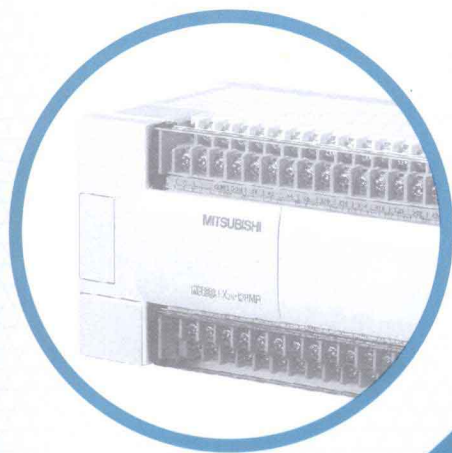




高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

顾问 ● 张 策 张福润 赵敖生

可编程控制器基础 教程



主编◎申桂英 林礼区 周 晨

主审◎孙 斌



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

顾问●张策 张福润 赵敖生

可编程控制器基础 教程

主 编 申桂英 林礼区 周 晨

参 编 林志源 彭志辉

主 审 孙 斌

KEBIANCHENG KONGZHIQI JICHU JIAOCHENG



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书以 FX2N 系列 PLC 为例,主要介绍了 PLC 的功能、特点、基本组成与工作原理、内部编程元件及其编号,还介绍了 FX2N 系列 PLC 基本指令、步进指令、功能指令及 PLC 的应用设计方法。书中每章都给出了相应的编程示例,同时对 GX Developer 编程软件和 MCGS 工控组态软件进行了简单介绍。本书内容丰富、新颖,图文并茂,叙述简洁、精练,循序渐进,便于学生自学和理解。在编写过程中,既有对教学内容的系统介绍、完整叙述,又有对各章教学内容的总结、归纳,同时每章还给出了多种类型的思考题与习题,便于学生课后复习,巩固所学知识,有利于学生理解和接受。

本书可作为高等院校机械工程及自动化、工业自动化、电气工程及其自动化等相关专业的 PLC 课程教材,也可作为高等职业技术学院相关专业的 PLC 课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器基础教程/申桂英 林礼区 周 晨 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.3
ISBN 978-7-5609-8703-3

I. 可… II. ①申… ②林… ③周… III. 可编程序控制器-高等学校-教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 030456 号

可编程控制器基础教程

申桂英 林礼区 周 晨 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:万亚军

封面设计:陈 静

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:武汉市宏隆印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:360 千字

版 次:2013 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:28.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

系列教材

bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2019.05.20.254401>; this version posted May 20, 2019. The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY-NC-ND 4.0 International license.

赵敖生 三江学院

副主任：（排名不分先后）

魏生民 西北工业大学明德学院

[illegible]

编委：（排名不分先后）

胡义华 广西工学院鹿山学院

张洪兴 上海师范大学天华学院

秘 书 俞道凯 华中科技大学出版社

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

总 序

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020)颁布以来,胡锦涛总书记指出:教育是民族振兴、社会进步的基石,是提高国民素质、促进人的全面发展的根本途径。温家宝总理在2010年全国教育工作会议上的讲话中指出:民办教育是我国教育的重要组成部分。发展民办教育,是满足人民群众多样化教育需求、增强教育发展活力的必然要求。目前,我国高等教育发展正进入一个以注重质量、优化结构、深化改革为特征的新时期,从1998年到2010年,我国民办高校从21所发展到了676所,在校生从1.2万人增长为477万人。独立学院和民办本科学校在拓展高等教育资源,扩大高校办学规模,尤其是在培养应用型人才等方面发挥了积极作用。

当前我国机械行业发展迅猛,急需大量的机械类应用型人才。全国应用型高校中设有机械专业的学校众多,但这些学校使用的教材中,既符合当前改革形势又适用于目前教学形式的优秀教材却很少。针对这种现状,急需推出一系列切合当前教育改革需要的高质量优秀专业教材,以推动应用型本科教育办学体制和运行机制的改革,提高教育的整体水平,加快改进应用型本科的办学模式、课程体系和教学方式,形成具有多元化特色的教育体系。现阶段,组织应用型本科教材的编写是独立学院和民办普通本科院校内涵提升的需要,是独立学院和民办普通本科院校教学建设的需要,也是市场的需要。

为了贯彻落实教育规划纲要,满足各高校的高素质应用型人才培养要求,2011年7月,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,召开了高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材编写会议。本套教材以“符合人才培养需求,体现教育改革成果,确保教材质量,形式新颖创新”为指导思想,内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出应用型本科院校教育特色。在独立学院、民办普通本科院校教育改革逐步推进的大背景下,本套教材特色鲜明,教材编写参与面广泛,具有代表性,适合独立学院、民办普通本科院校等机械类专业教学的需要。

本套教材邀请有省级以上精品课程建设经验的教学团队引领教材的建设,邀请本专业领域内德高望重的教授张策、张福润、赵敖生等担任学术顾问,邀请国家级教学名师、教育部机械基础学科教学指导委员会副主任委员、华中科技大学机械学院博士生导师吴昌林教授担任总主编,并成立编审委员会对教材质量进行把关。

我们希望本套教材的出版,能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型机械工程建设人才,我们也相信本套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,真正成为高等院校机械类应用型本科教材中的全国性品牌。

高等院校机械类应用型本科“十二五”创新规划系列教材

编审委员会

2012年5月

前 言

可编程控制器技术广泛应用于机械、化工、汽车、钢铁、建筑、纺织、造纸等行业,与机器人技术、CAD/CAM 技术并称为工业自动化技术的三大支柱。随着电子技术、计算机技术及自动化技术的迅猛发展,可编程控制器技术的发展也越来越快,应用可编程控制器技术已成为世界潮流,因此学习和掌握可编程控制器技术显得尤为重要。

“可编程控制器原理及应用”课程是高等学校机械工程及自动化专业实践性较强的一门主干专业课。由于这门课程的技术性、应用性较强,理论教学必须与实践训练相结合,理论讲授中贯穿实际应用,强调理论以实践为基础,培养学生设计、调试、应用和管理以可编程控制器为核心的自动控制系统的能力。该课程涉及多门学科领域的知识,需要电子技术、单片机原理、计算机编程语言等多方面知识来支撑,而这些方面的知识,对于机械专业的学生来说难度相对较大。因此,根据高等院校机械专业培养要求,结合当前应用广泛的可编程控制器,编写一本适合机械专业培养要求的可编程控制器技术教材意义重大,十分必要。

本书就是为了满足应用型本科院校“可编程控制器原理及应用”课程的教学编写的,具有以下特点。

(1) 教材内容注重突出应用型特色,紧密结合工程实践,注重理论联系实际,增加实际应用示例,使学生可以更清晰地明确所学课程的实际意义,激发他们学习该课程的积极性。

(2) 在立足基本知识传授的基础上,查阅最新可编程控制器技术资料,增加新知识、新内容,使教材不但具有基础性,让学生打下良好的基础,还具有新颖性,满足可编程控制器技术不断更新与发展的需要。

(3) 教材力求内容丰富、翔实,图文并茂,叙述简洁、精练,循序渐进,便于学生自学和了解;在内容编排上力求新颖,以启发学生自主学习和求知的欲望,避免平铺直叙、枯燥无味。

(4) 教材编写过程中,既有对教学内容的系统介绍、完整叙述,又有对各章节教学内容的总结、归纳和对重难点的讲解、剖析,同时每章还给出多种类型的思考题与习题,便于学生课后复习,巩固所学知识。

本书由申桂英、林礼区、周晨任主编,具体编写分工如下:周晨编写了第 1、2 章,申桂英编写了第 3、4、5 章,林礼区编写了第 6、7 章,彭志辉编写了第 8 章,林志源编写了第 9、10 章。全书由申桂英统稿,由中国计量学院孙斌教授主审。在本书编写过程中,各位同仁给予了大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	(1)
1.1 可编程控制器的诞生与定义	(1)
1.2 可编程控制器的功能及特点	(2)
1.3 可编程控制器的分类及性能指标	(5)
1.4 可编程控制器的应用和发展	(8)
1.5 可编程控制器简单应用实例.....	(10)
本章小结	(13)
思考题及习题	(13)
第 2 章 FX 系列 PLC 的组成与工作原理	(15)
2.1 PLC 的基本组成	(15)
2.2 PLC 的工作方式	(23)
2.3 PLC 的编程语言	(24)
本章小结	(26)
思考题及习题	(26)
第 3 章 FX 系列 PLC 系统配置及编程元件	(28)
3.1 FX 系列 PLC 系统配置.....	(28)
3.2 FX 系列 PLC 编程元件及其编号.....	(32)
3.3 位元件.....	(51)
3.4 关于 X、Y、M、T、C 的应用示例	(52)
本章小结	(55)
思考题及习题	(56)
第 4 章 FX 系列 PLC 基本指令及梯形图编制规则	(57)
4.1 FX 系列 PLC 基本指令.....	(57)
4.2 FX 系列 PLC 梯形图编程规则.....	(72)
4.3 FX 系列 PLC 基本指令应用示例.....	(74)
本章小结	(81)
思考题及习题	(81)
第 5 章 FX 系列 PLC 步进指令	(84)
5.1 顺序功能图.....	(84)
5.2 步进指令.....	(85)
5.3 顺序功能图与梯形图的转换.....	(86)

5.4 多分支顺序功能图·····	(92)
5.5 步进指令应用示例·····	(98)
本章小结·····	(104)
思考题及习题·····	(104)
第6章 FX 系列 PLC 功能指令 ·····	(107)
6.1 功能指令概述·····	(107)
6.2 FX 系列功能指令简介·····	(109)
6.3 功能指令应用示例·····	(157)
本章小结·····	(158)
思考题及习题·····	(159)
第7章 FX 系列 PLC 应用设计方法 ·····	(160)
7.1 PLC 系统设计原则及步骤·····	(160)
7.2 PLC 系统设计方法·····	(160)
7.3 PLC 基本控制环节的编程·····	(162)
7.4 PLC 与输入/输出设备的连接·····	(165)
7.5 PLC 使用中应注意的问题·····	(168)
7.6 PLC 应用系统设计示例·····	(174)
本章小结·····	(177)
思考题及习题·····	(178)
第8章 FX 系列 PLC 特殊功能模块简介 ·····	(179)
8.1 模拟量输入、输出模块·····	(179)
8.2 温度调节模块·····	(180)
8.3 定位控制模块·····	(180)
8.4 数据通信模块·····	(181)
8.5 高速计数模块·····	(182)
本章小结·····	(182)
思考题及习题·····	(183)
第9章 GX Developer 编程软件 ·····	(184)
9.1 GX Developer 编程软件简介·····	(184)
9.2 GX Developer 编程软件的使用·····	(185)
本章小结·····	(190)
思考题及习题·····	(191)
第10章 工控组态软件 MCGS 使用简介 ·····	(192)
10.1 MCGS 组态软件概述·····	(192)
10.2 MCGS 组态软件的操作方式·····	(195)
10.3 报警设置·····	(204)

10.4 报表输出.....	(207)
10.5 曲线显示.....	(208)
10.6 安全机制.....	(209)
本章小结.....	(211)
思考题及习题.....	(211)
附录 A FX 系列 PLC 指令汇总表	(212)
参考文献	(217)

第 1 章 可编程控制器概述

1.1 可编程控制器的诞生与定义

1.1.1 可编程控制器的诞生

可编程控制器是一种工业控制计算机,它是在传统顺序控制器的基础上为满足不断发展的大规模工业生产的控制要求而逐步发展起来的。在可编程控制器产生前,继电器控制在工业顺序控制领域中占据主导地位,但继电器控制系统接线复杂、设备体积大、可靠性低、耗电多、寿命短、速度慢、故障查找及维护不便;当生产工艺和流程改变时,控制柜内的元件和接线也必须作相应的变动,通用性和灵活性较差,而且不具有运算、处理和通信功能,不能实现复杂的控制要求等。因此,人们希望寻求一种比继电器控制体积更小、可靠性更高、功能更齐全、响应速度更快的一种新型的工业控制装置。

20 世纪 60 年代末,美国汽车制造业竞争激烈。1968 年,美国通用汽车公司(GM)为了适应生产工艺不断更新的需求,增强产品在市场的竞争力,公开向社会招标,希望用电子化的新型控制器取代传统的继电器控制柜,以减少汽车改型时重新设计制造继电器控制系统的成本和时间,并对控制器提出了如下 10 项要求:

- (1) 编程简单,现场可修改程序;
- (2) 维护方便,采用模块化结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制装置;
- (4) 体积小于继电器控制装置;
- (5) 成本可与继电器控制装置竞争;
- (6) 可将数据直接送入计算机;
- (7) 可直接输入 115 V 交流电(市电);
- (8) 输出采用交流电(115 V、2 A 以上),能直接驱动电磁阀、接触器等;
- (9) 通用性强,扩展方便;
- (10) 存储器容量大于 4 KB。

1969 年,著名的美国数字设备公司(DEC)根据 GM 公司的招标要求,成功研制出世界上第一台可编程序控制器 PDP-14,并在 GM 公司汽车自动装配线上试用成功。很快,这种装置在美国其他工业领域(如食品、饮料、冶金、造纸等领域)也得到了广泛的推广和应用。这种新型的工业控制装置较好地把握了继电器-接触控制的简单易懂、操作方便、价格低廉等优点与计算机的功能完善、灵活性强、通用性好等优点结合起来,并将继电器-接触控制的硬件连线逻辑转变为计算机软件逻辑编程的设想变成现实,可编程控制器由此诞生。上述 10 项要求也正是当今可编程控制器的最基本的功能。

可编程控制器从诞生至今,在短短的四十年里,得到了突飞猛进的发展,已经成为当代工业自动化的主要支柱之一。可编程控制器的推广应用在我国也得到了迅猛的发展,它已被大量地应用在各种机械设备和生产过程的电气控制装置中,在很多场合,可编程控制器是快速、可靠、经济地构建控制系统的重要设备。掌握可编程控制器的工作原理,具备设计、调试和维护可编程控制器控制系统的能力,已经成为现代工业对电气技术人员的基本要求。

1.1.2 可编程控制器的定义

可编程控制器最初称为可编程逻辑控制器(programmable logic controller,简称 PLC),是一种专门用于工业控制的计算机,它是以微处理器为基础的新型工业控制装置。早期的可编程控制器是用来替代继电器-接触控制线路的,主要用于顺序控制,只能实现逻辑控制、定时、计数等简单功能。随着电子技术、大规模集成电路和微型计算机技术的迅速发展,可编程控制器的功能已远远超出了顺序控制的范围,不单具有逻辑控制功能,而且还增加了数据运算、传送、处理以及对模拟量的控制等功能,成为具有计算机功能的工业控制装置,故被称为可编程控制器(programmable controller,简称 PC),但为区别于“personal computer(PC)”,人们仍沿用 PLC 这个术语。

1987年2月,国际电工委员会(IEC)给出的可编程控制器定义如下:

“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器,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。可编程控制器及其有关外围设备,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。”

此定义强调了可编程控制器(PLC)是一种“数字运算操作的电子系统”,即它是一种计算机,是“专为在工业环境下应用而设计”的计算机,可直接应用于工业环境,“是一种用程序来改变控制功能”的工业控制计算机。这种计算机编程方便,抗干扰能力强,易于扩充,而且具有很强的适应能力和广泛的应用前途。

1.2 可编程控制器的功能及特点

1.2.1 PLC 的功能

随着自动化技术、计算机技术及网络通信技术的迅猛发展,PLC 的功能日益增强。它不仅能够实现单机控制、逻辑控制,而且能够实现多机控制、过程控制、运动控制和数据处理等,在很多场合,可编程控制器是快速、可靠地构建控制系统的重要设备,其主要功能如下所述。

1. 逻辑控制

PLC 设置有“与”、“或”、“非”等逻辑操作指令,具有逻辑运算功能,能够实现继电器触点的串联、并联、串并联、并串联等各种连接,因此可以替代继电器进行组合逻辑与顺序逻辑控制。

2. 定时控制

为满足生产控制工艺对时间的要求,PLC 提供有时间继电器,具有定时功能。它为用户提供了若干个定时器并设置有定时指令。定时值可由用户在编程时设定,并能在运行中

被读出或修改,使用灵活,操作方便。

3. 计数控制

PLC 具有计数功能。它为用户提供了若干个计数器并设置有计数指令,以满足计数的需要。不同系列的 PLC 可提供不同数量、不同类型的计数器。计数值可由用户在编程时设定,并可在运行中被读出或修改,使用灵活,操作方便。

4. 步进控制

PLC 能完成步进控制功能。它为用户提供了若干个状态器并设置有步进指令。步进控制是指在完成一道工序以后,再进行下一道工序。步进顺序控制是 PLC 最基本的控制方式。应用步进指令实现步进控制,编程非常方便。

5. 模拟控制

有些 PLC 具有“模-数”转换(A/D)和“数-模”转换(D/A)功能,能完成对模拟量的控制与调节,位数和精度可以根据用户要求选择。有的 PLC 具有温度测量接口,能直接连接各种电阻或电偶。

6. 数据处理

有的 PLC 还具有数据处理能力,并具有并行运算指令,能进行数据并行传送、比较和逻辑运算,以及 BCD 码的加、减、乘、除等运算,还能进行“字与”、“字或”、“字异或”、求反、逻辑移位、算术移位、数据检索、比较、数制转换等操作,并可对数据存储器进行间接寻址,与打印机相连打印出程序和有关数据及梯形图。

7. 通信与联网

有些 PLC 采用了通信技术,可以进行远程 I/O 控制,可在多台 PLC 之间进行同位链接,还可与计算机进行上位链接。由一台计算机和若干台 PLC 可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络系统,以完成较大规模的复杂控制。

8. 系统监控

PLC 配置有较强的监控功能,它能记忆某些异常情况,或当发生异常情况时自动终止运行。在控制系统中,操作人员可以根据 PLC 监控信息,通过监控命令监视系统的运行状态,调整定时或计数等设定值,使得系统的调试、使用和维护非常方便。

9. 人机界面功能

PLC 能给操作者提供监视设备工作过程必需的信息,允许操作者和 PLC 系统与其应用程序相互作用,以便作出决策和调整。实现人机界面功能的手段:从基层的操作者屏幕文字显示,到单机的 CRT 显示与键盘操作和以通信处理器、专用处理器、个人计算机、工业计算机组成的分散和集中操作与监视系统。

1.2.2 PLC 的特点

现代工业生产复杂多样,对控制的要求也各不相同。可编程控制器是面向用户的专用工业控制计算机,除了顺应工业自动化的要求外,它还具有许多适合工业控制的独特优点,较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便等问题,深受工程技术人员欢迎。

1. 可靠性高,抗干扰力强

可编程控制器的可靠性可由其平均无故障工作时间的长短来表征。传统的继电-接触

控制系统使用了大量的中间继电器、时间继电器等,其触点容易由于接触不良而出现故障,而 PLC 是专门为工业控制而设计,在其设计与制造过程中均采用了一系列多层次有效的抗干扰措施,如屏蔽、滤波、隔离、精选元器件,采用了先进的电源技术、实时监控技术和故障诊断技术等,其平均无故障时间可长达 3×10^5 h。此外,PLC 采用周期扫描、集中采样、集中输出的工作方式,极有效地提高了自身的抗干扰能力。PLC 环境适应性强,一般可在高温、振动、冲击及强电磁干扰等恶劣的工业环境下与强电设备一起稳定、可靠地工作。它的高可靠性和稳定性已受到广大用户的普遍认可,这也是 PLC 得到广泛应用的重要原因之一。

2. 编程简单,易于掌握

PLC 是面向用户、面向现场的工控装置,在设计上充分考虑到使用者的习惯和技术水平及用户的方便,配有易于接受和掌握的梯形图语言。梯形图语言中编程元件的符号和表达式与传统的继电-接触控制电路原理图有许多相似之处,形象直观,易学易懂,编制程序的方法和步骤易于理解和掌握。近年来,PLC 又发展了面向对象的顺序控制流程图语言(sequential function chart,简称 SFC),简化了复杂控制系统的编程,使复杂控制系统的编程更加简单、方便。

3. 适应性强,通用性好

PLC 品种多、档次多,产品已形成标准化、系列化和模块化,各种组件可灵活、方便地组成不同的控制系统,用户可根据自己的需要灵活选用、自行组合,以满足规模大小不同及功能繁简各异的控制系统要求。当控制要求改变时,只需修改程序,就能变更控制功能。与外围设备连接方便,通信协议标准。

4. 功能完善,接口功能强

现代 PLC 具有很强的功能,不仅能进行逻辑运算、定时、计数和步进等控制,还能完成 A/D 与 D/A 转换、数据处理和通信联网等功能。输入接口可直接与各种开关量和传感器进行连接,输出接口可直接与各种传统的继电器、接触器及电磁阀等连接。用户只需根据控制的规模和要求,合理选择 PLC 的型号和硬件配置,就可以组成所需的控制系统。

5. 系统设计周期短

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,大大减少了控制柜的设计、安装、接线工作量。系统的硬件设计任务只要根据对象的控制要求配置适当的模块,而不必设计具体的接口电路,同时软件(应用程序)设计和外围电路的设计可以同时进行,这样大大缩短了整个系统设计的时间,加快了系统的设计周期。

6. 体积小、结构紧凑,安装、维护方便

PLC 体积小,重量轻,结构紧凑,便于安装。它与被控制对象的硬件连接方式简单,接线少,便于维护。PLC 具有自诊断、故障报警、显示功能,便于操作和检查,可迅速排除故障。

PLC 具有可靠性高、抗干扰能力强、编程简单、通用性强、使用方便、适应面广等特点,使得其应用范围极为广泛,可以说,只要有工厂、有控制要求,就会有 PLC 的应用。可以预料,在工业控制领域中,PLC 控制技术的应用必将越来越广泛。

1.2.3 PLC 与继电-接触控制系统、微机控制系统性能比较

在继电-接触控制系统、PLC 控制系统和微机控制系统这三种控制方式中,究竟选取哪

一种更合适,需要从技术上的适用性、经济上的合理性进行各方面的比较论证。这里给出以下几点依据,以供在考虑是否选用 PLC 控制时作为参考。

(1) 输入、输出量以开关量为主,有少量模拟量。

(2) I/O 点数较多。随着 PLC 性价比不断提高,当总点数达 10 点以上就可以考虑选用 PLC 了。

(3) 控制对象工艺流程比较复杂,逻辑设计部分用继电器控制难度较大。

(4) 有较大的工艺变化或控制系统扩充的可能性。

(5) 现场处于工业环境,而又要求控制系统具有较高的工作可靠性。

(6) 系统的调试要求比较方便,能在现场进行。

(7) 现场人员有条件掌握 PLC 技术。

PLC 与继电-接触控制系统、微机控制系统性能比较如表 1-1 所示。

表 1-1 PLC、继电-接触控制系统、微机控制系统性能比较表

项 目	PLC	继电-接触控制系统	微机控制系统
功能	用程序可实现复杂控制	用大量继电器,采用接线方式实现顺序控制	用程序实现各种复杂控制,功能最强
可靠性	最高	差,触点多,故障多	一般比 PLC 差
抗干扰性	一般不用专门考虑抗干扰问题	能抗一般电磁干扰	易受干扰,要专门设计抗干扰措施
环境适应性	可适应一般工业生产环境	环境差时会降低可靠性和寿命	要求有较好的环境,如机房、实验室
工作方式	循环扫描、中断处理	顺序扫描	中断处理
接口	直接与生产设备相连	直接与生产设备相连	要设计专门的接口
改变控制内容	修改程序较简单、容易	改变硬件接线逻辑工作量大	修改程序、技术难度大
维护	现场检查、维护方便	故障不易查找,工作量大	技术难度较高
系统开发	设计容易、安装简单,调试周期短	图样多、安装接线工作量大、调试周期长	系统设计较复杂,调试技术难度大
通用性	较好,适应面广	一般专用	要进行软、硬件改造才能作其他用
硬件成本	比微机控制系统高	少于 30 个继电器的系统最低	一般比 PLC 低

1.3 可编程控制器的分类及性能指标

1.3.1 PLC 的分类

PLC 一般可按 I/O 点数、结构形式及功能来分类。

1. 按 I/O 点数分类

按 I/O 点数,PLC 可分为小型、中型、大型三类。

1) 小型 PLC

小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下,用户存储器容量小于 4 KB。

小型 PLC 的特点为:体积小,结构紧凑,容量小,扫描速度较慢,功能相对简单,主要用于替代简单的继电器控制装置。例如三菱公司的 F 系列 PLC。

由于新一代小型 PLC(20 世纪 80 年代中后期)的 CPU 采用了功能强大的 16 位微处理器和专用逻辑处理芯片,其功能大大增强。除开关量 I/O 外,还可连接模拟量 I/O 及其他各种特殊功能模块。它能执行逻辑运算、算术运算、定时、计数、数据处理和传送、高速处理、中断、通信联网以及各种应用指令,其扫描速度很快,直接对生产机械或生产过程进行控制,是实现家庭自动化、小型机械自动化的理想控制器。例如日本三菱公司的 FX 系列 PLC、西门子公司的 S7-200 系列 PLC 等,如图 1-1 所示。

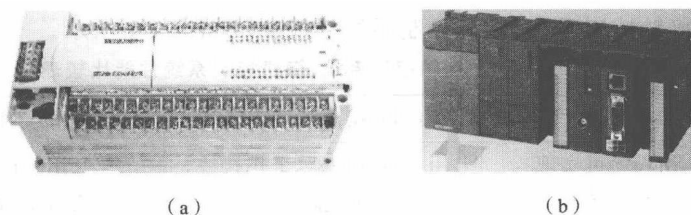


图 1-1 小型 PLC 示例

(a) 三菱 FX 系列 PLC (b) 西门子 S7-200 系列 PLC

2) 中型 PLC

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 129~512 点之间,用户存储器容量为 4~16 KB,采用模块化结构。

中型 PLC 的特点为:存储容量增大,控制功能增强,扫描速度加快,可用于较复杂的工业生产过程的自动控制。例如日本三菱公司的 K 系列 PLC、西门子公司的 S7-300 系列 PLC、美国西屋公司的 PC-700 型 PLC 等,如图 1-2 所示。

3) 大型 PLC

大型 PLC 的 I/O 点数一般在 512 点以上,用户存储器容量大于 16 KB,采用模块化结构。

大型 PLC 的特点为:存储容量更大,控制功能更强,扫描速度更快,丰富的 I/O 模块能适应各种不同控制的需要。例如日本三菱公司的 A 系列 PLC、西门子公司的 S7-400 系列等,如图 1-3 所示。

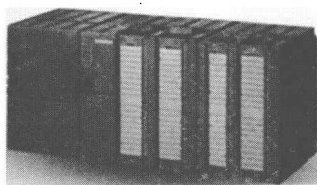


图 1-2 中型 PLC 示例(S7-300 系列)

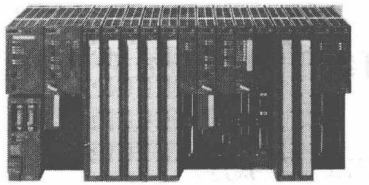


图 1-3 大型 PLC 示例(S7-400 系列)

2. 按结构形式分类

PLC 发展很快,目前,世界上已有几百家企业生产几千种不同型号的 PLC,通常从组

成结构形式上将这些 PLC 分三类:整体式、模块式和叠装式。

1) 整体式 PLC

整体式 PLC 又称单元式 PLC 或箱体式 PLC。整体式 PLC 是将电源、CPU、存储器、I/O 部件等都集中装在一个机箱内,它由不同 I/O 点数的基本单元和扩展单元组成,是目前使用最普遍的一种类型,如三菱 FX2N-16MR。

整体式 PLC 的基本单元内有 CPU、I/O 部件和电源,可单独使用,其扩展单元内部只有 I/O 部件和电源,无 CPU,不能单独使用。两者通过扁平电缆连接。

整体式 PLC 一般配有专用特殊功能单元,如模拟量 I/O 单元、位置控制单元等,选择不同的基本单元、扩展单元和特殊功能单元,可以满足不同用户的要求。

整体式 PLC 的特点为:结构紧凑、体积小、价格低、重量轻、安装方便,但由于主机 I/O 点数固定,扩展、使用及维护不够灵活。一般小型 PLC 采用这种结构。

2) 模块式 PLC

模块式 PLC 又称积木式 PLC。模块式 PLC 是将 PLC 各部分分成若干个独立的模块,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。

模块式 PLC 的特点为:这种结构配置灵活,用户可以根据控制系统的具体要求选择不同档次的 CPU、不同点数的 I/O 模块和不同功能的特殊功能模块,系统便于扩展、安装调试和维修。但造价相对高,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。

3) 叠装式 PLC

有的 PLC 将整体式和模块式结合起来,称为叠装式 PLC。它除基本单元和扩展单元外,还有扩展模块和特殊功能模块,配置更加灵活。

3. 按功能分类

按功能,PLC 可分为低档、中档、高档三类。

1) 低档 PLC

低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,还可有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。

2) 中档 PLC

中档 PLC 除具有低档 PLC 功能外,增加了模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能,有些还增设了中断、PID 控制等功能。

3) 高档 PLC

高档 PLC 除具有中档机的功能外,增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、求平方根运算及其他特殊功能函数运算、制表及表格传送等。高档 PLC 机具有更强的通信联网功能。

1.3.2 PLC 的性能指标

PLC 性能指标较多,不同厂家的 PLC 产品技术性能各不相同。通常用以下几项指标来描述。

1. I/O 点数

I/O 点数是指 PLC 外部输入、输出端子的个数。PLC 有开关量和模拟量两种输入、输出。I/O 点数越多,PLC 可外接的输入、输出器件就越多,控制规模就越大。

2. 存储器容量

PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器:系统存储器用来存储系统管理程序,用户存储器用来存放用户编制的控制程序。其中用户存储器容量的大小决定 PLC 可以存放控制程序的长短。PLC 中程序指令通常以“步”或“字”来计量,一“步”占用一个地址单元即一个“字”。如 FX2N 系列 PLC 的存储容量为 8K 步。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度,以执行 1 000 步指令所需的时间来衡量,用“ms/K 字”表示,或以执行 1 步指令所需的时间来衡量,用“ $\mu\text{s}/\text{步}$ ”表示。如“ $0.08 \mu\text{s}/\text{步}$ ”表示每扫描一步用户程序所需的时间为 $0.08 \mu\text{s}$ 。PLC 的扫描速度越快,其输出对输入的响应就越快。

4. 编程语言

PLC 常用的编程语言有梯形图、助记符、功能图和高级语言等。不同机型的 PLC 具有不同的编程语言。编程语种越多,使用越方便。

5. 指令功能

指令功能是衡量 PLC 编程能力强弱的主要指标。PLC 的指令种类及条数越多,使用这些指令完成一定的控制目的就越容易,其编程、处理和控制能力就越强。

6. 内部软元件

PLC 的内部软元件是指其内部的输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器、状态器、数据寄存器和各种特殊继电器等元件,其种类和数量越多,表明其控制功能越强。

此外,PLC 的可扩展性、使用条件、易操作性及经济性等也是用户在选择 PLC 时需注意的指标。

1.4 可编程控制器的应用和发展

1.4.1 PLC 的应用

PLC 功能不断完善,性价比不断提高,其应用面也越来越广。目前,PLC 在国内外广泛应用于钢铁、采矿、石油、化工、电子、机械制造、汽车装配、船舶、装卸、造纸、纺织、环保、娱乐等各行各业。PLC 应用范围通常可分为如下几个方面。

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域(PLC 的输入信号和输出信号都是开关量),它取代了传统的继电器顺序控制,可以实现逻辑控制、步进控制等。如注塑机、印刷机械、组合机床、装配生产线、包装机械控制、电镀生产线及电梯控制等。PLC 可用于单机控制、多机群控及生产线的自动控制等。

2. 闭环过程控制

在工业生产过程中,常会遇到如温度、压力、流量、液位、速度、电流和电压等连续变化的