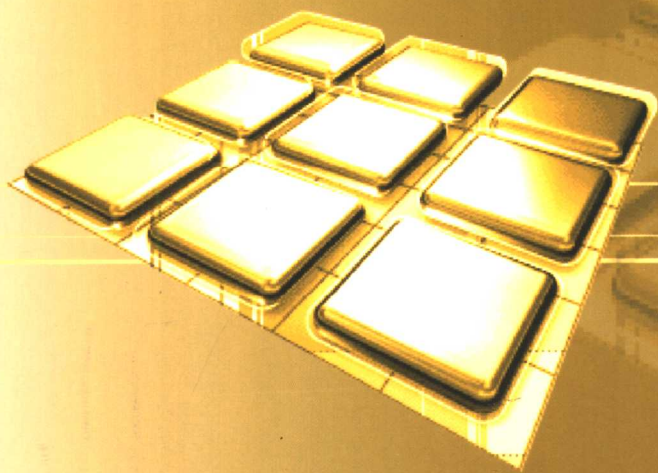


火力发电厂热工专业人员通用培训教材

火力发电厂分散控制系统 应用基础

王大为 主编



- 本书写作起点较低，为入门级读物
- 紧密联系现场实际，从生产现场需掌握的热工知识角度讲解，可迅速弥补实际经验的不足



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

火力发电厂分散控制系统 应用基础

王大为 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

目前,分散控制系统在火电厂的应用越来越广泛,而针对现场实际,全面地讲述这部分内容的书籍很少。因此,有必要出版一本有关这方面内容的初级读本,以便于热工技术人员以及现场工人更好地学习。

本书写作起点较低,紧密联系现场实际,为入门级读物。共分三篇:第一篇介绍了锅炉本体及其主要辅机、汽轮机本体及其主要辅机、主要的热力系统组成、热工测量的基本原理和方法、热工信号的选择方法、热工监控、执行机构的工作原理;第二篇介绍了分散控制系统的主要组成和结构、基本功能和特点、分散控制系统的供电、组成现场控制站的主要模块的功能和工作原理、分散控制系统的维护;第三篇讲述了模拟量控制系统和开关量控制系统的工作原理、分析方法,并介绍了组态及其应用的有关知识。

本书可作为热工技术人员和工人的通用培训教材,可供相关专业人员学习参考,也可供热工自动化专业和热能动力专业的在校学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电厂分散控制系统应用基础/王大为主编. —北京:中国电力出版社,2007.4

ISBN 978-7-5083-5221-3

I. 火… II. 王… III. 火电厂-分散控制-控制系统
IV. TM621.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021341 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 294 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

• 火力发电厂分散控制系统应用基础 •

分散控制系统在火电厂中的广泛应用,促进了热工自动化的快速发展,使得火电厂的热工自动化水平达到了一个新的高度,热工自动化已成为左右火电厂安全经济稳定运行的关键因素之一。

火力发电厂热工自动化专业和热动力专业的在校学生、从校门刚跨入工厂门的热工技术人员、刚刚从事热工工作的各类工作人员缺乏生产现场的基本热工知识,现场的热工经验几乎是空白,本书就是为他们从三维的角度认识生产现场、了解生产现场的基本热工知识、尽快缩短理论与实际的差距而编写的入门读本。

本书分热工基础知识介绍、分散控制系统初步、分散控制系统的应用等三篇,各篇的内容安排如下:

第一篇共两章。第一章简单介绍了锅炉本体、汽轮机本体、机炉的主要辅助设备、按工艺流程划分的主要热力系统;第二章重点介绍了热工测量的基本原理和方法、热工信号的分类及选择方法、热工自动控制的分类、现场的执行机构。通过本篇的学习,以期达到使读者对热力设备、热力系统、热工装置、现场热工过程的基本了解,结合对热力设备、热工装置的介绍,使读者初步形成对生产现场的空间认识。

第二篇共两章。第三章扼要介绍分散控制系统的主要组成和结构、基本功能和特点、分散控制系统的供电;第四章讲述了组成现场控制站的主要功能模件,着重讲述功能模件的工作原理及作用、在现场控制站中各功能模件所完成任务、分散控制系统的维护。希望读者通过本篇的学习,获得对分散控制系统特别是现场控制站的清晰认识,了解现场控制站的重要作用、现场控制站与分散控制系统的其他部分的相互关系。

第三篇共七章。第五章简要介绍了单元机组的负荷控制;在第六~九章中,以单元机组的协调控制系统为重点,反复介绍了热工工程图纸中采用 SAMA 图分析模拟量控制系统的一般方法、工作原理;在第十章中,以炉膛安全监控系统为重点,介绍了热工工程图纸中采用逻辑控制图分析开关量控制系统的一般方法、工作原理;第十一章介绍了在工程师站、操作员站进行组态的有关知识、故障的处理。希望读者通过本篇中有限的几个典型控制系统的学习,掌握模拟量控制系统、开关量控制系统的一般分析方法、工作原理,了解组态的有关知识,为今后进一步的现场识图和应用打下扎实的基础。

本书的内容是十分有限的,虽然仅仅以几个主要的功能模件和典型控制系统为例进行分析,并把重点放在功能模件、控制系统的工作原理上,但这些功能模件、控制系统来源于生产现场,具有生产现场实际的重要性。作为分散控制系统的入门读本,少而精是必须的。编写本书的目的是:了解主要热力设备、了解主要热力系统、了解现场热工过程及热工装置的作用、理解分散控制系统的主要结构和基本工作原理,熟悉分散控制系统的有关名词、常用术语和现场用语,掌握现场控制站的组成及主要功能模件的作用,掌握模拟量控制系统和开关量控制系统的一般分析方法,而不致于被众多的、风格各异的分散控制系统的结构及组成所迷惑。

考虑到生产现场的实际以及方便不同文化层次的读者学习，本书起点较低，在写法上避免繁琐的数学推导和高深的理论阐述，理论联系实际、循序渐进、突出重点、图文并茂、深浅适度、注重启发、目标明确、通俗易懂、突出实用、便于自学。

本书由大同电力高级技工学校暨山西电力仿真培训中心王大为主编，并编写第三、四、五、八、十章；大唐国际云岗发电有限公司杨师、王向洪编写第一章；晋能朔州能源发展有限公司自备电站李进春编写第二章；大唐国际神头发电有限公司崔平章编写第六章；中电国际神头检修有限公司李强编写第七章、荆永全编写第九章；国家电网公司神头二电厂段彩丽编写第十一章；本书由国家电网公司神头二电厂热工高级工程师聂仿伶主审；全书由王大为统稿。

国家电网公司神头二电厂冯汉虎、中电国际神头检修有限公司田伟国、山西省电力公司电建一公司宋华、晋能大同能源发展有限公司热电分公司安二昌四位先生丰富的现场经验和对问题的概要性指点对本书质量的提高做出了较大贡献，刘文栋同志则承担了部分书稿的打印工作，在此一并表示感谢！

鉴于编者的水平、收集资料的限制、分散控制系统的产品多样性和复杂性，本书问题和错误在所难免，恳请读者批评指正，不胜感谢！

编 者

2007. 4

目 录

• 火力发电厂分散控制系统应用基础 •

前言

【第一篇 热工基础知识介绍】

第一章 热力设备的热工过程简介	2	第二章 热工监控基础	17
第一节 锅炉本体设备	3	第一节 热工测量简介	17
第二节 锅炉的主要辅助设备	6	第二节 热工信号的选择方法	25
第三节 汽轮机本体设备	8	第三节 热工监控简介	27
第四节 汽轮机的主要辅助设备	10	第四节 执行机构	32
第五节 热力设备的热工过程	10		

【第二篇 分散控制系统初步】

第三章 分散控制系统基础	39	第二节 模拟量输入模件	67
第一节 分散控制系统的主要结构	39	第三节 模拟量输出模件	73
第二节 分散控制系统的基本 功能和特点	49	第四节 开关量输入模件	77
第三节 分散控制系统的供电	52	第五节 开关量输出模件	81
第四章 现场控制站的组成	54	第六节 其他模件简介	84
第一节 主控模件	56	第七节 现场控制站和现场热工 装置的维护	93

【第三篇 分散控制系统的应用】

第五章 单元机组的负荷控制	96	第七章 燃烧控制系统	116
第一节 过程调节的工程图纸简介	96	第一节 燃烧主控制系统	116
第二节 锅炉跟踪的负荷控制方式	100	第二节 送风调节系统	119
第三节 汽轮机跟踪的负荷 控制方式	101	第三节 炉膛压力调节系统	122
第四节 机炉协调控制方式	102	第八章 锅炉的给水控制系统	125
第六章 单元机组的协调控制系统	105	第一节 控制给水的手段和控制系统 的基本结构	125
第一节 协调控制系统的基本组成	105	第二节 给水全程控制系统	131
第二节 负荷控制管理中心	106	第九章 锅炉的蒸汽温度调节系统	136
第三节 机炉主控制器	110		

第一节	过热蒸汽温度调节系统	136
第二节	再热蒸汽温度调节系统	141
第十章	炉膛安全监控系统	145
第一节	炉膛的爆燃和防止	145
第二节	炉膛安全监控系统的组成	148
第三节	燃烧器控制系统	150
第四节	燃烧安全系统	155

第十一章	组态	160
第一节	概述	160
第二节	工程师站的组态	165
第三节	操作员站的组态	174
第四节	组态过程中的常见故障 及处理	179
参考文献		182

第一篇 热工基础知识介绍

• 火力发电厂分散控制系统应用基础 •

大型火力发电厂普遍采用单元制的发电方式,即单元机组。所谓单元机组,是指由一台锅炉、一台汽轮机和一台发电机构成的独立发电系统。为叙述方便,单元机组以下简称机组。

锅炉、汽轮机、发电机是火力发电厂的三大主力设备,本篇的热工基础知识包括两方面:其一是指发生在锅炉、汽轮机中的热能产生和转化过程;其二是指热工监控。

为了讲述的清晰,将本篇中首次出现或本书中常用的一些概念、术语介绍如下。

锅炉一次风——简称一次风,指与煤粉混合,并输送煤粉进入炉膛的热风。作用是预热和干燥磨煤机中的原煤和煤粉,并携带煤粉进入炉膛燃烧。

锅炉二次风——简称二次风,指从空气预热器出来,进入二次风箱,经二次风箱分配,通过二次风嘴进入炉膛的热风。作用是保证煤粉燃烧所需要的氧量,同时具有很好的穿透能力,能保持火焰的稳定和炉膛的充满度。

饱和蒸汽——在一定压力下,水加热汽化时,它的分子不断从水中逸出形成水蒸气,同时也有水蒸气分子进入水中。当在同一时间逸出与进入的分子数目相等时,水同水蒸气处于动态平衡状态,这时的蒸汽就是饱和蒸汽。

饱和蒸汽的机械携带——饱和蒸汽携带的锅炉水滴。

过热蒸汽——将饱和蒸汽继续加热汽化,使其温度继续上升,使饱和蒸汽不含水分而变成干饱和蒸汽,当其温度超过该压力下的饱和温度的蒸汽称过热蒸汽。

过热蒸汽的过热度——指过热温度与饱和温度之差。

热变形——由于温度变化引起的金属零部件的变形。

热应力——热变形受到约束,其内部产生的应力。

热冲击——金属零部件受到急剧的加热和冷却,其内部将产生很大的温差,使其内部产生很大的热应力,称热冲击。

热疲劳——金属零部件被反复加热和冷却,内部会产生交变热应力,在此交变热应力反复作用下,金属零部件逐渐遭到破坏的现象称热疲劳。

蠕变——金属零部件在一定温度和应力作用下,随着时间的增加,缓慢地发生塑性变形的现象。

温度的变化量——温度由 t_1 变到 t_2 时, $\Delta t = t_2 - t_1$ 称温度的变化量。 Δt 反映了温度变化的大小, Δt 称温差。

温度的变化率——单位时间温度的变化。它反映了温度变化的快慢,温度的变化率又称温度的变化速率。

汽轮机的胀差——汽轮机在启停和工况变化时,汽缸和转子膨胀或收缩的数值不相同,汽缸和转子之间热膨胀的差值称为相对胀差,简称胀差。

正、负胀差——若转子轴向膨胀大于汽缸膨胀,称正胀差;反之,称负胀差。

轴向位移——汽轮机转子在轴向推力作用下,承受轴向推力的推力盘、推力瓦块、推力轴承等部件的微小位移和油膜厚度变化的总和。

外扰——指外部因素的变化对汽轮机和锅炉(简称机炉)的影响,例如负荷的正常增

减、事故时的甩负荷等。

内扰——指机炉本身的因素变化对机炉产生的影响，例如送入炉膛的燃料量、风量等的变化等。

CPU——中央处理器，又称微处理器。它将控制器和运算器集成在一个芯片上。控制器的作用是控制程序的执行（所谓程序，是指完成某个确定任务的指令序列）；运算器执行程序，完成某个确定任务。在计算机中，“确定任务”被称作算法或控制策略，其含义十分广泛。

组态——分散控制系统对网络传送信息的处理是通过被称之为“组态”的功能来完成的。组态包括硬件和软件两方面：硬件组态是指诸如把电路元件按一定方式连接所构成的完成一定功能的电路，通过改变电路的接线使得输入、输出的大小或输入、输出的性质（例如电压转换为电流）发生变化等；所谓软件组态，是指应用厂商提供的编程语言，允许采取的高级语言编写的完成具有确定功能的程序，在分散控制系统中，使用厂家提供的工具，将完成一定功能的标准子程序（例如加、减、乘、除、开方、微分、积分、数据采集、逻辑判断和运算、信息处理、选择控制等）按照需要进行逻辑组合，并提供必要的参数，确定输入、输出和一些辅助功能，形成能完成确定算法软件的过程。

稳态——机组在某种工况下运行，设备或系统的主要参数不变，称稳态，又称稳定工况。

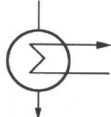
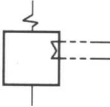
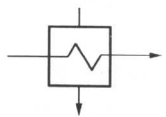
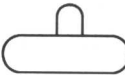
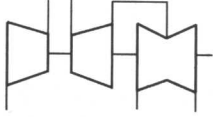
过渡过程——指设备或系统从一种稳定工况变化到另一种稳定工况的过程，过渡过程又称动态过程或动态响应。

第一章 热力设备的热工过程简介

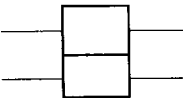
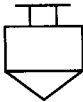
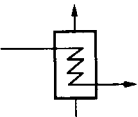
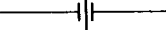
热力设备的热工过程是指，发生在锅炉、汽轮机及其相关设备中，由燃料的化学能到汽轮机的机械能的能量发生、转移和转换过程。

本书中出现的热力设备常用图形符号见表 1-1。

表 1-1 热力设备的常用图形符号

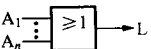
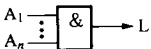
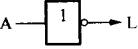
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
带过热器锅炉		凝汽器	
带再热器锅炉		加热器	
除氧器		汽轮机	

续表

名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
风机		泵	
空气预热器		电动执行机构	
原煤仓		电磁执行机构	
除尘器		截止阀	
省煤器		疏水阀	
		调节阀	
		止回阀	
		减温器	
		减压减温器	
		节流孔板	
		异径管接头	

本书中常用的二进制逻辑图形符号见表 1-2。

表 1-2 逻辑图中逻辑符号、名称、功能和逻辑表达式

符 号	名 称	功能和逻辑表达式
	或门 (逻辑和)	任何一个输入条件成立, 输出即成立 逻辑表达式为: $L = A_1 + A_2 + \dots + A_n$
	与门 (逻辑积)	全部输入条件都成立, 输出才成立 逻辑表达式为: $L = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n$
	非门 (逻辑否)	输入条件成立, 输出条件不成立 逻辑表达式为: $L = \bar{A}$

注 采用正逻辑, 有输入信号为逻辑“1”, 无输入信号为逻辑“0”。

第一节 锅炉本体设备

一、汽包锅炉

汽包锅炉本体的示意图如图 1-1 所示, 其主要组成设备包括汽包、下降管、水冷壁、炉膛、燃烧器、二次风嘴、空气预热器、省煤器、过热器、再热器等。

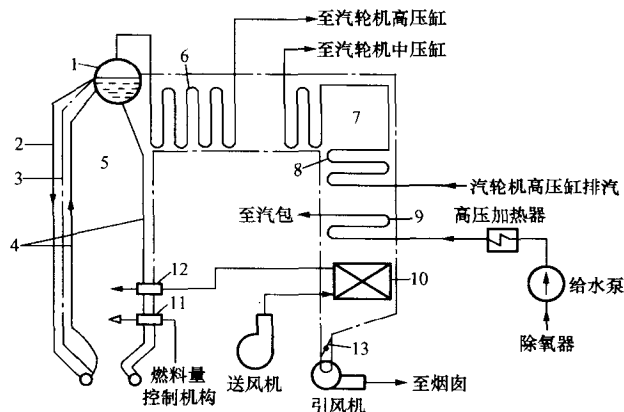


图 1-1 汽包锅炉本体示意图

- 1—汽包；2—下降管；3—炉墙；4—水冷壁；5—炉膛；6—过热器；
7—烟道；8—再热器；9—省煤器；10—空气预热器；11—燃烧器；
12—二次吹风；13—烟道挡板

(3) 排污装置。作用是排除锅炉中含盐浓度较高的炉水和水渣。

(4) 加药装置。通过加入磷酸盐清除锅炉中附着的水垢。

(二) 下降管

下降管是汽包和下联箱之间的连接管道。它将汽包中的水连续不断地送入下联箱并供给水冷壁。为了保证水循环的可靠，下降管从汽包引出后，布置在炉外不受热。由于水冷壁中汽水混合物的密度比下降管中水的密度小，两者的密度差决定了两者的重力差，依靠重力差可形成水和汽水混合物的自然循环。

利用自然循环的锅炉称自然循环锅炉。

(三) 水冷壁

水冷壁由许多上升管组成，它布置在炉膛四周或部分布置在炉膛中间形成双炉膛，是锅炉最主要的受热蒸发面。它的作用是：

(1) 吸收炉膛火焰的高温辐射热，使水冷壁中的水蒸发为一定高温下的饱和蒸汽。

(2) 简化炉膛结构，减轻炉墙重量，保护炉墙。

(四) 炉膛

炉膛要有足够的高度和容积，既要保证燃料的完全燃烧，又要保证高效的炉内热交换，满足锅炉蒸发量的要求，提供合格的过热蒸汽和再热蒸汽。

(五) 燃烧器

燃烧器又称喷燃器，是煤粉炉的主要燃烧设备。它的作用是使煤粉和一次风充分混合，然后喷入炉膛及时着火燃烧。

燃烧器分为直流煤粉燃烧器和旋流式燃烧器。直流煤粉燃烧器有固定式和摆动式两种；旋流式燃烧器有切向可动叶片、双调风、蜗壳式等种类。

(六) 二次风嘴

二次风嘴将二次风送入炉膛，搅拌燃烧的煤粉，保证燃烧所需充足的空气，使煤粉在炉膛内均匀、充分、稳定地燃烧，火焰充满炉膛。

(一) 汽包

汽包是安装在锅炉顶部的厚壁金属容器，它与下降管、水冷壁、饱和蒸汽管、给水管连接，是给水加热、蒸发、饱和蒸汽过热三个过程的连接枢纽。汽包中储存有一定数量的水和蒸汽，具有一定的储热能力，当负荷发生变化时，可减缓汽压变化的速度，有利于调节锅炉运行。在汽包内部装有：

(1) 汽水分离器。作用是减少饱和蒸汽的机械携带，提高过热蒸汽的品质。

(2) 洗汽装置。作用是降低饱和蒸汽的含盐量。

(七) 空气预热器

空气预热器安装在烟道的低温区域。利用烟气的余热加热空气，提高进入炉膛的一、二次风温，降低排烟温度，提高锅炉热效率。

(八) 省煤器

省煤器安装在烟道的较低温度区域，其主要作用是：

(1) 利用烟气余热加热给水，提高给水温度，降低排烟温度，提高锅炉热效率。

(2) 减少进入汽包的给水和汽包壁的温差，减少了汽包壁的热应力，有助于锅炉安全运行。

(3) 水冷壁的金属管处于接近高温极限状态下工作，价格较贵，给水温度的提高，减少了给水在水冷壁中加热所需热量，相当于减少了水冷壁的受热面，可节省投资。

(九) 过热器

将锅炉中的饱和蒸汽加热为具有一定过热度的过热蒸汽的设备，一般采用多级的布置方式。过热器分为三种：

(1) 辐射式过热器。指直接吸收火焰辐射热的过热器，按布置的方式分为顶棚过热器、屏式过热器、墙式过热器。

(2) 半辐射式过热器。其安装在炉膛出口和水平烟道之间，同时吸收火焰辐射热和烟气对流热的过热器，布置为屏式。

当锅炉装有两组屏式过热器时，按照烟气流动的方向，分别称前屏过热器和后屏过热器，半辐射式过热器一般是后屏过热器。

(3) 对流过热器。吸收烟气对流热的过热器。有垂直和水平两种布置方式。

(十) 再热器

将汽轮机高压缸做完功的排汽引入锅炉重新加热到高温，再送入汽轮机的中压缸、低压缸继续做功，这个加热蒸汽的设备称为再热器。它的作用是进一步提高机组的热效率，减少汽轮机尾部的蒸汽湿度。再热器也分为辐射式、半辐射式和对流式三种。

二、强制循环锅炉

除了依靠水和汽水混合物的重力差之外，主要依靠炉水循环泵（又称再循环泵）的压头进行循环的锅炉称为强制循环锅炉。强制循环锅炉的原理示意图如图 1-2 所示。由图可见，水经给水泵、高压加热器、省煤器进入汽包后，从汽包通过集中下降管，依靠炉水循环泵压头送入水冷壁下集箱，水在水冷壁中受热，受热后汽水混合物进入汽包，最终饱和蒸汽经过热器加热后送往汽轮机。

三、直流锅炉

给水靠给水泵压头在受热面中一次通过而产生蒸汽的锅炉称直流锅炉，直流锅炉又称一次性强制锅炉。直流锅炉的原理示意图如图 1-3 所示。

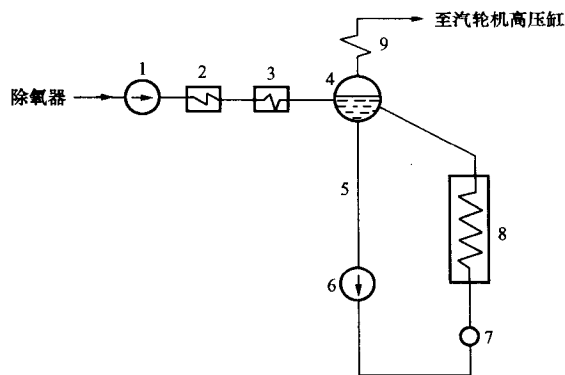


图 1-2 强制循环锅炉的原理示意图

1—给水泵；2—高压加热器；3—省煤器；4—汽包；5—集中下降管；6—炉水循环泵；7—下集箱；8—水冷壁；9—过热器

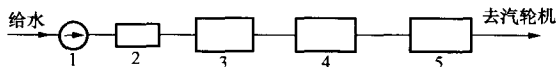


图 1-3 直流锅炉的原理示意图

1—给水泵；2—高压加热器；3—省煤器；
4—水冷壁；5—过热器

给水泵的压头推动，依次通过加热、蒸发和过热受热面，进口工质是水，出口工质是过热蒸汽。由于没有汽包进行汽水分离，即没有固定的汽水分界面，所以工质在炉中的加热、蒸发、过热不能在固定的受热面进行。

四、复合循环锅炉

复合循环锅炉是指带有炉水循环泵的直流锅炉。依靠炉水循环泵的压头，将受热蒸发面出口的部分或全部工质进行再循环的锅炉称为复合循环锅炉。它包括全负荷复合循环锅炉和部分负荷复合循环锅炉两种。全负荷复合循环锅炉用于亚临界压力，其蒸发系统在整个负荷范围内都实行工质再循环，亚临界压力全负荷循环锅炉原理示意图如图 1-4 所示。

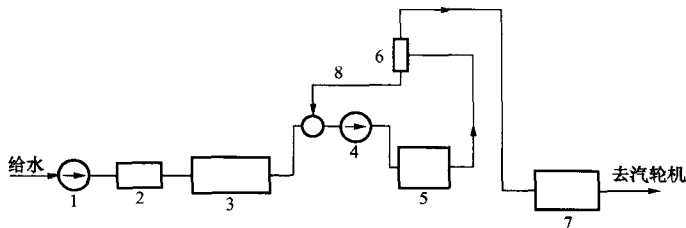


图 1-4 亚临界压力全复合循环锅炉原理示意图

1—给水泵；2—高压加热器；3—省煤器；4—炉水循环泵；5—水冷壁；
6—汽水分离器；7—过热器；8—再循环管

综上所述，给水在锅炉中经过加热、蒸发、过热，最后将达到额定参数的过热蒸汽输送到汽轮机。通过锅炉完成了将燃料的化学能转化为过热蒸汽的热能。

第二节 锅炉的主要辅助设备

一、送风机

一台锅炉配置两台送风机，送风机的工作流程示意图如图 1-5 所示。送风机有离心式和轴流式两种。送风机风量的调节方式有 3 种：

(1) 节流调节。利用安装在送风机进口或出口管路上的节流挡板开度调节风量。

(2) 变角调节。改变送风机叶片的角度达到调节风量。

(3) 变速调节。一般采用液力耦合器进行变速调节；另外还有采用变频电动机进行变速调节。

送风机的主要作用是向炉膛提供足够的空气，保证燃烧的稳定和经济；同时向制粉设备提供所需空气。

二、引风机

一台锅炉配置两台引风机，引风机的工作流

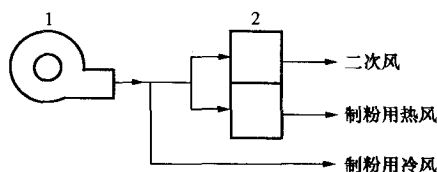


图 1-5 送风机的工作流程示意图

1—送风机；2—空气预热器

程示意如图 1-6 所示。引风机也有离心式和轴流式两种。引风机的主要作用是保持炉膛一定的压力（负压），保持稳定高效的燃烧，并将烟气送入烟囱。

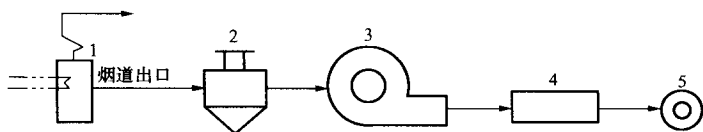


图 1-6 引风机的工作流程示意图

1—锅炉；2—除尘器；3—引风机；4—烟气脱硫；5—烟囱

引风机风量的调节方法与送风机基本相同。

三、制粉设备

1. 原煤仓

储存原煤的装置，供给磨煤机的用煤。

2. 给煤机

给煤机的作用是根据磨煤机或锅炉负荷的需要调节给煤量，并将原煤均匀地送入磨煤机。

3. 磨煤机

对燃煤进行加工，通常靠撞击、挤压或碾压将原煤制成煤粉。磨煤机按转速分为 3 种：

(1) 低速磨煤机。转速在 15~25r/min 范围，如钢球磨煤机。

(2) 中速磨煤机。转速在 50~300r/min 范围，如平盘磨煤机、碗式磨煤机。

(3) 高速磨煤机。转速在 750~1500r/min 范围，如锤击磨煤机、风扇磨煤机。

4. 粗粉分离器

粗粉分离器的作用是使风粉混合物中较粗的不合格煤粉分离出来，重新送回磨煤机磨细；同时使细度合乎锅炉要求的煤粉通过；还可以调节煤粉细度。主要有离心式和回转式两种。

5. 细粉分离器

细粉分离器的作用是将风粉混合物中细度合乎锅炉要求的煤粉分离出来，分离的细粉储存在煤粉仓。

6. 煤粉仓

储存煤粉的容器（直吹式制粉系统无煤粉仓）。

7. 排粉机

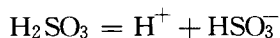
排粉机根据锅炉燃烧的需要，将煤粉排入一次风箱中，充分混合后，吹入炉膛，保证锅炉正常燃烧的燃料供给。

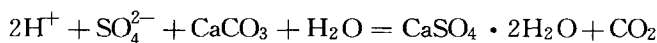
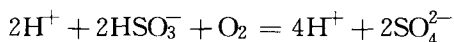
四、除尘器

以电除尘为例，其工作过程是当带尘粒的烟气流过施以高压直流电的电晕极和集尘极的空间时，由于高压电场的作用，烟气被电离，尘粒从离子化的烟气中得到电荷，在电场的作用下，移动到集尘极沉积并释放电荷成中性尘粒。最后通过振打剥落，由灰斗排出，从而减少灰尘对环境的污染。

五、烟气脱硫装置

烟气脱硫装置的作用是减少烟气中 SO₂ 等污染物的含量，减少烟气对大气的污染。以石灰石—石膏湿法脱硫工艺为例，其工作原理可用化学反应方程式表示为：





第三节 汽轮机本体设备

一、汽缸

汽轮机的外壳称汽缸，汽缸是汽轮机本体的静止部分。根据机组容量的不同，汽轮机的汽缸有多种结构形式，其中两种汽缸的结构示意图如图 1-7 所示。图 1-7 (a) 中，蒸汽在高压和中压缸内流动的方向是相反的，在低压缸是从中间进汽向两侧对称流动，这种布置方式可以减小汽轮机总的轴向推力；图 1-7 (b) 中的汽轮机，由一个高压缸、一个中压缸和两个低压缸组成，蒸汽都是从中间进汽向两侧流动，这种布置方式也是为了减小汽轮机总的轴向推力。

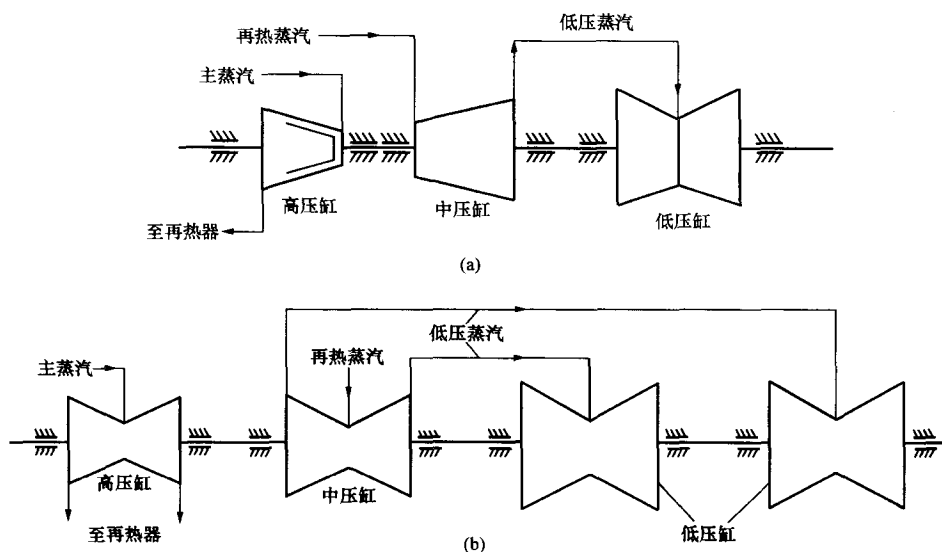


图 1-7 两种汽缸结构示意图

(a) 200MW 机组的汽轮机汽缸结构形式之一；(b) 500MW 机组的汽轮机汽缸结构形式之一

汽缸分为上、下汽缸，汽缸外部连接有进汽、排汽、回热抽汽和疏水等管道，由于上、下汽缸的质量和散热面积不同，下汽缸比上汽缸质量大，同时下汽缸安装有通向低温设备的抽汽和疏水管道，因此下汽缸的散热比上汽缸快，造成上汽缸温度高于下汽缸温度；同时汽缸是一个厚壁部件，内外缸壁间有温差；所有这些都会产生热膨胀、热变形、热应力。特别是高压缸的进汽是高参数的过热蒸汽（即主蒸汽），工作环境恶劣，为了减少缸壁厚度、降低热应力，增加机组起停和变负荷的灵活性，大型机组的高压缸都设计为双层缸，并设置高压缸夹层加热装置，以减少内、外缸壁的温差和内、外壁的热应力。

1. 汽缸水平法兰盘

上、下汽缸用螺栓连接时，用法兰盘作为中间连接体，保证汽缸的密封性。法兰盘是一个厚壁部件，为减小法兰盘和螺栓的热应力，设置了法兰盘和螺栓的加热装置。

2. 调节级

安装于汽缸前部的进汽处,通过调整进汽量,保证汽轮机的转速在额定转速3000r/min。

3. 喷嘴和隔板

喷嘴又称喷嘴叶栅,安装在隔板或汽缸上,在汽轮机工作过程中静止不动。级是汽轮机最基本的工作单位,在结构上它由一系列喷嘴和紧邻其后并与之相配合的动叶栅(安装在转子上)组成。在功能上,喷嘴和隔板是把蒸汽热能转换为动能的部件。蒸汽通过喷嘴逐级做功,使蒸汽的温度和压力逐级降低。

4. 汽封

由于汽轮机的转子和汽缸之间留有适当的间隙,在汽轮机运行时,间隙的存在必然导致漏汽(气),为了减少蒸汽的泄漏和空气漏入,需要有密封装置,通常称为汽封。例如汽轮机主轴必须从汽缸内穿出,主轴和汽缸之间必须留有一定的径向间隙,由于汽缸内蒸汽压力和外界大气压不相等,会造成高、中压缸蒸汽通过径向间隙向外泄漏,空气从低压缸的轴端漏入。为了防止和减少这种现象,在转子穿过汽缸两端处都装有汽封,这种汽封称为轴端汽封,简称轴封。除轴封外,汽封按其所处的位置还有通流部分汽封、隔板汽封等。

综上所述,汽缸的作用是容纳蒸汽,使蒸汽与大气隔离,形成封闭的汽室,蒸汽沿着一定的方向,按一定的方式流动,将其热能转换为动能。

二、转子

汽轮机的转动部分称转子,大型汽轮机的转子由高压转子、中压转子、低压转子三部分组成。转子的主轴和发电机的主轴用联轴器(现场称靠背轮或对轮)连接,组成汽轮机轴系。

1. 动叶片(动叶栅)

动叶片固定于叶轮上。当高速蒸汽流通过喷嘴以一定方式冲击动叶片时,动叶片受力,在力的作用下转子被推动旋转。动叶片和转子一起转动,将蒸汽的动能转换为转子的机械能。

2. 叶轮

叶轮是动叶片和转轴之间的中间连接体,固定在转轴上,动叶片受到的力通过叶轮进行传递。

3. 联轴器

联轴器是将多缸汽轮机和发电机的主轴连接在一起的部件,传递扭矩,带动发电机一起旋转。

三、支持轴承和推力轴承

支持轴承的作用是承担转子的全部重量;推力轴承的作用是承担转子转动时的轴向推力。

四、盘车装置

汽轮机停机等原因会引起转子的弯曲;汽轮机在静止状态下冲转会由于静摩擦力太大而难以起动,此时均需要盘车。盘车的作用是在汽轮机停机后和起动冲转前,使转子以一定的转速连续转动或间歇转动。

综上所述,进入汽轮机的蒸汽,通过喷嘴对动叶片做功,完成将蒸汽的热能转换为汽轮机的机械能的过程,使汽轮机高速(3000r/min)旋转。

第四节 汽轮机的主要辅助设备

一、凝汽器

凝汽器的主要作用是：①将汽轮机的排汽凝结为水；②在汽轮机的排汽口建立和保持一定的真空，提高汽轮机的热效率；③真空除氧。

二、真空装置

真空装置即各种型式的真空泵，它的主要作用是：当汽轮机起动时抽出凝汽器中的空气，建立真空；当汽轮机运行时抽出凝汽器中没有凝结成水的水蒸气和泄漏入凝汽器中的空气，保持真空度。真空装置主要有射水式抽汽器、射气式抽汽器和水环式真空泵等。

三、凝结水泵

凝结水泵是输送凝结水的设备，将凝汽器中的凝结水输送到精处理器，除掉 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 等离子。

四、低压加热器

低压加热器是对凝结水进行加热的设备，低压加热器的热源一般来自中压缸的抽汽。

五、除氧器

除氧器利用加热的方法除掉水中对锅炉有害的气体，如氧气、二氧化碳等。除氧器的热源一般来自中压缸的抽汽。除氧器的下水管上设有加药口，通过加药（氨或联氨）除去水中剩余的二氧化碳和氧气，提高水的 pH 值，防止发生氧腐蚀和二氧化碳腐蚀。有关化学方程式如下：

加氨： $2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

加联氨： $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

六、给水泵

给水泵保证进入锅炉的给水压头。200MW 的单元机组一般设计两台 100% 负荷给水流量的电动给水泵，正常运行时一台工作，另一台热备用。300MW 及以上单元机组一般设计一台 100% 负荷给水流量的汽动给水泵或两台每台 50% 负荷给水流量的汽动给水泵，再加一台 30%~50% 负荷给水流量的电动给水泵，正常运行时汽动给水泵工作，电动给水泵备用。

驱动汽动给水泵的给水泵汽轮机（又称小汽轮机、小机）工作的汽源一般来自主汽轮机的高压缸抽汽。

七、高压加热器

高压加热器是对给水再加热的设备，它的热源一般来自高压缸或中压缸的抽汽。

低压加热器、除氧器、高压加热器的使用，对机组热效率的提高有重要作用。

第五节 热力设备的热工过程

火力发电厂的主厂房由锅炉房和汽机房组成。主厂房内安装着锅炉、汽轮机、发电机及与它们有关的各种设备。

大型机组的锅炉房高达 50~100m，其顶部安装有汽包或汽水分离器、安全门、主蒸汽管道、热段再热蒸汽管道等；燃烧器和二次风嘴以及点火油枪沿锅炉四周分层分布，组成锅炉的燃烧带；给水管由下至上到达锅炉省煤器；过热器减温水管道、再热器减温水管道由下至上到达过热器、再热器的喷水减温器；主蒸汽管道、热段再热蒸汽管道