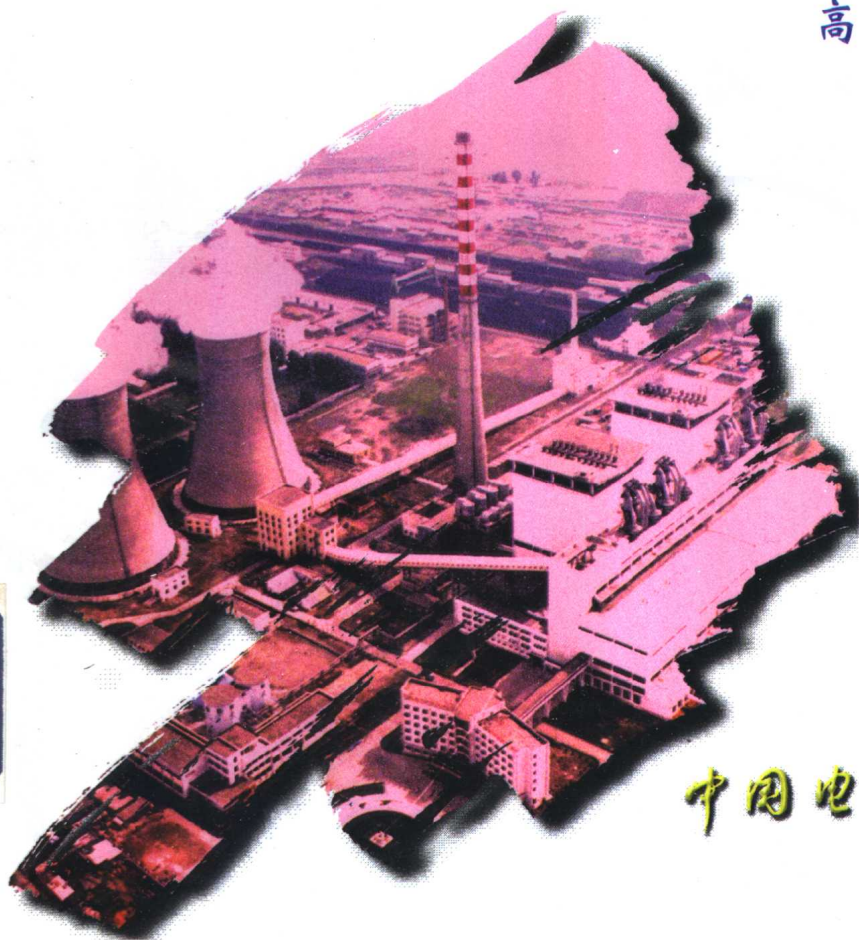


300MW火力发电机组丛书

第四分册

计算机控制系统

高伟 主编



中国电力出版社

300MW火力发电机组丛书

第四分册

计算机控制系统

高伟 主编

中国电力出版社

-95

内 容 提 要

本书是300MW火力发电机组丛书的第四分册,主要介绍300MW火力发电机组普遍应用的计算机分散控制系统(DCS)。全书共分十一章,分别叙述了分散控制系统的基本结构与特点、主要硬件、软件系统、通信网络,以及在300MW火电机组上实现的数据采集与监控系统、协调控制系统、炉膛安全监控系统、汽轮发电机数字电液控制系统、给水泵控制系统和旁路控制系统等。

本书以当今国际上先进的计算机分散控制系统为实例,密切结合我国300MW火电机组的实际应用情况,循序渐进、深入浅出地论述了计算机分散控制系统的基本概念、基本原理、基本结构、基本功能、基本技术、应用与方法等。

本书可供从事300MW火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修及管理工作的工程技术人员阅读,或作为培训教材使用,也可供其它高参数、大容量火电机组的有关人员,以及高等院校热能动力类和电力工程类专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统. 第4册/高伟主编. -北京:中国
电力出版社, 2000. 11

(300MW火力发电机组丛书)

ISBN 7-5083-0364-4

I. 计… II. 高… III. 火力发电-发电机-机组-计
算机控制系统 IV. TM31

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第34552号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000年8月第一版 2000年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 31.75印张 788千字

印数 0001-5000册 定价 55.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《300MW 火力发电机组丛书》

编 委 会

主 编 吴季兰

副 主 编 容璠恩 涂光瑜 高 伟

编 委 (按姓氏笔划排序)

丁学俊 尹项根 叶 涛 刘 沛 许继刚

冯慧雯 李树人 吴季兰 吴胜春 陆继明

张永立 张国强 张晓梅 张家琛 涂光瑜

胡能正 高 伟 栾庆富 容璠恩 徐明厚

黄树红 熊信银

前言

为促进社会主义经济建设的发展,我国正大力发展电力工业,新建及正在建设不少高参数大容量的火力发电机组,尤以 300MW 机组居多。300MW 机组已成为我国各大电网的主力机组。因此,有关工程技术人员、现场生产人员急需了解和掌握这些高参数、大容量机组的结构、系统及运行知识。为此,我们组织编写了这一套《300MW 火力发电机组丛书》。丛书包括《燃煤锅炉机组》、《汽轮机设备及系统》、《汽轮发电机及电气设备》、《计算机控制系统》四个分册。全套丛书由华中理工大学吴季兰教授担任总主编。

本丛书可供从事 300MW 火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修及管理工作的工程技术人员阅读,或作为培训教材使用,也可供其它高参数、大容量火电机组的有关人员,以及高等院校热能动力类和电力工程专业师生参考。

本书以当今国际上先进的计算机分散控制系统为实例,密切结合我国 300MW 火电机组的实际应用情况,循序渐进、深入浅出的论述了计算机分散控制系统的基本概念、基本原理、基本结构、基本功能、基本技术、应用与方法等。将有助于读者对计算机分散控制系统知识的学习和掌握。

本书由华中理工大学高伟副教授担任主编。其中前言、第一章~第五章、第七章~第八章由高伟副教授编写,第六章由中南电力设计院许继刚高级工程师编写,第九章~第十一章由华中理工大学张家琛教授编写。

本书由湖北省电力公司邓庆松教授级高级工程师担任主审,他认真审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的意见和建议;翟钰高级工程师为本书第一章~第八章全部插图的绘制做了大量的工作,付出了辛勤劳动;在本书的成稿过程中,始终得到华中理工大学热能动力及其自动化教研室全体教师、华中电力集团公司刘冠英高级工程师的真诚关心和大力支持。在此,对在本书编写过程中给予帮助的所有单位和同志表示最诚挚的感谢和深深的敬意。

由于编者的水平和所收集的资料有限,书中的缺点和谬误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 3 月

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 火力发电厂生产过程的特点与控制要求	1
第二节 火力发电厂生产过程自动化的历史概况	2
第三节 计算机控制系统的基本组成	4
第四节 计算机控制系统的基本类型	7
第五节 计算机控制系统的基本要求	13
第二章 分散控制系统 (DCS) 的结构与特点	15
第一节 分散控制系统概述	15
第二节 典型分散控制系统的结构	19
第三节 分散控制系统的结构分析	35
第四节 分散控制系统的特点	37
第三章 分散控制系统的主要硬件	40
第一节 过程控制设备	40
第二节 人机接口设备	55
第三节 系统通信设备	81
第四节 300MW 火力发电机组 DCS 的硬件配置实例	85
第四章 分散控制系统的软件	92
第一节 概述	92
第二节 现场控制单元软件系统	98
第三节 操作员/工程师站的软件	120
第四节 典型系统的软件	136
第五章 分散控制系统的通信	172
第一节 数据通信	172
第二节 通信网络	184
第三节 差错控制技术	191
第四节 网络协议	198
第五节 INFI-90 系统的通信网络概貌	217
第六章 数据采集与监控系统	223
第一节 计算机数据采集系统发展概况	223
第二节 计算机数据采集系统的基本结构	224
第三节 计算机数据采集系统的基本功能	226
第四节 应用实例	231
第五节 汽轮机监测仪表系统	241
第七章 单元机组协调控制系统	244
第一节 协调控制系统的基本概念	244

第二节	负荷管理控制中心 (LMCC)	249
第三节	机炉主控制器	253
第四节	燃烧控制系统	261
第五节	给水控制系统	269
第六节	过热蒸汽温度控制系统	276
第七节	再热蒸汽温度控制系统	282
第八章	炉膛安全监控系统	286
第一节	概述	286
第二节	炉膛爆炸的原因及其防止	288
第三节	炉膛安全监控系统构成	289
第四节	火焰检测器	295
第五节	典型炉膛安全监控系统	306
第六节	FSSS 的燃烧器控制系统	321
第七节	FSSS 的燃烧安全系统	332
第八节	炉膛安全监控系统的选型	339
第九章	再热汽轮机的数字电液控制系统	343
第一节	数字电调 (DEH) 在再热汽轮机中的应用	343
第二节	DEH 系统的基本功能	351
第三节	DEH 系统的转速控制和负荷控制	354
第四节	DEH 系统的阀位限制与阀门控制	369
第五节	EH 油系统与液压控制系统	372
第六节	DEH 的汽轮机自动程序控制 (ATC)	386
第七节	DEH 系统的超速防护和汽轮机危急遮断控制系统	392
第八节	DEH 的计算机系统	412
第九节	DEH 系统的应用软件	422
第十节	DEH 的系统特性	427
第十章	给水泵的控制系统	436
第一节	大型机组给水泵的驱动方式	436
第二节	给水泵液力耦合器控制系统	438
第三节	大型机组给水泵汽轮机的控制系统	443
第四节	给水泵汽轮机的液压控制系统	444
第五节	给水泵汽轮机的模拟电液控制系统 (AEH)	449
第六节	给水泵汽轮机的微机控制系统 (MEH)	462
第十一章	再热汽轮机的旁路控制系统	468
第一节	再热汽轮机的旁路热力系统	468
第二节	再热汽轮机高压旁路控制系统的工作原理	470
第三节	再热汽轮机高压旁路控制系统	479
第四节	再热汽轮机低压旁路控制系统	488
第五节	再热汽轮机旁路控制系统的组件简介	492
附录 A		498
参考文献		501

第一章 概 论

电力工业是先行工业，它在整个国民经济领域中占据着极其重要的地位。在电力工业中，火力发电是现代电力生产中的一种主要生产形式，对其生产过程实行有效的控制，是电力工业中的一项基本任务。

第一节 火力发电厂生产过程的特点与控制要求

火力发电厂实质上是一个能源转化工厂，它把一次能源（煤、油、天然气等）转化为通用性广、效率高、传输和使用方便的二次能源（电能）。火力发电厂具有的特点及其相应的过程控制要求，反映在以下几个方面：

(1) 电厂的产品（电能）现阶段尚不能大量地贮存。发电厂任一时刻所发出的功率和用户所需求的功率（包括厂用电和各种功率损耗在内），始终维持着平衡，即发电、送电和用电的过程是同时完成的。倘若电厂生产出现故障或中止，将立即影响各电力用户的正常用电，或造成设备、人身伤亡事故，或使产品报废，严重的会导致全电网的瓦解，给国民经济带来巨大的损失。因此，电厂的生产过程不能随意中断，且应随时适应用户的电能需求。这就要求：火电厂的生产过程必须是连续的，应对负荷的变化具有很强的适应能力。电力生产不同于其它工业，其生产的连续性和负荷的适应性要求极为严格，必须通过有效的控制手段予以保证。

(2) 火力发电厂是一个能源转换大户。火电生产中要消耗大量的一次能源，经化学能→热能→势能→动能→机械能→电能的多层次能量转换，完成其生产过程。在各层次的能量转换过程中，能量的损耗是不可避免的。因此，在努力降低厂用电和电网能损的同时，尽力减少生产过程中的能损，降低单位电量的一次能源消耗，是节约能源、降低发电成本、提高电力生产经济性的根本途径，是电力生产中一项十分重要的任务。这就要求：火力发电厂的生产设备必须具有较高的运行效率。实践证明，火电机组的运行效率不仅与单台机组的容量、参数及输电电压等级有关，而且在很大程度上，决定于机组运行的自动化水平。因此，在增大机组容量、提高机组参数、采用超高压输电的同时，采用先进的自动化装置，构成功能齐全的自动化系统。充分发挥计算机在机组运行监测、控制和管理上的作用，控制发电机组及其辅助设备在优良的状态下运行，是最大限度地发挥机组设计效率，提高电力生产经济性的必然趋势。

(3) 火力发电厂的热力设备众多、热力系统庞大、生产过程复杂。发电机组（特别是单元制机组）的各生产环节之间有着密切的联系，各局部生产过程之间的状态相互影响较大，而且各主要生产设备的动态特性之间存在着很大的差异，它们对负荷请求指令的响应速度是不一致的。在此条件下，保证各生产设备在运行中有机结合、协调工作、可靠运转显得尤为重要。这就要求：发电机组的运行状态控制，必须具备协调不同运行设备工作的功能。因此，现代火电厂中，协调控制是不可缺少的一项自动化内容。

(4) 火力发电厂的大多数生产设备长期处于高温、高压、高速、易燃、易爆或易损等恶

劣的工作条件或某种极限状态下运行，一旦设备运行有误，很容易引起人身、设备事故，同时会影响机组的发电能力，导致供电不足或中断，直接影响着国民经济各部门的正常运转和人民群众的正常生活。因此，火力发电厂生产的安全性和发供电的可靠性是非常重要的。这就要求：对火力发电厂的各运行设备必须进行经常性的在线状态监测，而且火力发电厂的自动化系统应具备一定的故障预测、判断、保护、处理、追忆与分析等功能。除此之外，严格规章制度，提高操作人员的运行水平，经常对运行设备进行预防性的试验和检修，保证设备始终处于完好的运行状态，迅速分析和妥善处理已发生的事故，防止事故的扩大和再次发生，也是保证安全生产的必要措施。

第二节 火力发电厂生产过程自动化的历史概况

可以说，1766 年波尔佐诺夫发明的锅炉给水调节装置、1784 年瓦特发明的蒸汽机离心摆调速装置，是热能动力设备最早的自动控制装置，也是整个自动化领域的早期成果。

在近百年的火力发电厂建设历史中，由于初始阶段的机组容量都很小，其生产过程的控制和一切操作几乎全部由运行人员手动工作来实现。直至 1920 年前后，火力发电厂开始普遍采用链条炉，同时出现煤粉炉，机组容量逐渐增大到 60MW 左右的时候，明显体现出用人工控制火力发电厂的生产过程已是极为困难或不可能的事了。为减轻人们的劳动强度，提高机组的安全性和运行效率，保证产品质量，火电厂陆续开始采用各种自动调节装置，实现部分生产过程的自动控制。火力发电厂的自动化水平日益提高和发展，就其控制方式而言，火力发电厂生产过程自动化的发展过程，大体经历了以下三个阶段：

一、就地控制阶段

在 20 年代至 30 年代期间，火力发电机组的容量还不是很大，生产过程对自动控制的要求以及当时所具备的技术条件有限，仅能对发电机组实现简单的自动控制，例如锅炉蒸汽压力、汽包水位、汽轮机转速等的控制。所有控制系统基本上分散在各控制对象所在的车间，各控制系统间相互独立，没有任何联系。运行人员在就地设置的控制表盘上进行监视和操作，所应用的控制设备大都是尺寸较大的基地式仪表。国外 40 年代以前和我国 50 年代建设的火力发电厂基本上采用这种模式。

二、集中控制阶段

40 年代初期，由于中间再热式机组的出现，进一步密切了锅炉与汽轮机之间的关系，为了协调机、炉间的运行，加强机组的操作管理和事故处理，满足负荷变化对热力设备的要求，维持运行参数的稳定等，要求对锅炉和汽轮机实现集中控制，即把锅炉和汽轮机的控制系统表盘相对集中地安装在一起，由运行人员同时监视和控制机、炉的运行，保证机组的正常运行。当时所采用的控制设备主要是气动或电动单元组合仪表。国外 40 年代至 50 年代和我国 60 年代至 70 年代初期建设的火力发电厂大都采用这种控制方式——局部集中控制。

进入 50 年代后，随着火电机组容量的增大，机、炉、电三者的关系更为密切，生产迫切需要对机、炉、电三者实现集中控制与管理。同时，由于仪表和控制设备的尺寸缩小，新型巡回检测仪表和局部程控装置的出现，使得整个机组的监视和控制表盘集中在一个控制室内的要求成为现实。此时采用的控制设备有电动单元组合仪表、组件组装式仪表，也有以微处理器为核心的数字式仪表。国外 50 年代至 60 年代以及我国 70 年代至 80 年代建设的火力发

电厂大都采用这种控制方式——机组集中控制。

三、计算机控制阶段

随着火力发电机组向着高参数、大容量的方向发展，生产设备走向大型化，生产系统日趋复杂。系统的耦合性、时变性、非线性等特点显得更加突出，生产过程中需要监视的内容愈来愈多，过程控制的任务愈来愈重，机组的运行与操作要求更为严格，世界范围内的能源危机和剧烈的市场竞争，对节约能源和减少燃料消耗的要求不断提高，环境保护和文明生产的呼声日益高涨等，已反映出以往的生产自动化方式逐渐不能适应时代的发展，火力发电厂自动化面临着严重的挑战。另一方面，计算机的发展与普及、现代控制理论的产生与应用、以及二者相结合的计算机控制技术的形成与在工业领域的渗透，为进一步提高工业自动化水平创造了有利条件，提供了十分重要的物质、理论基础和技术手段。

1. 集中型计算机控制

计算机控制技术在电厂的应用，始于 50 年代末、60 年代初。1958 年 9 月，美国斯特林（Sterling）电厂安装了第一个电厂计算机安全监测系统。1962 年，美国小吉普赛电厂进行了第一次电厂计算机控制的尝试，从那时起，火力发电厂开始步入了计算机应用的发展进程。

火力发电厂计算机控制技术应用的初始阶段，普遍采用的是集中型计算机控制方式，即用一台计算机实现几十甚至几百个控制回路和若干过程变量的控制、显示及操作、管理等。与常规的模拟仪表控制系统相比，集中型计算机控制的优越性体现在以下几个方面：

- (1) 功能齐全，而且可实现先进的、复杂的控制和联锁功能；
- (2) 可通过修改软件增删控制回路、改变控制方案、调整系统参数，应用灵活；
- (4) 信息集中管理，便于分析和综合，为实现整个生产系统的优化控制创造了条件；
- (5) CRT（Cathode Ray Tube）显示替代了大量的模拟仪表，改善了人机接口，缩小了监视面。

但是，集中型计算机控制也存在着严重的不足，反映在：

- (1) 由于当时的计算机硬件可靠性还不够高，而由一台计算机承担所有的控制和监视任务，使得危险高度集中，一旦计算机发生故障，将导致生产过程全面瞬间瘫痪，危及设备安全；
- (2) 软件庞大、复杂，开发的难度大、周期长；
- (3) 一台计算机所承受的工作负荷过大，在计算机速度和容量有限的情况下，影响系统工作的实时性与正确性。若采用多台计算机，不仅要解决数据和控制信息的交换问题，而且将大大增加投资和维护费用，这是当时存在的较大的实际困难。

除此之外，由于生产过程内部机理复杂，最优控制所必需的有关数学模型难以建立，性能指标不易确定，控制策略尚不完整等，使得现代控制理论一时难以适应于计算机过程控制。历史条件的限制和集中型计算机控制存在的缺陷，促使计算机控制系统向着分散化发展。

2. 分散型计算机控制

70 年代初，大规模集成电路的制造成功和微处理器的问世，使得计算机的可靠性和运算速度大大提高，计算功能增强、体积缩小，而价格大幅度下降。计算机技术的发展与日益成熟的分散型计算机控制思想相结合，促使火力发电厂自动化技术进入了分散型计算机控制的新时代。

所谓分散型计算机控制，是指控制过程所采用的系统，是一种控制功能分散、操作管理集中、兼顾复杂生产过程的局部自治与整体协调的新型分布式计算机控制系统（又称分散控

制系统)。

自 1975 年以来,美国霍尼威尔(Honeywell)公司首先向市场推出了以微处理器为基础的 TDC-2000 分散控制系统,世界各国的一些主要仪表厂家也相继研制出各具特色的各种分散控制系统。例如,美国 Foxboro 公司的 Spectrum 系统,日本横河公司的 CENTUM 系统,日立公司的 UNITROLΣ 系统,德国西门子(Siemens)公司的 Teleperm-C 系统,等等。分散控制系统以其功能强、可靠性高、灵活性好、维护和使用方便、良好的性能价格比等优点,深受工业界的青睐。

80 年代中期,我国开始在火电机组上应用分散控制系统。据不完全统计,仅“七·五”期间,我国引进约 30 套分散控制系统应用于电厂自动化。如今,国内已投运和正在兴建的火电厂中,全部和部分采用分散控制系统的机组已有一百多台套,而且新建的 300MW 以上的机组将普遍采用分散控制系统。

分散控制系统的应用及其自身的不断完善与发展,加速了火力发电厂自动化的进程。目前,分散控制系统的应用方兴未艾,在此基础上,火力发电厂正向着更加完善、更高层次的综合自动化方向发展。

3. 综合自动化

综合自动化是一种集控制、管理、决策为一体的全局自动化模式。它是在对各局部生产过程实现自动控制的基础上,从全局最优的观点出发,把火力发电厂的运作体系视为一个整体,在新的管理模式和工艺指导下,综合运用现代科学技术与手段,将各自独立的局部自动化子系统有机地综合成一个较完整的大系统,对生产过程的物质流、管理过程的信息流、决策过程的决策流等进行有效地控制和协调,实现生产系统的全局自动化,以适应生产和管理过程在社会发展的新形势下提出的高质量、高速度、高效率、高性能、高灵活性和低成本的综合要求。

开放型分散控制系统的应用,为综合自动化的实现奠定良好的基础。目前,综合自动化的研究和应用正向着纵深发展,已成为火力发电厂自动化的重要发展方向。

第三节 计算机控制系统的基本组成

计算机控制系统,是由数字计算机全部或部分取代常规的控制设备和监视仪表,对动态过程进行控制和监视的自动化系统。计算机控制系统由硬件和软件两大部分组成。

一、硬件部分

硬件是组成系统的物质基础。组成计算机控制系统的硬件一般包括:被控对象、主机、过程通道、外部设备、通信设备、总线、接口、操作站等。其结构如图 1-1 所示。

1. 被控对象

它是被控制的生产设备或生产过程,是控制系统构成的必备客体。

2. 主机

主机是计算机控制系统的核心,它由中央处理器(CPU)、内存储器(RAM、ROM)、输入/输出(I/O)电路和其它支持电路等组成。主机根据过程通道送来的反映生产过程工作状态的各种实时信息,按预定的控制算法自动地对过程信息进行相应的处理、分析、判断、运算,产生所需要的控制作用,并及时通过过程通道向被控对象发送控制指令。

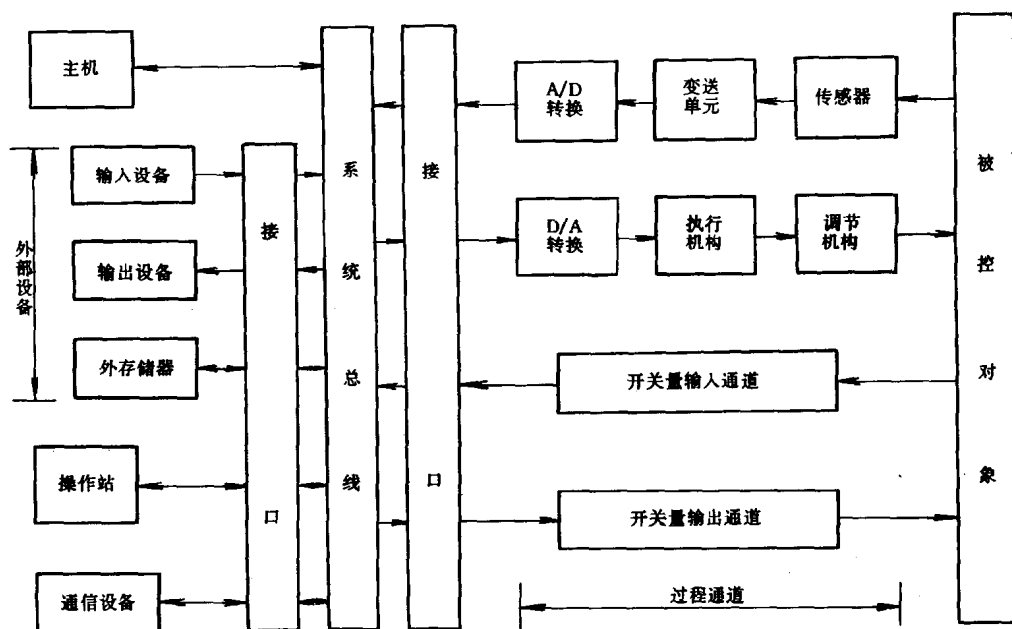


图 1-1 计算机控制系统的硬件组成

3. 外部设备

外部设备是指计算机系统除主机之外的其它必备的支撑设备，它按功能可分成三类：输入设备、输出设备、外存储器。

常用的输入设备有键盘、卡片输入机、纸带输入机、光电输入机等，用来输入程序、数据和操作命令。常用的输出设备有打印机、绘图机、拷贝机、记录仪、以及 CRT 显示器等，用来提供系统中的各种信息。常用的外存储器有磁带机、磁盘机、光盘机等，用来存储程序软件、历史数据，它是计算机内存储器的扩充和后备存储设备。

4. 过程通道

又称过程输入输出（Process Input Output，简称 PIO）通道，它是计算机和生产过程之间信息传递和变换的桥梁和纽带。

过程输入通道有模拟量输入通道和开关量输入通道两类，分别用来输入模拟量信号（如温度、流量、压力、物位等等）和开关量信号，并将这些输入的过程信息转换成计算机所能接受和识别的代码。

过程输出通道也有模拟量输出通道和开关量输出通道两类，分别用来将计算机输出的控制命令和数据转换成能控制被控对象运行的模拟量和开关量信号。

5. 系统总线与接口

系统总线是主机与系统其它设备进行信息交换的某种统一数据格式的信息通路。一般有单总线、双总线和多总线之分。

接口是外部设备、过程通道等与系统总线之间的挂接部件，用来进行数据格式或电平的转换、信息的传输或缓冲。通常接口有串行和并行之分，也有专用和标准之别。

6. 操作站

操作站是各类操作人员与计算机控制系统之间实现信息交换的设备，常被称为“人机联

系设备”、“人机接口设备”。操作站一般由CRT显示装置、触摸屏、计算机通用键盘或(和)专用键盘、鼠标和轨迹球以及专用的操作显示面板等组成。用于实现对系统运行的有关操作、操作结果的显示、生产过程的状态监视。

根据使用人员不同、职责范围不同,操作站可分为:系统员操作站、工程师操作站、运行员操作站。系统员操作站用来实现系统软件编制、系统组态、控制系统的生成;工程师操作站负责控制系统的组态修改和运行调试、有关参数的设置和整定、系统运行的检查与监督等;运行员操作站负责控制系统的运行操作,保证生产过程的正常进行。操作站的设立是随系统而异的,并非所有系统都具备上述三种操作站,对于某种操作站也有可能设立多个。例如:有的计算机控制系统,工程师和运行员的工作设计在同一操作站上进行,为保证二者分别行使各自的操作职责,可通过操作站上的带锁开关决定不同的操作;有的计算机控制系统将系统员操作站和工程师操作站合二为一;也有的计算机控制系统具有多台运行员操作站。

在分散控制系统中,由于采用了面向问题的语言和功能块的系统组态方法,使得控制系统的建立与修改简单方便,这部分工作完全可由工程师完成,因此,分散控制系统一般没有单独设立系统员操作站。现阶段,火力发电厂分散控制系统的运行员操作站一般是多个配置。

7. 通信设备

通信设备是实现在不同的功能、不同地理位置的计算机(或有关设备)之间进行信息交换的设备。例如计算机通信网络、网络适配器、通信媒体等。

二、软件部分

硬件为计算机控制系统提供的是物质基础,是一个无知识、无思维、无智能的系统躯干。软件是计算机控制系统中所有程序的统称,是系统的灵魂,是人的知识、智慧和思维逻辑在系统中的具体体现。硬件和软件是相互依赖和并存的。计算机软件通常分为两大类:系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件一般包括汇编语言、高级算法语言、过程控制语言等语言加工程序、数据结构、数据库系统、管理计算机资源的操作系统、网络通信软件、系统诊断程序等,系统软件一般由计算机设计人员研制,由计算机厂商提供。对于计算机控制系统的设计和维护人员,要对系统软件有一定程度的了解,并会使用系统软件,以更好地编制应用软件。

2. 应用软件

应用软件是根据用户所要解决的实际问题而编制的具有一定针对性的计算机程序,这些程序决定了信息在计算机内的处理方式和算法。计算机控制系统的应用软件一般有:过程输入程序,数据处理程序,过程控制程序,过程输出程序,人机接口程序,显示、报警、打印程序以及各种公用子程序等。应用软件的开发与被控对象的动态特性以及运行方式密切相关,因此,应用软件的开发人员除掌握计算机应用技术外,还应了解被控对象的特性和运行要求,才有可能开发合理的应用软件。

计算机控制系统的软件优劣与否,既关系到系统硬件的功能发挥,也关系到对生产过程的控制品质和管理水平,同时还影响计算机系统工作的稳定性和可靠性。例如,同样的硬件配置,采用高性能的软件,可以获得更好的控制效果,反之,硬件功能难以充分发挥,达不到预定的控制目的,甚至会造成系统“死机”等不良现象。计算机控制和管理的实时性,不仅取决于硬件指标,同样在很大程度上依赖于系统软件和应用软件。

第四节 计算机控制系统的基本类型

目前，在生产过程自动化领域中，计算机的应用已十分广泛。其应用目的和方式是多种多样的。因此，计算机控制系统的分类方法也很多，可以按系统的功能分类、也可以按控制规律分类，还可以按系统的结构、控制方式等进行分类。

一、按系统的功能分类

按照系统的功能，计算机控制系统可分为以下几种类型：

1. 数据采集与处理系统

数据采集与处理系统常称 DAS (Data Acquisition System)。严格地说，DAS 不属于计算机控制的范畴，其输出并不直接控制生产过程，但是，任何计算机控制系统都离不开数据的采集和处理，因此，DAS 是计算机控制系统的基础和先决条件。

应用计算机对生产过程运行参数进行采集和必要的处理，是计算机在工业生产过程中应用的一种最初级，最为普遍的形式。系统原理框图如图 1-2 所示。

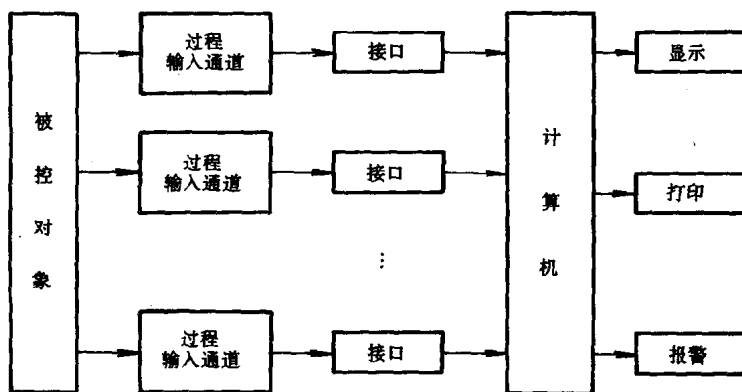


图 1-2 数据采集与处理系统

DAS 系统对生产过程中的各种参数进行巡回检测，并将所测参数经过程输入通道采入计算机。计算机根据预定的要求对输入信息进行判断、处理和运算，需要时，以易于接受的形式向运行人员屏幕显示或打印出各种数据和图表。当发现异常工况时，系统可发出声光报警信号，运行人员可据此对设备运行情况集中监视，并根据计算机提供的信息去调整和控制生产过程。系统还具备大量参数的存贮积累和实时分析功能，可保存有关运行的历史资料，可对生产过程趋势进行综合分析。另外，利用该系统采集到的生产过程输入和输出数据，建立和完善生产过程的数学模型。

数据采集与处理系统，对保证生产过程的安全、经济运行，简化仪表系统的设计与布置，减轻运行人员的劳动强度等有着重要的意义，其应用极为广泛。

2. 直接数字控制系统

直接数字控制 (Direct Digital Control, 简称 DDC) 系统，是由计算机或以微处理为基础的数字控制器取代常规模拟控制器，直接对生产过程进行闭环控制的系统，如图 1-3 所示。

在 DDC 系统中，计算机通过过程输入通道对被控对象的有关参数进行巡回检测，并将所测参数按一定的控制规律进行运算处理，其结果经系统的过程输出通道作用于被控对象，使

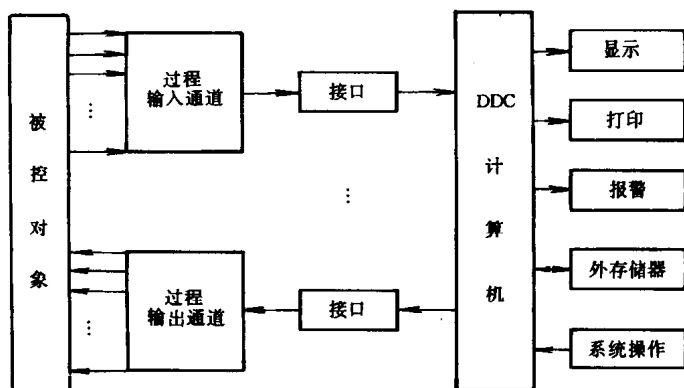


图 1-3 直接数字控制系统

被控参数达到生产要求的性能指标。

为了充分发挥计算机的利用率，DDC 系统中的计算机通常用来代替多台模拟控制器，控制几个或几十个控制回路。这是因为生产过程的变化速度相对于计算机的运算速度是很慢的，计算机在一个运算周期内已将各回路的运算工作做完后，生产过程的被控参数还不会发生显著变化，所以各控制回路都可定时地分享计算机的各种资源。但是，计算机系统一旦发生故障，将影响所有控制回路的正常工作，会给生产带来严重后果。因此，这种系统要求计算机不仅具有良好的实时性、适应性，而且还应有很高的可靠性。为确保安全生产，可设置备用计算机或常规仪表控制系统，这势必又会增加系统的复杂性和系统的投资。

随着微处理器技术的高速发展及其性能/价格比的大幅度提高，用一个微处理器控制一个被控回路已成为现实，这使得 DDC 系统的危险性得到了分散，系统的可靠性大大提高，促进了 DDC 系统的广泛应用。

3. 操作指导控制系统

操作指导控制系统又称计算机开环监督控制系统，该系统利用计算机实时地采集生产过程的有关数据，然后根据一定的控制规律、管理方法和数学模型，计算出各控制回路合适的或最优的设定值等，并通过 CRT 或打印输出显示出来，操作人员则根据计算机提供的信息去修正各控制回路的有关参数，把生产过程控制在合适或最优状态。操作指导控制系统原理框图如图 1-4 所示。

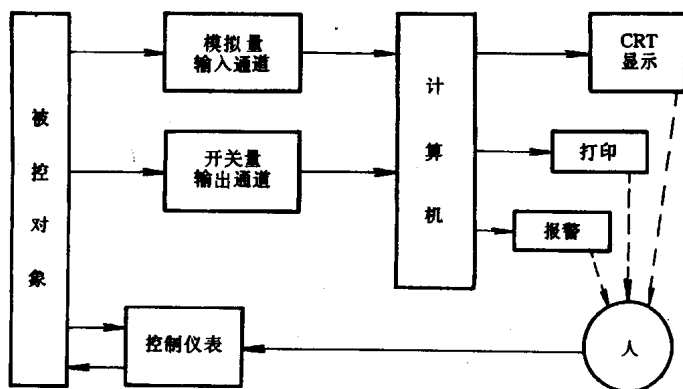


图 1-4 操作指导控制系统

操作指导控制系统还可以将一些复杂操作过程的操作条件、操作步骤、操作方法等，预先存入计算机中，计算机则根据生产工艺流程和生产状态输出相应地操作指导信息，例如火力发电厂锅炉、汽轮机、发电机的启动或停止阶段的操作，可以采用这种方式进行操作指导。

采用操作指导控制系统，不仅可以对操作人员进行培训指导，而且可以较安全地进行新方案、新模型、新程序、新设备等的试验工作，但其缺点是仍需要人工操作，操作速度受到了限制。

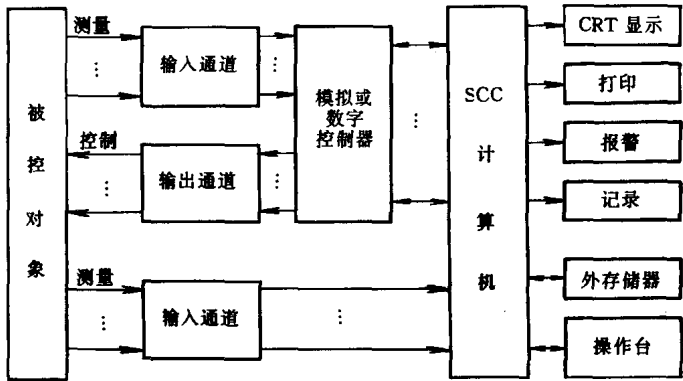


图 1-5 监督控制系统

4. 监督控制系统

监督控制系统 (Supervisory Computer Control, 简称 SCC) 是在 DDC 和操作指导控制系统基础上发展起来的。系统构成原理如图 1-5 所示。

系统中的监督计算机是根据反映生产过程工况的实时数据和数学模型，计算出各控制回路的最佳设定值，并对系统中的模拟控制器或数字控制器（一般为 DDC）的设定值直接进行修改。显然，该系统与操作指导控制系统相比，自动化程度更高。

监督控制系统是一个闭环控制系统，它监督控制计算机。它不是直接控制生产过程，而是完成最优工况及其设定值的计算。它对生产过程的控制作用是通过改变模拟量或数字控制器的设定值来体现的。

监督控制系统实际上是一个两级控制系统，上级是以微型机或中、小型机为主体的监督控制级，下级是以模拟控制器或微处理器为主体的直接控制级。采用这种系统的主要控制目的在于实现生产过程的最优化。理论分析和实验证明，要使生产过程达到最优控制，常常要求某些过程变量的设定值在一定范围内改变或使生产过程在给定的约束条件下从某一状态过渡到另一新状态的时间最小，这些任务都可由监督控制计算机来完成。监督控制的效果取决于控制算法的选择和数学模型的精确程度。

在有的系统中，监督计算机在执行监督控制的同时兼有直接数字控制功能。这样可进一步提高系统的可靠性，即当模拟或数字控制器所在的直接控制级发生故障时，监督计算机可以代为完成控制任务。而在监督控制级发生故障时，直接控制级仍可独立完成控制操作，只不过此时的设定值不能按优化的要求自动修改而已。

5. 多功能分级控制系统

随着生产的发展，被控对象不断趋于复杂化、大型化，生产中的过程控制、管理和决策任务日益繁重，且要求也越来越高，现代工业生产已不仅仅满足于生产过程自动控制的单一

自动化方式，而随着科学技术的发展、时代进步的冲击、市场竞争的加剧、管理观点的更新，来自社会、技术、经济等环境的激励和保障生产体系优良运作的客观需求，迫切需要对一些大型的、复杂的生产过程的物质流、信息流、决策流进行全面有效地控制和协调。分级控制系统（Hierarchical Control System, 简称 HCS）正是适应这一要求，在控制、计算机、通信、CRT 显示等技术飞速发展的基础上应运而生的多功能控制系统。HCS 的基本结构如图 1-6 所示。

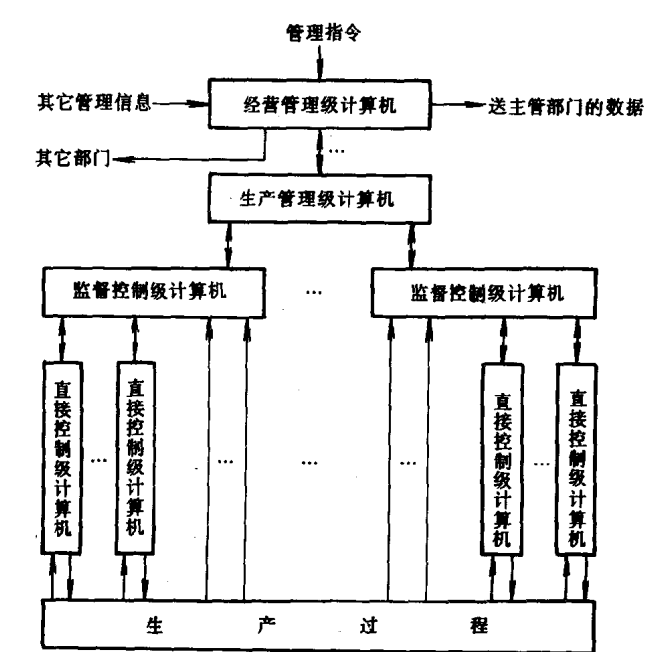


图 1-6 多功能分级控制系统

分级控制系统是一个集控制和管理为一体的工程大系统。它所要求解决的不仅是局部过程控制的优化问题，而且是全局总目标和总任务的优化问题。最优化的目标函数包括产量最高、品质最好、原料和能耗最少、成本最低、设备状况最佳、可靠性最高、环境污染最小等各项指标，它体现了技术、经济、环境等多方面的要求。分级控制系统采用纵向分层、横向分散的处理方法，体现了系统工程中“分散”与“协调”的概念，能有效地解决大型工业生产过程的控制、管理及其优化的问题。

图 1-6 所示分级控制系统由四级计算机系统组成，各级采用不同类型、不同功能的计算机，构成具有一定相

对独立性的子系统，承担指定的任务，各系统之间使用高速通信线路向上连接，相互沟通信息，协调一致地工作。

直接控制级是分级控制系统的最低层次，一般由 DDC 系统实现，也可由模拟控制器实现。它与被控生产过程直接相连（如给水泵的调速机构、送风档板的执行机构等），可对生产过程实现数据采集、过程控制（如 PID、比值、前馈、串级等控制）、设备监测、系统测试和诊断、报警及冗余切换等功能。

监督控制级除完成各生产过程的优化控制计算和最佳设定值的设定外，还负责各直接控制级工作的协调管理，以及与上位生产管理级计算机的联系。同时还可实现综合显示、操作指导、集中操作、历史数据存贮、定时报表打印、控制回路组态和参数修改、故障报告和处理等功能。在火力发电厂的 control 中，监督控制级往往对应着某一单元机组或某一主要热力设备。

生产管理级负责全厂的生产协调，指挥和控制生产的全局。包括制定生产计划，实现生产调度，协调生产运行；安排设备检修，组织备品备件；收集生产信息，监督生产工况，调整生产策略；分析生产数据，进行生产评估等等，它还可以与上一级控制层相互传递数据，接受上级生产指令，报告全厂生产状况。

经营管理级负责企业的经营方向和决策，它全面收集来自各方面、各部门以及用户、市