

文章编号:1673-0062(2014)01-0013-04

福田区公共场所氡分布变化的调查评价

陈锦华, 陈 谦

(中核深圳凯利集团有限公司, 广东 深圳 518048)

摘要:深圳是我国土壤高氡背景区,为评价该地区公共场所内氡所致人体辐射照射水平,本文随机抽取的 44 个不同公共场所,使用 RAD-7 对所选场所室内氡浓度水平进行调查. 调查结果表明深圳福田区公共场所室内氡浓度算术平均值: $26.7 \pm 17.3 \text{ Bq/m}^3$, 几何平均值: $22.3 \pm 1.9 \text{ Bq/m}^3$; 不同建材场所室内氡浓度差异较大,以高层建筑室内氡浓度最高;和深圳氡调查历史数据相比,只有高层建筑室内氡浓度呈上升趋势. 本次调查数据对深圳市公共场所室内氡浓度的评价和防护具有一定参考意义.

关键词:氡浓度; 调查; 公共场所

中图分类号: X837 **文献标识码:** B

The Radon Distribution Change and Survey Evaluation in Public Places in the District of Futian

CHEN Jin-hua, CHEN Qian

(CNNC Shenzhen KaiLi Group Co, Ltd, Shenzhen, Guangzhou 518048, China)

Abstract: Shenzhen city is a high soil radon background district in our country. To evaluate the region public radon radiation exposure levels to the human, RAD-7 was used to supervise indoor radon concentration levels at the selected 44 different public sites. The results of survey show that places the arithmetic mean is $26.7 \pm 17.3 \text{ Bq/m}^3$, and the geometric average is $22.3 \pm 1.9 \text{ Bq/m}^3$ for the indoor radon concentration in the district of Futian public; indoor radon concentrations are varied with different building materials, with the highest in high-rise building; compared to historical data, only high-rise building indoor radon concentration is on the rise. The survey data of public indoor radon concentration could have certain reference significance for the evaluation and protection in the city of Shenzhen.

key words: radon concentration; survey; public place

深圳市建筑科学研究院曾于2003年至20051年参加了全国20个城市土壤氡本底调查. 调查发现^[1-2], 深圳市土壤氡浓度的平均值超过 $50\ 000\ \text{Bq}/\text{m}^3$, 而全国土壤氡浓度的平均值为 $7\ 300\ \text{Bq}/\text{m}^3$, 深圳是参与调查的20个城市中土壤氡浓度最高的, 超过了国际上的土壤氡浓度极限值^[3-4]. 按有关标准土壤氡高背景区应集中力量做好本地区氡检测与防护工作, 来确保居民健康^[5-7]. 深圳作为国际化的大都市, 目前公共场所氡浓度水平状况分布评价缺少全面性和代表性的数据. 现有的数据都是基于上世纪90年代大亚湾核电站建设前所做的辐射水平调查, 具体涉及到福田区的数据更少, 因此, 在新的形势下非常有必要对近年来深圳市福田区关于公共场所氡浓度水平状况分布做进一步地细化调查, 以评价居民所受氡及其子体的辐射照射危害.

1 调查研究方法

1.1 调查研究概况

深圳市福田区位于深圳经济特区中部, 东部从红岭路起与罗湖区相连, 西部至华侨城与南山区相接, 北到笔架山、莲花山与宝安区龙华镇相连, 南临深圳河、深圳湾与香港新界的米埔、元朗相望. 福田区地势北高南低, 其中海滨、丘陵、山地占全区面积的25%左右. 雨水充沛, 冬暖夏长, 温和湿润. 年平均气温 $22.2\ ^\circ\text{C}$, 平均日照时数 $2\ 134\ \text{h}$, 无霜期达355 d以上, 年均降雨量 $1\ 926\ \text{mm}$, 常年属亚热带海洋性季风气候, 光照长, 盛行东南风.

1.2 调查采样点布设和采样方法

1.2.1 采样点布设

通过谷歌地图得到福田区区域地图地下将福田区划分为8个区域如表1.

表1 福田区监测区域的划分表

Table 1 The division of Futian district monitoring area

| 区域代号 | 区域界限 |
|------|----------------------|
| 1 | 北环大道、福龙路、塘朗山公园 |
| 2 | 横龙山隧道、北环大道、梅观高速(福龙路) |
| 3 | 皇岗路、滨河大道、北环大道、红岭路 |
| 4 | 新洲路、滨河大道、皇岗路、北环大道 |
| 5 | 北环大道、香蜜湖路、新洲路、滨河大道 |
| 6 | 北环大道、香蜜湖路 |
| 7 | 滨河大道以下 |
| 8 | 梅观高速、北环大道 |

每个区域进行 $2\ \text{km} \times 2\ \text{km}$ 网格划分后, 每个网格内选择具有代表性的公共场所, 进行氡抽样调查. 在8个区域中用连续测氡仪RAD7进行抓样测量, 从中选取较为高水平的氡浓度再进行跟踪测量.

1.2.2 测量氡浓度方法

本次氡调查采用连续测氡仪RAD-7来进行室内公共场所氡浓度调查. RAD-7原理是使用采样泵将待测空气中的氡抽入测量室^[8], 测量腔室加上高压形成静电场, 氡衰变产生的带正电的 ^{218}Po 粒子在电场力的作用下吸附在探测器表面, 通过记录 ^{218}Po 衰变放出 α 粒子计数, 推算出待测空气中的氡浓度.

本次测量中选用RAD-7模式中的AUTO模式, 测量周期选半个小时, 泵以 $800\ \text{mL}/\text{min}$ 的流率对一个点室内空气氡浓度进行采样和连续测量, 最后求平均, 作为该点室内的氡浓度值. RAD7主要的性能指标: 测量范围: $4 \sim 4 \times 10^4\ \text{Bq}/\text{m}^3$; 探测下限: $< 10\ \text{Bq}/\text{m}^3$; 测量结果的不确定度: $\leq 25\%$ (置信度95%); 适应的环境条件; 温度 $0 \sim 40\ ^\circ\text{C}$, 相对湿度最大99%不凝结的环境.

1.3 质量保证

连续监测仪RAD-7的校准由氡 & 湖南省重点实验室南华大学标准氡室进行刻度, 其刻度系数为0.98, 检定合成不确定度为8%, 仪器长期稳定性 $< 5\%$. 已确保测得数据的得准确性.

每次测量前都对干燥管的有效性进行检查, 保证将测量空气的相对湿度减低到10%以下并且在每个点测量前都将仪器先运行净化测试程序, 排出测量腔室内残留氡以免造成对测量结果的影响. 在测量中, 对于每一个监测点均通过多次测量取平均值来减少统计误差.

2 结果与分析

2.1 氡浓度数据统计分析

为了判断深圳市福田区地域氡浓度的分布状况, 整个数据结果按照表1划分的8个区域进行比较, 比较结果见表2. 其中公共场所氡浓度最高为4号区域 $35.6\ \text{Bq}/\text{m}^3$, 即新洲路、滨河大道、皇岗路、北环大道分界线以内的莲花山公园一带. 最低为8号区域 $15.3\ \text{Bq}/\text{m}^3$, 即福田区东北部. 1号区域由于环境空旷没有有效的监测数据, 其他区域大都在 $20 \sim 30\ \text{Bq}/\text{m}^3$ 之间. 根据表2绘制福田区公共场所室内氡浓度统计分布图, 如图1.

表 2 福田区公共场所室内氡浓度监测数据

Table 2 Futian district public indoor radon concentration monitoring data

| 区域编号 | 公共场所室内氡浓度值/(Bq·m ⁻³) | | | | | | |
|------|----------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------------------------|----------------------------|
| | 测量点数 | 算术平均值 | 算术标准偏差 | 几何平均值 | 几何标准偏差 | 范围/(Bq·m ⁻³) | >100/(Bq·m ⁻³) |
| 2 | 4 | 24.5 | 9.0 | 23.2 | 1.5 | 16.4~34.9 | 0 |
| 3 | 7 | 26.4 | 21.2 | 20.3 | 2.2 | 11.7~69.9 | 0 |
| 4 | 10 | 35.6 | 26.5 | 28.5 | 2.0 | 11.6~98.4 | 0 |
| 5 | 8 | 21.8 | 14.1 | 17.8 | 2.0 | 5.8~34.8 | 0 |
| 6 | 5 | 23.2 | 11.6 | 19.7 | 2.1 | 5.8~34.9 | 0 |
| 7 | 8 | 26.9 | 7.6 | 26.0 | 1.3 | 17.5~42.5 | 0 |
| 8 | 2 | 15.3 | 3.0 | 15.3 | 1.2 | 13.3~17.5 | 0 |
| 全区 | 44 | 26.7 | 17.3 | 22.3 | 1.9 | 5.8~98.4 | 0 |

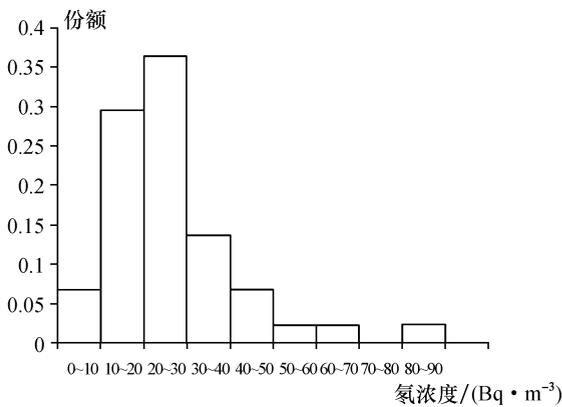


图 1 福田区公共场所室内氡浓度统计分布图

Fig. 1 Futian district statistical distribution of indoor radon concentration in public places

2.2 结果对比分析

在整个测量过程中对采样点划分成四类建筑:地下公共场所,如地铁口、地下停车场;平房结构式共场所;多层建筑以及高层建筑等^[9]. 四类场所测量结果如表 3. 为了检验本次调查结果是否准确并判断深圳市公共场所氡浓度的变化趋势,特调研深圳市之前调查数据,其结果见表 4. 表 4 汇集了不同文献所报道深圳各种建筑类型室内氡浓度的调查结果.

从表 2 中可以得到 4 号区域的氡浓度平均值最高且最大值即为整个福田区的氡浓度最高. 这是由于 4 号区域大部分是高层区域,相对繁华. 而 2、7、8 号区域相对比较空旷,则氡浓度较小.

表 3 福田区各类建筑室内氡浓度监测数据

Table 3 Monitoring data of indoor radon concentration in all of build in Futian district

| 建筑类型 | 公共场所室内氡浓度值/(Bq·m ⁻³) | | | | | |
|------|----------------------------------|-------|--------|-------|--------|-----------|
| | 样品数 | 算术平均值 | 算术标准偏差 | 几何平均值 | 几何标准偏差 | 范围 |
| 地下设施 | 4 | 26.5 | 12.3 | 22.8 | 0.7 | 16.4~34.9 |
| 平房建筑 | 8 | 16.3 | 7.5 | 20.9 | 0.5 | 11.7~69.9 |
| 多层建筑 | 22 | 26.9 | 13.9 | 14.7 | 0.5 | 5.8~29.1 |
| 高层建筑 | 10 | 62.6 | 35.6 | 31.9 | 0.9 | 41.6~98.4 |
| 均值 | 44 | 26.7 | 17.3 | 22.3 | 0.6 | 5.8~98.4 |

表 4 福田区各类建筑室内氡浓度历史监测数据

Table 4 Historic monitoring data of indoor radon concentration in all kinds of builings in Futian district

| 房屋类型 | 氡浓度 | | | |
|------|--------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| | 1997 年调查 ^[10] | 1994 年调查 ^[4] | 1986 年调查 | 本项目 |
| 平房建筑 | 18.7 ± 12.3 | 19.5 ± 12.7 | 17.8 | 16.3 ± 7.5 |
| 多层建筑 | 28.0 ± 15.1 | 31.0 ± 18.9 | 15.5 | 26.9 ± 13.9 |
| 高层建筑 | 33.7 ± 20.2 | 39.7 ± 17.4 | 31.1 | 62.6 ± 35.6 |
| 地下室 | 85.3 ± 24.8 | 62.5 ± 22.4 | 108 | 26.5 ± 12.3 |

从表3和4来看,深圳地表建筑室内氡浓度水平随建筑层数的增加而升高,高层建筑室内氡浓度比低层建筑的要高很多.地表三类建筑的室内氡浓度不同调查结果都处于同一水平,变化不大,但相对1986年的调查结果都偏高不少.由于本项目调查地下设施是深圳市如地铁、地下停车场等现代具有代表性的地下设施.它们拥有独立的通风管道,通风条件好,空气流通率大,因此本次调查的地下设施氡浓度比前人测得的地下室氡浓度值低.

3 总结

于2013年7月下旬采用RAD-7静电收集式连续测氡仪对深圳福田区划分的八个区域的公共场所室内氡辐射照射水平进行了调查,采样点数44,室内氡浓度平均值是 26.7 Bq/m^3 ,几何平均值为 22.3 Bq/m^3 ,几何偏差为1.9.此次调查结果表明高层建筑的室内氡浓度远高于平均值,而深圳市高层建筑居多,所以有必要对深圳市的高层建筑室内氡浓度辐射照射水平进行长期监测.

参考文献:

[1] 符适,孙浩,张浩.深圳市光明新区土壤氡浓度水平及分布规律调查[J].广东科技,2010,19(20):6-8.

- [2] 贺小凤,王国胜.深圳市某高校校园内土壤氡浓度的测定[J].深圳信息职业技术学院学报,2013,11(1):29-32.
- [3] 石劲松,邱国华,杜喜臣.深圳市环境放射性异常带识别与影响因素分析[J].世界核地质学科学,2010,27(3):182-186.
- [4] 蔡勇明,唐文祥,陈佳慎.深圳特区公共场所 ^{222}Rn 浓度调查[J].中华放射医学与防护杂志,1994,14(5):305-307.
- [5] UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation [R]. Vienna:UNSCEAR,2006.
- [6] Naval Facilities Engineering Command US. Navy Radon assessment and mitigation program guidebook for radon management in non residential buildings[S]. 2010,7.
- [7] Chen J, Tokonami S, Sorimach A, et al. Preliminary results of simultaneous radon and thoron tests in Ottawa [J]. Radiation Protection Dosimetry, 2008, 130(2):253-256.
- [8] 卓维海,陈波,李德红,等. CR-39探测器对 α 粒子入射角度和能量响应的实验研究[J].原子能科学技术,2008,42(S1):322-325.
- [9] 朱立,尚冰.室内氡核建材装修材料放射性评价[C].中国环境科学学会学术年会,2013:253-261.
- [10] 刘祖森,戈其君,张炳尧,等.广东大亚湾核电站运行前深圳市环境辐射水平及其所致居民剂量[J].中华放射医学与防护杂志,1997,17(3):193-196.

(上接第4页)

- [5] 王广金,刘燕,刘江燕,等.核电厂1E级电气设备鉴定试验研究[J].核动力工程,2008,29(4):131-134.
- [6] 骆邦其,林继铭. CPR1000核电站严重事故重要缓解措施与严重事故序列[J].核动力工程,2010,31(S1):74-80.
- [7] Negin C A, Lorenzi M E, Bergeron C F. Instrument performance under severe accident conditions: ways to acquire information from instrumentation affected by an ac-

cident[R]. California:EPRI,1993.

- [8] 王泽平,周涛,付涛.中、美、法核电标准比较研究[J].华北电力大学学报(社会科学版),2009(4):1-5.
- [9] Hom A J, James R W, True D E. Assessment of existing plant instrumentation for severe accident management [R]. California:EPRI,1993.
- [10] 竺艺,张圣.国内核电厂设备的安全分级研究[J].中国设备工程,2012(9):24-27.