

洞穴氡来源、分布、测定及旅游评价^{*}

卢 伟

(国土资源部天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘 要 洞穴氡来源于岩石中含铀以及洞穴壁裂隙中渗析出来氡的累积和地下水溶解氡的释放。洞穴氡值与地区、洞穴围岩,以及距洞口深度有关,与洞内的地质条件有关。在洞穴氡值的测定中,目前国际上最新采用的是 SSN TD 方法。本文不仅介绍了该方法的基本原理,还应用它对我国部分洞穴的氡值进行了测定。

关键词 洞穴氡 氡来源 洞穴氡分布 氡测定

0 前 言

近年来,随着人们环境意识和保健意识的不断增进与发展,国内外旅游者对于洞穴中氡气含量十分关注,国际洞穴研究者对遍布于世界的各类洞穴中氡气水平普遍做了测定,对于洞穴中氡气的来源与分布的研究发展很快。我国地矿部岩溶地质研究所等也在洞穴研究中增加了氡的项目。笔者自 1990 年起,对云南蒙自县龙宝洞、黑水洞、云南建水县燕子洞、辽宁本溪市水洞、广西柳州响水岩等一些洞穴做了氡气测定,对洞穴氡气的来源与分布及对游人造成的辐射剂量做了一些探讨。

1 洞穴氡的来源

氡是一种放射性气体,产生于自然界岩石矿物中的铀、钍、镭放射性元素。氡的几个同位素都是气体,均由镭的同位素经过 α -衰变得来:

镭-226 \rightarrow 氡-222 α 粒子

镭-224 \rightarrow 氡-220 α 粒子

镭-227 \rightarrow 氡-223 α 粒子

镭-223 \rightarrow 氡-219 α 粒子

实际上,这四个氡的同位素只有氡-222 半衰期最长,为 3.825 天,引起人们的注意。

^{*} 国家自然科学基金资助。

作者简介:卢伟,女,1937 年生,教授级高级工程师,南开大学物理二系放射化学专业毕业。通讯地址:天津河东大直沽八号路。

洞穴氡来源于洞穴岩石中氡气的扩散和岩石孔隙、裂隙中氡气的渗析,以及地下水溶解的氡的析出。作为气体,氡的迁移模式与其它元素不同。地壳物质中普遍含有铀,产生的氡在岩石空隙中运动,一旦形成一个封闭的空间,例如一所房子,一个岩洞,氡气可以在其中累积,达到很高的浓度。

2 洞穴氡的分布

不同地区、不同岩石形成的洞穴中,洞穴氡值不同;而在同一个洞穴中,一般较深处氡浓度高,洞口氡浓度低,但也取决于洞内地质情况,如多断裂、裂隙处氡高,酸性岩例如花岗岩等含铀、钍高,其岩壁析出氡高。由于地下水中溶解有大量的氡,因此洞穴中地下河的径流使洞穴氡增加,例如本溪的水洞。

室内氡有着与洞穴类似的情况,1990年以前,国际上着重考虑岩性对于室内氡的影响^[1],认为室内氡的高低完全取决于地基岩石性质,花岗岩基底的建筑物内应当有较高的室内氡。而近几年来,不少研究者认识到,地质断裂带附近的房屋内有高的室内氡^[2]。氡环境地质研究揭示出:氡气在地质环境中的迁移模式除了扩散作用之外,抽吸作用(suction)或者叫做烟囱作用(chimney effect)也是不可忽视的。地面底下的气压往往是非常高的,氡气沿着岩石裂隙、断裂带,以极快的速度向着气压低的地面或洞穴中运动,这可以解释洞穴中的氡浓度何以高于周围的氡值,也说明了为什么洞穴中氡气浓度分布有极大差异。洞穴氡一般高于附近的室内氡,洞穴氡的高低又往往与室内氡紧密相连。例如,个旧地区普遍室内氡高,洞穴氡亦较高;而北京室内氡大约平均为 33 Bq/m^3 ,其洞穴氡值也比较低(表 1)。

表 1 我国一些洞穴的氡气浓度测定值^[2]

Tab. 1 The measurement results of radon in some caves in China

序号	洞穴所在地区	地质情况	洞穴氡值 (Bq/m^3)	注
1	云南个旧	白云岩溶洞	3214(夏), 1110(冬)	室内氡高
2	云南蒙自黑水洞	灰岩溶洞	936	
3	云南蒙自龙宝洞	灰岩溶洞	3465(夏), 1416(冬)	室内氡高
4	云南建水燕子洞	灰岩溶洞	1200~ 1400	
5	湖北某洞穴		263	
6	辽宁本溪水洞	变质火山岩洞壁	1846.4~ 1886.6	
7	辽宁本溪水洞	水上 1m处	2332.2	
8	辽宁本溪水洞	岩脉出露点 6m处	2729.6	
9	辽宁本溪水洞	洞终点	4658.4	
10	辽宁本溪水洞支洞	旱洞	1202.8	
11	北京某洞穴		286	室内氡低

3 洞穴氡的测定

洞穴氡由于其较高的浓度,可以用瞬时法即仪器法和累积法来测定,但由于温度气压的变动和人为的扰动,瞬时法不够理想,而累积法中活性炭法受湿度影响也较大,因此最好应用

SSNTD法。上述表 1 中的洞穴氡数据全部得自 SSNTD法^[3]。

3.1 方法原理

SSNTD法是固体状态核径迹探测器的简称,应用一片 CR39树脂片接收氡及其子体的 α -粒子辐射,用化学法或电化学法蚀刻后,对核径迹计数并与标准对比,从而计算出氡浓度:

$$c = \frac{N/A - B}{K \cdot t} \times 1000$$

式中: c — 氡平均活度浓度 (Bq/m^3);

N — 样品径迹计数,无单位;

A — 计数面积 (cm^2);

B — 本底径迹密度 (径迹 $/\text{cm}^2$);

K — 刻度系数 (径迹 $\cdot \text{cm}^2 / (\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})$);

t — 监测时间 (h)

3.2 测氡操作

首先将标定好的测氡片安放到探测器中,并置于洞穴的不同度高、不同进深度处,放置 3~7 天(根据草测值高低来决定);然后取出探测器,对 SSNTD 中的 CR39 片进行蚀刻,显微镜下计数,最后根据上述公式计算出洞穴氡浓度

4 旅游洞穴氡的评价

氡对人类健康的影响曲线,目前还是国际性的热门话题,也就是说,一方面人们知道人类呼吸了没有氡的空气会感到憋气、不舒服,另一方面人们更知道矿井下的工人们吸入了过多的氡气会得肺癌,可是,有着上千年历史的浴疗学却认为氡泉可以治疗多种疾病。目前人们比较统一的认识是:氡的一次性的大剂量吸入,有可能使人精神振奋,有可能治疗某些皮肤病和精神病;而长时间的吸入,则可能有害。

从上述观点出发,形成了我们对于旅游洞穴氡的评价原则。首先我们测定洞穴氡浓度,对于较大较深的洞穴,则测出各个不同地点的氡浓度,其次我们根据旅游者在各个景点停留的平均时间,结合氡浓度,计算出氡剂量,并与国家规定的安全剂量相比较,算出“危险倍数”,这可以作为旅游洞穴氡的基本评价。对于一些极端的例子,则需要加强研究。例如浙江温州泰顺县的承天氡泉,历来为中外旅游者所重视,氡浓度高达 21em (爱曼, $1\text{爱曼} = 3.7\text{Bq}/\text{l}$),而承天村的 700 多位村民,笔者近来采访证明竟无一人患癌。又如柳州响水岩洞穴医疗点,其良好的医疗效果也有氡的功劳,这些都需要进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Brookins D G. The indoor radon problem. Studies in the Albuquerque. Environ Geol Water Sci. 1992, Vol. 19, No. 1, pp11~ 15
- 2 卢伟. 居室氡气致癌与防治. 地质出版社, ISBN 7- 116- 01914- 6, 1995
- 3 Jönsson G. Radon gas- Where and if? Report at "17th Int. Conf. on Nuclear Tracks in Solids" Dubna, Russian, 1994

(下转 259 页)

EVALUATION ON EXPLOITATION LEVEL OF SHOW CAVES— CURRENT SITUATION, EXISTING PROBLEM AND IMPROVEMENT PROPOSAL OF SHOW CAVES IN CHINA

Zhang Ren Zhu Xuewen

(*Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004*)

Abstract

There are over 300 show caves of different dimensions and variant scenery in China. In comparison with the tourism caves with advanced exploitation level in the world, most of the show caves in China are at low levels of planning, design and construction, short of environment protection consciousness, and lack of scientific management. There are also great differences in both social benefits and economic effect among them. To avoid exploiting caves at low levels and destroying resources, the authors suggest that the government should strictly examine and approve cave tourism exploitation projects. For accelerating development of the cave tourism of China, the exploitation of show caves must be of high standard in construction and quality. The authors also emphasize the necessity and the importance of scientific demonstration, overall planning and design before the construction.

Key words Show cave Exploitation level Evaluation

(上承 253页)

SOURCE, DISTRIBUTION AND DETERMINATION OF CAVE RADON

Lu Wei

(*Tianjin Institute of Geology, CAGS, Tianjin 300170*)

Abstract

The radon in caves originates from uranium in rocks and from radon exuding from the cracks of wall, as well as radon releasing from under-ground water. Cave radon is usually determined by SSNTD that is new method in the world.

Key words Cave radon Source Distribution Determination