

工业控制与企业信息化技术丛书

集散控制系统 及其应用实例

► 曲丽萍 主编 白晶 副主编



化学工业出版社

工业控制与企业信息化技术丛书

集散控制系统及其应用实例

曲丽萍 主 编

白 晶 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书介绍了集散控制系统的基本概念、选型、安装、调试、可靠性设计、抗干扰设计的原则和方法、常见集散系统产品及其应用实例等内容。除集散系统产品以外,本书还增加了自主构建的集散控制系统及其应用实例。最后,还介绍了现场总线及其应用实例。

本书既可以作为自动控制工程技术人员的技术参考和培训教材,也可以作为相关专业本科生的教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

集散控制系统及其应用实例/曲丽萍主编. —北京:化学工业出版社, 2007.4

(工业控制与企业信息化技术丛书)

ISBN 978-7-122-00070-5

I. 集… II. 曲… III. 集散系统 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第031169号

责任编辑:刘 哲 宋 辉

封面设计:于兵

责任校对:陈 静

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:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张12 字数392千字 2007年6月北京第1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:28.00元

版权所有 违者必究

出版者的话

随着企业市场化程度、全球化程度的不断提高,企业,特别是工业企业,对信息化的要求也越来越高。企业作为国民经济的基本单元,其信息化程度是国家信息化建设的基础和关键,为此中央提出了“以信息化带动工业化”的战略方针。

企业信息化的实质是借助计算机、互联网等信息手段将企业的经营及管理流程数字化并加工成新的信息资源,提供给各层次的管理者及时掌握动态业务中的一切信息,以做出有利于生产要素组合优化的决策,使企业资源合理配置,从而使企业能够适应瞬息万变的市场经济竞争环境,求得最大的经济效益。

企业信息化正向普及化道路不断迈进。中国企业信息化进程调查结果表明,我国近50%的企业已经在实践中探索和应用信息化手段提升其管理和业务水平,还有30%的企业表示在未来一年内将启动自己的信息化项目。由此可以看出,信息化的工作已经在企业中广泛展开。在这个过程中,以信息化改造、提升传统产业是大多数工业企业的战略决策,为此企业自动化系统等基础建设是信息化改造的基本出发点。为了使更多的企业技术人员参与到信息化建设中来,我们编辑了一套《工业控制与企业信息化技术丛书》,以期能作为他们的有力参考。

本套丛书共5本,包括《现场总线控制系统应用实例》、《先进控制技术应用实例》、《ERP系统的需求量化分析及实现案例》、《紧急停车系统原理及应用实例》、《集散控制系统及其应用实例》。本套丛书从信息化的基本工作,即生产装置的自动控制出发,主要介绍了控制系统、网络布线、信息管理及其在工业企业中的应用实例。本套丛书强调实用原则,作者都是有工程实施经验的技术人员,书中所列实例大都来自生产一线,是宝贵的参考资料。

由于企业信息化所包含的内容较多,我们希望以后能够不断完善该丛书,使之成为企业信息化建设的比较完整的参考资料,奉献给读者。

前 言

集散控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS) 是 20 世纪 70 年代兴起的一类新型控制技术, 是用于对工业生产过程进行集中监视、集中操作、集中管理、分散控制的实用控制系统。

集散控制系统与常规模拟调节仪表控制方式、集中式的计算机控制方式、计算机控制和常规模拟调节仪表控制相结合的方式都有所不同, 它既克服了第一种方式难以实现集中显示和操作、自动化程度较低的缺点, 又改进了第二种方式和第三种方式的控制集中、危险集中、可靠性较低的不足。正因为集散控制系统具有控制分散、危险分散、可靠性高、开放性好、可扩展性强、自动化综合集成度高等优点, 当前已成为工业过程控制的主流系统, 在电力、石化、化工、石油、造纸、冶金、食品、玻璃、半导体、纺织等行业都有着广泛的应用。

目前, 工业现场实际应用的集散控制系统可分为两类, 一类是集散控制系统制造厂商的专利产品, 另一类是由通用产品组合构建而成的系统。本书对于这两类集散控制系统都做了详细介绍, 并且每一类都配有相应的工程实例。

全书共分为 7 章。第 1 章概述了工业过程控制的实现方法, 介绍了过程控制的发展历程、实现方法和发展趋势。第 2 章介绍了集散控制系统的基本概念, 集散系统的选型、安装、调试、可靠性设计和抗干扰设计。第 3 章介绍了国内自行开发研制的集散控制系统产品, 讲述了其硬件结构、软件设计、实际设计方法和应用实例。第 4 章、第 5 章介绍了国外生产的集散控制系统产品, 包括其硬件结构、软件设计、实际设计方法、各自的应用实例。第 6 章介绍了自主构建的集散控制系统的含义、优越性以及构建的原则和方法、应用实例。最后, 第 7 章介绍了现场总线的基本概念、典型现场总线的应用设计和应用实例。

本书既可以作为自动控制工程技术人员的技术参考和培训教材, 也可以作为相关专业本科生的教学参考。

本书由北华大学曲丽萍担任主编, 白晶担任副主编。第 1 章由王洪希编写; 第 2 章、第 3 章、第 6 章由曲丽萍编写; 第 4 章、第 7 章由姜永森编写; 第 5 章第一节由陈久伟编写, 第二节由陈久伟、陈久飞共同编写。全书由北华大学宋宏、刘军审稿。在本书的编写过程中, 还得到了孙和平、庄严、张建民、薛海波等人的大力支持, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有不妥之处, 敬请各位读者批评指正。

编者

2007 年 2 月

目 录

第 1 章 工业过程控制实现方法	1
1.1 过程控制简介	1
1.2 过程控制的实现方法	2
1.3 工业过程控制技术的发展趋势	3
第 2 章 集散控制系统概述	5
2.1 集散控制系统的发展历程	5
2.2 集散控制系统的构成及性能	6
2.2.1 集散控制系统的构成	6
2.2.2 集散控制系统的性能	7
2.3 集散控制系统的选型、安装、调试、验收	9
2.3.1 集散控制系统的选型	9
2.3.2 集散控制系统的安装	10
2.3.3 集散控制系统的调试	10
2.3.4 集散控制系统的验收	10
2.4 集散控制系统重要性能指标的设计	12
2.4.1 集散控制系统的可靠性设计	12
2.4.2 集散控制系统的实时性设计	14
2.4.3 集散控制系统的抗干扰性设计	15
第 3 章 浙大中控集散控制系统 SUPCON JX-300X	17
3.1 SUPCON JX-300X 的总体结构	17
3.1.1 SUPCON JX-300X 的系统组成	17
3.1.2 SUPCON JX-300X 的整体结构	17
3.1.3 SUPCON JX-300X 的可靠性	17
3.2 SUPCON JX-300X 的硬件	18
3.2.1 控制站硬件	19
3.2.2 操作站硬件	24
3.3 SUPCON JX-300X 的软件	25
3.3.1 SCKey 组态软件	25
3.3.2 控制站组态	25
3.3.3 操作站组态	28
3.4 SUPCON JX-300X 应用实例	29
3.4.1 链条炉工艺简介	29
3.4.2 链条炉监测、控制点统计	30
3.4.3 链条炉集散控制系统的硬件构成	31
3.4.4 链条炉集散控制系统软件组态	31

3.4.5 链条炉集散控制系统运行效果	36
第4章 西门子全集成自动化控制系统	37
4.1 SIMATIC PCS 7 系统结构	37
4.2 操作监控系统 WinCC	39
4.2.1 WinCC 的功能及组态特性	39
4.2.2 组态	40
4.3 集散控制系统的工程化设计	43
4.3.1 工程化设计的要求	43
4.3.2 工程化设计中应完成的工作	43
4.3.3 工程化设计的主要内容	44
4.4 应用实例	47
4.4.1 系统要求	47
4.4.2 自控系统方案	49
第5章 横河集散控制系统 CENTUM-CS3000	53
5.1 CENTUM-CS3000 集散控制系统	53
5.1.1 构成与特点	53
5.1.2 现场控制站 FCS	57
5.1.3 人机界面站 HIS	78
5.1.4 系统生成	99
5.2 CENTUM-CS3000 应用实例	110
5.2.1 工程概况	110
5.2.2 锅炉控制系统	112
5.2.3 CS3000 集散控制系统应用	115
第6章 自主构建的集散控制系统	125
6.1 自主构建的集散控制系统简介	125
6.2 转炉炼钢综合自动化系统	125
6.2.1 转炉炼钢综合自动化系统总体结构	126
6.2.2 转炉炼钢自动化系统的功能	126
6.2.3 转炉炼钢综合自动化系统的技术措施	128
6.2.4 系统操作画面	129
6.2.5 系统的性能指标	131
6.3 球罐整体热处理控制系统	131
6.3.1 球罐的整体热处理控制系统的硬件结构	132
6.3.2 球罐整体热处理控制系统的软件结构	135
6.3.3 操作画面	135
第7章 现场总线控制系统	137
7.1 概述	137
7.1.1 什么是现场总线	137
7.1.2 现场总线的特点	137
7.1.3 现场总线的优点	139

7.2 几种主要现场总线简介	139
7.2.1 基金会现场总线	139
7.2.2 Profibus 总线	146
7.2.3 LonWorks 技术和 LON 总线简介	149
7.2.4 HART 通信协议简介	153
7.3 现场总线控制系统	155
7.3.1 现场总线控制系统的组成	155
7.3.2 现场总线设备管理系统与管理控制一体化	157
7.4 以太网对现场总线技术发展的影响	159
7.5 现场总线控制系统的设计和组态	161
7.5.1 现场总线设备的功能连接图	161
7.5.2 现场总线设备接线图	162
7.5.3 现场总线控制系统的设计准则	163
7.5.4 现场总线控制系统中 PID 控制功能模块的配置位置	167
7.6 现场总线控制系统的控制组态	169
7.6.1 确定现场总线网段和现场总线设备	169
7.6.2 现场总线控制系统的控制组态	173
7.7 工程实例	177
7.7.1 控制系统组成	177
7.7.2 功能实现	177
7.7.3 工程师站 (ES)	178
7.7.4 操作员站 (OS)	178
7.7.5 主控制器	178
7.7.6 现场总线	179
7.7.7 现场设备和组态工具	179
参考文献	181

第1章

工业过程控制实现方法

1.1 过程控制简介

自动控制技术在工业、农业、国防和科学技术现代化中起着十分重要的作用，自动控制水平的高低也是衡量一个国家科学技术先进与否的重要标志之一。随着国民经济和国防建设的发展，自动控制技术的应用日益广泛，其重要作用也越来越显著。

在工业生产中，有一类按照一定工艺流程（或程序）进行连续不间断生产的工业过程，例如电力、石化、石油、化工、冶金、轻工、纺织等，这些工业在经济发展中占有举足轻重的地位，我们称之为流程工业。生产过程自动控制（简称过程控制）是自动控制技术在流程工业中的具体应用。

过程控制的任务，就是要经过自动化技术，提高产品的质量和产量，节能降耗，降低成本，减少污染，提高劳动生产率，增强企业对市场需求的适应性。

过程控制主要有以下几个特点。

① 连续工业生产过程是与化学反应、生化反应、物理反应、相变过程、能量的转换过程、传热传质过程等复杂的反应或过程相伴随的。这些过程或反应的进行，必须满足一定的内部和外部条件。满足这些条件，并且使这些条件保持稳定，生产过程就能正常、稳定地进行，产品的产量和质量就能得到保证。过程控制主要就是做这些事情的。过程控制中最常见的是压力控制、流量控制、温度控制、液位或料位控制、成分控制、pH 值控制等。

② 流程工业是一个庞大的工业系统，设备多样化，工作机理各不相同，因而被控对象形式复杂多变，具有惯性大、延时大、时变、非线性、多变量相互耦合等特点，很难得出其精确的动态数学模型，因而控制难度较大。

③ 由于生产过程工艺复杂，要求高，过程控制的监测系统多，控制系统多，控制方案多，控制系统间既独立又相互影响，所以必须合理协调各控制系统间相互关联、相互制约的关系，从整个生产过程的全局出发，求得整个生产过程的最优。

④ 连续生产过程的生产条件和环境往往比较特殊，如高温高压、低温真空、易燃易爆、有毒、存在放射性等，因而必须依靠自动化技术，在正常生产、非正常工况、事故工况下，都能确保人员安全以及不对环境造成污染。

⑤ 连续过程工业设备多，结构复杂，所以干扰因素也多，干扰的形式较复杂，这就要求过程控制的各个控制系统具有较强的抗干扰能力。

⑥ 过程控制系统的自动化装置都是标准化仪表，如控制器、测量变送器、执行器、记

记录仪等,所以过程控制又被人们称为自动化仪表控制。仪表的合理选型及调整也是过程控制的一项重要工作。

过程控制的发展,与控制理论与技术、仪表技术、计算机技术、电子与微电子技术、流程工业技术等多种学科与技术的发展有着紧密的关系。

20世纪50年代和60年代,出现了以单元仪表为代表的具有明显不同特点的产品,自动控制系统也由简单回路发展成为复杂控制系统,控制方式由基地式逐步发展为集中控制方式。这个时期控制的目标是保证生产正常进行,减少事故。

20世纪70年代,分布式计算机控制系统的出现,标志着过程控制进入了一个计算机的新时代。自动化仪表的技术更新也明显加快,特别是智能化仪表的出现,使过程控制达到了一个新的水平。

20世纪80年代后期发展起来的现场总线控制系统,比分布式计算机控制系统有了更大的进步。它集计算机技术、控制技术、网络技术、通信技术于一身,给过程控制带来了又一场革命,过程控制进入计算机时代,为最优控制、智能控制等先进控制方式的应用创造了条件。过程控制的目标也由过去的维持生产变为优质高产、低消耗、低污染。随着生产力的发展,世界市场的激烈竞争,高质量、高效益、高节能、低成本及市场的高度适应性,将成为过程控制进一步追求的目标。实现连续生产过程工业的生产、管理、产品更新与技术发展的综合自动化,是过程控制的必然发展趋势。

1.2 过程控制的实现方法

工业生产过程是把原材料转变成产品并具备一定生产规模的过程,生产过程总是在一定工艺参数条件下进行的,因此需要对这些参数进行控制。这些参数有两种类型,它们是如电机启、停这样的开关量(即状态量)和如电流、温度、流量、压力、液位这样的连续变化的模拟量。工业生产中,经常要对这些物理量进行测量、运算、控制和显示观察。过程控制系统设计工作的实质是根据不同被控对象的特性及控制系统要求的性能指标,来确定控制方案,从而选用不同的控制系统。

20世纪的70年代以前,开关量的控制用继电器的各种不同组合来实现,模拟量的控制都采用常规模拟仪表控制。常规模拟仪表经历了自力式、基地式、气动单元组合式、电动单元组合式和组件组合式等不同仪表装置。就单元组合而言,又分为Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型表,在我国还曾经出现过Ⅳ型表。Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型表都是由模拟线路中的电阻、电容的不同组合来实现其功能的。Ⅱ型仪表的统一输入标准信号为 $0\sim 10\text{mA}$,Ⅲ型表的统一输入标准信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 。

一个调节器只能完成一个回路的控制,控制原理如图1-1~图1-4所示。

图1-1是一个储罐, $F1$ 表示液体物料的流入量, $F2$ 表示液体物料的流出量, L 表示液位。有进料阀门和出料阀门,生产稳定时,进料和出料应该相等。由于工况变化,会使得液体变化,控制系统的任务是使液位稳定在设定的液位上。

图1-2是一个液位控制系统的原理图, LC 为液位输出,在液位超过设定时,控制输出阀门加大流出量,使液位回复到设定值。

图1-3是调节器构成原理的示意图。

图1-4是反馈控制系统的控制原理框图。

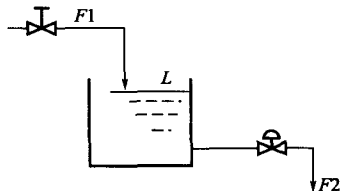


图 1-1 储罐液位控制

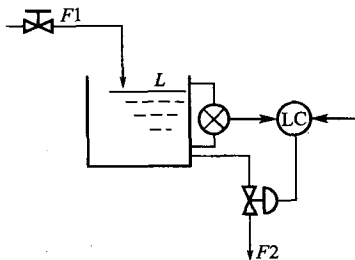


图 1-2 液位控制系统原理图

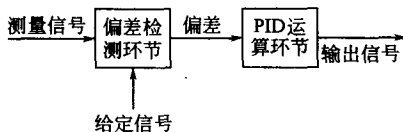


图 1-3 调节器构成原理

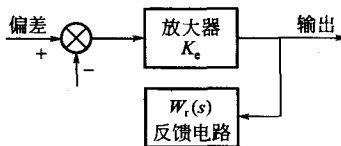


图 1-4 PID 运算环节的构成

随着工业生产装置的不断扩大，为了提高生产效率、降低能源消耗、提高产品质量和发展品种等，对控制系统提出了更高的要求。

20 世纪 70 年代，计算机技术已有很大的发展，开关量控制已经不用继电器，而采用可编程序控制器（PLC）实现顺序控制逻辑。1975 年，美国 Honeywell 公司首先推出 TDC2000 集散控制系统。TDC2000 诞生后，在欧洲、日本又相继出现了许多不同品牌的集散控制系统。

20 世纪 80 年代，出现了现场总线。目前，现场总线技术已经被广泛用于工业过程控制中，或者应用于传感器，或者成为 PLC、DCS 的输入、输出。

就目前过程控制现场的自动监测、自动控制的实现方式来看，大体上可分为三种方式。

① 集散控制系统制造厂商的专利产品，如横河集散控制系统、霍尼韦尔集散控制系统、西门子集散控制系统、和利时集散控制系统、浙大中控集散控制系统等。

② 由通用产品组合而成，也称为自主构建的集散控制系统。在实际应用中，工程技术人员经常采用工业控制计算机作为上位机，可编程序控制器（PLC）、智能控制模块等作为下位机，两者之间采用各种工业控制网络进行数据的实时传送，从而构建经济、实用的集散控制系统。

③ 采用现场总线作为通信系统的控制系统，即现场总线控制系统。现场总线控制系统使 DCS 系统中原有的操作管理站发挥上位机的功能，执行对整个系统的优化、信息管理和调度等工作。

1.3 工业过程控制技术的发展趋势

工业生产向大型化、连续化、集成化和复杂化方向发展，使得控制理论与控制工程发生了巨大的变化。

首先，控制理论由经典控制理论（基于频率法，单输入单输出）发展到现代控制理论（基于状态空间法，多输入多输出），相继产生和发展了系统辨识与参数估计，随机控制、自

适应控制、预测控制、推理控制、模糊控制、神经网络控制和鲁棒控制,以及基于知识的专家系统,基于信息论的智能控制等一系列控制理论分支,极大地丰富和扩展了控制理论内容,并且广泛地运用到许多领域。

其次,过程控制系统由简单的控制系统(如PID控制、串级控制、超驰控制、比值控制等)向先进过程控制(Advanced Process Control, APC)发展。

随着控制技术、计算机技术和网络技术的高速发展,以及它们之间的相互依赖、相互促进和相互渗透,产生了新的交叉体系——“控制到网络”以及“网络到控制”,也使工业过程控制系统体系发生了根本变革,从以模拟仪表为主的过程控制系统发展到以计算机和网络为主的过程控制系统——“网络过程控制系统”,具有代表性的体系结构分别是DDC(Direct Digital Control,直接数字控制)、DCS(Total Distributed Control System,集散控制系统)、FCS(Field-bus Control System,现场总线控制系统)、CIPS(Computer Integrated Process System,计算机集成过程控制系统)和NCS(Networked Control System,网络控制系统)。

随着网络过程控制系统的不断发展、更新,特别是现场总线技术的应用使工厂底层信息集成的实现成为可能,并且将工厂级网络引伸至现场设备级,从而促使综合自动化系统(CIPS)的迅速发展,最终实现能适应生产环境不确定性和市场需求多样性的全局优化的高质量、高效益、高柔性的智能生产体系。

计算机网络作为当今信息时代的重要支撑技术,正使社会的每一层面发生着日新月异的变化,将计算机网络技术引入过程控制系统取代传统的点对点接线,给过程控制系统带来了全新理念。NCS系统的目的,是通过网络实现智能控制系统设备(如传感器、控制器、执行器等)的各种信息(参考输入、过程输入、控制输入等)的交换。NCS的最大优点在于减少系统接线,易于系统诊断及维护,增加系统的灵活性和可靠性。

第2章

集散控制系统概述

集散控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS), 早期又称为分散型控制系统 (Total Distributed Control System), 是相对于集中式控制系统而言的一种新型的计算机控制系统, 它是在集中式控制系统的基础上发展、演变而来的。

2.1 集散控制系统的发展历程

集散控制系统是由 Honeywell 公司在 1975 年最先推出的, 即 TDC-2000 系统。TDC-2000 以常规控制见长; 逻辑及顺序控制见长; 通信、显示、内存、运算速度、网络见长。

第一代集散控制系统, 除 TDC-2000 外, 还有 Taylor 公司的 MOD3、Foxboro 公司的 SPECTRUM、横河公司的 CENTUM 等。

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, 集散控制系统的功能也在扩大和增强, 进而形成了第二代集散控制系统。这个时期的 DCS 的一个明显变化就是数据通信系统的发展, 系统的通信范围扩大, 数据的传送速率也大大提高。此时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 等。

第二代的集散控制系统虽然实现了数据网络通信, 但各制造厂的通信系统还是各自为政, 不同制造厂的集散控制系统之间通信还存在一定的困难。

1987 年, 美国的 Foxboro 公司推出的 I/A S 系统, 标志着集散控制系统进入了第三代。这时 DCS 的主要特点, 是在符合开放系统的各制造厂产品之间可以相互连接、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。此时的集散系统产品有 Honeywell 公司的带有 UCN 网的 TDC-3000、横河公司的带有 SV-NET 网的 CENTUM-XL、Bailey 公司的 INFO-90 等。第三代集散控制系统克服了第二代产品应用过程中出现的“自动化孤岛”现象, 实现了各不同制造厂的产品的数据通信。

20 世纪 90 年代初, 随着控制和管理的要求提高, 出现了以管控一体化为主要特点的第四代集散控制系统。此时的系统, 网络结构上增加了工厂信息网 (Intranet), 并且可与国际互联网 Internet 相连。第四代集散控制系统主要是为解决 DCS 系统的集中管理而研制的, 在信息的管理、通信等方面都提供了综合的解决方案。这个时期的典型产品有 Honeywell 公司的 TPS 系统、横河公司的 CENTUM-CS 系统、Foxboro 公司的 I/A S50/51 系统等。

集散控制系统在短短的二十几年中经历了四代变迁, 系统的功能不断完善, 开放性不断

增强,可靠性、互操作性都大为提高,已经成为工业领域中举足轻重的应用装置。

随着半导体集成技术、数据存储和压缩技术、网络通信技术的发展,集散控制系统也正在向着新的方向发展:一方面向上发展,将向着 CIMS 计算机集成制造系统和 CIPS 计算机集成过程系统方向发展;另一方面向下发展,将向着 FCS 现场总线控制系统方向发展。

(1) 信息化集成发展方向

在第四代 DCS 中,全厂的信息集成和管理已经提到了一定的高度。集散控制系统的功能已不再只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。在今后的集散控制系统发展中,向 CIMS、CIPS 方向发展已经成为趋势。

(2) 现场总线控制系统的优点

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控制领域中。现场总线是分散控制的最终体现。

采用现场总线控制优点很多,列举如下。

- 用户对产品的选择权增至最大。采用现场总线标准的智能仪表不仅具有强大的功能,而且由于具有可互操作性,使得用户不必为所选仪表能否与原有的仪表、接口互配而烦恼。

- 可消除 4~20mA 模拟仪表通信的瓶颈现象。现场总线是双向的数字通信,通信时不必进行信号的转换。另外,可以在同一根通信线上进行多个变量的双向通信,进而消除了 4~20mA 模拟仪表通信的瓶颈现象。

- 降低了现场安装费用,减少了相应的设备。采用现场总线标准的智能仪表,以每 2~3 台仪表连接到一根电缆计算,智能仪表与控制室间的电缆连接和安装等费用可节约 66% 以上。

- 为用户提供更多的功能。由于采用双向通信,用户可以在控制室通过现场总线对位于现场的智能仪表进行标定、校验和故障诊断,用户可以得到仪表的更多信息。另外,由于控制功能下移到变送器或执行器,采样周期大大缩短,控制质量大大提高。

- 增强了系统的自治性。采用现场总线标准仪表,操作人员可以在控制室里对生产过程进行监视、操作和控制。原分散过程控制装置的功能在现场总线智能仪表中即可得以实现。

- 提高了系统的检测精度和鲁棒性。采用数字通信后,信号的传送误差减小,模数和数模等转换环节减少,使得信号的可靠性提高。

- 系统组态简单,安装、运行和维修方便。现场总线仪表的组态在控制室内即可进行,调试也比模拟仪表方便、快捷,强大的自诊断功能也使设备维护变得十分方便。

- 现场总线控制系统,即是采用现场总线作为通信系统的控制系统,现场总线控制系统使控制得到最终的分散,从而使 DCS 系统中原有的操作管理站发挥上位机的功能,执行对整个系统的优化、信息管理和调度等工作。

- 现场总线控制系统把控制功能移到了现场,减少了 DCS 系统所需的空间,减少了输入、输出接口,减少了机柜的空间和附属设备。

2.2 集散控制系统的构成及性能

2.2.1 集散控制系统的构成

集散控制系统的功能分层是集散控制系统的体系特征,按照功能分层,集散控制系统可

分为现场控制级、过程装置控制级、车间操作管理级、全厂优化和调度管理级。在集散控制系统中，一方面，信息自下向上逐渐集中，另一方面，信息又自上而下逐渐分散，这种有序的信息传递机制，构成了集散系统的基本结构。

- 现场控制级

现场控制级的功能：采集过程数据，对数据进行转换；输出过程操纵命令；进行直接数字控制；完成与过程装置控制级的数据通信；对现场控制级的设备进行监测与诊断。

- 过程装置控制级

过程装置控制级的功能：采集过程数据，进行数据转换与处理；数据的监视和存储；实施连续、批量或顺序控制的运算和输出控制作用；数据和设备的自诊断；数据通信。

- 车间操作管理级

车间操作管理级的功能：数据显示和记录；过程操作（含组态操作、维护操作）；数据存储和压缩归档；报警、事件的诊断和处理；系统组态、维护和优化处理；数据通信；报表打印和画面硬拷贝。

- 全厂优化和调度管理级

全厂优化和调度管理级的功能：优化控制；协调和调度各车间生产计划和各部门的关系；主要数据的显示、存储和打印；数据通信。

2.2.2 集散控制系统的性能

(1) 可靠性

应用集散控制系统，安全可靠是头等重要的。如果一个控制系统失去了可靠性，其他一切优越性都是一句空话。对于连续运行的生产过程，可靠性就更为重要，一旦出现故障，其损失有时甚至大大超过 DCS 本身的价值。

提高系统可靠性的最直接的方法，就是在系统总体设计时加入可靠性设计环节。可靠性设计是用于保证设计质量，即保证系统可靠性、系统性能、系统效率、系统安全等指标的设计。

可靠性设计一般包含如下内容：尽量有效利用先前的设计经验；尽量减少零部件数目；尽量采用标准化产品；尽量从系统的基本部件着手，提高系统的 MTBF；尽量提高零部件互换性；尽量使系统的检查、调试、零部件互换等操作方便易行；尽量采用冗余设计，使系统某一部件发生故障时能够自动切换；尽量采用多级操作，使系统某一部件发生故障时能够旁路或者降级使用；尽量采用故障诊断、系统运行状态监视、部件更换设计。

采用可靠性设计后，应能够实现：系统运行不受故障影响；系统不易发生故障；发生故障时应能够迅速排除。

(2) 可操作性

可操作性指集散控制系统所提供的操作环境能够被操作员接受，并且操作员能够根据所提供的信息对生产全过程进行操作。可操作性主要包括操作环境、操作功能、容错技术、安全性。

操作环境是操作员的工作场所，应本着能够保证操作员舒适工作的原则进行设计。操作站的数据、状态信息要醒目、易辨认；报警等重要事件信息要能够引起操作员的注意；开关、切换等操作要简便易行，不能繁琐。

操作功能即是指操作员对操作站怎样实施操作，才能获得系统信息和完成操作命令。集

集散控制系统的操作分为过程操作、组态操作和维修操作。过程操作的主要内容是对各个控制回路的操作和对各个控制点的操作。控制回路的操作包括控制方式、设定值、手动输出值、报警限值、控制器作用方式、调整参数等操作。控制点的操作包括对具有通断功能设备的开停、正反转、控制方式、联锁状态、报警限值等操作；组态操作是为系统、回路、报警、趋势等组态时进行的操作。组态操作有离线和在线两种。离线组态就是先组态、后运行的方式，可以保证在设备安装、装配的同时进行组态，不另外占用时间，缩短设备安装时间。在线组态就是在设备运行的同时，不影响正常生产的运行，在线修改回路结构和有关数据，对于已投入运转、需要小范围技术改造的系统特别适用。维修操作主要指画面的调用。通过分级的画面显示，进行系统故障定位。

容错技术是指系统运行过程中，即便对系统进行了误操作，也不会对系统造成不良影响，系统仍能够正常运行。这类容错措施主要包括多重确认、硬件保护、不予响应、分工管理、数据保护等。

(3) 实时性

由于操作站和现场之间的信息传递需要通过通信网络完成，因此，要保证现场设备运行信息能够最快地到达操作站和保证操作员发布的命令最快地到达现场执行机构，就必须要求集散控制系统的通信网络具有极高的实时性。通常，集散控制系统的通信网络的响应时间须保证在几毫秒至几百毫秒。

(4) 环境适应性

环境适应性是指集散控制系统对使用环境场所的适应能力，包括对环境场所的有害气体、温度、湿度等因素的适应能力，对环境中的电磁干扰的适应能力，对生产过程本身性能变化的能力，以及对事故突发的适应能力。

工业现场常常存在高温、高湿度及有毒有害气体，即使操作室里也存在这些不良因素，因此，集散控制系统需要采取相应措施，提高环境适应能力。经常采取的措施包括：采用密闭的机柜结构、密闭的部件结构；采用低功耗的元器件，并且加大散热面积；采用风冷、水冷降温措施；减少接触部件，加大接触面积；采用薄膜式键盘，防止各种物体和液体进入；采用正压送风，防止有害气体侵蚀。

对于工业现场的电磁干扰，集散控制系统经常采用如下措施提高其适应能力：采用静电隔离和屏蔽措施；采用光电隔离、继电器隔离和变压器隔离措施；采用硬件滤波和软件滤波措施；采用不易受电磁干扰影响的通信媒体和通信控制；采用具有高抗干扰性的器件；尽量减少外部敷设电线、电缆。

随着设备的长期使用，生产设备的各部分也会发生物理和化学的微小变化，其结果会使工况发生变化，生产过程本身的性能也会随之发生变化，即过程模型具有时变性、不完全确定性。同时，过程特性也会随着负荷的变化呈现出非线性变化特性。上述过程本身性能的变化都会影响到集散控制系统的正常运行，因此，在集散控制系统中，经常配备自适应控制、专家系统、预测控制、最优控制等控制器，以提高系统的适应能力。

对于突发性事故，集散控制系统也需要具有适应能力。对于供电线路故障和通信网络故障，一般采用冗余供电线路和冗余通信网络方式，一旦检测到故障发生，则立即自动切换到备用线路和备用网络上，保证系统正常运行；对于插件板卡故障，如 I/O 板卡、CPU 板卡、通信板卡等故障，一般采用冗余备用方式，出现故障，立即带电切换到备用板卡上。

(5) 经济性

包括初期投资费用、维修费用和扩展投资费用。

(6) 可扩展性

由于集散控制系统价格较贵，初期投资一般不会很大，只是建立一个平台。随着生产的发展，还需要进一步扩展。这就要求初期建立的集散控制系统必须具有良好的可扩展性。

系统的可扩展性主要表现为：集散控制系统的过程控制装置机柜是否有足够的空间可继续增加输入输出卡件；通信网络是否能够方便地增加或删除设备；通信网络是否能够扩展延伸；是否能够与其他厂商的集散控制系统互相连接。

2.3 集散控制系统的选型、安装、调试、验收

生产工艺流程确定以后，控制系统的被控对象也就确定了，选用什么样的控制系统就成为重要问题。这主要是根据项目规模和投资预算来考虑的。对于控制系统来说，项目规模就是输入/输出的点数和所要达到的控制性能。投资预算要考虑完成系统功能的总投资。一旦集散控制系统选型完毕，就进入新系统的安装、调试。

2.3.1 集散控制系统的选型

DCS 选型时，首先要确定是选用成型的集散控制系统产品，还是采用 PLC 搭建集散控制系统。在控制回路比较多，模拟量的采集量比较大时，尤其是在热电偶、热电阻的采集量比较多的情况下，应该选用成型的集散控制系统产品。如果都是逻辑控制，则应该选用 PLC 搭建集散控制系统。

另外也可根据投资预算决定。如果投资预算比较充分，就可以决定采用成型的 DCS 产品，因为 DCS 不仅在完成模拟量控制方面比较擅长，而且 DCS 的输入卡件与某些 PLC 的热电阻输入模块相比，价位上基本相近；另外从调试的角度来看，PLC 的小信号输入卡没有 DCS 的好用，调试时还容易损坏。

确定了选用成型的集散控制系统产品，还要选择具体什么型号的产品，一般需要考虑以下因素。

① 随着 DCS 的使用越来越广泛，DCS 的软件、硬件逐渐由专用型向通用型发展。从长远观点来看，选用新型系统更为有利。一方面，新型系统价格要相对低一些，另一方面，将来备品备件也比较容易购买到，维护费用也会相对降低。另外，从将来系统集成的趋势来看，多家厂商的集成产品共存于同一个系统中的可能性越来越大，如果选用较新型的系统，系统的开放性会更好，会有利于将来不同品牌的系统嵌入。

② 选型时，应该针对所应用的行业、领域的具体实际来决定，因为不同的工艺过程会有一些特殊要求，比如：电厂 DCS 一般要求有电调设备（DEH）和事件顺序记录（SOE）；石化企业是闭环系统应用最多的行业，生产要求比较平稳，选择性控制、串级控制等用得较多；水泥行业、冶金行业等开关量多，开关量与模拟量之比大约是 6:1，且纯滞后环节比较多，有时还需要控制补偿等。

③ 根据工艺流程当前需要的输入输出点数，以及将来生产规模扩大以后系统扩容所能达到的最大规模，选择规模相匹配的 DCS 产品。

④ 认真考察 DCS 产品的开放性、兼容性，尽量选择开放性较好的产品，这样构造出来