

doi: 10.11720/wtyht.2018.0004

毕征峰.五莲县中东部地区放射性环境地质调查[J].物探与化探,2018,42(4):833-838.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0004

Bi Z F.The investigation of natural radiation environmental geology of middle east Wulian County[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2018,42(4):833-838.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0004

五莲县中东部地区放射性环境地质调查

毕 征 峰

(山东省第四地质矿产勘查院,山东 潍坊 261021)

摘 要:通过对五莲县中东部地区的天然放射性环境地质调查,分析了该区环境的放射性特征、分布规律及其影响因素。结果表明:调查区内天然放射性本底中, γ 辐射剂量率背景值为 80.0nGy/h,公众照射所致居民平均年有效剂量为 0.46mSv。天然辐射高本底区域主要表现为岩石(土壤) γ 剂量率和 ^{232}Th 核素含量异常特征,主要岩性为二长花岗岩和含黑云二长花岗质片麻岩。调查区内供水水源、河流及民用水井中水体的放射性核素浓度值均较低,水源安全。

关键词:五莲县;天然放射性;土壤放射性核素;氡气测量; γ 辐射剂量率

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2018)04-0833-06

0 引言

安全的地质环境是人类赖以生存和发展的空间,而天然放射性地质环境是人类生存环境的重要组成部分。随着人类对天然辐射认识水平的提高和放射性环境保护意识的深入,天然放射性水平评价已成为人居环境评价的重要内容之一。

我国许多城市和地区已经或正在开展环境放射性污染水平调查^[1],五莲县中东部地区存在天然放射性异常,对人类生存环境有重要影响,天然放射性环境地质调查的开展势在必行。笔者通过对五莲县中东部地区的天然放射性环境地质调查,确定了天然放射性元素种类、天然放射性剂量强度及分布状况,并对该地区天然放射性元素对人类生存环境的影响进行了评价,为政府决策、规划提供了依据。

1 地理概况

调查区位于山东省日照市五莲县中东部地区,隶属五莲县管辖,地理极值坐标为 119°09'00"~119°24'00",35°40'00"~35°51'00",面积 410 km²,所在

1:5 万图幅为枳沟幅、五莲县幅、户部岭幅、诸城县幅 4 幅。

2 地质概况

调查区大地构造位置属于华北板块和秦岭—大别—苏鲁造山带(Ⅰ)之胶辽隆起区和胶南—威海隆起区(Ⅱ),三级构造单元为胶莱盆地和胶南隆起西北部(Ⅲ)(图 1)。区内地层主要发育中元古界五莲群,白垩系莱阳群、青山群,局部可见少量的第四系松散堆积物。调查区褶皱、断裂构造均较发育,褶皱构造主要有丁家庄—大珠子背斜和南窑沟向斜;断裂构造以脆性断裂为主,主要有 NNE 向及近 SN 向、NE 向及近 EW 向、NW 向断裂。侵入岩发育,主要有新元古代梭罗树序列、荣成序列、月季山序列,中生代埠柳序列、伟德山序列、崂山序列。

3 区域天然放射性异常特征

据日照市放射性测量研究程度图及区域 1:20 万日照幅资料,五莲群 γ 强度变化于 9~12 γ ,蚀变较强,脉岩较为发育,能引起较高的放射性异常。

收稿日期:2018-01-02;修回日期:2018-03-08

基金项目:日照市国土资源局财政项目(201603 号)

作者简介:毕征峰(1986-),男,2014 年毕业于山东科技大学,获硕士学位,工程师,现主要从事物化探勘查工作。Email:315346337@qq.com

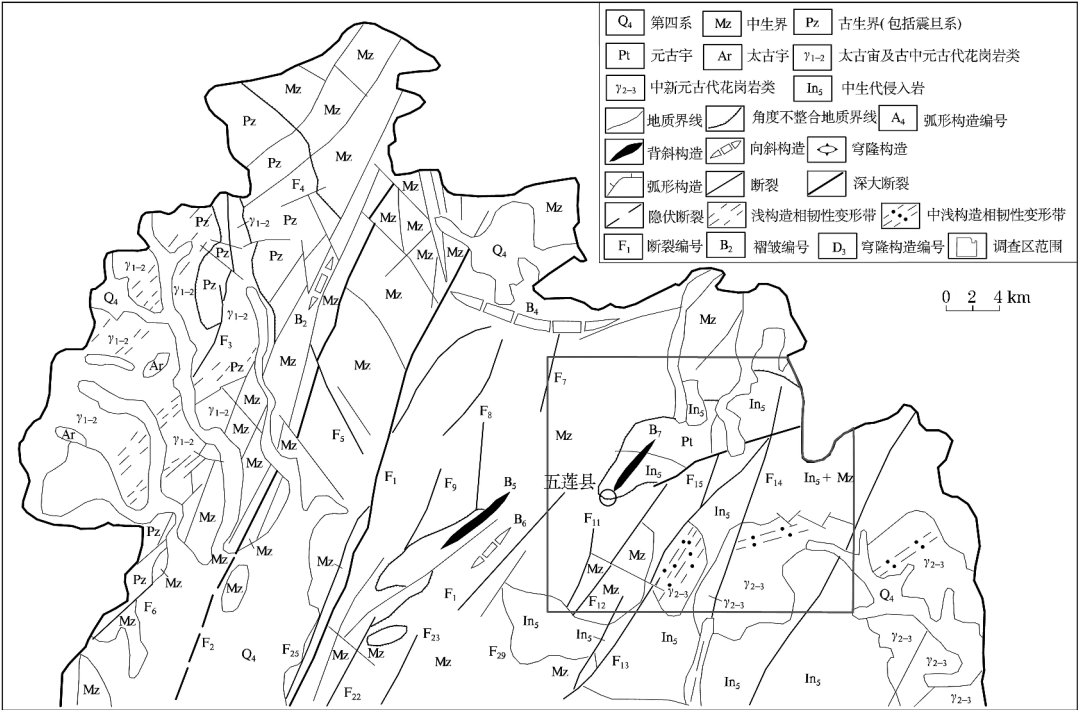


图 1 五莲县中东部地区区域地质简图

调查区航放异常^[1]出露于白垩系青山群火山出露区和五莲褶皱域中元古界五莲群变质岩出露区,其中 H4 航放异常尤为明显,该异常为中元古界五莲群海眼口组黑云片岩、黑云斜长片麻岩、石英岩及伟晶岩化岩石中富含²³²Th(微量²³⁸U)的独居石、锆石、金红石等稀土元素矿物引起;H5 航放异常地层为五莲群海眼口组黑云变粒岩、黑云片岩、斜长角闪岩、浅粒岩,青山群不整合于五莲群之上,岩性为安山岩、流纹质火山角砾岩(图 2)。

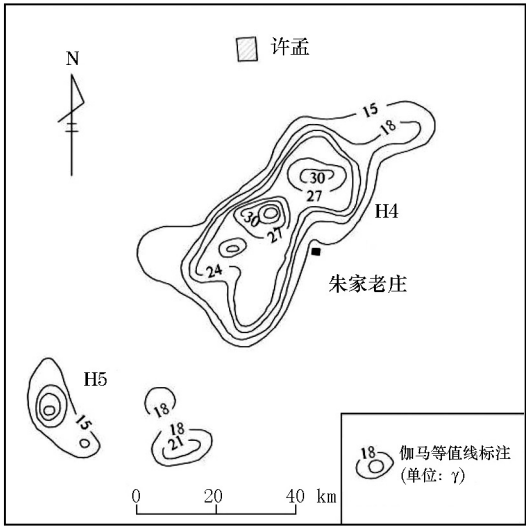


图 2 五莲县中东部地区 H4、H5 航放异常平面分布

4 调查方法和质量保证

4.1 测点、测线布置

天然放射性测量工作根据地形、地势复杂程度的不同,采用不同网度^[2],在地势相对平坦区域,按 500 m×100 m 网度进行布点测量;在地形复杂、切割剧烈、通行非常困难且无人居住的山区,按穿越法沿山路小径进行布点测量,并尽量保证 1 km² 内布置 4 个点位,点位分布均匀;在地形较为复杂、人口稀少的山区,按网度 500 m×200 m 进行布点测量,村庄均布置有点位;在人口居住密集区(如五莲县城区)、旅游观光区(五莲山、九仙山风景区)等,沿主要路网进行布点测量,点距为 100 m;遇到县市道路(如硬化道路)等人类工程时,为查明其可能存在的放射性异常或对天然放射性的干扰,对其进行专项测量。

野外测量时描述并记录测点周围的地质地貌情况,对重要的地质点和有异议的点位进行复查。

4.2 使用仪器

γ 剂量率水平和地面 γ 能谱测量选用核工业航测遥感中心研制的 ARD 多道伽玛能谱仪;土壤氡浓度测量选用核工业航测遥感中心研制的 HDC-C 型高灵敏度环境测氡仪。

4.3 质量保证

1) 仪器检定。ARD 多道伽玛能谱仪和 HDC-C 型高灵敏度环境测氡仪均经过国防科技工业 1313 二级计量站检定,检定合格。

2) 仪器稳定性。选择 1 条剖面,分别对 3 台 ARD 多道伽玛能谱仪和 3 台 HDC-C 型高灵敏度环境测氡仪进行仪器一致性、稳定性试验,3 台 ARD 多道伽玛能谱仪各测道含量综合相对误差 $E_r \leq 20\%$,3 台 HDC-C 型高灵敏度环境测氡仪综合相对误差 $E_r \leq 25\%$,均满足规范要求。

3) 现场测定工作质量保证。 γ 剂量率水平和地面 γ 能谱测量测点位置尽可能选择周边 5 m 内无建筑物、凸起物或陡壁的相对平坦地点。测点距附近高大建筑物的距离需大于 30 m,测量时将探头直立 在比较平坦的基岩露头或地面上,保证测量立体角为 $2\pi^{[3]}$ 。

土壤氡浓度测量^[4]采用专用钢钎打孔,孔的直径为 20 mm,孔的深度为 500 mm;使用专门取样器进行密闭、抽气;测量高压加电时间为 2 min;测量读数为 2 min;现场测量工作如遇雨天,在停雨 24 h 后进行测量^[3]。

5 天然放射性环境调查结果

5.1 γ 辐射空气吸收剂量率水平

从频数分布直方图(图 3)可以得出,调查区 γ 辐射空气吸收剂量率数据曲线峰度为 0.3,基本呈正态曲线分布,偏度为 0.8,为正偏。 γ 辐射空气吸收剂量率的平均值为 92.8nGy/h,标准偏差为 64。经

计算,背景值为 80.0 nGy/h,标准偏差为 21.9。背景值比 2015 年山东省辐射环境自动监测站监测结果的平均值 85.5 nGy/h 略低,位于 1983~1990 年原国家环境保护局组织开展的全国环境天然放射性水平调查中山东省环境陆地 γ 辐射剂量率范围内(16.9~162.6 nGy/h)^[5-6]。

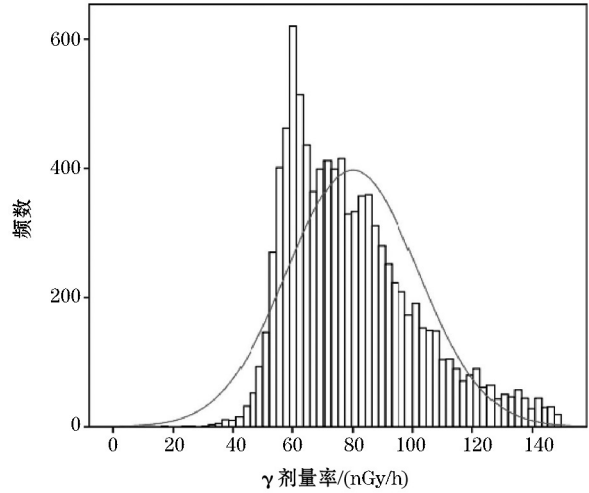


图 3 五莲县中东部地区 γ 辐射剂量率频率分布直方图

各类岩石因结构构造和矿物成分的差异,放射性核素的含量有明显的不同,所表现出的 γ 辐射剂量率水平也存在差异(表 1)。花岗质片麻岩、伟晶岩化带、花岗斑岩测值较高(均值为 105 nGy/h)。

五莲县城区由于受硬化道路、建筑物等的影响,测值高出周围环境约 20 nGy/h。按不同路面材料分类统计结果(表 2)表明,花岗岩铺砖的天然 γ 辐射剂量率最高(155.4 nGy/h),最低为柏油路面(76.2 nGy/h)。

表 1 按成土母质分类的原野天然 γ 辐射剂量率统计

岩石名称	统计点数	剂量范围/(nGy/h)	算术均值/(nGy/h)
花岗质片麻岩	55	245~734	482
伟晶岩化带	45	253~525	402
花岗斑岩	33	82~122	105
二长花岗岩	47	107~152	125
砂岩	76	62~80	69
安山岩	38	67~87	73
巨砾岩	30	100~122	112
大理岩	41	41~81	67
第四系沉积物	45	45~67	55

表 2 按不同道路材料的 γ 辐射水平统计

工程类别	统计点数	剂量范围/(nGy/h)	算术均值/(nGy/h)
水泥路面	72	56~159	100.5
柏油路面	55	52~103	76.2
水泥质铺砖	43	65~110	86.8
花岗岩铺砖	34	136~169	155.4

5.2 外照射剂量估算

根据联合国原子辐射效应科学委员会(UNSC-ER)2000 年和2008 年报告,采用基于直接测量的空气吸收剂量估算天然放射性外照射剂量^[7-8],估算方法如下:

$$D_{\text{aed}} = D_c \times 8760 \times a_1 \times a_2 \times 10^{-6}.$$
 (1)

式中: D_{aed} —年有效剂量,单位 mSv; D_c —所测 γ 空气吸收剂量率值,单位 nGy/h; a_1 —居民平均居留因子,室外取 0.8; a_2 —大气中吸收剂量转换成年有效剂量的换算系数,成人取 0.7 Sv/Gy。

根据式(1),调查区室外 γ 辐射剂量率取平均值 92.8 nGy/h,则室外成人人均年有效剂量为 0.46 mSv,低于全球平均水平 0.48 mSv 和我国平均水平 0.54 mSv^[9]。

5.3 地表 γ 能谱核素含量

从频数分布直方图中(图 4)可以得出,调查区 ^{238}U 核素含量数据曲线峰度为 0.02,呈正态曲线

分布,偏度为 0.3,为正偏。 ^{232}Th 核素含量数据曲线峰度为 0.44,基本呈正态曲线分布,偏度为 0.8,为正偏。 ^{40}K 核素含量数据曲线峰度为 -0.01,基本呈正态曲线分布,偏度为 0.6,为正偏。

利用 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 放射性核素的含量,通过单位换算(表 3)转化为比活度(表 4),从而对调查区放射性水平进行评价、分析^[7,10]。

调查区地表天然放射性核素 ^{238}U 含量背景值为 1.9×10^{-6} (24 Bq/kg),标准差为 0.8。 ^{232}Th 核素含量背景值为 26.6×10^{-6} (108 Bq/kg),标准差为 4.5。 ^{40}K 核素含量背景值为 2.9×10^{-2} (898 Bq/kg),标准差为 0.8。

各类岩石因结构构造和矿物成分的差异,放射性核素的含量明显不同。表 5 所示为调查区部分岩石中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 的含量。调查区二长花岗岩和含黑云二长花岗质片麻岩两种岩性放射性强度较高,主要表现为 ^{232}Th 含量异常^[6,11]。

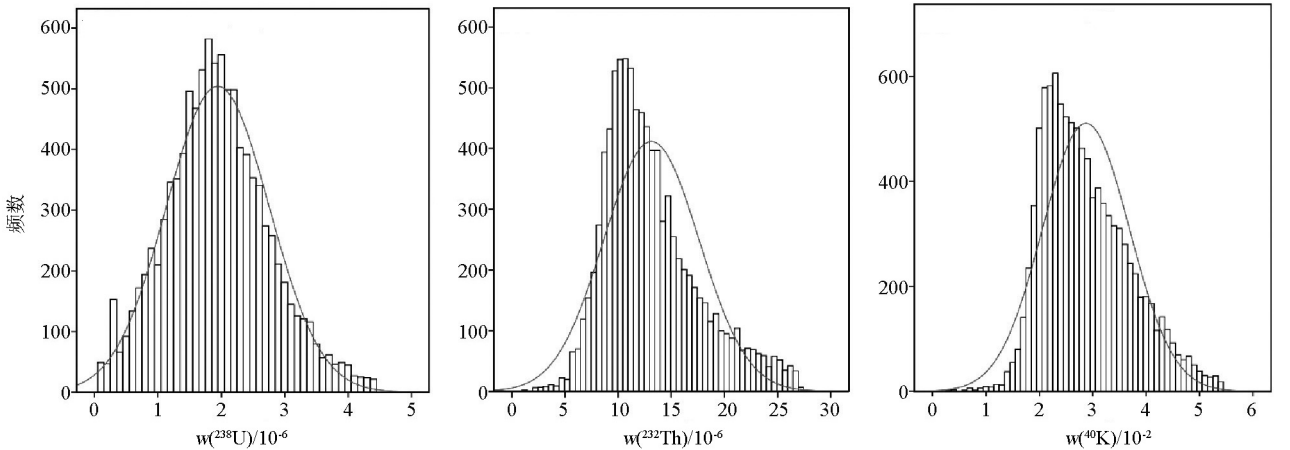


图 4 五莲县中东部地区 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 核素含量频数分布直方图

表 3 放射性核素含量与比活度单位换算

γ 能谱测量			环境天然放射性评价			换算
项目		单位	项目		单位	
放射性核素含量	^{238}U	10^{-6}	放射性核素比活度	^{238}U	Bq/kg	$1 \times 10^{-6} = 12.35 \text{ Bq/kg}$
	^{232}Th	10^{-6}		^{232}Th	Bq/kg	$1 \times 10^{-6} = 4.06 \text{ Bq/kg}$
	^{40}K	10^{-2}		^{40}K	Bq/kg	$1 \times 10^{-2} = 313 \text{ Bq/kg}$

表 4 五莲县中东部地区背景场中地表天然放射性核素比活度

核素	调查区放射性核素比活度背景值/(Bq/kg)	标准偏差	山东省土壤中放射性核素平均比活度/(Bq/kg·干)	全国土壤中放射性核素平均比活度/(Bq/kg·干)
^{238}U	24	0.8	32	43
^{232}Th	108	4.5	48	56
^{40}K	898	0.8	606	572

表 5 不同岩性的放射性核素含量算术平均值

岩石名称	统计点数	²³⁸ U 含量/ 10^{-6}	²³² Th 含量/ 10^{-6}	⁴⁰ K 含量/ 10^{-6}
二长花岗质片麻岩	55	7.3	192	4.5
伟晶岩化带	45	1.9	148	5.0
黑云斜长片麻岩	16	5.8	28.7	10.9
花岗斑岩	33	1.4	17.4	4.6
二长花岗岩	47	1.1	18.2	4.5
砂岩	76	1.5	12	3.0
安山岩	38	2.0	11	2.8
巨砾岩	30	1.1	18.2	4.5
第四系	45	1.7	8.4	2.1

表 6 五莲县中东部地区水资源天然放射性核素浓度平均值

水体取样位置		统计点数	²³⁸ U 含量/($\mu\text{g/L}$)	²³² Th 含量/($\mu\text{g/L}$)	Ra/(Bq/L)	⁴⁰ K 含量/(Bq/L)
水源地	小王疃水库	4	1.29	0.10	0.02	49.86
	墙夼水库	4	5.20	0.35	0.09	103.81
	满堂峪水库	3	0.86	0.10	0.03	70.56
	长城岭水库	5	3.14	0.42	0.09	329.9
	却坡水库	3	0.96	0.22	0.02	72.69
	冯家坪水库	3	0.48	0.07	0.01	80.58
	陆家庄子水库	2	1.09	0.11	0.02	88.25
水井		32	2.00	0.17	0.01	117.14
其他露天水源		87	1.22	0.13	0.02	65.71

5.4 水资源 γ 能谱核素含量

对区内露天水源(水源地、河流)、水井进行了取样化验。结果显示,水体中天然放射性核素含量及比活度均较低(表 6)^[12]。

5.5 土壤氡浓度水平

从频数分布直方图(图 5)上可以得出,调查区土壤氡浓度水平数据曲线经自然对数转换后,基本呈正态分布。调查区背景场中土壤氡浓度为平均值 2 006 Bq/m³,标准差为 1 101。土壤氡浓度高值(2 000~5 000 Bq/m³)主要分布在山麓冲积平原和剥蚀堆积平原上,土壤层较厚,有利于氡气的积累。

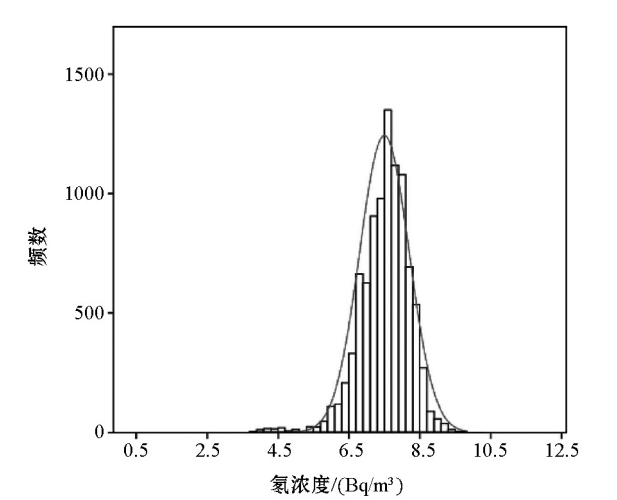


图 5 五莲县中东部地区土壤氡浓度频数分布直方图

6 结论

- 1) 调查区地面岩石(土壤)中天然放射性核素种类主要有²³⁸U、²³²Th、⁴⁰K,其背景值分别为 1.9×10^{-6} (24 Bq/kg)、 26.6×10^{-6} (108 Bq/kg)、 2.9×10^{-2} (898 Bq/kg)。放射性核素浓度较已公布的全国和山东省地面放射性核素浓度明显偏高。
- 2) 天然放射性本底中, γ 辐射剂量率背景值为 80.0 nGy/h,处于山东省陆地 γ 辐射剂量率范围内(16.9~162.6 nGy/h),其公众照射所致居民平均年有效剂量^[15]为 0.46 mSv,低于全球平均水平 0.48 mSv 和我国平均水平 0.54 mSv,低于 1999 年 ICRP 82 号所建议的公众照射年剂量限值 1.0 mSv^[14]。
- 3) 天然辐射高本底区域主要表现为岩石(土壤) γ 剂量率和²³²Th 核素含量异常特征,主要岩性为二长花岗岩和含黑云二长花岗质片麻岩。
- 4) 调查区内供水水源、主要河流及民用水井中水体的放射性核素浓度及比活度均较低,水源安全^[12]。
- 5) 受人类活动的影响,天然放射性环境本底会在一定程度上发生改变(如五莲县城),但影响作用较小。

参考文献:

[1] 丁继双,赵瑞君,马闻良. 黑龙江省大兴安岭地区航放异常特

征分析[J].世界有色金属,2017,12(2):267-268.

[2] 章晔,华荣州,石柏慎.放射性方法勘查[M].北京:原子能出版社,1990.

[3] 韩耀昭,刘腾耀.高精度放射性测量及其应用[J].物探与化探,1992,16(5):345-351.

[4] 吴慧山,林玉飞,白云生,等.氡气测量方法与应用[M].北京:原子能出版社,1990.

[5] 代杰瑞,鲁峰,庞绪贵,等.青岛市地表伽玛辐射特征及环境影响评价[J].世界地质,2012,31(4):214-223.

[6] 张春法,姜怀坤,吕振生.济南—淄博—泰安地区地表伽玛辐射特征及环境影响评价[J].山东国土资源,2013,29(6):23-28.

[7] 姚毅峰.伽玛能谱测量在环境天然放射性水平评价中的应用[J].四川地质学报,2002,22(3):188-192.

[8] 方方,李宽良,侯新生,等.野外多道伽玛能谱测量在核环境地质评价中的应用[J].物探与化探,2000,24(1):7-11.

[9] 曾兵,葛良全,刘合凡,等.成都经济区天然放射性环境影响评价[J].物探与化探,2010,34(1):79-84.

[10] 黄元清.城市环境天然放射性评价研究[D].成都:成都理工大学,2005,39.

[11] 代杰瑞,董志成,喻超.青岛市地表天然放射性水平及其主控因素特征[J].世界核地质科学,2012,29(3):173-182.

[12] 徐东辰,王卫平.山东黄河口地区环境放射性辐射水平及评价[J].物探与化探,2000,24(3):178-183.

[13] 李星洪.辐射防护基础[M].北京:原子能出版社,1982.

[14] 夏宁,姜学钧,刁少波,等.青岛市天然放射性环境地质调查[J].物探与化探,2008,32(5):559-563.

[15] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation[R]. New York: Exposure from natural sources of radiation, United Nations,2000.

The investigation of natural radiation environmental geology of middle east Wulian County

BI Zheng-Feng

(Shandong Provincial No.4 Institute of Geology and Mineral Survey, Weifang 261021, China)

Abstract: Based on the natural radiation environmental geological survey in the middle east part of Wulian County, the author analyzed the characteristics, distribution and influencing factors of radioactivity. The results show that, in the natural radioactive background of the investigation area, the background value of γ -radiation dose rate is 80.0 nGy/h, and the average annual effective dose of public exposure is 0.46 mSv. The high background area of natural radiation is mainly expressed by the abnormal characteristics of γ -radiation dose rate and the radionuclide ^{232}Th content, and its main lithology includes monzogranites and biotite monzonitic granitic gneiss. In the investigation area, the radionuclide concentration in water supply, river and water well is low, and hence the water source is safe.

Key words: Wulian County; natural radiation; soil radionuclides; radon survey; γ -radiation dose rate

(本文编辑: 蒋实)