

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JISUANJI KONGZHI JISHU YU XITONG

计算机控制技术 与系统

李大中 周黎辉 焦嵩鸣 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JISUANJI KONGZHI JISHU YU XITONG

计算机控制技术 与系统

编著 李大中 周黎辉 焦嵩鸣
主审 韩 璞



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书共分 11 章,主要内容有计算机控制系统的基本概念、过程通道、计算机控制系统理论基础、控制算法的模拟化设计方法、控制算法的直接数字设计方法、计算机控制系统现代控制设计方法、总线与接口技术、可靠性与抗干扰技术、计算机控制系统应用软件设计、计算机监控系统的网络与通信和现场总线技术。本书内容广泛涉及多学科交叉,综合性强,体系完整。书中的实例大多来自电厂及工程实际,旨在体现理论与实践相结合的特点。为帮助读者更好地掌握各部分内容,书中每章后面附有思考题与习题。

本书可作为高等院校电气信息类等相关专业的教材,也可作为控制工程类专业工程硕士及高职高专、函授等院校相关专业的教材,还可供有关教师和工程技术人员,以及对计算机控制系统知识感兴趣的读者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机控制技术与系统/李大中,周黎辉,焦嵩鸣编著. —北京:中国电力出版社,2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-8934-9

I. 计… II. ①李…②周…③焦… III. 计算机控制—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 091892 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 502 千字

定价 32.80 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需要,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

近年来,随着计算机技术、网络通信技术、控制技术、大规模集成电路技术、图形显示技术、多媒体技术、人工智能以及其他高新技术的快速发展,计算机控制技术在社会各领域的应用日趋普及和广泛。特别是工业过程控制是计算机应用的一个重要领域。现在可以说,没有微处理机的仪器不能称为先进的仪器、没有微计算机的控制系统不能称其为现代控制系统的时代已经到来。计算机控制系统历经几代变迁,已经成为工业过程控制、管理和决策的核心,被广泛应用于电力、化工、冶金、石油等领域的各种工业过程。在面对全球经济一体化的市场经济竞争环境下,计算机控制系统在保证企业生产过程的安全稳定、优化系统运行方式、提高经济效益,以及为管理决策提供准确实时的数据信息等方面发挥着越来越为重要的作用,其地位和作用已不容置疑。

本书共分11章。第1章绪论;第2章从工程应用角度全面深入地介绍了计算机控制系统过程参数的采样原理、数学描述,多路采样电路的组成及设计,A/D、D/A转换原理,模拟量输入/输出通道的一般组成及工程设计问题,开关量输入/输出通道组成及抗干扰措施;第3章对计算机控制系统的基础理论知识作了简要的回顾;第4章介绍了控制算法的模拟化设计方法,主要有PID算法及变形算法、Smith预估控制算法、前馈—反馈控制算法、串级控制算法、多变量解耦控制算法等;第5章介绍了控制算法的直接数字设计方法,主要有最少拍控制算法、非最少有限拍控制算法、惯性因子法及达林控制算法等;第6章介绍了控制算法的现代设计方法,主要有基于离散状态空间的极点配置设计控制规律、观测器和控制器、离散二次型最优控制设计,简介了自适应控制和自校正控制;第7章介绍了总线与接口技术,重点介绍了标准总线及接口的定义、基本概念和总线的分类,IEEE488、RS-232C/422/485/USB、IEEE1394及PC总线等典型标准总线;第8章介绍了系统可靠性与抗干扰技术,主要有可靠性定义、RAS技术与容错技术基本概念,提高系统可靠性的技术措施,系统可靠性的逻辑图计算,干扰的定义、分类、引进途径以及抑制措施等;第9章介绍了计算机控制系统应用软件设计,主要有操作系统概念、控制软件设计方法、人机交互软件以及实时数据库管理技术等;第10章介绍了计算机监控系统的网络与通信,主要有计算机网络的组成分类、局域网技术、TCP/IP协议及网络互联设备、OPC技术及其在工业控制网络中的应用;第11章介绍了现场总线技术,主要有现场总线概述、现场总线协议的种类、典型现场总线简介、现场总线在电厂及工业控制网络中的应用及发展前景、现场总线标准的发展趋势、工业以太网及应用前景。

本书由李大中主编并统稿。书中第1、2、4、5、8章由李大中编写,第9、10、11章由

周黎辉和李大中共同编写，第3、6、7章由焦嵩鸣编写。

作者特别感谢韩璞教授，他在百忙之中仔细审阅了全部书稿，并提出了十分宝贵的修改意见，为书稿的顺利完成提供了有益的参考。此外，书中部分内容引用了国内外专家、学者的论文和著作，在本书参考文献中都已列出。在此一并致以诚挚的谢意。

由于本书内容涉及多学科交叉，知识面广、综合性强，书中有些内容尚处于实验探讨阶段，加之计算机控制技术发展又如此之快，作者学识水平有限，在有限的时间内仓促成稿，书中难免存在缺点和不足之处，诚望同行和读者批评赐教。

李大中

2009年3月于华北电力大学

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 计算机控制系统的发展历程	2
1.2 计算机控制系统的结构组成	2
1.3 计算机控制系统的类型	5
1.4 计算机控制技术的发展趋势	9
本章小结	13
思考题与习题	13
第2章 过程通道	14
2.1 过程参数的采样原理	14
2.2 多路采样	17
2.3 D/A与A/D转换原理	25
2.4 模拟量输入通道	34
2.5 模拟量输出通道	34
2.6 开关量输入/输出通道	40
本章小结	43
思考题与习题	43
第3章 计算机控制系统理论基础	44
3.1 连续线性系统的扼要回顾	44
3.2 线性离散系统的数学描述	46
3.3 Z变换及其性质	47
3.4 线性离散系统的传递函数	52
3.5 线性离散系统的稳定性分析	61
3.6 线性离散系统的误差分析	64
3.7 采样系统中纯滞后时间近似法	66
本章小结	68
思考题与习题	69
第4章 控制算法的模拟化设计方法	71
4.1 PID控制算法	71
4.2 Smith预估补偿控制算法	83
4.3 串级控制算法	91
4.4 前馈—反馈控制算法	100
4.5 多变量解耦控制算法	109
本章小结	117

思考题与习题	117
第5章 控制算法的直接数字设计方法	119
5.1 基本概念	119
5.2 参数最优化的低阶控制算法	119
5.3 最少拍随动系统的设计	121
5.4 最少拍无纹波随动系统的设计	131
5.5 惯性因子法	132
5.6 非最少的有限拍控制	135
5.7 达林 (Dahlin) 算法	136
本章小结	141
思考题与习题	142
第6章 计算机控制系统现代控制设计方法	144
6.1 基于状态空间的极点配置设计法	144
6.2 基于传递函数模型的极点配置设计法	158
6.3 离散二次型最优控制	164
6.4 自适应控制和自校正控制	168
本章小结	179
思考题与习题	180
第7章 总线与接口技术	182
7.1 标准接口总线	182
7.2 典型总线标准	184
7.3 接口技术	202
本章小结	204
思考题与习题	205
第8章 可靠性与抗干扰技术	206
8.1 系统可靠性概述	206
8.2 RAS 技术与容错技术	208
8.3 检错系统的基本功能	211
8.4 提高系统可靠性的技术措施和途径	212
8.5 计算机控制系统可靠性分析	214
8.6 模块单元的可靠性设计	218
8.7 干扰的基本概念	218
8.8 抗干扰措施	223
本章小结	230
思考题与习题	230
第9章 计算机控制系统应用软件设计	231
9.1 概述	231
9.2 计算机控制系统的软件结构	232
9.3 操作系统	233

9.4 控制软件设计方法	245
9.5 人机交互软件	255
9.6 实时数据库技术	256
本章小结	259
思考题与习题	259
第 10 章 计算机监控系统的网络与通信	260
10.1 概述	260
10.2 计算机网络的组成及分类	261
10.3 ISO/OSI 参考模型	266
10.4 局域网技术	270
10.5 TCP/IP 协议	277
10.6 网络互联设备	282
10.7 OPC 技术	286
本章小结	291
思考题与习题	292
第 11 章 现场总线技术	293
11.1 现场总线技术发展概况	293
11.2 现场总线协议的种类	296
11.3 几种典型现场总线介绍	297
11.4 现场总线的应用和发展	305
11.5 工业以太网	312
本章小结	316
思考题与习题	316
附录 Z 变换与拉普拉斯变换对照表	318
参考文献	319



第1章 绪 论

计算机控制系统是指采用数字计算机和其他自动化设备组成的自动控制系统。从信息的观点出发,一个自动控制系统可归结为信息的检测、传递与处理的过程。这些功能分别由检测仪表、控制装置和执行部件实现。其中控制装置对控制信息进行加工处理,实现预定的控制规律,是系统的核心。采用数字计算机替代常规控制装置,使自动控制系统的结构、系统的分析和设计方法等发生了巨大的变化。其中以4C(Computer、Communication、Control、CRT)技术为代表的分散控制系统(TDCS,简称DCS)的大量普及和广泛应用,使得计算机控制系统成为自动控制系统的一种普遍结构形式,同时展示了常规控制无法比拟的优越性和广阔前景。所以,掌握计算机控制系统的基本原理和分析设计方法,具备计算机控制系统有关硬件和软件的设计能力,已成为当今从事自动控制专业人员的当务之急。

生产技术的进步和科学技术的发展,要求有更加先进完善的控制装置,以期达到更高的精度、更快的速度和更大的效益。然而,若用常规控制方法,潜力是很有限的,难以满足如此高的性能要求。由于计算机出现并应用于自动控制,才使得自动控制发生了巨大的飞跃。由于计算机具有精度高、速度快、存储量大,以及具有逻辑判断功能等,因此可以实现高级复杂的控制算法,获满意的控制效果。计算机所具有的信息处理能力,能够把过程控制和生产经营管理有机地结合起来,从而实现企业生产过程和体系管理的综合自动化。随着微电子技术和计算机技术的快速发展,为计算机控制技术的发展和應用奠定了坚实的基础。

计算机在经历了电子管、晶体管、集成电路等阶段,现已到了第五代计算机研制阶段。据统计,自20世纪70年代以来大规模集成电路的集成度每年几乎增加2倍,每5~8年运算速度提高约10倍、体积缩小90%、成本降低90%。现在的计算机无论在速度、性能、可靠性、能耗、性能价格比等方面都有了突飞猛进的变化。现在的计算机速度已经达到了每秒1000万~10亿次之间。一台普通的PC计算机运算速度已经相当于原来大型计算机甚至巨型计算机的速度。

正如有关专家预测,计算机将向微型化、巨型化、网络化、多媒体以及智能化方向发展。计算机控制是以自动控制理论、计算机技术及网络通信技术等为基础,当今已具备推广和应用的条件、基础和迫切性。计算机控制既是一门新兴的学科,又与控制理论有着密切的关系。事实上,远在20世纪50年代就已经有了采样控制系统的理论,随着计算机控制的普及和应用,人们不断总结、不断提高,逐步形成了计算机控制理论。计算机控制系统的分析和设计方法也在不断提高,日臻完善。

本书在先修课程的基础上,扼要回顾了计算机控制系统的基础理论,重点对计算机控制系统的过程通道、总线接口技术、可靠性和抗干扰技术、控制算法设计,以及计算机控制应用软件设计和控制网络应用技术等做了分析介绍。

1.1 计算机控制系统的发展历程

1. 集中式控制

在计算机控制的初期阶段(20世纪50~60年代)由于计算机系统自身体积庞大结构复杂,且硬软件功能单一,因此系统结构形式以集中控制为主。其特征是:①集中式控制;②危险集中,安全可靠性低;③主机系统庞大、结构复杂、功能简单。为此,这种形式未能得到人们的认可,尤其是对安全可靠性要求较高的领域更不能接受,所以未能得到推广应用。

2. 局部分散控制

进入20世纪70年代末80年代初,随着大规模集成电路技术和微处理器技术的发展,计算机系统的性能/价格比及可靠性大大提高,以微处理器(或单片微处理器)为核心的各类可编程数字仪表以及PLC控制器应运而生,为计算机用于过程控制提供了良好契机,而且不断被应用于石油、化工、冶金和电力等各个领域。这个阶段,由于控制计算机的体积小、编程组态灵活方便,克服了集中式控制的局限性,均收到了良好的效果,为此在该阶段形成了以各种可编程数字控制仪表实现的局部分散控制模式。

3. 分散控制系统(DCS)

随着计算机技术和网络通信技术的快速发展,1975年由美国Honeywell公司首次推出了集监视、操作、管理、控制于一体的综合型分散控制系统TDC2000,简称分散控制系统(DCS)。分散控制系统的诞生开辟了计算机控制的新纪元,该系统以大系统理论为指导,采用递阶分层、水平分散的设计思想、控制功能分散的结构形式,在继承了计算机集中控制和局部分散控制的优点并克服了传统计算机控制系统缺点的基础上,推出的一种新型计算机控制系统,可以说DCS系统是目前计算机控制系统应用的最高构成形式。

4. 现场总线控制系统(FCS)

进入20世纪90年代,走向实用化的现场总线控制系统FCS(Fieldbus Control System)正以迅猛的势头快速发展。现场总线控制系统是一种全计算机、全数字、全分散、双向传输、多分支结构的最新型计算机网络控制系统,在国外某些领域,尤其是在制造业与石化工业等自动化领域已得到成功的应用。它在节省大量电缆,缩短设计、安装和调试周期,优化管理,预测检修和预防维修等方面,有着明显的优越性。它是信息化社会在工业自动化领域的体现,代表了自动化工业的发展方向,是现场级设备通信的一场数字化革命。随着现场总线技术的不断完善和推广应用,基于现场总线的计算机控制系统将是今后工业自动化领域的主要发展方向。

1.2 计算机控制系统的结构组成

自动控制技术已成为工业生产过程领域一个十分重要的组成部分。根据被控对象、控制规律、控制器结构的不同控制系统有很大差异,然而就一般生产过程而言,其基本结构如图1-1所示。

1.2.1 控制系统基本概念

1. 控制系统一般组成

常规控制系统一般由四大部分组成,即被控对象(过程)、控制器、执行器、检测变送单元。



图 1-1 计算机控制系统基本结构

典型的输出反馈控制系统，也称偏差控制，即控制器输出是由偏差 $e(t) = r(t) - h(t)$ 所决定，控制的最终目标是使 $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$ 。

2. 定值控制

对于 $r(t)$ 为常值的系统，控制器的主要目的是用于克服系统中的各种内外扰动，称为定值控制系统。

3. 随动控制

对于 $r(t)$ 为随时间变化的系统，则要求过程变量 $y(t)$ 能够实时跟踪 $r(t)$ 变化，其中 $r(t)$ 根据不同被控对象以及工况来确定拟合。这种系统称为随动控制系统。

1.2.2 计算机控制的基本原理

在控制系统的分析设计中，重要的是考虑受控过程的动态过程，即从一个静止点到另一个静止点的过程，我们通常在系统的静止点附近把系统视作线性定常系统，目前我们仍未突破这种基本观点。

控制系统从信息的观点看，它是一种信息的检测传递和加工处理的过程，分别由测量变送单元、控制器及执行器实现。其中，控制器是最主要的部分，完成信息的加工处理及控制量的输出，实现预定的控制规律。随着计算机技术的进步，在生产过程自动化领域中，控制器的结构也经历了机械式、模拟电子式（包括 DDZ-I、II、III 型，组装型等）以及现在广泛应用的以微处理器、单片微处理器以及嵌入式处理器为核心的计算机控制系统。

1. 计算机在控制系统中的作用

- (1) 全面替代常规模拟仪表。
- (2) 组成复杂控制系统，实现多种先进控制策略。
- (3) 提高控制实时性。

2. 计算机控制的原理

计算机控制系统也称为数字控制系统、离散控制系统或采样控制系统，其典型控制原理结构主要包括两种形式，如图 1-2 和图 1-3 所示。

(1) 误差采样控制。该方式特点是先把误差 $[e(t) = r(t) - y(t)]$ 在计算机外部进行模拟运算，再对误差模拟运算结果 $e(t)$ 进行采样（即离散化）、A/D 转换。

(2) 输出采样控制。该方式特点是直接对被控量 $y(t)$ 进行采样（即离散化）和 A/D 转换，在计算机内部完成偏差运算 [即 $e(k) = r(k) - y(k)$]，是目前计算机控制的典型应用方式。

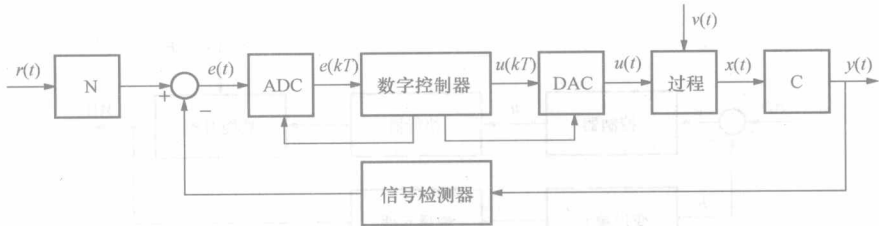


图 1-2 误差采样控制系统

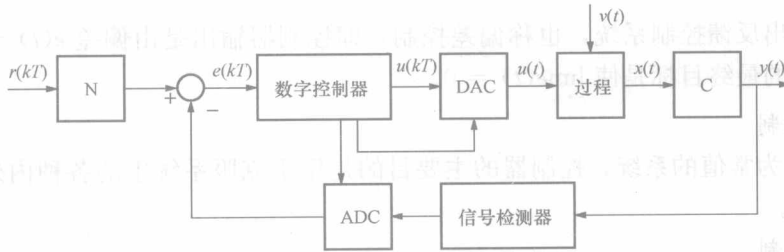


图 1-3 输出采样控制系统

1.2.3 计算机控制系统的组成

1. 框图组成

作为计算机控制系统，无论是何种类型的系统，其组成原理基本都是相同的，如图 1-4 所示即为计算机控制系统的框图组成形式，该框图从系统整体结构的角度给出了一个计算机控制系统应当具有的主要组成部分。

- (1) 被控过程（被控对象）。
- (2) 用于连接生产现场与计算机系统的过程通道。
- (3) 实现数字控制运算的微处理器。
- (4) 信息检测单元。
- (5) 人机联系设备。

2. 系统输入/输出 (I/O) 组成

图 1-5 所示为计算机控制系统在图 1-4 基础上基于 I/O 通道的具体组成形式，是各类计算机控制系统实现过程控制的典型形式。

由图 1-5 可知过程通道由四大类组成，包括模拟量输入通道 (AI)、模拟量输出通道 (AO)、开关量输入通道 (DI)、开关量输出通道 (DO)。过程通道的主要作用是实现计算机控制系统与现场被控过程间信息的传输和转换。其中，AI 通道是将现场模拟量信号（如 4~20mA、热电阻、热电偶等）转换为计算机能够接收的二进制数字量信号；AO 通道是将计算机发出的



图 1-4 计算机控制系统的框图组成

二进制数字控制信号转换为现场模拟控制设备可以接收的连续模拟量（如 4~20mA）信号，实现对模拟量参数的调节；DI 通道是将现场以离散时间形式出现的设备状态信号（如风机的启/停、挡板的开/关、电气开关的分/合、继电器触点的通/断等）直接以二进制数字量的形式输入计算机；DO 通道是将计算机输出的二进制数字控制信号传输到现场设备实现开关量控制（如顺序控制 SCS、连锁保护、声光报警等）。

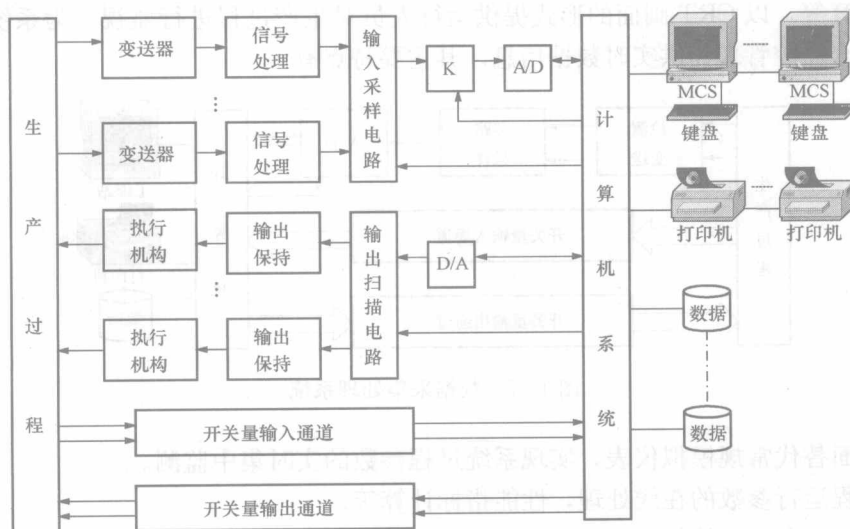


图 1-5 计算机控制系统 I/O 组成

1.3 计算机控制系统的类型

1.3.1 直接数字控制系统 (DDC)

直接数字控制系统 (Direct Digital Control, 简称 DDC)，如图 1-6 所示，是计算机控制系统实现过程控制最基本的构成单元。DDC 系统控制的优点是灵活性好、可靠性高，可以数字运算形式对多个回路的模拟量进行控制，并且通过改变控制算法和控制逻辑组态可方便地实现较为复杂的控制方案，如串级控制、前馈控制和最优控制等，一般情况下，DDC 控制作为复杂计算机控制系统的执行级。

1. 系统特点

- (1) 能够完全取代模拟调节器，实现多回路、多种控制规律的复杂控制。
- (2) 不需要改变硬件，只改变控制软件逻辑组态就可实现多种复杂的控制方案。
- (3) 系统的各种组态方案、参数、定值等可在线修改。

2. 控制算法的设计

- (1) 基于连续系统控制理论的模拟化设计方法。
- (2) 基于离散系统控制理论直接数字设计方法。



图 1-6 直接数字控制系统

1.3.2 数据采集处理系统 (DAS)

数据采集处理系统 (Data Acquisition System, 简称 DAS), 如图 1-7 所示, 在计算机控制系统中的主要作用是实现对生产现场过程参数 (包括模拟量和数字量) 的在线实时监测和设备运行状态变化处理, 包括对系统设备启停和安全经济运行有关测量参数实行巡回检测、数据处理、事故追忆、SOE 记录、自动报警、制表打印、历史数据存储以及操作指导、性能指标计算等, 以 CRT 画面的形式提供运行人员对生产过程进行监视, 为系统实现对生产过程的综合监控管理提供实时数据信息。其主要特点有:

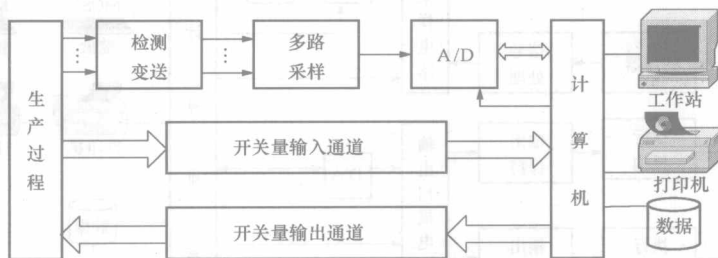


图 1-7 数据采集处理系统

- (1) 全面替代常规模拟仪表, 实现系统过程参数的实时集中监测。
- (2) 过程运行参数的在线处理, 性能指标计算等。
- (3) 定时打印、报警打印、运行操作记录、历史数据存储记录。
- (4) 故障报警、事故追忆、事件顺序记录 SOE。
- (5) 系统设备运行操作指导。

1.3.3 计算机监督控制系统 (SCC)

在 DDC 系统中, 是用计算机代替模拟调节器进行控制, 而计算机监督控制系统 (Supervisory Computer Control, 简称 SCC) 则由计算机按照描述生产过程的数学模型, 计算出最佳给定值送给模拟调节器或者 DDC 计算机, 最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程, 从而使生产过程处于最优工况。SCC 系统较 DDC 系统更接近生产过程变化的实际情况, 它不仅可以进行给定值控制, 同时还可以进行顺序控制、最优控制, 以及自适应控制等, 它是操作指导和 DDC 系统的综合与发展。

1. 系统特点

SCC 系统的特点是能够保证受控过程始终处于最佳运行状态, 因而获得最大效益。直接影响 SCC 效果优劣的首先是被控过程的数学模型, 为此要在系统运行过程中根据对象参数的变化, 实时校正对象数学模型, 同时校正相应控制算法中的控制参数, 实现系统的最优控制。

- (1) 实时检测被控过程工艺参数, 在线辨识修正被控过程数学模型。
- (2) 按照描述过程的数学模型和优化目标函数 $J(t)$, 通过优化计算自动校正控制器参数, 保证系统控制品质达到最优。

2. 系统构成形式

SCC 系统就其结构来讲有两种, 一种是 SCC+模拟调节器, 另一种是 SCC+DDC 调节器。

(1) SCC+模拟调节器控制系统。

SCC+模拟调节器控制系统原理框图如图 1-8 所示。在此系统中, SCC 计算机的作用是采集检测信号及管理命令, 然后, 按照一定的数学模型和优化目标函数优化计算后, 输出给定值到模拟调节器。此给定值在模拟调节器中与测量值进行比较, 其偏差值经模拟调节器计算后输出到执行机构, 以达到调节生产过程的目的。这样, 系统就可以根据生产工况的变化, 不

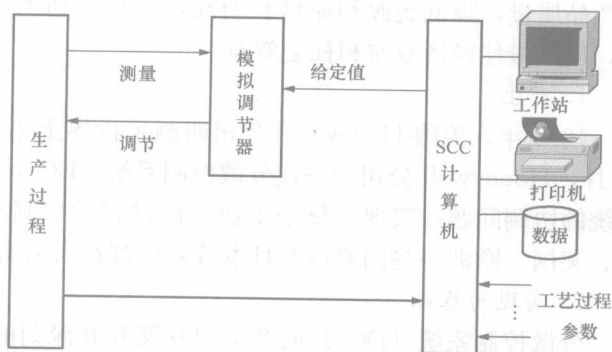


图 1-8 SCC+模拟调节器控制系统原理框图

断地改变给定值, 实现生产过程的最优控制的目标。一般的模拟控制系统是不能改变给定值的, 因此这种系统特别适合老企业的技术改造, 既用上了原有的模拟调节器, 又实现了最佳给定值控制。

(2) SCC+DDC 调节器。SCC+DDC 调节器控制系统原理框图如图 1-9 所示。该系统为两级计算机控制系统。一级为监督级 SCC, 其作用与 SCC+模拟调节器中的 SCC 一样, 用来计算最佳给定值。DDC 调节器用来把给定值与数字测量值进行比较, 其偏差由 DDC 进行数字控制计算, 然后经 D/A 转换器和多路输出分配器分别控制各个执行机构进行调节, 与 SCC+模拟调节器系统相比, 其控制规律可以灵活改变, 而且一台 DDC 控制器可以控制多个回路, 系统构成简单。

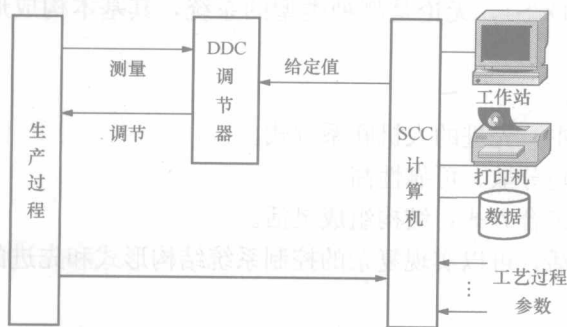


图 1-9 SCC+DDC 调节器控制系统原理框图

总之 SCC 系统比 DDC 系统有着更大的优越性, 更接近生产过程的实际情况。另外, 当系统中模拟调节器或 DDC 控制器出现故障时, 可用 SCC 系统代替调节器进行调节, 从而大大提高系统的可靠性。

但是, SCC 系统控制主要取决于生产过程数学模型的优劣, 即当 $J(t)$ 达到最优时, 控制品质也达到最优状态; 反之, 当 $J(t)$ 找不到最优解时, 则无法实现最优控制。

所以, SCC 控制是一种基于目标函数 $J_{\min}(t)$ 极小的优化控制。由于生产过程的复杂性, 建立其数学模型是比较困难的, 所以此系统实现起来比较困难。

1.3.4 分散控制系统 (DCS)

分散控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS), 也称为集散控制系统。其实质是由计算机技术、测量控制技术、信号处理技术、网络通信技术和人机接口技术相互发展、渗透而产生的, 具有通用性强, 系统组态灵活, 控制功能完善, 数据处理方便, 显示操作集中, 人机界面友好, 硬软件模块化积木式结构安装简单规范、调试方便以及运行安全可靠等特点, 对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的新型综合计算机控制系统。分散控制系统 (DCS) 能够适应工业生产过程的各

高产品质量,降低能源和原材料消耗,提高劳动生产率,保证安全生产,促进工业技术进步,创造最佳经济效益和社会效益。

1. 产生

1975年,美国 Honeywell 公司研制了世界上第一套分散控制系统 TDC-2000。1983年10月, Honeywell 公司新一代分散控制系统 TDC-3000 的推出,解决了过程控制与信息管理体系的协调问题,实现了整个工业生产过程的控制和信息管理。进入20世纪90年代,中国、美国、欧洲一些国家以及日本等各国都在大力研究和开发分散控制系统。

2. 实现的基础

分散控制系统(DCS)的产生和发展有其深刻的背景和因素,在 DCS 正式问世之前计算机控制技术已在各个领域广泛使用,尤其是在工业过程控制领域,但系统的构成形式主要是由一些可编程逻辑控制器 PLC、数字式单回路或多回路控制仪表,以及单台工业计算机系统等实现的局部过程控制系统或监视系统。随着微处理器技术和网络通信技术的快速发展,以及工业生产过程规模的不断扩大,例如发电厂大容量高参数发电机组的不断出现,传统的计算机控制系统结构模式已不能适应工业过程综合监控发展的需要,在此背景下 DCS 系统孕育诞生。综合来看,DCS 系统的产生是依托两大基础,即以大系统理论为指导的理论基础和以 4C 技术为实现条件的物质基础。

3. 设计思想

从总体结构方面来看,国内外推出的各类分散控制系统(DCS)的设计思想基本是一致的,遵循的设计原则是“递阶分层、水平分散”。

4. 结构形式

综合国内外目前推出的分散控制系统(DCS),无论是哪种类型的系统,其基本构成形式都是相同的,如图1-10所示。

5. 主要特点

- (1) 系统运行操作管理显示记录高度集中,先进的人机联系方式。
- (2) 系统功能递阶分层、水平分散、危险分散、可靠性高。
- (3) 系统采用单元化、模块化、积木式组合方式,结构组成灵活。
- (4) 软件标准化、模块化,组态修改灵活,可以实现复杂的控制系统结构形式和先进的控制策略。

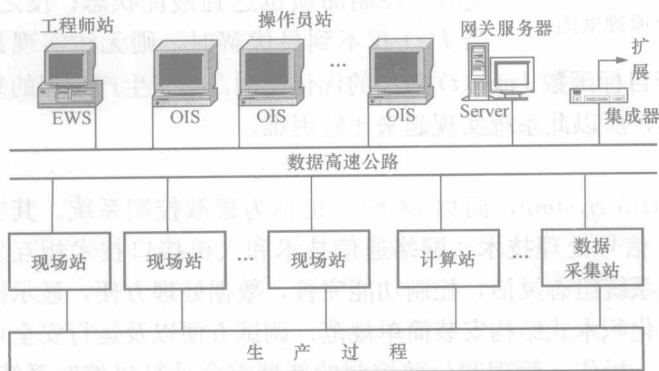


图 1-10 分散控制系统(DCS)基本结构形式

(5) 具有完善的在线故障诊断、容错控制、差错控制功能。

(6) 先进的网络通信技术和开放式网络结构。

(7) 保证系统安全稳定运行的故障报警、事故追忆和事件顺序记录(SOE),以及历史数据仓储技术等。

(8) 基于现场总线(Field Bus)技术实现的工业计算机局域网(LAN)设备智能数据通信技术。

1.4 计算机控制技术的发展趋势

1.4.1 分散控制系统 (DCS)

当前计算机控制仍以大系统、分散对象、连续生产过程(如电力、冶金、石化)为主,采用分布式系统结构的分散控制系统仍在发展。由于开放结构和集成技术的发展,使得大型分散控制系统的应用非常广泛。DCS系统今后的发展趋势为:

(1) 综合性。由于标准化数据通信链路和网络的发展,将各种单(多)回路调节器、可编程序控制器(PLC)、工业PC(IPC)、网络控制器(NC)等数字化设备(系统)构成大系统,以满足工程过程自动化的要求,并适应开放化的大趋势。

(2) 智能化。由于数据库系统、推理机能等的发展,尤其是知识库系统(KEB)和专家系统(ES)的应用,如自学习控制、远距离诊断、自寻优等,人工智能会在DCS系统的各级中实现。以微处理器为基础的智能设备,如智能I/O模块、智能PID控制器、智能现场仪表(传感器、变送器、执行器),以及智能人机接口等,将会与现场总线技术相结合大量出现并应用于生产过程。

(3) 工业PC化。由IPC组成DCS将会成为今后分散控制系统的一大趋势,PC作为DCS的操作站或节点机已经很普遍,如PC-PLC、PC-STD、PC-NC等就是成功应用的例证,IPC将会成为DCS的硬件平台。

(4) 专业化。DCS为更适合各领域的应用,就要进一步了解这个专业的工艺和应用要求,以逐步形成如火电厂DCS、变电站DCS、核电厂DCS,石油化工系统DCS等专业DCS系统。

(5) 系统网络开放化、管控一体化。

1.4.2 现场总线控制系统 (FCS)

现场总线控制系统(Fieldbus Control System,简称FCS)是分散控制系统(DCS)的更新换代产品,并且已经成为工业过程自动化领域中一个新的热点。FCS的核心是现场总线。现场总线技术是20世纪90年代兴起的一种先进的工业网络通信技术,它将当今网络通信与管理的概念引入工业控制领域。从本质上说,它是一种数字通信协议,是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、全分散、双向传输、多分支结构的通信网络。它是控制技术、仪表技术和计算机网络技术三者的结合,具有现场通信网络、现场设备互联、互操作性、分散的功能块、通信线供电、开放式互联网络等技术特点。这些特点不仅保证了它完全可以适应目前工业界对数字通信和自动控制的要求,而且使它与Internet互联构成不同层次的复杂网络成为可能,代表了今后工业控制体系结构发展的一种方向。

现场总线控制系统作为一种新一代的过程控制系统,无疑具有十分广阔的发展前景,并有最终取代传统DCS的趋势。但是FCS与经历了20多年不断发展和完善的DCS系统相比在某些方面上还存在一些问题,如统一标准、仪表智能化等,并且传统控制系统的维护和改造还需要DCS,另外要在复杂度很高的过程控制系统中全面应用FCS尚有一定的困难,因此FCS完全取代传统的DCS有个较长的过程,还有很多工作要做。当然,随着现场总线技术的进一步发展和完善,这些问题将会逐渐得到解决。

以现场总线为基础的FCS发展很快,现场总线控制系统(FCS)与传统分散控制系统