

过程计算机控制系统

孟宪尧 编

烃加工出版社

序 言

随着生产装置的大型化和自动化水平的日益提高,计算机会愈来愈多地用于工业过程控制。计算机控制可提高产品质量、增加经济效益、有利于安全生产。目前,我国计算机在工业过程中的应用还刚刚开始,因此在实际工作中常会有这样或那样的困难。解决这些困难,正是编写本书的主要目的。

计算机用于工业过程控制所面临的主要问题是应用软件。因此,本书的重点不是研究计算机本体,也不是控制理论方面的专著,而是阐述以计算机作为控制工具应用于工业过程控制系统的具体设计方法。本书的服务对象为从事炼油、石油化工、化工、热工、轻工等工业过程计算机控制系统设计的技术人员,也可供大专院校师生参考。

全书共分为十章。前面两章是计算机控制基础,写作的目的在于使控制系统设计人员比较全面地、概略地了解计算机本体,以供设计选型和规划设计用。接着,以大型石油化工装置——三十万吨/年乙烯装置为实例,说明在工程设计中如何设计计算机控制系统的应用软件。第三、四章所述内容是应用软件中的过程监视程序,而过程控制程序将在第五~八章分典型单元加以说明,每一部分包括过程干扰因素分析、控制目的说明、数学模型推导、控制回路说明等内容。

本乙烯装置计算机控制系统的控制程序设有,

- (1) 裂解炉操作自动化程序
- (2) 裂解炉紧急降负荷程序
- (3) 裂解炉深度和选择性控制程序

以上三个程序将在第五章予以说明。

- (4) 压缩机操作指导程序

本程序将在第六章予以说明。

- (5) 急冷水塔控制程序
- (6) 初分馏塔控制程序
- (7) 脱甲烷塔控制程序
- (8) 脱乙烷塔控制程序
- (9) 乙烯精馏塔控制程序
- (10) C单元脱甲烷塔控制程序

以上脱乙烷塔和乙烯精馏塔的控制思想和方案完全相同,而C单元脱甲烷塔和脱甲烷塔(E单元)控制思想相近,故在第七章中仅说明(5)、(6)、(7)、(9)程序的设计,(8)、(10)两个略去。

- (11) 碳二加氢反应器控制程序

- (12) 碳三加氢反应器控制程序

以上两个程序将在第八章加以说明

- (13) 干燥器顺序控制程序

应用本程序可自动进行干燥器的切换、再生，以及再生过程中的升温、降温，是比较典型的顺序控制，因比较简单故略去。

本书最后两章是总体规划与安装设计。内容是说明选用计算机控制的原则和如何组成适合于控制对象的计算机系统，并简要说明控制室（包括机房）设计要求、计算机安装和抗干扰设计。这些内容也是计算机控制系统设计人员想了解的专业知识，否则处理不当，也会出现这样或那样的故障，以致使整个控制系统难于良好运行。总之，本书的着眼点在于控制计算机在工业装置上的应用，使读者面对一个工业装置，能着手做计算机控制系统的设计工作；本书也反映了国内外近年来工业自动化应用计算机的若干新技术。

由于时间和本人水平所限，书中一定存在不少问题，希望读者提出批评指正。

在本书的编写过程中，大庆石油化工设计院陶遵礼院长等有关领导和同志曾给予极大的支持。黑龙江省自动化学会副理事长韩志刚副教授提出了不少宝贵意见和指导；清华大学方崇智教授、金宇惠老师，中国石油化工总公司规划院孟繁荣工程师，对文稿进行了仔细的校对审阅，或作部分修正，或提出了有益的修改意见，在此向这些同志表示感谢！

编 者

目 录

第一章 概述	(1)
1. 工业过程自动化的发展概况	(1)
2. 过程控制系统组成及其分类	(2)
2.1 过程控制系统组成	(2)
2.2 过程控制系统的分类	(3)
3. 计算机过程控制系统的分类	(5)
3.1 用计算机进行数据检测处理的系统	(5)
3.2 用计算机进行控制的系统	(6)
第二章 工业控制计算机系统结构	(8)
1. 工业控制计算机系统组成	(8)
1.1 硬件	(8)
1.2 软件	(12)
2. 工业控制计算机的特点	(13)
3. 工业过程控制计算机系统组织	(13)
3.1 集中型控制系统	(14)
3.2 分散型综合控制系统	(15)
3.3 分级控制系统	(17)
第三章 规划设计及输入、输出数据处理	(20)
1. 规划设计	(20)
1.1 采用计算机控制的目的	(20)
1.2 计算机系统组成	(21)
1.3 过程变量符号规定	(23)
2. 输入数据的处理	(26)
2.1 输入处理	(26)
2.2 储罐库存量计算	(50)
2.3 内部输入计算	(55)
3. 输出数据处理	(57)
3.1 DDC输出处理	(57)
3.2 SPC输出处理	(58)
第四章 人-机联系功能	(61)
1. 操作台功能	(61)
1.1 操作台的使用分工和组成	(61)
1.2 CRT显示功能	(61)
1.3 键盘的组成和功能说明	(70)
2. 打字机功能	(77)
2.1 定时打印	(77)
2.2 不定时打印	(78)

3. 报警处理	(80)
3.1 报警讯号输入	(80)
3.2 上、下限报警	(81)
3.3 变化率报警	(81)
3.4 报警输出	(81)
3.5 计算报警给定	(82)
第五章 裂解炉计算机控制	(85)
1. 裂解炉的特点及结构	(85)
2. 裂解反应的干扰因素分析	(86)
3. 裂解炉操作自动化	(87)
3.1 引入目的	(87)
3.2 操作自动化程序说明	(87)
3.3 前馈模型的推导	(88)
3.4 裂解炉操作自动化内容	(90)
4. 裂解炉紧急降负荷	(101)
4.1 引入目的	(101)
4.2 紧急降负荷程序说明	(102)
4.3 紧急降负荷处理内容	(102)
5. 裂解炉裂解深度和选择性控制	(108)
5.1 控制目的	(108)
5.2 控制系统说明	(105)
5.3 控制模型	(107)
5.4 控制系统实现过程说明	(108)
5.5 本程序和其它程序的关系	(112)
第六章 压缩机计算机控制	(118)
1. 控制目的	(118)
2. 压缩机防喘振原理	(114)
3. 裂解气压缩机计算机控制	(115)
3.1 设计思想	(115)
3.2 控制功能	(116)
3.3 过程输入变量和设定常数	(120)
第七章 分馏塔计算机控制	(121)
1. 初分馏塔计算机控制	(121)
1.1 控制目的	(121)
1.2 控制回路说明	(121)
1.3 输入、输出变量	(186)
2. 急冷水塔计算机控制	(187)
2.1 控制目的	(187)
2.2 控制方案说明	(138)
2.3 控制模型推导	(139)
2.4 控制功能	(145)
2.5 输入、输出变量	(147)
3. 脱甲烷塔计算机控制	(148)

3.1 控制目的	(148)
3.2 控制回路说明	(149)
4. 乙烯塔计算机控制	(156)
4.1 控制目的及方案说明	(156)
4.2 控制模型推导及处理内容	(158)
第八章 反应器计算机控制	(164)
1. 反应器干扰因素分析	(164)
2. 碳二加氢反应器计算机控制	(165)
2.1 控制目的	(165)
2.2 控制回路说明	(165)
2.3 监督程序	(170)
3. 碳三加氢反应器计算机控制	(177)
3.1 控制目的	(177)
3.2 控制回路说明	(178)
第九章 总体规划	(186)
1. 计算机控制对象的选择	(186)
1.1 计算机控制的经济收益	(186)
1.2 控制对象选择	(187)
2. 计算机系统组成方案选择	(189)
2.1 控制计算机系统可靠性分析	(189)
2.2 控制设备投资比较	(194)
2.3 计算机系统选择	(195)
3. 控制系统设计的组织和工作历程	(197)
3.1 计算机控制系统设计专业工作历程	(197)
3.2 系统设计的组织	(199)
第十章 工程安装设计	(204)
1. 控制室设计	(204)
1.1 位置的选择	(204)
1.2 平面布置	(204)
1.3 机房内布置	(204)
1.4 建筑要求	(205)
1.5 空调	(207)
1.6 供电	(209)
1.7 照明	(210)
2. 抗干扰设计	(210)
2.1 干扰讯号的来源	(210)
2.2 抗干扰的设计措施	(212)
参考文献	(220)

第一章 概 述

1. 工业过程自动化的发展概况

在工业和科学技术发展的过程中,自动化技术起着极为重要的作用。除在宇宙飞船、导弹制导、船舶导航和飞机驾驶系统等领域中,自动化系统有着特别重要的作用外,在其它领域业已成为重要而不可缺少的组成部分。工业过程自动化是保证生产稳定、高质、低耗、安全、改善劳动条件、提高劳动生产率、减少环境污染的重要手段,也是工业企业现代化的重要标志之一。

工业过程自动化的发展过程,大体经历了以下三个阶段:

第一阶段,三十年代到四十年代,采用大尺寸的基地式仪表,实现单体设备就地分散的局部自动化。当时过程控制的目的主要是维持温度、压力、液位、流量等参数一定,以保证产品的产量和质量。

第二阶段,四十年代到五十年代,相继出现了气动、电动单元组合仪表和巡回检测装置,以实现集中监视、集中操作和集中控制,强化生产,提高设备效率,适应工艺设备向大型化和工艺过程连续化发展的需要。

第三阶段,六十年代至今,从车间集中控制向工厂综合自动化发展,开始采用电子计算机控制,出现了过程优化与管理调度自动化相结合的计算机分级控制系统。这种递阶的计算机分级过程控制系统属于一种大规模工业自动化系统。它使工业自动化技术发展到一个新阶段,是目前自动化发展的一个重要方向。

我们知道,电子数字计算机的出现,在科学技术上引起了一场深刻的革命,现代化的工业、农业、国防、科学技术是离不开计算机的。计算机除了能高速自动地进行数学计算外,还具有记忆、判断、比较等逻辑功能,因此它在人类社会中的地位越来越重要。计算机不仅在数据处理、科学计算等方面应用极广,而且在工业过程自动控制方面也得到了越来越广泛的应用,特别是在炼油、化工、电力、冶金等方面。采用计算机控制的工业装置,不仅操作方便,而且经济效益也明显提高。据国外十多个国家四十个乙烯厂和十一个国家二十多个合成氨厂的统计,产量提高2~5%,操作费降低2~3%,电子计算机的费用不到一年时间就可全部收回。

任何新生事物,都是波浪式地向前发展的,计算机控制在我国也是如此。有人认为我国人口多、底子薄,社会上还存在着就业问题,因而不需要搞计算机控制。这种看法是片面的。诚然节省人力是应用计算机的一个优点,但不是它的根本优点和全部优点。在现阶段,计算机控制主要目的在于提高产品质量,保证安全运行,减少原材料和能量消耗,控制和减少环境污染以及提高企业管理水平等。现在,国际市场上可靠性高、性能优越的微型机系统、分级控制系统货源充足;国内发展也很迅速,现在已可以成套供应可靠性高的控制机系统。但是国内工业过程计算机控制技术发展较慢,计算机在工业装置尚未被全面采用,其原因主要是过程计

计算机应用软件开发跟不上形势需要。只有迅速发展应用软件，工业装置才能普遍采用计算机控制，使计算机制造业有广阔的前途，并使工业企业本身获得更多的经济收益。因此，过程计算机控制应用软件将是我们研究的重要方面。

2. 过程控制系统组成及其分类

2.1 过程控制系统组成

为了便于后面内容的描述，有必要把各种控制用术语、概念简要地说明一下。为此先举一个例子进行分析，看看自动控制系统由哪些部分组成，并说明一些必要的术语。

图1-1是热电厂、炼油厂和化工厂常见的生产蒸汽的锅炉设备。要保证锅炉正常运行，维持锅炉液位为正常标准是很重要的条件。锅炉液位过低时易烧干锅而发生严重事故；液位过高则又易使蒸汽带水并有溢出的危险。因此就需要通过调节器严格控制液位的高低，以保证其正常运行。

当蒸汽的消耗量与锅炉进水量相等时，液位保持在给定的正常标准值。若锅炉的给水量不变，当蒸汽负荷突然增加或减少时，液位就会下降或上升；另外，当蒸汽负荷不变而给水管道的水压发生变化时，也会影响到给水量的变化，从而引起锅炉液位发生变化。就是说这时的实际液位高度与应该保持的正常液位值（即设定值）之间出现了偏差，调节器就要马上进行控制，开大或关小给水阀，使液位恢复到设定值。

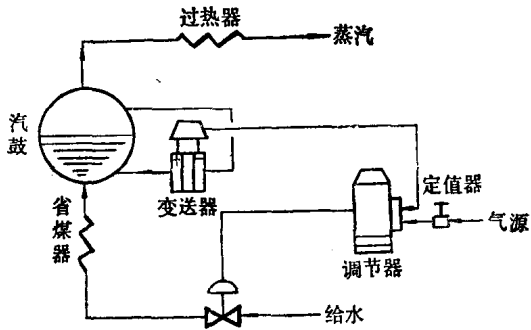


图 1-1

要实现锅炉液位的自动控制，至少要有检测元件与变送器、调节器、调节阀等三部分与锅炉一起组成一个控制系统，其示意图如图1-1所示，其对应的方块图如图1-2所示。

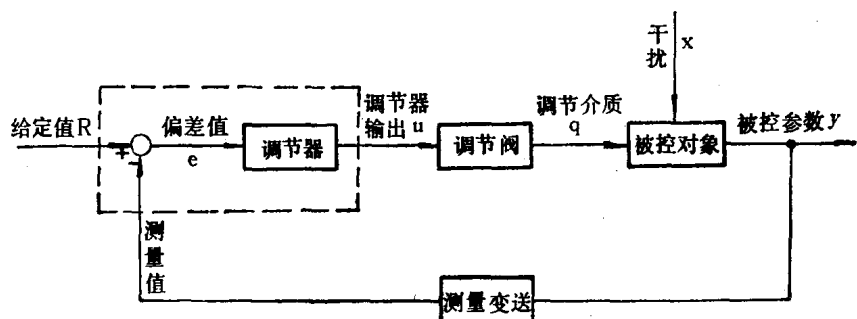


图 1-2

下面结合锅炉液位控制系统说明有关术语：

(1) 被控对象（简称对象或过程）

就是被控制的设备或机器。如锅炉液位控制系统中，被控对象就是锅炉。

(2) 被控参数（亦称被控变量或过程变量）

按照生产过程的要求,某些参数应该维持在预定的变化范围之内,如对它们进行控制,它们就叫做被控参数。在锅炉液位控制例子中,液位就是被控参数。若一个控制系统只控制一个参数,则此自动控制系统称为单变量自动控制系统,控制两个以上参数的称为多变量自动控制系统。

(3) 干扰 (亦称扰动)

在生产过程中,凡是影响被控参数的各种作用都叫干扰。干扰又分内扰和外扰。所谓内扰是指调节阀所在通道中影响物质或能量的各种因素变化引起的干扰(调节阀未动作)。如在锅炉液位控制例子中的给水压力变化而引起的干扰就是一种内扰。所谓外扰是指内扰以外的其它一切干扰,如在锅炉液位控制例子中蒸汽负荷的变化而引起的干扰就是一种外扰。

(4) 调节介质

为了克服干扰的影响,就需要控制阀门的开度,利用调节阀开度的变化去改变物料的进料量(设调节阀装在入口侧),从而达到调节的目的。这种起调节作用的进料介质叫调节介质。如在锅炉液位控制的例子中,往锅炉中注入的水就是调节介质。

(5) 测量值

就是变送器的输出值。对于气动单元组合仪表,测量值为 $0.2\sim 1\text{kgf/cm}^2$ 的气压信号;对于电动单元组合仪表,为 $0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 的直流电流信号。

(6) 设定值

与操作人员期望的正常被控参数相对应的信号值。

(7) 偏差值

是设定值与测量值之差。

(8) 调节器输出

调节器按一定的控制规律,发出与偏差值相应的输出信号去推动执行器。现在模拟仪表是电动和气动的,但从发展趋势上看,以微处理机为基础的 数字式 调节器 将会得到飞速发展。

(9) 开环与闭环控制

如图1-2的自动控制系统中,被控对象的输出信号(即系统的输出信号),经过一连串的自动化装置,又回到被控对象,从信号的传递角度来看,构成了一个闭合系统,一般称为闭环系统。闭环系统必然是一个反馈系统。如系统的输出信号不反馈到输入端,不形成信号传递的闭合环路,对系统的控制作用不产生任何影响,那么这种系统称为开环系统。如操作指导、纯前馈控制(不加反馈系统)都是开环控制系统。开环系统的特点是不了解对象的运转情况,不能按对象的变化情况而随之变化,这是开环系统的最大缺点。而闭环系统就完全不同,它每时每刻都在监视检查被控对象的运转情况。

2.2 过程控制系统的分类

过程控制系统有多种分类方法,可以按工业过程工艺参数来分类,如流量控制、压力控制、温度控制等;可以按过程控制系统的控制方式来分类,如比值控制、选择性控制、前馈控制等;可以按不同的自动化装置来分类,分为常规仪表过程控制系统和计算机过程控制系统;也可以按自动控制系统是否形成闭合环路来分类,分为开环控制系统和闭环控制系统。每一种分类方法都只反映了自动控制系统某一方面的特点。在分析反馈自动控制系统特性时,设定值的形式不同,会涉及到不同的分析方法,所以下面将控制系统按设定值不同情况

来分类。

图1-2相应的方块图如图1-3所示。

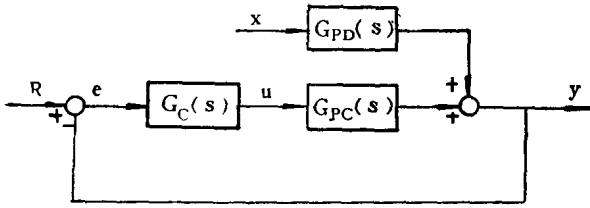


图 1-3

图中 y —被控变量, u —调节器输出, 亦称控制变量;
 x —扰动变量 R —设定值

应用传递函数概念, 可以方便地写出对象及控制规律的传递函数方程式:

$$Y(s) = G_{PD}(s) \cdot X(s) + G_{PC}(s) \cdot U(s) \quad (1-1)$$

$$U(s) = G_C(s) \cdot E(s) \quad (1-2)$$

式中 $E(s) = R(s) - Y(s)$

在扰动作用和设定值作用下, 相应的闭环传递函数分别表示为:

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{G_{PD}(s)}{1 + G_{PC}(s)G_C(s)} \quad (1-3)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_{PC}(s) \cdot G_C(s)}{1 + G_{PC}(s) \cdot G_C(s)} \quad (1-4)$$

式(1-3)相应的控制系统, 通常称为定值控制系统, 式(1-4)相应的控制系统, 通常称为随动控制系统。反馈控制系统按给定值的不同分成这样两种系统。

(1) 定值控制系统

所谓定值就是恒定设定值的简称。即定值控制系统中设定值在控制过程中是不变化的, 故其变化量 ΔR 等于零。正如式(1-3)所列, 这样的系统输入仅有干扰信号 x , 所以也把以干扰信号作为输入的系统叫做定值控制系统。到目前为止, 定值控制系统在工业过程中仍然普遍采用。如图1-1所示的锅炉液位控制就是定值控制系统。

在定值控制系统中 通常用被控参数与扰动量关联的程度来度量系统的品质。当扰动量 $X(s) \approx 0$, 而 $Y(s) \approx 0$ 时, 便是一个理想的定值控制系统。当扰动量产生一个阶跃变化时, 输出量(被控参数)将产生波动, 可以以积分准则来表示系统的品质:

$$I = \int_0^{\infty} |y(t)| dt$$

I 值愈小表示系统控制品质愈好。

(2) 随动控制系统

这类系统的特点是设定值在不断变化, 而这种变化往往是无规律的, 是未知的函数, 而干扰的变化则为零, 正如式(1-4)所列。控制系统的目的是使被控参数尽快地、准确地跟着设定值变化。系统的输入是设定值。随动系统应用很普遍, 如串级控制系统中副环控制回路就属其例; 计算机的输出作为DDC或常规仪表控制系统的设定值, 也属于这类随动控制系统。

在随动控制系统中, 通常用被控参数复制设定值的程度来度量系统的品质。若被控变量完全复制设定值便是一个理想的随动控制系统 在无差系统中, 若输入设定值为一个单位阶跃函数 $I(t)$, 其输出量将有波动变化。如果以积分准则来表示系统的品质, 则可以表示为:

$$I = \int_0^{\infty} |l(t) - y(t)| dt \quad (1-5)$$

I值愈小表示系统的控制精度愈高。

(3) 时间顺序控制系统

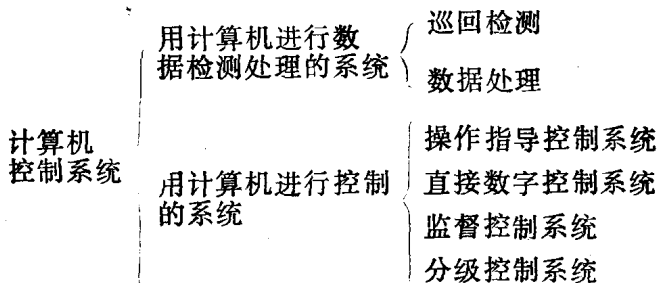
这类系统的设定值也是变化的，但它的变化规律是一个已知的时间函数。这类系统多用在工业炉、干燥设备和周期性工作的加热设备中。随着工业装置大型化和采用计算机控制，可在时间顺序控制系统中再加入一些条件判断，用来建立模仿操作人员的标准化操作模型。这可用于装置开、停工和周期性工作的大型设备上。如第五章将要介绍的三十万吨/年乙烯装置中大型裂解炉操作自动化和紧急降负荷控制系统，就是大型的时间顺序控制系统实例。它对提高设备利用率，避免和减少事故发生大有益处。

另外需要说明的是，有很多运行参数在工艺设计时已经确定，而且不随物料平衡和控制对象特性的变化而变化（如某些温度、压力），因而定值控制系统在目前仍然占有很重要的地位。但是炼油、化工、热电等以输送的流体为主要物料流的大规模连续生产过程，主要任务是经过物理或化学的加工方法，在综合利用的前提下，获得多种产品。因此对这种过程控制问题，除了必须有以上所说的工艺上所提出的定值控制以外，还必须意识到由于原料量、成分的变化或最终产品需要量的改变，均将引起中间过程物料或能量的重新调整，也就是说调节器设定值浮动的随动控制系统也具有突出的重要性，它是保证产品质量和数量及节能的重要手段。对于计算机过程控制系统，随动控制系统将被普遍采用。

3. 计算机过程控制系统的分类

计算机控制生产过程，首先要对生产过程的有关参数（如温度、压力、流量等）进行采样，并通过过程输入通道把模拟量转换成相应的数字量。（也可直接输入数字量信号）。这些数字量是反映生产过程的原始信息，计算机根据这些信息或是按一定关系进行处理后显示与打印，或是按一定的控制算式进行计算，计算结果由过程输出通道输出，通过执行器去控制生产过程，以达到预期的效果。

按不同的控制的目的，计算机控制系统的可如下分类：



3.1 用计算机进行数据检测处理的系统

计算机数据检测处理是计算机在工业过程中最为简单的应用。计算机把需要收集的生产过程参数经过模/数转换器送入内存储器，再把这些数据用适当的公式换算成相应的工程单位和数值，并对数据进行分析、加工。

(1) 巡回检测

生产过程的各种参数经一次仪表变送、信号统一、模/数转换后,以巡回方式周期性地检测并采集到计算机中。这个过程就是巡回检测。

(2) 数据处理

经巡回检测获得数据后,由计算机对数据进行分析 and 处理。如标度变换、线性化处理、校正、数字滤波、累积等,在出现异常时发出报警。按人工请求可随机打印和由 CRT 显示各种数据;或者按要求定时打印制表或将数据处理结果存在外存储器内,作为资料保存和进一步分析用。关于数据处理的内容详见第三章第2节输入数据处理。

3.2 用计算机进行控制的系统

(1) 操作指导(OPG)控制系统

OPG控制系统,亦称开环计算机监控系统。这里计算机的输出不直接作用到执行器上,也不直接作为其它控制回路的设定值,而只是输出一些数据,由操作人员按照这些数据去操作。

这种控制系统,每隔一定的时间间隔(随控制对象不同而长短不同)把各种检测量经过过程输入通道采入计算机,根据生产过程提出的数学模型在计算机上计算并寻找生产过程的最优操作条件,继由计算机把算出的最优操作条件通过打印输出和由 CRT 显示等方式作为操作人员的指导,再由操作人员去改变模拟调节器或 DDC 控制回路的设定值,把生产过程控制在优化状态,从而达到提高产量、质量、降低消耗等不同指标。

OPG的优点是比较灵活和安全。对计算机给出的操作指导,操作人员如认为不合适,可以不采用。因此这种控制方案常常被用于控制规律尚未彻底了解的生产过程,也常常被用于计算机控制系统设置的初期阶段,或用于试验新的闭环控制方案和调试新的控制程序时。

(2) 直接数字控制(DDC)

用工业控制计算机去代替模拟仪表调节器,计算机的输出直接操作执行机构,这就是直接数字控制系统(即 DDC)。由于数字计算机同常规工业自动化模拟仪表相比,具有能记忆、高速运算、便于集中控制等优点,而且计算机程序具有几乎无限的灵活性,可以很方便地组成和修改控制器的算式,组成良好的、模拟调节器难以实现的复杂控制方案;因此,这类系统在国内外曾得到迅速发展。

(3) 监督计算机控制系统(SCC)

所谓 SCC(Supervisory Process Computer Control)系统,是指计算机根据生产过程的信息(测量值)和其它信息(设定值和操作人员输入的其它参数),按照描述生产过程的数学模型(或者采用其它方法),去自动改变模拟调节器或 DDC 的设定值,从而使生产过程处于优化的工况下。SCC 控制系统可分为以下两种形式:

(a) SCC加模拟调节器的控制系统

由计算机计算出各模拟调节器的设定值,然后由各回路的模拟调节器进行调节,它可以实现最优化控制,达到省能、高产、低消耗的目的,而且比较安全稳妥。当计算机出现故障时,可以由模拟调节器实现定值控制,独立完成任务。

与 SCC 控制系统配套的模拟调节器称为 SPC 调节器,它接收计算机的输出数值作为设定值。计算机以脉冲列的形式把信息传送给 SPC 调节器,其调节动作与一般调节器相同,即实现 PID 运算,但具有以下特点:

○调节器的设定值随计算机的计算值而改变;

⊙调节器的设定值随时反馈给计算机；
 ○计算机发生故障时，调节器由SCC计算机外给定自动变换到内给定，并且无偏差；
 ○调节器无论处于SCC外给定还是内给定，均有信号输出，并将此状态信号送给计算机。

○操作人员可以操作调节器，进行SCC内、外给定之间的相互切换。

SPC调节器是由基型调节器上附加一个模拟量/脉冲转换单元构成的，如图1-4所示。

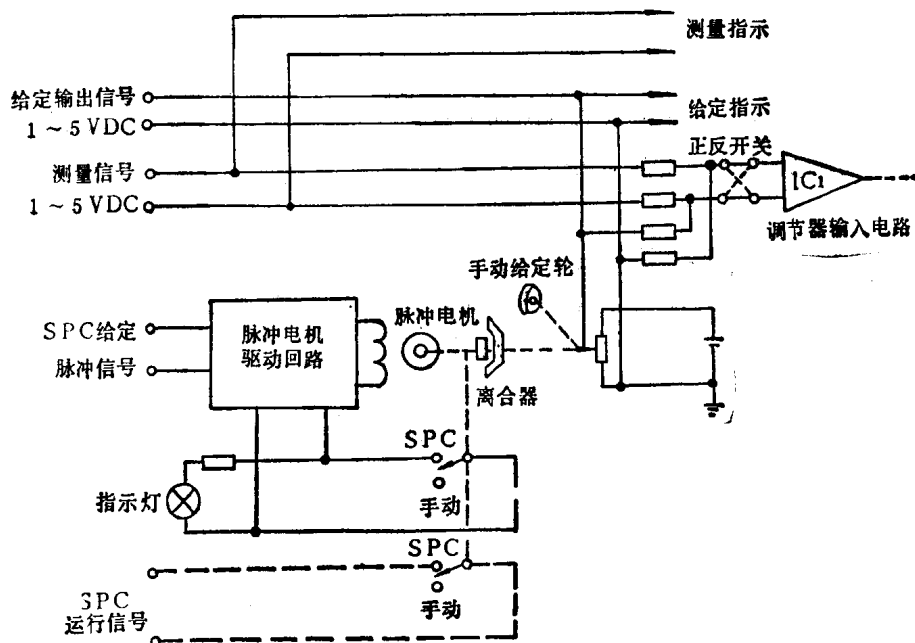


图 1-4

关于SPC调节器具体用法参见第三章第3节中SPC输出处理的有关内容。

(b) SCC加DDC的控制系统

在此控制系统中，SCC计算机和DDC计算机之间是通过信息进行联系的，可简单地 进行数据传送。SCC计算机负责工段、车间的优化计算，用计算结果去重新设定DDC计算机的设定值，然后由DDC计算机执行过程控制，使工况保持良好。当DDC计算机出故障时，可由SCC计算机代替DDC的功能，以确保安全生产。

SCC系统能始终如一地使生产过程在优化状态下进行，避免了不同操作人员用各自的经验和办法去调整调节器的设定值而造成的控制差异。监督控制的概念极为广泛，灵活性也很大。所采用的数学模型、控制算式和程序的优劣，直接关系到计算机控制获得经济收益的大小。

(4) 分级控制系统

分级控制系统由多台计算机组成，其中最高级的是具有经营管理功能的分级系统。目前分级控制系统正处在发展阶段，较多的还是两级系统，即SCC+DDC（或模拟SPC调节器）系统。关于分级控制系统将在第二章加以详细讨论。

第二章 工业控制计算机系统结构

数字计算机已成为现代科学技术和生产中不可缺少的重要工具，应用十分广泛。概括起来大致有如下四类用途：

(1) 科学计算

计算机广泛地应用于科学研究和工程设计的计算。例如人造卫星轨道、化工装置设计、船舶设计、水力发电、天气预报等方面的大量计算都要用到计算机。应用计算机进行科学计算，可以节省大量时间、人力和物力，并且提高计算精度。

(2) 数据处理

计算机最早的应用之一就是数据处理，计算机在问世的初期用于商业和金融方面的数据处理，随着计算机的不断发展，国外在交通运输、电话电报、医疗卫生等方面都广泛应用计算机进行数据处理。

(3) 信息加工

在信息加工应用中最突出的例子是机器翻译，目前，国外几种主要文种的翻译可用计算机进行。另外计算机还可用于资料、图书管理。

(4) 自动控制

计算机可用于炼油、化工、造纸、发电、冶金及其它部门生产过程的自动控制。

综上所述，可以看到计算机的应用非常广泛，凡是能归结为算术和逻辑运算的或有规律性的工作，都可以由计算机来做。对某些工作，应用计算机比人直接来做可进行得更快更好。

按计算机的用途来分，可以分为两大类：一类是通用计算机，另一类是专用计算机。通用机是指可以进行一般数值计算的计算机，一般用作科学计算和数据处理。它的特点是解题能力强，运算速变快，数值范围大。专用机是为解决某一方面的计算任务、自动控制或信息加工而特制的。专用机的特点是结构简单，稳定可靠。

本书内容主要讨论工业过程计算机控制系统的工程实现，当然主要涉及过程控制计算机。本书将在下面分别说明工业控制机组成、特点和系统组织，并简单说明计算机的外部特性。

1. 工业控制计算机系统组成

工业过程计算机控制系统由工业控制对象和工业控制计算机两部分组成，如图2-1所示。工业控制计算机系统，不是仅指一个计算机主机，而是指按工业生产控制的特点和要求而设计的成套计算机。它包括硬件和软件两部分。

1.1 硬件

硬件包括主机、外部设备和工业自动化仪表，它是实现计算机控制的物质基础。

主机就是计算机控制系统的计算机部分，它包括运算器、控制器和内存存储器。

外部设备包括人-机联系设备、过程输入输出设备（亦称PIO）和大容量存储器——外存储器。

人-机联系设备包括纸带输入机、卡片输入机、电传打字机（控制台打字机）、宽行打字机、CRT显示器、操作控制台等，是操作人员和计算机进行联系的工具。

过程输入输出设备是由许多与工业对象相互作用的装置组成的。它一方面把工业对象的生产过程参数取出，经过转换，变成计算机能够接收和识别的代码，以便计算机进行处理；另一方面，又把计算机作出的控制决定，变成操作执行器的控制信号。

过程输入输出设备必须通过工业自动化仪表才能和被控对象发生联系，进行这种联系的有检测仪表、调节器、执行器等。

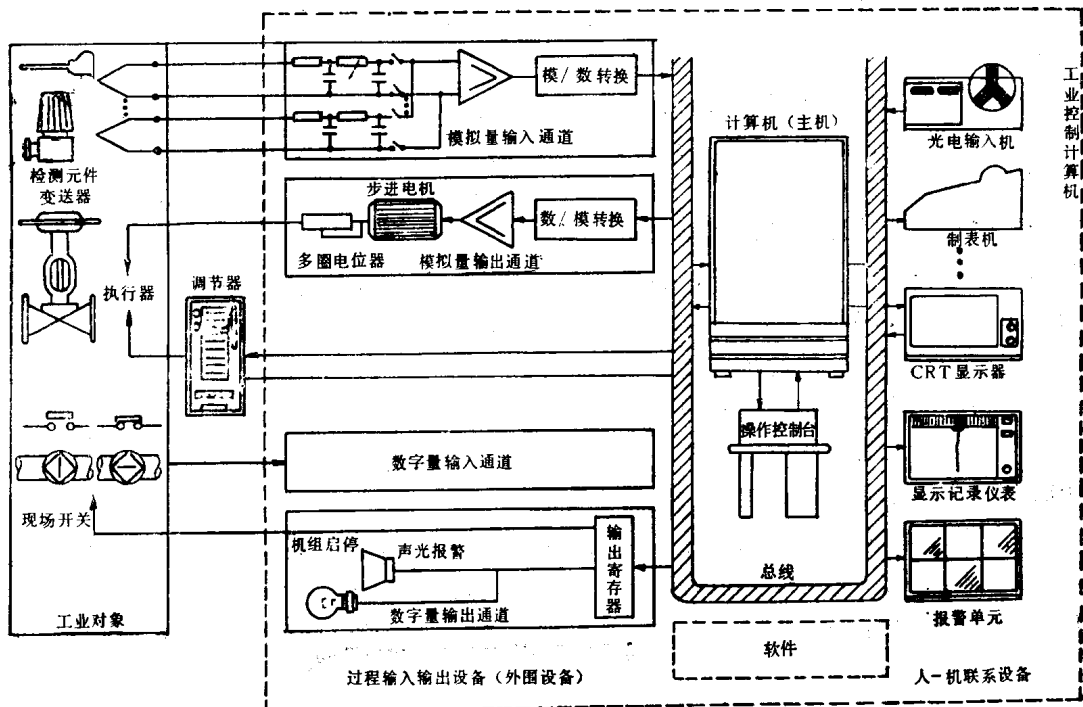


图 2-1

对一个计算机控制系统而言，主机的性能往往决定整个系统的性能。一台计算机主机的主要技术指标有运算速度、字长、内存容量及指令系统。其中字长是代表性的指标。速度不是关键性指标，这是由于对于工业控制计算机，五十万次/秒的速度一般已足够，而这已是一般计算机能达到的指标。因内存容量和字长有直接关系，故有必要对字长与功能关系说明如下：

对控制机来说，8、12、16、18或24位字长都是经常用到的，特别是16位用得更多。因为一个数据或一条指令都可作为存储器的一个字来存入，因此字长的选择要同时考虑两者的影响。

（1）字长对数据的影响

控制计算机的数据通常以整数或定点的格式输入计算机系统。例如，假定输入一个0~5伏直流电压信号。若采用的A/D转换器是有11位，则0伏相当于11位全是0；5伏相当于11位全是1，这时11位二进制数相当于十进制数是2047。这时的分辨率是 $\frac{1}{2047}$ ，比0.05%稍

好一些。这对于大多数的过程变送器来说是完全适合的,因为变送器的精度大约在0.1%左右。这样,再加上一个符号位就变为12位,12位字长适用于存储以整数格式表达的大多数过程数据。采用更长的字长就是浪费了。

在运用过程数据时,较为方便的办法通常是先把它转换为工程量。这种用途,用整数或定点格式表示不很方便,而采用实型(浮点或指数形式)数据更有好处。使用这种形式时,要用若干位表示特征(包括符号),而用另一些位数表示一个整数的指数(包括符号)。可采用的最小组合是以18位表示特征(其精度是十进制4至5位有效数字)和以6位表示指数(这就能表达大约在 10^{-9} 与 10^{+9} 之间的数),那么总共需要24位。通常用4位有效数字表示过程原始数据,由于精度较低,再加上计算机二进制舍入,经常会导致数值出现问题。如果采用总数为32位,其精度为十进制7至8位有效数字,可以在大多数工业过程控制应用中避免出现上述问题。

从过程控制应用中所关心的问题出发及数据存储角度来考虑,选取字长的原则为二字长为12位的计算机因需要用3个字表达一个浮点数,所以这类机器只能考虑在很少浮点运算的场合应用;对字长为16或18位的计算机,虽然也要用双倍字长来存储一个浮点数,但比12位好一些;而对24位的计算机,用浮点形式存储数据是没有什么困难的。单字长的浮点数精度相对比较低,因此在某些操作中,可采用双倍字长;但考虑到数据传输、字符编码中大多使用字节(8位)为单位,所以8位与16位字长的计算机显得比较方便。

(2) 字长对指令的影响

对字长16位的计算机,通常的寻址方式地址模/数段占去4位,如果再留4位作操作码,就只剩下8位供地址码使用。这样,机器就必须广泛地应用间接寻址,因此往往会降低执行程序的有效速度,但作为过程控制还是可行的。

对于字长为24位的计算机,能够直接存取的地址码容量大约为16K磁芯存储字,这样间接寻址就可以少用。而对那些字长少于16位的机器就必须经常使用双字长指令来弥补字长太短的不足。由于16位字长所能够表示的最大地址为65535,所以16位机器最大内存容量为64K字。

由于以上原因,目前小型机以16位的为多数,微型机以8位与16位的为多数。

对于过程控制计算机系统有些标准设备,需根据不同要求和不同控制对象而任意选择。为设计选择方便,现把主要可选择设备特性简要说明如下:

(1) 乘/除硬件

实际上,所有的CPU都具有把一个存储地址的内容和累加器内容相加的指令。由于两个定点数的乘法可用逐次加法和移位操作来完成,这就增加了两种负担:一是运算量大使执行速度降低;二是软件实现乘/除运算所需的指令必须存入内存储器中(至少一次)。除法也有相类似的问题。若选用了乘/除硬件,就不需要使用软件进行乘除,能显著地增加执行速度。对比情况如下:

	硬件	软件
乘	10微秒	200微秒
除	20微秒	500微秒

由于乘/除硬件价格相当低,所以被大多数过程控制机所选用。

(2) 浮点运算硬件

和上面定点乘/除硬件一样,浮点运算也可以用软件或硬件实现。对比情况如下:

	硬件	软件
加法和减法	15微秒	400微秒
乘法	20微秒	400微秒
除法	30微秒	1000微秒

(3) 存储保护

在过程控制机中,经常要求保护某一段程序,以免程序被冲。方法之一是使磁芯存储器的每一个字都有一位保护位。这样被保护的存储单元只能由保护位是1的指令才能写入。另外还可采用分页的方法来保护存储器,即对磁芯存储器的每一段提供一个单一的保护位,每段大致由256或516个字组成,称为一页。

(4) 奇偶校验

为了提供一些检查和校正错误的能力,可以在每一个存储单元和对外部设备间传送信息的字中加一位奇偶校验位。奇偶校验的效能是,假定某个字中1的数目是奇数时,奇偶校验位为1,反之奇偶校验位为0,于是包括奇偶校验位在内,每个字中1的总数目应是偶数;如果在任一位产生了错误,那么1的个数一定变为奇数,这就表示出现了错误。如果同一个字发生两个错误,那就无法检查出来,但这种现象发生的可能性极小。

现在一些计算机制造厂极力声称他们的磁芯存储器如何可靠,以致无需再用奇偶校验。然而,外部设备不是那么可靠时,由外部设备传送的数据必须附加奇偶校验。

(5) 实时时钟

实际上,为了使计算机的运算和实际的时间表相协调,所有过程控制计算机都需要实时时钟硬件。

(6) 电源故障保护

电源一旦出现故障,在计算机停止运行之前,电源故障保护设备可使计算机具有再执行一定数目指令的能力。这些指令通常可供某种专门需要之用。

(7) 自动再启动

磁芯存储器的内容,不会随着电源的切断与恢复而有所改变。然而,在CPU中由触发器构成的工作寄存器的内容就消失了。如果选用了“电源故障保护”可选设备,就可以由它提供一些指令,使工作寄存器的内容先存起来。“自动再启动”可选设备,可在电源故障消除后,重新取出工作寄存器的内容,使程序得以继续执行。

正如前面所述,过程输入输出设备可把控制对象经仪表输入信号转变为机器能接收的信号,把经计算机输出信号转变成执行机构能接收的信号。总之PIO是计算机和工业自动化仪表之间的桥梁和“翻译”。一般工业过程控制机的PIO由以下部分组成:模拟量输入、数字量输入(包括BCD码、脉冲量、开关量)、中断输入、模拟量输出、数字量输出(包括脉冲量输出)等设备。

模拟量输入信号由于采用不同的仪表而有不同信号,常用仪表和信号如表2-1所列。

数字量输入主要有色谱分析仪(内有微处理机)、椭圆齿轮流量计和涡轮流量计输出的脉冲量及开关触点信号;模拟量输出主要是DDC控制输出,其信号为4~20mA DC或0~10mA DC;数字量输出有输出报警触点、输出切断两位式阀门、继电器联锁触点等信号及改变SPC调节器给定点的脉冲量等。