

三菱 PLC

工程应用设计

高安邦 薛岚 刘晓艳 等编著
田敏 俞宁 徐建俊 主审



- 工学结合、理实并重，教、学、做一体化
- 以“授人以渔”的方法指导读者掌握先进的设计理念和方法
- 大量的实际工程应用设计案例，给读者以示范和启迪
- 内容翔实，可读性、可操作性和实践性强

电气信息工程丛书

三菱 PLC 工程应用设计

高安邦 薛 岚 刘晓艳 编著
杨 帅 陈银燕 赵冉冉
田 敏 俞 宁 徐建俊 主审



机械工业出版社

本书分为上、下两篇。以三菱公司的 FX 和 A 系列 PLC 为控制器件,以工程应用设计为主线,从实用的角度出发,详尽介绍了 PLC 技术入门、PLC 的硬/软件资源、PLC 基本逻辑指令的编程规则与技巧、PLC 工程应用设计方法、用 PLC 技术改造传统机床电气控制系统的工程应用设计、全自动钢管表面除锈机 PLC 控制系统工程设计、PLC 在工业过程控制中的工程应用设计、PLC 监控组态软件与编程软件在工程设计中的应用。旨在引导 PLC 工程技术人员在掌握正确的设计理念和方法的基础上,以设计案例为示范和样板,举一反三,不断创新,进而设计出 PLC 工程应用的精品。

本书可作为 PLC 工程应用设计人员的指导书,也可作为大专院校相关专业师生的教材和参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱 PLC 工程应用设计/高安邦等编著. —北京:机械工业出版社, 2010. 10

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-32200-9

I. ①三… II. ①高… III. ①可编程序控制器—系统设计 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 197730 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟 吴超莉

责任印制:杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 27.25 印张 · 674 千字

0001-4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-32200-9

定价: 49.00 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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

序

可编程序控制器 (PLC) 作为一种现代新型工业用控制装置, 由于其具有功能性强、安全可靠、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点, 不仅可以取代传统的“继电器-接触器”控制系统以实现逻辑控制、顺序控制、定时/计数等各种功能, 大型高档的 PLC 还能像微型计算机那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节、运动控制、闭环过程控制以及联网通信等。

目前, PLC 已被广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业, 其市场份额已经超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备。在自动化领域, PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 被并称为现代工业技术的四大支柱并已跃居榜首, 尤其在工程项目中的应用越来越广泛。PLC 及其网络现已成为工矿企业中首选的工业控制装置, 由 PLC 组成的多级分布式控制网络也已成为现代工业控制系统的主要组成部分, 其应用的深度和广度也代表了一个国家工业现代化的先进程度。

随着国内各类加工基地的建设, 生产线、加工设备和加工中心的启用, PLC 控制系统的应用还将进一步扩大。因此, 学习 PLC 系统的意义十分重大, 用好 PLC 的意义更为深远; 学用 PLC 技术实现对现代工程设备的稳定可靠控制、提升产品的竞争力, 已成为目前推动这一技术发展的主要驱动力量。

随着 PLC 技术在我国各个应用领域的逐步普及和大量应用, 需要掌握 PLC 产品基础和实用开发技术的工程技术人员群体也在不断扩大, 国内各理工科大学和高职院校都相继开设了 PLC 应用技术专业课程。可见, PLC 应用技术已成为当代理工院校师生、广大工程技术人员竞相掌握的一门重要技能。

随着 PLC 技术的广泛应用, 如何更深层次地应用 PLC 技术, 如何在工程实践中进行 PLC 的更深入的应用开发, 如何更充分地利用 PLC 产品丰富的内部资源完成复杂项目的开发等问题不断困扰着采用 PLC 技术进行工程项目开发的相关人员。因此, 如何帮助广大高校师生、工程技术人员迅速解决上述难题已然成为一个亟待解决的问题。目前, 解决这些问题的重要手段就是在源头上多下工夫。比如, 编写一些高质量的实用科技图书, 以“授人以渔”的方法, 帮助读者真正掌握 PLC 产品的基础知识和各种实用开发技术, 解决在实际工程项目开发过程中所遇到的各种困扰, 从而更快、更好地完成各种实际项目的开发和设计。

本书是我院特聘教授高安邦应机械工业出版社邀请而承担的又一部实用专著, 这是他多年以来从事 PLC 技术教学和科研开发工作的又一丰硕成果, 他在书中精心编排了大量的典型设计案例, 为 PLC 工程应用设计提供了一些示例和样板, 其目的是给读者以引导和启迪, 引领 PLC 工程技术人员开发、设计出实用的 PLC 控制系统。

本书具有如下主要特点:

1) 内容全面、体系完备。本书从不同层面和深度, 介绍利用 PLC 开发工具进行工程应

用开发设计的全过程，内容翔实，覆盖面广。

2) 实践性强，案例典型。本书注重实践性，书中所有案例都已经过验证，均可实现，并具有较强的代表性，读者可通过案例对相应技术点有清晰直观的了解。

3) 把握新知，结合实际。本书对 FX_{2N} 系列 PLC 产品的新知识、新特性、新功能作了详尽的介绍。书中很多技术点都是编著者已经在实际工作中大量运用的，它们是开发经验的提炼和总结，相信会给读者启迪和帮助。

我们热烈祝贺这部学术专著的编辑出版，相信它对提高我国 PLC 工程技术人员的设计能力和水平、提升我院的学术水平和地位、完成我院当前的中心任务都将会起到积极的推动和促进作用；它将为我院的改革建设和创新发展添砖加瓦，并写下浓墨重彩的一笔。

田敏

中国西部教育顾问、江苏省电机工程学会理事、江苏省第十一届人大代表
淮安市电子学会副理事长、中国民主促进会淮安市委副主委
淮安信息职业技术学院院长/教授/研究员级高级工程师

金子

全国电子信息产业专业教学指导委员会委员
淮安市电子学会副理事长、计算机学会副理事长
淮安信息职业技术学院副院长/教授/研究员级高级工程师

徐建敏

江苏省电机工程学会第八届理事会理论电工及其应用专业委员会委员
江苏省省级名师/淮安市劳模/淮安信息职业技术学院副院长/教授/高级工程师

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器-接触器”控制系统实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能,大型高档 PLC 还能像微型计算机 (PC) 那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点,已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业。已在全球形成了 70 多亿美元的市场 (在中国也有 30 多亿美元); 已经超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备的市场份额; 在自动化领域, PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 并称为现代工业技术的四大支柱, 且 PLC 已居于榜首; 尤其在机电一体化生产中的应用更为广泛, 已成为改造和研发机电一体化产品的首选控制器。因此, 学习 PLC 系统的意义十分重大, 用好 PLC 的意义也更为深远。用 PLC 技术来实现对现代工程设备的稳定可靠控制、提升产品的竞争力, 已成为目前推动这一技术发展的主要力量。

为了推动 PLC 技术的应用, 近年来国内外已出版的 PLC 书籍的确不少, 但大部分是侧重于介绍 PLC 的一般工作原理, 同时结合少量的编程练习和实验, 而真正从工程实践的角度详尽介绍 PLC 工程应用设计的书籍并不多见, PLC 控制技术原理与 PLC 工程应用设计严重脱节。读者读完这类图书后不会应用 PLC 技术改造技术落后的传统机电老设备和创新设计机电一体化新产品, 甚至不知道 PLC 技术是怎样控制机电设备的, 这就是目前图书市场上的 PLC 控制技术书籍的严重弊端和缺陷。

本书则从实际工程应用的角度出发, 详尽介绍了 PLC 工程应用设计必需的技术理论; 并给出了大量的工程应用设计案例, 力求内容丰富, 可读性、可用性和实践性强。通过本书的学习, 读者能够进行传统设备控制系统的 PLC 技术改造和机电一体化技术产品的创新设计。

三菱、欧姆龙、西门子、施耐德和通用电气公司是中国 PLC 市场最大的 5 家供应商, 其产品占据了市场份额的 70% 以上。本书中的 PLC 选用了在我国引进最早、应用最广泛, 各类 PLC 书籍中选用也最多、最具有代表性、普遍性和先进性的三菱公司的 FX 系列 PLC 和 A 系列 PLC。

本书分为上、下两篇, 共 9 章。上篇为三菱 PLC 工程应用设计基础, 主要包括可编程序控制器入门; FX 系列 PLC 的硬/软件资源; A 系列 PLC 的硬/软件资源; PLC 基本逻辑指令的编程规则与技巧。下篇为三菱 PLC 工程应用设计案例, 主要包括 PLC 工程应用设计方法; 用 PLC 技术改造传统机床电气控制系统的工程应用设计; 全自动钢管表面除锈机 PLC 控制系统工程设计; PLC 在工业过程控制中的工程应用设计; PLC 监控组态软件与编程软件在工程设计中的应用。

本书的编写已被列入中国高等教育学会“十一五”教育科学规划课题 (批准号: 06AIP0090046); 江苏省教育科学“十一五”教育科学规划课题 (立项编号: 高校系统:

179)；也是淮安信息职业技术学院创建“省内一流、国内知名”高水平示范性高职院校的重点建设项目。

参加本书编写的有淮安信息职业技术学院特聘教授，原哈尔滨理工大学教授/硕士生导师高安邦（第1章、第7章）、淮安信息职业技术学院的薛岚讲师/硕士研究生（第2章、第5章）、刘晓艳讲师/硕士研究生（第3章、第4章）、杨帅讲师/硕士研究生（第6章）、陈银燕讲师/硕士研究生（第9章）、赵冉冉讲师/硕士研究生（第8章）。全书由高安邦统稿。本书由中国西部教育顾问、江苏省电机工程学会理事、淮安市电子学会副理事长、淮安信息职业技术学院院长田敏教授，全国电子信息产业专业教学指导委员会委员、淮安市电子学会副理事长、计算机学会副理事长、淮安信息职业技术学院副院长俞宁教授和江苏省电机工程学会第八届理事会理论电工及其应用专业委员会委员、江苏省省级名师、淮安信息职业技术学院副院长徐建俊教授担任主审。本书编写得到了淮安信息职业技术学院的大力支持，在此表示感谢！同时对本书所引用著作和论文的编著者表示诚挚的谢意！王宇航、陈向新、邱一启、张纺、武婷婷、陆斌、胡峰、邓立铭、熊伟、吴骏华、马宝建、李政、王宇航、郁秉柏、张珉、孙雨生、周俊杰、王胜、庄明明、梁旭等同学为本书的编写做了大量的辅助性工作，在此也表示衷心的感谢！

限于编者的水平和经验，书中错误、疏漏和不妥之处在所难免，恳请各位读者和专家批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
上篇 三菱 PLC 工程应用设计基础	
第 1 章 可编程序控制器入门	1
1.1 PLC 概述	1
1.1.1 PLC 的基本概念	1
1.1.2 PLC 的特点及应用	2
1.1.3 PLC 与“继电器-接触器”控制系统的比较	4
1.1.4 PLC 与微机的比较	5
1.1.5 PLC 的新发展	5
1.2 PLC 的基本结构及工作原理	7
1.2.1 PLC 的基本结构	7
1.2.2 PLC 的工作原理	15
1.3 PLC 的技术性能	21
1.3.1 基本技术性能	21
1.3.2 PLC 的内存分配及 I/O 点数	23
1.4 PLC 的分类	24
1.5 PLC 的编程语言	25
1.5.1 梯形图	25
1.5.2 指令表	25
1.5.3 顺序功能图	26
1.5.4 功能块图	26
1.6 习题	26
第 2 章 FX 系列 PLC 的硬/软件资源	27
2.1 FX 系列 PLC 简介	27
2.2 FX _{2N} 系列 PLC 的硬/软件资源	30
2.2.1 FX 系列的 PLC 型号名称的含义	30
2.2.2 FX _{2N} 系列 PLC 的主要硬/软件性能指标	33
2.2.3 FX _{2N} 系列 PLC 的编程元(器)件	36
2.2.4 FX _{2N} 系列 PLC 的扩展设备	51
2.3 FX _{2N} 系列 PLC 的主要软件资源	59
2.3.1 FX _{2N} 系列 PLC 的基本逻辑指令和步进梯形指令	59
2.3.2 FX _{2N} 系列 PLC 的应用指令简介	76
2.4 FX _{2N} 系列 PLC 的硬、软件资源汇总列表	90
2.4.1 FX _{2N} 系列 PLC 的硬件资源列表	90
2.4.2 FX _{2N} 系列 PLC 的软件资源列表	91
2.5 FX _{2N} 系列 PLC 编程常用的编程器及其使用	97
2.5.1 概述	97
2.5.2 FX _{2N} 系列 PLC 编程软件 SWOPC-FXGP/WIN-C 的使用说明	97
2.6 FX _{2N} 系列 PLC 的通信研究	110
2.6.1 采用 PLC 通信口进行通信的 PLC 参数设置	110
2.6.2 通信格式	111
2.6.3 通信命令	112
2.6.4 通信举例	113
2.7 习题	115
第 3 章 A 系列 PLC 的硬/软件资源	117
3.1 A 系列 PLC 简介	117
3.2 A 系列 PLC 的主要硬件资源	119
3.2.1 A2N 系列 PLC 的编程器件	119
3.2.2 A2N 系列 PLC 的 I/O 地址分配	127
3.3 A 系列 PLC 的主要软件资源	130
3.3.1 A 系列 PLC 的指令结构及	

数据处理	130	4.3.20 工程设备优先起动控制电路	193
3.3.2 A2N 系列 PLC 的顺控指令		4.3.21 工程设备时序控制电路	194
列表	132	4.3.22 工程设备自动间歇润滑	
3.3.3 A2N 系列 PLC 的基本功能		控制电路	195
指令	133	4.3.23 工程设备的正/反转控制	
3.3.4 A2N 系列 PLC 的应用指令	148	电路	195
3.4 A2N 系列 PLC 的基本功能指令和应用		4.3.24 工程设备电动机的 Y/ Δ 启动	
指令列表	164	控制电路	197
3.4.1 A2N 系列 PLC 的基本功能		4.3.25 工程设备电动机的反接制动	
指令列表	164	控制电路	197
3.4.2 A2N 系列 PLC 的应用指令		4.3.26 工程设备控制中的多流程顺序	
列表	169	控制程序	198
3.5 习题	174	4.4 习题	202
第 4 章 PLC 基本逻辑指令的编程		下篇 三菱 PLC 工程应用设计案例	
规则与技巧	175	第 5 章 工程应用设计方法	204
4.1 PLC 梯形图的特点	175	5.1 PLC 工程应用设计内容	204
4.2 PLC 梯形图的编程规则与技巧	175	5.2 PLC 控制系统设计步骤	205
4.3 PLC 工程设计最常用的编程环节 ...	180	5.3 PLC 工程应用常使用的设计和	
4.3.1 起-保-停电路	181	编程方法	207
4.3.2 多地点控制电路	181	5.4 状态编程法的简单设计应用实例 ...	211
4.3.3 长动和点动控制电路	182	5.5 习题	213
4.3.4 联锁和互锁电路	182	第 6 章 用 PLC 技术改造传统机床电气	
4.3.5 按钮控制通断电路	183	控制系统的工程应用设计 ...	214
4.3.6 输入信号消抖电路	184	6.1 将机床工作台自动循环电气控制	
4.3.7 扫描计数电路	184	电路改造为 PLC 控制	214
4.3.8 定时器断电延时和延时		6.1.1 机床工作台自动循环电气控制	
通/断电路	185	电路	214
4.3.9 最大限时控制程序	185	6.1.2 根据系统所选用输入/输出	
4.3.10 最小限时控制程序	186	设备数量, 选用 PLC	215
4.3.11 定时器和计数器的扩展		6.1.3 对 PLC 进行 I/O	
电路	186	口地址分配, 画出 PLC 控制的实际	
4.3.12 顺序延时电路	187	接线图	215
4.3.13 微分电路	189	6.1.4 编写 PLC 控制的梯形图	216
4.3.14 单脉冲电路	189	6.1.5 编写 PLC 控制的语句表程序 ...	216
4.3.15 振荡电路	190	6.1.6 调试和运行程序	217
4.3.16 顺序脉冲电路	190	6.2 用 PLC 控制机床电动机	217
4.3.17 连续脉冲产生电路	191	6.2.1 设计要求	217
4.3.18 分频电路	192	6.2.2 根据系统所选用输入/输出设备	
4.3.19 报警电路	193	数量选用 PLC	218

6.2.3	对 PLC 进行 I/O 口地址分配	219
6.2.4	设计 PLC 控制的梯形图	219
6.3	Z3040 摇臂钻床 PLC 控制系统的改造设计	220
6.3.1	摇臂钻床的结构	220
6.3.2	摇臂钻床的运动	220
6.3.3	Z3040 摇臂钻床的电气控制	221
6.3.4	Z3040 摇臂钻床 PLC 控制的工程应用设计	223
6.4	龙门钻床的 PLC 控制系统工程应用改造设计	227
6.4.1	龙门钻床简化结构示意图和工艺说明	227
6.4.2	龙门钻床工艺过程功能表图	228
6.4.3	选择 PLC, 画出 I/O 端子实际接线图	230
6.4.4	设计梯形图程序	230
6.5	PLC 在多功能屋面 SP 板切割机上的工程应用设计	241
6.5.1	SP 板切割机装置简介	241
6.5.2	切割机生产工艺要求	241
6.5.3	切割机装置电控设备及要求	243
6.5.4	切割机的 PLC 控制系统的硬件设计	245
6.5.5	切割机的 PLC 控制系统的软件设计	247
6.5.6	切割机的 PLC 控制系统工程应用设计说明	251
6.6	采用 FX _{2N} 系列 PLC 控制搬运机械手的创新型工程应用设计	255
6.6.1	机械手搬运工件的生产工艺过程分析	255
6.6.2	PLC 的 I/O 接点地址	256
6.6.3	PLC 控制的用户程序设计	257
6.7	PLC 在机床设备现代高新技术中的工程应用设计	260
6.7.1	顺序控制端子功能及应用 (有级调速方式)	261
6.7.2	变频器的频率指令信号 (无级调速方式)	264

6.7.3	PLC 与变频器监测信号的连接	265
6.8	习题	266
第 7 章 全自动钢管表面除锈机 PLC 控制系统工程		
7.1	系统的结构组成、生产工艺流程及电控系统方案	268
7.1.1	结构组成及生产工艺流程	268
7.1.2	电控系统方案	270
7.2	钢刷轮打磨除锈纵向进给交流电磁调速系统设计	274
7.2.1	YCTG 电磁调速电动机的选用	274
7.2.2	JD1 系列电磁调速电动机控制装置的选用	277
7.3	本系统设计所采用的 F1 系列超小型 PLC 简介	281
7.4	全自动钢管表面除锈机操作控制 PLC 系统设计	286
7.4.1	全自动钢管表面除锈机 PLC 的硬件实际接线图	286
7.4.2	全自动钢管表面除锈机 PLC 控制的软件编程	288
7.5	操作使用说明	300
7.5.1	电源	300
7.5.2	模拟操作	300
7.5.3	运行操作	301
7.5.4	事故下的故障处理及报警指示	301
7.5.5	注意事项	301
7.6	习题	301
第 8 章 PLC 在工业过程控制中的工程应用设计		
8.1	矩阵键盘设计	302
8.2	LED 数码显示器	305
8.3	比例积分微分控制	308
8.3.1	PID 控制表达式	308
8.3.2	PID 控制程序设计	309
8.3.3	PID 串级控制程序设计	312
8.4	FX 系列 PLC 与计算机的通信	312

8.4.1	通信的硬件连接	312	9.2.2	Citect 监控组态软件的使用 要求及编辑工具简介	335
8.4.2	FX 系列 PLC 的通信协议	313	9.2.3	Citect 监控组态软件的使用 步骤	336
8.4.3	PLC 与计算机通信的 C 语言实现	315	9.2.4	Citect 的应用实例	339
8.4.4	PLC 与计算机通信的软件 实现	316	9.3	组态王	343
8.5	工业燃煤锅炉自动控制系统的工程 应用设计	317	9.3.1	组态王简介	343
8.5.1	测控内容和任务	317	9.3.2	新建工程	349
8.5.2	控制系统现场测控点	318	9.3.3	设计画面	353
8.5.3	硬件设计的选择原则	320	9.3.4	输出	375
8.5.4	控制系统的组成结构	320	9.3.5	管理	389
8.5.5	上位监控软件的选择及开发	322	9.3.6	组态与 PLC 联机实例	399
8.5.6	接口模块的操作	323	9.4	MEDOC 编程软件	412
8.5.7	工业锅炉汽包液位三冲量 串级控制	324	9.4.1	MEDOC 软件简介	412
8.6	习题	327	9.4.2	用 MEDOC 软件编程的主要 步骤及方法	412
第 9 章 PLC 监控组态软件与编程软件 在工程设计中的应用			9.4.3	程序的传送	414
9.1	组态软件概念	329	9.4.4	程序的打印	415
9.1.1	组态软件概述	329	9.5	GPP 编程软件	416
9.1.2	组态软件在我国的发展及国内外 主要产品简介	330	9.5.1	GPP 编程软件简介	416
9.1.3	组态软件的功能特点及发展 方向	331	9.5.2	使用 GPP 软件编程的主要 步骤及方法	416
9.1.4	推动组态软件发展的动力	333	9.5.3	程序的传送	418
9.2	Citect 监控组态软件	334	9.5.4	程序的打印	419
9.2.1	Citect 监控组态软件的主要 性能特点	334	9.5.5	如何使用在 MEDOC 下编制 的程序	421
			9.6	习题	421
			参考文献		423

上篇 三菱 PLC 工程应用设计基础

第 1 章 可编程序控制器入门

可编程序控制器（PLC）是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器 - 接触器”控制系统实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能，大型高档 PLC 还能像微型计算机（PC）那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点，已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等行业，尤其在工程设计中的应用更是越来越广泛。在自动化领域，PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 并称为现代工业技术的四大支柱，已成为改造和研发机电一体化产品首选控制器；其应用的深度和广度也代表着一个国家工业现代化的先进程度。本章将介绍有关这种新型工业控制器的结构组成、功能特点、工作原理、编程语言，以及在工程应用等方面的入门知识。

1.1 PLC 概述

1.1.1 PLC 的基本概念

可编程序控制器（Programmable Controller）简称 PC；个人计算机（Personal Computer）也简称 PC；为了避免混淆，目前都将最初多用于逻辑控制而发展起来的可编程序控制器叫做 PLC（Programmable Logic Controller）。

国际电工委员会在 1987 年颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 作了如下定义：“PLC 是一种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、定时、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，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 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。”，定义中有以下几点值得注意：

1) PLC 是“数字运算操作的电子装置”，其中带有“可以编制程序的存储器”，可以进行“逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算”工作，可以认为 PLC 具有计算机的基本特征。事实上，PLC 无论从内部构造、功能及工作原理上看都是一种计算机。

2) PLC 是“为工业环境下应用”而设计。工业环境和一般办公环境有较大的区别，

PLC 具有特殊的构造，使它能在高粉尘、高噪声、强电磁干扰和温度变化剧烈的环境下正常工作；为了能控制“机械或生产过程”，它又要“易于与工业控制系统形成一个整体”；这些都是个人计算机不可能做到的。因此 PLC 又不是普通的计算机，它是一种能在工业现场恶劣环境下使用的工业控制计算机。

3) PLC 能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。它“易于扩展其功能”，它的程序能根据控制对象的不同要求，让使用者“可以编制程序”。也就是说，PLC 较之以前的工业控制计算机，如单片机等工业控制系统，具有更大的灵活性，它可以方便地应用于各种场合，它又是一种通用的工业控制计算机。

通过以上定义还可以了解到，相对于一般意义上的计算机，PLC 并不仅仅具有计算机的内核，它还配置了许多使其适用于工业控制的器件。它实质上是经过了一次开发的工业控制用计算机。但是，从另一个方面来说，它是一种通用机，但不经过二次开发，它就不能在任何具体的工业设备上使用。不过，自其诞生以来，电气工程技术人员感受最深刻的也正是 PLC 二次开发编程十分容易。它在很大程度上使得工业自动化设计从专业设计院走进了厂矿企业，变成了普通工程技术人员甚至普通电气工人都力所能及的工作。再加上其体积小、可靠性高、抗干扰能力强、控制功能完善、适应性强、安装接线简单等众多显著优点，PLC 在其问世后的短短几十年中便获得了突飞猛进的发展，在工业控制中得到了极其广泛的应用，已跃居现代工业四大支柱之首。

1.1.2 PLC 的特点及应用

1. PLC 的特点

(1) 可靠性高，抗干扰能力强

高可靠性是电气控制设备最重要的关键性能。PLC 由于采用现代超大规模集成电路技术，严格的生产工艺制造，内部电路采用了先进的抗干扰技术，具有很高的可靠性。例如日本三菱公司生产的 F 系列 PLC 的平均无故障时间已高达 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机外电路来说，使用 PLC 构成控制系统，和同等规模的“继电器 - 接触器”控制系统相比，电气接线及开关接点已减少到原来的数百甚至数千分之一，故障也随之大大降低。此外，PLC 具有硬件故障的自我检测功能，出现故障时可迅速及时地发出报警信息。在应用软件中，用户还可以编入外围器件的故障自诊断程序，使系统中 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样，就使整个 PLC 系统都具有了极高的可靠性。

(2) 配套齐全，功能完善，适用性强

PLC 发展到今天，已经形成了大、中、小、微各种规模的系列化产品，可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑控制功能外，现代 PLC 大都具有完善的数据运算能力，可用于各种数字控制领域。近年来 PLC 的功能模块大量涌现，使 PLC 渗透到了位置控制、运动控制、过程控制、湿度控制和计算机数控 (CNC) 等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展，使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(3) 易学、好懂、实用，深受工程技术人员喜爱

PLC 作为现代通用工业控制计算机，是面向工矿企业的工控设备，其编程语言易于被工

程技术人员接受。像梯形图语言的图形符号和表达方式与继电器电路图非常接近，只用 PLC 的少量开关逻辑控制指令就可以方便地实现“继电器 - 接触器”控制电路的功能；像步进式顺序控制的状态转移图 (SFC)，简单、直观，容易设计复杂的多流程顺序控制，并且能够减少程序条数，使程序易于理解。

(4) 系统设计周期短，维护方便，改造容易

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑，大大减少了控制设备外部的接线，使控制系统设计周期大大缩短，同时维护也变得容易起来。更重要的是，使同一设备经过改变程序便可改变生产过程成为可能。因此很适合多品种、小批量的生产场合。

(5) 体积小，重量轻，能耗低

以超小型 PLC 为例，其新近产品的品种底部尺寸小于 100 mm^2 ，质量小于 150 g ，能耗仅数瓦。由于其体积小很容易嵌入机械设备内部，是实现机电一体化首选的理想控制器件。

2. PLC 的应用领域

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、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等行业。其使用情况可归纳为以下几大类。

(1) 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，可用它取代传统的“继电器 - 接触器”控制电路，实现逻辑控制、顺序控制，既可用于单机设备的控制，又可用于多机群控制及自动化流水线。如电梯控制、高炉上料、注塑机、印刷机、数控与组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

(2) 模拟量控制

在工业生产过程中，有许多连续变化的模拟量，如温度、压力、流量、液位和速度等。为使 PLC 能处理模拟量信号，PLC 各厂家都生产有配套的 A/D 和 D/A 转换模块，使 PLC 可直接用于模拟量控制。

(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，早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构；现在可使用专用的运动控制模块，如可驱动步进电动机或伺服电动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，广泛用于各种机械、机床、机器人和电梯等。

(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 控制是一般闭环控制系统中常用的控制方法。目前不仅大、中型 PLC 都有 PID 模块，而且许多小型 PLC 也具有 PID 功能。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、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。过程控制可分为慢连续量的过程控制和快连续量的运动控制。

1) 慢连续量的过程控制。慢连续量的过程控制是指对温度、压力、流量和速度等慢连续变化的模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机，PLC 通过模拟量输入/输出模块，实现 A/D 和 D/A 的转换，并通过专用的智能 PID 模块，编制各种各样的控制算法程序，实现对模拟量的闭环控制，使被控变量保持为设定值。PID 控制是一般闭环控制系统中常用的控制

方法，PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。PLC 的这一功能已广泛应用在电力、冶金、化工、轻工和机械等行业。例如，锅炉控制、加热炉控制、磨矿分级过程控制、水处理控制和酿酒控制等。

2) 快连续量的运动控制。PLC 提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，通过这些模块可实现直线运动或圆周运动的控制。如今，运动控制已是 PLC 不可缺少的功能之一。

(5) 数据处理

现代 PLC 具有数学运算（含矩阵运算、逻辑运算）、数据传送、数据转换、排序、查表和位操作等功能，可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与储存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给其他的智能装置，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

随着计算机控制技术的不断发展，工厂自动化网络的发展也更加迅猛，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。最新生产的 PLC 都具有通信接口，实现通信非常方便快捷。PLC 通信包含 PLC 之间的通信以及 PLC 与其他智能设备之间的通信，主要有以下 4 种情况。

1) PLC 之间的通信。PLC 之间可一对一通信，也可在多达几十甚至几百台 PLC 之间进行通信；既可在同型号 PLC 之间进行通信，也可在不同型号的 PLC 之间进行通信。例如，可以将三菱 FX 系列 PLC 作为三菱 A 系列 PLC 的就地控制站，从而简单地实现生产过程的分散控制和集中管理。

2) PLC 与各种智能控制设备之间的通信。PLC 可与条形码读出器、打印机以及其他远程 I/O 智能控制设备进行通信，形成一个功能强大的控制网络。

3) PLC 与上位计算机之间的通信。可用计算机进行编程，或对 PLC 进行监控和管理。通常情况下，采用多台 PLC 实现分散控制，由一台上位计算机进行集中管理，这样的系统称为分布式控制系统。

4) PLC 与 PLC 的数据存取单元进行通信。PLC 提供了各种型号的数据存取单元，通过此数据存取单元可方便地对设定数据进行修改，对各监控点的数据或图形变化进行监控，还可对 PC 出现的故障进行诊断等。

近几年来，随着计算机控制技术和通信网络技术的发展，已兴起工厂自动化（FA）网络系统。PLC 的联网、通信功能正适应了智能化工厂发展的需要，它可使工业控制从点到线再到面，使设备级的控制、生产线的控制和工厂的控制产生更高的效益。

PLC 的应用领域越来越广泛，几乎可以说凡是有控制系统存在的地方都需要 PLC。在发达国家，PLC 已广泛应用于工业部门。随着 PLC 性能价格比的不断提高，PLC 的应用范围还将不断扩大。

1.1.3 PLC 与“继电器 - 接触器”控制系统的比较

在 PLC 出现以前的一个世纪中，“继电器 - 接触器”硬件电路是逻辑控制、顺序控制的唯一执行者，它结构简单、价格低廉，一直被广泛应用。但它与 PLC 控制系统相比却有许

多缺点，见表 1-1。

表 1-1 PLC 与“继电器-接触器”控制系统的比较

比较项目	“继电器-接触器”控制系统	PLC
控制逻辑	体积大、接线复杂，修改困难	存储逻辑体积小，连线少，控制灵活，易于扩展
控制速度	通过触点开闭实现控制作用，动作速度为几十毫秒，易出现触点抖动	由半导体电路实现控制作用，每条指令执行时间在微秒级，不会出现触点抖动
限时控制	由时间继电器实现，精度差，易受环境温度影响	用半导体集成电路实现，精度高，时间设置方便，不受环境、温度影响
设计与施工	设计、施工、调试必须顺序进行；周期长、修改困难	在系统设计后，现场施工与程序设计可同时进行；周期短、调试修改方便
可靠性与可维护性	寿命短，可靠性与可维护性差	寿命长，可靠性高；有自诊断功能，易于维护
价格	使用机械开关、继电器及接触器等，价格低廉	使用大规模集成电路，初期投资较高

1.1.4 PLC 与微机的比较

采用微电子技术制作的 PLC 也是由 CPU、RAM、ROM、I/O 接口等 5 大件构成的，与微机有相似的构造，但又不同于一般的微机，特别是它采用了特殊的抗干扰技术，使它更能适用于恶劣环境下的工业现场控制。PLC 与微机各自的特点见表 1-2。

表 1-2 PLC 与微机的比较

比较项目	PLC	微机
应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、通信等
使用环境	工业现场	具有一定温度、湿度的机房
输入/输出	控制强电设备需光电隔离	与主机采用弱电联系不需光电隔离
程序设计	一般为梯形图语言，易于学习和掌握	程序语言丰富，汇编、FORTRAN、BASIC 及 COBOL 等语句复杂，需专门的计算机硬件和软件知识
系统功能	自诊断、监控等	配有较强的操作系统
工作方式	循环扫描方式及中断方式	中断方式

1.1.5 PLC 的新发展

PLC 作为现代工业四大支柱之首，在先进发达工业国家中已成为自动化控制系统重要的基本电控装置。它具有控制方便、可靠性高、容易掌握、体积小、价格适宜等显著特点。据不完全统计，当今世界 PLC 生产厂家约 200 多家，生产 300 多个品种，占工控机市场份额的 50% 以上，PLC 将在工控机市场中占有主要地位，并保持继续上升的势头。目前，PLC 主要应用在汽车、粮食加工、化学/制药、金属/矿山、纸浆/造纸等行业。PLC 在 20 世纪 60 年代末引入我国时，只用做离散量的控制，其功能只是将操作接到离散量输出的接触器等，最早只能完成继电器梯形逻辑的操作。新一代的 PLC 具有 PID 调节功能，它的应用已从开关

量控制扩大到模拟量控制领域，广泛地应用于航天、冶金、轻工和建材等行业。目前正向着以下几个方面迅猛发展。

1) 微型、小型 PLC 功能明显增强。很多著名的 PLC 厂家相继推出高速、高性能、小型、特别是微型的 PLC。三菱的 FX0S14 (8 个 DC 24V 输入, 6 个继电器输出), 其尺寸仅为 58 mm × 89 mm, 略大于信用卡, 而功能却有所增强, 使 PLC 的应用领域扩大到远离工业控制的其他行业, 如餐饮、医疗、建筑和汽车等, 甚至引入娱乐场所和商业部门。

2) 集成化发展趋势增强。由于现代高新技术控制内容的复杂化和高难度化, 使 PLC 向集成化方向发展, PLC 与 PC 集成、PLC 与 DCS 集成、PLC 与 PID 集成等, 并强化了通信能力和网络化功能, 尤其是以 PC 为基础的控制产品增长率最快。PLC 与 PC 集成, 即将计算机、PLC 及操作人员的人-机接口结合在一起, 使 PLC 能利用计算机丰富的软件资源, 而计算机能和 PLC 的模块交互存取数据。以 PC 为基础的控制容易编程和维护用户的利益, 开放的体系结构提供较大的灵活性, 最终将提高生产率和降低生产成本。

3) 向开放性转变。PLC 目前存在的最大缺点, 即 PLC 的软、硬件体系结构是封闭的, 而不是开放的。绝大多数的 PLC 是专用总线、专用通信网络及协议, 编程虽多为梯形图, 但各公司的组态、寻址、语言结构不一致, 导致各种 PLC 互不兼容, 致使广大 PLC 用户开发应用互不统一, 使用很不方便。国际电工协会 (IEC) 在 1992 年颁布了 IEC 1131-3 《可编程序控制器的编程软件标准》, 为各 PLC 厂家编程的标准化铺平了道路。现在开发以 PC 为基础、在 Windows 平台下, 符合 IEC 1131-3 国际标准的新一代开放体系结构的 PLC 正在规划中。

新一代 PLC 将要实现以下内容。

- CPU 处理速度进一步加快。
- 控制系统分散化。
- 可靠性进一步提高。
- 控制与管理功能一体化。
- 向两极化 (大型化和小型化) 方向发展。
- 编程语言和编程工具向标准化和多样化发展。
- I/O 组件标准化、功能组件智能化。
- 通信网络化。
- 大记忆容量, 快处理速度发展。
- 发展故障诊断技术和容错技术。

总之, PLC 的新发展可概括为以下几个方面。

- 在系统构成规模上, 向超大型、超小型方向发展。
- 在增强控制能力和扩大应用范围上, 进一步开发各种智能 I/O 模块。
- 在系统集成方面进一步提高安全性、高可靠性。
- 在控制与管理功能一体化方面, 进一步增强通信联网能力。
- 在编程语言与编程工具方面, 达到多样化、高级化和标准化。

在全球 PLC 制造商中, 根据美国 Automation Research Corp (ARC) 调查, 世界 PLC 主导厂家分别为日本的 MITSUBISHI (三菱) 公司、OMRON (欧姆龙) 公司; 德国的 SIE-