

引用格式: 邹标, 骆欢.重晶石矿井地质环境问题及防治对策研究[J].标准科学, 2025(9):115-121.

ZOU Biao, LUO Huan. Study on Geological Environment Problems and Prevention Countermeasures in Barite Mining Area [J]. Standard Science, 2025(9):115-121.

重晶石矿井地质环境问题及防治对策研究

邹标¹ 骆欢²

(1.贵州天越工程技术有限公司; 2. 遵义市新蒲新区应急管理局)

摘要: 【目的】针对重晶石开采引发的地质环境问题,通过分析其现状及成因,提出科学防治对策,为保护重晶石矿井地质环境、推动矿业可持续发展提供理论与实践依据。【方法】以重晶石矿井为研究对象,采用实地调研与数据分析相结合的方法,系统梳理开采过程中出现的地形地貌破坏、土地资源占用与破坏、水资源污染、地质灾害隐患等问题,深入剖析问题产生的地质、技术及管理成因。【结果】揭示重晶石开采导致原生地形地貌改变、土地资源损毁、高陡边坡及采空区诱发崩塌、滑坡等地质灾害隐患。分析表明,不合理的开采布局、粗放式工艺及环保措施滞后是主要原因。【结论】提出了针对性防治对策,以实现重晶石开采与地质环境保护的协调发展。

关键词: 重晶石矿井; 地质环境; 水资源污染; 防治对策

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.09.015

Study on Geological Environment Problems and Prevention Countermeasures in Barite Mining Area

ZOU Biao¹ LUO Huan²

(1.Guizhou Tianyue Engineering Technology Co., Ltd.; 2.Zunyi Xinpu New District Emergency Management Bureau)

Abstract: [Objective] In view of the geological environment problems caused by barite mining, the scientific prevention and control countermeasures are put forward by analyzing its current situation and causes, so as to provide theoretical and practical basis for protecting the geological environment of barite mine and promoting the sustainable development of mining industry. [Methods] Taking barite mine as the research object, the methods of field investigation and data analysis are used to systematically sort out the problems such as topographic and geomorphic damage, land resource occupation and destruction, water resource pollution and geological disaster hidden dangers in the mining process, and the geological, technical and management causes of the problems are also analyzed. [Result] The results reveal that barite mining has led to the change of primary topography and geomorphology, the destruction of land resources, the collapse and landslide induced by high and steep slope and goaf. The analysis shows that unreasonable mining layout, extensive technology and lagging environmental protection measures are the main reasons. [Conclusion] The targeted prevention and control countermeasures are put forward to realize the coordinated development of barite mining and geological environment protection.

Keywords: barite mining area; geological environment; water pollution; prevention countermeasures

基金项目: 本文受贵州学术新苗培养及创新探索项目“流固耦合作用下露天矿边坡失稳机理及加固研究”(项目编号: 2024XSXM015)资助。

作者简介: 邹标, 本科, 工程师, 研究方向为非煤矿山安全生产技术、地质工程灾害防治管理。

0 引言

在现代工业蓬勃发展的进程中,重晶石凭借其特殊的物理化学性质,在石油、化工、医药、造纸等诸多领域中占据着举足轻重的地位。其独特的高密度特性使其成为石油钻探中不可或缺的加重剂,确保了钻探作业的顺利进行。在化工领域,重晶石是生产多种钡盐等重要化工产品的关键原料;在医药行业,重晶石常被用作造影剂,为疾病的准确诊断提供有力支持;在造纸工业,重晶石有助于提升纸张的品质。随着全球经济的快速发展,工业生产规模不断扩大,各行业对重晶石的需求持续增长,这促使重晶石矿开采活动日益频繁,开采规模持续扩大^[1-4]。

然而,重晶石矿开采在为经济发展提供必要资源的同时,也给矿井地质环境带来了沉重的负担,引发了一系列不容忽视的问题。开采作业致使矿井地形地貌遭受严重破坏,山体千疮百孔,地表塌陷、裂缝随处可见,原有的生态景观面目全非。废渣废石的无序堆放,不仅大量占用土地,还成为地质灾害的隐患,在雨水冲刷等因素作用下,极易引发泥石流、滑坡等灾害,威胁周边居民的生命财产安全^[5-8]。地下开采形成的采空区破坏了岩体结构的稳定性,导致地面沉降、塌陷等地质灾害频发,使建筑物受损,基础设施遭到破坏。同时,开采活动还可能对地下水系统造成破坏,引发水位下降、水质污染等问题,影响水资源的合理利用,进一步加剧生态环境的恶化^[9-12]。

这些地质环境问题不仅严重破坏了矿井周边的生态平衡,降低了居民的生活质量,而且阻碍了重晶石矿业的可持续发展。企业面临着高昂的环境治理成本和巨大的社会舆论压力,开采难度的增加和资源的浪费也制约了经济效益的提升。因此,深入研究重晶石矿井地质环境问题,探寻有效的防治对策,对保护生态环境、促进矿业可持续发展、保障社会稳定具有重要的现实意义。本研究将全面剖析重晶石矿井地质环境问题的成因与特征,并提出切实可行的防治措施,为重晶石矿业的

绿色发展提供科学依据和技术支持。

1 我国重晶石矿分布及储量情况

现阶段我国重晶石矿分布广泛,全国26个省、自治区、直辖市均有产出。其主要矿集区多分布于扬子板块南缘的江南地区和黔-桂地区,以及扬子板块北缘的秦岭地区。重要矿集区包括:(1)黔东-湘西-桂北(大河边、湘黔式)沉积型重晶石矿集区:位于扬子地台西南缘,湘黔交界处至桂北地区,呈近南北向带状展布,如贵州天柱大河边和湖南新晃贡溪、广西三江板必等重晶石矿床。其中贵州天柱大河边矿床为超大型沉积型。(2)甘南-陕西南-鄂北(秦巴式)沉积型重晶石矿集区:位于扬子地台北缘,甘、陕、川、渝、鄂交界处,呈近东西向狭长带状展布。矿床类型有沉积型、层控型,已知矿床有甘肃文县东风沟重晶石矿、湖北省随州市柳林重晶石矿等。

根据自然资源部数据^[1],2022年中国重晶石资源储备量为10 735.58万吨。中国重晶石资源分布较为集中,主要集中在贵州、湖南、广西、甘肃、浙江等地区。贵州省资源储备量为4 293.25万吨,占全国的39.99%,位居全国第一。如图1为2022年重晶石资源储备量。

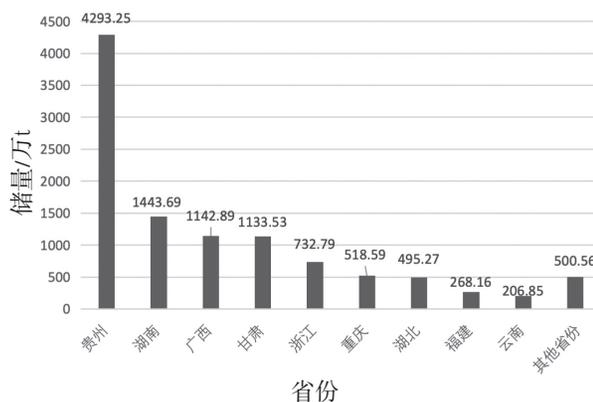


图1 2022年重晶石资源储备量

值得注意的是,随着勘探工作的不断深入,具体的分布及储量情况可能会有所变化。同时,重晶石作为重要的非金属矿物原料,在工业上具有广

泛用途,其开发利用需注重可持续性。

2 重晶石矿地质环境问题

2.1 地形地貌破坏

重晶石矿的开采活动因采用的开采方式不同,对地形地貌造成的破坏形式和程度也存在差异。当前,重晶石矿的开采主要分为露天开采和地下开采2种方式^[13-14]。

露天开采作为获取重晶石矿的一种直接方式,其对地表的直接挖损行为彻底改变了原有的地形地貌。在开采过程中,大规模的矿体挖掘形成了众多面积广阔的采坑,这些采坑犹如大地的“伤疤”,破坏了原本地表的连续性和完整性,如图2所示。与此同时,开采所产生的大量尾矿和废石被堆积形成尾矿堆和排土场,这些废弃物的无序堆积不仅占用了大量的地表空间,还显著改变了地表的自然形态。更为严重的是,这些活动对植被和土壤结构造成了毁灭性的破坏。植被作为地表生态系统的重要组成部分,其生长环境遭到破坏后,植被覆盖率大幅下降,使得土壤失去了植被的保护和固持作用。土壤结构的破坏进一步削弱了土壤的抗侵蚀能力,在降水等自然因素的作用下,水土流失现象愈发严重。这种水土流失不仅导致土壤肥力下降,影响周边地区的农业生产,还可能引发下游地区的河道淤积等一系列生态环境问题。



图2 露天开采地表破坏特征

地下开采虽然不像露天开采那样直接改变地表形态,但带来了更为隐蔽且潜在危害巨大的影响。在地下开采过程中,随着矿体的不断采出,采空区逐渐形成。采空区上方的岩体原本处于平衡

状态,由于矿体被采出,其支撑力减弱,在重力的持续作用下,岩体开始逐渐变形。当这种变形超过一定限度时,就会引发地表塌陷和地裂缝等现象。这些地表变形不仅改变了地表的地形地貌,使原本平坦的地面变得凹凸不平,还可能导致周边地区的水系、道路等自然和人工地貌发生改变,进而影响整个区域的生态平衡。

2.2 水资源污染

重晶石矿的开采和选矿过程是水资源污染的重要源头,这一过程中产生的大量废水含有多种污染物,对地表水和地下水环境构成了严重威胁。

在开采和选矿过程中,为了分离和提取重晶石矿中的有用成分,需要使用大量的水进行洗矿、选矿等操作,这就产生了大量的废水。这些废水中含有多种污染物,其中重金属是主要的污染物之一,如铅、锌、镉等。这些重金属具有毒性,在环境中难以降解,会在生物体内富集,对生物体造成严重的危害。废水中还含有大量的悬浮物,这些悬浮物会使水体变得浑浊,降低水体的透明度,影响水生生物的生存环境。此外,为了提高选矿效率,在选矿过程中还会使用一些化学药剂,如浮选剂、抑制剂等,这些化学药剂残留在废水中,也会对水体环境造成污染,如图3所示。



图3 重晶石矿开采水资源污染

如果这些废水未经处理直接排放,首先会对地表水造成污染。受污染的地表水变黑、变臭,水质恶化,无法满足灌溉和饮用的要求。对于依赖地表水进行灌溉的农业生产来说,使用受污染的地表水会导致农作物生长不良,甚至死亡,影响农产品的产量和质量。同时,受污染的地表水还会对周边的水生生态系统造成破坏,导致鱼类、贝类等水生生物的死亡和灭绝,破坏生态平衡。

废水的排放还会对地下水造成污染。废水通

过土壤的渗透作用进入地下含水层,导致地下水位下降、水质恶化。地下水是许多地区居民生活用水的重要来源,地下水污染会直接影响居民的健康。长期饮用受污染的地下水,可能会引发各种疾病,如癌症、心血管疾病等。此外,地下水污染还会影响农业生产,使得原本可以用于灌溉的地下水无法使用,进一步加剧了水资源的短缺问题。

2.3 地质灾害隐患

重晶石矿的地下开采活动及尾矿库的存在,给矿井及其周边地区带来了诸多地质灾害隐患,严重威胁着当地居民的生命财产安全和生态环境。

在地下开采重晶石矿的过程中,采空区的形成是不可避免的。随着矿体的不断采出,采空区的范围逐渐扩大。采空区上方的岩体由于失去了矿体的支撑,在自身重力和上覆岩层压力的作用下开始发生变形。最初,这种变形可能较为缓慢,但随着时间的推移和采空区的进一步扩大,岩体的变形会逐渐加剧。当岩体的变形超过其自身的承载能力时,就会发生塌陷,从而引发地表塌陷和地裂缝等地质灾害(如图4所示)。



图4 地表裂缝和地质灾害

地表塌陷会使地面出现明显的凹陷,破坏地表的建筑物、道路、桥梁等基础设施。建筑物可能会因为地表塌陷而出现倾斜、裂缝甚至倒塌,严重威胁居民的生命安全。道路和桥梁的塌陷则会影响交通的正常运行,给人们的出行带来极大的不便。地裂缝的出现同样会对地表造成破坏,它不仅会破坏地表的植被和土壤,还可能导致地下水渗漏,进一步加剧地质环境的恶化。这些地质灾害的发生不仅会造成巨大的经济损失,还会对周边地区的生态环境造成长期的影响,破坏生态平衡。

此外,尾矿库的堆积也存在着严重的安全隐患。尾矿库是用于存放选矿过程中产生的尾矿的

场所,由于尾矿的堆积高度较高,且尾矿库的坝体往往承受着巨大的压力,因此尾矿库坝体的稳定性至关重要。如果尾矿库的设计不合理、施工质量不达标或者后期管理不善,就可能导致坝体出现裂缝、渗漏等问题。一旦遇到暴雨、地震等自然灾害,尾矿库坝体的稳定性就会受到严重影响,甚至可能发生溃坝事故。尾矿库溃坝后,大量的尾矿和废水会迅速向下游流淌,形成泥石流等灾害,对下游地区的农田、村庄、河流等造成严重的破坏,威胁到下游居民的生命财产安全。

综上所述,重晶石矿的开采活动对地质环境造成了多方面的破坏,引发了一系列地质环境问题。这些问题不仅影响了矿井及其周边地区的生态环境和居民的生活质量,还对重晶石矿的可持续开采和利用构成了威胁。因此,深入研究这些问题并采取有效的防治措施具有重要的现实意义。

3 重晶石矿井地质环境防治对策

3.1 重晶石矿地质条件

以贵州省天柱县某重晶石矿为例,该矿销售重晶石原矿,未设置选矿厂。矿山位于贵州省东部,处于黔南中山、低山、丘陵区东部,地势北高,南、西、东低,海拔550~850 m,地形坡度 15° ~ 35° ,局部超 45° 。矿体赋存于老堡组,矿体埋深0~360 m,一般倾角 20° ~ 35° ,平均倾角 28° ;矿体厚1.70~14.64 m,平均厚5.72 m。区域内地层岩性多样,地下水类型包括松散岩类孔隙水、浅变质岩类基岩裂隙水、碎屑岩类裂隙水、碳酸盐岩夹碎屑岩类岩溶水,富水性多为贫乏至弱。矿井内褶皱以局部小褶曲为主,开采时要注意向斜引发的地下水承压效应。矿层顶底板整体稳固性中等,局部较差。采用地下开采。

3.2 地质环境问题产生原因

(1) 地形地貌破坏:该矿在2023年以前采用空场法开采,矿体开采后,采用垮落法处理采空区。由于采空区周围的岩体失去了支撑,打破了岩体原始的平衡状态,在上覆岩层自重和地应力的

作用下,采空区顶板向采空区内逐渐发生弯曲、变形和破坏,并且随着采空区暴露时间增加,采空区顶板逐渐冒落并向上扩展,甚至造成地表塌陷,形成所谓的下沉盆地。参照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》与GB 51044—2014《煤矿采空区岩土工程勘察规范》,按中硬覆岩类型,空场法开采岩石移动角参数:上山 $\beta=70^\circ$,下山 $\gamma=65^\circ$,走向 $\delta=70^\circ$ 。当移动角较小时,投射到地表的移动影响范围较大,增加了地表塌陷和地裂缝的发生风险,地表变形可能导致地表地形地貌破坏。

(2) 地质灾害隐患:地下开采形成的采空区不断扩大,未采取有效的采空区治理措施,导致上方岩体变形加剧,可能引发地表塌陷和地裂缝等地质灾害。地表塌陷使地面出现凹陷,破坏了建筑物、道路和桥梁等基础设施,威胁居民生命安全。

(3) 水资源污染:地下开采形成的采空区不断扩大,未采取有效的采空区治理措施,导致上方岩体变形加剧,可能引发地表塌陷和地裂缝等地质灾害。地表塌陷和地裂缝不仅破坏植被和土壤,还导致地下水渗漏,进一步恶化地质环境。同时,废水通过土壤渗透进入地下含水层,造成地下水位下降和水质恶化,威胁居民身体健康,加剧了水资源短缺问题。

3.3 地质环境问题防治对策

3.3.1 开采及选矿技术优化

贵州省目前已推广应用充填采矿法,该矿于2024年已调整为分段充填采矿法。采用充填采矿法后,充填体在一定程度上能支撑上覆岩层,充填材料还能填补开采活动后形成的自由空间,阻止上覆岩层下沉;充填体在长期的压力作用下会沉降变形,失去一定的支撑能力,但体现了其让压支撑的特性;在充填体被完全压实后,压缩变形量不再变化,又重新恢复对顶板的支撑力。压实后的充填体充当原始矿体的作用支撑顶板,抵消了一部分采出厚度,充填后的实际采厚将远远小于设计开采厚度,即为等效采厚。

根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留

设与压煤开采规范》与GB 51044—2014《煤矿采空区岩土工程勘察规范》中关于冒落带高度、裂隙带高度、保护层厚度的计算公式可知,影响高度与设计开采厚度成正比,开采厚度越大,影响高度越高。采用充填法开采后,由于开采厚度减小了,“三带”的影响高度亦将减小,岩石移动角将增大,从而缩小地表移动影响范围,甚至在矿体埋深较大区域可能不会影响到地表,从而降低了地表塌陷和地裂缝的发生风险。

该矿无选矿厂,采出的重晶石原矿需运至天柱县钡化工园区。该化工园区以现代化工产业、精细化工、医药化工、循环经济产业及配套产业为主导。其中现代化工产业是以重晶石矿加工、钡盐生产为主,主要包括钡系列化工产业、现代化工产业、无机化工产业;精细化工产业主要包括专用化学品制造业、日用化学品制造业、林产化学品制造业、化学原料药和生物化学制药、化工新材料、高端电子化学产业;循环经济产业主要发展以钡渣为主的废物综合利用循环经济产业等综合化工产业。通过高效、环保的选矿技术,提高了重晶石矿的选矿回收率,将选矿产生的尾矿进行回收利用,减少或杜绝尾矿排放。同时,采用先进的废水处理工艺,如化学沉淀法去除重金属、絮凝沉淀法去除悬浮物等,对选矿废水进行处理,实现废水的循环利用。

3.3.2 地质灾害防治

严格按照要求采用充填法开采,对采空区进行及时充填治理,确保采空区有效接顶。在矿井建立完善的地质灾害监测系统,综合运用卫星遥感、地面监测和无人机巡查等技术手段,对地表变形、地裂缝和滑坡等地质灾害进行实时监测。利用大数据和人工智能技术分析预测监测数据前,需按照DZ/T 0442—2023《地质灾害监测预警数据库建设规范》统一数据接口,确保数据可追溯与跨平台共享;发布地质灾害预警信息时,需采用标准化模板,包含风险区域坐标、影响范围、预警等级及数据来源编码;对于已发生的地表塌陷和滑坡,治理过程中需标准化记录回填材料,滑坡体加固工程需

附标注锚杆间距、排水管道走向坐标的三维示意图,通过全流程标准化管理提升地质灾害防治的精准性与可追溯性,有效保障矿井环境安全与居民生命财产安全。

3.3.3 地质环境修复及土地复垦

严格按照要求采用充填法开采,对采空区进行及时治理,确保采空区有效接顶,降低导水裂隙带影响高度,减小对含水层的破坏程度,并对其进行监测。在水资源保护与修复方面,采用物理、化学和生物相结合的方法对受污染的地表水和地下水进行治理。例如利用湿地生态系统对地表水进行自然净化,采用活性炭吸附和生物降解等方法对地下水进行处理,恢复水资源质量。同时,合理规划和利用水资源,推广节水技术和措施,减少采矿过程中的水资源浪费。

根据土地的破坏程度和原有用途,制定合理的复垦方案,采用土壤改良技术提高土壤肥力,选择适合当地生长的植物品种进行植被恢复,注重生物多样性保护。

3.3.4 安全管理及监管

建立健全重晶石矿开采监管机制需环保、自然资源、应急等部门加强协作,联合制定重晶石矿开采标准化管理办法,在定期巡查中增加“标注合规性”检查项,核查开采设计图纸中等效采厚、充填体参数的编码标注,以及监测数据、治理工程报告的标准化格式,同时建立举报机制,鼓励公众对企业标注违规行为(如数据造假、参数漏标)进行监督,并将标注标准化纳入企业环保培训体系,要求管理人员掌握标注规范、作业人员接受实操培训。此外,搭建跨部门共享的矿山标注数据平台,实现企业数据标准化接入与实时监管。通过上述措施形成监管合力,及时发现和处理企业违规行为,促使企业加强各环节环境管理,确保生产符合环保要求。

4 展望

重晶石在现代工业体系中占据着关键地位,然

而其开采引发的地质环境问题已对生态平衡、社会稳定和经济可持续发展构成严重威胁。随着全球对资源需求的持续增长及对生态环境保护重视程度的不断提高,重晶石矿井地质环境的治理与可持续发展面临着新的机遇与挑战,需深入思考并积极探索前行路径。

(1)从技术创新角度来看,未来应持续加大对重晶石开采及地质环境防治技术的研发投入。一方面,深入研究新型开采工艺,进一步优化充填采矿法现有技术,使其能更好地适应不同地质条件的重晶石矿开采,最大程度降低对地质结构的破坏。另一方面,在选矿技术上力求突破,研发更高效、更环保的选矿方法,不仅要提高重晶石的选矿回收率,还要实现尾矿的减量化和无害化处理,从源头上减轻对环境的压力。例如,探索生物选矿技术,利用微生物的特性实现重晶石与杂质的分离,减少化学药剂的使用,降低废水污染。

(2)在地质灾害防治方面,构建更加智能化、精准化的监测预警体系是未来发展的关键方向。借助卫星遥感、物联网、大数据和人工智能等前沿技术的深度融合,实现对矿井地质灾害隐患的全方位、实时动态监测。通过建立地质灾害预测模型,提前精准预判灾害发生的可能性和影响范围,为及时采取有效的防治措施提供科学依据。同时,针对已发生的地质灾害,研发更加先进、高效的治理技术,如采用新型的岩土加固材料和技术,增强岩体稳定性,降低灾害损失。

(3)对于地质环境修复及土地复垦工作,未来应注重生态系统的整体性和功能性恢复。在土地复垦过程中,不应仅满足于土地表面的修复和植被的简单种植,更要致力于重建完整的生态系统,恢复土壤微生物群落,提高土壤肥力,促进植被的自然演替和生物多样性的恢复。在水资源保护与修复方面,探索更加绿色、可持续的修复技术。

5 结论

重晶石矿井地质环境问题是一个复杂的综合

性问题,涉及地形地貌、土地资源、水资源和地质灾害等多个方面。这些问题的产生与开采技术落后、环保意识淡薄和缺乏合理规划等因素密切相关。为了保护重晶石矿井的地质环境,实现矿业的可持续发展,需要采取科学规划开采、加强土地复垦与生态修复、水资源保护与治理、地质灾害监测与防治等一系列综合防治对策。政府、企业和

社会各方应共同努力,加强对重晶石矿井地质环境的保护和治理,为经济社会的可持续发展提供有力的资源保障和环境支持。未来,还需要进一步加强对重晶石矿井地质环境问题的研究,不断探索更加有效的防治对策和技术手段,推动重晶石矿业的绿色、可持续发展。

参考文献

- [1] 张怡婷,钟怡江,王春连,等.中国重晶石矿床分布特征、成因类型、资源应用现状及其展望[J].中国地质,2025,52(2):495-512.
- [2] 刘丙秋,焦森,郑厚义,等.“双碳”经济背景下的重晶石资源安全保障战略研究[J].中国矿业,2024,33(3):11-18.
- [3] 姜雅,王婷.中美贸易关系中重晶石资源作用分析[J].中国矿业,2021,30(9):36-41.
- [4] 邓显石,徐华清,曾晟,等.湖南谭子山重晶石矿地质环境修复调查分析[J].河北环境工程学院学报,2021,31(5):28-32.
- [5] 张福良,卢晓亚.我国重晶石资源开发利用现状及建议[J].现代矿业,2017,33(9):1-4.
- [6] 范敏.重晶石矿开采项目环境影响评价分析[J].节能与环保,2020(5):42-43.
- [7] 张国信,王运兴,贾雪梅,等.祁连重晶石矿区地质环境问
- 题及防治对策[J].甘肃科技,2021,37(8):32-34.
- [8] 刘波.四川省绵竹市英雄崖重晶石矿床地质特征及开采技术条件研究[J].四川有色金属,2016(3):39-42.
- [9] 王日标,李水如,江兆,等.广西重晶石矿产资源特征及利用现状[J].南方国土资源,2016(3):41-44.
- [10] 穆刚,李学锋.贵州某重晶石矿开拓运输方案设计[J].采矿技术,2013,13(3):51-52.
- [11] 盖校瑞,孟祥薇.邢台非金属矿开采安全隐患及对策[J].中国非金属矿工业导刊,2010(4):63-64.
- [12] 陈海岩.福建李坊重晶石矿体的变化特征及其指导意义[J].中国非金属矿工业导刊,2008(3):51-53.
- [13] 陈登,杨禹,张晓东,等.贵州省务川自治县神溪重晶石矿开拓方案探讨[J].采矿技术,2020,20(4):10-12.
- [14] 王庆伟,张元元.中国重晶石矿产现状及可持续发展对策研究[J].现代化工,2014,34(12):5-7.