

锅炉水处理及水分析

陕西省锅炉改造小组 编著
西安冶金建筑学院

723
19

科学出版社

锅炉水处理及水分析

陕西省锅炉改造小组 编著
西安冶金建筑学院

科学出版社

1975

内 容 简 介

本书系为工业企业锅炉房安全经济运行及锅炉改造而编写。全书共分两篇。第一篇凡四章,介绍了各种软化、除碱、除盐、除氧等方法的原理、设备及操作经验。第二篇凡三章,介绍了药品配制、仪器用法、水质标准及水分析的原理和方法。为了便于读者学习,在此篇中穿插了部分化学基本概念。此外,尚将酸洗锅炉、离子交换器的选择计算、标准酸碱溶液的配制与标定等八项资料列为附录。每章后并附有习题。

本书主要供锅炉房水处理及水分析运行工人及技术人员之用,也可供设计和教学人员参考。

锅炉水处理及水分析

陕西省锅炉改造小组 编著
西安冶金建筑学院

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974年8月第一版 开本:787×1092 1/32
1975年12月第二次印刷 印张:7 3/16
印数:29,481—54,630 字数:160,000

统一书号:15031·83

本社书号:382·15—6

定价: 0.58 元

前 言

随着锅炉改造的深入开展，如何保证锅炉安全、经济地运行，水的净化处理是其中的一个重要环节。近几年来，在毛主席革命路线指引下，广大锅炉工人和技术人员在水的净化处理方面有很多创造，特别是在小型锅炉上创造了不少简易、经济而又科学的软化经验。我们特将这些行之有效的水处理经验加以总结、整理成册，供有关方面参考。

在调查、编写过程中，很多单位给我们提供了宝贵资料和热情帮助，特别是北京锅炉厂、北京大学、邯郸市民政劳动局及基建局、上海第五制药厂、西安绝缘材料厂、西安仪表厂、西北大学及一机部西安设计院等单位给予大力协助，在此深致谢忱。

由于我们水平所限，必然会有不少缺点或不足之处，欢迎批评指正。

目 录

第一篇 锅炉水处理

第一章 小型锅炉的水处理	1
一、 概述	1
二、 炉内水处理	2
(一) 石墨法	2
(二) 柞木法	4
(三) 菸秸法	6
(四) 加防垢剂法	7
三、 物理水处理	10
(一) 热力软化法	10
(二) 高频水改器	12
(三) 磁水器	13
四、 化学与热能综合法	25
(一) 原理	25
(二) 装置及使用	26
习题	30
第二章 离子交换水处理	31
一、 钠离子交换软化法	31
(一) 钠离子交换软化的原理	31
(二) 阳离子交换剂	32
(三) 离子交换器的构造	34
(四) 盐水制备系统	36
二、 钠离子交换软水的操作运行	39

(一) 反洗(或称逆洗)	39
(二) 还原(又称再生)	40
(三) 正洗	42
(四) 软化	42
(五) 离子交换器常见故障及其消除	45
(六) 已衰退的磺化煤的再生	47
三、 钠离子交换二级软化	48
(一) 二级软化的特点	48
(二) 二级软化系统	49
四、 离子交换除碱	51
(一) 部分钠离子交换	51
(二) 氢-钠离子交换	52
(三) 铵-钠离子交换	57
五、 离子交换除盐	62
(一) 阴、阳离子交换	62
(二) 混合床阴、阳离子交换柱	62
六、 移动床及流动床	64
(一) 移动床	64
(二) 流动床	67
(三) “705”型悬浮树脂软化器	70
七、 电渗析	72
(一) 电渗析的原理	72
(二) 电渗析设备简介	73
(三) 电渗析的效果及应用	73
习题	74
第三章 石灰软化处理及炉内补充处理	75
一、 石灰软化处理	75
(一) 石灰-纯碱软化	75
(二) 水池式石灰软化	79
(三) 热化学石灰软化	80
(四) 虹吸式脉冲石灰软化	85

(五) 涡流反应器式石灰软化	89
(六) 石灰软化处理对钠离子交换剂的影响	93
二、 炉内补充处理	93
(一) 炉内加磷酸盐防止结垢	93
(二) 炉内加药抑制苛性脆化	95
(三) 加酸处理	96
习题	97
第四章 给水的除氧	98
一、 水中气体的溶解特性及排除途径	98
(一) 水中气体的溶解特性	98
(二) 除氧的根本途径	99
二、 热力除氧	100
(一) 热力除氧的特点	100
(二) 热力除氧器的构造	100
(三) 热力除氧的系统及操作	108
三、 解吸除氧	111
(一) 解吸除氧的设备系统	111
(二) 解吸除氧的运行操作	113
(三) 解吸除氧的优缺点	113
(四) 解吸除氧的运用	114
四、 化学除氧	114
(一) 钢屑除氧	114
(二) 加反应剂除氧	116
五、 电化学除氧	119
(一) 电化学除氧的原理	119
(二) 电化学除氧器的结构	120
(三) 电化学除氧的特点及应用	123
习题	124

第二篇 锅炉水分析及化学基本概念

第五章 水分析药品及其配制	125
---------------------	-----

一、 药品的分子式及分子量	125
二、 酸、碱、盐	127
(一) 碱	127
(二) 酸	128
(三) 盐	129
三、 水分析常用化学药品	130
四、 水分析常用仪器的准备及使用	132
(一) 容量瓶	132
(二) 吸管	132
(三) 滴定管	133
(四) 量筒	135
(五) 容量器皿的洗涤	135
五、 溶液的浓度	135
(一) 百分浓度	135
(二) 克分子浓度	136
(三) 当量浓度	137
(四) 分析中常用的另外几种表示浓度的方法	140
六、 试剂的计算及配制方法	142
(一) 百分浓度溶液的配制	142
(二) 当量溶液的配制	143
(三) 根据化学方程式的计算	144
习题	148
第六章 锅炉水质指标及水质标准	149
一、 水中杂质存在的形式	149
(一) 粗分散杂质	149
(二) 胶体物质	149
(三) 真溶液物质	149
二、 水质指标	150
(一) 表示单独化合物或离子的含量的指标	150
(二) 技术指标	151

(三) 水质指标常用的单位	153
三、 水垢的形成、性质及危害	155
(一) 水垢形成的内因及外部条件	155
(二) 水垢的种类及性质	156
(三) 水垢的危害	157
四、 腐蚀及其影响因素	157
(一) 局部腐蚀及晶间腐蚀	157
(二) 电化学腐蚀的原理	158
(三) 水质对于锅炉腐蚀的影响	161
五、 发沫及汽水共腾	163
六、 锅炉给水及炉水标准	164
(一) 给水及炉水标准的制定	164
(二) 给水及炉水标准	165
(三) 炉水的相对碱度	166
七、 锅炉排污	167
习题	169
第七章 水质分析方法	170
一、 碱度的测定(容量法)	170
(一) 测定碱度的原理	170
(二) 分析方法	173
二、 氯离子的测定(容量法)	176
(一) 测定氯离子的原理	176
(二) 分析方法	177
三、 硬度的测定(络合滴定法)	179
(一) 测定硬度的原理	179
(二) 分析方法	182
(三) EDTA 的配制与标定	183
四、 溶解氧的测定(两瓶法)	185
(一) 测定溶解氧的原理	185
(二) 分析方法	187

(三) 硫代硫酸钠及碘标准溶液的配制与标定	190
习题	194

附 录

一 几种元素的原子量及常用化合价	195
二 用盐酸加“02-钢铁缓蚀剂”清除锅炉水垢	195
三 交流外绕式磁水器的设计计算及例题	199
四 离子交换器的选择设计计算及例题	204
五 溶解氧的测定(靛胭脂比色法)	207
六 磷酸根的测定(偏钒酸铵法)	213
七 酸、碱标准溶液的配制与标定	214
八 水分析常用化学药品	219

第一篇 锅炉水处理

第一章 小型锅炉的水处理

一、概 述

在我国，蒸发量为2吨/小时以下的小型锅炉数量很多，根据西安市锅炉资料，按台数计算这类锅炉占85%左右，上海市一次锅炉会战就淘汰了两千台“煤老虎”，都是小炉子。这些小型锅炉包括很多旧式火筒、火管锅炉，也有一些是新装的立水管式或快装锅炉。过去旧式小型锅炉一般给水都不经过处理，往往结垢很厚，不仅费煤，而且要常停炉清垢，有时还要酸洗，既费劳力，又不经济，甚至因为水垢危害锅炉而造成事故。尤以快装锅炉的采用，以及不少旧式锅炉改装为快装锅炉，使小型锅炉的水处理日益成为急需解决的问题。

小型锅炉房对水处理设备有其特殊要求，这就是：

- 1) 方法简单，设备投资小，易于采用；
- 2) 最好不需要经常化验，否则要另设化验设备及人员；
- 3) 对水质要求较低，目前主要要求不结硬垢。

往往在中型或容量较大的工业锅炉上行之有效的水处理方法，由于上述要求的限制，而不能在小型锅炉上大力推广。

为了解决这个问题，广大工人及技术人员，创造了不少简易水处理方法。这些方法已在各地逐步推广，在使用中也有所改进。实用的结果说明，这些方法虽然有些在其原理上尚未摸索清楚，但是其实际效果则是肯定的。当然还有些方法

• 1 •

尚待进一步试用和研讨。

本章我们在总结一些小型锅炉房水处理经验的基础上，介绍一些用于小型锅炉的水处理方法。

二、炉内水处理

(一) 石墨法

将石墨粉随锅炉上水加入锅炉，以防止结垢。此方法由北京开始使用推广，在东北、华北、西北等地区有很多锅炉房都先后采用，普遍反映效果良好。这些锅炉房的锅炉，不仅有旧式火筒、火管锅炉，而且也有改装的三回程的回火管快装锅炉。这些锅炉房，经石墨处理后，运行半年或一季度，锅炉内壁上仅挂一层1—2毫米松软的石墨及水垢混合的杂质，用水冲洗或扫刷即可脱落。石墨法操作简便，几乎不需要什么设备费用。

采用石墨法后的蒸汽可以直接用于医药、开水、蒸饭、酿酒、做豆腐而无毒害。西安油脂厂用此蒸汽直接加热而酿的酒和做的豆腐，经西安市防疫站鉴定，确认无毒，可以饮食。有些浴室附设的蒸馏水工厂，都反映用石墨法后，对蒸馏水的质量毫无影响。

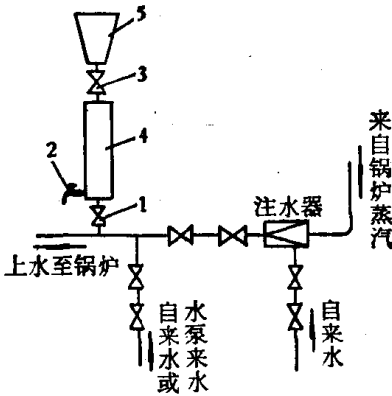


图 1-1. 投药装置示意图

投药装置十分简单，如图 1-1 所示，只需在上水管装一支管，在支管上接阀门 1，阀门 1 上装一段直径为 108 毫米左右的

钢管 4, 钢管两端封死, 在其上接有水管与阀门 3 相连。在钢管底部装有放水活栓 2, 放存水用。阀门 3 上焊一个加石墨的漏斗 5。

投药装置最好装于注水器之后(如图 1-1 所示), 因为这样不易堵塞注水器。若注水器离锅炉太近, 投药装置必须装于注水器之前时, 则应使石墨先制成稀浆液再经注水器, 这样就不致堵塞。

操作时, 先关阀门 1, 然后打开阀门 3 及放水活栓 2, 将存水排尽; 关放水活栓 2, 从漏斗 5 加入适量石墨粉; 关闭阀门 3, 再开阀门 1。

一般多为一个班(八小时)加一次石墨粉, 加石墨前先行锅炉排污, 加石墨后立即上水。石墨要求含碳量在 67% 以上, 颗粒大小最好在 140 目以上, 100—120 目也可使用。每个班石墨粉加入量, 根据原北京市节约煤炭办公室的资料按下列公式计算:

$$\begin{aligned} \text{石墨粉用量(克)} &= \text{锅炉蒸发量(吨/小时)} \\ &\quad \times \text{用水硬度(德国度)}^{1)} \\ &\quad \times 3(\text{克/吨} \cdot \text{度}) \times 8(\text{小时}) \end{aligned}$$

采用石墨法时应注意如下问题:

- 1) 在锅炉里有黑色石墨及泥渣沉积物时, 必须加强排污;
- 2) 加石墨粉量要适当, 加得过多不仅浪费石墨, 而且会造成过多沉积物;
- 3) 直接用蒸汽加热饮食品或吹开水时, 锅炉水位不能过高, 否则蒸汽容易夹带含有石墨的炉水, 而使饮用水微带灰色, 甚至有石墨沉积;

1) 以下硬度或碱度单位以“度”表示而未注明者均为德国度。

4) 加石墨粉的上水管, 不要有支管连至其他自来水用户, 否则加石墨粉后其他用户自来水中常会带有石墨粉。

(二) 柞木法

柞木法有将柞木直接放入锅炉内, 或把柞木放在热水箱(回水箱或给水箱)中浸泡两种方法。

将柞木放于锅炉内时, 应先将柞木去皮, 按锅炉长度情况截成小段, 顺年轮纹劈成直径为 60—100 毫米的长条, 用铁丝捆成小捆, 扎于锅炉内。使用量及使用期限与锅炉种类, 有无水垢、有无回水有关, 根据实用情况, 可参考表 1-1。

表 1-1. 柞木使用量及使用期限

锅炉类型 及特征	水垢厚度 (毫米)	每次使用量 (公斤/吨)		使用 次数	每次使用期限(日)	
		使用回水	不用回水		使用回水	不用回水
卧式火筒锅炉等水容量大、蒸发量低的锅炉	无水垢	2	2		5	2—3
	1—3	4	6		2	2
	4—6	6	8	2—3	2	2
立式横火管、直水管分联箱、K型等水容量小、蒸发量高的锅炉	无水垢	8	12		5	2—3
	1—3	12	25	1	2	2
	4—6	25	30	2—3	2	2

用热水浸柞木的方法, 柞木可不去皮, 柞木长度及粗细就不象放于锅炉内那样要求严格。热水水温最好在 60℃ 以上, 至少应保持 40—50℃。若水箱中水温过低, 可向水箱中通入蒸汽加热。柞木装入量为每吨水箱水容量用 40 公斤左右, 每三个月更换一次柞木。

将柞木放于锅炉内, 更换柞木时要停炉, 并且放置不当有可能影响锅炉水循环, 故采用热水浸泡法较好。柞木法只适

用于压力为 13 公斤/厘米² 以下的火管锅炉及类似表 1-1 所列的水管锅炉。

柞木法的效果较显著。用柞木法仍结 2—3 毫米黄色水垢，垢松软能用水冲掉或刮掉。但蒸汽有难闻的馊味（在新加柞木时较浓，以后气味逐渐变淡），蒸汽吹的开水稍带苦味。因此，做蒸馏水、药用水及饮食用的锅炉不宜用柞木法。

柞木法防垢的原理，就是由于柞木中含有单宁（苯鞣酸）、磷酸化物及醋酸化物。单宁是有机胶，又名栲胶，溶于水成胶体状态，其作用是：

1) 在金属表面上形成绝缘层，使金属表面与形成水垢的盐之间的静电吸引作用完全或部分停止。

2) 有机胶体包围于钙盐（硫酸钙和碳酸钙）质点的外层，使其易生沉淀。

3) 碱性溶液中，有机胶体能与氧结合，有防腐蚀的作用。

磷酸化物的作用是将老垢溶掉，能除硬度；生成保护层，防止气体腐蚀；磷酸根（ PO_4^{3-} ）附着于金属表面防止苛性脆化。关于这方面的原理，以后还要详叙。

醋酸化物的作用是使水垢中的钙（ Ca^{++} ）、镁（ Mg^{++} ）离子形成可溶性盐类，故可使垢松软脱落。

除柞木外，凡含有上述各种物质较多的植物，如赤杨木、棉杆皮（含单宁 10—15%）、红树皮（刺梅花根）、柳树皮、橡子皮、向日葵秆、土豆、红薯、柿子皮都可采用。

北京原煤炭工业部科学研究院，曾对北京附近的柞木进行分析，其结果见表 1-2。

从表 1-2 可以看出，新柞木比老柞木单宁含量高三倍以上，尤其树皮浸取的含量特别高；灰份高的磷化物含量也高。

生长于山南面朝阳的小叶柞，比生长于山北面背阳的大叶柞单宁含量高；年轮多的柞木单宁含量比年轮少的多。总

表 1-2. 北京附近柞木组成

项 目	怀 柔 新柞木 (带皮)	兴 隆 新柞木 (带皮)	兴 隆 老柞木 (带皮)	兴 隆 新 皮	兴 隆 老 皮
原木水份, W^a (%)	13.25	13.20	10.94	16.24	10.47
干基灰份, A^c (%)	0.95	1.19	1.06	3.62	4.43
干基磷份, P^c (%)	0.022	0.024	0.023	0.033	0.039
磷, 按 $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ 计 (%)	0.28	0.30	0.28	0.41	0.48
总收敛性物质(干基, %)	4.15	3.44	1.44	—	—
单宁(干基, %)	2.36	2.18	0.60	—	—
几次浸取单宁结果(%)	—	0.48	0.43	3.00	2.65
一次		0.19	0.10		
二次					
浸液氢离子浓度(pH 值)	3.8	3.8	4.1	3.8	4.1

之,以年轮在 10—14 年的新砍的带皮树干为最好。

我国柞木的资源很丰富,是一种有效而简便的水处理材料。

(三) 菸秸法

菸秸中含有菸碱(尼古丁)、单宁、磷酸盐、淀粉、有机酸及胶质等物质。将菸秸包扎成捆放于锅筒内,或采用将菸秸浸泡后的水送入锅炉以防止结垢,其原理基本上与柞木法相同,东北地区使用较多。

菸秸中含有有机胶及磷酸盐,故不仅可以防止锅炉结硬垢,而且还有防腐蚀的作用。因此有的热水锅炉房,就采用菸秸水处理作为热水锅炉及热水管网防腐蚀及防垢的方法。

菸秸的用量在一般给水硬度为 10—14 度时,蒸汽锅炉每吨/小时蒸发量加 30 公斤,约用 50 天;热水锅炉每 60×10^4 千卡/小时产热量装入 30 公斤,可用一个采暖期。

蒸汽锅炉用菸秸水处理时,和柞木法相似,系用细的金属丝网将菸秸扎成捆,放在锅筒的容水空间中,也可浸在给水箱

中。热水锅炉则可在热网回水进入循环水泵之前。图 1-2 所示，即为热水锅炉采用菸秸水处理的系统及设备原理图。图中 1 为内径 $\phi 750$ 毫米的外壳；2 为钻有很多 $\phi 8$ 毫米孔的底板，底板上

有 29 个盛菸秸的开口小盒，盒为圆形，有底无盖，在侧面及底上都钻有很多 $\phi 5$ 毫米的孔，孔间横向及纵向间距均为 20 毫米。盒在底板上分为 5 层放置，第 I, II, III, IV 层每层放 7 个小盒，放置方法为靠四周放 6 个，中心放 1 个，靠四周放置的小盒，上下两层之间互相错开。第 V 层，即回水入口处，放 1 个小盒。

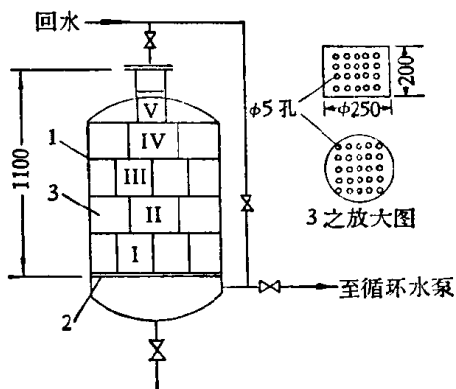


图 1-2. 菸秸水处理

1—— $\phi 750$ (内径) 外壳；2——钻有很多 $\phi 8$ 毫米孔的底板；3——盛菸秸开口小盒 29 个。

第 V 层，即回水入口处，放 1 个小盒。

经菸秸水处理的热水发黄，有气味，因菸秸中所含尼古丁有毒，故其蒸汽或热水都不能食用；蒸汽锅炉要运行 10—15 天以后，其蒸汽才能用于生活。

(四) 加防垢剂法

在锅炉内加入防垢剂，使进入锅炉的给水中的硬度物质不结硬垢，而变成沉渣加以排除。防垢剂有制成的成品，也可自行配制。防垢剂的成分主要分为两类：

1. 钠盐。如磷酸三钠、磷酸氢二钠、碳酸钠及氢氧化钠等，前三种最常用。加入碳酸钠及磷酸三钠或磷酸氢二钠使炉水中保持一定的 CO_3^{2-} 或 PO_4^{3-} 。水中有很多正负离子，因而