

# 引黄隧洞涌水封堵灌浆施工技术

高玉萍

中铁十二局集团第二工程有限公司, 山西 太原 030032

**摘要:** 对隧洞施工过程中岩溶涌水等问题进行针对性分析, 提出采用以堵为主、堵排结合的施工方案进行处理, 隧洞的地下水治理取得了较为明显的效果。并对隧洞施工过程中的有益经验进行归纳总结, 针对可能遇到的不良地质条件及施工组织提出了建议。

**关键词:** 隧洞; 涌水; 堵漏; 灌浆;

## 一、工程概况

该段原设计隧洞穿过奥陶系中统下马家沟组上段、深灰色、灰黑色厚层灰岩夹泥灰岩, 岩溶地下水位位于洞底以下, 围岩工程地质分类为 85% 的 III 类围岩, 15% 的 V 类围岩。实际为石灰岩地质, 裂隙特别发育且裂隙间充填大量粘土, 施工至 161+936 处, 掌子面前方顶拱围岩突变为砂卵石地质, 无自稳能力, 掌子面突然出现股状涌水, 导致拱部发生坍塌, 随着出水量的增加, 坍塌范围逐渐扩大。经推测可能提前进入第三系 N2 松散层砂卵石地质段, 砂砾石孔隙水涌出, 导致坍塌, 随着出水量的增加, 掌子面出现突泥、突水。

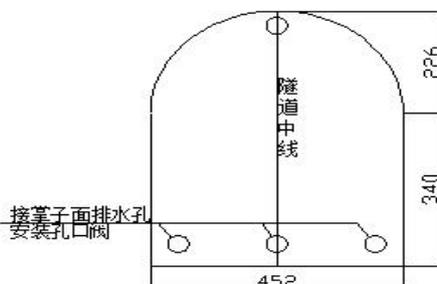
## 二、清理淤泥

- 1、待突水、涌砂稳定后, 采用边清边堵的方式, 将淤泥清理距掌子面 5m 处进行封闭, 清理过程中, 每隔 5m 采用沙袋封堵;
- 2、距离掌子面 3m 左右, M7.5 浆砌挡墙进行封堵;
- 3、清理过程中加强该段围岩监控量测工作;

## 三、封堵加固方案

1. 对掌子面附近两侧边墙进行施作  $\phi 25$  锚杆,  $L=3.5\text{m}$ , @100cm, 梅花型布置; 使锚杆头外露 80cm, 且置入止浆墙中起连接作用,

2、用脚手架或边墙锚杆固定预埋管, 预埋管布置如下图:



预埋管  $\phi 150$  钢管, 做为掌子面排水; 注浆预埋孔管:  $\phi 100$ , 间距 80cm, 梅花型布置, 做为帷幕注浆孔。

3、止浆墙用 M7.5 浆砌片石挡墙砌筑, 之后进行喷锚, 喷锚厚度不小于 8cm, 止浆墙施作完成后, 对墙周边缝隙采用水泥一

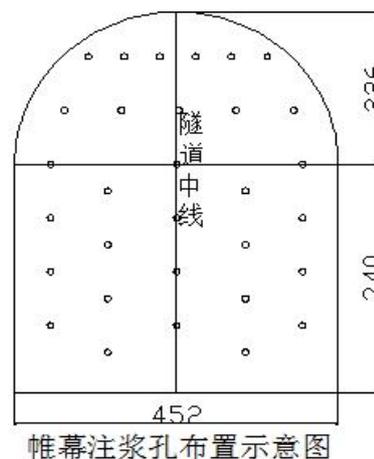
水玻璃双液浆封堵, 确保止浆墙的密闭性;

- 4、要求施作时确保安全。
- 5、布置沉降, 收敛观察点, 且每天做观察记录。

## 四、全断面帷幕注浆预加固方案

根据前期地质初探和超前钻探结果显示, 该段属于软弱围岩富水段, 无自稳能力, 出现突水、涌砂等地质灾害, 为了在一定范围内加固和控制围岩, 减小加固段岩体空隙率和渗透系数, 控制围岩涌水和涌砂量, 采用全断面帷幕注浆。首循环帷幕注浆段落长 20m, 开挖 15m, 预留 5m 作为下一循环注浆止水岩盘, 注浆孔直径不小于 50mm, 具体循环长度, 根据超前地质预报预定的岩槽、岩溶管道的分布情况而定。

1. 注浆孔布置。按纵向 20 米一环布置注浆孔, 每循环共设 31 个注浆孔, 具体孔位布置见下图 (帷幕注浆孔位布置示意图), 其中周边孔 1-18 号注浆孔外插角为  $9^\circ - 15^\circ$ , 18-31 号注浆孔沿水平方向, 外插角为  $0^\circ$ 。具体孔位根据探明含水水体分布情况进行重点加强注浆。



2. 注浆材料: 采用水泥或水泥、水玻璃混合液 (即 CS 浆液)  
 ①水泥: 新鲜的 425 号普通硅酸盐水泥。②水玻璃: 模数为 2.4-3.4, 浓度  $35^\circ \text{Be}'$  (配置后)。③水灰比: 浓浆: 0.8:1; 稀浆: 1.15:1-1.5:1。④水泥浆与水玻璃浆体积比: 1: 0.8。⑤缓凝剂: 磷酸氢二钠加入量为水玻璃重量的 3%。硫酸 (98%浓度): 掺量为水玻璃重量的 4%。

3. 注浆参数。①注浆段 20 米，开挖 15 米。如地层极坏，钻孔极困难，可视具体情况缩短注浆长度。②注浆扩散半径 1.0 米，当断层破碎带充填较为密实时可适当减小，施工中应根据地质情况进行调整。③注浆管采用  $\phi 89$  热轧钢管，周边外插角在保证注浆扩散半径不小于 1.0m 的前提下，可根据施工中采用的设备情况进行确定。④凝结时间可通过改变水灰比、水玻璃用量及缓凝剂掺量控制，一般可按 3 分钟确定，遇富水情况应先 1~2 分钟，待水压变小后可改为 3 分钟。

4. 施工方法，(1) 注浆机具由一台工程钻机、两台单液注浆泵或两台双液注浆泵、流量控制阀、两台双桶浆液搅拌机组成，浆液在钻进前方与孔口混合，进行分段后退式注浆。(2) 超前探水，首先采用 TSP203 地质预报系统、地质雷达进行地质预报探测前后围岩含水情况，再打超前探水孔，根据探水孔钻孔的地质信息，结合其各种探测手段获取的信息进行全面综合分析，据此确定施工方案。(3) 掌子面处理：注浆钻孔前，对掌子面进行加固处理，保证注浆时能承受注浆压力。围岩较好时，采用钢筋网锚喷混凝土封闭掌子面，围岩地质破碎、地质较差时，浇筑 5m 厚的混凝土止浆墙（且设  $\phi 25$  径向锚杆，锚杆头伸入混凝土长度不少于 80cm，锚杆环向间距 1.0m，长 3.5m）。每一循环注浆止水盘长度预留为 5m。(4) 钻机就位：按设计的孔口坐标在掌子面上用红油漆标出孔口位置，并注明孔号，利用钻机坐标和仰角来控制钻孔方向。(5) 埋设孔口：牢固密实，保证不漏浆。不串浆的孔口是注浆效果好坏的主要因素。其埋设方法，先用钻机钻孔，再将一端焊上法兰盘的孔管插入，外露 50cm，管壁与孔口接触用锚固剂填塞。再向孔口管内注浆固结。孔口管起导向作用，钻孔安装时控制好外插角度，开孔时按照轻加压，速度慢，给水多的操作重点施作。同时要作好孔号、进尺、起讫时间、岩石裂隙发育情况，出现涌水位置，涌水量和涌水压力，成孔难易程度。(6) 注浆，注浆采用水泥浆液或水泥水玻璃双液浆，浆液配合比是决定注浆效果的一个关键因素。采用双液浆和单液浆交替进行。(7) 注浆方式：采用后退式注浆，岩层破碎容易造成坍孔时，采用前进式注浆。(8) 钻孔注浆顺序及注浆速度：先外圈后内圈，

同一圈孔间隔施工。钻进过程中遇涌水或因岩层破碎造成卡钻时，则停止钻进，进行注浆扫孔后再进行钻进。(9) 注浆程序：注浆管接通后，先压水 2~5min，检查注浆泵及管路系统工作是否正常。注浆开始后浆吸浆龙头快速从清水池中放入各自的浆液池中，即开始注浆；当压力达到终压时（一般控制在 1-3.5Mpa），并继续注浆 10min 以上，即注浆封孔。注浆结束后，关闭逆止阀，泄压阀打开，用水冲洗管路干净为止。(10) 检查：待每个环节注完后，在本注浆循环（20m）开挖轮廓线内钻 2-3 个检查孔检查注浆效果。洞室开挖后，如局部还有漏水，进行局部径向注浆。径向注浆加固范围为开挖轮廓线外 5m，注浆孔梅花形布置，孔位环向间距 1.0m，纵向间距 1.0m，径向注浆采用  $\phi 42$ mm 的钢管注浆。注浆材料采用超细水泥单液浆。浆液配比为：W：MC=0.6:1-0.8:1。注浆结束标准以定压为主，注浆终压力为 3-4Mpa。

5. 施工工艺流程，超前帷幕注浆施工工艺流程。注浆采取钻一段注一段的分段式注浆，直至终孔。注浆作业按照钻孔一出水一测水压、水量一压水试验一注浆一扫孔一出水一再注浆一达到设计要求。全部注浆孔注浆完成后，地下水状态达到无水或小于地下水状态 I 级（干燥或湿润：渗水量  $< 10L/(min \cdot 10m)$ ），若达到上述标准则进行开挖，否则进行补孔注浆，直至满足上述要求为止。

6. 施工技术要求，为满足注浆工程达到设计标准，严格按下列技术要求进行施工：(1) 注浆钻孔孔位偏差不大于 0.05m，孔身垂直度不大于 1%，成孔直径 75-89mm。(2) 钻孔深度必须达到设计要求，严禁中途终孔，并采取隔孔注浆施工。(3) 注浆过程中压力必须达到稳定确定值，否则应通过反复注浆直至达到设计压力值。(4) 按照设计要求的水灰比及水玻璃配比配置浆液，浆液不得出现沉淀离析现象，浆液应随搅拌随灌注，对超过 2 小时的浆液应停止使用。(5) 施工过程中的原始记录必须准确无误，实事求是，字迹清晰，签署齐全。

采用灌浆堵漏后可有效降低渗水和涌水量，为隧洞开挖创造较好的施工条件。

## 参考文献：

- [1] 李连成. 隧洞工程涌水处理的对策和措施. 2015.
- [2] 邵政春. 引水隧洞施工期涌水涌砂灌浆处理技术. 2016.