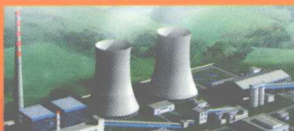


分散控制系统 性能测试技术

王琦 朱亚清 黄卫剑 等/著



科学出版社
www.sciencep.com

分散控制系统性能测试技术

王 琦 朱亚清 黄卫剑 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

分散控制系统(DCS)性能评价与测试工作近年来逐渐得到关注和应用,但相关技术资料并不多见。本书是在作者多年来开展测试工作的实践经验上进一步总结和取得的成果,基本涵盖了DCS性能测试中各个方面的内容,系统地介绍了DCS性能测试的目的与意义、性能指标的分类与定义、测试原理与方法、仪器选型与配置以及实际工程应用等方面进行了详细介绍。全书共分为12章,其中,第1章对DCS的原理、性能测试的意义以及性能指标的分类进行了介绍;第2章主要介绍了测试中常用的仪器设备;第3~11章重点介绍了具体的测试项目和测试方法,包括输入和输出功能测试、人机接口功能测试、系统实时性测试、容错与冗余功能测试、可维修性测试、系统可用率评价、系统部件负荷率测试、抗干扰能力测试、通信网络测试等;第12章就DCS性能测试在实际应用中的类型、实施方法、相关安全事项等内容,以及部分DCS实测情况进行了介绍。

本书可供电力、化工、冶金等行业中从事DCS系统应用设计、检修、试验等专业的技术人员使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

分散控制系统性能测试技术/王琦等著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-028737-3

I. 分… II. 王… III. 分散控制-控制系统-性能试验 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第163457号

责任编辑:王志欣 汤 枫 / 责任校对:刘小梅
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

深海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年8月第一版 开本:B5(720×1000)

2010年8月第一次印刷 印张:22

印数:1—2 500 字数:422 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

20世纪90年代以来,随着工业自动控制水平的不断提高,DCS以其固有的优势备受青睐,在我国自动控制领域已经占据了绝对市场,尤其在火电厂得到广泛应用,目前,国内几千家火电厂使用了DCS。

为了保证火电生产过程的连续性和安全性,DCS自身的性能将直接影响到生产过程的安全和经济运行,事实上,在DCS的实际应用中不乏因DCS某方面性能缺陷或部件故障而导致生产中断,甚至发生事故的例子。因此,对DCS的性能评价与测试工作有着重要意义。

虽然DCS的性能评估工作正逐渐得到推广应用,但是,相关的技术资料并不多见,而该书是其中不可多得的一本。

该书从实用性出发,涵盖了DCS性能测试中各个方面的内容,包括了测试原理、方法和仪器等,可以用来参考解决许多相关技术问题,具有参考价值;另外,它系统、完整地介绍了一些具体的测试项目和测试方法,包括输入和输出功能测试、人机接口功能测试、系统实时性测试、容错与冗余功能测试、可维修性测试、系统可用率评价、系统部件负荷率测试、抗干扰能力测试、通信网络测试等,可以帮助深入理解掌握DCS的性能评估的理论和方法,具有较高的学术价值。作为一名长期从事控制领域的技术工作者,我认为该书值得一读。

广东电力随着改革开放发展很快,火电机组已有百万千瓦超超临界机组,控制机组的DCS在广东也是品种齐全,其控制功能和范围不断扩大。而在这一方面,广东电力科学研究院热工所通过每台机组的DCS调试,以及这些系统的改造项目,掌握了各种DCS的性能,并先后完成了一百多台次发电机组DCS的性能测试试验。因此,我觉得该书也是他们多年对分散控制系统性能研究的一个总结。

我从事电力行业工作也有40余年,深知其中的艰辛,工程上的每个细节都需要反反复复的研究和成千上万次的调试,对任何产品在工程实际上应用,都需要逐步熟悉和掌握它的性能,特别是应用在技术密集型的火电机组。我很感激他们能在工作之余还笔耕不辍,在很短的时间内就完成了该书,也很荣幸地在这里写下我的看法。

张毓麟

2010年7月

前 言

随着分散控制系统(DCS)在工业生产过程中的应用与普及,DCS已成为工业自动化领域中最重要、最关键性设备,其性能直接关系到实际生产过程的安全性、可靠性和经济性。DCS性能评价方法也得到了越来越多的重视,其需求主要来自于系统选型、设备验收、系统维护、系统改进等方面,DCS性能测试是进行DCS性能评价工作中最重要的方法和最有效的手段,其意义体现在完善系统验收测试方法、促进安全生产、指导技术改进和提供设计选型依据等多个方面。

由于DCS结构复杂、部件众多,并涉及了电子、计算机、网络、控制与测量等多门学科和技术,对DCS的各项性能进行全面、系统的测试评价是比较困难的。虽然国内不少制造企业、科研单位和应用企业也都在进行这方面的尝试和努力,并取得了可喜进展,有的行业也颁布了相关的测试标准,但在深度和广度方面还显得不够,DCS的很多重要性能仍没有涉及。作者所在单位广东电力科学研究院也是从1993年左右开始进行DCS性能测试方面的研究与应用,经过十几年的不断学习、应用、深化和积累,逐步得到了一套完善和实用的测试方法,从DCS性能指标的定义、测试项目的拟定到测试方法的实施都给予了明确,其中在系统抗干扰能力测试、网络性能测试、I/O模块性能测试、冗余功能测试、实时性测试、可维修性测试等方面不仅对现有的测试项目和方法进行了补充和完善,还进一步拓展了一些新的、重要的性能测试项目。因此本书也是在现有测试技术以及在作者所在单位研究应用工作基础上进行的总结和提炼。

本书是国内第一部有关DCS性能测试的科技专著,将DCS性能测试作为控制领域中一种新的工程应用学科和技术进行了专门介绍,首次系统地对DCS性能测试的目的与意义、DCS性能指标的分类与定义、测试仪器的选型与配置、测试原理与方法以及工程实施等多个方面进行了归纳、总结和完善,在学术上为推动DCS性能测试技术成为一项专门的应用技术打下了基础。本书内容涵盖了DCS的I/O模块、人机接口系统、控制器、通信网络等重要部件,对系统相关的工作原理也进行了较为深入的剖析,对从事DCS应用与测试的工程技术人员具有较大的帮助和参考作用。

本书全部章节的内容主要由王琦撰写,广东电力科学研究院的几位高级工程师朱亚清、黄卫剑、陈世和、刘志刚、伍宇忠参与了部分章节相关内容的编写工作,他们对所在单位DCS性能测试工作的开展也作出了很大贡献。朱亚清研制了多路可编程顺序脉冲发生器,为SOE通道测试以及开关量实时性测试等项目提供了

非常便利的测试仪器,同时在测试方法的完善上也提出了不少建议;黄卫剑参与了最早 DCS 性能测试项目的策划工作,在 DCS 性能测试项目的确定以及项目实施等方面都起到了重要作用;陈世和作为本部门的主管领导,一直关心和支持 DCS 性能测试工作的开展,对测试工作的规划、开展和实施都提供了大量的帮助和具体的指导意见;刘志刚和伍宇忠负责并参加了许多 DCS 的现场测试工作,对测试项目的完善和改进提出了宝贵的意见和建议。

另外,还要感谢广东电力科学研究院的李军工程师,他对高速数据采集装置进行了完善,极大地方便了测试工作的开展;感谢 FLUKE 公司广州办事处网络部的陈美兴工程师,他提供了关于网络测试仪器和测试标准等方面的技术资料,以及在网络测试方面的技术支持;感谢科学出版社出版过程中所提供的帮助和支持。

虽然本书力求对 DCS 的性能测试技术进行较为全面和系统的介绍,但 DCS 原理的复杂性和技术的多样性仍然让我们感到力有不逮,在对 DCS 原理技术的理解、技术指标的分析、测试方法的构想等方面都受限于作者自身的理论水平和实践经验。因此,书中难免存在疏漏之处,诚恳地希望广大读者能提供宝贵的意见和建议,也可就相关技术问题进行交流 and 探讨,可通过邮箱 wangqi_gz@yahoo.cn 与作者联系。另外,本书意在抛砖引玉,以期引起同行专家对 DCS 性能测试技术的关注,共同来研究和完善此项测试技术。

最后,我要感谢我的妻子和女儿在我艰辛的写作过程中所给予的关心和支持。

王 琦

2010年6月于广州

目 录

序

前言

第 1 章 分散控制系统的性能指标与测试	1
1.1 分散控制系统概述	1
1.1.1 分散控制系统发展简史	1
1.1.2 分散控制系统的工作原理与结构	2
1.2 分散控制系统性能测试概述	6
1.2.1 DCS 性能测试的内容	7
1.2.2 DCS 性能测试的目的	8
1.2.3 DCS 性能测试的意义	9
1.3 分散控制系统的主要性能指标.....	10
1.3.1 DCS 的性能评价	10
1.3.2 DCS 性能指标及分类	11
1.3.3 本书章节安排说明	16
1.4 有关分散控制系统性能测试的技术标准.....	18
1.4.1 DL/T 659 火力发电厂分散控制系统验收测试规程	19
1.4.2 DL/T 744 火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程	21
第 2 章 DCS 性能测试的主要试验设备	22
2.1 DCS 性能测试设备总体配置要求	22
2.2 信号校验与采集设备.....	22
2.2.1 热工过程信号校验仪	23
2.2.2 时间、频率信号校验设备	26
2.2.3 多路可编程顺序脉冲信号发生器	28
2.2.4 高速数据采集仪	32
2.3 共模与差模干扰源模拟设备.....	35
2.3.1 设备的用途	35
2.3.2 主要技术性能	35
2.3.3 关于实际设备	36
2.4 网络测试设备.....	36
2.4.1 网络线缆分析测试仪	36

2.4.2	以太网性能参数测试设备	41
第3章	输入和输出模件测试	45
3.1	模拟量输入模件	45
3.1.1	模拟量信号的类型	45
3.1.2	模件工作原理	46
3.1.3	AI模件性能测试	56
3.2	模拟量输出模件	68
3.2.1	模件工作原理	68
3.2.2	AO模件性能测试	71
3.3	开关量输入模件	73
3.3.1	开关量输入模件的用途	73
3.3.2	模件工作原理	74
3.3.3	DI模件性能测试	81
3.4	开关量输出模件	85
3.4.1	开关量输出模件工作原理	85
3.4.2	DO模件性能测试	89
3.5	脉冲量输入模件	92
3.5.1	PI模件工作原理	92
3.5.2	PI模件性能测试	95
第4章	人机接口功能检查	98
4.1	HMI系统结构	98
4.1.1	分布式数据库结构	98
4.1.2	客户机/服务器结构	99
4.2	人机接口设备	99
4.2.1	操作员站	99
4.2.2	工程师站	100
4.2.3	历史站	100
4.2.4	显示设备	101
4.2.5	打印装置	102
4.3	人机接口功能的检查与测试	102
4.3.1	操作员站基本功能检查	102
4.3.2	工程师站基本功能检查	102
4.3.3	操作闭锁与保护功能的检查	103
4.3.4	显示功能检查	103
4.3.5	打印和制表功能检查	109

4.3.6	事件顺序记录和事故追忆功能检查	110
4.3.7	报警记录显示列表功能检查	110
4.3.8	历史数据存储功能检查	111
4.3.9	机组安全保证提示功能检查	112
第5章	系统实时性测试	113
5.1	系统实时性概述	113
5.1.1	DCS的实时性及影响因素	113
5.1.2	实时性测试的内容	114
5.2	CRT画面显示实时性	114
5.2.1	CRT画面显示实时性概述	114
5.2.2	CRT画面显示实时性测试	115
5.3	控制器处理周期	117
5.3.1	控制器处理周期概述	117
5.3.2	控制器处理周期测试	118
5.4	系统响应时间	120
5.4.1	系统响应时间的含义	120
5.4.2	系统响应时间测试	121
5.5	控制网络实时性	122
5.5.1	控制网络实时性概述	122
5.5.2	控制网络实时性测试	123
5.6	开关量采集实时性	128
5.6.1	开关量采集实时性的评价方法	128
5.6.2	开关量采集实时性测试	129
5.7	模拟量采集实时性	129
5.7.1	模拟量采集实时性的含义	129
5.7.2	模拟量采集实时性测试	130
5.8	SOE记录分辨力	131
5.8.1	SOE设备简介	131
5.8.2	SOE时间分辨力	133
5.8.3	SOE时间分辨力测试	133
5.9	时钟同步精度	136
5.9.1	时钟同步技术简介	137
5.9.2	DCS时钟同步测试方法	141
第6章	容错与冗余功能测试	143
6.1	容错与冗余	143

6.1.1	系统可靠性	143
6.1.2	冗余技术	147
6.1.3	容错技术	150
6.1.4	DCS 冗余(容错)功能测试概述	150
6.2	电源系统冗余	153
6.2.1	DCS 电源系统冗余的基本方式	153
6.2.2	电源系统冗余功能测试	156
6.3	控制器冗余	159
6.3.1	控制器冗余的工作原理	159
6.3.2	影响控制器无扰切换的几个因素	160
6.3.3	控制器冗余功能测试	161
6.4	通信网络的冗余与容错	167
6.4.1	网络结构的冗余与容错	168
6.4.2	主机接入的冗余	176
6.4.3	网络系统冗余与容错功能测试	178
6.5	模件和通道的冗余	183
6.5.1	概述	183
6.5.2	AI 模件和通道的冗余及测试	184
6.5.3	AO 模件和通道的冗余及测试	185
6.5.4	DI 模件和通道的冗余及测试	186
6.5.5	DO 模件和通道的冗余及测试	187
6.5.6	回路控制模件的冗余及测试	188
6.6	测量回路的冗余	189
6.6.1	测量回路冗余的构成	189
6.6.2	测量回路冗余功能测试	191
6.7	其他容错功能	192
6.7.1	键盘操作的容错与测试	192
6.7.2	DCS 电源适应能力测试	192
第 7 章	系统可维修性测试	194
7.1	概述	194
7.1.1	系统可维修性的概念	194
7.1.2	DCS 的在线可维修性	194
7.1.3	DCS 可维修性测试的内容	196
7.2	模件可维修性测试	197
7.2.1	AI 模件的可维修性测试	197

7.2.2	AO 模件可维修性测试	199
7.2.3	DI 模件可维修性测试	201
7.2.4	DO 模件可维修性测试	202
7.2.5	回路控制模件的可维修性测试	204
7.3	设备切除与重置能力测试	204
7.3.1	操作员站和工程师站重置能力测试	205
7.3.2	现场外围设备的切除与重置能力测试	205
7.3.3	网络设备的切除与重置能力测试	205
第 8 章	系统可用率评价	206
8.1	系统可用率概述	206
8.1.1	可用率定义	206
8.1.2	可用率的实测	206
8.2	DCS 可用率评价方法	207
8.2.1	可用率考核	207
8.2.2	可靠性评估	209
第 9 章	系统部件负荷率测试	211
9.1	概述	211
9.2	部件负荷率测试方法	212
9.2.1	CPU 负荷率测试	212
9.2.2	通信网络负荷率测试	215
第 10 章	系统抗干扰能力测试	217
10.1	电磁干扰概述	217
10.1.1	干扰的来源	217
10.1.2	电磁干扰的传播途径	219
10.1.3	电磁干扰的作用形态	224
10.1.4	产生电磁干扰的三要素	225
10.2	电磁干扰抑制技术	226
10.2.1	滤波	226
10.2.2	隔离	228
10.2.3	屏蔽	232
10.2.4	接地	235
10.2.5	电缆与布线	242
10.2.6	软件抗干扰	243
10.2.7	雷击防护	243
10.3	电磁兼容性试验简介	257

10.4	抗干扰能力的现场测试	259
10.4.1	AI通道的干扰抑制比测试	260
10.4.2	DI通道直流噪声容限测试	265
10.4.3	系统抗射频干扰能力测试	266
10.4.4	干扰传播途径的抗干扰性能检查	267
10.4.5	现场干扰大小的检查	268
第11章	DCS通信网络性能测试	270
11.1	DCS网络性能概述	270
11.2	DCS中局域网技术简介	272
11.2.1	局域网概述	272
11.2.2	令牌网络	274
11.2.3	存储转发网络	275
11.2.4	以太网	275
11.3	网络布线系统的技术标准与测试类型	280
11.3.1	布线系统技术标准	280
11.3.2	布线参数测试类型	282
11.4	双绞线电缆性能测试	282
11.4.1	双绞线电缆概述	282
11.4.2	永久链路和信道	285
11.4.3	双绞线性能测试方法	286
11.5	同轴电缆性能测试	294
11.5.1	同轴电缆概述	294
11.5.2	同轴电缆性能测试方法	295
11.6	光纤性能测试	296
11.6.1	光纤简介	296
11.6.2	测试项目与方法	299
11.7	以太网性能测试	304
11.7.1	以太网性能测试技术标准	304
11.7.2	以太网的分层接入	305
11.7.3	网络连通性测试	307
11.7.4	链路传输速率测试	308
11.7.5	吞吐量测试	311
11.7.6	传输时延测试	312
11.7.7	丢包率测试	313
11.7.8	链路健康状况指标统计	314

11.8 现场总线性能测试	319
11.8.1 现场总线概述	319
11.8.2 现场总线性能测试介绍	321
第12章 DCS性能测试的实际应用	324
12.1 DCS性能测试的类型	324
12.1.1 验收测试	324
12.1.2 性能评价测试	324
12.1.3 定期维护测试	325
12.2 DCS性能测试的实施	325
12.2.1 测试方案编写	325
12.2.2 测试安全事项	325
12.2.3 测试报告的编写	328
12.3 性能测试结果评价的一般方法	328
12.4 部分DCS性能实际测试结果介绍	329
参考文献	334

第 1 章 分散控制系统的性能指标与测试

1.1 分散控制系统概述

分散控制系统(distribute control system, DCS)是一种集控制技术、计算机技术、通信技术、网络技术于一体的新型控制系统。其主要特征在于分散控制和集中管理,它采用多级计算机分层的控制方式,将复杂工业过程的控制任务分散到若干个过程控制站上去完成,并对生产过程实行集中监视、操作和管理,因此 DCS 也被称为集散控制系统。

近 30 年来,DCS 在工业过程控制中得到迅速普及,广泛应用于电力、石化、冶金、建材、制药等行业,成为过程控制系统的核心。DCS 的应用大幅提高了生产过程的安全性、经济性、稳定性和可靠性。在 DCS 自身技术的发展方面,随着第四代 DCS 开放性和集成化程度的提高,DCS 可更为广泛地兼容和支持其他控制设备以及进行可靠的集成,成为生产过程的控制平台。

在我国电力行业,从 20 世纪 80 年代末期开始,随着引进的大型火力发电机组逐步在机组控制中应用 DCS,DCS 不仅成为新建大机组的标准装备,越来越多的中小机组也逐步完成了 DCS 的改造工作。DCS 在火力发电机组的应用范围也不断扩大,其功能已逐步扩展到机、炉、电全厂控制以及外围辅助系统,成为电站控制的标准设备。

1.1.1 分散控制系统发展简史

计算机进入早期的过程控制领域经历了监视系统(monitors system)、监督控制(supervisory control)和直接数字控制(direct digital control, DDC)3 个阶段。监视系统严格来说并不能称为控制系统,它只是将一些现场检测仪表的数据采集到一起,然后在计算机的显示屏上进行显示,控制作用的实施仍然是现场控制仪表。到了 DDC 阶段才真正完全地实现了计算机控制,DDC 除了能完成现场检测数据监视和设定值功能外,还可以完成控制算法并输出控制量,其特点是利用计算机强大的计算处理能力,将所有回路的控制计算工作集中完成。但由于所有回路都集中在计算机中进行处理,因此计算机成为整个系统的“瓶颈”,一旦计算机出现故障,所有控制回路都将失去控制,这对于很多工业过程来说是相当危险的;另外,随着工业过程规模的扩大,受到计算机处理能力的限制,在控制回路

太多或对控制实时性要求很高时,系统将无法满足要求。这是 DDC 面临的两大重要问题。

随着过程控制装置的数字化演进,计算机、网络技术的飞速发展,以及 DDC 的缺点日益突出,DCS 得以问世。DCS 与 DDC 系统的根本差异在于引入了通信网络,通信网络的引入使过程控制功能可以分散到多台称为过程控制站的计算机上,各台控制站分别监视和控制工业过程的不同对象或区域,承担适量的控制任务,并通过通信网络进行过程信息的共享、控制行为的协调;通过不同的通信网络还可以实现人机接口功能、数据库管理功能,并可将信息管理等功能与过程控制功能进行分离。

从 1975 年美国 Honeywell 公司首先推出的 TDC-2000 系统到现在,DCS 的发展可以分为四个阶段。第一阶段的 DCS 以 1975~1980 年 Honeywell 公司的 TDC-2000、Baily 公司的 Network90、Foxboro 公司的 Specturm 等系统为代表,这个时期的系统比较注重控制功能的实现,而人机界面功能相对较弱,各个厂家的系统均由专有产品构成,尤其通信方面也是自成体系,难以互通互换。第二阶段是在 1980~1985 年,包括 Honeywell 公司的 TDC-3000、Westinghouse 公司的 WDPF 等,这阶段 DCS 的最大特点是引入了局域网(LAN)作为系统骨干网,按照网络节点的概念组织过程控制站、中央操作站、系统管理站及网关等,但在系统的通信标准上仍然没有进展。第三阶段是在 1987 年以 Foxboro 公司的 I/A Series、Honeywell 公司的 TDC-3000UCN、Baily 公司的 INFI-90、Westinghouse 公司的 WDPF II 等系统为代表,这一时期的 DCS 增加了上层网络,形成了直接控制、监督控制、上层管理的三层功能结构。进入 21 世纪,第四代 DCS 已逐渐形成,如 Honeywell 公司的 Experion PKS 系统、Foxboro 公司的 I/A Series A² 系统、ABB 公司的 Industrial^{IT} 系统等。第四代 DCS 的主要变化在于引入了工厂监控与管理层,可提供直接根据生产过程的信息进行车间资源分配、过程管理、设备维护与性能分析等多种附加功能;同时提供开放的企业经营管理层接口,以便与企业级信息管理网络连接;第四代 DCS 的开放性更强,包容多种控制设备,如 PLC、FCS 等,表现出更高的信息化、集成化水平和更强的开放性。

1.1.2 分散控制系统的工作原理与结构

分散控制系统是纵向分层、横向分散的大型综合控制系统。通过多层的计算机网络将分布在全厂范围内的各种控制设备、数据处理设备和监视操作设备连接在一起,实现信息的共享和协调工作,共同完成各种控制、管理及决策功能。

这里以一套实际的 DCS 为例来进行介绍。图 1-1 为 XDPS-400 的系统结构示意图,该系统包含了 DCS 各项最基本的功能。从图 1-1 中可以看到,系统可划分为三个不同的层次,从下往上分别是过程控制级、监控级和管理级,这也是 DCS 应

具有的最基本的分级结构。

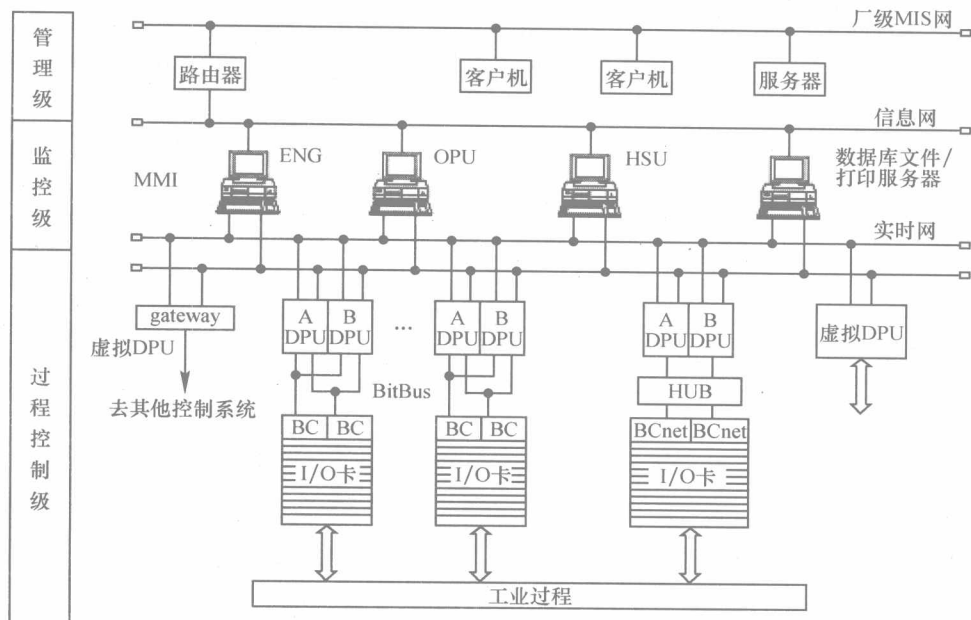


图 1-1 XDPS-400 系统结构示意图

1. DCS 工作原理简介

在过程控制级,冗余的实时网络(也称为控制网络)接入过程控制站(DPU)、操作员站(OPU)、工程师站(ENG)及相关功能的服务器等设备,主要完成对工业过程实时监视和控制功能。系统将过程的监视与控制任务分散到各个 DPU 中分别执行,各 DPU 之间则通过实时网络共享过程信息并协调控制行为。在 DPU 内按双机冗余方式配置了两台控制器,由控制器下挂柜内模块总线来连接各类智能子模块,如模拟量/开关量的输入输出模块、回路控制模块、通信接口的扩展模块等。主控制器通过模块总线取得模块所采集的过程数据,按控制器内装的控制逻辑组态进行相关处理和运算,然后将控制命令由输出类模块传送给现场执行机构等设备。实时网络通过网关(gateway)设备可以和其他类型的控制网络实现互联,实现和其他生产过程控制设备的联系。

监控级中的操作员站通过实时网络从 DPU 中取得相关过程数据并进行显示,接受运行操作人员的操作指令,并通过网络发送到各个 DPU。工程师站为控制人员提供了一个可以对系统进行检查和维护的接口。系统还可配置历史数据站、文件打印服务器等设备以提供相应的历史数据服务、文件打印服务等。为保证

实时网络的实时性,监控级中的非实时性数据均通过信息网络进行传输,以减小实时网络的通信负荷量。

通过路由器,信息网络可以和厂级 MIS 等管理级网络相连,向管理级的服务器提供生产过程的实时数据和信息,供厂级生产过程优化和决策使用。

2. DCS 的结构与主要部件

DCS 中的所有设备按功能可划分为网络通信子系统、过程控制子系统和人机接口子系统。

1) 网络通信子系统

按由低层到高层的顺序,一个典型 DCS 的网络通信子系统通常包含模块总线、控制网络、信息网络以及管理网络。各层网络将相应的设备连接在一起,实现不同的功能。

(1) 模块总线。

模块总线是过程控制站内的通信网络,通常采用总线形式,它连接控制器和站内各子模块,实现控制器与模块的通信功能,有的系统也采用以太网作为过程控制站内的通信网络。为了提高可靠性,很多系统采用了冗余的总线结构。

(2) 控制网络。

控制网络是 DCS 的核心网络,它连接了各过程控制站和人机接口站(HMI),实现站间实时数据的共享,协调各站的控制行为。控制网络的拓扑结构主要有总线型、星形和环形。总线型网络一般用于早期 DCS 的常规以太网;星形网络可用于常规以太网、交换式以太网以及快速以太网等;常见的环形网络有令牌环、FD-DI、工业以太网以及其他一些存储转发协议的网络。实时控制网络和普通办公以及商用网络相比更强调实时性和可靠性。

在实时性方面,早期曾存在以太网与令牌环网(包括其他采用存储转发协议的网络)的应用争论。因为以太网虽然系统简单,但采用总线争用机制,存在不确定的碰撞现象,当通信负荷增大时,容易增大碰撞概率,加大数据包的重传概率,并可能形成恶性循环,使通信效率大幅下降,导致系统的实时性得不到保证;而令牌环网虽然协议复杂,但采用固定时间槽,系统通信效率不会因为负荷的增大而产生大幅的下降,因此被认为更适合于实时性要求高的场合。但由于现在交换技术和快速以太网技术的发展和应用,全双工的交换式高速以太网解决了碰撞问题,已经能够满足工业控制的实时性要求,且以太网技术成熟、成本较低,目前在 DCS 中的应用越来越广。

无论何种网络,应用于工业过程控制时,其安全性和可靠性始终是第一位的。为保证可靠性的要求,各 DCS 的实时数据网均采用了冗余和容错设计,包括网络的冗余(容错)、网络接口卡的冗余、集线器(或交换机)的冗余等,并强化了传输错