西门子PLC控制技术

主编　王德吉

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子 PLC 控制技术

主　编　王德吉
副主编　黄光富　陈智勇

机械工业出版社

本书以西门子公司 S7-300 PLC 为主要介绍对象，以 PLC 的应用技术为重点，淡化原理，注重实用，以项目、实例为线索进行内容的编排，介绍了 PLC 的工作原理、内部存储区、指令系统、程序结构、编程软件的使用、编程规则与技巧、控制系统设计与应用技术等。

全书语言简洁、通俗易懂、内容丰富、实用性强、理论联系实际。本书可作为电气自动化、自动化、楼宇自动化、机电一体化、机械设计与制造及其相关专业 PLC 应用系统设计与安装课程的教学用书，也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

本书课件请在 http://www.cmpbook.com/index.php?id=134 下载。

图书在版编目（CIP）数据

西门子 PLC 控制技术/王德吉主编. —北京：机械工业出版社，2014.3
ISBN 978-7-111-46052-7

Ⅰ.①西… Ⅱ.①王… Ⅲ.①plc 技术 Ⅳ.①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 040384 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉 责任编辑：赵 任 版式设计：常天培
责任校对：刘志文 封面设计：路恩中 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 27.25 印张 · 737 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-46052-7
定价：78.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务		网络服务	
社服务中心：	(010) 88361066	教材网：	http://www.cmpedu.com
销售一部：	(010) 68326294	机工官网：	http://www.cmpbook.com
销售二部：	(010) 88379649	机工官博：	http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：	(010) 88379203	**封面无防伪标均为盗版**	

序

随着微处理器技术、电力电子技术、网络技术和控制技术的发展，PLC 系统实现了全数字化、智能化、网络化，已成为自动控制系统发展的主流方向。PLC 控制技术在先进制造领域以及在提高生产速度、管理生产过程、合理高效加工和保证安全生产等方面起到越来越关键的作用。

烟草行业是全球各生产制造行业中自动化程度比较高的行业之一。世界各地的许多卷烟厂都热衷于自动化技术改造，无论是欧美发达国家，还是亚洲新兴工业化国家的卷烟生产企业，在自动化技术改造方面都不遗余力。中国烟草总公司从 20 世纪 80 年代初期引进国外先进的生产设备开始，就在不断地探索和追踪最新的自动化技术。目前，烟草企业对学习西门子 PLC 技术的呼声越来越强烈。

我院作为中国烟草行业技术人才的专门培训机构，多年来一直致力于追踪全球工业自动化领域最新的技术和理念并将其转化为生产力，服务于国内的烟草企业，并为之培养培训了大批的技术及技术管理人才。近年来，为满足烟草企业针对工业控制方面的特殊培训需求，我院与西门子公司展开了多层次、全方位的人才培训合作。《西门子 PLC 控制技术》一书就是西门子公司与我院机电工程研究室合作的结晶。该书将西门子 PLC 技术汇集其中，并结合现场应用实例，将西门子 PLC 技术详尽地呈现给读者。希望该书能为自动化领域设计人员和企业工程师及院校师生提供有力支持和帮助。由于时间有限、水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者提出批评和修正意见。

中国烟草总公司职工进修学院

副院长　李广才

2013 年 10 月

前　言

当前大中型PLC应用非常广泛，而相关的参考书和教材都比较少，对初涉PLC技术的读者学习应用起来入门难、跨度大。本书从实际应用角度出发，以应用最广泛的西门子公司的S7-300/400系列PLC为对象而编写的是一本独具特色的教材和参考书。

PLC以微处理器为核心，将微型计算机技术、自动控制技术及网络通信技术有机地融为一体，是应用十分广泛的通用工业自动化控制装置。它具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点，是当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备。

西门子公司的S7-300/400在大中型PLC中应用最为广泛，市场占有率最高。S7-300/400及其编程软件STEP 7和通信网络的功能强大，但其程序结构和网络的组建比较复杂，不易掌握。虽然西门子公司为此编写了相应的硬件安装手册、程序编写手册和网络通信连接手册，但对所有类型的PLC的介绍面面俱到没有突出现阶段重点使用的几种类型，并且所有参考手册都是英文版的，这就要求用户具有较高的英语水平，学习起来比较困难。对此，本书弥补了这些缺憾，结合实例，深入浅出地讲述了西门子S7-300/400系列PLC的应用。

本书具有以下特色：具有非常详尽的指令系统说明，书中对所有的指令都进行了详细的介绍，并针对指令列举了相应的编程实例，使学习者能尽快地掌握指令的应用方法；强调实际应用，给出了S7-300/400PLC的一些实用性很强的应用实例，以提高学习者对S7-300/400PLC工程应用的认识。因此，本书既可以作为高等院校相关专业的教材，也可以作为工程技术人员的参考书。

本书由王德吉任主编，黄光富、陈智勇任副主编，参加本书的编写人员有张建勋、张晓峰、李文磊、丁文萍、王玉、栗卫军、杨彬、李源源、张旭、谢俊明、马晓、汪翠兰、王德玉。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，殷切地希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

编　者

2013年10月

目　录

第一章　可编程序控制器的基础知识

本章内容包括可编程序控制器（Programmable Logic Controller，PLC）产生的背景、特点、组成、发展以及 PLC 工作的一般原理。通过对本章的学习，掌握 PLC 的基础知识，以有利于后面章节内容的学习。

第一节　PLC 概述

PLC 是在电器控制技术和计算机技术的基础上开发出来的，并逐渐发展成为以微处理器为核心，把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业控制装置。目前，PLC 已被广泛地应用于各种生产机械和生产过程的自动控制中，成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制装置，被公认为现代工业自动化的三大支柱（PLC、机器人、CAD/CAM）之一。

国际电工委员会（IEC）于 1987 年颁布了 PLC 标准草案第三稿，在草案中对 PLC 定义如下："PLC 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，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关外围设备，都应按易于与工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则来设计"。

定义强调了 PLC 应直接应用于工业环境，必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和广阔的应用范围，这是区别于一般微机控制系统的重要特征。同时，也强调了 PLC 用软件方式实现的"可编程"与传统控制装置中通过硬件或硬接线的变更来改变程序的本质区别。

近年来，PLC 发展很快，几乎每年都推出不少新系列产品，其功能已远远超出了上述定义的范围。

一、PLC 的产生与发展

在制造业和过程工业中，除了以模拟量为被控对象的反馈控制外，还存在着大量的以开关量（数字量）为主的逻辑顺序控制，这一点在以改变几何形状和机械性能为特征的制造工业中显得尤其突出。它要求控制系统按照逻辑条件和一定的顺序、时序产生控制动作，并能够对来自现场的大量的开关量、脉冲、计时、计数以及模拟量的越限报警等数字信号进行监视和处理。这些工作在早期是由继电器电路来实现的，其缺点是体积庞大、故障率高、功耗大、不易维护、不易改造和升级等。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）鉴于传统的继电器控制系统的一系列缺点，提出了研制新型控制器的设想，总结出新型控制器应当具有的 10 项指标，并以此公开在社会上招标，这 10 项指标是：

1）编程方便，可在现场修改程序。

2）维护方便，最好是插件式。

3）可靠性高于继电器控制柜。

4）体积小于继电器控制柜。

5）可将数据直接送入管理计算机。

6）在成本上可与继电器控制柜竞争。

7）输入为交流 115V。

8）输出为交流 115V/2A 以上，能直接驱动电磁阀、接触器等。

9）在扩展时原有系统改变最少。

10）用户程序存储器至少可扩展到 4KB。

美国数字设备公司（DEC）根据这 10 项指标，于 1969 年研制出第一台控制器，型号为 PDP-14，它的开创性意义在于引入了程序控制功能，为计算机技术在工业控制领域的应用开辟了新的空间。

至 20 世纪 70 年代，PLC 技术已经进入成熟期。推动 PLC 技术发展的动力主要来自于两个方面，其一是企业对高性能、高可靠性自动控制系统的客观需要和追求，例如关于 PLC 最初的性能指标就是由用户提出的。其次，大规模及超大规模集成电路技术的飞速发展，微处理器性能的不断提高，为 PLC 技术的发展奠定了基础并开拓了空间。这两个因素的结合，使得当今的 PLC 已经在所有性能上都大大超越了前述的 10 项指标。

现在，PLC 的程序存储容量多以 MB 为单位，随着超大规模集成电路技术的发展，微处理器的性能大幅提高，指令执行速度达到微秒级，从而极大提高了 PLC 的数据处理能力，高档的 PLC 可以进行复杂的浮点数运算，并增加了许多特殊功能，例如高速计数、脉宽调制变换、PID 闭环控制、定位控制等，从而在以模拟量为主的过程控制领域也占有了一席之地，在一定程度上具备了组建 DCS 的能力。此外，PLC 的通信功能和远程 I/O 能力也非常强大，可以组建成分布式通信网络系统。

在组成结构上，PLC 具有一体化结构和模块式结构两种模式。一体化结构的 PLC 追求功能的完善，性能的提高，体积越来越小，有利于安装。而模块式结构，则是利用单一功能的各种模块拼装成一台完整的 PLC，用户在设计自己的 PLC 控制系统时拥有极大的灵活性，并使设备的性价比达到最优。同时，模块式结构也有利于系统的维护、换代和升级，并使系统的扩展能力大大加强。

在控制规模上，PLC 向小型化和大型化两个方向发展。大型 PLC 是基于满足大规模、高性能控制系统的要求而设计的，在规模上，可带的 I/O 点数（通道数量）达到数千点乃至上万点。在对高性能的追求上，主要体现在以下几点：

1）增强网络通信功能。这是 PLC 的一个重要发展趋势，伴随现场总线（Field Bus）技术的应用，由多个 PLC、多个分布式 I/O 模块、人机界面、编程设备相互连接成的网络，与工业计算机和以太网等构成整个工厂的自动控制系统。PLC 采用了计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术，使得 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体。

2）发展智能模块。智能模块以微处理器为核心，与 PLC 的 CPU 并行工作，完成专一功能，大量节省主 CPU 的时间和资源，对提高用户程序的扫描速度和完成特殊的控制要求非常有利。例如通信模块、位置控制模块、模糊逻辑控制模块、高速计数器模块等。

3）高可靠性。PLC 广泛采用自诊断技术，向用户提供故障分析的信息和提示。同时，大力发展冗余技术、容错技术，以及模块的热插拔功能，保障 PLC 能够长时间的可靠运行。

4）编程软件标准化。长期以来，PLC 的生产厂家各自为战，各产品在硬件结构和软件体系上都是封闭的，不对外开放，因而导致硬件互不通用、软件互不兼容，为用户带来很大的不便。为此，国际电工委员会（IEC）制定了 IEC 1131 标准以引导 PLC 向标准化方向发展。这个标准包含了 5 个部分，从 PLC 的定义等一般信息，到装备与测试、编程语言、用户规则、通信规范等，力图通过一系列的标准来规范各个厂家的产品。目前，有很多厂家都推出了符合 IEC 1131-3 标准的软件系统，例如西门子公司的 STEP 7 软件包就提供符合 IEC 1131-3 标准的指令集。

5）编程软件和语言向高层次发展。PLC 的编程语言在原有的梯形图、顺序功能图、指令表语言的基础上，不断丰富并向高层次发展。大部分厂商都提供可在个人计算机上运行的开发软件包，开发环境完备且友好，可向开发人员提供丰富的帮助信息以及调试、诊断、模拟仿真等功能。例如西门子公司的 STEP 7 软件包，运行在 Windows 环境下，在编程的过程中可随时查询指令，其内容与详细程度与编程手册相同。

小型化 PLC 的发展方向是体积减小、成本下降、功能齐全、性能提高、简单易用。其针对目标是取代广泛分布在企业和民用领域的小规模继电器系统，以及需要采用逻辑顺序控制的小规模场合。其特点是安装方便、可靠性高、开发和改造周期短。

二、PLC 的特点

PLC 的产生是基于工业控制的需要，是面向工业控制领域的专用设备，它具有以下几个特点：

1）可靠性高，抗干扰能力强。用程序来实现的逻辑顺序和时序，最大限度地取代传统继电器系统中的硬件线路，大量减少机械触点和连线的数量，单从这一角度而言，PLC 在可靠性上优于继电器系统是明显的。

在抗干扰性能方面，PLC 在结构设计、内部电路设计、系统程序执行等方面都给予了充分的考虑。例如对主要器件和部件用导磁良好的材料进行屏蔽、对供电系统和输入电路采用多种形式的滤波、I/O 回路与微处理器电路之间用光耦合器隔离、系统软件具有故障检测功能、信息保护和恢复、循环扫描时间的超时警戒等。

2）灵活性强，控制系统具有良好的柔性。当生产工艺和流程进行局部的调整和改动时，通常只需要对 PLC 的程序进行改动，或者配合以外围电路的局部调整即可实现对控制系统的改造。

3）编程简单，使用方便。梯形图语言是 PLC 的最重要也是最普及的一种编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似，电气技术人员和技术工人可以很快地掌握梯形图语言，并用来编制用户程序。

4）控制系统易于实现，开发工作量少，周期短。由于 PLC 的系列化、模块化、标准化，以及良好的扩展性和联网性能，在大多数情况下，PLC 系统都是一个较好的选择，它不仅能够完成多数情况下的控制要求，还能够大量节省系统设计、安装、调试的时间和工作量。

5）维修方便。PLC 有完善的故障诊断功能，可以根据装置上的发光二极管和软件提供的故障信息，方便地查明故障源。由于 PLC 的体积小，并且有些是采用模块化结构，因而可以通过更换整机或模块迅速排除故障。

6）体积小，能耗低。由软件实现的逻辑控制，大量节省继电器、定时器，一台小型的 PLC 只相当于几个继电器的体积，控制系统所消耗的能量大大降低。

7）功能强，性能价格比高。用户程序实现的逻辑控制，所需要的继电器、中间继电器、定时器、计数器等功能元件，都由存储单元来替代，因而数量非常大，一台小型的 PLC 所具备的元件（软元件）数量就可达到成百上千个，相当于过去一个大规模甚至超大规模的继电器控制系统。另外，PLC 所提供的软元件的触点（例如软继电器）可以无限次使用，方便地实现复杂的控制功能。同时，PLC 的联网通信功能有利于实现分散控制、远程控制、集中管理等功能，与同等规模或成本的继电器控制系统相比，无论其功能和性能，都具有无可比拟的优势。

第二节　PLC 的组成

PLC 是微机技术和控制技术相结合的产物，是一种以微处理器为核心的用于控制的特殊计算

机，因此 PLC 的基本组成与一般的微机系统类似。

PLC 的硬件主要由中央处理器（Central Processing Unit，CPU）、存储器、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等部分组成。其中，CPU 是 PLC 的核心，输入单元与输出单元是连接现场输入/输出（I/O）设备与 CPU 之间的接口电路，通信接口用于与编程器、上位计算机等外设连接。图 1-1 是 PLC 的基本组成。

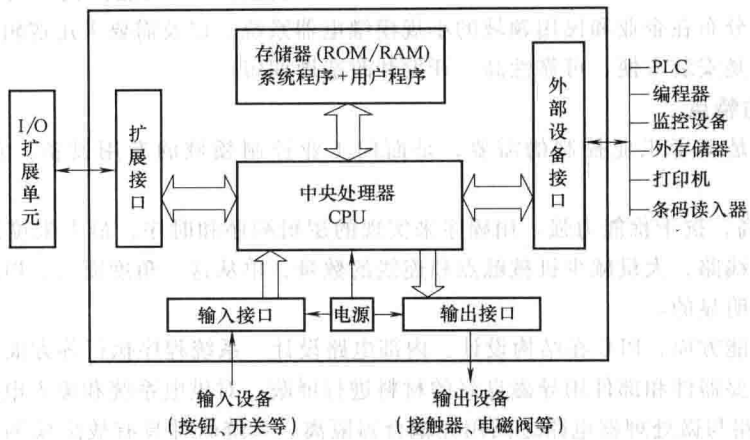

图 1-1　PLC 的基本组成

1. 中央处理单元（CPU）

同一般的微机一样，CPU 是 PLC 的核心。PLC 中所配置的 CPU 随机型不同而不同，常用的有三类：通用微处理器（如 Z80、8086、80286 等）、单片微处理器（如 8031、8096 等）和位片式微处理器（如 AMD29W 等）。小型 PLC 大多采用 8 位通用微处理器和单片微处理器；中型 PLC 大多采用 16 位通用微处理器或单片微处理器；大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器。

目前，小型 PLC 为单 CPU 系统，而中、大型 PLC 则大多为双 CPU 系统，甚至有些 PLC 中 CPU 多达 8 个。对于双 CPU 系统，其中一个为字处理器，通常采用 8 位或 16 位处理器；另一个为位处理器，采用由各厂家设计制造的专用芯片。字处理器为主处理器，用于执行编程器接口功能，监视内部定时器，监视扫描时间，处理字节指令以及对系统总线和位处理器进行控制等。位处理器为从处理器，主要用于处理位操作指令和实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。位处理器的采用，提高了 PLC 的速度，使 PLC 更好地满足实时控制要求。

在 PLC 中 CPU 按系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作，归纳起来主要有以下几个方面：

1）接收从编程器输入的用户程序和数据。

2）诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

3）通过输入接口接收现场的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。

4）从存储器逐条读取用户程序，经过解释后执行。

5）根据执行的结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，通过输出单元实现输出控制。有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器单元

存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器（RAM），另一种是只读存储器（ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM）。在 PLC 中，存储器主要用于存放系统程序、用户程序及

工作数据。

系统程序是由 PLC 的制造厂家编写的，与 PLC 的硬件组成有关，完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能，提供 PLC 运行的平台。系统程序关系到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会变动，所以是由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中，用户不能访问和修改。

用户程序是随 PLC 的控制对象而定的，由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序。为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于 CMOS 静态 RAM 中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。为了防止干扰对 RAM 中程序的破坏，当用户程序经过调试，运行正常且不需要改变时，可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 EEPROM 作为用户存储器。

工作数据是 PLC 运行过程中经常变化、经常存取的一些数据。存放在 RAM 中，以适应随机存取的要求。在 PLC 的工作数据存储器中，设有存放输入/输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等逻辑器件的存储区，这些器件的状态都是由用户程序的初始设置和运行情况而确定的。根据需要，部分数据在掉电时用后备电池维持其现有的状态，这部分在掉电时可保存数据的存储区域称为保持数据区。

由于系统程序及工作数据与用户无直接联系，所以在 PLC 产品样本或使用手册中所列存储器的形式及容量是指用户程序存储器。当 PLC 提供的用户存储器容量不够用时，许多 PLC 还提供有存储器扩展功能。

3. 电源单元

电源单元将外界提供的电源转换成 PLC 的工作电源后，提供给 PLC。有些电源单元也可以作为负载电源，通过 PLC 的 I/O 接口向负载提供直流 24V 电源。PLC 的电源一般采用开关电源，输入电压范围宽，抗干扰能力强。电源单元的输入与输出之间有可靠的隔离，以确保外界的扰动不会影响到 PLC 的正常工作。

电源单元还提供掉电保护电路和后备电池电源，以维持部分 RAM 存储器的内容在外界电源断电后不会丢失。在面板上通常有发光二极管指示电源的工作状态，便于判断电源工作是否正常。

4. 输入/输出单元

输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 模块，是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据，以这些数据作为 PLC 对被控制对象进行控制的依据；同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控制对象，以实现控制的目的。

由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 处理的信息只能是标准电平，所以 I/O 接口要实现这种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能，以提高 PLC 的抗干扰能力。另外，I/O 接口上通常还有状态指示，工作状况直观，便于维护。PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 接口，有各种各样功能的 I/O 接口供用户选用。I/O 接口的主要类型有：数字量（开关量）输入、数字量（开关量）输出、模拟量输入、模拟量输出等。

5. 接口单元

接口单元包括扩展接口、通信接口、编程器接口和存储器接口等。

PLC 的 I/O 单元也属于接口单元的范畴，它完成 PLC 与工业现场之间电信号的往来联系。除此之外，PLC 与其他外界设备和信号的联系都需要相应的接口单元。

（1）I/O 扩展接口

I/O 扩展接口用于扩展输入/输出点数，当主机的 I/O 通道数量不能满足系统要求时，需要

增加扩展单元，这时需要用到 I/O 扩展接口将扩展单元与主机连接起来。西门子公司 S7-300/400 中的接口模块（例如 IM365、IM360/361 等）就是专用于连接中央机架和扩展机架的扩展接口。

（2）通信接口

PLC 配有各种通信接口，这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接，可将过程信息、系统参数等输出打印；与监视器连接，可将控制过程图像显示出来；与其他 PLC 连接，可组成多机系统或连成网络，实现更大规模的控制；与计算机连接，可组成多级分布式控制系统，实现控制与管理相结合。另外，远程 I/O 系统也必须配备相应的通信接口模块。

（3）编程器接口

编程器接口是连接编程器的，PLC 本体通常是不带编程器的。为了能对 PLC 编程和监控，PLC 上专门设置有编程器接口。通过这个接口可以连接各种形式的编程装置，还可以利用此接口做通信、监控工作。

（4）存储器接口

存储器接口是为了扩展存储区而设置的。用于扩展用户程序存储区和用户数据参数存储区，可以根据使用的需要扩展存储器，其内部也是接到总线上的。

（5）智能接口模块

智能接口模块是一个独立的计算机系统，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块，通过总线与 PLC 相连，进行数据交换，并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。

PLC 的智能接口模块种类很多，如：高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块、中断控制模块等。

6. 外部设备

PLC 的外部设备种类很多，总体来说可以概括为四大类：编程设备、监控设备、存储设备、输入/输出设备。

（1）编程设备

编程设备的作用是编辑、调试、输入用户程序，也可在线监控 PLC 内部状态和参数，与 PLC 进行人机对话。它是开发、应用、维护 PLC 不可缺少的工具。编程装置可以是专用编程器，也可以是配有专用编程软件包的通用计算机系统。专用编程器是由 PLC 厂家生产，专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用，它主要由键盘、显示器和外存储器接插口等部件组成。专用编程器有简易编程器和智能编程器两类。

简易编程器只能联机编程，而且不能直接输入和编辑梯形图程序，需将梯形图程序转化为指令表程序才能输入。简易编程器体积小、价格便宜，它可以直接插在 PLC 的编程插座上，或者用专用电缆与 PLC 相连，以方便编程和调试。有些简易编程器带有存储盒，可用来储存用户程序，如三菱的 FX-20P-E 简易编程器。

智能编程器又称图形编程器，本质上它是一台专用便携式计算机，如三菱的 GP-80FX-E 智能型编程器。它既可联机编程，又可脱机编程。可直接输入和编辑梯形图程序，使用更加直观、方便，但价格较高，操作也比较复杂。大多数智能编程器带有磁盘驱动器，提供录音机接口和打印机接口。

专用编程器只能对指定厂家的几种 PLC 进行编程，使用范围有限，价格较高。同时，由于 PLC 产品不断更新换代，所以专用编程器的生命周期也十分有限。因此，现在的趋势是使用以个人计算机为基础的编程装置，用户只要购买 PLC 厂家提供的编程软件和相应的硬件接口装置。

这样，用户只用较少的投资即可得到高性能的 PLC 程序开发系统。

基于个人计算机的程序开发系统功能强大。它既可以编制、修改 PLC 的梯形图程序，又可以监视系统运行、打印文件、系统仿真等。配上相应的软件还可实现数据采集和分析等许多功能。

（2）监控设备

PLC 将现场数据实时上传给监控设备，监控设备则将这些数据动态实时显示出来，以便操作人员和技术人员随时掌握系统运行的情况，操作人员能够通过监控设备向 PLC 发送操控指令，也把具有这种功能的设备称为人机界面。PLC 厂家通常都提供专用的人机界面设备，目前使用较多的有操作屏和触摸屏等。这两种设备均采用液晶显示屏，通过专用的开发软件可设计用户工艺流程图，与 PLC 联机后能够实现现场数据的实时显示。操作屏同时还提供多个可定义功能的按键，而触摸屏则可以将控制键直接定义在流程图的画面中，使得控制操作更加直观。

（3）存储设备

存储设备用于保存用户数据，避免用户程序丢失。有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器等多种形式，配合这些存储载体，有相应的读写设备和接口部件。

（4）输入/输出设备

用于接收信号和输出信号的专用设备。例如条码读入器、打印机等。

第三节　PLC 的工作原理

PLC 是基于电子计算机的工业控制器，从 PLC 产生的背景来看，PLC 系统与继电器控制系统有着极深的渊源，因此一个继电器控制系统必然包含：输入部分、逻辑电路部分和输出部分。输入部分的组成元件大体上是各类按钮、转换开关、行程开关、接近开关、光电开关等；输出部分则是各种电磁阀线圈、接触器、信号指示灯等执行元件。将输入与输出联系起来的就是逻辑电路部分，一般由继电器、计数器、定时器等器件的触点、线圈按照要求的逻辑关系连接而成，能够根据一定的输入状态输出所要求的控制动作。

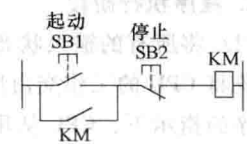

图 1-2　继电器起动/停止控制电路

PLC 系统也同样包含这三部分，唯一的区别是，PLC 的逻辑电路部分用软件来实现，用户所编制的控制程序体现了特定的输入/输出逻辑关系。举例来说，如图 1-2 所示为一个典型的起动/停止控制电路，由继电器元件组成。电路中有两个输入，分别为起动按钮（SB1）、停止按钮（SB2）；1 个输出为接触器 KM。图中的输入/输出逻辑关系由硬件连线实现。

当用 PLC 来完成这个控制任务时，可将输入条件接入 PLC，而用 PLC 的输出单元驱动接触器 KM，它们之间要满足的逻辑关系由程序实现。与图 1-2 等效的 PLC 等效电路如图 1-3 所示。

两个输入按钮信号经过 PLC 的接线端子进入输入接口电路，PLC 的输出经过输出接口、输出端子驱动接触器 KM；用户程序所采用的编程语言为梯形图语言。两个输入分别接入 X403 和 X407 端口，输出所用端口为 Y432，图中只画出 8 个输入端口和 8 个输出端口，实际使用时可任意选用。输入映像对应的是 PLC 内部的数据存储器，而非实际的继电器线圈。

图中的 X400 ~ X407、Y430 ~ Y437 分别表示输入、输出端口的地址，也对应着存储器空间中特定的存储位，这些位的状态（ON 或者 OFF）表示相应输入、输出端口的状态。每一个输入、输出端口的地址是唯一固定的，PLC 的接线端子号与这些地址一一对应。由于所有的输入、输出状态都是由存储器位来表示的，它们并不是物理上实际存在的继电器线圈，所以常称它们为

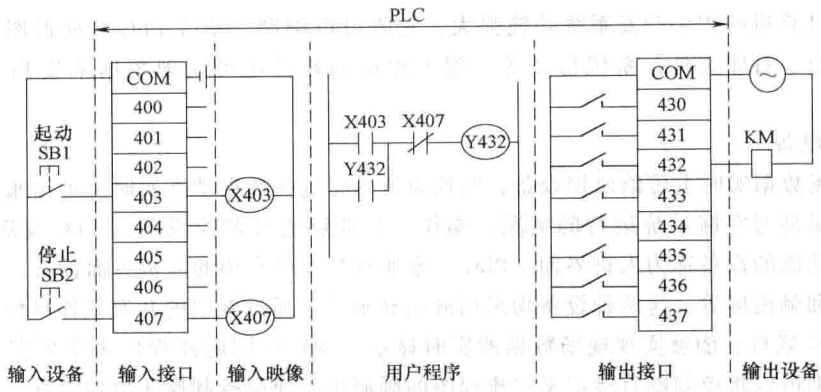

图 1-3 PLC 等效电路

“软元件”，它们的常开、常闭触点可以在程序中无限次使用。

PLC 的工作过程以循环扫描的方式进行，当 PLC 处于运行状态时，它的运行周期可以划分为 3 个基本阶段：输入采样阶段、程序执行阶段、输出刷新阶段。

1. 输入采样阶段

在这个阶段，PLC 逐个扫描每个输入端口，将所有输入设备的当前状态保存到相应的存储区，我们把专用于存储输入设备状态的存储区称为输入映像寄存器，图 1-3 中以线圈形式标出的 X403、X407，实际上是输入映像寄存器的形象比喻。

输入映像寄存器的状态被刷新后，将一直保存，直至下一个循环才会被重新刷新，所以当输入采样阶段结束后，如果输入设备的状态发生变化，也只能在下一个周期才能被 PLC 接收到。

2. 程序执行阶段

PLC 将所有的输入状态采集完毕后，进入用户程序的执行阶段。所谓用户程序的执行，并非是系统将 CPU 的工作交由用户程序来管理，CPU 所执行的指令仍然是系统程序中的指令。在系统程序的指示下，CPU 从用户程序存储区逐条读取用户指令，经解释后执行相应动作，产生相应结果，刷新相应的输出映像寄存器，期间需要用到输入映像寄存器、输出映像寄存器的相应状态。

当 CPU 在系统程序的管理下扫描用户程序时，按照先上后下、先左后右的顺序依次读取梯形图中的指令。以图 1-3 中的用户程序为例，CPU 首先读到的是常开触点 X403，然后在输入映像寄存器中找到 X403 的当前状态，接着从输出映像寄存器中得到 Y432 的当前状态，两者的当前状态进行“或”逻辑运算，结果暂存；CPU 读到的下一条梯形图指令是 X407 的常闭触点，同样从输入映像寄存器中得到 X407 的状态，将 X407 常闭触点的当前状态与上一步的暂存结果进行逻辑“与”运算，最后根据运算结果得到输出线圈 Y432 的状态（“ON”或者“OFF”），并将其保存到输出映像寄存器中，也就是对输出映像寄存器进行了刷新。请注意，在程序执行过程中用到了 Y432 的状态，这个状态是上一个周期执行的结果。

当用户程序被完全扫描一遍后，所有的输出映像都被依次刷新，系统将进入下一个阶段，即输出刷新阶段。

3. 输出刷新阶段

在这个阶段，系统程序将输出映像寄存器中的内容传送到输出锁存器中，经过输出接口或输出端子输出，驱动外部负载。输出锁存器一直将状态保持到下一个循环周期，而输出映像寄存器