

# 低品位矿石中钍的测定

楊 振 周

测定矿石中钍的方法，一般都要经过草酸盐沉淀和碘酸盐沉淀法进行分离，最后用重量法、容量法或比色法测定，但是对于低品位矿石中钍的测定，用草酸盐分离又不太适合。

近年来对于测定少量钍的方法发表了很多文献，尤其是在钍试剂(торон)和铀试剂(уранон)方面更多，但是我们在工作中仅用到铀试剂 I<sup>1)</sup>比色测定钍和碘酸盐容量法测定钍。在应用过程中，发现结果不稳，有偏低现象。在此基础上，我们对二种方法进行了部分试验，根据试验的条件，拟定了分析手续。但试验还做得很少，尤其是对干扰离子，根本就没有进行试验。这里仅对几个条件的试验作一介绍。

## 一、铀试剂 I 比色法

我们在应用原操作手续分析矿石时，发现结果低、不稳定，我们推测可能是草酸盐沉淀和比色两个过程有问题，于是做了如下试验。

**1. 显色的 pH 值试验** 制备 pH 值由 1—4 的试液，其体积为 50 毫升，含钍 100 微克；0.05% 铀试剂 I 溶液 6 毫升，用 5% 的盐酸(HCl)或 5% 的醋酸钠 (NaAc) 溶液使试液的 pH 值由 1—4。将此试液在 ELKO-II 型光电比色计上用 30 毫米比色槽，S 57 号滤光片 (570 毫微米) 测量其光密度，测量的数据见图 1。

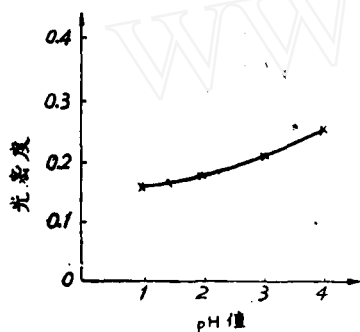
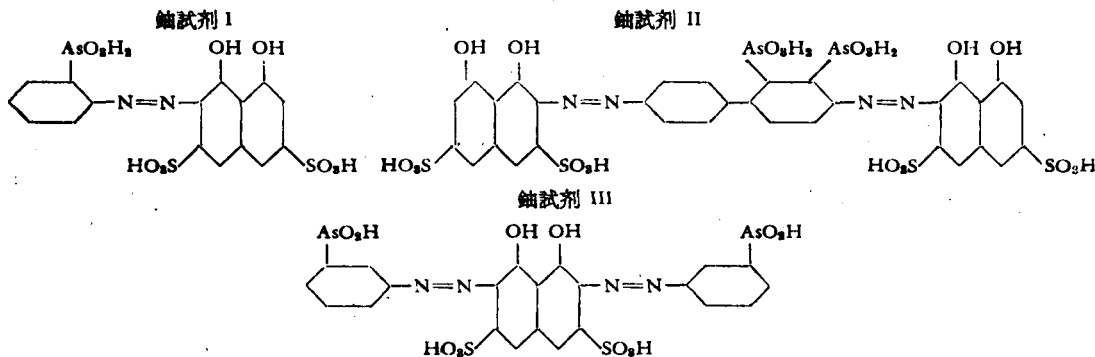


图 1 光密度与 pH 值的关系

由试验结果可以看出，钍与铀试剂 I 发色的酸度，几乎是一条直线，但斜率不大。pH 值愈高灵敏度也愈高，因此在测定时，就必须严格地控制酸度，才能获得准确的结果。根据文献介绍，当 pH 值很高时，虽然灵敏度很高，但是钍和铀试剂 I 形成的络合物不稳定，很容易被隐蔽剂和其他试剂破坏。同时，络合物在 pH 值为 1.5—2.0 时是相对稳定的，所以在一般情况下不采用较高的 pH 值来进行显色。

1) 目前铀试剂有 I, II, III 三种，故称铀试剂 I，铀试剂 II，铀试剂 III。其结构式如下：



铀试剂俄文有称 уранон, 也有称 арсеназо 皆为砷盐。

我們在試驗 pH 值的基础上,做了二种在 pH 值不同时的工作曲綫(图 2)。这个工作曲綫說明,当 pH 值不同时,其灵敏度确实不同。同时也說明了,当 pH 值为 1.04 时的灵敏度和 pH 值为 1.8—2.0 时的灵敏度相差不多。由工作曲綫可以看出,当光密度为 0.4 时,一条曲綫上的钍含量(50 毫升中的微克数)为 81 微克,而另一条上的为 83 微克,所以采用 pH 值为 1.04 既保证了有一定的灵敏度,又避免了在 pH 值高时,钍和钍试剂 I 形成的有色絡合物不稳定的现象。在实际操作中是在 0.09 N 盐酸中显色,0.09 N HCl 按理論上計算的 pH 值为 1.04,和我們用 pH 計实际测量的数值也相符合。試驗証明 pH 值对分析結果影响不大。

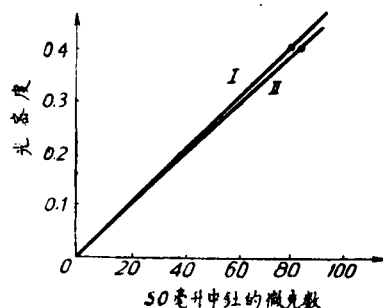


图 2 pH 值不同的工作曲綫

I——pH = 1.8—2.0  
II——pH = 1.04

**2. 草酸盐沉淀的酸度試驗** 按原有文献的介紹,草酸盐沉淀时的酸度应在 pH 为 0.5—2.0 范围中。但是我們用 pH 計测定了原分析手續沉淀时的溶液,发现 pH < 0, 即分析手續部分与原理所述者不符,于是我們应用原操作手續做了一下有关钍的回收試驗,其結果列于表 1。

表 1 钍的回收实验的結果

編 号	加入量(微克)	回收量(微克)	回收率(%)
1	5	2.6	52
2	10	7.7	77
3	20	16.4	82
4	40	30.8	77
5	40	35.0	87.5
6	60	54.8	91.3

从表 1 来看,回收率低且不稳定,所以我們认为原来分析結果不穩、有偏低现象的原因,是草酸盐沉淀的酸度問題。为此我們用飽和醋酸鈉把酸度調到刚果紅試紙变色,再过量 0.5—2 毫升,随即加入丙酮草酸 10—15 毫升,然后用 pH 計测量。这时 pH 值才为 0.5—2.0,也才符合原操作原理所要求的沉淀酸度的条件。我們在这样的条件下,也做了一下回收試驗,結果見表 2。

表 2 pH 值为 0.5—2.0 时回收实验的結果

編 号	加入量(微克)	回收量(微克)	回收率(%)
1	5	4.9	98
2	10	9.8	98
3	20	19.5	97.5
4	40	39.2	99
5	60	59.8	99.7

从試驗結果来看,回收率最低为 97.5,为此我們选定上述条件为草酸盐沉淀时的酸度。

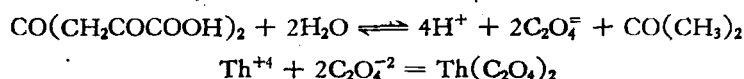
**3. 重現性的試驗** 我們在草酸盐沉淀的 pH 值为 0.5—2.0 和显色 pH 值为 1.04 的条件下,用加入标准钍的方法,进行了回收重現性試驗,結果見表 3。表中編号 3, 4, 7, 8 为用刚果紅試紙指示酸度时,在試紙变紅后再加入过量 2 毫升的飽和醋酸鈉溶液,其它編号均为过量 1 毫升。試驗結果是滿意的。

表3 重现性实验结果

编号	加入量(微克)	回收量(微克)	回收率(%)
1	40	38	95
2	40	37	92.5
3	40	38.5	96.2
4	40	38	95
5	40	38	95
6	40	38	95
7	40	39	97
8	40	39.2	98

#### 4. 根据试验结果修改后的方法

(1) 方法原理 用均匀沉淀法,从酸性溶液中(pH 值为 0.5—2)以草酸盐形式进行分离,草酸根由丙酮草酸平衡系供给,反应如下:



丙酮草酸在溶液中,产生大量草酸根离子,能促使草酸钍呈大结晶状沉淀析出、能降低草酸钍的溶解度,并且能够阻止锆和钍的共沉淀或少沉淀。在 pH 值为 1—3 时,有酒石酸和抗坏血酸存在的条件下,用钍试剂 I 显色并进行比色。

此方法允许试样中含 30 倍的氧化锆,10 倍的氧化钍和 900 倍的稀土元素(包括大量三价铈盐),而对钍的测定无影响。磷酸盐、硫酸盐、氟离子、过氧化氢和其它氧化剂存在,会影响钍和钍试剂 I 络合物的形成,一般不显色或稍有显色。钙在 25 毫升的试液中,不超过 50 毫克,对显色无影响。本法适用于测定含钍 0.002—1.000%,以及含锆和钍达 8% 左右的矿石。

#### 本法误差范围

含量(%)	误差(%)
>0.1	10
>0.01	20
>0.001	30

#### (2) 必备试剂:

- 1) 过氧化钠: 固体,干燥的。
- 2) 盐酸: (i) 比重 1.12—取比重 1.19 盐酸 600 毫升用水稀释至 100 毫升; (ii) 6N—取一定量的浓盐酸,加入等体积的水; (iii) 0.09N—取 6N 的盐酸 15 毫升,用水稀释至 100 毫升。
- 3) 乙酸钠: 饱和溶液。
- 4) 氯化钙溶液: 14% 的水溶液。由六水氯化钙( $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )配制,即每毫升含有 25 毫克的钙。
- 5) 丙酮草酸溶液: 取草酸放于烘箱中,于温度 90—100℃ 时烘四小时,然后磨碎再继续烘干一小时。取烘干后的草酸 40 克溶于 100 毫升无水丙酮中即可。试剂应在次日应用。
- 6) 草酸洗液: 取 1 克草酸溶于 100 毫升水中。
- 7) 抗坏血酸溶液: 取 1 克抗坏血酸溶于 100 毫升 0.09N 的盐酸中。随用随配。
- 8) 酒石酸: 取 10 克酒石酸溶于 100 毫升 0.09N 的盐酸中。
- 9) 钍试剂 I: 取 0.5 克钍试剂 I,溶于 1000 毫升 0.09N 的盐酸中。

10) 氨水(10%): 取比重 0.91 的氨水 42 毫升, 用水稀释至 100 毫升。

11) 标准钍溶液: 配制好的标准钍溶液, 应用重量法校正。(i) 称取 2.379 克硝酸钍 ( $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 溶于 1000 毫升 0.09N 的盐酸中。即 1 毫升中有 1000 微克的 Th。(ii) 吸取上述溶液 50 毫升于 500 毫升容量瓶内, 用 0.09N 的盐酸稀至刻度。即为 1 毫升中有 100 微克的 Th。

(3) 工作曲线的绘制 吸取 1 毫升中有 100 微克的 Th 的标准溶液, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 等微克的溶液于 25 毫升容量瓶中, 加入 0.5 毫升 10% 酒石酸, 0.5 毫升 1% 抗坏血酸, 3 毫升 0.05% 钍试剂 I, 用 0.09N 盐酸稀至刻度, 摇匀, 放置 30 分钟后, 用光电比色计 ( $\Phi\text{ЭK-M}$  型), 以 30 毫米的比色槽, 黄绿色的滤光片 (572 毫微米) 和空白溶液进行比较, 测量光密度。如果没有黄绿色的滤光片, 可用绿色滤光片和一 10 毫升比色槽中加饱和的重铬酸钾溶液代替。

将测量的光密度作纵坐标, 已知含量作横坐标绘制工作曲线。

(4) 分析步骤 准确称取 0.1—1.0 克 (以钍含量而定) 粉碎的矿样, 放于预先铺有 0.5—1.0 克过氧化钠的 18—30 毫升磁坩埚中, 再加入五倍量的过氧化钠, 搅匀, 上面再复盖一层过氧化钠。将此坩埚放入 600℃ 的馬弗炉中熔融 10 分钟。取出, 冷却, 置于 150—250 毫升烧杯中, 加入 50 毫升热水提取, 此时作用剧烈应盖上表面玻璃。待反应停止后, 用热水冲洗表面玻璃和坩埚, 放置 15 分钟, 用致密滤纸过滤。滤纸上的沉淀用 1% 氢氧化钠洗涤, 并用水冲洗二次。将沉淀用少量热的 6N 盐酸溶解, 并用热的 1% 盐酸洗涤至滤纸无色为止。

将所得的溶液, 加入饱和的醋酸钠溶液中和至刚果红试纸变红, 再过量 2 毫升。用水稀释至 100 毫升后, 加入 1 毫升 14% 氯化钙溶液和 10 毫升丙酮草酸 (此时刚果红试纸重新变蓝), 将此溶液放在电热板上煮沸 15—20 分钟, 取下, 加水至 100 毫升, 放置过夜。

沉淀用致密滤纸 (蓝条) 过滤, 滤纸上的沉淀用 1% 草酸洗涤 5—6 次, 将滤纸连同沉淀放入 10—18 毫升的磁坩埚中, 干燥, 灰化, 并在 600℃ 时灼烧 30 分钟。取出, 冷却, 将沉淀转入 50 毫升烧杯中, 用水湿润, 加浓盐酸 4—5 毫升, 再微热几分钟以便溶解, 并蒸发至体积为 0.5 毫升左右, 加水 10 毫升, 再微热以便使盐类溶解, 然后冷却。

将溶液用 10% 的氢氧化铵溶液中和, 使刚果红试纸变红, 然后加入比重为 1.12 的盐酸至刚果红试纸变蓝, 再加过量盐酸二滴, 将烧杯中的溶液倒入 25 毫升容量瓶中。烧杯用 0.09N 盐酸冲洗, 洗液亦倒入 25 毫升的容量瓶中, 然后用 0.09N 盐酸稀至刻度, 摇匀。

吸取上述部分溶液于另一 25 毫升容量瓶中, 加入 0.5 毫升 10% 酒石酸溶液、0.5 毫升 1% 抗坏血酸溶液、3 毫升 0.05% 钍试剂 I, 然后用 0.09N 盐酸稀至刻度, 摇匀, 与工作曲线的比色相同来进行比色。

(5) 分析结果计算:

$$\text{Th}\% = \frac{V\gamma \times 10^{-6}}{HV_1}$$

式中  $\gamma$  为由光密度在工作曲线上查得的微克数;  $H$  为称取样品的重量 (克);  $V$  为试样制备成溶液的体积 (毫升);  $V_1$  为比色时吸取的体积 (毫升)。

(6) 讨论:

- 1) 在熔矿时, 时间不宜过长, 否则磁坩埚会严重地被腐蚀。
- 2) 灰化、灼烧时温度不宜高于 600℃, 否则氧化钍 ( $\text{ThO}_2$ ) 不易被酸溶解。
- 3) 氢氧化物的沉淀放置时间不宜过长, 否则不易被酸溶解。
- 4) 欲使本法适用于含钍量较高的矿样, 可用较大的容器和少称样品, 试剂按倍数增加, 则本法可测含钍 3% 的试样。

- 5) 若矿样中含有有机物,須先将試样在 500°C 时灼烧,以免熔矿时坩埚炸裂。  
6) 若在灰化灼烧时,有杂质和碳存在,則須过滤才能轉入量瓶中去。

## 二、碘酸盐容量法

我們用原文献介紹的操作手續,分析矿石时結果偏低,不穩定,我們推測可能是碘酸盐沉淀时的条件有問題,故做了如下試驗。

### 1. 碘酸盐沉淀条件的試驗

(1) 酸度相同,在常溫下沉淀 取含鈾溶液 0.1—10 毫克,于 50 毫升烧杯中,放在水浴或电热板上加热、蒸干,加 1:2 硝酸 15 毫升,碘酸钾沉淀剂 15 毫升,放在冷水中 30 分钟,过滤,用碘酸钾洗液洗滌,再用饱和的碘酸鈾溶液洗至中性,然后按原来操作手續溶解,滴定,其結果見表 4。

表 4 酸度相同,在常溫下沉淀的試驗結果

加入量(毫克)	回收量(毫克)	回收率(%)	平均回收率(%)	备注
0.1	0.0	0.0	0.0	无沉淀析出
0.1	0.0	0.0		无沉淀析出
1	0.54	54	55.5	
1	0.57	57		
3	2.15	71.6	66.8	
3	1.98	66		
5	3.92	78.5	78.3	
5	3.90	78		
10	8.23	82.3	82.1	
10	8.13	81.3		

試驗数据指出,在此条件下回收率低,特别是含鈾量少时;且不穩定。

(2) 酸度不同,在常溫下沉淀 取含鈾溶液 1—10 毫克,于 50 毫升烧杯中,加热蒸干,加硝酸使酸度由 1N 到 5N (按 30 毫升体积計算),加入 10% 碘酸钾沉淀液 15 毫升,放置,过滤,同前一样洗滌、溶解、滴定,結果見表 5。

表 5 酸度不同,在常溫下沉淀的結果

硝酸浓度(N)	加入量(毫克)	回收量(毫克)	回收率(%)
1	1	0.38	38
1	5	3.7	74
1	10	8.0	80
2	1	0.45	45
2	5	3.7	74
2	10	8.0	80
3	1	0.46	46
3	5	3.7	74
3	10	8.1	81
4	1	0.48	48
4	5	3.7	74
4	10	8.1	81
5	1	0.51	51
5	5	3.9	78
5	10	8.2	82

(3) 酸度不同, 加热沉淀 手續完全同(2), 加入一定量的钍和各种试剂, 然后在60—80℃下加热15分钟, 冷却, 过滤, 再溶解, 滴定, 结果见表6。

表6 酸度不同, 加热沉淀的实验结果

硝酸浓度(N)	加入量(毫克)	回收量(毫克)	回收率(%)
1	1	4.6	46
1	5	4.1	82
1	10	8.5	85
2	1	0.72	72
2	5	4.25	85
2	10	8.74	87.4
3	1	0.68	68
3	5	4.2	84
3	10	8.6	86
4	1	0.73	73
4	5	4.1	82
4	10	8.8	88
5	1	0.7	70
5	5	4.3	86
5	10	8.9	89

表7 酸度不同, 加热沉淀, 用乙醇洗涤沉淀的实验结果

硝酸浓度(N)	加入量(毫克)	回收量(毫克)	回收率(%)
1	1	0.82	82
1	5	4.3	86
1	10	8.9	89
2	1	0.84	84
2	5	4.4	88
2	10	9.0	90
3	1	0.89	89
3	5	4.7	94
3	10	9.5	95
4	1	0.99	99
4	5	5.1	102
4	10	9.89	98.9
5	1	0.94	94
5	5	4.95	99
5	10	10.1	101

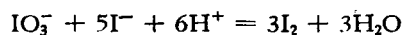
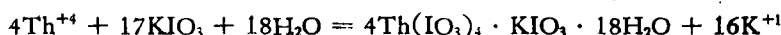
(4) 酸度不同, 加热沉淀, 乙醇洗涤沉淀 与(3)相同, 只是最后洗涤用无水乙醇, 洗净后, 溶解, 滴定, 结果见表7。

上面四个试验的数据表明, 沉淀时的温度和沉淀的洗涤液的选择, 对回收率来说, 是个关键的问题。同时还表明沉淀在60—80℃时进行, 洗涤液可用无水乙醇代替饱和的碘酸钍溶液。

沉淀的酸度, 在5N的硝酸中为合适, 即原文献操作手續中所指的1:2的硝酸介质。

## 2. 根据试验结果修改后的方法

(1) 方法原理 使钍与碘酸钾形成碘酸钍的沉淀与其它元素分离, 将沉淀溶于盐酸中, 用碘化物使碘酸钍还原, 再用标准的硫代硫酸钠溶液滴定析出的碘, 其反应如下:



(2) 必备试剂:

1) 过氧化钠: 固体, 干燥的。2) 硝酸: 比重1.4。3) 盐酸: (i) 比重1.19; (ii) 1:4; (iii) 1:1。4) 硫酸: (i) 1:1; (ii) 1%。5) 氨水: 比重0.9。6) 过氧化氢: 30%。7) 草酸: 固体, 结晶的。8) 草酸洗液: 1%。9) 硝酸镧溶液: 3克的硝酸镧 $[\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 于100毫升水中。10) 碘酸钍沉淀剂: 100克碘酸钍 $(\text{KIO}_3)$ 溶于333毫升比重1.4的硝酸中, 用水冲至100毫升。11) 碘酸钍洗液: 8克碘酸钍, 溶于50毫升比重1.4的硝酸中, 用水冲至1000毫升。12) 乙醇: 无水。13) 6N的氢氧化钠: 20克氢氧化钠溶于100毫升水中。14) 酸洗石棉。15) 碘化钾: 10%溶液(随用随配)。16) 淀粉指示剂: 0.5%溶液(随用随配)。17) 硫代硫酸钠标准溶液: (i) 0.02N; (ii) 0.01N。

(3) 分析手續:

1) 矿样用酸法分解: 称取矿样1—3克(以钍含量而定)置于250毫升三角瓶中, 加入10—

20 毫升浓硝酸,放在沙浴或电热板上加热 10—15 分钟后,加入 10 毫升浓盐酸煮沸 5—10 分钟,再加入 30—40 毫升 1:1 的硫酸,加热至呈现硫酸烟,并继续加热 30—40 分钟,取下,冷却。冷却后加入 2—3 毫升 30% 过氧化氢,再加入约 150 毫升冷水(最好是冰水),置于流水中冷却 30—40 分钟(最好在冰水中冷却),以便使钍和铀的硫酸盐溶解,再加热煮沸,以使其它的硫酸盐溶解,然后再继续冷却,用致密滤纸过滤,残渣用 1% 硫酸洗涤至无铁离子反应为止。

2) 矿样用碱法分解:称取矿样 1—3 克(以钍含量而定),置于预先铺有 1 克过氧化钠的 25 毫升磁坩埚中,加 4—7 克过氧化钠,搅匀,上面再盖一层过氧化钠,放于 600℃ 的馬弗炉中熔融 10 分钟,取出冷却。冷却后放入 250 毫升烧杯中,加入热水约 70 毫升。这时反应剧烈,应盖上表面玻璃。待反应完后,用热水冲洗坩埚和表面玻璃。放置 15 分钟后,用致密滤纸过滤,用 1% 氢氧化钠溶液洗涤沉淀,并再用水洗二、三次。沉淀用 1:1 盐酸溶解,用 1% 盐酸洗至无铁离子反应为止。

将酸法或碱法分解后所得之溶液加热至 70℃,再加过量的氢氧化铵沉淀,将沉淀和溶液放于电热板或水浴上加热 15 分钟,取下,用快速滤纸(白条)过滤,沉淀用热的 1% 氯化铵溶液洗涤,将洗净后的沉淀用热水冲到原沉淀烧杯中(如果酸法溶矿需用氢氧化铵沉淀两次)。沉淀用盐酸溶解,然后加水冲至 100 毫升,用 6N 氢氧化钠中和至生成沉淀,再加 5 毫升盐酸(1:1)、3 毫升硝酸镧,加热近沸,加入 3 克草酸,继续加热半小时,并不时搅拌,放置过夜。

次日,将沉淀用致密滤纸过滤,用 1% 草酸溶液洗涤沉淀 8—10 次,将沉淀和滤纸一起放入坩埚中,在低温时灰化,于 600℃ 时灼烧半小时,取出,冷却,将沉淀转入 50 毫升烧杯内,加 5—10 毫升浓硝酸和几滴过氧化氢,将溶液加热蒸至近干。若溶液有未灼烧完的滤纸灰,应反复处理至溶液为无色。加 15 毫升 1:2 的硝酸、1—2 滴 3% 的过氧化氢,煮沸 1—2 分钟,再加入 15 毫升碘酸钾沉淀液,于水浴或低温电热板上,加热到 60—80℃,并继续 15 分钟。取下放于冷水中冷却(最好是在冰水中零下 1—5℃ 时冷却) 30 分钟,钍含量低时,需冷却 3—4 小时。

沉淀用铺有酸洗石棉的古氏坩埚抽气过滤,并用少量的碘酸钾洗液洗涤 2—3 次。待抽气过滤将沉淀抽干时,再用无水乙醇洗涤 4—5 次至中性反应为止(以刚果红试纸试)。洗净后的沉淀连同石棉转入带塞锥形瓶中,用水洗古氏坩埚,加 1:4 的盐酸 10—15 毫升、10% 的碘化钾溶液 5 毫升,盖上锥形瓶塞,置于暗处放置 5 分钟。然后用水稀至 60—80 毫升,摇匀,用硫代硫酸钠滴定至呈现浅黄色;再加入 2—3 毫升新配制的淀粉指示剂,继续滴定到蓝色消失即为终点。

(4) 分析结果计算:

$$\text{Th}\% = \frac{TV}{H} \times 100$$

式中  $T$  为 1 毫升硫代硫酸钠标准液相当于钍的克数;  $V$  为硫代硫酸钠标准液的用量(毫升数);  $H$  为称取矿样的克数。

(5) 讨论:

- 1) 当用碱法分解矿样时,若试样中有有机物存在,必须预先进行灼烧。
- 2) 采用碱法分解试样时,时间不宜长,以免磁坩埚腐蚀过甚。
- 3) 草酸沉淀钍时的酸度最好控制在 0.3N(按盐酸)。
- 4) 灼烧氧化钍时,温度不应高于 600℃,否则不易被酸溶解。
- 5) 钍的碘酸盐沉淀为白色,若沉淀为黄色,即四价钍未被还原,这会使分析结果偏高。
- 6) 用碘酸钾洗液洗涤时,应抽滤干净,否则会使结果偏高。

## 三、分析结果

用所拟订的二种操作手续分析了部分矿样,结果较满意,见表8。

表 8

编 号	碘 酸 盐 容 量 法			钍 试 剂 I 比 色 法			备 注
	1	2	3	1	2	3	
1	0.087	0.086	0.086	0.088	0.089		未有碘酸盐沉淀
2	0.170	0.171		0.175			
3	0.165	0.168	0.175	0.175	0.177	0.175	
4	0.101	0.106	0.103	0.103	0.106		
5	0*	0*	0*	0.006	0.006		
6	0.078	0.078		0.078	0.074		
7	0.157	0.170	0.169	0.151	0.156		
8	0.043	0.046	0.045	0.038	0.036	0.042	
9	0.107	0.112		0.114	0.107	0.115	
10	0.019	0.021		0.019	0.021	0.022	
11	0.057	0.060	0.049	0.055	0.052	0.052	
12	0.085	0.080		0.086	0.082	0.084	
13	0.087	0.088		0.075	0.079	0.073	
14	0.10	0.099		0.092	0.097	0.092	
15	0.083	0.087		0.082	0.082	0.082	
16	0.014	0.013		0.015	0.012	0.014	
17	0.477	0.471	0.457	0.465	0.469		
18	1.121	1.09	1.091	1.06			
19	0.665	0.667	0.687	0.670	0.670	0.641	
20	0.168	0.167	0.166	0.159	0.165	0.159	
21	0.091	0.106	0.102	0.092	0.095	0.090	
22	0.182	0.180		0.189	0.180	0.180	
23	1.381	1.343		1.360	1.340		
24	0.295	0.297		0.289	0.296		
25	0.132	0.132	0.130	0.132	0.124	0.124	

## 参 考 文 献

- [1] Ж. А. Х., 1958, 3, 274 頁。
- [2] Ж. А. Х., 1958, 5, 513 頁。
- [3] Ж. А. Х., 1960, 3, 299 頁。
- [4] 矿石分析經驗交流會議報告匯編, 冶金工業出版社。
- [5] 北京大學學報(自然科學), 1959, 3, 237 頁。
- [6] К. Родден и Дж Уорф, Аналитическая химия урана и тория, М., 1956.
- [7] Метод определения радиоактивных элементов в минеральном сырье, 1958.
- [8] Практическое руководство по неорганическому анализу.
- [9] Зав. Лаб., 9, 276, 1940.
- [10] 矿物原料分析, 地質出版社, 1959.

(編輯部收稿日期 1961 年 12 月 7 日)