

# Analysis of Mining Influence on the Stability of Civil Engineering Structure

Qichuang Huang

Beijing Zhong Coal Mine Engineering Co., Ltd., Beijing, 100013, China

## Abstract

This paper mainly explores the impact of mining on the stability of civil engineering structures. Firstly, explain the main types of geological disasters caused by mining, including ground subsidence, subsidence, ground fissures, and landslides, and analyze the causes and mechanisms of these disasters. Further investigate the impact of mining on the stability of different types of civil engineering structures, and explore monitoring techniques and methods that can be adopted during the mining process. Propose corresponding prevention and control measures, including optimizing mining plans, adopting backfill mining technology to reduce the impact of goaf, and reinforcing affected civil engineering structures, aiming to reduce the negative impact of mining on the stability of civil engineering structures and ensure the safety and normal use of civil engineering facilities in the mining area and surrounding areas.

## Keywords

mining; civil engineering structure; stability influence; geological disaster

## 矿山开采对土木工程结构稳定性的影响分析

黄启闯

北京中煤矿山工程有限公司, 中国 · 北京 100013

## 摘要

论文主要探讨矿山开采对土木工程结构稳定性产生的影响。首先阐述矿山开采引发的主要地质灾害类型, 包括地面沉降、塌陷、地裂缝以及山体滑坡等, 分析这些灾害形成的原因与机制。接着深入研究矿山开采对不同类型土木工程结构稳定性的影响, 探讨在矿山开采过程中可采取的监测技术与方法。提出相应的预防与治理措施, 包括优化矿山开采方案、采用充填开采技术减少采空区影响、对受影响的土木工程结构进行加固处理等, 旨在降低矿山开采对土木工程结构稳定性的负面影响, 保障矿山开采区域及周边土木工程设施的安全与正常使用。

## 关键词

矿山开采; 土木工程结构; 稳定性影响; 地质灾害

## 1 引言

随着矿产资源的大规模开发利用, 矿山开采活动对周边环境产生广泛而深刻的影响。其中, 对土木工程结构稳定性的影响尤为突出, 不仅关系矿山企业自身的生产安全与经济效益, 也直接影响周边居民的生命财产安全以及区域的可持续发展。研究矿山开采对土木工程结构稳定性的影响, 探讨有效的监测、预防与治理措施, 具有重要现实意义。

## 2 矿山开采引发的地质灾害类型

### 2.1 地面沉降与塌陷

在矿山开采过程中, 尤其是地下开采, 当采空区范围不断扩大且未得到有效处理时, 上覆岩层在重力作用下会发

生弯曲、断裂和垮落, 导致地面出现沉降现象。随着开采的持续进行, 如果采空区顶板垮落进一步发展, 就可能引发地面塌陷。这种地面沉降与塌陷通常是一个渐进的过程, 但在某些情况下, 如遇到地质构造薄弱带或开采方式不合理时, 也可能突然发生, 造成严重的破坏 (如图 1)<sup>[1]</sup>。

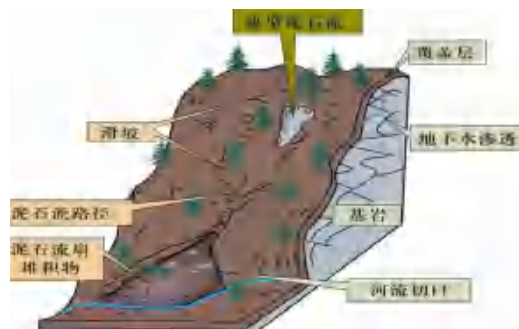


图 1 矿山开采地面沉降与塌陷

【作者简介】黄启闯 (1976-), 男, 中国山东单县人, 助理工程师, 从事土木工程研究。

## 2.2 地裂缝

地裂缝是矿山开采引发的另一种常见地质灾害，通常与地面沉降和塌陷相伴而生，是由于岩层变形不均匀或土体在应力作用下产生拉伸破坏而形成的。地裂缝的走向和规模各不相同，有的呈线性延伸，有的则呈树枝状或网状分布。地裂缝的出现会破坏地表的完整性，对土木工程结构造成直接损害。地裂缝贯穿公路、铁路路基，导致路基开裂、路面塌陷，严重影响交通运输的安全与顺畅；对于建筑物来说，地裂缝穿过建筑物的基础或墙体，使建筑物结构受力不均，产生倾斜、开裂甚至倒塌的危险<sup>[2]</sup>。

## 2.3 山体滑坡

在山区进行矿山开采时，由于对山体的开挖、爆破等作业，破坏山体原有的地质结构和植被覆盖，使得山体的稳定性降低。特别是在降雨等因素的诱发下，极易发生山体滑坡灾害。矿山开采引发的山体滑坡往往具有规模大、速度快、破坏力强的特点。在一些露天金属矿山，大量的土石方开挖改变了山体的坡度和形态，山坡上的岩土体在重力和雨水冲刷作用下失去平衡，沿着特定的滑动面快速下滑，可能掩埋矿山附近的村庄、公路、桥梁等土木工程设施，造成巨大的人员伤亡和财产损失。

# 3 矿山开采对不同类型土木工程结构稳定性的影响

## 3.1 对工业与民用建筑的影响

矿山开采导致的地面沉降、塌陷和地裂缝等地质灾害直接作用于工业与民用建筑的基础。当基础所在的地面发生不均匀沉降时，建筑物的基础会受到不均匀的附加应力，从而使基础产生倾斜、弯曲甚至断裂。在一些老旧矿区周边的居民住宅，由于长期受到附近煤矿开采的影响，房屋基础出现不同程度的下沉，导致墙体出现斜向裂缝，从房屋底部逐渐向上延伸，严重影响房屋的结构安全和居住舒适性。同时，基础稳定性的破坏必然会引起建筑物上部结构受力状态的改变。原本均匀分布的荷载由于基础的变形而重新分布，使得建筑物的梁、柱、墙等结构构件承受的内力增大，超出其设计承载能力时，就会出现裂缝、变形甚至破坏。在一些矿区的工业厂房中，由于地面沉降，厂房的柱子发生倾斜，导致屋顶的钢梁受力不均，出现弯曲变形，屋面防水层被破坏，出现漏水现象，影响厂房的正常使用和内部设备的安全运行<sup>[3]</sup>。

## 3.2 对交通基础设施的影响

矿山开采引起的地面变形，对公路路基稳定性产生严重威胁。路基沉降会使路面出现凹陷、起伏不平，影响车辆行驶的舒适性和安全性。同时，地裂缝穿过路基时，会破坏路基的整体性，导致路基土体流失，降低路基的承载能力。在某矿区附近的公路上，由于地下煤矿开采导致路基沉降，路面出现多处坑洼，车辆行驶时颠簸剧烈，而且在一些路

段的裂缝将路基撕开，公路管理部门不得不频繁进行修补，但效果往往不理想，严重影响公路的正常使用和交通运输效率。对于铁路交通来说，矿山开采引发的地面沉降和地裂缝会导致铁路轨道的变形。轨道的不平顺会增加列车行驶时的冲击力，加速轨道部件的磨损和疲劳破坏，影响列车运行的平稳性和安全性。严重时，可能导致列车脱轨等重大事故。在一些铁路沿线的矿区，由于矿山开采的影响，铁路轨道出现高低不平、轨距变化等问题，铁路部门需要投入大量的人力、物力进行轨道维护和调整，增加了运营成本，也给铁路运输带来了安全隐患<sup>[4]</sup>。

## 3.3 对水利工程设施的影响

矿山开采活动如果靠近水利工程大坝，会对大坝的稳定性产生严重影响。地面沉降、塌陷或裂缝可能破坏大坝的基础和坝体结构，导致大坝出现渗漏现象。如果渗漏得不到及时控制，会进一步削弱大坝的土体强度，增加大坝溃坝的风险。在某水库周边的矿山开采区，由于长期的地下开采，大坝基础所在区域出现地面沉降，大坝坝体出现裂缝，水库水开始从裂缝中渗出，虽然采取了一些临时封堵措施，但大坝的安全性仍然受到极大威胁，一旦溃坝，将对下游地区造成毁灭性的灾害。此外，矿山开采引发的地质灾害，也会对手渠等水利灌溉设施造成破坏。地面变形可能导致水渠的渠道变形、开裂，影响水渠的输水能力。地裂缝可能切断水渠，使水渗漏流失，无法正常灌溉农田。在一些农田灌溉水渠附近的矿区，由于矿山开采导致地裂缝穿过水渠，大量的灌溉水白白流失，农田得不到及时灌溉，影响农作物的生长和农业生产的收成。

# 4 矿山开采过程中的监测技术与方法

## 4.1 地面变形监测

一方面，GPS技术在矿山开采地面变形监测中具有广泛应用，在监测区域内设置多个GPS监测点，能够实时获取监测点的三维坐标信息，精确测量地面的位移变化情况。其优点是监测范围广、精度高、自动化程度高，以实现全天候监测。在大型露天矿山开采区域，布置了一系列GPS监测点，对矿山开采过程中的周边地面沉降、水平位移等变形情况进行实时监测，监测数据通过无线传输系统及时传送到监控中心，一旦发现地面变形超过设定阈值，系统会自动发出预警信号，以便及时采取相应措施。另一方面，水准仪主要用于测量地面的高程变化，通过测量不同时期监测点的高程差，确定地面的沉降情况。全站仪则可以同时测量监测点的水平角、垂直角和距离，从而计算出监测点的三维坐标，用于分析地面的水平位移和沉降情况。水准仪和全站仪测量精度较高，操作相对简便，是传统的地面变形监测常用方法。例如，在矿山开采影响范围内的建筑物周边设置水准仪和全站仪监测点，定期对建筑物基础的沉降和位移进行测量，将测量数据记录并分析，绘制沉降曲线和位移矢量图，直观

反映建筑物基础的变形趋势，为评估建筑物的稳定性提供依据。

## 4.2 地下岩层监测

利用传感器技术，对地下岩层的位移、应力等参数进行监测。在采空区周围的岩层中安装位移传感器和应力传感器，位移传感器可以实时监测岩层的位移变化情况，当岩层位移超过安全阈值时，说明采空区的稳定性可能受到威胁；应力传感器则可以测量岩层内部的应力分布和变化，了解岩层的受力状态，预测可能发生的岩层破坏和地质灾害。传感器监测数据通过数据采集系统传输到地面监控中心，进行实时分析和处理。此外，钻孔窥视仪是一种用于观测钻孔内岩层情况的仪器，在矿山开采区域的钻孔中插入钻孔窥视仪，可以直接观察钻孔壁岩层的完整性、裂隙发育情况等。在煤矿开采过程中，利用钻孔窥视仪对煤层顶板岩层进行观测，了解顶板岩层的分层结构、节理裂隙分布等信息，为预测顶板垮落的可能性和制定相应的支护措施提供依据。钻孔窥视仪观测可提供直观的岩层内部信息，但观测范围相对有限，通常需要结合其他监测方法共同使用。

## 5 矿山开采对土木工程结构稳定性影响的预防与治理措施

### 5.1 优化矿山开采方案

在矿山开采规划阶段，应充分考虑对周边土木工程结构的影响，优化开采方案。合理确定开采顺序，采用由远及近或分区开采的方式，尽量减少对重要土木工程设施的影响。同时，控制开采速度和开采强度，避免在短时间内形成大面积的采空区，降低地面变形的速率和幅度。例如，在城市周边的矿山开采时，根据城市规划和周边建筑分布情况，制定详细的开采计划，先开采远离城市中心和重要建筑的区域，并且严格控制开采量和开采深度，确保城市建筑的安全。

### 5.2 充填开采技术应用

充填开采是一种有效地减少采空区影响的技术方法，将矸石、粉煤灰、水泥等充填材料充填到采空区，可支撑上覆岩层，防止其过度下沉和塌陷。充填开采不仅可以减少地面沉降和塌陷的发生，还提高矿石回收率，减少废弃物排放。

在一些金属矿山，采用膏体充填技术，将经过配比搅拌后的膏体充填材料通过管道输送到采空区，充填后的采空区保持较好的稳定性，有效保护周边的土木工程结构和生态环境。

### 5.3 土木工程结构加固

对于已经受到矿山开采影响的土木工程结构，应及时进行加固处理。对于建筑物，可以采用基础加固、墙体加固、结构补强等措施。对基础沉降的建筑物采用锚杆静压桩、灌注桩等方法进行基础加固，增加基础的承载能力；对墙体开裂的建筑物采用碳纤维布加固、钢筋网砂浆加固等方法，增强墙体的抗裂能力和整体性。对于交通基础设施，如公路路基沉降可采用注浆加固、铺设土工格栅等方法，提高路基的稳定性；铁路轨道变形可以通过调整轨道扣件、更换受损轨枕等方法进行修复和加固。对于水利工程设施，大坝出现裂缝可采用化学灌浆、混凝土浇筑等方法进行封堵和加固，确保大坝的安全运行。

## 6 结论

矿山开采对土木工程结构稳定性产生多方面的重大影响，引发的地面沉降、塌陷、地裂缝、山体滑坡等地质灾害严重威胁着工业与民用建筑、交通基础设施和水利工程设施等的安全与正常使用。通过采用先进的监测技术与方法，如GPS监测、水准仪与全站仪测量、传感器技术监测和钻孔窥视仪观测等，能够及时掌握矿山开采过程中的地质环境变化情况。在此基础上，采取优化矿山开采方案、应用充填开采技术、对土木工程结构进行加固等预防与治理措施，可以有效降低矿山开采对土木工程结构稳定性的负面影响，保障矿山开采区域及周边土木工程设施的安全。

### 参考文献

- [1] 王永纪,吕前辉,余沛,等.南召县神仙崖露天开采矿山地质环境治理与修复[J].中国锰业,2024,42(4):98-104.
- [2] 张俊萍.某矿山岩体力学性能试验及开采方案优化[D].南昌:江西理工大学,2017.
- [3] 田志超,刘业娇,王荣超.非线性动力学分岔理论在矿山开采应用中的探讨[J].现代矿业,2012(11):54-56.
- [4] 贾玉跃,高毓山.矿山开采诱发边坡变形规律分析及控制对策[J].金属矿山,2017(6):156-159.