

腐蚀与防护全书

电力工业的腐蚀与防护

中国腐蚀与防护学会 主编

窦 照 英 编著

化学工业出版社

• 北 京 •

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电力工业的腐蚀与防护/中国腐蚀与防护学会主编;窦照英
编著. -北京:化学工业出版社, 1995. 2

(腐蚀与防护全书)

ISBN 7-5025-1215-2

I. 电… II. ①中… ②窦… III. 电工材料-腐蚀-研究
IV. TM207

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 02597 号

责任编辑:李志清

封面设计:郑小红

化学工业出版社出版

(北京市朝阳区惠新里 3 号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $8\frac{1}{2}$ 字数 234 千字
1995 年 2 月第 1 版 1995 年 2 月北京第 1 次印刷

印 数 1—5000

定 价 10.90 元

序

腐蚀与防护科学是本世纪 30 年代发展起来的一门综合性技术科学，目前已成为一门独立的学科，并在不断发展。

腐蚀是材料在各种环境作用下发生的破坏和变质，遍及国民经济各部门，给国民经济带来巨大损失。根据工业发达国家的调查，每年因腐蚀造成的经济损失约占国民生产总值的 2—4%，我国每年因腐蚀造成的经济损失至少达二百亿元。搞好腐蚀与防护工作，已不是单纯的技术问题，而是关系到保护资源、节约能源、节省材料、保护环境、保证正常生产和人身安全、发展新技术等一系列重大的社会和经济问题。全面普及科学知识，推广近代的防护技术，以减少腐蚀造成的经济损失，延长材料和设备的使用寿命，促进城乡经济的发展和企业经济效益的提高，是当前急待解决的问题。

为此，中国腐蚀与防护学会和化学工业出版社决定共同组织编写《腐蚀与防护全书》。《全书》分总论、腐蚀理论、环境腐蚀与防护、耐腐蚀材料、防蚀技术、腐蚀试验与监控等六篇数十个分册，并将陆续出版。

《全书》属于专业百科性质的大型综合性工具书，全面系统地阐述腐蚀学科的理论和应用，总结国内外的腐蚀与防护经验，反映近代的防护技术；内容广泛，兼顾知识性、教育性和实用性。主要供腐蚀与防护专业以及与该专业有关的工程技术人员阅读使用，也可供企业管理干部与大专院校有关专业师生参考。

《全书》的编写工作曾得到腐蚀领域许多专家、工程技术人员及其所在单位领导的热情协助和支持，对此，表示衷心感谢。

由于我们水平有限，缺点和错误在所难免，望读者批评指正。

腐蚀与防护全书编委会

1994. 6

《腐蚀与防护全书》编委会成员

主任委员：肖纪美

副主任委员：石声泰 曹楚南 朱日彰 杨永炎 郭长生

顾问：张文奇 李 苏 沈增祚

委员：（按姓氏笔划序）

火时中	王广扬	王正樵	王光雍	许维钧	刘国瑞
刘翔声	朱祖芳	杜元龙	杜发一	宋诗哲	劳添长
李兴濂	李志清	李铁藩	吴宝琳	吴荫顺	杨文治
杨 武	杨熙珍	杨 璋	张其耀	张承濂	顾国成
徐乃欣	徐兰洲	徐克薰	袁玉珍	傅积和	曾先焯
褚武扬	虞兆年	黎樵槃	戴新民		

编辑组：吴荫顺 王光雍 褚武扬 袁玉珍 李志清 刘 威

目 录

第 1 章 绪论	1
1. 能源工业与电力工业	1
2. 发电设备	2
2.1 火力发电设备	3
2.2 水电与核电设备	13
3. 发电设备的腐蚀与防护概况	16
3.1 腐蚀对发电设备的危害	16
3.2 火力发电设备腐蚀与防护概况	17
3.3 其它动力设备的腐蚀与防护	19
第 2 章 腐蚀基本原理及其应用	21
1. 表面膜及其对腐蚀的影响	21
1.1 表面膜及其保护作用	21
1.2 表面膜破坏使设备腐蚀失效	34
1.3 保护膜的建立	37
2. 电化学腐蚀与保护	44
2.1 电化学腐蚀的基本过程	44
2.2 电化学作用引起的设备腐蚀失效	51
2.3 电化学腐蚀的防止	55
3. 电位-pH 图及其应用	56
3.1 电位-pH 图及其构成	56
3.2 用电位-pH 图描述设备的腐蚀	58
3.3 用电位-pH 图研究锅炉水规范	62
第 3 章 氧腐蚀及其防止	70
1. 运行设备的氧腐蚀	70
1.1 水中溶存氧	70
1.2 氧对运行设备的腐蚀	73
1.3 运行设备氧腐蚀引起的失效	77
2. 给水除氧	79

2.1 热力除氧器及其管理	79
2.2 化学除氧与除氧剂	85
2.3 其它除氧方法	89
3. 停备用设备的腐蚀及保护	93
3.1 停用腐蚀及其引起的失效	93
3.2 锅炉的停用保护	95
3.3 其它设备的停用保护	97
第4章 蒸发受热面管腐蚀与防护	99
1. 蒸发受热面管的碱腐蚀	99
1.1 碱腐蚀的特征及所引起的失效	99
1.2 碱腐蚀过程及影响因素	105
1.3 碱腐蚀的防止对策	109
2. 蒸发受热面管的酸腐蚀	114
2.1 酸腐蚀的特征及所引起的失效	114
2.2 酸腐蚀的防止对策	121
3. 蒸发受热面管的爆破及其防止	123
3.1 结水垢引起的金属过热爆破	123
3.2 应力腐蚀开裂引起的失效	129
3.3 疲劳及其它原因引起的失效	143
第5章 其它热力设备的腐蚀与防护	146
1. 供水系统设备的腐蚀与防护	146
1.1 冷却水系统	146
1.2 循环水系统	148
1.3 补充水处理系统	148
2. 给水系统设备的腐蚀与防护	152
2.1 低压给水系统	152
2.2 高压给水系统	157
3. 过热器的腐蚀与防护	160
3.1 过热器管的超温失效	160
3.2 过热器管的腐蚀失效	165
3.3 再热器与汽轮机的腐蚀	168
第6章 直流锅炉的腐蚀与水规范	174
1. 直流锅炉的积垢腐蚀与防止	174

1.1 直流锅炉积垢腐蚀情况	174
1.2 汽轮机组和其它设备的腐蚀	176
2. 直流锅炉的水规范	179
2.1 直流锅炉的挥发性处理	179
2.2 中性水处理	181
2.3 联合水处理	185
第7章 凝汽器的腐蚀与防护	187
1. 凝汽器管与管板材料	188
1.1 凝汽器管常用材料	188
1.2 其它管材及管板材料	192
1.3 凝汽器管的使用量及防腐蚀的经济效益	194
2. 凝汽器管水侧腐蚀失效及防护	196
2.1 凝汽器管腐蚀穿孔的失效分析及对策	196
2.2 凝汽器管应力腐蚀及晶间腐蚀	203
2.3 凝汽器管的冲蚀	207
3. 黄铜管的汽侧腐蚀及对策	212
3.1 凝汽器铜管的汽侧氨腐蚀及防止	212
3.2 铜和黄铜在微酸性环境中的腐蚀	221
4. 防止凝汽器管腐蚀的通用措施	224
4.1 设计与选材	224
4.2 铜管的检验、安装及使用维护	228
第8章 化学清洗	231
1. 锅炉的化学清洗	231
1.1 煮炉清洗原理及实施	231
1.2 碱清洗原理及实施	235
1.3 络合清洗原理及实施	240
2. 凝汽器与冲灰管的化学清洗	245
2.1 凝汽器与热交换器的清洗	245
2.2 冲灰管的结垢与清洗	247
第9章 其它发电设备的腐蚀与防护	250
1. 水电设备	250
1.1 水轮机叶片的汽蚀与磨蚀	250
1.2 水轮机转轮叶片的断裂	252

2. 其它发电设备	253
2.1 核电设备的腐蚀与防护	253
2.2 地热与风力发电设备的腐蚀	256

第 1 章 绪 论

1. 能源工业与电力工业

能源是人类不可缺少的重要资源，对人类的物质文明与社会发展起着巨大的作用。原始人用火取暖与熟食，开始了进化与发展。两百多年前蒸汽机的发明与应用，引起了工业革命，刺激了煤炭的开采；本世纪石油的开采炼制，使工业发展速度达到一个新的阶段。能源结构的变化，燃料组成的更替，可以作为社会发展的标志，也可以作为社会发展的里程碑。

能源有一次能源与二次能源之分，也有可再生与不可再生的区别。

一次能源来自自然界，是大自然的赐予。一次能源中最重要的是太阳能，它是生命活动中不能缺少的要素，是其它能源的缔造者。太阳能使植物生长，动物繁衍，从而产生了煤炭与石油；太阳能使海洋中的水蒸发升腾、降落径流，产生了水能；而潮汐、浪涌、风能无不来源于太阳。与自然现象有关的能源，如风能、水能、潮汐等可以再生，应尽量开发利用；而煤炭、石油、天然气等则是不可再生的有限资源，应尽可能的节约与代用。

经过人们加工的能源是二次能源，它比一次能源商品价值高，更便于利用，电力是最主要的二次能源。石油炼制品如汽油、柴油、石油液化气、发生炉煤气与炼焦炉煤气、焦炭等也是二次能源。

能源生产及其发展速度在一定程度上可标志工业发展的速度与水平。1949 年我国原煤产量 3200 万吨，发电量 43 亿千瓦·时；到 1989 年，原煤产量达 10.4 亿吨，发电量达 5820 亿千瓦·时。分别增长 32.5 倍与 195 倍。1993 年我国发电量达 8150 亿千瓦·时，居世界第 4 位。

我国能源资源蕴藏丰富。在燃料能源中，我国以煤炭为主，已探明的储量超过 7800 亿吨。我国的煤炭热值高，灰分与硫分等杂质含量

低，绝大多数为优质原煤。在非燃料能源中，我国水能资源居世界首位，其蕴藏量为 6.76 亿千瓦，可以开发为水电的资源为 3.78 亿千瓦。

但是，由于我国工业基础还比较薄弱，能耗高，水能的开发率低，因此，能源对我国国民经济发展还有一定的限制。又因我国人口众多，所以，人均能源拥有量较低。我国按单位产值的能耗将近世界平均值的 3 倍。水能资源的开发率仅 5%，而全世界水能资源的开发率平均已接近 20%，发达国家则大部分超过 40%。由于电力和煤炭供应不足，在 80 年代后期约有 10% 以上的产值受其影响。

我国能源工业有很大的发展前途和潜力，应大力开发水能资源，在缺能地区可根据国力发展核能，千方百计降低能耗，减少不可再生能源的消耗与损失，使电力生产超前于国民经济发展。在这当中，不论是水能、核能与火电生产，设备的腐蚀与防腐问题都是确保安全供电的至关重要的环节。

电力工业是能源工业的重要组成部分，电力工业的发展能集中反映国民经济的发展，生活用电量的增加，能直接体现人民生活水平的提高。

电能是来源于燃料化学能或水的位能的二次能源，具有其它能源无可比拟的优点。电能可以通过变电所、配电设备和高压输电线路，通过电力网络输送到各个用户，和固体燃料或液体燃料相比，它不受交通运输的限制，在瞬间内实现长距离传输。电能可以转化为光能、声能、热能、机械能等满足照明、通讯、加热、制冷、切削、焊接、驱动机器、牵引机车等的需要。

我国有电的历史已逾百年，但是其发展速度还较慢，已成为制约国民经济发展的瓶颈因素，为了尽可能地满足各行各业对电力的需求，要根据国民经济发展的需要与综合平衡加快电力建设，还要确保现有的发电设备安全无事故的运行，其中的一个重要方面是确保发电设备不因腐蚀故障而意外停止运行。

2. 发电设备

电力是一种特殊的商品，它的生产与供应同时完成。电力又是一

种无法贮存的商品，这一特点表明了电力安全生产的必要性。由于设备故障引起的断电将给用户造成严重损失，有时是灾难性的，而设备腐蚀是其重要原因之一。要防止发电设备的腐蚀，应对电能生产及主要的发电设备有所了解。

2.1 火力发电设备

我国的发电设备中，火力发电设备占 71.8%，其发电量占 80%。

火力发电厂的建设费用低，建设周期短，可以根据资源情况灵活地布置于负荷中心或能源基地。因此，火力发电是主要的电能生产方式，在我国尤其如此。

我国的燃料构成中，煤炭占 76%，石油资源比较紧缺，因此，不论是从资源方面考虑，还是从发电成本方面考虑，我国火力发电厂是以燃煤为主。仅在油田、炼厂附近或大城市中心才建设燃用渣油的火电厂。

除了单一生产电力的火电厂外，还有供应热力和电力的热电厂，热电厂把做过部分功的蒸汽作为工业用汽热源供应用户，也可通过热力管网供应 70—110℃ 的热水供采暖与生活用。实现城市集中供热，不论从减少环境污染，还是从节约能源方面考虑，都是必要的。

火力发电厂使用经过净化处理的水在锅炉中受热，产生蒸汽，将具有巨大潜能的蒸汽送入汽轮机使其以 3000r/min 的转速带动发电机产生电力。做过功的蒸汽在凝汽器中凝结为水重复使用，所损失的部分蒸汽和水由净化水的设备制水补充，其工艺流程如图 1-1 所示，火电厂水汽系统的流程如图 1-2 所示。

目前火电厂的锅炉补充水多采取图 1-1 的水处理工艺。原水经澄清池进行絮凝、沉淀、除去悬浮物、再经过滤器进一步去除悬浮颗粒与胶体物质，然后进入离子交换脱盐系统进行化学除盐。

化学除盐的常见系统是由阳离子交换器、除 CO₂ 塔、阴离子交换器和混合交换器组成的三床四塔系统，可使水中含盐量由 500mg/L 以上脱除到 0.1mg/L 以下。如果原水含盐量超过 500mg/L，则常增加反渗透器或电渗析器进行预脱盐。

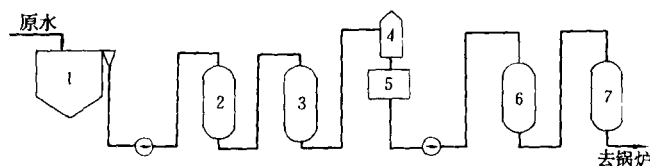


图 1-1 水处理工艺流程

- 1—澄清池；2—过滤器；3—阳离子交换器；4—除 CO₂ 塔；5—中间水箱；
6—阴离子交换器；7—阳、阴离子混合交换器

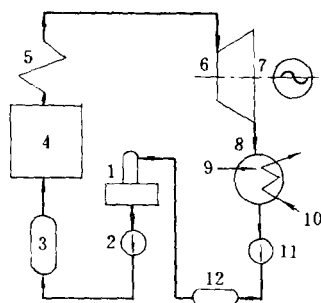


图 1-2 火电厂水汽系统流程

- 1—除氧器；2—给水泵；3—高压加热器；
4—锅炉；5—过热器；6—汽轮机；
7—发电机；8—凝汽器；9—补充水；
10—循环冷却水；11—凝结水泵；
12—低压加热器

火力发电厂的水汽循环系统中供给锅炉的水经过除氧器脱氧后经给水泵升压，再经高压加热器加热，通过省煤器送入锅炉，在锅炉中受热产生的蒸汽经过过热器提高温度后送往汽轮机，以带动发电机发电。由汽轮机排出的负压的低温蒸汽（约 45℃）在凝汽器中凝结成水，并补充一定量的化学除盐水，经过凝结水泵送出，再经过低压加热器加热后，送往除氧器脱氧，即是锅炉给水。

在火力发电厂中，易于产生腐蚀的设备是与水或水蒸汽接触的锅炉、给水管路、热交换器、凝汽器、汽轮机等。这些设备因其

中的介质都具有较高的温度与压力，故常被称作热力设备。热力设备的腐蚀程度与其参数有关，而参数又决定了该设备所用的材质。

2.1.1 火力发电厂热力设备的参数

火力发电厂的锅炉与汽轮机有不同的温度与压力规范，在表 1-1

中列出了常见的参数系列供参考。所列锅炉机组的参数、容量系列，基本符合我国和世界上主要工业国家的系列。

表 1-1 常见锅炉机组参数、容量及用途

锅炉参数		低压	中压	次高压	高压	超高压	亚临界	超临界
锅炉型式		火管锅炉 水管锅炉 热水锅炉	自然循环	自然循环	一般为自然循环，少数直流锅炉	一般为自然循环，少数强迫循环、直流锅炉	自然循环、强迫循环、直流锅炉	直流锅炉
饱和	压力, MPa	≤ 2.35	3.9	7.84	9.8—10.8	15.7	17.6	≥ 25.0
蒸汽	温度, $^{\circ}\text{C}$	≤ 225	250	294	310—316	343	355	374.2
过热	压力, MPa	≤ 2.2	3.5	7.4	9.0	13.7	16.5	≥ 23.0
蒸汽	温度, $^{\circ}\text{C}$	~ 350	450	480	510—540	510—540	530—550	530—550
蒸发量, t/h		≤ 35	65—130	120—250	220—430	410—670	850—2050	1050—3000
主要用途		工业用 汽、采暖	工业用 汽、发电	发电、工 业用汽	发电为 主、工业 用汽	发电、偶 供热	发电	发电
所配发电机组, MW		6	12—25	25—50	50—100	125—200	250—600	300—1000

锅炉与汽轮机组（常合称为锅炉机组）的参数对其热效率有很大影响。提高工作介质的温度、压力，可提高火电厂的经济性，降低燃料消耗，即煤耗。但是工质参数的提高受很多因素制约，主要是受设备材质、制造工艺、水质等的限制，而这些制约因素又与腐蚀密切相关。

50年代初期，我国的火力发电厂，大都使用 2.45MPa 及以下的低温低压锅炉机组，蒸汽温度不超过 350 $^{\circ}\text{C}$ ，热力设备的材质全部使用碳钢。对于没有除氧设备的 1.27MPa 锅炉，省煤器往往使用铸铁制作。锅炉使用的补充水只经过软化处理除去硬度盐类。目前这类锅炉机组在我国还有一定数量，它们分布在不与电力网连接的偏僻地区，多为地方或企业自备电厂。这类锅炉机组发电的煤耗可超过 1kg/(kW·h)，

正在被逐步淘汰中。

50年代中期以来,随着我国经济建设的发展,投产了上百万千瓦的中温中压机组,其蒸汽温度提高到 430°C ,锅炉所用材料仍为碳钢,水质处理除了软化之外,还重视降低碱度与部分脱除盐分。随着工质参数的提高,氧腐蚀问题突出,人们开始重视了水的热力除氧。由于锅炉机组参数提高,使全国的供电煤耗由 $1.13\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 降到 $0.7\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 以下。

50年代后期,高参数锅炉机组陆续投产。其锅炉蒸汽压力为 10.8MPa ,过热蒸汽温度 540°C ,为防止过热器管的高温蠕胀及氧化腐蚀,使用了低合金耐热钢。锅炉补充水加强了除氧与PH值的调节,还注意了降低补充水二氧化硅含量。由于高参数锅炉机组在总发电量中占有相当的比重,使供电煤耗进一步下降到 $0.6\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

70年代初期,国产超高压机组陆续投产,这种带有再热器的中间再热机组,大量使用低合金耐热钢。由于锅炉压力达到 15.4MPa ,除大量使用低合金结构钢外,许多部件还使用奥氏体高合金钢。与此同时,化学除盐技术日趋成熟,锅炉补充水质量起了根本变化,由用软化水作补充水,转变为用化学除盐水作补充水,锅炉的腐蚀形式也发生变化。大机组的投产使火力发电的经济性显著提高,60年代中后期供电煤耗为 $0.5\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,到70年代中期已低于 $0.49\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

70年代后期,引进的亚临界参数机组增多,由于蒸汽温度达到 550°C ,过热器和再热器使用了部分奥氏体不锈钢。同时对低合金热强钢的抗蠕胀与抗氧化能力也提出了新的要求。对焊接工艺与运行稳定性的要求也相应提高。亚临界参数锅炉机组对水质的要求极为严格,水汽中杂质含量均为 $\mu\text{g}/\text{L}$ 级。即使如此,仍难免产生腐蚀。随着大机组的陆续投产和中参数机组的退役与高压炉逐渐转入调峰运行,供电煤耗不断下降,70年代末期已低于 $0.46\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 到80年代中后期接近 $0.43\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,90年代初已低于 $0.42\text{kg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

2.1.2 热力设备所处环境及使用的材料

火力发电厂热力设备所处的环境决定其材质的选取与腐蚀程度,

也决定了所采取的防护措施。下面对主要的热力设备作简单介绍。其中锅炉是防腐蚀的主要对象，故作着重介绍。

a. 锅炉及其工作介质 锅炉是锅与炉的集合体。顾名思义，在锅中盛水，用于把水加热至沸点并转化为蒸汽，甚至把蒸汽进一步加热使成为高温蒸汽（称过热蒸汽）的；在炉中生火，是用于燃料在其中燃烧，加热水和蒸汽的。早期的锅炉保持着蒸锅与炉灶的原型，随着技术的发展，已经看不到锅的样子了。

现代锅炉把锅与炉融为一体，在封闭的炉膛中，使经过加工的燃料充分燃烧，把锅制造成能最大限度地吸收燃烧反应所放出的热能的形状。在燃烧室中，锅炉中的水接受燃料燃烧产生的辐射热后，蒸发成为具有一定压力的饱和蒸汽。在燃烧室的顶部饱和蒸汽受火焰的辐射热及高温烟气的对流热的作用而成为过热蒸汽，大机组还把做过部分功的蒸汽送回烟道加热，使之成为再热蒸汽。烟气的余热把省煤器管中的给水加热，使之达到炉水的温度，经过给水吸热后的烟气还可用来加热燃烧用的空气（热风）。根据锅炉的参数不同，对燃料产生的热量吸收利用的程度不同，锅炉的热效率可由不足 70% 至超过 90%。

锅炉可按用途不同分为电站锅炉、工业锅炉和采暖锅炉；也可按参数不同分为低压锅炉、中压锅炉、高压锅炉、亚临界参数锅炉和超临界参数锅炉；在高压锅炉中还把 15.4MPa 的锅炉称为超高压锅炉；此外可以按照燃料的不同分为燃煤锅炉、燃油锅炉和燃气锅炉；在燃煤锅炉中根据燃烧方式不同，还可分为链排炉与煤粉炉；锅炉还可按水循环方式不同分为自然循环锅炉、强迫循环锅炉与直流锅炉。

中低压锅炉都是自然循环锅炉，其中低压锅炉与小容量中压锅炉大多是链排炉，65t/h 及以上锅炉基本是煤粉炉。这类锅炉主要作为工业锅炉，10t/h 以下锅炉常作为采暖锅炉。为了提高采暖锅炉的热效率，2t/h 以下锅炉多改为热水锅炉。全国中低压蒸汽锅炉与热水锅炉的总量近 20 万台。这类锅炉由于水质管理不善，腐蚀与结垢问题很多，有的使用寿命仅 1—2 年。

火力发电厂使用的电站锅炉多为高压锅炉，高压锅炉中有直流锅炉和强迫循环锅炉，但是大多数为自然循环锅炉。当锅炉压力达到超

临界参数时，必然是直流锅炉。目前仍有上百台 35t/h 及以下的中低压锅炉供发电用，这类锅炉没能淘汰，甚至近年有所发展，造成了燃料的浪费及煤耗升高。图 1-3 是锅炉的示意图。

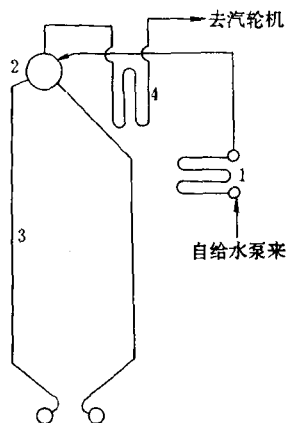


图 1-3 锅炉本体示意图

1—省煤器；2—汽鼓；3—水冷壁；
4—过热器

供给锅炉的水称“给水”。中低压锅炉的给水应基本不含硬度盐类（主要是指钙、镁离子）和氧。随着锅炉参数升高，对水质的要求越来越高，高参数以上锅炉给水应基本不含盐分，尤其是对二氧化硅含量的限制更严格。为了防止腐蚀，高参数以上锅炉应彻底除氧，并使 PH 保持在 9 左右。由于对盐分的含量有要求，碱化给水的药剂应是挥发性的。为彻底除氧应向给水投加除氧剂。

直流锅炉的给水接近于“纯水”，因此，除氧与调节 PH 所用的药剂必须都是挥发性的。近十

几年来，直流锅炉有保持氧化状态与中性环境的趋势。这种水质条件是由有意保持一定的氧与不加或添加极少量碱化剂形成的，其特点是给水的水质应接近“超纯水”标准。

给水流过省煤器管加热，然后被送入锅炉。对于汽鼓锅炉来说，给水中的一部分（通常是 1/2）流过蒸汽清洗装置，起到净化蒸汽作用，再流到汽鼓的水空间，另一部分则直接送入汽鼓的水空间。刚送入锅炉的给水温度略低于锅炉中的水（称作“炉水”），沿锅炉下降管由炉膛外部流到底部联箱，并转入上升管（水冷壁管）。

锅炉炉膛呈矩形，四周密排用于吸收燃料辐射热的水冷壁管。炉水在水冷壁管中受热而产生部分蒸汽，成为炉水与蒸汽的混合物，称汽水混合物。汽水混合物的密度低于炉水，故沿水冷壁管上升，回到

汽鼓中，在它通过汽鼓内部的汽水分离装置时，将蒸汽与炉水分开。净化后的蒸汽中仅含约 10^{-4} 的炉水，分离出的炉水和刚送入锅炉的给水再流入下降管。这种循环方式称为自然循环。在汽水混合物中蒸汽的份额与锅炉参数有关，参数越高，比例越大。通常以循环倍率反映在水冷壁管中受热产生的水蒸汽量，循环倍率越小，蒸汽的产率越大。低压锅炉为 100—200，中压锅炉为 20—40，高压锅炉为 10 左右，超高压锅炉为 6 左右，亚临界参数锅炉为 3 左右，直流锅炉则为 1，亦即是直接把给水加热变成蒸汽。显然，直流锅炉没有“炉水”。

随着锅炉参数提高，对炉水质量的要求也相应提高。炉水的浓缩程度是可以控制的，这就是通过排放一部分炉水（称“排污”）调节炉水浓度。一般说来，在炉水的表层浓度较高，泥渣和悬浮物也多，所以排污管由汽包水面下引出，称“表面排污”。此部分排放量约为锅炉蒸发量的 0.3—2%，低压锅炉可超过 5%。排污量较大时，排污门常开，所以也称“连续排污”。与之对应的是在锅炉底部联箱定时排放沉渣的放水，称为“底部排污”或“定期排污”。

由于排污的控制，炉水浓度通常是给水的 50—200 倍。为了防止蒸发受热面（即水冷壁管）结水垢，向锅炉中加入磷酸盐。用酸性磷酸钠与磷酸钠组成缓冲溶液，保持炉水 PH 在一定范围内，可以起到较好的防腐蚀效果，是常用的防蚀措施之一。

由锅炉汽鼓中送出的蒸汽称作“饱和蒸汽”，其温度与炉水温度相同。为了提高蒸汽含热量，使其通过过热器和再热器受热，这种蒸汽称“过热蒸汽”与“再热蒸汽”。当蒸汽中含有盐分时，在受热的过程中将析出成为盐垢。为此，必须对蒸汽质量作严格要求。

各种水质、汽质标准见 GB1576—85 及 GB12145—89。

b. 锅炉各部的典型材质与规范 我国火力发电锅炉机组中 670t/h 锅炉及所配机组约占 1/5，现以该系列机组为代表，对锅炉各部分使用的材料作概括介绍。

锅炉型号的表示法为 □□×××/×××-×××/×××-×。其中“□□”代表生产厂家，使用其简称的汉语拼音字母。如哈尔滨锅炉厂为哈锅，即 HG；东方锅炉厂为东锅，即 DG；武汉锅炉厂为武锅，