

环境氡的来源与防治对策

章晔 程业勋 刘庆成 王南萍 侯胜利

摘 要 论述了环境氡的来源、危害,着重分析了室内氡的主要来源是地基岩石、土壤,分析了北京市区氡的地质背景和防氡与降氡的一些基本措施。

关键词 环境氡;放射性;来源;危害

SOURCES OF ENVIRONMENTAL RADON AND COUNTERMEASURES FOR ITS PREVENTION AND CONTROL

Zhang Ye, Cheng Yexun, Liu Qingcheng, Wang Nanping, Hou Shengli
(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract This paper deals with the sources and harmfulness of environmental radon, analyses the geological background of radon in the urban district of Beijing and some basic measures for preventing and reducing radon, and emphatically points out that indoor radon comes mainly from foundation rock and soil.

Key words environmental radon; radioactivity; source; harm

地质灾害是城市减灾的重要内容,人们非常关注地震、滑坡、泥石流等地质灾害,近10多年来,人们也开始关注地质环境引起的环境危害问题。氡是地壳岩石、土壤中放射性元素衰变产生的一种天然的放射性惰性气体,广泛存在于人们生活和工作环境中,由于氡的迁移活动性大,易被人吸入体内,氡及其子体放出的 α 粒子对肺及支气管作用,产生内照射辐射剂量,增大了肺癌产生的危险度;氡及其短寿命子体已成为仅次于香烟导致肺癌的第二大因素。据统计,美国每年有约11000人因吸入氡及其短寿命而得肺癌,我国也约有55000人。由于氡的危害较大,许多国家给予了高度重视,我国由卫生部和原地矿部联合成立了国家测氡领导小组,以组织、领导和推动全国的氡危害调查与防治工作,表明了我国政府十分重视在发展经济的过程中,保护环境,保护人民健康。

1 环境中氡的来源

自然界氡有3个同位素 ^{222}Rn , ^{220}Rn , ^{219}Rn ,通常所说的氡主要指 ^{222}Rn 。 ^{222}Rn 是天然放射性元素衰变系列铀系中的一个气体元素,半衰期为3.825 d,氡的母体元素为铀,铀衰变不断产生氡。自然界中铀的分布规律较复杂,在岩浆岩中,铀随 SiO_2 含量的增高而增大,沉积岩中铀的丰度取决于岩石的形成环境与岩石所含炭质、有机质、

磷质成分的多少；表生环境中，铀的地球化学性质活泼，易溶于水，随地下水迁移，氡也溶于水，氡与母体元素一道迁移，导致铀与氡的空间分布。由放射性元素衰变产生的氡释放到空气中的量是非常大的(表1)，土壤和地下水释放的氡最多。

表1 全球每年释放到大气中的氡

来 源	土 壤	海 水	植物和地下水	天然气	煤	建筑物	总 计
$\frac{{}^{222}\text{Rn 年析出率}}{\text{Bq/a}}$	7.5×10^{19}	9.0×10^{17}	$<2.0\times 10^{19}$	3×10^{14}	2×10^{13}	3×10^{16}	1×10^{20}

岩石、土壤中的氡浓度比空气中的高3个数量级，因此，室内空气中的氡主要来自房屋地基的岩石与土壤，其次是来自建筑材料，几种氡源对室内氡浓度的影响程度见表2。

表2 室内空气中不同来源氡的进入速度及其浓度(不包括极值)

源	比进入速率/ $\text{Bq}\cdot \text{m}^{-3}\cdot \text{h}^{-1}$		室内浓度/ $\text{Bq}\cdot \text{m}^{-3}$	
	估计平均值	变化范围	估计平均值	变化范围
砖或混凝土房屋	2~20	1~50	3~30	0.7~100
木造房屋	<1	0.05~1	≤ 1	0.03~2
土 壤	1~40	0.5~200	2~60	0.5~500
室外空气	2~5	0.3~15	3~7	1~10
其他源	≤ 0.1	0.01~10	≤ 0.1	0.01~10
所有源	6~60	2~200	10~1000	2~500

岩石、土壤中的氡主要通过扩散与对流方式向空气中迁移，在断裂与构造发育区，即岩石、土壤中铀含量不高，由于氡有良好的运移通道，细小的氡流可以汇集，导致在这些地带的土壤、对应的空气及其建造在该地带上的建筑物的室内空气中的氡浓度相对偏高，人们大部分时间是生活在室内，更应关注室内氡的危害。综合室内空气氡的几种主要来源的影响后，室内氡浓度变化规律可以用下式描述：

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{\delta S}{V} + \lambda C_0 + \frac{A}{V} - C(t)(\lambda + \lambda v)$$

式中，C(t)为t时刻的室内氡浓度；t为时间； δ 为墙面建材的氡析出率；S为室内表面积；V为室内空间体积；A为岩石、土壤、自来水等贡献的氡； C_0 为室外空气中氡浓度； λ 为氡衰变常数；v为室内空气的换气率。

上式从理论上描述了室内氡浓度的变化，由于公式中的一些参数比较难确定，运用上述理论公式准确预测室内氡浓度仍有一定难度。

除上述的岩石、土壤是环境空气中氡的主要来源外，燃煤也是重要来源，我国是一个燃煤大国，而且大都集中在城市地区。煤中含有一定的放射性元素铀，个别产地的煤和一些地质层位中的煤放射性元素铀含量很高，煤燃烧后的煤渣、飞灰相对煤而

言体积减小了，但铀则被浓缩，其铀含量大大提高了，这些煤渣与飞灰的堆放地也就成了永久性氡源；地热的开发节省了大量能源，但地下热水中往往氡含量较高，如北京地下热水中平均氡浓度为17.02~159.84 Bq/L，若利用方式不当，会对人造成不必要的额外辐射。北京、天津地下热水开采利用较多，单井热水日开采一般为几百至几千立方米，每天释放的氡量也很可观。北京某地热井日出水量为1700 m³，氡浓度为159.1 Bq/L，若释放率为1%，则每天释放到空气中的氡也高达 2.7×10^6 Bq/L，所以利用地热水的浴室若没有良好的通风条件等降氡措施，室内氡浓度会很高。

2 北京市环境氡的地质特点

上述内容表明环境中的氡主要来自地质环境中的岩石、土壤，从地质背景出发研究环境氡的分布规律，指导氡危害的治理，具有十分重要的意义。北京市特定的地质背景，从整体上决定了该市氡浓度的分布特征。北京市区位于北京凹陷内，北西为黄庄—高丽营断裂带，南东侧为南苑—通县断裂带，市区另有北东向崇文门—呼家楼、良乡—前门断裂带，这些断裂带的存在为岩石、土壤中的氡向空气中运移提供了良好的通道。北京市减灾协会主持的“北京市环境氡危害评价”项目，在北京市一些重点地区开展了氡浓度水平调查，初步成果表明：沿崇文门—呼家楼断裂带，建筑物室内氡浓度水平虽大多未超标，但仍偏高，明显高于北京其他地方的建筑物室内氡水平。该断裂带也是北京市区唯一有地下热水的断裂带，地下热水中氡浓度很高，使用地热水的浴室平均氡浓度就高达200 Bq/m³；地铁由于有很厚的钢筋水泥墙，加之通风好，氡浓度不高；一些溶洞(如石花洞、银狐洞等)中氡浓度都超过1000 Bq/m³，由于游客是短时间停留在洞中，对人的危害不大。

3 氡防治对策

几十年前，人们在矿山就发现了氡的危害，生活环境中氡的危害引起人们重视仅是近20多年的事，城市居民了解氡危害的人极少，所以减少氡危害的首要事情就是要增大宣传力度，使群众提高这方面的保护意识，让更多的人积极参与防治氡的危害。可从以下几个方面开展防氡与降氡工作。

第一，在城市规划和建筑选址时应注意避开高氡地质背景区，如构造带和放射性元素含量高的地段；不可避免时，应加强地基处理和室内通风，减少地基土壤氡对室内的影响。

第二，加强室内通风。室内通风是室内降氡的主要方法之一，室内通风方式有自然通风和人工通风(如排风扇、空调等)，作者做了几种通风方法降氡效果的实验，结果证明自然通风的效果最好。

第三，采用装有降氡装置的室内空气交换器，在空气交换过程中，将空气中的氡子体过滤掉。目前，这种空气交换器市场有售。

第四，建材在使用前最好能先检测，不要使用放射性元素含量高的建筑材料；房屋结构最好能在地基与一层地板之间留有一定空间，使地基土壤释放的氡能被大气稀释，同时要密封地面裂缝和地下管道与一层地板的接缝处，减少地下氡向室内的运移。

作者简介：章晔，男，1934年6月生，浙江湖州人。1958年于北京地质学院物探专业研究生毕业。现任中国地质大学(北京)教授、博士生导师；兼任北京减灾

协会理事、国家发明奖国家科技进步奖奖励委员会评审委员；1980～1988年任中国地球物理学会理事。代表性著作有放射性方法勘查、X射线荧光探矿技术；国内外刊物发表论文102篇。被录入英国剑桥、美国传记研究院和中、日、韩交流高级人材《国际名人录》。

作者单位：中国地质大学，北京 100083

4 参考文献

- [1]程业勋，章晔，刘庆成.居室氡的影响因素及分布特点.物探与化探，1995，19(1)
- [2]刘庆成，陈昌礼，周瑞.青岛市环境氡调查.华东地质学院学报，1996，19(1)
- [3]高米力编.放射性与环境.北京：中国环境科学出版社，1989
- [4]章晔，华荣洲，石柏慎.放射性方法勘查.北京：原子能出版社，1990

1999年1月4日收稿。