
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
—宁都县矿区

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

前言.....	错误!未定义书签。
1 总论.....	4
1.1 项目概况	4
1.2 主要工程内容	4
1.3 工程分析与环境影响识别	5
1.3.1 地下水环境评价执行标准	5
1.3.2 地下水环境影响识别	5
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	10
1.6 评价等级	11
1.7 调查评价范围与地下水环境保护目标	11
1.7.1 宁都黄陂稀土矿矿区地下水评价范围	11
1.7.2 环境保护目标	11
2 区域环境概况	12
2.1 地理位置	12
2.2 地形地貌	13
2.3 气象水文	14
2.3.1 气象	14
2.3.2 水文	14
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	20
2.5 区域水文地质条件	21
2.5.1 地下水类型及富水性	21
2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件	22
2.5.3 地下水动态特征	23
3 评价区地质与水文地质	23
3.1 宁都黄陂稀土矿评价区地质环境与水文地质	23
3.1.1 地形地貌	23
3.1.2 地层岩性	23
3.1.3 水文地质条件	25

3.1.4 地下水开发利用现状	27
3.1.5 污染源调查	27
4 地下水环境质量监测与评价	28
4.1 环境质量现状监测	28
4.1.1 监测点位布设	28
4.1.2 监测项目	29
4.1.3 监测频次	29
4.1.4 监测时间	29
4.1.5 监测分析方法	29
4.1.6 监测结果分析	29
4.2 环境质量现状评价	30
4.2.1 评价方法	30
4.2.2 评价标准	30
4.2.3 评价结果	31
5 地下水环境影响预测与评价	32
5.1 地下水渗流数值模型要素总论	32
5.1.1 水文地质概念模型	32
5.1.2 渗流数学模型	32
5.1.3 渗流数值模型	33
5.1.4 溶质运移数学模型	34
5.1.5 源强赋值及弥散度确定	35
5.1.6 预测时段确定	36
5.1.7 标准限值确定	36
5.2 宁都黄陂稀土矿区开采对地下水环境影响预测与评价	36
5.2.1 模拟区水文地质概念模型确定	36
5.2.2 模拟区渗流数值模型确定	38
5.2.3 模拟区污染源强的确定	43
5.2.4 清水淋洗情况下地下水污染预测与分析评价	44
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	45
6 地下环境保护措施与环境管理	45
6.1 地下水污染防控体系	46
6.2 地下水控制范围	47
6.3 技术路线图	48
6.4 地下水污染防治措施	51
6.4.1 源头控制	51
6.4.2 过程监管	52
6.4.3 风险管控	53

6.5 长期监测计划	54
6.6 历史遗留的老矿块地下水氨氮污染防治	54
6.7 居民用水保障措施	55
6.8 制度和管理控制措施	55
6.9 小结.....	55
7 结论与建议.....	56
7.1 结论.....	56
7.1.1 地下水评价工作等级	56
7.1.2 地下水环境质量现状评价	56
7.1.3 环境影响预测与评价	56
7.1.4 地下水环境保护措施	56
7.2 建议.....	57

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：江西省赣州市宁都县
- (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

本项目工程为宁都县黄陂矿区，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處理。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處理设施（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處理，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，初步判断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级评价。

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 宁都黄陂稀土矿矿区地下水评价范围

黄陂稀土矿矿区地下水评价范围位于江西省宁都县黄陂镇,地下水评价范围东经*~*, 北纬*~*, 评价区东西边界以地表河流为界,南北侧边界以地表分水岭为界,评价区面积约 19.63km²。黄陂稀土矿矿区地下水评价范围见图 1.7.1-1。

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 宁都黄陂稀土矿评价区地下水环境保护目标现状调查表

编号	X	Y	与矿区的相对位置	地下水类型	水源类型
MJ01	*	*	矿区西侧 81m	松散岩类孔隙水	水井
MJ02	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ03	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井

MJ04	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ05	*	*	矿区东北 374m	松散岩类孔隙水	水井
MJ06	*	*	矿区东侧 706m	松散岩类孔隙水	水井
MJ07	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ08	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ09	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ10	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ11	*	*	矿区内	松散岩类孔隙水	水井
MJ12	*	*	矿区南侧 209m	松散岩类孔隙水	水井
MJ13	*	*	矿区东侧 605m	松散岩类孔隙水	水井
Q01	*	*	矿区北侧 133m	风化带裂隙水	泉点
Q02	*	*	矿区西侧 1105m	风化带裂隙水	泉点
Q03	*	*	矿区西侧 1008m	风化带裂隙水	泉点
Q04	*	*	矿区西侧 857m	风化带裂隙水	泉点
Q05	*	*	矿区西侧 825m	风化带裂隙水	泉点
Q06	*	*	矿区西侧 886m	风化带裂隙水	泉点
Q07	*	*	矿区东南 1337m	风化带裂隙水	泉点

2 区域环境概况

2.1 地理位置

本工程位于江西省赣州市，宁都县黄陂稀土矿位于宁都县城北西 50km，行政区划属于宁都县黄陂、小布两个乡镇管辖。

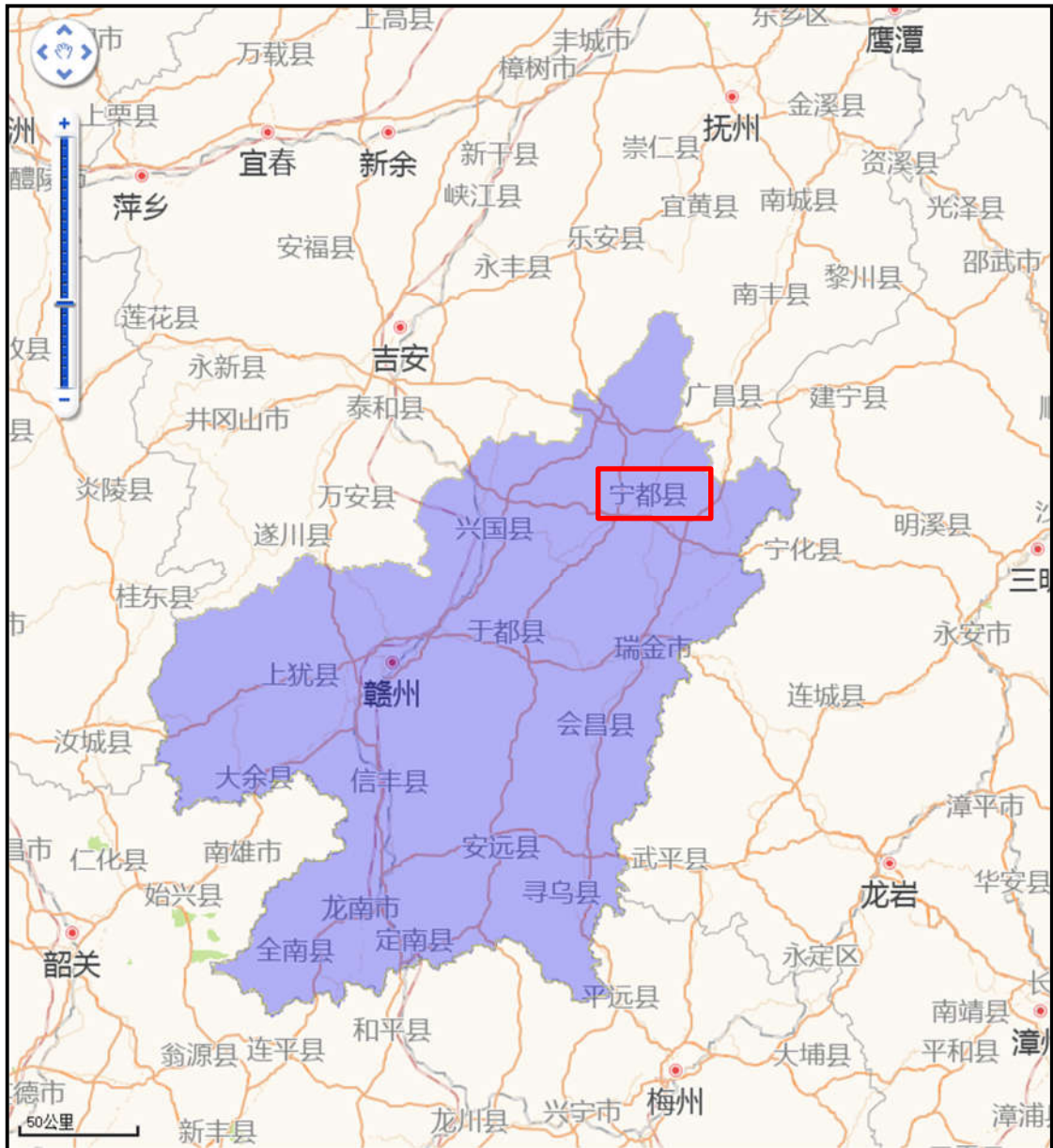


图 2.1-1 地理位置图

2.2 地形地貌

根据宁都稀土矿环境水文地质勘查结果显示，宁都县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：分布区内的西部，范围较小。主要由燕山早期岩浆岩组成。山顶海拔高程一般 530~560m，相对高差 200~250m，切割深度 100~200m。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。主要由震旦系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 300~

400m, 相对高差 50~150m, 切割深度小于 100m, 山坡坡度一般为 15~35°, 沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好, 覆盖率可达 40~60%, 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: 分布于黄陂河及支流两岸, 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 100~600m, 阶面较平坦, 略向河床倾斜, 坡角 1~3°。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 1.0~3.5m, 洪水期一般不易被淹没。

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。

据宁都县气象局 2001~2010 年气象资料, 年最高气温为 40.2℃, 最低气温 -4.9℃, 历年平均气温为 19.1℃, 全年的无霜期 291 天。区内年平均降雨量 1736.3mm, 最大降雨量 2379.2 mm, 最小降雨量 1047.8 mm, 区内的年均蒸发量为 1539.2mm, 最大蒸发量 1738.4 mm, 最小蒸发量 1436.4 mm。

表 2.3.1-1 宁都县 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)	76.2	124.5	140.5	170.9	192.7	435.4	133.8	124.7	95.8	63.9	111.0	66.9	1736.3
蒸发量 (mm)	56.3	65.9	82.8	109.8	138.2	140.2	234.5	209.9	177.1	152.9	99.3	72.3	1539.2

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。

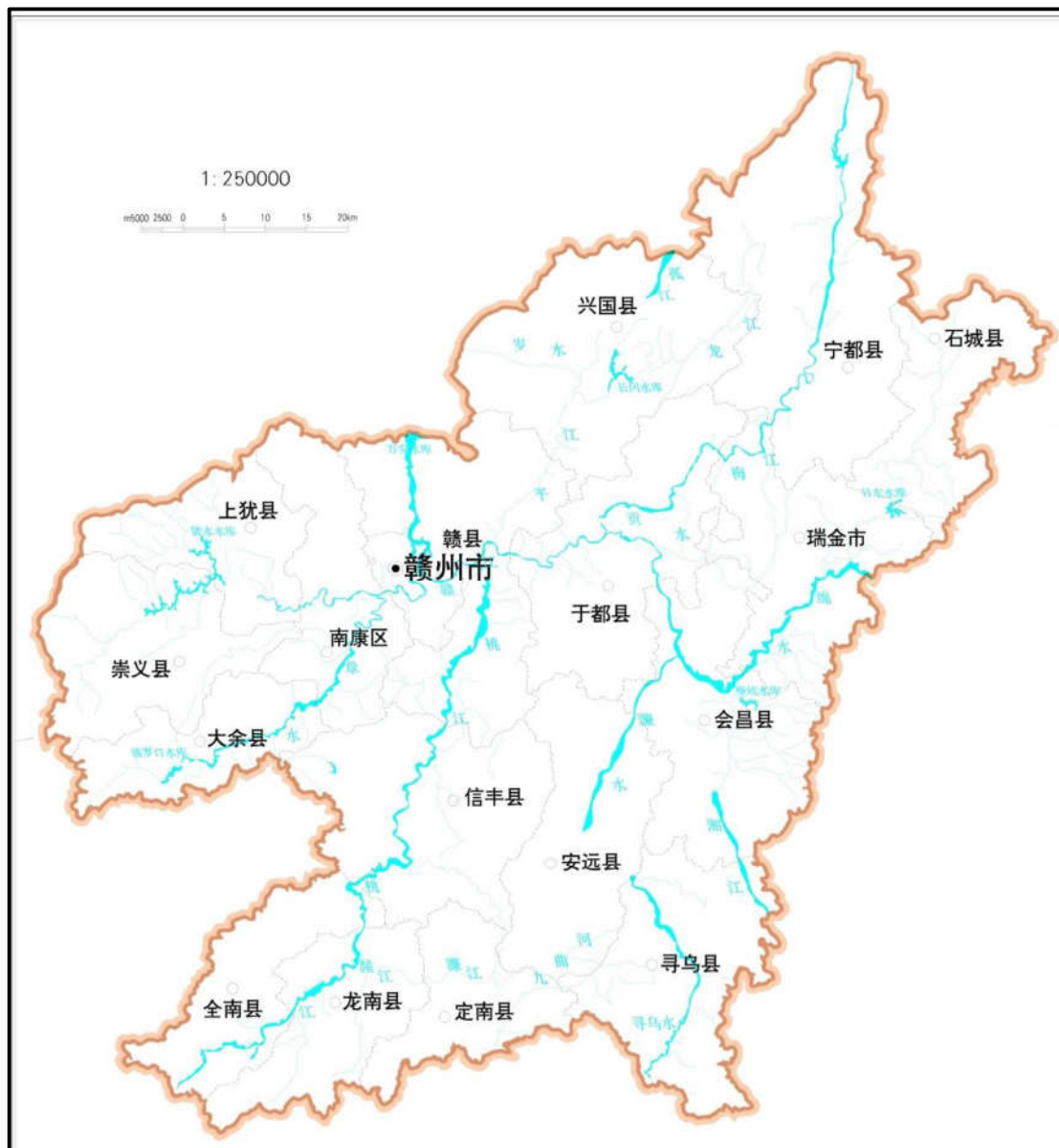


图 2.3.2-1 赣州市水系图

流经宁都县的主要河流为赣江，区内水系发育，呈树枝状展布，由北向南汇入主要水系黄陂河，据宁都稀土矿环境水文地质勘查工作收集的实测资料，黄陂河流出本区流量为 $10.917\text{m}^3/\text{s}$ （NDM-3 断面）。

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

县境内有第四系、白垩系、侏罗系、石炭系、寒武系、震旦系出露。震旦系、白垩系分布最广，寒武系、石炭系、侏罗系地层零星分布，第四系沿河谷两岸呈条带状分布。各时代地层岩性及分布情况列于表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 宁都县地层岩体情况一览表

系	统	地层名称	代号	岩性简述	厚度(m)	分布地点
第四系	全新统		Q ₄	灰黄色亚粘土、砂、砾石	7	梅江、琴江及其支流两岸
	中、上更新统		Q ₂₊₃	棕红、黄褐色，亚粘土、亚砂土、砂砾石	5	
白垩系	上统	赣州组	K _{2g}	上部：紫红、棕红色含砾砂岩、砂砾岩、夹粉砂岩 下部：紫红、暗紫色含钙砾、砂砾岩夹浅紫色粉砂岩、火山岩	3345-5905	宁都、赖村、洛口红盆地
侏罗系	中统	罗坳组	J _{2l}	杂色砂岩、粉砂岩、页岩、长石石英砂岩互层	3208	西部：青塘—赖村一带
	下统	林山群	J _{1ln}	含砾粗砂岩、砂岩、粉砂岩	121	
石炭系	中上统	黄龙组	C ₂₊₃	灰—深灰色灰岩、蜓壳灰岩、白云质灰岩	>171	东部：青塘盆地、王干、岩背等地
		船山组		砂砾岩、砾岩、砂岩、粉砂岩、炭质页岩夹煤层	>155	
	下统	梓山组	C _{1z}	砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩等	265-558	
寒武系			ε	灰、灰绿色变余长石石英砂岩、千枚状板岩，硅质板岩	>3294	东部：湛田及石上境内
震旦系	上统		Z _{II}	青灰、深灰色变余凝灰质长石石英砂岩、粉砂岩	3792	境内东、南、西北边缘各乡镇
	中统		Z _I	灰、灰黄色千枚岩、板岩、绢云母粉砂岩	12084	

2.4.1.2 地质构造

宁都县在区域构造上位于武夷山隆起带的西翼。次一级的武夷山、于山隆起带和宁都沉降带贯穿全区；地质构造发育，构造格架形式多样，其中主要构造形迹为褶皱和断裂构造（见图 2.4.1-1）。

（1）褶皱

区内褶皱较发育，较大规模的褶皱主要有宁都断陷单斜盆地、青塘复向斜盆地和对坊东西向小向斜。

宁都断陷单斜盆地位于境内中部，为中生代红层盆地，呈北北东向展布，由白垩系赣州组红色碎屑岩组成，长轴延伸长约 60km，短轴宽 4~10km，地层倾向北西，倾角 10°~25°。

盆地西侧受北北东向断裂控制，并多有燕山、加里东期岩浆岩侵入；东侧则与震旦、寒武系变质岩和加里东期花岗岩接触。

青塘复向斜盆地，属上古生代盆地，位于测区西部边缘地带，轴向北东，在区内延伸长 16km，宽 3~6km，轴部由石炭系中上统灰岩组成，两翼由同时代下统梓山、横龙组碳质页岩夹煤层、砂岩、粉砂岩、砂砾岩等组成，南东翼岩层倾

角 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，北西翼岩层倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。后期在其南东翼还有白垩系红色碎屑岩和侏罗系一般碎屑岩沉积，向斜北西翼发育北东和北西向断裂数条，以致破坏该向斜的完整性。

对坊向斜，位于境内南部，轴向东西向，长轴长约 12km，宽 2~5km，组成地层系震旦系变质岩，两翼岩层倾角一般为 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，最大达 80° ，该向斜近旁小褶曲发育，由于断裂的破坏，其形态往往不够完整或轴向发生偏转。

(2) 断裂构造

区内断裂构造发育，且密集分布和相互穿插切割。依其展布方向可分为北北东向、北东向、东西向及北西向主要四组。

①北北东向断裂

该组断裂在区内最发育，且遍布于各时代地层及岩浆岩中，其规模一般较大，影响范围较广，延伸长一般在十几公里至近百公里，倾向北西西或南东东，倾角一般大于 50° 。断裂性质以压性、压扭性为主，并常形成破碎带和硅化破碎带，带宽数米至几十米，其中宁都红盆西侧断裂，隶属安远—鹰潭深大断裂，该断裂活动时间长，控制了宁都红盆的发展，以及燕山期、加里东期岩浆岩的侵入，同时洛口一带的温泉出露亦与其断裂活动有关，反映出本断裂为晚近期活动性断裂。

②北东向断裂

分布范围广，规模大小不一，延伸长几公里至几十公里，且切割各时代地层及岩浆岩，断裂性质以压性、压扭性为主，倾向北西或南东，倾角常在 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，破碎带或硅化破碎带宽几米至几十米，其中北部的黄陂断裂和中南部的固厚—对坊断裂，分别隶属宜黄和万田—驿前大断裂一部分。该两条断裂在区域上属于晚近时期仍有强烈活动的断裂。

③东西向断裂

主要分布于测区南部对坊、固村一带震旦系地层中，延伸长约 30km，表现为压性结构面特征，倾向南，倾角 70° 左右，被北东、北西向断裂切割。

④北西向断裂

主要分布于西部青塘盆地及南部对坊附近，规模小，延伸 5~10km，切割震旦系和石炭系地层，多以性质不明断裂展现。

区域内构造以断裂为主，主要有北北东向和北东向二组方向，均呈斜列式产出，规模大，活动时间长，结构面特征复杂，表现为强烈的挤压破碎，宽几十至

几百米，延伸数十至数百千米，控制了桃山岩体的形态及晚期岩株、岩瘤、岩脉的产出部位，对铀矿的控制作用尤为明显。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。

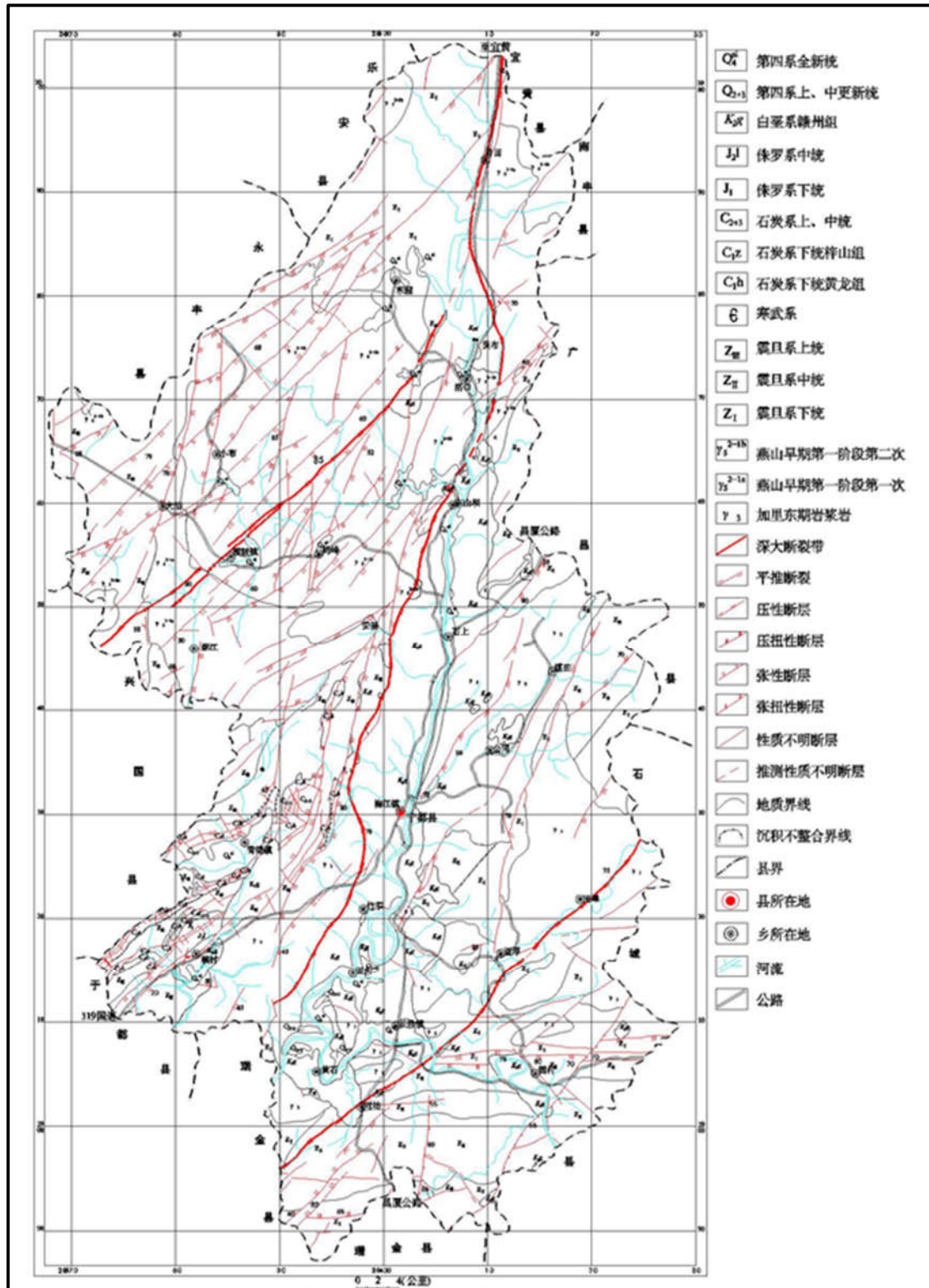


图 2.4.1-1 地质构造

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）。

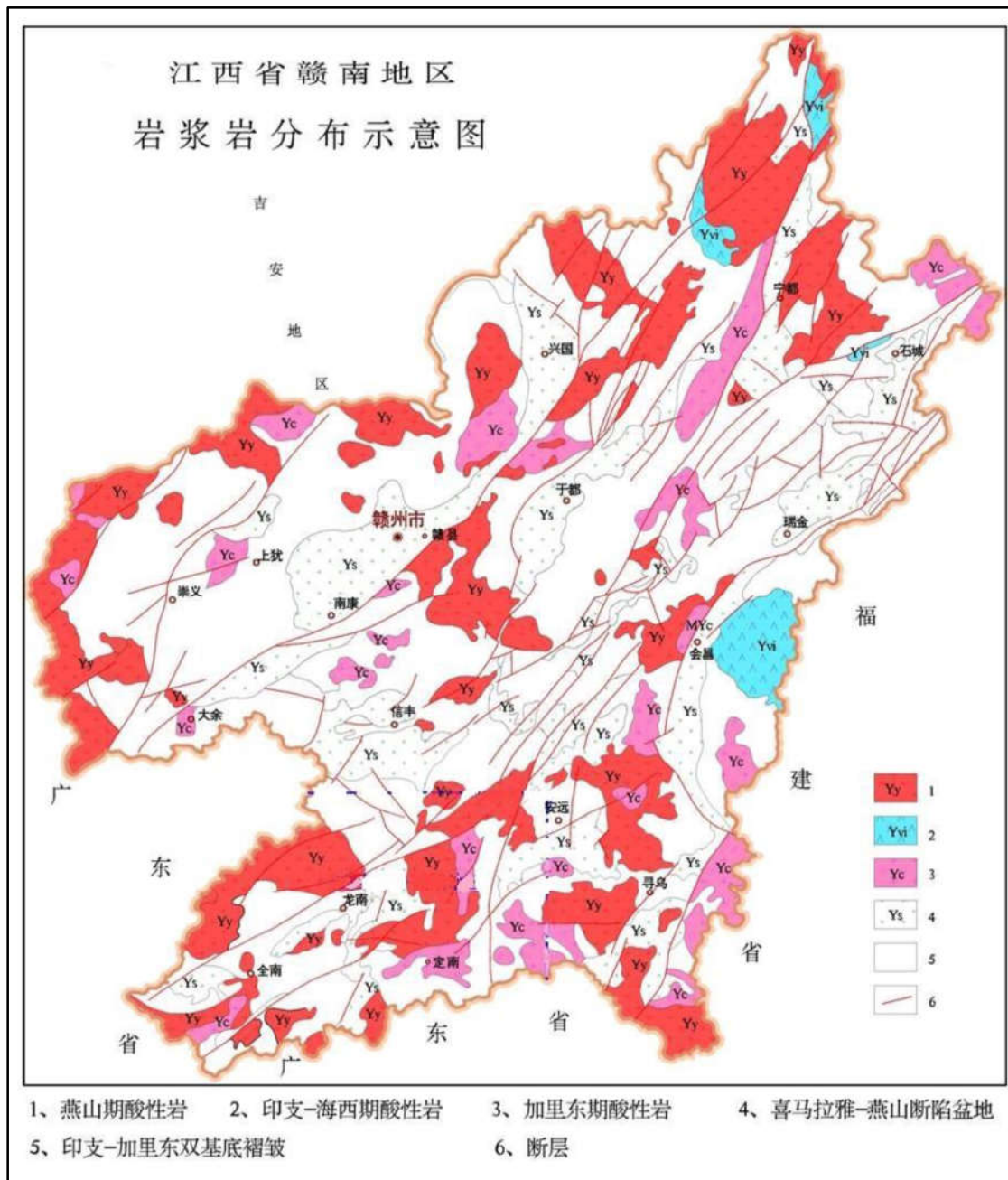


图 2.4.2-1 江西省赣南地区岩浆岩分布示意图

宁都县岩浆岩主要分布于县境内东部、北西、北东外缘带及南西局部，面积 1751.4km²；分加里东期、燕山期两期侵入，且多呈岩基或岩株产出，主要岩性有中—中粗粒、细—中细粒斑状黑云母花岗岩、中细粒二长花岗岩、中粗粒斑状黑云母交代花岗岩、细粒二云母花岗岩、细粒二长花岗岩等。

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，宁都县黄陂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，赣州市宁都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 14.90km²，占调查区总面积的 34.60%。

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 1.50~5.00m，平均 2.70m，水位埋深因地而异，一般 0.20~3.71m，单井涌水量小于 50m³/d，据本次勘查 NK5 孔抽水试验资料，渗透系数为 3.37m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 HCO₃-Ca 型，矿化度为 0.019~0.122g/L。

2.5.1.2 基岩裂隙水

调查区广泛分布，面积 28.17km²，占调查区总面积的 65.40%，地下水赋存于震旦系老虎塘组变余砂岩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黄陂、大沽稀土矿区最主要的地下水类型，面积 23.192km²，占调查区基岩裂隙水总面积的 99.8%，地下水赋存于燕山早期第一阶段中粗粒似斑状黑云母花岗岩的风化带网状裂隙中。风化壳厚度一般 10~50m，水力性质为潜水。根据本次调查实测资料，泉流量 0.008~0.079L/s，单井涌水量 20.91m³/d，渗透系数 0.26m/d。富水性等级为水量贫乏。水质类型为 HCO₃-Ca、HCO₃-Ca·Na、HCO₃-Na·Ca、HCO₃-Cl-Ca·Na、SO₄-Ca、HCO₃·SO₄-Ca 型，矿化度为 0.0137~0.155g/L。

(2) 构造裂隙水

构造裂隙水仅分布于调查的西面，分布面积很小为 0.038km²，占调查区基岩裂隙水总面积的 0.2%。含水岩组为震旦系老虎塘组变余砂岩。据《1:20 万宁化幅区域水文地质普查报告》，富水性等级为水量贫乏。另区内断裂构造主要为北东向和北北东向，力学性质不明，本次未观测到泉水出露，未发现有明显的充水构造。

2.5.2 地下水的补给、径流、排泄条件

由宁都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。

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 万宁化幅区域水文地质普查报告》资料，宁都县调查区第四系全新统松散岩类孔隙水，水位年变化幅度 0.52~1.52m；基岩裂隙水，水位年变化幅度 2.1~4.4m。

3 评价区地质与水文地质

3.1 宁都黄陂稀土矿评价区地质环境与水文地质

3.1.1 地形地貌

宁都黄陂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：是评价区内主要的地貌类型，分布范围广。主要由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 300~400m，相对高差 50~150m，切割深度小于 100m，山坡坡度一般为 15~35°，沟谷形态多呈“U”字型。植被发育尚好，覆盖率可达 40%~60%，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：分布于黄陂河及支流两岸，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 100~600m，阶面较平坦，略向河床倾斜，坡角 1~3°。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 1.0~3.5m，洪水期一般不易被淹没。

3.1.2 地层岩性

宁都黄陂稀土矿评价区岩性出露以花岗岩体为主，地层分布范围较小，仅出露第四系（ Q_4^{al} ）。据调查及钻探揭示，地层结构由新到老情况如下：

第四系全新统（ Q_4^{al} ）：分布于区内河谷两侧及山间低洼处，呈条带状分布，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。粉质粘土，呈褐黄色、暗黄色，透水性差，厚度为 1.2~3.6m；砂卵砾石，呈暗灰色、黄色，卵石磨圆度较好，粒径 2~7cm，含量 >50%，透水性好，厚度 1.7~2.6m。

燕山期花岗岩（ γ_5^2 ）：评价区处桃山岩体内，桃山花岗岩基南北长约 45km，

宽约 25km，面积约 1000km²。该岩基是由多期次侵入的花岗岩所组成的复式岩体，主要为燕山早期第一阶段中粗粒似斑状黑云母花岗岩岩株及花岗斑岩、伟晶岩岩脉。根据钻孔揭露情况，分为四个亚层，描述如下。

(1) 全风化花岗岩：褐黄色、褐灰色、灰黄色，岩石已风化成土状，透水性较差，成分主要为原岩风化形成的长石颗粒、粉粒，石英颗粒，以及少量的云母碎屑、暗色矿物等，岩芯呈土状，手易捏碎，遇水易软化崩解。根据钻孔揭露，该层厚度为 10.10~24.60m。

(2) 强风化花岗岩：褐灰色、黄灰色、肉红色，岩石风化强烈，网状风化裂隙发育，岩芯呈坚硬土状、碎块状，透水性较差，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。根据钻孔揭露，该层厚度为 1.10~12.10m。

(3) 中风化花岗岩：灰色、灰白色，中粗粒花岗结构，块状构造，成分主要由长石、石英、云母、角闪石组成，节理裂隙微发育，岩体完整性一般，岩芯多呈短柱状。根据钻孔揭露，该层厚度为 4.4~7.25m。

(4) 微风化花岗岩：灰白色，中粗粒花岗结构，块状构造，成分主要由长石、石英、云母、角闪石组成，节理裂隙不发育，岩体完整性较好，岩芯呈柱状，长柱状，节长 12-25cm，最长 36cm。根据钻孔揭露，未揭露到底，揭露厚度为 2.50~4.20m。

工程名称		宁都稀土矿环境水文地质勘查											
工程编号		宁都				钻孔编号		NK2					
孔口高程		267.33		坐标	x = 2959705.60		开工日期		2011.8.28		稳定水位深度		1.20
钻孔深度		37.10			y = 385493.50		竣工日期		2011.8.29		测量水位日期		2011.8.30
地层编号	时代成因	层厚(米)	层底深度(米)	层厚(米)	柱状图	岩土名称及其特征		取样	岩芯采取率(%)	稳定水位(米)和水位日期			
①	Q ₄ ¹	266.310.20	1.2	1:200		粉质粘土：暗黄色，透水性差，为隔水层。			90	266.10 2011.8.30			
②		263.330.80	2.6		卵石：暗灰色、黄色，卵石磨圆度较好，粒径2~7CM，含量>50%，透水性好，为强透水层。			65					
③ ₁	Y ₃	242.3304.50	020.70		全风化花岗岩：褐黄色、褐灰色，岩石已风化呈土状，透水性较差，为弱含水层。								
③ ₂					强风化花岗岩：褐灰色，岩石风化强烈，网状风化裂隙发育，岩芯呈坚硬土状，碎块状，透水性较差，为弱含水层。			80					
③ ₃						中风化花岗岩：灰白色，由长石、石英、云母、角闪石组成。中粗粒花岗岩结构，块状构造，节理裂隙微发育，岩体完整性一般，岩芯多呈短柱状，为相对隔水层。			85				
③ ₄						微风化花岗岩：灰白色，由长石、石英、云母、角闪石组成。中粗粒花岗岩结构，块状构造，节理裂隙不发育，岩体完整性较好，岩芯呈柱状，长柱状，节长1.2~2.5cm，最长3.6cm，为相对隔水层。			92				
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 宁都黄陂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

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，将黄陂稀土矿评价区地下水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，根据贮水空间的形态特征及含水岩组的组合关系，将基岩裂隙水细分为风化带网状裂隙水亚类。

松散岩类孔隙水赋存于第四系冲积、冲洪积砂砾石及卵石孔隙中，为潜水含水层，局部微承压。据民井调查和钻探资料，岩性结构多为二元结构，即上部一般有 1.20~3.60m 厚的粉质粘土，下部为 1.7~2.6m 厚的砂、砾石及卵石。松散岩类孔隙潜水含水层，富水性等级为水量贫乏，单位涌水量为 0.061L/s·m（来源于抽水试验数据），渗透系数为 3.37m/d。

风化带网状裂隙水赋存在花岗岩的风化裂隙中，含水不均，矿区花岗岩风化层厚度一般为 10~50m；其中全风化层厚度一般大于 10.0m，呈松散砂土状，有利于地下水贮存；强风化层网状风化裂隙十分发育，也有利于地下水的贮存，而中风化层一般风化裂隙不发育，透水性差，渗透系数为 0.014m/d，为相对隔水层，因此风化裂隙水主要贮存在全、强风化带含水层中。风化带网状裂隙水，富水性弱，水量贫乏，单位涌水量为 0.031L/s·m（来源于抽水试验数据），渗透系数为 0.26m/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，赋存于第四系全新统冲积、冲洪积砂、砾、卵石中，其上部岩性一般为粉质粘土，经试验测定，土的孔隙率为 50.1%，具有一定的孔隙度和渗透性。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，水力坡度较缓约 4‰~5‰。

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 0.8m~1.4m。

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：稀土矿区范围内无居民居住，无集中式地下水供水水源地，周边沿河流分布少量居民，居民生活用水及农业生产用水主要以管网供水为主。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。地下水开采类型主要为第四系全新统孔隙水和基岩裂隙水，调查区地下水开采总量估算为 m^3/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，耕地施用的化肥、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

评价区下游有少量居民居住，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废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。

本次在宁都县矿区评价范围共布设地下水水质监测点8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。

宁都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 宁都县黄陂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	宁都	黄陂-1	*	*	矿区外,居民区,下游监测点	水质、水位监测点	井
2		黄陂-2	*	*	矿区外,居民区,下游监测点		井
3		黄陂-3	*	*	矿区内,居民区,下游监测点		井
4		黄陂-4	*	*	矿区内,居民区,上游监测点		井
5		黄陂-5	*	*	矿区外,居民区,侧向监测点		井
6		黄陂-6	*	*	矿区内,开采区,下游监测点		井
7		黄陂-7	*	*	矿区内,居民区,下游监测点		井
8		黄陂-8	*	*	矿区内,开采区,下游监测点		井
9		N-084	*	*	矿区内	水位监测点	井
10		N-085	*	*	矿区内		井
11		N-086	*	*	矿区内		井
12		N-087	*	*	矿区内		井
13		N-088	*	*	矿区外		井
14		N-080	*	*	矿区外		井
15		N-081	*	*	矿区外		井
16		N-076	*	*	矿区外		井
17		N-078	*	*	矿区外		井
18		N-029	*	*	矿区外		井
19		N-001	*	*	矿区外		井
20		N-002	*	*	矿区外		井

21		N-003	*	*	矿区外		井
22		N-004	*	*	矿区外		井
23		N-077	*	*	矿区外		泉
24		N-022	*	*	矿区外		泉
25		N-032	*	*	矿区外		泉

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宁都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。

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 ≤ 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，矿区内各监测点均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准要求。

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 ——渗流区域的二类边界;
 (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。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

(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 宁都黄陂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，黄陂稀土矿模拟范围同评价范围，面积 19.63km²，模拟范围见图 5.2.1-1。

(2) 含水层及地下水补径排条件

黄陂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（ Q_4^{al} ）则沿河谷两侧及山间低洼处分布。

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 20.91~29.00m，平均厚度为 23.71m，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，模拟区北部边界与地下水流场方向垂直，概化为零流量边界；南部西段边界为流量边界；东部、西部、南部东段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 $123.30\text{m}^3/\text{d}$ 。

表 5.2.1-1 黄陂模拟区地下水均衡量 单位： m^3/d

补给源	补给量	排泄项	排泄量
大气降雨入渗	12534.25	地下水开采	122.5

河流渗漏补给	/	河流排泄	12288.46
侧向流入	0.11	侧向流出	0.10
小计	12534.36	小计	12411.06
合计	123.30		

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 24246 个，结点 24732 个。地下水渗流模型的网格剖分立体图见图 5.2.2-2。

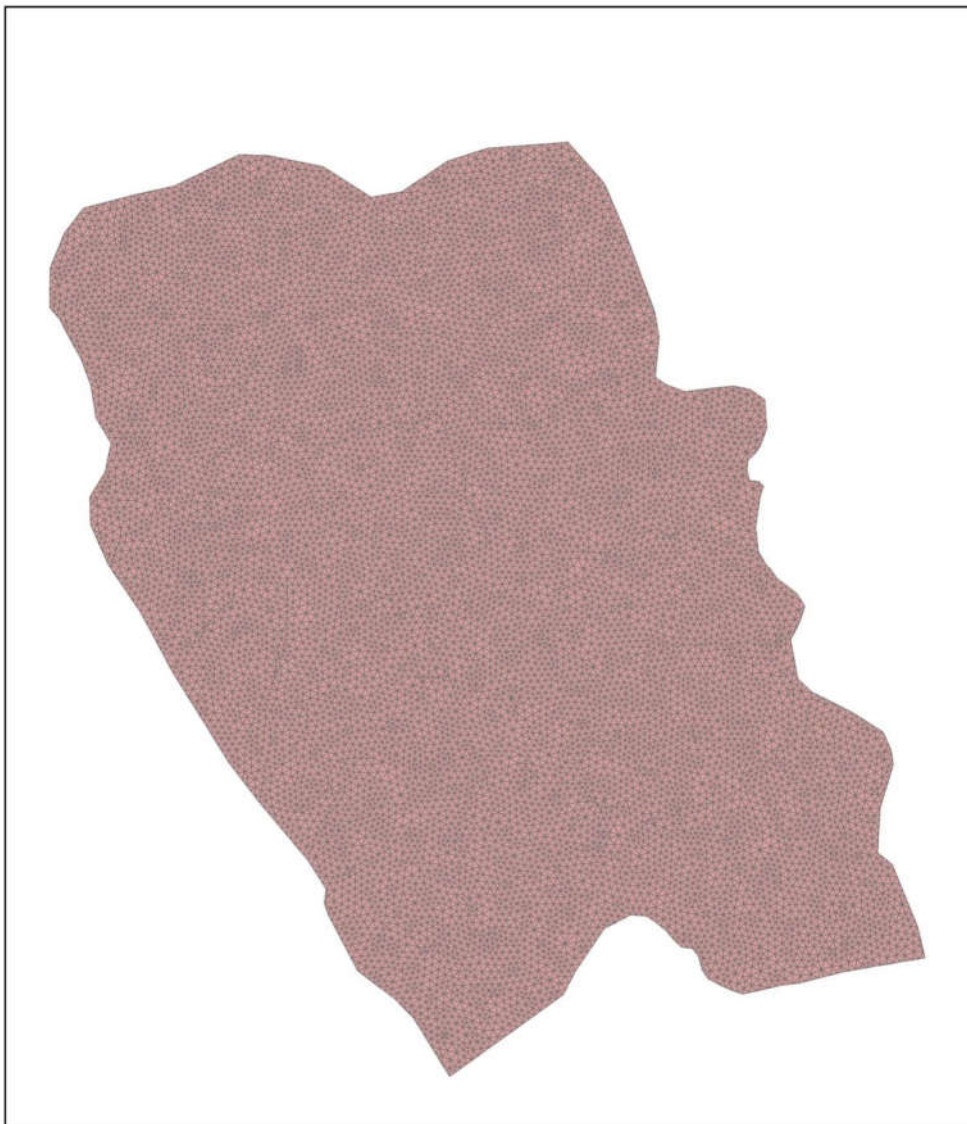


图 5.2.2-1 模型网格剖分图

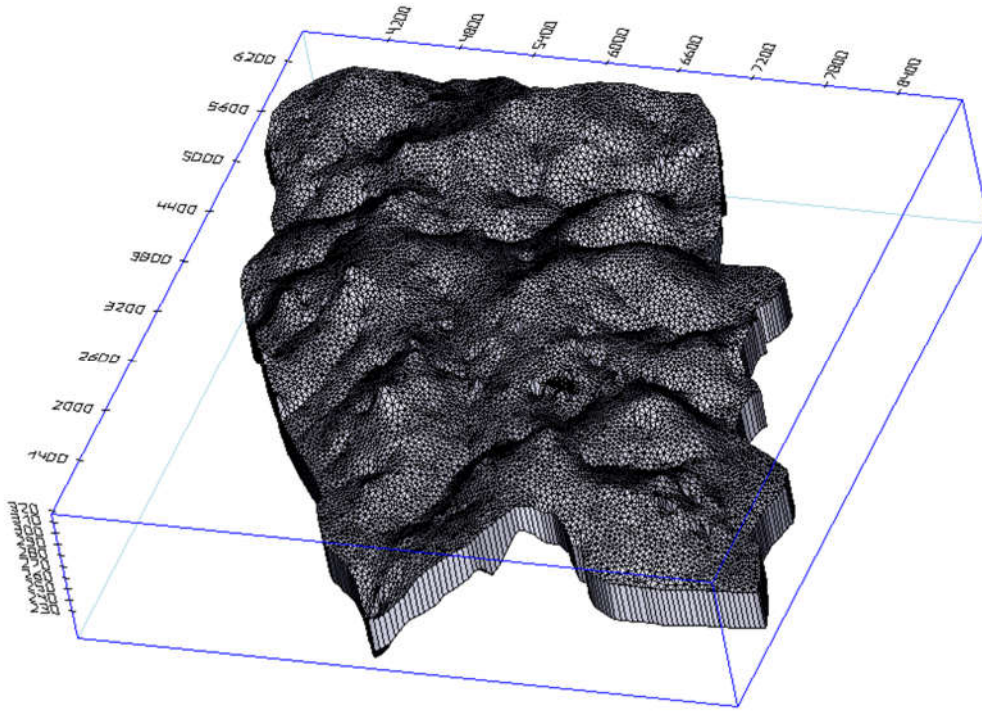


图 5.2.2-2 地下水渗流模型的网格剖分立体图

(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 17 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。

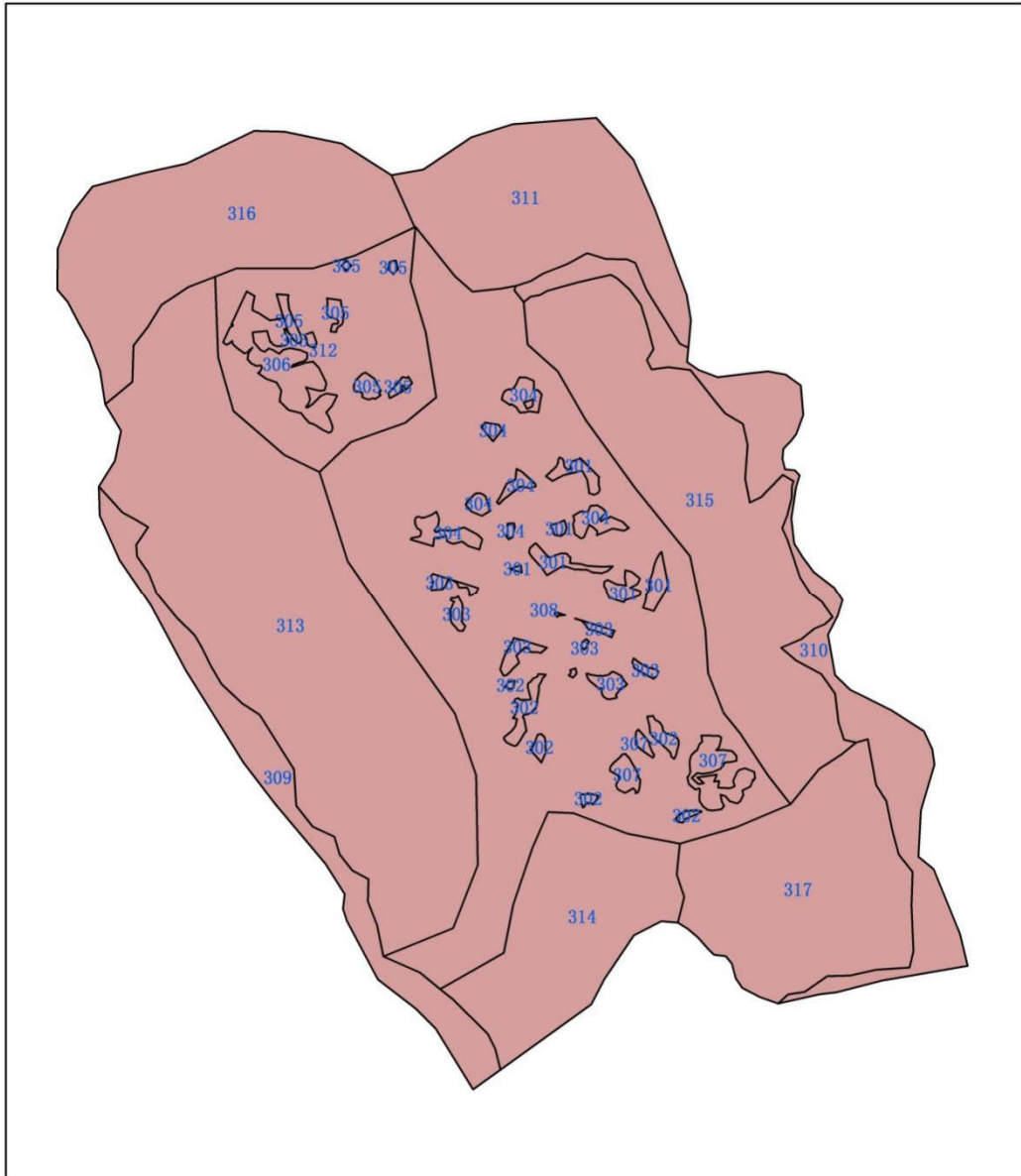


图 5.2.2-3 黄陂模拟区降雨入渗系数分区

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
301	0.15	306	0.15	311	0.15	316	0.08
302	0.15	307	0.15	312	0.15	317	0.08
303	0.15	308	0.15	313	0.15		
304	0.15	309	0.1	314	0.15		
305	0.15	310	0.1	315	0.15		

(3) 含水层水文地质参数分区

根据模拟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，将模拟区划分为 16 个渗透系数分区，见图 5.2.2-4。

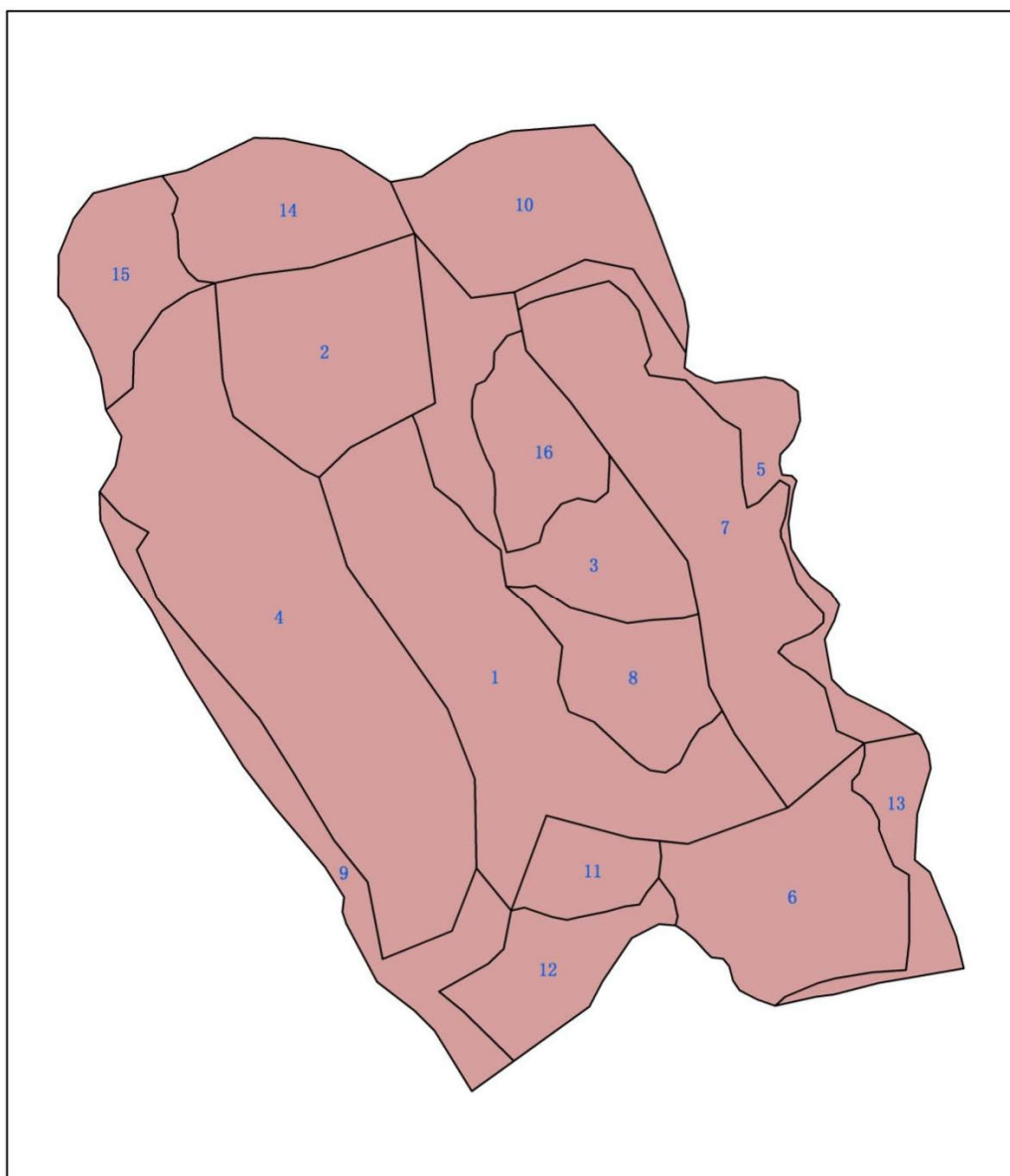


图 5.2.2-4 黄陂模拟区含水层渗透系数分区

(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。

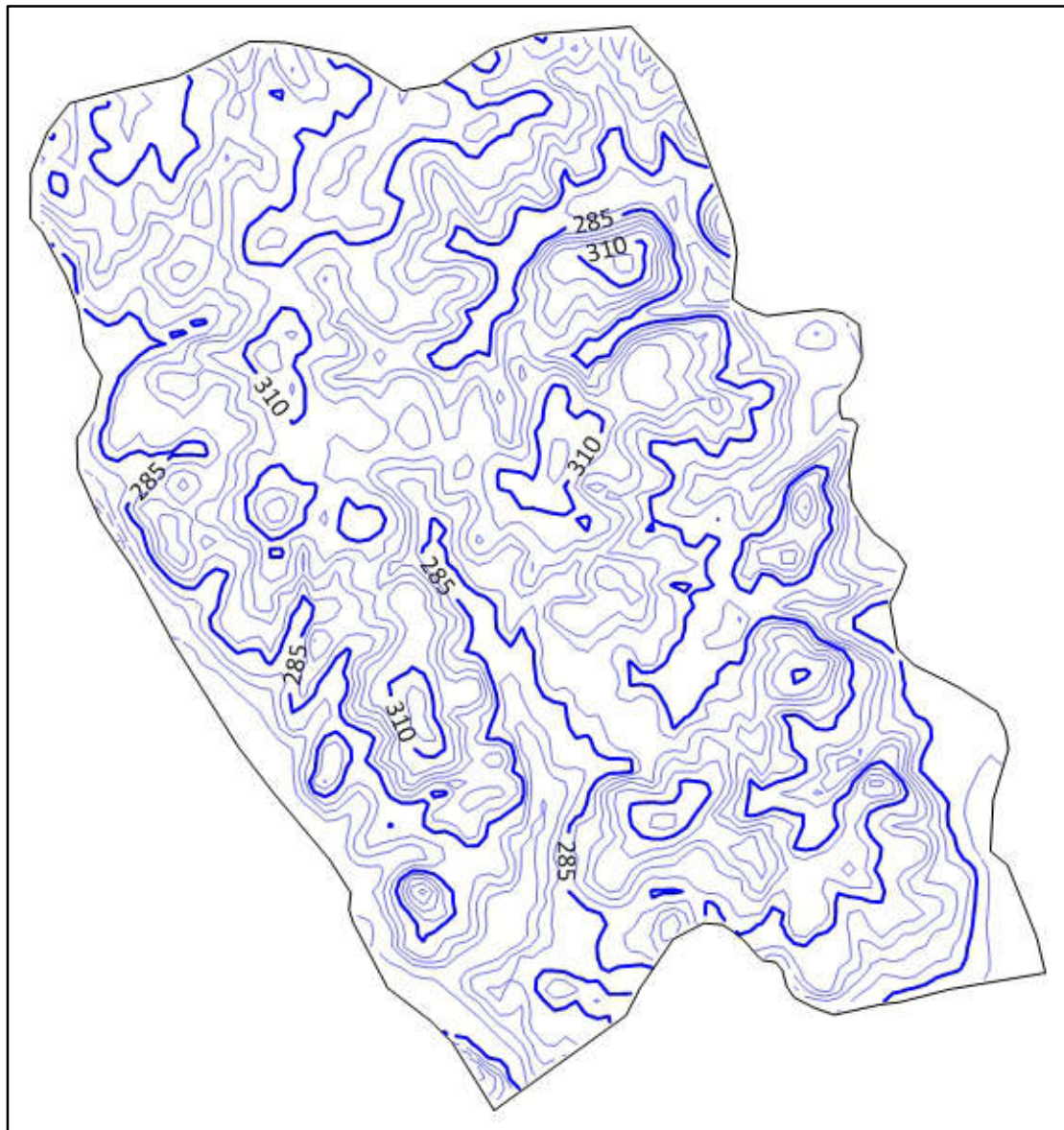


图 5.2.2-5 初始水位等值线图（2021.8）

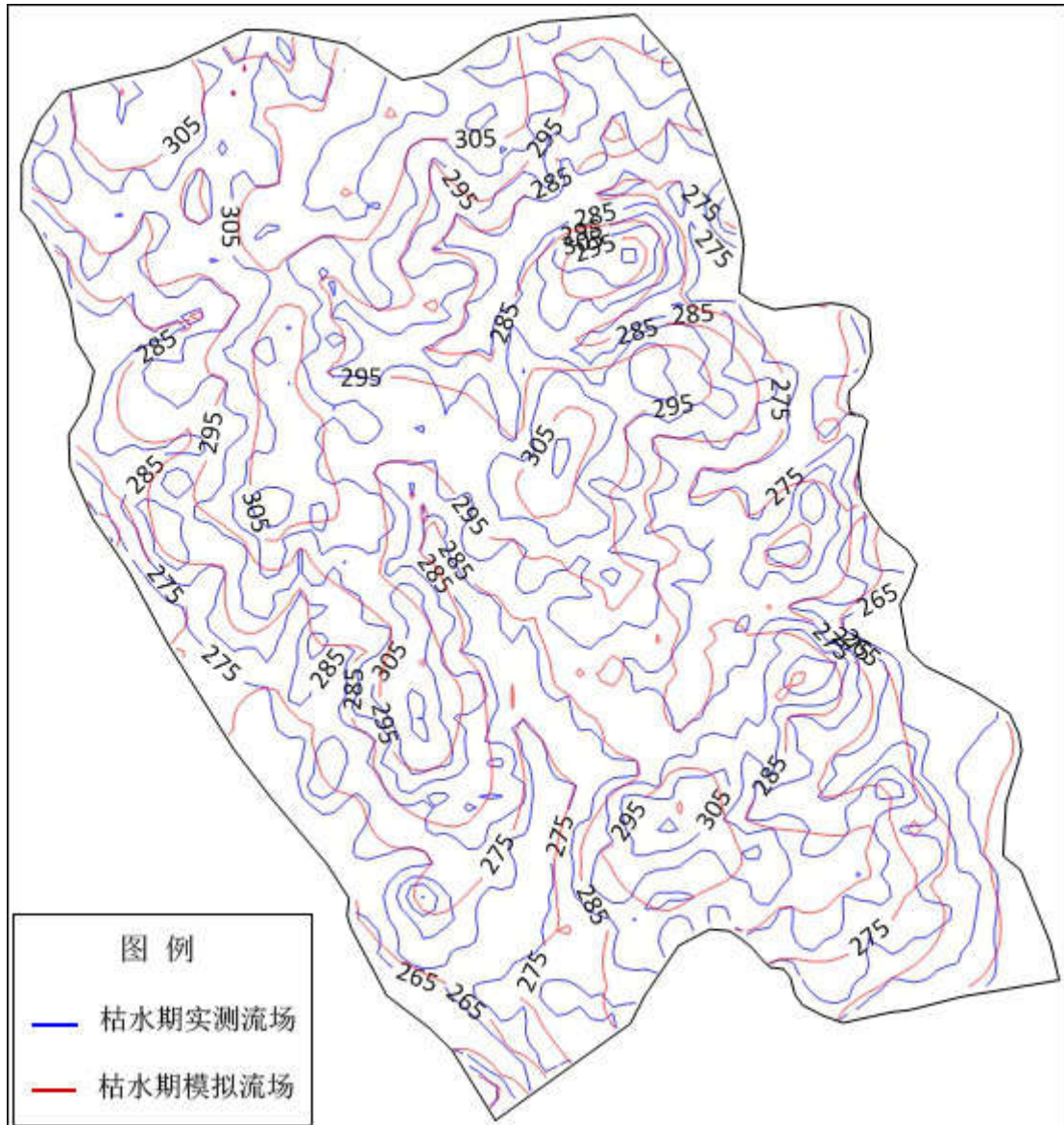


图 5.2.2-6 模拟区枯水期实测等水位线与计算等水位线对比图 (2021.11)

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	0.03	0.1	5	0.06	0.06	9	0.067	0.1	13	0.06	0.08
2	0.03	0.04	6	0.02	0.06	10	0.04	0.08	14	0.03	0.06
3	0.02	0.06	7	0.01	0.04	11	0.02	0.08	15	0.03	0.06
4	0.02	0.06	8	0.04	0.04	12	0.03	0.08	16	0.015	0.06

5.2.3 模拟区污染源强的确定

(1) 开采矿块分布

黄陂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

黄陂矿区内拟建*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 5.2.3-1。

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，黄陂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 1.51km²，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。

5.2.4.2 硫酸根影响预测与分析评价

经模型预测，黄陂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 3.50km²，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。

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，黄陂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 1.46km²，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，黄陂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，地下水硫酸根离子随着时间的推移，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 3.46km²，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。

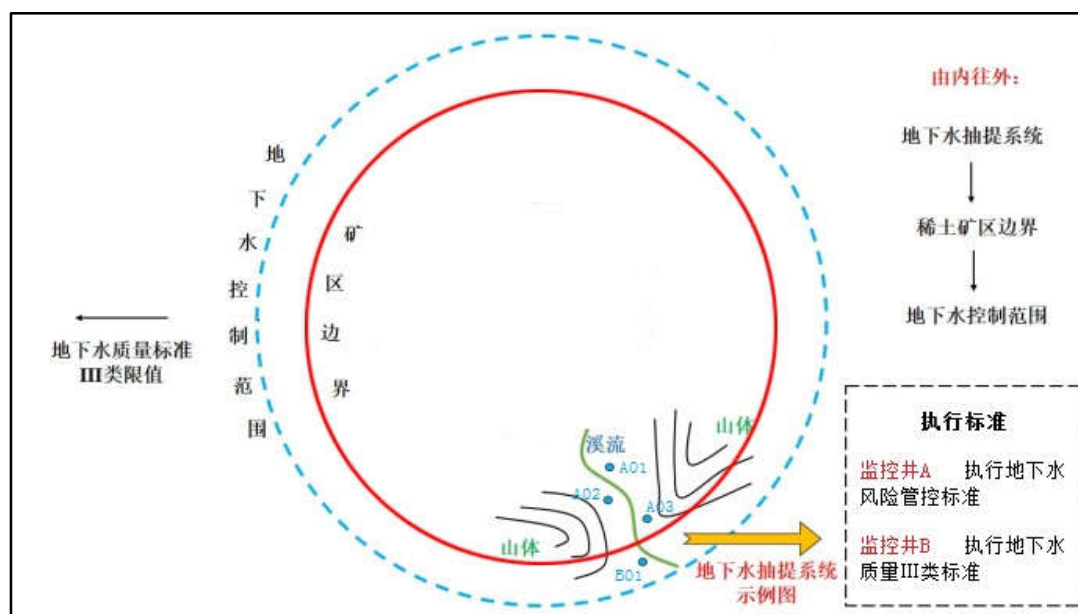
原地浸矿工艺特征决定了矿区的地下水不可避免地会受到污染。本次赣州稀土地下水污染防治主要依据《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合（一期）技改项目环境影响报告书》及赣州市行政审批局关于《赣州稀土矿业有限公司稀土矿山整合（一期）技改项目环境影响报告书》的批复，总体思路是：采取地下水风险管控措施，阻止矿区内的地下水污染进一步扩散，防止对矿区一定范围外的地下水环境产生影响。

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

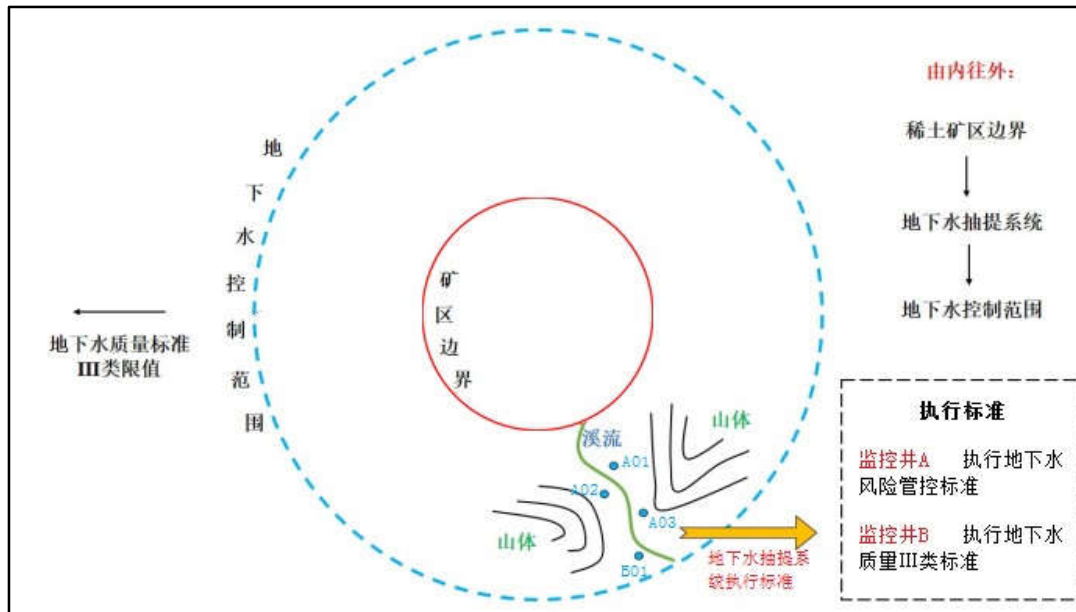
型开采矿块（老矿块和新开采矿块）体现“抓大放小”的特点，达到“新旧账一起算”的目的，进而从源头、过程到末端，分区域、分阶段、分对象提出切合实际的地下水污染防治措施，且污染防治措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

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，宁都黄陂稀土矿区地下水控制范围信息见表 6.2-1，地下水控制范围图见图 6.2-1。

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。

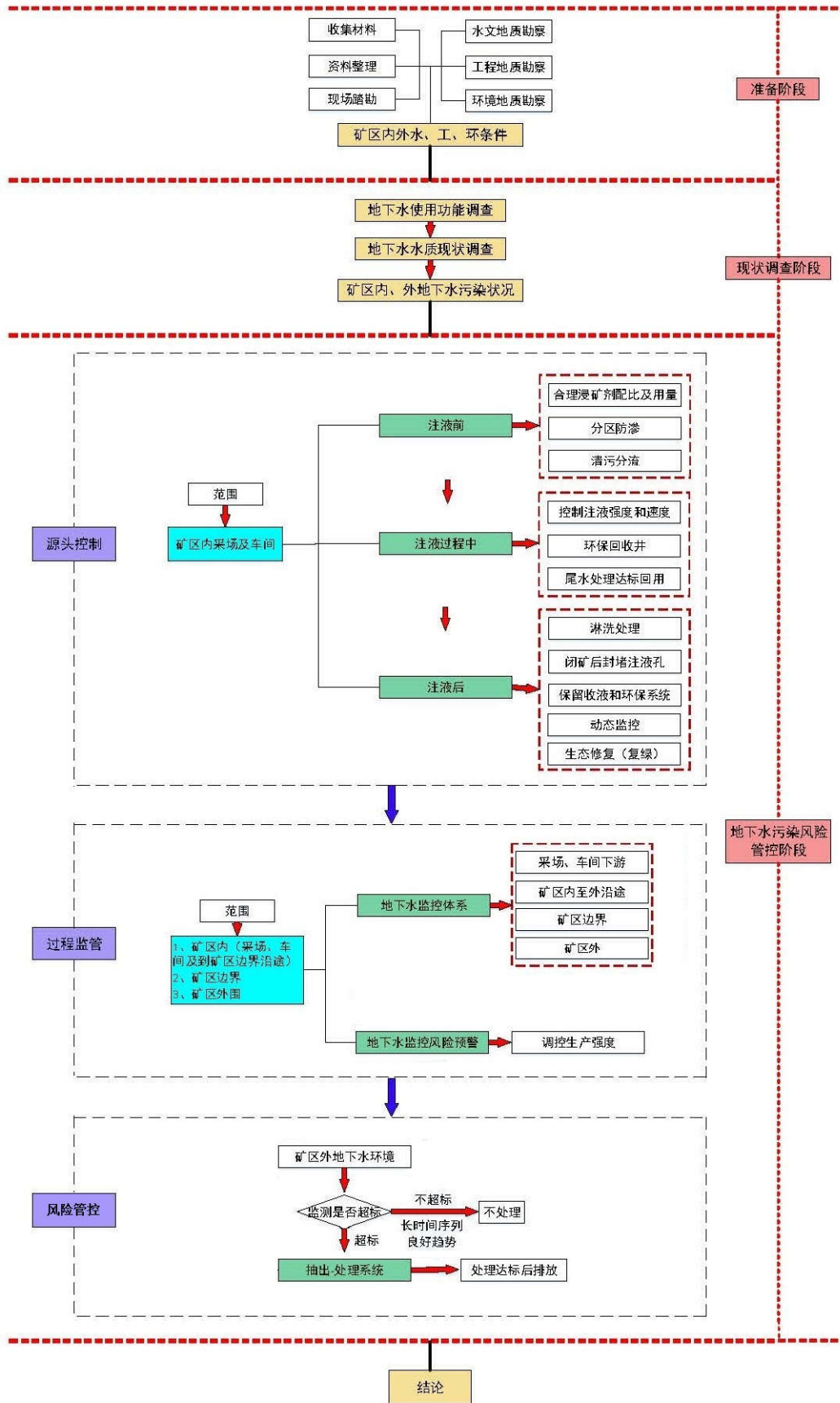


图 6.3-1 稀土矿区地下水污染防治技术路线图

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 $M_b \geq 6.0m$ ，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）；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 $M_b \geq 1.5m$ ，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）；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

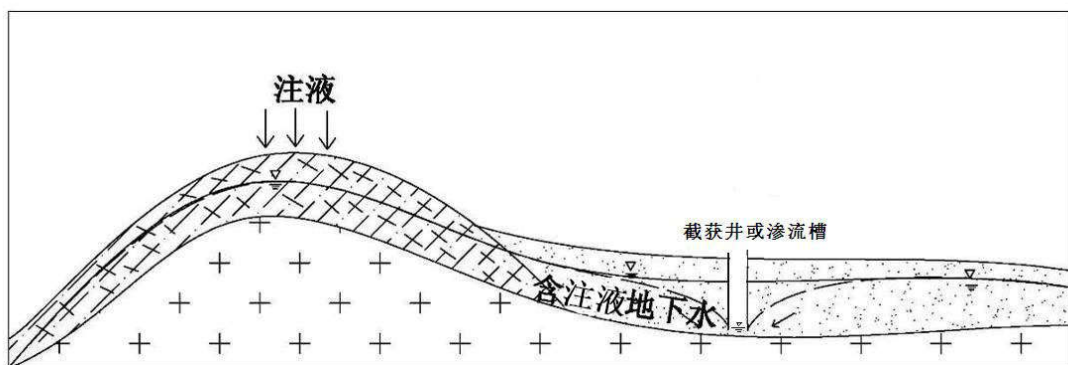
采用富集站尾水处理设施+抽出-处理措施。

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 $\leq 20mg/L$ ，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 $>20mg/L$ ，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,矿区内各监测点均满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准要求。

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。