

浅述高速公路隧道洞内涌水、塌方处治施工措施

陈绍鑫

西南交通建设集团股份有限公司 云南昆明 650034

摘要: 随着我国高速公路的高速发展,隧道成为公路工程中必不可少的主要组成部分,在施工中穿越各种复杂地质环境的隧道工程越来越多。此文以云南西部在建高速公路岭岗寨隧道控制性工程为背景,简明介绍隧道涌水、塌方等的施工处治措施进行阐述,希望对同行有所交流作用。

关键词: 高速公路;隧道;涌水;塌方;处治施工措施

前言

隧道在施作中经常在拱顶、掌子面出现涌水及塌方等地质水文灾害,从而导致初期支护变形侵限、喷射混凝土突鼓、掉块,频繁出现二次换拱处理、施工难度大、严重影响施工进度,导致施工安全风险高、经济损失大。通过实际施工,进行特殊隧道的涌水、塌方处治措施分析,该隧道涌水、塌方处治施工技术可为相类似隧道工程提供交流。

1. 工程概况

岭岗寨隧道为分离式隧道,双向掘进,进口端开挖至上导坑掌子面K37+855时,掌子面右侧拱腰至拱顶岩层出现脱落、掉块现象。围岩主要为中~强风化板岩与砂岩互层,层理结合程度较差,且掌子面有股状水流出,立即要求所有作业人员疏散、撤离至安全地带并安排专人进行观察、警戒,2小时后掌子面出现涌水,随后即从掌子面右上方有泥石突然涌出,塌方后堆体坡脚距原开挖掌子面约10m,塌方数量约280m³、涌水量约350m³/h。20小时后掌子面塌方基本稳定,经初步测量,掌子面塌腔范围为拱顶偏右,环向长度约11m,纵向长度6m,测算塌腔最大高度5m。通过测量人员对掌子面上方地表周围进行观察和测量暂未发现土体下沉和裂缝。

2. 处治施工措施

坍塌发生后,承建单位根据隧道突泥、涌水、坍塌专项应急预案及现场处置方案等相关文件,立即向指挥部、监理单位、总承包部汇报现场情况,并迅速组织人员机械撤离至洞外安全地段,待险情基本稳定后再组织车辆和机械进行排、抢险。根据现场实际情况,采取处治措施方案为:反压回填→洞外、内排水处理→防止保

护段和影响段拱架侵限临时加固→渣体固结、掌子面封闭→超前大管棚施作、注浆→塌方段开挖与支护→塌腔体回填→塌方段二衬施工。

采用透水性较好的洞渣进行反压回填,稳定坡体,防止事故进一步扩大。反压体的坡脚桩号为K37+845,坡率为1:1.0。

2.1 反压回填处理

为防止塌腔不断扩大、塌方体掉落,确保其稳固,先将隧道透水性较好的洞渣反压、回填至掌子面以控制塌腔进一步扩大,回填洞渣时须事先预留混凝土泵送管,同时在反压面两侧坡底预埋管径为160mm钢管作排水管。为保证在后续施工留有充足空间、回填洞渣由掌子面塌腔处,向洞口方向进行放坡分层回填、压实,坡率为1:1.0。

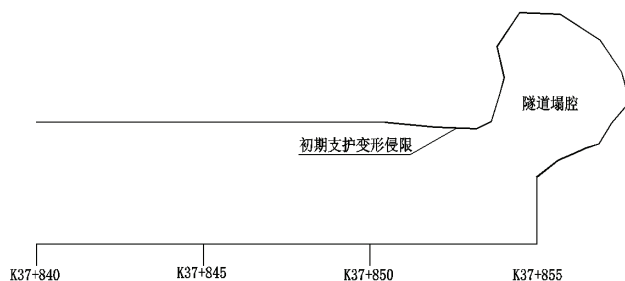


图1 隧道塌腔断面示意图

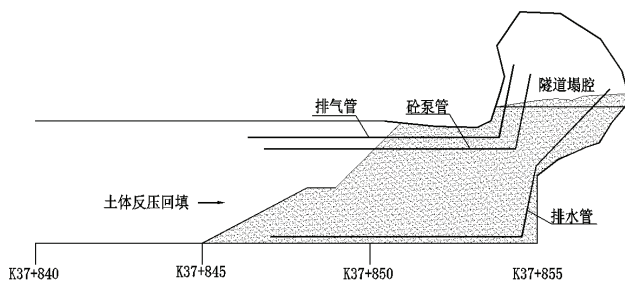


图2 土体回填反压示意图

2.2 洞外、内排水处理

2.2.1 地表截、排水处理：为防止地表水侵入土体在掌子面上方地表周围外10 ~ 15m位置设截排水沟，并在地表铺设防雨布，防雨布铺设至临时排水沟边缘，使雨水能够及时排入排水沟，排水沟采用C20普通混凝土、厚10cm进行封闭，确保截、排水沟流水通畅，且在地形较低位置设置引出口便于雨水能够即时排出，从而避免雨水和地表水流入隧道坍塌范围。

2.2.2 洞内排水：掌子面核心土反压压实后，利用反压面两侧及坡底设置排水孔排至集水坑后，再用污水泵排出洞外（为满足施工排水需求，施工现场采用5台型号为100WQ85-10-4污水泵进行施工作业、2台备用，并配置65WQP65-7-1.5小型水泵进行污水排放）。

2.3 防止保护段和影响段拱架侵限临时加固

2.3.1 保护段：为防止右K37+830 ~ K37+850钢架侵限，采用I18工字钢做双层钢架临时二次初支，工字钢在施做二衬时拆除。

2.3.2 影响段加固参数：右K37+850 ~ K37+854段由原I16调整为I18工字钢，间距由80cm调整为60cm，喷射混凝土厚度由23cm调整为25cm， $\Phi 22$ 系统砂浆锚杆由原100cm（环） $\times$ 80cm（纵）调整为100cm（环） $\times$ 60cm（纵），锁脚小导管由原单排 $\Phi 42 \times 4$ 长4.5m调整为双排 $\Phi 42 \times 4$ 长4.5m。

2.3.3 在确保施工安全的前提下，为减小前方掌子面裂隙水对施工的影响，在拱顶及左、右拱腰附近，增加3孔 $\Phi 90$ mm超前水平探孔，长度30m。

2.3.4 超前水平探孔主要以探测隧道前方围岩岩性、构造和隐含水情况为目的。

2.4 渣体固结、掌子面封闭

2.4.1 反压体表面采用喷射C25混凝土、厚20cm进行掌子面封闭。

2.4.2 对塌方体注浆加固的注浆管采用42mm $\times$ 4mm钢花管，打设深度至原施工掌子面，布设间距为1.0m $\times$ 1.0m，呈梅花形布置。注浆浆液水灰比为1:1的

水泥浆，浆液中加入适量速凝剂，以便加快浆液的凝结时间，注浆由下向上、先两边后中间进行，注浆压力为1.0 ~ 1.5MPa，采用小导管对全断面进行注浆加固，以提高隧道拱顶周边围岩及掌子面坍塌位置的整体稳定性，达到稳固效果。

2.5 超前大管棚施作、注浆

2.5.1 结合塌方段的地质特点，为进一步加强围岩稳固和后续初期支护实施，利用K37+852.8 ~ K37+854处完好两榀工字钢架作为支架，对K37+854 ~ K37+860段右侧拱部6m范围采用 $\Phi 108 \times 6$ mm大管棚超前注浆一次性穿过塌方体，大管棚环向间距40cm，单根长度9m，根数21根，搭接长度2.4m，必须确保塌腔在该范围内，上仰角3 ~ 5°，同时确保大管棚纵向伸入完整岩段不小于2.0m。

2.5.2 注浆浆液水灰比为1:1的水泥浆，进浆量一般为20 ~ 30L/min以下。压力为1.0 ~ 2.0MPa，并加入1% ~ 3%的速凝剂。（见图3、图4）

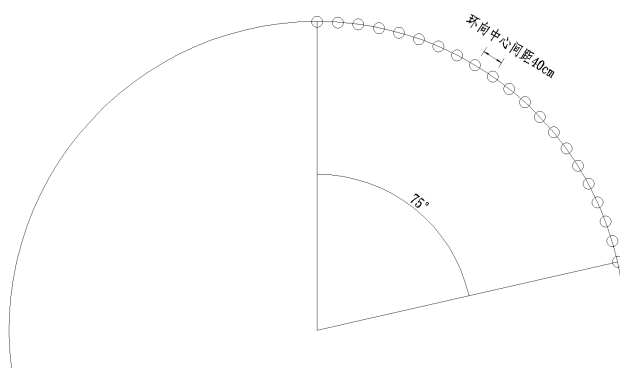


图3 超前大管棚布设示意图

2.6 塌方段开挖与支护

2.6.1 向前开挖过程中尽量避免爆破作业，宜采用机械开挖为主、人工配合为辅，以减少对岩体的扰动。为确保掌子面安全，开挖方法采用三台阶环形开挖预留核心土法开挖，下半断面需左右交替开挖，交替开挖长度控制在3m ~ 5m之间，并在完成开挖后及时清理基底，使仰拱形成封闭。

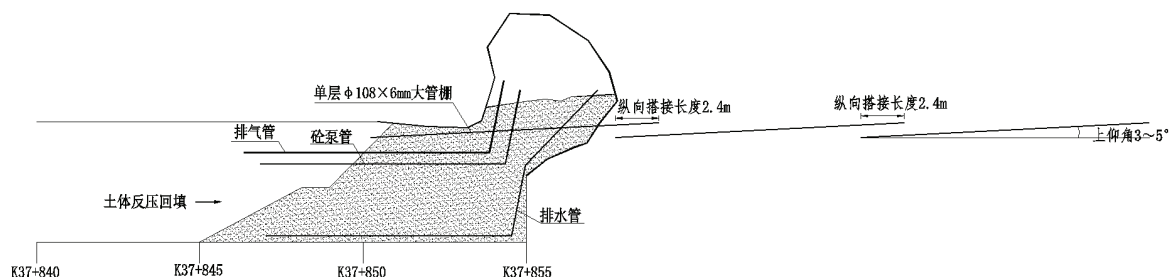


图4 超前大管棚施作示意图（纵向）

2.6.2初期支护选择钢拱架、小导管、钢筋网、C25混凝土的支护体系,钢架使用I18(纵向间距为60cm)、连接钢筋 $\Phi 20$,锁脚小导管为双排 $\Phi 42 \times 4\text{mm}$ 、长4.5m,钢筋网采用 $\phi 8$ 、网格尺寸 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$,混凝土喷射厚度25cm、标号为C25。需及时进行初期支护,并采用素喷混凝土对坍塌面进行封闭处理,减少坍塌面被空气及渗水的侵蚀,使周边松散岩体固结稳定、改善受力状态。

2.6.3支护体系及时落地、封闭成环,并尽快完成隧道的永久结构支护,使支护结构尽快封闭成环,达到最佳的受力条件。

2.7 坍塌体回填

2.7.1坍塌腔体初支完成后,利用事先预埋泵送混凝土管道进行混凝土回填(在混凝土泵送前,须对坍塌腔体预埋排气管且管头须高于回填混凝土高度),混凝土强度为C25,回填厚度须分层进行,严禁一次回填成型,根据该坍塌腔体面积,回填2m及以上即可满足坍塌腔底封层的强度、刚度和稳定性,剩余坍塌腔体使用吹砂回填形成护拱。

2.7.2保护段和影响段的仰拱、二衬在保证作业安全、空间情况下,及时采取紧跟作业面措施。

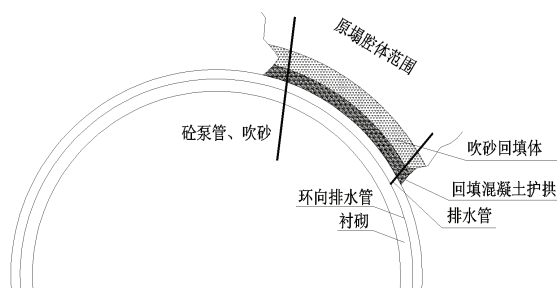


图5 坍塌腔体回填示意图

2.8 坍方段二衬施工

初期支护施工结束后,必须根据监控量测的结果,待沉降基本稳定后方可进行该段二衬施工,严格按“弱爆破、短进尺、强支护、管超前、严注浆、快封闭、勤监测”的原则施工,缩短台阶长,尽早闭合成环,使其增强断面稳定性。

总结

综上所述,隧道塌方会对工程的安全、质量造成很

大的危害,所以在施工过程中须采取可行、有效的措施,为避免塌方发生,提前勘察出不良地质,在此基础上制定出切合实际的设计。治塌时要根据塌方的实际情况,采取不同的正确施工处理方法。同时还要加强对隧道施工质量的监控。

通过对该隧道坍塌的成功处治,总结了以下重要的经验,可为类似工程提供参考:

(1)山岭隧道塌方、涌水、突泥等严重灾害经常出现在隧道施工过程中,最好的办法是根据实际地质情况提前采取工程预防措施,在治理过程中,要注意预留排水管道设置,避免堵塞地下水导致水位上升、水压升高给隧道结构带来不利的影响;

(2)隧道坍塌段及时采用良好的透水性材料进行土体反压回填,以阻止坍塌继续扩大;

(3)在隧道塌方段为防止保护段钢架侵限采用双层钢架做临时二次初支,以防止保护段再次因塌方体造成隧道初支侵限、结构安全。

(4)在超前大管棚施工中,要根据塌方体中所揭示的地质情况,利用注浆对地质进行改良,注浆后固结体与管棚的共同棚架护拱作用可确保顺利开挖,防止塌方继续发展的重要因素。

(5)隧道发生坍塌后,基本采用泵送混凝土进行回填作为护拱,为防止混凝土对拱架造成挤压,混凝土回填厚度须分层进行,严禁一次回填成型,并根据坍塌腔体面积,在坍塌腔底回填一定封层混凝土厚度后,剩余坍塌腔体使用吹砂回填形成护拱,回填后形成缓冲层可有效地保护坍塌腔内不稳定落石的冲击影响。

参考文献

- [1]公路隧道施工技术规范 JTG/T 3660-2020
- [2]朱瑞强.高速公路隧道坍塌预防及治理措施[J].路桥隧道
- [3]王国庆.公路隧道施工安全管理及坍塌应对处置措施[J].交通世界
- [4]杨涛.乌沙隧道坍塌原因分析及应对措施[J].绿色交通