编程控制器系统的组成

一、PLC 控制系统与继电器控制系统

PLC 控制系统是从继电器控制系统发展而来的，其组成也是从继电器控制系统中衍生出来的，两者有相同点也有很大的区别。

(一) 继电器控制系统

继电器控制系统是用导线将各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成的控制系统。这种控制系统由三部分组成，如图 2-1 所示。

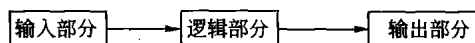


图 2-1 继电器控制系统组成

- (1) 输入部分：由各类按钮、行程开关、接近开关、转换开关等电器构成。
- (2) 逻辑部分：由各种继电器及其触点组成，并且能实现一定逻辑功能的控制线路。
- (3) 输出部分：由各种电磁阀线圈、信号指示灯和接通各种设备的接触器等执行电器构成。

优点：结构简单、容易掌握，价格便宜。

缺点：控制系统体积庞大；系统复杂，查找和排除故障困难，维修非常不便；通用性和灵活性差。

(二) PLC 控制系统

PLC 控制系统也是由输入部分、逻辑部分和输出部分三部分组成。

- (1) 输入部分：采集并保存输入设备的数据和信息，等待逻辑部分取用。
- (2) 逻辑部分：处理输入部分的信息，按照程序执行相应的逻辑功能，并把结果输送到相应的输出部分。

(3) 输出部分：接受逻辑部分的结果并对外部设备发出实际操作信号。

优点：寿命长、可靠性高；非常灵活、扩展性很好；精度高、速率快。

缺点：价格较贵。

(三) PLC 控制系统与继电器控制系统的比较

(1) 相同点。

PLC 控制系统的输入、输出部分和继电器控制系统的输入、输出部分基本相同。

(2) 不同点。

继电器控制系统的逻辑部分是由各种继电器及其触点逻辑部件组成的，而 PLC 控制系统的逻辑部分是由微处理器和存储器组成的。存储器提供了很多“软”的继电器，这些“软”的继电器不但能完成继电器的功能而且它的触点没有数量限制。

PLC 通过编程设备编制控制程序，可以将 PLC 内部各种“软”继电器按照工艺要求进行组合以实现一定的逻辑控制功能。当工艺发生变化时，用户可以通过改变用户程序的方法来改变控制功能，这样从根本上解决了继电器控制电路难以改变的问题。

注意：“软”继电器并不是实际的物理继电器，它实质上是存储器单元的状态。单元状态为“1”，相当于继电器接通；单元状态为“0”，则相当于继电器断开。

(四) PLC 控制系统的等效电路

下边把简单的电路（图 2-2）与 PLC（图 2-3）程序进行比较，大家可以看出来，虽然两者的逻辑部分不同，但是两者可以实现同一目的。

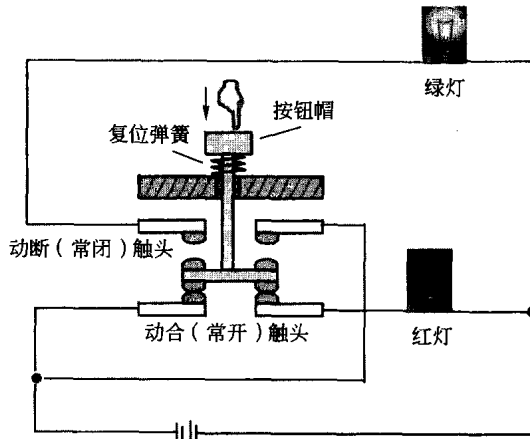


图 2-2 简单电路

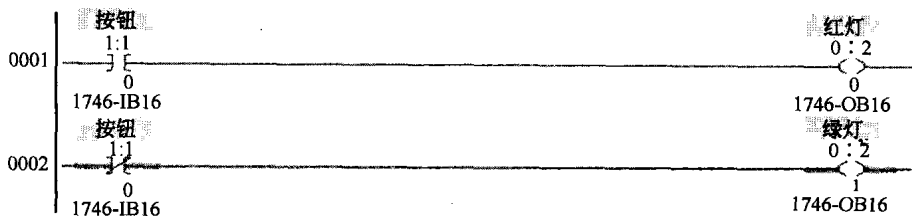


图 2-3 等效的 PLC 程序

二、PLC 控制系统的组成

可编程控制器实质上是一种工业控制计算机，因为工业控制的环境非常恶劣，所以可编

程控制器的所有部件都必须经过严格的环境试验，并按照一定的工业标准进行测试，以提高其耐温、耐湿和抗干扰能力。可编程控制器采用了面向工业进程的编程语言，使用这些语言不需要很深的计算机知识，适合于工业自动化控制中的工程技术人员使用。

因为现场环境恶劣，为了保证系统的可靠性，厂家对可编程控制器软、硬件采取了以下措施：

(1) 硬件措施。

屏蔽——采用导电、导磁良好的材料对电源、CPU 模块等主要部件进行屏蔽，以防止外界干扰。

滤波——采用多种形式的滤波，以消除或抑制供电系统及输入线路中的高频干扰。

电源调整与保护——对微处理器的电源进行多级滤波和调整，以适应交流电网的波动、过电压和欠电压的影响。

隔离——在微处理器与 I/O 电路之间采用光电隔离措施，有效地实现 I/O 接口与 CPU 之间的电气隔离，如图 2-4 所示；各 I/O 接口之间也彼此隔离，减少了相互干扰。

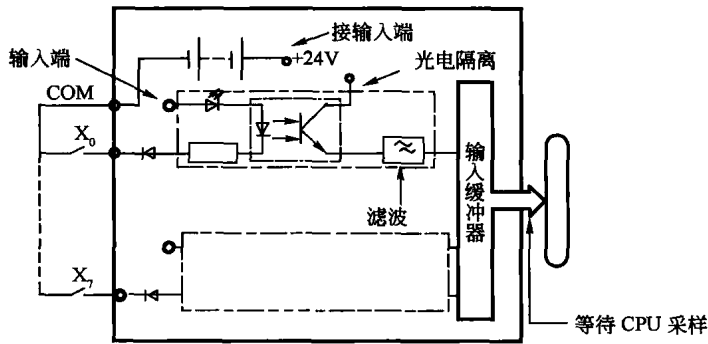


图 2-4 输入模块与 CPU 之间的隔离和滤波

模块式结构——PLC 的模块式结构方便用户维修，一旦查出某一模块出现故障，能迅速更换，使系统恢复正常工作，同时也有助于加快查找故障原因。

(2) 软件措施。

故障检测——软件按照某种规律定期对模块进行检测和诊断，如 CPU 模块的锂电池电压过低、模块中串入强干扰信号、I/O 通信不正常等，以便进行及时的处理。

信息保护与恢复——当发生偶发性故障时，软件进行信息保护。一旦故障消除，恢复正常，原来的程序继续工作。

加强对程序的检查和校验——程序有错时，立即报警，并停止执行。

一个可编程控制器系统基本由 CPU 模块、输入/输出模块、电源模块和框架组成，如图 2-5 所示。

(一) CPU 模块

CPU 模块是编程控制器的核心模块，起到神经中枢的作用。它的性能关系到编程控制器处理控制信号的能力与速率。CPU 模块主要由微处理器和存储器两部分组成。

1. 微处理器

微处理器是编程控制器核心的核心，它的主要功能如下：