

# 地质条件对矿产资源开采的影响分析

柳溪<sup>1</sup> 程普<sup>2</sup> 王思维<sup>2</sup> 颜宇<sup>2</sup>

1. 中部自然资源工程技术(湖北)有限公司; 2. 湖北省空间规划研究院

**摘要:** 矿产资源是社会生产中的重要物质基础,但相对于其他类资源,矿产资源的产出环境相对复杂。开采过程中会受水文、工程、环境地质条件的限制,使得开采活动的安全受到影响。因此,论文分析了地质条件对矿产资源开采的影响,提出了通过地质勘查、安全管理、井下治理技术改善矿产资源开采条件的具体方法。以此突出矿产资源开采时地质勘查、分析的重要性,规范矿产资源开采流程。

**关键词:** 地质条件; 矿产资源; 采矿; 水工环

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.121

**引言:** 近年来,矿产资源需求量持续增加,对实际的开采速度、效率提出更多要求。但矿区的地质条件会对开采活动产生直接的影响,使其开采主体面临着诸多安全风险,影响矿产资源开采效益。对此,相关企业还应做好矿产开采前的地质勘查工作,深入分析矿区环境,制定更可靠的安全开采方案,保障矿产资源开采活动的稳定性。

## 一、地质条件对矿产资源开采的影响

为在矿产资源开采中实现安全生产目标,需要密切关注矿区的地质条件。研究表明,地质条件会对矿产资源开采产生直接影响,引起瓦斯爆炸、冒顶、突水等安全风险。

1) 对于地质构造相对复杂的矿区,开采深度持续增加后会导致矿井内的瓦斯压力增加,影响矿产开采、掘进期间的地应力,使得围岩内存储瓦斯的区域受到破坏,涌入工作面后引起瓦斯突出风险,诱发安全问题<sup>[1]</sup>。

2) 矿区地质结构会影响矿体顶板结构的安全性,矿区地质中的裂隙、小断层发育会导致岩层完整性不足,继而引起顶板事故。或是导致顶板、矿体之间存在薄弱面,各区域岩性差异过大,形成冒顶区域。另外,矿产资源正式开采后,随着巷道深度的持续增加,特殊的地质结构会使得顶板岩层逐渐变化,外部冲击力变大后容易破坏巷道支护结构,造成冒顶事故。

3) 矿区地质条件还会影响矿井内的涌水量,造成突水事故。比如,矿产资源开采后,围岩结构、煤层结构的应力失去平衡,矿井顶板塌落后地下水会进入工作面引起突水。

由此可见,地质条件会影响矿产资源开采效率,以及开采活动的安全性,只有加强地质勘查、提前分析矿区地质条件,才能根据实际的矿产资源分布情况、各区域的储量、厚度变化,以及区域内的水文、工程、环境地质特征,制定安全、可靠的矿产资源开采方案。

## 二、影响矿产资源开采的地质因素

### (一) 地质断层

矿产资源开采中容易出现地质断层问题,地质断层会破坏矿井巷道内的顶板岩层,使其整体结构产生变化,稳定性受损,强度降低,持续开采后会出现安全事故<sup>[2]</sup>。比如在开采活动中,地质断层现象多集中在巷道顶板、工作面上,断层发生后,顶板、工作面的岩层条件会破坏,作业区域的安全性降低,不仅会影响作业环境,还会增加开采难度,安全风险较大。但是地质断层可通过开采前的地质勘查发现,发现后提前预防、做好开采前准备工作即可。

### (二) 水文条件

水文条件是矿产资源开采时应重视的地质条件之一,同样会对开采活动造成直接影响。近年来,因渗水、涌水问题引起的煤矿安全事故占比较大,这些问题产生的主要原因都集中在水文条件上。比如,地下水、地表水、采矿区域的积水会通过矿井内的断裂带进入工作面,从而引起渗水问题。另外,矿产资源开采中的含水层同样会引起涌水、渗水问题,影响开采效率、开采质量,还会威胁作业人员的生命安全。

### (三) 岩层裂隙

在矿区的地质条件中,岩石裂隙主要指矿井巷道顶板区域的岩层裂隙。相关的地质信息可直接体现出该区域岩层的坚固程度、岩层结构的整体性。岩层裂隙过多时,意味着岩层密度大,裂缝间距短,稳定性较差。所以在矿产资源开采时会存在冒顶、塌陷的风险。比如,岩层裂隙间距不足0.3mm时,顶板岩层结构中的裂隙量较大,意味着岩层顶板结构较为稳固。但在煤矿开采后,顶板裂隙会集中在采空区域,顶板结构会逐渐下沉,煤壁受力增加,部分煤会挤进采空区,裂隙面出现后会引发冒落问题<sup>[3]</sup>。

### (四) 复合边坡

矿区地质环境中各类边坡同样会影响矿产资源开采。比如,对于主要成分为黏土的黏性边坡,细微黏土的胶着是形成该类边坡的主要原因,矿产资源开采过程中,若区域内的含水量较大,矿区边坡结构则会因软化而崩解,出现滑坡现象,如表1所示。矿产开采活动中,滑坡会直接影响作业面的规划,露天开采时还会使边坡稳定性受损,造成局部滑塌问题。一般需要在开采前根据地质条件固定边坡结构,做好安全支护,提前预防滑坡风险。

另外,不同的地质因素会引起不同的边坡滑坡风险,常见因素有地表植被破坏、地形结构中裂隙较多、地表降水等。

表1 某矿区地滑坡现象分析

滑坡编号	滑坡体积 $v$ ( $m^3$ )	滑坡现象描述	滑坡类型
01	460 $m^3$	该矿区的陡坡区域发现岩石风化物、流纹质熔岩，地表所生杂草花落形成块状。	小型动力滑坡
02	15000 $m^3$	矿区背部出现中型滑坡，滑坡前缘接近陡崖，呈泥石流形态。	中型滑坡
03	760 $m^3$	滑坡区域为弧形陡崖，陡崖中部、下部含有大量的串珠状滑坡体。	重力小型滑坡

### 三、基于地质条件变化的矿产资源安全开采思路

#### (一) 重视前期的地质勘查

为实现安全开采目标，合理控制地质条件对矿产开采造成的不良影响，正式开采前应做好地质勘查工作。采矿前的地质勘查主要涵盖区域性地质调查、找矿、普查、详查、勘探等不同程度工作，通过精细化的地质勘查，相关人员可掌握矿区的地质特征，了解矿体位置、形态、资源储量、瓦斯分布、水工环条件相关的信息，提前布局，规划采矿作业工艺，使矿产资源开采工作有序进行。在此期间，应坚持“有疑必探，先探后采”原则，同时应用3D地震勘探技术、新型钻探勘测技术、BIM技术，建立立体化的矿井、矿山模型，准确分析开采区域内有无断层、塌陷情况，并针对常见、可能发生的安全风险，制定相应的防护措施<sup>[4]</sup>。

除此之外，明确矿产资源开采前的地质勘查重点，制定可靠的勘查方案。1) 综合应用甚低频电磁法、X射线荧光技术、GPS感应技术对矿区地质进行勘测，充分采集矿产分布、矿区地形结构、矿区矿产储量等重要的地质信息，分析、评价矿区地质条件。2) 详细记录各区域的地质水文条件，包括地形条件、地层结构、水源分布等信息，掌握地质水文信息后以此为依据制定开采方案。

#### (二) 创新开采治理技术方案

开采过程中加强技术创新，重视矿区的安全治理和生产管理，坚持科学、绿色、安全开采的基本原则。具体来说，新时期，各类新兴技术增加，大数据、计算机、信息化技术被广泛应用在矿产资源开采活动中，为控制地质条件对采矿作业的影响，相关主体还应积极进行技术创新，建立5G+智慧矿山，通过矿区治理信息化保障采矿作业的可靠性。比如，基于5G、无人驾驶、信息化管理系统、BIM技术、远程监测技术打造智慧矿山，远程操作、管理矿井下设备，监测井下环境，在提升矿区生产机械化水平的基础上，加强矿区安全监测，改善矿产资源开采环境，降低安全风险<sup>[5]</sup>。

#### (三) 建立安全开采预警系统

在矿产资源开采中引进现代科技，建立安全开采预警系统，实时采集矿区的地质信息，使作业人员根据矿井地质特征制定开采方案和应急预案。基于矿区地质条件信息的安全开采预警系统具有瓦斯监控、水位动态监测、矿压监测、边坡形变监测等作用。首先，通过瓦斯监测，相关人员可根据井下的瓦斯浓度，排查有无瓦斯超标风险，采取处理措施。其次，水位、水质动态监测

是通过设置监测孔的方式，24小时监测地下水位的变化情况，发现异常问题后及时报警，停止开采作业。矿压监测装置可以了解顶板位移、锚杆支护情况，计算锚固支护后顶板的位移情况、极限延伸量、极限承载力，判断不同工况时地质变化可能引起的安全风险，辅助管理人员制定应急处理、紧急撤离方案<sup>[6]</sup>。

### 四、针对地质因素的矿产开采方案

矿产资源开采需要结合相关地质因素，提前制定安全防护、安全管理方案，应用合理的矿产开采技术，完成不同地质条件下矿区资源的开采任务，满足新时期矿产资源开采利用的基本要求。

#### (一) 加强地质条件分析

正式开采时，应分析矿区的地质条件，包括地层、矿区结构、岩石层结构，并根据地质特征、矿产资源储量选用适合的开采技术。

某煤矿开采项目中，井田中煤层自上而下分为多个分层，有中层群、下层群，煤层变化规律，地质结构相对复杂，但煤质变化不大，属于稳定煤层。开采矿床前，分别对水文地质条件、工程地质条件、环境地质条件、瓦斯情况进行了勘测。经前期地质勘查可知，该项目的煤层部位已揭露，上层岩石结构为粗砂岩，岩石透水性较强，区域内的主要充水来源为降水，开采时矿井正常涌水量为每小时0.3 $m^3$ ，最大涌水量为每小时0.6 $m^3$ 。地质构造中砾岩冲刷严重，有断层发育的区域，且煤层被破坏，巷道内的围岩稳定性较弱，需要在开采时加强支护和安全管理。

该煤矿开采项目中的井田煤层埋深标高为+180~389m，开采面积较大，根据相关的地质信息可知，该煤层开采期间需要加强岩石位移监测。另外，该项目的开采区域内存在边坡塌陷、滑动现象，露天开采时需要调整开采方案，采用“水平+分层”的开采模式。选择开采阶级的坡度角时，还应提前根据地质勘查的相关数据计算岩体稳定性，防范滑坡风险。

#### (二) 针对性防控开采风险

##### 1. 持续监测岩体变形情况

矿产资源开采时，需要持续监测岩体变形情况，观察地下水环境、土层结构等，合理设置开采层和岩体保护柱，带压开采下层开采区域。选择开采方法时，同样应以预防地表变形为前提，提前堵漏矿区水源，避免水直接进入井巷内，影响后期开采工作。若是矿区的水文地质条件不佳时，可通过“露天开采+地表拉钩”的方式开采矿产资源，并进行平盘扩帮，逐步的抵达开采区

域。

## 2. 做好矿区边坡治理

矿产资源开采时，若矿区分布大量的黏土型边坡、砂土型边坡、黄土边坡，相关人员还应做好矿区边坡治理工作。开采时注意边坡土体亲水性，定期检测矿区边坡中土壤的密实度，并根据地质特性，治理边坡。比如，对于黄土边坡，土体结构相对均匀，干燥环境下稳固性较强，但存在湿陷特征，遇水后会伴有滑塌风险。因此，在矿产资源开采时，应对该类边坡进行防水处理，控制好边坡内土体的含水量。

## 3. 合理运用地质信息

矿区地质条件会影响矿产资源开采作业，导致矿业生产面临诸多问题。所以需要提前通过地质勘查，采集完整、准确的地质信息，将其作为矿产资源开采的依据，以保障矿产资源开采技术方案的合理性。

比如，矿区地质结构中多为“硬质岩”时，表明矿区地质完整性良好，开采区域内存在裂隙发育情况，开采作业相对便捷。但在雨季容易出现蛇状滑坡、泥石流风险，需要提前制定应急方案。矿区处于水文单元的径流区时，地表水、大气降水会导致矿坑中的含水量较大，矿产资源开采时，应将底板放置在溶水层中，并用抽水井及时将水抽出，但是需要避免矿坑中水位低于承压板。

## 4. 提升采矿机械化水平

为减少人为因素造成的安全风险，对于相对复杂的地质条件，矿区开采应引进各类机械化的开采、掘进设备。比如，应用全液压式机械化凿岩台车、电动机械式铲运机等无轨设备，分层开采矿产资源。同时建立运输平巷，避免浪费矿产资源，最大程度地缩短运输距离，配合无轨设备高效率地运输矿产资源。在此基础上，根据机械化采矿设备的实际要求，在采场地层的穿脉平巷区域建设自由工作面，使凿岩台车将矿体向两边扩帮，顺利抵达采场两端边界，实现合理切割。

## （三）制定综合性的矿产开采方案

基于地质条件分析，矿产资源安全开采的要求是应用多种开采方法，适应矿区的地质环境，减少各类安全问题。具体来说，相关人员应采用多种矿产资源开采技术，制定综合性的开采方案。

比如，采用“人工+机械”的开采方法，机械开采时重视各类先进采矿技术的运用。但是由于不同埋深的矿床适用的开采方案会有所差异，所以需根据实际的地质条件，合理选择露天开采、地下开采模式。通常情况下，接近地表、埋藏较浅的区域适用露天开采方案，深部矿藏一般适用地下开采方法。并且在露天开采中，可利用机械化、自动化的采掘设备，提升矿产资源开采效率。相对来说，露天开采的优势更加明显，开采速度快、劳动生产率高、成本低、工作安全、回收率高。但对于矿床埋藏地表以下很深的矿区，露天开采会导致矿产的剥离系数过高，需要开凿出竖井、斜井、斜坡道、平巷等从地表通往矿体的巷道进行采矿。开采过程中注

意控制好井下设备产生的冲击力、压力，实时监测井下围岩状态，控制好深部井开采时的层压。

## （四）重视矿山地质环境治理

近年来，自然资源管理部门更为重视矿区开采时的地质环境问题，要求在开采矿产资源时加强环境保护，减少因开采引起的崩塌、地表塌陷、泥石流、滑坡、裂缝等问题，避免开采活动破坏地下含水层、自然景观。因此，还应结合矿山地质勘查结果，在矿产资源开采过程中加强地质环境治理，具体方法如下：

- 1) 按照矿山地质环境治理的法律法规，对矿产资源开采项目进行监测管理，使地质环境治理有法可依。
- 2) 在立项后全面地勘查矿区地质情况，记录相关的数据信息，在规划开采区域的前提下，拟定地质环境治理方案。
- 3) 严格按照矿区开采时的地质环境风险，落实环境保护及治理方案，促进矿区环境的恢复。

## （五）加强矿产资源勘查

利用多种地质找矿技术勘查矿产资源，分析成矿地质条件和矿区地质构造，落实找矿工作后精细化地分析成矿区域。比如，在勘查固体矿产资源时，可基于填图找矿技术获取勘查数据，标识矿区的地质构造、地质信息，为矿产资源开采提供图像信息。完成勘查后综合分析固体矿产资源的勘查结果，对比分析矿山地质条件，并利用计算机软件，快速分析勘查数据，建立3D立体模型，模型中标记矿产资源储量、矿体性质，可视化呈现后直到矿产资源开采作业。

## 五、结语

综上所述，矿产资源开采中，地质条件会对井下开采作业、矿区环境产生直接的影响。为减少矿产资源开采中的各类风险，应提前采集准确的地质信息，分析矿区地质条件，结合实际情况制定矿产资源开采技术方案，确保开采活动的安全性。在此期间，相关企业应合理运用地质勘查技术、井下采矿安全治理技术，健全矿产资源开采管理体系，夯实矿产资源开采基础。

## 参考文献

- [1] 夏忠卫. 复杂地质条件下矿产资源勘查方法研究[J]. 科学与信息化, 2021(015): 116-118.
- [2] 崔巍, 彭应军. 复杂地质条件下矿产资源勘查方法探析[J]. 世界有色金属, 2021(24): 3.
- [3] 侯利明. 资源整合煤矿开采地质灾害防治分析[J]. 能源与节能, 2023(3): 3.
- [4] 王波. 地质矿产勘查及绿色开采技术创新探究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2022(6): 4.
- [5] 范清华, 胡蓉. 复杂水工环地质条件对矿山开采的影响研究[J]. 中国金属通报, 2021(8): 2.
- [6] 谢鹏. 地质矿产勘查及找矿技术探究[J]. 地矿测绘, 2022, 5(1): 51-53.

作者简介：柳溪（1989.09-），女，汉族，湖北武汉，中级工程师，硕士研究生。主要研究方向：矿产资源采选工艺，水工环地质，矿产资源管理政策研究。