

工業用低壓鍋爐 水處理手冊

蘇聯 古爾奇 合著
徐 緒 璦 翻譯

燃料工業出版社

工業用低壓鍋爐水處理手冊

Справочник по обработке воды для промышленных котельных низкого давления

С. М. Гурвич
И. Ф. Шапкин 合著

徐緒瑗 翻譯

原出版者：蘇聯國家動力出版社(Госэнергоиздат)
(1950年莫斯科第一版)

燃料工業出版社(北京東長安街台基廠北口)出版 新華書店總經
版權所有・不許翻印

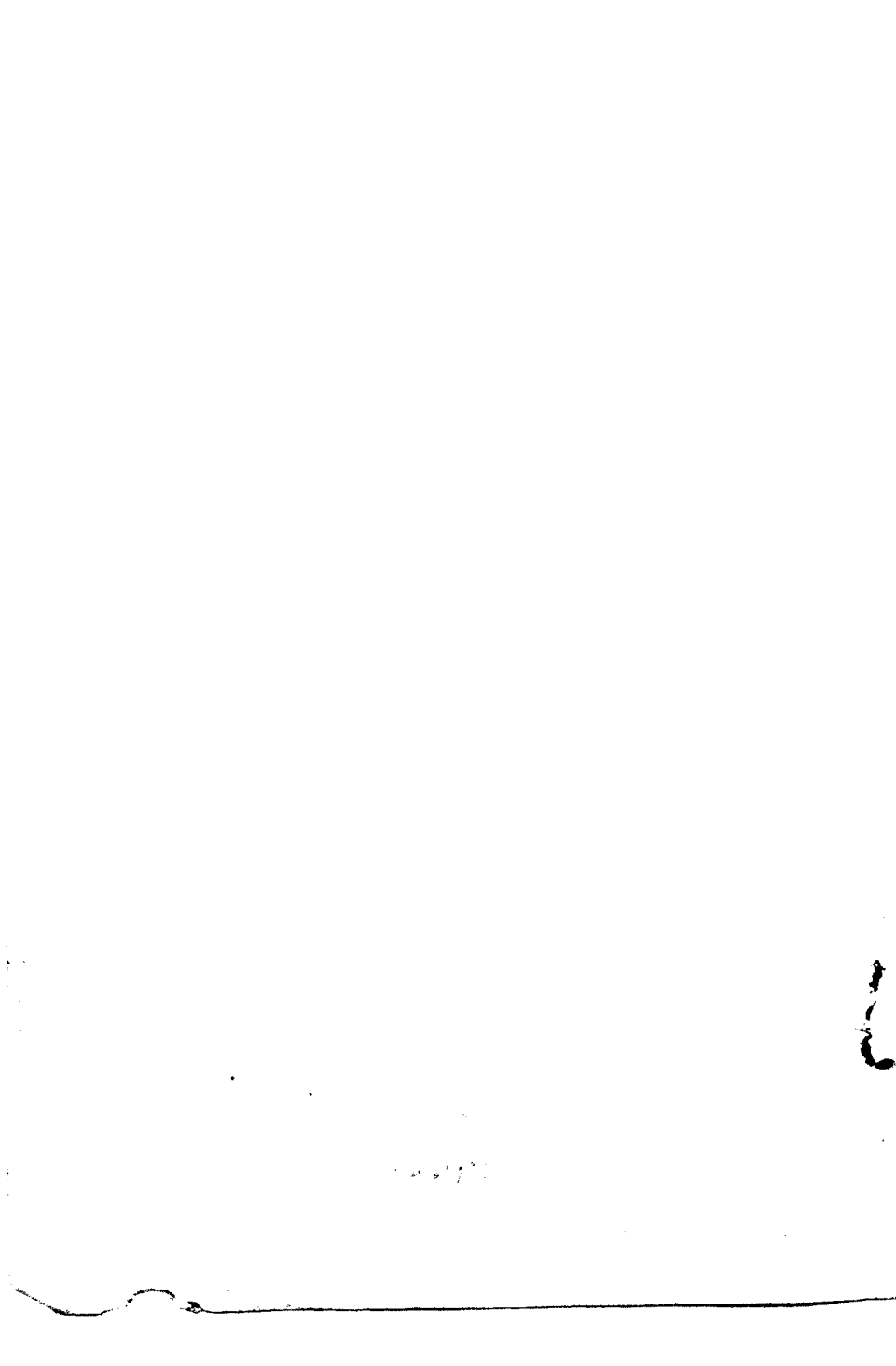
校對：符坤珍

一九五三年四月北京第一版(1—6,000冊)

每冊定價：4,000 元

原作者的話

本手冊主要係供工業用低壓鍋爐水處理方面的工作同志參考之用，因限於篇幅，必須將有關工業用鍋爐水處理設備的設計和運行等問題中最必需之資料加以壓縮，這對作者來講，的確是個難題。至於在這方面究竟作到怎樣程度，請讀者予以評定。如能提出寶貴意見，必將竭誠接受，並於重版時加以修正補充。



目 錄

原作者的話	4
第一章 水質的指標	5
1. 硬 度	5
2. 碱 度	6
3. 懸浮物	6
4. 固形物	6
5. 氧 化	6
6. 水的密度	7
7. 給水質量的定額(暫時的)	8
第二章 水處理	8
8. 清除工業用低壓鍋爐中結垢的主要方法	8
9. 水處理的方法	9
第三章 爐外水處理	9
10. 水中懸浮物的清除	9
11. 凝沉法	9
12. 石灰純碱軟水法	13
13. 離子交換軟水法	26
14. 除 氧	44
第四章 爐內水處理	46
15. 校正劑水處理	46
16. 沉澱劑的注入方法	51

17. 清除粘質物	55
附 錄	66

第一章 水質的指標

1. 硬 度

水的總硬度 H ，即在單位容積水內鈣及鎂陽離子的總含量，用單位「度」來表示，公式為：

$$H = H_{Ca} + H_{Mg},$$

$$H = H_K + H_H,$$

式中 H_{Ca} ——鈣的硬度；

H_{Mg} ——鎂的硬度；

H_K ——碳酸鹽的（暫時的）硬度；

H_H ——非碳酸鹽的（永久的）硬度。

碳酸鹽硬度係由溶液中重碳酸鈣 $Ca(HCO_3)_2$ 、重碳酸鎂 $Mg(HCO_3)_2$ 所構成；非碳酸鹽硬度則係由硫酸鈣、硫酸鎂、氯化鈣及氯化鎂（ $CaSO_4$ 、 $MgSO_4$ 、 $CaCl_2$ 及 $MgCl_2$ ）所構成。

蘇聯測量水的硬度所採用之「度」，等於每 1 公升水中含有 10 耗克的氧化鈣（ CaO ）。

第 1 表 蘇聯、英國、法國所採用硬度單位的相互關係

硬 度 單 位	硬 度 (度)		
	蘇聯所採用者	英國所採用者	法國所採用者
	100000 分的水中含有 1 分 CaO	1 英制加侖水中含有 1 格蘭* $CaCO_3$	100000 分的水中含有 1 分 $CaCO_3$
蘇聯所採用者.....	1.0	1.25	1.79
英國所採用者.....	0.8	1.0	1.43
法國所採用者.....	0.56	0.7	1.0

* 格蘭為重量單位，1 格蘭約等於 0.0632 克。——編者

2. 碱 度

水的總碱度 A ，也就是單位容積的水中所含有的氫氧根、碳酸鹽及重碳酸鹽陰離子的總含量。分開來說，水中所含有的氫氧根陰離子，名之為水化碱度，以 A_i 表示；含有的碳酸根陰離子，名之為碳酸鹽碱度，以 A_k 表示。含有的重碳酸根陰離子，名之為重碳酸鹽碱度，以 A_6 表示。

下列五個公式為全碱度及其組成分子間可能有的相互關係：

$$A = A_i, \quad A = A_i + A_k, \quad A = A_k,$$

$$A = A_k + A_6, \quad A = A_6.$$

水的碱度與硬度一樣，也是以「度」表示的。

3. 懸 浮 物

水中的懸浮物，亦就是在 105—110°C 時，遺留在水中不揮發並呈散亂狀態的物質。計算懸浮物以毫克/公升為單位。懸浮物的成分為礦物或有機物。

4. 固 形 物

水的固形物，就是當水蒸發後，遺留下來而不揮發的分子及膠質散亂狀態的物質，可以在 105—110°C 溫度下將其焙乾。計算全固形物以毫克/公升為單位。固形物的成分為礦質固形物及有機物。

5. 氧 化

氧化即水被有機物質所污濁的一種間接特性。它是

在 1 公升試驗水中，用於氧化有機物所需的氧或過錳酸鉀 (KMnO_4) 的耗克數來表示的。

6. 水的密度

溶液的密度利用比重計來測量。如比重計所測的溶液密度以 $^{\circ}\text{Be}'$ 來表示的話，那麼，比重 γ 可根據下列公式計算：

$$\gamma = \frac{144.3}{144.3 - ^{\circ}\text{Be}'} \text{ 克/立方公分,}$$

式中 $^{\circ}\text{Be}'$ —— 溶液的密度。

第 2 表 密度 ($^{\circ}\text{Be}'$) 與比重的換算表

$^{\circ}\text{Be}'$	比重	$^{\circ}\text{Be}'$	比重	$^{\circ}\text{Be}'$	比重	$^{\circ}\text{Be}'$	比重
0	1.000	1.4	1.010	2.7	1.020	5.0	1.037
0.1	1.001	1.5	1.011	2.9	1.021	6.0	1.045
0.3	1.003	1.7	1.012	3.0	1.022	7.0	1.052
0.4	1.003	1.8	1.013	3.1	1.023	8.0	1.060
0.6	1.004	2.0	1.014	3.3	1.024	9.0	1.067
0.7	1.005	2.1	1.015	3.4	1.025	10.0	1.075
0.9	1.006	2.2	1.016	3.5	1.026	15.0	1.116
1.0	1.007	2.4	1.017	3.7	1.027	20.0	1.163
1.1	1.008	2.5	1.018	3.8	1.028	25.0	1.220
1.3	1.009	2.6	1.019	4.0	1.029	30.0	1.263

第 3 表 各種物質 $1^{\circ}\text{Be}'$ 的等價表

$1^{\circ}\text{Be}' = \text{克/公斤}$		
苛性鈉	NaOH	6
碳酸鈉	Na_2CO_3	7
硫酸鈉	Na_2SO_4	8
氯化鈉	NaCl	10

7. 給水質量的定額（暫時約）

受熱面在 400 平方公尺以下，工作汽壓在 18 絕對大氣壓以下的工業用鍋爐，如具有爐內水處理時，則給水的總硬度不得超過下列數字：

（1）給水量大的鍋爐（參看48頁第28表），其給水的總硬度不得超過60度。

（2）給水量小，並且無水冷壁的鍋爐，則不得超過15度（舒赫夫柏林式鍋爐除外）。

受熱面小，工作汽壓在 22 絕對大氣壓以下的工業用鍋爐，如僅具有爐外水處理時，則給水的總硬度不得超過下列數字：

（1）無水冷壁的鍋爐，不得超過 1.5 度。

（2）有水冷壁的鍋爐，不得超過 0.3 度。

工業用鍋爐的給水中，潤滑油、石油等的含量不得超過 3—5 毫克/公升。

第二章 水處理

8. 清除工業用低壓鍋爐中結垢的主要方法

清除工業用低壓鍋爐中結垢的方法有二，一為爐外軟水法，另一為爐內水處理。

如鍋爐在運行中，且用戶對蒸汽質量並未提出過高的要求時，則利用爐內水處理，亦可保證清除業已形成的粘質物。如不合上述條件時，則需使用爐外水處理。

9. 水處理的方法

水的軟化可用沉澱水垢組成分子的方法及陽離子交換法。沉澱水垢的組成分子可以利用加熱設備、化學設備及熱化學軟化設備。利用上述設備時，並不需要進行預先的水處理（即澄清或凝沉）。

如使用陽離子交換軟水法時，軟水設備內表面的那層水需要先經過初步水處理（凝沉及過濾等）。

消除爐外軟水後水內的殘餘硬度，可採用鍋爐水加磷法。

第三章 爐外水處理

10. 水中懸浮物的清除

消除呈粗粒散亂狀態的物質（懸浮的），可利用沉澱及過濾的方法。沉澱法係在連續操作設備中進行。

敲碎的礫石、石英質砂、無烟煤及大理石碎塊等等都可作為過濾材料。如過濾鹼性大的熱水，則應採用無烟煤、磁圈（Магномасса）及燒過的白雲石作為過濾材料。

在缺少沉澱設備的淨水系統內，水通過過濾器的速度不得超過 5 公尺/小時，如果在淨水系統內裝有沉澱設備，則其速度不得超過 6.5 公尺/小時。

11. 凝 沉 法

凝沉法的作用是清除水內的膠質。凝沉法係採用硫酸鋁、硫酸鐵及三氯化鐵。水經過凝沉法處理後，碳酸鹽性硬

度隨凝沉劑使用量的多寡而降低，非碳酸鹽性硬度則相對的增加；而其總硬度保持不變。

第4表 石英砂過濾器的主要尺寸及規範（參看第1圖）

名 稱	符號	尺 寸	1	2	3	4	5
直 徑.....	D	公厘	1010	1524	2000	2500	3014
高 度.....	H	公厘	2060	2300	2570	2475	2070
主要尺寸.....	A	公厘	1605	2353	3080	3810	4305
	b	公厘	480	800	960	1000	1000
	d ₁	公厘	50	76	100	75	150
	d ₂	公厘	75	100	150	200	300
	d ₃	公厘	720	900	1330	1900	2000
工作壓力.....		表壓力	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0
過濾器截面.....	F	平方公尺	0.8	1.83	3.14	4.9	7.1
當過濾的速度為5公尺/小時 時，過濾器的生產率.....	Q	立方公尺/小時	4.0	9.2	15.7	24.5	35.5
過濾器金屬部分的重量.....		噸	0.73	1.23	1.80	2.96	4.40
工作時過濾器的重量.....		噸	3.5	10.0	14.0	27.0	40.0

碳酸鹽性硬度每降低1度所需各種凝沉劑的使用量如下：

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 20.5克/立方公尺，

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 39.7克/立方公尺，

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 23.7克/立方公尺，

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 49.7克/立方公尺，

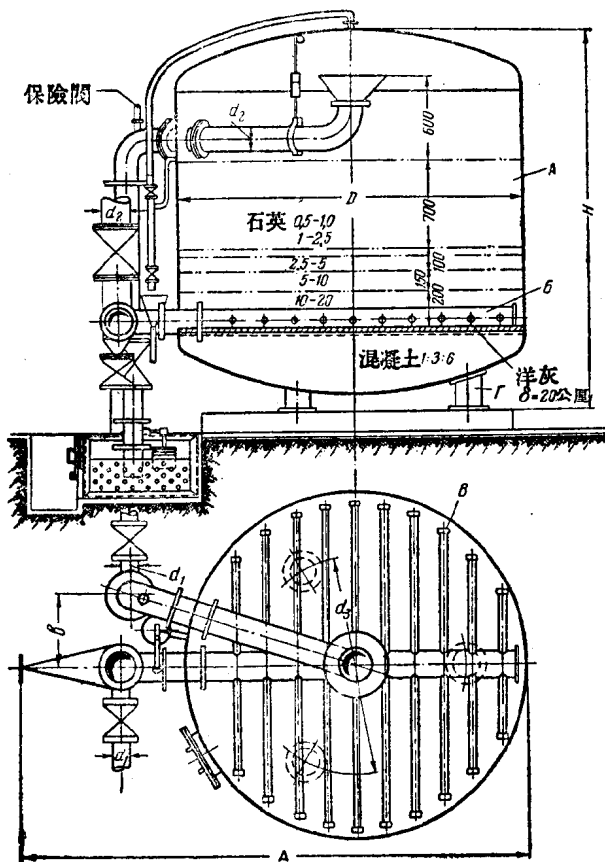
FeCl_3 19.3克/立方公尺，

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 32.2克/立方公尺。

上述凝沉劑的數量為1度的當量。

硬變在0.5—2.5度的限度以內，可使用凝沉劑注入法。

凝沉劑最有效的注入量應利用凝沉試驗法求得。當用凝沉法澄清碳酸鹽性硬度低於4度的水時，為了改善凝沉法，可以



第1圖 一層石英過濾器

注入碱。其數量以每 1 度凝沉劑加注 1 度碱來計算。注入碱時，如凝沉設備具有水壓力，那麼便用縮孔式注藥器將凝沉劑和碱注入。如凝沉設備是開放式的，則可利用壓力注藥器。

第 5 表 工業用明礬（硫酸鋁）（18180-40）

如用 B 種淨水時

標 準 成 分	%
Al_2O_3 不得少於	13.5
H_2SO_4 （游離的）不得多於	0.1
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 不得少於	88.2
不溶解於水的固形物不得多於	1.0

工業用明礬（硫酸鋁）在鐵路上只允許用棚車整車運輸。

第 6 表 水溶液在溫度 15°C 時的比重及其 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 含量的百分數

比 重	%	比 重	%	比 重	%	比 重	%
1.0170	1	1.0768	7	1.1369	13	1.1971	19
1.0270	2	1.0870	8	1.1467	14	1.2074	20
1.0370	3	1.0968	9	1.1574	15	1.2168	21
1.0470	4	1.1071	10	1.1668	16	1.2375	23
1.0568	5	1.1171	11	1.1770	17	1.2473	24
1.0670	6	1.1270	12	1.1876	18	1.2572	25

第 7 表 工業用亞硫酸鐵（全蘇標準 3896）

亞硫酸鐵（ FeSO_4 ）的含量不得少於..... 52.5%

不溶解固形物的含量不得多於..... 0.5%

游離硫酸的含量不得多於..... 0.3%

亞硫酸鐵包裝在小木桶或木箱內，其淨重不得大於..... 200 公斤

第8表 溫度在 15°C 時，水溶液的比重及含有
FeSO₄ 及 FeSO₄·7H₂O 的百分數

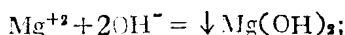
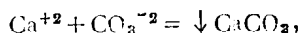
比 重	FeSO ₄ 的含量(%)	FeSO ₄ ·7H ₂ O的含量(%)
1.0267	2.81	5
1.0557	5.78	10
1.0823	8.93	15
1.1124	12.28	20
1.1430	15.83	25
1.1758	19.62	30
1.2063	23.67	35
1.2391	27.99	40

12. 石灰純鹼軟水法

如使用石灰純鹼軟水法時，碳酸鹽性結垢物及游離碳酸因為苛性鈣[Ca(OH)₂]的作用變為泥渣而沉澱下來，非碳酸鹽性結垢物，因碳酸鈉(Na₂CO₃)的作用變為泥渣而沉澱。

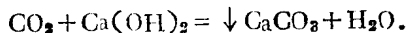
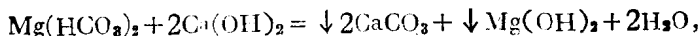
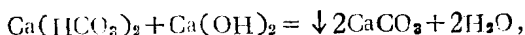
石灰純鹼軟水法的反應：

(1) 離子式反應如下：

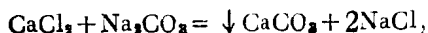
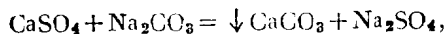


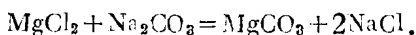
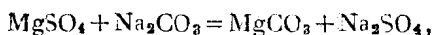
(2) 分子式反應如下：

碳酸鹽性結垢物及游離碳酸

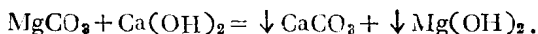


非碳酸鹽性結垢物

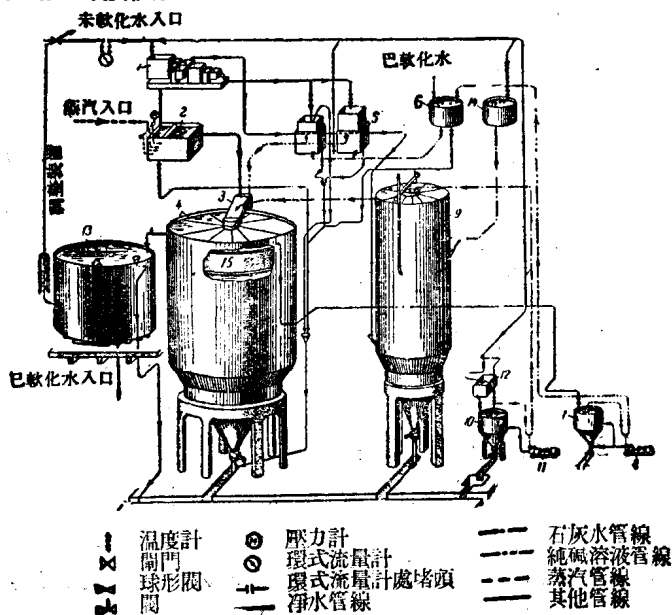




生成的 MgCO_3 遇到苛性鈣，則變成泥渣而沉澱：



↓符號係表示這一化合物由溶液中分解後沉澱在水垢物沉澱設備中。處理後之水的殘餘硬度，一般在 0.8—3 度限度內。若提高處理水的溫度，並增加過剩的鹼度，就會降低殘餘硬度的數值。



第 2 圖 一級石灰純鹼軟水設備流程圖

1—配水裝置；2—混合預熱器；3—混合槽；4—木屑過濾沉澱器；5—鹼液壓力注藥器；6—純鹼溶解槽；7—鹼液攪拌器；8—鹼液泵；9—飽和器；10—石灰攪拌器；11—離心式石灰乳給料泵；12—石灰槽；13—軟化水槽；14—石灰槽；15—木屑過濾沉澱器。

石灰純鹼軟水劑的計算法

生石灰 (CaO) 的使用量可用下列公式計算：

$$G = Q[H_K + H_{Mg} + H_{CO_2} + H_{CaO}] \frac{10}{\varepsilon},$$

式中 G ——工業用石灰的使用量 (克/小時)；

Q ——軟水設備的生產率 (立方公尺/小時)；

H_K ——未軟化水的碳酸鹽性硬度 (暫時的)(度)；

H_{Mg} ——未軟化水的鎂鹽性硬度 (度)；

H_{CO_2} ——水中游離二氧化碳的含量 (度)；

H_{CaO} ——軟化水中過剩的石灰 (保證全部軟化之用的)(度)；

ε ——工業用化學葯劑的純度 (百分數)。

原水中鈣鎂離子的含量如換算為 CaO 及 MgO (以耗克/公升為單位) 時，可根據下列公式求出：

$$CaO = 10 \cdot H_{Ca}, MgO = 7.20 \cdot H_{Mg},$$

式中 H_{Ca} ——未軟化水中的鈣鹽性硬度(度)；

H_{Mg} ——未軟化水中的鎂鹽性硬度(度)。

水的游離二氧化碳含量 (以度為單位)，可根據下列公式求出：

$$H_{CO_2} = CO_2 : 7.85,$$

式中 CO_2 ——水中游離二氧化碳的含量(耗克/公升)。

做水分析時，如未指出水中游離二氧化碳的含量，那麼可根據變數關係圖求出 (參看第 3 圖)。

過剩石灰 (H_{CaO}) 通常以 0.5—1 度為限。

碳酸鈉 ($NaCO_3$) 的使用量 G 可用下列公式求出：

$$G = Q(H_H + H_{Na_2CO_3}) \frac{18.9}{\varepsilon} \text{ 克/小時},$$