

高等學校教學用書

稀有元素定性分析

趙丹若編著

人民教育出版社

高中半校教学用书



稀有元素定性分析

赵丹若编著

人民教育出版社

本書系作者根据历年来在元素的系統分析方面的研究以及参考了許多文獻，將有关稀有元素定性檢驗的較新的方法加以实验証实后編写而成，作为庆祝中华人民共和国建国十周年的獻禮。

本書除包括稀有元素的分析外，二十二种普通金屬的系統分析也都納入本書的分析系統中。

本書內容分正文和附录两部分。正文包括鈾、釷及原子序83以下的一切金屬元素的系統分析。將四十四种稀有金屬、二十二种普通金屬以及一种非金屬系統地分为十一組；分析方法主要仍用沉淀分离法。附录为稀有元素化学摘要，把四十四种稀有元素作了系統的介紹。从比較重要的鐳开始，凡在周期系中有相互关系的各元素，放在一起討論。討論每一个元素时，对于其原子結構、元素的性質、重要化合物、在自然界的分布状况以及分析方法等都作了極簡單的敘述，使讀者对稀有元素及其化合物的性質有比較全面的認識。

本書可供綜合大学化学系及其他高等学校的化学系、农化系、藥学等学生作为定性分析課的进修教材，亦可供各生产部門中从事分析工作者作为参考。

希 有 元 素 定 性 分 析

赵 丹 若 編 著

人民教育出版社出版 高等学校教材編輯部
北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版业營業許可証出字第2号)

京华印書局印製 新华書店发行

統一書号 1301·759 开本 850×1168¹/₃₂ 印張 5⁴/₁₆

字数 133,000 印数 0001—9,000 定价 (6) 0.55

1960年6月第1版 1960年6月北京第1次印刷

序 言

現今所知的一百零二種元素中為一般定性分析書中所討論的，僅有二十二種普通金屬元素（鉍及亞汞未計在內），不到所有金屬元素的三分之一。讀完了定性分析之後，對於三分之二以上的金屬元素的分析知識，仍一無所知；而分析化學專門化課程中，亦很少作稀有元素分析的探討。等到化學系畢業後走上工作崗位時，要求檢驗礦石中的未知元素，必然會遇到不少陌生元素。由於我國地下寶藏異常豐富，許多名為稀有而實際並不稀有的元素，常和普通金屬共生於一般礦石中，若不考慮二十二種金屬以外的其他元素的存在，貿貿然盲人騎瞎馬似地從事分析，是不能解決分析上的實際問題的。因此，定性分析中包含金屬元素的數目，必須加以擴充。作者有鑒及此，早於十年以前，開始作稀有元素定性分析的研究^①，繼又先後發表過“包括十二種及十五種重要稀有元素的定性分析系統”二文^②，但仍覺得不夠。茲特再進一步，編寫本書，以應大躍進時代的需要。

本書雖名“稀有元素定性分析”，實際上並不只限於稀有元素的分析，二十二種普通金屬在系統分析中的分離手續，也都包括在內。不但如此，地球上存在的所有一切金屬元素的分離和鑑定方法，都已完全納入本書的分析系統之中。

為了貫徹“多、快、好、省”的精神，作者在編寫本書時，特別注意於“快”與“省”兩點，因而預定了兩個原則：第一，本書選用的分析方法，以愈簡單為愈佳；第二，凡需要使用複雜儀器的實驗，概不

① 見參考書刊[59]，[60]。

② 見參考書刊[46]，[47]。

采用。基于这两原则，某些近代方法没有包括进去。例如光谱分析，虽为又准确又敏捷的分析方法，但因光谱仪不但复杂而昂贵，而且在最近期间国内尚未能大批制造，也不应依靠向国外购买来解决；为节省起见，本书不拟介绍了。又如色层分析及离子交换法，虽无需复杂仪器，但因试验起来，也不象一般定性试验那样简单，且常需时甚久，有违快速的原则，故亦在放弃之列。合于上述两原则的，只有有机试剂、显色反应、点滴试验、萃取法及催化作用等；故本书对于这些方法，采用较多。

本书内容，分正文与附录两部分。正文是包括铈、钍及原子序83以下的一切金属元素的系统分析（其中原子序为43及61的两元素，因地球上存在量太少，无法实验，只得略去）。本书中所述的分析方法，主要仍用沉淀分离法；作者原拟尽量改用“个别的检验法”，但在编写和试验的过程中，觉得系统地分组，仍有其必要性。因此，本书将四十四种稀有金属和二十二种普通金属及一种非金属（总共六十七种元素），分成十一组，其中组1为挥发组，组2为土酸组，组3为还原组，组4为稀土组，系由于待检验元素数目的增加及分析方法上的需要，特地增入的。其他七组，为了使读者在已有普通定性分析的基础上易于领悟起见，基本上仍采用经典的阳离子分析系统中最常用的分组法，而略加变通。例如，组4及组5，即相当于通常所称之铜分组及砷分组（或锡分组）；经典方法中之第三组，本书先把它分为氢氧化物组及硫化物组（后者作为组9），继再把氢氧化物组分为组6、组7和组8；组7即相当于经典分组的铁分组，组8即相当于铝分组。本书中的组10就是碳酸铵组，组11就是溶解组（或碱金属组）。组10因改变了沉淀的条件，因而镁亦属于组10。至于分组之后，每一组内各元素的分析，本书虽于前面的八组，建议有层层分离的步骤，但须注意：有些元素应酌量改用分离较少的方法，[例如组4内的钼及钨，可于该组其

他元素共存时檢驗,組 7 內的銻、鉍、鎢及鈦、鎳,可在分离至某程度(不必彻底分离到最后),即可作个别的檢驗等等]。

本書中所述各种元素的分离及鉴定方法,有些系由外文書中或外文刊物中譯出,有些系作者所建議的。关于由外文譯来部分,为了便利讀者查閱原文起見,常注有“引自参考書刊第几本第几頁”或“譯自参考書刊第几本第几頁”字样。至于作者建議的方法,这都是做过細致的实验,証实确能得到正結果的。例如 1) 銻和鉍沉淀經 HCl 和 H_2O_2 处理后,余渣中只有鉍,檢鉍无問題,离液中虽銻鉍共存,仍能够檢出銻; 2) 磷鎢碳絡合物溶液中,加入鉍盐,可使絡合物中的磷酸根成沉淀析出,于离液中檢鎢,就可得到正結果; 3) 如果有銻存在时,于分析銅分組內的鉛时,同时可使 Re_2O_7 蒸餾出来,极易在此餾出液中檢出銻; 4) 組 8 內的鎳用乙醚萃取法来分离等,均系作者所建議的方法,并經試驗証实。

許多实验步驟中,关于所加試剂,都不标明用量多少; 系因各种各样的試样,所含組分的性質及存在量,各各不同,全仗分析者斟酌情况,灵活地使用,若标明了一定的数量,有时反要誤事。

本書中所述之系統分离,二十二种普通金屬元素亦在其列; 但普通元素分离之后,其檢驗方法,一概从略。希有元素在同样分离之后,常有好多种檢驗方法同时介紹出来,以供讀者选择采用。

本書重点放在稀有元素方面; 但正文中仅提及各稀有元素的檢驗法,而不涉及其他,这是不够的。为了要使讀者对稀有元素及其化合物的性質有比較全面的認識,因而于討論系統分析之后,再加“附录: 希有元素化学摘要”,把四十四种希有元素作了系統的介紹。从比較重要的“鎢”开始,而以不易分离的希土元素为殿,虽不采用系統地从周期系第一族起至第八族止的次序,但凡在周期系中有相互关系的各元素,常放在一起討論。討論每一个元素时,对于其原子結構、元素的性質、重要化合物、在自然界的分布状况、

及分析方法等,都作了极简单的叙述。

最后,必须指出,作者编写本书的理由,是为了庆祝中华人民共和国成立十周年,想以本书作为十周年国庆的献礼。这个志愿,总算如期完成。但本书匆匆写成,缺点难免;希望国内外分析化学专家,对书中缺点给予严格批评,加以指正,俾本书再版时,根据专家们的指示,大加修改,以臻完善,实深企盼!

在编写本书的过程中,曾做了不少实验;除由作者亲自试验者外,大半系由胡承林、唐根娣二同志协助试验的;附志于此,以示感谢!

赵丹诺(廷炳)

于复旦大学化学系分析化学教研组 1959 年 9 月

目 录

序言	vii
分析系統	1
甲、初步檢查	2
1. 加热作用	2
2. 丹宁的作用	3
3. 几种干扰分析的阴离子的檢查	4
4. 几种容易損失的元素的檢查	5
乙、元素的分組	6
5. 阳离子組 1、組 2 的分組	6
6. 阳离子組 3 至組 11 的分組	9
丙、每一組內各元素的分离及檢驗	12
I. 組 1 各元素的分析	12
7. 組 1 揮发組三元素: 鐵、鈣、鎂	12
8. 鐵的分离及檢驗	13
9. 鈣的分离及檢驗	14
10. 鎂的分离及檢驗	18
II. 組 2 各元素的分析	19
11. 組 2 的分离及阳离子試液的制备(附鐵的分离)	19
12. 銦和鋇的檢驗	22
13. 鎢的檢驗	24
14. 鎢酸絡合物的形成及其檢驗	26
III. 組 3 各元素的分析	28
15. 組 3——还原組及分离該組的优点	28
16. 組 3 各元素的分离及鉴定	29
17. 鉑的檢驗	31
18. 金的檢驗	32
19. 硒和碲的檢驗	34
20. 由矿石或阳极泥中檢驗硒和碲	35
21. 硫化鉍組的沉淀及其分为組 4 与組 5	37
IV. 組 4 各元素的分析	39

22. 組 4 各元素的分离	39
23. 銻的檢驗	40
24. 鉍的分离及檢驗	42
25. 錒的分离及檢驗	44
26. 鉍的檢驗	46
27. 鉍的檢驗	51
28. 鉛、銻、銅、鉍的檢驗	54
V. 組 5 各元素的分析	55
29. 組 5 各元素的分离	55
30. 銻、鉍、錒的檢驗	56
31. 銻的檢驗	57
32. 鉍的檢驗	58
33. 砷、銻、錒、汞的檢驗	61
34. 阳离子第三組分成四个組的概要	62
35. 氢氧化物組及組 6 的分离	63
VI. 組 6 各元素的分析	64
36. 鈰、釷与希土元素的分离及希土元素的分組	64
37. 鈰的檢驗	65
38. 釷的檢驗	68
39. 鈰(及鐳、釷、鐳)的檢驗	69
VII. 組 7 各元素的分析	72
40. 組 7 与組 8 的分离以及組 7 各元素的分离	72
41. 鈰的檢驗	74
42. 鐳、鐳的檢驗	78
43. 鈰的檢驗	83
44. 鈰(及鐳)的檢驗	86
VIII. 組 8 各元素的分析	87
45. 組 8 各元素的分离	87
46. 鐳的檢驗	88
47. 鐳的檢驗	90
48. 鐳的檢驗	92
49. 鈰的檢驗	93
50. 鈰及鐳的檢驗	102
IX. 組 9 各元素的分析	102
51. 組 9——酸溶的硫化物組	102
X. 組 10 各元素的分析	
52. 組 10 各元素的分离	103

53. 鋰的檢驗	103
XI. 組 11 各元素的分析	105
54. 分析組 11 的試液之制备及組 11 各元素的分离	105
55. 組 11 各元素的檢驗	106
尾言	110
附录: 希有元素化学摘要	112
56. 哪些是希有元素	112
57. 关于討論希有元素的次序	113
58. 周期系第六族甲分族希有元素鉬	114
59. 周期系第六族希有元素鉷和第七族希有元素銻	115
60. 周期系第四族甲分族希有元素鈦、鈮、鉍	118
61. 周期系第六族甲分族希有元素鈾和第四族甲分族希有元素釷	121
62. 周期系第五族甲分族希有元素鈾、鈷、鉭	123
63. 周期系第六族乙分族希有元素硒和碲	131
64. 周期系第四族乙分族希有元素鎢	133
65. 周期系第二族甲分族希有元素鈹	135
66. 分散性元素镨、铈、铀	137
67. 周期系第一族希有元素鋰、鈉、鉀	142
68. 周期系第一族乙分族希有元素金	145
69. 周期系第八族鉑金屬希有元素鈳、銱、銲、銩、銱、銲、銩	147
70. 銦、釷和鐳系元素[鐳、錒、釷、釷、釷、釷、釷、釷、釷、釷]	151
參考書刊	154

分析系統

(包括鈾、釷及原子序 83 以下的一切金屬元素之系統分析)

本書中所述之分析系統，分三部分：(甲)初步檢查；(乙)元素的分組；(丙)每一組內各元素的分離及檢驗。首先，初步檢查雖內容不多，但只化很短時間，作極簡易的試驗，却能得到極有用的启示。由于初步檢查的結果，可以告訴我們：某些很易損失的元素之可能存在，或某些干擾物質之可能存在，使分析者心中有数，知所警惕，并預作準備。對於某些實驗步驟，應該怎樣去注意它，怎樣去修改它，使易于損失者不致損失，使困難問題減輕其困難的程度。其次，元素的分組，雖僅僅兩個表，但為本分析系統的綱領；有了這提綱挈領的兩表，即使遇到包含很多元素的複雜樣品，只要先分組而後檢驗，就沒有什麼困難了。最後，每一組內各元素的分離及檢驗，為本書的主要部分，內容亦較多，把六十六種金屬元素都包括在十一個組內。但讀者不要誤會，並不是每一未知樣品的分析，都需要把十一組內所有各元素，依次加以分離及鑑定。必須指出：任何一種分析樣品（天然礦石也好，工業產品也好），決不會同時含有數十種元素的；可能某幾組完全沒有，即可越組做下去，也可能某幾組內只含有一二個元素，則分析該幾組時，無需每一步驟都做，其中應該略去部分即可略去，分析者不可盲目地把書中所有步驟從頭到尾去做。不過編書者不可抱寧缺毋濫的態度，不能不把所有元素一一加以介紹，使無遺漏，乃是備而不用的意思；并非分析一種樣品，必須如此麻煩的。

甲、初步檢查

1. 加热作用

加热作用为許多“干試法”中的一种；其他干試法，如焰色反应、硼砂珠試驗、吹管分析等，在以“湿試法”为主的系統分析中，都不需要詳加討論；独此加热作用，因为只要花极少的时间，就可以得很多的启示，故述之于下，并作为初步檢查的开端。

置試样粉末少許于試管中，用試管夹将試管橫臥，慢慢加热，細察試样顏色有何变化？有无升华物生成？試管較冷处，有无水点凝聚？并有无气体发生？如有气体发生，則由气体的顏色和臭味，鉴定它是何种气体。

如果試样顏色发生变化，不外由于下列各原因：1)失去結晶

水；2)某些化合物（如金屬的硫化物，含氧酸的盐等等）的分解；3)鉈盐之存在；4)左列这些氧化物之存在（因其冷时和热时的顏色不同）^①：

氧化物	热时之顏色	冷时之顏色
TiO ₂	乳白色	白色
Nb ₂ O ₅	黃色	白色
In ₂ O ₃	橙棕色	乳白色
ZnO	黃色	白色
SnO ₂	乳白色	白色
Bi ₂ O ₃	黃棕色	黃色
Sb ₂ O ₃	乳白色	白色

如果試样顏色变黑，而同时在試管的冷处有焦油状的水滴，并有燒糖的气味，則表示有

有机物存在。因有机物要干扰分析的进行，故必須首先除去。（除去有机物的方法，可将試样粉末置坩皿中，加濃 H₂SO₄，加热至焦，冷后，加濃硝酸，再加热，直至发生白烟，而混合物已褪至淡色为

① 引自参考書[2]，第15頁。

止。)

2. 丹宁的作用

丹宁能与许多金属元素作用而生有色的络合物，常为絮状沉淀，即使极少量存在，亦易于察见；且维持了一定的酸度或碱度，可使各元素次第沉淀下来。兹将丹宁使各元素沉淀析出与其溶液的酸碱度的变动关系，列表于下：

丹宁络合物的沉淀次序及其所呈颜色

		在氯化物介质中	在草酸盐介质中
酸度增加	Ge	乳白色	
	Sn	乳白色	
	Zr	乳白色	
	Ti	橙 色	Sn 白 色
	Bi	黄 色	Ta 黄 色
	Sb	白 色	Ge 白 色
	Th	白 色	Ti 橙 色
	Mo	红 色	Nb 红 色
	Al	白 色	Sb 白 色
	Cr	棕 色	Bi 黄 色
碱度增加	Fe ⁺⁺⁺	紫色(刚果红变色)	Mo 红 色
	V	蓝黑色	V 蓝黑色
	Ce	蓝 色	W(WO ₃) 黄 色
	W(WO ₃)	黄 色	Al 白 色
	U	暗棕色	Fe ⁺⁺⁺ 紫 色
	Cu	暗棕色	Zr 白 色

由表中可以看出丹宁作用的结果，但缺点也不少，因为重叠的情形很多：例如锆和锡在氯化物介质中，于同一酸度时沉淀，都呈乳白色。然而选用了适当的介质，就可使“重叠”情况改善，例如改用草酸盐介质（在2—3 pH时），锆的丹宁络合物溶解而锡仍沉淀。又氨性过大时，丹宁能起水解作用，使重叠的机会更多；故利用

丹宁作用的鉴定，常在酸性溶液中进行。下两节内关于钨酸根及锆的检查，都是利用丹宁作用的例子^①。

3. 几种干扰分析的阴离子的检查

有好几种阴离子，能干扰分析的正常进行：如磷酸根、草酸根、酒石酸根、硼酸根、氟化物、氰化物、钨酸络合物、硅酸根及各种有机物等都是。但加热时，各种有机物（包括酒石酸根在内）的存在，即很易检查出。在制备阳离子试液的时候，如果加过量的硝酸或盐酸煮沸，蒸干或灼烧，则很易将硼酸根、氟化物、氰化物等驱出（硅酸根亦已同时变成不溶的 SiO_2 而除去），故只有磷酸根、草酸根（因其在加热作用中不易检出）及钨酸络合物三者，有加以初步检查的必要。

(a) 磷酸根的检查 置矿石粉末（或欲检查的溶液一滴）于滤纸上，加酒石酸和钼酸铵的混合液一滴，并将滤纸放于热的铁丝网上面（以加速反应）；继加联苯胺试剂一滴，将滤纸悬于贮浓 NH_3 的瓶口上面，若滤纸上显出蓝色斑点，表示有磷酸根存在^②。

(b) 草酸根的检查 于欲检查的溶液中，加醋酸及 CaCl_2 液，加微热后分离之。将沉淀用酒精洗涤后，烘干，冷后加二苯胺及浓 H_3PO_4 ，加热半分钟，待冷，加酒精，震荡，放置五分钟后，慢慢发现有蓝色，表示有草酸根存在^③。

(c) 钨酸根的检查 于欲检查的溶液中先加 NH_4OH 溶液至呈氨性，再加丹宁液及 NH_4Cl 液煮沸，是否有黄色沉淀生成？继加盐酸至溶液呈酸性，继续煮沸，如沉淀变暗棕色，表示有钨酸根存在。

〔附注〕 利用钨酸的生成以检验钨，往往因有磷酸根存在而形成磷钨酸

① 引自参考书刊[2]，第24页。

② 引自参考书刊[3]，第333, 488页。

③ 引自参考书刊[2]，第110页。

絡合物,溶于酸液中,致不能成錫酸而析出。但磷鎢酸絡合物在碱性液中不稳定,丹宁在此情况下能与錫成不溶性的絡合物,而此絡合物一經生成,即使溶液酸化,亦不溶解^①。

4. 几种容易損失的元素的檢查

分析的第一步常用硝酸或盐酸来处理,因而产生氧化物或氯化物;但許多元素的氧化物或氯化物在高温时很易挥发掉。其中最显著者,如 1) GeCl_4 和 AsCl_3 在沸热的盐酸中,完全挥发(但五价砷的氯化物是不挥发的)。2) SbCl_3 、 SnCl_4 、 HgCl_2 、 SeOCl_2 、 TeOCl_2 等,在沸热的盐酸中,有不同程度的挥发性。3) OsO_4 在沸热的硝酸中完全挥发。4) RuO_4 在沸热硝酸中不挥发,但硝酸中若加入了 NaBrO_3 或 HClO_4 (或濃硫酸),則易于挥发掉。5) 銻化合物在硝酸或王水中加热不致挥发;但在沸热的过氧酸 HClO_4 或濃硫酸溶液中,即变成 Re_2O_7 而挥发。6) 用碱熔融法时,因挥发而損失的机会較少;但如用 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 熔融时,因其有与濃 H_2SO_4 处理同样的功效,凡在热濃硫酸中容易挥发的元素(例如銻),就很容易損失掉。

因为本書采用的分析系統,不論挥发組元素的存在与否,首先常用 HNO_3 或 HCl 处理;銻、銲二元素以外的其他元素,在本書所述的操作下,还可不致挥发,但銻、銲二元素則最易挥发而遭受損失,故于初步驗查中,必須檢查一下。

(a) 銻的檢查 置試样于蒸餾管中,加濃盐酸及溴水,管口以插有导气管的单孔軟木塞(不可用橡皮塞)塞紧,而将导气管下端浸入另一試管內的丹宁和 NH_4Cl 的混合液液面之下。繼將蒸餾管內的混合物煮沸,直至溴全部驅出而大部分盐酸已蒸餾过去为止;如果盛有丹宁和 NH_4Cl 混合液的管中,生成白色沉淀,表示試样中有銻存在^②。

① 引自參考書[2],第137頁。

② 引自參考書[2]第22頁。

(b) 鐵的檢查 置試樣于另一蒸餾管中〔蒸餾管和導氣管等的裝置, 与(a)同〕, 但改加濃硝酸蒸餾, 其接受餾出物的試管內, 則改用 NaOH 液。等到大部分硝酸蒸餾過去后, 如果 NaOH 液內發現紅色或橙黃色, 表示可能有鐵存在。繼于此液中加濃鹽酸至呈酸性。再加丹寧酸及酒精, 如溶液變暗藍色, 即証實試樣中有鐵存在^①。

乙、元素的分組

5. 陽離子組 1、組 2 的分組

本書中所研究的元素, 并不只限于稀有金屬, 普通金屬的分离方法, 也都包括在內。实际上, 地球上所存在的一切金屬元素, 都完全納入于此分析系統之中。本系統中包含元素之數是: 在周期表中原子序 83 以下的所有金屬元素(鐳和錒除外)以及鈾、釷二元素, 再加上非金屬元素“硅”(因在討論系統分析時不能不附帶論及硅), 总共为六十七个元素。分析系統中包含这么多的元素, 是分析化学文献上所少有的(附注 1)。茲把它述之于下:

本書將二十二种普通金屬, 四十四种稀有金屬, 及一种非金屬元素, 总共六十七个元素, 分为十一組, 其中, 組 1、組 2 及組 6, 系由于檢驗元素數目的增多及分析方法上的需要, 特地增入的; 其他七組, 为了使讀者在普通定性分析的基础上易于領悟起見, 大体上仍參照經典的分組办法, 仅作些微的改动。茲将这个分析系統, 列成两个表; 表 1 为陽離子試液的制备及組 1、組 2 的分离表:

① 引自参考書[1] 61。

表 1. 阳离子试液的制备及组 1, 组 2 的分离表

置试样粉末于蒸馏管内, 加浓硝酸, 加热蒸馏①:

馏出物: 吸收于 NaOH 液中, 可能含 Os	余液 ₁ : 加固体 NaBrO ₃ 及稀硝酸, 继续蒸馏:	组 2					
馏出物: 吸收于 NaOH 液中, 可能含 Ge	余液 ₂ : 加浓盐酸, 继续蒸馏:	余液 ₁ : 烘干, 移置镍坩埚中, 加 KOH③, 共热至熔化, 加 K ₂ CO ₃ 液, 煮沸, 分离之:	余液 ₂ : 加硝酸, 煮沸, 再加盐酸, 分离之:	沉淀 ₁ : 可能含 Ag④	余液 ₃ : 可能含 Ta⑤	沉淀 ₂ : 可能含 Nb 及 W	余液 ₄ : 可能含 SiO ₂
			余液 ₂ : 加盐酸及 H ₂ O ₂ 溶液, 煮沸, 分离之:	沉淀 ₃ : 可能含 Ta⑤	余液 ₅ : 可能含 Nb 及 W	沉淀 ₄ : 可能含 SiO ₂	
			余液 ₂ : 加固体 NaOH 至饱和, 分离之:	沉淀 ₅ : 可能含 Ta⑤	余液 ₆ : 可能含 Nb 及 W	沉淀 ₆ : 可能含 SiO ₂	
			沉淀 ₄ : 加盐酸及 HCl 至酸性, 分离之:	沉淀 ₇ : 可能含 Ta⑤	余液 ₇ : 可能含 Nb 及 W	沉淀 ₈ : 可能含 SiO ₂	
余液 ₁ : 加 NH ₄ OH 液, 分离之:	余液 ₇ : 加 HCl 至酸性, 分离之:	沉淀 ₉ : 可能含 Ta⑤	余液 ₈ : 可能含 Nb 及 W	沉淀 ₁₀ : 可能含 SiO ₂	组 1		