

分类号:			密 级:	公开
学 号:			单位代码:	

江西理工大学

硕 士 学 位 论 文

论文题目: XX 铜矿地质灾害危险性评估与预测

研 究 方 向	岩土工程
专 业 名 称	建筑工程
研 究 生 姓 名	
导师姓名、职称	

2008 年 10 月 10 日

江西·赣州

摘 要

XX 股份有限公司 XX 铜矿拟进行深部挖潜扩产技术改造，将矿山采选综合能力从现 3000t/d，扩大到 5000t/d，其开采范围拟从目前的最低服务中段-210m 中段扩展延深到-460m 中段，因而对矿山深部挖潜扩产技术改造（I 期）建设适宜性作出评估，为拟建工程减灾防灾提供科学依据。

通过野外实地调查及收集已有资料，查明 XX 铜矿及其附近外围地质环境条件及地质灾害发育现状、类型及分布特征。在此基础上，对矿山深部挖潜扩产后本身遭受地质灾害的危险性和矿山建设诱发、加剧地质灾害的可能性做出评估，对矿山深部挖潜建设适宜性做出评价，同时根据矿山工程地质灾害发生条件和因素提出防治地质灾害的措施和建议。

本研究工作即是对 XX 铜矿及其附近外围地质环境条件及地质灾害发育现状、类型及分布特征基础上进行地质灾害评估，为建设项目地质灾害防治、工程建设提供依据和参考资料，为建设项目服务；同时对多种地质灾害的评估方法进行了实际应用和检验。

本项工作在大量详细的野外调查和收集分析资料的基础上，对评估范围内的地质灾害作出定性一半定量的评价。对特征明显、稳定性影响因素较清楚的评估对象，采用半定量评价，确定各稳定性影响因素的权重值 P 和稳定性状态分值 K ，计算其稳定性系数 $F = \sum P_i K_i$ ，再进行评估；而对一些整体性、综合性的评估对象，采用定性评估。研究工作中提出了几种新的确定稳定性影响因素权重值 P 的方法。

项目工作中，应用以上方法对 XX 铜矿矿区内的地质灾害及建设工程可能诱发的地质灾害，对建设工程将形成的露采边坡、选矿场、废石场、尾矿库等进行了分析和评估，为建设工程的设计、施工提供了依据和资料；同时，在实际工作中应用和检验了以上地质灾害评估方法，取得了良好效果。

关键词：地质灾害，评估，稳定性，XX 铜矿

Abstract

In order to progress alteration of excavate's technic, Jiangxi Copper Co. Ltd will improve ability of digging from 3000t/d to 5000t/d. Its range is from middle segment of service -210m to deep segment of -460m. So it evaluate fitting of ability of digging and offer to reasonable prevention measures.

Though survey in the field and data of collect, we found actuality, sort and distributing of Wushan mine and circumjacent environment. Based on the above mentioned research, its evaluate danger and probability of geological disasters, and reasonable prevention measures. At the same time it prove measure and advice of prevented geological disasters and base on condition and factor of geological disasters of mine.

According to related national requirements, evaluation of the geological disaster on the surface mining of Wushan and its periphery is needed. and this research work is to provide basis and reference of the geological disaster precautions or building projects. At the same time, we have used all kinds of the geological disaster evaluating methods in practices and have tested all of them.

At the basis of many detailed field survey and analysis of the collected data, we have made qualitative analysis and half-quantitative analysis for the geological disaster in evaluating areas. For the evaluated objects with obvious characteristic and well-known stability affecting factors, we adopted half-quantitative analysis methods to determine P (The cost of the import of stability affecting factors) and K (The cost of stabilization), to count the stability coefficient F ($F = \sum P_i K_i$), and then to make evaluation. On the other hand, for some integrated and all-around evaluating objects, we adopted qualitative analysis methods. In addition, this paper put forward several kinds of new methods to determine P .

At this work, we used the methods mentioned above to analyze and evaluate the natural geological disaster and the geological disaster which caused by building in the mining areas of Wu, to analyze and evaluate the geology character and stabilization of the surface mining slopes, stone discarded heaps, reservoir dam, mining hole, tunnels...etc. All of the work has provided basis and reference for designing and building of the building projects. At the same time, we have gotten a good result after used and tested the geological disaster evaluating means in practices.

KeyWords: Geological Disaster, Evaluation, Stabilization, Mining areas of Wushan

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
第一章 绪论.....	1
1.1 前言.....	1
1.1.1 工作背景.....	1
1.1.2 建设项目概况.....	1
1.1.3 评估工作概况.....	3
1.2 地质灾害研究及评估发展现状.....	5
1.3 选题依据和意义.....	10
1.4 论文工作概况.....	11
第二章 矿区地质环境条件.....	13
2.1 气象、水文.....	13
2.2 地形地貌.....	13
2.3 地层、岩浆岩与矿体特征.....	14
2.3.1 地层.....	14
2.3.2 岩浆岩.....	15
2.3.3 矿床特征.....	16
2.4 地质构造及地震.....	18
2.5 岩溶发育情况.....	21
2.6 水文地质条件.....	22
2.7 工程地质条件.....	25
2.8 地质灾害发育与分布特征.....	27
2.9 人为工程活动对地质环境的影响.....	30
第三章 矿区地质灾害危险性现状评估.....	31
3.1 崩塌、滑坡危险性.....	31
3.2 自然斜坡稳定性.....	31
3.3 已有人工边坡的稳定性.....	32
3.4 地面塌陷易发性.....	35
3.4.1 采空塌陷易发性.....	35
3.4.2 岩溶塌陷易发性.....	36
3.4.3 坑道冒顶塌陷易发性.....	38

3.5 沟谷泥石流易发性.....	39
第四章 矿区地质灾害危险性预测评估.....	46
4.1 采空地面塌陷预测.....	46
4.1.1 采空区地面稳定性预测.....	46
4.1.2 移动盆地的危险性预测.....	47
4.1.3 地下硐室冒顶、片帮的危险性预测.....	48
4.2 岩溶地面塌陷危险性预测	49
4.2.1 疏干影响半径的计算.....	49
4.2.2 岩溶地面塌陷危险性预测评估.....	50
4.3 矿坑充水因素分析及矿坑涌水量预测	51
4.3.1 矿坑充水因素分析.....	51
4.3.2 矿坑涌水量预测.....	53
4.4 地面配套工程稳定性	56
4.4.1 运输平巷及洞口.....	56
4.4.2 选矿工业场.....	57
4.4.3 尾砂库.....	58
4.4.4 废石堆放场.....	58
4.4.5 生活管理区.....	58
4.4.6 矿山环山运输公路.....	58
4.4.7 工程建设对环境的影响.....	59
4.5 地质灾害综合评估.....	59
4.5.1 综合评估.....	59
4.5.2 项目建设的适宜性评估.....	67
4.5.3 地质灾害防治措施.....	69
第五章 结论.....	71
5.1 结论.....	71
5.2 建议.....	72
参考文献.....	74
致谢.....	76
作者简介.....	77

第一章 绪论

1.1 前言

1.1.1 工作背景

XX 铜矿位于 XX 省北部长江南岸，XX 市 XX 市 XX 镇 XX 村境内，距 XX 市 33 公里。矿区处于九岭山北侧，慕阜山南侧，笔架山-武山山脉呈北东向展布，矿区最高峰武山寺标高为 375.63m，最低标高为 24.24m，相对高差 351.39m，属低山丘陵地带。矿区地理坐标为东经 $115^{\circ} XX' XX'' \sim 115^{\circ} XX' XX''$ ，北纬 $29^{\circ} XX' XX'' \sim XX^{\circ} XX' XX''$ ，面积约 5km^2 。

矿区交通便利，瑞昌-码头公路横贯矿区西侧，南行 8km 至 XX 市城区，北行 14km 至长江边码头镇。（图 1.1）



图 1.1 生活办公区

为防止或减轻地质灾害对拟建的富家坞矿区露天开采技术改造工程危害，避免或减轻矿山工程建设诱发、加剧地质灾害；根据国土资源部《地质灾害防治管理办法》（国土资源部第 4 号令）和《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》（国土资发[1999]392 号文）的有关要求，对矿山深部挖潜扩产技术改造（I 期）建设适宜性作出评估，为拟建工程减灾防灾提供科学依据。

1.1.2 建设项目概况

XX 铜矿深部挖潜扩产技术改造项目是 XX 铜矿为了开采矿区深部矿体并扩大生产规模而启动的扩建改造项目。XX 铜矿深部挖潜扩产技术改造项目采用分期建设方案，本次评估项目为其第一期，该期以最低服务中段-460m，生产规模 5000t/d 设计方案进行建设。

XX 铜矿目前最低服务中段-210m，深部（-210m 以下）保有 C+D 级矿石储量约 8000 万吨，铜金属量约 85 万吨。北矿带矿岩稳定性差，选用下向充填法，对于厚度大于 8m 的矿体，采用下向分层倾斜六角形进路胶结充填法进行开采，该方法生产能力大，安全程度高；南矿带矿岩较为稳固，选用分段空场嗣后充填法进行开采，对于南矿带中稳固性差的部分矿体，采用下向分层倾斜六角形进路胶结充填法进行开采。选矿工艺流程维持现状不变，仍然采用粗碎、半自磨、球磨、粗精矿再磨及铜优先浮选流程。

本次挖潜扩产技术改造项目，除了增加或改扩建必要的生产设施和设备外，关于公用辅助设施均考虑利用现有的一切设施，不再增加新的辅助设施。项目建设的主体工程为采矿工程，配套的改扩建工程有选矿厂、排土场、尾砂库，见图 1.2。

图 1.2 滑坡调查点 2016（金矿人工高陡边坡东端）

一、采矿工程

根据《可行性研究报告》，与本次深部挖潜扩产技术改造有关的采矿工程建设包括：

（1）新掘主井。新主井位于原主井北方 50m 处，初定坐标为 $X=93140.50$ ， $Y=68912.00$ ， $Z=145.00$ 。较原主井更靠近选矿厂，负责提升全矿的矿石和废石，提升能力为矿石 5000t/d，废石 1000 t/d。新主井设计井口标高+145m，井底标高-595m，井深 740m，井筒净直径 $\phi 5.6m$ 。内部配置两个 $10m^3$ 底卸式箕斗带平衡锤提升系统，多绳摩擦轮提升机。采用塔式布置，钢绳罐道。破碎硐室设在-510m 水平，矿石溜井设两条，一条分布标高为-260m~-510m，为了便于上部 3000t/d 规模收尾工程出矿，将另一条溜井标高定为-210m~-510m。溜井净直径 $\phi 4.0m$ ，采用钢筋混凝土支护。南、北矿带均新增-260m、-310m、-360m、-410m、-460m 五个中段，均铺设轨道，形成坑内有轨运输系统。各中段的矿石通过有轨运输系统运到主井附近的矿石仓，通过溜井下放到-510m 破碎硐室破碎，破碎后的矿石通过溜井下放到-540m 胶带运输机，装入箕斗，提升到地表。废石溜井设一条，净直径 $\phi 2.5m$ ，分布标高-260m~-540m，不支护。（2）延深北副井。北副井从目前的-310m 延深至-610m，延深 300m，延深后的北副井负责北矿带人员、材料的提运。井口重新安装一套 JKMD3.5 \times 4 多绳摩擦提升机，井筒改为双层罐配平衡锤提升系统。配置梯子间以布置供风、供水、排水管。（3）延深新南副井。将新南副井从目前的-260m 延深至-482m，总延深 222m。延深后的新南副井主要用于提运南矿带的人员和材料。新增-260m、-310m、-360m、-410m 和-460m 中段。新南副井提升系统均利用现在设施。（4）中段开拓。北矿带开拓-260m 中段全部和-310m 及-460m 主、副井部分车场。南矿带开拓-260m 中段大部分工程及-460m 南副井车场和水泵房、变电所等。目前矿山南、北矿带上部地表至-80m 中段都有风井，其中北矿带两条风井，南矿带一条风井，随着矿山开采中段的下降，下面各中段也均有倒段风井。

二、选矿厂

选矿厂改造主要包括矿仓改造、磨浮改造和新增地表设施。

(1) 矿仓改造。原粗矿仓拆除，直接形成新的粗矿堆，即直径为 63m 锥形堆场，总容积可达 20000m³。

(2) 磨浮改造。磨浮厂房利用原厂房，只将部分设备进行更换。

(3) 新增地表设施有：两个直径为 24m 的尾矿高效浓密机、回水泵站、事故池（选址在职工俱乐部东侧空地上）。北副井污水处理站（选址在现平硐口东南侧、需拆除部分旧筑物）。另外，在新南副井附近选择适当位置建净化站。

三、废石场

根据《可行性研究报告》，排废设施维持现状，废石场应新征地 10 亩，废石堆在现有基础上加高 15m。据 XX 铜矿有关人员介绍，实际新征地 40 亩。

四、尾砂库

项目概况：矿山现有两座尾矿库，老尾矿库为山谷型尾矿库，位于紧邻赤湖的山谷中，新尾矿库位于老尾矿库下游的赤湖湖湾，采用三面筑坝方式。尾矿库距选厂的直线距离约为 2500m，尾矿输送管长约 3600m。

老尾矿库为 1965 年由南昌有色设计院按日处理原矿 3000t，排出尾矿 2081t/d 设计，1982 年修改设计，最终堆积标高 77m，总库容 572.5 万 m³，有效库容 458 万 m³。

新尾矿库于 2003 年 9 月完成设计，目前已经建成投入使用。初期坝标高 23.5m，形成初期容积 148 万 m³，最终堆积标高 45m，总库容 529 万 m³，有效库容 423.2 万 m³。

新、老尾砂库的库容见表 1.1。尾矿水全部返回。

表 1.1 尾砂库库容表

	设计堆积坝 顶标高 (m)	设计总库容 (万 m ³)	现坝顶标高 (m)	可用总库容 (万 m ³)	老库细尾矿占 库容 (万 m ³)	有效库容 (万 m ³)
老尾矿库	77	572.50	68.50	400.88	-	320.70
新尾矿库	45	529.00	23.00	529.00	97.01	326.19
合计	-	1101.50		929.88	-	646.89

注：表中老库细尾矿占库容为老库回采分级后的细尾矿堆存到新库所占库容，老库可利用库容已扣除该部分库容。

1.1.3 评估工作概况

国土资源部《地质灾害危险性评估技术要求（试行）》对评估范围的规定是，崩塌、滑坡评估范围应以第一斜坡带为限；泥石流必须以完整的沟道流域面积为评估范

围；地面塌陷和地面沉降的评估范围应与初步推测的可能范围一致；地裂缝应与初步推测可能延展、影响范围一致。武山矿区发育有程度不一的地质灾害类型有：岩溶塌陷、滑坡、泥石流和地裂缝，轻微的崩塌现象。根据规范要求和矿区地质灾害发育实际情况，将评估范围确定为，东北角为尾矿库东侧山头，往西武山北山脊至石壁口南拐至笔架山-面前周家，沿南侧分水岭东延至山下陈至东南角（鄢家塘南），北至何家再至尾矿库东侧山头。评估面积达 15.5 km²。见图 1.3。评估范围可以满足本矿山挖潜扩产技改地质灾害危险性评估的需要。

图 1.3 滑坡调查点 2013 和 2014

拟建项目为 XX 铜矿为了开采矿区深部矿体并扩大生产规模而启动的扩建改造项目。矿床由南、北两个矿带组成，探明铜金属储量共计 137 万吨，全矿区铜平均品位 1.17%。矿山属于大型的采、选综合企业，产品为铜精矿和硫精矿，现有职工 1900 余人。目前采选生产能力为 3000t/d，其中南矿带 1700t/d，北矿带 1300t/d，生产中段为-160m，主井、副井井深均已延至-310m，最低服务中段-210 m。拟建项目设计开采对象为-210 m ~-460 m 标高区间的矿体，设计利用 C+D 级铜矿石储量 5109 万吨，其中北矿带 2886 万吨，南矿带 2223 万吨，铜金属量 49.8 万吨，其中北矿带 27.3 万吨，南矿带 22.5 万吨。设计采选生产规模 5000t/d，服务年限 22.5 年。企业扩建后的产品仍为铜精矿和硫精矿，年产铜精矿 5.244 万吨（精矿品位 24%）、铜精矿含铜 1.26 万吨，含金 218kg、含银 7378kg；年产

硫精矿（40%）33.19 万吨，为重点建设项目；评估区主要山脉笔架山—武山山脉呈北东方向展布，最高山峰武山寺海拔标高为 375.63m，山脉的南部为低山丘陵地形，最低海拔标高为 24.24m，相对高差 351.39m，评估区属低山丘陵地形，地形地貌复杂程度属一般；矿区位于九瑞矿田中部，横立山—黄桥向斜东段北翼，断裂构造发育。评估区地层自北向南、由老到新依次分布为：志留系中统罗惹平组，上统纱帽组；泥盆系上统五通组；石炭系中统黄龙阶；二叠系下统栖霞阶、茅口阶，上统龙潭阶、长兴阶；三叠系下统大冶组，中统嘉陵江组和第四系。矿区中部相当于栖霞阶至嘉陵江组层位约 0.6km² 面积为燕山早期花岗闪长斑岩体占据，岩体周围及北矿带附近，地层受强烈蚀变。XX 铜矿北矿带主要矿体赋存于泥盆系上统五通组和石炭系中统黄龙阶之间，呈似层状产出，和岩层产状基本一致；南矿带主要矿体赋存于花岗闪长斑岩和灰岩接触带中，似环状产出，评估区地质环境条件属复杂；矿区破坏环境的人为工程活动强烈，滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害均有不同程度的发育；评估区主要地表水有长江、赤湖、赛湖、大桥河和瑞昌河。长江位于矿区北东，距矿区 10km。九江水文站最高水位为黄海高程 20.27m，赤湖离矿区最近，位于矿区东部，与长江水相连，平水期距矿区 1-2 km，洪水期湖水可浸及矿床边缘，湖水面积为 48 km²，是矿区周围最大的地表水体。设计开采矿体位于当地侵蚀基准面下，三迭系石炭岩岩溶裂隙水为矿床直接充水水源。矿区岩层受多次地质构造运动、岩浆侵入影响，裂隙发育，岩石

风化,地表水和地下水的活动强烈,岩溶发育,已经发生大面积的岩溶塌陷,矿区水文地质条件属于复杂类型。

依据矿区地质环境条件复杂程度和矿山建设项目重要性等级,确定评估级别为一级。

本次工作的开展首先是收集大量的地质资料、地质灾害资料及初步设计资料,并对初步设计和地质环境条件等资料进行了工程分析和研究;再对评估区采取踏勘、选点实测编录等方法进行了野外实地调查;同时进行地质灾害评估技术方法相关资料的收集和研究工作,以求本次工作成果尽量客观实际,为项目的建设提供更加可靠的参考依据;最后进行室内资料整理和文字编写,提交矿区评估成果。

1.2 地质灾害研究及评估发展现状

地质灾害的发生并不是一个孤立的事件,地质灾害的发生时间受降雨,地震、月球引力乃至宇宙突发事件以及人类工程活动等诸多因素的影响,到目前为止,通过对具体地质灾害体的监测与模拟来预测其爆发时间的工作,尚处于探索中^[1]。地质灾害的地理位置是地质构造、地形地貌、水文地质、岩性特征以及人类活动等因子的综合函数。一般而言,地质条件越复杂的地区,地质灾害发生的可能性就越大。地质灾害泛指与地质有关的各种自然与人为灾害,种类繁多,如滑坡、崩塌、泥石流、地震、火山、地裂缝、地压、瓦斯、煤自燃、热害、塌陷与冻融等等。可以认为,自地质学诞生以来,滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害就纳入了地质学家的研究视野,只不过由于工业经济落后,地质灾害尚未引起人们的重视。直到上世纪中期以后,随着工业与经济的发展和瓦依昂滑坡(1963年)等大型灾难性地质灾害的发生,才引起人们对地质灾害的特别关注。联合国已把地质灾害列入十大最具危害性灾情之中,发达国家如日本、美国等已对本国范围内的地质灾害进行了普查,我国也将开展全国范围的地质灾害普查工作。

国土资源部于1999年3月以第4号令发布了《地质灾害防治管理办法》,同年11月又以国土资发[1999]392号文《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》和《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》。这是我国地质灾害防治和地质环境管理走向法制化、规范化和标准化的重要标志和创举。建设用地地质灾害危险性评估是一项起点高、技术创新性强、难度大和操作性强的新型技术工作,需要在实践中逐步探索和完善。目前评估工作的方法和程序主要是通过野外调查,获取资料,在进行室内分析和研究,进行评估。地质灾害的野外调查工作目前一般采用的方法有资料搜集、航片解译、地面测绘等。资料搜集是评估工作中十分重要的一项工作,地质灾害现状评估质量的优劣取决于资料的掌握程度,应在调查工作中得到重视;航片解译对认识滑坡、泥石流等灾害是非常有效的方法,马鲁亚苏(Maruyasu)等人在分析日本一个普遍发生滑坡的山区时,采用航片判释方法,鉴别精度达到了84%,充分证明了这一

技术方法的有效性^[3]；地面测绘是地质灾害评估工作的核心与基础，详细的地面调查是掌握评估第一手资料的最佳方法，将为评估结论的做出奠定坚实的基础。室内研究主要是在野外调查的基础上对地质灾害进行现状、预测与综合评估。地质灾害现状评估主要采用的方法有地质历史分析法、工程地质类比法、地质环境条件综合判别法等；地质灾害的预测评估目前采用的方法主要有地质历史分析法、工程地质类比法、多因素分析法等，由于地质灾害评估工作一般投入的实物工作量较少，而且评估工作的性质是指出问题而不是解决问题，所以评估的工作方法多以定性分析或定性、半定量方法为主，而较少采用定量计算的方法；地质灾害综合评估（地质灾害危险性分区方法）的方法较常见的有信息叠加法、多因素综合判别法、模糊数学评判法、层次分析法等^[2]，需要指出的是由于地质灾害评估工作开展的时间较短，因此地质灾害危险性分区结果多为区域的相对分区，即在某一范围内的地质灾害危险性的相对大小，而不具备不同区域的对比性，因此使得目前开展的评估工作成果应用受到限制。

所谓的地质灾害，简而言之，就是自然和人为因素的作用影响下形成的、对人类生命财产、环境造成危害的地质作用（现象），按致灾速度可分为突发型和缓变型两大类，前者如崩塌、滑坡、泥石流等，即习惯上的狭义地质灾害，后者如水土流失、土地沙漠化等，又称为环境地质问题^[2]。

国内外对灾害的研究历史久远，但将地质灾害危险性评估作为灾害研究领域中的一项新的内容，仅是近几十年来随着灾害损失的日益严重和相关学科理论与技术的迅速发展而兴起的：联合国 1987 年通过决议，确定二十世纪最后十年开展“国际减轻自然灾害十年”活动，1991 年在北京召开了“国际地质灾害研讨会”、1992 年在加拿大温哥华召开了“地质技术与自然灾害研讨会”、1994 年 5 月在日本横滨召开了“世界减灾大会”等，这些会议的主题内容越来越丰富，但灾害评估是会议关注的重要方面，而且，随着时间的发展，有关成果越来越多，在世界范围内的重视程度随之越来越高。

总之，上世纪 70 年代以前，地质灾害研究主要局限于对地质灾害分布规律、形成机理、趋势预测等方面分析，基本依赖于水文地质、工程地质的勘察和研究，70 年代以后，地质灾害研究开始突破传统的研究模式，研究理论不断提高、研究内容日益丰富，迅速向新的独立学科发展，伴随这种趋势，评估工作开始起步。

目前，地质灾害评估尚未形成完整的理论与方法，但不可否认，地质灾害危险性评估已取得了重要进展，不但在抗灾减灾防灾中发挥了重要作用，而且为地质灾害危险性评估逐步走向成熟奠定了基础，具有为政府决策提供依据和指导工程建设单位防治地质灾害提供依据的现实意义，并逐步成为国内外灾害科学研究的热点之一。

一、国外研究现状

20 世纪 60 年代以前，灾害研究主要局限于灾害机理及预测研究，重点调查分析灾害形成条件与活动过程。70 年代以后，随着自然灾害破坏损失的急剧增加，促使人

类把减灾工作提高到前所未有的程度。一些发达国家首先拓宽了灾害研究领域、在继续深入研究灾害机理的同时，开始进行灾害评估工作。

Chang ja 和 F•Chung 等在哥伦比亚中部滑坡灾害区划时，利用地质图、地貌复合图、地形坡度图和土地利用图等 40 个指标数据和本地区 1960 年以前的滑坡灾害发生情况数据，采用多元回归数据法，得出了对本地区历史滑坡的发生贡献最大的因子，然后进一步得出本地区未来时段(1960~1980 年)的滑坡灾害预测图，并以 5 级划分(甚低、低、中等、高、甚高)得出了滑坡灾害危险性分区图。R. anbalagan 和 Bhawani Singh 在 R•anbalagan 前期关于山区滑坡灾害评估和区划制图研究的基础上，提出了危险性评价制图的新方法^[1]。

从 70 年代后期，以及整个 80 年代，美国地质调查局开展了大量的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害危险性区划研究工作^[3]。其中以滑坡的研究最为深入。滑坡作为主要的地质灾害广泛发生于美国 50 个州，造成每年 1~2 亿美元的损失和超过 25 人的伤亡。严重威胁着高速公路、旅游景点、矿山、运输等方面的安全。

瑞士是世界上开展地质灾害风险区域研究与灾害立法十分成功的国家之一，早在 1979 年，瑞士就颁布了联邦政府土地管理法，有关自然灾害防治部分，法律在第 22 条规定：“各州需要调查并确定处于受自然动力严重威胁的土地范围”。以联邦政府法律为依据，各州政府制定了相应的州政府法律，如沃州(Vaud)在土地管理法律第 89 条规定：“受自然灾害，如雪崩、滑坡、崩塌、洪水威胁的土地，在未得到专家评估、充分论证或危险排除之前，禁止在灾害危险区进行任何建筑活动”。在灾害高危险区域内建筑一方面属于违法，另一方面作为财产保险范畴，保险公司拒绝接纳灾害高危险区的财产保险业务，从而保证了瑞士全国范围内自然灾害的最有效控制。

20 世纪 80 年代，受统计回归分析和判别分析在石油运移与矿床预测中应用的启发，CarraraA (1983) 将多元统计分析预测方法引用到区域滑坡空间预测中。并在世界各国得到迅速发展与推广^[4]。Haruyama H 和 Kawakami H (1984) 利用数学统计理论对日本活火山地区降雨引起的滑坡灾害进行了危险度评价^[5]。Baeza C 和 Corominas J(1996)利用统计判别分析模型进行了浅层滑坡敏感性评估^[6]。CarraraA、Cardinali M、Guzzetti F 等(1992)将统计模型与 GIS 结合，应用于意大利中部某小型汇水盆地的滑坡危险性评估^[7]。另外，模糊数学方法也是目前地质灾害空间预测研究中应用较为广泛的方法之一。

从 90 年代起，围绕国际减灾十年计划行动，北美及欧洲许多国家在原地质灾害危险性分区研究的基础上，开展了地质灾害危险性与土地使用立法的风险评价研究。把原来单纯的地质灾害危险性研究拓展到了综合减灾效益方面的系统研究^[8]。1991 年，联合国国际减灾十年科技委员会提出了《国际减轻自然灾害十年的灾害预防、减少、减轻和环境保护纲要方案与目标》。在灾害评估规划中提出：“各个国家对自然灾害进行评估，即评估危险性和脆弱性。主要包括：①具有危害性的灾害类型；②对每

一种灾害威胁的地理分布和发生间隔及影响程度进行评估；③评估最重要的人口和资源集中点的易灾性。”把灾害危险性评估纳入实现减灾目标的重要措施。1996年6月在德国召开的第八次国际防灾会设有专题“灾害的危险性和不确定性评估”。

20世纪90年代以来，随着计算机技术和信息科学的高速发展，以处理和分析地理空间数据为主要特点，满足模型计算要求，具有属性数据库与图形库动态联接和导入导出功能的地理信息系统(GIS)技术得到了空前发展。GIS技术与地质灾害空间预测数学模型方法结合成为地质灾害研究的热点领域。

Aleotti P、Baldelli P、Polloni G等(2000)采用GIS技术对意大利北部阿尔卑斯山前缘的Piedmont地区的滑坡、洪水、雪崩、山谷口堆积等灾害的危险性及总的风险进行了区划性制图研究。利用滑坡调查的分布资料和有关地质因素，构造滑坡敏感性指标来反映滑坡灾害的危险性^[9]。Michael leiba M等(2000)在澳大利亚一项城市发展规划项目的斜坡地质灾害研究中，把斜坡灾害的危险性、易损性、风险评价作为一体，以GIS技术为平台，分别采用平面和三维评价系统，对Cairns地区进行了斜坡地质灾害的危险性和风险区划研究^[10]。RagozinAL(2000)从理论上研究了滑坡灾害风险评价中的危险性、易损性和风险性；提出了考虑危险性评估目标有效期限在内的单个滑坡灾害危险性指标，并用其主要控制因素的概率乘积表示；对于区域性滑坡灾害评估，提出了利用给定地区的面积、滑坡发生面积、滑坡数量和时间之间的关系建立的定量模型开展研究^[11]。

目前，关于区域地质灾害危险性评价的研究成果直接效益尚不明显，危险性评价主要局限于滑坡、泥石流等引起的区域地质灾害。国外学者对地质灾害危险性分析的研究多是针对单一灾害类型以及有关公众对灾害的应急对策和小区域的研究并引入GIS技术来定量进行研究。由于GIS技术具有空间分析、制图功能和可视化的特点，GIS技术在地质灾害区划研究方面正得到快速发展。以GIS软件为技术平台的地质灾害的危险性、易损性和风险性评价系统研究正逐步成为本领域研究的发展方向之一^[12]。

二、国内研究现状

我国是世界上记录灾害最悠久、史料最丰富的国家。新中国成立以后，国家特别重视减灾工作，为了有效的防灾、减灾，特别加强了灾情调查评估，并取得显著成绩。在我国，地质灾害领域的评估刚刚开始兴起。近年来，有关部门和专家开始注重地质灾害灾情评估方面的工作，研究理论不断提高，研究内容不断丰富。

在泥石流方面，李泳等根据大量调查统计资料，提出了判断泥石流危险程度和评估泥石流泛滥堆积范围的方法^[13]；唐川等应用数学统计方法探讨了泥石流堆积扇危险度分区评价方法，报据专家综合调查，确定了5个主导因子参与泥石流危险度评价^[14]。许信旺运用地理信息系统技术，建立了泥石流危险度因子数据库，确立了空间系统分析的方法，并建立了泥石流危险度评估模型^[15]。张春山、张业成等在论述地质灾害危

险性构成及其评价方法基础上,以县(市、区、旗)和省(直辖市、自治区)为单元,进行了崩塌、滑坡、泥石流灾害危险性评价与区划,分析了灾害危险性分布情况与区域变化规律^[16];王国胜根据密云县山区泥石流灾害发生的历史情况,应用灰色系统的灾变理论和灰色预测模型建立了密云县泥石流灾害发生的预测方程,并探索出一种研究山区泥石流灾害预测的新途径^[17]。

刘加龙、吕希奎以贵州省毕节地区泥石流为例,建立灾度评价标准和隶属函数,采用基于模糊模式识别理论和模糊综合评判法,对泥石流灾度进行了评价。这种评价方法以最大隶属度来刻画灾害损失的程度,避免了评价结果的绝对性,评价结果表明模糊综合评判法是一种简单有效的泥石流灾度评价方法^[18]。

柳源提出了地质灾害(崩、滑、流为主)危险性分析的步骤与方法,利用层次分析方法(AHP)确定权重,提高地质灾害危险性计算的可靠度^[19]。樊晓一、乔建平等运用层次分析法,建立成对比较矩阵,将成对比较矩阵的特征向量作为典型滑坡评价因子的权重,确定了评价因子的影响力排序,建立了滑坡危险度评价指标,并确定了滑坡危险度等级,为滑坡预警和滑坡的治理提供了依据^[20];

伍洲云在深入研究苏锡常地区地裂缝灾害成因机理和形成过程的基础上,提取了基岩面起伏、浅部含水砂层差异、隐伏灰岩、浅部土层结构条件、累计地面沉降量、地面沉降速率和主采层水位共 7 个主要影响因素,选用层次分析法确定权值,建立了苏锡常地裂缝危险性评价模型。以 GIS 软件为主要工具,利用其强大的空间分析功能,将各影响因素专题图层按照权重进行多重叠加操作,进行了不同时期地裂缝灾害危险性分区评价和发展趋势的预测^[21]。

地质灾害危险性评估中,张梁、张业成等在总结中国地质灾害概况和国内外自然灾害灾情评估发展基础上,分析地质灾害的自然属性和社会属性特征,提出了地质灾害灾情评估的理论基础和基本方法^[22]。

中国是地质灾害频繁、灾害损失严重的国家之一,随着生态环境恶化、水土流失加剧,地质灾害问题日趋严峻,已广泛引起政府部门及工程界对其根治的高度重视^[23]。伴随国家开发建设规模加大,工程建设用地的地质灾害危险性评估成为预防和治理地质灾害、减轻地质灾害造成的损失、维护人民生命财产安全的重要举措,并成为国家强制执行的工程建设工作程序之一。国土资源部于 1999 年 3 月发布的《地质灾害防治管理办法》中明确规定:“城市建设、有可能导致地质灾害发生的工程项目建设和在地质灾害易发区内进行工程建设,在申请建设用地之前必须进行地质灾害危险性评估。评估结果由省级以上地质矿产行政主管部门认定。不符合条件的,土地行政主管部门不予办理建设用地审批手续”^[24]。同年 11 月国土资源部发布了[1999]392 号文《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》和《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》^[25],这是我国地质灾害防治和地质环境管理走向法制化、规范化和标准化的重要标志和创举。

2001 年 5 月 12 日，国务院办公厅转发国土资源部、建设部《关于加强地质灾害防治工作意见的通知》（国办发[2001]35）规定：对城市规划区内地质情况尚不清晰的，必须加强和补充建设用地地质灾害危险性评估。城市规划行政主管部门在审批建设时，必须充分考虑建设用地条件；凡没有进行建设用地地质灾害危险性评估或者未考虑建设用地条件而审批使用土地和建设的，要依法追究有关人员的责任^[26]。

2001 年 7 月 25 日，国土资源部部长签发第 7 号部长令《建设项目用地预审管理办法》，办法第 6 条规定：“单独选址的建设项目，拟占用地质灾害防治规划确定的地质灾害易发区内土地的，还应当提供地质灾害危险性评估报告”^[27]。

2001 年 11 月 3 日，国务院办公厅下发《国务院办公厅转发国土资源部关于进一步治理整顿矿产资源管理秩序意见的通知》（国办发[2001]85 号）中规定：新办矿山要严格执行环境影响评估制度，必须进行地质灾害危险性评估^[28]。

此后，地质灾害评估工作日益广泛用于多类工程建设活动中，并取得了良好的社会效益。随着地质灾害评估工作的发展和完善，[1999]392 号文不能完全满足当前评估工作的需要，为此，国土资源部于 2004 年发布了《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发[2004]69 号文）^[29]，同时废止[1999]392 号文。

以上这些文件及规定为我们实行建设用地地质灾害危险性评估制度提供了法律法规保障，是我国地质灾害防治和地质环境管理走上法制化、规范化和标准化的重要标志和举措。

近年来对建设工程项目的地质灾害危险性评估文献中，对地质灾害的现状及其危害性的研究很多，在灾害形成背景、成灾机制等各方面都有较为详细的评价，目前，我国大部分城市进行建设用地地质灾害危险性评估时，多采用定性分析的方法，对建设用地范围内各区段进行地质灾害危险性分级^[30-42]。

随着国内外对地质灾害危险性评估工作的重视，地质灾害危险性评估的内容进一步扩展，将逐渐形成跨学科、跨领域的相互交叉的综合研究体系；评估方法和手段进一步丰富，先进的计算机技术得到更广泛应用，发挥更大作用，遥感技术、卫星定位技术等多种高科技手段也为灾害评估所利用；评估的部门和专家进一步扩展；国际间交流合作将一步发展，特别是在理论、方法、技术方面的交流合作将会有较大发展；理论研究将得到较大提高，逐步形成自身的理论体系；与减灾规划、防治工程及其它社会经济的结合越来越紧密，实用性越来越强。

1.3 选题依据和意义

XX 铜矿区地形地貌条件较为复杂，自然山坡较陡，植被发育，一般未经人工破坏的自然山坡和沟谷，地质灾害现象不甚发育。1990 年以前主要以冒顶塌陷和破碎带塌陷为主，伴随少量岩溶塌陷。自 1989 年矿山采用充填法采矿以后，采空塌陷得到有

效控制，1990 年以后，随着地下水的不断疏干，地下水降落漏斗的不断扩大，岩溶塌陷成为主要的塌陷类型。1987 年在松林山南坡西段（西风井南）发生岩质滑坡。1987 年松林山南坡东段，滑体后缘开裂，但尚无明显滑移，为滑坡隐患点。2005 年 9 月 3 日吴家金矿露采边坡东部发生沿层面为主的岩质滑坡。2005 年 9 月 3 日发生水石型泥石流。2005 年 9 月 3 日发生泥石流。北矿带 1984 年 9 月投产，至 1990 年 8 月完成采矿改造工程之前采用分段崩落法采矿，之后改造为水平进路充填采矿法。分段崩落法形成开采移动盆地，地表沉降，使桔树吴（已搬迁）、周家（尚有部分居民未搬迁）等居民区房屋出现裂缝，并形成了吴家金矿人工高陡边坡的雏形，还使移动盆地西北缘山体（松林山南坡）开裂，形成滑坡或滑坡隐患。露采切坡破坏植被，形成人工高陡边坡。废石场、尾矿库破坏植被、压占土地。地下开采疏干排水引起岩溶塌陷等。

本次评估和研究工作，基本查清了矿区范围已发各种地质灾害发育现状和特征，对现状地质灾害、工程建设可能诱发的地质灾害和工程建设本身可能遭受的地质灾害危险性进行评估，为富家坞矿区开发建设项目的选址、设计和建设施工提供参考资料和依据，具有为建设项目服务的作用和意义。

由于 XX 铜矿区地质灾害发育情况较为复杂，加之建设项目的复杂性和多样性，可能形成和诱发的地质灾害类型较多。建设项目存在诱发滑坡、崩塌、泥石流、采空地地面塌陷等多种地质灾害的可能性，本项工作中对多种地质灾害的评估方法均进行了合理应用。因此，对现有地质灾害危险性评估技术的应用和发展可提供一定的参考和借鉴作用。

根据《建设用地区域地质灾害危险性评估技术要求（试行）》（国土资源部，1999）的规定，地质灾害危险性评估不替代工程地质勘察或有关评价工作。因此，地质灾害危险性评估不是对被评估对象（建设用地、工程场地、地质体等）进行详细勘察和定量的计算评价，而只是在地表调查、收集资料的基础上对被评估体作出定性一半定量的评价。由于影响评估对象稳定性的因素复杂多变，在对其稳定性进行分析评价时，如何确定各稳定性影响因素对评估对象的影响程度（即稳定性权重值），尚不能采用统一标准，应根据评估对象的实际情况确定，但其值的确定应尽量做到定性定量相结合，根据不同评估对象的实际情况结合科学的评分方法，推算各稳定性影响因素的权重值。本文提出了几种稳定性权重值的确定方法，根据不同评估对象的稳定性影响因素特征，尽量采取适用的方法，将有助于稳定性分析和评估结果接近客观实际。

1.4 论文工作概况

2007.11~2007.12：搜集、整理和分析矿井地质资料及有关科研成果；

2008.1~2008.5：完成现场调查、资料收集、数据整理等工作，对影响矿山稳定性的地质灾害进行重点调查分析和研究；

2008.6~2008.10：在认真分析本课题提供的数据和信息资料的前提下，采用半

定量评价对矿区地质灾害进行分析和研究，并形成研究报告。

第二章 矿区地质环境条件

2.1 气象、水文

评估区气候温暖，湿润多雨，属亚热带潮湿气候区。根据 XX 市气象资料，极端最高气温 41.2℃（1966 年 8 月 10 日），极端最低气温-13.4℃（1969 年 2 月 5 日）。每年 3-5 月梅雨连绵，12 月至 2 月雨量稀少，多年年平均降水量 1374.6 毫米，蒸发量 1455.8 毫米。历年最大月降水量 779.4 毫米（2005 年），历年最大日降水量 167.6 毫米（1969 年 6 月 24 日）。

评估区属长江中下游。与评估区相关的较大的地表水体主要有长江、大桥河、赤湖，较小的地表水体主要有白杨溪、周家溪。

长江流经本区北东边缘，距评估区约 10 公里。每年 6~10 月份为洪水期，一般 7-8 月份水位最高，流量最大。根据九江水文观测站资料，历年最高水位吴淞口高程为 22.08 米（1954 年 7 月），换算成黄海高程为 20.27 米，最大流量为 81700 米³/秒；12 月至次年 3 月枯水期。大桥河位于评估区西北部，起于石门水库，源头为横立山暗河出口，流经双下桥、三眼桥、大桥，然后注入赤湖，在大桥侧流，最大流量为 24.9 米³/秒。赤湖位于评估区北东方向，洪水期湖水可漫及矿床边缘。赤湖水域面积，洪水期 98 平方公里，一般季节约 48 平方公里，汇水面积为 374 平方公里。最高水位黄海高程 20.27 米（1954 年 7 月 16 日），最低水位标高 11 米。自 1956 年彭家湾水闸建成后，湖水位升降已由人工调节。

白杨溪发源于严家畈一带岩溶丘陵区，自西向东至矿区西部 159 勘探线，然后转向北流，注入赤湖。主要受岩溶地下水和大气降水补给，汇水面积 18.38 平方公里。最大流量 3318.9 升/秒（1965 年 4 月 25 日），年平均流量 536.57 升/秒。大气降水大部分流入赤湖。周家溪流经评估区矿床西南边缘。发源于武山坳，溪流流向受地形控制，武山坳至黄桥段向北向南，黄桥至赤湖转向东流，属季节性溪流，雨后最大流量可达 784.18 升/秒（1964 年 6 月 25 日），枯季断流。

2.2 地形地貌

XX 铜矿矿区处于九岭山北侧，慕阜山南侧。笔架山-武山山脉呈北东东向展布，构成矿区北部屏障。矿区最高峰武山寺标高为 375.63m，最低标高为 24.24m，相对高差 351.39m，属低山丘陵地形。赤湖位于矿区东部，与长江直接连通，湖水面积 48 平方公里，水容量 1.2 亿立方米。水位受长江制约，历年最高湖水位标高 20.27m，最低湖水位标高 11m。白杨溪流经矿区西部，绕过武山北坡汇合南阳河东入赤湖。

评估区地形形态单一，为侵蚀构造低山丘陵地形。海拔标高 375.63-24.24m，相对高差 351.39m，总体西北高东南低。山顶多呈浑圆形，山脊连绵起伏，缓缓下降，

山坡成凹型、直线型，坡度 10-30°。山间沟谷发育，山谷多呈“V”字型。山脊与山间沟谷的展布方向总体为北北东向，局部次级山脊和沟谷方向多数大角度与上一级山脊相交，因此北西方向展布的山脊、沟谷常见。评估区出露岩性以志留纪至三叠纪地层为主，中、西部出露有较大面积的花岗闪长斑岩。其中志留系纱帽组地层岩性以石英砂岩为主；泥盆系五通组为含砾石英岩及石英砂岩；石炭系黄龙组为厚层状白云岩、厚层状灰岩；二叠系包括栖霞组、茅口组、龙潭组和长兴组。栖霞组以炭质灰岩和燧石灰岩为主，茅口组以炭质灰岩、透镜状灰岩、燧石灰岩及硅质岩为主，龙潭组为炭质页岩和煤层，长兴组为硅质岩及灰岩；三叠系包括大冶组和嘉陵江组下段。大冶组主要为页岩、灰岩、大理岩，嘉陵江组下段主要为厚层白云质灰岩夹鲕状灰岩。评估区岩石风化较强烈，碳酸盐岩风化后可见溶蚀地貌。在山前坡麓、谷地零星展布有薄层第四系残坡积物和人工填土。评估区植被发育，覆盖率在 60-80%，冲洪积松散堆积物较少。

2.3 地层、岩浆岩与矿体特征

2.3.1 地层

1、评估区地层

XX 铜矿位于九瑞矿田中部，横立山-黄桥向斜东段北翼。评估区地层自北向南、由老到新依次分布为：志留系中统罗惹平组，上统纱帽组；泥盆系上统五通组；石炭系中统黄龙阶；二叠系下统栖霞阶、茅口阶，上统龙潭阶、长兴阶；三叠系下统大冶组，中统嘉陵江组和第四系。其中石炭系中统黄龙阶和二叠系地层为矿体的主要赋存层位。地层走向 40°~70°，倾向南东，倾角 40°~75°。地表除志留系、泥盆系出露较好外，其它时代地层仅有零星出露。第四系覆盖面积约占 60%。

(1) 志留系 (S)

志留系中统罗惹平组 (S_2l) 分布于评估区北部，岩性：下段 (S_2l^2) 为黄褐、浅黄、灰白色泥岩；上段 (S_2l^1) 为灰白、浅黄色中厚层石英细砂岩夹杂色砂质页岩。志留系上统纱帽组 (S_3s) 分布于矿区北部及其外围，出露范围广，为一套浅海相碎屑岩建造，厚度大于 300m，其岩性：下段 (S_3s^1) 为灰绿色黄褐色粉砂岩，石英砂岩，斜层理发育，由上往下泥质增高，粒度变细，厚度大于 150m；上段 (S_3s^2) 为中厚层状铁质石英细砂岩、泥质粉砂岩，猪肝色带褐色，厚度 20~50m，以其颜色和含铁质作为与泥盆系划分的标志，与上覆地层呈微角度不整合。

(2) 泥盆系上统五通组 (D_{3w})

泥盆系上统五通组 (D_{3w}) 位于矿区北部，是北矿带矿体的下盘围岩，为河湖相砂砾石建造，厚度 5~37m，岩性为灰白色厚层石英砂岩、含砾石英砂岩。与上覆地层呈假整合接触。

(3) 石炭系中统黄龙阶 (C_2h)

石炭系中统黄龙阶 (C_2h) 分布于北矿带及其北东、南西延伸范围内, 是北矿带矿体的主要含矿层位。为浅海相碳酸盐建造, 其下段 (C_2h^1) 为灰白、肉红、青灰色厚层状白云岩, 厚度 5~32m; 上段 (C_2h^2) 为灰白、肉红色厚层纯质灰岩, 偶见燧石结核, 厚度 22~58m。与上覆地层呈假整合接触。

(4) 二叠系 (P)

二叠系 (P) 地层发育完全, 分布于矿区中部及其北东、南西延伸处, 属浅海相碳相盐和海陆交互相含煤沉积建造。本系分上、下两统。

下统栖霞阶 (P_{1q})、茅口阶 (P_{1m})。栖霞阶下段 (P_{1q}^1) 为黑色炭质赤岩, 中厚层状, 层间夹薄层炭质或沥青质页岩, 厚度 52~85m; 上段 (P_{1q}^2) 为暗灰色中厚层燧石结核灰岩, 厚度 54~132m。茅口阶下段 (P_{1m}^1) 为炭质岩夹透镜状、眼球状灰岩, 中厚层夹薄层炭质页岩, 厚度 62~130m, 上段 (P_{1m}^2) 为深灰色厚层状燧石结核夹硅质岩, 厚度 370m。

上统龙潭阶 (P_{2l}) 和长兴阶 (P_{2c})。龙潭阶为煤层和炭质页岩, 断续出现, 厚度不稳定, 为 0~5m。长兴阶下部为中厚层状燧石灰岩, 燧石呈扁豆状、条带状; 上部为硅质页岩, 灰~灰白色, 薄层状, 厚度 17~45m。与上覆三叠系地层呈假整合接触。

(5) 三叠系下统大冶组 (T_1d), 中统嘉陵江组 (T_2j)

分布于矿区南部, 为第四系所覆盖, 属浅海相碳酸盐及滨海页岩相。大冶组下段 (T_1d^1) 为页岩, 黄绿色至灰绿色, 薄层状, 页理发育, 小褶皱常见, 经蚀变后为角岩, 厚度 8~32m; 上段 (T_1d^2) 为灰白色中厚层夹薄层灰岩, 常夹泥质条带, 厚度 227~287m。中统嘉陵江组下段 (T_2j) 岩性: 下部为灰的肉红色, 厚至巨厚层白云质灰岩, 上部薄至巨厚层灰岩夹鲕状灰岩, 厚度大于 250m。

(6) 第四系

区内广泛分布, 厚度 0~132m, 由褐黄、绛红色虫状粘土, 杂色粘土及灰岩、砂岩、褐铁矿、花岗闪长斑岩碎块、碎屑组成。

2、矿区地层

矿区地层为泥盆系上统五通组 (D_3w) 碎屑岩, 石炭系中统黄龙阶 (C_2h) 碳酸盐岩, 以及较厚的灰岩和较薄的页岩呈相间分布之势的二叠系至三叠系地层。

2.3.2 岩浆岩

评估区岩浆岩主要为花岗闪长斑岩, 次为石英闪长玢岩、煌斑岩、花岗细晶岩、英安斑岩、闪长岩, 成岩时代为燕山早期。分布于南矿带的花岗闪长斑岩主体呈岩株状侵位于二叠系下统至三叠系下统碳酸盐岩类地层中, 出露面积约 0.6km², 平面呈椭圆状, 长轴 NW15°, 剖面呈喇叭形, 三度空间上为向南陡倾的蘑菇状岩株, 由浅至深, 其规模呈缩小的趋势, -1000 m 标高, 面积约为 0.35 km², 长轴方向逐渐转为 NE35°,

主体外围及沿北矿带尚有少量呈岩脉、岩墙状花岗闪长斑岩分布；闪长岩呈俘虏体形式分布于主岩体中，约 900m²；石英闪长玢岩、花岗细晶岩呈脉状穿插花岗闪长斑岩及周围地层中，宽度一般为 0.1~0.5m，前者在矿区北侧外围的评估区范围内仍有分布；英安岩仅见于北矿带，呈脉状侵位于泥盆系上统碎屑岩至石炭系中统灰岩中，规模（长×宽）100×6~10m；煌斑岩脉比较发育，多分布于花岗闪长斑岩主体接触带附近及层间裂隙中。

2.3.3 矿床特征

1、矿床类型

矿床属矽卡岩型和层控型铜（硫）矿床。其中，南矿带矿体受燕山早期花岗闪长斑岩体与二叠系下统至三叠系下统碳酸盐岩类地层接触带控制，为矽卡岩型铜（硫）矿体；北矿带矿体位于泥盆系上统五通组与石灰系中统黄龙阶之间及石灰系黄龙阶与二迭系下统栖霞阶地层中。矿体受五通组与黄龙阶之间的假整合面及黄龙阶、栖霞阶中的层间断裂带控制，为层控型铜（硫）矿体，个别为铅锌矿体。

2、矿体特征

XX 铜矿属大型铜硫矿床，铜储量 137 万吨，平均铜品位 1.17%，硫储量 1226 万吨。伴生有益组分有金、银、硒、碲、镓、钼、铅、锌、铊等。全矿区共 124 个矿体，其中主矿体（铜储量在 1 万吨以上）8 个，其储量占全区储量的 96%。矿床的形成与燕山期中酸性岩浆的侵入密切相关，矿体的分布明显受构造和岩浆岩控制，据矿体控制因素及空间展布特征，将该矿床以栖霞阶地层上限为界划分为南、北两个矿带。

北矿带位于花岗闪长斑岩体北侧接触带外围地层中，受层间断裂带控制，泥盆系上统五通组与石炭系中统黄龙阶界面之间、黄龙阶及二叠系下统栖霞阶等层位为该矿带的容矿空间。该矿带有铜矿体 4 个，铜硫矿体 8 个，铅锌矿体 1 个，包括 1Cu1、1Cu2、5Cu 和 7Cu 四个主要矿体，铜金属量 83.8 万吨，占全矿区储量的 61%。硫储量 1226 万吨。矿石类型主要为含铜黄铁矿，次为含铜碳酸盐岩、含铜高岭土、含铜石英闪长玢岩和含铜角砾岩等。

南矿带位于矿区南部，直接受花岗闪长斑岩体控制，呈椭圆形，面积约 0.6 平方公里。成矿围岩为二叠系下统茅口阶至三叠系下统碳酸盐岩地层，矿体主要赋存于岩体与围岩的接触带中，其次为岩体内的围岩残留体内。该矿带中共有铜矿体 109 个，硫矿体 2 个，包括 8Cu、9Cu、15Cu 和 17Cu 四个主要矿体，铜金属量 53.2 万吨，占全区储量的 39%，平均品位 1.04%。矿石类型以含铜矽卡岩型为主，有少量的含铜碳酸盐岩及含铜花岗闪长斑岩型。

本次挖潜扩产技术改造最大开采深度由-210m 延深至-460m，生产规模由 3000 t/d 扩大为 5000t/d，其中北矿带为 3000 t/d，南矿带为 2000 t/d。标高-210m~-460m 之间产出的主要矿体有 1Cu1、1Cu2、5Cu、7Cu、8Cu、9Cu、15Cu，分述如下：

1Cu1 矿体产于泥盆系五通组 (D₃W) 与石炭系黄龙阶 (C₂h) 之间, 及黄阶下段层位中。工业矿体长 1600m。矿体呈似层状产出, 产状与地层产状一致, 倾向 165°, 倾角 56°~64°。矿体厚度一般 5m~30m, 平均 16.8m, 矿头标高, +51m, 可延伸至-600m 以下, 但-600m 以下仅有稀钻孔控制。

1Cu2 属于 1Cu1 的分支矿体, 分布于 69~9 线及 80~90 线之间, 走向长度分别为 700m 和 200m。矿体呈似层状产于黄龙阶 (C₂h) 上、下段之间, 平均厚度 6.9m 和 2.4m。39 线以西矿体在-200m 标高以上已尖灭, 其余各线向下均有一定延伸, 最大控制深度-600m。

5Cu 矿体分布于 9~80 线, 走向长度 900m, 呈似层状, 厚板状产于黄龙阶 (C₂h) 与栖霞阶 (P₁q) 界面间, 矿头标高-127~-277m, 在走向上呈现东、西两边高, 中间低的特征, 沿倾斜最大延伸 638m, 平均 308m, 倾向南东, 倾角 59°。受层间破碎带控制, 矿体膨大、缩小现象明显, 厚度变化大, 最大厚度 15.5m, 最小厚度 1.3m, 平均 4.9m。

7Cu 矿体分布于 20~60 线, 走向长度 400m, 呈似层状产于二叠系下部栖霞阶 (P₁q) 燧石灰岩与花岗闪长斑岩接触带及燧石灰岩与炭质灰岩之间的破碎带处, 倾向南东, 倾角 51°。矿头标高-324m~-503m, 沿倾斜最大延伸 295m, 平均 147m。矿体最大厚度 11.7m, 最小厚度 2m, 平均 4.9m。

8Cu 和 9Cu 矿体产于花岗闪长斑岩与二叠系下统茅口阶上段 (P₁m²) 至三叠系中统嘉陵江组 (T₂j) 碳酸盐岩的接触带, 大冶组下段 T₁d¹ 黄绿色页岩或角岩为其分界层, 在剖面上 8Cu 矿头和 9Cu 矿尾成侧幕状。矿体形态复杂, 总体呈向南东倾斜的筒状, 倾角 55°~70°, 膨大、缩小、分支、复合现象明显。展开长度 2150m。矿头标高+33m~-480m, 最大控制深度-800m, 所有剖面皆未完全控制, 仍有向下延伸的趋势。矿体厚度 2m~45m, 平均厚度分别为 14.5m 和 18m。

15Cu 产于花岗闪长斑岩体中, 受与接触带平行的一组较大捕虏体控制。形态呈扁豆状或透镜状, 倾向南东, 倾角 40°~83°。矿体分布在 85~25 线-445m 标高以上。走向长 400m, 矿头标高+40m, 倾斜最大延伸 440m。矿体分支复合、膨大缩小现象明显。厚度 3~9m, 平均 7.7m。

3、矿石特征

北矿带矿石类型主要为含铜黄铁矿, 次为含铜碳酸盐岩、含铜高岭土、含铜石英闪长玢岩和含铜角砾岩等。矿石的矿物组成比较复杂, 其铜矿物就达 13 种之多。其中主要铜矿物为黄铜矿, 其次为铜蓝, 蓝辉铜矿, 其它含铜矿物还有胆矾、斑铜矿、孔雀石、自然铜、辉铜矿、赤铜矿等。含砷的铜矿物黝铜矿-砷黝铜矿, 脆硫铜矿、硫砷铜矿等。其他金属矿物主要为黄铁矿和白铁矿, 二者的总量达 55.2%, 此外, 还含有褐铁矿、赤铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂等金属矿物。脉石矿物主要为石英, 其次为粘土矿物、白云母、黑云母、透辉石等。

南矿带矿石类型以含铜矽卡岩型为主，有少量的含铜碳酸盐岩及含铜花岗闪长斑岩型。矿石矿物相对简单，但脉石矿物比较复杂。铜矿物主要为黄铜矿，其他铜矿物含量很低，主要金属矿物还有黄铁矿，其次为白铁矿、褐铁矿、赤铁矿、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿等。主要脉石矿物为石榴子石、方解石、白云石、石英。其次为透辉石，粘土矿物、长石、蛇纹石、硅灰石、云母等。

自然矿石根据氧化程度不同还可分为氧化矿石、混合矿石和原生矿石三类，分别占全矿区铜矿石储量的 2.7%、8.1%和 89.2%。矿石工业类型以含铜黄铁矿（北矿带）和含铜矽卡岩（南矿带）为主，其次为含铜碳酸盐岩、含铜高岭土、铜铅锌黄铁矿、含铜褐铁矿、含铜石英闪长玢岩和含铜角砾岩等。

矿石结构主要有晶粒结构、填隙结构、胶状结构、熔蚀结构、交代结构、镶边结构、脉状-网脉状结构。

矿石构造以块状构造为主，其次有浸染状构造、脉状构造、团块构造和角砾状构造。

全区平均铜品位 1.17%，伴生组分平均含量为：S 14.58%、Au 0.36g/t、Ag 8.84g/t、Se 0.0016%、Te 0.00123%、Ga 0.00166%、Ti 0.00101%、Pb 0.46%、Zn 0.50%、Mo 0.02%。

矿石中主要有害组分为 As，其它有害组分，如 Zn、Mg、F 等在铜精矿中的含量均低于规定允许的最高含量。全矿区矿石中 As 平均含量 0.035%，其中，南矿带矿石中 As 平均含量 0.028%，在规定允许的含砷量范围之内，而北南矿带矿石中 As 平均含量 0.050%，明显超出规定指标。除此之外，As 含量还有如下分布规律：

（1） 在氧化矿石中相对较高，在自然类型矿石中由高到低依次为：原生矿石—混合矿石—氧化矿石—结合式氧化铜矿石。

（2） 在工业类型矿石中按铜铅锌黄铁矿—含铜高岭土—含铜黄铁矿—含铜矽卡岩—含铜碳酸盐岩—含铜褐铁矿的顺序依次降低。其分布的均匀程度，以南矿带矽卡岩矿石中 As 含量变化幅度最大，达 352%，其他各矿石类型 As 含量变化系数在 85%~108%之间。

（3） 南矿带接触带内带高于外带。

北矿带 1Cu1 中 As 含量较高地段（大于 0.05%）位于矿体上部，在垂直纵投影图中呈倒“凹”型分布，49~60 线之间大致在 -200m 以上，49 线以西，60 线以东标高为 -400m 左右。在本次深部挖潜技术改造拟开采范围内（-210m~-460m）仍然存在 As 含量较高地段，但较之上部 As 含量有所降低。本次深部挖潜技术改造原矿入选平均品位 Cu 1.17%，S 13.14%、Au 0.331g/t、Ag 8.13g/t、Pb 0.42%、Zn 0.46%、Mo 0.0184%、As 0.0322%。

2.4 地质构造及地震

一、区域构造

评估区在大地构造上属于扬子准地台（Ⅰ）下扬子拗陷（Ⅱ）中部的瑞昌~彭泽褶皱束（Ⅲ）。区内褶皱由北而南依次有邓家山——通江岭向斜、界首——大桥背斜、横立山——黄桥向斜、大冲——丁家山背斜、乌石街——赛湖向斜、长山——城门湖背斜。褶皱轴向由西而东，由北东东逐渐转至北东，略带弧形。背、向斜相间平行排列，为紧闭型线状褶皱。由北而南，褶皱轴面由南倾逐渐变为直立，褶皱横切剖面形态由斜歪-倒转褶皱变为直立似箱状扇形褶皱和直立褶皱，背斜核部地层也由老变新。向斜向东、西仰起，背斜向东西倾没，褶皱枢纽东段在竖直方向上出现波状弯曲高点低点及背斜向东的倾没端连线均呈北西向，与长江断裂平行。区内岩浆岩总体及局部群体的展布也与之相一致。褶皱内有次级平列褶皱存在，使背斜具“M”型，向斜具“W”型的复式褶皱特征。除此之外，还有少数轴线呈北北东、北北西向短轴小褶皱叠于其上。

区内断裂构造按走向分为三组，以北东东组最为发育，北西-北北西及北东-北北东组次之。

北东东组断裂规模较大，按产出部位及性质分为两种：一是位于褶皱翼部，系沿褶皱变形完成后的纵向“X”型剪裂及褶皱过程中的层间破碎带发育而成，早期为逆断层，属压性，见岩体及矿体充填，后经多次活动，力学性质几经变化，部分转变为正断层，且稍有左行平移性质；二是位于褶皱核部，系追踪北东东向及北西向剪裂形成的纵张破碎带，见矿体充填及矿化现象。

北西-北北西组规模大小不等，规模大者呈北西走向，局部拐弯呈北北西向，系沿区域性早期南-北挤压形成的北西向剪裂，并局部追踪北北西向张裂发生的断裂，以右形平移正、逆断层形式出现，在发展过程中斜切褶皱及北东东组断裂，规模大者切穿基底，导致岩浆向上侵位及充填，后经多次活动，力学性质多次转变，使充填之岩体局部破碎成角砾，但右行平移性质保留清楚。规模小者，多属成矿后期生成。

北东-北北东组，规模一般不大，系沿区域性早期南-北挤压形成的北东向剪裂发育的左行斜冲之平移断层，且走向向北偏转为北北东向，切割北东东组断裂，有成矿岩体枝杈及矿后脉岩充填。

综上所述，本区的褶皱及多数断裂在区域内生成矿作用之前业已定型。北西向断裂，特别是北西向隐伏基底断裂是导致岩浆上侵的主要通道，北西向断裂与北东东及北东-北北东构造的结点是岩浆上侵后集聚凝固的场所。成岩成矿后各组断裂受到改造而重新活动或部分产生新断裂，使岩体、矿体受到破坏，但错位不十分明显。

二、矿区构造

矿区位于横立山——黄桥向斜东段北翼，其北为界首——大桥背斜，南面为大冲——丁家山背斜。矿区内断层由北东东、北西-北北西、北东三组断裂构成，裂隙构造也很发育。

1、褶皱

横立山——黄桥向斜斜贯于矿区南部，轴向北东东。矿区位于该向斜北翼，为单斜构造，地层走向 $65^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ，倾向南东，倾角 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ，区内次级褶皱不发育，在三叠系底部黄色页岩中，可见小型波状褶皱，因规模小，对两侧地层无大的影响，岩层产状仍属正常。

2、断层

矿区以走向北东东向层间破碎带及北西向何北东向平移断层比较发育，共 26 条。

(1) 北东东向断层

主要发育于五通组和黄龙阶假整合面，岩性差异较大的层间，早期以逆冲为主，后期转化为正断层性质。

(2) 北西-北北西向断层

发育于矿区北部，走向 $330\sim 350$ ，倾向北东，倾角 $55\sim 80$ ，部分倾向南西，次为走向 $300\sim 320$ ，倾向南西，倾角 $48\sim 75$ 。破碎带宽 $0.2\sim 5\text{m}$ ，延伸平直，局部弯曲，带内角砾多棱角状，为泥质、硅质、铁质、和岩体碎屑物胶结。平行断裂带裂隙成群出现，片理发育，矿化较普遍，具平移断层性质，断距一般 $2\sim 16\text{m}$ ，最大 60m ，断层在成岩前业已成型，为岩浆侵入提供了空间。东部 80、90 线间，花岗闪长斑岩受 F_{11} 、 F_{12} 控制，断层带为岩体愈合，成岩后花岗闪长斑岩又经破碎多形成角砾状。矿体为断层切割，地层新老相接，因断距小，对矿体走向延伸的连续性一般影响不大。

(3) 北东向断层

走向 $10\sim 45$ ，倾向北西，南、东均有，倾角 $77\sim 87$ ，主要有 F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} ，分布于矿区南部，一般规模较小，左行、右行兼有，具平移断层性质。如南部坑道 F_{15} 断层，位于西部接触带，控制着矿体西部边界，断层产状北端走向 10，倾向南东，倾角 87，和西部接触带走向一致，往南西延伸，断层产状向层间方向偏转，倾角 56° ，为控岩控矿构造，成岩成矿后除矿体遭受破碎外并为煌斑岩脉沿带贯入。

3、裂隙

矿区内裂隙发育，有走向北东东、北北西、北东、北西四组。见矿区裂隙统计表（表 2.1）。

区内裂隙多有矿脉充填。裂隙发育程度和裂隙产状组合形式，在矿区不同岩石中 and 不同构造部位不完全一致。一般在矿区北部志留—泥盆系砂岩中，裂隙最发育，常平行密集成群出现，而在岩体中却显短小不甚密集。

综合矿区构造特征，矿区北东东向及北北西-北西、北东向断层及裂隙构造，形成于区域褶皱构造的晚期（印支期），由地层褶皱时产生。北东东向层间断层及破碎带早期以逆断层性质为主，后期转化为正断层，北北西-北西、北东向断层具平移性质。这些断裂构造在成岩前业已成型，燕山期的构造运动使其进一步强化、加剧，并控制着岩浆的贯入和矿液运移，充填交代。由此可见，本区构造既控制着主岩体的边界形态，岩枝的分布，又是良好的导矿通道和容矿的有利场所。在成岩成矿后，构造

继续有活动，但是较微弱，位移小，对矿体完整性破坏不大。

三、地震

评估区地震烈度为 7 级。

表 2.1 矿区裂隙统计表

组别	产 状			裂 隙 特 征	性质	发育程度	含矿率 (%)
	走向	倾向	倾角				
I	60~80	SE	65~84	面平直、平缓波状，多组方向的擦痕，常被 NW 组切错，延长远，局部形成平行密集带，左行、右行皆有。	张性	发育	24
		NW	55~84				57
II	340~360	NE	68~82	面平直粗糙，波状齿状弯曲常见大片擦痕，切断近东西组裂隙，本组角度不一的互相切割，局部平行密集出现。	张性	发育	71
		SW	69				54
III	300~320	NE	73	面光、平，延伸平直，见磨光面、水平擦痕及摩擦泥。	剪性	次发育	35
		SW	66~80				44
IV	20~30	SE	52~68	平直，部分具波状，右行或左行皆有。	剪性	次发育	15
		NW	59				38

2.5 岩溶发育情况

评估区碳酸盐岩岩溶发育与矿坑涌水有着密切联系，同时更是岩溶塌陷的前提条件之一。

一、岩溶发育形态

评估区西和西南部外围岩溶山区，岩溶地貌景观明显，地表岩溶和地下岩溶相连，有利于吸收大气降水入渗补给地下水，属于地下水补给区。评估区内岩溶现象除崖山、白茅岭地表见有少量溶槽、溶沟、石芽、溶洞外，隐伏岩溶现象有溶蚀洼地、溶蚀破碎带、溶孔、溶蚀裂隙等。

二、岩溶发育规律

评估区岩溶发育规律，既受层位岩性和构造的控制，又受矿体含硫量高低的控制。区内有三叠、二叠和石炭系三组灰岩，不同层位岩溶发育情况不同。矿床内和矿床外围岩溶发育情况也不同。

矿床内灰岩是指 79~160 线间栖霞、黄龙灰岩，9~90 线内长兴、茅口灰岩，南接

触带外缘 130m 以内嘉陵江、大冶灰岩。

矿床内栖霞、黄龙灰岩主要分布在北矿带硫化矿体顶板。据《武山矿区铜矿详细勘探地质报告》，带内共有 246 个钻孔，其中见溶洞孔 100 个，能见率为 40.6%，总岩溶率为 5.42%，充填率 75.9%。标高 0m 以上岩溶率为 11.18%；0 到-120 米标高在 5.1~7.5%之间；-120 到-240m 标高 4.6~7.13%之间；-240m 标高以下变弱，溶洞发育最大深度可达-430.84m 标高（ZK12013）。

长兴、茅口灰岩岩溶主要发育于与花岗闪长斑岩的接触地段，岩溶率为 2.83%，充填率为 64%。0 米标高以上岩溶率为 11.3%，充填率为 63%；0 到-40m 标高岩溶率为 7.95%，充填率为 66.5%；-40m 到-80m 标高岩溶率为 3.88%，充填率为 65.8%；-80m 以下岩溶率减小，充填率降低。

沿着南接触带矿体周边约 130m 以内的岩溶较为发育。该岩溶带上宽下窄，上宽一般在 130m，下宽一般在 30~40m，靠近矿体部位溶洞发育最大深度达-160m 标高。该带见大冶、嘉陵江灰岩钻孔共 80 个，能见率 33.75%，总岩溶率 1.42%，充填率 51.96%。0 米以上标高以上岩溶率 4.91%，充填率为 70.21%；0 到-40m 标高岩溶率 4.73%，充填率 37.85%；-40m 到-80m 标高岩溶率为 2.56%，充填率 72.84%；-80m 到-120m 标高岩溶率 0.13%，充填率 12.08%；-120m 到-160m 标高岩溶率 0.16%；-160m 标高以下未见溶洞发育。

矿床外围在可溶岩地层中，钻孔能见率 22.29%，岩溶率 1.26%，充填率 51.98%。据《勘探报告》，矿床外围溶洞发育强度和深度，比矿床附近发育要弱、要浅，充填率要低，主要发育在-40m 标高以上，岩溶率达 3.69%；-40m 到-80m 标高岩溶率为 0.44%；-80 米到-120m 标高岩溶率为 0.18%；-120m 标高以下一般无溶洞发育，少量钻孔见到溶洞发育到-280m 标高。

根据中华人民共和国地质矿产行业标准《岩溶地区工程地质调查规程（比例尺 1：10 万~1：20 万）》（DZ/T0060—93），岩溶发育程度分级标准见表 2.2。依据表 2.2 岩溶发育程度分级标准，可知灰岩系岩溶发育程度属强。

2.6 水文地质条件

据《勘探报告》，矿区地层，地表能见者，仅有志留、泥盆系及少量二叠系下统茅口灰岩，其余皆为第四系覆盖。武山铜硫矿床分为南、北两个矿带：北矿带主要矿体赋存于泥盆系上统五通组与石炭系中统黄龙阶之间，呈似层状产出，与岩层产状基本一致；南矿带主要矿体分布在花岗闪长斑岩与灰岩接触带中，似环状产出。矿体绝大部分位于当地侵蚀基准面之下，三叠系至石炭系灰岩溶洞裂隙水为矿床直接充水水源，水文地质条件属于复杂类型。北矿带直接充水岩层有黄龙灰岩、栖霞灰岩，南矿带直接充水岩层有茅口、长兴、大冶、嘉陵江灰岩。从钻空揭露见有溶洞、溶蚀裂隙、溶孔、溶蚀破碎带。全矿区平均岩溶率 7.14%，有效岩溶率 2.1%，溶洞在-80m 标高

以上最为密集。洞高 1~2m 者为多，也有见 30m 以上的。北矿带在硫化矿的影响下，溶洞发育最为强烈，向下延伸至-400m 标高以下。

表 2.2 碳酸盐岩岩溶发育程度分级标志

岩溶发育程度	特 征	参 考 性 指 标				
		地表岩溶发育密度 (个/km ²)	钻孔岩溶率 (%)	钻孔遇洞率 (%)	泉流量 L/S)	单位涌水量 (L/s·m)
强	碳酸盐岩岩性较纯，连续厚度较大，出露面积较广。地表有较多的洼地、漏斗、落水洞，地下溶洞发育。多岩溶大泉和暗河，岩溶发育深度较大。	>5	>10	>60	>100	>1
中	以次纯碳酸盐岩为主，多间夹型。地表有洼地、漏斗、落水洞发育，地下洞穴通道不多。岩溶大泉数量较少，暗河稀疏。深部岩溶不发育。	5~1	10~3	60~30	100~10	0.1~1
弱	以不纯碳酸盐岩为主，多间夹型或互夹型。地表岩溶形态稀疏发育，地下洞穴较少，岩溶大泉及暗河少见。	<1	<3	<30	<10	<0.1
备注	钻孔岩溶率是指地表下 100 米或基岩下 50 米以内孔段统计数；对于孔深 100 米以上全孔岩溶率，指标减半。					

根据各岩层含水特征，地下水储水空隙、富水程度、水力性质及水力联系、空间分布以及地下水补给、排泄条件等因素，评估区地下水类型可分为三种类型：孔隙水、溶洞裂隙水、弱裂隙水，见表 2.3。

大致以茅口炭质灰岩隔水层为界，矿区可划分为南北两大水文地质单元，六个含水岩组。南水文地质单元主要包括嘉陵江一大冶灰岩溶洞裂隙含水岩组、长兴—茅口灰岩溶洞裂隙含水岩组。北水文地质单元主要有栖霞—黄龙灰岩溶洞裂隙含水岩组。其它有五通纱帽弱裂隙含水岩组、花岗闪长斑岩弱裂隙含水岩组和第四系松散类弱裂隙含水岩组。矿区主要有大冶页岩、二叠系炭质灰岩和茅口下段炭质灰岩三大隔水层。

表 2.3 评估区地下水类型及特征表

地下水类型	含水岩组	地层代号	厚度(m)	主要岩性	代号	富水性(L/s·m)	富水等级	分布范围
孔隙水	第四系松散类弱孔隙含水岩组	Q	10~30	粘土、压粘土、亚砂夹砂砾层	I	0.0002	贫乏	溪流、湖漫滩、岗丘、丘陵山坡山脚
溶洞裂隙水	嘉陵江—大冶灰岩溶洞裂隙含水岩组	T _{2j} 、T _{1d2}	750	含白云质灰岩石、薄-中厚层灰岩	II	0.27-0.43	中等	矿区南部
	长兴—茅口灰岩溶洞裂隙含水岩组	P _{2c} 、P _{2m2}	495~435	含燧石结核灰岩	III	0.13-0.45	中等	矿区西南
	栖霞—黄龙灰岩溶洞裂隙含水岩组	P _{1q} 、C _{2h}	134~200	含燧石结核灰岩、炭质灰岩石、含白云质灰岩石	IV	0.9-1.15	强	矿区西北、北部
弱裂隙水	五通纱帽弱裂隙含水岩组	D _{3w} 、S _{3s}	140~170	含砾石石英砂岩、石英粗砂岩	V	0.07	贫乏-中等	北矿带矿体底板
	花岗闪长斑岩弱裂隙含水岩组	γδπ		花岗闪长岩	VI	0.099	中等	矿区中部

矿区断裂构造主要有三组：NEE 向层间断裂；NNW——NW；NNE——NE 向平移断裂。均为成矿前断裂，后期仍有活动。

NNE 向层间断裂规模较大的有 F_{II-11}、F_{II-12} 和 F_{II-2} 三条。其中 F_{II-11} 断层产于矿区北部泥盆系和石炭系之间；F_{II-12} 断层发育于黄龙和栖霞两层位间；F_{II-2} 断层产于矿床西南部大冶页岩与大冶灰岩之间。这三条断层在灰岩含水层内不形成单独地下水系，断裂带地下水随着主要含水层的疏干而疏干。由于断裂带透水性不均，矿坑遇到导水性好的地段时可能导致矿坑突水。不过在矿坑超前疏干的情况下，其水文地质意义不大。

NNW——NW 和 NNE——NE 向向斜断层：发育规模较大，具水文地质意义的有 F₁、F₂、F₁₁、F₁₂、F₂₆、F₂₇ 等。F₁、F₂ 断层位于矿区北部 79 线附近，平行分布，断层规模相近，均属于平移正断层。它们切断的地层有二叠、石炭、泥盆、志留系。由

于断层层间错动，使弱含水组和强含水组相互接触，加之两断层之间及西部岩溶相对不发育，造成北矿带西部相对弱透水层地段。F₁₁断层属平移左错正断层，F₁₂属平移右错正断层。F₁₁断层位于 80 线，F₁₂断层位于 90——100 线之间。沿这两条断层及断层之间，有岩浆岩侵入，加上岩石破碎，风化剧烈，泥质含量高，形成该两断层之间弱透水地段，构成东阻水体。F₂₆、F₂₇两断层，分别位于矿区西部 239 线至 159 线和 139 线之间。两断层均属平移左错正断层，切断了三叠、二叠、石炭、泥盆和志留系地层，破坏了大冶页岩隔水层，导致矿区西部郭桥一带和西南部汉老岭背斜溶洞裂隙水与三叠系灰岩溶洞裂隙水取得联系。

自然条件下，地下水总体径流方向由西向东，以赤湖、地表溪流、泉水为排泄口，矿区位于地下水的径流带上，地下水主要受大气降水补给。

由于矿山疏干排水，矿坑排水成为地下水主要的排泄方式，而矿区内泉点大部分干涸。矿区东部地下水径流方向发生了改变，由自然状态下的由西向东转变为由东向西，于是自然状态下原为排泄区的地下水将随着矿山疏干排水而变为补给区。但总体上讲，矿区矿坑充水还是受到大气降水的严格控制。矿山的疏干排水，形成了以坑道为中心的地下水疏干降落漏斗，随着矿山开采水平的不断下降，降落漏斗不断向外扩展。矿床水文地质结构决定了各含水层地下水疏干漏斗扩展情况。I 含水层疏干漏斗扩展较远，其长轴方向与走向一致，呈舒缓状；II 含水层在东部受花岗岩体影响扩展小；III 含水层受岩脉、断层及东西阻水体影响扩展范围小，在剖面上呈“U”字型；其余弱含水层影响范围更小。特定的含水组（层）结构，在自然状态下，似是统一的含水层，当开采疏干到一定深度后，出现不同含水组（层）不同的疏干程度，也出现个含水层地下水各自的活动特征，并将随着开采疏干的加深，这种特征更加突出。

2.7 工程地质条件

评估区岩石有志留系、泥盆系粉砂岩、石英砂岩（志留系中统罗惹平组（S21）泥岩、页岩仅在评估区北部边缘有少量分布）；石炭、二叠、三叠系灰岩；第四系粘土、亚粘土、碎石；燕山期侵入体（花岗闪长斑岩为主），以及大理岩、矽卡岩等蚀变岩石。主要工程岩类特征如下：

1、粉砂岩

为新主井上部及其场地边坡的主要岩石类型。据地质勘探钻孔资料，风化深度一般在 15m 左右，风化带内岩石较为破碎，未受风化的岩石除局部构造破碎带外一般较为完整坚硬，岩芯以碎块状为主。据新主井勘探资料，厚度 127.57m，岩石弱风化至微风化，岩芯坚硬破碎，一般呈碎块状、短柱状，岩芯平均采取率 45.70%，岩石 RQD 值为 8.62%，节理裂隙和层理发育，从岩芯测得线裂隙率 13.7 条/m，裂隙面光滑平直，无或少有充填，铁质浸染，裂隙宽度 0.2mm~8.5mm，岩块的单轴抗压强度 27.2Mpa，饱和抗压强度 19.7Mpa，软化系数 0.72，抗剪强度指标 C 为 6.7 Mpa，内摩

察角 φ 为 40.9° 。

2、石英砂岩

新主井最主要工程岩组，据新主井勘探资料，累计厚度达 565.36 m，岩芯呈块状、短柱状、柱状，平均采取率 67.66 %，岩石 RQD 值为 36.17%，节理裂隙发育，裂隙面平直光滑闭合，裂隙宽度 0.1mm~0.5mm，最大宽度 5.0mm，基本由黄铁矿充填胶结，从岩芯测得线裂隙率 11.8 条/ m，岩块单轴抗压强度 77.35Mpa，饱和单轴抗压强度 70.70Mpa，软化系数 0.91，抗剪强度指标 C 为 19.64 Mpa，内摩擦角 φ 为 39.5° 。该层岩石还是北矿带矿体下盘直接围岩，普遍发育不同程度的硅化，使岩石变硬，从北矿带坑道调查观察，除构造破碎带内存在掉块、片帮现象，需要支护外，一般稳定坚固，完整岩石抗压强度 69.04~258.31 Mpa。

3、花岗闪长斑岩：是南矿带矿体主要的围岩之一，据地质勘探资料南矿带中心的花岗闪长斑岩岩株及其外侧的岩枝，一般风化深度在 -40m，风化带内岩石结构松散；-40m 标高以下，岩石渐变为坚硬，坑道观察未风化岩石稳定坚固。花岗闪长斑岩还是新主井重要工程岩组之一，据新主井勘探资料，岩芯完整呈柱状，岩芯采取率 75.85 %，岩石新鲜未风化，RQD 值为 57.71%，柱状裂隙中有黄铁矿化，岩块单轴抗压强度 90.7Mpa，饱和单轴抗压强度 75.8Mpa，软化系数 0.84，抗剪强度指标 C 为 12.76 Mpa，内摩擦角 φ 为 41.3° 。

4、灰岩

矿体的主要围岩之一，岩芯为柱状、块状，岩石致密，节理裂隙发育较少，且多为方解石充填。抗压强度 74.63~107.87 Mpa，坑道一般无需支护。灰岩虽然坚硬，但层间有页岩、煤系等软弱夹层存在，在地质构造及岩溶作用下，还有断裂、挤压破碎带、岩浆岩侵入接触破碎带、溶蚀破碎带存在，因此仍存在不良工程地质问题。据钻孔资料，钻探遇到软弱夹层及各种破碎带时，孔内易于垮塌、掉块，岩芯多为块状或碎块、碎屑与泥质混合物，坑道揭露时出现冒顶、溃塌、片帮等。

5、第四系松散、松软岩类

主要包括坡积粘土、碎石和溶蚀洼地堆积物。

中、上更新统坡积碎石、粘土在评估区内广泛分布，厚度从几厘米至上百米不等，平均厚度约 16m。上部为粘土、亚粘土，下部含有碎石。粘土孔隙比 0.67，压缩系数 $0.007\text{cm}^2/\text{kg}$ ，内聚力 $0.7\text{kg}/\text{cm}^2$ ，内摩擦角 φ 为 33.5° ，含碎石地段一般粘结性较好。

溶蚀洼地堆积物主要分布于矿体附近灰岩溶蚀洼地内，为中、上更新统残坡积的粘土、亚粘土夹碎石。碎石成份有灰岩、燧石、褐铁矿、岩浆岩，偶见砂岩、石英岩卵石。岩心状态为土柱状或松散状。粘土较多的地段，重力滑动面较发育，该滑动面易于造成坑道冒顶垮塌，遇水则易于崩解成泥流，致使坑道支护不易或导致地面下陷。在含碎石多的地段含水量比较高，使水泥支护也出现坑壁扭裂或下沉。

总之，矿体围岩包括未风化的岩浆岩、灰岩、大理岩、矽卡岩、石英砂岩等，均

属坚固岩类，坑道无需支护。然而，在褶皱、断裂、岩浆岩侵入、风化、溶蚀等多种内外地质营力的作用下，它们受到较大程度的破坏，形成多种不良工程地质体。例如，北矿带矿床顶板有断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉。这些不良工程地质体一般总厚度 35 米，沿倾向最大延深可达-350m 标高以下。南矿带沿接触带矿体附近有接触破碎带、溶蚀破碎带、溶洞堆积物、风化破碎带等。平面宽窄不一，一般延深达-40m 标高。矿床外缘灰岩分布区有隐伏溶蚀洼地、溶洞、裂隙发育带。这些不良工程地质体的存在，可使坑道出现冒顶、溃涌、片帮、下沉等不良工程地质现象，同时在地下水疏干过程中还可能引起地面塌陷。

2.8 地质灾害发育与分布特征

根据本次调查访问，评估区内地面塌陷、滑坡、泥石流等地质灾害均有一定发育，其发育现状及分布特征分述如下：

一、地面塌陷的发育现状及特征

本次评估收集调查塌陷与塌陷 24 个，但这仅仅是矿区塌陷与塌陷的一小部分，据矿区资料及调查访问，迄今为止仅岩溶塌陷或塌陷数估计已在 50 个以上。资料显示最早的塌陷发生于 1972 年，通过调查访问最新的塌陷发生于 2004 年。根据塌陷的成因可分为三种类型：（1）疏干岩溶塌陷 分布于灰岩内，灰岩可以是裸露的，也可以是被第四系覆盖。90 年以后发生的地面塌陷与塌陷多属这种类型，但在 90 年以前这类塌陷所占的比例较小，本次调查访问的 006 号塌陷（86 年发生）为北矿带疏干排水引起。（2）坑道冒顶造成的塌陷或塌陷 这类塌陷多发生于 90 年以前，开采标高在 -40m 标高以上。按其发生的地质环境条件，又可进一步划分为两种类型，一类为风化岩浆岩内坑道冒顶造成的塌陷，这类塌陷在南矿带出现较多，一般是岩浆岩风化岩土状、松散状，遇水后呈泥流向坑道溃涌，引起地表塌陷。如本次收集的 10、13 号塌陷属于这种类型；另一类是接触破碎带冒顶引起的地面塌陷，接触破碎带的塌陷主要是接触带外侧灰岩溶洞裂隙含水层的水压作用造成。本次收集的 1、2、3、4、6、8 号等塌陷均属于此类。（3）采空塌陷 这类塌陷发生于 90 年以前，分布于北矿带崩落法开采移动盆地边界附近。如本次收集的 4、5、11、12、15 号等塌陷属于此类。

评估区在 1990 年以前主要以冒顶塌陷和破碎带塌陷为主，伴随少量岩溶塌陷。自 1989 年矿山采用充填法采矿以后，采空塌陷得到有效控制，1990 年以后，随着地下水的不断疏干，地下水降落漏斗的不断扩大，岩溶塌陷成为主要的塌陷类型。这在地面塌陷的平面分布上也非常明显，即 1990 年以前的地面塌陷主要分布在南、北矿带矿床附近，而 1990 年以后的地面塌陷则主要分布在矿床外围，疏干影响边界内之动力水位已降至基岩面以下在第四系土层与基岩接触带上下波动。

评估区岩溶塌陷主要以圆形为主，直径在数米到十数米不等，深度 1~5m，塌陷造成塌陷区房屋、水塘、农田、路基等不同程度的破坏。据矿区资料，迄今为止岩溶

塌陷塌洞数估计已在 50 个以上，多以单个塌陷的形式出现，总体上呈带状分布，但个别地段以塌陷群的形式出现，如发生在大屋周家的塌陷群。大屋周家塌陷群发生于 1994 年，共有 6 个塌陷：其中 3 个较小，直径在 4m 左右，深度 1m 左右；3 个较大，直径达 10m 左右，深度 2m 余。该塌陷群长轴方向大致为 330°，造成大面积农田沉陷，经填实后，又反复塌陷数次。目前，评估区全部岩溶塌陷经粘土碎石填实后，未再次发生塌陷。总体上，评估区岩溶塌陷较为发育，随着地下水疏干降落漏斗的不断扩大，塌陷还将继续，范围将不断扩大。

二、崩塌、滑坡的发育现状及分布特征

根据本次调查、访问，评估区内主要滑坡或滑坡隐患共 3 处（编号 2013、2014 和 2016）。

滑坡调查点 2013：位于崩落法采空区西北缘，松林山南坡西段（西风井南）。滑坡时间 1987 年，主滑方向 160°，滑体规模 $30 \times 40 \times 2 = 2400\text{m}^3$ ，滑体性质为岩质滑坡，风化层内滑动，滑面形状为线形，滑面倾角 20°~40°，顺层滑动，滑面冠趾高差约 35 米，滑壁后缘高约 2m，残坡积层厚 0.1~0.3m，基岩为粉砂岩，产状 $160^\circ \angle 50^\circ$ ，强风化层厚 10~20m，自然坡高 45 米左右，自然坡度约 30°，人工切坡高约 20m，切坡坡度约 70°，底部原为开采 49 线 Pb、Zn 矿露天采坑，采坑现已充填。主导诱发因素为人工切坡开挖过陡，过高，发展趋势不稳定，植被以灌木为主，覆盖率 90%。滑体后缘发育有多条拉张裂缝，裂缝走向 70°~80°，最大宽 30~40cm，可见深 1.5m，附近为采空沉陷区，无建筑物，对人民的生命财产不会造成危害。

滑坡调查点 2014：位于崩落法采空区西北缘，松林山南坡东段。滑体后缘开裂，但尚无明显滑移，为滑坡隐患点，开裂时间 1987 年。自然坡高 55 米左右，坡度 15°~30°，残坡积层厚 0.3~3m，基岩为粉砂岩，产状 $160^\circ \angle 50^\circ$ ，裂缝发育于坡面中上部（标高 90~130 米），裂缝走向 80°~45°，长约 260m，张开宽 10~20cm，落距 1~5m。植被以松灌为主，覆盖率约 90%。诱发因素为崩落法采矿引起地面沉降诱发地表裂缝，发展趋势稳定性差，局部已产生小型滑坡（ $5 \times 10 \times 1 = 50\text{m}^3$ ），滑坡隐患体规模 $40 \times 250 \times 1.5 = 15000\text{m}^3$ 。

滑坡调查点 2016：位于崩落法采空塌陷区北缘，吴家金矿露采边坡东部。滑坡时间 2005 年 9 月 3 日，主滑方向 170°，滑体规模 $40 \times 30 \times 1 = 1200\text{m}^3$ ，滑体性质为岩质滑坡，沿层面为主，后缘沿裂隙面有尚未下滑的危岩体，滑面平直，倾角 50°，滑面冠趾高差 60m，人工切坡高 70~80m，切坡坡度约 60°，自然边坡高 100 米，坡度 34°，植被以灌木为主，覆盖率 50~60%，残坡积层厚几十厘米至几米不等，基岩为粉砂岩，产状 $160^\circ \angle 50^\circ$ 。诱发因素为人工切坡和降雨，发展趋势稳定性差。

除此之外，矿区外围也偶见小型滑坡，该类滑坡往往发育于沟谷两侧第四系或强风化层较厚处，由于沟谷中流水侵蚀切割作用，使局部地段边坡过陡，过陡边坡在暴雨和重力作用下失稳，诱发滑坡。这类滑坡一般规模较小，从几十到几百立方米。

由上可见,评估区已有滑坡按诱发因素的不同可分为两种类型,一类为自然滑坡,这类滑坡分布于采矿崩落边界范围之外,规模小,从几十到几百立方米,诱发因素主要是降雨,尤其是暴雨,与人类工程活动基本无关。另一类滑坡与人类采矿工程活动关系密切,主要分布于笔架山—武山寺山脉南坡,崩落法采矿引起的地面沉降和露采人工切坡是该类滑坡发生的根本原因,暴雨则是该类滑坡发生的导火线。

三、 泥石流发育现状及特征

根据本次调查、访问,评估区内发现沟谷泥石流共 3 处(编号 2008、2011 和 2012)。

武山观下沟谷泥石流(编号 2008):于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流,泥石流类型:水石流,规模: $40 \times 20 \times 1 = 800\text{m}^3$,最大粒径: $80 \times 40 \times 50\text{cm}^3$,一般粒径: $20 \times 20 \times 20\text{cm}^3$,分布特征:沿沟谷分布,流域相对高差: 255m,汇水面积: 0.25km^2 ,沟谷纵坡度:形成区 $25^\circ \sim 30^\circ$,流动区 $21^\circ \sim 23^\circ$,堆积区 $3^\circ \sim 5^\circ$ 两侧山体坡度: $30^\circ \sim 45^\circ$,残坡积层厚:坡麓 1-4m,坡面约 0.3m。基岩裸露,岩性为粉砂岩,产状 $148^\circ \angle 49^\circ$ 。节理裂隙发育,(1)产状 $335^\circ \angle 37^\circ$,间距 3 条/m,可见长 50cm;(2)产状 $130^\circ \angle 35^\circ$,间距 3 条/m,延伸长 3m 左右,闭合状;(3)产状 $350^\circ \angle 70^\circ$,间距 3 条/米,可见长 50-60cm,闭合状。水石流物质来源:山体中上部滑坡,沟床陶蚀。植被:以灌木为主,覆盖率 60~70%。沿程补给比约 30%。冲沟方向约为 250°

西风井北面沟谷泥石流(编号 2011):于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流,泥石流类型:水石流。分布特征:堆积区与补给区相连,前缘水石流堆积物呈扇形分布,冲沟中上部为西风井开拓时排土,土体前缘相对高差约 40 米,前缘自然安息角约 45° ,土体上表面面积 $50 \times (3-15) \text{m}^2$ 。规模:堆积扇扩散角约 25° ,扇长 40m,平均厚度 0.5m,方量约 175m^3 ,最大粒径: $50 \times 40 \times 30\text{cm}^3$,一般粒径: $10 \times 10 \times 10\text{cm}^3$,流域相对高差: 78m,汇水面积: 0.06km^2 ,沟谷纵坡度:上部 15° ,中下部 $3^\circ \sim 10^\circ$,两侧山体坡度约 25° ,自然山坡基本稳定,崩塌、滑坡不发育,但偶见小型滑坡 ($30 \times 20 \times 1 = 600\text{m}^3$),残坡积层厚: 0.5~1m。基岩岩性为粉砂岩,产状 $150^\circ \sim 160^\circ \angle 50^\circ \sim 58^\circ$ 。植被:以松树、灌木为主,覆盖率约 90%,沿程补给比:约 5~10%,冲沟方向:正北方向

笔架山下沟谷泥石流(编号 2012):于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流,泥石流类型:水石流,分布特征:呈扇形分布,规模:堆积扇扩散角约 30° ,扇长约 30m,平均厚度 1.5m,方量约 353m^3 ,最大粒径: $120 \times 40 \times 50\text{cm}^3$,一般粒径: $10 \times 10 \times 10\text{cm}^3$,流域相对高差: 193m,汇水面积: 0.014km^2 ,沟谷纵坡度:形成区约 35° ,流动区 $10^\circ \sim 20^\circ$,堆积区 $<5^\circ$,两侧山体坡度:上陡下缓,上部约 $35^\circ \sim 38^\circ$,下部 $25^\circ \sim 30^\circ$ 。自然山坡较稳定,未见崩塌、滑坡现象;残坡积层:坡麓地带以碎石为主,厚 1~2m,上部为含碎石粘性土,厚约 0.3~0.5m;基岩岩性为粉砂岩,产状 $160^\circ \angle 49^\circ$;植被:以松树、灌木为主,覆盖率约 90%;沿程补给比:约 10%;冲沟方向:下部 70° ,中上部 110° 。

由上可见,评估区内已有泥石流灾害的诱发因素主要是降雨,泥石流物质来源主要沟谷中、上部自然滑坡和流水对沟床的陶蚀作用。

2.9 人为工程活动对地质环境的影响

据调查,评估区内人为工程活动主要是采矿工程活动,对地质环境的影响主要有:

北矿带分段崩落法地下采空区引起地面塌陷。北矿带 1984 年 9 月投产,至 1990 年 8 月完成采矿改造工程之前采用分段崩落法采矿,之后改造为水平进路充填采矿法。分段崩落法形成开采移动盆地,地表沉降,使桔树吴(已搬迁)、周家(尚有部分居民未搬迁)等居民区房屋出现裂缝,并形成了吴家金矿人工高陡边坡的雏形,还使移动盆地西北缘山体(松林山南坡)开裂,形成滑坡或滑坡隐患。

露采切坡破坏植被,形成人工高陡边坡。评估区露采切坡形成的人工高陡边坡主要有两条。一条是吴家金矿露采切坡,位于崩落法移动盆地北缘,人工边坡宽约 690m,高 70-80m,坡角约 75°。野外调查在其东段已发生小型滑坡,稳定性差;另一条位于崩落法采空区西北缘,松林山南坡的西段,为铅锌矿露采边坡的上缘,底部采坑已充填,切坡宽约 320m,高约 20m。野外调查已诱发滑坡,发展趋势不稳定。

废石场、尾矿库破坏植被、压占土地。地下开采疏干排水引起岩溶塌陷等。

总之人为工程活动对地质环境影响较大。

第三章 矿区地质灾害危险性现状评估

3.1 崩塌、滑坡危险性

根据本次调查、访问，评估区内未发现崩塌，发现滑坡或滑坡隐患共 3 处。它们均分布于崩落法采空地面塌陷区北缘，即笔架山-武山寺山脉南坡，与采空区引起的地面沉降、露采人工切坡及暴雨有关。发展趋势稳定性差。因此，崩落法采空地面塌陷区北缘，即笔架山-武山寺山脉南坡是滑坡的危险地段。附近为采空沉陷区，无建筑物和重要工业设施，对拟建工程危险性较小。

3.2 自然斜坡稳定性

根据评估工程设置与地貌特征，对评估工程的安全与稳定有影响的自然斜坡主要有 6 条，编号分别为 A-A'、B-B'、C-C'、D-D'、E-E'和 F-F'。

A-A'斜坡：位于新主井平窿出口，斜坡高 14m，坡度约 30°，坡向 185°。坡型呈阶梯状，残坡积层厚约 30~50cm，为含碎石粘性土，平窿口上部边坡局部存在滚石，影响平窿口安全，好在平窿口混凝土门楼可拦截滚石。对平窿出口起防护作用植被覆盖率 80~90%，以灌木为主。基岩为细砂至粉砂岩，产状 $142^{\circ}\angle 58^{\circ}$ 。地质分析斜坡基本稳定性。

B-B'斜坡：位于尾砂坝左坝肩，相对高差约 18m，坡向 80°，坡度 32~33°，坡脚人工切坡高约 4—5m，坡度约 70°。残坡积层厚 30~40cm，为含碎石粘性土，植被覆盖率约 90%，强风化层厚度约 3~5m，分布不均。基岩为砂岩夹页岩薄层，产状 $170^{\circ}\angle 49^{\circ}$ 。为岩土混合坡，地质分析斜坡基本稳定。

C-C'斜坡：位于主井平窿入口，坡顶为主井口，自然坡高约 35 米，坡度约 35°，坡向 305°，残坡积层厚约 30~50cm，为含碎石粘性土，植被覆盖率约 40%，以灌木为主。下伏基岩为粉砂岩，产状 $150^{\circ}\sim 160^{\circ}\angle 48^{\circ}\sim 71^{\circ}$ ，局部存在人工切坡，坡高一般在 2~3m 以下，从人工切坡处看，基岩节理裂隙发育，主要有四组：（1）产状 $225^{\circ}\angle 70^{\circ}$ ，节理面平直光滑，闭合状，可见长 1.5m，间距为 1~2 条 / 米；（2）产状 $240^{\circ}\angle 70^{\circ}$ ，节理面微波状，张开宽 1—2mm，钙质充填，可见长 6 米，间距为 1 条 / m；（3）产状 $155^{\circ}\angle 60^{\circ}$ ，节理面较平滑，微张开，钙质充填，可见长 6m，间距 3~4 条/m；（4）产状 $5^{\circ}\angle 35^{\circ}$ ，节理面平直光滑，闭合状，延伸长 1.5m，间距为 1 条 / m。为岩土混合坡，地质分析斜坡基本稳定。

D-D'斜坡：位于北副井平窿入口，坡高约 20m，坡度约 10°，坡向 250°，斜坡结构类型为斜向坡，残坡积层厚 0.3~1m，为含碎石粘性土。下伏基岩为粉砂岩，产状 $150^{\circ}\angle 48^{\circ}$ ，植被以乔、灌木为主，覆盖率约为 90%。坡脚人工切坡高 2.5~3 米，坡度 70°，人工衬砌。为岩土混合坡，地质分析斜坡稳定性中等。

E-E'、F-F'斜坡：为尾砂库 2# 坝库岸边坡，坡高 50~60m，坡度 25~30°，坡向与岩层倾向垂交，残坡积层厚 0.3~1m，为含碎石粘性土，植被覆盖率约 80%，强风化层厚度约 3~5m。基岩为粉砂岩、细砂岩和石英砂岩，产状 160°∠54°。地质分析斜坡稳定性中等。

自然岩土混合斜坡稳定性评估标准见表 3.1，评估结果见表 3.2。由表 3.2 可知，拟建工程周边自然斜坡稳定性中等。

表 3.1 自然岩土混合斜坡稳定性量化评估标准表

评估因素	权重	因子量级划分					
		差		中		好	
		特征	分值	特征	分值	特征	分值
斜坡坡度(度)	0.16	>50	4.8	30~50	3.2	<30	1.6
斜坡高度(m)	0.10	>50	3.0	20~50	2.0	<20	1.0
斜坡结构类型	0.15	顺向坡	4.5	斜向坡	3.0	逆向坡、块状坡	1.5
裂隙发育程度 岩体结构类型	0.14	发育散、碎块状	4.2	较发育块状、层状	2.8	不发育、层状、块状、块体状	1.4
软弱夹层	0.17	有	5.1	不连续	3.4	无	1.7
强风化带厚度(m)	0.13	>10	3.9	5~10	2.6	<5	1.3
残坡积层厚度(m)	0.15	>6	4.5	3~6	3.0	<3	1.5
备注：斜坡稳定性按总分值（D）大小分级： D≥23.4 分，稳定性差；16.7<D<23.4 分，稳定性中等；D≤16.7 分，稳定性好							

3.3 已有人工边坡的稳定性

评估区已有人工切坡三段，其中两段为本期改扩建工程形成，它们分别为新主井人工高陡边坡（a-a'）和选厂南新主井平窿至选厂隧道出口处人工边坡（b-b'），另一段为五家金矿采坑北缘人工高陡边坡（c-c'）。

三段人工切坡均为岩质坡，依据工程地质分析定性判定其稳定性。

新主井人工高陡边坡（a-a'）：位于主井北约 50m 处，为本期改扩建工程项目之一，是新开挖的人工边坡。自然边坡坡高约 100m，坡度约 28°。残坡积层厚度约 0.3m，为含碎石粘性土，坚硬状，植被以灌木为主，覆盖率约 90%。人工边坡呈半椭圆弧状，可分为东端和北端，东端（边坡主体）长 65~100m，坡向 260°，坡高 20~33m，边坡

角约 65°；北端长约 30~40m，坡向 160°，坡高 16~25 米，边坡角约 60°。基岩为粉砂岩，产状 155°~160°∠49°。主要节理有四组：（1）产状 155°∠48°，节理面较光滑，含铁、锰质膜（充填物），延伸长 3~5 米，间距为 3 条 / m；（2）产状 80°∠47°，节理面较光滑，张开宽 1—2mm，含铁、锰质充填物，延伸长 3m，间距为 3~5 条 / m；（3）产状 175°∠60°，节理面平滑，闭合状，延伸长 3~4m，间距 3 条/m；（4）产状 245°∠46°，节理面平直光滑，闭合状，延伸长 3m，间距为 3 条 / m。此外，人工边坡面见一与人工坡向反向斜交断层，产状 50°∠49°，破碎带宽 50~80 厘米。该边坡东端虽然层面产状与人工边坡倾向斜交，但存在多组外倾组合结构面，且组合结构面倾角小于边坡角，而大于摩擦角（41°），存在因楔体破坏，导致局部崩滑的可能；边坡北端为顺向坡，层面倾角小于边坡角，且存在多组外倾组合结构面，边坡稳定性差，对主井工业场地存在安全隐患。建议放坡至 45°~50°，并喷射混凝土等方法护坡。

表 3.2 自然岩土混合斜坡稳定性评估结果表

评 估 要 素	A-A' (新主井平窿口)		B-B' (尾矿库 1# 坝左坎肩)		C-C' (主井平窿口)		D-D' (北副井平窿口)	
	特征	分值	特征	分值	特征	分值	特征	分值
斜坡坡度(度)	30	3.2	32~33	3.2	35	3.2	10	1.6
斜坡高度(m)	13~14	1.0	18	1.0	35	2.0	20	1.0
斜坡结构类型	斜向坡	3.0	斜向坡	3.0	逆向坡	1.5	斜向坡	3.0
裂隙发育程度 岩体结构类型	较发育 层状	2.8	较发育 层状	2.8	较发育 块状、层状	2.8	较发育 层状	2.8
软弱夹层	有	5.1	有	5.1	有	5.1	有	5.1
强风化带厚度 (m)	<5	1.3	3~5	1.3	<5	1.3	<5	1.3
残坡积层厚度 (m)	0.3~0.5	1.5	0.3~0.4	1.5	0.3~0.5	1.5	0.3~1	1.5
总 分 (D)	17.9		17.9		17.4		16.3	
稳 定 性	中等		中等		中等		中等	

新主井矿石仓(+110m)至选矿厂胶带运输隧硐出口处人工边坡 (b-b')：位于选厂东，为新主井平窿至选厂隧道工程新切人工边坡。自然边坡高约 30m，坡度约 25°，植被以灌木为主，覆盖率约 90%。人工边坡切坡高约 23m，坡向 342°，坡度 70°~80°，

残坡积层厚 20~30cm，强风化层厚 3m 左右。基岩为中厚层状含铁质石英细砂岩，产状 $160^{\circ}\angle 50^{\circ}$ 。主要节理有四组：（1）产状 $330^{\circ}\angle 40^{\circ}$ ，裂面闭合，可见长 5m，间距为 1 条 / m；（2）产状 $245^{\circ}\angle 80^{\circ}$ ，节理面平滑，闭合状，可见长 10m，间距为 3~5 条 / m；（3）产状 $20^{\circ}\angle 70^{\circ}$ ，节理面平滑，闭合状，可见长 1m，间距 2~3 条/m；（4）产状 $240^{\circ}\angle 50^{\circ}$ ，节理面较光滑，闭合状，可见长约 3m，间距为 2~3 条/m。该边坡虽然存在多组外倾结构面，但该组结构面线密度较稀，裂面闭合，岩体坚硬、完整，层面产状与人工边坡倾向逆交，边坡基本稳定。

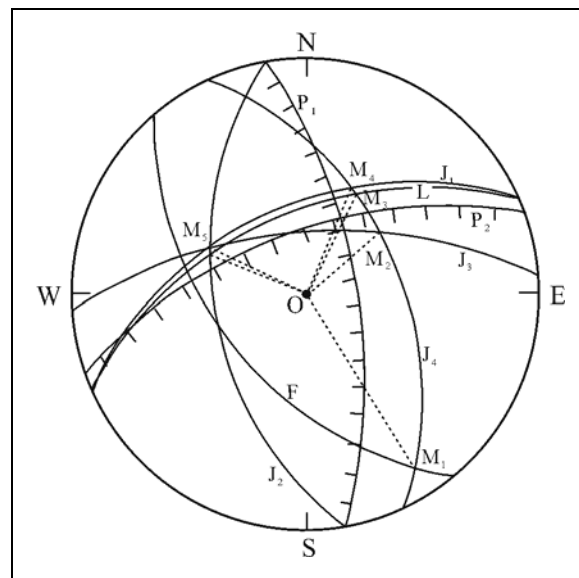


图 3.1 新主井场地人工岩质边坡稳定性分析图

节理：J₁： $155^{\circ}\angle 48^{\circ}$ ；J₂： $80^{\circ}\angle 47^{\circ}$ ；J₃： $175^{\circ}\angle 60^{\circ}$ ；J₄： $245^{\circ}\angle 46^{\circ}$ 。层面：L： $155^{\circ}\sim 160^{\circ}\angle 49^{\circ}$ 。切坡：P₁（主体）： $260^{\circ}\angle 65^{\circ}$ ；P₂（北端）： $160^{\circ}\angle 60^{\circ}$ ；断层（位于 P₁ 内）：F： $50^{\circ}\angle 49^{\circ}$ 。M₁~M₅：结构面组合交点。

五家金矿采坑北缘人工高陡边坡（c-c'）：北矿带矿体顶部 Fe 矿层富含 Au，吴家金矿露天开采 Fe 矿层中的 Au，形成人工高陡边坡。此外、该边坡上盘为崩落法采矿沉陷区，据调查访问，在吴家金矿露采切坡之前，该边坡岩移现象明显。自然坡高 100m 左右，坡度 25~30°，植被以乔、灌木为主，覆盖率约 80~90%。人工切坡高 70~80m，东西走向长约 690m，坡向 $175^{\circ}\sim 185^{\circ}$ ，坡角约 75°。残坡积层厚 20~30cm，强风化层厚 5~6m。基岩为粉砂岩，产状 $170^{\circ}\angle 70^{\circ}$ 。主要节理有三组：（1）产状 $235^{\circ}\angle 65^{\circ}$ ，裂面比较平直，呈闭合状，延伸长 30m，间距为 2 条 / m；（2）产状 $65^{\circ}\angle 60^{\circ}$ ，节理面平直光滑，呈闭合状，可见长 5m，间距为 0.5~4 条 / m；（3）产状 $155^{\circ}\angle 35^{\circ}$ ，节理面平滑，闭合状，可见长 3 米，间距 0.5~2 条/m。东部见一小型滑坡（2016）。该边坡岩层产状与边坡倾向一致，为顺向坡，还有两组（M1、M2）外倾组合结构面，边坡稳定性差，东部小型滑坡（2006）就是例证。

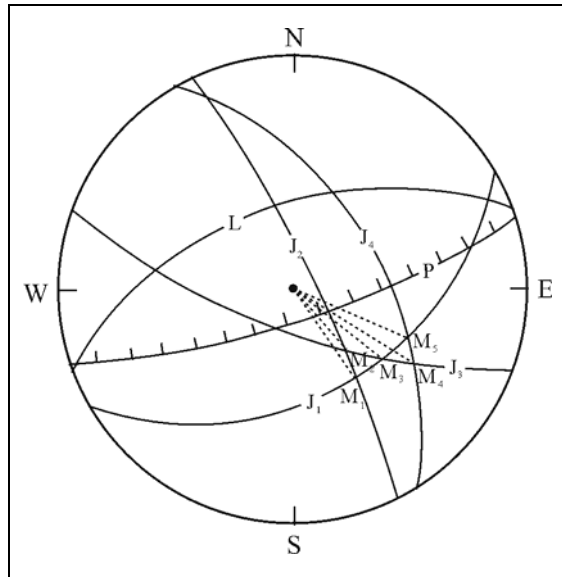


图 3.2 矿石胶带运输隧洞出口处人工岩质边坡稳定性分析图

节理：J1：330°∠40°；J2：245°∠80°；J3：20°∠70°；J4：240°∠50°。层面：L：160°∠50°。
切坡：P：342°∠70°~80°。M1~M5：结构面组合交点。

3.4 地面塌陷易发性

3.4.1 采空塌陷易发性

采空塌陷是由于地下矿层被采空，上覆地层应力平衡状态被打破，当应力集中超过岩石支撑力时，应力获得释放，并逐步发展到地表。XX 铜矿区 1966 年开始基建，

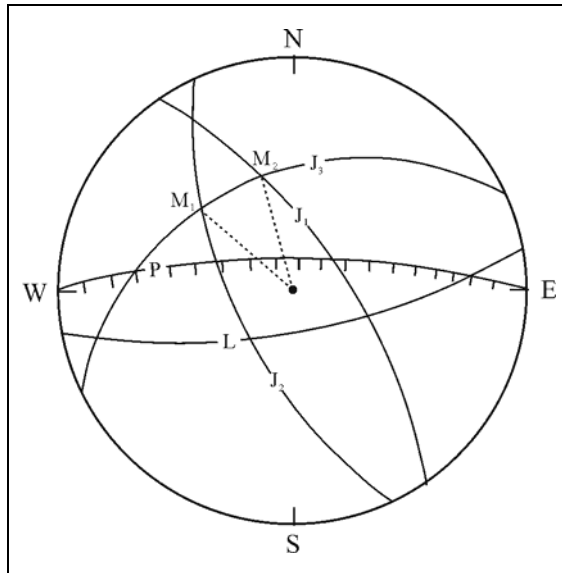


图 3.3 吴家金矿露采人工岩质边坡稳定性分析图

节理：J1：235°∠65°；J2：65°∠60°；J3：155°∠35°。层面：L：170°∠70°。切坡：P：175°~185°∠75°。M1~M2：结构面组合交点。

矿山开采前期采用崩落法采矿，加之对地下水的不断疏干，1972 年矿区开始出现塌陷，塌陷类型主要以冒顶塌陷和破碎带塌陷为主。这些塌陷主要分布在矿床附近，其中冒

顶塌陷主要以规模较小的柱形为主，而破碎带塌陷除断裂破碎带的塌陷规模较大外，其余规模一般较小。从评估区整个塌陷历史来看，采空塌陷主要发生在 1990 年以前，之后由于开采深度的不断加大和采取充填采矿法采矿，基本没有再发生过采空塌陷。目前采空塌陷已全部回填，未再次发生塌陷。根据矿区地质条件及采空塌陷发生的时间和地段来看，早期采空塌陷的形成主要与开采深度较浅和采用崩落采矿法有着密切的关系。

本次深部挖潜扩产改造开采范围为标高-210m~-460m，矿体。在采矿方法方面，矿区北矿带采用下向充填采矿法，矿体厚度大于 8m 时，选用向下分层倾斜六角形进路胶结充填采矿法；南矿带采用分段空场嗣后充填法，对厚度大，稳定性差的矿体也可采用向下分层倾斜六角形进路胶结充填采矿法。由于北矿带矿体向南倾，矿体倾角一般 $56^{\circ}\sim 64^{\circ}$ ，矿体上下盘移动角约 60° ，-210m 标高以下采矿形成的地表移动盆地范围，向北采矿深度的加大并没有过多地扩大采空区暴露面积。对比和-460m 中断平面图不难看出，地下水方面，由于开采深度的扩大，地下水疏干漏斗将进一步扩大，矿区地下水水位将进一步下降，采空区顶部岩层中地下水活动性将进一步减弱。

综合以上分析，随着矿区开采深度的不断加大和采矿方法的不断改进，评估区发生采空塌陷的可能性将进一步缩小。

3.4.2 岩溶塌陷易发性

分析评估区岩溶塌陷的形成机理，须结合第四系盖层岩性、岩溶发育强度及地下水位埋深及疏干情况等方面综合起来考虑。评估区大部分地表都被第四系沉积盖层所覆盖，主要是残积、坡积、洪积及一些混合成因的粘土、亚粘土及粘土砾石，厚度 8~22m，平均厚度 17.5m。盖层的底部有一层 0.5~2.0m 的粘土砾石层，直接覆盖于基底之上，该层砾石胶结程度差，渗透系数大， $K=1.68\times 10^{-3}\text{m/d}$ ，特别有利于潜蚀作用的发生。评估区灰岩包括矿床内 79—160 线间栖霞、黄龙灰岩，9—90 线内长兴、茅口灰岩，南接触带外缘 130m 以内嘉陵江、大冶灰岩三组灰岩及矿床外灰岩，皆为覆盖型灰岩石，分布情况。矿床内栖霞、黄龙灰岩 0 米标高以上岩溶率高达 11.18%；长兴、茅口灰岩 0 米标高以上岩溶率高达 11.3%；嘉陵江、大冶灰岩 0 米标高以上岩溶率高达 4.91%。矿床外围灰岩 0 米标高以上岩溶率为 1.26%。可见，评估区盖层特征与岩溶发育特征为岩溶塌陷提供了物质条件。在自然状态下，粘土盖层在溶洞充填物和地下水的浮托力作用下，处于一种相对平衡状态，岩溶地下水通过不同类型的构造保持补给、径流和排泄的联系。但当矿井进行排水疏干时，整个灰岩地下水流场发生改变，水位非均匀地持续下降，溶洞充填物因发生潜蚀破坏而流动，土洞逐渐在充填物中形成和扩展；随着地下水位进一步持续下降，溶洞开始出现了较大的空腔，浮托力逐渐减小，充填物承受的有效应力逐渐加大。当岩溶水位快速脱离承压含水层的顶板，真空腔形成，粘土盖层不仅受到自身重力作用，同时也受到差压作用，开始局部

破坏，形成了土洞。当土体中各种应力之和超过土体抗剪强度时，盖层土体发生剪切破坏，形成不同形态的塌陷。从塌陷的发生时间、地点及地下水排水疏干情况来看，塌陷的发生与排水疏干有着密切的，尤其矿坑发生突水的情况下，塌陷发生的可能性将大大加大。例如，1989 年的新南副井—210m 水仓进路突水引起西部岩溶塌陷活动；1991 年 4 月的南矿带-80mW9 环突水后 7 天引起曹家大塌陷；1997 年 8 月的南矿带-120m 斜坡道掘进到-90m 标高时突水后 5 天引起黄桥中学塌陷。从岩溶塌陷分布范围不难看出，塌陷发生的地点都在地下水疏干降落漏斗范围内的岩溶发育区，据矿区资料，塌陷的分布范围为 $0.5\sim 0.78R$ (R 为疏干漏斗影响半径)，而且塌陷地点大都在地势相对低洼的地带。对此本评估分析认为，一方面在 $0.5\sim 0.78R$ (影响半径) 范围内，地下水水头值变化快，而且接近地表，说明地下水水动力更强烈，利于潜蚀作用的发生；另一方面地势相对低洼的地段粘土盖层相对更厚，缺少灌木和乔木植被的保护，接近地表的土层结构性更差，更利于土洞的形成与塌陷。

综合以上分析，分别对矿区内三组灰岩区及矿外灰岩区作地面塌陷易发程度评估。地面塌陷易发性评估标准见表 3.3，评估结果见表 3.4，3.5。由表 3.4，3.5 可知，矿床内栖霞及黄龙灰岩分布区、长兴及茅口灰岩分布区、嘉陵江及大冶灰岩分布区岩溶地面塌陷易发程度评估总分分别为 25、26、27 分，为易发区；矿床外围灰岩分布区岩溶地面塌陷易发程度评估总分为 20 分，为较易发区。对评估区非可溶性分布区定性评估为岩溶地面塌陷少发区。

地面塌陷易发区：主要包括：评估区矿床内 79—160 线间栖霞、黄龙灰岩覆盖区；9—90 线内长兴、茅口灰岩覆盖区；南接触带外缘 130m 以内嘉陵江、大冶灰岩三组灰岩覆盖区，总面积 1.772km^2 。根据矿区资料，该区已发生多次岩溶塌陷。区内民用住房主要分布有西部的周家和南部的曹家，其余已搬迁出去。该区还是 XX 铜矿前期（1990 年以前）采空塌陷的易发区和发生区，近十多年来则再没有发生过采空塌陷。

地面塌陷较易发区：该区是近十多年来岩溶塌陷的主要发生区，为矿床外围灰岩分布区，总面积为 17.757km^2 。随着开采深度的增大，地下水疏干降落漏斗的扩展，该区发生岩溶塌陷的可能性非常大。云池口、上熊家村、鄢家墙、肖家埠、南港、北港、黄桥铺、燕昊村、下昊、斑鸠坳、下屋周、老屋下及靠背罗家等位于该区内。

地面塌陷不发区：该区为非灰岩分布区，目前未发生过地面塌陷，根据评估区地面塌陷发育的特点，该区将来发生地面塌陷的可能性很小。庄屋上、矿部及矿区家属区等位于该区内。

表 3-3 岩溶地面塌陷易发程度量化评估标准表

影响因素	权重系数	易 发		较 易 发		少 发	
		地质特征	分值	地质特征	分值	地质特征	分值
第四系覆盖层岩性	1	砂性土	3	砂、粘土互层	2	粘性土	1
第四系覆盖层厚度 (m)	2	<20	6	20~30	4	>30	2
下伏基岩岩性	1	灰岩	3	灰岩夹碎屑岩	2	碎屑岩夹灰岩	1
地面塌陷发育程度	2	多、较多	6	少	4	未见	2
浅部岩溶发育强度 (见洞率、岩溶率)	2	见洞率>60% 岩溶率>10%	6	见洞率 30-60% 岩溶率 2-10%	4	见洞率<30% 岩溶率<2%	2
地下水位	1	变化于基岩 顶面上、下	3	最枯水位高于 基岩顶面	2	最高水位低于 基岩顶面	1
与矿山疏干 工程距离 (m)	1	<800	3	800~1500	2	>1500	1
备注	易发程度依据总分 (D) 大小分级: $D \geq 24$ 易发, $16 \leq D < 24$ 较易发, $D < 16$ 少发						

表 3.4 岩溶地面塌陷易发程度评估结果表

评估区域及特征 评 估 要 素	栖霞、黄龙灰岩分布区		长兴、茅口灰岩分布区	
	地质特征	分值	地质特征	分值
第四系覆盖层岩性	上部为粘性土、下部为粘土砾石层	2	上部为粘性土、下部为粘土砾石层	2
第四系覆盖层厚度 (m)	8-22	6	8-22	6
下伏基岩岩性	灰岩 (较纯)	3	灰岩 (较纯)	3
地面塌陷发育程度 (密度)	少	4	多	6
浅部岩溶发育强度 (见洞率、岩溶率)	见洞率 40.6%, 岩溶率 11.18%	6	见洞率 35%, 岩溶率 11.3%	6
地下水位	最高水位低于基岩顶面	1	最高水位低于基岩顶面	1
与矿山疏干工程距离 (m)	<800	3	<800	3
总 分 (D)	25		27	

3.4.3 坑道冒顶塌陷易发性

坑道冒顶塌陷与断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩

浆岩脉及接触破碎带等不良工程地质体有关，这些不良工程地质向深部呈收缩或尖灭趋势，南矿带不良工程地质体一般在-40m 标高以上尖灭，因此南矿带坑道冒顶塌陷或破碎带冒顶塌陷多在-40m 中段以上开拓时出现，-80m 中段以下开拓时很少出现。北矿带不良地质体沿倾向最大延深可达-350m 标高以下，在不良工程地质体内施工地下硐室（包括井巷）时极易发生片帮、冒顶，从而诱发坑道冒顶塌陷。

表 3.5 岩溶地面塌陷易发程度评估结果表

评估区域及特征 评 估 要 素	嘉陵江、大冶灰岩分布区		矿床外围灰岩分布区	
	地质特征	分值	地质特征	分值
第四系覆盖层岩性	上部为粘性土、下部为粘土砾石层	2	上部为粘性土、下部为粘土砾石层	2
第四系覆盖层厚度（m）	8-22	6	8-22	6
下伏基岩岩性	灰岩（较纯）	3	灰岩（较纯）	3
地面塌陷发育程度（密度）	多	6	少	4
浅部岩溶发育强度 （见洞率、岩溶率）	见洞率 33.75%，岩溶率 4.91%	4	见洞率 22.29%，岩溶率 1.26%	2
地下水位	变化于基岩界面上下	3	最枯水位高于基岩顶面	2
与矿山疏干工程距离（m）	800~1500	2	>1500	1
总 分（D）	26		20	

3.5 沟谷泥石流易发性

泥石流是山区特有的一种自然地质现象。其形成的地质环境条件一是有一定面积便于集水、集物的地形，其次是有丰富的松散物质，第三短时间内有大量水的来源。三者缺一便不能形成泥石流。根据区内地质环境条件和已有泥石流分布，以及矿山建设工程分布，选择以下四条沟谷，分别对其泥石流易发性进行评估。

（1）武山观下沟谷（编号 1-1'）

于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流，泥石流类型：水石流，规模：40×20×1=800 米³，最大粒径：80×40×50 厘米³，一般粒径：20×20×20 厘米³，分布特征：沿沟谷分布，流域相对高差：255 米，汇水面积：0.25 平方公里，沟谷纵坡度：形成区 25°-30°，流动区 21°-23°，堆积区 3°-5°两侧山体坡度：30°-45°，残坡积层厚：坡麓 1-4 米，坡面约 0.3 米。基岩裸露，岩性为粉砂岩，产状 148°∠49°。节理裂隙发育，（1）产状 335°∠37°，间距 3 条/米，可见长 50 厘米；（2）产状 130°∠35°，间距 3 条/米，延伸长 3 米左右，闭合状；（3）产状 350°∠70°，间距 3 条/米，可见长 50-60 厘米，闭合状。水石流物

质来源：山体中上部滑坡，沟床陶蚀。植被：以灌木为主，覆盖率 60-70%。沿程补给比：约 30%。冲沟方向约：250°。根据地质分析及沟谷泥石流易发程度量化评价标准（表 3.6）评价结果（表 3.7）因子得分 77 分，为沟谷泥石流低易发型。

(2) 西风井北面沟谷（编号 2-2'）

于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流，泥石流类型：水石流。分布特征：堆积区与补给区相连，前缘水石，流堆积物呈扇形分布，冲沟中上部为西风井开拓时排土，土体前缘相对高差约 40m 前缘自然安息角约 45°，土体上表面面积 $50 \times (3-15) \text{ m}^2$ 。规模：堆积扇扩散角约 25°，扇长 40m，平均厚度 0.5m，方量约 175 m^3 ，最大粒径： $50 \times 40 \times 30 \text{ cm}^3$ ，一般粒径： $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ ，流域相对高差：78m，汇水面积：0.06 平方公里，沟谷纵坡度：上部 15°，中下部 3°-10°，两侧山体坡度约 25°，自然山坡基本稳定，偶见小型滑坡（ $30 \times 20 \times 1 = 60 \text{ m}^3$ ），残坡积层厚：0.5-1m。基岩岩性为粉砂岩，产状 $150^\circ-160^\circ \angle 50^\circ-58^\circ$ 。植被：以松树、灌木为主，覆盖率约 90%，沿程补给比：约 5-10%，冲沟方向：正北方向。根据地质分析及沟谷泥石流易发程度量化评价标准（表 3.6）评价结果（表 3.8）因子得分 70 分，为沟谷泥石流低易发型。

(3) 楼下周家东北角（笔架山下）沟谷（编号 3-3'）

于 2005 年 9 月 3 日发生泥石流，泥石流类型：水石流，分布特征：呈扇形分布，规模：堆积扇扩散角约 30°，扇长约 30m，平均厚度 1.5m，方量约 353 m^3 ，最大粒径： $120 \times 40 \times 50 \text{ cm}^3$ ，一般粒径： $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ ，流域相对高差：193m，汇水面积： 0.014 km^2 ，沟谷纵坡度：形成区约 35°，流动区 10°-20°，堆积区 <5°，两侧山体坡度：上陡下缓，上部约 35°-38°，下部 25°-30°。自然山坡较稳定，未见崩塌、滑坡现象。残坡积层：坡麓地带以碎石为主，厚 1-2m，上部为含碎石粘性土，厚约 0.3-0.5m。基岩岩性为粉砂岩，产状 $160^\circ \angle 49^\circ$ 。植被：以松树、灌木为主，覆盖率约 90%。水石流物质来源：沟床陶蚀。沿程补给比：约 10%。冲沟方向：下部 70°，中上部 110°。根据地质分析及沟谷泥石流易发程度量化评价标准（表 3.6）评价结果（表 3.9）因子得分 77 分，为沟谷泥石流低易发型。

(4) 新南副井家属区后山坡西北角冲沟（编号 4-4'）

泥石流类型：泥石流(隐患)，分布特征：尚未形成堆积区。流域相对高差：60m，汇水面积： 0.0075 km^2 ，沟谷纵坡坡度：上部 35°-40°，中下部 8°-10°，两侧山体坡度：8°~20°，冲沟方向：呈“Z”形，上段 240°，中段 140°，下段 180°，冲沟顶部原为北坡采石场残留危岩体，于 2005 年 10 月人工崩落为松散土石，最大粒径 $100 \times 80 \times 70 \text{ cm}^3$ ，一般粒径： $30 \times 20 \times 15 \text{ cm}^3$ ，土体前缘相对高差约 8.5m，自然安息角约 45°，平均厚度约 1m，土石方量约 $12 \times 30 \times 1 = 360 \text{ m}^3$ 。冲沟中、上段两侧自然山体稳定，下段两侧见小型滑坡（ $4 \times 20 \times 1.5 = 120 \text{ m}^3$ ），滑坡时间 2005 年 9 月 3 日。残坡积层：中、上部以碎石为主厚 0.5-1m，下部为含碎石粘性土，厚度 >4m。基岩岩性为石灰岩，产状 $160^\circ \angle 50^\circ$ 。植被：以草、灌木为主，覆盖率约 60%。沿程补给比：约 30%。根据地质分析及沟谷泥石流

易发程度量化评价标准（表 3.6）评价结果（表 3.10）因子得分 68 分，为沟谷泥石流低易发型。

表 3.6 沟谷泥石流易发程度量化评价分级标准

影响因素	权重	量级划分							
		严重（A）	得分	中等（B）	得分	轻微（C）	得分	一般（D）	得分
崩塌、滑坡及水土流失（自然的和人为的）严重程度	0.159	崩塌、滑坡等重力侵蚀严重，多深层滑坡和大型崩塌，表土疏松，冲沟十分发育	21	崩塌、滑坡发育多浅层，滑坡和中小型崩塌，有零星植被覆盖冲沟发育。	16	有零星崩塌滑坡和冲沟存在	12	无崩塌、滑坡冲沟发育轻微	1
泥沙沿程补给长度比	0.118	>60	16	60-30	12	30-10	8	<10	1
沟谷泥石流堆积活动	0.108	河流弯或堵塞，大河主流受挤压偏移	14	河形无较大变化，仅大河主流被偏移。	11	河流无变化大河主流在高水偏，低水不偏	7	无河流变化主流不偏	1
沟谷纵坡降（0/00）	0.09	>12° (213)	12	12°- 6° (213-105)	9	6°- 3° (105-52)	6	<3° (<52)	1
区域构造影响程度	0.075	强抬升区 6 级以上地震	9	抬升区，4-6 级以上地震区有中小支断层或无断层	7	相对稳定区 4 级以下地震区有小断层	5	沉降区构造影响小或无影响	1
流域植被覆盖率（%）	0.067	<10	9	10-30	7	30-60	5	>60	1
河沟近期一次变幅（m）	0.062	> 2	8	2-1	6	1-0.20	4	<0.2	1
岩性影响	0.054	软土黄土	6	软硬相间	5	风化和节理发育硬岩石	4	硬岩	1
沿沟松散堆积物储量（104m/Km ² ）	0.054	>10	6	10-5	5	5-1	4	<1	1

表 3.6 沟谷泥石流易发程度量化评价分级标准

续表

影响因素	权重	量级划分							
		严重 (A)	得分	中等 (B)	得分	轻微 (C)	得分	一般 (D)	得分
沟岸山坡坡度 (%)	0.045	>32(625)	6	32-25 (286625-466)	5	25-15 (466-286)	4	<15 (286)	1
产沙区沟槽横断面	0.036	V 型谷, 谷中谷, U 型谷	6	拓宽 U 型谷	4	复式断面	3	平坦型	1
产沙区松散物质平均厚度 (m)	0.036	>10	5	10-5	4	5-1	3	<1	1
流域面积 (Km ²)	0.036	0.2-5	5	5-10	4	10-100	3	>100	1
流域相对高差 (m)	0.030	>500	5	500-300	3	300-100	2	<100	1
河流堵塞程度	0.030	严重	4	中	3	轻	2	无	1
综合评分 D 值		D>114		84<D≤114		40<D≤90		≤40	
易发程度		高易发		中易发		低易发		不易发	

表 3.7 1-1' 沟谷泥石流流量化评估成果表

评估因子	权重	因子特征	得分
崩塌、滑坡及水土流失（自然的和人为的）严重程度	0.159	有零星崩塌、滑坡泥石流存在	12
泥沙沿程补给长度比 (%)	0.118	60-30	12
沟谷泥石流堆积活动	0.108	无河形变化主流不偏	1
沟谷纵坡降 (%)	0.09	>12°	12
区域构造影响程度	0.075	地壳相对活动区，地震烈度 7° 区	9
流域植被覆盖率 (%)	0.067	80-90	1
河沟近期一次变幅 (m)	0.062	1-0.2	4
岩性影响	0.054	全强风化和节理发育的粉砂岩	4
沿沟松散堆积物储量 (104m/Km ²)	0.054	5-1	4

表 3.7 1-1' 沟谷泥石流流量化评估成果表

续表

评估因子	权重	因子特征	得分
沟岸山坡坡度 (°)	0.045	35° -45°	5
产沙区松散物质物平均厚度 (m)	0.036	4-1	3
产沙区沟槽横断面	0.036	平坦型	1
流域面积 (Km ²)	0.036	0.25	5
流域相对高差 (m)	0.030	255	2
河流堵塞程度	0.030	无	2
综合评分 (D) 值			77
易发程度		低易发	

表 3.8 2-2' 沟谷泥石流流量化评估成果表

评估因子	权重	因子特征	得分
崩塌、滑坡及水土流失（自然的和人为的）严重程度	0.159	小型浅层滑坡，有冲沟发育	16
泥沙沿程补给长度比 (%)	0.118	<10	1
沟谷泥石流堆积活动	0.108	无河形变化主流不偏	1
沟谷纵坡降 (%)	0.09	12°	9
区域构造影响程度	0.075	地壳相对活动区，地震烈度 7°区	9
流域植被覆盖率 (%)	0.067	80-90	1
河沟近期一次变幅 (m)	0.062	1-0.2	4
岩性影响	0.054	全强风化和节理发育的粉砂岩	4
沿沟松散堆积物储量 (104m/Km ²)	0.054	5-1	4
沟岸山坡坡度 (°)	0.045	25°	5
产沙区松散物质物平均厚度 (m)	0.036	<1	3
产沙区沟槽横断面	0.036	V 型谷， U 型谷	3
流域面积 (Km ²)	0.036	0.06	5
流域相对高差 (m)	0.030	78	1
河流堵塞程度	0.030	严重	4
综合评分 (D) 值			70
易发程度		低易发型	

表 3.9 3-3' 沟谷泥石流流量化评估成果表

评估因子	权重	因子特征	得分
崩塌、滑坡及水土流失（自然的和人为的）严重程度	0.159	有零星崩塌、滑坡和冲沟存在	12
泥沙沿程补给长度比（%）	0.118	<10	1
沟谷泥石流堆积活动	0.108	无河形变化主流不偏	8
沟谷纵坡降（%）	0.09	25°	12
区域构造影响程度	0.075	地壳相对活动区，地震烈度 7°区	9
流域植被覆盖率（%）	0.067	80-90	1
河沟近期一次变幅（m）	0.062	<0.2	1
岩性影响	0.054	全强风化和节理发育的粉砂岩	4
沿沟松散堆积物储量（104m/Km2）	0.054	5-1	4
沟岸山坡坡度（°）	0.045	30°-35°	4
产沙区松散物质物平均厚度（m）	0.036	<1	1
产沙区沟槽横断面	0.036	V 型谷， U 型谷	1
流域面积（Km2）	0.036	0.014	5
流域相对高差（m）	0.030	193	2
河流堵塞程度	0.030	轻	12
综合评分（D）值			77
易发程度		低易发型	

表 3.10 4-4' 沟谷泥石流流量化评估成果表

评估因子	权重	因子特征	得分
崩塌、滑坡及水土流失（自然的和人为的）严重程度	0.159	有零星崩塌、滑坡存在	12
泥沙沿程补给长度比（%）	0.118	30%	10
沟谷泥石流堆积活动	0.108	无河形变化主流不偏	1
沟谷纵坡降（%）	0.09	18° -20°	12
区域构造影响程度	0.075	地壳相对活动区，地震烈度 7	9
流域植被覆盖率（%）	0.067	80-90	1
河沟近期一次变幅（m）	0.062	<0.2	1
岩性影响	0.054	石灰岩	1

表 3.10 4-4' 沟谷泥石流流量化评估成果表

续表

沿沟松散堆积物储量 (104m/Km2)	0.054	5-1	4
沟岸山坡坡度 (°)	0.045	8° -20°	4
产沙区松散物质物平均厚度 (m)	0.036	5-1	3
产沙区沟槽横断面	0.036	V 型谷, U 型谷	3
流域面积 (Km2)	0.036	0.0075	5
流域相对高差 (m)	0.030	60	1
河流堵塞程度	0.030	无	1
综合评分 (D) 值			68
易发程度		低易发型	

第四章 矿区地质灾害危险性预测评估

4.1 采空地面塌陷预测

4.1.1 采空区地面稳定性预测

一、采空区地面稳定性评估

采空区地面稳定性主要取决于采矿活动特征（开采方式、采深采厚比等）、水文地质、工程地质条件等因素。矿区水文地质条件复杂，矿体围岩不良工程地质体较多，如北矿带矿床顶板存在断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉，矿岩稳固性差；南矿带存在接触破碎带、溶蚀破碎带、溶洞堆积物、风化破碎带；矿床外缘灰岩分布区有隐伏溶蚀洼地、溶洞、裂隙发育带。采空区定性评估为稳定性较差。矿体开采时，移动盆地易诱发采空塌陷。XX 铜矿区采空塌陷和地裂缝主要分布于北矿带，与北矿带崩落法采矿密切相关，主要表现在两个方面：首先其发生时间与崩落法采矿时间密切相关。XX 铜矿 1966 年开始基建，1974 年 6 月北矿带采、选主体工程(日处理 1500t 原矿)相继建成，1984 年 9 月北矿带一期工程正式投产，采矿方法为崩落法（主要为钢筋混凝土假顶分层崩落法，部分为分段崩落法），1989 年二期工程北矿带进行采矿方法改造，采用下向进路式水砂充填采矿法。1972 年矿区开始出现地面塌陷，塌陷类型主要以冒顶塌陷和破碎带塌陷为主，1990 年以后采空塌陷基本控制；其次采空塌陷和地裂缝分布范围与崩落法采矿地表移动范围一致。据观测分析①1986 年前矿区采空塌陷和地裂缝分布范围与地表移动范围一致，由于矿体倾向南东，1989 年采矿方法改造之前的地表移动范围与 1986 年地表移动范围相比，北侧变动不大，向南有所扩展，据此分析 1986 年以后发生的采空塌陷和地裂缝也均落入崩落法采矿地表移动范围之内。矿区采空塌陷和地裂缝与北矿带崩落法采矿之间的密切关系表明矿区采空塌陷和地裂缝主要是由于在北矿带矿岩稳固性较差的情况下，采用崩落法造成的。对采空区进行及时充填，即采用充填采矿法是防治采空塌陷的有效办法。自 90 年代全面采用充填法采矿以后，矿区再没有发生新的采空塌陷，矿区原有采空塌陷也全部回填，回填后未再次发生塌陷。扩产后继续采用充填采矿法开采，预测移动盆地发生地面塌陷的可能性较小。

此外，早期采深采厚比较小也可能是诱发采空塌陷的因素之一。采用崩落法采矿主要在-40m 中段以上，-80m 中段以下已基本改为下向进路式水砂充填采矿方法，-40m 标高采矿时开采平均深度约为 120m，开采平均厚度约为 20m，平均采深采厚比约为 6；-80m 标高采矿时开采平均深度约为 200m，开采平均厚度约为 12m，平均采深采厚比约为 17。一般深厚比小于 20 时，有可能产生极严重的塌陷破坏，地表出现规模大、范围广的裂缝或塌陷等地面变形，深厚比在 20~200 之间时，地表将产生不同程度的变形，深厚比大于 200 时，地表变形“一般很轻”，有可能出现微小裂缝（赵改栋，

1997)。随着开采深度的加大，采深采厚比也将显著加大，对保持地面稳定有利。

二、移动盆地范围预测

本期深部挖潜项目的最高服务中段为-260m 中段、最低服务中段为-460m 中段，两中段采区面积基本一致，约 0.14 km^2 ，其中北矿带约 0.065 km^2 ，南矿带约 0.075 km^2 （见图 4.1）。矿体围岩不良工程地质体较多，如北矿带矿床顶板存在断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉；南矿带存在接触破碎带、溶蚀破碎带、溶洞堆积物、风化破碎带；矿床外缘灰岩分布区有隐伏溶蚀洼地、溶洞、裂隙发育带。采空区定性评估为稳定性较差，根据采深采厚比相对较小的同类矿山开采经验，地下开采将产生地表移动盆地。



图 4.1 滑坡调查点 2016（吴家金矿人工高陡边坡东端）

移动盆地的地面影响区半径的计算，参照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》（2000 年）有关标准，其计算式为 $r=H/\tan\beta$ （ H 为矿体开采深度、 β 为移动角）。根据 XX 铜矿矿体和围岩的性质和采用充填采矿方法，开采移动盆地范围的估计，以上、下盘岩石移动角 β 以 60 度①考虑，松散层中的移动角 ψ 设为 55 度。

4.1.2 移动盆地的危险性预测

矿区地处岩溶侵蚀洼地，矿区水文工程地质条件复杂，预测采空区稳定性较差，移动盆地范围较大，多属采空塌陷易发地段。矿体开采时，移动盆地易诱发采空塌陷。-260m 标高开采水平移动盆地范围内的工业设施有：老南副井、排土场、部分内部矿山公路和小水泥厂。-460m 标高开采水平移动盆地范围内的除以上工业设外还有南

风井、南东风井和武山村充填站，并有周家和曹家村两处居民点。采空塌陷威胁井下采掘人员和上述工程设施，故矿山要严格按开采设计要求进行开采和充填，避免产生采空塌陷。

表 4.1 北矿带勘探线剖面移动盆地计算参数表

勘探线编号		北 59 线	北 80 线	
矿体编号		1Cu1	1Cu1	5Cu
矿体 产状	倾向	165°	165°	165°
	倾角	56° ~64°	56° ~64°	59°
平均厚度（米）		9.2	4.9	3.1
埋藏标高（米）		-396	-460	-372
地面标高（米）		+82	+119	+116
埋深（米）		478	579	488
移动角（松散层/基岩）		55° /60°	55° /60°	55° /60°
采深采厚比		52	118	157
剖面线上的影响区半径		444（-260 米标高）、585 （-460 米标高）	482（-260 米标高）、667（-460 米标 高）	

4. 1. 3 地下硐室冒顶、片帮的危险性预测

地下开采矿山需要开挖大量地下硐室，包括各种巷道、竖井、斜井、材料库、变电房等，如果其周边的围岩强度不足以承受作用在它上面的荷载，则向硐室内发生变形和位移，以致失稳向硐内塌落、滑落，即常见的所谓冒顶、片帮等。因此，地下开采是否诱发井巷冒顶、片帮，主要取决于围岩的强度。XX 铜矿床矿体围岩包括未风化的岩浆岩、灰岩、大理岩、矽卡岩、石英砂岩等，均属坚固岩类，坑道无需支护。然而，在褶皱、断裂、岩浆岩侵入、风化、溶蚀等多种内外地质营力的作用下，它们受到较大程度的破坏，形成断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉及接触破碎带等多种不良工程地质体，当地下硐室位于不良地质体内或穿过它们时极易发生冒顶、片帮等事故。这些不良工程地质体向深部呈缩小或尖灭趋势，南矿带不良工程地质体主要为溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉及接触破碎带，它们一般延深达-40m 标高，因此南矿带-40m 中段以上冒顶、片帮等事故频发，而-40m 中段以下这类事故逐渐减少，预测南矿带深部（-210m 中段以下）地下硐室发生冒顶、片帮的危险性较小。北矿带矿床顶板除溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉及接触破碎带外还有断裂构造破碎带，断裂构造破碎带沿倾向最大延深可达-350m 标高以下，因此北矿带深部地下硐室存在冒顶、片帮的危险性，应及时对位于不良工程地质体内的硐室部分进行支护。

此外，矿山扩产后，开采中段较多，在立面上存在多水平面采矿的现象，井巷重叠地段处矿体开采时，稳定性差的采空区，易造成附近地下硐室坍塌或冒顶，威胁矿山采掘人员安全。在井巷重叠地段应避免采掘作业，确保地下硐室的稳定。

4.2 岩溶地面塌陷危险性预测

从目前已发生的地面塌陷及分布可看出，1990年后评估区地面塌陷主要以因矿区疏干地下水引起岩溶地面塌陷为主，而且岩溶塌陷向矿床外围扩展的趋势十分明显。

表 4.2 北矿带勘探线剖面移动盆地计算参数表

勘探线编号		南 15 线	南 75 线	
矿体编号		8Cu	9Cu	8Cu
矿体产状	倾向	向南东倾斜的筒状	向南东倾斜的筒状	
	倾角	55° ~70°	55° ~70°	
平均厚度（米）		25	12.7	9.7
埋藏标高（米）		-460	-460	-460
地面标高（米）		+45	+28	+31
埋深（米）		505	488	491
移动角（松散层/基岩）		55° /60°	55° /60°	55° /60°
采深采厚比		20	38	51
剖面线上的影响区半径		685（-260 米标高）、 694（-460 米标高）	441（-260 米标高）、 646（-460 米标高）	

4.2.1 疏干影响半径的计算

由于矿区抽水试验孔没有达到-460m 标高以下（据 1984 年《勘探报告》），故影响半径的计算采用以下经验公式。

库萨金公式：

式中：R 为影响半径（m）；

S 为水位降深（m）；

Ha 为有效带厚度（m）；

K 为渗透系数（m / d）。

表 4.3 中，0m 标高和-120m 标高两中段采用矿区《勘探报告》（1984 年）原有计算结果。根据现有资料分析，各含水岩组岩溶率随深度的增大而减小，其渗透系数也相应减小，在影响半径的计算中，本评估采用-120m 标高处各含水组渗透系数，即取相对较小值。-260m、-310m、和-460m 各中段有效水头高度取该中段水位降深。考虑到所计算的影响半径对本评估的作用，各含水组只选取部分区段进行计算，根据矿区《勘

探报告》(1984 年)相关资料,计算结果见表 4.3。

应当指出,由于抽水试验资料的相对缺少,直接应用以上经验公式计算影响半径难免会有一定误差,但是对于本次评估地下水疏干影响范围而言,这样的误差是允许的。

4.2.2 岩溶地面塌陷危险性预测评估

上一章的现状评估认为,评估区 1990 年后的地面塌陷,绝大多数为岩溶塌陷,而主要是由矿区疏干地下水所引起的。随着矿区开采深度的不断加大,地下水疏干降落漏斗将不断向外扩展,可能发生岩溶塌陷的地区将进一步扩大。本次岩溶塌陷的预测主要根据两个主要方面的内容:一个是该地区具备发生岩溶塌陷的可能性(即岩溶塌陷的易发程度,见上一章);二是地下水疏干影响的程度。其中地下水疏干影响的程度主要依据疏干影响半径的大小及该地区所处降落漏斗位置。通常根据本矿区的经验,距离降落漏斗中心 $0.5\sim 0.78R$ (R 为疏干漏斗影响半径)范围内发生岩溶塌陷的可能性最大。另外,对已发生的岩溶塌陷发育地点的分析不难看出,岩溶塌陷的分布具有明显的分带性。岩溶塌陷分布的主要地点为:1)地势低洼的水沟、水田、水塘附近;2)地下水的强径流带与断层的交汇处集中分布;3)在“三水”交替作用强烈的地势低洼处。可见,同处于相同疏干降落漏斗而具有不同地势的地区发生岩溶塌陷的可能性也大有不同。这可能一方面由于地势相对低洼的地区距离地下水面(疏干降落漏斗形成的地下水面)深度相对较小,地下水活动对其影响较大;另一方面与地势低洼地区岩土体物理力学性质与结构构造有相当的关系。

从矿区地下水疏干影响半径的计算结果不难看出:当北矿带疏干到-310m 标高,各含水岩组影响半径分别达到 4144m 和 5520m;南矿带疏干到-260m 标高,含水岩组各地段影响半径达到 2846m、2993m 和 5863m。按 $0.5\sim 0.78R$ (影响半径)内最易发生疏干岩溶塌陷判断,那么在距离矿坑 1423m~4573m 的范围内发生塌陷的可能性相当大,而这个范围已经把评估区岩溶塌陷较易发区包括在内。所以,当开采水平达到 -460m 时,矿区地下水疏干影响范围还将大大向外扩展,已超出了本评估区范围,最大如嘉陵江大冶灰岩含水岩组疏干影响半径达到 13212m。

本评估预测,今后随着开采深度的不断加大,尤其在现今开采水平到-460m 标高开采水平以上,整个评估区地面塌陷较易发区(矿床外围灰岩分布区)都有发生岩溶塌陷的危险,尤其在矿坑短时间内大量排水的时候更加危险。由于矿床内地下水中静储量部分已大量疏干,疏干降落漏斗已向外大大的扩展,矿床内发生岩溶塌陷的可能性反而较小。

表 4.3 影响半径计算结果表

含水组	区段	疏干中段标高 (m)	水位降深 S(m)	有效带厚 度 Ha (m)	渗透系数 K (m/d)	计算影响 半径 R(m)
栖霞黄龙灰岩	西阻水体	0	24.19		0.115	315
		-120	144.19			836
		-310	334.19	334.19		4144
		-460	484.19	484.19		7226
长兴茅灰岩	西	0	34.09	36.44	0.187	522
		-120	154.09			1136
		-310	344.09	344.09		5520
		-460	494.09	494.09		9499
嘉陵江大冶灰岩	东南	0	18.22	36.44	0.7945	333
		-120	138.22	218.22	0.399	1759
		-260	278.22	278.22		5863
		-460	478.22	478.22		13212
	南	0	18.22	36.44	0.212	172
		-120	138.22	218.22	0.094	899
		-260	278.22	278.22		2846
		-460	478.22	478.22		6413
	南西	0	18.22	36.44	0.213	173
		-120	138.22	218.22	0.104	309
		-260	278.22	278.22		2993
		-460	478.22	478.22		6745

4.3 矿坑充水因素分析及矿坑涌水量预测

4.3.1 矿坑充水因素分析

评估区水文地质条件较为复杂，矿坑充水因素的分析相对也较为复杂。目前，矿区北矿带涌水点主要位于-210m、-260m 和-310m 中段，主要集中在 E14 东侧的一些穿脉中；南矿带矿坑涌水点主要位于-80m、-120m、-160m、-210m 和-260 米中段，涌水点比较分散。综合评估区实际情况，下面分别从区域地下水、赤湖地表水和大气降水等三个方面分别加以分析。

一、区域地下水对矿坑充水的影响

根据矿区水文地质条件及相关研究表明, 矿区主要的充水水源为地下水源。矿区经过 30 多年的矿坑排水, 矿区目前开拓最深中段 (-310m) 以上的地下水静储量已经获得大量释放 (据《XX 铜矿东阻水体稳定性研究》, 2004 年), 对于以岩溶裂隙水为主要地下水的矿区而言, 发生矿坑突水的可能性将大大减小。但是, 随着深部挖潜工作的开展, 开采深度会不断加大, 深部地下水中静储量部分将成为矿坑充水的水源。总体上, 由于-310m 标高以下各含水层岩溶发育率大大减弱, 所以矿区地下水静储量部分不会有太多的增加。所以将来着重研究区域地下水对矿坑充水的影响。

从矿区区域水文地质条件看, 与矿坑充水有关的区域构造只有横立山-黄桥向斜东段 (严家畈以东)。根据武山矿区水文地质特征, 以及严家畈以东的水文地质条件, 横立山-黄桥向斜东段对矿坑充水的影响分为白杨溪流域与矿区南部两个区段。白杨溪流域茅坪、郭桥、汉老岭一带长兴茅口灰岩地下水通过 F_{26} 、 F_{27} 断裂带与嘉陵江大冶灰岩地下水产生水力联系。随着矿区地下水的疏干排水, 该流域内的地下水对矿区地下水进行补给, 成为矿坑充水水源之一。矿区南部地段, 即檀山坳向斜与汉老岭背斜倾伏端。矿坑排水后, 矿床周边嘉陵江、大冶灰岩地下水水位大幅下降, 该区段地下水开始侧向向矿坑充水。

二、赤湖水对矿坑充水因素分析

平水期赤湖水面距离南矿带 1.5km, 距离北矿带 90 线 2.8km (沿含水层走向计算)。赤湖水对矿坑充水的影响一直是矿区最为关心的问题之一, 由于矿区复杂的水文地质条件, 目前对其的认识还相当不足。当前 XX 铜矿已为此单独立项, 由中国地质大学研究人员对此作专门的研究。在本评估中仅作简要分析。

就目前来看, 赤湖水还未对矿坑充水造成较大影响, 主要是通过湖区地下水对矿坑有少量的充水。与此同时, 云池口尾砂库的建立, 特别是 2004 年 2 号尾砂坝的建成, 隔断了赤湖水湖水与矿坑地下水系统之间在地表的水力联系。但随着开采深度的不断加大, 尤其此次深部挖潜计划开拓到-460m 中段进行采矿, 赤湖水是否会大规模的补给矿区地下水, 从而造成矿坑大量涌水, 必须加以足够的重视。开采深度的不断加大, 矿区大量疏干排水, 地下水疏干降落漏斗 (见上节中疏干影响半径的计算结果) 必然接近和跨越湖区范围, 矿区与湖区地下水水力联系必将大大的增强, 而水头差也显著增加, 极有可能引发大规模矿坑充水情况。

三、大气降水对矿坑充水的影响

本区属于亚热带气候区, 长江中、下游季风影响带, 雨量充沛, 年降水量在 1250-2200mm, 多年年平均降水量 1374.6mm, 雨量分配不均匀, 多集中在 4 至 6 月份, 12 月至次年 2 月雨量稀少, 形成明显的雨季和枯季。降雨形式主要以大雨和连雨为主。大气降水在补给区, 是地下水的主要补给来源。由图 4.2 可知, 矿区总排水量与大气降水之间的变化协调一致, 可见由其客观存在的规律所决定, 即每一个丰水年份, 均带来一个高的排水量高峰; 而即使是枯水年份 (如 2000 年), 矿坑排水量的微小变动,

也都与降水量的变化曲线的波动相吻合。

值得注意的是，矿床处于武山山坡湖滨地带，地形高低不平，地面泄水不利，有利于降水汇集，在矿山开采过程中所产生的地面开裂、塌陷、沉降，对吸收大气降水十分有利，一旦吸水裂隙与矿坑沟通，对矿坑充水有着直接的威胁，特别是在连雨、大雨季节更应注意。

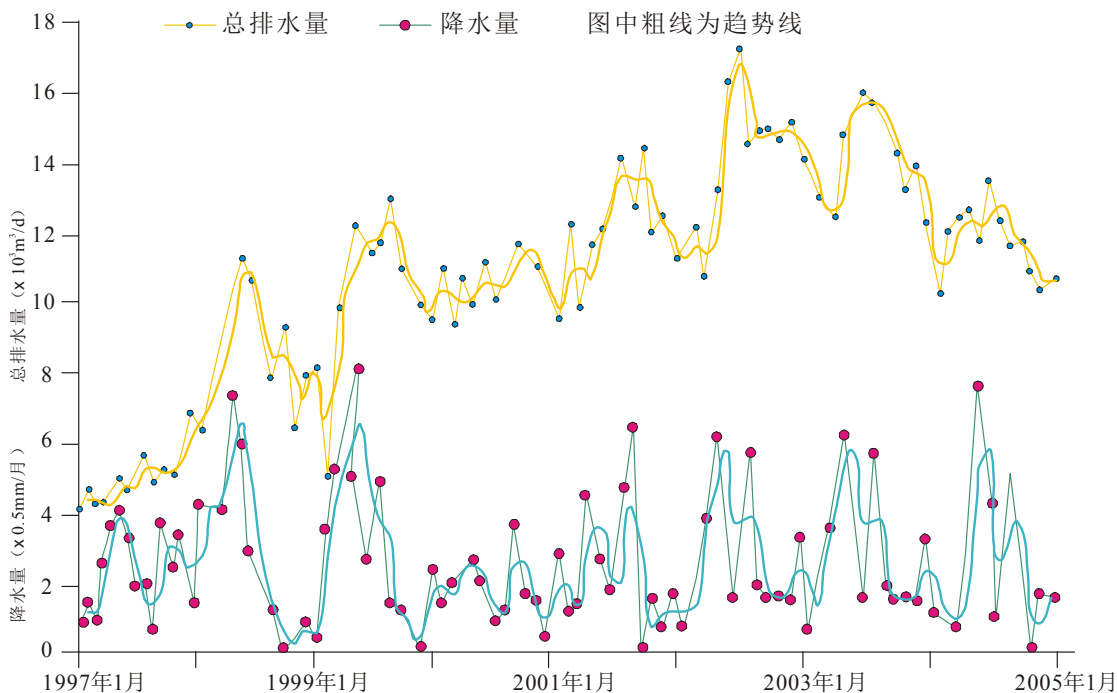


图 4.2 XX 铜矿 1997-2005 年矿坑总排水量与降水量对比曲线图

(据《XX 铜矿东阻水体稳定性研究报告》相关资料改编，2004)

4.3.2 矿坑涌水量预测

XX 铜矿区是我国南方一个典型的以岩溶裂隙水为主要充水条件的矿区，要准确测算其矿坑涌水量是一个庞大而复杂的工程。目前矿区已单独立项完成矿坑涌水量预测的相关工作。同时，鉴于本次评估的目的及所掌握的实际资料，在此只能简单地加以预测。

一、矿坑涌水情况

总体上看，近十多年来，即 1994-2005 年是矿坑涌水量处于较快的增长时期。图 4.3 为 XX 铜矿 1994-2005 年矿坑年平均排水量曲线图。从图中不难看出，1997 年以前，矿坑总的涌水量总体上处于一种相对平稳的增长水平。1997 年以后，北矿带排水量波动增长，到 2002 年达到最高值，为 5312m³/d，然后曲线开始下降。对南矿带而言，1997 年以后，矿坑涌水量一直处于相对较快的增长中，到 2003 年达到最高值，为 8969m³/d，之后则迅速减少。

《XX 铜矿东阻水体稳定性研究》在 2004 年的研究中认为，图 5-2 中反映了 2004

年后矿坑涌水量所隐含的变化趋势，即“稳定在现有水平或略有下降的总趋势”，认为这主要是由于矿区地下水静储量已经获得大量释放而造成的。通过我们对 2005 年矿坑涌水量（已反映在图 5-2 中）调查，矿坑涌水量相对上一年又有了

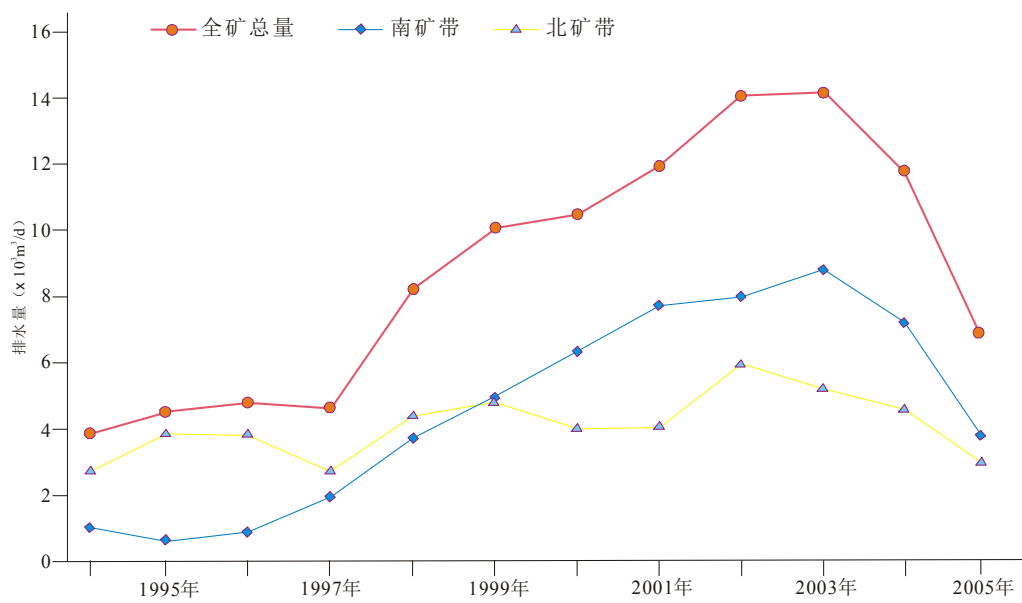


图 4.3 XX 铜矿 1994-2005 年矿坑年平均排水量曲线

（据《XX 铜矿东阻水体稳定性研究报告》相关资料改编，2004）

显著的减少，即北矿带涌水量由 2004 年的 4680 m³/d 下降到 2933 m³/d，南矿带涌水量则从 7140 m³/d 下降到 3891 m³/d。由此可见，直至 2005 年矿坑涌水量仍处于下降状态中，而且幅度还相当大。本评估认为，在短时期内，这种“稳定在现有水平或略有下降的总趋势”仍将继续。但是，随着深部挖潜工作的开展，采矿深度的不断加大，矿坑疏干排水必将进一步加大矿区地下水与外界的水源的水力联系，矿坑涌水量不可避免地将会加大。近几年的矿坑涌水量减少主要地还是由于矿区静储量的大量释放，以此本评估认为，将来矿坑涌水量的变化更多取决于矿区开采深度的不断加大而引起的动储量的增加。

目前矿床实际涌水量：

南矿带：-80m 中段 750m³/d；-120 m 中段 800m³/d；-160 m 中段 1935m³/d；-210 m 中段 1250m³/d；

北矿带：-160 m 中段 1050m³/d，最大 3000 m³/d；-310m 中段 875 m³/d。

二、矿坑涌水量预测

对矿坑涌水量的评估主要是在垂向上-460m 标高开采水平以上加以评估。

（一）、方法的选择

通过前面对近十多年来矿坑涌水情况的分析认为，将来矿坑涌水量的变化更多与矿区开采深度密切相关，加之矿区 84 年以后缺乏抽水试验资料，本评估决定采用水文比拟法对矿区-460 m 标高开采水平以上矿坑涌水量加以预测。

（二）、矿坑涌水量计算

在矿区深挖潜工程中，生产建设采探坑道，基本上南、北矿带各成矿坑系统，须分别加以计算。

1、参数的选择

1) 坑道系统面积：矿区矿体呈陡倾斜产出，现有各中段与设计中段的坑道系统面积较为接近，故在此作常数考虑。

2) 本次矿坑涌水量预测中，水位降深较大，比拟法计算坑道涌水量使用公式：

$$Q=Q_1$$

Q_1 —— 实测坑道涌水量 (m^3/d)

S_1 —— 与坑道涌水量相应的水位降深 (m)

H —— 有效含水层厚度 (m)

S —— 设计水位降低值 (m)

Q —— 设计水位降低值的相应涌水量 (m^3/d)

矿区含水岩组呈陡倾斜产出，可认为含水层是无限厚，有效含水层厚度取最大降深值的 2 倍。

2、各参数的确定

1) 实测坑道涌水量的确定：考虑到坑道开拓系统的时间及近几年（尤其 2002 年以后）坑道涌水量的急剧变化情况（见图 4.3），综合对现有坑道涌水量的分析，计算中实测坑道涌水量南北矿带均取 2002 年-2005 年涌水量的平均值。

2) 与坑道涌水量相应的水位降深：北矿带取 334.19m；南矿带取 278.22m。

3) 设计水位降低值：北矿带 484.19m；南矿带 478.22m。

3、矿坑涌水量预测结果（计算结果详见表 4.4。）

表 4.4 矿坑涌水量预测计算结果表

矿带	实测涌水量（实测坑道涌水量 (m^3/d)					相应的水位 降深（米）	-460 米标高 开采水平	
	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	平均 值		有效含水 层厚（米）	涌水量预 测 (m^3/d)
北矿带	6106	5312	4680	2933	4758	334.19	968.38	6248
南矿带	8106	8969	7140	3891	7026	278.22	956.44	10597

（数据来源：据《XX 铜矿东阻水体稳定性研究》（2004）及矿区实测）

（三）、矿坑涌水量预测评述

1、本次选取比拟法预测矿坑涌水量，应该指出，有其一定的局限性，但从近些年矿坑涌水情况及在抽水实验资料较为缺乏的情况下，仍然不失为一个预测涌水量的好方法。

2、根据矿区水文地质条件，大致在-310m 标高以下，无论南北矿带含水岩组渗透性都会伴随岩溶发育率的降低而降低，随着开采水平的进一步降低，矿坑涌水量的增加幅度可能将不如从前。

3、需要指出的是，本矿区水文地质条件相对复杂，随着开采深度的加大，与矿坑涌水量相关的因素更趋复杂多样，尤其要关注南北矿带水系的沟通问题和赤湖地表水对矿坑涌水量的影响。前面已提及，该问题 XX 铜矿已专门立项研究，在此不作过多讨论。

三、矿坑突水预测

矿区突水事故往往造成较大的损失，所以在以后工作中要加强防治突水工作。矿区突水主要有以下几个方面：

1、岩溶溶洞突水

矿区岩溶较为发育，尽管深部的岩溶率不及浅部，但是矿区矿床附近溶洞发育最大深度可达-430.84m 标高（ZK12013），对于水量丰富的矿区而言，存在溶洞直接透水的可能性。

2、断裂带突水

矿区断裂带发育，断裂带一方面具有导水的功能，加强了深部地下水与浅部地下水及地表水的水力联系，增加了突水的可能性；一方面本身也是储水空间，当开拓巷道或采矿遇到断裂带时，有可能发生突水的可能。

3、移动变形裂隙带突水

矿坑顶板冒落或变形裂隙带沟通岩溶水，存在透水的可能性。

武山矿区曾发生过多起突水事故，这些突水事故均发生在开拓工程中，所以在今后的开拓工程中，尤其是切割穿脉巷道在逼近矿体底板时，应尽量先采用钻孔开道，如果遇大股涌水，先让其疏干。

强烈建议矿山在以后的开拓巷道和采矿时，应施工探水钻并对地下水进行超前疏干，确保人员生命财产安全。

4.4 地面配套工程稳定性

XX 铜矿经过 40 年生产、改造，已经形成完整的生产体系、辅助生产体系和生活福利设施等，包括供电、供水、尾矿、交通，仓库、选矿药剂和试验化验等地表和井下生产辅助设施以及办公和生活福利设施。拟建工程为深部挖潜改扩建工程，根据《可行性研究报告》及甲方提供的资料，本期扩产挖潜技改工程重点在坑内，地表工程项目不多，选矿厂的相关改扩建亦在现有厂房内进行，其他均保持 XX 铜矿现状。

4.4.1 运输平巷及洞口

扩产后新主井负责提升全矿的矿石和废石，地表运输系统由两条运输胶带组成，

运输平巷包括新主井平窿和新主井矿石仓（+110m）至选矿厂胶带运输隧洞。

一、新主井平窿洞口

新主井平窿长约 140m，标高+110m，方位 167°，穿过地层为泥盆系上统五通组（D_{3w}）和志留系上统纱帽组（S_{3s}），岩性为粉砂岩、细砂岩和石英砂岩，地层产状 142°~155°∠53°~61°。位于岩溶塌陷不发区，虽然部分地位于采矿移动盆地范围之内，但由于矿山采用充填法采矿，随着采深采厚比的增大，发生采空塌陷的可能性小，因此场地发生地面塌陷的危险性小。平窿方位与地层走向呈大角度斜交，工程地质岩体较坚硬，水文地质条件简单，平窿稳固性较好。平窿口无人工高陡边坡，斜坡呈阶梯状，平窿出口所在台阶高度 14m，坡度约 30°，坡向 185°。残坡积层厚约 30~50cm，为含碎石粘性土，局部存在滚石，影响平窿口安全，好在平窿口混凝土门楼可拦截滚石，对平窿出口起防护作用。植被覆盖率 80~90%，以灌木为主。基岩为细砂至粉砂岩，产状 142°∠58°。地质分析斜坡基本稳定（自然斜坡 A-A'）。

二、新主井矿石仓（+110m）至选矿厂胶带运输隧洞出口

新主井矿石仓至选矿厂胶带运输隧洞，长约 240m，标高+110m，方位 164°，穿过地层为志留系上统纱帽组下段（S_{3s}¹），岩性为灰绿色-黄褐色粉砂岩，石英砂岩，地层产状 155°~160°∠49°。位于采矿移动盆地范围之外，岩溶塌陷不发区，发生地面塌陷的可能性小。平窿方位与地层走向呈大角度斜交，工程地质岩体较坚硬，水文地质条件简单，平窿稳固性较好。出口处为一人工高陡边坡（b-b'），自然边坡高约 30m，坡度约 25°，植被以灌木为主，覆盖率约 90%。人工边坡切坡高约 23 米，坡向 342°，坡度 70°~80°，残坡积层厚 20~30cm，强风化层厚 3 米左右。基岩为中厚层状含铁质石英细砂岩，产状 160°∠50°。主要节理有四组：（1）产状 330°∠40°，裂面闭合，可见长 5m，间距为 1 条 / m；（2）产状 245°∠80°，节理面平滑，闭合状，可见长 10m，间距为 3~5 条 / m；（3）产状 20°∠70°，节理面平滑，闭合状，可见长 1m，间距 2~3 条/m；（4）产状 240°∠50°，节理面较光滑，闭合状，可见长约 3m，间距为 2~3 条 / m。该边坡虽然存在多组外倾结构面，但该组结构面线密度较稀，裂面闭合，岩体坚硬、完整，层面产状与人工边坡倾向逆交，边坡基本稳定。

4.4.2 选矿工业场

选矿厂的相关改扩建均在现有厂房内进行，原选矿场地位于采矿地表移动盆地范围之外，岩溶地面塌陷不发区，发生地面塌陷的可能性小，地面稳定性好。场地周边自然斜坡基本稳定，人工边坡均已进行人工衬砌等护坡处理，遭受崩滑流地质灾害的危险性小。

新增地表配套设施为尾矿高效浓密机、回水泵站、事故池和污水处理站等尾矿回水和污水处理设施。新增地表设施位于采空区地表移动盆地范围外、岩溶塌陷少发区，地面稳定性较好。周边地势较平缓，无自然和人工高陡边坡，工程本身遭受或工程建

设诱发崩滑流地质灾害的危险性小。

4.4.3 尾砂库

矿山现有两座尾矿库，老尾矿库为山谷型尾矿库，位于紧邻赤湖的山谷中，新尾矿库位于老尾矿库下游的赤湖湖湾，采用三面筑坝方式。新、老尾矿库首尾相连。尾矿库周边自然斜坡（B-B'，E-E'，F-F'）稳定性中等，无人工高陡边坡，不易发生崩、滑、流等地质灾害。尾矿库位于采矿地表移动范围之外，岩溶塌陷不发区，地面稳定性好，发生地面塌陷的可能性小。

4.4.4 废石堆放场

根据《可行性研究报告》，排废设施维持现状，废石场应新征地 10 亩，废石堆在现有基础上加高 15m。据 XX 铜矿有关人员介绍，实际新征地 40 亩。对于废石场地的地质灾害危险性，XX 铜矿已委托赣西北地质大队作专项评估。

4.4.5 生活管理区

本次扩产技术改造项目不新增生活管理区，现有生活管理区范围较大，可分为南、北两部分。北部包括矿部及其周围家属区，南部主要是新南副井家属区。通过调查访问和地质分析认为，北部生活管理区位于采矿地表移动盆地范围之外，岩溶地面塌陷不发区，遭受地面塌陷的危险性小。周边自然斜坡基本稳定，人工边坡均已进行人工衬砌等护坡处理，遭受崩滑流等地质灾害的危险性小。新南副井家属区位于岩溶地面塌陷少发区，有发生岩溶地面塌陷的可能，但相对较小。新南副井家属区北面自然边坡高 90~100m，坡度 26°~30°，自然状态下基本稳定，但边坡的背面为采石场，边坡顶部浮土、废石较多，而且随着采石场向南面推进，采石爆破的振动作用等有可能对边坡稳定性造成一定的影响，建议进行定期观测。边坡的西段沟谷（4-4'）中下部已发生小型滑坡，顶部有浮石，存在泥石流灾害隐患，易发程度为轻度易发。

4.4.6 矿山环山运输公路

矿石和废石通过运输胶带直接入选厂或废石场，环山公路不承担岩、矿石运输任务。

本次扩产技术改造新增矿山环山公路主要有废石场东侧至新主井场地公路，公路已基本开通，自然斜坡呈阶梯状，沿途切坡高度较小（<3m），边坡稳定性中等，发生崩滑流及地面塌陷的危险性较小。原有矿山公路遭受崩滑流地质灾害的危险性较小，但局部位于岩溶塌陷易发区，遭受岩溶地面塌陷的危险性较大。

4.4.7 工程建设对环境的影响

根据《可行性研究报告》，本次扩产挖潜技改工程重点在坑内，地表工程项目不多，选矿厂的相关改扩建亦在现有厂房内进行，其他均保持 XX 铜矿现状，与新开矿山相比本项工程建设对环境的影响相对较小，并且《可行性研究报告》对可能影响环境的因素提出了相应的防治措施，主要包括：

新增废石场新征地 40 亩，将占用一部分农田，所占土地地表植被将遭到破坏，这些土地在 XX 铜矿开采或使用后，均需陆续恢复，这是矿山生产的组成部分之一。矿山位于湿润多雨地区，易于复土造田和植树绿化。

本工程对钻孔过程中产生的粉尘采取湿式凿岩的方式进行防尘，对于爆破及矿石运输过程中产生的粉尘采取洒水车洒水的方式进行降尘，采取这些措施能有效地减少粉尘飞扬，从而减少了粉尘对矿区周围大气环境的影响。

矿坑排水对环境的污染：据本评估及《可行性研究报告》对矿坑涌水量预测，南矿带井下排水约 10000m³/d，北矿带排水量约 60000m³/d。矿坑排水水质分析结果见表 4.5。北矿带矿体含硫高，矿坑排水水质分析结果显示，PH 为 2.8~7.56，部分矿坑水为酸性水，具有较高的腐蚀性，且含较高的重金属离子和有害元素，应考虑设备的防腐，并对南、北矿带井下排水水量及水质进行长期监测，做好坑内排水处理工作，防止矿坑水污染环境。据《可行性研究报告》本工程北矿带井下排含重金属离子酸性水送往污水处理站采用石灰中和沉淀法进行处理，其出水水质达到《污水综合排放标准》中二级标准外排，对接纳水体不会产生不良影响。

表 4.5 矿坑排水水质分析结果(mg/l)

矿带	SS	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	PH
北矿带	116~7384	0.887~ 34.8	0.1~10.8	10.4~44.4	0.053~0.628	0.025~ 2.16	0.002~0.232	2.8~7.56
南矿带	26.3~452	0.193~ 1.29	0.1~0.24	0.098~0.6 88	0.025~0.050	0.04~0 .036	0.000~0.107	6.12~8.62

本工程所排固体废物均得到妥善处理，对外部环境影响不大。本工程产生的高噪声的设备主要是井下凿岩机等，对周围环境影响不大。

4.5 地质灾害综合评估

4.5.1 综合评估

XX 铜矿经过 40 年生产、改造，已经形成完整的生产体系、辅助生产体系和生活福利设施等，包括供电、供水、尾矿、交通，仓库、选矿药剂和试验化验等地表和井下生产辅助设施以及办公和生活福利设施。拟建工程为深部挖潜改扩建工程，根据《可

行性研究报告》及甲方提供的资料，本期扩产挖潜技改工程重点在坑内，地表工程项目不多，选矿厂的相关改扩建亦在现有厂房内进行，其他均保持 XX 铜矿现状。

针对项目建设工程特点，依据地质灾害危险性现状评估和预测评估结果，充分考虑不同地段矿山工程设施的地质环境条件和地质灾害隐患点的分布、地质灾害危险程度等，依工程设施的不同类型，分别对采矿工程设施（包括新主井、北副井、新南副井、拟建中段、地表运输系统）、选矿厂、废石场、尾矿库等与本次挖潜扩产技术改造项目关系密切的矿山主要工程设施，矿山开采可能诱发地质灾害威胁的村庄（居民点）、重要工程设施等进行地质灾害危险性综合评估。

一、采矿工程设施的综合评估

本期挖潜扩产技术改造项目的主要采矿工程建设内容包括：新掘一条主井、延深北副井和新南副井、新增-260m、-310m、-360m、-410m 和-460m 等五个中段和地表运输系统改造。以下对新主井、北副井、新南副井、拟建中段、地表运输系统进行综合评估。

1、新主井

新主井设计井口标高+145m，井底标高-595m，井深 740m，井筒净直径 $\phi 5.6\text{m}$ ，井颈及锁口采用钢筋砼支护，井筒采用砼支护。

（1）场地地面稳定性：新主井场地位于原主井北约 50m 处，与之距离最小的断裂构造为 F7 断层，新主井设计位置在 F7 断层下盘 20m 以外。原主井紧靠 F7 断层下盘，工程施工和使用情况良好，从与原主井的工程地质类比看，新主井的井位选择是可行。新主井位于北矿带矿体下盘，矿体下盘仅布置运输巷道和一些辅助工程，对矿体下盘围岩影响不大。采矿崩落角按 60° 计算，新主井距离崩落边界线的最小距离约 50m。矿山自采用充填法采矿以来，采空塌陷或地面沉降已得到有效控制，扩产后北矿带采用下向充填法或下向分层倾斜六角形进路胶结充填法采矿，而且随着采矿范围的延深，采深采厚比增大，发生地面塌陷的可能性将进一步减小。由于北矿带矿体倾向 165° ，倾角 $56^\circ\sim 64^\circ$ ，采矿崩落范围北界随采矿深度加大没有明显变化，据此推断原主井正位于采矿崩落边界线上，从正在使用的主井和岩移情况看，采矿工程活动对新主井将不会产生影响。根据《新主井勘察报告》新主井井筒岩性为粉砂岩、石英砂岩和花岗斑岩，均为非可溶性岩，主井场地发生地面塌陷的可能性小。综上所述，根据新主井场地的岩性、构造，以及采矿活动对场地影响，并通过与原主井的工程类比分析，新主井场地地面稳定性较好。

（2）自然斜坡稳定性：新主井场地开挖前为一自然斜坡，自然边坡坡向 235° ，坡高约 100m，坡度约 28° 。残坡积层厚度约 0.3m，为含碎石粘性土，坚硬状，植被以灌木为主，覆盖率约 90%。基岩为粉砂岩，产状 $155^\circ\sim 160^\circ\angle 49^\circ$ 。为岩土混合斜坡，地质分析自然斜坡稳定性好。

（3）人工切坡稳定性：新主井设计标高+145m，土石方开挖已经结束，形成一

半椭圆弧状人工边坡,可分为东端和北端,东端(边坡主体)长 65~100m,坡向 260°,坡高 20~33m,边坡角约 65°;北端长约 30~40m,坡向 160°,坡高 16~25 米,边坡角约 60°。边坡岩性为粉砂岩,产状 155°~160°∠49°。岩质边坡风化裂隙和构造裂隙发育,存有多组外倾结构面(图 3-1),经地质分析边坡稳定性差、发生掉块、崩塌、滑坡的可能性较大,对主井工业场地存在安全隐患。建议边坡角放缓至 45°~50°为宜,并进行喷射混凝土防护。

(4) 井筒岩体工程地质条件:新井筒标高区间+145m~-595m,井深 740m,根据《新主井勘察报告》井筒范围内可分为粉砂岩、石英砂岩和花岗斑岩三个工程地质岩组,顶部为粉砂岩(厚度约 117m)、中下部为石英砂岩,在-377.58~-392.78m 和 -398.62~-440.64m 标高有两段燕山早期花岗斑岩穿插,各工程岩组的坚硬程度、完整性及基本质量指标见表 4.6。

由表 4.6 可知,井筒范围内工程岩体较坚硬~坚硬,井筒工程岩体总体较完整,基本质量级别为 II 级,工程地质条件较好。但井筒顶部粉砂岩完整较差,基本质量级别为 IV 级,在顶部微风化-弱风化粉砂岩内施工时应采取短掘短砌及时加固,同时做好场地的排水工作。井筒施工中可能发生的主要工程地质问题是片帮,根据勘察孔的钻探情况,井筒施工中应特别注意的地段有: +145~+130.36m, +50.56~+47.38m, +32.34~-13.64m, -78.64~-89.64m, -321.64~-326.64m。

(5) 水文地质条件:新主井场地地势较高(设计标高+145 m),水文地质条件简单;据《新主井勘察报告》井筒水文地质条件也属简单。井筒中地下水水位标高 -259.64m,地下水运动方式为层流,含水层性质为不均弱裂隙含水层。当井筒在地下水位以上掘砌时,井筒没有涌水,但在雨季施工时,井壁可能会有渗水、漏水等现象,因此应做好场地周围大气降水的排放;当井筒掘进到-259.64m 标高以下时,井筒会发生涌水,按注水试验结果和地下水动力学理论进行计算,井筒涌水量约 15m³/h,发生大的对井筒施工造成极大影响的突水事故的可能性不大。

(6) 地下水对工程的腐蚀性:据《新主井勘察报告》,由于场地地下水水位埋深达 415.0m,直接取水困难,主井勘察未进行地下水水质分析。根据矿区水文地质资料,结合矿原主井粉矿井、北副井工程的使用情况,地下水对混凝土结构的腐蚀性较弱。由于北矿带地下水 PH 值一般在 5~6 左右,对钢结构具有一定的腐蚀性,因此对单纯的钢结构应作一些防腐处理。

表 4.6 新主井井筒工程岩体质量特征一览表

工程地质岩组	总厚度 (m)	坚硬程度	风化程度	Rc (Mpa)	Kd	裂隙宽度 (mm)	线裂隙 (米/条)	裂隙充填情况	岩体结构	岩体完整	Kv	基本质量指标 (Q)	基本质量分级
粉砂岩	117	较坚硬	弱-微风化	27.2	0.72	0.2~8.5	13.7	少或充填	层状结构	较破碎	0.45	284.10	IV
石英砂岩	566	坚硬	新鲜	77.35	0.91	0.1~2.0	11.8	黄铁矿胶结充填	层状结构	较完整	0.55	459.55	II
花岗斑岩	57	较坚硬	新鲜	90.7	0.84	未统计	未统计	黄铁矿胶结充填	块状结构	完整	0.75	509.55	II

表中 Rc 为单轴抗压强度；Kd 为软化系数；Kv 为完整性系数；岩体基本质量指标

$$Q=90+3Rc+250Kv。$$

(7) 有害气体和地热影响施工的可能性：新主井井位在北矿带含铜黄铁矿矿体的下盘，为一套浅海相沉积的石英砂岩、粉砂岩，在 -377.58~-392.78m 和 -398.62~-440.64m 标高有两段燕山早期花岗斑岩穿插。井位离矿体下盘边界最短距离 110m 左右，目前矿山粉矿井已下掘到 -400m 标高，原主井井底标高为 -310m，从矿山已有工程施工情况看，还未发现有毒有害气体或异常高的地热。据此分析，井筒施工过程中受有毒有害气体或异常地热影响的可能性不大，但井筒掘井到一定深度后，由于独头下掘，空气质量会较差，因此要做好通风除尘工作，以确保井筒工程施工的安全。

2、北副井

北副井从目前的 -310m 延深至 -610m，延深 300m，延深后的北副井井口标高仍为 110m，井底标高 -610m，该井总深度为 720m，井筒直径仍为 $\phi 5.5m$ 。砼支护。

北副井周边斜坡呈台阶状（斜坡 C-C'、D-D'），台阶高度约 10~15m，斜坡坡度约 35°，坡向 236°，残坡积层厚约 0.3~0.5m，为含碎石粘性土，下伏基岩为粉砂岩，产

状 $160^{\circ} \angle 71^{\circ}$ 。坡脚已进行人工衬砌。地质分析斜坡稳定（表 3-2），不易发生崩、滑、流等地质灾害。

北副井位于北矿带矿体下盘，但离矿体较近，按采矿崩落角按 60° 计算，北副井位于地表开采移动范围之内。北矿带矿体倾向 165° ，倾角 $56^{\circ} \sim 64^{\circ}$ ，采矿崩落范围北界随采矿深度加大没有明显变化，即就目前的开采深度而言北副井也处于地表开采移动范围之内，而从北副井目前情况看，岩移现象不明显，说明目前北矿带采用钢筋混凝土假底下向进路式充填采矿法已有效地控制了采空地面塌陷的发生。扩产后北矿带采用下向充填法或下向分层倾斜六角形进路胶结充填法采矿，而且随着采矿范围的延深，采深采厚比增大，发生地面塌陷的可能性将进一步减小。但为确保北副井安全，必须按采矿设计对空区进行及时充填，充填料要充分接顶。北副井位于岩溶地面塌陷不发区，发生岩溶地面塌陷的危险性小。

北副井与新掘主井距离较近，地质构造、岩性、水文和工程地质条件相似，可以进行工程类比，井筒延深施工的水文和工程地质条件相对较好，井筒延深过程中可能发生的主要工程地质问题为片帮。

3、新南副井

将新南副井从目前的 -260m 延深至 -482m，总延深 222m。延深后的新南副井井口标高仍为 +42.3m，井底标高 -482m，总深度为 524.3m，井筒直径仍为 $\phi 5.5\text{m}$ 。硃支护

新南副井场地平缓，坡度小于 5° ，周围无高陡自然或人工边坡，不容易造成崩、滑、流等地质灾害。

新南副井从上至下穿过第四系(Q)、三迭系下统大冶组下段 (T_{1d1})、二叠系上统长兴阶(P_{2c})、龙潭阶(P_{2l})及下统茅口阶上段(P_{1m2})地层。大冶组下段下部页岩、长兴阶页岩普遍含水透水，钻孔单位涌水量 $0.0173 \text{ l/s}\cdot\text{m}$ ，渗透系数 0.0715 m/d ，单位吸水量 $0.29 \sim 1.19 \text{ l/min}\cdot\text{mm}$ 。井深 17.9~73m 段围岩为强风化的钙质页岩 (T_{1d1} 、 P_{2c})。这种强风化页岩的工程性状极差，遇水浸泡后，很快成为 1~2cm 大小的片状松散体。因此，新南副井在井筒开挖期间，地下水位以下围岩出现 10 多次塌方，累计塌方量近 500m^3 。新副井的掘进深度的加大和疏干排水，使地下水位下降，原饱水的页岩孔隙水压力消失，有效应力增大并直接作用在土洞、孔隙较为发育的页岩骨架上，使强风化页岩空隙体积缩小而造成地面沉降。因此，新南副井建成后不到一年时间（1990 年前后），在井深 19~76m 段井壁出现大段高大面积的破裂。井筒破裂后，对井筒进行破壁注浆加固，注入水泥近 500t，经一年多的监测及多年的使用表明，井筒变形明显减小并趋于稳定。以上分析表明，造成新南副井井筒变形破坏的主要因素是饱含水的强风化钙质页岩因疏干失水引起的地面塌陷。该层已长期暴露在地下水位之上，地下水位的再次下降对该层的影响较小。深部岩层为二叠系下统茅口阶上段(P_{1m2})深灰色厚层状燧石结核灰岩夹硅质岩，岩石坚硬，深部岩石岩溶率低，新南副井延深诱发地面沉降的可能性较小，井筒基本稳定。

新南副井附近缺少隔水层，而矿区 NNE、NEE、NW—NNW 断裂裂隙发育，且相互交切，可能沟通新副井与邻区水文地质单元之间的水力联系，形成侧向的地下迳流，地表水也可能直接渗入地下，转变成地下迳流，新南副井延伸施工过程中可能受地下突水的影响，要做好防排水措施。

4、新增中段开拓和采矿

本期深部挖潜扩产技术改造将新增-260m、-310m、-360m、-410m 和-460m 等五个中段，基建期间，北矿带开拓-260m 中段全部和-310m 及-460m 主、副井部分车场；南矿带开拓-260m 中段大部分工程及-460m 南副井车场和水泵房、变电所等，并完成南、北矿带-260m 中段通往-210m 中段的倒段风井的开拓。

南矿带矿岩稳固性较好，-210m 以下未见溶洞和其他不良地质体发育，巷道稳固性较好。北矿带矿岩稳固性较差，-210m 以下溶洞和断裂构造破碎带、溶蚀破碎带、溶蚀洼地与溶洞堆积物、风化岩浆岩脉等不良地质体虽然呈减弱的趋势，但一些不良地质体沿倾向最大延深可达-350m 标高以下，溶洞发育最大深度可达-430.84m 标高（ZK12013），而且随着采矿深度的加大，局部地段地压问题可能比较突出。因此，新增中段的开拓需加强地压监测和预报工作，防止巷道和采场发生片帮、冒顶事故，造成井下人员伤亡和设备财产损失。

评估区水文地质条件复杂，随着开采深度的加大，涌水量还会相应的增加。根据对矿坑涌水量预测评估，当开采水平达到-460m 标高时，北矿带涌水总量将达到 6248 m³/d，南矿带涌水总量将达到 10597 m³/d。如果遇到大降雨天气，矿坑涌水量可能会在短时期内大为增加。对于以岩溶溶洞裂隙水为主的评估区而言，发生矿坑突水的危险性是存在的，必须给予足够的重视。不过根据对矿坑涌水预测评估分析，随着开采深度的加大，含水层岩溶发育程度大大减弱，就岩溶裂隙水而言，矿坑发生突水的危险性将降低。但是据湖区钻探、地下水水位观测、地表调查等资料（据《勘探报告》）及本次地面调查，矿坑水与赤湖存在一定的水力联系，就目前来看，赤湖水还未对矿坑充水造成较大影响，只是通过湖区地下水对矿坑有少量的充水。与此同时，云池口尾砂库的建立，特别是 2004 年 2 号尾砂坝的建成，隔断了赤湖水湖水与矿坑地下水系统之间在地表的水力联系。但随着开采深度的不断加大，尤其此次深部挖潜计划开拓到-460 中段进行采矿，赤湖水是否会大规模的补给矿区地下水，从而造成矿坑大量涌水，必须加以足够的重视。开采深度的不断加大，矿区大量疏干排水，地下水疏干降落漏斗必然接近和跨越湖区范围，矿区与湖区地下水水力联系必将大大的增强，而水头差也显著增加，极有可能引发大规模矿坑充水情况，增加排水费用，甚至引发严重的突水事故。XX 铜矿已委托中国地质大学就赤湖水与坑道水的水力联系问题进行深入研究，可依其研究结论和建议，寻求防治措施。

新中段的开拓和采矿对地表的影响主要是采空塌陷和岩溶塌陷。

拟建区地处岩溶侵蚀洼地，矿区水文工程地质条件复杂，预测采空区稳定性较差，

移动盆地范围较大，多属采空塌陷易发地段。矿体开采时，移动盆地易诱发采空塌陷。—260m 标高开采水平移动盆地范围内的工业设施有：老南副井、排土场、部分内部矿山公路和小水泥厂。-460m 标高开采水平移动盆地范围内的除以上工业设外还有南风井、南东风井和武山村充填站，并有周家和曹家村两处居民点。采空塌陷威胁井下采掘人员和上述工程设施，故矿山要严格按开采设计要求进行开采和充填，避免发生采空塌陷。近十多年来，随着采矿方法的改进（采用了充填采矿法）及采深采厚比的加大，评估区没有出现过采空塌陷，说明只要严格按开采设计要求进行开采和充填，新中段开拓和采矿活动诱发采空塌陷的危险性小。

矿区由地下水疏干引起的岩溶塌陷比较发育。今后随着开采深度的不断加大，地下水疏干降落漏斗的不断扩大，可能发生疏干岩溶塌陷的地区将会大大增加。根据各开采中段地下水疏干影响半径及地形地貌条件，对评估区今后发生岩溶塌陷危险性分区如下（见图 4.4）：



图片 4.4 吴家金矿人工高陡边坡西段（自西向东）

矿床外围灰岩分布区定性划分为岩溶地面塌陷的危险区。危险区总面积 17.21km²，区内主要村庄有云池口、上熊家村、鄢家墙、肖家埠、南港、北港、黄桥铺、燕昊村、下昊、斑鸠坳、下屋周、老屋下及靠背罗家等。

矿床内灰岩分布区定性划分为次危险区。次危险区面积 1.78 km²，区内村庄主要有周家和曹家，其余主要为矿床内地面的生产设施。

评估区非灰岩分布地区划分为岩溶塌陷非危险区，主要是矿部及家属区所在地。

由岩溶塌陷危险性分区可知，危险区内有大量村庄和农田。将塌陷区内居民及工矿企业搬迁出危险区所发生的费用主要有：征地费、青苗补偿费、易地安置费等，这将大大增大开采成本。建议对深部开采诱发岩溶塌陷问题及其防治对策进行专项研究。

5、地表运输系统

地面运输分为矿石运输和废石运输，在新主井+110m 矿石仓底部，用板式给矿机给胶带机装矿，用胶带输送机将矿石通过隧洞运至选厂。废石在新主井废石仓底部用一台振动放矿机给胶带机装矿，用胶带机通过新主井平窿将废石运至废石堆。

新主井平窿位于岩溶塌陷不发区，虽然部分地位于采矿移动盆地范围之内，但由于矿山采用充填法采矿，随着采深采厚比的增大，发生采空塌陷的可能性小，因此场地发生地面塌陷的危险性小。平窿方位与地层走向呈大角度斜交，工程地质岩体较坚硬，水文地质条件简单，平窿稳固性较好。平窿口无人工高陡边坡，斜坡呈阶梯状，平窿出口所在台阶高度 14 米，坡度约 30°，坡向 185°。残坡积层厚约 30~50 厘米，为含碎石粘性土，局部存在滚石，影响平窿口安全，好在平窿口混凝土门楼可拦截滚石，对平窿出口起防护作用。植被覆盖率 80~90%，以灌木为主。基岩为细砂至粉砂岩，产状 142°∠58°。地质分析斜坡基本稳定，发生崩滑流的危险性小。

新主井矿石仓至选矿厂胶带运输隧洞位于采矿移动盆地范围之外，岩溶塌陷不发区，发生地面塌陷的可能性小。平窿方位与地层走向呈大角度斜交，工程地质岩体较坚硬，水文地质条件简单，平窿稳固性较好。出口处人工高陡边坡，虽然存在多组外倾结构面，但该组结构面线密度较稀，裂面闭合，岩体坚硬、完整，层面产状与人工边坡倾向逆交，边坡基本稳定，诱发崩滑流的危险性小。

二、选矿厂综合评估

选矿厂的相关改扩建均在现有厂房内进行，原选矿场地位于采矿地表移动盆地范围之外，岩溶地面塌陷不发区，发生地面塌陷的可能性小，地面稳定性好。场地周边自然斜坡基本稳定，人工边坡均已进行人工衬砌等护坡处理，遭受崩滑流地质灾害的危险性小。

新增地表配套设施为尾矿高效浓密机、回水泵站、事故池和污水处理站等尾矿回水和污水处理设施。新增地表设施位于采空区地表移动盆地范围外、岩溶塌陷少发区，地面稳定性较好。周边地势较平缓，无自然和人工高陡边坡，工程本身遭受或工程建设诱发崩滑流地质灾害的危险性小。

三、尾砂库综合评估

矿山现有两座尾矿库，老尾矿库为山谷型尾矿库，位于紧邻赤湖的山谷中，新尾矿库位于老尾矿库下游的赤湖湖湾，采用三面筑坝方式。尾矿库周边自然斜坡稳定，无人工高陡边坡，不易发生崩、滑、流等地质灾害。尾矿库位于采矿地表移动范围之

外，岩溶塌陷不发区，地面稳定性好，发生地面塌陷的可能性小。

老尾矿库现堆积标高 68.5m，最终堆积标高 77m，总库容 572.5 万 m^3 ，有效库容 458 万 m^3 。业主计划对老尾矿库 45m 标高以上的尾砂进行回采分级，粗尾砂用于井下充填，细尾砂排入新尾砂库。当堆积至 77m 标高时可形成再利用总库容 400.88 万 m^3 ，有效库容 320.7 万 m^3 。

新尾矿库于 2003 年 9 月完成设计，目前已经建成投入使用。初期坝标高 23.5m，形成初期容积 148 万 m^3 ，最终堆积标高 45m，总库容 529 万 m^3 ，有效库容 423.2 万 m^3 。

新、老尾矿库是按 3000t/d 规模设计的，生产规模扩大至 5000t/d 后，选厂排出的尾矿干量为 3852t/d，根据选厂现有尾矿粒度组成数据，在满足尾矿堆坝的前提下（-37 μm 尾砂占尾砂库尾砂的 $\leq 80\%$ ），可提供充填用的粗尾砂（+37 μm ）大约 494t/d，送往尾矿库的尾矿为 3358 t/d，按年工作制度 330 天，每年排到尾砂库的尾砂量为 110.81 万 t，按照 1.35t/ m^3 的堆积干容重，约需库容 82.08 万 m^3 / a，新、老尾矿库现有有效库容 646.89 万 m^3 ，服务年限为 7.88 年。深部挖潜扩产技术改造（I 期）设计利用 C+D 级铜矿石储量 5109 万吨，延长矿山服务年限约 22.5 年，已有尾矿库容量不能满足矿山生产使用年限，必须寻找新的尾矿库，或者加高现在尾矿坝堆积高度增加库容，但必须进行尾矿库工程地质勘察，并进行稳定性分析。尾矿库位于赤湖湖湾地区，其下游修建了大量的水产养殖鱼塘，尾矿库的超高超量堆放，及未做好排水设施或尾砂库坝体失稳等，将对赤湖造成严重污染，并危及鱼塘。

4.5.2 项目建设的适宜性评估

本期挖潜扩产技术改造项目的主要采矿工程建设内容包括：新掘一条主井、延深北副井和新南副井、新增-260m、-310m、-360m、-410m 和-460m 等五个中段和地表运输系统改造，以及选矿厂、尾矿库的扩建改造。其适宜性分别评估如下：

新主井工程：经综合分析评估认为，新主井场地地面稳定性较好、受采矿活动的影响较小，发生地面塌陷的可能性小；周边自然斜坡稳定性好，自然状态下发生崩、滑、流的可能性小；新主井土石方开挖已结束，形成一人工高陡边坡，边坡存在多组外倾组合结构面，经地质分析边坡稳定性差、发生掉块、崩塌、滑坡的可能性较大，对主井工业场地存在安全隐患。建议边坡角放缓至 45°~50°为宜，并进行喷射混凝土防护；井筒工程地质条件总体较好，但井筒顶部粉砂岩完整性较差，基本质量级别为 IV 级，在顶部微风化-弱风化粉砂岩内施工时应采取短掘短砌及时加固，同时做好场地的排水工作，避免发生片帮事故；主井场地及井筒水文地质条件简单，井筒涌水量约 15 m^3/h ，发生大的对井筒施工造成极大影响的突水事故的可能性不大；地下水对工程的腐蚀性弱；井筒施工过程中受有毒有害气体或异常地热影响的可能性不大。以上分析表明，所选井位基本适宜新主井工程建设。

北副井延伸工程：经综合评估分析，北副井周边斜坡稳定，自然状态下发生崩、滑、流等地质灾害的可能性小；北副井位于北矿带矿体下盘，但离矿体较近，按采矿崩落角按 60° 计算，北副井位于地表开采移动范围之内，存在发生地面塌陷并导致井筒破裂的危险性。然而，由于矿山采用充填采矿法，并随着采深采厚比的加大，矿区近十年没有发生采空塌陷，说明只要按设计进行开采和充填，地面塌陷可以避免。北副井位于岩溶塌陷不发区，发生岩溶塌陷的危险性小。北副井与新掘主井距离较近，地质构造、岩性、水文和工程地质条件相似，可以进行工程类比，据新主井勘探资料，井筒延深施工的水文和工程地质条件相对较好，井筒延深过程中可能发生的主要工程地质问题为片帮。以上分析表明，北副井延伸工程建设基本适宜。

新南副井延深工程：经综合评估认为，新南副井周边地势平坦，无自然和人工边坡，发生崩、滑、流地质灾害的可能性小。新南副井建成不到一年时间内（1990 年前后）在井深 19~76m 段井壁出现大段高大面积的破裂。井筒破裂后，对井筒进行破壁注浆加固，注入水泥近 500t，随后渐趋稳定。造成新南副井井筒变形破坏的主要因素是井筒上部富含水的强风化钙质页岩因疏干失水引起的地面塌陷。该层已长期暴露在地下水位之上，地下水位的再次下降对该层的影响较小。深部岩层为二叠系下统茅口阶上段(P_{1m_2})深灰色厚层状燧石结核灰岩夹硅质岩，岩石坚硬，深部岩石岩溶率低，新南副井延深诱发地面沉降的可能性较小，井筒基本稳定，但井筒延深过程中有可能发生较严重的突水事故，需做好防排水措施。以上分析表明，新南副井延深工程建设基本适宜。

新增中段开拓和采矿：本期深部挖潜扩产技术改造将新增-260m、-310m、-360m、-410m 和-460m 等五个中段。矿区-210m 以下不良地质体明显减少，岩体稳固性增强，但随着采矿深度的加大，局部地段地压问题可能比较突出；深部溶洞和岩溶裂隙减少，由岩溶水造成的突水事故将减少。然而，评估深部开拓和采矿的适宜性主要应考虑湖水倒灌和岩溶塌陷问题，据现有资料分析这两个问题比较突出，因此新增中段开拓和采矿适宜性等级为差。

地表运输系统工程：包括新主井平窿和新主井矿石仓至选矿厂胶带运输隧硐。场地岩体工程地质条件好，水文地质条件简单，隧硐出口处人工高陡边坡基本稳定，所选场地适宜该项工程建设。

选矿厂：选矿厂的相关改扩建均在现有厂房内进行，新增地表设施为尾矿高效浓密机、回水泵站、事故池和污水处理站等尾矿回水和污水处理设施。新增地表设施周围地势较平缓，发生崩塌、滑坡的危险性小，且位于采空区地表移动盆地范围外、岩溶塌陷少发区，地面稳定性较好。从选矿厂目前的使用情况及对改扩建内容的综合评估，选矿厂建设适宜。

尾矿库：矿山现有两座尾矿库，老尾矿库为山谷型尾矿库，位于紧邻赤湖的山谷中，新尾矿库位于老尾矿库下游的赤湖湖湾，采用三面筑坝方式。尾矿库周边自然斜

坡稳定，无人工高陡边坡，不易发生崩、滑、流等地质灾害。尾矿库位于采矿地表移动范围之外，岩溶塌陷不发区，地面稳定性好，发生地面塌陷的可能性小。新、老尾矿库是按 3000t/d 规模设计的，生产规模扩大至 5000t/d 后，排入尾矿库的尾矿为 3358 t/d，按年工作制度 330 天，每年排到尾砂库的尾砂量为 110.81 万 t，按照 1.35t/m³ 的堆积干容重，约需库容 82.08 万 m³ / a，新、老尾矿库现有有效库容 646.89 万 m³，服务年限为 7.88 年。深部挖潜扩产技术改造（I 期）设计利用 C+D 级铜矿石储量 5109 万吨，延长矿山服务年限约 22.5 年，已有尾矿库容量不能满足矿山生产使用年限，必须寻找新的尾矿库，或者加高现在尾矿坝堆积高度增加库容，但必须进行尾矿库工程地质勘察，并进行稳定性分析。已有尾矿库适宜性等级为适宜。

通过以上分项工程适宜性评估认为，项目建设的目的是开采深部矿体、扩大生产能力，而深部矿体的开采极有可能引起赤湖水倒灌和诱发大面积岩溶塌陷，适宜性差，因此建设场地的总体适宜性等级为适宜性差。

4.5.3 地质灾害防治措施

针对矿区可能发生的地质灾害问题，特提出以下防治措施：

1、新主井人工高陡边坡，风化裂隙和构造裂隙发育，存有多组外倾结构面，经地质分析边坡稳定性较差、可能发生、掉块、崩塌、滑坡等地质灾害，对主井工业场地存在安全隐患。建议放坡至 45°~50°，并进行喷射混凝土护坡。

2、新主井井筒施工过程中需防止发生片帮事故，在顶部微风化-弱风化粉砂岩内施工时应采取短掘短砌及时加固，同时做好场地的排水工作。

3、北矿带地下水 PH 值一般在 5~6 左右，对钢结构具有一定的腐蚀性，因此对单纯的钢结构应作一些防腐处理。

4、新主井下掘、北副井和新南副井延深过程中，由于独头下掘，空气质量会较差，因此要做好通风除尘和防排水工作，以确保井筒工程施工的安全。

5、严格按采矿设计进行采矿，对空区进行及时充填，充填料要充分接顶，防止发生地面塌陷。

6、放炮通风后作业人员进入工作面时一定要检查和清理因爆破而悬浮在巷道顶板和两帮上的松动岩石。

7、建立顶板管理制度，对顶板不稳固的采场，要指定专人负责检查，发现问题及时研究处理。

8、对不稳固顶板和边帮进行支护，并确保支护质量。

9、对地压特别大的场所，进行专项研究，以寻求有针对性的处理方法。

10、矿山在雨季来临之前充分做好地表和井下的防洪措施。地表应检查拦洪坝及排水隧道的可靠与否，井下应提前做好水泵及管道的检修工作，以及对防水门进行定期检查、维护，使其关键时刻能发挥作用防。北矿带东西两侧及南矿带岩体与大理岩

的接触带附近是矿山防水的重点，开拓工程施工期间应注意超前探水，严格执行《金属非金属地下矿山安全规程》中“防排水”的有关规定。地下水的疏干可能导致隐伏碳酸盐岩区产生地面塌陷或沉降。矿山生产中应对可能产生塌陷的地区定期观测，对可能造成地表水直接灌入井下的塌洞应及时回填。

11、矿山地质测量部门必须调查核实矿区范围内的小矿井、老井、老采空区，现有生产井中的积水区、含水层、岩溶带、地质构造等详细情况，并填绘矿区水文地质图，应查明矿坑水的来源，掌握矿区水的运动规律，摸清矿井水与地下水、地表水和大气降雨的水力关系，判断矿井突然涌水的可能性；对积水的旧井巷、老采区、含水层、岩溶带和不安全地带，须制定预防突然涌水的安全措施，方准采矿。

12、在以后的开拓巷道和采矿时，应施工探水钻并对地下水进行超前疏干，一方面防止矿坑突水事故的发生；另一方面减少因疏干地下水而引发地面岩溶塌陷，确保人员生命财产安全。

13、建议对岩溶塌陷危险区内云池口、上熊家村、鄢家墙、肖家埠、南港、北港、黄桥铺、燕吴村、下吴、斑鸠坳、下屋周、老屋下及靠背罗家等村落进行搬迁，在次危险区内对岩溶疏干漏斗影响进行监测，如发现新情况，须做地面塌陷预警与防范，或对地下水疏干诱发地面岩溶塌陷问题进行专项研究，制定防治措施。

14、按赤湖水与矿坑水水力联系专项研究结论制定防治措施，防止赤湖水灌入坑道内。新中段开拓和采矿过程中需继续加强矿坑水与地表水，特别是赤湖水水力联系的研究。

15、按排土场专项地质灾害评估防治措施，防止排土场本身或诱发地质灾害。

16、防止尾砂库超高超量排放。已有尾矿库容量不能满足矿山生产使用年限，必须寻找新的尾矿库，或者加高现在尾矿坝堆积高度增加库容，但必须进行尾矿库工程地质勘察，并进行稳定性分析。

17、矿坑排水有时为酸性水，悬浮物及重金属离子超标，因此，应对南、北矿带井下排水水量及水质进行长期监测，防止矿坑水污染环境。

第五章 结论

5.1 结论

1、评估工程为 XX 铜矿深部挖潜扩产技术改造项目。拟建项目设计开采对象为-210 m ~-460 m 标高区间的铜矿资源，设计采选生产规模 5000t/d，服务年限 22.5 年，为国家重点建设项目。矿区地质环境条件复杂，破坏地质环境的工程活动较剧烈。确认地质灾害危险性评估级别为一级。

2. 评估区自然斜坡在自然状态下基本稳定，但在暴雨条件下局部地段可能发生小型滑坡并可能诱发小规模泥石流，泥石流易发程度为轻度易发。

3. 评估区已有地质灾害主要包括滑坡、泥石流、地面塌陷。主要滑坡均分布于笔架山—武山寺山脉南坡。评估区已有泥石流灾害的诱发因素主要是强降雨，泥石流物质来源主要沟谷中、上部小型自然滑坡和流水对沟床的陶蚀作用，现状条件下沟谷泥石流发育程度为轻度易发。

4、矿区水文地质条件复杂，不良工程地质体多，预测采空区地面稳定性差，地表移动盆地面积达 $1.5\sim 2\text{ km}^2$ ，易发生采空塌陷，须采用充填采矿法。现有生活管理区遭受崩、滑、流及地面塌陷等地质灾害的危险性较小。已有矿山公路遭受崩滑流地质灾害的危险性较小，但局部位于岩溶塌陷易发区，遭受岩溶地面塌陷的危险性较大。

5. 新主井场地地面稳定性较好、受采矿活动的影响较小，发生地面塌陷的可能性小；周边自然斜坡基本稳定，自然状态下发生崩、滑、流的可能性小；新主井土石方开挖已结束，形成一人工高陡边坡，为岩质斜向坡，但风化裂隙和构造裂隙发育，存存多组外倾组合结构面，存在因楔体破坏发生掉块、崩塌、局部滑坡等地质灾害的可能。主井场地及井筒水文地质条件简单，井筒涌水量约 $15\text{ m}^3/\text{h}$ ，发生大的对井筒施工造成极大影响的突水事故的可能性不大；地下水对工程的腐蚀性较弱；井筒施工过程中受有毒有害气体或异常地热影响的可能性不大。

6、北副井周边斜坡稳定，自然状态下发生崩、滑、流等地质灾害的可能性小；新南副井周边地势平坦，无自然和人工边坡，发生崩、滑、流地质灾害的可能性小。但井筒延深过程中有可能发生较严重的突水事故，需做好防排水措施。矿区 -210m 以下不良地质体明显减少，岩体稳固性增强，但随着采矿深度的加大，局部地段地压问题可能比较突出，需加强地压监测和预报工作。此外，深部开采，地下水疏干降落漏斗半径增大，诱发大面积地面疏干岩溶塌陷的危险性大。

7、地表运输系统包括新主井平窿和新主井矿石仓至选矿厂胶带运输隧硐。场地岩体工程地质条件好，水文地质条件简单，发生地面塌陷的可能性小，平窿或隧硐稳定性较好。矿石隧硐出口处人工高陡虽然存在多组外倾结构面，但该组结

构面线密度较稀，裂面闭合，岩体坚硬、完整，层面产状与人工边坡倾向逆交，边坡基本稳定，不易诱发崩滑流等地质灾害。

8. 选矿厂的相关改扩建均在现有厂房内进行，新增地表设施为尾矿高效浓密机、回水泵站、事故池和污水处理站等尾矿回水和污水处理设施。新增地表设施周围地势较平缓，发生崩塌、滑坡的危险性小，且位于采空区地表移动盆地范围外、岩溶塌陷不发区或少发区，地面稳定性较好。据已有资料分析深部矿体的开采引起赤湖水倒灌和诱发大面积岩溶塌陷的危险性大，建设适宜性差。因此建设场地的总体适宜性等级为适宜性差。

5.2 建议

1、建议新主井人工高陡边坡放坡至 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，并进行喷射混凝土护坡。

2、主井井筒施工过程中需防止发生片帮事故，在顶部微风化-弱风化粉砂岩内施工时应采取短掘短砌及时加固，同时做好场地的排水工作。

3、矿坑排水有时为酸性水，悬浮物及重金属离子超标，因此，应对南、北矿带井下排水水量及水质进行长期监测，防止矿坑水污染环境。应考虑设备的防腐，并对南、北矿带井下排水水量及水质进行长期监测，做好坑内排水处理工作，防止矿坑水污染环境。

4、新主井下掘、北副井和新南副井延深过程中，由于独头下掘，空气质量会较差，因此要做好通风除尘和防排水工作，以确保井筒工程施工的安全。

5、严格按采矿设计进行采矿，对空区进行及时充填，充填料要充分接顶，防止发生地面塌陷。

6、放炮通风后作业人员进入工作面时一定要检查和清理因爆破而悬浮在巷道顶板和两帮上的松动岩石。

7、建立顶板管理制度，对顶板不稳固的采场，要指定专人负责检查，发现问题及时研究处理。

8、对不稳固顶板和边帮进行支护，并确保支护质量。

9、对地压特别大的场所，须进行长期监察或专项研究，防止采场发生片帮、冒顶或岩暴事故，并寻求有针对性的处理方法。

10、矿山在雨季来临之前充分做好地表和井下的防洪措施。地表应检查拦洪坝及排水隧道的可靠与否，井下应提前做好水泵及管道的检修工作，以及对防水门进行定期检查、维护，使其在关键时刻能发挥作用。北矿带东西两侧及南矿带岩体与大理岩的接触带附近是矿山防水的重点，开拓工程施工期间应注意超前探水，严格执行《金属非金属地下矿山安全规程》（GB 16424-1996）中“防排水”的有关规定。地下水的疏干可能导致隐伏碳酸盐岩区产生地面塌陷或沉降。矿山生

产中应对可能产生塌陷的地区定期观测，对可能造成地表水直接灌入井下的塌洞应及时回填。

11、矿山地质测量部门必须调查核实矿区范围内的小矿井、老井、老采空区，现有生产井中的积水区、含水层、岩溶带、地质构造等详细情况，并填绘矿区水文地质图，应查明矿坑水的来源，掌握矿区水的运动规律，摸清矿井水与地下水、地表水和大气降雨的水力关系，判断矿井突然涌水的可能性；对积水的旧井巷、老采区、含水层、岩溶带和不安全地带，须制定预防突然涌水的安全措施方准采矿。

12、在以后的开拓巷道和采矿时，应施工探水钻并对地下水进行超前疏干，一方面防止矿坑突水事故的发生；另一方面减少因疏干地下水而引发地面岩溶塌陷，确保人员生命财产安全。

13、建议对岩溶塌陷危险区内云池口、上熊家村、鄢家墙、肖家埠、南港、北港、黄桥铺、燕吴村、下吴、斑鸠坳、下屋周、老屋下及靠背罗家等村落进行搬迁，在次危险区内对岩溶疏干漏斗影响进行监测，如发现新情况，须做地面塌陷预警与防范，或对地下水疏干诱发地面岩溶塌陷问题进行专项研究，制定防治措施。

14、按赤湖水与矿坑水专项研究结论制定防治措施，防止赤湖水灌入坑道内。

15、按排土场专项地质灾害评估防治措施，防止排土场本身遭受或诱发地质灾害。

16、防止尾砂库超高超量排放。已有尾矿库容量不能满足矿山生产使用年限，必须寻找新的尾矿库，或者加高现在尾矿坝堆积高度增加库容，但必须进行尾矿库工程地质勘察，并进行稳定性分析。

参考文献

- [1] 王得楷. 建设用地地质灾害危险性评估技术探讨. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13 (4): 94~95
- [2] 郭富斌, 宣世进, 张永军. 地质灾害评估技术研究. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 55~58
- [3] 段永候等. 中国地质灾害[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- [4] A. Kaufman. Introduction to the theory of Fuzzy Subsets. Vol 1. New York. 1975
- [5] 美国地质调查局网站, 2003
- [6] Carrara A. Multivariate models for landslide hazard evaluation[J]. Mathematical Geology, 1983, 15(3): 403-426
- [7] Haruyama M. Kitamura R. An evaluation method by the quantification theory for the risk degree of landslides caused by rainfall[A]. Proc. 4th Int. Landslides[C], Toronto, 1984, 2: 435-440
- [8] Baeza C. Corominas J. Assessment of shallow landslide susceptibility by means of statistical techniques[A]. Proc, 7th Int. Symp. Landslides[C]. Trondheim, 1996, 1: 147-152
- [9] Carrara A, Cardinali M, Guzzetti F. Uncertainty in assessing landslide hazard and risk[J]. ITC Journal, 1992, 2: 172-183
- [10] 殷坤龙, 张桂荣. 地质灾害风险区划与综合防治对策[J]. 安全与环境工程, 2003, 10(1): 35~38
- [11] Aleotti P, Polloni G. et al. Hydro geological risk assessment of the Po river basin(Italy), landslides in research, theory and practice, 13-18, Thomas Telford, London, 2000
- [12] Michael-leiba M. Quantitative landslides risk assessment of Cairns, Australia. Landslides in research, theory and practice, 1059-1064, Thomas Telford, London, 2000
- [13] A•L•Ragozin, Landslide hazard, vulnerability and risk assessment, Landslides in research, theory and practice, 1257-1262, Thomas Telford, London, 2000
- [14] 朱良峰, 殷坤龙等. 基于 GIS 技术的区域地质灾害信息分析系统研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, 12(3)
- [15] 李泳. 泥石流危险性评价的问题[J]. 山地学报, 1999, 1(4)
- [16] 唐川, 刘洪江等. 泥石流堆积扇危险度分区定量评价研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(3)
- [17] 许信旺. 地理信息系统支持下泥石流灾害危险度评估研究[J]. 安庆师范学院学报, 1997, 3(1)
- [18] 张春山, 张业成等. 中国崩塌、滑坡、泥石流灾害危险性评价[J]. 地质力学学报, 2004, 010(001): 27~32
- [19] 王国胜. 山区泥石流灾害发生预测的研究[J]. 水土保持科技情报, 1995, 000(001): 16~18.
- [20] 刘加龙, 吕希奎. 模糊综合评判法在泥石流灾度评价中的应用[J]. 地质科技情报, 2001, 020(004): 86~88
- [21] 柳源. 中国地质灾害(以崩、滑、流为主)危险性分析与区划[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(1)
- [22] 樊晓一, 乔建平等. 层次分析法在典型滑坡危险度评价中的应用[J]. 自然灾害学报, 2004, 013(001): 72~76

- [23]伍洲云. 苏锡常地区地裂缝灾害危险性评价与预测[J]. 水文地质工程地质, 2004, 031(001): 28~31, 51
- [24]张梁, 张业成等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 12
- [25]韩沐群. 建设用地地质灾害危险性评估的意义及作用[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 15~17.
- [26]中华人民共和国国土资源部. 地质灾害防治管理办法[Z]. 1999
- [27]中华人民共和国国土资源部. 关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知[Z]. 1999.
- [28]国务院办公厅. 加强地质灾害防治工作意见的通知[Z]. 2001
- [29]中华人民共和国国土资源部. 建设项目用地预审管理办法[Z]. 2001
- [30]国务院办公厅. 国务院办公厅转发国土资源部关于进一步治理整顿矿产资源管理秩序意见的通知[Z]. 2001, 11
- [31]中华人民共和国国土资源部. 国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知[Z]. 2004
- [32]陈情来, 张永双. 西气东输工程沿线地质灾害与防治对策[J]. 成都理工学院学报, 2001, 9, 28(增)
- [33]李勇峰, 杨志波, 刘玉山等. 高速公路建设用地地质灾害危险性评估的理论与实践初探[J]. 湖北地矿, 2002, 16(4): 186~190
- [34]周旭荣, 张红, 张吉明等. 陕京二线输气管道工程山西段地质灾害危险性预测评估及防治对策[J]. 岩土工程界, 2003, 7(6): 94~97
- [35]刘兴春, 孙军兰, 郝林凤等. 地质灾害现状评估技术在公路建设用地中的应用[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 59~63
- [36]刘起霞, 邹剑峰, 吴应. 南水北调中线工程(河南段)地质灾害评价[J]. 地质灾害与环境保护, 2003, 14(3): 51~56 转 60
- [37]马东涛, 崔鹏, 陈书涛等. 南水北调西线工程调水区地质灾害问题[J]. 山地学报, 2003, 21(5): 582~588
- [38]张永军, 宣世进, 孙军兰. 工程建设诱发地质灾害实例分析—以兰州市大浪沟泥石流为例[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 167~170
- [39]张永军, 刘如珍, 张项源等. 临清高速公路建设用地地质灾害危险性现状评估[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 68~71
- [40]刘军强. 建设用地地质灾害危险评估[J]. 华东地质学院学报, 2002, 25(3): 216~219
- [41]王得楷. 建设用地地质灾害危险性评估关键技术问题的探讨[J]. 甘肃科学学报, 2003, 15(专辑): 42~45
- [42]陈情来. 模糊综合评判地质灾害的危险性[J]. 油气储运, 2000, 9(5): 8~43
- [43]宗辉. 地质灾害危险性评估的半定量评价方法[J]. 地质灾害与环境保护, 2003, 14(2): 51~53
- [44]卢全中, 彭建兵, 赵法锁. 地质灾害风险评估(价)研究综述[J]. 灾害学, 2003, 18(4): 60~63

致谢

本论文是在导师 XX 教授的指导下完成的,从论文选题到最终定稿都得到了导师的悉心指导,导师渊博的知识、温和的处世态度、严谨的治学精神和诲人不倦的为师之道都给学生留下了深刻的印象。三年中,导师不仅在学业上给予指导,而且在工作上也给予了极大的关心和帮助,在此向赵老师表示衷心的感谢。

在资料收集的过程中,得到 XX 铜矿各相关部门、处室领导及技术人员的鼎力相助,他们在百忙之中抽空帮助查找资料,亲自带领我们进行现场实地勘察,得到了宝贵的第一手资料,为本论文的撰写奠定了良好的基础,再此表示感谢!

在论文撰写的过程中,得到江西应用技术职业学院土木工程系同仁的大力协助,再此也一并表示感谢!

最后向在我研究生学习阶段给予我关心和帮助的所有人们致以最诚挚的谢意!

作者简介

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得江西理工大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：_____ 日期：____年__月__日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解江西理工大学有保留、使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属于江西理工大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权江西理工大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：_____ 签字日期：____年__月__日

导师签名：_____ 签字日期：____年__月__日