

水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用

邵李伟 李季荣

新疆维吾尔自治区地质局水文环境地质调查中心，新疆乌鲁木齐，830091；

摘要：本研究针对新疆昭苏县阿尔恰勒他乌铅锌矿区的地质灾害问题，通过水工环地质技术的综合应用，深入剖析了矿区的水文地质、工程地质和环境地质条件，旨在提出科学合理的地质灾害治理措施。研究通过详细的水文地质勘探，查明了矿区地下水的赋存条件、运移规律及充水因素，为矿井涌水量的预测提供了可靠依据。同时，结合工程地质调查，评价了矿体及其顶底板的工程地质特征，识别了开采过程中可能诱发的地质灾害类型。在此基础上，进一步分析了矿区环境地质条件，评估了开采活动对地质环境的影响，并提出了相应的防治建议。通过系统的野外调查、物探测试、水样采集与分析等工作，本研究不仅查明了矿区的水工环地质条件，还成功预测了矿井涌水量，评价了地质灾害的危险性，为矿山的安全生产和环境保护提供了科学依据。最终成果表明，水工环地质技术在矿山地质灾害治理中具有重要应用价值，对于保障矿山安全、促进资源合理开发具有深远意义。

关键词：水工环地质技术；矿山地质灾害；矿井涌水量预测；地质灾害治理

DOI：10.69979/3029-2727.24.11.031

引言

随着矿产资源的持续开发，矿山地质灾害问题日益凸显，对矿山安全生产、生态环境保护以及地方经济发展构成了严重威胁。新疆昭苏县阿尔恰勒他乌铅锌矿区作为重要的矿产资源基地，其开采活动不可避免地会对地质环境造成影响，引发一系列地质灾害。因此，深入研究矿区的水文地质、工程地质和环境地质条件，科学预测和有效治理地质灾害，对于保障矿山安全生产、促进资源可持续利用具有重要意义。水工环地质技术作为地质灾害防治的重要手段，通过综合运用水文地质、工

程地质和环境地质等多学科知识和技术方法，能够为矿山地质灾害的识别、评估和治理提供科学依据。本研究以新疆昭苏县阿尔恰勒他乌铅锌矿区为例，深入探讨水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用，以期为类似矿区的地质灾害防治提供参考和借鉴。

1 矿区概况与地质背景

1.1 矿区概况

新疆昭苏县阿尔恰勒他乌铅锌矿区位于天山北麓西部高山区，察布查尔山西段分水岭附近（图1）。

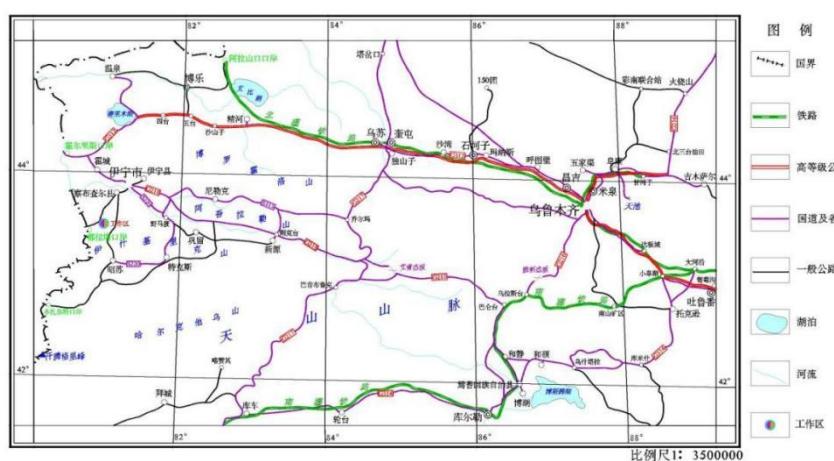


图1 勘探区交通位置图

矿区地形切割强烈，海拔较高，气候属于大陆性北温带高山气候，年均降水量适中，但蒸发量较大。矿区主要开采对象为铅锌矿，矿体受地层和构造破碎带的控制，呈层状、似层状、透镜状产出^[1]。随着开采活动的深入，矿区地质环境问题日益突出，主要表现为采空区

塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌以及地下水污染等。

1.2 地质背景

矿区地层属一套浅海碳酸盐岩沉积建造，以层状岩类为主，岩体具各向异性，强度变化较大。区内断裂构造不甚发育，但存在近东西向和北东-北西向两组断裂，

对矿体的形成和分布具有一定控制作用。矿区主要含水岩组为石炭系下石炭统阿克沙克组裂隙中等富水含水岩组，地下水主要接受大气降水和冰雪融水的补给，通过裂隙和构造破碎带运移。矿区地震基本烈度为Ⅷ度，属于区域地壳次不稳定区，工程建设条件中等适宜，但需加强抗震和工程措施。

2 工程地质条件及地质灾害评价

2.1 工程地质条件

矿区地层属浅海碳酸盐岩沉积建造，岩体具各向异性，强度变化较大。矿区1号矿体上部和3号矿床大部分位于侵蚀基准面及地下水位以上，地形有利于自然排水，工程地质条件较简单。然而，随着开采活动的深入，矿体大面积开采后易形成较大面积采空区，导致局部地段产生冒顶、塌落、片帮等工程地质问题^[2]。矿区断裂构造虽不甚发育，但局部地段裂隙、构造破碎带发育，对矿体的稳定性和开采安全构成一定威胁。

2.2 地质灾害评价

通过对矿区地质灾害现状的调查和分析，识别出矿区存在的主要地质灾害类型包括采空区塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌以及地下水污染等。其中，采空区塌陷是矿区最为突出的地质灾害类型，对井下作业人员和采矿设施构成严重威胁。根据矿区开采方案和地质条件，采用垮落带及导水裂隙带计算公式对地面塌陷范围进行了预测，结果表明矿区地下开采易形成地面塌陷灾害，且随着开采深度的增加，塌陷范围和程度将进一步扩大。

3 水工环地质技术在地质灾害治理中的应用

3.1 水文地质技术在地质灾害治理中的应用

在矿山地质灾害治理中，水文地质技术扮演着至关重要的角色，特别是在矿井涌水量的预测与防治方面。

3.1.1 矿井涌水量预测

矿井涌水量是评估矿山开采过程中水文地质条件的重要指标，也是制定防治水措施和方案的重要依据。在阿尔恰勒他乌铅锌矿区，通过详细的水文地质勘探工作，查明了矿区地下水的赋存条件、运移规律及充水因素^[3]。这些勘探工作包括地质测量、水文地质观测、抽水试验等，获取了大量宝贵的水文地质数据。

勘探工作首先确定了矿区的水文地质单元，明确了地下水的补给、径流和排泄条件。通过对矿区地形地貌、地质构造、地层岩性的详细调查，划分了矿区含水岩组，并评估了各含水岩组的富水性。例如，矿区内的石炭系下石炭统阿克沙克组裂隙中等富水含水岩组，是矿井涌水的主要来源之一。在获取了这些基础数据后，采用了多种方法对矿井涌水量进行了预测。包括水文地质比拟法、Q-S曲线方程法以及解析法等。其中，水文地质比

拟法利用矿山平硐长期监测数据为依据，结果更符合实际。通过比较不同方法的预测结果，综合考虑矿坑的充水因素，最终确定了矿山预测最大涌水量为2045.59立方米/日，正常涌水量1729.16立方米/日。这一预测结果为矿山的排水设计和防治水方案提供了科学依据。

3.1.2 防治水措施与方案

针对矿井涌水问题，结合矿区水文地质条件，制定了科学合理的防治水措施和方案。根据矿井涌水量的预测结果，设计并建设了能够满足排水需求的井下排水系统。包括排水泵房、排水管路、水仓等设施，确保矿井涌水能够及时、有效地排出。在矿井开采过程中，坚持“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的原则，加强探放水工作。通过钻探、物探等手段，查明采掘工作面前方的水文地质条件，提前采取防治措施，避免水害事故的发生。对于影响矿井开采的地下水，采取了疏干与封堵相结合的措施。通过疏干降低地下水位，减少矿井涌水量；同时，对可能导致矿井突水的断层、裂隙等地质构造进行封堵，防止地下水涌入矿井。在矿区建立了水文地质监测系统，对地下水动态进行长期观测和监测。通过定期观测地下水位、水质等参数，及时掌握矿区水文地质条件的变化情况，为防治水工作提供数据支持。通过这些防治水措施和方案的实施，有效降低了矿井涌水对采矿活动的影响和威胁，保障了矿山的安全生产。

3.2 工程地质技术在地质灾害治理中的应用

3.2.1 工程地质特征评价

在阿尔恰勒他乌铅锌矿区，通过详细的工程地质调查和评价工作，查明了矿体及其顶底板的工程地质特征。这些特征包括岩体的时代、岩性、结构、风化程度、裂隙发育程度等。

矿区地层属一套浅海碳酸盐岩沉积建造，属层状岩类。矿体及其顶底板主要为灰岩、碳质灰岩等岩石类型，岩体具各向异性，强度变化较大。通过钻孔RQD值统计和岩石力学性质测试，评价了岩体的质量和完整性。结果表明，矿区内地层顶底板围岩的岩石质量等级总体达到Ⅲ级，岩体中等完整，属于半坚硬岩石。还对矿区内的构造进行了详细调查。查明了矿区内的断层、褶皱等构造形态及其分布规律。这些构造对矿体的稳定性、开采条件以及地质灾害的发生具有重要影响。

3.2.2 工程地质问题预测与防治

在查明矿体及其顶底板的工程地质特征基础上，对开采条件下可能发生的主要工程地质问题进行了预测。这些问题主要包括冒顶、塌落、片帮、地表塌陷等。针对这些问题，结合矿区工程地质条件，提出了相应的防治措施和建议。例如，对于冒顶、塌落等问题，加强顶

底板管理，采取必要的支护措施，如工字钢及钢筋联合支护、锚杆支护等。同时，优化采矿方法，减少开采厚度，留足保安矿柱，以降低地压对矿体的影响。对于地表塌陷问题，采取了回填处理措施。将井下废石直接回填至采空区，以减少地表塌陷的发生。同时，在地表移动范围界线外围设立警示标志，并设置截水沟等设施，防止地表水流入采空区引发地质灾害。还加强了对矿区地质构造的监测和预警工作。通过定期观测矿区内的构造变形、地应力变化等参数，及时掌握矿区工程地质条件的变化情况，为地质灾害防治工作提供数据支持。

3.3 环境地质技术在地质灾害治理中的应用

3.3.1 环境地质条件调查与评估

在阿尔恰勒他乌铅锌矿区，通过详细的环境地质调查工作，查明了矿区环境地质条件。这些条件包括地形地貌、气候特征、植被覆盖、水文地质条件、工程地质条件以及地质构造等。矿区位于昭苏县乌孙山脉西段中高山区，地貌属冰蚀侵蚀褶皱断块山。区内地形切割强烈，海拔较高，相对高差较大。气候属于大陆性温带山区气候，冬季寒冷漫长，夏季短暂凉爽。植被覆盖以草甸、灌丛为主，生态环境较为脆弱。还对矿区内的地表水、地下水质量进行了评价。通过采集水样进行测试分析，掌握了矿区水环境质量现状。结果表明，矿区地表水和地下水质量总体较好，但部分指标存在超标现象，需要加强保护和治理工作。

3.3.2 采矿活动对地质环境影响预测与防治

在查明矿区环境地质条件基础上，对采矿活动对地质环境的影响进行了预测。这些影响主要包括对地表水、地下水、土壤、植被以及生态环境等方面的影响。

针对这些影响，结合矿区环境地质条件，提出了相应的防治措施和建议。例如，对于地表水和地下水的保护，加强废水处理和回收利用工作。将矿井涌水、选矿废水等经过处理后循环利用或达标排放，减少对水环境的污染。同时，加强对矿区水文地质条件的监测和预警工作，及时发现并处理水环境问题。对于土壤和植被的保护，采取了生态修复工程措施。在采矿活动结束后，对采空区进行回填处理并覆土绿化。通过种植适宜的植被恢复矿区生态环境，提高土壤肥力和保持水土能力。还加强了对矿区生态环境的管理和保护工作。建立健全矿区生态环境监测和评估体系，定期对矿区生态环境状况进行调查和评估。同时，加强对矿区生态环境保护的宣传教育工作，提高矿区职工和周边居民的环保意识。

4 地质灾害治理措施与建议

4.1 采空区塌陷治理措施

为应对采空区塌陷问题，建议采取回填处理法，将掘进过程中产生的废石等物料回填至采空区，有效减少采空区面积，降低塌陷风险。同时，应改进采矿方法，如减少开采厚度或采用条带法（房柱式）开采，以控制采空区面积和塌陷程度。还需加强采空区监测和预警工作，及时发现并处理采空区塌陷隐患，确保矿区安全。

4.2 滑坡、崩塌治理措施

针对滑坡、崩塌等地质灾害，建议采用非爆破法清除边坡表面松散残坡积物和矿山废石、废渣。同时，在边坡坡体修建挡墙、排水沟、截水沟等设施进行加固，提高边坡稳定性。应加强边坡监测和预警工作，及时发现并处理滑坡、崩塌隐患，保障矿区人员和设备安全。

4.3 地下水污染防治措施

为防治地下水污染，应加强废水处理和回收利用工作，确保生产废水和生活废水达标排放。同时，加强矿区地下水水质监测，及时发现并处理污染问题。实施生态修复工程，改善矿区生态环境质量，降低地下水污染风险。

5 结论

综上所述，矿区水文地质条件中等复杂，矿井涌水量预测结果可靠；工程地质条件较简单但局部地段存在冒顶、塌落等工程地质问题；环境地质条件中等稳定但采矿活动可能对地下水环境造成一定影响。针对上述问题，本研究提出了相应的治理措施和建议，为矿山的安全生产和环境保护提供了科学依据。未来随着采矿活动的深入和地质环境的变化，矿区地质灾害问题可能会呈现出新的特点和趋势。因此，需要进一步加强水工环地质技术的研究和应用工作，不断完善地质灾害监测和预警体系，提高地质灾害防治工作的科学性和有效性。同时，还需要加强矿区生态环境保护工作，推动矿山的绿色可持续发展。

参考文献

- [1] 修建兵. 矿山地质灾害治理中水工环地质技术的应用 [J]. 中国金属通报, 2024(4): 234-236.
- [2] 卞方杰. 矿山地质灾害治理中的水工环地质技术 [J]. 世界有色金属, 2024(1): 217-219.
- [3] 刘国生, 王金龙. 矿山水工环地质勘查在地质灾害危险评估及治理措施中的应用 [J]. 新疆有色金属, 2024, 47(6): 38-39.

作者简介：邵李伟，男（1990-10-20），汉族，甘肃天水，本科，职称级别：副高。