

集散型计算机控制系统(DCS)

王树青 赵鹏程 编著



华航70194877

浙江大学出版社

集散型计算机控制系统(DCS)

王树青 赵鹏程 编著

浙江大学出版社

集散型计算机控制系统(DCS)

王树青 赵鹏程 编著

责任编辑 洪保平

* * *

浙江大学出版社出版

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

杭州富阳何云印刷有限公司印刷

浙江省新华书店经销

* * *

787mm×1092mm 16 开 15.75 印张 403 千字

1994 年 11 月第 1 版 2001 年 1 月第 6 次印刷

印数: 13001—16000

ISBN 7-308-01341-3/TP·109 定价: 15.00 元

出 版 说 明

生产过程的大型化、复杂化和连续化,要求生产控制自动化。为此,国内外已广泛应用具有十分方便和友好的人/机界面的集散型计算机及其它自动化装置,对生产过程进行监督、控制和管理,从而改变了人在生产中的地位;同时运用现代控制理论、系统工程和计算机科学中的最新成果及它们的有机结合,研究、开发与设计先进的工业控制策略与系统,并应用于生产控制,从而提高企业的经济效益。

为了适应国内外自动化发展的形势及贯彻国家经委、国家科委和中国科协关于《企业科技人员继续教育暂行规定》的通知精神,中国石化总公司从1988年起连续四年委托浙江大学举办“化工自动化及仪表”专业工程师进修班。浙江大学工业控制研究所着眼于提高企业科技人员的知识深度,拓宽知识面和增强技术改造、技术攻关的创造能力,结合多年的教学和科学研究实践经验,为进修班设置了“线性系统理论”、“工业过程模型化”、“工业过程计算机仿真”、“系统工程最优化”、“集散型计算机控制系统”和“高级过程控制”等课程,并编写了相应的教材。

考虑到模型化、计算机和控制学科已遍及众多部门和领域,贯穿其中的思想和方法已用于经济与社会现象的研究,这些领域的科技人员亦有继续教育的愿望,现特将这套教材整理出版。这套教材既反映了这些学科的基本理论,又反映浙江大学工业控制研究所近几年工业过程控制研究实践的成果。希望这套教材既能为工业自动化以及相关领域的科学工作者和工程技术人员提供一套较为系统的继续教育教材,也能为在校大学生和研究生提供有价值的参考书。

组编和出版这套教材是一次尝试,我们热忱欢迎选用和阅读这套教材的读者提出批评、建议。

浙江大学工业自动化国家工程研究中心
中国石油化工总公司人事部

1994年6月

前 言

自从 1975 年美国霍尼威尔公司制造出世界上第一台以微处理器为基础的集散型计算机控制系统(DCS)——TDC 2000 以来,至今已有 20 年的历史。在这 20 年中,各国的 DCS 制造商为满足不同工业生产过程控制的需要,开发了各种型号的集散型控制系统。在经历了三代的变迁以后,现今的集散型控制系统已成为现代工业生产过程监督操作的基本自动化技术工具,也成为现代工厂计算机集成制造/生产系统的重要核心和基础部分。本书作者在这 20 多年中,致力于计算机在工业生产过程中的应用科学研究工作,并在 1980 年,利用国产元件,和兄弟单位协作制造出以微处理器为基础的工业控制计算机系统 JS-90。在这期间,也为研究生和本科生开发了“计算机技术”和“计算机控制系统”的课程。所以本书是作者科学研究和教学工作的结晶。

本书对集散型控制系统及其应用作了较全面的介绍,企望使读者对集散型系统有一全局的了解。由于集散型控制系统规格型号繁多,作者在本书中,仅能作为典型介绍了中小型集散型系统 μ XL 和大型的集散型系统 TDC 3000,然后介绍集散型控制系统的设计方法和集散型控制系统在工业生产过程控制中的应用。

全书共分六章:第一章绪论,介绍过程控制发展历史和面临的问题;第二章集散型控制系统(DCS)导论,介绍 DCS 系统的共同性问题,即系统结构、通讯、可靠性和组态技术;第三章中小型集散型控制系统—— μ XL,介绍在我国广泛应用的中小型集散型控制系统 μ XL 的结构、操作站和控制单元,以及关于集散型控制系统的安装等问题;第四章大型集散型控制系统 TDC 3000,介绍集散型控制系统中最典型的、由霍尼威尔公司制造的 TDC 3000 的系统特性、可靠性措施、数据采集、过程控制、人/机接口和系统操作;第五章集散型控制系统设计原则,从工业生产的特点及其对工业自动化的要求出发,介绍集散型控制系统设计方法和典型集散型控制系统设计示例;第六章集散型控制系统在工业生产中的应用,介绍了 DCS 在石油化工、原油炼制、大型氨厂和青霉素生产等工业领域中的应用。

全书第一、三、五、六章由王树青编写,第二章由赵鹏程编写。赵鹏程对全书进行了统校。

王骥程教授对全书进行了校阅,并提出了许多宝贵意见。全书由来国妹女士精心打字,部分插图由周逊盛和杨毅同学帮助描绘。在此,作者对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

作 者

1994 年 2 月 1 日

目 录

第一章 绪 论

第一节 过程控制发展过程.....	1
第二节 计算机控制和系统的结构形式.....	4
第三节 过程控制系统设计面临的新问题	12
思考题	14

第二章 集散型控制系统(DCS)导论

第一节 DCS 的系统结构和特点	16
第二节 DCS 的通信系统	20
第三节 DCS 的通信网络协议	43
第四节 DCS 的可靠性技术	58
第五节 DCS 的组态	63
思考题	70

第三章 中小型集散型控制系统—— μ XL

第一节 系统构成	71
第二节 操作站	73
第三节 控制单元	97
第四节 系统安装——配线和电缆布线.....	112
思考题.....	122

第四章 大型集散型控制系统——TDC 3000

第一节 系统特性.....	123
第二节 系统可靠性.....	129
第三节 数据采集和控制.....	136
第四节 人/机接口	167
第五节 系统操作.....	176
思考题.....	194

第五章 集散型控制系统设计原则	
第一节 工业生产过程特点	195
第二节 集散型控制系统设计	197
第三节 集散型控制系统设计示例	209
思考题	220
第六章 集散型控制系统在工业生产中的应用	
第一节 石油化工工业应用 DCS 概况	221
第二节 大型原油蒸馏装置的 DCS 优化控制	224
第三节 大型氨厂的 DCS 控制	228
第四节 青霉素发酵过程 DCS 控制	235
第五节 DCS 应用发展趋向	241
参考文献	243

第一章 绪论

第一节 过程控制发展过程

过去的 50 多年,随着过程工业的操作方法改变,工艺上的复杂化和生产过程的强化,以及控制设备与测量装置类型的改变,使得测量和控制行业起了突飞猛进的变化。当然,一些基础的控制系统工程,基本的单回路控制系统,以及过程自动化的维护要求等,并没有太多的变化。

首先,我们看一下新的测量控制仪器设备的令人鼓舞的变化。任何一个工业领域变革的推动力是经济效益的提高,经济效益是有价值的产品产率与产品自身价格乘积的函数。过程测量和控制对工业效益的影响,可以通过以下例子来了解它们是怎样降低产品价格和改进产率的。

例如,随着燃料价格的迅速提高,要求热交换器尽量运行在设计条件下,并为此加以有效的测量。从锅炉排烟氧含量、一氧化碳和二氧化碳含量的测量,燃料热值(BTU)的测量,以及精确的流量测量,就可计算出锅炉的热效率。这类测量,对工厂的操作是极其重要的。而若将这些信息输入到计算机,就会有更多的优点。在计算机中可进行各种计算,加以安全越限的核对,输出反馈信息给前台调节器,以实现工业生产过程的优化操作。这种类型的控制方式,可大大降低过程的运行费用,从而增加经济效益。只是,相应的设备开支、工程设计、软件开发以及系统维护的费用有所提高。

关于提高产率的例子,我们可从一经典的精馏塔运行过程来分析。我们用带有计算机控制的在线分析仪分析精馏塔的流出产品成分和通过计算机实现的有温度、压力补偿的流量测量,去控制精馏塔的运行操作,可以得到更多的符合规格的产品,从而提高精馏过程的产率。

50 年来,在测量仪表和计算机设备方面都已有了极大的进展,并基于经验和理论,制定了许多基本的测量标准。大量的工业在线分析仪,只要安装使用得当,都可在现实的工业生产中应用。众多的微机和工业控制计算机(DCS)都已商品化,而且也可靠实用。对于过去 50 年的过程测量和控制的历史,可用图 1.1.1 和表 1.1.1 来说明。图 1.1.1 表明过程控制中的各种测量仪器设备使用变化的情况,表 1.1.1 总结了过程控制系统的发展历史。

从 1940 年到 1950 年,在工业生产过程的运营管理上,还没有单元操作控制室,因此,更谈不上有带空调的房间用于生产过程操作管理。所有测量仪表都分散在生产单元各个部分,操作工围绕着生产过程现场查看生产设备和仪表,过程物流直接用管子与仪表相连接。因此,不用复杂的变送器。压力、温度、流量和液面的控制都是单回路控制系统。由于当时的工业生产过程还比较简单,操作工只照看 10 到 20 个控制信号和回路,只需从流量计圆形的记录纸上来计算和核对生产产率,根据贮槽的标尺读数计算单元的物料平衡报告,进行每小时

不复杂的操作记录,并将生产过程的样品送到中心实验室进行产品组分的分析化验。生产过程中的中间产品和最终产品要送到贮罐,以便再处理或包装后送往市场。

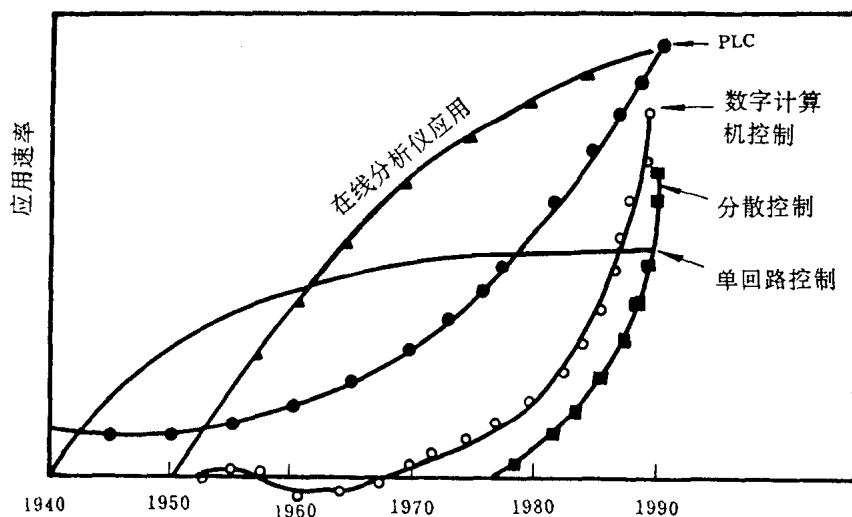


图 1.1.1 仪器仪表发展趋势

表 1.1.1 控制系统发展过程

1940~1950	单回路 P. I. D 控制系统开发, 开始有单元控制室
1950~1960	信号变送与开发, 在线分析仪的应用 电子单元控制回路开始应用
1960~1970	控制室开始紧凑化, 数字计算机控制 可编程逻辑控制器开始应用, 高密度单回路控制器的应用
1970~1980	中央控制室, 电子化仪表, 改进仪表供电系统 CRT 操作的分散控制开始应用, 微处理器应用引起测量仪表装置的革命
1980~1990	数字计算机控制广泛使用, 出现相应的复杂数字仪表装置, 复杂的测量装置更加可靠 生产过程优化控制

从 1950 年到 1960 年,随着化学工业的发展,要求分散包装成多样化的产品,这就不同于原油炼制工厂。化工产品以比较小的分装形式,每单位重量也更值钱,而且必须符合产品规格要求,否则就成为废品。同时,化工产品很难再处理或调合成一定规格的产品。这样,工

业生产迫切要求开发各种在线分析仪器。此外,工业生产过程变得越来越复杂了,需要更多的控制回路和单元生产控制过程集中化,相应的过程变量变送器的开发显得十分必要。因为许多生产工艺管路不可能绕着弯汇总到操作控制室,这样做一来不经济二来也不安全。因此,原来的控制阀就变成用气动来驱动。很自然,控制系统的信号也用气动信号。这样,就要求有大量的气动管路来传送测量和控制信号。这种大量的气动信号管路,引起了人们寻找用电的办法来解决这一问题,即开发电动类型的测量仪表和控制设备。通常的分析仪器都用电的原理制作,因此,在工业现场使用时,就要用一防护箱来隔离。用电动仪表取代气动仪表,有着一系列的问题要解决。由于起初的真空管使用寿命短,电动仪表的故障率大于气动仪表,这就要求有更多的维修工作和维修仪器设备。

到 1960 年至 1970 年期间,电子技术有了迅速的发展,半导体产品取代了电子真空管,进而又用集成电路逐步取代分立元件,使得电子仪表可靠性大大提高,控制理论也有了极大的进展。数字计算机在过程控制中的应用,引起了过程控制工业革命性的变化。在 60 年代初,数字计算机还不十分普遍,一系列实际问题需要解决。数字计算机在工业生产过程控制中的应用不很多。

在这期间,随着电子仪表小型化,操作工要监视许多个过程变量和控制回路,生产过程越限报警变得十分重要。因为,操作工不可能时时刻刻看着这么多的过程变量和控制回路,需要报警提醒他们的注意和判断问题的所在。在线工业分析仪器已可实用化,作为生产过程操作指导。当然,这种分析仪需要特殊的安装设计和运行维护。数字计算机可用来采集大量工业生产过程数据,以及进行各种计算,然而,为了防止计算机出故障而影响生产,又增加了许多后备装置。可编程逻辑控制器(PLC)开始固态化,取代原来的继电逻辑系统。控制室可以缩小,用数字计算机来管理全厂的信息系统已开始逐步变成现实。

到了 1970 年至 1980 年期间,前面所叙述到的电子仪表和计算机,得到了进一步的提高和应用。总的看来,电子控制变得越来越重要,以微处理器为基础的分散型控制开始形成。控制室越来越缩小,一个工厂用一个中央控制室,在工程实践中已很普通。数字计算机开始在工业生产过程中进行在线控制。操作工用 CRT 作为接口,监视和控制工厂的生产运行。因为控制室远离生产现场,操作工只从 CRT 上了解生产过程,所以,必须要有远距离的通信连结线。随着微处理器出现在所有类型的电子仪表中,也需要计算装置之间的数据通信连接。这类数字装置,具有各种类型的编程语言,需要各种类型的通信规程和校验子程序,对各个制造厂商的数字设备,混合使用就十分困难。由于广泛的使用电子仪表和数字计算机,供电电源已成为十分重要的内容。

到了 1980 年至 1990 年,数字仪表发展成为成熟的产品,集散型(DCS)计算机实用化,它具有高可靠性,价格趋向合理;分析仪器也逐步实现计算机化或数字化。因此,这 10 年是微型计算机广泛应用于工业生产过程的成熟时期。由于计算机技术的迅速发展以及在实际工业生产过程的广泛使用,使得工业生产过程真正实现了优化控制,大大提高了设备的生产能力,降低了产品的消耗和操作费用。另一方面,工业生产过程越来越复杂,如乙烯生产装置,从几万吨级发展到 30 万吨级以上,45 万吨的装置也已投入使用。这种过程的控制系统多达几千个回路。由于生产过程的复杂性,使得一般的常规控制算法满足不了工业生产优化控制的要求,希望过程控制工程师了解工业生产过程,建立好的生产过程模型,开发优化控制算法。另外,人工智能技术得到了人们的高度重视,逐步走向工业化应用的阶段。

第二节 计算机控制和系统的结构形式

1946年世界上第一台电子计算机在美国诞生。紧接着在50年代中期出现了把数字计算机用于过程控制。一个使用RW-300计算机的计算机控制系统于1959年在美国德克萨斯州的Port Arthur炼油厂投入运行,这标志着计算机过程控制历史的开始。这一计算机控制系统的基本功能是保持反应器压力为最小,确定五个反应器之间的进料分配,通过测量催化剂的活性来控制热水流入量。

随后,IBM公司设计出了一种专门用于过程控制的数字计算机——IBM1700。该过程控制计算机被安装于印第安那州的美国石油公司、加利福尼亚州标准石油公司和杜邦公司,时间是1961年。同年早些时候,IBM公司又推出了新一代的过程控制计算机IBM1710。

计算机应用于过程控制大致可以分成三个阶段。由于计算机过程控制系统的发展很快,应用范围极广,因此要确定这几个阶段的具体时间是很困难的,这三个阶段大致如下。

1. 早期应用阶段

这一时期使用的计算机的特点是:体积大、速度慢、价格昂贵而且不可靠。所以计算机在控制系统中仅仅用于监督控制作用,过程仍由普通的模拟调节器进行控制。具体实现有两种方式:在计算机操作指导方式下,计算机只提供给操作人员有关模拟调节器的设定值;在计算机设定值控制方式下,模拟调节器的设定值由计算机给定。计算机的主要任务是寻找一个好的操作条件,执行具体生产计划,提供有关生产、能源和原材料消耗情况。其中寻找最优操作条件属于静态优化问题。要实现优化控制必须要有数学模型。数学模型往往很复杂,需要通过物理模型和对过程数据的回归分析得到。在这一时期还进行了一些在线优化的尝试。然而,由于缺乏过程方面的知识而使上述工作遇到了障碍。很明显,仅仅考虑静态优化问题是不够的,还需要动态模型。由于缺乏一种好的建模方法,而使这部分工作变得非常困难,这就促使人们进行系统性的方法研究。另外,在把新技术用于传统工业的过程中,有许多成功和失败的例子,在大量的实际应用研究中也得到了许多经验,如需要在计算机外设和软件方面设置一些专门的部件来对外部影响作出迅速响应。

2. 直接数字控制和小型计算机时期

1962年英国的帝国化学工业公司(ICI)首先采用了直接数字控制系统(DDC),使用一台计算机代替了所有用于过程控制的模拟仪表。这是过程控制新纪元的开始。模拟技术被简单地用数字技术所替代,而整个控制系统的功能保持不变。直接数字控制这个名称被用来强调计算机在直接控制过程。在DDC方式下,原有的一些常规控制规律都能以数字形式实现,用一个操作员控制台替代原来庞大的模拟仪表屏。控制台变得非常简单,上面只有数字显示和一些按钮,一个控制回路的参数能作为操作条件的函数。另外,用专用的非常简单的DDC语言编程,使用者只要将有关输入、输出、调节方式、调节器等参数填入相应表格,对使用者来说计算机系统显得相当“透明”。

DDC系统的一个弱点是难以实现复杂的控制策略,当时的数字计算机可靠性也不高,这些都影响了它的发展。这期间有关采样周期选择和控制算法问题被广泛讨论。

随着先进的集成电路技术的发展,出现了价格便宜、体积小、运算速度快、比较可靠的小

型计算机,可以按 DDC 的概念设计出比以前更加可靠、更加灵活的过程控制系统。DDC 的概念很快被接受了,尽管事实上 DDC 系统常常比相应的模拟系统来得昂贵。

3. 微型计算机和分散型系统

小型计算机仍然是一个比较昂贵的系统,因此,对许多控制问题来说计算机控制依然是可望而不可及。1972 年出现的微型计算机使这问题迎刃而解。微型计算机体积小而价廉,使计算机控制几乎可以应用于所有领域。微型计算机对过程控制设备产生了巨大影响,它可以替代单回路控制器的模拟硬件,用于小的 DDC 系统,使操作控制台很快变成仅仅使用彩色图形显示器和操作键盘这样一种形式。1975 年美国的 Honeywell 公司公布了第一个集散型计算机控制系统(DCS)。出现了用大量微处理机构成的分级控制系统结构,并用微处理机制成了专用数字调节器。

计算机的应用极大地改善了过程控制的硬件性能,加强了过程控制的技术手段。同时也对控制理论提出了挑战,要求提出新的控制理论和方法来不断发挥计算机的应用功能。

在 50 年代到 60 年代之间,控制理论随着航天工业的发展而迅猛发展。1962 年庞特里亚金确立了最优控制的极大值原理,Kalman 建立了控制系统的状态空间表示方法,奠定了现代控制理论发展的基础。由于在航天工业中现代控制理论应用取得了辉煌成果,60 年代初到 70 年代末,掀起了现代控制理论向过程控制领域推广应用的热潮,在这同时现代控制理论本身既迎接了挑战又得到了飞速发展。70 年代后,现代控制理论研究的内容不断丰富,研究的范围不断扩大。除线性多变量系统和最优控制理论外,随机控制、自适应控制、大系统控制等理论也逐步成熟起来。然而,生产过程机理复杂,变量间关联密切,过程中又存在着非线性、时变性及分布参数等因素,很难用一个简单而又精确的模型来描述复杂的实际对象。因此,现代控制理论移植到过程控制领域的工作不尽人意。如何针对过程系统的特殊性将这些理论移植到生产过程系统,成为当前过程控制研究的热点。

目前,基于非参数模型的计算机控制,不确定性系统的控制,分布参数系统的控制,智能控制等最新的控制理论正与计算机技术相结合,在过程控制领域进行不断探索与发展,并已取得不少成果。

常用的计算机控制系统组成形式有下述几种。

一、常规模拟调节仪表与计算机控制系统相结合

由常规模拟调节仪表与计算机组成的二级控制系统常用来进行 SPC 控制。该系统由常规模拟调节仪表完成基础级自控、微型计算机作为上位机进行优化控制,组成形式如图 1.2.1 所示。

1. 常规控制部分

对常规控制系统来说,有单回路反馈控制系统、串级控制系统、比值控制系统、前馈控制系统和均匀控制系统等形式。后几种常规复杂控制系统都是以单回路系统为基础发展起来的。而且,很多常规复杂控制系统的整定都利用了单回路系统的整定方法。图 1.2.2 为一单回路控制系统方框图。它是由一个检测变送器、一个调节器、一个执行器和被控对象所组成的反馈控制系统。调节器是整个控制系统的核心。模拟 PID 控制器的标准算法为:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1-2-1)$$

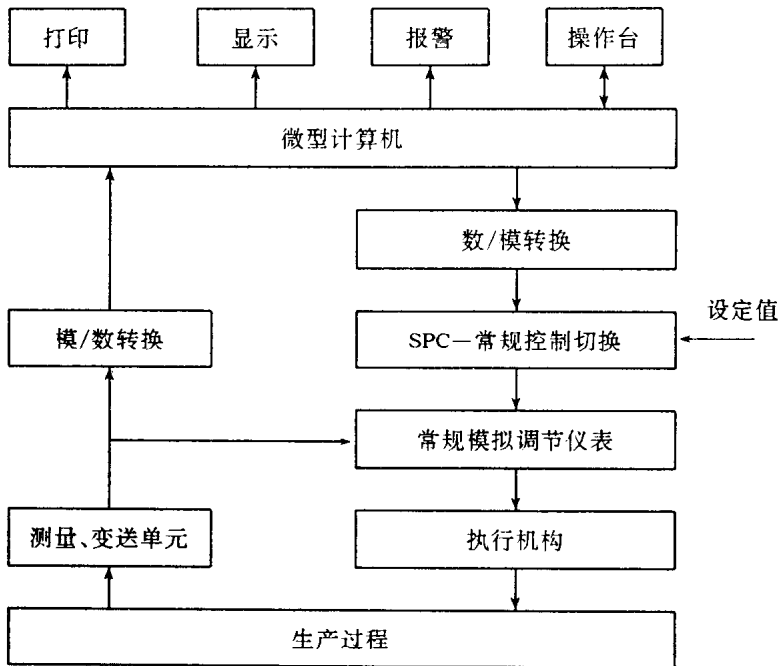


图1.2.1 常规仪表与计算机组成的SPC控制系统框图

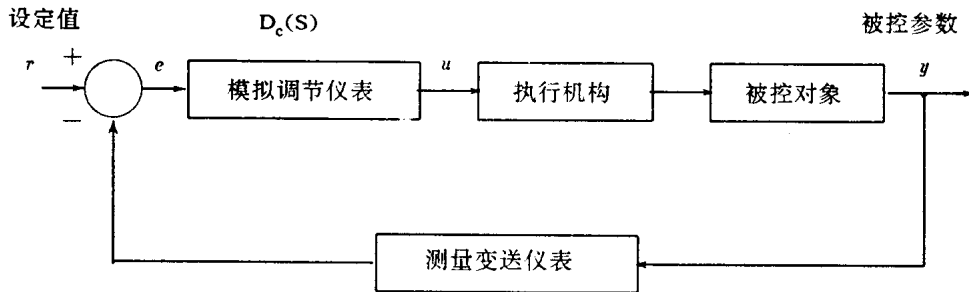


图1.2.2 常规模拟单回路控制系统

相应的传递函数为:

$$\begin{aligned}
 D_c(s) &= \frac{U(s)}{E(s)} \\
 &= K_p + \frac{K_i}{T_i s} + K_d T_d s \\
 &= \frac{K_p T_i T_d s^2 + K_i T_i s + K_d T_i}{T_i s} \quad (1-2-2)
 \end{aligned}$$

式中: K_p 为比例增益, T_i 为积分时间, T_d 为微分时间。

在PID控制规律中,P作用是最基本的,不可缺少,但有余差存在。I作用加入后,能提高控制精度,消除余差。加入D作用,则起到加速控制作用。至于实际应用中究竟采用P,或PI,还是PID方法,应视具体对象和操作工艺而定,下表谨供参考。

在常规模拟控制系统中,当系统设计完成并安装后,如何合理选择调节器的P、I、D参数,即整定工作,是一个非常重要的内容。整定的好坏,直接影响控制质量的优劣,有时还会影响系统的稳定运行。对非特别复杂的系统,可采用简易实用的工程整定法:如经验法、临界比例度法、衰减曲线法、响应曲线法等。当求取整定参数以后,还必须在实际系统中进行试运行。

对象特性	控制规律	应用场合
负荷变化不大,工艺要求不高	P	气罐压力,贮槽液位
负荷变化不大,对象滞后较小	PI	压力、流量、液位
负荷变化较大,对象滞后较大	PID	蒸汽温度
负荷变化很大,对象滞后很大	复杂规律	反应温度

2. 计算机控制部分

微型计算机作为上位级进行优化控制必须具备一个条件,即要有过程的数学模型,而模型的求取是整个优化控制系统关键之一。模型求取通常经过以下几个步骤。

(1) 基本模型的建立

通常对一个实际的生产过程很难用数学方法予以精确的描述。为了建立一个满足实际精度需要的模型,必须作一系列合理的假定。然后,通过对过程机理的分析,如能量平衡、物料平衡、化学反应动力学、流体动力学现象等,列出其数学方程式。动态数学模型方程式常为微分方程或偏微分方程。最后,建立方程的边界条件。将边界条件与原方程结合起来,形成过程的基本模型。

(2) 模型简化与形式转换

在满足工程精度要求的前提下,模型应尽可能的简单,以利于计算机求解和仿真,特别是最后便于实时控制的实施。简化方法通常是将非线性模型简化为线性模型;将高阶模型近似为低阶模型;将分布参数模型作为集中参数模型来处理。最后,为了便于计算机的求解和现代控制技术的应用,希望将模型转换为时间离散模型。

(3) 模型的求解和计算机仿真

将所得模型应用数值求解方法求解模型中的输入、输出和状态变量间的定量关系,并编制模型所相应的程序,以进行实际过程的计算机仿真。所谓仿真,在化学工业中可以定义为:对一个单元操作或单元过程用一组数学的关系式对其加以模仿或拟真。通过仿真,能够比较原始模型和简化模型在各种不同操作条件下带来的误差,从而修改和决定合适的简化模型;模型的仿真可用来寻求改进过程操作条件及获得经济效益的最佳途径;通过模型程序包和各种控制策略的结合,定量比较各种控制策略的利弊,从而选择合适的控制策略;仿真的结果还能提供控制算式的有关参数。

最后,需要以实验数据与模型输出响应作比较来考核模型的精度,即模型验证。然后就得到了所需的过程数学模型。

上位级计算机通过模/数转换电路和数/模转换电路实现与常规模拟调节仪表的连接。测量变送仪表将被测参数如压力、流量、温度、液位、成分等转换成统一的电信号提供给调节器和上位级计算机的模/数转换电路,由模/数转换电路将电信号转换为数字信号。计算机将

模型计算所需参数输入后经过运算,输出工艺参数的最佳值,再经过数/模转换电路后送给常规调节仪表作为其设定值。这样,就实现了上位级的优化控制。

关于这种形式的控制系统有如下特点:

(1)整个系统由常规调节仪表完成基础级自控,微型计算机完成上位级优化控制。系统相对来说比较可靠稳定,对计算机的实时性和可靠性要求不是十分严格,如计算机出现故障,整个系统仍可由常规仪表进行控制。

(2)对已有常规仪表控制的过程,采用这种方式的计算机优化控制,具有投资小、投运快、见效明显的优点,这对中、小型企业非常适宜。

(3)该系统结构既保留了回路调节的灵活性和可靠性,使现有的各种成熟的简单或复杂回路调节技术得以灵活应用,又能依靠计算机具有的很强的运算能力和存贮容量,进行各种复杂数学模型的运算和生产过程实时信息的管理。

(4)需要常规控制仪表是这类控制系统的特点,同时又是它的缺点。

二、微处理机与计算机控制系统

采用微处理机或可编程调节器对生产过程进行 DDC 控制,上位级采用微型计算机进行优化控制。这类系统结构形式如图 1.2.3 所示。

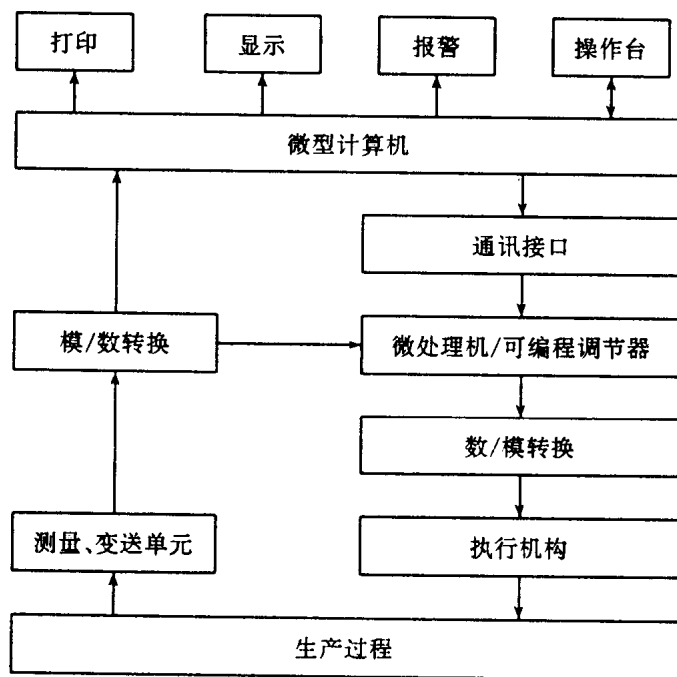


图1.2.3 微处理机与计算机系统框图

通常,微处理机是指集成在一两块芯片上的带有算术和逻辑单元、控制模块和寄存器阵列的中央处理单元(即微处理器)与少量的内存贮器和 I/O 接口。图 1.2.3 中所示的微型计算机则是指通用型微机。系统中微处理机配以 A/D、D/A 转换电路,取代了模拟调节器,能直接对几十个控制回路进行数字控制如图 1.2.4 所示。直接数字控制中最常用的控制算式

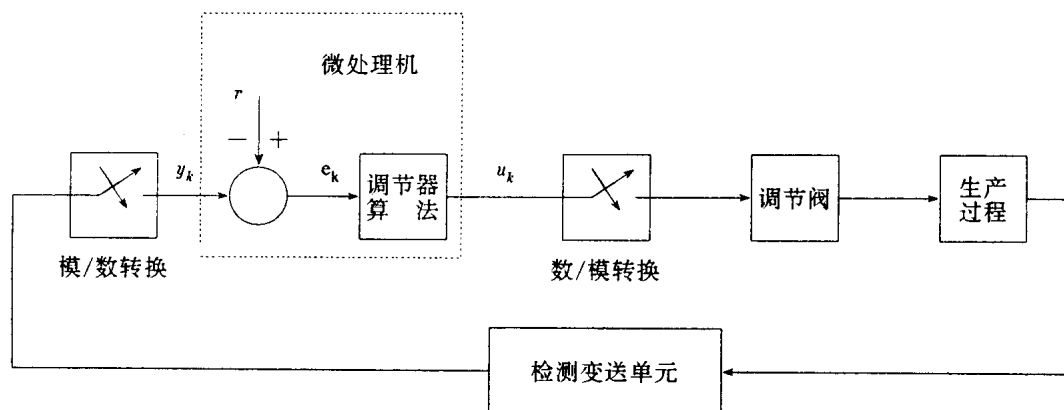


图1.2.4 DDC控制回路框图

是离散的 PID 控制算法。它分成位置式和增量式两种。

位置式：

$$\begin{aligned} u_k &= K_p \left[e_k + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^k e_i + \frac{T_d}{T} (e_k - e_{k-1}) \right] \\ &= K_p e_k + K_I \sum_{i=0}^k e_i + K_D (e_k - e_{k-1}) + u_x \end{aligned} \quad (1-2-3)$$

增量式：

$$\Delta u_k = K_p (e_k - e_{k-1}) + K_I e_k + K_D (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \quad (1-2-4)$$

式中： T ——采样周期

K_p ——比例增益

T_i ——积分时间

T_d ——微分时间

k ——采样序号

u_k ——算式的输出，象征着阀位

e_k ——第 k 次采样值的偏差值，其中：

$$e_k = r - y_k$$

K_I ——积分系数，其中：

$$K_I = K_p \frac{T}{T_i}$$

K_D ——微分系数，其中：

$$K_D = K_p \frac{T_d}{T}$$

u_x ——偏置 (u_x 是初始阀门位置)

Δu_k ——第 k 次输出的偏差校正值

PID 算法的位置形式是根据偏差计算阀门位置，而 PID 算法的增量形式则是根据偏差计算阀门位置的变化。式中如令 $K_D=0$ 或 $K_I=K_D=0$ ，可得到 PI 和 P 控制算式。

在标准 PID 算法中，如果微分项的系数 ($\frac{T_d}{T}$) 大大超过 10 到 20 的范围，则算法会产生过多的噪音，使执行器频繁地动作，引起过程工况不稳定的扰动。解决的方法是采用具有微分增益限制系数的 PID 方程：

$$y_k = y_{k-1} + \frac{T}{T + (T_D/K_D)} \cdot (y_k - y_{k-1}) \quad (1-2-5)$$

$$u_k = K_p e_k + K_I \sum_{i=0}^k e_i + K_D (y_k - y_{k-1}) \quad (1-2-6)$$

式中: y_k 是第 k 次测量值

K_D 范围常取 10~20

采用这种系统结构的另一种形式,是在 DDC 级采用可编程单回路调节器进行控制。这类调节器是以微处理器为运算控制核心,配置模拟量和数字量输入输出通道,可与上位机进行数据通信,依靠本身的监控系统运行用户程序。它能够接受和输出标准的电模拟量信号,以仪表面目出现,由用户编程来组成各种调节规律进行数字式控制。下面以山武-Honeywell 公司的 KMM 可编程单回路调节器来说明其工作原理。表 1.2.1 为其硬件技术数据。

工作原理框图见图 1.2.5。

表 1.2.1 KMM 主要技术数据

CPU	8085A 微处理器	存储器	12KROM, 1KRAM
运算周期	100~500ms(可选择)	运算模块	45 种
模拟输入	5 点, 1~5V 直流电压	数字输入	5 点
模拟输出	3 点, 1~5V 直流电压	数字输出	4 点
模拟输出	1 点, 4~20mA 直流电流	工作环境温度	0~50°C
供电电源	24V 直流电压	备 用	手动单元(可选择)

- 系统 ROM: 容量 10K, 存放调节器系统程序。
- 用户 EPROM: 容量 2K, 存放用户程序。
- RAM: 容量 1K, 放置运算时的内部参数。
- WDT: 监视定时器, 异常工况时使调节器从自动工作状态转入联锁手动状态。
- 通信接口: 与上位机串行通信。
- A/D、D/A 转换: 将 5 点模拟量输入转换为数字量供 CPU 使用, 并输出 3 点模拟电压信号和 1 点模拟电流信号, 该电流信号可控制现场执行机构。

• IOD₁: 面板操作开关量的输入、输出接口。

• IOD₂: 数字量输入和输出接口。

• 数据设定器: 可通过 CPU 显示、更改 RAM 的内容, 也能显示异常内容和诊断结果。

KMM 在使用前需要进行编程, 编程通过编程器进行。在 KMM 的系统 ROM 存放有五种输入处理子程序(如温度、压力补偿、数字滤波、开平方等)和 45 种运算子程序。这些子程序互不关联, 需要通过编程将这些功能“连接”起来, 构成过程控制所需要的规律。这种“连接”不用导线, 而是靠编程实现, 故称为“软连接”。

KMM 以仪表结构设计, 使用时需要安装到仪表盘上。它虽然能输入五个模拟量, 但只能输出一个信号去控制执行机构, 仍是单回路调节器。虽然它内部采用微处理器进行数字控