

農業機械灌溉叢書

小型蒸汽机锅炉用水的处理

河南省水利廳農田水利局機電科編寫

河南人民出版社



內 容 提 要

本書是介紹蒸汽機鍋爐用水的處理方法，除談到機械用水的來源分類、雜質形成、雜質對機械正常運轉的危害性以及對用水如何進行含鹼、氯等分析方法外，着重論述了機械用水的處理。本書以通俗、簡練的特點敘述了上述內容，很適于工農讀者閱讀，更重要的是一本提高蒸汽機、鍋爐機生產效率，延長使用壽命的有價值的讀物。

農業機械灌溉叢書

小型蒸汽機鍋爐用水的處理

河南省水利廳農田水利局機電科編寫

*

河南人民出版社出版（鄭州市行政區經五路）

河南省書刊出版業營業許可証出字第一號

公私合營開封印刷廠印刷 河南省新華書店發行

*

豫總書號：1623

787×1092 耗 1/32 $\begin{matrix} 13 \\ 16 \end{matrix}$ 印張12,000字

1959年4月第1版 1959年4月第1次印刷

印數：1—5,087冊

統一書號：T15105.68

定價：(7)0.09元

前 言

隨着我省人民公社化的實現，到處大搞鋼鐵生產；並力爭農業的更大丰收。因此，我省正以飛躍的速度向機械化、電氣化邁進。特別近年來，農村里使用小型蒸汽機越來越多。蒸汽機不論在抽水、澆地、或是進行農、副業加工都顯示了優越性。因其運轉可靠，燃料費用低，所以很受農民羣眾的歡迎，同時也為解放生產力，提高生產，逐步實現農村機械化，开辟了廣闊的道路。小型蒸汽機，構造較簡單，容易操作，但由於操作人員疏忽或平時不注意保養，不但不能發揮機器應有的效能，相反的會影響生產，縮短機器的使用壽命，甚至造成事故。如鍋爐用水，由於純潔度不夠，會在爐內積存大量的鍋垢，它們頑強的黏附在火管、爐膛、爐壁上，不但浪費大量燃料，甚至會發生燒壞鍋爐等事故，所以有關鍋爐用水方面應注意的問題，及蒸汽機在運轉中用水的處理等，都是發揮機械效能，免除事故的關鍵。為此，我們參考有關資料，經過整理，寫出了這本小冊子。因為這是一件新的工作，缺乏經驗，又限於我們的水平，其中難免有不少的缺點或錯誤，希望同志們在參考應用時，提出寶貴的意見，以便修正。

目 錄

前言

第一章 小型蒸汽机鍋爐用水基本知識 (1)

第一節 水的來源、分類..... (1)

第二節 水中的雜質 (2)

第三節 水中雜質對蒸汽机運轉的危害性..... (3)

第二章 水的硬度、碱度及含氯量..... (5)

第一節 硬水 与軟水..... (5)

第二節 水的 碱度..... (7)

第三節 水的酸性、氧化性及其他..... (8)

第四節 总硬度值的分析..... (10)

第五節 碱度 的分析..... (13)

第六節 含氯量 的分析..... (14)

第七節 水样 的采取..... (15)

第三章 小型蒸汽机用水处理 (16)

第一節 磷酸三鈉爐內处 理法的簡單原理..... (17)

第二節 磷酸三鈉爐 內处理法..... (18)

第一章 小型蒸汽机鍋爐用水 的基本知識

水的用途是很广的，除了家庭及飲料之用外，工業農業用水之处也甚多，如工業上用水來推动机械、傳遞热量；農業上用水澆地、發電等。因为水是一種良好的溶剂，能夠溶解物質，所以水中含的雜質是很多的。水給我們帶來了好處，但因它本身含有雜質，也就給我們在鍋爐用水上添了很大的麻煩，因此，我們必須選擇使用，並于必要时加以处理，使其适合于蒸汽鍋爐的使用。

第一節 水的來源、分類

水源是很多的，总括起來可归納为两大类。第一类稱“地面水”，如雨水、湖泊水、河水、窪地水等。另一类稱“地下水”，如泉水、淺井水、深井水、坑道水等。

由于水的來源不同，因而水中含的雜質多少也不同。但無論是“地面水”或“地下水”，水流經過了土壤和岩石均有一部份物質被溶解在里面，所以水中的雜質是避免不了的，只不过是少而已。雨水虽比較純淨，但下雨时雨水就將空气中的气体

和灰塵等或多或少的吸收了一部份，所以还是有雜質的。当为蒸汽机選擇用水时，就必须根据水源的不同，水質的好坏來决定。

第二節 水中的雜質

自然界的水常含有下列两类雜質：

一、不溶解于水的雜質：這些雜質如泥沙、草屑、木屑、动植物腐爛分解生成的有机物、油質等，多是較大的顆粒，当水流动时和水混在一起，水經長時間靜止以后，便沉淀到水底或浮到水面。

二、可溶解于水的雜質：能夠溶解在水中的雜質，有气体和固体两类：溶解在水中的气体雜質有二氧化碳、氮气、氧气、氫气、沼氣等，其中以氧气及二氧化碳对鍋爐的腐蝕最为顯著。

溶解在水中的固体雜質；有重碳酸鈣、重碳酸鎂、硫酸鈣、硫酸鎂、氧化鈣、氧化鎂等。一般通稱這些鈣、鎂的化合物叫鈣鎂鹽类。此外有些水中还含有別的雜質，如氯化鈉（食鹽）或硝酸鹽等。

可溶解在水中的雜質，在大多数情況下是看不見也嗅不到的，但這樣的水注入鍋爐后，很影响蒸汽机的正常運轉，所以对水中雜質的危害性应有足夠的認識，並在日常工作中对這一問題加以注意。

第三節 水中雜質對蒸汽機運轉的危害性

當我們打開蒸汽機的人孔或手孔時，我們常看到鍋爐里面有一層厚厚的、白色的、非常堅硬的鍋垢，用普通的鏟子去刮除是刮不掉的，如用尖口的鐵鑽用力敲擊，則在最硬的鍋垢上，僅能留下击痕而已。鍋爐每天要蒸發很多的水，一個五馬力的蒸汽機的鍋爐，每天水的蒸發量約為兩噸。這些水雖化為蒸汽，但其雜質仍留在鍋爐內，日積月累，結成了鍋垢，頑強地粘附在爐內各處，有的還結成污泥狀沉淀物。

鍋爐內部積存的這些鍋垢，不僅給操作蒸汽機的工作人員增添了不少麻煩，而且嚴重的影響了蒸汽機的運轉和它的使用壽命，其危害性是多種多樣的：

1. 增加煤耗量：水在鍋爐中，受着高溫高壓的蒸發，使碳酸鹽首先沉淀，隨後使硫酸鹽沉淀。由於硫酸鹽具有粘性，使碳酸鹽的沉淀物粘附在鍋爐的受熱面上形成水垢。水垢是一種不良的導熱物質（導熱性只有金屬的 $\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$ ），特別是含有油質的水垢更差（導熱性只有金屬的 $\frac{1}{400} - \frac{1}{600}$ ）。金屬表面有了水垢，等於在受熱面上加了一層絕熱體，

造成傳熱不良，從而降低鍋爐的蒸發量，增加其煤耗量。根據試驗資料，如鍋爐內積有一層平均4.2公厘厚的水垢，則每日煤耗量增加16%；6.4公厘則增加50%；12.7公厘就會浪費燃料150%。做為一個平均概括的指數：鍋垢每達1公厘就會使燃料消耗約增加5%。由此可見由於鍋垢的產生而增加的煤耗量是多麼驚人！

2.發生鍋爐爆炸事故：由於鍋垢是熱的不良導體，為了使爐水較快的汽化，就必須加強火力，這樣會使鍋板、火管等均要受到過高的溫度。根據試驗資料，潔淨的鍋爐傳熱鋼板的溫度只有攝氏（C）176.67度就可產生蒸汽，在同樣鍋爐鋼板上結有12.7公厘厚水垢就需要達至398.89°C才能產生蒸汽；在水垢更厚的地方，溫度再高仍燒不起蒸汽來。這樣，鍋板火管就會由於局部過熱，失去原有的機械強度，使鍋爐發生膨脹、變形、甚至嚴重的爆炸事故。

3.產生腐蝕現象：水中鹽類在鍋爐內受熱分解以後，會形成酸性或鹼性溶液，使鍋筒金屬產生削薄，裂縫等腐蝕現象，降低其使用壽命，尤其是二氧化碳和氧氣，更會加速腐蝕作用。

4.產生泡沫：當爐水含鹽濃度過高時，水中懸浮固體增多，則鍋筒的蒸發面上常積聚很厚的泡沫，當蒸汽躍出水面時，將其帶入過熱器，甚至流

入蒸气机，因而使过热器內結垢，導致过热器受热过度而發生爆破，並使蒸汽机汽缸有腐蝕、磨損和產生水击等不良現象。

5.縮短了鍋爐使用年限：鍋爐在使用期間產生的水垢，必須經常用器械刮削或敲击加以澈底清除，這樣不但影响生產，而且往往使鍋爐受到不必要的损伤，縮短鍋爐的使用期限。又因为鍋爐需要定期清洗更降低了鍋爐的利用率。

总之，水中雜質的危害性是很大的。因此，鍋爐的給水必須是原來含化学雜質相当少的軟水，或是經過人工的处理使其成为軟水才行。

第二章 水的硬度、碱度及含氯量

第一節 硬水與軟水

前面已經提到，自然界中的地面水，尤其是深層的地下水，往往含有多量的固体雜質。其中主要的成分为鈣鎂等礦物鹽，這種水稱為“硬水”。不含或僅含少量雜質的水稱為“軟水”如同汽水 and 雨水等。当加入肥皂液时能夠起泡沫的水即“軟水”；既加肥皂液也沒有上述現象者即“硬水”。

天然水中鈣鹽和鎂鹽的含量是用硬度來表示的，但表示的方法蘇聯制與德國制不同。按照蘇聯制度：水的硬度是用每升水中所含有鈣(Ca)離子和鎂(Mg)離子的毫克當量數來表示的。例如硬度等於1毫克當量/升^{*}，這就表示1升水中含有鈣(Ca)離子20.04毫克，或鎂(Mg)離子12.16毫克。按照德國制度：水的硬度是用“度”來表示的。1升水中含有10毫克的氧化鈣(CaO 石灰)或含有7.19毫克氧化鎂(MgO)叫做1°。本書以後談到水的硬度均系德國度。

• 硬度可分為暫時硬度和永久硬度，這兩種硬度之和稱為水的總硬度。暫時硬度是根據水中含有碳酸氫鹽類的濃度求出的。這種鹽在鍋爐中加熱到100°C時便分解而析出碳酸鹽沉淀下來，形成疏松的水渣或水垢。此種水垢較容易除去。永久硬度是根據水中所含硫酸鹽、矽酸鹽的濃度求出的，這些鹽在加熱時並不沉淀，直到水被蒸發，使其濃度達到飽和溶解極限時才析出，它們形成的水垢是堅硬而緊密的，因而不易除去。

水中含鹽濃度低的叫做軟水，高的叫硬水，一般的用硬度區分如下：

軟水——總硬度為3°以下

中等硬水——總硬度為4——6°

較硬水——總硬度為6⁺——8°

半硬水——总硬度为8—16°

硬水——总硬度在16°以上。

(后二種水質鍋爐不宜采用)。

各地水的硬度，由于水流經過的地区和深度不同水的硬度也有所差異，一般鍋爐用水要求完全沒有硬度。有的水質並不太硬，但也能結垢，亦应加以处理。若用深井水作为鍋爐用水則更須經過处理。

* 1毫克当量=1/1000克当量，例如1克当量的氧化鈣重28.04克，而1毫克当量的氧化鈣重 $\frac{28.04}{1000}=0.02804$ 毫克。

* 在化学上应用当量的概念，可以清楚的表明物質互相作用时重量間的关系。某元素和8份重量的氧或1.008份重量的氢相化合时，或从化合物中置换此量的氧或氢的时候，所需的重量叫做該元素的当量。氧化鈣的当量为28.04；氧化鎂的当量为20.16。

第二節 水的碱度

碱度是表示水中碱質的含量，這些碱性雜質如重碳酸鈣〔 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 〕、重碳酸鎂〔 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 〕等，在天然水中原來就含有。因此，天然水的碱度等于它的暫時硬度；碳酸鈉（ Na_2CO_3 純碱）、氫氧化鈉（ NaOH 又名苛性鈉或火碱）、磷酸三鈉（ Na_3PO_4 ）在天然水中含的很少，它們多是在水处理时加到水中的藥品。因此，經軟化处理后的水它的碱度要比原來的暫時硬度值大。

碱度和硬度的表示方法相同：即以毫克当量／升表示。1毫克当量／升相当于1升水中含有40 毫克氫氧化鈉，53 毫克碳酸鈉或含有84.02毫克重碳酸鈉。

天然水顯示碱性的雜質，在煮沸時形成泥渣，沉淀到鍋底上，很容易除去。人工加的碱質，會和水中構成永久硬度的雜質起化學變化，從而消除水中的永久硬度。因此，蒸汽機用水必須保持一定的碱度，一般以15——20°為最合適。

碱性雜質是使鍋爐起泡沫的根源，因此鍋爐用水含碱度過高時，會產生汽、水共騰現象。當鍋爐有小裂紋時，碱質也能使裂紋擴大，使鋼板變脆，所以鍋爐用水也不能含碱過高。

第三節 水的酸性、氧化性及其他

一、酸性：

水中含的硫酸鈣、硫酸鎂之類酸性雜質，在正常情況下，對鍋爐的腐蝕作用不太大，但在高溫下遇到氫氣，會形成硫酸、硝酸。這類酸對鋼板有強烈的腐蝕作用，因此水中酸性的形成，決定於氫氣的含量。水的酸性或碱性通常用pH符號表示，水的pH*值越小，水中含氫離子越多，顯示酸性越強。pH值5.5以下的水呈強酸性，不能作為鍋爐用水。

二、氧化性：

氧化性是表示水中有机物含量的多少。水中含的有机物遇到氧会形成有机酸类。有机酸对鍋爐有腐蝕作用，因此鍋爐用水中的有机物也必須除掉。

三、含氯量：

天然水中氯的來源，是來自礦物鹽或有机物以不同的量存在于水中，以毫克／公升表示。鍋爐水含氯量过高时，同样会腐蝕鍋爐鋼板。按水利部農田灌溉排水蒸汽机（鍋駝机）安全操作技術規程（草案）第六章第七十五条所規定，鍋爐用水含氯离子超过每公升200毫克时禁止使用。

四、透明度：

透明度表示水混濁的程度，也就是表示水中含泥沙等雜質的多少。鍋爐用水透明度應較好，才能減少鍋垢的積結。

五、含油量：

是表示水中含油質的多少，以每公升含油的毫克数表示。油是不導热的，它的傳热能力比水垢还要小，如果鍋爐內結了含油的水垢，那是很危險。油还能阻止水的蒸發，造成燃料消耗量的增加。

* pH值由0到14。在中性溶液中pH等于7；在酸性溶液中pH小于7；酸性越强，pH值越小。在碱性溶液中，pH值大于7，碱性越强則pH值越大。

第四節 總硬度值的分析

前面已經介紹了小型蒸汽机（鍋駝机）鍋爐用水的基本知識，其中最主要的是硬度。蒸汽机用水必須先經過化驗。化驗水質最好把水樣送到專門的水質化驗單位進行，這樣得出的結果比較可靠。無法送到化驗單位去的地区或使用蒸汽机較多，而又需要經常進行水質化驗工作的公社，可用下列兩個簡單方法測定鍋爐用水的總硬度：

（一）用 250 公分³ 的緊口瓶，取 50 公分³ 要化驗的原水，再用滴定管將標準肥皂溶液（上海化工厂出品，市面有售）滴入，每次約 0.2 公分³，蓋緊瓶塞並搖動之，等到瓶中液体起了泡沫，然後將瓶平放，如果液面上所起的肥皂泡沫能保持 5 分鐘不破，則可停止標準皂液的滴入。此後記錄用去的皂液，再減去泡沫因數，（即純淨的蒸餾水 50 公分³ 需 0.2 — 0.3 公分³ 的皂液才能皂化所起泡沫保持 5 分鐘不破），得出消耗皂液的淨值。然後從表 2—4 所示的硬度與皂液關係數值得出用碳酸鈣當量所表示的硬度，再用 1.79* 除之便得出所求的硬度。

例題：設某處水坑的水，皂化時所用皂液為 6 公分³ 求該水的硬度。

解：取泡沫因數為 0.2 公分³，則所用的肥皂

液应为:

$$6 - 0.2 = 5.8 \text{ 公分}^3$$

从表2——4得出7.14，再除以1.79得該種水的硬度为:

$$\frac{7.14}{1.79} = 4^\circ$$

皂液与硬度数值

表2—4

(每100,000份水中之碳酸鈣份数)

皂液 公分 ³	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.16	0.32
1.0	0.48	0.63	0.79	0.95	1.11	1.27	1.43	1.56	1.69	1.82
2.0	0.95	2.08	2.21	2.34	2.47	2.60	2.73	2.96	2.99	3.12
3.0	3.25	3.38	3.51	3.64	3.77	3.80	4.03	4.16	4.29	4.43
4.0	4.57	4.71	4.86	5.00	5.14	5.29	5.43	5.57	5.71	5.86
5.0	6.00	6.14	6.29	6.43	6.57	6.71	6.96	7.00	7.14	7.29
6.0	7.43	7.57	7.71	7.86	8.00	8.14	8.27	8.43	8.57	8.71
7.0	8.66	9.00	9.14	9.29	9.43	9.57	9.71	9.86	10.00	10.15

* 表中所示硬度是100,000分水中含1分碳酸鈣为1°硬度的数值，而本書所介紹的是德國度即100,000分水中含1分氧化鈣。如果要把表中的硬度数值折換成德國度必須除以

$$\frac{\text{CaCO}_3 \text{ 当量}}{\text{CaO 当量}} = \frac{50.035}{28.035} = 1.79$$

(二) 此外总硬度还可用托里龍溶液测定，测定时用铬藍黑为指示剂。

1. 需用试剂：

托里龍溶液 (0.04N (0.04毫克当量/毫升))；

铬藍黑指示剂；碱性缓冲剂。

2. 需用仪器：

刻度滴定管二个，三角烧瓶(50毫升)两个。

3. 测定方法：

用吸管取潔淨的水样 30 毫升于烧瓶中，加入缓冲剂 5 毫升，指示剂 1 滴（水样加入指示剂后呈现葡萄紅色），然后将托里龍溶液装入滴定管記下开始的讀数进行测定。当水样由葡萄紅变紫并迅速变藍时，即到达終点，記下最后讀数。两次讀数的差为用去的毫升数。

4. 总硬度的計算：

总硬度 =

$$\frac{\text{托里龍溶液濃度} \times \text{用去的毫升数} \times 1000 \text{毫克当量/公升}}{20}$$

我們用的是0.04N的托里龍溶液，所以：

$$\text{总硬度} = \frac{0.04 \times \text{用去的毫升数} \times 1000}{20}$$

= 用去的毫升数 $\times$ 2 毫克当量/升。（因用去 1 毫升 則相当于 2 个毫克当量/公升的硬度）。

第五節 碱度的分析

碱度用水的碱度，水中陰离子 OH^- 、 CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 的总含量叫做总碱度，如前所述水的总碱度系根据碳酸鈉、氫氧化鈉、重碳酸鈉存在多少而定。其測定可用标准强酸滴定法進行。

1. 需用試剂：0.04N* 硫酸；

酚酞指示剂；

甲基橙指示剂；

2. 需用仪器：滴定管一支；三角燒瓶(50毫升)两个。

3. 測定方法：

取已濾过的水样 20 毫升置于燒瓶中，加入酚酞一滴，若呈現粉紅色則表明有氫氧化物及碳酸鹽存在。于是用滴定管將 0.04N 硫酸漸漸滴入至顏色消失为止，并記錄用去 0.04N 硫酸数量为 a 。

加 1 滴甲基橙指示剂至已用酚酞指示剂滴定过之水样中，如呈黃色，則表明有正碳酸鹽或重碳酸鹽存在，仍用 0.04N 硫酸滴定至橙色，記錄用去硫酸数为 b 。

总碱度 =

$$\frac{\text{硫酸濃度} \times \text{用去的毫升数}(a+b) \times 1000 \text{毫克当量/公升}}{20}$$

現硫酸用濃度 0.04N 故