

**Distributed
Control System**

分布式控制系统 (DCS)

设计与应用实例 (第2版)

王常力 罗安 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

分布式控制系统(DCS) 设计与应用实例

(第2版)

王常力 罗 安 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 DCS 应用设计为目标,从基础控制系统实现方法入手,辅以丰富的实际应用案例,详细地介绍了 DCS 的构造、原理及当前的最新技术、产品、技术规范、指标、标准和验收测试方法,以及在各种典型行业(电力、石化、水泥、造纸、制药、水处理、管网)的应用。力求使读者能够以本书为参考,解决在 DCS 的应用设计及运行管理过程中的各种实际问题。由于本书各个章节相对独立,因此读者既可以按照顺序逐章阅读,也可以根据需要单独阅读有关章节。

此书将最大限度地为 DCS 的设计选型、应用、验收等人员提供实际指导与帮助。

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

分布式控制系统(DCS)设计与应用实例/王常力,罗安主编. -2 版. —北京:电子工业出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-121-11805-0

I. ①分… II. ①王… ②罗… III. ①分布控制-控制系统-系统设计 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 177968 号

责任编辑:张 榕

印 刷:北京机工印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:44.75 字数:1145.6 千字

印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:98.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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。

前 言

党的“十六”大明确提出“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化”。这一指示不仅为工业化和信息化的发展指明了方向,同时也对信息化和工业化的发展提出了新的要求。如何用信息化带动工业化,为提高工业的现代化水平,或者说信息化到底能够为工业化的发展做些什么是我们当今中国从事与工业制造业有关的信息化工作者必须认真思考的问题。中国要发展成为世界经济强国就必须发展先进的制造业,而先进实用的自动化技术则是建立现代制造业的必要手段和工具。可以说没有先进实用的自动化产业,就不可能建立中国的现代制造业。也就是说以信息化带动工业化,首先应该发展先进实用的工业自动化与企业信息化技术、产品,以及方案设计与应用能力。中国工业化的发展要求为我们的自动化和信息化企业提供一个长期可持续增长的市场。但是经济和技术全球化与中国加入 WTO 的深入又为中国的工业企业提出了更高的挑战和要求,这些挑战和要求再传递到对自动化技术和信息化技术与产品和方案设计能力的高要求。所以中国未来的自动化和企业信息化市场是机遇与挑战并存。

DCS(分布式控制系统,也称集散型控制系统)应该是满足上述要求的最好的系统平台。DCS 最早是 1975 年出现的。30 年来,随着市场用户需求的不断提高,电子、计算机软件、硬件、网络技术和人因工程的发展,各 DCS 厂家激烈的竞争和兼并购及技术的融合,促使 DCS 技术平台的水平不断提高。我们可以把 Honeywell 等公司在 20 世纪 70 年代推出的先期系统作为第一代 DCS。各公司在 20 世纪 80 年代中期推出的系统,如 Honeywell 推出的 TDC-3000,西屋公司的 WDPF 系统,横河公司的 CENTUM-XL 等称为第二代 DCS。自从 FOXBORO 公司推出 I/A Series 以后,各公司积极地研发并推进开放技术,开始扩展 DCS 的信息管理功能,我们可以把 20 世纪 90 年代初期与中期推出的各 DCS 称为第三代 DCS。20 世纪 90 年代末至 21 世纪初,几大 DCS 厂家进一步提升了系统的功能范围,改变了系统开发的方式——由原来完全自主开发变为集成开发,纷纷推出新一代的 DCS。这一代 DCS 具有鲜明的共性:全面支持企业信息化,系统构成集成化,混合控制功能兼容,硬件进一步分散化、智能化和低成本化,系统平台开放化,应用系统专业化。我们可以称这些具备上述特点的 DCS 为第四代 DCS,如 Honeywell 公司的 Experien-PKS, Emerson 公司的 Plantweb, 横河公司的 CS3000-R3, Foxboro 公司的 A² 系列, ABB 公司的 Industrial-IT 系统,以及国内和利时公司 HOLLiAS 系统。

DCS 自从引进国内以来,为大型工业生产装置的自动化水平的提高做出了积极贡献,并为我国培养了一批熟悉 DCS 应用的人才。特别是 20 世纪 90 年代初期,中央电视台组织了 DCS 技术的讲座和培训,许多专家学者也陆续出版了几本关于 DCS 技术的著作,普及了 DCS 知识。十几年来,国内许多企业积极投入开发自己的 DCS,有几家公司如上海新华控制系统公司、浙大中控技术公司、和利时系统公司等不断进取,并积极开拓市场为中国广大中小型企业新建工业装置和一些大中型工业装置的改造提供了实用的 DCS 平台。国产 DCS 的发展大大拓展了 DCS 的应用范围,同时迅速扩大了 DCS 应用人才队伍。近几年来和利时公司在核电、大型火电(300 MW, 600 MW)和大型轨道交通自动化领域取得突破性进展,上海新华公司在

大型火电动机组控制领域也取得很好的成绩,缩短了国产系统和进口系统的差距。国产 DCS 系统的成熟和发展大大降低了 DCS 的应用门槛和成本。所以今后 DCS 将会在各种工业生产装置上普及应用。

正是在这样的背景下,编者组织了本单位一批实际 DCS 的开发和工程设计人员利用工作之余撰写了本书。该书的突出特点是实用性、时代性和开放性。实用性体现在全书内容均是各位作者实际工作的总结,具体的实例都是作者公司的系统应用案例,通过具体的应用案例讲解 DCS 工程实施和应用中的问题和解决方案。时代性体现在本书只是很简要地回顾了 DCS 的基本组成原理和发展历程,而绝大部分篇幅则深入浅出地介绍 DCS 的最新发展状态,国际前沿的一些相关技术和应用等。开放性体现在作者并不是集中介绍作者自己熟悉的本公司系统,而是利用较大篇幅介绍国际 DCS 最新发展中所应用的技术标准和开放技术。

最后编者想借本书向广大长期支持、理解和鼓励国产 DCS 发展的用户、专家和领导表示衷心的感谢。十几年来,国产 DCS 事业有了长足的发展和进步。正是由于广大用户、专家和领导的鼓励和支持才使我们有幸参与并见证了这一综合技术和产业的发展历程。我们由衷地觉得中国国产 DCS 的发展与其说是各 DCS 厂家不断创新和拼搏的结果,不如说是由广大用户谅解、支持和鼓励催生的结果。和利时公司会倍加珍惜大家的信任,更加努力创新开拓,以更专业化和实用的解决方案,性能更先进、质量更可靠、价格更低廉的系统平台,更满意和放心的服务为用户创造价值,以报答广大用户、专家和领导的支持和鼓励。笔者还要感谢公司全体员工的共同努力。没有和利时全体员工努力开创的业绩,我们凭什么编写本书?所以说本书是和利时公司全体员工用实际工作写成的。

编 者

第 2 版说明

从 2004 年本书第 1 版发行到现在,又经过了 6 年。在这 6 年的时间里,自动化技术经历了重大的变革。国际上各大 DCS 厂商纷纷推出新的系统。DCS 的功能也在不断丰富,自动化的概念已不仅局限在控制领域,而是将控制与管理紧密地结合在了一起,形成了真正的管理与控制一体化平台。

“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化”是我国需要长期坚持的走向现代化之路。而工业企业的信息化必须从底层开始,即从信息产生的源头——生产现场开始。因此,DCS 在信息化中的作用是非常重要和关键的。

在本书的第 1 版中,我们着重介绍了 DCS 的基本概念、DCS 的发展历程、DCS 的主要组成部分及其工作原理,并在最后一章介绍了多个 DCS 实际应用的案例。为了更好地将近几年来 DCS 技术的最新发展收入本书,我们进行了本书第 2 版的编写工作。与第 1 版相比较,第 2 版着重介绍了近几年国际上 DCS 的新发展和技术进步,特别是在两个方面上的发展与扩充:向下,现场总线技术日趋成熟和广泛应用,使 DCS 从现场开始就将工业生产的信息化纳入系统范围,并为以后的更广泛、更深入的信息化处理提供了有力的支持,如通过现场总线得到的生产设备运行参数和运行状态,为企业对生产设备进行资产管理提供了充分的原始数据;向上,DCS 与各种生产管理、设备管理、能源管理、环境管理乃至企业经营管理实行无缝的、有机的、全面的集成,为企业提高生产效率、降低成本、提高质量、降低能源消耗、提高安全性、减少排放发挥了重要作用。

在章节安排上,第 2 版对全书内容进行了整合,特别是在 DCS 构成及工作原理部分,分成了硬件系统、软件系统和网络系统 3 个章节,内容更集中、使概念更清晰、更有系统性。在第 2 版中新增了第 3 章。这一章从控制论的角度描述了控制算法对 DCS 的要求,特别是实时性方面的要求。增加这一章的目的是要强调 DCS 的时域特性。因为在以往对 DCS 的专著中,往往比较偏重于 DCS 功能的描述及性能的描述,其中虽有对实时性的论述,但一般只限于是否满足处理速度的概念,而关于控制周期对控制精度的影响则论述不多。实际上,这一部分正是 DCS 最关键的性能。

在应用案例方面,新增加了 100 万千瓦超(超)临界火电机组控制系统、大型炼油装置控制系统的案例材料。从这些材料中可以看出,DCS 已越来越深入到生产装置的工艺过程之中。从以往简单的局部回路控制与调节发展到关键工艺环节、工艺参数的复杂控制,在功能上也越来越走向管理与控制的一体化和模拟控制与逻辑控制的综合化。

在本书的第 2 版编辑过程中,集中了多位作者大量的辛勤劳动及多年的知识积累。本书的第 1、2、6 章由罗安执笔改写,第 3 章由刘维研究员撰写,第 4 章由施波、王弢等改写,第 5 章由施波、刘金龙、刘小树等改写,第 7 章由史洪源、梁金华、邸丽清等改写,第 8 章由吴光学、范俊川、张平等改写,第 9 章由周医、廖友辉、周新辉、李福军、陈继中、娄玉麟等根据实际工程编

写。正是上述作者的辛勤劳动和付出,使我们顺利地完成了本书第2版的编写工作,在此对他们表示衷心的感谢!

在此还要感谢广大读者的大力支持,正是这种支持,给了我们巨大的动力和信心,让我们在平时的技术研发和工程实践中不断积累、总结和提高。这本书的第2版也是向广大读者、专家、同行和领导的一次汇报,希望大家能够继续对我们的批评指正,以使我们能够不断提高。

编者

目 录

第 1 章 DCS 基本原理和发展历程	1
1.1 什么是 DCS	1
1.2 控制系统概述	1
1.2.1 控制系统的基本组成	2
1.2.2 测量方法和测量装置	3
1.2.3 控制方法和运算处理装置	4
1.2.4 控制的执行方法和执行装置	6
1.2.5 控制系统各要素的关系	6
1.2.6 控制系统的人机界面	7
1.2.7 直接控制与监督控制	8
1.2.8 本书的要点	8
1.3 DCS 的发展历史	9
1.3.1 控制系统的发展历史	9
1.3.2 仪表控制系统的基本概念	10
1.3.3 早期的仪表控制系统——基地式仪表	12
1.3.4 近代仪表控制系统——单元式组合仪表	12
1.3.5 数字式单回路调节器 SLC	14
1.3.6 计算机控制系统	14
1.3.7 控制系统从模拟技术向数字技术的演进	15
1.3.8 分布式控制系统的产生及其特点	17
1.3.9 DCS 的发展历程	19
1.4 DCS 的体系结构	22
1.4.1 DCS 的基本构成	22
1.4.2 DCS 的软件	27
1.4.3 DCS 的网络结构	31
1.4.4 DCS 的物理结构及硬件构成	33
1.5 几种计算机控制系统的比较	36
1.5.1 以 PLC 构成的控制系统/监督控制系统	36
1.5.2 SCADA 系统	38
1.5.3 PC Based 监督/控制系统	39
1.5.4 现场总线控制系统 FCS	39
1.6 几种典型的 DCS 简介	40
1.6.1 Honeywell 公司的 TDC-3000 系统	40

1.6.2	ABB 公司的 Industrial ^{IT} 系统	41
1.6.3	和利时公司的 HOLLiAS 系统	42
1.7	DCS 的应用开发设计、调试与检验	43
1.7.1	DCS 的应用开发设计	43
1.7.2	对 DCS 性能指标的简要介绍	44
第 2 章	最新 DCS 的体系结构和技术特点	47
2.1	促进第四代 DCS 形成的原因	47
2.1.1	用户需求的拉动	47
2.1.2	相关技术的成熟发展	47
2.2	第四代 DCS 的体系结构	48
2.2.1	现场仪表层	48
2.2.2	装置控制层	49
2.2.3	工厂监控与管理层	50
2.2.4	企业经营管理层	51
2.3	第四代 DCS 的主要功能和技术特征	51
2.3.1	第四代 DCS 的典型代表	51
2.3.2	第四代 DCS 的信息化	59
2.3.3	第四代 DCS 的集成化	64
2.3.4	DCS 变成真正的混合控制系统	65
2.3.5	DCS 包含 FCS 功能并进一步分散化	65
2.3.6	DCS 平台开放性与应用服务专业化	67
2.4	国内 DCS 的发展状况举例	67
2.4.1	HOLLiAS 系统的产品家族及结构	68
2.4.2	HOLLiAS 的 MES 功能	70
2.4.3	HOLLiAS 控制功能 HOLLiAS-MACS	75
2.4.4	HOLLiAS 控制层硬件	77
2.4.5	HOLLiAS 控制层软件	79
2.4.6	HOLLiAS LEC 逻辑和嵌入式控制器 (Logic& Embedded Controller)	86
2.4.7	HOLLiAS LK 可编程控制器 (PLC)	87
2.4.8	HOLLiAS-VSI 逻辑联锁控制系统	87
2.4.9	HOLLiAS-PADS 工厂电站综合自动化系统	89
2.4.10	HOLLiAS 专业化的解决方案	90
2.5	结论	91
第 3 章	从控制工程看 DCS——功能与性能的要求	92
3.1	DCS 的控制功能及应用任务分类	92
3.1.1	工业控制系统的结构	92
3.1.2	控制任务分类及快速性需求	93
3.1.3	闭环控制系统的构成	96
3.1.4	控制策略与运算的平台装置	96

3.2	运算放大器和调节运算方法	97
3.2.1	运算放大器和虚拟地原理	97
3.2.2	模拟调节的运算原理	98
3.2.3	控制策略与放大器组件系统	102
3.2.4	模拟系统与数字系统的比较	104
3.3	数字系统的控制周期与可控性	105
3.3.1	线性系统的可控性	105
3.3.2	控制周期(T_0)是不可控环节	106
3.3.3	实例1——汽轮机调速系统和它的控制周期	107
3.3.4	实例2——锅炉气包水位控制系统的控制周期	109
3.3.5	结果及认识	110
3.4	数字控制器的确定性问题	111
3.4.1	常用递推控制算法	111
3.4.2	控制器的确定性和它的意义	115
3.5	控制工程作业自动化	116
3.6	控制工程对于DCS系统的技术要求	118
3.6.1	系统的可靠性与可维修性需求	118
3.6.2	控制系统的快速性需求	120
3.6.3	数字控制器的确定性需求	120
3.6.4	工程作业自动化	120
第4章	DCS硬件系统——原理、指标、试验和应用	122
4.1	DCS硬件组成概述	122
4.2	主控制器(MCU)	123
4.2.1	主控制器的基本原理	123
4.2.2	MCU的冗余配置	125
4.2.3	MCU的技术指标及试验方法	125
4.2.4	MCU应用设计	127
4.3	模拟量输入设备(AI)	128
4.3.1	AI设备的基本原理	128
4.3.2	AI设备的技术指标及试验方法	133
4.3.3	AI设备应用设计	145
4.4	模拟量输出设备(AO)	145
4.4.1	AO设备的基本原理	145
4.4.2	AO设备的技术指标及试验方法	146
4.4.3	AO设备应用设计	146
4.5	开关量输入设备(DI)	147
4.5.1	DI设备的基本原理	147
4.5.2	DI设备的技术指标及试验方法	147
4.6	SOE输入设备(SOE)	150

4.6.1	SOE 设备的基本原理	150
4.6.2	SOE 设备的技术指标及试验方法	151
4.6.3	SOE 设备应用设计	151
4.7	开关量输出设备(DO)	151
4.7.1	DO 设备的基本原理	151
4.7.2	DO 设备的技术指标及试验方法	151
4.7.3	DO 设备应用设计	153
4.8	脉冲量输入设备(PI)	153
4.8.1	PI 设备的基本原理	153
4.8.2	PI 设备的技术指标	153
4.9	电源转换设备	154
4.9.1	电源设备简介	154
4.9.2	电源冗余	157
4.9.3	电源指标及测试	158
4.10	组态维护与人机接口设备	160
4.10.1	显示设备	160
4.10.2	输入设备	163
4.10.3	操作员站和工程师站主机	163
4.10.4	系统服务器	163
4.10.5	打印机	165
第 5 章	DCS 软件系统	166
5.1	DCS 软件系统概述	166
5.2	DCS 的直接控制软件	168
5.2.1	直接控制软件的功能概述	168
5.2.2	信号采集与数据预处理	170
5.2.3	DCS 的基本控制功能	178
5.2.4	DCS 控制器上的实时数据组织和管理	180
5.2.5	DCS 控制器的任务结构及控制处理	181
5.2.6	DCS 控制软件的一些评价要素	184
5.3	DCS 的监督控制软件及人机界面软件	187
5.3.1	概述	187
5.3.2	DCS 监督控制层的功能	187
5.3.3	DCS 监督控制层的软件体系结构	208
5.3.4	实时数据库系统	222
5.3.5	历史数据库系统	227
5.3.6	与监视控制功能相关的主要数据结构	229
5.3.7	人机界面软件	230
5.4	IEC 61131—3 控制编程语言与软件模型及 DCS 的组态软件	232
5.4.1	IEC 61131—3 简介	233

5.4.2	编程基础与编程过程	235
5.4.3	IEC 61131—3 标准的基本内容	238
5.4.4	IEC 61131—3 的软件模型	246
5.4.5	五种编程语言介绍	249
5.4.6	应用举例	264
5.4.7	IEC 61131—3 标准在 DCS 中的实际运用	276
5.4.8	DCS 的监督控制层组态软件	277
5.5	DCS 的高级优化控制与管理软件	278
5.5.1	概述	278
5.5.2	实时数据库的高层信息接口	279
5.5.3	资产管理 AMS	281
5.5.4	批处理 Batch	286
5.5.5	质量分析系统	292
5.5.6	APC	297
5.5.7	OTS-Operator Training Simulator	305
第 6 章	DCS 的网络系统	308
6.1	DCS 的网络体系	308
6.1.1	DCS 的功能层次和网络层次	308
6.1.2	DCS 网络层次结构的选择	308
6.1.3	对 DCS 各层网络的要求	310
6.2	工业数据数字通信	312
6.2.1	数字通信的编码方式	313
6.2.2	数字通信工作方式	317
6.2.3	差错控制	318
6.2.4	通信传输介质	323
6.2.5	数字通信链路的电气特性	328
6.2.6	数字通信协议	331
6.2.7	数字通信系统的性能指标	331
6.3	控制网络	332
6.3.1	计算机网络层次模型	333
6.3.2	通信协议	338
6.3.3	TCP/IP	340
6.3.4	网络拓扑	341
6.3.5	网络设备	343
6.3.6	网络的 RAMS	349
6.3.7	工业以太网	349
6.3.8	通信骨干网	351
6.3.9	无线通信网络	354
6.3.10	网络安全	356

6.4	现场总线	361
6.4.1	现场总线的产生和发展	361
6.4.2	现场总线的特点和优点	363
6.4.3	现场总线技术介绍	365
6.4.4	无线传感器网络	373
6.4.5	现场总线的选择和使用	374
第7章	DCS系统可靠性与安全性技术	381
7.1	系统可靠性概述	381
7.1.1	可靠性技术发展概述	381
7.1.2	可靠性基本概念和术语	382
7.1.3	可靠性设计的内容	388
7.2	系统安全性概述	389
7.2.1	安全性分类	389
7.2.2	安全性与可靠性的关系	390
7.2.3	功能安全	390
7.2.4	电气安全及安规认证	393
7.2.5	信息安全	395
7.3	可靠性和安全性分析方法	399
7.3.1	可靠性预测	399
7.3.2	可靠性框图	401
7.3.3	马尔可夫分析	401
7.3.4	故障模式与影响分析	402
7.3.5	故障树分析	405
7.3.6	HAZOP分析	407
7.4	可靠性和安全性设计技术	408
7.4.1	冗余技术	408
7.4.2	容错技术与故障安全	412
7.4.3	维修性分析	414
7.5	环境适应性设计技术	414
7.5.1	温度	414
7.5.2	湿度	415
7.5.3	气压	416
7.5.4	振动和冲击	416
7.5.5	防尘和防水	416
7.5.6	防腐蚀	417
7.5.7	防爆	418
7.5.8	电磁兼容性和抗干扰	419
7.5.9	接地	425
7.5.10	隔离	433

7.5.11	屏蔽	436
7.5.12	双绞线	436
7.5.13	防雷击	437
7.6	软件可靠性设计与质量保证	443
7.6.1	软件可靠性研究概述	443
7.6.2	软件可靠性的概念	444
7.6.3	提高软件可靠性的方法和技术	447
7.6.4	软件可靠性评测	453
7.6.5	软件质量保证	454
第8章	DCS的应用设计与实施	456
8.1	DCS应用设计与实施的一般过程	457
8.2	自动化系统的总体设计	457
8.2.1	可行性研究设计	458
8.2.2	初步设计中需要考虑的问题	458
8.2.3	施工图设计中需要考虑的问题	460
8.3	DCS的选型与工程化设计	465
8.3.1	DCS选型及工程化设计	466
8.3.2	DCS的招标、选型及订货	466
8.3.3	应用工程设计的准备工作	467
8.3.4	应用工程设计联络会	471
8.3.5	应用工程设计与文件生成	472
8.3.6	主控制室的设计及人因工程设计	477
8.4	系统的生产、组态及调试	490
8.4.1	系统硬件物资齐套与装配	490
8.4.2	用户培训	491
8.4.3	应用工程软件的组态与调试	492
8.4.4	系统联调	505
8.4.5	系统硬件测试与考核	506
8.4.6	整理项目出厂文档和资料	507
8.5	出厂测试与验收	508
8.5.1	项目概要说明	508
8.5.2	测试依据	508
8.5.3	提交文件资料清单	509
8.5.4	测试环境	509
8.5.5	系统软、硬件配置检查	509
8.5.6	检验方法及判定	510
8.5.7	系统连续运行考核	518
8.5.8	测试结论及测试组签字	519
8.5.9	系统发运到现场	519

8.6	系统现场实施	520
8.6.1	系统位置选择、机房布置和环境要求	520
8.6.2	DCS 系统接地	522
8.6.3	现场设备开箱验收	523
8.6.4	系统现场设备就位、安装与加电	524
8.6.5	系统信号电缆敷设与端子接线	526
8.6.6	DCS 系统现场调试	528
8.6.7	系统竣工验收	532
8.6.8	用户操作人员的培训	533
8.6.9	整理竣工技术资料	533
8.7	系统运行与维护	534
8.7.1	系统常见故障及排除	534
8.7.2	供电与接地系统常见故障	535
8.7.3	防止干扰和设备损坏的一般方法	535
8.7.4	工程现场维护常见问题	536
8.8	小结	537
第9章	应用案例	538
9.1	DCS 在超(超)临界火电机组中的应用	538
9.1.1	超(超)临界机组的特点	538
9.1.2	超(超)临界机组的模拟量控制系统(MCS)	539
9.1.3	旁路控制系统(BPS)	545
9.1.4	炉膛安全监测系统(FSSS)	547
9.1.5	机组级自启/停控制系统(APS)	554
9.1.6	电气监控系统(ECS)	556
9.1.7	锅炉烟气脱硫(FGD)	560
9.1.8	百万超超临界机组 DCS 分站	566
9.2	MACS 在 80 万吨/年催化裂化联合装置应用	567
9.2.1	工艺简介	567
9.2.2	催化联合装置生产线的特点和控制范围	569
9.2.3	某催化裂化联合装置的系统结构和配置	570
9.2.4	过程控制方案	572
9.2.5	控制方案实现	575
9.2.6	结束语	581
9.3	DCS 在 30 万吨/年甲醇 15 万吨/年二甲醚生产装置的设计及应用	582
9.3.1	甲醇及二甲醚工艺简介	582
9.3.2	甲醇装置 DCS 系统结构设计	584
9.3.3	甲醇装置 DCS 系统工程控制实施	592
9.3.4	总结	605
9.4	智能母管协调控制系统及应用	606

9.4.1	母管制机组现状	606
9.4.2	母管协调控制目标	607
9.4.3	MACS 智能母管协调控制实现方式	607
9.4.4	MACS 智能母管协调控制系统新技术介绍	608
9.4.5	MACS 智能母管协调控制系统应用案例	610
9.4.6	母管协调控制经济效益与社会效益	614
9.4.7	结束语	615
9.5	HOLLiAS MACS™系统在 120 万吨重碱装置中的应用	615
9.5.1	系统概述	615
9.5.2	系统初步设计	615
9.5.3	工程设计	617
9.5.4	结论	623
9.6	HOLLiAS MACS™系统在 8 000 吨/年聚异氰酸酯中的应用	623
9.6.1	系统概述	623
9.6.2	系统的可行性论证	624
9.6.3	系统的初步设计	625
9.6.4	系统的工程设计	627
9.6.5	系统的测试与工厂验收设计	631
9.6.6	系统安装场地设计	632
9.6.7	系统现场验收设计	633
9.6.8	结论	633
9.7	秦山二期核电站计算机控制系统	633
9.7.1	引言	633
9.7.2	概述	633
9.7.3	双域结构的使用	634
9.7.4	硬件配置	636
9.7.5	通信网络设备及其连接	639
9.7.6	系统供电、隔离和接地方案	641
9.7.7	关于分站的设计	645
9.7.8	实现功能	646
9.7.9	应急系统功能	659
9.7.10	Web 功能	659
9.8	MACS 系统在新型干法熟料生产线的应用	660
9.8.1	引言	660
9.8.2	新型干法熟料生产线的工艺介绍	660
9.8.3	新型干法熟料生产线的特点和控制范围	661
9.8.4	塔牌 5 000 吨/天的系统结构和配置	663
9.8.5	过程控制方案	665
9.8.6	控制方案实现	669

9.9 景德镇发电公司 475 吨/小时循环流化床机组 DCS 系统	673
9.9.1 项目主要系统设备和工艺概况	673
9.9.2 机组对控制系统的要求	675
9.9.3 DCS 系统总体设计原则	676
9.9.4 控制系统实施方案	677
9.9.5 工程实施	693
9.9.6 系统点评	695
参考文献	696
参考网址	697