

石家庄市办公场所室内氡浓度及所致剂量估算

周开建¹, 张京战¹, 董俊善², 赵智慧¹

1. 河北省疾病预防控制中心, 河北 石家庄 050021; 2. 秦皇岛市疾病预防控制中心

摘要: 目的 通过对石家庄市不同楼层、不同建筑材料、不同建筑年代等办公场所室内氡浓度水平及其影响因素的调查分析, 估算所致工作人员受照剂量。方法 采用固体核径迹法测量累积剂量。结果 石家庄市办公场所室内氡浓度平均值为 $(32.12 \pm 13.74) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 最高值为钢筋混凝土结构的平房。所致工作人员平均有效剂量为 0.58 mSv/a 。结论 石家庄市办公场所室内氡所致工作人员受照剂量属正常天然本底辐射水平; 建筑材料及通风设施是影响办公场所氡浓度的主要因素, 选择恰当的建筑材料、有效通风可以降低工作人员受照剂量, 减低其对人类健康的影响。

关键词: 办公场所; 氡浓度; 年均有效剂量

Estimation of Radon Concentration in office and Doses Received by Residents in Shijiazhuang City. ZHOU Kai-jian, ZHANG Jing-zhan, DONG Jun-shan, ZHAO Zhi-hui. *Hebei Centers for Disease Control and Prevention, Shijiazhuang 050021, China.*

Abstract: **Objective** To test the level of office radon concentration of residential areas in Shijiazhuang City in different floors, building materials and construction age and to analyze its influencing factors in order to estimate the exposure doses received by the residents. **Methods** solid state nuclear track method was used to measure the cumulative dose of radon concentration. **Results** The mean concentration of office radon concentration was $(32.12 \pm 13.74) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ in Shijiazhuang City. The highest values were in the reinforced concrete cottage. The dose caused by the radiation was 0.58 mSv/a . **Conclusion** The level of office radon concentration of residential areas in Shijiazhuang City is a normal natural background level. Building materials are the major factors that affect the office radon concentration. Selection of appropriate materials for construction and effective ventilation can reduce radiation doses received by residents, thus reducing its negative impacts on human health.

Key words: Office Space; Radon Concentration; Average Annual Effective Dose Equivalent

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)03-02-0227

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.03.014

氡及其子体是人类受到天然辐射的主要辐射源项, 近年来流行病学调查及实验研究资料均证实氡及其子体衰变产物的致癌效应, 且危险度随氡浓度的升高而增加^[1]。随着社会经济的发展和人民生活水平的提高, 对房屋结构、建材、装饰水平等的要求越来越高, 室内环境中的氡浓度亦随之变化, 整体呈上升趋势。我国城市室内氡浓度水平较 20 世纪 80 年代末总体上增高了 80%^[2]。现代办公场所亦随之变化。而现代人越来越多的工作在办公室内完成, 因此对办公场所室内氡浓度的调查与控制已不可或缺。

基于 3 个月的连续测量均值基本可反映办公场所室内氡浓度的年度均值的报道^[3]。我们选取石家庄市各种办公场所进行了 3 个月的室内氡浓度水平调查, 旨在了解本地办公场所室内氡浓度水平, 估算工作

人员受照剂量, 为更有效地控制天然辐射, 减少其对人类健康的影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查点 本次调查选取石家庄市办公室, 分别选取不同建筑材料、不同楼层空间、不同建筑年代的办公场所进行测量。

1.2 布放原则 氡浓度水平探测器布放于远离通风口、气流稳定的地方, 高度与人的呼吸带同高 ($1.5 \sim 1.8 \text{ m}$), 距墙壁不小于 20 cm , 在正常工作状态下采样。

1.3 测量方法 氡浓度采用固体核径迹法测量室内累积氡浓度, 应用的探测器为 LKH 型氡累积探测器, 采用被动扩散杯和 CR-39 固体核径迹探测器。

为保证测量结果可靠, 在整个调查过程中严格执行剂量计的及时使用和回收后尽快分析的调查原则; 另外, 还按点数的 10% 比例布放了 5 组平行样, 要求

基金项目: 河北省科技厅科学技术研究与发展计划项目 (08276101D-96)

作者简介: 周开建 (1967-) 男, 辽宁葫芦岛人, 副研究员, 从事放射卫生工作。

平行样间的平均相对偏差在 $\pm 15\%$ 内符合。

2 结果

此次调查氡浓度测量办公场所 46 间 ,室内氡浓度剂量范围为 $9.23 \sim 69.37 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$,平均值为 $(32.12 \pm 13.74) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

2.1 不同楼层办公场所氡浓度水平 不同办公楼层间一层以上的室内氡浓度水平均值较低 ,为 $25.81 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。一层办公场所均值最高 $34.97 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$,是其上楼层的 1.35 倍。平房与高层地下、楼房一层氡浓度水平均值相近 ,无显著差异。见表 1。

表 1 不同楼层氡浓度水平 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

楼层	样本量	范围	均值	标准差
平房	13	12.43 ~ 69.37	34.91	16.04
楼房 1 层	11	9.65 ~ 50.2	34.97	12.97
楼房高层	12	9.23 ~ 47.02	25.81	10.20
地下	10	15.47 ~ 61.73	32.95	14.54

2.2 不同建筑材料办公场所室内氡浓度水平 从平均值来看 ,不同建筑结构的办公场所室内氡浓度无显著差异。就个体而言 ,最高值为钢筋混凝土材料的平房 ,最低值也是钢筋混凝土材料 ,但是高层楼房房间 ,前者是后者的 7.52 倍。见表 2。

表 2 不同建筑材料办公场所室内氡浓度水平 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

建筑结构	样本量	范围	均值	标准差
钢筋混凝土	27	9.23 ~ 69.37	31.73	15.55
砖混	19	12.43 ~ 50.20	32.68	11.04

2.3 不同办公场所建筑材料、楼层之间室内氡浓度水平的比较 如前所述 ,就整体楼层而言 ,随楼层的增高 ,氡浓度呈下降趋势。而表 3 显示对相同楼层不同建筑材料来说 ,钢混结构的平房较砖混结构的平房要高出 49% ,而钢混结构的一层较砖混结构的一层低 28% ,高层建筑中钢混结构较砖混结构低 29%。

在不同楼层相同建筑材料之间 ,室内氡浓度水平存在差异。钢筋混凝土结构中 ,楼房高层最低 ,平房最高 ,二者比为 1: 2.48。砖混结构中 ,平房最低 ,楼房一层最高 ,最低与最高比为 1: 1.45。见表 3。

2.4 不同建筑年代办公场所室内氡浓度水平 石家庄市办公场所室内氡浓度平均水平 20 世纪 80 年代较 90 年代和 2000 年后稍高 ,90 年代和 2000 年后室内氡浓度无显著差异 ,三者之比为 1.22: 1: 1。但最高值在 2000 年后 ,为 $69.37 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。(见表 4)。

2.5 剂量估算 石家庄市办公场所室内氡浓度水平平均值为 $32.12 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$,所致工作人员受照剂量根

据联合国原子辐射效应委员会 2000 报告估算^[4] ,平衡因子取 $F=0.4$,年平均有效剂量为 0.58 mSv/a 。

表 3 不同办公场所建筑材料、楼层之间室内氡浓度水平 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

房屋类型	建筑材料	样本量	范围	均值	标准差
平房	钢混	3	49.21 ~ 69.37	56.19	11.42
	砖混	10	12.43 ~ 49.70	28.52	10.86
楼房 1 层	钢混	6	9.65 ~ 49.91	29.60	14.44
	砖混	5	28.72 ~ 50.20	41.40	8.08
楼房高层	钢混	8	9.23 ~ 33.61	22.62	9.71
	砖混	4	28.39 ~ 47.02	32.14	10.27
地下	钢混	10	18.78 ~ 61.73	34.55	13.58

表 4 不同建筑年代办公室氡浓度内水平 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

年代	样本量	范围	均值	标准差
80 年代	10	23.50 ~ 50.2	38.39	8.11
90 年代	14	9.23 ~ 50.10	31.42	13.24
2000 年后	22	9.65 ~ 69.37	31.36	15.40

3 讨论

此次调查显示 ,石家庄市办公场所室内氡浓度剂量范围为 $9.23 \sim 69.37 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$,平均值为 $(32.12 \pm 13.74) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。较相同季节石家庄地区居民居室内氡浓度低 39% ($52.6 \pm 22.9) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ ^[5]。这与工作场所和居民家中通风条件及通风习惯不同有关。第四季度居民家中通风较少 ,而工作场所因人员较多 ,通风良好以及有中央通风的原因 ,故较居民室内氡浓度要低。

就建筑材料而言 ,以往我们的研究显示^[6] ,含放射性较高的钢筋混凝土使用的增加造成氡浓度的增加。此次调查的普通非高层建筑也印证了这一点 ,最高值为钢混材料的平房。但高层建筑包括其地下型公共场所的室内氡浓度并未因钢混材料的应用而升高 ,高层反而低于低层 ,这应得益于中央通风系统的应用对降氡起到的积极作用。

对于建筑年代来说 ,80 年代高于 90 年代和 2000 年后主要与装修及中央通风系统有关。后者中的高层建筑均采用了中央通风系统 ,大大减低了因钢混材料造成的氡浓度的升高。我们已经证实 ,装修材料对降低室内氡浓度的作用大于其本身对室内氡的贡献^[6] ,此次调查选取的办公场所均为地面瓷砖、墙壁涂料的装修 ,这也是氡浓度水平较低的原因之一。

总体而言 ,石家庄市办公场所室内天然辐射所致工作人员受照年平均有效剂量为 0.58 mSv/a ,低于国家标准^[7] ,但较上世纪 90 年代本省公共场所氡浓度数

移动 X 射线探伤放射防护分区边界估算

弓泽业

新疆维吾尔自治区安全科学技术研究院 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 目的 为现场 X 射线移动探伤作业人员快速确定控制区及监督区提供参考。方法 计算 300 kV、250 kV、200 kV 这几种常用的 X 射线机在不同工作条件下的放射防护距离。结果 给出不同工况下控制区、监督区边界距离,并提出相应放射防护措施。结论 参考值的给出,可以防止人员在已开机但未划定控制区边界时进入控制区造成不必要的照射,在实际作业时,需要通过现场实测的方法最终确定边界。

关键词: 工业探伤; X 射线; 放射防护

中图分类号: TL75⁺2 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)03-03-0229

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.03.015

近年来,随着经济的快速发展。工业探伤技术已成为无损检测的重要方法之一,高温高压管线、压力容器焊缝接头的无损检测工作大幅增加,移动探伤作业也随之越来越多。

移动探伤一般无固定的作业场所、无固定的探伤工件和屏蔽防护设施,这就给探伤作业人员自身的放射防护问题造成较大的安全隐患。做好移动探伤的电离辐射的放射防护就显得尤为重要。《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》(GBZ 117-2006)^[1]要求在移动探伤作业时划分控制区和监督区,并在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌,在监督区边界悬挂“无关人员禁止入内”警告牌,必要时专人警戒。有文献也提出控制区及监督区边界的参考值^[2],但实际上控制区及监督区边界大小与 X 射线机的曝光参数(管电压、管电流)、探伤工件厚度、射线穿透方式(透射或漏射)、现场探伤条件等多种因素有关,以上任一条件发生变化都可能影响控制区及监

督区的边界划分,因此只给出一个控制区及监督区的边界大小,适用所有的移动探伤工况是不现实的。本文通过计算给出 X 射线机在不同条件下的参考防护距离,便于工作人员快速确定控制区及监督区。

1 控制区及监督区划分

依据《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》,在移动探伤作业中,把空气比释动能率高于 15 $\mu\text{Gy/h}$ 的区域划定为控制区;除控制区外,把空气比释动能率高于 1.5 $\mu\text{Gy/h}$ 的区域划定为监督区。

图 1 给出了在不同探伤工况下,形成的三种不同辐射分区类型,各种放射工作场所分区的说明如下:①K1, J1: 有用线束方向,没有任何屏蔽衰减形成的控制区及监督区边界;②K2, J2: 有用线束方向,经探伤工件屏蔽后形成的控制区及监督区边界;③K3, J3: 漏射线方向,漏射线所形成的控制区及监督区边界。

图 1 中给出了控制区、监督区的边界示意,一般而言:对控制区 $K1 > K2$,对监督区 $J1 > J2$ 。

作者简介: 弓泽业(1984-),男,新疆乌鲁木齐人,从事放射性职业危害检测及评价工作。

值提升了 26%^[8],随着新型建材的应用,受照剂量有逐年上升趋势,因此,降低氡浓度已经成为我们必须重视的问题。此次调查表明,我们可以通过改善通风系统、选择合适的装修等手段对现有工作环境进行改善,可有效降低办公场所工作人员受辐射剂量,更好的保障其工作和身心健康。

参考文献

- [1] 刘星,童建.氡暴露生物学效应的实验研究[J].中华放射医学与防护杂志,2014,34(3):234-238.
- [2] 王恒德.香山科学会议-氡及其子体健康危害与控制研讨会[J].辐射防护通讯,2007,27(4):41.

- [3] 杨维耿,胡丹,郑国栋,等.典型办公室内氡浓度水平的时间性变化[J].中国辐射卫生,2010,19(4):389-390.
- [4] 尚兵.工作场所氡的测量.建设项目职业病危害(放射防护)评价培训教材[Z].大连:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所,2009:217.
- [5] 周开建,赵智慧,张京战.石家庄地区居室内氡浓度的季度调查[J].中国辐射卫生,2013,22(4):234-238.
- [6] 周开建,赵智慧,张京战.石家庄市居室内 γ 辐射及氡所致居民受照剂量的调查[J].职业与健康,2013,29(18):2399-2400.
- [7] 国家质量监督检验检疫总局.GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [8] 周连江,周开建,周九库,等.承德市公共场所室内氡浓度[J].中国辐射卫生,1997,15(6):01.

收稿日期:2014-12-10 修回日期:2015-02-17