

金(铀)伴生矿环境放射性水平

李福林 李万熙 鞠翠香 安福才 李相镐

李方宇 乔桂冬 丛培利 宋 姍

(吉林省卫生防疫站, 长春)

金(铀)伴生矿是吉林省唯一的金矿, 其特点是在矿脉中铀伴生于所有含金的石英脉中, 铀平均品位为万分之二, 因而铀无开采价值, 只能做为废渣扔掉。但天然铀半衰期长, 衰变后产生 ^{222}Rn 及其子体对人体危害极大, 开采后使当地天然本底增高。因此, 为保护环境, 防止污染, 确保工人和居民的健康与安全, 开展对矿区内环境的全面放射性水平调查, 以便正式开采时采取可靠的防护措施。

一、调查内容和布点

1. 调查内容: ①矿井下 γ 照射量率; ②矿井下 ^{222}Rn 及 ^{222}Rn 子体浓度与潜能值; ③矿井下外照射累积剂量; ④矿石中放射性比活度; ⑤水中总放射性活度与铀含量; ⑥外环境泥沙土中放射性比活度。

2. 采样布局:

①外环境: 主要在尾矿坝下, 富尔河上

下游、两江口和二道江领域布局作为水样采集点。

②内环境: 矿井下矿石采样和 γ 照射量率测定每20米为一个点; 矿井水样的水流低点; 放射性气溶胶和潜能值各井取3个点; 累积剂量根据各井段长度取2~8个点。

二、结果与分析

1. 矿井下 γ 照射量率

距矿井表面5cm处, 共选91个点。其测定结果见表1。各矿井均高于当地地表 γ 照射量率的波动值($2.58 \times 10^{-9} \sim 5.16 \times 10^{-9} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 二中段为最高, 其均值为 $5.89 \times 10^{-8} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 超过当地本底值的50倍以上。

2. 矿井下空气中 ^{222}Rn 浓度

用闪烁法测 ^{222}Rn 浓度见表2。测得二中段高于国家规定的限值, 是限值的15.6倍, 平均值是限值的10倍。

表1 矿井下 γ 照射量率($10^{-8} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

矿井	测点编号	测量点数	波动值	均值	超过倍数*
650	001~010	10	0.88~1.19	1.08 ± 0.10	1.70~2.30
0中段	011~042	32	0.83~26.8	3.40 ± 5.65	1.60~52.0
一中段	043~064	22	0.83~11.4	2.47 ± 2.42	1.60~22.0
二中段	065~091	27	1.29~25.8	5.89 ± 6.39	2.50~50以上

* 系指与当地 γ 照射量率本底之比。

表2 矿井下空气中 ^{222}Rn 浓度($10^3 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)

矿井	采样点数	波动值	均值	实测值与限值之比
650中段	3	0.10~0.14	0.12 ± 0.02	0.07~0.09
0中段	3	0.07~1.51	0.71 ± 0.74	0.05~1.01
一中段	3	0.61~1.17	0.93 ± 0.29	0.41~0.78
二中段	3	5.48~23.4	15.1 ± 9.02	3.65~15.6

注: 矿井下平衡当量 ^{222}Rn 浓度限值为 $1.5 \times 10^3 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

3. 矿井下 ^{222}Rn 子体浓度与潜能值

用国产1号滤膜采气, 用新三点法测得 ^{222}Rn 子体浓度见表3。只有二中段 ^{222}Rn

子体浓度都超过限值, 而一中段仅RaA浓度较高, 是限值的4.76倍, 最高值是限值的7.04倍。

表3 矿井下²²²Rn子体浓度(10³Bq·m⁻³)

矿井	采样 点数	波动值	RaA(²¹⁸ Po) 均值	波动值	RaB(²¹⁴ Pb) 均值	波动值	RaC(²¹⁴ Bi) 均值
650	3	0.06 ~0.11	0.07 ±0.03	— —	— —	— —	— —
0中段	3	0.31 ~0.40	0.35 ±0.05	0.02 ~0.04	0.03 ±0.01	zbc ~0.03	0.02 ±0.01
一中段	3	4.26 ~10.4	7.01 ±3.10	0.31 ~0.81	0.53 ±0.26	0.28 ~0.56	0.45 ±0.15
二中段	3	1.73×10 ² ~1.24×10 ⁴	4.25×10 ³ ±7.03×10 ³	0.44×10 ² ~8.56×10 ²	2.88×10 ³ ±4.91×10 ³	12.9 ~15.4	14.4 ±1.29

注：矿井下短寿命²²²Rn子体在空气中浓度限值为 $1.47 \times 10^3 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

衡量²²²Rn子体危害大小的一个重要指标是²²²Rn子体的α潜能值，见表4。只有二中段超国家规定限值，其子体潜能波动值最高点是限值的3.9倍，均值是限值的3.3倍。

4. 矿井下月累积剂量

选用CaSO₅(Dy)元件装入剂量笔内放入

矿井内共18个点，然后按实照时间对每个元件的照射量进行计算，结果见表5。仅“0”中段有两点月累积剂量值分别为 $2.66 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $3.43 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，其余各点不超过国家规定限值。

表4 矿井下空气中Rn子体的潜能值10⁴Mev/L

矿井	采样点数	波动值	均值	实测值与限值之比
650	3	0.01~0.02	0.02±0.01	0.001~0.002
0中段	3	0.05~0.09	0.08±0.02	0.004~0.007
一中段	3	1.14~2.71	1.83±0.80	0.09~0.21
二中段	3	36.3~50.7	43.4±7.20	2.79~3.90

注：矿井下²²²Rn子体α潜能值为 $1.3 \times 10^5 \text{MeV/L}$ 。

表5 矿井下月累积照射量(×10⁻⁷C·kg⁻¹)

矿井	放置点数	元件编号	波动值	均值
二中段	5	001~005	7.71~52.9	32.5±18.5
一中段	3	017~019	6.45~41.3	21.4±19.6
0中段	8(2)*	006~013	5.13~343	92.4±123
650	2	014~015	1.03~7.17	4.10±4.33

注：() *月累积照射量超 $2.58 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的点数

5. 矿石比放射性活度

共采91份矿样测其比放射性活度见表

6。除650#略高外，其余均低于国家规定值。

表6 矿石比放射性活度(×10³Bq·kg⁻¹)

矿井	采样点数	样品编号	α波动值	α均值	β波动值	β均值
650#	10	001~010	0.26~33.2	5.08±10.1	0.28~5.26	6.20±16.3
0中段	32	011~042	0.11~25.7	1.93±4.81	0.16~41.3	3.39±7.22
一中段	22	043~064	0.16~18.4	3.31±5.30	0.28~17.7	3.08±4.89
二中段	27	065~091	0.16~11.9	2.64±3.41	0.08~16.7	3.01±3.94

四、讨论

1. 矿井下的内环境放射性水平平均高于外环境，开掘后外环境放射性水平会出现增高趋势。

2. 总的来看二中段矿井的放射性水平高

于其他各矿井。²²²Rn、²²²Rn子体α潜能值和水天然铀含量分别是限值的15.6、3.9和4.14倍。当开采时应采取必要的放射卫生防护措施。