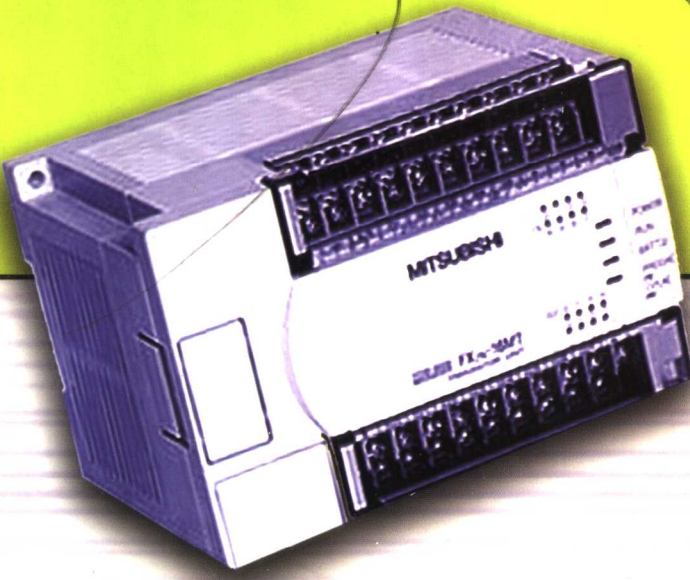


可 编 程 控 制 器 应 用 技 术

刘美俊

KEBIANCHENGKONGZHITIQIYINGYONGJISHU



福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

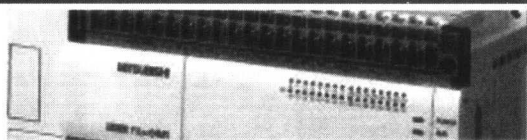
TP332.3

80

2006

可编程控制 应用技术

刘美俊



福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术/刘美俊编著. —福州:福建
科学技术出版社, 2006. 4
ISBN 7-5335-2708-9

I. 可… II. 刘… III. 可编程序控制器
IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 156742 号

书 名	可编程控制器应用技术
作 者	刘美俊
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
网 址	www. fjstp. com
经 销	各地新华书店
排 版	福建科学技术出版社排版室
印 刷	福建地质印刷厂
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	21. 75
字 数	539 千字
版 次	2006 年 4 月第 1 版
印 次	2006 年 4 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-2708-9
定 价	32. 80 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

前 言

可程序控制器（简称 PLC）是近年来发展极为迅速的新型工业控制装置。它将计算机控制技术、自动控制技术和通信技术融为一体，专门为工业环境而设计，深受广大工程技术人员的欢迎，已广泛应用于机械制造、冶金、化工、轻工、电力、建筑、交通等各行各业，成为工业自动化的三大支柱（PLC、机器人、CAD/CAM）之一。

经过 30 多年的发展，现在的 PLC 集数据处理、程序控制、参数调节和数据通信等功能为一体，可以满足对工业生产进行监视和控制的绝大多数应用场合的需要。在单机或多机控制、生产自动线控制以及传统控制系统改造等方面，PLC 都被大量采用。近年来可程序控制器的联网通信能力不断增强，便于实现企业的信息集成和自动化系统联网通信，PLC 及其网络已成为 CIMS 的重要基础。

本书是作者在多年从事 PLC 的教学和科研的基础上编写的。在编写时，收集和参考了大量的技术资料，并结合自己的实际工作经验，力求做到由浅入深、通俗易懂、理论联系实际。编写时以目前国内使用较为广泛的日本三菱公司 FX_{2N} 系列、OMRON 公司 CPM1A 系列 PLC 为背景机，重点介绍了 PLC 的组成、工作原理、指令系统及编程方法、编程器和编程软件的使用方法、PLC 在控制系统中的实际应用等，同时本书突出介绍了 PLC 通信组网技术。书中介绍的编程技巧和 PLC 的抗干扰措施，大多数是作者十多年来的工作总结，在实际中得到了有效验证，希望能使读者有所裨益。

全书共分八章，第一章为认识可程序控制器，介绍 PLC 的组成和工作原理，同时说明了如何进行一个 PLC 应用项目的设计；第二、三章分别介绍 FX 系列、CPM1A 系列 PLC 的编程元件及指令系统；第四章介绍 PLC 的程序设计方法，着重讲述了作者在开发 PLC 控制项目时所总结出的设计技巧，如优先设计法、首发故障自检法等等；第五章介绍了编程器和编程软件的使用方法；第六章介绍了 PLC 控制系统的设计、使用与维护方法，重点讲述一些行之有效的硬件保护措施；第七章介绍了 PLC 的通信网络技术；第八章列举了 PLC 的应用实例。

本书具有下列主要特点：（1）条理清楚、全面，介绍翔实，内容兼有普遍性和具体性；（2）实用性强，内容较多取自生产一线，面向广大工程技术人员，例如书中介绍的 PLC 输入输出端的硬件保护电路等，是作者设计实践中的所得，已在多个控制系统中应用并极大提高了其可靠性；（3）注重工程应用性，编写时注意选择有价值的典型实例，介绍 PLC 的应用技术，使读者能触类旁通，举一反三；（4）写作上力求精练，言简意赅，便于读者理解和自学。

本书在编写过程中，得到了胡俊达、李光中两位教授以及李立、刘群、刘天任、石基、凌江南、李永坚、黄菊生、刘景俊等同志的支持和帮助，编写过程中曾参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作，许多 PLC 生产厂家的技术资料。在此一并致谢！

由于作者水平有限，书中难免存在错误和不妥，热忱欢迎广大读者批评指正。

作 者

2006 年 2 月

目 录

第 1 章 认识可程序控制器	(1)
1.1 为什么采用 PLC	(1)
1.1.1 什么是 PLC	(1)
1.1.2 未采用 PLC 的系统.....	(6)
1.1.3 采用 PLC 的系统.....	(7)
1.2 PLC 的组成原理	(9)
1.2.1 PLC 的硬件组成	(9)
1.2.2 PLC 的软件组成及编程语言	(17)
1.2.3 PLC 的扫描工作原理	(20)
1.3 如何设计一个 PLC 应用项目	(23)
1.3.1 了解和分析控制对象.....	(24)
1.3.2 设计控制系统硬件.....	(25)
1.3.3 设计 PLC 程序	(26)
1.3.4 控制系统调试.....	(27)
1.4 PLC 的性能与类型	(27)
1.4.1 PLC 的性能指标	(27)
1.4.2 PLC 的分类与发展趋势	(29)
第 2 章 FX 系列可编程控制器	(32)
2.1 三菱 PLC 概述	(32)
2.1.1 三菱 PLC 的各个系列	(32)
2.1.2 FX 系列 PLC 的技术特性.....	(33)
2.2 FX 系列 PLC 的系统组成.....	(36)
2.2.1 FX 系列的基本单元	(37)
2.2.2 FX 系列的扩展单元和模块	(37)
2.2.3 FX 系列的常用的功能模块	(39)
2.3 FX _{2N} 系列 PLC 的编程元件	(40)
2.3.1 输入、输出继电器的编号及功能.....	(40)
2.3.2 辅助、状态继电器的编号及功能.....	(41)
2.3.3 定时器及计数器.....	(43)
2.3.4 其他编程元件.....	(48)
2.4 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令简介	(51)
2.4.1 LD、LDI、OUT 指令	(53)
2.4.2 AND 与 ANI 指令.....	(53)
2.4.3 OR 与 ORI 指令.....	(53)

2.4.4	ORB 与 ANB 指令	(53)
2.4.5	LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP 和 ORF 指令	(54)
2.4.6	堆栈指令 (MPS、MRD、MPP)	(55)
2.4.7	主控与主控复位指令 (MC、MCR)	(55)
2.4.8	置位与复位指令 (SET、RST)	(56)
2.4.9	微分指令 (PLS、PLF)	(56)
2.4.10	取反、空操作和结束指令 (INV、NOP、END)	(57)
2.5	FX _{2N} 系列 PLC 的步进指令	(58)
2.5.1	步进指令 (STL、RET)	(58)
2.5.2	状态转移图	(58)
2.5.3	步进指令的使用说明	(59)
2.6	FX _{2N} 系列 PLC 的功能指令	(60)
2.6.1	功能指令的基本格式	(61)
2.6.2	功能指令简介	(63)
2.7	FX _{2N} 系列 PLC 的常用功能模块	(110)
2.7.1	FX _{2N} -4AD 模拟量输入模块	(111)
2.7.2	FX _{2N} -2DA 模拟量输出模块	(114)
2.7.3	FX _{2N} -1HC 高速计数模块	(116)
2.8	FX _{2N} 系列 PLC 扩展设备的配置方法	(119)
2.8.1	扩展设备的组成方法	(119)
2.8.2	扩展设备台数的确定	(120)
第 3 章	OMRON 系列可编程控制器	(123)
3.1	OMRON PLC 概述	(123)
3.2	CPM1A 系列 PLC 硬件系统配置	(124)
3.2.1	CPM1A 系列 PLC 的主机	(124)
3.2.2	CPM1A 的各种单元	(127)
3.2.3	CPM1A 的 I/O 规格	(130)
3.3	CPM1A 的编程元件	(131)
3.3.1	内部继电器区 (IR)	(132)
3.3.2	特殊辅助继电器区 (SR)	(132)
3.3.3	暂存继电器区 (TR)	(134)
3.3.4	保持继电器区 (HR)	(134)
3.3.5	辅助记忆继电器区 (AR)	(134)
3.3.6	链接继电器区 (LR)	(136)
3.3.7	定时器/计数器区 (TC)	(136)
3.3.8	数据存储器区 (DM)	(136)
3.4	CPM1A 的指令系统	(140)
3.4.1	常用的基本指令	(140)
3.4.2	常用的功能指令	(145)

第 4 章 可编程控制器的程序设计方法与技巧	(159)
4.1 梯形图的编写规则	(159)
4.2 典型控制环节的程序设计	(161)
4.2.1 起、保、停电路单元	(161)
4.2.2 定时器应用程序	(162)
4.2.3 计数器应用程序	(164)
4.3 经验设计法	(166)
4.3.1 经验设计法的特点	(166)
4.3.2 举例说明	(167)
4.4 顺序控制设计法	(170)
4.4.1 顺序控制设计法的本质	(170)
4.4.2 功能表图的绘制	(171)
4.4.3 顺序控制设计法中梯形图的设计	(173)
4.5 逻辑设计法	(186)
4.5.1 基本逻辑线路结构及实现	(186)
4.5.2 逻辑设计法应用举例	(187)
4.6 程序调试与模拟运行	(188)
4.6.1 复杂程序的设计方法	(188)
4.6.2 调试与模拟运行	(189)
4.7 应用程序的设计技巧	(190)
4.7.1 优先程序的设计	(190)
4.7.2 集中与分散控制	(190)
4.7.3 连锁控制程序的设计	(191)
4.7.4 故障检测程序的设计	(191)
4.7.5 单按钮控制起停程序的设计	(193)
4.8 应用程序设计时应注意的问题	(194)
第 5 章 可编程控制器的编程工具	(196)
5.1 FX-20P-E 简易编程器的使用	(196)
5.1.1 FX-20P-E 编程器简介	(196)
5.1.2 HPP 的组成与操作面板	(196)
5.1.3 HPP 的基本操作	(198)
5.1.4 编程操作	(198)
5.1.5 监视/测试操作	(203)
5.1.6 脱机 (OFFLINE) 编程操作	(206)
5.2 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用	(207)
5.2.1 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件简介	(207)
5.2.2 梯形图操作	(208)
5.2.3 PLC 操作	(210)

5.2.4	监控操作	(210)
5.2.5	选项操作	(211)
5.3	OMRON CPM1A 系列 PLC 编程器的使用	(212)
5.3.1	编程器面板	(212)
5.3.2	编程器的使用	(214)
5.4	OMRON 编程软件 CX-P	(223)
5.4.1	CX-P 编程软件简介	(223)
5.4.2	CX-P 编程软件的使用	(224)
第 6 章	可编程控制器控制系统的设计与安装维护	(235)
6.1	PLC 控制系统设计简介	(235)
6.1.1	PLC 控制系统设计的一般步骤	(235)
6.1.2	PLC 程序设计的步骤	(236)
6.2	PLC 控制系统的硬件设计与选型	(237)
6.2.1	控制结构和方式的选择	(237)
6.2.2	PLC 的选择	(238)
6.3	PLC 的安装	(242)
6.3.1	环境技术条件设计	(243)
6.3.2	控制系统的冗余设计	(244)
6.3.3	供电系统的设计	(245)
6.4	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	(246)
6.4.1	输入端的抗干扰措施	(246)
6.4.2	输出端的抗干扰措施	(247)
6.4.3	电源的抗干扰措施	(249)
6.4.4	系统接地的抗干扰措施	(250)
6.4.5	外部配线的抗干扰措施	(251)
6.5	PLC 控制系统的维护与诊断	(251)
6.5.1	PLC 控制系统的维护	(251)
6.5.2	PLC 控制系统的诊断与处理	(253)
6.5.3	PLC 的故障查找方法及处理	(254)
第 7 章	可编程控制器通信网络技术	(259)
7.1	通信与网络的基本知识	(259)
7.1.1	数据通信基础	(259)
7.1.2	工业控制局域网	(262)
7.1.3	ISO-OSI 参考模型	(264)
7.1.4	IEEE802 局域网参考模型及标准	(265)
7.2	三菱 PLC 的通信与组网	(267)
7.2.1	FX _{2N} 系列 PLC 的简单通信	(267)
7.2.2	三菱 PLC 的网络	(269)

7.3 OMRON PLC 的通信与组网	(279)
7.3.1 CPM1A 系列 PLC 的简单通信	(279)
7.3.2 OMRON PLC 的网络	(280)
第 8 章 可编程控制器的应用	(299)
8.1 FX _{2N} PLC 在机加工自动线控制系统中的应用	(299)
8.1.1 了解、分析控制对象	(299)
8.1.2 硬件设计	(300)
8.1.3 软件设计	(302)
8.1.4 调试运行	(308)
8.2 FX _{2N} PLC 在压滤机控制系统中的应用	(310)
8.2.1 系统的工作原理	(310)
8.2.2 控制系统设计	(311)
8.3 FX _{2N} PLC 在立式车床控制系统中的应用	(312)
8.3.1 PLC 控制系统硬件设计	(312)
8.3.2 软件设计	(314)
8.4 FX _{2N} PLC 网络在球磨机润滑监控系统中的应用	(317)
8.4.1 存在的问题及改造措施	(317)
8.4.2 系统的硬件设计	(318)
8.4.3 系统的软件设计	(318)
8.5 CPM1A PLC 在掘进机控制系统中的应用	(319)
8.5.1 控制对象分析	(319)
8.5.2 控制系统硬件设计	(320)
8.5.3 控制系统软件设计	(321)
8.6 CPM1A PLC 在切片机控制系统中的应用	(322)
8.6.1 主电路的设计	(323)
8.6.2 PLC 控制系统设计	(323)
附录	
附 1 FX _{2N} 系列 PLC 功能指令总表	(327)
附 2 OMRON 小型 PLC 指令集	(333)
参考文献	(336)

第 1 章 认识可编程序控制器

可编程序控制器（简称 PLC）是以微处理器为基础，综合了计算机技术、半导体集成技术、自动控制技术、数字技术和通信网络技术发展起来的一种通用工业自动控制装置。它面向控制过程、面向用户，适应工业环境、操作方便、可靠性高，成为现代工业控制的三大支柱（PLC、机器人和 CAD/CAM）之一，代表着当今自动控制的先进水平。

1.1 为什么采用 PLC

1.1.1 什么是 PLC

在 PLC 问世之前，工业控制中的顺序控制大部分采用继电器逻辑控制系统，这种控制系统是根据特定的控制要求进行设计的，若控制要求发生变化，则控制柜中的元器件和接线都必须作相应的改变。它有着十分明显的缺点：体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢、适应性差。为了改变这一现状，人们希望寻求一种比继电器控制更可靠、功能更齐全、响应速度更快、体积更小的一种新型工业控制装置。

图 1.1.1 是三菱的 PLC FX_{2N}-64MR 的应用现场照片。

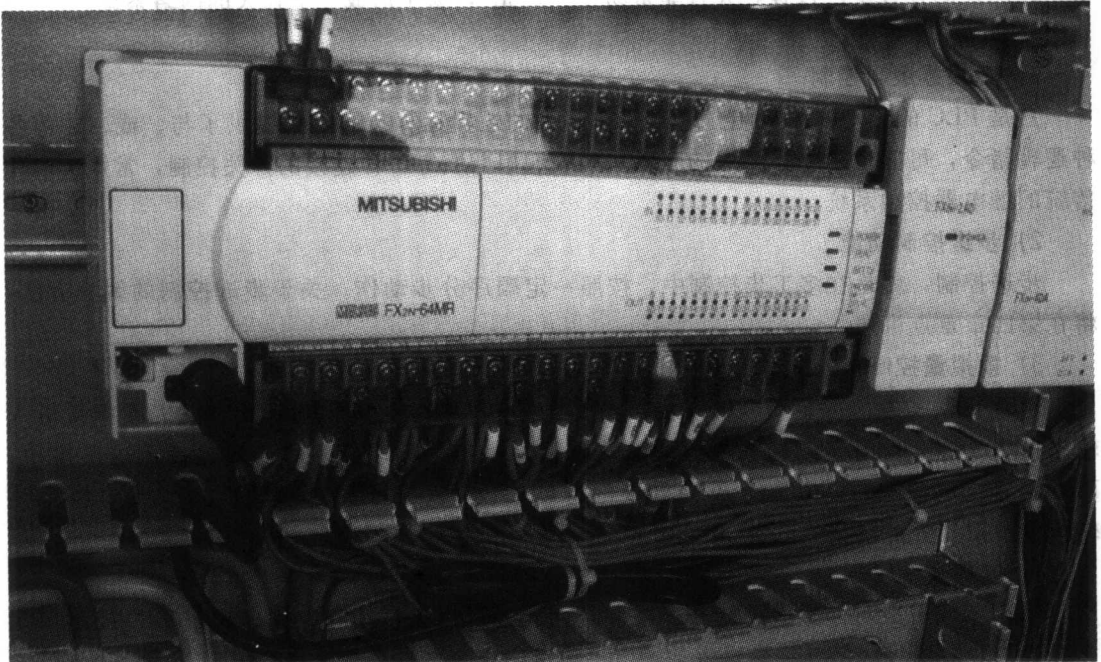


图 1.1.1 应用现场中的 PLC

1968 年, 美国通用汽车 (GM) 公司为了适应汽车型号不断翻新的需要, 以在激烈竞争的汽车工业中占有优势, 并尽可能减少重新设计继电器控制系统和重新接线的工作, 以降低成本、缩短周期, 提出要研制一种新型的工业控制装置来取代继电器控制装置, 要求它把计算机通用、灵活、功能完备等优点, 和继电器控制系统的简单易懂、价格便宜等优点结合起来, 并把计算机的编程方法和程序输入方式简化。为此, 特拟定了 10 项公开招标的技术要求, 即:

①编程简单方便, 可在现场修改程序; ②硬件维护方便, 最好是插件式结构; ③可靠性要高于继电器控制装置; ④体积小于继电器控制装置; ⑤可将数据直接送入管理计算机; ⑥成本上可与继电器控制装置竞争; ⑦输入可以是交流 115V; ⑧输出为交流 115V, 2A 以上, 能直接驱动电磁阀; ⑨扩展时, 原有系统只需做很小的改动; ⑩用户程序存储器容量至少可以扩展到 4KB。

根据招标要求, 1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台 PLC (PDP-14 型), 并在通用汽车公司自动装配线上试用, 获得了成功, 从而开创了工业控制新时期。

1. PLC 的定义

国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 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, 专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程的存储器, 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面向用户的指令, 并能通过数字或模拟输入输出模块, 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部设备, 都按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”该定义强调 PLC 是一种“数字运算操作的电子系统”, 说明 PLC 也是一种计算机, 是一种抗干扰能力很强的、能直接应用于各种工业环境的专用工业计算机。这种工业计算机编程简单方便, 除能执行各种计算机指令, 还能控制各种生产过程, 并且非常易于“扩充”, 易于形成一个强大的网络系统。

2. PLC 的功能

1) 开关量逻辑控制

这是 PLC 的最基本的功能。PLC 具有强大的逻辑运算能力, 它提供了与、或、非等各种逻辑指令, 可实现继电器触点的串联、并联和串并联等各种连接的开关控制, 常用于取代传统的继电器控制系统。

2) 步进控制功能

步进控制, 就是在多工步控制中, 按照一定顺序分步动作。关于步进控制的编程方法, 将在第四章重点讲述。

3) 模拟量控制

PLC 提供了各种智能模拟量模块, 如模拟量输入模块、模拟量输出模块、模拟量输入输出模块、热电阻用模拟量输入模块、热电阻用模拟量输出模块等。通过使用这些模块, PLC 可把现场输入的模拟量经 A/D 转换后送 CPU 处理, 而 CPU 处理的数字结果, 经 D/A 转换成模拟量去控制被控设备。

4) 闭环过程控制

PLC 不仅可以对模拟量进行开环控制, 而且还可以进行闭环控制。通过 PID 控制单元或模块, 对控制过程中某一变量 (如速度、温度、电流、电压等) 进行 PID 控制。

5) 定时控制

PLC 为用户提供了若干个定时器。定时器的时间可以由用户在编写程序时设定, 也可

以用拨盘开关在外部设定，实现定时或延时控制。

6) 定位、计数控制

定位控制是 PLC 不可缺少的控制功能之一。PLC 提供了定位模块、脉冲输出模块等智能模块，以实现各种需求的定位控制。

PLC 具有计数控制的功能，它为用户提供了若干个计数器或高速计数模块。计数器的计数值可以由用户在编写程序时设定，也可以用拨盘开关在外部设定，实现计数控制。

7) 网络通信

现代 PLC 具有网络通信的功能，它既可以对远程 I/O 进行控制，又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与计算机之间的通信，从而构成“集中管理，分散控制”的分布式控制系统，实现工厂自动化。

PLC 通过 RS232C 接口可与各种具有 RS232C 接口的设备进行通信，例如个人电脑、打印机、条码读出器等；通过 RS422 接口，可与数据存取单元 (DU)、人机界面 (HMI) 相连；通过 RS485 通讯适配器和机能扩充板，可以计算机作为主站，PLC 作为就地控制站，形成一个 PLC 网络系统，进行集中监视管理，从而对整个生产线，乃至整个工厂实现监控。PLC 还可与其他智能控制设备（如变频器、数控装置）实现通信。PLC 与变频器组成联合控制系统，可提高交流电动机的自动化控制水平。

PLC 联网，通信能力很强，且不断有新的联网结构推出，关于 PLC 的网络控制技术，将在第 7 章中具体讲述。需要说明的是，联网、通信功能正适应了当今计算机集成制造系统 (CIMS) 及智能化工厂发展的需要，它可使工业控制从点 (Point) 到线 (Line) 再到面 (Aero)，使设备级的控制、生产线的控制、工厂管理层的控制连成一个整体，进而可创造更高的效益。

8) 数据处理

现代 PLC 具有数据处理的能力。它不仅能进行数字运算（包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算以及求反、循环、移位、浮点数运算等）和数据传送，而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示、打印以及数据通信等。

9) 自诊断

PLC 本身具有较强的自诊断功能，保证只在 CPU、RAM、I/O 总线等核心硬件都正常的情况下，执行用户控制程序。一旦 PLC 出现故障，立即给出出错信息，并采取相应的处理措施（如自动切换到后备状态或手动工作状态等）。

3. PLC 的特点

PLC 用于控制，稳定可靠，抗干扰能力强，使用方便。

1) PLC 与继电器控制系统相比所具有的特点

PLC 比继电器控制系统有如下优点。

(1) 通用性强，灵活性好，接线简单。继电器控制系统是针对各种控制要求专门设计的，只要控制系统改变，其接线就要跟着改动，因而其通用性差。另外，继电器触点数目有限，一般每只只有 4~8 对触点，因而继电器控制系统连线多而复杂，体积大，功能有限，其灵活性和扩展性都很差。

PLC 是针对普遍的工业环境而设计的，通过选配相应的控制模块便可适用于各种不同的工业控制系统。同时，由于 PLC 控制逻辑以程序方式存储在内存中，当生产工艺改变或生产设备更新时，不必改变 PLC 的硬件，只需改变程序，故称为“软接线”，其实际硬件连

线少,体积小,加之 PLC 中每只软继电器的触点数理论上无限制,因此,灵活性和扩展性都很好。另外,PLC 的接线十分方便,只需将输入信号的设备(如按钮、开关等)与 PLC 的输入端子相连,将接受控制的执行元件(如接触器、电磁阀等)与输出端子相连即可。

(2) 功能强,功能的扩展能力强。现代 PLC 具有强大的功能系统。第一,PLC 利用程序进行定时、计数、顺序、步进等控制,十分准确可靠;而用继电器控制时,需使用大量时间继电器、计数器、步进控制开关等,其准确性与可靠性无法与 PLC 相比。第二,PLC 还具有 A/D 和 D/A 转换、数据运算和处理、运动控制等功能,因此,它既可对开关量进行控制,又可以对模拟量进行控制。第三,PLC 具有通信联网功能,因此,它不仅可以控制单机、一条生产线,还可以控制一个机群、多条生产线,既可现场控制,也可远距离监控。

目前,PLC 产品已系列化、模块化、标准化,能方便灵活地扩展成大小不同、功能不同的控制系统。扩展后,如果控制程序发生变化,只要修改软件即可,从而增强了控制系统的柔性。

(3) 可靠性高,抗干扰能力强。为了确保 PLC 在恶劣的工业环境中能可靠地工作,在设计上强化了其抗干扰能力。

在硬件方面,采用了电磁屏蔽、滤波、光电隔离等一系列抗干扰措施。例如,输入输出电路都采用了光电隔离措施,做到电浮空,有效地隔离了 PLC 内部电路与输入、输出之间的电联系,从而避免了窜入的干扰信号引起的故障和误动作;供电系统和输入、输出线路除采用各种模拟滤波外,还加上数字滤波,以消除或抑制高频干扰;对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽。

在软件上,PLC 进行故障检测、进行信息保护及恢复、设置警戒时钟、加强对程序的检查和校验、对程序和动态数据进行后备保护等,进一步提高了可靠性和抗干扰能力。

一般 PLC 允许的工作环境温度上限为 60°C ,环境相对湿度为 $15\% \sim 85\%$ (无结露)。PLC 还具有抗振荡、抗噪音、抗射频等能力,因而可靠性极高。

而继电器逻辑控制系统连线多,使用了大量的机械触点,触点开、闭时会受到电弧的损坏,并有机机械磨损,寿命短,因此,可靠性和可维护性差。

(4) 定时准确,定时范围宽。PLC 内部提供了许多定时器和计数器元件,通过不同的赋值,可以实现任意范围内的时间定时,且定时准确。而继电器控制系统中的定时器是靠硬件设备来实现的,其定时范围和定时的准确性均受到很大的限制。

(5) 编程和接线可同步进行。用继电器控制完成一项控制工程,首先必须按工艺要求画出电气原理图,然后再画出继电器控制柜(屏)的布置和接线图等图纸,其设计、安装、装配、接线和试验等工作所需要的时间长,且以后要修改十分不便。而 PLC 控制系统,由于采用软件编程取代继电器硬接线实现控制功能,即使是一个非常复杂的控制,也很容易通过编程来实现,且能事先进行模拟调试,极大地减轻了繁重的现场安装接线工作。另外,由于 PLC 控制系统的硬件可按控制系统的性能、输入输出点数和内存容量的大小等来选配,使系统的设计、编程和现场接线可同时进行,因而极大地缩短了开发周期,提高了工作效率。

当然,与继电器控制系统相比,PLC 也存在一定的缺点。比如,对于简单控制系统,用 PLC 控制,其价格仍然偏贵。另外,使用中、高档 PLC,有关技术较复杂,要求使用者具有一定的计算机知识。

2) PLC 与微型计算机控制相比所具有的特点

PLC 比微机控制系统有如下优点。

(1) 应用范围不同。微机除了用在控制领域外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PLC 主要用于工业控制。

(2) 对使用环境的耐受力高。微机对环境要求较高,一般要在干扰小,满足一定的温度和湿度要求的机房内使用。而 PLC 适用于工程现场的环境。

(3) 编程语言简单,易掌握。PLC 最常用的语言是面向控制的梯形图语言。它采用了与实际电气原理图非常接近的图形编程方式,既继承了传统的继电器控制线路的清晰直观,又符合大多数工矿企业电气技术人员的读图习惯,不需要专门的计算机知识和语言,只需要具有一定的电工和工艺知识,即可在短时间内学会。此外,PLC 还可采用指令表、控制系统流程图或逻辑表达式等语言编程。

而在微机控制中,使用的是高级语言、汇编语言或机器语言进行编程,学习和掌握的时间长,工作量大,编制软件的周期长。用高级语言编程,其执行速度慢;汇编语言或机器语言编程,难度大,纠错难;当系统进行扩充或变更时,其软件的相应变更较难,并且需要离线变更,影响生产。

(4) 输入输出接口电路已备好,输出驱动能力强。PLC 是一种为适用工程控制环境而设计的专用计算机,其输入输出接口已备好,可与控制现场的用户设备直接相连。输入接口可与现场的各种开关和传感器相连;输出接口具有较强的驱动能力,其允许通过的电流最大可达 2A,可直接与继电器、接触器、电磁阀等连接,使用起来非常方便。

若用微机作为某一设备的控制器,还要根据实际情况,考虑抗干扰问题和输入输出硬件接口电路的设计。例如,个人计算机虽然有很强的数据处理能力,但它抗干扰能力很弱,一般不适合用于工程现场,若用于控制,还需要附加专用的 I/O 接口电路,而且用户还必须完成大量的硬件设计和制作工作,才能与控制现场连接起来,维护和调试都不方便。

(5) 对电源的要求不高,允许电压波动的范围较宽。PLC 对供电电源的要求不很高,一般情况下,允许电压正负波动 15%,频率波动范围为 47~63Hz;而计算机对供电电源的要求比较严格,一般要求使用交流稳压电源或直流稳压电源,且要求电源电压波动范围在 $\pm 5\%$ 以内,频率要求为 (50 ± 0.2) Hz。

需要指出的是,随着 PLC 功能的不断增强,越来越多地采用计算技术,同时,计算机也为了适用用户的需要,向提高可靠性、耐用性与便于维护等方面发展,PLC 与计算机两者相互渗透,差异越来越少,两者之间的界限也越来越模糊,今后 PLC 与计算机将继续共存。在一个控制系统中,使 PLC 的作用集中在功能控制上,使计算机的作用集中在信息处理上,两者相辅相成。

3) PLC 与单片机比较所具有的特点

单片机具有结构简单、使用方便、价格比较便宜等特点,一般用于数字采集和工业控制。但由于它不是专门针对工业现场设备的自动化控制而设计的,因此与 PLC 相比有以下缺点:

(1) 单片机不如 PLC 容易掌握。单片机一般要用机器指令或其助记符编程,这就要求设计人员具有一定的计算机硬件和软件知识,对于只熟悉机电控制的技术人员来说,需要相当一段时间的学习才能掌握。而 PLC 提供给用户使用的仍然是“继电器”一类的用语,大部分指令与继电器触点的串联、并联、串并联等相对应,使用者只需用较短的时间去熟悉 PLC 的指令系统及操作方法,就能应用到工程现场。

(2) 不如 PLC 使用简单。同微型计算机一样,若将单片机用于工业控制,一般要在输

入输出接口上做大量的工作,例如要考虑现场设备与主机的连接、接口的扩展、输入输出信号的处理、接口工作方式等问题;而 PLC 的 I/O 口已做好,可直接连接。

(3) 不如 PLC 可靠。用单片机进行工业控制,突出问题就是抗干扰性能差。而 PLC 是专门应用于工程现场设备的自动控制装置,在系统硬件和软件上都采取了抗干扰措施。

4. PLC 的主要应用领域

PLC 是一种很有特色和发展前途的新型工业控制装置,目前,在各行各业中得到了非常广泛的应用。例如在电力工业中,用于电厂输煤系统、锅炉燃烧系统、汽轮机和锅炉的启动及停车系统、废水处理系统、发电机和变压器监控系统等;在冶金工业中,用于轧钢机运行、高炉冶炼、配料、钢板卷取、包装、进出料场的控制等;在机械工业中,用于数控机床、机器人、自动仓库、电镀生产线、热处理的控制等;在汽车工业中,用于自动焊接控制,装配生产线、喷漆流水线控制等;在食品工业中,用于制罐机控制、饮料灌装生产线控制、产品包装控制等;在化学工业中,用于化学反应槽控制、橡胶硫化机控制、自动配料控制等;在公共事业中,用于电梯控制、大楼防灾系统控制、城市交通灯控制等。如果按应用类型划分,PLC 的应用可分为以下几种:

(1) 开关逻辑和顺序控制。这是 PLC 最基本的控制功能,在工业场合应用最广泛,可代替继电器控制系统。它既可用于单机控制,又可用于多机群控制及自动化生产线的控制。

(2) 过程控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,可对温度、流量等连续变化的模拟量进行控制。大中型 PLC 都具有 PID 闭环控制功能,并已广泛用于电力、化工、机械、冶金等行业。

(3) 运动控制。PLC 可应用于对直线运动或圆周运动的控制,如数控机床、机器人、金属加工、电梯控制等。

(4) 多级控制网络系统。PLC 与 PLC 之间、PLC 与计算机之间及与其他智能控制设备之间可以联网通信,实现远程数据处理和信息共享,从而构成工厂 CIMS/CIPS 系统。

1.1.2 未采用 PLC 的系统

为说明 PLC 控制系统相对继电器控制系统的优点,现在以某卧式镗床的控制系统为例进行说明。

图 1.1.2 是某卧式镗床的未采用 PLC 的继电器控制电路图(图中省去了主电路)。

镗床主要完成钻孔、镗孔、铰孔及加工端平面等工作,主要用于加工孔的形状、位置精度要求较高的零件。它由床身、前立柱、镗头架、工作台、后立柱和尾座等部分组成。根据工艺需要,其控制要求有以下几点:

(1) 为适应多种加工工艺要求,主轴旋转和进给都应有较大的调速范围。

(2) 主运动和进给运动采用同一台电动机拖动,由于进给运动方向有多个,所以要求主电动机能正、反转,并可调速,各方向的进给动作应有联锁保护。

(3) 为适应调整的需要,要求主拖动电动机能正、反点动,并且有准确的制动。

图 1.1.2 中,镗床的主轴电动机是双速异步电动机,中间继电器 K1 和 K2 控制主轴电动机的起动和停止,接触器 KM1 和 KM2 控制主轴电机的正反转,接触器 KM4 和 KM5 与时间继电器 KT 配合,控制主轴电机的变速,接触器 KM3 用来短接串连在定子回路中的制动电阻,4SQ、5SQ 和 3SQ、6SQ 是变速操纵盘上的限位开关,1SQ 和 2SQ 是主轴进刀与工作台移动互锁限位开关。按下各按钮,相应的控制回路接通,回路中的接触器(或继电器)

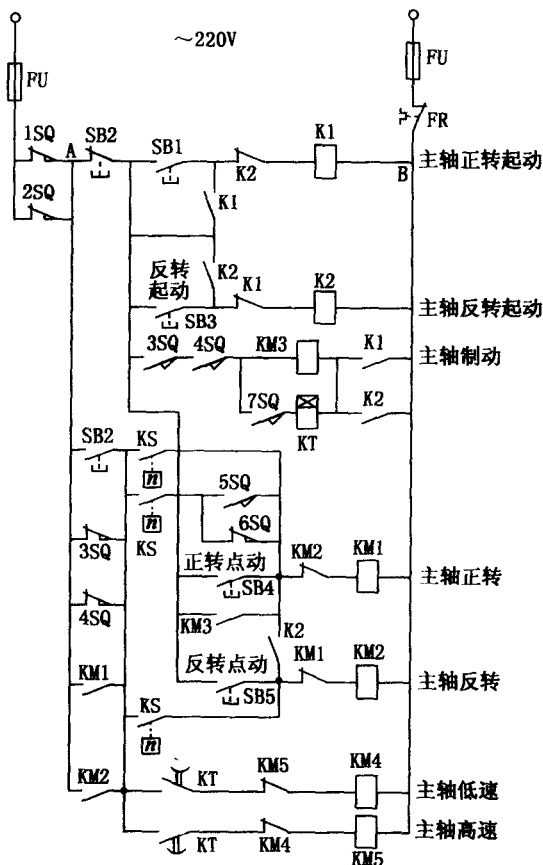


图 1.1.2 卧式镗床继电器控制系统

线圈得电，从而使镗床相应工位动作。可以看出这个系统接线相当复杂。

1.1.3 采用 PLC 的系统

图 1.1.3 和图 1.1.4 是采用 PLC 的镗床电气控制系统（部分）的外部接线图和程序梯形图。其控制功能与图 1.1.2 相同。

图 1.1.3 中，各操作元件与检测元件与图 1.1.2 相同，如起停按钮、限位开关等，这些元件的操作状态（接通或断开）作为 PLC 的输入信号；PLC 的输出控制元件为主轴正反控制接触器 KM1、KM2，高低速控制接触器 KM4、KM5 以及制动控制接触器 KM3，继电器控制线路中的中间继电器 K1、K2，时间继电器 KT，在 PLC 控制系统中则全部省去了，这样使 PLC 外部接线变得十分简单，同时，控制系统也可节省大量元器件。

梯形图是一种软件，是 PLC 图形化的程序。在继电器控制电路中，各继电器可以同时动作（称为并行工作），而 PLC 是串行工作的，即 PLC 的 CPU 同时只能处理一条指令。在设计梯形图时，线圈放在最右边，如与图 1.1.2 中 K1、K2 对应的辅助继电器 M0、M1 的常开触点并联电路放在 KM3 对应的 Y4 的线圈的左边。此外，图 1.1.2 中 KM1 和 KM2 等 4 个线圈均受 SB2、3SQ、4SQ、KM1 和 KM2 的触点并联电路的控制，在梯形图中为了简化电路，设置了受上述并联电路控制的辅助继电器 M2，其作用类似于继电器电路中的中间

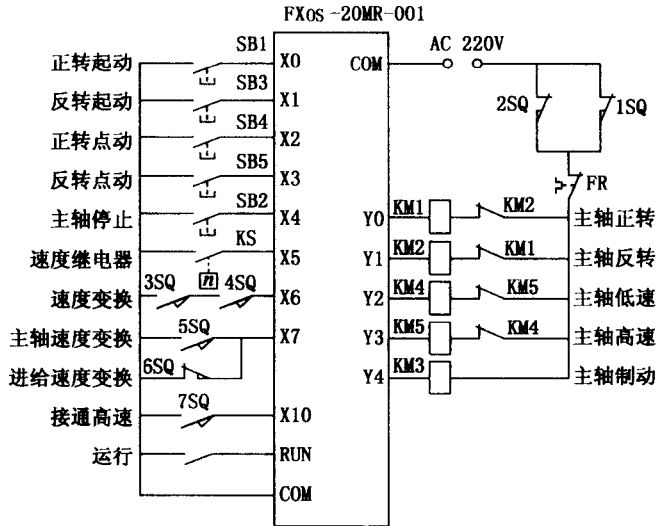


图 1.1.3 卧式镗床 PLC 控制系统外部接线图

继电器。

PLC 的价格与 I/O 点数有关，目前一个 I/O 点的平均价格在 100 元左右，而 PLC 的每一个输入信号和输出信号通常分别要占用一个输入点和一个输出点，因此，减少输入信号和输出信号的个数是降低硬件费用的主要措施。

继电器控制系统中的中间继电器、时间继电器和计数器的功能，可以用梯形图中的辅助继电器、定时器和计数器来实现，它们与 PLC 的输入/输出信号无关。

与继电器控制系统不同，PLC 控制系统一般只需要同一输入器件的一个触点提供输入信号，在梯形图中，可以多次使用这个“触点”。

在图 1.1.2 中，有 3SQ 和 4SQ 的常开触点的一个串联电路，还有它们的常闭触点的一个并联电路，由逻辑代数可知

$$\overline{3SQ \cdot 4SQ} = \overline{3SQ} + \overline{4SQ}$$

上式表明，把 3SQ 和 4SQ 的常开触点的串联电路对应的“与”逻辑表达式 (3SQ · 4SQ) 取反，即为它们的常闭触点的并联电路对应的逻辑表达式。

在 PLC 的外部接线图中，将 3SQ 和 4SQ 的常开触点串联，接在 PLC 的 X6 端子上。在梯形图中，X6 的常开触点与继电器电路图中 3SQ 和 4SQ 常开触点的串联电路相对应，X6 的常闭触点与 3SQ 和 4SQ 常闭触点并联电路相对应。

在图 1.1.4 中，为了防止控制正反转的两个接触器（如 KM1 与 KM2）同时动作，造成

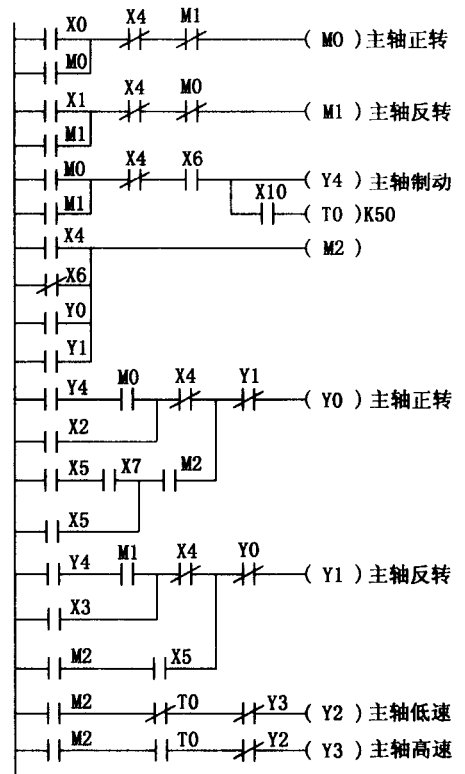


图 1.1.4 卧式镗床 PLC 控制系统程序梯形图