

华南理工大学出版社
汕头大学出版社

集散型计算机控制系统的原理与应用

■ 吴晓帆 主编

集散型计算机控制系统 的原理与应用

主 编 吴晓帆
副主编 康 珏
刘 美
刘维国
欧阳和平

华南理工大学出版社
汕头大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

集散型计算机控制系统的原理与应用/吴晓帆主编.

—广州: 华南理工大学出版社; 汕头: 汕头大学出版社, 2001.10
ISBN7-5623-1781-X

I.集… II.吴… III.集散系统 IV.TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 070634 号

出版发行: 华南理工大学出版社
汕头大学出版社
印刷: 汕头市达濠新兴印刷厂
开本: 850×1168 1/32
印张: 10.25 字数: 268 千字
版次: 2001 年 10 月第 1 版
2001 年 10 月第 1 次印刷
印数: 1~2100 册
定价: 25.00 元

如发现印装质量问题, 请与承印厂联系退换

前言

自 20 世纪 70 年代中期世界上第一套集散型计算机控制系统 (DCS) 问世以来, 为满足各种工业生产过程控制的需要, 各制造厂商相继推出各种型号的集散型控制系统。在经历了三代的变迁以后, 现今的集散控制系统已经发展成为现代工业生产过程自动控制装置的主流。随着计算机技术、通信技术、控制技术、大规模集成电路技术、显示技术、软件技术以及其他高新技术的应用和发展, 集散控制系统也得到了飞速的发展, 产品的应用范围遍及工业控制领域的各个行业。显然, 这些集散控制系统的型号各不相同, 应用的行业和规模也各不相同, 但是, 它们的基本构成、功能、操作方法和与外部的连接要求等性能是具有同一性的。

本书在较全面地讲述了集散控制系统的基础知识和共同性问题之后, 主要以我国石化企业应用较为广泛的 CENTUM—XL、CENTUM CS、TDC3000^x 系统为基本机型, 较详细地剖析了这几种产品的系统构成、基本功能、简单操作方法、系统生成和维护方法, 并结合实例分析了该系统在生产、实际中的应用。本书重点放在基本概念和基本原理的阐述, 并注重理论联系实际, 使之具有先进性和实用性。全书共分五章: 第一章绪论, 介绍计算机控制系统的分类, 集散控制系统产生的背景和发展概况, 集散控制系统的展望; 第二章集散控制系统 (DCS) 导论, 介

绍 DCS 系统的共同性问题,即系统结构、系统功能、信号采样与处理、控制算法、通信问题、网络技术、可靠性问题和组态技术;第三章 CENTUM 集散控制系统,介绍在我国石化企业广泛应用的 CENTUM—XL 系统、CENTUM CS 系统的结构、过程控制装置和操作管理站以及系统维护和生成等问题;第四章大型集散型控制系统 TDC 3000^x,介绍 TDC 3000^x 的系统概况、系统的控制网络及模件、数据高速通道及其设备、人/机接口和系统操作、组态;第五章集散控制系统在工业生产中的应用,介绍了在石油化工、原油蒸馏、大型炼油厂、大型氨厂、乙烯生产过程等工业领域中的应用。

全书由吴晓帆担任主编,绪论、第一、二、五章由吴晓帆编写,第三章由康珏、刘维国和欧阳和平编写,第四章由刘美编写。

在该书的编写过程中,茂名石化公司的刘维国、郭文辉等同志提供了大量的资料;华南理工大学出版社、汕头大学出版社在审稿、编辑、出版工作中给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上编者的水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

编者
2001 年 9 月

目 录

前 言

第一章 绪论..... (1)

第一节 计算机控制系统的类型..... (1)

第二节 集散控制系统的产生和发展..... (5)

第三节 集散控制系统的展望..... (12)

思考题..... (18)

第二章 集散控制系统(DCS)导论..... (19)

第一节 集散控制系统的组成和特点..... (20)

第二节 集散控制系统的基本功能..... (32)

第三节 信号的采样与数字处理..... (39)

第四节 集散控制系统的控制算法..... (49)

第五节 集散控制系统的网络通信技术基础..... (78)

第六节 集散控制系统的组态..... (103)

第七节 集散控制系统的可靠性..... (119)

思考题..... (124)

第三章 CENTUM 集散控制系统..... (128)

第一节 系统概述..... (128)

第二节 现场控制站..... (133)

第三节 现场监视站·····	(165)
第四节 操作站·····	(170)
第五节 CS1000/CS3000 系统生成与维护·····	(182)
思考题·····	(203)

第四章 TDC-3000^x集散控制系统·····(204)

第一节 TDC-3000 ^x 系统概况·····	(204)
第二节 局部控制网络及模件·····	(211)
第三节 万能控制网络及模件·····	(234)
第四节 数据高速通道及其设备·····	(248)
第五节 组态·····	(254)
思考题·····	(274)

第五章 集散控制系统应用实例·····(275)

第一节 TDC-3000 系统在大型炼油厂的应用···	(275)
第二节 CENTUM 系统在乙烯生产过程中的应用···	(281)
第三节 大型原油蒸馏装置的 DCS 优化控制···	(288)
第四节 大型氨厂的 DCS 控制·····	(297)

参考文献····· (307)

第一章

绪 论

第一节 计算机控制系统的类型

计算机的出现使科学技术产生了一场深刻的革命，同时也把自动控制推向一个新水平。随着大规模及超大规模集成电路的发展，计算机的可靠性和性能 / 价格比越来越高，这使得计算机控制系统得到越来越广泛的应用。

世界上第一台计算机于 1946 年问世。1952 年计算机开始应用于化工生产过程的自动检测和数据处理，并打印出生产管理用的过程参数。1954 年开始利用计算机构成开环控制系统，操作人员根据计算机的计算结果及时准确地调节生产过程的控制参数。1957 年开始利用计算机构成闭环控制系统，对石油蒸馏过程进行自动控制。1958 年开始试验性地采用直接数字控制系统，从而实现了计算机的“在线”控制。1960 年开始在生产过程中实现监督计算机控制。1966 年以后计算机控制开始侧重于生产过程的最优控制，并向分散控制和网络控制方向发展。70 年代随着大规模集成电路技术的发展，于 1972 生产出微型计算机，使得计算机控制技术进入了一个崭新的阶段。微型计算机的出现，开创了计算机控制的新时代，即从传统的集中控制系统革新为分散控制系统。80 年代随着超大规模集成电路技术的飞速发展，使得计算机向着

硬件超小型化、软件固化和控制智能化方向发展。前期开发的分散控制系统的基本控制器一般是 8 个回路以上，80 年代中期出现了只控制 1~2 个回路的数字控制器。80 年代末又推出具有计算机辅助设计、专家系统、控制和管理融为一体的新型集散控制系统。

根据应用特点、控制方案、控制目的和系统构成，计算机控制系统大体上可分成四种类型：数据采集系统、直接数字控制系统、监督控制系统和集散控制系统。

一、数据采集系统 (DAS)

数据采集系统 (Data Acquisition System, 简称 DAS) 的构成如图 1-1 所示。

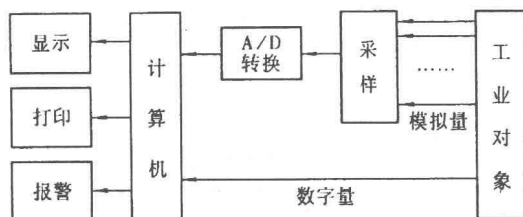


图 1-1 数据采集系统

系统的主要功能是：

① 生产过程的集中监视。DAS 通过输入通道对生产过程的参数进行实时采集、加工处理，并以一定格式在 CRT 上显示，或通过打印机打印出来，实现生产过程的集中监视。

② 操作指导。DAS 对采集到的数据进行分析处理，并以有利于指导生产过程的方式表示出来，实现生产过程的操作指导。

③ 越限报警。DAS 预先将各种工艺参数的极限存入计算机，DAS 在数据采集过程中进行越限判断和报警，以确保生产过程安全。

DAS 不直接参与生产过程控制，不会直接对生产过程产生影响。

二、直接数字控制系统（DDC）

直接数字控制（Direct Digital Control，简称 DDC）系统的构成如图 1-2 所示。这类系统中，计算机的运算和处理结果直接输出作用于生产过程。DDC 系统中计算机参与闭环控制，不仅可完全取代模拟调节器，实现多回路的 PID 控制，而且只要改变程序就可以实现复杂的控制规律，如非线性控制、纯滞后控制、串级控制、前馈控制、最优控制、自适应控制等。DDC 系统是计算机用于工业控制最普通的一种形式。

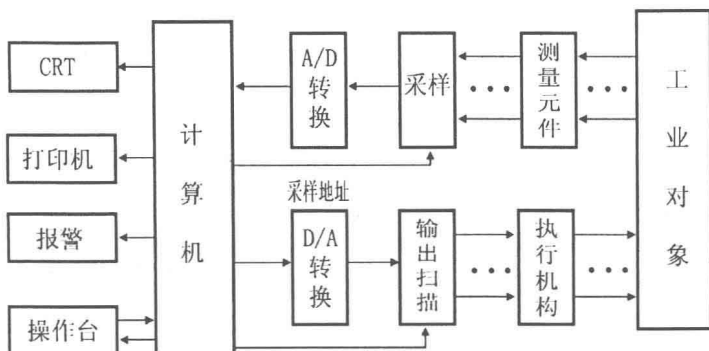


图 1-2 直接数字控制系统

三、监督计算机控制系统（SCC）

监督计算机控制（Supervisory Computer Control，简称 SCC）系统的构成如图 1-3 所示。在 SCC 系统中，计算机根据工艺参数和过程参量检测值，按照描述生产过程的数学模型，计算出生产过程的最优设定值，输入给 DDC 系统或模拟控制系统。SCC 系统输出值不直接控制执行机构，而是给出下一级的最佳给定值，因此是较高一级的控制。它的任务着重在控制规律的修正与实现，如最优控制、自适应控制等。

应当指出, SCC+DDC 的两级控制形式目前在较复杂的控制设备中应用相当普遍,如在多坐标高精度数控机床的控制系统中,

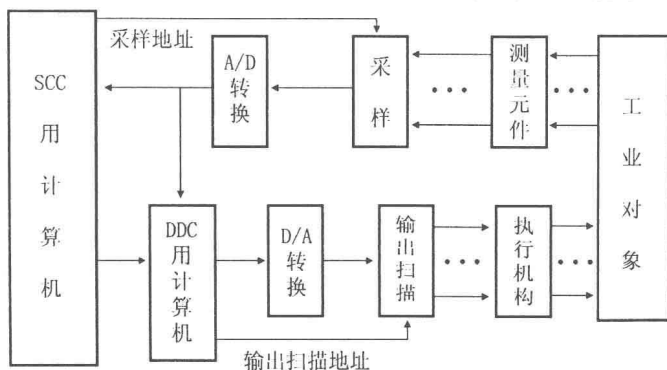


图 1-3 监督计算机控制系统

上一级的任务是完成插补运算及加工过程管理,下一级实现多坐标的进给。又如工业机器人的两级控制中,上一级完成机器人运动轨迹的计算和工业机器人工作过程的管理,而下一级完成各关节的进给与定位。在过程控制中,如锅炉最优燃烧控制系统、水泥窑的温控系统及配料管理等,常采用两级控制形式。

四、集散控制系统 (DCS)

集散控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS) 的结构如图 1-4 所示。

DCS 采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调的设计原则,把系统从上而下分为过程控制级、控制管理级、生产管理级等若干级,形成分级分布式控制,所以集散控制系统也称为分布控制系统或分散控制系统。

以微处理机为核心的基本控制器实现地理上和功能上的分散控制。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

的控制。这种控制系统使企业自动化水平提高到了一个新的阶段。

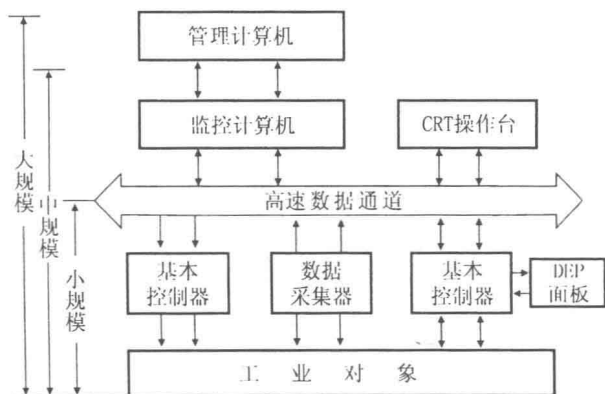


图 1-4 集散控制系统

第二节 集散控制系统的产生和发展

集散控制系统 (Total Distributed Control System) 是 20 世纪 70 年代中期发展起来的以微处理器为基础的集散型计算机控制系统。它是控制技术 (Control)、计算机技术 (Computer)、通信技术 (Communication) 和阴极射线管 (CRT) 图形显示技术相结合的产物, 即是 4C 技术的结晶。集散控制系统在发展初期以分散控制为主, 因此又称之为分散型控制系统, 即 DCS (Distributed Control System)。当今的集散控制系统不仅能实现过程控制和管理, 还具有综合信息管理的能力。

集散控制系统 (DCS) 已经在工业控制领域得到了广泛的应用, 越来越多的仪表和控制工程师已经认识到集散控制系统必将成为过程工业自动控制的主流, 在计算机集成制造系统 CIMS

(Computer Integrated Manufacturing System) 或计算机集成作业系统 CIPS (Computer Integrated Production System) 中, 集散控制系统将成为主角, 发挥它们的优势。

集散控制系统的主要特性是它的集中管理和分散控制。而且, 随着计算机技术的发展, 网络技术已经使集散控制系统不仅主要用于分散控制, 而且向着集成管理的方向发展, 系统的开放不仅使不同制造厂商的集散控制系统产品可以互相连接, 而且使得它们可以方便地进行数据的交换, 系统的开放也使第三方的软件可以方便地在现有的集散控制系统上应用。因此, 集散控制系统早已在原有的概念上有了新的含义。我国已引进的不同型号集散控制系统的数量多达几百套, 应用的工业控制领域也已遍及石油化工、冶金、炼油、建材、纺织、制药等各行各业。了解集散控制系统的基本原理, 研究集散控制系统的共性和各个制造厂商产品的不同点以及设计应用的方法, 是十分必要的。

一、集散控制系统出现的背景

随着现代化工业的飞跃发展, 生产装置的规模不断扩大, 生产技术及工艺过程日趋复杂, 从而对实现过程自动化的控制系统相应地提出了更高的要求。控制系统必须满足:

① 人机联系好, 便于集中操作、监视和管理大型现代化工业生产装置。

② 在高度安全可靠的前提下, 按预定的工艺指标控制复杂的生产过程。除了完成一般单参数、单回路的控制外, 还应易于实现非线性、多变量相关控制等复杂的控制功能。

③ 能与计算机和常规模拟仪表相兼容。

④ 系统构成应方便灵活, 不仅易于扩展, 而且模块化设备的数量最少, 维修简单。

⑤ 应具有良好的性能价格比。

对于常规仪表,尽管世界各国的生产厂大力采用了集成电路、静态指示器(用发光二极管、液晶或其他元件组成光柱,用以代替常规模拟仪表的指示指针)等技术,并对仪表性能及结构作了不同程度的改进,使其具有可靠性高、价格低廉等优点,但要满足上述现代化工业控制的要求,仍然存在着一些难以克服的具体问题。

首先,在控制功能方面,由于一台常规模拟调节器功能单一,仅能执行一种控制规律。在工厂的实际应用中,为了适应不同的方案,往往需要配备多种型式的调节仪表和辅助单元,以构成相应的回路。对某些复杂的工艺过程,除了要完成单参数、单回路控制外,还要求实现前馈、非线性、多变量相关控制等复杂功能,在这种情况下,常规模拟仪表由于受到功能的限制而难以满足要求。

其次,在人—机联系方面,如果现代化大型工厂采用常规模拟仪表进行集中控制,则安装在中央控制室内仪表盘上的二次仪表常达数千台件,所需控制室的面积就很大。以年产 20 万吨的聚酯装置为例,集中于控制室的仪表,尽管是采用高密度排列,拼装后的仪表盘仍然长达 60 余米,在生产过程中,操作人员必须从仪表盘上逐台读取仪表的显示值,才能了解生产过程中参数的变化情况,掌握操作规律,及时调整仪表常数和修改过程参数的设定值,使整个工厂安全、稳定地生产出优质产品。显然,常规模拟仪表的人—机联系不好,操作与监视都相当困难。

20 世纪 50 年代末期,人们开始将电子计算机用于过程控制,试图利用计算机能执行复杂运算、处理速度快和管理监视集中等特点,以弥补常规仪表过于分散和控制功能单一的不足,为工业过程控制开辟一条新的途径。经多年的摸索和实践,虽然取得了一定的成果,但也暴露了它本身存在的严重弱点。首先是危险性高度集中。在一个大型工厂中,如果使用计算机进行控制,则成百个回路的控制和上千个需要集中监视、操作、报警的过程变量,

都集中在一台计算机上。当计算机的公用部分,如中央处理单元、过程输入/输出接口单元等发生故障时,轻者造成整个工厂或装置停车,重则导致设备的损坏甚至发生火灾、爆炸等恶性事故。其次是成本高。为了提高计算机的可靠性,一般都采用双机双工运行或常规仪表备用,这样不仅维修工作量大,而且成本将成倍增加,如果工厂的生产规模不大,则经济性更差。

为继承常规模拟仪表及计算机系统的优点,并改革其不足,人们从事了新的探索。70年代初,由于大规模集成电路的问世,微处理机的出现,以及CRT技术及数字通讯技术的进一步发展,为新型控制系统的研制和开发开拓了新的领域。由于微处理机技术的高速发展,过去一台大型计算机完成的功能,可以由几十甚至几百台微处理机来完成,各微处理机之间可以用计算机网络连接起来,从而构成一个完整的系统。微处理机可以安装到被控对象附近,节省大量电缆和安装费用。这种结构形式,一台微处理机只需控制少数几个回路,危险大大分散。这是一种分散型多微处理机过程控制系统,又称分散型控制系统,俗称集散系统,简称DCS。

最早提出这种设计思想的是美国霍尼威尔(Honeywell)公司,并在1975年12月正式向市场推出了世界上第一个集散系统TDC-2000系统。

二、集散控制系统发展概况

集散系统的发展,大致经历了三个时期。

(1) 1975年至1980年为初创期

这个时期的集散系统基本上由五部分组成,即过程控制装置、数据采集装置、人一机接口装置、监控计算机和数据传输通道等。这个时期集散系统的技术重点是:实现了分散控制,从而使危险分散;引入了网络通信技术,加强了可靠性设计。其技术特征表

现为三个方面：一是用以微处理机为基础的过程控制装置实现了分散控制，在硬件制造、软件设计上应用了冗余技术，在信号处理时也采取了抗干扰措施，因而可靠性极高；二是人一机接口装置与过程控制装置相分离，使集中显示、操作、远程组态、全系统信息的综合管理与现场控制相分离；三是采用电缆和双绞线等作为传输介质的通信系统，将现场信息送至人一机接口装置和监控计算机，实现了集中管理和分散控制，大幅度减少了连线费用。

初创期集散系统的典型代表有：美国霍尼威尔（Honeywell）公司的 TDC-2000、福克斯波罗（Foxboro）公司的 SPECTRUM，日本横河（YOKOGAWA）电机公司的 CENTUM 及德国西门子（Siemens）公司的 TELEPERM M 等。

（2）1980 年至 1985 年为成熟期

20 世纪 80 年代初，世界市场需求发生了很大变化，产品变换周期的缩短，要求集散系统强化批量控制功能，从而促使过程控制装置发展为多功能控制装置或在原系统中增加新的批量控制单元。为了增强产品在市场上的竞争力，生产厂家必须不断提高产品质量，降低生产成本，由此要求集散系统引入优化管理、质量管理等方法，实现全系统信息的综合管理。旧系统改造和扩展项目的增多，要求用同样的设备，通过软件来更新和扩展原系统，从而促使集散系统采用更先进的软件技术。大规模集成电路技术的迅速发展，16 位、32 位微处理机技术的应用，局部网络技术、高分辨率 CRT 显示技术的采用，使集散系统进入成熟期。

成熟期的集散系统由六部分组成，即局部网络、多功能过程控制站、增强型操作站、主计算机、系统管理站和网间连接器等。代表产品有：Honeywell 的 TDC-3000，YOKOGAWA 的 CENTUM A, B, C, Taylor 公司的 MOD-300, Bailey 公司的 NETWORK90; 西屋公司的 WDPF, ABB 公司的 MASTER, LEEDS & NORTHROP 公司的 MAX1 等。这个时期集散系统的技术重点是实现全系统信

息的综合管理,为此,必然要引入先进的局部网络技术,以加强通信系统。局部网络是一种分布在有限地理范围内的计算机网络。局部网络可以使多个计算机互连,便于多机信息资源共享、分散控制和信道复用,实现全系统的管理。

(3) 1985 年以后为扩展期

尽管成熟期集散系统的性能已十分优良,技术水平也很高,但大多数系统网络通信体系是封闭式的。每个公司为了保护自身的利益,采用的都是专利网络,这些专利网络之间互不兼容,互不相通。对于使用集散系统的企业来说,有时根据生产的需要,会采用数个厂家的多种专利系统,这些专利系统对用户来说,就变成了一座座“自动化孤岛”,给用户使用、系统改造和扩展、全厂的综合管理带来许多问题。解决这些问题最好办法是采用标准化开放型通信系统,关键又是建立一个标准化的通信协议。1980年,国际标准化组织(ISO)提出了开放系统互连参考模型(OSI)的7层模式,美国通用汽车公司等企业制定出了以开放系统互连参考模型为基础的制造自动化协议(MAP),目的是使工业环境中多厂家的智能设备实现高性能价格比的公共通信,从而为各个“自动化孤岛”架起四通八达的“桥梁”。80年代末,许多公司推出的新型集散系统的特征是局部网络采用MAP协议,或与MAP兼容的协议。

美国 Foxboro 公司在 1987 年推出的 I/AS 系统标志着集散控制系统进入了第三代。它的主要改变是在局域网络方面,I/AS 系统采用了 10 兆位/秒的宽带网与 5 兆位/秒的载带网,符合国际标准组织 ISO 的 OSI 开放系统互联的参考模型。因此,在符合开放系统的各制造厂产品间可以相互连接、相互通信和进行数据交换,第三方的应用软件也能在系统中应用,从而使集散控制系统进入了更高的阶段。紧随其后,各 DCS 的制造厂也纷纷推出了各自的第三代 DCS 产品,例如, Honeywell 公司带有 UCN 网