

超（超）临界机组自动化技术丛书

分散控制系统 及其应用

黄焕袍 潘钢 曲云 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

超（超）临界机组自动化技术丛书

分散控制系统 及其应用

黄焕袍 潘钢 曲云 编著

内 容 提 要

本书是《超(超)临界机组自动化技术丛书》分册之一。全书共分10章,第1章概论,介绍了分散控制系统的历史、现状及发展趋势,以及火电行业分散控制系统的特点与性质;第2章介绍了分散控制系统的体系结构及功能特点;第3章着重讲述了分散控制系统的过程控制子系统;第4章介绍了分散控制系统的网络通信子系统;第5章介绍分散控制系统的MMI子系统;第6章讲述了分散控制系统的的核心设计与配置;第7章介绍了分散控制系统的现场调试、运行维护与全寿命周期管理;第8章介绍了分散控制系统的仿真技术与仿真系统;第9章介绍了辅助车间分散控制系统;第10章介绍了分散控制系统的工程实践。

本书具有三大特点:一是针对性。主要面向火电行业的分散控制系统应用。二是实践性和实用性。注重工程实践,介绍工程实例。三是新颖性。跟踪DCS的最新发展,并介绍国产DCS的技术发展和应用。

本书适用于在电厂和电力设计院从事自动控制、热工热程自动化、热动力、集控运行、计算机等专业的科学研究与工程技术人员参考,也可作为高等院校相关专业师生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分散控制系统及其应用/黄焕袍,潘钢,曲云编著.北京:中国电力出版社,2012.11

(超(超)临界机组自动化技术丛书)

ISBN 978-7-5123-3764-0

I. ①分… II. ①黄…②潘…③曲… III. ①火电厂-分散控制系统 IV. ①TM621.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第279836号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年1月第一版 2013年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 12.5印张 306千字
印数0001—3000册 定价40.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编 委 会

主 任 朱永芾
副 主 任 钟鲁文 关晓春 潘 钢
委 员 邱忠昌 夏 明 陈 勇 周希平

主 编 潘 钢

副 主 编 叶 敏

主 审 夏 明

主要参编人员 (按姓氏拼音排序)

陈 峰 黄焕袍 李亚群 李岳峰 吕大军
田雨聪 万 晖 王苏华 王 疆 周海东
张 智 朱镜灵



序

我国富煤、贫油、少气的能源结构决定了现阶段及今后相当长一段时期，发电生产仍然是以燃煤火力发电为主的格局。因此，提高燃煤机组效率，降低污染物排放量是火力发电技术的必然发展趋势。

改革开放以来，随着国民经济快速发展，我国电力行业也进入了历史性的高速发展时期，尤其是2002年电力体制改革之后，电力装机容量在不到十年的时间内实现了从5亿到10亿kW的历史性突破。陆续建设投产了一批高效节能、清洁燃烧的超（超）临界发电机组，“十一五”期间，我国火电供电煤耗降到333g标准煤/kWh，接近国际先进水平330g标准煤/kWh。

近年来，中国国电集团公司着力以发展新能源引领企业转型升级，以建设创新型企业推动发展方式转变，不断寻求传统电力能源企业的新突破。调整火电结构、加强传统能源高效清洁利用、有机延伸发电产业链、大力发展相关产业，已成为中国国电集团公司转变发展方式、调整产业结构的重要举措。

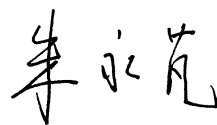
科技产业是中国国电集团公司的优势和特色。集团公司组建时，继承了原国家电力公司的一批科技企业，经过几年悉心培育，自主创新能力不断增强，科技创新体系更加完善，在新能源、节能、环保、自动化和信息化等高端装备制造领域已达到世界先进水平，成为集团公司的核心竞争优势和转型发展的重要支撑。

随着火电机组装机容量的增大，生产过程越来越复杂，经济环保运行要求越来越高，火电厂自动化控制系统已经成为大型火力发电机组的核心技术和重要装备之一。火电厂自动化控制系统技术发展快、难度大，长期以来一直被国外著名厂商垄断。近年来，通过国内相关企业和科研单位持续不懈的努力，在重大技术装备高端自动化领域取得了重大突破。其中，北京国电智深控制技术有限公司在国家发改委、科技部、能源局、工信部等国家部委，以及中国国电集团公司和国家电网公司等单位的大力支持下，通过实施国家发改委产业化专项、科技部863计划重点项目等一批国家级项目，以及中国国电集团公司、国家电网公司科技创新项目，在国内

率先完成了大型自动化成套控制系统在 600MW 亚临界空冷机组、600MW 超临界机组和 1000MW 超超临界机组等的首台套应用，并成功实现了产业化推广，自主研发的自动化控制系统技术达到国际领先水平，大大促进了行业的技术进步。

在多年积累的自动化控制领域科研开发和工程实践的经验基础上，北京国电智深控制技术有限公司组织编写了《超（超）临界机组自动化技术丛书》，对该专业的技术发展和所取得的应用成果进行了系统和深入的总结。相信会对我国自动化技术的发展以及大型火力发电机组的优化运行和节能增效起到积极推动作用。

衷心期望北京国电智深控制技术有限公司能够继续发扬自主创新、勇攀高峰的精神，不断取得更加辉煌的成绩，更好地服务于中国电力事业。

Handwritten signature in black ink, reading '朱永康' (Zhu Yongkang).

二〇一二年十二月

前 言



分散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 是 20 世纪 70 年代以来, 在工业过程自动化领域取得的最大成就, 它在火电厂的应用奠定了火电厂现代化和自动化的基础, 也是建设数字化电厂的关键。火电行业是 DCS 的最大用户。随着火电行业装备技术的发展, 尤其是大容量、高参数、工况复杂的超(超)临界火电机组发电技术装备的发展和应用, 带动 DCS 向高可靠性、高性能、高适用性方向发展。

作为重大技术装备的神经中枢, 自动化控制系统对电力、冶金、石化等重大装备的安全、可靠、高效运行起着至关重要的作用, 被形象地喻为重大装备的“大脑”。而 DCS 又是工业领域重大技术装备中应用最为普遍的控制系統。

由于煤炭在一次能源中的基础性地位, 决定了在过去、现在以及将来相当长的时期内火力发电在整个电力工业中的主体地位。DCS 在火电机组中的地位和作用越来越重要, 与锅炉、汽轮机、发电机一样, 也是火电机组的重大技术装备, 同时又是整个机组的“大脑”。

随着计算机软硬件技术、信息技术、网络通信技术、先进控制理论与控制算法的不断发展, 近些年来, DCS 技术也取得了长足的进步, 火电机组 DCS 的功能在很大程度上得到增强和延伸。

为了深入贯彻落实科学发展观和《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》, 鼓励自主创新, 推动国产 DCS 尽快在电力行业大型火电机组上推广使用, 我国已将火电机组重大工程自动化控制系统列为国家振兴装备制造业的重点之一。国产 DCS 技术将会得到全面发展, 并将在火电行业得到更为广泛的应用。

本书在对分散控制系统的体系结构、基本原理、基本功能、技术发展等作基础性介绍后, 结合作者多年从事火电行业 DCS 工程设计、调试的经验和体会, 着重介绍火电机组 DCS 的技术特点、工程应用, 同时还介绍了基于虚拟技术的火电机组 DCS 仿真等新内容, 具有较强的实践性、实用性、针对性和新颖性。

全书共分 10 章, 第 1 章概论部分介绍了分散控制系统的历史、现状及发展趋势, 以及火电行业分散控制系统的特点与性质; 第 2 章介绍了分散控制系统的体系结构及功能特点; 第 3 章着重讲述了分散控制系统的过程控制子系统; 第 4 章介绍了分散控制系统的网络通信子系统; 第 5 章介绍分散控制系统的 MMI 子系统; 第 6 章讲述了分散控制系统的安全设计与配置; 第 7 章介绍了分散控制系统的现场调试、运行维护与全寿命周期管理; 第 8 章介绍了分散控制系统的仿真技术与仿真系统; 第 9 章介绍了火电机组辅助车间分散控制系统; 第 10 章介绍了分散控制系统的工程实践。第 1 章~第 4 章、第 6 章~第 8 章、第 10 章由黄焕袍编写, 第 9 章由潘钢编写, 徐萌提供部分数据资料, 第 5 章由曲云编写。全书由黄焕袍统稿。

本书适合于火电行业热工过程自动化、集控运行、自动控制、计算机等专业的科学研究与工程技术人员工作时参考，也可作为高等院校相关专业的学习参考书。

限于作者水平，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评、指正。

编者

2012年10月



目 录

序
前言

第 1 章 概论	1
1.1 DCS 的发展	1
1.2 DCS 在我国火电行业的应用	7
1.3 DCS 的发展趋势	9
第 2 章 分散控制系统的体系结构及功能特点	11
2.1 DCS 的体系结构	11
2.1.1 网络通信子系统	12
2.1.2 过程控制子系统	12
2.1.3 人机接口 (HMI) 子系统	13
2.2 DCS 的特点	13
2.3 DCS 的功能与任务	15
2.4 主流 DCS 及其体系结构	17
2.4.1 国电智深的 EDPF-NT PLUS 系统	17
2.4.2 ABB 的 Symphony 系统	19
2.4.3 Emerson 的 Ovation 系统	20
2.4.4 西门子的 TELEPERM XP 系统	21
第 3 章 分散控制系统的过程控制子系统	23
3.1 概述	23
3.2 过程控制子系统的硬件组成	23
3.2.1 机柜	23
3.2.2 DCS 电源系统	24
3.2.3 控制器	25
3.2.4 输入/输出 (I/O) 模件	26
3.2.5 通信接口	33
3.2.6 端子板	33

3.2.7	DCS 与可编程控制器 (PLC) 的连接	33
3.3	过程控制子系统的软件功能	34
3.3.1	过程控制子系统的软件结构	34
3.3.2	过程控制子系统的软件算法功能模块	34
3.4	EDPF-NT PLUS 系统过程控制子系统介绍	52
第 4 章	分散控制系统的网络通信子系统	57
4.1	网络通信基础知识	57
4.1.1	数据通信技术	57
4.1.2	通信网络的拓扑结构和网络协议	64
4.1.3	局域网	69
4.1.4	TCP/IP 协议簇	76
4.2	DCS 的网络技术	81
4.2.1	DCS 的网络技术	81
4.2.2	DCS 的网络结构	82
第 5 章	分散控制系统的 MMI 子系统	85
5.1	概述	85
5.2	MMI 系统的硬件组成	86
5.3	MMI 系统的软件组成及功能	88
5.4	工程组态工具	92
5.5	火电机组 DCS 监控画面结构与操作	92
第 6 章	分散控制系统的安全设计与配置	110
6.1	概述	110
6.2	DCS 的安全设计与配置	110
6.2.1	冗余设计	110
6.2.2	安全控制器	111
6.2.3	实时数据服务器结构选择与配置	112
6.2.4	公用系统设计要求	112
6.2.5	DCS 对电气控制的范围	112
6.2.6	DEH 硬件要求	112
6.2.7	ETS 硬件选择与设计	113
6.2.8	DCS 与 SIS (MIS)、仿真系统的数据传送	113
6.2.9	工程师站、操作员站、历史站的宽电源适应范围和电源供电保障 措施	113
6.2.10	DCS 时钟	113
6.2.11	DCS 响应时间	113
6.2.12	I/O 和控制器分配	113

6.2.13	热工保护和报警	115
6.2.14	硬接线设计和后备监控设备	117
6.2.15	电源、接线和抗干扰措施	119
6.2.16	I/O 信号安全配置	121
6.2.17	信号输出保护	122
6.3	分散控制系统的性能测试、维护与故障对策	122
6.3.1	DCS 的性能测试	122
6.3.2	DCS 的在线诊断功能	123
6.3.3	DCS 的安全维护管理措施和故障处理	123
第 7 章	分散控制系统的现场调试、运行维护与全寿命周期管理	125
7.1	DCS 的现场调试	125
7.1.1	DCS 现场安装调试的条件和工作内容	125
7.1.2	DCS 设备现场开箱验收	125
7.1.3	DCS 设备安装就位、连接、集成和初次加电测试	126
7.1.4	I/O 接线 (安装单位完成)	127
7.1.5	现场调试	128
7.2	DCS 的运行维护与全寿命周期管理	132
7.2.1	DCS 的现场维护	132
7.2.2	DCS 的系统升级和优化	134
7.2.3	DCS 的备品备件	134
7.2.4	DCS 的主动预防性维护	135
第 8 章	分散控制系统的仿真技术与仿真系统	136
8.1	引言	136
8.2	电厂仿真技术的发展	137
8.3	电厂 DCS 仿真系统的建模技术	139
8.4	电厂 DCS 仿真系统的支撑平台	140
8.5	电厂 DCS 仿真系统的功能	141
8.6	基于 EDPF-NT PLUS 虚拟 DCS 的电厂仿真系统 EDPF-SU 介绍	142
8.7	仿真机与外部互联技术	143
第 9 章	火电机组辅助车间分散控制系统	145
9.1	火电机组辅助车间的功能和作用	145
9.1.1	水和水处理系统	145
9.1.2	输煤系统	147
9.1.3	除灰除渣系统	147
9.1.4	脱硫系统和脱硝系统	148
9.2	火电机组辅控 DCS 的组成和配置	151

9.2.1	概述	151
9.2.2	水务系统 DCS 配置	151
9.2.3	输煤系统 DCS 配置	152
9.2.4	除灰系统 DCS 配置	152
9.2.5	脱硫系统 DCS 配置	153
9.2.6	脱硝系统 DCS 配置	154
9.2.7	火电机组辅助车间 DCS 一体化控制方案	155
第 10 章	分散控制系统的工程实践	158
10.1	DCS 工程项目执行流程——设计、组态、调试	158
10.1.1	项目策划阶段	159
10.1.2	设计联络会	159
10.1.3	DCS 设备生产制造、采购、集成	160
10.1.4	DCS 工程设计、组态	161
10.1.5	DCS 功能配置、管理、测试	162
10.1.6	DCS 的 I/O 测试	162
10.1.7	DCS 出厂验收、发货	163
10.1.8	DCS 现场服务	163
10.1.9	DCS 质保期服务	164
10.2	DCS 应用实例	164
10.2.1	某电厂 2×600MW 超临界机组主辅控一体化 EDPF-NT PLUS DCS	164
10.2.2	某电厂 2×1000MW 超超临界机组 DCS	170
附录	大型火电机组分散控制系统出厂验收测试 (FAT) 大纲	176
参考文献		190

第 1 章

概 论

1.1 DCS 的发展

分散控制系统的主要基础功能是实现生产过程的自动控制。自动控制的观念是人类在长期进行生产活动过程中随着生产活动的发展和要求产生的。自动控制 (Automatic Control) 是相对人工控制概念而言的, 是指在没有人直接参与的情况下, 利用外加的设备或装置, 使机器、设备或生产过程的某个工作状态或参数自动地按照预定的规律运行。

自动控制技术的研究和应用使人类从复杂、危险、烦琐的劳动环境中解放出来并大大提高生产效率。自动控制是工程科学的一个分支, 涉及利用反馈原理的对动态系统的自动影响, 以使得输出值接近我们想要的值。从方法的角度看, 它以数学的系统理论为基础。

自动控制装置领域的发展大体上经历了四个阶段。

第一阶段: 20 世纪 50 年代的气动仪表时代。此阶段出现的过程控制装置是基于 5~13psi 气动信号标准的气动控制系统 (Pneumatic Control System, PCS), 生产过程规模较小, 所用的仪表与控制系统都比较简单且粗笨, 控制系统为就地式的简单控制装置, 尚未有控制室的概念。

第二阶段: 20 世纪 60—70 年代的电动单元组合模拟控制仪表时代。随着生产规模的不断扩大, 以及半导体技术的开发应用, 工业生产过程要求集中操作与控制。自动仪表开始使用电动仪表, 电子管由晶体管所代替, 开发出以半导体分立元件制造成的电动 II 型仪表, 统一标准信号为 0~10mA。采用中央仪表控制室对工业生产过程进行操作、监视与控制, 同时, 计算机开始在工业生产过程控制中应用, 代替常规的模拟 PID 控制器, 实现所谓的直接数字控制 (DDC)。进入 20 世纪 70 年代, 由于半导体技术的迅速发展, 集成电路和微处理器的工业化生产, 很快开发出电动 III 型仪表, 统一标准信号为 4~20mA, 使得电动仪表功能更强、更可靠。这一阶段开始有了控制室的设立。

第三阶段: 集中式计算机控制系统时代。但随着工业的发展, 曾一度在过程工业控制领域中占有主导地位的模拟电动仪表控制系统面临难于解决的控制问题, 主要表现在:

(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, 造成操作人员对过程的监视和操作的工作量越来越繁重, 要求也越来越高。

(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) 由于设备大型化、工艺流程连续性要求高、要控制的工艺参数增多, 而且条件苛刻, 要求显示操作集中等; 同时生产过程已经成为一个各部分相互关联的有机整体, 全厂、

各车间和工段级的控制和操作具有一定的相互关联性，集中和综合的操作和监督要求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，这导致已经普及的电动单元组合仪表不能完全满足要求。

随着计算机技术的发展，计算机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。因此，出现了集中式计算机控制系统（Concentrative Computer Control System, CCCS）。系统的信号传输系统依然是大部分沿用 4~20mA 的模拟信号。采用的是直接数字控制（Direct Digital Control, DDC）或监督计算机控制（Supervisory Computer Control, SCC）。由于当时的计算机造价很高，所以常常用一台计算机控制全厂所有的生产过程。集中式计算机控制系统的主要特征是控制任务的集中。

第四阶段：分散控制系统时代。由于集中式计算机控制系统受当时硬件水平的限制，计算机的可靠性比较低，控制的集中导致失控的危险也集中了，一旦计算机发生故障，全厂的生产就陷入瘫痪，因此，这种大规模集中式的直接数字控制系统的尝试基本上宣告失败。如何把因计算机的故障造成的危害减小，使危险分散，解决可靠性方面的问题成为应用计算机控制系统首要解决的问题。同时人们也认识到，直接数字控制系统确有许多模拟控制系统无法比拟的优点，只要解决了系统的可靠性问题，计算机用于闭环控制是大有希望的。基于这种形势，集中式计算机控制系统很快被发展成分散型（或称分布式）控制系统（DCS），成为第四阶段过程控制装置。

分散控制系统的英文名称为 Distributed Control System (DCS)，“Distributed”的中文含义就是分布式的或分散型的。分散控制系统的显著特征是分散（分布）控制和集中监视操作管理，因此国内也常将其称为集散控制系统。

分散控制系统是相对于集中式控制系统而言的一种新型计算机控制系统，它是在集中式控制系统的基础上发展、演变而来的。在系统基本功能方面，DCS 和集中式控制系统的区别不大，但在系统功能的实现方法上却完全不同。它的主要特点是整个控制系统不再是仅仅具有一台控制计算机（控制器），而是由多台控制计算机（控制器）和一些智能仪表、智能部件、I/O 模块等构成多个控制子系统，从而实现了分散控制；DCS 的控制对象范围和控制规模比集中式计算机控制系统的要广得多。

分散控制系统的发展大致可以分为四个阶段。

(1) 20 世纪 70 年代中叶到 70 年代末，这一时期是 DCS 的诞生和初创期。计算机技术（Computer）、控制技术（Control）、通信技术（Communication）和显示技术（CRT）的出现和发展奠定了 DCS 诞生的基础。美国 HONEYWELL 公司经过多年的研制开发，于 1975 年首先推出型号为 TDC-2000 的分散控制系统，标志着第一代 DCS 系统的诞生，TDC-2000 是第一代 DCS 系统的典型代表。

TDC-2000 的推出，为其他厂商指明了方向。各类型厂商结合自身技术优势从不同方向介入 DCS 的研发和生产。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，形成在常规控制方面见长的 DCS。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，它们在逻辑控制方面有明显的优势。以生产计算机、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，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，产品还是分散控制系统的雏形。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 DCS 的基本特点，即集中管理、分散控制。

第一代 DCS 的产品有：美国 HONEYWELL 公司的 TDC-2000，TAYLOR 公司的 MOD3，美国 FOXBORO 公司的 SPECTRUM，日本横河公司的 CENTUM，德国 H&B 公司的 Controlnic 3，肯特公司的 P4000 等。

(2) 进入 20 世纪 80 年代后，DCS 的发展进入了第二个发展阶段。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，分散控制系统也得到了飞速的发展。一个明显的变化是出现了第二代分散控制系统，其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；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。另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。在第二代分散控制系统中，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。但是，各制造厂的通信系统各自为政，在不同制造厂分散控制系统间通信存在一定的困难。在这个时期内，各制造厂的分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，人们对分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的能力。这个时期典型的分散控制系统产品有 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，西门子公司的 TELEPERM-Me，美国利诺 (LEEDS & NORTHROP, L&N) 公司的 MAX1000 (PLUS) 等。

(3) 进入 20 世纪 90 年代后，分散控制系统的发展到了第三阶段。以美国 FOXBORO 公司推出的 I/A's 系统为标志，它的主要改变是在局域网络方面，I/A's 系统采用了 10Mbit/s 的宽带网与 5Mbit/s 的载带网，符合国际标准化组织 (ISO) 的开放系统 (OSI) 互联的参考模型。因此，在符合开放系统标准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，从而使分散控制系统进入了更高的阶段。这一时期其他 DCS 的制造厂也纷纷推出了各自的第三代 DCS 产品，如 HONEYWELL 的公司带有 UCN 网的 TDC-3000，西屋公司的 WDPF II，西门子公司的 TELEPERM XP，BAILEY 公司的 INFI-90，美卓 (Metso, 原 L&N) 公司的 maxDNA 等。

从第三代分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，克服了第二代分散控制系统在应用过程中出现的自动化孤岛等困境。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，而增加了应用现代控制理论的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。

到 20 世纪 90 年代末，DCS 已基本全面取代常规仪表控制和集中式计算机监控系统，完成了新一轮自动控制技术革命。DCS 从诞生走到成熟，确立了自己在工业过程控制领域技术主导和实用的地位。DCS 从诞生到 90 年代末 20 多年间，被广泛应用于电力、冶金、石化等重工业领域，是这些工业领域新建和改造生产过程自动控制系统的主要选择。

然而,也就在这一时期,由于DCS技术的成熟,制造、调试和服务的能力门槛降低,进入DCS制造业的公司林立,开始出现生产能力的相对过剩,市场对DCS的需求放缓,导致DCS价格开始逐渐下降。在严酷的市场竞争环境中,一些有集团公司背景的DCS厂商依托集团行业背景进行市场细分以期赢得市场优势,ABB、西屋、西门子等公司的DCS系统在各自旗下电力设备制造公司的支持下在电力行业逐步胜出。而一些独立DCS厂商则选择了放弃,原来独立活跃于分散控制系统国际技术舞台的著名公司如BAILEY公司被ABB并购。进入21世纪,DCS并购和技术重组浪潮更是一浪高过一浪,继BAILEY被ABB并购之后,西屋过程控制公司和FOXBORO等,分别重组到EMERSON和INVENSYS等集团。这些集团很大的主要业务是传统的自动控制部件的生产制造,如传感器、执行机构和阀门。可以说,虽然BAILEY、西屋和FOXBORO的技术实体还存在,其独立的品牌已经消亡了。如BAILEY和ABB,曾推出N90、INFI、MOD300及KENT等著名的集散型控制系统,在国际上还有众多的系统在使用,以往是激烈的竞争对手,后来却成了一家。

(4)到了20世纪末21世纪初,DCS的发展进入了第四阶段。受信息技术(网络通信技术、计算机硬件技术、嵌入式系统技术、现场总线技术、各种组态软件技术、数据库技术等)发展的推动,以及用户对先进的控制功能与管理功能需求的增加,各DCS厂商(以HONEYWELL、EMERSON、FOXBORO、横河、ABB为代表)纷纷提升DCS的技术水平,并不断丰富其内容。DCS发展到了以信息化和集成化为新特征的第四代。其主要产品有HONEYWELL公司的EXPERION PKS(过程知识系统)、EMERSON公司的Ovation(原西屋)、FOXBORO公司的A²、横河公司的R3(PRM——工厂资源管理系统)、ABB公司的Industrial IT Symphony系统以及西门子基于PCS7技术的SPPA-T3000。

第四代DCS的信息化特征体现在各DCS已经不是一个以控制功能为主的控制系统,而是一个充分发挥信息管理功能的综合平台系统。DCS提供了从现场到设备、从设备到车间、从车间到工厂、从工厂到企业集团整个信息通道。这些信息充分体现了全面性、准确性、实时性和系统性。

第四代DCS的集成性则体现在两个方面:功能的集成和产品的集成。过去的DCS厂商基本上是以自主开发为主,提供的系统也是自己的系统。当今的DCS厂商更强调的是系统集成性和方案能力,DCS中除保留传统DCS所实现的过程控制功能之外,还集成了PLC(可编程逻辑控制器)、FCS、各种多回路调节器、各种智能采集或控制单元等。此外,各DCS厂商不再把开发组态软件或制造各种硬件单元视为核心技术,而是纷纷把DCS的非核心组成部分采用第三方集成方式或OEM方式实现。例如,多数DCS厂商自己不再开发组态软件平台,而转入采用兄弟公司(如FOXBORO用Wonderware软件为基础)的通用组态软件平台,或其他公司提供的软件平台(EMERSON公司用Intellution的软件平台做基础)。此外,许多DCS厂家甚至I/O组件也采用OEM方式(FOXBORO采用Eurothem的I/O模块、横河的R3采用富士电机的Process I/O作为I/O单元基础、HONEYWELL公司的PKS系统则采用罗克韦尔公司的PLC单元作为现场控制站)。

第四代DCS的体系结构主要分为四层结构:现场仪表层、控制装置单元层、工厂(车间)层和企业管理层。一般DCS厂商主要提供除企业管理层之外的三层功能,而企业管理层则通过提供开放的数据库接口,连接第三方的管理软件平台(ERP、CRM、SCM等)。所以说,当

今 DCS 主要提供工厂（车间）级的所有控制和管理功能，并集成全企业的信息管理功能。

过去 DCS 和 PLC 主要通过被控对象的特点（过程控制和逻辑控制）来进行划分。但是，第四代的 DCS 已经将这种划分模糊化了。几乎所有的第四代 DCS 都包容了过程控制、逻辑控制和批处理控制，实现混合控制。这也是为了适应用户的真正控制需求。因为多数的工业企业绝不能简单地划分为单一的过程控制和逻辑控制需求，而是由过程控制为主或逻辑控制为主的分过程组成的。要实现整个生产过程的优化，提高整个工厂的效率，就必须把整个生产过程纳入统一的分布式集成信息系统。例如，典型的冶金系统、造纸过程、水泥生产过程、制药生产过程和食品加工过程、发电过程，大部分的化工生产过程都是由部分的连续调节控制和部分的逻辑连锁控制构成。

第四代的 DCS 几乎全部采用 IEC61131-3 标准进行组态软件设计。该标准原为 PLC 语言设计提供的标准。同时一些 DCS（如 HONEYWELL 公司的 PKS）还直接采用成熟的 PLC 作为控制站。多数的第四代 DCS 都可以集成中小型 PLC 作为底层控制单元。今天的小型 and 微型 PLC 不仅具备了过去大型 PLC 的所有基本逻辑运算功能，而且能实现高级运算、通信以及运动控制。

DCS 包含 FCS 功能并进一步分散化。过去一段时间，一些学者和厂商把 DCS 和 FCS 对立起来。其实，真正推动 FCS 进步的仍然是世界主要几家 DCS 厂商。所以，DCS 不会被 FCS 所代替，而是 DCS 会包容 FCS，实现真正的 DCS。如今，这一预测正在被现实所验证。所有的第四代 DCS 都包含了各种形式的现场总线接口，可以支持多种标准的现场总线仪表、执行机构等。此外，各 DCS 还改变了原来机柜架式安装 I/O 模块、相对集中的控制站结构，取而代之的是进一步分散的 I/O 模块（导轨安装），或小型化的 I/O 组件（可以现场安装）或中小型的 PLC。

分布式控制的一个重要优点是逻辑分割，工程师可以方便地把不同设备的控制功能按设备分配到不同的合适控制单元上，这样操作工可以根据需要对单个控制单元进行模块化的功能修改、下装和调试。另一个优点是各个控制单元分布安装在被控设备附近，既节省电缆，又可以提高该设备的控制速度。一些 DCS 还包括分布式 HMI 就地操作站，人和机器将有机地融合在一起，共同完成一个智能化工厂的各种操作。例如 EMERSON 的 DeltaV、FOXBORO 的 A2 中的小模块结构，EMERSON 的 Ovation 的分散模块结构等。

可以说，现在的 DCS 厂商已经越过炒作概念的误区，而是突出实用性。一套 DCS 可以适应多种现场安装模式：或用现场总线智能仪表，或采用现场 I/O 智能模块就地安装（既节省信号电缆，又不用昂贵的智能仪表），或采用柜式集中安装（特别适合改造现场）。一切由用户的现场条件决定，充分体现为用户着想的经营理念。

DCS 进入低成本时代。DCS 在 20 世纪 80 年代甚至 90 年代还是技术含量高、应用相对复杂、价格也相当昂贵的工业控制系统。随着应用的普及，DCS 已经走出高贵的神秘塔，变成大家熟悉的、价格合理的常规控制产品。

第四代 DCS 的另一个显著特征就是各系统纷纷采用现成的软件技术和硬件（I/O 处理）技术，采用灵活的规模配置，明显地降低了系统的成本与价格。可以说，现在采用先进的 DCS 实现工业自动化控制比原来采用常规的仪器仪表进行简单控制，用户投资增加不多，但是实现的功能却明显加强。就控制站而言，原来一个物理信号处理平均 1500 元（人民