

<http://www.phei.com.cn>

# Distributed Control System

# 分布式控制系统 (DCS) 设计与应用实例

王常力 罗安 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

# 分布式控制系统(DCS) 设计与应用实例

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. —北京:电子工业出版社,2004.8

ISBN 7-121-00245-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 082951 号

责任编辑:张 榕

特约编辑:刘汉斌

印 刷:北京天宇星印刷厂

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:41 字数:1049.6 千字

印 次:2004 年 8 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:68.00 元

凡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。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

## 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发展的市场。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。三十年来,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以及技术的融合,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 90 年代初期与中期推出的各 DCS 称为第三代 DCS。20 世纪 90 年代末期至 21 世纪开始,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 A<sup>2</sup> 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(300MW, 600MW)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,笔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。本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。

本书第 1 章由罗安执笔,第 2 章由王常力执笔,第 3 章(除第 3.3 节)由施波编写,第 4 章(除第 4.5 和 4.6 节)和第 8 章第 8.6 节由梁金华编写,第 3 章第 3.3 节和第 4 章第 4.5 节、4.6 节由谢红兵编写,第 5 章由唐洪华编写,第 6 章由朱毅明编写,第 7 章和第 8 章(除第 8.6 节外)由史洪源编写,第 9 章由吴光学组织编写。第 10 章案例部分由公司工程部几位专家编写,其中案例 1 由周医编写,案例 2 由梁中起和侯作新编写,案例 3 由周剑和侯作新编写,案例 4 由陈盈编写,案例 5 由张礼兵编写,案例 6 由张小辉和侯书文编写,案例 7 由张洪垠编写。由于本书的诸位作者都是一线工作的核心骨干,日常工作任务繁重,加上时间仓促,所以在编写中难免会有些不足甚至不恰当的说法,希望读者谅解。

最后笔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

# 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 .....	6
1.2.7 直接控制与监督控制 .....	7
1.2.8 本书的要点 .....	8
1.3 DCS 的发展历史 .....	8
1.3.1 控制系统的发展历史 .....	8
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
1.6 几种典型的 DCS 简介 .....	39
1.6.1 Honeywell 公司的 TDC-3000 系统 .....	39
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 .....	42
1.7.1 DCS 的应用开发设计 .....	42

1.7.2	对 DCS 性能指标的简要介绍	43
<b>第 2 章</b>	<b>最新 DCS 的体系结构和技术特点</b>	<b>47</b>
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	49
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	58
2.3.3	第四代 DCS 的集成化	63
2.3.4	DCS 变成真正的混合控制系统	63
2.3.5	DCS 包含 FCS 功能并进一步分散化	64
2.3.6	DCS 平台开放型与应用服务专业化	65
2.4	国内 DCS 的发展状况举例	66
2.4.1	HOLLiAS 系统的产品家族及结构	67
2.4.2	HOLLiAS 的 MES 功能	69
2.4.3	HOLLiAS 控制功能 HOLLiAS-MACS	74
2.4.4	HOLLiAS 控制层硬件	75
2.4.5	HOLLiAS 控制层软件	77
2.4.6	HOLLiAS-LEC 逻辑和嵌入式控制器 Logic& Embedded Controller	84
2.4.7	HOLLiAS-VSI 车站信号联锁系统	85
2.4.8	HOLLiAS-PADS 工厂电站综合自动化系统	86
2.4.9	HOLLiAS 专业化的解决方案	87
2.5	结论	88
<b>第 3 章</b>	<b>DCS 控制层软件</b>	<b>89</b>
3.1	DCS 控制层软件功能简介	89
3.1.1	控制器的能力与执行效率	90
3.1.2	控制器运行管理和维护能力	91
3.1.3	控制器层数据的一致性	92
3.2	DCS 的信号采集与数据预处理	92
3.2.1	模拟量数据的采集和转换过程	93
3.2.2	信号采集的主要处理	94
3.2.3	数据的预处理	98
3.3	DCS 控制器上的实时数据组织和管理	101
3.3.1	DCS 控制器的一般任务结构	102
3.3.2	控制器的串行化处理	104
3.4	IEC61131-3 控制编程语言与软件模型	105
3.4.1	IEC61131-3 简介	106

3.4.2	编程基础与编程过程	107
3.4.3	IEC61131-3 标准的基本内容	112
3.4.4	IEC61131-3 的软件模型	120
3.4.5	五种编程语言介绍	122
3.4.6	应用举例	139
3.4.7	IEC61131-3 标准在 DCS 中的实际运用	150
3.5	Batch 控制	151
3.5.1	引言	151
3.5.2	Batch 控制的国际标准	152
3.5.3	批量控制标准 S88.01	152
<b>第 4 章</b>	<b>DCS 的监督控制软件及人机界面</b>	<b>159</b>
4.1	概述	159
4.1.1	数据采集	159
4.1.2	事件分析	159
4.1.3	信息存储和管理	160
4.1.4	二次计算	161
4.1.5	图形界面	162
4.1.6	远程控制操作	162
4.1.7	DCS 的组态工具	162
4.1.8	DCS 的外部接口规范	163
4.2	DCS 监控层应用功能设计	163
4.2.1	现场数据采集功能	163
4.2.2	报警监视功能	164
4.2.3	日志(事件)管理服务器的功能	168
4.2.4	事故追忆功能	170
4.2.5	事件顺序记录功能	170
4.2.6	二次高级计算功能	171
4.2.7	DCS 的人机界面	172
4.2.8	DCS 的远程操作控制	176
4.3	典型的 DCS 监控软件组态工具设计	183
4.3.1	图形页面组态功能设计	183
4.3.2	配置数据库组态	186
4.3.3	二次开发应用程序设计语言	193
4.4	典型的 DCS 监控软件体系结构	195
4.4.1	多域管理结构	195
4.4.2	客户机/服务器结构	196
4.4.3	分布对象技术	199
4.4.4	DCS 监控软件中的开放式数据库接口技术	205
4.4.5	B/S 体系结构的监控软件	207
4.5	DCS 监控软件的实时数据库设计	208
4.5.1	DCS 数据库管理的数据范围	208
4.5.2	DCS 实时数据库的逻辑结构	209



4.5.3	数据库访问寻址方式	210
4.5.4	DCS 监控软件的数据处理流程	210
4.5.5	DCS 系统中的名字空间	211
4.5.6	DCS 实时数据库的一般设计特点	212
4.5.7	DCS 的历史数据库管理	213
4.5.8	DCS 的报警数据库	214
4.6	面向生产调度的监控系统——SCADA 系统	215
4.6.1	SCADA 的主要应用特征	216
4.6.2	SCADA 系统的实时数据库	218
4.6.3	SCADA 系统的报警管理	221
4.7	OPC 规范介绍	224
4.7.1	引言	224
4.7.2	OPC 的基本结构	227
4.7.3	OPC 服务器浏览器	230
<b>第 5 章</b>	<b>DCS 的高级管理功能</b>	<b>232</b>
5.1	概述	232
5.2	实时信息系统	233
5.2.1	数据获取接口	234
5.2.2	实时数据库	234
5.2.3	数据分析工具	236
5.2.4	生产过程可视化工具	236
5.2.5	Web 功能	237
5.3	质量分析系统	237
5.3.1	质量控制常用的统计方法	237
5.3.2	质量管理系统的的功能	239
5.4	设备维护管理系统	240
5.4.1	设备基础信息管理	240
5.4.2	工单管理	241
5.4.3	预防性维护管理	242
5.4.4	大修技改等项目管理	242
5.5	能源管理系统	244
5.5.1	数据收集和处理	245
5.5.2	电力消耗短期预测	245
5.5.3	电力计划	246
5.5.4	统计功能	246
5.5.5	能源管理系统的监控功能	246
5.6	批量管理系统	246
5.7	生产成本核算系统	247
5.7.1	基本概念	247
5.7.2	过程成本核算	248
5.7.3	成本分析应用	249
5.8	生产调度系统	251

5.8.1	生产调度系统的任务	251
5.8.2	生产调度系统的功能分析	251
<b>第 6 章</b>	<b>现场总线技术与网络技术</b>	<b>254</b>
6.1	工业数据数字通信	254
6.1.1	数字通信的编码方式	254
6.1.2	数字通信工作方式	258
6.1.3	差错控制	260
6.1.4	通信传输介质	264
6.1.5	数字通信链路的电气特性	269
6.1.6	数字通信协议	272
6.1.7	数字通信系统的性能指标	272
6.2	控制网络	272
6.2.1	计算机网络层次模型	273
6.2.2	通信协议	279
6.2.3	TCP/IP	281
6.2.4	网络拓扑	282
6.2.5	网络设备	284
6.2.6	网络的 RAS	289
6.2.7	工业以太网	289
6.2.8	通信骨干网	291
6.2.9	无线通信网络	294
6.2.10	网络安全	295
6.3	现场总线	300
6.3.1	现场总线的产生和发展	301
6.3.2	现场总线的特点和优点	302
6.3.3	现场总线技术介绍	304
6.3.4	现场总线的选择和使用	311
<b>第 7 章</b>	<b>DCS 硬件系统——原理、指标、试验和应用</b>	<b>319</b>
7.1	DCS 硬件组成概述	319
7.2	主控制器(MCU)	320
7.2.1	主控制器的基本原理	320
7.2.2	MCU 的冗余配置	322
7.2.3	MCU 的技术指标及试验方法	322
7.2.4	MCU 应用设计	324
7.3	模拟量输入设备(AI)	325
7.3.1	AI 设备的基本原理	325
7.3.2	AI 设备的技术指标及试验方法	330
7.3.3	AI 设备应用设计	342
7.4	模拟量输出设备(AO)	342
7.4.1	AO 设备的基本原理	342
7.4.2	AO 设备的技术指标及试验方法	342
7.4.3	AO 设备应用设计	343

7.5	开关量输入设备(DI)	344
7.5.1	DI设备的基本原理	344
7.5.2	DI设备的技术指标及试验方法	344
7.6	SOE输入设备(SOE)	347
7.6.1	SOE设备的基本原理	347
7.6.2	SOE设备的技术指标及试验方法	348
7.6.3	SOE设备应用设计	348
7.7	开关量输出设备(DO)	348
7.7.1	DO设备的基本原理	348
7.7.2	DO设备的技术指标及试验方法	348
7.7.3	DO设备应用设计	350
7.8	脉冲量输入设备(PI)	350
7.8.1	PI设备的基本原理	350
7.8.2	PI设备的技术指标	350
7.9	电源转换设备	351
7.9.1	电源设备简介	351
7.9.2	电源冗余	354
7.9.3	电源指标及测试	355
7.10	组态维护与人机接口设备	357
7.10.1	显示设备	357
7.10.2	输入设备	360
7.10.3	操作员站和工程师站主机	360
7.10.4	系统服务器	360
7.10.5	打印机	362
<b>第8章</b>	<b>DCS系统可靠性与安全性技术</b>	<b>363</b>
8.1	系统可靠性概述	363
8.1.1	可靠性技术发展概述	363
8.1.2	可靠性基本概念和术语	364
8.2	系统安全性概述	370
8.2.1	安全性分类	370
8.2.2	安全性与可靠性的关系	371
8.2.3	功能安全	371
8.2.4	人身安全及安规认证	372
8.2.5	信息安全	374
8.3	可靠性设计技术	378
8.3.1	可靠性设计的内容	378
8.3.2	可靠性预测	378
8.3.3	马尔可夫分析	380
8.3.4	故障模式与影响分析	382
8.3.5	故障树分析	384
8.3.6	冗余技术	386
8.3.7	容错技术与故障安全	390

8.3.8	维修性分析 .....	392
8.4	功能安全性设计 .....	392
8.5	环境适应性设计技术 .....	393
8.5.1	温度 .....	393
8.5.2	湿度 .....	394
8.5.3	气压 .....	395
8.5.4	振动和冲击 .....	395
8.5.5	防尘和防水 .....	395
8.5.6	防腐蚀 .....	396
8.5.7	防爆 .....	397
8.5.8	电磁兼容性和抗干扰 .....	398
8.5.9	接地 .....	404
8.5.10	隔离 .....	412
8.5.11	屏蔽 .....	415
8.5.12	双绞 .....	415
8.5.13	防雷击 .....	416
8.6	软件可靠性设计与质量保证 .....	422
8.6.1	软件可靠性研究概述 .....	422
8.6.2	软件可靠性的概念 .....	423
8.6.3	提高软件可靠性的方法和技术 .....	426
8.6.4	软件可靠性评测 .....	432
8.6.5	软件质量保证 .....	433
<b>第9章</b>	<b>DCS的应用设计与实施 .....</b>	<b>435</b>
9.1	火电大机组的自动化要求 .....	435
9.2	自动化系统的工程设计 .....	436
9.2.1	可行性研究设计 .....	436
9.2.2	初步设计需要考虑的问题 .....	436
9.2.3	施工图设计中需要考虑的问题 .....	438
9.3	DCS的工程化设计与实施概述 .....	443
9.3.1	DCS工程化设计与实施步骤 .....	443
9.3.2	DCS的招标、选型及订货 .....	444
9.4	系统的应用工程设计与文件生成 .....	445
9.4.1	应用工程设计的准备工作 .....	445
9.4.2	应用工程设计联络会 .....	449
9.4.3	应用工程设计与文件生成 .....	450
9.5	应用工程的系统生产过程 .....	453
9.5.1	系统硬件物资齐套与装配 .....	453
9.5.2	用户培训 .....	454
9.5.3	应用工程软件的组态与调试 .....	455
9.5.4	系统联调 .....	467
9.5.5	系统硬件测试与考核 .....	469

9.5.6	整理项目出厂文档和资料	469
9.6	出厂测试与验收	470
9.6.1	项目概要说明	470
9.6.2	测试依据	471
9.6.3	提交文件资料清单	471
9.6.4	测试环境	472
9.6.5	系统软硬件配置检查	472
9.6.6	检验方法及判定	474
9.6.7	系统连续运行考核	479
9.6.8	测试结论及测试组签字	479
9.6.9	系统发运到现场	480
9.7	系统现场实施的准备工作	480
9.7.1	系统位置选择,机房布置和环境要求	481
9.7.2	DCS系统接地	482
9.8	应用工程 DCS 系统现场实施	483
9.8.1	现场设备开箱验收	484
9.8.2	系统现场设备就位、安装与加电	484
9.8.3	系统信号电缆敷设与端子接线	486
9.8.4	DCS系统现场调试	488
9.8.5	系统竣工验收	492
9.8.6	用户操作人员的培训	493
9.8.7	整理竣工技术资料	493
9.9	系统运行与维护	494
9.9.1	系统常见故障及排除	494
9.9.2	供电与接地系统常见故障	495
9.9.3	防止干扰和设备损坏的一般方法	495
9.9.4	工程现场维护常见问题	496
9.10	小结	497
<b>第 10 章</b>	<b>应用案例</b>	<b>498</b>
10.1	秦山二期核电站计算机控制系统	498
10.1.1	引言	498
10.1.2	概述	498
10.1.3	双域结构的使用	499
10.1.4	硬件配置	500
10.1.5	通信网络设备及其连接	504
10.1.6	系统供电、隔离和接地方案	506
10.1.7	关于分站的设计	510
10.1.8	实现功能	511
10.1.9	应急系统功能	524
10.1.10	Web 功能	524
10.2	DCS 在青霉素发酵中的应用	524

10.2.1	引言	524
10.2.2	生产工艺特点	525
10.2.3	影响青霉素发酵水平的因素	525
10.2.4	控制要求和控制方案	526
10.2.5	DCS 控制系统设计	528
10.2.6	工程实施过程中的常见问题	533
10.2.7	系统点评	533
10.3	MACS 在银河纸业 10 万吨/年高强瓦楞纸中的应用	534
10.3.1	引言	534
10.3.2	生产装置和工艺简介	534
10.3.3	生产过程对控制系统的要求	536
10.3.4	控制系统设计	543
10.3.5	工程实现	547
10.3.6	结束语	550
10.4	HOLLiAS-MACS 系统在黔北电厂 #3、#4 机组的应用	550
10.4.1	引言	550
10.4.2	项目概述	550
10.4.3	实现的控制功能	557
10.4.4	第三方设备/系统通信站的冗余设计	580
10.4.5	系统功能的仿真测试	581
10.5	MACS 系统在新型干法熟料生产线的应用	583
10.5.1	引言	583
10.5.2	新型干法熟料生产线的工艺介绍	583
10.5.3	新型干法熟料生产线的特点和控制范围	584
10.5.4	塔牌 5 000 t/d 的系统结构和配置	586
10.5.5	过程控制方案	589
10.5.6	控制方案实现	592
10.5.7	结束语	597
10.6	景德镇发电公司 475 t/h 循环流化床机组 DCS 系统	597
10.6.1	项目主要系统设备和工艺概况	597
10.6.2	机组对控制系统的要求	598
10.6.3	DCS 系统总体设计原则	599
10.6.4	控制系统实施方案	600
10.6.5	工程实施	617
10.6.6	系统点评	618
10.7	和利时公司 DCS 系统在 30 万吨大颗粒尿素装置中的应用	619
10.7.1	系统简介	619
10.7.2	尿素装置工艺流程简介	622
10.7.3	实施方案	627
10.7.4	实践经验介绍	630
10.7.5	结束语	631
附录 A	DCS 工程项目计划任务书	632

附录 B 系统测点清单 .....	633
附录 C 系统状态图 .....	635
附录 D 系统硬件配置图 .....	636
附录 E 出厂检验记录表 .....	637
附录 F 系统工程产品连续运行试验记录表 .....	639
参考资料 .....	640

# 第 1 章 DCS 基本原理和发展历程

## 1.1 什么是 DCS

DCS 是英文 Distributed Control System 的缩写,直译为“分布式控制系统”。从字面上看,DCS 的主要用途是进行控制,而系统的结构则是分布式的,是一种分布结构的控制系统。这种说法虽然没有错,但要对 DCS 做更深入的了解和理解,还必须搞清楚 DCS 所进行的是什么样的控制,它是如何进行控制的,其控制特点是什么,其结构特点又是什么,分布的实际及具体含义是什么等各个方面的问题。

在开始介绍 DCS 之前,很有必要首先介绍一下工业控制过程的分类,正确地理解工业控制过程的分类,有助于真正地理解各种工业控制系统的来龙去脉,并且通过对控制系统发展历史的了解,搞清楚 DCS 出现的背景、环境、条件及技术渊源等问题,这样才能够更加深刻和准确地理解什么是 DCS,并且进一步掌握控制系统的发展趋势,对 DCS 将向什么方向继续发展有更加明确的认识。

## 1.2 控制系统概述

控制是在日常生活中经常接触到的问题,可以说在现代生活中到处都离不开控制,例如,骑自行车要控制平衡和方向,空调、电冰箱要控制温度,洗衣机要控制洗涤时间和水量,等等。这些控制有些是由人自己(如骑自行车的人)实现的,有些则是通过某些控制装置实现的,这些都称之为控制系统。在这里所研究的,是在工业生产过程中遇到的控制问题及其解决方案,实现控制所使用的设备和系统,以及在实施控制系统的过程中将会遇到的问题和如何解决这些问题等。

按照工业生产过程变量的时间连续性和幅度连续性,工业生产的典型过程可以分为三种:连续过程(Continuous Process)、离散过程(Discrete Process)和批量过程(Batch Process)。

连续过程指的是这样一种工业过程:其产品一般都是流体的,如液体、气体等,过程的输入输出变量为时间连续和幅度连续的量,并且过程一旦建立,只产出一种产品。连续过程的变量一般是温度、压力、流量、质量及液位等。比较形象地说,连续过程的产品一般都按“斤两”或类似的连续量纲计量,虽然其产品也可能被包装成固定计量单位的单个形态,但其本质仍是其重量、体积等度量值。石油炼制、化肥等生产过程都是连续过程。以连续过程为主要特征的生产行业被习惯性地称为流程工业。在国际上,过程控制(Process Control)和过程自动化(Process Automation)指的一般都是连续过程。

与连续过程相对应,离散过程指的是这样一种工业过程:其产品是“固态”的、按件计量的,过程的输入输出变量为时间离散和幅度离散的量,如产品的数量、开关的状态等。比较形象地说,离散过程的产品一般都是按“个”计量,我们关心的是其产品的个数。例如,玩具的主要生



产过程可以看成是一个离散过程。以离散过程为主要特征的生产行业被习惯性地称为制造业。

所谓批量过程,指的是一种间歇性多品种生产过程,即利用同样的生产装置,在不同的时间段,根据不同的配方和生产工艺生产出不同的产品。这类过程的特点是连续过程和离散过程交替进行,配方的切换和生产工艺的改变是离散过程,而在确定了配方和生产工艺后的生产过程又是一个连续过程。

一个完整的生产过程,一般都是连续过程和离散过程的混合体,比如在啤酒的生产过程中,发酵过程是一个连续过程,但啤酒最后灌装成瓶的过程又是离散过程。在批量过程中,由于涉及设备的启停控制,一般也都包含有离散过程。

### 1.2.1 控制系统的基本组成

在一个控制系统中,必不可少的组成部分有三个:被控对象(即生产过程)、控制设备或装置、人。在这三个部分中,人是起主导作用的——生产过程是为满足人的需求而建立的,生产的程序、步骤及工艺等是人设计的,在整个生产过程中,要进行哪些控制、如何进行控制及控制的方法是什么,都是由人决定的。在某些情况下,人也直接参与控制(请参见本书有关监督控制的内容)。

被控对象则是实施生产过程的主体。不论何种控制装置,其控制作用都是围绕生产过程发生的。如果离开了生产过程,控制装置就失去了存在的意义,因此,控制装置是从属于生产过程的,但对生产过程又产生着巨大的反作用力,使得完成生产过程的主体,如各类加工机械、发电机、锅炉、化工反应装置、电力或油及汽输送管道等,能够更加安全、高效、稳定及可靠地运行。在上面讲到的连续过程、离散过程和混合过程,都是在描述被控对象的特点。

控制装置是控制系统的核心,所有控制作用都是由控制装置实现的,一个控制系统能否顺利地实现其控制目标,完成复杂的控制功能,主要看控制装置是否稳定可靠并具有优异的性能。因此人们在控制装置的研究方面给予了巨大投入,而且,随着生产效率的不断提高、生产规模的不断扩大、产品质量要求的不断提高,控制装置的作用越来越显得重要,在某些情况下甚至超过了生产设备,因为在使用同样生产设备的情况下,通过改进控制装置就可实现生产效率和产品质量的提高。由于控制装置的重要性,在很多场合,人们不再以被控对象、控制装置和人这三部分的总和作为控制系统的定义,而是直接将控制装置定义为控制系统,即认为控制系统是由围绕实施控制所必须的测量、计算及执行等各个环节所组成的。这实际上是对直接控制系统的定义,而有人参与的控制则被定义为监督控制系统(详见第1.2.7节的描述)。

直接控制系统定义为以下三个要素的集合。

- (1) 测量方法和测量装置;
- (2) 控制方法(包括算法)和运算处理装置;
- (3) 执行方法和执行装置。

在这三个要素中,方法是软件(这里的软件是指解决方案,而不是指程序代码),虽然软件是无形的,但它是系统的主宰,决定了系统的功能和性能,各种装置则是硬件,是实现方法的手段。所有有关软件和硬件的结合,构成了控制系统的各个组成部分,以下简要介绍这些组成部分。