

漳州市九龙江陶瓷原料有限公司  
年处理5万吨锆钛中矿及配套深加工建设项目  
辐射环境影响评价专篇  
(送审稿)

评价单位：深圳市宗兴环保科技有限公司  
建设单位：漳州市九龙江陶瓷原料有限公司  
二〇二四年四月

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号			
建设项目名称	年处理 5 万吨锆钛中矿及配套深加工建设项目		
建设项目类别	55-171 伴生放射性矿		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	漳州市九龙江陶瓷原料有限公司		
统一社会信用代码	91350629669258599U		
法定代表人（签章）	吴心蓉		
主要负责人（签字）	吴心蓉		
直接负责的主管人员（签字）	吴玉莲		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	深圳市宗兴环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91440300075807394R		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李志强	07354443506440128	BH001970	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李志强	报告所有章节	BH001970	

## 目 录

前 言 .....	1
第 1 章 概述 .....	3
1.1 编制依据 .....	3
1.2 控制指标 .....	4
1.3 评价因子 .....	6
1.4 评价内容和评价重点 .....	7
1.5 评价范围 .....	7
1.6 保护目标及关键居民组 .....	7
1.7 选址合理性 .....	9
第 2 章 放射性源项分析 .....	10
2.1 现有工程概况 .....	10
2.2 扩建工程概况 .....	17
2.3 扩建后全厂工程概况 .....	25
2.4 物料平衡、水平衡及核素平衡分析 .....	30
2.5 项目放射性分析 .....	34
2.6 “以新代老”辐射防护措施 .....	42
第 3 章 辐射环境质量现状 .....	43
3.1 监测质量保证措施 .....	错误！未定义书签。
3.2 监测频次 .....	错误！未定义书签。
3.3 监测内容 .....	错误！未定义书签。
3.4 分析方法及仪器设备 .....	错误！未定义书签。
3.5 监测结果及其评价 .....	错误！未定义书签。
第 4 章 辐射环境影响分析 .....	44
4.1 厂址特征参数 .....	44
4.2 正常工况气载流出物辐射环境影响分析 .....	53
4.3 工作人员所致年附加有效剂量 .....	60
4.4 正常工况液态流出物辐射环境影响分析 .....	64
4.5 “三关键”分析 .....	66
4.6 非正常工况辐射环境影响分析 .....	66

4.7 固体废物辐射环境影响分析 .....	70
4.8 放射性环境保护距离的设定 .....	70
4.9 服役期满辐射影响分析 .....	70
4.10 放射性环境影响小结 .....	71
4.11 辐射环境相关保护措施 .....	71
第 5 章 辐射环境管理和辐射监测 .....	86
5.1 辐射环境管理 .....	86
5.2 管理机构及管理制度 .....	86
5.3 人员辐射管理 .....	87
5.4 年度监测 .....	90
5.5 尾砂监测 .....	93
5.6 质量保证 .....	93
5.7 竣工环保验收 .....	93
第 6 章 结论与建议 .....	95
6.1 结论 .....	95
6.2 建议 .....	97
附件 1 现有项目环评批复 .....	98
附件 2 现有项目第一次验收 .....	100
附件 3 现有项目第二次验收（自主验收） .....	104
附件 4 项目备案证明 .....	107
附件 5 项目检测报告 .....	108
附件 6 检测报告——类比企业 .....	134
①华安荣益矿业有限公司 .....	134
②海南万鑫丰选矿厂 .....	158
③厦门建发能源有限公司年储运 15 万吨独居石中矿项目 .....	161
附件 7 委托书 .....	167
附件 8 项目用地证明材料 .....	168

## 前言

漳州市九龙江陶瓷原料有限公司建于华安县良种繁育场，主要从事陶瓷辅料的生产。现有工程为年产硅酸锆 2500 吨项目，投资 3000 万元，用地面积 11882.7m<sup>2</sup>，建筑面积 5668m<sup>2</sup>，其中生产厂房建筑面积 3600m<sup>2</sup>。2007 年 8 月漳州市九龙江陶瓷原料有限公司委托漳州职业技术学院环境科学研究所编制《硅酸锆生产项目环境影响评价报告表》，于 2007 年 8 月 21 日通过华安县环境保护局审批（附件 1），于 2010 年 5 月 4 日通过漳州市华安生态环境局验收（环验[2010]006 号，见附件 2）；后由于热风炉及配套废气处理设施更新，于 2021 年 8 月重新进行项目竣工环境保护验收（企业自主验收，见附件 3）。项目未进行辐射环境影响评价。

2023 年 12 月，漳州市九龙江陶瓷原料有限公司拟新增投资 2000 万元，在公司厂区内扩建厂房，新增建筑面积约 16647m<sup>2</sup>（均为生产车间），新增年处理 5 万吨锆钛中矿选矿生产线，新增硅酸锆生产线产能 32800 吨/年。扩建后全厂生产规模为年处理 5 万吨锆钛中矿、年处理锆英砂 35300 吨，占地面积 44214.13m<sup>2</sup>，建筑面积 22135m<sup>2</sup>。本次扩建项目委托深圳市宗兴环保科技有限公司编制《漳州市九龙江陶瓷原料有限公司年处理 5 万吨锆钛中矿及配套深加工建设项目环境影响报告书》，目前正在编制中。该项目已通过华安县发展和改革局备案（闽发改备[2024]E050058 号）（附件 4）。

扩建项目涉及的辐射环境影响评价内容包括：

① 选矿生产线。以进口中矿为原料，采用摇床分选、电选、磁选等工艺，年处理锆钛中矿 50000 吨，年产量钛精矿 8450 吨，锆英砂 15300 吨，金红石 12500 吨，蓝晶石 2500 吨，硅线石 5000 吨，独居石 2000 吨，尾砂 4250 吨。该生产线尚未建设。

② 锆英砂深加工——硅酸锆生产线。采用球磨、烘干、回收工艺，年处理锆英砂 35300 吨（其中 15300 吨利用选矿生产线的产品，原有年产硅酸锆 2500 吨，计划外购 17500 吨），年产量硅酸锆 35300 吨。根据建设单位提供的资料及现场踏勘，该生产线拟以年产硅酸锆 2500 吨项目为基础，扩建以满足产能。

对照生态环境部公告 2020 年第 54 号文件，“关于发布《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》的公告”，本项目属于锆及氧化锆开采、选矿和冶炼，并且符合“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（Bq/g）”的情况，建设单位应当组织编制辐射环境影响评价专篇，并纳入环境影响报告书（表）同步报批。本项目属于上述情况，所以本项目需编制辐射环境影响评价专篇。

为此，漳州市九龙江陶瓷原料有限公司于 2024 年 1 月委托深圳市宗兴环保科技有限

公司编制扩建项目的辐射环境影响评价专篇（委托书见附件 7）。环评单位接受委托后，立即组织人员到现场进行了实地勘查与资料收集等相关工作，对项目存在问题，提出改进措施，并对扩建项目周围环境进行了辐射环境现状调查，在此基础上，依据《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），编制完成了本项目辐射环境影响评价专篇。呈报生态环境主管部门审查。

# 第 1 章 概述

## 1.1 编制依据

### 1.1.1 法律、法规

(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)

(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日)

(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)

(5) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 10 月 1 日起修订实施) 中华人民共和国国务院令 第 682 号

(6) 《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

(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 版) 部令 第 16 号 (2021 年 11 月 5 日修正)

### 1.1.2 部门规章

(1) 《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

(2) 《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)(参考其中关于辐射环境影响评价范围的条款)

(3) 《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)》(2015 年 1 月)

(4) 《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)

### 1.1.3 技术规范及标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

(2) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

(3) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)

(4) 《稀土生产场所中放射卫生防护标准》(GBZ139-2019)

(5) 《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)

(6) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)

- (7) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB27742-2011)
- (8) 《建筑材料放射性核素限量》(GB6566—2010)
- (9) 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325-2020)
- (10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)
- (11) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)
- (12) 《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)
- (13) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)
- (14) 《伴生放射性矿开发利用环境辐射防护技术要求》(T/BSRS025-2020)
- (15) 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)。

### 1.1.4 其他文件

- (1) 《漳州市九龙江陶瓷原料有限公司年处理 5 万吨锆钛中矿及配套深加工建设项目环境影响报告书》(过程稿)

## 1.2 控制指标

### 1.2.1 流出物控制指标

本项目气载流出物和液态流出物的排放限值执行《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)及修改单中“表 3、表 5 和表 6”的浓度限值；空气氡浓度控制在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的相应限值范围内，钍射气浓度控制指标可以参考空气氡浓度的控制标准。浓度限值统计详见表 1.2-1。

项目无液态流出物。

表 1.2-1 气载流出物和液态流出物排放限值

序号	污染物种类	排放限值	污染物排放监控位置
1	气载流出物	钍、铀总量: 0.1mg/m <sup>3</sup>	车间排气筒
		钍、铀总量: 0.0025mg/m <sup>3</sup>	厂界
		空气氡浓度/钍射气浓度: 500Bq <sup>222</sup> Rn/m <sup>3</sup>	工作场所
		周围空气比释动能率 2.5μGy/h	独居石暂存库周围 0.3m 处



## 1.2.2 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》，对于含有不同天然放射性核素混合物的物料，应当要求其中每一种天然放射性核素的活度均满足表 B.1 所列数值（免管浓度值小于 1Bq/g）的要求。

## 1.2.3 剂量控制指标

### 1、公众剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 11.4.3.2 规定“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%(即 0.1mSv/a~0.3mSv/a)的范围之内”。本项目正常运行时公众剂量约束值取 25%，即本项目正常运行时公众剂量约束值为 0.25mSv/a。

### 2、职业人员剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 11.4.3.2 中“附录 B”规定，职业人员连续 5 年的年平均有效剂量不应超过 20mSv，其中任何一年的有效剂量不应超过 50mSv。本项目为伴生矿选矿项目，参照我国铀矿及伴生放射性矿产的标准执行情况，职业人员除接受该项目照射外，还可能接受其他途径的照射，因此，本项目职业人员剂量约束值取上述值的四分之一，即职业人员连续 5 年的年平均有效剂量控制值为 5mSv。

### 3、事故工况下辐射防护限值

主要考虑独居石。

根据《核与放射事故干预及医学处置原则》(GBZ113-2006)中，从事干预时，除了抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在 100mSv 以下。从独居石辐射水平和实际防护角度出发（根据计算，独居石表面放射性水平约为 38.9 $\mu$ Gy/h，按照每次 5h 事故工况处理，则最大 $\gamma$ 外照射剂量为 0.136mSv，另外根据后文计算氦和钍射气子体照射剂量为 0.139mSv，两者叠加为 0.275mSv，因此，本项目取 1mSv 作为从事事故干预时工作人员的辐射防护限值。

## 1.2.4 项目所在地区本底参考值

$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率：参照《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年 8 月）中收录的福建省环境监测中心站有关《福建省环境天然贯穿辐射水平调查研究》

的结果进行对比，漳州地区天然贯穿辐射水平（nGy/h）：原野 $\gamma$ 辐射剂量率值为 61.5~334.3 nGy/h，道路 $\gamma$ 辐射剂量率值为 82.4~399.1 nGy/h。

厂内氡浓度：由于锆钛行业无工作场所的氡浓度限值，故本专篇参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 3.1.3.2 节中 b）条中：1）工作人员因工作需要或因与其工作直接有关而受到的氡的照射，不管这种照射是高于或低于工作场所中氡持续照射情况补救行动的行动水平（见附录 H（提示的附录））；2）工作人员在工作中受到氡的照射虽不是经常的，但所受照射的大小高于工作场所中氡持续照射情况补救行动的行动水平（见附录 H（提示的附录））。其中，附录 H.2 工作场所中氡浓度控制，即“工作场所中氡持续照射情况下补救行动的行动水平应在年平均活度浓度为  $500\text{Bq}^{222}\text{Rn}/\text{m}^3 \sim 1000\text{Bq}^{222}\text{Rn}/\text{m}^3$ （平衡因子 0.4）范围内。达到  $500\text{Bq}^{222}\text{Rn}/\text{m}^3$  时宜考虑采取补救行动，达到  $1000\text{Bq}^{222}\text{Rn}/\text{m}^3$  时应采取补救行动”。

村庄室外氡浓度：参照福建省室外空气中氡平均浓度  $48.7\text{Bq}/\text{m}^3$  进行对比。

地下水中放射性本底水平和标准限值：《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的 III 类水限值标准，总 $\alpha$ ： $\leq 0.5\text{Bq}/\text{L}$  总 $\beta$ ： $\leq 1.0\text{Bq}/\text{L}$ 。参照《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年 8 月），漳州地区农村井水中 U 的浓度为  $<0.05 \sim 1.62\mu\text{g}/\text{L}$ ，Th 的浓度为  $0.05 \sim 0.13\mu\text{g}/\text{L}$ ， $^{226}\text{Ra}$  的浓度为  $4.3 \sim 63.3\text{mBq}/\text{L}$ 。

土壤中放射性本底水平：参照《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年 8 月）福建省漳州市土壤中天然放射性核素含量进行对比： $^{238}\text{U}$ ： $20 \sim 108\text{Bq}/\text{kg}$ 、 $^{232}\text{Th}$ ： $47.8 \sim 190\text{Bq}/\text{kg}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ： $18 \sim 131\text{Bq}/\text{kg}$ 。

## 1.3 评价因子

### 1、辐射环境现状评价核素及因子

- (1) 大气环境评价核素：氡浓度、钍射气。
- (2) 地下水评价核素： $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 。
- (3) 原料、产品等的评价核素： $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  的放射性比活度。
- (4) 土壤的评价核素： $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  的放射性比活度。
- (5) 环境 $\gamma$ 辐射评价因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。
- (6) 气溶胶：铀、钍、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 。

### 2、辐射环境影响评价因子：公众的年有效剂量。

## 1.4 评价内容和评价重点

### 1.4.1 评价内容

(1) 通过现场调查、辐射环境监测及资料调研和分析，了解和掌握建设项目周围的自然环境、社会环境和辐射环境质量现状。

(2) 通过工程分析和调查，评价建设项目对环境可能造成影响的主要放射性源项及排放情况。

(3) 通过分析和计算，预测该项目实施后的排放对区域环境和公众人群的辐射影响程度；衡量是否满足排放标准和个人剂量约束值的要求。在评价的基础上提出建设项目在环境保护方面尚存在的问题，并提出相应的对策，以便更好地保护环境和保障公众的健康和安全。

(4) 从辐射环境保护角度，对建设项目是否可行给出明确结论。

### 1.4.2 评价重点

生产过程中产生的流出物是否超过控制指标（章节 1.2.1），评价结果是否满足剂量约束的要求。

## 1.5 评价范围

根据《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 0.5km”。根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）AERSCREEN 估算模式预测，点源最大浓度落地距离为 132m（详见 P57），面源最大落地距离为 86m（详见 P57），结合同类型项目的特点及实际情况，确定本项目辐射环境影响评价范围为厂界外 0.5km（直径为 1km 的圆形区域）。为进行剂量估算，将半径为 0.5km 的圆划分为 22.5°扇形段，以正北 N 向左各划分 11.25°为起始段，共划分 16 个子区。

图 1.5-1 项目辐射环境影响评价范围图

## 1.6 保护目标及关键居民组

本项目建于漳州市华安县良种繁育场北侧紧邻汰口溪（应该是良种繁育场北侧，土地性质是工业用地，附件8），厂区所在地部分已经建成厂房，拟改扩建厂房依托现有厂

房及厂区空地新建（平面布置见图2.3-1），项目四周主要有西坑村、工厂、汰口溪、林地、农田等。由项目评价范围图可知，评价范围内主要敏感点主要为西坑村、工厂。关键居民组为西坑村居民。

辐射环境保护目标见图1.5-1，表1.6-1。

表 1.6-1 辐射环境保护目标概况

场所	保护目标	性质、规模	相对位置	最近厂界距离 m	剂量约束值
评价范围内敏感点	西坑村居民组 1	民房 40 人	S	12m	GB18871-2002 公众 0.25mSv/a 的管理目标值
	西坑村	民房 300 人	S	61m	
	漳州恒宏润工贸有限公司	厂房 20 人	E	11m	
	汰口农场新村	民房 120 人	ENE	215m	
	华安县良种繁育场	厂房 10 人	SW	18m	
	华安广鑫生物科技有限公司	厂房 20 人	WSW	25m	
	漳州市陆海环保产业开发有限公司	厂房 50 人	SSE	345m	

## 1.7 选址合理性

本项目位于华安县良种繁育场，项目评价范围涉及企业主要包括漳州恒宏润工贸有限公司、华安县良种繁育场、华安广鑫生物科技有限公司、漳州市陆海环保产业开发有限公司，不涉及放射性粉尘产生的企业，不会因为本项目的加入对周边敏感点产生叠加辐射影响。另外，1) 从粉尘角度分析：本项目厂房和周边企业等均设置厂棚，且进口的原料和产品比重中，较难起尘，无组织排放至厂外的量较低，另外，本项目排气筒采用“旋风除尘器+水喷淋除尘”处理，除尘效率可达 95.5%，排放有组织粉尘量低，因此项目粉尘对周边企业的影响极低；2) 从外照射角度分析：根据其他类似伴生矿企业的经验分析，厂界周边环境的 $\gamma$ 辐射剂量率均接近环境本底值，故项目对周边企业的 $\gamma$ 外照射可忽略不计；3) 从辐射防护措施角度分析：从后续文本可知，本项目采取了生产用水防护措施、气载流出物的防护措施，原料和产品的堆存运输均在厂房内，且产品使用吨袋收集；采用集装箱或者货车内装吨袋的形式运输，避免矿料在运输道路的撒落；制定辐射防护管理制度，企业开展年度监测，监测对周边环境的影响等措施。

项目周边主要居民组包括西坑村、汰口农场新村，均不位于厂区主导风向下风向，最近环境敏感目标为南侧邻近厂界西坑村居民，距离本项目厂界 12m，根据计算辐射剂量估算，其居民公众个人有效剂量为 0.129mSv/a，低于本项目场所周围人员及其他人员年有效剂量管理目标值 0.25mSv/a。综上，从辐射环境保护角度考虑，本项目选址合理。

## 第 2 章 放射性源项分析

### 2.1 现有工程概况

漳州市九龙江陶瓷原料有限公司硅酸锆生产项目位于华安县良种繁育场，主要从事陶瓷辅料的生产。根据建设单位提供的资料及现场踏勘，目前现有项目硅酸锆产能已达到设计规模的 100%（年产硅酸锆 2500t），故本评价对现有项目的回顾性分析主要根据《漳州市九龙江陶瓷原料有限公司硅酸锆生产项目竣工环境保护验收监测报告表》及现有项目实际生产情况进行分析。

项目实际总投资 3000 万元，其中环保投资 20 万元，总用地面积 11882.7m<sup>2</sup>，总建筑面积 5668m<sup>2</sup>，年产硅酸锆 2500 吨。现有员工人数 25 人，均在厂内食宿，年工作时间约 300 天，日工作 8 小时。

#### 2.1.1 现有项目工程环保手续履行情况

现有工程为漳州市九龙江陶瓷原料有限公司硅酸锆生产项目已于 2007 年 8 月委托漳州职业技术学院环境科学研究所开展环境影响工作，2007 年 8 月 21 日取得了漳州市华安生态环境局相关批复（报告表编号：27185，见附件 1）；于 2010 年 5 月 4 日通过漳州市华安生态环境局验收（环验[2010]006 号，见附件 2）；后由于热风炉及配套废气处理设施更新，于 2021 年 8 月重新进行项目竣工环境保护验收（企业自主验收，见附件 3）。

现有项目环评和验收落实情况见表 2.1-1。

表 2.1-1 现有项目环评、验收对照表

名称	环评情况	2010 年验收情况	2021 年验收情况	目前实际情况	
投资	582 万元	近 3000 万元	3000 万元	3000 万元	
建设地点	华安县良种繁育场				
生产规模	年产硅酸锆 2500 吨	年产硅酸锆 2500 吨	年产硅酸锆 2500 吨	年产硅酸锆 2500 吨	
工艺流程	锆英砂——磨细——水洗除铁——沉淀——压滤——烘干——包装——成品	锆英砂——磨细——水洗除铁——沉淀——压滤——烘干——包装——成品	锆英砂——磨细——水洗除铁——沉淀——压滤——烘干——包装——成品	锆英砂——磨细——水洗除铁——沉淀——压滤——烘干——包装——成品	
职工人数	25 人，均在厂内食宿	25 人，均在厂内食宿	25 人，均在厂内食宿	25 人，均在厂内食宿	
主要环保设施	废水	研磨、水洗废水及压滤机滤液经多级沉淀处理后上清液回用于研磨工序；热风炉除尘用水循环使用不外排。生活污水采用“化粪池+接触氧化池”处理达标后排入竹溪。	研磨、水洗废水及压滤机滤液经多级沉淀处理后上清液回用于研磨工序；热风炉除尘用水循环使用不外排。生活污水采用“化粪池+接触氧化池”处理达标后排入竹溪。	研磨、水洗废水及压滤机滤液经多级沉淀处理后上清液回用于研磨工序；热风炉除尘用水循环使用不外排。生活污水采用“化粪池+接触氧化池”处理达标后排入竹溪。	
	废气	热风炉燃煤烟气经“旋风+水膜”除尘处理后通过 15m 排气筒排放。	热风炉燃煤烟气经“旋风+水膜”除尘处理后通过 15m 排气筒排放。	热风炉燃煤烟气经“水膜除尘+碱液脱硫”处理后通过 15m 排气筒排放。	
	噪声	项目噪声主要是来源于研磨机、压滤机、干燥塔等机械设备运行产生的噪声	项目噪声主要是来源于研磨机、压滤机、干燥塔等机械设备运行产生的噪声	项目噪声主要是来源于研磨机、压滤机、干燥塔等机械设备运行产生的噪声	项目噪声主要是来源于研磨机、压滤机、干燥塔等机械设备运行产生的噪声
	固废	燃煤炉渣、除尘渣集中收集后用于铺路或建筑材料；磁槽铁渣、沉淀池沉渣集中堆放，定期清理；生活垃圾集中收集后送至垃圾处理场处理。	燃煤炉渣、除尘渣集中收集后用于铺路或建筑材料；磁槽铁渣、沉淀池沉渣集中堆放，定期清理；生活垃圾集中收集后送至垃圾处理场处理。	燃煤炉渣、除尘渣集中收集后用于铺路或建筑材料；磁槽铁渣、沉淀池沉渣集中堆放，定期清理；生活垃圾集中收集后送至垃圾处理场处理。	燃煤炉渣、除尘渣集中收集后用于铺路或建筑材料；磁槽铁渣、沉淀池沉渣集中堆放，定期清理；生活垃圾集中收集后送至垃圾处理场处理。

## 2.1.2 现有工程建设内容、生产规模、产品方案、生产工艺

### 2.1.2.1 现有项目建设内容

环评报告中未仔细提及项目主要组成，本次以竣工验收报告及实际建设情况进行分析，现有项目工程组成详见表 2.1-2，现有工程平面布置图见图 2.1-1。

现有项目工程总体分为主体工程、辅助工程、公用工程及环保工程。

主体工程：生产车间（球磨车间、干燥车间、水洗除铁车间、仓库等）。

辅助工程：宿舍楼、办公楼。

公用工程含供电、供水、排水等设施。

表 2.1-2 项目主要建设内容一览表

序号	工程名称	建设内容
一、主体工程		
1	生产车间	1F，总用地面积 3600m <sup>2</sup> ，总建筑面积 3600m <sup>2</sup> ，包括研磨车间、干燥车间、水洗除铁车间、仓库等。
二、环保工程		
1	污水处理设施	生活污水经污水处理设施处理后排入竹溪；生产废水经沉淀池沉淀后循环使用，不外排。
2	噪声处理设施	减振、隔声等综合降噪措施
3	废气治理设施	热风炉燃煤废气经水膜除尘+碱液脱硫处理后通过 1 根 15m 排气筒排放
4	固废处理设施	一般工业固废堆放于一般固废暂存场所，定期外售综合利用；生活垃圾配备垃圾桶集中收集后，由环卫部门统一清运处置。
三、公用工程		
1	给水工程	市政供水管网供给
2	供电工程	市政电网供给
3	排水系统	雨污分流
四、辅助工程		
1	办公楼	5 层，占地面积 356m <sup>2</sup>
2	宿舍楼	3 层，占地面积 300m <sup>2</sup>



图 2.1-1 现有项目平面布置图

### 2.1.2.2 现有项目产品方案

现有项目产品方案见表 2.1-3。

表 2.1-3 现有项目产品方案

序号	产品名称	设计生产规模	目前实际情况
1	硅酸锆	2500t/a	2500t/a

### 2.1.2.3 现有项目主要生产设备

现有项目主要生产设备情况见表 2.1-4。

表 2.1-4 现有项目主要生产设备表

序号	设备名称	环评数量	目前实际数量	备注
1	湿式研磨机	8 台	8 台	
2	储罐	1 个	1 个	
3	压滤机	2 台	2 台	
4	热风炉	1 台	1 台	
5	沉淀池	15 个	15 个	
7	干燥塔	1 个	1 个	

### 2.1.2.4 现有生产工艺

现有产品为硅酸锆，原料为锆英砂（外购）。现有工艺流程说明：

首先采用研磨机将锆英砂加水研磨 22 小时，而后把磨过的锆英砂浆泵入储罐，然后再经过磁槽水洗除去铁杂质，再移入多级沉淀池澄清，锆英砂因密度大而沉入池底，上清液则用水泵排出后回用于生产，处理过锆英砂经压滤机压滤去湿后(滤液排入沉淀池继续沉砂处理)，送入干燥塔干燥处理，最后包装入袋即为成品。

图 2.1-2 现有硅酸锆生产工艺流程图

### 2.1.3 生产原料及产品

以 2500 吨/年锆英砂为原料，采用球磨、烘干、回收工艺，得到产品 2500 吨/年硅酸锆。锆英砂全部外购。核素成分见表 2.1-5。

广东省核工业地质局辐射环境监测中心对厂内主要原材料和产品中的核素进行检测，

结果见下表。

表 2.1-5 厂区内主要原料及产品放射性核素成分分析结果（单位：Bq/kg）

分析编号	样品名称	检测项目	计量单位	检测结果
2023QTGT0565	锆英砂原料 (澳大利亚)	铀-238	Bq/kg	3.55E+03
		钍-232	Bq/kg	717
		镭-226	Bq/kg	3.45E+03
		钾-40	Bq/kg	<32.6
2023TR0889	硅酸锆产品	铀-238	Bq/kg	6.54E+03
		钍-232	Bq/kg	1.22E+03
		镭-226	Bq/kg	6.45E+03
		钾-40	Bq/kg	<44.5

## 2.1.4 现有项目厂内放射性水平

为了解现有项目厂内放射性水平，对厂区进行辐射环境监测，辐射环境监测方案见表 3.3-1。

### 2.1.4.1 氡和氡子体

本项目厂区内空气中氡浓度及钍射气浓度采用 RAD7 测氡仪，检测结果见表 2.1-6，图 2.1-3。

表 2.1-6 厂区内周围环境空气氡及钍射气监测结果

测点编号	监测日期	空气中氡浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	空气中钍射气浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	测点位置
Rn1	2023.11.17	9.6	21.6	办公楼一楼办公厅
	2023.11.18	<3.7	5.4	
Rn2	2023.11.17	12.9	27.1	生产车间办公室
	2023.11.18	9.6	10.8	
Rn3	2023.11.17	16.0	32.4	拟建原料仓库
	2023.11.18	41.8	16.3	
Rn4	2023.11.17	25.7	50.4	拟建成品仓库
	2023.11.18	61.1	10.8	

厂内氡浓度测量值为<3.7~61.1 Bq/m<sup>3</sup>，钍射气测量值为 5.4~50.4 Bq/m<sup>3</sup>，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》推荐的补救行动干预水平 500 Bq/m<sup>3</sup>。

图 2.1-3 厂区内周围环境空气氡及钍射气监测布点示意图

### 2.1.4.2 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率的检测结果

项目厂址及边界 $\gamma$ 辐射剂量率主要布点及监测结果如表 2.1-7 所示，项目监测布点图见图 2.1-4。

表 2.1-7 项目厂址及边界 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率结果

测点编号	测量值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	测点位置	地面材质
$\gamma$ 1	122	6	项目南侧	水泥
$\gamma$ 2	134	3	项目南侧	土壤
$\gamma$ 3	129	3	项目南侧	土壤
$\gamma$ 4	129	2	项目南侧	土壤
$\gamma$ 5	119	3	项目西侧	土壤
$\gamma$ 6	158	3	项目西侧	土壤
$\gamma$ 7	153	7	项目东侧	土壤
$\gamma$ 8	161	5	项目东侧	土壤
$\gamma$ 9	267	5	项目北侧	土壤
$\gamma$ 10	144	3	项目北侧	土壤
$\gamma$ 11	200	5	项目北侧	土壤
$\gamma$ 12	107	4	拟建仓库 3	土壤
$\gamma$ 13	136	4	拟建仓库 1	土壤
$\gamma$ 14	349	4	摇床车间	土壤
$\gamma$ 15	110	5	集矿池车间	水泥
$\gamma$ 16	139	5	烘干车间	水泥
$\gamma$ 17	110	3	锆英分选机组车间	水泥
$\gamma$ 18	486	8	球磨车间	水泥
$\gamma$ 19	228	5	球磨车间	水泥
$\gamma$ 20	489	12	打包车间	水泥
$\gamma$ 21	$2.82 \times 10^3$	$0.05 \times 10^3$	硅酸锆成品 5cm 处	水泥
$\gamma$ 22	$1.33 \times 10^3$	$0.02 \times 10^3$	硅酸锆成品 1m 处	水泥
$\gamma$ 23	432	11	拟建成品仓库	水泥
$\gamma$ 24	339	8	拟建成品仓库南侧墙体外 30cm 处	水泥
$\gamma$ 25	$2.32 \times 10^3$	$0.04 \times 10^3$	澳大利亚锆英砂原料 5cm 处	水泥
$\gamma$ 26	$1.42 \times 10^3$	$0.03 \times 10^3$	澳大利亚锆英砂原料 1m 处	水泥
$\gamma$ 27	$2.68 \times 10^3$	$0.10 \times 10^3$	松本哈锆英砂 64%原料 5cm 处	水泥
$\gamma$ 28	$1.25 \times 10^3$	$0.04 \times 10^3$	松本哈锆英砂 64%原料 1m 处	水泥
$\gamma$ 29	229	8	拟建原料仓库南侧墙体外 30cm 处	水泥
$\gamma$ 30	542	12	拟建原料仓库	水泥

测点编号	测量值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	测点位置	地面材质
γ31	157	4	拟建独居仓库	水泥
γ32	140	3	生产车间办公室	水泥
γ42	123	3	拟建仓库 2	土壤

注：以上数据均未扣除宇宙射线的响应值。

从以上检测结果可见，本项目厂址内γ辐射空气吸收剂量率 110 nGy/h ~2.82×10<sup>3</sup> nGy/h。厂区内目前产品区域测量值较高。本次监测还对产品及原料表面进行监测，测量值高于厂区其他区域，产品区域内目前测量值较高的原因也是源于硅酸锆产品堆放。

图 2.1-4 项目厂址及边界γ辐射空气吸收剂量率监测布点示意图

### 2.1.4.3 气溶胶

对现有项目硅酸锆生产线干燥车间烘干炉排气筒进行放射性核素含量监测，监测结果见表 2.1-8，点位布设见图 2.1-5。

表 2.1-8 烘干炉排气筒气溶胶检测结果

序号	统一编号	样品原号	样品性质	检测结果 (μg/m <sup>3</sup> )	
				U	Th
1	231938-0001	烘干废气排气筒 (JL20231118FQ001)	气溶胶	ND	0.016
2	231938-0002	烘干废气排气筒 (JL20231120FQ001)	气溶胶	0.020	0.110

由上表可知，排气筒 U+Th 总量最大值为 0.130μg/m<sup>3</sup>，远小于本项目设定的车间排气筒铀钍总量不超过 0.1mg/m<sup>3</sup> 的要求。

图 2.1-5 干燥车间烘干炉排气筒监测布点示意图

## 2.2 扩建工程概况

### 2.2.1 扩建工程基本情况

- (1) 项目名称：漳州市九龙江陶瓷原料有限公司年处理 5 万吨锆钛中矿及配套深加工建设项目；
- (2) 建设地点：漳州市华安县良种繁育场；
- (3) 建设单位：漳州市九龙江陶瓷原料有限公司；
- (4) 工程规模：

① 选矿生产线：年处理锆钛中矿 50000 吨，年产量钛精矿 8450 吨，锆英砂 15300 吨，金红石 12500 吨，蓝晶石 2500 吨，硅线石 5000 吨，独居石 2000 吨，尾砂 4250 吨。

② 锆英砂深加工——硅酸锆生产线，以外购 17500 吨锆英砂精矿和选矿产品 15300 吨锆英砂为原料，年产硅酸锆 32800 吨。

(5) 占地面积：占地面积 44214.13m<sup>2</sup>，新增建筑面积 16647m<sup>2</sup>；

(6) 工作制度：采用连续工作制度，每年工作 300 天，3 班，每班 8 小时；

(7) 管理机构及人员配备：本项目实行总经理负责制，新增厂员工 50 人。

(8) 材料堆存场地及方式：新增选矿生产线原料仓库，原料进仓库堆存，不使用露天堆存方式。

(9) 投资情况：项目新增投资总额为 2000 万元人民币，新增环保投资 130 万，其中辐射防护环保投资 100 万元。

## 2.2.2 地理位置

漳州市九龙江陶瓷原料有限公司建于漳州市华安县良种繁育场。厂区中心地理坐标：东经 117.581714°，北纬 24.71333°。厂区地理位置图见图 2.2-1。

图 2.2-1 项目地理位置图

## 2.2.3 建设规模及产品方案

以进口中矿为原料，采用摇床分选、电选、磁选等工艺，年处理锆钛中矿 50000 吨，年产钛精矿 8450 吨，锆英砂 15300 吨，金红石 12500 吨，蓝晶石 2500 吨，硅线石 5000 吨，独居石 2000 吨，尾砂 4250 吨。

以外购 17500 吨锆英砂精矿和选矿产品 15300 吨锆英砂为原料，采用球磨、烘干、回收工艺，年处理锆英砂 32800 吨，年产量硅酸锆 32800 吨。

## 2.2.4 扩建工程内容

新建选矿生产车间，原料、产品堆场，扩建硅酸锆球磨车间等，主要由主体工程、储运工程和环保工程组成，主要扩建工程内容详见下表。

表 2.2-2 扩建主要工程主要内容

名称	工程内容
----	------

主体工程	干燥车间	依托原生产车间改造，位于厂区西北部，预留车间东侧，1F，占地面积 380 m <sup>2</sup> 、建筑面积 380 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	球磨车间	依托原生产车间改造，位于厂区中北部，干燥车间东侧，1F，占地面积 1110 m <sup>2</sup> 、建筑面积 1110 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	锆英分选机组 1 车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区中北部，球磨车间东侧，1F，占地面积 616 m <sup>2</sup> 、建筑面积 616 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	锆英分选机组 2 车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区中南部，独居仓库东侧，1F，占地面积 125 m <sup>2</sup> 、建筑面积 125 m <sup>2</sup> ，H=8m；另，包含独居石中矿分选区域，采用 8cm 厚的混凝土墙进行隔断，并设置了专门的铁防护门（厚度约 0.5cm）	
	烘干炉车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，锆英分选机组 1 东侧，1F，占地面积 495 m <sup>2</sup> 、建筑面积 495 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	浮选擦洗机组车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，摇床车间西侧，1F，占地面积 520 m <sup>2</sup> 、建筑面积 520 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	螺旋分选机组车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，邻近厂界，1F，占地面积 45 m <sup>2</sup> 、建筑面积 45 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	摇床车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，1F，占地面积 1733m <sup>2</sup> 、建筑面积 1733 m <sup>2</sup> ，H=8m	
储运工程	锆钛尾矿库	新建，位于厂区西南部，预留车间南侧，为封闭场所，1F，占地面积 5000 m <sup>2</sup> 、建筑面积 5000 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 1（锆英仓库）	新建，位于厂区中南部，锆钛尾矿库东侧，为封闭场所，1F，占地面积 2450 m <sup>2</sup> 、建筑面积 2450 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 2（金红车间）	新建，位于厂区中南部，仓库/车间 1 东侧，为封闭场所，1F，占地面积 500 m <sup>2</sup> 、建筑面积 500 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 3（原料仓库）	新建，位于厂区中南部，仓库/车间 2 东侧，为封闭场所，1F，占地面积 3550 m <sup>2</sup> 、建筑面积 3550 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	成品库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，球磨车间南侧，1F，占地面积 300 m <sup>2</sup> 、建筑面积 300 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	半成品仓库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，成品仓库东侧，1F，占地面积 250 m <sup>2</sup> 、建筑面积 250 m <sup>2</sup> ，H=8m。	
	独居仓库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，半成品仓库东侧，1F，占地面积 250 m <sup>2</sup> 、建筑面积 250 m <sup>2</sup> ，H=8m，主要用于独居石产品暂存。	
环保工程	废气	有组织废气	干燥车间热风炉废气：1套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+1根 20m 高排气筒 选矿烘干炉生物质烘干炉废气：2套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+2根 20m 高排气筒
		无组织废气	干燥出料、电选进出料、磁选进出料等废气无组织排放（设置挡风遮罩+自然沉降）
			卸料扬尘无组织排放（自然沉降）
			堆场扬尘、运输扬尘等无组织排放
	废水	生活污水	生活污水采用三级化粪池预处理后外排市政污水管网
		生产废水	本项目球磨生产废水经球磨沉淀池（面积 500 m <sup>2</sup> ，容积 1500m <sup>3</sup> ）沉淀处理后回用，不外排； 选矿生产废水经集矿池 1、2、3（面积 1151 m <sup>2</sup> ，容积 3453m <sup>3</sup> ）沉淀后回用，不外排。
		初期雨水	位于厂区北侧（新建）和东北侧（已建）各设置 1 个初期雨水池，占地面积分别为 100m <sup>2</sup> 、80m <sup>2</sup> ，体积分别为 300m <sup>3</sup> 、240m <sup>3</sup> ，共 540m <sup>3</sup> ，初期雨水经初期雨水池沉淀处理后回用本项目生产。
	固体废物	无放射性固体废物	选矿尾砂作为副产品，暂存锆钛尾矿库，最终外售综合利用





图 2.2-2 扩建项目平面布置图

## 2.2.5 工艺流程

本项目新增锆钛中矿物理选矿工艺流程，选矿工艺流程见图 2.2-3。包括重选、烘干、磁选和电选联合工艺。基本原理为锆英砂、金红石及尾砂利用物料比重差异，采用重力摇床将锆英砂、金红石及尾砂分离，获得锆英砂中矿、金红石中矿及尾砂。各中矿再经过磁选电选得到各自精矿。为更好的选出矿石的有效成分，矿石需经过多次选矿。精选出的锆英砂再作为原材料生产硅酸锆产品。

### (1) 重选

重选法的工作原理：

①摇床属于流膜选矿类设备，由床面、机架和传动机构三大部分组成。

②原料给到给矿槽内，同时加水调配成浓度为 20~25%的矿浆，自流到床面上。矿粒群在床条沟内因受水流冲洗和床面震动而被松散、分层。分层后的上下层矿粒受到不同大小的水流动压力和床面摩擦力作用而沿不同方向运动。上层轻矿物颗粒受到更大程度的水力推动，较多地沿床面的横向倾斜向下运动。于是这一侧即被称作尾矿侧。位于床层底部的重矿物颗粒直接受床面的差动运动推动移向传动端的对面，该处即称为精矿端。矿粒的密度和粒度不同，运动方向亦不同，于是矿粒群从给矿槽开始沿对角线呈扇形展开。产物沿床面的边缘排出，排矿线很长，故摇床能精确地产出多种质量不同的产物。

③摇床的分选精确性高是它的突出优点，原矿经过一次别即可得到部分最终精矿、最终尾矿和 1-2 种中间产物。精矿的富集比很高，在处理低品位的锆钛矿石时，富集比可达到 300 左右。

本项目湿式磁选后不上磁的混合物，经砂泵抽至筛网，再通过分矿器到摇床给矿槽送入，同时由给水槽供给横向冲洗水，于是矿粒在重力，横向水流冲力，床面作往复不对称运动所产生的惯性和摩擦力的作用下，按比重和粒度分层，并沿床面作纵向运动和沿倾斜床面横向运动。因此，比重和粒度不同的矿粒沿着各自的运动方向逐渐呈扇形流下，分别从精矿端和尾矿侧的不同区间排出，最后被分成锆英、金红石、蓝晶石、硅线石和尾砂。

### (2) 干燥

干选前，湿矿须先干燥，采用烘干炉进行烘干，烘干炉燃料为生物质。烘干过程中，水蒸气携带极小矿尘以及出料口机械落差产生的粉尘。烘干炉自带粉尘收集系统，烘干炉废气先进入旋风除尘器处理后，再经烘干炉自带水箱收尘，最后通过排气筒排放。

(3) 干式磁选、电选、弧板和永磁选

干式磁选、电选、弧板和永磁选主要用于锆英砂、金红石、蓝晶石和硅线石的选矿中。利用钛精矿具有磁性和导电性，金红石具有导电性和无磁性，锆英砂具有非导电性和无磁性，采用磁选、电选、弧板和永磁选将钛精矿与锆英、金红石和尾矿分离，获得锆英精矿、金红石精矿和尾矿混合物及钛精矿产品；分离出的尾矿混合物重新回摇床进行重选。

锆英精选中从永磁机分离的独居石、锆英等混合物（独居石中矿），利用独居石的强磁性，经过单盘机和永磁机分离，得到独居石产品，分离的尾矿再复选。

金红、蓝晶石和硅线石精选中从永磁机分离的金红石、蓝晶石和硅线石。

图 2.2-3 项目选矿生产工艺流程图

锆英砂深加工——硅酸锆生产线工艺流程与现有工程工艺保持一致。

2.2.6 生产原料及产品

项目选用锆钛中矿 50000t/a 及 17500t/a 外购锆英砂，选矿产品包括钛精矿 8450t/a，金红石 12500t/a，蓝晶石 2500t/a，硅线石 5000t/a，独居石 2000t/a，硅酸锆 32800t/a，其中硅酸锆由选矿产生 15300t/a 锆英砂及外购 17500t/a 锆英砂深加工而成。

2.2.6.1 选矿工程

原料来自多个国家，主要来源于美国、澳大利亚、印尼、非洲、越南、莫桑比克等国，根据产地、批次的不同，原料的放射性含量会有所不同。

本项目中矿经过物理选矿，得到 6 个矿产品——钛精矿、锆英砂、金红石、蓝晶石、硅线石、独居石。各产品产量见表 2.2-2。原料及产品放射性核素参见表 2.2-4。

表 2.2-3 项目工程物料平衡表

产品名称	钛精矿	锆英砂	金红石	蓝晶石	硅线石	独居石*	尾砂	合计	
产量	t/a	8450	15300	12500	2500	5000	2000	4250	50000
	%	16.9	30.6	25.0	5.0	10.0	4.00	8.50	100

注：独居石产量主要根据原料中的含量确定，由于原料放射水平不确定性，其产量为最大预估量。

因为本项目选矿生产线是新建项目，厂内暂无原料，也无产品产生。本专篇引用华安荣益矿业有限公司对原料及产品核素分析结果（附件 6）。本项目与类比对象类比可行性见下表。可见，本项目与类比公司企业类型、产品、生产工艺、原料来源基本一致。

表 2.2-4 原料及产品核素分析类比可行性

类比项目	华安荣益矿业有限公司	本项目
企业类型	从事锆钛中矿的选矿生产，年处理锆钛中矿 15 万吨，产品主要为钛精矿，锆英砂，金红石，蓝晶石，石榴石，独居石等	从事锆钛中矿选矿生产，年处理锆钛中矿 5 万 t，产品主要为锆英砂、金红石、钛精矿、蓝晶石、硅线石、独居石
原料	非洲、澳洲	非洲、澳大利亚、东南亚等国
生产工艺	重选、磁选和电选联合工艺	重选、磁选和电选联合工艺

表 2.2-5 原料及产品放射性核素检测结果（单位：Bq/kg）

原料及产品	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra
锆钛中矿-原料	4.08×10 <sup>3</sup>	601	3.76×10 <sup>3</sup>
锆英砂-产品	5.50×10 <sup>3</sup>	800	5.39×10 <sup>3</sup>
金红石-产品	384	89.8	408
钛精矿-产品	39.1	143	35.6
蓝晶石-产品	478	88.0	423
独居石 <sup>1</sup> -产品	3.21×10 <sup>4</sup>	5.06×10 <sup>4</sup>	1.28×10 <sup>4</sup>
硅线石 <sup>2</sup> -产品	303	97.7	244

注：1. 独居石产品由于无实测数据，故类比海南万鑫丰矿业有限公司选矿厂辐射专篇期间（2018 年 1 月）和验收期间（2020 年 11 月，附件 6）中独居石放射性比活度均值；

2. 硅线石产品参照福建远光铝业公司同类产品，该公司与本公司为同类型公司。

### 2.2.6.2 锆英砂深加工

以 32800 吨/年锆英砂为原料，采用球磨、烘干、回收工艺，得到产品 32800 吨/年硅酸锆。其中，锆英砂自产 15300 吨/年，拟外购 17500 吨/年。此生产线是对现有工程生产线产能的扩增，原料、产品放射性核素含量按照现有工程原料、产品计。

### 2.2.7 设备清单

本项目拟新增主要设备清单见表 2.2-5。

表 2.2-6 项目拟新增主要生产设备一览表

序号	位置	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	摇床车间	摇床	6-S	套	150	/
2	烘干炉车间	旋转烘干炉	/	套	2	/
3	锆英分选机组车间	电选机	/	套	5	/
4		螺旋机	/	套	2	/
5		三级磁选机	/	台	5	/
6		弱磁选	/	台	5	/
7		磁选机	/	套	5	/
8	球磨车间	球磨机	/	台	10	/
9	车间	行车	/	台	2	/
11	浮选机组车间	浮选擦洗机	/	套	2	/

12	全厂	储料桶	/	个	4	/
13		储砂桶	/	个	14	/
14		过滤池（沉淀池、回收池）	/	个	47	/
15		包装机	/	套	2	/
16		榨泥机组	/	套	1	/
17		滤水机	/	套	1	/

## 2.3 扩建后全厂工程概况

### 2.3.1 基本情况及产品方案

#### 2.3.1.1 基本情况

项目扩建完成后，全厂共有选矿生产线和硅酸锆生产线 2 条生产线，占地面积 44214.13m<sup>2</sup>，建筑面积 22135m<sup>2</sup>，项目员工人数约为 75 人，其中 40 人住宿，年工作天数约 300 天，每天工作 8 小时。总投资 5000 万，环保投资 150 万，其中辐射防护环保投资 100 万元。

本次辐射环境影响评价范围包括以上两条生产线。

#### 2.3.1.2 产品方案

① 选矿生产线，年处理锆钛中矿 50000 吨，年产量钛精矿 8450 吨，锆英砂 15300 吨，金红石 12500 吨，蓝晶石 2500 吨，硅线石 5000 吨，独居石 2000 吨，尾砂 4250 吨。

② 锆英砂深加工——硅酸锆生产线，以外购 20000 吨锆英砂精矿和选矿产品 15300 吨锆英砂为原料，年产量硅酸锆 35300 吨。

#### 2.3.1.3 定员人数及工作制度

采用连续工作制度，每年工作 300 天，3 班 8 小时工作制。共有职工 75 人。其中公司管理岗位 15 人，包括经营管理、生产管理、财务等人员。

每班各岗位工作人员 20 人，三班共 60 人，安排见表 2.3-1。

表 2.3-1 项目工艺流程中每班人数及工作时间

岗位职责	摇床车间	电磁选（锆英分选机组车间等）	硅酸锆生产	烘干车间	合计
人	4	8	5	3	20 人/班
每班工时(h)	8	8	8	8	
天数 (d)	300	300	300	300	

## 2.3.2 工程内容

扩建完成后，工程总规划分为主体工程、储运工程、公用工程和环保工程，详见表 2.3-2。

表 2.3-2 主要工程建设内容

名称		工程内容	
主体工程	预留车间	已建闲置车间，位于厂区西北部，1F，占地面积 6000 m <sup>2</sup> 、建筑面积 6000m <sup>2</sup> ，H=8m，未来发展硅酸锆生产预留	
	干燥车间	依托原生产车间改造，位于厂区西北部，预留车间东侧，1F，占地面积 380 m <sup>2</sup> 、建筑面积 380 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	球磨车间	依托原生产车间改造，位于厂区中北部，干燥车间东侧，1F，占地面积 1110 m <sup>2</sup> 、建筑面积 1110 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	锆英分选机组 1 车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区中北部，球磨车间东侧，1F，占地面积 616 m <sup>2</sup> 、建筑面积 616 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	锆英分选机组 2 车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区中南部，独居仓库东侧，1F，占地面积 125 m <sup>2</sup> 、建筑面积 125 m <sup>2</sup> ，H=8m；另，包含独居石中矿分选区域，采用 8cm 厚的混凝土墙进行隔断，并设置了专门的铁防护门（厚度约 0.5cm）	
	烘干炉车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，锆英分选机组 1 东侧，1F，占地面积 495 m <sup>2</sup> 、建筑面积 495 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	浮选擦洗机组车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，摇床车间西侧，1F，占地面积 520 m <sup>2</sup> 、建筑面积 520 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	螺旋分选机组车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，邻近厂界，1F，占地面积 45 m <sup>2</sup> 、建筑面积 45 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	摇床车间	依托原闲置厂房改造，位于厂区东北部，1F，占地面积 1733m <sup>2</sup> 、建筑面积 1733 m <sup>2</sup> ，H=8m	
储运工程	锆钛尾矿库	新建，位于厂区西南部，预留车间南侧，为封闭场所，1F，占地面积 5000 m <sup>2</sup> 、建筑面积 5000 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 1 (锆英仓库)	新建，位于厂区中南部，锆钛尾矿库东侧，为封闭场所，1F，占地面积 2450 m <sup>2</sup> 、建筑面积 2450 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 2 (金红车间)	新建，位于厂区中南部，仓库/车间 1 东侧，为封闭场所，1F，占地面积 500 m <sup>2</sup> 、建筑面积 500 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	仓库/车间 3 (原料仓库)	新建，位于厂区中南部，仓库/车间 2 东侧，为封闭场所，1F，占地面积 3550 m <sup>2</sup> 、建筑面积 3550 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	成品库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，球磨车间南侧，1F，占地面积 300 m <sup>2</sup> 、建筑面积 300 m <sup>2</sup> ，H=8m	
	半成品仓库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，成品仓库东侧，1F，占地面积 250 m <sup>2</sup> 、建筑面积 250 m <sup>2</sup> ，H=8m。	
	独居仓库	依托原闲置厂房改造，位于厂区中部，半成品仓库东侧，1F，占地面积 250 m <sup>2</sup> 、建筑面积 250 m <sup>2</sup> ，H=8m，主要用于独居石产品暂存。	
公用工程	办公楼	已建，依托现有办公楼，建筑面积 356 m <sup>2</sup> ，5 层，建筑高度 15m	
	宿舍楼	已建，依托现有宿舍楼，建筑面积 300 m <sup>2</sup> ，3 层，建筑高度 9m	
	给水	市政供水	
	供电	市政供电	
	排水	采用雨、污分流制，建设雨污水管网	
环保工程	废气	有组织废气	干燥车间热风炉废气：1 套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+1 根 20m 高排气筒

	无组织废气	选矿烘干炉生物质烘干炉废气：2套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+2根20m高排气筒	
		干燥出料、电选进出料、磁选进出料等废气无组织排放（设置挡风遮罩+自然沉降）	
		卸料扬尘无组织排放（自然沉降）	
		堆场扬尘、运输扬尘等无组织排放	
	废水	生活污水	生活污水采用三级化粪池预处理后外排市政污水管网
		生产废水	本项目球磨生产废水经球磨沉淀池（面积 500 m <sup>2</sup> ，容积 1500m <sup>3</sup> ）沉淀处理后回用，不外排； 选矿生产废水经集矿池 1、2、3（面积 1151 m <sup>2</sup> ，容积 3453m <sup>3</sup> ）沉淀后回用，不外排。
		初期雨水	位于厂区北侧（新建）和东北侧（已建）各设置 1 个初期雨水池，占地面积分别为 100m <sup>2</sup> 、80m <sup>2</sup> ，体积分别为 300m <sup>3</sup> 、240m <sup>3</sup> ，共 540m <sup>3</sup> ，初期雨水经初期雨水池沉淀处理后回用本项目生产。
固体废物	无放射性固体废物	选矿尾砂作为副产品，暂存锆钛尾矿库，最终外售综合利用	

### 2.3.3 总平面布置

总平面布置情况详见图 2.3-1。项目现状见图 2.3-2。

工厂平面布置大致如下：由东向西依次为办公楼、摇床车间、浮选擦洗机组、螺旋分选机组、集矿池、真空压缩机、烘干炉车间锆英分选机组、独居仓库、仓库/车间 3（原料仓库）、球磨车间、半成品仓库、仓库/车间 2（金红仓库）、干燥车间、仓库/车间 1（锆英仓库）、锆钛尾矿库、预留车间、初期雨水池、应急池等。

图 2.3-1 总平面布置图

电磁选区域

硅酸锆生产区域



图 2.3-2 公司现状及周围环境图

### 2.3.4 矿砂运输和储存方案

#### ①原料运输方案

项目的原料锆钛中矿来自美国、澳大利亚、印尼、非洲、越南、莫桑比克等国，以船运方式运至厦门码头，再转汽车运至选厂。原矿料及独居石的厂外运输均由专门公司负责，本工程不进行评价。

#### ②产品及尾砂等销售方案

项目精矿产品销往国内相关厂家；独居石暂存于独居石仓库后销售给有资质处理独居石的单位；项目尾砂（石英砂）作为建筑材料综合利用，但由于原矿的特殊性，且原矿放射性水平有所差别，建议其尾砂适用范围为非“民用建筑”使用（其中“民用建筑”在《建筑材料放射性核素限量》（GB6566-2010）有明确界定）。

#### ③储存方案

该项目原料入厂后堆存于位于室内的仓库/车间 3（原料仓库）。中间产品和最终产品在进一步处理或销售前均存放于相应的仓库内。独居石需要暂存库存放。

### 2.3.5 能源消耗量

项目总用水量为 89600m<sup>3</sup>/年，项目年耗电量 1400 万 kW·h，生物质 900t/a。

表 2.3-3 本项目能源消耗

项目	用量	说明
水（m <sup>3</sup> /年）	89600	由城镇自来水管网供给及地下水
电（万度/年）	1400	由市政电网供电
生物质（t/a）	900	外购

### 2.3.6 设备清单

本项目主要设备清单见表 2.3-4。

表 2.3-4 项目主要生产设备一览表

序号	位置	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
----	----	------	------	----	----	----

序号	位置	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	摇床车间	摇床	6-S	套	150	/
2	烘干炉车间	旋转烘干炉	/	套	2	/
3	锆英分选机组车间	电选机	/	套	5	/
4		螺旋机	/	套	2	/
5		三级磁选机	/	台	5	/
6		弱磁选	/	台	5	/
7		磁选机	/	套	5	/
8	球磨车间	球磨机	/	台	8	已有
			/	台	10	/
9	车间	行车	/	台	2	/
10	干燥车间	干燥机组（包含热风炉、干燥塔）	/	套	1	已有
11	浮选机组车间	浮选擦洗机	/	套	2	/
12	全厂	储罐	/	个	1	已有
13		储料桶	/	个	4	/
14		储砂桶	/	个	14	/
15		沉淀池	/	个	15	已有
16		过滤池（沉淀池、回收池）	/	个	47	/
17		包装机	/	套	2	/
18		榨泥机组	/	套	1	/
19		滤水机	/	套	1	/

## 2.4 物料平衡、水平衡及核素平衡分析

### 2.4.1 物料平衡分析

(1) 本选矿工艺过程物料平衡分析见表 2.4-1。

表 2.4-1 本项目选矿工艺过程物料平衡分析

投入	原料名称		钛锆中矿				合计			
	投入量	t/a	50000				50000			
		%	100				100			
产出	产品名称	钛精矿	锆英砂	金红石	蓝晶石	硅线石	独居石	尾砂	合计	
	产出量 (t/a)	8450	15300	12500	2500	5000	2000	4250	50000	
	百分比 (%)	16.9	30.6	25.0	5.0	10.0	4.0	8.5	100	

(2) 硅酸锆工艺物料平衡分析

硅酸锆工艺基本无损失，锆英砂经过磨粉处理后全部为硅酸锆产品。处理 35300 吨/年锆英砂精矿，生产 35300 吨/年硅酸锆。

## 2.4.2 水平衡分析

### 2.4.2.1 生产用水分析

#### (1) 选矿生产用水

扩建项目摇床重选生产用水量主要根据摇床的产品参数和同类选矿企业的经验参数：本项目一般采用 6-S 型且床面型 LY (S) 的重力摇床选矿设备，一般在处理本扩建项目的细砂原料时的处理能力 0.8~1.2t/h，耗水量 0.4~1.8t/h，估算生产用水耗水量为 0.5~1.5t/(t 原料)，再参考同类型选矿企业的生产用水经验，本项目生产用水量约为 1.08t/(t 原料)；因此，本项目生产用水量  $50000 \times 1.08 = 54000 \text{m}^3/\text{a}$ ，其中新鲜水  $4000 \text{m}^3/\text{a}$ ，循环用水量  $50000 \text{m}^3$ ，生产用水重复利用率为 92.59%。水喷淋除尘用水量约 15t/a，经沉淀后循环使用 5t/a，定期补充新鲜水约 10t/a。

#### (2) 硅酸锆生产用水

项目球磨用水包括原料球磨用水及机台冷却水，项目按 0.7t 水/t 料的比例加入水后进行球磨，扩建项目锆英砂用量 35300t/a，则项目球磨用水量约为 24710t/a，球磨后的浆料经沉淀、过滤、压榨工序（压滤后的滤饼含水约为 18%）产生的废水回用于生产（废水量约为 20262t/a），不外排。球磨机冷却水分为两类：第一类直接投入到球磨机内部进行控温的冷却水，投入水分全部蒸发，每台球磨机投加水量约  $0.1 \text{m}^3/\text{h}$ ；第二类为球磨机油站冷却用水量约  $1 \text{m}^3/\text{h}$ 。球磨机内部控温冷却用水量  $10 \times 0.1 \times 8 \times 300 = 2400 \text{m}^3/\text{a}$ （蒸发）；球磨机油站冷却用水量为  $10 \times 1 \times 8 \times 300 = 240000 \text{m}^3/\text{a}$ ，球磨机油站冷却水的蒸发量按 0.5% 计，还有管网漏损等按 0.5% 计，则球磨机油站冷却水损失量约  $2400 \text{m}^3/\text{a}$ ；球磨机冷却水总用水量  $242400 \text{m}^3/\text{a}$ ，需要补充新鲜用水量约  $4800 \text{m}^3/\text{a}$ ，冷却用水重复利用率为 98.02%。

### 2.4.2.2 洒水降尘用水

本扩建项目厂区道路等共计约  $5000 \text{m}^2$  需要洒水降尘，根据《室外给水设计标准》（GB50013-2018）中 4.0.6 条，浇洒道路和广场可根据浇洒面积以  $2.0 \sim 3.0 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  计算，本次评价可以按  $2.5 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  计，则厂区需要洒水降尘的用水量约为  $0.0025 \times 5000 = 12.5 \text{m}^3/\text{d}$ （折合  $3750 \text{m}^3/\text{a}$ ）。

### 2.4.2.3 生活用水分析

本扩建项目职工 75 人，40 人住宿，根据《福建省行业用水定额》（DB35/T772-2018），住厂职工生活用水定额按  $150 \text{L}/\text{d} \cdot \text{人}$  计，不住厂职工生活用水定额按  $50 \text{L}/\text{d} \cdot \text{人}$  计，项目年工作日 300 天，则项目生活用水量为  $7.75 \text{t}/\text{d}$ （ $2325 \text{t}/\text{a}$ ）。

#### 2.4.2.4 排水分析

本项目排水方式采用雨污分流，摇床重选生产废水及水喷淋除尘废水，经沉淀处理后循环使用，不外排，定期补充新鲜水；球磨生产废水回用于生产，不外排；厂区道路等洒水降尘用水量约  $3750\text{m}^3/\text{a}$ ，堆场抑尘水全部被蒸发等损失掉。生活污水排放系数按 80% 计，则生活污水排放量为  $6.2\text{m}^3/\text{d}$  ( $1860\text{m}^3/\text{a}$ )。

生活污水经三级化粪池处理达标后排放。

整个项目水量平衡见图 2.4-1。

图 2.4-1 项目水平衡图

### 2.4.3 核素平衡分析

本专篇核素平衡分析主要引用类比公司华安荣益矿业有限公司原料及产品进行分析。由于锆英砂加工为硅酸锆过程仅涉及磨矿的物理过程，无其他物料加入，原料与产品仅存在粒径差异，因此深加工部分不进行核素平衡分析。由于原料矿放射性水平每批次不同，项目原矿放射性核素的含量与产品放射性核素含量略有偏差。

表 2.4-2 放射性核素平衡分析表

项目投入物料					项目产出物料				
项目	核素	含量 (Bq/kg)	总活度 (Bq/a)	占比 (%)	项目	核素	含量 (Bq/kg)	总活度 (Bq/a)	占比 (%)
锆钛中矿 (50000t/a)	<sup>238</sup> U	4.08E+03	2.04E+11	100	钛精矿 (8450t/a)	<sup>238</sup> U	39.1	3.30E+08	0.16
	<sup>232</sup> Th	6.01E+02	3.01E+10	100		<sup>232</sup> Th	143	1.21E+09	4.02
	<sup>226</sup> Ra	3.76E+03	1.88E+11	100		<sup>226</sup> Ra	35.6	3.01E+08	0.16
					金红石 (12500t/a)	<sup>238</sup> U	384	4.80E+09	2.35
						<sup>232</sup> Th	89.8	1.12E+09	3.74
						<sup>226</sup> Ra	408	5.10E+09	2.71
					蓝晶石 (2500t/a)	<sup>238</sup> U	478	1.20E+09	0.59
						<sup>232</sup> Th	88	2.20E+08	0.73
						<sup>226</sup> Ra	423	1.06E+09	0.56
					硅线石 (5000t/a)	<sup>238</sup> U	303	1.52E+09	0.74
						<sup>232</sup> Th	97.7	4.89E+08	1.63
						<sup>226</sup> Ra	244	1.22E+09	0.65
					独居石 (2000t/a)	<sup>238</sup> U	32136	6.43E+10	31.51
						<sup>232</sup> Th	50582.5	1.01E+11	336.66
						<sup>226</sup> Ra	12793.5	2.56E+10	13.61
					尾砂 (4250t/a)	<sup>238</sup> U	33.2	1.41E+08	0.07
						<sup>232</sup> Th	24.1	1.02E+08	0.34
						<sup>226</sup> Ra	28.1	1.19E+08	0.06
					锆英砂 (15300t/a)	<sup>238</sup> U	5500	8.42E+10	41.25
						<sup>232</sup> Th	800	1.22E+10	40.73
						<sup>226</sup> Ra	5390	8.25E+10	43.87
合计	<sup>238</sup> U		2.04E+11	100	合计	<sup>238</sup> U		1.56E+11	76.67
	<sup>232</sup> Th		3.01E+10	100		<sup>232</sup> Th		1.17E+11	387.84
	<sup>226</sup> Ra		1.88E+11	100		<sup>226</sup> Ra		1.16E+11	61.62

图 2.4-2 放射性核素流向图

## 2.5 项目放射性分析

### 2.5.1 放射性污染环节

本项目选矿过程是用磁选、电选、重选和研磨等方法将不同的物质物理分离。在此过程中，会产生一定废气、废水和固废。因其原料伴生放射性，所以其选矿过程中会有一些辐射影响。主要辐射产污环节见图 2.5-1。

图 2.5-1 工艺流程产污环节图

### 2.5.2 放射性污染源分析

#### 2.5.2.1 直接外照射影响

本项目原料伴生有独居石，独居石主要成分为 (Ce, La, Nd, Th, (PO<sub>4</sub>))，其中钍元素经过一定历程的衰变 (见图 2.5-2) 发射 α、β、γ 射线。



图 2.5-2 天然放射性钍系的衰变历程

### 2.5.2.2 气载流出物

项目气载流出物主要是选矿及加工过程中含放射性核素衰变排出的含有氡及氡子体、钍射气的放射性废气及放射性核素粉尘。

本项目采用《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/T1090-1998）中所给出的公式和参数来进行计算。该标准适用于铀矿山、选冶厂的气态（载）源项的计算，也适用于其他矿山、选冶厂相应源项的计算。本项目为伴生放射性矿选矿项目，其计算适用该标准，预测以最大可能排放量为基础进行。

#### 1、氡和钍射气的排放情况

##### 1) 原料、产品在储存中释放的 $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$

原料年处理锆钛中矿 50000 吨、锆英砂 35300 吨（其中 20000 吨外购），项目预计两个月周转一次原料，原料在厂区内经过物理选矿工序后产生锆英砂、金红石等产品，研磨后产生的硅酸锆，由于仅进行物理选矿和研磨工序，未发生化学变化，故厂内产生和释放的  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  的量是守恒的，本项目以原料中的量进行计算。其次，产品达到一定的量之后会外售，故在原料两个月周转一次的周期内，厂内产生和释放的  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  的量在不断减少。因此，本项目原料的  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  释放量和产生量以锆钛中矿 0.5 万吨、锆英砂 0.2 万吨计算，产品按照硅酸锆 3530t、钛精矿 845 吨，金红石 1250 吨，蓝晶石 250 吨，硅线石 500 吨，独居石 200 吨。

原料、产品在储存中会析出  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ ，原料、产品表面  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  析出量按下式计算：

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

式中： $S_{\text{PR}}$ —原料及产品堆置所导致  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  的年排放量，Bq/a

$A_t$ —原料及产品堆存暴露面积；

$E_p$ — $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  析出率，Bq/（ $\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ）

$E_p$  值按下式估算：

$$E_p=B \times C_n$$

式中： $C_n$ —原料及产品  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  的比活度，Bq/g；

$B$ —矿石中  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  的比通量系数， $[\text{Bq} (^{222}\text{Rn}) / \text{m} \times \text{s}] / [\text{Bq} (^{222}\text{Rn}) / \text{g}]$ ， $^{226}\text{Ra}$  的推荐值为 1， $^{220}\text{Rn}$  的为 77。

表 2.5-2 本项目主要仓库气载放射性流出物  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  释放量

仓库/堆场	堆放面	$^{226}\text{Ra}$ 的比	$^{222}\text{Rn}$ 析出	$^{222}\text{Rn}$ 释	$^{232}\text{Th}$ 的比	$^{220}\text{Rn}$ 析出	$^{220}\text{Rn}$ 释
-------	-----	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	---------------------

	积 (m <sup>2</sup> )	活度 (Bq/g)	率 Bq/ (m <sup>2</sup> ·s)	放量 (Bq/a)	活度 (Bq/g)	率 Bq/ (m <sup>2</sup> ·s)	放量 (Bq/a)
独居石仓库	100	8.62	8.62	2.72E+10	28.4	2186.80	6.89E+12
成品仓库	1000	6.45	6.45	2.03E+11	1.22	93.94	2.96E+12
金红仓库	400	0.408	0.41	5.14E+09	0.0898	6.91	8.71E+10
锆英仓库	520	5.39	5.39	8.83E+10	0.8	61.60	1.01E+12
原料仓库	1280	3.76	3.76	1.52E+11	0.601	46.28	1.87E+12
总量	/	/	/	4.75E+11	/	/	1.28E+13

(2) 选矿厂房 <sup>222</sup>Rn、<sup>220</sup>Rn

参照《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/T1090-1998）中 4.2.4 的工艺加工过程中的 <sup>222</sup>Rn、<sup>220</sup>Rn 排放公式进行计算，计算公式如下：

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

式中：S<sub>aR</sub>-----厂房中 <sup>222</sup>Rn、<sup>220</sup>Rn 的年释放量，Bq/a；

M<sub>a</sub>-----年处理量，t/a；

E<sub>d</sub>-----<sup>222</sup>Rn、<sup>220</sup>Rn 的释放因子，E<sub>d</sub>=0.1；

C<sub>n</sub>-----矿石中 <sup>226</sup>Ra、<sup>232</sup>Th 的比活度，Bq/g；

计算结果见下表。

表 2.5-3 本项目气载放射性流出物 <sup>222</sup>Rn 和 <sup>220</sup>Rn 释放量

车间	年处理量 (t/a)	<sup>226</sup> Ra 的比活度 (Bq/g)	<sup>222</sup> Rn 释放量 (Bq/a)	<sup>232</sup> Th 的比活度 (Bq/g)	<sup>220</sup> Rn 释放量 (Bq/a)	备注
锆英分选机组车间等	50000	3.76	1.88E+10	0.601	3.01E+09	年处理 5 万 t 锆钛中矿，取原料核素值进行计算
球磨车间等	20000	5.39	1.08E+10	0.8	1.60E+09	补充外购 2 万 t 锆英砂，取企业现有锆英砂核素值进行计算

注：年处理量为锆钛中矿 50000t 加上外购补充的 20000t 锆英砂

2、放射性粉尘排放量计算

本项目大气污染源主要为旋转烘干炉废气、热风炉废气、原料仓库粉尘、电选及磁选粉尘、烘干粉尘。

1) 有组织排放点源

选矿部分项目拟采用生物质燃料旋转烘干炉进行物料烘干，拟建工程共设置 2 座生物



质燃料旋转烘干炉，每台烘干炉配置 1 个排气烟道，生物质燃料年用量约为 600t，旋转烘干炉工作时长为 16h/d。旋转烘干炉拟设置排气筒高度为 20m，直径为 40cm，烘干炉废气拟采用旋风除尘器+水喷淋除尘设施处理。

项目利用原有热风炉对硅酸锆进行烘干。热风炉废气采用旋风除尘器+水喷淋除尘设施处理后经 20m 高排气筒高空排放，直径为 40cm。

结果如下：

表 2.5-4 有组织点源排放源强

排气源	污染物名称	处理前产生浓度	产生量	排放浓度	排放量	排放速率
		mg/Nm <sup>3</sup>	t/a	mg/Nm <sup>3</sup>	t/a	kg/h
烘干炉 1#	粉尘	80.1	12.5	3.61	0.75	0.1172
烘干炉 2#	粉尘	80.1	12.5	3.61	0.75	0.1172
热风炉 1#	粉尘	80.1	17.65	3.61	1.059	0.1655
总计					2.559	

因产品核素含量高低不同，皆从原料中来，故选用类比企业中原料的放射性比活度计算粉尘放射性比活度（<sup>238</sup>U：4.08×10<sup>3</sup> Bq/kg，<sup>232</sup>Th：601 Bq/kg，<sup>226</sup>Ra：3.76×10<sup>3</sup> Bq/kg），项目生产有组织年排放放射性核素总量为 U：1.04E+07 Bq/a；Th：1.54E+06 Bq/a；Ra：9.62E+06 Bq/a。

## 2) 无组织排放面源

项目颗粒物无组织排放源包括原料仓库粉尘、电选及磁选包装进出口粉尘等，总结如下：

原料仓库装卸粉尘：原料装卸过程中也将产生扬尘，均位于室内，车间围挡可使 90%无组织排放的粉尘在室内沉降，其余 10%通过门、窗口排放到室外。根据《秦皇岛港区煤炭装卸堆放起尘规律及煤尘扩散规律的研究》中推荐的公式，装卸扬尘可按下式计算：其起尘量可按下式计算：

$$Q = 0.03 \times v^{1.6} \times H^{1.23} \times e^{-0.28w} \times G \times \alpha$$

式中：Q—设备在风速条件下的起尘量，kg/a；

H—装卸平均高度，m；

G—某设备年装卸量，t/a；

v—厂房内平均风速，m/s；

$w$ —物料含水量，%；

$\alpha$ —修正系数，取1.0；

根据建设单位提供资料，原料仓库装卸处理原料矿约 5 万 t/a，矿料含水率按 1%计，平均装卸高度 1.0m，原料仓库位于室内，厂房内平均风速可取 0.5m/s，经估算原料仓库内原料矿在装卸过程中起尘量约 493.43kg/a，经车间围挡沉降后，排放量约为 0.049t/a，排放速率为 0.007kg/h，则矿砂装卸粉尘放射性核素逸散量分别为  $^{238}\text{U}$ ：2.00E+05 Bq/a， $^{232}\text{Th}$ ：2.94E+04 Bq/a， $^{226}\text{Ra}$ ：1.84E+05 Bq/a。

电选及磁选包装进出口粉尘：选矿车间（锆英分选机组车间），磁选机、电选机进料及出料过程会产生部分粉尘，主要在每组磁选机或电选机的进出口处物料起落的部位会产生少量的粉尘废气。根据《逸散性工业粉尘控制技术》（中国环境科学出版社）中送料上堆的产尘系数为 0.0006kg/t（进出料），根据建设单位提供资料，选矿车间处理量 50000t/a，则进料和出料粉尘产生量分别为 30kg/a，合计 60kg/a，本项目采用在烘干炉、磁选机、电选机出口处设挡风遮罩来降低矿料进出设备产生的扬尘，采取以上措施后粉尘量可减少 70%，故排放量约为 0.018t/a，排放速率为 0.003 kg/h，电选及磁选包装进出口粉尘放射性核素逸散量分别为  $^{238}\text{U}$ ：7.34E+04 Bq/a， $^{232}\text{Th}$ ：1.08E+04 Bq/a， $^{226}\text{Ra}$ ：6.77E+04 Bq/a。

表 2.5-5 大气污染物无组织排放情况

污染源	粉尘排放量 t/a	排放速率 kg/h	核素排放量 Bq/a		
			$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$
原料仓库粉尘	0.049	0.007	2.00E+05	2.94E+04	1.84E+05
电选及磁选包装进出口粉尘	0.018	0.003	7.34E+04	1.08E+04	6.77E+04
合计	0.067	-	2.73E+05	4.03E+04	2.52E+05

注：因产品核素含量高低不同，皆从原料中来，故选用类比企业中原料的放射性比活度最高值进行计算粉尘放射性比活度（ $^{238}\text{U}$ ：4.08×10<sup>3</sup> Bq/kg， $^{232}\text{Th}$ ：601 Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$ ：3.76×10<sup>3</sup> Bq/kg）。

### 2.5.2.3 液态流出物

①生产废水：项目生产废水出现在摇床重选环节。项目选矿不加药剂，只是物理过程，放射性物质不会分解和溶出，废水中主要污染物为 SS，可能含有伴生放射性矿。废水经沉淀后循环利用，不外排，正常工况下废水不会对水环境产生辐射影响。

类比项目华安荣益矿业有限公司对摇床重选循环水放射性委托广东省核工业地质局辐射环境监测中心进行监测（附件 6），结果如下：

表 2.5-6 摇床重选循环水放射性监测结果

样品名称	分析项目	计量单位	检测结果
循环水	总α	Bq/L	0.08
	总β	Bq/L	0.24
	铀	μg/L	1.30
	钍	μg/L	3.44
	镭-226	mBq/L	7.5

由上表可见，循环水中放射性水平较低，不超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中第一类污染物车间排放口的限值标准，即总α：≤1Bq/L，总β：≤10Bq/L。正常情况下废水不会对水环境产生辐射影响。

②厂区初期雨水

因项目物料具有一定放射性，如果初期雨水冲洗物料堆场，初期雨水所携带的 SS 将具有一定的放射性。为防止雨水携带放射性原料污染外环境，项目从源头切断放射性物料被初期雨水冲洗的可能性：厂区内成品仓库、及研磨项目的原料（锆英砂）仓库、成品仓库均已位于室内，中矿、尾砂仓库拟建于室内。综上，基本上不存在初期雨水的污染源。屋顶雨水经收集后排放。

项目切断初期雨水外带放射性物料还有第二道保险。即便初期雨水中少量的 SS，本项目为了确保初期雨水不外带放射性物料，厂区内拟新建雨水收集系统（图 2.5-3），雨水通过雨水管网，汇入初期雨水池（540m<sup>3</sup>），经过沉淀后的雨水作为生产用水回用。初期雨水主要来自路面等。

参照福建省建设厅关于批准发布省工程建设地方标准《福建省城市及部分县城暴雨强度公式》的通知中关于暴雨强度的计算公式，具体如下：

$$q = \frac{2618.151(1 + 0.571\lg Te)}{(t + 7.732)^{0.728}}$$

式中：设计降雨历时，t=30min；

设计降雨重现期，Te=5a；

由上述计算可知，按照 5 年重现期和降雨历时 30min 计算，设计暴雨强度为

236L/S·hm<sup>2</sup>。

参考《室外排水设计标准》(GB 50014-2021)中 4.1.7~4.1.11 小节计算,公式如下:

$$Q_s=q\psi F$$

式中:  $Q_s$ —雨水设计流量, L/s;

$q$ —设计暴雨强度, L/(s·hm<sup>2</sup>);

$\psi$ —综合径流系数,取 $\psi=0.90$ ;

$F$ —汇水面积,按本项目厂区道路和硬化地面,为本项目收集初期雨水主要场地,约 0.6 hm<sup>2</sup>。

参照暴雨强度公式,计算得出项目地设计暴雨强度  $q=260.6\text{L/s}\cdot\text{hm}^2$ 。根据雨水量计算公式,可得出厂区内的雨水设计流量  $Q=140.7\text{L/s}$ 。初期雨水收集时间按 20min,则厂区最大初期雨水量约为 168.9m<sup>3</sup>/次,本项目在厂区中北部(300m<sup>3</sup>)和东北角(240m<sup>3</sup>)设置 2 个初期雨水池,共 540m<sup>3</sup>,初期雨水经雨水管网汇入初期雨水池收集,能够满足一次暴雨时初期雨水量的收集要求。

厂区初期雨水经收集沉淀后用于洗矿、选矿补充水,不外排。初期雨水主要污染物为悬浮物,经沉淀后回用,不外排。

图 2.5-3 雨水流向图

### 2.5.2.4 副产品（尾砂）

摇床重选环节会产生尾砂，另外，集矿池（循环水池）会有底泥沉淀，由于项目为物理选矿，不加药剂，集矿池（循环水池）底泥与尾砂性质一样，一并处理。项目共产生选矿尾砂及底泥 4250 t/a。

类比项目委托广东省核工业地质局辐射环境监测中心对选矿尾砂中的核素进行检测，结果见表 2.5-6。

表 2.5-7 类比项目尾砂放射性核素成分分析结果（单位：Bq/kg）

类比公司	<sup>238</sup> U (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>226</sup> Ra (Bq/kg)
华安荣益矿业有限公司	33.2	24.1	28.1

由上表可见，类比项目尾砂天然放射性核素浓度值均小于 1Bq/g，属于免管范围。

选矿产生的尾砂一般暂存锆钛尾矿库，积累到一定数量后，作为建筑材料综合利用。但由于原矿的特殊性，且原矿放射性水平有所差别，建议其尾砂适用范围为非“民用建筑”使用（其中“民用建筑”在《建筑材料放射性核素限量》（GB6566-2010）有明确界定）。每批次尾砂需经有资质单位检测，确定属于免管范围才可卖出。

## 2.6 “以新代老”辐射防护措施

厂区内将新建选矿生产线，生产车间、集矿池、环保处理设施等均是新建。扩建硅酸锆生产线，基于原有工程扩建。

经现场踏勘调查，现有厂区用于本项目选矿及硅酸锆生产存在的环境问题及解决措施见表 2.6-1。通过以下整改措施可以避免对外环境产生放射性污染，因此可以满足要求。

表 2.6-1 现有项目存在的问题及“以新带老”措施

序号	存在的主要环保问题	“以新带老”措施
1	初期雨水收集系统不完善	强化初期雨水管理措施，完善厂区内雨污分流系统，设置雨水管网以及初期雨水池，初期雨水经雨水管网汇入初期雨水池，沉淀后回用生产用水。
2	厂区内环保管理存在不规范现象，地面有少量物料、灰尘较多，整体环境一般。	规范厂区管理，厂内勤洒水，地面勤打扫，对进出车辆进行清洗。

扩建项目总投资 5000 万元，环保投资为 150 万元，占总投资的 3.0%。

## 第 3 章 辐射环境质量现状

## 第 4 章 辐射环境影响分析

### 4.1 厂址特征参数

#### 4.1.1 地形地貌

华安地处福建省南部，漳州市西北端，县城距厦门特区仅 127 公里。位于东经 117°15′~117°42′，北纬 24°38′~25°15′，东与长泰、安溪为邻，南与芗城区相连，西与南靖临界，北与漳平接壤。县境东西最大距离 43 公里，南北最大距离 62 公里，总面积 1315 平方公里。境内地形以丘陵河谷地带为主，九龙江北溪贯穿全境，蜿蜒境内 107 公里。

沿江两岸山岭耸峙，丘陵起伏。华安地处南亚热带和中亚热带的过渡地段，气候温和、雨量充沛。沿江两岸，山岭耸峙、丘陵起伏、山水相间，给众多的动植物提供了良好的生态环境。树种资源相当丰富，能提供用材的有 170 种，珍贵树种有 7 类 40 多种，其中属国家重点保护的有银杏等 15 种，省级保护的有肉桂等 15 种，可供工业建筑的有福建柏、柳杉等 50 多种，有较大经济价值的特殊用材红豆杉、建楠等 25 种，还有珍贵观赏树木莲、观光木等 13 种，珍贵野生动物如黄獐、穿山甲、豪猪、果子狸等兽类、鸟类、昆虫类以及两栖类品种繁多。18 万亩林木、3 万亩水果、3 万亩竹子构成的百里绿色长廊，林茂果硕，蔚为大观。

华安的矿藏，目前已探明的有 20 多种：有稀有贵重金属矿点钨、锡、铜等；有品位居世界第二的福田石墨；还有储量非常丰富可作为建筑用材的高岭土、辉绿岩、花岗岩、淡水河沙、鹅卵石、石英石、石灰石等。此外还有质量高、储量丰富的地下矿泉水和地热温泉。华安的地下是一块待开发的宝库。

华安境内山岭耸峙，群山重叠，河流纵横交错其间。地貌以山地(中山和低山)丘陵(高丘和低丘)为主，占全县总面积的 95.5%，台地平原仅分布在南部，占 4.5%。华安地势西北高，东南低，由西北向东南呈阶梯状降落，依次可见中山、低山、丘陵、台地作有规则的排列。地貌大致可为 4 个山地区，3 个大谷盆地，2 个濒江带和 1 个台地平原。最高山峰是东北部的福鼎尖，海拔 1503 米，最低处在丰山镇碧溪村，海拔仅 15 米。

华安县地貌根据其形态，可分为山地、谷盆地、濒江带及台地平原等类型。

**山地** 山地主体系戴云山西南延伸之余脉和博平岭东北延伸的支脉组成。海拔千米以



上的山峰有 67 座，周围分布着 500~800 米的低山，山体之间分布着河谷地，丘陵广布其间。

北部闭塞山区位于湖林乡、仙都乡及华丰镇的银和、绵良、岩坪等村。列有福鼎尖、九龙山、燕尾顶等 15 座千米以上山峰及 68 座 500 米以上千米以下低山，九龙江北溪的南北纵贯及温水溪源流汇纵形成中低山组合而成的朝南“山”字格架。主要由南园组岩石组成。

西北部闭塞山区位于马坑乡、高安乡、华丰镇高石村，山脉走向东南，列有顶格尖、鸡公尖、三畚尖等 39 座千米以上的山峰，千米以下五百米以上低山 35 座。山体岩石复杂，有古生界地层、中生界地层和花岗岩岩体。

西南部山区位于高安乡南部、沙建乡、新圩乡西南部，山脉走向东西，列有甲指尖、狮山、石狮麻铁甲等 8 座千米以上的山峰，五百米以上千米以下低山 51 座。

东南部山区位于新圩境内，山脉走向东南，列有笔架尖、石虎仔尖、鸟仔仑头等 5 座千米以上山峰，13 座五百米以上千米以下低山。

**谷盆地** 九龙江北溪支流及归德溪河床迂回，谷地开阔，构成仙都、沙建、高安三大谷盆地。

仙都谷盆地位于仙都乡及良村乡沿河谷地，四周 12 座千米以上山峰环抱，温水溪穿流而过。海拔约 270 米，面积 27.52 平方公里。盆地呈长条形，两侧山前倾斜平原较为发育。成土母质以冲积、洪积物为主，边缘丘陵多为有厚层风化的花岗岩。

沙建谷盆地位于沙建乡境内竹溪流域。西北面山势高，东南面山势低，海拔约 50 米，面积 202.74 平方公里。呈三角形，盆底由低丘、低山组成。

高安谷盆地位于高安乡境内，归德溪自北而南穿流而过。海拔约 300 米，为一开口向南的山间谷盆地，面积 59.68 平方公里。盆底由洪冲积扇组成。

**滨江带** 华丰滨江带位于华丰的罗溪、下坂、赤溪、草坂 4 个村亦即温水溪、赤溪、西公溪各自与北溪交汇处，为沿九龙江北溪长条形分布的河谷阶地。面积 1.77 平方公里。海拔 80~100 米。

沙建滨江带位于新圩、黄枣、沙建、利水沿九龙江北溪两岸的低丘、河谷。海拔 45~100 米之间，土壤为赤红壤。面积 2.67 平方公里。系九龙江长期深切及支流所带冲积物堆积形成的阶地和滩地。

**台地平原** 潭口以南的丰山乡，位于漳州平原的北缘，属九龙江冲积平原的一部分。台地切割破碎、低丘连绵广布，称为潭外台地平原。

### 4.1.2 气象

根据华安县气象观测资料统计，华安县近 20 年的气象资料如下：

#### (1) 气温、日照和降雨量

该地区年平均气温 21.1℃；一月平均气温 12.7℃，极端最低气温-2.1℃，七月平均气温 28.7℃，极端最高气温 41.2℃。日照充足，集中在 7—11 月份。年平均降雨量 1461.6mm，全年降雨量主要集中在 4~9 月，降雨量占全年总量的 80.9%。年平均降雨天数为 156.4 天，最长连续降雨天数为 23 天。

各月平均气温、日照及降雨量见表 4.1-1。

表 4.1-1 华安逐月平均气象参数

项目	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
	平均气温 (°C)		12.7	13.2	15.8	20.1	23.8	26.4	28.7	28.2	26.7	22.9	19.0	15.0
日照 (小时)		129.9	97.3	118.0	147.1	150.1	154.6	268.4	266.1	217.9	249.5	207.6	178.0	182.1
降雨量 (mm)		44.8	10.0	89.4	137.3	199.5	290.2	200.1	205.1	150.6	63.0	41.1	30.5	121.8

#### (2) 风频分布

从历年观测资料看，该地区最多风向为静风，年平均频率为 36%；常年主导风向为 ESE，年平均频率为 17.6%；风向的四季变化除静风外，冬季以 ESE 最多，频率为 19%；春季以 ESE 最多，频率为 22%，高于冬季；夏季以 S 最多，频率为 10%；秋季 ESE 和 SE 频率分别为 15%和 14%。因此，评价区内几乎终年多为东偏南风，见图 4.1-1 和表 4.1-2。

表 4.1-2 各风向、风速频率表

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
平均风速	2.5	2.1	2.0	1.9	2.6	3.1	2.8	2.4	2.6
频率	2	1	1	2	8	17	11	4	4
风向	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
平均风速	2.0	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.4	/	
频率	1	1	1	2	3	3	2	36	

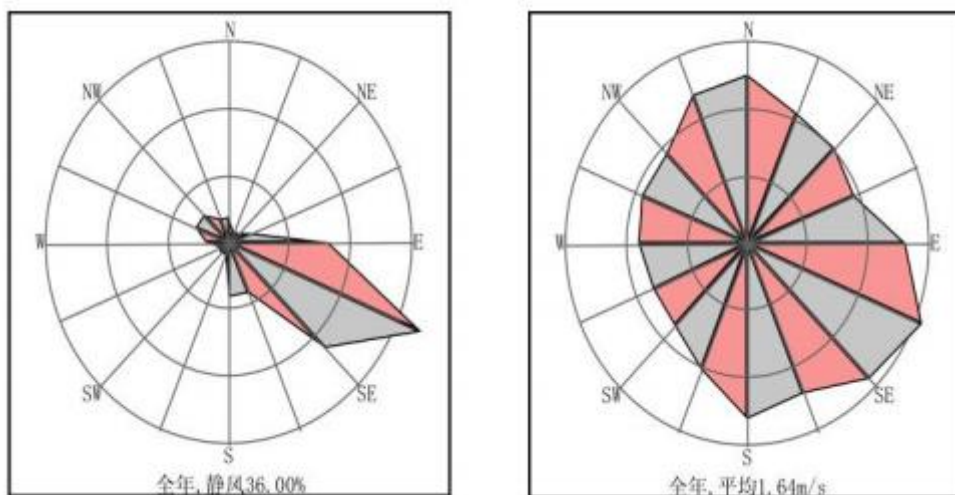


图 4.1-1 全年风向玫瑰图

该区域累年平均风速 1.64m/s。一年之中，以春季平均风速 1.9m/s 为最大；夏季平均风速 1.7m/s 次之，其它两季风速约在 1.5—1.6m/s 间。风速日变化较明显，一般夜间至清晨风速较小，平均风速 1.0m/s 左右，上午 9 时之后风速逐渐增大，午后至傍晚 19 时风速为最大，平均风速可达 2.8m/s 左右。累年各月平均风速见表 4.1-3。

表 4.1-3 全年各月平均风速 单位：m/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
风速	1.6	1.8	1.9	1.9	1.7	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.64

①风向随高度变化

冬季：北方冷空气受本省高山阻挡及近地加热作用，势力很弱，因此 300 m 以下各高度层均以 E—SE—S 风为主。300~800m 受天气系统底层弱冷空气影响，最多风向为 ENE，其次是 NE，800m 以上受较强冷空气控制，风向以 NNE 为最多。

夏季：300m 以下各高度层最多风向为 ESE 和 S，最少风向是 NNE—N—NNE；300~800m 高度层内最多风向为 SSE—S，其次是 W；800m 以上主要风向是 SSW—W。

②风速随高度变化

1000m 以下平均风速随高度变化呈“升—降—升”趋势；400m 以下风速基本随高度递增。

(3) 大气稳定度

该地区大气稳定度以中性 D 类为主，年均频率达 55%。中性稳定度(D 类)以夏季出现频率最大，为 65.7%，稳定类 (E—F 类) 也有相当频率，总和为 24.6%。

稳定类稳定度（E—F 类）以秋季出现频率最大，为 29.9%。不稳定类稳定度（A—C 类）及各季大气稳定度频率详见表 4.1-4。

表 4.1-4 全年及各季节大气稳定度频率表(%)

稳定度 季 度	A-B	B	B-C	C	C-D	D	E	F
春	1.5	8.5	3.0	4.5	0	62.5	11.0	9.0
夏	1.5	8.0	3.5	5.0	0.5	61.0	11.5	10.5
秋	2.5	10.5	6.0	5.5	1.0	47.0	15.0	13.5
冬	4.5	8.0	5.0	3.0	0.5	50.5	14.5	13.5
年	2.5	9.0	4.4	4.5	0.5	55.0	13.0	11.6

(4) 风向风速稳定度联合分布频率

各季及全年的各风向、稳定度在风速 $\leq 1.9\text{m/s}$ 时，出现频率最大，在风速介于 2.0~2.9m/s 时出现频率次之。在各风速档次中，D 类稳定度几乎都有出现，且合计频率最大。在各风速、稳定度中，一年四季均以静风频率为最大，其它风向频率主要分布在第二象限和第四象限。各风向各风速等级年均稳定度联合分布见表 4.1-5。

(5) 逆温情况

冬季几乎各时次均有逆温出现，且常有两层或多层逆温，各时次逆温出现的高度、强度和厚度各不相同。其中接地逆温占 15.3%，一般出现在日落后到次日清晨，此时大气中污染物难于扩散，正是一天中地浓度高峰时期。低层逆温占 41.2%，各时都有，以上午 07~09 时最大，占 37.6%。夏季接地逆温也在日落后生成，后半夜至清晨减弱，日出后消失或抬升为上部逆温。上部逆温出现的频率较高，层底高均在 150m 以上，各时次均存在，下半夜至次日清晨出现的频率较高。

表 4.1-5 风向-风速-稳定度联合发布

稳定度	风速	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	C	合计
A-B	≤1.9	0.034	0.136	0.068	0.102	0.205	0.205	0.171	0	0.136	0.034	0.136	0.068	0.239	0.308	0.136	0.102	0.445	2.500
B	≤1.9	0.102	0.068	0.136	0.102	0.616	0.513	0.582	0.239	0.171	0.136	0.102	0.239	0.171	0.273	0.171	0.239	2.945	9.800
	2-2.9	0.171	0.102	0	0.034	0.205	0.205	0.136	0	0.068	0.136	0.068	0.171	0.205	0.89	0.342	0.239	0	
	3-4.9	0.102	0	0.034	0.068	0.205	0	0.068	0.034	0.102	0.034	0.034	0.068	0.445	1.198	1.506	0.65	0	
C	2-2.9	0.034	0.034	0.102	0.068	0.308	0.273	0.479	0.136	0.136	0.034	0.102	0.034	0.102	0.205	0.479	0.171	0	5.200
	3-4.9	0.034	0.068	0.068	0.102	0.308	0.102	0.102	0.068	0.034	0	0.068	0.102	0.171	0.445	0.547	0.273	0	
C-D	≥5	0	0	0	0.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0.136	0.239	0	0	0	0.400
D	≤1.9	0.479	0.342	0.445	0.445	0.753	1.13	1.404	0.65	0.41	0.719	0.342	0.308	0.445	0.89	1.985	1.095	11.541	53.400
	2-2.9	0.171	0.308	0.273	0.308	0.308	0.719	1.061	0.273	0.171	0.445	0.239	0.41	0.753	1.541	3.184	1.609	0	
	3-4.9	0.136	0.136	0.205	0.342	0.787	0.41	0.307	0.205	0.034	0	0.136	0.41	0.787	2.978	6.711	1.196	0	
	≥5	0	0.068	0.068	0	0.579	0.068	0.034	0	0	0	0	0.136	0.136	0.307	1.947	0.068	0	
E	≤1.9	0.273	0.034	0.068	0	0.034	0.102	0.205	0.273	0.034	0.171	0.068	0.136	0.136	0.171	0.239	0.239	3.047	12.800
	2-2.9	0.068	0.068	0	0	0.102	0	0.239	0.102	0	0.034	0.034	0.136	0.239	0.41	0.89	0.479	0	
	3-4.9	0	0	0	0.068	0.171	0	0.205	0.034	0.03	0	0.136	0.273	0.513	1.13	1.849	0.342	0	
F	≤1.9	0.273	0.342	0.068	0.12	0.102	0.308	0.205	0.203	0.068	0.205	0.136	0.136	0.445	0.41	0.513	0.171	4.212	11.300
	2-2.9	0.136	0.268	0	0	0.205	0.376	0.342	0.205	0	0.068	0.068	0.136	0.205	0.479	0.65	0.479	0	
总计	2.0	1.8	1.5	1.8	4.9	4.4	5.6	2.3	1.4	2.0	1.7	2.8	0	11.8	21.4	7.4	22.2		100.0

从项目区域气象资料分析，当地污染气象有利于污染物扩散。

### 4.1.3 水文

区内水系发育，大体呈现树枝状，绝大部分属九龙江水系。九龙江是福建省仅次于闽江的第二大河流，位于闽南漳州平原，因其水系发育、支汊密布的特点而称为“九龙江”。它发源于戴云山脉和博平山脉，全长 1923 公里（其中干流长 285 公里），流域面积 14081 平方公里，流经龙岩、漳平、华安、长泰、南靖、漳州、龙海、厦门 8 个县市，由厦门港注入东海。九龙江由北溪、西溪和南溪三大支流组成。

北溪是九龙江的主流，干流长度 274 千米，流域面积 9640 平方千米。北溪正源是万安溪，发源于玳瑁山中心地带的连城曲溪乡黄胜村。其支流有小池溪、小溪、雁石溪、丰城溪、新桥溪、宁洋河、新安溪、溪南河、坑子口溪、至溪、赤溪、西江溪、竹溪、仙溪、南房溪、坪溪、林墩溪、龙津溪、马洋溪、温水溪等。北溪河谷形态和地质特点是：中上游(华安以上)岩层种类比较复杂，有砂岩、页岩、石灰岩、花岗岩、流纹岩等。河谷盆地和峡谷相间，如龙岩市区盆地，漳平市区盆地、华安县城盆地和新桥镇盆地等。华安以下至河口则以花岗岩占优势，潭口以下已进入下游河段，河谷逐渐开阔，河岸也渐低，河流的堆积作用也逐渐加强。到了浦南(距出口约 43 千米)一带，开始进入全省最大的平原——漳州平原，这里堆积占绝对优势。到漳州盆地东南边缘的江东桥一带，河谷形态变狭窄，宽度不到 200 米，出峡谷后与西溪相汇，注入厦门港。九龙江出口处为溺谷型河口，江面宽阔。

竹溪又名汰口溪，为九龙江北溪的主要支流。发源于沙建乡狮山，经宝山、庭安、日新、汰内、汰口汇入九龙江北溪。全长 28 公里，流域面积 120 平方公里，多年平均流量 3.43 立方米/秒，天然落差 426 米，年径流量 1.08 亿立方米，年径流深 901 毫米，年流沙量 2.4 万吨。

图 4.1-2 项目在漳州水系图中的位置



#### 4.1.4 区域环境放射性现状水平概况

##### 1、水体

根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995年8月）中收录的福建省环境保护科学研究所有关《福建省水体中天然放射性核素浓度调查研究》的结果，福建省水体（江河）中天然放射性核素含量如表 4.1-6 所示： $^{238}\text{U}$ ：0.05-1.05 $\mu\text{g/L}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ：1-22.9  $\text{mBq L}^{-1}$ 、 $^{232}\text{Th}$ ：0.015-2.5 $\mu\text{g/L}$ ；福建省漳州市农村井水中天然放射性核素含量如表 4.1-7 所示： $^{238}\text{U}$ ：0.05-1.62 $\mu\text{g/L}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ：4.3-63.6  $\text{mBq L}^{-1}$ 、 $^{232}\text{Th}$ ：0.05-0.13 $\mu\text{g/L}$ 。

##### 2、土壤

根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995年8月）中收录的福建省环境保护科学研究所有关《福建省土壤中天然放射性核素含量调查研究》的结果福建省漳州市土壤中天然放射性核素含量如表 4.1-8 所示： $^{238}\text{U}$ ：20~108 $\text{Bq/kg}$ 、 $^{232}\text{Th}$ ：47.8~190 $\text{Bq/kg}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ：18~131  $\text{Bq/kg}$ 。

##### 3、天然贯穿辐射

根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995年8月）中收录的福建省环境监测中心站有关《福建省环境天然贯穿辐射水平调查研究》的结果，福建省漳州市天然贯穿辐射水平（ $\text{nGy/h}$ ）如表 4.1-9 所示，福建省漳州市原野 $\gamma$ 辐射剂量率值为 61.5~334.3 $\text{nGy/h}$ ；道路 $\gamma$ 辐射剂量率值为 82.4~399.1  $\text{nGy/h}$ ；室内 $\gamma$ 辐射剂量率：102-351.7 $\text{nGy/h}$ 。

表 4.1-6 福建省水体（江河）中天然放射性核素含量

地区名称	<sup>238</sup> U (μg/L)		<sup>226</sup> Ra (mBq L <sup>-1</sup> )		<sup>232</sup> Th (μg/L)	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值
福建	0.05-1.05	0.23	1-22.9	1.3	0.015-2.5	0.2

表 4.1-7 福建省漳州市农村井水中天然放射性核素含量

地区名称	<sup>238</sup> U (μg/L)		<sup>226</sup> Ra (mBq L <sup>-1</sup> )		<sup>232</sup> Th (μg/L)	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值
漳州市	<0.05-1.62	0.59	4.3-63.6	19.3	0.05-0.13	0.08

表 4.1-8 漳州市土壤中天然放射性核素含量 (Bq·kg<sup>-1</sup>)

地区名称	<sup>238</sup> U			<sup>226</sup> Ra			<sup>232</sup> Th		
	范围	按面积加权		范围	按面积加权		范围	按面积加权	
		平均值	标准差		平均值	标准差		平均值	标准差
漳州	20-108	67.9	29.8	18-134	76	34	47.8-190	109	46

表 4.1-9 漳州市环境天然贯穿辐射水平 (nGy·h<sup>-1</sup>)

地区名称	原野γ辐射剂量率						道路γ剂量率			室内γ辐射剂量率					
	范围	按点平均		按面积加权		按人口加权		范围	按点平均		范围	按点平均		按人口加权	
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差		平均值	标准差		平均值	标准差	平均值	标准差
漳州	61.5-334.3	110.9	68.9	113.1	71.1	104.2	90.3	82.4-399.1	149.7	89.7	102-351.7	199.6	69.4	191	91.1



## 4.2 正常工况气载流出物辐射环境影响分析

本项目气态放射性流出物来自含放射性粉尘和氡气及钍射气的废气排放，从而造成大气环境辐射影响，以公众有效剂量及流出物浓度表征。

### 4.2.1 公众有效剂量估算

由于原料中含有天然放射性核素 U、Th、Ra，所以主要由 U、Th、Ra 产生 $\gamma$ 外照射和氡、钍射气和粉尘的吸入产生内照射是本项目主要关注的影响途径。

根据公众所接受的放射性照射途径，本次公众个人有效剂量估算公式可以简化为：

$$D=D_r+D_{Rn}+D_h$$

式中： $D$ ——公众照射有效剂量，mSv/a；

$D_r$ ——外照射有效剂量，mSv/a；

$D_{Rn}$ ——氡和钍射气吸入所致内照射有效剂量，mSv/a。

$D_h$ ——第  $i$  种核素吸入所致内照射有效剂量，mSv/a。

#### 4.2.1.1 外照射剂量

本次项目辐射环境评价中，公众所受到的放射性外照射主要表现为矿尘的浸没照射以及沉积在地表的矿尘所致的外照射。由于其量微乎其微，外照射剂量转换因子很小（对于  $^{238}\text{U}$  地表沉积为  $5.5\times 10^{-19}\text{Sv}/(\text{S}\cdot\text{Bq}/\text{m}^2)$ ，空气浸没照射  $4.4\times 10^{-18}\text{Sv}/(\text{S}\cdot\text{Bq}/\text{m}^2)$ ），难以获得重矿砂微尘沉积的相关参数。在评价中，考虑到矿尘浸没与沉积所致公众的有效剂量相对于吸入放射性核素途径所致有效剂量小很多。故评价中忽略外照射有效剂量贡献，主要考虑吸入内照射的影响。

另外，独居石经袋装后，暂存于独居石暂存库中，起尘量极低，由于矿尘引起的外照射基本可忽略。

#### 4.2.1.2 内照射剂量

本项目周围公众受到吸入内照射辐射影响的主要途径有两种，一种是可吸入粒子的吸入，另一种是放射性核素在衰变中析出的氡及其子体气体的吸入。

##### (1) 吸入 $^{222}\text{Rn}$ 及 $^{220}\text{Rn}$ 子体所致个人有效剂量当量 ( $D_{Rn}$ )

根据章节 2.5.2，工作场所  $^{222}\text{Rn}$  释放量为  $1.60\text{E}+04\text{Bq}/\text{s}$ ， $^{220}\text{Rn}$  释放量为  $4.06\text{E}+05\text{Bq}/\text{s}$ ，由于  $^{220}\text{Rn}$  的半衰期极短，考虑其长寿命子体 Pb-212 对人体产生的内照射，假定所有  $^{220}\text{Rn}$  已全部衰变为  $^{212}\text{Pb}$ ， $690\text{Bq}$  的  $^{220}\text{Rn}$  衰变为  $1\text{Bq}$  的  $^{212}\text{Pb}$ ， $^{212}\text{Pb}$  的产生量为

5.89E+02 Bq/s。

采用 IAEA19 号报告近处建筑物预测模式进行预测，条件是  $H \leq 2.5H_B$  和  $x > 2.5\sqrt{A_B}$ ；扇区平均空气浓度可用下列假设：

- 每一扇区，(a) 风向都是单一的；
- (b) 长期平均风速是单一的；
- (c) 中等大气稳定级 D。

根据这些假设条件下，空气中放射性核素的活度浓度用下列公式估算：

$$C_A = \frac{P_p B Q_i}{u_a}$$

$$B = \frac{12}{\sqrt{2\pi^3}} \times \frac{1}{x \sum z}$$

$$\sum z = (\sigma_z^2 + \frac{A_B}{\pi})^{0.5} \quad \text{当 } x \geq 2.5\sqrt{A_B}$$

式中， $A_B$ —相关建筑物墙的表面积 (m<sup>2</sup>)

$\sigma_z$ —垂直扩散参数 (m)

$P_p$ —一年中风吹向扇区 p 内接收点的时间份额

$u_a$ —释放高度处风速的几何平均值 (m/s)

$Q_i$ —核素 i 的年平均排放量 (Bq/s)

$x$ —下风方向的距离 (m)，取排放口到敏感点建筑物的实际距离

$B$ —建筑物尾流区修正系数 (m<sup>-2</sup>)

$C_A$ —排放点下风方向扇区 p 内距离 x 处地面空气中核素浓度 (Bq/m<sup>3</sup>)

预测气象参数见章节 4.1.2。

③吸入 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体所致个人有效剂量当量

吸入 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体所致个人有效剂量当量公式如下：

$$D_{Rn} = g_{Rn} \cdot t \cdot C_{Rn}$$

式中： $D_{Rn}$ ——吸入 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体内照射剂量，nSv/a；

$g_{Rn}$ ——吸入 <sup>222</sup>Rn 子体剂量转换因子，根据 2017 年的 ICRP137 号报告，氡和钍射气子体的剂量转换系数分别为 16.7 和 113nSv/(Bq·h·m<sup>-3</sup>)，<sup>222</sup>Rn 平衡因子 0.4，<sup>220</sup>Rn 子体（不考虑 <sup>212</sup>Po）平衡因子为 0.913。

$t$ ——时间，工厂按 7200h/a 计算，居民区按照 8760h/a 计算；

$C_{Rn}$ ——环境空气中 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体浓度，Bq/m<sup>3</sup>。

具体计算结果见下表。

表 4.2-1 吸入  $^{222}\text{Rn}$  及  $^{220}\text{Rn}$  子体所致个人有效剂量当量计算表

敏感点	方位	X	$\sigma_z$	$A_B$	t (h)	$P_p$	$u_a$ (m/s)	$^{222}\text{Rn}$ 排放			$^{220}\text{Rn}$ 子体浓度排放			剂量加和 (mSv/a)
		(m)	(m)	( $\text{m}^2$ )				$C_A$	Qi	$D_{Rn}$	$C_A$	Qi	$D_{Rn}$	
								( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	( $\text{Bq}/\text{s}$ )	( $\text{mSv}/\text{a}$ )	( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	( $\text{Bq}/\text{s}$ )	( $\text{mSv}/\text{a}$ )	
西坑村民组 1	S	26	0.16	96	8760	0.02	2.5	1.36	16012	0.0795	0.050	589	0.0452	<b>0.125</b>
西坑村	S	61	0.37	96	8760	0.02	2.5	0.58	16012	0.0338	0.021	589	0.0192	0.053
漳州恒宏润工贸有限公司	E	26	0.16	360	7200	0.02	1.8	0.97	16012	0.0469	0.036	589	0.0266	0.073
汰口农场新村	ENE	241	1.44	108	8760	0.01	1.8	0.09	16012	0.0055	0.003	589	0.0031	0.009
华安县良种繁育场	SW	120	0.72	216	7200	0.01	2.5	0.10	16012	0.0047	0.004	589	0.0027	0.007
华安广鑫生物科技有限公司	WSW	200	1.20	108	7200	0.02	2.6	0.16	16012	0.0075	0.006	589	0.0043	0.012
漳州市陆海环保产业开发有限公司	SSE	345	2.07	810	7200	0.02	2.6	0.03	16012	0.0016	0.001	589	0.0009	0.003

## (2) 公众吸入放射性核素所致有效剂量 ( $D_h$ )

根据前面的分析可知，吸入所致内照射的放射性核素主要为  $^{232}\text{Th}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ ，公众吸入放射性核素所致有效剂量可按下式计算：

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

式中： $D_h$ ——公众吸入再悬浮核素 i 所致内照射剂量，Sv/a；

$C_{FC}$ ——附近居民吸入该企业排放的粉尘浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$f_i$ ——吸入粉尘第 i 种核素比活度浓度， $\text{Bq}/\text{kg}$ ；

$t$ ——公众每年停留时间，保守工厂企业以 7200h/a 计，村庄以 8760h/a 计。

$R$ ——公众空气摄入速率， $\text{m}^3/\text{h}$ ，见表 4.2-2；

$G_i$ ——第 i 种核素吸入剂量转换系数（考虑空气动力学直径  $5\mu\text{m}$ ）， $\text{Sv}/\text{Bq}$ ，见表 4.2-3。

表 4.2-2 公众成员空气摄入量 (R)

年龄组	小于 1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~12 岁	12~17 岁	>17 岁
$\text{m}^3/\text{h}$	0.3	0.48	0.66	0.84	1.02	1.20

表 4.2-3 公众成员摄入该企业所排粉尘待积有效剂量转换系数 ( $G_i$ :  $\text{Sv}/\text{Bq}$ )

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
$^{232}\text{Th}$	$5.4 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$	$3.7 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-5}$	$2.5 \times 10^{-5}$	$2.5 \times 10^{-5}$
$^{238}\text{U}$	$2.9 \times 10^{-5}$	$2.5 \times 10^{-5}$	$1.6 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$8.7 \times 10^{-6}$	$8.7 \times 10^{-6}$
$^{226}\text{Ra}$	$1.5 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-5}$	$7.0 \times 10^{-6}$	$4.9 \times 10^{-6}$	$4.5 \times 10^{-6}$	$3.5 \times 10^{-6}$

### 1) 有组织点源

本项目生产工艺有废气通过烟囱排放，主要是烘干设备，共有 3 个排气筒排放与矿物相关粉尘，因产品核素含量高低不同，皆从原料中来，故选用类比企业（华安荣益矿业有限公司）中原料（表 2.2-4）的放射性比活度值作为源强进行计算（ $^{238}\text{U}$ ： $4.08 \times 10^3 \text{ Bq}/\text{kg}$ ， $^{232}\text{Th}$ ： $601 \text{ Bq}/\text{kg}$ ， $^{226}\text{Ra}$ ： $3.76 \times 10^3 \text{ Bq}/\text{kg}$ ）。

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）AERSCREEN 估算模式，计算出本项目粉尘排放源的最大地面浓度如表 4.2-4 所示。

表 4.2-4 项目固定点源大气排放源 Pi 计算结果

排放源	污染物	最大地面浓度 $C_i$ ( $mg/m^3$ )	最大浓度距离 (m)
烘干炉 1#、2#排气筒	颗粒物	0.0009985	132
热风炉 1#排气筒	颗粒物	0.0013000	117

敏感点落地浓度见下表：

表 4.2-5 有组织粉尘导致敏感点颗粒物落地浓度总和 单位： $mg/m^3$

辐射环境保护目标	相对位置	距厂区边界距离	落地浓度加和
西坑村居民组 1	S	12	2.86E-04
西坑村	S	61	1.48E-03
漳州恒宏润工贸有限公司	E	11	2.61E-04
汰口农场新村	ENE	215	2.78E-03
华安县良种繁育场	SW	18	4.36E-04
华安广鑫生物科技有限公司	WSW	25	6.11E-04
漳州市陆海环保产业开发有限公司	SSE	345	2.04E-03

## 2) 无组织面源

项目颗粒物无组织排放面源见下表。

表 4.2-6 项目污染源（矩形面源）参数一览表

污染源名称	矩形面源 (m)			排放工况	污染物	排放速率 (kg/h)
	长度	宽度	有效高度			
原料仓库	105	30	8.0	正常工况	颗粒物	0.007
电磁选车间	30	27	8.0	正常工况	颗粒物	0.003

根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018) AERSCREEN 估算模式，计算出本项目无组织粉尘排放源的最大地面浓度如下表所示。

表 4.2-7 无组织排放废气落地浓度一览表

污染源	污染因子	最大占标率距离 m	最大落地浓度 ( $mg/m^3$ )
原料仓库扬尘	颗粒物	86	0.005671
电磁选车间粉尘	颗粒物	70	0.003641

表 4.2-8 无组织粉尘导致敏感点颗粒物落地浓度总和 单位:  $\text{mg}/\text{m}^3$

辐射环境保护目标	相对位置	距厂区边界距离	落地浓度
西坑村居民组 1	S	12	6.54E-03
西坑村	S	61	7.61E-03
漳州恒宏润工贸有限公司	E	11	6.44E-03
汰口农场新村	ENE	215	4.17E-03
华安县良种繁育场	SW	18	7.15E-03
华安广鑫生物科技有限公司	WSW	25	7.86E-03
漳州市陆海环保产业开发有限公司	SSE	345	3.07E-03

### 3) 剂量估算

选用表 2.2-4 中锆钛中矿、锆英砂等天然放射性核素比活度水平数据, 以及表 4.2-2 和表 4.2-3 中剂量计算相关参数, 估算出正常工况下公众成员通过吸入途径所摄入最大核素量以及最大个人有效剂量, 估算结果如表 4.2-9 所示。

表 4.2-9 吸入粉尘所致公众个人最大有效剂量估算结果 ( $D_h$ )

辐射环境保护目标	相对位置	距厂区边界距离 (m)	剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )					
			年龄<1岁	1~2岁	2~7岁	7~12岁	12~17岁	>17岁
西坑村居民组 1	S	12	3.68E-03	4.92E-03	4.45E-03	3.72E-03	4.07E-03	4.52E-03
西坑村	S	61	4.90E-03	6.57E-03	5.93E-03	4.96E-03	5.43E-03	6.03E-03
汰口农场新村	ENE	215	3.75E-03	5.02E-03	4.53E-03	3.79E-03	4.15E-03	4.61E-03
漳州恒宏润工贸有限公司	E	11	0	0	0	0	0	3.69E-03
华安县良种繁育场	SW	18	0	0	0	0	0	4.17E-03
华安广鑫生物科技有限公司	WSW	25	0	0	0	0	0	4.66E-03
漳州市陆海环保产业开发有限公司	SSE	345	0	0	0	0	0	2.81E-03

由表 4.2-9 可知, 项目粉尘颗粒物排放所致公众成员最大个人年附加有效剂量出现在西坑村 1~2 岁年龄组, 为  $0.00657\text{mSv}/\text{a}$ , 满足本次评价所提出的  $0.25\text{mSv}/\text{a}$  的公众年有效剂量管理目标值。

### 4.2.1.3 总有效剂量

根据前述分析，项目公众吸入氡所致有效剂量当量  $D_{Rn}$  最大值约  $1.25E-01\text{mSv/a}$ （S 方向），吸入粉尘所致有效剂量当量  $D_h$  最大值约  $6.57E-03\text{mSv/a}$ （最大个人公众年有效剂量出现在 1~2 岁组），项目公众辐射剂量最大值约  $0.129\text{mSv/a}$ （S 方向），满足于本次评价提出公众年有效剂量约束值  $0.25\text{mSv/a}$ ，所致公众辐射剂量可以接受。

表 4.2-10 项目生产所致公众个人最大有效剂量估算结果（D）

辐射环境保护目标	相对位置	距厂区边界距离 (m)	剂量 (mSv/a)					
			年龄<1岁	1~2岁	2~7岁	7~12岁	12~17岁	>17岁
西坑村居民组 1	S	12	1.28E-01	1.30E-01	1.29E-01	1.28E-01	1.29E-01	1.29E-01
西坑村	S	61	5.79E-02	5.96E-02	5.90E-02	5.80E-02	5.85E-02	5.91E-02
汰口农场新村	ENE	215	1.23E-02	1.36E-02	1.31E-02	1.23E-02	1.27E-02	1.32E-02
漳州恒宏润工贸有限公司	E	11	0	0	0	0	0	7.72E-02
华安县良种繁育场	SW	18	0	0	0	0	0	1.15E-02
华安广鑫生物科技有限公司	WSW	25	0	0	0	0	0	1.65E-02
漳州市陆海环保产业开发有限公司	SSE	345	0	0	0	0	0	5.35E-03

从上表可见，周围敏感点公众成员所受年照射剂量最大为  $0.129\text{mSv/a}$ ，为紧邻厂界南侧的西坑村居民，低于本项目公众年有效剂量约束值  $0.25\text{mSv}$ 。

## 4.2.2 气态放射性流出物放射性粉尘大气环境辐射影响

### (1) 厂界处粉尘中铀、钍总量

本项目厂界粉尘有组织排放和无组织排放的影响。保守以各排放源的最大落地浓度作为厂界浓度进行计算。根据章节 4.2.1.2，厂界浓度为  $0.01261\text{mg}/\text{m}^3$ ，由类比企业原料核素比活度  $^{238}\text{U}$ :  $4.08 \times 10^3 \text{ Bq}/\text{kg}$ ， $^{232}\text{Th}$ :  $601 \text{ Bq}/\text{kg}$  估算厂界粉尘铀、钍总量浓度为  $6.04\text{E}-06 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

### (2) 有组织排放废气排放口铀、钍总量

本项目生产工艺有废气通过烟囱排放，主要是烘干设备，共有 3 个排气筒排放与矿物相关粉尘。烘干炉 1#、2#以及热风炉 1#排气筒排放浓度为  $3.61 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，计算粉尘中铀、钍总量为  $1.19 \text{ E}-03 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

综上，车间排气筒气载流出物满足铀钍总量 $\leq 0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，厂界浓度满足 $\leq 0.0025\text{mg}/\text{m}^3$ 限值要求。

## 4.2.3 气态放射性流出物氡及其子体大气环境辐射影响

由 4.2.1.2 可知，项目造成周围敏感点氡浓度增量值最大为  $1.41 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ，贡献很小，对周边大气环境中的辐射影响有限。

## 4.3 工作人员所致年附加有效剂量

本项目工作人员年附加有效剂量，由 $\gamma$ 贯穿辐射和空气中氡浓度、钍射气贡献和吸入放射性核素所致有效剂量的总和。

本项目涉及放射性的生产车间有摇床车间、锆英分选机组车间、浮选车间、产品仓库、原料仓库、放射性物料暂存库等。根据实际工作情况，将工作人员分为 4 组，见表 2.3-1。

①摇床车间工作岗位人员主要活动车间包括摇床车间和仓库/车间 3（原料仓库），时间分配为 1:1，每班受照射时间分别为 4h，年工作 300d，即年受照射时间分别为 1200h。

②电磁选区域岗位人员主要活动车间包括电磁选区域（锆英分选机组车间等）、仓库/车间 1（锆英仓库）、仓库/车间 2（金红车间）、独居仓库。其中仓库/车间 1（锆英仓库）、仓库/车间 2（金红车间）主要是打包作业，每班受照射时间各 1.5h，年工作 300d 计，即年受照射时间分别为 450h；独居仓库每班年受照射时间为 5h；其余时间均位于电磁选区域，电磁选设备采用自动化生产设备，工作人员主要是用运输物料或产品时会进入车间



内，受到外照射，每班受照射时间为 4.99h，年工作 300d，即年受照射时间为 1495h；

③硅酸锆生产岗位人员主要活动车间包括硅酸锆区域、干燥车间、半成品仓库、成品库。其中成品库，主要是打包作业，每班受照射时间 2h，年工作 300d，即年受照射时间分别为 600h；半成品库主要是运输作业，每班受照射时间 1h，年工作 300d，即年受照射时间分别为 300h；干燥车间采用自动化生产设备，工作人员主要是检查烘干炉工况时会进入车间内，受到外照射，每班受照射时间为 2h，年工作 300d 计，即年受照射时间为 600h；其余时间位于硅酸锆生产区域，每班受照射时间为 3h，年工作 300d 计，即年受照射时间为 900h。

④烘干车间岗位人员主要活动车间包括烘干车间、浮选擦洗机组车间、螺旋分选机组车间。三个车间均采用自动化生产设备，工作人员主要是检查设备工况时会进入车间内，受到外照射，每班受照射时间分别为 3h、3h 和 2h，年工作 300d 计，即年受照射时间分别为 900h、900h 和 600h。

#### 4.3.1 工作人员工作场所 $\gamma$ 贯穿辐射年附加有效剂量估算

本项目工作人员和公众受到的 $\gamma$ 贯穿辐射附加年有效剂量计算公式为：

$$H_r(d)=0.7 \times D \times T \times Q$$

式中： $H_r(d)$ — $\gamma$ 贯穿辐射产生的附加年有效剂量(Sv/a)；

0.7—剂量转换系数；

T—一年中的滞留时间与居留因子乘积(h)，居留因子取 1；

Q— $\gamma$ 射线对全身均匀照射的品质因子，Q=1；

D— $\gamma$ 贯穿辐射剂量率增量，(Gy/h)。

本项目工作人员 $\gamma$ 贯穿辐射所致年附加有效剂量见表 4.3-1。

表 4.3-1 本项目工作人员 $\gamma$ 贯穿辐射所致年附加有效剂量

序号	工作岗位	工作场所	$\gamma$ 贯穿辐射 (nGy/h)	环境本底值 (nGy/h) <sup>#1</sup>	年工作时间 (h)	附加有效剂量 (mSv/a)
1	摇床车间	仓库/车间 3 (原料仓库)	1040	110.9	1200	7.80E-01
2		摇床车间	349	110.9	1200	2.00E-01
3	电磁选 (锆英分选机 组车间 等)	电磁选区域	1260	110.9	1495	1.20E+00
4		仓库/车间 1 (锆英仓库)	1260	110.9	450	3.62E-01
5		仓库/车间 2 (金红车间)	321	110.9	450	6.62E-02

序号	工作岗位	工作场所	$\gamma$ 贯穿辐射 (nGy/h)	环境本底值 (nGy/h) <sup>注1</sup>	年工作时间 (h)	附加有效剂量 (mSv/a)
6		独居仓库	7460 <sup>注2</sup>	110.9	5	2.57E-02
7	硅酸锆 生产	硅酸锆区域	7460	110.9	25	1.29E-01
8		干燥车间	228	110.9	900	7.38E-02
9		半成品仓库	139	110.9	600	1.18E-02
10		成品库	519	110.9	300	8.57E-02
11	烘干车 间	烘干炉车间	489	110.9	600	1.59E-01
12		浮选擦洗机组 车间	139	110.9	900	1.77E-02
13		螺旋分选机组 车间	349	110.9	900	1.50E-01

注 1：取漳州市原野 $\gamma$ 辐射剂量率平均值。

注 2：参照福建远光锆业有限公司独居石暂存库监测值。

### 4.3.2 工作人员工作场所空气中氡浓度、钍射气及其子体所致年附加有效剂量估算

车间氡浓度增量按下式计算：

$$C_{Rn}(\text{Bq/m}^3) = I_{222Rn}(\text{Bq/s}) \times F_0 / v$$

其中， $I_{222Rn}$  为氡析出量，Bq/s

$$F_0 = \lambda_v / (\lambda_v + \lambda), \lambda_v \text{ 为换气次数, } \lambda \text{ 为氡衰变常数 } 0.181/\text{d}$$

$v$  为通风速率  $v$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

钍射气子体浓度计算中，假定所有  $^{220}\text{Rn}$  已全部衰变为  $^{212}\text{Pb}$ ，690Bq 的  $^{220}\text{Rn}$  衰变为 1Bq 的  $^{212}\text{Pb}$ ，再按上述氡浓度计算公式计算车间内  $^{212}\text{Pb}$  活度浓度。

本项目电磁选区域、硅酸锆生产区域均属于位于厂房内，其中成品仓库、半成品仓库不属于封闭仓库，与车间空气流通，与车间只有区域的分别，按一个整体计算。厂房为半开放车间，采用自然通风，车间空气对流，每面墙体有 1 个门，20 扇窗，门高 6m，宽 5m，窗高 3m，宽 2m。

锆英仓库、原料仓库，均位于室内厂房，主要采用自然通风，车间空气对流，仓库大门 1 个，锆英仓库前后 6 扇窗，左右 6 扇窗，原料仓库前后 10 扇窗，左右 4 扇，门高 6m，宽 5m，窗高 3m，宽 2m。

根据气象资料，该区域年平均风速为 1.64m/s。

独居石仓库，安装排风扇，设计流量为 5000 $\text{m}^3/\text{h}$ 。

表 4.3-2 工作场所氡、钍浓度估算

工作场所	容积(m <sup>3</sup> )	通风量(m <sup>3</sup> /h)	氡释放量(Bq/d)	氡浓度增量(Bq/m <sup>3</sup> )	钍子体释放量(Bq/d)	钍子体浓度增量(Bq/m <sup>3</sup> )
电磁选区域、硅酸锆生产区域	97536	708480	6.38E+08	37.50	1.18E+07	0.69
锆英仓库	19600	301104	2.42E+08	33.47	4.01E+06	0.55
原料仓库	28400	336528	4.15E+08	51.43	7.41E+06	0.92
独居石仓库	2000	5000	7.44E+07	619.93	2.74E+07	227.93

吸入 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体所致个人有效剂量当量公式如下：

$$D_{Rn} = g_{Rn} \cdot t \cdot C_{Rn}$$

式中：D<sub>Rn</sub>——吸入 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体内照射剂量，nSv/a；

$g_{Rn}$ ——吸入 <sup>222</sup>Rn 子体剂量转换因子，根据 2017 年的 ICRP137 号报告，氡子体和钍射气子体的剂量转换系数分别为 16.7 和 113nSv/(Bq·h·m<sup>-3</sup>)，平衡因子 0.4，<sup>220</sup>Rn 子体平衡因子 0.913；

t——时间，h/a；

$C_{Rn}$ ——环境空气中 <sup>222</sup>Rn 及 <sup>220</sup>Rn 子体浓度，Bq/m<sup>3</sup>。

表 4.3-3 本项目工作人员氡、钍射气及其子体所致年附加有效剂量估算

工作人员	年工作时间 (h)	氡(mSv/a)	钍射气子体(mSv/a)
摇床车间工作人员	2400	0.612	0.162
烘干车间工作人员	2400	0.399	0.096
电磁选工作人员	2400	0.424	0.104
硅酸锆生产工作人员	2400	0.399	0.096
独居石暂存库工作人员	5	0.021	0.118

### 4.3.3 吸入放射性核素所致有效剂量

工作场所吸入放射性核素所致有效剂量见下表：

表 4.3-4 工作场所吸入放射性核素所致有效剂量估算

工作场所	容积(m <sup>3</sup> )	通风量(m <sup>3</sup> /h)	粉尘产生量(t/a)	车间粉尘增量(mg/m <sup>3</sup> )	工作时间(h)	有效剂量(mSv/a)
电磁选区域、硅酸锆生产区域	97536	708480	0.06	0.0097	2400	8.97E-04
原料仓库	28400	336528	0.493	0.1672	1200	7.76E-03

### 4.3.4 工作人员有效剂量估算

工作人员有效剂量估算见下表：

表 4.3-5 工作人员有效剂量估算 单位：mSv/a

工作岗位	外照射剂量	吸入气体有效剂量	吸入核素有效剂量	合计
摇床车间	9.80E-01	7.73E-01	8.66E-03	1.76E+00
烘干车间	2.68E-01	4.95E-01	8.97E-04	7.63E-01
电磁选（电磁选区域、锆英仓库、金红车间、独居仓库等）	1.66E+00	6.66E-01	8.97E-04	<b>2.32E+00</b>
硅酸锆生产	3.30E-01	4.95E-01	8.97E-04	8.26E-01

综上，正常工况下工作场所工作人员的 $\gamma$ 贯穿辐射、吸入氡、钍射气及其子体、吸入核素所致年附加有效剂量最高为 **2.32mSv/a**，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的工作人员年有效剂量约束值(5mSv/a)。

## 4.4 正常工况液态流出物辐射环境影响分析

### 4.4.1 正常工况地表水辐射环境影响分析

正常工况下，本项目生产废水循环利用，不排放污废水，建设项目的运行不会对地表水环境产生影响。

厂区内设置雨水收集系统（图 2.5-3），雨水通过雨水管网，汇入初期雨水池（540m<sup>3</sup>），经过沉淀后的雨水作为生产用水回用。初期雨水池可以有效控制雨水中的 SS 浓度，沉淀后作为清净下水回用。在满足生产用水需求之后，超出厂区雨水池收集量的清净雨水通过阀门切换至外排管排入厂外雨水沟，不会对地表水环境造成辐射影响。

厂区距离汰口溪地表水较近，部分河段位于厂区主导风向下风向，但项目产生粉尘产生量较小（有组织和无组织落地最大浓度加和为 0.0126mg/m<sup>3</sup>），进入地表水的粉尘量可以忽略。项目产生粉尘降落村庄后，存在随降雨进入地表水的可能性，但因为飘落村庄的粉尘量较小，且根据《浅析锆钛矿选矿工艺的辐射防护和辐射环境安全》（邓飞，程晓波）：此类矿物在用水重力选矿过程中放射性核素的可溶性差，因此本项目物料中放射性核素 <sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra 向地表水转移的量可以忽略。

综上，本项目不涉及放射性核素向周围地表水转移过程。

#### 4.4.2 正常工况地下水辐射环境影响分析

厂区设计有分区防渗措施，且选矿过程主要为物理选矿过程，根据《浅析锆钛矿选矿工艺的辐射防护和辐射环境安全》（邓飞，程晓波）：此类矿物在用水重力选矿过程中放射性核素的可溶性差，因此本项目物料中放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$  向工艺水转移的量极小。正常状况下各污染物存贮构筑物不会有放射性废水泄漏情况发生，从而在源头上杜绝了放射性核素进入含水层的途径。另外，本项目将建立完善的风险应急预案、利用厂内水井，加强地下水中放射性核素监测。因此，正常状况下，项目对地下水的影响较小。

##### 1) 选矿废水的渗漏

选矿生产废水不外排，且集矿池（循环水池）、应急水池等隐蔽性半地下式水池构筑物采用钢筋混凝土防渗，能满足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。企业定期对各池进行清理，并检查池底情况，发现裂缝或渗漏，及时修复，不会对地下水产生影响。

##### 2) 物料的渗漏

项目的伴生放射性物料如贮存不当，可能通过溢流、土层渗漏、雨水、冲洗水的作用下渗入地下，污染物通将对包气带、地表径流、降雨等途径造成地下水污染，污染物在区域水文地质单位扩散、转移，通过累积效应将会对区域地下水造成污染。

本项目原料、半成品均存放在仓库内，且仓库地面采取防渗处理，项目产品暂存于密闭车间，均水泥硬化，作防渗处理，针对只有悬浮物污染的雨水及生产废水可以起到有效的防渗效果，生产区周围设置截排水沟，并做好雨污分流系统。

评价区地下水主要靠大气降水的渗入补给，大气降水大部分形成地表径流向沟谷或低洼地排泄，少量以垂向渗流方式，下渗补给风化裂隙和构造裂隙水，最终排向地势低洼的季节性溪沟。考虑到本项目厂区地面做硬化处理，各水池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。本项目为物理选矿过程，伴生放射性物料的核素向地下迁移影响地下水的可能性较低，且厂区周边居民主要将市政自来水作为饮用水，不会通过饮水途径对居民产生内照射。

综上所述，项目对周围地下水环境的辐射影响可以接受。

## 4.5 “三关键”分析

本项目对公众造成的有效剂量最大为 0.129mSv/a。

### 1)、关键核素:

由章节 4.2.1.3 可知,  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  子体的贡献份额为 96.5%, 因此本项目关键核素为  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  子体;

### 2)、关键照射途径:

由章节 4.2.1.3 可知, 吸入气体内照射贡献值为 0.125mSv/a, 贡献份额为 96.5%, 即吸入气体内照射对公众所致剂量贡献最大, 影响最大, 故关键照射途径为吸入  $^{222}\text{Rn}$  和  $^{220}\text{Rn}$  子体气体内照射;

### 3)、关键居民组:

根据国际放射防护委员会 (ICRP) 第 60 号出版物关于“关键居民组”的表述是: 这个组被选择由于所评价源所引起的最高受照个人代表; 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 关键人群组定义为: 对于某一给定的辐射源和给定的照射途径, 受照相当均匀、并能代表因该给定辐射源和该给定照射途径所受有效剂量或当量剂量最高的个人的一组公众成员。故本项目关键居民组为紧邻厂区南侧西坑村居民组 1。

## 4.6 非正常工况辐射环境影响分析

### 4.6.1 生产过程中放射性污染

通过工程分析可知, 本项目原料伴生有独居石, 物理选矿不会破坏矿物结构, 所以钍系元素始终在独居石中, 独居石富集之处一定是放射性固体富集所在, 项目选矿过程产生了一定的放射性污染。企业应加强管理, 特别是对于独居石的安全管理, 避免事故的发生。对独居石暂存库, 进行专门管理。

(1) 工作人员接触独居石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。如发现事故应立即送事故人员就医, 并注意作好个人监测跟踪。

(2) 在生产过程中, 独居石可能出现丢失, 出现这种事故时, 必须采取紧急处理措施, 并立即向环保、公安及单位行政主管部门报告。

### 4.6.2 车辆运输过程中的风险

为满足《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 中要求, 本项目原料进入国内

港口后，使用汽车运输至本项目厂址内，成品一般使用汽车运输至下游企业。从港口码头运输至厂区运输过程中的安全责任主体为九龙江陶瓷原料有限公司，发生运输风险时，由九龙江陶瓷原料有限公司主要负责，控制风险的发生，及时处置风险事故现场，产品的运输风险责任主体为下游企业。

运输过程设置合理的原料及产品（特别是锆英砂、独居石）运输路线，建议项目物料运输过程中，从厦门港——东渡路——左岸路——杏林大桥——杏前路——沈海高速——厦蓉高速——永漳高速——S208——X583——厂房南侧道路进出公司。原料和产品（特别是硅酸锆、独居石）运输前应该进行严密包装，货物装车后应及时封闭车辆。并选择风险控制信用较好的运输单位进行原料和产品的运输，定期对运输汽车进行维修和保养、提高驾驶人员安全意识，防止极端交通事故发生，以避免对沿线道路及周边环境形成放射性污染，在车上常备有应急物品，包括防护口罩、防护手套、护目镜等防护用品。

#### 图 4.6-1 运输路线（推荐方案②）

运输工作人员应接受相关辐射防护措施等方面的培训：

- （1）避免事故发生的方法和程序；
- （2）应急响应信息以及如何利用这些信息；
- （3）各种放射性物品的危害和如何防止受到这些危害，必要是包括人员防护服和防护设备的使用；
- （4）发生放射性物质以外释放时立即采取的程序，包括相关的应急响应程序和要遵守的人员防护程序。

一旦在运输原料及产品期间发生事故时，需要启动应急响应程序。当原料及产品（特别是硅酸锆、独居石）发生撒漏、外逸时，应立即疏散无关人群，佩戴口罩，避免对物料的吸入内照射，尽快将撒漏的物料安全装至运输车内，最后确保环境中无遗留的原料及产品（特别是硅酸锆、独居石）；若车辆发生事故，应疏散无关人群，立即调派其他运输车辆将事故车辆内的物料转移。

清扫完矿物后，对事故现场进行放射性检测，确保没有矿砂遗漏，并在出现事故 2 小时内上报生态环境主管部门（12369）、公安部门（110）。

### 4.6.3 循环沉淀水池渗漏或者泄露事故

本项目产生的生产废水为选矿废水、研磨废水和冷却水，虽然本项目选矿废水经沉淀处理后水质放射性较低，但是由于事故或运行等原因，如集矿池（循环水池）发生泄漏、渗漏等时，废水会直接溢出或者下渗。

由于项目工艺为物理选矿，工艺废水和初期雨水因其中含有伴生放射性矿物质的 SS 而具有一定放射性，根据类比项目选矿废水检测结果可知，选矿废水满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中“表1第一类污染物最高允许排放浓度”第12、13项：总 $\alpha$ 放射性 $\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta$ 放射性 $\leq 10\text{Bq/L}$ ，可见该项目循环水即便泄漏，对地表水及地下水的影响也较小。

但是，建设单位应尽量避免发生此类事件，严格控制集矿池（循环水池），保持集矿池（循环水池）低水位运行，以应对突发的事故及自然灾害。集矿池（循环水池）池坝应设置巡逻岗位或电子监控，关注水池水位，以减轻突发事故的危害性。

如果发生集矿池（循环水池）发生大量泄漏或漫顶，可将循环池水引入厂内应急池。

### 4.6.4 废气处理系统失效

主要发生在烘干过程，包括烘干炉废气、热风炉烘干废气等。

烘干炉废气拟采用旋风除尘器+水喷淋除尘设施处理。热风炉烘干粉尘通过干燥塔末端布袋除尘器处理后通过20m高排气筒排放。由于除尘器故障、人为操作失误等原因，可能会造成除尘效率达不到相应要求甚至使粉尘未经处理直接排放，造成周边大气环境中核素浓度升高，从而可能对公众造成一定的辐射影响。

废气处理设施故障主要考虑废气处理装置运行不稳定或损坏的情况。若废气处理装置出现故障，处理效率按 0 计算，则废气处理装置排气筒废气污染物排放情况如下表。

表 4.6-2 非正常工况废气排放情况

排气筒编号	污染物名称	废气量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	排放情况	
			排放浓度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	排放速率( $\text{kg}/\text{h}$ )
烘干炉 1#	粉尘	6240	80.1	2.60
烘干炉 2#	粉尘	6240	80.1	2.60
热风炉 1#	粉尘	6240	80.1	2.60
小计	-	-	-	7.80

废气处理设施故障时，污染物排放浓度和排放速率均有所提高，废气污染物不能满足相应的排放标值要求。为避免此类事件发生，要求企业定期做好装置废气处理装置的



检修，保证装置运营时废气处理装置正常运行，废气达标排放。

结合上述分析，本项目可能发生最严重的非正常工况为烘干设备由于设备故障或人为操作失误导致完全失效，外排粉尘对浓度及总量增加可能对环境及公众造成影响。本项目通过加强生产过程管理，明确岗位职责，定期检查环保设施运行情况，严格交班制度，交班时检查环保设施运行情况，发现故障立即关停烘干机，并如实进行记录，保守考虑粉尘未经处理直接排放的时间最长为4h。非正常工况下核素排放量见表4.6-2。

表 4.6-3 非正常工况核素排放量一览表

核素	持续时间 (h)	粉尘比活度 (Bq/kg)	粉尘事故排放量 (kg)	核素总活度 (Bq)	排放量 (Bq)
<sup>238</sup> U	4	4080	7.80	3.18E+04	6.58E+04
<sup>232</sup> Th		601	7.80	4.69E+03	
<sup>226</sup> Ra		3760	7.80	2.93E+04	

由表 4.6-2 可知，在所有布袋除尘器等均失效的非正常工况下，各核素总排放量为 6.58E+04Bq/次。而正常工况下，本项目全年核素总排放量为 2.16E+07Bq/a；1 次非正常工况下核素总排放量仅占本项目全年核素总排放量的 0.31%，不会对周围地表水、大气环境和公众产生明显辐射影响。运行中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。

#### 4.6.5 制定应急预案

针对本项目可能引发的各环境风险，项目建设单位应制定相应的环境风险应急预案，并按“三同时”要求，作为验收材料在在环保验收检查中落实。对照《建设项目环境风险评价技术导则》，本项目应急预案主要内容和要求如下表所示。

表 4.6-4 本项目突发性风险事故应急预案主要内容和要求

序号	项目	内容及要求
1	危险源情况	选矿废水泄漏；原矿、独居石在运输贮存过程中丢失。
2	应急计划区	厂区
3	应急组织	厂区：厂负责人—负责现场全面指挥，专业救援队伍—负责事故控制、救援和善后处理
4	应急状态分类应急响应程序	规定环境风险事故的级别及相应的应急状态分类，以此制定相应的应急响应程序
5	应急设施设备与材料	雨衣、沙袋、救生等器材；受伤人员急救所用的一些药品、器材
6	应急通讯通告与交通	建立厂、车间、班组三级通讯联系网络。在制订预案中应明确各组负责人及联络电话，对外联络中枢以及社会上各救援机构联系电话，以及提高决定事故发生时的快速反应能力。

序号	项目	内容及要求
7	应急环境监测及事故后评估	由专业人员对环境风险事故现场进行应急监测，对事故性质、严重程度等所造成的环境危害后果进行评估，吸取经验教训以免再次发生事故，为指挥部门提供决策依据
8	应急防护措施消除泄漏措施及需使用器材	事故现场：控制事故发展，防止扩大、蔓延及连锁反应；清除现场泄漏物，降低危害；相应的设施器材配备临近地区；控制防火区域，控制和消除环境污染的措施及相应的设备配备
9	应急剂量、控制撤离组织计划、医疗救护与保护公众健康	事故现场：事故处理人员制定毒物的应急剂量、现场及临近装置人员的撤离组织计划和紧急救护方案 临近地区：制定受事故影响的临近地区内人员对毒物的应急剂量，公众的疏散组织计划和紧急救护方案
10	应急状态中止恢复措施	事故现场：规定应急状态终止秩序；事故现场善后处理，恢复生产措施； 临近地区：解除事故警戒、公众近回和善后恢复措施
11	人员培训与演习	应急计划制定后，平时安排事故处理人员进行相关知识培训进行事故应急处理演习；对工厂工人进行安全卫生教育
12	公众教育信息发布	对工厂临近地区公众开展环境风险事故预防制度，设专门部门负责管理
13	记录和报告	准备并形成环境风险事故应急处理有关的附件材料
14	附件	

#### 4.7 固体废物辐射环境影响分析

项目不产生放射性固体废物。

#### 4.8 放射性环境保护距离的设定

(1) 根据放射性“三废”确定放射性环境保护距离

本项目放射性废水循环利用；放射性废渣暂存待再利用；气载流出物均可达标。因此根据放射性“三废”对环境的影响程度，不需要设定放射性环境保护距离。

(2) 根据项目对周围居民的辐射剂量确定放射性保护距离

本项目厂界周围居民的辐射剂量小于本项目的管理限值 0.25mSv/a，低于根据 GB18871 制定的限值要求。因此，根据剂量估算结果，本项目不需设定放射性环境保护距离。项目评价范围内，在考虑最大化的情况下，居民组受年附加有效剂量低于本项目给出的年有效剂量约束值 0.25mSv。综上，本项目无需设定放射性环境保护距离。

#### 4.9 服役期满辐射影响分析

项目服务期满后主要的放射性矿物——独居石应妥善处置。独居石作为重要的放射性矿产物质，应完全移交有相关资质单位使用或处理。厂区不应留存独居石。

其他产品也应做相应搬离。

由于项目涉及伴生放射性矿选矿活动，仓库、车间、独居石暂存库等场所可能受到

天然放射性核素污染。项目退役期，应对项目仓库、车间、独居石暂存库等涉及伴生放射性工作场所进行检测，确认工作场所达到清洁解控水平后方可移交。

根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素浓度活度》（GB27742-2011）附录 B 给出了土壤放射性核素的免管活度浓度：1Bq/g， $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{235}\text{U}$  天然放射性核素的总含量浓度值不大于 1Bq/g。

本项目退役场所清洁解控水平： $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{235}\text{U}$  天然放射性核素的总含量浓度值不大于 1Bq/g，经审管部门或者审管部门授权的部门确认同意后，原放射性伴生矿工作场所退役完成。

对于设备等，参照《铀矿冶设施退役管理技术规定》（GB 14586-93），对污染的废旧钢铁经清洗去污后，其 $\alpha$ 、 $\beta$ 放射性表面污染度低于  $0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可不加限制地使用。可居住建筑物的去污，要求氡子体的最高浓度值（含本底）尽可能达到  $4.16\times 10^{-7}\text{J}/\text{m}^3$ （0.02WL），但不能超过  $6.24\times 10^{-7}\text{J}/\text{m}^3$ （0.03WL）。去污后或不存在放射污染的构筑物，如不再重复利用，可按一般的构筑物拆除。

#### 4.10 放射性环境影响小结

项目气载流出物主要是选矿过程中含放射性核素衰变排出的含有氡及其子体、钍射气的放射性废气。采用了影响最大环节及不利气象条件下估算结果对周边居民个人剂量进行预测，在考虑最大化的情况下，周围敏感点公众成员所受年照射剂量低于本项目给出的年有效剂量约束值  $0.25\text{mSv}$ 。同时根据本项目正常工况下周围氡气浓度和 $\gamma$ 辐射剂量率监测数据可知，氡气浓度和 $\gamma$ 辐射剂量率均处于正常本底范围内。

项目选矿废水不外排，无液态流出物。项目飘尘对地表水的影响可忽略。项目集矿池（循环水池）、初期雨水收集系统的相关管道、地面均为水泥材质，研磨废水过滤沉淀在封闭的作水泥硬底化的池子内进行，针对只有 SS 污染的废水可以起到有效的防渗效果，不会对周围地下水环境造成辐射影响。

本项目产生副产品尾砂。尾砂经检测属于免管范围，积累到一定数量后，外售处理，但由于原矿来源较杂，每批次尾砂需经有资质单位检测，确定属于免管范围才可卖出，如高于免管范围，则再次进入选矿流程。

#### 4.11 辐射环境相关保护措施

基于辐射防护“可合理达到的尽量低水平”的原则，为达到辐射环境保护的要求，公司

已采取如下环保对策和措施：

### 4.11.1 生产废水处理措施

#### 1、废水回用工艺可行性分析

正常工况下，本项目生产废水循环利用，不排放。

(1) 选矿摇床重选用水取自集矿池，循环水经导流槽进入集矿池，摇床重选，循环水经导水渠进入集矿池。

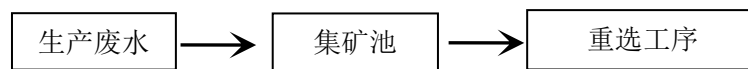


图 4.11-1 选矿生产废水处理工艺流程图

经摇床重选后，物料与水一同先分别流入集矿池，其中物料分别用砂泵随水抽进沥水池，沥出水分；尾砂也用砂泵随水抽入螺旋溜槽选出有用尾矿，再抽至锆钛尾矿库。所有水经水渠流至集矿池，经集矿池除泥沙后重新回用于重选。

(2) 硅酸锆生产研磨废水，取自球磨沉淀池。

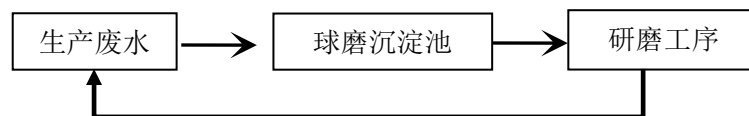


图 4.11-2 硅酸锆生产废水处理工艺流程图

原料经球磨磨碎、地下搅拌池搅拌之后，物料与水一同流入压泥机，在物料压成泥饼的过程中，滤出的水经过处理池进入到球磨沉淀池，废水经球磨沉淀池后重新回用于生产。其余的物料进入热风炉进行高温烘干。由于项目不加其他药剂，产品与原料仅存在粒径差别，废水中的悬浮物经沉淀后均回收。因此废水经沉淀后，减少悬浮物，即可进行利用。

综上，从工艺设计分析，废水回用具有可行性。

#### 2、集矿池处理措施的可行性分析

##### ①集矿池中砂子沉淀需要的时间

因项目只是进行物理选矿，不加药剂，污染物不溶出。沉淀池中砂子是否有足够的沉淀时间是回用水水质的保证的关键。

集矿池矿砂的沉淀时间可以才采用溢流中最大颗粒的自由沉降速度可以根据斯托克

斯公式计算：

$$\mu_0=5450 (\rho_T-1) d^2$$

$\mu_0$ —溢流中最大颗粒的自由沉降速度，cm/s；

$d$ —溢流中允许的最大固体颗粒直径，cm，脉石矿物最大颗粒约 10 $\mu$ m；

$\rho_T$ —拟截留矿物的密度，g/cm<sup>3</sup>，尾砂（主要是石英）为 2.5t/m<sup>3</sup>（石英的密度 2.5~2.8t/m<sup>3</sup>）；

根据上式， $\mu_0=5450 \times (2.5-1) \times (10 \times 10^{-4})^2=0.008175$ （cm/s）

集矿池水池的深度按 3m 计，砂子在沉淀池中完成沉淀时间为 300cm÷0.008175（cm/s）=10h。

#### ②集矿池中废水循环的时间

沉淀池的设计参数见表4.11-1所示。根据该设计，选矿沉淀池中换一次水的时间为 331h>10h。故该项目循环周期内有足够的时间进行沉淀。

表 4.11-2 项目选矿集矿池建设情况一览表

名称	面积 (m <sup>2</sup> )	深度 (m)	容积 (m <sup>3</sup> )	年处理循环废水量 (m <sup>3</sup> )	年处理时间 (h)	循环周期 (h)
集矿池 1、2、3（选矿循环水池）	1151	3	3453	50000	4800	331

综上所述，生产废水回用处理措施可行。

### 4.11.2 初期雨水收集措施

因项目物料具有一定放射性，如果初期雨水冲洗物料堆场，初期雨水所携带的 SS 将具有一定的放射性。为防止雨水携带放射性原料污染外环境，项目从源头切断放射性物料被初期雨水冲洗的可能性：厂区内成品仓库、及研磨项目的原料（锆英砂）仓库、成品仓库均已位于室内，中矿、尾砂仓库拟建于室内。综上，基本上不存在初期雨水的污染源头。

项目切断初期雨水外带放射性物料还有第二道保险。即便初期雨水中含有少量的 SS，本项目为了确保初期雨水不外带放射性物料，厂区内设置的雨水收集系统（图 2.5-3），雨水通过雨水管网，汇入初期雨水池（540m<sup>3</sup>），经过沉淀后的雨水作为生产用水回用。

综上所述，初期雨水收集措施可行。

### 4.11.3 地下水保护措施

#### 1、源头控制

##### (1) 物料的渗漏

##### 1) 控制原料仓库淋滤水量

项目原料仓库的场底部均需要硬底化，地面均为水泥材质，针对只有 SS 污染的废水可以起到有效的防渗效果。原料仓库位于室内，基本不与雨水接触，避免固体废物淋滤液的产生。

##### 2) 避免尾砂的淋滤水量

将最终的尾砂暂存于锆钛尾矿库中，锆钛尾矿库位于室内，基本不与雨水接触，避免固体废物淋滤液的产生。锆钛尾矿库地表水泥硬化防渗。

##### 3) 严控独居石暂存间

独居石具有较高的放射性水平，暂存于密闭仓库，不与雨水接触。独居石暂存间地面水泥硬化，防止独居石高放射性物质进入地下水环境。

##### (2) 生产废水渗漏防护措施

根据前面工程分析可知，类比项目循环水池选矿废水监测指标均不会超过《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类水质标准的要求。故本项目选矿生产废水经沉淀处理后循环利用，不外排；因此，选矿废水会对地下水产生的影响较小，对集矿池（循环水池）做简单防渗处理即可。

#### 2、分区防控措施

按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016) 的要求，本项目对上述几个场区按照建设场地天然包气带防污性能、污染控制难易程度和污染特性，确定相应的防渗分区等级，并提出防渗技术要求。同时根据《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) 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  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果。因此独居石暂存库还应满足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。

表 4.11-3 地下水污染防渗分区参照表

防渗分区	天然包气带防污性能	污染控制难易程度	污染物类型	防渗技术要求
重点防渗区	弱	难	重金属、持久性有机物污染物	等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0\text{m}$ , $K \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ; 或参照 GB18598 执行
	中-强	难		

	弱	易		
一般防渗区	弱	易-难	其他类型	等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5m$ , $K \leq 1 \times 10^{-7} cm/s$ ; 或参照 GB16889 执行
	中-强	难		
	中	易	重金属、持久性有机物污染物	
	强	易		
简单防渗区	中-强	易	其他类型	一般地面硬化

根据项目可能产生地下水污染源，评价分析认为需要采取防渗措施的场区包括：原料仓库、锆钛尾矿库、初期雨水池、应急池、集矿池（循环水池）、沉淀池、独居石仓库等。具体分区防控措施分析如表 4.11-3 所示，分区防渗图如 4.11-3。

表 4.11-4 项目场区地下水污染防渗分区分析表

项目场区	天然包气带防污性能	污染控制难易程度	污染物类型	防渗分区等级	防渗技术要求	拟采取防渗措施
独居石仓库	中	易	其他类型	简单防渗区	根据 HJ1114-2020，提升防渗效果至：不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} cm/s$ 、厚度为 2m 的粘土层	不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} cm/s$ 、厚度为 2m 的粘土层和密闭
摇床车间	中	易	其他类型	简单防渗区	一般地面硬化	水泥硬底化
锆钛尾矿库	中	易	其他类型	简单防渗区	一般地面硬化	水泥硬底化、室内
原料仓库	中	易	其他类型	简单防渗区	一般地面硬化	水泥硬底化、室内
集矿池、沉淀池、初期雨水池、应急水池等	中	易	其他类型	简单防渗区	提升防渗效果至：不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} cm/s$ 、厚度为 2m 的粘土层	不低于渗透系数为 $1 \times 10^{-7} cm/s$ 、厚度为 2m 的粘土层

根据表 4.11-3 分析，项目上述场区在基础施工建设时，独居石仓库对基础地面进行防渗和密闭仓库；锆钛尾矿库基础地面进行水泥硬底化；原料仓库对基础地面进行水泥硬底化；集矿池、沉淀池、初期雨水池、应急水池等隐蔽性半地下式水池构筑物提升防渗效果至：不低于渗透系数为  $1 \times 10^{-7} cm/s$ 、厚度为 2m 的粘土层，能满足防渗要求；摇床车间地面水泥硬化，并配套做好化粪池的防腐防渗措施的要求。

图 4.11-3 项目场地地下水防渗分区示意图

### 3、地下水跟踪监测

为保证地下水监测有效、有序管理，须制定相关规定、明确职责，采取相应管理措施和技术措施：

①.利用厂区原有的地下水水井，设置 1 个地下水监测点，定期取水样分析地下水的放射性指标；

②.按照《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）的要求，及时上报监测数据和有关表格；一旦发现地下水监测数据异常，应尽快核查数据，确保数据的正确性，并将核查过的监测数据通告伴生矿选矿项目环保管理部门，由专人负责对数据进行分析、核实，并密切关注生产设施的运行情况。

#### 4.11.4 副产品（尾砂）处理措施

本项目副产品是尾砂。尾砂主要成分为石英砂，原矿经多重选矿后，放射性物质基本进入产品中，尾砂中放射性含量较低；经类比，产生的尾砂天然放射性核素浓度值均小于 1Bq/g。

选矿尾砂一般暂存厂内锆钛尾矿库，项目尾砂产量为 4250t/a，正常来说，尾砂堆存至一定量经检测放射性达标后即可外卖。但由于原矿的特殊性，且原矿放射性水平有所差别，建议其尾砂适用范围为非“民用建筑”使用。

由于原矿来源较杂，放射性水平高低不同，每批次尾砂产生后需经有资质单位检测，确定属于免管范围才可卖出，如高于免管范围，将再次进入选矿流程。每批次尾砂的检测资料及数量、去处均应有相应的记录和台账，使其处于有效监管之下。

#### 4.11.5 废气处理措施

项目产生的废气污染物主要为烘干炉废气、热风炉废气、原料仓库扬尘、电选及磁选车间粉尘。其中烘干炉废气、热风炉废气为有组织排放，其余污染源为无组织排放。

##### （1）烘干炉、热风炉废气

项目拟配套建设“旋风除尘+湿法除尘”对烘干炉废气进行处理，废气经处理后通过 20 米高排气筒排放。废气处理工艺流程图见图 4.11-4。



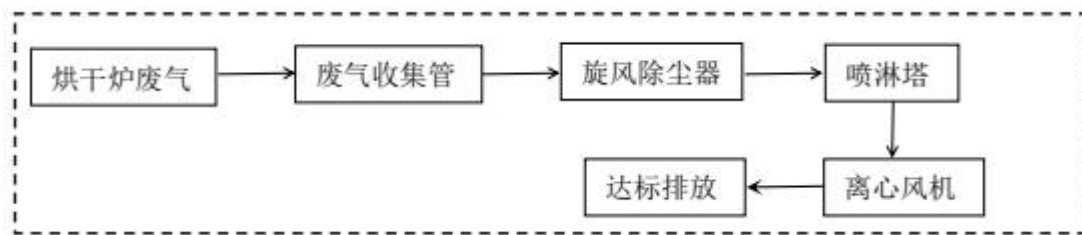


图 4.11-4 烘干炉废气处理工艺流程图

## (2) 无组织废气

原料上覆防尘布，并堆放于车间内部，选矿产生的中间产品、产品及时用袋装仓库存储；电选机、磁选机进出料口设置挡风遮盖，减少出口处粉尘产生，设备之间物料输送采用密封物料泵、管道或输送带（加盖密闭）输送。

综上所述，运营期产生的废气在经以上防治措施处理后，能得到有效的控制，对周边环境影响较小。

## 4.11.6 辐射防护保护措施

### 4.11.6.1 分区管理

项目设独居石暂存库。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），把辐射工作场所划分为控制区和监督区（图 4.11-5），以便于辐射防护管理和职业照射控制：

**控制区：**将本项目独居石仓库外正门 3m，其他三面墙体侧外 1m 区域，设为控制区，控制区内非专业工作人员不得入内。

**监督区：**将原料仓库、成品仓库、硅酸锆生产、电磁选等区域设为监督区，尽量减少无关人员进入。

图 4.11-5 辐射工作场所分区

### 4.11.6.2 设置独居石暂存库

电磁选区域

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）管理要求，根据物料来源、放射性水平等进行合理的贮存区域划分。

选矿产品独居石具有较强的放射性，为减少产品放射性影响，在独居石未出厂前，将设置专门的独居石暂存库单独存放独居石，并采取实体隔离措施，防止无关人员进入。

## (1) 选址合理性



### 1) 独居石库选址合理性

选矿产品独居石具有一定的放射性，为减少产品放射性影响，在厂区中部设置了专门的仓库存放独居石，南侧为仓库，区域人员活动较少，选址合理可行。

### 2) 独居石中矿电磁选工作区的选址合理性

扩建选矿项目会产生少量独居石中矿，直接进入独居石电磁选工序，为减少独居石中矿分选过程中产生的放射性影响，本次扩建项目拟在锆英分选机组 2 车间内设置独居石中矿电磁选工作区，该区域离独居石库较近，人员活动较少，选址合理可行。

独居石仓库	独居石分选区	锆英分选机组2车间
-------	--------	-----------

图 4.11-6 独居石车间平面布置图

## (2) 设计可行性

### 1) 独居石库的设计可行性

#### ①独居石库容量的可行性

项目年产独居石 2000t/a，约占有效容积 400m<sup>3</sup>（比重取 5t/m<sup>3</sup>），独居石暂存库面积 250m<sup>2</sup>，高 8m。独居石采用 2 吨印字袋进行包装，吨袋尺寸为 90cm×90cm×110cm，按照吨袋之间预留 0.2m 的空隙考虑，平均每个吨袋所占面积约 1m<sup>3</sup>，故理论上每层可存放 250 个吨袋，按堆存 3 层考虑，现有独居石库最多可以储存 750 个吨袋，即 750t 独居石。按每 2 个月周转一次计，则最大贮存量约 333t，可完全满足容量要求。在后期运营过程中，建设单位应严格控制独居石中矿和独居石的存库和销售，保证在厂内的储存量远小于独居石库的容量，库存较大时，及时进行生产或出售。

#### ②独居石库屏蔽措施的可行性

##### i 独居石暂存库屏蔽防护设计

本项目独居石暂存库占地面积为 250m<sup>2</sup>，长 36m，宽 7m，高 8m，年产独居石 2000t，平均每两个月销售一次，暂存量约 333t，体积约 66.7m<sup>3</sup>（保守以 100m<sup>3</sup> 计）。独居石用 2 吨印字袋打包后存放于暂存库的中央地带，堆高 3.5m（三层），堆放区域尺寸按 20m×2m，与暂存库墙体最近距离为 2.5m，与暂存库大门最近距离为 13m。独居石暂存库主要屏蔽设计参数见表 4.11-4，设计示意图见图 4.11-7。

表 4.11-5 独居石暂存库的主要屏蔽计算参数

位置	屏蔽材料	厚度 (mm)	备注
暂存库墙体	砖混结构	300	墙体高 8m
暂存库大门	铁门	90	

图 4.11-7 独居石暂存库设计图

## ii 独居石暂存库屏蔽防护设计估算

无辐射屏蔽时的空气吸收剂量率公式参考《电离辐射剂量与防护概论》（南华大学核科学技术学院，2011 年）中的无限大体积源计算公式和相关参数，空气吸收剂量率随距离变化的计算公式见下式。

$$D=33.85 \times 3600 \times 10^6 \times 4\pi \times A_s \Gamma / u$$

式中：

$D$ ——无辐射屏蔽时的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

33.85——吸收剂量率与照射量率转换系数；

$3600 \times 10^6$ ——为  $\text{Gy/s}$  和  $\mu\text{Gy/h}$  的单位换算；

$A_s$  ——球中心放射性物质的比活度， $\text{Bq/m}^3$ ；

$\Gamma$  ——照射量率常数，根据《辐射防护概率》（2002 年 7 月版）表 3.4 中取  $^{226}\text{Ra}$  的  $1.758\text{E-}18\text{C}\cdot\text{m}^2/(\text{kg}\cdot\text{Bq}\cdot\text{s})$ ；

$u$  ——源物质对  $\gamma$  射线的线减弱系数，由于独居石为砂粒状，主要包含稀土、二氧化锆、二氧化硅等成分，通过查阅《辐射防护手册（第一分册）》辐射源与屏蔽章节中表 5.7 可知，Si 的  $\mu/\rho$  为  $0.0297\text{cm}^2/\text{g}$ ，本项目独居石密度以  $5\text{g/cm}^3$  计，故  $\mu$  取  $14.85\text{m}^{-1}$ 。

表 4.11-6  $\gamma$  剂量估算结果

核素	计算参数			计算结果
	$A_s$ ( $\text{Bq/m}^3$ )	$\Gamma$ ( $\text{C}\cdot\text{m}^2/(\text{kg}\cdot\text{Bq}\cdot\text{s})$ )	$U$ ( $\text{m}^{-1}$ )	$D$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$^{226}\text{Ra}$	1.70E+07	1.758E-18	14.85	11.58

有辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式如下：

$$D_\gamma = D \times 10^{-d/TVL}$$

式中：

$D_\gamma$  ——经屏蔽后的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$D$  ——无辐射屏蔽时的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$d$  ——屏蔽层厚度， $\text{cm}$ ；

$TVL$  ——屏蔽材料的什值层厚度， $\text{cm}$ 。使辐射水平降至 1/10 的屏蔽层厚度称为十分之一值层。利用十分之一值层可以简便估算所需屏蔽材料的厚度，用  $TVL$  表示

在进行估算时， $TVL$  查询《辐射防护手册（三）》表 2.12 获得，通过查阅《实用辐射安全手册》（从惠玲主编）可知，镭（ $^{226}\text{Ra}$ ）的主要  $\gamma$  射线能量为  $0.183\text{MeV}$ ；屏蔽层厚度

d 取设计独居石库的厚度（混凝土墙体 30cm，铁门防护当量 9cm）进行计算。计算参数及结果如下：

表 4.11-7 屏蔽层厚度计算结果

核素	γ射线能量 (MeV)	材质	计算参数			计算结果
			D (μGy/h)	D (cm)	TVL (cm)	D <sub>γ</sub> (μGy/h)
<sup>226</sup> Ra	0.183	铁门	11.58	9	2.42	0.002
		混凝土		30	20.46	0.396

由上表可知，本项目独居石库采用水泥混凝土墙体作为屏蔽墙，墙体厚 30cm，建设 9cm 厚的铁防护门能满足四周墙外及库门外的γ辐射空气吸收剂量率 < 2.5μGy/h 的辐射防护要求。

## 2) 独居石中矿电磁选工作区的设计可行性

本次扩建项目拟在锆英分选机组 2 车间内设置独居石电磁选工作区，下面计算独居石中矿电磁选工作区屏蔽措施的可行性。

独居石中矿 <sup>226</sup>Ra 的比活度取 10973.5Bq/kg（厦门建发能源有限公司年储运 15 万吨独居石中矿项目独居石中矿的核素活度最高值，附件 6），日均处理独居石中矿的量约为 6.7t，经计算可知，独居石中矿电磁选工作区在不设置屏蔽措施的情况下γ辐射空气吸收剂量率为 0.267μGy/h，计算结果如下。

表 4.11-8 γ剂量估算结果

核素	计算参数			计算结果
	As (Bq/m <sup>3</sup> )	Γ (C·m <sup>2</sup> / (kg·Bq·s))	U (m <sup>-1</sup> )	D (μGy/h)
<sup>226</sup> Ra	1.47E+06	1.758E-18	14.85	0.267

建设单位为保守起见，为独居石中矿电磁选工作区设置了 8cm 厚的混凝土墙进行隔断，并设置了专门的铁防护门（厚度约 0.5cm）。通过上式进行计算可知，独居石中矿电磁选工作区的屏蔽措施能满足墙外及门外的γ辐射空气吸收剂量率 < 2.5μGy/h 的辐射防护要求，计算结果如下。

表 4.11-9 屏蔽层厚度计算结果

核素	γ射线能量 (MeV)	材质	计算参数			计算结果
			D (μGy/h)	D (cm)	TVL (cm)	D <sub>γ</sub> (μGy/h)
<sup>226</sup> Ra	0.183	铁	0.267	0.5	2.42	0.166
		混凝土		8	20.46	0.108

### (3) 独居石管理及储存

将独居石袋装后放置在置物架上，独居石地面要硬底化，其设计除具备放射性防护要求外，还需兼顾通风、遮雨、安全、防渗漏等要求。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）管理要求，需达到渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度为 2m 的粘土层的防渗效果。

独居石暂存库管理按要求双人双锁，专人负责，门上张贴电离辐射标志（根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F，警告标志其背景为黄色，正三角形边框及电离辐射标志图形均为黑色，“当心电离辐射”用黑色粗等线体字，正三角形外边  $a_1=0.034L$ ，内边  $a_2=0.700a_1$ ，L 为观察距离。对独居石暂存库应严格执行台账制度，由专人负责，准确无误的登记独居石来源去向，并且实行联单管理。对独居石暂存库设置监控。

为尽量减少不必要的辐射，独居石暂存库外正门 3m，其他三面墙体侧外 1m 区域设为控制区，该区域画线明示，与暂存库同设为控制区，不允许非专业工作人员入内。

#### 4.11.6.3 设置货车喷淋设备

货车出厂前，建议设置通过专门的喷淋设备，对车轮进行清洗后再从通道出去，防止放射性物质由汽车车轮带出厂区。

#### 4.11.6.4 车辆运输风险防护措施

为满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中要求，本项目原料进入国内港口后，使用汽车运输至本项目厂址内，成品一般使用汽车运输至下游企业。从港口码头运输至厂区运输过程中的安全责任主体为九龙江陶瓷原料有限公司，发生运输风险时，由九龙江陶瓷原料有限公司主要负责，控制风险的发生，及时处置风险事故现场，产品的运输风险责任主体为下游企业。

运输过程设置合理的原料及产品（特别是锆英砂、独居石）运输路线，建议项目物料运输过程中，从厦门港——东渡路——左岸路——杏林大桥——杏前路——沈海高速——厦蓉高速——永漳高速——S208——X583——厂房南侧道路进出公司。原料和产品（特别是硅酸锆、独居石）运输前应该进行严密包装，货物装车后应及时封闭车辆。并选择风险控制信用较好的运输单位进行原料和产品的运输，定期对运输汽车进行维修和保养、提高驾驶人员安全意识，防止极端交通事故发生，以避免对沿线道路及周边环境形成放射性污染，在车上常备有应急物品，包括防护口罩、防护手套、护目镜等防护用品。

运输工作人员应接受相关辐射防护措施等方面的培训：

- (1) 避免事故发生的方法和程序；
- (2) 应急响应信息以及如何利用这些信息；
- (3) 各种放射性物品的危害和如何防止受到这些危害，必要是包括人员防护服和防护设备的使用；
- (4) 发生放射性物质以外释放时立即采取的程序，包括相关的应急响应程序和要遵守的人员防护程序。

一旦在运输原料及产品期间发生事故时，需要启动应急响应程序。当原料及产品（特别是硅酸锆、独居石）发生撒漏、外逸时，应立即疏散无关人群，佩戴口罩，避免对物料的吸入内照射，尽快将撒漏的物料安全装至运输车内，最后确保环境中无遗留的原料及产品（特别是硅酸锆、独居石）；若车辆发生事故，应疏散无关人群，立即调派其他运输车辆将事故车辆内的物料转移。

#### 4.11.6.5 合理布局

根据气象资料可知，该区常年主导风向为 ESE，因此厂区东部、南部的综合办公室、宿舍楼等工人密集区域不位于主导风向的下风向，受项目生产区的粉尘废气、噪声影响较小；而污染影响较大的选矿设施均布置在厂区下风向。独居石暂存库拟建于电磁选区域中部南侧，区域人员活动较少。该厂布局较为合理。

#### 4.11.6.6 通排风

根据工艺条件设置通风系统，包括局部通风系统和自然通风系统。

①烘干区：设置局部通风除尘系统，主要去除烘干粉尘，用旋风除尘器+水喷淋除尘设施处理后外排。

②独居石暂存库：采用 1 台挂壁风机通风，通风系统通风量为 5000m<sup>3</sup>/h，每次进去独居石暂存库之前，一定要保证先通风半个小时以上。

#### 4.11.6.7 辐射防护管理措施

本项目除采取上述污染防治设施以外，建设单位还制定了以下辐射防护管理制度和措施，主要包括：

①个人防护工作：给员工配备的个人的劳保防护用品（如工作服、手套，口罩等）；为了减少放射性物质进入体内的机会，不在车间内吸烟，不在车间内进餐；经常注意修



剪指甲、剪短头发，以免积存放射性物质；还应注意保护皮肤的清洁完整。在工作中，皮肤受了损伤，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。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。

对于重点岗位（独居石仓库、电锆英分选机组车间、球磨车间等）工作人员配带个人剂量计，进行常规个人剂量监测，并对个人监测结果逐个记录存档；公司全体员工应建立职业健康档案；对身体条件不符合生产岗位的要调整其工作岗位；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，对所受照射剂量超过 5mSv 的工作人员调整至其他剂量较小的工作岗位。

② 指定专人负责进行放射性 $\gamma$ 辐射定点巡检，按期进行监测和风险评价，发现异常时，应及时找出原因并予以处理。

③ 对于独居石，建立完备进出台账业务，对于独居石具体数量和去向有完整记录。

④ 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。

## 第 5 章 辐射环境管理和辐射监测

### 5.1 辐射环境管理

### 5.2 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、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。

#### 5.2.1 独居石暂存库管理制度

1、对独居石进出应执行台账制度，由专人负责，准确无误的登记独居石的来源去向，并且实现转移联单管理。

2、独居石暂存库须设立警示标志。

3、独居石须专库保管。

4、设双人双锁，库房保管员须认真履行职责，库房钥匙不准乱丢乱放，不准随意转交他人保管。

5、库房保管员须定期对库房进行巡视检查，发现异常及时报告。

#### 5.2.2 辐射检测管理制度

1、根据《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）》（2018），每年外委进行流出物及辐射环境年度检测，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。

2、单位购买 $\gamma$ 剂量率仪，设立专人检测小组，定期在厂内及厂区周边进行巡检，每月

一次，厂区内设置 5 个点以上（尤其加强对办公、生活区域的监测），厂区外设置点位 4-5 个。巡检数据登记入册存档，参加检测录入数据人员签字负责。发现数据异常即报辐射环境管理小组。

### 5.3 人员辐射管理

由于现有项目存在非伴生放射性工作人员，因此需对本项目非伴生放射性工作人员进行严格限制进入伴生放射性工作场所内，要求如下：

①给员工配备的个人的劳保防护用品（如工作服、手套，口罩等）。在工作中，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放射性区域外，减少放射性工作人员携带粉尘进入非伴生放射性区域的可能性。

②合理优化非伴生放射性工作人员和放射性工作人员的住宿区域，进行区域划分，出入口标注电离辐射标志，禁止非伴生放射性工作人员进入放射性工作区域。

③指定专人负责进行厂区范围内的放射性 $\gamma$ 辐射定点巡检，按期进行监测和风险评价，发现异常时，应及时找出原因并予以处理。

④厂内安排统一食宿时，放射性工作人员与非伴生放射性工作人员应分开就餐，分开住宿。

### 5.3.1 辐射工作人员安排

本项目涉及辐射相关的工作人员中生产工作人员 60 人，管理岗位工作人员 15 人，原有伴生放射性工作人员 15 人，新增伴生放射性工作人员 45 人，对所有伴生放射性工作人员统一调配。不同岗位工作人员情况见下表。

表 5.3-1 涉及辐射工艺中不同岗位工作人员情况表

序号	工作岗位	工作场所	人数	工作制度	每班工作时间 h	车间内工作时间 h	辐射剂量约束值 (mSv/a)	备注
1	管理人员	办公楼	15	一班制	8	0	4	根据《放射工作人员健康要求及监护规范卫生健康标准》（2020 年版），管理人员属于放射工作人员：受聘用全日、兼职或临时从事放射工作的任何人员，考虑到管理人员未全年进入生产场所内开展生产工作，故取 4.0mSv/a 作为管理工作人员剂量约束值
2	摇床车间	原料仓库 摇床车间	4	三班制	8	4 4	5	主要活动车间包括摇床车间和原料仓库，时间分配为 1:1，每班受照射时间分别为 4h
3	电磁选 (锆英分选机组车间等)	电磁选区域 锆英仓库 金红车间 独居仓库	8	三班制	8	4.99 1.5 1.5 0.01	5	锆英仓库、金红车间主要是打包作业，每班受照射时间各 1.5h；电磁选区域，电磁选设备采用自动化生产设备，工作人员主要是用运输物料或产品时会进入车间内，受到外照射，每班受照射时间为 4.9h；独居仓库每班年受照射时间为 0.01h。
4	硅酸锆生产	硅酸锆区域 干燥车间 半成品仓库 成品库	5	三班制	8	3 2 1 2	5	成品库，主要是打包作业，每班受照射时间 2h；半成品库主要是运输作业，每班受照射时间 1h；干燥车间采用自动化生产设备，工作人员主要是检查烘干炉工况时会进入车间内，受到外照射，每班受照射时间为 2h；其余时间位于硅酸锆生产区域，每班受照射时间为 3h。
5	烘干车间	烘干炉车间 浮选擦洗机组车间 螺旋分选机组车间	3	三班制	8	3 3 2	5	三个车间均采用自动化生产设备，工作人员主要是检查设备工况时会进入车间内，受到外照射，每班受照射时间分别为 3h、3h 和 2h

### 5.3.2 辐射工作人员管理

(1) 对厂内接触伴生矿生产的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。

(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) 原料仓库、仓库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。

(4) 此外，针对辐射工作人员的个人防护制定了辐射防护管理制度：

①进出工作场所佩戴个人剂量报警仪；

②为了减少放射性物质进入体内的机会，不在车间和仓库内吸烟，不在车间和仓库内进餐；

③经常注意修剪指甲、剪短头发，以免积存放射性物质，还应注意保护皮肤的清洁完整，工作完毕需及时清洗，换洗衣服，防止放射性残留；

④配备个人劳保防护用品；

⑤佩戴个人剂量片；

⑥全体员工应建立职业健康档案；

⑦对身体条件不符合生产岗位的要调整其工作岗位；

⑧合理优化职工人数和工作时间，尽量减少员工与伴生放射性物料的接触时间，对所受照射剂量超过 5mSv 的工作人员调整至其他剂量较小的工作岗位；

⑨工作岗位人员工作时应佩戴个人剂量计。

### 5.3.3 日常环保管理要求

本项目设有多项环保设施（含辐射防护措施），在平时运营时需做好管理，具体管理要求见下表。综合分析，项目拟采取的各辐射防护措施具有可行性。

厂内矿料在运输过程中会有散落，由于产品均使用吨袋包装，故仅在原料和中矿矿料运输过程中会产生散落现象。当发生大量矿料散落时，应及时清扫，对收集的散落矿料进行后续工序的处置：如中矿进螺旋选矿、摇床和电磁选工序等。另外，每天清扫地面，将撒落的少量矿料收集一起，堆存在电磁选车间内，划定一个区域专门储存撒落的矿量，切勿与其他普通生活垃圾和固体废物混合在一起，当撒落的矿料堆存到一定量时，

进入原料重选工序，重新选矿，回收利用。

表 5.3-2 辐射防护设施管理要求一览表

工程组成	工程名称	工程规模	材质及配套要求效果	设备维护
气载流出物控制措施	物料干燥	2 台烘干炉	2 套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+2 根 20m 高排气筒	每半月巡检
		1 台热风炉	1 套“旋风除尘器+水喷淋除尘”+1 根 20m 高排气筒	
	原料矿、成品及石英砂	设置专门的堆存库	禁止露天堆放，原料和成品设置专门的仓库	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	循环沉淀池	1500m <sup>3</sup>	能满足正常硅酸锆生产要求、循环水不外排，水泥硬底化，且循环水与雨水收集做到雨污分流。	每半月巡检，每半年采样送检
		3453m <sup>3</sup>	能满足正常选矿要求、循环水不外排，水泥硬底化，且循环水与雨水收集做到雨污分流。	
	初期雨水池	540m <sup>3</sup>	能满足初期雨水容纳要求	每半月巡检
	事故应急水池	300m <sup>3</sup>	能满足应急要求	每半月巡检
地下水辐射防护措施	监测井水	1 个	设于厂区内	每半年采样送检
	独居石仓库、集矿池、沉淀池、初期雨水池、应急水池等	/	水泥硬底化、防渗透不低于渗透系数为 1×10 <sup>-7</sup> cm/s、厚度为 2m 的粘土层	每月巡检
物料储存管理措施	原料矿、成品及尾砂	设置专门的堆存库	门上张贴电离辐射标志、进出台账设置	每月巡检
	独居石	设置独居石暂存库	砼墙铁门，双人双锁、专人负责，门上贴电离辐射标志、设进出台账、防护门常关闭	每周巡检
其他放射性防治措施	辐射监测仪	1 台	便携式γ剂量率仪、表面污染监测仪	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查	每季度送检
	车间、仓库	电磁选区域、原料堆场、仓库等	通风，室内形成微负压	每月巡检

## 5.4 年度监测

《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）》（2018），企业需进行流出物和辐射环境年度监测，以判断伴生放射性矿开发利用活动流出物是否达标排放；掌握活动期间辐射环境质量，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。

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。本项目将委托有资质单位完成年度监测，并完成年度报告和信息公开。

《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）》年度监测要求，对工作场所没有作要求，考虑空气氡浓度对职业人员剂量的影响较大，加测工作场所氡浓度及钍射气浓度。

### 5.4.1 流出物监测

根据《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）》（2018），结合本项目特点，本项目流出物监测方案如下：

表 5.4-1 流出物监测方案

介质	采样点或监测点	监测项目	频次	备注
废气	独居石仓库排风口	U <sub>天然</sub> 、Th	1 次/半年	两次监测的间隔时间应不少于 3 个月
	烘干炉、热风炉废气排口			
	厂界无组织	铀钍总量		
	独居石仓库、各车间	γ辐射剂量率、 <sup>222</sup> Rn 及其子体、钍射气		

### 5.4.2 辐射环境监测

根据《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）》（2018），结合本项目特点，本项目辐射环境监测方案如表 5.4-2。

表 5.4-2 辐射环境监测方案

介质	采样点或监测点	监测项目	频次	备注
空气	设施周围最近居民点； 最大风频下风向 500 米内最近居民点； 对照点	<sup>222</sup> Rn 及其子体、钍射气	1 次/半年	
陆地γ	厂界四周不少于四个点；空气；土壤采样布点处；易洒落矿物的公路；对照点	γ辐射空气吸收剂量率	1 次/半年	
地表水	项目附近汰口溪上游、下游各设置 1 个监测点位	U <sub>天然</sub> 、 <sup>226</sup> Ra、Th	1 次/半年	
地下水	厂内水井、西坑村水井	U <sub>天然</sub> 、 <sup>226</sup> Ra、Th	1 次/年	
土壤	厂界四周 500 米范围内土壤； 排气口最大风频下风向 500 米范围内土壤； 厂界最近的农田； 对照点	U <sub>天然</sub> 、 <sup>226</sup> Ra、Th	1 次/年	包括排气口最大落地点附近的土壤

### 5.4.3 物料监测

原料、产品，均要进行  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$  放射性比活度检测，每年一次。

### 5.4.4 监测分析方法

优先采用国家标准、环境保护行业标准和其他行业标准分析，推荐的分析方法如下：

表 5.4-3 环境辐射监测分析方法

监测项目	监测介质	标准编号	标准名称	备注
$\gamma$ 辐射剂量率	空气	HJ 1157-2021	环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范	
氡及其子体	空气	HJ1212-2021	环境空气中氡的测量方法	
铀	空气 水样 土壤	GB/T14506.30-2010	硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定	适合土壤和底泥铀的测定
		HJ700-2014	水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	适合水中铀的测定
		HJ657-2013	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	
		GB/T11713-2015	高纯锆 $\gamma$ 能谱分析通用方法	
钍	水样 空气 土壤	HJ700-2014	水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	
		GB/T11713-2015	高纯锆 $\gamma$ 能谱分析通用方法	
		GB/T14506.30	硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定	适合土壤和底泥中钍的测定
		HJ657-2013	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	
$^{226}\text{Ra}$	土壤	GB/T11713-2015	高纯锆 $\gamma$ 能谱分析通用方法	
	水样	GB/T11214-89	水中镭-226 的分析测定	
总 $\alpha$	水样	HJ 898-2017	水质 总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法	
总 $\beta$	水样	HJ 899-2017	水质 总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法	

### 5.4.5 监测布点图

图 5.4-1 辐射环境监测取样布点图



## 5.5 尾砂监测

每批次产生的尾砂，均要进行  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$  放射性比活度检测，检测方法参照表 5.4-3。

## 5.6 质量保证

(1) 外委监测项目委托具有计量认证 (CMA) 的单位完成。

(2) 现场采样、测量时的质量保证：采样布点按设计书要求进行，用表格形式详细记录样品采集和测量的有关参数。并按有关规范要求办理样品交接手续。样品的处理和保存均按有关规范进行。

(3) 仪器、量具的刻度、检定和三性检查：本项目所用仪器、量具，不管是外委监测项目还是单位自检使用  $\gamma$  剂量率仪，使用前均经过国家质量技术监督部门的刻度校正和进行三性（准确性、稳定性、可靠性）测定，符合要求。

(4) 实验室样品分析全部采用已经颁布的国家标准方法，使用经过国家标准部门鉴定过的标准物质和质量控制样品。

(5) 关键岗位辐射工作人员（独居石、电磁选车间）工作前需取得辐射安全培训合格证书，配备个人剂量计，按要求开展个人剂量监测工作，建立个人剂量监测档案。

## 5.7 竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用；在建设项目竣工后，进行项目竣工环保验收。

根据《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的格式与内容》(HJ 1148-2020)，本项目生产建设以及环境保护情况，本次环评建议项目污染影响验收一览表以及建议验收监测内容分别见表 5.7-1 和表 5.7-2，具体由验收单位确认。

表 5.7-1 项目污染防治措施“三同时”验收一览建议表

防治对象	验收内容	验收标准和要求
生产废水	集矿池、沉淀池	正常使用，集矿池、沉淀池体积满足要求，废水不外排；池底硬底化
初期雨水	初期雨水池	容积满足要求，池底硬底化
独居石	独居石仓库的建设和管理	独居石暂存库按规范建成，地面防渗处理，实行双人双锁、监控、张贴电离标志，并画出控制区范围，运行管理