

某铀矿氡及氡子体浓度和 γ 照射量率的调查与研究

杜开如 卢忠良 顾芳 钱志林

郭玲 虞凤英 俞云珍

(上海市放射医学研究所, 上海 200032)

摘要 调查研究了某铀矿区内氡及氡子体浓度和 γ 照射量率。结果表明该矿井下平均氡浓度为 $6.87 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 氡子体 α 潜能浓度为 $1451.27 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$, γ 照射量率为 $6.72 \text{ C/kg} \cdot \text{h}$ 。矿区地表、生活区和外圍区平均氡浓度为 $15.40 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 氡子体 α 潜能浓度为 $8.95 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$, γ 照射量率为 $0.45 \text{ C/kg} \cdot \text{h}$ 。

关键词 氡浓度, 氡子体 α 潜能浓度, γ 照射量率, 铀矿

在铀矿开采(包括掘进作业面、采场)作业中, 由于有氡和氡子体不同程度的逸出, 会造成作业场所环境中氡及氡子体浓度升高。据报道, 近年来铀矿井下辐射防护条件在不断改善, 作业场所环境氡和氡子体浓度大大降低^[1], 但仍有些作业场所氡子体浓度超过了限值^[2]。大量流行病学调查表明, 在高浓度氡及氡子体环境中的工作人员肺癌发病率明显增加。据美国报道, 氡子体累积暴露量为 120—359 WLM($1 \text{ WLM} = 3.0 \times 10^{-8} \text{ Jhm}^{-3}$)时, 肺癌发病率为预期值的 4.7倍。原捷克斯拉伐克研究报道累积暴露量为 100—199 WLM 时, 每 1000 名矿工平均增加 46.6 名肺癌患者^[3]。故研究铀矿井下氡及其子体浓度对于评价现有辐射防护设施质量和从事流行病学研究, 包括放射性职业病的研究在内, 都有着极其重要的参考价值。为此, 本文对某铀矿的辐射水平作了全面的观察研究, 并与由该矿辐射安全防护科提供的 1989 年以前有关辐射水平资料进行了比较研究。

1 材料和 方法

氡及其子体浓度用双滤膜法和气球测量法测量。铀矿井下工作场所分三类, 即掘进作业面、采场和运输巷道。采样高度距工作地平面 1 m, 采样时间气球法为 5 min, 双滤膜法为 30 min。对矿区地表、生活区和外圍区环境氡及其子体浓度也做相应测定研究。矿井下 γ 照射量率用 FJ 76- β 、 γ 辐射仪测定, 地表各地区的 γ 照射量率用 SG-102 型环境 X、 γ 剂量仪测定。

2 结果和 讨论

2.1 矿井内氡及其氡子体浓度

国家卫生部研究基金课题

收稿日期: 初稿 1994-01-02, 修改稿 1994-05-14

矿井内氡及其子体浓度见表 1。由表 1 可以看出，井下三类工作场所的氡及其子体 α 潜能浓度以掘进作业面最高。其次是采场。最低为运输巷道。掘进和采场作业面氡浓度分别超过 ICRP 第 32 号出版物建议的氡限制浓度($3700 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)的 2.3 和 0.7 倍，而运输巷道比上述建议值低 30%左右。三种作业场所中，以掘进场所 α 子体浓度最高，比第 32 号出版物建议的限制浓度 $8.3\times 10^{-6}\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ ^[4]高 33.4 倍，采场场所与建议值接近，运输巷道最低，比建议值低 4.5 倍。该矿井下氡及其子体浓度与国内袁丽云和潘英杰等研究者等^[3-7]报道的国内某些铀矿氡及其子体浓度比较，结果处于中下水平。按照 1987 年报道的该矿井下作业人员毛发中 ^{226}Ra 含量值，与国内某些铀矿的结果相比，亦处于中下水平^[8]。

Tab 1. The concentration of radon and α potential energy of radon progene in certain uranium mine

Investigated area	Sample number	Radon Concentration / $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$			Concentration of potential energy of radon progene/ $10^{-8}\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$			
		Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	F
Tunnelling	4	2.22	27.50	12.28	48.88	7590.81	3339.60	0.1
Stope	5	2.83	11.23	6.12	254.58	1967.46	989.30	0.4
Transport gallery	7	0.51	6.99	2.22	5.57	45.01	115.92	0.1

根据该铀矿提供的开采作业人员人均工作日和人均日工时，估算出作业人员氡子体累积暴露量 WLM 结果见表 2。由表 2 可见，从事掘进作业工作人员，氡子体累积暴露量高于采场作业人员，但两类场所作业人员的累积暴露量都在 120 WLM 以下，运输巷道作业人员氡子体累积暴露量则更低。对于极少数从事掘进作业的工作人员，其氡子体累积暴露量有可能超过 120 WLM。

Tab 2. The integrated exposure of radon progene

Type of work	Person-average workday per month in mine	Person-average workhour per day in mine	The integrated exposure of Radon progene/WLM		
			Min.	Max.	Mean
Tunnelling	21.2	3.75	1.59	249.31	109
Stope	18.6	3.47	6.78	57.47	20.39

井下氡及其子体浓度的监测结果表明，二者之间平衡系数 F 值为 0.1—0.4（见表 1），可见该矿通风状况良好。ICRP 第 24 号出版物给出的铀矿井下 F 值在 0.03—0.8 之间^[3]。该矿掘进

Tab 3. The concentration of radon and α potential energy of radon progene in mine, living area and environment

Investigate area	Sample number	Radon concentraion / $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$			Concentration of potential energy of radon progene/ $10^{-8}\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$			
		Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	F
Mine	30	5.60	34.40	19.60	7.26	15.73	7.74	0.6
Living	117	4.80	286.60	26.30	1.20	23.72	10.65	0.6
Environment	89	1.50	9.60	18.90	0.73	227.48	8.47	0.6

作业面的某些工作点氡及其子体浓度偏高，因此需要增加通风换气次数，以达到进一步降低氡和氡子体浓度，保证作业人员健康水平不受辐射影响。

2.2 矿区地表、生活区和外围区中环境氡及氡子体浓度

矿区地表、生活区和外围区环境氡及氡子体浓度调查结果见表3。本监测数据与由该矿提供的1989年以前的监测数据比较，均表明该铀矿地表和生活区氡及其氡子体浓度相近。氡浓度高于邻近省1992年报道的环境氡浓度(10 Bq·m⁻³)^[9]，矿区地表和生活区氡浓度

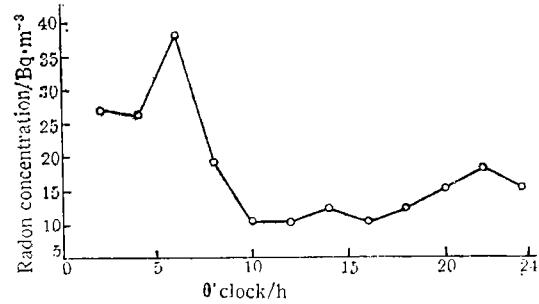


Fig 1. The change pattern of radon concentration in day and night at surface

昼夜变化规律未见异常(见图1)。2—8时氡浓度最高，中午前后最低，20时以后回升。以上观察和研究结果说明该铀矿井下氡对地表氡无明显影响。

2.3 矿井和地表γ照射量率

矿井和地表γ照射量率调查结果见表4。由表4可见，井下三种作业场所γ照射量率以掘进作业面最高，其次采场，运输巷道最低。地表生活区γ照射量率的研究结果和1989年以前的结果完全一致。外围区的研究结果和1989年以前的结果亦基本一致。在该矿的过去研究结果中，矿区地表γ照射量率比生活区和外围区高32%，此现象可能与矿石在运输过程中散落于地面有关，但统计学处理结果没有显著性差异(P>0.05)，可以认为该铀矿井下开采作业对地表γ照射量率没有构成影响。经换算，该铀矿地表γ照射量率与所在省的地表天然γ照射量率^[10,11]也基本一致，说明该铀矿区地表照射量率处在天然本底水平。

Tab 4. γ exposure rate at mine and surface

Mine					Surface				
Investigatde	Sample	Exposure rate/Ckg ⁻¹ ·h ⁻¹			Investigatde	Sample	Exposure rate/Ckg ⁻¹ ·h ⁻¹		
area	number	Min.	Max.	Mean	area	number	Min.	Max.	Mean
Tunnelling	26	1.29	40.92	12.03	Mine	168 ⁽¹⁾	0.53 ⁽¹⁾	0.61 ⁽¹⁾	0.57 ⁽¹⁾
Stope	18	2.45	11.58	5.68	Living	10	0.28	0.62	0.39
						324 ⁽¹⁾	0.31 ⁽¹⁾	0.46 ⁽¹⁾	0.39 ⁽¹⁾
Transport gallery	32	0.23	5.13	2.45	Enviro- nment	10	0.28	0.75	0.41
						704 ⁽¹⁾	0.31 ⁽¹⁾	0.41 ⁽¹⁾	0.34 ⁽¹⁾

(1) The investigation data were given from the mine before 1989

综上所述，根据现有资料分析证明，该铀矿井下辐射水平与国内外某些铀矿有关数据比较，均处于中下水平，而且井下开采作业对矿区地表、生活区和外围区未发现有明显影响。

参 考 文 献

1 李素云.辐射防护通讯, 1988, 3: 315
2 中华人民共和国卫生部.放射卫生防护基本标准, GB-4792-84. 1984年12日
3 袁丽云等.辐射防护, 1982, 3: 218
4 潘英杰.辐射防护, 1991, 3: 237

- 5 吴钢. 辐射防护, 1983, 4: 315
- 6 袁丽云等. 辐射防护通讯, 1991, 1: 8
- 7 李文珊等. 中华放射医学与防护杂志, 1987, 4: 221
- 8 杜开如等. 工业卫生与职业病, 1987, 3: 173
- 9 江苏省环境氡调查协作组. 中华放射医学与防护杂志, 1992, 1: 28
- 10 楼汝洪, 陈生茂. 中华放射医学与防护杂志(增刊), 1988, 2: 53
- 11 章仲侯. 放射卫生学, 原子能出版社, 1985: 4

INVESTIGATION AND STUDY ON CONCENTRATION OF RADON AND ITS PROGENE, AND γ EXPO- SURE RATE IN CERTAIN URANIUM MINE

Du Kairu Lu Zhongliang Gu Fang Qian Zhilin Guo ling
Yu Fengying Yu Yunzhen

(Shanghai Institute of Radiation Medicine, Shanghai 200032)

ABSTRACT The investigation result on radiation level in certain uranium mine was given in this paper. The radon concentration and α potential energy of radon progene in mine were $6.87 \times 10^3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ and $1415.27 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ respectively. The γ exposure rate in mine was $6.72 \text{ C/kg} \cdot \text{h}$. The concentration of radon and its progene and γ exposure rate in mine surface, living area and its surroundings were $15.40 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, $8.95 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ and $0.45 \text{ C/kg} \cdot \text{h}$ respectively.

KEYWORDS Radon concentration, Radon progene α potential energy, γ exposure rate, Uranium mine

(上接第 241 页 Continued from P241)

INFLUENCE OF THE ^{192}Ir SOURCE DECAY ON BIOLOGICAL EFFECT

Wang Shunbao Feng Ningyuan Niu Wenzhe Yang Yuhui Guo Lei
(Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences Beijing 100021)

ABSTRACT Biological effect of the ^{192}Ir high activity source on LA₇₉₅ tumor of mice and HCT-8 cells have been investigated when decay of the source power from 340.4 GBq to 81.4 GBq. No marked difference was found between the two cell survival curves of HCT-8 cells and both of them compared with that of the X-ray irradiation the value of relative biological effect (0.1 survival) was 0.43. On the experiment of tumor LA₇₉₅ of mice, when the source power was 293.3 GBq and 96.2 GBq, no different biological effect can be seen between the two series of figures. The relative biological effect was 0.55—0.60 (tumor growth delay) when compared with those of X-ray irradiation.

KEYWORDS ^{192}Ir Radiation, Relative biological effect, HCT-8 cells, LA₇₉₅ tumor, Biological radiation effects