

隧道水文地质环境变化及其对生态环境的评估

陈爱云

江苏绿岩生态技术股份有限公司

摘要:在不同地区的隧道工程项目中,水文地质环境的变化并不稳定,因此人类活动所产生的生态环境效应不容小觑,相关单位部门需要及时开展环境监测和环评等工作,能快速界定隧道区域内水文环境是否稳定。在不同工程建设时期内开展环境探测和监测工作,是保障生态环境稳定性的关键。本文将着重探析隧道水文地质环境变化及其对生态环境的评估要点。

关键词:隧道;水文地质;生态环境;评估

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.106

在不同规模隧道工程的前期勘察设计阶段、建设阶段和运营阶段内,各项水文地质环境条件的变化趋势并不完全稳定,因此相关单位部门需要从水土资源的时空分布、水环境影响因素、生态植被配置的可行性等层面入手,逐步提升生态环境的监督和影响评估工作力度。隧道工程会对生态环境产生正效应和负效应,因此需要采取合理的环境保护措施。

一、隧道水文地质环境条件

(一) 岩溶发育特征

在全面勘查隧道工程的水文地质环境条件过程中,岩溶发育特征和形态等因素能够直接影响和限制隧道施工技术方法、环境修复治理技术措施的实际应用质量,若岩溶部位和洼地数量非常多,则会频繁产生施工安全事故等问题^[1]。岩溶发育特征信息主要涵盖溶洞基本情况、岩溶分布情况等内容,其中不同溶洞的水文地质条件与岩溶洼地落水洞的整体发育形态呈现正相关关系。溶洞普遍分布在隧道工程的前期规划设计路线之中,会对隧道开挖作业进度、地质环境安全性产生负面影响。大部分岩溶洼地中的落水洞发育情况比较稳定,但是普遍为雨季地下水的主要下渗通道,因此会对隧道工程的埋深设计方案和施工技术产生负面影响。隧道工程的主体施工作业区域,基本集中在岩溶洼地下方一定距离处,大部分岩溶洼地会对隧道施工造成负面影响,少部分岩溶洼地不会影响隧道施工进度和勘探路径^[2]。

(二) 物探探测的岩溶发育情况

在对隧道工程的规划建设区域进行水文地质调查和勘测工作过程中,需要合理运用物探法以及仪器设备,对岩溶发育情况进行全面的数据采集和特征分析,对隧道工程的异常水文探测点位进行重点分析,若部分施工作业区域与岩溶洼地的间距太近,则非常容易产生较多地质灾害事故等问题^[3]。不同异常探测点位所代表的岩溶发育情况普遍存在一定差异,其中电阻率较低的异

常探测点位,能够合理推测其岩体破碎、裂隙发育状况不良,基本为导水的裂隙带,需要在隧道施工作业过程中避开该区域。在某个异常探测点位中,中心为低电阻率、周围为高电阻率,因此可以将其推断为岩溶发育特征,因此普遍集中在导水通道之中,不利于隧道工程的后期建设活动顺利推进。大部分异常探测点位,普遍存在一定量的裂隙分布情况,其能够与岩溶洼地和溶洞发育不良的现象相关联,因此各异常点位的导水通道会直接影响隧道水文地质物探数据结果的准确性^[4]。

(三) 岩溶形态的钻孔揭露

在隧道工程项目的不同建设区段内,岩溶形态的全面勘测工作非常关键,需要运用安全高效的钻孔作业形式,揭露不同隧道施工区域内的岩溶形态和整体发育状态是否安全稳定,并对该区域内底层岩溶裂隙的空间分布情况进行详细记录和统计分析^[5],避免其严重影响隧道建设进度和环境安全稳定。在隧道施工作业区域内,需要筛选出具有一定代表性的钻孔作业位置,并对洞隙高度以及充填物等地质环境条件进行全面勘测和数据统计分析。若大部分岩溶裂隙探测点位普遍集中在隧道开挖施工作业区域内,则会对隧道建设活动的安全性产生负面影响,其中岩溶发育特征需要通过顶板标高、底板标高、洞隙高度和充填物种类等数据指标进行全面分析。在钻孔揭露隧道施工区的岩溶形态特征过程中,现场隧道施工技术人员需要对岩石土壤内部应力比较集中的部位进行重点探测,避免部分岩溶形态和发育特征影响隧道作业的连贯性和技术措施应用质量。

(四) 地下水类型和富水性

在对隧道工程的施工作业区域进行水文地质调查和勘测过程中,需要对不同类型的地下水和富水性指标进行重点分析,才能保障各岩层在隧道挖掘作业阶段内的相对稳定性和环境安全性,避免严重影响隧道工程的各项建设活动和进度。比较常见的地下水主要涵盖碳酸盐岩类岩溶水、碳酸盐岩类夹碎屑岩类岩溶水、松散岩类孔隙水,其与特定的岩层富水特征相关联。其中碳酸盐岩类岩溶水主要集中在岩溶裂隙发育区域之中,其富水性相对较强,在对岩溶地带进行钻孔探测作业的过程中,能够对其地下水位的实际埋深情况和标高等数据参数进行实时监测和分析。碳酸盐岩类夹碎屑岩类岩溶水则主要分布在灰岩夹黏土岩等常见岩石层之中,其底部含有一定的矿产资源,富水性中等,钻孔探测区域内分布一定量的泉点。松散岩类孔隙水的时空分布比较广泛且零散,并集中在残坡积碎石土等岩石层之中,在较多岩溶洼地区域内比较常见,透水性较强但是富水性缺

乏。

（五）地下水埋藏类型和富水埋深

在不同规模的隧道工程项目中，地下水平均埋深集中在8.8-13.6m之间，埋深相对较浅，因此会直接影响隧道工程的开挖作业环境安全性和稳定性，需要合理规划隧道工程的施工工作面 and 岩溶洼地屏蔽措施等技术资源。在对不同埋深的地下水埋藏类型进行合理分类的过程中，需要对隧道施工作业区域内的钻孔揭露点位进行全面的安全防护和数据采集，对钻孔深度、孔口标高、水位埋深以及水位标高等数据指标进行对比分析。若隧道工程的全部施工作业区域普遍存在地表水体匮乏、地下水系时空分布不均匀等状态，则需要根据水文地质环境的前期勘察数据结果，逐步优化和完善富水埋深区域内的隧道施工工作面 and 挖掘路线等技术资源。隧道工程施工作业环境相对比较复杂，需要对主要岩溶发育特征和岩溶形态的空间分布规律进行对比分析，水文地质调查和钻孔揭露探测工作需要贯穿施工建设全部环节，才能避免产生水文地质灾害和安全生产事故。

二、隧道环境的水文地质工作内容

（一）勘察设计阶段

在对隧道工程的水文地质环境进行全面勘察和探测分析的过程中，需要以勘察设计阶段内的主要建设目标为基础，精准预测分析隧道施工作业区域内的最大涌水量等技术参数，才能根据现场情况合理配置施工技术资源和人力资源，避免产生突发涌水事故等问题。在隧道工程的前期勘察设计阶段内，专业地质人员需要对地下水、围岩类别、隧道掘进作业方案和支护结构对水文地质环境的影响进行层次化客观评价分析，才能避免地下水和突发涌水事故对工程建设进度造成严重影响和阻碍。在不同地区隧道工程的施工场地中，前期勘察设计方案和图纸，均需要客观预测隧道开挖活动所产生的地表水漏失、地表不均匀沉降、岩溶塌陷等地质灾害事故风险系数，并及时采取相应的地质环境防治技术措施。专业地质人员需要探明全部隧道施工作业区域内的水文地质条件，对含水层的具体空间位置关系、水理性质、地下水位分布情况等地质参数进行对比分析，才能协助施工单位明确岩溶洼地和隧道施工巷道之间的位置关系。

（二）施工阶段

在不同地区的隧道工程项目中，施工阶段内的突发地质灾害事故不容小觑，因此需要结合水文地质调查分析报告和环境监测数据参数，对地表水、地下水泉点、隧道内部涌水漏水情况、围岩结构稳定性和力学影响因素进行全面勘测分析，才能及时采取科学合理的治理技术措施，避免影响隧道施工现场水环境的安全稳定性。在进行隧道水文地质观测工作的过程中，专业技术人员需要围绕地表水体、井泉流量、钻孔水位、洞内涌水漏水情况调查等数据资料，对隧道出水部位和出水量等水

文参数进行重点监测和数据统计分析。专业技术人员需要重点调查隧道内部涌水和围岩渗漏水等突发状况，是否对围岩结构稳定性、支护结构的支撑作用产生负面影响，并及时防治隧道内部的水环境地质灾害和安全事故问题。现场施工技术人员还需要在管理人员的指导之下，对涌水和地下水环境效应进行客观分析，避免影响隧道施工区域内的生态环境安全稳定性。

（三）运营阶段

在不同地区的隧道工程项目中，运营阶段内的各项水文地质调查和环境数据监测工作必不可少，会直接影响隧道内部地表水环境和地下水环境的安全稳定性，若仍然存在地下水涌入等情况，则需要及时采取工程技术措施，避免影响隧道内部水工建筑物和其他构筑物的正常功能使用。在隧道工程的运营阶段内，专业技术团队的水文地质调查工作重点在于隧道内部的工作环境分析和风险预测，并需要对地表生态环境现状进行重点调查，结合实际情况对水文地质条件的发展趋势进行合理预测分析，并提出科学合理的地质灾害治理措施和生态环境保护措施，保障隧道工程各项系统功能能够正常使用。隧道工程的实际建设规模和水文地质环境条件的相关性非常显著，因此在工程运营阶段内，相关人员需要合理部署和应用水文地质勘测仪器设备，对突发涌水和地下水位变化等风险因素进行全面勘测和风险评估，才能辅助管理团队进行科学决策。

三、隧道水文和生态环境的评估要点

（一）水资源分布格局与水文评估

在隧道工程的不同建设周期之中，相关单位机构需要对施工区域和周边区域内的地表、地下水资源分布格局、水文情况进行层次化评估分析，才能避免隧道工程大量排水影响到原有的水环境平衡状态，在降低地下水位的过程中，会逐步形成漏斗形的岩溶洼地影响地质环境和生态环境的相对稳定性。由于大部分隧道施工区域内的岩溶发育形态并不均匀，因此地下水系的疏干特征会直接影响水资源的时空分布格局稳定性，对后续建设运营时期水文评估工作的有效性产生一定影响。岩溶水资源的时空分布并不均一，会逐步形成不对称的降落漏斗形状，隧道轴线的附近泉点普遍呈现出差异较为明显的疏干状态。在对隧道工程的所在地区进行水文地质调查工作的过程中，需要以水资源的整体分布格局和评估要素为中心，才能快速确定溶洞和岩溶洼地与隧道施工轴线之间的位置关系，避免岩层倾向相同位置处的地下水疏干程度存在较大差异。

（二）地质灾害诱发因素评估

在对隧道水文地质和生态环境进行层次化评估分析的过程中，需要根据隧道工程的实际建设位置和环境影响范围，对主要和次要地质灾害诱发因素进行客观评估和风险预测，对隧道突水、地面塌陷等常见地质灾害问题进行有效防治，避免影响隧道工程的施工进度和环

境安全稳定性。大部分隧道工程的施工场地条件非常有限,因此在对地质灾害的诱发因素进行客观评估分析的过程中,需要将隧道突水、地面塌陷的不同成因作为参数模型的构建要素,才能及时防治地质灾害事故。隧道不同部位的突水、涌水以及渗漏水等安全风险因素,与隧道内部地下水压力、岩溶充填物、隧道围岩塑性特征等因素有关,因此工程施工单位则需要合理布置相应的止水技术措施,避免影响隧道内部生态环境的安全稳定性。隧道排水和地面塌陷等地质灾害事故,与松散土层应力改变、动水压力突增等地质条件有关,会在隧道施工轴线附近形成敏感区,从而多发地质灾害事故。

(三) 环境质量和污染物评估

在对隧道工程的所在区域进行生态环境评估工作的过程中,不仅需要关注水文地质勘察数据的准确性和统计学特征,还需要对生态环境质量和主要污染物进行客观评估,将水环境、土壤环境、大气环境和生物环境作为环评工作的重要内容。在众多隧道工程的施工场地中,地表水土流失和岩石层裸露等现象也比较普遍,会严重影响生态环境质量的稳定性和可控性。在对生态环境中的污染物进行量化评估分析的过程中,现场专业技术人员需要对水环境的污染源、土壤环境的污染源等重要污染物进行全面监测和数据统计分析,避免影响隧道排水的施工进度和地质条件稳定性。隧道施工作业区域内的排水工程和其他专业工程,均会直接降低土壤养分和含水率,容易引起生态环境污染事件。

(四) 动植物分布状况评估

在对隧道工程的建设区域进行环境评估的过程中,需要围绕前期水文地质条件的实际勘查数据结果,对地表水系、地下水系和陆地中的动植物分布状况进行客观评估分析,才能协助隧道施工单位明确水文地质条件的实际变化趋势和潜在风险因素,并在构建天然植被生态系统的过程中,避免地下水资源被过度损耗。在客观评估隧道周边区域的动植物分布状况过程中,相关技术人员需要合理运用3S技术和高精密的仪器设备等工具,对影响植被和动物微生物生长发育的生态环境条件进行客观预测分析,对土壤水分盐分、水质变化、水位变化等关键因素进行层次分析、关联分析。在客观评估动植物分布状况的过程中,隧道工程的相关技术人员还需要对地表水系面积变化和地下水位变化之间的相关性进行评估分析,将动植物的整体时空分布状态进行客观预测,避免隧道建设活动过度影响生态环境的协调性。

(五) 生态环境的影响与评价

在客观评估隧道工程所在区域生态环境的过程中,需要对比较常见的环评方案进行规范化编制,并运用现场调查、综合评述、动态监测、示踪试验、数值模拟等具体技术方法,客观判断隧道建设活动对当地生态环境造成的正向和负向影响,以此作为生态环境监测、风险预测分析、环境修复治理等工作的决策依据。尤其在应

用涌水量监测、水质监测、动态监测等具体环评技术方法的过程中,部分隧道施工建设活动会对周边生态环境的安全性和稳定性造成了负面影响,若改进部分隧道施工技术方法,则可以显著减少负面影响,但是对当地生态环境造成的破坏是不能短期恢复的。对隧道生态环境的影响与评价工作,需要以具体隧道施工建设活动为基线,构建环评数据模型,积极引入统计学分析方法,对水质环境和生态环境的相对稳定性、协调性进行层次分析、关联分析。

(六) 调查-评价-预测-模拟体系的建构和应用

在部分岩溶隧道施工作业区域中,相关企业单位需要及时引入生态环境的评估技术体系,并建构和应用调查-评价-预测-模拟体系,构建隧道工程项目的环境影响评价模型,选用分类分级的评价标准和评价方法,才能从实际工程建设条件出发,协助施工单位和运营管理人员进行科学决策,及时采用科学合理的生态环境修复治理技术措施和管理策略。在对岩溶隧道进行水文地质调查和生态环境调查的过程中,相关技术人员和管理人员还需要对现场监测数据资料进行分类汇总分析,并逐步优化生态环境的监测模型,对水文生态环境效应的演变趋势进行客观预测和风险评估分析。拟建隧道工程、在建隧道工程以及已建隧道工程,均通过层次化的环境评估模型进行动态化数据监测分析,并将其作为岩溶隧道环境稳定性评估的重要资料来源。调查评价以及预测模拟结果,均需要在统一的质量控制标准体系基础之上应用在隧道工程之中。

结束语

综上所述,在对岩溶隧道工程进行水文地质调查、地质灾害防治工作的过程中,需要突出水文调查分析结果与生态环境影响评价分析结果之间的相关性,并客观评估岩溶隧道在不同建设周期内的结构稳定性、环境稳定性等数据指标,避免影响隧道工程的实际建设管理进程。

参考文献

- [1]甘靖轩,于斯遥.云梦山隧道水文地球化学特征及地下水径流特征研究[J].甘肃水利水电技术,2022,58(11):31-35.
- [2]郑齐.王家山隧道水文地质条件分析及涌水量的预测[J].黑龙江交通科技,2022,45(11):111-113.
- [3]陈浩,邓峰,吴银亮.贵州某公路隧道岩溶水文地质研究[J].路基工程,2022(04):184-189.
- [4]陈鹏.新疆天山胜利隧道水文地质条件研究[J].资源信息与工程,2022,37(03):38-40.
- [5]徐刚,陈永东,崔海栋,李宁,任世霞.隧道工程施工的水文地质效应及其环境影响研究——以成兰铁路跃龙门隧道高川坡段为例[J].西部资源,2022(02):52-56.