

大型火电机组运行维护培训教材

DAXING HUODIAN JIZU YUNXING WEIHU PEIXUN JIAOCAI



化学分册

刘海虹 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

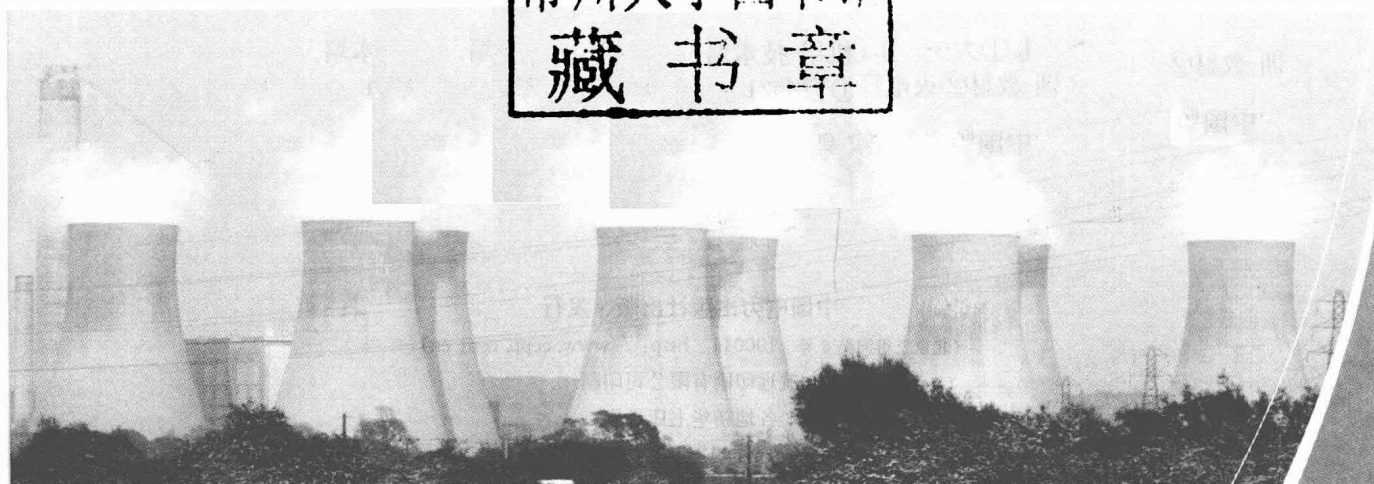
大型火电机组运行维护培训教材

DAXING HUODIAN JIZU YUNXING WEIHU PEIXUN JIAOCAI

化学分册

刘海虹 编著

常州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《大型火电机组运行维护培训教材》之一，本丛书按专业进行分册，从汽轮机、锅炉、电气、热控、化学等方面较系统、完整地介绍了大型火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容，紧密结合现场实际。

本丛书的作者和审稿人员均是长年工作在生产一线的技术人员，有较好的理论基础以及丰富的实践经验和培训经验。

本册为《化学分册》，主要包括绪论、大型火电机组化学水处理基础知识、原水预处理、反渗透水处理、离子交换树脂、锅炉补给水化学深度除盐、凝结水精处理、大型火力发电机组热力设备腐蚀、大型火力发电机组热力设备防护、大型火力发电机组水汽化学监督、热力设备停运保护及化学清洗、循环冷却水处理、大型火力发电厂废水处理、大型火力发电厂用油化学监督、大型火力发电厂用煤化学监督等内容。

本丛书既可供从事大型火电机组运行维护工作的技术人员培训使用，也可供电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大型火电机组运行维护培训教材. 化学分册/刘海虹编著. —北京: 中国电力出版社, 2010
ISBN 978-7-5123-0174-0

I. ①大… II. ①刘… III. ①火力发电-发电机-机组-技术培训-教材②火电厂-电厂化学-技术培训-教材 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 034667 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 29 印张 713 千字 1 插图

印数 0001—3000 册 定价 59.00 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



在电力工业快速持续发展的今天，积极发展清洁、高效的发电技术是国内共同关注的问题，对于能源紧缺的我国更显得必要和迫切。在国家有关部、委的积极支持和推动下，我国大型火电机组的国产化及高效大型火电机组的应用逐步提高。我国现代化、高参数、大容量火电机组正在不断投运和筹建，其发电技术对我国社会经济发展具有非常重要的意义。因此，提高发电效率、节约能源、减少污染，是新建火电机组、改造在运发电机组的头等大事。

为帮助大型火电机组专业技术人员更快、更好地掌握新技术、新设备、新工艺，适应本职工作，了解、掌握高参数、大容量机组的结构、系统及运行知识，增强专业实践操作技能，提高处理异常、故障的应急能力，特组织专家编写本套丛书。希望广大技术人员通过对本套丛书的学习，能够提高运行管理能力，做好设备的运行维护工作，从而更加有效地将这些新知识运用到实际的工作中。

本套丛书共分五册，分别为《汽轮机分册》、《锅炉分册》、《电气分册》、《热控分册》、《化学分册》，主要讲述大型火电机组的工作原理、结构、启动、正常运行、异常运行、运行中的监视与调整、机组停运、事故处理等方面内容。全书编写内容紧密结合现场实际，知识全面，数据充分。选材上注重新设备、新技术；内容上将基本理论与成功的实用技术和实际经验结合，有针对性和可操作性，突出“干什么学什么，缺什么补什么”的原则。

本套丛书既可供从事大型火电机组运行维护工作的技术人员培训使用，也可供电厂管理人员和高等院校相关专业师生参考。

《化学分册》是本套丛书的第五分册，本书主要由国电科学技术研究院高级工程师刘海虹编著。本书在编写过程中，由国电太原第一热电厂工程师贾瑞平提供了许多宝贵资料，尤其是对第十二章和第十三章的内容。同时还得到了各方面的支持和帮助，在此向他们表示衷心感谢。

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

2010年2月

目 录



前言

第一章 绪论	1
第一节 大型火力发电机组热力系统生产流程及化学水处理重要性.....	1
第二节 大型火力发电机组水汽循环特性及电厂化学任务.....	7
第三节 大型火力发电机组化学专业技术管理	11
第二章 大型火电机组化学水处理基础知识	15
第一节 大型火电机组常用水源及其特点	15
第二节 天然水的分类和杂质成分	17
第三节 火力发电厂常用水质分析指标	21
第四节 电厂水分析法定计量单位	27
第五节 水质校核	29
第三章 原水预处理	32
第一节 水的混凝处理	32
第二节 水的澄清处理	44
第三节 水的过滤处理	55
第四节 过滤设备及运行	62
第五节 水的吸附过滤	69
第六节 微滤和超滤技术	72
第七节 预处理系统选择和运行	83
第四章 反渗透水处理	98
第一节 反渗透水处理基本原理	98
第二节 反渗透膜	99
第三节 反渗透装置及设备.....	106
第四节 反渗透装置的预处理.....	115
第五节 反渗透系统运行.....	123
第六节 反渗透膜元件的检测.....	133
第七节 反渗透装置停用保护、储存和化学清洗.....	140
第八节 连续电去离子 (EDI) 技术	150
第五章 离子交换树脂	156
第一节 离子交换树脂概述.....	156
第二节 离子交换基本原理.....	159

第三节	离子交换树脂的性能·····	164
第四节	动态离子交换过程·····	169
第五节	离子交换树脂维护及使用·····	173
第六章	锅炉补给水化学深度除盐·····	181
第一节	概述·····	181
第二节	一级复床除盐系统·····	182
第三节	强弱型树脂联合应用的复床除盐系统·····	190
第四节	离子交换设备及运行·····	194
第五节	水的脱气处理·····	209
第六节	混合床除盐·····	212
第七节	锅炉补给水除盐系统·····	217
第八节	除盐离子交换设备冲洗及试运行·····	223
第七章	凝结水精处理·····	235
第一节	概述·····	235
第二节	凝结水过滤处理·····	239
第三节	凝结水高速混床除盐·····	243
第四节	凝结水精处理系统及运行·····	246
第五节	高速混床树脂分离及体外再生·····	252
第六节	凝结水铵型混床处理·····	261
第七节	凝结水精处理系统常见故障及处理·····	263
第八章	大型火力发电机组热力设备腐蚀·····	267
第一节	金属腐蚀概述·····	267
第二节	金属电化学腐蚀基本原理·····	272
第三节	热力设备腐蚀类型和特点·····	282
第四节	溶解氧腐蚀·····	286
第五节	酸性腐蚀·····	289
第六节	锅炉内沉积物与结垢·····	294
第九章	大型火力发电机组热力设备防护·····	301
第一节	热力设备防护概述·····	301
第二节	全挥发性给水处理·····	303
第三节	联合给水处理·····	316
第四节	给水加氧处理·····	322
第五节	汽包炉内水处理·····	324
第六节	锅炉给水处理方式优化·····	331
第十章	大型火力发电机组水汽化学监督·····	336
第一节	大型火力发电厂中锅炉压力等级划分及对水质要求概述·····	336
第二节	水汽样品的采集方法·····	343

第三节	锅炉热化学试验·····	347
第十一章	热力设备停运保护及化学清洗·····	354
第一节	热力设备停用腐蚀与保护·····	354
第二节	化学清洗必要性与范围·····	361
第三节	化学清洗常用清洗剂和添加剂·····	363
第四节	化学清洗工艺过程·····	372
第五节	化学清洗效果评价·····	379
第六节	化学清洗废水处理·····	381
第十二章	循环冷却水处理·····	386
第一节	敞开式循环冷却水系统水量平衡及参数·····	386
第二节	循环冷却水系统水质特点·····	388
第三节	循环冷却水处理·····	392
第四节	循环冷却水系统中微生物控制·····	395
第五节	凝汽器管冷却水侧腐蚀与控制·····	400
第十三章	大型火力发电厂废水处理·····	408
第一节	大型火力发电厂废水分类·····	409
第二节	大型火力发电厂废水排放控制及收集·····	411
第三节	大型火力发电厂废水处理工艺·····	414
第四节	废水污泥处理·····	421
第十四章	大型火力发电厂用油化学监督·····	424
第一节	电力用油分类、质量标准和监督要求·····	424
第二节	汽轮机油监督和维护·····	426
第三节	抗燃油监督和维护·····	429
第四节	变压器油监督和维护·····	434
第五节	油品净化与再生·····	438
第十五章	大型火力发电厂用煤化学监督·····	443
第一节	大型火力发电厂用煤标准及特性·····	443
第二节	煤的采样和制样·····	446
第三节	煤质分析·····	450
参考文献	·····	456

绪 论

为了提高火力发电的经济性,火力发电机组朝高参数、大容量方向发展已成为一个必然的趋势。高参数、大容量火力发电机组因其能源利用率高、经济性好而得到快速发展,已在发达国家广泛应用。随着我国国民经济的快速发展,超临界机组在国内已开始大量使用,并向超超临界压力发电机组发展。

超临界机组的工作特点:蒸汽参数超过水的临界状态压力(22.129MPa)和温度(374.15℃)。实际运行的超临界机组的蒸汽参数大多在23MPa和538℃以上,我国600MW超临界火力发电机组的参数范围为24~25MPa、538~566℃。而炉内蒸汽温度不低于593℃或蒸汽压力不低于31MPa的机组被称为超超临界机组。

由于高参数、大容量机组运行的特殊性,对其中进行能量传递的工质纯度提出了更高的要求,进而要求电厂化学水处理及化学监督不断发展、完善、细化,以适应高参数、大容量机组安全、经济运行的要求。

第一节 大型火力发电机组热力系统生产流程及化学水处理重要性

火力发电厂利用化石燃料燃烧释放的热能进行发电,包括燃料燃烧释放热能、热能转化为电能和电能输出的所有设备、装置、仪表器件,以及完成生产过程所需的建筑物、构筑物 and 所有有关生产和生活的附属设施,主要有蒸汽动力发电厂、燃气轮机发电厂、内燃机发电厂几种类型。

一、火力发电厂生产流程

在火力发电厂中,水进入锅炉后,吸收燃料(煤、油或天然气)燃烧放出的热能,转变成具有一定温度和压力的蒸汽,蒸汽导入汽轮机;在汽轮机中,蒸汽的热能转变成机械能;汽轮机带动发电机,将机械能转变成电能。火力发电厂生产流程如图1-1所示。

大型火力发电厂主设备的结构作用概括介绍如下。

1. 汽轮机本体

汽轮机组(steam turbine proper)是完成蒸汽热能转换为机械能的关键部分,汽轮机本体与回热加热系统、调节保安系统、油系统、凝汽系统以及其他辅助设备共同组成汽轮机组。汽轮机本体由固定部分(静子)和转动部分(转子)组成。固定部分包括汽缸、隔板、喷嘴、汽封、紧固件和轴承等;转动部分包括主轴、叶轮或轮鼓、叶片和联轴器等。固定部分的喷嘴、隔板与转动部分的叶轮、叶片组成蒸汽热能转换为机械能的通流部分。汽缸是约束高压蒸汽不得外泄的外壳。汽封系统的作用是当高压蒸汽通过时,阻力依次增大,压力逐渐降低,从而使漏汽量减少。汽轮机转动部分如图1-2所示。

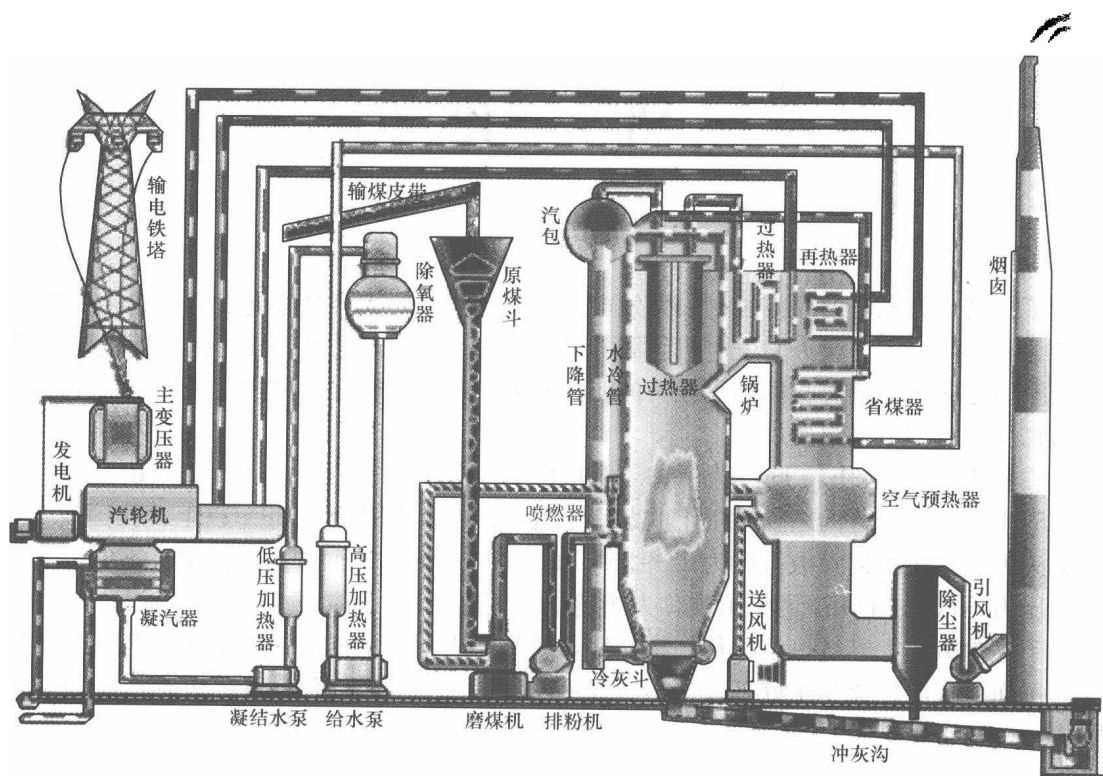


图 1-1 火力发电厂生产流程

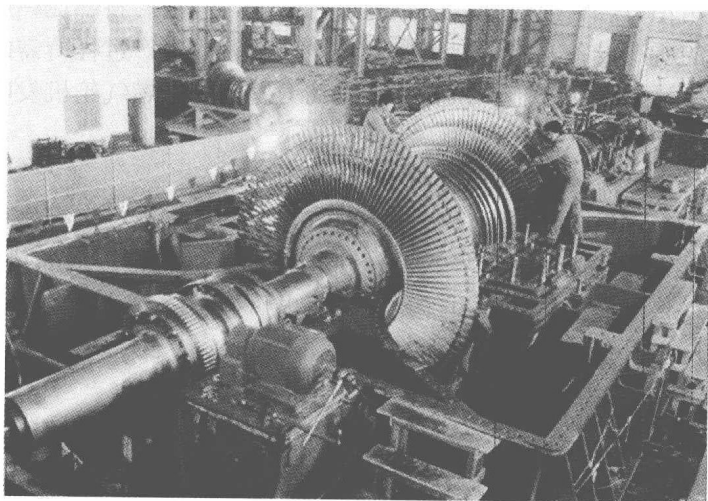


图 1-2 汽轮机转动部分

2. 锅炉本体

锅炉是火力发电厂中的主要热力设备之一。它的作用是使燃料通过燃烧将化学能转变为热能，热能加热水，使水成为具有一定压力和温度的蒸汽。锅炉本体由炉膛、烟道、汽水系统（其中包括受热面、汽包、联箱和连接管道）以及炉墙和构架等部分组成。锅炉本体如图 1-3 所示。

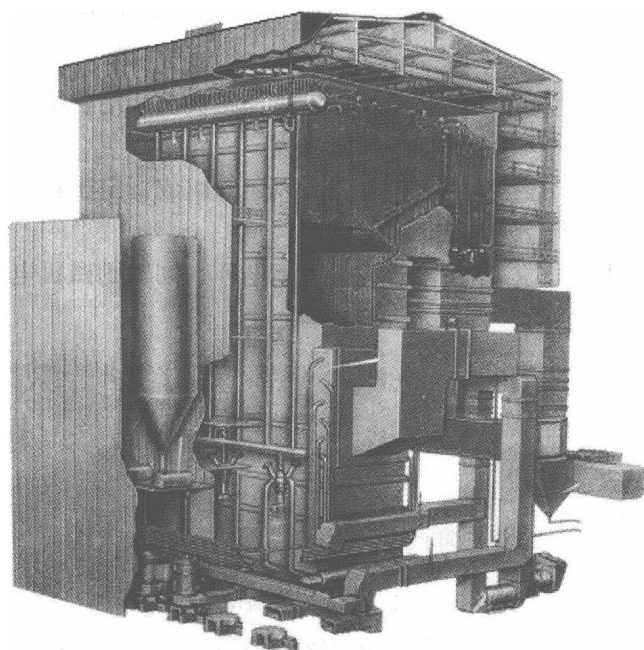


图 1-3 锅炉本体

3. 热力系统及辅助设备

汽轮机部分的主要辅助设备有凝汽器、凝结水泵、低压加热器、除氧器、给水泵、高压加热器等。把锅炉、汽轮机及其辅助设备按汽水循环过程用管道和附件连接起来所构成的系统，叫做发电厂的热力系统。

发电厂热力系统如图 1-4 所示。

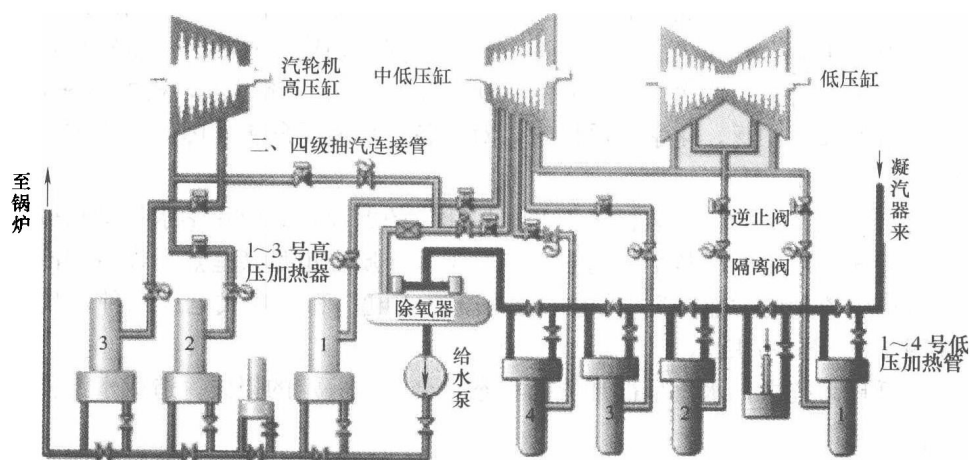


图 1-4 发电厂热力系统

4. 发电机本体

在发电厂中，同步发电机是将机械能转变成电能的唯一电气设备。发电机将一次能源

(水力、煤、油、风力、原子能等)转换为二次能源,现在火力发电厂大多采用三相交流同步发电机。

在发电厂中的交流同步发电机,电枢是静止的,磁极由原动机拖动旋转。同步发电机由定子(固定部分)和转子(转动部分)两部分组成。

定子由定子铁心、定子绕组、机座、端盖、风道等组成。定子铁心和绕组是磁和电通过的部分,其他部分起着固定、支持和冷却的作用。

转子由转子本体、护环、心环、转子绕组、集电环、同轴励磁机电枢组成。

发电机本体如图 1-5 所示。

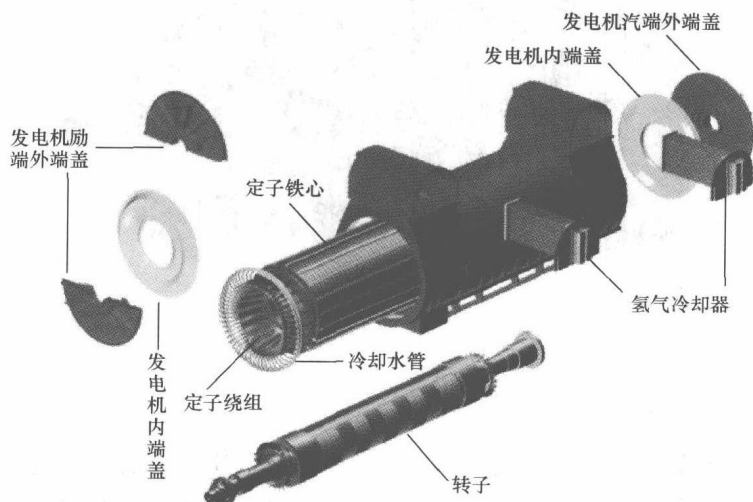


图 1-5 发电机本体

二、火力发电厂中水的工作流程及名称

水自身的性质特点:传热性能好、热容量较大、传递相同的能量使用的工质质量最少;液体水几乎不可压缩,有利于能量的传递;与其他液体相比,水的分子量较小,产生同样压力的蒸汽容积大,给水泵输送 1 份容积的水所产生的蒸汽,流过汽轮机的容积可达 4000 份以上;并且水的来源广泛,化学性质稳定,对设备、环境无危害。因此,水被广泛用作火电厂冷却和热传导介质。

发电机组安全经济的生产运行离不开电厂化学的保障,其中化学水处理是极其重要的一部分。众所周知,水是电厂整个热力学系统的工作介质,也是某些热力设备的冷却介质,可称得上是电厂中流动的“血液”。火电厂分为凝汽式电厂和供热式电厂两种,其水汽循环系统分别如图 1-6、图 1-7 所示。

在水汽循环系统中,水汽呈循环流动状态,会造成一定的损失。造成水汽损失的主要原因可分为以下几部分:

(1) 锅炉部分。锅炉安全门和过热器放汽门的向外排汽,用蒸汽推动附属机械(如汽动给水泵),蒸汽吹灰和燃烧液体燃料(如油等)时采用蒸汽雾化法等,都要造成汽水损失。

(2) 汽轮机部分。汽轮机的轴封处要连续向外排汽,在抽气器和除氧器排气口处会随空气排出一些蒸汽,造成损失。

(3) 各种水箱损失。各种水箱(如疏水箱等)有溢流和热水的蒸发等损失。

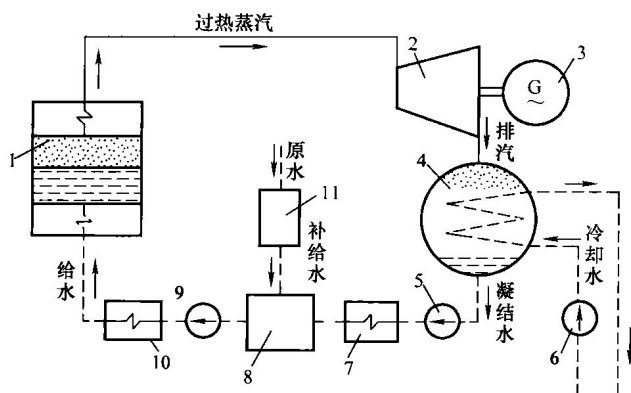


图 1-6 凝汽式电厂水汽循环系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—凝结水泵；6—循环水泵；
7—低压加热器；8—除氧器；9—给水泵；10—高压加热器；11—水处理设备

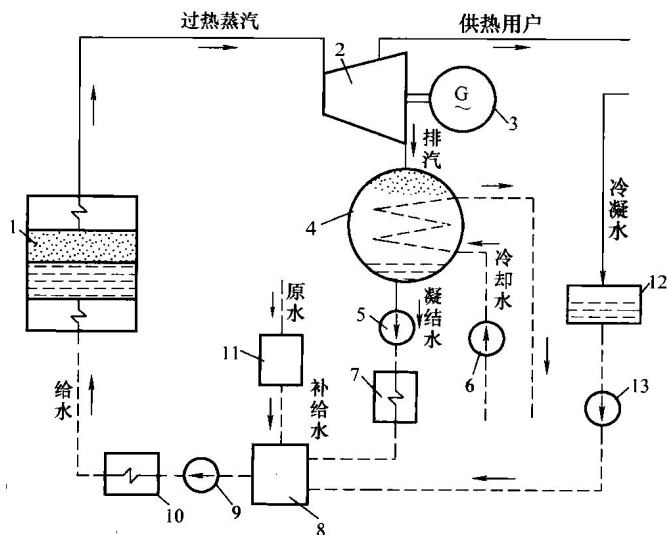


图 1-7 供热式电厂水汽循环系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—凝结水泵；6—冷却水泵；7—低压加热器；8—除
氧器；9—给水泵；10—高压加热器；11—水处理设备；12—返回凝结水箱；13—返回水泵

(4) 管道系统损失。各管道系统法兰盘连接处不严密和阀门漏泄等原因，也会造成汽水损失。

为了维持发电厂热力系统的水汽循环运行正常，就要用水来补充这些损失，这部分水称为补给水。凝汽式发电厂在正常运行情况下，补给水量不超过锅炉额定蒸发量的 2%~4%。额定蒸发量每小时为 100t 蒸汽的锅炉，其补给水量每小时不超过 2~4t。

由于水在热力发电厂水汽循环系统中所经历的流程不同，水质常有较大的差别。因此，根据电厂实际的需要，常赋予这些水以不同的名称。

1. 原水

原水是指未经任何处理的天然水（如江河、湖、海、地下水等），它是热力发电厂中各

种用水的来源。

2. 锅炉补给水

原水经过各种水处理方法净化处理后,用来补充热力发电厂汽水循环系统汽水损失的水,称为锅炉补给水。锅炉补给水按其净化处理方法的不同,又可分为软化水、蒸馏水和除盐水等。

3. 凝结水

在汽轮机中做功后的蒸汽经凝汽器(或空冷岛)冷凝成的水,称为凝结水。

4. 疏水

各种蒸汽管道和用汽设备中的蒸汽冷凝水,称为疏水。疏水经疏水器汇集到疏水箱或并入凝结水系统中。

5. 返回水

热电厂向热用户供热后,回收的蒸汽冷凝水,称为返回水。返回水又有热网加热器冷凝水和生产返回冷凝水之分。

6. 给水

送进锅炉的水称为给水。凝汽式发电厂的给水主要由凝结水、补给水和各种疏水组成。热电厂的给水组成中还包括返回水。

7. 锅炉水

在锅炉本体的蒸发系统中循环流动着的水,称为锅炉水,习惯上简称炉水。

8. 冷却水

用作冷却介质的水称为冷却水。在电厂中,它主要是指通过凝汽器用以冷却汽轮机排汽的水。

9. 内冷水

对于水—氢—氢式发电机,内冷水指冷却发电机定子绕组的水。

10. 闭冷水

用除盐水作为主要设备的冷却水,并且封闭循环使用的称为闭式冷却水。

三、火力发电厂中化学水处理的重要性

由于水在火力发电厂中的重要性,热力系统中水的品质,成为影响发电厂热力设备(锅炉、汽轮机等)安全、经济运行的重要因素之一。没有经过净化处理的天然水含有许多杂质,这种水如进入水汽循环系统,将会造成各种危害。为了保证热力系统中有良好的水汽品质,必须对原水进行适当的净化处理和严格地监督汽水质量。现将火力发电厂中由于水汽品质不良而引起的危害简述如下。

1. 热力设备的结垢

水质不合格的水进入锅炉或其他热交换器设备中,经过一段时间运行后,热力设备在和水接触的受热面上,会生成一些固体附着物,这种现象称为结垢,这些固体附着物称为水垢。因为金属的导热性比水垢的高几百倍,而这些水垢又极易在热负荷很高的锅炉炉管中生成,所以结垢对锅炉(或热交换器)的危害性很大。它会造成结垢部位的金属管壁温度过高,引起金属强度下降,这样在管内压力的作用下,就会发生管道局部变形、产生鼓包,甚至引起爆管等严重事故。结垢不仅危害安全运行,而且还会大大降低发电厂的经济性。例如,火力发电厂锅炉的省煤器中结有1mm厚的水垢时,其燃料用量就比没结垢时多消耗

1.5%~2.0%。由于发电厂锅炉的容量一般都很大,每年使用的燃料量也很大,所以燃料的消耗率虽只有微小的增加,却会造成巨额的经济损失。另外,在汽轮机凝汽器内结垢会导致凝汽器真空度降低,从而使汽轮机的热效率和出力下降。加热器的结垢会使水的加热温度达不到设计值,使整个热力系统的经济性降低。而且,热力设备结垢以后,必须及时进行清洗工作,使发电机组不得不退出运行,减少了设备的年利用小时数,此外,还要增加检修工作量和费用等。

2. 热力设备的腐蚀

发电厂热力设备的金属经常和水接触,若水质不良,则会引起金属腐蚀。热力发电厂的给水管道、各种加热器、锅炉省煤器、水冷壁、过热器和汽轮机凝汽器等,都会因水质不良而腐蚀。腐蚀不仅要缩短设备本身的使用期限,造成经济损失,而且金属腐蚀产物转入水中,使给水中杂质增多,从而加剧在高热负荷受热面上的结垢过程,结成的垢又会加速锅炉炉管腐蚀。此种恶性循环,会迅速导致爆管事故。此外,金属的腐蚀产物被蒸汽带到汽轮机中沉积下来后,也会严重地影响汽轮机的安全、经济运行。

3. 过热器和汽轮机的积盐

水质不良会使锅炉不能产生高纯度的蒸汽,随蒸汽带出的杂质就会沉积在蒸汽通过的各个部件,如过热器和汽轮机,这种现象称为积盐。过热器管内积盐会引起金属管壁过热甚至爆管;汽轮机内积盐会大大降低汽轮机的出力和效率,特别是高温高压大容量汽轮机,它的高压部分蒸汽流通的截面积很小,所以少量的积盐也会大大增加蒸汽流通的阻力,使汽轮机的出力下降。当汽轮机积盐严重时,还会使推力轴承负荷增大,隔板弯曲,造成事故停机。

火力发电厂水处理工作就是为了保证热力系统各部分有良好的水汽品质,以防止热力设备的结垢、积盐和腐蚀。因此,在热力发电厂中,水处理工作对保证发电厂的安全、经济运行具有十分重要的意义。

第二节 大型火力发电机组水汽循环特性及电厂化学任务

一、大型火力发电机组水汽循环方式及特点

1. 循环锅炉

循环锅炉也称汽包锅炉,是我国火力发电厂中普遍采用的一种锅炉,其结构如图 1-8 所示。

在循环锅炉中,给水经给水泵打入省煤器,受热后进入蒸发系统。蒸发系统包括不受热的下降管、受热的蒸发管(图 1-8 中下降管最内侧的管子)、联箱及汽包。当水在蒸发管中受热时,部分水转化为蒸汽,故蒸发管中为汽水混合物,而下降管中则全为水。由于水的密度要大于汽水混合物的密度,因而在两侧联箱存在压力差,借以推动水、汽混合物在蒸发系统中循环流动。水在下降管中向下流动,汽水混合物则在蒸发管中向上流动。当水汽混合物进入汽包以后,汽水得以分离,汽包上半部为蒸汽,下半部为水。分离出来的蒸汽流经过热器成为过热蒸汽进入汽轮机,而分离出来的水与省煤器出来的给水相混合,流入下降管往复循环。

循环锅炉的优点是可以将汽包中所含杂质浓度较高的炉水通过连续排污而降低其含盐量,还可以从水冷壁下部定期放水,即定期排污,以除去沉淀物。因此,循环锅炉对给水质

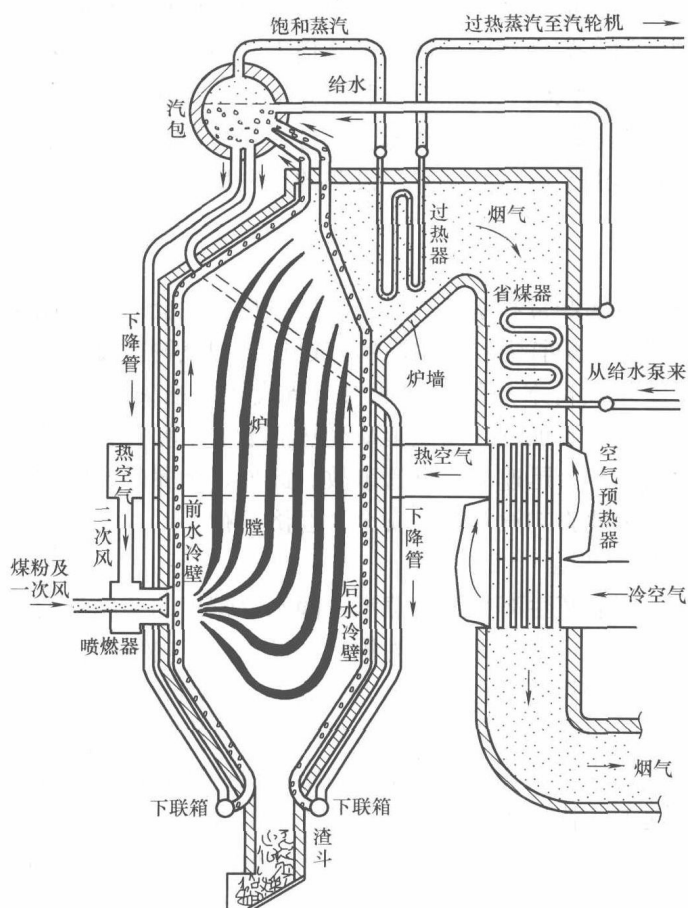


图 1-8 自然循环锅炉结构

量要求不及直流锅炉。对一定量的水来说，每循环一次只有一部分转化为汽，或者说，一定量的水要循环几次才能完全汽化。显然，循环水量大于生成的蒸汽量。我们把单位时间循环水量与生成的汽量之比，称为循环倍率。

循环锅炉又分自然循环锅炉和控制循环锅炉两种，其共同特点是它们都有汽包。汽包将省煤器、蒸发部分和过热器分开，并使蒸发部分形成密闭的循环回路。汽包内以特殊结构与水容积保证汽与水之间得到良好的分离。

一般蒸汽压力超过水的亚临界压力，即大于 18.3MPa 的锅炉不宜采用汽包锅炉，而应采用直流锅炉。

2. 直流锅炉与复合循环锅炉

直流锅炉没有汽包，工质一次通过蒸发部分，即循环倍率等于 1。与循环锅炉不同，在省煤器蒸发部分和过热器之间并没有确定的分界点，水在受热蒸发面中全部转化为蒸汽，沿工质整个行程的流动阻力由给水泵来加以克服，它可设计为超临界压力（ $>22\text{MPa}$ ）锅炉。直流锅炉的结构如图 1-9 所示。

给水进入锅炉后，依次经过预热段（水温逐渐升高至沸点）、蒸发段（水蒸发成饱和蒸汽）和过热段（饱和蒸汽进一步加热到额定温度）。蒸发段与过热段交界的区域为过渡区，

在过渡区中结束蒸发，开始过热。

锅炉汽压越高，汽化热越小，如在 0.1MPa 和 10MPa 汽化热分别为 2.26MJ/kg 和 1.33MJ/kg。当汽压达到或超过临界压力 22MPa 时，汽化热为零。在这种情况下，当水被加热到 374℃ 时，也就是达到临界温度时，水全部变为蒸汽，上述蒸发段缩短为零。此时饱和蒸汽（汽包上部为饱和蒸汽）与饱和水（汽包下部为饱和水）二者密度相同，则锅炉的汽包就丧失了作用，只能采用直流锅炉。

在有汽包的锅炉中，水要多次流经蒸发部分才能完全转化为蒸汽，即浓缩倍率远大于 1。而在直流锅炉中，水只要一次通过蒸发部分就全部汽化。

复合循环锅炉，就是一台锅炉兼有上述两种循环方式。

国产 600MW 超临界锅炉的典型水汽流程是：给水→省煤器→螺旋水冷壁→垂直水冷壁→汽水分离器→顶棚和包覆过热器→低温过热器→屏式过热器→高温过热器→集汽联箱。由于水一次通过受热面变成蒸汽，所以直流锅炉的蒸发量等于其给水流量。

典型的国产 600MW 超临界直流炉机组水汽循环流程如图 1-10 所示。

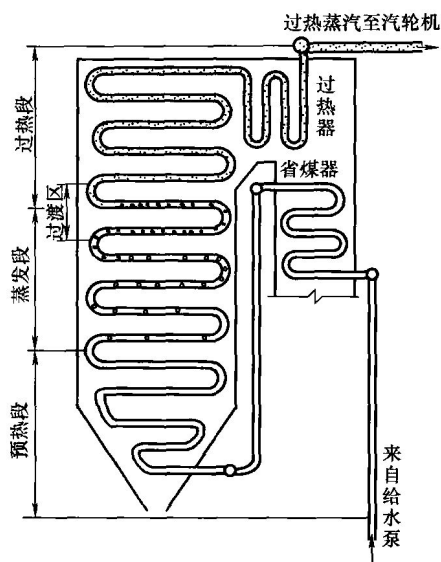


图 1-9 直流锅炉结构

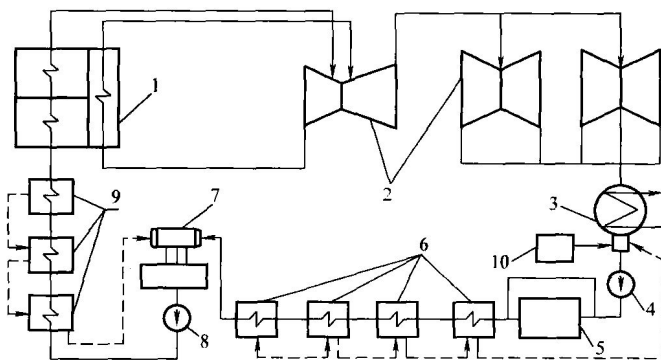


图 1-10 超临界直流锅炉机组水汽循环流程

1—锅炉；2—汽轮机；3—凝汽器；4—凝结水泵；5—凝结水精处理系统；6—低压加热器；
7—除氧器；8—给水泵；9—高压加热器；10—补给水处理系统

尽管任何压力的锅炉在理论上都可以采用直流锅炉，但实际上在综合考虑经济性后，一般只有大容量亚临界及以上压力等级的锅炉才采用直流锅炉，而超临界、超超临界压力的锅炉只能采用直流锅炉。这是因为当压力等于或超过临界压力时，由于蒸汽的密度和水的密度相同，汽水无法进行分离，因此只能采用直流锅炉。

直流锅炉由于没有汽包，比较容易制造，消耗的钢材也比较少。但它不能排污，给水完全在管子内蒸发，水中杂质都沉积在锅炉各段，特别是过渡区钢管内，随着蒸汽进入汽轮机，沉积在叶片上，造成结垢、积盐，故直流锅炉对水质要求特别严格，从而也就加大了水

汽监督的难度。

蒸汽从锅炉带出的盐分进入汽轮机后,由于盐类在蒸汽中的溶解度随蒸汽压力的降低而下降,所以参数越低,蒸汽溶解带盐的能力越差。蒸汽在汽轮机中将热能转换成动能,压力和温度不断下降,溶盐能力越来越低,如果蒸汽带盐达到一定限度,超出相应压力、温度下蒸汽的溶盐能力,就会析出并沉积在喷嘴和叶片上,使叶片通流截面减小,导致汽轮机效率降低,轴向推力增大,严重时还会影响转子的平衡而造成更大事故。因此锅炉产生的蒸汽不仅要符合设计规定的压力和温度,而且还要达到规定的蒸汽质量标准。

水质不良还会引起热力设备的金属腐蚀,结垢和积盐还会引起沉积物下腐蚀,因而水汽质量是影响锅炉、汽轮机等热力设备安全、经济运行的重要因素之一。

了解大型火力发电机组水汽循环方式及特点有助于在生产中采用合理的水汽控制指标和化学监督方法,避免热力设备的结垢、腐蚀,延长运行周期,达到最优的安全性和经济性。

二、电厂化学任务

电厂化学专业的工作内容包括化学系统运行、检修及化学技术监督,主要有补给水处理(炉外水处理)、凝结水处理、炉水校正处理、循环冷却水处理、发电机内冷水处理和废水处理;水汽系统的监督、热力设备腐蚀监督与防护、氢气的制取与监督、油质分析与监督、SF₆分析与监督、燃料分析与监督等。可见,电厂化学专业的工作内容覆盖了电力生产的全过程。

在电厂的生产过程中使用的化学介质复杂多样,作用各不相同。主要涉及的化学介质有工作介质(水、燃料、蒸汽)、冷却介质(水、矿物油、氢气)、绝缘介质(矿物油、六氟化硫、空气、绝缘纸)、润滑介质(矿物油)、传动介质(矿物油、抗燃油)以及化学药剂(水处理剂、机组停用保养剂、各种化学添加剂)等。

电厂生产过程中重要的工作介质之一——水是一种溶解能力很强的溶剂,在自然循环的过程中,能溶解大气中、地表面和地下岩层中的许多物质,而且在天然水的流动过程中还会夹带一些固体物质,使天然水体中不同程度地含有各种杂质。在火力发电厂的生产过程中,由于对水的水质质量要求很高,因此需要进行水的深度净化处理。电厂水质处理主要包括原水预处理、锅炉补给水处理、给水处理、炉水处理、凝结水处理、冷却水的处理和废水处理等几个方面。

对于电厂化学专业工作者而言,除了做好各种水处理的工作外,还应做好以下各项化学监督工作:

- (1) 防止或减缓热力设备和系统的腐蚀。
- (2) 防止或减缓受热表面上垢或沉积物的形成。
- (3) 保证高纯度的蒸汽品质。

此外,化学专业工作还包括热力设备的化学清洗以及机炉停运期间的保养工作等。

为了达到这些要求,从机组的设计到安装、运行和停用保养的各个阶段,都要求化学专业人员参与,这也是每个化学专业人员的任务。

对于新建火力发电厂,化学专业人员应主持或参与以下这些工作:

(1) 净化原水,制备热力系统所需质量的补给水。包括除去天然水中含有的悬浮物和胶体状态杂质的澄清、过滤等处理,除去水中溶解的钙、镁离子的软化处理,或除去水中全部溶解盐类的除盐处理。这些制备补给水的处理,也可称为炉外水处理。