

室内氡浓度影响因素研究

李云芬, 黄汉林, 王芳, 梁江, 李浩, 和士丹

(云南大学 城市建设与管理学院, 云南 昆明 650091)

摘要:采用 RAD-7 型电子连续测氡仪, 对某大学新校区室内氡浓度进行检测与研究. 结果显示: 室内空气中氡浓度与温度、相对湿度成正比; 底层建筑室内氡浓度的峰值出现在 14~17 h 时段, 与土壤中氡浓度变化规律一致, 说明室内空气中氡与房屋地基下的岩石、土壤类型及相关的建筑材料有关; 3 楼、6 楼的氡浓度变化波峰出现在 6~11 h 时段, 波谷出现在 14~17 h 时段; 由检测数据可知, 大部分室内氡浓度值低于 200 Bq/m^3 , 部分超过 200 Bq/m^3 . 建议常开门窗, 加大通风量以稀释室内氡及其子体的浓度, 将其排放到室外.

关键词: 室内; 氡浓度; 检测; 影响因素

中图分类号: X591 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639(2012)06-0095-03

Research of the Influencing Factors of Indoor Radon Concentration

LI Yun-fen, HUANG Han-lin, WANG Fang, LIANG Jiang, LI Hao, HE Shi-dan

(College of Urban Construction and Management, Yunnan University, Yunnan Kunming 650091, China)

Abstract: This paper measures and studies the indoor radon concentrations of some university's new campus by using electronic continuous radon measurement instrument. Results show that in the indoor air, the radon concentrations have a direct ratio with the temperature and the humidity; the radon concentrations peak of indoor bottom appears in 14—17 h a day, in accord with the change regularity of radon concentrations in soil, which illuminates that radon is related to the rocks under house foundation, the type of soil and the building materials; the changes of radon concentration peaks of the third and sixth floor appears in 6—11 h a day, while the trough appears in 14—17 h a day; most of indoor radon concentrations is under 200 Bq/m^3 , partly over 200 Bq/m^3 . The doors and windows should always be open in order to enhance ventilation, to dilute the indoor concentration of radon and its progeny, and to finally eliminate them outside.

Key words: indoor; radon concentrations; detection test; influencing factor

0 引言

氡是放射性元素镭的衰变产物, 具有无色、无味、溶于水、易扩散和极易溶于脂肪的特点, 是自然界唯一的天然放射性气体. 室内氡的来源主要有几个途径^[1]: 1) 地基土壤. 土壤中氡的平均浓度约为 $7\ 400 \text{ Bq/m}^3$, 比地面空气中氡浓度高出 1 000 倍以上. 自然界中天然的岩石、土壤中均含有铀、钍、镭、钾等天然放射性同位素, 其衰变产生的氡气通过建筑物地板裂隙和墙体裂缝渗入室内, 成为底层建筑室内氡气的主要来源. 由于加拿大、挪威、瑞典等国家位于地盾区, 古老的片麻岩较发育, 从而导致室内氡浓度偏高. 2) 建筑、装饰装修材料. 掺渣建筑材料以及花岗岩、瓷砖等室内装饰装修材料中都不同程度含有放射性元素, 由于这些材料的广泛使用, 浓集在原料和废渣中的放射性核素释放, 导致室内氡浓度增加, 特别是砖混结构建筑物, 氡浓度随建筑年代增加而增高. 3) 地下水. 地下水中的氡及其子

体扩散进入空气, 也是室内氡的来源之一. 已有研究表明, 在室温下 15 min 后, 水中 60% 的氡则会释放到空气中. 4) 燃料燃烧. 由于天然气、液化气中含有氡, 在生活中使用天然气、液化气进行烹饪、采暖、淋浴等过程中氡会被释放出来, 若室内通风不好, 则氡逐渐累积就会造成室内氡污染. 5) 室外大气. 室外大气中的氡会随空气交换进入室内而产生污染. 可以说, 氡及其子体存在于人们一切生活和工作环境中.

20 世纪 60 年代末, 已有研究发现, 氡及其子体对人体的危害主要是引起肺癌, 潜伏期约为 15~40 a. 氡的衰变子体是带有电荷、放射性很强的固体微粒, 具有非常强的“附壁效应”, 能牢固吸附在生物体表面, 形成难以擦掉的放射性薄层, 对人体多种器官造成损伤、细胞发生异变. 已有研究表明, 室内氡对肺癌的影响已经等于甚至超过了矿工肺癌发病率, 即使居室内氡浓度很低, 仍然会引起肺癌发病率的增加, 氡平均浓度增加 100 Bq/m^3 , 肺癌发病率可增高 19%~31%^[2], 氡及其子

收稿日期: 2012-09-20

基金项目: 云南大学科研基金资助项目(2010YB035)

作者简介: 李云芬(1965—), 女, 云南昆明人, 讲师, 研究生, 主要从事城市管理、环境治理研究.

体造成的肺癌占肺癌病人总人数的 25% 左右^[3],而室内氡和香烟烟雾的联合作用使肺癌呈现叠加效应.氡是仅次于吸烟的第 2 个导致肺癌的原因.1987 年国际癌症研究机构(IARC)将氡归为 I 类致癌因素.

对人体造成危害的氡气绝大多数来自岩石、土壤.因此,将地质环境中岩石、土壤中的氡浓度水平及其对空气中氡浓度水平影响程度称为氡的地质潜势.世界各国为正确评价空气中氡浓度水平,在 20 世纪 80 年代普遍开展了环境氡测量工作,许多国家完成了全国或地区性的氡地质填图任务,基本掌握了本国氡的地质潜势规律,在指导建筑物除氡、降氡和选址工作中发挥了重要作用.并且到目前为止,已有 20 多个国家和地区制定了室内氡浓度控制标准.

我国室内氡的控制工作始于 20 世纪 90 年代.首先,对我国部分城市和地区进行了氡浓度调查.1994 年调查了 14 座城市的 1 524 个写字楼和居室,2003 年 19 个城市(地区)参与全国范围的氡浓度调查研究^[4],2007 年对全国 26 个城市和地区进行了氡浓度调查^[5].其次,我国制定了一系列氡控制标准.1995 年颁布了《住房内氡浓度控制标准》,2011 年颁布了《民用建筑室内环境污染控制规范》,2002 年颁布了《室内空气质量标准》.国家明确规定了各类建筑物室内氡浓度控制标准.

昆明市处于小江南北向强震断裂带和易门南北向中强地震断裂带之间,并直接处于普渡河南北向中强地震带上,小江地震断裂带距离昆明市区仅 30 km.某大学呈贡新校区位于呈贡新城区东南侧雨花片区,大地构造位置属扬子准地台西缘,滇东台褶带的昆明台褶束与川滇台背斜的武定—石屏隆断束的复合部位,以断裂为主,褶皱为辅,区域地质构造中等复杂,受小江断裂带与普渡河断裂的影响,为断裂构造影响区.钻孔数据表明,揭露总溶洞厚度占揭露岩石总厚度的 1.3%,岩溶中等发育.该新校区一组团东侧和二组团西侧地表土以褐红色、棕红色为主,下伏基岩为可溶灰岩,根据其成因和土样化验结果分析,地表覆盖土层均为Ⅱ类红粘土,具有收缩后复亲水膨胀,不能恢复到原位特征.

2010 该校区 1 期工程基本完工,并投入使用.在新校区工程建设中由于基础开挖、地下管道施工、雨水流向改变、大量建筑材料使用等均会对校园内氡浓度产生较大影响.我们从调查中了解到,有 85% 以上的教师、学生每天多数时间都在室内,如果室内空气氡浓度异常将会对师生身体健康造成较大危害,因此拟对呈贡校区室外空气中土壤氡浓度背景、教学楼和学生宿舍内氡浓度水平进行检测,研究学校区域内地质条件、建筑材料以及气候因子变化对室内氡浓度的影响及其变化规律,考证其对师生健康的危害程度,必要时采取相应的防除措施.

1 仪器与方法

1.1 仪器

美国产 RAD-7 型电子连续测氡仪.

1.2 数据采集

氡在自然界中普遍存在,影响室内氡浓度的因素很多,如土壤内氡气含量、离地质断裂带的远近、阳光照射量、建筑材料、房屋结构、通风换气、季节、地下水变化及土壤类型等.因此,在呈贡校区范围内对靠山较近的教学楼以及位于校区中部的学生宿舍楼选定的房间按年平均、日平均、8 h 平均值的要求,用累积采样检验方法进行室内、室外空气中氡浓度测量.

1.3 检测地点

根据 GB 50325—2010《民用建筑工程室内环境污染控制规范》规定,氡浓度检测应在对外门窗关闭 24 h 后进行.因此,对该大学呈贡校区检测时,教学楼以天为单位,选定 1 层、3 层和 6 层 3 个不同楼层的某一房间轮流交换检测;学生宿舍以星期为单位,在男女生宿舍选定房间交换检测.

1.4 试验设计

在不同楼层、全天候进行氡浓度测量.采样时间 1 h,循环周期 24 次,即以 24 个采集样品的平均值作为每天氡浓度的试验数据,记录采样点大气压、温度和湿度的变化.

2010 年 12 月~2011 年 6 月,检测到 1 488 个数据;2011 年 12 月~2012 年 1 月,检测到 576 个数据;2012 年 3 月检测到 216 个数据.

2 结果与分析

2.1 温度变化对室内氡浓度的影响

昆明气候特殊,全年温差较小,市区年平均气温 15℃,最热月平均气温 19~22℃,最冷月平均气温 6~8℃.测量期间室内温度在 10.9~26.8℃之间,检测结果显示,在该温度范围内,室内空气中的氡浓度与温度呈正相关,氡浓度峰值出现在 22~27℃区间,见图 1.

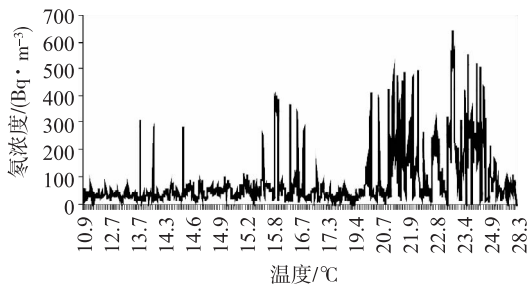


图1 温度与氡浓度关系图

2.2 湿度变化对室内氡浓度的影响

昆明年降水量约为 1 000 mm,在时间分布上,

明显地分为干、湿两季,5~10月为雨季,降水量占全年的85%左右;11月~次年4月为干季,降水量仅占全年的15%左右.检测可得室内相对湿度与氡浓度的关系,见下图2.

昆明在2011年5~6月雨季时,降水很少,氡浓度检测期间室内湿度为50%~60%.试验后期,加载了干燥剂,湿度降低到2%~10%.检测结果显示,在一定范围内,室内空气中氡浓度随相对湿度的增大而增大,氡浓度峰值出现在湿度60%~64%区间.

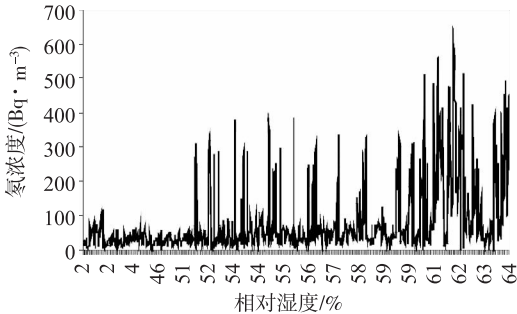
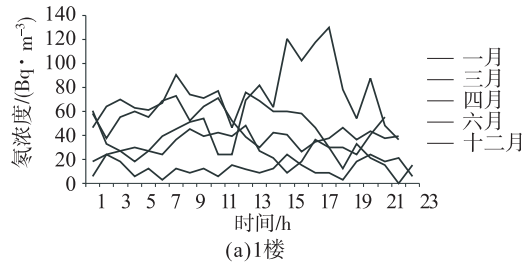


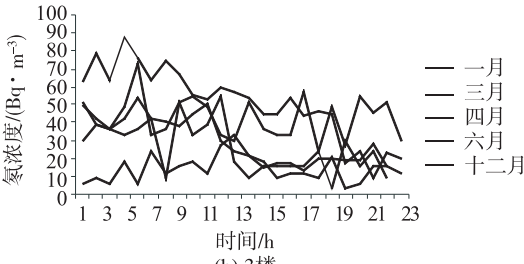
图2 相对湿度与氡浓度的关系图

2.3 建筑物高度变化对室内氡浓度的影响

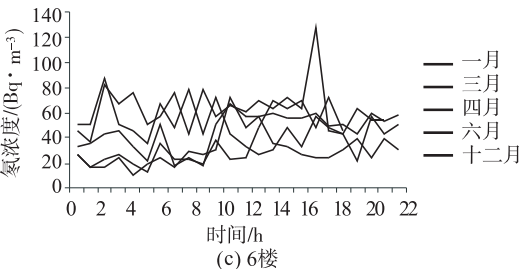
将同一地点测得的数据每个月随机取出1~2d,以每天同一时刻的氡浓度的算术平均值作为该时刻的代表值,以时间为横坐标,氡浓度为纵坐标绘制曲线.结果显示,随建筑物高度变化,室内氡浓度峰值出现滞后或提前现象,见图3.



(a)1楼



(b)3楼



(c)6楼

图3 不同楼层氡浓度关系图

2.4 季节变化对室内氡浓度的影响

昆明的气候四季如春,全年气温变化不大.在数据采集期间,12~1月平均气温13~16℃,4~6月平均气温20~25℃.而且2011年雨季降水不多,全年平均相对湿度变化也不大.因此,检测结果也显示出季节变化对室内氡浓度影响不大.

3 小结与讨论

某大学呈贡校区氡浓度检测数据及其曲线显示:1)测量期间室内温度在10.9~26.8℃之间,在该温度范围内,室内空气的氡浓度与温度呈正相关,氡浓度峰值出现在22~27℃区间;2)2011年5~6月雨季时,降水很少,氡浓度检测期间室内湿度为50%~60%.试验后期,加载了干燥剂,湿度降低到2%~10%.在一定范围内,室内空气中氡浓度随相对湿度的增大而增大,氡浓度峰值出现在湿度60%~64%区间;3)随建筑物高度变化,室内氡浓度峰值出现滞后或提前现象;4)昆明气候四季如春,全年气温变化不大.2011年雨季降水不多,全年平均相对湿度变化也不大.因此,季节变化对室内氡浓度影响不大.

总之,以上结果表明,室内空气中氡浓度与温度、相对湿度成正比;底层建筑室内氡浓度的峰值出现在14~17h时段,这与土壤中氡浓度变化规律一致,说明室内空气中氡与房屋地基下的岩石、土壤类型以及同岩石和土壤相关的建筑材料有关;3楼、6楼的氡浓度波峰出现在6~11h时段,波谷出现在14~17h时段,这一变化规律的影响因子有待进一步研究;且从2000多个检测数据可知,大部分室内氡浓度值低于200 Bq/m³,部分室内氡浓度值超过200 Bq/m³;但后期补充检测超标建筑及其周围土壤氡浓度后,又显示出室内氡浓度超标之处与地基岩石和土壤氡无关,前期检测量超标的原因可能是其通风条件差的因素所致.因此,呈贡校区区域内的地质构造断裂、中等发育的岩溶、覆盖的Ⅱ类红粘土以及工程施工中所用的各种建筑材料对大气中氡浓度的贡献不大.为了降低室内的氡浓度,建议常开门窗,加大通风量以稀释室内氡及其子体的浓度,将其排放到室外.

[参考文献]

[1]秦宗会,谢兵.氡的特性、来源及国家控制标准[J].中国西部科技,2007(7):4-5.
[2]李昉.室内五大化学污染源及其危害[EB/OL]. [2012-09-10]. <http://www.env.people.com.cn/GB/211746/226421/15146723.html>.
[3]王喜元.民用建筑工程室内环境污染控制规范辅导教材[M].2版.北京:中国计划出版社,2006.
[4]王喜元,朱立,吕磊,等.中国土壤氡概况[M].北京:科学出版社,2006.
[5]徐仁崇,桂苗苗,彭军芝.厦门地区室内氡浓度调查[J].环境与健康杂志,2011(3):225-226.