



可编程序控制器的系统设计与应用实例

可编程序控制器 的系统设计与 应用实例

皮壮行 宫振鸣 李雪华 等编著

TP332.3
24

出版社

 机械工业出版社
China Machine Press

可编程序控制器的系统设计 与应用实例

皮壮行 宫振鸣 李雪华 等编著



机械工业出版社

本书通过如何选型、配置硬件和软件、组织生产控制网络和计算机监视网络, 以及考虑到技术革新改造等因素, 来介绍可编程控制器系统的设计、软件的编程思维、现场安装调试和生产运行与维护, 并给工程技术应用人员一些建议, 使得可编程控制器系统尽快地实现预期的效果。书中介绍了许多工程应用集锦, 推荐了成功的经验和分析了失败的教训。本书将引导工程设计人员和大专院校师生更有效地应用可编程控制器, 并掌握其在工程应用中的技巧。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器的系统设计与应用实例/皮壮行等编著. —北京: 机械工业出版社, 2000.10

ISBN 7-111-01996-2

I. 可… II. 皮… III. 可编程控制器—基本知识 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 66710 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吉 玲 版式设计: 冉晓华 责任校对: 樊钟英

封面设计: 姚 毅 责任印制: 郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·13.25 印张·321 千字

0 001—5 000 册

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

可编程序控制器是以微处理器技术和电子技术、先进可靠的工艺为基础，综合了计算机、网络通信、自动化控制理论，结合工业生产的特定环境而发展起来的，用于生产过程及其自动化操作的工业装备。它的结构简明，组成生产控制系统方式灵活而严密，性能优越，研制和装配成为生产系统的过程可以做到十分快捷。它适宜在成批量、长时间的连续化生产作业中使用；亦可用于对人对环境有害或有毒或难于承受的恶劣条件；用于保证产品优质高产的稳定运行等智能化和专业化控制的规模生产过程。可编程序控制器系统自身的发展和它在广大工农业生产领域的普及与应用，必将为人类社会进步、国民经济发展带来美好的前景。

本书是站在生产过程控制的总体概念上，回顾可编程序控制器的发展，评说当今它的应用现状和预计它的未来；是以可编程序控制器总体的设计拓扑结构来分析控制作用范围、工艺生产流程，从而配置成为系统，进行软件组态编程，选择人机命令。采用计算机、通信技术，为自动化操作规划工作方式，使人们了解介绍多种设计方案的研制与应用。结合国内外主要的可编程序控制器供应厂商现状，推荐与分析怎样做才能够组成一个完整的控制系统，介绍成熟的选用设备经验，从设计文件和实际施工要求介绍供电接地、敷设电缆、工程安装、自动化操作的外围设备配置、特殊环境的功能设备选择、采用计算机及其网络技术、软件技术以支持整个系统的硬件与软件的开发的方法。介绍可编程序控制器在组成一个系统时怎样去分散风险，防范风险，抵御和克服故障，发现和消除故障，正确地维护系统长期安全运行的原则、规划和实际经验。本书在大量收集和筛选工程应用的基础上，作为可编程序控制器的应用集锦，推荐给读者一些成功实例，并且介绍一些失败的教训，其中将介绍钢铁行业、化工制药行业、铁路交通、矿山码头露天现场、机械和汽车生产线、玻璃、机床自动化操作生产线、粮食的储藏与转运、环境工程、航空航天辅助工程的许多实例。

本书并不是一般地翻译或者叙述某种可编程序控制器的产品，而是力图描述控制思维的全过程。例如，为什么要用可编程序控制器组成生产过程控制系统；一个生产建设项目由立项开始，怎样合理地规划，在什么环节上需要通过配置它更好地发挥生产装备和工艺流程操作的优势；在设计和施工过程中怎样做，以保证它的投入生产可以力求一次成功和花费的时间最短；评述它的选型是否有助于经济和社会效益，而不是陷入追求新、洋、全的误区。本书推荐的是可编程序控制器组成系统的全过程，以硬件设计为例，从系统方案设计为主线，讲述机型优选；网络及扩展；多机、多种型号产品共同使用；逻辑控制与数值控制的“独立控制联合运行”方式；冗余配置、防范风险、分散风险等。可编程序控制器子系统配置应深入控制现场，作为策略性的设计方法；对刚性控制、柔性控制、逻辑顺序控制、数值监视控制、模糊控制等，应以唯物的和辩证的角度来分析其控制方案的可行性与优越性。软件设计部分讲述“平铺直述”，简明清晰，逻辑关系单纯而唯一，这样一些办法首先保证用户软件可行，然后再求优化。这是用好可编程序控制器系统的因素之一。采用优良的工艺、科学文明施工安装、精心调试、培养有良好素质的操作人员，是用好维护好可编程序控制器系统及

其控制的生产装备的必要条件。本书为此提供了大量资料、方案、图样及丰富的工程实例给读者参考。

本书编写过程中得到北京奥特曼科技有限责任公司金广业先生和李景学先生的大力支持，为本书收集了可编程序控制器技术资料与筛选优秀的应用实例。北京市市政工程设计研究总院赵捷工程师、北京多家可编程序控制器系统厂商为本书推荐过许多资料与工程经验，机械工业出版社亦为本书推荐一些优秀的实例。在此，对他们表示感谢！

本书中大量的图样均为中国航天工业集团三院云航（天津）国际贸易有限公司为之细心绘制。原稿由天津第一百中学韩丽萍女士与对外经济贸易大学的张贵琴女士协助录入计算机，云航（天津）国际贸易有限公司的于飞女士、章震先生协助清样和打印，及公司许多年轻人帮助校对，使得本书仅用四个多月时间，就能够形成初稿。在此特地对他们致谢！

皮壮行
2000年3月

目 录

前言

控制简述 57

第 1 章 可编程序控制器的应用概况 1

- 1.1 可编程序控制器的现状与发展 1
- 1.2 使用可编程序控制器的基本方式、控制范围和局域划分 2
- 1.3 可编程序控制器控制生产过程中的应用 4
- 1.4 小结 11

第 2 章 可编程序控制器的选择、优化与实例 12

- 2.1 简述可编程序控制器主要机型 12
 - 2.1.1 西门子系列 12
 - 2.1.2 AB 公司系列 27
 - 2.1.3 MODICON 和 QUANTUM 系列 35
 - 2.1.4 GE Fanuc 系列 39
 - 2.1.5 OMRON 系列 44
- 2.2 可编程序控制器组成系统时的局域划分 46
- 2.3 生产过程控制系统组成的理论与实践 49
 - 2.3.1 在正常情况下使用标准参数 50
 - 2.3.2 分散控制、控制级深入到现场, 是使用可编程序控制器的发展方向之一 53
 - 2.3.3 多机网络独立控制框架式联合运行 53
 - 2.3.4 冗余设计和防范风险的设计 55
 - 2.3.5 优化设计 56
 - 2.3.6 顺序逻辑控制、过程控制和模糊

第 3 章 可编程序控制器在方案设计、控用维护等环节中的实践 62

- 3.1 系统硬件配置与选择的依据 62
 - 3.1.1 中央处理器及其存储能力 62
 - 3.1.2 系统的 I/O 点数 63
 - 3.1.3 指令系统 64
 - 3.1.4 数字量输入模板选用的细节 65
 - 3.1.5 数字量输出模板选用的细节 67
 - 3.1.6 模拟量输入模板选用的细节 69
 - 3.1.7 模拟量输出模板 70
 - 3.1.8 高速计数模板 71
 - 3.1.9 PID 闭环控制模板 72
 - 3.1.10 各具特色的特殊功能模板 73
 - 3.1.11 通信处理模板 73
 - 3.1.12 插入式的个人计算机在成熟的系统中的应用 75
 - 3.1.13 在组成可编程序控制器的网络时选用网络设备与产品的常识 76
 - 3.1.14 在组成可编程序控制器时选用网络互联标准 79
 - 3.1.15 在组成可编程序控制器时选用和连接智能设备 79
- 3.2 如何编写可编程序控制器系统硬件设计文件及其实现 80
 - 3.2.1 精确统计 I/O 信号列表和电机功率表 80
 - 3.2.2 生成可编程序控制器系统基本硬件配置拓扑图 80
 - 3.2.3 系统的供电和接地 81
- 3.3 为可编程序控制器控制系统配置人机命令及画面操作 103

3.3.1 中央控制室主控制台	103	与诊断	144
3.3.2 分控制操作台配置和布置	104	4.3.1 可编程序控制器的自诊断功能的 应用	145
3.3.3 本地操作盒	104	4.3.2 利用可编程序控制器系统功能 进行诊断测试	146
3.3.4 为可编程序控制器系统配置画面 监视和控制	104	4.4 可编程序控制器硬件主要部件的 故障发现与维护	146
3.3.5 可编程序控制器实时监控画面 简述	109	4.4.1 24V 直流数字输入模板上故障	147
3.4 可编程序控制器系统的 编程软件	109	4.4.2 220V 交流数字量输入模板上故障	148
3.4.1 选择编程软件	117	4.4.3 24V 直流数字量输出模板上故障	148
3.4.2 选择编程支持手段	117	4.4.4 220V 交流数字量输出模板上故障	149
3.4.3 依据可编程序控制器的 I/O 分配、接口地址来划分中间变 量的使用区	117	4.4.5 继电器输出模板	150
3.4.4 画出用户软件用粗框图	117	4.4.6 其余模板的故障分析	151
3.4.5 建立操作控制联锁关系与细框图	118	4.5 系统设计时怎样分析和分解故障、 防范风险	151
3.4.6 书写与键入用户软件及 下载试用	118	4.5.1 一个系统中使用的成熟技术至少 应占到 75% 以上	151
3.4.7 软件的模拟调试	129	4.5.2 系统的硬件结构和网络要简明而 清晰	151
3.4.8 软件的现场预调试	134	4.5.3 控制系统的功能和管理系统的 功能应严格划分界限	151
3.4.9 系统空载调试	134	4.5.4 可编程序控制器程序 要简明面可谈	152
3.4.10 软件在调试过程中的修改与完善	134	4.5.5 可编程序控制器系统在硬件和 软件上预置有运行检测的关键 监视条件	152
3.4.11 系统试运行的完善	134	4.5.6 设计中、大型可编程序控制器 系统时, 它的硬件和软件资源 不要占用耗尽	153
3.5 可编程序控制器 (PLC) 和集散 系统 (DCS)	134	4.5.7 合理地配置可编程序控制器的 冗余	153
3.5.1 控制功能的划分	135	4.6 在实践中积累和总结排除故障的 经验	153
3.5.2 DCS 对 PLC 的发展吸引力	135	4.6.1 正确的故障定位	153
第 4 章 可编程序控制器系统的可 靠性、故障分析、故障处 理及设备维护的常识	137	4.6.2 分析和纠正错误	154
4.1 可编程序控制器正常运行的 条件	137	第 5 章 可编程序控制器 应用集锦	156
4.2 可编程序控制器系统的可靠性	138	5.1 矿山、码头、露天现场的应用	156
4.2.1 定义与概念	138	5.1.1 秦皇岛煤码头三期工程的 控制系统	156
4.2.2 系统可靠度的计算	139	5.1.2 可编程序控制系统的结构	157
4.2.3 可编程序控制器组成的系统故障 特性	140	5.2 钢铁行业应用实例	161
4.2.4 可编程序控制器系统的故障分布	141		
4.2.5 重视工艺和生产安全规程	143		
4.3 可编程序控制器系统故障的发现			

5.2.1 在高速线材轧制生产过程中的 自动化系统应用	161
5.2.2 大型板坯连铸机的控制	163
5.3 可编程序控制器在大型机械上的 应用实例	166
5.4 热备系统在化工连锁控制系统中 的应用	168
5.4.1 ESD系统的设计原则	168
5.4.2 系统配置	170
5.4.3 系统工作原理	170
5.5 多机系统在汽车发动机生产线 上的应用	172
5.5.1 工艺过程	173
5.5.2 控制系统方案	173
5.5.3 功能分配	173
5.5.4 顺序器指令 SQI、SQO 的应用	174
5.6 单机系统及本地操作站在沸腾炉 控制系统中的应用	175
5.6.1 工艺特点	175
5.6.2 系统配置	176
5.6.3 PID 回路控制的实现方法	177
5.6.4 电机起停控制	179

5.7 电力监控模块在 3.5kV 变电站中的 应用	179
5.7.1 方案制定和实施	180
5.7.2 基本工作原理	181
5.7.3 系统特点	181
5.8 可编程序控制器在散粮码头 工程中的应用	182
5.8.1 某散粮码头控制系统的 设计与特点	182
5.8.2 秦皇岛港务局五公司散粮码头 出口线工程的设计特点	184
5.9 在环境保护、水处理工程、住宅 小区环境工程中使用可编程序 控制器的前途	188
5.9.1 污水处理的新概念	188
5.9.2 推荐一种污水处理设计方法	189
5.10 可编程序控制器控制系统与 变频调速系统的连接	190
5.11 可编程序控制器在航空航天 辅助工程中的作用	193

附录 可编程序控制器的制造厂/ 型号和主要技术特性表	199
-------------------------------------	-----

第 1 章 可编程序控制器的应用概况

1.1 可编程序控制器的现状与发展

工业生产过程的自动化,是计算机应用的一个极为广泛的领域。应用计算机与电子技术实现生产过程控制与自动化操作的目的十分明确,即确实保护劳动者人身安全,克服人的体能不足和远离有害的劳动环境,实现生产工艺安全操作,成批量制造出高质量的产品,极大地提高生产效率。近几十年来,在这个领域中取得的成就,再一次令人信服地承认“科学技术是第一生产力”的真理。

在 20 世纪计算机问世后的一段时间里,计算技术思维逻辑的发展,长期是在“0”与“1”两种状态与反复组合的推理思维方式中发展的。当电子技术集成芯片产生出第三态,即高阻态之后,这才使技术的发展实现了一次飞跃。伴随着高速集成芯片的发展、计算机中央处理器和外围设备功能的完善、以字为单位的处理能力的提高,大约经历了 20~30 年的努力,早期中央处理器与外部的信息交换,每次以 8 位为一字节的形式成为基础。各种设备和集成功能芯片大约是以 1 位或 4 位开始,随后发展到 8 位,其本质是 8 位单独信息交换技术。大约在其后的二十几年中,一直到目前许多实用设备,依然是以这种形式为基础。进入 90 年代,由于磁存储与电子记忆集成技术的成熟,通信技术发生飞跃变化,形成以 8 位或 16 位为单位,并且是形成大批量的信息传输技术,这使得依赖简单“0”与“1”的思维,产生了由量变到质变的飞跃。中央处理器具有了大批量高速度处理能力。计算机的硬件和软件变化,开始使原来传统的大型计算机,与中型计算机和小型、微型计算机的功能的区别,发生了动摇。微小型的中央处理器,以其功能齐全完善和价格低廉的优势,冲击世界。计算机的硬、软件变化,使得计算技术的思维逻辑随之变化,在工业生产过程控制及其自动化领域中,使用的计算技术和电子技术,已发生了一次又一次的飞跃。可编程序控制器正是伴随着这种变化,日渐成熟和不断开拓获得新的发展途径。

可编程序控制器之所以成功,在于它将编程面向生产过程、面向工程技术人员。编程语言易学易懂,是适用于工程、工艺人员使用的图形语言。发展到目前形成三大流派,一是梯形逻辑 LAD (Ladder),二是连续功能图 (Continuous Function Chart CFC),三是语句表语言 (Statement List - STL),这些语言可以用于顺序控制的梯级逻辑、软结点、软触发器与计时/计数器组合,代表相应物理部件;实现控制;可以按照工艺流程,从描述采样、数值计算、比较、滤波到输出,画出类似于控制过程的方框图,对控制进行跟踪操作;也可以类似于汇编语言一样写出语句表。这些众多的语言,既满足了不同控制操作的工程人员需求,又直观好学。这样,使可编程序控制器很快在工业生产过程控制中被普及应用。可编程序控制器得以飞快发展的另一个关键因素是网络技术与大容量高速度信息交换技术转变为工业化产品,使得网络布置、软件与人机对话画面,发生了本质的变化。

计算机应用于工业生产过程控制,纵观它的发展历史,其中一个发展方向是可编程序控制器,另一个发展方向为集散系统。集散系统是顺应和延续了回路调节,是在 DDZ 调节仪

表基础上发展起来的计算机应用技术。在早期,可编程序控制器和集散系统的区别在于软件发展的侧重方向,使用方法和图形形状等不同,从计算技术和电子技术本身来讲并没有本质的区别。

可编程序控制器和集散系统的主机本身都是计算机,但它又明确地区别于一般的计算机。最关键的区别是,它们都是利用计算技术和电子技术、通信技术和精良的工艺,综合制造出来的工业装置设备。

可编程序控制器(Programmable Controller—PC),早期称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller—PLC)。当微型个人计算机(Personal Computer)用PC为简称之后,在学术上和商业上将可编程序控制器习称为PLC。同时集散系统一般称为数字控制系统(Digital Controller System—DCS)。用介于两大体系之间、商品化的微型单板机组成价格较为低廉的系统,称为工业控制机(Industrial Control Computer—IPC),例如,市场上经常见到的研华工控,STD总线单板机等。再有当今发展十分迅速的单片机系统(Single Chip Microcomputer),作者建议改称为微控制器,(Microcomputer Unit—MCU),它使用在独立的单件机构中,如家用电器、电机伺服、变频调速、调压调节等机电产品,用途十分广泛,前途广阔。

到了70年代,计算机的中央处理器功能大大提高,品种系列日渐统一,除了增强其逻辑运算功能之外,数据传输、网络通信飞速发展,使得控制区域扩大。从对单独机器的控制到大型生产线,一个工厂或一个大范围的生产操作区域,都可以由计算机全部控制起来。可编程序控制器成熟地进入了实用化阶段。从那以后,国际市场上有许多厂商提供大量的各种型号的产品。计算机转化为可编程序控制器,成为了生产装置,在概念上有如下的特点:它能改善生产制品的质量,做到长期连续化操作时没有残次品;使用在生产条件恶劣、有毒有害或人们体力达不到的环境中,硬件和软件配合灵活;有面向生产过程的编程语言,适合工程技术人员直接使用。可编程序控制器正是符合这三条特殊要求,在生产过程控制领域,才打开一条具有广阔发展前途的路径。本书将重点介绍可编程序控制器是怎样设计和组成的,不再单独地介绍它的某一种产品。

1.2 使用可编程序控制器的基本方式、控制范围和局域划分

计算机是以人们把数字计算分解为原始的“0”与“1”两种状态之后,再把复杂的计算转换到组合的二进制计算而发展起来的。在工业生产中使用计算机,始终要把握这样的原则,即将生产工艺操作还原到最初始布线逻辑思维上去。本书内容是建立在读者对一个或一些具体型号的计算机、可编程序控制器或者单片机为主的微控制器已经有所了解,或者已是工程设计者的基础上。当读者着手设计配置或调试使用可编程序器控制系统时,第一个提出的问题,就是怎样组织一个控制系统。

设计一个带有可编程序控制器为核心的生产过程控制系统,应该在机械装备初步被确认、工艺流程有了大体设计安排之后,首先要优选机型组成控制系统。在下一章,本书将对建议优选的机型,从各个详细环节,按照工程实例加以介绍。一般来讲,可以选用的机型在质量上是有保障的,功能上是可以满足要求的。此时,设计者要对受控对象和设计、工艺文件,进行下列的评估:

- 1) 控制现场地域范围占多大面积。机械动力、供配电及其接地网的布局,控制系配线

大致有多远的距离。

2) 控制对象在接收控制命令时的响应时间或速度大致是在什么数量级的范围。例如目前常用的 500ms、200ms 或者仅有十几个毫秒。当考虑人机命令执行所需要的时间、故障发生后操作或机械设备运行的联锁时间,需要多长的时间范围内才能保证生产安全、工艺可行,这些严格地说应为实时响应时间。人们称使用个人计算机时,当一个人机命令在计算机操作过程中发出后,可以允许等待几秒,几十秒,甚至更长的时间,不会损坏任何设备叫作离线。例如在计算机上进行一次科学计算,程序运行进入了无限制的循环嵌套,长时间查寻等待或者输入输出,在这种情形下,允许停机,允许再等待,也允许重新编制程序再做实验,充其量不过是浪费了时间和电能,而无人身与设备损坏的危险。但是生产过程中使用的计算机控制判断或数值计算进入了无限制的循环,甚至哪怕是运算时间稍微过长或中断等待时间过长,都可能使生产现场受到不可估计的破坏。设计者一定要熟知不同的现场、机械运行速度、调节精度、事件或者故障发生时对应的控制操作的响应时间,或者那些可能有的更为苛刻的要求。

从微观上讲是对控制过程的时间要求,从宏观上讲则是对控制理论的考虑,从学术上讲称为对控制过程建立数学模型。但是,对大多数实际工作者,不会上升到如此深刻的理论问题。本书要讨论使用可编程序控制器组成控制系统时,如何以一种通俗的、感性常识下即可以接受的方式,讨论这些宏观设计。尤其要注意到东方人抽象思维能力较强的特点,倡导一种抽象思维,就是说在设计一个可编程序控制器系统时,在小的总体规划布局条件下,把受控对象,人机操作命令如同做战略性的规划一般进行统一考虑。本书以下所谈到的则是战略性的考虑。

3) 有多少受控对象可称为数字量的输入,例如机械的状态、开关;它们输入时使用的电平等级是 DC24V、DC48V 或 AC110V、AC220V 等,或是 AC380V 动力电源的操作与能源输送。

4) 执行机构使用多少数字量输出的点数。例如直流还是交流输出,电压等级是 DC24V、DC48V 或者 AC110V、AC220V 等,或者直接使用 AC380V 动力电源。对于一般电器场合,日前推荐使用在无防火防爆等特殊条件的现场时,输入与输出直接使用工频电。但是在要求严格的防火防爆场地,一般受控对象的执行机构常常采用液压/气压传动,而中间阀门常常使用 DC24V 或 DC48V 直流安全电压。

5) 有多少物理量需要转换为模拟量输入,有多少受控对象,例如调节阀门等要用模拟量输出;例如电子计量秤、连续料位计、压力计或者流量计等设备,也要使用模拟量信号。

6) 有哪些特殊功能,例如对电压、电流、功率输出量进行控制调节的设备;各种变频器、伺服电机、步进电机、行走距离、位置或转矩连续变化的编码器或脉冲计数器等专用设备或专用仪表,在一定的环境下使用是有一些困难的,人们不但要有可编程序控制器专用模板的使用知识,还要有许多专用仪器仪表的使用常识,才能配好这个系统。

完成上述 6 条设计估算之后,就可以设计称为单元控制的小系统。它由一台具有中央处理器,一个或几个扩展 I/O 机架为核心的系统组成,如图 1-1 所示。

中央处理器一般放置在中央控制室的机架内。可编程序控制器的中央处理器芯片,比市场上销售的个人计算机中央处理芯片,一般大约落后一两个档次。例如,本书编写时,个人计算机芯片已经采用十分流行的奔腾(Pentium)芯片,主频已经达到 233~300MHz 或以上。但是市场上可编程序控制器的中央处理器的成熟产品较好的是 Intel 80286 或者 MC68020 这类型号的 16 位芯片。当然此时已经有了使用 Intel 80486 这样类型 32 位的中央

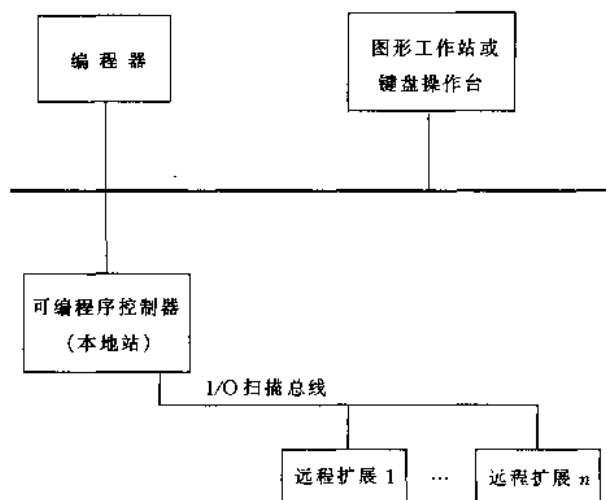


图 1-1 小系统框图

处理器芯片生产的可编程序控制器产品，例如小型的 QUANTUM 或 SLC-5 产品。但是，可编程序控制器既然作为一种装置，要使用到生产环节中去，从产品在市场出售到应用于实践，再反馈回来应用的效果，经受实践的考验需要很长的时间。有时在开发新产品时会遇到不可估计的困难或风险。所以本书推荐读者在选择可编程序控制器，尤其是它的中央处理器时，希望不要追求新潮，而首先重点考虑按图 1-1 的框图设计的可行性、安全性。虽然作者同样是怀有极大的渴望心情去追求探索与革新的；但是设计一个工业生产控制系统更重要的是追求每一次投入，从而取得真正的成功，而不是一次全面地摸索或者实验。这时的探索者应当在有绝对成功把握的设计基础上，去追求探索与革新。这本身是矛盾的，但又是对立的统一。作者希望读者有同样的认识，然后再继续阅读本书中各种实例，可能会有更多体会。

1.3 可编程序控制器控制生产过程中的应用

图 1-1 所示的小系统，是由一个单独的中央处理器组成的系统，它仅仅是一个雏形。它也可以作为一个控制范围很小的单元控制器，受控设备常常是一台设备或者少数几台设备集中在它的周围。在这种情况下，中央处理器和输入输出设备的接口，基本上集中在一个机架或十分邻近的几个机架中，少量几个扩展机架是通过底板总线等方式扩展的，充其量大约扩展出几米的距离。输入与输出信号的点数，数量有限，输入与输出端口到现场采用电源线，信号线连接到设备上，距离不宜太远，一般希望不要超过 100~300m 的范围。电平可以直接采用工频交流电源，对现场环境干扰很小。这种雏形实际上就是一个允许使用在一个局部生产线，一台机床，一个小车间，一台挖掘机或者装卸机械设备的控制系统。这样的系统，在后而，将被称为设备级系统。

与小系统呈鲜明对照的是大系统。其中有一种情况的生产现场是这样的，生产设备布置在大范围的现场，例如大型的料场、矿山、转运站、煤炭、粮食、化肥、水泥或其他散装物料的码头、仓库等等。它们可能虽然布置十分分散，机械驱动功率很大，传输距离很远，检测仪表很多，安全操作有严格的联锁，起动或者停止的中间缓冲时间很长，而且在空旷的现场运行着的设备经常无人监视，但是又要连续安全生产，在发生故障时又必须及时而准确地

被人发现，这时就又向人们提出了一个如何布置与设计可编程序控制器的问题，这正是应用可编程序控制器的一个典型问题。

采用图 1-1 方式，配置一个大型可编程序控制器，中央处理器和 I/O 扩展机箱全部集中在中央控制室，输入与输出端口到现场全部采用导线或电缆连接，即采用集中控制。它虽然是可行的，但造价十分昂贵，生产过程控制系统恰恰是在这种情况下，使用得最多的，即生产现场区域不太大，设备动力操纵比较分散，虽然设备本身运行速度不是很高，但却有严格的安全连锁。解决问题的方法可以用延长 I/O 扫描总线的方式，也可以采用几个中央处理器联网的方式。这就是图 1-2 给出的可编程序控制器传统的三级网络方式。

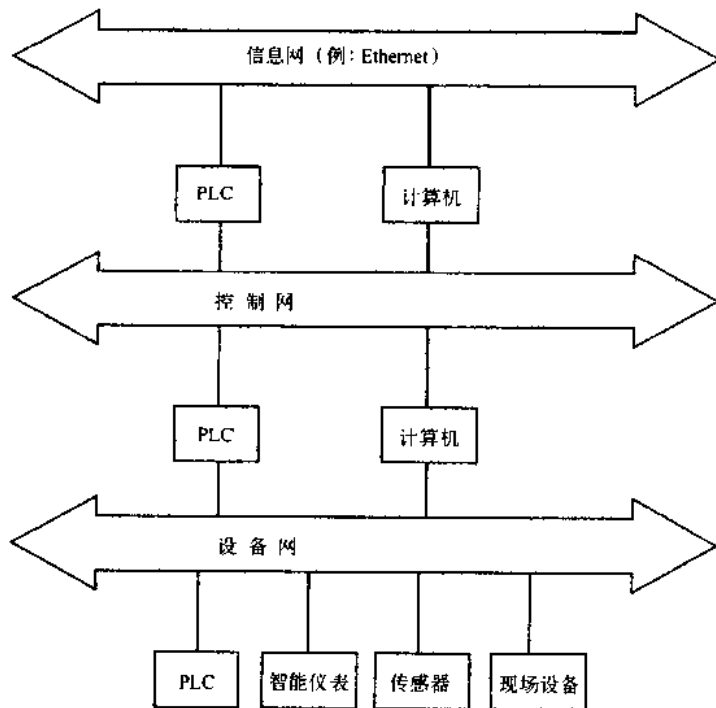


图 1-2 三级网络方式

可编程序控制器的中央处理器通过输入输出 I/O 的远程扩展或连接智能设备后控制现场，称为设备网络。可编程序控制器的一台或几台中央处理器，加上某些编程或画面显示，和可输入人机命令监视设备，组成具有生产过程控制的控制网络。一般地说有了设备网络和控制网络，则可能组成一个完整的生产过程的独立系统。在本书应用实例一章中，也是以这种结构为主。最上层为信息网，一般来说，这一级上的计算机不直接参加生产过程控制，正如前文提到过的“离线”概念，它的用途是协助控制网络上的可编程序控制器或者操作管理计算机，选择工艺流程，配置工艺运行参数，提供调度生产信息。在没有成功经验或者没有绝对必要时，这一级网络上的计算机不要直接操纵设备网络级上的任何设备。

在三级网络的体系中，首先要掌握的是设备网络级的设计与配置。

各个可编程序控制器的厂商，都会提供一大批成熟的设备网络级的产品。首先要做的是输入与输出扩展，采用的方式常常是延长 I/O 扫描通信链路，尽可能使 I/O 端口靠近生产

现场。把扩展的 I/O 机箱和电动机控制装置相对集中，一般为 4~8 个较好。从扩展的 I/O 机箱与电动机控制柜再到生产设备本身，则是采用电源动力和采样信号连接。这时再延伸出来的连线直接距离在 100m 左右为好，最长只能在 500~800m。当必须扩展到更大的范围时，建议采用多处理器方式。因为这时网络通信线的长度可能已经达到 2000m，甚至更长。在下一章中讨论系统设计时，再作叙述。

图 1-2 的 I/O 扩展例子是用 I/O 扫描链路来说明的，这也是可编程序控制器是否成熟的标志之一。在计算技术中，可以采用的方法之一是，把地址译码扫描和读写控制命令排成总线向外延伸。某些型号的中央处理器芯片，它扩展输入与输出的方法，就如同扩展动态随机存取存储器（RAM）一样，延伸到较远的机槽上去。可编程序控制器多采用插板形式，划分为电源、机箱、主机板、通信模板和输入与输出模板、模拟量输入与输出模板。从电路原理和物理特性上来看，可编程序控制器与集散系统，没有本质上的区别。它们的主要区别仅在于发展历史和使用软件的趋势。在可编程序控制器中，把 I/O 直接视为一个又一个独立地点，把远离中央处理器所在地的机箱，视为扩展的或远程的机箱，它们上边的插槽允许插入各种模板。通过总线通信扫描，读入一个地址上一般为 8 个点的状态，输出一般也是以 8 个点为一个模板所含地址的信息，送到输出模板上去。即使目前的中央处理器已经上升到 32 位，甚至 64 位，但是，经常使用的软件和硬件，依然是以 8 位或者 16 位作为一个处理单位。牢记这一点，对于选型和设计系统、选择模板、布置与敷设电缆，都是十分重要的。

当计算机的通信技术发展到成熟的工业产品之后，可编程序控制器转向采用通信功能或成熟的中央处理芯片，扩大了远程的输入和输出能力。例如，以前 I/O 扫描是以字节或字为基础，字对应为输入或者输出点。现在则把 I/O 扫描转换为成片、成组的过程，例如 128 或者 256 个，甚至更多点数的批量数据，排列在一次输入或输出的通信内容之中，通过数据通信交换信息。这时出现的 I/O 扩展方式之一，为采用 RS485 规约模式，把机箱之间的 I/O 扫描，转换为中央处理器所在的单元与扩展 I/O 所在的机箱，变为另外一个单元；这时两个，甚至更多的单元之间，采用类似于 RS485 的规约，成批量地交换数据信息。中央处理器所在的单元与扩展单元，在地址映像区上建立一种对应关系，是成片、成组的交换信息。例如 SEIMENS 的分布式 Distributed I/O，以及称为现场总线的 Profibus；GE 公司的 Field Control Genius I/O；Rockwell AB 公司的 Discrete I/O 等。目前不少产品用工业控制机、数字变频调节器等组成系统，经常采用的方法之一也是由 RS485 通信链路组成一个完整的整体。

选择可编程序控制器配置控制系统时，不仅要了解它扩展输入与输出的基本原理，重要的是选用成熟的扩展 I/O 方式，关心它的输入或输出的距离与使用原则。例如，某些可编程序控制器，使用的 I/O 扫描链路，一般地为单链路多节点方式，名义上不支持星形或者较为复杂的布网方式。在链式连接中，首尾节点距离一般地与使用的数据传输速率有重要关系。以 AB 公司产品为例，布网采用链式连接，当传输速率为 57.6kbit/s 时，链上首尾节点最长距离为 10000ft，即 3048m。在链路节点上有一处为中央处理器所在的位置，而有些可编程序控制器，中央处理器必须在链路开始的第一个位置上。有限的通信距离要配置若干个所谓的节点，每个节点即称为数据设备终端或者工作站，这是一个拓扑结构。布置好一个控制系统是设计工作者是否会使用可编程序控制器的标志之一。当设计采用 RS485 规约为核心的通信技术时，一般地在 RS485 总线上传输距离不大于 1000ft，即约为 305m。在一

个工作塔或者范围不大的场地，在较小型的机械设备上采用这种扩展 I/O 是可行的。更多的设计方案，在本书的下一章中，将结合系统设计的思维方式和控制理论，再做介绍。

除了通信速率与通信距离的关系之外，设计者还要注意的问题是数据通信的内容、数量与通信安排等问题。在一般手册上，各种型号的可编程序控制器都会讲到通信速率、传输距离限制、中央处理器扫描周期、执行每千字用户软件大约需要的时间等重要参数；并且列出传输通信使用的介质，如双绞线、同轴电缆、光纤等；给人们的印象好像是通信内容与数量没有什么问题和约束似的，其实这正是设计者自己需要解决的问题；这问题涉及到称为循环扫描的可编程序控制器软件运行方式。在可编程序控制器使用的中央处理器中，每个扫描周期是固定的，可以通过编程设定。一旦设定，在有限的周期时间内分配给不同任务的执行时间是有限的。因此，当设计者编写用户软件，调用通信及其他各种子模块命令时，若超过一定限度，都会有一些风险，本书仅是给予忠告。似乎可以说，怎样处理好这样的问题，只是一个可以意会，而又不可言传的问题。

因为设计一个系统，如同三级网络的形式，已初步形成一个控制系统后，还要考虑当可编程序控制器与被控对象连成一体时的操作与控制方式，其中关键之一是人与计算机的联系。细节的划分就是怎样执行编程、运行监视、人机画面与控制命令。

作者在《电气传动自动化技术手册》中第 8 章“电气传动的计算机控制系统”第 6 节讲到过计算机控制的软件，对各种控制系统做过一个全面性的介绍。目前，个人计算机、微型控制器使用的操作系统，已经有了飞跃性的变化。但是，在控制过程的实质性软件中，还不会发生本质性的变化。书中原来的介绍还是可以作为读者的参考。

市场上熟悉的 DOS, WINDOWS, UNIX 大致上描述了人们与计算机怎样发生联系。可编程序控制器的中央处理器芯片内，最终要运行的是计算机的机器码，怎样做到这些事情呢？计算机本身不认识什么语言、指令、设计文件等等。在计算机的内部存储器中，动态随机存取存储器（RAM）每一位仅能够是“0”或者“1”。中央处理器执行的指令，实际上无非是怎样“解释”“0”或者“1”的一连串排列组合。中央处理器在通电状态下，不停地运行着。因此，当设计者编制一个可编程序控制器用户软件时，他要考虑的任务之一，就是中央处理器模板能够提供多大容量的 RAM 区，并估计用户软件情况，例如每千字占用多大的存储区和占用中央处理器（CPU）多长时间，同时考虑中央处理器需要使用的输入与输出总量。估算用户软件占用中央处理器（CPU）的时间是十分困难的。目前比较成熟的可编程序控制器本身提供的系统软件，已经能够在命令调用时，给出有关的统计数据，并且可以在系统运行监视画面中直接读出来。这样大大方便了用户软件的设计。当设计者能够综合考虑用户软件的设计时，就有可能调整每一段用户软件占用的时间。可编程序控制器提供的容量、用户软件执行时间和输入与输出控制总量，这三点是选择和设计一个系统需要首先考虑的问题，是很关键的参数，它和前文提到的对受控对象进行设计与评估的第一和第二两条合起来，是设计与配置一个控制系统首先要考虑的问题。

当上述问题考虑比较成熟，在最终选择可编程序控制器之前，还要对出售的可编程序控制器能够提供的支持编程软件做全面的分析，即估计编程时可能需要什么软件和特殊功能，以及商品化的编程软件是否适合于要设计的系统使用。因此，设计者必须对可编程序控制器以周期扫描的方式执行用户软件有一定的认识。图 1-3 给出一个可编程序控制器系统运行时周期扫描的示意图。这是一个基本模式。可编程序控制器系统软件采用这种方式，是有它

的历史根源的，而且目前依然遵循这种方式。因此，设计者在编制用户软件时，一定要建立这种思维方式，即在每一时刻，可编程序控制器系统输入状态必须是唯一的，每个周期扫描读入这些状态，把受控对象与输入状态联系起来，按照梯形逻辑的顺序判断，形成本周期的输出，每个周期刷新一次输出状态，每个周期内输出状态也是唯一的。在每一个周期内受控对象都被分解为一个又一个十分明确的、唯一地对应着输入或输出关系的扫描，即梯形逻辑判断。设计者就是需要使用可编程序控制器的软件，描绘出这个过程，这是计划和编制用户软件的基本功，又是优化设计的无止境的环节。

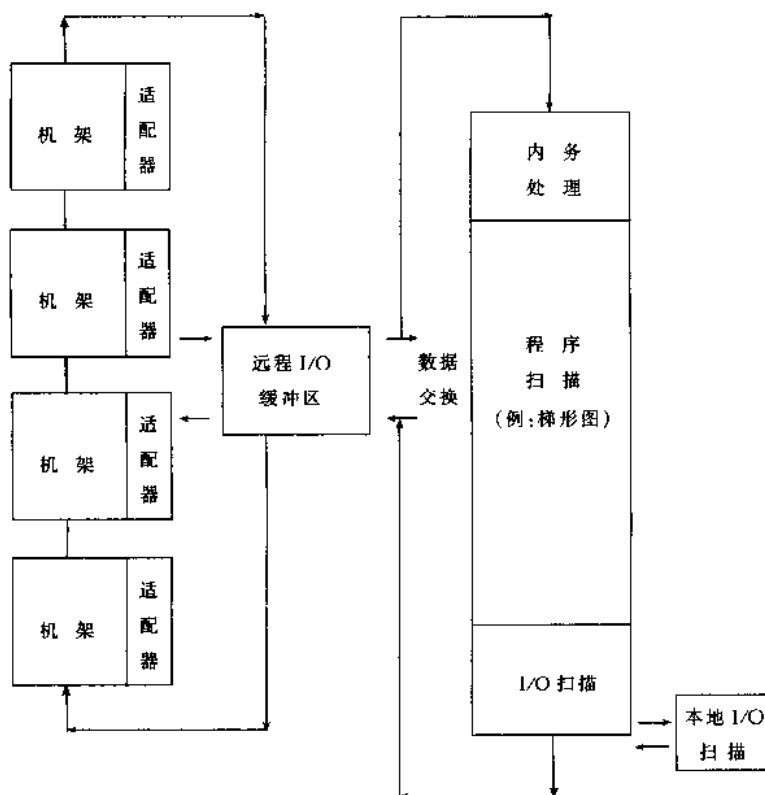


图 1-3 周期扫描示意图

编程软件，早期是布尔代数形式的，书写格式同汇编语言差不多，又比汇编语言增加了许多功能指令，很难记忆。读者如果没有相当的编辑计算机汇编程序的学历和经验，使用起来是很困难的。当初，硬件支持的手段比较落后，例如，手持编程器一般使用液晶显示，仅仅能够显示数量不多的字母和少数几行，因此汇编语言的书写和显示是相当困难的。当计算机技术配置了图形显示器之后，单行或者多行的梯形图逻辑，可以在显示器上一齐显示出来，编程序手段开始走向成熟。在相当长的一段时期内，以梯形图为主要形式的编程软件，被广大工作者所熟悉。可编程序控制器软件的最大特点，它是一种面向过程、面向实际发展起来的编程语言，对于稍有实践经验的工作者，都很容易掌握。编程语言实质是人与计算机“对话”的一种形式。在早期的可编程序控制器中，计算机“接受”这种人机对话，一般采用周期扫描、解释性的执行方式，“解释”成为计算机认识的机器代码，而后加以执行。相当于可编程序控制器的中央处理器单元，在一个调度程序运行的情况下，它收到编程软件

提供的不同梯级，就如同收到不同的子程序调用的参数一样。编辑程序是将人机命令翻译成为在特定的内存中填入各种子程序调用的逻辑关系和它们的参数，然后调度程序一次又一次地读出有关的逻辑关系和参数，去执行相应的子程序。这种执行方式的速度比较慢。在梯级逻辑关系不太复杂的情况下，一般做到每个扫描周期在 200~500ms 之间。随着编程软件应用与开发逐渐成熟，面向过程的填空方法，也发展到编译性执行，就是程序翻译为机器码后再执行，这时，编程软件的功能就大大增强了。同时，由于微型计算机内存、硬盘存储空间大大扩充，应用软件，尤其存储管理和屏幕显示软件的成熟，使得可编程序控制器可以利用的人机对话能力增强，这使编程软件得以普及和简化，屏幕对话十分灵活，可以进行全屏幕的编辑。在可编程序控制器中央处理器功能提高之后，使得用户软件在编辑过程中，不但排错、纠错能力加强，重要的是可以进行在线仿真。在线形式下，直接编制用户软件，克服了人们思维判断容易疲劳的不足，而且直接形成的用户软件很容易修改，大大加快了用户软件开发研制周期，降低了软件开发成本。从此可编程序控制器的普及与推广大大向前发展了一步。

了解可编程序控制器编程软件和编程方法后，在设计一个控制系统时，就是考虑选择一个适宜的人机对话功能，这将既有利于开发用户编程软件，又适用于生产过程中的操作与监视。如果从可编程序控制器的商品分类来说，就是选择编程器和操作站以及它们的支持软件。

编程器和操作站，在早几年前，时常分为两种设备，理在几乎可能布置在同一台微型工业级的计算机上。它有编程软件和图形显示的人机命令操作两套软件。对于微型计算机的要求就是需要长年地连续运行。因此，一般来说，低档次的个人计算机不太适宜这种运行环境，建议选用工业级的微型计算机。

每一种型号的可编程序控制器，伴随其发展的历史，形成了有各自特点的编程软件和人机操作显示监视与控制软件。目前，编程软件的发展趋势大体上分为梯形逻辑、连续功能图和语句表语言三种类型，并且日渐走向统一，即编辑对话统一。而操作与监控软件则是在 DOS、WINDOWS 或者 UNIX 操作系统下，趋向灵活而多样。它虽然支持各种可编程序控制器的机型，但是用户软件研制与开发则无太大区别，使得设计工作人员知一商百通。

在计算机网络通信技术转变成工业实用技术之前，人们在操纵控制系统和监视生产过程中，常常使用的是专用键盘和模拟屏幕，再配合工业电视来监视现场的运行环境。伴随微型计算机和可编程序控制器的进一步发展，通信与信息管理和工业环境要求相结合，制造出称为操作站的产品后，它把传统的手动控制操作台、大屏幕模拟显示、记录报告打印集成为一台智能化的设备。对于初次接触这种产品的人，常常认为它不过就是一台微型计算机，但实际上操作站是使可编程序控制器被配置成为控制系统实现高度自动化的一个重要标志。在集散系统开始发展的阶段，已经比较重视通过屏幕画而来修改参数实现调节，而可编程序控制器早期偏重于简化操作，多数情况下是配置成为少量的命令开关，例如做成“傻瓜”照相机那样，一切全自动。伴随着微观调节和精密控制，要求有更多的人工干预生产过程的控制，这时通过实时操作和提供操作指导、智能化的控制要求，把操作站的设计推向一个更高的水平。因此，在可编程序控制器系统配置操作站时，应当考虑和具备如下的要求。这些要求，一旦要做，就要做好。

1) 显示与监控生产过程的状态和变化，具有适当的管理生产、调度操作、指导工艺流