

鍋爐用水的處理與分析

周 忠 德 編 著
黃 素 封 審 閱

科 学 技 術 出 版 社

鍋爐用水的處理與分析

周忠德 編著

黃素封 審閱

科學技術出版社

內 容 提 要

本書內容着重于厂礦各种鍋爐用水方面,全文分为兩篇:上篇闡明鍋爐用水的處理法以及鍋垢的形成与清除,金屬腐蝕的原因与防止法等;下篇叙述有关水質的分析以及分析时的注意事項等。每章均扼要說明水中雜質處理以及分析的目的;篇末附圖表多种,备查考之用。

本書文字力求簡明,不談空泛理論,以实用为主,按实际需要出發,結合苏联先進理論及經驗,并参考其他資料,彙編而成,期供从業人員参考,或作初學者之輔助。

鍋 爐 用 水 的 處 理 与 分 析

編 著 者 周 忠 德
審 閱 者 黃 素 封

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可證出(一)七九号

上海新華印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 15119·386

开本 850×1168 1/32·印張 7 3/16 字數 172,000

一九五六年十一月 第一版

一九五六年十一月第一次印刷·印數 1—6,500

定价: (10) 一元二角

自序

当兹全国大规模建设开展之际，我感到鍋爐用水的处理与分析方面的重要性，只以我国专著尚不多见，为此不揣愚陋，利用假期将数年来学习所得，并参考苏联先进理论，加上笔者的点滴实际工作经验编写而成本书，未敢草率从事。

本书内容，以实用为主，空泛的理论未多涉及，更为易于理解，故文字方面力求简明，并附以图表，以补文字之不足。

由于编者学识浅薄，经验不足，致使本书内容难免有差误失当之处，敬祈先进同道及广大读者多加批评指正，以作再版修正的根据。

本书深荷黄素封先生于养病中代为审阅，多所匡正，谨志数语，以表谢忱。

周忠德

一九五五年十二月于上海

例 言

(一)本書內容着重于厂礦鍋爐用水方面,全文分为兩篇:第一篇闡明鍋爐用水處理的方法,第二篇敘述有关水質的分析;每章均力求簡單,說明水中雜質的處理以及分析的目的,并配合簡圖,俾讀者易于理解。

(二)書中所用的名詞、術語等,均系采用中國科學院編譯局所編訂的“化學化工術語”一書中的標準名詞。

(三)書后附有表格多种、如水樣采集方法、工業用水中雜質的允許含量簡表、水硬度等換算表、標準緩沖液配制法、磷酸鹽需用量參考表等,便于使用者查考之用。

(四)各种分析方法中所需用的化學試劑,標準溶液的配制法,分析操作中所應注意的事項以及簡單的分析理論等,書中均有詳細的說明,对于初學者或有助益。

(五)本書所用的各种度量單位,除少数學者的經驗公式外,概采用公制。

(六)本書文字方面力求簡明,不談空泛的理論,完全按实际需要出發,結合蘇聯的先進理論及經驗,并參考其他有关方面的資料彙編而成;可供從業人員參考之用,亦可作为初學者的輔助。

目 錄

第一篇 水質的處理

第一章 水源及其所含雜質	1
(I) 水源种类.....	1
(II) 天然水中所含有的 雜質.....	2
(III) 水中所含的雜質对 工業上的影响及弊 害.....	4
第二章 鍋垢構成的原因及其弊害	5
(I) 垢壳構成的原因...	5
(II) 鍋垢的成分.....	5
(III) 垢壳对热傳導的影 响及造成管壁損坏 的原因.....	7
第三章 水中不溶解雜質的清除	7
(I) 沉淀法.....	7
(II) 凝沉法.....	11
(III) 過濾法.....	13
第四章 硬水處理方法	16
(I) 石灰苏打軟化法...	16
(II) 鈉沸石軟化法.....	19
(III) 氫沸石軟化法.....	28
(IV) 陰离子交換法.....	29
(V) 磷化法.....	31
第五章 水中硅化物的清除	36
(I) 热法除硅.....	36
(II) 冷法除硅.....	39

第六章 鐵及錳鹽的清除	40
(I) 鐵鹽的清除.....	40
(II) 錳鹽的清除.....	41
第七章 爐水中含油的清除	42
(I) 機械處理法.....	43
(II) 化學凝聚處理法.....	44
第八章 水中妨礙性氣體的清除	44
(I) 化學除氧法.....	45
(III) 充氣法.....	47
(II) 熱處理除氣法.....	46
(IV) 混合式除氧法.....	48
第九章 苛性脆化	49
(I) 產生苛性脆化現象的原因.....	49
(II) 苛性脆化的測定.....	50
(III) 防止苛性脆化方法.....	52
第十章 金屬的腐蝕	52
(I) 溶解氧對金屬侵蝕的原因.....	53
(IV) 影響金屬腐蝕的因素.....	54
(II) 游離二氧化碳對金屬侵蝕的原因.....	54
(V) 防止金屬腐蝕的方法.....	55
(III) 游離礦物酸類及侵蝕性鹽類腐蝕金屬.....	55
第十一章 鍋爐排污	56
(I) 鍋爐排污的方法.....	56
(III) 各種排污的比較.....	58
(II) 連續排污的優點.....	57
(IV) 鍋爐排污量的計算.....	60
第十二章 過熱器結垢及防止	61
(I) 明礬處理水質的優點.....	62
(II) 防止過熱器結垢的方法.....	63
第十三章 凝汽器內部水垢的清洗法	64

(I) 凝汽器內部水垢生 成的原因.....64	論.....64
(II) 化学清洗劑的選擇64	(IV) 鹽酸清洗劑使用量 的計算法.....65
(III) 鹽酸清洗水垢的理	(V) 清洗效果的檢查...67
第十四章 冷却水中藻类微生物的处理.....68	
(I) 消滅冷却水中微生	物的方法.....68
第十五章 防止凝汽器的結垢.....73	
(I) 凝汽器管壁內部結 垢的原因.....73	(IV) 六偏磷酸鈉处理冷 却水.....79
(II) 冷却水中游离二氧 化碳消失的原因...75	(V) 冷却循环系統中結 垢現象的檢查.....81
(III) 爐烟处理冷却水...75	
第十六章 測定水質具有結垢或腐蝕性能的方法.....82	
(I) 克里雅契柯氏 (B. Я. Клячко) 的穩定 性指數測定法.....82	(II) 倫吉利尔氏 (Lan- gelier's) 的飽和指 數測定法.....85

第二篇 水質的分析

第一章 渾濁度.....86,	
第二章 固形物.....87	
(I) 懸浮物的測定.....87	(III) 溶解固形物的測定89
(II) 全固形物的測定...88	
第三章 灼燒減重.....89	

第四章	硬度	90
(I)	皂液法	91
(II)	軟脂酸鉀滴定法	94
第五章	氫離子濃度	97
(I)	氫電極測定法	98
(II)	比色法	98
第六章	碱度	104
第七章	氫氧化物	109
(I)	氯化鋇法	110
(II)	氯化鉕法	111
第八章	酸度	112
(I)	總酸度的測定	113
(II)	游离礦物性酸度的 測定	113
第九章	二氧化碳	113
第十章	氯化物	116
(I)	容量法	116
(II)	重量法	119
第十一章	硫酸鹽	120
(I)	重量法	120
(II)	容量法	122
第十二章	亞硫酸鹽	123
(I)	碘化鉀與碘酸鉀滴 定法	124
(II)	碘化法	125
第十三章	硫化氫	126
第十四章	游离氯	128
(I)	碘液法	129
(II)	聯甲苯胺比色法	130
第十五章	耗氧量	133

(I) 酸解法.....	133	(II) 碱解法.....	135
第十六章 溶解氧.....	137		
(I) 温克勒氏改良法	138	(II) 密勒氏法.....	140
第十七章 生化需氧量——碱性叠氮法.....	142		
第十八章 硝酸鹽氮.....	145		
(I) 酚二磺酸法.....	146	(II) 还原法.....	148
第十九章 亞硝酸鹽氮——比色法.....	151		
第二十章 二氧化硅.....	154		
(I) 重量法.....	155	(II) 比色法.....	156
第二十一章 磷酸鹽.....	158		
(I) 重量法.....	158	(III) 氯化亞錫法.....	161
(II) 氨基苯酚磺酸法	160		
第二十二章 油質——諾尔氏法.....	163		
第二十三章 鈣.....	165		
(I) 容量法.....	165	(II) 重量法.....	166
第二十四章 鎂.....	168		
(I) 重量法.....	168	(III) 比色法.....	171
(II) 容量法.....	169		
第二十五章 鈉——重量法.....	173		
第二十六章 鉀——重量法.....	174		
第二十七章 鋁.....	177		
(I) 重量法.....	177	(III) 苏木色素比色法	180
(II) 試鋁灵比色法...	179		
第二十八章 鐵.....	182		

(I) 總鉄量的測定	182	(II) 亞鉄含量測定	186
第廿九章 錳	190		
(I) 鉍鹽法	190	(III) 高碘酸鹽法	193
(II) 高硫酸鹽法	192		
第三十章 銅	196		
(I) 銅氨復游子比色法	196	(II) 二乙基二硫氨基甲 酸鈉比色法	198
第三十一章 鉛——比色法	201		
第三十二章 異性磷酸鹽	204		
(I) 氯化鋇分離法	205	(II) 差值計算法	206

附 錄

(一) 水樣的采集法	208
(二) 工業用水的檢驗報告書參考表	209
(三) 水硬度單位換算表	210
(四) 瑪克伊爾文氏標準緩沖溶液	210
(五) 磷酸鹽需用量參考表	211
(六) 磷酸鹽的變換因數表	212
(七) 食鹽溶液的比重與含量表	212
(八) 工業用水中雜質的允許含量簡表	213
(九) 常用分析因數表	214
(十) 參考書籍及資料	220

第一篇 水質的處理

第一章 水源及其所含雜質

水在工業上應用最廣，一般皆利用以推動機械，傳遞熱量，或利用以溶解他種物質。

由於水中所含雜質頗多，因此鑑定水質並不能片面地從水的外狀（色、嗅、味、渾濁度等）而評斷其品質的優劣，因為澄清無色的水不一定能列為純水類，其中或含有少量雜質；然而並不是說水的外狀對於水質的鑑定一無用處。實際上，它與水中雜質的含量亦有一定的關係。因此作為工業用水，必須慎加分析，必要時還須加以適當處理，使合乎需要的標準，在實際使用時，方可避免各種不良後果。

至於水質的處理，並非單純指測定某水中所含雜質量的多寡再進行處理，而是按水質的物理及化學性能及具體情況，考慮配合實際使用時所選擇何種最適當的處理方法，從而能得到良好成效。

在討論工業用水的處理方法之前，首先應將水源種類以及所含各種雜質對工業上的影響及弊害，分類作一簡明的敘述。

(I) 水源種類

水源大致可分作下列三大類：

(一) 雨水 雨水較一般的水為純淨，但絕非純水，其中每含有氣體，或挾雜少量有機或無機雜質，可列入軟水類。其所含的雜質與

塵埃，隨環境而異。

(二)地面水 海洋、湖泊、江河、溪流等水源含有較多量的雜質，因土壤及礦物地層中所含的多种物質易溶于水中。

(三)地下水 井水、泉水等地下水含有多量溶解性的礦物鹽類，因其流經多种礦物地層所致。泉水較井水為清澈，因其與土壤接觸較少。地下水中的含有物，與地層條件有關。

〔附注〕 上述水中，除溶有無機礦物鹽類外，尚夾雜大量不溶解雜質即懸浮物，如硅土（砂土）、淤泥及有機雜質等。一般江河、溪流、湖泊中含量較多。

(II) 天然水中所含有的雜質

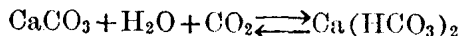
天然水中含有的雜質，約可分為三大類：

(一)固體類——包括溶解及不溶解的礦物鹽類及淤泥、渣滓等。

(二)液體類——包括油脂及酸類等物。

(三)氣體類——包括氧 $[O_2]$ 、二氧化碳 $[CO_2]$ 、硫化氫 $[H_2S]$ 、沼氣 $[CH_4]$ 、氮氣 $[N_2]$ 等氣體，現概述如下：

(1) 碳酸鈣 $(CaCO_3)$ ——此物在水中的溶解度甚小，但水中若含有碳酸時，則溶解度增大，生成重碳酸鈣化合物：



含有重碳酸鈣的水，受熱分解後碳酸鈣沉淀；純粹碳酸鈣即形成較松軟的垢污物，但如混雜他種雜質時，便形成堅硬的水垢。

(2) 硫酸鈣 $(CaSO_4)$ ——硫酸鈣能形成堅硬的水垢，附着在鍋爐管壁內部。

(3) 氯化鈣 $(CaCl_2)$ ——氯化鈣甚易溶解於水，不易組成垢壳物。但氯化鈣頗易與硫酸鹽作用生成硫酸鈣及具有腐蝕性的氯化鎂 $[MgCl_2]$ 。

(4) 硝酸鈣 $(Ca[NO_3]_2)$ ——硝酸鈣為溶解性鹽類，是水垢的組成物。

(5) 碳酸鎂 (MgCO_3)——碳酸鎂與碳酸鈣的性質相同,略具有溶解性,唯酸性碳酸鎂 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 的溶解度則甚大。

(6) 硫酸鎂 (MgSO_4)——硫酸鎂甚易溶解於水,與碳酸鈣化合便形成硫酸鈣堅硬垢壳物;若與氯化鈉化合後,亦可組成具有強烈腐蝕性的氯化鎂鹽類。

(7) 氯化鎂 (MgCl_2)——氯化鎂不易組成垢壳雜物,它對金屬的危害性,即在鍋爐普通的溫度與壓力下,便可分解為鹽酸,一種侵蝕性酸類。

(8) 硫酸鈉 (Na_2SO_4)——硫酸鈉是中性鹽類,易溶於水,既不結垢亦不腐蝕金屬。

(9) 氯化鈉 (NaCl)——氯化鈉是中性鹽類,與硫酸鈉的性質相同。

(10) 碳酸鈉 (Na_2CO_3)——碳酸鈉是鹼性鹽類,易溶於水,天然水中偶而存有。

(11) 鐵 (Fe)——水中含有的鐵常以亞鐵鹽形態存於水中。最常見者為碳酸鹽或硫酸鹽,亦有與有機物結合而存在者。此類溶解性的亞鐵鹽頗不穩定,易氧化生成不溶性的氧化鐵沉淀。

(12) 氧化矽 (SiO_2)——氧化矽是水中常見的雜質,與其他物質化合後,便形成非常堅硬的垢壳污物。

(13) 懸浮物——水中懸浮物的含量與地層及自然條件有關,它與鍋爐中的沉淀污物混合而生成頗堅實的水垢。

(14) 有機物——一般鍋爐用水中尚不多見。

(15) 酸類——包括各種礦物性酸類,如硫酸、鹽酸等,有腐蝕性能。

(16) 氧 (O_2)——水中常溶有此物,是侵蝕金屬的妨碍性氣體。

(17) 二氧化碳 (CO_2)——天然水中常含有此物,與鈣、鎂等組成溶解性的重碳酸鹽,有腐蝕性能。

(18) 硫化氫(H_2S)——一般水中不含此物,水中若溶有此氣體時,則有惡臭且有腐蝕性。

上述者,是天然水中常含有的雜質。

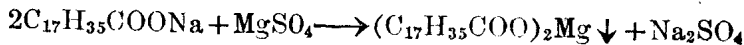
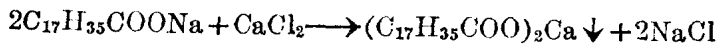
(III) 水中所含的雜質對工業上的影響及弊害

水中所含的雜質,如前概述。若作為工業用水,其弊害如下:

(一) 鍋爐用水 水中所含的鈣、鎂碳酸鹽、硫酸鹽或氯化物等,可形成不良導體的垢壳層,影響鍋爐效率及其蒸發強度,且浪費大量燃料;更嚴重者,有炸裂之虞,并可引起苛性脆化現象。若水中含有多量妨礙性氣體,如氧、二氧化碳、硫化氫等以及某些侵蝕性鹽類,如氯化鎂等,可腐蝕鍋爐的金屬部分。而且水中的溶解性鈉鹽或鉀鹽以及其他溶解固體雜質皆能使爐水產生泡沫現象,以致蒸汽品質欠佳,或造成過熱器內部以及汽輪機的葉片上有結垢現象產生。

(二) 製造工業用水 紡織工業用水,如硬度过大,不但浪費洗濯皂,且可形成淤泥狀的沉淀物,而粘附在紡織物的纖維中。染色業用水,如硬度太大,則增加染色困難,並且色澤不能均勻。造紙業用水中,如含鐵過多,則可使紙張出現晦暗色的斑點。制糖業用水,如含鹽類雜質過多,影響色澤及其結晶。酸性水尚具有腐蝕機械的性能。

(三) 洗濯業用水 水中若含有多量的鈣、鎂碳酸鹽、氯化物、硫酸鹽等雜質,則洗濯時,不但浪費大量洗濯皂,且水中所含的鈣鎂鹽類與洗濯皂形成不溶性的鈣、鎂硬脂酸鹽,附着在織物的纖維中;若水中尚含有鐵鹽或錳鹽等雜質,更增加洗濯上的困難。



由此可見,水中所含的雜質包括有機雜物,無機礦物鹽類以及各種妨礙性的氣體,對於工業上的弊害如此之大,因此必須設法處

理,使其合乎需要的标准,方可避免上述各种不良后果的產生。

第二章 鍋垢構成的原因及其弊害

(I) 垢壳構成的原因

鍋爐內部金屬管壁中垢壳物成長的原因是由于：

(一)水中組成垢壳物的重碳酸鹽类,因水温的增高促使其加速分解,所產生的粘質污物逐漸結積在鍋爐管壁內部。

(二)部分組成垢污物的鹽类,如硫酸鹽,氯化物,硝酸鹽等,因过饱和而析出的沉淀,附着在管壁內部。

(三)水質未經軟化处理。

(四)虽使用軟化处理后的水作为鍋爐給水,但水中仍剩留少量硬度而未加以澈底清除。

(II) 鍋垢的成分

近代采用 x-射綫繞射法証实一般的垢壳組成物为“方沸石”

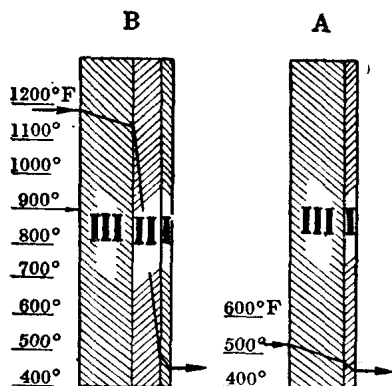


圖 2-1 金屬水管中鍋垢对热傳導的影响示意图

A. 无鍋垢的金屬水管

B. 長有鍋垢的金屬水管

I. 水与蒸汽薄膜

II. 鍋垢

III. 金屬

($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 或“鈣霞石”($4\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CO}_2 \cdot 9\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 或為“黝方石”($4\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{SO}_4$)。

任何具有結晶狀的物體，皆可用 x-射綫繞射法以顯示其晶體的排列及其組成的分子。

下表所列的十數種水垢物的名稱，是一般常見的水垢成分，利用 x-射綫繞射法析出其結構組成的分子。

名 稱	分 子 式
鈉輝石	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$
方沸石	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
硬石膏	CaSO_4
霰石	CaCO_3
水泡石	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
方解石	CaCO_3
鈣霞石	$4\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CO}_2 \cdot 9\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
赤鐵礦石	Fe_2O_3
水磷灰石	$\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$
磁鐵礦石	Fe_3O_4
黝方石	$4\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{SO}_4$
針鈉鈣石	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
石英石	SiO_2
蛇紋石	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
无水芒硝	Na_2SO_4
硅灰石(矽灰石)	CaSiO_3
硬硅酸鈣石	$5\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$