

宁夏东方钽业股份有限公司
钽铌湿法冶金数字化工厂建设项目
伴生矿环境影响报告书
(公示本)

建设单位：宁夏东方钽业股份有限公司

二〇二五年七月



目 录

1 概述	1
1.1 项目由来	1
1.2 项目建设的必要性	2
1.3 环境影响评价的工作过程	4
1.4 主要关注的辐射环境问题	4
1.5 辐射环境影响及评价结论	4
2 总则	6
2.1 编制依据	6
2.2 辐射环境影响要素识别及评价因子筛选	7
2.3 控制指标	8
2.4 评价范围	9
2.5 辐射环境保护目标	10
3 建设项目概况	12
3.1 建设项目基本情况	12
3.2 主要原辅料消耗及成分分析	12
3.3 产品方案	13
3.4 原料、产品、固废的放射性检测结果	13
3.5 本项目规模与建设内容	14
3.6 主要生产设备	18
3.7 公用工程	18
3.8 储运工程	21
3.9 平面布置	24
4 工程分析	25
4.1 主要工艺路线	25
4.2 生产工艺的物料、元素和水平衡计算	30
4.3 放射性源项	33

5 辐射环境质量现状	43
5.1 监测目的	43
5.2 监测内容及监测方法	43
5.3 质量保证	45
5.4 监测布点	46
5.5 辐射环境现状监测结果	46
6 区域自然与社会环境	49
6.1 自然环境概况	49
6.2 石嘴山市第五水源地现状调查	53
6.3 社会环境概况	58
7 辐射环境影响分析	60
7.1 放射性核素迁移途径	60
7.2 评价方法	60
7.3 气载流出物辐射环境影响分析	60
7.4 地表水辐射环境影响分析	71
7.5 地下水辐射环境影响分析	71
7.6 “三关键”分析	71
7.7 非正常工况辐射环境影响分析	72
7.8 固体废物辐射环境影响分析	88
7.9 服务期满辐射环境影响分析	89
8 辐射环境保护措施	91
8.1 气载流出物污染防治措施	91
8.2 氦气及钽射气防护措施	91
8.3 液态流出物辐射防护措施	92
8.4 地下水辐射防护措施	93
8.5 伴生放射性物料的贮存防治措施	93
8.6 伴生放射性物料运输	95
8.8 辐射环境管理	96

8.9 辐射监测及信息公开	99
8.10 辐射环境保护“三同时”验收	104
9 结论与建议	106
9.1 建设项目情况	106
9.2 辐射环境质量现状	106
9.3 辐射环境影响	107
9.4 辐射防护“实践正当性”	108
9.5 总结论	108

1 概述

1.1 项目由来

宁夏东方钽业股份有限公司（以下简称东方钽业），是中色（宁夏）东方集团有限公司控股的上市公司，其持股比例为 39.97%，其余社会公众股为 60.03%，公司实际控制人为中国有色矿业集团有限公司。

经过 50 多年的发展，和近 20 年融入国际市场的历程，东方钽业拥有了国际先进水平的钽铌生产技术，专注于钽金属及合金制品、铌金属及合金制品的研发、生产、销售和进出口业务。主导产品被广泛应用于电子、通讯、航空、航天、冶金、石油、化工、照明、医疗、原子能等领域。公司完成了国家钽铌特种材料工程技术研究中心、国家级企业技术中心、博士后科研工作站等科技创新平台的建设，是国际钽铌研究中心（TIC）执行委员单位，国内最大的钽、铌产品生产企业，也是国家 863 成果产业化基地，国家重点高新技术企业，全国首批 18 家科技兴贸出口创新基地之一，首批国家创新型企业，是我国钽铌研究领域的排头兵、国家队，形成了一支具有实践经验丰富、实力雄厚的技术团队。

公司拥有大型科研生产设备和完善的分析检测装备，拥有高纯化合物湿法萃取设备、高温真空热处理炉、退火炉、1200kW 电子束炉、1600 吨挤压机等大型科研生产设备，能够对钽铌产品的冶炼及深加工进行深入研究。分析检测中心具有先进的分析检测设备和完善的分析检测体系，具备对钽粉、钽丝、钽锭、钽条、铌粉、钽铌化合物、铌条、钽铌碳化物钽铌管棒板等深加工材、钽铌及其合金等。在产品检测方面，公司拥有专业的分析检测中心，实现了钽铌及其合金产品分析检测的全覆盖。公司的综合技术能力可为钽铌及其合金制品的生产和科研提供可靠保证。

自 1998 年以来，公司承担了国家 863 计划项目“高比容钽粉关键技术及应用开发研究”，国家高技术产业化示范工程项目“钽铌高技术系列新产品产业化”，国家科技支撑计划项目“钽的增值化利用技术开发”、“射频超导腔的研发与产业化”，国家科技重大专项“300mm 硅片极大规模集成电路用半导体溅射靶材研究与开发”、“45-28nm 配线用 Ta 材料规模化生产技术与品质提升”，国家十三五重点研发计划“超高纯 Ta、W、Mo、Re 关键制备技术”等国家和省部级研发与产业化项目 100 余项，获省部级以上科技奖励 20 余项，其中“高可靠、超小型化钽电解电容器用关键材料生产技术与应用”项目获国家科技进步二等奖。

公司目前主营产品为钽粉、钽丝、钽制品及铌制品四大类 250 多个品种的产品，四大类产品产能分别为钽粉 300 吨/年，钽丝 60 吨/年，钽制品 150 吨/年，铌制品 420 吨/年。2023 年公司四大类产品中钽粉产量为 276 吨，钽丝 43 吨，钽制品 131 吨，铌制品 172 吨。

为适应新的市场发展需求，东方钽业拟在宁夏回族自治区石嘴山经济技术开发区内（距离东方钽业本部 49 公里）新建一条钽铌湿法冶炼数字化生产线新建工厂项目，厂区总面积 186047.06m²。项目总投资 66224.91 万元，建设周期 19 个月。

根据生态环境部发布的《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》（公告 2020 年第 54 号），对于已纳入《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》，并且原矿、中间产品、尾矿、尾渣或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1 贝可/克（1Bq/g）的矿产资源开发利用建设项目需编制辐射环境影响评价专篇。本项目属于《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》中的“铌/钽矿产的开采、选矿和冶炼”行业，且原料、矿渣中的铀（钍）系单个核素含量超过 1 贝可/克（1 Bq/g），故本项目需要编制辐射环境影响评价专篇。

东方钽业于 2024 年 12 月已委托宁夏汇晟环保科技有限公司开展常规环境影响评价工作，同时委托核工业二三 0 研究所承担该项目的辐射环境影响评价工作，核工业二三 0 研究所接受委托后，成立了项目专项小组，并于 2025 年 1 月安排项目组技术人员赴现场开展环境现状调查、资料收集、现场监测和样品采集。在充分了解工艺流程，研读相关技术资料的基础上，结合《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2011）、《矿产资源开发利用辐射环境影响评价专篇格式与内容（试行）》（环办[2015]1 号），完成了辐射环境影响评价专篇内容，并参照环境影响报告书的格式，编制了《宁夏东方钽业股份有限公司钽铌湿法冶金数字化工厂建设项目伴生矿环境影响报告书》，呈报生态环境主管部门审查。

1.2 项目建设的必要性

（1）项目建设符合国家产业政策

本项目产品所处产业链前端，公司目前在建、拟建的项目主要应用在芯片、高温合金和超导铌等领域，为国家亟待解决的“卡脖子”环节，发展方向明朗，符合《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》、《“十四五”原材料工业发展规划》等国家产业发展的需要。项目产品属于《西部地区鼓励类产业目录》中规定的“7. 钽、铌、铍、钛等稀有金属材料新产品、新工艺技术开发”的产品。

（2）项目建设符合“十四五”迈入“十五五”公司战略的需要

随着国内钽铌湿法主要厂家逐步将产业链向下游发展，未来氟钽酸钾和五氧化二铌供应日趋严峻。氟钽酸钾和五氧化二铌内部供应不足，过高依赖原料外购不能持续，将会成为公司发展“卡脖子”瓶颈之一。加强对钽铌原料的控制和供应能力是今后公司发展的必然需要，湿法冶金分厂作为氟钽酸钾和工业级钽铌氧化物供应主要来源，必须具有更强的产能和质量保障能力。公司“十四五”期间在建的钽铌板带制品生产线技术改造、钽铌火法冶金产品生产线技术改造、钽铌火法冶金熔铸产品生产线建设等多个项目和拟建的熔炼铌扩能和碳还原生产线技术改造、12 英寸钽靶坯及其附件超导铌材和钽铌板带材扩能技术改造、高纯钽粉数字化生产线建设等多个项目，建成后对湿法冶金产品氟钽酸钾和氧化铌的需求量分别为 1500t/a 和 1900t/a。而目前公司氟钽酸钾和氧化铌年生产能力仅有 420 吨和 200 吨，产能缺口很大。因此，实施本项目是完成“十四五”规划迈入“十五五”规划的战略需要。

（3）项目建设利于改变公司湿法冶金生产能力严重不足的局面

公司现湿法冶金生产线为多品种、多品级产品共线生产，存在设备设施老化、布局不合理、生产效率低、产能小、产品质量不稳定、满足环境保护能力差等问题，产品综合保障能力逐年下降与下游产品需求持续增长的矛盾日益突出。自 2018 年开始，氟钽酸钾和氧化铌已开始显现产能保供能力不足问题，不足部分主要靠外购氟钽酸钾、氧化铌和钽铌矿石外协加工解决，外部初级原料供给占比逐年加大，初级原料保供不足致使公司利润流失日趋严重。实施本项目将从根本上改变公司初级原料外部供给大的局面，增强公司全产业链盈利能力。

（4）项目建设利于拓展钽铌产品应用领域

本项目除了生产氟钽酸钾、氧化铌等产品外，再新建一条其他钽铌化合物生产线，主要生产五氯化钽正丁醇溶液、乙醇钽、正丁醇钽、五氯化铌等钽铌化合物产品。五氯化钽主要用于制备各种金属有机化合物如乙醇钽、正丁醇钽等产品，其余用于外部销售。这些产品是生产其他电子材料的功能性或辅助材料，它们具有市场需求量小、投资少、附加值高的特点，通过本项目的实施，可为公司带来较高的投资回报。

（5）项目建设符合国家环保政策

公司钽铌湿法冶金属于化工产品生产，现湿法冶金生产线距离市区中心较近，在原址扩建或新建湿法冶金生产线不符合国家和地方安全环保要求。公司钽铌湿法冶金分厂自 1998 年投产已运行 26 年，受限于早期安全环保技术和设施，在废水、废气、废渣处理上存在严重不足，具有较大安全环保风险。通过实施本项目，湿法冶金生产线异地新建，拟按照最新

安全标准规划，采用最新环保工艺和设备设施，从根本上解决安全环保重大风险问题，实现废水、废气、废渣的合理处置，支撑公司高质量可持续发展。

1.3 环境影响评价的工作过程

本项目辐射环境影响评价工作过程如下：

2024 年 12 月，东方钽业委托核工业二三〇研究所进行辐射环境影响评价。我所接受委托后，随即辐射环境影响评价成立课题组，收集了有关的工程技术资料，并组织人员到拟建场地及其周围进行了实地勘查与调研，依照《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2011）、《矿产资源开发利用辐射环境影响评价专篇格式与内容（试行）》（环办[2015]1 号），结合拟选厂址环境特征及项目对环境可能带来的影响特点，并征询环境管理部门的意见，对拟选厂址周围环境进行了现状监测和调查，通过对工程以及相关资料的深入研究、整理、统计分析等工作，就该项目建设过程中及建成后对区域环境的辐射影响范围和程度进行了预测分析，并对项目污染防治措施等内容进行了分析论证，在此基础上，编制完成了本项目辐射环境影响报告书。

1.4 主要关注的辐射环境问题

项目的主要辐射环境问题为：

- （1）项目营运期的吸入含放射性核素的粉尘，以及氦气、钍射气对评价范围内公众辐射环境影响。
- （2）生产工艺废水中放射性核素对周边地表水及地下水的影响。
- （3）项目低放射性固体废物分类收集、储存以及妥善处置问题。
- （4）项目建设可能引起的辐射环境风险影响。
- （5）工程所采取辐射防护措施、以及防止辐射环境污染措施的可行性。

1.5 辐射环境影响及评价结论

1.5.1 辐射环境影响

通过预测，本项目气载流出物能够实现达标排放，含放射性核素的粉尘、氦气、钍射气所致最大公众个人剂量低于 0.1mSv/a 的限值要求，其中，关键居民组为荷花社区成年居民组，

关键途径为吸入内照射，关键核素为 Rn-220；项目无液态流出物外排，厂房重点区域均进行了防渗处理，同时，伴生放射生物料均能妥善贮存、处理和处置。

1.5.2 辐射环境影响评价结论

本项目属于《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》中的“铌/钽矿产的开采、选矿和冶炼”行业，原料矿石具有一定放射性，在生产过程中伴生放射性产生的辐射影响是不可避免的，但在生产过程中采取了必要的辐射防护措施以减少本项目产生的辐射环境影响，对周边公众及环境的辐射影响在相应标准要求范围内。因此，在全面落实本报告提出的各项辐射防护措施、防止辐射污染环保措施，切实做到“三同时”，并在运行中严格落实管理和监测计划的基础上，从辐射环境影响角度出发，项目可行。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 法律、法规、技术规范

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日颁布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订、施行）；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日起施行）；
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日起施行）；
- (5) 《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 612 号,2012 年 3 月 1 日起施行）；
- (6) 《放射性废物分类》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局联合发布,2017 年第 65 号，自 2018 年 1 月 1 日起施行）；
- (7) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号,2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日施行）；
- (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号,2021 年 1 月 1 日起施行）；
- (9) 《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》（生态环境部公告第 54 号,2021 年 1 月 1 日起实施）；
- (10) 《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 562 号,2010 年 1 月 1 日起施行）；
- (11) 《矿产资源开发利用辐射环境影响评价专篇格式与内容（试行）》（环办〔2015〕1 号）；
- (12) 《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》（国环规辐射〔2018〕1 号）；
- (13) 《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》（公告 2020 年第 54 号）；
- (14) 《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行）。

2.1.2 评价技术导则及标准

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (3) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）；
- (4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- (5) 《环境空气中氡的标准测量方法》（GB/T14582-1993）；
- (6) 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）；
- (7) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (8) 《地下水环境质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (9) 《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011）；
- (10) 《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）；
- (11) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (12) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；
- (13) 《伴生放射性矿开发利用项目竣工辐射环境保护验收监测报告格式与内容》（HJ 1148-2020）；
- (14) 《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB 23727-2020）；
- (15) 《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020。

2.1.3 其它资料

- (1) 项目环评委托书；
- (2) 建设单位提供的其他有关工程技术资料及项目证明材料；
- (3) 《宁夏东方钽业股份有限公司钽铌湿法冶金数字化工厂建设项目可行性研究报告》长沙有色冶金设计研究院有限公司；
- (5) 建设单位提供的其它资料。

2.2 辐射环境影响要素识别及评价因子筛选

2.2.1 辐射环境影响要素识别

根据拟建工程特点、区域环境特征以及工程建设及运行对环境的辐射影响性质与程度，对拟建工程的辐射环境影响要素进行识别：

(1)施工期企业拟建厂址，除当地天然放射性本底核素外，无放射性核素的引入，因此，不考虑施工期的辐射环境影响。

(2)营运期由于原料中伴生放射性核素的引入，项目生产过程中将产生含放射性核素的气载流出物、液态流出物以及低放固体废物，对周边公众人群健康及周边环境产生一定的不利影响。

2.2.2 评价因子筛选

根据上述环境要素识别及工程性质，确定本项目评价因子见表 2.2-2。

表 2.2-2 评价因子的确定

序号	项目		现状评价因子	预测评价因子
1	大气环境		γ 辐射空气吸收剂量率、氡浓度及氡子体、钍射气、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、U、Th、总 α 、总 β	^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、氡气、钍射气等核素所致公众年有效剂量
2	水环境	地表水	U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{40}K	/
		地下水	U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	U、Th、 ^{226}Ra
3	土壤环境		^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra	/
4	底泥		^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra	/

2.3 控制指标

(1) 公众人员剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1 mSv；

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 11.4.3.2 款规定：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1 mSv~0.3 mSv）的范围之内”。考虑到该项目企业是一个伴生矿冶炼企业，本项目取其十分之一（即 0.10 mSv）作为场所周围人员及其他人员年有效剂量约束值。

同时，本次预测确定非正常工况下公众年有效剂量约束值为 1mSv。

(2) 气载流出物控制指标

排气筒气载流出物浓度限值执行《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020，具体如下：

气载流出物排放浓度限值， $\text{U} \leq 0.1 \text{mg/m}^3$ 、 $\text{Th} \leq 0.1 \text{mg/m}^3$ 。

无组织气载流出物厂界浓度执行《稀土工业污染物排放标准》（GB 26451—2011），具体如下：

企业边界大气污染物浓度限值， 铈钍总量 $\leq 0.0025\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（3）液态流出物控制指标

本项目放射性废水经处理后回用于生产，不外排。其它废水排放执行《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020 标准规定：

车间或生产设施废水排放口：U $\leq 0.3\text{mg}/\text{L}$ ，Th $\leq 0.3\text{mg}/\text{L}$ ， $^{226}\text{Ra}\leq 1.1\text{Bq}/\text{L}$ 。

（5）清洁解控指标

根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）相关规定：凡是涉及物料中的天然放射性核素的活动浓度小于表 B.1 所列数值（1 Bq/g）的活动，通常无需进行辐射监管。

2.4 评价范围

根据最新编制的《矿产资源开发利用辐射环境影响评价专篇格式与内容（试行）》（环办〔2015〕1号）规范中，对于伴生放射性矿产资源开发利用类项目的评价范围未明确规定，因此，本评价参考《关于发布〈伴生放射性矿物资源开发利用项目环境影响报告书（表）的内容和格式〉的通知》（环监〔1994〕080号）中的规定“对于矿石开采业，半径取 5km，对于矿产品加工业，半径取 0.5 km”。确定本项目的辐射环境影响评价范围为以项目生产区中心点为中心，半径为 5km 的圆形区域。

为进行剂量估算，分别以 1km、2km、3km、5km 划分同心圆，再将这些同心圆划分为 22.5°扇形段，以正北 N 向左各划分 11.25°为起始段，共划分 64 个子区，具体见图 2.5-1。

2.6.3 辐射环境地下水保护目标

本项目位于石嘴山市第五水源地南侧，与水源地一级保护区和二级保护区边界最近距离分别约为 2.72km、1.41km；根据现场勘查，本项目位于石嘴山第五饮用水源保护地东南侧，根据区域水文地质资料显示，区域地下水流向为自西向东流向，本项目位于石嘴山第五饮用水源保护地下游区域，不属于集中式饮用水水源准保护区以外的补给径流区。

表 2.6-2 辐射环境地下水环境保护目标

保护目标	方位	相对距离	功能
石嘴山市第五水源地一级保护区	NW	2720m	集中式饮用水水源地
石嘴山市第五水源地二级保护区	NW	1410m	

3 建设项目概况

3.1 建设项目基本情况

项目名称：宁夏东方钽业股份有限公司钽铌湿法冶金数字化工厂建设项目

建设单位：宁夏东方钽业股份有限公司

建设性质：新建

建设地点：本项目位于石嘴山市经济技术开发区，厂址中心地理位置坐标：北纬 39°18'26.25"，东经 106°44'27.39"。

项目总投资：本项目投资估算总额为 66224.91 万元，为建设单位自筹资金。

3.2 主要原辅料消耗及成分分析

3.2.1 主要原料消耗

本项目原辅材料消耗情况具体见表 3.2-1。

表 3.2-1 项目原辅材料情况表

3.2.2 主要原辅料成份分析

本项目涉及辐射的原辅材料主要包括：

①钽铌精矿

钽铌精矿成分组成见下表。

表 3.2-2 钽铌矿石原料成分情况一览表

产地	Ta ₂ O ₅ %	Nb ₂ O ₅ %	TiO ₂ %	WO ₃ %	Sb%	P%	H ₂ O%
414 矿	17.31	11.14	3.35	0.63	0.01	0.35	0.15
尼日利亚	27.89	25.35	4.5	0.53	0.049	0.29	1.29
埃塞俄比亚	38.2	24.33	3.54	0.1	0.01	0.1	0.55
刚果金	46.07	19.8	1.4	0.27	0.01	0.01	0.14

②废钽、铌料

废钽、铌料主要指标见下表。

表 3.2-3 废钽、废铌料原料技术指标

指标名称	指标%
Ta ₂ O ₅	≥90
Nb ₂ O ₅	≥5

3.3 产品方案

本项目产品方案见表 3.3-1。

表 3.3-1 项目产品方案表

序号	产品/副产品名称	单位	生产规模	备注
1	氟钽酸钾	t/a	1100	/
2	五氧化二铌	t/a	1700	/
3	高纯五氧化二铌	t/a	150	/
4	高纯五氧化二钽	t/a	50	/
5	草酸铌	t/a	5	/
6	五氯化钽	t/a	200	其中：195t 作为产品外售，5t 作为五氯化钽正丁醇溶液及乙醇钽/正丁醇钽的原料使用
7	五氯化钽正丁醇溶液	t/a	0.5	/
8	乙醇钽	t/a	2	/
9	正丁醇钽	t/a	2	/
10	五氯化铌	t/a	5	/
11	锡精矿（50%-Sn）	t/a	90	/

3.4 原料、产品、固废的放射性检测结果

由于本项目未投入生产，无原料、产品及固废堆存，故本项目根据建设方提供同类企业原料、产品、废渣等样品，进行核素检测分析，另外，对于暂无法提供的原料引用类似企业的相关监测数据，包括：

（1）钽铌精矿、钽化物、铌化物、氟钽酸钾、草酸铌、五氯化二钽、中和渣等均引用东方钽业老厂现有物料的监测数据，其中钽铌精矿原料核素监测数据采用历次监测结果的平均值。

（2）铌铁合金监测数据引用于广东致远新材料有限公司的监测数据，广东致远新材料有限公司与项目均将铌铁合金作为生产原料，生产五氧化二钽及五氧化二铌，且均为湿法冶炼工艺。

（3）矿萃残渣是本项目钽铌提锡的原料，由于钽铌提锡采用新的水洗工艺，未能获得钽铌提锡产物（钽铌锡渣、锡精矿），也无相关的核素监测数据，因此，本次评价在进行核素平衡等量化分析时，将钽铌锡渣和锡精矿作为一个整体（矿萃残渣）进行分析，其核素监测数据采用历次监测结果的平均值。

（4）在对钽铌锡渣和锡精矿核素成份进行定性说明时，引用《湖南盛电新材料有限公

司年处理 16000 吨低放伴生矿二次资源综合利用项目辐射环境影响评价专篇》中“钽铌尾矿渣回收”小试实验相关监测结果（见附件八），湖南盛电新材料有限公司年处理 16000 吨低放伴生矿二次资源综合利用项目“钽铌尾矿渣回收”工序，主要利用钽铌尾矿渣为原料，采用“制浆+磁选+重选选矿”提取锡及其它有用物质，并产生铁化合物（废渣）。本项目矿渣提锡”工序与湖南盛电新材料有限公司年处理 16000 吨低放伴生矿二次资源综合利用项目“钽铌尾矿渣回收”工序的原料、工艺、产品情况分析如下表：

表 3.4-1 本项目“矿渣提锡”与湖南盛电新材料有限公司“钽铌尾矿渣回收”工艺中钽铌锡渣和锡精矿的原料、工艺及产品类比分析

综上，本项目“矿渣提锡”工序与湖南盛电新材料有限公司“钽铌尾矿渣回收”工序的原料基本相同，但提取工艺不同，湖南盛电“钽铌尾矿渣回收”工序选取工艺复杂、流程长，采用“制浆+磁选+重选选矿”工艺，除选锡矿外，同时还选取其它的有价产品，如金红石、稀土碳酸盐等，主要产物中的钽铌锡渣与铁化合物，锡精矿与锡石成份均类似，但其核素成份有所差异，因此，在对本项目钽铌锡渣及锡精矿核素成份分析时，仅参照湖南盛电新材料有限公司“钽铌尾矿渣回收”工序的铁化合物及锡石核素分析结果，进行定性说明。

（4）本项目钽金属废料及铌金属废料来源于东方钽业集团公司内部其他分厂废料，其生产过程产生的钽、铌金属废料不涉及放射性，故本项目原料不考虑其核料含量。

具体原材料、产品及固废核素水平如下所示。

表 3.4-2 类比企业原料核素水平（单位: Bq/kg）

表 3.4-3 钽铌精矿原料放射性分析结果 单位: Bq/kg

表 3.4-4 矿萃残渣放射性分析结果 单位: Bq/kg

表 3.4-5 废水处理站中和渣放射性分析结果 单位: Bq/kg

根据原料核素分析结果，本项目原料（钽铌精矿、铌铁合金）中所含放射性核素浓度较高，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附 A2.2 章节规定的豁免范围（放射性核素的活度浓度与其相应的豁免活度之比大于 1），因此，本项目原料不属于豁免水平物料，另外，工艺流程分析可知，经过钽铌湿法冶炼过程，放射性物质主要富集在矿萃残渣及后续矿渣提锡过程的产物中。

3.5 本项目规模与建设内容

3.5.1 建设规模

本项目主要建设年产 3304.5t 氟钽酸钾、铌氧化物、钽氧化物等，具体建设规模见表 3.5-1。

表 3.5-1 项目建设具体规模表

序号	产品名称		生产规模	
1	氟钽酸钾		1100t/a	
2	五氧化二铌	五氧化二铌	1700t/a	
		高纯五氧化二铌	150t/a	
3	五氧化二钽	高纯五氧化二钽	50t/a	
4	其他钽铌化合物	草酸铌	5t/a	
		五氯化钽	200t/a	其中：195t 作为产品外售，5t 作为五氯化钽正丁醇溶液及乙醇钽/正丁醇钽的原料使用
		五氯化钽正丁醇溶液	0.5t/a	
		乙醇钽	2t/a	
		正丁醇钽	2t/a	
		五氯化铌	5t/a	
5	副产品	锡精矿（50%-Sn）	90t/a	

3.5.2 建设内容

本项目拟新建氟钽酸钾、氧化铌、氧化钽和钽铌化合物产品生产线，主要包括新建主生产厂房和生产辅助厂房，购置配套工艺设备和辅助设备。新建主生产厂房 6 座，分别为分解矿萃车间、分解二车间、萃取车间、氧化物制备车间、钾盐制备车间、钽铌化合物生产车间；新建生产辅助厂房主要包括 MIBK 库、辅料库、危险品库、机修和备品备件车间、分析检测楼、中控室、危废库、高压细水雾泵房、酸储存区、液氨库、生产废水处理站（含纯水站），副产品锡精矿综合回收车间 1 座，新建 35kV 变电站一座。此外，项目新建行政办公及生活服务楼。

3.5.3 项目组成

本项目由主体工程、辅助工程、储运工程、公用工程及环保工程组成，具体工程组成见表 3.5-2。

表 3.5-2 本项目组成一览表

	主要工程内容		备注
主体工程	分解二车间	分解二车间建筑面积 930m ² ，对车间进行分区，分为磨矿分解区及酸分解区。磨矿分解区主要布设雷蒙磨、颚式破碎机，酸分解区主要设置分解槽、压滤机等，该车间用于氟钽酸钾制备工程中磨料及酸解。	主要是生产氟钽酸钾，同时高纯五氧化二铌、五氧化二
	分解矿萃车间	分解矿萃车间建筑面积 2115m ² ，分为磨矿分解区及矿萃区。磨矿分解区主要布设雷蒙磨及分解槽；矿萃区主要设置有矿萃萃取槽、压滤机等设备，该车间主要用于氟钽酸钾制备工程中磨料及酸解。	

主要工程内容			备注
	萃取车间	萃取车间建筑面积 6102m ² ，该车间用于氟钽酸钾制备工程中萃取工序，并同时布设有高纯铌及高纯钽萃取线，主要设置各类萃取槽及中转槽。	钽萃取工序设置在萃取车间
	钾盐制备车间	钾盐制备车间建筑面积 3576m ² ，局部三层，该车间主要进行氟钽酸钾的额转化、结晶、冷却、烘干工序，主要设置结晶槽、离心机及烘干设备等。	
	钽、铌氧化物生产车间	钽铌氧化物生产车间建筑面积 8271m ² ，局部二层，设置了五氧化二铌生产线、高纯五氧化二铌生产线、草酸铌生产线、高纯五氧化二钽生产线。	/
	钽铌化合物生产车间	钽铌化合物生产车间建筑面积 1188m ² ，单层，主要用于生产五氯化钽/铌、五氯化钽正丁醇溶液、乙醇钽/正丁醇钽等，主要设置氯化炉、乙醇钽搪瓷玻璃反应釜、正丁醇钽搪瓷玻璃反应釜、乙醇钽搪瓷玻璃蒸馏釜、正丁醇钽搪瓷玻璃蒸馏釜、离心机、烘箱等设备	/
	综合回收车间	综合回收车间建筑面积 630m ² ，主要用于矿渣提锡，主要设置立式搅拌槽、压滤机等设备	用于矿渣提锡
辅助工程	分析检验楼	项目建设 1 座分析检验楼用于产品及原料的分析化验。	/
	机修和备品备件库	项目设置 1 座机修和备品备件库，用于修理厂区设备配件等，内设车床、切割机、焊接机等	/
	中控室	用于放置厂区生产设备的中控系统	/
	办公楼、食堂	厂区建设 1 座办公楼及食堂，用于厂区员工的办公及就餐	/
	生活垃圾站	用于厂区生活垃圾的转运	/
	变配电室	根据厂区需要设置变配电室，供各车间设备正常运转使用	/
	空压站	空压站内设置 4 套空压机及 3 干燥机，并设置 3 台 10m ³	/
	35kV 变电站	厂区设置 1 座 35kV 变电站	/
	纯水制备	设置 1 套纯水制备系统，工艺为：多介质过滤+砂滤/碳滤（砂滤/超滤）+一级 RO+二级 RO+EDI 制备	/
	供水	由园区市政供水管网供给，项目新鲜水用量为 788.82m ³ /d	/
	供电	由园区市政电网接入集团公司配电站后引入各车间配电间供给，年用电量 600 万 KW·h。	/
	供暖	采用园区集中供暖	/
	排水	厂区设置 1 座生产废水处理站及 1 座生活污水处理站，生产废水处理站设计处理规模为 1500m ³ /d，生活污水处理站设计处理规模为 30m ³ /d	/
	循环冷却水系统	设置 1 座 20 型逆流式冷却塔 1 台，配套循环水池，设置 1 套冷冻循环水系统	/
	原料库	原料库建筑面积 1260m ² ，按照辐射防护要求建设，用于贮存钽铌精矿、铌铁合金、钽、铌金属废料等	/
	辅料库	辅料库建筑面积 101m ² ，主要贮存氯化钾等辅助材料	/
	酸贮存区	建筑面积 600m ² ，设置了 4 座 50m ³ 工业硫酸立式储罐，3 座 50m ³ 工业氢氟酸储罐，1 座 10m ³ AR 硫酸储罐，2 座 10m ³ CP 硫酸储罐，2 座 20m ³ AR 氢氟酸储罐	/
储运工程	液氨库	建筑面积 360m ² ，设置 4 座 50m ³ 的卧式液氨储罐	/
	MIBK 库	建筑面积 110m ² ，设置 2 座 15m ³ 立式 MIBK 储罐	/
	危险品库	建筑面积 60m ² ，主要贮存乙醇、正定醇等危险化学品	/
	产品库	主要贮存氟钽酸钾、五氧化二铌、草酸铌等产品	/
	危险废物贮存间	建筑面积 294m ² ，用于贮存厂区产生的危险废物	/

主要工程内容		备注
环保工程	废气	分解二车间: 雷蒙磨废气(G1-1)经过自带布袋除尘器净化,鄂式破碎机(G1-1')经过袋式除尘器净化后与雷蒙磨废气经过15m高(DA001)排气筒排放。酸分解废气(G1-4)经过3级喷淋净化塔(2级水洗+1级碱洗)处理后,经过1跟17m高(DA004)排气筒排放; 分解、矿萃车间: 雷蒙磨废气(G1-1")经过自带布袋除尘器净化后,经过15m高排气筒排放;酸分解废气(G1-2)经过3级喷淋净化塔净化,萃矿废气(G1-3)经过3级喷淋净化塔+活性炭吸附(一级)净化后,与分解废气(G1-2)合并,经过19m高(DA003)排气筒排放; 萃取车间: 萃取废气(G1-5)、(G3-1)经过3级喷淋净化塔+活性炭吸附(一级)净化后,经过19m高(DA005)排气筒排放; 钾盐制备车间: 转化、结晶离心废气(G1-6、G1-7)经3级喷淋净化塔+活性炭吸附(一级)净化后,烘干废气(G1-9)经布袋除尘器净化后,合并,经过22m高排气筒(DA006)排放;母液沉淀压滤废气(G1-8)经过防爆型酸吸收塔净化后,经过15m高排气筒(DA007)排放; 氧化物制备车间: 沉淀压滤废气(G2-1)经过3级防爆型酸吸收塔净化,废气(G2-2)经过脉冲布袋除尘器净化后,合并,经过17m高排气筒排放(DA008); 推舟炉装料废气(G3-2)及磨筛混料废气(G3-3、G4-2)经过脉冲布袋除尘器净化后,沉淀、过滤洗涤废气(G3-4、G4-1)经过3级防爆型酸吸收塔净化净化后,合并经过17m高排气筒(DA009)排气筒排放; 钽铌化合物生产车间: 氯化工段、蒸馏工段废气(G5-1)经过防爆型旋流净化塔净化后,经过25m高(DA010)排气筒排放;五氯化钽废气、乙醇钽/正丁醇钽在合成反应、中和反应、过滤(G5-2、G6-1)经过防爆型废气净化塔+活性炭吸附(一级)净化后,经过15m高(DA010)排气筒排放; 综合回收车间: 洗涤废气及储罐废气经过干式酸雾吸附装置净化后,经过15m高排气筒(DA011)排气筒排放; 分析化验楼: 分析化验楼废气(G9-1)经过干式酸雾吸附装置净化后,经过15m高排气筒(DA012)排放; 机修和备品备件车间: 焊接废气(G9-2)经过移动式焊接烟气净化器净化后,无组织排放。 污水处理站: 石灰料仓投料废气(G12-1)经过布袋除尘器净化后,经过15m高排气筒排放(DA014); 矿萃残液处理废气(G12-2)经过水膜除尘塔净化后,经过15m高排气筒(DA015)排放; 预处理与汽提脱氨废气(G12-3)经过洗氨净化塔净化后,经过15m高排气筒(DA016)排放;
	废水	厂区设置1座生产废水处理站及1座生活污水处理站,生产废水处理站设计处理规模为1500m³/d,生活污水处理站设计处理规模为30m³/d,生产废水处理站根据生产废水水质不同,设计不同处理工艺。
	固废	本项目固体废物产生总量为46561.322t/a,其中危险废物产生量为26.15t/a,均交有资质单位处置;放射性废渣产生量为855.191t/a,送钽铌湿法冶炼废渣处置场(该处置场正在建设)进行填埋;一般工业固体废物产生量为45621.55t/a,除尘灰返回工艺,其余一般工业固体废物均送一般工业固体废物填埋场填埋。生活垃圾产生量为57.65t/a,交环卫部门处置。

		主要工程内容	备注	
	噪声	选用低噪声设备，采取消声、减振、隔声措施。	/	
	地下水污染防治	对项目厂区进行分区防渗，重点防渗区（等效黏土防渗层 Mb≥6.0m，K≤1×10 ⁻⁷ cm/s），一般防渗区（等效黏土防渗层 Mb≥1.5m，K≤1×10 ⁻⁷ cm/s），非防渗区进行地面硬化。	/	
	环境管理	排污口规范化建设、标志、标识管理机构、管理制度、管理台账、信息公开等；	/	
	风险防范	罐区围堰：在储罐区均设置围堰； 事故水池与初期雨水池：本项目事故水池与初期雨水池合建，总有效容积为 2830m ³ 监控预警：有毒有害气体检测报警仪、泄露报警装置，制定环境风险应急预案；	/	
		绿化	厂区绿地率 10%	/

3.6 主要生产设备

本项目主要生产设备详见表 3.6-1。

表 3.6-1 本项目主要生产设备一览表

3.7 公用工程

3.7.1 给排水系统

3.7.1.1 给水系统

本项目用水主要为生产用水和生活用水。

(1) 水源

项目生产及生活用水由园区给水供给。

(2) 给水系统

本项目给水分为：新鲜水系统、循环水系统、纯水系统。

① 生产、生活用水

本项目生产用新鲜水用量为 $756.32m^3/d$ （其中：制纯水新鲜水量为 $632.62m^3/d$ ，分析化验用水量 $3.6m^3/d$ 、喷淋塔补水量 $100m^3/d$ ）。

生活水新鲜水用量为 $32.5m^3/d$ 。

本项目总新鲜水用量为 $788.82m^3/d$ 。

② 循环水系统

项目设置 1 套循环水系统及 1 套冷冻循环水系统。循环水系统循环水量为 $170m^3/d$ ，冷冻循环水系统水量为 $4800m^3/d$ 。循环冷却水系统补水量为 $8.5m^3/d$ ，采用纯水进行补水。

③纯水系统

本项目建设一套纯水系统，工艺为“多介质过滤+砂滤/碳滤（砂滤/超滤）+一级 RO+二级 RO+EDI 制备”，本项目纯水用水量为 $877.596\text{m}^3/\text{d}$ （其中：工艺用水 $869.096\text{m}^3/\text{d}$ ，循环冷却水系统补水 $8.5\text{m}^3/\text{d}$ ）纯水设备制水率为 84.3%，本项目新鲜水用于制纯水量为 $632.62\text{m}^3/\text{d}$ ，工艺纯水洗涤废水用于制纯水量为 $408.68\text{m}^3/\text{d}$ 。

3.7.1.2排水系统

本项目设计实行“污污分流、清污分流、雨污分流”排水体制。项目排水划分为：生活污水系统、生产废水系统、初期雨水系统、雨水排水系统。

①生活污水

本项目生活污水产生量为 $26.6\text{m}^3/\text{d}$ ，排入厂区生活污水处理站进行处理。

②生产废水

钽铌湿法冶炼（氟钽酸钾）在生产过程中会有矿萃废水（W1-1）、清萃废水（W1-2）及洗有机废水（W1-3）及压滤废水（W1-4）产生。矿萃废水（W1-1）产生量为 $55.21\text{m}^3/\text{d}$ ，清萃废水（W1-2）产生量为 $49.39\text{m}^3/\text{d}$ ，洗有机废水（W1-3）产生量为 $37.05\text{m}^3/\text{d}$ ，压滤废水（W1-4）产生量为 $86.5\text{m}^3/\text{d}$ ，产生的废水均排入厂区污水处理站，分质进行处理。

五氧化二钽生产过程中会有含钽废水（W2-1）、纯水洗涤废水（W2-2）、氨水洗涤废水（W2-3）产生，产生量分别为 $39\text{m}^3/\text{d}$ 、 $366\text{m}^3/\text{d}$ 、 $200.57\text{m}^3/\text{d}$ ，废水均排入厂区污水处理站进行分质处理。

高纯五氧化二钽/钽生产过程中有萃取废水（W3-1）、高纯萃取洗有机废水（W3-2）、含钽、钽废水（W3-3）纯水洗涤废水（W3-4）及氨水洗涤废水（W3-5）产生，废水产生量分别为 $19.64\text{m}^3/\text{d}$ 、 $5.81\text{m}^3/\text{d}$ 、 $5.1\text{m}^3/\text{d}$ 、 $42.68\text{m}^3/\text{d}$ 、 $23.38\text{m}^3/\text{d}$ ，，废水均排入厂区污水处理站进行分质处理。

分析化验楼产生废水量为 $2.86\text{m}^3/\text{d}$ ，排入污水处理站进行处理。

纯水站排水量为 $163.5\text{m}^3/\text{d}$ ，排入污水处理站进行处理。

循环冷却水系统排水量为 $8.5\text{m}^3/\text{d}$ ，排入污水处理站进行处理。

车间废气喷淋设施废水产生量为 $100\text{m}^3/\text{d}$ ，排入污水处理站进行处理。

合计，本项目生产废水排放总量为 $1205.19\text{m}^3/\text{d}$ （其中 $408.68\text{m}^3/\text{d}$ 纯水洗涤废水进入纯水设备重复利用，进入污水处理站的废水量为 $796.51\text{m}^3/\text{d}$ ）。

(2)初期雨水及事故污水系统

①初期雨水

项目区事故水池与初期雨水池合建，总有效容积为 2830m³。

②事故应急池

为防范和控制工艺装置发生事故时及事故处理过程中产生的物料泄漏和污水对外界水环境的污染及危害，降低环境风险，本项目厂区设置事故应急水池（容积为680m³）与初期雨水（容积为2150m³）合建1座，总有效容积为2830m³。初期雨水池有效容积考虑了初期雨水水量，事故池有效容积为680m³，考虑了企业火灾时的一次消防最大水量（486m³）及涉及放射性废水的储罐泄露量（单个最大储罐容积为140m³）。

本项目初期雨水、事故水池设计有连通管道和切换阀门，发生事故时，工艺装置区或储罐区围堰外的物料及污染的消防水、污染雨水通过雨污切换装置切换，全部排至事故水池(初期雨水池)内，以防止对外界水环境造成污染及危害。

此外，须建立“单元—厂区—园区”环境风险防控体系，根据地表水预测结果，在发生泄漏事故后，及时监控事故水池接纳能力，监控是否可能发生事故废水外溢至厂外的可能。厂区突发环境事件应急预案应与园区应急系统衔接。

(4)雨水排水系统

项目雨水经收集后进入雨水收集池进行水质自动监测，合格的雨水通过雨水排口排出，超标雨水送项目拟建设污水处理站处理。

3.7.2 消防工程

设置一座 15m×12m×4m 的消防水池，并设置一座 24m×7.5m×6.0m 的消防水泵房（框架结构），本次消防系统采用临时高压消防系统，在氧化物制备车间屋顶设置一座有效容积为 12m³ 的高位消防水箱。

3.7.3 供电系统

厂区内规划建设一座 35/10kV 总降站，各生产区域设 10/0.4kV 变电站，35/10 总降设置两台 12500kVA 的主变，主变中性点不接地。本工程拟两回路由 35kV 变电站馈出 10kV 电缆线路为各车间变电所供电；且两路电源进线互为独立。

3.7.4 供热供汽系统

本项目蒸汽负荷 14t/h，另采暖期有采暖蒸汽负荷需求约 8t/h。本项目所在园区已有热源，项目所在地有园区蒸汽 DN400 总管环绕，供汽压力 0.8MPa，满足生产需求。本项目蒸汽需求考虑由园区现有蒸汽管网供应，不另新建锅炉房。

3.7.5 空压站

本项目新建空压站一座，站内设 4 套 $30\text{Nm}^3/\text{min}$ 风冷型螺杆式空压机组，3 用 1 备（其中 3 台工频、1 台变频）。为满足工艺用气质量要求，设 3 套 $40\text{Nm}^3/\text{min}$ 微热再生吸附式干燥机，经处理后的压缩空气品质达到：除水效率 99% 以上，过滤精度 $0.01\mu\text{m}$ ，残余油份 0.01ppm ，压力露点温度 -40°C 。

压缩空气供应系统工艺流程如下：

风冷型螺杆式空压机→缓冲罐（稳压）→初过滤器→微热再生吸附式干燥机→精过滤器→超精过滤器→储气罐→厂区管网→各用气点。

3.8 储运工程

3.8.1 运输量及运输方式

根据项目建设地点的运输条件，项目运输货物的性质、运输量及地点，运输方式主要采用汽车运输。项目总运入量为 58785.13t/a ，总运出量为 48536.2t/a ，总运输量约为 107321.33t/a ，详见表 3.8-1。

表 3.8-1 项目运输量

3.8.2 储运系统

(1) 罐区

① 酸贮存区

本项目设置酸贮存区。设置了 4 座 50m^3 工业硫酸立式储罐，3 座 50m^3 工业氢氟酸储罐，1 座 $10\text{m}^3\text{AR}$ 硫酸储罐，2 座 $10\text{m}^3\text{CP}$ 硫酸储罐，2 座 $20\text{m}^3\text{AR}$ 氢氟酸储罐。

② 液氨库

液氨库内设置 4 座 50m^3 的卧式液氨储罐。

③ MIBK 库

MIBK 库内设置 2 座 15m^3 立式 MIBK 储罐。

④ 液氯中间库

库内放置液氯气瓶，最大贮存 2 瓶，每瓶 100kg ，设置在车间内。

本项目罐区设置情况见表 3.8-2。

表 3.8-2 项目设置储罐情况

(2) 仓库区

本项目设置了 1 座原料库、1 座危险品库、1 座产品库辅料库，在综合回收车间内部设置锡精矿贮存间。仓库内按照液体物料与固体物料按不同形态分区设置。车间内设置区域放置部分原辅料。

根据建设单位提供的资料，各类仓库储存物料情况见表 3.8-3。

表 3.8-3 项目物料储存情况表

仓库名称	储存物料名称	物料形态	包装规格	最大储存量(t)	备注
原料库	矿石	固态	袋装	1173	原辅料
	铌铁合金	固态	袋装	500	原辅料
	钽金属废料	固态	袋装	8	原辅料
	铌金属废料	固态	袋装	8	原辅料
辅料库	氯化钾	固态	袋装	89	原辅料
氧化物制备车间	草酸	固态	袋装	0.42	原辅料
	草酸铵	固态	袋装	0.08	原辅料
危险品库	乙醇	液态	桶装	11.00	原辅料
	正丁醇	液态	桶装	1.27	原辅料
钽铌化合物车间	钽粉	固态	桶装	0.17	原辅料
	铌粉	固态	桶装	0.50	原辅料
综合回收车间	浮选剂 A	/	/	12.03	原辅料
	浮选剂 A	/	/	0.21	原辅料
产品库	氟钽酸钾	固态	桶装	550	产品
	五氧化二铌	固态	桶装	850	产品
	高纯五氧化二铌	固态	桶装	75	产品
	草酸铌	固态	桶装	2.5	产品
	高纯五氧化二钽	固态	桶装	25	产品
钽铌化合物车间	五氯化钽	固态	桶装	97.5	产品
	五氯化钽正丁醇溶液	液态	桶装	0.25	产品
	乙醇钽	液态	桶装	1	产品
	正丁醇钽	液态	桶装	1	产品
	五氯化铌	固态	桶装	2.5	产品
综合回收车间	锡精矿	固态	袋装	32.24	副产品

(3) 危险废物贮存库

本项目设置 1 座危险废物贮存库，占地面积 294m²，用于全厂危险废物的临时贮存。根据危险废物特性，在库内分区贮存。

(4) 伴生放射性固体废物暂存库

本项目在综合回收厂房内设置 1 座伴生放射性废物暂存间(即钽铌锡渣暂存间)，

占地面积为 138m²，按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ 1114-2020）要求建设。

3.9 平面布置

厂区分办公区和生产区。

根据“合理布局，工艺流程有序，布置紧凑，尽量少占地，功能分区合理，既有利生产又方便管理”的厂区平面布置原则，同时考虑到地形、地貌、风向等自然条件，结合厂外道路和建筑物朝向等多方面因素，设计确定了厂区平面布置方案。

根据地形条件及地区内风向考虑，办公楼布置于场地西南侧，办公区东侧考虑布置食堂和厂区停车区域，区域内考虑停放厂区职工车辆及来访客人车辆，分为电动汽车停车区，一般机动车停车区，和非机动车停车区。

生产区由原料库、分解矿萃车间、分解二车间、萃取车间、钾盐制备车间、氧化物制备车间、钽铌化合物车间、综合回收车间、MIBK 库、辅料库、危险品库、机修和备品备件车间、分析检测楼、中控室、危废库、高压细水雾泵房、酸储存区、液氨库、生产废水处理站（含纯水站）和 35kV 变电站等组成。

根据工艺流程等综合因素考虑，生产区北部自西向东依次布置钽铌化合物车间、危险品库、酸储存区、液氨库、初期雨水及事故池；生产区中部布置主要生产厂房，东侧靠近兴园路自北向南依次布置原料库、生产生活消防水泵房及水池、分析化验楼、机修和备品备件车间、钾盐制备车间、产品库辅料库、中控室、浴室；西侧自北向南布置分解矿萃车间变配电室、分解二车间、危废库、分解矿萃车间、MIBK 库、萃取车间和氧化物制备车间、高压细水雾泵房等；生产废水处理站、综合回收车间生产废水处理预留场地布置在场地北侧，35kV 变电站布置在场地西北侧，一些辅助车间按就近服务对象原则布置。

4 工程分析

4.1 主要工艺路线

根据物料的核素分析与工艺过程分析，本项目放射性核素铀、镭、钍和氡、钍主要聚集在钽、铌湿法冶炼的磨矿、酸溶分解和萃取环节，以及涉及矿萃残渣的矿渣提锡过程，因此，本环评只对涉及核素的钽铌湿法冶炼以及矿渣提锡工艺进行说明，钽铌氧化物制备及钽铌化合物生产线的工艺说明见常规环评内容。

4.1.1 钽铌湿法冶炼

氟钽酸钾、钽铌氧化物生产以钽铌精矿、铌铁合金、钽金属废料、铌金属废料为主要原料经前处理、分解、萃取、中和、洗涤、煅烧等工序生产产品氧化钽和氧化铌，钽液经转化、结晶冷却、过滤、烘干等工序生成氟钽酸钾，具体生产过程工艺叙述如下：

(1) 矿石、原料贮存

(2) 磨矿工艺（在分解二车间及分解、矿萃车间均设置有该工艺）

钽铌精矿、酸分解工序铌铁合金、钽铌金属废料酸分解工序一致，主要工艺叙述如下：

矿萃工艺：

分解、矿萃车间：

分解二车间：

(3) 萃取工序

(4) 氟钽酸钾制备工序（钾盐制备车间）

1) 氟钽酸钾转化工序

2) 氟钽酸钾结晶冷却、过滤、烘干工序(此工序在钾盐制备车间)

4.1.2 矿渣提锡（综合回收车间）

4.1.3 放射性产污环节说明

(1) 气载流出物

本项目气载流出物为含放射性粉尘，由于分解、萃取及后续过程为湿法过程（根据常规环评：钽铌精矿酸分解废气（G1-2）主要污染物为氟化物、硫酸雾，氟化物；萃取过程废气（G1-3）主要污染物为氟化物、硫酸雾、非甲烷总烃，均不产生粉尘），粉尘产生量少，因此，本项目气载流出物主要产生于磨矿、破碎工序的分解二车间和分解、矿萃车间的磨矿工序。

破碎、磨碎气载流出物产污环节及有组织排放情况如下：

分解二车间 2 台雷蒙磨在磨矿过程中会有含钽铌精矿及铌铁合金的粉尘废气（G1-1）产生，鄂式破碎机会产生含铌铁合金的粉尘废气（G1-1"）产生，分解、矿萃车间 2 台雷蒙磨在磨矿过程中会有含粉尘废气（G1-1'）产生，雷蒙磨自带收尘系统，废气经过收尘系统净化后，废气（G1-1）经过 15m 高（DA001）排气筒排放；废气（G1-1"）经过袋式除尘器净化后，与废气（G1-1）合并经过 15m 高（DA001）排气筒排放，废气（G1-1'）经过 15m 高排气筒（DA002）排放。

本项目气载流出物有组织产生及排放情况表见表 4.1-1。

表 4.1-1 本项目气载流出物有组织产生及排放情况表

生产线	车间	工序	产污节点	污染物	治理措施		污染因子铀钍排放					排放 时间 (h)	排放去向
					治理工 艺	去除 效率 (%)	废气 排放量 (m³/h)	污染 因子	排放浓度 (mg/m³)	排放量			
										Bq/a			
钽、铌 湿法治 炼	分解二 车间	磨 矿、 破碎	雷蒙磨 (G1-1)、 鄂式破碎 (G1-1 ")	粉尘（铌铁合 金） (20mg/m³)	除尘器	98.8	6000	铀	2.12E-02	²³⁸ U	1.14E+07	300	DA001
								钍	5.47E-03	²³² Th	9.52E+05		
								铀钍 总量	2.67E-02	²²⁶ Ra	5.12E+06		
	分解、矿 萃车间	磨矿	G1-1 '	粉尘（钽铌精 矿） (25mg/m³)	自带布 袋除尘 器	98.8	4000	铀	5.09E-02	²³⁸ U	8.24E+06	300	DA002
								钍	1.90E-02	²³² Th	1.88E+06		
								铀钍 总量	2.67E-02	²²⁶ Ra	7.56E+06		

另外本项目分解二车间和分解、矿萃车间的原料在生产、运输、装卸过程中，会有粉尘的无组织排放，根据常规环评分析结果，本项目粉尘无组织排放情况见表 4.1-2。

表 4.1-2 本项目气载流出物车间无组织排放情况表

序号	车间	车间尺寸	污染物	排放量 (t/a)	排放活度 (Bq/a)	
1	分解二车间	62m*15m	粉尘	0.22	²³⁸ U	2.91E+06
					²³² Th	2.44E+05
					²²⁶ Ra	1.31E+06
2	分解、矿萃车间	101.5m*15m	粉尘	1.08	²³⁸ U	1.24E+07
					²³² Th	2.82E+06
					²²⁶ Ra	1.13E+07

2) 液态流出物

根据工艺分析，本项目在酸洗工序后，含负载有机的钽铌液含核素成份极少，后续工艺不涉及放射性，因此，本项目涉及放射性废水主要产生于分解、矿萃过程，根据老线矿残废水和清萃废水监测结果（见附件八），清萃废水铀浓度为 0.00198mg/L，钍浓度为 0.00095mg/L，与当地黄河干流（全江全年）：铀（2.17~3.52）μg/L、钍（0.21~0.36）μg/L 浓度处于同一水平，核素浓度水平低，因此，清萃废水不按放射性废水考虑；矿残废水铀浓度为 6.49mg/L，钍浓度为 1.27mg/L，需按放射性废水进行处理。污水处理站放射性废水处理工艺见图 4.1-1：

另外，矿渣提锡过程前须对矿残废渣进行水洗，以降低矿萃残渣的酸性含量，便于后续气浮工艺的提锡，提锡洗水回用于水洗过程，不外排。

图 4.1-1 放射性废水处理工艺流程图

因此，本项目放射性废水主要为矿萃废水（W1-1），排入厂区污水处理站，采用石灰中和单独进行处理，处理后产水回用至生产工艺，无液态流出物外排。

（3）伴生放射性固体废物

根据工艺流程，本项目除原料和产品之外的涉及放射性核素的固体主要有矿萃残渣（包括经提锡过程后产生的钽铌锡废渣及副产品锡矿渣）、中和渣、除尘粉尘、含放射性核素的废包装袋以及含放射性核素的废滤膜，根据以已有的核素监测结果，并结合项目特点，分析如下：

矿萃残渣：矿萃残液压滤后产生的滤渣，作为矿渣提锡的原料生产副产品（锡精矿）及尾矿渣（钽铌锡废渣），经类比企业监测数据，其核素水平均高于《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）规定的解控水平（1Bq/g），不能被豁免，产生量为 1347.57 t/a（含水 30%）。

由于缺少锡精矿和钽铌锡渣的核素监测数据，本项目将锡精矿及钽铌锡渣作为一个整体（即矿萃残渣）进行核素预测与分析。

钽铌锡渣：为矿萃残渣经气浮提锡后的尾矿渣，根据工艺过程分析，可定性判定该固体废物核素水平超过《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）规定的解控水平（1Bq/g），不能被豁免，产生量为 1222.82 t/a（含水 30%），应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行贮存和管理，最终送钽铌湿法冶炼废渣处置场（该处置场正在建设）进行填埋。

锡精矿：为矿萃残渣经气浮提锡后的精矿，为副产品，产生量 90t/a，由于无相关的核素监测数据，无法确定其放射性属性，偏保守考虑，应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管理，待实际运行生产后，对锡矿渣核素成份进行核素分析，重新确定其管控要求。

中和渣：主要产生于废水处理站的含放射性核素废水处理过程，产生量为 43838.57t/a，主要成分为氟化钙盐类物质，根据宁夏东方钽业老线废水处理后的中和渣（处理放射性废水）、废水处理站废渣（含氨）、水处理站废渣（含酸）类比监测数据，铀-238、镭-226、镭-226 核素活度均小于 1Bq/g，根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）小于规定的解控水平（1Bq/g），其比活度水平达不到放射性废物的水平，不属于伴生放射性废物，同时，根据常规环评，该固体废物也不属于危险废物。

除尘粉尘：磨矿、破碎工序不会改变的矿石的化学性质，经除尘器收集的粉尘实则为原料粉末，其放射性活度与原料一致，根据类比企业监测数据，原料中的铀-238、钍-232、镭-226 活度均大于 1Bq/g，但根据粉尘特点，将收集的粉尘回用于生产工序，不作为放射性固体废物处理。

含放射性核素的废包装袋：产生量约 0.1t，作为放射性固废统一暂存于放射性物料暂存库，定期与伴生放射性废渣一起送伴生放射性渣库处置。

含放射性核素的废滤膜，产生量约 0.5 t，作为伴生放射性固体废物统一暂存于伴生放射性废物暂存间，定期与伴生放射性废渣一起送放射性渣库处置。

综上所述，本项目伴生放射性固体废物为钽铌锡渣、含放射性核素的废包装袋、含放射性核素的废滤膜，均按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管控，并得到最终的处置。

（4）外照射、氡浓度及钍射气

因原料中的铀-238、钍-232、镭-226 活度均大于 1Bq/g，根据工艺流程，原料矿中放射性核素绝大部分迁移到钽铌锡渣中，后续经酸洗、反铌提钽、反萃钽（清液萃取）工序后其物料中含有的核素活度将更小，故本项目外照射、氡浓度及钍射气主要产生在原料堆放、磨矿、分解、矿萃、清萃等前序环节以及矿渣提锡过程及提锡后伴生放射性废渣（即钽铌锡渣）、锡精矿的暂存环节。

结合本项目厂房的布置情况，本项目以原料仓库、分解二车间、分解矿萃车间、萃取厂房、综合回收车间放射性废渣暂存间、锡精矿暂存间等为氡、钍射气排放源及产生外照射来源。

综上，本项目涉及放射性的工艺流程及产污环节如图 4.1-1：

图 4.1-1 湿法冶炼工艺及矿渣提锡流程及辐射产污环节图

（其中 γ 辐射剂量率、氡气及钍射气涉及分解二车间等厂房的各工序，不单独标示）

4.2 生产工艺的物料、元素和水平衡计算

4.2.1 物料平衡

本项目涉及放射性的钽铌湿法冶炼及矿渣提锡过程生产装置物料平衡见表 4.2-1~4.2-2，物料平衡见图 4.2-1~4.2-2。

表 4.2-1 钽铌湿法冶炼（氟钽酸钾）物料平衡

图 4.2-1 钽铌湿法冶炼（氟钽酸钾）物料平衡图 单位：t/a

表 4.2-2 矿渣提锡物料平衡表

输入	输出	去向
----	----	----

项目	数量 (t/a)	项目		数量 (t/a)	
钽铌锡渣	943.299	副产品	锡精矿	90	副产品外售
补充新鲜水	20.00	废渣 S7-1		855.191	钽铌湿法冶炼废渣处置场（该处置场正在建设）进行填埋
药剂 A	2.82	废气（G7-1）	硫酸雾	5.62	经处理达标后排放
药剂 B	4.70	损耗		20	
合计	970.811	合计		970.811	

图 4.2-2 矿渣提锡物料平衡图 单位：t/a

4.2.2 水平衡

本项目水平衡见表 4.2-3 及图 4.2-3。

表 4.2-3 全厂水平衡一览表 单位: m³/d

序号	使用单位	总用水量	给水 m ³ /d					原料带入	回用水	消耗水	排水 m ³ /d		
			生产新水	生活给水	冷冻循环水	回用纯水	生产水循环				生产废水	生活污水	总排水量
1	生产各工序及冷却水	5847.596	0	0	4800	877.596	170	129.334	0	68.1	938.83	0	938.83
2	分析检验	3.6	3.6	0	0	0	0	0	0	0.74	2.86	0	2.86
3	综合回收车间	20	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
4	生活给水	32.5	0	32.5	0	0	0	0	0	5.9	0	26.6	26.6
5	洗涤塔	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
6	纯水制备	1041.3	632.62	0	0	408.68 (纯水洗涤水)	0	0	877.8	0	163.5	0	163.5
7	合计	7044.996	756.32	32.5	4800	1287.976	170	129.334	877.8	94.74	1205.19	26.6	1231.79

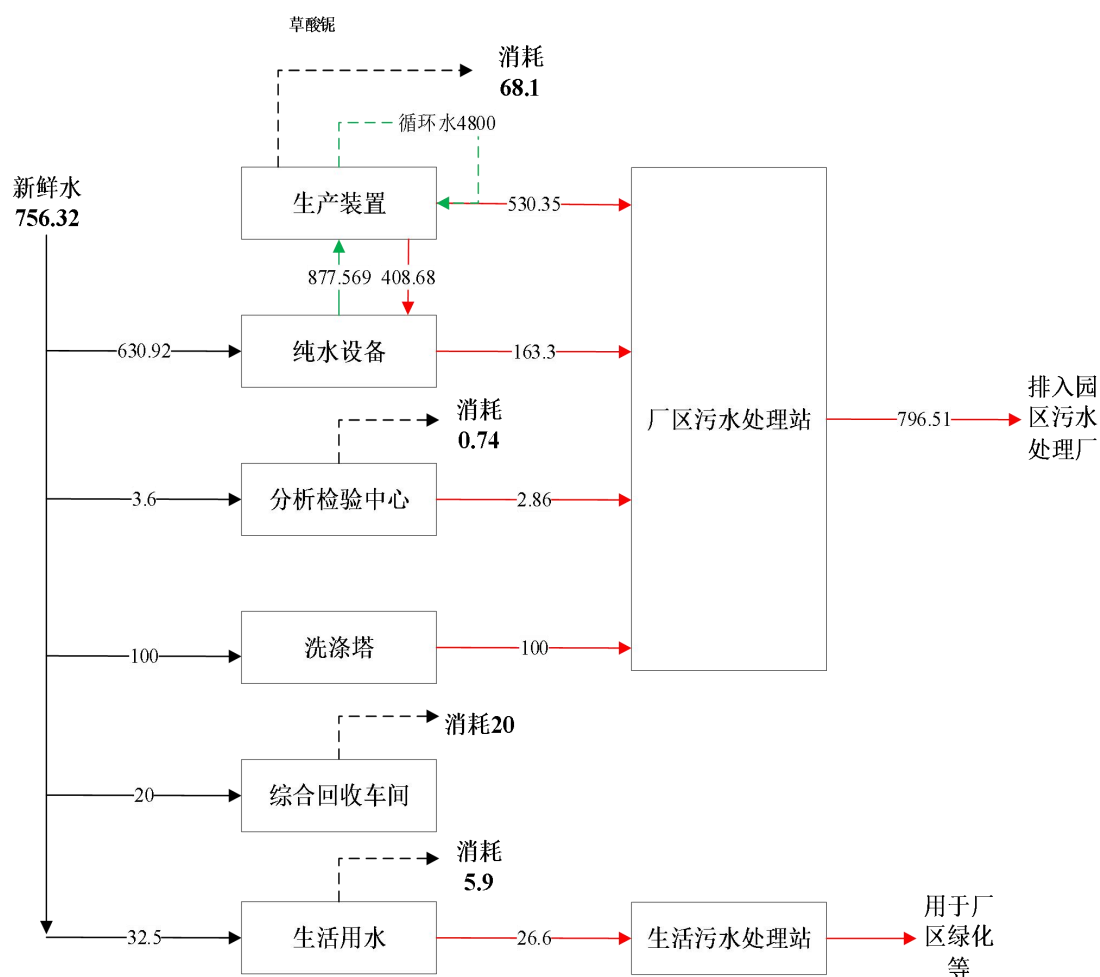


图 4.2-4 项目全厂水平衡图单位: m^3/d

4.2.3 核素平衡

4.3 放射性源项

4.3.1 放射性源项确定原则

源项是进行环境影响评价的重要依据，为使源项数据准确、可靠、真实，依据下述原则来确定本项目的源项。

(1) 在工程分析的基础上，对产生放射性污染物的工艺及其治理、处置措施进行全面分析，并通过类比分析确定治理措施的效果，从而确定排放至环境中的放射性核素的量；

(2) 对于能通过类比实测得到的数据尽可能实测；

(3) 在不能通过实地测量来获得源项数据的情况下, 采用同类型企业的环境评或验收监测报告数据。

4.3.2 气载流出物源项

根据本项目生产工艺特点, 正常生产期间, 本项目向环境释放的气载放射性流出物主要为 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 和粉尘 (主要考虑粉尘中载带的 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 核素)。

^{222}Rn 、 ^{220}Rn 主要集中在分解二车间、分解、矿萃车间、原料 (钽铌精矿、铌铁合金) 储存区、钽铌锡渣、锡精矿暂存间; 粉尘主要来自于分解二车间、分解矿萃车间的磨矿和破碎工序。

本项目主要源项见表 4.3-1。

表 4.3-1 本项目主要源项一览表

序号	车间 (厂房)	位置 (产生源)	放射性核素
1	分解二车间	铌铁合金破碎、磨矿工序	^{222}Rn 、 ^{220}Rn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra
2	分解、矿萃车间	钽铌精矿磨矿工序	^{222}Rn 、 ^{220}Rn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra
3	原料储存间	钽铌精矿、铌铁合金储存区	^{222}Rn 、 ^{220}Rn
4	钽铌锡渣、锡精矿暂存间	钽铌锡渣、锡精矿的储存	^{222}Rn 、 ^{220}Rn
5	萃取车间	萃取厂车间厂房	^{222}Rn 、 ^{220}Rn

4.3.2.1 分解二车间

(1) 分解二车间磨矿破碎区 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放量

根据《铀矿冶设施所造成的气态 (载) 放射性与有毒性源项的确定》(EJ/T 1090-1998), 分解二车间排出的 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 量可按下式计算:

$$S_{aR}=10^6 \times M_a \times E_d \times C_n$$

式中:

S_{aR} —— 分解二车间中 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的年排放量, Bq/a;

M_a —— 年处理铌铁合金总量, 2000t/a;

E_d —— ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放因子, 根据附录 A, “矿石的破碎和浸出” $E_d=0.1$;

C_n —— 铌铁合金中 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 的比活度, ^{226}Ra 为 5.956Bq/g。

对于 ^{228}Ra 核素：

$$C_{228\text{Ra}} = C_{232\text{Th}} \times k_{\text{Th}}$$

式中：

$C_{232\text{Th}}$ ——铌铁合金中 Th 的比活度， 1.107Bq/g 。

k_{Th} ——钍镭平衡系数，本项目 $k=1$ 。

经计算，分解二车间 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 释放量分别为 $1.19\text{E}+09\text{Bq/a}$ 、 $2.21\text{E}+08\text{Bq/a}$ 。

(2) 分解二车间厂房 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放量

根据类比企业监测结果，利用厂房内氡浓度和钍射气浓度监测数据，并根据分解二车间厂房年通风量，确定厂房的氡和钍射气释放量。本次评价引用“广东致远新材料有限公司 3000 吨钽铌合金项目验收”氡气及钍射气监测结果（粤环辐检[2020]第 020 号，广东省环境辐射监测中心），该项目除酸溶渣暂存库外各厂房氡浓度值为 $4.30\sim 27.8\text{Bq/m}^3$ ，钍浓度值为 $<3.7\sim 146\text{Bq/m}^3$ （酸溶渣暂存库平常不开启，氡浓度高，且浓度变动幅度大，不具可比性），保守考虑，本环评以最大值作为分解二车间厂房浓度值，即氡浓度为 27.8Bq/m^3 ，钍浓度值为 146Bq/m^3 。

分解二车间厂房面积 930m^2 ，梁下标高 13.5m ，换气次数为至少为 6 次/h，厂房年年通风量为 $5.42\text{E}+08\text{m}^3$ ，推算出分解二车间厂房 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 释放量分别为 $1.51\text{E}+10\text{Bq/a}$ 、 $7.92\text{E}+10\text{Bq/a}$ 。

(3) 分解二车间放射性核素的排放量

根据表 4.1-1 及表 4.1-2，分解二车间粉尘（铌铁合金）中有组织排放的核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 排放活度分别为 $1.14\text{E}+07\text{Bq/a}$ 、 $9.52\text{E}+05\text{Bq/a}$ 、 $5.12\text{E}+06\text{Bq/a}$ ；无组织排放的核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 排放活度分别为 $2.91\text{E}+06\text{Bq/a}$ 、 $2.44\text{E}+05\text{Bq/a}$ 、 $1.31\text{E}+06\text{Bq/a}$ 。核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 合计排放量为 $1.43\text{E}+07\text{Bq/a}$ 、 $1.20\text{E}+06\text{Bq/a}$ 、 $6.43\text{E}+06\text{Bq/a}$ 。

4.3.2.2 分解矿萃车间

(1) 分解矿萃车间破碎磨矿区 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放量

根据《铀矿冶设施所造成的气态（载）放射性与有毒性源项的确定》（EJ/T 1090-1998），分解矿萃车间排出的 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 量可按下式计算：

$$S_{\text{aR}} = 10^6 \times M_{\text{a}} \times E_{\text{d}} \times C_{\text{n}}$$

式中：

S_{aR} —— 分解矿萃车间中 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的年排放量，Bq/a；

M_a —— 年处理钽铌精矿总量，2346.82 t/a；

E_d —— ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放因子，根据附录 A，“矿石的破碎和浸出” $E_d=0.1$ ；

C_n —— 钽铌精矿中 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 的比活度， ^{226}Ra 为 10.4953Bq/g。

对于 ^{228}Ra 核素：

$$C_{228\text{Ra}} = C_{232\text{Th}} \times k_{\text{Th}}$$

式中：

$C_{232\text{Th}}$ —— 钽铌精矿中 Th 的比活度，2.6118Bq/g。

k_{Th} —— 钍镭平衡系数，本项目 $k=1$ 。

经计算，分解矿萃车间 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 释放量分别为 2.46E+09Bq/a、6.13E+08Bq/a。

(2) 分解矿萃车间 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放量

根据类比企业监测结果，利用厂房内氡浓度和钍射气浓度监测数据，并根据分解矿萃车间厂房年通风量，确定厂房的氡和钍射气释放量。本次评价引用“广东致远新材料有限公司 3000 吨钽铌合金项目验收”氡气及钍射气监测结果（粤环辐检[2020]第 020 号，广东省环境辐射监测中心），该项目除酸溶渣暂存库外各厂房氡浓度值为 4.30~27.8Bq/m³，钍浓度值为 <3.7~146Bq/m³（酸溶渣暂存库平常不开启，氡浓度高，且浓度变动幅度大，不具可比性），保守考虑，本环评以最大值作为分解矿萃车间厂房浓度值，即氡浓度为 27.8Bq/m³，钍浓度值为 146Bq/m³。

分解矿萃车间厂房面积 2115m²，梁下标高 15m，换气次数为至少为 6 次/h，厂房年年通风量为 1.37 E+09m³，推算出分解矿萃厂房 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 释放量分别为 3.81 E+10Bq/a、2.00E+11Bq/a。

(3) 分解矿萃车间放射性核素的排放量

根据表 4.1-1 及表 4.1-2，分解矿萃车间粉尘（钽铌精矿）中放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 排放量分别为 8.24E+06 Bq/a、1.88E+06 Bq/a、7.56E+06 Bq/a；无组织排放的核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 排放活度分别为 1.24E+07Bq/a、2.82E+06 Bq/a、

1.13E+07Bq/a。核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 合计排放量为 2.06E+07 Bq/a、4.70E+06 Bq/a、1.89E+07 Bq/a。

4.3.2.3 原料储存间

钽铌精矿、铌铁合金采用袋装形式进行储存，在储存中会析出 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn ，因此进行钽铌精矿、铌铁合金表面 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出量的计算。

1) 计算方法

钽铌精矿、铌铁合金表面 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出量按下式计算：

$$S_{\text{PR}} = 3.15 \times 10^7 \times A_t \times E_p$$

式中： S_{PR} ——钽铌精矿、铌铁合金堆置所导致 ^{222}Rn 的年排放量，Bq/a；

A_t ——钽铌精矿、铌铁合金堆存暴露面积，钽铌精矿 432 m²，铌铁合金 368 m²，合计约 800 m²。

E_p —— ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出率，Bq/(m²·s)。

式中：对堆积厚度超过 2m 的 E_p 值按下式计算：

$$E_p = 10^6 \times C_n \times \rho_r \times E_n \times (\lambda_R \times W_p)^{1/2}$$

式中：

C_n ——钽铌精矿、铌铁合金中 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 的比活度(钽铌精矿分别取 10.4953Bq/g 和 2.6118Bq/g，铌铁合金分别取 5.956Bq/g 和 1.107Bq/g)。

ρ_r ——钽铌精矿、铌铁合金堆置的松散密度，g/cm³；其中，铌铁合金和钽铌精矿均取 7.5g/cm³。

E_n ——射气系数；根据吴慧山、梁树红等编著的《氡测量及实用数据》（原子能出版社，2001年）， ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 的射气系数分别取 0.065 和 0.002。

λ_R ——衰变常数；其中， ^{222}Rn 取 $2.1 \times 10^{-6}/\text{s}$ 、 ^{220}Rn 取 $1.25 \times 10^{-2}/\text{s}$ 。

W_p ——扩散系数，m²/s；根据吴慧山、梁树红等编著的《氡测量及实用数据》（原子能出版社，2001年）， ^{222}Rn 的扩散系数取 1.0×10^{-6} ；另外，根据张哲等编著的《氡的析出与排氡通风》（原子能出版社，1982年）， ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 的原子量差不多，又都是单原子气体，可以认为它们的扩散系数相同。

d_e ——堆积厚度，m，钽铌精矿和铌铁合金堆积厚度均取 2m。

经计算，原料库钽铌精矿及铌铁合金表面 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出率和排放量如下表所示。

表 4.3-2 原料库钽铌精矿和铌铁合金 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出率和排放量

项目	²²² Rn		²²⁰ Rn	
	析出率 Bq/(m ² ·s)	排放量 Bq/a	析出率 Bq/(m ² ·s)	排放量 Bq/a
钽铌精矿	7.41	1.01E+11	4.38	4.00E+10
铌铁合金	4.21	4.88E+10	1.86	2.15E+10
原料库合计	/	1.50E+11	/	6.15E+10

4.3.2.4 钽铌锡渣、锡精矿暂存间

钽铌锡渣、锡精矿无相关的核素监测结果，故本次源项测算以其原料（即矿萃残渣）作为类比对象，根据钽铌锡渣暂存间、锡精矿暂存间堆存特征及矿萃残渣核素成份分析结果，类比原料库钽铌精矿及铌铁合金分析过程，具体如下：

1) 计算方法

矿萃残渣（钽铌锡渣、锡精矿）表面 ²²²Rn、²²⁰Rn 析出量按下式计算：

$$S_{PR}=3.15\times 10^7\times A_t\times E_p$$

式中：S_{PR}——钽铌锡渣、锡精矿堆置所导致²²²Rn的年排放量，Bq/a；

A_t——钽铌锡渣、锡精矿堆存暴露面积，钽铌锡渣及锡精矿暂存间紧邻建设在综合回收厂房内，面积均为144 m²，堆存面积取一半约70 m²，高度为2m，暴露面积共约280m²。

E_p——²²²Rn、²²⁰Rn 析出率，Bq/(m²·s)。

式中：对堆积厚度超过 2m 的 E_p 值按下式计算：

$$E_p=10^6\times C_n\times \rho_r\times E_n\times (\lambda_R\times W_p)^{1/2}$$

式中：

C_n——钽铌锡渣、锡精矿（矿萃残渣）中²²⁶Ra、²²⁸Ra的比活度(矿萃残渣分别取18.3442Bq/g和6.9598Bq/g)。

ρ_r——钽铌锡渣、锡精矿堆置的松散密度，g/cm³；取2.5g/cm³。

E_n——射气系数；根据吴慧山、梁树红等编著的《氡测量及实用数据》（原子能出版社，2001年），²²²Rn和²²⁰Rn的射气系数分别取0.065和0.002。

λ_R——衰变常数；其中，²²²Rn取2.1×10⁻⁶/s、²²⁰Rn取1.25×10⁻²/s。

W_p——扩散系数，m²/s；根据吴慧山、梁树红等编著的《氡测量及实用数据》（原子能出版社，2001年），²²²Rn的扩散系数取1.0×10⁻⁶；另外，根据张哲等编著的《氡的析出与排氡通风》（原子能出版社，1982年），²²²Rn和²²⁰Rn的原子量差不多，又都是单原子气体，可以认为它们的扩散系数相同。

d_e ——堆积厚度，m，钽铌锡渣、锡精矿堆积厚度取 2m。

经计算，钽铌锡渣、锡精矿暂存间表面 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出率和排放量如下表所示。

表 4.3-3 钽铌锡渣、锡精矿暂存间 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 析出率和排放量

项目	^{222}Rn		^{220}Rn	
	析出率 $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	排放量 Bq/a	析出率 $\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	排放量 Bq/a
钽铌锡、锡精矿 暂存间	4.32	$3.81\text{E}+10$	3.89	$1.72\text{E}+10$

4.3.2.5 萃取车间 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 的排放量

根据类比企业监测结果，利用厂房内氡浓度和钍射气浓度监测数据，并根据萃取车间厂房年通风量，确定厂房的氡和钍射气释放量。本次评价引用“广东致远新材料有限公司 3000 吨钽铌合金项目验收”氡气及钍射气监测结果（粤环辐检[2020]第 020 号，广东省环境辐射监测中心），该项目除酸溶渣暂存库外各厂房氡浓度值为 $4.30\sim 27.8\text{Bq}/\text{m}^3$ ，钍浓度值为 $<3.7\sim 146\text{Bq}/\text{m}^3$ （酸溶渣暂存库平常不开启，氡浓度高，且浓度变动幅度大，不具可比性），保守考虑，本环评以最大值作为萃取车间厂房浓度值，即氡浓度为 $27.8\text{Bq}/\text{m}^3$ ，钍浓度为 $146\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

萃取车间面积 6102m^2 ，梁下标高 15m，换气次数为至少为 6 次/h，厂房年年通风量为 $3.95\text{E}+09\text{m}^3$ ，推算出萃取车间厂房 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 释放量分别为 $1.10\text{E}+11\text{Bq/a}$ 、 $5.77\text{E}+11\text{Bq/a}$ 。

4.3.2.6 气载流出物汇总

经估算，本项目气态（载）放射性流出物各核素释放量见表 4.3-4，本项目气态（载）放射性源项的排放参数见表 4.3-5。

表 4.3-4 本项目气载放射性流出物各核素释放量（ Bq/a ）

源 项	分解二车间	分解矿萃车间	原料库	钽铌锡渣、 锡精矿暂 存间	萃取车间	合计
^{222}Rn	$1.63\text{E}+10$	$3.81\text{E}+10$	$1.50\text{E}+11$	$3.81\text{E}+10$	$1.10\text{E}+11$	$2.04\text{E}+11$
^{220}Rn	$7.94\text{E}+10$	$2.00\text{E}+11$	$6.15\text{E}+10$	$3.43\text{E}+10$	$5.77\text{E}+11$	$7.52\text{E}+11$
^{238}U	$1.43\text{E}+07$	$2.06\text{E}+07$	/	/	/	$3.49\text{E}+07$
^{232}Th	$1.20\text{E}+06$	$4.16\text{E}+06$	/	/	/	$5.36\text{E}+06$

源 项	分解二车间	分解矿萃车间	原料库	钽铌锡渣、 锡精矿暂 存间	萃取车间	合计
^{226}Ra	6.43E+06	1.89E+07	/	/	/	2.53E+07

表 4.3-5 气载放射性源项排放参数

序号	源项名称	坐标 X, Y (km)	排气量 (m^3)	排气口 内径 (m)	排放高度 (m)	面源尺寸 长×宽 (m×m)	源项 类型
1	分解二车间	-0.11,-0.11	1.8E+06	0.36	15	—	点源
2	分解矿萃车间	-0.13,-0.15	1.2E+06	0.3	15	—	点源
3	分解二车间	-0.11,-0.11	—	—	14.5	62×15	面源
4	分解矿萃车间	-0.13,-0.15	—	—	16	101.5×15	面源
5	原料暂存库	0.04,-0.03	—	—	8	18×120	面源
6	钽铌锡渣暂存间	0,0	—	—	8	12×12	面源
7	萃取车间	-0.12,-0.20	—	—	16	113×27	矩形 面源

注：以钽铌锡渣中心为原点，横坐标为 X，东向为正，纵坐标为 Y，北向为正。

4.3.3 液态源项

根据 4.1.3 放射性产污环节说明，本项目矿萃废水经废水处理站处理后，回用于生产工艺，无放射性废水的外排，因此，正常情况下无液态源项。

根据常规环评，本项目区设置初期雨水收集池，总有效容积为 2150m^3 ，能够满足最大初期雨水容纳要求。同时设置事故水池，容积为 680m^3 ，当火灾时发生事故时，一次消防最大水量为 486m^3 ，涉及放射性废水工艺的槽罐主要有萃取残液调节池、综合回收车间提锡洗水暂存池、废水处理站放射性废水暂存槽等，其中单个最大储罐容积 140m^3 （综合回收车间提锡洗水暂存池，标高为-1.5m，发生事故时，不会流入事故池），因此，事故废水池容积满足火灾事故状态下容量要求，且初期雨水、事故水池设计有连通管道和切换阀门，发生事故时，工艺装置区或储罐区围堰外的物料及污染的消防水、污染雨水通过雨污切换装置切换，全部排至事故水池(初期雨水池)内，以防止对外界水环境造成污染及危害。

4.3.4 固体废物

本项目可能涉及的除原料和产品外的伴生放射性固体有矿萃残渣（包括经提

锡过程后产生的钽铌锡废渣及副产品锡矿渣）、中和渣、除尘粉尘、含放射性核素的废包装袋以及含放射性核素的废滤膜等，其中：

钽铌锡渣：为矿萃残渣经气浮提锡后的尾矿渣，根据工艺过程分析，可定性判定该固体废物核素水平超过《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）规定的解控水平（1Bq/g），不能被豁免，产生量为 1222.82 t/a（含水 30%），应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行贮存和管理，最终送钽铌湿法冶炼废渣处置场（该处置场正在建设）进行填埋。

锡精矿：为矿萃残渣经气浮提锡后的精矿，为副产品，产生量 90t/a，由于无相关的核素监测数据，无法确定其放射性属性，偏保守考虑，应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管理，待实际运行生产后，对锡矿渣核素成份进行核素分析，重新确定其管控要求。

中和渣：主要产生于废水处理站的含放射性核素废水处理过程，产生量为 43838.57t/a，主要成分为氟化钙盐类物质，根据宁夏东方钽业老线含放射性的废水处理后的中和渣、废水处理站废渣（含氨）、水处理站废渣（含酸）类比监测数据，铀-238、镭-226、镭-226 核素活度均小于 1Bq/g，根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）小于规定的解控水平（1Bq/g），其比活度水平达不到放射性废物的水平，不属于伴生放射性废物，同时，根据常规环评，该固体废物也不属于危险废物。

除尘粉尘：磨矿、破碎工序不会改变的矿石的化学性质，经除尘器收集的粉尘实则为原料粉末，其放射性活度与原料一致，根据类比企业监测数据，原料中的铀-238、钍-232、镭-226 活度均大于 1Bq/g，但根据粉尘特点，将收集的粉尘回用于生产工序，不作为放射性固体废物处理。

含放射性核素的废包装袋：产生量约 0.1t，作为放射性固废统一暂存于伴生放射性物料暂存间，定期与放射性废渣一起送放射性渣库处置。

含放射性核素的废滤膜，产生量约 0.5 t，作为放射性固废统一暂存于伴生放射性物料暂存间，定期与放射性废渣一起送放射性渣库处置。

综上所述，本项目伴生放射性固体废物为钽铌锡渣、含放射性核素的废包装袋、含放射性核素的废滤膜，均按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环

境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管控，并得到最终的处置。

5 辐射环境质量现状

5.1 监测目的

为了解项目实施前厂址周边的辐射环境质量状况，保留辐射环境现状资料，为项目投产后制定常规辐射环境监测方案和评价项目在正常运行时和事故排放时的放射性物质对公众和环境影响提供对比依据。

5.2 监测内容及监测方法

根据项目工程分析，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）以及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》相关要求，确定放射性环境现状监测内容，其中主要包括以下几个方面内容：

- （1）现有环境放射性资料调查、分析；
- （2）厂界及周边敏感点环境 γ 辐射剂量率测量；
- （3）周边敏感点环境空气氡、氡子体及钍射气浓度；
- （4）环境空气气溶胶取样及放射性核素分析：U、Th、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β ；
- （5）土壤、底泥取样及放射性核素分析： ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K ；
- （5）水体取样及放射性水平测量：U、 ^{226}Ra 、Th、 ^{40}K 、总 α 、总 β 。

为保证测量数据的准确性，本项目测量方法采用国家和核工业领域颁布或推荐的标准测量方法，具体监测内容和测量分析及监测仪器见表 4.2-1。

表 4.2-1 本项目监测仪器和监测方法一览表

序号	监测项目	使用仪器	监测分析方法	方法检出限
1	γ 辐射剂量率	X、 γ 辐射空气比释动能率仪	HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	1nSv/h
2	氡浓度	氡及子体测量仪	HJ1212-2021《环境空气中氡的测量方法》	1Bq/m ³
3	氡子体			/
4	钍射气			/
5	^{226}Ra 水样	室内测氡仪	GB/T11214-1989《水中镭-226 的分	0.002Bq/L

序号	监测项目	使用仪器	监测分析方法	方法检出限	
			析方法》		
		固体样	高纯锗γ能谱仪	GB/T 11713-2015《高纯锗γ能谱分析通用方法》	1.0Bq/kg
		生物	高纯锗γ能谱仪	GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》	0.19Bq/kg
6	²³² Th	固体样	X 射线荧光光谱仪	GB/T 11713-2015《高纯锗γ能谱分析通用方法》	1.1Bq/kg
7	Th	水样	等离子体质谱仪	HJ 700-2014《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》	0.005μg /L
		空气	电感耦合等 离子体质谱仪	HJ 657-2013《空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等 离子体质谱法》	0.03ng/m³
8	²³⁸ U	固体样	高纯锗γ能谱仪	GB/T 11713-2015《高纯锗γ能谱分析通用方法》	26.3Bq/kg
9	U	水样	电感耦合等 离子体质谱仪	HJ 700-2014《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》	0.04μg/L
		空气	电感耦合等 离子体质谱仪	HJ 657-2013《空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等 离子体质谱法》	0.01ng/m³
10	⁴⁰ K	水样	火焰光度计	GB 11338-89《水中 40K 的分析方法》	0.0022Bq/L
		固体样	X 射线荧光光谱仪	GB/T 11713-2015《高纯锗γ能谱分析通用方法》	6.1Bq/kg
11	²¹⁰ Po	水样	低本底α、β 测量仪	HJ 813-2016《水中钋-210 的分析方法》	0.002Bq/kg
		空气	低本底α、β 测量仪	参照 HJ 813-2016《水中钋-210 的分析方法》	0.002mBq/m³
12	²¹⁰ Pb	水样	低本底α、β 测量仪	EJ/T 859-1994《水中铅-210 的测定》	0.002Bq/L
		空气	低本底α、β 测量仪	参照 EJ/T 859-1994《水中铅-210 的测定》	0.007mBq/m³
13	总α	水样	低本底α、β 测量仪	HJ 898-2017《水质 总α放射性的测定 厚源法》	0.016Bq/L
		空气	低本底α、β 测量仪	参照 EJ/T 1075-1998《水中总α放射性浓度的测定 厚源法》	0.1mBq/m³
14	总β	水样	低本底α、β 测量仪	HJ 899-2017《水质 总β放射性的测定 厚源法》	0.028Bq/L
		空气	低本底α、β 测量仪	参照 EJ/T 900-1994《水中总放射性测定 蒸发法》	0.4mBq/m³

5.3 质量保证

5.3.1 监测设备仪器及器材

(1) 所有参加监测的技术人员均参加过专业培训，取得合格证书，并持证上岗操作；

(2) 为确保监测数据的准确可靠，在水样、土样（底泥）的采集运输保存实验室分析和数据计算的全过程均按照《水质 样品的保存和管理技术规定》

（HJ493—2009）、《水质采样技术指导》（HJ494—2009）、《环境核辐射监测中土壤样品采集与制备的一般规定》（EJ428-1989）及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求进行；

(3) 水样采集后用浓硝酸酸化到 pH 值为 1-2，水样、土样在实验室分析时采取密码平行样分析和空白分析等质控措施；

(4) 所有监测及分析仪器均在有效检定期内，并参照有关计量检定规程定期校验和维护。

5.3.2 监测过程

监测过程要明确规定监测方法、选用的设备仪器和技术参数，保证监测项目满足要求。

5.3.3 监测环境和安全

对监测环境应进行考察，监测环境须无危害人体健康安全的因素，无影响监测结果的因素，如发现上述因素存在时应停止监测。

5.3.4 监测记录和标识

(1) 监测人员负责做好监测原始记录，包括监测点位示意图，布置图等。

(2) 监测记录清晰、准确，与实际相符。

(3) 监测记录与监测报告归档保存。

5.3.5 监测报告

(1) 监测完成后要及时出具监测报告。

(2) 监测报告的格式内容符合规范、标准或行业要求。

5.4 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）以及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》，核工业二三〇研究所于 2025 年 1 月 13 日~1 月 21 日，对厂址周边环境进行现场监测与采样分析，厂址周边监测布置见表 5.4-1。

表 5.4-1 项目厂址周边监测布置情况一览表

5.5 辐射环境现状监测结果

5.5.1 环境 γ 辐射剂量率监测结果

（1）调查范围及布点

主要在环境敏感点及项目厂区内测量。布点及测量方法按《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）进行要求进行。

（2）测量仪器

测量仪器：X、 γ 辐射空气比释动能率仪。

（3）检测时间：2025 年 1 月 14 日。

（4）检测结果

项目厂址周边环境 γ 辐射剂量率结果见表 5.5-1。

表 5.5-1 项目厂址周边环境 γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

根据表 4.5-1 监测结果可知，项目厂址周边环境中 γ 辐射剂量率范围值为（77.1~93.2） μ Gy/h，与石嘴山地区银北地区原野环境 γ 辐射剂量率范围值（38.8~80.2nGy/h）处于同一水平（《中国环境天然放射性水平》中国原子能出版社 2015）。

5.5.2 氦气、钍射气及氡子体监测结果

（1）调查范围及布点

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，对评价范围内的厂界及周边环境敏感点环境空气进行了取样分析，根据项目特点，共布置了 7 个空气采

样点。

(2) 测量仪器

测量仪器：氦及子体测量仪、测氦仪。

(3) 检测时间：2025 年 1 月 18 日~2025 年 1 月 19 日。

(4) 检测结果

项目厂址周边环境空气氦、氦子体及钍射气检测结果见表 5.5-2。

表 5.5-2 项目厂址周边环境空气氦、氦子体及钍射气监测结果

5.5.3 环境空气监测结果

(1) 调查范围及布点

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)的要求，对评价范围内的厂界及周边环境敏感点环境空气进行了取样分析，根据项目特点，共布置了 1 个空气采样点。

(2) 取样仪器

测量仪器：大气取样仪。

(3) 取样时间：2025 年 1 月 13 日~2025 年 1 月 21 日。

(4) 检测结果

项目拟建厂址下风向气溶胶空气检测结果见表 5.5-3。

表 5.5-3 项目拟建厂址下风向气溶胶环境空气监测结果

5.5.4 土壤及底泥监测结果

(1) 调查范围及布点

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)的要求，对评价范围内的土壤及底泥进行了取样分析，根据项目特点，共布置了 6 个土壤采样点以及 3 个底泥取样点。

(2) 取样时间：2025 年 1 月 16 日~1 月 17 日。

(3) 检测结果

项目厂址周边土壤及底泥监测分析结果见表 5.5-4 和表 5.5-5。

表 5.5-4 项目厂址周边土壤核素监测分析结果

表 5.5-5 项目厂址周边底泥核素监测分析结果

5.5.5 地下水监测结果

(1) 调查范围及布点

根据《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021），对评价范围内的地下水进行了取样分析，根据项目特点，共布置了 3 个地下水取样点。

(2) 取样时间：2025 年 1 月 14 日~2025 年 1 月 17 日。

(3) 检测结果

项目地下水监测分析结果见表 5.5-6。

表 5.5-6 项目厂址周边地下水核素监测分析结果

5.5.6 地表水监测结果

(1) 调查范围及布点

根据《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002），对评价范围内涉及的地表水进行了取样分析，根据项目特点，共布置了 3 个地表水取样点。

(2) 取样时间：2025 年 1 月 17 日。

(3) 检测结果

项目厂址周边地表水监测分析结果见表 5.5-7。

表 5.5-7 项目厂址周边地表水核素监测分析结果

5.5.7 小结

根据检测结果，企业周边 γ 辐射剂量率、空气中氡、氡子体及钍射气、气溶胶、地表水及底泥、土壤等环境核素水平与当地本底水平相当或处于较低浓度水平，区域辐射环境质量良好。

6 区域自然与社会环境

6.1 自然环境概况

6.1.1 地理位置

本项目厂址位于石嘴山经济技术开发区，厂区中心地理位置坐标为：北纬 $39^{\circ}18'26.25''$ ，东经 $106^{\circ}44'27.39''$ 。石嘴山经济技术开发区位于黄河以西、贺兰山以东、宁蒙交界以南区域。地处宁夏回族自治区最北端，位于东经 $106^{\circ}13' \sim 106^{\circ}59'$ ，北纬 $38^{\circ}40' \sim 39^{\circ}23'$ 之间，东西宽约 $1 \sim 6\text{km}$ ，南北长约 41km 。包兰铁路、109 国道、301 省道、京藏高速公路等四条交通干线贯通全境，和内蒙乌海、宁夏灵武两个煤炭富集区的辐射半径不足 100km 。

石嘴山市是宁夏回族自治区的地级市，位于宁夏回族自治区北部，东西宽约 88.8km ，南北长约 119.5km ，位于东经 $105^{\circ}58' \sim 106^{\circ}49'$ ，北纬 $38^{\circ}21' \sim 39^{\circ}25'$ 之间。石嘴山市东跨黄河，与内蒙古鄂尔多斯市相邻；西邻贺兰山与内蒙古阿拉善盟隔山相望；北依黄河，与内蒙古乌海市相邻，南连银川平原。

惠农区是在原石嘴山和原惠农县的基础上，于 2004 年 2 月，经国务院批准成立的市辖区，行政区域面积 1254km^2 ，惠农区东临黄河，与内蒙古伊克昭盟相望，南与平罗县、大武口区相连，西依贺兰山，与内蒙古阿兰善毗邻，北与内蒙古乌海市接壤。

6.1.2 地形、地貌

石嘴山市境内由贺兰山地、洪积倾斜平原、黄河冲积平原、鄂尔多斯台地四个单元组成，海拔高度最低为 1090m ，最高为 3475.9m ，最大相对高差达 2389.5m 。山地位于石嘴山市西北部，属贺兰山北段，是贺兰山煤田所在地，平原由洪积和冲积平原组成，洪积平原位于贺兰山东麓山前，冲积平原位于石嘴山中南部，由黄河冲积而成，是石嘴山市农业发展基地。台地位于市辖平罗境内，属鄂尔多斯台地边缘。贺兰山地大部分为风化剥蚀中低山地，局部为侵蚀中高山地，石炭井矿区、汝箕沟矿区等主要煤田分布于贺兰山深处。洪积倾斜平原由贺兰山沟谷洪积扇组成，是境内主要工业地带，黄河冲积平原为银川平原黄河段最下游，地势低平，湖沼密布，为市境主要农业区。鄂尔多斯台地台坎部分，大部为沙伏梁状丘陵。贺兰山以东、京藏高速公路以西属于贺兰山东麓洪积冲积倾斜平原，地形略有起伏，西南高，东北低。绝对标高大约在 $1195\text{m} \sim 1223\text{m}$ 之间，落差约 18m 。

6.1.3 地质条件

(1)地质条件

本项目所在区域属于贺兰山褶皱带与鄂尔多斯台地之间的断陷盆地，或称银川地堑。该断陷盆地的形成始于第三纪始新世，是喜马拉雅运动和新构造运动的产物，在构造形态上为北东 30°延伸的地堑式断阶状下落的宽缓向斜构造，轴部的深陷部位在银川新城区，总体走向与贺兰山大致平行。其构造边界西为贺兰山东麓断裂带，东为黄河断裂带。就局部而言，区域地质稳定。

(2)地层岩性

调查区位于贺兰山山前洪积倾斜平原上，地层除局部地区（阿木苏山）出露新近纪红色碎屑岩外，其余皆为第四纪堆积物所覆盖。地层由新到老叙述如下：

1) 第四系(Q)

①全新统晚期洪积层

沿沟谷底部，呈线状分布。岩性以砂砾碎石为主，含块石、漂砾，厚度 5~10m。

②上更新统早期洪积层

分布于山前洪积倾斜平原上，以含块石的砂砾碎石为主，其间夹砂层透镜体。

粒度粗大，分选较差，厚度一般大于 20m。该层与下伏的地层有侵蚀间断面。

③中、下更新统冲洪积层

多出露于头道坎一带的冲洪沟中或黄河岸边。其上部以含大量块石、漂砾的砂卵砾石为主，间夹红褐色粘砂土及砂层透镜体；其下伏以微胶结的砂砾石为主，夹中细砂层，内含大量泥岩球和团块。该层厚 20-80m，是调查区的主要含水层之一。

2) 新近系(N)

分布于落石滩的西部阿木苏山，在平原区则广为第四系覆盖。岩性以浅红褐色、棕红色半胶结的砂岩、砂砾岩为主，夹泥岩、砂质泥岩透镜体，厚度大于 100m。

6.1.4 区域水文地质条件

石嘴山市地处鄂尔多斯台地西缘拗陷带，属于鄂尔多斯地台水文地质区，全市总体分为贺兰山区、石嘴山盆地、石嘴山台地、银川平原、陶乐高阶地五个地下水资源区。贺兰山区又分为北段亚区、南段亚区。银北平原又分为河西平原亚区、河东平原亚区。石嘴山台地又分为石嘴山火车站隆起亚区、煤山隆起亚区，具体见图 6.1.4-1。



图 6.1.4-1 石嘴山市地下水资源分布图

6.1.5 区域水文

本项目所在区域沟谷众多，大的沟谷有柳条沟、道路沟、大麻黄沟、枣刺沟、白山山刺沟、小麻黄沟等沟谷，均系贺兰山东麓的季节性沟谷溪流。季节性沟谷溪流雨季排泄洪水，水势迅猛携带大量碎石、泥砂冲出山口，于山前平原散流消失。

区域内天然地表水体主要是黄河，位于本项目厂址东侧，最近距离约 3.0km。黄河自南而北从陶乐镇明东长城附近入境，经平罗县、惠农区出境，在境内长 140km。河道平缓，河面比降 2.5/1000；流速较小 0.3~3.5m/s；水面一般宽 0.3~0.5km，最大可达 4~5km，水深 1~10m；黄河水矿化度 0.4~0.6mg/L，pH 值 7.4~8.7，总硬度 13~18.87mg/L，水质良好。

6.1.6 气候、气象

石嘴山市地处我国西北内陆，常年大部分时间受西北气流控制，属中温带干旱气候区，具有典型的大陆性气候特点：气候干燥，年降水量少而集中，蒸发强烈；冬寒长，夏热短；温差大、日照较长、光能丰富；冬春季风大沙多，无霜期较短，风沙危害较大。距离本项目

最近的气象站为惠农气象站（气象站位于东经 106.46°，北纬 39.13°），根据惠农气象站 2003~2022 年近 20 年的气象统计数据，项目所在区气象条件见表 6.1.6-1。

表 6.1-1 惠农气象站 2003-2022 年气象资料统计表

序号	项目	统计结果	序号	项目	统计结果
1	年平均风速	1.75m/s	9	年平均降水量	151.564mm
2	最大风速	22.0m/s	10	年最大降水量	227.427mm
3	极大风速	34.8m/s	11	年最小降水量	75.7mm
4	多年平均气温	9.89°C	12	日最大降水量	86mm
5	累计极端最高气温	37.53°C	13	年日照时数	3010.8h
6	累计极端最低气温	-22.43°C	14	年主导风向	无
7	多年平均气压	889.10hPa	15	多年最多风向、风向频率	NNW（8.66%）
8	多年平均相对湿度	48.05%	16	多年静风频率（风速≤0.2m/s）	15.15%

5.1.7 动植物

本项目位于石嘴山市惠农区北端，地貌属于贺兰山洪积扇，气温变化剧烈，干旱少雨，大陆性气候表现十分明显，因此地面自然植物稀疏，灌丛矮小，种类贫乏，旱生化程度较高，生态环境现状调查范围内植被类型以荒漠草原植被和人工植被为主，其中荒漠草原植被包括短花针茅、冠芒草、无芒隐子草等种类，人工植被主要为国槐、刺槐、臭椿、桧柏。

本项目评价区域内动物群为宁夏平原温带草原动物群，除一些常见的鸟类、鼠类、两栖类外，无大型及需要重点保护的动物种分布。爬行类动物主要有花背蟾蜍、黑斑蛙、沙蜥、麻蜥和蛇类等；分布的哺乳类动物主要有田鼠、长爪沙鼠、野兔等；鸟类主要有乌鸦、喜鹊、麻雀、燕子等，在现场踏勘及走访过程中，项目厂址及其周边无珍稀、濒危或国家及自治区级保护动物的栖息地和繁殖地分布。

6.1.8 土壤

本项目所在区域土壤类型以灰钙土为主，局部地区土壤中夹杂有砾石。灰钙土是暖温带荒漠草原区弱淋溶的干旱土，水稳性团聚体少，肥力低，持水保肥性能差，表层弱腐殖化，土壤有机质含量 1~2.5%，15~30cm 处为假菌丝状或斑点状的钙积层，剖面中下部还可出现石膏淀积层与可溶盐淀积层。剖面构型与棕钙土近似，但干旱程度稍低，淋溶略强，且因多发育于黄土母质，土层通常较深厚。

6.1.9 地震烈度

根据《中国地震动反应谱特征周期区划图》(GB18306-2015B1)及《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2015A1),项目所在区域抗震设防烈度为VIII度,地震动峰值加速度在 0.20g,地震动反应谱特征周期 0.40s。

6.2 石嘴山市第五水源地现状调查

(1)石嘴山市第五水源地范围及功能

石嘴山市第五水源地的范围为包兰铁路以西、贺兰山以东、宁蒙边界以南,二道沟以北之间的区域,总面积 3007hm²。根据宁夏回族自治区人民政府《关于石嘴山市城市集中式饮用水水源地保护区调整方案的批复》(宁政函〔2014〕24号),“二级保护区范围为:包兰铁路以西、光伏产业园以东、落石滩李坟坡以北、麻黄沟以南的区域和贺兰山山脚以东、化工厂以西、落石滩李坟坡以北、麻黄沟阴暗的区域,二级保护区面积为 10.07km²”。该水源地位于贺兰山洪积扇上,为单-潜水区,地下水允许开采量 4.679 万 m³/d,服务人口约为 21 万,已服务 7 年,现有 6 眼井,输水方式为暗管,无调蓄设施,输水长度约 28km。

根据《宁夏回族自治区生态环境厅关于全区县级及以上地下水型集中式饮用水水源地保护区矢量边界核准信息的通告》中石嘴山市第五水源地保护区边界坐标核实,本项目位于石嘴山市第五水源地东侧距离二级保护区边界约 1.41km,不在第五水源地的上游补给区和保护区范围内,处于地下水径流方向的下游地区。本项目与水源地的位置关系见图 4.2-1。

(2)石嘴山市第五水源地水文地质

根据《宁夏石嘴山市柳条沟(第五水厂)水源地勘探报告》(2010 年 6 月)中的调查资料,调查区位于贺兰山山前洪积倾斜平原上,地层除局部地区(阿木苏山)出露新近纪红色碎屑岩外,其余皆为第四纪堆积物所覆盖,地层由新到老叙述如下:

①新近系(N)

分布于落石滩的西部阿木苏山,在平原区则广为第四系覆盖。岩性以浅红褐色、棕红色半胶结的砂岩、砂砾岩为主,夹泥岩、砂质泥岩透镜体,厚度大于 100m。

②第四系(Q)

A.中、下更新统冲洪积层 Q₁₋₂^{up}

多出露于头道坎一带的冲洪沟中或黄河岸边。其上部以含大量块石、漂砾的砂卵砾石为主,间夹红褐色粘砂土及砂层透镜体;其下伏以微胶结的砂砾石为主,夹中细砂层,内含大量泥岩球和团块。该层厚 20~80m,是勘探区的主要含水层之一。

B.上更新统早期洪积层 Q_3^{1p1}

分布于山前洪积倾斜平原上，以含块石的砂砾碎石为主，其间夹砂层透镜体。粒度粗大，分选较差，厚度一般大于 20m。该层与下伏的 Q_{1-2}^{ap1} 地层有侵蚀间断面。

C.全新统晚期洪积层 Q_4^{3p1}

沿沟谷底部，呈线状分布。岩性以砂砾碎石为主，含块石、漂砾，厚度 5~10m。

第五水源地水文地质剖面图见图 4.2-2。

(3)石嘴山市第五水源地地下水类型

根据《宁夏石嘴山市柳条沟（第五水厂）水源地勘探报告》（2010 年 6 月）勘探资料，第四系松散岩类孔隙潜水分布范围除个别地段（阿木苏山）外，遍及整个勘探区。在 180~240m 深度内，除 LT02 孔揭穿第四系外，其它钻孔均未揭穿第四系。

①新近系碎屑岩类孔隙裂隙水

该含水岩组除在勘探区北部的阿木苏山一带有出露外，其余皆广布于第四系含水岩组之下，成为埋藏型的含水岩组。岩性主要由浅棕红色至红褐色微胶结或半胶结的砂砾岩、砂岩间夹泥岩、砂质泥岩、泥质砂岩层组成。地下水富水性较弱，单井涌水量小于 1000m³/d，溶解性总固体小于 1.0g/L。

②第四系松散岩类孔隙潜水

勘探区自第四纪以来堆积了大厚度洪积相粗粒松散堆积物，为地下水提供了良好的储水构造。由西向东，颗粒由粗变细，岩性主要以第四系洪积相砂砾石和含块石、漂砾的卵石碎石层为主，局部夹砂层和粘性土透镜体。地下水富水性强，除勘探区南东角小部分地区（LT15）和北东角（LT01），单井出水量小于 2000m³/d（按井径 305mm、降深 8m 换算，下同）外，其余大部分地区单井出水量均大于 3000m³/d，尤其柳条沟盆地轴部单井出水量大于 5000m³/d。地下水水质优良，溶解性总固体均小于 1.0g/L。地下水水位埋深自山前向东逐渐变浅，勘探区西部 LT07 孔水位埋深 94.60m，中部 LT08 孔水位埋深 68.71m，东部 L05 孔水位埋深 40.16m。

综上所述，勘探区大部分地区地下水富水性强，小部分地区地下水富水性弱。地下水富水性与含水层厚度和颗粒粗细有关，勘探区南东角 LT15 孔位于柳条沟和道路沟洪积扇接合部位，含水层颗粒较细，地下水富水性极弱。

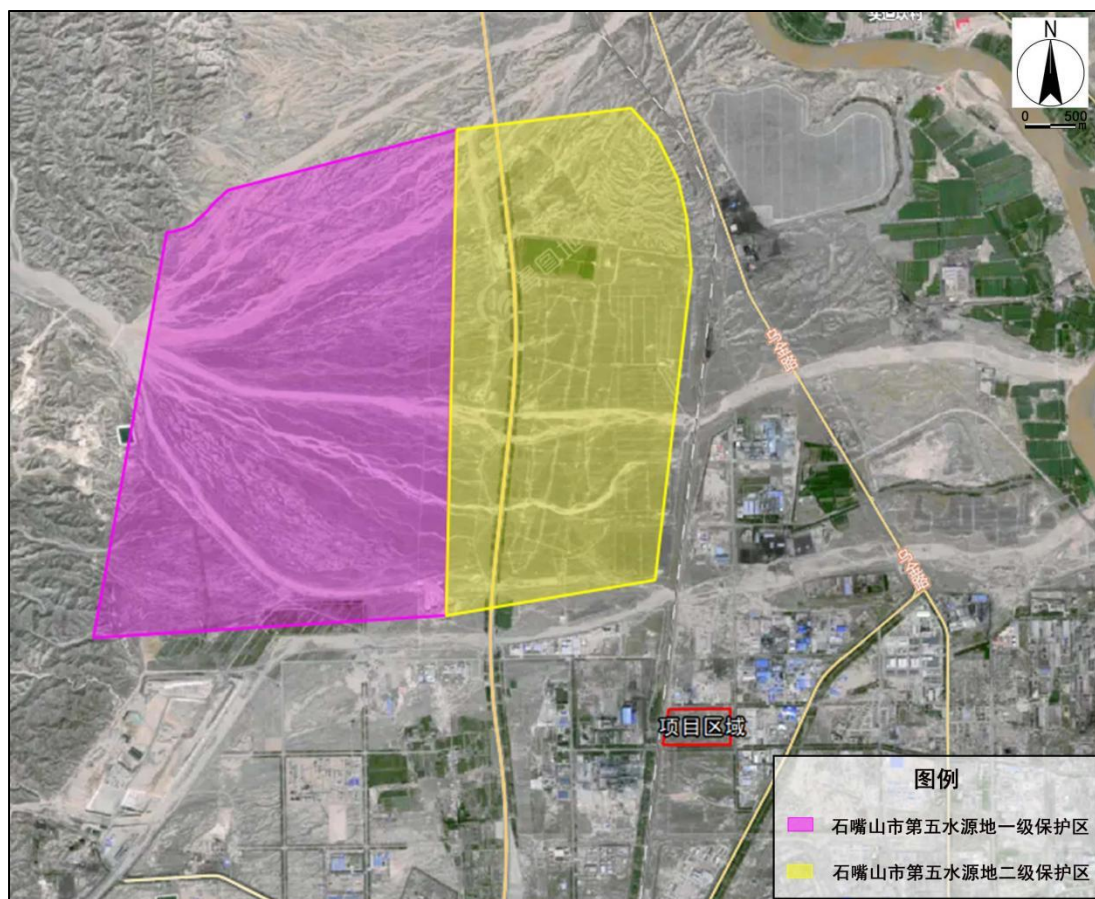


图 6.2-1 本项目与石嘴山市第五水源地位置关系图

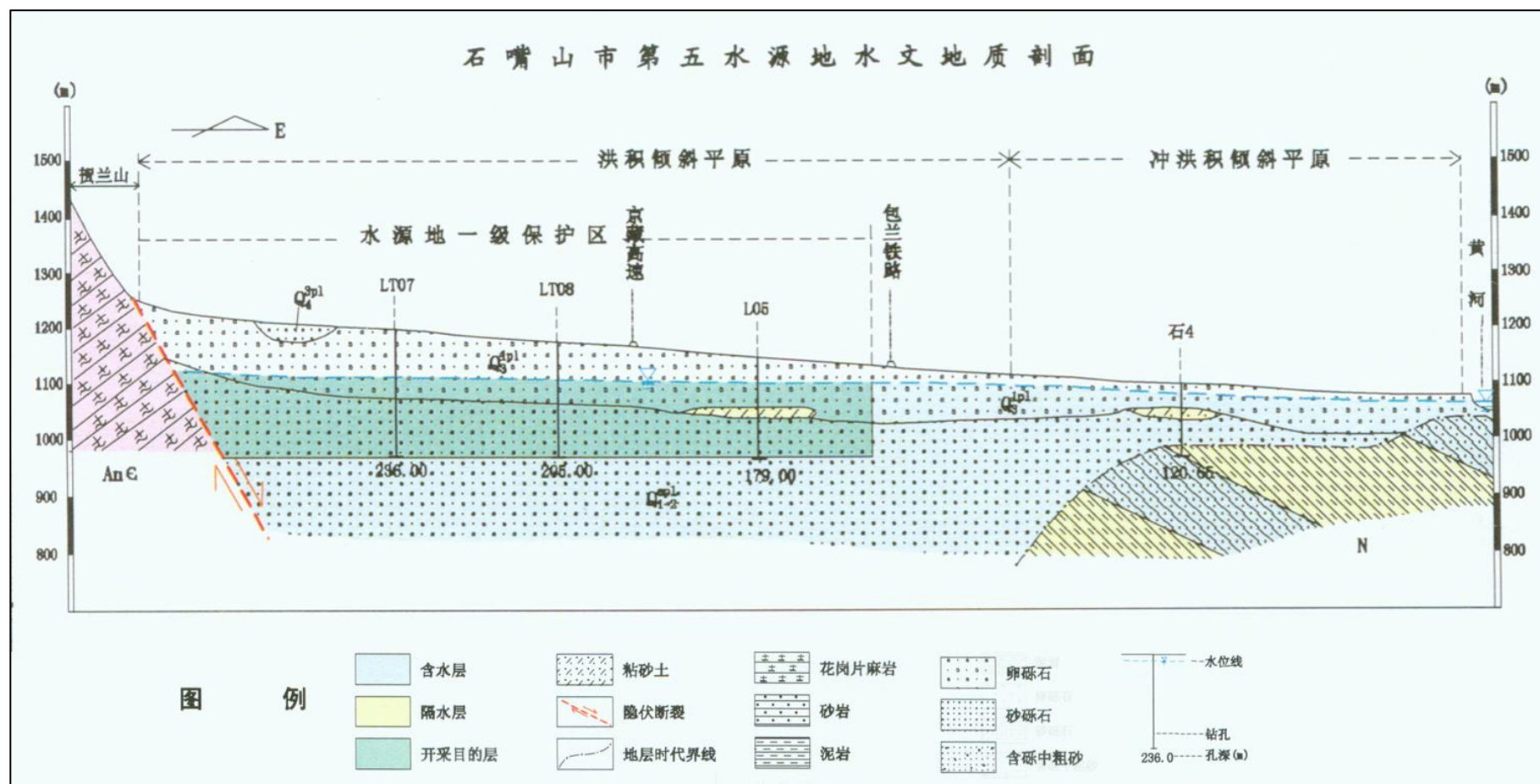


图 6.2-2 石嘴山市第五水源地水文地质剖面图

(4)石嘴山市第五水源地地下水动态特征

单一潜水区含水层渗透性强，地形坡度大，地下水交替强烈，主要接受基岩裂隙水，沟谷潜水的侧向径流补给和山区沟谷常年性地表水流及洪流的垂直渗入补给，在下部“双层结构”微倾斜平原区地势平坦，含水层岩性颗粒较细，渗透性较差，地下水径流缓慢，“双层结构”上部潜水来源有上游地下水的侧向补给，大面积的大气降水垂直入渗，下部承压水的顶托补给。下部承压水主要接受扇前单一潜水侧向径流补给，在承压水开采降落漏斗区还接受上部潜水的越流补给，地下水主要径流方向为北东，局部因开采形成的漏斗区为向漏斗中心方向，该区基本无地下水的蒸发排泄，地下水的排泄方式主要是人工开采和侧向径流排泄。

(5)石嘴山市第五水源地抽水试验

为求得含水岩组在开采条件下的水文地质参数，石嘴山市第五水源地勘探过程布置了非稳定流抽水试验孔组。孔组位于落石滩火车站 NW60°约 2.5km，以 LT06 孔为抽水主孔，在基本垂直地下水流向布设一个观测孔观 1 孔，两孔相距 29.42m。抽水孔为潜水非完整井，下入管材为 305mm 缠丝滤水管，置放深度 107.20~185.20m，长度累计 60m，管外用 2~3mm 的砾料围填，井口采用粘土封孔。观测孔下入管材为 203mm 缠滤水管，下入深度及滤水管放置位置与抽水孔基本一致。

对抽水主孔 LT06 进行了非稳定流抽水试验，选用 125m³/h 潜水泵定流量一次性降深抽水，抽水时间为 10080min（合 7d），抽水结束后立即进行水位恢复观测，恢复观测时间为 4200min，具体结果见表 6.2-1。

表 6.2-1 孔组抽水试验一览表

方法 项目	抽水主孔						观测孔		
	含水 岩组	孔号	井半 径 (m)	抽水时 间 (d)	水位降 深 (m)	涌水量 (m ³ /d)	孔号	距主孔 距离(m)	水位降 深 (m)
非稳定流	潜水	LT06	0.1525	7	10.436	3413.33	观 1	29.42	0.406

(6)石嘴山市第五水源地开发利用现状

调查区内地下水开发利用现状见表 6.2-2。

表 6.2-2 调查区地下水开发利用现状表

用途 位置	调查区内	调查区北部	调查区东部	调查区南部	合计
生活 (m ³ /d)	16685	/	1920	2400	21005

生态 (m ³ /d)	3600	4500	/	4800	12900
工业 (m ³ /d)	/	/	12581	/	12581
农业 (m ³ /d)	/	/	/	4000	4000
合计 (m ³ /d)	20285	4500	14501	11200	50486

(7)石嘴山市第五水源地保护要求

根据本项目与第五水源地位置关系及地下水类型、动态特征调查可知,本项目厂区不在第五水源地的上游补给区和保护区范围内,处于地下水径流方向的下游地区,因此本次评价提出的保护要求为其地下水环境质量执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中Ⅲ类标准限值要求。

6.3 社会环境概况

6.3.1 人口

根据《石嘴山市 2022 年国民经济和社会发展统计公报》,石嘴山市 2022 年末全市常住人口 75.18 万人,自然增长率-1.46‰。综合对评价区的调查和统计情况,评价区域内各年龄组的比例为:婴幼儿组(≤7 岁)为 5%,少年组(7~17 岁)为 14.8%,成人组(>17 岁)为 80.2%。

本次评价以厂址为评价中心,评价中心 5km 范围内人口数据来源于 2024 年实地调查和收集的数据,评价中心 5km 范围内人口分布稀疏,各子区现状人口部分情况见表 6.3-1。

6.3.2 居民饮食

评价区域内居民主食以米面为主,副食有牛羊肉、猪肉以及鸡蛋;蔬菜主要为芹菜、土豆、粉条;水果多为苹果、西瓜等。评价区域内居民所食用的主食、蔬菜和水果等均来自外购。

表 6.3-1 项目评价范围内人口分布情况

子区半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
0~1km	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	幼儿	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	742	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3km	幼儿	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	469	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5km	幼儿	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	12	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	63	0	0	0
合计		0	0	0	0	0	1510	0	70	0	0	0	0	0	78	0	0

7 辐射环境影响分析

7.1 放射性核素迁移途径

本项目废水中核素含量少，能够确保放射性指标达标排放，故对公众的辐射剂量小，因此本项目不考虑液态源项，本次预测仅考虑气载放射性流出物所致辐射环境影响。此外，由于本项目周边区域基本属于工业区，项目周边无养殖用地，周边公众所用食物均来自外购，所以，本评价不分析食入内照射。

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以厂区中心为中心点的公众最大个人有效剂量当量以及职业人员的年有效剂量。评价方法以模式计算为主，选择放射性核素在环境中迁移和剂量估算模式以及相应计算参数，利用预测模型及软件完成个人有效剂量的估算，并对设施所致最大个人剂量进行分析。基于偏保守原则，所有源项按源强最大时考虑。

7.2 评价方法

本次辐射环境影响评价的基本评价指标是以拟建厂址为中心的厂区周围居民最大个人有效剂量当量。评价子区以 5 km 为半径，再将圆划分成 22.5°扇形段，以正北 N 向左右各划分 11.25°为起始段，共 64 个评价子区。各评价子区的人口数按年龄划分为幼儿组、少年组和成年组 3 个组。

评价方法以模式计算为主，选择放射性核素在环境中迁移和剂量估算模式以及相应计算参数，完成个人有效剂量及集体有效剂量的估算，并对设施所致最大个人剂量进行分析。

7.3 气载流出物辐射环境影响分析

7.3.1 气载流出物达标性分析

(1) 有组织排放达标性分析

根据产污环节说明，本项目有组织气载流出物主要为分解二车间、分解破碎车间 DA001 及 DA002 排放的粉尘废气，采用布袋除尘器收集处理后经 15m 高排

气筒外排。根据常规环评，本项目正常生产时磨矿排气筒排放源强如下表。

表 7.3-1 废气有组织气载流出物排放源强

排气筒	污染物类别	年运行时间 h	标况排气量 (Nm ³ /h)	排气情况				
				烟囱高度 (m)	内径 (m)	浓度 (mg/m ³)	排放量	
							t/a	kg/h
DA001	颗粒物	300	6000	15	0.36	20	0.86	0.12
DA002	颗粒物	300	4000	15	0.3	25	0.72	0.1

根据排气筒排放的颗粒物浓度，以及颗粒物中核素活度，可推算排气筒中铀钍粉尘含量，根据分解二车间磨矿、破碎岗位排气筒（DA001）和分解、矿萃车间磨矿岗位排气筒（DA002）粉尘排放量和原料中钽铌精矿、铌铁合金的铀、钍核素活度水平，推算废气有组织点源排放粉尘中铀钍含量如下表。

表 7.3-2 废气有组织点源排放铀钍浓度计算结果

废气	浓度	²³⁸ U 核素水平	²³² Th 核素水平	U 含量	Th 含量	U 浓度	Th 浓度
	mg/m ³	Bq/kg	Bq/kg	mg/kg	mg/kg	mg/m ³	mg/m ³
DA001	20	13206	1107	1062.4	273.7	2.12E-02	5.47E-03
DA002	25	11445.6	2611.8	920.8	645.8	2.30E-02	1.61E-02

根据推算可知，本项目分解二车间磨矿、破碎岗位排气筒（DA001）中铀浓度为 2.12E-02 mg/m³，钍浓度为 5.47E-03 mg/m³，分解、矿萃车间磨矿岗位排气筒（DA002）铀浓度为 2.30E-02 mg/m³，钍浓度为 1.61E-02 mg/m³，均低于《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020 中规定的“气载流出物排放浓度限值（U≤0.1 mg/m³，Th≤0.1 mg/m³）可以实现有组织达标排放要求。

（2）无组织排放达标性分析

根据表 4.1-2 气载流出物车间无组织排放情况，采用 AERSCREEN 估算模式可得出分解二车间、分解矿萃车间无组织排放最大落地点浓度为 0.0049 mg/m³，颗粒物中核素含量采用原料钽铌精矿和铌铁合金的加权平均值（铀-238 为 12255.6 Bq/kg，钍-232 为 1919.4 Bq/kg），可推算出最大落地点铀钍总量浓度为 7.16E-06 mg/m³，厂界铀钍总量浓度低于最大落地点浓度，因此，厂界铀钍总量低于《稀土工业污染物排放标准》（GB 26451—2011）中规定的“现有企业和新

建企业边界大气污染物浓度限值”要求，即钍钍总量不超过 0.0025 mg/m^3 ，可以实现无组织达标排放要求。

7.3.2 气载流出物源项

本项目气态（载）放射性流出物各核素释放量见表 7.3-1，本项目气态（载）放射性源项的排放参数见表 7.3-2。

表 7.3-1 本项目气载放射性流出物各核素释放量（Bq/a）

源 项	分解二车间	分解矿萃车间	原料库	钽铌锡渣暂存间	萃取车间	合计
^{222}Rn	$1.63\text{E}+10$	$3.81 \text{ E}+10$	$1.50\text{E}+11$	$3.81\text{E}+10$	$1.10 \text{ E}+11$	$2.04\text{E}+11$
^{220}Rn	$7.94\text{E}+10$	$2.00 \text{ E}+11$	$6.15\text{E}+10$	$3.43\text{E}+10$	$5.77\text{E}+11$	$7.52\text{E}+11$
^{238}U	$1.43\text{E}+07$	$2.06\text{E}+07$	/	/	/	$3.49\text{E}+07$
^{232}Th	$1.20\text{E}+06$	$4.16\text{E}+06$	/	/	/	$5.36\text{E}+06$
^{226}Ra	$6.43\text{E}+06$	$1.89\text{E}+07$	/	/	/	$2.53\text{E}+07$

表 7.3-2 气载放射性源项排放参数

序号	源项名称	坐标 X, Y (km)	排气量 (m^3)	排气口 内径 (m)	排放高度 (m)	面源尺寸 长×宽 (m×m)	源项 类型
1	分解二车间	-0.11,-0.11	$1.8\text{E}+06$	0.36	15	—	点源
2	分解矿萃车间	-0.13,-0.15	$1.2\text{E}+06$	0.3	15	—	点源
3	分解二车间	-0.11,-0.11	—	—	14.5	62×15	面源
4	分解矿萃车间	-0.13,-0.15	—	—	16	101.5×15	面源
5	原料暂存库	0.04,-0.03	—	—	8	18×120	面源
6	钽铌锡渣、锡精矿暂存间	0,0	—	—	8	12×12	面源
7	萃取车间	-0.12,-0.20	—	—	16	113×27	矩形面源

注：以钽铌锡渣、锡精矿暂存间中心为原点，横坐标为 X，东向为正，纵坐标为 Y，北向为正。

7.3.3 计算模式与参数

7.3.3.1 计算模式

本次评价对公众所致剂量计算使用的是核工业系统开发的“Y30AIR”程序软

件，采用的计算模式为高斯烟羽扩散模式。大气释放考虑的照射途径包括：空气浸没外照射、地表沉积外照射、空气吸入内照射，由于评价范围内居民食用的主食、蔬菜和水果等均来自外购，评价范围内无种植和养殖，因此不考虑农产品食入内照射、动物产品食入内照射。

7.3.3.2 评价中心

本次评价以项目钽铌锡渣、锡精矿暂存间中心为原点（中心点），各排放点距离中心相对位置以纵坐标北为正，横坐标东为正，距离单位为千米。

7.3.3.2 评价子区及年龄组

本次评价范围以钽铌锡渣、锡精矿暂存间中心点为中心，半径 5km 区域，按照 1km、2km、3km 和 5km 划分同心圆，再将这些同心圆划分成 22.5°扇形段，以正北 N 向左右各划分 11.25°为起始段，共 64 个评价子区。各评价子区人口数按年龄划分为三个组：婴幼儿组 1~7 岁，少年组 7~17 岁，成人组 >17 岁。

7.3.3.3 预测评价因子选取

本次预测评价因子选取为 Rn-222、Rn-220、U-238、Th-232、Ra-226。

7.3.3.4 程序相关参数的选取

具体见附录 1。

7.3.4 预测结果

（1）大气弥散因子

本项目 5km 范围各子区的大气弥散因子见表 7.3-3。

表 7.3-3 大气弥散因子 s/m^3

核素	距离方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km
^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra	N	1.05E-05	1.52E-06	5.97E-07	3.04E-07
	NNE	4.27E-06	6.21E-07	2.43E-07	1.24E-07
	NE	2.83E-06	4.11E-07	1.61E-07	8.21E-08
	EEN	2.98E-06	4.33E-07	1.70E-07	8.65E-08
	E	3.20E-06	4.65E-07	1.82E-07	9.28E-08
	EES	1.92E-06	2.80E-07	1.10E-07	5.58E-08
	SE	1.77E-06	2.57E-07	1.01E-07	5.13E-08

核素	距离方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km
	SSE	2.08E-06	3.03E-07	1.19E-07	6.05E-08
	S	2.98E-06	4.33E-07	1.70E-07	8.65E-08
	SSW	7.52E-06	1.09E-06	4.28E-07	2.18E-07
	SW	8.37E-06	1.22E-06	4.77E-07	2.43E-07
	WWS	6.84E-06	9.95E-07	3.90E-07	1.99E-07
	W	4.34E-06	6.31E-07	2.47E-07	1.26E-07
	WWN	1.24E-06	1.81E-07	7.09E-08	3.61E-08
	NW	9.21E-07	1.34E-07	5.25E-08	2.67E-08
	NNW	3.57E-06	5.19E-07	2.03E-07	1.04E-07
^{222}Rn 、 ^{220}Rn	N	1.17E-05	2.25E-06	9.24E-07	3.69E-07
	NNE	4.36E-06	8.86E-07	3.67E-07	1.48E-07
	NE	2.80E-06	5.79E-07	2.41E-07	9.75E-08
	EEN	3.04E-06	6.18E-07	2.56E-07	1.03E-07
	E	3.58E-06	6.87E-07	2.82E-07	1.13E-07
	EES	4.00E-06	4.36E-07	1.76E-07	6.95E-08
	SE	2.81E-06	4.28E-07	1.70E-07	6.58E-08
	SSE	3.18E-06	5.41E-07	2.10E-07	8.00E-08
	S	4.75E-06	8.22E-07	3.14E-07	1.17E-07
	SSW	2.11E-05	2.16E-06	8.15E-07	3.01E-07
	SW	2.49E-05	2.44E-06	9.16E-07	3.37E-07
	WWS	1.92E-05	1.97E-06	7.42E-07	2.74E-07
	W	2.83E-06	1.20E-06	4.57E-07	1.71E-07
	WWN	1.66E-06	3.23E-07	1.26E-07	4.78E-08
	NW	5.22E-06	2.23E-07	8.86E-08	3.43E-08
	NNW	1.31E-05	8.09E-07	3.27E-07	1.29E-07

(2) 浓度水平

本项目 5km 范围各子区的浓度水平见表 7.3-4。

表 7.3-4 各子区空气中核素浓度

核素	方位	空气中核素浓度, Bq/m ³			
		0~1km	1~2km	2~3km	3~5km
^{226}Ra	N	8.42E-06	1.22E-06	4.80E-07	2.44E-07
	NNE	3.43E-06	4.99E-07	1.96E-07	9.96E-08
	NE	2.27E-06	3.30E-07	1.29E-07	6.59E-08
	ENE	2.39E-06	3.48E-07	1.36E-07	6.94E-08
	E	2.57E-06	3.73E-07	1.46E-07	7.46E-08
	ESE	1.54E-06	2.25E-07	8.80E-08	4.48E-08

核素	方位	空气中核素浓度, Bq/m ³			
		0~1km	1~2km	2~3km	3~5km
	SE	1.42E-06	2.06E-07	8.08E-08	4.12E-08
	SSE	1.67E-06	2.43E-07	9.54E-08	4.86E-08
	S	2.39E-06	3.48E-07	1.36E-07	6.95E-08
	SSW	6.04E-06	8.78E-07	3.44E-07	1.75E-07
	SW	6.72E-06	9.77E-07	3.83E-07	1.95E-07
	WSW	5.49E-06	7.99E-07	3.13E-07	1.59E-07
	W	3.48E-06	5.06E-07	1.98E-07	1.01E-07
	WNW	9.99E-07	1.45E-07	5.69E-08	2.90E-08
	NW	7.40E-07	1.08E-07	4.22E-08	2.15E-08
	NNW	2.87E-06	4.17E-07	1.63E-07	8.32E-08
²³⁸ U	N	1.16E-05	1.69E-06	6.61E-07	3.37E-07
	NNE	4.73E-06	6.88E-07	2.70E-07	1.37E-07
	NE	3.13E-06	4.56E-07	1.79E-07	9.10E-08
	ENE	3.30E-06	4.80E-07	1.88E-07	9.58E-08
	E	3.54E-06	5.15E-07	2.02E-07	1.03E-07
	ESE	2.13E-06	3.10E-07	1.21E-07	6.18E-08
	SE	1.96E-06	2.84E-07	1.11E-07	5.68E-08
	SSE	2.31E-06	3.36E-07	1.32E-07	6.70E-08
	S	3.30E-06	4.80E-07	1.88E-07	9.59E-08
	SSW	8.33E-06	1.21E-06	4.74E-07	2.42E-07
	SW	9.27E-06	1.35E-06	5.28E-07	2.69E-07
	WSW	7.58E-06	1.10E-06	4.32E-07	2.20E-07
	W	4.80E-06	6.99E-07	2.74E-07	1.39E-07
	WNW	1.38E-06	2.00E-07	7.85E-08	4.00E-08
	NW	1.02E-06	1.48E-07	5.82E-08	2.96E-08
	NNW	3.95E-06	5.75E-07	2.25E-07	1.15E-07
²³² Th	N	1.78E-06	2.59E-07	1.01E-07	5.14E-08
	NNE	7.26E-07	1.05E-07	4.13E-08	2.10E-08
	NE	4.81E-07	6.98E-08	2.73E-08	1.39E-08
	ENE	5.07E-07	7.36E-08	2.88E-08	1.46E-08
	E	5.44E-07	7.90E-08	3.09E-08	1.57E-08
	ESE	3.27E-07	4.75E-08	1.86E-08	9.44E-09
	SE	3.00E-07	4.36E-08	1.71E-08	8.67E-09
	SSE	3.54E-07	5.15E-08	2.01E-08	1.02E-08
	S	5.07E-07	7.36E-08	2.88E-08	1.46E-08
	SSW	1.28E-06	1.86E-07	7.26E-08	3.69E-08
	SW	1.42E-06	2.07E-07	8.09E-08	4.11E-08
	WSW	1.16E-06	1.69E-07	6.61E-08	3.36E-08
	W	7.37E-07	1.07E-07	4.19E-08	2.13E-08

核素	方位	空气中核素浓度, Bq/m ³			
		0~1km	1~2km	2~3km	3~5km
	WNW	2.11E-07	3.07E-08	1.20E-08	6.11E-09
	NW	1.57E-07	2.27E-08	8.90E-09	4.53E-09
	NNW	6.07E-07	8.81E-08	3.45E-08	1.75E-08
²²² Rn	N	2.42E-03	2.76E-04	1.00E-04	3.93E-05
	NNE	2.26E-03	2.57E-04	9.33E-05	3.66E-05
	NE	2.37E-03	2.70E-04	9.80E-05	3.85E-05
	ENE	1.79E-03	2.05E-04	7.41E-05	2.91E-05
	E	1.27E-03	1.44E-04	5.23E-05	2.05E-05
	ESE	1.63E-03	1.86E-04	6.74E-05	2.65E-05
	SE	3.46E-03	3.95E-04	1.43E-04	5.61E-05
	SSE	3.68E-03	4.20E-04	1.52E-04	5.97E-05
	S	4.35E-03	4.97E-04	1.80E-04	7.06E-05
	SSW	7.39E-03	8.43E-04	3.06E-04	1.20E-04
	SW	1.30E-02	1.49E-03	5.39E-04	2.12E-04
	WSW	1.84E-03	2.10E-04	7.62E-05	2.99E-05
	W	1.00E-03	1.15E-04	4.15E-05	1.63E-05
	WNW	1.00E-03	1.15E-04	4.15E-05	1.63E-05
	NW	1.58E-03	1.80E-04	6.54E-05	2.57E-05
	NNW	2.63E-03	3.00E-04	1.09E-04	4.27E-05
²²⁰ Rn	N	1.95E-02	2.23E-03	8.09E-04	3.17E-04
	NNE	1.82E-02	2.08E-03	7.54E-04	2.96E-04
	NE	1.92E-02	2.19E-03	7.92E-04	3.11E-04
	ENE	1.45E-02	1.65E-03	5.99E-04	2.35E-04
	E	1.02E-02	1.17E-03	4.23E-04	1.66E-04
	ESE	1.32E-02	1.50E-03	5.45E-04	2.14E-04
	SE	2.79E-02	3.19E-03	1.16E-03	4.54E-04
	SSE	2.97E-02	3.39E-03	1.23E-03	4.82E-04
	S	3.52E-02	4.01E-03	1.45E-03	5.71E-04
	SSW	5.97E-02	6.81E-03	2.47E-03	9.69E-04
	SW	1.05E-01	1.20E-02	4.36E-03	1.71E-03
	WSW	1.49E-02	1.70E-03	6.16E-04	2.42E-04
	W	8.12E-03	9.27E-04	3.36E-04	1.32E-04
	WNW	8.12E-03	9.27E-04	3.36E-04	1.32E-04
	NW	1.28E-02	1.46E-03	5.28E-04	2.07E-04
	NNW	2.12E-02	2.43E-03	8.79E-04	3.45E-04

(3) 公众受照剂量

本项目运行期间,气载放射性流出物所致各子区个人剂量见表 7.3-5,最大值为 6.63E-03mSv/a,有人子区最大值为 1.99E-04mSv/a,关键居民组为 E 方位 1~

2km 子区的莲花社区成年组，小于公众剂量约束值 0.1mSv/a。气载流出物对婴幼儿、青少年和成人造成的最大个人年有效剂量见表 7.3-6~表 7.3-8，关键居民组为成年组，关键核素为 Rn-220，贡献率为 57.13%，关键途径为吸入内照射，贡献率为 99.87%。

表 7.3-5 正常情况下气载流出物所致各子区个人剂量

方位	年龄组	各子区个人剂量，mSv/a			
		0~1km	1~2km	2~3km	3~5km
N	婴幼儿	2.72E-03	3.73E-04	1.44E-04	6.96E-05
	青少年	4.24E-03	5.93E-04	2.29E-04	1.13E-04
	成年	4.33E-03	6.14E-04	2.39E-04	1.19E-04
NNE	婴幼儿	1.48E-03	1.95E-04	7.40E-05	3.44E-05
	青少年	2.10E-03	2.85E-04	1.09E-04	5.23E-05
	成年	2.02E-03	2.80E-04	1.08E-04	5.28E-05
NE	婴幼儿	1.24E-03	1.58E-04	5.96E-05	2.70E-05
	青少年	1.65E-03	2.18E-04	8.29E-05	3.88E-05
	成年	1.52E-03	2.06E-04	7.88E-05	3.78E-05
ENE	婴幼儿	1.10E-03	1.43E-04	5.42E-05	2.51E-05
	青少年	1.53E-03	2.05E-04	7.88E-05	3.75E-05
	成年	1.46E-03	2.00E-04	7.71E-05	3.75E-05
E	婴幼儿	9.84E-04	1.31E-04	5.03E-05	2.38E-05
	青少年	1.45E-03	1.98E-04	7.66E-05	3.71E-05
	成年	1.43E-03	1.99E-04	7.73E-05	3.81E-05
ESE	婴幼儿	8.46E-04	1.08E-04	4.08E-05	1.84E-05
	青少年	1.12E-03	1.49E-04	5.66E-05	2.65E-05
	成年	1.03E-03	1.40E-04	5.38E-05	2.58E-05
SE	婴幼儿	1.35E-03	1.65E-04	6.12E-05	2.63E-05
	青少年	1.60E-03	2.02E-04	7.57E-05	3.37E-05
	成年	1.35E-03	1.74E-04	6.58E-05	3.02E-05
SSE	婴幼儿	1.48E-03	1.81E-04	6.73E-05	2.91E-05
	青少年	1.78E-03	2.25E-04	8.45E-05	3.78E-05
	成年	1.51E-03	1.96E-04	7.43E-05	3.42E-05
S	婴幼儿	1.85E-03	2.29E-04	8.53E-05	3.73E-05
	青少年	2.28E-03	2.91E-04	1.10E-04	4.97E-05
	成年	1.97E-03	2.60E-04	9.87E-05	4.59E-05
SSW	婴幼儿	3.61E-03	4.56E-04	1.72E-04	7.68E-05
	青少年	4.70E-03	6.15E-04	2.33E-04	1.08E-04
	成年	4.25E-03	5.71E-04	2.18E-04	1.04E-04
SW	婴幼儿	5.43E-03	6.69E-04	2.49E-04	1.08E-04

方位	年龄组	各子区个人剂量, mSv/a			
		0~1km	1~2km	2~3km	3~5km
	青少年	6.63E-03	8.45E-04	3.18E-04	1.43E-04
	成年	5.71E-03	7.47E-04	2.83E-04	1.31E-04
WSW	婴幼儿	1.85E-03	2.52E-04	9.69E-05	4.67E-05
	青少年	2.84E-03	3.96E-04	1.53E-04	7.53E-05
	成年	2.88E-03	4.07E-04	1.58E-04	7.85E-05
W	婴幼儿	1.13E-03	1.54E-04	5.95E-05	2.89E-05
	青少年	1.76E-03	2.46E-04	9.52E-05	4.70E-05
	成年	1.79E-03	2.54E-04	9.89E-05	4.93E-05
WNW	婴幼儿	5.34E-04	6.83E-05	2.58E-05	1.17E-05
	青少年	7.13E-04	9.44E-05	3.61E-05	1.69E-05
	成年	6.59E-04	8.94E-05	3.44E-05	1.65E-05
NW	婴幼儿	6.40E-04	7.86E-05	2.93E-05	1.27E-05
	青少年	7.74E-04	9.80E-05	3.68E-05	1.65E-05
	成年	6.58E-04	8.56E-05	3.24E-05	1.50E-05
NNW	婴幼儿	1.46E-03	1.87E-04	7.08E-05	3.22E-05
	青少年	1.97E-03	2.62E-04	1.00E-04	4.72E-05
	成年	1.84E-03	2.51E-04	9.64E-05	4.65E-05

注：其中阴影区为有人子区。

表 7.3-6 正常运行下气载流出物对婴儿造成的最大个人年有效剂量 Sv/a

核素	空气浸没	地面照射	吸入	农产品食入	动物产品食入	途径合计	核素贡献, %
Ra-226	9.31E-13	5.72E-10	7.84E-09	0.00E+00	0.00E+00	8.41E-09	1.60
U-238	2.89E-14	2.17E-11	2.09E-08	0.00E+00	0.00E+00	2.09E-08	3.98
Th-232	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-08	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-08	11.35
Rn-222	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	6.05
Rn-220	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-07	77.02
合计	9.60E-13	5.94E-10	5.25E-07	0.00E+00	0.00E+00	5.26E-07	100.00
占比, %	0.00	0.11	99.89	0.00	0.00	100	

表 7.3-7 正常运行下气载流出物对青少年造成的最大个人年有效剂量 Sv/a

核素	空气浸没	地面照射	吸入	农产品食入	动物产品食入	途径合计	核素贡献, %
----	------	------	----	-------	--------	------	---------

Ra-226	9.31E-13	5.72E-10	1.01E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.07E-08	2.34
U-238	2.89E-14	2.17E-11	2.83E-08	0.00E+00	0.00E+00	2.83E-08	6.20
Th-232	0.00E+00	0.00E+00	1.17E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.17E-07	25.61
Rn-222	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	6.96
Rn-220	0.00E+00	0.00E+00	2.69E-07	0.00E+00	0.00E+00	2.69E-07	58.89
合计	9.60E-13	5.94E-10	4.56E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.57E-07	100.00
占比, %	0.00	0.13	99.87	0.00	0.00	100	

表 7.3-8 正常运行下气载流出物对成人造成的最大个人年有效剂量 mSv/a

核素	空气浸没	地面照射	吸入	农产品食入	动物产品食入	途径合计	核素贡献, %
Ra-226	9.31E-13	5.72E-10	1.05E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.11E-08	2.35
U-238	2.89E-14	2.17E-11	3.30E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-08	7.01
Th-232	0.00E+00	0.00E+00	1.26E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.26E-07	26.76
Rn-222	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.18E-08	6.75
Rn-220	0.00E+00	0.00E+00	2.69E-07	0.00E+00	0.00E+00	2.69E-07	57.13
合计	9.60E-13	5.94E-10	4.70E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.71E-07	100.00
占比, %	0.00	0.13	99.87	0.00	0.00	100	

(4) 集体剂量

结合人口分布情况，正常情况下排放的气载流出物对公众的集体有效剂量为具体见表 7.3-9。

表 7.3-10 正常运行下气载流出物对公众集体有效剂量 (mSv.人) /a

子区半径	年龄组	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WS W	W	WN W	NW	NNW
0~1km	幼儿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~2km	幼儿	0	0	0	0	1.10E -02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	4.07E -02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	2.11E -01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2~3km	幼儿	0	0	0	0	6.29E -03	2.04E -04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少年	0	0	0	0	2.83E -02	8.38E -04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	成年	0	0	0	0	1.55E -01	4.31E -03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3~5km	幼儿	0	0	0	0	5.35E -04	9.22E -04	5.26E -04	0	2.42E -03	0	0	0	1.13E -04	0	0	0
	少年	0	0	0	0	2.47E -03	3.91E -03	2.00E -03	0	9.56E -03	0	0	0	5.42E -04	0	0	0
	成年	0	0	0	0	1.37E -02	2.07E -02	9.68E -03	0	4.79E -02	0	0	0	3.09E -03	0	0	0

7.4 地表水辐射环境影响分析

本项目涉及核素的废水主要为矿萃废水，排入厂区污水处理站，采用石灰中和单独进行处理，处理后产水回用至生产工艺，正常情况下无液态流出物外排。

为防范和控制工艺装置发生事故时及事故处理过程中产生的含放射性物料泄漏和污水对外界水环境的污染及危害，降低辐射环境风险，本项目厂区设置事故应急水池与初期雨水池（合建1座），总有效容积为2830m³，其中初期雨水收集池容积为2150m³，事故水池容积为680m³，事故水池与初期雨水池有连通管道和切换阀门。

初期雨水池有效容积考虑了初期雨水水量，且与事故水池设计有连通管道和切换阀门，发生事故时，工艺装置区或储罐区围堰外的物料及污染的消防水、污染雨水通过雨污切换装置切换，全部排至事故水池/初期雨水池内，以防止对外界水环境造成污染及危害。

本项目事故水池设计有效容积能满足事故状态下废水储存的要求。本项目厂区地势总体南高北低，西高东低，事故水池位于厂区低点，事故废水可通过自流方式进入事故水池。

综上，本项目能够确保放射性废水不外排，不涉及液态流出物；初期雨水及事故废水也能得到有效收集和处理，因此，对地表水辐射环境产生的影响小。

7.5 地下水辐射环境影响分析

本项目正常情况下，无液态流出物排放，且原料暂存库、钽铌锡渣、锡精矿暂存间以及涉及放射性废水的废水处理站及综合回收车间等厂房地面均采取了相应的防渗措施，因此不会对地下水环境产生影响。

7.6 “三关键”分析

根据预测结果得到本项目的“三关键”如下：

(1) 关键居民组：项目气载放射性流出物对周围公众中影响最大的是位于评价中心 E 方位的荷花社区(即有人子区距离评价中心约 1500m 的最近居民点)，公众最大个人剂量出现在成年组，为 $1.99\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

(2) 关键核素：贡献最大的核素为 Rn-220，贡献份额为 57.13%

(3) 关键照射途径：贡献最大的照射途径为吸入内照射。贡献率为 99.87%。

针对三关键可以采取的措施如下：

①加强信息公开：每年按时开展年度监测，并及时向公众公布监测结果，增强透明度。

②健康教育与宣传：针对该居民组开展专门的辐射防护知识教育和宣传活动，提高他们的辐射防护意识和自我保护能力。

③建立应急响应机制：制定突发辐射环境事件应急预案，确保在发生辐射事故时能够迅速采取有效措施，保护居民健康。

7.7 非正常工况辐射环境影响分析

7.7.1 除尘系统失效的辐射环境影响分析

本项目可能发生最严重的非正常工况为分解二车间磨矿、破碎除尘系统由于设备故障或人为操作失误导致完全失效，外排粉尘的浓度及总量增加可能对环境及公众造成影响。

当除尘系统失效时会导致设备逐渐堵塞，除尘系统排风系统。排风停止后，将对除尘系统进行检修，排除故障或失误后恢复正常运行。保守考虑除尘系统完全失效 4h 后重新开启正常运行，发挥除尘作用，则粉尘未经处理直接排放的时间为 4h，单次非正常工况产生的粉尘排放量为见表 7.7-1。

表 7.7-1 非正常工况气载流出物粉尘排放参数

污染物	排放位置	排放量	点源排放速率	H	D	烟气出口温度	小时
		m^3/h	kg/h	m	m	$^{\circ}\text{C}$	h
粉尘	磨矿、破碎排气筒	6000	10	15	0.36	20	4

根据非正常工况源项参数，选用 AERSCREENS 模型进行简单估算分析，可计算出该项目排放的粉尘最大落地浓度为 0.5292mg/m^3 ，出现在下风向 327m 处。以最大落地点粉尘浓度，结合粉尘核素含量以及待积有效剂量转换系数 (G_i) (SV/Bq)，可以估算出尘所致公众个人最大有效剂量，见表 7.7-4，计算公式如下：

$$D_h = C_{\text{尘}} \times f_i \times t \times R \times G_i \times 10^{-6}$$

式中： D_h ——公众吸入再悬浮核素 i 所致内照射剂量，Sv/a；

$C_{\text{尘}}$ ——附近居民吸入该厂排放的粉尘浓度， mg/m^3 ，见本项目环境影响报告书；

f_i ——吸入矿尘第 i 种核素比活度浓度，Bq/kg；

t ——公众每年停留时间（以年运行时间计），h/a；

R ——公众空气摄入速率， m^3/h ，见表 7.7-2；

G_i ——第 i 种核素吸入剂量转换系数（考虑空气动力学直径 $5\mu\text{m}$ ），SV/Bq，见表 7.7-3。

表 7.7-2 公众成员空气摄入量 (R) (m^3/h)

年龄组	小于 1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~12 岁	12~17 岁	>17 岁
摄入量	0.30	0.48	0.66	0.84	1.02	1.20

表 7.7-3 公众成员摄入该厂所排矿尘待积有效剂量转换系数 (G_i) (SV/Bq)

核素	公众成员年龄组					
	年龄<1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~12 岁	12~17 岁	>17 岁
^{232}Th	5.4×10^{-5}	5.0×10^{-5}	3.7×10^{-5}	2.6×10^{-5}	2.5×10^{-5}	2.5×10^{-5}
^{238}U	2.9×10^{-5}	2.5×10^{-5}	1.6×10^{-5}	1.0×10^{-5}	8.7×10^{-6}	8.7×10^{-6}
^{226}Ra	1.5×10^{-5}	1.1×10^{-5}	7.0×10^{-6}	4.9×10^{-6}	4.5×10^{-6}	3.5×10^{-6}

表 7.7-4 非正常工况吸入粉尘所致公众个人最大有效剂量估算结果

核素	放射性 比活度	吸入粉尘中核素所致剂量 (mSv/a)						粉尘浓 度	时间
	Bq/kg	小于 1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~12 岁	12~17 岁	>17 岁	mg/m^3	h
^{232}Th	1107	3.80E-08	5.62E-08	5.72E-08	5.12E-08	5.98E-08	7.03E-08	0.5292	4

核素	放射性 比活度	吸入粉尘中核素所致剂量 (mSv/a)						粉尘浓 度	时间
	Bq/kg	小于 1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~12 岁	12~17 岁	>17 岁	mg/m ³	h
²³⁸ U	13206	2.43E-04	3.35E-04	2.95E-04	2.35E-04	2.48E-04	2.92E-04		
²²⁶ Ra	5956	5.67E-05	6.66E-05	5.82E-05	5.19E-05	5.79E-05	5.30E-05		
合计	/	3.38E-04	4.58E-04	4.11E-04	3.38E-04	3.66E-04	4.15E-04	/	/

由表 7.7-4 可知，除尘系统失效的非正常工况下所致公众最大个人剂量为 4.58E-04mSv/次，低于非正常工况下公众最大个人剂量值控制指标值（即 1mSv/次），不会对周围环境和公众产生明显辐射影响。在生产过程中，企业通过加强对设备的维护和操作，强化工作人员的防范意识，能够有效避免非正常工况的发生，即使发生废气净化系统完全失效的工况，采取停止生产、立即检修等措施，可减缓非正常工况产生的辐射影响。

7.7.2 产品吊装撒漏风险

在生产过程中由于机械碰撞等原因，可能发生小概率吊装撒漏事故。为预防撒漏事故的发生，减缓其辐射环境影响，提出以下防范、控制措施：

- ① 加强作业人员业务技术培训，熟练掌握装置操作，减小事故发生概率。
- ② 进行吊装前，应检查吊装装置是否存在问题，吊装安全性和稳定性是否完好。
- ③ 定期对吊装装置进行维修与维护，确保设备处于良好的工作状态。
- ④ 发生吊装撒漏事故时，应立即在车间现场设置警戒线，防止无关人员进入；安排专人进行干法清扫收集，将其妥善运至其暂存场所，事故处理完毕后解除警戒。
- ⑤ 储存场所应进行放射性标识，防止无关人员接近，以减少对人不必要照射。

综上，在采取以上措施后，厂内产品吊装撒漏辐射风险可控，项目对周边辐射环境影响较小。

7.7.3 生产、贮运过程中的辐射风险

通过工程分析可知，本项目原料伴生有放射性核素，萃取以工序后端生产线不涉及核素，生产过程使大部分原料中的放射性核素转移至钽铌锡渣中。企业应加强管理，特别是对于钽铌锡渣的辐射安全管理，避免事故的发生。

① 制定严格的规章制度和详细的岗位操作规程，控制厂区内物料洒落和扬尘产生，定期对生产场房和仓库地面灰尘进行清扫，保持厂内地面清洁。

② 要求岗位员工进入现场前，穿戴好个人防护用品，工作人员进出原料库、钽铌锡渣仓库前后，及时清理脚底粉尘，并将粉尘收集，防止随意丢弃。

③ 控制原料、钽铌锡渣的运输、装卸岗位人员工作时间，减少因接触放射性核素时间过久而受到过长时间的外照射，以及因误吸入或食用放射性物质而造成内照射。如发现有事故发生应立即送事故人员就医，并注意作好个人监测跟踪。

④ 在生产和贮运过程中，原料、中间产品、钽铌锡渣等可能出现散落和泄露，出现这种事故时，必须采取紧急处理措施，清扫泄露的物料、溶渣，当发生交通事故导致大量原料物料、溶渣倾倒时，应立即向环保、公安及单位行政主管部门报告。

⑤ 企业在车辆装卸、运输原料矿砂及钽铌锡渣过程，应严格限制作业范围，防止对周边环境形成二次污染，并建设车辆清洗池，以便在运输装卸完成后及时在清洗池对车辆进行清洗，防止车辆携带放射性造成二次污染，同时，要求定期对清洗池清洗的物料进行收集和回收利用。

综上，在采取以上措施后，厂区生产、贮运过程的辐射风险可控，项目对周边辐射环境影响较小。

7.7.4 初期雨水及事故废水辐射环境风险

极端天气气象情况下，厂区可能受到暴雨波及，原料、放射性废水、钽铌锡渣可能会随雨水或事故废水流失于环境，为了防止原料、放射性废水、钽铌锡渣的流失，厂区在伴生放射废物暂存间、废水处理站、原料库均设置相应围堰及导排水沟，将初期雨水进行收集，设置事故应急水池与初期雨水池合建 1 座，总有效容积为 2830m³，其中初期雨水收集池容积为 2150m³，事故水池容积为 680m³，事故水池与初期雨水池有连通管道和切换阀门。

事故水池平时处于空置状态，当发生事故时，立即锁紧停车系统，停止生产，

在进行应急救援之前，先关闭废水、雨水排放口，打开连接废水事故池管道的阀门，同时启用事故应急污水泵，将废水收集至废水事故应急池，确保事故废水不会进入外环境。对于事故过程中产生的放射性废水，须妥善处理，待监测达到相应标准要求后才能进行排放和处置，以防止二次污染，对于事故过程中产生的放射性固体废物，应交由有资质的部门进行统一处置。

因此，采取以上措施后，初期雨水及事故废水的辐射风险可控，项目对周边辐射环境影响较小。

7.7.5 地下水泄露辐射环境风险

7.7.5.1 预测情景

企业按照《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）“6.1 伴生放射性物料贮存设施设计要求”做好防腐防渗设计，防渗性能应不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果后，可有效地隔绝其与地下水之间的联系，正常工况下不会对周围地下水环境造成影响。参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），本项目已依据相关标准设计地下水污染防治措施的建设项目，可不进行正常状况下情景下的预测。根据建设项目特点，针对非正常工况下的地下水辐射环境影响进行预测评价。

本项目全部生产装置、三废处理设施、原辅材料贮存、产品存放和固废暂存均参照《石油化工防渗技术规范》（GB/T50934-2013）及《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行严格的防渗设计，储罐区四周设置有围堰，经核算，各罐区围堰有效容积均大于单罐最大容积，液态物发生泄漏后能够马上收集清理，一般不会对地下水产生污染；污水管线采取架空布设，定期巡线，能够及时发现处理渗漏情况，一般不会对土壤地下水产生污染。

对本项目而言，提锡洗水和矿残废水是本项目最主要的两股含放射性核素的废水，其中矿残废水为矿萃残渣过滤后产生的滤液，而矿萃残渣过滤后产生的滤渣（即矿萃残渣），进入综合回收车间后再冲洗，产生的废水即为提锡洗水，因此，两股废水性质相近，核素浓度相差不大。

根据废水处理车间矿残废水处理及综合回收车间提锡洗水设施设备布置情况对比，综合回收车间提锡洗水工序废水回用池标高为-1.5m 水池，长期接收提锡洗水，若池底出现裂缝，导致提锡洗水下渗，将会对地下水环境产生影响，且具有一定隐蔽性，不易察觉，最有可能对地下水产生污染。因此，本次评价主要分析非正常工况下，综合回收车间提锡洗水工序废水回用池渗漏对地下水的影响。

7.7.5.2 预测模型

根据环境影响报告书，本项目地下水评价等级为二级，可采用数值法或解析法进行影响预测，预测污染物运移趋势和对地下水环境保护目标的影响。根据现场水文地质勘查可知，本项目所在场地的水文地质条件较为简单，故本项目的地下水评价预测采用解析法。

非正常工况下对环境造成辐射影响主要为生产废水发生泄漏。发生该事件时，生产废水将直接泄漏至地下水造成污染，预测评价其对地下水环境造成的影响。参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），采用数值模拟方法进行地下水环境预测与评价。

（1）污染预测模型的建立结合建设项目特征以及评价区水文地质条件，本项目渗水泄漏点的面积相对于预测评价范围的面积要小的多，因此排放形式可以简化为点源。泄露时长以泄露时间点为起始时间，至下次提锡洗水工序废水回用池检修时间为终止时间，结合综合回收车间提锡洗水工序特点，一般为 1 个月左右，本次预测保守考虑，将泄漏时长假定为 365d （按地下水辐射年度监测时间间隔为 1 年考虑），同时，将本项目将非正常工况所泄漏的污染物概化为瞬时全部排放进入含水层，因此，本项目将泄露状态模型概化为一维稳定流动二维水动力弥散问题的瞬时注入示踪剂概念模型。按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）要求，预测模型如下：

$$c(x, y, t) = \frac{\frac{m_M}{M}}{4\pi n t \sqrt{D_L D_T}} e^{-\left[\frac{(x-ut)^2}{4D_L t} + \frac{y^2}{4D_T t}\right]}$$

式中：

x, y—计算点处的位置坐标；

t—时间，d；

$c(x, y, t)$ — t 时刻点 x, y 处的污染物浓度, mg/L ;

M —含水层厚度, m ;

m_M —长度为 M 的线源瞬时注入示踪剂的质量, kg ;

n_e —有效孔隙度, 无量纲;

u —地下水流速度, m/d ;

D_L —纵向 x 方向的弥散系数, m^2/d ;

D_T —横向 y 方向的弥散系数, m^2/d ;

π —圆周率。

7.7.5.3 模型参数

根据区域水文地质资料,确定本次预测评价区水文地质参数如表 7.7-1 所示。

表 7.7-1 评价区水文地质参数表

项目	含水层厚度	渗透系数	水力坡度	水流速度	有效孔隙度	纵向弥散系数	横向弥散系数
单位	m	m/d	$\%$	m/d	无量纲	m^2/d	m^2/d
取值	5	25	3.0	0.3	0.25	0.125	0.0125

1、根据枯、平、丰三期地下水位观测,评价区水位埋深较浅,大多在 5m 以内,本次评价取 5m。

2、根据场地地质勘探报告,勘察深度范围内整个场区地层自上而下依次为素填土层、砾砂、角砾,其中素填土层主要以粉土、粉细砂为主,含砾,不均匀,堆积年代大于 10 年,整个场区普遍分布;《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)附录 B 表 B.1 中细砂和砾砂的渗透系数经验值分别在 5~10m/d、50~100m/d,结合上述地层在厂址区域的分布情况,本次评价渗透系数取值为 25m/d。

3、根据《石嘴山经济技术开发区总体规划(2021-2035 年)环境影响报告书》,区域水力坡度取 3.0‰,有效孔隙度 0.25。

4、地下水流速采用水动力学断面法计算公式($V=KI$ 、 $u=V/n_e$),计算得到 $u=0.3\text{m/d}$ 。

5、纵向弥散系数: $DL=u \times \alpha_L + D_0$, D_0 很小可不考虑。纵向弥散度 α_L 由图 7.5-1 确定,根据世界范围内收集到的百余个水质模型计算的孔隙介质的纵向弥散度 α_L 及有关资料与参数作出的 $\text{Lg}\alpha_L$ - $\text{Lg}L_s$ 。基准尺度 L_s 取值 1000m,纵向弥散度 α_L 为 10,则纵向弥散系数 DL 为 $0.125\text{m}^2/\text{d}$,纵向弥散度示意图见下图。

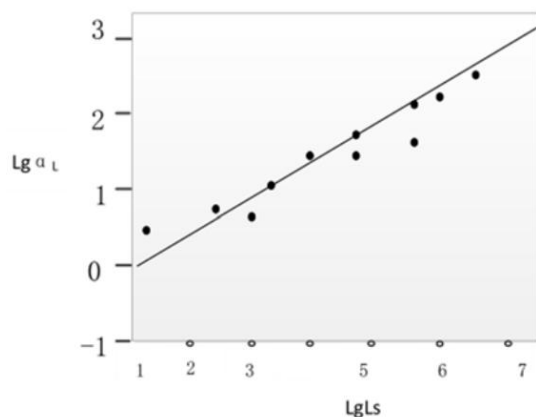


图 7.7-1 纵向弥散度示意图

6、横向弥散系数：根据经验一般为纵向弥散系数的 10%，即 $0.0125\text{m}^2/\text{d}$ 。

7.7.5.4 预测源强

根据老线矿残废水监测结果，矿残废水铀浓度为 6.49mg/L ，钍浓度为 1.27mg/L ，提锡洗水成份与矿残废水性质相同，核素浓度相差不大，本次预测保守考虑，预测源强以铀浓度为 10mg/L ，钍浓度为 5mg/L 计，由于镭-226 易夹带，并以固态形式沉淀于废水回用池底，因此，废水沉淀池废水中的镭浓度不会太高，保守考虑镭-226 活度以 10Bq/L 计。

本次评价选取污染因子源强最大的废水回用池出现渗漏现象作为非正常工况。按照废水回用池底部防渗层破裂，破裂面积按占池底池壁总面积的 2% 计。根据《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB50141-2008），钢筋混凝土结构水池渗水量不得超过 $2\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，非正常状况渗水量不小于正常允许渗水量限值的 10 倍，另外，本环评要求厂区设置地下水跟踪监测井（每年监测 1 次），按渗漏现象出现时最长在 365d 内会被发现，持续渗漏按 365d 计。则非正常状况渗水量=渗漏强度×渗漏面积×10×时间。

本项目地下水环境影响评价非正常工况下污染物源强见表 7.7-2。

表 7.7-2 非正常工况污染物源强表

污染源	规格（长×宽×高，m）	泄漏情景	渗漏强度 $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	渗漏面积 (m^2)	总渗漏量 (m^3)	污染因子	污染物浓度	污染物渗漏量
废水回用池	3×6×1.5	裂缝面积占池底池壁总面积的 2%	2	0.9	6.57	铀	10mg/L	65.7g
						钍	5mg/L	32.85g
						镭-226	10Bq/L	65700Bq

7.7.5.5 预测因子参照标准

本次预测以宁夏地区环境本底值作为标准，核素 U 比活度 $0.17\sim 47.2\mu\text{g/L}$ 、核素 Th 比活度为 $0.02\sim 0.59\mu\text{g/L}$ 、核素 ^{226}Ra 比活度为 $0.65\sim 24.24\text{mBq/L}$ ，当浓度回归到本底值时，视为不会对地下水造成污染。

7.5.6 模拟过程及结果

项目预测时以泄漏点为（0，0）坐标，以 y 方向为地下水流向正方向，x 方向为垂直地下水流向方向，分别分析不同时刻 $t(d)=100、200、300、1000……$ 时，x 与 y 分别取不同数值（0，1，2，3，4，5……），预测因子对地下水的影响范围以及影响程度，U、Th、 ^{226}Ra 预测结果如下表所示。

表 7.7-3 不同时刻 X/Y 处的 U 的浓度 (μg/L)

30d									
	0	5	10	15	20	30	40	50	100
0	1.59E+01	1.21E+03	3.30E+03	3.20E+02	1.11E+00	6.01E-10	5.29E-25	7.54E-46	6.14E-237
2	1.11E+00	8.43E+01	2.29E+02	2.22E+01	7.69E-02	4.18E-11	3.68E-26	5.24E-47	4.26E-238
4	3.71E-04	2.83E-02	7.69E-02	7.46E-03	2.58E-05	1.40E-14	1.23E-29	1.76E-50	1.43E-241
6	6.01E-10	4.58E-08	1.25E-07	1.21E-08	4.18E-11	2.27E-20	2.00E-35	2.85E-56	2.32E-247
8	4.70E-18	3.58E-16	9.74E-16	9.45E-17	3.27E-19	1.78E-28	1.56E-43	2.23E-64	1.81E-255
10	1.78E-28	1.35E-26	3.68E-26	3.57E-27	1.23E-29	6.70E-39	5.90E-54	8.40E-75	6.84E-266
20	2.46E-115	1.87E-113	5.09E-113	4.93E-114	1.71E-116	9.27E-126	8.16E-141	1.16E-161	0.00E+00
30	4.22E-260	3.22E-258	8.75E-258	8.48E-259	2.93E-261	1.59E-270	1.40E-285	2.00E-306	0.00E+00
50	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
100d									
	0	5	10	15	20	30	40	50	100
0	1.61E-05	3.94E-03	3.55E-01	1.18E+01	1.43E+02	1.06E+03	1.43E+02	3.55E-01	2.91E-40
2	7.24E-06	1.77E-03	1.59E-01	5.28E+00	6.43E+01	4.75E+02	6.43E+01	1.59E-01	1.31E-40
4	6.57E-07	1.61E-04	1.45E-02	4.79E-01	5.84E+00	4.31E+01	5.84E+00	1.45E-02	1.19E-41
6	1.20E-08	2.94E-06	2.65E-04	8.78E-03	1.07E-01	7.90E-01	1.07E-01	2.65E-04	2.17E-43
8	4.45E-11	1.09E-08	9.80E-07	3.25E-05	3.95E-04	2.92E-03	3.95E-04	9.80E-07	8.03E-46
10	3.32E-14	8.13E-12	7.32E-10	2.42E-08	2.95E-07	2.18E-06	2.95E-07	7.32E-10	6.00E-49
20	2.91E-40	7.12E-38	6.41E-36	2.12E-34	2.58E-33	1.91E-32	2.58E-33	6.41E-36	5.25E-75
30	1.08E-83	2.65E-81	2.38E-79	7.89E-78	9.62E-77	7.10E-76	9.62E-77	2.38E-79	1.95E-118
50	1.15E-222	2.81E-220	2.53E-218	8.37E-217	1.02E-215	7.54E-215	1.02E-215	2.53E-218	2.07E-257

500d									
	0	20	50	100	150	169	170	200	300
0	1.73E-37	9.27E-28	8.99E-16	9.61E-03	2.12E+02	4.99E+01	4.27E+01	9.61E-03	1.73E-37
2	1.48E-37	7.90E-28	7.66E-16	8.19E-03	1.80E+02	4.26E+01	3.64E+01	8.19E-03	1.48E-37
4	9.14E-38	4.89E-28	4.74E-16	5.07E-03	1.12E+02	2.63E+01	2.25E+01	5.07E-03	9.14E-38
6	4.11E-38	2.20E-28	2.13E-16	2.28E-03	5.01E+01	1.18E+01	1.01E+01	2.28E-03	4.11E-38
8	1.34E-38	7.17E-29	6.95E-17	7.43E-04	1.64E+01	3.86E+00	3.30E+00	7.43E-04	1.34E-38
10	3.18E-39	1.70E-29	1.65E-17	1.76E-04	3.88E+00	9.15E-01	7.83E-01	1.76E-04	3.18E-39
20	1.95E-44	1.04E-34	1.01E-22	1.08E-09	2.38E-05	5.62E-06	4.81E-06	1.08E-09	1.95E-44
30	4.02E-53	2.15E-43	2.09E-31	2.23E-18	4.91E-14	1.16E-14	9.91E-15	2.23E-18	4.02E-53
50	6.45E-81	3.45E-71	3.34E-59	3.57E-46	7.87E-42	1.86E-42	1.59E-42	3.57E-46	6.45E-81
1000d									
	0	50	100	200	300	320	321	500	600
0	7.11E-77	5.47E-53	1.91E-33	2.18E-07	1.06E+02	4.75E+01	4.38E+01	1.91E-33	7.10E-77
2	6.56E-77	5.05E-53	1.76E-33	2.01E-07	9.77E+01	4.39E+01	4.04E+01	1.76E-33	6.56E-77
4	5.16E-77	3.97E-53	1.39E-33	1.58E-07	7.68E+01	3.45E+01	3.18E+01	1.39E-33	5.16E-77
6	3.46E-77	2.66E-53	9.30E-34	1.06E-07	5.15E+01	2.31E+01	2.13E+01	9.30E-34	3.46E-77
8	1.98E-77	1.52E-53	5.31E-34	6.06E-08	2.94E+01	1.32E+01	1.22E+01	5.31E-34	1.98E-77
10	9.62E-78	7.40E-54	2.58E-34	2.95E-08	1.43E+01	6.43E+00	5.93E+00	2.58E-34	9.62E-78
20	2.38E-80	1.83E-56	6.41E-37	7.32E-11	3.55E-02	1.59E-02	1.47E-02	6.41E-37	2.38E-80
30	1.08E-84	8.33E-61	2.91E-41	3.32E-15	1.61E-06	7.24E-07	6.67E-07	2.91E-41	1.08E-84
50	1.37E-98	1.05E-74	3.68E-55	4.21E-29	2.04E-20	9.17E-21	8.45E-21	3.68E-55	1.37E-98

注：灰色区域代表超出本底水平值。

表 7.7-4 不同时刻 X/Y 处的 Th 的浓度 (μg/L)

30d									
	0	5	10	15	20	21	30	50	100
0	1.93E+01	1.47E+03	4.00E+03	3.87E+02	1.34E+00	2.89E-01	7.28E-10	9.13E-46	7.43E-237
2	1.34E+00	1.02E+02	2.78E+02	2.69E+01	9.31E-02	2.01E-02	5.06E-11	6.35E-47	5.16E-238
4	4.50E-04	3.43E-02	9.31E-02	9.03E-03	3.12E-05	6.74E-06	1.70E-14	2.13E-50	1.73E-241
6	7.28E-10	5.55E-08	1.51E-07	1.46E-08	5.06E-11	1.09E-11	2.75E-20	3.45E-56	2.81E-247
8	5.69E-18	4.34E-16	1.18E-15	1.14E-16	3.96E-19	8.54E-20	2.15E-28	2.70E-64	2.19E-255
10	2.15E-28	1.64E-26	4.45E-26	4.32E-27	1.49E-29	3.22E-30	8.12E-39	1.02E-74	8.28E-266
20	3.92E-41	2.99E-39	8.12E-39	7.87E-40	2.72E-42	5.88E-43	1.48E-51	1.86E-87	1.51E-278
30	2.98E-115	2.27E-113	6.16E-113	5.98E-114	2.07E-116	4.46E-117	1.12E-125	1.41E-161	0.00E+00
50	5.11E-260	3.90E-258	1.06E-257	1.03E-258	3.55E-261	7.67E-262	1.93E-270	2.42E-306	0.00E+00
100d									
	0	10	20	40	49	50	100	200	400
0	1.95E-05	4.30E-01	1.73E+02	1.73E+02	9.38E-01	4.30E-01	3.52E-40	1.22E-248	0.00E+00
2	8.77E-06	1.93E-01	7.79E+01	7.79E+01	4.21E-01	1.93E-01	1.58E-40	5.47E-249	0.00E+00
4	7.95E-07	1.75E-02	7.07E+00	7.07E+00	3.82E-02	1.75E-02	1.44E-41	4.96E-250	0.00E+00
6	1.46E-08	3.21E-04	1.29E-01	1.29E-01	7.00E-04	3.21E-04	2.63E-43	9.09E-252	0.00E+00
8	5.39E-11	1.19E-06	4.79E-04	4.79E-04	2.59E-06	1.19E-06	9.72E-46	3.36E-254	0.00E+00
10	4.02E-14	8.86E-10	3.57E-07	3.57E-07	1.93E-09	8.86E-10	7.26E-49	2.51E-257	0.00E+00
20	6.06E-18	1.34E-13	5.39E-11	5.39E-11	2.91E-13	1.34E-13	1.09E-52	3.78E-261	0.00E+00
30	3.52E-40	7.76E-36	3.13E-33	3.13E-33	1.69E-35	7.76E-36	6.36E-75	2.20E-283	0.00E+00
50	1.31E-83	2.89E-79	1.16E-76	1.16E-76	6.30E-79	2.89E-79	2.36E-118	0.00E+00	0.00E+00

500d									
	0	20	50	100	150	188	189	200	400
0	1.73E-37	9.27E-28	8.99E-16	9.61E-03	2.12E+02	6.56E-01	4.82E-01	9.61E-03	5.65E-107
2	1.48E-37	7.90E-28	7.66E-16	8.19E-03	1.80E+02	5.59E-01	4.11E-01	8.19E-03	4.81E-107
4	9.14E-38	4.89E-28	4.74E-16	5.07E-03	1.12E+02	3.46E-01	2.54E-01	5.07E-03	2.98E-107
6	4.11E-38	2.20E-28	2.13E-16	2.28E-03	5.01E+01	1.55E-01	1.14E-01	2.28E-03	1.34E-107
8	1.34E-38	7.17E-29	6.95E-17	7.43E-04	1.64E+01	5.07E-02	3.73E-02	7.43E-04	4.37E-108
10	3.18E-39	1.70E-29	1.65E-17	1.76E-04	3.88E+00	1.20E-02	8.83E-03	1.76E-04	1.03E-108
12	5.46E-40	2.92E-30	2.83E-18	3.03E-05	6.67E-01	2.07E-03	1.52E-03	3.03E-05	1.78E-109
13	2.01E-40	1.08E-30	1.04E-18	1.11E-05	2.45E-01	7.61E-04	5.59E-04	1.11E-05	6.55E-110
20	1.95E-44	1.04E-34	1.01E-22	1.08E-09	2.38E-05	7.39E-08	5.43E-08	1.08E-09	6.36E-114
1000d									
	0	50	100	200	300	347	348	350	400
0	3.55E-77	2.73E-53	9.55E-34	1.09E-07	5.29E+01	6.38E-01	5.28E-01	3.56E-01	1.09E-07
2	3.28E-77	2.52E-53	8.81E-34	1.01E-07	4.88E+01	5.89E-01	4.87E-01	3.29E-01	1.01E-07
4	2.58E-77	1.98E-53	6.93E-34	7.92E-08	3.84E+01	4.63E-01	3.83E-01	2.59E-01	7.92E-08
6	1.73E-77	1.33E-53	4.65E-34	5.31E-08	2.58E+01	3.11E-01	2.57E-01	1.74E-01	5.31E-08
8	9.88E-78	7.60E-54	2.65E-34	3.03E-08	1.47E+01	1.77E-01	1.47E-01	9.91E-02	3.03E-08
10	4.81E-78	3.70E-54	1.29E-34	1.48E-08	7.16E+00	8.63E-02	7.14E-02	4.82E-02	1.48E-08
14	7.05E-79	5.42E-55	1.89E-35	2.16E-09	1.05E+00	1.27E-02	1.05E-02	7.07E-03	2.16E-09
15	3.95E-79	3.04E-55	1.06E-35	1.21E-09	5.88E-01	7.09E-03	5.86E-03	3.96E-03	1.21E-09
20	1.19E-80	9.17E-57	3.20E-37	3.66E-11	1.77E-02	2.14E-04	1.77E-04	1.20E-04	3.66E-11

注：灰色区域代表超出本底水平值。

表 7.7-5 不同时刻 X/Y 处的 ^{226}Ra 的浓度 (mBq/L)

30d									
	0	5	10	15	19	20	25	50	100
0	1.59E+01	1.21E+03	3.30E+03	3.20E+02	4.49E+00	1.11E+00	1.37E-04	7.54E-46	6.14E-237
2	1.11E+00	8.43E+01	2.29E+02	2.22E+01	3.12E-01	7.69E-02	9.49E-06	5.24E-47	4.26E-238
4	3.71E-04	2.83E-02	7.69E-02	7.46E-03	1.05E-04	2.58E-05	3.18E-09	1.76E-50	1.43E-241
6	6.01E-10	4.58E-08	1.25E-07	1.21E-08	1.69E-10	4.18E-11	5.16E-15	2.85E-56	2.32E-247
8	4.70E-18	3.58E-16	9.74E-16	9.45E-17	1.33E-18	3.27E-19	4.03E-23	2.23E-64	1.81E-255
10	1.78E-28	1.35E-26	3.68E-26	3.57E-27	5.00E-29	1.23E-29	1.52E-33	8.40E-75	6.84E-266
20	2.46E-115	1.87E-113	5.09E-113	4.93E-114	6.92E-116	1.71E-116	2.11E-120	1.16E-161	0.00E+00
30	4.22E-260	3.22E-258	8.75E-258	8.48E-259	1.19E-260	2.93E-261	3.62E-265	2.00E-306	0.00E+00
50	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
100d									
	0	5	10	15	20	43	44	50	100
0	1.61E-05	3.94E-03	3.55E-01	1.18E+01	1.43E+02	3.60E+01	2.10E+01	3.55E-01	2.91E-40
2	7.24E-06	1.77E-03	1.59E-01	5.28E+00	6.43E+01	1.62E+01	9.43E+00	1.59E-01	1.31E-40
4	6.57E-07	1.61E-04	1.45E-02	4.79E-01	5.84E+00	1.47E+00	8.56E-01	1.45E-02	1.19E-41
6	1.20E-08	2.94E-06	2.65E-04	8.78E-03	1.07E-01	2.69E-02	1.57E-02	2.65E-04	2.17E-43
8	4.45E-11	1.09E-08	9.80E-07	3.25E-05	3.95E-04	9.95E-05	5.80E-05	9.80E-07	8.03E-46
10	3.32E-14	8.13E-12	7.32E-10	2.42E-08	2.95E-07	7.43E-08	4.33E-08	7.32E-10	6.00E-49
20	2.91E-40	7.12E-38	6.41E-36	2.12E-34	2.58E-33	6.50E-34	3.79E-34	6.41E-36	5.25E-75
30	1.08E-83	2.65E-81	2.38E-79	7.89E-78	9.62E-77	2.42E-77	1.41E-77	2.38E-79	1.95E-118
50	1.15E-222	2.81E-220	2.53E-218	8.37E-217	1.02E-215	2.57E-216	1.50E-216	2.53E-218	2.07E-257

500d									
	0	20	50	100	150	173	174	200	400
0	1.73E-37	9.27E-28	8.99E-16	9.61E-03	2.12E+02	2.55E+01	2.11E+01	9.61E-03	5.65E-107
2	1.48E-37	7.90E-28	7.66E-16	8.19E-03	1.80E+02	2.17E+01	1.80E+01	8.19E-03	4.81E-107
4	9.14E-38	4.89E-28	4.74E-16	5.07E-03	1.12E+02	1.34E+01	1.11E+01	5.07E-03	2.98E-107
6	4.11E-38	2.20E-28	2.13E-16	2.28E-03	5.01E+01	6.04E+00	5.01E+00	2.28E-03	1.34E-107
8	1.34E-38	7.17E-29	6.95E-17	7.43E-04	1.64E+01	1.97E+00	1.63E+00	7.43E-04	4.37E-108
10	3.18E-39	1.70E-29	1.65E-17	1.76E-04	3.88E+00	4.67E-01	3.87E-01	1.76E-04	1.03E-108
20	1.95E-44	1.04E-34	1.01E-22	1.08E-09	2.38E-05	2.87E-06	2.38E-06	1.08E-09	6.36E-114
30	4.02E-53	2.15E-43	2.09E-31	2.23E-18	4.91E-14	5.92E-15	4.90E-15	2.23E-18	1.31E-122
50	6.45E-81	3.45E-71	3.34E-59	3.57E-46	7.87E-42	9.49E-43	7.86E-43	3.57E-46	2.10E-150
1000d									
	0	20	50	100	150	300	327	328	400
0	7.11E-77	8.46E-67	5.47E-53	1.91E-33	3.03E-18	1.06E+02	2.46E+01	2.21E+01	2.18E-07
2	6.56E-77	7.81E-67	5.05E-53	1.76E-33	2.80E-18	9.77E+01	2.27E+01	2.04E+01	2.01E-07
4	5.16E-77	6.14E-67	3.97E-53	1.39E-33	2.20E-18	7.68E+01	1.79E+01	1.60E+01	1.58E-07
6	3.46E-77	4.12E-67	2.66E-53	9.30E-34	1.47E-18	5.15E+01	1.20E+01	1.07E+01	1.06E-07
8	1.98E-77	2.35E-67	1.52E-53	5.31E-34	8.42E-19	2.94E+01	6.85E+00	6.13E+00	6.06E-08
10	9.62E-78	1.14E-67	7.40E-54	2.58E-34	4.10E-19	1.43E+01	3.33E+00	2.99E+00	2.95E-08
20	2.38E-80	2.84E-70	1.83E-56	6.41E-37	1.02E-21	3.55E-02	8.26E-03	7.40E-03	7.32E-11
30	1.08E-84	1.29E-74	8.33E-61	2.91E-41	4.61E-26	1.61E-06	3.75E-07	3.36E-07	3.32E-15
50	1.37E-98	1.63E-88	1.05E-74	3.68E-55	5.84E-40	2.04E-20	4.75E-21	4.25E-21	4.21E-29

注：灰色区域代表超出本底水平值。

从预测结果可以看出：在模拟期内，非正常工况下，污染物经过破损防渗层通过包气带进入地下水，该情景下，污染物在运移的过程中随着地下水的稀释作用，随着时间的增长，污染物运移范围随之扩大，但浓度逐渐降低直至恢复背景值。

根据以上地下水污染预测结果可知，非正常情况下：

（1）污染物铀（不考虑衰减）在 30d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 20m，横向距离小于 4m；在 100d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 50m，横向距离小于 4m；在 500d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 170m，横向距离小于 8m；在 1000d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 321m，横向距离小于 8m。

（2）污染物钍（不考虑衰减）在 30d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 21m，横向距离小于 4m；在 100d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 50m，横向距离小于 6m；在 500d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 188m，横向距离小于 13m；在 1000d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 348m，横向距离小于 15m。

（2）污染物镭-226（不考虑衰减）在 30d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 20m，横向距离小于 4m；在 100d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 44m，横向距离小于 6m；在 500d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 174m，横向距离小于 8m；在 1000d 时，下游受影响区域（超本底值）纵向距离小于 328m，横向距离小于 10m。

根据水文地质勘查结果及预测评价结果表明，当发生污染事故时，污染物浓度较高，运移速度相对较快，对周围地下水质量造成一定的影响。因此，项目需严格按照设计要求进行防渗处理。根据本项目建设特点，采用源头控制、分区防渗、地下水长期监测等措施，防止地下水发生污染。当地下水发生污染后，采取积极有效的应急措施。因此在采取以上措施后，建设项目对地下水环境的影响较小，本建设项目对地下水环境的影响可以接受。

7.7.5 应急预案

针对本项目可能引发的各种辐射环境风险，项目建设单位应按照国家相关法律法规及标准要求，对企业辐射危险源进行评估，并在评估的基础上，结合常规

突发环境事件应急预案的要求，针对性的编制突发辐射环境事件专项应急预案或将突发辐射环境事件应急内容纳入企业突发环境事件应急预案。

7.8 固体废物辐射环境影响分析

本项目生产过程中涉及的伴生放射性固体有矿萃残渣（包括经提锡过程后产生的钽铌锡废渣及副产品锡矿渣）、中和渣、除尘粉尘、含放射性核素的废包装袋以及含放射性核素的废滤膜等，其中：

钽铌锡渣：为矿萃残渣经气浮提锡后的尾矿渣，根据工艺过程分析，可定性判定该固体废物核素水平超过《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）规定的解控水平（1Bq/g），不能被豁免，产生量为 1222.82 t/a（含水 30%），应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行贮存和管理，最终送钽铌湿法冶炼废渣处置场（该处置场正在建设）进行填埋。

锡精矿：为矿萃残渣经气浮提锡后的精矿，为副产品，产生量 90t/a，由于无相关的核素监测数据，无法确定其放射性属性，偏保守考虑，应按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管理，待实际运行生产后，对锡矿渣核素成份进行核素分析，重新确定其管控要求。

中和渣：主要产生于废水处理站的含放射性核素废水处理过程，产生量为 43838.57t/a，主要成分为氟化钙盐类物质，根据宁夏东方钽业老线含放射性的废水处理后的中和渣、废水处理站废渣（含氨）、水处理站废渣（含酸）类比监测数据，铀-238、镭-226、钍-232 核素活度均小于 1Bq/g，根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2001）小于规定的解控水平（1Bq/g），其比活度水平达不到放射性废物的水平，不属于伴生放射性废物，同时，根据常规环评，该固体废物也不属于危险废物。

除尘粉尘：磨矿、破碎工序不会改变的矿石的化学性质，经除尘器收集的粉尘实则为原料粉末，其放射性活度与原料一致，根据类比企业监测数据，原料中的铀-238、钍-232、镭-226 活度均大于 1Bq/g，但根据粉尘特点，将收集的粉尘回用于生产工序，不作为放射性固废处理。

含放射性核素的废包装袋：产生量约 0.1t，作为放射性固废统一暂存于放射性物料暂存间，定期与放射性废渣一起送放射性渣库处置。

含放射性核素的废滤膜，产生量约 0.5 t，作为放射性固废统一暂存于放射性物料暂存间，定期与放射性废渣一起送放射性渣库处置。

综上所述，本项目伴生放射性固体废物为钽铌锡渣、含放射性核素的废包装袋、含放射性核素的废滤膜，均按《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）的相关要求进行管控，因此，本项目产生的放射性固体废物均采用了妥善的处置措施，基本不会对周边环境产生辐射影响。

7.9 服务期满辐射环境影响分析

本项目服务期满后，与项目运行时相比，对自然环境诸要素的影响趋于减缓，主要体现在以下几个方面：

（1）服务期满后，与项目有关的各产污设备也将完成其服务功能，这些产污环节也将消失，如生产废水的产生、尾渣的产生等都将随着消失，区域环境质量将会有所好转。

（2）服务期满后，项目的受放射性污染的设备和场地等仍具有一定的辐射环境影响，尤其是伴生放射性废物暂存间。

辐射环评建议：建设单位预留资金用于服务期满后场地的整治。在项目退役时，委托有资质的单位，对项目厂址及周边进行辐射环境源项调查，确定辐射污染场地程度、污染范围（其中包括污染设备、污染构筑物等），为项目服务期满后场地的整治提供支撑依据。

项目服务期满后，对于项目场地的整治，建议处理处置措施如下：

（1）厂房及有关构筑物，采用去污或拆除处置措施。即对厂房墙面地面进行表面污染监测，当其表面污染水平满足标准要求可根据实际需求进行使用；不满足标准要求，采用物理、化学方法进行去污，待去污完成监测达标后，根据实际需求进行使用或拆除后送垃圾填埋场处置。

(2) 对设备进行表面污染监测，当其表面污染水平满足标准要求，可作为普通设备重复利用。表面污染水平较高的设备，采用物理、化学去污方法对进行去污，去污后满足标准要求重复利用。

(3) 对项目场地土壤进行采样分析，若满足标准要求，则原地留置，超过国家标准产生的放射性污染土壤按照国家相关要求妥善处置。

(4) 若项目场地放射性废物暂存间遗留尾渣，应全部送伴生放射性废物处置场进行处置，尽量使放射性废渣达到减量化、无害化、资源化处理。

通过采取以上措施，本项目服务期满后受放射性污染的设施、场地能得到妥善的处理处置，不会对周围环境产生不利影响。

8 辐射环境保护措施

8.1 气载流出物污染防治措施

8.1.1 有组织排放污染防治措施

根据对有组织排放的达标性分析，本项目分解二车间磨矿、破碎岗位排气筒（DA001）、分解、矿萃车间磨矿岗位排气筒（DA002）中铀、钍浓度最高为 $2.30\text{E-}02\text{ mg/m}^3$ ，低于《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020 中排气筒 $U \leq 0.1\text{ mg/m}^3$ ， $Th \leq 0.1\text{ mg/m}^3$ 的限值要求，能够确保达标排放。

为防止非正常情况下有组织排放粉尘对环境的辐射影响，企业在生产过程中应：（1）加强对设备的维护和操作，制定岗位操作规程，并严格按规程操作，可有效避免非正常工况的发生；（2）强化工作人员的防范意识，磨矿、破碎岗位人员必须佩戴口罩和个人剂量计，当发生废气除尘系统完全失效的工况，可采取停止生产、立即检修等措施，可减缓非正常工况产生的辐射影响。

8.1.2 无组织排放污染防治措施

本项目无组织废气主要产生于分解二车间磨矿、破碎岗位以及分解、矿萃车间磨矿岗位，公司应对采取相对密闭的作业方式和加湿作业，地面采用湿式清扫方式，以防止工作场所空气中粉尘污染。

另外，在转运和装卸过程中，也会产生一定的无组织粉尘排放，公司应加强对原料和放射性废渣的储存和运输日常管理，采用专用包装袋，运输车辆加盖蓬顶，防止洒落。

8.2 氡气及钍射气防护措施

目前，尚没有很好的措施减少氡及钍射气，一般采取稀释和排风等手段降低工作场所氡及钍射气浓度，本项目建议对生产车间、原料仓库、放射性废渣暂存间等产生较高浓度氡气及钍射气的工作场所，均采用强制排风措施，以降低氡及钍射气浓度。

对于伴生放射性废物暂存间、钽铌精矿、铁铌合金原料库、锡精矿暂存间等相对密闭，氦气及钽气易积累的库房，在无人进入的正常期间，建设单位可不开启通风系统，从而降低气载流出物外排对外环境的环境影响，当放射性废渣转运前或进行其它操作，需要人员进入时，需提前开启通风系统，通风 1h 以后方可进入，工作人员进入期间，需将风机持续开启。

8.3 液态流出物辐射防护措施

本项目涉及的放射性废水主要为矿萃残液，经石灰中和沉淀、压滤后的滤液，进入污水处理厂分类进行处理，处理后的清洁水回用于生产，无液态流出物外排。

为防范和控制工艺装置发生事故时及事故处理过程中产生的含放射性物料泄漏和污水对外界水环境的污染及危害，降低辐射环境风险，本项目厂区设置事故应急水池与初期雨水池合建 1 座，总有效容积为 2830m³，其中初期雨水收集池容积为 2150m³，事故水池容积为 680m³，事故水池与初期雨水池有连通管道和切换阀门。

初期雨水池有效容积考虑了初期雨水水量，且与事故水池设计有连通管道和切换阀门，发生事故时，工艺装置区或储罐区围堰外的物料及污染的消防水、污染雨水通过雨污切换装置切换，全部排至事故水池/初期雨水池内，以防止对外界水环境造成污染及危害。

本项目事故水池设计有效容积能满足事故状态下废水储存的要求。本项目厂区地势总体南高北低，西高东低，事故水池位于厂区低点，事故废水可通过自流方式进入事故水池。

因此，本项目放射性废水排放；初期雨水及事故废水也能得到有效收集，因此，对地表水辐射环境产生的影响小。

为进一步加强含放射性废水的管理，公司应做好以下方面：

- (1) 加强废水处理措施设施的管理，确保其正常稳定运行；
- (2) 加强岗位人员技能培训，强化岗位人员环保意识。

8.4 地下水辐射防护措施

为防止项目实施对区域地下水环境造成污染，建设单位严格按照《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》（HJ1114-2020）要求，对贮存放射性物料的场所进行清污分流，防止雨水进入，物料可能产生渗水的应设置地沟等渗水收集系统，渗水应进行回收利用或处理后达标排放，且贮存放射性物料的场所（如钽铌精矿、铁铌合金原料库、综合回收车间（含钽铌锡渣暂存间、锡精矿暂存间）、废水处理车间等）进行防腐防渗设计，防渗性能不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果。

同时，为了及时准确地掌握厂址周围地下水辐射污染控制状况，建设单位将根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）要求，建立覆盖全厂生产区的地下水辐射监控体系，设置 3 口地下水环境跟踪监测井，分别位于厂区地下水径流上游 1 口（西厂界罐区附近）、污水处理站附近 1 口、地下水径流下游 1 口（东厂界工艺装置区下游附近），以便及时发现，及时控制，位置信息见表 8.4-1。

表 8.4-1 本项目地下水跟踪监测井位置信息一览表

编号	位置	地理坐标	监测井类型
1#	西侧厂界附近	E106°44'21.27"；N39°18'30.06"	上游对照井
2#	污水处理站附近	E106°44'26.56"；N39°18'22.03"	污染源监测井
3#	东侧厂界附近	E106°44'36.77"；N39°18'28.65"	下游扩散井

因此，本项目在严格落实地下水防渗措施的基础上，可有效减少及控制本项目区域内含放射性核素的地下水污染物下渗现象，避免污染地下水，因此项目不会对区域地下水辐射环境产生明显影响。

8.5 伴生放射性物料的贮存防治措施

本项目涉及的伴生放射性物料有原料（钽铌精矿、铁铌合金）、产品（锡精矿），放射性废渣（钽铌锡渣），其中钽铌精矿、铁铌合金暂存于原料暂存库，单独分类存放；锡精矿、钽铌锡渣分别暂存于综合回收车间的锡精矿暂存间和钽铌锡渣暂存间。

钽铌锡渣暂存间位于厂区北部综合回收厂房内，根据建设方提供的资料，本项目放射性废物暂存间尺寸为 16m×16m，占地面积为 144m²，厂房高 7.8m，容积为 1123.2m³，有效容积按照 0.5 计（除去过道、剩余上部空间等），为 561.6m³，钽铌锡渣取 2.5t/m³，最大贮存量为 1404 吨，因此，放射性废物暂存间能贮存本项目 1 年的钽铌锡渣的产生量。

根据建设单位提供的可研资料，结合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范》（试行）（HJ1114-202），对含伴生放射性物料（主要为原料和放射性废渣）贮存场所符合性分析如下：

表 8.5-1 伴生放射性物料暂存间与 HJ 1114-2020 的符合性分析

	规范要求	符合性分析	是否符合
设计要求	贮存设施应根据企业总平面布置等相关要求，尽量布置在远离人群活动的地方。	本项目伴生物料暂存库在原料库与综合回收车间，与办公区分开，远离位于办公楼。	符合
	贮存设施应采取实体隔离措施，防止无关人员进入。	本项目伴生物料暂存库均采用专门的暂存库进行储存，不露天堆放，外墙张贴电离辐射标志，防止无关人员进入。	符合
	贮存设施应进行清污分流，防止雨水进入；物料可能产生渗水的应设置地沟等渗水收集系统，渗水应进行回收利用或处理后达标排放。	本项目涉及辐射废水不外排，初期雨水通过雨水沟收集后进入初期雨水池，实现了清污分流。伴生放射性物料为固体，不会产生渗滤液，为保守起见，建设单位对暂存库进行硬化防腐防渗处理，可有效地隔绝其与地下水之间的联系，不会产生渗水。	符合
	贮存设施应进行防腐防渗设计，防渗性能应不低于渗透系数为 1×10 ⁻⁷ cm/s、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果。	根据本项目实际情况，废渣为固体，不会产生渗滤液，为保守起见，建设单位对暂存库进行硬化防腐防渗处理，防渗性能满足规范要求，可有效地隔绝其与地下水之间的联系，不会产生渗水。	符合
	物料贮存应采取防尘、抑尘措施，防止物料逸散。	本项目废渣设置专门的暂存库进行储存，不露天堆放，另外，产品采用吨袋进行包装后储存也可以有效抑制粉尘的产生。	符合

规范要求		符合性分析	是否符合
	应根据物料来源、放射性水平等进行合理的贮存区域划分。	本项目伴生放射性物料设置专门的暂存库进行储存，与其他产品分区存放。	符合
运行要求	贮存设施边界明显部位应设置电离辐射标志，并加强管理，防止无关人员进入。	本项目建成运行前，会在暂存库边界明显部位设置电离辐射标志，并加强管理，防止无关人员进入。	符合
	固体废物贮存应有明确标识，并结合实际情况注明废物的名称、数量、放射性核素活度浓度等。	本项目伴生放射性物料将设置专门的暂存库进行储存，门外张贴电离辐射标识，双人双锁，设置进出台账，注明废渣名称、数量、放射性核素活度浓度等。	符合
	固体废物贮存台账应结合实际情况注明名称、来源、数量、放射性核素活度浓度、入库日期、出库日期及接收单位名称等信息。	本项目伴生放射性物料设置专门的暂存库进行储存，设置废渣进出台账，注明名称、来源、数量、放射性核素活度浓度、入库日期、出库日期及接收单位名称等信息。	符合
	物料贮存相配套的废水处理设施和防尘、抑尘措施，应稳定运行、有效实施。	本项目废渣为固体物料，不会有废水产生，此外，废渣具有一定的含水率，加上采用吨袋包装后不会产生粉尘。	符合

综上，本项目伴生放射性物料的贮存符合《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范》（试行）（HJ1114-202）相关要求，对周边辐射环境影响较小。

8.6 伴生放射性物料运输

本项目伴生放射性物料的运输应满足以下要求：

（1）委托具有放射性物品道路许可资质的单位，使用专门的独家车辆进行运输。

（2）伴生放射性物料外运前，应委托有资质的单位对运输车辆辐射水平进行监测，并编制辐射监测报告。

（3）托运车辆外表面最高辐射水平不应超过 2mSv/h， α 表面污染水平不超过 0.4Bq/cm²， β 表面污染水平不应超过 4Bq/cm²，监测结果不符合要求的，不得进行托运。

(4) 企业应对伴生放射性物料的包装进行标识, 定期检查, 防止伴生放射性物料的渗漏和撒露, 同时, 配备必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备, 并编制运输说明书、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南, 其中运输说明书应当包括放射性物品的品名、数量、物理化学形态、危害风险等内容。

(5) 由于企业与伴生放射性废渣处置场距离较近, 运输量较小, 对于钽铌锡渣, 本项目建议采用陆运货车方式运输, 同时, 企业应根据道路路线、车况、路况以及敏感目标分布情况, 合理规划好运输路线, 尽量避开车流量多、路况差、人员密集区域, 线路一经确定, 不得随意变动、更改。

8.8 辐射环境管理

8.8.1 管理机构及管理制度

在项目建设期、运行后为了确保辐射环境保护设施的完好运行及环保措施的有效实施, 该公司建立了各车间岗位负责制的环境管理机构, 由主管生产的领导直接负责。各生产车间、污水处理站、原料及产品仓库等主要岗位, 设置兼职的环保员, 负责对环保设施进行定期维护保养。对污染物排放情况进行监督检查, 同时要做好记录, 建立排污档案。保证生产过程中, 含放射性的“三废”安全处置, 使工作人员及环境中的居民所受剂量为本底水平。

针对项目的特点在非放管理制度建立的基础上, 考虑项目为伴生矿利用开发项目的特殊性, 各岗位的操作规程及制度均须张贴上墙。建立健全相关的岗位规章制度及应急预案, 确保建设项目在建设、运行过程中环境的安全。

8.8.2 辐射防护管理机构的职责

(1) 全面贯彻落实“保护和改善生产环境与生态环境, 防治污染和其它公害”等环境保护基本国策的要求, 认真、全面地做好工程项目环境污染防治和当地生态环境保护的工作, 包括辐射防护工作。

(2) 按照环境保护部门给本企业下达的环境保护目标责任书, 结合企业实际情况, 制定出本企业的环境保护目标和实施措施, 落实到企业年度计划, 并作为评定企业指标完成情况的依据之一。

(3) 做好环保设施运行管理和维修工作，保证各项环保设施正常运行，确保治理效果。建立并管理好环保设施的档案资料。

(4) 负责建立和健全企业内部环境保护目标责任制度和考核制度，严格考核各环保处理设施的处理效果，要有相应的奖惩制度。

(5) 搞好废水、废气污染防治和固体废物的综合利用工作。

(6) 定期委托有资质的单位开展相关环境监测；对环境监测结果进行统计分析，了解掌握工艺中的排污动态，发现异常要及时查找原因并及时改正，确保企业能够按国家和地方法规标准合格排放，并反馈给生产部门，防止污染事故发生。

(7) 宣传并贯彻、执行国家和地方的有关环保法规。开展环保技术培训，提高职工的环保意识和技术水平。

(8) 落实防止泄漏和火灾爆炸的设备和工具，做好风险防范措施，定期开展风险应急预案演练，提高全体职工风险预防意识。

(9) 组织工作人员职业病检查并存档，发放个人剂量计并负责每个季度的送检，负责将个人剂量计检测结果整理存档并报送环保主管部门。

8.8.3 人员培训及管理

(1) 对厂内辐射防护关键岗位工作人员进行相关知识的学习和培训，加强该类人员的自我保护和环境保护意识。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关的辐射防护职业健康管理要求，对企业工作人员的放射生产场所工作人员的卫生防护培训内容包括：

a) 职业病防治的法律、法规、规章和标准；

b) 电离辐射基础知识：包括但不限于铀、钍、氡及其子体（包括钍射气及其子体）、含铀钍粉尘以及放射性气溶胶的特点和健康危害；

c) 辐射监测及其结果的解释与评价： γ 外照射剂量水平；含铀钍粉尘、放射性气溶胶活度浓度；氡及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度；表面污染；

d) 放射防护的基本原则；外照射、内照射防护的基本方法；生产场所控制粉尘的目的和方法；有关的导则和限值标准；

e) 通风系统的作用与目的；严格遵守通风要求与规范的意义；确保通风系统运行的必要性；及时报告通风系统损坏的意义；

f) 用人单位的应急计划；生产场所应急逃生通道的位置；

g) 放射性损伤的救援知识；放射性物质污染伤口的处理要点；

h) 职业病诊断程序；职业病分类和目录。

(2) 接触放射性矿物、含放射性废物的工作人员，每年进行体检，车间的工作人员工作时佩戴防尘面具。

(3) 原料区设有专职人员进行管理，定期及时清理和打扫库房和库区，防止含放射性的原料及成品散落，造成局部环境污染。

8.8.4 辐射防护管理措施

8.8.4.1 人员的管理

建设单位制定辐射防护管理制度和措施时，应包括以下几个方面内容：

(1) 工作人员配备个人劳保防护用品（如工作服、手套，防护口罩等）；

(2) 工作人员严禁在生产车间内吸烟、进餐；

(3) 工作人员应做好个人卫生，保持个人清洁。若在工作时，工作人员皮肤不慎受了损伤，应及时清洗，妥善包扎，以防感染化脓或放射性物质由伤口进入体内。

(4) 设立员工换衣区，上班后换上工作专用工作服和鞋，下班之后立即沐浴，工作服等用品不允许带出厂外。

(5) 建设单位应为全体员工建立职业健康档案。放射性工作人员应每年进行职业健康体检，对于重点岗位工作人员工作时应配带个人剂量计，每个季度将个人剂量片送有资质的单位进行检测，并对个人剂量检测结果逐个记录存档。

(6) 合理优化职工人数和工作时间，尽量减少员工与放射性物料的接触时间。若工作人员所受照射剂量超过 5mSv/a 或者身体条件不符合生产岗位，应调整其工作岗位。

(7) 建设单位应指定专人负责对厂区及周边环境进行 γ 辐射率定点巡检，按期进行监测和风险评价。若发现异常时，应及时找出原因并予以处理。

(8) 工作人员上岗前需进行辐射安全环保知识培训，定期组织辐射安全环保知识学习和考试。

(9) 工作时严格按操作规程操作。

(10) 建设单位建立完备进出台账业务。对于原料、产品、尾渣具体数量和去向将有完整记录。

8.8.4.2 设施设备的管理

本项目设有多项辐射防护环保设施，在平时运营时需做好管理，具体管理要求见下表。

表 8.8-1 辐射防护设备设施管理要求一览表

辐射防护要素	控制点	设施规模	材质及配套要求效果	设备维护
气载流出物控制措施	磨矿、破碎工序	除尘设施各 1 套	布袋除尘器+15m 高排气筒	每月巡检
	伴生放射性物料暂存间	/	设置专门的仓库堆存，1 台排风净化机组或壁式轴风机	每半月巡检
	原料、钽铌锡渣	设置专门的暂存间	禁止露天堆放，均设置专门的仓库堆存	每月巡检
	道路扬尘	/	经常对厂区道路进行清扫及洒水降尘	每天巡检
液态流出物控制措施	初期雨水池（兼作事故池）	1 个，2830m ³	其中初期雨水收集池容积为 2150m ³ ，事故水池容积为 680m ³ ，能满足储存雨水要求，水泥硬底化，且与废水处理系统做到雨污分流	每次降雨及事故后巡检
地下水及伴生放射性物料辐射防护措施	监测井	3 个	厂区地下水径流上游 1 口（西厂界罐区附近）、污水处理站附近 1 口、地下水径流下游 1 口（东厂界工艺装置区下游附近）	每年采样送检
	原料库、综合回收车间、废水处理站等	/	清污分流，防止雨水进入，物料可能产生渗水的应设置地沟等渗水收集系统，渗水应进行回收利用或处理后达标排放，进行防腐防渗设计，防渗性能应不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果。	每月巡检
其他放射性防治措施	辐射监测仪	1 台	便携式 γ 剂量率仪	每年送检
	个人剂量计	根据工作人数配置	正常使用，每个季度送有资质单位检测	每季度送检

8.9 辐射监测及信息公开

8.9.1 监测目的和要求

8.9.1.1 监测目的

(1) 判断项目运行期间以气体、粉尘或液体等形态排入环境的放射性物质是否达标排放；

(2) 掌握项目运行期间辐射环境质量，积累辐射环境水平数据，掌握辐射环境质量的变化趋势，总结辐射环境的变化规律，了解辐射环境水平是否异常，为辐射环境管理提供依据。

8.9.1.1 监测要求

(1) 应编制环境辐射监测方案，并向社会公开；

(2) 环境辐射监测方案可根据项目运行期间的变化、监测经验和数据的积累进行调整；

(3) 流出物监测方案要考虑伴生铀/钍元素的种类和工艺特点等因素；

(4) 辐射环境监测方案除要考虑伴生铀/钍元素的种类外，还要考虑环境特征、周围居民点和其他敏感点以及对照点。

8.9.2 流出物监测

按《企业事业单位环境信息公开办法》及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法》要求，根据项目设施的性质、规模及运行情况，在产生放射性流出物的设施、部位实施监测，以便及时掌握和控制流出物的排放量和对环境的影响，具体流出物监测计划见下表。

表 8.9-1 本项目流出物监测计划一览表

介质	监测位置		监测项目	监测频率	备注
废气	排气筒	DA001、DA002	U、Th	1 次/半年	两次监测的间隔时间应不少于 3 个月
废水	废水总排口		U、Th、 ²²⁶ Ra、总α、总β	1 次/月	

8.9.3 物料监测

按《企业事业单位环境信息公开办法》及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法》要求，制定物料监测计划见下表。

表 8.9-2 物料监测计划

采样点或监测点	监测项目	频次
---------	------	----

原料	^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 的活度浓度	不定期抽样检测
钽铌锡渣	^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 的活度浓度	不定期抽样检测
中和渣 (矿残废水处理渣)	^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 的活度浓度	每批次抽样检测, 如连续取样均低于豁免活度水平, 可放宽频次, 直至解除监测要求。

8.9.4 辐射环境监测

按《企业事业单位环境信息公开办法》及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法》要求, 制定辐射环境监测计划见下表。

表 8.9-3 辐射环境监测计划

介质	采样点或监测点	监测项目	频次	备注
空气	荷花社区、对照点	^{222}Rn 浓度、氡子体、钍射气	1 次/半年	两次监测的间隔时间应不少于 3 个月
陆地 γ	厂界四周、荷花社区、厂区东南面空地、河滨街物流公路; 对照点	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年	
地下水	上游监测井(西厂界罐区附近)、污水处理站附近监测井、下游监测井(东厂界工艺装置区下游附近)	U 、 Th 、 ^{226}Ra	1 次/年	
土壤	厂界四周、厂区东南面 500m 范围内土壤、对照点	^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra	1 次/年	

8.9.5 事故监测计划

项目事故监测计划应包括事故应急监测项目、监测点位、监测频度、监测方法、监测设备、监测人员等内容。根据事故发生的性质、时间、地点、可能污染范围等因素, 及时进行追踪监测, 取得事故现场监测数据和有关资料, 进行事故评价, 并将结果汇报相关管理机构。

8.9.6 监测仪器配备

企业可依托本企业人员、场所、设备开展监测或委托具有相应资质的机构进行监测。企业可配备 γ 辐射剂量率监测仪, 并安排专门的辐射工作人员落实 γ 辐射

剂量率的监测计划，或购置其它监测仪器和设备对企业流出物和辐射环境自行开展监测，企业应对监测结果及信息公开内容的真实性、准确性完整性负责。

8.9.7 质量保证

监测质量保证是环境监测计划的必不可少的重要组成部分，为了保证监测数据准确可靠，监测过程严格执行《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），以保证获得的测量结果和评价结论使当时的和以后的主管部门和使用部门确信是正确的。针对本项目特点，在监测过程中应注意：

（1）监测人员

对于从事监测的人员在工作作风、专业知识、技术水平等方面予以规定，通过培训和考核并获得合格证后才能上岗。

（2）采样的质量控制

样品采集尽量采用标准方法或公认方法，采样布点合理、有代表性，部分样品采集平行样。

采样方法、采样设备调整、样品包装、运输、保存、现场处理、贮存以及采样记录资料，严格执行有关规定。

（3）样品的分析测试

分析测量方法尽量采用国家已颁布的标准方法；没有国家标准的，采用行业通用方法或经实际样品考核成熟的分析方法，并用标准物质进行校验

分析测量仪器和设备按规定定期送计量部门进行校验和刻度。对于监测仪器，若发现异常情况，随时进行校验；对有质疑的样品，进行双样分析测定或重新取样测定。

为提高分析结果的可靠性，定期或不定期与其它权威实验室进行样品分析比对；有的样品必要时送出外检，以保证样品分析测量结果的质量和准确性。

分析结果均用专用表格填报，分析数据报表均经采样人员、制样人员、分析测量人员签字，最后经审核人签字后留存和上报。

采集的样品要有一部分长期保留，以便随时抽检；监测结果要永久保存。

(4) 实验室分析质量的内部控制中包括空白试验、校正曲线核查、仪器设备校正、平行样测定、加标样和密码样测定、质量控制图编制。外部控制包括实验室之间的分析比对或交叉核查，参加可以溯源到国家标准的实验室间的比对。

(5) 监测报告中要完整和准确地保留全部原始数据，保留样品容量的信息。数据处理应采用标准方法，所有计算步骤、计算机程序都经过复审和验证，并载入记录文件。

(6) 监测计划和采取的质量保证措施应有书面执行程序，并经审核批准后才能实施。文件的格式、术语应具备后人可读性；文件内容应包括从监测方案到结论各部分的详尽描述；并建立文档备份、呈交、保存制度。

(7) 设立质量保证机构，配备专职或兼职监测人员。质量保证机构的职权包括审查监测计划和质量保证的书面程序；监督实施监测过程的质量保证措施；复查监测数据；建立完整的文件档案等项任务。

8.9.8 信息公开

根据《企业事业单位环境信息公开办法》及《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法》，企业应做到以下几点：

(1) 企业应当按照强制公开和自愿公开相结合的原则，及时、如实地公开其环境信息；

(2) 企业应在《关于发布全国 31 个省级地区国家重点监控企业污染源监测信息公开网址的公告》（环境保护部公告 2015 年第 40 号）中的信息公开平台上公开环境辐射监测信息，同时企业也可通过对外网站、报纸、广播、电视等便于公众知晓的方式公开环境辐射监测信息。

(3) 企业应于每年 2 月 1 日前编制完成上年度环境辐射监测年度报告，并向社会公开。

(4) 企业环境辐射监测发现流出物排放超标的，应立即停止排放，分析原因，并向生态环境主管部门报告。

8.10 辐射环境保护“三同时”验收

根据项目生产建设以及环境保护情况，本次辐射环境影响验收一览表见表8.10-1。

表 8.10-1 辐射环境保护“三同时”验收一览表

类别	防治对象		措施	要求及效果	数量(台/套)	验收标准
气载流出物	分解二车间磨矿、破碎岗位 (DA001)	U、Th	自带布袋除尘器处理后经 15m 排气筒 (DA001) 排放	处理效率 98.8%，排放高度 15m	1 套除尘器+1 根排气筒	满足《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》(T/BSRS 025-2020)、《稀土工业污染物排放标准》(GB 26451—2011)相关要求； 满足剂量约束值的要求
	分解、矿萃车间磨矿岗位 (DA002)	U、Th	单机袋式除尘器处理后经 15m 排气筒 (DA002) 排放	处理效率 98.8%，排放高度 15m	1 套除尘器+1 根排气筒	
	无组织排放	U、Th	设置仓库，围墙、厂棚、绿化等	加强设备、车辆运输管理、洒水抑尘等	/	
	分解二车间、分解矿萃车间、萃取车间	^{222}Rn 、 ^{220}Rn	厂房通风	/	/	
液态流出物	污水处理站	/	分类分质处理，放射性废水采用石灰中和沉淀处理后回用于生产，不外排。	/	1 套	液态流出物不外排
	地下水	U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β	设置地下水监测井	上游 1 个、污水处理站附近 1 个、下游 1 个	3	按照规定的数量和要求建设。
放射性物料	钽铌精矿、铁铌合金暂存库、钽铌锡渣暂存间、锡精矿暂存间	原料、产品、废渣	设置专门的暂存库来进行储存，限制无关人员进出，并在围栏显眼处张贴电离辐射标志。	全部处置，零排放	/	满足《伴生放射性物料贮存及固体废物填埋辐射环境保护技术规范（试行）》(HJ 1114-2020)相关要求
风险防范	突发辐射环境事件		编制辐射应急预案或方案，配备必要的辐射应急物资。			
	初期雨水池（兼作事故池）		初期雨水池总有效容积为 2830m ³ ，其中初期雨水收集池容积为 2150m ³ ，事故水池容积为 680m ³ ，事故水池与初期雨水池有连通管道和切换阀门。			

9 结论与建议

9.1 建设项目情况

宁夏东方钽业股份有限公司拟在宁夏回族自治区石嘴山经济技术开发区内新建一条钽铌湿法冶炼数字化生产线新建工厂项目，厂区总面积 186047.06m²。项目总投资 66224.91 万元，建设内容有氟钽酸钾、氧化铌、氧化钽和钽铌化合物产品生产线，主要包括新建主生产厂房和生产辅助厂房，购置配套工艺设备和辅助设备。新建主生产厂房 6 座，分别为分解矿萃车间、分解二车间、萃取车间、氧化物制备车间、钾盐制备车间、钽铌化合物生产车间；新建生产辅助厂房主要包括 MIBK 库、辅料库、危险品库、机修和备品备件车间、分析检测楼、中控室、危废库、高压细水雾泵房、酸储存区、液氨库、生产废水处理站（含纯水站），副产品锡精矿综合回收车间 1 座，新建 35kV 变电站一座。此外，项目新建行政办公及生活服务楼。

9.2 辐射环境质量现状

本项目对拟建场地及周边环境的 γ 辐射剂量率、氡气及子体、环境空气、土壤及底泥、地下水、地表水等介质中的相关辐射因子进行调查，根据监测结果，区域环境现状调查结果如下：

（1） γ 辐射剂量率：项目厂址周边环境 γ 辐射剂量率与石嘴山地区银北地区原野处于同一水平。

（2）氡气、钍射气及氡子体：项目厂址及周边环境氡气及氡子体浓度与全国室外氡及氡子体浓度本底处于同一水平。

（3）环境空气：项目厂址及周边环境空气 U、Th、总 α 、总 β 、²¹⁰Po、²¹⁰Pb 浓度均处于较低浓度水平。

（4）土壤及底泥：项目厂址及周边环境土壤及底泥 ²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra 核素水平与宁夏银北地区本底处于同一水平。

(5) 地下水：项目厂址周边地下水天然放射性核素 U、Th、 ^{226}Ra 浓度与宁夏地区地下水本底处于同一水平，总 α 、总 β 满足《地下水质量标准》（GB1484-2017）III 类水体放射性指标限值（总 $\alpha \leq 0.5\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 1\text{Bq/L}$ ）。

(6) 地表水：项目厂址周边地表水天然放射性核素 U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 浓度与宁夏黄河干流本底处于同一水平。

9.3 辐射环境影响

(1) 气载流出物辐射环境影响：项目有组织气载放射性流出物铀、钍浓度均能均低于《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》T/BSRS 025-2020 中规定的“气载流出物排放浓度限值要求；无组织气载放射性流出物铀钍总量低于《稀土工业污染物排放标准》（GB 26451—2011）中规定的“现有企业和新建企业边界大气污染物浓度限值限值”要求，即铀钍总量不超过 0.0025 mg/m^3 ，可以实现气载流出物的达标排放；气载放射性流出物对周围公众中影响最大的是位于评价中心 E 方位处的荷花社区，公众最大个人剂量出现在成年组，为 $1.99\text{ E-}04\text{mSv/a}$ 。贡献最大的核素为 Rn-220，贡献份额为 57.13%；贡献最大的照射途径为吸入内照射，贡献值为 $3.33\text{ E-}04\text{mSv/a}$ ，贡献份额为 99.87%。

2) 地表水辐射环境影响：本项目涉及核素的废水进入污水处理厂分类进行处理后，产水回用至生产工艺，正常情况下无液态流出物外排。为防范事故可能产生的含放射性废水的泄露，本项目建设 1 座事故应急水池与初期雨水池，并采取了有效的防渗措施，因此，对地表水产生的环境影响不大。

3) 地下水辐射环境影响：非正常情况（生产废水泄漏）下，污染物中铀、钍、镭-226（不考虑衰减）在 30d、100d、500d、500d、1000d 时距离泄漏点对地下水的影响最大距离为地下水下游流向的（21m、4m）、（50m、6m）、（188m、13m）、（348m、15m）处。

4) 固体废物辐射环境影响：本项目生产过程中涉及到放射性的固体废物主要钽铌锡渣、除尘粉尘、含放射性的废包装袋、含放射性核素的废滤膜等。其中钽铌锡渣暂存于放射性废物暂存间，定期送放射性渣库处置；除尘粉尘为本项目原料，均回用

于生产；含放射性的废包装袋、含放射性核素的废滤膜作为放射性固废统一暂存于伴生放射性废物暂存间，定期与伴生放射性废渣一起送放射性渣库处置。

由此可见，本项目产生的放射性固体废物均采用了妥善的处置措施，基本不会对环境产生辐射影响。

9.4 辐射防护“实践正当性”

本项目属于《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》中的“铌/钽矿产的开采、选矿和冶炼”行业，原料矿石具有一定放射性，在生产过程中伴生放射性产生的辐射影响是不可避免的，但在生产过程中采取了必要的辐射防护措施以减少本项目产生的辐射环境影响，本项目的辐射影响在相应标准要求范围内。因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

9.5 总结论

综上所述，经评价分析，项目建设及运营单位在辐射环境管理上满足相应的监管要求。在全面落实本报告提出的各项环保对策措施的基础上，切实做到“三同时”，并在运行中严格落实管理和监测计划，从辐射环境影响角度出发，项目可行。