

用 CR-39 探测器测量医疗温泉中相关室内氡浓度

毕志英 张 谦 张淑华¹ 庞德聆² 孟文斌

(辽宁省劳动卫生职业病防治所, 沈阳 110005)

中图分类号: R145; X837 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2000)02-084-02

地热温泉已广泛应用于医疗洗浴, 氡含量大于 $110\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 的温泉被命名为医疗氡泉^[1]。氡的辐射生物作用被认为是最有医疗价值的作用, 对无菌性呼吸系统疾病、肺炎、过敏性疾病、湿疹、烧伤等疗效显著。但氡的辐射危害也受到普遍关注, 正如 1987 年 ICRP 科莫会议声明中所指出的: 地热、温泉疗养会引起氡的照射, 这种照射会使肺癌危险增加。为了控制和减少地热水中氡的危害, 我国颁布了《地热水应用中的放射卫生防护标准》^[2]。

为了解氡泉洗浴中氡的释放和相关室内氡浓度的水平和变化情况, 用 CR-39 固体核径迹探测器(SSNTD)测量了氡泉浴室及相关室内的氡浓度, 并探讨其分布与变化规律和有关防护问题。

1 材料和方法

1.1 测量地点 选择辽南水氡浓度达到氡泉标准, 但氡水平高、低不同的 A、B 两家温泉疗养院做为测试对象。氡泉浴室有两类, 一类是公共的水疗室, 面积在 $30\sim 70\text{m}^2$ 之间, 并带有更衣室; 另一类是设有卧室、洗浴间的疗养病房, 面积为 $5\sim 6\text{m}^2$ 。测量点均选在水疗室、更衣室、洗浴间和卧室。

1.2 探测器及布放 采用由国防科委防化研究院生产的 SY-1 型 ($20\text{mm}\times 15\text{mm}$) CR-39 固体核径迹探测器和与文献^[3]相同的扩散杯, 测量氡浓度, 所用渗透膜为国产聚乙烯膜, 厚度为 $20\mu\text{m}$, 直径约 60mm 。探测器的布放尽量避开墙角和门窗, 以不易受到干扰的呼吸带高度为宜。布放时间从 1992 年 1 月至 11 月末, 按不同季节放 4 次, 每次布放时间 $30\sim 75\text{d}$ 不等。每个测点布放 2 只, 共布放 56 只, 回收 54 只, 回收率 96.4% 。

1.3 测量方法 收回的 SSNTD 密封在箔袋内, 及时带回实验室测试。蚀刻条件: 6.25mol/L KOH 溶液, 75°C , 6h 。刻度系数 ($3.5\pm 0.42\text{cm}^{-2}/\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$), 测量下限 $3.3\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ^[3]。本方法与上海 CSR 结果一致。

用 FD-3016 闪烁测氡仪测量水中氡浓度。

2 结果与分析

2.1 与上海 CSR 探测器的比对测量 为了解本次测量方法的准确性和精确性, 与上海市放射医学研究所研制的 CSR 探测器进行了比对测量, 结果见表 1。可见, 在布放的 16 对探测器中, 约 75% 的测量结果相对误差小于 30%, 只有一例相对误差大于 50%。

2.2 洗浴中相关室内氡浓度 A、B 两家氡泉疗养院水中氡浓度分别为 (141.2 ± 4.1) $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 (1156.2 ± 832.2) $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 。分别在两家疗养院带有更衣室的公共水疗室和带有卧室的疗养病房的氡泉浴室及相关的更衣室和卧室测得的氡浓度见表 2。可见水中氡浓度高(如 B), 浴室内氡浓度亦明显增高, 与其浴室相对应的更衣室和卧室氡浓度也相应增高; 但当水中氡浓度较低时(如 A), 则相关更衣室和卧室氡浓度增加不明显。从氡水平分布规律看, 在水氡浓度高的情况下(如 B), 水疗室高于更衣室, 洗浴间高于卧室; 而在水氡浓度低的情况下(如 A), 这种趋势亦不明显。从季节变化看, 一般秋季较高, 春夏季较低。

3 讨论

3.1 氡泉浴室及相关室内氡水平的分布

测试结果表明, 氡泉水中氡含量不同, 其氡泉浴室及相关室内氡浓度和分布与变化情况明显不同。当氡泉水氡含量高时, 如

$> 300\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$, 水疗室氡浓度大于更衣室; 洗浴间氡浓度大于卧室; 而且室内氡浓度很易接近和超过行动水平 $200\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, 但当氡泉水氡含量较低时, 如 $< 300\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$, 则上述趋势不明显。从季节变化看, 多数情况是秋冬季高, 春夏季较低, 这主要与用水情况和通风状态有关, 尚待深入调查研究。

表 1 本方法与上海 CSR 测氡仪比对结果

序号	测量地点	测量结果($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)		相对误差 %
		本方法	上海	
公共浴室:				
1	水疗室	1078.7	1123.0	+3.9
2	水疗室	771.0	842.0	+8.4
3	水疗室	46.6	42.0	-11.0
4	水疗室	31.1	59.0	+47.4
5	更衣室	54.4	40.0	-36.0
6	更衣室	56.4	55.0	-2.5
7	更衣室	33.0	29.0	-13.8
8	更衣室	29.8	46.0	+35.2
疗养病房:				
9	洗浴间	208.2	217.0	-29.1
10	洗浴间	255.9	214.0	-19.6
11	洗浴间	21.4	26.0	+17.7
12	洗浴间	33.0	46.0	+28.3
13	卧室	185.9	96.0	-51.0
14	卧室	108.8	112.0	+2.9
15	卧室	44.1	41.0	-7.6
16	卧室	22.7	35.0	+35.4

表 2 氡泉浴室及相关室内氡浓度 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

测量时间	水疗室		更衣室		洗浴间		卧室	
	A	B	A	B	A	B	A	B
冬(1.22~2.21)*	111	616	96	77	62	372	—	267
春(4.10~6.25)	39	925	29	55	27	286	32	154
夏(6.25~8.25)	23	516	45	57	—	287	46	136
秋(9.12~11.6)	62	—	32	—	75	—	65	—
年平均	58.8	685.7	50.5	63.0	57.3	309.0	47.7	185.7
标准差	± 38.3	± 213.2	± 31.1	± 12.0	± 19.4	± 55.4	± 16.6	± 71.0

*括号内为 SSNTD 布放起止时间(月、日)

3.2 氡泉浴的辐射防护

美国学者认为, 当水中氡含量超过 $400\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 室内空气中氡浓度会超过 $150\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, 必须采取防护措施。已有资料表明, 洗浴的用水方式将增加氡向空气中的释放率, 国内报道空气中氡浓度与水氡浓度的比值一般可达 $(2\sim 8)\times 10^{-3}$ ^[4,5]。但浴室中氡与氡子体的平衡因子一般较低($0.1\sim 0.2$)。剂量估算表明, 当水氡浓度为 $1110\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 对浴室工作人员所致年有效剂量可达 4.0mSv ^[5]。

按照我国颁布的《地热水应用中的放射卫生防护标准》(GB16367-1996)^[2], 氡泉浴属于医疗照射, 水中氡应控制在 $300\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下。本次测量结果再次证明, 当水中氡浓度 $> 300\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 可使氡泉浴室及其相关室内氡浓度明显增高, 很容易超过室内氡行动水平 $200\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, 因此必须采取降氡的预防措施, 并认真贯彻执行国家标准(GB16367-1996)。

1 鞍山市职业病防治院

2 上海放射医学研究所

作者简介: 毕志英(1966~), 女, 辽宁复县人, 主管技师, 主要从事放射卫生专业。

核电站反应堆在役检修人员个人剂量监测

李 琼 陈祖云 房晓光

(湖北省医学科学院防护所, 武汉 430079)

中图分类号: TL75+2 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2000)02-085-01

放射工作者个人剂量监测对保护放射工作人员的健康与安全, 评价工作场所的防护性能, 提高防护管理水平有着重要意义。于 1996 至 1998 年连续 3 年对核电站反应堆在役检修人员进行了外照射个人剂量监测, 现将结果报告如下。

1 仪器设备和方法

1.1 仪器设备 (1)使用仪器为国产 RGD-3 型热释光剂量仪; (2)HW-2 型热释光精密退火炉; (3)探测器为 LiF(Mg, Cu, P)粉末, 退火后封装在 2cm 长, Φ 0.2cm 塑料管中; (4)剂量盒为圆型徽章式白色塑料盒, 每个剂量盒内装 1 枚探测器组成个人剂量计。

1.2 监测方法 个人剂量计在实验室统一制备, 按国家《放射工作人员个人剂量监测方法》^[1]有关规定佩戴。由于每年年初

或年底对核电站反应堆在役检修 1 次, 其每年佩戴时间只有 1~2 个月, 检修结束后将个人剂量计收回实验室测量。

1.3 质量控制 (1)我省的个人剂量测量装置多次经过了卫生部工业卫生实验所组织的全国比对, 每次参加比对指标均符合比对要求, 其评定值与约定值的偏差在 $\pm 5\%$ 以内。(2)测样时, 要求测样人员的手法、分样一致, 尽量减少人为误差。(3)对可疑或不真实数据通过调查等方法查明原因, 以决定保留或去除。

2 结果分析

2.1 1996~1998 年核电站反应堆在役检修人员外照射水平与分布见表 1。

表 1 1996~1998 年核电站反应堆在役检修人员外照射个人剂量监测结果

年份	监测人数	年剂量当量频数分布(人数)					集体剂量当量(man \cdot mSv)	人均年剂量当量(mSv/a)
		< 0.5	0.5~	1.0~	5.0~	> 15(mSv)		
1996	60	24	14	22	0	0	44.34	0.74
1997	68	47	12	9	0	0	33.17	0.49
1998	63	21	12	29	1	0	74.89	1.19
总计	191	92(48%)	38(20%)	60(31%)	1(0.5%)	0	152.40	0.80

从表 1 可以看出, 1996~1998 年在接受监测的核电站反应堆在役检修人员中仅有 1 人年剂量当量在 5mSv 以上, 其余人员年剂量当量均在 5mSv 以下, 没有人员超过 15mSv; 年剂量当量的频数分布以小于 0.5mSv 所占的百分比最高。从人均年剂量当量看, 核电站反应堆在役检修工作人员每年的人均年剂量当量均低于国家现行标准规定的剂量限值(50mSv)的十分之一。

2.2 与其他工种人员受照剂量的比较(表 2)

表 2 核电站反应堆在役检修人员与其它工种人员人均年剂量当量的比较

工种	监测人数	人均年剂量当量(mSv/a)	集体剂量当量(人 \cdot mSv)
医用诊断 X 射线	4215	1.20	5035.05
核医学	265	0.84	222.22
放射治疗	472	0.44	206.91
核电站检修人员	191	0.80	152.40

表 2 中其它工种人员的人均年剂量当量为我省 1991~1997 年 7 年的个人剂量监测结果, 核电站反应堆在役检修人员的人均年剂量当量为 1996~1998 年 3 年的个人剂量监测结果。

表 2 显示: 核电站反应堆在役检修人员人均年剂量当量为 0.80mSv/a, 接近于核医学人员(0.84mSv/a), 比放射治疗人员高(0.44mSv/a), 而比医用诊断 X 射线人员低(1.20mSv/a)。

3 小结

1996~1998 年我省核电站反应堆在役检修人员人均年剂量当量分别为 0.74mSv/a、0.49mSv/a、1.19mSv/a, 其中 1998 年人均年剂量当量最高(1.19mSv/a), 但是低于 1997 年全国核工业放射人员外照射人均年剂量当量(1.68mSv/a)^[2]。核电站反应堆在役检修人员比医用诊断 X 射线人员人均年剂量当量低, 这是由于医用诊断 X 射线工作人员包括放射科、CT 室、各种介入治疗、骨科、牙科、体外碎石等人员, 其中剂量贡献较大的人员主要为从事介入治疗的人员及防护条件较差的乡镇卫生院放射科人员; 而核电站反应堆在役检修人员现场防护管理严格, 防护条件很好, 检修时间较短, 因此年剂量当量不高。

参考文献:

- [1] GB5294-85. 放射工作人员个人剂量监测方法[S].
- [2] 卫生部放射防护所监督监测所. 1997 年度全国放射工作人员个人剂量监督监测情况通报[R]. 1998, 12, 1.

收稿日期: 1999-05-07

作者简介: 李琼(1974~), 女, 湖北武汉市人, 技师, 主要从事放射卫生工作。

参考文献:

- [1] 实用疗养学编写组. 实用疗养学[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1987, 78.
- [2] GB16367-1996 地热水应用中的放射卫生防护标准[S].
- [3] Yushui, Wenbin M, Changzhu Q. Evaluation of state Nuclear Track Detector for Radox Measurement[J]. Nucl Tracks Radi-

- at, Meas 1993, 22(1~4): 335.
- [4] 陈爱民, 唐贞信, 金应龙. 北京地热水中放射性核素初步调查[J]. 辐射防护, 1984, 4(2): 133.
- [5] 孟文斌, 张宝琦, 乔彩霞等. 辽宁某地区氡泉水放射卫生学评价. 中国辐射卫生, 1997, 6(3): 147.

收稿日期: 1999-08-01