

南京市地铁车站氡浓度水平的初步调查

朱晓翔¹, 周程¹, 徐萍²

(1. 江苏省辐射环境监测管理站, 江苏 南京 210019;

2. 江苏省辐射环境保护咨询中心, 江苏 南京 210019)

摘要:采用静电收集氡子体法对南京市地铁车站环境中氡浓度进行了调查,初步掌握了南京市地铁站重点区域的氡浓度放射性水平,按照联合国原子辐射效应科学委员会推荐的评价方法估算氡浓度对地铁内工作人员人均年有效照射剂量。对地铁站新建和扩建项目的机械通风设计,为工作人员和公众的内照射剂量水平估算等提供依据。

关键词:地铁; 氡浓度; 静电收集氡子体法; 南京市

中图分类号: X837 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2012)01-0029-03

Preliminary Investigation of Radon Radiological Level in Air of Nanjing Metro Station

ZHU Xiao-xiang¹, ZHOU Cheng¹, XU Ping²

(1. Jiangsu Radiation Environment Monitoring and Management Center, Nanjing, Jiangsu 210019, China;

2. Jiangsu Radiation Environment Protection Consultation Center, Nanjing, Jiangsu 210019, China)

Abstract: The radon level in air of Nanjing metro station has been investigated preliminarily by using collect random daughter by static electricity. The radioactivity of radon level of major area in the station are obtained on basis of which, the annual average effective exposure dose of metro workers is given according to the evaluation approach recommended by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). The result can give the suggestive instructions on the engineering design of metro mechanical ventilation as well as the dose evaluation of the public and the metro workers by the radon radiological exposure.

Key words: Metro; Radon radiological level; Collect radon daughter by static electricity; Nanjing

0 前言

近年来,随着社会经济水平的不断提高,地铁交通的开发建设规模与日俱增,在人们环保意识整体增强的同时,以地铁为主的地下公共设施中放射性氡危害开始被广泛关注。作为放射性气体的氡气易于在地下封闭空间内累积,而造成氡气的累积主要有 2 方面原因,一是氡气本身是建筑房基下土壤和岩石空气中自由穿行的气体,可以通过材质缝隙进入地下室内;二是建筑材料中往往含有花岗岩和水泥等建筑装饰材料,其自身也存在伴生天然放射性。

为了全面掌握南京地铁一号线目前的氡浓度水平,于 2009 年和 2010 年夏季对南京市地铁车站中氡浓度水平进行了初步调查。

1 调查方法

1.1 监测方法和标准

采用《地下建筑物氡及其子体控制标准》(GB 16356-1996)。

1.2 监测仪器和方法

选用美国 Durrige 公司的 RAD-7 型测氡仪。RAD-7 仪器设备主要技术指标^[1]见表 1。

实际测量中,采用抽吸模式,按照设定好的工作程序,先在抽吸方式下运行约 3 h,之后自动切换到正常测量方式,不再等待个体平衡,仪器可以快速响应并给出测量结果和统计精度。被测气体被

收稿日期:2011-07-23;修订日期:2011-12-20

作者简介:朱晓翔(1977—),男,安徽合肥人,高级工程师,国家注册核安全工程师,博士,主要从事辐射环境管理和监测工作。

表 1 RAD-7 的主要技术指标

Table 1 Main parameters of instrument RAD-7

仪器型号	RAD-7
测量方法	静电收集测量法
探测器	金硅面垒半导体探测器
灵敏度	0.4/0.2(c/m/pCi/l) 连续/探测
探测下限	3.7 Bq/m ³

泵抽入收集室,被无水硫酸钙干燥以确保空气相对湿度小于 10%,保证探测器的灵敏度,气体通过滤膜过滤后除去²²²Rn 子体。氡衰变子体²¹⁸Po(RaA)在静电场作用下被收集到探测器表明,通过对氡子体的 α 粒子的测量反推出氡浓度。

1.3 监测布点

南京地铁一号线全长 21.72 km,其中地下线 14.33 km,地面及高架线 7.39 km,共设 16 个站点,由北向南依次为迈皋桥、红山动物园、南京火车站、新模范马路、玄武门、鼓楼、珠江路、新街口、张府园、三山街、中华门、安德门、小行、中胜、元通和奥体中心站。全线设车辆基地一处,位于小行;控制中心一处,位于珠江路。地铁一号线贯穿南京主城区的中心腹地,形成南京主城区中轴线的快速轨道交通走廊,同时连接南北两个工业区,是南京南北线客流走廊的骨干交通线。其中,迈皋桥、红山

动物园、中华门、安德门、小行 5 站为地上车站,其余 11 站为地下车站。

地铁空气中的氡浓度不仅和底层、建筑材料和水源等的含镭量有关,还和材质的物理性质(如空隙率、孔隙大小等)、环境条件(温度、湿度、大气压等)、时间因素(季节、昼夜变化)以及室内的通风条件相关。全年各个阶段 4—6 月、7—9 月累积氡浓度明显低于 1—3 月、10—12 月,氡浓度也可能随着环境温度的升高而变低。一般冬季高于夏季,通风条件差的高于通风条件好的。

现选择南京典型夏、冬季节 6 月份和 10—12 月份进行测量。在地铁每个车站内设置 3 个监测点位,分别为车控室、售票室和车站站台,车控室和售票室的单次测量时间为 24 h,测量方式采用周期为 3 h 循环次数为 8 次的非密封性常规连续测量。考虑到实际测量工作环境和仪器设备的安全情况,对于地铁站台测量采用的为单周期 3 h 的非密封性常规连续测量。

2 结果与分析

2.1 监测结果

南京地铁站各站点车控室、售票室和站台的氡浓度监测结果详见表 2。

表 2 南京地铁站站点氡浓度监测结果

Table 2 Result of radon concentrations in air of Nanjing metro stations

站点	车控室		售票室		站台
	测量范围	监测结果(平均值 \pm 标准差)	测量范围	监测结果(平均值 \pm 标准差)	平均值
南京火车站	3.2~12.6	8.3 \pm 3.1	4.6~13.6	8.3 \pm 3.0	9.8
新模范马路	6.7~21.0	12.2 \pm 4.1	6.6~14.1	10.8 \pm 2.4	17.9
玄武门	9.0~14.9	10.3 \pm 1.8	2.7~9.5	6.4 \pm 2.4	14.7
鼓楼	4.5~11.3	7.4 \pm 2.5	5.1~15.3	8.5 \pm 2.9	14.7
珠江路	12.2~17.2	13.8 \pm 2.0	7.4~27.7	14.4 \pm 5.9	13.1
新街口	3.6~18.5	9.7 \pm 4.5	2.8~14.2	9.1 \pm 3.8	17.9
张府园	7.2~11.2	8.8 \pm 1.4	3.2~11.1	6.8 \pm 2.7	16.3
三山街	10.8~25.3	15.6 \pm 5.6	5.1~15.3	9.5 \pm 3.7	9.8
中胜	6.5~16.3	11.5 \pm 3.1	2.8~14.2	7.7 \pm 3.4	3.3
元通	3.4~9.0	5.6 \pm 1.7	5.5~22.1	10.4 \pm 5.2	18.0
奥体中心站	42.0~50.1	45.8 \pm 3.0	2.8~9.5	6.1 \pm 2.2	6.3
平均值		13.5		8.9	12.9

由表 2 可见,南京地铁一号线 11 个车站的氡浓度为 3.3 Bq/m³~45.8 Bq/m³,均远低于《地下建筑物氡及其子体控制标准》(GB 16356-1996)中对地下建筑氡及其子体的限值规定。

2.2 有效剂量估算和评价

氡及其子体所致人员有效剂量的估算采用联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)推荐的估算模式如下。

$$F = x_{Eg} / x_{Rn}$$

$$H_{E(Rn)} = [x_{Eg(in)} \cdot q_{in} + x_{Eg(ou)} \cdot q_{ou}] \times 8760 \times P$$

式中: F ——平衡因子(室内氡及子体平衡因子 F_{in}

~ 0.4 ; 室外 $F_{ou} \sim 0.8$);

x_{Eg} ——平衡等效浓度, Bq/m^3 ;

x_{Rn} ——氡浓度, Bq/m^3 ;

$H_{E(Rn)}$ ——氡所致人体年有效剂量当量, μSv ;

q ——人员居留因子;

P ——有效剂量转换系数 [UNSCEAR2000 年
报中推荐值为 $9 \text{ nSv}/(Bq \cdot m^{-3} \cdot h)$]。

地铁站、地面室内和室外居留因子分别取 0.2、0.6 和 0.2, 室内、室外氡浓度分别为 $17 Bq/m^3$ 和 $13 Bq/m^3$ 为氡浓度所致人体年有效剂量计算输入参数, 南京市地铁内工作人员由氡所致人体年有效剂量为 $0.55 \text{ mSv}^{[2-3]}$, 低于公众年有效剂量安全范围。

3 结论

南京市地铁 1 号线 11 个监测点位的测量数据均远远低于《地下建筑物氡及其子体控制标准》(GB 16356-1996) 中对地下建筑氡及其子体的限值规定: 已建的地下建筑的行动平衡当量浓度为 $400 Bq/m^3$, 新建的地下建筑的行动平衡当量浓度为 $200 Bq/m^3$ 。地铁内工作人员由氡所致人体年有效剂量为 0.55 mSv , 人均年外照射有效剂量取 1 mSv , 则地铁内工作人员人均年有效照射剂量约为 1.55 mSv , 低于公众年有效剂量安全范围。

该调查受到了环境因素的影响, 如站台上风力较大, 售票室和控制室内的空调常开等因素, 直接造成氡浓度测量数据的不确定度增大, 但从另一方

面也说明了地铁一号线的 11 个地下车站的通风设施到位, 对降低氡浓度起到了较好的作用。

4 建议

今后将对南京市新建地铁站点的氡浓度水平进行监测, 全面分析影响地铁站氡浓度的各种因素, 如地质结构、季节和通风方式等^[2-6]。特别是针对 RAD-7 仪器所使用静电收集测量法的特点, 尤其加强对环境中温湿度的要求和控制, 进行人工湿度修正, 确保监测数据的正确性和完整性, 使得南京地铁氡浓度水平监测结果具有代表性, 对地铁站的新建和扩建项目的机械通风, 地铁等存在氡浓度影响建设项目的环境保护验收监测, 工作人员和公众的内照射剂量水平估算等方面提供指导性意见^[7-8]。

[参考文献]

- [1] RAD 7 Radon Monitor Manual. DurrIDGE co[R]. USA. 2002.
- [2] 郭秋菊, 许寿元. 氡的危害及剂量估算[J]. 中华放射医学与防护, 2004(1): 39-44.
- [3] 徐敏. 南京市地下建筑内氡气浓度调查及评估报告[R]. 南京: 南京市环境监测中心站, 2005.
- [4] 李业强, 田伟, 葛良全, 等. 重庆市主城区室内氡浓度调查与评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(5): 23-25.
- [5] 慈捷元, 时劲松, 陈峰. 深圳地铁一期工程各站段放射性水平与分析[J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(4): 474-475.
- [6] 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, 2003, 23(5): 383-384.
- [7] 唐松林, 姚斌. 项目竣工环境保护验收监测方案制定中若干问题的探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(5): 23-25.
- [8] 骆虹, 林宏. 浅谈建设项目竣工环境保护验收监测[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(5): 67-69.

本栏目责任编辑 薛光璞 李文峻

· 知识介绍 ·

关于 $PM_{2.5}$

$PM_{2.5}$ 是指大气中直径 $\leq 2.5 \mu m$ 的颗粒物, 也称为可入肺颗粒物。它的直径还不到人的头发丝粗细的 $1/20$, 只有通过电子显微镜才能发现。虽然 $PM_{2.5}$ 只是地球大气成分中含量很少的组分, 但它对空气质量和能见度等有着重要的影响。 $PM_{2.5}$ 指数已经成为一个重要的测控空气污染程度的指数。

$PM_{2.5}$ 是日常发电、工业生产、汽车尾气排放等过程中经过燃烧而排放的残留物, 大多含有重金属等有毒物质。一般而言, 粒径 $2.5 \mu m \sim 10 \mu m$ 的粗颗粒物主要来自道路扬尘等; $2.5 \mu m$ 以下的细颗粒物 ($PM_{2.5}$) 则主要来自化石燃料的燃烧 (如机动车尾气、燃煤)、挥发性有机物等。

世界卫生组织 (WHO) 认为, $PM_{2.5}$ 对人体健康影响巨大。 $PM_{2.5} < 10 \mu g/m^3$ 是安全值。当 $PM_{2.5}$ 年均质量浓度达到 $35 \mu g/m^3$ 时, 人的死亡风险比 $10 \mu g/m^3$ 的情形约增加 15%。

摘自 www.jshb.gov.cn 2012-01-10