
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
—赣县矿区

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

二〇二二年三月

目 录

1 总论.....	1
1.1 项目概况	1
1.2 主要工程内容	1
1.3 工程分析与环境影响识别	2
1.3.1 地下水环境评价执行标准	2
1.3.2 地下水环境影响识别	2
1.4 评价任务	4
1.5 报告编制依据及工作程序	5
1.5.1 编制依据	5
1.5.2 工作程序	8
1.6 评价等级	8
1.7 调查评价范围与地下水环境保护目标	8
1.7.1 稀土矿矿区评价范围	9
1.7.2 环境保护目标	9
2 区域环境概况	10
2.1 地理位置	10
2.2 地形地貌	11
2.3 气象水文	12
2.3.1 气象	12
2.3.2 水文	12
2.4 区域地质概况	14
2.4.1 地层岩性和地质构造	14
2.4.2 岩浆岩	17
2.5 区域水文地质条件	19
2.5.1 地下水类型及富水性	19
2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件	21
2.5.3 地下水动态特征	21
3 评价区地质与水文地质	22
3.1 赣县大埠稀土矿评价区地质环境与水文地质	22
3.1.1 地形地貌	22
3.1.2 地层岩性	22
3.1.3 水文地质条件	23
3.1.4 地下水开发利用现状	24
3.1.5 污染源调查	25

3.2 赣县韩坊、信丰赤岗、窑下稀土矿评价区地质环境与水文地质	25
3.2.1 地形地貌	25
3.2.2 地层岩性	26
3.2.3 水文地质条件	29
3.2.4 地下水开发利用现状	30
3.2.5 污染源调查	30
4 地下水环境质量的监测与评价	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	32
4.1.3 监测频次	32
4.1.4 监测时间	32
4.1.5 监测分析方法	32
4.1.6 监测结果分析	33
4.2 环境质量现状评价	33
4.2.1 评价方法	33
4.2.2 评价标准	33
4.2.3 评价结果	34
5 地下水环境影响预测与评价	34
5.1 地下水渗流数值模型要素总论	34
5.1.1 水文地质概念模型	34
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	37
5.1.6 预测时段确定	38
5.1.7 标准限值确定	39
5.2 赣县大埠稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	39
5.2.1 模拟区水文地质概念模型确定	39
5.2.2 模拟区渗流数值模型确定	40
5.2.3 模拟区污染源强的确定	48
5.2.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	48
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	50
5.3 赣县韩坊稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	51
5.3.1 模拟区水文地质概念模型确定	51
5.3.2 模拟区渗流数值模型确定	52

5.3.3 模拟区污染源强的确定	57
5.3.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	57
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	58
6 地下环境保护措施与环境管理	58
6.1 地下水污染防控体系	59
6.2 地下水控制范围	60
6.3 技术路线图	61
6.4 地下水污染防治措施	64
6.4.1 源头控制	64
6.4.2 过程监管	65
6.4.3 风险管控	66
6.5 长期监测计划	67
6.6 历史遗留的老矿块地下水氨氮污染防治	67
6.7 居民用水保障措施	68
6.8 制度和管理控制措施	68
6.9 小结	68
7 结论与建议	69
7.1 结论	69
7.1.1 地下水评价工作等级	69
7.1.2 地下水环境质量现状评价	69
7.1.3 环境影响预测与评价	69
7.1.4 地下水环境保护措施	69
7.2 建议	70

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
- (2) 建设单位：赣州稀土矿业有限公司
- (3) 项目性质：改扩建
- (4) 项目类别：稀土金属矿采选，B093
- (5) 建设地点：江西省赣州市赣县
- (6) 建设内容：稀土矿山注液和收液系统，*个富集站、环保工程和公辅工程建设
- (7) 建设规模：整合二期技改项目开采能力*t/a（以*t/a 稀土富集物折合成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

本项目工程包含赣县韩坊矿区和大埠矿区，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，主要包括：

- (1) 注液工程（浸矿剂由铵盐变为镁盐）

本项目注液工程的注液孔均采用小孔注液，缩小了注液孔孔径，并且注液深度均在表土层之下，很好的保护了表土。

- (2) 收液工程

本项目的收液工程为全覆式原地浸矿采场收液工程。全覆式原地浸矿采场收液工程以收液巷道和密集导流孔人工底板为主，收液沟、收液井为辅的综合收液技术路线，并在收液巷道、密集导流孔人工底板均采用防渗措施。

- (3) 采场清污分流工程

现有工程目前均未设置采场清污分流工程。整合项目（二期）的原地浸矿采场均设置环形避水沟进行采场的清污分流。

- (4) 母液处理车间

整合项目（二期）工程对富集站需要进行新建和改造，改造后富集站将实现全面的地面硬化，减少水土流失；对池体进行严格防渗处理，防止母液渗漏。

（5）环保措施

整合项目（二期）在每个矿区下游设观察井和环保井，一旦观察井发现污染物超标立即进行回抽。

1.3 工程分析与环境影响识别

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；标准中没有的因子本次参照《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）。

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，赣州稀土矿业有限公司根据原环评批复和中央环保督察要求进行车间整改，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，在倒班宿舍设置化粪池，生活污水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，母液渗漏下渗进入地下水，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，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首采区的高位池，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。

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/T 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)《安远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)《宁都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；

(3)《全南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；

(4)《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；

(5)《寻乌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；

(6)《赣县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；

(7)赣州稀土矿业有限公司岗下稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年10月；

(8)赣州稀土矿业有限公司铜锣窝稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年8月；

(9)赣州稀土矿业有限公司涂屋一矿区稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(10)赣州稀土矿业有限公司涂屋二矿区稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(11)赣州稀土矿业有限公司大埠稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年12月；

(12)赣州稀土矿业有限公司韩坊稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年8月；

(13)赣州稀土矿业有限公司黄陂矿区稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(14) 赣州稀土矿业有限公司玉坑稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年10月；

(15) 赣州稀土矿业有限公司长城稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年12月；

(16) 赣州稀土矿业有限公司安西稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年9月；

(17) 赣州稀土矿业有限公司赤岗稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(18) 赣州稀土矿业有限公司虎山稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(19) 赣州稀土矿业有限公司烂泥坑稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年10月；

(20) 赣州稀土矿业有限公司窑下稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(21) 赣州稀土矿业有限公司柯树塘稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(22) 赣州稀土矿业有限公司双茶亭稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年11月；

(23) 赣州稀土矿业有限公司上甲园墩背稀土矿矿产资源开发利用方案，北京矿冶研究总院，2012年12月；

(24) 《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；

(25) 《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；

(26) 《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；

(27) 《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；

(28) 《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級评价。

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 赣县大埠稀土矿矿区地下水评价范围

大埠稀土矿矿区评价范围位于江西省赣县大埠乡，地下水评价范围所处位置东经*~*，北纬*~*，范围东侧以桃江为边界，南侧、西侧及北侧以菜屋—白水龙—金田村一线山脊为边界，评价区面积约 3.8km²。大埠稀土矿矿区地下水评价范围见图 1.7.1-1。

1.7.1.2 赣县韩坊稀土矿矿区地下水评价范围

韩坊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、项目建设区周边矿区环境、项目建设区附近的地下水保护区、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。韩坊稀土矿矿区评价范围位于江西省赣县韩坊镇，地下水评价范围所处位置东经*~*，北纬*~*，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，保护目标的基本情况详见表 1.7.2-1。

表 1.7.2-1 赣县大埠稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型
G-069	*	*	矿区北 945m	风化带裂隙水	泉
G-071	*	*	矿区北 804m	风化带裂隙水	泉
G-072	*	*	矿区北 626m	风化带裂隙水	泉
G-073	*	*	矿区北 1230m	风化带裂隙水	泉
G-074	*	*	矿区北 1430m	风化带裂隙水	井

编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型
G-017	*	*	矿区东南 40m	风化带裂隙水	泉
G-018	*	*	矿区东南 120m	风化带裂隙水	泉

表 1.7.2-2 赣县韩坊稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

编号	X	Y	与矿区相对位置	地下水类型	水源类型
X-161	*	*	窑下稀土矿西南 30m	松散岩类孔隙水	井
X-165	*	*	赤岗稀土矿东 230m	风化带裂隙水	泉
X-167	*	*	赤岗稀土矿东南 340m	风化带裂隙水	泉
X-168	*	*	赤岗稀土矿东南 70m	松散岩类孔隙水	泉
X-169	*	*	赤岗稀土矿东 270m	松散岩类孔隙水	泉
X-176	*	*	赤岗稀土矿南 250m	松散岩类孔隙水	泉
X-177	*	*	赤岗稀土矿内	风化带裂隙水	井
X-195	*	*	赤岗稀土矿内	风化带裂隙水	泉
X-199	*	*	赤岗稀土矿北 120m	松散岩类孔隙水	井
X-197	*	*	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井
X-198	*	*	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	泉
X-200	*	*	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井
X-201	*	*	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井
X-206	*	*	窑下稀土矿北 710m	风化带裂隙水	泉
X-207	*	*	窑下稀土矿西北 810m	松散岩类孔隙水	井
X-209	*	*	窑下稀土矿西北 1340m	松散岩类孔隙水	泉
X-023	*	*	韩坊稀土矿西 25m	风化带裂隙水	井
X-024	*	*	窑下稀土矿西 690m	松散岩类孔隙水	井
X-022	*	*	韩坊稀土矿内	风化带裂隙水	泉
X-027	*	*	赤岗稀土矿南 80m	风化带裂隙水	泉
X-028	*	*	赤岗稀土矿内	风化带裂隙水	泉
X-029	*	*	窑下稀土矿内	松散岩类孔隙水	井
X-030	*	*	窑下稀土矿内	松散岩类孔隙水	井
X-196	*	*	窑下稀土矿内	风化带裂隙水	井
X-162	*	*	赤岗稀土矿东 200m	松散岩类孔隙水	井

2 区域环境概况

2.1 地理位置

本工程位于江西省赣州市，赣县大埠稀土矿位于赣县中部，属于大埠镇政府管辖，韩坊稀土矿位于赣县南部，属于韩坊镇政府管辖。

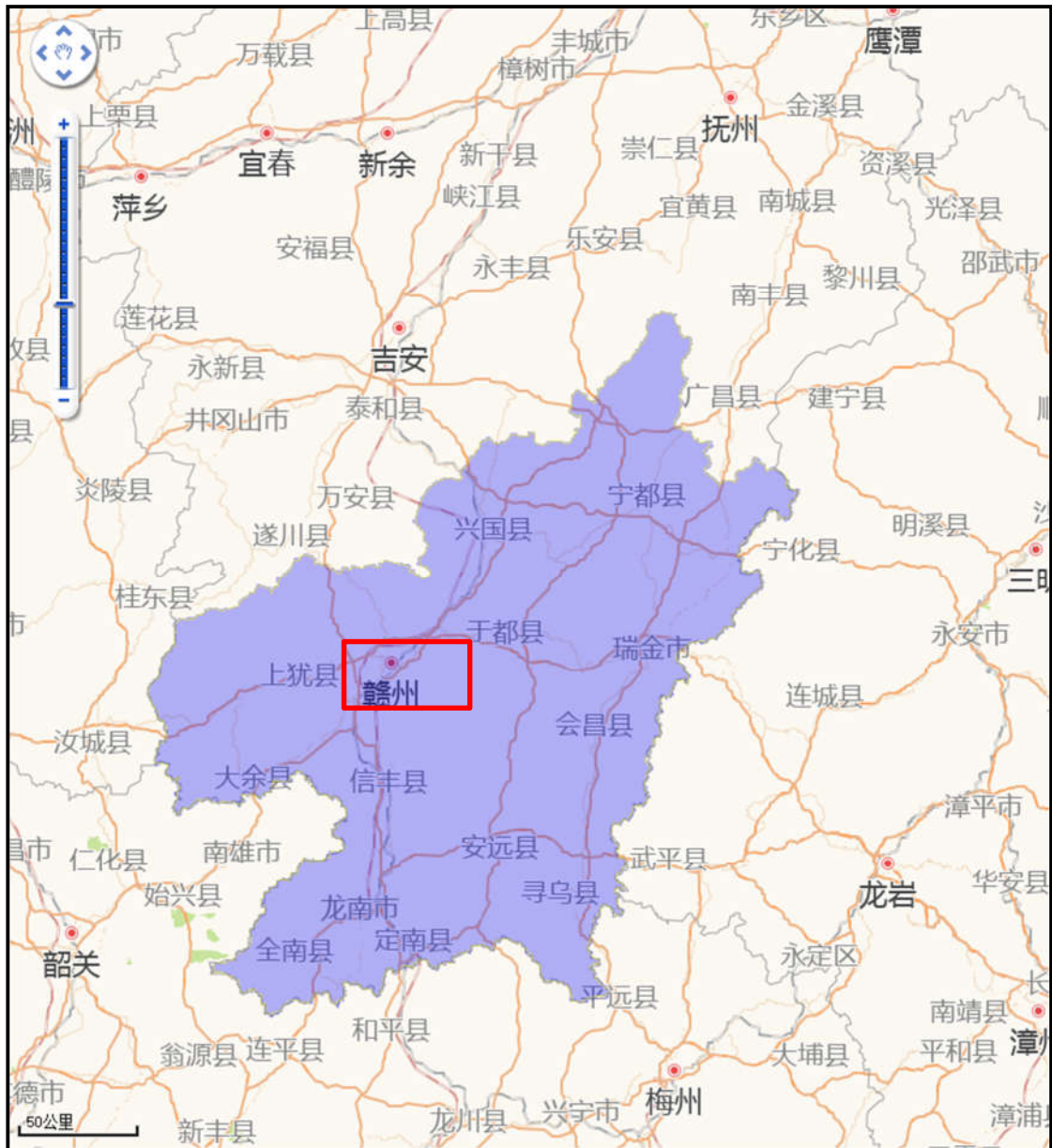


图 2.1-1 地理位置图

2.2 地形地貌

根据赣县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剥蚀丘陵地形及侵蚀堆积地形两大类。

侵蚀剥蚀丘陵：是区内主要的地貌类型。主要由震旦系、寒武系地层和印支期、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 130m~400m，相对高差 50m~200m，切割深度小于 200m，山坡坡度一般为 12°~32°，沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好，覆盖率可达 45%~70%，主要为松、杉、竹及灌木。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：分布桃江及支流两岸，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~800m，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。

据赣县县气象局 2001~2010 年气象资料，年最高气温为 40.0℃，最低气温 -3.9℃，历年平均气温为 19.9℃，全年的无霜期 297 天。区内年平均降雨量 1365.5mm，最大降雨量 2047.1 mm，最小降雨量 1157.0 mm，区内的年均蒸发量为 1368.0 mm，最大蒸发量 1865.9 mm，最小蒸发量 1148.9 mm。

表 2.3.1-1 赣县 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)	77.3	108.1	107.4	110.3	173.8	237.1	82.0	145.5	159.3	45.6	68.8	50.3	1365.6
蒸发量 (mm)	51.0	54.5	69.8	88.8	123.7	133.8	215.2	189.7	151.0	135.0	89.6	65.8	1368.0

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。

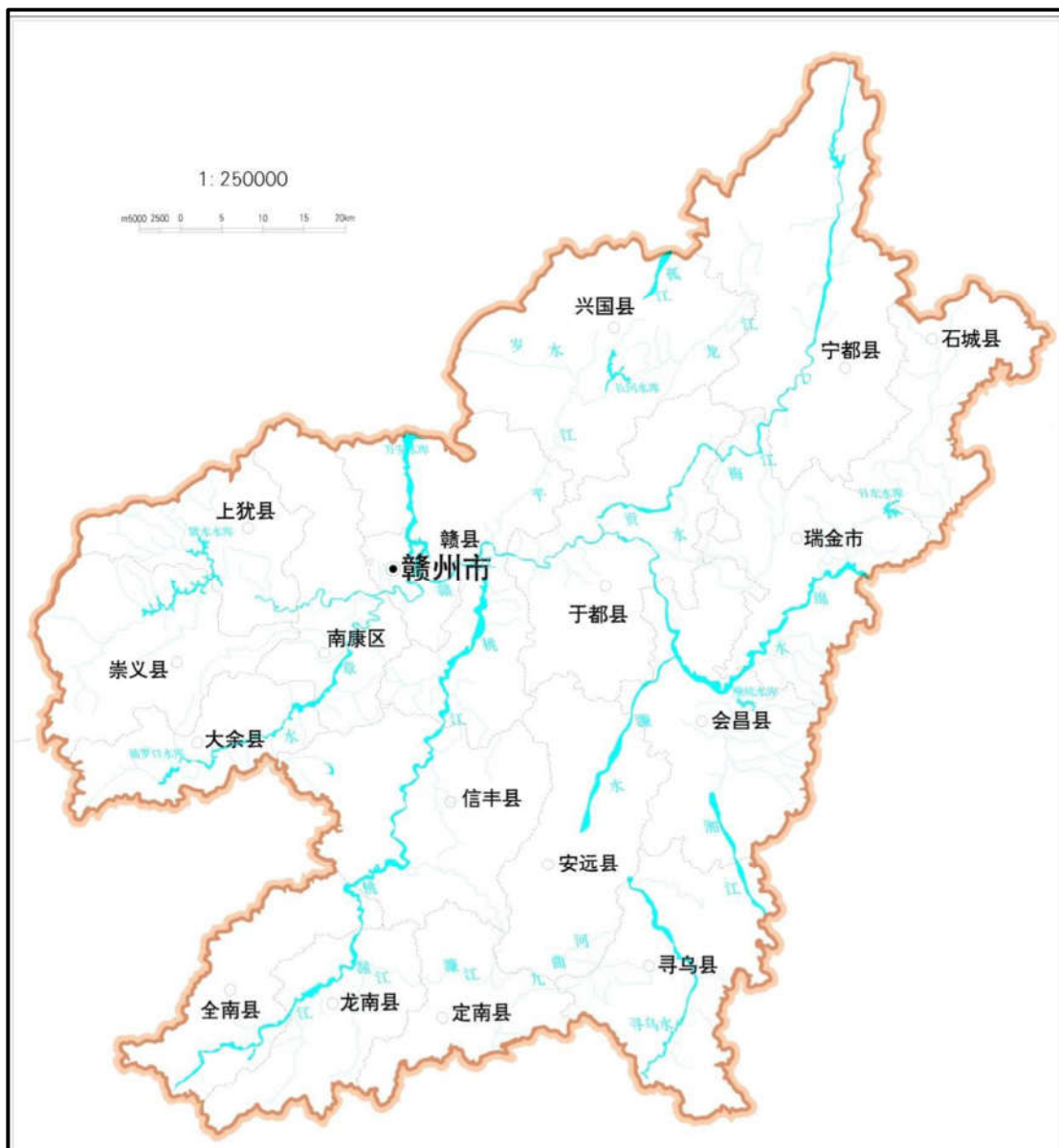


图 2.3.2-1 赣州市水系图

赣县区属长江流域赣江水系赣江上游区。境内有赣江、贡江、桃江和平江 4 大河系。把全区分成 4 个水域。平江、桃江注入贡江，贡江汇章江入赣江。境内河网密布，有大小河流 708 条，总长度 2383km。其中集雨面积 10km² 以上的支流 102 条，主流在县境内共长 182.7km。平均河网密度米为 0.8km/km²。大埠矿区位于桃江西侧，水系流入桃江再汇入贡水。

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

赣县调查区内主要地层有第四系、寒武系及震旦系。

第四系全新统(Q₄^{al}): 分布于区内河谷两侧及山间低洼处，一般具二元结构，上部为灰黄色粉质粘土，下部为灰黄、褐灰色砂砾、卵石组成。局部为冲洪积相。

寒武系地层主要见于湖新矿区北部、大埠和田村矿区西部、吉埠矿区外围南部有出露，岩性为变余中细粒岩屑杂砂岩、长石石英杂砂岩与粉砂质板岩或绢云母板岩组成韵律层。

震旦系地层主要见于阳埠稀土矿区北东部，岩性为变质细粒长石砂岩夹板岩。

赣县韩坊稀土矿区紧邻信丰县赤岗、窑下稀土矿区，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。各时代地层特征如表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 信丰县地层岩体情况一览表

系	统	群 组	代 号	岩性简述	厚度 (m)	分布位置
第四系	全新统		Q ₄	灰黄色亚粘土、亚砂土、砂及砾石层。	2.0—25	沿河流两岸
	上更新统		Q ₃	似网纹状亚粘土、中粗砂	7—20	
	中更新统		Q ₂	网纹状粘土、砾石	3—8	
白垩系	上统	南雄组	K _{2n}	上部紫红色泥质粉砂岩、细砂岩互层。 下部紫红色砂砾岩、含钙长石石英砂岩、粉砂岩	1300—2900	信丰红盆，即中部嘉定至大塘一带
		赣州组	K _{2g}	上部紫红、棕黄色长石石英细砂岩、粉砂质泥岩 中部紫红色钙质砂砾岩、含砾砂岩、钙质细砂岩。 底部紫红色砾岩、砂砾岩，含砾砂岩、细砂岩等	1200—3237	
侏罗系	上统	菖蒲组	J _{3ch}	一套酸性基性火山岩石及火岩石碎屑岩，局部有稀土矿。	500	小江、铁石口
	下统	林山组	J ₁	含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩，上部夹煤层（线）或炭质页岩。	>1000	新田的东北部

三叠系	下统	大冶组	T _{1d}	灰—青灰色薄层状钙质泥岩、钙质粉砂岩、泥灰岩、不纯灰岩。	300	铁石口至小江一带
二叠系	上统	长兴组	P _{2c}	灰白、深灰色中厚层状微晶—结晶灰岩、硅质灰岩。	10—120	铁石口至小江、大桥一带
		龙潭组	P _{2l}	中厚层状细砂岩、粉砂岩、泥岩，灰、灰黑色灰岩夹薄层炭质页岩，及3—4层煤层。	300—700	
	下统	茅口组	P _{1m}	硅质灰岩、硅质岩、硅质粉砂岩及页岩。	70—220	
		栖霞组	P _{1q}	深灰—灰黑色含燧石灰岩、薄层炭质页岩。	50—180	
石炭系	上统	船山组	C _{3c}	灰白色白云质灰岩、白云岩、灰岩夹生物灰岩，下部有角砾状灰岩。	162—422	西牛、铁石口至小江一带
	中统	黄龙组	C _{2h}	中厚层状深灰色灰岩，灰白色白云质灰岩。	169—372	
	下统	梓山组	C _{1z}	上部钙质页岩、钙质砂岩夹灰岩，中部石英砂岩、页岩、炭质页岩夹薄层煤及灰岩，下部为灰岩、砂质页岩及钙质页岩、底部为砾岩。	93—396	
泥盆系	上统	余田桥组	D _{3s}	紫红—灰绿色石英砂岩，粉砂岩，钙质砂岩夹灰岩或泥灰岩，钙质页岩。	248—309	信丰县西北部、铁石口至小江、大桥一带
	中统	棋子桥组	D _{2q}	灰紫色砾岩、石英砂岩、粉砂岩，局部夹钙质砂岩。	255—396	
		跳马涧组	D _{2t}	灰白灰紫色石英砂岩，石英砾岩、砂砾岩。	20—640	
寒武系	上统		Є ₃	灰、灰绿色变质砂岩夹板岩、条带状板岩，偶见灰岩透镜体。	1000—2385	信丰周边的山区乡镇广泛出露。
	中统		Є ₂	灰、灰绿色变质长石石英砂岩、凝灰质砂岩夹板岩和千枚岩。	1500	
	下统		Є ₁	上部为灰绿色凝灰质砂岩，长石石英砂岩，板岩；下部为灰黑色硅质板岩硅质岩夹凝灰质砂岩，底部为石煤层。	824—2560	
震旦系	上统		Z ₂	灰黄色硅质岩、浅灰色变质长石石英砂岩、钙质砂岩、砂砾岩夹板岩及条带状磷块岩。	527—7147	信丰周边的山区乡镇广泛出露。
	下统		Z ₁	黄绿、浅灰色变质长石石英砂岩、粉砂岩、凝灰质砂岩夹板岩。	1463—2702	

2.4.1.2 地质构造

赣县区域内构造以断裂为主，北北东向、北东向、近东西向三组方向，规模大小不一，活动时间长，结构面特征复杂，表现为强烈的挤压破碎，宽几至几十米，延伸数十至数百千米，控制了花岗岩体的形态及晚期岩株、岩瘤、岩脉的产出部位。由于构造作用，造成花岗岩基内裂隙发育，促进了风化壳的形成，为稀土元素在表生作用条件下的富集成矿提供了有利条件，同时也对稀土的成矿有明显的控制作用。

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°~60°，多倾向北西，部分倾向南东，倾角一般为 50°~70°。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°~330°，多倾向北东，部分倾向南西，倾角一般为 45°~60°。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。

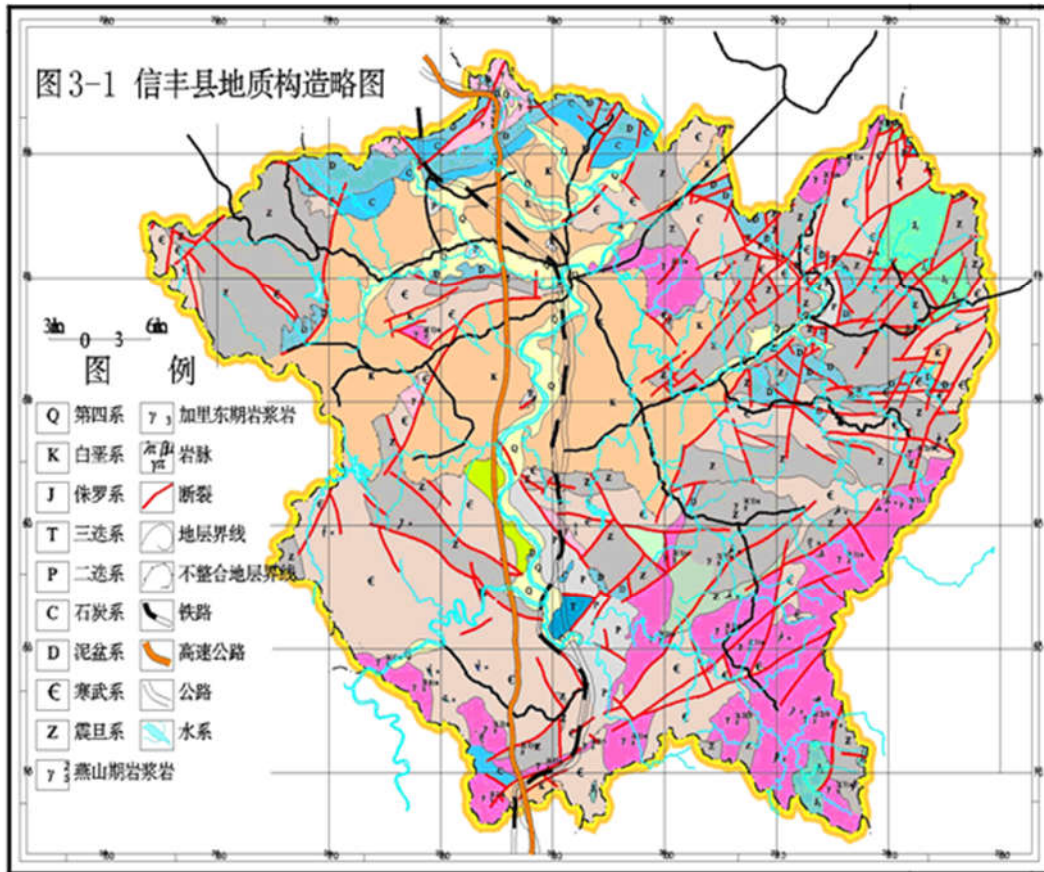


图 2.4.1-1 地质构造

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 13000km²，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）。

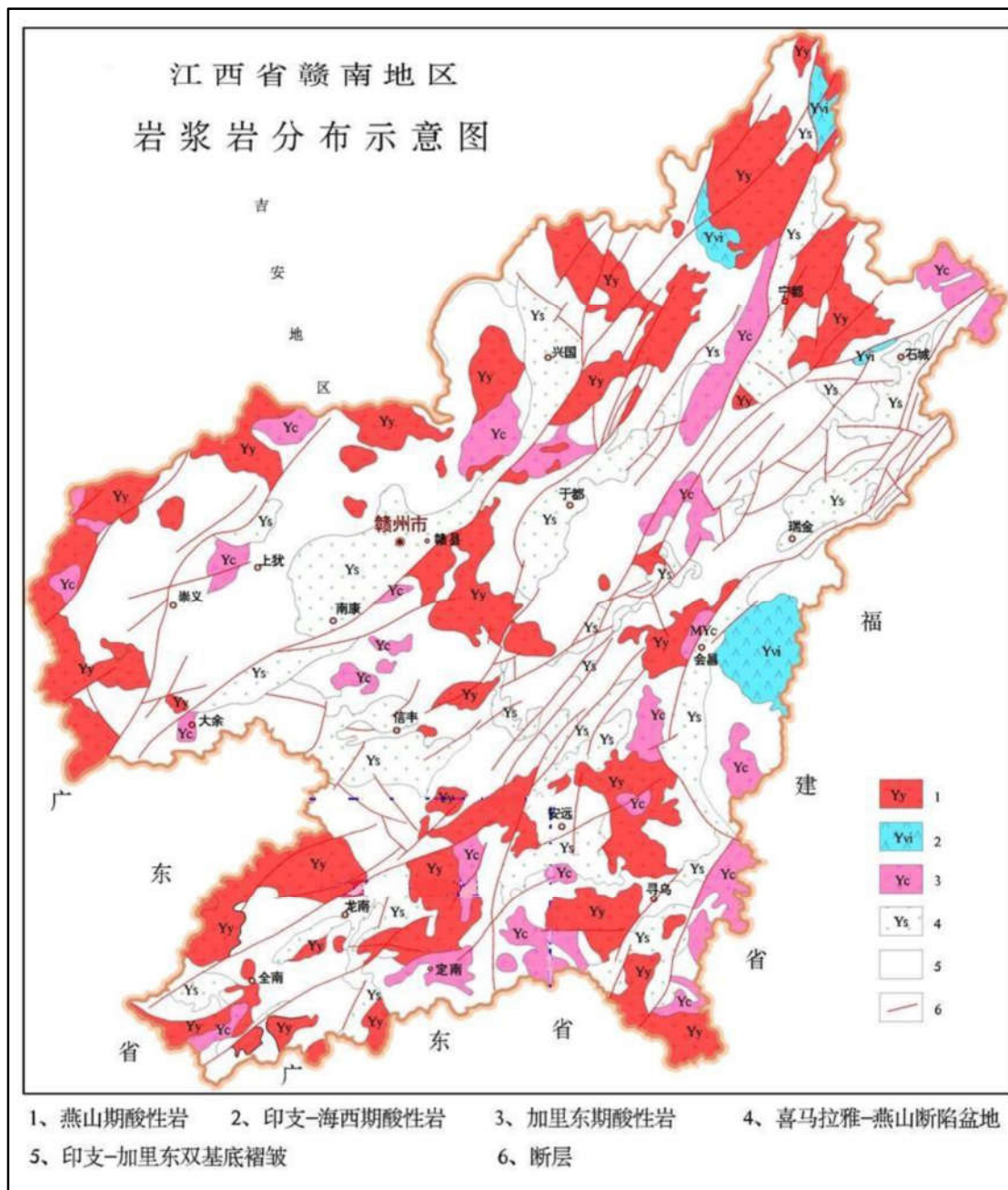


图 2.4.2-1 江西省赣南地区岩浆岩分布示意图

赣县调查区岩浆岩为酸性花岗岩体，以岩基、岩株形式出露，分布广泛。由多期次侵入的花岗岩所组成的复式岩体组成，主要为燕山早期似斑状黑云母花岗

岩、黑云二长花岗岩，在调查区面积达 29.739km²。

信丰调查区岩浆岩出露，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，赣县大埠矿区评价范围水文地质条件以矿区所在大埠幅为单位进行分析，韩坊矿区评价范围水文地质条件以矿区所在新田幅为单位进行分析。

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，赣州市大埠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

松散岩类孔隙水主要分布于河谷两侧及山间低洼处，赣县调查区松散岩类孔隙水面积为 8.70km²，占赣县调查区总面积的 19.2%；信丰县调查区松散岩类孔隙水面积为 15.92km²，占信丰县调查区总面积的 11.93%。

地下水赋存于第四系全新统冲积相地层中，多呈不连续条带状沿河两岸展布。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 0.40m~7.70m，平均 2.61m，水位埋

深因地而异,一般 0.20m~13.4m,根据区域水文地质资料,单井涌水量 1.15m³/d~53.57m³/d,富水性等级为水量贫乏。水质类型以 HCO₃-Ca、HCO₃-Ca·Na 型为主,局部受居民生活、牲、畜污染影响,为 HCO₃·Cl-Ca·Na 或 Cl·HCO₃-Na·Ca 型,矿化度为 0.017g/L~0.240g/L。

2.5.1.2 基岩裂隙水

基岩裂隙水在调查区广泛分布,在赣县调查区面积 36.53km²,占赣县调查区总面积的 80.8%,地下水赋存于震旦系、寒武系浅变质岩及燕山早期花岗岩的构造裂隙和风化带网状裂隙中;在信丰县调查区面积 117.53km²,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,在赣县调查区面积 29.739km²,占赣县调查区基岩裂隙水总面积的 81.4%,地下水赋存于燕山早期花岗岩的风化带网状裂隙中;在信丰县调查区面积 87.07km²,占信丰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 3.6m~26.2m,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 0.0025 L/s~0.079L/s,据 GK5、XK1、XK11、GK10 孔抽水资料,单井涌水量 19.27m³/d,渗透系数 0.032 m/d~0.306m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 HCO₃·Cl-Ca·Na、HCO₃·Cl-Ca、HCO₃-Ca、HCO₃-Ca·Na、SO₄-Ca·Na、SO₄-Ca·Mg 型,矿化度为 0.014g/L~0.192g/L。

(2) 构造裂隙水

构造裂隙水分布于赣县调查区的湖新调查区的北侧、田村调查区的西侧、阳埠调查区的北侧、大埠调查区的西侧,分布总面积 6.79km²,占总调查区基岩裂隙水总面积的 18.6%;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 30.46km²,占调查区基岩裂隙水总面积的 25.92%。含水岩组为震旦系变质细粒长石砂岩夹板岩及寒武系变余中细粒岩屑杂砂岩、长石石英杂砂岩、绢云母板岩。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 0.0014L/s~0.045L/s,据 GK1 抽水资料,钻孔单井涌水量

12.01m³/d, 渗透系数 0.61m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 HCO₃-Na·Ca、HCO₃·Cl-Ca、Cl·HCO₃-Ca·Mg·Na 型, 矿化度为 0.016g/L~0.082g/L。详见图 2.5.1-1。

2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件

由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。

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。

据区域水文地质资料, 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 0.52m~3.50m, 丰水期水量比枯水期大 1~2 倍; 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~14.33m, 流量和水位的变化一般比降雨滞后 5~20 天。

3 评价区地质与水文地质

3.1 赣县大埠稀土矿评价区地质环境与水文地质

3.1.1 地形地貌

赣县大埠稀土矿评价区地貌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：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 150m~300m，相对高差 50m~150m，沟谷形态多呈“U”字型，植被发育尚好，冲沟发育，小型崩塌及滑坡常见。

侵蚀堆积地形：分布桃江及支流两岸，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，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，洪水期常被淹没。详见图 3.1.1-1。

3.1.2 地层岩性

赣县大埠稀土矿区评价区主要以花岗岩体为主，地层主要有第四系（ Q_4^{al+ml} ）、寒武系上统（ ϵ ）。岩浆岩大面积出露，主要为燕山早期似斑状黑云母花岗岩。据调查及钻探揭示（详见图 3.1.2-1），地层结构情况如下：

（1）第四系全新统（ Q_4^{al+ml} ）：分布于桃江及支流两岸，由杂填土、细中砂组成。杂填土呈杂色，由建筑垃圾组成，压实程度较差，孔隙发育，为弱含水层，厚度约为 5.80m；细中砂呈黑褐色、绿灰色，为河流冲积物，透水性较强，属含水层，上部薄层耕植土，厚度约为 2.80m。

（2）寒武系上统（ ϵ ）：少量分布于评价区西北角，岩性为变余中细粒岩屑杂砂岩、长石石英杂砂岩与粉砂质板岩或绢云母板岩组成韵律层。

（3）燕山早期花岗岩（ y_5^2 ）：分布广泛，可分为三个亚层：

①全风化花岗岩：褐黄色，岩石已风化成土状，透水性较差，为弱含水层，厚度为 6.40m~0.70m；

②强风化花岗岩：灰黄色、黄褐色，岩石风化强烈，网状，裂隙发育，裂隙面多见铁染现象，透水性较差，为弱含水层，厚度为 7.20m~7.60m；

③中风化花岗岩：肉红色、灰黄色，岩石坚硬，裂隙不发育，裂隙面多呈闭合状，水蚀现象不明显，为相对隔水层，揭露厚度为 3.70m~7.00m。

工程名称		赣县稀土矿环境水文地质勘查									
工程编号		赣县			钻孔编号		GK4				
孔口高程		129.02	坐标		x = 2851104.50	开工日期		2011.8.9	稳定水位深度		3.05
钻孔深度		25.90			y = 309882.30	竣工日期		2011.8.10	测量水位日期		2011.8.11
地层编号	时代成因	层序层序号	层序层序号	层序层序号	柱状图	岩土名称及其特征		取	岩	稳定水位	
					1:150			样	芯	和	
									采	本	
									取	位	
									率	日	
									(%)	期	
①	Q ₄ ^{al}	123.220	5.80	5.80		杂填土：杂色，由建筑垃圾组成，压实程度较差，孔隙发育，为弱含水层。				125.970	
										2011.8.11	
									76		
②	Q ₄ ^{al}	120.420	8.60	2.80		细中砂：黑褐色、绿灰色，为河流冲积物，透水性较强，属含水层，上部薄层耕植土。					
									72		
③		114.020	15.00	6.40		全风化花岗岩：褐黄色、灰黄色，岩石已风化呈土状，透水性较差，为弱含水层。					
									76		
④	γ ₅ ²	106.820	22.20	7.20		强风化花岗岩：灰黄色，岩石风化强烈，网状，裂隙发育，裂隙面多见铁染现象，透水性较差，为弱含水层。					
									70		
⑤		103.120	25.90	3.70		中风化花岗岩：肉红色，岩石坚硬，裂隙不发育，裂隙面多呈闭合状，水蚀现象不明显，为相对隔水层。					
									87		
核工业赣州工程勘察院 编制		审核		总工		日期		2011.10			

图 3.1.2-1 赣县大埠稀土矿环境水文地质勘查钻孔柱状图

3.1.3 水文地质条件

3.1.3.1 地下水类型及富水性

赣县大埠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约为 5.55m，水量贫乏，单位涌水量一般为 0.257L/s·m~0.538L/s·m。

风化带网状裂隙水含水层厚度为 17.30m~25.30m，水量贫乏，单位涌水量约为 0.064L/s·m，根据 GK5 钻孔抽水试验可知全、强风化花岗渗透系数为 0.53m/d。

构造裂隙水水量贫乏，参照 GK1 钻孔抽水实验可知板岩风化层渗透系数约为 0.12m/d。

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 3.1.3-1，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。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~1.8m。

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：赣县大埠稀土矿区范围内居民居住人口较少，评价区内地下水开采主要为分散的民井或泉，少量用于生活，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 57.6m³/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。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。

3.2 赣县韩坊、信丰赤岗、窑下稀土矿评价区地质环境与水文地质

3.2.1 地形地貌

赣县韩坊、信丰赤岗、窑下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 3.2.1-1。

3.2.2 地层岩性

赣县韩坊、信丰赤岗、窑下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 3.2.2-1）：

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。

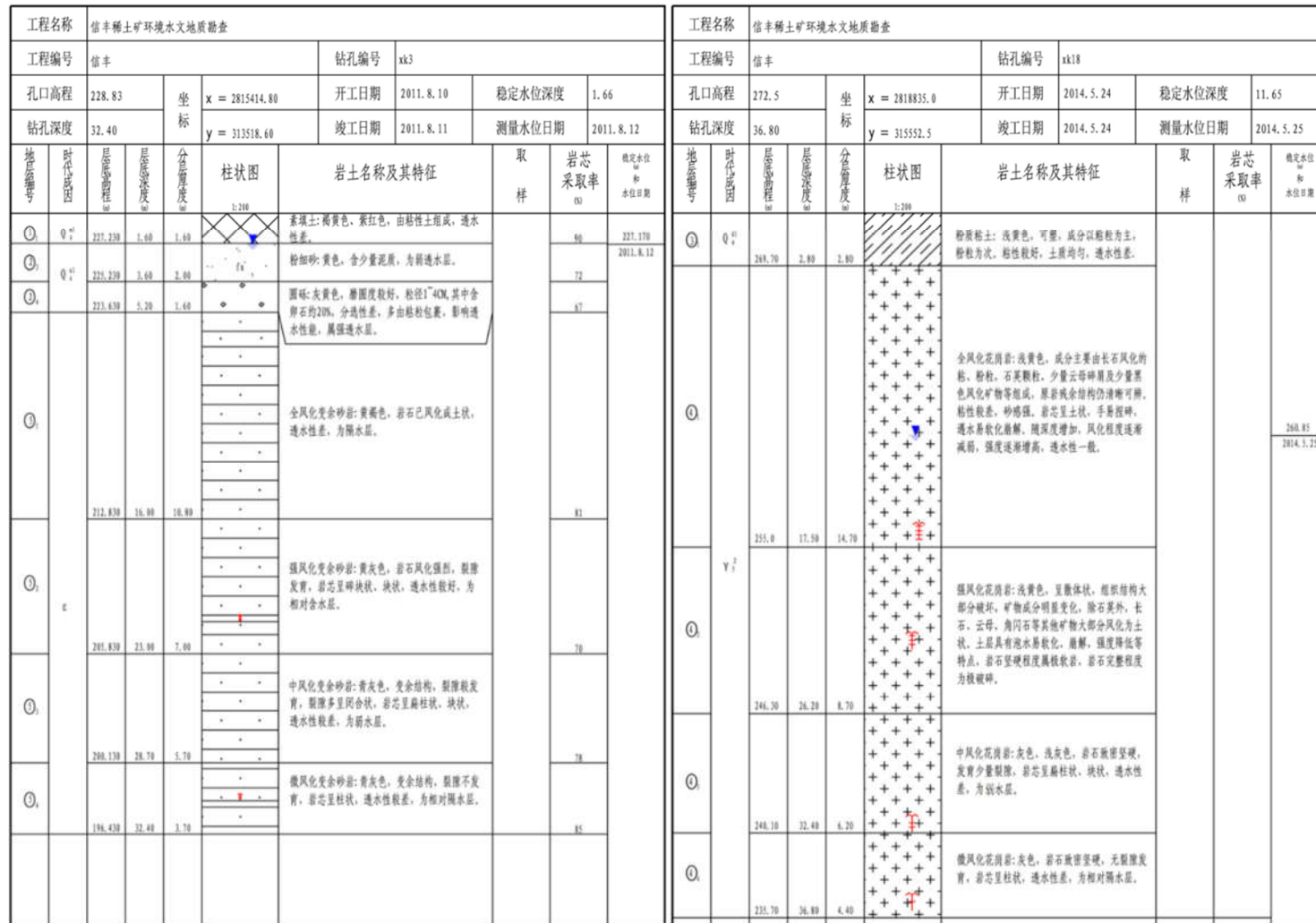


图 3.2.2-1 赣县韩坊、信丰赤岗、窑下稀土矿环境水文地质勘查钻孔柱状图

3.2.3 水文地质条件

3.2.3.1 地下水类型及富水性

赣县韩坊、信丰赤岗、窑下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 6.36km²，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。

3.2.3.2 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0.9~2.4m。

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：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，部分用于生活，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。详见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。

本次在在赣县矿区评价范围共布设地下水水质监测点19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。

赣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。

表 4.1.1-1 赣县大埠、韩坊矿区评价范围地下水水质水位监测点位表

序号	区县	名称	X	Y	相对位置	监测点类型	备注
1	赣县	大埠-1	*	*	矿区外, 上游背景点	水质、 水位监 测点	井
2		大埠-2	*	*	矿区内, 下游监测点		井
3		大埠-3	*	*	矿区外, 下游背景点		井
4		大埠-4	*	*	矿区内, 开采区, 下游监测点		井
5		大埠-5	*	*	矿区内, 开采区, 下游监测点		井
6		大埠-6	*	*	矿区外, 下游监测点		井
7		补充-大埠-7	*	*	矿区内, 侧向监测点		井
8		G-069	*	*	矿区外	水位监 测点	井
9		G-075	*	*	矿区外		井
10		G-071	*	*	矿区外		泉
11		G-072	*	*	矿区外		泉
12		G-073	*	*	矿区外		泉
13		G-074	*	*	矿区外		井
14		G-017	*	*	矿区外		泉
15		G-018	*	*	矿区外		泉
16		X-023	*	*	矿区外		井
17		韩坊-1	*	*	矿区内, 开采区, 下游监测点	水质、 水位监 测点	井
18		韩坊-2	*	*	矿区外, 下游监测点		井
19		韩坊-3	*	*	矿区外, 侧向监测点		井

20	信丰	赤岗-1	*	*	矿区外, 下游监测点		井
21		赤岗-2	*	*	矿区内, 前期处理车间, 下游监测点		井
22		赤岗-3	*	*	矿区外, 下游监测点		井
23		补充-赤岗-4	*	*	矿区外, 下游监测点		泉
24		窑下-1	*	*	矿区内, 上游背景点		井
25		窑下-2	*	*	矿区内, 下游监测点		井
26		窑下-3	*	*	矿区内, 下游监测点		井
27		补充-窑下-4	*	*	矿区外, 下游监测点		泉
28		窑下-5	*	*	矿区内, 开采区, 下游监测点		井
29		X-161	*	*	矿区外		水位监测点
30		X-177	*	*	矿区内	井	
31		X-199	*	*	矿区外	井	
32		X-197	*	*	矿区内	井	
33		X-200	*	*	矿区内	井	
34		X-201	*	*	矿区外	井	
35		X-207	*	*	矿区外	井	
36		X-024	*	*	矿区外	井	
37		X-029	*	*	矿区内	井	
38		X-030	*	*	矿区内	井	
39		X-196	*	*	矿区内	井	
40	X-162	*	*	矿区外	井		

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

地下水水质监测点取水样时间为 2021 年 8 月; 丰水期地下水水位统测时间为 2021 年 8 月; 枯水期地下水水位统测时间为 2021 年 11 月。

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》(HJ/T 164-2020) 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赣县大埠稀土矿评价区及韩坊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。

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≤pH≤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)、氨氮、pH、耗氧量和总硬度，其他监测因子均未超标。

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

地下水流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划，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 ——渗流区域的二类边界；

(x, y) ——平面位置坐标；

\vec{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。各县区多年平均降雨量见表 5.1.3-1。

表 5.1.3-1 各县区多年平均降雨量

县区	宁都	寻乌	安远	全南	信丰	赣县
多年平均降雨量 (mm)	1805.43	1758.1	1562.0	1709.5	1512.84	1434.4

(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、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浓度衰减完成。

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。

5.2 赣县大埠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，赣县大埠模拟范围同评价范围，面积 3.8km²，模拟范围见图 5.2.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

大埠稀土矿区模拟区主要以燕山早期花岗岩 (y_5^2) 为主，分布广泛，第四系 (Q_4^{al+ml}) 分布于桃江及支流两岸，寒武系上统 (ϵ) 少量分布于模拟区西北角。

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 22.85m~25.30m，平均厚度为 24.08m，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，模拟区西部北段边界与地下水流场方向垂直，概化为零流量边界；西部南段边界为流量边界；东部、北部、南部边界及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 9.11m³/d。

表 5.2.1-1 大埠模拟区地下水均衡量 单位：m³/d

补给源	补给量	排泄项	排泄量
大气降雨入渗	1529.04	地下水开采	5.11
河流渗漏补给	/	河流排泄	1517.8
侧向流入	4.09	侧向流出	1.11
小计	1533.13	小计	1524.02
合计		9.11	

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 54576 个，结点 55358 个。地下水渗流模型的网格剖分立体图见图 5.2.2-2。

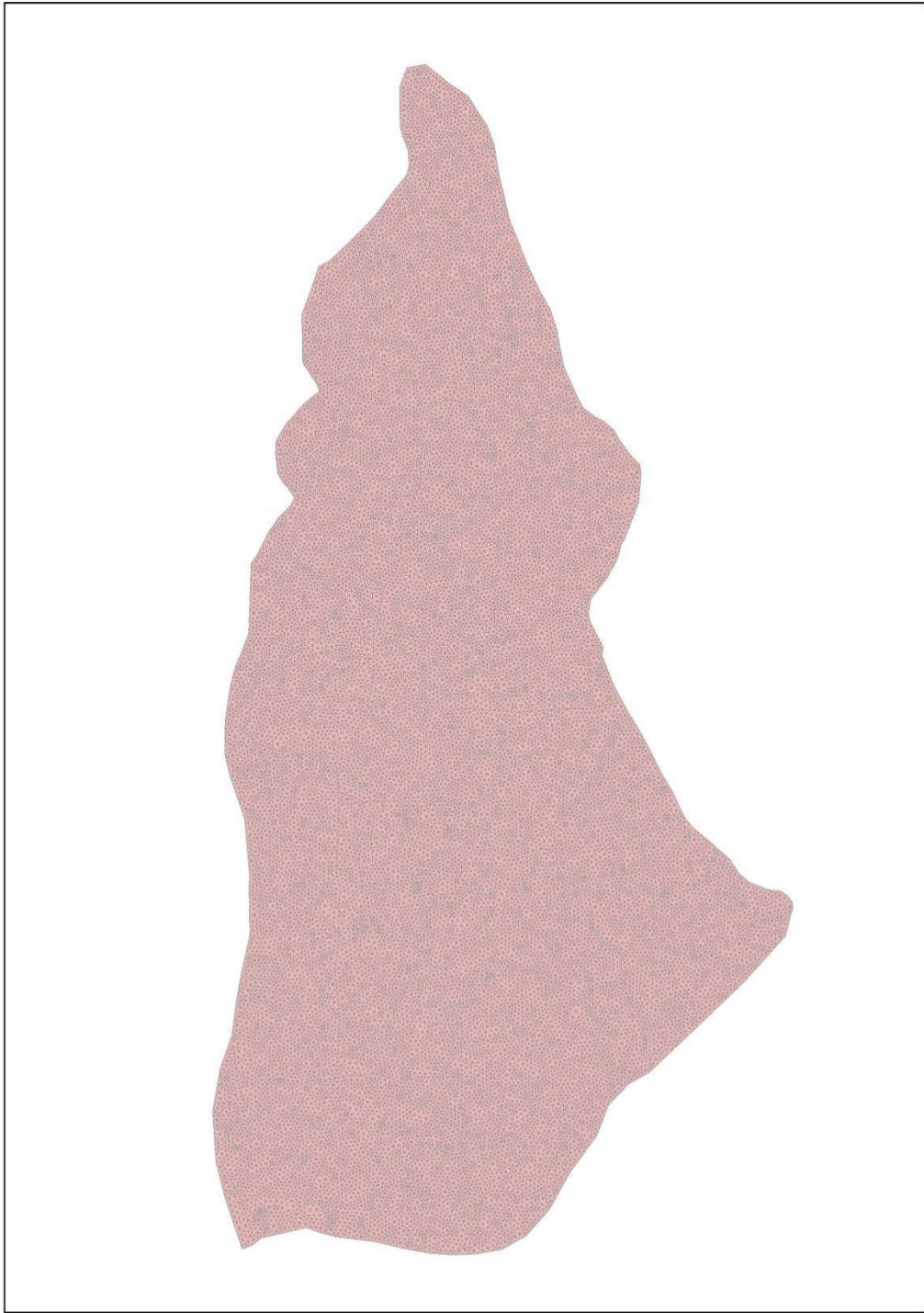


图 5.2.2-1 模型网格剖分图

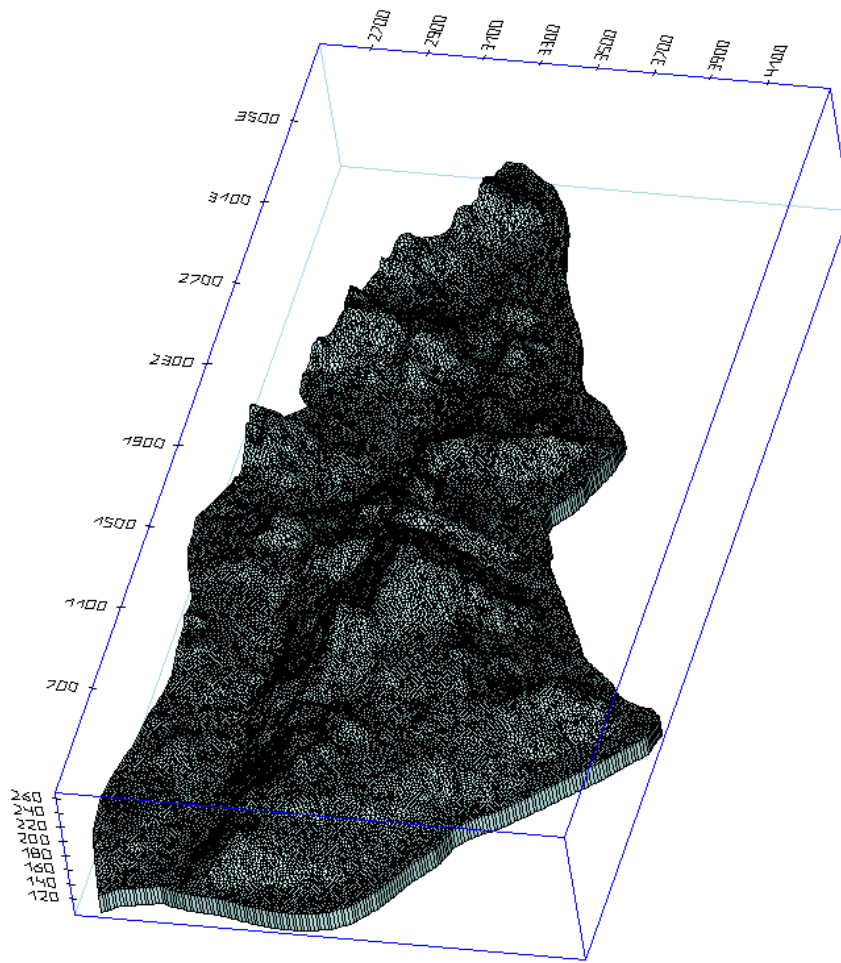


图 5.2.2-2 地下水渗流模型的网格剖分立体图

(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，将模拟区分为 29 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。



图 5.2.2-3 大埠模拟区降雨入渗系数分区

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	区号	降雨入渗系数	区号	降雨入渗系数
401	0.02	409	0.05	417	0.02	425	0.05
402	0.05	410	0.08	418	0.05	426	0.08
403	0.08	411	0.12	419	0.05	427	0.08
404	0.12	412	0.08	420	0.05	428	0.05

405	0.15	413	0.08	421	0.08	429	0.08
406	0.16	414	0.08	422	0.16		
407	0.2	415	0.08	423	0.16		
408	0.02	416	0.02	424	0.05		

(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、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 12 个渗透系数分区,见图 5.2.2-4。

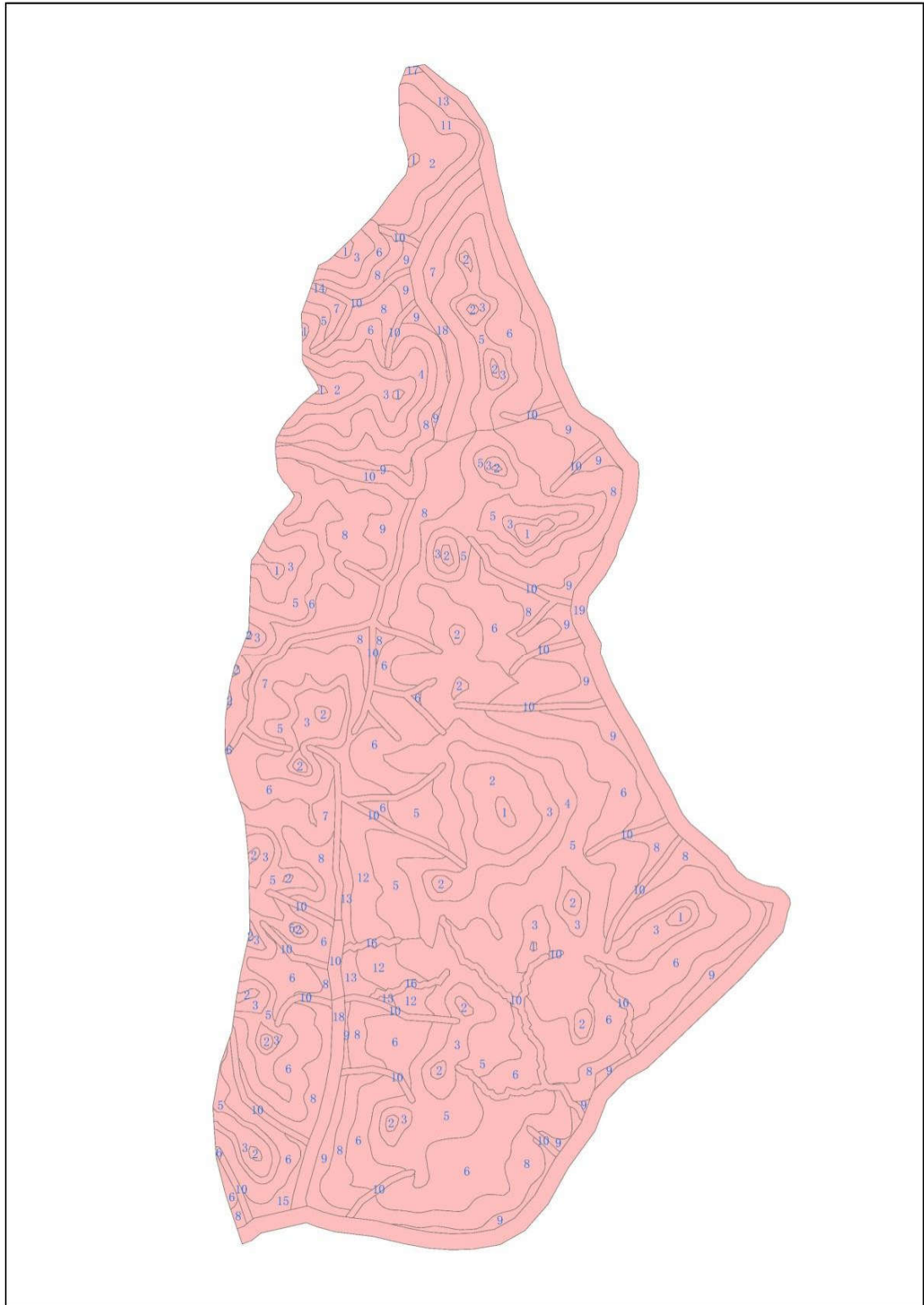


图 5.2.2-4 大埠模拟区含水层渗透系数分区

(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。



图 5.2.2-5 初始水位等值线图（2021.8）

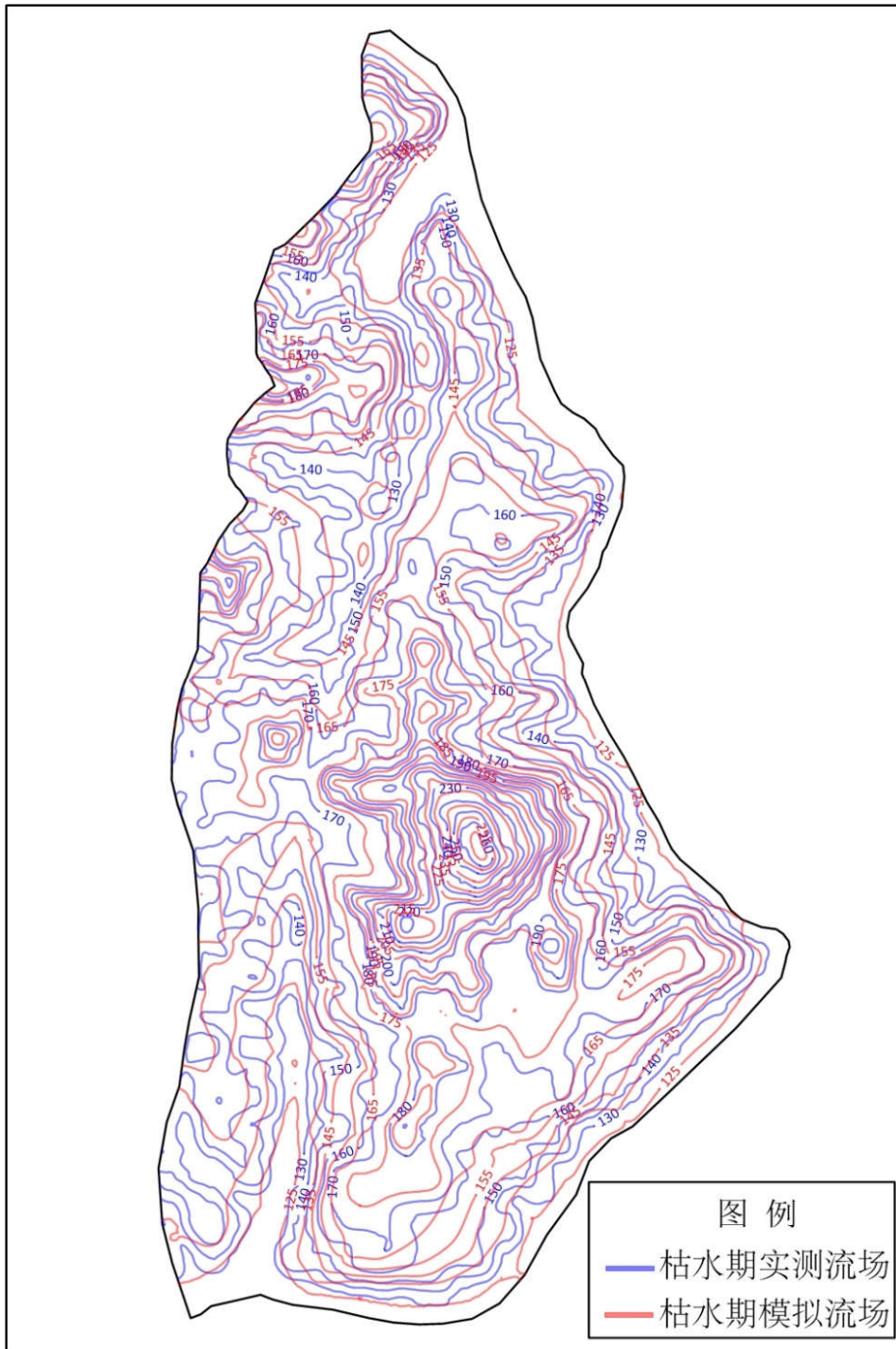


图 5.2.2-6 模拟区枯水期实测等水位线与计算等水位线对比图 (2021.11)

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	区号	渗透系数(m/d)	给水度	区号	渗透系数(m/d)	给水度
1	0.01	0.05	6	0.1	0.05	11	0.05	0.1	16	0.3	0.1
2	0.02	0.05	7	0.15	0.05	12	0.08	0.1	17	0.5	0.1
3	0.05	0.05	8	0.2	0.05	13	0.1	0.1	18	0.8	0.1
4	0.06	0.05	9	0.3	0.05	14	0.15	0.1	19	1.5	0.1
5	0.08	0.05	10	0.5	0.05	15	0.2	0.1			

5.2.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

大埠矿区评价范围内矿块分*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

大埠矿区内拟建*个富集站，根据源强分析不同规模富集站每年渗漏污染物量不同，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下表 5.2.3-1。

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，大埠稀土矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见图 5.2.4-1。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中镁离子浓度超标范围先逐渐增大，最大超标范围为 0.06km^2 ，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后，污染物对地下水影响较小。

在规模较大的开采矿块内各布设一个观测点进行浓度变化趋势分析（见图 5.2.4-2），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。

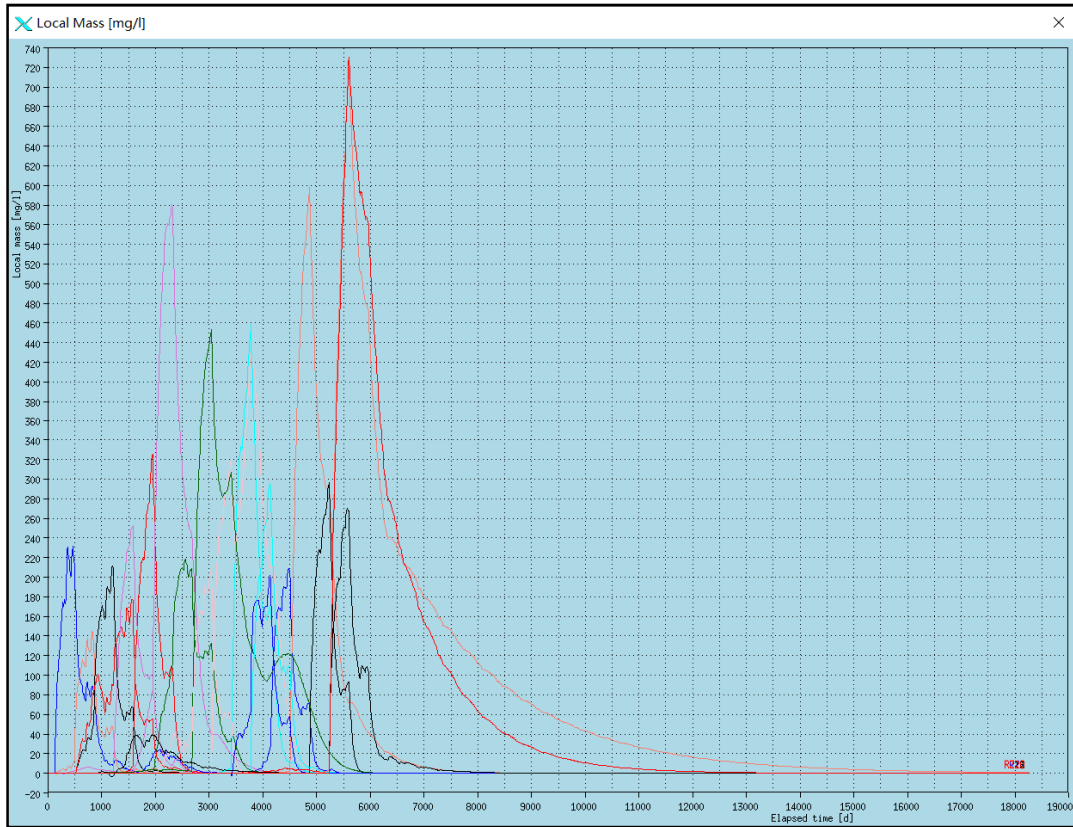


图 5.2.4-2 大埠矿区矿块开采镁离子浓度随时间变化曲线图

5.2.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，大埠稀土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图 5.2.4-3。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中硫酸根离子浓度超标范围先逐渐增大，最大超标范围为 0.17km^2 ，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后，污染物对地下水影响较小。

在规模较大的开采矿块内各布设一个观测点进行浓度变化趋势分析(见图 5.2.4-4)，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。

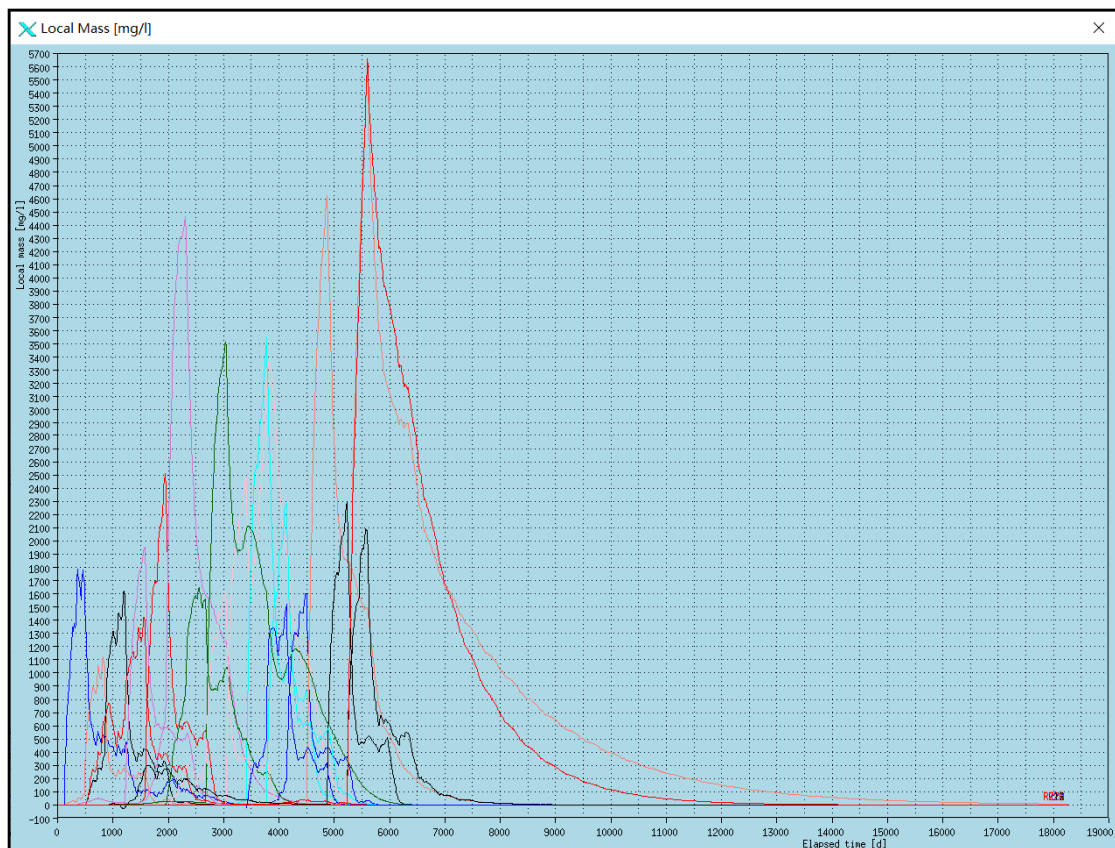


图 5.2.4-4 大埠矿区矿块开采硫酸根离子浓度随时间变化曲线

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，大埠稀土矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见图 5.2.5-1。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中镁离子浓度的超标范围逐渐增大，最大超标范围为 0.06km^2 ，随后逐渐减小。采取清水淋洗+环保回收后的超标及影响范围均小于仅采取清水淋洗的面积；镁离子浓度随时间变化趋势同清水淋洗情况。

5.2.5.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，大埠稀土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图 5.2.5-2。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中硫酸根离子浓度的超标范围逐渐增大，最大超标范围为 0.16km^2 ，随后逐渐减小。采取清水淋洗+环保回收后的超标及影响范围均小于仅采取清水淋洗的面积；硫酸根离子浓度随时间变化趋势同清水淋洗情况。

5.3 赣县韩坊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，赣县韩坊稀土矿模拟范围同评价范围，面积 28.32km²，模拟范围见图 5.3.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

韩坊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 5.3.1-1。从表中可以看出，模拟区的地下水呈正均衡，正均衡量为 1410.28m³/d。

表 5.3.1-1 赣县韩坊模拟区地下水均衡量 单位：m³/d

补给源	补给量	排泄项	排泄量
大气降雨入渗	11612.9	地下水开采	506
河流渗漏补给	/	河流排泄	9125.81
侧向流入	34.6	侧向流出	605.41
小计	11647.5	小计	10237.22
合计	1410.28		

5.3.2 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 5.3.2-1，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 5.3.2-2。

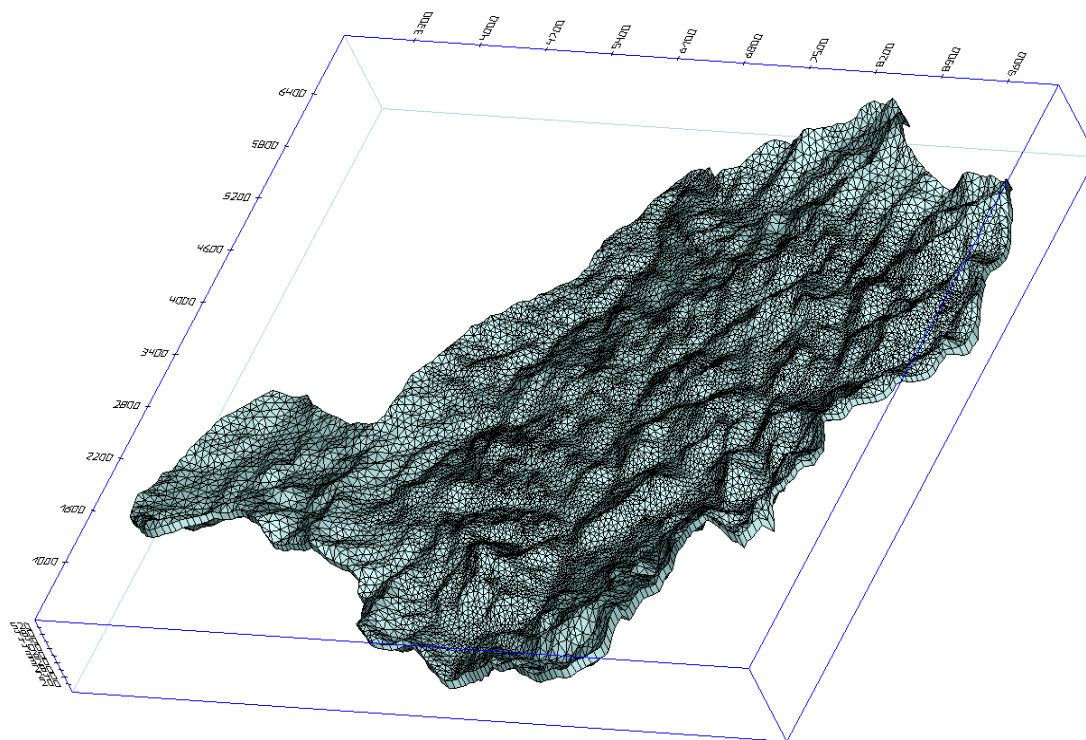


图 5.3.2-2 地下水渗流模型的网格剖分立体图

(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 5.3.2-3 所示。各分区的降雨入渗系数见表 5.3.2-1。

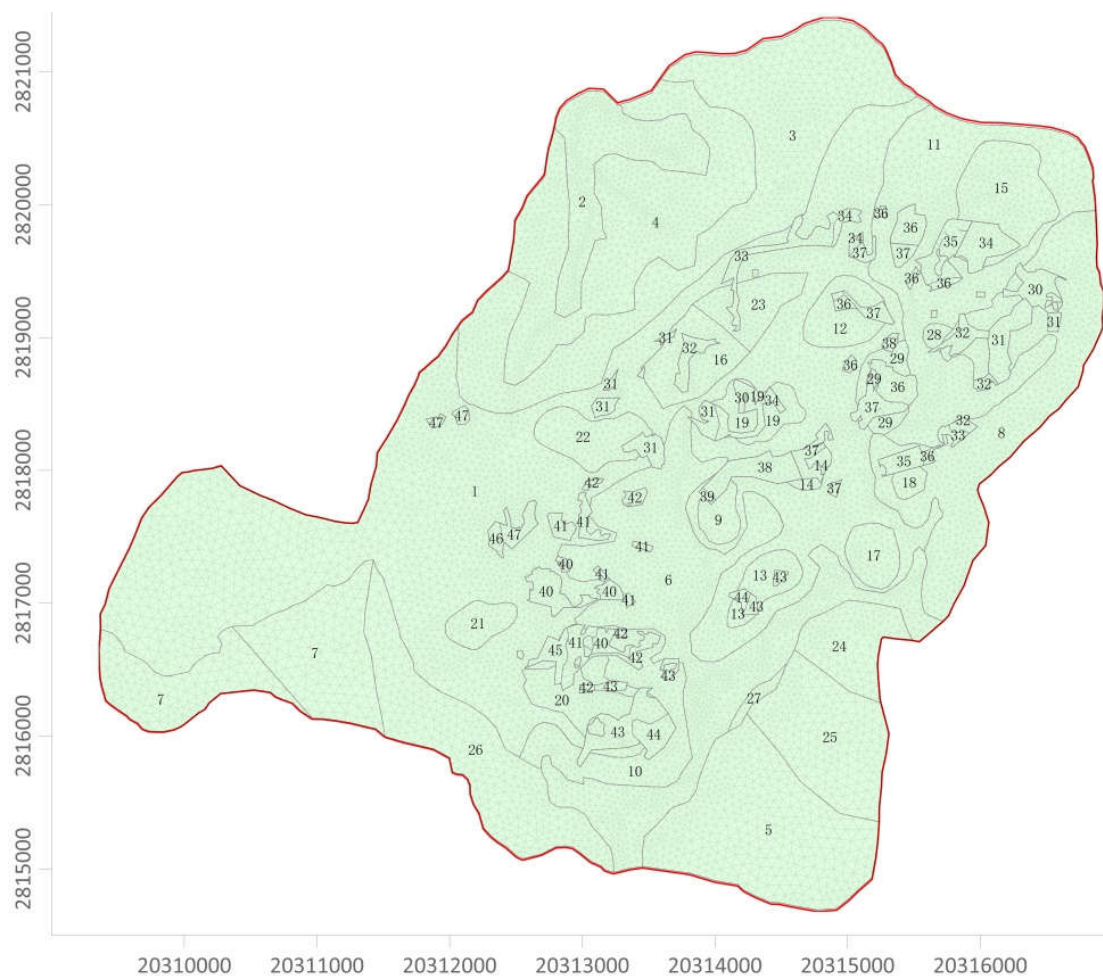


图 5.3.2-3 韩坊坑模拟区降雨入渗系数分区

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
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 5.3.2-4。

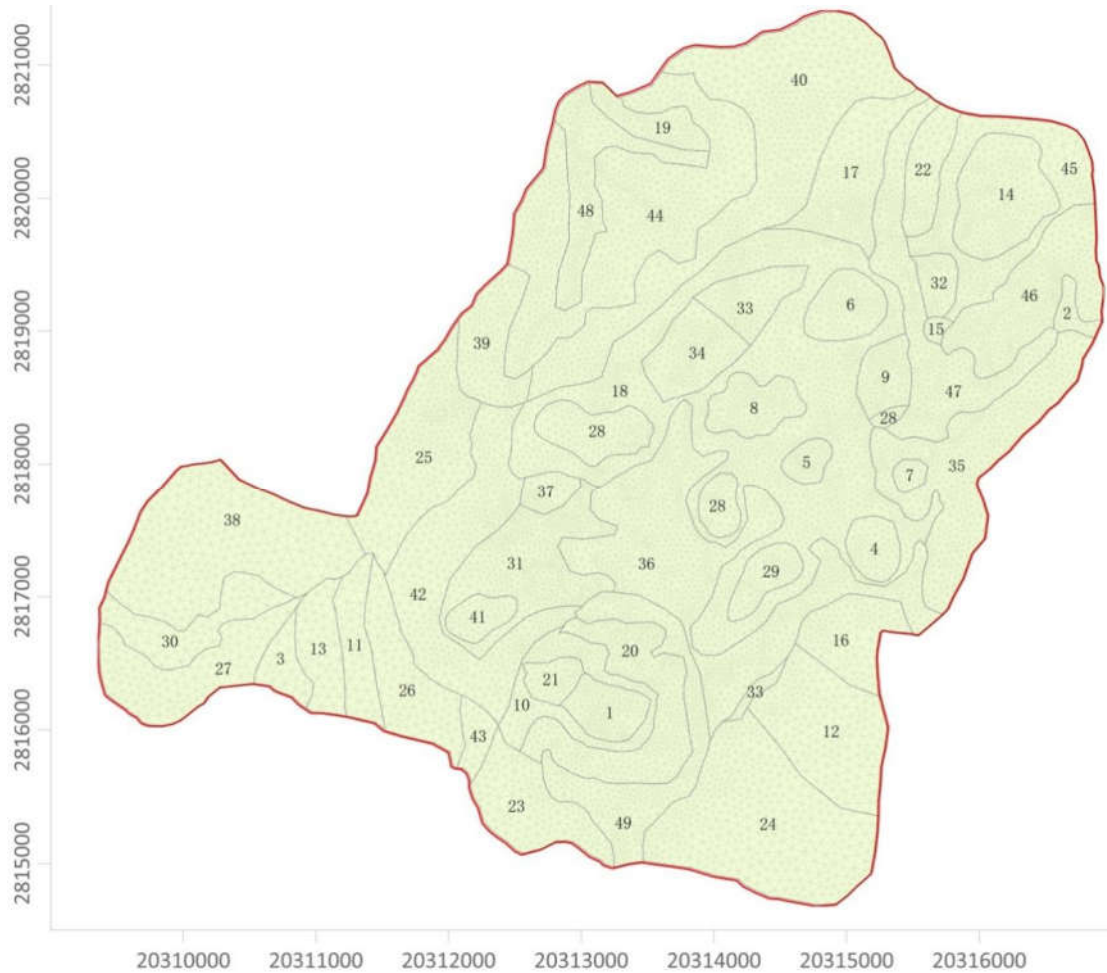


图 5.3.2-4 韩坊模拟区含水层渗透系数分区

(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。

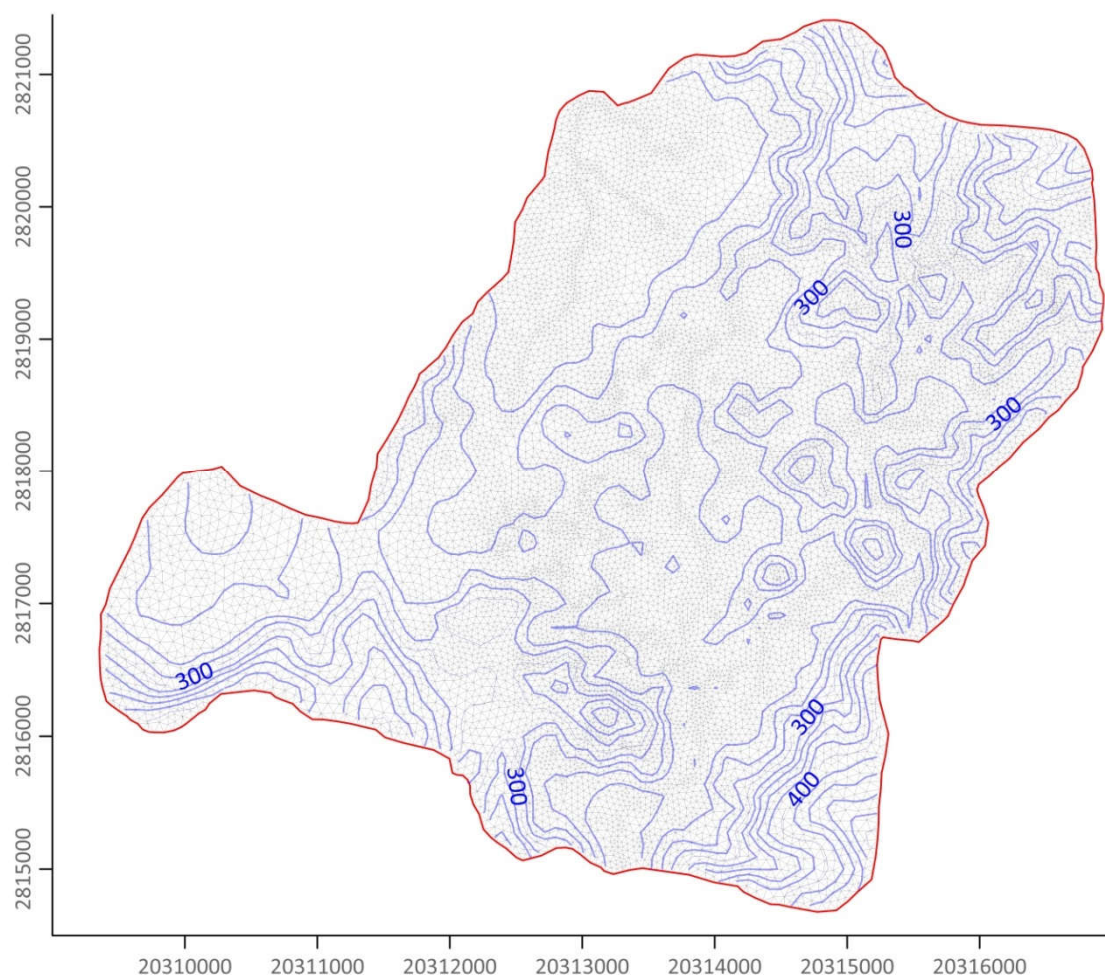


图 5.3.2-5 初始水位等值线图 (2021.8)

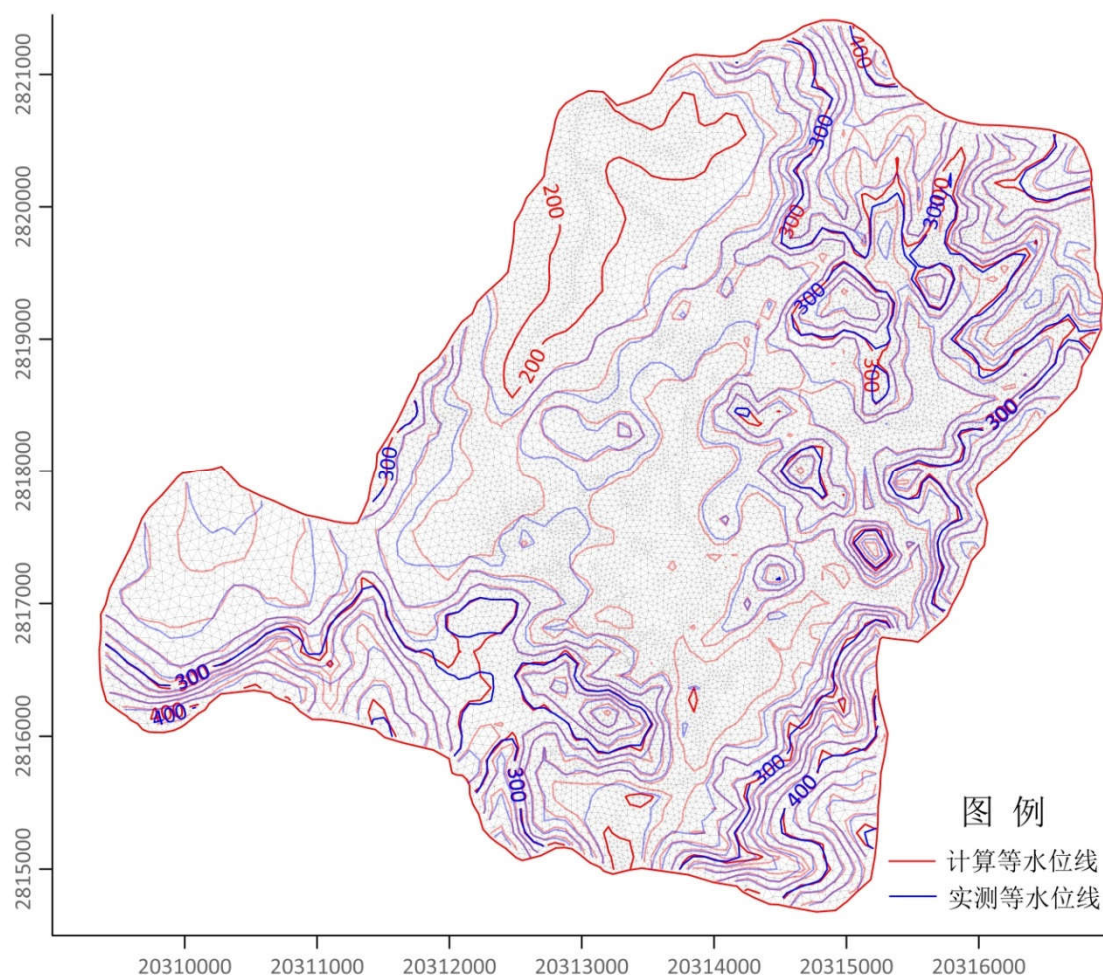


图 5.3.2-6 模拟区枯水期实测等水位线与计算等水位线对比图 (2021.11)

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	0.09	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

5.3.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

韩坊评价范围内矿块分*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

韩坊矿区内拟建*个富集站。根据源强分析，不同规模富集站每年渗漏污染物量不同，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。

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，韩坊稀土矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见图 5.3.4-1。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中镁离子浓度超标范围先逐渐增大，最大超标范围为 1.45km²，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后，污染物对地下水影响较小。

在规模较大的开采矿块内各布设一个观测点进行浓度变化趋势分析（见图 5.3.4-2），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。

5.3.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，韩坊稀土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图 5.3.4-3。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中硫酸根离子浓度超标范围先逐渐增大，最大超标范围为 3.19 km²，随后超标范围逐渐变小，全部矿块开采结束闭矿后，污染物对地下水影响较小。

在规模较大的开采矿块内各布设一个观测点进行浓度变化趋势分析（见图 5.3.4-4），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。

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，韩坊稀土矿区开采过程中对地下水中镁离子浓度的影响分布见图 5.3.5-1。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中镁离子浓度的超标范围逐渐增大，最大超标范围为 1.45km²，随后逐渐减小。采取清水淋洗+环保回收后的超标及影响范围均小于仅采取清水淋洗的面积；镁离子浓度随时间变化趋势同清水淋洗情况。

5.3.5.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，韩坊稀土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图 5.3.5-2。从图上可以看出，随着时间的推移，地下水中硫酸根离子浓度的超标范围逐渐增大，最大超标范围为 3.19km²，随后逐渐减小。采取清水淋洗+环保回收后的超标及影响范围均小于仅采取清水淋洗的面积；硫酸根离子浓度随时间变化趋势同清水淋洗情况。

6 地下环境保护措施与环境管理

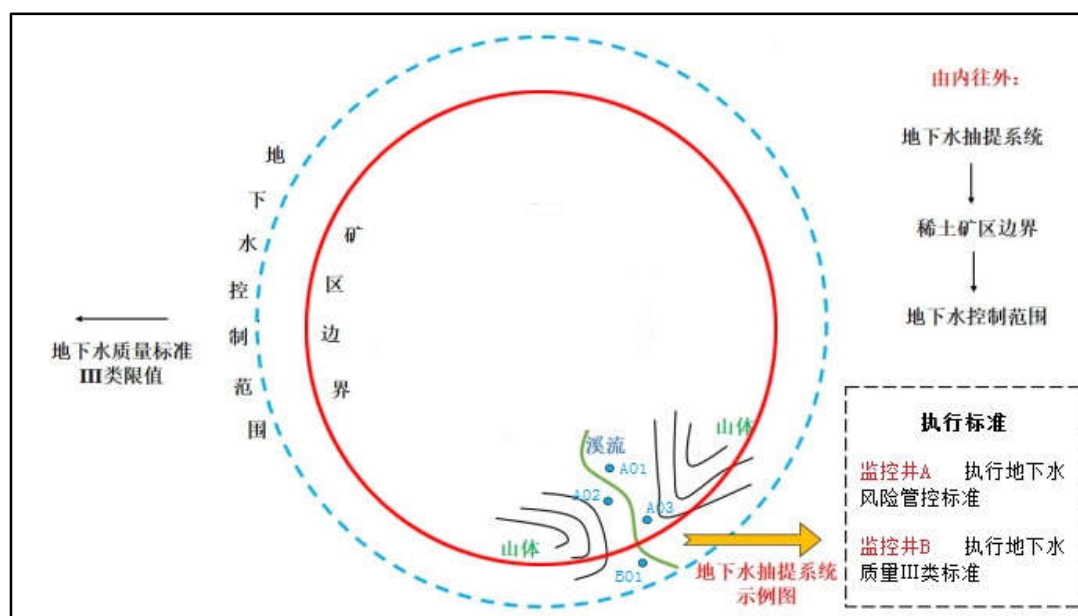
赣州稀土地下水污染防治措施的最终目标是恢复矿区内地下水的使用功能，但受到客观条件的限制（如原地浸矿工艺特点等因素），有必要将风险管控作为阶段性目标，阻断矿区外地下水污染暴露途径，控制矿区内地下水污染扩散，这也是目前《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）中地下水污染防治的思路。

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。

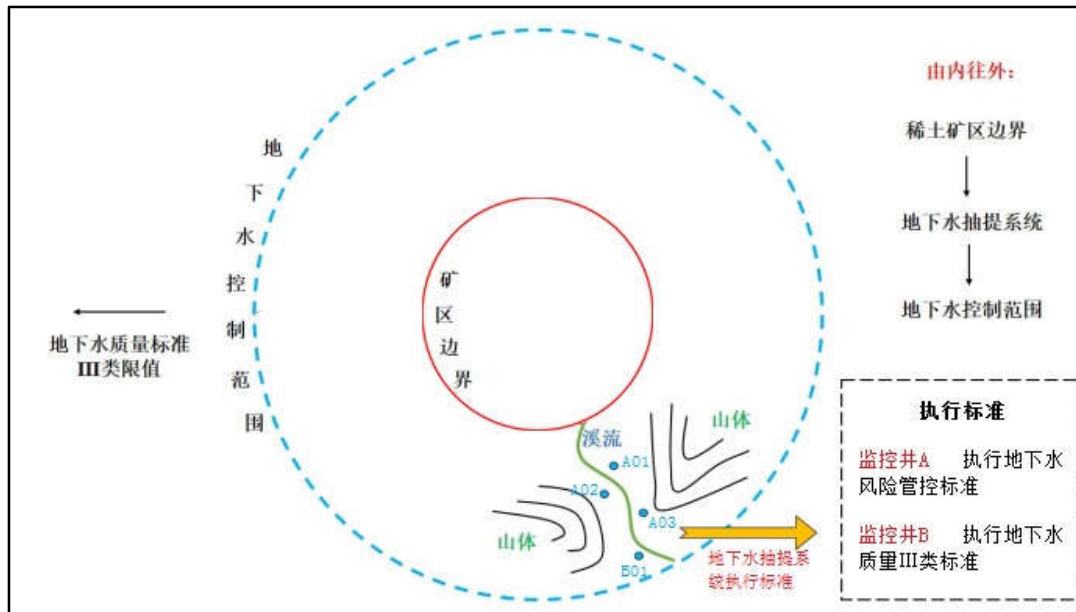
整体而言，本次地下水污染防控体系以稀土矿区为对象，以矿界地下水流出方向为切入点，具体包括“源头控制、过程监管、风险管控”，同时，针对不同类型开采矿块（老矿块和新开采矿块）体现“抓大放小”的特点，达到“新旧账一起算”的目的，进而从源头、过程到末端，分区域、分阶段、分对象提出切合实际的地下水污染防控措施，且污染防治措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

6.1 地下水污染防控体系

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控应与地表水污染进行协同控制，地下水污染防治整体可采取“风险管控”的理论（具体措施：源头控制、过程监管和风险管控），即在矿界外一定范围外执行地下水质量标准III类限值，矿界内或者外一定范围内合适位置设置地下水管控，执行地下水风险管控值。本次地下水评价标准体系概念模型示意图如下：



(a)矿界内抽提



(a)矿界外抽提

图 6.1-1 矿块地下水标准体系概念模型示意图

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
稀土矿区范围边界内部	不执行地下水质量标准,使用过程监控井监管特征污染物沿流域的时空变化趋势
地下水抽提系统边界	执行地下水风险管控值,硫酸盐800mg/L
地下水控制范围边界外部	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，赣县大埠稀土矿区地下水控制范围信息见表 6.2-1，韩坊稀土矿区地下水控制范围信息见表 6.2-2，地下水控制范围图见图 6.2-2。

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源头控制。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过程监管。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风险管控。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，进行处理后达标排放。

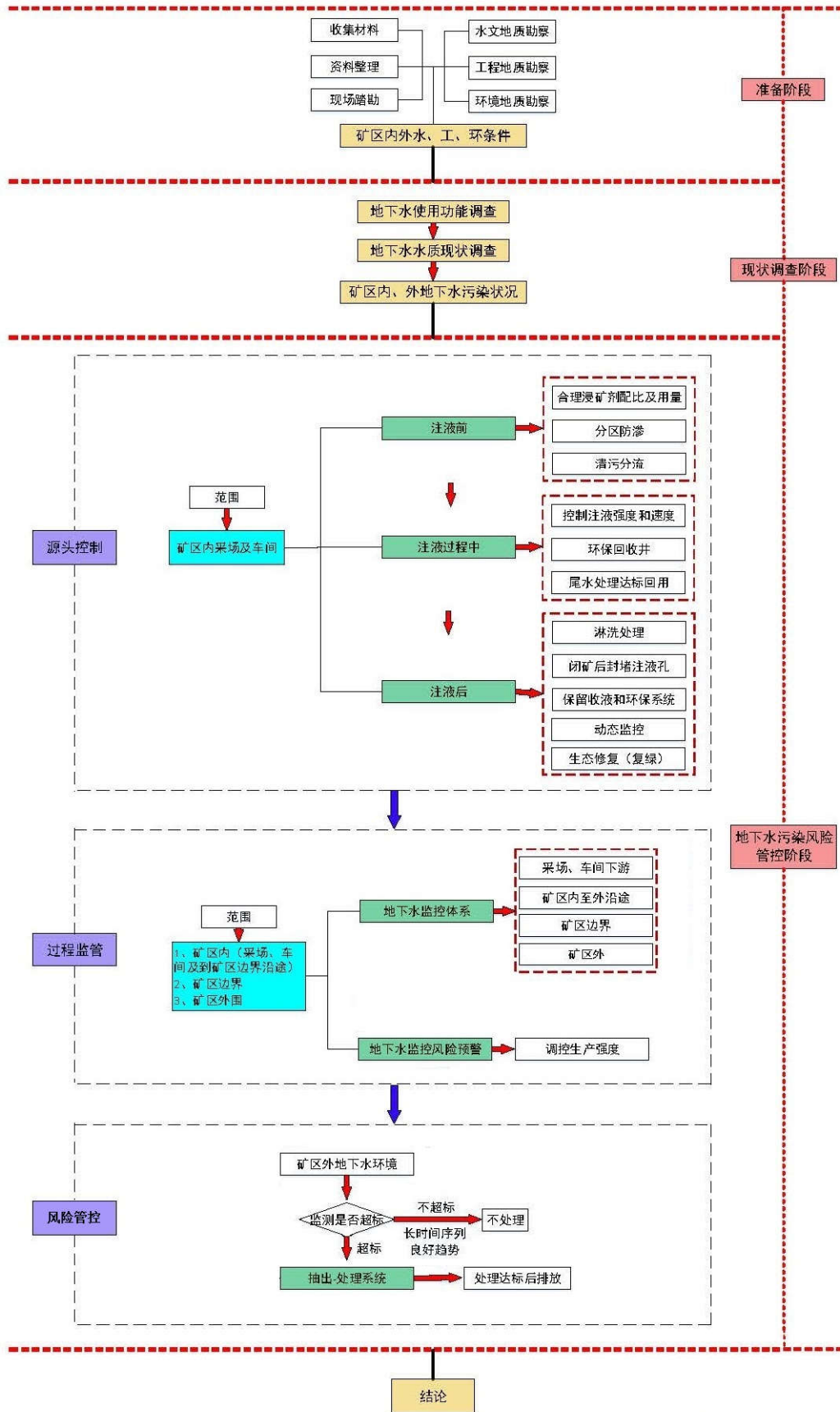


图 6.3-1 稀土矿区地下水污染防治技术路线图

6.4 地下水污染防治措施

6.4.1 源头控制

(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+控制注液强度和速度+收液系统+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对集液沟、硫酸储罐、高位水池、母液收集池、母液中转池、产品中转池、富集池、应急池、配液池、氧化镁浆池采取重点防渗（要求：等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0\text{m}$ ，防渗层结构渗透系数 $K \leq 1.0 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ ；或参照 GB 18598 执行）；对内部避水沟、产品和物料仓库采取一般防渗（要求等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5\text{m}$ ，防渗层结构渗透系数 $K \leq 1.0 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ ；或参照 GB 16889 执行）；对道路、办公区域采取地面硬化，避免在生产过程中的跑冒滴漏对地下水环境的影响。

③采取清污分流措施，即内部避水沟、外部排水沟（与集液沟合建），从源头上可减少母液泄漏量。见图 6.4-1。



图 6.4-1 各矿块的清污分流示意图

④在收液过程中，时刻关注注液强度和速度，避免注液过度引起水土流失和地质灾害，进而对地下水环境造成影响。

⑤在开采矿块（包括新开采矿块和老矿块）下游低洼处或涌水点（沿地下水流向），根据具体水文地质条件，设置若干个环保回收井，配套观察井，井深视到潜水层或见基岩为准，可作为地下水环保监测井进行跟踪监测，此外重要功能为环保回收井，一旦发现有母液渗下，即可采取回收措施，避免进一步迁移对下游地下水环境产生影响。

⑥对于尾水，采用钙矾石法进行处理后回用。

⑦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+沉淀工艺进行处理。

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 过程监管

（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 风险管控

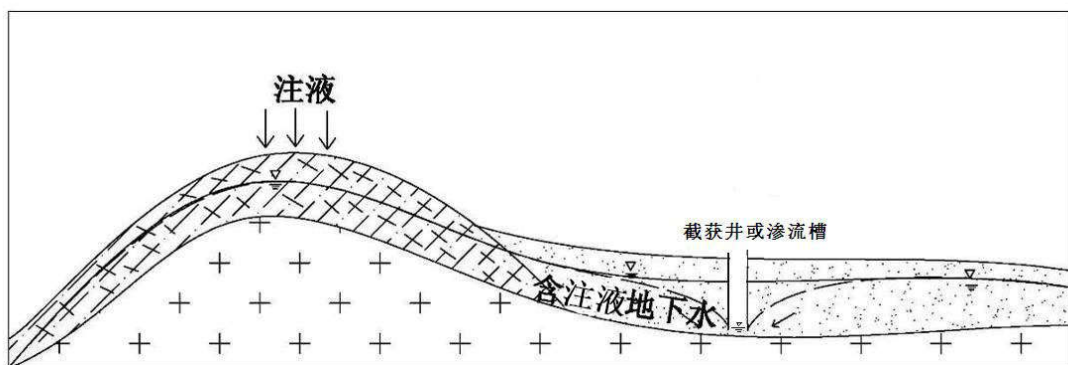
采用富集站尾水处理设施+抽出-处理措施。

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。

①若发现地下水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若发现地下水监测结果持续恶化且已接近地下水风险管控目标值，利用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。如果抽出地下水硫酸盐的浓度小于排放标准 800mg/L，直接排入地表水体；如果抽出地下水的硫酸盐浓度大于排放标准 800mg/L，将该部分地下水抽出至附近富集站通过尾水处理设施进行处理，处理后达标排放至地表水环境。

③若发现地下水控制范围边界处的地下水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。



6.4-2 监控井截获示意图

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/T 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监管和风险管控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。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“源头控制、过程监管、风险管控”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、pH、耗氧量和总硬度,其他监测因子均未超标。

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,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。

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的超标范围逐渐增大,随后逐渐减小。采取清水淋洗+环保回收后的超标及影响范围均小于仅采取清水淋洗的面积;污染物浓度随时间变化趋势同清水淋洗情况。

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

头控制、过程监管、风险管控”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。