

自动化技术应用丛书

火电厂自动化系统

吴懋绩 编著

四川科学技术出版社

1-39

责任编辑：刘阳青

封面设计：魏天禄

版面设计：杨丽娜

火电厂自动化系统

吴懋绩 编著

出版：四川科学技术出版社

印刷：重庆新华印刷厂

发行：新华书店重庆发行所

开本：787×1092毫米 1/32

印张：7 插页 1

字数：146千

印数：1—3,000

版次：1986年11月第一版

印次：1986年11月第一次印刷

书号：15298·124

定价：1.70元

《内容提要》

本书介绍火电厂的自动调节系统、局部程序控制系统、自动保护系统及大型机组的自动化。

自动调节系统，主要介绍实际对象的动态特性及以DDZ—Ⅱ型仪表为主构成的一些新系统。

程序控制系统，主要介绍程序控制的一般原理、实现方法及应用。

自动保护系统，主要介绍自动调节系统的保护，汽轮机及锅炉设备的保护。

大型机组的自动化，主要介绍部分引进机组的调节、控制和保护问题。

本书可供从事火电厂及化工、炼油、冶金等热力过程自动化的工人、技术人员以及有关专业师生参考。

前 言

电力工业是为国民经济提供能源动力的工业。电力生产的特点是产品(电能)不能贮存,发电、供电、用电是同时完成的。因此,电力生产的安全、经济与否,直接影响国民经济的发展。为了保证供应充足、可靠、合格、廉价的电力,需要实现生产过程的自动化。

随着国民经济的发展,我国的电力工业已经有了很大的变化。1983年发电量已达3514亿度(其中火电约占75%),为1949年的80多倍;国产火电机组单机容量达到20万、30万千瓦;生产过程的自动化程度也有了很大的提高。为了适应电力负荷不断增长的需要,八十年代将有更多的20万千瓦、30万千瓦以及60万千瓦机组投入运行(在“六五”计划中,20万千瓦机组占火电机组投产总容量的43%)。这些机组是电网的主力机组,提高这些机组的自动化水平是十分重要。另一方面,从五十年代以来,安装和投入运行的2.5万、5万、10万千瓦等中小机组,也是电网的重要力量,继续完善和提高这些机组的自动化水平也是不可忽视的。

火电厂生产过程自动化的水平,总的来说还是不高的,除了自动化装置本身的缺陷外,机组的可控性差是一个很重要的原因。对新设计的大型机组,可从改善可控性方面下功

夫，为提高自动化水平打下基础。但对已经运行的机组，要改善可控性则比较困难，这就需要从自动化系统和装置上下功夫，以适应机组的特性。编写本书的主要目的，就在于总结火电厂在自动化系统方面的经验，从实际情况出发，提高火电厂现有生产过程的自动化水平。由于编者水平不高、有局限性，错误之处，希望读者批评指正。

在编写过程中，重庆工业自动化仪表研究所、水电部西安热工研究所、西北电管局试验研究所、西南电管局试验研究所、川南电业局中心试验所、豆坝电厂、白马电厂给予了热情的帮助，在此向上述单位的领导和同志们致谢。本书还引用了上述单位以及省内外部分科研、设计、运行、制造单位的科研成果及试验资料，在此也一并致谢。

本书由王永初同志主审。王永初同志对本书提出了不少宝贵意见，特致以深切的谢意。

著 者

一九八四年八月

目 录

第一章	概述	(1)
§1-1	火电厂的生产过程及特点	(1)
§1-2	火电厂生产过程自动化系统...	(4)
第二章	火电厂自动调节系统	(9)
§2-1	汽包锅炉水位自动调节系统	(9)
§2-2	汽包锅炉过热蒸汽温度自动 调节系统.....	(25)
§2-3	汽包锅炉燃烧自动调节系统	(49)
§2-4	辅助设备自动调节系统	(74)
第三章	火电厂局部程序控制系统	(97)
§3-1	程序控制的应用范围、组成 及要求.....	(98)

§3-2	简易程序控制装置	(104)
§3-3	程序控制应用实例	(113)
第四章	火电厂自动保护系统	(132)
§4-1	自动调节系统的保护	(132)
§4-2	汽轮机的安全监视及保护	(156)
§4-3	锅炉设备的保护	(165)
第五章	大型机组的自动化	(171)
§5-1	大型机组的调节和控制	(171)
§5-2	大型机组的保护	(208)
附录一	单位换算表	(214)
附录二	参考资料	(215)

第一章 概 述

§1-1 火电厂的生产过程及特点

一、火电厂生产过程

火力发电厂是将燃料(煤、油、天然气等)的化学能转变成电能的工厂。图1-1是燃煤的火电厂生产过程示意图。

原煤通过皮带运输(并计量)送到原煤仓,经煤粉制备系统(给煤机、磨煤机、粗粉分离器、细粉分离器、煤粉仓等)加工成煤粉,煤粉在由空气预热器来的热空气的输送下,通过燃烧器送到锅炉的炉膛燃烧;在炉膛里,煤粉和热空气混合燃烧,燃料中的化学能便释放出来,变成高温烟气的热能;高温烟气的热能把一部分热量传给炉膛四周的水冷壁,并在流经过热器、省煤器、空气预热器时,继续把热量传给过热器中的蒸汽、省煤器中的水、空气预热器中的空气;被冷却了的烟气,经除尘器除去大部分飞灰后,再经引风机,从烟囱排出。

在水冷壁管中的水,吸收炉膛中的热量后,变成饱和蒸汽。饱和蒸汽同水形成的汽水混合物在汽包中分离。饱和蒸汽流经过热器时,进一步吸收烟气中的热量变成过热蒸汽,

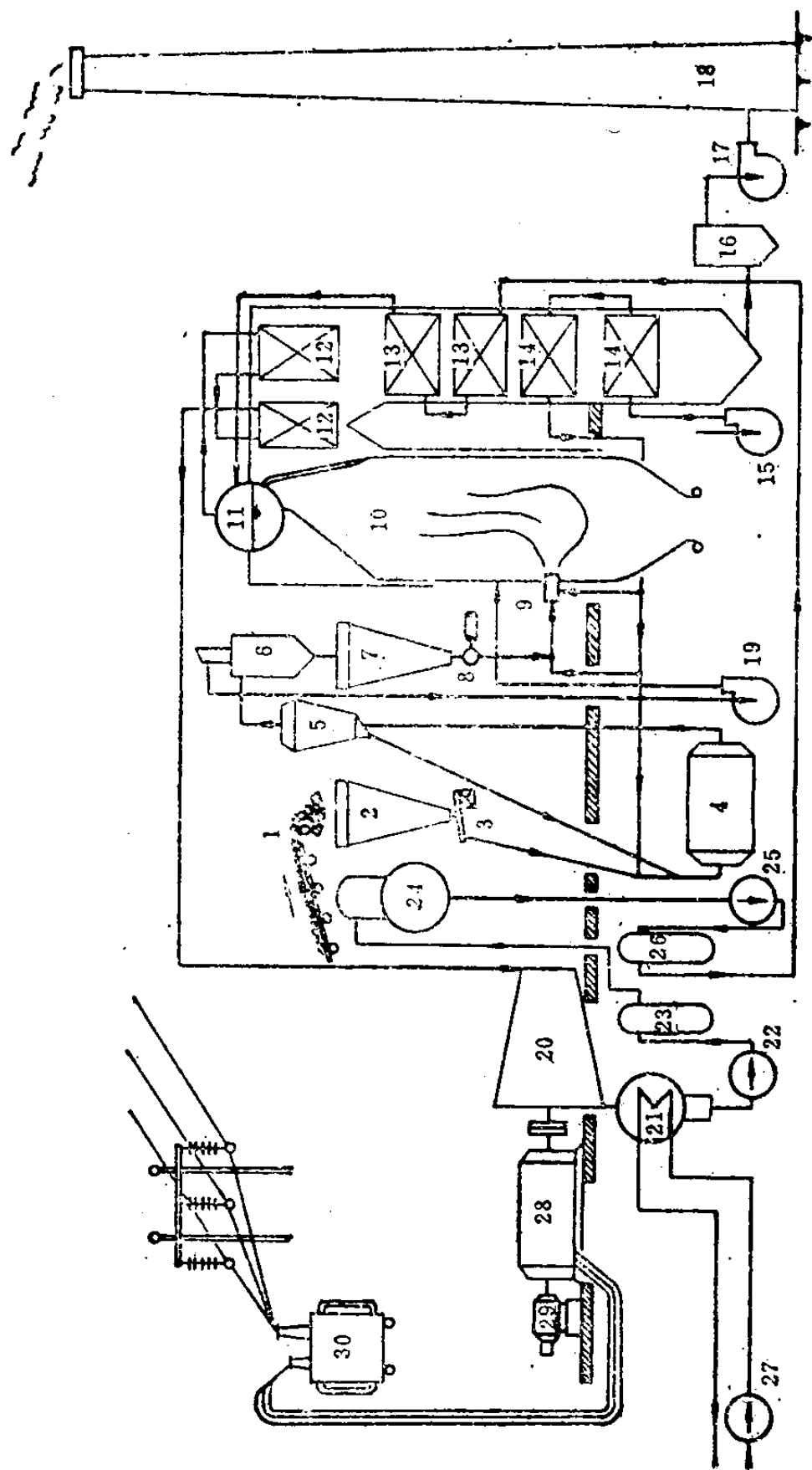


图1-1 燃煤电厂生产过程示意图

1. 输煤皮带 2. 原煤仓 3. 振动给煤机 4. 磨煤机 5. 粗粉分离器 6. 细粉分离器 7. 煤粉仓
8. 给粉机 9. 燃烧器 10. 水冷壁管 11. 汽包 12. 过热器 13. 省煤器 14. 空气预热器 15. 送风
机 16. 除尘器 17. 引风机 18. 烟囱 19. 排粉机 20. 汽轮机 21. 凝汽器 22. 凝结水泵 23. 低压
加热器 24. 除氧器 25. 给水泵 26. 高压加热器 27. 循环水泵 28. 发电机 29. 励磁机 30. 变压器

并通过蒸汽管道送到汽轮机中。过热蒸汽在汽轮机的喷管中，将热能转变成动能，形成高速汽流。高速汽流冲动叶轮，带动汽轮机高速转动，动能就转变成了机械能。汽轮机带动发电机旋转而发出电来，机械能就转变为电能。电能通过变压器、开关、线路送到电力系统及用户。

蒸汽在汽轮机内膨胀做功后，进入凝汽器内凝结成水。凝结水由凝结水泵送入低压加热器，吸收热量后又进入除氧器。凝结水在除氧器中加热并除去水中的氧气，再由给水泵将除氧后的水送到高压加热器中进一步加热，然后送到锅炉的省煤器、汽包、水冷壁管，如此完成了一个循环。另一方面，为了使汽轮机中作过功的排汽凝结，由循环水泵把冷却水送入凝汽器，冷却水吸热后温度升高后，又被送回江河(称为直流式)或冷水塔(称为封闭式)。

二、生产过程特点

由火电厂生产过程可以看到，要不断地将热能转变为机械能，就必须周而复始地完成上述蒸汽动力装置的循环，不断地把热能转变成电能。要保证热能转变成电能，必须不断地供给燃料、空气和循环的工质——水。

电能的特点是不能贮存。电能的生产是按用户的需要随时生产，随时消耗掉的，因此火电厂的生产过程必须是连续的。

火电厂是转换能源的工厂，同时又是消耗能源的工厂。在火电厂中，烧煤的机组约占76%，年耗煤量占全国原煤产量的17.57%；烧油机组约占18.3%，年耗油量占全国原油产量14.88%^[15]，因此提高火电厂的安全性、经济性是很重

要的节能措施。

由于电能的生产与用户紧密相连,当用电量发生变化时,为了保证生产过程的正常进行,就必须及时地改变进入汽轮机的蒸汽量和供给锅炉的燃料量、空气量和给水量,因此要求火电厂必须有较高的自动化水平。

综上所述,火电厂生产过程具有以下显著的特点:

(1) 生产过程连续性强,要求能提供充足的电力。

(2) 生产过程负荷(干扰)变化幅度大而频繁,生产的安全、可靠和经济性要求高,以便提供可靠的、合格的、廉价的电力。

(3) 要达到上述目的,生产过程的自动化程度要求高。即要求紧密结合对象的特性来设计自动化系统。如根据电厂设备复杂程度、工艺系统有机联系情况,可采用程序控制以及在连续控制系统之上叠加安全保护、协调控制等。

§1-2 火电厂生产过程自动化系统

一、实现生产过程自动化的意义

从火电厂生产过程的特点可以看出,实现生产过程自动化,对国民经济、人民生活和实现四个现代化都有着十分密切的关系。

1. 可以提高机组运行的安全可靠 安全可靠是火电厂生产的前提,也是机组运行的首要条件。火电厂生产过程连续性强,需要监视、控制和操作的项目很多,从表1-1可以看出,随着机组容量增大,监视和操作项目成倍的增加,若单靠人来监视和操作,不仅劳动强度大,而且很难胜任,同

表1-1

几种机组的监视和操作项目

机组容量	5万千瓦	12.5万千瓦	20万千瓦	30万千瓦	35万千瓦
监视项目 (测点数)	115~135	600	520~560	950~1000	1700
操作项目 (执行器数)	70~75	142	280	450	620

时也极容易出现误操作而造成事故。因此必须实现自动化,即采用一整套自动化装置,来完成对机组运行的自动监视和自动操作,使各种重要参数维持在给定值。

2. 可以提高运行的经济性 火电厂的自动化,可以保证机组在良好状态下运行,可以提高热效率,降低燃料消耗。据国内资料介绍^[18],锅炉采用燃烧自动调节,其效率比手动操作提高0.5%左右,相当于每度电降低煤耗2克,对年发电量15亿度的电厂,可节约煤3000吨。

采用程控技术,实现机组的自动启停,可以缩短启停时间,减少不必要的热损失和汽水损失。

机组在良好状态下运行,可以减少事故停机损失及设备检修维护费用,降低成本。

3. 可以提高劳动生产率 生产过程实现自动化,监视和操作简化了,可使运行人员从繁重的体力劳动和紧张的精神状态中解放出来,改善劳动条件,提高劳动生产率。

二、自动化系统的基本内容及任务

火电厂自动化的范围是极其广泛的,它包括了主机、辅助设备、公用系统的自动化。本书主要介绍锅炉、汽轮发电

机组运行的自动化。大致可分为四个基本内容(见图1-2)。

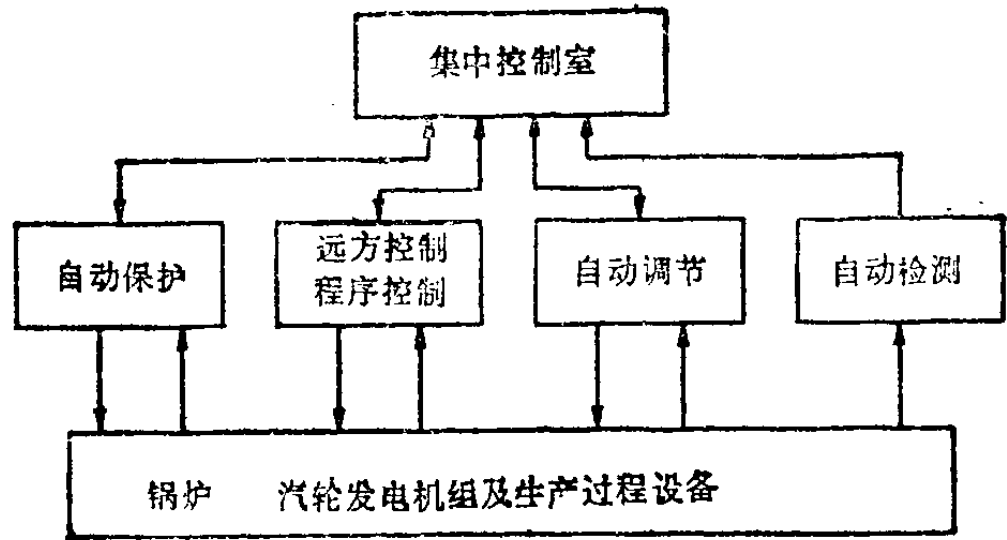


图1-2 火电厂自动化系统的基本内容框图

1. 自动检测 自动检测是对生产过程及设备的参数、信号自动进行转换、加工处理、显示并记录下来。它相当于人和自动化装置的“眼睛”。

火电厂需要连续进行检测的信号有温度、压力、流量、液位、电流、电压、转数、周波、振动、气体成份、汽水品质等。检测所采用的装置有指示仪表、记录仪表及巡回检测装置、工业电视等。

2. 自动调节 自动调节，一般是指正常运行时，操作的自动化，即在一定范围内，自动地适应外界负荷变化或其它条件变化，使生产过程正常进行。

火电厂的自动调节，主要有锅炉水位调节、汽温调节、燃烧调节、辅助设备调节等。

将程序控制技术、逻辑功能和保护同自动调节结合起来，可以实现全程调节。即在机组启动、停止及正常运行的全过程中，实现自动调节，如水位全程调节。

3. 远方控制及程序控制 远方控制是通过开关或按钮,对生产过程中重要的调节机构和截止机构实现远距离控制。

程序控制主要是指机组(或局部系统、设备)在启动、停止、增减负荷、事故处理时的一系列操作的自动化。

火电厂局部程序控制对象主要有锅炉点火、吹灰、定期排污、汽轮机自升速、制粉系统、化学水处理、输煤等。

4. 自动保护 自动保护,是利用自动化装置,对机组(或系统、设备)状态、参数和自动调节系统进行监视,当发生异常时,送出报警信号或切除某些系统和设备,避免发生事故,保证生命和设备的安全。

火电厂的自动保护对象主要有锅炉、汽轮发电机本体、辅助设备、局部工艺系统以及自动调节系统等。

上述的自动检测、自动调节、远方控制及程序控制、自动保护,一般用常规的模拟仪表来实现,也可以用微型计算机来实现。微型计算机可靠、价廉,还有突出的计算、逻辑判断、记忆功能,它能快速计算机组在正常运行以及启停过程中的重要数据,进行事故分析、处理。目前,微型计算机在火电厂主要用于数据处理,运行监视指导。随着电子技术的发展,微型计算机,特别是微处理机将会在火电厂中得到广泛应用。

自动化系统四个方面的内容,是相对独立而又相互配合的。自动调节是主要的,也是基本的内容,而要保证自动调节的正常投入,必须有准确可靠的检测信号,必须有自动保护作保证,否则,自动调节系统投入运行是不安全的。当自动调节的范围进一步扩大(如全程调节)或自动化程度进一步

提高时，程序控制就成为必要的手段。

本书主要介绍自动调节系统、局部程序控制系统、自动保护系统方面的内容。

第二章 火电厂自动调节系统

火电厂的生产过程自动调节系统，主要集中在锅炉及其辅助设备上，其典型的系统有锅炉水位自动调节、过热蒸汽温度自动调节、燃烧自动调节以及辅助设备自动调节。

自动调节系统由调节器和调节对象组成。这里所指的对象，称为广义对象或等效对象(或者称为过程)。一个过程控制的好坏，主要取决于对象本身，而不是调节器^[5]。系统设计的一个主要任务，就是根据对象特点与控制要求，选择合理的方案并正确选择仪表。火电厂自动调节系统中采用的三冲量调节系统、双回路调节系统、串级调节系统、纯滞后补偿调节系统等，都是从这个角度来设计的。

§2-1 汽包锅炉水位自动调节系统

一、水位调节的任务

汽包锅炉水位调节的任务，主要是使锅炉的给水量与锅炉的蒸发量(蒸汽流量)相适应，并把汽包中的水位维持在允许范围内。

汽包水位是锅炉安全运行的重要指标。维持汽包水位在允许范围内，是保证锅炉和汽轮机安全运行的必要条件。汽

包水位过高，会破坏汽水分离装置的工作，导致蒸汽带水，增加过热器及汽轮机叶片上的结垢，甚至使汽轮机发生水冲击而损坏叶片；汽包水位过低，会破坏锅炉水循环，引起水冷壁管破裂、烧干锅等事故。不同型式和容量的锅炉，对汽包水位的要求有所不同。一般要求汽包水位维持在汽包几何中心线以下100~150毫米处，并限制在 $\pm 30 \sim \pm 80$ 毫米范围内变动。

水位调节还有保持给水流量稳定的任务。给水流量稳定，可以减小对省煤器和给水管路的水冲击，有利设备的安全运行。

在调节过程中，上述二项任务往往又是互相矛盾的。为了提高水位调节质量，使水位维持在较小的变动范围，则会使执行机构频繁动作，导致给水流量大幅度变化。因此，在整定调节系统时，要互相兼顾，不能片面追求某一项指标。

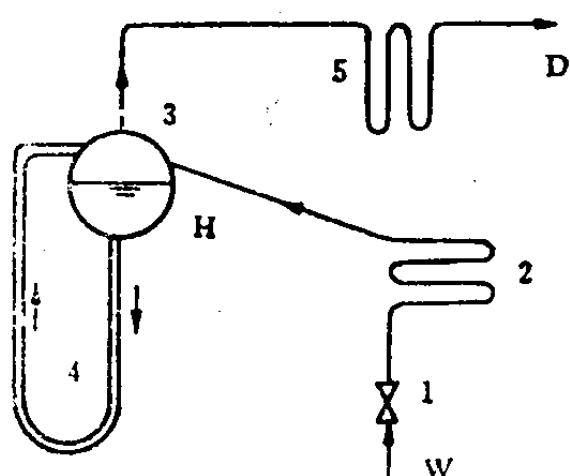


图2-1 汽包锅炉水位调节对象结构示意图

1. 给水调节阀 2. 省煤器 3. 汽包
4. 水循环管 5. 过热器 H. 汽包水位
D. 蒸汽流量 W. 给水量

二、水位调节对象的动态特性

图2-1 是汽包锅炉水位调节对象的结构示意图。

给水量W和蒸汽流量D是水位自动调节中影响汽包水位H的两种主要扰动。前者来自调节通道，称为内扰；后者是运行中经常出现的