

50982



鍋爐用水

(增訂本)

薛本東編著

上海中外書局出版

2
2

2436

50382

5842

4455.2

K.3

水 用 爐 鍋

(增訂本)

薛本東編著

上海中外書局出版

鍋 爐 用 水

(增訂本)

編 著 者 薛 本 東

出 版 者 中 外 書 局

發 行 者 上海中山東一路18號

印 刷 者 春 明 印 書 館

上海新昌路481弄2號

版權所有 ★ 不可翻印

書號: 0029 開本: 787×1092, 1/25 印張: 6²/₂₅

字數: 117 千字 定價: 一元

1954年1月第一版第一、二次印刷 累計印數 0001—2500冊

1955年6月第二版第一次印刷 印 數: 2501—3500冊

再 版 序

在蘇聯的無私援助下，我國的技術不斷地提高，我們每個工作者都有這樣的體會，因此我們不能停留，更不能保守，應該在每一項工作中進行檢查，吸取先進的，棄去落後的。這本小書，自出版後蒙讀者的愛護，提供許多寶貴的意見，除謹向各位讀者致謝外，進行修訂。但是科學技術是日益發展的，著者在這方面還是很幼稚的。然而、有信心，與大家共同學習，為祖國建設盡一分力量。

更希望讀者們，今後能更多提意見。

薛 本 東

一九五四年十一月於蘇州

序

在鍋爐設備運行的管理工作中，化學水處理是非常重要的，在新型的動力部份，水的處理工作，隨時可以知道全部運轉過程中的化學情況，化學車間隨時可以指導調節，水、汽、溫度。並且可以解決鍋爐的結垢問題，提高熱效率，增加運轉的安全可靠性。蘇聯專家說：“化學試驗與熱力儀表是發電廠的一對眼睛”。特別是在中央燃料工業部電業管理總局召開了全國電業熱效率會議作出了決定之後的今天，我們爲了祖國的建設，是更應該重視的。

本書的出版主要是介紹一些水在鍋爐設備運行中的情況，由於著者在技術上和理論上是比較幼稚的，同時在工作之餘寫成，因此內容方面是不够豐富，並且錯誤也難免的，希望讀者指正。

本書原稿承陳同素先生校閱，插圖由孫君毅同志繪製謹此誌謝。

薛本東

1953年10月於北京

目 錄

再版序

序

第一章 緒論 1

- 一、水源之分類 二、水中一般雜質 三、水中雜質對加熱的影響
- 四、水中雜質對鍋爐運轉的影響 五、水中溶解的氣體及其害處
- 六、水中的有機物質及游離酸類 七、給水處理的目的和方法

第二章 硬水與軟水 5

- 一、硬水 二、水垢的形成及其弊害 三、防止水垢的方法及軟水

第三章 過濾 8

- 一、沉澱與凝聚 二、凝聚的作用 三、凝聚劑加入的數量 四、沉澱設備
- 五、進水管、出水管及排水管的佈置 六、凝聚劑之準備及管制
- 七、緩濾法 八、緩濾池之建築及運用 九、過濾

第四章 快濾池 13

- 一、快濾池與緩濾池之不同 二、快濾池之建築 三、沙濾池之應用材料
- 四、快濾池之運行 五、快濾池運行注意事項 六、渾濁度的測定

第五章 化學處理 17

- 一、化學處理法 二、外部處理 三、石灰水軟化 四、純鹼軟化
- 五、燒鹼軟化 六、內部化學處理的必需條件 七、爐內處理用化學藥品

第六章 化學處理水質之裝置設計 21

- 一、冷水過程石灰-純鹼間斷式軟化 二、熱過程連續式化學軟化
- 三、鍋爐給水化學處理用藥的計算 四、用磷酸鈉進行鍋爐內部處理的原理
- 五、磷酸鈉加入量與硬度及其他有關條件 六、磷酸鈉加入的方法及裝置

第七章 沸石軟化 27

- 一、沸石軟化的理論 二、沸石的種類 三、合成沸石 四、合成沸

石的工業製造 五、氫沸石的試驗 六、沸石軟化器 七、合併軟化的裝置 八、軟化器的設計 九、軟水劑檢驗法

第八章 水改器軟化法 35

一、水改器對水垢作用的原理 二、水改器的功效 三、水改器的構造 四、水改器的應用

第九章 給水裝置及放水量的討論 38

一、水中砂質的去除 二、蒸發器 三、蒸發器的運用 四、預熱器 五、鍋爐放水 六、放水方法及影響放水的幾個因素 七、放水量的計算方法 八、連續排污法

第十章 水質中的氣體 45

一、水質中的氣體 二、氣體去除的原理 三、除氣器的分類 四、物理性除氣器 五、化學性除氣器 六、充氣法的原理

第十一章 除氧 49

一、除氧概述 二、凝結水與氧的關係 三、水的含氧量與其溫度壓力的關係 四、除氧器的設計構造安裝與運行 五、不加熱脫氣除氧法 六、亞硫酸鈉除氧

第十二章 鍋爐的腐蝕及苛性脆化 58

一、電化理論說明金屬的腐蝕 二、氧對金屬的腐蝕 三、二氧化碳對金屬的腐蝕 四、氮引起的腐蝕 五、硫化氫引起的腐蝕 六、酸性物引起的腐蝕 七、水對鋼及熟鐵的腐蝕作用 八、銅在鍋爐中的腐蝕 九、苛性脆化的現象 十、苛性脆化的防止 十一、苛性脆化檢驗器及其裝置 十二、苛性脆化檢驗器試驗程序

第十三章 泡沫及汽水共騰 66

一、發生的原因及其弊害 二、防止方法

第十四章 試樣之採取 68

一、水樣的採取 二、採樣的設備 三、採樣 四、水樣採取後的處理

第十五章 水的化驗 71

一、化驗的要求 二、鍋爐水的分析 三、鍋爐給水與凝結水的分析 四、蒸汽化驗 五、其他分析項目

第十六章 試劑的配製.....103

一、鹼度測定用試劑 二、硬度測定用試劑 三、氯根測定用試劑
四、硫酸根測定用 五、砂量測定用 六、pH 值測定用 七、測定
二氧化碳用 八、測定亞硫酸鹽用 九、測定磷酸根用 十、測定
溶解氧用 十一、測定鐵用 十二、測定亞鐵用 十三、測定鋁用
十四、測定鈣用 十五、測定鎂用 十六、測定鈉用 十七、測定高
錳酸鉀消耗量 十八、測定硝酸根用 十九、測定亞硝酸根用

第十七章 水質標準及其他.....115

一、低磅爐水質標準草擬 二、低磅爐給水標準草擬 三、高磅爐
水質標準草擬 四、高磅爐給水標準草擬 五、凝結水標準草擬
六、飽和蒸汽標準草擬 七、鍋爐停爐時的注意 八、水質及蒸汽
分析範圍和次數草擬 九、根據化驗結果測定水質的情況

第十八章 蘇聯自動測鹽計的介紹.....119

一、蒸汽中含鹽量的測量的重要 二、水中含鹽量與導電的關係
三、測量含鹽量的原理 四、蘇聯電氣型自動測鹽計的電氣接線
五、記錄機構的概況

第十九章 蘇聯自動測氧計的介紹.....122

一、給水中含氧量測量的重要 二、蘇聯自動測氧計的構造原理
三、自動測氧計的接線

附表一 鍋爐給水化驗及處理常見的化學元素

附表二 鍋爐給水在化驗及處理時常見的酸及酸根

附表三 常用化學藥品的分子量和當量

附表四 水質分析元素因數表

附表五 由 e.p.m. 變為 p.p.m., 及由 p.p.m. 變為 e.p.m. 的因數表

附表六 15°C 時石灰漿中 CaO 的含量

附表七 15°C 時食鹽溶液的比重及含有 NaCl 的百分數

附表八 純鹼溶液的濃度

附表九 15°C 時苛性鈉溶液的比重

附表十 硫酸的濃度

附表十一 鹽酸的濃度

原子量表。 參考書籍。

第一章 緒論

在日常生活中,水的用途甚廣。除作為家庭用水之外,工業上用之尤廣,如機械之推動,熱能之傳遞以及用以溶解他種物質,藉其借助與另一物質起作用等。

一、水源之分類



由於水的來源不同,因此其純度亦各異。雨水雖比較純淨,然每將大氣中之氣體吸收至飽和點,並亦含有礦物質和有機物,因其雨滴之形成,係藉空氣中之塵粒為組成核心。

水的來源,雖分有地面水與地下水之別,然而土壤、岩石等均有被溶解之可能。因此,地面水如河道之水,對水流經過時所接觸的土壤、岩石等均有相當關係。我們工廠用水,對水的純淨要求,必須根據各方面而定。

二、水中一般雜質

氣體: CO_2 , N_2 , O_2 (腐蝕), CH_4 , H_2 (腐蝕)

酸: CO_2 , H_2SO_4

鹽類：鹼性 CaCO_3 , MgCO_3 , NaCO_3 形成水硬之主要成分
 CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , Ca
 $(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, Fe_2O_3 , SiO_2 , Na_2SO_4 , NaCl 。

三、水中雜質對加熱的影響

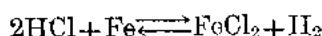
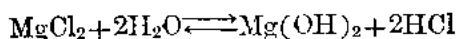
水中含有礦質入鍋後，在高溫高壓狀態下蒸發時，碳酸鹽類首先沉澱，次為硫酸鹽，由於硫酸鹽具有膠黏性，因此與碳酸鹽沉澱物混合後，即沉黏於鍋壁及鍋管上而形成水垢。水垢生成後，對燃燒的熱效率頗有關係，每因水垢的厚度而對燃料之損耗增大，甚至到危險的最大程度時釀成爆炸的禍害。

水垢對熱效率的損失

水垢性質	厚度 (公厘) m/m	主要成分	燃料燃燒之損失%
硬	0.50	碳酸鹽	5.4
軟	0.78	碳酸鹽	7.2
硬	0.78	碳酸鹽	8.5
軟	1.02	碳酸鹽	8.0
硬	1.02	硫酸鹽	9.3
硬	1.25	硫酸鹽	11.1
軟	1.70	硫酸鹽	10.8
硬	1.70	碳酸鹽	11.0
軟	2.03	碳酸鹽	15.0
硬	2.73	硫酸鹽	15.9

水中含有氯化鎂，氯化鈣，有機酸，無機酸或溶有 CO_2 及 O_2 時，極易助長腐蝕，因而引起事故及減低鍋爐使用壽命。

氯化鎂受高壓分解後，生成鹽酸，腐蝕鍋爐，其反應如下：



或
$$\text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$$

水中含有雜質時，在蒸發過程中，可能發生氯氣、亞硫酸氣、二氧化

碳氣等，與蒸氣混合後，引起泡沫現象及汽水共騰現象。

四、水中雜質對鍋爐運轉的影響

(1) 懸浮固體 一般懸浮固體之主要者，為污泥及工業廢棄物等，若大量存在時不宜充作鍋爐給水。因為此項雜質與鎂、鈣鹽類的沉澱物結合後，極易直接助長水垢的生成。假使主要的雜質是工業廢棄物，更可使鍋爐內部金屬表面腐蝕，懸浮固體顆粒細微時，更能引起泡沫現象及汽水共騰現象。

(2) 鈣鹽 水中所含鈣鹽為碳酸鈣、重碳酸鈣、硫酸鈣、氯化鈣及硝酸鈣等，其中以碳酸鈣為主。碳酸鈣在純粹的水中很難溶解，但其溶解度隨着水中所含 CO_2 量而變動。

(3) 鎂鹽 水中所含鎂鹽為氯化鎂、硫酸鎂等，其中以氯化鎂為主，氯化鎂極易溶於水中，在高溫高壓下易產生鹽酸，直接增強水的腐蝕性，其反應如前述。

(4) 矽類物質 氧化矽及矽酸鹽等，氧化矽在冷水中不易溶解，成懸浮狀態存在，氧化矽積聚而成為硬壳，與硫酸鈣一樣不易除去。

(5) 鈉鹽 水中存在的鈉鹽，為氯化鈉、碳酸鈉、重碳酸鈉、硫酸鈉、及硝酸鈉等。

水中所含氯化鈉，雖然在鍋爐內部不足以形成硬壳，但是與硫酸鎂反應，易發生氯化鎂，因而增加爐水之腐蝕性。碳酸鈉在鍋爐中雖不能產生硬壳，但過量的碳酸鈉能使爐水表面發生泡沫及汽水共騰現象。在高溫高壓下，起水解而成氫氧化鈉，使鍋爐金屬的接合處易生苛性脆化。硫酸鈉在水中含量少時，運用時不發生困難。假若較多，則隨同蒸汽共進，積附在透平機前的主汽閥及最初道輪葉上。

五、水中溶解的氣體及其害處

(1) 氧氣 氧氣能溶於水，鍋爐金屬及爐管表面常因之而腐蝕成

空槽狀，或成螺狀物而內陷。同時與蒸汽共進入透平機時使葉子腐蝕或生紅色氧化物而使葉子破壞。

(2) 二氧化碳 二氧化碳溶於水內，爐水鹼度過低時引起腐蝕。

(3) 硫化氫 溶解於水中，增加水的腐蝕性。

六、水中的有機物質及游離酸類

水中含有機物質，以地面水比地下水為多，有機物質之主要者為工業廢料與藻類物質及垃圾。能增加水的腐蝕性，若同時有鈉鹽存在，則鍋爐在運行時，水面易引起泡沫及汽水共騰現象。

水中所含的氯化鎂、硫酸鹽以及重碳酸鹽在高溫下常分解為游離酸類，增加水質之腐蝕性。

若在水中有油質存在時，則容易在鍋爐中引起泡沫及汽水共騰現象。

七、給水處理的目的和方法

蒸汽動力廠對水質處理的目的，根據各各不同，使防止其所易發生的：

- | | |
|----------|----------|
| (1) 水垢 | (2) 腐蝕 |
| (3) 蒸汽攜帶 | (4) 苛性脆化 |

根據各廠弊害之程度給以適當的處理。其處理之方法應根據所用水質，給水處理設備，運行條件等，進以適當的方法，沒有一定的規定。但其常用方法：

- | | |
|------------|------------|
| (1) 過濾 | (2) 化學軟化 |
| (3) 沸石軟化 | (4) 加熱處理 |
| (5) 除氣 | (6) 充氣 |
| (7) 鍋爐內部處理 | (8) 水改器軟化法 |

第二章 硬水與軟水

一、硬 水

水中含有鈣、鎂的碳酸鹽、重碳酸鹽及硫酸鹽等礦物質的，統稱之為硬水。硬水分有暫時硬水和永久硬水。暫時硬水係水中含有鎂、鈣的重碳酸鹽或碳酸鹽，在 100°C 以上可以沉澱去除者。永久硬水係水中含有鎂、鈣的硫酸鹽、氯化物、或硝酸鹽不易沉澱析出者。

區別水質軟硬時，各國均有獨自的標準，我國所用之標準，根據各地工業情況不同，有用德制，亦有用英制。無論何種水質的硬度標準，均以水中礦物質重量而定。國際間表示水質硬度有下列三種：

(1) 德制 以100立方公分水中含有氧化鈣(CaO)1毫克為1度，每增加1毫克即增加1度。

(2) 英制 以70立方公分水中含有碳酸鈣1毫克為1度，每增加1毫克即增加1度。

(3) 法制 以100立方公分水中含有碳酸鈣1毫克為1度，每增加1毫克即增加1度。

硬度之換算：

$$\text{德制 1 度} = \text{英制 } 1.225 \text{ 度} \approx \text{法制 } 1.75 \text{ 度}$$

水質軟硬之一般區別：

1. 極軟水	德制全硬 4 度以下
2. 軟 水	德制全硬 4—8 度
3. 硬 水	德制全硬 8—30 度
4. 極硬水	德制全硬 30 度以上

二、水垢的形成及其弊害

硬水不經軟化處理而用作鍋爐給水，在鍋爐中高溫蒸發下，水中所含的鈣、鎂的碳酸鹽、重碳酸鹽及硫酸鹽等，因溶解度減低而沉澱析出。此項沉澱物與水中的懸浮固體如泥漿等凝結附着於鍋爐內部之鍋壁及管壁上形成水泥一樣的硬壳，就是水垢，俗稱水筍。在鍋壁管壁有水垢存在後，再不加以去除，繼續運行，同時所用鍋爐給水還不設法給以適當處理使其軟化，則將引起不良的後果如下：

- (1) 水垢生成後，其附着於鍋壁或管壁上，因為它是不良的導熱體，傳熱效力因此減低，而蒸發量減少，使增加燃料消耗。
- (2) 水垢厚度逐漸增加，爐管口徑縮小，增加爐水循環阻力，容易使爐管局部過熱而燒彎或損壞。
- (3) 必須時常清理，增加維護檢修費用，同時縮短鍋爐使用壽命。
- (4) 檢修時增加人工，減少鍋爐運行時間，影響生產。

三、防止水垢的方法及軟水

水垢的產生係鈣、鎂鹽類在鍋爐內高溫下沉澱析出，黏積於爐壁爐管之受熱表面。為了防止水垢之發生或減小其生成量，應盡力使鍋爐用水的硬度降低，在用水未進入鍋爐之前加入某種化學劑使其含有之礦物質沉澱析出，或用沸石將鈣、鎂元素替換，轉成對鍋爐金屬無害之化合物，使水質極軟而在硬度2度以下或以水改器使礦物質的結晶軸破壞，而將沉澱粒變小而鬆。根據水質的具體情況施以各種處理。一般處理方法略述如下。

(1) 預熱法 預熱可使水中溶解之氣體析出，及去除暫時硬度，如水中之重碳酸鹽遇熱即可沉澱析出，其反應如下。



(2) 化學法 水中所含重碳酸鹽，除用上法可以去除外，尚可用下列方法：

1. 消石灰法
2. 碳酸鈉法
3. 苛性鈉法

(3) 沸石軟化法

(4) 水改器軟化法

鍋爐用水在外部進行處理軟化後，可能還存在着微量的鈣、鎂鹽類。在此種狀況之下連續不斷地進入鍋爐，在鍋爐的爐壁或爐管之金屬受熱面上亦能結成水垢，因此為輔助外部處理之不足，在鍋爐內部亦可再進行化學處理，使能生成水垢的鹽類，轉成不沉澱化合物或游離渣。

上述各法，將在後面分章討論，此處從略。

鍋爐管受熱，表面已經積有相當厚度的水垢時，在停火檢修時，可用水鑽使其去除。

除上述之各法外，尚有物理性的方法，在檢修時將鍋爐內壁及爐管內壁清除後，塗以耐熱黑漆可使水垢結成質鬆易除的硬塊，隨放水而去除。

自然界之水經過處理，使其礦物質除去，至其德制標準硬度為4度時，亦即是暫硬及永硬去除，而可稱之為軟水。

第三章 過濾

一、沉澱與凝聚

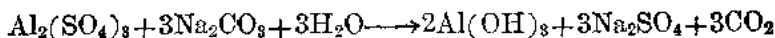
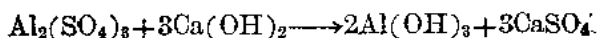
沉澱係採取水中懸浮體經相當靜止時期，使其沉澱集積於底部而上層獲得澄清之方法。但水中懸浮體之沉澱與其比重、形狀、水的黏度、溫度、以及阻力流速有相當關係。一般懸浮體如砂及土之微粒，其比重約為 2.6 左右，故水在某種流速時，可挾帶而行，水流減低或使其靜止，則即下沉。重量與直徑之平方成正比例；而其表面積及阻礙下沉之力，僅與其直徑之平方成正比例。

水質經沉澱過濾後，尚可能有部分微細粒子仍留存水中，在沉澱方法的條件下不能除去時，必須考慮作進一步的處理，如加入有凝聚性的化學劑，使懸浮微粒凝聚集積成為較大顆粒而得以沉澱過濾。

二、凝聚的作用

凝聚的化學作用，如以明礬（硫酸礬土）作為凝聚劑時，其與水中所含的鹼質起反應結果，生成膠性的氫氧化鋁，再由氫氧化鋁與水中懸浮物質凝聚而沉澱。水質為酸性時或接近中性時，加入明礬的結果，產生能溶於水的化合物。

水質在自然酸值（pH 值），以明礬作凝聚劑，生成氫氧化鋁及硫酸，而硫酸與鹼度起反應，生成硫酸鈣及二氧化碳，在通常須同時加入氫氧化鈣或碳酸鈉以中和水中由硫酸鋁所引起的酸性。



鋁酸鈉亦可為凝聚劑，其與水中重碳酸鈣首先反應將碳酸鈣沉澱

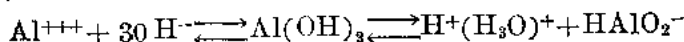
析出，並生成氫氧化鋁。氫氧化鋁能將碳酸鈣及懸浮體凝聚成體積較大的粒子，而得下沉。但是以鋁酸鈉作為凝聚劑時，當水中同時有氧化矽存在時進入鍋爐，在高溫下二者結合，附在管壁及鍋壁上形成堅硬的水垢。

三、凝聚劑加入的數量

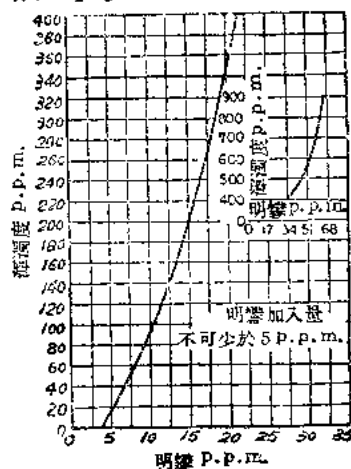
凝聚劑加入所需的份量是與水質的渾濁度、懸浮粒子的大小、水的溫度等有關。一般明礬的加入量以不少於 5 p.p.m. (註)，否則不足以形成過飽和狀態（產生沉澱的條件）。明礬與水混合時的速度最好在 0.15 ~ 0.3 公尺/秒，時間則在 10 ~ 30 分鐘之間。

依據一般情況，明礬之加入量可參照右圖一施行之。

但在加入明礬之同時，爲了要使沉澱滿意就必須設法維持一定的 pH 值，因爲明礬溶於水後，成氫氧化鋁，而氫氧化鋁係二性化合物，在酸性或鹼性中均能溶解，如下方程式：



假使在上面方程式中的作用偏向一邊，那末不但不能達到沉澱的目的，相反的，這種水質進入鍋爐後會造成不良後果。由於鍋爐中蒸汽不斷蒸發，爐水濃度相對增加，於是鋁游子將與其他鹽類成水垢結在汽鼓壁上、過熱汽管中、水位計上、甚至汽輪機的噴嘴及葉片上，成白色粉狀物。曾進行對加礬方面的研究，認爲加入明礬，要能使產生完全的氫氧化鋁沉澱，就需要一定的 pH 值，當然我們要使水質維持一定的 pH 值不是不可能，但是我們要考慮一個既經濟而有效果的東西，試驗結果認爲石



〔圖一〕 明礬加入量

(註) p.p.m. part per million 百萬分之一。