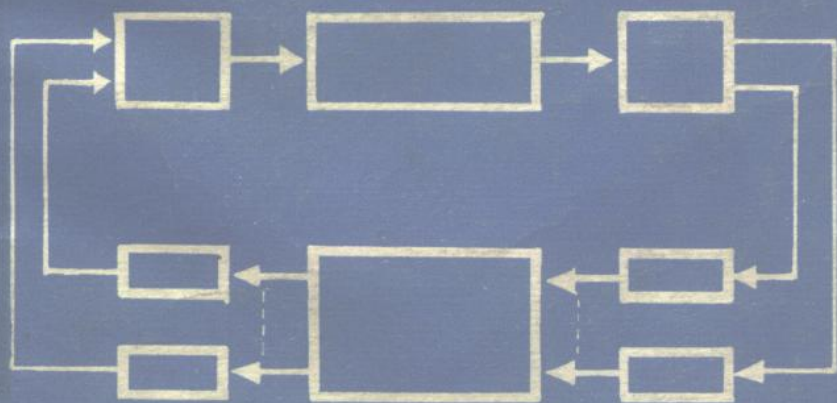


工业锅炉 微机控制

225

张亮明 夏桂娟 编
中国建筑工业出版社



工业锅炉微机控制

张亮明 夏桂娟 编

中国建筑工业出版社

本书较全面地叙述了工业锅炉应用微机控制的方式和控制系统中常用的传感器和执行器,分析了工业锅炉各调节对象的动态特性,介绍了微型计算机控制系统的设计和投运后要处理的一些问题。全书结构严密,系统性强,内容较新颖,阐述清楚了,对锅炉生产和改造更新有实际指导意义,对工业生产自动化的发展有促进作用。

本书适用于锅炉、热工、能源工程、化工机械、发电、采暖通风等专业的仪表自控工程技术人员参考;也可作为高等工科院校“微机应用”教学参考书;还可作为锅炉、热工运行和管理人员的培训或自学教材。

工业锅炉微机控制

张亮明 夏桂娟 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 11³/₈ 字数: 304 千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷

印数: 1-2,720册 定价: 9.75元

ISBN7-112-00974-X/TU·697

(6058)

前 言

工业锅炉是能源转换和能源消耗的重要设备。由于我国工业锅炉生产操作技术水平落后，造成大量的热能丢失，经济效益很低。随着科学技术的进步发展，计算机的逐步普及，工业锅炉开始采用微型计算机控制。实践证明，工业锅炉实现微型计算机控制，是锅炉安全生产，提高热效率，节约能源的一大创举，也为锅炉生产开辟了广阔的前景。

《工业锅炉微机控制》一书，是为推广计算机在工业锅炉生产上的应用，促进工业生产自动化、现代化技术的研究应用，以获得最佳效益，并不断提高劳动生产率，加快四化建设步伐而编写的。

本书内容共有八章。第一、二、三章主要介绍微型计算机在工业锅炉生产控制中的职能和常用的控制方式；第四、五章，介绍了工业锅炉微型计算机控制系统中常用的传感器和执行器的类型和特点；第六、七、八章，主要介绍工业锅炉生产过程中，根据汽包水位系统、过热蒸汽系统、燃烧系统的动态特性，设计的微型计算机控制系统和应用中的具体问题。

本书内容丰富，结构严密，系统性强，知识新，技术先进，叙述由浅入深，通俗易懂，易于自学，对锅炉生产更新有现实指导意义。

本书适用于锅炉、热工、能源工程、化工机械、发电、采暖通风等专业的仪表自控工程技术人员阅读参考；也可作为高等工科院校、锅炉、热工、能源、暖通等专业教学参考书；还可作为锅炉、暖通等行业操作技术工人培训或自学丛书。

本书在编写过程中，得到不少单位和工程技术人员的支持和

帮助，在此致以感谢！因水平有限，错漏之处在所难免，恳请提出批评和宝贵意见。

编 者

1989年 2 月

目 录

第一章 微型计算机在工业锅炉生产自动控制方面的

应用及发展	1
第一节 工业锅炉计算机控制系统的组成	1
一、外围设备	1
二、外部设备	2
三、主机部分	2
第二节 微型计算机在工业锅炉生产控制方面的职能	4
一、锅炉正常工况下的监控	4
二、锅炉的点火启动和停炉	4
三、锅炉的事故分析与处理	5
第三节 微型计算机在锅炉生产中的控制方式	5
一、锅炉生产过程的巡回检测和数据处理	5
二、锅炉生产过程的操作指导	6
三、锅炉生产过程的监督控制 (SCC)	7
四、锅炉生产过程的直接数字控制系统	8
五、锅炉生产的分级控制系统	9
第四节 工业锅炉微型计算机控制系统的控制规律	10
一、顺序控制	10
二、程序控制	10
三、PID反馈控制 (简称PID控制)	10
四、前馈控制	11
五、大滞后Smith预估控制	11
六、最优控制	12
七、自适应控制	12
八、自学习控制	12
第五节 工业锅炉计算机控制的展望	12

第二章 工业锅炉微型计算机控制系统14

第一节 工业锅炉微型计算机控制概述14

一、工业锅炉微型计算机控制的设计原则和步骤14

二、工业锅炉微型计算机控制系统的设计特点19

三、工业锅炉应用微型计算机控制的选型问题21

四、锅炉被控对象的信号采集与传递23

第二节 微型计算机的数据采集及处理23

一、数据采集与前置处理24

二、二次参数计算39

三、经济指标的计算40

第三节 微型计算机对锅炉生产运行参数的巡回检测42

一、锅炉生产运行参数的巡回检测43

二、锅炉生产运行参数的制表打印44

三、锅炉生产运行参数的屏幕显示45

四、锅炉生产运行参数的报警原因分析50

五、锅炉运行参数的趋势预测52

第四节 锅炉生产过程的微型计算机监督控制57

一、模拟调节器简介58

二、锅炉生产正常工况的微型计算机监督控制74

三、锅炉点火启动的微型计算机监督控制76

第五节 锅炉生产微型计算机的直接数字控制 (DDC)77

一、直接数字控制系统的概述77

二、采样器和采样处理79

三、保持器82

四、Z变换和Z传递函数85

五、数字控制系统的稳定性98

第三章 直接数字控制系统的设计105

第一节 计算机实现PID调节规律控制系统的设计106

一、理想的PID算式106

二、实际的PID算式110

三、带死区(间隙)的PID算式114

四、积分分离的PID控制116

五、PID程序编制要点及程序框图116

第二节 DDC串级控制系统的设计	118
第三节 具有最快响应数字控制系统的设计	122
一、最快响应的设计原则	123
二、零、极点分布的影响	127
三、消除输出纹波的方法	130
第四节 微型计算机控制的最小均方误差系统的设计	137
第五节 微型计算机控制对象具有纯滞后系统的设计	144
一、大林算法的介绍	145
二、振铃现象及消除方法	147
三、大林算法与PID算法的关系	150
第四章 工业锅炉微型计算机控制系统的传感器	154
第一节 传感器概述	154
一、传感器的定义	154
二、传感器的类型及工作原理	155
三、传感器的应用和发展	156
第二节 温度传感器	158
一、温度传感器的种类及其传感温度的范围	158
二、金属(导体)热电阻温度传感器	160
三、热电动势温度传感器	168
四、检测热或光辐射温度传感器	175
五、温度传感器的使用注意事项	181
第三节 压力传感器	183
一、压力传感器的类型	183
二、弹性式压力传感器	184
三、应变式压力传感器	189
四、差动变压器式压力传感器	193
五、电容式压力传感器	195
六、力平衡式压力传感器	197
第四节 水位测量传感器	200
一、平衡容器式水位传感器	200
二、电接点式水位传感器	205
第五节 流量测量传感器	209
一、差压式流量传感器	209

二、靶式流量传感器	213
三、涡轮流量传感器	217
四、电磁流量传感器	218
第五章 工业锅炉微型计算机控制系统的执行器	222
第一节 概述	222
一、执行器的类型	222
二、微型计算机系统的执行器及其作用	223
第二节 电动执行机构	224
一、电动执行机构的分类	224
二、电动执行机构的构成原理	225
三、伺服放大器	226
四、伺服电动机	231
第三节 气动执行机构	235
一、气动执行机构的特点	235
二、气动薄膜式执行机构	236
三、气动活塞式执行机构	237
第四节 调节机构	238
一、调节机构的种类	238
二、调节阀的流量特性	239
三、调节阀的流通能力	246
四、调节机构与执行机构的配合	249
第五节 阀门定位器	251
一、气动阀门定位器	251
二、电一气阀门定位器	253
三、阀门定位器的使用场合	254
第六章 锅炉汽包水位的微型计算机控制	256
第一节 锅炉汽包水位调节对象的特性	257
一、汽包水位在给水量作用下的动态特性	257
二、汽包水位在蒸汽流量作用下的动态特性	261
第二节 锅炉汽包水位微型计算机控制系统的设计思想	262
一、汽包水位控制的通常形式	262
二、汽包水位三冲量微型计算机控制的设计思想	266
第三节 锅炉汽包水位三冲量微型计算机控制系统	271

一、计算机控制系统的硬件设计	271
二、计算机控制系统的软件设计	272
第四节 锅炉汽包水位三冲量微型计算机控制系统的投运准备	
与情况处理	275
一、主要对象和关键设备的特性试验	275
二、微型计算机控制系统投运前的检查	278
第七章 锅炉过热蒸汽温度的微型计算机控制	279
第一节 过热蒸汽温度调节对象的动态特性	281
一、减温水量扰动下蒸汽温度对象的动态特性	281
二、烟气侧热量扰动下蒸汽温度对象的动态特性	282
三、蒸汽流量扰动下蒸汽温度对象的动态特性	282
第二节 锅炉过热蒸汽温度常规仪表控制方法	283
一、调节烟气侧热量控制过热器出口蒸汽温度	283
二、调节减温水的流量控制过热器出口蒸汽温度	284
第三节 锅炉过热蒸汽温度微型计算机控制	286
一、过热蒸汽温度微型计算机控制系统	287
二、程序设计及其说明	289
三、提高控制系统可靠性的几项措施	289
四、控制系统的调试及投运	290
第八章 锅炉燃烧系统微型计算机控制	292
第一节 工业锅炉燃烧系统计算机控制的任務	292
一、维持蒸汽母管压力不变	292
二、保持锅炉燃烧的经济性	292
三、维持炉膛负压在一定范围内	293
第二节 锅炉燃烧过程控制对象的动态特性	294
一、燃料量改变时蒸汽压力变化的动态特性(内扰特性)	294
二、蒸汽流量改变时蒸汽压力变化的动态特性(外扰特性)	295
第三节 工业锅炉燃烧系统微型计算机控制的设计思想	299
一、锅炉燃烧系统常规仪表控制存在的问题	299
二、微型计算机在锅炉燃烧过程控制中的作用	300
三、锅炉燃烧系统微型计算机控制的设计思想	301
第四节 工业锅炉燃烧过程微型计算机控制系统的硬件设计	304

一、控制系统的组成	304
二、应用硬件的设计	305
三、系统的硬件构成及工作过程	307
第五节 工业锅炉燃烧过程微型计算机控制系统的 软件设计	311
一、软件系统的设计构成	311
二、几个主要程序的设计分析	317
第六节 工业锅炉微型计算机控制系统投运前的实验及 性能分析	324
一、系统高温连续运行实验	325
二、微型计算机控制系统对电网电压波动适应范围的 测定	327
三、系统抗干扰实验和抗干扰措施	328
附录一 拉普拉斯变换和Z变换表	332
附录二 常用热电阻分度表	339
附录三 常用热电偶分度表	344
符号注解	348
参考资料	352

第一章 微型计算机在工业锅炉 生产自动控制方面的应用及发展

第一节 工业锅炉计算机控制系统的组成

工业锅炉微型计算机控制系统，就是利用微型计算机来实现工业锅炉生产过程自动控制的系统。它的组成应包括两个部分，即工业控制计算机和锅炉生产设备。其组成框图如图1-1所示。

一、外围设备

外围设备是计算机控制系统的输入输出通

道，它在计算机与锅炉生产过程之间起联系桥梁的作用。具体地说，外围设备应完成以下两个基本功能：

1. 把锅炉生产过程的各种参数和执行机构的运行状态，转换成微型计算机能够接受和识别的代码，并输入给计算机，以便计算机进行运算处理。

2. 把计算机根据算术逻辑运算的结果发出的各种控制命令，转换成操作执行机构的控制信号，以便通过执行机构和调节机构去控制锅炉生产过程。

可见，外围设备是计算机控制系统中非常重要的一部分。没有计算机的外围设备，就不可能实现计算机对锅炉生产过程和其他工业生产过程的实时控制。

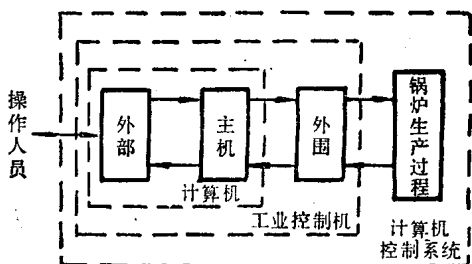


图 1-1 计算机控制系统的组成

外围设备由两大部分组成，即生产过程输入输出通道和“接口”。输入通道包括模拟量输入通道，数字量输入通道，开关量输入通道和脉冲量输入通道；输出通道包括模拟量输出通道，开关量输出通道，显示通道，报警通道和时钟通道。

二、外部设备

外部设备是计算机专用的输入输出设备。例如，控制台打字机，纸带穿孔机，卡片阅读器，光电输入机，宽行打印机，视频显示器，外存贮器（磁带，磁盘）等。

外部设备起人——机联系作用。通过它，才能实现对锅炉生产过程控制的人工干预。例如，启停操作，查询结果，修改程序等。

三、主机部分

主机是计算机控制系统的核心，是整个系统的指挥控制中心。它的主要任务是：根据外围设备送来的锅炉生产过程工况参数和操作人员通过外部设备送来的控制信息，按照预先确定的数学模型和控制算法，进行分析、计算和判断；然后，根据数字运算和逻辑判断的结果，向外围设备发出控制命令，向外部设备发出系统信息，以便控制锅炉对象的生产过程，并与操作人员通讯联系。

主机、外部设备、外围设备和工业自动化仪表，是微型计算机控制系统的硬件部分，是组成计算机控制系统的物质基础。

计算机控制系统除配有上述硬件部分之外，还必须配备较完善的软件。所谓“软件”，就是计算机的程序系统及有关信息的集合。

计算机控制系统的软件可分为系统软件和应用软件两个部分。系统软件包括计算机本身的操作系统和监控程序等系统程序，它带有一定的通用性，一般由计算机生产厂家提供。应用软件就是实现锅炉生产过程控制或其他工业生产过程控制的应用程序（又称作用户程序），它具有专用性，可由用户根据需要设计研制。

软件系统是计算机控制系统的灵魂，是实现生产过程自动控

制的关键。自动控制工作者必须熟悉应用软件的设计研制步骤和方法，掌握软件研制技术，不断提高研制水平，才能胜任计算机控制生产过程的工作。

由常规检测仪表和调节仪表构成的模拟控制系统（连续自动控制系统），虽然具有可靠性高，成本低，易于维护和操作等优点，并在大、中、小工业企业中得到了广泛应用，解决了不少自动化方面的问题。但是，随着生产向连续化、大型化发展，对自动化技术的要求越来越高，模拟自动控制系统越来越表现出它的局限性。例如，它难以实现多变量控制，复杂控制规律的控制，最优控制，自适应控制，以及时变控制等；模拟控制屏越来越长，难以实现集中控制；各条系统之间不便进行通讯联系，难以实现多级控制；控制方案的修改比较麻烦。如果采用以计算机作为自动化工具的过程控制系统，就能很好地解决模拟控制系统存在的上述问题。

计算机控制系统不仅能完成模拟控制系统的控制功能，而且还具有以下一些独特的优点：

（1）计算机控制系统较模拟控制系统速度快，控制精度高；

（2）由于计算机具有分时操作功能，一台计算机可代替许多台常规装置；

（3）计算机具有很强的记忆功能和逻辑判断功能，能够符合锅炉生产过程或其他工业生产过程各方面的情况，在环境或生产过程工艺参数变化时，能及时地作出判断，选择最优控制决策，这是模拟控制装置所不能达到的；

（4）有些控制对象，例如具有大滞后的对象，各参数相互关联比较密切的对象，以及被控参数需经计算的间接指标的对象，采用常规仪表控制装置往往得不到满意的控制效果，而采用计算机控制就能达到所需的性能指标。

总之，计算机控制系统的特点是容易实现任意的控制算法，只要按照控制要求修改控制算法，就能达到所需的控制效果。随

着生产技术的进一步发展和工业自动化水平的进一步提高，计算机控制系统的优越性将越来越显示出来，它的应用必将日益广泛。

第二节 微型计算机在工业锅炉

生产控制方面的职能

微型计算机在工业锅炉生产过程中的控制，根据厂家对生产工艺的要求，可实现其不同的功能，这些功能都是通过设计不同的计算机控制软件系统进行的。

一、锅炉正常工况下的监控

锅炉生产过程正常工况下需要监视和控制的项目很多，主要有：

(1) 运行参数的监视：计算机按照锅炉生产过程的运行参数（温度、压力、流量、液位、氧量）的重要程度分成等级，按不同周期进行检查和监视，如发现异常立即显示、打印、报警。亦可由运行人员通过控制台进行对某些参数的检查，计算机把检查结果通过显示和打印向运行人员报告。

(2) 制表：微型计算机通过宽行打字机每天24小时准点打印必要的生产参数，代替运行人员的抄表，以供运行分析和指导用。

(3) 工况计算和最佳控制：计算机要通过一定的数学模型对锅炉生产过程的运行工况进行计算和调节，从而使锅炉生产维持在安全和经济的最佳工况下运行。

(4) 运行人员可通过控制台调整锅炉生产的负荷。

(5) 趋势分析和趋势预报：计算机除了可以随时响应和处理锅炉生产过程中发生的异常现象外，还能够不断地对锅炉生产异常情况下的运行趋势进行报告和分析。

二、锅炉的点火启动和停炉

微型计算机能完成锅炉启停过程中的绝大部分操作和调整。

运行人员只要发出一个“启动”命令,锅炉就从自动点火开始,以滑参数的方式启动,直到达到额定负荷为止。同样,锅炉正在正常运行,如要它停下来,则也仅需发出一个“停役”命令,那么锅炉就可以以滑参数的方式逐步降温降压减负荷,直到全部停役为止。在锅炉启停过程中,运行人员亦可通过控制台直接干预计算机的工作。

三、锅炉的事故分析与处理

锅炉在运行过程中,偶然出现了事故情况,例如锅炉水位因某种原因而超越了限值,生产过程将通过中断讯号装置,自动地向计算机发出中断申请,计算机中断响应后,就暂停原来的执行程序,进行事故分析,转而执行适当的中断处理程序,调整有关的参数和设备,对生产过程进行紧急处理,使其恢复正常。事故处理完毕以后,再返回断点继续执行原来的程序。如果通过处理无法使事故消除,则应紧急停炉。

第三节 微型计算机在锅炉生产中的控制方式

微型计算机参与锅炉生产过程控制有各种不同的控制方式,分类的方法也不尽相同。在此,我们仅从应用的方法特点和控制的目 的出发,把微型计算机控制系统的控制方式归纳为以下几种。

一、锅炉生产过程的巡回检测 and 数据处理

巡回检测系统是微型计算机应用于锅炉生产过程控制的最早形式之一。为了掌握锅炉生产过程工况,探索提高锅炉热效率的方法和措施,应根据工艺流程检测各部位的温度、压力、流量等热工参数。检测多点的热工参数,如使用常规显示仪表,造价既高,又相当繁琐。利用计算机对各检测点的热工参数进行定时检测和集中显示就比较方便。锅炉生产过程巡回检测系统的原理方框图如图1-2所示。

巡回检测的计算机控制系统,其工作过程大致如下:通过一次仪表(传感器)检测锅炉生产过程的热工参数,经过信号转

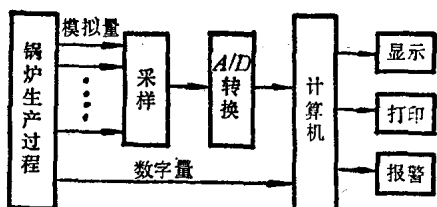


图 1-2 锅炉生产过程巡回检测系统

换，即将非电量的温度、压力、流量、液位信号等变成 $0\sim 10\text{mA}$ 的直流电流信号，从而变成 $0\sim 5\text{V}$ 电压信号；再经过模/数转换，将过程参数转换成相应

的数字量，送入微型计算机。然后，由计算机进行必要的计算处理，例如：数字滤波，仪表误差修正，量纲变换和越限比较等。计算机根据计算处理的结果，定时显示和打印，或应操作人员的要求随机打印，选点显示，并在有异常情况发生时发出声光报警信号。

这种计算机控制系统是利用计算机的快速运算功能，帮助操作人员及时了解锅炉生产现场的情况，并系统地提供生产过程的运行资料。

随着计算机控制技术的发展，为充分利用计算机资源，单纯的巡回检测装置已逐渐减少。现在，通常是在巡回检测的基础上，增加数据处理，直接数字控制，监督控制等功能。

二、锅炉生产过程的操作指导

锅炉生产过程的计算机操作指导控制系统是在巡回检测的基础上发展起来的。其作用原理如图1-3所示。

操作指导控制系统。计算机不仅提供锅炉生产现场的工况资料，进行异常情况报警，而且，根据巡回检测所得到的生产过程参数，按照预先建立的数学模型和控制算法，进行运算和比较判断，并向操作台输出最优设定值。与此同时，进行显示、打印、记录、存入“外存”。操作人员

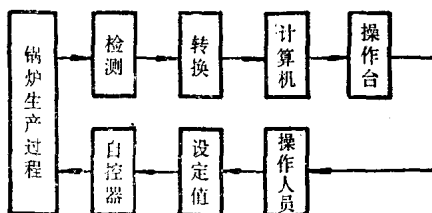


图 1-3 操作指导控制系统