

“十一五”国家重点图书

计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材（中文版）

---

# 网络控制系统 分析与设计

---

王岩 孙增圻 编著

---



清华大学出版社



“十一五”国家重点图书

计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材（中文版）

---

# 网络控制系统 分析与设计

---

王岩 孙增圻 编著

---



清华大学出版社

北京



## 内 容 简 介

本书主要阐述网络控制系统分析与设计的基本思想、经典研究方法和发展趋势。全书共 8 章, 主要内容包括概述、网络通信与控制网络基础、网络控制系统的基本问题、网络控制系统的建模与稳定性分析、网络控制系统的控制器设计、具有随机区间时延的网络控制系统建模与控制、离散时间网络控制系统的建模与控制、网络控制系统的仿真分析。附录提供了基于 TrueTime 的网络控制系统仿真程序。

本书可作为高等院校自动化及其相关专业研究生和高年级本科生的教材, 也可供相关领域的科研和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

网络控制系统分析与设计/王岩, 孙增圻编著. —北京: 清华大学出版社, 2009. 6  
ISBN 978-7-302-19740-9

I. 网… II. ①王… ②孙… III. 计算机网络—自动控制系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038979 号

责任编辑: 战晓雷 顾 冰

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260

印 张: 10

字 数: 232 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版

印 次: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 22.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 028364-01

“十一五”国家重点图书 计算机科学与技术学科前沿丛书

计算机科学与技术学科研究生系列教材

编  
委  
会

■ 名誉主任：陈火旺

■ 主 任：王志英

■ 副 主 任：钱德沛 周立柱

■ 编委委员：（按姓氏笔画为序）

马殿富 李晓明 李仲麟 吴朝晖

何炎祥 陈道蓄 周兴社 钱乐秋

蒋宗礼 廖明宏

■ 责任编辑：马瑛珺

# 序

未来的社会是信息化的社会,计算机科学与技术在其中占据了最重要的地位,这对高素质创新型计算机人才的培养提出了迫切的要求。计算机科学与技术已经成为一门基础技术学科,理论性和技术性都很强。与传统的数学、物理和化学等基础学科相比,该学科的教育工作者既要培养学科理论研究和基本系统的开发人才,还要培养应用系统开发人才,甚至是应用人才。从层次上来讲,则需要培养系统的设计、实现、使用与维护等各个层次的人才。这就要求我国的计算机教育按照定位的需要,从知识、能力、素质三个方面进行人才培养。

硕士研究生的教育须突出“研究”,要加强理论基础的教育和科研能力的训练,使学生能够站在一定的高度去分析研究问题、解决问题。硕士研究生要通过课程的学习,进一步提高理论水平,为今后的研究和发 展打下坚实的基础;通过相应的研究及学位论文撰写工作来接受全面的科研训练,了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,培养良好的科研作风,锻炼攻关能力,养成协作精神。

高素质创新型计算机人才应具有较强的实践能力,教学与科研相结合是培养实践能力的有效途径。高水平人才的培养是通过被培养者的高水平学术成果来反映的,而高水平的学术成果主要来源于大量高水平的科研。高水平的科研还为教学活动提供了最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研也为高水平人才的素质教育提供了良好的物质基础。

为提高高等院校的教学质量,教育部最近实施了精品课程建设工程。由于教材是提高教学质量的关键,必须加快教材建设的步伐。为适应学科的快速发展和培养方案的需要,要采取多种措施鼓励从事前沿研究的学者参与教材的编写和更新,在教材中反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时应适当引进国外先进的原版教材,确保所有教学环节充分反映计算机学科与产业的前沿研究水平,并与未来的发展趋势相协调。

中国计算机学会教育专业委员会在清华大学出版社的大力支持下,进行了计算机科学与技术学科硕士研究生培养的系统研究。在此基础上组织来自多所全国重点大学的计算机专家和教授们编写和出版了本系列教材。作者们以自己多年来丰富的教学和科研经验为基础,认真研究和结合我国计算机科学与技术学科硕士研究生教育的特点,力图使本系列教材对我国计算机科学与技术学科硕士研究生的教学方法和教学内容的改革起引导作用。本系列教材的系统性和理论性强,学术水平高,反映科技新发展,具有合适的深度和广度。同时本系列教材两种语种(中文、英文)并存,三种版权(本版、外版、合作出版)形

式并存,这在系列教材的出版上走出了一条新路。

相信本系列教材的出版,能够对提高我国计算机硕士研究生教材的整体水平,进而对我国大学的计算机科学与技术硕士研究生教育以及培养高素质创新型计算机人才产生积极的促进作用。



网络控制系统涉及自动控制、计算机网络、通信技术和最优化等理论与技术,是近年来国际学术界研究的主题之一。近几年,有关网络控制系统方面的论文大量涌现,国内很多大学和科研院所都有从事网络控制系统研究的科研团队,因此这方面的书籍也开始陆续出版,部分学校已经在研究生当中开设与网络控制系统相关的学习课程。然而,关于网络控制系统分析与设计方面的中文教材却并不多见,本书从系统性、实用性、可读性和新颖性角度编写内容,力求成为既介绍原理分析,又能兼顾方法讨论的网络控制系统参考书。

本书共分8章。第1章介绍网络控制系统的概念、结构组成和发展概况。第2章介绍相关的通信和控制网络知识。第3章介绍网络控制系统研究中需要解决的基本问题。第4章介绍网络控制系统的建模和稳定性分析,包括网络时延和数据丢包的建模问题,典型的网络控制系统稳定性分析方法。第5章介绍了几种典型的网络控制系统控制器设计方法,包括基于随机控制的网络控制系统设计,基于模型的网络控制系统设计,随机丢包问题的网络控制系统设计。第6章探讨了利用随机区间方法对网络时延建模的系统分析和设计问题。第7章对同时具有时延和丢包的离散网络控制系统进行控制器设计。第8章讨论了网络控制系统的仿真方法和仿真工具。

本书是在北京航空航天大学研究生课程“网络控制”讲义的基础上改编而成的,用于研究生教学时,可用全书;用于本科教学时,主要使用第1~4章、第8章的部分内容。

本书在编写过程中得到了国家自然科学基金的资助。清华大学博士生李洪波提供了第7章的素材,参加本书编写整理工作的有刘涛、聂金平等。本书在写作过程中参考了大量国内外学者的文献资料,在此一并致以诚挚的谢意。

由于作者水平所限,书中的缺点与错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

著 者

2008年8月



<b>第 1 章 概述</b> .....	<b>1</b>
1.1 网络控制系统概述 .....	1
1.1.1 网络控制系统的概念 .....	1
1.1.2 网络控制系统的组成与结构 .....	1
1.1.3 网络控制系统的特点 .....	3
1.2 计算机控制系统的发展 .....	4
1.2.1 集散控制系统 .....	4
1.2.2 现场总线控制系统 .....	6
1.2.3 基于工业以太网的控制系统 .....	7
1.3 网络控制系统与信息网络的集成 .....	9
1.3.1 控制网络与信息网络 .....	9
1.3.2 控制网络与信息网络集成的目标 .....	10
1.3.3 控制网络与信息网络集成技术 .....	10
<b>第 2 章 网络通信与控制网络基础</b> .....	<b>13</b>
2.1 数据通信基础 .....	13
2.1.1 数据通信系统 .....	13
2.1.2 数据编码技术 .....	15
2.1.3 数据通信模式 .....	18
2.1.4 数据交换技术 .....	21
2.1.5 网络拓扑结构与传输介质 .....	23
2.1.6 介质访问控制方式 .....	27
2.1.7 计算机网络的主要性能指标 .....	29
2.2 计算机网络的体系结构与协议 .....	30
2.2.1 协议与层次划分 .....	30
2.2.2 通信参考模型 .....	31
2.3 工业控制网络 .....	33
2.3.1 典型现场总线简介 .....	33



2.3.2 工业以太网 .....	38
<b>第3章 网络控制系统的基本问题 .....</b>	<b>47</b>
3.1 采样周期 .....	47
3.2 网络时延 .....	48
3.2.1 网络时延产生的原因 .....	48
3.2.2 网络控制系统中时延的组成 .....	48
3.2.3 网络时延的类型 .....	49
3.2.4 时延的计算方法 .....	52
3.3 网络调度 .....	52
3.4 单包传输与多包传输 .....	53
3.5 数据包丢失 .....	54
3.6 数据包时序错乱 .....	55
3.7 通信约束 .....	55
3.8 节点的驱动方式 .....	56
3.9 时钟同步 .....	58
<b>第4章 网络控制系统的建模与稳定性分析 .....</b>	<b>59</b>
4.1 时延问题的网络控制系统建模 .....	59
4.1.1 时延小于一个采样周期时的网络控制系统建模 .....	59
4.1.2 时延大于一个采样周期时的网络控制系统建模 .....	62
4.2 丢包问题的系统建模 .....	64
4.2.1 单包传输有数据包丢失的网络控制系统建模 .....	64
4.2.2 多包传输有数据包丢失的网络控制系统建模 .....	66
4.2.3 网络控制系统丢包率的计算 .....	67
4.3 同时具有时延和数据包丢失的网络控制系统建模 .....	69
4.3.1 单包传输有丢包和时延的网络控制系统建模 .....	69
4.3.2 多包传输有丢包和时延的网络控制系统建模 .....	69
4.4 网络控制系统的稳定域分析方法 .....	70
4.5 基于混杂系统的稳定性分析方法 .....	72
4.6 网络控制系统时延的补偿 .....	74
4.6.1 全状态反馈 .....	74
4.6.2 输出反馈 .....	75
4.6.3 仿真验证 .....	76
4.7 基于摄动理论的网络控制系统调度策略分析 .....	78
4.7.1 系统模型 .....	78
4.7.2 系统的调度策略和稳定性分析 .....	79

<b>第 5 章 网络控制系统的控制器设计</b> .....	<b>81</b>
5.1 基于随机控制的网络控制系统设计 .....	81
5.1.1 预备知识 .....	81
5.1.2 系统模型 .....	83
5.1.3 最优随机状态反馈控制器设计 .....	84
5.1.4 最优随机输出反馈控制 .....	85
5.1.5 简化的次优控制器设计 .....	86
5.2 基于模型的网络控制系统设计 .....	87
5.2.1 系统模型 .....	87
5.2.2 输出反馈控制 .....	90
5.2.3 更新时间间隔具有随机特性的情况 .....	91
5.3 具有随机数据包丢失的网络控制系统设计 .....	91
5.3.1 随机丢包问题的系统模型 .....	92
5.3.2 随机丢包问题的系统稳定性分析 .....	93
5.3.3 控制器设计 .....	94
<b>第 6 章 具有随机区间时延的网络控制系统建模与控制</b> .....	<b>97</b>
6.1 问题描述及系统建模 .....	97
6.2 闭环系统稳定性分析 .....	99
6.3 网络控制系统控制器设计 .....	101
6.4 仿真结果 .....	102
<b>第 7 章 离散时间网络控制系统的建模与控制</b> .....	<b>105</b>
7.1 问题描述 .....	105
7.2 网络控制系统建模 .....	107
7.3 闭环系统稳定性分析 .....	110
7.4 镇定控制器设计 .....	111
7.5 仿真结果 .....	112
<b>第 8 章 网络控制系统的仿真分析</b> .....	<b>113</b>
8.1 网络控制系统的仿真方法 .....	113
8.1.1 问题描述 .....	113
8.1.2 仿真方法 .....	114
8.1.3 仿真举例 .....	116
8.2 基于 TrueTime 的网络控制系统仿真平台 .....	118
8.2.1 TrueTime 工具箱的结构及功能 .....	118
8.2.2 TrueTime 的安装与使用 .....	123



8.2.3 仿真流程.....	124
8.2.4 仿真实例.....	126
<b>附录 A 仿真实例 1 源代码.....</b>	<b>135</b>
<b>附录 B 仿真实例 2 源代码.....</b>	<b>139</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>145</b>

# 概 述

## 1.1 网络控制系统概述

### 1.1.1 网络控制系统的概念

网络控制系统(Networked Control System, NCS)又被称为基于网络的控制系统、网络化控制系统,是一种完全网络化、分布化的控制系统,是通过网络构成闭环的反馈控制系统。具体来说,网络控制系统以网络作为传输介质,实现传感器、控制器和执行器等系统各部件之间的信息交换,从而实现资源共享、远程检测与控制。例如,基于工业以太网和现场总线技术的网络控制系统都可以看成是一种狭义的网络控制系统。广义的网络控制系统不但包括狭义的在内,还包括通过 Internet、企业信息网络以及企业内部网络,实现对工厂车间、生产线以及工程现场设备的远程控制、信息传输、信息管理以及信息分析等。

NCS 的概念最早于 1999 年出现在马里兰大学 G. C. Walsh 的论著中,文中指出,在该系统中控制器与传感器通过串行通信形成闭环。人们对以网络为通信介质的控制系统研究最早可以追溯到 1988 年由 Y. Halevi 与 A. Ray 两位学者一起发表的一篇名为 *Integrated communication and control systems* 的论文。他们首次将控制系统与通信网络的研究结合起来,将这种系统命名为集成通信控制系统,并讨论了带有随机时延的线性控制系统的建模问题。

网络控制系统是计算机网络技术、通信技术、传感器技术和控制科学日益发展与交叉融合的产物,是计算机网络技术在控制领域的延伸和应用,是计算机控制系统的更高发展。

### 1.1.2 网络控制系统的组成与结构

网络控制系统一般由三部分组成:控制器、被控对象以及通信网络。被控对象一般为连续系统,而控制器一般采用离散系统。被控对象的输出通过传感器采样的方式离散化并通过通信网络发送到控制器的输入端。控制器进行运算后,将输出通过网络发送到被控对象的输入端,并由零阶保持器生成分段连续函数作为连续系统的输入。

在一个网络控制系统中,被控对象、传感器、执行器和控制器可以分布在不同的物理位置上,控制器可以不止一个,被控对象也可以不止一个,一个控制器可以控制多个对象,

同时一个被控对象也可以通过控制器信息融合的方式或者分时的方式被多个控制器控制。网络控制系统的结构如图 1-1 所示。

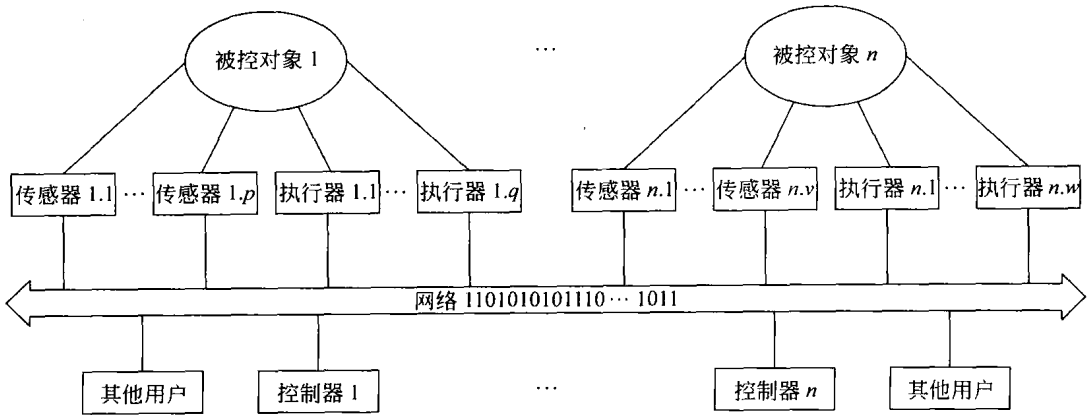


图 1-1 网络控制系统结构

图 1-1 表示的网络控制系统包含了  $n$  个被控对象及控制器,另外通信线路中还有其他负载参与工作,这种复杂的系统结构还可以抽象成图 1-2 所示的典型网络控制系统结构。



图 1-2 典型的网络控制系统结构

图 1-2 表示的网络控制系统结构称为径直结构,在实际应用中,多个控制器可能封装在一个主控制单元中来管理多个 NCS 控制回路。径直结构的典型应用有远程学习实验室和直流电机的速度控制等。

另一种常用的系统结构是分层结构,如图 1-3 所示。在分层结构中,主控制器综合各方面的信息通过网络将计算好的参考信号发送给远程控制系统,远程控制器根据参考信号执行本地闭环控制,并将传感器测量数据传给主控制器。

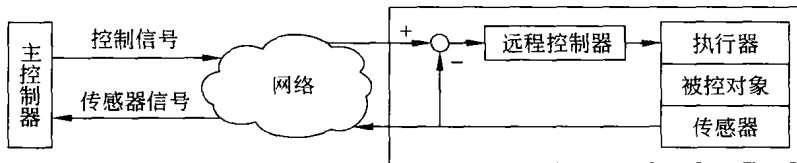


图 1-3 分层结构的网络控制系统

一般而言,网络控制回路具有比本地控制回路更长的采样周期。这是因为,远程控制器在处理新到达的信息之前假定已经满足参考信号。与径直结构相比,由于远程控制器的存在,分层结构有更好的实时性。同样,分层结构中多个控制器也可以封装在一个控制



单元中来管理多个 NCS 控制回路。分层结构的典型应用包括移动机器人、遥操作系统、汽车控制以及航天器等。

实际应用中,采用何种结构取决于应用的需求和设计方案的选择。例如,在机器人应用中,机械手往往要求多个电机在其关节处同时平滑地旋转。这种情况下,采用机器人现有的控制器和分层结构更方便,系统的鲁棒性也更强。而在直流电机的控制中,由于要求网络控制的性能具有快速反应性,这个情况就偏向于采用径直结构。在大规模的 NCS 中,也有可能同时采用两种控制结构,这是由 NCS 的异质网络结构所决定的。如果将远程闭环系统建模成类似于被控对象的状态空间模型或者传递函数,则分层结构实际上可以转换成径直结构。

### 1.1.3 网络控制系统的特点

与传统的点对点控制系统相比,网络控制系统具有共享信息资源、远程监测与控制、减少系统布线、易于扩展和维护、增加系统的灵活性和可靠性等优点。具体来说有以下几点。

(1) 能以较小的信息传输代价实现远程操作和远程控制,用数字信号取代模拟信号在数字网络上传输,实现控制设备间的数字化互连。

(2) 互操作性。即不同厂商的产品在同一网络中可以相互兼容,相互通信。可以不同程度地减少中间环节的信息处理设备,降低控制成本。

(3) 开放性。系统扩展容易,增加或减少节点比较简单,维护性增强。可以实现决策管理层、调度层到现场控制设备层的全系统控制和全过程优化。

(4) 节点智能化。很多节点都是带有 CPU 的智能终端,能够记录、处理数据,节点之间通过网络实现信息传输和功能协调,每个节点都是组成网络控制系统的一个细胞,且具有各自相对独立的功能。

(5) 控制现场化和功能分散化。网络化结构使原先由中央控制器实现的任务下放到智能化现场设备上执行,这使危险因素得到分散,从而提高了系统的可靠性和安全性。

此外,基于无线网络技术还可以利用广泛散布的传感器与远距离的控制器和执行器构成一些特殊用途的无线网络控制系统,这是传统的控制系统不能实现的。正是由于这些显著特点,网络控制系统在汽车控制系统、航天航空系统、电力系统和工业过程控制系统等工业领域获得了广泛的关注和应用。

同时,网络介入控制系统后,由于数据在网络中传输时延的不确定性,再加上数据出错和丢失等现象,网络控制系统不可避免地带来了以下问题。

(1) 定常性的丧失。数据到达的时刻不再是定常和有规则的,更不能再用简单的采样时间来刻画。

(2) 完整性的丧失。由于数据在传输中可能发生丢失和出错,数据不再是完整的。

(3) 因果性的丧失。由于网络传输时间的不确定,先产生的数据可以迟于后产生的数据到达远程控制系统。因此,数据到达的次序不再遵守因果关系。

(4) 确定性的丧失。由于数据到达的随机性,整个控制系统已不再是一个确定性的

系统,而是一个随机系统。

## 1.2 计算机控制系统的发展

继 20 世纪 30 年代气动信号控制系统和 20 世纪 50 年代开始的 4~20mA 等电动模拟信号控制系统之后,数字计算机技术开始应用于控制领域,出现了计算机集中式控制系统。由于当时的计算机硬件性能比较低,可靠性比较差,加上控制规模和复杂性的增加,一旦计算机出现故障,所有控制都陷于瘫痪。20 世纪 70 年代开始出现了监视集中、控制分散(即危险分散)的集散控制系统(Distributed Control System,DCS)。为了简化集散控制系统众多连接线的结构,20 世纪 80 年代后期开始出现了现场总线控制系统(Fieldbus Control System,FCS),它引入了计算机网络技术,使集散控制系统中的数据通道、控制器、I/O 卡以及模拟信号传输线 4 部分用统一的现场总线设备来代替,使传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场设备中。由于现场总线标准多样,目前国内外还没有形成统一的格局,协议多种多样并长期争论不休。对于用户而言,各种设备很难实现互联互通,网络连接较为复杂,这无疑对工业网络的应用及发展造成不利影响,而工业以太网(Ethernet)就是针对这些问题提出来的。

### 1.2.1 集散控制系统

20 世纪 70 年代初,随着小型、微型计算机的出现,自动控制系统进入数字集中控制阶段。数字控制系统比模拟控制系统有着无法比拟的优点。然而,由于它控制集中、管理集中的特点,并受到当时硬件水平的限制,计算机可靠性比较低,一旦计算机发生故障,全厂的生产就陷于瘫痪。70 年代中期以后,随着微处理器工业的迅速发展,集散控制系统的出现有效地解决了上述问题。

集散控制系统又称为分布式控制系统,是应用计算机技术对生产过程进行集中监测、管理和分散控制的综合性网络系统。其核心思想是“管理集中、控制分散”,即管理与控制相分离,其结构简图如图 1-4 所示。集散控制系统一般由操作站级、过程控制级和现场仪表级三级组成。操作站级用于集中监视管理,过程控制级下放分散到现场实现分布式控制,各级之间用控制网络互连以实现相互之间的信息传递。

第一个集散控制系统是 1975 年美国霍尼韦尔(Honeywell)公司推出的 TDC2000(total distributed control)。随后各大仪器仪表公司,计算机制造公司推出一个又一个集散控制系统,硬件和软件功能得到不断的完善和强化。集散控制系统的发展大体分为三个阶段。

#### 1. 第一阶段(1975—1980)

这一时期集散控制系统的技术重点表现为:采用以微控制器为基础的过程控制

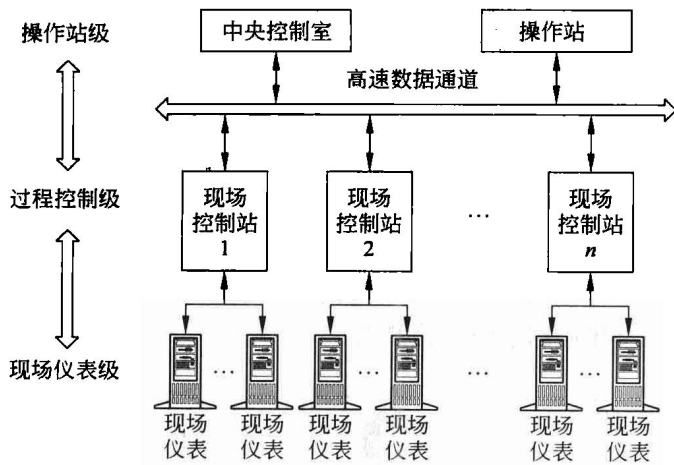


图 1-4 集散控制系统结构简图

单元,实现了分散控制;具有自诊断功能;信号处理采用了抗干扰技术。典型产品有 Honeywell 公司的 TDC2000、Taylor 公司的 MOD3 和西门子公司公司的 TELEPERM M 等。

## 2. 第二阶段(1980—1985)

这一时期集散控制系统的技术重点表现为:推出了多功能过程控制单元;推出了增强功能操作站,优化了质量管理;通过软件扩展并组织规模不同的系统,强化了系统的功能;强化了全系统的信息管理,加强了通信系统,实现了系统无主站通信。典型产品有 Honeywell 公司的 TDC3000、西屋公司的 WDPF 和 ABB 公司的 MASTER 等。

## 3. 第三阶段(1985年以后)

这一时期集散控制系统的技术重点表现为:采用开放式系统网络;根据用户的需要各个公司又开发了一些中、小规模集散控制系统;由于采用了 32 位微处理器,系统的信息处理量和质量方面有了进一步的提高,并且在其他方面也采用了一些新的技术;系统软件采用实时多用户多任务的操作系统,符合国际通用标准。

随着计算机技术和网络技术的发展,DCS 得到了极大的发展和广泛应用。国内外很多企业 and 部门都推出了各自的集散控制系统,在硬件和软件方面都充分利用了先进的计算机技术,有些 I/O 模块开始带有 CPU,将控制和运算有效地分散到模块上,减轻主控制器的负担,充分体现了“危险”分散的思想。但 DCS 是一种数字—模拟混合系统,现场仪表仍然使用传统的 4~20mA 模拟信号,工程与管理成本高,灵活性差。此外,由于受计算机系统早期存在的系统封闭这一缺陷的影响,各厂家的产品自成系统,不同厂家的设备不能互连在一起,通信协议封闭,难以实现互换和互操作,极大地制约了系统的集成与应用。

## 1.2.2 现场总线控制系统

现场总线控制系统是 20 世纪 80 年代中后期随着计算机、控制、通信以及模块化集成等技术发展出现的工业控制系统。现场总线是用于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种全分散、全数字化、智能、双向、互联、多变量、多点多站的通信网络。现场总线控制系统使用开放的现场总线通信网络,是将自动化最底层的现场控制器和现场智能仪表设备进行互连的实时网络控制系统。现场总线控制系统的典型结构分为设备层、控制层和信息层。图 1-5 为现场总线控制系统结构简图。

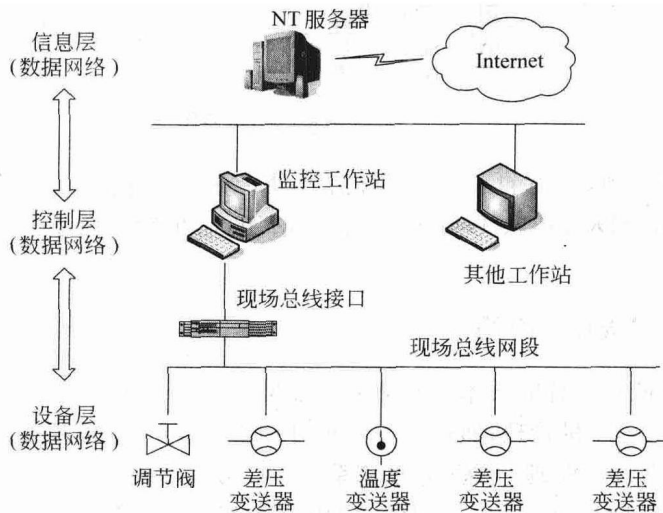


图 1-5 现场总线控制系统结构简图

现场总线系统打破了传统控制系统的结构形式。传统模拟控制系统采用一对一的设备连线,按控制回路分别进行连接,位于现场的测量变送器与位于控制室的控制器之间均为一对一的物理连接。现场总线控制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块、各输入输出模块置入现场设备中,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。

总的来说,现场总线控制系统具有如下优点。

(1) 全数字化。在采用 FCS 的企业中,用于生产管理的局域网能够与用于自动控制的现场总线网络紧密衔接。此外,数字化信号固有的高精度、抗干扰特性也能提高控制系统的可靠性。

(2) 全分布式。在 FCS 中各现场设备有足够的自主性,它们彼此之间相互通信,完全可以把各种控制功能分散到各种设备中,而不再需要一个中央控制计算机,实现了真正的分布式控制。

(3) 双向传输。传统的 4~20mA 电流信号,一条线只能传递一路信号。现场总线设