

中等專業學校教學用書

工業分析

上 冊

A. И. ГРОШЕВ 著

中華人民共和國重工業部工業教育司譯

高等教育出版社

中等專業學校教學用書



工 業 分 析

上 冊

A. II. 格羅舍夫著

中華人民共和國重工業部工業教育司譯

高 等 教 育 出 版 社



本書係根據蘇聯國立化學科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 出版的格羅舍夫 (А. П. Грошев) 所著的“工業分析” (Технический анализ) 1953 年版譯出。原書經蘇聯化學工業部教育處批准為化工中等技術學校的教學參考書，也可供有工業分析課程的其他中等技術學校之用。

本書中譯本分兩冊出版：上冊在介紹一般常用的分析方法和取樣方法之後，分別敘述水、燃料、潤滑劑和工業氣體的各項分析。下冊敘述黑色金屬、銅、鋁的普通分析，硫酸、硝酸、氨、蘇打、苛性鈉、硫化鈉等無機物生產中所需的分析，礦物肥料、化工生產中各種有機半成品以及合成樹脂、醃、脂肪等物的分析。

工 業 分 析

上 冊

書號207 (課198)

格 羅 舍 夫 著

中華人民共和國重工業部工業教育司譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 琉 璃 廠 一 七 〇 號

[北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號]

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 菴 路 一 九 〇 號

開本850×1168 1/32 印張8 14/16 字數 234,000

一九五五年三月上海第一版

印數 1—6,500

一九五五年三月上海第一次印刷

定價 一元三角

序

由於缺乏能滿足現行教學大綱的要求的工業分析教科書，給化工中等技術學校中這門課程的講授增加了很多困難。另外還應指出，現有的關於工業分析中各個問題的書籍，因為在內容上和材料的敘述性質上主要是供高等學校或生產實驗室用的，在大多數情況下不符合中等技術學校學生的需要和知識水平，所以它在中等技術學校內不能廣泛的應用。因此，為化工中等技術學校編寫一本工業分析的專門的教學參考書，我覺得是十分必要的。

本書詳細敘述了化工生產中各種原料、輔助材料和主要成分的分析方法。討論了一些廠內檢驗方法。其中所述方法大部分是標準方法，或是已在廠內檢驗及分析實驗室中實際採用的方法。

為了與定量分析課程（中等技術學校學生在學習過程中先學它）保持教學上的聯繫，著者認為內容的敘述從水的分析方法開始比較適宜。

書內所載材料比教學大綱規定的稍多，以便教員有可能選擇最適用的分析方法，來適應學生的專業以及他們將來工作中的生產條件。

著者對於B. Д. 庫茲明在審閱原稿中所給的幫助深致謝忱。

教員和學生對本書缺點的所有批評和具體意見，著者定以衷心的謝意來接受。

A. II. 格羅舍夫

上 册 目 錄

序

I. 緒言	1
工業分析及其作用	1
工業分析的特點和方法	3
工業分析中溶液濃度的表述法	6
比色分析法	10
光電比色分析法	11
比色測定法。儀器	12
直接作用的光電比色計	20
差動光電比色計	23
電解分析法	28
用外界電源的電析	28
分解電壓	29
電流強度和電流密度	30
電解時間	31
氫離子濃度對電解的影響	31
電解儀器	32
電解步驟	32
加速電解的方法	34
內部電解法	34
試樣的採取和撈分	36
取樣的作用	36
固體取樣	37
初次試樣的採取	38
試樣的撈分	41
液體取樣	45
實驗室中試樣的撈分	48
複習題	49
參考書刊	50

II. 水	51
概論	51
對水的要求	54
取樣	55
定性試驗	57
定量分析	61
鈣的測定	61
鎂的測定	62
硬度的測定	70
按已知的鈣和鎂的濃度計算總硬度	70
用皂液滴定法測定總硬度	71
用鹼量法測定總硬度	77
碳酸鹽硬度和非碳酸鹽硬度的測定	79
水的軟化劑的計算	79
氫離子濃度的測定	81
懸浮物質、乾燥(固體)殘渣和灼熱殘渣的測定	84
鹼度的測定	85
二氧化碳的測定	91
氧的測定	93
鐵的測定	97
水的穩定性的測定	100
複習題	101
參考書刊	102
III. 燃料	103
概論	103
取樣	106
初次試樣的採取	106
分析試樣的準備	110
水分的測定	112
灰分的測定	117
硫的測定	120
硫的測定法	121
揮發分的測定	127

熱值的測定	130
測定的一般原理	130
熱值的測定條件	133
量熱器設備的裝設	134
準備測定和進行試驗	143
複習題	155
參考書刊	156
IV. 潤滑劑	157
概論	157
潤滑劑的性質	157
潤滑油的品種	159
油的脫水	162
密度的測定	162
黏度的測定	169
閃點和燃點的測定	177
凝固點的測定	180
含水量的測定	182
滴點的測定	184
複習題	185
參考書刊	186
V. 氣體	187
概論	187
工業氣體	187
可燃氣體混合物	187
用作化學工業原料的氣體	188
廢氣	189
工業企業廠房空氣中的氣體	189
氣體分析的作用及分析方法	189
氣體性質及吸收法	191
取樣	199
大的氣體試樣的採取	200
小的氣體試樣的採取	202

用抽空容器取樣·····	204
直接用氣體分析器取樣·····	204
流通氣體的體積的測量·····	204
分析氣體的儀器和分析過程·····	207
格彼耳儀器·····	207
ГХ-1 型氣體分析器·····	211
工業氣體全分析的氣體分析器·····	217
全蘇熱工學院的氣體分析器 (ВТН 型儀器)·····	222
根據氣體分析的計算·····	230
氣體熱值的測定·····	232
方法的實質·····	233
裝置的敘述·····	234
量熱器測量室及其設備·····	240
測定步驟·····	243
最低熱值的計算·····	246
最高熱值的計算·····	247
量熱器的基本使用規則·····	251
液體燃料熱值的測定·····	254
複習題·····	257
參考書刊·····	258
附錄 1. 幾種元素的原子量·····	259
附錄 2. 水在不同溫度下的密度·····	259
附錄 3. 水蒸氣壓力·····	260
附錄 4. 在溫度 t 時 1 米 ³ 空氣中的飽和水蒸氣重量·····	260
附錄 5. 酸和鹼的比重·····	261
附錄 6. 鉑器的使用規則·····	266
附錄 7. 氣體分析用催化劑的製備·····	266
附錄 8. 氣體量管和滴定管旋塞的照管·····	267
附錄 9. 黏玻璃和玻璃以及金屬和玻璃的膠和油膩子·····	268
中俄人名對照表·····	269
中俄名詞對照表·····	270

工業分析

I. 緒言

工業分析及其作用

工業分析是分析化學的一部分，它研究各種生產的原料、輔助材料和最終產品的組成的測定方法。在各種化學工業製造過程中所得中間產品和副產品的測定方法，在工業分析中佔有很重要的地位。固態、液態和氣態燃料、潤滑劑，水，合金——這些材料的組成的測定，也是工業分析的任務，這使得工業分析不僅在化工生產過程的檢驗中而且也在國民經濟的各種部門的其他很多生產過程的檢驗中成了必不可少的部分。

工業分析給評定原料的質量，檢查工藝的過程的進行，最經濟地使用原料、燃料和電能，減少生產廢料，及時地消除缺點，並保證很高的產品質量等等方面提供了可能性。因此，對於生產過程的正確組織和檢驗，工業分析是必需的。

工業分析方法的精確度決定於生產的要求，它應該足以獲得正確的結果。所以在工業分析中，並不要求達到現在分析化學已達到的最高的測定精確度，因為在很多情形裏不需要這樣高的精確度，而且對生產檢驗具有更大作用的是：分析的迅速，測定的實行簡便和易於重複進行。

工業分析方法是隨着工業的發展而發展和完善起來的。新生產的出現產生了新化學分析法的需要，並且常常決定了很多極著名化學家的科學工作的方向。

俄羅斯同胞的工作在分析化學的發展上有過傑出的作用。偉大的俄國學者 M. B. 羅蒙諾索夫，在他 1748 年建立的俄國的第一所化學實驗室中，對各種物質曾做過了大量的分析。B. M. 謝維爾庚在俄國於 1801 年初次編寫了一本“試金術”（當時這樣稱呼工業分析）手冊。A. A. 沃斯克烈沁斯基做過頓巴斯煤的全分析。第一本化學分析教本是在 1871 年由建立分析學派的 H. A. 梅舒特庚寫成的。它的著作“分析化學”在研究物質的化學方法的發展上有過巨大的作用。第一本工業分析的專門著作，是 E. II. 奧爾洛夫在 1898 至 1902 年間寫成的。M. A. 伊林斯基和 I. A. 楚加耶夫在化學分析中首先使用了有機試劑。

Д. II. 門德列耶夫之發現週期律（1869 年），為總結化學家們已積累起來的全部經驗創立了基礎，並為化學（包括分析化學）的進一步發展給了一個巨大的推動力。物理化學的發展，電離理論以及其他許多發現和研究，引導出了許多建立在鞏固的科學基礎上的新化學分析法。

蘇聯化學家在化學分析方面獲得了卓越的成就。物理化學分析的奠基人是 H. C. 庫爾納科夫。他研究出了熱分析方法，使得能夠按組成和性質的關係圖來確定很多物質的組成。H. A. 塔納納耶夫創立了點滴分析法和分部分分析法[⊖]，這些方法在很多生產部門中得到了廣泛的應用。礦物原料的分析法是由 B. Γ. 卡爾波夫研究出來的。分析金屬礦和金屬具有成效的有 II. II. 阿利馬凌、A. M. 狄莫夫、Ю. A. 切爾尼霍夫及其他研究者在金屬礦和金屬的分析上獲得了成功。

蘇聯分析化學的發展是與增長着的工業需要緊密地相聯繫

⊖ 分部分分析法（метод дробного анализа）是一種定性分析法，用這種方法來發現溶液內要測定的離子時，不必除去其他離子，而只要加入某種特殊試劑，經過一次或數次分離與要測定的離子產生沉澱或顏色——譯者。

的。除了科學機構以外，我們還有很多裝備很好的巨大的工廠實驗室，其中有很多化學分析家在工作着。這保證了科學與實踐的緊密聯繫，促使生產的分析和檢驗方法更為完善，是分析化學繼續進步的保證。

工業分析的特點和方法

工業產品的分析與為被研究物質的性質所決定的許多特點有關。這些特點歸結如下。

做工業分析的產品永遠不會是化學純的。甚至像試劑這樣純粹的物質還是含有少量雜質。例如工業用食鹽含有的主要物質(NaCl)不少於 93%，其餘都是雜質。作試劑用的氯化鈉含有不少於 99.8% 的 NaCl 等等。所以在工業分析中一定要考慮到雜質的影響。

此外，工業產品通常並不是均勻的，所以分析用物質的取樣地點和取樣方法是很重要的。試樣經常須由極大量(達千噸)的產品中取得。

很多工業產品難以變成便於分析的狀態(主要是難於把它溶解)。

在生產條件下，完成分析的速度極為重要。根據及時地得到的分析結果，技師就可以改變過程的進行，而避免產生廢品和浪費原料等等。在很多情況下，完成分析的速度還決定這一方法能否用於生產。

最後一點，在工廠中同一實驗者常常同時進行若干種分析(可多達 20 種)；很多分析在工作日內是連續不斷地進行的，一個實驗者的分析次數能達每班 80 次。

由於工業分析的上列特點，必須把定量分析的基本方法作某些改變：

(1) 爲了使所得數據能代表全部被分析物質的組成，必須正確地採取分析用試樣(即取樣)；

(2) 對所取試樣應作處理以備分析(磨碎，使之變成溶液等等)；

(3) 必須正確地選用該物質的測定法，考慮雜質對分析過程的影響，安排工作以使精確的分析結果能在最短時間內獲得。

各種適用的工業分析方法是根據科學數據和實踐擬定的。

進行工業分析時使用化學方法、物理-化學方法和物理方法。

工業分析的化學方法的基礎，是在分析化學課程中已學過的各種定量分析方法(中和法，沉澱法，氧化還原反應法等等)。化學方法是已經很好研究過的而且最通用的方法。

在工業分析中還廣泛地應用物理-化學方法，它的根據是以利用被分析物質的物理-化學性質爲基礎的。最常用的物理-化學方法是以下幾種。

電解分析法：它測定因電流作用而在電極上析出的物質。

極譜測定法：它利用在陰極上發生的極化過程。

電導測定法：它基於測量試液的電導率。

電位測定法：它基於測量試液在滴定時所生的電位。

比色測定法：它基於比較濃度不同的溶液的顏色深度。

濁度測定法：它基於測量懸浮粒子漫射的光量。

在這許多物理-化學分析法中，以後將討論到比色測定法和電解法。

最後，還使用許多利用物質各種性質的物理分析法。其中包括：

折射測定法：它測量物質對光的折射係數。

偏光測定法：它基於試料溶液能夠改變偏振光的偏振面的能力。

光譜分析：它基於對試料光譜的研究。

另外還測量密度、黏度、表面張力、導熱率，測定顏色、透明度及其他。

近來化學分析法常為物理方法所代替。考其原因是後者靈敏度高，而且採用物理方法的分析過程迅速。此外，物理方法還能實現生產的連續而自動的控制。可是這並不減小化學分析法的作用，因為新的物理方法和物理-化學方法只能補充而不能完全代替化學分析。為要得到物質的全面的特徵，必須把化學的、物理-化學的和物理的分析方法結合起來。

工業分析或者用來測定生產用的和生產出來的物質的組成（品號分析），或者用來隨時檢驗生產過程（快速分析）。

品號分析用來測定原料、成品和半成品的化學組成。這種分析應該具有很高的精確度，因為由此所得結果就是工藝計算的根據，也是原料和成品的供求者的價格計算的根據。

屬於這類分析的有校核分析和仲裁分析。

校核分析在有必要校核或確定品號分析所得結果的情況下採用，或者在有必要精密確定試料中某一組分含量的情況下採用。用作校核分析的通常是相同的品號分析，但在這時採用某些補充操作而使其精確度提高。在必須檢查分析實驗室的工作時，也使用校核分析。

仲裁分析是由於供求兩方面所做分析的結果有分歧而須進行的校核分析。它的目的是要仲裁機關再做一次補充的、客觀的分析。做分析的應是無關的第三者。

仲裁分析的操作方法通常與品號分析相同，但是由技術更高的分析家來進行測定，並使用特別校驗過的試劑和儀器等。

很多精密而又經濟的分析方法已載入國定全蘇標準（ГОСТ）內，成為所有工廠實驗室必須執行的了。

爲了做廠內檢驗，爲了監督工藝過程的進行，在過程的最重要階段裏，多半使用快速分析。快速分析的基本條件是做得迅速。如果說對於品號分析，最重要的條件是精確度，而時間沒有特殊意義的話，那末對於快速分析，佔首位的是做分析的高的速度。達到這一點的方法是：使分析本身簡化，取消或縮減某些操作，以另一些操作代替某些操作，在工作地點採用適當的裝備。

工藝過程進行得愈快，用來檢驗這一過程的分析就應進行得愈快。工藝過程的速度還決定用來檢驗該過程的分析方法的選擇：過程進行得慢時，分析時間能以數十分鐘甚至以小時計；過程進行得快時，它的檢驗也應進行得快，快到 1—5 分鐘。

工業分析中溶液濃度的表述法

爲要進行分析，除了主要設備和特殊設備以外，還需用試劑，主要是溶液。在工業分析中也與定量分析相同，使用的溶液或者是濃度已精密確定的滴定溶液，或者是濃度只約略知道的輔助溶液。輔助溶液的濃度通常以百分數表示，而以每升中的克數或克當量數表示的情形較少。滴定用的溶液的濃度，用當量單位（1 升中的克當量數）或滴定度（1 毫升溶液中物質克數）來表示。

工作溶液的濃度通常與簡數當量濃度（十分之一當量，百分之一當量）稍有不同。爲了把溶液的實際濃度換算成簡數當量濃度，須用校正係數。校正係數表示溶液的實際濃度是簡數濃度的多少倍。

例如溶液濃度爲 0.1025 N，則換算成簡數的十分之一當量濃度的校正係數爲

$$K = \frac{0.1025}{0.1} = 1.025$$

或如溶液濃度爲 0.0929 N，則校正係數等於

$$K = \frac{0.0929}{0.1} = 0.929。$$

爲了求得溶液的實際濃度，應把它的簡數濃度乘以校正因數。

對於第一例

$$0.1025 = 0.1 \times 1.025$$

或①

$$N = 0.1K。$$

對於第二例

$$0.0929 = 0.1 \times 0.929$$

或

$$N = 0.1K。$$

計算實例 滴定苛性鈉溶液用去 22.5 毫升校正係數爲 1.012 的 0.1 N 鹽酸溶液。試求在被滴定溶液中的苛性鈉的克數。應用定量分析中的一般算式，得：

$$\text{NaOH} = \frac{9}{1000} \cdot nK V = \frac{40}{1000} \times 0.1 \times 1.012 \times 22.5 = 0.091 \text{ 克，}$$

式中 9—NaOH 的克當量；

n —HCl 溶液的簡數濃度；

K —HCl 溶液濃度的校正係數；

V —滴定用去的 HCl 溶液的體積，毫升。

在工業分析中使用兩種滴定溶液時，也用校正係數。這時校正係數表示某一溶液濃度是另一溶液濃度的多少倍。這一係數可由以下這個熟知的原則求得：各種物質以相同的當量數參加反應；即由下式求得：

$$N_1 V_1 = N_2 V_2。$$

如取某一溶液的濃度例如 N_2 爲準，而把另一溶液的濃度與它相比，則所比較的濃度 N_1 等於：

$$N_1 = \frac{V_2}{V_1} N_2，$$

① 算式中的字母 N 表示溶液的實際當量濃度。

比值 $\frac{V_2}{V_1}$ 就是校正係數。

例：20 毫升 0.2 *N* 苛性鈉溶液與 25 毫升酸溶液中和。則後者濃度等於：

$$N_1 = \frac{20}{25} \times 0.2 = 0.16 \text{ } N。$$

這裏比值 $\frac{20}{25}$ 就是校正係數，表示鹽酸溶液濃度為苛性鈉溶液濃度的 $\frac{20}{25}$ 即 0.8 倍。

與定量分析相同，滴定溶液的濃度也用滴定度(*T*)來表示，即用 1 毫升溶液所含物質的克數來表示。這樣所得數值叫做按工作物質(即所溶物質)表示的滴定度。

在工業分析中還應用按所分析物質表示的滴定度。

例如現有 0.1 *N* 硫酸溶液，它的滴定度(按工作物質)等於：

$$T_{H_2SO_4} = 0.004904 \text{ 克/毫升。}$$

今設該溶液用於苛性鈉的多次測定。這時把硫酸溶液的滴定度表示為苛性鈉溶液的滴定度，即表示為 1 毫升該硫酸溶液能中和的苛性鈉數量，比較方便。

例如現有 1 *N* H_2SO_4 溶液，它的滴定度為 0.04904 克/毫升。1 克當量 H_2SO_4 與 1 克當量 $NaOH$ 中和。因之 1 毫升這種濃度的 H_2SO_4 與 0.04001 克 $NaOH$ 中和。這就是該溶液的按所測物質表示的滴定度，即

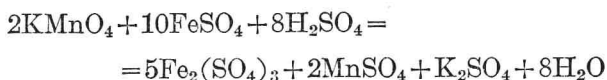
$$T_{H_2SO_4/NaOH} = 0.04001 \text{ 克/毫升。}$$

以後我們常用這種方法來表示以工作物質為準的滴定度。

下面討論另一個例子。設有一高錳酸鉀溶液，其滴定度為

$$T_{KMnO_4} = 0.00367 \text{ 克/毫升。}$$

此溶液用來測定亞鐵鹽中的鐵含量。試求高錳酸鹽溶液的按鐵表示的滴定度。由下式



可見，2克分子高錳酸鉀（即 $158.03 \times 2 = 316.06$ 克）與 $55.85 \times 10 = 558.5$ 克鐵反應，所以含 0.00367 克高錳酸鉀的 1 毫升溶液與

$$\frac{0.00367 \times 558.5}{316.06} = 0.00649 \text{ 克鐵}$$

反應，即高錳酸鉀溶液對鐵的滴定度為

$$T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0.00649 \text{ 克/毫升。}$$

這樣表示滴定度，在對鐵鹽作多次測定時是很方便的，因為要測定被滴定體積中的鐵量，只須把滴定度乘以在滴定鐵鹽溶液時所用去的高錳酸鉀溶液的體積即可得出。

滴定溶液的濃度可按照兩種溶液來確定，一種是採用定量分析中所用的那些原料配製成的“標準”溶液，一種是“固定量試劑”溶液。後一名稱是指實驗室或工廠配製成的純試劑溶液。固定量試劑是盛在焊封的安瓿[⊖]中的精確稱過的試劑。對試劑量應加以適當選擇，使它在完全溶解並精確地稀釋至規定體積（通常為 1 升）之後所得溶液正好具有所示的濃度。

在工業分析中，主要是在黑色金屬的分析中，使用標準試樣來確定溶液的濃度。標準試樣是化學成分已精密確定的某種試樣。在確定滴定溶液的濃度時，把標準試樣溶解成液體，用該滴定溶液精確地測定它，所用的方法與將來使用該滴定溶液時相同。滴定溶液的濃度，按試料中所測物質百分含量的一般算式計算。這時未知數是滴定溶液的濃度，而標準試樣溶液中所測物質的百分含量是已知的。為了確定溶液的濃度並檢驗分析方法，所取標準試樣的組成應大約與試料相同（使用標準試樣來分析的例子見下冊“生鐵和碳素鋼的分析”中“燃燒法測定硫”一節內碘溶液滴定度的

⊖ 安瓿——裝試劑的小玻璃瓶。