

南宁市氡地质填图验证测量与相关因素分析

刘长政¹, 尚兵², 武云云², 崔宏星², 朱立³

1. 南宁市卫生监督所, 广西 南宁 530003;

2. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所; 3. 清华大学工程物理系

中图分类号: TL75⁺2.2 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2014)03-0226-03

摘要: 目的 了解南宁市土壤氡、室内外 γ 照射量率与室内氡水平及其影响因素, 为验证氡地质潜势规律提供依据。方法 采用改进型 ATD 累积氡探测器和 FH 40 G 环境 γ 剂量率仪对南宁市 6 个城区 30 个测点土壤与其邻近建筑物底层房间中的氡浓度和建筑物内外 γ 照射量率进行了验证性测量, 探讨了三者间的相关性和影响因素。结果 南宁市土壤、室内氡浓度的均值和范围值分别为 $(3\,738 \pm 2\,674) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, $167 \sim 11\,034 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $(30.6 \pm 12.3) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, $14.6 \sim 64.4 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$; 室外和室内 γ 照射量率的均值和范围值分别为 $(73.4 \pm 14.8) \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$, $50.6 \sim 97.9 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $(88.5 \pm 17.9) \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$, $58.0 \sim 145 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。本次调查未发现土壤氡和室内氡异常点和超标点。结论 南宁地区土壤氡和 γ 照射量率处于中低水平, 验证值与预期结果及以往调查水平接近, 低氡潜势区修建房屋不需考虑土壤氡的防护。

关键词: 土壤; 室内; 氡浓度; γ 照射量率; 验证测量

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2014.03.013

土壤氡是室内氡的重要来源, 为防止土壤氡进入室内造成空气污染, 美国、加拿大、欧洲及亚洲等许多国家和地区开展了氡的地质潜势调查^[1-3], 并根据土壤中氡的浓度^[4]或地表氡析出率^[5]等调查结果进行氡的风险填图, 作为新建房屋选址和室内氡浓度控制的重要依据。

土壤氡受气温、气压、湿度、降雨、季节变化等因素影响变化较大, 本文选择南宁地区对上述影响因素进行了探讨。同时在土壤布放点相邻建筑物的低层房间布放了累积氡探测器对氡浓度预测结果进行验证。

1 对象与方法

1.1 调查点的选择

选择南宁市 6 个城区, 每个区

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41273101)

作者简介: 刘长政 (1968-) 男, 广西柳州人, 主要从事职业卫生、放射卫生监督监测与评价工作。

矿区及尾矿库富含铀、钍元素, 需要对氡及子体进行必要的防护, 减少工作人员的内照射。

尾矿库必须修建排水斜槽、排洪沟, 拦截库区外围地表径流, 减少库区蓄水, 从而减少库区的渗漏水。

尾矿库必须设置防渗措施, 在尾矿库下游设置渗漏水收集池, 配备提水设备、输水管, 将尾矿库渗漏水收集后送回选矿厂重复利用, 减少尾矿库渗漏水对周围环境的污染。

尾矿库退役时必须进行封场, 采取迹地恢复、土地平整、梯地复垦及水保林措施进行治理, 同时注意

选择 5~6 个测量点, 每点距离 $>1 \text{ km}$ 。土壤测点尽量选择原土, 如菜地、树林、院内或路边的花坛、树池等处。室内测点选择在靠近土壤测量点的建筑物一层或平房, 测量期间所有房间为正常生活或工作的状态, 没有对通风、空调和人员活动进行限制。

1.2 测量方法与质量控制 氡测量采用 ATD (alpha track detector) 探测器经南华大学标准氡室刻度, 并参加 NIRS 组织的被动氡探测器的国际比对^[6]。土壤氡的暴露时间为 3~6 d, 室内氡的暴露时间为 140 d, 其中 15% 为平行样品。

γ 照射量率测量采用美国 Thermo electron corporation 生产的 FH 40 G 环境 X、 γ 剂量率仪, 仪器均经国家计量部门检定。室外环境 γ 照射量率选择土壤氡布放点上方 1 m 处, 室内为房间中央距地面 1 m 处。

本次调查作为全国氡潜势图验证测量工作的一

放射性污染的防治。

由于尾矿中天然放射性核素含量很高, 已不能用于建筑主体材料, 需防止周围居民用尾矿砂作为建筑材料使用。

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. GB 20664-2006 有色金属矿产品的天然放射性限值[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

收稿日期: 2014-03-18

部分 抽样原则和测量方法采用项目组统一方案,每个行政区≥5 点,每点距离>1 km。调查时间为 2013 年 5 月至 11 月。

2 结果分析

2.1 土壤和室内氡浓度 表 1 为土壤氡浓度和室内氡浓度测量结果。本次测量土壤氡浓度最高点在西乡塘区(11 034 Bq·m⁻³),最低点在兴宁区(167 Bq·m⁻³),两者相差 66.1 倍。区均值最高在青秀区(5 409 Bq·m⁻³),最低在江南区(1 503 Bq·m⁻³),两者相差 3.6 倍。我国民用建筑工程规定,建筑物底层地

面采取防氡措施的下限值为 20 000 Bq·m⁻³[8],本次测量结果尚未发现超过该值的测点。南宁市 6 个城区(n=30),60 cm 深的土壤氡浓度的均值为 3 738 Bq·m⁻³,与文献[9]推算的 5 200 Bq·m⁻³预期值接近。

考虑到地基土壤的影响,室内氡的测量点的全部选择在易受影响的底层房间,即楼房一层或平房。30 个测点室内氡浓度均值为 30.6 Bq·m⁻³,低于我国室内氡浓度的典型值(43.8 Bq·m⁻³)[10]和世界典型值(40 Bq·m⁻³)[11]。我国室内氡浓度的限值为 200 Bq·m⁻³[8],本调查的最高值仅为 64.4 Bq·m⁻³,没有发现氡浓度超标的房间。

表 1 南宁市各区土壤氡浓度和室内氡浓度

地区	测量点	土壤氡浓度 ¹⁾ (Bq·m ⁻³)			室内氡浓度(Bq·m ⁻³)		
		范围值	均值	SD	范围值	均值	SD
江南区	5	512~2 198	1 503	768	16.5~53.2	27.4	14.8
良庆区	5	1 149~5 532	3 523	1 649	20.1~64.4	35.1	18.2
西乡塘区	5	819~11 034	3 580	4 402	17.6~56.3	29.1	15.9
兴宁区	5	167~6 054	3 547	2 400	14.6~51.9	30.6	13.8
青秀区	5	2 168~8 319	5 409	2 324	25.1~35.4	29.7	3.9
邕宁区	5	1 119~7 014	4 865	2 557	19.4~53.6	31.3	14.9
南宁全区	30	167~11 034	3 738	2 674	14.6~64.4	30.6	13.2
南宁 ^[7]			5 200				

注: 1) 20~60 cm 修正系数 CF_{稻田土60/20}=2.19, CF_{赤红壤60/20}=2.83。

2.2 室内外 γ 照射量率 南宁市 6 个城区室外和室内 γ 照射量率的均值分别是 73.4 (50.6~97.9) nGy·h⁻¹和 88.5 (58.0~145) nGy·h⁻¹,见表 2。

表 2 室内和室外 γ 照射量率

地区	测量点	室外 γ 照射量率(nGy·h ⁻¹)			室内 γ 照射量率(nGy·h ⁻¹)		
		范围	均值	SD	范围	均值	SD
江南区	5	64.1~87.9	71.1	9.9	74.0~97.0	82.2	8.7
良庆区	5	50.6~90.0	73.5	19.1	77.0~111	93.4	13.7
西乡塘区	5	57.8~95.2	74.7	15.8	58.0~119	89.2	24.0
兴宁区	5	56.3~90.1	71.3	12.7	64.0~145	95.7	33.2
青秀区	5	51.8~96.7	72.1	17.9	74.8~97.9	87.7	9.5
邕宁区	5	54.9~97.9	77.7	18.8	71.4~97.8	82.9	9.9
南宁全区	30	50.6~97.9	73.4	14.8	58.0~145	88.5	17.9
南宁 ^[10]	1 923	22.3~25.3	62.2	9.1	-	-	-
南宁 ^[11]	13	22.9~67.3	42.9	15.8	28.6~150	83.8	32.4
全国 ^[11]	8 805	3.0~399	62.8	3.1	11.0~419	99.1	36.1

室外结果明显高于文献[8,12]报道水平,其原因是本工作的目的旨在了解土壤测点周围 γ 照射量率,因此尽量将测量点设置在靠近建筑物的位置,多数测点与建筑物距离不到 2 m,远低于文献[12]要求距离建筑物要 30 m 以上,因而造成上述差异。如果扣除建筑物的影响,南宁地区室外 γ 照射量率在全国仍处于中低水平。

室内 γ 照射量率与文献[12]接近,与上个世纪九十年代的结果相比,仅增高了 5.6%,仍低于 99.1 nGy·h⁻¹的全国均值。室外和室内 γ 照射量率的最大值与最低值之比分别是 1.93 和 2.50,室内高于室外,远低于文献[8,12]报道的 2.9~133。

室内与室外 γ 照射量率的比值 R_{室内/室外}为 1.24 (0.81~2.00),低于上个世纪九十年代国家环保局调查的南宁 1.95 和全国 1.58 均值,说明南宁市目前使用的建筑材料对室内 γ 照射量率的贡献不大。

3 讨论

3.1 土壤类型的影响 据 1979~1980 年土壤普查统计,南宁市区的土壤类型有赤红壤、水稻土等 7 个土类。各土类按其不同发育阶段、土壤剖面性态、母质来源等进一步划分为 18 个亚类,63 个土属和 126 个土种。本次测量涉及的土壤类型包括赤红壤、水稻土、菜园土和石灰土 4 类,样本数分别为石灰土 3 个,水稻土 1 个,菜园土地 13 个和赤红壤 15 个。土壤中氡浓度由低到高的顺序是石灰土 959 Bq·m⁻³、水稻土 1 086 Bq·m⁻³、菜园土 3 621 Bq·m⁻³和赤红壤 4 536 Bq·m⁻³。不同类型土壤的气体渗透率有着很

大的差别,粘土和淤泥的土壤气体渗透率低于细砂土 3~4 个数量级。研究表明,土壤中氡浓度随土壤气体渗透率的减小而下降。另外城市建筑频繁改造产生的回填土中含有大量砖块、碎石和建筑垃圾,与原土相比,氡浓度也有所降低。

3.2 季节影响 选择 5 个测量点观察了春秋两个季节土壤氡浓度的变化。春季:5 月 28~31 日,测量期间天气以多云为主,没有降雨,气温 25~32℃,湿度 60%~94%,风力 1~4 级。秋季:9 月 11~15 日,11 日晚有阵雨,降雨量 3~4 mm,其他为晴到多云,气温 24~34℃,湿度 60%~95%,风力 0~5 级。由表 3 可见,南宁地区土壤氡呈春季高、秋季低的趋势,两季比值 $R_{春/秋}$ 为 1.46。这与在福建长乐一年连续观察的 4~6 月最高、9~10 月偏低的结果^[15]一致;但与广州的观察结果^[16]相反。土壤氡与室内氡一样,受到温度、湿度、降雨、风速等影响,要想得到有代表性的结果,需要了解时间和季节变化造成的氡浓度的波动区间和修正方法。

表 3 不同季节土壤中的氡浓度

季节	氡浓度 ($Bq \cdot m^{-3}$)				
	1	2	3	4	5
春季	973	2 083	5 517	1 973	2 019
秋季	933	1 814	2 057	1 513	1 765
$R_{春/秋}$	1.0	1.1	2.7	1.3	1.1

3.3 测量深度的影响 测量深度与土壤氡浓度测量结果见图 1。氡浓度随土壤深度增加而增加,通常认为两者呈线性相关。本工作得到的结果呈对数相关 $Y_{赤红壤} = 939 \ln(X) + 813$; $Y_{稻田土} = 660 \ln(X) + 64.7$ 。两种土壤的相关系数 R^2 分别为 0.9163 和 0.9694。

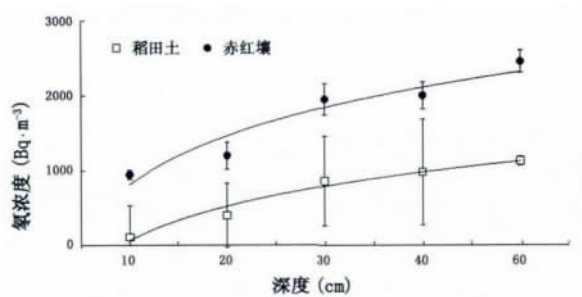


图 1 氡浓度与土壤深度的关系

3.4 室内氡与土壤氡的关系 室内氡与土壤氡的关系见图 2,两者的相关系数 R^2 为 0.004,说明两者间不存在相关性。对于土壤氡不高的地区,土壤氡对室内氡的贡献有限。对新建建筑工程进行防氡处理会增加成本,拖延工期,给建筑企业带来负担。因此,在低氡势区修建房屋,可以不考虑土壤氡的贡献,也不需要在地基和地面进行防氡处理。

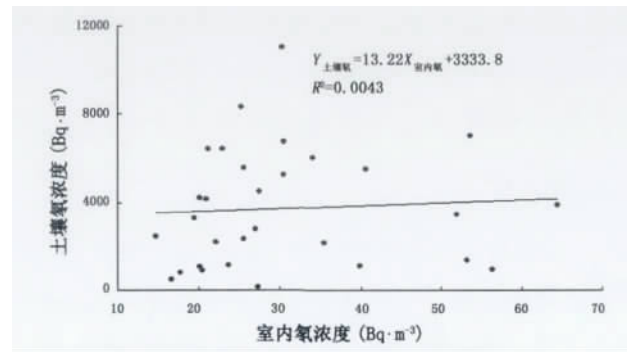


图 2 室内氡与土壤氡的关系

参考文献

- [1] USEPA(United States Environmental Protection Agency). EPA's Map of Radon Zones [M]. New York: New York Office of Radiation and Indoor Air, 1993: 1-10.
- [2] Chen Jing, Jiang Huixia, Bliss L, et al. A preliminary radon map for Canada according to health region [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2008, 130(1): 92-94.
- [3] 朱立, 刘海生, 肖桂义, 等. 云南省个旧地区氡地质填图测量方法比较分析 [J]. 岩矿测试, 2001, 20(1): 1-11.
- [4] Kemski J, Siehl A, Stegemann R, Valdivia - Manchego, M. (2001): Mapping the geogenic radon potential in Germany [J]. Science Total Environment, 2001, 272(1-3): 217-230.
- [5] Zhuo Weihai, Guo Qiuju, Chen Bo, et al. Estimating the amount and distribution of radon flux density from the soil surface in China [J]. Journal of Environmental Radioactivity, 2008, 99(7): 1143.
- [6] 武云云, 尚兵. ^{222}Rn , ^{220}Rn 分辨探测器的刻度与比对 [J]. 核技术, 2008, 31(12): 920-924.
- [7] Lennart F, Ned C, Olof N, et al. Validation of a geologically based radon risk map: Are the indoor concentrations higher in high-risk area? [J]. Health Phys, 1999, 77(3): 541-544.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 国家质检总局. GB 50325-2010 民用建筑工程室内环境污染控制规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [9] 王喜元, 朱立, 吕磊. 中国土壤氡概况 [M]. 北京: 科学出版社, 270.
- [10] 尚兵, 张林, 陈斌. 中国典型地区室内氡水平的研究 [J]. 工程兵勘探设计, 2007, 55(5): 4-11.
- [11] UNSCEAR. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly [R]. 2000.
- [12] 国家环保局. 中国天然辐射水平 [R]. 1995.
- [13] 中文百科在线. 南宁地理 [EB/OL]. [2013-12] <http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?lid=220740>.
- [14] Minda M, T6th G, Horvath I. Indoor radon mapping and its relation to geology in Hungary [J]. Environment Geology, 2009, 57(3): 601-609.
- [15] 林依再. 1999 年长乐东土壤氡气变化特征分析 [J]. 华南地震, 2001, 2(2): 48-52.
- [16] 吴裕锦, 朱立, 尚兵, 等. 广州市土壤天然放射性水平调查 [J]. 广州建筑, 2008, 36(1): 20-22.