

大源隧道岩溶地段施工技术

廖高训

(双牌龙旅集团有限公司, 湖南 永州 425000)

【摘要】 介绍大源隧道通过灰岩夹白云岩溶洞、溶槽施工技术, 包括增设钢管桩注浆、溶洞回填处理、大管棚和小导管超前支护及大拱脚法开挖法、支护, 使初期支护尽快封闭成环, 并及时施作二次衬砌, 重点控制围岩沉降变形, 顺利安全地通过溶洞、溶槽段。

【关键词】 大源隧道; 灰岩夹白云岩溶洞; 溶槽段; 施工技术

一、工程概况

大源隧道进口里程为 D3K471+050, 桥隧分界里程为 D3K471+044.842, 出口里程为 D3K471+575, 全长 525m, 最大埋深约 122m。本隧 D3K471+044.842 ~ D3K471+575 段洞身穿过泥盆系灰岩夹白云岩、白云质灰岩, 中厚层状为主; 岩层呈单斜构造, 节理、裂隙、岩溶较发育, 洞身位于岩溶水垂直循环带。

二、施工方案及工艺特点

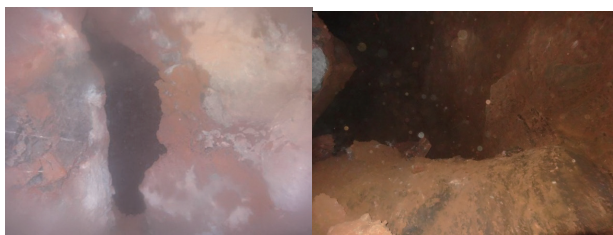
(一) 工程重点及难点

(1) 隧道所处山区植被茂盛, 山体蓄水量较大, 溶洞、溶槽发育。

(2) 该隧道进口段地质条件特别复杂, 洞口段地层为灰岩夹白云岩溶洞及溶槽段, 地层自稳性较差。

(二) 溶洞段施工方案

大源隧道由出口向进口开挖到 D3K471+118 时, 揭示线路左侧方向约 40m, 线路右侧方向约 29m 岩溶空腔为暗河通道。目前未见暗河水流, 但雨季时属于排泄通道。暗河高度约 12 ~ 17m, 见钟乳石及石笋, 洞壁凹凸不平, 见较大的块石突出, 洞底也见块石堆积, 该暗河通道与隧道交于 D3K471+104 ~ +118 段, 暗河走向与线路方向近于垂直, 暗河水流向是从线路右侧流向线路左侧。现拟设置泄水洞及洞外排水渠将暗河水引至角田村附近大源河支流内排放。



开挖揭示入口

溶洞口情况



洞内 1

洞内 2

图 1 暗河通道

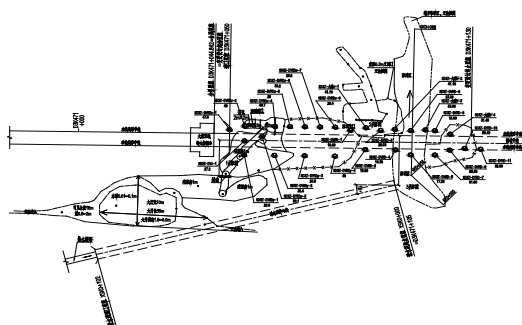


图 2 暗河泄水洞

为防止受阻地下水涌入隧道影响运营安全, 设置泄水洞一座将隧底暗河水引排至洞外。泄水洞位于线路前进方向右侧, 泄水洞进口对应正洞左线里程 D3K471+105, 泄水洞进口距左线线路中线 18m, 泄水洞进口坑底高程 212.22; 泄水洞出口对应正洞左线里程 D3K471+006.5, 泄水洞出口距左线线路中线 44.4m, 泄水洞出口坑底高程 211.20。泄水洞与正线隧道夹角为 15° , 纵坡为 10%, 泄水洞长 102m, 断面净空尺寸为 3.4m (宽) $\times$ 3.7m (高)。

(三) 大源隧道洼地排水泄水洞

大源隧道出口端 D3K471+560 右侧 238m 处为大彪村洼地, 雨季时洼地处最低点的暗河消水洞消水能力不足, 无法及时为大彪溪泄洪, 该处时常积水, 以致大彪村时常受淹时间常达数天, 为此大彪村村民要求增设泄水洞将凹地处积水引排, 为满足地方政府诉求, 拟设置泄水洞及洞外排水明渠将洼地处积水引至角田村附近的大源河支流内排放。



洼地溶洞内进水口 洼地雨季积水

图3 大彪村洼地

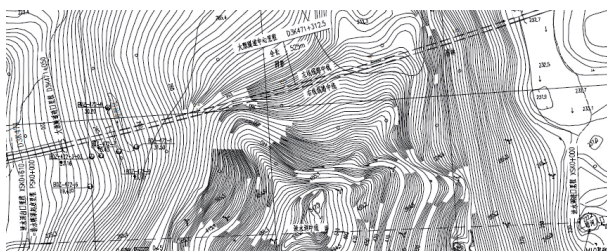


图4 洼地排水泄水洞平面图

在铁路线路右侧设置泄水洞一座及洞外排水明渠，将大彪村洼地处积水引至角田村附近的大源河支流内排放，最大设计流量 $61.8\text{m}^3/\text{s}$ 。泄水洞进口对应铁路线路左线里程 D3K471+563.9，泄水洞进口距左线线路中线 238.6m，泄水洞进口坑底高程 219.10；泄水洞出口对应线路左线里程 D3K470+986.6，泄水洞出口距左线线路中线 100.5m，泄水洞出口坑底高程 209.95，纵坡为 15‰，泄水洞长 610m，断面净空尺寸为 3.4m（宽） $\times$ 3.7m（高），泄水洞出口外设排水明渠，排水明渠长约 400m，尺寸为 3.5m（底宽） $\times$ 2m（高），侧壁坡度 1:0.5。

（四）基底岩溶处理

（1）1# 溶洞位于 D3K471+046 ~ +072 段隧底，由线路左侧向线路右侧下方发育。D3K471+057.5 揭示洞口宽 0.5m，将溶洞口扩至 $2\times 2\text{m}$ ，并将 D3K471+050 隧道中线右侧 13m1# 溶洞处采用块石码砌封堵，封堵必须牢固可靠，封堵完成后于溶洞口向溶洞内灌注 C20 砼。

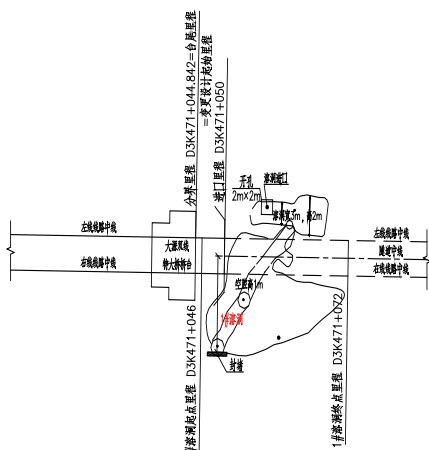


图5 1# 溶洞整治平面图

（2）2# 溶洞位于 D3K471+087 ~ D3K471+104 段隧底左侧，溶洞底见块石掉落。于线路左侧隧道轮廓线外 2.6m 范围内设置 C20 片石混凝土护墙，护墙外侧胸坡 1:0.3，护墙施作完成并达到设计强度后，于 D3K471+090 ~ D3K471+104 段线路左侧墙脚处采用 $\Phi 108$ 钢管桩对墙脚外块石注水泥浆加固，钢管桩纵向间距 0.6m，环向间距 1.0m，每环 5 根，钢管桩嵌入块石内不小于 10m 或嵌入基岩不小于 1m。

（3）3# 溶洞位于 D3K471+104 ~ D3K471+115 段隧底及边墙处，高约 12 ~ 17m，为暗河通道，暗河与线路正交。溶洞底部分为块石、碎石土填充，对一定范围内块石、碎石土采用 $\Phi 75$ 钢管桩注浆加固，钢管桩嵌入基岩内不小于 1m，间距 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ ，交错布置，注浆采用水泥浆，完成注浆加固后，对隧底岩溶空洞采用 C20 片石混凝土回填，回填深度嵌入基岩不小于 50cm，并于回填 C20 片石混凝土内埋设 6 根钢筋混凝土管，混凝土管采用内径 600mm、壁厚 60mm（II 级钢筋混凝土管 RC600 $\times$ 2000-II-GB11836），待 C20 片石混凝土达到设计强度后，方可进行隧道施工。

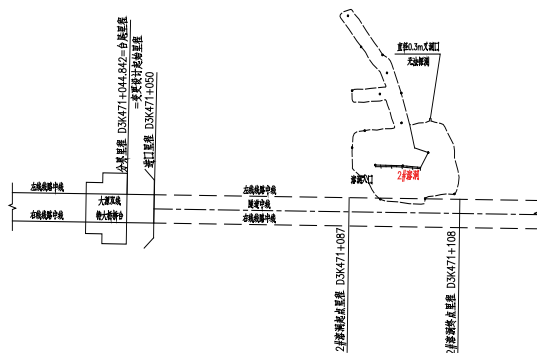


图6 2# 溶洞整治平面图

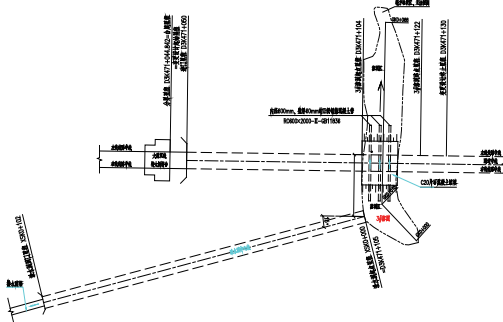


图7 3# 溶洞整治平面图

三、洞内工程施工

（一）洞内基底处理

D3K471+044.842 ~ D3K471+130 段隧底岩溶发育，除 1# ~ 3# 溶洞外，钻探时揭示诸多大小不一的溶洞。为保证隧底结构及运营安全，在 1# ~ 3# 溶洞处理完

毕后,对本段隧底采用钻孔探测及注浆的方式予以加固,具体措施如下:地质钻探揭示为空洞的地段采用 $\phi 150$ 钻孔,然后灌注C20混凝土回填;其余地段采用 $\phi 91$ 钻孔探测,钻孔深度不小于15m,横向间距4m,纵向间距3m。若钻至隧底15m未揭示溶洞,则采用混凝土回填封孔;若钻至隧底15m内揭示溶洞,则于溶洞底继续钻进5m,未揭示溶洞后对上部溶洞采用C20混凝土回填(空溶洞)或采用注水泥浆加固(填充溶洞)。

本段隧底岩溶需采用注浆加固处理时,注浆前现场应开展注浆试验确定相关参数后方可实施注浆。注浆材料采用同配比水泥浆或水泥砂浆,水泥浆水灰比1:1,注浆压力一般为0.8~1.0MPa,注浆终压力控制在2.0MPa,注浆速度控制在不大于5L/min,持续10min后注浆压力不下降即可终止注浆并判定为合格,若注浆量较大而注浆压力不上升,应及时报告监理单位及建设单位,以便提供注浆数据由设计单位出具处理方案,浆液配合比及浆液压力根据现场注浆范围及环境要求情况进行调整,适当调整水灰比或水胶比,并且根据注浆量的大小优化注浆施工工艺、间歇式注浆。

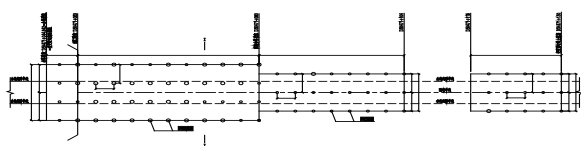


图8 岩溶整治钻孔桩布置平面图

(二) 导向墙施工

导向墙采用C20混凝土,在开挖轮廓线以外拱部120°范围内施作,断面尺寸为1m×1m,导向墙内设2~3榀I22工字钢架,具体钢架数量根据施工大管棚段地质围岩等级进行判定,钢架外缘一定范围内设 $\phi 108$ 壁厚5mm导向钢管。

(三) 超前管棚注浆、支护

(1) 大管棚采用 $\Phi 108 \times 6$ mm热轧无缝钢管,无缝钢管管身施工前,加工大管棚注浆孔,管长以不超过40m为宜,钢管一般分节长4m或6m,以螺丝扣连接,自拱顶隧道中心向两侧120°范围内环向40cm间距设置。

(2) 大管棚钻孔完成1个即可压入无缝钢管,以防塌孔。压注1:1的水泥浆,注浆压力控制在2~2.5MPa。

四、出洞施工

分别作好洞内和洞外准备措施施工完成后,开始进洞施工,施工中坚持“先预报、预加固,短进尺,弱爆破、强支护、勤量测、早封闭、控变形、快反馈”

的二十七字原则。

施工注意事项:

(1) 为土体稳定,开挖前先喷射C25混凝土,增加土体自身的强度后,再进行开挖面施工,尽量做到减少工序与工序之间的施工时间,及时有效的施工初期支护,减少开挖面的暴露时间和对围岩的扰动。

(2) 每一次拆除中隔壁的长度控制在6~12m,尽可能缩短拆除纵向中隔壁长度,应分批次少量、多次进行拆除中隔壁。如果拆除过程中拱顶下沉量变化速度超过5mm/d时,应暂停施工,查明影响拱顶下沉量的原因后,采用拆除临时中隔壁的部位,增设临时竖向支撑的相关措施。

五、进口段隧道施工中的监控量测

(1) 洞口段及洞内施工必须加强监控量测,随时掌握地表段及洞内拱顶施工段土体稳定情况,以便高效指导施工。

(2) 沉降观测仪器:拱顶下沉及地表下沉量测采用DiNi型水准仪配合钢挂尺进行量测;水平收敛量测采用JSS30A-20型收敛计进行量测。

(3) 监控量测项目:隧道以洞内外观察、拱顶下沉、净空收敛、围岩内部位移、浅埋隧道地表下沉为施工监测项目。

(4) 监测结果:隧道进口段拱部下沉值最大控制在为33mm,地表下沉最大控制在为19mm。洞内净空收敛及围岩内部位移均在允许范围内。

六、结语

现在隧道已经安全通过溶洞段后,通过洞围岩监控量测及地面设置的观测点观测,变形、沉降处于稳定状态,说明制定本隧道溶洞段施工方案处理结果情况良好。

通过溶洞处理方案的实施及结果的验证,施工中的几点体会如下:

(1) 在灰岩夹白云岩地段溶洞,采用仰拱钢管桩及注浆加固的施工方法有效减小了山体的纵、横向推力,同步加强了溶洞的稳定和施工的安全检查。

(2) 通过溶洞、溶槽时尽可能缩短工作面暴露时间,使初期支护尽快封闭成环,及时进行二次衬砌施工,确保隧道洞内的安全。

参考文献:

- [1] 铁路隧道施工作业要点手册[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [2] 中华人民共和国铁道部.客运专线铁路隧道工程施工技术指南[M].北京:中国铁道出版社,2010.

作者简介:廖高训,男,汉,1989年9月生,工程师,湖南永州,本科,研究方向路桥。