

PLC 与变频技术应用

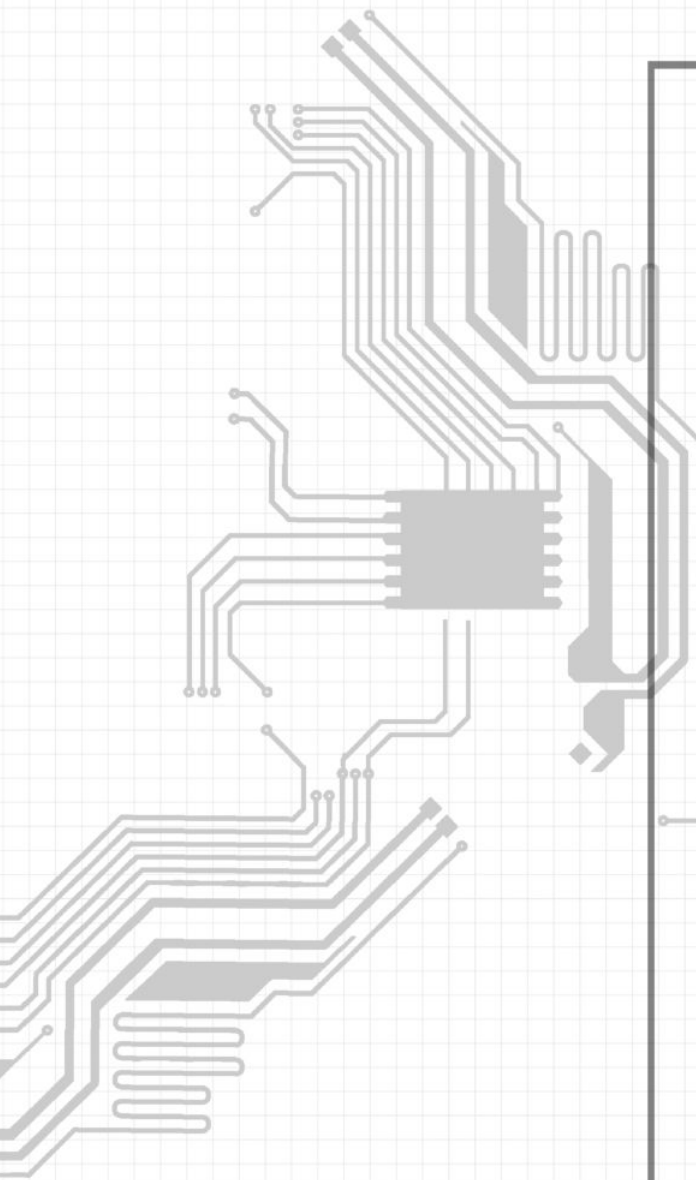
秦萍 李辉 主编
朱智亮 吴晓辉 副主编

PLC
YU
BIANPIN
JISHU
YINGYONG

PLC

与变频技术应用

秦萍 李辉 主编
朱智亮 吴晓辉 副主编



PLC
YU
BIANPIN
JISHU
YINGYONG



黄河出版传媒集团
宁夏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

PLC 与变频技术应用 / 秦萍, 李辉主编. -- 银川 :
宁夏人民出版社, 2019. 10
ISBN 978-7-227-07099-3

I. ①P… II. ①秦… ②李… III. ①PLC 技术 - 职业
教育 - 教材②变频器 - 职业教育 - 教材 IV. ①TM571.61
②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 244226 号

PLC 与变频技术应用

秦萍 李辉 主编

责任编辑 周淑芸
责任校对 管世献
封面设计 一卜
责任印制 肖艳



黄河出版传媒集团 出版发行
宁夏人民出版社

出版人 薛文斌
地址 宁夏银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)
网址 <http://www.yrpubm.com>
网上书店 <http://www.hh-book.com>
电子信箱 nxrmcbs@126.com
邮购电话 0951-5052104 5052106
经销 全国新华书店
印刷装订 宁夏人民出版社数字印刷基地
印刷委托书号 (宁)0015005

开本 787 mm × 1092 mm 1/16
印张 15.75
字数 250 千字
版次 2019 年 10 月第 1 版
印次 2019 年 10 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978-7-227-07099-3
定价 36.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

“PLC 与变频技术应用”是高职电气自动化技术、机电一体化技术等专业的职业核心能力课程之一。本书坚持以理实一体化原则编写,以典型任务为载体,融入 PLC 控制技术、变频器控制技术、触摸屏组态编程技术等,通过控制线路布线、PLC 编程、变频器参数设定,将各个部分联系起来,完成预定的控制任务。

本书由 6 个学习项目组成,即认识 PLC、传送带控制系统设计与调试、物料自动分拣系统设计、物料加工产品组装系统设计、系统掉电处理、多功能自动控制系统设计与调试,每个项目由若干个学习活动组成。

本书由宁夏工商职业技术学院秦萍、李辉任主编,宁夏工商职业技术学院朱智亮、宁夏建设职业技术学院吴晓辉任副主编。秦萍负责项目五、项目六的编写,李辉负责项目三、项目四的编写,朱智亮负责项目二的编写,吴晓辉负责项目一的编写,全书由秦萍统稿。

由于水平所限,本书难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正!

编 者

目 录

项目一 认识 PLC

学习活动一 PLC 基础 / 002

学习活动二 电机连续运行 PLC 控制设计与实施 / 012

学习活动三 三相交流异步电机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制设计与实施 / 035

项目二 传送带控制系统设计与调试

学习活动一 任务书的认知 / 049

学习活动二 选择 PLC、输入输出设备 / 052

学习活动三 PLC 编程、PLC 编程软件 GX Developer 应用 / 057

学习活动四 异步电机、变频器操作 / 071

学习活动五 传送带控制设备安装与调试 / 080

学习活动六 传送带控制系统展示 / 088

项目三 物料自动分拣系统设计与调试

学习活动一 任务书的认知 / 091

学习活动二 传感器、气动装置认识 / 095

学习活动三 气动装置、传感器的选择安装、调试 / 107

学习活动四 物料分拣系统安装与调试 / 112

学习活动五 物料自动分拣控制系统展示 / 125

项目四 物料加工产品组装系统设计与调试

学习活动一 任务书的认知 / 128

学习活动二 处理盘、机械手组装、编程与维护 / 132

学习活动三 变频器的多段速参数设定操作、调试 / 147

学习活动四 材料加工、产品组装系统安装与调试 / 151

学习活动五 自动生产线加工组装设备展示 / 163

项目五 系统掉电处理

学习活动一 任务书的认知 / 166

学习活动二 掉电处理编程 / 170

学习活动三 系统安装与调试 / 187

学习活动四 自动生产线传送带设备展示 / 198

项目六 多功能自动控制系统设计与调试

学习活动一 任务书的认知 / 201

学习活动二 触摸屏认识 / 207

学习活动三 多功能编程 / 222

学习活动四 系统安装与调试 / 232

学习活动五 自动生产线传送带设备展示 / 243

参考文献 / 246

项目一 认识 PLC

01 学习目标

1. 了解 PLC 的特点及应用领域
2. 掌握 PLC 的基本结构
3. 掌握 PLC 的工作原理
4. 掌握 PLC 的基本编程指令
5. 掌握梯形图设计原则
6. 掌握梯形图优化方法
7. 能完成简单任务的 PLC 的 I/O 接线图设计
8. 能应用 PLC 基本指令编程
9. 掌握手持式编程器的应用方法
10. 能按照设计图进行 PLC 控制电机系统安装
11. 能进行系统的软件和硬件调试
12. 能主动获取有效信息,展示工作成果,对学习工作进行总结反思,能与他人合作,进行有效沟通

02 工作流程与内容

学习活动一:PLC 基础(2 课时,一体化实训室)

学习活动二:电机连续运行 PLC 控制设计与实施(6 课时,一体化实训室)

学习活动三:三相交流异步电机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制设计与实施(6 课时,一体化实训室)

学习活动一 PLC 基础

一、可编程控制器的诞生

继电器逻辑电路配线复杂,如图1.1所示。

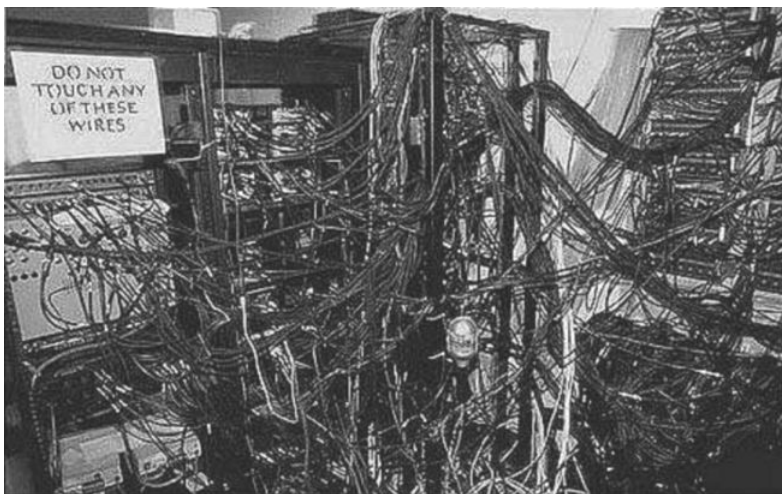


图 1.1 复杂继电器电路配线

1968年,美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM),为了适应汽车型号不断更新的需要,提出了一种设想: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、价格低廉等优点结合起来。并由此提出了新型电气控制的十条技术指标,在社会上公开招标,制造一种新型的工业控制装置。

十项技术指标为:

1. 编程简单,可在现场修改和调试程序。
2. 维护方便,采用插入式模块结构。
3. 可靠性高于继电器控制系统。
4. 体积小于继电器控制柜。
5. 能与管理中心计算机系统通信。
6. 成本可与继电器控制系统相竞争。
7. 输入量是 115 V 交流电压(美国电网电压 110 V)。

8. 输出量为 115V,输出电流在 2A 以上,能直接驱动电磁阀。
9. 系统扩展时,原系统只需做很小改动。
10. 用户程序存储器容量至少 4KB。

主要技术指标概括为:

1. 工作特性比继电器控制系统可靠。
2. 易于在现场变更程序。
3. 便于使用、维护、维修。
4. 能直接推动电磁阀、电动机启动器及与此相当的执行机构。
5. 能向中央数据处理系统直接传输数据等。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)根据招标的要求,研制出世界上第一台可编程序控制器 PDP-14,并在 GM 公司汽车自动生产线上首次应用成功。

1980 年,美国电气制造商协会(NEMA)正式将其命名为可编程序控制器(Programmable Controller),简称 PC。

随着微处理器、计算机和数字通信技术的飞速发展,计算机控制已经广泛地应用在几乎所有的工业领域。现代社会要求制造业对市场需求作出迅速的反映,生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品。为了满足这一要求,生产设备和自动生产线的控制系统必须具有极高的可靠性和灵活性,可编程序控制器正是顺应这一要求出现的,它是以微处理器为基础的通用工业控制装置。

二、PLC 名称变迁

在 PLC 的发展历程中,有过几个不同的名称:

1. 可编程序矩阵控制器(Programmable Matrix Controller)。
2. 可编程序顺序控制器(Programmable Sequence Controller, PSC, PMC)。
3. 可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。

PLC 应用面广、功能强大、使用方便,已经成为当代工业自动化的主要技术支柱之一,在工业生产的所有领域得到了广泛的使用。

国际电工委员会(IEC)在 1985 年的 PLC 标准草案第 3 稿中,对 PLC 做了定义:可编程序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,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于使工业控

制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

三、PLC 的分类

(一)按 I/O 点数分类

I/O 点数在 256 以下为微型 PLC。

I/O 点数在 257~2048 为中型 PLC。

I/O 点数在 2049 以上为大型 PLC。

I/O 点数在 4000 以上为超大型 PLC。

以上划分不包括模拟量 I/O 点数,且划分界限不是固定不变的。

(二)按结构形式分类

整体式 PLC: 又称单元式或箱体式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内。一般小型 PLC 采用这种结构。

模块式 PLC :将 PLC 各部分分成若干个单独的模块,如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块和各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各种模块组成。模块插在插座上。一般大、中型 PLC 采用模块式结构,有的小型 PLC 也采用这种结构。

(三)按实现的功能分类

分为低档、中档、高档 3 类。

低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能和一定的算术运算、数据传送、比较、通信和模拟量处理功能。

中档机除具有低档机的功能外,还具有较强的算术运算、数据传送、比较、通信、子程序、中断处理和回路控制功能。

高档机则在中档机的基础上加强了带符号数的运算、矩阵运算以及函数、表格、CRT、显示、打印等功能。

四、PLC 编程语言

IEC61131-3 中的 5 种 PLC 基本语言。

(一)梯形图语言

梯形图语言是在继电器控制原理图的基础上产生的一种直观、形象的图形逻辑编程语言。它沿用继电器的触点、线圈、串并联等术语和图形符号,同时也增加了一些继电器控制系统中没有的特殊符号,以便扩充 PLC 的控制功能。

梯形图语言比较形象、直观,对于熟悉继电器表达方式的电气技术人员来说,

不需要掌握更深的计算机知识,极易被接受,因此在 PLC 编程语言中应用最多。图 1.2 是采用接触器控制的电动机起停控制线路,图 1.3 是采用 PLC 控制时的梯形图,由此可以看出两者之间的对应关系。

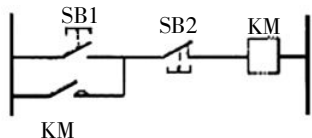


图 1.2 电动机起停控制线路

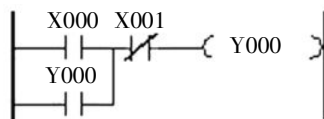


图 1.3 梯形图语言

注意:图 1.2 所示的电动机起停控制线路中,各个元件和触点都是真实存在的,每一个线圈一般只能带几对触点。而图 1.3 中,所有的触点线圈等都是软元件,没有实物与之对应,PLC 运行时只是执行相应的程序。因此,理论上梯形图中的线圈可以带多个常开触点和常闭触点。

(二)指令表语言

指令表语言就是助记符语言,它常用一些助记符来表示 PLC 的某种操作,有的厂家将指令称为语句,两条或两条以上的指令的集合叫作指令表,也称语句表。不同型号的 PLC,助记符的形式不同。图 1.4 为图 1.3 对应的指令表语言。

步序	助记符	器件编号
0	LD	X000
1	OR	Y000
2	ANI	X001
3	OUT	Y001

图 1.4 指令表语言

通常情况下,用户利用梯形图进行编程,然后再将所编程序通过编程软件或人工的方法转换成语句表输入到 PLC。

注意:不同厂家生产的 PLC 所使用的助记符各不相同,因此同一梯形图画成的指令表就不相同,在将梯形图转换为助记符时,必须先弄清 PLC 的型号及内部各器件编号,使用范围和每一条助记符的使用方法。

(三)功能模块图语言

功能图编程语言实际上是用逻辑功能符号组成的功能块来表达命令的图形语言,与数字电路中逻辑图一样,它极易表现条件与结果之间的逻辑功能。图 1.5 为某一控制系统的功能模块图语言。

如图 1.5 所示,这种编程方法是根据信息流将各种功能块加以组合,是一种逐

步发展起来的新式的编程语言,正在受到各种可编程控制器厂家的重视。

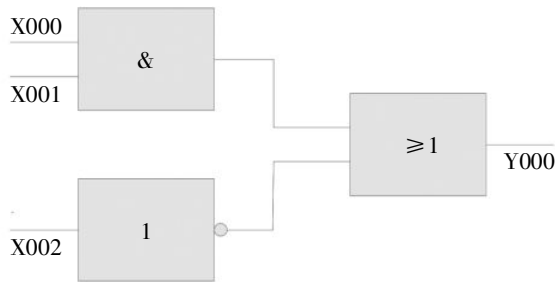


图 1.5 功能模块图语言

(四)顺序功能流程图

顺序功能图常用来编制顺序控制类程序。它包含步、动作、转换 3 个要素。顺序功能编程法可将一个复杂的控制过程分解为一些小的顺序控制要求连接组合成整体的控制程序。顺序功能图法体现了一种编程思想,在程序的编制中具有重要的意义。图 1.6 为某一控制系统顺序功能流程图语言。

顺序功能流程图编程语言的特点:以功能为主线,按照功能流程的顺序分配,条理清楚,便于对用户程序理解;避免梯形图或其他语言不能顺序动作的缺陷,同时也避免了用梯形图语言对顺序动作编程时,由于机械互锁造成用户程序结构复杂、难以理解的缺陷;用户程序扫描时间也大大缩短。

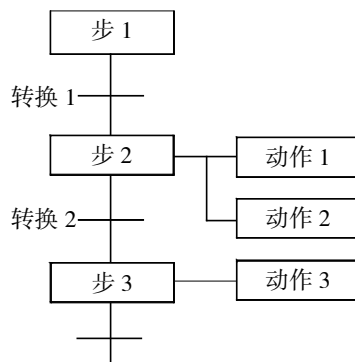


图 1.6 顺序功能流程图语言

(五)结构化文本语言

随着可编程控制器的飞速发展,如果许多高级功能还是用梯形图来表示,会很不方便。为了增强可编程控制器的数字运算、数据处理、图表显示、报表打印等功能,方便用户的使用,许多大中型可编程控制器都配备了 PASCAL、BASIC、C 等高级编程语言,这种编程方式叫作结构文本。

结构化文本编程语言的特点:①采用高级语言进行编程,可以完成较复杂的控制运算;②需要有一定的计算机高级语言的知识 and 编程技巧,对工程设计人员要求较高。但结构化文本编程语言直观性和操作性较差。

五、PLC 的特点

(一)编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的 PLC 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。梯形图语言形象直观,易学易懂,熟悉继电器电路图的电气技术人员只需花几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。

(二)与传统的继电器控制系统相比优势大

PLC 作为一种新型的控制装置,与传统的继电器控制系统相比,具有响应快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺改变、易与计算机连接、维修方便、体积小、重量轻和功耗低等诸多高品质与功能。

(三)控制简单

PLC 是在按钮、限位开关和其他传感器等发出的监控输入信号作用下进行工作的。输入信号作用于用户程序便产生输出信号,而这些输出信号可直接控制外部的控制系统,如电动机、接触器、电磁阀、指示灯等驱动装置。

(四)功能强,性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性能价格比。PLC 可以通过通信联网,实现分散控制、集中管理。(例如,要实现一个彩灯的闪烁控制,如用继电器控制,要加延时继电器,控制复杂,效果不好)

(五)硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强

PLC 产品已经标准化、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 有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和中小型交流接触器。硬件配置后,通过修改用户程序,就可以方便快速地适应工艺条件的变化。

(六)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。若触点接触不良,容易出现故障。PLC 用软件代替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,接线可减少至继电器控制系统的 1/10 以下,大大减少了因触点接触不良造成的故障。

PLC 使用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。

(七)维修工作量小,维修方便

PLC 的故障率低,并且有完善的故障诊断功能。PLC 或外部的输入装置与执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或编程软件提供的信息,快速查明故障原因,用更换模块的方法可以迅速排除故障。

(八)体积小,能耗低

对于复杂的控制系统,使用 PLC 后,可以减少大量的中间继电器和时间继电器,小型 PLC 的体积仅相当于几个继电器的大小,因此可以将控制柜的体积缩小到原来的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{2}$ 。

PLC 控制系统与继电器相比,配线用量少,安装接线工时短,加上开关柜体积缩小,因此可以节省大量的费用。

六、PLC 的不足之处

主要是 PLC 的软、硬件体系结构是封闭而不是开放的,如:专用总线、专家通信网络及协议,I/O 模板不通用,甚至连机架、电源模板亦各不相同。编程语言虽多数是梯形图,但组态、寻址、语言结构均不一致,因此各制造公司的 PLC 互不兼容。SIEMENS 等公司已经开发出以个人计算机为基础,在 Windows 平台下,结合 IEC1131-3 国际标准的新一代开放体系结构的 PLC。

七、PLC 的应用领域

PLC 在工业自动化中具有举足轻重的作用。经验表明,80%以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。在日本,凡 8 个以上中间继电器组成的控制系统都已采用 PLC。PLC 已经广泛地应用在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中,PLC 在其他领域,例如在民用和家庭自动化设备中也被迅速应用。PLC 已成为现代工业自动化的三大技术支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。

(一)开关量逻辑控制

PLC 具有“与”“或”“非”等逻辑指令,可以实现触点和电路的串、并联,代替继

电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。开关量逻辑控制可以用于单台设备,也可以用于自动生产线,其应用领域已经遍及各行各业,甚至深入到民用和家庭中。

(二)运动控制

PLC 使用专用的指令或运动控制模块,对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制,可以实现单轴、双轴、3 轴和多轴联运的位置控制,使运动控制与顺序控制功能有机结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛用于各种机械,例如切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等场合。

(三)闭环过程控制

闭环过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换与 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID(比例—积分—微分)控制。S7-300/400 有闭环控制模块、用于闭环控制的系统功能块和闭环控制软件包供用户选择。其闭环控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

(四)数据处理

现代的 PLC 具有整数四则运算、矩阵运算、函数运算、数字逻辑运算、求反、循环、移位、浮点数运算等运算功能,和数据传送、转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,也可以用通信功能传送到别的智能装置,或者将它们打印制表。

(五)通信联网

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

八、PLC 的国内外状况

1969 年,美国研制出世界上第一台 PLC,之后日本、德国、法国等国相继研制了各自的 PLC。

20 世纪 70 年代中期,PLC 进入了实用化阶段,20 世纪 70 年代末 80 年代初,PLC 进入了成熟阶段。

欧洲生产 PLC 的厂家有 60 余家,主要有:西门子(Siemens),1973 年研制出第一台 PLC;金钟默勒(Klockner Moeller GmbH),AEG;法国的 TE(Telemecanique)(施耐德);瑞士的 Selectron 公司。

日本生产 PLC 的厂家有 40 余家:三菱电机(MITSUBISHI)、欧姆龙(OMRON)、富士电机(FujiElectric)、东芝(TOSHIBA)、光洋(KOYO)、松下电工(MEW)和泉(IDEC)、夏普(SHARP)、安川公司等。

我国在 20 世纪 70 年代末 80 年代初开始引进 PLC,现在有汇川、泰达等系列。

九、PLC 的发展趋势



三菱 FX1S/FX1N 系列 PLC



三菱 FX2N 系列 PLC



西门子 S7-200 系列 PLC



西门子新一代 S7-400 系列 PLC



欧姆龙 C200H 系列 PLC



欧姆龙 CP1H 系列 PLC

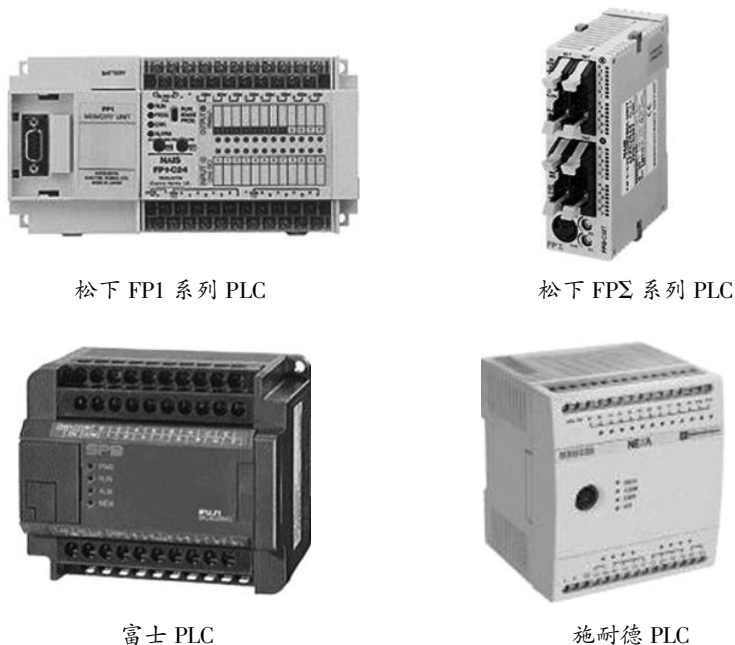


图 1.7 几种常见 PLC

1. 向高速度、大存储容量方向发展——CPU 处理速度 nS 级,内存 2M 字节。
2. 向多品种方向发展和提高可靠性:超大型和超小型。
3. 产品更加规范化、标准化:硬件、软件兼容的 PLC。
4. 分散型、智能型与现场总线兼容的 I/O。
5. 加强联网和通信的能力。
6. 控制的开放和模块化的体系结构 OMAC (Open Modular Architecture for Control)。

思考题

1. 什么是可编程控制器(PLC)?
2. PLC 的基本编程语言有几种?
3. PLC 的特点有哪些?
4. 简述 PLC 的应用领域。
5. 简述 PLC 的发展方向。