

# 地下采矿对矿山地质的影响与应对分析

代俊杰 盖俊鹏 孙亚鑫

鞍钢集团矿业有限公司

**摘要:**地质是人类生存和发展不可忽视的重要前提,优良的地质条件可以为人类的生存和发展提供各种物质资源和自然空间。在社会经济不断发展的新时期背景下,我国各行各业对各种矿产的需求逐渐增加。地下矿产的大规模开采不仅对采矿地质产生重大影响,而且对人类赖以生存的生活生产环境也构成了极大的威胁。鉴于此,最大限度地减少采矿对地质的破坏性影响是世界各国当前迫切需要解决的发展问题。

**关键词:**地下采矿;矿山地质;地质环境

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.095

自然矿产资源作为我国重要的能源来源,对促进社会发展发挥了积极作用。一般情况下,矿产资源的开采工作应按照矿山实际开挖情况和地质情况进行。由于国民经济的不断增长和发展,对矿产资源的需求不断增加。因此,采矿活动日益频繁,采矿方式多样且采矿规模逐渐扩大,导致地质灾害频发,在矿产开采时也频繁出现了损坏、倒塌、裂缝等威胁人们生命安全的事故。众所周知,矿山的采矿原料是不可再生原料,属于不可再生资源,不受控制的开发和利用将大大减少资源的数量。一旦发生地质灾害,大部分矿产资源将遭到破坏,无法再生,这与我国的可持续发展背道而驰。从根本上说,开展地下开采需要对矿产资源进行充分保护,在此基础上,必须要提高地下矿石资源开采作业的效率和工作质量,促进矿产资源的可持续发展。

## 一、地下采矿

地下采矿,其本质是对矿山地质的长期性消耗破坏。随着矿山地质的不断变化,容易引发各种地质灾害。地质灾害的发展涉及多种因素,例如:地形特征、矿山构造和矿山岩性等。矿山的地质性质决定了地质灾害发生的类型和频率,矿山的成分影响着岩土侵蚀的发展趋势,矿山的岩性是地质灾害在内部是否发生的主要条件。随着矿山开采频率的增加,地下空洞越来越深,破坏了岩石的基本平衡结构,使岩层容易向上移动。因此,地下采矿会导致许多地质问题,例如:塌方、滑坡,甚至雨季泥石流等大规模地质灾害。如果这种情况持续下去,土地将变得贫瘠,水循环将被破坏,这将阻碍人类发展。

一般来说,矿山开采采空区地面沉降的发生与开采工作层厚度、开采深度、倾斜角度、上覆岩层位置、工作厚度和工作方法等密切相关。施工人员除了开采矿产

资源外,还在地下也造成了开挖的空间,破坏了原有岩体的应力平衡状态,使自采层从底部向岩石内部移动,如裂缝、空洞和弯曲。由于地下采煤所引发的上覆岩层的大规模移动和破坏,上覆岩层改变了工程地质特征,在矿山开采采空区形成了破损的岩基型工程地质环境。如果它的内部拉应力超过岩层的抗拉强度极限,就会导致直接顶板断裂、破坏,同时冒落。老的顶板岩层以梁偏斜弯曲的形式向层理面的法线方向滑动弯曲,造成裂隙与离层现象。因此,地下开采会给地质环境带来很多问题。不仅在采矿过程中会发生滑坡、滑塌、滑移,还会造成水环境恶化和土壤侵蚀、荒漠化等灾害对人类生命财产构成严重威胁。

## 二、地下采矿对矿山地质的影响

### (一)破坏地下岩体应力

在地下开采过程中,挖掘出很大的地下空洞,会引起地下岩石的结构发生一些变化,从而导致岩石的内应力发生变化。此时,地下空洞会因岩体荷载的变化而形成生态减压区,该区域的应力将继续扩散并最终消失。同时,地下矿洞底层石头失去了原有的承载力,导致石头内部开裂。在这种环境下,岩层也会压缩开挖场地,导致开挖场地底部和顶部形成减压区,最终将两端的岩层压裂。这一系列的连锁效应扭曲或移动了挖掘岩石的形成,地表岩石和自身重力的双重压力导致岩石继续下落。当双重压力超过自身强度时,上层岩石也会开裂和断裂。同时,应力变化抬升底部的岩层,导致地表破裂、岩层破裂、出现裂缝等。如果采矿强度频率过高,这种情况可能会进一步延伸到地表层,随着地层表面收缩、分离和破裂,它会弯曲和下沉,当矿山地质环境较为复杂时,也会发生变形。

### (二)破坏矿山岩层结构

地下开采也会对矿山的岩石结构造成严重破坏。频繁开采导致地下矿井和地下矿产严重破坏,矿井内地层原有张力丧失,地层结构变形、开裂。矿山岩层破坏主要包括岩层冒落、岩石下滑和岩层出现弯曲形变。岩层冒落主要是由于地下开采产生的上层拉伸变形引起的岩体开裂和滑移空化而崩落。因为原始受力岩石的形成是压应力和拉应力的平衡,矿山开采形成采空区以后,上部岩层原有的应力状态被改变,压应力全部被拉应力取代,岩层拉伸变形严重,就会出现岩石冒落。岩石下滑,是由于矿山开采对地层结构的破坏导致地层剥落,上部间隙中的岩石倾向于向下移动。岩层弯曲变形对岩

层结构也是很大的破坏。由于地下岩层结构中的开采空洞，整个岩层的层面法线向下弯曲，如果不进行及时治理，很容易形成下陷、坍塌等底层破坏现象，对开采矿石的工作人员和勘探人员都埋下了极大的隐患。

### （三）破坏生态环境

开采矿产资源会加剧生态环境的恶化，破坏生态平衡。在地下开采中，不仅破坏了大量的绿色植被，而且造成严重的水土流失、滑坡，对人们构成特别的威胁。大规模采矿需要很多操作人员，采矿公司会在矿场附近设置生活池。由于矿区大多偏远，没有废物处理，由此产生的生活垃圾随处倾倒，可能导致严重的环境破坏。同时，地下采矿产生的化学废物排放到当地水环境中，直接污染了采矿环境中的整个水系统。污染水源不能用于饮用或灌溉，严重危害当地居民的生产活动。另外，地下采矿不仅破坏了水系统，还污染了空气。由于地下采矿中使用了各种各样的化工设备和炸药，进行采矿工作时会产生大量的灰尘和有毒气体。如果这些物质被释放到大气中，连续涌入大气会影响矿山所有部分的空气质量，周围的农作物通过呼吸作用吸收这些毒素，可能会导致农作物减产和损失农民财产。

### （四）破坏地表，加剧水土流失

由于地下开采严重破坏了岩石的应力分布，因此岩石的质量随着岩石应力的恶化而变化，这种情况导致矿区地表表面的不断变化。一旦形成的岩石在应力和重力的影响下没有运动，地表往往会塌陷，形成一个大的深坑。此外，地表侵蚀形成的盆地面积往往很大，甚至可以超过认为开发的矿区面积。显然，在挖掘过程中，施工队需要在矿区中挖出一个洞进行开采作业，而地表通常会看到一个椭圆形的山谷或坑。坑随开采的不断深入而继续移动，直到所有的土壤都堆积在盆地的中心，直到形成一个椭圆形的盆地，最终导致水土流失和地表破坏。

## 三、地下采矿防治的具体策略

矿产资源是国家经济发展不可缺少的战略资源，禁止挖矿是不现实的。只有通过一系列的防护措施，才能最大限度地减少地下开采对矿山地质环境的影响，才能实现安全运营和可持续开采。地下采矿防治系统的建设非常复杂，防治策略对矿山环境和采矿区地质灾害防治效果的影响非常大。为了提高矿业企业的开采质量，需要采取适当的方法来提高其管理水平和治理质量。通过完善矿产开发保护和管理机制，或通过创新开发地下采矿技术和建立健全地质灾害应急体系，确保地下采矿防治符合国家和行业的发展标准，减少矿区的环境污染。

### （一）制定和修改法律法规，完善矿产开发保护和管理机制

为减少地下开采对矿山地质的影响，首先要实施法律保护。制定和修改有关法律法规，保护矿产开发，完

善管理制度，实施依法保护和管理采矿和矿山的使用，实现矿山地区的绿色可持续发展。首先，私人开采在部分地区非常严重，国家必须依法保护国有财产，严禁私人开采，这样既保护了国家财产，又避免了私人开采造成的地质破坏。其次，要根据矿山的矿产储量，制定合理的开采方案，进行合理的开采。第三，地下开采必然会破坏矿山地质，采矿业有合法经营义务。针对采矿引起的地质问题，为了确保采矿作业的安全，同时控制和修复由此产生的地质破坏，需要良好的管理和相关的安全保护，需要提高采矿作业的安全性和耐久性。各级有关部门要认识到矿山地质工作的重要性，充分发挥管理部门的监督职能，明确各方主次责任，推动管理资源向地质保护工作倾斜。国家环境保护部和国土资源部可以联合落实地质环境保护监管任务，推动立法机构完善相关保障条款，适度提高采矿门槛，制定更严格的法规。对忽视地质问题的采矿方进行处罚，这将为矿山保护提供新的动力。

### （二）创新开发地下采矿技术

为有效降低地下开采对采矿地质的影响，需要不断创新地下采矿技术，使用先进的采矿设备，以达到保护采矿地质的目的。首先，在实际采矿过程中，要尽可能多地使用照明和自动化技术和设备，以尽量减少振动量，尽量减少对矿坑地质的扰动，避免发生滑坡、岩石等危险情况。其次，在矿山开采过程中，管理工作和保护工作必须结合起来，既要发现和开发新的矿山管理技术，又要全面落实矿山保护工作。最后，由于地下开采的地形相对复杂，开采具有极大的风险和难度，仅凭企业的实力很难开发出高效的新技术。因此，行业内部各企业和学院单位必须联合起来，行业专家、知名企业、行业协会等组织共同开展研究，通过优秀的技术和人才的结合，专攻协同完成地下采矿技术的开发和创新。

### （三）改善矿山控制和采后管理

矿山地质灾害种类繁多，每种地质灾害的影响也不一样。为做好地质灾害防护工作，必须考虑矿山的实际情况，考虑影响地质环境的因素，未雨绸缪，尽量减少发生地质灾害的可能性。矿山开采前做好地质地质调查，编制矿山开采方案，矿山开采后要进行修复和清理工作。矿山项目开采作业完成后，应考虑生态环境恢复问题，工作人员应采取科学的保护措施，恢复矿区及周边的生态环境，如使用边坡治理、综合规划垃圾处理、矿山回填、清堆或采煤等，或者将矸石用于道路建设和加工成各种建筑材料，对塌陷区进行复垦利用和清除沉降区等。在进行落石、碎石、塌方等危险工作时，必须将人身安全放在首位。如果有二次塌陷的可能，必须动员施工人员及时撤离，然后采取适当措施纠正问题，使事故不再重演。有关行政管理单位要完善部门职能，加

强对矿区的检查，检查核验不合理的地方，规范矿区开采过程管理，避免人为失误。还可以提高隧道和道路的承载能力，合理调整支撑架，防止滑坡。若矿区有积水，可采用合理的疏浚方法，让积水进入高地表渗透区或采取适当的防护措施。

#### （四）加强矿山地质环境恢复与保护

我国矿山地质环境保护与修复技术水平有限，尚处于发展阶段。在加强矿山地质环境恢复和保护的过程中，地质勘探人员必须充分分析地质环境，规划矿区的具体建设和利用，带动区域经济发展。还可以通过边坡稳定、地表平整、异土改良土壤、施肥、引水、灌溉等措施，规模种植植被等多种方法来恢复矿山生态环境。还可以创建人工绿林，增加绿地，提高矿山地区的可持续性发展。另外，作为矿山地质保护工作的一部分，有关部门要对矿山周边进行全面检查，特别注意获取地质构造和地质特征信息，并进行分析研究。根据矿井中包含的信息，分析研究矿产资源量、地质构造损失、矿山开采损失和矿山周边灾害发生率。要逐步形成新的治理、市场化、社会协调的战略思路。此外，还必须要依托世界领先的地质保护技术，提高金属开采机械化程度，提高环保贡献率，大力节约人力资源，实施文化种植工程，建设优秀的科技创新采矿人才队伍。必要时可采用矿渣回填技术，提高环境绿化率。

#### （五）建立健全地质灾害应急体系

由于矿山地区的地质灾害的破坏力大、救助困难程度高，但是我国各采矿工程的地质灾害预防体系往往又存在漏洞。因此，矿山工程施工单位应制定完善全面的应急预案，建立健全相应的应急管理制度，减少突发地质灾害或者开采事故造成的损失。这样可以提高工程资源开发团队在出现问题时的处理速度，有利于全体人员的快速反应，万一发生事故时可以采取应急管控措施，大大地提高管理效率。同时，地质灾害应急体系还可以为损失控制提供很大帮助，它有利于减少矿山事故造成的有害影响，实现良好的治理和发展目标。

除此之外，矿区管理与现代科学技术密切相关。施工建设单位要特别重视自动化、智能化技术，特别是做好地质灾害预警和管理工作，充分利用自动化系统做好地质灾害防治工作。在使用自动化系统进行地理灾害准备工作时，主要任务是安装地质灾害的自动化预警系统。地质灾害预警系统结合了GIS技术和岩土运动脉冲监测技术，特别是GIS数据的分析处理层，是决定自动化防控系统应用质量的重要因素。根据地质灾害预警系统收集的信息，技术人员可以及时识别和排除引发地质灾害的因素，技术人员还应重视该矿区的矿山地质灾害综合史和地质灾害档案。地质灾害防治自动化系统必须具备地质灾害应急响应系统。在发生地质灾害时，技术

人员可以利用系统的地质灾害信息发布功能，在一定程度上减少损失，提高救灾质量和矿区治理水平。

#### （六）地质灾害的防治工程

首先，针对地表表面塌陷和开裂的预防和控制，应采取专业和简单相结合的监测措施。一方面，需要派遣专门人员在预先设置的固定监控点，对采矿塌陷区地表形态进行实时监测，最好能准确测量地表塌陷面积和深度。另一方面，对于人造设施、建筑物和地面裂缝，要收集现场证据并进行测量，采取预警措施，并及时修复。在井下开采矿物的情况下，应提前检查采空区，防止采空区掉落，并设置安全煤杆，以减少地表掉落和开裂情况的发生。地表塌陷可能导致更多的农耕地出现剧烈形变，进而影响矿区附近的农业生产，在矿区周边土地的土质稳定后应及时恢复农业管理。一般来说，回填的处理方案通常以压实边缘为基础，即采用填埋、灌浆等措施。其次，地质塌陷灾害应选择调查与发现相结合的处理方式。通常采用巡视的监测方法，根据地表数据的发展趋势和数据分析速度，判断矿坑边坡是否可能发生塌方，并采取应急措施。此外，监测点设置在灾害风险较高的边坡上，边坡的主要观测方向是塌陷面两侧之间的位移，同时还应该使用带刺铁丝网和张贴警告标志封闭有倒塌风险的区域。在特殊情况下，为了从根本上排除灾难，必须建立加固措施和隔离墙。

#### 四、结语

综上所述，目前我国矿山工程开采作业的地质勘查和灾害问题还很多。相关工作人员要高度重视采矿业地质灾害，了解采矿技术地质灾害的相关特点，提高采矿业的环境保护意识。施工单位既要科学组织开采作业，严格遵守开采秩序，又要科学应对地质灾害，采取有效的地质灾害防治和环境保护措施，防止地质构造灾害再次发生。采矿作业中要使用先进的地质勘探技术和开采技术，对地质灾害和采矿作业进行实时监测，可以有效提高采矿项目在采矿过程中的安全性，进一步提高采矿作业的稳定性，从而促进我国采矿业的持续性发展。

#### 参考文献

- [1] 豆旭谦, 魏廷双, 王力, 徐保龙. 定向钻进技术在张集煤矿掩护巷道掘进探放水中的应用[J]. 煤矿安全, 2018, 49(09): 179-182+186.
- [2] 盘健海. 广西右江矿务局有限公司不同地质条件下的煤矿防治水工作对策[J]. 低碳世界, 2018(05): 338-339.
- [3] 王勇宏. 采矿活动对矿山地质环境影响分析——以大同高家窑煤矿为例[J]. 华北国土资源, 2017(03): 110-111.

作者简介：代俊杰（1985-），男，高级工程师，从事矿山开采、安全生产及采矿设计等。