

Huodianchang Jisuanji Kongzhi Xitong

火电厂 计算机控制系统

● 李广民 韩东太 蒋建飞 李广建 编著

Huodianchang

Huodianchang Jisuanji Kongzhi Xitong

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

火电厂计算机控制系统

李广民 韩东太 编 著
蒋建飞 李广建

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了计算机控制系统的组成原理及其在火电厂中的应用。全书共分三编,主要包括:过程通道、人机接口、通信网络技术、可靠性技术、DCS系统概论、分布式数据库、DCS通讯网络、过程控制站、运行员操作站、工程师工作站与组态软件、模拟量控制系统 MCS、顺序控制系统 SCS、炉膛安全监控系统 FSSS、协调控制系统 CCS、汽轮机液压控制系统 DEH 等。

本书叙述力求简洁明了,理论联系实际,并吸收了近年来计算机控制领域的新技术,对从事计算机控制系统设计、调试、维护的专业技术人员具有一定的参考价值。

本书可供电力生产企业培训技术人员使用,也可供大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂计算机控制系统/李广民等编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2008.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0069 - 3

I. 火… II. 李… III. 火电厂—计算机控制系统 IV. TM621.6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140351 号

书 名 火电厂计算机控制系统

编 著 李广民 韩东太 蒋建飞 李广建

责任编辑 杨传良

责任校对 周俊平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 435 千字

版次印次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

计算机控制系统将计算机技术与控制技术相结合,目前已广泛应用于火电厂生产过程的监测、控制与管理诸多环节当中。从简单、功能单一的数字式指示记录仪,到复杂、多功能的分散控制系统,都是计算机应用于生产过程的具体实现形式。随着科学技术及电力工业的发展,现代化电力生产也朝着“大容量、多参数、高自动化”的方向快速发展。

本书分为计算机控制系统基础知识、分散控制系统 DCS 和分散控制系统在火电厂中的应用三部分,共有绪论、过程通道、人机接口、通信网络技术、可靠性技术、DCS 系统概论、分布式数据库、DCS 通讯网络、过程控制站、运行员操作站、工程师工作站与组态软件、模拟量控制系统 MCS、顺序控制系统 SCS、炉膛安全监控系统 FSSS、协调控制系统 CCS、汽轮机电液控制系统 DEH 等 16 章。重点介绍计算机控制系统的原理知识、基本概念、系统组成、系统功能和使用方法,以及热工测量和热工保护的基本知识、测量方法等。本书内容参考国内 125/135MW 火力发电厂典型机组,旨在反映 21 世纪初最先进的成熟技术。分散控制系统以国内普遍采用的新华工控 XDPS-400 为典型案例,选取的技术内容来源于电厂实际,以加强实践环节。

本书由平顶山煤业集团坑口电厂高级工程师李广民、中国矿业大学副教授韩东太统稿,参加编写的还有平顶山工学院讲师蒋建飞,平顶山市瑞平煤电有限公司高级工程师李广建。李广民负责编写第一至第六章,韩东太负责编写第七至第八章,蒋建飞负责编写第九至第十二章,李广建负责编写第十三至第十六章。

本书在编写过程中,得到了平煤集团坑口电厂、平顶山市瑞平煤电有限公司、江苏彭城电厂、中国矿业大学等单位的支持和帮助,在此谨表感谢!

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有疏漏及不足之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2008 年 6 月

目 录

前言	1
----	---

第一编 计算机控制系统基础知识

第一章 绪论	3
第一节 计算机控制系统概述	3
第二节 计算机控制系统的分类	6
第三节 计算机控制系统在火电厂中的应用现状	9
第二章 过程通道	10
第一节 模拟量信号的采样与保持	10
第二节 D/A 和 A/D 转换原理	12
第三节 模拟量通道	19
第四节 开关量的输入输出通道	24
第三章 人机接口	27
第一节 LED 显示器及其接口	27
第二节 键盘接口	30
第三节 指示报警接口	35
第四节 回路显示操作器	35
第五节 CRT 显示画面	36
第六节 工程师接口	40
第四章 通信网络技术	41
第一节 数据通信概述	41
第二节 通信介质	42
第三节 通信网络技术	43
第四节 网络互联协议	49
第五节 局域网协议	53

第六节 网络互联设备	61
第五章 可靠性技术	65
第一节 提高计算机控制系统可靠性的措施	65
第二节 干扰及抗干扰措施	66

第二编 分散控制系统(DCS)

第六章 DCS 系统概论	73
第一节 DCS 的组成、特点、结构和功能	73
第二节 XDPS-400 分散控制系统	82
第三节 DCS 的现状与发展趋势	86
第七章 分布式数据库	89
第一节 数据库的基本概念	89
第二节 分布式数据库	99
第三节 分布式数据库管理系统	111
第八章 DCS 通讯网络	116
第一节 以太网结构	116
第二节 DCS 网络介质访问控制	121
第三节 传输介质	122
第四节 DCS 通讯协议	124
第五节 XDPS 星形网络	127
第六节 网关配置	129
第九章 过程控制站	131
第一节 过程控制站的结构	131
第二节 基本控制单元的种类及其选择	132
第三节 基本控制单元的硬件	135
第四节 XDPS-400 系统应用举例	143
第十章 运行员操作站	147
第一节 MMI 的结构	148
第二节 MMI 的基本功能	151
第三节 运行员操作站的报警管理	156
第四节 记录与报表	158

第五节	XDPS-400 ⁺ MMI 站应用举例	160
第六节	人机接口的发展	164
第十一章	工程师工作站与组态软件	167
第一节	概述	167
第二节	系统组态的一般概念	170
第三节	控制系统的组态	172
第四节	运行员操作站的组态	178
第五节	组态的在线调整	179
第六节	EWS 在系统运行过程中的使用	180

第三编 分散控制系统在火电厂中的应用

第十二章	模拟量控制系统 MCS	183
第一节	系统概述	183
第二节	过热蒸汽温度控制系统	183
第三节	水位控制系统	187
第四节	燃烧控制系统	190
第十三章	顺序控制系统 SCS	197
第一节	SCS 系统的实现手段	197
第二节	PLC 的结构组成	199
第三节	PLC 的工作原理	203
第四节	典型 SCS 系统分析	206
第十四章	炉膛安全监控系统 FSSS	214
第一节	概述	214
第二节	炉膛爆燃的原因及防止措施	219
第三节	FSSS 构成	222
第四节	火焰检测器	224
第五节	FSSS 公用逻辑	231
第十五章	协调控制系统 CCS	241
第一节	协调控制系统的组成及其特点	241
第二节	单元机组负荷控制对象的特性	246
第三节	负荷指令运算回路	251
第四节	控制模式及其选择	254

第五节 压力指令运算回路.....	258
第六节 机炉协调控制模式.....	263
第十六章 汽轮机电液控制系统 DEH	268
第一节 DEH 控制系统的组成及其功能	268
第二节 DEH 控制系统的工作方式	272
参考文献.....	273

第一编 计算机控制系统基础知识

第一章 绪 论

第一节 计算机控制系统概述

一、过程控制的发展过程

生产过程的控制或称生产过程自动化,是指对一个工业生产过程进行状态的监视(参数显示及报警),设备的启动、停止操作和调整操作,以及发生事故时的保护控制的总称。过程控制的工作可以由操作人员来做,也可以由专门设置的自动化装置来完成。随着科学技术的进步,伴随着工业生产向着大容量、多参数、复杂化、高速度的发展,过程控制也飞速地向前发展。过程控制的发展过程按照年代划分可以概括为以下几个阶段。

20 世纪 30 年代,一些老牌资本主义发达国家的汽车、石油化工等企业已经开始采用分散控制方式进行生产。当时,控制装置安装在被控设备附近,每个控制回路都有单独的控制器。这些控制装置各自独立,就地测量出过程变量的数值,并将其与给定值进行比较,得到偏差值,然后根据一定的控制规律产生控制作用,通过执行机构去控制生产过程。20 世纪 30 年代初期使用的直接作用式气动控制器就是这种控制方式的产物。现在,一些简单的过程控制领域仍在使用这种控制方式,如连续排污扩容器、生水加热器等容器的水位控制等。

20 世纪 30~40 年代,随着被控过程的生产规模不断扩大和复杂程度不断提高,生产过程成为一个各部分相互关联的有机整体,单靠那些相互独立的控制过程来保持整个生产过程的安全、稳定、经济和协调是困难的。由于生产过程的不断强化,这个有机整体中各部分的相互作用和相互影响愈加强烈,如不能及时地协调和很好地处理各部分之间的关系,几秒钟内整个生产过程就会瘫痪,因此集中控制成为人们探索的一个新的控制方式。集中控制的主要特点就是运行人员在中央控制室获得整个生产过程的有关信息,及时有效地进行各部分之间的协调控制。集中控制的主要技术问题是信号的远距离传输,当时是用大量的气动管路将测量信号拐弯抹角地传送到中央控制室,同时还要把气动控制信号传送到现场的执行机构,变送器和执行器安装在现场,控制器安装在中央控制室。这一时期集中控制的装置主要采用模拟控制仪表,从气动控制仪表逐渐发展到电动单元组合仪表和组件组装式仪表。目前我国还有一大部分电厂仍然采用这种方式。

20 世纪 50 年代,计算机进入过程控制领域,最初用于生产过程巡回检测,对生产过程进行安全监视和操作指导,后用于实现监督控制,但还没有直接用于控制生产过程。

20 世纪 60 年代,电子技术有了迅速的发展,半导体产品取代了电子真空管,进而集成电路又逐步取代分离元件,使得电子仪表可靠性大大提高,进而促使数字信号代替模拟信号直接用于控制全厂生产。当时数字计算机造价很高,常常是一台计算机控制全厂所有的生产过程,这样整个系统控制任务高度集中,但是由于硬件条件的限制,计算机的可靠性受到质疑,一旦计算机发生故障,全厂就要全部瘫痪。基于这种情况,控制工程师分析了集中控

制失败的原因,提出了分散控制的概念。但是直到 70 年代初,微处理机和固态存储器的出现,才使得这些思想付诸实践。

20 世纪 80~90 年代,数字仪表发展成为成熟的产品,集(分)散型(DCS、TDCS、DCCS)计算机控制系统进入实用化。集散控制的英文表达是:Total Distributed Control System or Distributed Computer Control System,用八个字概括其内涵就是“分散控制、集中管理”,或者是“控制分散、信息集中”,代表了分散控制的基本思想。分散控制系统就是以大型工业生产过程及其相互关系日益复杂的控制对象为前提,从生产过程综合自动化的角度出发,按照系统工程中分散与协调的原则研制开发出来的以微处理机为核心,结合了控制技术、通信技术和 CRT 显示技术的新型控制系统。国外称 DCS 为 4C 技术的产物,4C 技术是指控制(Control)技术、计算机(Computer)技术、通信(Communication)技术和 CRT(Cathode Ray Tube)显示技术。

综上所述,控制系统的发展历史实际上经历了一个由控制分散、管理分散,控制分散、管理集中,控制集中、管理集中到控制分散、管理集中的过程,这种过程经历一个循环,但绝不是简单的重复。今天的分散控制系统已不是过去的那种模拟控制系统,而是计算机技术的数字控制系统;今天的集中管理手段也不仅仅是依靠指示仪表、记录仪表和操作开关,还有先进的 CRT(阴极射线管)显示设备、打印机和组态键盘。

二、计算机控制系统的组成和特点

典型的连续控制系统如图 1-1 所示,由被控对象、测量部件、调节器、执行器等构成反馈控制系统。调节器的作用是使被控参数跟随给定值。

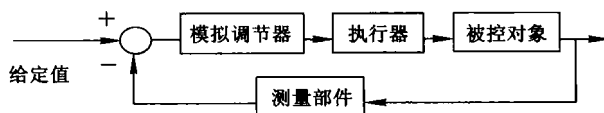


图 1-1 典型的连续控制系统原理结构图

典型的计算机控制系统如图 1-2 所示。

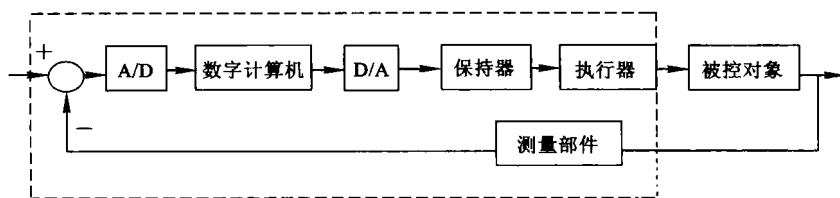


图 1-2 计算机控制系统原理结构图

图 1-2 与图 1-1 的区别是,由数字计算机代替了模拟调节器,同时为了信号匹配,在计算机的输入/输出端配备相应的设备,构成了计算机控制系统。因此计算机控制系统由被控对象、执行器、测量部件和计算机等部分组成,这里对前三部分不作重点讲述。

1. 计算机部分

计算机部分包括硬件和软件两部分。

(1) 硬件部分

硬件部分包括:HOST(数字计算机即主机)和外部设备,它们是实现计算机控制系统的主要设备。

① 数字计算机

数字计算机是计算机控制系统的核心部件,主要包括:运算器、控制器、存储器等。能够完成程序的存储、执行和数值运算,数据的传输、处理和存储以及逻辑判断工作。

② 外部设备

外部设备包括:人一机对话设备(键盘、屏幕显示器、打印机)、外存储器、控制器和I/O(即输入/输出通道)等。人机联系设备主要进行显示、打印、存储及数据传送,在操作台上还可以向计算机输入和修改程序、修改内存中的数据及发出各种操作指令等。过程输入/输出通道是计算机和被控对象进行信息传递的纽带,现场的模拟量、开关量、脉冲量等信号通过I/O转变成数字信号送入计算机,计算机产生的控制信号通过过程输出通道传送到相应的控制对象。图 1-3 为硬件部分的原理结构图。

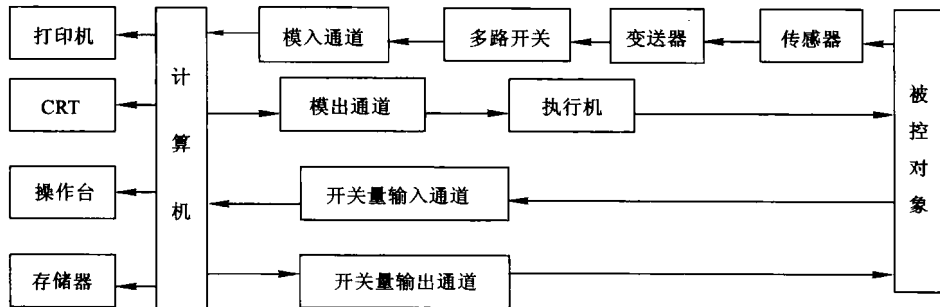


图 1-3 硬件部分的原理结构图

(2) 软件部分

软件部分包括系统软件和应用软件。系统软件包括:程序设计系统、诊断程序、操作系统。其中程序设计系统是为用户进行程序编制而提供的软件环境,例如汇编语言、BASIC、FORTRAN77、ALGOL、PASCAL、COBOL、C 语言之类的汇编、解释和编译程序。诊断程序是计算机调试、查错和故障修复的工具性程序。操作系统是对计算机控制系统进行管理、调度的程序,它是系统协调工作的组织者和指挥者,其主要任务是安排控制程序的执行、数据处理和硬件管理等。操作系统是计算机控制系统的基本软件,要求响应性好和多任务处理能力强,一般是计算机的配套产品。

应用软件包括:过程监视程序(如巡回检测、数据处理、上下限检查和越限报警以及操作台服务程序等)、过程控制程序(主要指描述生产过程和控制规律以及控制动作的一整套程序)和公共服务程序(如服务子程序库、数据库、制表、打印、显示等)。在整个软件中,应用软件所占的比例最大,也是最复杂的部分。

2. 计算机控制系统的特点

(1) 可靠性高

计算机控制系统是与生产过程密切联系的,计算机发生任何故障都会对生产带来直接影响,因此要求计算机控制系统具有较高的可靠性。随着微型机和微处理机的出现,计算机

的价格降低,使得人们有可能在关键部位采取冗余措施(一用一备,多用一备),从而提高可靠性;同时采用积木式的分散结构的控制系统,每台微处理机只负责一个局部的工作,缩小事故影响范围,也便于更换。此外,计算机技术的飞速发展,使得计算机本身的可靠性也得到了提高。

(2) 实时性好

所谓实时就是及时,因为计算机控制的是一个有着自身运行规律的生产过程或物理过程,计算机必须在生产过程自身运行的同时,实现数据采集、运算和发出控制信号,所以计算机的运行或操作速度必须与它所控制的生产过程和其实际运行速度相适应,对该过程的运行情况微小变动能及时地作出反应,及时地计算和控制。实时性一般由硬件和软件共同保证。

(3) 功能全面

计算机的记忆和判断功能,能够综合生产过程各方面的情况,在环境或生产过程参数变化时及时作出判断,选择最合理、最有利的方案,这是常规控制工具所不能胜任的。在一些太滞后或者过程中各参数相互作用比较大时,采用常规控制工具往往不能达到满意的效果,这时,采用计算机就更能发挥它独特的优点。由于计算机具有分时操作功能,所以一台计算机可以代替多台常规控制设备,此外计算机比较容易实现任意的控制算法,只要按人们的要求改变程序或修改控制算式的某些参数,就能得到不同的控制效果。从这一点上也可以说,计算机控制系统具有较强的灵活性。

第二节 计算机控制系统的分类

计算机控制系统有许多分类方法,按控制规律可分为程序和顺序控制、PID 控制、最少拍控制、串级控制、前馈控制、纯滞后控制、多变量解耦控制以及最优自适应控制等;按控制方式可分为开环控制和闭环控制等;根据系统功能分类,一般可分为生产过程巡回检测和数据处理系统、直接数字控制系统(Direct Digital Control,简称 DDC)、监督控制系统(Supervisory Computer Control 简称 SCC)、分级控制系统以及集(分)散控制系统(Total Distributed Control System or Distributed Computer Control System,简称 DCS、TDCS 或 DCCS)。

一、生产过程巡回检测和数据处理系统

这是计算机应用于生产过程的最初级的形式,其主要内容是:在线计算机通过现场检测仪表和过程输入通道(数据采集装置),对生产过程的各种参数进行巡回检测,并把所测参数采集到计算机中,然后根据预定的要求进行计算和处理,在需要时,可通过屏幕或打印方式向运行人员提供各种数据;当有异常情况时,可以发出声光报警,运行人员可以据此对现场情况进行集中监视;在巡回检测的基础上,计算机可以用一定的算法对参数进行数据处理,将计算结果提供给运行人员进行操作指导。巡回检测及数据处理系统原理如图 1-4(实线部分)所示。

二、直接数字控制系统(DDC)

计算机通过过程输入通道采集被控对象的各种参数,经过按一定的控制规律运算后的结果经通过程输出通道,作用于被控对象,使被控参数符合要求的性能指标。DDC 实际上是由计算机直接取代了常规的控制设备。DDC 除了能够实现正常的 PID 调节外,还能进行

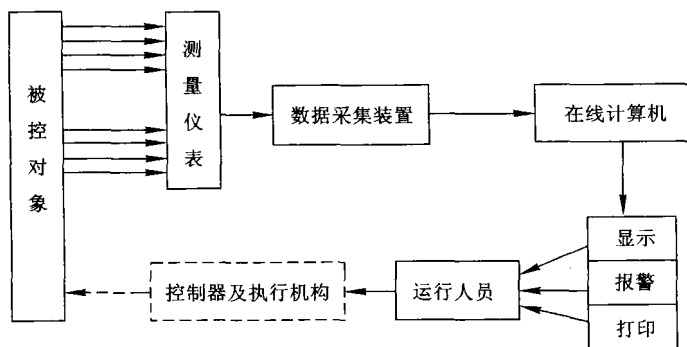


图 1-4 巡回检测及数据处理系统

多回路串级(Cascade)控制、前馈控制、比例(Ratio)控制以及一些比较复杂的控制规律的控制,因而系统的自动化程度较高,控制方式灵活。另外节省了常规仪表的投资,经济合算,被控系统大,经济效益明显。缺点和不足之处是:DDC 控制系统中,由于计算机是直接对生产过程施加影响,特别是对于较大的系统,一台计算机往往控制着几十到几百个回路,一旦计算机发生故障,将会带来严重后果。解决办法是采用常规仪表与计算机系统并列运行,一旦计算机发生故障,常规仪表仍能保证生产过程安全运行,但这样做增加了系统的复杂性和投资。DDC 系统原理如图 1-5 所示。

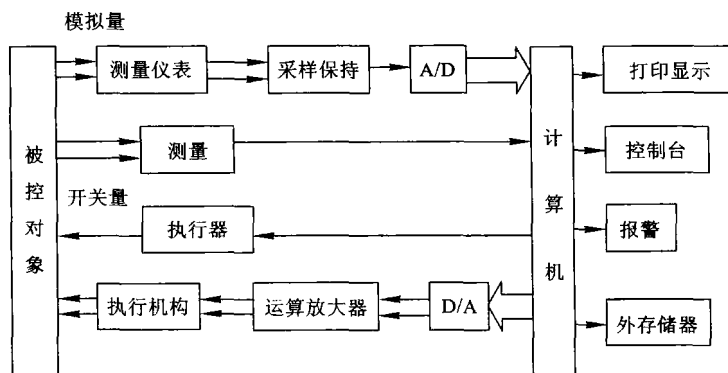


图 1-5 直接数字控制系统

三、监督控制系统(SCC)

SCC 系统原理如图 1-6 所示。

SCC 是在 DDC 的基础上发展起来的,图中监督计算机根据生产过程的参数和数学模型计算出参数的最佳给定值,作为模拟调节器或数字调节器的给定值。在 SCC 中,可以实现比较复杂的控制规律和对数学模型进行在线修改,监督计算机和 DDC 可以相对独立工作,在 DDC 发生故障时,监督计算机可以代替前者执行任务。

四、分级控制系统

随着生产的发展,被控对象越来越趋于大型化、复杂化,计算机控制系统不仅要完成单纯的控制功能,而且要进行大量的管理、协调、指挥等事务性工作。分级控制系统就应运而

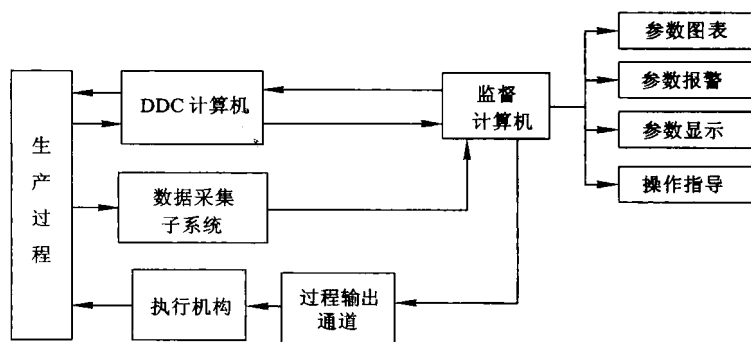


图 1-6 监督控制系统

生,它是在 SCC 的基础上发展起来的,由工厂管理计算机、车间级监督计算机和现场控制级计算机组成。各级采用功能不同的计算机,各级具有一定相对独立的子系统,各系统协调工作。现场控制级一般由 DDC 等来完成,DDC 可以对连续生产过程实现数字调节或控制,如 PID、比值、串级、前馈控制等,还可以实现巡回检测和报警功能。

五、集散控制系统(TDCS)

随着计算机技术的发展,微机的出现,以及 CRT 显示技术和数据通讯技术的发展,产生了一种新型的计算机控制系统——微机集散控制系统。这种系统以微处理器为核心,实现了位置上和功能上的分散控制,又通过高速数据通道把各个分散在不同位置上的控制点的信息集中起来,进行集中的监视和操作,并实现高级复杂规律的控制。在这里,一个微处理器控制着一个至几个回路,显然这种系统大大降低了集中程度,提高了系统的安全可靠性。TDCS 一般由现场控制单元、CRT 操作站、接口、通信母线等主要部分组成,如图 1-7 所示。

集散控制系统有许多突出的优点,如容易实现复杂的控制规律,容易实现程序控制和逻辑控制;系统是积木式结构,灵活,可大可小,易于扩展,可靠性高;采用 CRT 显示技术和智能操作台,操作、监视十分方便。

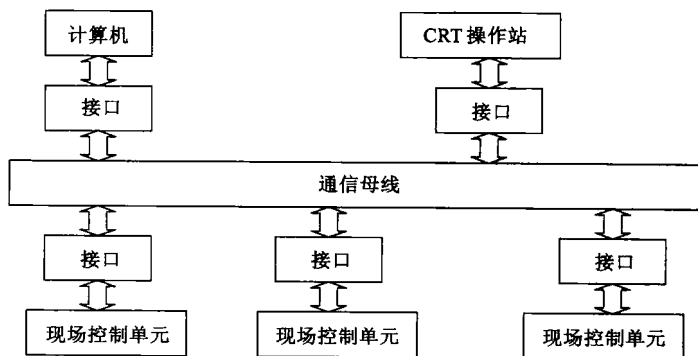


图 1-7 集散控制系统

第三节 计算机控制系统在火电厂中的应用现状

近年来,随着电力工业的发展,世界各国的发电设备都在向高参数、高效率、大容量的单元机组发展,运行中需要监视和调节的参数、操作的项目也大为增加。随着机组容量的增加,监视和操作项目增加的情况如表 1-1 所示,尤其是机组的启停时,各种参数都不稳定,常常要求操作人员一瞬间同时完成几十项操作内容,这在采用常规的模拟仪表时是不可能完成的任务,因此大型机组都不同程度地采用计算机控制系统。

表 1-1 不同容量机组的监视和操作项目数量

机组容量/MW	监视项目(测量点数)	操作项目(执行器)
50	115~135	70~75
125	540~600	142
200	560	280
300	950~1 050	410~450
600	2 000	800

我国于 20 世纪 50 年代后期开始在火力发电厂中进行计算机控制系统的实验。1964 年,首先在南市电厂(12 MW 燃油机组)、高井电站(100 MW 燃煤机组)做了大量的实验工作;1975 年,又在清河电厂、望亭电厂等处实验获得成功。目前我国几乎所有 30 MW 以上的机组都完成了改造,新建电厂几乎都采用 DCS 系统实现全厂热工自动化。

火电厂热力过程自动化需要检测的参数可以分为四种。

- ① 主参数:为安全、经济运行或仅为安全运行而必须检测的参数;
- ② 重要参数:为经济分析或计算费用而必须检测的参数;
- ③ 辅助参数:为分析上述两参数中的问题而需要检测的相关参数;
- ④ 启动参数:仅为机组启动过程中特别需要监视的参数。

火电厂热力过程自动化的内容还包括热工信号保护及连锁。热工信号是指在某些运行参数偏离规定范围时发出的灯光和音响信号。热工信号可分为预先信号、事故信号和联系信号三类。热工保护和连锁是指当生产系统的某个部分在运行中出现异常或事故时,它将根据故障的性质和程度,按照一定的规律和要求,自动对个别或部分设备,甚至一系列设备进行操作,以消除异常,防止事故的发生或扩大。

火电厂热力过程自动化的核心功能是实现自动调节。为了保证机组安全、经济地运行,必须要求某些参数始终维持在给定的范围内,或者按照预定规律变化。当出现外界扰动或内部的影响而使参数发生偏离给定值的倾向时,就需要进行相应的调节,使之恢复到给定的范围,以保证生产过程的稳定。自动调节设备应具有检测、定值、运算和执行等功能。自动调节项目是根据主、辅设备的类型和安全经济运行的需要,并参照制造厂提供的技术资料等来确定的。

今后火电厂计算机控制技术将会朝着以下五个方向发展:电气控制纳入 DCS,机炉电一体化;采用大屏幕显示器;FCS(现场总线控制系统)应用;智能控制广泛应用;管控一体化。