

不良地质地段隧道施工处理技术应用研究

黄才明

贵州省公路工程集团有限公司

摘要:隧道工程施工期间,受到复杂的地质条件影响,常遇到各类技术挑战和问题,影响到工程的安全与质量,带来诸多的风险。为安全有序高质量推进隧道建设工作,需做好隧道施工技术应用控制,保障工程的效益目标实现。现针对不良地质地段隧道施工技术的应用,展开具体的论述,提出隧道工程施工质量控制的策略。

关键词:不良地质地段;隧道工程;处理技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.12.060

《贵州省“十四五”交通运输发展规划》显示,“十四五”时期,全省交通建设投资约为4200亿元。其中,高速公路3228亿元、普通国道352亿元、普通省道及以下公路465亿元、客货运枢纽50亿元、水运50亿元、公路大中修及新型服务区等其他交通项目55亿元。此背景下,交通工程大规模建设,深入研究不良地质地段隧道施工处理方法,助力相关工程的建设,有着重要的意义。

一、不良地质的概述

隧道工程施工中的不良地质,指的是滑坡、崩塌、岩堆、偏压地层、岩溶等不利于隧道工程稳定的不良地质环境。一般来说,不良地质地段的变异条件复杂。即使事前进行了地质勘察调查,也难以完全掌握地质情况,施工期间依旧面临诸多的风险,需做好施工过程的地层与地质条件观察,认真检查支护与衬砌的受力状态,预测存在的风险,采取针对性的应对策略,防范突发事故。隧道工程中如果遇到不良地质,将会产生以下风险:(1)围岩失稳、坍塌;(2)隧道支护变形;(3)衬砌结构断裂等。为保证隧道工程施工安全有序开展,应该结合地质勘察资料数据,结合工程实际情况,分析不良地质风险,提出有效的应对方案,指导隧道施工作业,防范各类问题的出现。

二、不良地质地段隧道施工技术的应用方案

(一) 案例概述

以某高速公路隧道工程为例,隧道左线全长为6774m,最大埋深为482.3m;隧道右线长度为6831m,最大埋深为477.2m。根据地质勘察资料显示,存在松散堆积层孔隙滞水、基岩构造裂隙水以及碳酸盐岩溶水。工程施工线的不良地质为岩溶问题。

(二) 隧道施工情况

1. 隧道进口施工情况

隧道左右洞均为IV级围岩施工,原来的设计方案使用的是IVb衬砌参数,此围岩属于强风化页岩,整体的自稳能力差,岩体破碎问题突出,支护参数变更为IVb加强型。在进行施工时,运用上下台阶法,按照“弱爆破、短进尺、强支护、快封闭、勤量测”,安全有序开展施工作业。根据施工监测数据显示,左洞ZK18+982-ZK18+990施工段初期支护监测数据值偏大,获得的数据如下:(1)3d变形累计沉降为-13.5mm;(2)沉降速率结果为-4.5mm/d;(3)上台阶累计收敛结果为-28.0mm;(4)上台阶收敛速率结果为-7.5mm/d。通过设置观测点进行监测分析,发现数据变化异常,不过喷射混凝土未发生开裂、脱落和掉块问题。因为数据信息异常,所以增加监控量测频率,并且增加了支护的频率和现场检查的次数。工程施工人员在现场检查时,发现初期支护时左洞喷射混凝土表面产生了裂缝,获得的量测数据也表现为连续异常。经过一段时间的监测后发现,洞内初支喷射混凝土表面破坏日益明显,边墙出现了混凝土剥落,拱顶存在掉块的情况。量测的数据不断增加,累计变形量突量警戒值。根据量测的数据显示,断面累计下沉结果为-41.9mm,收敛结果为-54.0mm。由数据可以发现,断面围岩与初支结构的稳定性较差,并且出现了破坏特征,潜在一定的风险。

2. 隧道出口施工情况

本次隧道工程项目的出口左洞ZK25+470.1-ZK25+445.1施工区为V级围岩段,结合工的实际情况设计选择了S-Va和S-Vb衬砌类型,经过勘察资料数据显示,围岩为溶蚀化白云岩,岩体比较破碎,呈现为碎裂状,自稳能力不强。当施工到ZK25+470.1附近开挖施工时在中台阶揭露溶洞,洞口直径结果为2.5m,斜向下顺岩层发育,大致沿着隧道纵向延伸。从隧道工程施工现场洞内调查与地质预报的结果来看,溶腔发育不规则,并且是由多个溶腔串联而成,溶腔群平面的纵长为40m,横宽度大约为20m,溶洞顶部砂质页岩厚度大约为3-4m,所处的位置为中台阶或者隧底位置,并且发现一处大规模溶腔,测量的数据显示长度为25m,宽度大约为15-17m,高度大约为3.5-5m。现场的资料显示,各溶腔内部存在斜向溶蚀裂隙,并且存在很多小股地下水系,同时腔壁可见滴水,不过没有形成大型流水,溶腔整体向着隧道底部深处发育,影响到整体的稳定性。

(三) 软岩变形的原因

根据隧道工程施工现场地质调查,结合地质预报结

果以及地质资料等分析,归纳出以下几点软岩变形的原因:(1)区域构造。从构造的情况来看,施工路段围岩小角度近平行穿越此倒转褶皱的南翼,使得隧道洞身围岩志留系页层和奥陶系碳酸盐岩地层出现倒转,进而使得老地层对新地层产生构造挤压的作用,使得岩体破碎。(2)断裂构造。从获得的报告资料显示,洞身存在一处逆断层。此断层破碎带的宽度为70m左右,岩体极为破碎,且为砂砾状。(3)地形地貌。根据获得的地形资料显示,变形洞室的埋深为180m,最大埋深达到了480m。结合现场地应力测试结果分析得出,区域地应力水平很高。开挖的洞室所在位置为地表标高抬升段,结合构造,地形上具有自重应力影响。(4)地层岩性。从地层的岩性调查情况来看,洞内围岩的抗风化与耐水性比较弱,隧道开挖之后页岩快速风化,加之施工水因素的影响,使得围岩容易软化,洞渣为薄片状,局部为土状,整体承载力不高,自稳定性不强。基于隧道安全施工角度分析,如果不设置支护体系,那么会发生较大塑性变形,采取爆破开挖作业法将会使得松弛圈更大,初支结构难以发挥有效的支护效果,无法承受巨大的应力变形。(5)开挖作业方案。本次隧道工程施工中,洞内开挖作业运用的是台阶法,采用三台阶预留核心土开挖。在隧道开挖施工时,上台阶开挖会出现初期大变形,进行中下台阶开挖作业时,也会使得围岩被多次扰动最终引发变形。受到各类因素的综合影响,使得围岩和初支变形。

(四) 变形处置方案

一般来说,当围岩监测数据开始出现很大的异常,并且现场检查发现破坏迹象,比如初支结构开裂等,可以证明围岩与初支结构开始出现不均匀变形问题,支护结构的保护力不强,无法达到承载要求。因此,要求及时采取应急处置措施,防范安全事故的发生,比如塌方等。本次工程中围岩大变形的处置方案如下:(1)临时支撑。结合隧道工程施工现场的情况,考虑到后期施工的便利,设计的临时支撑方案为竖撑。使用的材料为工字钢,要求做好焊接的质量控制,形成高性能的支撑基础。(2)双层工字钢。采用双层工字钢进行预加固,作业时从洞口方向向掌子面方向加设,并且和初期支护拱架并列布置,为了保证支护的效果,使用木楔加塞处理。(3)小导管注浆加固处理。在进行施工时,当临时钢支撑支护作业技术后,还应该内部设置注浆小导管。使用的小导管长度为3.5m,从拱腰部开始加设,按照梅花形进行布置,将环向间距与纵向间距分别控制为1.2m、1.0m。本次工程施工中使用的注水泥浆材料,按照水泥与水1:1的比例制作。在进行注浆作业时,要求做好注浆速度与压力的控制。对注浆作业进行检查,掌握支护变形情况,实现有效的处理,防范各类质量问

题的出现。(4)二衬加筋。为有效处理变形问题,要求认真做好变形段的监测工作,根据量测的数据分析,当变形速率稳定之后,开展掌子面与二衬施工作业。本次工程中初期支护的变形量大,在进行二次衬砌时调整了方案,将原来的素混凝土替换为40cm厚钢筋混凝土。采取上述变形处理措施之后,进行量测与分析发现,围岩变形问题得到了有效控制,促使围岩与初支逐渐稳定^[1]。

(五) 岩溶施工技术措施

从岩溶施工的角度来说,要求按照“弱爆破、短进尺”的基本原则施工,应该严格控制炸药的使用量,并且做好开挖步距的控制,保证施工进度和效率。在进行溶洞施工段的地质开挖施工时,除了要使用机械作业外,还应该配合人工作业,有效防范机械作业引发的扰动风险,防范溶洞塌陷^[2]。加强现场的安全监测,掌握开挖面岩体变化情况,分析是否出现了裂隙和沉陷情况。开展隧道掘进施工作业,还要进行超前地质预报,掌握现场的地质情况,为安全高效施工提供支持。在支护作业方面,坚持“强支护、早封闭”的基本原则,组织开展开挖作业,做到随开挖随支护,防范质量问题的发生。本次工程中溶洞的处置方案为:在溶腔范围内砌筑一道混凝土承重墙,对于隧底段使用C15混凝土进行回填,非承重隧底段为空腔那么使用洞渣进行回填。建设的承压墙,设计为重力式结构,可获得不错的承压受力效果。将截面设计为梯形,基础高度设计为2.4m,高度设计为0.8m,墙身顶宽设计为0.8m,高度设计为4.2m,后墙趾为0.3m,下宽度设计为2.1m。隧道工程施工中,模板选择为一次性木模板,要求严格按照施工顺序操作,做好质量的控制。

三、不良地质地段隧道施工技术的应用策略

(一) 选择适宜的隧道施工方法

为保证不良地质地段隧道工程施工的安全与质量,应该编制科学合理的施工方案,选择适宜的施工方法,做好严格的控制。事前,组织专门的人员进行隧道工程施工现场勘察调查,掌握完整的资料信息,分析隧道工程施工风险,为施工方案编制提供依据和支持^[3]。在隧道工程施工时,按照“先治水、短开挖、弱爆破、强支护、早衬砌、勤量测、稳步前进”原则,保障施工作业的安全性和质量,防范各类风险的发生。对于隧道施工方法的选择,比如开挖与支护等,坚持以安全与质量为基础前提,结合隧道工程地质资料和水文资料,科学合理设计施工方案,明确断面形式、尺寸以及埋深等要求,结合工程实际情况做好论证分析,优选设计方案,做好质量的控制。在开展隧道工程施工时,认真落实隧道施工方案交底制度,强化技术应用效果的控制,防范各类问题的发生,保证隧道施工安全高效化开展^[4]。

（二）做好监控与量测

根据工程施工的需求，采用数字化技术手段，助力工程管理，可实现环境、人员、机械设备等的有效管理。实践中，利用物联网与云计算等技术手段，可实现工程管理信息化与数字化水平提高，并且向着智能化方向发展，全面提高作业的效率^[5]。隧道工程施工现场的环境复杂，地质条件比较复杂，且岩性多变，潜在很多的安全风险，增加了隧道工程施工的难度。为实现隧道施工安全高效化控制，积极引入数字化技术助力监控与量测，能够获得不错的成效。例如，利用智能管道检测机器人、围岩判别机器人以及3D断面扫描仪等，可实现对隧道施工安全的全面严格控制。实际应用中，积极推广使用视频监控系统、隧道二衬防脱空监测、安全步距检测系统、隧道断面3D扫描、超前地质预报及监控量测自动预警系统等，支持现场环境和安全施工等的有效管理，实时化掌握数据信息，分析存在的风险隐患与问题，为安全问题和质量问题等的防范处置提供支持，做到全面严格管理，避免各类风险的发生^[6]。在隧道地质超前预报方面，可采用TST系统，支持工程施工地质预测和分析，采集相应的数据信息，分析安全风险和问题，助力工程施工高效化开展。使用的TST系统，开发了散射+反射双模型，除了可以预报岩性与构造等地质界面，同时不会漏掉岩溶和孤石等问题。从技术应用的优劣势分析，主要归纳如下：（1）TST观测有着充足的排列长度与采集密度，获得的数据信息，使用专业软件分析，能够做到精准的超前预报，防范虚报与误报等问题的发生。（2）采用TST技术，通过双侧激发与接收的阵列式观测方法，借助专业的二维速度扫描软件，可以准确掌握不同里程围岩的波速分布^[7]。在实际应用中，既可以获得准确的围岩界面位置，还能够为岩体分类提供依据。（3）基于TST获得的地质界面图像与波速分布结果，通过综合分析，保证预报结果的可靠性以及准确性，助力隧道工程安全稳定施工，防范各类安全风险和质量问题的发生^[8]。

（三）做好现场监督管理

根据不良地质地段隧道施工任务和要求，结合隧道工程现场的实际情况，制定完善的施工管理方案，组建专门的管理小组，配置充足的管理人力资源，负责现场监督管理，实现对隧道施工的全面管理。通过事前的分析，识别不良地质地段隧道施工风险，制定应急预案，配置应急救护资源，做好现场的安全防护和管理，保障隧道工程施工安全有序开展。在开展不良地质地段隧道施工前，应该认真落实技术交底，并且组织隧道工程施工资源，助力隧道工程施工作业。对参与隧道施工作业的人员，做好安全教育和技术培训，围绕思想与操作能

力方面加以提升，促使隧道工程安全高效化施工，做到隧道工程施工的有效控制，防范各类问题的发生^[9]。隧道工程施工期间，工程管理人员应该进行现场旁站监督检查，做好技术指导与现场的管理，使得工作人员能够遵循隧道工程施工技术要求，做到规范化施工，防范各类问题的发生。对隧道施工工程的质量进行全面的检查，把关原材料和工艺等的质量，分析是否能达到技术要求，及时处置质量问题，以免影响到隧道工程的质量水平。隧道工程施工环境复杂，工程施工内容的专业性很强，要求做好过程化控制^[10]。实践中，通过全面严格的管理，把关不良地质地段隧道工程的安全与质量，实现工程的效益目标，防范各类风险的发生。

四、结语

综上所述，不良地质地段隧道工程施工中，应该严格按照隧道施工技术方案和方法，推进各项建设工作。积极引入数字化技术手段，助力地质勘察调查，实时化采集各类数据信息，助力隧道工程施工过程的管理。文中结合隧道工程实例，分析了不良地质地段隧道施工技术应用方案，提出几种技术应用质量管理方法，以期为相关人员提供参考借鉴。

参考文献

- [1] 邹东林. 不良地质地段隧道施工处理技术应用[J]. 山西建筑, 2023, 49(07): 172-175.
- [2] 余淑德, 余华明. 不良地质构造对隧道工程的影响[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(12): 140-142.
- [3] 蔡一起, 张倩, 罗瑛. 三维地震波超前探测方法在不良地质隧道工程施工中的应用[J]. 黑龙江科学, 2022, 13(22): 58-60.
- [4] 邓磊磊. 不良地质条件下隧道施工方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(28): 135-137+141.
- [5] 常文科. 隧道不良地质段施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2022(23): 59-61.
- [6] 简华华. 隧道不良地质段稳定性分析及处置对策研究[J]. 交通世界, 2022(20): 28-31.
- [7] 张宁. 公路隧道施工中不良地质判断与处理技术[J]. 西部交通科技, 2018(12): 85-90.
- [8] 卢红涛. 长大隧道不良地质地段施工关键技术[J]. 科技创新导报, 2018, 15(07): 74-75.
- [9] 王志鹏. 不良地质隧道富水浅埋地段的施工处理技术[J]. 四川建材, 2017, 43(04): 197-198.
- [10] 张明东. 特殊不良地质地段隧道施工技术[J]. 建筑技术开发, 2016, 43(07): 108+124.

作者简介：黄才明，1989年6月，汉，贵州平坝，本科，专业：测绘工程，工程师，从事工作方向：高速公路工程。