

集散控制系统 原理及应用

(第二版)

何衍庆 俞金寿 编著

3
1(2)



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

707

711273

H322.61(2)

集散控制系统原理及应用

(第二版)

何衍庆 俞金寿 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

集散控制系统原理及应用/何衍庆,俞金寿编著. 2版. —北京: 化学工业出版社, 2002. 10
ISBN 7-5025-4140-3

I. 集… II. ①何… ②俞… III. 集散控制-研究
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 073167 号

集散控制系统原理及应用

(第二版)

何衍庆 俞金寿 编著

责任编辑: 刘 哲

责任校对: 李 丽

封面设计: 张 昊

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 410 千字

2002 年 10 月第 2 版 2002 年 10 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-4140-3/TP·319

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书修订版出版发行以来，受到广大读者的关注。鉴于集散控制系统发展很快，作者此次又进行了必要的修订和补充。

自 20 世纪 70 年代中期第一套集散控制系统在工业控制领域应用以来，集散控制系统已经发展成为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。各制造厂商相继推出或更新各自集散控制系统产品，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，它们的基本构成和功能、操作方法和与外部的连接要求等性能是具有同一性的。为了适应工业控制发展的需要，本书结合集散控制系统的应用经验，从集散控制系统的基本性能和基本操作出发，分析和讨论它们的共性和差别、工程设计和系统选型等问题。

本书共分八章。第一章概述讨论了集散控制系统的特点，它的过去、现在和发展趋势。第二章讨论集散控制系统的构成，介绍了五种典型集散控制系统产品的构成，并且分析了分散过程控制装置的构成。第三章介绍集散控制系统的性能指标，讨论了集散控制系统的评估和选型。第四章分析和讨论集散控制系统的常规算法和先进控制算法。第五章介绍集散控制系统的显示和操作。第六章介绍集散控制系统中数据通信的有关概念和通信协议、网络标准。第七章介绍集散控制系统的工程设计符号，讨论了工程设计中的有关问题。第八章介绍典型集散控制系统在工业控制领域的应用实例。

当前，介绍集散控制系统的教材和书籍不少，但是大多数书本成为某些集散控制系统的产品介绍，较少讨论集散控制系统的共性和工程应用方面的问题。为此，本书在编写时注意了这方面的需要，并且介绍了有关工程应用的实际经验。

本书由何衍庆、俞金寿编著。本书的编写工作得到了蒋慰孙教授的关心和指导。这次改版，对第四章控制算法进行了补充，对第七章的部分内容进行了改写。并在每章书后增加了思考题，以提示读者本章的重点。

由于时间仓促，加上编者的水平所限，书中难免存在错误和不当，敬请读者不吝指正。

编者

2002 年 8 月

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 第一章 概述 | 1 |
| 第一节 集散控制系统的基本概念 | 1 |
| 一、集散控制系统的发展历史..... | 1 |
| 二、集散控制系统的基本结构..... | 3 |
| 三、开放系统..... | 4 |
| 第二节 集散控制系统的特点 | 5 |
| 一、分级递阶控制..... | 5 |
| 二、分散控制..... | 5 |
| 三、自治和协调性..... | 6 |
| 第三节 集散控制系统的展望 | 7 |
| 一、信息化集成系统..... | 7 |
| 二、现场总线控制系统..... | 8 |
| 思考题..... | 10 |
| 第二章 集散控制系统的构成 | 11 |
| 第一节 集散控制系统的构成方式 | 11 |
| 一、集散控制系统的各层功能..... | 11 |
| 二、集散控制系统的基本构成..... | 13 |
| 第二节 集散控制系统的构成要素 | 14 |
| 一、集散控制系统的结构特征..... | 14 |
| 二、集散控制系统的结构分类..... | 17 |
| 第三节 典型集散控制系统的构成实例 | 19 |
| 一、TPS 系统..... | 19 |
| 二、CENTUM CS 系统..... | 35 |
| 三、I/A S 系统..... | 42 |
| 四、PROVOX 系统..... | 52 |
| 五、Advant OCS 系统..... | 56 |
| 第四节 分散过程控制装置的构成 | 62 |
| 一、分散过程控制装置的类型..... | 62 |
| 二、分散过程控制装置的构成特点..... | 63 |
| 思考题..... | 64 |
| 第三章 集散控制系统性能指标的评估 | 65 |
| 第一节 招标文件的编制 | 65 |
| 一、编制前的准备工作..... | 65 |
| 二、招标文件的编制..... | 65 |
| 第二节 集散系统的可靠性 | 67 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 一、可靠性 | 67 |
| 二、提高可靠性的途径 | 71 |
| 第三节 集散系统的易操作性 | 74 |
| 一、操作透明度 | 74 |
| 二、易操作性 | 75 |
| 第四节 集散系统的可组态性 | 78 |
| 一、组态 | 79 |
| 二、组态语言 | 84 |
| 第五节 集散控制系统的其他性能指标 | 87 |
| 一、可扩展性 | 87 |
| 二、实时性 | 89 |
| 三、环境适应性 | 92 |
| 四、经济性 | 94 |
| 第六节 集散控制系统的评估和选型 | 96 |
| 一、集散控制系统评估和选型的步骤 | 96 |
| 二、集散系统评估的方法 | 97 |
| 思考题 | 98 |
| 第四章 集散控制系统的控制算法 | 100 |
| 第一节 PID 控制算法 | 100 |
| 一、理想 PID 控制算法 | 100 |
| 二、控制度和采样周期 | 101 |
| 三、理想 PID 控制算法的改进 | 102 |
| 四、二维 PID 控制 | 105 |
| 五、自整定控制 | 105 |
| 第二节 选择性控制系统 | 106 |
| 一、超驰控制系统 | 106 |
| 二、测量信号的选择性系统 | 107 |
| 三、实现带有逻辑运算规律的选择性系统 | 107 |
| 第三节 前馈控制 | 108 |
| 一、前馈控制 | 108 |
| 二、前馈补偿装置及控制算法 | 109 |
| 三、前馈控制系统实施中的若干问题 | 111 |
| 第四节 解耦控制 | 112 |
| 一、系统的关联分析 | 112 |
| 二、串接解耦控制 | 114 |
| 第五节 时滞补偿控制 | 115 |
| 一、史密斯预估补偿控制方案 | 116 |
| 二、增益自适应时滞补偿器 | 117 |
| 三、观测补偿器控制方案 | 117 |
| 第六节 推断控制 | 118 |

| | |
|-------------------------|------------|
| 一、采用计算指标的控制 | 119 |
| 二、反馈推断控制 | 121 |
| 三、前馈性推断控制 | 122 |
| 第七节 预测控制 | 123 |
| 第八节 自适应控制 | 127 |
| 一、简单自适应控制系统 | 128 |
| 二、模型参考型自适应控制系统 | 129 |
| 三、自校正控制系统 | 130 |
| 第九节 顺序控制 | 130 |
| 一、顺序控制的基本概念 | 131 |
| 二、梯形逻辑图及其编制方法 | 134 |
| 三、程序条件的编制 | 136 |
| 第十节 计算机优化控制 | 137 |
| 一、目标函数 | 138 |
| 二、过程优化模型 | 138 |
| 三、约束 | 140 |
| 四、最优化方法 | 140 |
| 五、应用实例 | 142 |
| 思考题 | 145 |
| 第五章 集散控制系统的操作和显示 | 146 |
| 第一节 集散控制系统的操作方式 | 146 |
| 一、仪表盘操作方式 | 146 |
| 二、CRT 操作方式 | 148 |
| 第二节 显示画面 | 160 |
| 一、显示画面的分层结构 | 160 |
| 二、概貌显示画面 | 162 |
| 三、过程显示画面 | 163 |
| 四、仪表面板显示画面 | 163 |
| 五、操作点显示画面 | 164 |
| 六、趋势显示画面 | 164 |
| 七、报警显示画面 | 166 |
| 八、电子表格 | 167 |
| 九、系统显示画面 | 167 |
| 十、显示画面的动态效果 | 168 |
| 思考题 | 169 |
| 第六章 集散控制系统的通信 | 170 |
| 第一节 数据通信的基本概念 | 170 |
| 一、计算机网络和局部网络 | 170 |
| 二、数据通信 | 171 |
| 三、通信媒体共享技术 | 173 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 四、通信交换技术 | 175 |
| 五、差错控制 | 175 |
| 六、网络拓扑 | 178 |
| 第二节 集散控制系统中的网络标准 | 179 |
| 一、集散控制系统中通信网络的特点 | 179 |
| 二、OSI 参考模型 | 180 |
| 三、PROWAY 工业过程控制用数据公路标准 | 183 |
| 四、MAP 制造自动化协议 | 183 |
| 五、现场总线标准 | 184 |
| 第三节 集散控制系统中应用的网络协议 | 185 |
| 一、以太网 (Ethernet) | 186 |
| 二、RS-232C 标准接口 | 188 |
| 三、IEEE802.3 通信协议 | 190 |
| 四、IEEE802.4 通信协议 | 193 |
| 五、IEEE802.5 通信协议 | 195 |
| 六、IEEE802.2 通信协议 | 196 |
| 七、IP 网际通信协议 | 196 |
| 八、TCP 传输控制协议 | 199 |
| 九、现场总线通信协议 | 200 |
| 思考题 | 203 |
| 第七章 集散控制系统的工程设计 | 204 |
| 第一节 图形符号和文字符号 | 204 |
| 一、功能图描述符号 | 204 |
| 二、分散控制、共用显示、逻辑和计算机系统的设计符号 | 204 |
| 三、过程显示图形符号和文字符号 | 208 |
| 四、应用示例 | 209 |
| 第二节 集散控制系统的工程设计 | 221 |
| 一、施工图设计的基本程序 | 221 |
| 二、工程设计中的相互关系 | 224 |
| 三、集散控制系统工程设计中的若干问题 | 226 |
| 思考题 | 234 |
| 第八章 集散控制系统应用实例 | 236 |
| 第一节 TDC-3000 系统在大型炼油厂的应用 | 236 |
| 一、硬件配置 | 236 |
| 二、系统的软件配置 | 237 |
| 三、控制系统分析 | 238 |
| 第二节 CENTUM 系统在乙烯生产过程中的应用 | 239 |
| 一、集散控制系统的主要配置和功能 | 239 |
| 二、裂解炉控制系统 | 239 |
| 第三节 PROVOX 系统在纯碱生产过程中的应用 | 243 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 一、概述 | 243 |
| 二、硬件配置和系统软件 | 244 |
| 三、主要控制系统 | 245 |
| 第四节 I/A S 系统在涤纶短纤维生产过程中的应用 | 247 |
| 一、系统配置 | 247 |
| 二、硬件的类型及功能 | 247 |
| 三、控制系统分析 | 248 |
| 四、系统组态 | 250 |
| 第五节 Advant OCS 系统在制浆、造纸过程的应用 | 250 |
| 一、涂布牛皮箱板纸生产工艺过程概述 | 250 |
| 二、集散控制系统的配置 | 251 |
| 三、主要控制系统的设置 | 252 |
| 参考文献 | 255 |

第一章 概 述

第一节 集散控制系统的基本概念

集散控制系统 (Total Distributed Control System) 是以微处理器为基础的集中分散型控制系统。自 70 年代中期第一套集散控制系统问世以来, 集散控制系统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。为了使集散控制系统应用得更好, 对集散控制系统进行认真和细致的分析, 研究集散控制系统的共性和各个制造厂商产品的不同点, 了解集散控制系统的选择、设计和应用的方法, 是十分必要的。

一、集散控制系统的发展历史

集散控制系统是 1975 年首先由美国霍尼威尔 (Honeywell) 公司推出的。由于当时过程工业控制应用中采用模拟电动仪表控制系统难于解决有关的控制问题, 采用计算机的直接数字控制也难以克服, 它们是:

① 生产过程规模的不断扩大, 使得中央控制室的仪表数量越来越多, 操作人员对过程的监视和操作的要求也越来越高, 原有的模拟仪表难以胜任;

② 仪表技术和其他高新技术一样, 发展的速度很快, 更新换代的周期越来越短, 工业技术的发展要求仪表控制系统能适应它们发展的需要;

③ 当时计算机已经在工业控制领域开始应用, 它具有的数字化控制算法使控制系统的实施变得方便, 更改也十分容易, 但是, 由于它的价格很贵, 采用的是直接数字控制 DDC (Direct Digital Control) 或监督计算机控制 SCC (Supervisory Computer Control), 因此, 如何把因计算机的故障造成的危害减小, 使危险分散, 成为应用计算机控制系统首要解决的问题;

④ 集中和综合的操作和监督要求对全厂、各车间和工段级的控制和操作有相应的数据通信联系, 它不仅要求有大量的数据传递, 也要求有高速的数据传输速率。

Honeywell 公司的 TDC-2000 正是在这种情况下推出的。它的基本思路是:

首先, 把集中的计算机控制系统分解为分散的控制系统, 为此, 应该有专门的过程分散控制装置, 它们在过程控制级各自完成过程中的部分控制和操作;

其次，从模拟电动仪表的操作习惯出发，应开发人-机间良好的操作界面，用于操作人员的操作监视；

最后，为了使操作站与过程控制装置之间建立数据的联系，应建立数据的通信系统，使数据能在操作人员和生产过程间相互传递。

为此，在系统的硬件和软件上都进行了深入的研究，通过计算机技术（Computer）、控制技术（Control）、通信技术（Communication）和显示技术（CRT）的结合，进入了仪表控制系统的新起点。

TDC-2000 的推出，为其他的制造厂商指明了方向。以生产模拟电动仪表为主的仪表制造厂沿着 Honeywell 的研究方向，在常规控制方面进行了深入的研究，形成了第一种 DCS 的特色，即在常规控制方面见长。以生产继电器、开关等逻辑器件为主的制造厂在逻辑控制、顺序控制方面发挥了他们的特长，在可编程逻辑控制器的研究基础上向 DCS 发展，形成了第二种 DCS 的特色，它们在逻辑控制方面有明显的优势。在生产计算机、半导体和集成电路为主的制造厂则在数据通信、计算机技术等方面进行了深入的研究，并向 DCS 发展，形成了第三种 DCS 的特色，它们在通信、显示、内存、运算速度、网络等方面发挥了特长。

当时，DCS 还在初创阶段，产品还是集散控制系统的雏形。但是，系统已经包括了 DCS 的三大组成部分，即分散过程控制装置、操作管理装置和数据通信系统。它也具有了 DCS 的基本特点，即集中管理、分散控制。

当时 DCS 产品的类型有：Honeywell 公司的 TDC-2000；Taylor 公司的 MOD3；Foxboro 公司的 SPECTRUM；横河公司的 CENTUM；西门子公司公司的 TELEPERM M；肯特公司的 P4000 等。

随着半导体技术、显示技术、控制技术、网络技术和软件技术等高新技术的发展，集散控制系统也得到了飞速的发展。第二代集散控制系统的主要特点是系统的功能扩大或者增强，例如，控制算法的扩充；常规控制与逻辑控制、批量控制相结合；过程操作管理范围的扩大，功能的增添；显示屏分辨率的提高；色彩的增加；多微处理器技术的应用等。而一个明显的变化是数据通信系统的发展，从主从式的星形网络通信转变为对等式的总线网络通信或环网通信。但是，各制造厂的通信系统各自为政，在不同制造厂集散控制系统间通信存在一定的困难。这个时期内，各制造厂的集散控制系统产品有了较大的改进，在各行各业的应用越来越多，人们对集散控制系统已经从知之甚少发展到不仅能应用而且能开发。在第二代集散控制系统中，通信系统已采用局域网络，因此，系统的通信范围扩大，同时，数据的传送速率也大大提高。典型的集散控制系统产品有 Honeywell 公司的 TDC-3000；Taylor 公司的 MOD300；Bailey 公司的 NETWORK-90；西屋公司的 WDPF；ABB 公司的 MASTER；LEEDS & NORTHROP 公司的 MAXI 等。

美国 Foxboro 公司在 1987 年推出的 I/A S 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/A S 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 网的 TDC-3000；横河公司的带有 SV-NET 网的 CENTUM-XI；LEEDS & NORTHROP 公司的 MAX1000；Bailey 公司的 INFO-90 等。

从第三代集散控制系统的结构来看，由于系统网络通信功能的增强，各不同制造厂的产品能进行数据通信，因此，克服了第二代集散控制系统在应用过程中出现的自动化孤岛等困难。此外，从系统的软件和控制功能来看，系统所提供的控制功能也有了增强，通常，系统已不再是常规控制、逻辑控制与批量控制的综合，而是增加了各种自适应或自整定的控制算法，用户可在对被控制对象的特性了解较少的情况下应用所提供的控制算法，由系统自动搜索或通过一定的运算获得较好的控制器参数。同时，由于第三方应用软件可方便地应用，也为用户提供了更广阔的应用场所。

在 90 年代初，随着对控制和管理要求的不断提高，第四代集散控制系统以管控一体化的形式出现。它在硬件上采用了开放的工作站，使用 RISC 替代 CISC，采用了客户机/服务器 (Client/Server) 的结构。在网络结构上增加了工厂信息网 (Intranet)，并可与国际信息网 Internet 网联网。在软件上则采用 UNIX 系统和 X-Windows 的图形用户界面，系统的软件更丰富，例如，一些优化和管理的良好界面的软件被开发并移植到集散控制系统中。同时，在制造业，计算机集成制造系统 (CIMS) 得到了应用，使人们看到了应用信息管理系统经济效益。计算机集成作业系统也开始进行试点应用。第四代集散控制系统的典型产品有 Honeywell 公司 TPS 控制系统，横河公司 CENTUM-CS 控制系统，Foxboro 公司 I/A S 50/51 系列控制系统，ABB 公司 Advant 系列 OCS 开放控制系统等。这一代集散控制系统主要是为解决 DCS 系统的集中管理而研制。它们在信息的管理、通信等方面提供了综合的解决方案。

图 1-1 是集散控制系统与仪表、计算机控制系统的发展史图。

随着计算机技术、通信技术、显示技术、半导体集成技术、控制技术、表面安装技术及其他高新科学技术的发展，集散控制系统也将得到发展，并发挥更大的效益。

二、集散控制系统的基本结构

虽然集散控制系统的发展已经经历了三代，但是，从它的基本结构来看，它们有相同的特性，在研究和分析各制造厂的众多产品时，既要了解各自产品的个性，也要了解它们的共性。在了解共性的基础上，分析它们各自的个性，可以达到事半功倍的效果。下面是集散控制系统的三大基本部分。

(1) 分散过程控制装置

分散过程控制装置是集散控制系统与生产过程间的界面，生产过程的各种过程变量通过分散过程控制装置转化为操作监视的数据，而操作的各种信息也通过分散过程控制装置送到执行机构。在分散过程控制装置内，进行模拟量与数字量的相互转换，完成控制算法的各种运算，对输入与输出量进行有关的软件滤波及其他的一些运算。

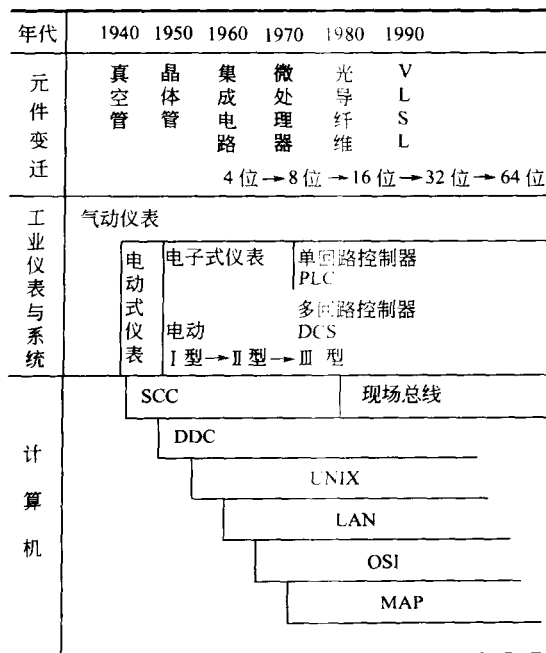


图 1-1 集散控制系统与仪表、计算机系统的发展史

(2) 操作管理装置

操作管理装置是操作人员与集散控制系统间的界面，操作人员通过操作管理装置了解生产过程的运行状况，并通过它发出操作指令给生产过程。生产过程的各种参数在操作管理装置上显示，以便于操作人员监视和操作。

(3) 通信系统

分散过程控制装置与操作管理装置之间需要有一个桥梁来完成数据之间的传递和交换，这就是通信系统。

有些集散控制系统产品在分散过程控制装置内又增加了现场装置级的控制装置和现场总线的通信系统；有些集散控制系统产品则在操作管理装置内增加了综合管理级的控制装置和相应的通信系统。这些集散控制系统使系统的分级增加，系统的通信系统对不同的装置有不同的要求，但是，从系统总的结构来看，还是由三大部分组成的。

三、开放系统

开放系统是第三代集散控制系统的主要特征。开放系统的定义还未统一，根据X/OPEN协会的定义，开放系统是以规范化与实际存在的接口标准为依据而建立的计算机系统、网络系统及相关的通信系统，这些标准可为各种应用系统的标准平台提供软件的可移植性、系统的互操作性、信息资源管理的灵活性和更大的可选择性。作为第三代集散控制系统的标志，开放系统已渐为人知。

开放系统的基本特征如下。

(1) 可移植性 (Portability)

第三方的应用软件能很方便地在系统所提供的平台上运行，有时可能有小的修改，但从系统的应用来看，各个制造厂集散控制系统的软件有了可相互移植的可能。但是，软件的可移植性也带来了安全性的问题，为此，应有相应的安全措施。

可移植性能保护用户的已有资源，减少应用开发、维护和人员培训的费用。可移植性包括程序可移植性、数据可移植性和人员可移植性。

(2) 互操作性 (Interoperability)

网络上的各个节点，例如，操作监视站、分散过程控制站等，由于网络的连接，使得在网络上其他节点的数据、资源和处理能力等被它所应用。

开放系统的互操作性指不同的计算机系统与通信网能互相连接起来；通过互连，能正确有效地进行数据的互通；并在数据互通的基础上协同工作，共享资源，完成应用的功能。

集散控制系统在现场总线标准化后，将使符合标准的各种检测、变送和执行机构的产品可以互换或替换，而不必考虑该产品是否是原制造厂的产品。

(3) 可适宜性 (Scalability)

系统对计算机的运行要求变得更为宽松，在某些较低级别的系统中能运行的应用软件也能在高级别的系统中运行，反之，系统软件版本高的能适用于版本低的系统。

(4) 可得到性 (Availability)

系统的用户可对产品进行选择，而不必考虑所购买的产品能不能用在已购的系统上。由于各制造厂的产品具有统一的通信标准，因此，对用户来说，选择产品的灵活性得到增强。

为了实现系统的开放，对系统的通信系统也有了更进一步的要求，即通信系统应符合统一的通信协议。国际标准化组织对开放系统互连已提出了一个参考模型，即 OSI 参考模型。

在此基础上，各有关组织已提供了几个符合标准模型的国际通信标准，例如，MAP 制造自动化协议、IEEE802 通信协议等，在集散控制系统中已得到了应用。

第二节 集散控制系统的特点

集散控制系统能被广泛应用的原因是它具有优良的特性。与模拟电动仪表比较，它具有连接方便、采用软连接的方法连接容易更改、显示方式灵活、显示内容多样、数据存储量大等优点；与计算机集中控制系统比较，它具有操作监督方便、危险分散、功能分散等优点。因此，在各行各业各个领域得到了应用。

一、分级递阶控制

集散控制系统是分级递阶控制系统。它在垂直方向或水平方向都是分级的。最简单的集散控制系统至少在垂直方向分为二级，即操作管理级和过程控制级。在水平方向上各个过程控制级之间是相互协调的分级，它们把数据向上送达操作管理级，同时接收操作管理级的指令，各个水平分级间相互也进行数据的交换，这样的系统是分级的递阶系统。集散控制系统的规模越大，系统的垂直和水平分级的范围也越广。现在常见到的 CIMS 是集散控制系统的一种垂直方向和水平方向的扩展。因此，从广义的角度来说，CIMS 是在管理级扩展的集散控制系统，它把操作的优化、自学习和自适应的各垂直级加入到集散控制系统中；把计划、销售、管理、控制的各水平级综合在一起，因而有了新的内容和新的含义。目前，集散控制系统把管理级仅限于操作管理级，单从系统的构成来看，分级递阶是它的基本特征。

分级递阶系统的优点是各个分级具有各自的分工范围，相互之间有协调，通常，这种协调是通过上一分级来完成的。上下各分级的关系通常是下面的分级把该级及它下层的分级数据送到上一级，由上一级根据生产的要求进行协调，并给出相应的指令即数据，通过数据的通信系统，把数据送到下层的有关分级。在集散控制系统中，过程控制级采集过程的各种数据信息，把它们转换成数字量。这些数据经过计算获得作用到执行机构的数据输出量，然后，经转换成为执行机构的输入信号，送到执行机构去。可以看到，在集散控制系统中，各个分级有各自的功能，完成各自的操作。它们之间既有分工又有联系，在各自的工作中完成各自的任务，同时它们相互协调，相互制约，使整个系统在优化的操作条件下运行。

与模拟电动仪表相比，模拟电动仪表相互间的协调和制约较难解决，系统控制方案的更新也较为困难，各级的相互联系虽然可通过信号的串联或并联来完成，但是它受到输出阻抗和输出功率的限制，并且联系的更改十分困难。

与计算机直接数字控制系统相比，在计算机直接数字控制系统中，组成系统的某些部件的故障将造成整个系统的瘫痪。由于系统没有分级，因此，系统中的各个组成部分具有相同等级。各级间的数据由同一个 CPU 进行处理，虽然可以进行优先级别的分配，但是系统的调整是较不方便的。正因为没有分级，系统的可靠性要求必然需要大大提高，而系统的危险性也相应增大。

二、分散控制

分散控制是集散控制系统的另一特点，分散是针对集中而言的。在计算机控制系统的应用初期，控制系统是集中式的，即一个计算机完成全部的操作监督和过程的控制。

国外对集散控制系统常称为分散控制系统，即 DCS。其原因是把分散控制放在十分重要的位置。分散的含义不单是分散控制，它还包含了其他意义。例如，人员分散、地域分散、功能分散、危险分散、设备分散及操作分散等。分散的目的是为了使危险分散，提高设

备的可利用率。

集中式的计算机控制系统是在中央控制室集中控制的基础上发展而来。在中央控制室，各种过程的参数经检测、变送集中送到中央控制室，并在控制室的仪表盘上显示或记录，对要调节的参数则通过控制器的运算，输出信号到相应的执行机构。操作人员在中央控制室通过仪表盘上的仪表来监视和操作。这种集中控制的方式大大方便了操作，对过程参数的信息管理也有较好的效果。

计算机的出现使人们自然而然地把它应用到过程的控制领域，集中控制式的计算机控制系统因此而产生。由于在一台计算机上把所有的过程信息的显示、记录、运算、转换等功能集中在一起，也产生了一系列的问题。首先是一旦计算机发生故障，将造成过程操作的全线瘫痪，为此，危险分散的想法就提了出来，冗余的概念也产生了。但是，要采用一个同样的计算机控制系统作为原系统的后备，无论从经济上还是从技术上都是行不通的。对计算机功能的分析表明，在过程控制级进行分散，把过程控制与操作管理进行分散是可能的和可行的。

随着生产过程规模的不断扩大，设备的安装位置也越来越分散，把大范围内的各种过程参数集中到一个中央控制室变得不经济，而且操作也不方便。因此，地域的分散和人员的分散也提了出来。而人员的分散还与大规模生产过程的管理有着密切的关系。地域的分散和人员的分散也要求计算机控制系统与其相适应。在集中控制的计算机系统中，为了操作的方便，需要有几个操作作用的显示屏，各个操作人员在各自的操作屏进行操作，由于在同一个计算机系统内运行，系统的中断优先级、分时操作等的要求也较高，系统还会出现因多个用户的中断而造成计算机的死机。操作的分散和多用户多进程的计算机操作系统的要求也提了出来。

通过分析和比较，人们认识到分散控制系统是解决集中计算机控制系统不足的较好的途径。同时，在实践中，人们也在不断地改善分散控制系统的性能。使它成为过程控制领域的一支主流。

三、自治和协调性

集散控制系统的各组成部分是各自为政的自治系统，它们各自完成各自的功能，相互间又有联系，数据信息相互交换，各种条件相互制约，在系统的协调下工作。

在集散控制系统中，分散过程控制装置是一个自治的系统，它完成数据的采集、信号处理、计算及数据输出等功能。操作管理装置完成数据的显示、操作监视和操纵信号的发送等功能。通信系统则完成操作管理装置与分散过程控制装置间的数据通信。集散控制系统的各部分是各自独立的自治系统，但是，在系统中它们又是互相协调工作的。

由于整个系统是一个相互协调的系统，因此，虽然各个组成部分是自治的，但是，任何一个部分的故障也会对其他部分有影响，例如，操作管理装置的故障将使操作人员无法知道过程的运行情况；通信系统的故障会使数据传送出错；过程控制装置的故障使系统无法正常工作。应该指出，不同部件的故障对整个系统影响的大小是不同的，为此，在集散控制系统的选型和系统配置时应考虑重要的部位设置较高可靠性的部件或有必要的冗余措施等。

分散的基础是被分散的系统应是自治的系统。递阶分级的基础是被分级的系统是相互协调的系统。

在集散控制系统中，分散的内涵是十分广泛的。分散数据库、分散控制功能、分散数据显示、分散通信、分散供电、分散负荷等，它们的分散是相互协调的分散，因此，在分散中

有集中的数据管理、集中的控制目标、集中的显示屏幕、集中的通信管理等等，为分散作协调和管理。各个分散的自治系统是在统一集中管理和协调下各自分散工作的。

第三节 集散控制系统的展望

集散控制系统的问世标志仪表计算机控制系统进入了一个新的历史时期。在短短的二十几年中，集散控制系统已经经历了四代的变迁，系统的功能不断完善，系统从简单的自动化小岛不断地开放，与外部系统的联系更方便，系统的可靠性、互操作性和其他性能都得到了不同程度的改进和提高，已经为各行各业的人员所接受，并发挥着越来越大的作用，它正成为工业领域具有举足轻重的应用装置。

集散控制系统的发展与科学技术的发展密切相关。集散控制系统的发展是其他高新技术发展的产物，同时，它的发展也推动了其他高新技术的发展。例如，局域网技术的发展产生了第二代集散控制系统，开放系统产生了第三代集散控制系统，而集散控制系统的发展又使控制技术得到了发展。

随着半导体集成技术、数据存储和压缩技术、网络和通信技术等其他高新技术的发展，集散控制系统也进入了新的发展时期。现场总线的应用使集散控制系统以全数字化的崭新面貌出现在工业生产过程广阔的舞台上，它是分散控制的最终体现。而工厂信息网和 Internet 网的应用使集散控制系统的集中管理功能有了用武之地，管控一体化将使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。

集散控制系统将向两个方向发展，一个方向是向上发展，即向 CIMS 计算机集成制造系统、CIPS 计算机集成过程系统发展。另一个方向是向下发展，即向 FCS (Fieldbus Control System) 现场总线控制系统发展。

一、信息化集成系统

在第四代集散控制系统中，全厂的信息集成和管理已经提到了一定的高度。DCS 系统的功能已不再局限于生产过程的控制，整个工厂、集团公司的管理工作也将在 DCS 系统中得到应有的位置。在今后的 DCS 系统的发展中，向 CIMS、CIPS 方向发展将是十分重要的内容。其主要表现在下列几方面。

1. 系统硬件

在通信系统中，工厂或企业集团主干通信网的通信媒体将采用高速的光导纤维或 100Mbps 快速以太网、ATM 等标准通信网络。主机采用 RISC 工作站，其内存容量达几十 GB，带有海量存储器、可移硬盘或其他多媒体存储装置，有多种标准通信接口，能与一些著名公司的计算机系统通信，也能采用微波卫星或电话线与远端的总公司等部门进行通信。系统采用客户机/服务器结构。整个系统的控制级采用 Pentium II 作为处理器，支持 Windows NT 和其他的通信标准，有强有力的优化环境作为系统运行的支持，它与主机可经路由器连接。各部门的子系统根据部门的要求可选用合适规模的通信系统和计算机，多数情况可采用 PC 机或网络机 NC。

在硬件方面，也采取了不少改善操作环境的措施。例如，采用触摸屏、鼠标等光标定位装置，采用根据人机工程学设计的易于操作的操作管理站，采用手握式编程器对现场设备进行校验和调整，采用多媒体技术改善操作环境等。

2. 系统软件

系统软件中，网络软件的选用通常遵循标准化原则、主流产品原则、实用性原则、安全

性原则和性价比最优等原则。采用防火墙 (Firewall) 是最常采用的安全措施。已被广泛采用并被证明是有效的 Web Server 软件可为用户提供良好和开放的应用开放环境。以 Windows NT 软件为平台, 提供的多任务、多线程和可扩展性, 使用户能支持网络内数千用户的使用, 并提供大量事务管理的可伸缩性。系统内数据的共享是 CIMS 的一个特点, 它在系统软件上要求将大型的关系数据库管理系统和与控制系统的实时数据库管理系统相结合。

系统软件将改善操作环境。对操作员、维护人员、工程师、管理人员和决策人员将有不同的操作环境并提供不同的权限, 操作的方式将使各种使用人员都容易掌握, 例如, 图标、下拉式菜单、多窗口显示、拖拽式操作等。此外, 多媒体技术也将在系统中得到广泛应用, 例如, 语音提示、对操作员语言命令的执行等。

用户的应用软件将根据应用规模、生产过程的特点、企业的使用要求等性能条件进行开发。例如, 对大中小型的应用规模、对制造工业和流程工业、对企业中的供销、计划、生产调度、过程控制等都会有不同的应用软件。

人工智能、计算机技术和通信技术的应用, 使过程仪表从模拟量发展到全数字化, 使得智能仪表、现场总线设备被大量引进到 DCS 系统中, 各种智能的控制算法、综合控制、管理和优化软件包被开发, 并在系统中得到应用。

二、现场总线控制系统

1. 现场总线

早在 1985 年, IEC/ISA 已开始进行现场总线标准的制订。由于各制造厂商对现场总线标准应用条件的不同意见, 及用户的观望, 使现场总线的标准化工作进展缓慢。直到 1994 年 6 月, ISP 和 World FIP (北美) 合并, 才使现场总线的标准化工作有了长足的进展, 于同年 10 月成立的现场总线基金会 (FF: Fieldbus Foundation) 是一个不以盈利为目的的国际性协会组织。它已有 120 多个成员单位, 其中, 我国已有冶金部自动化研究院、北京华控技术有限公司和中国仪器仪表协会加入 FF。1997 年 4 月中国仪器仪表协会现场总线基金会 (CIFF) 成立。现场总线的应用将在仪器仪表行业带来一场深刻的变革, 它对传统的信号标准、通信标准、系统标准和自控系统的体系结构、设计方法、安装调试方式等也将带来新的思路, 同时, 它将开辟过程控制的新纪元, 对传统的控制系统结构和实现控制与维修的方法等带来全新的概念。因此, 有报道认为, 21 世纪的仪表将是现场总线仪表的世界, 21 世纪的仪表控制系统将是现场总线控制系统的世界。

从广义来说, 现场总线分为三类, 即最低级的传感器现场总线、适用于中间一级的装置现场总线和最高一级的全服务的现场总线。传感器现场总线适用于简单的开关装置和输入输出位的这类通信, 例如 Seriplex 总线、AS-i 总线等。装置现场总线适用于以字节为单位的装置类的通信, 例如 Interbus 总线、DeviceNet 总线、SDS 总线和 CAN 总线等。全服务的现场总线以报文通信为主, 除了对装置进行读取数据外, 还包括一些复杂的对装置的操作和控制功能。例如基金会现场总线、Lonworks 总线、HART 总线等。通常, 作为 DCS 系统的现场总线主要指覆盖装置级和全服务级的现场总线。

根据基金会现场总线的规范, 基金会现场总线是在多台智能化现场设备及自动化系统间的由数字化的、双向的、多站通信链接而成的一种网络。基金会现场总线技术是一种取代 4~20mA 模拟信号标准的用于连接智能现场总线仪表和控制室设备的双向、数字、多站的通信技术。1996 年 3 月现场总线基金会发布了低速总线 (H1) 技术, 并完成对低速现场总线协议规范的确认, 同年 10 月发布了高速总线 (H2) 技术。与此同时, 对符合现场总线标