

位素往往不純,对此应作适当修正。我們曾用这个方法进行过分析,結果还好。

但这方法也还是有局限性的,其一是要求有分辨本领很高的仪器,因为同位素位移常常是很小的;其二是同位素的获得較难。目前这种方法还未見被广泛采用,也很少見到报导。方法本身究竟有什么严重問題,除上述所談之方法外,还有很多方法,如撒样法^[5,6]及空阴极放电^[7]等也是很有效的方法。本文采用有张丽华、馬云香、文恭良及熊兆奎等同志的工作結果。

参 考 文 献

- [1] Морозов, Ж. *аналитической химии*, 1956 年 2.
- [2] 艾伦斯,分光化学分析。
- [3] 艾伦斯,硅钨盐光谱化学定量分析, 25 頁。
- [4] А. Р. Стралапов, 同位素光谱分析。
- [5] А. К. Русанов и В. М. Алексеева, Ж. *аналитической химии*, 9, 183—192. (1954) (有譯文,見物理譯報)
- [6] 郑康乐,中国地質, 1961, 12 期。
- [7] S. Tolansky, *High Resolution Spectroscopy*.

(編輯部收稿日期 1962 年 2 月 21 日)

用閃爍計數器測定岩石样品中的鐳含量

刘 鹏 尤 建 年

1. 引 言

在鈾矿普查、勘探的各个阶段,精确地測定鐳在岩石样品中的含量,是确定一个矿区内放射性平衡与否、射气扩散程度等一系列問題的不可缺少的一項工作。

目前測定岩石样品中鐳含量的方法有:射气法和脉冲法。射气法是假定鐳和氡之間存在着放射性平衡,利用氡气衰变时所放出的 α 射线在电离室中产生的电离电流,与引入电离室的氡气浓度成正比的原理进行測量。脉冲法是以充气計数管作接收器,通过記錄 γ 辐射所引起的物理效应来进行測量。由于射气法手工操作繁多,分析質量与技术熟練程度关系很大;用脉冲法分析不含鈾的岩石样品时,只要选择良好的工作条件(电源电压、高压稳定和合适的計数管),所得的分析結果是可靠的。

由于計数管装置对 γ 辐射的記錄效率很低(一般为 1—2%),因此当用它作 γ 辐射接收器时,为提高測量精度就必须用几支性能相同的計数管(一般为 3—8 支并联使用)和称量較多的样品(一般从 300 克到 600 克)。否則在样品品位低、称量少的情況下,測量結果就很难达到要求的精度。我們采用了对 γ 辐射效率高(50—60%)的 NaI(Tl) 晶体与 ФЭУ-29 型光电倍增管組成的閃爍計数器和 ПС-10000 型定标器,作为脉冲法測鐳的装置。实验結果証明,这种装置亦可以克服由于充气計数管效率低所产生的缺点。

2. 原 理

鈾-鐳天然放射系列中的 γ 辐射几乎都是由鐳組元素中的 RaB, RaC 和 RaC' 放出来的,約占該系列 γ 辐射的 98%,而 UX₁ + UX₂ 和 Ra (不带衰变产物)的 γ 辐射只占該系总 γ 辐射的 2%。因此,如果岩石样品中不含鈾时,我們便可以根据 γ 辐射強度来确定岩石样品中鐳的含量。

射气作用的結果,从矿石中逸出一部分氡气,所以辐射体内就損失掉一部分 RaB, RaC, 而

它們又是主要的 γ 輻射體。若把被研究的粉末狀樣品加以密封，則氦氣能積累到與 RaB, RaC 處於動平衡狀態，而與鐳成平衡比例關係。隨着氦氣的增加，主要的 γ 輻射體 RaB, RaC 的量亦增加，被研究樣品的 γ 輻射亦增加。借助於帶有 NaI(Tl) 晶體的閃爍計數器（或充氣計數管裝置），在射氣積累之前和射氣積累之後對樣品中的 γ 輻射體進行測量，即可反映出岩石樣品中鐳的真實含量和射氣擴散量。樣品中鐳的真實含量為：

$$Ra = Ra_1 + \frac{Ra_2 - Ra_1}{1 - e^{-\lambda_{Rn}t}}, \quad (1)$$

式中 Ra——被測樣品中鐳的真實含量，單位為克鐳/克岩石； Ra_1 ——為第一次測量結果，單位為克鐳/克岩石； Ra_2 ——為第二次測量結果，單位為克鐳/克岩石； t ——為前後兩次測量相隔的時間； λ_{Rn} ——氦的衰變常數。而射氣係數為：

$$K_0 = \frac{\Delta Ra}{Ra_1 + \Delta Ra}; \Delta Ra = \frac{Ra_2 - Ra_1}{1 - e^{-\lambda_{Rn}t}}. \quad (2)$$

若已知樣品中的鈾含量，則可按下列式換算出平衡係數：

$$K_p = \frac{Ra}{U \times 3.4 \times 10^{-7}} \times 100\%. \quad (3)$$

3. 實驗裝置與實驗方法

實驗中採用 ПС-10000 型定標器，電源電壓經功率為一瓩的磁飽和式穩壓器穩定後，輸給儀器使用。

盛樣品的器皿採用直徑為 5.7 厘米、高為 2.5 厘米、厚為 0.1 厘米的圓形鉛盒。測量時裝填已滿的鉛盒置於圓筒鉛室內，樣品表面與晶體之間的距離為 2 厘米。

閃爍計數器裝置如圖 1 所示。

標準源： $U = 0.100\%$ ， $Ra = 4.13 \times 10^{-10}$ 克鐳/克岩石， $K_0 = 12\%$ ， $K_p = 121.4\%$ 。所用標準源必須預先密封一個月，使氦氣積累到與鐳平衡，否則就必須對標準源進行射氣校正。

裝樣前，將樣品仔細攪拌 5—10 分鐘，其目的是最大限度地排除掉樣品在測量前因放射性衰變而產生的射氣。

樣品密封之後，擱置 2—3 小時方可進行第一次測量。其原因是，通過攪拌雖然能把氦氣排除掉，但氦氣的衰變產物 RaB, RaC 是以固體微粒狀態存在於粉末樣品之中的，不能被排出，而 RaB, RaC 又是主要的 γ 輻射體。由於 RaB, RaC 的半衰期很短 ($T_{RaB} = 26.8$ 分， $T_{RaC} = 1.32$ 分， $T_{RaC'} = 19.7$ 分)，所以在樣品密封擱置 2—3 小時後，RaB, RaC 便衰變完了。這樣，被測樣品中的 γ 輻射才是真正來自於礦石、礦物晶格內的 γ 輻射。

每個樣品讀 3 次數，每次讀數 2—6 分鐘，將所得單位時間的 γ 輻射強度（脈沖/分）代入下列式即可求出鐳含量。

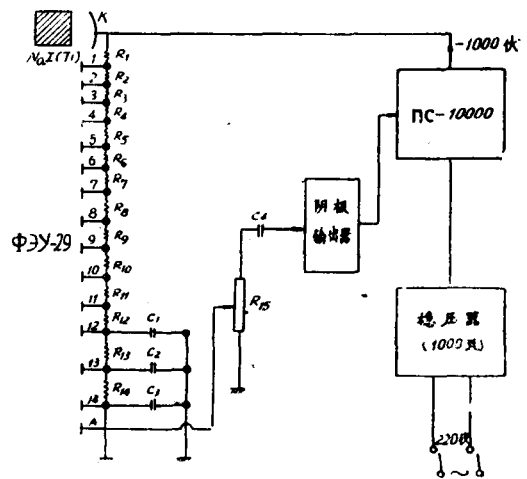


圖 1 閃爍計數器裝置

$R_1 \dots R_{14}$ ——510 千歐； R_{15} ——100 千歐；
 C_1, C_2, C_3 ——2000 微微法； C_{14} ——0.01 微微法。

$$R_a = \frac{Q_{Ra} J_{\#}^{\gamma} P_{\#}}{J_{\#}^{\gamma} P_{\#}} \quad (4)$$

式中 Q_{Ra} ——标准源的镭含量; $J_{\#}^{\gamma}$ 和 $J_{\#}^{\gamma}$ ——分别为样品和标准源单位时间内的 γ 辐射强度(脉冲/分); $P_{\#}$ 和 $P_{\#}$ ——分别为样品和标准源的重量,克。

4. 灵敏度与精度的讨论

表1列入两种装置的测量数据。

表1 两种装置的比较

测量装置	标准源		Ra 的放射性强度	
	含量%U	称量(克)	脉冲/分	脉冲/分/%克
计数管装置。 8支MC-4计数管	0.100	270	828	3067
闪烁计数装置。 NaI(Tl), $\Phi\text{Y-29}$	0.100	65	870	13384

由表1可知:用闪烁计数装置与计数管装置(8支MC-4型计数管)对铀含量为0.100%U的标准源进行测量的结果(经过对单位含量、单位重量之强度的计算),前者的灵敏度是后者的4.36倍。

对B-131-7标准源的测量,因涨落所引起的相对百分误差为5%。

表2 三种方法对不同称量样品的测量数据

序号	计数管装置	放射化学法	闪烁计数装置
1	1.06×10^{-10}	1.13×10^{-10}	1.12×10^{-10}
2	1.11×10^{-10}	1.01×10^{-10}	1.05×10^{-10}
3	9.21×10^{-11}	9.32×10^{-11}	9.30×10^{-11}
4	4.56×10^{-10}	4.33×10^{-10}	4.56×10^{-10}
5	4.14×10^{-10}	4.17×10^{-10}	4.19×10^{-10}
6	2.85×10^{-10}	2.78×10^{-10}	2.82×10^{-10}
7	8.80×10^{-11}	9.69×10^{-11}	9.70×10^{-11}
8	3.55×10^{-10}	3.36×10^{-10}	3.40×10^{-10}
9	1.11×10^{-10}	1.21×10^{-10}	1.18×10^{-10}
10	2.02×10^{-10}	2.07×10^{-10}	2.08×10^{-10}

从表2可以清楚地看出,应用闪烁计数器装置所得分析数据与放射化学方法和计数管装置所得分析数据很相符合。

可以认为,闪烁计数器运用于岩石样品中铀的定量分析,其灵敏度远远胜过充气计数管装置,特别是对于称量少、品位低的岩石样品的分析,更显示出本装置的优越性。虽然闪烁装置对高压电源要求十分严格,但现代核电子学的发展,已完全可以满足本装置的要求。

参 考 文 献

B. B. 阿列克赛耶夫等,铀矿普查与勘探的放射性测量法,地质出版社,1960,272页。

(编辑部收稿日期1962年3月26日)