



全国高等专科教育自动化类专业规划教材

集散控制系统 及现场总线

张岳 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材

集散控制系统及现场总线

张 岳 主编



机械工业出版社

本书是作者根据多年的教学经验、开发和使用集散型控制系统及现场总线的实践经验编写而成的。

本书介绍了集散型控制系统结构组成、通信技术、组态技术、控制技术等基础知识,并对集散型控制系统中最典型代表——美国霍尼韦尔公司TDC3000系统的硬件配置、软件组态、数据采集和控制、操作技术以及可靠性技术等进行了重点介绍;另外,还介绍了国内集散型控制系统产品HS2000;在此基础上,渗透了集散型控制系统的设计、选型、评估、应用等知识;最后介绍了现场总线的概念、特点、结构和分类,以Smar公司和NI公司的现场总线组态软件为例,着重介绍现场总线的组态过程。

本书注重理论知识与工程实践的结合,对基本原理与方法阐述透彻,层次分明,且每章附有小结和习题,使本书更具有可教学性和可自学性。

通过对本书的学习,可以使学生系统地了解集散型控制系统及现场总线的理论知识,市场主流产品的特点及基本使用方法。

本书适合作为高职、高专的自动化类专业及其他相近专业的教材,也可供从事集散型控制系统及现场总线方面工作的工程技术人员参考使用。为方便教学,本书配有电子教案课程、设计任务书、部分习题答案及模拟试题,将本书作为教材的学校可免费索取以上资料,垂询电话010-88379758。

图书在版编目(CIP)数据

集散控制系统及现场总线/张岳主编. —北京:机械工业出版社,2006.5

全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材
ISBN 7-111-18838-1

I. 集... II. 张... III. ①集散系统—高等学校—教材②总线—高等学校—教材 IV. ①TP273②TP336

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第030084号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:于宁、高倩 版式设计:冉晓华
责任校对:刘志文 封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10印张·242千字

0001—4000册

定价:16.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是依据高等职业教育对集散型控制系统及现场总线课程的要求，结合高等职业教育注重实际能力培养等目标编写的。

本书在编写过程中，充分考虑到这门课程专科教学学时数少（计划 60 ~ 80 学时左右）、内容丰富、涉及面广等特点，以及目前高职、高专学生的知识结构的现状，力求做到理论知识“少而精，够用为度”，将重点放在对目前工业领域广泛使用的产品的使用方法的介绍上，注重培养学生解决实际问题的能力。

本书的主要内容包括：绪论，集散型控制系统(DCS)导论，国产集散型控制系统——HS2000，大型集散型控制系统 TDC3000，集散型控制系统的设计与应用，现场总线技术与应用等。为了方便教学，每章均安排有小结和一定数量的习题。

为了提倡“双语”教学，本书附有集散型控制系统及现场总线课程中常用的专业英语词汇表。

本书由辽宁科技学院张岳主编，并编写了第 1 章 ~ 第 5 章及附录内容，与承德石油高等专科学校甄玉杰共同编写了第 6 章，张岳负责统稿。本书由辽宁科技学院胡学林担任主审，他对本书的结构及主要技术问题进行了仔细的审阅，提出了许多宝贵意见。另外，本书在编写过程中，借鉴了一些兄弟院校教材和参考文献的部分内容，同时，承蒙辽宁科技学院吕东岳老师及杨国飞同学热情支持和帮助，东北大学信息学院周玮老师对本书的初稿提出了许多宝贵意见，在此，一并表示由衷的感谢。

由于作者水平有限，加之成书匆忙，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机过程控制系统的基本概念及组成	1
1.1.1 硬件组成	1
1.1.2 软件组成	2
1.2 计算机过程控制的基本类型及其特点	2
1.2.1 操作指导控制系统	3
1.2.2 直接数字控制系统	3
1.2.3 计算机监督控制系统	5
1.2.4 集散型控制系统	5
1.2.5 现场总线控制系统	6
1.3 计算机过程控制的发展状况	7
小结	7
习题	8
第 2 章 集散型控制系统(DCS)导论	9
2.1 DCS 的基本概念	9
2.2 DCS 的结构组成及特点	9
2.2.1 DCS 的结构组成	9
2.2.2 DCS 的特点	10
2.3 DCS 的网络通信技术	10
2.3.1 计算机网络的定义	10
2.3.2 网络结构及其特点	11
2.3.3 通信介质	11
2.3.4 数据通信	12
2.3.5 数据传输中的差错控制	14
2.3.6 信道极限传输能力	17
2.3.7 DCS 的通信网络特点	18
2.3.8 DCS 的通信网络协议	18
2.4 DCS 的网络存取控制技术	20
2.4.1 轮询(Poll)	20
2.4.2 令牌传送(Token Passing)	20

2.4.3 带有碰撞检测的载波监听多重访问(CSMA/CD)	21
2.5 DCS的组态	21
2.5.1 DCS硬件组态	21
2.5.2 DCS软件组态	22
2.5.3 DCS组态方法	22
2.6 DCS的可靠性	23
2.6.1 DCS的分散结构	23
2.6.2 DCS的冗余化结构	24
2.6.3 DCS的高可靠性通信系统	24
2.6.4 DCS的程序化自诊断功能	25
2.6.5 DCS的软、硬件的可靠性	25
2.7 DCS的常用控制算法	25
2.7.1 串级控制	26
2.7.2 前馈控制	27
2.7.3 SMITH 预估补偿控制	28
2.7.4 超弛控制	29
2.7.5 顺序控制	30
2.7.6 自适应控制	31
小结	32
习题	32
第3章 国产集散型控制系统——HS2000	34
3.1 HS2000系统的基本特点	34
3.1.1 高可靠性	34
3.1.2 直观、方便的操作平台	34
3.1.3 方便的维护手段	34
3.1.4 系统的开放性	35
3.1.5 完善的质量保证体系	35
3.1.6 优良的系统性能	35
3.2 HS2000系统的基本组成	35
3.2.1 HS2000系统的三层网络结构	36
3.2.2 HS2000系统的I/O现场控制站	37
3.2.3 HS2000系统的操作员站	38
3.2.4 HS2000系统的工程师站	38
3.3 HS2000系统的硬件配置	39
3.3.1 HS2000S小型集散型控制系统的配置	39
3.3.2 HS2000M中型集散型控制系统的配置	39
3.3.3 HS2000L大型集散型控制系统的配置	40
3.4 HS2000系统的I/O现场控制站配置	40

3.4.1	I/O 现场控制站的应用容量	40
3.4.2	I/O 现场控制站的硬件构成	41
3.5	HS2000 系统的软件组态	44
3.5.1	工程师站组态软件	44
3.5.2	操作员站组态软件	46
3.5.3	I/O 现场控制站组态软件	50
小结	50
习题	50
第 4 章	大型集散型控制系统——TDC3000	52
4.1	TDC3000 系统的结构特性	52
4.1.1	TDC3000 的局域控制网络	52
4.1.2	TDC3000 的通用控制网络	54
4.1.3	TDC3000 的高速数据公路	55
4.2	TDC3000 系统的数据采集和控制	56
4.2.1	数据点介绍	57
4.2.2	数据点应用	59
4.3	TDC3000 系统的软件组态	67
4.3.1	组态说明	68
4.3.2	组态字的构成	68
4.3.3	组态步骤	69
4.3.4	组态实例	72
4.3.5	MC 的其他几种组态功能	72
小结	80
习题	80
第 5 章	集散型控制系统的设计与应用	82
5.1	集散型控制系统的设计	82
5.1.1	总体设计	82
5.1.2	初步设计	83
5.1.3	详细设计	85
5.2	集散型控制系统的评价准则与选择原则	86
5.2.1	技术性能评价	86
5.2.2	使用性能评价	88
5.2.3	可靠性与经济性评价	89
5.2.4	DCS 的选择原则	90
5.3	集散型控制系统的调试、安装与验收	91
5.3.1	集散型控制系统的调试	91
5.3.2	集散型控制系统的安装	91

5.3.3 集散型控制系统的验收	92
5.4 集散型控制系统的应用实例	92
5.4.1 TDC3000 在大型炼油厂中的应用	92
5.4.2 某火力发电厂 200MW 发电机组热工系统的 DCS 控制	94
小结	96
习题	96
第 6 章 现场总线技术及其应用	97
6.1 现场总线的基本概念	97
6.2 现场总线的结构与特点	98
6.2.1 现场总线的结构	98
6.2.2 现场总线的技术优势	100
6.3 常用的现场总线	100
6.3.1 基金会现场总线 FF	100
6.3.2 CAN 总线	102
6.3.3 局部操作网络 LonWorks	103
6.3.4 PROFIBUS 总线	104
6.3.5 HART 总线	106
6.3.6 常用现场总线性能对比	107
6.3.7 其他现场总线简介	107
6.4 现场总线控制系统的组态	109
6.4.1 使用 NI-FBUS Configurator 对 FF 系统进行组态	109
6.4.2 使用 Smar SYSCON 组态软件创建基于 FF 的应用系统	117
6.5 现场总线系统的应用实例	129
6.5.1 CAN 总线在电梯控制系统中的应用	130
6.5.2 Smar 现场总线在乙腈精制装置上的应用	132
6.5.3 LonWorks 技术在电力自动抄表系统中的应用	134
6.5.4 现场总线控制系统的集成	136
6.5.5 OPC 技术简介	137
小结	138
习题	139
附录	140
附录 A 几个典型 DCS 简介	140
附录 B 集散型控制系统及现场总线常用词汇中英文对照表	145
参考文献	150

第 1 章 绪 论

1.1 计算机过程控制系统的基本概念及组成

所谓计算机过程控制系统，是指由被控对象、测量变送装置、计算机和执行装置组成，以实现生产过程闭环控制为目的的系统。它综合了现代的计算机过程控制技术和传统的生产工艺过程控制技术。

计算机过程控制系统能够完成数据采集与处理、顺序控制与数值控制、直接数字控制与监督控制、最优控制与自适应控制、生产管理与经营调度等任务，它的出现不仅给企业带来巨大的经济效益和社会效益，而且给工业生产带来革命性的变化。

计算机过程控制系统的典型结构图如图 1-1 所示，由于描述工业生产过程特性的物理量大部分是模拟量，例如温度、压力、流量等，而计算机采用的信号是数字信号，所以，为了实现模拟信号与数字信号之间的转换，必须采用模/数(A/D)转换器和数/模(D/A)转换器。

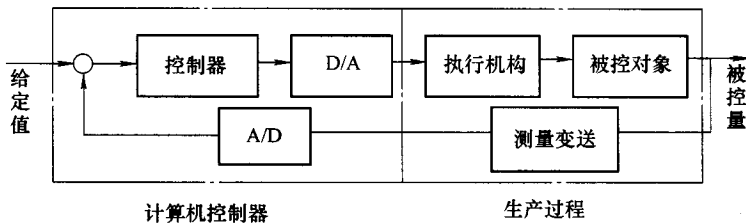


图 1-1 计算机过程控制系统

虽然工业生产过程形式多种多样，但是计算机过程控制系统的组成却基本一致，都是由计算机控制器和生产过程组成，而计算机控制器则由硬件和软件两部分组成。

1.1.1 硬件组成

计算机过程控制系统的硬件组成主要包括主机、外围设备(含人机交互设备)、过程输入/输出设备(含通信设备)等，如图 1-2 所示。

1. 主机 主机由中央处理器(CPU)和内存存储器(ROM、RAM)组成，它是控制系统的核心。其中 CPU 是主机的核心，CPU 的功能直接关系到控制系统的性能品质。

CPU 主要由运算器和控制器组成。运算器主要进行数据处理和运算；控制器则对计算机的各部分进行控制，并按程序的要求使计算机执行各种操作。

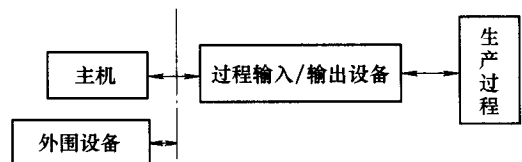


图 1-2 计算机过程控制系统的硬件示意图

内存储器,简称内存,用于存放程序和数据,它分为 ROM、RAM 两种。两者区别为:RAM(也称随机存储器)所存储的信息会因电源的消失而丢失,且信息随时可能被更改,一般存储用户的应用程序和数据;ROM(又称只读存储器)所存的信息不会因电源的消失而丢失,且内容不能被更改,一般存储计算机的系统程序。

2. 外围设备 外围设备按功能分为输入设备、输出设备和外存储器。输入设备主要用于输入程序、数据和操作命令,常用的输入设备有键盘、鼠标;输出设备主要以字符、曲线、表格、图形来反映生产过程的工况及其控制状态,常用的输出设备有打印机、显示器等;外存储器主要用来存储容量比较大的用户程序和数据,常用的外存储器有磁盘、磁带等。

3. 过程输入/输出设备(I/O 设备) 计算机与生产过程之间的信息传递是通过过程输入/输出设备进行的。过程输入设备包括模拟量输入通道(简称 A/D 通道)和开关量输入通道(简称 DI 通道),它们分别用于输入生产过程的模拟信号(如温度、压力、流量等)、开关量信号或数字信号。过程输出设备包括模拟量输出通道(简称 D/A 通道)和开关量输出通道(简称 DO 通道),它们分别用于输出控制生产过程的模拟信号、开关量信号或数字信号。过程输入/输出设备的功能归纳如下:

- 1) 模拟量输入通道是把模拟信号转换成数字信号后再输入到主机;
- 2) 开关量输入通道是直接输入开关量信号或数字量信号到主机;
- 3) 模拟量输出通道是把数字信号转换成模拟信号后再控制生产过程;
- 4) 开关量输出通道是直接输出开关量信号或数字量信号去控制生产过程。

1.1.2 软件组成

软件是各种程序的总称。软件的优劣不但影响到硬件功能的发挥,而且还影响到计算机对生产过程的控制品质和管理水平。软件通常分为两大类:系统软件和应用软件。

1. 系统软件 系统软件主要是由计算机生产厂家及计算机专业人员研制开发,包括汇编语言、高级算法语言、过程控制语言、数据结构、操作系统、数据库系统、通信网络软件和诊断程序等。

2. 应用软件 应用软件是系统设计人员针对某个生产过程而编制的控制和管理程序,包括过程输入程序、过程输出程序、过程控制程序、人机接口程序、打印和显示程序以及各种公共子程序等,其中过程控制程序是应用软件的核心。计算机过程控制系统的设计人员只需会使用应用软件即可。

一个计算机过程控制系统要能够实现对生产过程进行实时的控制和管理。所谓实时就是指信号输入、运算和输出都要在极短的时间内完成,并能根据生产过程工况及时地进行处理。实时性不仅取决于硬件指标,而且还依赖于高性能的系统软件和应用软件。

1.2 计算机过程控制的基本类型及其特点

计算机过程控制系统所采用的形式与它所控制的生产过程的复杂程度有着密切关系,不同的控制系统和不同的被控对象,要求有不同的控制策略。这样,从过程控制的结构角度来看,计算机过程控制系统基本上可分成以下几种类型。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统的结构如图 1-3 所示。该系统不仅具有数据采集和处理的功能，而且还能够为操作人员提供反映各种生产过程工况的数据，并且给出相应的操作指导信息，供操作人员参考。

该控制系统属于开环控制。首先，计算机通过模拟量输入通道和开关量输入通道实时地采集数据，然后，根据一定的控制或管理方法进行计算，通过显示器或打印机输出信息，最后，由操作人员根据这些信息去改变模拟调节器的给定值或直接操作执行装置。

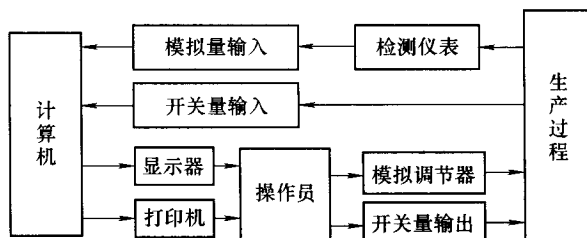


图 1-3 操作指导控制系统

操作指导控制系统的优点是结构简单，控制灵活和安全；缺点是需要人工操作，速度受限制，控制回路少。

在操作指导控制系统中，模拟调节器是整个控制系统的核心，其中模拟 PID 调节器的控制算法为

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

式中 $u(t)$ ——调节器的输出量；

$e(t)$ ——给定量与被控量的偏差；

k_p ——比例增益系数；

T_i ——积分时间常数；

T_d ——微分时间常数。

在式(1-1)中，只包含第一项时称为比例(P)作用；只包含第二项时称为积分(I)作用；只包含第三项时称为微分(D)作用；只包含第一、二项的是比例积分(PI)作用；只包含第一、三项的是比例微分(PD)作用；同时包含这三项的是比例积分微分(PID)作用。

在 PID 控制算法中，比例作用是最基本的，不可缺少的，但有余差存在；加入积分作用后，能提高控制精度，消除余差；加入微分作用，则起到加速控制作用。至于在实际控制工程中究竟采用哪种控制算法，则视具体控制对象和操作工艺而定。

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)系统的示意图如图 1-4 所示。计算机首先通过模拟量通道(A/D)和开关量输入通道(DI)实时采集数据，然后按照一定的控制规律进行计算，最后发出控制信号，并通过模拟量输出通道(D/A)和开关量输出通道(DO)直接控制生产过程。DDC 系统属于计算机闭环控制，是计算机在工业生产中最普遍的一种应

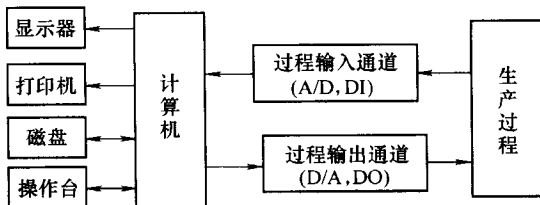


图 1-4 直接数字控制系统的示意图

用形式。

在直接数字控制系统中最常用的控制算法是离散的 PID 控制算法，它是在采样周期 T 相当短时，用矩形法代替积分项，用向后差分法代替微分项，即

$$\begin{cases} \int_0^t e(t) dt \approx \sum_{i=0}^k T e(i) \\ \frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \end{cases} \quad (1-2)$$

式中 T ——采样周期；

k ——采样序号。

这样使模拟 PID 算法离散化为差分方程形式。离散 PID 控制算法分为位置式、增量式和速度式三种。

位置式 PID 算法：

$$\begin{aligned} u_k &= k_p \left[e_k + \frac{T}{T_I} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_D}{T} (e_k - e_{k-1}) \right] \\ &= k_p e_k + k_I \sum_{i=0}^k e(i) + k_D (e_k - e_{k-1}) \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中 e_k ——第 k 次采样值的偏差值；

k_I ——积分系数，其中 $k_I = k_p \frac{T}{T_I}$ ；

k_D ——微分系数，其中 $k_D = k_p \frac{T_D}{T}$ 。

增量式 PID 算法：

$$\begin{aligned} \Delta u_k &= k_p (e_k - e_{k-1}) + k_I e_k + k_D (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \\ &= k_p \Delta e_k + k_I e_k + k_D (\Delta e_k - \Delta e_{k-1}) \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中 Δu_k ——第 k 次输出的偏差校正值；

Δe_k ——第 k 次采样值的偏差校正值，其中 $\Delta e_k = e_k - e_{k-1}$ 。

速度式 PID 算法：

$$v_k = \frac{\Delta u_k}{T} = \frac{k_p \Delta e_k}{T} + \frac{k_I e_k}{T} + \frac{k_D (\Delta e_k - \Delta e_{k-1})}{T} \quad (1-5)$$

在一般生产过程中，计算机输出的 u_k 直接去控制执行机构（如阀门、步进电机等），所以，离散 PID 算法的位置式是根据偏差计算结果去控制执行机构的位置（如阀门的开度），PID 算法的增量式则是根据偏差计算的结果去控制执行机构位置的增量，而 PID 算法的速度式则根据偏差变化率计算执行机构位置的增量变化程度。在式(1-2)~式(1-5)中，若令 $k_D = 0$ 或 $k_D = k_I = 0$ ，则可得到相应的 PI 或 P 的控制算式。

DDC 系统是用程序进行控制运算，这样的控制方式既灵活又经济，只需改变程序就可以对控制对象进行控制。

另外，DDC 系统中的计算机直接承担控制任务，所以系统可以满足较高的实时性、可靠性和适应性要求。为了充分发挥计算机的利用率，一台计算机通常可以控制几百个回路，并可以对控制对象的上、下限值进行监视和报警，所以就要求合理地设计应用软件，使之尽可能高效地完成系统的控制功能。

1.2.3 计算机监督控制系统

计算机监督控制(Supervisory Computer Control, SCC)通常采用两级计算机系统。系统的结构如图 1-5 所示,即 SCC 计算机加上 DDC 的分级控制计算机,其中 DDC 计算机(称为下位机)完成上述直接数字控制的功能;SCC 计算机(称为上位机)则根据生产过程工况的数据和数学模型情况进行必要的计算,给 DDC 计算机提供各种控制信号,诸如最佳给定值等。

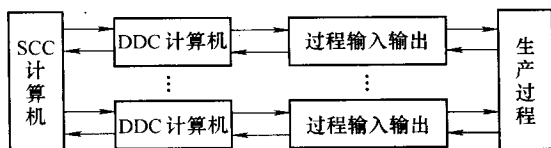


图 1-5 计算机监督控制系统

DDC 计算机与生产过程直接相连,承担着控制任务并能独立工作,因此,要求它的可靠性高,抗干扰能力强,一般选用可编程控制器(PLC)和智能仪器作为 DDC 控制器。

SCC 计算机承担着高级控制与管理任务,它的信息存储量大,计算任务繁多,一般选用高配置微型机或小型工控机。

计算机监督控制系统是根据合理的数学模型,选择最优化控制方案来计算设定值,并按计算的设定值,由 DDC 去调节生产过程。因此,计算机监督控制系统的控制效果的好坏,主要取决于数学模型、算法和程序。

1.2.4 集散型控制系统

像操作指导控制系统、直接数字控制系统等这样的过程控制系统,虽然具有可靠性高、操作简单等优点,但是,随着生产规模的扩大化和工艺过程的复杂化,它的局限性也逐渐显露出来,会出现像难以实现多变量相关联对象的控制,各子系统之间的信号联系困难,控制回路增多、难以集中显示和操作等问题。

因此,随着计算机技术的发展,出现了一种新型的控制,即以分而自治和综合协调为设计原则的分散控制、集中操作、分层管理的控制系统。这种具有功能分散、危险分散、管理集中、应用灵活的控制系统称为集散型控制系统(Distributed Control System, DCS)。集散型控制系统吸取了操作指导控制系统和直接数字控制系统的优点,将控制功能和危险分散,而将参数显示和操作高度集中。

1975 年美国霍尼韦尔(HoneyWell)公司首先推出世界上第一台 DCS——TDC2000 集散型控制系统。此后,欧、美、日等国的仪表公司纷纷研制出各自的集散型控制系统,比较著名的有美国福克斯波罗(FOXBORO)公司的 SPECTRUM 系统、美国贝利控制(Bailey Controls)公司的 Network90、英国肯特(Kent)公司的 P4000、德国西门子(SIEMENS)公司的 TELEPERM 以及横河(YOKOGAWA)公司的 CENTUM 等。

20 世纪 80 年代,微处理器运算能力的增强,超大规模集成电路集成度的提高和成本的降低,给过程控制的发展带来新的面貌,推动了以微处理器为基础的过程控制设备和集散型控制系统、可编程控制器和过程变送设备等的发展,出现了第二代、第三代 DCS 产品。

20 世纪 90 年代,DCS 发展迅猛,出现了生产过程控制系统与信息管理系统相结合的管控一体化的新一代 DCS,它使 DCS 产品的质量和产量提高,成本和能耗下降,从而使经济效益明显提高。

典型集散型控制系统的结构如图 1-6 所示。这是一个具有许多微处理器的分级控制系

统，通过数据高速公路，实现了控制系统的功能分散、负荷分散、危险分散，控制与管理集中操作的目的。有时，DCS 结构体系也可描述为“三站一线”，即工程师站、操作员站、I/O 现场控制站和通信网络。

目前，随着信息技术的发展，企业对 DCS 提出了许多新的要求，使集散型控制系统向两个方向发展，一个方向是向上发展

，即向计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、计算机集成过程系统(Computer Integrated Process System, CIPS)方向发展；另一个方向是向下发展，即向现场总线控制系统方向发展(FieldBus Control System, FCS)(如 ABB 公司的 Industrial IT 系统、HoneyWell 公司最新推出的 Experion PKS(过程知识系统)、SIEMENS 公司的 PCS7 系统、Emerson 公司的 PlantWeb(Emerson Process Management)、FOXBORO 公司的 I/A Series 和利时公司的 HOLLiAS 系统等)。

1.2.5 现场总线控制系统

现场总线控制系统(FCS)是新一代分布式控制系统。FCS 是在 DCS 的基础上发展起来的，它对 DCS 的结构进行了调整，将原来的三层结构模式调整为二层结构模式，将控制站的部分控制功能下移分散到各个现场仪表级，使控制站可以集中处理复杂的控制算法，更好地体现“功能分散，危险分散，信息集中”的思想；克服了由于各厂商生产的 DCS 之间标准不一致所造成的各系统之间不能互联的缺陷，实现了真正的开放式互联系统结构。图 1-7 所示为由 DCS 扩充而成的现场总线控制系统。

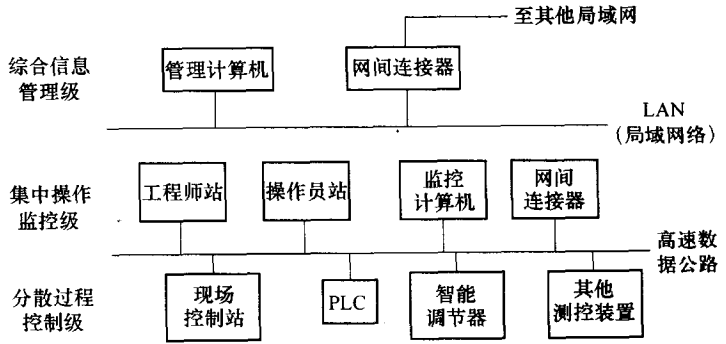


图 1-6 典型集散型控制系统的结构图

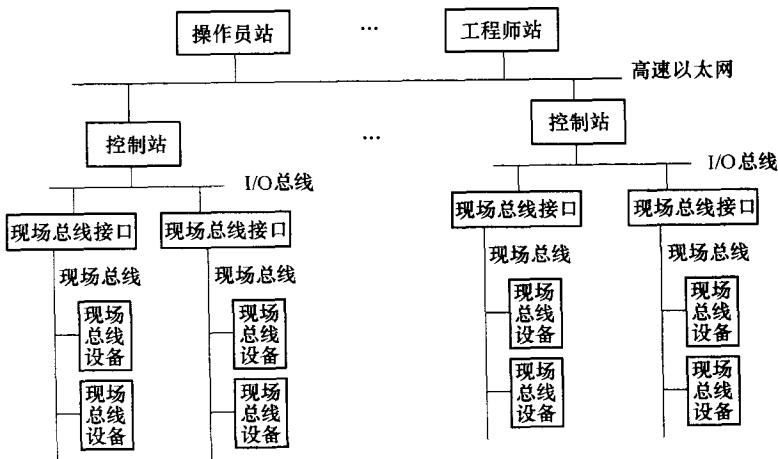


图 1-7 现场总线控制系统

现场总线的应用给传统的信号标准、通信标准、系统标准和自控系统的体系结构、设计方法、安装调试方式等带来崭新的思路,对传统的控制系统结构和实现控制与维修的方法带来全新的概念。虽然 FCS 出现才短短的几年,但它的应用却大大地降低了控制系统的投资,明显地提高了控制质量,极大地丰富了信息系统的内容,显著地改善了系统的集成性、开放性和互操作性。因此,现场总线控制系统已经成为当今全球自动控制技术的热点,被誉为跨世纪的自动控制系统。

1.3 计算机过程控制的发展状况

世界上第一台电子计算机于 1946 年在美国诞生,经过十多年的研究,世界上第一台过程控制计算机于 1959 年在美国德克萨斯州的 Port Arthur 炼油厂正式投入运行。该系统控制 26 个流量、72 个温度、3 个压力和 3 个成分。其基本功能是控制反应器的压力为最小,确定 5 个反应器进料量最优分配,并根据催化作用控制热水流量以及确定最优循环。此后,计算机过程控制系统的发展速度异常迅猛,归纳起来大致经历以下几个阶段。

第一阶段,早期的计算机过程控制系统中的计算机采用电子管,不仅运算速度慢,成本高,而且体积大,软、硬件功能差,运行不可靠。所以,仅用于数据处理和操作指导,过程控制仍以模拟调节为主。

第二阶段,随着晶体管等半导体技术的发展,计算机的运算速度和可靠性大幅度提高。1962 年英国的帝国化学工业公司(ICI)成功地采用了直接数字控制系统,由计算机控制代替了模拟调节,数据采集量达到 244 个,控制阀门数达到 129 个,控制功能大大地提高了。

第三阶段,20 世纪 70 年代,随着微型计算机的出现,计算机过程控制进入了新时代,1975 年美国 HoneyWell 公司首先推出 TDC2000 集散型控制系统,标志着从传统的集中控制系统向集散型控制系统发展;过程控制从单机的监督、直接数字控制发展到集散型控制系统和计算机集成制造系统 CIMS。

第四阶段,20 世纪 80 年代,超大规模集成电路(VLSI)技术的飞速发展,使得计算机向着超小型化、软件固化和控制智能化的方向发展。20 世纪 90 年代的 DCS 系统以 CIMS 为目标,以新的控制方法、智能化仪表、专家系统和局域网等新技术为手段,实现过程控制自动化与信息管理自动化相结合的管控一体化的综合集成系统。

随着超大规模集成电路技术、软件智能技术和自动控制理论的发展,计算机过程控制技术将会出现更加惊人的飞跃。

小 结

本章首先介绍了计算机过程控制的基本概念,对计算机过程控制的各个主要组成部分进行了较深入的讨论,从而对计算机过程控制有一个较全面的认识 and 了解。

其次,详细介绍了计算机过程控制的几个常用的典型系统以及它们的特点,着重介绍了计算机过程控制系统最基本的 PID 控制器,包括它的作用和几种控制算法。

最后,通过介绍计算机过程控制的发展史,展望了计算机过程控制的发展趋势——集散型控制系统和现场总线控制系统。

习 题

- 1.1 什么是计算机过程控制系统？它由哪几部分组成？通过具体示例说明。
- 1.2 计算机控制工业生产过程有哪些类型？
- 1.3 计算机控制系统的硬件一般有哪几大主要组成部分？各部分是怎样互相联系的？其中过程输入设备有几种基本类型？它们在系统中起什么作用？
- 1.4 直接数字控制系统的硬件由哪几部分组成？
- 1.5 数字 PID 控制算法有几种形式？各有什么特点？
- 1.6 试推导计算机控制系统 PI 控制算法的位置式、增量式和速度式。
- 1.7 试推导计算机控制系统 PD 控制算法的位置式、增量式和速度式。
- 1.8 集散型控制系统产生的原因是什么？为什么集散型控制系统能得到广泛应用？
- 1.9 与直接数字控制系统相比较，集散型控制系统的优点是什么？
- 1.10 集散型控制系统的发展方向是什么？
- 1.11 写出下列缩略词的中、英文名称：

SCC DDC DCS CIMS FCS

第 2 章 集散型控制系统(DCS) 导论

2.1 DCS 的基本概念

集散型控制系统又称分布式控制系统,是计算机技术(Computer)、通信技术(Communication)、图形显示技术(CRT)、控制技术(Control)(简称 4C 技术)相融合的产物。它是通过某种通信网络将现场控制站、操作员站、工程师站联系起来,共同完成分级控制、集中管理的综合控制系统。它的基本设计思想是危险分散、控制功能分散、而操作和管理集中。经过多年的研究,美国 HoneyWell 公司于 1975 年 11 月成功推出了第一套 DCS——TDC2000 型集散控制系统,它克服了原有集中式 DDC 危险集中和常规模拟仪表控制功能单一等缺点。

近年来,随着科学技术的不断发展,DCS 不仅具有强大的控制功能和极高的可靠性,而且人机对话十分便捷,能够实现各种类型数据的采集与处理,完成各种高级的、复杂的控制。

2.2 DCS 的结构组成及特点

2.2.1 DCS 的结构组成

集散型控制系统的基本结构如图 2-1 所示。它由过程控制单元、数据采集器、CRT 操作站、监控计算机以及高速数据通路等五部分组成。

1. 过程控制单元 过程控制单元(Process Control Unit, PCU), 又称现场控制站或基本控制器。它是 DCS 的核心部分,对生产过程可进行较复杂的闭环控制,可以完成一个或多个回路的控制,可实现顺序控制、逻辑控制和批量控制。

2. 数据采集器 数据采集器(Data Acquisition Unit, DAU), 又称过程接口单元(Process Interface Unit, PIU)。它是为生产过程中存在的非控制变量设置的采集装置,它不但可以完成数据的采集及预处理,还可以对实时数据进行进一步加工处理,供 CRT 操作站显示和打印,以实现开环监视。

3. CRT 操作站 CRT 操作站是 DCS 与外界联系的人机接口装置,除了显示控制过程中各种类型的信息、监视操作、输出报表,还可以对 DCS 的 PCU 和 PIU 进行组态,实现系统的操作和管理。

CRT 操作站有操作员键盘和工程师键盘之分。操作员键盘供操作人员使用,具有调出有关控制画面并进行修改、设定等功能。工程师键盘供技术人员进行组态使用,具有实现监

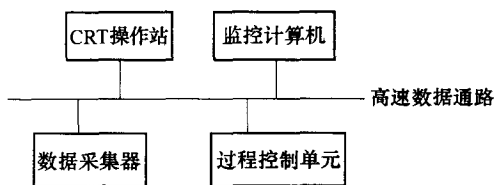


图 2-1 DCS 的基本结构