

## 铀矿山井下作业职业病危害预评分析

吴志红

中煤第五建设有限公司职工培训中心, 江苏 徐州 221140

**[摘要]** 文章选取某铀矿开采区域作为研究样本区域, 主要使用类比评价法、理论计算法等多种方法展开铀矿山井下作业的职业病危害落实定性评价以及定量评价, 形成职业病危害预评结果。分析结果表明, 该铀矿开采区内的井下作业人员在实际生产实践中所受剂量可以达到满足目标管理值现实要求的效果。

**[关键词]** 铀矿山; 井下作业; 职业病危害; 预评

DOI: 10.33142/ec.v4i11.4786

中图分类号: R142

文献标识码: A

### Pre Assessment and Analysis of Occupational Hazards in Underground Operation of Uranium Mine

WU Zhihong

Staff Training Center of China Coal Fifth Construction Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221140, China

**Abstract:** This paper selects a uranium mining area as the research sample area, mainly uses analogy evaluation method, theoretical calculation method and other methods to carry out the occupational hazards of uranium mine underground operation, implement qualitative evaluation and quantitative evaluation, and form the pre evaluation results of occupational hazards. The analysis results show that the dose received by underground operators in the uranium mining area can meet the practical requirements of target management value.

**Keywords:** uranium mine; downhole operation; occupational hazards; pre evaluation

#### 引言

在铀矿山井下作业中, 相关工作人员普遍面对着较为多样且强烈的辐射, 承担着的职业病危害程度更高, 因此需要展开真实预评, 提升防护成效。

#### 1 铀矿山井下作业职业病危害预评的内容与方法设定

##### 1.1 职业病危害预评的主要依据

出于对保持预评结果科学性、可靠性以及价值性的考量, 在本次铀矿山井下作业的职业病危害预评实践中, 主要依赖于以下几项标准规范展开, 具体包括:《中华人民共和国职业病防治法》、《EJ 348-2016 铀矿冶辐射防护和环境保护设计规定》、《EJT 359-2006 铀矿井排氡通风技术规范》、《EJ 993-2008 铀矿冶辐射防护规定》等等<sup>[1]</sup>。

##### 1.2 职业病危害预评的范围及主要内容

在本次针对铀矿山井下作业的职业病危害预评过程中, 主要完成的工作内容包括对铀矿井下作业辐射源项进行分析; 对辐射源的控制情况进行分析; 对放射事故管理、应急处理以及防护情况进行分析; 对职业病危害因素和程度及其对井下作业人员的影响展开分析等等<sup>[2]</sup>。实践中, 预评工作涉及到的人员涵盖着铀矿山井下生产的一线作业人员以及管理人员。

##### 1.3 职业病危害预评的目标及方法手段

本研究中, 针对铀矿山井下作业的职业病危害预评所使用的方法手段以及标准目标主要集中在以下几方面: 第一, 分析判断井下作业人员所承受的年度有效剂量限制是否始终维持在每年 15 毫希弗的管理目标数值以内。第二, 分析判断是否完成井下作业安全防护规范的制定, 并对其完善程度、落实情况作出评价。第三, 在类比评价法、理论计算法等多种方法的支持下, 对铀矿山井下作业的职业病危害落实定性评价以及定量评价。

##### 1.4 铀矿山井下作业的基本内容

选取某铀矿开采区域作为研究样本区域, 该区域内所使用的铀矿石开采工艺参数主要如下: 整个区域划分成多个中段展开铀矿石的开采, 中段高度设定为 24-50m; 使用向上分层水力尾渣填充采矿的方式展开铀矿石开采, 主要沿着矿体走向落实对采矿场的合理布置, 其中, 采场的倾斜长度为 120m、采场的长度为 40m。

## 2 铀矿山井下作业职业病危害预评的结果分析

### 2.1 环境辐射方面的结果分析

#### 2.1.1 环境辐射水平

在分析样本铀矿山开采区域内,对工作现场的 $\gamma$ 辐射展开实际测量,检测结果表明,该铀矿作业区域内的现实辐射水平维持在每小时0.29-0.32毫希弗的范围内,相比于省内的 $\gamma$ 辐射平均水平来说,该铀矿作业区域内 $\gamma$ 辐射表现出偏高状态。

#### 2.1.2 正常工况下的辐射源项

第一,氡及其短寿命子体。在铀矿井下作业环境中,氡主要来源于铀矿采场、井下巷道位置的含铀矿壁,依托表面析出促使氡融入空气。此时,融入空气内的氡量受到介质中氡的实际渗透系数、扩散系数以及射气系数的影响。第二, $\gamma$ 射线外照射。铀矿开采过程中,井下作业人员遭受的 $\gamma$ 射线外照射的主要来源为铀矿石中所包含着的 $^{226}\text{Ra}$ 的子体以及 $^{214}\text{Bi}$ 。第三,放射性粉尘及放射性气溶胶。在当前的生产实践中,所开采出来的铀矿中普遍均包含着放射性核素,会依托凝聚性气溶胶、分散性气溶胶等方式渗透至井下空间。第四, $\beta$ 外照射。井下作业人员遭受的 $\beta$ 外照射的主要来源为铀矿石中所包含着的 $^{234}\text{Pa}$ 、 $^{214}\text{Pb}$ 、 $^{214}\text{Bi}$ 等等,相比于 $\gamma$ 射线外照射来看,井下作业人员在实际铀矿开采中所受到的 $\beta$ 外照射危害水平更低。

#### 2.1.3 异常或事故工况的辐射源项

在矿山井下作业中,井下通风系统的风扇因故障转入停止运行的状态为最为常见的异常或事故工况,存在于井巷中的氡逐步聚集,此时,井下作业人员所吸入体内的氡及其子体剂量存在着大幅增高的趋势。但是在实际的铀矿井下作业中,井下通风、沉降措施并不仅仅依赖于通风系统的风扇运转,所以井下环境中所包含着的放射性粉尘浓度并不会迅速表现出大幅增高的状态。同时,在发生井下通风系统的异常或是故障后,井下作业人员迅速撤离点危险点并转移至安全区域,因此风扇停止运行并不会对井下作业人员产生较为严重的负面影响。

#### 2.1.4 环境辐射的危害性评价

在铀矿井下作业的正常工况下,环境辐射剂量主要使用理论估算的方法展开分析与评价,以此预估井下作业人员在井下环境中完成工作后所吸入氡及其子体剂量。对于井下氡析出量来说,一般可以划分为崩落矿堆析出量、壁面析出量这两部分。实践中,主要使用下式完成对井下作业环境中氡及其子体所引发井下作业人员年度有效剂量的估算,即有:

$$E_{Rn} = \left[ \frac{(J_d g P g L \alpha g K_p) + (0.258 W g a g \eta g K_p g K_s)}{Q} \times K_a g \frac{t}{170} \right] g K_{WLM} \quad (1)$$

上式中,氡及其子体所引发的有效剂量使用 $E_{Rn}$ 进行表达;平均当量氡析出率使用 $J_d$ 进行表达,本研究选取数值 $0.084\text{KBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \%)$ ;采场通风断面周界使用 $P$ 进行表达,本研究选取数值 $14\text{m}$ ;采场长度使用 $L$ 进行表达,本研究选取数值 $40\text{m}$ ;矿石品位使用 $\alpha$ 进行表达;铀镭平衡系数使用 $K_p$ 进行表达,本研究选取数值 $1.14$ ;崩落矿量使用 $W$ 进行表达,本研究选取的最大数值为 $2371$ 吨;岩石的射气系数使用 $\eta$ 进行表达,本研究选取数值 $0.028$ ;从矿堆中氡析出的衰变系数使用 $K_s$ 进行表达,本研究选取数值 $0.94$ ;采场供风量使用 $Q$ 进行表达,本研究选取数值每秒 $19.1\text{m}^3$ ;氡子体 $\alpha$ 潜能使用 $K_a$ 进行表达,本研究选取数值 $1.07 \times 10^{-4}\text{WL}$ ;年有效工作时间使用 $t$ 进行表达,本研究选取数值每年 $1320$ 小时;单位氡及其子体暴露所致井下作业人员的有效剂量使用 $K_{WLM}$ 进行表达,本研究选取 $5$ 毫希弗<sup>[3]</sup>。经过计算能够得出,在该铀矿山的井下作业中,正常工况条件下氡及其子体所引发井下作业人员年度有效剂量为每年 $4.23$ 毫希弗。

$\gamma$ 射线外照射也是正常工况下的辐射源项,在本研究中,主要对调查资料展开类比分析,结果表明在所有井下作业岗位中,铀矿井打钻作业人员所受到的 $\gamma$ 射线外照射的辐射剂量更高,其 $\gamma$ 射线外照射的年度剂量最大数值达到每年 $4.22$ 毫希弗。在进行对井下作业人员吸入放射性粉尘所致待积有效剂量数值的过程中,可以使用下式完成,即:

$$E_x = \sum (C_a g k g a k \epsilon)_i g e_{(g)} g R \quad (2)$$

上式中,井下作业人员吸入放射性粉尘所致待积有效剂量使用 $E_x$ 进行表示;矿石粉尘浓度使用 $C_a$ 进行表示,本研究选取数值每立方米 $2$ 毫克; $1$ 毫克 $^{238}\text{U}$ 的活度使用 $k$ 进行表示,本研究选取数值每毫克 $12.3$ 贝克;矿石品位使用

$\alpha$ 进行表示；铀矿粉尘的浓度因子使用  $e$  进行表示，本研究选取数值 2.5； $i$  核素使用  $i$  进行表示；吸入剂量转换因子使用  $e(g)$  进行表示；井下作业人员年度空气摄入量使用  $R$  进行表示，本研究选取数值每年  $1.2 \times 1320$  立方米。经过计算能够得出，在该铀矿山的井下作业中，正常工况条件下井下作业人员吸入放射性粉尘所致待积有效剂量达到每年 3.44 毫希弗；正常工况条件下井下作业人员接收到的内外照射年度有效剂量的总体数值为每年 11.89 毫希弗。

在铀矿山井下作业的异常或事故工况下，环境辐射剂量主要使用类比调查的方式展开深入分析与评价。实践中，在该铀矿区井下通风转入停止运行状态的条件（具体条件为铀矿井下不存在机械通风，且 1 号主井口的风速平均为每秒 0.1 米），井下氡浓度监测结果以及单个工作日内井下作业人员遭受内照射剂量的结果数据主要如下所示：在第一采场作业位置，氡浓度为每立方米 43000 贝克，氡及其子体所致剂量达到 0.54 毫希弗；在巷道掘进作业位置，氡浓度为每立方米 37000 贝克，氡及其子体所致剂量达到 0.46 毫希弗；在运输巷道作业位置，氡浓度为每立方米 35000 贝克，氡及其子体所致剂量达到 0.44 毫希弗；在 1 号竖井作业位置，氡浓度为每立方米 6650 贝克，氡及其子体所致剂量达到 0.08 毫希弗；在理论计算正常运转条件下，氡浓度为每立方米 1020 贝克，氡及其子体所致剂量达到 0.01 毫希弗。

结合上述数据结果能够了解到，如果铀矿山井下通风系统出现故障或是发生异常情况从而导致停机，则存在于井巷中的氡逐步聚集，此时，若是井下作业人员在这样的井下环境中完成单日工作，那么其所吸入体内的氡及其子体剂量存在着大幅增高的趋势，一般情况下，会高出正常工况下相关作业人员在井下环境中完成单日工作后所吸入氡及其子体剂量的 50 倍左右，理论上所产生的井下作业职业病危害程度更高。但是在实际的铀矿山井下作业中，一旦发生井下通风系统的异常或是故障，则应急响应规则、机制立即转入启动状态。通常来说，当井下通风系统的主扇停止运行且持续时间达到 15 分钟后，相应异常工况信息会直接传递至地上控制系统中，同时向井下作业人员发出警报，及时引导在氡气及其他有害气体聚集区域工作的井下作业人员的迅速撤离危险点并转移至安全区域；在通风系统恢复正常运行工况后，方可组织井下作业人员返回各个工作面继续展开井下作业。因此，从实际的角度出发，这种井下通风系统故障或运行异常的偶发事件并不会对井下作业人员产生较为严重的辐射 2.2 防护措施方面的结果分析

第一，不同工作区的划分与分级。对于铀矿山的井下作业区域中设定为甲级工作场所，主要划分为控制区以及监督区。第二，针对辐射的防护措施。在井下设置良好的通风系统，以此达到控制井下粉尘与氡子体浓度的效果，同时辅助使用冲洗井巷壁以及湿气作业的措施；配置有效的个人防护，对采空区、废弃巷道等落实及时性封闭处理。第三，针对放射性三废的治理措施。实施通风排氡以及粉尘，将其转移至地面后排入大气内；使用离子交换树脂对矿井废水进行吸附回收处理，当其中的铀含量达标后排入外部环境中；集中处理开采废石，将其填充在采空区内，或是搭建尾渣坝，也可以运至废石集中堆放区域后覆土植被，体现出对生态环境的更好保护。

## 2.2 综合分析与优化建议

### 2.2.1 综合分析

整合上述分析结果可以了解到，在该铀矿山井下作业中，所面对着的辐射源主要包括氡及其短寿命子、 $\gamma$  射线外照射、放射性粉尘及放射性气溶胶、 $\beta$  外照射等等，包含在“职业病危害严重的建设项目”范畴内。同时，铀矿山井下作业职业病危害预评结果表明，该铀矿开采区内的井下作业人员在实际生产实践中所受剂量可以达到满足目标管理值现实要求的效果。

### 2.2.2 铀矿山井下作业职业病危害预评及防护的优化建议

为保证铀矿山井下作业的人员健康与安全，必须要定期安排专业人员深入井下环境展开井上下作业场所职业病危害因素检测工作。在此过程中，检测人员通过切实深入铀矿山井上下对各工作场所辐射、粉尘、噪声、化学毒物等职业病危害因素进行现场采样和检测，完成职业病危害因素的识别；同时，对铀矿山开采企业的实际生产工艺流程、生产设备及运行情况、岗位工种设置及作业人员数量、职业病防护设施等职业卫生管理健康监护等调查工作；随后，对调查检测工作进行综合性分析，形成总结材料，提出合理、可行的职业病危害防护对策建议，并出具《职业病危害因素检测报告》<sup>[4]</sup>。这种铀矿山井下作业职业病危害预评与危害因素检测工作的完成，为矿井下一步预防、控制和消除职业危害，防治职业病，保护劳动者的健康和相关权益提供强有力的数据支撑。总体而言，想要更好的保证铀矿山井下作业职业病危害预评与检测的结果全面性，除了要着重对环境辐射展开评价，还应当对井下多个位置的总粉尘浓度、呼吸性粉尘浓度以及多个监测点的有毒有害气体、接噪地点噪声实施检测，在此基础上，还要对多个作业地点的职业病危害防护设施设备和井下工作人员的防护用品佩戴情况进行专项检查。

在铀矿山井下作业职业病危害的防治方面,需要始终秉持“预防为主、防治结合”的工作方针,采取切实可行的防治措施,多措并举、统筹推进,扎实有效的落实好职业病的各项防治工作,努力为井下工作人员营造健康舒适的作业环境,充分保障广大职工职业健康权益。

### 3 总结

综上所述,在类比评价法、理论计算法等多种方法的支持下,对铀矿山井下作业的职业病危害落实定性评价以及定量评价。结果表明,铀矿山井下作业中,所面对着的辐射源主要包括氡及其短寿命子、 $\gamma$ 射线外照射、放射性粉尘及放射性气溶胶、 $\beta$ 外照射等等;通风系统故障或运行异常的偶发事件并不会对井下作业人员产生较为严重的辐射影响;该铀矿开采区内的井下作业人员在实际生产实践中所受剂量可以达到满足目标管理值现实要求的效果。

#### [参考文献]

- [1]本刊编辑部.金属非金属矿山职业病危害分析鉴定实验室[J].工业安全与环保,2021,47(10):93.
  - [2]王雪涛,李静芸,别凤赛.我国煤矿井下作业场所呼吸性粉尘危害现状调查[J].中华劳动卫生职业病杂志,2021,39(7):527-530.
  - [3]鲍晓东.某地区金矿作业人员职业病调查及预防措施的研究[J].中国医药指南,2019,17(25):295.
  - [4]李长松,刘洪强,单永乐,等.某采油厂修井作业职业病危害调查与评价[J].中国辐射卫生,2018,27(2):168-172.
- 作者简介:吴志红(1982.7-)女,河北省秦皇岛市人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向煤矿职业培训及管理。