

矽酸盐分析

A. 拉西約 著

鋼鐵工業綜合研究所分析室 譯

建築材料工業出版社

矽 酸 鹽 分 析

(岩石、玻璃、釉、耐火材料)

A. 拉西約著

鋼鐵工業綜合研究所分檢室譯

技術校訂 姚元愷

建築材料工業出版社

本書原文為一九五一年出版的 Arnold Lassieur 著的 ANALYSE DES SILICATES。本譯本則是根據該書的俄譯本 (И. Д. Борнман-старынкевич 譯的 Анализ силикатов) 重譯的。本書詳盡並批判地討論了矽酸鹽范疇內各種原材料所含各種元素各種分析方法，其中特別提到作者本人在這方面的研究工作和見解。本書還提到矽酸鹽的定性分析以及某些較為稀有的元素的分析方法。

對於矽酸鹽的分析方法，這是一本比較全面和系統的參考書，可供一般從事岩石、玻璃、水泥、陶瓷及耐火材料分析的工廠和研究機關的技術人員之用。

本書系由鋼鐵工業綜合研究所分檢室同志翻譯，參加翻譯的有姚影澄、郭培棠、黃韻淵、張英琪、徐惠英、詹國強、馬見賢、董琴、王靜宜、洪曉、王大珍、徐澄宇、張德康、胡樹芬、張元珠、哈瑾文、劉媛珍、王文彭等，並由姚元愷同志作技術校訂，李廣平同志作總校訂。

А. ЛЯССЬЁР
АНАЛИЗ СИЛИКАТОВ
(ГОРНЫХ ПОРОД, СТЕКОЛ, ГЛАЗУРЕЙ, ОГНЕУПОРОВ)
И Л (МОСКВА—1954)
ARNOLD LASSIEUR
ANALYSE DES SILICATES
ROCNES, VERRES, COUVERTES, REFRACTAIRES, ETC.
PARIS 1951

* * *

矽酸鹽分析

北京鋼鐵工業綜合研究所分檢室 譯
建築材料工業出版社 (北京市西單區中沈篋子胡同 3 號) 出版
北京市書刊出版業營業許可証出字第〇九四號

* * *

冶金工業出版社印刷廠印

一九五六年九月第一版

一九五六年九月北京第一次印刷 (1—4,555)

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 117,000 字 • 印張 4 $\frac{18}{32}$ • 定價 (10) 0.85 元

書號 0048

發行者 新華書店

目 錄

俄譯本編者序	7
作者序	8
緒論	11
樣品的準備	11
定性分析	17
氟、硼、鋇、鉛、錫、銻、砷和鋅	17
某些稀有元素的定性反應	18
銻、鈦、鎳、銻、鈦	19
銻	20
第一章 矽酸	21
含氟的矽酸鹽	25
含硼的矽酸鹽	27
含重金屬的矽酸鹽	23
含鋇的矽酸鹽	23
第二章 有銻鹽存在時不溶於氫氧化物	29
一、借氨水分離全部的氫氟化物	29
氫氧化鋁的沉淀	29
錳在分析中的行徑	30
氨水沉淀的牽連作用	30
銻鹽的影響	23
磷的存在	34
二、使鋁、鐵和鈦成為鹼式醋酸鹽析出	39
鹼式醋酸鋁沉淀的條件	29
錳的存在	40
鐵的存在	40
第三章 可被氨水沉淀的元素的測定	42
鋁	42
間接測定	42
氫氧化鈉法	46
亞硝基- β -萘酚法	46
羥嗪法	47

亞硝基代苯胺法.....	47
用亞硝基代苯胺使鋁沉淀.....	48
氧化鋁在亞硝基代苯胺存在时的沉淀作用.....	49
在鈣存在时以亞硝基代苯胺使鋁沉淀.....	50
錳的存在.....	51
磷的存在.....	51
第四章 鐵.....	53
一、容量測定法, 用金屬还原.....	53
用鋅粒还原.....	55
用銅还原.....	55
旋轉还原管.....	56
瓊氏还原管.....	57
液体汞齐.....	58
用武德合金还原.....	58
銀还原管.....	59
亞鐵离子的滴定.....	60
用二氯化錫或三氯化鈦的还原.....	64
用三氯化鈦的标准溶液还原.....	65
各法的比較.....	65
二、重量測定.....	66
第五章 鈦.....	67
一、比色測定.....	67
二、容量測定.....	67
鐵和鈦同时存在.....	68
測定混合物中的鐵和鈦.....	70
鐵鉍鞣溶液滴定度的測定.....	72
三、重量測定.....	73
偏鈦酸的沉淀.....	73
亞硝基代苯胺法.....	74
鐵、鈦及鋁的分离.....	75
1. 硫化氫法.....	75
2. 羥嗪林法.....	76
3. 醚法.....	78

第六章 錳.....	80
第七章 鈣和鎂。它們的分离.....	81
鈣.....	81
以草酸銨使氯化鈣溶液沉淀.....	82
鈣的測定方法.....	83
鎂的存在。鈣和鎂的分离.....	84
鎂.....	86
磷酸銨鎂的沉淀時間.....	85
洗液对沉淀的影响.....	87
过量氨水的影响.....	88
鎂的濃度的影响.....	89
第八章 測定矽酸、氧化鉄和氧化鋁、鈦酸酐、磷酸酐、氧化錳、氧化鈣及氧化鎂的分析手續.....	92
試样的分解.....	92
矽酸.....	93
濾液.....	93
沉淀.....	94
鉄的測定.....	94
鈦的測定.....	95
鋁的測定.....	95
除去鉄、鋁和鈦后的溶液.....	96
鈣的測定.....	96
鎂的測定.....	97
第九章 碱金屬.....	98
貝齐里烏斯 (Berzelius) 法.....	98
史密斯 (L. Smith) 法.....	99
鉀的測定.....	102
鈉的測定.....	103
第十章 測定鉀和鈉的分析手續.....	105
鉀的測定.....	106
鈉的測定.....	106
第十一章 二氧化碳.....	108
氫氧化鋁的測定度的測定.....	110

第十二章 氟	112
以氟化鈣的形态測定.....	112
本菲尔德 (Penfield) 法.....	112
I、皮柴尼 (Pisani) 法 [36]	113
II、应用锶-茜素指示剂的比色測定和容量測定	114
比色測定.....	114
III、容量測定。可溶性氟化合物.....	115
IV、容量測定, 不溶性氟化合物.....	117
当存在有冰晶石中所不含有的其他元素时.....	124
V、用氯化鋁測定氟.....	125
氯化鋁溶液的制备.....	125
第十三章 硼	129
第十四章 硫酸根	130
第十五章 在磷酸鹽中有时遇到的某些金屬	131
鉛.....	131
錫.....	132
銻.....	133
鋅.....	134
鋇.....	134
鈹.....	135
用麴蔭苷使鉄、鋁和鈹分离.....	136
另一分析手續。用醚使鉄分离.....	137
鈷和鎳.....	138
錳.....	139
亞鉄的測定.....	140
第十六章 分析結果的準確性	142
参考文献	145

俄譯本編者序

拉西約 (A. Lassieur) 的 [矽酸鹽分析] 一書，敘述矽酸鹽岩石和礦物的現行分析方法及其批判的驗證。讀者可以注意到，作者——法國在這方面的專家——在他所提及的方法中，都附帶談到一些改進，這些改進，都是作者多年實踐的成果。

書的開頭部分，敘述選取平均樣品和採取分析試樣的操作，敘述了使矽酸鹽分解和進行定性分析的操作，這些定性分析，主要是借與有機化合物所產生的顏色反應來進行的。書中的其餘篇幅，都是談定量分析，並且討論了作為矽酸鹽一般組成部分的矽、鋁、鐵、鈦、錳、鎂、鈣、鈉、鉀、氯、氟、硫酸酐、碳酸、硼、鋇、鋅、錫、鎳、砷、銻、鉛和鋰等。

在敘述這些方法時，作者特別注意到某元素存在大量或少量時的不同測定特點，注意到其他元素對該元素的測定的影響，詳盡地討論了分析中各個操作的意義；還舉出了各個操作的正確的和錯誤的作法的例子，並把所得結果加以比較。對於現行的方法，作者作了許多有根據的修正和補充，這些修正和補充，對於準確分析結果的獲得，有着重要的意義。

但本書也有嚴重的缺點，欠缺在矽酸鹽分析方面完備的文獻介紹。作者完全未提及蘇聯作者的工作，也幾乎未涉及德國作者的工作。

儘管有這些缺點，本書對於從事矽酸鹽岩石和礦物分析的科學研究實驗室和工廠實驗室的工作者來說，還是有裨益的。

翻譯時略去了關於法國矽酸鹽分析標準方法的評述一章，這一章對蘇聯讀者是沒有用處的。

作者序

矽酸鹽中包括岩石、耐火材料、玻璃、水泥、釉。此外還可以添上一些本身不是矽酸鹽但从分析的观点看可以与矽酸鹽相提並論的物料。其中有燃料的灰、石灰石、往往多少有些矽化的天然磷酸鹽、金鋼砂等等。

所有这些物料通常都含有如下的組份：矽酸，氧化鋁，氧化鐵，氧化亞鐵，鈦、錳、鎂、鈣、鈉和鉀的氧化物，硫酸酐，碳酸，氟，氯等。

這些組份虽然並不一定全部同时存在，但一般都有可能存在，因此，在分析方法中，必須考慮它們的同时存在。

每一种这些組份的相对含量是变化很大的；但其中某些組份一般只有很低的濃度，例如鈦、錳、磷酸酐等便是。

一般的分析手續，無疑都要考慮到这一情况。不可能把数毫克的錳的測定与大量錳的測定一样地相提並論。在其他更罕見的情況下，也会發現这些通常只以痕量或以極低濃度存在的組份，有时却可能大量存在。这样就必須加以考慮並採用特殊的測定方法。

除了通常的組份之外，也可能遇到別的不常見的元素，例如硼、鋇、鋅、錫、鉛、銻、砷以及更少見的某些稀土金屬、鈹、鋳、鋰，且不談还含有少量鉻、鎳等的矽酸鹽。

当分析这些物料时，可以遇到几乎礦物中所有的組成元素，因此，当分析矽酸鹽时，也还必須注意到礦物中的非金屬組份。

物料的組成、特別是天然物料的組成可能是如此复雜的事实，應該能提醒分析者，在進行工作时審慎从事。關於样品的定性組成最好能有礦物学家的判断，否則就必須進行極為細致的定性分析，以免有剩下一個或數個元素未加測定之虞。

还有些礦石，由於它們的定性組成和天然的矽酸鹽並無二致，也未嘗不可以歸入上面列举的物料中；但是作者並不这样

作，因為這些礦石的實際意義只決定於某一特別的元素，由於該元素佔優勢，分析者就應對不同的礦石採取不同的分析方法。所以，這些物料的分析應該個別地加以考慮。

除此以外，矽酸鹽的分析還有着與礦石和金屬分析迥然不同的特點，對於後二種物料，工廠實驗室力圖避免進行分離並且力圖各不相關地測定個別元素，這樣的方法是有一些優點的。分離的手續是產生誤差的根源，因為在進行某一元素的冗長而繁復的處理時往往可能招致損失。很顯然，增多分析操作的次數就會增大在工作中失敗的可能性。而且，除了這些單純由於操作特點所致的缺點之外，很少能達到完全的分離，也會由於牽連和吸附的現象而引起誤差。最後，——也許，這還是主要的，——個別地進行測定可能使分析遠較分離後再測定為迅速。在分析一開始時就分頭進行不同的測定，就可以在獲得每一測定結果的同時，獲得其他各個測定的結果。對於把分析速度列入頭等重要地位的實驗室而言，這是主要的優點。

然而在這兒却常常不得不放棄這種有利的辦法。因為有很多測定互為干擾。例如，不除去矽酸就不可能往前進行。不除去鐵、鋁和鈦也就不能測定鈣。鎂的沉淀更要求事先除去上面列舉的元素。

矽酸鹽的分析，是冗長而困難的事情。不僅要在進行繁復的操作時不能有所損失，而且還要小心避免可能由於其他元素的影響或吸附作用而引起的誤差。在實驗室所作的各種分析工作中，矽酸鹽分析是最細緻的。不僅需要熟知試驗物件的化學性質和操作的細節，而且還要有相當的實際經驗。準確地進行簡單的分析，例如鋼鐵分析，已不是易事；而矽酸鹽的分析，則分析者每作一步都得提防產生誤差，而且必須應用甚為複雜的技術，要獲得滿意的結果，非有經驗和熟練的化學家不可。

在以後的論述中，將順序地討論組成矽酸鹽各種元素的測定方法。通常每種這些元素都有數法可用，書中均一一述及。然後我們將介紹一下我們認為對一般的情況而言，特別是對岩石而言

最好的分析手續。这一分析手續不僅適用於岩石和礦物，而且適用於具有同一定性組成的所有矽酸鹽，如玻璃、耐火材料、陶瓷材料等等。

根据各人的見解並依試驗物料組成的不同，可以在推荐的分析手續中略加修改，也可以根据本書所引述的每一元素在單獨測定时的不同論述出發，在某些地方加以取舍。

作者的意圖只是談談个人試驗所得的結果，凡是未曾觀察到和本身未驗證过的，都沒有提及。所以，本書不可能是一部十分完善的書，僅僅包含了作者在工作过程中認為是最成功和可行的东西。

書的末尾探討了一些多少較為罕見的特殊元素的測定。無論是它們的測定，以及它們對所述物料中其他一般元素的測定所產生的影响，都是應該考慮到的。

緒 論

樣品的準備

準備樣品這一操作的重要性，並不次於分析本身。但是人們往往並不予以足夠的重視，而是草率從事，這樣就會造成十分惡劣的後果，使所作分析失掉任何意義。

完全有必要使所作的分析系用能準確代表該批試驗物料的平均樣品，並使分析所用的樣品能被處理至可能被採用的某種狀態。

如果使我們感到興趣的物料是粉末狀態或很容易製成粉末狀態時，取樣就並不特別困難。化學家必須從大量的物料中（自車廂或船艙）取樣的情況是很少有的，在這種情況下就必須遵守採取平均礦樣的經典規則。自船艙取樣時應在卸貨時用鏟子由吊斗中取出，在車廂中則應用取樣器採取。總之，在分析者看來，這都是數量相當可觀的一批物料，例如有數百公斤之多。此大批物料應立即慎為處理，避免惡劣天氣的侵襲或其中的水分因風干而損失，但往往不易做到。用四分法進行縮分的手續為：將大塊粗碎，小心混勻，堆成一堆，並用十字形分樣板分為四分。

自四分中選取一分，再用同樣的四分法，繼續進行分選，直至所得樣品重量只有 1 公斤左右為止。然後置入蓋緊的玻璃瓶中，準備供分析之用。

為了獲得真正能代表全批物料的平均樣品，這一巨大的工作是必須作的。如果取的樣品比進行分析所需要的量多，也並不是倒黴的事。

但化學家所得到的往往已是完全準備好的，重約數克或數百克的樣品，這樣，化學家就會輕鬆多了。這時他只要極為慎重和小心地準備分析所需樣品之量。一般而言，應將所有得到的樣品磨細，並將全部細粉通過 80 篩孔的篩子。然後可以分選一份以供分

析並在瑪瑙乳钵中研細。这一份总共应有数克。上述簡單的方法並不是常常易於实行的，但是絕不能放棄不作，否則就会造成誤差。

数年以前，作者曾分析过一种研磨得不够細的耐火材料粉末，其粒子为針头大小。这样的物料無疑是不均匀的，因为可以把它区分为数种顏色不同的顆粒。这种物料極硬，以致在乳钵内不可能將样品研成細粉状态。由於这种困难，当时考慮到此样品已是相当細的顆粒，似乎可以取出数克在瑪瑙乳钵研磨后便進行分析。但是，分析結果与另一實驗室所得数据太有差別。作者重复測定后，就証实了在每次重新作的分析中，結果都有所不同。

因此，必須研細全部的样品。样品的研細用實驗室型的鏈式粉碎机。利用这种机器很易充分研細全部样品（数百克）並能以真正代表平均組成的样品來進行分析。

上述的情况對於常遇到取样困难的化学家是熟知的。近代的工作指出：这一困难及其所引起的誤差的原因，远較通常所公認的为大。作者曾批判地瀏覽过直至1950年以前編印的載有上述結論的資料。这些資料說，已研細的物料的取样並不困难，这看來虽然是很明顯的事，但可惜不可能办到。在多立克(Dolique)[1]*所作一篇有趣的論文中可以讀到關於被研磨的混合物会逐渐失去其均匀性的事实。所举的例子是特尼斯(Tunis)的磷酸鹽和伯达利(Бедарие)的白云石的混合物。論文中指出，把这一混合物的粉末單純地通过漏斗瀉下时，会使二种組份很明顯地离析。曾小心將原來的粉末混和成为均匀状态，然后經漏斗撒下，由於細度(未以数字表示)很高，以致粉末能像油一般地流下。通过漏斗的物料会形成錐形。用分析的方法檢驗取自錐頂及其底部的二份时，曾得到如下的結果：

	頂部	底部
$P_2O_5, \%$	14.98	10.72
$CaO, \%$	38.09	34.56

这样看來，嚴重的离析是很容易發生的。通过这一过程，还

* 本書所提到的作者，翻譯时均尽可能找出其原文的名字，查考不到时則仍用其俄文譯名。

可以有趣地看到聚集在錐頂的是較致密的粉末（磷酸鈣），而底部則為較輕的粉末（白云石）。

使試管中所盛物料沿試管的垂直軸線落下，並借不斷的撞擊使其緊密時，也曾得到過同樣的結果。曾以上述混合物進行過試驗，使試管在5分鐘內提起並落下5厘米的高度100次，然後自混合物的不同部分，特別是從已形成粉柱的底部和頂部取樣時，曾經得到下列的分析數據：

	頂部	底部
$P_2O_5, \%$	14.47	13.33
$CaO, \%$	37.29	36.89

應該適時地指出，在這裡所觀察到的均勻性的降低是與在短時間內流瀉的作用相符合的。因此，所列出的數字並不是表明了已經發展到最高限度時的現象，而僅是表明了這一現象在剛開始時的程度。

多立克所列出的結果，儘管饒有興趣，但並不是完備的。以後發展起來的研究還將包括更多不同的材料並測定了這一現象的最高發展限度。

剛才所分析的情況向化學家提出警告，應該預防由於儲存在玻璃瓶中的粉狀物料可能離析而引起的誤差。那末，又是否必須把玻璃瓶的內容物加以徹底的震搖呢？在任何情況下，任何用以分析的粉末，其均勻性都是值得懷疑的，因而在進行任一化學操作之前都必須儘可能更好的加以混勻。不這樣辦時就會使分析結果冒不夠準確的危險。正確取樣的意義在拉羅舍（Laroche）〔2〕所著測定煤中礦物質的特例的另一著作中也曾強調指出，而這一被引証的論文對本書所研究的對象則是有直接關係的。即使沒有這樣的關係，提及它仍然是應該的，因為該文涉及到這一個與任何不均勻物料都有關的總的命題。在採煤工程師拉羅舍面前曾擺着分析準確度與取樣方法的關係這一個題目。為了使讀者不致對下面所引述的那些判斷發生誤解，首先應該指出，這些判斷是把或然率理論應用於分析化學方面後導出的。或然率的這種應用

是一种富有成效的新作法。我們並不需要深入進行数学的計算，而只是把結果列出，也不必去加以証明。

选取能正确反映分析物料平均組成的少量样品的困难，首先是由物料的不均匀性所引起的。在被考察的情况下，样品不是由研細粉末所形成，而是由組成顯然有区别的不同大小的小塊所形成。不管是純煤、石煤以及含各种程度灰份的燃料都可能是如此。有充分的根据認為，粉末的平均組成是与小塊的平均組成有区别的，因为粉末是后者研磨的結果，而研磨的难易則依小塊的特性而有所不同。

可以确定一系列在取样时必须遵守的規則如下：

規則 1 絕不能以含尺寸極為懸殊的小塊的样品來作全分析。这一点在上面已加說明。因此，首先應該保証有相当大的总样，随后進行篩分，並称量各篩級之重。

規則 2 所取样品总量應該有足够的重量，当样品的塊度愈大而要求的准确度愈高时，所取的重量要愈多。这一要求决定於分析样塊的不均匀性。作者曾有机会注意到，当分析煤时随便挑选三、四小塊，其中的一塊分明是典型的黃鐵礦。很明顯，在与此相类似的情况下所進行的分析是不可能与全批的平均值相符合的。

拉罗舍曾举含 12.5% 灰份的煤为例，如果要獲得准确度达士 1% 的結果，其样品应由 3000 枚小塊所組成。这相当於直徑为 0.6 毫米粒子共 2 公斤，当直徑超过 45 毫米时，則需要有数百公斤。很明顯，这样的取样方法是有困难的，而且要費很大的劳动。必須採取的小塊数目，不僅决定於尺寸的大小，而且还决定於其他因素。这些因素是：1) 在分析物料的最純的和最懸殊的小塊中不同灰份含量；2) 被測定的元素在該一批物料中的平均含量；当含量为 50% 时要有最大的小塊数目。

規則 3 取样的次数应超过某一規定的最少的次数，后者为該批物料不均匀性的函数。

这里要談的不是必須採取的样品的总重量，而是全批的取样

次數。當雜質（灰份）含量愈大，所採取能預防該物料在操作或儲存於倉庫時發生離析的措施愈不夠時，取樣的次數就必須愈大。計算成預定準確度（在此處為±1%）的取樣次數變動甚大，其變動範圍為幾次至數百次。

規則 4 取樣應在該批物料的所有各部分均勻地進行。

可以看出，這些規則並不常常是易於遵守的，而是要花費很大的勞動。這裡所述的方法符合於完整取樣的方法，在一般情況下能選出重量達 100 公斤的一份。現在還必需縮分此量，最後要得到供作分析並能代表全批平均值的樣品。

縮分係以大家熟知的四分法進行；不過，四分法也可用以混制原樣。必須注意，不應以很久以前混制好的樣品進行縮分。必須研磨並小心混和使之均勻。

看一看一個正確地進行取樣要花費多少勞動的例子，不是沒有好處的。

現在讓我們回過來談談英國取煤樣的标准方法。設有含 12% 灰份的煤已用 22 和 45 毫米的篩子篩過，必須反復取樣 65 次並選出 93 公斤的煤。在這些條件下，100 次中有 99 次測定灰分含量時的絕對誤差不會超過 1%。那末，可能的相對誤差達 $\frac{1}{100}$ ，或 8%。換句話說，像一般所進行的分析測定那樣，是不會帶來大於 ±2% 的相對誤差的。如果想把由取樣所引起誤差算到此值，就要取樣達 100 次或 100 次以上，而總重量將達 1200 公斤，這樣作實際上是不可能的。

因此，縱使盡很大的努力去進行正確取樣，所得結果仍然是不太好的。

現在我們更明白地談談我們所想像的化學分析不可靠的下列幾個原因：

1. 剛才所說的取樣，即使是正確的，也僅是一個特例。如果要取樣的不是煤而是別的原料又如何呢？很顯然，這誰也不知道。因此，如果能進行更廣泛的試驗，那就甚有好处。

2. 樣品的保存。如此費力所製備的研細樣品是否能經久不

變呢？根據多立克的試驗看來，這是值得懷疑的；可能有使粉末中的各元素發生意料不到的離析的危險。但這方面還需要作更多的試驗。

3. 分析方法本身。關於這點已經談得很多，用不着再浪費時間來補充什麼新的材料。

上面所列的事實對分析家是含有一些有益的指示的。取樣是一件事，分析是另一件事，現在應該明確，在這二件事中，那一件是化學家應該作的。

如化學家僅須對為此目的而特別製備的樣品（其數量例如約為1公斤）的分析負責時，則無論如何不能隨隨便便地選取試樣，必須利用全部所得的樣品小規模地進行與由整批物料取樣的同樣工作，包括研磨和小心四分的操作在內。最後在瑪瑙乳鉢中研細的小樣，可以認為是不變的，但仍然希望不要拖延太久才採取試樣進行分析。

可能是我們對準備樣品的問題太過分注意了，但這是很重要的，因為如果這一準備工作有缺點，則隨后的全部分析就很可疑。

完成了上述樣品處理工作之後，必須把它烘乾至固定的和可以重複的狀態。一般是把研細的試樣置烘箱中在 110° 下烘至恆重。

這樣的辦法常常不能除去全部的水分。在開始分析以前要測定「灼減」。在這一操作中水能完全或接近完全地除去。碳酸鈣則可以分解。

這一測定通常借灼燒來進行，但不必十分小心，例如可以把1克的物料置於鉑坩鍋中在亮紅熱溫度下灼燒。這往往是很簡單的操作，不會遇到什麼困難。

應該知道，事情並非經常是如此的，某些矽酸鹽中含有氧化亞鐵，能在紅熱時逐漸被氧化。硫酸鈣也可以失去硫酸酐。在從事磷酸鈣的分析工作時，作者就曾遇到過困難，因為此鹽在煤氣燈的高溫下長久灼燒時，它能慢慢減輕重量。磷酸鹽可能是在煤氣中所含氫的作用下被還原的，因為另一方面我們也可在化學教