

蒸汽动力厂的水处理

薛本东 编 著

科学技术出版社

蒸汽动力厂的水处理

薛本东 編 著

科学技術出版社

內 容 提 要

本書主要內容着重鍋爐用水的處理,如防止水垢的生成、除氧及防止金屬的腐蝕等。對於蒸汽動力廠的循環水處理也作了簡單的介紹,並附有圖表,可備查考。

可供蒸汽動力廠、其他廠礦的鍋爐、熱工、化驗工作者參考及大專學校動力系作為學習輔助資料。

蒸汽動力廠的水處理

編 著 者 薛 本 東

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 079 號

啟智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號 15119·644

開本 787×1092 1/32 - 印張 8 3/16 - 字數 168,000

1958 年 4 月第 1 版

1958 年 4 月第 1 次印刷 - 印數 1-2,000

定價: (10) 1.20 元

序

这本小册子原名是“鍋爐用水”在 1954 年由中外書局出版，出版后，承讀者的爱护，先后收到了許多宝贵意見。

在共产党的领导下与社会主义制度的优越性中，这些年来，随着国家的大規模建設与苏联的无私援助下，在水处理的技术工艺方面，有了空前的发展。

因此，原“鍋爐用水”虽然經過了一次修改，但是已不能适应生产过程了。

为此，在科学技术出版社的帮助下，又参考了許多参考書和工作中的某些結論和意見，进行了一次較全面性的修改，并且加添了循环水的处理，故改名为“蒸汽动力厂的水处理”。

但是，必須說明的，这本小册子的內容还是不够全面的，有些論点可能不够正确，还要求讀者們本着过去爱护的精神，不断的提出宝贵意見。

其中象对設備防腐的問題，作者目前正在进行研究，虽然第一阶段已告結束，但是还不能提出推广，尚需进一步研究；还有苛性脆化的克服与除氧中的供水系統問題，目前亦在繼續研究中，將在下一次修訂中补充。

薛本东

写于 1957 年 6 月 30 日為紀念“七一”党誕生

1957.7.108

目 录

序

第一章 緒論	1
一 水源分类	1
二 水中杂质对蒸汽动力厂	2
三 水处理的目的和方法	6
第二章 水垢	10
一 硬水与軟水	10
二 水垢的形成	11
三 水垢的特性	12
四 水垢的弊害	15
五 水垢和泥垢的防止和軟化	17
六 水垢厚度的測量	17
七 水垢的清除	19
第三章 沉淀与过滤	25
一 进水溝	25
二 过滤	27
第四章 凝聚与快濾池	30
一 凝聚的理論	30
二 凝聚剂和凝聚作用	31
三 快濾池	34
第五章 热力軟化法	40
一 热力軟化法	40
二 热力軟化器的設計	40
第六章 石灰——純碱軟化法	43
一 冷过程石灰——純碱間断式軟化	44
二 热过程連續式化学軟化	44
三 軟水药剂的加入量	45
第七章 磷酸鹽軟化法	48
一 磷化軟水法	49
二 磷化軟水法的討論	53
第八章 阳离子軟化法	58

一 阳离子交换剂的結構·····58	七 鈉式磺化煤的試制·····65
二 阳离子交换的过程·····59	八 鈉式阳离子交换·····65
三 阳离子交换剂軟化水的 理論·····59	九 合并軟化的裝置·····66
四 合成沸石·····64	十 軟化器的設計·····67
五 合成沸石的工业制造·····64	十一 磺化煤軟化器的設計·····70
六 氢沸石的試制·····65	十二 軟水剂檢驗法·····74

第九章 水改器軟化法·····76

一 水改器对水垢作用的原 理·····76	三 水改器的構造·····77
二 水改器的功效·····76	四 水改器的应用·····81

第十章 鍋爐排污·····82

一 鍋爐排污·····82	三 放水量的計算方法·····82
二 排污方法及影响排污的 几个因素·····82	四 連續排污法·····85

第十一章 水質中的气体·····87

一 水質中的气体·····87	四 物理性除气器·····88
二 气体去除的原理·····87	五 化学性除气器·····90
三 除气器的分类·····87	六 充气法的原理·····90

第十二章 除氧·····91

一 除氧概述·····91	裝与运行·····94
二 凝結水与氧的关系·····91	五 不加热脫气除氧法·····100
三 水的含氧量与其溫度压 力的关系·····93	六 鋼屑除氧·····103
四 除氧器的設計、構造、安	七 化学除氧·····105

第十三章 鍋爐的腐蝕·····107

一 腐蝕破坏的形式·····107	腐蝕·····107
二 金屬的化学腐蝕和电化	三 电化学腐蝕的理論·····108

四 腐蚀速度·····	115	九 氨引起的腐蚀·····	119
五 影响腐蚀的内部因素·····	117	十 硫化氢引起的腐蚀·····	120
六 氧气对金属的腐蚀·····	117	十一 酸性物引起的腐蚀·····	120
七 二氧化碳对金属的腐蚀·····	118	十二 铜离子在锅炉中的腐 蚀·····	121
八 氢离子浓度对金属的腐 蚀·····	119		

第十四章 苛性脆化·····122

一 金属苛性脆化的破裂形 状·····	122	与检验·····	124
二 苛性脆化的检查方法·····	123	四 苛性脆化指示器的安装 和调整·····	126
三 苛性脆化指示器的构造		五 防止苛性脆化的方法·····	128

第十五章 影响蒸汽质量的因素·····131

一 水的质量·····	131	三 锅炉燃烧操作·····	132
二 负荷·····	131	四 锅炉设备·····	132

第十六章 水质的控制·····133

一 如何控制水质·····	133	四 如何调整汽、水质量与 腐蚀、结垢、苛性脆化作 斗争·····	136
二 给水质量的控制·····	134		
三 炉水质量控制·····	134		

第十七章 循环水处理·····137

一 加氯法·····	137	三 磷化法·····	144
二 磷化法·····	141	四 加酸法·····	145

第十八章 试样之采取·····147

一 水样的采取·····	147	三 采样·····	147
二 采样的设备·····	147	四 水样采取后的处理·····	149

第十九章 水的化验·····150

一 化验的要求·····	150	析·····	173
二 锅炉水的分析·····	150	四 蒸汽化验·····	187
三 锅炉给水与凝结水的分 析·····		五 其他分析项目·····	187

第二十章 水垢、泥滓和过热器管壁类附着物的分析.....202

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 一 水垢和泥滓的取样.....202 | 四 过热器中鹽类附着物的
分析.....212 |
| 二 定性試驗.....202 | |
| 三 定量分析.....203 | |

第二十一章 水处理用药品的檢定.....214

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 一 石灰.....214 | 七 食鹽 (NaCl).....226 |
| 二 純碱.....214 | 八 石灰水强度.....224 |
| 三 固体燒碱.....214 | 九 石灰水濃度.....224 |
| 四 液体燒碱.....215 | 十 純碱溶液濃度.....224 |
| 五 磷酸三鈉.....215 | 十一 硫酸矾土溶液濃度.....225 |
| 六 凝聚剂——硫酸矾.....219 | |

第二十二章 監督水和蒸汽質量用的測鹽計.....226

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 一 低压低周波交流电測鹽
計.....226 | 四 接地測量器測鹽計.....228 |
| 二 高压交流整波測鹽計.....226 | 五 电压表測鹽計.....229 |
| 三 搖表——測鹽計.....226 | 六 檢流計測鹽計.....229 |

第二十三章 苏联自动測鹽計的介紹.....231

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 一 蒸汽中含鹽量測量的重
要.....231 | 三 測量含鹽量的原理.....232 |
| 二 水中含鹽量与导电的关
系.....231 | 四 苏联电气型自动測鹽計
的电气接綫.....232 |
| | 五 記錄機構的概況.....233 |

第二十四章 苏联自动測氧計的介紹.....234

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 一 給水中含氧量測量的重
要.....234 | 原理.....234 |
| 二 苏联自动測氧計的構造 | 三 自动測氧計的接綫.....236 |

附表.....237

原“鍋爐用水”共十二表

参考文献.....250

第一章 緒 論

在日常生活中,水的用途很广,除作为家庭用水之外,工业上用的更广,如推动机械,热能的傳遞以及用以溶解他种物質,借他与另一物質起作用等。

一 水源分类

自然界中水的分布,可分为二类,一类为地下水;一类为地面水。

所謂地下水,就是在地下自由地层中产生的水,由于分布的地位不同,所以亦分有泉水、淺井水、深井水、坑道水等。

所謂地面水,就是雨或雪落至地面后所成的水、湖泊水、江河水、儲水庫水、海水等。这亦是因为分布不同而有这些区别,它的主要来源是天然的雨或雪,从各地区汇流入各系統而成的。

地下水在外表上看起来,是比較澄清的,但它的含鹽量較地面水多;特別是泉水、雨或雪。因为地下水在地下自由地层中运动时,要經過許多各种不同的矿层、土壤、岩石等,它就溶解了許多鹽类。

地面水,因为表面接触空气;特別是雨或雪,当在落到地面时,它就溶解各种气体,如氧、氮、二氧化碳、和吸附尘粒等,同时在它汇流成水系时,因为流經河流,所以同样亦含溶解鹽类。虽然地面水中溶解的鹽类較少,但气体与尘粒較多。在表面上

看,确是没有地下水清澈而比较混浊,悬浮物也多,溶解物少。在河流、海水中,通常还存在着有机物:象细菌、水草、菌类等和动物有机体(象滴虫类、贝壳类、鱼类及虫类等)。

蒸汽动力厂所采用的水源,因为地区关系,各各不同,地面水与地下水都有被采用的。

二 水中杂质对蒸汽动力厂设备的影响

1. 水中一般杂质及其对设备的影响

表 1-1

杂 质	结垢与沉渣	腐 蚀	恶化蒸汽
氧 气 (O_2)	-	×	-
二氧化碳 (CO_2)	-	×	-
重碳酸钙 ($Ca(HCO_3)_2$)	×	-	-
重碳酸镁 ($Mg(HCO_3)_2$)	×	-	-
硫酸钙 ($CaSO_4$)	×	-	-
硫酸镁 ($MgSO_4$)	-	×	×
硅酸镁 ($MgSiO_3$)	×	-	×
氯化钙 ($CaCl_2$)	-	×	×
氯化镁 ($MgCl_2$)	-	×	×
碳酸钠 (Na_2CO_3)	-	-	×
硫酸钠 (Na_2SO_4)	-	-	×
氯化钠 ($NaCl$)	-	×	×
苛性钠 ($NaOH$)	-	×	×
氧化铁 (Fe_2O_3)	×	-	×
悬浮物	×	-	×
油	×	-	×
有机物	-	×	×
硅酸钙 ($CaSiO_3$)	×	-	×

(×)表示要发生, (-)表示不发生。

(一)悬浮物 一般悬浮物，都是污泥和工业廢物，如砂土、泥、石子、鉄屑、有机物、礫石等。含有这种东西的水，不能作为鍋爐給水，因为水中矿物鹽和这些悬浮物結合后，极容易助長生成水垢（俗称水筚）。假使主要的悬浮物是工业廢物时，更容易引起鍋爐内部金屬的腐蝕，悬浮物顆粒細微时，在鍋爐中更要引起泡沫現象和汽水共騰，而使蒸汽品質惡化。

(二)鈣鹽 水中所含的鈣鹽，一般是重碳酸鈣、硫酸鈣、硅酸鈣及氯化鈣等。这些鈣鹽大部分是造成水垢的主要成分，除造成水垢外，象硅酸鈣和氯化鈣在鍋爐中还要使蒸汽品質惡化，氯化鈣更要使鍋爐金屬腐蝕。

(三)鎂鹽 水中所含鎂鹽，一般是重碳酸鎂、硫酸鎂、硅酸鎂、氯化鎂等。这些鎂鹽在鍋爐内同样会象鈣鹽一样，造成水垢；象硫酸鎂、硅酸鎂、氯化鎂会使蒸汽品質惡化；特別是硫酸鎂和氯化鎂更会使鍋爐金屬严重腐蝕。

(四)鈉鹽 水中所含的鈉鹽，一般是硫酸鈉、氯化鈉等。这些鈉鹽除了都能影响蒸汽品質外，象氯化鈉还要腐蝕鍋爐金屬。

(五)鉄鹽 一般为氧化鉄鹽，可以造成水垢和惡化蒸汽品質。

(六)油类 能粘积在鍋爐内部金屬表面上，产生油泥形狀的水垢和惡化蒸汽品質，如油脂过多，极易造成水位計内假水位。

(七)有机物 不只要惡化蒸汽品質，而且要腐蝕金屬。

(八)气体 水中含有气体、对鍋爐是有害的，一般含有的是氧气、二氧化碳、氨和硫化氢等，这些都可以腐蝕金屬，特別是氧气与二氧化碳，在含有一定量的二氧化碳时氧气的腐蝕作用更

加显著。

II. 水中的溶解气体对设备的影响

在談水中溶解气体对设备的影响之前,先談一下金屬的腐

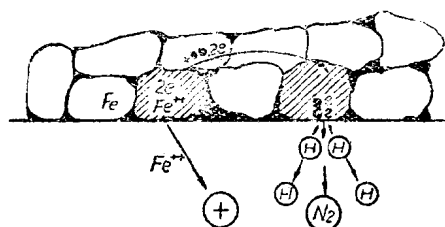
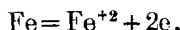
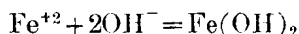


图 1-1 金屬的腐蝕

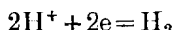
蝕。制造鍋爐的金屬一般都是低碳鋼,象这种金屬是属于阴电性金屬的,当它在水中或接触水的部分如图 1-1 所示是分离成 Fe^{+2} , 放出 2 个电子后,即:



結果水离解后的 OH^- 就与 Fe^{+2} 作用,生成二价的氢氧化鉄,



而水离解后的 H^+ 获得 Fe 所放出的电子后成为 H_2

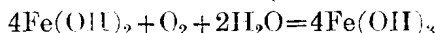


总的說来,它的腐蝕情况,可以用下式表示:



1. 氧气对金屬的腐蝕

因为給水中沒有把溶解的氧气去除,它进入鍋爐后,就对金屬发生腐蝕,它对金屬的腐蝕过程是加速作用。上面已經談过金屬与水接触的表面,由于电离的关系,使鉄成为二价氢氧化鉄,在氧气存在的情况下,二价的氢氧化鉄就轉变为三价的紅色鉄銹,它的化学反应如下:



水中溶解的氧气对金屬腐蝕的情况,可用图 1-2 曲綫表示。

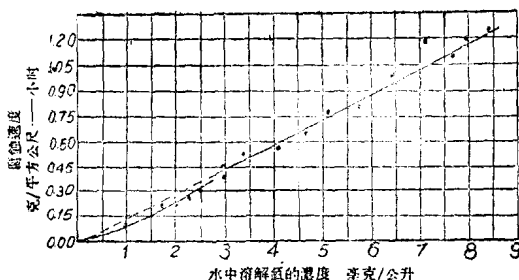
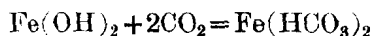


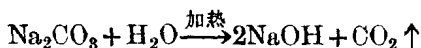
图 1-2 溶解氧腐蝕金屬曲綫图

2. 二氧化碳对金屬的腐蝕

在給水中溶有二氧化碳后, 同样对金屬要起加速腐蝕的作用, 它的反应如下:



在爐水中的二氧化碳, 不仅是給水中溶解的, 如果在重碳酸鹽或碳酸鹽的存在下, 因为分解, 也要产生二氧化碳, 它的反应如下:



此外, 在加酸处理和使用氫沸石軟化后; 或为維持爐水碱度而加入碳酸鈉后, 亦能产生二氧化碳。

給水管、水門、予热器等設備, 在給水中含有二氧化碳的情况下, 因为水的酸度增高, 就引起腐蝕。如果爐水中能維持足够的碱度, 那末虽然有二氧化碳的存在, 但是发生腐蝕的情况就并不多了, 而通常只是在冷凝水系統及蒸汽冷凝器部分引起腐蝕。

冷凝水管路系統在被二氧化碳腐蝕后, 它的金屬表面就显得粗糙。如果情况严重, 会使金屬表面蝕成凹槽或麻点, 可能造成事故。

三 水处理的目的是方法

1. 水处理的目的是

从上面所談的可以看到,由于水中杂质和气体的存在,对于鍋爐的安全与經濟都有极大危害,輕則浪費国家財富,重則造成事故,人身伤亡,設備损坏造成更大損失。

在电力工业技术管理暫行法規中亦有明确的规定。象第380条規定:“发电厂內水的处理及化学监督工作应保証:(1)从机械濾水器到鍋爐的整个給水管道,不为沉淀物所污堵;(2)受热表面完全沒有水垢;(3)在过热器、調速汽門和汽輪机叶片上沒有鹽类附着物;(4)蒸汽动力設備沒有腐蝕的現象”。

因此,水处理的目的是很明显,它是保証安全經濟发电的重要一环;是保証完成国家計劃,为創造和积累資金的任务之一。

2. 水处理的程序和方法

水处理的程序和方法應該按照具体情况而定,但必須根据法規規定的精神进行处理,法規的規定有第382条:

自然循环式鍋爐的給水質量应适合下列各項标准:

(1) 在电厂热水管道系統內进行磷酸鈉处理之前,給水硬度应小于:

压力为 30 表大气压及以下的鍋爐……0.1 德国度

压力为 31~59 表大气压的鍋爐……0.07 德国度

压力为 60~90 表大气压的鍋爐……0.05 德国度

(2) 給水中含氧应适合于下列标准:

加热式除氧器出口和給水泵出口小于……………

……………0.05 毫克/公升

化学除氧之后 0 毫克/公升

过剩亞硫酸鈉小于 2 毫克/公升

(3) pH 值应大于 7.0;

(4) 含油量应小于 1 毫克/公升;

(5) 为一般濾水方法所能排除的悬浮物質应完全除淨;

(6) 在保証蒸汽質量的原則下, 給水的全固形物和碱度的数值, 应保持为規定型式鍋爐所允許的鍋爐水質标准, 并且在这一情况下, 排污的范围应不超出下列数值;

凝汽式发电厂和供取暖用的热电厂 2~3%

供生产用的热电厂无回水返厂, 其給水为凝結水和化学軟水的混合水 5~7%

第 383 条: 汽輪机凝結水的硬度应适合下列标准:

压力为 30 表大气压以下的鍋爐不大于

..... 0.07 德国度

压力为 31~59 表大气压的鍋爐不大于

..... 0.05 德国度

压力为 60 表大气压以上的鍋爐不大于

..... 0.03 德国度

其他給水組成部分的質量(蒸餾水、輔助汽輪机的凝結水——如汽動給水泵的小汽輪机——和加热器的凝結水)应当保証符合本法規第 382 条所規定給水質量的标准。

油污的凝結水或用于工业生产的回汽, 不管在发电厂最后清理的方法如何, 应由用戶进行初步清油工作, 并清除各种物理杂质, 將含油量清除到 10 毫克/公升以下。經发电厂最后清理后的含油量, 不应超过 1 毫克/公升。

第 384 条:用于蒸发器及蒸汽发生器的給水,应适合下列各項标准:

- (1) 以石灰苏打法处理过的硬度不大于... 0.8 德国度
碳酸鹽碱度与氢氧碱度的总和不大干... 5 德国度
- (2) 以离子交换法軟水后的硬度不大于... 0.15 德国度
碳酸鹽碱度与重碳酸鹽碱度的总和不大干.....
..... 20 德国度

高压蒸汽发生器 (8 表大气压及以上) 必須要做除氧工作, 如用石灰苏打軟水时, 必須要做磷酸钠处理。

蒸汽发生器的給水含氧量, 应不大于 0.1 毫克/公升; 磷酸鈉軟水的标准, 应与蒸汽鍋爐爐水相同。

第 385 条:蒸发器和蒸汽发生器內的水的濃度标准, 应根据單独的热力化学試驗个别規定, 要考虑到給水質量以及对蒸发器的蒸餾水和蒸汽发生器的二次蒸汽的要求。

第 386 条: 用于热力網补給水的水質应适合下列各項要求:

- (1) 含氧量不大于..... 0.1 毫克/公升
- (2) 用亞硫酸鹽处理时, 过剩的亞硫酸鹽不大于.....
..... 2 毫克/公升
- (3) 剩余的碳酸鹽硬度不大于..... 2 德国度
在利用含有磷酸根的排污水时, 剩余总硬度不大干.....
..... 0.8 德国度
- (4) 悬浮物的含量不大于..... 5 毫克/公升

直接供水給用戶的热力網的补給水, 除了上列的条件外, 还应适合卫生标准。

第 387 条: (1) 鍋爐水水質的标准应根据每一鍋爐的热力化学試驗来規定。热力化学試驗应求出鍋爐机組在各种不同运行方式中, 鍋爐水的极限规范;

(2) 鍋爐水中磷酸根的含量; 不分段蒸发的鍋爐应保持 15 毫克/公升以上, 分段蒸发的鍋爐的冷段应保持 7 毫克/公升以上;

(3) 45 表大气压及以下的鍋爐所出来的饱和蒸汽的全固形物应不大于 2 毫克/公升, 碱度应不大于 0.2 德国度。

这些标准应由化学分場根据改进工程(如裝用汽水分离器、分段蒸发裝置等)所能影响蒸汽質量的程度, 予以修改。

因此, 一般說来, 可以分为:

1. 沉淀; 2. 凝聚; 3. 軟化; 4. 除氧等几个程序。