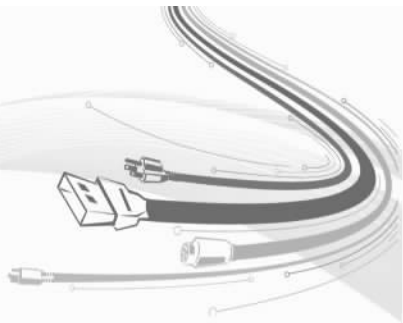


第 2 章

可编程控制器概述



可编程控制器是随着现代社会发展和技术进步，现代工业生产自动化水平的日益提高及微电子技术的飞速发展，在继电器控制基础上产生的一种新型的工业控制装置，是将微型计算机技术、自动化技术及通信技术融为一体，应用到工业控制领域的一种高可靠性控制器，是当代工业生产自动化的重要支柱。

2.1 可编程控制器产生及定义

2.1.1 可编程控制器的产生

一种新型的控制装置和先进的应用技术，总是根据工业生产的实际需要而产生的。在可编程控制器产生以前，继电接触器控制在工业控制领域占主导地位。继电接触器控制系统操作简单、价格便宜，但是也具有明显的缺点：体积大、耗电多、可靠性低、故障查找困难等。在生产工艺发生变化时，可能需要增加很多的继电器或继电器控制柜，重新接线或改线的工作量极大，甚至可能需要重新设计控制系统，通用性和灵活性差。

1968 年，为适应生产工艺不断更新的需要，美国通用汽车公司（GM）提出一种设想：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。这种通用控制装置将计算机的编程方法和程序输入方式加以简化，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，并提出 10 项招标指标，通用控制装置要求制造商为其装配线提供一种新型的通用控制器，它应具有以下特点：

- ① 编程简单，可在现场方便地编辑及修改程序。
- ② 价格便宜，其性能价格比要高于继电器控制系统。



- ③ 体积明显小于继电器控制柜。
- ④ 可靠性要明显高于继电器控制系统。
- ⑤ 具有数据通信功能。
- ⑥ 输入可以是 AC 115 V。
- ⑦ 输出为 AC 115 V、2 A 以上。
- ⑧ 硬件维护方便，最好是插件式结构。
- ⑨ 扩展时对原有系统只需做很小改动。
- ⑩ 用户程序存储器容量至少可以扩展到 4 KB。

根据这一设想，美国数字设备公司（DEC）于 1969 年研制成功了第一台可编程控制器 PDP-14，并在汽车自动装配线上试用获得成功，于是可编程控制器自此诞生。该设备以计算机作为核心设备，通过存储在计算机中的程序实现控制功能，即存储程序控制。限于当时的元件条件及计算机发展水平，早期的可编程逻辑控制器主要由分立元件和中小规模集成电路组成，可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。当时主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，故称为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。

2.1.2 可编程控制器定义

国际电工委员会（IEC）（曾于 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案的第一稿、1985 年 1 月颁布了 PLC 标准草案的第 2 稿）于 1987 年 2 月颁布了可编程控制器标准草案第 3 稿，在标准草案中对可编程控制器作了如下的定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可程序的存储器，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。可编程控制器及其有关设备、都应按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则设计。”

定义中强调了以下几点：

① 可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”，它其中带有“可以编制程序的存储器”，可以进行“逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算”工作，由此可见，可编程控制器具有计算机的基本特征。

② 可编程控制器是“为工业环境下应用”而设计的计算机。工业环境和一般办公环境有很大区别。可编程控制器具有特殊的构造，能在高噪声、强电磁干扰和温度变化剧烈的工业环境下正常工作。

③ 为了能控制“机械或生产过程”，可编程控制器又能“易于与工业控制系统连成一个整体”，这些在个人计算机是不可能做到的。

④ 可编程控制器是工业现场用的一种控制计算机，它能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。可编程控制器“易于扩展其功能”，根据控制对象的不同要求，用户可以自己编制



程序。可编程控制器较其以前的工业控制计算机（如单片机工业控制系统），具有更大的灵活性，可以方便地应用在各种场合，是工业控制中通用的“特殊”计算机，如果从可编程控制器制造商的角度看，可编程控制器是通用工业控制器，适于批量生产。

2.2 可编程控制器的发展

2.2.1 可编程控制器的发展历程

可编程控制器的产生已有几十年的历史，其发展过程大致可分为3个阶段。

20世纪70年代初，可编程控制器以微处理器为核心，具备了运算、数据传送及处理等功能，成为真正具有计算机特征的工业控制装置。为了方便工程技术人员使用，可编程控制器采用和继电器电路图类似的梯形图作为主要编程语言，并将参加运算及处理的计算机存储元件都以继电器命名。这一时期可编程控制器主要是替代继电器控制装置，其功能比较简单，仅是完成原先由继电器控制装置所完成的顺序控制、定时、计数等功能。

可编程控制器这一新技术的出现，受到国内外工程技术界的极大关注，纷纷投入力量研制。20世纪70年代初，欧洲、日本、中国相继研制可编程控制器。1971年，日本从美国引进了这项新技术，研制出第一台可编程控制器 DSC-8。1973—1974年，德国和法国也都相继研制出自己的可编程控制器，德国西门子公司（SIEMENS）于1973年研制出欧洲第一台可编程控制器，型号为 SIMATIC S4。我国从1974年开始研制可编程控制器，1977年开始将可编程控制器用于工业控制中。

20世纪70年代中末期，随着电子技术和计算机技术的发展，可编程控制器进入了实用化发展阶段。可编程控制器除了原有功能，还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。这一时期可编程控制器具有更高的运算速度、超小型的体积、更可靠的工业抗干扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比，奠定了它在现代工业中的地位。

进入20世纪80年代，随着微电子技术（超大规模集成电路技术）的迅速发展和计算机技术的迅猛发展，同时微处理器市场价格大幅度下跌，使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。

20世纪80年代初，可编程控制器进入成熟阶段，在先进工业国家中已获得了广泛地应用。这个时期可编程控制器逐步形成了具有特色的多种系列产品，形成了大规模、高速度、高性能、产品系列化的特点。这标志着可编程控制器已步入成熟阶段。PLC 控制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、顺序控制的应用范围，故称为可编程控制器（Programmable Controller, PC）。但由于 PC 容易和个人计算机（Personal Computer）混淆，所以人们还沿用 PLC 作为可编程控制器的英文缩写名字。20世纪80年代国际电工委员会（IEC）发表了可编程控制器标准草案（IEC-61131），使可编程



控制器产品向更加规模化、系列化方向发展。

20 世纪 90 年代, 可编程控制器已经全面使用 16 bit 和 32 bit 的微处理器芯片, 速度提高了 5 ~ 10 倍。这个时期的 PLC 具有了高速计数、中断技术、PID 调节和数据通信等功能。可编程控制器为了进一步适应于现代工业控制的发展需要, 从控制规模上来说, 这个时期发展了大型机及超小型机; 从控制能力上来说, 诞生了各种各样的特殊功能单元, 用于不同的控制场合; 从产品的配套能力来说, 智能模块得到进一步开发, 各种人机智能界面单元(触摸式屏幕等)、通信单元得到使用; 除手持编程器外, 价格昂贵的大型专用编程器已被笔记本电脑和功能强大的编程软件包代替。这些使应用可编程控制器的工业控制设备的配套更加容易。在这一时期新一代的小型 PLC 机, 不但保留了原小型 PLC I/O 点数少、结构紧凑、整个硬件融为一体的特点, 而且由于其 CPU 采用了功能更强的 16 位微处理器和专用逻辑处理芯片, 功能也大大增强。

我国可编程控制器的研制和生产也有近 40 年的历史。最初是在引进设备中大量使用可编程控制器。通过技术引进, 消化吸收, 国产化 PLC 的生产厂家在逐步增多, 品种逐步增加到 20 余种。目前国产可编程控制器已具有一定规模。已可以生产中、小型可编程控制器。

可编程控制器从产生到现在尽管只有几十年的时间, 但是由于其编程简单、可靠性高、使用方便、维护容易, 价格适中等优点, 使其在机械制造、石油化工、冶金钢铁、汽车、轻工业等领域的应用都得到了长足的发展。随着我国现代化进程的深入, 可编程控制器将有更广阔的应用天地。了解可编程控制器的工作原理, 具备设计、调试和维护可编程控制器控制系统的能力, 已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

2.2.2 可编程控制器发展趋势

随着可编程控制器技术的推广、应用, 可编程控制器大致有以下几个发展趋势。

(1) 21 世纪的可编程控制器将向更加开放性的方向发展

① 从技术上看, 计算机技术的新成果会更多的应用于 PLC 的设计及制造上, 会有运算速度更快、存储容量更大、智能化更强的产品出现。

② 从产品的品种上, 同计算机的发展类似, 会进一步向超小型及超大型两个方向发展。

一是朝着小型、功能强化、价格低廉的方向发展。小型 PLC 的 I/O 点数一般为 20 ~ 40 点。例如: 日本三菱 (MITSUBISHI) 公司 FX 系列、日本立石电机 (OMRON) 公司的 CQM1、德国西门子 (SIEMENS) 公司的 S7 - 200 一类可编程控制器。

这类可编程控制器可以广泛地取代继电器控制系统, 用于单机控制和规模比较小的自动化生产线控制。

二是朝着大型、高速度、大容量、多功能和多层次分布式全自动网络化方向发展。大型 PLC 的 I/O 点数一般大于 2 048 点。例如: 美国 GE - Fanuc 公司的 90 - 70 系列大型机、日本三菱 (MITSUBISHI) 公司 A 系列机型等。



这类可编程控制器一般为多处理器系统, 有较大的存储能力和功能很强的输入、输出接口。不仅具有逻辑运算、定时、计数等功能, 还具备数值运算、模拟量的处理和控制在、实时监控、记录显示、计算机接口、数据传送、自诊断等功能, 可以进行中断控制、智能控制、过程控制、远程控制等。通过网络可以与上位机通信, 配备数据采集系统、数据分析系统以及彩色图像系统的操纵台, 可以实现自动化工厂的全面要求。

(2) 可编程控制器向系列化、模块化方向发展

目前世界上有 200 多个厂家生产 PLC 产品, 每个厂家几乎都有自己的系列化产品, 同系列的产品可以向上兼容指令, 扩展设备容量, 以满足新机型的推广和使用。开发各种模块, 使系统的构成更加灵活、方便, 以便与其他可编程控制器生产厂家竞争。一般的可编程控制器的各种模块的体积都较小, 相互连接方便, 使用更简单, 通用性更强。

(3) 可编程控制器还有向低成本、多功能发展的趋势

随着新型器件的不断涌现, 主要部件成本的下降, 在大幅度提高可编程控制器功能的同时也大幅度降低了可编程控制器的成本。同时, 价格的降低, 也使可编程控制器更具有竞争力。

(4) 大力开发智能模块, 加强联网通信能力

可编程控制器的功能进一步加强, 以适应各种控制需要。计算、处理功能的进一步完善, 使可编程控制器可以代替计算机进行管理、监控; 智能 I/O 组件也进一步发展, 用来完成各种专门的任务, 如位置控制、温度控制、中断控制、PID 调节、远程通信等。

从 PLC 的开放性上看, 21 世纪的可编程控制器编程系统都要符合国际电工委员会 (IEC) 61131-3 工业自动化系统的程序编制国际标准, 不断为 PLC 开拓新市场。多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 进步的一种趋势。

2.3 可编程控制器的特点与功能

2.3.1 可编程控制器的特点

可编程控制器之所以被广泛使用, 是由于它突出的特点和优越的性能。归纳起来, 可编程控制器主要具有以下特点。

1. 可靠性高, 抗干扰能力强

可靠性与抗干扰能力是用户关心的首要问题。为了满足“专为在工业环境下应用设计”的要求, 可编程控制器在硬件和软件方面均采取了一系列的抗干扰措施。

在硬件方面, 首先对采用的优质器件都进行了严格的筛选, 排除了因器件问题而造成的故障; 其次采用合理的系统结构, 加固简化安装, 使它能抗振动冲击。对于工业生产过程中最常见的瞬间强干扰, 主要采用 R-C 滤波器和光电耦合隔离技术, 有效地防止了干扰信



号；再次采用优化的开关电源，防止电源线引入的干扰；最后采用冗余技术进一步增强了可靠性。

在软件方面，可编程控制器也采取了很多特殊措施，设置了故障检测及诊断程序，对 CPU、内部电路等系统硬件、用户程序进行检测，一旦出错，立即报警，具有良好的自诊断功能；对用户程序及有关数据用电池供电进行后备，一旦断电或运行停止，有关状态及信息不会丢失。

这些措施，有效地保证了可编程控制器的高可靠性。

随着构成 PLC 的元器件性能的提高，PLC 的可靠性也在相应提高。平均无故障时间（Mean Time Between Failures, MTBF）长，一般 PLC 的平均无故障时间可达到几万小时以上。故障修复时间短。PLC 系统的故障大多是外围故障，一般由 PLC 的外部开关、传感器、执行机构引起的，而不是 PLC 本身发生的故障。

环境适应性强：在环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 35% ~ 85% 情况下仍可正常工作。

2. 通用性强，系统组合灵活，使用方便

PLC 产品都已系列化和模块化了，系列化的 PLC 配备有各种各样品种齐全具有兼容性的 I/O 模块和配套部件供用户使用。PLC 的各个部件，包括 CPU、电源、I/O（其中也包含特殊功能的 I/O）等均采用模块化设计，由机架和电缆将各模块连接起来，可以根据需要很方便地搭成不同的控制系统，实现用户要求的合理的性能价格比。用户不再需要自己设计和制作硬件装置，在确定了 PLC 的硬件配置和 I/O 外部接线后，用户只需进行程序设计。

在可编程控制器运行过程中，在可编程控制器的面板上（或显示器上）可以显示生产过程中用户所关心的各种状态和数据，使操作人员做到心中有数，即使在出现故障甚至发生事故时，也能及时处理。

3. 编程方便、简单，易学、易懂，现场可修改

可编程控制器是一种新型的工业自动化控制装置，其主要的使用对象是广大的电气技术人员。PLC 生产厂家考虑到这种实际情况，一般不采用微机所用的编程语言，而采用易于理解和掌握的梯形图语言，以及面向工业控制的简单指令。梯形图语言继承和借用了传统继电器控制电路的表达形式，梯形图与继电器控制原理图非常相似，比较形象、直观、简单、易学，工程人员学习、使用这种编程语言也十分方便。因此，无论是在生产线的设计中，还是在传统设备的改造中，电气工程技术人员都特别愿意使用可编程控制器。

这也是可编程控制器能迅速普及和推广的原因之一。

4. 系统设计周期短，安装简便，调试方便，维护工作量小

应用可编程控制器完成一项控制工程时，由于其硬件、软件齐全，设计和施工可同时进行。由于用软件编程取代了继电器硬接线实现控制功能，使得控制柜的设计及安装接线工作量大为减少，缩短了施工周期。同时由于系统硬件的设计任务仅仅是依据对象的要求配置适



当的模块，因此，大大缩短了整个设计所花费的时间，加快了整个工程的进度。

可编程控制器可以在各种工业环境下直接运行，使用时只需将现场的各种设备与可编程控制器相应的 I/O 端相连，系统便可以投入运行，安装接线工作量比继电器控制系统少得多。可编程控制器用户程序的设计可以在远离现场的实验室里进行，用户程序大都可以在实验室模拟调试，模拟调试好后，再将可编程控制器安装到现场，进行可编程控制器控制系统的联机调试，这样既省时、方便，又快速、安全。

安装维护简单，整个连接过程仅需要一把螺丝刀即可完成。由于 PLC 本身故障率很低，又有完善的自诊断能力和显示功能，如果是外部的输入装置和执行机构发生故障，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速查明原因；如果是 PLC 本身故障，则可用更换模块的方法排除故障。因此维修十分方便，大大提高了维护的工作效率，保证了生产的正常进行。

5. 对生产工艺改变适应性强，可进行柔性生产

可编程控制器实质上是一种特殊形式（形态）的工业控制计算机，其控制操作的功能是通过软件编程来确定的。当生产工艺发生变化时，不必改变可编程控制器硬件设备，只需改变可编程控制器中的用户程序。这对现代化的小批量、多品种产品的生产特别适合。

6. 易于实现机电一体化

因为可编程控制器的结构紧凑、体积小、重量轻、功耗少、成本低、寿命长、可靠性高、抗振防潮和耐热能力强，使之易于安装在机器设备内部，以制造出机电一体化产品。以可编程控制器为控制器的 CNC 设备和机器人装置将成为典型的机电一体化产品。

2.3.2 可编程控制器的主要功能

可编程控制器是采用微电子技术来完成各种控制功能的自动化设备，可以在现场的输入信号作用下，按照预先输入的程序，控制现场的执行机构，按照一定规律进行动作。其主要功能有如下几种。

1. 顺序逻辑控制

这是可编程控制器最基本、最广泛的应用领域。可编程控制器具有强大的逻辑运算能力，可以实现各种简单和复杂的逻辑控制，用来取代继电器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制。它既可用于单机控制或多机控制，又可用于自动化生产线的控制。可编程控制器根据操作按钮、限位开关及其他现场给出的指令信号和传感器信号，控制机械运动部件进行相应的操作。

2. 运动（量）控制

在机械加工行业，可编程控制器与计算机数控（CNC）集成在一起，用以完成机床的运动控制。很多可编程控制器机制造厂家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板。在大多数情况下，可编程控制器把描述目标位置的数据送给模板，模板移动一



轴或数轴到目标位置。当每个轴移动时，位置控制模板保持适当的速度和加速度，以确保运动平滑。目前已用在控制无心磨削、冲压、复杂零件分段冲裁、滚削等场合。

3. 数据处理

大部分可编程控制器具有不同程度的数据处理功能。可编程控制器不仅能进行算术运算和数据传送，而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示和数据打印以及数据通信等。对于大、中型的 PLC，还可以进行浮点运算、函数运算等。

4. 定时控制、计数控制

可编程控制器具有定时控制的功能，可编程控制器为用户提供了一定数量的定时器，并设置了定时器指令，其定时的时间可以由用户在编写用户程序时设定，也可以由操作人员在工业现场通过编程器进行设定，实现定时或延时的控制。可编程控制器定时精度高，定时设定方便、灵活，同时还提供了高精度的时钟脉冲，用于准确的实时控制。

可编程控制器提供了一定数量的计数器，分为普通计数器、可逆计数器、高速计数器等，用来完成不同用途的计数控制，设定方式如同定时一样。若用户需要对频率较高的信号进行计数，则可以选择高速计数模块。当计数器的当前计数值等于计数器的设定值或在某一数值范围时，则发出控制命令。计数器的当前计数值可以在运行中被读出，也可以在运行中进行修改。

5. 模/数和数/模转换

在过程控制和闭环控制系统中，存在温度、压力、流量、速度、位移、电流、电压等连续变化的物理量，称为模拟量。为了对模拟量进行处理，必须实现模拟量与数字量之间的转换。目前大部分可编程控制器都配备 A/D、D/A 模块，具有模拟量处理功能，而且编程和使用都很方便。

运用 PLC 不仅可以对模拟量进行开环控制，而且还可以进行闭环控制。现在大、中型的 PLC 一般都配备了专门的 PID（比例、积分、微分调节）控制模块，许多小型的 PLC 也都配备了 PID 模块。模拟量的闭环 PID 控制，一般用 PID 专用 PID 子程序实现。当控制过程中某一个变量出现偏差时，PLC 就按照 PID 算法计算出正确的输出去控制生产过程，把变量保持在整定值上。PLC 的 PID 控制已广泛地应用在加热炉、锅炉、冶金、化工、机械、电力和建材反应堆、酿酒以及位置和速度等控制中。

6. 通信联网

PLC 的控制已从早期的单机控制发展到了多机控制，实现了工厂自动化。这是由于现代的 PLC 一般都有通信的功能，它既可以对远程 I/O 进行控制，又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机以及 PLC 与其他智能设备之间的通信。PLC 系统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，实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统，满足工厂自动化（FA）系统发展的需要。由此可见，PLC 是实现工厂自动化的理想工业控制器。



7. 对控制系统的监控

可编程控制器能监视系统各部分的运行状态和进程，对系统中出现的异常情况进行报警和记录，甚至自动终止运行，也可在线调整、修改控制程序中的定时器、计数器等定值或强制 I/O 状态。如当可编程控制器控制电梯时本身自检出现故障时，能立即停止工作，保障乘客的安全。

2.3.3 可编程控制器的分类

可编程控制器种类很多，由于它是应现代化生产的需要而产生的，其分类也必然要符合现代化生产的需求。一般来说可以从 3 个角度对可编程控制器进行分类。

1. 按控制规模分类

控制规模主要指控制开关量的 I/O 点数及控制模拟量的输入、输出的路数。模拟量的路数可折算成开关量的点，大致一路相当于 8 ~ 16 点。可编程控制器按照控制规模可以分为大型机、中型机和小型机。

(1) 小型机

小型机的控制点一般在 256 点之内（如表 2 - 1 所示），适合于单机控制或小型系统的控制。

表 2 - 1 小型机

型号	处理速度	存储器	数字量/模拟量
日本立石电机（OMRON）公司 CQM1	（0.5 ~ 10）ms/K	3.2 K ~ 7.2 K	192 点/44 路
德国西门子（SIEMENS）公司 S7 - 200	0.8 ms ~ 1.2 ms	2 K	248 点/35 路

(2) 中型机

中型机的控制点一般不大于 2 048 点（如表 2 - 2 所示）。可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程控制器进行监控。

表 2 - 2 中型机

型 号	处理速度	存储器	数字量
日本立石电机（OMRON） 公司 C200HG	（0.15 ~ 0.6）ms/1 K	15.2 K ~ 31.2 K	1 184 点
德国西门子（SIEMENS）公司 S7 - 300	0.8 ms ~ 1.2 ms	2 K	1 024 点

(3) 大型机

大型机的控制点一般大于 2 048 点（如表 2 - 3 所示），能完成较复杂的算术运算和进行



复杂的矩阵运算。可用于对设备进行直接控制，还可以对多个下一级的可编程控制器进行监控。

表 2-3 大型机

型 号	处理速度	存储器	I/O 点
日本富士公司 F200	2.5 ms / 1 K	32 K	3 200
日本立石电机公司（OMRON）公司 CV2000	0.125 ms / 1 K	62 K	2 048
德国西门子（SIEMENS）公司 S7-400	0.3 ms / 1 K	512 K	12 672
德国 AEG 公司 A500	1.3 ms / 1 K	62 K 64 K	5 088

2. 按控制性能分类

控制性能主要指可编程控制器的控制功能和运算能力。按照控制性能可编程控制器可以分为高档机、中档机和低档机。

（1）低档机

这类可编程控制器，具有基本的控制功能和一般的运算能力。工作速度比较低，能带的输入模块和输出模块的数量比较少。低档 PLC 具有逻辑运算、定时、少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送等功能。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）中档机

这类可编程控制器，具有较强的控制功能和运算能力，输入、输出模块的种类也比较多。中档机除了具备低档机的功能，还能完成比较复杂的函数运算、PID 运算，具有较强的模拟量输入/输出功能。工作速度比较快，能带的输入、输出模块的数量也比较多。适用于复杂控制系统。

（3）高档机

这类可编程控制器，具有强大的控制功能和强大的运算能力，输入模块和输出模块的种类也很全面。高档机的功能在中档机的基础上，还增加了复杂的矩阵运算、位逻辑运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。工作速度很快，能带的输入、输出模块的数量很多。这类可编程控制器具有更强的通信联网功能，可以组成分布式控制系统，完成规模很大的控制任务，实现工厂自动化。

3. 按结构划分

可编程控制器按照结构主要分为整体式和模块式。

（1）整体式

整体式结构的可编程控制器把电源、CPU、存储器、I/O 系统都集成在一个单元内，该单元叫作基本单元。一个基本单元就是一台完整的 PLC。控制点数不符合需要时，可再接扩



展单元。整体式结构的特点是非常紧凑、体积小、成本低、安装方便。小型机一般为整体式，但是现在也逐渐向模块式发展。

(2) 模块式

模块式的 PLC 是按功能分成若干模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。从发展趋势来看，模块功能更单一、模块的种类却日趋丰富，可便于系统配置，达到更高的使用效益。比如，一些可编程控制器，除了一些基本的 I/O 模块外，还有一些特殊功能模块，像温度检测模块、位置检测模块、PID 控制模块、通信模块等。模块式结构的 PLC 特点是 I/O 点选型自由，安装调试、扩展、维修方便。

选用 PLC 应当根据实际需求选择相应类型产品，可以提高 PLC 的性价比。

2.4 可编程控制器与其他控制装置的比较

2.4.1 可编程控制器与继电器逻辑控制系统的比较

在可编程控制器出现以前，继电器硬接线电路是逻辑控制、顺序控制的唯一执行者，它结构简单、价格低廉，一直被广泛应用，但它与可编程控制器控制相比有许多缺点。

继电器接触器是以电磁开关为主体的低压电器元件，其构成的系统是用导线依一定的规律将它们连接起来，实现不同的控制功能。

可编程控制器控制系统与继电器控制系统相比，有许多相似之处，也有许多不同。不同之处主要体现在以下几个方面。

① 从组成器件、触点数量和逻辑控制看，继电器控制系统和 PLC 控制系统都是由输入部分、输出部分和控制部分组成的，但是两者的控制部分及其控制方式不同。

继电器的控制是采用硬件接线实现的，是利用继电器机械触点的串联或并联组合形成控制逻辑，只能完成既定的逻辑控制。继电器控制系统是根据操作指令及被控对象发出的信号，由控制电路按规定的动作要求决定执行什么动作或动作的顺序，然后驱动输出设备去实现各种操作的。继电器控制系统连线多且复杂，体积大、功耗大，系统构成后，想再改变或增加系统功能较为困难。另外，继电器的触点数量有限，所以电气控制系统的灵活性和可扩展性受到很大限制。

可编程控制器是采用“可编程”的 PLC，其控制逻辑是以程序方式存储在内存中，而不是实际的继电器线路。因此可编程控制器控制系统可以方便地通过改变用户程序，实现各种控制功能，从根本上解决继电器控制系统控制电路难以改变的问题。

从上述比较可知，可编程控制器用软件代替了继电器控制电路大量的继电器硬件电路。因此，对使用者来说，可以将 PLC 等效为许多各种各样的“软继电器”和“软接线”的集合，而用户程序就是用“软接线”将“软继电器”及其“软触点”按一定要求



连接起来的“软控制电路”。因此,使用 PLC 可以减少很多中间继电器和时间继电器,从而省下大量的配线和附件,安装方便。而且可编程控制器所谓“软继电器”实质上是存储器单元的状态,所以“软继电器”的软触点数量是无限的,可编程控制器系统的灵活性和可扩展性好。

② 从工作方式上看(工作方式不同),继电器控制电路为并行工作方式:当电源接通时,电路中所有继电器都处于受制约状态,表现为该吸合的继电器都同时吸合,不该吸合的继电器受某种条件限制而不能吸合。而可编程控制器用户程序是顺序循环扫描的,因此,工作方式为串行工作方式:各软继电器都处于周期性循环扫描的制约中,受同一条件制约的各软继电器的动作次序决定于程序的扫描顺序。

③ 从控制速度上看,继电器控制系统依靠机械触点的动作实现控制,工作频率低,执行时间在毫秒级,机械触点还会出现抖动问题。而可编程控制器通过程序指令控制半导体电路来实现控制,速度快,程序指令执行时间在微秒级,不会出现触点抖动问题。

④ 从定时和计数控制上看,继电器控制系统采用时间继电器的延时动作进行时间控制,时间继电器的延时时间易受环境温度和温度变化的影响,定时精度不高。而可编程控制器用半导体集成电路作定时器,时钟脉冲由晶体振荡器产生,精度高,调整时间方便,不受环境影响。且可编程控制器具有计数功能,而继电器控制系统一般不具备计数功能。

⑤ 从可靠性和可维护性上看,由于继电器控制系统使用了大量的机械触点,存在机械磨损、电弧烧伤等,寿命短;系统的连线多,因此可靠性和可维护性较差。而可编程控制器大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成,寿命长、可靠性高。可编程控制器的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能,并能动态地监视控制程序的执行情况,为现场调试和维护提供了方便。

2.4.2 可编程控制器与微型计算机的比较

自从微型计算机诞生后,工程技术人员就一直努力将微型计算机技术应用到工业控制领域以满足对要求快速、实时性强、模型复杂和计算工作量大的工业对象的控制。这样,在工业控制领域就产生了几种有代表性的工业控制器:可编程控制器(PLC)、PID 控制器(PID 调节器)、集散控制系统(DCS)、微型计算机(PC)。由于 PID 控制器一般只适用于过程控制中的模拟量控制,并且目前的 PLC 或 DCS 中均具有 PID 的功能,所以,我们只对可编程控制器与通用的微型计算机、集散控制系统分别做一下比较。

1. 可编程控制器与通用的微型计算机的比较

采用微电子技术制作的作为工业控制的可编程控制器,与微机有相似的构造,也是由 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等构成的。但又不同于一般的微机,特别是它采用了特殊的抗干扰技术,有着很强的接口能力,使它更能适用于工业控制。



(1) 可编程控制器与微机各自的特点（见表2-4）

表 2-4 可编程控制器与微型计算机特点对比

比较项目	可编程控制器	微型计算机
应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、通信等
使用环境	工业现场	具有一定温度、湿度的机房、办公室
输入/输出	主令开关、传感器、通信接口等强、弱电信号输入，接触器、电磁阀、电动机等强电信号输出；有光电隔离，有大量的 I/O 口	键盘、鼠标、光笔等弱电信号输入，CRT、打印机等特定机器弱电信号输出；无光电隔离
程序设计	梯形图，易学习和掌握	程序语言丰富，语句复杂
系统功能	自诊断、监控等	配有较强的操作系统
工作方式	循环扫描及中断方式	中断方式
可靠性	极高，抗干扰能力强，能长期运行	抗干扰能力差，不能长期运行
结构	结构紧凑，体积小；外壳坚固，密封	结构松散，体积大，密封性差；键盘大，显示器大

(2) 可编程控制器与微型计算机控制的区别

① 学习难易程度不同。PLC 继承了继电器系统的基本格式和习惯，对于有继电器控制经验的人来说学习容易。而对于计算机控制则需要更多的知识储备。

② 通用性不同。PLC 一般是由电气控制器的制造厂家研制生产的，各厂家的产品不通用。PLC 用编程器或计算机编程，编程语言是梯形图、功能块图、顺序功能表图和指令表等编程。而计算机是由通用计算机推广应用发展起来的，软件资源丰富，实时性强，标准化程度高，兼容性强。

③ 运行方式不同。PLC 不能直接使用计算机的许多软件。PLC 一般具有模块结构，可针对不同对象进行组合和扩展。PLC 运行方式是顺序循环扫描。计算机可使用通用计算机的各种编程语言，对要求快速、实时性强、模型复杂的工业对象的控制占有优势，但它要求使用者具有一定的计算机专业知识。计算机的运行方式是待机和中断。

2. 可编程控制器与微控制器（单片机）控制的区别

可编程控制器与微控制器（单片机）除了具有以上与计算机的区别外，还具有以下不同之处。

(1) 稳定性和可靠性不同

PLC 稳定性和可靠性均高于单片机，因此目前的系统工程控制一般用 PLC。单片机的可



靠性、稳定性、现场升级与替换维修、技术支持、实验周期和开发周期都不及 PLC 方便。

（2）适用场合不同

单片机是应嵌入式控制系统需求而产生的，适用于小的应用场合，一次性开发投入，可批量生产，性价比较高。PLC 由于其价格高，安装与布局也受到限制（如小家电），不适合应用于这一类场合。

3. 可编程控制器与集散控制系统的比较

可编程控制器与集散控制系统都是用于工业现场的自动控制设备，都是以微型计算机为基础的，都可以完成工业生产中大量的控制任务。

集散控制系统（DCS）是 1975 年问世的，是 3C（Computer, Communications, Control）技术的产物，它将顺序控制装置、数据采集装置、过程控制的模拟量仪表、过程监控装置有机地结合在一起，产生了满足各种不同要求的 DCS。

而今天的 PLC 加强了模拟量控制功能，多数配备了各种智能模块，具有了 PID 调节功能和构成网络、组成分级控制的功能，也实现了 DCS 所能完成的功能。

但是，它们之间又有一些差别。

（1）发展基础不同

可编程控制器是由继电器逻辑控制系统发展而来，主要用在离散制造、工序控制，初期主要是代替继电器控制系统，侧重于开关量顺序控制方面。集散控制系统是由仪表过程控制系统发展到以工业控制计算机为中心的集散系统，所以它在模拟量处理、回路调节方面具有一定的优势。发展初期主要侧重于回路调节功能。

（2）扩展方向不同

随着微电子技术、计算机技术和通信技术等的的发展，可编程控制器在初期逻辑运算功能的基础上增加了数值运算及闭环调节功能，增加了模拟量和 PID 调节等功能模块。运算速度不断提高，控制规模越来越大，并开始与网络或上位机相连，构成了以可编程控制器为核心部件的分布式控制系统。集散控制系统自 20 世纪 70 年代问世后，也逐渐地把顺序控制装置、数据采集装置、回路控制仪表、过程监控装置有机地结合在一起，构成了能满足各种不同控制要求的集散控制系统。

可编程控制器与 DCS 在发展过程中互相渗透，互为补充，两者的功能越来越接近。从硬件的角度来看，PLC 和集散系统（DCS）之间的差别正在缩小，都将由类似的一些微电子元件、微处理器、大容量半导体存储器和 I/O 模块组成。编程方面也有很多相同点。目前，很多工业生产过程既可用可编程控制器实现控制，也可用 DCS 实现控制。但是，由于可编程控制器是专为工业环境下应用而设计的，其可靠性要比一般的微型计算机高得多。所以，以可编程控制器为控制器的 DCS 必将逐步占领以微型计算机为控制器的中、小型 DCS 市场。

到目前为止，PLC 与 DCS 的发展越来越接近。就发展趋势来看，控制系统将综合 PLC 和



DCS 各自的优势,并把两者有机地结合起来,形成一种新型的分布式计算机控制系统。

任何一种控制设备都有自己最适合的应用领域。了解、熟悉它们的异同,将有助于我们根据控制任务和应用环境来恰当地选用最合适的控制系统,更好地发挥其效用。

2.5 可编程控制器的应用领域

可编程控制器作为一种通用的工业控制器,它可用于所有的工业领域。当前国内外已广泛地将可编程控制器成功地应用到机械制造、汽车、钢铁冶金、石油、化工、轻工、纺织、交通运输、电力、电信、采矿、建材、食品、造纸、家电及环保等各个领域,并且取得了相当可观的效益。

可编程控制器的部分行业应用实例如下。

① 机械工业:数控机床,自动装卸机,移送机械,工业用机器人控制,自动仓库控制,铸造控制,输送带控制,自动电镀生产线程序控制等。

② 汽车工业:装配生产线控制,移送机械控制,自动焊接控制,铸造控制,喷漆流水线控制等。

③ 钢铁工业:加热炉控制,高炉上料,配料控制,轧机控制、连铸机控制、钢板卷取控制,料场进料、出料自动分配控制,包装和搬运控制,翻砂造型控制等。

④ 化学工业:化学反应槽批量控制,化学水净化处理,自动配料,化工流程控制,汽囊硫化机控制,煤气燃烧控制等。

⑤ 轻工业:玻璃瓶厂炉子配料及自动制瓶控制,注塑机程序控制,搪瓷喷花控制,制鞋生产线控制,啤酒瓶贴标机控制等。

⑥ 纺织工业:手套机程序控制,落纱机控制,高温高压染缸群控,羊毛衫针织横机程控等。

⑦ 交通运输业:电动轮胎起重机控制,交通灯控制,汽车发动机力矩和转速校验,电梯控制等。

⑧ 电力工业:输煤系统控制,锅炉燃烧管理,灰渣和飞灰处理系统,汽轮机和锅炉的启停控制,化学补给水、冷凝水和废水的程序控制,锅炉缺水报警控制,水塔水位远程控制,无人值守开关站的开关操作等。

⑨ 建材工业:水泥生产工艺控制,水泥配料及水泥包装等。

⑩ 食品工业:发酵罐过程控制,配比控制,净洗控制,包装机控制,搅拌控制等。

⑪ 楼宇物业:楼宇电梯控制,楼宇防灾警报设备控制,剧场舞台灯光控制,隧道排气控制,楼宇空调控制等。

⑫ 水电行业:大型船闸的运行控制,水力发电机组启、停控制与转速调节控制等。



本章小结

本章主要介绍了可编程控制器的定义、产生的背景、特点、应用领域、主要类型、发展趋势及概况。可编程控制器的特点、应用领域等要在 PLC 基本入门后才能有深刻的理解和体会。

习 题

- 2.1 可编程控制器的定义是什么？
- 2.2 可编程控制器的特点有哪些？为什么 PLC 具有高可靠性？
- 2.3 可编程控制器与继电器—接触器控制线路的区别是什么？
- 2.4 可编程控制器是如何分类的？
- 2.5 可编程控制器的发展趋势如何？
- 2.6 可编程控制器与继电器控制器、计算机控制器相比，主要优点是什么？