

西南区域某山岭隧道初支侵限处治施工技术

张年祚

中铁十四局集团第四工程有限公司 山东 济南 250002

【摘要】：某隧道围岩以炭质千枚岩为主，节理缝隙发育，透水性好，施工时出现小型涌水，炭质千枚岩遇水极易软化，遇水后强度极低，加之隧道施工对围岩的扰动，并恰逢雨季，隧道周边围岩含水率增大导致岩体的强度降低、围岩变形增大，致使作用于初期支护结构上的围岩压力持续增大，导致隧道初期支护变形侵限。本文将工程实例介绍隧道初支侵限处治施工技术，以促进处治侵限时安全高效施工。

【关键词】：隧道；初支；侵限；处置

引言

四川地区某隧道洞身以中风化绢云石英千枚岩为主，隧道轴线与构造线小角度相交，受构造影响严重，结合面结合一般，属软岩，其中千枚岩遇水极易软化，遇水后强度极低，岩体呈薄层-中厚层结构。施工期间恰逢雨季，加之地层以炭质千枚岩为主，节理缝隙发育，透水性好，施工时出现小型涌水，炭质千枚岩遇水软化，强度极低。加之隧道施工对围岩的扰动，并恰逢雨季，围岩含水率增大导致岩体的强度降低局部围岩变形增大，致使作用于初期支护结构上的围岩压力持续增大，导致隧道初期支护变形，侵入二衬范围。造成二衬厚度无法满足设计要求。

1 工程概况

隧道位于杂谷脑河左岸，为傍山隧道，岩层走向与隧道线路斜交，隧道进口自然斜坡坡度约 75~85°。隧道进口段为强、中风化千枚岩及含炭质千枚岩夹绢云石英千枚岩、变质石英砂岩薄层及石英脉，岩体极破碎，结构面结合较差，属软弱岩-软岩，岩体呈层状碎裂结构。初支侵限段落 ZK80+756~ZK80+786 里程段原设计为IV围岩，Z4j 型衬砌类型复合式衬砌，初支拱墙采用 I16 工字钢钢架，间距 80cm，二衬厚度 40cm，二衬采用素混凝土。隧道施工过程中发现初支发生明显变形，超过预警值，拱架变形严重，需将该段落拱架进行更换加强。

2 施工方案

2.1 变形处治工艺流程

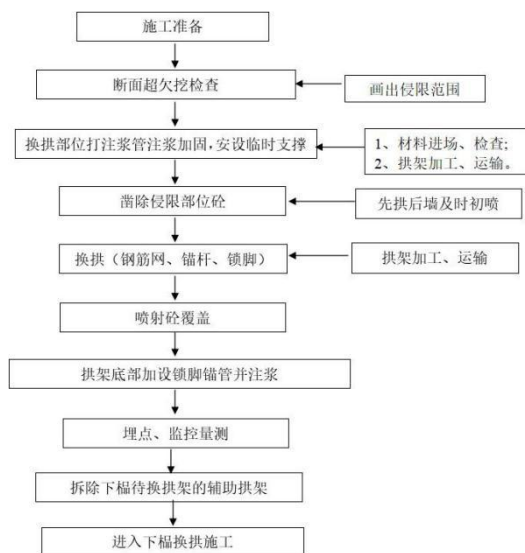


图 1 变形处治工艺流程图

1.5m 处设边长为 1m 的正方形集水坑。如果出现渗水，通过集水坑降水至仰拱底以下才能进行仰拱施工。为防止拱架掉落或坍塌，换拱时采用由上到下的顺序进行施工。

2.1.1 拱部施作超前注浆小导管

超前小导管支护后才能进行拱架拆除作业，超前小导管长度不小于 4m，纵向间距为 1.6m，环向间距为 0.4m。根据由低到高隔孔的方式注浆。压力逐步加大至设计压力，终压持荷 10min 再卸荷，确保注浆量及扩散半径满足要求。

2.1.2 施作径向小导管注浆

钻孔：

①采用水冲钻成孔，利用防水板台车，手持风钻钻孔。

②安设注浆小导管，埋管钻孔的直径比孔口大。

2.2 断面超欠挖检查

采用全站仪和断面仪对初支变形段落的每一榀钢拱架进行断面检查，用电脑软件绘制出超欠挖断面图^[4]。

2.3 侵限处理施工参数

(1) 超前小导管采用 $\phi 42$ 无缝钢管。

(2) 钢支撑： $I16$ 钢支撑，纵向间距 80cm。

(3) 纵向连接筋：采用 $\Phi 22$ 钢筋进行纵向连接，间距为 1m/道。

(4) 锁脚锚杆：采用 $\Phi 42$ 无缝钢管，每处钢支撑拱脚位置、节点位置分别设置 4 根，单根长 $L=4m$ 。

(5) 钢筋网： $\phi 6.5$ 钢筋网，网格尺寸 $25 \times 25cm$ ，搭接不低于 30cm，钢筋网与初喷密贴。

(6) 预留沉降量：按 13cm 设置。

(7) 衬砌： $C30$ 防水钢筋混凝土，厚度不小于 40cm。

2.3.1 侵限处理施工措施

为防止换拱时拱脚发生较大变形，先对仰拱进行施工，达到反压拱架拱脚的目的。仰拱施作完成才能进行换拱，拱脚处增设长度为 4m 的锁脚锚杆，每处 4 根。

已施工完仰拱段落在处治后对拱墙二次衬砌增加钢筋，变更为复合式钢筋混凝土衬砌；对于仰拱未施工的部分，仰拱及拱墙二衬砌变更为钢筋混凝土衬砌；仰拱施工每循环施工 6m，仰拱采钢筋混凝土。在每一环仰拱施工时仰拱距洞内左边拱脚管外径大 5mm 以上。

(1) 钻孔施工要求

①在钻孔过程中要有足够的风压，保证正常钻孔，排除孔内泥渣。

②钻孔深度达到要求后，利用风压孔内清理干净。

(2) 注浆

①注浆材料

注浆采用 1:1 水泥浆，水泥采用 42.5 普通硅酸盐水泥。

②注浆压力

注浆压力 0.5~1.0MPa，注浆压力要根据施工过程中围岩变化、注浆情况进行实时调整。

③注浆顺序

按照从两边到中间，由上到下的顺序进行。

④注浆工艺

采用全孔一次注浆。

⑤注浆结束标准和注浆效果检查

注浆压力不低于设计压力，注浆量小于 $1L/min \cdot m$ ，并保持 10min 以上，可终止注浆。

2.3.2 临时支撑加固

(1) “背拱”支撑

变形较大处设置“背拱”，对原拱架进行临时加固。

①护拱采用 $I18$ 工字钢，纵向间距 80cm（原设计拱架间距）布置，与换拱段钢拱架形成“背拱”支撑。

②护拱拱架纵向采用 $\Phi 22$ 螺纹钢连接，间距 1m，并在护拱与护拱之间喷射 10cm 厚 $C20$ 混凝土。

③护拱在节点及拱脚处设置 4m 长的 $\phi 42$ 注浆小导管。

(2) 增设锁脚锚杆

变形较小段或未变形段采用加固锁脚锚杆注浆处理，每榀拱架拱脚及拱架节点处各加固两处锁脚锚杆。

(3) 横向支撑（临时仰拱）

变形最为严重的段落设置 $I18$ 工字钢做横撑，其余为 $I14$ 工字钢，横支撑每隔 3m 设置一处，两端设置钢垫板并采用 $\phi 42mm$ 钢管做剪刀撑状加固

(4) 以上临时支撑相结合进行现场加固。

2.3.3 拆除初期支护混凝土，更换钢拱架

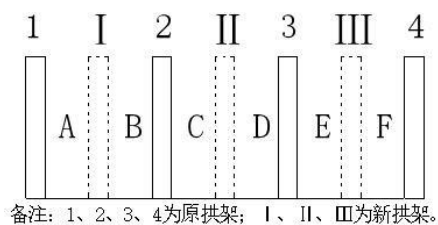


图2 侵限处理顺序

(1) 待浆液凝固后，进行置换拱架施工。

(2) 采用破碎锤凿除、人工手持风镐辅助凿除喷射混凝土及围岩（B、C、D 区域，D 区域不全部破除，保证原拱架 3 稳定）拆除 1 榀原拱架（拱架 2），原拱架 1 侧需预留焊接钢筋长度，便与新拱架连接。

(3) 先将混凝土剥离后进行临时钢支撑拆除, 后拆除原支护拱架。拆除临时支护时一定要保证前一榀换拱的拱架已经封闭成环。为了保证结构稳定, 在施工时临时支撑要先拆横撑然后再拆竖撑。

(4) 将原拱架拆除后即对围岩面进行扩挖至设计轮廓线, 开挖后立即进行初喷。待初喷混凝土终凝后, 达到封闭围岩的目的后进行下一步施工。在原拱架处安装新拱架、连接筋及钢筋网片, 再将小里程侧间隙(B区域)、新拱架(原拱架位置)及大里程侧拱架间隙(C、D区域喷射混凝土, 但D区域留约25cm不喷浆, 便于与下榀新安装钢拱架进行钢筋连接)喷射混凝土。将拱部换拱工序结束后才能进行边墙混凝土拆除。后续置换钢拱架按照上述工作步骤进行榀更换。

(5) 架设钢拱架及喷射混凝土

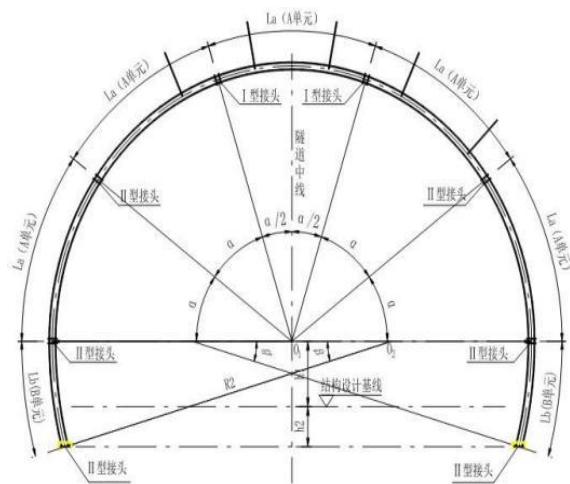


图3 钢架组合安装图

在II型接头处及拱脚设置锁脚锚杆, 锁脚锚杆采用 $\phi 42$ 注浆小导管, II型接头处上下各20cm处设4根长度为4米的锁脚锚杆, 拱脚处设2根长度为4米的锁脚锚杆; 定位锚杆采用 $\phi 22$ 药卷锚杆, 每单元设置两根, 每根长1m, 设锁脚锚杆的位置不设置定位锚杆。施作方向斜向上与水平呈 $15^\circ \sim 30^\circ$ 夹角, 紧贴钢架施作, 锁脚锚杆与钢架采用直径 $\phi 25$ 的U型钢筋有效焊接, 安装 $\phi 6.5$ 钢筋网, 网格尺寸 $25 \times 25 \text{cm}$; 安装 $\phi 22$ 药卷锚杆, 间距: 纵向 $\times$ 环向 $= 0.8 \text{m} \times 1.2 \text{m}$ 梅花形布置; 钢架间设纵向连接筋, 其环向间距为1.0m(内外交错布置), 钢架与纵向连接筋间采用焊接; 钢架按照先拱后墙的进行施工, 拱脚垫设槽钢。

2.3.4 重复上述步骤进行置换钢拱架

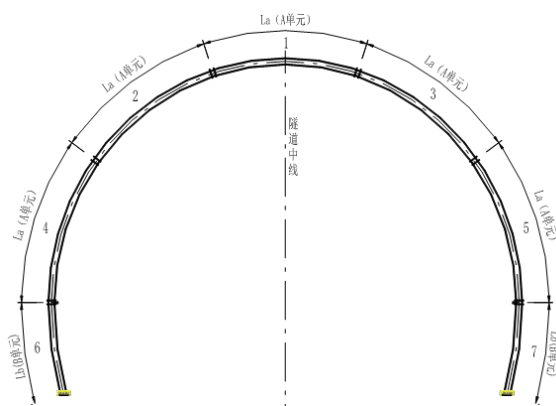


图4 置换拱架顺序示意图

置换拱架喷射混凝土完成后进行后注浆进行加固, 加固范围为距结构设计线5m向下包含仰拱。

3 侵限处治控制要点

(1) 换拱须在临时支撑全部施工完成后并且注浆达到设计效果后才能施工。

(2) 置换拱架过程中加强监控量测, 根据检测结果指导施工, 避免施工过程中发生危险。

(3) 置换拱架每循环为一榀, 严禁同时施作。

(4) 侵限部位一次处理完毕, 避免二次侵限。

(5) 锁脚锚杆必须保证牢固。

(6) 28a 槽钢将拱架拱脚底部垫实。

(7) 换拱时不得进行其他施工作业。

(8) 初期支护落底后, 尽快浇筑仰拱, 快速封闭初期支护, 减小变形的速率。

(9) 初期支护落底时留足仰拱的厚度, 仰拱底面不能一次与钢架脚同时开挖到位。

(10) 对开挖下台阶的段落, 应进行断面测量, 观测是否侵限, 有侵限时, 应先换拱后再进行下台阶的开挖。

(11) 仰拱开挖后, 应避免机械设备碾压, 在捡底的同时, 应进行地下水的抽排, 避免地下水长期浸泡; 捡底应彻底, 不应有虚渣, 尤其是泥浆层。

(12) 施工过程中, 需加强施工监测, 每天应对数据进行整理、了解其变形趋势。

4 结束语

通过本方案对该隧道 ZK80+756~ZK80+786 段初支侵限处

治,保证隧道初期支护侵限处理工程的施工安全,规范了作业程序,加强了过程控制,提高了施工进度,明确了隧道初期支护侵限处理工程施工作业的工艺流程、操作要点和相应的工艺标准,为其他类似隧道初支侵限提供了参考。

参考文献:

- [1] 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范.GB50086-2015[S].中华人民共和国住房和城乡建设部.
- [2] 公路隧道施工技术规范.JTG/T3660-2020[S].中华人民共和国交通运输部.
- [3] 公路工程质量检验评定标准.JTGF80/1-2017[S].中华人民共和国交通运输部.
- [4] 石宇峰.隧道围岩加固及换拱施工技术[J].科技创新与应用,2013(6).