

工厂自动化手册

(二)

自动化技术

冶金部自动化研究所科技情报室编译

工厂自动化手册 (二)

自动化技术

冶金部自动化研究所科技情报室编译

一九八六年九月

234031

前 言

《工厂自动化手册》是日本1983年出版的《工场自动化学典》的译著。“自动化技术”是其中的第二部分。

本书是以日本东京大学教授 佐田登志夫为首的各界27位学者组成的“工场自动化学典編集委员会”组织了约120多位学者编写的。

全书共分四大部分，第一部分是“自动化与经营战略”，第二部分是“自动化技术”，第三、四部分，分别是“自动化技术的应用”和介绍各公司产品的资料篇。

本书的技术内容较新亦较丰富，对我国各工业领域从事自动化工作的科技、管理、教育以及决策人员等均有较大参考价值。为此，本所科技情报室在冶金部科技司的支持下，组织精通自动化技术和日语的同志于1985年10月将本书第一部分编译出版后，又编译了第二部分。（第三、四两部分不予译出）

为确保本书质量除每章节末尾注明的译、校者外，我们还聘请了吕维松同志（高级工程师、所副总工程师）对本书的第一、三、五章进行了总审核，申济湘同志（高级工程师、副所长）对第二、六章进行了总审核，周方、李雨膏（高级工程师）二同志对第四章进行了总审核。

本书责任编辑——秦雅坤。

由于编译水平和时间有限，本译著难免有错误和欠妥之处，衷心希望读者批评指正。

冶金部自动化所情报室

1986年9月

目 录

第一章 自动化、省力化 控制技术.....(1)	
1、自动化、省力化控制技术.....(1)	
1.1 个别控制技术的兴起.....(1)	
1.2 工业生产过程控制技术.....(1)	
1.3 产业机械控制技术.....(2)	
2、自动机械的顺序控制技术.....(3)	
2.1 自动机械与顺序控制.....(3)	
2.2 顺序控制的基础.....(3)	
2.2.1 顺序控制的三要素.....(3)	
2.2.2 控制对象的分析和处理.....(4)	
2.3 顺序控制装置的设计.....(4)	
2.3.1 一般设计程序.....(4)	
2.3.2 注意事项.....(5)	
2.4 顺序控制装置.....(5)	
2.5 可编程序控制器(PC).....(5)	
2.5.1 产生背景.....(5)	
2.5.2 PC 硬件.....(6)	
2.5.3 PC 软件.....(7)	
2.6 自动顺序控制装置的发展动向(8)	
3、NC 和伺服技术.....(9)	
3.1 前言.....(9)	
3.2 CNC 系统最近的趋势.....(9)	
3.2.1 定制的 LSI 和磁泡存储器(9)	
3.2.2 功能特点.....(9)	
3.3 NC 纸带生成系统.....(10)	
3.4 NC 用的控制电机.....(11)	
3.4.1 DC 伺服电机.....(11)	
3.4.2 AC 主轴电机.....(11)	
4、过程控制技术.....(12)	
4.1 过程控制技术的兴起.....(12)	
4.2 控制回路及其构成要素.....(12)	

4.3 过程特性和控制动作.....(13)	
4.4 控制特性的改善办法和多变量 控制.....(14)	
4.4.1 迟滞时间补偿控制.....(14)	
4.4.2 级联控制(Cascade Co- ntrol).....(14)	
4.4.3 前馈控制.....(15)	
4.4.4 选择控制.....(15)	
4.4.5 非干扰控制.....(16)	
4.5 顺序控制.....(17)	
4.6 过程控制装置.....(18)	
4.6.1 空气式控制装置.....(18)	
4.6.2 电子式模拟控制装置.....(18)	
4.6.3 电子式数字控制装置.....(19)	
4.6.4 分散型控制装置.....(20)	

第二章 检测技术和传感器(22)

1、传感器技术及其动向.....(22)	
1.1 传感器分类.....(22)	
1.2 高信噪比 (SN) 检测系统的 基础.....(22)	
1.3 小型化、集成化.....(23)	
1.4 光检测传感器.....(23)	
1.5 机器人和传感器.....(24)	
2、位移、角度传感器.....(25)	
2.1 模拟式.....(25)	
2.2 数字式.....(27)	
3、速度、加速度传感器.....(28)	
3.1 速度传感器.....(28)	
3.1.1 模拟输出速度传感器.....(28)	
3.1.2 数字输出速度传感器.....(30)	
3.2 加速度传感器.....(30)	
3.2.1 模拟输出加速度传感器.....(30)	

3.2.2 数字输出加速度传感器	(31)
4. 温度传感器	(32)
4.1 温度传感器的种类	(32)
4.2 温度传感器的选择标准	(32)
4.3 使用温度传感器的注意事项	(32)
5. 应变、压力、振动传感器	(36)
5.1 应变传感器	(36)
5.2 压力传感器	(37)
5.3 振动传感器	(39)
6. 光传感器和二元图像传感器	(41)
6.1 硅光电二极管	(41)
6.2 半导体彩色传感器	(44)
6.3 二元图像传感器	(45)
7. 流速、流量	(47)
7.1 流量测量	(47)
7.2 流量测量的目的	(48)
7.3 流量计的形式和特点	(48)
7.3.1 节流流量计	(48)
7.3.2 面积流量计	(49)
7.3.3 电磁流量计	(49)
7.3.4 容积流量计	(49)
7.3.5 超声波流量计	(50)
7.3.6 旋涡流量计	(50)
7.4 流量计的使用方法	(50)
8. 信号处理和传递	(51)
8.1 概要	(51)
8.2 模数变换	(51)
8.2.1 基础	(52)
8.2.2 A/D变换	(52)
8.3 信号调整(以下简称 SC)	(52)
8.3.1 干扰	(52)
8.3.2 滤波器	(53)
8.3.3 绝缘(隔离)	(53)
8.3.4 采样保持	(54)
8.4 传感器信号的种类和输入方式	(54)
8.4.1 电压式传感器	(54)
8.4.2 电流式传感器	(54)
8.4.3 电阻式传感器	(55)

第三章 控制用执行机构及其应用技术(56)

1. 控制用执行机构及其应用技术的动向	(56)
2. 伺服系统的构成	(57)
2.1 执行机构	(57)
2.1.1 伺服电动机	(57)
2.1.2 电动机的转矩产生原理	(57)
2.1.3 执行机构附属传感器的重 要性	(59)
2.2 数字式伺服系统的构成	(59)
2.3 伺服系统的速度控制	(60)
2.4 位置环及其与速度环的关系	(61)
3. 构成伺服机构时应注意的问题	(62)
3.1 静态特性	(62)
3.2 动态特性	(63)
4. 电动机的变速技术	(64)
4.1 电动机的变速控制方式	(64)
4.1.1 电动机控制系统的构成	(64)
4.1.2 精确速度控制方式	(64)
4.1.3 电动机控制方式与功率电 子技术	(65)
4.2 直流电动机的变速控制	(66)
4.2.1 晶闸管整流调压供电装置	(66)
4.2.2 采用 DC 斩波器的电枢 控制	(66)
4.2.3 磁场控制	(67)
4.3 异步电动机的变速控制	(67)
4.3.1 基本特性与控制方法	(67)
4.3.2 频率控制	(68)
4.3.3 一次电压控制	(68)
4.3.4 转子励磁控制	(69)
4.4 同步电动机的变速控制	(69)
4.4.1 频率控制	(69)
4.4.2 无整流子电动机	(70)
4.4.3 脉冲电动机的控制	(70)
5. 气动元件	(71)

5.1 概要	(71)
5.2 与气压有关的规格	(71)
5.3 气缸	(72)
5.4 方向控制阀	(73)
5.5 压力控制阀	(74)
5.6 流量控制阀	(74)
5.7 气压发生装置和管路设置	(75)
6. 液压控制元件	(76)
6.1 液压控制系统的优点和缺点	(76)
6.2 液压执行机构的选取	(76)
6.2.1 液压缸的选取	(76)
6.2.2 液压马达的选取	(77)
6.3 执行机构的控制	(78)
6.3.1 电磁阀	(79)
6.3.2 电液伺服阀	(79)
6.3.3 比例电磁阀	(80)
7. 驱动及传递变换装置	(81)
7.1 电磁离合器、制动器的种类	(81)
7.2 结构和特点	(82)
7.2.1 干式单板型	(82)
7.2.2 磁粉型	(82)
7.2.3 磁滞型	(83)
7.3 特性	(84)
7.3.1 转矩	(84)
7.3.2 发热(连接和制动负荷、滑动损失功率)	(85)
7.3.3 响应性	(85)
7.3.4 寿命	(85)
7.4 选择	(85)
7.4.1 机型的选择	(86)
7.4.2 容量的确定	(86)
7.4.3 发热和寿命	(86)
7.4.4 响应性	(86)
7.5 控制回路	(87)
7.5.1 一般控制回路	(87)
7.5.2 高速控制回路	(88)
7.5.3 放电回路	(88)

第四章 自动化中的计算机

..... (89)

1. 用于自动化的计算机	(89)
1.1 自动化和计算机	(89)
1.2 CAD、CAM、CAE	(89)
1.3 用于自动化的计算机种类	(90)
1.4 自动化用的计算机功能及其构成	(90)
2. 分布式控制系统	(91)
2.1 分布式控制系统的基本构成	(91)
2.1.1 印刷电路板生产工艺的例子	(92)
2.1.2 汽车组装线的例子	(92)
2.2 分布式控制系统的特点和目的	(92)
2.2.1 可以分阶段构筑系统	(92)
2.2.2 可使危险性故障分散	(93)
2.2.3 实现高响应性能	(93)
2.2.4 易于维护	(93)
2.3 高级分布式控制系统	(93)
2.3.1 由中央计算机对系统进行综合控制	(94)
2.3.2 由中央计算机对下位计算机进行编程支援	(94)
2.3.3 由中央计算机对下位计算机进行故障记录和诊断	(94)
2.4 分布式控制系统的具体实例	(94)
2.4.1 汽车厂综合计算机系统	(94)
2.4.2 机械加工工厂综合计算机系统	(94)
2.4.3 造纸厂综合计算机系统	(95)
2.4.4 卷烟厂综合计算机系统	(96)
2.5 对分布式控制系统构筑方案的建议	(97)
3. 用于自动化的小型计算机	(97)
3.1 什么是小型计算机	(97)

3.1.1 小型计算机的出现及其市场的扩大.....	(97)	7.1.2 数据库机器和分布式数据库.....	(114)
3.1.2 小型计算机的定义及其特征.....	(98)	7.1.3 数据库的利用.....	(115)
3.2 用于自动化的小型计算机.....	(98)	7.2 在自动化领域中的应用.....	(115)
3.2.1 在自动化系统中小型机的作用.....	(98)	7.2.1 从自动化角度(方面)提出的功能要求.....	(115)
3.2.2 用于自动化的小型计算机功能.....	(99)	7.2.2 带有数据库的自动化使用例子.....	(116)
3.3 今后用于自动化的小型计算机的动向.....	(102)	8. 在自动化中使用的软件包.....	(116)
4. 自动化中的微型计算机.....	(102)	9. 人机通讯.....	(121)
4.1 用微型计算机实现自动化的优点.....	(102)	9.1 何谓人机通讯.....	(121)
4.2 自动化中微型计算机的应用实例.....	(102)	9.2 工业领域的人机通讯.....	(121)
4.2.1 在温度调节器中的应用.....	(102)	9.3 人机通讯技术.....	(122)
4.2.2 在光电式自动探伤装置中的应用.....	(103)	9.3.1 CRT显示装置的种类.....	(122)
4.2.3 在编花机中的应用.....	(104)	9.3.2 工业部门使用的显示装置.....	(123)
4.2.4 在可编程控制器中的应用.....	(105)	9.4 今后的展望.....	(123)
4.3 结束语.....	(106)	10. 在自动化中使用的网络.....	(125)
5. 用于自动化的软件.....	(107)	10.1 自动化与数据传输.....	(125)
5.1 概述.....	(107)	10.2 局部地区网络(LAN).....	(125)
5.2 OS.....	(107)	10.3 LAN的标准化.....	(127)
5.2.1 任务管理.....	(107)	10.4 工厂内的LAN.....	(127)
5.2.2 中断管理.....	(108)	10.5 未来的网络.....	(129)
5.2.3 时间管理.....	(108)	第五章 智能机器人.....	(130)
5.2.4 存贮管理.....	(109)	1. 关于智能机器人.....	(130)
5.2.5 输入输出管理.....	(109)	1.1 所谓机器人.....	(130)
5.3 POL.....	(190)	1.2 智能机器人与知识机器人.....	(133)
6. 在自动化中使用的程序语言.....	(110)	2. 智能机器人研究的历史与现状.....	(137)
6.1 自动化中使用的程序语言应具备的功能.....	(110)	2.1 研究的历史.....	(137)
6.2 自动化中使用的程序语言.....	(111)	3. 运动功能.....	(140)
7. 在自动化中使用的数据库.....	(113)	3.1 机械手.....	(141)
7.1 数据库最近的发展趋势.....	(114)	3.2 手指功能.....	(142)
7.1.1 何谓数据库.....	(114)	3.3 移动功能.....	(143)
		4. 感觉功能.....	(145)
		4.1 视觉.....	(145)
		4.2 触觉.....	(148)
		5. 软件.....	(149)
		5.1 用于机器人的语言.....	(149)

5.1.1 机器人用语言的三个层次.....	(149)	障.....	(170)
5.1.2 VAL语言.....	(150)	3.7 基于更新信息检出故障.....	(171)
5.2 自动生成操作顺序和问题求解.....	(151)	4. 监视和诊断的逻辑.....	(172)
5.2.1 通用问题求解程序.....	(151)	4.1 监视和诊断中的判断过程...	(172)
5.2.2 SRI 的设计系统.....	(151)	4.2 监视和诊断中的判断规范...	(172)
5.2.3 电子技术综合研究所的自动生成操作顺序的系统.....	(152)	4.2.1 基准线分析.....	(172)
5.2.4 MIT 的自动生成操作顺序的系统.....	(152)	4.2.2 用模型规范的判断.....	(172)
5.2.5 知识的利用.....	(152)	4.3 监视和诊断中的综合判断...	(173)
6. 人—机器人接口.....	(153)	4.3.1 树形判断与表格判断...	(173)
6.1 环境的示范.....	(154)	4.3.2 用功能模型的诊断.....	(173)
6.2 自然语言和声音.....	(155)	4.3.3 用知识工程方法的诊断.....	(175)
第六章 自动维护技术(自动监视与诊断).....	(158)	5. 关于顺序控制机械的故障.....	(176)
1. 监视诊断技术及其动向.....	(158)	5.1 故障检测的考虑方法.....	(176)
1.1 设备诊断技术的基本系统...	(158)	5.1.1 顺序控制的特点.....	(176)
1.2 设备诊断技术的现状.....	(160)	5.1.2 顺控机械存在的问题...	(177)
1.3 设备诊断技术的发展过程及未来.....	(162)	5.1.3 故障检测功能的必要性.....	(177)
2. 统计的监视和诊断方法.....	(163)	5.2 故障的检测手段.....	(177)
2.1 对不规则信号赋予特征的统计量.....	(164)	5.2.1 通常维护的场合.....	(178)
2.2 功率谱密度的估计.....	(165)	5.2.2 使用重要保护部件的设备的场合.....	(178)
2.3 不规则信号的数学模型及其应用.....	(166)	5.2.3 自动化线的建立和改造的场合.....	(178)
3. 控制论的监视和诊断方法.....	(167)	5.3 故障检测系统的实例.....	(178)
3.1 用观测器检出故障.....	(167)	5.3.1 PAC 可编程的自动控制系统的例子.....	(178)
3.2 用考虑了灵敏度的观测器检出故障.....	(168)	5.3.2 固定型故障检测装置(MSE—F).....	(179)
3.3 检出故障方式的滤波器.....	(169)	5.3.3 可移动式故障检测装置(MSE—P).....	(180)
3.4 用卡尔曼滤波器检出故障...	(169)	5.3.4 其它的外围装置.....	(180)
3.5 基于多数决定原理监视故障.....	(170)	5.4 今后的发展方向.....	(180)
3.6 用多重假设滤波器检出故障.....	(170)	6. 旋转机械的监视和诊断.....	(180)
		6.1 旋转机械异常诊断的现状...	(180)
		6.1.1 主要对象机械及其诊断目的.....	(180)
		6.1.2 诊断和监视系统的特点.....	(182)
		6.2 诊断自动化的对象和方式...	(182)

6.2.1 诊断自动化的对象.....	(182)	6.4.1 诊断系统的构成.....	(183)
6.2.2 自动诊断的方式.....	(182)	6.4.2 诊断系统的功能.....	(184)
6.3 诊断自动化的方法.....	(182)	6.5 今后的动向和课题.....	(185)
6.3.1 诊断用的硬件.....	(182)	7. 机床的监视和诊断	(186)
6.3.2 诊断用软件.....	(182)	7.1 前言.....	(186)
6.4 大型旋转机器用的振动诊断 系统举例.....	(183)	7.2 刀具异常监视.....	(186)
		7.3 加工精度的监视.....	(187)

第一章 自动化、省力化控制技术

1. 自动化、省力化 控制技术概述

1.1 个别控制技术的兴起

近来,控制技术发展得很快,这对于各种机械和装置实现自动化是非常有利的,而一旦实现自动化,或多或少对省力化都是有用的。就整体的效果看,对生产率的提高亦作出了贡献。

人们从远古时期使用工具时起,可以说是向提高生产率跨出的第一步,紧接着的是如何有效地利用工具、选择工具和改进工具的使用方法,尤其是对工具的改造等,因此,控制技术也就变得非常必要了。

之后,随着时代的推移,各学科领域的技术进展显著,如今,无数的机械和装置的设置呈现出一片工业社会的景象。

随着机械和装置规模的不断扩大,它们亦变得更加复杂了,为了高效率地生产优质产品,需要稳妥的运行操作技术和与此适应的高度控制技术。不过,过去仅仅是对各种机械和装置内部的许多个别的控制问题进行研究,制作相应的专用控制装置。

一些比较大型机械的控制,例如,发电厂的运行控制,钢铁厂轧钢机的控制,造纸厂造纸机的控制,机械厂切削机床的控制等,经过漫长的岁月而各自都有其独特的发展,如今,已相当普遍了。

1.2 工业生产过程控制技术

装置产业的各种生产过程的控制是由各有关操作人员分别进行的,这是普通的常识。但自四十年代以来,开发了工业生产过程所用的温度、压力、流量等检测仪器,以及战后我国对这些技术的引进,使工业生产过程的操作方法出现了很大的变化。最初,仅由检测仪器对作业状态进行监视和记录,

但不久,就由调节器进行自动调节和控制了。

工业生产过程是非常复杂的,有种种各自独特的内容和操作条件,因此需要针对各自的特性分别设计出与其相适应的控制装置。但是,控制装置的制造者,则需简化设计、降低生产成本、提高可靠性、减轻技术人员的负担等,因此只要可能,就力图实现控制装置标准化。

关于过程控制,就已开发的标准化工业计量仪器这点看,已取得了划时代的进步。同时,就用户而言,从生产过程的这一侧面来看,得到的益处也是非常多的。

特别是以雷达控制为起点,反馈控制理论的系统化,PID(比例、积分、微分)调节器的采用等,确立和普及了以控制理论为基础的控制方法,以及发展到有关连续生产过程的单一变量的自动控制为止,可以说,控制技术大体稳定下来了。

近年来,由于含有各种传感器件的检测装置,执行元件,气压、液压设备等控制用装置的进一步发展,以半导体技术为核心的电子技术的应用和控制用计算机的引入,以前被作为个别研究的控制技术,已发展成只要应用一般的方法就可以构成各种不同控制系统了。

对于用巨大能源和危险物质场合的机械和装置所使用的电子部件,过去由于对其故障和寿命不放心,因此,长期踟蹰不前。但是,由于半导体技术发展迅速,现在已完全改变了这种情况。

在元件方面,从晶体二极管、三极管到IC(集成电路)、LSI(大规模集成电路),特别是向超LSI方向不断地发展,带来了小型化、高性能和高可靠性,低成本等。现在,已经制造出具有这些极为优良特征电子装

置。特别是由于数据处理技术的发展，促使控制技术领域中很快增加了必要的数据处理功能。

还有，在大电流高速开关控制方面，发展了以可控硅为核心的动力电子设备，利用执行元件控制其操纵装置，获得了便于装置设计和便于维护等良好效果。

在装置产业领域，由于种种原因也存在着许多不能连续作业的间歇性的生产过程，而且，即使是连续作业，起动、关闭、变更操作条件等不是稳定运行的情况也不少，对于这些对象，有必要进行顺序控制。

在顺序自动化方面，虽然有要求开发各自特有的控制技术的麻烦，但是，一旦实现，与稳定运行的自动化相比，在省力化方面的效果是相当显著的，对此进行我国独自的研究开发是有深远意义的。

对顺序控制也同样希望将控制装置标准化，为此，开发了应用电子线路的程序设计器、顺控器、可编程控制器等装置，也有很多是采用控制用电子计算机的

另一方面，从广义上来看，在电子计算机控制方面，最近，由于小型、高性能的控制用计算机，特别是微型电子计算机，即微型机等实用化，因而，曾用价格昂贵以集中处理为基础的大型计算机，现被逐渐分散到各处，即迎来了所谓分散处理的潮流。可以说这对正在各工厂普及QC（质量管理）小组的日本来说，就更具有深远意义。

此外，集中与分散有各自的意义，把它们协调起来以适应各种工厂的要求就能够实现大型的综合控制系统。

1.3 产业机械控制技术

对于一般机械，诸如电动机开关，进行流水作业的输送机 and 机床组装等机械的控制，与前述的轧钢机、造纸机等特殊场合以及兵器等不同，很早就有了。但机械控制的新时代是在四十年代的飞机制造厂里从轻合金板点焊机的实用化开始的。这种点

焊机有在几分之一秒内就能正确地通过大电流的要求，所以在电流控制上应用放电管，还采用了顺序控制器，可以说这是最早向工厂引入的电子设备。

反馈控制及伺服机构在现场的出现，最初大概是战前的仿形切削控制。到了战后，随着传感器、执行元件等伺服机器的的发展，仿形切削控制成了精密工程学和机械工程学的研究人员和技术人员们极为关切的事。

之后，在这个基础上，又开发了用于电子计算机上的数字技术。NC数控机床的诞生，开始了变革阶段，可以说，它是机械控制技术的一大变革。

从整个机械精度的提高上看，由于引入了电子技术，近年来机床的发展显著，自动换刀数控机床、电火花线切割机相继取得了显著的进展。

现代的机械工厂，不仅仅是机械自动化，而且工件的处理和搬运等也实行了自动化。图形识别和各种传感器技术发展也是非常必要的。由于各种能够代替人工的装置的实现，充分发挥了自动机械的省力化效果。

在自动机械中，具有代替人们手足部分功能的，若称其为机器人的话，它正从用于机械加工的机器人向装配用机器人发展。

机器人可以实现机械技术人员的梦想，由其是最近，在工厂的省力化、生产速度的提高、产品质量的均一化、事故的防止等方面，显示出很大的现实效果。我国的这些新技术也成为国际上的一大话题。

由于传感器、调节器、及与此相关的软件的进展，使机器人正向着具有惊人能力的被称为智能机器人的方向发展。

一些从前长期用于铸造、锻造、挤压、焊接等的机械加工之类的产业机械，如今都在应用新技术搞自动化了。但这些机械都是以程序自动化为主，也有像电弧焊接机等需要作特殊控制的场合。

还有，用新的生产技术制造半导体，制

造和组装印刷线路版等也实行了自动化和省力化，同时亦为提高成品率做出了贡献。

过去的产业机械多数是为适应大批量生产而设计的。近来，由于各种技术的进步，可以用比较低的成本制造出多种的产品，正积极地向FMS（柔性生产系统）工厂发展。

还有，在设计上运用计算机的CAD（计算机辅助设计），在实际工作中也能有效地发挥作用。而且这还意味着为适应多样化的需要给予的直接响应，可以认为它具有与FMS类似的立足点。

另外，可以说，应用光导纤维传送控制所必需的数据的时代已经来到。

（沢井 善三郎著）

（秦雅坤译 储佳千校）

2. 自动机械的顺序控制技术

2.1 自动机械与顺序控制

顺序控制是把控制内容作详细划分（顺序步）后，按照预先规定的次序，逐次进行自动控制的方式。它在自动控制中，成为与反馈控制并列的重要控制方式。图1.1和1.2是说明这两种方式的例子。

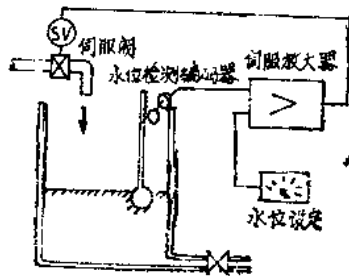


图1.1 反馈控制的例子

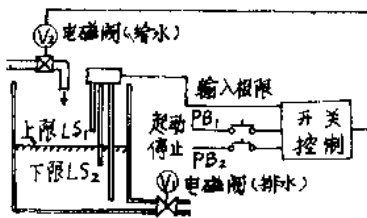


图1.2 顺序控制的例子

从这两个例子可以看出，反馈控制适用于以定量控制为主的生产过程控制等。而顺序控制则是对被控对象进行定性的控制，它较适用于跟踪顺序进行作业的主体装配和加工等自动机械的控制上。

但是，图1.1的例子不是对应设定值的偏差来控制伺服阀的开启度，而代替输入限度的是检测水位用的脉冲编码器的计数输出。如果采用按一定的计数值对电磁阀进行开关控制的方式，就变成了与图1.2的控制方式相类同的控制了。另一方面，是代替单独的给水阀，对应水位累加计数的输入量，设置许多个小容量的给水阀，当需要大量给水时，需将这许多个阀打开，如果在规定的水位附近，采取减少开阀的数量方式，在控制开或关的同时，还能进行近似于图1.1的控制。（这种方式也称为台数控制。最近，以设备效率分散化为目的的这类控制方式在增加。）

在应用开关量表示数字量的同时，用控制计数器的方法，实现反馈控制中特有的连续性控制，无须用图例中所示的NC伺服阀。随着控制装置本身的微型计算机化，结合数字传输上的优点，在反馈控制中，用数字表示控制量已成为主流。总之，由于顺序控制器的进步，消除了顺序控制与反馈控制间的严格界限，而大多数的自动控制，用顺序控制器就能实现，特别是需要用低成本进行省入节能等高度控制某自动机械时，微机化了的顺序控制器已成为适应需要的装置，而机械本身的发展也非常迅速。

2.2 顺序控制的基础

2.2.1 顺序控制的三要素

顺序控制的对象即使很复杂也可以通过组合下述的三要素而构成控制系统。

(a) 顺序控制（狭义是步进顺序控制）

将控制的对象划分成几个信息组，顺序控制是控制被细分的信息组执行的顺序。

(b) 定时控制

插入了能控制一个信息组与其他信息组

间的时间间隔的功能，即使在同一个信息组中，也有为保持一种状态作时间控制的情况。

(c) 条件控制

实际控制时，有在进行某一控制需要能避免进行其他控制的情况，此时，要将各控制信息之间的启动条件作出控制，通常称之为联锁控制的成了核心环节。

2.2.2 控制对象的分析和处理

顺序控制虽然是以组合上述三要素作为控制基础的，但为了在对各种自动设备进行控制的同时，还能得到高效率，需要对控制对象进行分析和处理。

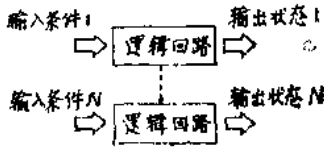


图1.3 顺序处理

实质上，顺序控制器的工作如图1.3所示那样，先检测输入条件，而后按其规定的程序进行处理，逐次得到不同的输出状态。如果对于控制对象仅仅是按照规定的输入回路的组合条件，决定输出（称之为组合回路），则这是比较简单的类型。还有，不仅按照规定输入回路的组合条件，还要根据以前的状态来决定不同的输出（称为顺序回路）的情况。

实际上，后一种情况较多。为了解决这种非单一型控制的困难，也有把整体控制划分成几个可以组合控制的信息组，规定出信息之间的移位条件，以实现整个控制的方法。这种控制方式称为步进式控制方式。相当一部分的自动机械可以用这种方式进行控制。鼓形和矩阵插接板式等装置，虽然已经比较普及，但近年来，由于微机化，能进行更多处理功能的所谓工程步进式的已占了主流的相当一部分。在欧美，更多地把这种方式叫作顺序控制器（SC）。

上述方式的缺点是，如果程序组已经执行过去，而输入条件等有了变化，那末，如果尚未再次步进一遍，是不可能把它取入进行控制，并把变化的情况反映出来的。例如，在遇到需要作异常输入和中断处理的情况时，便会遇到不方便。另外，如果自动装置的规模很大，很多情况下，需要将上述一连串的程序块组合成一个整体并行工作。

在这种情况下，如果有许多台控制装置，那么联锁等就变得很复杂了。为解决这一问题，采用了所谓扫描(Scanning)方式。用这种方式在以毫秒为计算单位的时间内，采用重复执行控制程序全过程的逻辑处理方式，若结果相同则输出保持，因而具有和实时处理相同的效果。用这种方式，即使在输入条件变化很恶劣的情况下，也能在下次扫描时反映出来。还可以实现虚假的并列处理。利用微型计算机的高速度反复运算就可以实现这些。目前，可编程控制器(PC)成了顺序控制装置的主流。

根据控制装置的控制内容，选择必要的控制方式，可以通过处理控制内容来进行控制。

2.3 顺序控制装置的设计

如上所述，最优控制的最基本手段是对控制对象的分析和处理。现将实际设计时的步骤和注意事项简单说明如下。

2.3.1 一般设计程序

在一般情况下，按如下程序进行设计。

- STEP1. 动作概要、动作条件的记述
- STEP2. 制作程序方框图（综合流程图，细目：详细流程）
- STEP3. 制作时间图表
- STEP4. 选择控制方式（步进式扫描式等）
- STEP5. 制作展开连接图等
- STEP6. 以输入输出数和步数为基准决定控制装置
- STEP7. 开始实施设计
- STEP8. 制作成文件

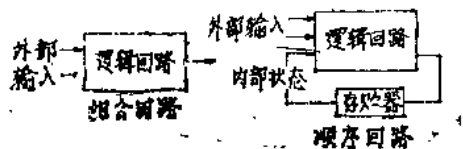


图1.4 组合回路和顺序回路



图1.5 步进式（步长处理方式）

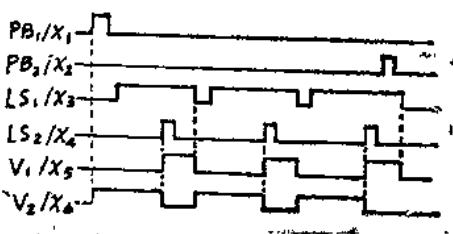


图1.6 时间图

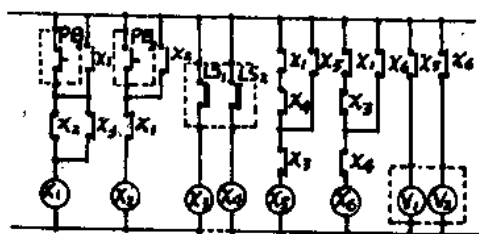


图1.7 展开接线图（继电器梯形图）

图1.6、图1.7是按以上程序进行设计的时间图和展开的接线图。

2.3.2 注意事项

现以机床为例，说明在进行实际的控制设计时，一般自动机械动作的其它注意事项。

机床在正常的一连串动作之外，还要加上下述诸方面的内容。

- (i) 机械运转状态的表示；
- (ii) 机械异常状态的掌握和表示，安装异常处理回路（需要考虑电源的配置）；
- (iii) 为了进行刀头和限位开关的位置调整、轴销调整定时器，要设有手动回路和强制步进等其他系统的控制回路；
- (iv) 由作业和工具计数所带来的对生

产和工具寿命的管理（控制）等；

这部分工作占的比重是很大的。尤其是由于最近FMS化的进展，以下各点也是重要的。

- (v) 与上位控制装置的联接；
- (vi) 对于工作内容变更的考虑。

进行以上所述那样的各式各样的定型化设计，由于是件困难因素比转多的工作，所以往往在许多场合反映了设计者的个性，常产生在维护保养和更换时的不便。为了防止这种情况，期望有完备的记录，並要尽可能地把程序分开，将每个分程序标准化则更有效。例如，图1.8所示的那样，它是机床的基本的标准控制回路。

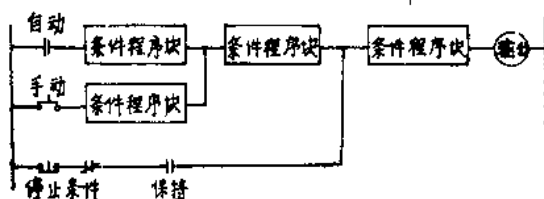


图1.8 机床的基本控制回路

2.4 顺序控制装置

这种装置，过去主要是继电器方式，即，继电器顺序控制器成了顺序控制的代名词，即使在今天已是微机化了的装置成为主流的时代，也还有以继电器为标准的考虑方法。另外，也有用无触点器件代替继电器的，这种方式亦称为硬件接线（用接线构成逻辑的意思）逻辑。

另一种，是将控制程序编成软件加以储存（储存器），成为组合与更换自如（可编）的所谓存储方式，前者为硬连接，而后者称为软连接方式。这些，用表1.1简单说明之。

此表中，当前成为主流的是可编程序控制器。下面以PC为重点加以说明。

2.5 可编程序控制器（PC）

2.5.1 产生背景

可编程序控制器是从更换继电器控制盘的角度产生的。更换继电器控制盘的价值在于节约配线成本。这样，虽然主体价格比继

表1.1 顺序控制装置

方式	种类
硬件接线方式 (硬联接)	有触点的继电器
	无触点的继电器
存储方式	磁鼓
	插销板
	二极管矩阵
	可编程序逻辑阵列
(软联接)	程序步进
	PC
	微型电子计算机

电器控制盘高，但对于配线成本高的大型控制装置或反复进行生产的场合（软件成本比较低），比继电器控制盘有利。

近年来，由于FMS化的发展，有了新的更高的要求，很早就盛行了对固有可编程序功能即称之为弹性功能的要求，同时可编程序控制器本身也发展成了小型、便宜、能大批量生产的装置。表1.2给出的是可编程序控制器与继电器控制盘各自特征的对照。从表1.2也可以看到可编程序控制器的明显优点。

表1.2 PC与继电器控制盘的对照

项目	要求	PC控制	继电器控制
适应性	变更设计、追加、更换控制程序	2~5	1
可靠性	MTBF高，停机时间短	3~10	1
扩展性	计算机联锁，分散控制	2~10	1
恢复快	缩短设计，主机投入周期短	0.6~0.4	1
可维护性	有丰富的故障诊断功能易维护	2~3	1
空间效率	机电一体化，可装在操作盘上面	1~2	1
硬件成本	主体成本低	≈1	1

表1.3 PC的各种规格

电源电压	AC 100、110、120、200、220、240V 50/60Hz (共用)
程序设计方式	继电器触点式
指令种类	26种
扫描时间	平均15ms/1k 字节

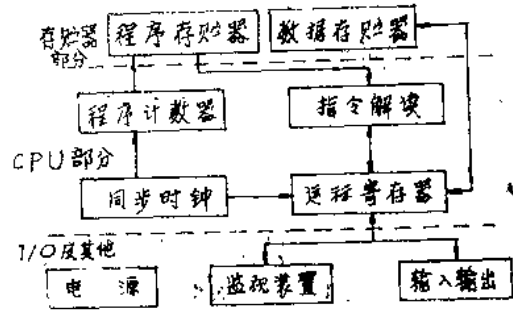


图1.9 PC的硬件结构

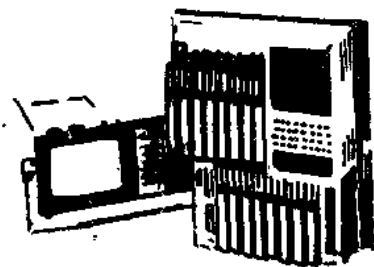
2.5.2 PC硬件

以重复运算为基本功能的可编程序控制器的结构如图1.9所示。

将步进顺序作为程序写入存储器的用户区，而指令语言的解读处理等部分作为操作系统可以收纳在其他区域。由程序控制台兼管程序的写入和显示。

表1.3 给出了近期有代表性的PC规格。它与继电器控制盘比较，增加了计时器、计数器移位寄存器等，而通过A/D、D/A转换单元和高速计数器等还能作反馈控制和简单的位置控制。

程序容量	RAM ROM 4k 字节
输入、输出点数	最多 512点
辅助继电器	224点
保持继电器	256点
计时器、计数器	128点, 时间 0~99.9秒, 计数 0~999的计数器
移位寄存器	256点
特殊辅助继电器	28点
暂时记忆继电器	8点
停电记忆功能	保持继电器、计数器、移位寄存器、停电前的状态
诊断功能	CUP异常、电源异常、I/O通道异常、 程序校验(使用二重线圈、END环形带、电路错误、IL/JMP错误 程序溢出)
D/A转换装置	分解功能 BCD 3位 直线性 $\pm 1/2$ LSB以下 综合精度 0.3%以下 输出阻抗 0.1 Ω 以下 输出范围 15V 4~20mA 输出数 2通道/单元
A/D转换装置	分解功能 BCD 3位 直线性 $\pm 1/2$ LSB以下 综合精度 0.3%以下 输入阻抗 100 Ω 以下 输入范围 1V~5V 4~20mA 输入数 2通道/单元
高速计数装置	位数 BCD 6位 响应速度 MAX 20KHz 工作方式 可逆方式(脉冲信号+加减运算信号) 设定 2段 表示 现在值、设定值的表示一致, 比设定值大, 表示段 输入信号 ①脉冲信号+加减运算信号; ②复位信号; ③1段号2段号 的预置



照片1.1

2.5.3 PC软件

程序设计的方式有许多种。

(i) 继点器接点式 用继电器接点的符号表示控制较为容易, 而且继电器盘更换方便, 因此, 成为主流。

(ii) 程序方框图式 按照方框图的形式很容易设计。

(iii) 其他, 还有无触点符号式, 布尔代数式, 时间坐标图等。

表1.4 PC指令语言和其功能

指令	功能	指令	功能
取数	起动逻辑	保持继电器	保持继电器动作
非取数	起动否定逻辑	暂存继电器	暂存继电器时使用
与	连接逻辑“积”条件	联锁(IL)	到本命令后的解除联锁(ILC)命令止,继电器线圈或根据本命令的结果复位,或者空操作
与非	连接逻辑“积”否定条件	清除联锁(ILC)	解除IL指令
或OR	连接逻辑“和”条件	转移(JMP)	执行本指令后到IME指令的内容,根据本指令执行的结果或忽略或执行
或非	连接逻辑“和非”条件	转移终端(JME)	解除JMP指令
与取数	和前边的条件作逻辑“积”	传送(MOV)	I/O间的数据传送
或取数	和前边的条件作逻辑“和”	非传送(MOV,NOT)	I/O间的数据“非”传送
输出	完成运算结果的继电器、内部补助继电器、保持继电器、移位寄存器的位输出	比较(CMP)	I/O间的数据比较
否定输出	完成输出逻辑运算结果继电器、内部补助继电器、保持继电器、移位寄存器位的非输出	加法(ADD)	I/O间的数据加运算
时间	作接通延时时间的动作	减法(SUB)	I/O间的数据减运算
计数器	作减法计数器动作	诊断(FAL)	显示诊断动作
移位寄存器	作移位寄存器动作	结束	程序结束

表1.4给出的是前述指令语言。在顺序的基本逻辑运算之外,希望重视和强化数据运算指令。

2.6 自动顺序控制装置的发展动向

作为FA(工厂自动化)设备的核心的自动机械的控制,由于可编程序控制器的发展,预计将很快发生变化,现简单介绍它的发展趋势。

(i) 可能控制领域的扩大

由于顺控装置进入了位置控制等领域,简易NC和工业机器人的控制复合化的控制逐渐增加起来了。

(ii) 计算机化的进展

采用CRT显示器对话方式编制程序,或只输入参数即可产生结构式程序设计等,所谓CPC(计算机清单PC)成为主流。

(iii) 计算机的连接与任务的分担

增加了上位计算机和PC连接的方式普及由计算机承担图形和复杂的运算任务,而PC补充其他功能的方式,把个人计算机灵活运用在高一级的控制上,由此能实现低成本。

(iv) 数据库程序设计

对于比较好的PC来说,把程序作成标准化,即使冗长程度增加了也有不增加成本的优点,由于程序的标准化,登记注册(文件),可以即时实现标准程序的编辑。针对