



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

集散控制系统 原理及应用 第三版

何衍庆 黄海燕 黎冰 编著

DCS



化学工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

集散控制系统 原理及应用 第三版

何衍庆 黄海燕 黎冰 编著

DCS



化学工业出版社

·北京·

本书讨论集散控制系统的有关工程应用问题,介绍了五种典型集散控制系统产品及其在工业生产过程中的实际应用实例,主要涉及集散控制系统的现状和发展趋势、系统构成、控制算法、系统选型和评估、数据通信、人机界面的工程设计、组态、安装和维护等内容。为便于读者学习,在本书每章后附有思考题,同时在书末还列出了大量的选择题和填空题,供读者复习。本书对集散控制系统的选型、工程设计、系统评估和应用操作都有一定的实用价值。

本书是自动化专业、检测仪表和控制装置专业本专科学生的教材,可供工业生产过程控制领域和设计部门的工程技术人员、设计人员和安装、维护人员作为参考书,也可作为相关专业师生的参考教材。

本书内容已制作成 PPT 课件,还有附录中的习题答案,一并放在化学工业出版社教学资源网 www.cipedu.com.cn 上,供使用本教材的院校教师免费下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

集散控制系统原理及应用/何衍庆,黄海燕,黎冰编著. —3 版. —北京:化学工业出版社,2009.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-122-04571-3

I. 集… II. ①何…②黄…③黎… III. 集散系统-高等学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 002472 号

责任编辑:刘哲
责任校对:王素芹

文字编辑:孙科
装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张21 字数547千字 2009年6月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:42.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书 1995 年第一版出版, 2002 年第二版出版, 重印次数多达 12 次, 受到广大读者的关注与认可。2006 年本教材被教育部定为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书第三版除保持第一版和第二版的优点外, 对原教材中大部分内容作了修改。主要修改内容如下。

① 随着现场总线技术的应用和推广, 现场总线控制系统在不同工业领域获得了良好的应用, 并显现出其优良性能。作为集散控制系统向现场级控制的分散, 现场总线控制系统继承了集散控制系统的优点, 并将数字通信引入到现场级, 实现了现场级的分散控制。

集散控制系统是共用显示、共用控制的仪表计算机控制系统。狭义集散控制系统指现场采用模拟仪表(含 HART 通信的模拟仪表)的仪表计算机控制系统, 即传统的集散控制系统。现场总线控制系统是现场采用现场总线仪表的仪表计算机控制系统, 它是传统集散控制系统向现场级分散的结果, 仍属于集散控制系统范畴。因此, 广义集散控制系统既包括传统的集散控制系统, 也包括现场总线控制系统, 包括发展中的无线通信现场仪表的集散控制系统。一些集散控制系统制造商的集散控制系统产品可以组成传统的集散控制系统, 也可组成现场总线控制系统, 将来也可组成无线通信现场仪表的集散控制系统。

为此, 本教材增加了有关现场总线技术、现场总线通信和无线通信等方面的内容。

② 集散控制系统向上扩展, 组成 MES 和 ERP, 为此, 本教材简单介绍 MES 和 ERP 的有关内容。

③ 集散控制系统采用数字控制技术, 它的应用与常规模拟仪表的应用有所区别。例如, 不需要计算仪表比值系数, 可方便地实现模型计算和非线性补偿等, 因此, 本教材没有介绍控制方案, 而介绍集散控制系统应用这些控制方案时的注意事项。

④ 集散控制系统与现场总线控制系统结合。为此, 本教材介绍了五种两者结合的新型集散控制系统产品的构成, 但受篇幅所限, 很多优秀产品未能介绍。

⑤ 集散控制系统中批量控制、顺序控制和先进控制等随着计算机的广泛应用而获得应用, 本书介绍了批量控制、顺序控制和先进控制等有关标准和技术。

⑥ 人机交互技术在集散控制系统中得到广泛应用, 为此, 对人机交互系统的有关技术进行介绍。

⑦ 为便于熟悉教材的有关内容, 本书除提供思考题外, 还提供了大量填充题和选择题, 其中, 部分习题的内容雷同, 但以不同题型出现。

本书共分 8 章。第 1 章概述讨论集散控制系统的特点。第 2 章讨论集散控制系统的构成, 介绍五种典型集散控制系统产品的构成, 并分析分散过程控制装置、操作和管理装置及通信系统的基本构成。第 3 章介绍集散控制系统的性能评估。第 4 章分析集散控制系统的控制算法和控制组态。第 5 章介绍集散控制系统的工程设计, 讨论集散控制系统选型和评估问题。第 6 章介绍集散控制系统的人机界面。第 7 章讨论集散控制系统的通信, 包括数据通信的基本概念、网络标准、网络通信协议等。第 8 章是集散控制系统在工业控制领域的应用实例。

本书内容已制作成 PPT 课件, 还有附录中的习题答案, 一并放在化学工业出版社教学资源网 www.cipedu.com.cn 上, 供使用本教材的院校教师免费下载。

本教材由何衍庆、黄海燕、黎冰编著。本教材编写工作得到华东理工大学教务处、信息科学与工程学院等单位的积极支持和帮助，钱锋、黄捷、刘百祥、侍洪波、王慧锋、孙自强、凌志浩等给予大力支持。彭瑜、Michael R、何尊青、俞金寿、吴勤勤、黄道、顾幸生、张雪申、邱宣振、吴坚刚、王强、李进、沈建平、顾珏、戴自祥、沈伟愿、江琦、严伟达、李燕、陈庆、李成杰等提供了大量资料和技术支持。参加本书编写的还有陈积玉、何乙平、王朋等，此外，洪光明、蒋明华、范秀兰、张胜利、陈天成、顾成达、杭一飞、杨洁、王为国等也提供了不少帮助，谨在此一并表示衷心感谢和诚挚谢意。

由于时间仓促和编著者水平所限，书中难免有不足之处，恳请广大读者不吝指正。

编著者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 集散控制系统的基本概念	1
1.1.1 集散控制系统的发展历史	1
1.1.2 集散控制系统的基本结构	3
1.2 集散控制系统的特点	4
1.2.1 分级递阶控制	4
1.2.2 分散控制	5
1.2.3 信息管理与集成	5
1.2.4 自治和协调	6
1.2.5 开放系统	6
1.3 集散控制系统的展望	7
1.3.1 信息化和扁平化	7
1.3.2 网络化	9
1.3.3 现场总线和无线连接	10
1.3.4 功能安全	13
1.3.5 标准化	14
思考题	14
第 2 章 集散控制系统构成	15
2.1 集散控制系统的构成方式	15
2.1.1 集散控制系统的各层功能	15
2.1.2 集散控制系统的基本构成	15
2.2 集散控制系统的构成要素	16
2.2.1 集散控制系统的结构特征	16
2.2.2 集散控制系统的结构分类	19
2.3 现场总线控制系统的构成	19
2.3.1 现场总线控制系统的构成要素	19
2.3.2 现场总线设备	24
2.4 集散控制系统的构成示例	26
2.4.1 Experion PKS 系统	26
2.4.2 I/A S 系统	38
2.4.3 Delta V 系统	49
2.4.4 Industrial ^{IT} 系统	58
2.4.5 WebField ECS-100 系统	67
2.5 分散过程控制装置的构成	73
2.5.1 分散过程控制装置的类型	73
2.5.2 分散过程控制装置的构成特点	74

2.5.3	可编程控制器组成的分散过程控制装置	75
2.6	操作员站和工程师站的构成	76
2.6.1	集散控制系统的操作员站	76
2.6.2	集散控制系统的工程师站	76
2.6.3	集散控制系统的操作管理站	77
2.7	输入输出装置的构成	77
2.7.1	输入输出卡件	77
2.7.2	其他过程输入输出设备	77
2.8	通信系统的构成	78
2.8.1	通信设备的分类	78
2.8.2	通信系统的构成	79
	思考题	80
第3章	集散控制系统性能评估	81
3.1	可靠性	81
3.1.1	可靠性	81
3.1.2	提高可靠性的措施	85
3.1.3	冗余技术	87
3.2	易操作性	88
3.2.1	操作透明度	88
3.2.2	易操作性	89
3.3	可组态性	92
3.3.1	组态	92
3.3.2	组态语言	96
3.3.3	标准化编程语言	98
3.4	集散控制系统的其他性能指标	99
3.4.1	可扩展性	99
3.4.2	实时性	100
3.4.3	环境适应性	103
3.4.4	开放性	104
3.4.5	经济性	105
	思考题	106
第4章	集散控制系统的控制算法和控制组态	107
4.1	集散控制系统的数据处理	107
4.1.1	数据处理过程	107
4.1.2	非线性补偿处理	109
4.1.3	仪表系数的处理	111
4.2	集散控制系统的控制算法	111
4.2.1	数字PID控制算法	112
4.2.2	集散控制系统实现复杂控制系统的注意事项	115
4.2.3	集散控制系统实现先进控制系统时的注意事项	122
4.2.4	集散控制系统实现顺序逻辑控制和批量控制	129
4.2.5	集散控制系统实现优化控制	140

4.3 现场总线控制系统的模块	142
4.3.1 模块类型和参数	142
4.3.2 现场总线设备类型	145
4.4 现场总线设备的功能模块	145
4.4.1 功能模块参数	145
4.4.2 常用功能模块	148
4.4.3 功能模块组态示例	151
思考题	154
第5章 集散控制系统的工程设计	156
5.1 图形符号和文字符号	156
5.1.1 功能图描述符号	156
5.1.2 分散控制、共用显示、逻辑和计算机系统的设计符号	159
5.1.3 过程显示图形符号和文字符号	162
5.1.4 设计符号的应用示例	163
5.1.5 现场总线设备连接图	167
5.2 集散控制系统的工程设计	169
5.2.1 施工图设计的基本程序	170
5.2.2 工程设计中有关专业的相互关系	172
5.2.3 工程组态	174
5.2.4 控制室和计算机房的设计	180
5.2.5 电源系统设计	182
5.2.6 接地、防雷系统设计	183
5.2.7 电磁兼容性和抗干扰设计	185
5.2.8 功能安全设计	187
5.3 招标文件编制和选型	190
5.3.1 招标文件编制	190
5.3.2 集散控制系统评估	191
5.3.3 现场总线控制系统评估	193
思考题	193
第6章 集散控制系统的人机界面	195
6.1 基本概念	195
6.1.1 人机交互技术	195
6.1.2 人机界面的实施方法	198
6.1.3 集散控制系统中的人机界面	203
6.2 集散控制系统的操作方式	205
6.2.1 仪表盘操作方式	205
6.2.2 显示屏操作方式	207
6.2.3 集散控制系统的组态操作	209
6.3 集散控制系统的监控系统	216
6.3.1 操作画面的分层结构	216
6.3.2 操作画面	218
6.3.3 控制组态	224

6.3.4	维护和系统画面	228
6.3.5	画面动画效果	229
6.4	数据库	230
6.4.1	数据库基础知识	230
6.4.2	关系数据库	232
6.4.3	实时数据库	234
6.5	信息管理	236
6.5.1	智能设备管理系统	236
6.5.2	制造执行系统和企业资源计划	238
	思考题	243
第7章 集散控制系统的通信		244
7.1	数据通信的基本概念	244
7.1.1	计算机网络	244
7.1.2	数据通信	245
7.1.3	通信媒体共享技术	250
7.1.4	通信交换技术	250
7.1.5	差错控制和流量控制	252
7.2	集散控制系统的网络标准	253
7.2.1	控制网络的特点	254
7.2.2	OSI 的 ISO 参考模型	254
7.2.3	PROWAY 工业过程控制用数据公路标准	256
7.2.4	MAP 制造自动化协议	256
7.2.5	现场总线标准	257
7.2.6	OPC 标准	261
7.3	集散控制系统中应用的网络协议	262
7.3.1	EIA RS-232 和 RS-485 标准接口	262
7.3.2	以太网	265
7.3.3	IEEE802.3 通信协议	267
7.3.4	IEEE802.4 通信协议	270
7.3.5	IEEE802.5 通信协议	271
7.3.6	IEEE802.2 通信协议	272
7.3.7	网络互联	273
7.3.8	现场总线通信协议	279
7.3.9	网络管理协议	286
7.3.10	无线通信协议	290
	思考题	294
第8章 集散控制系统应用实例		296
8.1	PKS 系统在石油钻井平台中的应用	296
8.1.1	生产过程简介	296
8.1.2	硬件组成	297
8.1.3	控制系统简介	298
8.2	I/A S 系统在单元汽轮发电机组协调控制中的应用	299

8.2.1	火电厂热工过程的自动控制	299
8.2.2	现代大容量火力发电机组的自动控制系统	299
8.3	Delta V 系统在水泥厂中的应用	306
8.3.1	生产过程简介	306
8.3.2	集散控制系统组成	307
8.3.3	控制系统简介	307
8.4	Industrial ^{IT} 系统在催化裂化装置中的应用	310
8.4.1	控制系统组成	310
8.4.2	系统操作和控制	310
8.5	WebField ECS-100 系统在苯酐装置中的应用	311
8.5.1	集散控制系统构成	311
8.5.2	主要控制方案	312
附录 习题 (填充题和选择题)		315
参考文献		324

第 1 章 概 述

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 20 世纪 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广泛应用。

集散控制系统的主要特点是集中管理和分散控制。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用于分散控制, 而且向集成管理的方向发展。除了系统向上扩展, 组成 MES 制造执行管理系统和 ERP 企业资源计划系统外, 系统也向下分散, 组成 FCS 现场总线控制系统。因此, 集散控制系统已在原有的概念上有了新的含义。

1.1 集散控制系统的基本概念

1.1.1 集散控制系统的发展历史

(1) 集散控制系统发展历史

集散控制系统并没有严格的发展阶段, 不同集散控制系统制造商在不同时期有不同的产品, 下面以集散控制系统的主要发展为主线进行介绍。

1) 第一代集散控制系统

20 世纪 70 年代中期到 80 年代初是集散控制系统的初创阶段。集散控制系统产品已经包括三大组成部分, 即分散过程控制装置、操作管理装置和数据通信系统, 并具有集散控制系统的特点, 即集中管理、分散控制。

典型产品有霍尼威尔公司的 TDCS-2000、福克斯波罗公司的 Spectrum、横河公司的 Centum、西门子公司的 Teleperm^M、泰勒公司的 MOD 3 等。

2) 第二代集散控制系统

20 世纪 80 年代初到 80 年代中期是集散控制系统的成熟阶段。随着半导体技术、显示技术、控制技术、网络技术、软件技术的发展, 集散控制系统越来越完善。主要表现如下。

① 集散控制系统的功能不断完善。控制算法扩充; 常规控制和逻辑控制、批量控制结合; 过程操作管理范围扩大; 功能增添; 显示屏分辨率提高; 显示色彩增加; 多微处理器技术得到应用等。

② 数据通信技术发展。从主从式星型数据通信转变为对等式总线网络的数据通信或环网数据通信; 通信范围扩大; 数据传输速率提高; 数据通信质量改善等。

典型产品有霍尼威尔公司的 TDCS-3000、泰勒公司的 MOD 300、贝利公司的 Network-90、西屋公司的 WDPF、ABB 公司的 Master、利诺公司的 MAX1 等。

3) 第三代集散控制系统

20 世纪 80 年代中期到 90 年代初是集散控制系统的开放阶段。随着开放系统互连参考模型的发布, 第三方软件和程序可在集散控制系统中应用和移植。

第三代集散控制系统增强了网络通信功能, 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, 各种不同制造商的产品能够进行数据通信。此外, 系统所提供的控

制功能增强,例如,常规控制、逻辑控制与批量控制的结合,各种自适应或自整定控制算法的应用,优化控制算法和预测控制算法的推出等。

典型产品有福克斯波罗公司的 I/A S 系列自动化系统、霍尼威尔公司的带 UCN 网的 TDCS-3000、横河公司的带 SV-NET 的 Centum-XL、罗斯蒙特 (Rosemount) 公司的 RS-3、利诺公司的 MAX1000 等。

4) 第四代集散控制系统

20 世纪 90 年代初到 90 年代中期是集散控制系统的集成阶段。随着对管理和控制要求的提高,集散控制系统不仅需要对生产过程进行控制和管理,还需要对整个车间、工厂到企业的生产计划、资源进行调度和管理,因此,出现工厂信息网 (Intranet),在制造业计算机集成制造系统 (CIMS) 得到应用,信息的集成化和网络化成为应用的热点等。

典型产品有霍尼威尔公司的 TPS 系统、横河公司的 CS 系统、ABB 公司的 Advant 系列 OCS 系统、福克斯波罗公司的 I/A S 50/51 系列控制系统等。

5) 第五代集散控制系统

20 世纪 90 年代中期到 21 世纪初是集散控制系统的合成阶段。随着现场总线技术研究的深入,现场总线控制系统问世,并得到成功应用,标志着集散控制系统进入合成阶段,即集散控制系统和现场总线控制系统的合成。安装现场总线接口的集散控制系统可方便地组成现场总线控制系统,两者在过程控制、离散控制和批量控制中发挥着重要作用。

典型产品有霍尼威尔公司的 Experion-PKS 和 PlantScape 系统、艾默生公司的 Delta V 和 Ovation 系统、英维思公司的 I/A 系列 FoxCAE 系统、ABB 公司的 Industrial^{IT}、Smar 公司的 System302 等。这些系统将集散控制系统和现场总线控制系统集成在一个系统中,为集散控制和现场总线控制提供了广泛的应用领域。

我国集散控制系统的应用始于 1982 年。石化企业的第一套集散控制系统应用在上海高桥石化公司炼油厂,引进美国 Foxboro 公司 Spectrum 系统用于常减压装置生产控制。其后,一些企业引进和消化外国的先进技术,生产具有自主知识产权的集散控制系统产品,包括浙大中控的 SUPCON、新华公司的 XDPF、国电智深公司的 EDPF 等。

(2) 集散控制系统的主要类型

① 以生产电动模拟仪表为主的仪表制造商,在常规过程控制方面进行深入研究,形成第一类 DCS 的特色。在常规模拟仪表基础上,这类 DCS 以过程控制见长。

② 以生产继电器、开关逻辑器件为主的制造商,在逻辑控制、顺序控制方面发挥其特长,在可编程逻辑控制器研究的基础上,形成第二类 DCS 产品。这类 DCS 以逻辑控制、顺序控制见长。

③ 以生产计算机、半导体和集成电路为主的制造商,充分发挥其在数据通信、计算机技术的优势,利用其数据通信、数据显示、数据存储、微处理器技术和网络技术方面的特长,形成了第三类 DCS。这类 DCS 以计算机和网络技术见长。

(3) 集散控制系统的定义

对集散控制系统尚无标准定义。这里给出我们的定义:集散控制系统是一类分散控制、集中管理的共用控制、共用显示的开放的仪表计算机控制系统。

这里,分散控制指控制可以分散在各控制装置或现场设备;集中管理指操作人员主要集中在控制室操作整个生产过程;共用控制指各种控制回路是共用一个或几个分散过程控制装置;共用显示指显示装置既显示生产过程的流程,也显示用于操作的仪表面板,在一个显示画面上可获得多个设备或过程的运行状态等;开放指系统能够与其他系统友好地连接,实现信息共享,系统内部的设备,例如变送器和执行器等可以互操作和互换;仪表计算机控制系

统指控制系统既包含仪表，也包含计算机及有关通信系统，其目的是用于生产过程的控制和管理。

狭义集散控制系统指现场仪表采用常规模拟仪表（包含带 HART 通信）的具有上述功能的仪表计算机控制系统。随着通信技术的发展，集散控制系统的分散控制从设备或装置级向现场级分散，现场连接的仪表是现场总线智能仪表，分散过程控制装置与现场仪表之间采用现场总线，因此，这样的集散控制系统被称为现场总线控制系统，它是集散控制系统向现场级的分散和延伸。本书将现场总线控制系统和狭义集散控制系统作为集散控制系统的第五代，即广义集散控制系统。随着无线通信技术的发展，会有现场连接的仪表是无线通信仪表的仪表计算机控制系统诞生，这种采用无线通信仪表的仪表计算机控制系统仍应属于集散控制系统的范畴，它仍符合上述集散控制系统的定义。

1.1.2 集散控制系统的基本结构

集散控制系统由分散过程控制装置、操作管理装置和通信系统三大部分组成。图 1-1 所示为集散控制系统的基本结构。

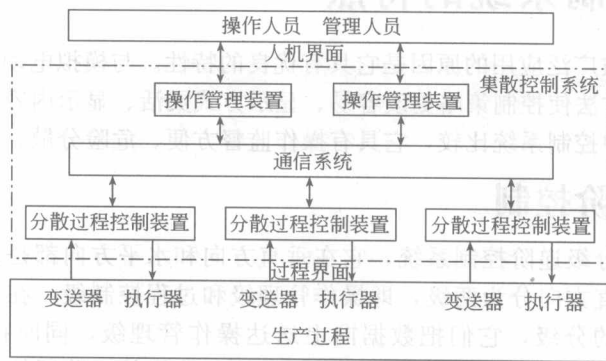


图 1-1 集散控制系统基本结构

(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，即过程界面。生产过程的各种过程变量通过分散过程控制装置转换为操作监视的数据，各种操作信息也通过分散过程控制装置送到执行机构。分散过程控制装置中实现模拟量与数字量的相互转换，完成控制算法的各种运算，并对输入输出量进行有关的信号处理和运算，例如信号滤波、线性化、开方、限幅、报警处理等。

分散过程控制装置也可细分为控制装置和输入输出接口模块两部分。它们之间经专用通信总线或现场总线进行数据通信。输入输出接口模块采集生产过程参数，并将控制命令发送到执行器。它们与现场的传感器、变送器和执行器进行信息交换。

现场级网络技术的发展和在工业控制系统的应用，使分散过程控制装置已经从装置级的分散控制进一步分散到现场级的分散控制，现场级网络使一些简单控制在现场级实现。

(2) 操作管理装置

操作管理装置是集散控制系统与操作人员、管理人员间的界面，即人机界面。操作、管理人员通过操作管理装置获得生产过程的运行信息，并通过它对生产过程进行操作和控制。生产过程中各种变量的实时数据在操作管理装置显示，便于操作管理人员对生产过程的操作和管理。

伴随企业网技术的发展和在工业控制系统中的应用，使操作管理装置的功能得到扩展。

系统的扁平化使高层的优化控制、管理和调度等任务可在同一层完成。

(3) 通信系统

通信系统是分散过程控制装置与操作管理装置之间的桥梁，它用于将分散过程控制装置采集的生产过程数据传送到操作管理装置，同时，将操作管理装置获得的操作、控制指令传送到分散过程控制装置。

不同的集散控制系统其基本结构不变，但可根据应用要求对其进一步分解。例如，有些集散控制系统在分散过程控制装置内增加现场装置级的控制装置和相应的通信系统，有些在操作管理装置内增加设备综合管理级的管理装置和相应的通信系统。其通信系统的拓扑结构也可以不同，例如，主从式星形网络拓扑，总线或总线环网的网络拓扑等。但从其基本结构看，仍由三大基本部分组成。

随着网络技术的发展，集散控制系统的控制网络结构更完善，实时性更强。除了集散控制系统内部的通信系统外，与其他网络的连接更方便，控制网络化的范围更宽广。

1.2 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、采用软连接方法使控制策略更改容易、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。

1.2.1 分级递阶控制

集散控制系统是分级递阶控制系统，它在垂直方向和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两级，即操作管理级和过程控制级。在水平方向上各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，各水平分级间也相互进行数据交换。这样的系统是分级的递阶系统。集散控制系统的规模越大，系统垂直和水平分级的范围也越广。MES、ERP是在垂直方向向上扩展的集散控制系统，FCS则是在垂直方向向下扩展的集散控制系统。

分级递阶系统的优点是各个分级具有各自的分工范围，相互之间由上一级协调。图 1-2 是分级递阶系统结构示意图。

集散控制系统中，分散过程控制级采集生产过程的各种数据信息，把它们转换为数字量，这些数据经计算获得作用到执行机构的数据输出量，并经转换后成为执行机构的输入信号，送执行机构。生产过程的数据也被送到上级操作管理级，在操作管理级，操作人员根据各种生产过程采集的数据进行分析和判断，作出合适的操作方案，并将其送达分散过程控制级。可见，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。

与模拟电动仪表比较，模拟电动仪表相互之间的协调和制约较难解决，系统控制方案的更新较为困难，各级的相互联系虽然可通过信号的串联或并联来完成，但受到仪表输出阻抗和输出功率的限制，并且更改它们的联系较困难。

与计算机直接数字控制系统比较，在直接数字控制系统中，组成系统的某些部件故障会造成整个系统的瘫痪。由于系统没有分级，系统中各个组成部分具有相同的等级，各级间的数据由一个 CPU 进行处理，虽然可进行优先级别的分配，但系统的调整较不方便。正因为没有分级，对系统的可靠性要求必然大大提高，而系统的危险性也相应增大。

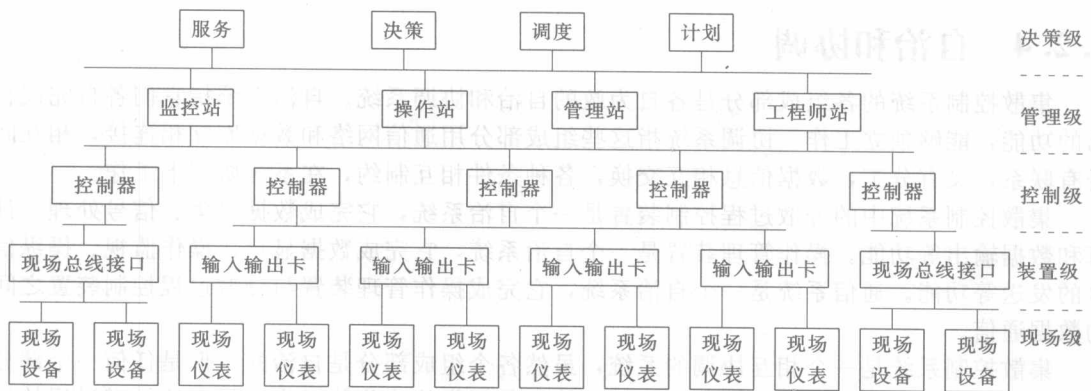


图 1-2 分级递阶系统结构示意图

1.2.2 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控制。

有人也将集散控制系统称为分散控制系统，即 DCS (Distributed Control System)，其原因是将分散控制放在十分重要的位置。分散的含义并不单是分散控制，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、设备分散和操作分散等。分散的目的是使危险分散，提高设备的可利用率。

集中控制式的计算机控制系统在一台计算机上将所有过程的信息显示、记录、运算、转换等功能集中在一起，大大方便了操作，对过程参数信息的管理也有较好效果，但也产生了一系列问题。首先是安全问题，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。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，也是可行的。

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，因此，地域的分散和人员的分散也提了出来。相应地，操作的分散和多用户多进程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途径。实践中，人们不断完善分散控制系统的性能，使它成为过程控制领域的主流。

1.2.3 信息管理与集成

集散控制系统有利于对生产过程数据的管理和信息的集成。长期以来，生产过程的数据仅被用于对生产过程的控制，大量的信息被搁置，没有发挥其作用，例如对设备的故障预测和诊断等。

信息集成是从系统运行的角度出发，保证系统中每个部分、在运行的每个阶段，都能将正确的信息，在正确的时间、正确的地点，以正确的方式，传送给需要该信息的人员。

信息集成表现为集散控制系统已从单一的生产过程控制信息的集成发展为管控一体化、信息集成化和网络化；不同的集散控制系统、不同部门的计算机系统能够集成在一个系统中，它们能够实现信息的共享；不同设备的互操作和互连，使系统内的各种信息，包括从原料到产品之间的各种过程信息、管理信息能够相互无缝集成，实现企业资源的共享。信息集成也表明集散控制系统已经从单一的控制系系统发展为开放的网络系统，可通过工业控制网络、因特网等网络，实现对生产过程的访问、管理调度和对生产过程的指挥。

1.2.4 自治和协调

集散控制系统的各组成部分是各自为政的自治和协调系统。自治系统指它们各自完成自己的功能,能够独立工作。协调系统指这些组成部分用通信网络和数据库互相连接,相互间既有联系,又有分工,数据信息相互交换,各种条件相互制约,在系统协调下工作。

集散控制系统中的分散过程控制装置是一个自治系统,它完成数据采集、信号处理、计算和数据输出等功能。操作管理装置是一个自治系统,它完成数据显示、操作监视、操纵信号的发送等功能。通信系统是一个自治系统,它完成操作管理装置与分散过程控制装置之间的数据通信。

集散控制系统是一个相互协调的系统,虽然各个组成部分是自治的,但是任何一个部分的故障都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;通信系统的故障使数据传送出错;分散过程控制装置的故障使系统无法获得生产数据。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部位设置较高可靠性部件或采用冗余措施。

1.2.5 开放系统

集散控制系统是开放系统。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用户可选择性。集散控制系统的开放性表现在下列方面。

① 可移植性 (Portability)。可移植性是第三方应用软件能够在系统所提供的平台上运行的能力。从系统应用看,它是系统易操作性的表现,但从系统安全性看,也表示该系统的安全性存在问题。因此,设置可移植性标准,规范第三方软件的功能和有关接口标准十分必要。

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。

可移植性包括程序的可移植性、数据的可移植性和人员的可移植性。

② 可操作性 (Interoperability)。开放系统的互操作性指不同计算机系统与通信网能互相连接起来,它们之间能够正确有效地进行数据互通,并能在数据互通的基础上协同工作,共享资源,完成应用的功能。

开放系统的可操作性可定义为:一个产品制造商的设备具有了解和使用来自另一个制造商设备的数据的能力,而不管子系统的类型或原来功能,也不需要使用昂贵的网关或协议转换器。开放系统由多个厂商符合统一工业标准的产品建立,能在统一的网络上提供全面的可操作性。

互操作性使网络上的各个节点,例如操作监视站、分散过程控制装置等,能够通过网络获得其他节点的数据、资源和处理能力。

现场总线控制系统中,符合标准的各种检测、变送和执行机构的产品可以互换和互操作,而不必考虑该产品是否是原制造商的产品。

③ 可适宜性 (Scalability)。可适宜性是开放系统对系统的适应能力。即系统对计算机的运行环境要求越来越宽松,在某些较低级别的系统中能够运行的应用软件也能够在较高级别的系统中运行。反之,版本高的系统软件能适用在版本较低的系统中。

④ 可用性 (Availability)。可用性指对用户友好的程度。它指技术能力能够容易有效地被特定范围的用户使用,经特定培训和用户支持,在特定环境下,完成特定范围任务的能力。即容易使用、容易学习、可在不同用户不同环境下正常运行的能力。

可用性使系统的用户对产品选择时,不必考虑所选产品能否用于已有系统。由于系统是开放的、采用标准的通信协议,因此用户选择产品的灵活性增强。

为了实现系统的开放,对系统的通信系统有更高要求,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经提出了参考模型,即 OSI 参考模型。在此基础上,各有关组织在工业自动化领域已提供了多个符合标准参考模型的国际通信标准,例如 IEEE802 通信协议、TCP/IP 协议簇、基金会现场总线通信协议等。

1.3 集散控制系统的展望

1.3.1 信息化和扁平化

在集散控制系统中,大量过程数据以字母、数字、字符串等形式表示,并传送和存储。因信息不随承载它的物理媒体的变化而变化,采用不同承载媒体,数据表示形式可不相同。因此,为对生产过程的大量数据进行处理,应采用与其承载媒体无关的信息。

信息系统是一类系统,它的输入是数据,输出是经加工处理后的信息。信息系统通常由数据输入、数据传送、数据处理、数据存储和信息输出等部分组成。

随着对信息系统研究的深入,集散控制系统在垂直方向上向上扩展,组成信息系统,包括 MES 和 ERP 等。

(1) 充分利用底层数据

集散控制系统采集的大量生产过程数据没有被有效用于提高生产绩效。随着集散控制系统垂直方向上的向上扩展,大量底层数据被用于设备管理,实现预见性维修;被用于故障分析,实现故障前预警等。

管理人员对底层数据的重要性越来越关注,如何从大量的底层数据中进行数据挖掘,提取有效信息,是提高企业管理水平的重要方面,它已经在企业管理中发挥重要的指导作用。

企业可以通过对数据的合理利用获得效益,表现在下列方面。

① 提高了市场的反应能力和盈利能力。通过底层数据的合理利用,提高了企业应急处理能力,减少了库存,加快了资金流动,获得了可观的经济效益。

② 协调各方利益,加强与供应商和合作伙伴的合作。通过数据分析,能及时了解供需矛盾,适时调整生产计划,降低成本,协调产销各方利益,实现双赢或多赢。

③ 全面提升企业运行和供应链的效率。减少供应链成本,增强对顾客需求的快速反应,优化客户服务并提高企业的整体工作效率。

④ 改进现有操作流程,实现企业管理层和车间管理层一体化标准运作,减少信息和数据内部流通时间,有效缩短产品周期,提高劳动生产率。

(2) 企业信息化层次模型

基于 ISA SP88 的 ISA SP95 标准规定了企业信息化层次模型。图 1-3 所示为企业信息集成规范的层次模型。

第 0、1 和 2 层是过程控制层,它们的对象是设备的控制。

第 3 层是制造执行系统 (MES; Manufacturing Execution System) 层, MES 提供实现从接受订货到制成最终产品的全过程的生产活动优化信息。该层以生产行为信息为核心,为企业决策系统提供直接支持,主要包括下列功能模块:

① 资源 (机械设备、工具、熟练工、材料、其他设备及文档等) 配置和状态管理模块;

② 生产单元 (以任务、订单、批次、批量和工作命令等形式表达) 调度模块;

③ 数据采集/获取模块;

④ 质量管理模块;