

# 广州地铁二、八号线车站氡浓度水平调查

张林, 张静波, 莫素芳, 谭汉云, 黄润玲

广州市疾病预防控制中心, 广东 广州 510400

**摘要:** **目的** 了解广州地铁二、八号线车站氡浓度水平及所致工作人员有效剂量。**方法** 采用 CR39 氡探测杯对 16 座车站  $^{222}\text{Rn}$  累积浓度进行了测量分析, 计算了所致工作人员年有效剂量当量。**结果** 16 座车站  $^{222}\text{Rn}$  浓度均值为  $40.7 \text{ Bq/m}^3$ 。 $^{222}\text{Rn}$  子体所致工作人员的年有效剂量当量为  $0.293 \text{ mSv/a}$ 。**结论** 广州地铁二、八号线 16 座车站氡及其子体未给地铁工作人员带来额外的放射性剂量负担。

**关键词:** 地铁;  $^{222}\text{Rn}$ ; 有效剂量

**The Investigation of Radon in Guangzhou Metro line 2 and line 8 .** ZHANG lin, ZHANG Jing-bo, MO Su-fang, TAN Han-yun, HUANG Run-ling. *Guangzhou Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 510440 China.*

Corresponding Author: ZHANG Jing-bo, Email: 58294312@qq.com

**Abstract:** **Objective** To find out the level of the concentrations of  $^{222}\text{Rn}$  and effective dose of workers in Guangzhou Metro line 2 and line 8. **Methods** In 16 stations of metro,  $^{222}\text{Rn}$  concentrations were obtained by using Rn-Tn solid state nuclear track detectors developed by The National Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety and Chinese Centre for Disease Control. The annual Effective dose from  $^{222}\text{Rn}$  were calculated. **Results** The average concentration of  $^{222}\text{Rn}$  is  $40.7 \text{ Bq/m}^3$ , The worker's annual effective dose from  $^{222}\text{Rn}$  in stations is  $0.293 \text{ mSv/a}$ . **Conclusion** In the 16 stations of Guangzhou in metro line 2 and line 8, no more effective radiation dose from  $^{222}\text{Rn}$  to the workers has measured.

**Key words:** Metro;  $^{222}\text{Rn}$ ; Effective dose

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2017)03-0337-03

广州地铁二号线是广州市地铁规划路网的南北干线, 北起嘉禾望岗站, 南止广州南站, 全长 31.8 km, 共 16 座地下车站。地铁八号线是全部位于海珠区的东西干线, 东起万盛围站, 西止凤凰新村站, 全长 14.9 km, 共 13 座地下车站。

为评价运营中的广州地铁二、八号线放射性水平, 我们选取了二号线的三元里-晓港 9 座车站、八号线琶洲-晓港 7 座车站累积氡浓度进行了监测分析, 并对其所致工作人员剂量进行了估算。

## 1 材料与方法

**1.1 探测材料** 采用中国疾病预防控制中心辐射防护与核医学安全所生产的氡探测杯, 材料为英国 CR-39 $\alpha$  固体径迹片。使用前经南华大学国家标准氡室刻度。

**1.2 测量方法** 在测量现场将 CR-39 $\alpha$  固体径迹片用透明胶布固定在探测杯底部, 然后放于文件柜或值班亭顶部, 离墙大于 10 cm。放置时间为 3 个月左右,

分 2-4 月、5-7 月、8-10 月、11-1 月时段进行, 收样时立刻将径迹片放于铝箔袋中密封保存, 带回实验室蚀刻和测量。

**1.3 统计分析** 采用 SPSS 22.0 统计软件进行处理。

## 2 结果与讨论

**2.1 地铁中的氡浓度** 16 座车站的氡浓度的测量结果列于表 1。氡浓度为 2-4 月、5-7 月、8-10 月、11-1 月时段监测结果的均值。结果显示氡浓度平均值为  $(40.7 \pm 17.9) \text{ Bq/m}^3$ , 其中纪念堂站最低 ( $34.9 \text{ Bq/m}^3$ ), 晓港站最高 ( $52.1 \text{ Bq/m}^3$ ), 但各站之间无显著性差异。年均氡浓度低于广州地铁一号线的调查结果 ( $59.8 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>[1]</sup>, 高于北京地铁 ( $23.5 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>[2]</sup> 和天津地铁一号线 (冬季  $20.7 \text{ Bq/m}^3$ , 夏季  $20.9 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>[3]</sup> 的调查结果。与广州市建筑物室内氡浓度的调查结果 ( $47.3 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>[4]</sup> 相近。

**2.2 不同监测点氡浓度比较** 控制室、票务室、会议室、设备房、站厅、站台不同时期累积氡浓度比较列于表 2。

**作者简介:** 张林 (1966-), 男, 重庆市人, 主任技师, 从事放射卫生防护工作。

**通讯作者:** 张静波, Email: 5829432@qq.com

表 1 各车站的氡浓度( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )

站名	控制室	票务室	会议室	设备房	站厅	站台	平均( $\bar{x} \pm s$ )
三元里站	39.0	42.8	36.1	38.4	33.4	29.7	$36.6 \pm 15.1$
火车站	45.5	67.9	43.8	40.0	35.8	35.6	$44.8 \pm 22.1$
越秀公园站	32.9	46.0	39.3	52.6	36.1	43.6	$41.8 \pm 15.0$
纪念堂站	32.8	38.9	34.9	39.1	30.8	33.0	$34.9 \pm 14.4$
公园前站	43.1	45.1	45.1	51.7	40.1	35.0	$42.5 \pm 17.4$
海珠广场站	42.5	42.6	23.8	32.4	38.7	30.0	$34.8 \pm 16.7$
市二宫站	34.6	35.0	40.8	35.7	26.4	36.1	$34.8 \pm 16.1$
江南西站	37.2	33.3	37.1	33.6	42.4	38.5	$37.0 \pm 21.3$
晓港站	36.7	75.5	67.6	46.9	43.8	42.0	$52.1 \pm 22.0$
中大站	33.6	54.9	42.4	32.0	37.5	44.0	$40.7 \pm 19.0$
鹭江站	50.8	41.5	47.6	44.4	44.8	40.6	$44.9 \pm 21.6$
客村站	36.3	35.1	43.8	41.2	49.2	39.5	$40.9 \pm 26.2$
赤岗站	44.3	48.5	39.0	33.5	37.4	33.3	$39.3 \pm 15.6$
磨碟砂站	47.6	58.7	41.1	36.7	42.1	36.9	$43.8 \pm 19.0$
新港东站	45.6	41.3	45.0	38.5	40.5	43.1	$42.3 \pm 13.2$
琶洲站	31.8	52.1	36.5	33.2	42.2	38.1	$39.0 \pm 17.7$
平均( $\bar{x} \pm s$ )	$39.6 \pm 16.1$	$47.5 \pm 22.9$	$41.4 \pm 16.8$	$39.2 \pm 16.1$	$38.8 \pm 18.0$	$37.4 \pm 17.9$	$40.7 \pm 17.9$

表 2 不同监测点氡浓度( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

监测点	监测时段				平均
	2~4月	5~7月	8~10月	11~1月	
控制室	$28.3 \pm 8.0$	$57.8 \pm 13.3$	$29.0 \pm 8.9$	$44.4 \pm 12.5$	$39.6 \pm 16.1$
票务室	$36.2 \pm 14.0$	$69.2 \pm 25.0$	$35.2 \pm 16.0$	$48.6 \pm 17.7$	$47.5 \pm 22.9$
会议室	$31.5 \pm 12.2$	$58.9 \pm 14.8$	$33.9 \pm 14.9$	$40.8 \pm 10.2$	$41.4 \pm 16.8$
设备房	$25.2 \pm 8.0$	$58.5 \pm 13.9$	$31.3 \pm 6.6$	$41.2 \pm 10.1$	$39.2 \pm 16.1$
站厅	$24.5 \pm 7.2$	$54.8 \pm 9.6$	$24.3 \pm 4.3$	$51.7 \pm 17.4$	$38.8 \pm 18.0$
站台	$24.2 \pm 7.6$	$56.8 \pm 9.8$	$26.3 \pm 4.6$	$42.5 \pm 7.8$	$37.4 \pm 16.3$
平均	$28.3 \pm 10.5$	$59.3 \pm 15.6$	$29.9 \pm 10.7$	$44.8 \pm 13.4$	$40.7 \pm 17.9$

不同监测点累积氡浓度相比较,2~4月站台最低( $24.2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )、票务室最高( $36.2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ );5~7月站

厅最低( $54.8 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )、票务室最高( $69.2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ );8~10月站厅最低( $24.3 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )、票务室最高( $35.2 \text{ Bq}/\text{m}^3$ );11~1月会议室最低( $40.8 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )、站厅最高( $51.7 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )。所有监测点全年平均值为  $40.7 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ,其中站台最低( $37.4 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )、票务室最高( $47.5 \text{ Bq}/\text{m}^3$ )。经最小显著差法(LSD)多重检验,票务室与其他监测点之间氡浓度比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余各监测点之间差异无统计学意义,主要原因是票务室平时很少有人,与关闭通风系统有关。

2.3 不同季节累积氡浓度比较 不同监测点、16座车站不同季节累积氡浓度比较分别见表2、表3。

表 3 16 座车站不同季节累积氡浓度( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

站名	监测时段				平均
	2~4月	5~7月	8~1月	11~1月	
三元里站	$31.0 \pm 12.3$	$55.8 \pm 5.5$	$23.3 \pm 8.2$	$36.1 \pm 5.5$	$36.6 \pm 15.1$
火车站	$30.9 \pm 11.1$	$73.8 \pm 27.1$	$37.0 \pm 11.0$	$37.4 \pm 8.2$	$44.8 \pm 22.1$
越秀公园站	$37.0 \pm 8.9$	$60.5 \pm 14.7$	$27.8 \pm 8.8$	$41.8 \pm 8.2$	$41.8 \pm 15.0$
纪念堂站	$24.9 \pm 8.4$	$53.1 \pm 13.3$	$26.4 \pm 6.4$	$35.2 \pm 7.6$	$34.9 \pm 14.4$
公园前站	$33.7 \pm 10.9$	$62.3 \pm 13.5$	$28.7 \pm 9.4$	$40.1 \pm 14.3$	$42.5 \pm 17.4$
海珠广场站	$23.9 \pm 9.4$	$48.4 \pm 10.3$	$25.6 \pm 8.7$	$43.0 \pm 18.8$	$34.8 \pm 16.7$
市二宫站	$16.5 \pm 2.7$	$48.7 \pm 11.4$	$26.2 \pm 6.5$	$47.6 \pm 9.7$	$34.8 \pm 16.1$
江南西站	$16.9 \pm 3.6$	$61.7 \pm 11.4$	$22.6 \pm 5.0$	$46.7 \pm 14.9$	$37.0 \pm 21.3$
晓港站	$39.7 \pm 16.9$	$69.5 \pm 23.7$	$45.1 \pm 22.7$	$54.0 \pm 10.2$	$52.1 \pm 22.0$
中大站	$33.5 \pm 8.6$	$58.0 \pm 12.2$	$24.7 \pm 5.8$	$46.6 \pm 23.7$	$40.7 \pm 19.0$
鹭江站	$25.6 \pm 5.1$	$73.1 \pm 11.6$	$33.8 \pm 7.6$	$47.2 \pm 19.3$	$44.9 \pm 21.6$
客村站	$26.1 \pm 9.9$	$53.6 \pm 14.9$	$28.6 \pm 4.4$	$55.2 \pm 41.9$	$40.9 \pm 26.2$
赤岗站	$26.9 \pm 4.9$	$52.5 \pm 14.7$	$31.7 \pm 11.5$	$46.2 \pm 12.6$	$39.3 \pm 15.6$
磨碟砂站	$29.5 \pm 10.0$	$63.9 \pm 17.8$	$32.1 \pm 4.8$	$49.9 \pm 19.1$	$43.8 \pm 19.0$
新港东站	$34.0 \pm 9.1$	$59.0 \pm 8.9$	$32.4 \pm 7.9$	$43.9 \pm 8.4$	$42.3 \pm 13.2$
琶洲站	$23.1 \pm 4.2$	$53.8 \pm 11.7$	$32.2 \pm 9.0$	$46.7 \pm 20.1$	$39.0 \pm 17.7$
平均	$28.3 \pm 10.5$	$59.3 \pm 15.6$	$29.9 \pm 10.7$	$44.8 \pm 13.4$	$40.7 \pm 17.9$

16 座车站不同季节平均累积氡浓度存在显著性差异,变化规律一致。所有车站季节氡浓度平均值以 2-4 月最低 ( $28.3 \text{ Bq/m}^3$ )、5-7 月最高 ( $59.3 \text{ Bq/m}^3$ )。经最小显著差法 (LSD) 多重检验,5-7 月和 11-1 月时段分别与其他时段之间氡浓度比较差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 2-4 月与 8-10 月时段之间差异无统计学意义,2-4 月、8-10 月低于 5-7 月、11-1 月,这与广州地铁一号线变化规律<sup>[1]</sup>不一致,原因有待进一步调查和研究。

**2.4 剂量估算** 根据联合国原子辐射效应科学委员会 2000<sup>[5]</sup> 报告给出的吸入  $^{222}\text{Rn}$  子体的有效剂量当量转换因子  $9 \text{ nSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3)$ , 取平衡因子  $F = 0.4$ 。地铁工作人员每人每年在地铁车站的停留的时间约取 2000 小时,其他室内 5000 小时。广州地铁二、八号线 16 座车站年平均氡浓度为  $40.7 \text{ Bq/m}^3$ ,其他室内氡浓度为  $47.3 \text{ Bq/m}^3$ <sup>[4]</sup>。地铁工作人员在地铁中吸入氡子体所致人均年有效剂量当量为  $0.293 \text{ mSv/a}$ ,其它室内  $0.851 \text{ mSv/a}$ ,合计  $1.144 \text{ mSv/a}$ ,与广州市室内  $^{222}\text{Rn}$  子体所致公众年有效剂量当量  $1.193 \text{ mSv/a}$ <sup>[6]</sup> 相近。

### 3 结论

广州地铁二、八号线车站内氡及其子体未给地铁工作人员带来额外的放射性剂量负担。

### 参考文献

- [1] 张林,胡灿云,何展,等. 广州地铁一号线车站氡浓度[J]. 中华放射医学与防护杂志,2003,23(5):383-384.
- [2] 尚兵,唐莉,曾力,等. 北京地下铁道环境放射性水平及其工作人员受照剂量评价[J]. 中华放射医学与防护杂志,1994,14(6):401.
- [3] 田义宗,高建政,张奇,等. 天津市地铁一号线车站氡浓度水平调查[J]. 中国辐射卫生,2010,19(2):201-203.
- [4] 张林,杜琳,张静波,等. 室内外  $^{222}\text{Rn}$  浓度及居民所受子体照射剂量测定[J]. 中国公共卫生,2008(24)4:460-461.
- [5] The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation [M]. New York, 2000, ANNEX B:107-140.
- [6] 张林,张静波,谭汉云,等. 广州市天然辐射所致公众照射剂量的评价[J]. 中国辐射卫生,2011,20(1):79-80.

收稿日期:2016-08-04 修回日期:2017-03-11

(上接第 327 页)

### 参考文献

- [1] 施祖远. 我国铀矿开采技术成就与发展对策[J]. 铀矿冶,2011,30(4):175-179.
- [2] 阙为民 王海峰 谭亚辉 姚益轩. 我国地浸采铀研究现状与发展[J]. 铀矿冶,2005,24(3):113-117.
- [3] 国家环境保护总局. HJ/T 61-2001 辐射环境监测技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2001.
- [4] 中华人民共和国国家环保局. GB-14583-1993 环境地表  $\gamma$  辐

射剂量测定规范[S]. 北京:中国标准出版社,1993.

- [5] 赵其文,王国全. 新疆伊犁铀矿冶退役场所辐射环境影响现状调查[J]. 辐射防护,2015,35(4):253-256.
- [6] 中华人民共和国环境保护局. GB 14582-1993《环境空气中氡的测量标准方法》[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [7] 刘鄂 杜新宪 阿不力孜. 新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告[M]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区环境监测中心站,1989.

收稿日期:2017-01-04 修回日期:2017-04-20

欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅