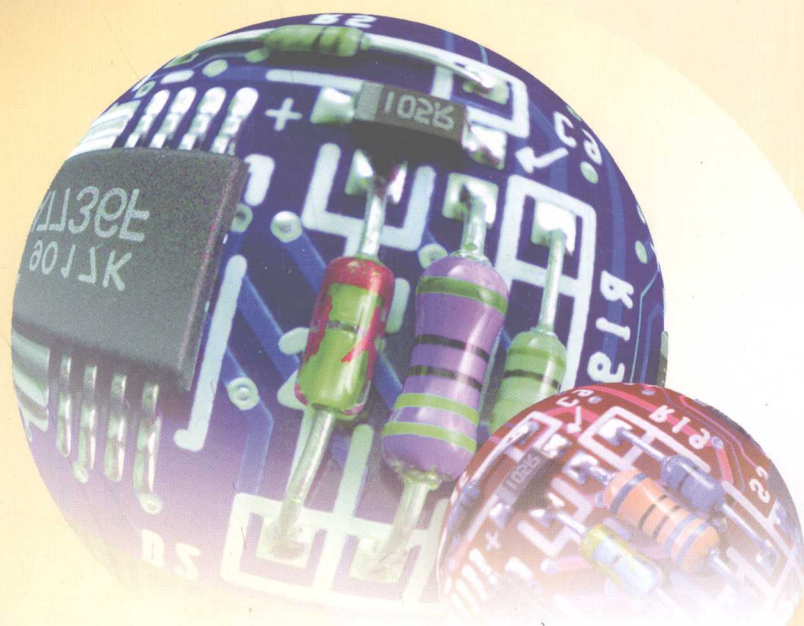


教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教学用书
电子信息、电气控制应用技术培训用书

PLC项目实训

——FX_{2N}系列

姜治臻 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教学用书
电子信息、电气控制应用技术培训用书

PLC 项目实训

——FX_{2N} 系列

姜治臻 主编



高等教育出版社

内容简介

本书是电子信息、电气控制应用技术培训用书,是配合教育部职业教育与成人教育司推荐教材《PLC 技术》(附光盘)的教学而编写的实训教材。

本书按 PLC 的培训层次分为两篇。第一篇综合介绍可编程控制器的特点、结构、原理等基础知识。第二篇从 PLC 的应用项目出发,以三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为基础,通过若干个实训项目,讲述 PLC 的指令系统、特殊功能及特殊功能模块的典型应用案例,着重阐明实训项目实施步骤及过程,突出培养和训练学习者的应用设计能力。

本书配套多媒体课件,课件通过模拟仿真的形式,形象生动地演示教材中各项目的程序运行情况,使读者对教材阐述的内容有更深入的了解。此外,书中设计了相应的基础知识测试和拓展能力测试内容,该部分内容在课件中通过个人测试的形式再次展现,供读者反复练习,并提供了相应的答案,供读者参考。

本书内容简明扼要、深入浅出,可作为职业院校可编程控制器应用技术课程的教材,也可作为电子信息、电气控制应用技术培训用书或供机电工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 项目实训:FX_{2N} 系列 / 姜治臻主编. —北京: 高等教育出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 04 - 023437 - 4

I. P… II. 姜… III. 可编程序控制器 - 技术培训 - 教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 060030 号

策划编辑 王卫民 责任编辑 孙 微 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 张 岚 责任校对 王 超 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 19.5
字 数 470 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 6 月第 1 版
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷
定 价 33.10 元(含光盘)

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 23437 - 00

前 言

可编程控制器(简称 PLC)是基于微型计算机技术的通用工业自动控制设备,由于它可通过软件来改变控制过程,且具有体积小、组装维护方便、编程简单、可靠性高、抗干扰能力强等特点,已广泛应用于机械制造、冶金、化工、交通、电子、纺织、印刷、食品、建筑等诸多领域,是自动控制系统中的关键设备之一。

PLC 技术是一门实践性较强的技术,目前有关 PLC 的教材大多偏重理论,在应用性项目的介绍方面比较薄弱,很多教学一线的教师教授 PLC 课程时,总感觉没有合适的实践项目供学生学习或训练,本书正是在这一背景下产生的。主编结合自己多年在企业培训 PLC 的经验,并结合当前以就业为导向的职业教育指导思想,在结构形式上采用项目式教学法,内容上紧跟现代工业自动化技术的发展现状,通过翔实可行的实训项目,讲述 PLC 的指令系统、特殊功能及特殊功能模块的典型应用案例,着重阐明项目设计实施的方法及步骤。

本书第二篇中的项目都来源于自动化生产实际,且结合教学需求精心组织,每个项目的内容基本由“项目目标”、“项目任务”、“项目分析”、“项目实施”、“基本指令详解”、“基本应用技巧”、“知识测评”、“项目评估”等模块组成,既保证了理论知识的层次性、系统性,又具有很好的实践培训特点,突出培养和训练学习者的学习能力、操作能力、应用设计能力、岗位工作能力,对学生走上工作岗位并适应岗位有一定的帮助作用。

全书共分两篇:

第一篇 PLC 基础。通过三个项目分别介绍了 PLC 的定义、分类、特点等基础知识,同时讲述 PLC 的硬件结构和工作原理及软元件资源的使用。

第二篇 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 编程实训。通过二十个应用项目,讲述三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的基本逻辑指令,功能指令,A/D 和 D/A 转换等功能模块的使用,以及 PLC 与变频器、PLC 与 PLC 之间的通信及控制技术、PLC 控制步进电机、PLC 与触摸屏之间的通信与控制等内容。

此外,书中设计了相应的基础知识测试和拓展能力测试内容,附录列出了有关 PLC 的技术参数表,相关知识的部分技术规范及选型参数表。

本书参考学时数为 90 学时。实训室授课,第一篇约 6 学时,第二篇约 84 学时,各院校可以根据其专业教学的要求和实验室配置对内容进行取舍,学生在学习本课程后,能初步具备根据需要学习其他类型 PLC 的能力。

本书配套多媒体课件,课件通过模拟仿真的形式,形象生动地演示书中各项目的程序运行情况,使读者对书中阐述的内容有更深入的了解。书中设计的基础知识测试和拓展能力测试内容在课件中通过个人测试的形式再次展现,供读者反复练习,并提供了相应的答案,供读者参考。该课件由山东星科教育设备集团研制。

本书由姜治臻主编,赵珺蓉、薛凯、柴洪华、王红、卢燕等共同完成本书的编写工作。姜治臻负责全书的统稿工作。本书由山东大学杜晓通审稿,审者为本书质量的进一步提高提出了宝贵

II 前 言

的意见。在本书的编写过程中,得到了山东省教学研究室、济南电子机械工程学校的领导及山东星科教育设备集团的鼎力支持,他们对本书的课程体系及内容提出了许多宝贵意见,并提供了大量的资料和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和疏漏,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年3月

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：100120

购书请拨打电话：(010) 58581118

目 录

第一篇 PLC 基础	1
项目一 认识 PLC	3
项目二 PLC 的硬件	14
项目三 PLC 的软元件	23
第二篇 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 编程实训	31
项目一 电动机单向点动运行控制	33
项目二 电动机单向连续运行控制	42
项目三 电动机正、反转运行控制	53
项目四 两台电动机主控选择运行控制	64
项目五 运料小车两地往返运动控制	72
项目六 运料小车三地往返运行控制	83
项目七 电动机星 - 三角降压起动运行控制	97
项目八 液体混合系统控制	107
项目九 交通灯控制	118
项目十 抢答器设计	130
项目十一 循环彩灯控制	140
项目十二 料车方向控制	157
项目十三 自动售货机	169
项目十四 步进电机的定位控制	184
项目十五 A/D 及 D/A 功能模块的应用	196
项目十六 两台 PLC 通信控制	214
项目十七 文本显示器/触摸屏与 PLC 的应用控制	226
项目十八 PLC 控制变频器的多种运行方式	241
项目十九 机械手控制	253
项目二十 恒压供水	262
附 录	280
附录一 常用特殊功能寄存器(M)和特殊功能数据寄存器(D)	280
附录二 FX _{2N} 系列 PLC 基本指令简表	286
附录三 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令简表	288
附录四 CJX1(3TB、3TF)系列交流接触器	293
附录五 CJX2(LC1 - D)系列交流接触器	295

附录六 JRS1(LR1 - D)系列热过载继电器	298
附录七 JRS2(3UA)系列热过载继电器	299
附录八 FX _{2N} 系列 PLC 输入/输出端子排列图	300
参考文献	302

PLC 基础

第一篇

项目一 认识 PLC



项目目标:

1. 掌握 PLC 的定义。
2. 了解世界上第一台 PLC 是怎样产生的?
3. 了解 PLC 有哪些主要特点、应用场合和分类。

一、认识 PLC

下面分别用继电-接触器控制元件和 PLC 设计一个卷扬机的正、反转控制电路。通过对控制原理的分析,认识什么是 PLC? 图 1.1.1 为卷扬机正、反转运行控制仿真图。仿真动作详见本书配套光盘。

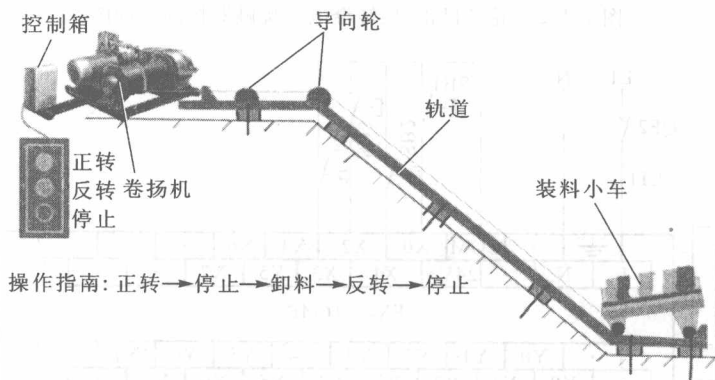


图 1.1.1 卷扬机正、反转运行控制仿真图

图 1.1.1 中,电动机正转时小车上行,电动机反转时小车下行。控制过程是:按下正转按钮,装料小车上行,上行到位后按下停止按钮,小车停止并卸料;卸料完成后按下反转按钮,装料小车下行,下行到位后按下停止按钮,小车停止并装料。

图 1.1.2 是继电-接触器控制原理图,图 1.1.3 是 PLC 控制原理图。两种控制原理均能实现卷扬机的正、反转控制。两种控制原理图中的主电路是一样的,均由 1 个断路器、2 个接触器和 1 个热继电器组成。但它们的控制电路不相同,继电-接触器控制电路是通过按钮、接触器的触点和它们之间的连线来实现控制功能的,控制功能包含在固定线路之中,功能专一,接线较复杂。而 PLC 控制电路所有按钮和触点输入以及接触器线圈均接到了 PLC 上,从接线方面来看要简单得多,其控制功能是由 PLC 内部的程序决定,通过更换程序可以更改相应的控制功能,从这

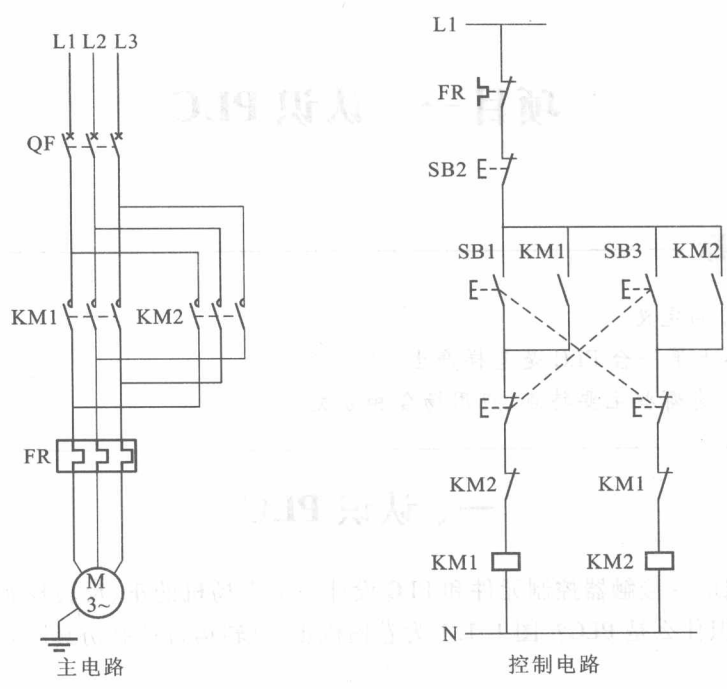


图 1.1.2 卷扬机正、反转继电器 - 接触器控制原理图

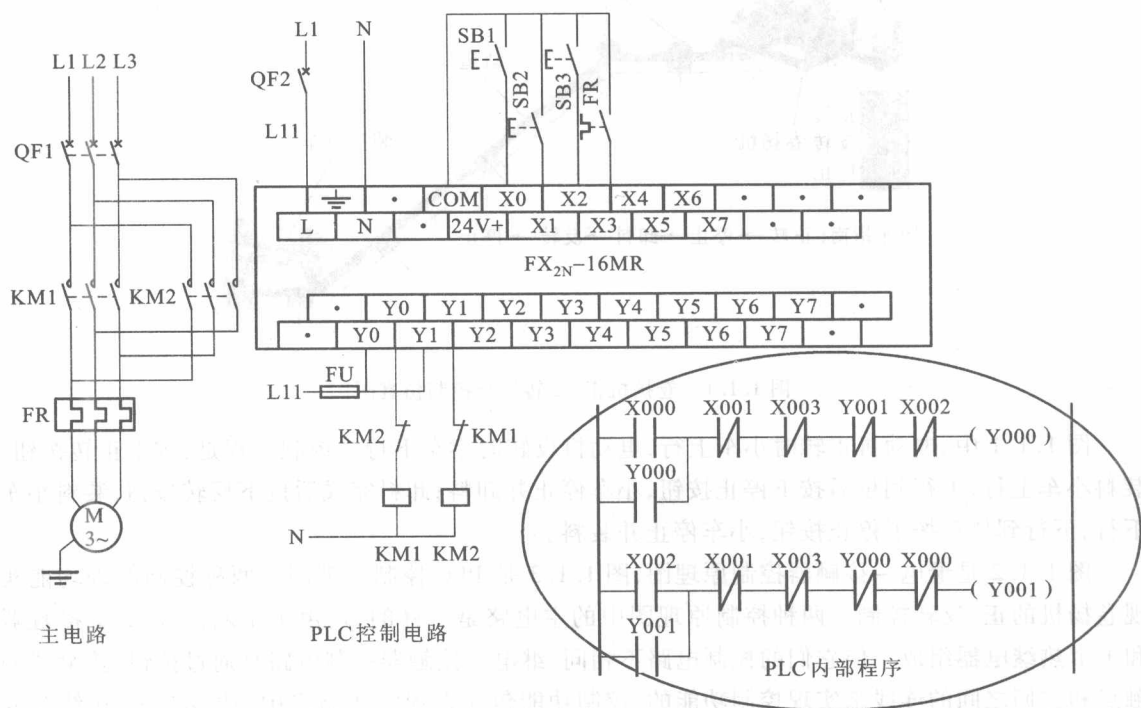
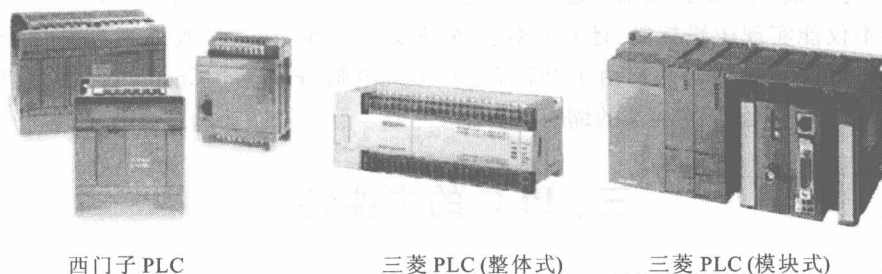


图 1.1.3 卷扬机正、反转 PLC 控制原理图

一点上看要比继电器-接触器控制电路方便得多。例如:要求电动机停止 30 s 后自动反向运行。对于继电器构成的控制电路则需要添加时间继电器,重新设计原理图并接线;而 PLC 控制电路可以不改变接线,只需要修改 PLC 内部程序即实现新的控制功能。

总之,从这两种控制原理图中可以看到,用 PLC 控制系统可以完全取代继电器-接触器控制电路,并且 PLC 可以通过修改内部程序来实现新的逻辑控制关系。那么,PLC 的定义是什么? PLC 还具有哪些功能? PLC 能完成什么控制? 下面将做详细讲述。

PLC 是可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)的缩写,是作为传统继电器-接触器的替代产品出现的。国际电工委员会(IEC)在其颁布的可编程逻辑控制器标准草案中给 PLC 做了如下定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下的应用而设计。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命令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备,都应按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设计。”PLC 将传统的继电器-接触器控制技术和现代的计算机信息处理技术的优点有机结合起来,成为工业自动化领域中最重要、应用最多的控制设备之一,成为现代工业生产自动化三大支柱(PLC、CAD/CAM、机器人)之一。图 1.1.4 为常见 PLC 外形图。



西门子 PLC

三菱 PLC (整体式)

三菱 PLC (模块式)

图 1.1.4 常见 PLC 外形图

二、世界上第一台 PLC 的产生

20 世纪 60 年代末期,美国的汽车制造工业竞争异常激烈。为了适应生产工艺不断更新的需要、降低成本、缩短新产品的开发周期,美国通用汽车公司(GM 公司)在 1968 年提出了招标开发研制新型顺序逻辑控制装置的十条要求,即有名的十条招标指标。其主要内容如下:

- (1) 编程简单,可在现场修改和调试程序。
- (2) 维护方便,各部件最好是插件式的装置。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 可将数据直接送入管理计算机。
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争。
- (7) 输入可以是交流 115 V(注:美国电网电压为 110 V)。

(8) 输出为交流 115 V、2 A 以上,能直接驱动电磁阀。

(9) 具有灵活的扩展能力,在扩展时原系统只需做很少的变更。

(10) 用户程序存储容量至少能扩展到 4 KB(根据当时的汽车装配过程的要求提出的)。

从这些指标看,GM 公司希望研制出一种控制装置,使汽车生产流水线在汽车型号不断翻新的同时,尽可能减少重新设计继电-接触器控制系统和重新接线的工作;设想把计算机的灵活、通用、功能完备等优点与继电-接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,研制成一种通用的控制装置;将计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向问题的“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能很方便地使用。它也反映了自动化工业及其他各类制造工业用户的要求和愿望。

1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)根据十项招标指标的要求,研制出世界上第一台可编程控制器,型号为 PDP-14。用它代替传统的继电-接触器控制系统,在美国通用汽车公司的自动装配线上试用,获得了成功。此后,这项新技术就迅速发展起来,日本和西欧国家通过引进技术,也分别于 1971 年和 1973 年研制出自己的可编程控制器。此后,PLC 装置遍及世界各发达国家的工业现场。我国对此项技术的研究始于 1974 年,3 年后进入工业应用阶段。

早期的 PLC 设计,虽然采用了计算机的设计思想,但只能进行逻辑控制,主要用于顺序控制,所以被称为可编程逻辑控制器。近年来,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,可编程逻辑控制器不仅能实现逻辑控制,还具有数据处理及通信等功能,又改称为可编程控制器,简称 PC(Programmable Controller)。但由于 PC 容易和个人电脑(Personal Computer)相混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

三、PLC 的主要特点

由 PLC 的产生和发展过程可知,PLC 的设计是站在用户立场,以用户需要为出发点的,以直接应用于各种工业环境为目标,但又不断采用先进技术求发展。可编程控制器经过近四十年的发展,已日臻完善。其主要特点如下。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 组成的控制系统用软件代替了传统的继电-接触器控制系统中复杂的硬件线路,故使用 PLC 的控制系统故障率明显低于继电-接触器控制系统。另一方面,PLC 本身采用了抗干扰能力强的微处理器作为 CPU,电源采用多级滤波并采用集成稳压块稳压,以适应电网电压的波动;输入输出采用光电隔离技术;工业应用的 PLC 还采用了较多的屏蔽措施。此外,PLC 带有硬件故障自我检测功能,出现故障时可及时发出警报信息。由于采取了以上措施,使得 PLC 有很强的抗干扰能力,从而提高了整个系统的可靠性。例如三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障时间高达 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。

2. 编程简单易学

PLC 的最大特点之一,就是采用易学易懂的梯形图语言。这种编程方式既继承了传统的继电-接触器控制电路的清晰直观感,又考虑到了大多数技术人员的读图习惯,即使没有计算机基

础的人也很容易学会,故很容易在厂矿企业中推广使用。

3. 使用维护方便

(1) 硬件配置方便。PLC 的硬件都是由专门生产厂家按一定标准和规格生产的。硬件可按实际需要配置,在市场上可方便地购买。PLC 的硬件配置采用模块化组合结构,使系统构成十分灵活,可根据需要任意组合。

(2) 安装方便。内部不需要接线和焊接,只要编程就可以使用。

(3) 使用方便。PLC 内各种继电器的辅助触点在编程时没有次数限制,它采用的是 PLC 内部的一种数据逻辑状态,而继电器-接触器控制系统中的辅助触点是一种实实在在的硬件结构,触点的数量有限。因此,PLC 的输入/输出继电器与硬件有关系,具有固定的数量,应用时需考虑输入/输出点数。

(4) 维护方便。PLC 配有很多监控提示信号,能检查出系统自身的故障,并随时显示给操作人员且能动态地监视控制程序的执行情况,为现场的调试和维护提供了方便,而且接线少,维修时只需更换插入式模块,维护方便。

4. 体积小、质量轻、功耗低

由于 PLC 是专门为工业控制而设计的,其结构紧凑、坚固,体积小巧,易于装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

5. 设计施工周期短

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,使控制系统设计及建造的周期大为缩短,同时维护也变得容易起来。更重要的是使同一设备经过修改程序改变生产过程成为可能。这很适合多品种、小批量的生产场合。正是由于有了上述优点,使得 PLC 受到了广泛的欢迎。

四、PLC 的应用场合

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、石化、电力、机械制造、汽车制造、环保及娱乐等各行各业。其应用大致可分为以下几种类型。

1. 用于逻辑开关和顺序控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器-接触器电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线。可用 PLC 取代传统继电器-接触器控制,如:机床电气、电动机控制等;亦可取代顺序控制,如:高炉上料、电梯控制等。

2. 机械位移控制

机械位移控制是指 PLC 使用专用的位移控制模块来控制驱动步进电机或伺服电机,实现对机械构件的运动控制。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

械手、数控机床、机器人、电梯等场合。

3. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储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到别的智能装置,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。

4. 用于模拟量的控制

PLC 具有 D/A、A/D 转换及算术运算功能,可实现模拟量控制。现在大型的 PLC 都配有 PID(比例、积分、微分)子程序或 PID 模块,可实现单电路、多电路的调节控制。

5. 用于组成多级控制系统,实现工厂自动化网络

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展,工厂自动化网络发展得很快,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。新近生产的 PLC 都具有通信接口,通信非常方便,可以实现对整个生产过程的信息控制和管理。

五、PLC 的分类

可编程控制器产品的种类很多,一般可以从它的结构形式、输入/输出点数及功能进行分类。

1. 按结构形式分类

由于可编程控制器是专门为工业环境应用而设计的,为了便于现场安装和接线,其结构形式与一般计算机有很大的区别。主要有整体式和模块式两种结构形式。

整体式 PLC: 又称单元式或箱体式。如图 1.1.5 所示,整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 部件都集中装在一个机箱内。一般小型 PLC 采用这种结构。特点是结构紧凑、体积小、质量轻、价格低。

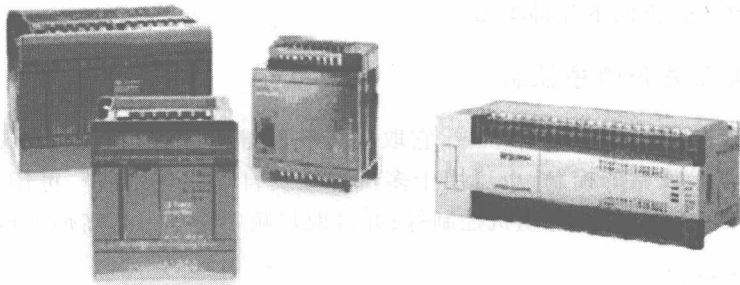
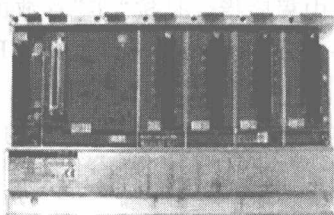
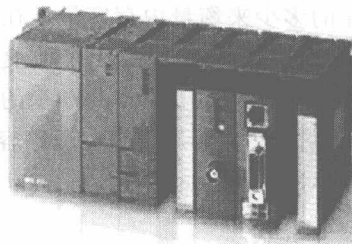


图 1.1.5 整体式 PLC 外观图

模块式 PLC: 将各部分以单独的模块分开, 形成独立单元, 使用时可将这些单元模块分别插入机架底板的插座上, 如图 1.1.6 所示。特点是组装灵活, 便于扩展, 维修方便, 可根据要求配置不同模块以构成不同的控制系统。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。



主基板



模块式 PLC

图 1.1.6 模块式 PLC 外观图

2. 按输入/输出点数和内存容量分类

为适应不同工业生产过程的应用要求, 可编程控制器能够处理的输入/输出点数是不一样的。按输入/输出点数的多少和内存容量的大小, 可分为微型机、小型机、中型机、大型机、超大型机等类型。

- (1) I/O 点数小于 32 为微型 PLC。
- (2) I/O 点数在 32 ~ 128 为微小型 PLC。
- (3) I/O 点数在 128 ~ 256 为小型 PLC。
- (4) I/O 点数在 256 ~ 1 024 为中型 PLC。
- (5) I/O 点数大于 1 024 为大型 PLC。
- (6) I/O 点数在 4 000 以上为超大型 PLC。

以上划分不包括模拟量 I/O 点数, 且划分界限不是固定不变的。不同的厂家也有自己的分类方法。

六、PLC 的主要技术指标

虽然各 PLC 生产厂家产品的型号、规格和性能各不相同, 通常可以按照以下七种性能指标来进行综合描述。

1. 输入/输出点数(I/O 点数)

输入/输出点数是指 PLC 输入信号和输出信号的数量, 也就是输入、输出端子数总和。这是一项很重要的技术指标, 因为在选用 PLC 时, 要根据控制对象的 I/O 点数要求确定机型。PLC 的 I/O 点数包括主机的 I/O 点数和最大扩展点数, 主机的 I/O 点数不够时可扩展 I/O 模块, 但因为扩展模块内一般只有接口电路、驱动电路而没有 CPU, 它通过总线电缆与主机相连, 由主机的