

矿山水文地质类型及地下水对采矿活动影响的防范措施

兰银

广西桂和环境科技有限公司

摘要：有效的地下水管理对于采矿活动的安全性、可持续性提升和环境效益保持均有积极影响。本研究具体分析了矿山水文地质类型，然后从了解水文地质条件、实施保护性措施、监测和维护三个角度提出了防范地下水影响采矿活动的措施。通过对矿山水文地质类型的充分认知，基于地下水对采矿活动的各类不利影响，提出综合性的防范措施，希望研究提出的观点可供从业者参考，以保障采矿活动效益。

关键词：矿山；水文地质类型；地下水；采矿活动；影响防范

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.017

矿山水文地质学是指研究矿区内部和周围地下水系统的地质学分支，它涉及了解地下地层中水的运动、分布和行为，以及地下水与采矿作业相互作用的机制。该领域对于确保可持续矿物开采和生态环境保护有着巨大贡献。

地下水对采矿活动的影响是多方面的，成因是复杂的。首先，地下水过量流入会导致塌方、洪水甚至事故，对矿工的安全和作业效率构成威胁；其次，采矿活动产生的化学品和污染物可能会渗入地下水，对当地社区造成饮水问题、带来健康风险；此外，水文地质知识对于规划和实施排水系统以控制地下水位、确保采矿作业顺利进行至关重要。

总之，水文地质学在采矿活动的安全性、可持续性和环境责任方面发挥着至关重要的作用，使其成为现代采矿实践中不可或缺的组成部分。

一、矿山地下水类型

矿山地下水类型的分类是基于不同的地质和水文条件。按照埋藏条件，矿山地下水可以分为承压含水层和潜水含水层。承压含水层是指水在地下被不透水层上下夹持的情况，这种水在钻孔时会自行上升，甚至喷出地面。相比之下，潜水含水层则是指水仅由上方的不透水层覆盖，其水位一般处于自由状态，受地表水位的影响较大。

此外，按照孔隙类型，矿山地下水还可分为孔隙含水层、裂隙含水层和岩溶含水层。孔隙含水层通常存在于沉积岩或松散沉积物中，水分存储于岩石或沉积物的孔隙中。裂隙含水层则是指水存在于岩石的裂隙中，这种情况在变质岩和结晶岩中比较常见。最后，岩溶含水层是指水在可溶性岩石，如石灰岩中，通过溶解作用形成的洞穴和裂隙中流动和储存。

二、不同矿山地下水类型对矿山开采活动的影响

承压含水层中的地下水受到不透水层的压制，当矿山开采活动穿透这些层时，可能会导致地下水突然涌入矿井，造成突水事故，这对矿工安全和矿山设备构成严重威胁。潜水含水层则相对更安全，但其水位的波动可能会受到采矿活动的影响，需要持续监控以防止水害。

孔隙含水层主要存在于沉积岩层或松散沙土层中，其水体通过岩石孔隙流动。这种类型的地下水对矿山开采的影响通常较小，但若开采活动改变了地下水流动路径或水位，可能会对附近水源造成污染。裂隙含水层的水体则存在于岩石裂隙中，如开采活动改变了裂隙结构，可能会导致地下水流失或污染。岩溶含水层通常发生在石灰石等可溶性岩石中，由于岩溶作用形成的孔隙和洞穴可以储存大量的地下水。矿山开采时若不慎穿透这些含水层，可能会导致大量地下水涌出，甚至引发地面塌陷等地质灾害。

三、防范地下水影响采矿活动的措施

（一）了解水文地质条件

首先，进行水文地质评估。水文地质评估是采矿作业的基本组成部分，以下是关键策略：

一是数据收集：水文地质评估的第一步是收集相关数据，这可能包括地质图、测井记录、钻孔数据、地下水位测量、水质样本和降水记录。这些数据提供了有关水文地质条件的重要信息。二是水文地质调查：水文地质学家经常进行调查以收集更多信息，这些调查可能包括地球物理调查、抽水测试和段塞测试，以评估含水层渗透性、地下水流速和水质等特性。三是含水层特征分析：收集数据后，水文地质学家用它来描述矿区

含水层系统的特征，这涉及确定现有含水层的类型、它们的水力特性以及它们与其他含水层或地表水体的潜在连通性。四是数值模拟：水文地质评估经常涉及使用数值模型来模拟地下水流并预测采矿活动如何影响水位和水流模式，这些模型有助于设计有效的排水和水管理系统。五是风险评估：评估与地下水相关的风险是评估过程的一个关键方面，潜在风险包括地下水流入地下巷道、采矿活动造成地下水污染以及过度排水造成的沉降。下述图表（见表1）展示了了解水文地质条件的关键策略，通过依次执行这些策略，可以综合分析并评估地下水资源的潜力和可行性，从而指导水资源管理和保护措施的制定。

表1 了解水文地质条件的关键策略总结

策略	描述
数据收集	收集和整理相关水文地质数据，包括水位、泉水、地下水化学成分等。
水文地质调查	进行野外实地考察和取样分析，以了解地下水状况、地层结构和岩土性质等信息。
含水层特征分析	对收集到的数据和调查结果进行分析，确定含水层的特征、厚度和产水能力等。
数值模拟	使用数值模型模拟地下水流动和水文地质过程，预测水文地质条件的变化趋势。
风险评估	综合考虑地下水资源开发利用的安全性和可持续性，评估可能存在的风险和问題。

其次，绘制含水层系统图。绘制含水层系统图是了解矿区水文地质条件的一个关键方面，它涉及创建描绘含水层空间分布和特征的详细地图。以下是关键策略：

一是地质测绘：地质图提供有关该地区岩石类型、结构和地层的信总，这些数据辅助识别潜在的含水层构造和了解其地质背景。二是水文地质图：水文地质图特别关注含水层的分布、地下水流模式和地下水位高程，这些地图有助于可视化地下水文地质条件并确定感兴趣或关注的区域。三是含水层厚度测绘：了解含水层的厚度对于估计地下水储存和流动潜力至关重要，绘制含水层厚度图可以帮助矿工找到水资源最多的地区。四是横截面剖面图：横截面剖面图提供含水层系统的垂直视图，有助于可视化其深度、几何形状以及上覆和下伏地层的关总。五是监测网络：建立地下水监测网络，并在战略上放置观测井，有助于跟踪水位和水质随时间的变化。

（二）落实防护措施

设计有效的矿山排水系统对于管理采矿作业中的地下水至关重要，以下是关键策略：

一是了解水文地质：如前所述，彻底了解水文地质条件，包括含水层类型和特征等，这些知识可指导针对

特定地点量身定制的排水系统的设计。二是泵送基础设施：选择合适的泵、井配置和管道至关重要，通常需要具备高效能源利用的大容量泵来处理大量地下水^[1]。井距和深度根据水文地质数据确定。三是监测和控制：实施实时监测系统来跟踪水位、泵性能以及泵故障或意外流入等潜在问题。自动化和远程监控可以提高排水作业的效率 and 安全性。四是可持续实践：设计排水系统时考虑到可持续性，考虑重新利用或处理提取的地下水的方案，以尽量减少对环境的影响。实施负责任的处置措施，防止污染附近的水体。五是应急准备：针对极端天气事件、设备故障或地下水流入突然增加制定应急计划，制定响应协议可确保快速采取行动，保护矿工和运营。

其次，控制污染风险。地下水污染是采矿活动中的一个重大问题，因为它可能对环境 and 健康产生不利影响。以下是关键策略：

一是泄漏预防和管理：制定处理和容纳采矿中使用的危险材料（例如化学品和燃料）的协议，实施泄漏预防措施并制定响应计划，以快速减轻和补救泄漏^[2]。二是尾矿管理：正确处置和管理尾矿至关重要，使用内衬密封设施防止潜在有害物质渗入地下水。尾矿库的定期监测和维护至关重要。三是水质监测：持续监测水质，特别是采矿活动和潜在污染源附近的区域。及早发现水质变化可以及时干预。四是践行行业标准：遵守行业标准和环境保护监管指南，确保水质和污染控制举措符合法规要求。

再次，有效管理用水。出于运营和环境原因，有效的水管理至关重要。以下是关键策略：

一是水循环利用：尽可能在采矿过程中实施水循环和再利用系统，这减少了对淡水的需求并最大限度地减少废水排放。二是雨水收集：收集和储存雨水用于非饮用水用途，例如抑尘和设备冷却，这减少了对地下水或外部水源的依赖。三是节约用水：在采矿人员中推广节约用水文化，鼓励在日常运营中尽量减少水资源浪费的做法。四是可持续复垦：矿区复垦计划，包括恢复自然水文地质条件，这可能涉及重建湿地、管理地表水以及尽量减少对地下水的长期影响。

（三）监控和维护

监测和维护是采矿作业地下水管理的关键方面。

首先，定期监测地下水位。以下是关键策略：

一是自动监测：利用配备传感器和数据记录器的自动监测系统来连续跟踪地下水位，实时数据对于做出明智的决策和及时响应水位变化至关重要。二是井网络：在整个矿区维持分布均匀的观测井网络，以捕获代表不同水文地质条件的数据，应定期检查这些孔的功能和校准^[3]。三是数据分析：定期分析地下水位数据以识别趋势、季节变化或异常情况，了解水位动态有助于预测潜在问题并优化排水策略。四是确定地下水位阈值：当水位接近阈值时，就会触发调整抽水速率或实施应急响应措施等行动。

其次，确保排水系统的完整性。以下是关键策略：

一是例行检查：对排水基础设施进行例行检查，包括泵、井、管道和控制系统，检查应检查是否有磨损、损坏或故障的迹象。二是预防性维护：实施排水设备的预防性维护计划，这包括根据需要定期维修、清洁和更换组件，以防止发生故障。三是泵效率：监控泵效率和能耗，调整泵的运行以适应不断变化的地下水条件并优化能源使用。四是安全检查：确保排水设备的安全功能和警报正常运行，定期对人员进行安全程序和应急协议培训^[4]。五是修复和升级：作为长期维护工作的一部分，计划修复或升级老化的排水基础设施，现代化可以提高效率和可靠性。下述图表（见表2）展示了采矿作业地下水管理中的主要定期监测方式，系统实施和监测评估可保证采矿作业安全。

表 2 采矿作业地下水管理中的定期监测方式总结

监测方式	描述
自动监测	使用传感器和仪器定期监测地下水位、水质等数据
井网络	建立一套井网系统，包括钻井、井筒围岩处理等工程措施
数据分析	对收集到的地下水数据进行分析 and 解读
确定地下水位阈值	根据矿区环境和安全要求，确定合理的地下水位阈值

再次，根据需要调整措施。以下是关键策略：

一是灵活调整：认识到地下水条件可能会因天气模式、采矿深度或地质变化等因素而随时间而变化，准备好相应地调整排水策略。二是应急响应：制定明确的协议来应对突发事件，例如突然进水或设备故障。确保人员在这些程序方面接受过良好的培训。三是环境考虑

因素：持续评估排水作业对环境的影响。如果发现不良影响，采取纠正措施并调整措施以尽量减少伤害。四是合作：与监管机构、环境组织和当地社区保持开放的沟通。五是文件记录：保留所有监测数据、维护活动以及对排水系统进行的调整的详细记录^[5]。文档对于合规性、审计和未来决策至关重要。

结束语

总之，利用水文地质知识指导采矿实践对于矿产资源开采可持续至关重要。而面对矿区水文地质的复杂类型，地下水管理成为防范地下水对采矿活动产生不良影响的关键工具，通过全面的水文地质评估、适当的排水系统设计以及严格的监测和维护，确保矿工的安全，降低环境风险并提高运营效率，同时适应不断变化的水文地质条件并迅速应对不可预见的挑战。

通过认识了解含水层系统、控制污染风险和优化用水的重要性，采矿作业可以在保护宝贵的自然资源的同时得到蓬勃发展。对于采矿业来说，与监管机构和当地社区合作是自身、产业可持续发展的关键，也是资源保护和利用的科学实践。对此，研究提倡在采矿作业中注重水文地质勘察，以超强的环保责任意识为基础，防范地下水对采矿活动的不良影响，保障采矿活动的安全性和有效性。呼吁在追开采宝贵的矿产资源的过程中，仍以负责的地下水管理作为采矿活动的基石。

参考文献

[1] 刘昭维. 矿山水文地质勘察中地下水问题及应对措施研究[J]. 西部资源, 2022(05): 57-58.

[2] 宗瑞利, 刘世安, 邵恩庆. 矿山水文地质勘察中地下水的问题及应对措施研究[J]. 世界有色金属, 2023(08): 113-115.

[3] 许俊良. 矿山工程中水文地质勘察及地下水对矿山工程的危害分析研究[J]. 中国金属通报, 2022(24): 112-114.

[4] 蒋志宇. 水文地质因素对地质灾害的影响及防治措施[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2022(12): 3.

[5] 万平强. 水文地质勘察中地下水的问题及解决方法研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(09): 4.