

云南楚雄鱼子甸铁矿放射性调查

马艳芳 杨渐文 喻亦林

云南省辐射环境监督站 云南 昆明 650034

摘要: 目的 了解云南楚雄州鱼子甸铁矿放射性水平,为矿山开采进行放射性环境影响评价及辐射环境管理提供科学依据。方法 通过对环境 γ 辐射剂量率测量,矿山铁矿石、围岩及土壤放射性核素分析,地表水中放射性分析及环境空气氡浓度测量,给出矿山开采对放射性环境的影响分析。结果 鱼子甸铁矿采区环境 γ 辐射剂量率在 76 ~ 237 nGy/h 之间;铁矿石、围岩及周边土壤主要天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 测值范围分别在 51.6 ~ 141.7 Bq/kg、36.1 ~ 98.3 Bq/kg、36.6 ~ 207.5 Bq/kg、33.6 ~ 1004.2 Bq/kg 之间;矿区饮用水、地表水总 α 、总 β 均小于 0.12 Bq/L;室内、外环境空气氡气浓度分别小于 200 Bq/m³、100 Bq/m³。结论 鱼子甸铁矿的开采,对区域放射性环境影响的影响不大。

关键词: 云南; 鱼子甸; 铁矿; 放射性; 调查

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)01-034-04

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.01.014

随着我国国民经济的快速发展,国内钢铁工业也迅猛发展,而国内铁矿资源的不断减少,铁精矿供应短缺状况难以改观,铁矿资源的开发具有很好的市场前景。

楚雄鱼子甸铁矿位于武定县城东南之武定、禄丰、富民三县交界处,隶属武定、禄丰县境内的鱼子甸和广地山,矿区地理坐标:东经 102°22'00" ~ 102°28'14",北纬 25°22'30" ~ 25°31'52",矿区海拔高度 1960 ~ 2245 m,距武定县城平距 8.5 km。鱼子甸铁矿矿区长 5 km,宽 1.5 km,矿区面积 4.83 km²,矿区范围较大,

资源量分布较广,属高磷富硫贫矿,作为配矿原料,适合小规模开采^[1]。

为保证工程建设与环境保护协调发展,根据环境影响评价法和建设项目环境影响评价分类管理名录,鱼子甸铁矿采矿工程需进行环境影响评价,含放射性环境调查与评价。

1 调查方法

为掌握矿区开采前的环境背景,开展矿区规划范围及流经矿区的禄金河等区域的环境放射性现状进行了调查、监测与评价,其监测内容为环境 γ 辐射剂量

作者简介:马艳芳(1980-),女,工程师,主要从事辐射环境监测。

表2 2013 年市政水厂和小型集中式供水总 α 、总 β 结果对比

水厂类型	样本数(份)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)	总残渣(mg)
市政水厂	20	0.082	0.108	405.0
小型集中式供水	12	0.144	0.121	615.6
合计	32	0.105 ¹⁾	0.112	484.0 ¹⁾

注:1) 不同水厂间比较 $P < 0.05$ 。

3 讨论

市政水厂总 α 放射性水平明显低于小型集中式供水,这可能由于市政水厂的总残渣明显低于小型集中式供水。而总残渣与总 α 放射性水平呈正相关。另外这也可能与水处理净化能力有关^[4]。

综上所述,呼和浩特市 2013 年 32 份生活饮用水中总 α 、总 β 放射性水平均符合国家标准,但是小型集中式供水总 α 放射性水平明显高于市政水厂应引

起重视,政府应继续加大对农村饮用水安全的治理,增加投入,改进工艺设备。另外,还要加大监测范围、数量和频次,努力确保饮用水安全。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5750.13-2006 生活饮用水标准检验方法 放射性指标[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] 崔建平, 娜仁高娃, 宋彩军. BH 1227 型低本底 α 、 β 测量仪性能检测[J]. 城镇供水, 2011, 162(6): 67-69.
- [4] 崔建平, 宋彩军, 苏丹, 等. 呼和浩特市 2009-2012 年生活饮用水总 α 、 β 放射性水平分析[J]. 中国辐射卫生, 2013, 22(2): 192-194.

收稿日期: 2014-09-18 修回日期: 2015-01-20

率、固体样品中²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 比活度,水体中 U、Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 浓度及总 α、总 β,环境空气²²²Rn 浓度等。

1.1 监测点位

1.1.1 环境 γ 辐射剂量率 在拟开采的 9 个矿点以 50 m×50 m 网格布点,对矿区公路按 50 m 间距布点,对环境空气氡浓度监测点同步布点。

1.1.2 固体样中主要天然放射性核素比活度 对 9 个矿点按不同地层进行垂直采样(矿石、围岩、土壤),同时对拟建尾矿库进行土壤采样。

1.1.3 水中放射性浓度 对长田村矿区上游、禄金河(鱼子甸水文站)、干海子水库(康乐村饮用水源)、广地村饮用水进行采样。

1.1.4 环境空气氡浓度 在采矿区 1 号、9 号矿段采

坑及环境保护目标康乐村、广地山村、矿区指挥部分别布设测量点。

1.2 监测方法

1.2.1 环境 γ 辐射剂量率 使用 BH 3103B 型和 BH 3103A 型 X-γ 辐射剂量率仪,按 GB/T 14583-1993《环境地表、辐射剂量率测定规范》和 HJ/T 61-2001《辐射环境监测技术规范》进行监测。

1.2.2 固体样中主要天然放射性核素比活度 使用 GEM60P 257P 高纯锗 DSPEC PLUS 数字化 γ 能谱仪,按 GB 11743-1989《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》和 GB 11713-1989《用半导体 γ 谱仪分析低比活度、放射性样品的标准方法》进行监测。

1.2.3 水中放射性浓度 水中放射性浓度监测方法及仪器见表 1。

表 1 水中放射性浓度监测方法及仪器

核素	分析方法	测量仪器	检测下限	分析标准
U	荧光珠球比色	荧光比色箱	0.0001 μg/L	GB 6768-1986
Th	偶氮肟三比色法	双光束紫外可见分光光度计	0.001 μg/L	GB 6768-1986
²²⁶ Ra	射气法	FD-氡钍测量仪	0.002 Bq/L	GB 8538.50-1995
⁴⁰ K	原子吸收	AA-原子吸收光谱仪	0.001 μg/L	GB 11338-1989

1.2.4 环境空气氡气浓度 使用 RAD7 连续测氡仪和 PQ2000 测氡仪,按 GB/T 14582-1993《环境空气中氡的标准测量方法》(双滤膜法),以每天上午 8:00~11:00 进行连续测量,对室内测量点进行了测前 1 晚的密封。

1.3 数据处理 数据处理过程中采用 SPSS 17.0 统计软件,采用 t 检验。

2 监测结果

2.1 γ 辐射剂量率 矿区各矿段环境 γ 辐射剂量率监测结果统计见表 2。

从表 2 看,鱼子甸矿山区环境 γ 辐射剂量率测值范围为(76~237) nGy/h,铁矿区环境 γ 辐射剂量率除个别点位测量值有所升高外,其余与云南省楚雄州环境 γ 辐射剂量率水平相当,属正常的波动范围。鱼子甸地区环境敏感点广地山村、康乐村、长田村环境 γ 辐射剂量率测值范围为(71~163) nGy/h,仅矿山 1 号、6 号、9 号矿段个别点位测值略为偏高,仍在区域正常的波动范围内。

2.2 固体样中主要天然放射性核素比活度 鱼子甸与楚雄及云南省固体样品天然放射性核等比活度比较见表 3。固体样中主要天然放射性核素比活度监测结果见表 4。

表 2 矿区环境 γ 辐射剂量率

测量点	测点数	测值范围(nGy/h)
1 号矿段	46	76~220
2 号矿段	9	114~137
3 号矿段	16	119~168
4 号矿段	13	116~157
5 号矿段	16	86~143
6 号矿段	18	82~204
9 号矿段	19	94~237
10 号矿段	12	114~176
广地山村	14	106~147
康乐村及矿区道路	20	92~139
长田村	4	71~163
楚雄州 ^[2]	66	76~150
云南省 ^[2]	807	45~212

从表 3 和表 4 看,鱼子甸铁矿矿石样品中²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra 比活度与全省铁矿均值相当,略为偏高;铁矿石中²³⁸U、²²⁶Ra 比活度最高值出现在 9 号矿,其测量值分别高出铁矿均值 27.6% 和 46.1%。铁矿石中²³⁸U、²²⁶Ra 比活度明显高于当地土壤及楚雄州土壤平均水平;鱼子甸铁矿围岩与鱼子甸周边土壤中²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra 比活度高于楚雄州土壤平均水平;鱼子甸禄金河水文站断面底泥²³⁸U、²²⁶Ra 比活度 141.7 Bq/kg 和 207.5 Bq/kg,是鱼子甸周边土壤均值的 2.07

倍和 3.49 倍。鱼子甸铁矿石中⁴⁰K 比活度明显低全省铁矿均值, 低于鱼子甸周边土壤和楚雄州土壤平均水平。

2.3 水中放射性浓度 水中放射性浓度监测结果见表 5。

表 3 固体样中主要天然放射性核素比活度比较(Bq/kg)

样品种类	数量	测值	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
鱼子甸铁矿石	5	均值	80.4 ± 10.7	54.8 ± 17.0	123.8 ± 54.2	127.3 ± 120.0
		范围	51.6 ~ 102.6	36.1 ~ 81.8	42.1 ~ 180.9	54.0 ~ 325.5
鱼子甸铁矿围岩	5	均值	74.3 ± 24.0	76.9 ± 17.9	63.4 ± 25.1	691.4 ± 431.5
		范围	54.9 ~ 113.9	53.9 ~ 98.3	36.6 ~ 98.0	424.6 ~ 1 264.9
鱼子甸周边土壤	8	均值	68.5 ± 30.7	69.0 ± 11.0	59.4 ± 60.0	518.0 ± 309.7
		范围	46.8 ~ 141.7	48.2 ~ 77.6	36.6 ~ 207.5	33.6 ~ 1 004.2
云南铁矿 ^[3]		均值	77.1 ± 120.6	26.3 ± 37.6	104.1 ± 181.4	210.9 ± 297.7
		范围	4.0 ~ 649.2	1.4 ~ 145.5	0.8 ~ 973.3	6.0 ~ 1 389.5
楚雄土壤 ^[2]	41	均值	34.8	64.2	54.5	569.3
		范围	12.4 ~ 87.5	8.2 ~ 206.0	17.6 ~ 61.9	84.3 ~ 1 265.0

表 4 固体样中主要天然放射性核素比活度(Bq/kg $\bar{x} \pm s$)

序号	样品名称	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K
1	长田矿上游断面土样	46.8 ± 4.7	48.2 ± 4.8	36.3 ± 3.6	295.0 ± 29.0
2	1 号矿黄色浮土土样	66.5 ± 6.7	73.4 ± 7.3	39.9 ± 4.0	765.0 ± 70.3
3	1 号矿赤铁矿	51.6 ± 5.2	48.3 ± 4.8	42.1 ± 4.2	325.5 ± 30.1
4	1 号矿底层泥质粉沙岩	113.9 ± 11.4	98.3 ± 9.8	98.0 ± 9.8	555.0 ± 42.4
5	1 号矿红色原土	52.1 ± 5.2	55.8 ± 5.6	34.6 ± 3.5	565.1 ± 50.3
6	1 号矿紫灰色泥质沙岩	56.4 ± 5.6	53.9 ± 5.4	36.6 ± 3.7	424.6 ± 42.5
7	1 号矿颗粒状泥质岩	54.9 ± 5.5	64.7 ± 6.5	43.5 ± 4.4	211.7 ± 20.1
8	6 号矿表层土样	58.0 ± 5.8	71.5 ± 7.2	32.5 ± 3.3	1004.2 ± 86.4
9	6 号矿矿石	66.1 ± 6.6	36.1 ± 3.6	127.6 ± 12.8	41.7 ± 4.2
10	7 号矿矿石	88.4 ± 8.8	49.7 ± 5.0	180.9 ± 18.1	58.5 ± 5.8
11	9 号矿土样	52.8 ± 5.3	71.1 ± 7.1	47.7 ± 4.8	711.8 ± 71.2
12	9 号矿风化岩	77.2 ± 7.7	89.0 ± 8.9	44.3 ± 4.4	1001.0 ± 90.0
13	9 号矿一层矿石样	102.6 ± 10.3	58.3 ± 5.8	162.5 ± 16.3	54.0 ± 5.0
14	9 号矿二层矿石样	91.5 ± 9.2	81.8 ± 8.2	106.0 ± 10.6	156.9 ± 11.7
15	9 号矿灰绿岩	69.2 ± 6.9	78.7 ± 7.9	44.8 ± 4.5	1264.9 ± 108.4
16	干海子水库边土样	72.1 ± 7.2	77.6 ± 7.8	40.9 ± 4.1	299.8 ± 30.0
17	禄金河河边土样	58.1 ± 5.8	76.6 ± 7.7	35.4 ± 3.5	469.5 ± 50.0
18	禄金河水文站断面底泥	141.7 ± 14.2	77.6 ± 7.8	207.5 ± 20.8	33.6 ± 3.4

表 5 水中放射性浓度

序号	水样描述	U(μg/L)	Th(μg/L)	²²⁶ Ra(Bq/L)	⁴⁰ K(μg/L)	α(Bq/L)	β(Bq/L)
1	广地村自来水	—	—	0.004	<0.001	0.03	0.03
2	干海子水库水样	—	—	0.003	0.150	0.03	0.02
3	康乐村饮用水源	—	—	0.004	0.150	0.03	0.03
4	矿区上游长田村断面	—	—	0.017	0.100	0.12	0.11
5	矿区下游鱼子甸水文站	—	—	0.017	0.080	0.12	0.11

注: “—”代表未检出, U 检出限 0.0001 μg/L, Th 检出限 0.001 μg/L。

从表 5 看, 鱼子甸矿区饮用水源中 U、Th 含量为未检出, ²²⁶Ra 含量为 0.003 ~ 0.004 Bq/L, ⁴⁰K 含量为 <0.001 ~ 0.150 μg/L, 总 α、总 β 测值低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006) 限值标准, 水环境质量较好。

流经矿区河流为禄金河, 矿区上游长田村监测断面 U、Th 含量未检出, ²²⁶Ra 含量为 0.012 ~ 0.017 Bq/L, ⁴⁰K 含量为 <0.001 ~ 0.150 μg/L; 矿区下游禄金河鱼子甸水文站监测断面 U、Th 含量未检出, ²²⁶Ra 含量为 0.017 Bq/L, ⁴⁰K 含量为 0.080 μg/L。水中

^{226}Ra 含量为 0.017 Bq/L ,略高于当地饮用水。

总 α 测值范围为 $0.03 \sim 0.12\text{ Bq/L}$,低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749 - 2006) 限值标准 0.5 Bq/L ,总 β 测值范围为 $0.03 \sim 0.11\text{ Bq/L}$,低于《生活

饮用水卫生标准》(GB 5749 - 2006) 限值标准 1 Bq/L 。

2.4 环境空气氡浓度 环境空气氡浓度监测结果见表 6。

表 6 环境空气氡浓度监测结果

序号	监测点位描述	室内外	建筑物结构	氡浓度(Bq/m^3)
1	广地山村龙汉荣家	室内	土木结构	140 ± 41
2	康乐村 103 号	室内	砖混结构	82 ± 35
3	鱼子甸采区 1 号采坑坑底	室外	—	84 ± 26
4	鱼子矿生活区招待所 19 室内	室内	活动房	20 ± 7
5	鱼子矿生活区院内篮球场	室外	—	15 ± 7
6	康乐小学一楼教师办公室	室内	砖混结构	19 ± 5
7	鱼子甸采区 9 号采坑坑底	室外	—	59 ± 19

矿山采区测值为 $59 \sim 84\text{ Bq/m}^3$,矿部生活区测值为 $15 \sim 20\text{ Bq/m}^3$,室内氡浓度测量值范围为 $19 \sim 140.1\text{ Bq/m}^3$ 。矿山采区与生活区室外环境空气氡浓度较低 ,属区域环境水平。新建的康乐村(搬迁移民村) 砖混结构室内氡浓度在小于 100 Bq/m^3 ,广地山村龙汉荣家(土木结构、老宅) 室内氡浓度小于 200 Bq/m^3 ,满足 GB/T 18883 - 2002 《室内空气质量标准》。

3 结论

鱼子甸铁矿区环境 γ 辐射剂量率与楚雄州 γ 辐射剂量率水平相当 ,属区域环境的波动范围。

鱼子甸铁矿石中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 比活度整体水平不高 ,与全省铁矿均值相当; 铁矿石中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 比活度明显高于当地土壤及楚雄州土壤平均水平; 铁矿石中 ^{40}K 比活度明显低全省铁矿均值 ,低于鱼子甸周边土壤和楚雄州土壤平均水平。

鱼子甸铁矿开采中产生的固体废物(围岩、尾矿) 放射性核素比活度与当地土壤及楚雄州土壤平均水平相当 ,属正常的波动范围 ,并不构成对区域辐射环境的附加影响。

鱼子甸铁矿开采区饮用水中放射性浓度属正常范围值 ,水中总 α 、总 β 满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749 - 2006) 。地表水禄金河流域水中放射性浓度属正常范围值 ,水质良好。

该矿为露天开采 ,有利于氡气的扩散 ,不会到至氡及子体的富集 ,矿区环境空气氡浓度属区域环境水平 ,不会对矿区工作人员及公众产生附加的内照射剂量影响。

鱼子甸铁矿开采对环境的影响主要表现为对区域生态环境的影响 ,故做好矿区生态环境保护 ,做好排土场排水工程及生态环境恢复是该项目环保工作之重点。

4 防治措施

(1) 矿山开采中产生的废水应汇集进入沉淀池 ,澄清后上清液回用 ,尽量减少外排 ,沉淀渣运至废石场堆存。

(2) 在废石场应修建排洪沟 ,尽量减少雨季山体汇水在废石场的冲刷 ,减少废石场产生的地表径流。

(3) 矿山及运矿公路要及时洒水降尘 ,减少粉尘的产生 ,避免对大气及周围居民的污染。

(4) 运矿车辆必须密封 ,避免沿途泼洒 ,避免对运输道路的污染。

(5) 矿区居民应多开窗换气 ,避免氡气在房间内富集 ,减少内照射。

(6) 废石场应及时对废石进行压实 ,避免风将粉尘带入大气 ,做好边坡防护 ,减少废石对废石场周围环境的污染。

(7) 对退役的废石场及时进行覆土绿化。

参考文献

- [1] 宁平 ,喻亦林 ,马艳芳 ,等. 鱼子甸铁矿矿产资源开发利用工程项目环境影响报告书[R]. 昆明: 昆明理工大学 ,2009.
- [2] 李玉先 ,李广通 ,喻亦林 ,等. 云南省环境天然放射性水平调查研究[M]. 昆明: 云南科学技术出版社 ,1992.
- [3] 王顺生 ,喻亦林. 云南铁矿放射性水平及对环境的影响分析[J]. 环境科学导刊 ,2013 ,32(1) : 98 - 100.

收稿日期: 2014 - 09 - 13 修回日期: 2015 - 01 - 21