



机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电系统计算机控制

王 岚 赵 丹 隋立明 / 主编 张立勋 / 主审

**COMPUTER
CONTROL OF
MECHATRONIC
SYSTEM**



哈尔滨工程大学出版社

●机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电系统计算机控制

主编 王 岗 赵 丹 隋立明

主审 张立勋

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电系统计算机控制/王岚,赵丹,隋立明主编.—哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2006
ISBN 7-81073-785-6

I.机… II.①王… ②赵… ③隋… III.机电系
统-计算机控制 IV.TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 148762 号

内 容 简 介

本书共分 7 章。第 1 章介绍机电系统的基本概念、计算机控制系统的构成和分类;第 2 章介绍信号的采样和复现;第 3 章介绍线性离散系统的数学基础;第 4 章介绍计算机控制系统的模拟化设计方法;第 5 章介绍计算机控制系统的离散化设计方法;第 6 章介绍计算机控制系统的状态空间设计方法;第 7 章介绍计算机控制系统设计原则及应用实例。

本书是高等学校机械设计制造及其自动化专业本科生教材,也可供有关专业师生和技术人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市东大直街 124 号
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 10.75 字数 256 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—3 000 册

定价:15.00 元

前 言

随着科学技术的飞速发展,微电子技术、微型计算机技术使信息和智能,与机械装置、动力设备有机结合,一方面极大地提高了机电产品性能和产品竞争力,另一方面又极大地提高了产品生产系统的生产效率和企业在市场中的竞争能力。

机电一体化技术是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、检测与传感技术、伺服传动技术和机械技术等多学科技术领域综合交叉的技术。由于微型计算机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机相结合,形成计算机控制技术,成为机电一体化中十分重要的关键技术。

本书共分7章。第1章计算机控制系统概述,介绍了机电系统的基本概念,以及计算机控制系统的结构、组成、发展和分类。第2章采样过程及信号复现,介绍了采样过程、采样定理和信号复现,以及采样周期的选择。第3章线性离散系统的数学描述,介绍了离散系统的数学基础,包括 z 变换、差分方程、脉冲传递函数、稳定性分析和误差分析。第4章计算机控制系统的模拟化设计,介绍了模拟控制器的离散化方法和数字PID控制器。第5章计算机控制系统的离散化设计,介绍了有限拍控制、 w 变换法和大林算法,讨论了数字控制器的实现方法。第6章计算机控制系统的状态空间设计,介绍了系统的状态空间表达式、能控性和能观性,调节系统设计和跟踪系统设计。第7章计算机控制系统设计,介绍了设计的基本要求和设计步骤,并给出了几个计算机控制系统的应用实例。

为了便于教学与自学,本书配有适量的例题和习题。

本书的第5,7章由王岚编写;第3,4章由赵丹编写;第1,2,6章由隋立明编写。全书由王岚统稿。哈尔滨工程大学张立勋教授主审全书。

由于作者水平有限,书中难免存在着错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

1	计算机控制系统概述	1
1.1	计算机控制系统的发展、组成和特点	2
1.2	计算机控制系统的分类	5
2	采样过程与信号复现	11
2.1	概述	11
2.2	采样过程与采样定理	12
2.3	信号复现与保持器	15
2.4	采样周期的选择	18
	习 题	19
3	线性离散系统的数学描述	21
3.1	概述	21
3.2	差分方程	22
3.3	脉冲响应与卷积和	24
3.4	z 变换	26
3.5	脉冲传递函数	41
3.6	线性离散控制系统的稳定性分析	47
3.7	线性离散控制系统的稳态误差分析	53
	习 题	56
4	计算机控制系统的模拟化设计	58
4.1	概述	58
4.2	模拟控制器的离散化方法	59
4.3	设计举例	69
4.4	数字 PID	73
	习 题	80
5	计算机控制系统的离散化设计	82
5.1	有限拍控制系统设计	83
5.2	有限拍无波纹系统设计	94
5.3	w 变换法	97
5.4	大林算法	101
5.5	数字控制器的实现	104
	习 题	107
6	计算机控制系统的状态空间设计	108
6.1	系统的状态空间表达式	108
6.2	能控性和能观性	114
6.3	状态反馈极点配置设计控制规律	119

6.4	极点配置状态观测器设计	122
6.5	有观测器的状态反馈调节系统设计	129
6.6	跟踪系统设计	130
	习 题	134
7	计算机控制系统设计	136
7.1	计算机控制系统设计的基本要求和设计步骤	136
7.2	物料提升系统	137
7.3	直流电机伺服系统	142
7.4	EP-500S 小型电动喷涂机器人	148
7.5	单片机控制的电风扇	152
7.6	低速走丝线切割数控系统	155
7.7	工业锅炉计算机节能控制系统与装置	159
	参考文献	164

1 计算机控制系统概述

在科学技术飞速发展的今天,由于学科间的互相交叉、互相结合愈来愈多,从而产生了新的学科和新的技术。机电一体化系统就是机械技术与微电子技术、信息技术相结合而产生的,这是现代机电工业发展的必然趋势。

由于人们理解上的差异,加之“机电一体化”随着生产和科学的发展不断被赋予新的内容,所以到目前为止关于机电一体化还没有一个统一的定义。当今容易被人们接受的是日本于1981年3月在一篇报告中提出的结论:“机电一体化”这个词乃是在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进了电子技术,并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成系统的总称。

机电一体化系统(简称机电系统)的实体部分是机械技术和电子技术,通过信息技术把两者有机地结合在一起,从而构成功能更为先进的系统。按照系统分析的观点,机电系统就是把机械部分和电子部分各作为一个环节,统一在一个“系统”之中。为使其运行达到最优化,就要使构成系统的所有硬件采取最佳组合方式,就要将两部分融合在一起进行通盘考虑,决定哪些采用机械技术、哪些采用电子技术,并通过信息传输与处理将其有机地组合起来。因此,从某种意义上说,机电一体化技术是系统工程学在机械、电子领域中的应用,而机电系统则显示出它的应用效果。

机电系统是一门发展中的边缘科学技术。与之相关的技术很多,主要归纳为以下几个方面。

1. 机械技术

机械技术是机电系统的基础,机械本体的设计必须从改善性能、减少质量和提高精度等几方面考虑,实现通用化、标准化和系列化,提高系统整体的可靠性。

2. 传感技术

根据用途可以分为检测自身内部信息的传感器和检测对象的外部传感器,检测装置由检测、转换、指示、信息处理、记录等部分组成。对传感器的要求主要体现在可靠性、灵敏度和精确度方面。

3. 信息处理技术

信息处理设备包括计算机主机或可编程控制器及与其配套的输入输出设备、显示器和外部存储器(磁盘等)。

4. 驱动技术

驱动方式按动力源的不同可分成:液压、气动、电动三种。前两种驱动系统比较复杂,包括液压泵、阀、液压缸(汽缸)、过滤器、管路等。目前存在着功能可靠性、标准化,以及减少质量、减小体积等问题。电动机作为驱动机构已被广泛采用,但目前快速响应和效率等方面还存在一些问题。

5. 接口技术

将组成机电系统各部分连接起来的元件就是接口。如在机械设备与微型机的连接中,机械设备与微型机存在着工作速度,信号的格式、大小等的差异,这就要求解决两者间的接口

问题。接口电路主要完成信息交换和电平转换两个任务。

6. 软件技术

软件与硬件必须协调一致地发展。为了减少软件的研制成本,提高生产维修的效率,要逐步推行软件标准化,包括:子程序标准化、程序模块化、软件程序的固化、推行软件工程等。

1.1 计算机控制系统的发展、组成和特点

随着计算机技术的不断发展,计算机控制系统已成为工业控制的主流系统,广泛应用于各种生产过程和生产机械,并深入到各个领域。简单地说,计算机控制系统是以电子计算机(主要是微型计算机)为自动化工具,用以取代常规的模拟检测、调节、显示、记录等仪器设备,使得被控对象的动态过程按规定方式和技术要求运行,以完成既定工作任务的自动控制系统。严格地讲,计算机控制系统是建立在计算机控制理论基础上的以计算机为手段的控制系统。

1.1.1 计算机控制系统的发展

从第一台电子计算机诞生到现在短短的60年中,计算机技术以前所未有的速度迅猛发展。计算机界传统的观点是将计算机的发展大致分为四代,从电子管到晶体管,再由晶体管到中小规模集成电路,直到现今的大规模和超大规模集成电路,正是由于电子元件制造技术的几次重大革命,才使得芯片的集成度不断提高,使得计算机的硬件得以迅猛发展。随着计算机技术的发展,计算机控制系统的发展大致经历三个阶段。

第一阶段是从20世纪50年代初到60年代初。自从1946年世界上第一台电子计算机问世以来,人们便想将计算机用于系统控制,首先应用于火炮系统中。1952年完成了用于化工生产的自动测量和数据处理系统。1959年第一台过程控制计算机系统在美国德克萨斯州的Port Arthur炼油厂正式投入运行,由一台RW-300计算机进行数据采集和操作指导,实现了26个流量、72个温度、3个压力和3个成分的控制,控制系统的基本功能是保持反应器压力最小,确定5个反应器之间进料的优化分配,通过测量催化剂的活性来控制热水流量。随后,IBM公司推出一种专门用于过程控制的数字计算机——IBM1700,1961年先后安装于印第安那美国石油公司、加利福尼亚标准石油公司和杜邦公司。这一阶段为实验期,由于计算机的可靠性较差、速度慢,失败的例子较多。

第二阶段是从20世纪60年代初到70年代初。1962年英国帝国化学工业公司(ICI)用一台计算机代替所有用于过程控制的模拟仪表,实现了244个数据量采集,129个阀门控制的直接数字控制系统(DDC)。这一阶段为集中型计算机控制系统,由于当时计算机的价格较高,因而在一个控制系统中常常用一台计算机实现所有的控制功能。

此种系统的缺点是可靠性较差,一旦计算机发生故障,将造成整个工厂或整个装置瘫痪;同时,由于一台计算机控制生产过程的很多物理量,从而使得整个生产过程的启动及停机都很困难。

DDC的出现是计算机技术发展过程中的一个重要阶段,由于这时计算机已成为闭环控制回路的一个组成部分,它使得人们更加注意计算机在基本控制方面的作用,从而也进一步促进了计算机控制理论的研究和发展。

整个20世纪60年代,计算机技术有了很大的发展。主要的特点是它的体积更小、运算速度更快、工作更可靠以及价格更便宜。到了20世纪60年代后半期,计算机厂家生产出了各种类型的适合工业过程控制的小型计算机(minicomputer),对于较小的工程问题也能利用计算机来控制。过程控制计算机的数目从1970年的约5 000台上升到1975年的约50 000台,五年中增加了约10倍。

第三阶段从20世纪70年代开始。1972年诞生的微型计算机,以其运算速度快、体积小、可靠性高和价格便宜等优点被广泛应用于过程控制,使得计算机控制技术取得了突飞猛进的发展。由于微型机的价格比较便宜,因而计算机控制系统主要采用多微处理机的分散控制形式。

20世纪70年代中期到80年代初,计算机控制系统达到了前所未有的应用普及程度。世界上几个主要计算机和仪表制造厂于1975年几乎同时生产出分散控制系统(DCS)。例如,美国Honeywell公司的TDCS-2000、日本横河公司的CENTUM等。20世纪80年代末又推出具有计算机辅助设计(CAD)、专家系统、控制和管理融为一体的新型分散型控制系统。国内在20世纪70年代末和80年代初开始引进和研究计算机控制系统,各类工厂纷纷上马了大量的计算机控制方面的项目,也研制了一些有一定影响的计算机控制系统。如国产DJK7500、友力-2000等。近年来,微型计算机控制系统的技术发展和应用程度迅猛异常,国家“九五”和“十五”期间在控制方面新上项目和老厂改造项目大部分是微机控制系统。

1.1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机和工业对象组成,如图1-1所示。计算机由硬件和软件两部分组成,硬件是指计算机本身及其外围设备实体,软件是指管理计算机的程序以及过程控制应用程序。

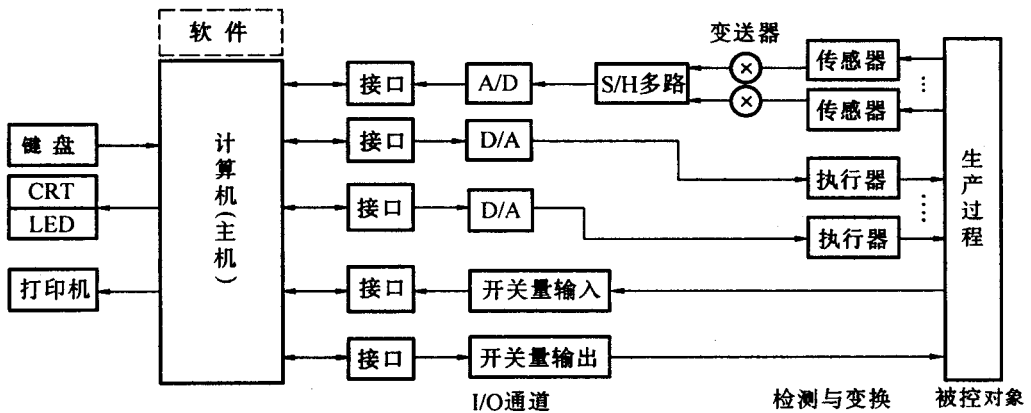


图 1-1 计算机控制系统的一般组成

1. 计算机控制系统的硬件

计算机控制系统的硬件包括计算机、过程输入输出通道、人机交互接口、外部存储器等。计算机是计算机控制系统的核心,其关键部件是CPU。由CPU通过接口向系统各部分发出各种命令,同时对工业对象的参数进行巡回检测、数据处理,以及控制计算、逻辑判断等。

过程输入和输出通道(I/O 通道)是计算机与生产过程之间传递信息的通路,分为模拟输入、输出通道,及数字量和开关量输入、输出通道。它们负责计算机与工业对象的信息传递与变换。模拟量输入通道把工业对象的参数,通过 A/D 转换成计算机可以接受的数字代码。模拟量输出通道把计算机处理结果,通过 D/A 转换成可以对被控对象进行控制的信号。

人机交互设备包括显示器、操作控制台、打印机等。

2. 计算机控制系统的软件

软件由系统软件和应用软件组成。系统软件通常包括程序设计系统、操作系统、语言处理程序(编译程序)等。系统软件具有一定的通用性,一般由计算机生产厂家提供。应用软件通常指根据用户要解决的实际问题所编制的各种程序,在计算机控制系统中则是指完成系统内各种控制任务的程序。例如巡回检测与数据处理程序、控制算法程序、报警及事故处理程序、打印和绘图程序等。

计算机控制系统与通常的连续控制系统的差别在于,控制规律是由计算机来实现的。由于计算机具有很强的计算、比较及存储信息的能力,因此它可实现过去的连续控制难以实现的更为复杂的控制规律,如非线性控制、逻辑控制、自适应和自学习控制等。

控制算法是以控制理论为基础的,由于计算机控制系统中包含有计算机,计算机中用到的数据都是数字信号,因此在计算机控制系统中采用离散系统理论进行分析和设计。控制算法包括:

(1) 程序控制和顺序控制

程序控制是指被控量按预先规定的时间函数变化,它属于开环控制方式。顺序控制相当于多个程序控制的相互连接和转换,即从一个程序控制,按规定的条件转换到另一个程序控制。

(2) 比例积分微分控制(简称 PID 控制)

调节器的输出是调节器输入的比例、积分、微分的函数。PID 控制是现在应用最广、最为广大工程技术人员熟悉的技术。PID 控制结构简单、参数容易调整,因此,无论模拟调节器或者数字调节器,多数使用 PID 控制规律。

(3) 最少拍控制

最少拍控制的性能指标是要求设计的系统在尽可能短的时间里完成调节过程。最少拍控制通常用在数字随动系统的设计中。

(4) 复杂规律的控制

生产实践中控制系统除了给定值的输入外,还存在大量的随机扰动。另外,性能指标的要求,也不单是过渡过程的品质,而且包括能耗最小、产量最高、质量最好等综合性指标。

对于存在随机扰动的系统,仅用 PID 控制是难以达到满意的性能指标的,因此,针对生产过程的实际情况,可以引进各种复杂规律的控制。例如串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制、最优控制、自适应控制、自学习控制等。

(5) 智能控制

智能控制理论是一种把先进的方法学理论与解决当前技术问题所需要的系统理论结合起来的学科。智能控制理论可以看作是人工智能、运筹学和控制理论三个主要理论领域的交叉或汇合。智能控制实质上是一个大系统,是综合的自动化。

1.1.3 计算机控制系统的特点

计算机控制系统和一般常规模拟控制系统相比有如下特点。

1. 由于计算机的运算速度快,精度高,有丰富的逻辑判断功能和大容量的存储单元,因此能实现复杂的控制规律,从而达到较高的控制质量。计算机控制实现了常规系统难以实现的多变量控制、最优控制、自适应控制、参数自整定等。

2. 由于计算机具有分时操作的功能,所以一台计算机能代替多台控制仪器,实现群控。对于连续控制系统,控制回路越多或控制规律越复杂,所需硬件也就越多越复杂,成本也越高。对于计算机控制系统来说,增加一个控制回路的费用很少,控制规律的改变和复杂程度的提高由编制程序实现,不需改变硬件而增加成本,有很高的性能价格比。

3. 由于软件功能丰富,编程方便和硬件体积小、质量轻,以及结构设计上的模块化、标准化,使计算机控制系统有很强的灵活性。如一些工控机有操作简单的结构化、组态化控制软件。硬件配置上可装配性、可扩充性好。

4. 由于没有漂移和采取有效的抗干扰、抗噪声办法,采用各种冗余、容错等技术,使计算机控制系统有很高的可靠性。

5. 由于计算机有监控、报警、自诊断功能,使计算机控制系统有很强的可维护性。如有的工控机一旦出现故障,能迅速指出故障点和处理办法,便于立即修复。

另外,技术更新快、信息综合性强、内涵丰富、操作便利等也都是计算机控制系统的一些特点。

1.2 计算机控制系统的分类

计算机控制系统的分类方法有很多,按照计算机在系统中所实现的功能可以分为数据采集系统、监督控制系统、直接数字控制系统、集散控制系统、分级控制系统、集成制造系统和现场总线控制系统等。

1.2.1 数据采集系统

1. 原理与结构

数据采集系统在计算机的指挥下,定期地对生产过程的数据进行巡回检测、处理、记录并显示,当数据越限时报警。该系统主要用于生产过程的监督、运行情况的显示。同时利用采集到的生产过程的输入和输出数据,建立并改善生产过程的数学模型。该系统的结构如图 1-2 所示。

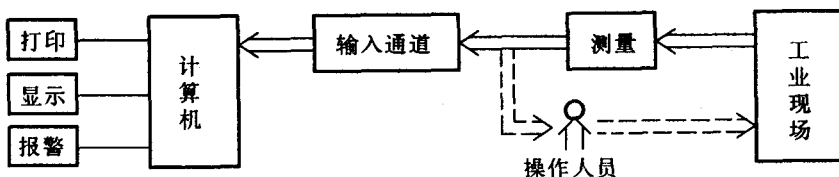


图 1-2 数据采集系统结构

2. 特点

特点是计算机不直接参与控制过程,而是由操作人员(或别的控制装置)根据测量结果改变设定值或进行必要的操作。由于计算机的结果可以帮助、指导人的操作,故这种系统也称“操作指导系统”。

3. 优点

数据处理系统有如下优点:

- (1) 一台计算机可代替大量常规显示和记录仪表,从而对整个生产过程进行集中监视;
- (2) 对大量数据集中进行综合加工处理,得到更精确更需要的结果,对指导生产过程有利。

1.2.2 监督控制系统

监督控制系统(Supervisory Computer Control-SCC)测量生产过程的数据,并将这些数据送入计算机进行运算,最后计算出各控制回路合适的或最优的设定值,然后将最佳值自动地或人工对 DDC 执行级的计算机或对模拟调节仪表进行调整或设定控制的目标值,由 DDC 或调节仪表对生产过程进行控制。该系统有两种结构:“SCC + 模拟调节器”和“SCC + DDC”,如图 1-3 所示。

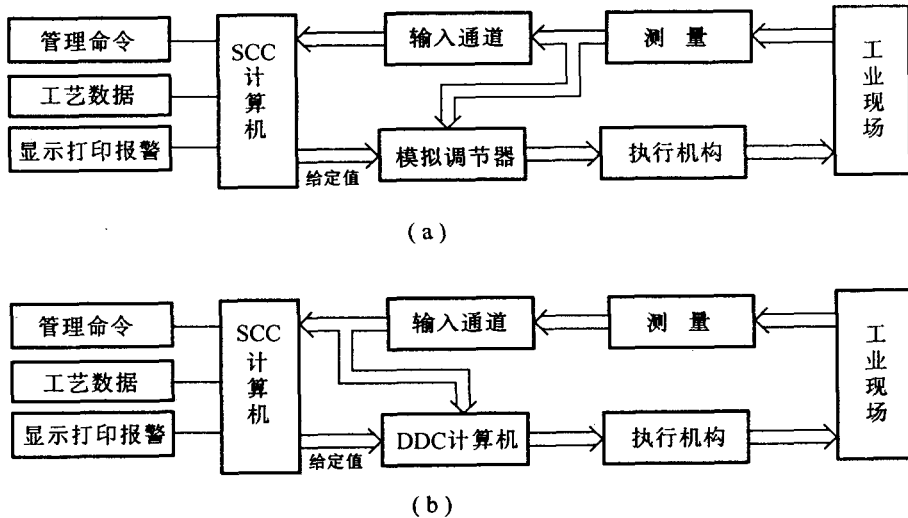


图 1-3 监督控制系统的两种结构形式

1. SCC + 模拟调节器的控制系统

该系统原理如图 1-3(a) 所示。在此系统中,由计算机系统对各物理量进行巡回检测,按一定的数学模型计算出最佳给定值并送给模拟调节器。此给定值在模拟调节器中与检测值进行比较,其偏差值经模拟调节器运算,然后输出到执行机构,以达到调节生产过程的目的。当 SCC 计算机出现故障时,可由模拟调节器独立完成操作。

2. SCC + DDC 的控制系统

该系统原理如图 1-3(b) 所示。这实际上是一个两级控制系统,一级为监控级 SCC,另一级为 DDC 控制级。SCC 的作用与 SCC + 模拟调节器系统中的 SCC 一样,完成车间或工段一级

最优化分析和计算,并给出最佳给定值,送给 DDC 级计算机直接控制生产过程。两级计算机之间通过接口进行信息联系,当 DDC 级计算机出现故障时,可由 SCC 级计算机代替,因此大大提高了系统的可靠性。

3. 特点

这里给定值是计算出来的,要保证系统最优工况运行,因而又称设定值控制(SPC - Set Point Control),而 DDC 中设定值是预先给定的,不随参数或命令而改变。

4. 优点

(1) 能根据工况变化,改变给定值,以实现最优控制。

(2) SCC + 模拟调节器法适合于老企业改造,既用上了原来的模拟调节器,又用计算机实现了最佳给定值控制。

(3) 可靠性好。SCC 故障时可用 DDC 或模拟调节器工作,或 DDC 故障时用 SCC 代之。

(4) 仍有 DDC 的那些优点。

1.2.3 直接数字控制系统

1. 原理与结构

计算机对多个被控参数进行巡回检测,并将检测结果与给定值进行比较,再按已定的控制规律进行计算,计算结果经输出通道对生产过程进行控制。在本系统中,由控制计算机取代常规的模拟调节仪表而直接对生产过程进行控制,由于计算机发出的信号为数字量,故得名 DDC(Direct Digital Control) 控制。系统的结构如图 1 - 4 所示。

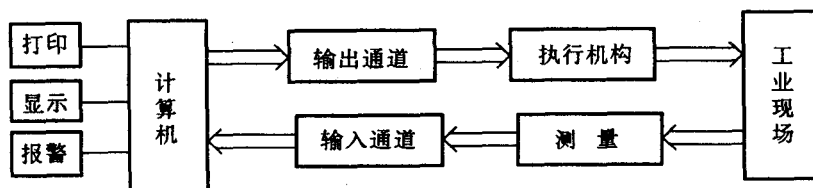


图 1 - 4 直接数字控制系统

2. 特点

(1) 计算机参与了直接控制,系统经计算机构成了闭环,而数据采集系统通过人工或其他装置来控制,计算机与对象未形成闭环。

(2) 给定值是预先设定后送给或存入计算机的,控制过程中不变化。

3. 优点

(1) 一台计算机可以取代多个模拟调节器,非常经济。这利用了计算机的分时能力。

(2) 不必更换硬件,只要改变程序(或调用不同程序)就可实现各种复杂的控制规律等。

1.2.4 集散控制系统

1. 原理与结构

这种控制又称分布式控制,是以微处理机为核心,将控制系统分成若干个独立的局部控制子系统,用以完成被控生产过程的分散控制;又通过高速数据通道把各个分散点的信息集

中起来送到监控计算机和操作站,以进行集中监视和操作,并实现高级复杂规律的控制。由于微型计算机的出现与迅速发展,为实现集散控制提供了物质和技术基础,近年来集散控制发展迅速,且已成为计算机控制发展的重要趋势。系统结构如图 1 - 5 所示。

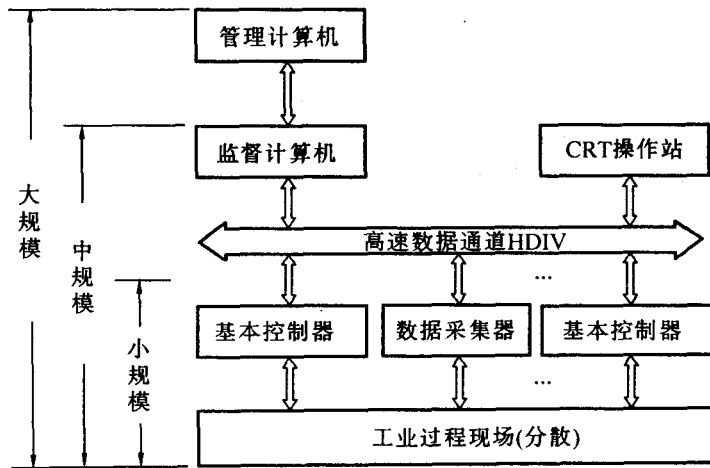


图 1 - 5 集散控制系统

2. 特点

(1) 分散性。分散性有两层含义,一是控制功能上的分散,各基本控制器控制不同的参数或对象;二是地理位置上的分散,各控制单元可分散在现场。因此,这种系统结构灵活,可采用积木式,即组合组装式,以便于扩展;可靠性高,现场某一控制单元出现问题不致影响系统其他部分,将单一计算机集中控制的“危险集中”化为“危险分散”,而且备用控制单元可随时切入。

(2) 集中性。用集中监视和操作,代替庞大的仪表屏,灵活方便。

(3) 有通讯功能。

3. 优点

集散控制系统具有高可靠性和组成灵活的特点,它是目前国际上公认的最好的控制方式。

1.2.5 分级控制

1. 原理与结构

分级控制(Multilevel Control)是按生产规模或按对象自身结构的分级特点进行分解的结构方案,如图 1 - 6 所示。

装置级 DDC 计算机主要功能是对生产过程或单机进行直接控制,如进行 PID 控制或前馈控制,使所控制的生产过程工作在最优情况下。

车间级监督计算机主要功能是根据工厂级下达的生产品种、数量命令和装置级搜集上来的生产过程的状态信息,随时进行合理调度,实现最优控制,指挥装置级监督控制。

工厂级集中监督计算机主要功能是接受企业级下达的生产任务和本厂的实际情况,进行最优化计算,制定本厂生产计划和短期(旬或周或日)安排,然后给车间级下达生产任务。

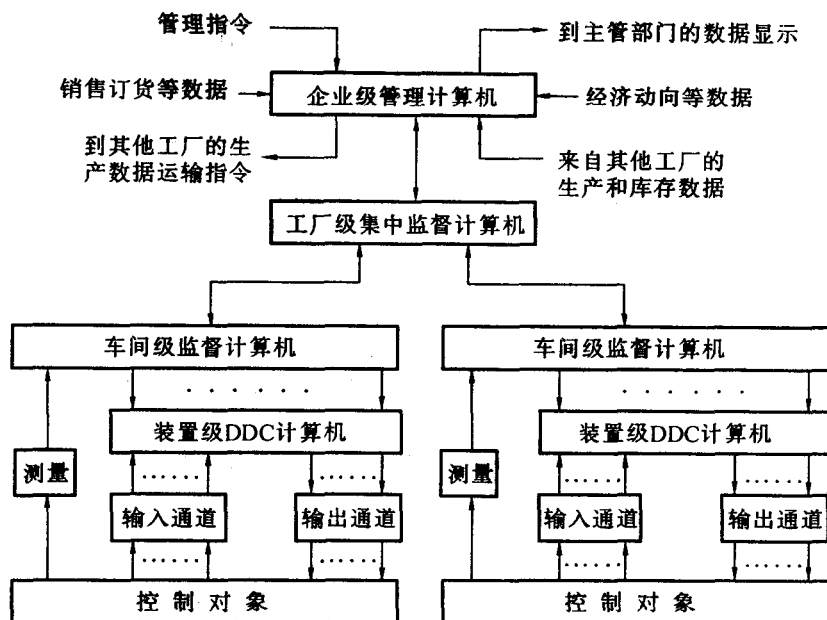


图 1-6 分级计算机控制系统

企业级管理计算机主要功能是对市场需求预测计算,制定战略上的长期发展规划,并对订货合同,原料供应情况和企业的生产状况,进行最优生产方案的比较选择计算,制定出整个公司企业较长时间(月或旬)的生产计划、销售计划,并向各工厂管理级下达任务。

分级控制系统可根据企业的规模和管理范围的大小分成若干级,每级又依据要处理的信息量的大小确定采用的计算机类型。一般情况下,车间级计算机为小型计算机或高档微型计算机,工厂管理级的计算机为中型计算机,而公司管理级的计算机则为大型计算机,或者超大型计算机。

2. 特点

这种结构的特点是:按对象自身结构的分级特点进行分解的结构方案,适合于目前大多数国家的企业管理体制;下级受上级制约,相邻级之间有信息交换,但较少有越级交换信息。对一个大规模的复杂系统,想用一个单一单元解决优化和控制等问题是很困难的,而分级控制系统中,各级分担不同工作,同级中又可并行工作,效率高;某级的某子系统发生故障或要求改变都只是局部的,因而可靠性高;系统的扩展性能好。

在传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统(包括基于 PC、PLC、DCS 产品的分布式控制系统)中,现场层设备与控制器之间的连接是一对一(一个 I/O 点对设备的一个测控点)的,传递的信号为 4 ~ 20 mA(传送模拟量信息)或 24 V DC(传送开关量信息)信号,如图 1-7 所示。

在现场总线系统中,可使用一条通信电缆将现场设备(智能化、带有通信接口)连接,用数字化通信代替 4 ~ 20 mA/24 V DC 信号,完成现场设备控制、监测、远程参数化等功能。基于现场总线技术的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统如图 1-8 所示。

现场总线系统由于采用了智能现场设备,能够把原先 DCS 系统中处于控制室的控制模

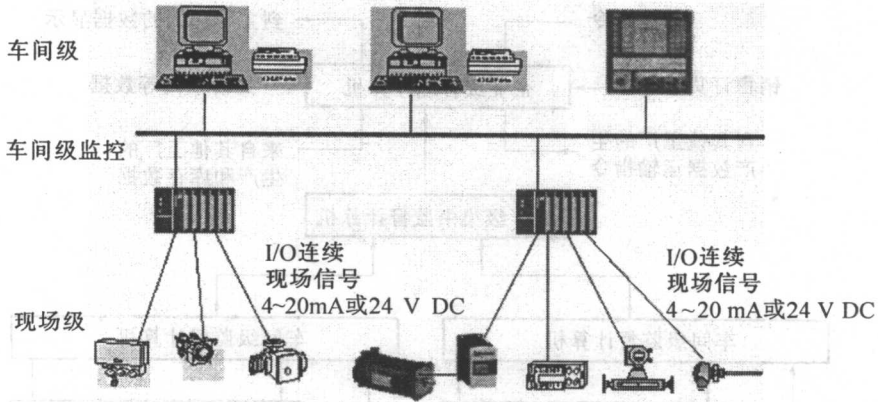


图 1-7 传统的现场级与车间级自动化监控及信息集成系统

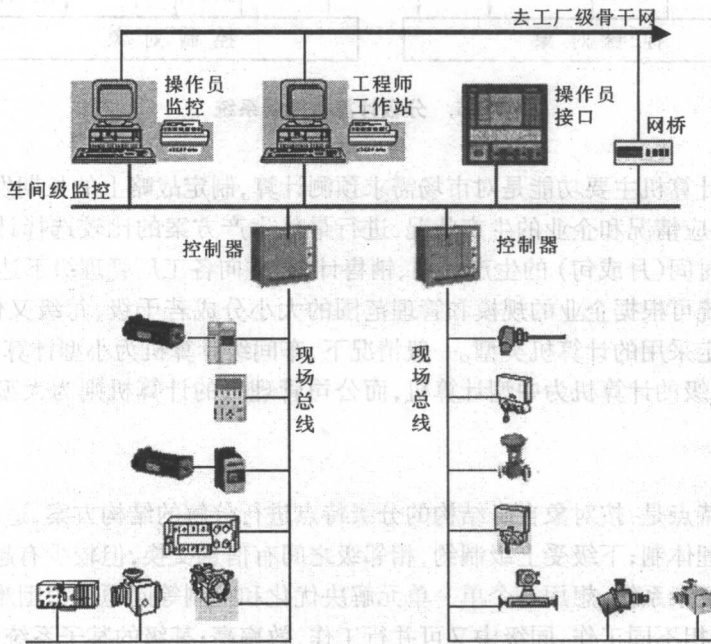


图 1-8 基于现场总线的自动化监控及信息集成系统

块、各输入输出模块置入现场设备,加上现场设备具有通信能力,现场的测量变送仪表可以与阀门等执行机构直接传送信号,因而控制系统功能能够不依赖控制室的计算机或控制仪表,直接在现场完成,实现了彻底的分散控制。由于采用数字信号替代模拟信号,因而可实现一对电线上传输多个信号(包括多个运行参数值、多个设备状态、故障信息),同时又为多个设备提供电源;现场设备以外不再需要 A/D、D/A 转换部件。这样就为简化系统结构、节约硬件设备、节约连接电缆与各种安装、维护费用创造了条件。

2 采样过程与信号复现

2.1 概 述

用计算机代替连续时间控制系统中的控制器再加上必要的附加装置,即可构成计算机控制系统。由于计算机只能处理离散时间的数字信号,而被控对象的输入、输出往往是模拟量,如速度、压力、温度、流量、液位等,因而为了使计算机控制系统能够得以实现,需要将连续时间信号离散化,即经过采样、量化、编码成数字量后,才能输入计算机进行运算和处理。这一过程通常由采样/保持电路和 A/D 转换器实现。计算机根据某个控制算法,对输入的数字序列加以一系列的运算,得到一个新的数字序列,经过 D/A 转换和保持器后变成连续信号或模拟信号,作为被控对象的输入,控制被控对象实现控制目标。

计算机内信号的处理和传递过程如图 2-1 所示。

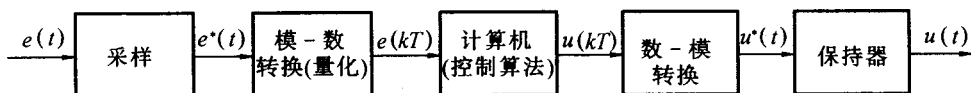


图 2-1 计算机内信号的处理和传递过程

模拟偏差信号 $e(t)$ 先经采样开关进行采样,得到采样信号 $e^*(t)$ (采样信号,指在时间上离散、幅值上连续的信号);再由 A/D 转换器量化为数字序列 $e(kT)$,即数字信号(数字信号表示在时间是离散的,幅值上也是离散的信号);输入到计算机,计算机根据一定的控制算法计算出新的数字序列 $u(kT)$;再经 D/A 转换器和保持器转换为模拟信号 $u(t)$ 作用于被控对象。

由此可见计算机控制系统信号的主要处理过程为采样、量化、运算和保持。

采样指利用采样开关,将模拟信号 $e(t)$ 按照一定的时间间隔 T 重复开闭得到采样信号 $e^*(t)$ 的过程。采样开关重复开闭的时间间隔 T 称为采样周期。若采样过程中,采样周期 T 保持不变,我们称其为等周期采样。若系统中存在多个采样开关,所有采样开关等周期同时开闭,则称为同步采样;若采样开关各自以不同的周期采样,则称为多速率采样。本书所研究的数字控制系统,均为同步周期采样系统。

量化是指把采样信号 $e^*(t)$ 转变成数字序列 $e(kT)$ 的过程,即用一组二进制代码来逼近采样信号的幅值并将其转换成数字信号。这一转换过程是一近似过程,由 A/D 转换器来完成,转换的精度取决于 A/D 转换器的位数。

保持是把离散信号 $u^*(t)$ 转换成模拟信号 $u(t)$ 的过程,它是采样过程的逆过程,又称信号重构。我们把实现保持作用的电路称为保持器。

针对计算机控制系统内信号处理和传递的过程,本章主要讨论如下几个问题: