

王贇,马杰,窦志娟,等.宁夏银川地表 γ 辐射空气吸收剂量率分析及评价[J].世界核地质科学,2025,42(3):668-675. doi:10.3969/j.issn.1672-0636.2025.03.017

WANG Dan, MA Jie, DOU Zhijuan, et al. Analysis and evaluation of airborne absorbed dose rate from terrestrial gamma radiation in Yinchuan, Ningxia[J]. World Nuclear Geoscience, 2025, 42(3): 668-675 (in Chinese)

宁夏银川地表 γ 辐射空气吸收剂量率分析及评价

王贇,马杰,窦志娟,李佐有,李园

宁夏回族自治区核地质调查院, 宁夏 银川 750021

摘要 了解银川市内地表 γ 辐射空气吸收剂量率水平现状,掌握地表 γ 辐射分布规律,评价居民外照射受照水平,逐步建立完善全市环境辐射本底数据库,为保障公众身体健康安全和城市建设发展提供技术支撑,为政府决策提供依据。采用网格法均匀布设测点开展银川地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量,总结银川不同行政区划、不同环境条件、不同土壤及材料的 γ 辐射剂量率水平,估算居民所受照射的有效剂量。调查结果表明:银川地表 γ 辐射空气吸收剂量率(扣除宇宙射线响应后)平均 $48.67 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,与宁夏全区水平接近,低于全国水平。所造成的公众年照射有效剂量为 0.30 mSv ,低于中国陆地辐射人均年剂量(0.46 mSv),亦低于宁夏全区室外 γ 辐射剂量(0.55 mSv)。

关键词 银川市; γ 辐射空气吸收剂量率水平; 年有效剂量

中图分类号 TL79 文献标志码 A 文章编号 1672-0636 (2025) 03-0668-08

Analysis and evaluation of airborne absorbed dose rate from terrestrial gamma radiation in Yinchuan, Ningxia

WANG Dan, MA Jie, DOU Zhijuan, LI Zuoyou, LI Yuan

Ningxia Nuclear Industry Geological Exploration Institute, Yinchuan 750001, China

Abstract: In order to understand the current situation of the air absorption dose rate level from terrestrial γ -radiation in Yinchuan, master the distribution pattern of surface γ -radiation, evaluate the external exposure level of residents, gradually establish and improve the environmental radiation background database of the whole city of Yinchuan, Ningxia, and provide technical support for ensuring the health and safety of the public and the development of urban construction, and provide a basis for government decision-making. Evenly measuring grid method was used to cover the measurement area of the air absorption dose rate of surface γ -radiation in Yinchuan city. The dose rate levels of different administrative regions, different environmental conditions, different soils and materials in Yinchuan city were collected and summarized, the effective dose received by residents was estimated. The survey results indicate that the average terrestrial gamma radiation absorbed dose rate in Yinchuan (after deducting cosmic ray contributions) is $48.67 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$, primarily attributed to ^{40}K . This value closely aligns with the regional average in Ningxia Hui Autonomous

基金项目: 宁夏自然科学基金项目(编号: 2021AAC03475)资助

收稿日期: 2025-02-12 改回日期: 2025-03-25

第一作者: 王贇,男,1989年生,高级工程师,主要从事铀矿地质勘查、辐射环境研究等工作。E-mail: wangdan19890108@163.com

Supported by Natural Science Foundation of Ningxia Hui Autonomous Region(No.2021AAC03475)

Received date: 2025-02-12 revised date: 2025-03-25

First author: WANG Dan, male, born in 1989, senior engineer, focusing on uranium geological exploration and radiation environment research. E-mail: wangdan19890108@163.com

Region but is significantly lower than the national average. The resultant annual effective dose to the public is calculated as 0.30 mSv, which is lower than both the per capita annual dose from terrestrial radiation in China (0.46 mSv) and the outdoor gamma radiation dose in Ningxia (0.55 mSv).

Keywords: Yinchuan; level of air absorption dose rate of γ -radiation; annual effective dose

天然放射性物质(如 ^{238}U 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 等)广泛存在于人们赖以生存的自然环境中,人类时刻都在接受这些天然辐射源的照射。公众所受到外照射年有效剂量最大的贡献来源于地表岩石、土壤、空气和水中放射性核素所产生的 γ 辐射。已有资料显示,宁夏地区环境 γ 辐射本底调查可追溯至1983—1990年原国家环境保护局实施的全国性环境天然贯穿辐射水平调查工作^[1],后续学者通过研究进一步补充了基础数据^[2],然而既有成果仍存在一定的局限性,如:1)以往调查对象为宁夏全区范围,银川市仅作为抽样调查点之一,未开展独立系统研究;2)以往调查为区域性大范围调查,网格布点为25 km \times 25 km,且数据已无法反映当前辐射水平。因此,本次在银川全市范围内以高密度网格精细化开展地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量,旨在较系统、科学地掌握银川市内环境 γ 辐射现状,评价居民外照射受照水平,逐步建立完善全市环境辐射本底数据库,为保障公众辐射健康安全和城市建设发展提供技术支撑。

银川是宁夏回族自治区首府,是全区军事、政治、经济、文化、科研、交通和金融中心,也是全区主要的人口密集区域,其位于宁夏平原中部,东居鄂尔多斯盆地西缘,西依贺兰山,黄河从市境穿过。地形地貌多样,西部、南部地势较高,北部、东部地势较低,自西向东为贺兰山地、洪积扇前倾斜平原、冲积湖沼平原、河谷平原和河漫滩地等。西部贺兰山山势巍峨挺拔,高差较大,山高谷深,坡度甚陡,呈北偏东走向。中部为银川断陷盆地,受东侧黄河断裂、西侧贺兰山东麓断裂带、南部牛首山北缘断裂所控制,海拔多介于1 100~1 200 m之间,为第四系分布,土层深厚,地势平坦。区内黄河南北贯穿,引黄灌溉历史悠久,形成纵横交错的沟渠网络,大小湖泊遍布,水系较为发育。全市土壤从西向东随着海拔高度的下降,土壤类型也随之由地带性土壤向区域性土壤在分

布上有规律变化,最主要为灰钙土、草甸土及灌淤土^[3]。

1 仪器与方法

1.1 地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量

1.1.1 测量仪器

地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量采用上海申核仪器厂生产的环境监测用FD-3013H型 γ 辐射空气吸收剂量率仪,仪器探测器为NaI(Tl)晶体,灵敏度大于350 cps $\cdot\mu\text{Gy}^{-1}$,能量响应:0.05~3.0 MeV,测量范围:0.01~200 nGy $\cdot\text{h}^{-1}$ 。所有仪器使用前均在石家庄核工业航测遥感中心进行检定。每日测量工作前后,仪器都在稳定辐射场,相同条件下进行检验,以保证仪器的稳定性。

1.1.2 测量方法

采用网格法均匀布设测点,测量网度为0.5 km \times 0.5 km,基本密度为每平方公里4个点。使用GPS导航确定测点位置,直接测出点位上空1 m处的 γ 辐射空气吸收剂量率值。测量时以约10 s间隔读取10个数据并进行记录,取平均值作为该点空气吸收剂量率值。在城市中的道路、草坪和广场测量时,测点距离附近高大建筑物的距离大于30 m。执行或参考《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》^[4]、《辐射环境监测技术规范》^[5]。

1.2 土壤放射性核素分析

1.2.1 采样方法

土壤中放射性核素比活度分析样品选择具有代表性的地段进行采样,依据地表 γ 空气吸收剂量率测量结果,按照不同行政区域、不同土壤类型和不同环境地貌进行分类并确定采样点位。采样方法依据《辐射环境监测技术规范》^[5]要求,采用梅花采样法,采取垂直深10 cm的去除草根、石块的表层土2~3 kg,密封保存。

1.2.2 分析方法及仪器

将采集的样品送至宁夏回族自治区地质

矿产中心实验室进行分析化验,实验设备采用北京地大地质科技公司生产的ZDD3902型低本底多道 γ 能谱仪直接测定土壤中样品核素的 γ 射线能谱。

2 调查结果

2.1 基本情况

本次对银川兴庆区、金凤区、西夏区、贺兰县和永宁县进行地表 γ 辐射空气吸收剂量率调

查,取得12 210个数据。测量所使用的6台仪器均在金凤区阅海湖湖心(湖深 >3 m,距岸 >1 km)进行宇宙射线测量,响应值平均 2.27 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。测量结果在扣除了宇宙射线响应值后建立数据库,采用SPSS软件进行统计分析,结果表明:银川市地表 γ 辐射空气吸收剂量率数据基本服从正态分布(图1),最低 16.40 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,最高 83.70 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,一般介于 $30.00\sim 60.00$ $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间,算术平均值 48.67 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,标准偏差 13.28 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

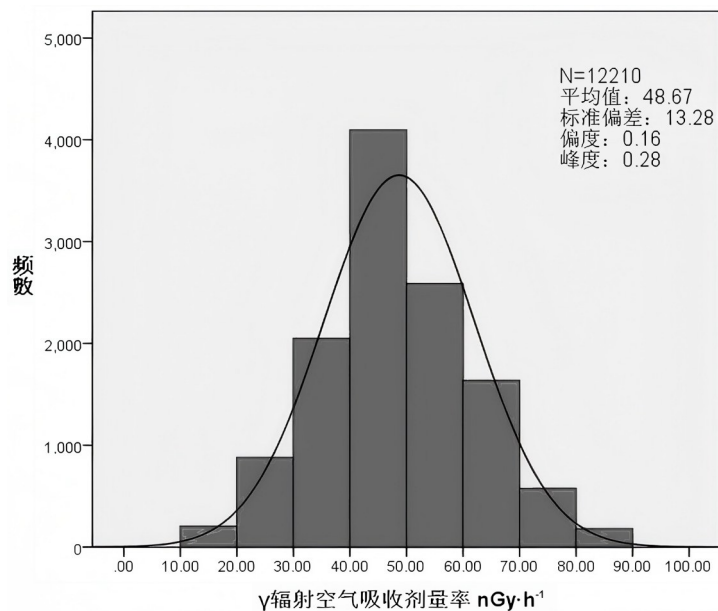


图1 银川市环境地表 γ 空气吸收剂量率数据分布频率图

Fig. 1 Distribution frequency histogram of absorbed ground gamma dose rate in Yinchuan

2.2 银川地表 γ 辐射剂量率总体分布特征

根据成果数据绘制地表 γ 辐射空气吸收剂量率等值图,由图2可见,整体上银川市地表 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常天然本底水平且分布均匀,多介于 $30.00\sim 60.00$ $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间。调查区西北部自贺兰山东麓镇北堡至金山地区相对偏高,一般介于 $50.00\sim 80.00$ $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间,该区域为贺兰山山前冲洪积地区,冲洪积物砂砾石及含砾砂土含有相对较高的放射性核素;在中-南部、东部银川林场、兴泾镇、三沙源及滨河新区等地区相对较低,一般介于 $20.00\sim 40.00$ $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间,该区域土壤类型多为沙土,放射性核素含量相对较低;北部地区分布规律不明显,一般介于 $30.00\sim 60.00$ $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间,该区域为大面积耕地,以改良后的黏土及壤土为主。在金凤区、兴庆区及贺兰县城市建筑密集地区,由于建筑

材料及人类活动的影响,也表现出相对偏高的情况。

2.3 银川各区县地表 γ 辐射空气吸收剂量率水平

各区县之间 γ 辐射空气吸收剂量率水平较为接近(表2),兴庆区地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均值 45.30 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,金凤区地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均值 45.10 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,西夏区地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均值 50.30 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,永宁县地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均值 46.80 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,贺兰县地表 γ 辐射空气吸收剂量率平均值 51.90 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。表现出贺兰县 $>$ 西夏区 $>$ 永宁县 $>$ 兴庆区 $>$ 金凤区。其中西夏区、贺兰县略高于其他区县,是因为西夏区及贺兰县西部为贺兰山地,山地岩石及山前冲洪积物相对平原地区放射性物质的含量也相对较高。

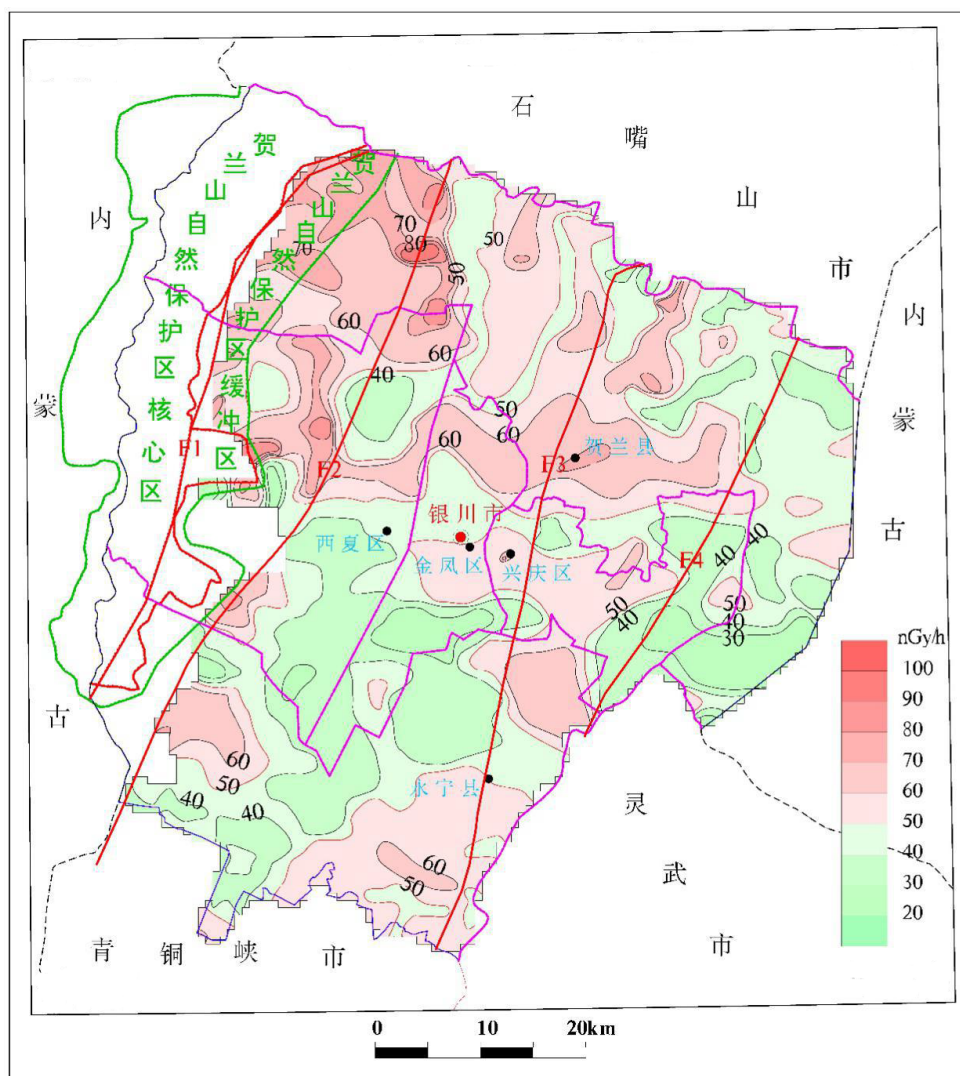


图2 银川地表 γ 辐射空气吸收剂量率等值线图

Fig. 2 Contour map of environmental surface radiation dose rate in Yinchuan

表2 银川各区县地表 γ 辐射空气吸收剂量率统计表

Table 2 Terrestrial absorbed dose rate survey in different districts of Yinchuan

测区	测点数/个	最大值/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	最小值/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	平均值/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	标准偏差/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)
兴庆区	1 071	117.00	9.00	45.30	12.43
金凤区	1 036	90.00	9.00	45.10	13.80
西夏区	2 095	144.00	18.00	50.30	15.60
贺兰县	4 805	120.90	18.00	51.90	14.70
永宁县	3 323	90.20	9.00	46.80	11.60

2.4 不同环境中地表 γ 辐射空气吸收剂量率水平

对不同环境的 γ 辐射空气吸收剂量率水平统计结果(表3)表明:不同环境中的 γ 辐射空气吸收剂量率水平差距较小,一般介于 $40.00\sim 50.00\text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间。分布规律表现为大棚>村

庄>荒滩>农田>林地>草地>城区>工矿区>草地>路面。其中农业大棚虽然测点较少,但由于其封闭环境和墙体建筑材料的影响,表现出相对较高的测量结果,平均 $55.00\text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。道路路面材料多以沥青及水泥混凝土为主, γ 辐射空气吸收剂量率值也相对较低,平均

表 3 不同环境中地表 γ 辐射空气吸收剂量率统计结果表

Table 3 Statistical results of air absorbed surface gamma radiation dose rates in different environments

测量对象	测点数/个	范围/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	平均值/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	标准偏差/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)
农田	4 846	18.00~110.40	50.30	13.63
林地	2 281	9.00~102.30	47.50	13.01
荒滩	2 145	18.00~102.30	51.70	15.48
草地	1 217	9.00~92.00	45.50	11.70
城区	482	9.00~90.00	46.70	14.65
村庄	195	18.00~92.00	52.20	15.81
工矿区	174	9.00~102.30	45.90	14.94
路面	777	9.00~101.20	44.40	14.65
农业大棚	209	27.00~83.70	55.00	12.21

注：路面主要为原野、农田间的交通道路数据（不统计城镇路面数据）

44.40 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。其他环境的 γ 辐射空气吸收剂量率水平变化范围接近。

2.5 不同土壤及材料的 γ 辐射空气吸收剂量率水平

对不同土壤类型 γ 辐射空气吸收剂量率统计结果(表 4)显示:砂砾石 γ 辐射空气吸收剂量率最高,平均值 86.60 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,离散性也最大,主要分布于贺兰山区域;砂土主要分布于贺兰山东麓至西干渠之间, γ 辐射空气剂量率平均值为 51.80 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$;黏土主要分布于东部平原地区, γ 辐射空气剂量率平均值为 57.00 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$;

壤土主要分布于西干渠至黄河之间, γ 剂量率平均值为 52.30 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$;沙土 γ 辐射空气吸收剂量率最低,平均值为 40.90 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

对不同材料 γ 辐射空气吸收剂量率统计结果(表 4)显示,建筑垃圾的 γ 辐射空气吸收剂量率最高,平均 75.80 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$;其次为石材,平均 60.25 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$,沥青 γ 辐射空气吸收剂量率最低,平均 36.50 $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

整体上土壤及人工材料分布规律为:砂砾石 > 建筑垃圾 > 石材 > 黏土 > 砂土 > 壤土 > 混凝土 > 沙土 > 沥青。

表 4 不同土壤及材料的 γ 辐射空气吸收剂量率统计结果表

Table 4 Statistical results of air absorbed gamma radiation dose rates of different soil and materials

测量对象	测点数/个	测值范围/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	平均值/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	标准偏差/ ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)
砂土	3 734	9.00~102.30	51.80	14.11
沙土	1 505	9.00~92.00	40.90	11.91
壤土	4 398	9.00~110.40	51.30	13.11
黏土	1 805	9.00~109.00	57.00	12.00
砂砾石	9	55.80~120.90	86.60	21.79
混凝土	595	9.00~101.20	44.10	10.97
沥青	236	9.00~92.00	36.50	12.83
石材	37	27.00~117.00	60.30	20.56
建筑垃圾	8	49.20~144.00	75.80	32.02

注：石材为天然岩石材料，主要为建筑外墙、地砖等使用的大理石、花岗岩等

2.6 土壤放射性核素比活度水平

为更好的研究 γ 辐射来源,对银川市土壤中放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 和 ^{226}Ra 比活度进行分析化验,结果表明(表 5): ^{238}U 比活度最高 49.20 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,最低 14.50 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均 32.10 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,多介于 20.0~40.0 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,

占总数据的 74.5%。 ^{232}Th 比活度最高 41.60 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,最低 1.20 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均 25.80 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,多介于 20.0~40.0 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,占总数据的 59.3%; ^{40}K 比活度最高 674.90 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,最低 233.40 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,平均 474.00 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,多介于 400.0~550.0 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,占总数据的

65.4 %; ^{226}Ra 比活度最高 $46.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 最低 $13.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均 $29.60 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

等效镭浓度是用于评价含有放射性核素(U、Th 和 K)材料的危险指数, 其依据是 $370 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的 ^{226}Ra 或 $259 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的 ^{232}Th 或 $4\ 810 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的 ^{40}K 可以产生同样 γ 辐射剂量率^[6]。因为土壤中的放射性核素 ^{40}K 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 和 ^{226}Ra 分布的非均衡性, 为更好地比较不同土壤所产生 γ 辐射剂量率的高低, 本次引入等效镭浓度的概念^[7]来评价不同土壤所致 γ 辐射水平, 将不同土壤中的 ^{40}K 、 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 放射性核素比活度按下式换算成等

效镭浓度。

$$\text{Ra}_{\text{eq}} = C_{\text{Ra}} + 1.43 C_{\text{Th}} + 0.07 C_{\text{K}}$$

式中: Ra_{eq} —换算后镭的等效浓度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; C_{Ra} —镭的放射性比活度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; C_{K} —钾的放射性比活度 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; C_{Th} —钍的放射性比活度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

换算结果表明, 银川市土壤中放射性核素等效镭浓度平均 $99.70 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。其中黏土 Ra_{eq} 为 $116.70 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 沙土 Ra_{eq} 为 $86.90 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 砂土 Ra_{eq} 为 $103.9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 壤土 Ra_{eq} 为 $100.70 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, 表现出黏土 > 砂土 > 壤土 > 沙土的规律。

表5 土壤中放射性核素 U、Ra、Th 和 K 比活度分析化验结果表

Table 5 Analysis and test results of radionuclide U, Ra, Th, K in soil

土壤类型	样品数	^{238}U / ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)		^{232}Th / ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)		^{40}K / ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)		^{226}Ra / ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)		Ra_{eq} / ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)
		范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	
黏土	35	23.2~47.6	37.50	2.9~41.6	31.00	417.3~619.9	535.50	20.9~44.5	34.90	116.70
沙土	34	14.5~39.1	26.40	1.2~37.3	23.00	233.4~635.8	423.80	13.4~36.6	24.40	86.90
砂土	10	26.5~34.1	30.60	6.4~34.6	27.30	364.8~674.9	521.90	24.1~31.2	28.30	103.90
壤土	23	24.1~49.2	34.80	1.7~41.4	24.70	285.2~580.5	472.10	22.1~46.2	32.30	100.70
全区	102	14.5~29.2	32.10	1.2~41.6	25.80	233.4~674.9	474.00	13.4~46.2	29.60	99.70

3 讨论

3.1 土壤放射性核素对 γ 辐射剂量率的贡献

根据国际原子能机构(IAEA)安全导则 RS-G-1.7^[8]和联合国原子辐射效应科学委员会^[9]的推荐, 在达到放射性平衡的条件下, 理论上可以将铀(U)、钍(Th)和钾(K)的放射性比活度转换为 γ 辐射剂量率, 其转换公式如下:

$$\text{剂量率} = A_{\text{U}} \times 0.462 + A_{\text{Th}} \times 0.604 + A_{\text{K}} \times 0.0417$$

式中: A_{U} —铀放射性比活度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; A_{Th} —钍放射性比活度, $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; A_{K} —钾的放射性比活度

$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$; 0.462、0.604 和 0.041 7 分别对应铀、钍和钾的换算系数。

本次假定银川市土壤放射性核素达到平衡状态, 通过公式计算各土壤类型的理论 γ 辐射剂量率, 并与实测 γ 辐射剂量率进行对比(表6)分析。结果表明: 理论计算值与实测值高度吻合(偏差 < 7%), 黏土放射性核素比活度最高, 实测 γ 辐射剂量率亦最高; 沙土放射性核素比活度最低, 对应 γ 辐射剂量率也最低。说明土壤中天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 和 ^{40}K 是 γ 辐射的主要贡献来源, 其中 ^{40}K 贡献最高。

表6 γ 辐射剂量率理论换算值与实测值对比表

Table 6 Contrast of theoretical conversion vs. measured γ radiation dose rate

土壤类型	样品数/ 个	理论换算值/($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)				实测平均值/($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$)	偏差/%
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K	总和		
黏土	35	17.33	18.72	22.33	58.38	57.00	+2.4
沙土	34	12.20	13.89	17.67	43.76	40.90	+7.0
砂土	10	14.14	16.51	21.76	52.41	51.80	+1.2
壤土	23	16.07	14.92	19.68	50.67	52.30	-3.1

3.2 银川市地表 γ 辐射空气吸收剂量率水平

中华人民共和国生态环境部^[10]出版的资料显示,扣除宇宙射线响应值,2021年全国环境 γ 辐射剂量率自动监测年均值范围介于49.3~195.2 nGy·h⁻¹之间,宁夏自动监测站年均值范围介于87.2~92.4 nGy·h⁻¹之间。本次调查银川市地表 γ 辐射空气吸收剂量率范围介于16.4~83.7 nGy·h⁻¹之间,平均值48.67 nGy·h⁻¹,低于全国水平,与宁夏全区监测水平接近。

3.3 居民有效剂量估算

地表 γ 辐射照射对居民产生的有效剂量当量采用下式进行估算:

$$H_e = D_\gamma \times K \times t$$

式中: H_e —有效剂量当量,Sv; D_γ —地表 γ 辐射空气吸收剂量率,Gy·h⁻¹;K—有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值,采用0.70 Sv·Gy⁻¹;t—环境中停留时间,一年为8760 h。

估算结果表明银川市公众因地表 γ 辐射所致年有效剂量当量介于0.10~0.51 mSv之间,平均0.30 mSv。

4 结 论

银川市地表 γ 辐射空气吸收剂量率水平与宁夏全区水平接近,远低于全国水平,不同行政区划、不同地物环境下 γ 辐射剂量率水平接近, γ 辐射(扣除宇宙射线响应值)主要来源于土壤天然放射性核素,以⁴⁰K贡献最大。环境地表 γ 辐射所致公众照射剂量0.30 mSv,低于UNSCEAR(2000)报告给出的来自于陆地辐射产生的中国公众人均年照射有效剂量0.46 mSv,也低于全国环境天然放射性水平调查(1983—1990年)结果中宁夏全区室外天然 γ 辐射所致公众人均年照射有效剂量0.55 mSv。

参考文献

- 1 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组. 全国环境天然贯穿辐射水平调查研究(1983—1990年)[J]. 辐射防护, 1992, 12(2): 96-121.
The writing group of the summary report on nationwide survey of environmental radioactivity level in China. Survey of environment (1983—1990)[J]. Radiation Protection, 1992, 12(2): 96-121 (in Chinese).
- 2 靖玉佩,王力,田毅,等.宁夏回族自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究[J].辐射防护,1995,15(3):211-217.
JIN Yupei, WANG Li, TIAN Yi, et al. Investigation of environmental natural penetrating radiation level in the Ningxia Hui Autonomous Region [J]. Radiation Protection, 1995, 15(3): 211-217 (in Chinese).
- 3 中国区域地质志——宁夏志[M].北京:地质出版社,2017.
Regional geological records of China: Ningxia records [M]. Beijing: Geology Publishing House, 2017.
- 4 中华人民共和国生态环境部.环境 γ 辐射剂量率测量技术规范:HJ 1157—2021[S].北京:中国环境科学出版社,2021.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China: Technical Specification for measurement of environmental gamma radiation dose rate: HJ 1157—2021 [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2021.
- 5 中华人民共和国生态环境部.辐射环境监测技术规范:HJ 61—2021[S].北京:中国环境科学出版社,2021.
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Technical specifications for radiation environmental monitoring: HJ 61—2021 [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2021.
- 6 BERETKA J, MATHEW P J. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products[J]. Health Physics, 1985, 48(1): 87-95.
- 7 曲丽梅.青岛市区辐射环境质量评价研究[D].青岛:中国科学院海洋研究所,2006.
QU Limei. Study and assessment of radiation environmental quality in Qingdao urban area [D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2006 (in Chinese).
- 8 International Atomic Energy Agency. IAEA Safety Guide RS-G-1.7: Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance[R]. Vienna: IAEA, 2000.
- 9 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Annex B—Exposures from natural radiation sources. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly[R]. Volume I. United Nations, 2000.
- 10 中华人民共和国生态环境部.2021年全国辐射环境质量报告[R].北京:中华人民共和国生态环境部. Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China. 2021 Annual Report of the national

- radiation environment[R].Beijing:Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2022.
- 11 王其亮.中国的天然 γ 辐射剂量率水平[J].中华放射医学与防护杂志,2000,20(5):358-362.
WANG Qiliang. Natural radiation dose rate level in China[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2000, 20(5): 358-362 (in Chinese).
- 12 薛蓉, 咎雨吟, 赵斌, 等. 广元市地表伽玛辐射剂量率水平分析[J]. 职业卫生与病防治, 2019, 34(2): 80-83.
XUE Rong, ZAN Yuyin, ZHAO Bin, et al. Analysis of surface gamma radiation dose levels in Guangyuan city [J]. Occupational Health and Damage, 2019, 34(2): 80-83 (in Chinese).
- 13 王欣欣, 于美香等, 王桂花. 山东省 2018 年 γ 辐射剂量率测量比对结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(3): 303-306.
WANG Xinxin, YU Meixiang, WANG Guihua, et al. Analysis of comparison results of γ -radiation dose rate measurement in Shandong province in 2018 [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2019, 28(3): 303-306 (in Chinese).
- 14 陈秋遐, 喻亦林. 云南环境 γ 辐射剂量率测量与分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(3): 333-336.
CHEN Qiuxia, YU Yilin. Measurement and analysis of environmental gamma-radiation dose rate for Yunnan province[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2019, 28(3): 333-336 (in Chinese).
- 15 祁寒梅, 谭刚, 米斌, 等. 绵阳市地表 γ 辐射剂量率调查与分析[J]. 环境与发展, 2019(8): 141-144.
QI Hanmei, TAN Gang, MI Bin, et al. Investigation and analysis of surface gamma dose rate in Mianyang city [J]. Environment and Development, 2019(8): 141-144 (in Chinese).
- 16 赵希刚, 娄汉生, 喻腾, 等. 利用地面 γ 能谱测量评价钼矿区的放射性环境[J]. 世界核地质科学, 2013, 30(1): 34-60.
ZHAO Xigang, LOU Hansheng, YU Teng, et al. Using gamma ray spectral survey to evaluate environmental radioactivity of molybdenum deposit[J]. World Nuclear Geoscience, 2013, 30(1): 34-60 (in Chinese).
- 17 毛彦明, 李冠超, 阙泽胜, 等. 广东省某地重点矿山天然放射性环境调查与监测[J]. 世界核地质科学, 2022, 39(3): 614-622.
MAO Yanming, LI Guanchao, QUE Zesheng, et al. Investigation and monitoring of natural radioactive environment in key mines of an area in Guangdong province[J]. World Nuclear Geoscience, 2022, 39(3): 614-622 (in Chinese).