

降札温泉环境中氡浓度水平及对人群所致剂量评价

文湘闽¹, 贺良国¹, 周琦¹, 付晓华¹, 尚兵², 林志凯², 王茜¹

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)01-0081-02

【摘要】 目的 调查降札温泉周围空气氡浓度放射性水平, 并对相关人群所受辐射健康影响进行评价。方法 采用 ATD 短期累积测量法和连续测量法测量室内外氡浓度进行测量, 并与国家相关标准进行对比。结果 室内外氡浓度大部分高于国家标准住宅氡持续照射的优化行动水平 $400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ ^[4], 部分浴室中空气氡浓度高于国家标准关于地热水浴室 $400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 的控制限值^[3]。剂量估算结果显示, 温泉区居民、管理员和患者所受到的内照射的年附加剂量均超过了国家标准。结论 降札温泉室内外氡浓度水平很高, 对长期居住该区域的居民、管理员和患者可能造成健康影响。

【关键词】 降札温泉; 空气氡浓度; 健康影响

1 基本情况

降札温泉又名降札氡泉, 温泉出露地层由硅质岩、变质砂岩、千枚岩等组成, 是地下深部循环水沿断层涌出形成。泉水无色、透明, 含硫、铁等十多种矿物质, 水温 $31^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 不等, 属中温热水, 一年四季不断, 被广大藏族群众视为治疗“圣水”。

上个世纪 90 年代修建了 5~6 排房屋, 形成一个以四合院为中心的建筑群。房屋大部分为简易客房, 接待前来治疗的病人和游客。2002 年后陆续修建了小卖部、茶室等公共设施。院内有房屋 50 余间, 院外还有 40 多间住宅和家庭旅馆。沿山间土路, 有 4 个较大的泉眼, 其中两个有亭子, 一个露天。还有一个在四合院旁, 有室内的男女温泉部。降札温泉泉眼分布于牛棚沟两侧的山坡上, 温泉水沿山坡流入牛棚沟, 在下游约 10 km 与白龙江汇合。饮用水则是温泉背后山上引下的常温水。

2 调查内容与方法

采用 ATD 法 24~26 h 短期累积测量空气氡浓度; 采用 RAD7 专业测氡仪和 RTM2100 氡浓度测量仪进行连续测量空气氡浓度。

3 结果与分析

3.1 ATD 法短期累积测量结果与分析 在温泉大院内的各个房间和大院附近部分客房, 各泉眼浴室, 以及温泉环境等处布放了 ATD(α 径迹) 探测器, 对室内与室外氡水平进行了测量(表 1)。

表 1 降札温泉周围氡浓度($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

类型	测量点数	氡浓度范围	氡浓度平均值
住宅	9	$1.17 \times 10^4 \sim 4.5 \times 10^5$	$1.90 \times 10^5 \pm 1.80 \times 10^5$
客房	6	$303 \sim 1.08 \times 10^6$	$2.01 \times 10^5 \pm 4.31 \times 10^5$
乡卫生院	1	23.2	23.2
浴室	4	$691 \sim 1.49 \times 10^4$	$8.15 \times 10^3 \pm 6.00 \times 10^3$
室外	3	$688 \sim 1.82 \times 10^4$	$6.59 \times 10^3 \pm 1.01 \times 10^4$

由表 1 可以看出室外氡浓度范围为 $688 \sim 1.82 \times 10^4 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 住宅和客房室内的氡浓度均值分别为 $1.90 \times 10^5 \text{ Bq} / \text{m}^3$ 和 $2.01 \times 10^5 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 比较接近。其中 9 间住宅全部超过住宅中氡持续照射的优化行动水平 $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$ (平衡因子 0.4)^[4], 客房仅二楼的一间未超出, 而且氡浓度非常高。13#客房氡浓度高达 $1.08 \times 10^6 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 超出优化水平 $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$ 的 1 079 倍。这是目前在我国居住环境发现的最高浓度, 非常罕见。

浴室中氡浓度在 $691 \sim 1.49 \times 10^4 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 所测浴室中 75% 高于地热水浴室平衡当量氡浓度 $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$ 的控制限值^[3]。对照点乡卫生院宿舍仅 $23.2 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 在正常本底范围。

3.2 连续观测法测量结果与分析 采用 RAD7 专业测氡仪和 RTM2100 氡浓度测量仪对 3#住宅和 25#客房进行了连续观测。见图 1。

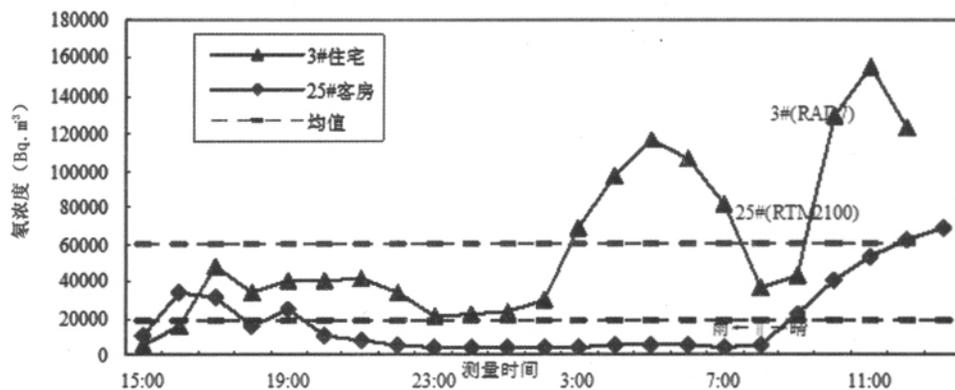


图 1 室内氡浓度随时间变化

由图 1 可以看出, 3#住宅氡浓度平均值为 $5.96 \times 10^4 \text{ Bq} / \text{m}^3$, 并且从 15:00 到次日凌晨 2:00 都在所测量氡浓度平均水平以下, 之后到 5:00 氡浓度上升至第一个峰值, 6:00 到 8:00 氡浓度又回落至平均水平以下, 而后迅速上升到最高值点。25

#客房氡浓度平均值为 $1.86 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$,从 15:00 到 20:00 氡浓度波动明显 ,而 21:00 到次日 8:00 氡浓度都非常平稳 ,9:00 开始又大幅上升 ,达到最高点。

天气状况对室内氡浓度有明显影响 ,首日该地区下了中雨 ,室内氡水平偏低。次日清晨天气转晴后 ,氡浓度开始增高。3#与 25#客房相比 ,空气氡浓度高出约 3 倍 ,且空气氡浓度变化更加复杂 ,说明空气氡浓度受环境因素影响较大。在早上 6:00~8:00 氡浓度有一个明显的低谷 ,可能是早上人员出入 ,开门引起的通风改变导致氡浓度陡降 ,关门后又急剧上升。

采用 RAD7 和 BWL 工作水平测量仪对 2#住宅氡及其衰变产物进行了短时间测量(结果见表 2)。

表 2 2#住宅室内氡、氡衰变产物与 F 值

测量时间	氡子体潜能浓度 (EECBq·m ⁻³)	氡浓度 Bq·m ⁻³	F
13:00	8.38×10^3	5.46×10^4	0.15
14:00	714×10^3	2.40×10^4	0.30
15:00	4.20×10^3	1.20×10^4	0.35
平均	7.09×10^3	3.02×10^4	0.23

由表 2 可以看出氡子体潜能浓度分布在 $4.204 \sim 8.376 \text{ EECBq/m}^3$,平均值为由此估算两者间的平衡因子(F)在 0.15~0.35 ,均值为 0.23 ,仅约为 UNSCERA 1982 及 1993 年报室内氡平衡因子推荐值 0.5 和 0.4 的一半。

表 4 吸入氡气及其衰变产物对各类人员导致的内照射剂量

	室内						室外 平均	浴室 平均
	客房(患者)		住宅(管理员及居民)		平均	平均		
	范围	平均	范围	平均				
氡浓度(Bq m ⁻³)	300~1.08×10 ⁶	2.01×10^5	$1.17 \times 10^4 \sim 4.53 \times 10^5$	1.90×10^5	2 500	8 148		
平衡因子	0.23	0.23	0.23	0.5	0.1			
	RnD	0.15~537	100	102~3 942	1 650	15.8	4.4	
附加剂量(mSv)	Rn	0.01~44	8.2	8.3~324	136	0.6	0.8	
	Rn+RnD	0.16~581	108	110~4 266	1 786	16.4	5.2	

5 辐射危害评价

对于管理人员和居民 ,如果按平均氡浓度 $1.90 \times 10^5 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 估计 ,在这里生活 1 年(300d) ,吸入氡及子体产生的附加剂量高达 1.786Sv。日辐射剂量相当于 5.95mSv ,该剂量已超过我国居民所有天然辐射源产生的年有效剂量总和(2.3mSv^[2])。儿童在这里生活 2 个月 ,受到的辐射剂量约为 260mSv ,已超过我国职业限值(50mSv)^[4]。对于患者 ,在浴室治疗 20~30 d ,每天按 2 h 计算 ,受到的内外照射剂量为 0.36~0.54 mSv ,未超过 1mSv 的附加剂量限值。如果在这里的客房居住 20 天受到的辐射剂量超过 100 mSv。每年有数百人前来治病 ,这样高水平的照射是不能忽略的。对于普通游客 ,在院中和浴室的停留时间很短 ,2 h 的附加剂量在 0.03~0.04mSv ,这样的照射可以忽略。

6 结论与建议

6.1 结论

(1) 降札温泉室内外氡浓度大部分超出了国家相关标准规定的限值 ,部分浴室中空气氡浓度也高于国家相关标准限值。

4 剂量估算

4.1 剂量估算方法 在温泉生活和停留的人员可分为两类。一类为长驻居民 ,主要从事客房管理和小卖部经营 ,其中 2 户修建了住宅。另一类是临时性停留的 ,主要有患者、前来洗浴的村民和游客。村民洗浴的随意性很大 ,游客停留时间也很短 ,除此以外还有 24 名小孩 ,只有寒暑假期间在这里生活 ,他们各自停留的时间都不同(表 3)。

表 3 各类人员在温泉区的停留时间

人员	涉及 人数	停留天数 (d/a)	T _{日停留} (h/d)		
			室内	室外	浴室
管理员	3	300	12	10	2
居民	6	300	14	9.75	0.25
儿童	24	60	14	9	1
村民	1000	24		1	1
患者	600	7	12	8	2
	300	30	12	8	2
游客	1.00×10^4			2	

4.3 氡内照射剂量估算 根据 UNSCEAR 2000 年提出的²²²Rn 和 γ 照射的剂量转换系数^[3]和在房间中测量的 F 值及停留时间可估算出在该区域生活和停留人员受到的附加剂量(见表 4)。

(2) 无论是降札温泉附近的居民或管理员 ,还是前来治病的患者所受到的内外照射的年附加剂量均超过了国家标准 ,该区域居民存在辐射健康风险。

6.2 建议

(1) 建议加强高氡温泉的管理 ,采取合适可行的放射防护和污染控制措施 ,使温泉的开发利用既能达到治病的效果 ,又能保证周围人群的放射卫生安全。

(2) 对当地居民进行流行病学健康调查 ,宣传和普及辐射危害知识 ,提高防护意识。

参考文献:

[1] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation[R]. 2000 报告.

[2] 潘自強. 辐射防护的现状与未来[M]. 北京: 原子能出版社 ,1997: 87.

[3] GBZ124-2002 地热水应用中放射卫生防护标准[S].

[4] GB18871-2002 ,电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].

(收稿日期:2010-08-08)