

火电机组控制工程应用技术丛书

FENSAN KONGZHI XITONG JIQI YINGYONG

分散控制系统 及其应用

黄焕袍 曲云 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

1.6

0461

火电机组控制工程应用技术丛书

FENSAN KONGZHI XITONG JIQI YINGYONG

分散控制系统 及其应用

黄焕袍 曲云 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是《火电机组控制工程应用技术丛书》之一。全书共分9章,第1章绪论,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章介绍了火电机组DCS的体系结构及功能特点;第3章着重讲述了火电机组分散控制系统的过程控制子系统;第4章介绍了火电机组分散控制系统的网络通信系统;第5章介绍火电机组分散控制系统的MMI子系统;第6章讲述了火电机组分散控制系统的安全设计与配置;第7章介绍了大型火电机组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章介绍了火电机组分散控制系统仿真系统;第9章介绍了大型火电机组分散控制系统的工程实践与应用实例。

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(Distributed Control System, DCS)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、热工过程自动化、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,曲云编著. —北京:中国电力出版社,2009
(火电机组控制工程应用技术丛书)

ISBN 978-7-5083-9214-1

I. 分… II. ①黄…②曲… III. 火力发电-发电机-机组-控制系统
IV. TM621.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第128864号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年1月第一版 2010年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 11.75印张 282千字
印数0001—3000册 定价28.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

序

我非常欣喜地看到由中国电力出版社组织的《火电机组控制工程应用技术丛书》即将出版。

这套技术丛书几乎涵盖了现代火电机组控制系统理论和工程应用的各个领域，具有以下特色：

1. 知识新，软、硬件知识相结合

丛书的内容涵盖大多数控制技术领域，并在相应的领域都体现了现代火电机组控制系统的最新技术。其中，《模拟量控制技术及其应用》、《开关量控制技术及其应用》、《可编程序控制器及其应用》和《变频技术及其应用》详细叙述了火电机组控制系统中最新的控制设备、技术和控制策略的理论及其工程应用；《分散控制系统及其应用》、《现场总线控制系统及其应用》和《智能控制系统及其应用》介绍了关于现代控制系统的最新软件和硬件技术，全面介绍了分散控制系统、现场总线控制系统和智能控制的最新理论和应用发展。

2. 技术实用，具有很高的实用价值

《分散控制系统及其应用》、《现场总线控制系统及其应用》和《智能控制系统及其应用》的作者都是在电力系统具有丰富工程、教育实践和雄厚理论知识的专家，作者们对火电机组安全生产和电力行业技术标准的深刻理解，具有丰富的现场工作经验和坚实的控制理论基础，这些都为丛书的高质量出版提供了有力的保障。

《分散控制系统及其应用》和《现场总线控制系统及其应用》详细地分析了分散控制系统和现场总线控制系统的硬件构成和功能模块的设计、网络通信系统和各种接口的技术标准、软件组态等。国内外分散控制系统（DCS）在我国火电机组中得到了广泛应用，现场总线控制系统（FCS）正在我国火电机组中推广应用，这两本书的出版对于提高分散控制系统（DCS）和现场总线控制系统的国产化技术水平具有重要实用价值。

《智能控制系统及其应用》详细地介绍了人工智能控制的最新理论和应用成果，内容涉及神经网络控制系统、专家系统、模糊逻辑推理控制系统和预测控制系统。该书理论翔实，论述清晰。这些先进的人工智能控制技术在火电机组中的推广应用，将改进传统的PID控制器的不足，提高火电机组过程控制的品质。

3. 目标明确，针对性强

确保生产安全，提高火电机组的生产效益、节能减排、保护环境是我国电力系统广大员

工和火电机组运行过程追求的目标，也是《火电机组控制工程应用技术丛书》出版的目的。先进的控制系统（硬件）——分散控制系统、现场总线控制系统、可编程序控制器（PLC）和变频技术加上先进的控制技术和控制策略（软件）——火电机组的模拟量控制策略组态、开关量控制策略组态和智能控制策略的应用，在本套书中都得到了充分的体现，达到完美的统一，实现了丛书的编写目的。

4. 可读性强，深入浅出，易于掌握

《模拟量控制技术及其应用》、《开关量控制技术及其应用》、《可编程序控制器及其应用》和《变频技术及其应用》详细分析了火电机组的机炉协调控制系统、给水系统、燃烧控制系统等热控系统，汽轮机（DEH）控制系统和发电机控制系统的模拟量和开关量系统的控制策略组态和变频技术在火电机组控制系统方面的应用成果，特别是对每个控制系统的故障处理（包括机组设备退出运行）、系统的生产安全保护知识的介绍，反映了丛书作者深谙火电机组的生产过程，并对火电机组的控制技术有很强的控制能力。丛书内容安排由浅入深，将技术知识体现为简单易懂的语言，让读者容易理解和接受，达到提高应用水平的目的。

我国的火电机组正在向大容量、高参数方向发展。科学技术是第一生产力。技术更新、生产力发展，技术和生产力互为依托，相互促进。我们有理由相信由中国电力出版社策划并即将出版的《火电机组控制工程应用技术丛书》，对于提高我国的火电机组控制系统和控制技术的先进性，提高从业人员的技术水平，促进我国电力事业的科学发展具有重要的推动作用和实用价值。

开平安

二〇〇九年三月廿六日



前 言

DCS 技术是 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运用,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”。而分散控制系统(Distributed Control System, DCS)又是工业领域重大技术装备中应用最为普遍的控制系

统。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,和锅炉、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 技术也得到了长足的进步,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 9 章,第 1 章绪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;第 3 章着重讲述了火电机组分散控制系统的过程控制子系统;第 4 章介绍了火电机组分散控制系统的网络通信子系统;第 5 章介绍火电机组分散控制系统的 MMI 子系统;第 6 章讲述了火电机组分散控制系统的安全设计要求与配置;第 7 章介绍了大型火电机组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 章介绍了火电机组分散控制系统仿真系统;第 9 章介绍了大型火电机组分散控制系统的工程实践与应用实例。第 1 章~第 4 章,第 6 章~第 9 章

由黄焕袍编写，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，书中难免有不少缺点和错误，恳请读者批评、指正。

编者

2009年10月

目 录

序
前言

第 1 章 绪论	1
1.1 分散控制系统的发展	1
1.2 DCS 在我国火电行业的应用	6
1.3 DCS 的发展趋势	9
第 2 章 火电机组 DCS 的体系结构及功能特点	11
2.1 火电机组 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	12
2.2 火电机组 DCS 的特点	13
2.3 火电机组 DCS 的功能与任务	15
2.4 用于火电机组控制的主流 DCS 及其体系结构	17
2.4.1 国电智深的 EDPF-NT 系统	17
2.4.2 ABB 的 Symphony 系统	19
2.4.3 Ovation 系统	20
2.4.4 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 系统过程控制子系统介绍	52

第 4 章 DCS 的网络通信系统	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 大型火电机组 DCS 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 大型火电机组分散控制系统安全设计与配置	110
6.1 概述	110
6.2 大型火电机组分散控制系统的安全设计与配置	110
6.2.0 提高 DCS 硬件可靠性的措施	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	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	112
6.2.7 ETS	112
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	114
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 DCS 的性能测试、维护以及故障对策	122

6.3.1	DCS 系统的性能测试	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	大型火电机组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	火电机组分散控制系统的现场调试	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	分散控制系统的运行维护和全寿命周期管理	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	134
第 8 章	火电机组 DCS 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 DCS 工程实践	145
9.1	DCS 工程项目执行流程——设计、组态、调试	145
9.1.1	项目策划阶段	145
9.1.2	设计联络会	146
9.1.3	DCS 设备生产制造、采购、集成	147
9.1.4	DCS 工程设计、组态	148
9.1.5	DCS 功能配置、管理、测试	149
9.1.6	DCS 的 I/O 测试	149
9.1.7	DCS 出厂 (FAT) 验收、发货	150
9.1.8	DCS 现场服务	150
9.1.9	DCS 系统质保期服务	151
9.2	大型火电机组 DCS 应用实例	151
9.2.1	某电厂 2×600MW 超临界机组主辅控一体化 EDPF-NT 分散控制系统	151
9.2.2	某电厂 2×1000MW 超超临界机组 DCS	157
附录	大型火电机组 DCS 系统出厂验收 (FAT) 测试大纲	163
参考文献	177

绪 论

1.1 分散控制系统的发展

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^{概念}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:电动单元组合模拟控制仪表时代到了20世纪60~70年代。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,使得电动仪表更可靠,自动化仪表很快开发出电动Ⅲ型仪表,统一标准信号为4~20mA。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,这使已经

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,全厂的生产就陷于瘫痪,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。因此,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 模件等构成多个控制子系统,从而实现了分散控制。

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,其独立的品牌已经有些消亡了。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,如今却成了一家。

(4) 到了 20 世纪末本世纪初,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系统几乎全部采用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(人民币),而现在已经降到800元甚至更低的水平。过去国外DCS一般只适合于大中型的系统应用,在小型应用中成本很高,但第四代DCS都采用灵活的配置,不仅经济地应用于大中型系统,而且对于小系统也很合适。

DCS平台开放与服务专业化。20年来,业界讨论非常多的一个概念就是开放性。过去,

由于通信技术的相对落后，开放性是困扰用户的一个重要问题。为了解决该问题，人们设想多种方案，其中包括 CIMS 系统概念中的开放网络（MAP 7 层网络协议平台）。然而，MAP 网络协议并没有得到真正的推广应用。而当代网络技术、数据库技术、软件技术、现场总线技术的发展为开放系统提供了可能。各 DCS 厂家竞争的加剧，促进了细化分工与合作，各厂家放弃了原来自己独立开发的工作模式，变成集成与合作的开发模式，所以开放性自动实现了。

第四代 DCS 的开放性更加全面。开放性体现在 DCS 可以从三个不同层面与第三方产品相互连接：在企业管理层支持各种管理软件平台连接；在工厂车间层支持第三方先进控制产品 SCADA 平台、MES 产品、BATCH 处理软件，同时支持多种网络协议（以以太网为主）；在装置控制层可以支持多种 DCS 单元（系统）、PLC、RTU、各种智能控制单元等，以及各种标准的现场总线仪表与执行机构。开放性的确有很多好处，但是在考虑开放性的同时，首先要充分考虑系统的安全性和可靠性。因为生产过程的故障停车或事故造成的损失，可能比开放性选择产品所节省的成本要高得多。同时注意，在选择系统设备时，先要确定系统的需求，然后根据需求选择必要的设备。尽量不要装备一些不必要的功能，特别是网络功能和外设的选择一定要慎重。例如，在选择开放网络的同时，遭到病毒或黑客袭击的可能就会加大；选择丰富的外设如光驱或软驱，就给操作人员提供了装载无关软件（如游戏等）的机会等。这些都会导致系统瘫痪或其他致命故障。

随着开放系统和平台技术的发展，产品的选择更加灵活，软件组态功能越来越强大和灵活，但是每一个特定的应用都需要一个独特的解决方案，所以专业化的应用知识和经验是当今工业自动化厂商或系统集成商成功的关键因素。各 DCS 厂家在努力宣传各自 DCS 技术优势的同时，更是努力宣传自己的行业方案设计与实施能力。为不同的用户提供专业化的解决方案并实施专业化的服务，将是今后各 DCS 厂家和系统集成商竞争的焦点，同时也是各厂家盈利的主要来源。

我国在 20 世纪 70 年代末开始引进 DCS，并于 20 世纪 90 年代逐渐普及 DCS，而且具有自主生产 DCS 的能力，拥有了国产 DCS 的民族品牌，如中国电力科学研究院电站技术研究所（北京国电智深控制技术有限公司）的 EDPF-NT 系列（EDPF-1000，EDPF-2000，EDPF-3000，EDPF-NT，EDPF-NT+）分散控制系统，新华控制技术公司的 XDPS-400，北京和利时的 HS-2000，MACS-Smartpro 以及浙大中控推出的 Webfield（ECS）系统等 DCS 产品。国产 DCS 不论从硬件还是软件上看，现已发展到能与国外 DCS 产品相比的水平，由于其性能和实现的功能和国外 DCS 产品相同，又有价格上的优势，同时国家有支持民族品牌 DCS 发展的有关政策，鼓励各个工业领域采用国产 DCS 的产品，因此近年来，具有自主知识产权的国产 DCS 产品的应用越来越多，已逐渐成为国内 DCS 市场的主流。另外，值得关注的是，由于 DCS 已走出高技术的金字塔而趋大众化，技术门栏和市场门栏进一步走低，国内除了以上提到的几个主要品牌的 DCS 厂商外，目前已出现了另外一些 DCS 厂商，导致更为激烈的市场竞争和更低的 DCS 价格。

1.2 DCS 在我国火电行业的应用

DCS 一直以来是电力、冶金、石化等各个流程工业领域首选的控制系统，尤其被广泛

应用于电力工业。火电站是 DCS 的大用户。火电厂自动化的发展可以分为两条主线。一条主线是实现自动化的物质手段即硬件,从气动、电动模拟仪表、集中式计算机控制系统到分散控制系统(DCS)的发展;另一条主线是软件即控制策略的发展。DCS 技术是 20 世纪 70 年代以来,在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。

电力生产的特点是电能不能储存,因此电力生产过程要求单元机组的主、辅机设备的出力能满足电网调度的统一、协调要求,而机组自动化系统作为实现这一要求的有效手段,担负着机组回路调节、联锁保护、顺序控制、参数显示、异常报警、性能计算、趋势记录和报表输出的功能,成为发电机组运行必不可少的组成部分。

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。表 1-1 为 2002 年~2007 年我国电力工业发电装机容量构成。从表 1-2 中可以看出,从 2002 年到 2007 年,火力发电装机容量均占整个电力发电装机容量的 73% 以上,而 2006 年和 2007 年火电占整个电力的比例均超过了 77%。近几年,中国电力工业快速发展,大型高效发电机组纷纷批量投产。2002 年~2007 年五年间,中国新增发电装机规模约 3.5 亿 kW,相当于建国后 50 多年的总和。2005 年、2006 年和 2007 年,中国电力装机容量连续突破 5 亿 kW、6 亿 kW 和 7 亿 kW。2009 年 4 月,全国发电装机容量又突破 8 亿 kW,根据中国电力企业联合会(中电联)的预计,至 2020 年,全社会用电量在 7.5 万亿 kWh 左右,发电装机容量超过 15 亿 kW,实现人均装机 1kW、电量 5000kWh 的目标。其中水电、核电、风电总容量不会超过 30%,火电装机仍然是主体。

表 1-1 2002 年~2007 年我国电力工业发电装机容量构成

年度(年)	发电总装机容量(MW)	火电(MW)	水电(MW)	核电(MW)	风电(MW)	其他(MW)
2002	356571	265547	86074	4586	364	
2003	391408	289771	94896	6364	377	
2004	440938	324900	108260	7014	764	
2005	517185	391376	117388	6846	1056	519
2006	622000	484050	128570	6850	1870	660
2007	713290	554420	145260	8850	4030	730

表 1-2 2002 年~2007 年我国电力工业发电装机容量构成比例

年度(年)	火电(%)	水电(%)	核电(%)	风电(%)	其他(%)
2002	74.47	24.14	1.29	0.10	
2003	74.03	24.24	1.63	0.10	
2004	73.68	24.55	1.59	0.17	
2005	75.67	22.70	1.32	0.20	0.10
2006	77.82	20.67	1.10	0.30	0.11
2007	77.73	20.36	1.24	0.56	0.10