
赣州稀土矿业有限公司
稀土矿山整合（二期）技改项目
环境影响报告书
地下水环境影响专题报告
—信丰县矿区
（公示稿）

建设单位：赣州稀土矿业有限公司

评价单位：北京中地泓科环境科技有限公司

二〇二二年四月

目 录

前言	1
1 总论	2
1.1 项目概况	2
1.2 主要工程内容	2
1.2.1 注液工程	2
1.2.2 收液工程	3
1.2.3 采场清污分流工程	4
1.2.4 富集站	4
1.2.5 环保工程	4
1.3 环境影响识别	4
1.3.1 地下水环境评价执行标准	4
1.3.2 地下水环境影响识别	4
1.4 评价任务	7
1.5 报告编制依据及工作程序	7
1.5.1 编制依据	7
1.5.2 工作程序	9
1.6 评价等级	9
1.7 调查评价范围与地下水环境保护目标	9
1.7.1 稀土矿矿区评价范围	10
1.7.2 环境保护目标	11
2 区域环境概况	14
2.1 地理位置	14
2.2 地形地貌	14
2.3 气象水文	14
2.3.1 气象	14
2.3.2 水文	15
2.4 区域地质概况	16
2.4.1 地层岩性和地质构造	16
2.4.2 岩浆岩	17
2.5 区域水文地质条件	18
2.5.1 地下水类型及富水性	18
2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件	19
2.5.3 地下水动态特征	20
3 评价区地质与水文地质	21
3.1 信丰安西稀土矿评价区地质条件与水文地质条件	21

3.1.1	地形地貌	21
3.1.2	地层岩性	21
3.1.3	水文地质条件	22
3.1.4	地下水开发利用现状	23
3.1.5	污染源调查	23
3.2	信丰虎山、烂泥坑稀土矿评价区地质条件与水文地质条件	24
3.2.1	地形地貌	24
3.2.2	地层岩性	24
3.2.3	水文地质条件	25
3.2.4	地下水开发利用现状	26
3.2.5	污染源调查	26
3.3	信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿评价区地质条件与水文地质条件	27
3.3.1	地形地貌	27
3.3.2	地层岩性	27
3.3.3	水文地质条件	28
3.3.4	地下水开发利用现状	29
3.3.5	污染源调查	30
4	地下水环境质量监测与评价	31
4.1	环境质量现状监测	31
4.1.1	监测点位布设	31
4.1.2	监测项目	31
4.1.3	监测频次	31
4.1.4	监测时间	31
4.1.5	监测分析方法	31
4.1.6	监测结果分析	32
4.2	环境质量现状评价	32
4.2.1	评价方法	32
4.2.2	评价标准	32
4.2.3	评价结果	33
4.3	浸溶试验	33
4.3.1	点位布设	33
4.3.2	监测项目	34
4.3.3	监测时间	34
4.3.4	监测频次	34
4.3.5	监测结果与评价	34
5	地下水环境影响预测与评价	35
5.1	地下水渗流数值模型要素总论	35

5.1.1	水文地质概念模型	35
5.1.2	渗流数学模型	35
5.1.3	渗流数值模型	36
5.1.4	溶质运移数学模型	37
5.1.5	源强赋值及弥散度确定	38
5.1.6	预测时段确定	39
5.1.7	标准限值确定	39
5.2	信丰安西稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	40
5.2.1	模拟区水文地质概念模型确定	40
5.2.2	模拟区渗流数值模型确定	41
5.2.3	模拟区污染源强的确定	42
5.2.4	清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	42
5.2.5	清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价	44
5.3	信丰虎山、烂泥坑稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	46
5.3.1	模拟区水文地质概念模型确定	46
5.3.2	模拟区渗流数值模型确定	47
5.3.3	模拟区污染源强的确定	48
5.3.4	清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	49
5.3.5	清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价	51
5.4	信丰赤岗、窑下稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	53
5.4.1	模拟区水文地质概念模型确定	53
5.4.2	模拟区渗流数值模型确定	54
5.4.3	模拟区污染源强的确定	56
5.4.4	清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	56
5.4.5	清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价	59
5.5	小结	61
6	地下环境保护措施与环境管理	62
6.1	地下水污染防控体系	62
6.2	地下水控制范围	63
6.3	技术路线图	65
6.4	地下水污染防治措施	65
6.4.1	源头削减措施	65
6.4.2	过程管控措施	67
6.4.3	末端风险应急措施	68

6.5 长期监测计划	69
6.6 历史遗留的老矿块地下水氨氮污染防治	70
6.7 居民用水保障措施	70
6.8 制度和管理控制措施	70
6.9 小结	71
7 结论与建议	72
7.1 结论	72
7.1.1 地下水评价工作等级	72
7.1.2 地下水环境质量现状评价	72
7.1.3 环境影响预测与评价	73
7.1.4 地下水环境保护措施	73
7.2 建议	73

前言

赣州稀土矿业有限公司将赣州市 88 个采矿许可证通过整合成为 44 本采矿许可证。整合后矿区总面积 193.267km²，其中包括 19 个整合矿区及 25 个非整合矿区，整合矿区涉及到 8 个资源县的 63 本采矿许可证。分两期进行全市 19 个整合及 25 个非整合矿区的整合，其中整合项目（一期）包括龙南县和定南县稀土矿权已整合完成并取得环评批复，整合项目（二期）包括全南、安远、信丰、寻乌、宁都和赣县稀土矿权的整合迫在眉睫。

本次整合（二期）技改项目包括 17 个稀土矿山，整合后的稀土矿山分别为：宁都县 1 个（黄陂稀土矿），赣县 2 个（大埠稀土及韩坊稀土矿），信丰县 5 个（赤岗稀土矿、窑下稀土矿、虎山稀土矿、烂泥坑稀土矿、安西稀土矿），安远县 4 个（涂屋一稀土矿、涂屋二稀土矿、铜罗窝稀土矿、蔡坊岗下稀土矿），全南县 2 个（长城稀土矿、玉坑稀土矿），寻乌县 3 个（双茶亭稀土矿、园墩背稀土矿、柯树塘稀土矿）。

稀土矿山整合（二期）技改项目所涉及的信丰县现状共有稀土矿山 10 个，整合成 5 个稀土矿山，整合后矿区总面积约 26.6431km²。整合后矿山保有矿石量为**kt，TREO 量为**t，SREO 量为**t，设计利用矿石量**kt，TREO 量为**t，SREO 量为**t。本项目共建设富集站**个，其中**个富集站利用现有水冶车间进行改造，其余全部新建，所有富集站分批次错时改造或建设，第一批启动改造并生产的富集站**个，其余车间接替式启动建设生产。项目采用无铵工艺，以硫酸镁为浸矿剂，原地浸矿工艺采矿，浸矿母液送至富集站采用氧化镁进行沉淀获得稀土富集物。本次环境影响评价为整合项目（二期），赣州稀土矿业有限公司委托北京中地泓科环境科技有限公司承担本项目环境影响地下水专题评价工作。接受委托后，北京中地泓科环境科技有限公司根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）的技术要求，结合拟建项目及区域环境特点及现有资料，编写了该项目地下水环境影响评价工作的工作方案，并在工程分析及影响识别、调查及现状监测的基础上进一步对拟建项目进行地下水环境影响预测及评价，提出环境保护措施，再综合以上条件得出地下水环境影响评价结论。

1 总论

1.1 项目概况

(1) 项目名称：赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合（二期）技改项目-信丰县矿区

(2) 建设单位：赣州稀土矿业有限公司

(3) 项目性质：技改

(4) 项目类别：稀土金属矿采选，B093

(5) 建设地点：江西省赣州市信丰县 安西镇、虎山乡、大桥镇、新田镇

(6) 建设内容：在矿区整合范围内，采用无铵开采工艺，分批次建设富集站，安西稀土矿共设置**个富集站，虎山稀土矿共设置**个富集站、烂泥坑稀土矿共设置**个富集站、赤岗稀土矿共设置**个富集站、窑下稀土矿共设置**个富集站，分批次新建，并配套建设高位水池；富集站内配置沉淀富集池、配液池、产品池、母液中转池、氧化镁浆液池、应急池、尾水处理池等工艺池以及原材料仓库、产品仓库、配电房、硫酸储罐房、水泵房、污泥暂存间、固体废物暂存间及办公生活用房等建（构）筑物

(7) 建设规模：安西稀土矿设计规模为**t/a（折合 REO 计），虎山稀土矿设计规模为**t/a（折合 REO 计），烂泥坑稀土矿设计规模为**t/a（折合 REO 计），赤岗稀土矿设计规模为**t/a（折合 REO 计），窑下稀土矿设计规模为**t/a（折合 REO 计）

(8) 开采工艺：硫酸镁浸矿+氧化镁富集

1.2 主要工程内容

本项目工程包含信丰县安西矿区、烂泥坑矿区、虎山矿区、窑下矿区和赤岗矿区，工程组成主要由原地浸矿采场工程、富集站、环保工程和公辅工程等组成。

1.2.1 注液工程

注液工程主要为采场顶部的高位池及采场表面的注液孔。

(1) 高位池

根据日注液量确定容积，高位池池底和池壁采用防渗膜进行防渗处理，防止浸矿液腐蚀池壁和池底。设置液位控制和监控探头。

(2) 注液孔

注液孔均采用小孔注液，菱形均匀布置，注液深度均在表土层之下，很好的保护表土。

1.2.2 收液工程

收液工程主要由集液巷道、导流孔、集液沟、母液收集池、环保回收井及监测井组成。

(1) 集液巷道

第一级收液系统。矿体下盘布置集液巷道，布置方式为垂直矿体走向，由矿体上盘（山坡坡面）打通矿体至下盘脉外半风化花岗岩，间距一般为 15-20m，巷道断面为梯形（上宽 0.8m，下宽 1.2m，高 1.85m），底板均采用防渗漏处理，坡度为 3~5°。所有巷道底部自里向外挖集液沟，沟宽 0.2m、深 0.1m，巷道底部、集液沟均采用水泥砂浆防渗。

(2) 导流孔

第二级收液系统。集液巷道两侧布置导流孔，导流孔方向为垂直集液巷道走向，孔径为 $\phi 100\text{mm}$ ，倾角为 5-8°，4 孔/m，分两层布置，孔距 0.5m，层间距为 0.3m，交错布置，收集渗漏的母液。导流孔底部进行水泥防渗。

(3) 集液沟。

在集液巷道口沿矿体边界开挖一条集液沟，延伸至母液收集池。宽约 0.3~0.5m，深约 0.3~0.5m，母液经集液巷道和导流孔汇流到集液沟，再经集液沟流到母液收集池。集液沟沟底及外壁用防渗膜进行防渗处理。

(4) 母液收集池

采场浸出来的母液，经集液沟汇集至母液收集池，再用管道将母液送至富集站。母液收集池一般布置在巷道口下部。母液收集池池底和池壁用防渗膜进行防渗处理，防止腐蚀池壁和池底。

(5) 环保回收井

矿体边缘设置 2-3 个环保回收井，直径约为 300mm，孔距为 5~10m，井深视到潜水层或见基岩为准，一旦发现有母液渗下，从抽水井抽水送至富集站处理利用。

(6) 监测井

在矿块下游布置若干个监测井，井深为潜水面以下 1~2m，直径 110mm，监

测井一旦发现超标，即通过环保回收井进行回收至富集站。

1.2.3 采场清污分流工程

(1) 内部避水沟

避水沟为原地浸矿采场集液沟的内侧布置一圈封闭的截水沟将雨水进行截流，防止原地浸矿采场内的雨水汇流进入收液系统。避水沟断面为矩形，断面参数不得小于以下参数值：沟顶宽 0.3m，沟底宽 0.3m，沟深 0.3m，水力坡度不小于 1%；由高到低随汇水增加扩大截水沟过水断面。

(2) 外部排水沟

排水沟为原地浸矿采场集液沟的外侧布置一圈封闭的截水沟将雨水进行截流，防止收液系统外的雨水汇流进入收液系统。截水沟断面为矩形，水力坡度不小于 1%；由高到低随汇水增加扩大截水沟过水断面。

1.2.4 富集站

本项目共建设富集站**个，所有富集站分批次错时建设。

1.2.5 环保工程

整合项目（二期）环保工程包括废水、地下水、废气、噪声等等，其中地下水环保工程主要包括防渗工程、清水淋洗、环保回收井、监测井及流域截获井等。

1.3 环境影响识别

1.3.1 地下水环境评价执行标准

根据拟建项目环境评价执行标准的批复意见，地下水环境质量评价执行《地下水质量标准》（GB/T14848—2017）III 类标准。

1.3.2 地下水环境影响识别

本项目为稀土矿山原地浸矿工艺，在原地浸矿过程中不可避免地对地下水环境产生不同程度的影响。

1.3.2.1 生产期地下水环境影响识别

(1) 富集站生产废水

矿山在正常情况下，母液处理环节产生的沉淀池上清液、压滤车间压滤废水等全部回收利用，正常情况下矿山生产废水不外排。

另根据《赣州稀土矿山整合项目地下水环境影响评价专题》（2013年编制），开采过程中，车间池体的泄漏进入地下水环境的硫酸盐的质量为开采过程中进入地下水硫酸盐质量的0.06%，相比非常小。同时，富集站各工程按照规范要求要求进行防渗，车间地面硬化和池体防渗完全能达到《环境影响评价技术导则-地下水环境》（HJ 610-2016）相关要求。因此，本次评价结合富集站源强占比很小和富集站防渗要求情况综合考虑，不对富集站进行地下水环境影响预测与评价。

（2）富集站生活污水

矿山生产人员较少，不设生活区，仅在倒班宿舍有少量生活污水，在富集站内设置化粪池，生活污水经化粪池处理后定期清掏用作农肥和绿化用水，不外排。

（3）生产期原地浸矿采场母液渗漏

原地浸矿过程中无法保证全部回收母液，不可避免会有极少部分母液渗漏，母液渗漏进入地下水，污染地下水，同时由于采区地下水和地表水联系紧密，部分地下水通过径流间接汇至采区下游地表水，污染地表水体，因此，生产期间原地浸矿采场主要的水污染源为母液的渗漏。

1.3.2.2 淋洗期地下水环境影响识别

（1）富集站

淋洗期富集站收集的尾水浓度低于生产期尾水，根据生产期环境影响识别可知，淋洗期富集站对地下水环境影响更小，因此，亦不对淋洗期富集站进行地下水环境影响预测与评价。

（2）淋洗期间采场渗漏尾水

矿块浸采结束后，矿体中存有较多的镁离子、硫酸根离子及少量重金属，因此，在加注顶水和收液完成后，对试验采区进行淋洗处理很有必要，通过注入清水可以将附着在矿体表面的镁离子和硫酸根离子溶解淋洗出来。

淋洗采用清水进行加注，不添加任何浸矿剂，配液池中的清水利用泵打到高位池，利用注液系统进行淋洗，同时利用收液系统进行淋洗尾水的收集和处理。淋洗尾水主要污染物同母液，一般为镁、硫酸盐以及少量重金属。

1.3.2.3 闭矿期地下水环境影响识别

(1) 富集站

在淋洗结束后进行采场的封孔闭矿，关闭注液系统，为防范自然降雨入渗淋洗的尾水污染物超标排放，减小水环境影响风险，本次评价提出淋洗结束后保留收液系统和环保措施，在车间仅保留 2~3 人进行值班和日常环境跟踪监测，同时运营和维持闭矿后尾水的收集和处理设施（末端治理和风险管控措施）。因此，在淋洗工作结束且采区注液系统关闭后，仅在办公生活区有少量生活污水，在办公生活区设置冲水厕所（带洗手池）和化粪池，定期对化粪池进行清掏后用作农肥，生活污水不外排。

(2) 闭矿后采区自然降雨渗漏尾水

在淋洗结束后进行采场的封孔闭矿，关闭注液系统，并持续跟踪监测收液系统，尾水污染物达到江西省《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》（DB36 1016-2018）后终止尾水的收集和处理，并采取封堵收液系统。然后对采区的环保工程采取拆除和复绿措施。

由于原地浸矿工艺特点，闭矿期的采区地下水污染源主要来自开采矿块残留尾水在大气降水入渗的驱动下进入地下含水层，从而对地下水环境产生影响。

由于稀土矿山分批次、分时段的开采方式，不同流域不同富集站覆盖的采场的开采期与闭矿期时间不一，以流域为对象，同一流域的单体矿块开采结束后闭矿期的渗漏要叠加另一单体矿块开采期的渗漏源强，即体现出小流域源强叠加的理念，也符合稀土矿山按流域开采的意图。

1.3.2.4 小结

综上所述，本项目对地下水产生影响的时期主要为开采期、淋洗期和闭矿期，但由于稀土矿山分批次、分时段的开采方式，不同流域不同富集站覆盖的采场的开采期与闭矿期界限不明确，因此本次评级以流域为对象，评价稀土矿山开采过程中不同采块对地下水环境的综合影响。

1.4 评价任务

详细掌握评价区地质、水文地质条件和地下水环境特征，进行地下水环境质量现状评价，预测评价项目开采期、淋洗期及闭矿期对地下水环境可能造成的直接影响和间接危害，并针对这种影响和危害提出防治对策，制定地下水长期监测计划，以预防与控制地下水环境恶化，保护地下水资源与环境，为建设项目的决策、工程设计和环境管理提供科学依据。

1.5 报告编制依据及工作程序

1.5.1 编制依据

1.5.1.1 国家有关法律、法规及管理文件

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015.1.1；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018.12.29；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018.1.1；
- (4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017.10.1；
- (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021.1.1；
- (6) 《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》环发(2005)109号,2005.9.7；
- (7) 《水污染防治行动计划》，2015.4.2；
- (8) 《土壤污染防治行动计划》，2016.5.28；
- (9) 《关于印发地下水污染防治实施方案的通知》（环土壤[2019]25号），2019.3.28。
- (10) 《地下水管理条例》，国务院令 第 784 号，2021.10.21

1.5.1.2 规范、标准依据

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (3) 《1:5 万区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范》（GB/T14158-93）；
- (4) 《有色金属矿山水文地质勘探规范》（GB51060-2014）；
- (5) 《供水水文地质勘察规范》（GB50027-2001）；

-
- (6)《矿区水文地质工程地质勘探规范》(GB12719-91);
 - (7)《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);
 - (8)《地下水环境监测技术规范》(HJ 164-2020);
 - (9)《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006);
 - (10)《环境水质监测质量保证手册》(第四版);
 - (11)《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ 25.6-2019);
 - (12)《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019);
 - (13)《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南(试行)》(HJ1209-2021)。

1.5.1.3 基础资料

(1)《信丰稀土矿环境水文地质勘查报告》，核工业赣州工程勘察院，2014年7月；

(2)《赣州稀土矿业有限公司赤岗稀土矿矿产资源开发利用、地质环境恢复治理与土地复垦方案》，赣州稀土矿业有限公司，2020年3月；

(3)《赣州稀土矿业有限公司窑下稀土矿矿产资源开发利用、地质环境恢复治理与土地复垦方案》，赣州稀土矿业有限公司，2020年3月；

(4)《赣州稀土矿业有限公司安西稀土矿矿产资源开发利用、地质环境恢复治理与土地复垦方案》，赣州稀土矿业有限公司，2020年3月；

(5)《赣州稀土矿业有限公司虎山稀土矿矿产资源开发利用、地质环境恢复治理与土地复垦方案》，赣州稀土矿业有限公司，2020年3月；

(6)《赣州稀土矿业有限公司烂泥坑稀土矿矿山地质环境保护与土地复垦方案》，北京郁乔源矿产投资咨询有限公司，2021年12月；

(7)《赣州市稀土矿区地下水拦截和污染防治措施治理效果评估研究》，生态环境部环境规划院，2019年8月；

(8)《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合(一期)技改项目地下水环境影响专题报告》，中国恩菲工程技术有限公司，2020年9月；

(9)《赣州稀土矿业有限公司龙南县离子型稀土无铵新工艺试验项目备案通知书》，龙南县发展和改革委员会，2019年8月12日；

(10)《赣州稀土矿山整合项目地下水环境影响评价专题》，北京中地泓科环

境科技有限公司，2013年6月；

(11)《赣州稀土矿山整合(二期)技改项目可行性研究报告》，赣州稀土矿业有限公司，2021年9月。

1.5.2 工作程序

本项目评价工作分六个阶段进行。

(1) 准备阶段：搜集和研究有关资料、法规文件；了解建设项目工程概况；进行初步的工程分析；踏勘现场，对环境状况进行初步调查；初步分析建设项目对地下水环境的影响，初步判识地下水环境影响评价工作等级和评价重点，并在此基础上编制地下水环境影响评价工作方案与地下水环境水文地质勘查方案。

(2) 环境水文地质勘查及地下水环境现状调查：开展现场调查、勘探、地下水取样、分析、室内外试验和室内资料分析等。

(3) 工程分析、水文地质结构分析、地下水环境特征研究及质量现状评价：对项目进行工程分析，确定污染源强；利用相关地质及水文地质资料进行水文地质结构分析、地下水环境特征研究，评价地下水环境质量现状。

(4) 地下水环境影响预测评价：根据建设项目特征及评价区环境水文地质条件进行地下水环境影响预测；依据国家、地方有关地下水环境管理的法规及标准，对地下水环境影响范围和程度作出评价。

(5) 污染防治措施及监测计划制定：结合项目场区地质及水文地质条件，制定污染防治措施及地下水环境长期监测计划。

(6) 报告编写：综合分析各阶段成果，给出项目地下水环境影响可行性结论，编写地下水环境影响评价专题报告并绘制相关图件。

1.6 评价等级

由于《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)附录 A“H 有色金属” (包含采选、冶炼、合金和压延加工) 的采选部分未针对本项目原地浸矿工艺进行分类，但考虑到本项目在实际运营过程中存在浸矿母液注入花岗岩风化层直接对地下水环境造成影响的风险，因此，鉴于工艺特点，本次地下水环境影响评价工作等级定为一类评价。

1.7 调查评价范围与地下水环境保护目标

依据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610—2016)的要求，考虑

项目周边的地质条件、水文地质条件、地形地貌特征、地下水保护目标和地下水补径排条件划定本工程的评价区范围。

1.7.1 稀土矿矿区评价范围

1.7.1.1 信丰安西稀土矿矿区地下水评价范围

安西稀土矿矿区评价范围位于江西省信丰县安西镇，地下水评价范围东经 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，北纬 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，范围东北以桃江支流为边界，东侧、南侧和西侧以地表山脊为边界，西北侧以沟谷为边界，评价区面积约 9.97km²。安西稀土矿矿区地下水评价范围见图 1.7.1-1。

1.7.1.2 信丰虎山、烂泥坑稀土矿矿区地下水评价范围

虎山、烂泥坑稀土矿矿区评价范围的确定主要考虑项目区上游地下水背景区、项目建设区、项目建设区附近的地下水保护区及敏感点等可能被影响的区域，并结合地形地貌、地表水系统和地下水系统综合划定为一个评价范围。矿区评价范围位于江西省信丰县东南约 30km，地下水评价范围所处位置东经 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，北纬 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，范围东侧以南风凹—东坑村—小寨村一线山脊为边界，西南侧以桃江支流为边界，西侧以双石头—黄竹坑—金田高—南风凹一线山脊为边界，评价区面积约 59.38km²。虎山、烂泥坑稀土矿矿区地下水评价范围见图 1.7.1-2。

1.7.1.3 信丰赤岗、窑下和赣县韩坊稀土矿矿区地下水评价范围

韩坊、赤岗及窑下稀土矿矿区评价范围的确定主要考虑项目区上游地下水背景区、项目建设区、项目建设区附近的地下水保护区及敏感点等可能被影响的区域，并结合地形地貌、地表水系统和地下水系统综合划定为一个评价范围。韩坊、赤岗及窑下稀土矿矿区评价范围位于江西省赣县及信丰县，地下水评价范围所处位置东经 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，北纬 $^{**^{\circ}}\sim^{**^{\circ}}$ ，范围东侧以人塘坳—天子地—赤岗一线山脊为边界，南侧以赤岗—黄田背—其头一线山脊为边界，西侧和北侧以其头—土桥—人塘坳一线山脊为边界，西北侧和东北侧划定人为边界，评价区面积约 28.32km²。韩坊、赤岗及窑下稀土矿矿区地下水评价范围见图 1.7.1-3。

1.7.2 环境保护目标

根据现场调查结果，矿区周边无集中式地下水供水水源地，地下水开采主要为稀土矿区周边的山泉水及分散的民井，为分散式地下水水源，其中民井多数用于冲洗和清洁，少量用于饮用。矿区评价范围内地下水环境保护目标的分布位置见图 1.7.1-1、图 1.7.1-2、图 1.7.1-3，保护目标的基本情况详见表 1.7.2-1、表 1.7.2-2、表 1.7.2-3。

表 1.7.2-1 信丰安西稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

序号	编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型	所属村庄
1	X-129	**	**	矿区东北 680m	松散岩类孔隙水	井	车头村
2	X-132	**	**	矿区东侧 346m	风化带裂隙水	泉	车田高
3	X-143	**	**	矿区南侧 619m	松散岩类孔隙水	井	下排仔
4	X-144	**	**	矿区南侧 900m	松散岩类孔隙水	井	陈林坊
5	X-002	**	**	矿区东侧 24m	松散岩类孔隙水	井	车头
6	X-130	**	**	矿区东侧 660m	松散岩类孔隙水	井	寨下村

表 1.7.2-2 信丰虎山、烂泥坑稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

序号	编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型	所属村庄
1	X-066	**	**	虎山矿区西南 830m	风化带裂隙水	泉	库下镇
2	X-069	**	**	虎山矿区东南 600m	风化带裂隙水	井	下屋村
3	X-076	**	**	虎山矿区内	风化带裂隙水	井	围下
4	X-078	**	**	虎山矿区内	风化带裂隙水	泉	泥坑
5	X-081	**	**	虎山矿区西侧 215m	风化带裂隙水	井	湖南岭下
6	X-082	**	**	虎山矿区西侧 810m	风化带裂隙水	井	下村
7	X-084	**	**	虎山矿区西侧 1880m	风化带裂隙水	井	大坑里
8	X-086	**	**	虎山矿区西侧 2150m	风化带裂隙水	泉	细坑子
9	X-089	**	**	虎山矿区西北 2430m	松散岩类孔隙水	井	下屋
10	X-092	**	**	烂泥坑矿区内	风化带裂隙水	泉	——
11	X-093	**	**	烂泥坑矿区内	风化带裂隙水	泉	——
12	X-095	**	**	烂泥坑矿区西侧 960m	风化带裂隙水	泉	黄竹坑
13	X-096	**	**	烂泥坑矿区西南 1660m	风化带裂隙水	井	石塘头
14	X-009	**	**	虎山矿区内	风化带裂隙水	井	大塘坑
15	X-003	**	**	烂泥坑矿区西侧 560m	松散岩类孔隙水	井	江仔头

序号	编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型	所属村庄
16	X-005	**	**	烂泥坑矿区西南 1226m	松散岩类孔隙水	井	新围里
17	X-006	**	**	烂泥坑矿区西侧 210m	松散岩类孔隙水	井	龟湖村
18	X-016	**	**	虎山矿区西侧 280m	风化带裂隙水	井	黄塘坑
19	X-217	**	**	虎山矿区西北侧 1825m	松散岩类孔隙水	泉	塘下

1.7.2-3 信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

序号	编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型	所属村庄
1	X-161	**	**	窑下稀土矿西南 30m	松散岩类孔隙水	井	百石村
2	X-167	**	**	赤岗稀土矿东南 340m	风化带裂隙水	泉	大屋下
3	X-169	**	**	赤岗稀土矿东 270m	松散岩类孔隙水	泉	大屋下
4	X-176	**	**	赤岗稀土矿南 250m	松散岩类孔隙水	泉	——
5	X-177	**	**	赤岗稀土矿内	风化带裂隙水	井	禾结茶
6	X-199	**	**	赤岗稀土矿北 120m	松散岩类孔隙水	井	石下
7	X-197	**	**	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井	石旱
8	X-198	**	**	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	泉	——
9	X-200	**	**	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井	旱塘坳
10	X-201	**	**	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井	瓦下
11	X-207	**	**	窑下稀土矿西北 810m	松散岩类孔隙水	井	李茺
12	X-024	**	**	窑下稀土矿西 690m	松散岩类孔隙水	井	袁屋
13	X-028	**	**	赤岗稀土矿内	风化带裂隙水	泉	鹅颈坑
14	X-029	**	**	窑下稀土矿内	松散岩类孔隙水	井	朱坑
15	X-030	**	**	窑下稀土矿内	松散岩类孔隙水	井	老屋场
16	X-196	**	**	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井	月光下
17	X-162	**	**	赤岗稀土矿东 200m	松散岩类孔隙水	井	下甫

2 区域环境概况

2.1 地理位置

本工程位于江西省赣州市信丰县，安西、虎山、烂泥坑稀土矿位于信丰县城东南约 25km，其中安西和烂泥坑稀土矿区位于安西镇、虎山稀土矿区位于虎山乡；赤岗稀土矿位于大桥镇新田村，窑下矿区隶属新田镇管辖。

2.2 地形地貌

根据信丰稀土矿环境水文地质勘查结果显示，稀土矿所在区域地貌按成因类型分为侵蚀构造低山地形、侵蚀剥蚀丘陵地形及侵蚀堆积地形三大类。

侵蚀构造低山：分布于虎山幅东部烂泥坑稀土矿及其外围，范围较小。主要由燕山早期岩浆岩组成。山体大致走向近东西向。山顶海拔高程一般 500m~660m，相对高差 200m~360m，切割深度 150m~300m。山势陡峻，起伏连绵，山顶浑圆，山坡坡度一般为 30°~40°，沟谷形态多呈“V”字型，水流湍急。基岩出露较好，植被较发育，偶见小型崩塌及滑坡。

侵蚀剥蚀丘陵：是区内主要的地貌类型。主要由寒武系、白垩系地层和燕山早期岩浆岩组成。地势低缓，波状起伏，山体呈馒头状或垅状。山顶浑圆，海拔高程一般 150m~400m，相对高差 40m~200m，切割深度小于 200m，山坡坡度一般为 12°~30°，沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好，覆盖率可达 50%~70%，主要为松、杉及灌木。冲沟发育，在稀土矿区水土流失严重，小型崩塌及滑坡常见。

侵蚀堆积地形：分布河谷两岸，由 I 级冲积、冲洪积阶地和河漫滩组成。I 级阶地由第四系全新统冲洪积层组成，宽一般为 100m~850m，阶面较平坦，略向河床倾斜，坡角 1°~4°。河漫滩断续分布河床两岸及河床中，由第四系全新统冲积层组成，一般高出正常河水位 0.5m~1.8m，洪水期常被淹没。

2.3 气象水文

2.3.1 气象

赣州市属亚热带东南风季风气候，温暖潮湿，四季分明。历年平均气温为 19.2℃，年平均降雨量 1510.8mm，11 月至翌年的 2 月为枯水期，而 3、9、10

等 3 个月为平水期，4、5、6、7、8 等 4 个月为丰水期。当地年降雨量还与地貌、地形的高低有关，从平地到山地有降雨量随地势的增高而增大的趋势。区内的年均蒸发量为 1487.3 mm，最大蒸发量 1866.4 mm，最小蒸发量 1160.7 mm，其中每年的 7 月、8 月蒸发量最大，1 月、2 月、3 月蒸发量最小。

据信丰县气象局 2001~2010 年气象资料，年最高气温为 40.1℃，最低气温 -3.2℃，历年平均气温为 20.0℃，全年的无霜期为 292 天。区内年平均降雨量 1483.1mm，最大降雨量 2001.7 mm，最小降雨量 1135.1 mm，区内的年均蒸发量为 1544.8 mm，最大蒸发量 1666.0 mm，最小蒸发量 1341.9 mm。

表 2.3.1-1 信丰县 2001~2010 年月平均降雨量、蒸发量统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
降雨量 (mm)	77.9	96.2	118.3	168.7	218.2	305.6	131.7	132.6	90.2	32.7	58.1	52.3	1483.1
蒸发量 (mm)	60.0	67.8	80.3	105.1	140.9	150.1	241.0	205.5	162.8	149.3	100.9	74.1	1544.8

2.3.2 水文

赣州市四周山峦重叠、丘陵起伏，形成溪水密布，河流纵横。赣南山区系赣江发源地，千余条支流汇成上犹江、章水、梅江（古称河水，也称宁都江、梅川）、琴江、锦江（又称瑞金河）、湘江（湘水，又称雁门水）、濂江（濂水，又称梅林江、安远江）、平江（又称兴国江、平固江）、桃江（又名信丰江）等 9 条较大支流，其中由上犹江、章水（古称豫章水）汇成章江；由其余 7 条较大支流，汇成贡江（贡水，古称湖汉水，又称雩江、会昌江）；章贡两江在章贡区相会而成赣江，北入鄱阳湖，属长江流域赣江水系。赣州亦是珠江流域东江的发源地，境内有百条支流分别从寻乌、安远、定南、信丰流入珠江流域东江、北江水系和韩江流域梅江水系，其中东江源头区主要河流有寻乌水、贝岭水（定南水），见图 2.3.2-1。

信丰县境地处桃江中游，积雨面积较大，水流平缓，每逢雨量集中季节，常遭洪灾。每年 4~9 月为汛期，5~7 月为洪水多发季节，尤以 6 月份出现次数最多。8~9 月受台风雨影响也能形成量级较大的洪水。洪水过程线形状以单峰为主，洪峰持续时间约 1~5 小时，一次洪水历时一般在 10 天左右。信丰县矿区水系主要汇入桃江。

2.4 区域地质概况

2.4.1 地层岩性和地质构造

赣州市在大地构造上位于东西向南岭构造带与北北东向武夷山构造带的复合部位，西北与东南部出露震旦系、寒武系、泥盆系地层、中部盆地大面积出露白垩系地层，局部见第三系地层。境内以北北东向和东西向构造发育为主。

2.4.1.1 地层岩性

信丰县调查区出露地层较全，主要有第四系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系、寒武系、震旦系，其余地层在境内缺失。各时代地层特征见表 2.4.1-1。

2.4.1.2 地质构造

信丰县区域构造位置属于南岭东西向复杂构造带东段北侧，与武夷、戴云隆起褶皱带西侧的次级于山隆起和赣州—南雄沉降带交接复合部位，地质构造较发育，构造形迹主要有褶皱及断裂，详见图 2.4.1-1。

(1) 褶皱

信丰县的褶皱主要有基底褶皱和中生代断陷盆地。

基底褶皱在县境内较发育，分布于中北部、中部西侧和南部，受后期构造作用影响，褶皱不甚完整。褶皱由震旦、寒武纪地层组成，轴向由南部的北西向，往北逐渐变为近南北向。

中生代断陷盆地信丰盆地，由白垩纪地层组成。信丰盆地展布于信丰县中部，面积达 575.8km²。该断陷盆地主体呈近东西向展布，其发生发展主要受盆地南东侧之大余—南城断裂控制，盆地内发育有平缓的褶皱，但总体上为一单斜构造，绝大部分地区岩层北东—北东东向，向南东倾斜，倾角一般为 15°~20°。

(2) 断裂

信丰县的断裂构造以北北东向断裂、北东向断裂最为发育，其次有近东西向断裂和近南北向断裂。

①北北东向断裂

分布范围较广，断裂走向 15°~30°，倾向北西或南东，倾角一般为 50°~70°。断裂规模大小不一，延伸几千米至十几千米，多以破碎带或硅化破碎带的形迹显露，宽数米至十几米，破碎角砾、片理化带、构造透镜体及牵引揉曲比较普遍，

力学性质为压性或压扭性质。

②北东向断裂

主要分布于南部、东北部边缘，断裂走向 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，多倾向北西，部分倾向南东，倾角一般为 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。断裂规模一般较大，境内延长数几千米至三十千米不等，宽数米至数十米，断裂有过多期活动，断裂带内构造透镜体、片理、构造角砾岩发育，有些还发育有糜棱岩，力学性质多为压性或压扭性质。

③北西向断裂

主要分布于西南部、东北部边缘，断裂走向 $300^{\circ}\sim 330^{\circ}$ ，多倾向北东，部分倾向南西，倾角一般为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。断裂规模一般较大，境内延长几米至几十千米，宽数米至数十米，断裂有过多期活动，断裂带内构造透镜体、片理、构造角砾岩发育，力学性质多为压性或压扭性质。

④近东西向断裂

东部、西部及南部均可见，但发育较稀疏，主要分布于大阿—嘉定、古陂、铁石口北侧等地，断裂走向 $85^{\circ}\sim 110^{\circ}$ ，倾向北或南，倾角 $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。断裂延伸 $2\text{km}\sim 20\text{km}$ 不等，宽数米至十几米。断裂特征为强烈挤压形成破碎带或硅化破碎带，断裂带中见有构造角砾岩呈定向排列，硅化强烈，并发育有糜棱岩、片理，力学性质为压扭性。

⑤近南北向断裂

分布于油山、大桥东北一带，断裂走向近南北向，倾向西或东，倾角较陡。断裂延伸 $5\text{km}\sim 12\text{km}$ ，宽数米至十几米，断裂带内见构造透镜体，两侧岩石片理发育，力学性质为压性。

2.4.2 岩浆岩

赣南地区岩浆活动频繁而持久，岩浆活动方式主要为侵入，喷发溢流很少，多期多阶段活动特征明显，形成了大面积分布的岩浆岩体。赣南地区岩浆岩出露面积约 13000km^2 ，占全区面积的三分之一强，以酸性花岗岩为主，少量中酸性岩、基性岩。主要岩浆活动时期为加里东、海西—印支、燕山，其中以燕山期岩浆活动最为强烈，不仅岩体规模较大，分布也极为广泛，其次为加里东期岩体，海西、印支期岩浆活动则相对较弱，岩体规模较小，分布局限，澄江期和喜山期岩浆活动在本区则少见（见图 2.4.2-1 江西省赣南地区岩浆岩分布示意图）。

信丰境内岩浆岩出露，共有大小岩体 10 余处，出露面积 322.57 km²。按侵入时代主要有加里东晚期岩浆岩与燕山期早期岩浆岩，以酸性主花岗岩为主，中基性岩次之，以岩基、岩株产出。

(1) 加里东晚期岩浆岩 (γ_3^3)

主要分布于牛颈、正坪至铁石口一带，面积 186.39 km²。其岩性主要为中细粒角闪石英二长岩、中细粒二长花岗岩。

(2) 燕山期早期岩浆岩 (γ_5^2)

燕山期早期岩浆岩分布较广，大面积出露于安西、金盆山及虎山，其它各地尚有零星出露，面积 146.18km²。其岩性主要为中粗粒似斑状黑云母花岗岩、中粒黑云母花岗岩、花岗斑岩、中细粒云母花岗岩、细粒花岗岩等。

2.5 区域水文地质条件

由前期赣州市稀土矿环境水文地质勘查结果知，各县稀土矿调查区范围较广泛，本项目为整合项目（二期）工程，稀土矿环境水文地质勘查调查区为各县稀土矿区的总调查范围，故区域水文地质条件以各县水文地质勘查为单位进行分析，信丰县各矿区评价范围水文地质条件以矿区所在调查图幅为单位进行分析。

根据含水层岩性、成因类型、组合关系，地下水赋存条件、水理性质及水力特征，赣州市信丰县主要地下水类型可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大基本类型。在此基础上，再根据贮水空间的形态特征及含水岩组的组合关系，将基岩裂隙水分为风化带网状裂隙水和构造裂隙水两个亚类。

2.5.1 地下水类型及富水性

2.5.1.1 松散岩类孔隙水

主要分布于河谷两侧及山间低洼处，面积为 15.92km²，占调查区总面积的 11.93%。

地下水赋存于第四系全新统冲积相地层中，多呈较连续条带状沿河谷两岸展布。岩性结构上多具有二元结构，即上部为粉质粘土，下部为砂、砾石、卵石，水力性质为潜水，局部微承压。含水层厚度一般 0.56m~6.00m，平均 2.08m，水位埋深因地而异，一般 0.25m~13.40m，据本次勘查 XK2、XK4、XK6 孔抽水试验资料，单井涌水量 1.15m³/d~44.28m³/d，渗透系数为 0.23 m/d~6.17m/d。

富水性等级为水量贫乏。水质类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型为主，局部受居民生活、牲、畜污染影响，为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 或 Cl-Ca 型，矿化度为 $0.041\text{ g/L}\sim 0.173\text{g/L}$ 。

2.5.1.2 基岩裂隙水

调查区内广泛分布，面积 117.53km^2 ，占调查区总面积的 88.07% ，地下水赋存于寒武系浅变质岩、印支期及燕山期花岗岩的构造裂隙和风化带网状裂隙中。根据岩性、地质构造、风化程度以及贮水裂隙的成因等因素，将调查区基岩裂隙水划分为风化带网状裂隙水和构造裂隙水。

(1) 风化带网状裂隙水

风化带网状裂隙水是调查区最主要的地下水类型，面积 87.07km^2 ，占调查区基岩裂隙水总面积的 74.08% ，地下水赋存于印支期及燕山早期花岗岩的风化带网状裂隙中。风化壳厚度一般 $3.6\text{m}\sim 26.2\text{m}$ ，水力性质为潜水，局部为微承压。根据本次调查实测资料，泉流量 $0.00147\text{ L/s}\sim 0.079\text{L/s}$ ，个别达 0.273L/s ，据本次勘查 XK1、XK11、GK10 孔抽水试验资料，风化层单井涌水量 $5.44\text{m}^3/\text{d}\sim 11.75\text{m}^3/\text{d}$ ，渗透系数 $0.032\text{ m/d}\sim 0.306\text{m/d}$ ，据 XK7、XK10 钻孔压水试验，中风化岩透水率为 $1.34\text{ Lu}\sim 8.82\text{Lu}$ ，渗透系数 $0.010\text{ m/d}\sim 0.015\text{m/d}$ 。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl-Ca}\cdot\text{Na}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Ca}$ 型，矿化度为 $0.014\text{ g/L}\sim 0.192\text{g/L}$ 。

(2) 构造裂隙水

构造裂隙水分布于虎山幅的中部、南西角，新田幅的南部，分布面积 30.46km^2 ，占调查区基岩裂隙水总面积的 25.92% 。含水岩组为寒武系变余砂岩、板岩。属侵蚀剥蚀丘陵地形，植被不甚发育，地下水以接受大气降水补给为主。实测泉流量一般为 $0.014\text{ L/s}\sim 0.045\text{L/s}$ ，个别达 0.237 L/s ，富水性等级为水量贫乏。水质类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl-Ca}\cdot\text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型，矿化度为 $0.016\text{ g/L}\sim 0.082\text{ g/L}$ 。

2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件

由信丰县稀土矿环境水文地质勘查结果知，区内基岩裂隙水分布面积广，地下水的补给、径流、排泄条件大致遵循着山区基岩裂隙水的特征与规律。往往小型山间洼地范围内即可成为较完整的水文地质单元，地表与地下分水岭大体一致，大气降水为地下水主要补给源，径流距离短，在山前洼地处以泉或散渗形式排泄

地表。地下水补、径、排总的特点为：“近源补给，短途径流，就近排泄”，不同类型的地下水其补给、径流、排泄条件各具特色。

松散岩类孔隙水，调查区该类型地下水赋存于第四系全新统冲积、冲洪积砂、砾、卵石中。大气降水可以通过上部土层向下入渗补给松散岩类含水层，同时，由于调查区第四系呈条带状沿河谷两岸展布或分布于山间低洼处，两侧为基岩山区，因此又接受基岩裂隙水的侧向补给。综上所述，松散岩类孔隙水以垂向补给为主，侧向次之。地下水的径流受含水层分布状态及地表水的影响，径流方向与地表水流向成角度流向溪流及下游方向，水力坡度较缓在 2.0‰~9‰之间。

调查区基岩裂隙水主要靠大气降水垂向入渗补给，地下水补给区与径流区基本一致，且地下水径流距离较短，循环交替强烈。地下水流向与地形基本一致，水力坡度受地形影响，一般较陡，与地形坡度大致吻合，在沟谷、洼地、坡麓地带常以泉或散流形式排泄于地表。

2.5.3 地下水动态特征

调查区地下水动态类型为渗入-径流型。地下水动态受大气降水的控制，随季节变化明显。

据《1:20 万安远幅区域水文地质普查报告》和《1:20 万会昌幅区域水文地质普查报告》资料，信丰县调查区第四系全新统松散岩类孔隙水，动态变化受大气降水的控制，地下水位与降水变化曲线基本一致或滞后 5~10 天，水位年变化幅度 0.50m~3.50m；基岩裂隙水动态受季节影响，丰水期泉水流量是枯水期的 1~3 倍，最高可达 10 倍，水位年变化幅度 1.04m~4.70m。

3 评价区地质与水文地质

3.1 信丰安西稀土矿评价区地质条件与水文地质条件

3.1.1 地形地貌

安西稀土矿评价区内主要包含侵蚀剥蚀丘陵地形及侵蚀堆积地形两大类。

侵蚀剥蚀丘陵：在评价区广泛分布，地势低缓，山体呈馒头状或垅状。山顶浑圆，海拔高程一般 180m~232m，相对高差约 52m。

侵蚀堆积地形：分布桃江支流及区内河谷两岸，由 I 级冲积、冲洪积阶地和河漫滩组成。I 级阶地由第四系全新统冲洪积层组成，漫滩断续分布河床两岸及河床中，由第四系全新统冲积层组成，一般高出正常河水位 1.0m~1.2m，洪水期常被淹没。

3.1.2 地层岩性

信丰安西稀土矿区评价区出露地层主要以第四系(Q₄^{al})和燕山期花岗岩(γ_5^2)为主。(详见图 3.1.2-1)。

第四系全新统(Q₄^{al})：沿河谷两侧及山间低洼处分布。由粉质粘土和砂、砾石及卵石组成。粉质粘土呈褐黄色，由粘性土组成，为相对隔水层，厚度为 1.60m~8.2m；砂、砾石及卵石层呈灰黄、褐灰色，厚度为 1.80m~5.20m。

燕山期花岗岩(γ_5^2)：岩浆岩大面积出露，分四个亚层。据调查及钻探揭示，地层结构情况分述如下：

全风化花岗岩：褐黄色、褐红色，岩石已风化成土状，透水性较差，为弱含水层。厚度约 18.0m 左右。

强风化花岗岩：浅黄色，网状，裂隙发育，岩芯呈坚硬土状、碎块状、块状，透水性较好，为相对含水层。厚度约 3.0m，分布广泛。

中风化花岗岩：灰色、肉红色，中粗粒结构，岩石结构致密坚硬，发育少量裂隙，多呈闭合状，水蚀现象不明显，透水性较差，为相对隔水层。厚度约 6.3m。

微风化花岗岩：灰色、肉红色，中粗粒结构，岩石结构致密坚硬，发育少量裂隙，多呈闭合状，水蚀现象不明显，透水性较差，为相对隔水层。揭露厚度约 4.3m。

3.1.3 水文地质条件

3.1.3.1 地下水类型及富水性

信丰安西稀土矿评价区地下水类型主要为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。

松散岩类孔隙水赋存于第四系全新统冲积相地层中，多呈较连续条带状沿河谷两岸展布。岩性结构上多具有二元结构，即上部为粉质粘土，下部为砂、砾石、卵石，水力性质为潜水，局部微承压。根据区域勘查资料，含水层厚度一般 0.56m~6.00m，平均 2.08m，水位埋深因地而异，一般 0.25m~13.40m，单井涌水量 1.15m³/d~44.28m³/d，渗透系数为 0.23m/d~6.17m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型以 HCO₃-Ca 型为主，局部受居民生活、牲、畜污染影响，为 Cl·HCO₃-Ca·Na 或 Cl-Ca 型，矿化度为 0.041g/L~0.173g/L。

基岩裂隙水主要为赋存于印支期及燕山早期花岗岩的风化带网状裂隙。根据区域勘查结果风化壳厚度一般 3.6m~26.2m，水力性质为潜水，局部为微承压。泉流量 0.00147L/s~0.079L/s，个别达 0.273L/s，据区域抽水试验资料，风化层单井涌水量 5.44m³/d~11.75m³/d，渗透系数 0.032m/d~0.306m/d，中风化岩透水率为 1.34Lu~8.82Lu，渗透系数 0.010m/d~0.015m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 HCO₃-Ca、HCO₃-Cl-Ca、HCO₃-Ca·Na、HCO₃-Cl-Ca·Na、SO₄-Ca 型，矿化度为 0.014g/L~0.192g/L。

3.1.3.2 地下水补、径、排及动态特征

1、地下水补、径、排条件

松散岩类孔隙水赋存于第四系全新统冲积砂、砾、卵石中，其上部岩性一般为粉质粘土，具有一定的孔隙度和渗透性。松散岩类孔隙水在汛期以垂向补给为主，侧向次之；在平水期和枯水期以侧向补给为主，垂向补给次之。地下水的径流受含水层分布状态及地表水的影响，径流方向与地表水流向成角度流向溪流及下游方向，水力坡度较缓约 2.0‰~4.7‰。

调查区基岩裂隙水主要靠大气降水垂向入渗补给，地下水补给区与径流区基本一致，且地下水径流距离较短，循环交替强烈。地下水流向与地形基本一致，水力坡度受地形影响，与地形坡度大致吻合，一般缓于地形坡度，在沟谷、洼地、坡麓地带常以泉或散流形式排泄于地表。

松散岩类孔隙水主要分布于沟谷的河漫滩，主要补给来源为基岩裂隙水的侧向径流补给，与基岩裂隙水具有直接的水力联系，因此，可将松散岩类孔隙水与

基岩裂隙水视为统一的潜水含水层。同时，松散岩类孔隙水与河水之间具有直接的水力联系，互为补排关系，丰水期河水补给地下水，枯水期地下水补给河水。

本次评价期内于丰水期（2021年8月）、枯水期（2021年11月）分别开展了一次水位统测，丰水期地下水水位等值线见图 3.1.3-1，枯水期见图 3.1.3-2。

2、地下水动态特征

评价区地下水动态类型为渗入-径流型。地下水动态受大气降水的控制，随季节变化明显，丰水期水位高，枯水期水位低。

地下水位与降水变化曲线基本一致或滞后 5~10 天，水位年变化幅度 0.50m~3.50m；基岩裂隙水动态受季节影响，丰水期泉水流量是枯水期的 1~3 倍，最高可达 10 倍，水位年变化幅度 1.04m~4.70m。

3.1.4 地下水开发利用现状

评价区降水丰沛，水系发育，地表水资源丰富。现场调查结果表明：稀土矿区范围内居民居住人口较少，乡村、城镇居民生活用水及工农业生产用水主要以管网供水为主，无大的集中式地下水供水水源地。地下水开采主要为分散式民井或泉，主要用于冲洗和清洁。地下水开采类型主要为第四系全新统孔隙水和基岩裂隙水。评价区内地下水开发总量约 96m³/d。地下水开发利用现状见图 3.1.4-1。

3.1.5 污染源调查

根据现场调查，评价区内的污染源包括农业污染源以及生活污染源。

1、农业污染调查

农业污染源主要为耕地、果蔬地施用的化肥、农药，其残留在土壤的药物可能随雨水下渗污染浅层地下水，主要污染为硝酸盐氮、氨氮、COD。评价区内农业用地所占比例较少，农业用地主要分布在评价区内的西南侧和西北侧。

2、生活污染调查

评价区生活污染主要为生活污水及生活垃圾，农村无收集管网的生活污水的随意排放及生活垃圾的随意堆放，经降水淋滤会对地下水产生污染，主要污染物为氨氮、COD。由于评价区内居住人口较少，所产生的量也较少。

综上，评价区范围内存在的污染源为生活污染源和农业污染源，但对环境的影响有限。

3.2 信丰虎山、烂泥坑稀土矿评价区地质条件与水文地质条件

3.2.1 地形地貌

虎山稀土矿、烂泥坑稀土矿评价区地貌包含侵蚀剥蚀丘陵地形、侵蚀构造低山地形及侵蚀堆积地形三大类。

侵蚀构造低山：分布于评价区的东北部，山体大致走向近东西向。山势陡峻，起伏连绵，山顶浑圆，沟谷形态多呈“V”字型，水流湍急。基岩出露较好，植被较发育，偶见小型崩塌及滑坡。

侵蚀剥蚀丘陵：是区内主要的地貌类型，地势低缓，波状起伏，山体呈馒头状或垅状，山顶浑圆，海拔高程一般 200m~400m，相对高差 40m~150m，沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好，冲沟发育，在稀土矿区水土流失严重，小型崩塌及滑坡常见。

侵蚀堆积地形：主要分布在龙迳河及崇墩河河谷两岸，由 I 级冲积、冲洪积阶地和河漫滩组成。I 级阶地由第四系全新统冲洪积层组成，阶面较平坦，略向河床倾斜，坡角 1°~4°。河漫滩断续分布河床两岸及河床中，由第四系全新统冲积层组成，一般高出正常河水位 0.5m~1.8m，洪水期常被淹没。

3.2.2 地层岩性

虎山稀土矿、烂泥坑稀土矿评价区主要以花岗岩体为主体，地层占少部分，主要为寒武系（ ϵ ）和第四系全新统（ Q_4^{al+ml} ），出露于花岗岩体的周围。岩浆岩大面积出露，主要为印支期中细粒黑云母花岗岩、中粗粒似斑状黑云母花岗岩（ γ_5^1 ）和燕山早期中粗粒黑云母花岗岩（ γ_5^2 ）。据调查及钻探揭示（典型钻孔柱状图见图 3.2.2-1），地层结构由新到老情况如下：

第四系全新统（ Q_4^{al+ml} ）：河谷两侧及山间低洼处分布，主要由素填土、粉质粘土及砂砾组成。素填土呈褐红色，由碎石土、砂土、粉土和粘性土组成，含杂物较少，稍压实，透水性差，厚度为 1.50m~3.50m；粉质粘土呈浅黄色，可塑，成分以粘粒为主，粉粒为次，粘性较好，土质均匀，透水性差，厚度为 2.30m~3.50m；砂砾呈灰黄色，含少量中粗砂和圆砾，厚度约为 2.33m。

寒武系（ ϵ ）：在虎山稀土矿西南角有少量分布，为一套浅变质岩系，由变余砂岩、板岩组成。

印支期花岗岩（ γ_5^1 ）：主要为中细粒黑云母花岗岩、中粗粒似斑状黑云母花

岗岩，分四个亚层，其中全风化花岗岩为浅黄色，粘性较差，砂感强，岩芯呈土状，手易捏碎，遇水易软化崩解，透水性差，厚度约为 8.2m；强风化花岗岩为浅黄色，呈散体状，土层具有泡水易软化、崩解，强度降低等特点，厚度约为 13.2m；中风化花岗岩为灰色、浅灰色，岩石致密坚硬，发育少量裂隙，岩芯呈扁柱状、块状，透水性差，厚度约为 5.7m；微风化花岗岩为灰色，岩石致密坚硬，无裂隙发育，岩芯呈柱状，透水性差，为相对隔水层，揭露厚度为 3.1m。

燕山早期花岗岩 (γ_5^2)：主要为中粗粒黑云母花岗岩，分四个亚层，其中全风化花岗岩为褐黄色、浅红色，岩石已风化成土状，透水性较差，为弱含水层，厚度为 10.8m~24.6m；强风化花岗岩为浅黄色，岩石风化强烈，裂隙发育，岩芯呈坚硬土状、碎块状、块状，透水性较好，厚度为 3.1m~13.2m；中风化花岗岩为灰色、肉红色，岩石结构致密坚硬，发育少量裂隙，岩芯呈扁柱状、块状，透水性差，厚度为 5.3m~7.2m；风化花岗岩为灰色，岩石结构致密坚硬，无裂隙发育，岩芯呈柱状，透水性差，揭露厚度为 2.3m~4.5m。

3.2.3 水文地质条件

3.2.3.1 地下水类型及富水性

虎山、烂泥坑稀土矿评价区地下水类型主要为松散岩类孔隙水、风化带网状裂隙水和构造裂隙水。

松散岩类孔隙水含水层厚度为 2.27m~2.50m，水量贫乏，单位涌水量一般为 0.0051L/s·m~0.174L/s·m，根据 XK6 钻孔抽水试验可知中粗砂、圆砾的渗透系数为 0.23m/d。

风化带网状裂隙水含水层厚度为 15.29m~32.23m，水量贫乏，单位涌水量一般为 0.006L/s·m~0.040L/s·m，根据 XK11 钻孔抽水试验可知全、强风化花岗岩渗透系数为 0.30m/d。

构造裂隙水富水性弱，水量贫乏，泉流量一般为 0.014L/s~0.079L/s，个别达 0.138L/s。受构造裂隙发育程度和风化程度影响，含水性不均一，一般随着深度的增加含水性变弱，该含水层渗透性差，地下水渗流缓慢，径流距离较短。

3.2.3.2 地下水补、径、排及动态特征

1、地下水补、径、排条件

松散岩类孔隙水以垂向大气降水补给为主，基岩裂隙水的侧向补给次之；径流方向与地表水流向成角度流向溪流及下游方向，水力坡度较缓约 2.0‰~4.7‰。

基岩裂隙水在评价区范围内分布面积广，主要靠大气降水垂向入渗补给，地下水补给区与径流区基本一致，且地下水径流距离较短，循环交替强烈。地下水流向与地形基本一致，水力坡度受地形影响，一般较陡，与地形坡度大致吻合，在沟谷、洼地、坡麓地带常以泉或散流形式排泄于地表。

松散岩类孔隙水主要分布于沟谷的河漫滩，主要补给来源为基岩裂隙水的侧向径流补给，与基岩裂隙水具有直接的水力联系，因此，可将松散岩类孔隙水与基岩裂隙水视为统一的潜水含水层。同时，松散岩类孔隙水与河水之间具有直接的水力联系，互为补排关系，丰水期河水补给地下水，枯水期地下水补给河水。

本次评价期内于丰水期（2021年8月）、枯水期（2021年11月）分别开展了一次水位统测，丰水期地下水水位等值线见图3.2.3-1，枯水期见图3.2.3-2。

2、地下水动态特征

评价区地下水动态类型为渗入-径流型。地下水动态受大气降水的控制，随季节变化明显，丰水期水位高，枯水期水位低。根据丰枯水期的水位统测结果，调查区第四系松散岩类孔隙水的丰水期水位比枯水期高0.5m~2m。

3.2.4 地下水开发利用现状

评价区降水丰沛，水系发育，地表水资源丰富。现场调查结果表明：虎山稀土矿区范围内居民居住人口较少，烂泥坑稀土矿区范围内无永久居民居住，评价区内地下水开采主要为分散的民井或泉，主要用于冲洗和清洁。地下水类型为第四系全新统孔隙水和基岩裂隙水，开采总量估算为531.4m³/d，地下水开发利用现状见图3.2.4-1。

3.2.5 污染源调查

根据现场调查，评价区内的污染源包括农业污染源、生活污染源。

1、农业污染调查

农业污染源主要为耕地、果蔬地施用的化肥、农药，其残留在土壤的药物可能随雨水下渗污染浅层地下水，主要污染为硝酸盐氮、氨氮、COD。评价区内农业用地所占比例较少。农业用地主要沿村庄分布在评价区的北侧。

2、生活污染调查

评价区生活污染主要为生活污水及生活垃圾，农村无收集管网的生活污水的随意排放及生活垃圾的随意堆放，经降水淋滤会对地下水产生污染，主要污染物

为氨氮、COD。由于评价区内居住人口较少，所产生的量也较少。

综上，评价区范围内存在的污染源为生活污染源和农业污染源，但对环境的影响有限。

3.3 信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿评价区地质条件与水文地质条件

3.3.1 地形地貌

信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿评价区地貌包含侵蚀堆积地形及侵蚀剥蚀丘陵地形两大类。

侵蚀堆积地形：分布于评价区的西北部及东南部，呈条带状分布河谷两岸，占评价区面积的6.4%。由I级冲积、冲洪积阶地和河漫滩组成。I级阶地由第四系全新统冲洪积层组成，宽一般为100m~850m，阶面较平坦，略向河床倾斜，坡角1°~4°。河漫滩断续分布河床两岸及河床中，由第四系全新统冲积层组成，一般高出正常河水位0.5m~1.8m，洪水期常被淹没。

侵蚀剥蚀丘陵：是区内主要的地貌类型。地势低缓，波状起伏，山体呈馒头状或垅状。山顶浑圆，海拔高程一般240m~500m，相对高差在60m~260m之间，山坡坡度一般为12°~30°，沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好，覆盖率可达50%~70%，主要为松、杉及灌木。冲沟发育，在稀土矿区水土流失严重，小型崩塌及滑坡常见。详见图3.3.1-1。

3.3.2 地层岩性

信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿区评价区主要以花岗岩体与变余砂岩为主，出露的地层与基岩有第四系全新统（ Q_4^{dl} 、 Q_4^{ml} ）、岩浆岩以及变余砂岩。第四系全新统出露在评价区西北及东南部，岩浆岩大面积出露。下伏基岩为燕山期早期岩浆岩（ γ_5^2 ）与寒武系变余砂岩、板岩。据调查及钻探揭示，地层结构情况分述如下（详见图3.3.2-1）：

第四系全新统（ Q_4^{dl} 、 Q_4^{ml} ）：在评价区的西北及东南部沿河谷两侧及山间低洼处分布，成份以粘粒为主、粉粒次之。厚度在3.54m~8.2m。

燕山期花岗岩（ γ_5^2 ）：分四个亚层

全风化花岗岩：浅黄色，成分主要由长石风化的粘、粉粒，石英颗粒、少量云母碎屑及少量黑色风化矿物等组成，原岩残余结构仍清晰可辨。黏性较差，砂

感较强。岩芯呈土状，手易捏碎，遇水易软化崩解，随深度增加，风化程度逐渐减弱，强度逐渐增高，透水性一般，为弱含水层。厚度在 1.0m~14.70m 左右，分布较广泛，局部沟谷地段缺失。

强风化花岗岩：浅黄色，呈散体状，组织结构大部分破坏，矿物成分明显变化，除石英外，长石、云母、角闪石等其他矿物大部分风化为土状。土层具有泡水易软化、崩解，强度降低等特点，岩石坚硬程度属极软岩，岩石完整程度为极破碎。透水性较差，为弱含水层。厚度在 2.40m~11.10m，分布广泛。

中风化花岗岩：灰色、浅灰色，岩石致密坚硬，发育少量裂隙，岩心呈扁柱状、块状。透水性差，为弱含水层。厚度在 4.0m~6.20m。

微风化花岗岩：灰色、岩石致密坚硬，节理裂隙不发育，岩芯呈柱状。透水性差，为相对隔水层。揭露厚度 3.10m~7.0m。

寒武系变余砂岩、板岩：分四个亚层

全风化变余砂岩：黄褐色，岩石已风化成土状，透水性差，为隔水层。揭露厚度 10.8m 左右。

强风化变余砂岩：黄灰色，岩石风化强烈，裂隙发育，岩芯呈碎块状、块状，透水性较好，为相对含水层。揭露厚度 7.0m 左右。

中风化变余砂岩：青灰色，变余结构，裂隙较发育，裂隙多呈闭合状，岩芯呈扁柱状、块状，透水性较差，为相对隔水层。揭露厚度 5.70m 左右。

微风化变余砂岩：青灰色，变余结构，裂隙不发育，岩芯呈柱状，透水性较差，为相对隔水层。揭露厚度 3.7m 左右。

3.3.3 水文地质条件

3.3.3.1 地下水类型及富水性

信丰赤岗、窑下、赣县韩坊稀土矿评价区中的地下水类型按含水介质空隙类型可分为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水两大类型；再根据贮水空间的形态特征及含水岩组的组合关系，将基岩裂隙水分为构造裂隙水和风化带网状裂隙水两个亚类。

松散岩类孔隙水含水层分布于河谷两侧及山间低洼处，面积为 2.0824km²，赋存于第四系全新统冲积相地层中，多呈较连续条带状沿河谷两岸展布。水位埋深在 0.55m~1.66m，含水层厚度在 3.54m~4.15m，平均 3.845m，富水性弱，水量贫乏，单井涌水量 0.1648m³/d~102m³/d。根据 XK2、XK4、XK6 钻孔抽水试

验知，渗透系数为 0.234m/d~6.17m/d。

风化带网状裂隙水是调查区最主要的地下水类型，面积 19.87km²，赋存于印支期及燕山早期花岗岩的风化带网状裂隙中。水位埋在 0.55m~11.95m，含水层厚度一般 3.65m~30.85m，平均 18.61m，水力性质为潜水，局部为微承压，富水性弱，水量贫乏。据 XK1、GK10 钻孔压水试验知，中风化花岗岩渗透系数 0.032m/d~0.136m/d。

构造裂隙水沿评价区边界东南部分布，面积 6.36 km²，含水岩组为寒武系变余砂岩、板岩。水位埋在 1.66m 左右，含水层厚度在 27.04m 左右，富水性等级为水量贫乏。

3.3.3.2 地下水补、径、排及动态特征

1、地下水补、径、排条件

松散岩类孔隙水以垂向大气降水补给为主，基岩裂隙水的侧向补给次之；径流方向与地表水流向成角度流向溪流及下游方向，水力坡度较缓约 2.0‰~4.7‰。

基岩裂隙水在评价区范围内分布面积广，主要靠大气降水垂向入渗补给，地下水补给区与径流区基本一致，且地下水径流距离较短，循环交替强烈。地下水流向与地形基本一致，水力坡度受地形影响，一般较陡，与地形坡度大致吻合，在沟谷、洼地、坡麓地带常以泉或散流形式排泄于地表。

松散岩类孔隙水主要分布于沟谷的河漫滩，主要补给来源为基岩裂隙水的侧向径流补给，与基岩裂隙水具有直接的水力联系，因此，可将松散岩类孔隙水与基岩裂隙水视为统一的潜水含水层。同时，松散岩类孔隙水与河水之间具有直接的水力联系，互为补排关系，丰水期河水补给地下水，枯水期地下水补给河水。

本次评价期内于丰水期（2021 年 8 月）、枯水期（2021 年 11 月）分别开展了一次水位统测，丰水期地下水水位等值线见图 3.3.3-1，枯水期见图 3.3.3-2。

2、地下水动态特征

评价区地下水动态类型为渗入-径流型。地下水动态受大气降水的控制，随季节变化明显，丰水期水位高，枯水期水位低。根据丰枯水期的水位统测结果，调查区第四系松散岩类孔隙水的丰水期水位比枯水期高 0.9~2.4m。

3.3.4 地下水开发利用现状

评价区降水丰沛，水系发育，地表水资源丰富。现场调查结果表明：稀土矿区范围内有少量居民居住，乡村、城镇居民生活用水及农业生产用水主要以地表

水为主，无集中式地下水供水水源地。地下水开采主要为分散的民井或泉，主要用于冲洗和清洁，地下水类型为第四系全新统孔隙水和基岩裂隙水。综合上述，调查区地下水开采总量估算为 750.8m³/d。地下水开发利用现状见图 3.3.4-1。

3.3.5 污染源调查

根据现场调查，评价区内的污染源包括农业污染源以及生活污染源。

1、农业污染调查

农业污染源主要为耕地、果蔬地施用的化肥、农药，其残留在土壤的药物可能随雨水下渗污染浅层地下水，主要污染为硝酸盐氮、氨氮、COD。农业用地沿着村庄四周分布。

2、生活污染调查

评价区生活污染主要为生活污水及生活垃圾，农村部分无收集管网的生活污水的随意排放及生活垃圾的随意堆放，经降水淋滤会对地下水产生污染，主要污染物为氨氮、COD。由于评价区内居住人口较少，所产生的量也较少。

综上，评价区范围内存在的污染源为生活污染源和农业污染源，但对环境的影响有限。

4 地下水环境质量监测与评价

4.1 环境质量现状监测

4.1.1 监测点位布设

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)“8.3.3.3 现状监测点的布设原则”相关内容,本项目分布区主要位于丘陵山区,按照“表 4 地下水环境现状监测频率参照表”可确定地下水水质监测频率为一期,地下水水位监测频率为枯丰两期。

此次地下水水质监测点布设是通过现场勘查并结合 1:50000 各矿区水文地质条件调查,分析各矿区富集站位置、矿区内历史车间与开采情况、居民区及其他敏感点现状,在各矿区及上下游位置布设地下水水质监测点位,布点覆盖各矿区评价范围。

本次在信丰县矿区评价范围共布设地下水水质监测点 27 个,地下水水位监测点不少于矿区相应水质监测点数的 2 倍。

信丰县矿区地下水水质水位监测点位见表 4.1.1-1, 点位分布见图 4.1.1-1。

4.1.2 监测项目

①统测地下水水位;

②基本水质因子: K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、pH 值、溶解性总固体、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐(以氮计)、亚硝酸盐(以氮计)、挥发性酚类、氰化物、硫化物、铅、砷、汞、镉、铬(六价)、氟化物、铁、锰、铜、锌等,共 28 项。

4.1.3 监测频次

水质按照一期进行监测,取样 1 次;水位按照丰枯两期统测。

4.1.4 监测时间

受矿冶科技集团有限公司委托,国家钨与稀土产品质量监督检验中心于 2021 年 8 月开展地下水水质取样、检测工作。

4.1.5 监测分析方法

水样采集和保存按《地下水环境监测技术规范》(HJ64-2020)和《环境影响

评价技术导则《地下水环境》(HJ 610-2016)要求进行。

4.1.6 监测结果分析

根据地下水水质现状监测可得到信丰县稀土矿评价区的检测项目的最大、最小值、均值及检出率,水质现状监测结果分析见表 4.1.6-1、表 4.1.6-2、表 4.1.6-3。

4.2 环境质量现状评价

4.2.1 评价方法

现状地下水水质采用标准指数法进行评价,其计算公式如下:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}}$$

式中: P_i —第 i 个水质因子的标准指数;

C_i —第 i 个水质因子的监测质量浓度值, mg/L;

C_{si} —第 i 个水质因子的标准质量浓度值, mg/L。

pH 的标准指数为:

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}} \quad pH \leq 7.0 \text{ 时}$$

$$P_{pH} = \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad pH > 7.0 \text{ 时}$$

式中: P_{pH} —pH 的标准指数;

pH—pH 检测值;

pH_{sd} —标准中 pH 的下限值;

pH_{su} —标准中 pH 的上限值;

当 $P_i \leq 1$ 时,符合标准;当 $P_i > 1$ 时,说明该水质因子已超过了规定的水质标准,将不满足该类地下水质量功能的要求。

4.2.2 评价标准

矿区评价范围地下水执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III类标准。具体标准值详见表 4.2.2-1。

表4.2.2-1 地下水环境质量标准 单位: mg/L

序号	指标	III类标准	序号	指标	III类标准
1	pH(无量纲)	$6.5 \leq pH \leq 8.5$	11	汞	≤ 0.001
2	溶解性总固体	≤ 1000	12	砷	≤ 0.01

3	总硬度(以 CaCO ₃ 计)	≤450	13	镉	≤0.005
4	耗氧量	≤3.0	14	铬(六价)	≤0.05
5	氨氮(以 N 计)	≤0.50	15	铅	≤0.01
6	硝酸盐(以 N 计)	≤20.0	16	铁	≤0.3
7	亚硝酸盐(以 N 计)	≤1.00	17	锰	≤0.10
8	挥发性酚类(以苯酚计)	≤0.002	18	铜	≤1.00
9	氰化物	≤0.05	19	锌	≤1.00
10	氟化物	≤1.0	20	硫化物	≤0.02

4.2.3 评价结果

地下水环境质量现状评价方法采用标准指数法，标准指数>1，表明该水质因子已超过了规定的水质标准；指数值越大，超标越严重。运用标准指数法进行统计分析的结果列于表 4.2.3-1。

地下水环境质量现状评价超标点位及超标因子，见表 4.2.3-1。

根据地下水环境质量现状评价结果可以看出，超标因子为硝酸盐（以氮计）、总硬度、氨氮、铅、氟化物、锰和 pH，其他监测因子均未超标。

超标点位最多的因子为 pH 和锰，其中 pH 超标点位 13 个，pH 值为 4.5~6.3，呈弱酸性，其超标原因可能与原生地质环境有关或与历史矿区开采产生的硝化反应有关；锰超标点位 13 个，最大超标倍数为 182 倍，最小为 0.13 倍，其超标原因可能与原生地质环境有关；其次为氨氮，超标点位 5 个，最大超标倍数为 64.4 倍，最小为 3.96 倍，结合超标点位所在位置分析其超标原因可能主要与矿区内畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗或地表径流有关；硝酸盐（以氮计）超标点位 4 个，多出现于氨氮污染严重的位置，超标原因可能与规模化畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗或地表径流有关，氨氮在氧化环境下容易通过硝化反应转化为硝酸盐氮；铅超标点位 3 个，超标倍数为 19.5 倍，根据监测结果可以看出 pH 值较低点位铅超标倍数较大，结合超标点位置均在矿区内部分分析其超标原因可能与历史矿区开采或原生地质环境有关；氟化物超标点位 1 个，其超标原因可能与原生地质环境有关；总硬度超标点位 1 个，其超标原因可能与原生地质环境有关。

4.3 浸溶试验

4.3.1 点位布设

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）“8.3.2.2 地下水污染源调查”要求，由于本项目为一级改、扩建项目，应在可能造成地下水污染

的主要装置或设施附近开展包气带污染现状调查。根据各矿区前期车间分布特点及现状，对包气带进行取样调查，取样深度根据污染源特征及包气带岩性、结构特征等确定。

信丰县共布设浸溶试验点位 3 个，为柱状样，共取土样 6 个，包气带取样信息详见表 4.3.1-1。

表 4.3.1-1 包气带取样点信息表

区县	矿区	柱状样数量 (个)	现有车间内部		取样深度 (m)	监测项目
			土壤监测点编号	浸溶试验点编号		
信丰	赤岗稀土矿	1	CG-S1	CG-S1-J	0~0.2, 1~1.5	特征因子+重金属
	虎山稀土矿	1	HS-S2	HS-S2-J		
	烂泥坑稀土矿	1	LNK-S2	LNK-S2-J		

4.3.2 监测项目

基本水质因子：pH 值、Mg²⁺、SO₄²⁻、氨氮、硫化物、铅、砷、汞、镉、铬(六价)、氟化物、铁、锰、铜、锌等，共 15 项。

4.3.3 监测时间

浸溶试验取样时间为 2021 年 8 月。

4.3.4 监测频次

按照一期进行监测，取样 1 次。

4.3.5 监测结果与评价

浸溶试验点位监测结果与分析见表 4.3.5-1，浸溶试验点位监测评价见表 4.3.5-2。

根据浸溶试验结果可以看出，超标因子为 pH、氨氮和铁。其中超标点位最多的因子为 pH，超标点位 2 个，其超标原因可能与土壤改良工程使用钙镁磷肥等碱性物质有关；氨氮超标原因可能与矿区内畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗进入地下水中有关系；铁超标可能与原生地质环境有关。同一监测点位不同深度的 pH 值对比，表层样中 pH 值均高于深层土壤 pH，其他监测因子无显著差异，说明土壤改良取得一定效果。

5 地下水环境影响预测与评价

5.1 地下水渗流数值模型要素总论

地下水数值模型包括概念模型和数学模型两个部分。水文地质概念模型是对地下水系统的科学概化,是为了适应数学模型的要求而对复杂的实际系统的一种近似处理,是地下水系统模拟的基础。它把研究对象作为一个有机的整体,以水文地质条件为基础,综合集成模拟区的各种信息,准确刻画模拟区的实际情况,包括边界性质、内部结构、渗透性质、水力特征和补径排条件。形成的概念模型包括边界条件、内部结构、地下水流态三大要素。在此基础上,根据地下水动力学理论,构建符合模拟区实际情况的地下水渗流数学模型,包括合理的偏微分方程及其定解条件。

在准确刻画模拟区的基础上,即可利用地下水渗流模拟软件,将各种要素输入,形成模拟区的数值模型。

5.1.1 水文地质概念模型

本项目位于丘陵区,地形高差较大,地下水位不连续,山区地下水流场难以准确刻画,故山区水文地质模型概化必须根据山区地下水特征进行概化处理,本模型建立时各个矿区水文地质条件对流态、饱和与非饱和、模型结构、模型底板、边界条件进行概化处理。

5.1.2 渗流数学模型

评价区概化为非均质、各向同性、单一结构的二维潜水非稳定地下水流系统,可用如下地下水渗流偏微分方程表示:

$$\begin{cases} \mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (K(h-b) \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K(h-b) \frac{\partial h}{\partial y}) + p + \varepsilon & x, y \in \Omega \\ h(x, y) = h_0 & x, y \in \Omega \\ H(x, y)|_{\Gamma_1} = \varphi(x, y, t) & x, y \in \Gamma_1 \\ K_n \frac{\partial h}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y) & x, y \in \Gamma_2 \end{cases}$$

式中: Ω ——渗流区域;

h ——含水层水位标高 (m);

b ——底板高程 (m);

t ——时间 (d);
 K ——方向渗透系数 (m/d);
 K_n ——边界面法向方向的渗透系数 (m/d);
 μ ——给水度;
 $\varepsilon(x, y, t)$ ——源汇项 (m/d);
 p ——为降雨入渗量及蒸发量的代数和 (m/d);
 $h_0(x, y)$ ——含水层的初始水位分布 (m);
 Γ_1 ——渗流区域的一类边界;
 Γ_2 ——渗流区域二类边界;
 (x, y) ——平面位置坐标;
 \hat{n} ——边界面的法线方向;
 $\varphi(x, y, t)$ ——一类边界水头 (m);
 $H(x, y)$ ——含水层边界的水头 (m);
 $q(x, y, t)$ ——二类边界流量 (m/d)。

5.1.3 渗流数值模型

Feflow 软件是目前国际上先进的地下水渗流及溶质运移模拟软件。在确定模拟区范围、含水层性质、初始条件、边界条件等概念模型的基础上,可利用该软件刻画模拟区地下含水层性质及其定解条件(初始水位、边界条件)。

(1) 模拟区网格剖分及相关要素设置赋值

利用 Feflow 软件对模拟区进行三角网格剖分,网格剖分时,将水位统测点、地下水开采井、河流及其主要支流放置于结点上。在地下水开采处和矿区内的拟采区域进行适当加密。

网格剖分后,依次将地面高程、初始地下水水位、含水层底板高程等基础数据输入模型。根据模拟区域的地下水均衡,在剖分的网格中设置边界侧向流量、地下水开采量、大气降雨入渗量、边界水头。

根据模拟区已有的水文地质勘查资料,尤其是抽水试验、压水试验获得的含水层渗透系数,进行水文地质参数分区,并合理赋值,作为初始水文地质参数。模型要素全部输入模型后,即可运行模型,得到模拟区各结点的计算水位。

(2) 降雨量给定

模拟期评价区内降雨数据采用水位统测的时间段内的各县实测降雨量, 预测期各评价区内降雨数据采用近 20 年矿区所在县的多年平均降雨数据。信丰县多年平均降雨量 1512.84 mm。

(3) 含水层水文地质参数分区

根据各矿区水文地质勘查报告以及各矿区的抽水试验、压水试验、渗水试验、室内渗透试验获得的第四系地层、强风化花岗岩、弱风化花岗岩等的渗透系数, 结合地下水流场的空间分布以及地貌特征, 划分潜水含水层的渗透性分区, 将模拟区划分为若干个渗透系数分区。

(4) 模型识别验证

模型识别和验证过程采用的方法也称试估—校正法, 属于反求参数的间接方法之一。通过各统测水位点的计算值与实测值进行比较, 率定参数, 校正构建的地下水渗流数值模型。经校正后, 即可认为构建的模型能够客观反映模拟区的水文地质条件。

模型校正与检验是建立水文地质数值模型的关键步骤之一, 主要遵循以下原则:

- ①模拟的地下水流场要与实际地下水流场基本一致, 即要求地下水模拟等值线与实测地下水位等值线基本吻合, 模拟流场可以客观反映地下水渗流的趋势;
- ②从均衡的角度出发, 模拟的地下水均衡变化与实际情况要基本相符;
- ③识别的水文地质参数要符合模拟区的水文地质条件。

5.1.4 溶质运移数学模型

地下水溶质运移偏微分方程及其定解条件如下:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_i} (D_{i,j} \frac{\partial C}{\partial x_j}) - \frac{\partial}{\partial x_i} (Cu_i) + p = \frac{\partial C}{\partial t} & i, j = 1, 2, 3 \\ C(x, y)|_{t=0} = C_0(x, y) \\ C(x, y, t)|_{\Gamma_1} = C'(x, y, t) & x, y \in \Gamma_1, t > 0 \end{cases}$$

式中, D 为含水层弥散系数 (m^2/d);

C 为地下水溶质浓度 (mg/L);

u 为地下水孔隙流速 (m/d);

p 为溶质源汇项 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$);

C_0 为初始浓度 (mg/L);

C' 为流入边界浓度 (mg/L)。

待污染因子选取后, 可用地下水溶质运移模型耦合地下水水流模型, 模拟污染物的迁移状况。

5.1.5 源强赋值及弥散度确定

1、源强分析

(1) 生产期

正常生产过程在确保采场收液系统和环保回收井(水力截获)运行良好情况下, 渗漏率可以控制在 7.5%。

本次评价生产期渗漏母液污染源强类比同为全覆式矿山的定南岭北矿区无铵工艺试验的成果, 本项目与该试验采矿工艺一致, 矿体赋存形态及成矿机理一致, 可以类比。因此, 本项目生产期原地浸矿采场渗漏母液源强见表 5.1.5-1、表 5.1.5-2。

(2) 淋洗期

淋洗期间的淋洗水量同注液量, 采场渗漏尾水量同生产期渗漏母液量, 在确保采场收液系统和环保回收井(水力截获)运行良好情况下, 渗漏率可以控制在 7.5%。

生产期顶水结束后采取清水淋洗, 解析出来的尾水中硫酸盐和镁浓度逐步降低, 直到淋洗的尾水硫酸根满足江西省《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》(DB36 1016-2018)要求时, 即硫酸盐 800mg/L 时不再淋洗。

清水淋洗期污染物源强类比《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合(一期)技改项目环境影响报告书》, 见表 5.1.5-3。

(3) 闭矿期

闭矿后自然降雨入渗水量核算:

闭矿后的采场面积取 A , 降雨量取 Y , 采场的降雨入渗系数取 $k=0.15$ 。根据赣州市各县气象站多年统计资料, 每年自然降雨入渗量 Q 核算公式如下:

$$Q=A \cdot k \cdot Y$$

闭矿期污染物源强类比《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合(一期)技改项目环境影响报告书》, 见表 5.1.5-4。

2、预测因子确定

(1) 镁

本采矿使用硫酸镁原料，利用镁离子交换稀土元素，同时将镁离子留在矿体岩土-水系统中，在生产期、淋洗期和闭矿期镁离子受顶水和降雨淋洗进入地下水，影响地下水环境，选取镁离子为预测因子。

(2) 硫酸根

根据采矿的使用硫酸镁原料和水质监测结果，硫酸根为特征因子，选取硫酸根为预测因子。

(3) 重金属

表 5.1.5-5 生产期及淋洗期重金属超标统计表

污染因子	生产期		淋洗期	
	Pb	Cd	Pb	Cd
污染物浓度 (mg/L)	0.305	0.068	0.072	0.006
III类标准值	0.01	0.005	0.01	0.005
超标倍数	30.5	13.6	7.2	1.2

根据生产期及淋洗期试验矿块母液监测结果，母液中 Pb 有超标，最大超标位数为 30.5 倍；Cd 存在超标，最大超标位数为 7.2 倍；As、Hg、Cr⁶⁺均未见超标。综合考虑，选择超标倍数最大的铅为预测因子。

3、弥散度的确定

各评价区含水层介质多为花岗岩风化岩体，根据钻孔的弥散试验数据知，纵向弥散度约为 0.18m~5m，横向弥散度约为 0.008m~0.5m。

5.1.6 预测时段确定

预测地下水污染因子浓度空间分布的时间点分别为 100 天、1000 天、超标范围影响最大时段及全部矿块开采结束闭矿后的 30 年。

5.1.7 标准限值确定

本次地下水镁离子浓度预测中，当地下水中镁离子的浓度大于检出限 0.02mg/L 时，认为镁离子对地下水环境产生了影响；其标准参考波兰地下水环境质量标准中镁的标准限值，取 100mg/L，当地下水中的浓度大于 100mg/L 时，即认为镁离子超标。

地下水硫酸根离子浓度预测中，当地下水中硫酸根离子的浓度大于检出限 0.018mg/L 时，认为硫酸根离子对地下水环境产生了影响；当地下水中的浓度大于 250mg/L 时，即认为硫酸根离子超标。

地下水重金属铅浓度预测中，当地下水中重金属铅的浓度大于检出限 0.00036mg/L 时，认为重金属铅对地下水环境产生了影响；当地下水中的浓度大

于 0.01mg/L 时，即认为重金属铅超标。

5.2 信丰安西稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价

5.2.1 模拟区水文地质概念模型确定

(1) 模拟范围确定

根据稀土矿区水文地质条件确定，安西稀土矿模拟范围同评价范围，面积 9.97km²，模拟范围见图 5.2.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

安西稀土矿区模拟区主要以花岗岩体为主，分布于评价范围大部地区，第四系全新统（Q₄^{al}）则沿河谷两侧及山间低洼处分布。

模拟区的地下水有松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。松散岩类孔隙水赋存于第四系全新统冲积相地层中，基岩裂隙水主要为赋存于印支期及燕山早期花岗岩的风化带网状裂隙。根据模拟区水文地质勘查资料，模拟区含水层厚度为 7.9m~25.6m，平均厚度为 20.7m，含水层性质为潜水含水层。根据模拟区的水文地质条件，可将模型概化为具有非均质、各向同性特点的二维地下水渗流系统。

模拟区地形起伏大，地下水接受大气降水补给后迅速向下游排泄。补、径、排总的特点为：“近源补给，短途径流，就近排泄”。

(3) 模拟区边界条件概化

①侧向边界

根据模拟区水文地质条件及地下水流场特征，模拟区东部边界与地下水流场方向平行的部分，概化为流量边界；西部边界与地下水流场方向垂直的部分，概化为零流量边界，其余则概化为流量边界；南部边界概化为零流量边界；北部边界的河流概化为水头边界。矿区内河水与地下水具有直接的水力联系，为此，将该部分边界定为一类水头边界。

②垂向边界

模型的上边界为潜水含水层的自由水面，整个含水层系统通过这个边界可接受大气降水入渗补给、蒸发排泄等，与外界进行垂向的水力联系。

模型的底部边界是基岩微风化带，微风化花岗岩渗透性较差，视为含水层底板，概化为水量的零通量边界。

(4) 地下水均衡

模拟区的地下水主要接受大气降水补给和边界侧向径流补给，降雨入渗是模拟区地下水的主要补给来源。地下水的排泄主要表现为向模拟区内的河流排泄及边界侧向径流排泄。基岩地下水埋深一般大于 3m，蒸发量可忽略不计。根据降雨量数据、地下水开采数据和地下水流场、含水层渗透系数、含水层厚度，可统计计算出模拟区多年平均降雨条件下地下水资源的各均衡项的补排量，详见表 5.2.1-1。从表中可以看出，模拟区的地下水呈微弱的正均衡，正均衡量为 36.003m³/d。

5.2.2 模拟区渗流数值模型确定

(1) 模拟区网格剖分

利用 Feflow 软件，构建模拟区地下水渗流数值模型。模拟区的单元剖分见图 5.2.2-1，共计剖分三角单元 32878 个，结点 33420 个。地下水渗流模型的网格剖分立体图见图 5.2.2-2。

(2) 降雨入渗系数分区

根据模拟区的岩性分布、岩性特征、地形坡度、基岩裂隙发育情况等，划分模拟区的降雨入渗分区，将研究区分为 39 个降雨入渗系数分区，如图 5.2.2-3 所示。各分区的降雨入渗系数见表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 各分区降雨入渗系数

区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数
1	0.09	7	0.09
2	0.13	8	0.15
3	0.13	9	0.09
4	0.13	10	0.09
5	0.13	11	0.09
6	0.15		

(3) 含水层水文地质参数分区

根据研究区岩性分布以及各岩性区的抽水试验、压水试验、渗水试验、室内渗透试验获得的第四系地层、强风化花岗岩、弱风化花岗岩等的渗透系数，结合地下水流场的空间分布，划分潜水含水层的渗透性分区，将研究区划分为 40 个渗透系数分区，见图 5.2.2-4。

(4) 模型识别验证

模拟区地下水渗流数值模型为非稳定流模型，本次研究以丰水期的水位为初始水位，以枯水期水位识别验证模型。初始水位等值线见图 5.2.2-5。

模型识别过程中，首先根据试验获取的一系列水文地质参数为初始参数，经不断调整参数识别模型，使枯水期末的计算的地下水流场与实测地下水流场相吻合。经参数识别，枯水期末的地下水流场与实测流场对比见图 5.2.2-6。从图 5.2.2-6 可以看出，计算水位与实测水位差别不大，且水位等值线吻合度较高，表明识别后的水文地质参数符合模拟区的实际情况。识别后的水文地质参数详见表 5.2.2-2。

表 5.2.2-2 识别后的水文地质参数

区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度
1	0.994	0.1	10	0.0089	0.04
2	0.0546	0.06	11	0.0149	0.06
3	0.0298	0.06	12	0.0149	0.06
4	0.0417	0.06	13	0.447	0.06
5	0.012	0.06	14	0.199	0.06
6	0.397	0.06	15	0.248	0.06
7	0.0149	0.07	16	0.199	0.06
8	0.0149	0.08	17	0.025	0.06
9	0.0089	0.04	18	0.248	0.06

5.2.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

安西矿区评价范围内矿块分 1 年开采，各开采矿块的空间分布及开采年见图 5.2.3-1。

(2) 污染源强确定

安西矿区内拟建 1 个富集站，根据源强分析不同规模的富集站对应每年渗漏的污染物量不同，正常生产过程在确保采场收液系统和环保回收井（水力截获）运行良好情况下，渗漏率可以控制在 7.5%。

结合富集站规模确定采场污染渗漏量。富集站规模、服务年限及对应渗漏量见下表 5.2.3-1。

表5.2.3-1 富集站规模、服务年限及对应渗漏量

采矿证名称	矿石量 (kt/a)	富集站规模(t/a)	服务年限 (a)	开采时间顺序	母液渗漏量(t/d)	每年渗漏量(t/a)
安西	**	**	0.5	第 1 年	28.95	4343

5.2.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价

5.2.4.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测，矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见表 5.2.4-1 和图 5.2.4-1。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中镁离子影响范围和超标范

围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 0.053km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，无超标范围，影响范围为 0.091 km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水镁离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水镁离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.2.4-1 矿块开采镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.158	0.009	102	车头
1000d	0.394	0.051	247	车头
3.4a	0.443	0.053	268	车头
31a	0.091	—	205	寨下

5.2.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区开采过程中对地下水中硫酸根离子浓度的影响分布见表 5.2.4-2 和图 5.2.4-2。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 0.133km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，无超标范围，影响范围为 0.253 km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水硫酸根离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水硫酸根离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.2.4-2 矿块开采硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.216	0.021	114	车头

1000d	0.555	0.119	276	车头
3.4a	0.553	0.133	316	车头
31a	0.253	—	347	寨下

5.2.4.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，稀土矿区开采过程中对地下水中重金属铅浓度的影响分布见表 5.2.4-3 和图 5.2.4-3。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中重金属铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 0.138km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年对地下水不在产生影响，无超标范围，也无影响范围；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水重金属铅的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水重金属铅则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.2.4-3 矿块开铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.046	0.021	42	车头
1000d	0.282	0.122	179	车头
3.4a	0.317	0.138	198	车头
31a	—	—	—	—

5.2.5 清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价

5.2.5.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境的影响见表 5.2.5-1 和图 5.2.5-1 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中镁离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 0.029km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年对地下水不再产生影响，无超标范围，也无影响范围；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.2.5-1 清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
------	-------------------------	-------------------------	-------------	--------

100d	0.163	0.0072	125	车头
1000d	0.341	0.028	154	车头
3.4a	0.355	0.029	157	车头
31a	—	—	—	—

5.2.5.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境的影响见表 5.2.5-2 和图 5.2.5-2 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 0.1km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年对地下水不再产生影响，无超标范围，也无影响范围；随时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.3.5-2 清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.235	0.025	128	车头
1000d	0.363	0.095	177	车头
3.4a	0.387	0.1	181	车头
31a	—	—	—	—

5.2.5.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境的影响见表 5.2.5-3 和图 5.2.5-3 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 3.4 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 0.108km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年对地下水不再产生影响，无超标范围，也无影响范围；随时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.2.5-3 清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.076	0.026	93	车头
1000d	0.211	0.1	103	车头
3.4a	0.227	0.108	107	车头
31a	—	—	—	—

5.3 信丰虎山、烂泥坑稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价

5.3.1 模拟区水文地质概念模型确定

(1) 评价范围确定

根据稀土矿区水文地质条件确定，虎山稀土矿、烂泥坑稀土矿模拟范围同评价范围，面积 59.38km²，模拟范围见图 5.3.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

虎山稀土矿、烂泥坑稀土矿模拟区主要以花岗岩体为主体，地层占少部分，主要为寒武系（ ϵ ）和第四系全新统（ Q_4^{al+ml} ），出露于花岗岩体的周围。岩浆岩大面积出露，主要为印支期中细粒黑云母花岗岩、中粗粒似斑状黑云母花岗岩（ γ_5^1 ）和燕山早期中粗粒黑云母花岗岩（ γ_5^2 ）。

模拟区的地下水主要赋存于第四系松散层与基岩裂隙中，具有统一的水力联系。根据模拟区水文地质勘查资料，模拟区含水层厚度为 2.27m~32.23m，含水层性质为潜水含水层。根据模拟区的水文地质条件，可将模型概化为具有非均质、各向同性特点二维地下水渗流系统。

模拟区地形起伏大，地下水接受大气降水补给后迅速向下游排泄。补、径、排总的特点为：“近源补给，短途径流，就近排泄”。

(3) 模拟区边界条件概化

①侧向边界

根据模拟区水文地质条件及地下水流场特征，模拟区大部分边界与地下水流场方向垂直，概化为零流量边界；近沟谷地带与地下水流动方向平行，概化为流量边界。西南边界以桃江支流为界，将该部分边界定为一类水头边界。矿区内河水与地下水具有直接的水力联系，为此，将该部分边界定为一类水头边界。

②垂向边界

模型的上边界为潜水含水层的自由水面，整个含水层系统通过这个边界可接受大气降水入渗补给、蒸发排泄等，与外界进行垂向的水力联系。

模型的底部边界是基岩中风化带，中风化花岗岩渗透性较差，视为含水层底板，概化为水量的零通量边界。

(4) 地下水均衡

模拟区的地下水主要接受大气降水补给和边界侧向径流补给，降雨入渗是模拟区地下水的主要补给来源。地下水的排泄主要表现为向模拟区内的河流排泄及边界侧向径流排泄。基岩地下水埋深一般大于 3m，蒸发量可忽略不计。根据降雨量数据、地下水开采数据和地下水流场、含水层渗透系数、含水层厚度，可统计计算出模拟区多年平均降雨条件下地下水资源的各均衡项的补排量，详见表 5.3.1-1。从表中可以看出，模拟区的地下水呈微弱的正均衡，正均衡量为 52.78m³/d。

5.3.2 模拟区渗流数值模型确定

(1) 模拟区网格剖分

研究区的单元剖分见图 5.3.2-1，共计剖分三角单元 142505 个，结点 143464 个。地下水渗流模型含水层立体网格剖分见图 5.3.2-2。

(2) 降雨入渗系数分区

根据研究区的岩性分布、岩性特征、地形坡度、基岩裂隙发育情况等，划分研究区的降雨入渗分区，将研究区分为 96 个降雨入渗系数分区，如图 5.3.2-3 所示。各分区的降雨入渗系数见表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 各分区降雨入渗系数

区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数
1	0.11	25	0.19	49	0.1	73	0.1
2	0.15	26	0.18	50	0.11	74	0.11
3	0.09	27	0.11	51	0.09	75	0.09
4	0.1	28	0.09	52	0.11	76	0.11
5	0.1	29	0.12	53	0.1	77	0.1
6	0.11	30	0.11	54	0.11	78	0.11
7	0.1	31	0.09	55	0.09	79	0.09
8	0.05	32	0.11	56	0.11	80	0.11
9	0.1	33	0.1	57	0.1	81	0.1
10	0.15	34	0.11	58	0.11	82	0.11
11	0.15	35	0.09	59	0.09	83	0.09
12	0.11	36	0.11	60	0.11	84	0.11
13	0.15	37	0.1	61	0.1	85	0.1
14	0.15	38	0.11	62	0.11	86	0.11
15	0.19	39	0.09	63	0.09	87	0.09
16	0.09	40	0.11	64	0.11	88	0.11
17	0.1	41	0.1	65	0.1	89	0.1
18	0.11	42	0.11	66	0.11	90	0.11
19	0.11	43	0.09	67	0.09	91	0.09
20	0.09	44	0.11	68	0.11	92	0.11
21	0.09	45	0.1	69	0.1	93	0.1
22	0.1	46	0.11	70	0.11	94	0.11
23	0.21	47	0.09	71	0.09	95	0.09
24	0.09	48	0.11	72	0.11	96	0.11

(3) 含水层水文地质参数分区

根据研究区岩性分布以及各岩性区的抽水试验、压水试验、渗水试验、室内渗透试验获得的第四系地层、强风化花岗岩、弱风化花岗岩等的渗透系数，结合地下水流场的空间分布，划分潜水含水层的渗透性分区，将研究区划分为 32 个渗透系数分区，见图 5.3.2-4。

(4) 模型识别验证

模拟区地下水渗流数值模型为非稳定流模型，本次研究以丰水期的水位为初始水位，以枯水期水位识别验证模型。初始水位等值线见图 5.3.2-5。

模型识别过程中，首先根据试验获取的一系列水文地质参数为初始参数，经不断调整参数识别模型，使枯水期末的计算的地下水流场与实测地下水流场相吻合。经参数识别，枯水期末的地下水流场与实测流场对比见图 5.3.2-6。从图 5.3.2-6 可以看出，计算水位与实测水位差别不大，且水位等值线吻合度较高，表明识别后的水文地质参数符合模拟区的实际情况。识别后的水文地质参数详见表 5.3.2-2。

表 5.3.2-2 识别后的水文地质参数

区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度
1	0.0121	0.07	12	0.3908	0.11	23	0.0109	0.08
2	0.0946	0.12	13	0.1852	0.08	24	0.0286	0.06
3	0.0020	0.06	14	0.1941	0.09	25	0.1000	0.08
4	0.0011	0.07	15	0.1960	0.07	26	0.1753	0.08
5	0.2000	0.07	16	0.2076	0.1	27	0.1373	0.08
6	0.0140	0.08	17	0.0020	0.06	28	0.0500	0.07
7	0.1939	0.07	18	0.4000	0.07	29	0.0083	0.06
8	0.0200	0.07	19	0.3000	0.08	30	0.2720	0.07
9	0.0200	0.07	20	0.2000	0.06	31	0.4458	0.07
10	0.1921	0.08	21	0.0073	0.06	32	0.0069	0.07
11	0.4150	0.12	22	0.1000	0.07			

5.3.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

虎山、烂泥坑评价范围内矿块分 11 年开采，各开采矿块的空间分布及开采时序见图 5.3.3-1。

(2) 污染源强确定

虎山、烂泥坑矿区内拟建*个富集站，其中虎山*个，烂泥坑*个。根据源强分析，不同规模的富集站对应每年渗漏的污染物量不同，正常生产过程在确保采场收液系统和环保回收井(水力截获)运行良好情况下，渗漏率可以控制在 7.5%。

结合富集站规模确定污染渗漏量。富集站规模、服务年限及对应渗漏量见下表 5.3.3-1。

表 5.3.3-1 富集站规模、服务年限及对应渗漏量

采矿证名称	矿石量 (kt/a)	富集站规模 (t/a)	服务年限 (a)	开采时间顺序	母液渗漏量 t/d	每年渗漏量 t/a
虎山稀土矿	**	**	4.5	第 1-5 年	123	18450
	**	**	2	第 1-2 年	123	18450
	**	**	7.7	第 3-10 年	123	18450
	**	**	1.6	第 1-2 年	123	18450
	**	**	6.1	第 3-9 年	123	18450
烂泥坑稀土矿	**	**	5.3	第 1-6 年	153.75	23063
	**	**	6.9	第 1-7 年	153.75	23063
	**	**	4.2	第 7-11 年	153.75	23063

5.3.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价

5.3.4.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测,矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见表 5.3.4-1 和图 5.3.4-1。

从预测结果可以看出,随着矿块的开采,地下水中镁离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大,最大超标范围约为 4.758km²,随后逐渐减小并消失,在全部矿块开采结束闭矿后 30 年,超标范围约为 0.07 km²,影响范围为 18.268 km²; 随着时间的推移,污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析,得出如下结论:

①受不同时间点稀土矿块开采的影响,各特征点地下水镁离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升,矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水镁离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响,出现多个浓度峰值。

表 5.2.4-1 矿块开采镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.302	0.302	81	焦头坑、上仔垵
1000d	6.213	2.019	404	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	15.024	4.758	975	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、湖南岭下、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高塆、新屋圳、江仔头

41a	18.268	0.07	1353	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、湖南岭下、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高垮、新屋圳、大塘坑、塹背、坛下
-----	--------	------	------	---

5.3.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区开采过程中对地下水中硫酸根离子浓度的影响分布见表 5.3.4-2 和图 5.3.4-2。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 7.039km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 2.035 km²，影响范围为 20.385 km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水硫酸根离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水硫酸根离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.3.4-2 矿块开采硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.545	0.544	134	焦头坑、上仔垵
1000d	7.233	2.704	476	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	16.417	7.039	1032	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、湖南岭下、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高垮、新屋圳、江仔头
41a	20.385	2.035	1574	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、湖南岭下、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高垮、新屋圳、大塘坑、塹背、坛下

5.3.4.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，稀土矿区开采过程中对地下水中重金属铅浓度的影响分布见表

5.3.4-3 和图 5.3.4-3。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中重金属铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 7.178km²，随后逐渐减小并消失；在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 2.32km²，影响范围为 12.592 km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水重金属铅的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水重金属铅则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.3.4-3 矿块开铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.881	0.544	38	焦头坑、上仔垵
1000d	4.326	2.718	331	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	11.734	7.178	898	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、湖南岭下、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高垵、新屋圳、塹背、坛下
41a	12.592	2.32	1313	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、双石头、许屋、杨梅前、围下、兰州坑、中和村、前高垵、新屋圳、大塘坑

5.3.5 清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价

5.3.5.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境的影响见表 5.3.5-1 和图 5.3.5-1 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中镁离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 4.626km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 0.053 km²，影响范围为 17.26km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周

边村庄地下水产生影响。

表 5.3.5-1 清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.336	0.299	104	焦头坑、上仔垵
1000d	6.69	2.029	591	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	14.592	4.626	526	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高塆、新屋圳、大塘坑
41a	17.26	0.053	590	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高塆、新屋圳、大塘坑

5.3.5.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境的影响见表 5.3.5-2 和图 5.3.5-2 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 6.87km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年超标范围 1.457km²，影响范围 18.958km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.3.5-2 清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.585	0.545	136	焦头坑、上仔垵
1000d	7.62	2.784	622	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	15.685	6.875	741	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高塆、新屋圳、江仔头
41a	18.958	1.457	659	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高塆、新屋圳、大塘坑

5.3.5.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境的影响见表

5.3.5-3 和图 5.3.5-3 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 10.8 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 7km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 1.792 km²，影响范围 11.947km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.3.5-3 清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.894	0.545	42	焦头坑、上仔垵
1000d	4.522	2.803	514	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑
10.8a	11.471	7	582	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高垮、新屋圳
41a	11.947	1.792	520	黄塘坑、焦头坑、铜锣窝、社前、水井头、谢屋、土仔垵、泥坑、杨梅前、围下、兰州坑、前高垮、新屋圳、大塘坑

5.4 信丰赤岗、窑下稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价

5.4.1 模拟区水文地质概念模型确定

(1) 评价范围确定

根据稀土矿区水文地质条件确定，信丰赤岗、窑下稀土矿模拟范围同评价范围，面积 28.32km²，模拟范围见图 5.4.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

信丰赤岗、窑下稀土矿区模拟区主要以花岗岩体与变余砂岩为主，出露的地层与基岩有第四系全新统 (Q₄^{dl}、Q₄^{ml})、岩浆岩以及变余砂岩。第四系全新统出露在模拟区西北及东南部，岩浆岩大面积出露。下伏基岩为燕山期早期岩浆岩(γ₅²)与寒武系变余砂岩、板岩。

模拟区中的地下水类型按含水介质空隙类型可分为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水两大类型，具有统一的水力联系。根据模拟区水文地质勘查资料，含水层厚度在 3.54m~30.85m，平均 21.66m，含水层性质为潜水含水层。根据模拟区的水文地质条件，可将模型概化为具有非均质、各向同性特点二维地下水渗流系统。

模拟区地形起伏大，地下水接受大气降水补给后迅速向下游排泄。补、径、排总的特点为：“近源补给，短途径流，就近排泄”。

（3）模拟区边界条件概化

①侧向边界

根据模拟区水文地质条件及地下水流场特征，模拟区大部分边界与地下水流场方向垂直，概化为零流量边界；近沟谷地带与地下水流动方向平行，概化为流量边界。矿区内河水与地下水具有直接的水力联系，为此，将该部分边界定为一类水头边界。

②垂向边界

模型的上边界为潜水含水层的自由水面，整个含水层系统通过这个边界可接受大气降水入渗补给、蒸发排泄等，与外界进行垂向的水力联系。

模型的底部边界是基岩中风化带，中风化花岗岩渗透性较差，视为含水层底板，概化为水量的零通量边界。

（4）地下水均衡

模拟区的地下水主要接受大气降水补给和边界侧向径流补给，降雨入渗是模拟区地下水的主要补给来源。地下水的排泄主要表现为向模拟区内的河流排泄及边界侧向径流排泄。基岩地下水埋深一般大于 3m，蒸发量可忽略不计。根据降雨量数据、地下水开采数据和地下水流场、含水层渗透系数、含水层厚度，可统计计算出模拟区多年平均降雨条件下地下水资源的各均衡项的补排量，详见表 5.4.1-1。从表中可以看出，模拟区的地下水呈微弱的正均衡，正均衡量为 33.08m³/d。

5.4.2 模拟区渗流数值模型确定

（1）模拟区网格剖分

利用 Feflow 软件，构建模拟区地下水渗流数值模型。研究区的网格剖分见图 5.4.2-1，共计剖分三角单元 27062 个，结点 27496 个。地下水含水层立体网格剖分见图 5.4.2-2。

（2）降雨入渗系数分区

根据研究区的岩性分布、岩性特征、地形坡度、基岩裂隙发育情况等，划分研究区的降雨入渗分区，将研究区分为 47 个降雨入渗系数分区，如图 5.4.2-3 所示。各分区的降雨入渗系数见表 5.4.2-1。

表 5.4.2-1 各分区降雨入渗系数

区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数
1	0.11	17	0.11	33	0.08
2	0.13	18	0.12	34	0.08
3	0.07	19	0.11	35	0.08
4	0.09	20	0.11	36	0.09
5	0.05	21	0.085	37	0.08
6	0.08	22	0.08	38	0.1
7	0.09	23	0.08	39	0.06
8	0.08	24	0.06	40	0.11
9	0.06	25	0.09	41	0.11
10	0.08	26	0.05	42	0.08
11	0.09	27	0.06	43	0.08
12	0.07	28	0.07	44	0.08
13	0.08	29	0.11	45	0.09
14	0.12	30	0.11	46	0.11
15	0.09	31	0.1	47	0.11
16	0.07	32	0.11		

(3) 含水层水文地质参数分区

根据研究区岩性分布以及各岩性区的抽水试验、压水试验、渗水试验、室内渗透试验获得的第四系地层、强风化花岗岩、弱风化花岗岩等的渗透系数，结合地下水流场的空间分布，划分潜水含水层的渗透性分区，将研究区划分为 54 个渗透系数分区，见图 5.4.2-4。

(4) 模型识别验证

模拟区地下水渗流数值模型为非稳定流模型，本次研究以丰水期的水位为初始水位，以枯水期水位识别验证模型。初始水位等值线见图 5.4.2-5。

模型识别过程中，首先根据试验获取的一系列水文地质参数为初始参数，经不断调整参数识别模型，使枯水期末的计算的地下水流场与实测地下水流场相吻合。经参数识别，枯水期末的地下水流场与实测流场对比见图 5.4.2-6。从图 5.4.2-6 可以看出，计算水位与实测水位差别不大，且水位等值线吻合度较高，表明识别后的水文地质参数符合模拟区的实际情况。识别后的水文地质参数详见表 5.4.2-2。

表 5.4.2-2 识别后的水文地质参数

区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度
1	0.09	0.06	19	0.045	0.07	37	0.4	0.12
2	2.24	0.11	20	0.032	0.03	38	0.09	0.07
3	0.07	0.07	21	0.045	0.09	39	0.022	0.07
4	1.21	0.09	22	0.032	0.08	40	0.022	0.07
5	0.021	0.08	23	0.045	0.091	41	0.021	0.08
6	0.4	0.14	24	0.021	0.08	42	0.045	0.08
7	0.021	0.08	25	0.021	0.08	43	0.045	0.07
8	0.056	0.09	26	0.021	0.08	44	0.032	0.03
9	0.032	0.07	27	0.045	0.09	45	0.021	0.08

10	0.045	0.09	28	0.181	0.06	46	0.021	0.08
11	0.181	0.095	29	0.032	0.07	47	0.07	0.07
12	0.045	0.01	30	0.022	0.07	48	0.07	0.07
13	0.037	0.08	31	0.181	0.095	49	0.09	0.07
14	0.032	0.08	32	0.181	0.095	50	0.09	0.07
15	0.07	0.081	33	0.181	0.065	51	0.09	0.07
16	0.054	0.081	34	0.021	0.22	52	0.4	0.14
17	0.022	0.07	35	0.069	0.06	53	0.09	0.06
18	0.032	0.07	36	0.052	0.09	54	0.032	0.07

5.4.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

赤岗、窑下评价范围内矿块分 10 年开采，各开采矿块的空间分布及开采时序见图 5.4.3-1。

(2) 污染源强确定

赤岗、窑下矿区内拟建 9 个富集站，其中赤岗 4 个，窑下 5 个。根据源强分析，不同规模富集站对应每年渗漏的污染物质不同，正常生产过程在确保采场收液系统和环保回收井（水力截获）运行良好情况下，渗漏率可以控制在 7.5%。

结合富集站规模确定污染渗漏量。富集站规模、服务年限及对应渗漏量见下表 5.4.3-1。

表 5.4.3-1 富集站规模、服务年限及对应渗漏量

采矿证名称	矿石量 (kt/a)	富集站规模 (t/a)	服务年限 (a)	开采时间顺序	母液渗漏量 t/d	每年渗漏量 t/a
窑下稀土矿	**	**	2.6	第 1-3 年	184.5	27675
	**	**	1.9	第 4-5 年	184.5	27675
	**	**	4.3	第 5-9 年	184.5	27675
	**	**	3.3	第 1-4 年	184.5	27675
	**	**	4.1	第 6-10 年	184.5	27675
赤岗稀土矿	**	**	4.1	第 1-5 年	153.75	23063
	**	**	2.2	第 1-3 年	153.75	23063
	**	**	1.4	第 4-5 年	153.75	23063
	**	**	0.5	第 6 年	153.75	23063

5.4.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价

5.4.4.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测，矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见表 5.4.4-1 和图 5.4.4-1。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中镁离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 1.463km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，无超标范

围，影响范围为 12.737 km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水镁离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水镁离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.4.4-1 矿块开采镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.318	—	151	鹅颈坑、桃树坑、社官坑
1000d	4.444	0.717	234	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村
6.5a	8.433	1.463	302	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	12.737	—	1109	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、东坑、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳、大屋下

5.4.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区开采过程中对地下水中硫酸根离子浓度的影响分布见表 5.4.4-2 和图 5.4.4-2。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 2.969km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 0.328 km²，影响范围为 13.931km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水硫酸根离子浓度的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水硫酸根离子浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.4.4-2 矿块开采硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.693	0.309	198	鹅颈坑、桃树坑、社官坑
1000d	5.444	1.489	263	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村
6.5a	10.194	2.969	448	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	13.931	0.328	1228	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、东坑、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳、大屋下

5.4.4.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，稀土矿区开采过程中对地下水中重金属铅浓度的影响分布见表 5.4.4-3 和图 5.4.4-3。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中重金属铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 3.108km²，随后逐渐减小并消失；在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 0.516km²，影响范围为 6.698km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

对开采矿块观测点浓度变化趋势分析，得出如下结论：

①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点地下水重金属铅的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。

②某些特征点地下水重金属铅则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

表 5.4.4-3 矿块开铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.624	0.31	32	鹅颈坑、桃树坑、社官坑

1000d	1.522	2.543	76	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、老屋场、瓦下、中坪村
6.5a	5.731	3.108	236	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、老屋场、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	6.698	0.516	724	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、老屋场、中坪村、下甫、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳

5.4.5 清水淋洗+环保回收情况下地下水污染预测与分析评价

5.4.5.1 镁离子影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境的影响见表 5.4.5-1 和图 5.4.5-1 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中镁离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 1.463km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 0.046 km²，影响范围为 12.179km²；随着时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.4.5-1 清水淋洗+环保回收情景下镁离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.318	—	151	鹅颈坑、桃树坑、社官坑
1000d	4.444	0.717	234	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村
6.5a	8.379	1.463	302	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	12.179	0.046	1109	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、东坑、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳、大屋下

5.4.5.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境的影响见表 5.4.5-2 和图 5.4.5-2 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中硫酸根离子影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围为 2.969km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年超标范围 0.369km²，影响范围 13.27km²；随时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.4.5-2 清水淋洗+环保回收情景下硫酸根离子对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	1.693	0.309	198	鹅颈坑、桃树坑、社官坑
1000d	5.444	1.489	263	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村
6.5a	10.144	2.969	448	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	13.27	0.369	1228	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、黄下、老屋场、新屋下、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、东坑、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳、大屋下

5.4.5.3 铅影响预测与分析评价

经模型预测，矿区清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境的影响见表 5.4.5-3 和图 5.4.5-3 所示。

从预测结果可以看出，随着矿块的开采，地下水中铅影响范围和超标范围先逐渐增大后减小。在 6.5 年前后超标范围达到最大，最大超标范围约为 3.108km²，随后逐渐减小并消失，在全部矿块开采结束闭矿后 30 年，超标范围 0.516 km²，影响范围 6.457km²；随时间的推移，污染物随地下水的迁移对周边村庄地下水产生影响。

表 5.4.5-3 清水淋洗+环保回收情景下铅对地下水环境影响统计表

预测时间	影响范围 (km ²)	超标范围 (km ²)	出矿界最大距离 (m)	受影响的村庄
100d	0.624	0.31	32	鹅颈坑、桃树坑、社官坑
1000d	1.522	2.543	76	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、老屋场、瓦下、中坪村

6.5a	5.731	3.108	236	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、垵背、老屋场、瓦下、中坪村、下甫、茶坑、月光下、石旱、大排下、石下面、朱坑
40a	6.457	0.516	724	鹅颈坑、桃树坑、社官坑、老屋场、中坪村、下甫、石旱、大排下、石下面、朱坑、瓦塘、禾结茶、袁屋、龙发、百石村、旱塘坳

5.5 小结

经模型预测，稀土矿区开采过程中地下水中污染物浓度随着时间的推移，地下水中污染物浓度超标范围先逐渐增大，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后 30 年，污染物对地下水影响较小。

通过分析开采矿块内观测点浓度变化趋势，得出如下结论：①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点污染物的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。②某些特征点污染物浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

6 地下环境保护措施与环境管理

赣州稀土地下水污染防治措施的最终目标是恢复矿区内地下水的使用功能，但受到客观条件的限制（如原地浸矿工艺特点等因素），有必要将风险管控作为阶段性目标，阻断矿区外地下水污染暴露途径，控制矿区内地下水污染扩散，这也是目前《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）中地下水污染防治的思路。

原地浸矿工艺特征决定了矿区的地下水不可避免地会受到污染。本次赣州稀土地下水污染防治主要依据《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合（一期）技改项目环境影响报告书》及赣州市行政审批局关于《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合（一期）技改项目环境影响报告书》的批复，总体思路是：采取地下水风险管控措施，阻止矿区内的地下水污染进一步扩散，防止对矿区一定范围外的地下水环境产生影响。

整体而言，本次地下水污染防治体系以稀土矿区为对象，以矿界地下水流出方向为切入点，具体包括“源头削减、过程管控和末端风险应急”，同时，针对不同类型开采矿块（老矿块和新开采矿块）体现“抓大放小”的特点，达到“新旧账一起算”的目的，进而从源头、过程到末端，分区域、分阶段、分对象提出切合实际的地下水污染防治措施，且污染防治措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

6.1 地下水污染防治体系

根据稀土矿区水文地质条件、原地浸矿工艺特点、地下水与地表水补排关系等因素，稀土矿区地下水污染防治与地表水污染进行协同控制，采取“风险管控”的理论（具体防控措施：源头削减、过程管控和末端风险应急）。本次地下水评价标准体系概念模型示意图如下：

根据《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）和《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），结合《地下水环境质量标准》（GB/T14848-2017）以及稀土矿区水文地质条件，设置地下水控制标准。

表 6.1-1 矿区内、矿区边界地下水控制目标

类别	标准
地下水抽提系统边界（即流域风险	执行地下水风险管控值，硫酸盐 800mg/L

应急措施边界上游)	
地下水控制范围边界外部(即流域风险应急措施下游一段距离)	地下水特征因子执行地下水质量III类标准

6.2 地下水控制范围

(1) 地下水抽提系统边界设置原则

由于稀土矿区内部地下水补给地表水,地表水从稀土矿区边界方向发生径流,可能对稀土矿区外部的第四系松散岩类孔隙水(地表水转化过来的地下水)产生影响,因此,针对受影响的该部分地下水,在所在位置设置地下水抽提系统,阻止受影响地下水进一步迁移。

地下水抽提系统边界设置原则考虑以下几个方面:

①环境保护敏感点及地下水使用功能。通常在稀土矿区外部敏感点有地下水使用功能的区域之前设置地下水抽提系统,避免对使用的地下水环境产生影响。

②水文地质条件。由于矿区内和矿区外小范围内地下水均补给地表水体,此范围内设置地下水抽提系统意义不大,应在出矿区后地表水补给第四系松散岩类孔隙水的地段设置地下水抽提系统,才能进一步阻止地下水的迁移途径。

③地表水系交汇情况。综合考虑矿区外溪流交汇情况,若存在矿区内溪流与另一支流在矿区外交汇,那么地下水抽提系统应布置在交汇口下游合适地段。

④地形条件及地下水截获难易程度。稀土矿区山脉错综复杂,应根据矿区外山体走向来确定地下水截获工作的难易程度,若出矿区一定范围山体走向逐渐合拢,且存在明显第四系,可在龙口设置地下水抽提系统,确保受影响地下水被进一步完全截获,从而提供地下水抽提系统的最大使用功能。

(2) 地下水控制范围边界的设置原则

地下水抽提系统将出矿区外的地下水(受影响地表水转化过来)处理达到江西省《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》(DB 361016-2018)标准(硫酸盐为 800mg/L)后排放。参考《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合(一期)技改项目环境影响报告书》,因此,考虑最不利情况,以硫酸盐 800mg/L 为源强,利用解析解计算出地下水中硫酸盐浓度达到III类水标准的迁移距离 L,那么稀土矿区地下水控制范围计算公式可表示为:

$$\text{地下水控制范围边界} = \text{地下水抽提系统边界} + L$$

由于各县稀土矿不同矿区流域出口地下水抽提系统边界的水文地质条件(参数)均略有差异,因此,地下水控制范围边界也略有不同。

(3) 稀土矿区地下水控制范围

各县各稀土矿区地下水抽提系统边界以上下营试验矿点效果评估报告中地下水监测峰值（硫酸盐为 5434mg/L；镁为 1304mg/L）为源强预测 10 年（根据原铵盐浸矿清水淋溶解析试验，经过 10 年氨氮浓度很低且平稳，可认为各矿块滞留的硫酸盐 10 年后不再释放污染物），结合各稀土矿区车间采场位置和开采时序，计算出特征污染物的迁移距离，根据（1）地下水抽提系统的设置原则，确定各稀土矿区的地下水抽提系统边界，进而根据（2）进一步确定稀土矿区的地下水控制范围边界。

经过计算，信丰县各稀土矿区地下水控制范围信息见表 6.2-1、表 6.2-2 和表 6.2-3。

表 6.2-1 安西稀土矿区地下水控制范围信息一览表

流域	编号	最近富集站	地下水抽提方位 (相对矿界)	地下水控制范围 (相对抽提系统)	计划建设时间
崇墩河	A01	富集站一	紧邻矿区	S254m	第一年

注：计划建设时间按照开采计划而定，建设时间可根据实际开采工程调整。

表 6.2-2 虎山、烂泥坑稀土矿区地下水控制范围信息一览表

流域	编号	最近富集站	地下水抽提方位 (相对矿界)	地下水控制范围 (相对抽提系统)	计划建设时间
崇墩河大塘背 支流流域	JH01	富集站二、富集站五	W50m	WN 408m	第一年
	JH02	富集站二、富集站五	紧邻矿区	WN 265m	第二年
	JH03	富集站二、富集站五	紧邻矿区	WN 270m	第二年
	JH04	富集站五	紧邻矿区	WN 269m	第七年
	JH05	富集站一、富集站五	紧邻矿区	WN 198m	第八年
	JH06	富集站一、富集站五	紧邻矿区	WN 220m	第八年
	JH07	富集站一、富集站五	矿区内	/	第四年
大塘河流域	JH08	富集站一	W50m	W310m	第三年
	JH09	富集站一	矿区内	/	第一年
虎山流域	JH10	富集站三	矿区内	/	第一年
上迳河支流流 域	JH11	富集站一	W258m	W486m	第二年
崇墩河流域	JH12	富集站一	矿区内	/	第一年
	JH13	富集站二	矿区内	/	第一年
	JH14	富集站二	矿区内	/	第一年

注：计划建设时间按照开采计划而定，建设时间可根据实际开采工程调整。

表 6.2-3 赤岗、窑下稀土矿区地下水控制范围信息一览表

流域	编号	最近富集站	地下水抽提方位 (相对矿界)	地下水控制范围 (相对抽提系统)	计划建设时间
东河支流	JH02	窑下富集站五	W 100m	W 235m	第四年
	JH03	赤岗富集站一	紧邻矿区	E 280m	第四年
	JH04	赤岗富集站一	紧邻矿区	E 267m	第四年
	JH05	赤岗富集站三	S100m	S 252m	第五年

注：计划建设时间按照开采计划而定，建设时间可根据实际开采工程调整。

6.3 技术路线图

本次评价的稀土矿山地下水污染防控体系技术路线图见图 6.3-1，主要包含以下内容。

(1) 准备阶段。通过收集资料、人员访谈、室内资料整理、室外现场踏勘等方式了解稀土矿山内外的水文地质、工程地质和环境地质条件；

(2) 现状调查阶段。在了解稀土矿山内外的地下水使用功能前提之前，合理布设地下水监测网络，以基本了解矿区内外地下水污染状况；

(3) 地下水污染风险管控阶段。主要包含：

①源头削减措施。主要针对矿区内采场和车间，在注液之前合理配比浸矿剂及用量、清污分流和分区防渗，在注液过程中控制注液强度和流速、环保回收井收液、尾水处理达标后回用，注液结束后进行矿块淋洗处理、封堵注液孔、保留收液和环保系统、实施动态监控和生态修复（复绿）措施；

②过程管控措施。分别针对采场和车间下游、矿区内至外沿途、矿区边界和矿区外围四个层次进行地下水监控管理，同时设置地下水监控风险预警来及时调控生产强度，以分析地下水环境在时间和空间层面的变化趋势；

③末端风险应急措施。在稀土矿区合适位置设置地下水监控系统并做好污染防控体系建设，包含地下水监测系统、地下水抽提系统和地表处置系统，当上游监控井监测地下水超标，启动地下水抽提系统，并进行处理。

6.4 地下水污染防治措施

6.4.1 源头削减措施

(1) 范围：矿区内采场及车间。

(2) 措施：合理浸矿剂配比及用量+防渗+清污分流+环保回收井+尾水处理达标回用+淋洗处理+闭矿后封堵注液孔、保留收液和环保系统。

(3) 详情：

①根据矿块储量核实报告，明确离子稀土矿体的空间分布特征以及稀土的品位，以确定浸矿剂的合理配比、浓度和用量，同时做好注液系统管理以及台账记录，进一步减少稀土母液对地下水环境的泄漏。

②分区防渗

浸矿工艺来说，做好防渗措施是减少母液渗漏的最主要措施。根据场地水文地质条件和包气带防污性能，结合工程建设设计标准和《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）的分区防渗要求，可将整个场地分为重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区。技改项目分区防渗及要求见表 6.4-1。

表 6.4-1 地下水污染分区防渗及要求

序号	防渗分区	建（构）筑物	防渗要求
1	重点防渗区	集液沟底部和外侧壁	等效黏土防渗层 $Mb \geq 6.0m$ ，防渗层结构渗透系数 $K \leq 1.0 \times 10^{-7}cm/s$ ；或参照 GB 18598 执行
		硫酸储罐区	
		高位水池、母液收集池、沉淀富集池、配液池、母液中转池、氧化镁浆液池、产品池、事故池、尾水处理池等池体	
2	一般防渗区	内部避水沟	等效黏土防渗层 $Mb \geq 1.5m$ ，防渗层结构渗透系数 $K \leq 1.0 \times 10^{-7}cm/s$ ；或参照 GB 16889 执行
		产品仓库	
		物料仓库、污泥暂存间	
3	简单防渗区	富集站道路、办公区域	一般地面硬化

③采取清污分流措施

对采场：采用清污分流的措施，在矿块收液沟的上方设置内部避水沟，将山体地表径流收集入避水沟；在收液沟外部设置排水沟，将雨水和山泉水收集入排水沟；或将集液沟外侧壁设置高于地面 20-30cm，防止外侧雨水进入集液沟。上述措施均可以防止山体的清净径流进入母液收集系统，在稀释母液浓度的同时，造成母液收集系统溢流进入地表水体，造成污染。

对富集站：采用雨污分流措施。在富集站各工艺池体设置溢流导排设施，防止工艺池体溢流至地表水体造成污染。根据富集站整体的坡度和布局设置雨水导排设施，防止雨水进入工艺池体或者造成水土流失。

上述措施在其他同类离子型稀土开采项目中均得到有效应用，措施可行。矿块的清污分流示意图见图 6.4-1。

④采场设置环保回收井和监测井

在采区下游布设环保回收井和监测井，在富集站下游布置监测井，定期监测稀土浓度和水质情况，发现母液及时回抽到母液池中。环保回收井和监测井的数量、规格和位置分布等根据水文地质单元情况确定。

⑤富集站废水及生活污水利用措施

项目富集池上清液和压滤机压滤水，进入配液池，用于配制浸矿剂，富集站生产过程中各工艺产生的废水全部利用，不外排；矿山富集站设置化粪池，生活污水经化粪池处理后，用作绿化用水。

本项目正常情况废水全部利用，无废水外排。

⑥清水淋洗及淋洗水回用

为了将矿体中残留的浸矿剂和浸矿母液淋洗下来，最大程度降低上述残留在矿体里浸矿剂在自然环境下的缓释，降低污染源强。在上一个原地浸矿采场收液结束后，采用清水，利用现有的注液和收液设置对已开采矿体进行淋洗。淋洗起点为浸出母液中稀土离子浓度低于 0.1g/L，淋洗终点为淋洗尾水中污染物浓度满足江西省地标《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》（DB36 1016-2018）的要求。

淋洗后的尾水中含有一定量的镁离子和硫酸根离子，可以作为下一个矿块的生产用水，通过水泵将淋洗尾水输送至配液池，用于配制浸矿剂硫酸镁溶液。

根据试验项目的淋洗数据，淋洗周期一般在 90 天，即可将淋洗尾水中的硫酸根降至江西省地方标准《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》（DB36 1016-2018）以内，经验证，淋洗措施技术、经济均可行。

⑦淋洗尾水处理

收液阶段结束后，采取淋洗及尾水处理措施，将淋洗尾水中的特征污染物淋洗达到《离子型稀土矿山开采水污染物排放标准》（DB361016-2018）后不再淋洗，同时，淋洗尾水采用“中和+化学沉淀”工艺处理。

⑧闭矿后，将原地浸矿采场的注液孔进行封闭，并进行生态恢复，但保留收液沟和导流孔等收液系统，保留避水沟等雨污分流环保系统。

⑨闭矿后，对采场和车间下游地下水环境实施跟踪监控，掌握闭矿后采场和车间地下水环境状况。

⑩闭矿后对采场和车间进行复绿等生态修复工作。

6.4.2 过程管控措施

- (1) 范围：矿区内（采场、车间及到矿区边界沿途）、矿区外。
- (2) 措施：地下水监控体系+地下水监控风险预警。
- (3) 详情：

①建立系统的地下水监控体系。针对采场车间、矿区内部小流域至矿区边界沿途、矿区边界和矿区外围这四个层次建设有效的系统的地下水监控网络体系，同时有计划地开展地下水环境动态监测，且进行时空变化趋势分析，进一步说明开采过程及闭矿后对地下水环境的影响。

同时，健全环境监测精细化管理，统一尺度和标准，统一监测管理，严格按照监测方案和监测规范，定期取样送检，每周记录各个监测井的地下水关键因子数据。

②建立地下水监控风险预警体系。在以采场车间、矿区内部小流域至矿区边界沿途、矿区边界和矿区外围四个层次建立的地下水过程监管体系基础上，配套地下水监控风险预警体系，通过过程监控来实时调控生产强度，避免强度过大带来的水土流失和地质灾害，进一步避免对地下水环境的影响。

(4) 说明：地下水监测井的布设原则：

①功能原则。将地下水井打到下游稳定的第四系上，确保能监测到水质。

②位置原则。分别在矿块采场和车间、矿区内部小流域至矿区边界沿途、矿区边界及矿区外围等其他有代表意义的点位布设地下水监测井，由点成线，由线成面，由面成网，勾勒出比较系统的地下水环境监测网。

③维护原则。由于地下水长期的监测功能，必须要做好地下水监测井的维护工作（至少要高出地面 0.5m 左右），防止进一步破坏。

6.4.3 末端风险应急措施

(1) 采用富集站尾水处理设施+抽出-处理措施。

(2) 在矿区及边界，尤其是各个矿区地下水出口下游，分别设定若干口地下水监控井（见图 6.4-2），同时，启动跟踪监测且进行长时间序列分析。分析地下水中特征污染物浓度的变化趋势，根据变化趋势调整上游矿块注液强度。

①当监测结果呈现良好趋势或未超过地下水风险管控目标值，可不开展抽出-处理措施。

②当监测结果持续恶化且已接近地下水风险管控目标值，检查过程管控措施是否有效，并启动上游监控井进行抽水，形成水力截获漏斗，开展抽出-处理措施；当特征污染物超过地下水风险管控目标值时，该监控井上游汇水区域内矿块停止注液，进行水污染治理工作。

③若发现地下水控制范围边界处的监测结果接近或达到地下水质量Ⅲ类标准,启动上游监控井进行抽水,确保矿区地下水控制范围外地下水环境不受影响。

(3) 末端风险应急措施根据矿体的分布,遵循以下原则:

①矿体连续分布

对于区内矿体均匀连续分布的,末端风险应急措施布设在矿区边界处。

②矿体分散分布

对于区内矿体分散分布的,末端风险应急措施布设在各矿体的小流域出口处。

③下游地表水水量特别大的矿体

对于地表水水量特别大的矿体,将末端风险应急措施向源头靠近,划分为更小的流域。

根据以上原则,本项目信丰县各稀土矿区矿末端风险应急措施布置见图 6.4-3、图 6.4-4 和图 6.4-5、。

6.5 长期监测计划

(1) 地下水监测点布设原则

①监测点布设考虑地形地貌对地下水径流的控制作用,结合地下水“近源补给,短途径流,就近排泄”特点进行布设。

②监测层位重点放在易受污染的浅层花岗岩风化裂隙潜水含水层和与之密切相关的第四系孔隙潜水。

③监测井可利用环保回收井及监控井。建议:环保回收井井径不小于 160mm,井深至基岩微风化层;监控井井径不小于 110mm,井深穿透基岩中风化层。可依据实际需求优化调整井径和井深。

④依据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)有关规定,并参考《地下水环境监测技术规范》(HJ 164-2020)和《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南(试行)》(HJ1209—2021),结合模拟区含水层系统和地下水径流系统特征,考虑潜在污染源、环境保护目标等因素,并结合模型模拟预测的结果来布置地下水监测点。

(2) 监测频率

参照《工业企业土壤和地下水自行监测技术指南（试行）》（HJ1209—2021），建议在敏感点附近的监测井每季度进行 1 次，远离敏感点的监测井每半年进行 1 次，异常情况下应增加监测频率。

（3）监测因子

基本水质因子：pH 值、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、氨氮、硫化物、铅、砷、汞、镉、铬（六价）、氟化物、铁、锰、铜、锌等，共 15 项。

6.6 历史遗留的老矿块地下水氨氮污染防治

利用无铵新工艺的地下水污染防控体系中的过程管控和末端风险应急措施来解决历史遗留的老矿块地下水氨氮污染问题。若监测到氨氮超标，将超标的地下水抽出，氨氮浓度 $\leq 20\text{mg/L}$ ，参照《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T 25499-2010）标准，可用于绿地灌溉；氨氮浓度 $> 20\text{mg/L}$ ，进行处理。

6.7 居民用水保障措施

矿区内、矿区边缘及矿区下游一定范围内存在村庄居民用水。地下水环境预测与评价结果显示：矿区开采会对矿区内居民饮用水点产生影响，该部分居民用水由建设单位承诺解决；在措施失效情形下，一旦对矿区边缘和下游一定范围内村庄居民用水产生影响，建设单位承诺立即采取措施向受影响的居民供水。（受影响的村庄见表 6.7-1）。对于距离车间场地近的村庄可直接敷设管道，在解决车间供水时一并解决；距离车间较远的受影响的村庄，可以选择在未开采的矿山一侧打井，化验水质合格后向居民供水；打井也无法出水或出水不合格的，由建设单位在上游未污染区域截留地表泉水，并铺设管道向受影响村庄居民供水；对于无法打井取水和地表引水的居民，建设单位应组织送水车，定期向村民供水。

6.8 制度和管理控制措施

（1）建立健全地下水监测网：在矿区内、外，根据水文地质条件、采区和富集站的布局，依托采区和车间的监测井，结合地下水流向在采区和小流域增设适当监测井，按照一定水力梯度设置，形成线状、网状和面状的监测井体系，规范建井，登记造册。

（2）健全环境监测精细化管理：统一尺度和标准，统一监测管理，严格按照监测方案和监测规范，定期取样送检，持续监测地下水环境中的特征因子。

6.9 小结

稀土矿区地下水和地表水污染应进行协同控制,采取地下水风险管控措施来控制矿区内部地下水污染环境问题。不管是历史遗留的地下水氨氮污染防治(还清旧账),还是无铵新工艺产生的新的地下水污染防治(不欠新账),可采用“源头削减控制、过程管控预警和末端风险应急措施”的治理理念分区域、分阶段、分对象地进行地下水污染防治工作。

7 结论与建议

7.1 结论

7.1.1 地下水评价工作等级

由于《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)附录 A“H 有色金属” (包含采选、冶炼、合金和压延加工) 的采选部分未针对本项目原地浸矿工艺进行分类, 但考虑到本项目在实际运营过程中存在浸矿母液注入花岗岩风化层直接对地下水环境造成影响的风险, 因此, 鉴于工艺特点, 本次地下水环境影响评价工作等级定为一级评价。

7.1.2 地下水环境质量现状评价

根据地下水环境质量现状评价结果可以看出, 超标因子为硝酸盐(以氮计)、氨氮、铅、氟化物、锰和 pH, 其他监测因子均未超标。

根据地下水环境质量现状评价结果可以看出, 超标因子为硝酸盐(以氮计)、总硬度、氨氮、铅、氟化物、锰和 pH, 其他监测因子均未超标。

超标点位最多的因子为 pH 和锰, 其中 pH 超标点位 13 个, pH 值为 4.5~6.3, 呈弱酸性, 其超标原因可能与原生地质环境有关或与历史矿区开采产生的硝化反应有关; 锰超标点位 13 个, 最大超标倍数为 182 倍, 最小为 0.13 倍, 其超标原因可能与原生地质环境有关; 其次为氨氮, 超标点位 5 个, 最大超标倍数为 64.4 倍, 最小为 3.96 倍, 结合超标点位所在位置分析其超标原因可能主要与矿区内畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗或地表径流有关; 硝酸盐(以氮计)超标点位 4 个, 多出现于氨氮污染严重的位置, 超标原因可能与规模化畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗或地表径流有关, 氨氮在氧化环境下容易通过硝化反应转化为硝酸盐氮; 铅超标点位 3 个, 超标倍数为 19.5 倍, 根据监测结果可以看出 pH 值较低点位铅超标倍数较大, 结合超标点位置均在矿区内部分析其超标原因可能与历史矿区开采或原生地质环境有关; 氟化物超标点位 1 个, 其超标原因可能与原生地质环境有关; 总硬度超标点位 1 个, 其超标原因可能与原生地质环境有关。

根据浸溶试验结果可以看出, 超标因子为 pH、氨氮和铁。其中超标点位最

多的因子为 pH，超标点位 2 个，其超标原因可能与土壤改良工程使用钙镁磷肥等碱性物质有关；氨氮超标原因可能与矿区内畜禽养殖、稀土开采历史遗留池浸堆浸工艺、农业化肥等多元化污染物随大气降水入渗进入地下水中有关；铁超标可能与原生地质环境有关。同一监测点位不同深度的 pH 值对比，表层样中 pH 值均高于深层土壤 pH，其他监测因子无显著差异，说明土壤改良取得一定效果。

7.1.3 环境影响预测与评价

经模型预测，稀土矿区开采过程中地下水中污染物浓度随着时间的推移，地下水中污染物浓度超标范围先逐渐增大，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后 30 年，污染物对地下水影响较小。

通过分析开采矿块内观测点浓度变化趋势，得出如下结论：①受不同时间点稀土矿块开采的影响，各特征点污染物的变化由未受开采影响到开采过程快速上升，矿块开采完毕后又呈指数性降低的变化趋势。②某些特征点污染物浓度则受到不同时间段开采矿块的叠加影响，出现多个浓度峰值。

7.1.4 地下水环境保护措施

稀土矿区地下水和地表水污染应进行协同控制，采取地下水风险管控措施来控制矿区内部地下水污染环境。不管是历史遗留的地下水氨氮污染防治（还清旧账），还是无铵新工艺产生的新的地下水污染防治（不欠新账），可采用“源头削减、过程管控和末端风险应急”的治理理念分区域、分阶段、分对象地进行地下水污染防治工作。

综上，在采取了严格的地下水环保措施后，建设项目对地下水环境影响较小，从地下水环境角度分析，本项目对地下水环境的影响是可以接受的。

7.2 建议

（1）建议建设单位根据水文地质条件和周边环境目标优化开采时序和开采规模。建议首先开采矿区中心矿块，逐渐向外围扩展，最后开采边界处矿块。这样可减轻矿区开采对下游和矿区外围地下水的影响。

（2）建议在采块开采期和集中清水淋洗期对地下水水质监测，增强水质监测的时效性。