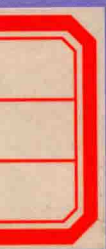



核电厂数字化仪表与控制系统

刘 冲 阳小华 赵立宏 主编



 中国原子能出版社

核电厂数字化仪表与控制系统

刘 冲 阳小华 赵立宏 主编

中国原子能出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

核电厂数字化仪表与控制系统 / 刘冲, 阳小华, 赵立宏主编. —北京: 中国原子能出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-5022-7472-6

I. ①核… II. ①刘… ②阳… ③赵… III. ①核电厂-数字显示仪-控制系统 IV. ①TM623.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 201980 号

内 容 简 介

本书阐述了核电厂仪表与控制系统的发展、系统结构、主要功能,并对核电厂典型的仪表与控制系统进行了比较。全书共分七章,系统地介绍了第三代核电厂 AP1000 的仪表与控制系统。首先,在对核电厂仪表与控制系统发展的历史、现状和发展趋势进行叙述的基础上,分别对仪表与控制系统总体情况、Common Q 安全级仪表与控制系统平台与 Ovation 非安全级仪表与控制系统平台进行了描述;其次,重点介绍了 AP1000 核电厂的反应堆功率控制系统与棒控系统、快速降功率控制系统、蒸汽排放系统、稳压器液位控制系统、稳压器压力控制系统、蒸汽发生器给水与液位控制系统、纵深防御控制、多样化驱动系统;然后,详细地介绍了 AP1000 核电厂的核测仪表系统、堆芯仪表系统、棒位指示系统、辐射监测系统 etc 仪表与监测系统以及保护系统与安全监测系统;最后,介绍了运行控制与数据处理系统的工作原理及其基本结构、主要功能特点等。

本书可作为高等院校核电、自动化、电气工程等相关专业学生的教材或参考书,也可供科技人员参考使用。

核电厂数字化仪表与控制系统

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)
责任编辑 左浚茹
装帧设计 崔 彤
责任校对 冯莲凤
责任印制 潘玉玲
印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司
经 销 全国新华书店
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 14.625
字 数 366 千字
版 次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5022-7472-6 定 价 56.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>
发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com
版权所有 侵权必究

《核电厂数字化仪表与控制系统》 编审委员会

主 编 刘 冲 阳小华 赵立宏

副主编 高飞燕 刘朝晖 刘 华

胡创业

前 言

21 世纪初期,国家核电技术公司(SNPTC)承担了从美国西屋电气有限公司引进 AP1000 核电技术和合作建造 AP1000 核电机组的重要使命,是实现我国第三代核电自主化目标的重大战略决策。国家核电技术公司是第三代先进核电技术引进、工程建设和自主化发展的主要载体和研发机构。《核电厂数字化仪表与控制系统》是在“国家核电 AP1000 核电厂培训教材”《AP1000 核电数字化仪控系统》的基础上,由国家核电技术公司资助、南华大学组织编写的系列教材之一。

为适应我国建设 AP1000 核电厂并持续推进核电技术国产化、本地化的步伐,也是为了满足广大核电从业人员能够尽快地熟悉核电厂数字化仪控技术并全面掌握 AP1000 数字化仪控系统的需要,本教材对数字化仪控系统,特别是 AP1000 的数字化仪控系统作了全面而详细的介绍,以便读者能够了解核电厂数字化仪表与控制系统基础知识、基本概念、基本原理、基本结构以及所涉及专业名词与专业术语;了解核电厂数字化仪表与控制系统的分类、分级和监测与控制的基本方法;了解核电厂数字化仪表与控制系统的主要功能以及在保证反应堆安全可靠运行中的重要作用。

全书共分七章,参考学时 30—40 学时。第 1 章是对仪表与控制系统的总体介绍;第 2 章主要介绍了核电厂仪表与控制系统基本知识;第 3 章介绍了 AP1000 仪表与控制系统平台;第 4 章介绍了 AP1000 电厂控制系统;第 5 章介绍了 AP1000 保护系统与安全监测系统;第 6 章介绍了 AP1000 核电厂监测系统;第 7 章介绍了 AP1000 核电厂运行控制与数据处理系统。其中,第 1、3、4 章由刘冲编写;第 2 章由刘华编写;第 5 章由高飞燕编写;第 6 章由胡创业编写;第 7 章由刘朝晖编写。

在编写过程中,中国核动力研究设计院陈智博士对本书的初稿进行了评审并提出了宝贵意见。在本书大纲的审查、内容的研讨和审稿过程中,各方面专家提出了宝贵的意见和修改建议,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,本教材中出现某些问题在所难免,如有不妥或谬误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 11 月

目 录

| | |
|------------------------------|--------|
| 第 1 章 仪表与控制系统概论 | (1) |
| 1.1 仪表与控制系统简介 | (1) |
| 1.2 仪表与控制系统基本构成 | (5) |
| 1.3 系统的主要功能 | (7) |
| 思考题 | (10) |
| 第 2 章 核电厂仪表与控制系统 | (11) |
| 2.1 核电厂仪表与控制系统的发展概况 | (11) |
| 2.1.1 核电厂与常规电厂仪表与控制系统的区别 | (11) |
| 2.1.2 发展历程和发展趋势 | (14) |
| 2.2 核电厂仪表与控制系统的主要功能 | (19) |
| 2.2.1 信息监视功能 | (19) |
| 2.2.2 控制功能 | (20) |
| 2.2.3 保护功能 | (20) |
| 2.3 数字化仪表与控制系统作用与特征 | (20) |
| 2.3.1 主要作用 | (20) |
| 2.3.2 重要特征 | (21) |
| 2.4 核电厂典型数字化仪表与控制系统平台 | (22) |
| 2.4.1 TXP、TXS 平台 | (22) |
| 2.4.2 Ovation 与 Common Q 平台 | (28) |
| 2.4.3 HOLLiAS 平台 | (30) |
| 2.4.4 典型数字化仪表与控制系统平台比较 | (31) |
| 思考题 | (35) |
| 第 3 章 AP1000 仪表与控制系统平台 | (37) |
| 3.1 概述 | (37) |
| 3.1.1 AP1000 仪表与控制系统的重要性 | (37) |
| 3.1.2 AP1000 仪表与控制系统的基本要求 | (38) |
| 3.1.3 AP1000 仪表与控制系统安全设计基本原则 | (38) |
| 3.2 AP1000 仪表与控制系统总体结构 | (39) |
| 3.2.1 主要特点 | (40) |
| 3.2.2 基本结构 | (40) |

| | | |
|--------------|----------------------------|---------------|
| 3.2.3 | 功能介绍 | (41) |
| 3.2.4 | 性能要求 | (46) |
| 3.3 | 安全级仪表与控制系统平台 | (47) |
| 3.3.1 | Common Q 平台的硬件 | (47) |
| 3.3.2 | Common Q 平台的软件 | (51) |
| 3.4 | 非安全级仪表与控制系统平台 | (52) |
| 3.4.1 | Ovation 网络 | (53) |
| 3.4.2 | Ovation 控制器 | (53) |
| 3.4.3 | Ovation I/O 模块 | (56) |
| 3.4.4 | Ovation 用户界面 | (57) |
| 3.4.5 | 历史站与记录服务器 | (59) |
| 3.4.6 | Ovation 高效工具 | (59) |
| 3.4.7 | Ff 现场总线 | (60) |
| | 思考题 | (62) |
| 第 4 章 | AP1000 电厂控制系统 | (63) |
| 4.1 | 概述 | (63) |
| 4.2 | 反应堆功率控制系统与棒控系统 | (64) |
| 4.2.1 | 反应堆控制原理 | (64) |
| 4.2.2 | 反应堆功率控制过程 | (69) |
| 4.2.3 | 轴向功率分布控制 | (70) |
| 4.2.4 | 控制棒控制系统 | (71) |
| 4.3 | 快速降功率控制系统 | (78) |
| 4.3.1 | 系统功能与逻辑 | (78) |
| 4.3.2 | 快速降功率控制棒的选择 | (79) |
| 4.3.3 | 控制棒换棒系统 | (79) |
| 4.3.4 | 控制棒插入提升极限系统 | (80) |
| 4.4 | 蒸汽排放控制系统 | (81) |
| 4.4.1 | 蒸汽排放控制系统功能 | (81) |
| 4.4.2 | 蒸汽排放控制系统运行模式 | (81) |
| 4.4.3 | 蒸汽排放控制系统工作原理 | (82) |
| 4.5 | 稳压器液位控制系统 | (84) |
| 4.5.1 | 稳压器液位控制系统功能 | (84) |
| 4.5.2 | 稳压器液位控制系统工作原理 | (84) |
| 4.6 | 稳压器压力控制系统 | (85) |
| 4.6.1 | 稳压器压力控制系统功能 | (85) |
| 4.6.2 | 稳压器压力控制系统运行原理 | (85) |

| | |
|-------------------------------------|----------------|
| 4.7 蒸汽发生器给水与液位控制系统 | (86) |
| 4.7.1 主给水控制系统 | (86) |
| 4.7.2 启动给水控制系统 | (88) |
| 4.8 纵深防御控制 | (88) |
| 4.9 多样化驱动系统 | (89) |
| 4.9.1 多样化功能 | (89) |
| 4.9.2 手动驱动功能 | (90) |
| 4.9.3 自动驱动功能 | (91) |
| 思考题 | (92) |
| 第 5 章 AP1000 保护与安全监测系统 | (93) |
| 5.1 概述 | (93) |
| 5.2 反应堆紧急停堆系统 | (94) |
| 5.2.1 停堆功能 | (94) |
| 5.2.2 停堆联锁 | (100) |
| 5.2.3 停堆功能的旁通 | (101) |
| 5.2.4 停堆的相关变量 | (101) |
| 5.3 专设安全设施驱动系统 | (102) |
| 5.3.1 系统功能 | (102) |
| 5.3.2 系统联锁 | (110) |
| 5.3.3 系统旁通 | (111) |
| 5.4 1E 级数据处理子系统 | (111) |
| 5.4.1 系统功能 | (111) |
| 5.4.2 事故后监测系统设计要求 | (112) |
| 5.5 保护和安全监测系统结构框架 | (115) |
| 5.5.1 系统结构 | (115) |
| 5.5.2 序列结构 | (117) |
| 思考题 | (120) |
| 第 6 章 AP1000 核电厂监测系统 | (122) |
| 6.1 概述 | (122) |
| 6.2 核测仪表系统 | (122) |
| 6.2.1 系统功能 | (122) |
| 6.2.2 系统结构 | (124) |
| 6.3 堆芯仪表系统 | (125) |
| 6.3.1 系统功能 | (125) |
| 6.3.2 系统结构 | (125) |
| 6.4 棒位指示系统 | (127) |

| | | |
|-------------|------------------------------|--------------|
| 6.4.1 | 系统功能 | (127) |
| 6.4.2 | 系统结构 | (128) |
| 6.5 | 辐射监测系统 | (129) |
| 6.5.1 | 系统功能 | (129) |
| 6.5.2 | 系统结构 | (129) |
| 6.5.3 | 系统组成 | (130) |
| 6.6 | 地震监测系统 | (135) |
| 6.6.1 | 系统功能 | (135) |
| 6.6.2 | 系统组成 | (137) |
| 6.6.3 | 不同工况下的系统运行 | (139) |
| 6.7 | 特殊监测系统 | (140) |
| 6.7.1 | 数字式金属撞击监测系统 | (140) |
| 6.7.2 | 堆芯吊篮振动监测系统 | (143) |
| 6.7.3 | 设备振动完整性监测系统 | (145) |
| 6.8 | 气象和环境监测系统 | (148) |
| 6.8.1 | 系统概况 | (148) |
| 6.8.2 | 系统功能 | (148) |
| 6.8.3 | 系统组成 | (149) |
| | 思考题 | (151) |
| 第7章 | AP1000 核电厂运行控制与数据处理系统 | (152) |
| 7.1 | 概述 | (152) |
| 7.2 | 运行与控制中心 | (153) |
| 7.2.1 | AP1000 主控室 | (154) |
| 7.2.2 | 技术支持中心 | (159) |
| 7.2.3 | 远程停堆室 | (161) |
| 7.2.4 | 运行支持中心和应急运行设施 | (162) |
| 7.2.5 | 就地控制站 | (163) |
| 7.3 | 数据显示与处理系统 | (163) |
| 7.3.1 | 系统结构和设备 | (163) |
| 7.3.2 | 系统功能 | (164) |
| 7.3.3 | 系统软件 | (171) |
| 7.3.4 | 设计准则 | (171) |
| | 思考题 | (172) |
| 附录 A | | (173) |
| 附录 B | 缩略语表 | (188) |
| 附录 C | | (195) |

| | | |
|--------|----------------------|-------|
| 附件 C.1 | Ovation 平台简介 | (195) |
| C.1.1 | Ovation 网络 | (195) |
| C.1.2 | Ovation 控制器 | (196) |
| C.1.3 | Ovation I/O 模块 | (198) |
| C.1.4 | Ovation 用户界面 | (205) |
| C.1.5 | 历史/记录服务器 | (207) |
| C.1.6 | Ovation 高效工具 | (208) |
| 附件 C.2 | Common Q 平台简介 | (210) |
| C.2.1 | 概述 | (210) |
| C.2.2 | Common Q 硬件 | (210) |
| C.2.3 | Common Q 软件 | (216) |
| 附录 D | 名词术语表 | (218) |
| 参考文献 | | (221) |

第 1 章 仪表与控制系统概论

内容提要: 简要介绍仪表与控制系统及发展历程; 仪表与控制系统的基本组成; 仪表与控制系统主要功能; 国、内外的应用现状。

知识要点: 仪表与控制系统基本概念; 仪表与控制系统主要功能。

教学建议: 建议在本章教学内容结束后, 提供一定数目的参考文献供学生课后研读。本章课堂教学时间为 2 学时。

仪表与控制系统是一个结合了各类控制功能的完整系统, 是目前应用广泛、结构先进、功能完整的控制系统。在一般工业过程中, 仪表与控制系统技术的发展是随微电子、计算机及网络通信三大技术的发展而发展的。

对于模拟系统而言, 人们已有丰富的设计和运行经验, 技术成熟、响应速度快、检验鉴定方便、可靠性及安全性满足要求。但是也存在一些很难解决的缺点和问题, 例如: 控制保护算法简单而且精度差, 影响电厂经济性; 信息贮存和显示能力差, 不能满足人因工程原则的要求; 定期试验时间长, 难以在线自检; 备品、备件缺乏, 不便于维修和更新换代。随着数字计算机技术的迅猛发展及其在一般工业过程中广泛而成功的使用, 数字化仪控系统取代模拟仪控系统, 已成为必然的发展趋势。

1.1 仪表与控制系统简介

从工程应用和历史发展的脉络看, 数字化仪表与控制系统的前身就是集散控制系统。在诸如火力发电、冶金、核电等规模庞大的工程控制系统, 生产工艺过程复杂, 管理高度集中, 而且生产过程相对分散, 同时要求其控制系统为高可靠性、结构灵活和易操作的控制系统, 所以集散型计算机控制系统是实现流程企业综合控制的理想方案。集散型计算机控制系统是以微处理机为核心, 实现地理上或功能上分散的控制, 又通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起来, 进行集中的监视和操作, 并实现高级复杂的控制规律。集散型计算机控制系统是由基本控制器、高速数据通道、高速数据通道服务器、输入/输出装置、操作站和监测计算机等组成, 如图 1.1 所示。

(1) DCS 定义

数字化仪表与控制系统简称为数字化仪控系统, 即 DCS I&C。在自动控制领域, DCS 是集散控制系统 distributed control system 的英文缩写。I&C 是指 instrument and control。在某些特定的行业——核电厂控制领域, DCS 的含义普遍理解为数字化控制系统 digital control system。无论赋予 DCS 怎样的含义, 其实质仍为分布式控制系统或者集散控制系统。其核心技术均是由集中式控制系统发展、演变而来, 由过程控制级和过程监控级组成的, 以通信网络为纽带的多级计算机系统, 其理念是分散控制、集中操作、分级管理、配置灵活以及组态方便。随着 DCS 技术 30 年来的发展, 国产 DCS 产品也日臻成熟, 并广泛

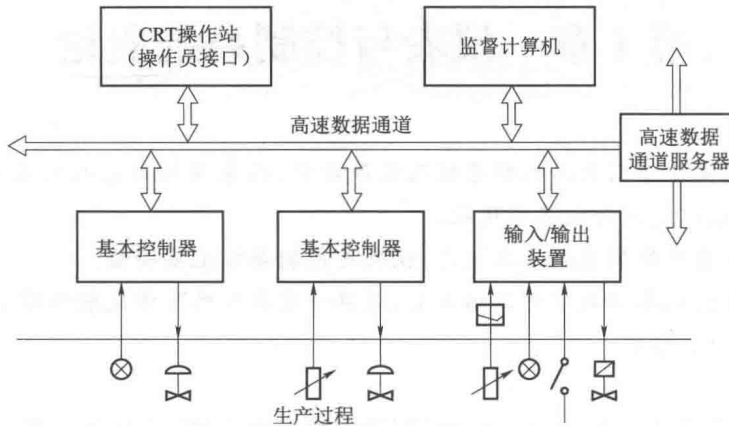


图 1.1 集散计算机控制系统

应用于各行业的工业过程自动化。通常情况下,DCS 可定义为除变送器和执行单元以外,各种控制功能及通信、人机界面均采用数字技术,以计算机的显示器、键盘、鼠标、轨迹球等代替仪表盘形成系统人机界面,以回路控制为主要功能、充分体现分布式控制特点的自动化系统。

(2) 集散控制系统的特点

由于集散控制系统的操作和管理集中,测量和控制功能分散,因此系统具有可靠性高、功能和效率高、容易开发便于扩展、良好的性能价格比、友好的人机界面等特点。

集散控制系统具有极高的可靠性。由于系统的功能分散,每台控制器只控制少量的回路,即使发生故障,影响面也较小,因而从根本上改善了系统的可靠性。由于系统中的硬件大部分采用了大规模集成电路和其他高质量的元件,采用了固化的应用软件,降低了硬件和软件的故障率。对于关键的设备或部件,系统采用双重冗余设计,使系统的可靠性大大提高。另外,系统还具有比较完善的自检查和自诊断功能,系统执行诊断程序对系统进行定期诊断检查,如发现故障及时将故障显示在显示屏上,并发出报警信号,以引起操作人员的响应,同时显示出故障的位置,方便维护人员及时排除故障。

集散控制提高系统的功能和效率。由于微型计算机的控制功能是通过执行程序来实现的,所以除了能实现简单的 PID(proportional integral differential)控制外,还可实现复杂控制规律,如串级控制、前馈控制、解耦控制、自适应控制、最优控制和非线性控制等功能,也可以实现顺序控制,如设备的自启动和停车。微型计算机具有快速反应和高精度运算的优点,提高了控制的品质。集散型计算机控制系统操作使用简便,对操作者来说不必考虑程序设计问题,主要集中精力考虑如何有效地运用已定义的功能模块来制定所希望的控制方案。

集散控制系统容易开发,便于扩展。集散型计算机控制系统的软件和硬件采用模块化结构。功能程序模块化并被固化,这些模块可以通过操作任意选择并被方便地组合成各种复杂的控制功能软件,为控制软件的开发带来极大的方便。系统功能的扩展主要是通过增加相应的功能模块而实现的。

集散控制系统费用大幅度降低,具有良好的性能价格比。采用微型计算机或微处理机,其价格比采用完成同样功能的小型计算机的价格要低得多。由于采用了计算机与计算机之间的通信系统,数据调整通道提供了现代分时通信技术,实现了综合控制。集散型控制系统

的基本控制单元或过程输入/输出接口单元可直接安装在现场,通过数据调整通道(网线)与主控室连接,实现信息的传递,大大地减少了系统布线、节省了工程费用、降低了成本。

集散型控制具有友好的人机界面。通过先进的显示屏幕或操作台,能够替代庞大的仪表操作盘,可以通过键盘选择多种画面并显示全部过程变量、控制变量及其他参数,还可以直接操作远程控制器,实现工业过程的集中监视和操作,给操纵员带来极大的方便。

(3) DCS 发展历程

DCS 从诞生到现在,大致经历了以下几个发展阶段。

1) 第一代 DCS

具有分散控制、集中管理的过程控制、操作管理和数据通信三大主要功能,以 Honeywell 公司 1975 年推出的 TDC2000 等为代表。

2) 第二代 DCS

第二代 DCS 产品的主要特点是比第一代 DCS 功能增强,包括控制算法,实现常规控制、逻辑控制、批量控制的结合,即混合控制。管理范围扩大,功能增加。通信方式为总线式和环式,并支持局域网协议。以 TDC3000 等为代表。

3) 第三代 DCS

第三代以 FOXBORO 公司 1987 年推出的 I/A Series 系统为代表。主要是在局域网技术上实现 10 Mbps 的宽带网和 5 Mbps 的载带网,并符合 OSI(开放互联参考模型)标准。另外,还增加了自适应和自整定等控制算法。

4) 第四代 DCS

第四代 DCS 产品的主要标志是集成化、开放化、信息化。其体系结构更为完整,包括四个层次:现场仪表层、控制装置单元层、工厂(车间)层和企业管理层。

无论是国内还是国外,数字化仪表与控制系统在石油、冶金、化工、火力发电、水力发电、核电、装备制造等行业领域都得到了广泛、充分的发展和应用。这些行业无一例外,都对流程控制、过程管理、安全及效率有严格和精细的要求。数字化仪表与控制系统的应用恰恰有助于满足这些要求,并不断为行业带来更大的价值。DCS 系统综合了计算机技术、控制技术、通讯技术、软件技术等。DCS 的技术特点包括分级递阶式系统结构、分散控制、高可靠性、人机界面友好、组态丰富。

世界上著名的 DCS 系统供应商包括:SIEMENS、Honeywell、Yokogawa(日本横河)、Foxboro、ABB、EMERSON、Westinghouse 等。国内,领先的自动化与信息技术解决方案供应商包括和利时集团、和利时集团参股并且是国家能源核电厂数字化仪控系统研发中心的北京广利核系统工程有限公司、浙大中控自动化技术有限公司、浙江威盛自动化公司等。随着技术的进步,Honeywell 公司推出的 Experion PKS 系统、Emerson 公司的 Plant Web 和 Ovation、日本横河公司的工厂资源管理系统 RPM R3.12、ABB 公司的 Industrial IT 系统等都是新一代 DCS 的代表。国内,和利时公司推出了自己的第四代 DCS 产品 MACS Smart pro 系统、2013 年广利核公司推出并通过核级安全认证的 FirmSys 系统。

数字化仪控系统强大的信息功能是传统常规仪表所无法比拟的。它不再受限于传统的控制台及手操屏盘,完全用监视器或大屏幕进行监视及控制。为了与自动控制系统的静态和动态要求相适应(组态、处理速度、控制室设计等),系统的各项功能可以分配到处理单元和输入/输出终端中,将操作终端与过程处理单元从工作区域上分开,可对主控室进行灵活

的设计,并在每一个终端上可对全机组的情况进行监视及操作。

(4) 数字化仪表与控制系统的优点

如果说,从仪表控制系统的角度看,DCS的最大特点在于其具有传统模拟仪表所没有的通信功能。那么从计算机控制系统的角度看,DCS的最大特点则在于它将整个系统的功能分成若干台不同的计算机去完成,各个计算机之间通过网络实现互相之间的协调和系统的集成。在DCS中,检测、计算和控制这三项功能由称为现场控制站的计算机完成,而人机界面则由称为操纵员站的计算机完成。这是两类功能完全不同的计算机,而在一个系统中,往往有多台现场控制站和多台操纵员站,每台现场控制站或操纵员站对部分被控对象实施控制或监视,这种划分是功能相同而范围不同的计算机,因此,DCS中多台计算机的划分有功能上的,也有控制、监视范围上的。

数字化仪表与控制系统的的主要优点如下:

1) 改进了控制和保护方案的选用及调整。控制和保护参数的整定及修改只需局部改变内部应用软件;各种先进方案、精确算法、最佳参数能很容易地实现。精确控制、保护算法和智能化处理可以提高电厂输出功率,带来巨大的经济效益。

2) 数字技术能抑制与克服干扰和漂移的影响,提高测量与控制的精度。光纤通讯的光缆容量大、传输快、抗电磁干扰能力强、解决了接地问题,改善了精度,减少了缆线的数量与种类,可以用两根冗余的光缆将分散在电厂现场各处的传感器、执行机构与主控室连接起来,不仅敷设与维护方便,而且减少了缆线故障的可能性。

3) 能实现冗余、故障安全与容错的设计。在几个安全通道之间、安全通道与非安全通道之间采用光纤通信,实现功能执行与设备配置的隔离。允许旁通、在线试验与维修,自动校正消除漂移与查找探测器故障,使用前对输入数据进行验证,可以早期查错,快速有效改正错误,并防止一个系统的错误对其他系统产生影响,减少因电厂瞬态及设备故障引起可能的误停堆,改善可靠性和可用性。

4) 具有在线试验与诊断功能。可连续对系统硬件及信号通道进行检测和对安全设备进行定期试验,能降低误差和故障发生概率;故障查找和系统诊断能及时发现故障并自动定位故障(定位到模块、印刷电路板以至主要元件)。由于数字计算机的应用,不仅能缩短调整与校准的时间,也能缩短监视试验和故障查找的时间。加之采用可更换的模块化结构,故障模块的更换更方便、迅速,具有很强的可维修性。

5) 改善了人机接口功能,提高了信息数据存储能力,具有可靠的显示质量与高清晰度;报警信息进行排序和有效的筛选,可避免大量报警信号不分轻重缓急同时显示,减轻了操纵人员的负担;操纵员工作站具有运行显示和非安全的软操作功能,对运行和操纵很有利;数据可方便地存入、归档和检索,并且具有数据验证功能,可有效地实现对电厂的监视、性能诊断与预测。

6) 采用通用化、标准化、系列化数字计算机设备,使系统设计时无需进行大量硬件研制工作,而且由于产品是在严格质量控制下生产出来并经过长期考验,所以质量好、可靠性高;设备量、缆线量、安装调试量、检修维护量及其培训工作量大大减少,安装空间与备品备件量也降低。这样既降低了设计与建造成本,也减少了运行与管理费用。

1.2 仪表与控制系统基本构成

(1) DCS 系统结构

作为生产过程自动化领域的计算机控制系统,从结构上划分,DCS 系统结构如图 1.2 所示,一般包括三个层次级别,即过程级、操作级和管理级。过程级主要由过程控制站、I/O 单元和现场仪表组成,是系统控制功能的主要实施部分。操作级包括:操纵员站和工程师站,完成系统的操作和组态。管理级主要是指工厂管理信息系统(MIS 系统)。它是一个由过程控制级和过程监控级组成的以通信网络为纽带的多级计算机系统,综合了计算机(computer)、通信(communication)、显示(CRT)和控制(control)等“4C”技术,其基本思想就是分散控制、集中操作、分级管理、配置灵活、组态方便。

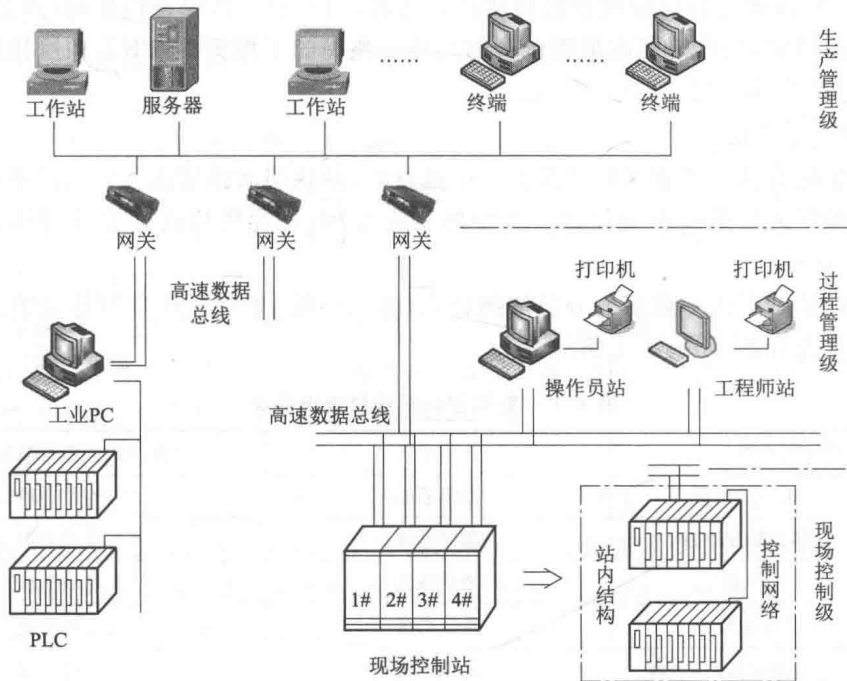


图 1.2 DCS 结构

系统还包括 DCS 的控制程序、过程控制站、I/O 单元。DCS 的控制决策是由过程控制站完成的,所以控制程序是由过程控制站执行的。

过程控制站的组成:DCS 的过程控制站是一个完整的计算机系统,主要由电源、中央处理器、网络接口和 I/O 组成。控制系统需要建立信号的输入和输出通道,简称为 I/O。DCS 中的 I/O 一般是模块化的,一个 I/O 模块上有一个或多个 I/O 通道,用来连接传感器和执行器(如调节阀)。

I/O 单元:通常,一个过程控制站是由几个机架组成,每个机架可以摆放一定数量的模块。中央处理器所在的机架被称为中央处理器单元,同一个过程站中只能有一个中央处理器单元,其他只用来安装 I/O 模块的机架就是 I/O 单元。

(2) DCS 系统的冗余方式

为了提高系统的可靠性,DCS 的重要设备、对全局系统有影响的公共设备上常采用冗余结构。经常采用的冗余方式有:同步运转方式、待机运转方式、后退运转方式和多级操作方式。

1) 同步运转方式

让两台或两台以上的装置以相同的方式同步运转,输入相同的信号,进行相同的处理,然后对输出进行比较,如果输出保持一致则系统是正常运行的。典型的工程实例:双重冗余、“三中取二”(连锁)应用于可靠性要求极高的场合。

2) 待机运转方式

采用 N 台同类设备,采用一台后备设备,平时后备设备处于准备状态,一旦 N 台设备中某一台设备发生故障,能启动后备设备使其运转。

3) 后退运转方式

正常时, N 台设备各自分担各自功能进行运转,当其中一台设备损坏时,其余设备放弃部分不重要的功能,以此来完成损害设备的功能。典型的工程实例:CRT 和操作站(第一台监视、第二台操作、第三台报警)。

4) 多级操作方式

纵向冗余的方法。正常操作是从上一层进行的,如该层故障则由下一层完成,这样逐步向下形成对最终元件执行器的控制。典型的工程实例:功能模块设有手动切换、自动切换开关。

鉴于集散控制系统一般多为分散控制装置、通信系统、集中操作和管理装置的组合,相应的设备组合有五类,如表 1.1 所示。

表 1.1 集散控制系统设备组合表

| 分散控制装置 | | 通信系统 | 集中操作和管理装置 |
|--------|--------|------|-----------|
| 组合 1 | 工业级微机 | 通信系统 | 操作管理机 |
| 组合 2 | 单回路控制器 | 通信系统 | 工业级微机 |
| 组合 3 | PLC | 通信系统 | 工业级微机 |
| 组合 4 | 工业级微机 | 通信系统 | 工业级微机 |
| 组合 5 | 智能前端 | 通信系统 | 工业级微机 |

如表 1.1 所述,组合 1,工业级微机用作多功能、多回路的分散控制装置;操作管理机使用 PC 机,相应软件由软件厂商开发。组合 2,单回路控制器作为分散控制装置;工业级微机作为操作管理站,通用性强、自行开发软件。适用于中小型企业(集散控制系统)。组合 3,PLC 作为分散控制装置。这种组合在制造业广泛应用,尤其适用于有大量逻辑顺序控制的过程。组合 4,工业级微机既作分散控制装置,也作操作和管理装置。组合 5,智能前端指用于生产现场的智能控制设备,作为分散控制装置,一般用于小型集散控制系统。通信系统本身是数字化仪控系统的核心组成之一,通信技术也构成了数字化仪控系统的核心技术之一,由此可见,通信系统总是不可或缺的。

1.3 系统的主要功能

基于结构划分的DCS系统,有不同的划分方式,例如,DCS又可分为分散过程控制装置、集中操作和管理系统和通信系统。又如,从功能分层的角度进行划分,集散控制系统又可以分为四个层次,分别是现场控制级的功能、过程装置控制级、车间操作管理级和全厂优化和调度管理级。这样的系统分解反映了集散控制系统的“分散控制、集中管理”的特点。

在DCS中,现场控制级处于最底层,最接近控制的物理过程及具体对象。全厂优化和调度管理层处于最高层,信息量及控制变量最多,统揽全局。显然,基于分层的结构,从底层到高层,控制规模及范围变宽变大;较低层的仪器仪表硬件设备相对多;较高层的通信网络、软件应用相对多些。

(1) DCS系统各层对应功能

1) 现场控制级的功能

微处理器进入现场变送器、传感器和执行器;现场总线的应用。部分或完全完成过程控制级的功能;采集过程数据,对数据进行数据转换;输出过程操作命令;进行直接数字控制;完成与过程装置控制级的数据通信;对现场控制级的设备进行检测和诊断。

2) 过程装置控制级的功能

过程装置控制级的结构采用过程控制设备与I/O卡件的组合方式,其功能包括:采集过程数据,进行数据转换和处理;数据的监视和存储;实施连续控制、批量控制或顺序控制的运算和输出控制作用;数据和设备的自诊断;数据通信。

3) 车间操作管理级的功能

车间操作管理级设备有中央控制室操作站、打印机、拷贝机、工程师站、计算站,能完成功能是:数据显示与记录;过程操作(含组态、维护操作);数据存储和压缩归档;报警、事件的诊断和处理;系统组态、维护和优化处理;数据通信;报表打印和画面硬拷贝。

4) 全厂优化和调度管理级的功能

这一层,既可以和前面的车间操作管理层合二为一,又可以分开来。从系统的观点:依据效益最大化、成本最低化的原则进行优化协调,优化控制;协调和调度各车间生产计划和各部门的联系;主要数据的显示、存储和打印;数据通信。

(2) DCS层次间的相互关系

如图1.3所示,DCS的分散过程控制装置、集中操作和管理系统、通信系统三大块与现场控制级、过程装置控制级、车间操作管理级、全厂优化和调度管理级这四层的关系:分散过程控制装置对应于现场控制级和过程控制装置级;集中操作和管理系统对应于车间操作管理级和全厂优化调度管理级;通信系统完成各层之间的通信。

分散过程控制装置特点是适应恶劣生产环境,包括不同行业的极限或严酷工况、分散控制、实时性、独立性。集中操作和管理系统特点:信息量大、易操作性、容错性好。通信系统部分的指标参数:传输速率、误码率、开放性和互操作性。