

文章编号: 0451-0712(2006)02-0172-04

中图分类号: U455.49

文献标识码: B

铁峰山2号隧道涌水段施工技术

王全胜¹, 李 丹², 廖新志³

(1. 中铁隧道集团有限公司科研所 洛阳市 471009; 2. 重庆高速公路有限公司渝东分公司; 3. 重庆交通监理咨询公司)

摘 要: 对铁峰山2号隧道涌水坍塌段塌方处理和带水开挖技术做了简要介绍。**关键词:** 涌水坍塌; 带水开挖; 超前支护

1 工程概况

铁峰山2号隧道为单向行驶四车道平行双洞特长隧道,是重庆开县~万州高速公路关键性控制工程。隧道全长约为6 022 m,平面呈反“S”曲线形,设计纵坡为-1.800%,左右线中线间距为39.5 m。隧道区内主要构造为铁峰山背斜,北西翼缓南东翼陡,背斜核部K25+640,隧道最大埋深约760 m。区内出露地层为侏罗系中统沙溪庙组J_{2s}、新田沟组J_{2n}、中下统自流井组J_{1-2s}、下统珍珠冲组J_{1sh}及三叠系上统须家河组T_{3sj}和中统巴东组T_{2b}地层,岩性主要为泥岩、砂岩、页岩、灰岩、白云岩、石膏及少量煤系地层。隧道区内主要受大气降水补给,北侧同时受砂岩的地下水补给,南东侧同时受砂岩孔隙水及T_{2b}组岩溶水补给,影响隧道施工的不良地质现象有突水、煤矿采空区、滑坡、揭煤、压煤及有毒有害气体、膏盐层及地下水对混凝土的腐蚀性。

2 涌水塌方情况

右线出口段开挖到YK26+187时,开挖面开始出现涌水,2004年9月24日带水开挖支护至YK26+170处,掌子面出现大涌水和坍塌现象。掌子面中部向前冲垮17 m左右,日涌水量达到5万m³,通过带水清理坍塌掌子面,并支护到YK26+150,发现涌水把前方围岩冲垮形成16~17 m长的导洞状坍塌,坍塌主要在隧道中部,拱顶以上高8 m、宽6 m,长17 m。掌子面线路方向右侧坍塌体处有一集中出水洞,左侧也有股状流水。右线涌水量稳定后达35 000 m³/d。

左线开挖至ZK26+167处,发生突水,突水围岩为巴东组三段的泥质灰岩及白云岩,岩体破碎。日

突水量约7万m³,水质清澈。9月24号左线开挖初期支护到YK26+155处,掌子面岩层被鼓裂,伴随涌水,掌子面前方发生坍塌,涌水浑浊,2 h后逐渐变为清水,涌水量约60 000 m³/d,致使隧道无法施工。后掌子面清理坍塌体到ZK26+148位置,发现由拱顶向线路左侧上方为坍塌,坍塌高度约28 m,宽度23 m,出水点主要集中在线路左侧坍塌顶部及拱腰处,稳定后水量约为16 000 m³/d。施工及塌方情况见图1所示。

3 塌方处理

3.1 后部径向补强

由于隧道涌水坍塌段岩层破碎、裂隙发育,水力联系比较明显,为预防后方开挖段渗漏水增大、结构开裂等危险,对其进行径向注浆加固补强,以达到稳固后方的目的。径向注浆加固范围为开挖轮廓线外5 m,注浆孔垂直于开挖轮廓线按梅花形布置,开孔环向间距为1.0 m,纵向间距为1.5 m。注浆材料采用普通水泥单液浆,局部渗漏水比较严重的采用水泥-水玻璃双液浆。径向注浆布设见图2所示。

3.2 坍塌处理方法

为抑制坍塌范围的扩大和保证施工的安全,对坍塌壁采取喷、网、锚、撑相结合的方法进行加固,坍塌内根据其高度,全部或部分用混凝土进行回填。坍塌的处理原则是“稳固既有坍塌面,快速处理封闭成环”。坍塌内施工顺序为:

初喷混凝土→立格栅钢架→工字钢支撑格栅钢架→槽钢连接工字钢支撑→铺设钢筋网→连接格栅钢架→安装锚杆→喷射混凝土。

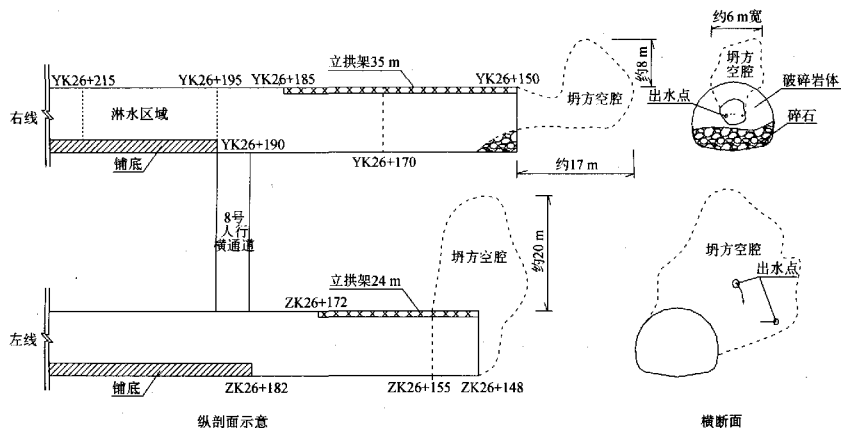
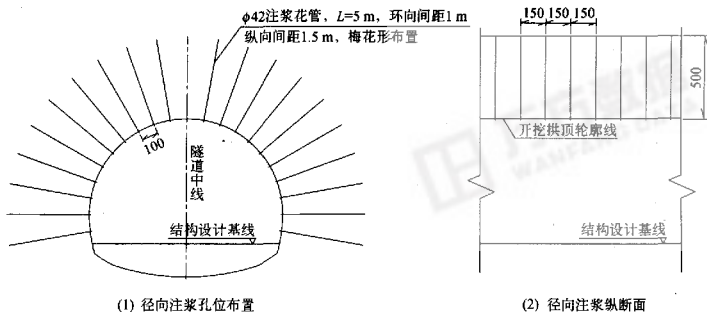


图1 隧道施工及坍塌情况



单位:cm

图2 径向注浆布设

根据坍方高度和涌水情况,采取不同的处理方法,其中左线的处理方法如图3所示。

4 涌水段带水开挖

由于工程工期紧、任务重,且涌水量基本稳定,同时各单位对开挖与堵水工作顺序上存在分歧,前期坍方处理及后续的底部注浆及径向注浆堵水准备工作“时间长”,进度缓慢,方案实施过程中,施工方提出采用开放式开挖强行通过涌水段的方案。2005年1月11日,业主主持召开了隧道出口段治水方案讨论会,考虑到工程进度,会议通过了待后部注浆加固结束后,采用带水开挖通过后再对涌水段进行注浆堵水的方案。

4.1 超前地质探孔

带水开挖的前提条件是要保证施工安全,由于前方的地质条件不明确,若盲目地进行爆破开挖,很难保证施工安全,一旦再次发生大的突石涌水,后果不堪设想,因此首先必须探明前方的地质情况和含水情况。超前地质探孔是一种最直接的地质探测方法,通过地质钻探水,可对前方围岩的含水量、水压力有更清楚地了解;通过超前地质钻孔取芯,可直观了解前方围岩的破碎程度、含水情况、不良地质特点等情况。为了对下一步施工支护参数提供依据,在开挖断面共布置4个超前地质探孔,探孔沿隧道前进方向长度不小于30m。探孔布置见图4所示。

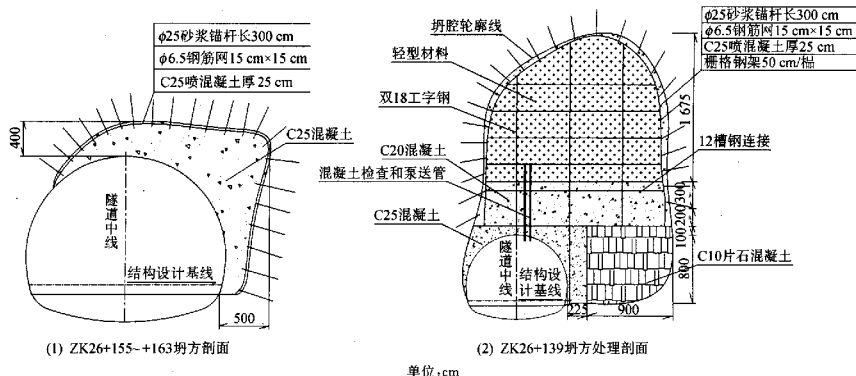


图3 左线坍坡处理

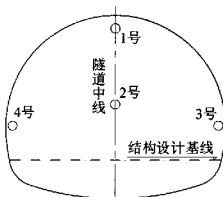


图4 探水孔布置

在钻孔时, 专人做好地质钻探记录。在钻孔过程中, 出现大的涌水时, 应进行水压测试。

4.2 拆除止浆墙

根据探孔情况, 结合地质预报成果决定开挖施工。由于掌子面已经施做了3 m厚的混凝土止浆墙, 且拱顶在开挖过程中发生大的坍塌, 虽已经对坍塌进行了处理, 但由于周围岩体破碎, 支撑能力较差, 爆破拆除混凝土止浆墙很容易引起坍塌体回填物发生松动, 影响结构和施工安全。止浆墙的拆除采用松动爆破, 分部开挖, 严格控制。

如果水压力过大, 可以增加钻孔数量以释放水压力, 减小开挖压力。通过地质探孔确定前方不会发生大的涌水, 在能够保证结构安全时, 再进行后续工作。

其中左线探水孔施工采用KSZ100型潜孔钻机钻孔, 孔径为90 mm。1号探孔在钻进1~5 m时出水, 水量较小, 基本无压力, 继续钻进岩石相对比较破碎, 有卡钻现象发生, 水量变化不大。2号、3号孔钻进过程中涌水量比较大, 但在可控范围内, 岩体破

碎, 4号探水孔在钻进1~5 m时有少量水, 岩体破碎。通过探孔钻探过程观察分析, 围岩以灰岩及泥质灰岩为主, 夹少量石膏, 不会发生大的涌突水。控制装药量, 以防爆破震动影响已完成的初期支护和已处理好的坍塌。

4.3 开挖施工

由于该段涌水大, 岩体破碎, 为了保证安全地通过涌水段, 施工中严格遵循“先排水, 弱爆破, 短进尺, 管超前, 严注浆, 强支护, 早封闭, 勤量测”的施工要点。涌水段施工工艺见图5所示。

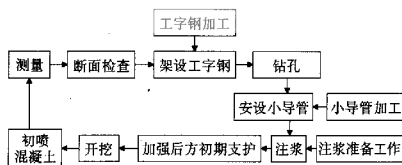


图5 涌水段施工工艺

(1) 先排水。由于此段涌水量较大且有一定的压力, 为了减少水对施工的影响, 采取开挖前在隧道掌子面钻设地质探孔兼作排水孔, 开挖过程中在侧边墙专设超前排水孔等措施, 探放前方涌水。

(2) 少扰动。由于该段岩体破碎, 开挖严格按照多打眼、少装药、短进尺、弱爆破的原则进行, 在开挖中采用不爆破或弱爆破, 尽量采用机械开挖, 以减少对围岩的扰动。

开挖断面形式根据围岩情况而定, 如果围岩破碎、稳定性极差, 围岩压力大, 隧道开挖采用台阶法

开挖,中心预留核心土,以防掌子面前方压力过大,造成坍塌;如果围岩破碎、稳定性相对稍好,压力不是很大,隧道开挖采用上下断面开挖法,上下台阶长度不得小于5 m,以保证掌子面和结构安全。

(3)短进尺。根据涌水及开挖情况,严格控制开挖进尺,采取一次循环进尺为0.6 m,支护紧跟作业面,缩短围岩松弛时间及开挖面的裸露风化时间,以防止坍塌,切忌盲目冒进。

(4)强支护。在围岩破碎涌水坍塌段,及时控制围岩的变形是相当重要的,这里采取强支护措施来控制围岩变形。

①超前小导管支护:由于岩体破碎,水量大,开挖前对拱顶采用超前小导管支护。小导管布置在拱顶120°范围内,双层施做,底层采用3.5 m长的 $\phi 42$ 注浆小导管,外插角为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$;上层采用6 m长的 $\phi 42$ 注浆小导管,外插角为 60° ,环向间距为30 cm。小导管每循环1.2 m,并通过小导管进行注浆加固。

注浆方式按照采取全孔一次注浆方式进行。注浆材料采用普通水泥单液注浆,在出水较大部位或漏浆严重部位采用水泥-水玻璃双液浆。浆液配比:

单液浆配合比 $W:C=0.8:1$,双液浆 $W:C=0.8:1, C:S=1:1$,水玻璃浓度 $30 \sim 35^{\circ} \text{Be}$,注浆终压为 $2 \sim 3 \text{ MPa}$ 。

②早封闭:开挖完成后,先对开挖的围岩表面初喷一层3 cm厚的C20混凝土,以封闭围岩,以防围岩暴露时间过长影响施工安全。

③初期支护:初喷混凝土后,采用I20b工字钢环向支撑,纵向相邻两榀间距为60 cm,为增加拱架稳定性,相邻两榀拱架间采用 $\phi 22$ 钢筋纵向连接,环向间距为1 m,内外侧双层交错布置。钢支撑与纵向连接筋间采用焊接。工字钢架接头采用螺栓连接,由于拱顶受力比较大,考虑拱顶接头板不能在一条线上,立拱架时有意错开1 m左右。在拱架拱腰接头处和墙角处打设 $\phi 22$ 锁脚锚杆,每侧2根,单根长4 m,并与拱架焊接牢固。钢筋网采用 $\phi 6.5$ 的钢筋全断面布置,网格间距为 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,网片安装好以后,立即用C20混凝土喷射,厚度平均为25 cm。径向加固采用 $\phi 42$ 注浆小导管代替系统锚杆,长5.0 m,间距为 $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$,拱墙全断面布置,注单液浆或双液浆加固围岩。初期支护见图6所示。

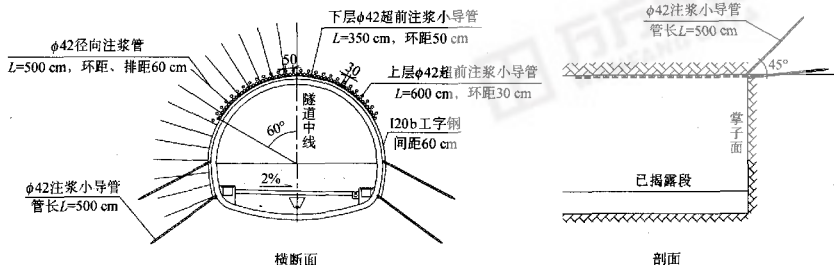


图6 初期支护

(5)加强排水设施。由于该段涌水量比较大,须增加横向排水管,由原设计10 m一道改为3 m一道,以增加初期支护背后排水泄压能力。

(6)量测。在处理坍方和进行开挖时,及时埋设观测点,对特殊段应加密观测点。监测围岩在开挖过程中的变形情况及引起的支护结构的变化趋势。根据观测数据可以确定结构是否安全,并可及时调整支护参数。监控量测主要以拱顶下沉和水平收敛为主。通过施工过程监测表明,围岩没有发生大的变化,可保证施工的安全进行。

4.4 开挖时涌水处理

当开挖遇到涌水时,根据涌水的位置和水流量的大小,在确保安全的前提下,确定引排方法。

(1)当水量为较小股水时,可以挂设橡胶排水板和弹簧盲管,把水引排至隧道底脚排出,然后施工初期支护;当水量较大呈股状水时,采用铁皮做成槽状顶扣在出水口,下端焊接排水钢管,将水接出初期支护以外,再用排水软管引至临时排水沟。此管与格栅钢架连接牢固,可用以加固作用。

(2)当水量比较大且为散水,喷混凝土无法与围岩粘贴时,可采用先立工字钢架,焊接连接筋后,挂模板,采用浇筑高标号掉板混凝土。再打设径向注浆

文章编号: 0451-0712(2006)02-0176-05

中图分类号: U445.4

文献标识码: B

黄土连拱隧道施工技术研究

张家新¹, 孙 辉²

(1. 中铁四局七公司 合肥市 230035; 2. 重庆大学土木工程学院 重庆市 400045)

摘 要: 黄土连拱隧道断面大、技术要求高、施工难度大, 确定合理的施工方案和开挖方法, 是确保隧道施工顺利实施的关键。结合我国第一座黄土连拱隧道——离石隧道, 采用数值模拟分析, 确定合理的施工方案, 文中介绍施工过程及其重点难点问题, 并根据全程监测结果, 进行了分析, 最后总结黄土连拱隧道施工的一些经验。

关键词: 黄土; 连拱隧道; 施工; 数值模拟

随着西部大开发战略的实施, 我国道路建设越来越多地修建在高山地区, 复杂条件下隧道工程也越来越多, 而在某些条件下, 必须采用连拱隧道。连拱隧道相对于分离隧道, 施工中不可避免地存在着对围岩的多次扰动, 围岩与衬砌结构受力十分复杂, 因此连拱隧道施工有相当大的难度。目前我国连拱隧道设计理论及施工技术均处于探索、积累阶段。黄土是一种特殊的岩土体, 无地下水时壁立性良好, 遇水膨胀, 黄土连拱隧道防水也是一个施工难题。

位于山西省离石市的离石隧道是青岛~银川国道主干线的汾柳高速公路上的重点工程, 是国内首条黄土连拱隧道, 是交通部重点科研项目。结合该工程, 采用新奥法思想和数值模拟, 对黄土连拱隧道的施工技术进行了探讨。

1 工程概况

该隧道位于晋陕丘陵区, 微地貌为黄土梁。第四

系中更新统离石组(Q_2)构成隧道围岩主体, 褐色坚硬状, 均匀、密实, 质地坚硬, 抗蚀力强, 夹杂零星姜片石, 具有柱状节理, 属于Ⅱ类围岩。上更新统马兰组(Q_3m)分布在隧道顶部, 灰黄色坚硬状, 结构疏松, 柱状节理发育。隧道围岩范围内无地下水分布, 主要受大气降水影响, 围岩天然含水率为9%~12%。

隧道全长180 m, 其中暗洞长166 m, 为带中墙的整体式双连拱结构。隧道单跨净宽为9.75 m, 净高为7.05 m, 单跨为单心圆, 中墙亦是曲线, 中墙最小宽度为3 m, 隧道净宽24.1 m。隧道埋深浅, 最大埋深35 m。进出口均在冲沟内, 埋深不足10 m, 浅埋特征明显。隧道斜穿黄土梁, 地势左高右低形成自然偏压, 其中进出口围岩覆盖层较薄, 出口处厚仅3 m, 进口处右洞洞界的覆盖层也很薄, 偏压明显, 见图1所示。

2 开挖顺序

由于连拱隧道的结构受力很复杂, 同时作为国

收稿日期: 2005-10-16

小导管注浆, 采用双液注浆固结堵水。

5 几点体会

(1) 对坍方的处理应选择合理的技术方案, 及时封闭掌子面, 防止坍腔进一步扩大, 稳固坍塌体后, 再采取其他有效措施处理坍方。

(2) 通过采取“先排水, 弱爆破, 短进尺, 管超前, 严注浆, 强支护, 早封闭, 勤量测”的技术手段, 保证了安全通过涌水坍塌段, 恢复了正常施工, 为隧道的尽早贯通提供了宝贵的时间, 同时由于开挖支护后

临空面增加, 增加了后期治水的难度。

(3) 处理涌水段时, 应加强隧道内的监测, 如拱顶下沉、周边收敛等, 以确保施工安全。

(4) 在对前方地质情况进行分析后, 采用超前支护、加强初期支护的刚度, 及时封闭成环等措施, 对于裂隙水及小压力断层水等破碎带带水开挖是有效的。

参考文献:

- [1] 公路隧道施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 刘华, 胡志勇, 何沁, 等. 野猫岗隧道不良地质段施工[J]. 公路, 2004, (8).