



电工技术更易学

# PLC技术

杨清德 周万平 主编

PLC JISHU

1 电工必备知识全解读

2 一看就懂

3 助你顺利迈入电工大门



化学工业出版社



电工技术更易学

# PLC技术

杨清德 周万平 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 技术/杨清德, 周万平主编. —北京: 化学工业出版社, 2015.2

(电工技术更易学)

ISBN 978-7-122-22555-9

I. ①P… II. ①杨…②周… III. ①PLC 技术  
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 296068 号

---

责任编辑: 高墨荣  
责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 7¼ 字数 192 千字  
2015 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

电工技术涉及的内容较多，我们通过对企业生产岗位电工的任务及职业能力的分析，以电工职业生涯发展需求为中心，将理论与实践进行有机融合，以实践操作为线索，编写了这套与实际生产过程相一致的《电工技术更易学》丛书，包括《电工基础》、《电工识图》、《电工技能》、《电工计算》、《电工电路》和《PLC技术》共6个分册。

本套丛书具有以下特点。

(1) 讲究“实在”、“实效”。针对电工初学者应掌握的基础知识及基本技能，取材合适，深度、广度适宜，采用通俗易懂的语言，图、表、文配合恰当，叙述生动，可读性强，使读者能够看得懂，学得会。

(2) 内容丰富。在内容安排上，重在搭建知识框架，并与实际相结合，以基本技能为主，避免深难内容，较好地适应了初学者具备的知识基础。读者通过本丛书学习后，可构建自己的知识体系，掌握电工必备知识和操作技能，为今后工作和进一步学习打下基础。

(3) 在版式设计上，采用了比较活泼、轻松的风格，与内容相匹配。

(4) 从多角度探究轻松学电工技术的秘密，使丛书更具完备性。

(5) 浓缩了编者近年来出版的电工类图书的精华，注重体现新工艺、新技术、新材料、新设备的发展和应用。

本书为《PLC技术》分册。全书共6章，主要介绍了PLC的基础知识、PLC的选择与使用、PLC编程基础、PLC梯形图及其程序设计、PLC自动化控制应用设计实例和PLC与变频器联机应

用技术等内容。

本书内容丰富，深入浅出、主次分明，实用性强，可供广大电工人员、电气工程技术人员、职业院校电类专业师生以及电工爱好者阅读参考。

本书由杨清德、周万平主编，参加编写的还有乐发明、胡萍、黎平、成世兵、蔡定宏、杨松、李建芬、廖代军、谭定轩、余明飞、冉洪俊、胡大华等。

本书在编写过程时，借鉴了众多电工师傅和电气工作者所提供的成功经验和资料，在此谨向他们表示最诚挚的谢意和最良好的祝愿。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请批评指正，盼赐教至 [yqd611@163.com](mailto:yqd611@163.com)，以期再版时修改。

编 者

## 第1章 认识PLC

1

- 1.1 PLC 的产生及应用范围 ..... 1
  - 1.1.1 PLC 的产生与发展 ..... 1
  - 1.1.2 PLC 的应用范围 ..... 8
- 1.2 PLC 的结构及种类 ..... 9
  - 1.2.1 PLC 硬件系统 ..... 9
  - 1.2.2 PLC 的软件系统 ..... 16
  - 1.2.3 PLC 的种类 ..... 18
  - 1.2.4 主流 PLC 简介 ..... 19
- 1.3 PLC 基本原理 ..... 22
  - 1.3.1 PLC 的工作方式及流程 ..... 22
  - 1.3.2 PLC 的运行方式 ..... 25
- 1.4 PLC 的性能指标 ..... 25
  - 1.4.1 常用术语 ..... 25
  - 1.4.2 基本性能指标 ..... 26
- 1.5 PLC 的通信网络 ..... 27
  - 1.5.1 PLC 的通信方式 ..... 27
  - 1.5.2 串行通信接口 ..... 30
  - 1.5.3 PLC 的网络平台 ..... 31
  - 1.5.4 计算机与 PLC 通信 ..... 32

## 第2章 PLC的选用

34

- 2.1 选用 PLC 的诸多要素 ..... 34

2.1.1	PLC 的选择原则及条件	34
2.1.2	I/O 模块的选择	36
2.1.3	存储容量估算法	42
2.1.4	PLC 软件的选择	42
2.2	PLC 节省投资方略	44
2.2.1	节省输入点的方法	44
2.2.2	节省输出点的方法	49
2.3	PLC 的安装与配线	51
2.3.1	PLC 对工作环境的要求	51
2.3.2	安装与配线	53
2.3.3	输入设备的连接	55
2.3.4	输出设备的连接	61
2.3.5	PLC 电源的连接	66
2.3.6	其他配线的连接	69
2.4	编程器的正确使用	70
2.4.1	FX-20P 编程器的使用	70
2.4.2	CQM1-PRO01 编程器的使用	77
2.5	PLC 的调试	79
2.5.1	准备工作	79
2.5.2	软件调试	80
2.5.3	硬件调试	81

### 第 3 章 PLC 编程基础

82

3.1	常用编程语言及指令	82
3.1.1	PLC 编程语言比较	82
3.1.2	常用编程指令	84
3.2	PLC 编程步骤及方法	97
3.2.1	软件编程概述	97
3.2.2	PLC 编程步骤	98

3.2.3 PLC 编程方法 .....	99
----------------------	----

## 第4章 PLC梯形图

115

4.1 梯形图编程基础 .....	115
4.1.1 有关梯形图的几个基本概念 .....	115
4.1.2 认识梯形图 .....	117
4.1.3 绘制梯形图的原则及方法 .....	123
4.1.4 梯形图的化简与变换 .....	126
4.1.5 基本控制环节的梯形图 .....	128
4.1.6 典型控制电路梯形图 .....	132
4.2 梯形图编程实例 .....	135
4.2.1 根据要求控制小车运行梯形图设计一 .....	135
4.2.2 根据要求控制小车运行梯形图设计二 .....	139
4.2.3 监控报警控制系统梯形图设计 .....	143

## 第5章 PLC自动化控制应用设计实例

147

5.1 交通信号灯自动控制系统设计 .....	147
5.1.1 控制要求 .....	147
5.1.2 设计步骤 .....	148
5.2 送料小车自动控制系统设计 .....	152
5.2.1 控制要求 .....	152
5.2.2 设计步骤 .....	153
5.3 机械手自动控制系统设计 .....	160
5.3.1 控制要求 .....	160
5.3.2 设计步骤 .....	161
5.4 剪板机自动控制系统设计 .....	168
5.4.1 剪板机介绍 .....	168
5.4.2 控制要求 .....	169
5.4.3 设计步骤 .....	170



5.5	输送带自动控制系统设计 .....	176
5.5.1	控制要求 .....	176
5.5.2	设计步骤 .....	176
5.6	教学楼照明自动控制系统设计 .....	180
5.6.1	控制要求及 PLC 的选择 .....	180
5.6.2	设计步骤 .....	181

## 第 6 章 PLC 与变频器联机应用技术

185

6.1	PLC 与变频器联机 .....	185
6.1.1	PLC 与变频器的连接方式 .....	185
6.1.2	PLC 与变频器联机注意事项 .....	188
6.2	PLC 与变频器的远程通信 .....	191
6.2.1	硬件安装与参数设置 .....	192
6.2.2	寄存器选用及设置 .....	193
6.2.3	RS 指令的设定 .....	195
6.2.4	程序构架的设计 .....	196
6.2.5	FX2N 编程器的设定 .....	197
6.2.6	PLC 与 TD2000 的通信 .....	198
6.2.7	PLC 与 TD3000 的通信 .....	203
6.3	PLC 与变频器联机控制实例 .....	206
6.3.1	变频器外接 PLC 控制电动机正反转 .....	206
6.3.2	变频与工频切换的控制电路 .....	210
6.3.3	恒压供水系统的控制 .....	212
6.3.4	变频器多段速运行的 PLC 控制 .....	214

## 参考文献

218

# 第 1 章 认识 PLC

## 1.1 PLC 的产生及应用范围

### 1.1.1 PLC 的产生与发展

#### (1) PLC 的产生

在可编程序控制器出现以前，工业控制领域中继电器控制系统占主导地位，应用极其广泛。但是由于继电器控制系统存在体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、接线复杂、通用性和灵活性差等缺点，严重束缚了工业生产的发展。

随着计算机控制技术的不断发展，1968 年，美国通用汽车公司（GM 公司）提出了研制一种新型工业控制器的要求，并从用户的角度提出新一代控制器应具备以下十大条件（GM 十条）。

- ① 编程简单，可在现场修改和调试程序。
- ② 价格便宜，性价比高于继电器控制系统。
- ③ 可靠性高于继电器控制系统。
- ④ 体积小于继电器控制柜的体积。
- ⑤ 可将数据直接送入管理计算机。
- ⑥ 输入可以是交流 115V（注：美国的电网电压）。



- ⑦ 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动电磁阀等。
- ⑧ 在扩展时，原有系统只需要很小的变更。
- ⑨ 维护方便，最好是插件式的。
- ⑩ 程序存储器容量至少扩展到 4KB 以上。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求，研制出了世界上第一台可编程序控制器，型号为 PDP-14，并在 GM 公司的汽车自动装配线上试用成功。这种可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller）具备了执行逻辑判断、计时和计数等顺序功能，大大提高了生产率。

## (2) PLC 的定义

1987 年 2 月，国际电工委员会（IEC）颁布了可编程序控制器标准草案第三稿，对可编程序控制器定义为“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。它采用了可编程序的存储器，用来在其内部存储和执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，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。可编程序控制器及其有关外围设备都按易于与工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计”。



## 【知识窗】

### PLC 名称的由来

在 1969 年时，被称为可编程逻辑控制器，简称 PLC（Programmable Logic Controller）。20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，称其为可编程控制器，简称 PC（Programmable Controller）。但由于 PC 容易和个人计算机（Personal Computer）相混淆，所以人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

### (3) PLC 的优点

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，其适应性很强。

现代工业自动化的三大支柱是 PLC、机器人、CAD/CAM。PLC 是现代工业生产自动化最重要、最普及、应用场合最多的工业控制装置。PLC 的优点见表 1-1。

表 1-1 PLC 的优点

序号	优点	说 明
1	功能完善,通用性强	PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数和顺序控制等功能,而且还具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、通信联网等许多功能。随着 PLC 产品的系列、模块化的发展和品种齐全的硬件装置不断更新换代,PLC 几乎可以组成满足各种需要的控制系统
2	可靠性高,抗干扰能力强	可靠性是指 PLC 的平均无故障工作时间 MTBF (Mean Time Between Failures)。可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一,其 MTBF 可达几十万小时,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。目前,PLC 是公认的最可靠的工业控制设备之一
3	编程简单,使用方便	梯形图是 PLC 使用最多的编程语言,它是面向生产、面向用户的编程语言,与继电器控制环节线路相似;梯形图形象、直观、简单、易学,易于广大工程技术人员学习掌握。当生产流程需要改变时,可以现场更改程序、解决问题,因此使用方便、灵活。同时,PLC 编程器的操作和使用也很简单、方便,这成为 PLC 获得普及和推广的原因之一
4	安装简单,维护方便	由于 PLC 用软件代替了传统电气控制的硬件,使控制柜的设计、安装和接线工作量大为减少,缩短了施工周期。PLC 的用户程序大部分可在实验室模拟调试,调试之后再将用户程序在 PLC 控制系统的生产现场安装、接线和调试,发现问题可以通过修改程序及时加以解决。由于 PLC 的故障率极低,维修工作量很小;而且 PLC 具有很强的自诊断功能,可以根据 PLC 上的故障指示或编程器上的故障信息,迅速查明原因、排除故障,因此维修极为方便
5	体积小,能耗低	由于 PLC 采用了集成电路,其结构紧凑、体积小、能耗低,是实现机电一体化的理想设备
6	型号多,配套齐全	PLC 的型号很多,硬件配套齐全,用户可以灵活、方便地选择,组成不同功能、不同规模的控制系统

**友情提示**

目前, 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 IEC 1131-3 国际标准的新一代开放体系结构的 PLC。

**(4) PLC 的主要缺点**

① 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, 甚至连机柜、电源模板亦各不相同。

② 虽然编程语言多数是梯形图, 但组态、寻址、语言结构均不一致, 因此各公司的 PLC 互不兼容。

**(5) PLC 的发展阶段**

1968 年美国通用汽车公司 (GM 公司) 提出 PLC 的设想, 1969 年美国数字设备公司研制出了世界上第一台 PLC, 其后, PLC 得到了迅速的发展。PLC 的发展与计算机技术、微电子技术、数字通信技术和网络技术等密切联系。这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展, PLC 的发展又对这些高新技术提出来更高的要求, 促进了它们的发展。

PLC 的发展过程可分为 5 个阶段, 见表 1-2。

**表 1-2 PLC 的发展阶段**

发展阶段	时间段	特 点
第一阶段	从第一台可编程控制器诞生到 20 世纪 70 年代初期	CPU 由中小规模集成电路组成, 存储器为磁芯存储器
第二阶段	20 世纪 70 年代初期到 70 年代末期	CPU 采用微处理器, 存储器采用 EPROM
第三阶段	20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期	CPU 采用 8 位和 16 位微处理器, 有些还采用多微处理器结构, 存储器采用 EPROM、EARAM、CMOSRAM 等

续表

发展阶段	时间段	特点
第四阶段	20世纪80年代中期到90年代中期	全面使用8位、16位微处理芯片的位片式芯片,处理速度达到 $1\mu\text{s}/\text{步}$
第五阶段	20世纪90年代中期至今	使用16位和32位的微处理器芯片,有的已使用RISC芯片

## (6) PLC的发展方向

目前, PLC的发展有以下两个主要趋势。

① 向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方面发展,主要表现在为了减小体积、降低成本向高性能的整体型发展,在提高系统可靠性的基础上产品的体积越来越小、功能越来越强。

② 向大型网络化、高可靠性、良好的兼容性和多功能方面发展,趋向于当前工业控制计算机(工控机)的性能,主要表现在大中型 PLC的高功能、大容量、智能化、网络化发展,使之能与计算机组成集成控制系统,以便对大规模的复杂系统进行综合的自动控制。

另外, PLC在软件方面也有较大的发展,系统的开放性使得第三方软件能方便地在符合开放系统标准的 PLC上得到移植。



### 友情提示

高性能、高速度、高集成度、容量大、体积小、成本低、通信联网功能强,成为 PLC发展的总趋势。



### 【知识窗】

#### 传统工业控制技术与 PLC

目前,比较成熟的工业控制系统有继电器-接触器系统、单片机系统、计算机系统、集散控制系统等,下面介绍 PLC与各类控制系统的比较。



### (1) PLC 与继电-接触器控制系统的比较

继电-接触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的，其基本特点是结构简单，生产成本低，抗干扰能力强，故障检修直观，适用范围广。它不仅可以实现生产设备、生产过程的自动控制，还可以满足大容量、远距离、集中控制的要求。因此，目前该类控制仍然是工业自动化控制各领域中最基本的控制形式之一。

但是，由于继电-接触器控制系统的逻辑控制与顺序控制只能通过“固定接线”的形式安装而成，因此在使用中不可避免地存在以下不足。

① 通用性、灵活性差。由于采用硬接线方式，故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设计控制电路，重新配线，难以适应多品种的控制要求。

② 体积庞大，材料消耗多。安装继电器-接触器控制系统需要较大的空间，电器之间连接需要大量的导线。

③ 运行时电磁噪声大。多个继电器、接触器等电器的通、断会产生较大的电磁噪声。

④ 控制系统功能的局限性较大。继电器-接触器控制系统在精确定时、计数等方面功能欠缺，影响了系统的整体性能，因此只能适用于定时要求不高、计数简单的场合。

⑤ 可靠性低，使用寿命短。继电器-接触器控制系统采用的是触点控制方式，因此工作电流较大，工作频率较低，长时间使用容易损坏触点，或者出现触点接触不良等故障。

⑥ 不具备现代工业所需要的数据通信、网络控制等功能。

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。PLC 不仅能完成逻辑运算、定时和计数等功能，而且能进行算术运算，因而它既可进行开关量控制，又可进行模拟量控制，还能与计算机联网，实现分级控制。PLC 还有自诊

断功能，所以在用微电子技术改造传统产业的过程中，传统的继电器控制系统必将被 PLC 所取代。

### (2) PLC 与单片机控制系统比较

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。

用单片机做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 使用专用的指令系统来编程的，简便易学，现场就可以开发调试。

与单片机比较，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，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 具有面向工业控制、抗干扰能力强，能够适应工程现场的温度、湿度。

PLC 使用面向工业控制的专用语言，编程及修改都比较方便，并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，要求使用者有相当水平的计算机硬件和软件知识。

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 与集散型控制系统的比较

PLC 是由继电-接触器逻辑控制系统发展而来的，而传统的集散控制系统 DCS 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，现代 PLC 基本上全部具备 DCS 过去所独有的一些复杂控制功能，且 PLC 具有操作简单的优势。最重要的是，PLC 的价格和成本是 DCS 系统所无法比拟的。

### 1.1.2 PLC 的应用范围

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、环保等各行各业。随着其性能价格比的不断提高，其应用范围在不断扩大，见表 1-3。

表 1-3 PLC 的应用范围

序号	应用范围	说 明
1	开关量的逻辑控制	这是 PLC 的最基本应用，用 PLC 取代传统的继电器控制，实现逻辑控制和顺序控制。如机床电气控制、家用电器（电视机、冰箱、洗衣机等）自动装配线的控制、汽车、化工、造纸、轧钢自动生产线的控制等
2	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 A/D 与 D/A 转换，并对模拟量实行闭环 PID（比例-积分-微分）控制。现代的 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能，这一控制功能已广泛应用在塑料挤压成形机、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
3	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进行控制，可实现单轴、双轴、三轴和多轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械，如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人及电梯等场合