

西门子 全集成自动化系列教育丛书

集散控制系统

赵 众 冯晓东 孙 康 等编著

原理及其应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TP273/454

2007

丨 西门子全集成自动化系列教育丛书 丨

集散控制系统原理及其应用

赵 众 冯晓东 孙 康等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从理论和实际工程应用出发,介绍了集散控制系统的基本原理及其在工业生产过程中的具体应用实例。主要涉及集散控制系统的现状和发展趋势、系统体系结构、硬件和软件结构、采用的控制算法、系统中采用的网络体系架构和现场总线技术、系统的选型和评估、集散控制系统的工程设计和实际应用的可靠性设计等。本书对于了解集散控制系统的原理、设计选型、应用操作具有一定的应用价值。

本书可以作为自动控制专业的本科生和研究生教材,也可以作为从事集散控制系统开发的科技人员和系统工程设计人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

集散控制系统原理及其应用/赵众,冯晓东,孙康编著. —北京:电子工业出版社,2007.9

(西门子全集成自动化系列教育丛书)

ISBN 978-7-121-04906-4

I. 集… II. 赵… III. 集散系统 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 130413 号

责任编辑:雷洪勤

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:21.75 字数:482 千字

印 次:2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价:36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

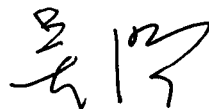
序

现代工业必须走一条技术含量高、经济效益好、资源能耗低、环境污染小、人员素质高和人力资源充分发挥的新型工业化路子。企业必须依靠技术进步和技术创新，才能增强自身竞争力和抗风险能力，才能发挥企业效益，才能保证企业安全、节能和环保等问题的解决。为实现新型工业化，必须从基础技术、信息化技术和环保技术等方面加大创新力度，必须加大新技术的研究与应用。

现代工业的基础是工业自动化。近年来工业自动化领域发展很快，其中自动化设备的发展最具代表性，例如可程序控制器（PLC）、集散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）。PLC 已从单体型发展成网络型，从逻辑控制发展成兼有连续控制功能。DCS 已从单系统发展为集成系统，从常规控制发展成兼有先进控制和管理功能。FCS 已实现彻底的分散控制，构成全数字化和全网络化系统。自动化设备的发展推动了现代工业的高速发展。

工业自动化需要有高技术人才，需要加快工程应用型人才的培养。工程应用型人才应该具有良好的工程素质、强烈的创新精神和创新思维，而自动化工程技术素质的培养必然需要学习先进的工业自动化设备及其技术，必须掌握自动化控制设备、系统设计、工程设计、应用开发和现场调试的原理及方法。

《西门子全集成自动化系列教育丛书》可以适应工业自动化工程应用型人才培养的需要。本套丛书以西门子的工业自动化设备为平台，讲述 S7 系列可程序控制器硬件和软件、PCS7 集散控制系统硬件和软件、人机交互技术、现场总线 PROFIBUS 和 PROFINET 等内容，为读者提供了完整的工业自动化控制设备、控制技术、体系结构、系统设计、应用开发和调试运行的原理与方法，顺应了在经济全球化环境下，工业全球化和自动化的技术需求。我衷心地祝愿本套丛书能够为提高工业自动化工程师的控制技术和工程能力起到一定的推动作用，以促进我国工业自动化技术的发展和自动化水平的提高。



2007 年 9 月于清华园

吴澄：中国工程院院士，清华大学教授、博士生导师，教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



集散控制系统 (Total Distributed Control System) 是以微处理器为核心的集中分散型控制系统。集散控制系统的显著特点是实现集中管理和分散控制。其实质是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。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了广泛的应用。目前,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技术。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,集散控制系统从整体系统架构和软硬件的组成得到了飞速发展。世界范围的制造厂商相继推出了许多类型的集散控制系统产品,这些产品的技术和类型各不相同,应用行业和产品规模各不相同。但是,它们的基本组成和功能、操作方法和外部的连接要求等具有一致性。为了适应自动控制技术的发展需求,本书从工程应用出发,着重阐述集散控制系统的共性技术,主要介绍集散控制系统的体系结构、硬软件技术、控制算法、网络和总线技术及工程设计和系统选项等问题。

本书共分 10 章,第 1 章讨论了集散控制系统的特点、发展历史和趋势。第 2 章讨论了集散控制系统的体系结构。第 3 章介绍了集散控制系统的硬件结构。第 4 章介绍了集散控制系统所采用的软件结构。第 5 章分析和讨论了集散控制系统采用的常规控制算法和各种高级控制算法。第 6 章介绍了集散控制系统的网络通信技术、网络协议和网络标准。第 7 章讨论了集散控制系统中采用的现场总线技术。第 8 章讨论了集散控制系统的可靠性问题。第 9 章介绍了集散控制系统的工程设计方面的问题。第 10 章介绍了集散控制系统在工业控制领域的具体应用实例。

本书由北京化工大学的赵众、冯晓东、赵鑫,中国石化集团北京化工研究院的孙康、徐宁,以及美国霍尼韦尔公司的张志强共同编著。本书的统稿工作由冯晓东和赵众完成。本书的编写工作得到了北京市科技新星计划 (2005B15)、2007 北京化工大学教材建设项目及西门子公司的资助,在此表示感谢!

由于时间的关系,加上编著者的水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

编著者

2007-6-24



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	(2)
1.1.2 集散控制系统的基本组成	(4)
1.2 集散控制系统的特点	(6)
1.3 集散控制系统的发展方向	(7)
1.3.1 CIMS 和 CIPS	(8)
1.3.2 现场总线控制系统	(9)
第 2 章 集散控制系统的体系结构	(15)
2.1 集散控制系统的功能分层	(15)
2.2 集散控制系统层次化体系结构	(17)
2.2.1 现场装置的控制级	(18)
2.2.2 过程装置的管理级	(19)
2.2.3 车间生产的操作管理级	(20)
2.2.4 全厂优化和经营管理级	(20)
2.3 集散控制系统体系结构典型示例	(21)
2.3.1 SIMATIC PCS7	(21)
2.3.2 TPS	(29)
2.3.3 CENTUM-CS3000	(37)
2.3.4 I/A Series	(47)
第 3 章 集散控制系统的硬件结构	(56)
3.1 DCS 的现场控制站	(56)
3.2 DCS 的操作员站	(65)
3.3 DCS 的工程师站	(68)
3.3.1 工程师站的硬件结构	(69)
3.3.2 系统服务器	(69)
3.4 DCS 硬件的典型示例——PCS7 的硬件结构体系	(71)
第 4 章 集散控制系统的软件结构	(76)
4.1 DCS 现场控制站的软件	(77)
4.1.1 现场控制站的数据库	(77)
4.1.2 现场控制站的输入/输出模块	(78)
4.1.3 现场控制站的控制模块	(82)

4.1.4	现场控制站的运算模块	(90)
4.2	DCS 操作员站的软件	(92)
4.2.1	操作系统	(93)
4.2.2	面向过程语言	(95)
4.2.3	操作员站的功能	(96)
4.3	DCS 工程师站的软件	(100)
4.3.1	DCS 工程师站的软件	(100)
4.3.2	控制功能组态	(101)
4.3.3	操作画面组态	(102)
4.4	典型示例-PCS7 的软件系统	(105)
4.4.1	工程师站软件系统	(105)
4.4.2	SIMATIC Manager	(106)
4.4.3	工厂视图	(106)
4.4.4	过程对象视图	(107)
4.4.5	I&C libraries	(107)
4.4.6	多项目工程组态	(108)
4.4.7	分割和合并	(109)
4.4.8	顺序功能图 (SFC)	(109)
4.4.9	连续功能图 (CFC)	(109)
4.4.10	图形设计器和面板设计器	(111)
4.4.11	用户界面	(112)
4.4.12	消息和报警	(113)
4.4.13	集中用户管理、访问控制和电子签名	(113)
4.4.14	状态监测	(114)
4.4.15	时间同步	(114)
4.4.16	脚本语言	(114)
第 5 章	集散控制系统的控制算法	(115)
5.1	PID 控制算法	(115)
5.1.1	理想 PID 控制算法	(115)
5.1.2	控制度和采样周期	(117)
5.1.3	理想 PID 控制算法的改进	(118)
5.1.4	二维 PID 控制	(122)
5.1.5	自整定控制	(123)
5.2	选择性控制系统	(124)
5.2.1	超驰控制系统	(124)

5.2.2	测量信号的选择性系统	(126)
5.2.3	带有逻辑运算规律的选择性系统	(126)
5.3	前馈控制	(127)
5.3.1	前馈控制	(127)
5.3.2	前馈补偿装置及控制算法	(129)
5.3.3	前馈控制系统实施中的若干问题	(131)
5.4	解耦控制	(133)
5.4.1	系统的关联分析	(133)
5.4.2	串接解耦控制	(135)
5.5	时滞补偿控制	(137)
5.5.1	史密斯预估补偿控制方案	(137)
5.5.2	增益自适应时滞补偿器	(139)
5.5.3	观测补偿器控制方案	(140)
5.6	推断控制	(141)
5.6.1	采用计算指标的控制	(142)
5.6.2	反馈推断控制	(145)
5.6.3	前馈性推断控制	(145)
5.7	预测控制	(147)
5.8	自适应控制技术	(153)
5.8.1	简单自适应系统	(154)
5.8.2	模型参考型自适应控制器	(156)
5.8.3	自校正控制系统	(157)
5.9	顺序控制	(158)
5.9.1	顺序控制的基本概念	(158)
5.9.2	梯形逻辑图及其编制方法	(161)
5.9.3	程序条件的编制	(164)
5.10	计算机优化控制	(165)
5.10.1	目标函数	(166)
5.10.2	过程优化模型	(167)
5.10.3	约束	(169)
5.10.4	最优化方法	(170)
5.10.5	应用实例	(172)
第 6 章	集散控制系统的网络通信技术	(176)
6.1	网络和数据通信基本概念	(176)
6.1.1	通信网络系统的组成	(176)

6.1.2	基本概念	(178)
6.2	网络通信基础	(179)
6.2.1	计算机网络与局部网络	(179)
6.2.2	通信数据编码	(181)
6.2.3	传输介质	(183)
6.2.4	传输技术	(184)
6.2.5	网络拓扑结构	(187)
6.2.6	错误检测纠错及编码	(189)
6.3	DCS 中的控制网络标准和协议	(190)
6.3.1	DCS 中网络通信的特点	(191)
6.3.2	OSI 参考模型	(191)
6.3.3	其他网络标准	(194)
6.3.4	IEEE 通信协议	(197)
第 7 章	现场总线技术 (FCS)	(206)
7.1	现场总线概述	(206)
7.1.1	现场总线的定义	(206)
7.1.2	现场总线的发展现状与趋势	(207)
7.1.3	现场总线的技术特点	(208)
7.1.4	当前有影响的现场总线	(209)
7.1.5	现场总线控制系统的组成	(211)
7.2	基金会现场总线	(212)
7.2.1	基金会现场总线的核心技术	(212)
7.2.2	FF 的通信系统结构及其相互关系	(213)
7.2.3	基金会总线的物理层和网络连接	(218)
7.2.4	数据链路层	(221)
7.2.5	现场总线访问子层	(223)
7.2.6	现场总线报文规范子层	(225)
7.2.7	网络管理	(227)
7.2.8	系统管理	(228)
7.2.9	系统组态	(229)
7.3	Profibus 总线	(232)
7.3.1	概述	(232)
7.3.2	Profibus 基本特性	(233)
7.3.3	Profibus-DP	(238)
7.3.4	Profibus-PA	(241)

7.3.5	ProfiBus-FMS	(242)
7.4	ProfiBus 的总结	(243)
第 8 章	集散控制系统的可靠性	(244)
8.1	系统可靠性概述	(244)
8.1.1	可靠性技术发展	(244)
8.1.2	可靠性指标	(245)
8.2	提高可靠性的措施	(246)
8.2.1	可靠性的措施	(246)
8.2.2	可靠性设计	(247)
8.2.3	硬件的可靠性设计	(249)
8.2.4	软件的可靠性设计	(252)
8.3	冗余技术	(256)
8.3.1	硬件冗余	(256)
8.3.2	软件冗余	(257)
8.3.3	其他冗余方法	(259)
8.4	容错技术与故障安全	(260)
8.5	安全联锁系统	(261)
8.5.1	安全联锁系统概述	(261)
8.5.2	FSC 系统结构	(262)
8.5.3	FSC 系统工作原理	(266)
8.5.4	FSC 系统组态	(270)
8.5.5	FSC 的技术规格与功能	(272)
第 9 章	集散控制系统的工程化设计	(276)
9.1	概述	(276)
9.2	文字符号和功能图形符号	(278)
9.2.1	文字符号	(278)
9.2.2	功能图形符号	(281)
9.3	集散控制系统的工程设计	(288)
9.3.1	工程设计的基本程序和实施步骤	(288)
9.3.2	工程设计中的专业分工	(292)
9.3.3	集散控制系统工程设计中的若干问题	(294)
9.4	集散控制系统的安装、调试与维护	(296)
9.4.1	集散控制系统的安装	(296)
9.4.2	集散控制系统的调试	(297)
9.4.3	集散控制系统的故障诊断	(299)

9.4.4 集散控制系统的管理、维护及应用软件的再开发	(300)
9.5 集散控制系统的工程实施	(301)
第 10 章 集散控制系统的应用	(303)
10.1 PCS 7 在制浆造纸过程控制中的应用	(303)
10.2 西门子 PCS 7 过程控制系统在焙烧工艺中的应用	(307)
10.3 西门子 PCS 7 在新建 60 万吨纯碱中的应用	(311)
10.4 霍尼韦尔 PKS DCS 在离子膜烧碱中的应用	(316)
10.5 霍尼韦尔 PKS 控制系统在酒钢 21 000m ³ /h 制氧机中的应用	(319)
10.6 CS3000 在国产 70m ³ 制聚合釜 PVC 生产工艺中的应用	(323)
10.7 CENTUM CS3000 在硝酸装置中的应用	(330)
参考文献	(335)

第 1 章

概 述



1.1 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。集散控制系统是进行集中管理的, 而系统的体系结构是分布式的, 总体上是一种分布结构的控制系统。

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了广泛的应用。目前, 它作为新一代工业自动化过程控制设备, 在世界范围内已被广泛应用于各行各业。随着现代化工业的飞跃发展、生产规模的不断扩大、生产技术及工艺过程越来越复杂, 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流程工业的主流自动控制系统之一。在计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 或计算机集成过程系统 (Computer Integrated Process System, CIPS) 中, 集散控制系统将发挥其各方面的优势。

集散控制系统的显著特性是实现集中管理和分散控制。其实质是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。它是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术相互发展而综合产生的。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。我国引进了大量的不同型号集散控制系统, 应用的工业控制领域已遍及石油化工、冶金、炼油、建材、纺织、制药等各行各业。为了使集散控制系统获得更好的应用, 对其进行细致的学习、分析和研究, 了解集散控制系统的选择、设计 and 应用方法, 具有重要意义。



1.1.1 集散控制系统的发展历史

生产过程计算机控制系统的发展与计算机技术的发展密切相关。20 世纪 60 年代以前的计算机工业控制系统, 由于当时的计算机成本高, 系统功能不强, 可靠性差等原因, 工业过程计算机控制难以广泛地推广应用。当时的计算机主要用于工业过程数据的采集和分析, 与过程控制装置之间并没有任何物理上的连接。虽然实现了对控制器的设定值和执行器的位置值的计算功能, 可以对工业过程进行控制和调节, 但是经过运算后的值仍然是由操作员进行一定的操作后送给现场的执行机构。这一时期的计算机主要用于生产过程的管理。

20 世纪 60 年代, 随着工业生产过程的大规模化、复杂化和计算机技术的发展, 工业过程计算机控制系统也随之进一步完善。此时的工业过程计算机控制系统已经具备了控制系统的主要功能, 如数据采集、控制、远程通信, 集中显示操作等。但是, 一台计算机往往控制着几十个甚至几百个回路, 对几百个到上千个过程变量的集中显示及操作报警, 一旦工业控制计算机发生故障, 将导致生产过程的全面瘫痪; 而且, 由于生产装置的控制点和运算量庞大, 且各种功能要实时完成, 相应地使用单台计算机会造成其计算速度和内存容量不够, 导致计算机负荷过重, 使得计算效率和系统软件可靠性下降, 事故发生的危险性集中。如果采用双机或多机进行分担, 则需要解决交换数据和信息的困难, 同时使得维护工作量加大, 成本大幅提高, 而且仍然难以解决工业过程计算机控制带来的安全性和可靠性问题。

20 世纪 70 年代初期, 随着大规模集成电路技术、微处理器技术、控制技术、显示技术及通信技术等的进一步发展, 通过融合常规模拟仪表控制系统和计算机控制系统的优点, 1975 年第一套集散控制系统由美国 Honeywell (霍尼威尔) 公司推出, 命名为 TDC-2000。TDC-2000 按控制功能或区域将微处理器进行分散配置, 把集中的计算机控制系统分解为分散的控制站, 带微处理器的控制站可以控制几个、十几个、几十个回路。通过控制站的组合实现了控制功能的分散, 从而使危险分散。根据模拟仪表的操作习惯, TDC-2000 具有良好的人-机操作界面, 用于操作人员的操作监视。人-机接口采用两台或多台彩色屏幕显示器 (CRT) 进行监视、操作和管理, 使得显示操作集中, 极大地方便了操作人员的操作。TDC-2000 系统各个站 (结点) 通过完全双重化的数据高速通信网络相连, 使得过程数据能在各个站间高速共享。

TDC-2000 集散控制系统既解决了常规模拟仪表控制系统控制功能单一的局限性, 又解决了计算机控制系统危险性集中的问题; 同时, 该系统采用双重化通信网络与各控制站、CRT 操作站相连, 实现了集中显示、操作和管理, 有效地克服了常规仪表系统的人-机接口的缺点, 能够实现连续控制、批量控制、顺序控制、数据采集、先进过程控制等, 将生产过程控制、操作、管理有效地结合起来。

20 世纪 80 年代,随着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不断降低,给过程控制的发展提供了坚实的基础,使得过去难以实现的功能付诸于实施,推动着以微处理器为基础的过程控制设备和集散控制系统、可编程控制器、可编程调节器和过程变送器等同步更新发展。

这一时期的 DCS 呈现多种发展趋势,被视为第一代集散控制系统。以生产模拟电动仪表为主的仪表制造厂商沿着 Honeywell 的研究方向,在常规控制方面进行了深入的研究,形成了在常规控制方面见长的 DCS。生产继电器、开关等逻辑器件的厂商以本身技术为基础,生产了在逻辑控制方面有明显优势的 DCS。生产计算机、半导体和集成电路为主的厂商则在数据通信、计算机技术等方面进行了深入的研究,发挥它们在通信、显示、内存、运算速度、网络等方面的特长,并向 DCS 方向发展,形成了自己的特色。

当时 DCS 的产品类型有: Honeywell 公司的 TDC-2000; Taylor 公司的 MOD 300; 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,出现了第二代集散控制系统。它是在原来产品的基础上,进一步提高可靠性,扩展功能,新开发了多功能过程控制站、增强型操作站、光纤通信等。控制站和操作站均采用高性能微处理器,板级模块化,单元结构化;控制功能更加完善,它能实现过程控制、数据采集、顺序控制和批量控制等功能。在这个时期内,各制造厂商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,数据的传输速率也大大提高。典型的集散控制系统产品有 Honeywell 公司的 TDC-3000; Taylor 公司的 MOD 300; Bailey 公司的 NETWORK-90; 西屋公司的 WDPF; ABB 公司的 MASTER; LEEDS&NORTHROP 公司的 MAX1 等。

为了适应信息化发展的需要,开发更高层次的信息管理系统,出现了第三代集散控制系统。第三代集散控制系统产品可以实现开放式的系统通信,向上能与 MAP 和 Ethernet 接口,构成综合的企业管理系统;向下支持现场总线,使得过程控制中的智能变送器、本地控制器、操作站之间实现可靠的实时数字通信。控制站采用 32 位微处理器,控制功能更强,可以应用先进控制算法。操作站采用高档微计算机,增强的图形显示功能,采用多窗口技术和触摸屏,操作简单,操作响应速度快。而且,所采用的开放式通信体系使得各制造厂商的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先进的阶段。这一时期,各 DCS 的制造厂商纷纷推出了各自的第三代 DCS 产品,例如,美国 Foxboro 公司的 I/A S 系统;Honeywell 公司带有 UCN 网的 TDC-3000;横河公司的带有 SV-NET

网的 CENTUM-XL; LEEDS&NORTHROP 公司的 MAX1000; Bailey 公司的 INFO-90; 等等。

20 世纪 90 年代初, 随着对控制和管理要求的不断提高, 生产过程控制系统与信息管理系统紧密结合的、管控一体化的第四代集散控制系统出现。新一代的集散控制系统均采用标准模型和通信协议进行开发, 提高了数据高速公路的吞吐能力, 发展宽带光纤传输介质; 采用 RISC 工作站, 速度更快, 容量更大, 彩色 CRT 分辨率更高; 能够实现各种复杂控制策略和先进控制, 以及反馈控制、顺序控制和批量控制集于一体, 以适应离散和批量工业自动化的要求; 自整定和自适应控制器、故障诊断、过程优化、控制系统的计算机辅助设计等。同时, 一些优化控制软件和界面良好的管理软件也被移植到集散控制系统中。第四代集散控制系统的典型产品有 SIMATIC PCS7, Honeywell 公司的 TPS 控制系统, 横河公司的 CENTUM-CS 控制系统, Foxboro 公司的 I/A S 50/51 系列控制系统, ABB 公司的 Advant 系列 OCS 开放控制系统, 等等。集散控制系统的发展历史如表 1-1 所示。

表 1-1 集散控制系统的发展历史

发展阶段	年代	主要产品
第一代	1960~1970	Honeywell 的 TDC-2000; Taylor 的 MOD 300; Foxboro 的 SPECTRUM; 横河的 CENTUM; 西门子的 TELEPERM M; 肯特的 P4000
第二代	1980~1989	Honeywell 的 TDC-3000; Taylor 的 MOD300; Bailey 的 NETWORK-90; 西屋的 WDPF; ABB 的 MASTER; LEEDS&NORTHROP 的 MAX1
第三代	20 世纪 90 年代	Foxboro 的 I/A S 系统; Honeywell 带有 UCN 网的 TDC-3000; 横河的带有 SV-NET 网的 CENTUM-XL; LEEDS&NORTHROP 公司的 MAX1000; Bailey 的 INFO-90
第四代	现在	SIMATIC PCS7, Honeywell 的 TPS 控制系统, 横河的 CENTUM-CS 控制系统, Foxboro 的 I/A S 50/51 系列控制系统, ABB 的 Advant 系列 OCS 开放控制系统

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, 并发挥更大的作用。



1.1.2 集散控制系统的基本组成

集散控制系统的发展日新月异, 在短短的 30 年间已经发展到了第四代, 各公司的不同产品也是多种多样, 有的专门针对小型系统, 有的专门针对特种行业等。但是, 集散控制系统大多采用标准化、模块化的设计方式, 从它们的基本结构来看, 具有相同的特性, 都是由过程控制级、控制管理级和生产管理级所组成的一个以通信网络为桥梁的集中显示操作, 控制相对分散的多级计算机网络系统结构。所以, 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, 又要了解它们的共性。总体上

集散控制系统由四大基本部分组成。

(1) 分散过程控制装置

分散过程控制装置是由 I/O 接口组成的。I/O 接口包括数据输入/输出接口，主要分为模拟量和开关量两种。模拟量主要用来进行模拟信号和数字信号的转换。生产过程中的各种过程变量，如压力、温度、流量、液位等信号通过 A/D 转换器接入到集散控制系统中。各种控制输出信息，如调节阀、变频器输出等信号通过 D/A 转换器从集散控制系统传输到现场的各種执行机构。开关量主要用来进行各种开关信号的采集和控制，如变频器的启/停、阀门的开/关信号等。

(2) 控制器

控制器是集散控制系统的主要控制部件，它向下通过 I/O 接口与现场的各种仪表与设备相连接，向上利用通信网络与操作管理装置相连接。它按照各种调节规律完成过程控制中所需要的各种计算，如 PID 调节、顺序控制、采用控制、批量控制等。同时还对输入量与输出量进行软件滤波和各种处理运算。

(3) 人-机界面

集散控制系统的人-机界面是操作人员与集散控制系统之间的界面，主要是操作员站和工程师站。操作人员通过操作员站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。工程师站主要用来进行控制系统的组态和流程画面的绘制。

(4) 通信网络

集散控制系统的数据传输主要依赖于强有力的通信网络。通信网络连接集散控制系统的各个部分，完成数据、指令和其他信息的传递。通信系统应该具备高传输速率、低误码率、快速的实时响应能力，以及适应恶劣工业生产环境的能力。随着计算机技术和网络技术的不断发展，可通过标准的网络通信手段，与其他的过程控制系统、经营管理系统、生产调度系统互通信息，以完成更加复杂的功能。

集散控制系统基本结构如图 1-1 所示。

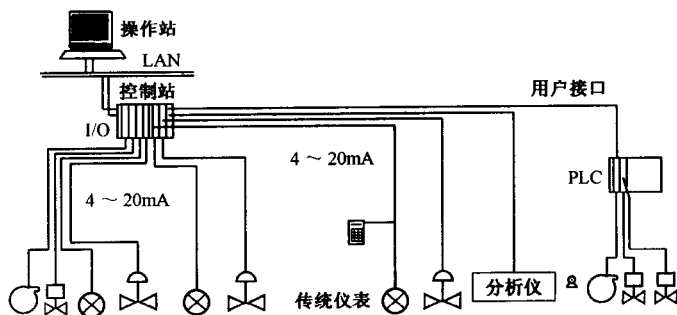


图1-1 集散控制系统基本结构



1.2 集散控制系统的特点

集散控制系统被广泛应用的原因是由于它具有各种优良的特性。与传统模拟电动仪表比较,它具有连接方便、采用软连接的连接方式容易更改、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,它具有操作管理监督方便、控制功能分散、危险分散、可靠性高等优点。因此,在工业自动化生产的各行各业、各个领域得到了广泛应用。

(1) 强大的控制功能

控制功能是集散控制系统的“心脏”。带微处理机的控制器根据生产过程的要求,可实现单回路、双回路甚至多回路的控制。控制算法也由最初的几十种达到现在的上千种,可以实现串级、前馈、解耦和自适应等先进控制,运算功能越来越强。

控制方式从早期只有连续控制的状况,已经发展到普遍具有逻辑控制、顺序控制和批量控制的功能。

连续控制指的是一般的常规控制,调节器的输出量随着现场仪表测量值的变化按照一定的控制算法而变化,输出信号不断改变,进而修正输入信号。连续控制算法一般有 PI、PID、微分先行的 PID、积分分离 PID、分程控制、模糊控制、带模型预估的控制算法、自适应控制、多变量解耦控制等常规及高级控制算法。

逻辑控制是由逻辑块来实现的。在集散控制系统中,逻辑运算包括 AND (与)、OR (或)、XOR (异或)、ON DELAY (进行延时)、OFF DELAY (停止延时)、PULSE (脉冲)等。逻辑控制可直接用于过程控制,进行工艺联锁,也可作为顺序控制中的功能模块,进行条件判断、状态变换等。顺序控制是根据生产要求,预先设定好一定的顺序或逻辑,分段执行各部分的信息处理。顺序控制的方法有顺序表法、程序语言方式和梯形图法 3 种。顺序表法是将设定的控制顺序按逻辑关系和执行时间的前后关系预先编成顺序记录,存储于文件中,然后逐项进行执行。程序语言方式是通过语言编程来实现顺序控制的,而这种语言是一种面向现场、面向过程的简单直观的控制语言。梯形图法是由继电器逻辑电路发展成的一种解释执行程序设计语言。它的书写方式简单,逻辑关系更加直观,实现起来也比较简单。

批量控制主要是用顺序程序把一些相关联的操作步骤连接起来,定义每一步操作的具体条件和要求,以得到生产所要求的产品。

(2) 友好的人-机接口

集散控制系统的人-机接口功能主要是由操作站来实现的。操作站除了可以显示测量值、设定值、趋势曲线、故障状态、控制输出值等数值外,还可以设置流程图画面、维护画面、报警画面等内容。操作人员通过操作站,可以监视现场装置的生产情况,