

# 鍋爐水與給水的 化學分析法

化學碩士A·C·斯米爾諾夫著

人民鐵道出版社

# 鍋爐水與給水的化學分析法

化學碩士 A·C·斯米尔諾夫著

孟乃昌 譯 丘材雅 校



人民鐵道出版社

一九五六年·北京

這本小冊子敘述了鍋爐水與給水的分析方法，並略述  
鐵路運輸試驗室的先進工作經驗。

這本小冊子供機務段化學技術試驗室和鐵路技術試驗  
室以及軟水設備附屬試驗室的工作人員應用。

## 鍋爐水與給水的化學分析法

Методы химического анализа

котельных и питательных вод

蘇聯 А. С. Смирнов 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社(一九五四年莫斯科俄文版)

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1954

孟 乃 昌 譯

丘 材 雅 校

人民鐵道出版社出版(北京市霞公府十七號)

北京市書刊出版營業許可証出字第零壹零號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印(北京市建國門外七聖廟)

一九五五年十一月初版

一九五六年七月初版第二次印刷平裝印1,081—4,090冊

書號: 413 開本: 787×1092 1/32 印張14 32千字 定價(10)0.18元

## 序

共產黨和蘇聯政府指示出，在經濟建設的一切大小部門中，必須厲行節約。

鐵路節約燃料有重大的國家意義，因為它消耗的燃料佔全國採煤量總數的30%，減少燃料消耗的因素之一是保持優良的熱力技術狀態，而這又有賴於合理地實行鍋爐內外的水質處理。合理的水質處理只有在正確的化學檢驗下才能進行。

現在，鐵路化驗室使用的給水和鍋爐水的各種分析方法常是有缺點的，而且時間花費很多。這樣的化學檢驗情況，難以在各鐵路和機務段中獲得關於水質和鍋爐水內外處理狀態的客觀的與比較性的數據。

這本小冊子敘述交通部中央科學研究院試驗、製定並向鐵路運輸化驗室推荐的各種統一水質分析方法。其中一些分析方法對於運輸部門來說基本上還是新方法、化驗室應該結合本身工作條件來運用。

推廣較完善的統一的化學檢驗方法，可以改善鍋爐內和預先的水質處理。

蘇聯鐵道研究所所長И. А. 依萬諾夫

水質系主任С. Ф. 岡察洛夫

# 目 錄

## I 乾燥殘餘物和灼燒殘餘物以及灼燒損失

1. 乾燥殘餘物和灼燒殘餘物數值的測定…………… 2
2. 測定乾燥殘餘物和灼燒殘餘物時可能發生錯誤的原因…………… 5

## II 給水與鍋爐水分析的陽離子交換法

1. 陽離子交換過濾器的準備…………… 7
2. 給水與鍋爐水總含鹽量的測定…………… 9
3. 用陽離子交換法測定給水與鍋爐水中氯化物和硫酸鹽的濃度…………… 12
4. 鍋爐水的乾燥殘餘物數值的近似算法…………… 15
5. 用陽離子交換法測定水中鈉、鉀離子的總濃度…………… 15

## III 測定給水與鍋爐水硬度的絡合滴定法

1. 關於方法的一般概念…………… 19
2. 給水總硬度的測定…………… 22
3. 鍋爐水硬度的測定…………… 25
4. 鈣硬度和鎂硬度的分別測定…………… 26

## IV 用絡合滴定法測定硫酸鹽的濃度…………… 28

## 附錄 鍋爐水分析數據檢算用的壓力修正係數表…………… 32

## I 乾燥殘餘物和灼燒殘餘物以及 灼燒損失

乾燥殘餘物是已經過濾的水樣蒸發後的殘餘物在攝氏 110 度烘乾至重量不變並以毫克/公升來表示的。這個數值即表示水內含有的在攝氏 110 度不揮發的溶解的和膠體狀態的物質的數量。

固體殘餘物是未過濾的水蒸發後的殘餘物在攝氏 110 度烘乾至重量不變並以毫克/公升來表示的。有時用『固體殘餘物』一詞來代替『乾燥殘餘物』一詞是不正確的。

對於沒有被懸浮物或渾濁物弄污的清淨水，例如自來水和多數自流井水等，上述兩個名詞是一致的。在水中含有懸浮物的情況下，乾燥殘餘物和固體殘餘物在數值上總是有差別的；並且有時候差別相當大。所以乾燥殘餘物應用過濾後的水樣測定；如果根據蘇聯國家標準 ГОСТ 3351-41 測得水的透明度按標準鉛字超過 30 公分時，水樣就可以不必過濾。

乾燥殘餘物有實際意義；固體殘餘物的數值却沒有說明水的性質。

乾燥殘餘物僅約略地估計出水的總含鹽量，因為當水蒸發和『殘餘物』烘乾時，許多溶解在水中的物質發生了變化，因而也就改變了重量。例如鈣和鎂的重碳酸鹽失去了二氧化碳變為相當的碳酸鹽，矽酸鹽因水解而析出含水矽酸，氯化鎂同樣也水解生成氯化氫因而損失了氯，很多有機物被氧化了。結果，它們的重量最初增加（由於與氧化合），後來又減少，等等。硫酸鈣甚至長時間烘乾也不能完全放出結晶水。

水中膠體狀態物質在水樣過濾時大半通過濾紙，因此這些物質是乾燥殘餘物的組成部分。透過濾紙和被阻留在濾紙上的兩部分膠體的數量的比率很不固定，因為這和濾紙的質量、膠體的特性、過濾時水的溫度等等許多原因有關。所以乾燥殘餘物是一個條件性的數值，特別是對於鍋爐水，因為它含有相當大量膠體狀態的有機物和無機物以及吸濕性的物質，如鈉的氫氧化物和硫酸鹽。

乾燥殘餘物的數量無論什麼時候也不能相當於水中膠態的和溶解的物質的真正含量，也就是乾燥殘餘物不等於水中溶解的電解質的陽離子和陰離子以及膠體的總和。

雖然如此，對於鐵路運輸來說，鍋爐水和給水的乾燥殘餘物的數量仍然是它們的性質的重要特徵之一。這個數值在關於 ИТ 鍋爐內水質處理的 ИЗ 字第1752號命令中被當作最重要的特徵列入鍋爐水質的標準內。

灼燒殘餘物是在攝氏 800 度灼燒並以毫克/公升表示的乾燥殘餘物。灼燒殘餘物不是被檢驗水中溶解的礦物質重量的總和，稱為礦物殘餘物是根本不正確的。因為許多礦物質甚至在不太高的溫度下灼燒時也可以揮發和變化。與鎂化合的鹽酸和硝酸有部分損失、碳酸鹽則某種程度地放出二氧化碳而發生分解等。碳酸鎂特別容易分解，已經形成鹼性碳酸鎂却牢固地保持着水分。

灼燒殘餘物的數值不能作為被檢驗水的如何重要的特性，它並沒有為蘇聯國家標準『飲用水質量標準』ГОСТ2874-45所規定。對於灼燒損失的數值即乾燥殘餘物與灼燒殘餘物重量之差也是這樣。不論來源是有機物或無機物，灼燒損失與灼燒的溫度有關，它表示揮發物質的總和。在很多情況下，它只能給我們以某種關於物質溶解在被檢驗水中的有機物質數量的概念。

這個數值乃是由於各種化學反應所增減的各個重量的代數和。許多水特別是飲用水當乾燥殘餘物灼燒時更重要的特徵不是數量的而是性質的變化。例如在良好的飲用水中，當乾燥殘餘物灼燒時只可允許很輕微的剛能看得出來的變黑情況。若是水中存在更多的有機物時，乾燥殘餘物就會很明顯地變黑，並很容易因繼續的灼燒而消失。

## 1. 乾燥殘餘物和灼燒殘餘物數值的測定

測定乾燥殘餘物和灼燒殘餘物所用的水樣容積視推測的殘餘物數值而定。必需的水樣容積大致可以按照表 1 來選擇。

用作蒸發水樣的蒸發皿的重量應當適應於推測的乾燥殘餘物的重量，或更確實地說，適應於水蒸發後蒸發皿中稱得的重量。

給水的乾燥殘餘物 將過濾後的檢驗水樣注入清潔的、新灼燒過和稱

量過(在分析天秤上)的鉑的、石英的<sup>①</sup>或瓷的蒸發皿內而置水浴上蒸發。爲了避免其中落入塵土、灰燼微粒、細砂等,要在它的上面放置一個大玻璃漏斗,或採取其他方法來防止。

表 1

| 推測乾燥殘餘物數值<br>(毫克/公升) | 稱量的推測數值(克)  | 水樣容積(公升) |
|----------------------|-------------|----------|
| 100以下                | 0.2以下       | 2.0      |
| 100~250              | 0.1 ~0.25   | 1.0      |
| 250~500              | 0.125~0.25  | 0.5      |
| 500~1,000            | 0.125~0.25  | 0.25     |
| 1,000~1,500          | 0.125~0.225 | 0.15     |
| 1,500以上              | 0.15及以上     | 0.1      |

所有的水蒸發以後,將蒸發皿和殘餘物一同在乾燥箱內以攝氏 110 度烘乾至重量不變。因爲乾燥殘餘物有吸濕性,所以蒸發皿由乾燥器內取出後,應立即稱量。

給水的乾燥殘餘物數值按下式算出:

$$C = (a - b) \kappa \times 1,000 \text{ 毫克/公升} \quad (1)$$

其中  $C$ ——乾燥殘餘物(毫克/公升);

$a$ ——蒸發皿連乾燥殘餘物的重量(克);

$b$ ——空蒸發皿的重量(克);

$\kappa$ ——換算爲容積 1 公升的係數;

1,000——由克換算爲毫克的乘數。

鍋爐水和含有鹼金屬氫氧化物和碳酸鹽的水的乾燥殘餘物 將過濾後的水樣用 0.1N 鹽酸溶液中和。爲此,在單獨的水樣中以酚酞爲指示劑按照通常方法測定水的鹼度,在這個測定基礎上,向取作測定乾燥殘餘物的水樣中加入 0.1N 鹽酸溶液,其所需毫升數要比測定鹼度時所用去的多加 1~2 毫升。然後像測定非鹼性給水的乾燥殘餘物一樣,精確地進行測定。

① 天然鹼性水和以純碱石灰法軟化後的水,以及所有其他含有鹼類的水蒸發時,不能使用石英蒸發皿。

乾燥殘餘物的數值按下式算出：

$$C = P(a - b) \kappa \times 1,000 - z \text{ 毫克/公升} \quad (2)$$

其中  $C$ ——乾燥殘餘物 (毫克/公升)；

$P$ ——鍋爐壓力的修正係數 (參看附錄)；

$a$ ——蒸發皿連乾燥殘餘物的重量 (克)；

$b$ ——空蒸發皿重量 (克)；

$\kappa$ ——換算為容積 1 公升的係數；

1,000——由克換算成毫克的乘數；

$z$ ——因  $\text{NaOH}$  變為  $\text{NaCl}$  (即因這些化合物分子量之差) 增加的乾燥殘餘物的重量。

由下列關係確定  $z$  的數值：

$$z = 1,845 n \kappa \text{ 毫克/公升}$$

其中 1.845——乾燥殘餘物對於加入的每毫升 0.1N  $\text{HCl}$  溶液所增加的重量 (毫克)；

$n$ ——為了中和水樣所加入的 0.1N  $\text{HCl}$  的毫升數；

$\kappa$ ——換算為容積 1 公升的係數。

非鍋爐水的碱性水 (含有氫氧化物) 的乾燥殘餘物數值同樣按公式 (2) 計算，但不用列入鍋爐壓力修正係數  $P$ 。

例：當測定鹼度時，以酚酞為指示劑滴定 100 毫升鍋爐水消耗 0.1N  $\text{HCl}$  溶液 2.0 毫升。

為了測定乾燥殘餘物取 25 毫升鍋爐水，而向其中加入 0.1N  $\text{HCl}$  溶液的數量為：

$$n = 2.0 \times 2.5 + 1.0 = 6 \text{ 毫升}$$

數值  $z$  的確定：

$$z = 1,845 \times 6 \times 4 = 44.28 \text{ 毫克/公升。}$$

於攝氏 110 度烘乾至重量不變以後的乾燥殘餘物重量原來等於 725.0 毫克/公升 (已計及鍋爐壓力)，由其中減去數值  $z$ ，得乾燥殘餘物的最後數值：

$$725.0 - 44.28 = 680.72 \text{ 毫克/公升}$$

或化為整數：

$$680.0 \text{ 毫克/公升。}$$

灼燒殘餘物 將蒸發皿連乾燥殘餘物置本費爐 (Муфельная Печь)

內在溫度800度左右灼燒（在數分鐘內）至不變的白色。

由於有機物殘渣的碳化，一般在灼燒的開始幾分鐘顏色變黑，經過碳的燃燒變白後，顏色即不再變化。

將蒸發皿由木費爐中取出，冷卻，並以5%的碳酸銨溶液使殘餘物濕潤，再小心地灼燒至氨和水完全逸去。然後將蒸發皿連殘餘物放入乾燥器內，冷卻並迅速地稱量。

給水的灼燒殘餘物的數值按下式算出：

$$\Pi = (a - b) \kappa \times 1,000 \text{ 毫克/公升}; \quad (3)$$

其中  $\Pi$ ——灼燒殘餘物（毫克/公升）；

$a$ ——蒸發皿連灼燒殘餘物的重量（克）；

$b$ ——空蒸發皿的重量（克）；

$\kappa$ ——換算為容積1公升的係數；

1,000——克換算為毫克的乘數。

鍋爐水的灼燒殘餘物數值以同樣方法算出，但須考慮到採取樣品時的鍋爐壓力，即須列入修正係數 $P$ ：

$$\Pi = P (a - b) \kappa \times 1,000 \text{ 毫克/公升}. \quad (4)$$

灼燒損失從乾燥殘餘物和灼燒殘餘物之差確定，即：

$$X = C - \Pi \text{ 毫克/公升}, \quad (5)$$

其中  $X$ ——灼燒損失（毫克/公升）；

$C$ ——乾燥殘餘物（毫克/公升）；

$\Pi$ ——灼燒殘餘物（毫克/公升）。

## 2. 測定乾燥殘餘物和灼燒殘餘物時可能發生錯誤的原因

(1) 水樣不是在水浴上而是直接地在電熱板上或在其他各種加熱用儀器上蒸發，這是完全不允許的。由於水樣沸騰時能發生迸濺而造成重大差誤。

(2) 盛有乾燥殘餘物或灼燒殘餘物的蒸發皿，在稱量以前長時間地露置於乾燥器外，以及過於緩慢地稱量，都會使結果變高。

(3) 分析碳酸鹽硬度較大的水時，盛着分析水樣的燒瓶不能放在水

杯上或靠近正在進行蒸發的電熱板。因為這時二氧化碳能部分逸去，而燒瓶壁析出碳酸鈣晶體，使這一部分不能包括在乾燥殘餘物內。假如晶體已全部析去，那麼應當在水樣中通入二氧化碳使晶體溶解。

(4) 在水蒸發時未充分預防塵埃、細砂、灰燼等混入而引致較高的結果。

(5) 過於強烈地和長時間地灼燒，使灼燒殘餘物數值減少，灼燒損失增高。

## II 給水與鍋爐水分析的陽離子交換法

陽離子交換分析法是色層吸附分析的一種，遠在 1906 年色層吸附分析<sup>①</sup>就由俄國科學家 M. C. 茨維特研究出來了。

茨維特用他倡始的這個方法，僅僅爲了分析有機物，例如葉綠素、葉黃素等等。後來就出現了新的領域——無機化合物的色層法。

這個方法的要點，是使分析溶液通過裝有吸附劑的色層柱，而使溶解的物質與吸附劑互相作用。根據相互作用的歷程，可將色層法分爲若干種。

對於天然水、給水和鍋爐水的分析，最有密切關係的就是色層法中的離子交換法。在這種情況下，吸附劑採用離子交換劑。而離子交換劑又分爲根本不同的兩組：陽離子交換劑和陰離子交換劑。在這本小冊子中僅研討陽離子交換劑的應用。

關於離子交換理論的一般概念，以及離子交換劑和它在分析化學上的應用，在專門文獻<sup>②</sup>中已有足夠充分的說明。

① M. C. 茨維特；『色層吸附分析』，蘇聯科學院出版局 1946 年版。

② И. Э. 阿別里岑、B. A. 克略契科、Ю. Ю. 盧耳、A. C. 斯米爾諾夫：『離子交換劑及其應用』，蘇聯國家標準出版社 1949 年俄文版。——原註

中文參考書有：Д. И. 略布契科夫、E. A. 捷林蒂娃，陳培德譯：『離子交換劑及其應用』，中國科學院出版（1954）。

該書全文原載蘇聯『化學進展』雜誌第 19 卷第 2 期（1950）。可供參考。

——譯者註

對於水的分析，在1927年陽離子交換劑已被建議作為吸附劑。那時鎳一陽離子交換劑（『軟水砂』）已經應用在天然水中分離鈣、鎂離子以便在濾液中用棕櫚酸鹽法測定硫酸根離子。以後幾年又發表了很多把陽離子交換劑應用到水的分析的著作。

本章舉出下面一些應用陽離子交換劑的分析方法：

- （1）給水和鍋爐水總含鹽量的測定；
- （2）給水和鍋爐水氯化物和硫酸鹽濃度的測定；
- （3）給水中鈉離子與鉀離子總濃度的測定。

## 1. 陽離子交換過濾器的準備

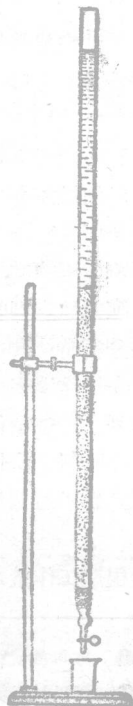
利用陽離子交換法來作水的分析並不需要任何特殊儀器。

陽離子交換過濾器可以應用容積標明為100毫升的不具活塞的滴定管或任何其他直徑為15~20公厘、長度為600~700公厘一端抽細的玻璃管。在這個管上用膠皮管套好並安上螺旋夾子，以便調節液體從過濾器流出的速度。

滴定管（見圖）須正確地垂直固定在試驗室的台架上。

在滴定管的下部放入玻璃棉高約30~40公厘作為維護層，如缺乏玻璃棉，可利用礫石和碎玻璃塊（化學用器皿的）。用篩子篩過選出適當大小的粒子，將較大的裝在下面，較小的裝在上面，以免陽離子交換劑的顆粒進入玻璃塊或礫石的空隙中去。過濾器所用的陽離子交換劑應儘可能採用高容的陽離子交換劑，例如凱麥洛夫工廠出品的 КУ-2, СВБР 等等型號的『磺烴酚（醛塑）膠』。

不得已時，也可利用『愛斯巴替特-1』。（Эспатит-1）和 К<sub>8</sub>, К и Р 號的『渥法替特』（Вофатит）（樹脂）。



陽離子交換劑取用的數量（約15~20克）以能使陽離子交換劑層佔滴定管高度的50~60%爲宜。

先將陽離子交換劑放在玻璃杯或瓷蒸發皿內，加1:4的稀鹽酸浸漬2~3小時<sup>①</sup>，使之膨脹。然後將它裝滿在滴定管內，滴定管的下端用橡皮管和一個盛有蒸餾水的大瓶子（放置在高於滴定管的位置）相連接。利用蒸餾水的水流從下往上沖動陽離子交換劑以洗去細碎粉末和夾雜物並排除空氣泡。

水流應該使所有的陽離子交換劑顆粒一直到最下層也能有活動的餘地，但不能被水從滴定管上面所帶走。爲了加速這個過程，可以在鬆動後，用蒸餾水的水流以能够使陽離子交換劑層現出阻力的速度從下向下沖洗。

沖洗完畢後，以H<sup>+</sup>離子『充滿』陽離子交換劑。爲此，由滴定管放水到陽離子交換劑上層的水平而緊緊地關閉放出管。

然後往滴定管裏注入以蒸餾水稀釋的1:4純鹽酸（數量爲100~150毫升），使通過陽離子交換劑層20~30分鐘<sup>②</sup>。

已經被H<sup>+</sup>離子所『充滿』的陽離子交換劑以蒸餾水洗去多餘的酸，至洗液對甲基橙指示劑呈中性反應爲止。然後確定滴定管中的水平在陽離子交換劑上層的高度上。於是這個H<sup>+</sup>陽離子交換過濾器即可用以進行測定。

應當注意到的是，陽離子交換劑層在進行『充滿』時，以及在分析前或在分析時，其中都不能有空氣泡存在。

在工作過程中，按被分析的水中鹽類濃度的情況，陽離子交換劑開始『消耗』。這是從所取濾液試樣的酸度依次降低表現出來的。

在陽離子交換劑第一次現出『消耗』時即應恢復（再生）其『交換容量』。爲了這個目的所進行的操作，和以上所述用H<sup>+</sup>離子『充滿』時無異。

根據工作量，試驗室必須有若干個這樣的陽離子交換過濾器。

---

① 亦可放置較久，例如一晝夜。

② 可以減低流通速度，甚至使陽離子交換劑浸漬在酸中數小時，或者把酸加熱到50~60度，在這種情況下，『充滿』作用進行得比較完全。

裝入過濾器內的陽離子交換劑，在正常的再生情況下可以工作數年之久。然而由於顆粒的機械粉碎作用和沖洗時沖出的緣故，必須隨時補充過濾器內陽離子交換劑的損失。

## 2. 給水與鍋爐水總含鹽量的測定

倘若不涉及鍋爐結構的特點、實際蒸發速度的大小、鍋爐水位的高度以及其他非化學特性的因素，那末造成泡沫現象、水躍、汽水共騰、鍋爐金屬腐蝕以及發生水銹的主要原因，是總含鹽量的數值，即鍋爐水中所有溶解的電解質（鹽類和鹼類）的濃度。影響到所有這些過程的其餘因素之一，是膠體與大小和它相差可不遠的懸浮物微粒的含量。

如果注意到乾燥殘餘物主要部分的重量通常正是電解質，那末就很明顯，給水和鍋爐水總含鹽量的數值，對於鍋爐內處理的監督和對於給水與鍋爐水的正確評定，具有多麼大的意義。

然而，目前近似地測定水中總含鹽量的唯一的方法，即用重量法測定乾燥殘餘物，需要花費很多時間，所以不能用作機車鍋爐水情況的日常檢驗。

因此，具備不僅鐵路運輸試驗室即機務段試驗室亦易於做到的測定鍋爐水總含鹽量的充分、簡單、迅速的方法，對於鐵路運輸有相當大的實際意義。

**方法的要點** 當任何鹽類的溶液流經裝滿 H- 陽離子交換劑的過濾器時，溶液內的金屬離子與陽離子交換劑的氫離子發生多相交換的化學反應。這種交換按精確的當量數進行，並且遵循着質量作用定律。

這些反應的一般形式 \* 可以概括地用下列方程式表示：



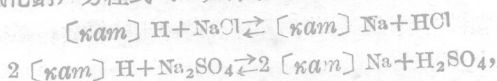
其中  $[\kappa am]$  —— 陽離子交換劑中不溶解的絡合物，即陰離子；

$Me^{n+}$  —— 溶液的金屬離子，即陽離子（例如  $Na^+$ ， $K^+$ ， $Ca^{2+}$ ， $Mg^{2+}$  等）。

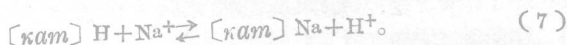
對於通常成為鍋爐水含鹽量的主要部分並同樣存在於給水中的鈉鹽，

\* 原書此處及方程式中的左方的  $Me^n$  都未表示出電荷的正負，為了使方程式電荷平衡，而加「+」號。——譯者註

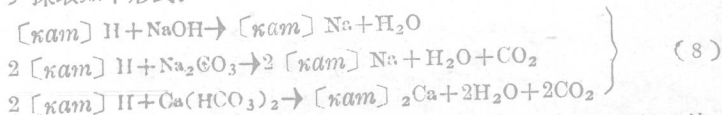
即硫酸鈉與氯化鈉，方程式（6）採取如下形式：



或為離子形式：



對存在於鍋爐水中的鹼類，以及存在於給水中的重碳酸鹽，方程式（6）採取如下形式：



除上述的其他鹽類，在給水中以及鍋爐水中的數量一般是比較少的。這些鹽類是硝酸鹽、亞硝酸鹽、腐植酸鹽、矽酸鹽和其他某些鹽類。當它們與 H-陽離子交換劑接觸時，均按方程式（7）或（8）發生反應。

研究方程式（7）和（8），容易看出，所有存在於溶液中的化合物在與 H-陽離子交換劑反應時，發生下列變化：

- （1）強酸鹽類變成了它的相當的酸；
- （2）碳酸鹽和重碳酸鹽生成了二氧化碳；
- （3）氫氧化鈉被中和了，生成相當量數的水。

因而，如果被檢驗的水樣，例如預先經濾紙過濾的鍋爐水樣流過 H-陽離子交換劑層以後，以甲基橙為指示劑，用氫氧化鈉溶液滴定以測定它的酸度，那末這個酸度的數值將正確地等於被分析的水中強酸陰離子的濃度。求出的酸度表示為毫克當量/公升。於這個數值中加上以毫克當量/公升表示的鹼度的數值，即鹼類和弱酸鹽的濃度，即得到溶解水中的以毫克當量/公升表示的電解質總量，亦即水中的總含鹽量。

當測定過濾後的水樣（特別是鍋爐水）的鹼度時，所滴定的不僅有真正溶解的化合物：碳酸鹽、氫氧化物、磷酸鹽、矽酸鹽、重碳酸鹽，而且也有一部分膠體粒子及粒子大小與膠體近似的高度分散的懸浮物。這些懸浮物是能透過濾紙小孔而不被濾紙吸附的一些物質。所以用陽離子交換法所測定的總含鹽量中不僅包括有溶解的電解質，而且也包括一部分膠體和高度分散的微粒，這也和以重量法測定乾燥殘餘物時的情況相類似。

**測定手續** 鍋爐水和給水總含鹽量的測定包括：

- (1) 用陽離子交換法測定強酸的陰離子（鹽）的濃度；
- (2) 測定弱酸的陰離子和鹼類的含量，即和通常一樣用 0.1N 鹽酸溶液與甲基橙測定水的鹼度。

由這兩個數值之和求得水的總含鹽量。

爲了測定弱鹽化的給水和鍋爐水內強酸的陰離子含量，取已經過濾的分析水樣容積爲 150~200 毫升而開始使它流經 H- 陽離子交換過濾器。其速度爲每分鐘自過濾器流過 10~15 毫升。

強鹽化的水應當預先以蒸餾水稀釋，以使水的總含鹽量在稀釋以後不高於 40 毫克當量/公升，約相當於乾燥殘餘物 2,000 毫克/公升。

收集濾液，使用容積 50 毫升的燒瓶或燒杯。

棄去最初一份容積爲 50 毫升的濾液，而從以後三份每份 30 毫升中，以吸量管吸取 25 毫升加甲基橙爲指示劑，以 0.1N 氫氧化鈉滴定。在正確的工作情況下，這些酸度的數值不應當相差 0.02 毫升以上。

如果在這三個依次取得的水樣中，發現酸度的數值不定，應當使被分析的水流過陽離子交換過濾器並再取 2~3 個試樣，每個 30 毫升測定其酸度（參照以前）。

如果依次序所取的試樣的酸度有規則地降低，這乃是陽離子交換劑消耗的標誌。裝有已經消耗的陽離子交換劑的過濾器，僅當再生以後才可用於工作中。

**測定結果的計算** 計算給水中強酸鹽的含量，應用公式：

$$A = a\kappa \times 4 \text{ 毫克當量/公升} \quad (9)$$

其中  $A$ ——水中強酸鹽的含量（毫克當量/公升）；

$a$ ——滴定 25 毫升水樣消耗 0.1N NaOH 溶液的毫升數；

$\kappa$ ——0.1N NaOH 溶液的修正係數；

4——換算爲容積 100 毫升的係數。

計算鍋爐水中強酸鹽含量的公式是：

$$A = a\kappa \times 4 \text{ 毫克當量/公升} \quad (9a)$$

其中  $P$ ——鍋爐壓力的修正係數。

如果被分析的水在測定前曾以蒸餾水稀釋，則應在計算公式內列入等

於稀釋倍數的係數。

水中弱酸鹽及鹼類的含量，即水中的總鹼度的測定按照通常方法用 0.1N 鹽酸溶液及甲基橙為指示劑。

例：分析用的鍋爐水樣，在鍋爐壓力 10 大氣壓時採取，對於這個壓力的修正係數（參看附錄） $P=0.887$ 。

被分析的水曾以蒸餾水稀釋至 2 倍。

流過陽離子交換過濾器的三份鍋爐水樣（按 25 毫升）的每次滴定中，消耗掉 9.1 毫升 0.1N NaOH 溶液，該溶液的修正係數  $F=0.995$ 。

強酸鹽的含量的數值為：

$$A = 9.1 \times 0.995 \times 4 \times 2 \times 0.887 = 64.25 \text{ 毫克當量 / 公升}$$

被分析的水的總鹼度等於 8.58 毫克當量 / 公升

該水的總含鹽量等於：

$$S = 8.58 + 64.25 = 72.83 \text{ 毫克當量 / 公升}$$

或化為整數 73.0 毫克當量 / 公升。

### 3. 用陽離子交換法測定給水與鍋爐水中氯化物和硫酸鹽的濃度

方法的要點 用加氫氧化鉍生成沉澱的方法 除去水樣中的硫酸鹽。在溶液中留下氯化物及少量其他強酸的陰離子。這溶液在過濾以後，流過 H-陽離子交換劑並測定其酸度，即除硫酸鹽以外的強酸陰離子的含量。

既然在天然水、給水和鍋爐水中強酸鹽類的主要部分是硫酸鹽和氯化物，而其他鹽類（主要是硝酸鹽）在這些水中僅含有很少的數量，那末，所得濾液的酸度將幾乎精確地與被分析的水中的氯化物濃度相等。

因此，所研討的方法可以應用在含有微量硝酸鹽的水的分析，並不需要任何校正。倘若硝酸鹽或其他強酸鹽的濃度較高，應當用任一種分析方法測定它們的含量，並在計算時考慮到分析結果中去。

應用陽離子交換法測定氯化物和硫酸鹽的濃度所發生的反應，可以概括地用下列方程式表示：

1. 強酸鹽與 H-離子交換劑的相互作用：

