

跟我动手学

西门子S7-300/400 PLC

吕增芳 薛君 主编
杨国生 皇甫勇兵 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

跟我动手学

西门子S7-300/400 PLC

吕增芳 薛 君 主 编

杨国生 皇甫勇兵 副主编

赵江稳 杨淑媛 参 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

全书共分七章, 主要内容包括: PLC 系统认知、S7-300/400 硬件结构及 STEP7 的使用、S7-300/400 指令系统、S7-300/400 指令系统、S7-300/400 PLC 的综合应用、S7-300/400 的 PROFIBUS 网络通信的组态与编程、S7-300/400 的 PROFINET 网络通信的组态与编程、TIA PORTAL V11 在 S7-300/400 和 HMI 中的应用。本书以项目为导向, 以一步一步动手操作作为引导, 通过具体的设计、编程、组态过程使读者建立起过程设计概念, 掌握设计思路和调试方法, 通俗易懂, 具有很强的实用性。

本书既可作为大中专院校自动化、机电一体化等专业的教学用书, 也可作为工业自动化技术人员的入门读物及相关企业培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

跟我动手学西门子 S7-300/400 PLC/吕增芳, 薛君主编. —北京: 中国电力出版社, 2016.2

ISBN 978-7-5123-8748-5

I. ①跟… II. ①吕… ②薛… III. ①plc 技术
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 022455 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.25 印张 617 千字

印数 0001—3000 册 定价 58.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

S7-300/400 系列 PLC 是西门子全集成自动化系统中的控制核心,也是国内应用最广、市场占有率最大的 PLC。很多初学者感觉入门较难,不容易上手,本书以培养学生的西门子 S7-300/400 应用能力为主线,以西门子 PLC 的硬件和软件产品为平台,以项目为导向,以一步一步动手操作为引导,通过具体的设计、编程、组态过程使学生建立起过程设计概念,掌握设计思路和调试方法。

全书共分七章。第一章为 PLC 系统认知,介绍了可编程控制器的基本概念及工作原理。第二章为 S7-300/400 的硬件结构及 STEP 7 的使用,介绍了 S7-300/400 的基本硬件模块和 STEP 7 编程软件的安装和简单使用方法。第三章为 S7-300/400 指令系统,通过几个针对性的训练项目,介绍了利用基本指令进行简单项目设计的实现方法。第四章为 S7-300/400 PLC 的综合应用,通过运料小车控制系统、刀具控制系统两个项目的综合设计与开发,介绍了典型控制系统的设计开发方法。第五章为 S7-300/400 的 PROFIBUS 网络通信的组态与编程,介绍了通信的基本概念及 S7-300/400 与 ET200 的组态与编程、S7-300/400 DP 主站与智能从站的组态与编程、S7-300/400 与变频器 MM440 的 DP 通信的组态与编程。第六章为 S7-300/400 的 PROFINET 网络通信的组态与编程,介绍了 S7-300 与 S7-300 智能从站的组态与编程及 S7-300 和变频器 G120 的组态与编程。第七章为 TIA PORTAL V11 在 S7-300/400 和 HMI 中的应用,通过霓虹灯控制系统,报警控制系统,运料小车自动往返控制系统,PLC、HMI 和 G120 实现变频调速 4 个项目,介绍了 TIA PORTAL V11 在 S7-300/400 和 HMI 中的应用。每一个项目都有具体的编程组态截图,给出了相应的参考程序,所给程序均已调试通过,便于读者对照学习。为了适应各类专业人员的不同需求,各章之间相互配合又自成体系,便于使用。

本书中的第一章和第四章由吕增芳编写,第二章由杨淑媛、薛君编写,第三章由杨国生编写,第五章、第六章和第七章由薛君编写。全书由吕增芳和薛君共同统稿。在编写本书的过程中得到了廖常初老师以及西门子技术人员吕智等的大力支持与指导,全书部分参考程序由任文兴验证,赵江稳为推动本书的出版做了许多工作,另外,王刚、敖马泽、武晓敏、李慧龙、赵宇廷、赵鑫、霍垚光、曹俊奇、李月全、宋彦平、段瑞云、瞿卫超、任文兴、任霞霞、武红霞、宋彦平、刘建安、任晓慧、郭雄斐、段锦峰、韩少栋、鲍晓龙参与了本书资料的搜集与整理工作。在此一并表示感谢。

在本书的编写过程中,作者参阅和引用了西门子 PLC 及变频器软硬件手册,同时还参考了许多专家学者的著作,在此,向其作者表示诚挚谢意。

由于编者水平有限,书中难免会有不足之处,希望各位同行、专家多提宝贵意见。

编者



目 录

前言

第一章	PLC 系统认知	1
第一节	PLC 的基本概念	1
一、	可编程控制器 (PLC) 的由来	1
二、	可编程控制器的定义	2
三、	可编程控制器的分类及特点	3
四、	可编程控制器与各类控制系统的比较	5
五、	PLC 控制系统的类型	5
六、	可编程控制器的应用	6
七、	可编程控制器的发展趋势	7
第二节	PLC 的组成与基本结构	8
一、	PLC 的基本组成	8
二、	PLC 各组成部分	9
第三节	PLC 的基本工作原理	9
一、	PLC 的循环扫描工作过程	9
二、	PLC 的 I/O 滞后现象	10
第四节	PLC 的干扰因素	11
一、	空间电磁干扰	11
二、	系统外引线干扰	11
三、	系统内部干扰	12
第二章	S7-300/400 硬件结构及 STEP 7 的使用	13
第一节	SIMATIC 自动控制系统简介	13
一、	SIMATIC 自动化控制系统的组成	13
二、	全集成自动化	15
第二节	S7-300 系列 PLC 模块	16
一、	S7-300PLC 的系统结构	16
二、	S7-300 的组成部件	18
三、	CPU 模块元件	21
四、	电源模块	28
第三节	S7-400 系列 PLC 的基本模块	30

一、S7-400 的基本结构与特点	30
二、机架与接口模块	32
三、CPU 模块与电源模块	34
第四节 ET 200 的基本模块	37
第五节 STEP 7 软件的安装与使用	40
一、STEP 7 软件的安装	40
二、对 STEP 7 软件的初步认识	43
三、使用 STEP 7 编程实现刀具正反转控制任务	49
四、STEP 7 标准软件包的扩展	58
第六节 PLCSIM 的使用	59
一、PLCSIM 的安装和初步认识	59
二、下载用户程序和组态信息	60
三、用 PLCSIM 的视图对象调试程序	61
四、PLCSIM 工具栏上的其他按钮的说明	63
五、关闭 PLCSIM	64
第七节 用 WinCC flexible 完成人机界面 HMI 的组态	65
一、人机界面 (HMI) 的概述	65
二、SIMATIC 面板 (HMI) 设备简介	65
三、HMI 组态软件——WinCC flexible 简介	73
四、HMI 组态实训项目——实现刀具和运料小车的正反转、多屏幕控制	77

第三章 S7-300/400 指令系统 99

第一节 S7-300/400 指令系统概述	99
一、STEP 7 的编程语言	99
二、STEP 7-300/400 的 CPU 存储区	101
三、STEP 7 编程与调试	110
实训项目 1 位逻辑指令的应用	125
实训项目 2 定时器与计数器指令的应用	137
实训项目 3 数据处理指令的应用	152
实训项目 4 数学运算指令应用	159
第二节 S7-300/400 用户程序结构	168
实训项目 1 功能与功能块应用	168
实训项目 2 组织块的应用	189
第三节 顺序控制系统的应用	194
一、顺序控制的含义	194
二、顺序功能图的组成	195
三、顺序功能图的基本结构	196
四、顺序功能图中转换实现的基本规则	197
实训项目 1 皮带运输控制系统	199

实训项目 2 SFC 实现顺序控制系统	208
---------------------	-----

第四章 S7-300/400 PLC 的综合应用 223

第一节 运料小车控制系统	223
第二节 刀具控制系统	239

第五章 S7-300/400 的 PROFIBUS 网络通信的组态与编程 261

第一节 通信的基础知识	261
一、通信的基本概念	261
二、通信协议	266
三、现场总线通信系统	269
四、基于 PROFIBUS 现场总线的通信	271
五、基于 PROFIBUS-DP 的通信	277
六、PROFIBUS-DP 的接线	279
第二节 S7-300/400 与 ET200 的 PROFIBUS-DP 通信的组态与编程	281
一、主站与 ET200 通信的组态与编程	281
二、主站与 ET200 通信的 PLCSIM 仿真	289
第三节 S7-300/400 DP 主站与智能从站的组态与编程	292
一、通信框架的搭建	292
二、数据单元一致性传输的组态、编程和调试	294
三、数据绝对一致性传输的组态、编程和调试	300
第四节 S7-300/400 与变频器 MM420 的 DP 通信的组态与编程	302
一、西门子驱动设备与 PLC 的通信方式	302
二、S7-300 与变频器 MM420 PROFIBUS-DP 的组态、编程与调试	303

第六章 S7-300/400 的 PROFINET 网络通信的组态与编程 307

第一节 S7-300 与 S7-300 智能从站的组态与编程	307
一、PROFINET 网络通信概述	307
二、通信框架的搭建	313
三、S7-300 与 S7-300 PROFINET 通信的组态	315
四、S7-300 与 S7-300 PROFINET 通信的编程与调试	319
第二节 S7-300 和变频器 G120 的组态与编程	321
一、通信框架的搭建	321
二、用变频器手动控制电动机的启停	322
三、PLC 与变频器通信控制电动机	322

第七章 TIA PORTAL V11 在 S7-300/400 和 HMI 中的应用 333

第一节 TIA PORTAL 简介	333
第二节 霓虹灯控制系统的实现	337

一、控制任务解析	337
二、霓虹灯控制程序的组态、编程与调试	337
第三节 报警控制系统	350
一、报警设置的相关参数	350
二、控制任务	350
三、报警的组态与编程	351
第四节 运料小车自动往返控制系统	365
一、控制任务	365
二、组态、编程和调试	366
第五节 PLC、HMI 和 G120 实现变频调速	376
一、G120 设备组件的安装	376
二、G120 变频器参数的设置	379
三、S7-300 和 G120 的 PROFINET 的组态、编程与调试	379
参考文献	394



第一章

PLC 系统认知

第一节 PLC 的基本概念

一、可编程控制器（PLC）的由来

早期的工业生产所广泛使用的电气自动控制系统是继电器—接触器控制系统。它具有结构简单、价格低廉、容易操作和对维护技术要求不高的优点，特别适用于工作模式固定、控制要求比较简单的场合。随着工业生产的迅速发展，继电接触控制系统的缺点变得日益突出。由于其线路复杂，因此系统的可靠性难以提高且检查和修复相当困难。

1968 年，美国通用汽车公司（GM）为适应汽车工业激烈的竞争，满足汽车型号不断更新的要求，向制造商公开招标，寻求一种取代传统继电器—接触器控制系统的新的控制装置，通用汽车公司对新型控制器提出以下十大要求。

- （1）编程简单，可在现场修改程序。
- （2）维护方便，采用插件式结构。
- （3）可靠性高于继电接触控制系统。
- （4）体积小于继电接触控制系统。
- （5）成本可与继电器控制柜竞争。
- （6）可将数据直接输入计算机。
- （7）输入是 115V 交流电压（美国标准系列电压值）。
- （8）输出为 115V 交流电压、2A 以上电流，能直接驱动电磁阀、交流接触器、小功率电机等。
- （9）通用性强，能扩展。
- （10）能存储程序，存储器容量至少能扩展到 4KB。

根据上述要求，美国数字设备公司（DEC）在 1969 年首先研制出第一台可编程控制器 PDP-14，在汽车装配线上使用，取得了成功。接着，美国 MODICON 公司也开发出了可编程控制器 084。1971 年日本从美国引进了这项新技术，很快研制出日本第一台可编程控制器 DSC-18。1973 年西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。我国从 1974 年开始研制，1977 年开始工业推广应用。

早期的可编程控制器是为了取代继电器控制线路，其功能基本上限于开关量逻辑控制，仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能，一般被称为可编程逻辑控制器（Programmable



Logic Controller, 简称 PLC)。这种 PLC 主要由分立元件和中小规模集成电路组成, 在硬件设计上特别注重适用于工业现场恶劣环境的应用, 但编程需要由受过专门训练的人员来完成, 这是第一代可编程控制器。

现代的 PLC 不仅能实现开关量的顺序逻辑的控制, 而且具有数字运算、数据处理、运动控制、模拟量控制, 以及远程 I/O、网络通信和图像显示等功能, 已成为实现生产自动化、管理自动化的重要支柱。

著名的 PLC 制造厂商有: 美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B (Allen-Bradley) 公司、GE 公司, 德国的西门子 (SIEMENS) 公司和法国的施耐德 (SCHNEIDER) 自动化公司, 日本的欧姆龙 (OMRON) 和三菱公司等。

二、可编程控制器的定义

1987 年, 国际电工委员会 IEC (International Electrical Committee) 颁布了可编程序控制器最新的定义。

可编程控制器是一种能够直接应用于专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各类的机械或生产过程。可编程控制器及其有关的外围设备都应按照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而设计。

可见, PLC 的定义实际是根据 PLC 的硬件和软件技术的进展而发展的。这些发展不仅改进了 PLC 的设计, 也改变了控制系统的设计理念。这些改变, 包括硬件和软件的。

1. PLC 的硬件进展

- (1) 采用新的先进微处理器和电子技术达到快速的扫描时间。
- (2) 小型的、低成本的 PLC, 可以代替 4~10 个继电器, 现在获得更大的发展动力。
- (3) 高密度的 I/O 系统, 以低成本提供了节省空间的接口。
- (4) 基于微处理器的智能 I/O 接口扩展了分布式控制能力, 典型的接口如 PID、网络、CAN 总线、现场总线、ASCII 通信、定位、主机通信模块、语言模块 (如 BASIC, PASCAL) 等。
- (5) 包括输入输出模块和端子的结构设计改进, 使端子更加集成。
- (6) 特殊接口允许某些器件可以直接接到控制器上, 如热电偶、热电阻、应力测量、快速响应脉冲等。
- (7) 外部设备改进了操作员界面技术, 系统文档功能成为 PLC 的标准功能。

2. PLC 的软件进展

与硬件的发展相似, PLC 的软件也取得了巨大的进展, 大大强化了 PLC 的功能。

(1) PLC 引入了面向对象的编程工具, 并且根据国际电工委员会的 IEC 61131-3 的标准形成了多种语言。

(2) 小型 PLC 也提供了强大的编程指令, 并且因此延伸了应用领域。

(3) 高级语言, 如 BASIC, C 在某些控制器模块中已经可以实现, 在与外部通信和处理数据时提供了更大的编程灵活性。

(4) 在梯形图逻辑中可以实现高级的功能块指令, 可以使用户用简单的编程方法实现复杂的软件功能。

(5) 诊断和错误检测功能从简单的系统控制器的故障诊断扩大到对所控制的机器和设备的过程和设备诊断。

(6) 浮点算术可以进行控制应用中计量、平衡和统计等所牵涉的复杂计算。

(7) 数据处理指令得到简化和改进，可以进行涉及大量数据存储、跟踪和存取的复杂控制以及数据采集和处理功能。

三、可编程控制器的分类及特点

(一) 分类

1. 按组成结构形式分类

(1) 一体化整体式 PLC。一体化整体式 PLC 是典型的小型 PLC，其中没有任何分离和可移动的部件，处理器和 I/O 组装在一起，I/O 端子可以使用，但不能改变。其优点是价格便宜，缺点是灵活性差，对于有些模块，任何部分出现故障，都只能换掉整个单元。

(2) 模块式结构化 PLC。模块式结构化 PLC 的主要硬件部分被分别制成模块，然后由用户根据需要所选用的模块插入 PLC 机架上的槽内，构成一个 PLC 系统。

2. 按 I/O 点数及内存容量分类

(1) 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下，特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体，主要功能是执行逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。

(2) 中型 PLC。中型 PLC 的 I/O 点数一般在 256~1024 点之间，特点是采用模块化结构，主要功能是能连接各种特殊功能模块。其通信联网功能更强、指令系统更丰富、内存容量更大、扫描速度更快。

(3) 大型 PLC。大型 PLC 的 I/O 点数一般在 1024 点以上，特点是采用模块化结构、采用三 CPU 构成表决式系统，使机器的可靠性更高，软、硬件功能极强。它具有极强的自诊断功能、通信联网功能，具有各种通信联网的模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产管理自动化。

3. 按输出形式分类

(1) 继电器输出。图 1-1 为继电器输出型，适用于低频大功率直流或交流负荷。

(2) 晶体管输出。图 1-2 和图 1-3 为晶体管输出型，适用于高频小功率直流负荷。

(3) 晶闸管输出。图 1-4 为晶闸管输出型，适用于高速大功率交流负荷。

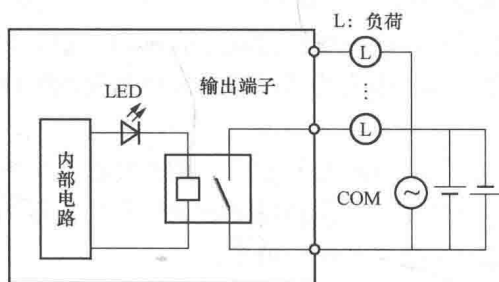


图 1-1 继电器输出型

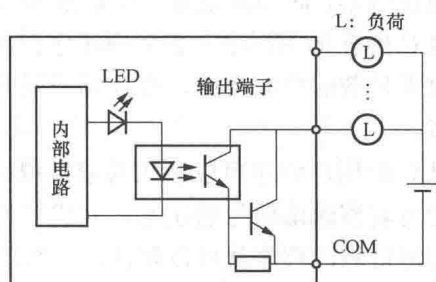


图 1-2 晶体管输出型（NPN 集电极开路）

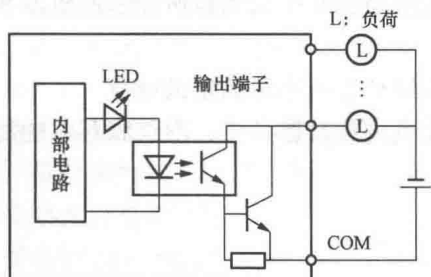


图 1-3 晶体管输出型 (PNP 集电极开路)

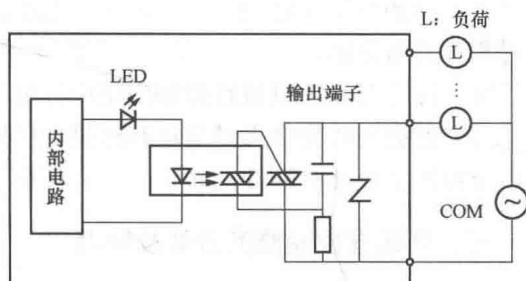


图 1-4 晶闸管输出型

(二) 特点

(1) 使用方便, 编程简单。采用简明的梯形图、逻辑图或语句表等编程语言, 无须计算机知识, 因此系统开发周期短, 现场调试容易。另外, 可在线修改程序, 改变控制方案而不拆动硬件。

(2) 功能强, 性价比高。一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件, 功能强大, 可以实现非常复杂的控制功能。它与相同功能的继电器系统相比, 具有很高的性价比。PLC 可以通过通信联网, 实现分散控制, 集中管理。

(3) 硬件配套齐全, 用户使用方便, 适应性强。PLC 产品已经实现标准化、系列化、模块化, 配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用, 用户能灵活方便地进行系统配置, 组成不同功能、不同规模的系统。PLC 的安装接线也很方便, 一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负荷能力, 可以直接驱动一般的电磁阀和小型交流接触器。

硬件配置确定后, 可以通过修改用户程序, 方便快速地适应工艺条件的变化。

(4) 可靠性高, 抗干扰能力强。传统的继电器控制系统使用了大量的中间继电器、时间继电器, 由于触点接触不良, 容易出现故障。PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器, 只剩下与输入和输出有关的少量硬件元件, 接线可减少到继电器控制系统的 $1/10 \sim 1/100$, 因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 采取了一系列硬件和软件抗干扰措施, 具有很强的抗干扰能力, 平均无故障时间达到数万小时以上, 可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场, PLC 已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

(5) 系统的设计、安装、调试工作量小。PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件, 使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减小。

PLC 的梯形图程序一般采用顺序控制设计法来设计。这种编程方法很有规律, 很容易掌握。对于复杂的控制系统, 设计梯形图的时间比设计相同功能的继电器系统电路图的时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试, 输入信号用小开关来模拟, 通过 PLC 上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后, 在现场的统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决, 系统的调试时间比继电器系统少得多。

(6) 维修工作量小, 维修方便。PLC 的故障率很低, 且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时, 可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明故障的原因, 用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

四、可编程控制器与各类控制系统的比较

1. PLC 与继电器控制系统的比较

传统的继电器控制系统是针对一定的生产机械、固定的生产工艺而设计，采用硬接线方式安装而成，只能完成既定的逻辑控制、定时和计数等功能，即只能进行开关量的控制，一旦改变生产工艺过程，继电器控制系统必须重新配线，因此适应性很差，且体积庞大，安装、维修均不方便。由于 PLC 应用了微电子技术和计算机技术，各种控制功能是通过软件来实现的，只要改变程序，就可适应生产工艺改变的要求，因此适应性强。

2. PLC 与单片机控制系统的比较

单片机控制系统仅适用于较简单的自动化项目。硬件上主要受 CPU、内存容量及 I/O 接口的限制；软件上主要受限于与 CPU 类型有关的编程语言。现代 PLC 的核心就是单片微处理器。虽然用单片机作控制部件在成本方面具有优势，但是从单片机到工业控制装置之间毕竟有一个硬件开发和软件开发的过程。虽然 PLC 也有必不可少的软件开发过程，但两者所用的语言差别很大，单片机主要使用汇编语言开发软件，所用的语言复杂且易出错，开发周期长。而 PLC 采用专用的指令系统来编程，简便易学，现场就可以开发调试。与单片机相比，PLC 的输入输出端更接近现场设备，不需添加太多的中间部件，这样就节省了用户时间和总的投资。一般说来单片机或单片机系统的应用只是为某个特定的产品服务的，与 PLC 相比，单片机控制系统的通用性、兼容性和扩展性都相当差。

3. PLC 与计算机控制系统的比较

PLC 是专为工业控制所设计的，而微型计算机是为科学计算、数据处理等而设计的。尽管两者在技术上都采用了计算机技术，但由于使用对象和环境的不同，PLC 比微机系统具有面向工业控制、抗干扰能力强、适应工程现场的温度、湿度环境等优势。此外，PLC 使用面向工业控制的专用语言而使编程及修改方便，并具有较完善的监控功能。而微机系统则不具备上述特点，一般对运行环境要求苛刻，使用高级语言编程，要求使用者具有相当水平的计算机硬件和软件知识。而人们在应用 PLC 时，不必进行计算机方面的专门培训，就能进行操作及编程。

4. PLC 与传统的集散型控制系统的比较

PLC 是由继电器逻辑控制系统发展而来的。而传统的集散控制系统 DCS (Distributed Control System) 是由回路仪表控制系统发展起来的分布式控制系统，它在模拟量处理，回路调节等方面有一定的优势。PLC 随着微电子技术、计算机技术和通信技术的发展，无论在功能上、速度上、智能化模块以及联网通信上，都有很大的提高，并开始与小型计算机联成网络，构成了以 PLC 为重要部件的分布式控制系统。随着网络通信功能的不断增强，PLC 与 PLC 及计算机的互联，可以形成大规模的控制系统，现在各类 DCS 也面临着高端 PLC 的威胁。由于 PLC 的技术不断发展，DCS 过去所独有的一些复杂控制功能现在 PLC 基本上全部具备，且 PLC 具有操作简单的优势，最重要的一点，就是 PLC 的价格和成本是 DCS 系统所无法比拟的。

五、PLC 控制系统的类型

1. PLC 构成的单机系统

PLC 构成的单机系统的被控对象是单一的机器生产或生产流水线，其控制器是由单台 PLC 构成的，一般不需要与其他 PLC 或计算机进行通信。但是，设计者还要考虑将来有无联



网的需要，如果有的话，应当选用具有通信功能的 PLC，如图 1-5 所示。

2. PLC 构成的集中控制系统

如图 1-6 所示，由 PLC 构成的集中控制系统的被控对象通常是由数台机器或数条流水线构成，该系统的控制单元由单台 PLC 构成，每个被控对象与 PLC 指定的 I/O 相连。由于采用一台 PLC 控制，因此，各被控对象之间的数据、状态不需要另外的通信线路。但是一旦 PLC 出现故障，整个系统将停止工作。对于大型的集中控制系统，通常采用冗余系统克服上述缺点。

3. PLC 构成的分布式控制系统

PLC 构成的分布式控制系统的被控对象通常比较多，分布在一个较大的区域内，相互之间比较远，而且，被控对象之间经常交换数据和信息。这种系统的控制器采用若干个相互之间具有通信功能的 PLC 构成。系统的上位机可以采用 PLC，也可以采用工控机，如图 1-7 所示。PLC 作为一种控制设备，用它单独构成一个控制系统是有局限性的，主要是无法进行复杂运算，无法显示各种实时图形和保存大量历史数据，也不能显示汉字和打印汉字报表，没有良好的界面。这些不足，我们选用上位机来弥补。上位机完成监测数据的存贮、处理与输出，以图形或表格形式对现场进行动态模拟显示、分析限值或报警信息，驱动打印机实时打印各种图表。

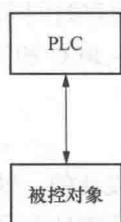


图 1-5 单机系统

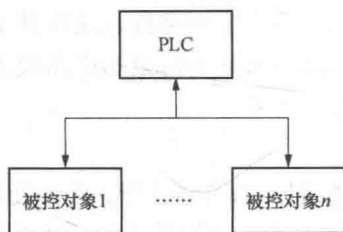


图 1-6 集中控制系统

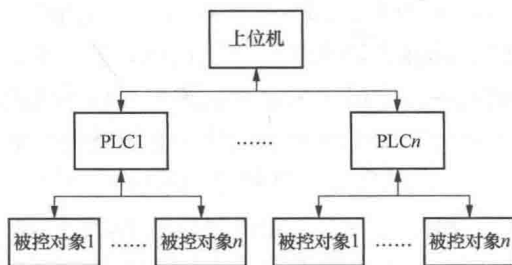


图 1-7 分布式控制系统

六、可编程控制器的应用

目前，PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业，使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

开关量的逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，它取代了传统的继电器电路，实现逻辑控制、顺序控制，既可用于单台设备的控制，也可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程当中，有许多连续变化的量，如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使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 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块，使可编程控制器用于模拟量控制。

3. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说，早期直接用于控制开关量的 I/O 模块连接位置传感器和执行机构，现在一般使用专用的运动控制模块代替。如可

驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能,被广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等领域。

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。作为工业控制计算机,PLC 能编制各种各样的控制算法程序,完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块,目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等领域有非常广泛的应用。

5. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信及联网

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展,工厂自动化网络发展得很快,各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能,纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口,通信非常方便。

七、可编程控制器的发展趋势

- (1) 向微型化、专业化的方向发展。
- (2) 向大型化、高速度、高性能方向发展。
- (3) 编程语言日趋标准。
- (4) 与其他工业控制产品更加融合。

1) PLC 与 PC 的融合。个人计算机的价格便宜,有很强的数据运算、处理和分析能力。目前个人计算机主要用作可编程控制器的编程器、操作站或人/机接口终端。

2) PLC 与 DCS 的融合。DCS (Distributed Control System) 指的是集散控制系统,又被称作分布式控制系统,主要用于石油、化工、电力、造纸等流程工业的过程控制。它是用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制装置,是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术竞相发展、互相渗透而产生的,既不同于分散的仪表控制技术,又不同于集中式计算机控制系统,而是吸收了两者的优点,并在它们的基础上发展起来的一门技术。

可编程控制器擅长于开关量逻辑控制,DCS 擅长于模拟量回路控制,二者相结合,则可以优势互补。

3) PLC 与 CNC 的融合。计算机数控 (Computerized Numerical Control, CNC) 已受到来自可编程控制器的挑战,可编程控制器已被用于控制各种金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯和其他需要位置控制和进度控制的领域。

(5) 与现场总线相结合。现场总线 (Field Bus) 是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络,它是当前工业自动化的热点之一。现场总线以开放的、独立的、全数字化的双向多变量通信代替 0~10mA 或 4~20mA 现场电动仪表信号。现场总线



I/O 集检测、数据处理、通信为一体，可以代替变送器、调节器、记录仪等模拟仪表，它接线简单，只需一根电缆，从主机开始，沿数据链从一个现场总线 I/O 连接到下一个现场总线 I/O。

现场总线控制系统将 DCS 的控制站功能分散给现场控制设备，仅靠现场总线设备即可以实现自动控制的基本功能。

可编程控制器与现场总线相结合，可以组成价格便宜、功能强大的分布式控制系统。

(6) 通信联网能力增强。可编程控制器的通信联网功能使可编程控制器与个人计算机之间以及与其他智能控制设备之间可以交换数字信息，形成一个统一的整体，实现分散控制和集中管理。可编程控制器通过双绞线、同轴电缆或光纤联网，信息可以传送到几十千米远的地方。可编程控制器网络大多是各厂家专用的，但是它们可以通过主机，与遵循标准通信协议的大网络联网。

第二节 PLC 的组成与基本结构

一、PLC 的基本组成

PLC 结构框图如图 1-8 所示，主要由中央处理单元、输入接口、输出接口、通信接口等部分组成，其中 CPU 是 PLC 的核心，I/O 部件是连接现场设备与 CPU 之间的接口电路，通信接口用于与编程器和上位机连接。对于整体式 PLC，所有部件都装在同一机壳内；对于模块式 PLC，各功能部件独立封装，被称为模块或模板，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上。不同厂商生产的不同系列产品在每个机架上可插放的模块数是不同的，一般为 3~10 块。可扩展的机架数也不同，一般为 2~8 个。基本机架与扩展机架之间的距离不宜太长，一般不超过 10m。

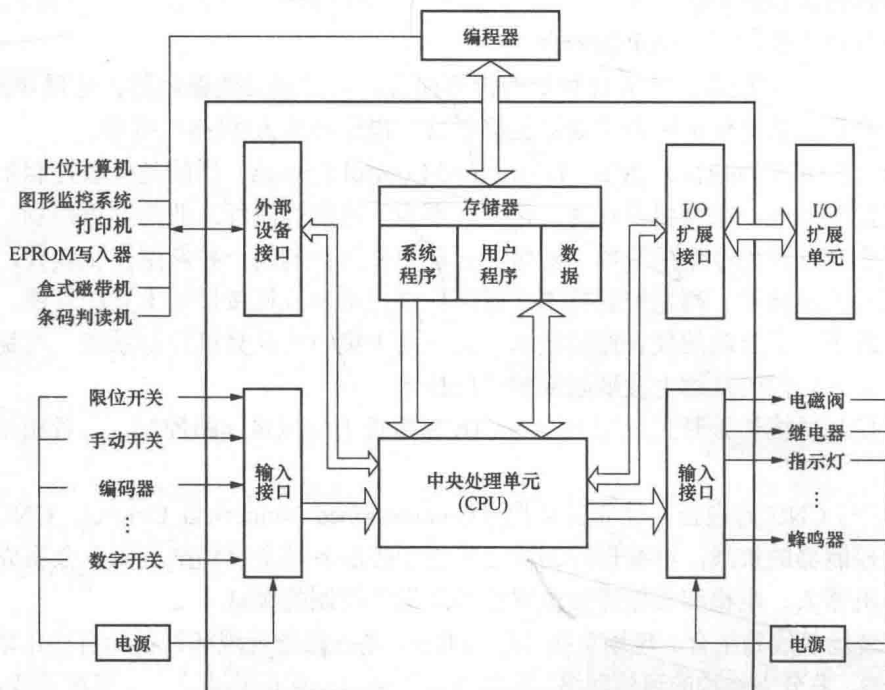


图 1-8 PLC 结构框图

二、PLC 各组成部分

1. 中央处理单元 (CPU)

CPU 通过输入装置读入外设的状态, 由用户程序去处理, 并根据处理结果通过输出装置去控制外设。一般的中型可编程控制器多为双微处理器系统, 一个是字处理器, 它是主处理器, 由它处理字节操作指令, 控制系统总线, 内部计数器, 内部定时器, 监视扫描时间, 统一管理编程接口, 同时协调位处理器及输入输出。另一个为位处理器, 也被称为布尔处理器, 它是从处理器, 它的主要作用是处理位操作指令和在机器操作系统的管理下实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。

CPU 处理速度是指 PLC 执行 1000 条基本指令所花费的时间。

2. 存储器

存储器主要被用于存放系统程序, 用户程序及工作数据。

PLC 所用的存储器基本上由 PROM, EPROM, EEPROM 及 RAM 等组成。

3. 输入/输出部件

输入/输出部件又被称为 I/O 模块。PLC 通过 I/O 接口可以检测被控对象或被控生产过程的各种参数, 以这些现场数据作为 PLC 被控对象进行控制的信息依据。同时 PLC 又通过 I/O 接口将处理结果输送给被控设备或工业生产过程, 以实现控制。

4. 编程装置和编程软件

PLC 是以顺序执行存储器中的程序来完成其控制功能的。

5. 电源部件

PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。如果没有一个良好的、可靠的电源系统是无法正常工作的, 因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般交流电压波动在 $\pm 10\%$ ($\pm 15\%$) 范围内, 可以不采取其他措施而将 PLC 直接连接到交流电网上去。

第三节 PLC 的基本工作原理

一、PLC 的循环扫描工作过程

1. PLC 的循环扫描

PLC 的 CPU 是采用分时操作的原理, 每一时刻执行一个操作, 随着时间的延伸一个动作接一个动作顺序地进行, 这种分时操作进程被称为 CPU 对程序的扫描。PLC 的用户程序由若干条指令组成, 指令在存储器中按序号顺序排列。CPU 从第一条指令开始, 顺序逐条地执行用户程序, 直到用户程序结束, 然后返回第一条指令开始新一轮的扫描。

2. PLC 的工作过程

当 PLC 投入运行后, 其工作过程一般分为 3 个阶段, 即输入采样、用户程序执行和输出刷新。完成上述 3 个阶段被称作一个扫描周期。如图 1-9 所示, 在整个运行期间, PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述 3 个阶段。

(1) 输入采样阶段。在输入采样阶段, PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据,