



银领工程系列

PLC 原理 及应用技术

汤自春 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

PLC 应用案例解密

PLC 原理 及应用技术

第二版

机械工业出版社

银领工程系列

PLC 原理及应用技术

汤自春 主 编
许建平 刘耀元 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是遵照教育部颁发的高职高专院校自动控制专业与自动化专业的教学大纲内容,根据专业要求,从工程应用出发,以三菱 FX_{2N}系列 PLC 为样机,突出应用和实践,结合可编程控制器的新发展和实用技术编写的教材。在内容编排上由浅到深,循序渐进,因此也适用于非控制专业,例如机电一体化专业、数控专业、电子、通信等方面专业选用,但需具有可编程控制器知识。本书也可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

本书内容共十章分为五部分,第一部分内容为 PLC 基础知识、元件、基本指令,编程器使用介绍。第二部分内容在第一部分内容的基础上扩展加深,主要叙述了顺序控制指令及常用的应用指令、程序分析设计法。第三部分内容介绍了有关 PLC 在工程应用中的问题,故障诊断的编程与显示,控制程序的模块化设计。在 PLC 网络通信方面也做了介绍、举例。第四部分内容为实验与实训,以此巩固、复习学习者所学的理论知识,便于学习者把所学的 PLC 方面的知识用于实践,使学习者对 PLC 在控制系统中的使用和应用有一个整体的掌握和了解。第五部分为附录,附有三菱 FX_{2N}机的技术指标、元件编号、名称、功能指令总表,以便于学习者查阅。另外,为了使学习者摆脱实验室的约束,增加编程和调试的能力,附有 PLC 的计算机编程软件 GX Developer 及计算机仿真软件 GX Simulator 的使用介绍。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 原理及应用技术/汤自春主编. —北京:高等教育出版社, 2006. 6

ISBN 7-04-019512-7

I. P... II. 汤... III. 可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044766 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 曲文利 封面设计 王凌波 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 杨凤玲 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	2006年6月第1版
印张	17	印次	2006年6月第1次印刷
字数	410 000	定价	19.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19512-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自2001年10月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系，教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2006年2月

前 言

PLC(可编程控制器)作为一种智能化、可靠性强的工业控制设备,在国民经济的各个行业中应用得越来越广泛。近年来 PLC 又与现场总线技术结合起来,在各个控制领域显示了其较强的应用潜力和前景。可编程控制器技术已成为高职高专电气自动化、机电一体化等专业的核心技术。

为了适应高职教育体制改革的需要,培养符合社会经济发展、面向生产、建设、管理、服务第一线的高技能型技术应用性人才,高职课程教材的内容应面向学生的职业能力。要把增强学生的职业适应能力和应变能力作为课程目标的基本要素,形成“基本素质-职业能力-岗位技能”三位一体的课程目标模式,使学生既有迅速上岗的能力,又有可持续发展能力和创新创业能力。

本教材编写遵循:“精选内容、模块化结构、有机整合、合理排序、突出应用”的方针,力求做到以基本知识为基础,以专业目标培养为主线,体现针对性、实用性、先进性、浅显性、适用性的原则。但由于编者水平有限,时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请老师、学生、同行及广大读者批评指正,不胜感激。

本书由洪流讲师编写第1章;刘耀元讲师(副主编)编写第2、3章;张细先副教授编写第6章;许建平高级实验师(副主编)编写第7、8章;倪志莲讲师编写第9章,附录5、6;汤自春副教授(主编)编写第4、5、10章,附录1、2、3、4并统稿。

本书由北京联合大学王克明老师主审,他对本教材的内容取舍、各章编写的内容、语言修饰等方面提出了许多建设性的宝贵意见。冯丽霞也为本书提供了许多宝贵的意见和帮助。在此表示诚挚的感谢。编者电子信箱地址:tzc1954@sina.com。

编 者

2006年2月

目 录

第 1 章 概述	1	本章小结	70
1.1 可编程控制器的历史和发展	1	习题	71
1.2 可编程控制器的特点和应用	3	第 5 章 顺序控制与顺序控制梯形	
1.3 可编程控制器的结构和工作原理	6	图的编程方式	73
本章小结	13	5.1 状态元件、顺序控制功能图	73
习题	13	5.2 顺序控制设计实例	81
第 2 章 可编程控制器元件及基本		5.3 顺序控制梯形图的编程方式	89
指令系统	14	本章小结	94
2.1 可编程控制器的 X、Y 元件与逻辑取、		习题	95
串联、并联、线圈输出指令	14	第 6 章 应用指令的介绍	97
2.2 可编程控制器的 M 元件与电路串、		6.1 应用指令的表示形式及含义	97
并联块指令	18	6.2 应用指令的分类与操作数说明	98
2.3 可编程控制器的 T 元件与多重输出		6.3 程序流向控制指令	103
指令	23	6.4 比较与传送指令	111
2.4 可编程控制器的 C 元件与脉冲输出、		6.5 算术运算与字逻辑运算指令	116
主控触点指令	28	6.6 循环移位与移位指令	120
2.5 可编程控制器置位、复位、空操作		6.7 程序设计举例	122
及程序结束指令	35	本章小结	126
本章小结	38	习题	126
习题	39	第 7 章 可编程控制器的工程应用	127
第 3 章 FX-2OP-E 简易编程器		7.1 工程应用上如何选择 PLC 的型号	
的使用方法	42	和确定 PLC 的硬件配置	127
3.1 FX-2OP-E 编程器的介绍	42	7.2 继电器-接触器控制线路转换成 PLC	
3.2 FX-2OP-E 编程器的使用	44	梯形图过程中应注意的几个问题	128
本章小结	56	7.3 应用示例: 可编程控制器替代(改造)	
习题	56	继电器-接触器控制系统的四步法	131
第 4 章 可编程控制器梯形图程序		7.4 PLC 电气控制系统故障诊断的	
设计方法	57	编程与显示	138
4.1 可编程控制器梯形图	57	7.5 PLC 控制程序的模块化设计	142
4.2 继电器-接触器控制与可编程控制		7.6 PLC 控制系统的设计调试步骤	144
转换	58	7.7 可编程控制器的安装和维护	146
4.3 可编程控制器梯形图的经验设计法	61	本章小结	152

习题	152	实验 9 简单霓虹灯(礼花之光)控制设计	200
第 8 章 可编程控制器的通信及网络	155	实验 10 五相步进电动机控制的模拟	202
8.1 可编程控制器系统连网	155	第 10 章 可编程控制器课程设计指导	204
8.2 以个人计算机作为操作站的 PLC 网络	165	10.1 课程设计举例	204
8.3 系统设计实例	170	10.2 课程设计课题	210
本章小结	178	附录 1 FX_{2N} 软元件一览表	219
习题	178	附录 2 FX_{2N} 系列可编程控制器主要技术指标	221
第 9 章 可编程控制器实验指导	179	附录 3 FX_{2N} 系列可编程控制器应用指令总表	225
实验 1 编程器的基本操作	179	附录 4 FX_{2N} 系列可编程控制器特殊元件编号及名称检索	237
实验 2 基本指令	181	附录 5 GX Developer 编程软件的使用	249
实验 3 定时器、计数器指令的使用与应用	185	附录 6 GX Simulator 仿真软件的使用	255
实验 4 LED 数码显示的抢答器控制模拟	187	参考文献	261
实验 5 顺序控制指令及应用	189		
实验 6 十字路口交通信号灯的控制模拟	191		
实验 7 电梯控制系统的模拟	192		
实验 8 应用指令的使用	197		

第 1 章

概 述

可编程控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。它是 20 世纪 70 年代以来, 在集成电路、计算机技术基础上发展起来的一种新型工业控制设备。由于它具有功能强、可靠性高、配置灵活、使用方便以及体积小、重量轻等优点, 国外已广泛应用于自动化控制的各个领域, 并已成为实现工业生产自动化的支柱产品。近年来, 国内在 PLC 技术与产品开发应用方面发展很快, 除有许多从国外引进的设备、自动化生产线外, 国产的机床设备已越来越多地采用 PLC 控制系统取代传统的继电 - 接触器控制系统。国产的小型化 PLC 性能也基本达到国外同类产品的技术指标。因此, 作为一名电气工程技术人员, 必须掌握 PLC 及其控制系统的基本原理与应用技术, 以适应当前电气技术的发展需要。

本章主要介绍可编程控制器的历史和发展、特点与应用、结构与工作原理。掌握 PLC 的入门知识, 可为今后的应用打下基础。

1.1 可编程控制器的历史和发展

1.1.1 可编程控制器的历史

20 世纪 60 年代中期, 美国通用汽车公司为了适应生产工艺不断更新的需要, 提出了一种设想: 把计算机的功能完善、通用灵活等优点和继电 - 接触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, 制造出一种新型的工业控制装置。提出了新型电气控制装置的 10 条招标要求。其中包括: 工作特性比继电 - 接触器控制系统可靠; 占位空间比继电 - 接触器控制系统小; 价格上能与继电 - 接触器控制系统竞争; 必须易于编程; 易于在现场变更程序; 便于使用、维护、维修; 能直接推动电磁阀、接触器及与之相当的执行机构; 能向中央数据处理系统直接传输数据等。美国数字设备公司 (DEC) 根据这一招标要求, 于 1969 年研制成功了第一台可编程控制器 PDP - 14, 并在汽车自动装配线上试用成功。

这项技术的使用, 在工业界产生了巨大的影响。从此可编程控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年日本从美国引进了这项新技术, 并很快成功研制了日本第一台可编程控制器。1973—1974 年, 德国、法国也相继研制成功了本国的可编程控制器。我国从 1974 年开始研制, 1977 年研制成功了以 1 个微处理器 MC14500 为核心的可编程控制器, 并开始应用于工业生产控制。

从第一台 PLC 诞生至今, PLC 大致经历了四次更新换代。第一代 PLC, 多数为 1 位机开发, 采用磁心存储器存储, 仅具有逻辑控制、定时、计数功能。第二代 PLC 使用了 8 位处理器及半导体存储器, 其产品逐步系列化, 功能也有所增强, 已能实现数字运算、传送、比较等功能。第三代 PLC 采用了高性能微处理器及位片式 CPU(Central Processing Unit), 工作速度大幅度提高, 促使其向多功能和连网方向发展, 并具有较强的自诊断能力。第四代 PLC 不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU, 内存容量也更大。可以直接用于一些较大规模的复杂控制系统。程序语言除了使用传统的梯形图、流程图等外, 还可使用高级语言。外部设备也更加多样化。

现在 PLC 广泛应用于工业控制的各个领域, PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术共同构成了工业自动化的三大支柱。本书将以应用较广泛的日本三菱公司 FX 系列为背景机, 介绍 PLC 的原理及应用。

1.1.2 可编程控制器的发展方向

随着应用领域日益扩大, PLC 技术及其产品仍在继续发展, 其结构不断改进, 功能日益增强, 性能价格比越来越高。

1. PLC 在功能和技术指标方面的发展

主要在以下几方面:

(1) 向高速、大容量方向发展

随着复杂系统控制要求越来越高和微处理器与微型计算机技术的发展, 对可编程控制器的信息处理与响应速度要求越来越高, 用户存储容量也越来越大, 例如有的 PLC 产品扫描速度达 $0.1\mu\text{s}/\text{步}$, 用户程序存储容量最大达几十兆字节。

(2) 加强连网和通信能力

PLC 网络控制是当前控制系统和 PLC 技术发展的潮流。PLC 与 PLC 之间的连网通信、PLC 与上位计算机的连网通信已得到广泛应用。各种 PLC 制造厂都在发展自身专用的通信模块和通信软件以加强 PLC 的连网能力。厂商之间也在协议制订通用的通信标准, 以构成更大的网络系统。目前几乎所有 PLC 制造厂都宣布自己的 PLC 产品能与通用局域网 MAP(Manufacturing Automation Protocol, 美国通用汽车公司于 1983 年提出的通信标准) 相连, PLC 已成为集散控制系统(DCS)不可缺少的重要组成部分。

(3) 致力于开发新型智能 I/O(输入/输出)功能模块

智能 I/O 模块是以微处理器为核心的功能部件, 是一种多 CPU 系统, 它与主机 CPU 并行工作, 占用主 CPU 的时间很少, 有利于提高 PLC 系统的运行速度、信息处理速度和控制功能。专用的 I/O 功能模块还能满足某些特定控制对象的特殊控制需求。

(4) 增强外部故障的检测与处理能力

根据统计分析, 在 PLC 控制系统的故障中, CPU 占 5%, I/O 通道占 15%, 传感器占 45%, 执行器件占 30%, 线路占 5%。前两项共 20% 的故障属于 PLC 本身原因, 它可以通过 CPU 本身的硬、软件检测、处理, 而其余 80% 的故障属于 PLC 外部故障, 无法通过自诊断检测处理。因此, 各厂家都在发展专用于检测外部故障的专用智能模块, 以进一步提高系统的可靠性。

(5) 编程语言的多样化

多种编程语言的并存、互补与发展是 PLC 软件进步的一种趋势。梯形图语言虽然方便、直观、易学易懂，但主要适用于逻辑控制领域。为适应各种控制需要，目前已出现许多编程语言，如面向顺序控制的步进顺控语句、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言（汇编、BASIC、C 语言等），还有布尔逻辑语言等。

2. 在经济指标与产品类型方面的发展

(1) 研制大型 PLC

大型 PLC 的特点是系统庞大、技术完善、功能强、价格昂贵、需求量小。

(2) 大力发展简易、经济的小型、微型 PLC

简易、小型与微型 PLC 适应单机及小型自动控制的需要，其特点是品种规格多、应用面广、需求量大、价格便宜。

(3) 致力于提高功能价格比

1.2 可编程控制器的特点和应用

1.2.1 可编程控制器的特点

PLC 之所以高速发展，除了工业自动化的客观需要外，还有许多适合工业控制的独特的优点，它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题，以下是其主要特点。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的，可靠性好、抗干扰能力强是其最重要的特点之一。PLC 的平均故障间隔时间可达几十万小时。

一般由程序控制的数字电子设备产生的故障有两种：一种是由于外界恶劣环境，如电磁干扰、超高温、过电压、欠电压等引起的未损坏系统硬件的暂时性故障，称为软故障；一种是由于多种因素导致硬件损坏而引起的故障，称为硬故障。

PLC 的循环扫描工作方式能在很大程度上减少软故障的发生。一些高档 PLC 采用双 CPU 模板并行工作，即使有一个模板出现故障，系统也能正常工作，同时可修复或更换故障 CPU 模板。例如：OMRON 的 C2000H PLC 机的双机系统在环境极为苛刻而又非常重要的控制中，提供了完全的热备冗余。双机系统中的第二个 CPU 与一个可靠的切换单元连在一起，而这个切换单元能完成真正的无扰动切换，使控制可平缓地转到第二个 CPU 上。除此以外，PLC 采用了如下一系列的硬件和软件的抗干扰措施：

(1) 硬件方面

隔离是抗干扰的主要手段之一。在微处理器与 I/O 电路之间，采用光电隔离措施，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，同时还可以防止外部高电压进入模板。滤波是抗干扰的又一主要措施。对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波，可消除或抑制高频干扰。用良好的导电、导磁材料屏蔽 CPU 等主要部件可减弱空间电磁干扰。此外，对有些模板还设置了联锁保护、自诊断电路等。

(2) 软件方面

设置故障检测与诊断程序。PLC 在每一次循环扫描过程的内部处理期间, 检测系统硬件是否正常, 锂电池电压是否过低, 外部环境是否正常, 如断电、欠电压等。设置状态信息保存功能。当软故障条件出现时, 立即把现状重要信息存入指定存储器, 软、硬件配合封闭存储器, 禁止对存储器进行任何不稳定的读/写操作, 以防存储信息被冲掉。这样, 一旦外界环境正常后, 便可恢复到故障发生前的状态, 继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施, PLC 的可靠性、抗干扰能力大大提高, 可以承受幅值为 1 000 V, 时间为 1 ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。

2. 编程简单、易于掌握

这是 PLC 的又一重要特点。考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习惯和应用微型计算机的实际水平, 目前大多数的 PLC 采用继电器 - 接触器控制系统的梯形图编程方式, 这是一种面向生产、面向用户的编程方式, 与常用的计算机语言相比更容易被操作人员所接受并掌握。通过阅读 PLC 的使用手册或短期培训, 电气技术人员可以很快熟悉梯形图语言, 并用来编制一般的用户程序。配套的简易编程器的操作和使用也很简单, 这也是 PLC 近年来获得迅速普及和推广的原因之一。

3. 设计、安装容易, 维护工作量少

由于 PLC 已实现了产品的系列化、标准化和通用化, 因此用 PLC 组成的控制系统, 在设计、安装、调试和维护等方面, 表现出了明显的优越性。设计部门可在规格繁多、品种齐全的系列 PLC 产品中, 选出高性能价格比的产品。PLC 用软件功能取代了继电器 - 接触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少。PLC 的用户程序大部分可以在实验室进行模拟调试, 用模拟试验开关代替输入信号, 可以通过 PLC 上的发光二极管指示得知其输出状态。模拟调试后再将 PLC 控制系统安装到生产现场, 进行联机调试, 既安全又快捷方便。这就大大缩短了应用设计和调试周期, 特别是在老厂控制系统的技术改造中更能发挥其优势。在用户维修方面, 由于 PLC 本身的故障率极低, 因此维修工作量很小; 并且 PLC 有完善的诊断和显示功能, 当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时, 可以根据 PLC 上的发光二极管或在线编程器上提供的信息, 迅速地查明原因, 如果是 PLC 本身的故障, 可以用更换模板的方法迅速排除, 因此维修极为方便。

4. 功能强、通用性好

现代 PLC 运用了计算机、电子技术和集成工艺的最新技术, 在硬件和软件两方面不断发展, 使其具备很强的信息处理能力和输出控制能力。适应各种控制需要的智能 I/O 功能模块, 如温度模块、高速计数、高速模拟量转换模块、远程 I/O 功能模块及各种通信模块等不断涌现。PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机的通信与连网功能不断提高, 使现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、步进等功能, 而且还能完成 A/D、D/A 转换、数字运算和数据处理以及通信连网、生产过程监控等。因此, 它既可对开关量进行控制, 又可对模拟量进行控制; 既可控制一台单机、一条生产线, 又可控制一个机群、多条生产线; 既可现场控制, 又可远距离控制; 既可控制简单系统, 又可控制复杂系统, 其控制规模和应用领域不断扩大。

编程语言的多样化, 以软件取代硬件控制的可编程序使 PLC 成为工业控制中应用最广泛的一种通用标准化、系列控制器。同一台 PLC 可适用于不同的控制对象的不同控制要求。同

一档、不同机型的功能也能方便地相互转换。

5. 开发周期短，成功率高

大多数工业控制装置的开发研制包括机械、液压、气动、电气控制等部分，需要一定的研制时间，也包含着各种困难与风险。大量实践证明采用以 PLC 为核心的控制方式具有开发周期短、风险小和成功率高的优点。其主要原因之一是只需正确、合理选用各种模块组成系统而无需大量硬件配置和管理软件的二次开发。其二是 PLC 采用软件控制方式，控制系统一旦构成便可在机械装置研制之前根据技术要求独立进行应用程序开发，并可以方便地通过模拟调试反复修改直至达到系统要求，保证最终配套连机调试的一次成功。

6. 体积小，重量轻，功耗低

由于 PLC 采用了半导体集成电路，其体积小、重量轻、结构紧凑、功耗低，因此是机电一体化化的理想控制器。例如：日本三菱公司生产的 FX2-40M 小型 PLC 内有供编程使用的各类软继电器 1 540 个、状态器 1 000 个、定时器 256 个、计数器 235 个，还有大量用以生成用户环境的数据寄存器(多达 50 000 个以上)，而其外形尺寸仅为 35 mm × 92 mm × 87 mm、重量仅为 1.5 kg。该公司最新推出的 FX_{2N} 强功能小型 PLC 内，供编程使用的各类软继电器达 3 564 个、状态器 1 000 个、定时器 256 个、数据寄存器 8 766 个，而其体积仅为 FX2 的一半，常规的继电器控制柜是根本无法与之相比的。

1.2.2 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、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用范围不断扩大，大致可归结为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，它取代传统的继电器-接触器控制系统，实现逻辑控制、顺序控制，可用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制等，例如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、包括生产线、电镀流水线等。

2. 位置控制

大多数的 PLC 制造商，目前都提供拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模板。这一功能可广泛用于各种机械，如金属切削机床、金属成形机床、装配机械、机器人和电梯等。

3. 过程控制

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 模板，实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换，并对模拟量进行闭环 PID (Proportional - Integral - Derivative) 控制。现代的大、中型 PLC 一般都有闭环 PID 控制模型。这一功能可用 PID 子程序来实现，也可用专用的智能 PID 模板实现。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传递、转换、排序和查表、位操作等功能，也能完成数据的采集、分析和处理。这些数据可通过通信接口传送到其他智能装置，如计算机数值控制(CNC)设备，进行处理。

5. 通信连网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位机、PLC 与其智能设备间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络, 以实现信息的交换, 并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统, 满足工厂自动化(FA)系统发展的需要。各 PLC 系统过程 I/O 模板按功能各自放置在生产现场分散控制, 然后采用网络连接构成信息集中管理的分布式网络系统。

6. 在计算机集成制造系统(CIMS)中的应用

近年来, 计算机集成制造系统广泛应用于生产过程中。一般的 CIMS 系统可划分为六级子系统:

第一级为现场级, 包括各种设备, 如传感器和各种电力、电子、液压和气动执行机构生产工艺参数的检测。

第二级为设备控制级, 它接收各种参数的检测信号, 按照要求的控制规律实现各种操作控制。

第三级为过程控制级, 完成各种数学模型的建立, 过程数据的采集处理。

以上三级属于生产控制级, 也称为 EIC 综合控制系统。EIC 综合控制系统是一种先进的工业过程自动化系统, 它包括三个方面的内容: 电气控制(Electric), 以电动机控制为主, 包括各种工业过程参数的检测和处理; 仪表控制(Instrumentation), 实现以 PID 为代表的各种回路控制功能, 包括各种工业过程参数的检测和处理; 计算机系统(Computer), 实现各种模型的计算、参数的设定、过程的显示和各种操作运行管理。PLC 就是实现 EIC 综合控制系统的整机设备, 由此可见, PLC 在现代工业中的地位是十分重要的。

1.3 可编程控制器的结构和工作原理

1.3.1 I/O 结构和系统配置

PLC 种类繁多, 功能虽然多种多样, 但其组成结构和工作原理基本相同。用可编程控制器实施控制, 其实质是按一定算法进行输入/输出变换, 并将这个变换予以物理实现, 应用于工业现场。PLC 专为工业场合设计, 采用了典型的计算机结构, 由硬件和软件两部分组成。硬件配置主要由 CPU、电源、存储器、专门设计的 I/O 接口电路、外部设备和 I/O 扩展模块等组成, 框图如图 1-1 所示。

1. CPU、存储器、I/O 接口及电源

CPU、存储器、I/O 接口及电源称为基本单元, 将在后续两节介绍。

2. 编程器等外部设备

编程器是人机对话的重要工具, 它的主要作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视, 还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 内部器件的状态和系统参数。具体结构和使用方法将在第 3 章中介绍。根据系统控制需要, PLC 还可以通过自身的专用通信接口连接一些其他外部设备, 如盒式磁带机、打印机、图形监控器、EPROM 写入器等。

3. I/O 扩展机

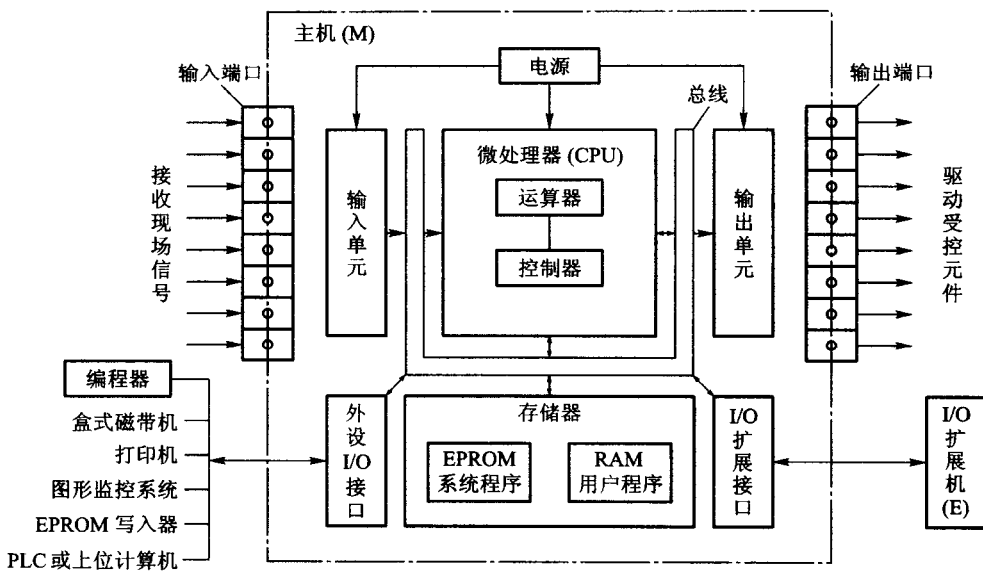


图 1-1 可编程控制器的结构简化框图

每种 PLC 都有与主机相配的扩展模块，用来扩展输入/输出点数，以便根据控制要求灵活组合系统，以构成符合要求的系统配置。例如 FX2 系列 PLC 由基本单元与扩展单元可以构成 I/O 点数为 16 ~ 256 点的 PLC 控制系统。PLC 扩展模块内不配置 CPU，仅对 I/O 通道进行扩展，其输入信息通过扩展端口进入主机总线，由主机 CPU 进行处理。程序执行后，相关输出也是经总线、扩展端口和扩展模块的输出通道实现对外部设备的控制。主机用户存储器留有一定数量的存储空间，以满足该种 PLC 最大 I/O 扩展点数的需要。因此，虽然扩展模块在外表上看起来与主机类似，但其内部结构与主机差异很大，尽管它也有 I/O 端口和相应显示，但它不能脱离主机独立实现系统的控制要求。

1.3.2 中央处理器 (CPU)

PLC 的中央处理器与一般的计算机控制系统一样，是整个系统的核心，起着类似人体的大脑和神经中枢的作用，它按 PLC 中系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作。其主要任务有：

- (1) 控制从编程器、上位机和其他外部设备键入的用户程序和数据的接收与存储。
- (2) 用扫描的方式通过 I/O 部件接收现场的状态或数据，并存入指定的存储单元或数据寄存器中。
- (3) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。
- (4) PLC 进入运行状态后，从存储器逐条读取用户指令，经过命令解释后按指令规定的任务进行数据传送、逻辑或算术运算等。
- (5) 根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出寄存器的内容，再经输出部件实现输出控制、制表、打印或数据通信等功能。

与通用微机不同的是, PLC 具有面向电气技术人员的开发语言。通常用户使用虚拟的输入继电器、输出继电器、中间辅助继电器、时间继电器、计数器等, 这些虚拟的继电器也称“软继电器”或“软元件”, 理论上具有无限的动合、动断触点, 但只能在 PLC 上编程时使用, 其具体结构对用户透明。

目前, 小型 PLC 为单 CPU 系统, 而中型及大型 PLC 则为双 CPU 甚至多 CPU 系统, PLC 所采用的微处理器有三种:

(1) 通用微处理器。小型 PLC 一般使用 8 位微处理器如 8080、8085、6800 和 Z80 等, 大中型 PLC 除使用位片式微处理器外, 大都必须使用 16 位或 32 位微处理器。当前不少 PLC 的 CPU 已升级到 Intel 公司的微处理器产品, 有的已经采用奔腾(Pentium)处理器, 如德国西门子公司的 S7-400。采用通用微处理器的优点是: 价格便宜, 通用性强, 还可借用微机成熟的实时操作系统和丰富的软、硬件资源。

(2) 单片微处理器(即单片机)。它具有集成度高、体积小、价格低及可扩展等优点。如 Intel 公司的 8 位 MCS-51 系列运行速度快、可靠性高、体积小, 很适合于小型 PLC。三菱公司的 FX2 系列 PLC 所使用的微处理器是 16 位 8098 单片机。

(3) 位片式微处理器。它是独立的一个分支, 多为双极型电路, 4 位为一片, 几个位片级相连可组成任意字长的微处理器, 代表产品有 AMD-2900 系列美国 AB 公司的 PLC-3 型、西屋公司的 HPPC-1500 型和西门子公司的 S5-1500 型都属于大型 PLC, 都采用双极型位片式微处理器 AMD-2900 高速芯片。PLC 中位片式微处理器的主要作用有两个: 一是直接处理一些位指令, 从而提高了位指令的处理速度, 减少了位指令处理器的压力; 二是将 PLC 的面向工程技术人员的语言(梯形图、控制系统流程图等)转换成机器语言。

模块式 PLC 把 CPU 作为一种模块, 备有不同型号供用户选择。

1.3.3 中央系统及供电

PLC 的中央系统包括存储器、I/O 单元、电源单元等。

1. 存储器

在 PLC 主机内部配有两种不同类型的存储器。

(1) 系统存储器(Read Only Memory 简称 ROM)

系统存储器用以固化 PLC 生产厂家编写的各种系统工作程序, 相当于单片机的监控程序或个人计算机的操作系统, 在很大程度上它决定该种 PLC 的性能与质量, 用户无法更改或调用。系统工作程序有三种类型:

① 系统管理程序: 由它决定系统的工作节拍, 包括 PLC 运行管理(各种操作的时间分配安排)、存储空间管理(生成用户数据区)和系统自诊断管理(如电源、系统出错, 程序语法、句法检验等)。

② 用户程序编辑和指令解释程序: 编辑程序能将用户程序变为内码形式以便于程序的修改、调试。解释程序能将编程语言变为机器语句以便 CPU 操作运行。

③ 标准子程序和调用管理程序: 为了提高运行速度, 在程序执行中某些信息处理(I/O 处理)或特殊运算等是通过调用标准子程序来完成的。

(2) 用户程序存储器(Random Access Memory 简称 RAM)