

第1章 可编程控制器概述

可编程控制器（简称 PLC 或 PC），是在继电器-接触器控制的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。本章主要介绍以下内容：

- PLC 的产生、定义、分类；
- PLC 的特点和主要功能；
- PLC 的应用现状及发展趋势。

本章的重点是掌握 PLC 控制与继电器-接触器控制线路的联系和差别，PLC 与其他通用控制器的异同及适用范围，了解 PLC 的主要功能及发展趋势。

1.1 可编程控制器的产生、控制思想

1.1.1 电气系统的继电器-接触器控制

自 1836 年发明电磁继电器以来，人们就开始用导线把各种继电器、接触器、定时器、计数器及其接点和线圈连接起来，并按一定的逻辑关系控制各种生产机械，这种以硬件接线方式构成的系统称为继电器-接触器控制系统。三相笼型异步电动机正反转控制电气原理图如图 1-1 所示。

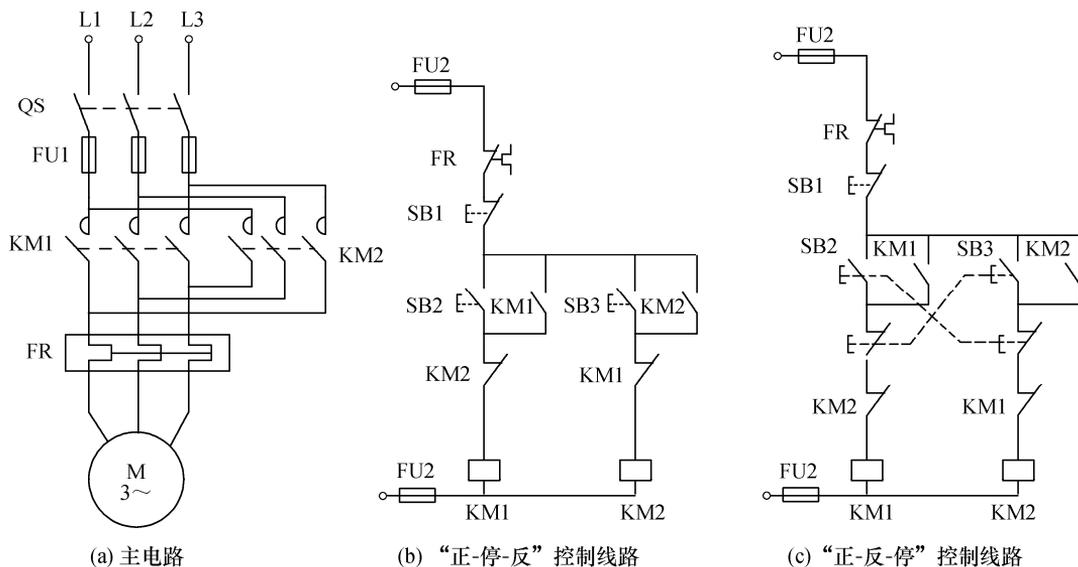


图 1-1 三相笼型异步电动机正反转电气原理图

继电器-接触器控制方式具有控制简单、方便实用、价格低廉、易于维护、抗干扰能力强等优点。以各种继电器为主要元件的电气控制线路，占据着半个多世纪的生产过程自动控制的主导地位。但是，继电器-接触器控制系统的缺点是显而易见的，体积庞大、可靠性差、响应慢、功耗高、噪声大、功能简单、配线复杂而固定，不易检查和维修，这些缺点在 20 世纪 60 年代的汽车生产工业凸显出来，如图 1-2 所示。

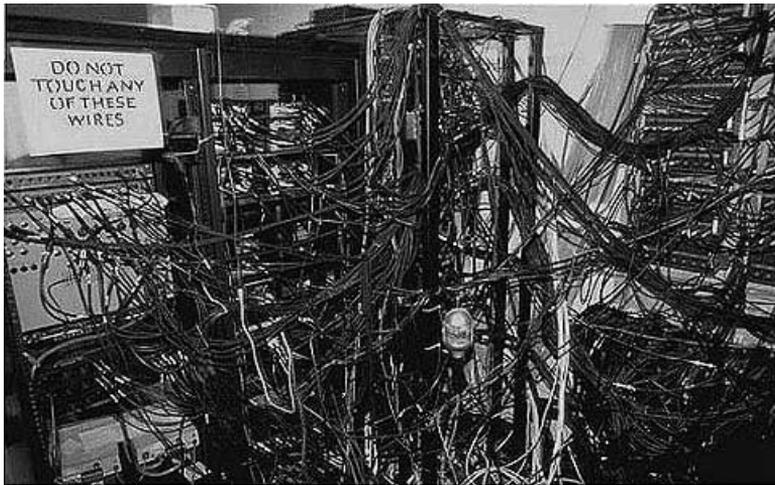


图 1-2 继电器复杂的接线

1.1.2 PLC 的产生

一种新型的控制装置，一项先进的应用技术，总是根据工业生产的实际需要而产生的。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）为满足市场需求，适应汽车生产工艺不断更新的需要，将汽车的生产方式由大批量、少品种转变为小批量、多品种。为此要解决因汽车不断改型而重新设计汽车装配线上各种继电器的控制线路问题，寻求一种比继电器更可靠、响应速度更快、功能更强大的通用工业控制器。GM 公司提出了著名的 10 条技术指标在社会上招标，其核心指标为：

- ① 用计算机代替继电器控制盘；
- ② 用程序代替硬件接线；
- ③ 输入/输出电平可与外部装置直接连接；
- ④ 结构易于扩展。

根据以上指标，美国数字设备公司（DEC）在 1969 年研制出世界上第一台可编程控制器，型号为 PDP-14，并在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功，取得了显著的经济效益。当时人们把它称为可程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）。

第一个把 PLC 商品化的是美国的哥德公司（GOULD），时间也是 1969 年。1971 年，日本从美国引进了这项新技术，研制出日本第一台可编程控制器。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 PLC。我国从 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

随着微电子技术的发展，20 世纪 70 年代中期以来，由于大规模集成电路（LSI）和微处理器在 PLC 中的应用，使得 PLC 的功能不断增强。它不仅能执行逻辑控制、顺序控制、计时及计数控制，还增加了算术运算、数据处理、通信等功能，具有处理分支、中断、自诊断的能力，使得 PLC 更多地具有了计算机的功能。由于 PLC 编程简单、可靠性高、使用方便、维护容易、价格适中等优点，使其得到了迅猛的发展，在冶金、机械、石油、化工、纺织、轻工、建筑、运输、电力等部门都得到了广泛的应用。

1.1.3 PLC 控制的基本思想

PLC 控制系统的等效工作电路可分为三部分，即输入部分、内部控制电路和输出部分。输

入部分就是采集输入信号，输出部分就是系统的执行部件。这两部分与继电器-接触器控制电路相同。内部控制电路是通过编程方法实现的控制逻辑，用软件编程代替继电器-接触器电路的功能。

PLC 支持多种编程语言，其中梯形图语言与继电器-接触器控制系统的线路图的基本思想是一致的，只是在使用符号和表达方式上有一定区别，而且各个厂家 PLC 的梯形图的符号还存在着差别，但总体来说大同小异。图 1-1 (b) 所示的三相异步电动机“正-停-反”控制，采用 S7-300 PLC 控制，其 I/O 接线及程序如图 1-3 所示。

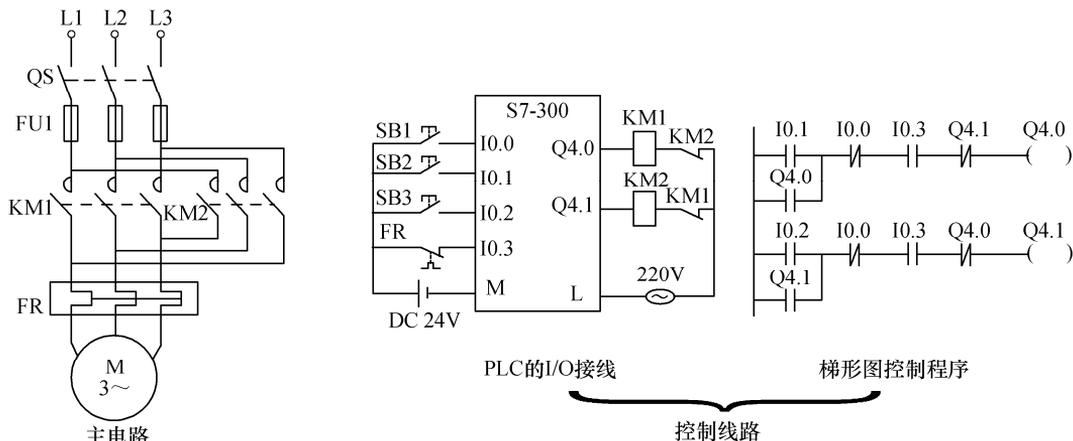


图 1-3 用 S7-300 PLC 实现的正反转控制

由图 1-3 可以看出，采用 PLC 控制方式，保留了原有的继电器-接触器控制方式的主电路部分，只是在控制线路部分用编程取代了各种电器元件的硬接线。而且可以看出，在 PLC 中通用的梯形图语言与继电器-接触器控制线路形式上很相似，基本具有相同的逻辑关系。即 PLC 是在继电器-接触器线路基础上发展起来的新型工业控制装置，并继承了原有的主电路及相关控制思想。所以要在学习 PLC 之前，对继电器-接触器控制线路进行必要的了解和掌握是非常必要的。

1.2 可编程控制器的定义、分类

1.2.1 可编程控制器的定义

可编程序控制器在它发展初期，主要用来取代继电器-接触器控制系统，即用于开关量的逻辑控制系统。后来，随着微电子技术和计算机技术的发展，可编程序控制器已发展成“以微处理器为基础，结合计算机 (Computer) 技术、自动控制 (Control) 技术和通信 (Communication) 技术 (简称 3C 技术) 的高度集成化的新型工业控制装置”。

由于 PLC 的发展非常快，所以其定义也在随 PLC 功能的发展而不断地改变。直到 1987 年 2 月，国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 做了明确定义：“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和顺序控制、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接口，控制各种类型的机器设备或生产过程。可编程控制器及其有关设备的设计原则是它应按易于与工业控制系统联成一个整体和具有扩充功能而构建。”

1.2.2 可编程控制器的分类

目前，PLC 的品种繁多，型号和规格也不统一，通常只能按照其 I/O 点数、结构形式及功

能用途三大方面来大致分类，了解这些分类方式有助于 PLC 的选型及应用。

1. 根据 I/O 点数分类

根据 I/O 点数的多少可将 PLC 分为微型机、小型机、中型机、大型机和超大型机等 5 种类型，其点数的划分见表 1-1。

表 1-1 按 I/O 点数分类 PLC

类型	I/O 点数	存储器容量/KB	机型举例
微型机	64 点以下	0.256~2	三菱 F10、F20； AB Micrologix1000； 西门子 S5-90U、95U 及 S7-200
小型机	65~128	2~4	三菱 F-40、F-60， FX 系列； AB SLC-500； 西门子 S5-100U
中型机	129~512	4~16	三菱 K 系列； AB SLC-504； 西门子 S5-115U、S7-300
大型机	513~8192	16~64	三菱 A 系列； AB PLC-5； 西门子 S5-135U、S7-400
超大型机	大于 8192	64~128	AB PLC-3； 西门子 S5-155U

2. 根据结构形式分类

从结构上看，PLC 可分为整体式、模板式及分散式三种形式。

(1) 整体式 PLC

一般的微型机和小型机多为整体式结构。这种结构的 PLC 将电源、CPU、I/O 部件都集中配置在一个箱体中，有的甚至全部装在一块印制电路板上。图 1-4 所示 SIEMENS 公司的 S7-200 PLC，即为整体式结构。

整体式 PLC 结构紧凑，体积小，重量轻，价格低，容易装配在工业设备的内部，比较适合于生产机械的单机控制。缺点是主机的 I/O 点数固定，使用不够灵活，维修也较麻烦。

(2) 模板式 PLC

模板式结构的 PLC 将电源模板、CPU 模板、输入模板、输出模板及其他智能模板等以单独的模板分开设置。这种 PLC（如 S7-400）一般设有机架底板，在底板上有若干插槽，使用时，各种模板直接插入机架底板即可，如图 1-5 所示。也有的 PLC（如 S7-300）为串行连接，没有底板，各个模板安装在机架导轨上，而各个模板之间是通过背板总线连接的。

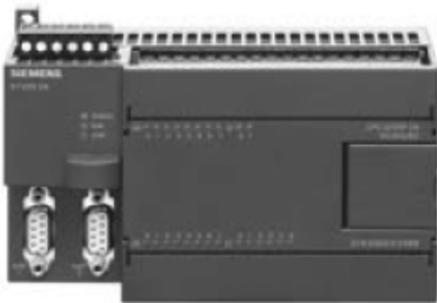


图 1-4 整体式 PLC (S7-200) 的外观结构图

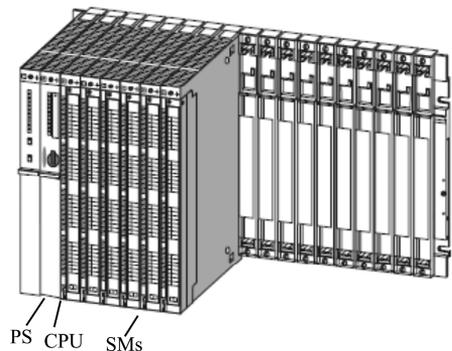


图 1-5 模板式 PLC (S7-400) 外观结构图

这种结构的 PLC 配置灵活，装备方便，维修简单，易于扩展，可根据控制要求灵活配置所需模板，构成功能不同的各种控制系统。一般中型机、大型机和超大型机 PLC 均采用这种结构。模板式 PLC 的缺点是结构较复杂，各种插件多，因而增加了造价。

(3) 分散式 PLC

所谓分散式的结构就是将 PLC 的 CPU、电源、存储器集中放置在控制室，而将各 I/O 模板分散放置在各个工作站，由通信接口进行通信连接，由 CPU 集中指挥。

3. 根据功能用途分类

低档机——有开关量控制、少量的模拟量控制、远程 I/O 和通信功能。

中档机——有开关量控制、较强的模拟量控制、远程 I/O 和较强的通信联网等功能。

高档机——除有中档机的功能外，运算功能更强、特殊功能模块更多，有监视、记录、打印和极强的自诊断功能，通信联网功能更强，能进行智能控制和大规模过程控制，可很方便地构成全厂的综合自动化系统。

1.3 可编程控制器的特点及主要功能

1.3.1 PLC 的一般特点

PLC 能如此迅速发展，除了工业自动化的客观需要外，还因为它具有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。可编程控制器的种类虽然千差万别，但为了在工业环境中使用，它们都有许多共同的特点：

- ① 在 PLC 的设计和制造过程中，主要采用隔离和滤波技术，抗干扰能力强；
- ② 梯形图语言既继承了传统继电器-接触器控制线路的表达形式，编程简单易学；
- ③ 软/硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强；
- ④ PLC 的操作及维修工作量小，维护方便；
- ⑤ 系统设计和施工可同时进行，程序可在实验室模拟调试，施工、调试周期短；
- ⑥ 体积小、能耗低，易于实现机电一体化。

1.3.2 PLC 的主要功能

PLC 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。其主要功能体现在以下几个方面。

- ① 顺序逻辑控制，这是 PLC 最基本最广泛的应用领域，实现逻辑控制和顺序控制。
- ② 运动控制，PLC 与计算机数控（CNC）集成在一起，用以完成机床的运动控制。已广泛用于控制无心磨削、冲压、复杂零件分段冲裁、滚削等应用中。
- ③ 定时、计数控制，精度高，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。
- ④ 步进控制，用步进或移位指令方便地完成步进控制功能，使得步进控制更为方便。
- ⑤ 数据处理，大部分 PLC 都具有不同程度的算术和数据处理功能，便于系统的过程控制。
- ⑥ A/D 和 D/A 转换，基本所有 PLC 都具有模拟量处理功能，用于过程控制或闭环控制系统中，而且编程和使用都很方便。
- ⑦ 通信及联网，能够在 PLC 与计算机之间进行同位链接及上位链接，记录和监控有关数据。

1.4 可编程控制器的应用及发展趋势

1.4.1 可编程控制器的应用现状

一方面由于微处理器芯片及有关元件的价格大大下降，使得 PLC 的成本下降；另一方面 PLC 的功能大大增强，它能够解决复杂的计算和通信问题。使得 PLC 作为一种通用的工业控制

器，可用于所有的工业领域。目前 PLC 在国内外已广泛地应用到机械、汽车、冶金、石油、化工、轻工、纺织、交通、电力、电信、采矿、建材、食品、造纸、军工、机器人等各个领域。PLC 控制技术代表了当今电气控制技术的世界先进水平，已与 CAD/CAM、工业机器人并列为工业自动化的三大支柱。

全世界约 200 家 PLC 生产厂商中，控制整个市场 60% 以上份额的公司只有 6 家，即美国的 AB 公司和 GE（通用）公司，德国的 SIEMENS（西门子）公司，法国的 SCHNEIDER（施耐德）公司，日本的 MITSUBISHI（三菱）公司和 OMRON（欧姆龙）公司。

从市场份额指标来看，第一位是 SIEMENS 公司，约占 30% 的市场份额；第二位是 AB 公司，约占 18% 的市场份额；第三位是 SCHNEIDER 公司，约占 12% 的市场份额。剩下的被包括 OMRON 公司等近 200 余家 PLC 厂商占领。

1.4.2 可编程控制器的发展趋势

随着 PLC 技术的推广、应用，PLC 将进一步向以下几个方向发展：

- ① 系列化、模板化，每个厂家几乎都有自己的系列化产品，同一系列的产品指令向上兼容，扩展设备容量，以满足新机型的推广和使用；
- ② 小型机功能强化，小型机的发展速度大大高于中、大型 PLC；
- ③ 中、大型机高速度、高功能、大容量，使其能取代工业控制微机（IPC）、集散控制系统的功能；
- ④ 低成本、多功能，价格的不断降低，使 PLC 真正成为继电器-接触器控制的替代物。计算、处理功能的进一步完善，使 PLC 可以代替计算机进行管理、监控。

本章小结

可编程控制器是“专为在工业环境下应用而设计的”工业控制计算机，是标准的通用工业控制器。它集 3C 技术（Computer、Control、Communication）于一体，功能强大，可靠性高，编程简单，使用方便、维护容易，应用广泛，是当代工业生产自动化的三大支柱之一。

① PLC 的产生是计算机技术与继电器-接触器控制技术相结合的产物，是社会发展和技术进步的必然结果。

② 从结构上，PLC 可分为整体式、模板式和分散式；从控制规模上，PLC 可分为大型、中型和小型，并有向微型和超大型 PLC 发展之势。

③ PLC 总的发展趋势是：高功能、高速度、高集成度、大容量、小体积、低成本、通信组网能力强。

习题 1

1. 可编程控制器是如何产生的？
2. 整体式 PLC 与模板式 PLC 各有什么特点？
3. 可编程控制器如何分类？
4. 列举可编程控制器可能应用的场合。
5. 说明可编程控制器的发展趋势是什么？