

文章编号:1673-0062(2011)03-004-04

衡阳地区人防工程氡浓度调查

唐 泉,马 晓

(南华大学 核科学技术学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:衡阳属高氡本底地区,本文选择位于该地区的人防工程进行氡浓度调查.研究表明,在不做密闭处理的情况下,位于衡阳地区的人防工程中平均氡浓度约为 $55.9 \sim 167.3 \text{ Bq/m}^3$,低于国际辐射防护委员会(ICRP)给出的对室内氡浓度干预行动水平的下限建议值: 200 Bq/m^3 .在该通风条件下利用人防工程,可以不考虑氡的防护.人防工程中的氡浓度随着季节变化而变化,春季偏低,秋季偏高.该结果为人防工程平战结合利用时对氡防护有一定的参考意义.

关键词:人防工程;氡浓度;通风;氡防护

中图分类号:X591 **文献标识码:**A

Survey on Radon Concentration of Civil Air Defense Shelter in Hengyang

TANG Quan, MA Xiao

(School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: In this paper, the radon concentration of civil air defense shelter was surveyed in Hengyang area, where there is higher background of radon concentration. If civil air defense shelter is not pressure-tight, the average radon concentration is about $55.9 \sim 167.3 \text{ Bq/m}^3$, lower than the intervened quantity: 200 Bq/m^3 , which is given by the international commission on radiological protection (ICRP). Maybe radon protection is not needed with the ventilation of civil air defense shelter like that. The radon concentration of airtight civil air defense shelter change along with the season, which is lower in spring and higher in autumn. The results can be a reference for using civil air defense shelter during the time of peace or war.

key words: civil air defense shelter; radon concentration; ventilation; radon protection

上个世纪六十年代左右我国兴建了大量的人防工程,这些人防工程多数位于人口稠密的城市.随着时间的推移,国际政治环境的改变,绝大多数

人防工程原有的功能已退化,一些人防工程被废弃,一些被开发为商场、工厂、旅社、仓库、餐馆、娱乐中心及菌类种植场等.以岩体和土壤为围护结

收稿日期:2011-09-01

基金项目:湖南省教育厅基金资助项目(06C711);南华大学教改基金资助项目(05y11)

作者简介:唐 泉(1974-),男,湖南永州人,南华大学核科学技术学院副教授,博士.主要研究方向:放射化学及辐射防护.

构的人防工程通风条件差,其内氡浓度偏高.一般来说,在同一地区正常情况下室内氡浓度约为几十 Bq/m^3 ,室外氡浓度略低于室内氡浓度,而人防工程的氡浓度要高于该地区的室内氡浓度,最高的甚至高出几个量级,人们习惯地称之为“高氡浓度场所”.世界卫生组织已把氡列为19种致癌物质之一,氡在环境辐射中是重点防护的元素之一.由于人防工程的大规模地开发利用,由氡引发的辐射安全问题受到人们的重视.

人防工程空气中氡主要来自土壤、岩石、建材及地下水,其中大部分来自土壤和岩石.文献[1]对我国一些地区室内、外氡浓度进行了调查和统计,湖南省境内室内氡浓度为 $42.8 \text{ Bq}/\text{m}^3$ 、室外氡浓度为 $26.3 \text{ Bq}/\text{m}^3$,均低于福建,位居第二;衡阳市位于湖南省中南部,岩体以玄武岩为主,玄武岩含 ^{238}U 量为 $11.5 \text{ Bq}/\text{kg}$ [2];衡阳地区土壤类型主要有粉砂质黏土、砂土、砂砾,土壤氡浓度平均值为 $14\ 400 \pm 3\ 700 \text{ Bq}/\text{m}^3$,文献[3]对我国144个城市土壤氡值进行了统计,衡阳位于具有土壤氡高背景值(土壤氡浓度值 $\geq 10\ 000 \text{ Bq}/\text{m}^3$)的17个城市之列,且仅次于个旧位居第二[3].衡阳地区的岩石、土壤中氡的母体偏高,该地区属高氡本底地区,对位于高氡本底地区人防工程中氡浓度调查,其结果为衡阳地区及与之有相似地质构造地区的人防工程平战结合开发利用氡的防护具有借鉴意义.

1 实验所场所简介

衡阳市区内有位于回雁峰、卧虎山、曹家山及黄茶岭等一大批人防工程,到“十一五”末,衡阳市人均掩蔽工程面积达到 0.45 m^2 [4].由于位于衡阳市区内各人防工程的地质条件基本相同,主要为第三纪泥岩、砂质泥岩、泥质砂岩等沉质岩石[5],本课题选择了其中三个人防工程作为研究对象.卧虎山人防工程位于衡阳市区内的卧虎山中,该人防工程现被开发为“图书屋”,供大学生读书、娱乐之用.该人防工程有三个硐室,氡测量地选择最里面的一个硐室;回雁峰人防工程I、II于衡阳市区内的“天下南岳第一峰”一回雁峰.回雁峰人防工程I由主道和多条叉道组成,主道占地约6千余平方米,现作为餐饮业及市民休闲纳凉之用,氡测量地选择其中的一个叉道内;回雁峰人防工程II由主道和五个硐室组成,各硐室现作为水果储藏仓库及蘑菇种植之用,氡测量地选择种植蘑菇的硐室.

2 实验

2.1 实验用测氡仪简介

实验测量仪器为美国 Durrige 公司生产的 RAD7 型 α 能谱氡测量仪,该仪器的检测下限 $3.7 \text{ Bq}/\text{m}^3$,灵敏度为 $18.5 \text{ Bq}/(\text{m}^3 \cdot \text{cpm})$.测氡仪在南华大学氡湖南省重点实验进行刻度,刻度系数为 1.05.

2.2 实验操作

RAD7 测氡仪与干燥塔相连接,将其置于事先确定的测氡位置;根据测量需要设定循环时间,循环次数设为最大值 99,模式为 Auto 测量模式;开启测氡仪,进行氡测量,在整个测量过程中保证 RAD7 测氡仪内腔湿度 $< 10\%$;工作人员进、出测氡硐室后都要将其门关闭,硐室门仅象平日一样关闭,不做密封处理;测量过程中另外随时记录测氡地的温度、湿度及气压等环境条件.

3 结果与讨论

3.1 人防工程中氡浓度的日变化调查

为研究衡阳地区人防工程中氡浓度的日变化情况,本研究选择了卧虎山等三个人防工程进行了氡浓度测量.为了便于比较,选择对三个人防工程测量时的温度等环境条件尽可能一致,测量期间,三个人防工程中的温度范围为 $19.5 \sim 21^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $90\% \sim 92\%$ 、大气压为 $99.9 \sim 100.3 \text{ kPa}$.RAD7 测氡仪设定为 10 min 测量一次,每 30 min 取一个氡浓度,该氡浓度为 30 min 内测定三个时间点氡浓度的平均值,测量结果见图 1.

从图 1 可知:尽管同一地区的人防工程其地质构造基本相同,但氡浓度不尽一致.总体来说,回雁峰人防工程 I 中氡浓度 $<$ 卧虎山人防工程中氡浓度 $<$ 回雁峰人防工程 II 中氡浓度.产生这个结果的主要原因为各测氡场所的通风条件不同,测量期间,硐室仅将门关住,没有做进一步地密闭处理,硐室内的通风由硐室内外的温差所产生的热压头及硐室外的风速所产生的风压头的作用而产生的.回雁峰人防工程 I 主道作为休闲纳凉之用,氡测量场所通风条件较好.卧虎山人防工程纵深浅,氡测量场所离该工程出口约 60 m,通风条件次之.回雁峰人防工程 II 氡测量场所为蘑菇种植硐室,通风条件差;三个人防工程中氡浓度随时间变化的趋势基本相同,7:00 ~ 9:00 人防工程中氡浓度偏高,12:00 ~ 15:00 人防工程中氡浓度偏低,这一结果与文献[6]的结论相似.

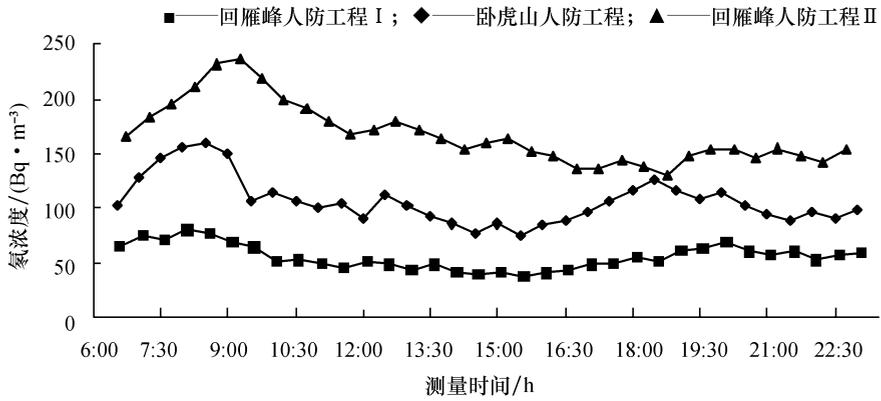


图1 人防工程中氡浓度的日变化图

Fig. 1 The change of radon concentration in civil air defense shelter during a day

3.2 不同季节的人防工程中氡浓度测量

氡的析出与气象条件直接相关,在同一地区不同季节其气象条件不同,因此,氡的析出随着季节变化而变化.通过本研究找出人防工程中氡浓

度随季节变化的规律,为利用人防工程氡防护提供参考.本文选择卧虎山人防工程,对其内的氡浓度进行了长期观测,测量结果见表1.

表1 不同季节人防工程中氡浓度测量结果

Table 1 The test result of radon concentration in civil air defense shelter in different season

测量时间	温度范围/°C	相对湿度范围/%	测量次数	氡浓度/(Bq·m ⁻³)		
				范围值	均值	标准差
春季	17.5~20	92~95	16	92.4~160.8	106.4	9.2
夏季	23~27.5	92~93	15	98.5~135.3	115.9	12.1
秋季	20~23	87~91	15	122.7~227.4	150.8	30.2
冬季	16.5~19.5	85~90	15	97.5~168.3	131.3	18.0

由表1可知,人防工程中氡浓度随着季节变化而变化,春季人防工程中氡浓度偏低,秋季偏高,全年人防工程中平均氡浓度在106.4~150.8 Bq/m³;秋季人防工程中氡浓度变化跨度大,最高氡浓度为227.4 Bq/m³,但平均氡浓度为150.8 Bq/m³,低于国

际辐射防护委员会(ICRP)给出的对室内氡浓度干预行动水平的下限建议值:200 Bq/m³.

3.3 同一地区人防工程及民房内氡浓度对照

在衡阳地区选择卧虎山等人防工程及普通民房进行了氡浓度测定,测量结果见表2.

表2 人防工程与居室内氡浓度对照

Table 2 Radon concentration comparison between civil air defense shelter and indoor

人防工程名称	测量次数	氡浓度/(Bq·m ⁻³)		
		范围值	均值	标准差
卧虎山人防工程	29	77.4~160.3	106.7	22.0
回雁峰人防工程 I	28	38.5~81.1	55.9	12.4
回雁峰人防工程 II	29	130.2~236.1	167.3	28.7
种植蘑菇民房	15	76.6~116.2	100.2	10.6
普通民房	24	28.4~46.1	35.8	4.6

由于各人防工程的通风条件不同,其氡浓有明显地差别,衡阳地区人防工程中氡平均浓度约为

55.9~167.3 Bq/m³.一般情况下人防工程空气中氡浓度高于相应地区地面建筑内氡浓度,该地区没

经过密闭处理的普通民房室内氡平均浓度为 35.8 Bq/m^3 , 低于通风条件较好的回雁峰人防工程 I 内氡浓度值。为了便于温、湿度调节, 适宜蘑菇生长, 该地区一些农民将位于住房一楼的民房的门、窗进行密闭改造, 在其内种植蘑菇。经过改装成蘑菇种植的民房, 由于通风条件较差, 其累积氡平均

浓度为 100.2 Bq/m^3 。另一方面, 由于衡阳地区属高氡本底地区, 对其氡浓度的研究一直受到氡研究者的关注, 尤其诸如人防工程、地下室等一些“高氡浓度场所”是从事氡研究的工作者重点关注对象, 前人有关衡阳地区人防工程等场所氡浓度调查与本文进行了比较, 结果见表 3。

表 3 文献中衡阳地区人防工程及地下室氡浓度比较

Table 3 Radon concentration of civil air defense shelter and basement in Hengyang

文献中注明测氡场所	测氡场所用途	氡浓度/($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)	参考文献	备注
人防工程	生产种植	710	[7]	未标注人防工程名称
人防工程	旅社、餐饮	1 102	[7]	未标注人防工程名称
地下室	—	1 080	[1]	未标注地下室名称
人防工程	图书室	106.7		卧虎山人防工程
	餐饮、娱乐	55.9		回雁峰人防工程 I
	仓库、种植	167.3		回雁峰人防工程 II

从表 3 可知, 衡阳地区人防工程中氡浓度能达到 $1 102 \text{ Bq/m}^3$, 地下室氡浓度能达到 $1 080 \text{ Bq/m}^3$, 其结果远高于本文测量所得到的结果。究其原因: 本研究对人防工程中氡测量时, 测量前没有对测量场所进行 24 h 甚至更长时间的密封, 测量过程中仅将测量室的门关闭, 没有对室的门及排水沟等做进一步地密闭处理, 这样测量出的结果必然偏低。虽然本文所测到的人防工程中氡浓度结果偏低, 但这一结果更真实、更客观地反映人们在利用人防工程期间人防工程中氡浓度实际情况, 在人防工程开发利用对氡的防护方面更具有参考价值。

4 结 论

同一地区不同人防工程尽管其地质条件相近, 但其中的氡浓度不尽相同, 这与各人防工程通风有着密切地关系。氡浓度偏高, 往往是长期不通风或通风不良造成的。因此, 在人防工程平战结合利用时, 如需对氡进行防护, 其措施不能千篇一律, 而应根据人防工程的结构及通风条件采取相应的防氡措施。

衡阳地区属高氡本底地区, 在人防工程硐室不做密闭处理的情况下, 测到其内平均氡浓度低于国际放射防护委员会 (ICRP) 给出的对室内氡浓度干预行动水平的下限建议值: 200 Bq/m^3 ^[8]; 通风条件较差的人防工程, 如上文水果贮藏、蘑菇种植的硐室, 一些测量值高于 200 Bq/m^3 , 但民用建筑工程室内环境氡浓度限值: I 类民用建筑

工程 $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$, II 类民用建筑工程 $\leq 400 \text{ Bq/m}^3$ ^[9], 即其值也低于 400 Bq/m^3 。因此, 我国人防工程平战结合利用时, 如果对人防工程没做密闭处理, 可以不考虑氡的防护。但人防工程中的氡浓度高于房屋室内氡浓度, 长期生活在这里的居民、工作人员, 氡对其健康的影响, 值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 潘自强. 我国空气中氡及其短寿命子体产生的照射 [J]. 辐射防护, 2003, 23(3): 129-136.
- [2] 杨孝桐. 环境放射性与健康 [M]. 福建: 海风出版社, 2005.
- [3] 王喜元, 朱立, 吕磊, 等. 中国土壤氡概况 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 邓江虹. “十一五”衡阳将加大人防工程建设力度 [N]. 衡阳日报, 2006-04-12(3).
- [5] 熊智彪, 陈振富, 周益强. 衡阳地工区红砂岩声波参数及其应用 [J]. 中南工学院学报, 1999, 13(3): 7-9.
- [6] 张智慧. 空气中氡及其子体的测量方法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1994.
- [7] 张泉根. 地下工程的防氡通风 [J]. 地下空间, 1987, 8(2): 53-61.
- [8] ICRP Publication 65. Protection Against Radon-222 at Home and Work [R]. Ottawa, Canada: ICRP, Pergamon Press, 1994.
- [9] GB/T 18883—2002 室内空气质量标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.