

# 新疆某煤矿矿井氡排放的辐射环境影响模拟研究

胡有华, 刘 昭

新疆辐射环境监督站, 新疆 乌鲁木齐  
Email: 42326877@qq.com

收稿日期: 2021年7月12日; 录用日期: 2021年8月12日; 发布日期: 2021年8月19日

## 摘 要

通过对新疆某典型煤矿矿井排风巷道口附近氡浓度调查与测量, 构建模型, 运用UAIR-FINE软件模拟煤矿析出的氡排放所致周围20 km范围内各子区的附加氡浓度分布和公众年附加有效剂量分布。结果表明, 煤矿矿井析出氡排放所致周围20 km范围内附加氡浓度最大值出现在矿井排风井周围, 贡献值在0.05 Bq/m<sup>3</sup>左右, 远低于我国室外空气中平均氡浓度14.0 Bq/m<sup>3</sup>, 几乎对室外空气氡浓度没有贡献, 也不可能对矿区周围环境敏感点-居民点(村庄)的居室环境中氡浓度产生较大贡献。在矿井正常生产1年、10年、60年情况下, 环境敏感度点处(A村、B村、D村、E村)的公众最大年附加有效剂量在0.01 mSv/a左右, 矿井析出氡的排放对周围20 km范围内公众的影响较小, 在可接受的范围之内。

## 关键词

氡浓度, 环境影响, 模拟

# Simulation Study on Radiation Environmental Impact of Radon Emission from a Coal Mine in Xinjiang

Youhua Hu, Zhao Liu

Xinjiang Radiation Environmental Supervising Station, Urumqi Xinjiang  
Email: 42326877@qq.com

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 12<sup>th</sup>, 2021; published: Aug. 19<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Based on the investigation and measurement of radon concentration near the ventilation gateway of a typical coal mine in Xinjiang, the model was constructed, and the additional radon concentration distribution and annual additional effective dose distribution of the public in each sub area within 20 km caused by the radon emission from coal mine were simulated by UAIR-FINE software. The results show that the maximum value of additional radon concentration within 20 km caused by radon emission from coal mine occurs around the mine ventilation shaft, and the contribution value was about  $0.05 \text{ Bq/m}^3$ , which was far lower than the outdoor air average radon concentration of  $14.0 \text{ Bq/m}^3$  in China, and almost has no contribution to the outdoor air radon concentration. It was also impossible to make a greater contribution to the radon concentration in the residential environment of the sensitive point (village) around the mining area. Under the condition of normal production for 1 year, 10 years and 60 years, the maximum annual additional effective dose of the public at the environmental sensitive points (village A, village B, village D and village E) is about  $0.01 \text{ mSv/a}$ , and the impact of radon emission from the mine on the public within 20 km is small and acceptable.

## Keywords

Radon Concentration, Environmental Impact, Simulation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

氡及其子体所致公众的年有效剂量占天然辐射贡献的一半以上, 主要通过人的呼吸系统进入支气管和肺部产生内照射, 进而引起细胞的损伤, 造成急性或慢性疾病[1]。因吸入过量氡引发的疾病相继在锡矿、铀矿的矿工中被发现, 矿山氡及其子体的辐射危害和防护引起了世界各个国家的重视[2] [3]。我国相继在《矿山安全法》、《矿山安全法实施条例》等法律法规中要求矿山井下作业场所采取相应措施进行放射性物质监控[3]。新疆煤炭资源丰富, 占全国预测储量的 40%, 已被列为煤矿开采重点建设地区[4]。氡气是煤矿矿井排放的主要气态污染源之一, 目前大部门科研人员主要关注煤矿矿井中氡浓度对井下作业人员的辐射危害[5] [6] [7], 反而对矿井中氡气随排风井排放所致煤矿周围公众的辐射影响研究较少[8]。为了了解煤矿井下工作场所析出的氡气随排风井迁移并向煤矿周围环境排放所致煤矿周围环境及公众的辐射影响, 本文以新疆某开采煤矿为研究对象, 对该煤矿矿井的排风井井口处氡浓度进行调查与监测, 运用 UAIR-FINE 软件模拟矿井中氡扩散对煤矿周围环境的氡浓度场贡献及周围公众产生的附加辐射剂量, 对于保护环境和煤矿周围公众健康具有十分重要的意义。

## 2. 调查与测量

### 2.1. 调查对象

选取新疆典型的某一在产中型煤矿为调查对象, 围绕该煤矿的氡污染源项进行调查和监测, 调查的污染源点位为生产中的煤矿排风巷道口。

## 2.2. 测量仪器与方法

监测仪器: 便携式氡浓度测量仪, 型号为 Alpha GUARD P-30, 生产厂家为德国 Saphymo-Genitron 公司。该仪器由中国计量科学研院校准, 测量时位于校准周期内。

测量方法: 瞬时测量, 每测量点位读数 3 次(1 小时/次), 计算其平均值。

测量依据: 按照《辐射环境监测技术规范》[9]和《室内氡及其衰变产物测量规范》[10]进行测量。

## 2.3. 布点原则

依据《辐射环境监测技术规范》[9]的布点要求, 以矿井排风巷道口为中心, 向排风巷道内进行 2 m 等间距线性布点, 采样高度应在椭圆形巷道剖面的中心, 监测距离为 10 m。

## 3. 监测结果

新疆辐射环境监督站的专业技术人员对该煤矿矿井排风巷道口进行了瞬时氡浓度的布点监测, 具体测量结果见表 1。由表 1 的监测数据可知, 煤矿矿井排风巷道口处氡浓度的测值范围为 151~209 Bq/m<sup>3</sup>, 均值为 185 ± 26.5 Bq/m<sup>3</sup>, 测量结果远低于国家标准[11]中规定的工作场所中氡持续照射情况下补救行动的行动水平下限值即年平均活度浓度 500 Bq/m<sup>3</sup> (平衡因子 0.4), 故无需考虑采取补救行动。

**Table 1.** Measurement results of radon concentration at monitoring points at the exit of exhaust air tunnels in coal mines (Bq/m<sup>3</sup>)

**表 1.** 煤矿矿井排风巷道口监测点位氡浓度测量结果(Bq/m<sup>3</sup>)

测量点位	氡浓度	
	测量范围	均值
排风巷道口	151~209	185 ± 26.5

## 4. 辐射环境影响模拟研究

### 4.1. 污染源项

该煤矿矿井产生的气态氡源项主要来自于矿井排风巷道口, 以污染源尺寸(排风巷道内径 2.3 m)计, 可以进一步简化为点源。为了掌握矿井氡的持续排放对矿区及其周围环境和公众的影响, 本研究以排风巷道口为原点中心进行建模研究, 矿井的具体气态源项排放参数借鉴相关文献[8]。

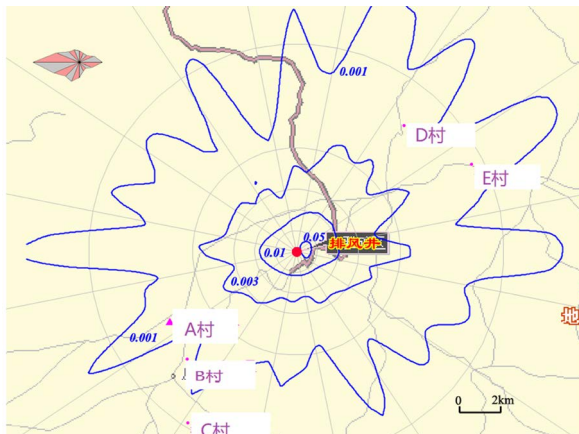
### 4.2. 模型构建

本次辐射环境影响模拟研究通过构建点源排放, 结合煤矿矿区所在地的地形条件、气象条件等排放扩散情形进行模拟和预测。研究选用中核第四研究设计工程有限公司开发的 UAIR-FINE 软件, 该软件嵌入的大气扩散模式是生态环境部推荐的由美国法规模式改善委员会(AERMIC)开发的 AERMOD 扩散模型 (Version09292), 嵌入的氡浓度和剂量估算模式是根据国际原子能机构和国际辐射防护委员会推荐的估算模式和相关参数[12] [13]。在大气扩散计算模块需输入源项参数、气象参数和地形参数, 源项参数的输入参考文献[8], 气象参数选取煤矿所在地最近的气象站煤矿运行阶段最近的至少 1 年的历史数据, 主要包括煤矿所在地的月平均温度、风速, 全年的风向、风频等[8] [14], 最后应用 ArcGIS 软件选取合适面积的地形图, 通过计算机模拟计算完成。

本研究选取煤矿矿井排风巷口为极点, 采用极坐标系, 20 km 为半径的地域最为模拟范围, 同时参考相关文献按照不同的半径间距画 6 个同心圆, 再以正北 N 向为起始将这些同心圆按 16 个方位划分成子区, 共形成 96 个估算子区[8] [14]。

### 4.3. 环境中氡浓度分布规律

通过上述模型的构建, 将氡浓度相关污染源项参数、气象参数及地形参数等输入 UAIR-FINE 软件, 模拟得到该煤矿矿井析出的氡排放所致 20 km 范围内的环境地表附加氡浓度分布如图 1 所示。

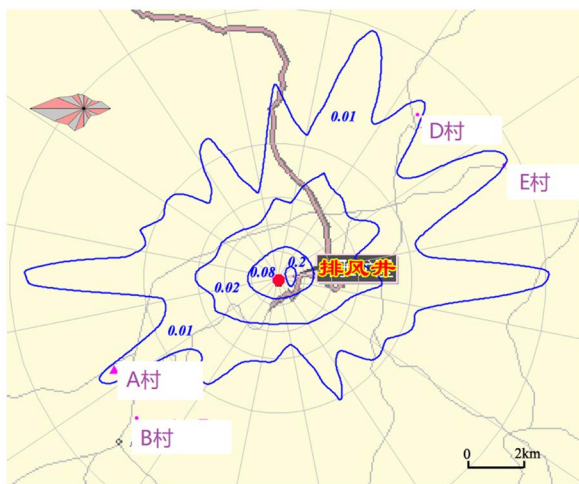


**Figure 1.** Concentration distribution of additional  $^{222}\text{Rn}$  in the surrounding environment caused by radon emission ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )  
**图 1.** 氡排放所致周围环境附加  $^{222}\text{Rn}$  浓度分布( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )

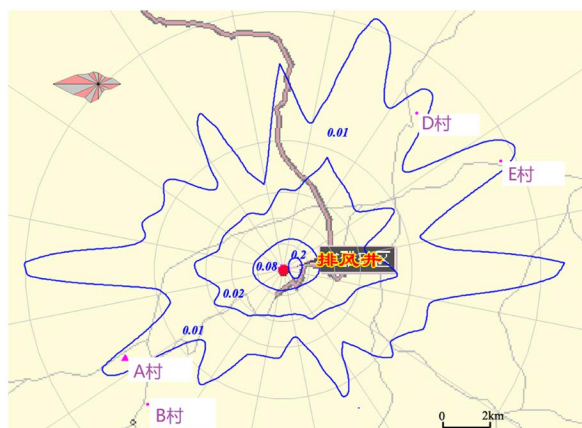
从图 1 可以看出, 距离排风井口的距离越远, 氡浓度值越小, 而相同距离下, 氡浓度值呈现非均匀分布。由煤矿矿井析出氡排放所致周围 20 km 范围内的环境地表附加氡浓度等值线分布图可知, 各子区空气中附加氡浓度贡献最大值出现在矿井排风井周围, 附加贡献值在  $0.05 \text{ Bq}/\text{m}^3$  左右, 估算值远低于文献中报道的我国室外空气中平均氡浓度  $14.0 \text{ Bq}/\text{m}^3$  [15], 进而可知该煤矿氡排放对室外空气氡浓度的影响几乎可以忽略, 更不可能对矿区周围环境敏感点 - 居民点(村庄)的居室环境中氡浓度产生较大贡献。

### 4.4. 公众个人剂量分布

对于煤田周边公众, 按照相关文献中报道的公式进行估算吸入氡及其子体所致公众年附加辐射剂量 [8], 并将相关参数输入 UAIR-FINE 软件, 模拟得到该煤矿矿井 20 km 范围内连续生产 1 年、10 年、60 年的氡浓度排放所致公众年附加有效剂量分布如图 2~4 所示。

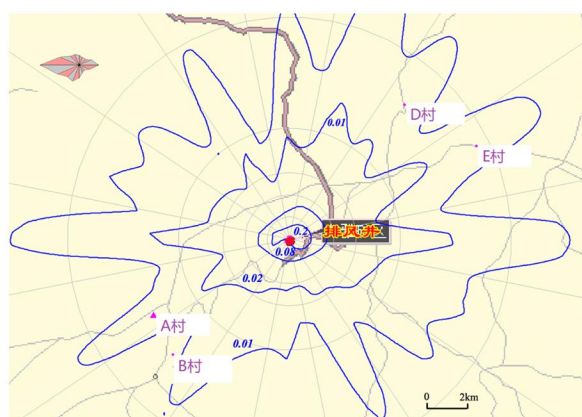


**Figure 2.** Distribution of public annual additional doses caused by mine radon emissions (production period 1a ( $\text{mSv}/\text{a}$ ))  
**图 2.** 矿井氡排放所致公众年附加剂量分布(生产期 1a ( $\text{mSv}/\text{a}$ ))



**Figure 3.** The distribution of the public's annual additional dose caused by mine radon emissions during the production period (production period 10a (mSv/a))

**图 3.** 矿井氡排放所致公众年附加剂量分布生产期(生产期 10a (mSv/a))



**Figure 4.** The distribution of the public's annual additional dose due to radon emissions from the mine production period (production period 60a (mSv/a))

**图 4.** 矿井氡排放所致公众年附加剂量分布生产期(生产期 60a (mSv/a))

从图 2~4 可以看出, 在矿井正常生产 1 年、10 年、60 年情况下, 煤矿矿井析出的氡排放所致周围 20 km 范围内各子区公众年附加有效剂量最大值出现在矿井周围, 公众年附加最大有效剂量在 0.2 mSv/a 左右, 且该区域内无人员居住, 对公众的影响可以忽略; 环境敏感度点处(A 村、B 村、D 村、E 村)的公众最大年附加有效剂量在 0.01 mSv/a 左右, 对居民点(村庄)公众的影响较小。

## 5. 结论

通过对新疆某典型煤矿矿井排风口处氡浓度排放监测和环境影响模拟分析的结果可知: 该煤矿矿井析出的氡排放所致周围 20 km 范围内附加氡浓度的最大值出现在矿井排风井周围, 贡献值在  $0.05 \text{ Bq/m}^3$  左右, 远低于我国室外空气中平均氡浓度  $14.0 \text{ Bq/m}^3$ , 几乎对室外空气氡浓度没有贡献, 也不可能对矿区周围环境敏感点 - 居民点(村庄)的居室环境中氡浓度产生较大贡献。在矿井正常生产 1 年、10 年、60 年情况下, 煤矿析出的氡排放所致周围 20 km 范围内各子区公众年附加有效剂量最大值出现在矿井周围, 其值在 0.2 mSv/a 左右, 且该区域内无人员居住, 故对公众的影响可以忽略; 环境敏感度点处(A 村、B 村、D 村、E 村)的公众最大年附加剂量在 0.01 mSv/a 左右, 对居民点(村庄)公众的影响较小。由此可见该煤田矿井氡的排放对周围 20 km 范围内公众的影响较小, 在可接受的范围之内。



## 参考文献

- [1] 联合国原子辐射效应科学委员会. 电离辐射源与效应——联合国原子辐射效应科学委员 2000 年报告[R]. 太原: 山西科学教育出版社, 2002.
- [2] 李海亮, 李福生, 刘福东, 许家昂, 陈英民, 宋钢, 等. 山东省煤矿氡浓度水平调查与评价[J]. 辐射防护, 2010, 30(2): 117-121, 130.
- [3] 王教义, 赵清林, 王治国, 高树坤, 孙霖. 煤矿井下氡及其子体浓度调查与剂量估算[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2004, 24(2): 157-159.
- [4] 刘雨佳, 王承武. 新疆煤炭资源开发生态补偿模式新探索[J]. 生态经济, 2018(1): 208-213.
- [5] 陈凌, 潘自强, 刘森林, 杨明理, 肖德涛, 尚兵, 等. 中国地下煤矿<sup>222</sup>Rn 和 <sup>220</sup>Rn 水平的初步调查研究[J]. 辐射防护, 2006, 26(4): 193-201.
- [6] 刘福东, 尚兵, 王春红, 潘自强, 陈凌, 刘森林, 等. 河北省地下煤矿<sup>222</sup>Rn、<sup>220</sup>Rn 水平及  $\gamma$  剂量率的调查[J]. 中国辐射卫生, 2007, 26(1): 14-16.
- [7] 李冉, 杨忠, 魏涛, 张小乐. 贵州省部分煤矿氡浓度及放射性水平的研究[J]. 中国辐射卫生, 2007, 26(1): 22-24.
- [8] 冯光文. 新疆某煤制气矿井氡析出的辐射环境影响研究[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(4): 116-119.
- [9] 浙江省辐射环境监测站(生态环境部辐射环境监测技术中心). HJ/T 61-2021 辐射环境监测技术规范[S]. 北京: 中国环境出版集团有限公司, 2021.
- [10] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. GBZ/T 182-2006 室内氡及其衰变产物测量规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [11] 核工业标准化研究所. 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.
- [12] 国家环保总局环境工程评估中心. 大气预测软件系统 AERMOD 简要用户使用手册[M]. 北京: 国家环保总局环境工程评估中心, 2006: 2-3.
- [13] 孙娟, 连国玺, 柏学凯, 何占飞. AERMOD 模型在铀矿冶大气环境影响评价中的应用[J]. 铀矿冶, 2015, 34(1): 39-43.
- [14] 李孝军, 王国全, 冯光文, 谭凯旋. 新疆某地浸铀矿氡辐射剂量研究[J]. 核电子学与探测技术, 2015, 35(6): 543-547.
- [15] 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: 1-22.