

岩溶地质隧道施工裂隙水病害处理技术研究

贾文欢

中交路桥华北工程有限公司 北京市 101149

摘要:在岩溶地质地区,地下岩溶、裂隙发育严重,通透性较强,隧道工程穿越此种地质时,岩溶的存在会对隧道周围的围岩以及隧道衬砌结构造成不良影响,比如岩溶裂隙水的侵蚀、暴雨后的高水压、渗流水结晶体堵塞隧道排水管等,如何保证岩溶地质隧道施工质量,依托贵州地区在建隧道工程展开相关技术研究。隧道施工过程中,设计横向排水管口出现不同程度的白色结晶体沉淀附着现象,较严重更是堵塞排水管,导致横向排水管降低甚至丧失排水功能,衬砌外侧水压身高,必将影响隧道质量,威胁后期使用安全。本文就隧道排水管内产生结晶体沉淀的原因及防治措施开展相关研究。

关键词:岩溶地区;隧道排水管;渗流水结晶体

前言:

随着西部大开发战略的实施,我部西部地区迎来了较大发展,交通工程建设亦是如火如荼。我国西南地区多为山区,植被生长茂盛,为了较少对生态的扰动,交通工程建设中隧道占比较高。而广西、贵州一带有着我国特有的岩溶地貌,岩溶地区的地质条件一般都比较复杂,往往具有富水、高水压、地下溶洞及地下暗河分布的特征。隧道工程穿越岩溶地带时,岩溶的存在不仅会对隧道围岩造成不良影响,同时还会影响隧道衬砌结构的受力特性,进而对隧道衬砌材料造成腐蚀破坏,严重影响隧道的施工安全及后期运营。如何保证岩溶地质隧道施工质量,是一个值得我们研究的问题。

贵州省玉石高速公路长塘隧道穿越地质复杂的岩溶地带,当地气候温和,具有春暖、夏热、秋凉、冬冷特征,四季分明,雨量充沛,地表水丰富,地下水因其地质的复杂也变得难以掌握其分部规律。岩溶地质使我标段隧道施工速度放缓,且施工质量难以保证,而关于当地特有的岩溶地质隧道施工技术研究较少,几乎没有可借鉴经验,增加了施工难度。本文主要通过对在建隧道发现的隧道排水管被结晶体沉淀附着堵塞的问题成因进行研究分析,并研究探索防治措施以保证隧道施工质量。

1 在建岩溶隧道概况

隧道左线起讫桩号ZK55+535~ZK56+886,长1351m,隧道最大埋深147.4m;右线起讫桩号YK55+535~YK56+878,长1343m,隧道最大埋深

约174.4m。隧道进口高程约764m,隧道出口高程约730.7m。长塘隧道前期采用进口单向掘进,后期采用进出口双向掘进的方式施工。

1.1 地理位置及交通条件

隧址区位于岑巩县凯本镇境内,进口为石阡端,出口为玉屏端。隧道进出口均有乡村道路,交通条件较好。

1.2 地形地貌

隧道区属构造溶蚀峰丛低山地貌区,海拔高程一般约为760~920米,相对高差约160m。

隧道进洞口位于一凸出型山体斜坡中部,属直线型坡,自然坡度为 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$,坡向为 280° 与隧道走向基本平齐,坡表植被发育。

隧道出洞口位于陈家湾后山陡坡下部,属直线型坡,自然坡度为 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$,坡向为 110° 与隧道走向基本平齐,坡表植被发育。

1.3 地质构造

根据区域地质勘察资料,长塘隧道区沿线范围内不存在深大活动断裂,隧道入口存在一断裂带,东本西南走向,与隧道在K55+650m附近相交,该断裂带近乎垂直,对本工程稳定性的影响较小。整体上拟建隧道沿线新构造运动不剧烈,处于区域地质构造活动影响相对微弱的地质环境,属于基本稳定区。

隧址区主要为单斜地层,岩层产状 $290^{\circ} \sim 310^{\circ} \angle 15^{\circ} \sim 20^{\circ}$,节理裂隙发育,主要发育两组节理,L1: $270^{\circ} \angle 60^{\circ}$;L2: $70^{\circ} \angle 45^{\circ}$ 。

1.4 地层岩性

隧道区出露基岩为寒武系下统清虚洞组下-中断($\in 1q1+2$)灰岩、白云岩。K55+535~K56+400主要为灰岩,K56+400~K56+800主要为白云岩。

1.5 水文地质

作者简介:贾文欢,男,1990.05,汉族,籍贯:河北保定,单位:中交路桥华北工程有限公司,职位:科学技术部部长,职称:中级工程师,本科学历,研究方向:路桥工程,邮箱:915531226@qq.com。

隧道通过区地表沟谷均为季节性流水沟, 无常流水, 受大气降水影响较大。隧道涌水量估算为 $317.8\text{m}^3/\text{d}$ 。

隧道沿线地下水主要为基岩裂隙水和岩溶水: 基岩裂隙水: 主要赋存与基岩裂隙中, 受裂隙发育及联通情况的影响, 无固定水位。勘察期间钻孔施工过程中大部分钻孔出现漏水现象, 且较为严重, 说明裂隙连通性较好, 富水性相对较差。岩溶裂隙水: 主要赋存与溶洞内, 水量与岩溶发育大小、裂隙发育情况及连通性有较大关系。沿线岩溶主要表现为钻孔揭露的溶洞和地表发育的落水洞。隧道入口钻探施工是在中部钻孔(SXK2和SXK5)揭露有溶洞, 漏水严重, 根据周边出水点(K55+450)观察, 钻孔施工漏水造成该出水点水质变浑浊, 且水量有所增大, 说明隧道入口附近岩溶与该出水点存在较好的连通性。

根据地质调查, 沿线上有若干个落水洞, 大部分为空洞, 大部分无充填, 降雨时成为周边场地的排水通道, 说明与周边岩体连通性较好。同时根据走访调查, 降雨时附近地下水出水点水量明显增大, 旱季时地下水出水点水量明显减少, 个别出现断水现象, 也说明隧道沿线岩体裂隙连通性好。

地下水水位受季节性变化影响较大, 主要受大气降水的补给, 以侧向径流为主要排泄方式。地下水对混凝土结构有微腐蚀性, 对钢筋混凝土结构中的钢筋有微腐蚀性^[1]。

1.6 不良地质现象

沿线范围内不存在较大活动断裂, 隧道入口存在一断裂带, 东北~西南走向, 与隧洞在K55+650m附近相交, 该断裂带近乎垂直, 对本工程稳定性影响较小。

除此之外, 隧道沿线洞身范围存在较多的疑似岩溶发育段, 且裂隙的连通性较好, 隧道施工时, 裂隙及岩溶的连通性和富水性对隧道的施工有较大的影响, 隧道区工程地质条件一般^[2]。

2 隧道排水系统内结晶体沉淀情况

2.1 设计横向排水管堵塞

长塘隧道有地下水段落横向排水管均出现被水结晶体不同程度堵塞, 部分结晶体呈土黄色, 含有少量泥土杂质, 部分结晶体呈乳白色, 有玻璃光泽, 结晶体附着



图1 隧道横向排水管水结晶体沉淀堵塞

于管口、管内、排水暗沟内壁及沟底, 稍有强度。水流较大流速较快段落横向排水管结晶体较少, 水流较缓段落横向排水管结晶体较多。

2.2 排水暗沟水结晶体

对隧道全线排水边沟进行白色沉淀物进行排查, 部分段落排水暗沟有乳白色水结晶体形成, 结晶体附着于沟底, 层厚较薄, 稍有强度。



图2 隧道横向排水管水结晶体沉淀堵塞

2.3 初期支护完成段落拱腰位置结晶体

长塘隧道暂未贯通, 尚处于停工状态, 在已完成初期支护未完成二次衬砌且富含地下水段落, 系统锚杆位置均有乳白色水结晶体形成。



图3 隧道横向排水管水结晶体沉淀堵塞

3 结晶体成分化验及成因分析

3.1 结晶体成分化验

1、长塘隧道裂隙渗水水质检测报告

由中南大学化学成分分析中心出具的长塘隧道渗水水质检测报告显示: 长塘隧道裂隙渗水含有大量的Ca(钙)、 SO_4^{2-} 、溶解性固体, 少量的K(钾)、M(镁)、Na(钠)、Zn(锌)、 SiO_2 、P(磷)、游离性 CO_2 、 Cl^- 、 HCO_3^- 等, 水质腐蚀性作用极小。

2、长塘隧道水结晶体检测报告

由中南大学化学成分分析中心出具的长塘隧道水结晶体检测报告显示: 白色水结晶体主要成分为 CaCO_3 (碳酸钙), 其余成分中 SiO_2 含量相对较高。

3、二衬强度检测排查

对外观质量和白色沉淀物较多段落二衬混凝土进行了回弹验证混凝土质量, 经检测二衬混凝土强度满足设计要求。

3.2 综合分析

根据长塘隧道水样和结晶体检测报告, 三组水样中

各类成分含量无较大差异,以二衬位置水样中各类成分含量进行分析,水样中Ca(钙)含量为54.978mg/L、K(钾)含量为2.2756mg/L、Mg(镁)含量为4.567mg/L、Na(钠)含量为1.781mg/L、Zn(锌)含量为1.0045mg/L、SiO₂(二氧化硅)含量为4.47mg/L、P(磷)含量为1.45mg/L、游离性CO₂含量为4.47mg/L、SO₄²⁻(硫酸根)含量为29.48mg/L、HCO₃⁻(碳酸氢根)含量为2.58mg/L、Cl⁻(氯离子)含量为0.65mg/L、溶解性固体含量为246mg/L,未检测出CO₃²⁻(碳酸根)含量及侵蚀性CO₂含量;结晶物主要成分为CaCO₃(碳酸钙),含量为94.00%,其余成分中SiO₂含量相对较高,含量为2.41%。

1、主要成分为碳酸钙的结晶体直接来源为隧道衬砌混凝土外的山体裂隙水,而非经混凝土渗出的水产生。

2、由于碳酸钙在水中几乎不溶解(溶解度极低,常温下仅为0.00015mol/L),与水形成悬浊液。所以在水流静止和流速较慢或在纵、横向排水管接口处,水管壁粗糙度较大等情况下,水体流动遇到阻碍时很容易沉积下来,隧道设计排水管均采用波纹管材质,易造成此类现场产生。

3.3 结晶体成因分析

根据该南大学化学成分分析中心出具的检测报告判断,所检隧道地下水均呈碱性,水质未发现异常,地下水对隧道结构耐久性不会产生影响。所检隧道结晶体主要成分为碳酸钙(CaCO₃),分析其成因主要为:

1、CO₂溶解到大气降水中形成含有HCO₃⁻和H⁺的地表水,通过岩石节理裂隙渗入地下对径流区的碳酸盐岩产生岩溶作用,形成携带Ca(HCO₃)₂的地下水,从隧道横向排水管出来后,压力降低、流速变小、温度升高,水中溶解的CO₂气体迅速逸出,溶液中的Ca(HCO₃)₂迅速饱和,析出碳酸盐晶体即CaCO₃固体,附着在排水管内表面及管口附近的混凝土表面。

2、受隧道施工和大气降水影响,地下水中的离子种类及其含量发生变化,产生“混合溶蚀效应”,促使结晶沉淀物的生成。

3、隧道排水系统中水的流速影响结晶体(碳酸钙)沉淀的形成,水流流速越大,难溶于水的物质就越容易被水流带走,越不易形成沉淀结石,反之亦然。

4、排水管的材质、形状决定了管内壁的糙度系数,对水流速度及沉淀的快慢产生明显影响。纵、横向排水波纹管的糙率系数都很大,对碳酸钙微粒的排出十分不利。

5、另外,由于施工原因加剧结晶体的形成,主要表现在以下几个方面:

(1)环向盲管、纵向排水管打孔不规范,数量不足,无纺土工布包裹不规范。

(2)环向、纵向、横向排水管三通连接不牢固或不规范,浇筑时接头脱落,导致混凝土进入管内造成排水不畅。

(3)纵向排水管安装精度不够导致排水管标高不到位、纵坡不顺直,纵向排水不畅。

4 防治措施

1、排水系统必须严格按照设计文件和相关规范要求施工,确保环向、纵向、横向排水管数量、间距、标高、线形等满足要求,保证排水系统通畅。

2、对进场的波纹管进行严格把关,确保波纹管打孔数量及孔径满足设计要求,在富水地段可将孔洞适当加密、加大。必要时可将波纹管调整为圆管,但管径及各项技术指标不变。

3、为加速纵、横向排水管内的地下水尽快通过横向排水管排至隧道边沟,可将三通接头的位置及角度适当调整,但必须确保三通接头固定牢固,防止混凝土浇筑时出现脱落,确保排水顺畅。

4、定期对已施作排水系统进行(高压水枪)疏通清理,确保管道排水顺畅,并形成清理记录,随时备查。亦可考虑加入阻垢剂来阻碍结晶沉淀的生成。

5 结论

根据结晶体成因分析结果,为减少隧道排水系统内结晶体沉淀产生,在进行隧道施工时需做到以下几点:

1、尽量缩短围岩、初支暴露时间,特别是地下水发育地段,及时施作二次衬砌。

2、排水系统出水口可先行用土工布封堵,减少管道内与空气接触的面积,延缓结晶体的形成。

3、要定期疏通排水管道,并清理边沟,防止结晶体硬化,造成排水系统堵塞。

6 展望

对于在建的隧道工程,隧道结晶体沉淀的出现几乎不可避免,虽然已采用一定措施减少了其对隧道排水系统的影响,如果可以,我们是否可以采取一些措施或者按照一些设备对排水管的结晶体进行清理或者清洗,结晶体的形成跟水中的一些成分与空气接触有关,所以结晶主要存在与排水管与隧道排水沟连接的管口处,或许只要保证管口的畅通,隧道排水管的功能性就不会受渗流水结晶体影响了,这可能成为我们进一步研究的方向,相信经过我们的不断探索,更好的处理技术会被发现,岩溶地区的隧道工程质量也将更有保证。

参考文献:

[1]周卓,《岩溶地区地下水渗流结晶堵塞隧道排水管理研究及处治建议》

[2]贵州省石阡至玉屏(大龙)高速公路两阶段施工图设计图纸