

# 第 1 章 可编程序控制器概述

## 1.1 PLC 的产生、发展与用途

### 1.1.1 PLC 的产生

以往的电气控制装置即继电器控制系统主要采用继电器、接触器或电子元器件来实现，由连接导线将这些元器件按照一定的方式组合在一起，以完成一定的控制功能。这种系统结构简单、容易掌握、价格便宜，在一定的范围内能够满足控制要求。但它的电气装置体积大，接线复杂，故障率高，需要经常地、定时地进行检修维护。而且，当生产工艺或对象有所改变时，就需重新进行硬件组合，增减元器件，改变接线，使用起来不灵活。

20 世纪 60 年代初，美国的汽车制造业竞争激烈，产品更新换代的周期越来越短，其生产线必须随之频繁地变更。传统的继电器控制系统很难适应频繁变动的生产线。因此，人们对控制装置提出了更高的要求，即经济、可靠、通用、易变、易修。

1968 年，美国通用汽车（GM）公司为适应生产工艺不断更新的需要，提出一种设想：把计算机的功能完善、通用、灵活等优点与继电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，制成一种通用控制装置。这种通用控制装置把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化并采用面向控制过程、面向对象的语言编程，使不熟悉计算机的人也能方便地使用。美国数字设备公司（DEC）根据这一设想，于 1969 年研制成功了第一台 PDP-14 可编程序控制器。该控制器以计算机为核心，用存储的程序控制代替了原来的接线程序控制。由于其控制功能是通过存储在计算机中的程序来实现的，所以人们常称之为存储程序控制。又因为当时该控制器主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，故称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC）。

这项新技术的成功使用，在工业界产生了巨大影响，发展极为迅速。1971 年，日本研制成功了日本第一台 DCS-8 可编程序控制器。1973—1974 年，德国和法国也研制出了可编程序控制器。我国于 1977 年研制成功了以 MC14500 微处理器为核心的可编程序控制器，并开始工业中应用。

进入 20 世纪 80 年代，随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术和计算机技术的迅猛发展，可编程序控制器逐步形成了各具特色的多种系列产品。系统中不仅使用了

大量的开关量,也使用了模拟量,其功能已经远远超出逻辑控制和顺序控制的应用范围,故称为可编程序控制器(Programmable Controller, PC)。但由于 PC 容易和个人计算机(Personal Computer, PC)混淆,所以人们还沿用 PLC 作为可编程序控制器的英文缩写名字。可编程序控制器一直在发展中,到现在为止,还未能对其下一个明确的定义。

国际电工委员会(IEC)曾于 1982 年 11 月颁发了可编程序控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月又发表了第二稿。1987 年 2 月,在可编程序控制器国际标准草案第三稿中,对可编程序控制器定义如下:可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,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机械或生产过程。可编程序控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

定义强调了可编程序控制器是“数字运算操作的电子系统”,具有“存储器”,具有运算“指令”,可见它是一种计算机,而且是“专为工业环境下应用而设计”的工业计算机。因此,可编程序控制器能直接应用于工业环境,它必须具有很强的抗干扰能力,广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特性。同时它还具有“数字式、模拟式的输入和输出”的能力,“易于与工业控制系统联成一个整体”,易于“扩充”。

### 1.1.2 PLC 的发展趋势

PLC 总的发展趋势是向高集成度、小体积、大容量、高速度、易使用、高性能方向发展。具体表现在以下几个方面。

#### 1. 向小型化、专用化、低成本方向发展

随着微电子技术的发展,新型器件的功能大幅提高、价格大幅降低,小型 PLC 结构更为紧凑,相当于一本精装书的大小,操作使用十分简便。PLC 的功能不断增加,将原来大、中型 PLC 才有的功能部分地移植到小型 PLC 上,如模拟量处理、数据通信和复杂的功能指令等,但价格不断下降,真正成为现代电气控制系统中不可替代的控制装置。

#### 2. 向大容量、高速度方向发展

大型 PLC 采用多微处理器系统,有的采用了 32 位微处理器,可同时进行多任务操作,这样提高了处理速度,特别是增强了过程控制和数据处理的功能。另外,存储容量也大大增加了。

#### 3. 智能型 I/O 模块和现场安装的发展

智能 I/O 模块是以微处理器和存储器为基础的功能部件,它们的 CPU 与 PLC 的主

CPU 并行工作，占用主 CPU 的时间很少，有利于提高 PLC 的扫描速度。另外，为了减少系统配线，减少 I/O 信号在长线传输时带来的干扰，很多 PLC 将 I、O 模块直接安装在控制现场，通过通信电缆或光缆与主 CPU 进行数据通信，使得现场仪表、传感器、执行器和智能 I/O 模块一体化。

#### 4. 编程软件图形化及组态软件与 PLC 的软件化

为了给用户提供一个友好、方便、高效的编程界面，大多数 PLC 公司开发了图形化的编程软件，使用户控制逻辑的表达更加直观、明了，操作也更加方便。组态软件可以方便地进行工业控制流程的实时和动态监控，完成报警、绘制历史曲线，进行各种复杂的控制功能，同时可节约控制系统的设计时间，提高系统的可靠性。目前已有许多家厂商推出了在 PC 上运行的可实现 PLC 功能的组态软件包。

### 1.1.3 PLC 的用途

在 PLC 的发展初期，由于其价格高于继电器控制装置，使得其应用受到限制。但最近十多年来，PLC 的应用面越来越广，其主要原因是：一方面，由于微处理器芯片及有关元件的价格大幅度下降，使得 PLC 的成本下降；另一方面，PLC 的功能大大增强，能够解决复杂的计算和通信问题。目前 PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保和娱乐等行业。PLC 的应用范围通常可分成以下五类。

#### 1. 顺序控制

这是 PLC 应用最广泛的领域，也是最适合 PLC 使用的领域。它用来取代传统的继电器顺序控制。PLC 应用于单机控制、多机群控、生产自动线控制等。例如：注塑机械、印刷机械、订书机械、包装机械、切纸机械、组合机床、磨床、装配生产线、电镀流水线及电梯控制等。

#### 2. 运动控制

PLC 制造商目前已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块，在多数情况下，PLC 将描述目标位置的数据发送给控制模块，控制模块的输出移动一轴或数轴达到目标位置。每个轴移动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。

相对来说，位置控制模块比 CNC（计算机数字控制）装置体积更小、价格更低、速度更快、操作更方便。

#### 3. 过程控制

PLC 还能控制大量的物理参数，例如：温度、流量、压力、液位和速度。PID（比

PLC 在地铁设备中的应用

例、积分、微分)模块为 PLC 提供了闭环控制的功能,即一个具有 PID 控制能力的 PLC 可用于过程控制。当过程控制中某个变量出现偏差时,PID 控制算法会计算出正确的控制量,把输出值保持在设定值上。

#### 4. 数据处理

在机械加工中,PLC 作为主要的控制和管理系统用于 CNC(数控机床)系统中,可以完成大量的数据处理工作。

#### 5. 通信网络

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 和其他智能控制设备(计算机、变频器、数控装置等)之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起,可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统。

## 1.2 PLC 的特点、分类及技术指标

### 1.2.1 PLC 的特点

#### 1. 可靠性高,抗干扰能力强

为了满足工业生产对控制设备安全性和可靠性的要求,PLC 采用了微电子技术,大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的,在结构上对工业生产环境进行了温度、环境湿度、粉尘、震动等方面的考虑;在硬件上采用隔离、滤波、屏蔽、接地等抗干扰措施;在软件上采用故障诊断、数据保护等措施。这些都使 PLC 具有较高的抗干扰能力。目前各个厂家生产的 PLC,其平均无故障时间都大大超过了 IEC 规定的 10 万小时,有的甚至达到了几十万小时。

#### 2. 通用灵活

PLC 产品已经系列化,结构形式多种多样,在机型上有很大的选择余地。另外,PLC 及外围模块品种多,用户可以根据不同任务的要求,选择不同的组件灵活组合成不同硬件结构的控制装置。更重要的是,PLC 控制系统中,其主要功能是通过程序实现的,在需要改变设备的控制功能时,主要通过修改程序,而修改接线的工作量很小。这一点一般继电器控制是很难实现的。

#### 3. 编程简单方便

PLC 应用程序的编制和调试非常方便,编程可采用与继电器控制电路十分相似的梯

形图语言，这种编程语言形象直观，即使没有计算机知识的人也很容易掌握。另外，顺序功能图（SFC）是一种结构块控制流程图，使编程更加简单方便。

#### 4. 功能完善，扩展能力强

PLC 的输入/输出系统功能完善，性能可靠，能够适应各种形式和性质的开关量和模拟量的输入/输出。PLC 的功能单元能方便地实现 D/A 和 A/D 转换，以及 PID 运算，实现过程控制、数字控制等功能。它还可以和其他微机系统、控制设备共同组成分布式或分散式控制系统，能够很好地满足各种控制的需要。

#### 5. 设计、施工、调试的周期短，维护方便

在继电器控制系统中的中间继电器、时间继电器、计数器等电器元件在 PLC 控制系统中是以“软元件”形式出现的，并且用程序代替了硬接线，安装接线工作量少，工作人员也可提前根据具体的控制要求在 PLC 到货之前进行编程，大大缩短了施工周期。

PLC 体积小、重量轻、便于安装，具有完善的自诊断及监视等功能，对于其内部的工作状态、通信状态、I/O 点状态、异常状态和电源状态都有显示。工作人员通过它可以查出故障原因，便于迅速处理。

PLC 由于具有上述特点，因而应用范围极为广泛，可以说只要有工厂，有控制要求，就会有 PLC 的应用。

### 1.2.2 PLC 的分类

PLC 是由现代化大生产的需要而产生的，PLC 的分类也必然要符合现代化生产的需求。一般来说，可以从三个角度对 PLC 进行分类：一是按 PLC 的控制规模大小分类；二是按 PLC 的性能高低分类；三是按 PLC 的结构特点分类。

#### 1. 按 PLC 的控制规模大小分类

##### 1) 小型 PLC

小型 PLC 的 I/O 点数一般小于 256 点，且为单 CPU、8 位或 16 位处理器，用户存储器容量 4 KB 以下，一般以开关量控制为主。由于其控制点数不多，控制功能有一定局限性。但是，它小巧、灵活、可以直接安装在电气控制柜内，很适合单机控制或小型系统的控制。德国 SIEMENS 公司的 S7-200 系列、日本三菱 FX 系列等均属于小型 PLC。

##### 2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 256~2048 点之间，且为双 CPU 或多 CPU，用户存储器容量 2~8 KB，也可能更大。它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。由于其控制点数较多，控制功能很强。它可用于对设备进行直接控制，还可

PLC 在地铁设备中的应用

以对多个下一级 PLC 进行监控，适用于中型或大型控制系统的控制。德国 SIEMENS 公司的 S7-300 系列、日本 OMRON 公司的 C200H 系列、日本三菱公司的 Q 系列的部分机型均属于中型 PLC。

### 3) 大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数一般大于 2048 点，且为双 CPU 或多 CPU、16 位或者 32 位处理器，用户存储器容量 8~16 KB，也可能更大。由于其控制点数多，控制功能很强，有很强的计算能力，同时还有很高的运行速度，不仅能完成较复杂的算术运算，还能进行复杂的矩阵运算。它不仅可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级 PLC 进行监控，组成一个集散式的生产过程控制系统。大型机适用于设备自动化过程、过程自动化控制和过程监控系统。SIEMENS 公司的 S7-400 系列、OMRON 公司的 CVM1 和 CS1 系列、日本三菱公司的 Q 系列的部分机型均属于大型 PLC。

## 2. 按 PLC 的性能高低分类

PLC 按性能高低可以分为低档机、中档机和高档机三类。

### 1) 低档机

这类 PLC 具有基本的控制功能和一般的运算能力，工作速度比较低，输入和输出模块的数量和种类也比较少。这类 PLC 只适用于小规模简单控制。在联网中一般适合做从站使用。例如，德国 SIEMENS 公司的 S7-200 系列就属于这一类 PLC。

### 2) 中档机

这类 PLC 具有较强的控制功能和较强的运算能力。它不仅能完成一般的逻辑运算，也能完成比较复杂的三角函数、指数和 PID 运算，工作速度比较快，输入输出模块的数量和种类也比较多。这类 PLC 不仅能完成小型系统的控制任务，也可以完成较大规模的控制任务。在联网中可以做从站，也可以做主站。例如，德国 SIEMENS 公司生产的 S7-300 就属于这一类 PLC。

### 3) 高档机

这类 PLC 具有强大的控制功能和强大的运算能力。它不仅能完成逻辑运算、三角函数运算、指数运算和 PID 运算，还能进行复杂的矩阵运算，工作速度很快，输入输出模块的数量和种类也很全面。这类 PLC 不仅能完成中等规模的控制工程，也可以完成规模很大的控制任务，在联网中一般作主站使用。例如，德国 SIEMENS 公司生产的 S7-400 就属于这一类 PLC。

## 3. 按 PLC 的结构特点分类

PLC 按结构特点可分为整体式和组合式两类。

### 1) 整体式

整体式结构的 PLC 把电源、CPU、存储器、I/O 系统紧凑地安装在一个标准机壳内成为一个整体，构成 PLC 的基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC，可以实现各种控制。控制点数不符合需要时，可再接扩展单元，扩展单元不带 CPU。由基本单元和若干扩展单元组成较大的系统。整体式结构的特点是非常紧凑、体积小、成本低、安装方便，其缺点是输入与输出点数有限的比例。小型机多为整体式结构。例如，德国 SIEMENS 公司的 S7-200 系列和日本三菱公司的 FX 系列 PLC 都为整体式结构。整体式 PLC 组成如图 1-1 所示。

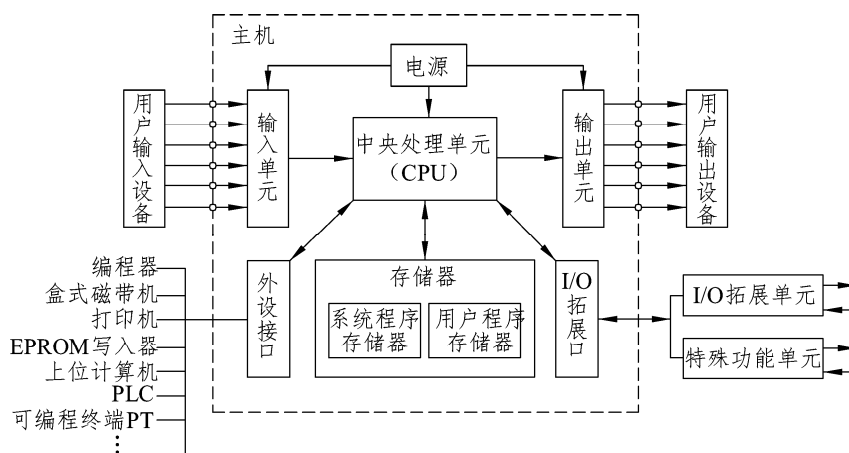


图 1-1 整体式 PLC 组成

### 2) 组合式

组合式结构的 PLC 是把 PLC 系统的各个组成部分按功能分成若干个模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等，将这些模块插在框架或基板上即可。其中各模块功能比较单一，模块的种类却日趋丰富。比如，一些 PLC 除了基本的 I/O 模块外，还有一些特殊功能模块，如温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块、通信模块等。组合式结构的 PLC 采用搭积木的方式，在一块基板上插上所需模块组成控制系统。组合式结构的 PLC 特点是 CPU、输入、输出均为独立的模块，模块尺寸统一，安装整齐，I/O 点选型自由、安装调试、扩展、维修方便。中型机和大型机多为组合式结构。例如，SIEMENS 公司 S7-300、S7-400 系列以及日本三菱 Q 系列 PLC 就属于组合式结构。组合式 PLC 组成如图 1-2 所示。模块之间通过底板上的总线相互联系。CPU 与各扩展模块之间通过电缆连接，距离一般不超过 10 m。

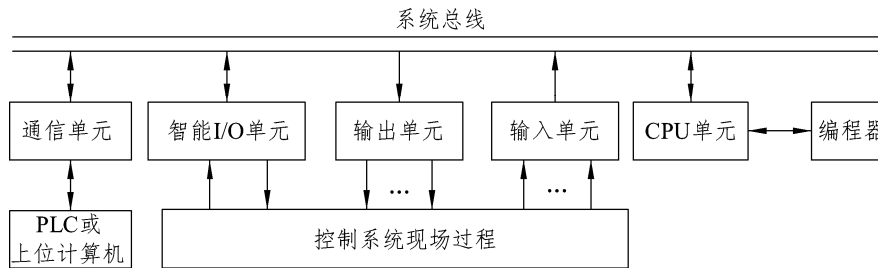


图 1-2 组合式 PLC 组成

### 1.2.3 PLC 的技术指标

PLC 的技术指标包括硬件指标和软件指标。

#### 1. 硬件指标

硬件指标包括一般指标、输入特性和输出特性。

一般指标主要体现在环境温度、环境湿度、使用环境、抗震、抗冲击、抗噪声、抗干扰和耐压等性能上。

输入特性主要体现在输入电路的隔离程度、输入灵敏度、响应时间和所需电源等性能上。

输出特性主要体现在回路构成（这里指的是继电器输出、晶体管输出或是晶闸管输出）、回路隔离、最大负载、最小负载、响应时间和外部电源等性能上。

#### 2. 软件指标

软件指标主要包括程序容量、编程语言、通信功能、运行速度、指令类型、元件种类和数量等。

程序容量是指 PLC 的内存和外存大小，一般从几千字节到几十万字节。存储器的类型一般为 RAM、EPROM 和 EPROM。

编程语言是指支持编制用户程序的语言。PLC 编程语言很多，有梯形图、语句表、功能图和功能块图几种基本语言，另外还有状态流程图等。多一种编程语言会使用户程序的编制更快捷、更方便。

通信功能是指 PLC 是否具有通信能力，具有何种通信能力。一般可分为远程 I/O 通信、计算机通信、点对点通信、高速总线、MAP 网等。当前，通信能力是衡量 PLC 性能的一项主要指标。

运行速度是指操作处理时间的长短，可以用基本指令执行时间来衡量，时间越短越好，一般在微秒级以下。指令的功能越强大，说明 PLC 的性能越佳。

元件的种类和数量的多少不仅反映了 PLC 的性能，也说明了 PLC 的规模。输入输出元件的数量代表 PLC 的 I/O 能力的强弱，输入输出元件的类型（直流、交流、模拟



量、高速计数、定位、PID)多少代表 PLC 性能的高低。

### 3. 主要性能指标介绍

#### 1) 存储容量

存储容量指用户程序存储器的容量。存储容量决定了 PLC 可以容纳的用户程序的长短,一般以字为单位来计算。每 1024 个字为 1 K 字。中、小型 PLC 的存储容量一般在 8 K 以下,大型 PLC 的存储容量可达到 256 K~2 M。也有的 PLC 用存放用户程序指令的条数来表示容量,一般中、小型 PLC 存储指令的条数为 2 K 条。

#### 2) 输入/输出(I/O)点数

I/O 点数指输入点数及输出点数之和。I/O 点数越多,外部可接入的输入器件和输出器件就越多,控制规模就越大。因此 I/O 点数是衡量 PLC 规模的指标。国际上流行将 I/O 总点数在 64 点及 64 点以下的 PLC 称为微型 PLC;总点数为 64~256 点的 PLC 称为小型 PLC;总点数在 256~2048 点的 PLC 为中型 PLC;总点数在 2048 点以上的 PLC 为大型 PLC 等。

#### 3) 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。一般以执行 1 K 字所用的时间来衡量扫描速度。由于不同功能的指令执行速度差别较大,时下也可以用布尔指令的执行速度表征 PLC 工作快慢。有些品牌的 PLC 在用户手册中给出了执行各种指令所用的时间,可以通过比较各种 PLC 执行类似操作所用的时间来衡量 CPU 工作速度的快慢。

#### 4) 指令的功能和数量

指令功能的强弱及数量的多少涉及 PLC 能力的强弱,一般说来编程指令种类及条数越多,处理能力和控制能力就越强,用户程序的编制也就越容易。

#### 5) 内部元件的种类及数量

在编制程序时,需要用到大量的内部元件来存储变量、中间结果、定时计数信息、模块设置参数及各种标志位等。这类元件的种类及数量越多,表示 PLC 的信息处理能力越强。

#### 6) 智能单元的数量

为了完成一些特殊的控制任务,PLC 厂商都为自己的产品设计了专用的智能单元,如模拟量控制单元、定位控制单元、速度控制单元以及通信工作单元等。智能单元种类的多少和功能的强弱是衡量 PLC 产品水平高低的重要指标。

#### 7) 扩展能力

PLC 的扩展能力含 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展及各种功能模块的连接扩展等。绝大部分 PLC 可以用 I/O 扩展单元进行 I/O 点数的扩展,有的 PLC

PLC 在地铁设备中的应用

可以使用各种功能模块进行功能扩展。但 PLC 的扩展功能总是有限制的。

在了解 PLC 的指标体系的前提下，可以根据具体控制工程的要求，从众多 PLC 中选取合适的 PLC 类型。

## 1.3 PLC 与其他控制系统的比较

### 1.3.1 其他计算机控制装置的特点

#### 1. 个人计算机

个人计算机有很强的数据处理能力和图形显示功能，有丰富的软件支持，但是对环境的要求很高，抗干扰能力不强，一般不适合在工业现场使用。

#### 2. 单片机

单片机只是一片集成电路，不能直接将它与外部 I/O 信号相连，需要附加一些配套的集成电路和 I/O 接口电路。其硬件设计、软件设计工作量相当大，要求设计者具有较强的计算机领域的理论知识和实践经验。

#### 3. 工业控制计算机

工业控制计算机目前比较流行的是 PC 总线工控机，与个人计算机兼容。工控机是在通用微机的基础上发展起来的，有实时操作系统的支持，在要求快速、实时性强、功能复杂的领域中占有优势。

### 1.3.2 PLC 与继电器控制系统的比较

PLC 控制系统与电器控制系统相比，不同之处主要体现在以下 7 个方面：

(1) 从控制功能上看，两者均可用于开关量逻辑控制。继电器控制系统的控制功能是用硬件继电器实现的，PLC 的控制功能主要由软件实现。继电器控制系统控制功能有限，PLC 还具有顺序控制、运动控制、数据处理、闭环控制和通信联网诸多功能，控制功能全面。

(2) 从控制方法上看，继电器控制系统控制逻辑采用硬件接线，利用继电器机械触点的串联或并联组合成控制逻辑，其连线多且复杂，体积大，功耗大，系统构成后，想再改变或增加功能较为困难。另外，继电器的触点数量有限，所以继电器控制系统的灵活性和可扩展性受到很大限制。而 PLC 采用了计算机技术，其控制逻辑是以程序的方式存放在存储器中，要改变控制逻辑只需改变程序，因而很容易改变或增加系统功能。