



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Kebiancheng
Kongzhiqi ji
Yingyong

可编程控制器及应用

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写
尹秀妍 主编



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

可编程控制器及应用

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

尹秀妍 主 编

杨玉红 副主编

蔡晓华 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器及应用/尹秀妍主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材. 建筑电气工程技术专业适用

ISBN 978-7-112-06955-2

I. 可… II. 尹… 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 (2004) 第 129953 号

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

可编程控制器及应用

(建筑电气工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

尹秀妍 主 编

杨玉红 副主编

蔡晓华 主 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 字数: 482 千字

2005 年 1 月第一版 2008 年 7 月第二次印刷

印数: 2501—4500 册 定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-06955-2

(12909)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书为全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材。全书共八章,从介绍可编程控制器的特点、基本结构入手,详细介绍了可编程序控制器的工作方式与工作原理。然后以三菱 F₁ 系列的可编程序控制器为例,系统地介绍了可编程序控制器的硬件结构和指令系统,使学生了解具体可编程序控制器的特性、编程元件,掌握指令系统的使用。在此基础上,通过循序渐进、由浅入深的方式,先系统地讲述了基本编程语言、编程方法及实用、易懂的基本编程例子,然后详细地阐述了可编程序控制器系统设计的步骤方法,并科学地选择了几个实用的、有特色的应用编程例子。本书每章后均备有思考题与习题;还提供了 11 个实用的实验指导;附录中提供了常见的五种类型 PLC 性能、指令及三菱编程软件。

本书可作为高等职业院校电类、非电类各专业学生的教材,也可供电气工程、计算机应用、机电一体化等专业的工程技术人员参考。

* * *

责任编辑:齐庆梅 朱首明

责任设计:孙 梅

责任校对:刘 梅 王金珠

本教材编审委员会名单

主 任：刘春泽

副主任：贺俊杰 张 健

委 员：陈思仿 范柳先 孙景芝 刘 玲 蔡可键

蒋志良 贾永康 王青山 胡晓元 刘复欣

郑发泰 尹秀妍

序 言

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会（原名高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会水暖电类专业指导小组）是建设部受教育部委托，并由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究建筑设备类高职高专教育的专业发展方向、专业设置和教育教学改革，按照以能力为本位的教学指导思想，围绕职业岗位范围、知识结构、能力结构、业务规格和素质要求，组织制定并及时修订各专业培养目标、专业教育标准和专业培养方案；组织编写主干课程的教学大纲，以指导全国高职高专院校规范建筑设备类专业办学，达到专业基本标准要求；研究建筑设备类高职高专教材建设，组织教材编审工作；制定专业教育评估标准，协调配合专业教育评估工作的开展；组织开展教学研究活动，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学研结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，2002年以来，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会的工作取得了多项成果，编制了建筑设备类高职高专教育指导性专业目录；制定了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲、教材编审原则，深入研究了建筑设备类专业人才培养模式。

为适应高职高专教育人才培养模式，使毕业生成为具备本专业必需的文化基础、专业理论知识和专业技能、能胜任建筑设备类专业设计、施工、监理、运行及物业设施管理的高等技术应用性人才，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会，在总结近几年高职高专教育教学改革与实践经验的基础上，通过开发新课程，整合原有课程，更新课程内容，构建了新的课程体系，并于2004年启动了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业主干课程的教材编写工作。

这套教材的编写坚持贯彻以全面素质为基础，以能力为本位，以实用为主导的指导思想。注意反映国内外最新技术和研究成果，突出高等职业教育的特点，并及时与我国最新技术标准 and 行业规范相结合，充分体现其先进性、创新性、适用性。它是我国近年来工程技术应用研究和教学工作实践的科学总结，本套教材的使用将会进一步推动建筑设备类专业的建设与发展。

“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业教材的编写工作得到了教育部、建设部相关部门的支持，在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，聘请全国高职高专院校本专业享有盛誉、多年从事“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”专业教学、科研、设计的

副教授以上的专家担任主编和主审，同时吸收工程一线具有丰富实践经验的高级工程师及优秀青年教师参加编写。可以说，该系列教材的出版凝聚了全国各高职高专院校“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业同行的心血，也是他们多年来教学工作的结晶和精诚协作的体现。

各门教材的主编和主审在教材编写过程中认真负责，工作严谨，值此教材出版之际，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会谨向他们致以崇高的敬意。此外，对大力支持这套教材出版的中国建筑工业出版社表示衷心的感谢，向在编写、审稿、出版过程中给予关心和帮助的单位 and 同仁致以诚挚的谢意。衷心希望“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”这三个专业教材的面世，能够受到各高职高专院校和从事本专业工程技术人员的欢迎，能够对高职高专教学改革以及高职高专教育的发展起到积极的推动作用。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会
建筑设备类专业指导分委员会

2004年9月

前 言

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 是一种替代继电器控制系统的新型的工业自动化控制装置, 由于它体积小、功能强、可靠性高、操作简单、维修方便等优点, 使它在工业电器控制领域中得到了越来越广泛的应用。而且随着计算机的发展, 可编程序控制器的应用范围几乎覆盖了所有的工业企业, 它是今后实现工业自动化的一种主要手段, 现已跃为工业生产自动化三大支柱 (可编程序控制器、机器人、计算机辅助设计与制造) 中的首位。因此当今的电气自动化技术人员熟悉它的基本原理、性能特点、掌握系统编程方法是非常必要的。

由于可编程序控制器的技术发展迅猛、应用广泛, 目前许多高等职业院校都正将可编程序控制器引入到教学中。现已有一些有关可编程序控制器的图书出版, 但大多数是以工程技术开发为目的而编写的。对于可编程序控制器教材, 尤其是适用高职高专电类专业或非电类各专业的教材很少。本书的作者均是双师型高校教师, 不仅具有丰富的教学经验, 又有多年的工程实践经验, 在这个基础上针对高职高专的教学特点, 由浅入深、循序渐进、重点突出、条理清晰、联系实际、浅显易懂, 各章后均有大量实用的思考题与习题, 书后还有 11 个实验指导及常见的五种类型 PLC 的性能、指令及编程软件。打破了可编程序控制器的神秘感, 并通过一些短小、易懂、实用、有趣的应用举例, 使读者对可编程序控制器的编程和应用尽快掌握, 成为可编程序控制器编程高手。

全书内容分为八章:

第一、二、三章 主要介绍可编程序控制器的特点、基本组成及工作原理, 使读者掌握所有类型可编程序控制器的基本特性, 为编程打下基础。

第四章 以三菱公司 F_1 系列可编程序控制器为例, 在介绍结构、指令的基础上, 着重介绍步进控制编程方法和模拟量控制方法。

第五章 详细地、系统地讲述了可编程序控制器的应用编程语言、基本原则及实用、易读的基本编程举例, 为系统程序设计打下坚实的基础。

第六章 详细讲解了可编程序控制器系统设计的步骤方法, 并科学地选择了几个实用的、能体现可编程序控制器技术特点的应用编程举例, 使读者能尽快的掌握可编程序控制器控制系统设计的技术, 做到独立编程。

第七章 通过介绍变频器的定义、分类、功能及变频调速系统的有关知识, 使读者了解可与可编程序控制器连接的变频器的知识。

第八章 随着通信网络的飞速发展, 阐述 PLC 的网络通信技术及应用, 使读者掌握 PLC 的高级应用。

为了配合理论教学, 提高读者的编程水平, 本书提供 11 个实验指导, 通过循序渐进的详细讲解, 使读者尽快掌握 PLC 的编程技术, 达到理论与实际的结合。书后还提供常见的五种 PLC 类型的性能及指令表、三菱的编程软件, 可以使读者举一反三、触类旁通,

尽快掌握不同类型 PLC 的编程知识。

本书有较多的编程例题和实例，有大量的习题及较多的实验指导，内容丰富、分析详细、清晰，系统性及适用性强，既可作为大专院校有关专业的教学用书，也可供技术培训及在职人员学习使用。

全书共八章、实验指导及附录，其中第一、二、三、四、五、六章及附录由黑龙江建筑职业技术学院尹秀妍编写；第七章第一、二、三、七节及第八章由黑龙江建筑职业技术学院杨玉红编写；第七章第四、五、六节由黑龙江建筑职业技术学院王欣编写；实验指导及三菱编程软件由广东建设职业技术学院巫莉编写。全书由尹秀妍担任主编，由黑龙江省农业机械工程科学研究院蔡晓华高级工程师担任主审。

本书在编写过程中，得到了四川建筑职业技术学院赵润芳教授的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和错误，恳请各位读者批评指导。

目 录

第一章 概述	1
第一节 可编程序控制器的产生	1
第二节 可编程序控制器的特点及应用	4
第三节 可编程序控制器与微机, 其他电气控制装置的比较	9
思考题与习题	13
第二章 可编程序控制器的系统组成及各部分功能	14
第一节 可编程序控制器的系统结构组成	14
第二节 可编程序控制器各部分的作用及常用类型	15
思考题与习题	27
第三章 可编程序控制器的工作原理	28
第一节 可编程序控制器的工作方式	28
第二节 可编程序控制器的工作过程	29
第三节 可编程序控制器的主要技术性能	32
第四节 可编程序控制器的分类	33
思考题与习题	35
第四章 三菱公司的 F ₁ 系列可编程序控制器	36
第一节 F ₁ 系列可编程序控制器的性能及编程元件	36
第二节 基本指令及其编程方法	42
第三节 功能指令及其编程方法	51
第四节 F ₁ 系列可编程序控制器的模拟量处理	69
第五节 F1-20P 简易编程器的介绍	71
思考题与习题	75
第五章 可编程序控制器的程序设计	78
第一节 可编程序控制器常见编程语言	78
第二节 控制环节的基本编程举例	84
思考题与习题	95
第六章 可编程序控制器的系统设计	98
第一节 可编程序控制器控制系统设计的基本内容	98
第二节 可编程序控制器系统设计的应用编程实例	103
第三节 减少可编程序控制器所需输入点数的方法	117
第四节 可编程序控制器常见故障分析	120
思考题与习题	124
第七章 变频调速系统及其应用	127

第一节	绪论	127
第二节	变频器的分类	131
第三节	变频器的组成结构与功能	135
第四节	变频调速的基本控制方式和机械特性	148
第五节	交-直-交变频器及其变频调速系统	153
第六节	正弦波脉宽调制 (SPWM) 变频器及其调速系统	168
第七节	变频器与 PLC 及上位机的连接	178
	思考题与习题	184
第八章	PLC 的网络通信技术及应用	185
第一节	通信网络的基础知识	185
第二节	S7-200 的通信与网络	189
第三节	S7-200 的通信指令	195
第四节	S7-200 的通信扩展模块	204
	思考题与习题	204
	可编程序控制器实验指导	205
实验一	F ₁ 系列 PLC 机器硬件认识及使用	205
实验二	F ₁ 系列 PLC 软元件的使用	208
实验三	基本逻辑指令的编程	211
实验四	定时器和计数器的编程	214
实验五	电动机控制	220
实验六	彩灯控制	223
实验七	三相步进电动机控制	225
实验八	状态转移图的研究及单流程编程训练	226
实验九	十字路口交通信号灯控制	230
实验十	全自动洗衣机控制系统	235
实验十一	三层楼电梯控制程序	239
附录 A	OMRON SYSMAC CPM1A 型 PLC 性能指标	243
附录 B	OMRON SYSMAC CPM1A 型 PLC 指令表	247
附录 C	OMRON CQM1 型 PLC 性能指标	250
附录 D	OMRON CQM1 型 PLC 指令表	255
附录 E	松下电工 FP1 系列可编程控制器性能指标	262
附录 F	松下电工 FP1 系列 PLC 指令表	266
附录 G	松下电工 FP3 系列 PLC 指令表	273
附录 H	FX 系列微型可编程控制器简介	290
附录 I	SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用方法	296
	主要参考文献	307

第一章 概 述

第一节 可编程序控制器的产生

可编程序控制器是一种替代继电器控制系统的新型的工业自动化控制装置,由于它体积小,功能强,可靠性高,操作简单,维修方便等优点,使它在工业电气控制领域中得到了越来越广泛的应用,它是今后实现工业自动化的一种主要手段,因此当今的电气自动化技术人员熟悉它的基本原理,性能特点,掌握它在工业电气控制中的使用方法,是非常必要的。本节从应用角度介绍可编程序控制器的有关基础知识,为后面掌握它在电气控制中的应用打下基础。

一、可编程序控制器的一般概念

电气控制即以电能为控制能源,通过控制装置和控制线路,对工业设备的运动方式或工作状态实现自动控制的综合技术。多年来,人们用电磁继电器控制顺序型的设备和生产过程。对于传统继电器接触器控制系统,它是通过导线将各种输入设备(按钮、控制开关、限位开关、传感器等)与由若干中间继电器、时间继电器、计数继电器等组成的具有一定逻辑功能的控制电路连接起来,然后通过输出设备(接触器、电磁阀等)去控制被控设备,也称作接线控制系统。它具有原理简单,容易实现,经济实用等优点。在工业控制领域中长期广泛的被使用。但对于复杂的控制系统而言,往往需要使用成百上千个各式各样的继电器,成千上万根导线用很复杂的方式连接起来。如果其中的一个继电器损坏,甚至一个继电器的某一对触点接触不良,都会影响整个控制系统的正常运行。导线越多,误差也越大。另外若要改变控制任务就必须改变控制系统的元件和接线,重新布置。所以传统的继电器控制系统由于所占空间大,接线复杂,不易维护、功能单一,通用性和灵活性差等缺点,已愈来愈不能满足现代生产工艺复杂多变不断更新的控制要求。显然需要寻求一种新的控制装置,使电气控制系统的工作更加可靠,易于维护,易于更改。

可编程序控制器就是传统继电器接触控制系统的替代产品,它将继电器控制系统的硬接线控制电路,用体积很小的可编程序控制器来取代,通过运行存于可编程序控制器中的用户程序来完成控制功能,即用软件编程取代了大量的继电器硬接线系统,这样不仅体积大大缩小,成本大大降低,而且易于维护,可靠性大大增强。另外当控制任务改变时,不需要重新改变硬接线系统,只需修改存储器中的用户程序即可,非常方便。图 1-1 是继电器逻辑控制系统框图。图 1-2 是可编程序控制器控制系统框图。

二、可编程序控制器的产生和发展

世界上第一台可编程序控制器 PDP-14 是 1969 年美国数字设备公司(DEC 公司)根据美国通用汽车公司(GM)的要求研制出来的,并在 GM 公司的汽车生产线上首次应用成功,满足了 GM 公司为适应市场需求不断更新汽车型号的要求。

限于当时的元器件条件和计算机技术的发展水平,早期的可编程序控制器主要由分立

元件和中小规模集成电路组成。为了适应工业现场环境，它简化了计算机内部电路，中央处理装置采用一位计算机，同时对接口电路也作了一些改进。

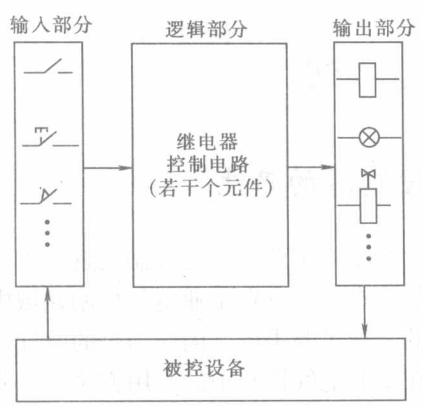


图 1-1 继电器逻辑控制系统框图

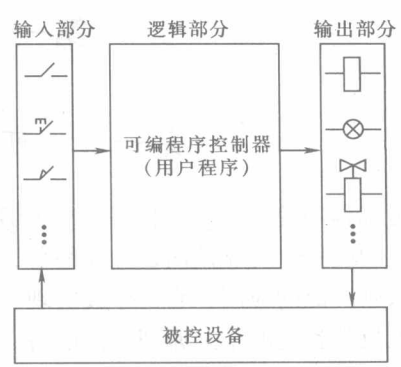


图 1-2 可编程序控制器控制系统框图

20 世纪 70 年代中期，随着微电子技术的发展，特别是微处理器（MPU）和微计算机的迅速发展，微处理器具有集成度高、体积小、功能强、价格便宜等优点，很快被用于可编程序控制器中，成为其核心部件，使可编程序控制器的性能价格比产生了新的突破。

由于早期的可编程序控制器只是用来取代继电器控制，主要进行逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能，因此称之为可编程序逻辑控制器，用英文书写为 Programmable Logic Controller 简称 PLC。

随着微处理器的应用，使 PLC 的功能大大增强，已经不仅仅进行开关量的逻辑运算，还增加了数值运算、数据处理、闭环调节、模拟量 PID 控制和联网通信等功能。美国电气制造商协会（NEMA）经过 4 年多的调查，于 1980 年正式将其命名为可编程序控制器（Programmable Controller）简称 PC，1985 年 1 月国际电工委员会（IEC）对 PC 的命名作了肯定。但 PC 容易和个人计算机（Personal Computer-PC）相混淆，故我们仍习惯的用 PLC 作为可编程序控制器的缩写，以下我们统一采用 PLC 的表示方法。

随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的快速发展，以其作为核心部件的 PLC 也得到了惊人的发展。从 1974 年的 Z80、8085、M6800 系列，到 1975 年的 16 位或 32 位的 8086、M68000、NS16032、IAPX432 系列等，到 1976 年的 MCS-51 系列、位片式处理器 AMD2900 系列等也日益成熟，使 PLC 不仅控制功能大大增强，可靠性进一步提高，功耗降低，体积减小，成本下降，编程和故障检测更加灵活方便，而且随着数据处理，网络通信，远程 I/O 以及各种智能、特殊功能模块的开发，使 PLC 不仅完成顺序控制、逻辑控制、还能进行连续生产过程中的模拟量控制、采样控制、位置控制等。还可实现柔性加工和制造系统（FMS），它具有逻辑判断、定时、计数、记忆、跳转、步进、移位、数据传送及四则运算等功能。应用面不断扩大，它以其可靠性高，组合灵活，编程简单，维护方便等独特优势，被日趋广泛地应用到机械制造、冶金、化工、交通、电子、纺织、印刷、食品、建筑等各个控制领域，它的应用深度和广度已成为一个国家工业先进水平的重要标志。

自第一台 PLC 问世以来，在其后短短的 30 多年间，这项新技术得到了异常迅猛的发展。1971 年，日本从美国引进了这项新技术，并研制出日本第一台可编程序控制器 DSC-8。1973 年欧洲开始生产可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制，并于 1977 年开始工业应用。

在全世界上百个 PLC 制造厂中，有 8 家主要生产公司，即日本的立石公司（OMRON）、日本的三菱公司、日本松下电工、美国罗克韦尔（Rockwell）自动化公司所属的 A-B 公司、GE-Fanuc 公司、德国的西门子公司、同属于施耐德自动化公司的美国的 Modicon 公司和法国的 TE 公司。这 8 家公司控制着全世界 80% 以上的 PLC 市场，它们都有自己的系列产品，如小型机：日本立石公司的 SYSMAC CPM1A 系列，三菱公司的 F、F₁、F₂、FX₂、FX₁、FX₀、FX_{ON}、FX_{2C}，西门子的 S7-200 型，松下公司的 FP0、FP1 型；大中型机：立石的 CQM1 系列，三菱的 AnA 系列，西门子的 SIMATIC S5 155U 系列，日本松下公司的 FP3、FP10SH 系列等等。

近几年 PLC 的推广应用在我国也得到了迅猛的发展。随着大量国外 PLC 的引进，我国不少厂家也研制了一批 PLC，主要生产单位见表 1-1。

国内主要的 PLC 生产单位 表 1-1

序 号	型 号	生 产 单 位
1	CF-40MR, SPC-2	上海东屋电器有限公司（原上海起重电器厂）
2	TCMS-300/D TCMS-400/D	上海工业自动化研究所
3	DKK, D 系列	杭州机床电器厂
4	ZHS-PC01, 02, S50	大连组合机床研究所
5	MPC, KB 系列	机械部北京工业自动化所
6	DTK-S-84	天津自动化仪表厂 PLC 分厂（现名诺迪亚 PLC 有限公司）
7	YZ 系列	苏州电子计算机厂
8	ACMY-S80, ACMY-S256	上海香岛机电制造有限公司
9	SLC-100	厦门 A-B 有限公司
10	BCM-PIC	北京椿树电子仪表厂
11	KC-1	广西大学
12	SR-10, SG-8, SR-20/21	无锡华光电子工业有限公司

但总的来说，国产的小型 PLC（I/O 点数 ≤ 256 点）至今还形成不了完整的系列产品，在功能上与国外的小型 PLC 相差甚远，运算速度比较慢，大多属于中小型低档产品，性能价格比也较高。

三、可编程序控制器的定义

可编程序控制器是继电器控制思想和计算机控制技术相结合的产物，并逐渐发展成以微处理器为核心，集计算机技术，自动控制技术及通信技术于一体的一种广泛应用的新一代工业电气控制装置。

首先它是一个控制器，它所起的作用与继电器控制系统一样，都是对被控对象的状态进行电气控制，但它又是可编程序的，也就是通过软件编程取代了传统的继电器硬接线系统，把继电器线路所表示的逻辑运算关系编成用户程序，通过执行该程序，来完成控制任

务，因此它把传统继电器控制技术和现代计算机信息处理两者的优点结合起来，具有体积小，功能强，可靠性高，抗干扰能力强，编程简单，易于维护等优点，是实现机电一体化的理想控制设备。

国际电工委员会（IEC）曾于 1982 年 11 月颁布了可编程控制器标准草案的第一稿，1985 年 1 月又发表了第二稿，在 1987 年 2 月颁布的可编程序控制器标准草案的第三稿中，对它作了如下定义：

“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，都应按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

可编程序控制器现正成为工业自动化领域中最重要，应用最多的控制设备，作为工业生产自动化三大支柱〔可编程序控制器（PLC）、机器人（ROBOT）、计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）〕之一的可编程序控制器将跃居首位。

第二节 可编程序控制器的特点及应用

一、可编程序控制器的主要特点

（一）编程方法齐全，简单易学

PLC 的编程语言一般有梯形图语言，指令程序，逻辑功能图，顺序功能图，高级语言（如 BASIC、C 语言、Graphcet、FORTRAN 等），最常用的是梯形图编程语言。因为它的电路符号和表达方式与继电器电路原理图十分相似，直观易懂。电气技术人员通过阅读 PLC 的使用手册或接受短期培训，只需几天时间就可以掌握它，而不需要了解计算机原理和电子线路，所以深受电气技术人员的欢迎。这也是 PLC 近年来迅速普及的主要原因之一。

梯形图语言配合顺序功能图，既可以写成指令程序由编程器输入，又可以与计算机联网，直接在计算机上编程。它实际上是一种面向控制过程和操作者的“自然语言”，比任何一种计算机语言都好学易懂。

（二）功能完善，通用性强，应用灵活

PLC 除基本的逻辑控制、定时、计数、算术运算等功能外，配合各种扩展单元、智能单元和特殊功能模块，可以方便、灵活的组合成各种不同的规模和要求的控制系统，可以实现位置控制，PID 运算，模拟量控制，远程控制等等，它的适用性极强，即可控制单台设备，又可组成多级控制系统，即可用于现场控制，又可用于远程控制。

由于 PLC 的系列化和模块化，各种硬件装置配套齐全，相当灵活，可以组成能满足系统大小不同及功能繁简各异的控制系统要求。用户只需将输入、输出设备和 PLC 相应的输入、输出端子相连接即可，安装简单，工作量少。当控制要求改变时，不必更改 PLC 硬件设备，因为软件本身具有可修改性，所以只需修改用户程序就可以达到更改控制任务的目的，PLC 灵活的在线修改功能使它具有很强的“柔性”。

（三）可靠性高，抗干扰能力强

PLC 用软件编程取代了继电器系统中容易出现故障的大量触点和接线,这是 PLC 具有高可靠性的主要原因之一。除此之外,PLC 在软件、硬件方面还采取了一系列抗干扰措施以提高可靠性。

PLC 的检测与诊断系统可以对系统的硬件、锂电池电压、交流电源、电源电压的范围、传感器和执行器等进行检测,还可以检查用户程序的语法错误等,一旦发现问题,PLC 自动做出反应,如报警、封锁输出等。

采用滤波可以对高频干扰信号起到良好的抑制作用,采用光电隔离可以有效的避免外部过大的电压电流对 CPU 的影响。PLC 在内部安装一个硬件定时器——监控定时器(WDT),可以对扫描同期进行监控,使 PLC 自动恢复正常的工作状态,利用系统软件定期进行系统状态,用户程序、工作环境和故障检测,并采取信息保护和恢复措施。

PLC 配备一个 EPROM 写入器把用户程序备份,以保障停电后信息不丢失,为了适应工业现场的恶劣环境,PLC 采用导电导磁材料屏蔽 CPU 模块和电源变压器,并采用密封、防尘、抗振的外壳封装结构。PLC 采用巡回扫描的工作方式也提高了抗干扰能力,另外还采用了求和检查,奇偶校验、冗余结构设计和差异设计等容错技术,使其可靠性大大提高。

通过以上措施,使 PLC 具有极高的可靠性和很强的抗干扰能力,通常可以承受 1kV、 $1\mu\text{s}$ 的脉冲串的干扰,保证了 PLC 能在恶劣的工业现场可靠的工作。据不完全统计,PLC 平均故障间隔时间(MTBF)大于 $(4\sim 5) \times 10^4\text{h}$,而平均修复时间则小于 10min。

(四) 系统的安装调试工作量少,维护方便

PLC 系统安装只需要将输入、输出设备与 PLC 输入输出接口对应连接即可,省去了继电器控制系统中大量的中间继电器,时间继电器,计数器等硬件的连接,使其安装工作量大大减少。

PLC 的用户程序可以在实验室进行模拟调试。因为它的输入输出接口都有对应的发光二极管来反映状态,所以输入信号可以用微型开关来模拟,输出信号的状态可以观察对应的二极管,在实验室调试成功的用户程序一般在现场都能正常运行,因此减少了现场调试的工作量。

PLC 可靠性高,故障率很低,并且具有十分完善的自诊断系统,履历情报存储监视功能,并对其内部工作状态、通信状态、异常状态和 I/O 点状态均有显示功能,所以一旦 PLC 系统出现故障时,使用者可以通过 PLC 上的发光二极管和编程器提供的信息迅速方便地查明故障原因。PLC 发生故障的部位 80%集中在输入输出等外围装置上。通过更换模块的方法就可以迅速地排除故障。所以 PLC 维修、维护都很方便,PLC 的常见故障分析见本章第四节有详细介绍。

(五) 体积小,功耗低

PLC 结构紧密,体积小,能耗低。OMRON 的 CPM1A 超小型 PLC (10 个 I/O 点),功耗小于等于 30VA,OMRON 的 C20P (20 个 I/O 点),功耗小于等于 40VA,由于 PLC 的体积小,易于装入机械设备内部,还可制成占地很少的电气控制柜,是实现机电一体化的理想控制设备。

二、可编程程序控制器的主要功能及应用领域

随着 PLC 的功能增强,性能价格比的不断提高,它的应用范围几乎覆盖了所有工业

企业,可以说凡是需要进行自动控制的场合,都可以用 PLC 来实现。如钢铁、化工、电力、机械制造、纺织、汽车、环保、冶金、交通、建筑、食品、造纸、石油、轻工、娱乐等各行各业。据统计,在工业自动化设备中 PLC 在企业中的应用占 82%,名列第一,它的销售额年增长率超过 20%。

它的应用主要有以下几个方面:

(一) 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛应用的领域,也是工业现场中最常见的一种控制类型,用价格低的小型 PLC 取代传统的继电器顺序控制系统,使逻辑控制线路大大简化,减少了故障率,提高了可靠性,实现单机、多机群以及生产线的自动化控制,如机床电气控制,电机控制中心,包装机械,印刷机械,注塑机,装配生产线,电镀流水线及自动电梯控制等等。

(二) 运动控制

国外各主要 PLC 厂家生产的 PLC 几乎都具有运动控制功能,可用于对直线或圆周运动进行控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在用单轴或多轴位置控制模块,高速计数模块等专用的运动控制模块来控制步进电机或伺服电机,PLC 把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或多轴到目标位置,当每个轴移动时,位置控制模块能使运动部件以适当的速度和加速度平滑运动。相对来说,位置控制模块比 CNC (计算机数值控制) 装置体积更小,价格更低,速度更快,操作更方便。

PLC 的运动控制功能广泛地用于金属切削机床,金属成型机械,机械手,装配机械,机器人,电梯等。

(三) 闭环过程控制

PLC 不仅可以进行开关量逻辑控制,还可以进行模拟量控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块配用 A/D、D/A 转换模块和智能 PID (Proportional Integral Derivative) 模块,实现对生产过程中的温度、压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行单回路或多回路闭环过程控制,当控制过程中某个变量出现错误时,PID 控制算法会计算出正确的输出,使这些物理参数保持在设定值上。

这一功能可以用 PID 子程序来实现,更多的是使用专用的智能 PID 模块,此功能已广泛应用到加热炉,锅炉,热处理炉等设备以及电梯的运动控制,空调的温湿度控制等。

(四) 数据处理

大中型 PLC 除了进行算术运算外,还具有数学运算(包括函数运算,矩阵运算,逻辑运算等),数据传输,数制转换,比较排序,检索和移位以及查表、位操作、编码、译码等功能,可以完成数据的采集,分析和处理。这些数据可以与存储在数据存储器中的参考值进行比较,也可以用通信功能传送给其他的智能装置,利用它的这个功能,在机械加工中,常把 PLC 和计算机数值控制(CNC)装置组合成一体,组成数控机床,可以实现 PLC 与 CNC 设备之间内部数据的自由传递,数据处理一般用于大、中型控制系统,如:柔性制造系统(FMS),过程控制系统,机器人控制系统等。

(五) 通信和联网

大中型 PLC 具有较强通信联网功能,通过 PLC 的网络通信功能模块及远程 I/O 控制模块可以实现多台 PLC 之间的通信,PLC 与上位计算机的链接,组成多级控制系统,实现