

文章编号 : 0253-9950(2005)01-0061-04

灼烧温度对氡射气析出率的影响

庞荣华¹, 童纯茵², 刘晓辉²

1. 四川省辐射环境管理监测中心站, 四川 成都 610031;

2. 成都理工大学 应用核技术与自动化工程学院, 四川 成都 610059

摘要:通过了解锆英砂、铀矿粉、石英砂-铀矿粉混合物等含铀地质材料中²²²Rn 的析出情况, 探索了降低这些材料中氡射气析出率的方法, 并应用灼烧法研究了灼烧温度对上述材料中氡射气析出率的影响。实验结果表明, 上述地质材料的氡射气析出率随灼烧温度升高而减小。灼烧法是一种有效降低氡射气析出率的方法, 可作为对氡射气及放射性子体的防护手段加以利用。

关键词:灼烧法; 氡射气析出率; 含铀材料

中图分类号: X591 **文献标识码:** A

²²²Rn 是天然放射性铀系衰变链中唯一的一个气体核素, 能够通过扩散、对流、渗透等方式从含铀的材料中析出, 释放到空气中。²²²Rn 的衰变子体极易吸附在空气中的尘埃上, 形成放射性气溶胶, 吸入含氡及其子体的空气会对人体健康造成危害。大量流行病学调查表明, 矿井下工人吸入短寿命氡子体可使矿工患肺癌的机率大为增加。初步调查结果指出, 大约 10% 肺癌患者可能与室内氡子体照射有关^[1]。联合国原子辐射效应科学委员会将氡归为 类致癌物质^[2]。因此, 氡及其子体对人体的危害以及对氡及其子体防护, 早已引起国内外学者的广泛关注。

在国内, 有关氡射气析出率的研究主要集中在研发高密度、低透气性的涂料和釉料, 用以覆盖、包裹含铀的建材材料, 从而降低它们的氡射气析出率。例如香港城市大学利用复合砂浆来降低楼房内混凝土材料所释放的氡气浓度^[3]。此外, 还有利用黄土覆盖法降低废石堆氡析出率的研究^[4]。本文对几种含铀地质材料进行灼烧, 并对氡射气析出率随灼烧温度的变化情况进行研究。

1 氡射气析出率的计算

由镭衰变而来的氡, 一部分从介质中释放出来, 称为自由氡, 不能从介质中释放出来的氡称为束缚氡。氡射气析出率(射气系数)是指某一时间

间隙内物质释放出来的氡射气量与同一时间所形成的氡射气量之比。氡射气析出率的表达式为:

$$= \frac{L_1}{L_1 + L_2} \times 100\%。$$

式中, 为氡射气析出率, %; L_1 为介质中自由氡的量, L ; L_2 为介质中束缚氡的量, L 。

对于一定质量的物质, 当氡与其母核素镭达到放射性平衡时, 氡射气析出率可由下式计算:

$$= \frac{a_1}{a_2} \times 100\%。$$

式中, a_1 为介质中自由氡的比活度, Bq/kg; a_2 为介质中镭的比活度, Bq/kg。

氡射气析出率是一个衡量氡逸出能力的百分数指标, 当介质的性状或外部测量环境发生改变时, 氡射气析出率与其相关因素的变化关系可能是极其复杂的。氡射气析出率受很多因素的影响, 如介质的颗粒度、温度、湿度, 介质的松散程度以及介质的矿物学特征。一般认为: 同种物质, 颗粒度越小, 氡射气析出率越大; 温度升高, 氡射气析出率增大; 湿度增加, 氡射气析出率减小; 氡射气析出率随介质的松散程度增加也会变大^[5]。

2 实验部分

2.1 材料

所用实验材料为: 铀矿粉(采自广西)、锆英砂(采自海南)、TRU、TRH 和 PX802(花岗岩)。铀

收稿日期: 2004-07-06; 修订日期: 2004-10-14

作者简介: 庞荣华(1964-), 女, 四川成都人, 工程师, 放射性物探专业。

矿粉以砂岩型铀矿为主,粒径为 0.71 mm。TRU 是由铀矿粉与石英砂均匀混合而成,粒径为 0.074 mm。锆英砂粒径为 0.24 mm。TRH 是由锆英砂和少量钾长石(采自陕西)及稀土矿渣(采自四川)按比例混合而成,粒径为 0.074 mm。TRU 和 TRH 是由成都理工大学研制的标准参考物质,均经过铀-镭平衡性检测。PX802(花岗岩)是国家一级标准参考物质,粒径为 0.074 mm,镭铀平衡系数为 98.3%,氡射气析出率为 1.9%,用作分析质量监控。这几种实验材料中的主要天然放射性核素的比活度列入表 1。

表 1 实验材料中²³⁸U, ²³²Th, ²²⁶Ra, ⁴⁰K 的比活度
Table 1 Specific activity of ²³⁸U, ²³²Th, ²²⁶Ra, ⁴⁰K
in experimental materials

材料名称 (Sample)	d/ mm	a/ (Bq · kg ⁻¹)			
		²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
铀矿粉 (Uranium-bearing ore)	0.71	53 430	—	53 282	—
TRU	0.074	2 300	4.65	2 260	59.8
锆英砂 (Zircon)	0.24	8 450	1 084	8 732	—
TRH	0.074	1 280	476	1 510	1 460
PX802(花岗岩) (PX802, granite)	0.074	37 864	114	37 220	1 089

注(Note): PX802(花岗岩)的数据摘自其标准参考物质说明书,其它数据由成都理工大学中子活化实验室测试(Data of PX802-granite come from its certificate of CRM, the other data are provided by neutron activation analysis laboratory, Chengdu university of technology)

2.2 仪器

FD-125 型氡钍分析仪,北京核仪器厂生产, ZnS 闪烁室作为探测器,有效体积为 500 mL。仪器经稳定性检验,并用²²⁶Ra 液体标准源进行刻度,能够满足测试要求。

2.3 实验方法

取上述材料各 5 g 左右,装入坩锅,以 350 为起始温度,每 100 为一个点,950 为终止温度。从室温开始,加热到预定温度后,将样品灼烧 1 h,取出样品,放入干燥器中冷却至室温,从中取约 2.5 g,封闭于扩散管中。封闭前先向扩散管中通高纯氮气 5 min,排尽管中空气,封闭 30 d 后开始测量。

3 结果和讨论

3.1 灼烧过程中样品外观情况

样品在 350~950 温度范围内,灼烧 1 h 后,外观无明显变化,均无熔化和重结晶现象出现。

3.2 灼烧后样品氡射气析出率变化

密闭约 30 d 后,为消除氡的短寿命子体对测量结果的影响,将积累的气体用高纯氮气作为载气引入闪烁室,放置 3 h 后开始测量,结果列入表 2。从表 2 可知,这几种含铀地质材料经过灼烧后,它们的氡射气析出率总体上随灼烧温度的增加而减小。铀矿粉和标准物质 TRU 的氡射气析出率高,数据所反映的变化趋势明显。锆英砂的氡射气析出率很小,950 时的测量结果可能因测量误差而偏大。标准参考物质 TRH 由多种材料混合而成,基体复杂,其氡射气析出率较小,

表 2 实验材料在不同温度下灼烧 1 h 后的氡射气析出率变化

Table 2 Emanation coefficient of experimental materials heating for 1 h

材料名称 (Sample)	/ %							
	15	350	450	550	650	750	850	950
铀矿粉 (Uranium-bearing ore)	19.0 ±1.7	12.0 ±0.7	6.3 ±0.7	4.3 ±0.7	2.7 ±0.3	2.5 ±0.3	1.8 ±0.3	0.9 ±0.1
TRU	28.5 ±1.4	20.5 ±1.2	18.8 ±0.6	13.9 ±0.8	9.0 ±0.5	6.4 ±0.67	7.6 ±0.9	5.0 ±0.4
锆英砂 (Zircon)	0.60 ±0.10	0.58 ±0.09	0.48 ±0.06	0.26 ±0.10	0.19 ±0.09	0.19 ±0.08	0.14 ±0.06	0.26 ±0.10
TRH	1.1 ±0.1	3.4 ±0.3	1.2 ±0.2	0.86 ±0.15	0.69 ±0.13	0.56 ±0.16	0.94 ±0.33	0.98 ±0.30
PX802(花岗岩) (PX802, granite)	1.83 ±0.04	—	2.21 ±0.07	—	1.34 ±0.09	—	1.19 ±0.11	—

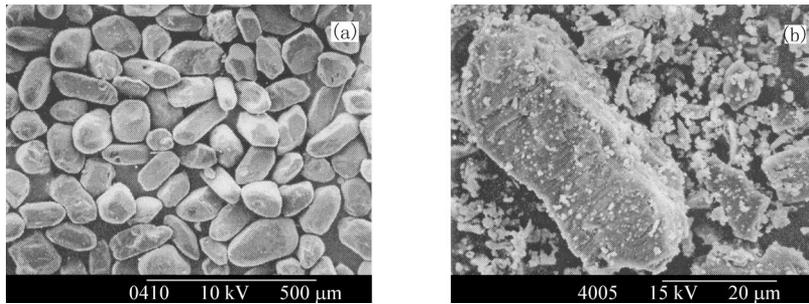


图 1 锆英砂和铀矿粉的扫描电镜照片

Fig. 1 Topography of zircon and uranium-bearing ore viewed by scanning electron microscopy

(a) —— 锆英砂 (Zircon), (b) —— 铀矿粉 (Uranium-bearing ore)

350, 850 和 950 时的数据可能受测量误差影响而偏大, 但总趋势与其它样品相同。质量监控样品 PX802 (花岗岩) 在常温下和 450 时的测量结果与推荐值相符, 随着灼烧温度继续升高, 其氡射气析出率开始减小。

3.3 氡射气析出率与矿物颗粒形态的关系

锆英砂和铀矿粉的扫描电镜照片分别示于图 1(a), (b)。从图 1(a) 可以看到矿物结晶体, 甚至能见到清晰的晶面。锆英砂颗粒结构完整、致密, 常温下氡射气析出率仅为 0.60%。从图 1(b) 可见到铀矿粉大小不一的颗粒, 且矿物颗粒层理多, 与锆英砂差异十分明显, 常温下其氡射气析出率为 19.0%。

3.4 氡射气析出率与颗粒度的关系

对于同种物质, 当颗粒度变小时, 氡射气析出率增大。粒径为 0.24 mm 的锆英砂与粒径为 0.074 mm 的 TRH (锆英砂与稀土矿渣、石英砂的混合物) 比较, 含铀材料同为锆英砂, 当颗粒度变小时, 常温下氡射气析出率由 0.60% 增加到 1.1%。同样, 粒径为 0.71 mm 的铀矿粉与粒径为 0.074 mm 的 TRU (铀矿粉与石英砂的混合物) 相比, 常温下氡射气析出率由 19.0% 增加到 28.5%。

4 结 论

含铀地质材料经高温灼烧后, 氡射气析出率

会减小, 灼烧温度愈高, 减少愈多。可见灼烧法是一种有效降低含铀材料氡射气析出率的方法, 可以用它作为对氡及其放射性子体的防护措施。孙宝禄等^[6]对土坯房与红砖房室内氡浓度的比较研究中, 土坯房氡浓度明显高于红砖房, 这也佐证了灼烧法降低氡射气析出率的结果。

参考文献:

- [1] 李素云, 张升慧, 侯海全, 等. 某铀矿区居民室内外氡浓度调查及剂量评价[A]. 见: 中国辐射防护研究院主编. 核能与辐射防护[M]. 北京: 原子能出版社, 1995. 195 ~ 201.
- [2] 联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR). 电离辐射源与效应[M]. 中国核工业总公司安防环保护生局, 中国辐射防护学会译. 北京: 原子能出版社, 1996.
- [3] 高秀峰. 用复合砂浆防止来自楼房建筑物内混凝土氡污染的研究[J]. 辐射防护通讯, 2001, 21(1): 15 ~ 19.
- [4] 叶维荣. 用黄土覆盖废石堆降低氡析出率的研究[J]. 工业安全与防尘, 1991, 10: 9 ~ 10.
- [5] 李运祚, 赵元洪, 童纯菡, 等. 放射性勘探方法[M]. 北京: 原子能出版社, 1978. 173 ~ 174.
- [6] 孙宝禄, 陈柄连, 韩良兵, 等. 山东省德州地区环境中氡及其子体浓度与所致居民剂量估算[J]. 中国辐射卫生, 1995, 4(3): 183 ~ 184.

Effect of Heating Temperature on Emanation Coefficient of Rn

PANG Rong-hua¹, TONG Chun-han², LIU Xiao-hui²

1. Sichuan Management and Monitoring Center Station of Radioactive Environment, Chengdu 610031, China;
2. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

Abstract: For developing a method to reduce the emanation coefficient of Rn in materials, emanation coefficient of Rn in geological uranium materials such as zircon, uranium-bearing ore, etc is measured. Heating is used to study the effect of heating temperature on emanation coefficient of Rn. The results show after heating, the emanation coefficient of Rn in above materials decreases gradually according to the heating temperature increasing. Heating can reduce the emanation coefficient of Rn effectively, which can be used as a new measure to defend against radon and radon daughters.

Key words: emanation; emanation coefficient of Rn; uranium material

(上接第 46 页, Continued from page 46)

Automated Synthesis of ¹⁸F-Labelled Fluoromisonidazole as Hypoxia Imaging Agent

TANG Gang-hua, WANG Ming-fang, LUO Lei, GAN Man-quan

PET Centre, Department of Nuclear Medicine, Nan Fang Hospital,
Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: 1-H-1-(3-[¹⁸F]-fluoro-2-hydroxypropyl)-2-nitroimidazole (¹⁸F-FMISO) is synthesized by "one pot" method at Tracerlab FX_{FN} system. By using 1-(2-nitro-1-imidazolyl)-2-O-tetrahydropyranyl-3-O-toluenesulphonyl-propanediol as the precursor, ¹⁸F-FMISO is obtained *via* two-step reactions, including the nucleophilic fluorination of the precursor to yield an intermediate 1-(2-nitro-1-imidazolyl)-2-O-tetrahydropyranyl-3-[¹⁸F]-fluoropropanol, and the acidic hydrolysis of the intermediate. The procedure is quite simple and can be completed within 60 min. The radiochemical yield and radiochemical purity are higher than 60% and 99%, respectively. Toxicological assays indicate that the final product is bacteria-free and non-toxic, and meets the requirements for radiopharmacy. It can be used in clinical and scientific research.

Key words: ¹⁸F-FMISO; hypoxia imaging agent; automated synthesis