

Hydrogeological conditions and effective application of water control technology

Biao Li Shuye Guan

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract

Hydrogeological conditions refer to the occurrence, distribution, movement patterns of groundwater, and their interactions with surrounding rocks, soil, and surface water. These factors directly impact safety and efficiency in engineering projects, mineral resource development, agricultural production, and other fields. In practice, inadequate understanding of hydrogeological conditions during engineering and mining operations may lead to disasters such as sudden water outbreaks, ground subsidence, slope instability, and even severe casualties and economic losses. Water control technologies serve as crucial measures to address hydrogeological challenges and ensure project and operational safety. This paper explores the effective application of hydrogeological conditions and water control technologies, emphasizing their importance. It analyzes key components of hydrogeological conditions and exploration methods, introduces common control techniques including drainage pressure reduction, grouting for water sealing, and curtain impermeability prevention, and finally examines the effectiveness of these technologies through case studies from Liaoning Geology and Mineral Group.

Keywords

hydrogeological conditions; water control technology; drainage and pressure reduction; grouting and water blocking; Liaoning Geological and Mineral Group

水文地质条件及防治水技术的有效应用

李彪 关树野

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 中国·辽宁 沈阳 110034

摘要

水文地质条件是指地下水的赋存、分布、运动规律以及与周围岩石、土壤、地表水之间的相互关系,它直接影响着工程建设、矿产资源开发、农业生产等多个领域的安全与效益。实际在工程和矿产开发过程中,若对水文地质条件认识不足,极有可能引发突水、涌水、地面沉降、边坡失稳等灾害,甚至会造成严重的人员伤亡和经济损失。而防治水技术则是应对水文地质问题、保障工程和生产安全的重要手段。为此,本文便围绕着水文地质条件及防治水技术的有效应用展开研究,阐述了研究的重要性;其次分析了水文地质条件的主要内容及勘查方法;同时还介绍了常用的防治水技术,如排水降压、注浆堵水、帷幕防渗等;最后结合辽宁地矿集团的相关案例探讨了这些技术的应用效果。

关键词

水文地质条件;防治水技术;排水降压;注浆堵水;辽宁地矿集团

1 引言

当前随着我国工程建设向深部和复杂地质条件区域推进,以及矿产资源开发强度的不断加大,水文地质问题日益更具突出。防治水技术作为应对这些问题的核心手段,其有效性将直接关系到工程和生产的安全。因此深入地研究水文地质条件,掌握科学合理的防治水技术,并将其有效地应用于实际工程之中,具有非常重要的现实意义。辽宁地矿集团在长期的地质勘查和矿产开发实践中,已然积累了丰富的水文地质条件分析和防治水技术应用经验,其相关案例能够

为研究提供宝贵的实践素材。本文就通过对水文地质条件的分析、防治水技术的介绍,再结合辽宁地矿集团的案例,来探讨防治水技术的有效应用,有望为相关领域的工作提供借鉴。

2 水文地质条件的主要内容及勘查方法

2.1 水文地质条件的主要内容

水文地质条件由地下水的类型、埋藏条件、分布规律、补给、径流和排泄条件,以及含水层的岩性、厚度、渗透性、富水性等内容组成。而地下水的类型按埋藏条件可分为上层滞水、潜水和承压水。其中上层滞水为存在于包气带中局部隔水层之上的重力水,它的分布范围有限,且水量受季节的影响较大;潜水则是埋藏在地表以下第一个稳定隔水层之

【作者简介】李彪(1986-),男,中国吉林公主岭人,硕士,副高级工程师,从事水工环勘查研究。

上、具有自由水面的重力水，其补给主要来自大气降水和地表水的入渗，排泄的方式主要为蒸发、流入地表水和人工开采；而承压水是充满于两个稳定隔水层之间的重力水，它具有一定的水头压力，且补给区和分布区不一致，受水文气象因素的影响较小，因此水量较为稳定。

含水层的岩性、厚度、渗透性和富水性则是水文地质条件的重要参数。通常含水层的岩性决定了其渗透性和富水性，如砂卵石层渗透性强、富水性好，而粘性土层则渗透性差、富水性弱；在厚度方面，含水层的厚度越大就说明其储存地下水的的能力越强；渗透性一般用渗透系数表示，如果渗透系数大，就表明地下水的运移速度越快；富水性反映的是含水层出水能力，常用单位涌水量表示。

2.2 水文地质条件的勘查方法

为了能够准确地掌握水文地质条件，在实践中需要采用多种勘查方法，主要包括了地质调查、物探、钻探、水文试验等^[1]。

地质调查：该方法是水文地质勘查的基础，主要是通过野外观察和测量，来了解区域的地形地貌、地层岩性、地质构造、地表水体分布等情况，从而初步地判断地下水的赋存和运移条件。

物探方法：物探法利用了地下介质的物理性质差异，如电阻率、磁性、密度等，以此探测地下水的分布和含水层的特征。当前常用的物探方法有电法勘探、磁法勘探、地震勘探等。一般电法勘探可用于划分含水层和隔水层、确定地下水位埋深等；磁法勘探则可用于寻找与地下水相关的地质构造；而地震勘探被用于了解地下岩层的结构和含水层的分布。

钻探：它是获取地下岩土体和地下水直接信息的重要手段，通过钻探可以确定含水层的埋藏深度、厚度、岩性等，还能采集岩土样和地下水样进行室内试验分析。而钻探过程中还可以进行测井工作，如电阻率测井、自然电位测井等，能够进一步获取含水层的渗透性等参数。

水文试验：水文试验为测定含水层水文地质参数的主要方法，它可分为抽水试验、注水试验、示踪试验等。其中抽水试验需要抽取地下水，根据水位的变化计算出含水层的渗透系数、导水系数等参数；注水试验比较适用于渗透性较差的含水层，主要是通过向钻孔中注水，来测定其渗透性；示踪试验则通过投放示踪剂，并追踪地下水的运移路径和速度，得以了解地下水的径流条件。

3 常用的防治水技术

3.1 排水降压技术

排水降压技术原理是利用排水设施降低地下水位和水压，进而减少地下水对工程和生产的影响。该技术适用于地下水压力较大、涌水量较多的情况，如矿山井下开采、基坑工程等等。实际在应用排水降压技术时，一定要根据水文地

质条件和工程要求，合理地确定排水设施的布置方式、数量和排水能力。

3.2 注浆堵水技术

注浆堵水技术是通过向地下岩层的裂隙、孔隙中注入浆液，填充其空间，形成不透水或弱透水的帷幕，从而阻断地下水的运移通道，减少地下水的涌入。实践中该技术适用于处理断层破碎带、溶洞、裂隙发育等富水区域的涌水问题。对于注浆材料的选择应该根据水文地质条件和工程要求确定，常用的注浆材料有水泥浆、水泥-水玻璃双液浆、化学浆液等等。而注浆工艺包括了分段注浆、循环注浆、高压喷射注浆。其中分段注浆需要将钻孔分为若干段，再逐段进行注浆，以此确保浆液均匀得填充；循环注浆通过多次注浆，得以提高注浆的效果；高压喷射注浆则利用高压喷射流将浆液与岩土体进行混合，使其形成防渗体。

3.3 帷幕防渗技术

帷幕防渗技术需要在工程区域周围设置连续的防渗帷幕，借助该帷幕来阻止地下水进入工程区域。实践中该技术适用于水库、坝基、基坑等对地下水防渗要求较高的工程。而防渗帷幕的材料主要有混凝土、水泥石、塑性混凝土等，其设置方式则包括了地下连续墙、防渗墙、高压喷射注浆帷幕等。但在设计帷幕防渗时，需要根据地下水的水头压力、含水层的渗透性等因素，来确定帷幕的深度、厚度和渗透系数等参数，这样才能确保防渗的效果。

3.4 疏水降压与堵水结合技术

在一些复杂的水文地质条件下，单一的防治水技术往往难以达到理想的效果，因此就需要采用疏水降压与堵水结合的技术。展开来说：先进行排水降压，以此降低地下水的压力和涌水量，然后采用注浆堵水等技术来封堵地下水的主要通道，使其形成长期有效的防渗体系。举个例子，矿山井下开采中对于富水性强、水压高的含水层，可以先通过排水井等设施进行疏水降压，将水位降低到安全开采范围，再对断层破碎带等主要涌水通道进行注浆堵水，以此减少地下水的持续涌入，从而保障矿山的安全生产^[2]。

4 辽宁地矿集团相关案例分析

某铁矿床位于辽宁省，因为该矿区水文地质条件复杂，矿体赋存于奥陶系灰岩中，灰岩中溶洞、裂隙发育，且富水性强，还与地表水体存在着水力联系，所以在开采的过程中面临着严重的突水风险。但辽宁地矿集团承担了该矿区的防治水工程，先对该矿区的水文地质条件进行了详细地勘查，经由地质调查、物探、钻探和水文试验等方法，查明了矿区的含水层分布、富水性、地下水的补给、径流和排泄条件，且确定了主要的充水因素为灰岩含水层和地表水体。之后根据勘查结果，制定了“疏水降压+注浆堵水+帷幕防渗”的综合防治水方案。具体来说：在矿区周边设置了一圈排水井并进行疏水降压，以此将地下水位降低到矿体开采底板以

下5m,再对矿体上方的断层破碎带和溶洞发育区采用水泥-水玻璃双液浆进行注浆堵水,进而封堵地下水的运移通道,随后在矿区与地表水体之间设置高压喷射注浆帷幕,直接阻止地表水体渗入矿区内。该防治水方案实施后,取得了显著的效果,将矿区井下涌水量从原来的500m³/h减少到50m³/h以下,有效地避免了突水事故的发生,更保障了矿山的正常开采。

5 防治水技术应用的效果与注意事项

5.1 防治水技术应用的效果

从辽宁地矿集团的案例可以看出,合理地应用防治水技术能够有效地应对水文地质问题,有助于保障工程和生产的安全。展开来说:排水降压技术可以降低地下水位和水压,有效地减少了地下水的涌水量,以此为工程施工和矿产开采创造了安全的环境;注浆堵水技术则能够封堵地下水的运移通道,直接切断了地下水的补给来源,进而显著地减少了涌水量;而帷幕防渗技术可以形成有效的防渗屏障,得以阻止地下水进入工程区域。与此同时,防治水技术的有效应用还可以减少灾害损失,助力工程和生产经济效益的提升。即通过避免突水、涌水等灾害的发生,可以减少因灾害导致的工程延误、设备损坏和人员伤亡等损失。再配合科学的防治水措施,来优化工程设计和施工方案,最终便降低了工程成本。

5.2 防治水技术应用的注意事项

重视水文地质勘查:水文地质勘查为防治水技术应用的基础,因此必须确保勘查数据的准确性和完整性。尤其是在应用防治水技术之前,一定要进行详细的水文地质调查、物探、钻探和水文试验,确保全面地了解了地下水的赋存、分布、运动规律以及含水层的特征,从而才能为防治水方案的制定提供可靠的依据。

制定合理的防治水方案:根据水文地质条件和工程要求,需要制定出个性化的防治水方案。即不同的工程和地质条件需要采用不同的防治水技术,甚至还有可能需要多种技术的联合应用。而在制定方案时,应该进行技术经济可行性分析,从中选择性价比高、效果好的防治水技术和方案。

加强施工过程管理:防治水工程的施工质量会直接影响到防治的效果,所以必须加强施工过程的管理。一方面需要严格地按照设计方案和施工规范进行施工,以确保排水设施、注浆孔、防渗帷幕等的施工质量。另一方面需要加强对施工材料的质量控制,务必选用符合要求的注浆材料、防渗材料等。此外在施工过程中,还要进行实时地监测,保障施工中出现的问題均能得到及时地发现和解决,为施工质量提

供保障。

做好监测与预警工作:在防治水技术应用的过程中,应该建立完善的监测系统,借助该系统对地下水位、水压、涌水量、工程变形等进行实时地监测。经由监测数据,得以及时地掌握地下水的动态变化和防治水工程的运行情况,以此来评估防治的效果。当监测数据出现异常时,系统还应该及时地发出预警,提醒相关人员采取相应的措施进行处理,进而防止灾害的发生^[9]。

注重环境保护:防治水技术的应用可能会对周边环境产生一定的影响,如排水可能导致地下水位下降,影响则周边植被生长和地下水生态环境。因此应用防治水技术时,一定要注重环境保护,采取有效的措施来减少对环境的影响。

6 结语

水文地质条件是工程建设和矿产资源开发中不可忽视的重要因素,其复杂性和多变性给工程和生产安全带来了诸多挑战。防治水技术作为应对水文地质问题的关键手段,在保障工程和生产安全、减少灾害损失等方面发挥着重要作用。

本文通过对水文地质条件的主要内容及勘查方法的分析,介绍了排水降压、注浆堵水、帷幕防渗等常用的防治水技术,并结合辽宁地矿集团的案例探讨了这些技术的应用效果。实践表明,只有在充分掌握水文地质条件的基础上,科学合理地选择和应用防治水技术,才能取得良好的防治效果。

在防治水技术应用过程中,要重视水文地质勘查,制定合理的防治水方案,加强施工过程管理,做好监测与预警工作,注重环境保护。同时,要不断研发和推广新型防治水技术和材料,提高防治水技术的科学性和有效性。

未来,随着工程建设和矿产资源开发向更深、更复杂的地质条件区域推进,水文地质问题将更加突出,对防治水技术的要求也将更高。因此,需要进一步加强水文地质条件和防治水技术的研究,不断完善防治水技术体系,为工程建设和矿产资源开发的安全、高效进行提供有力保障。

参考文献

- [1] 滕延博.复杂水文地质条件下的矿井防治水技术应用[J].内蒙古煤炭经济,2023,(05):166-168.
- [2] 李月月,关民全,张文,等.矿井水文地质条件综合探测及防治水技术研究[J].能源与环保,2024,46(11):58-62+68.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2024.11.010.
- [3] 王兴锋,高平.复杂水文地质条件工作面采掘期间防治水技术应用[J].煤炭科学技术,2021,49(S02):135-141.