

博~莱高速公路隧道渗漏水治理

耿荣和¹, 王永东², 刘昌明³, 夏永旭²

(1.淄博市公路管理局, 淄博, 255000; 2.长安大学公路学院, 西安, 710064;

3.滨博高速公路管理处, 淄博, 255000)

摘要: 针对博~莱高速公路三座隧道出现的严重渗漏水现象, 文章简要分析了原因后, 着重介绍了治理的原则、措施、材料和工艺。实践表明治理效果良好。

关键词: 隧道工程 渗漏水 治理

Treatment to Water Leakage in The Tunnels on Bo-lai Highway

GENG Ronghe, WANG Yongdong, LIU Changming, XIA Yongxu

1. 前言

205 国道博~莱高速公路淄博段地形复杂, 起伏变化较大, 设有凤凰山、乐疃、青石关三座隧道。前者为分离式双洞, 后两者为联拱形式。三座隧道洞身围岩以石灰岩、灰岩为主, 有强、弱风化带, 并有软弱夹层。施工时发现岩溶现象。隧道区域地下水埋置较深, 在隧道主体以下, 透水通道主要为构造裂隙、溶洞、孔等, 其补给源主要为大气降水, 对隧道主体有影响的主要为季节性降水。全线建成通车四年多来, 三座隧道衬砌出现大量裂缝, 相继出现渗漏水现象。特别是近几年降雨较多, 隧道渗漏水更为频繁, 其中两座联拱隧道情况严重, 特别是青石关隧道, 隧道的控制室、隧道内的拱部、边墙以及中隔墙出现多处大面积渗漏水现象; 在冬季, 隧道内多处出现冰柱、冰溜。这些严重影响了隧道结构稳定、行车安全、整体美观。

2 渗漏水原因分析

2.1 客观原因

(1) 隧道二次衬砌采用小模板施工, 施工接缝较多。二次衬砌施工完成后, 早期的混凝土温度应力和收缩应力使得衬砌接缝处出现微小裂缝, 在后期大气环境的周期性变化影响下, 裂缝会有所发展。特别是当裂缝进水后, 在冬季裂缝水的冻胀作用下, 裂缝逐年扩展。

(2) 隧道穿越的山体岩性为石灰岩、白云岩, 节理裂隙较发育, 小型溶沟较多, 地下水通道畅通, 再加上近几年沿线地区雨量大, 致使地表水补给充沛, 岩溶、裂隙等地下水丰富、涌水量大, 造成隧道洞体周边有大量的水蓄积。

(3) 隧道周围裂隙水中钙物质较多, 造成了隧道排水系统, 特别是导水盲管的堵塞。

(4) 由于冬季气温低, 使得排水管冻结, 引起排水管、衬砌开裂冻胀, 产生新的水流通道。新的水流通道在低温下, 又产生冻胀开裂, 形成恶性循环。

2.2 主观原因

(1) 隧道防排水系统不完善。隧道虽然采用了复合式衬砌, 但仅在拱部设有防水板, 并且当二次衬砌产生贯穿性裂缝时, 拱部防水板已经破坏失效。

(2) 两侧边墙没有铺设防水板, 仅设有竖向盲管。岩体与混凝土的析出物、渣体极易堵塞管道, 导致地下水没有出路, 而沿衬砌施工缝和裂缝渗漏出来。

(3) 中隔墙顶部的排水系统设计存在一定的问题, 无法保证施工过程中不堵塞导水盲管。

(4) 施工采用了小模板，人为留下过多的施工缝，增大了渗漏水的可能性。

(5) 二衬中间安设复合式遇水膨胀橡胶条，由于施工和产品质量问题，很难严格达到防水标准。另外，在低温作用下，施工缝是抵抗衬砌结构纵向受拉的薄弱部位，极易产生拉裂，导致防水措施失效。

(6) 二次衬砌虽然采用了膨胀剂防水混凝土，但施工中可能由于振捣不到位，致使衬砌不密实，出现蜂窝麻面，使防水混凝土的抗渗标号达不到设计要求，从而导致渗漏。

(7) 经雷达检测显示，隧道衬砌厚度局部区域达不到设计要求，部分衬砌和附近围岩存在不密实、脱空、破碎等缺陷，说明施工质量控制存在问题。

3 渗漏水治理措施

公路隧道渗漏水的治理，应根据漏水的水源、类型、部位以及漏水量，确定治理方案和选择材料。根据雷达检测和现场调查成果，确定博~莱高速公路隧道渗漏水治理原则为：拱部堵排结合，综合治理；边墙以排为主，局部水量大的区域堵排结合；先拱后墙，先堵后排，循序进行。

3.1 一、二衬间注浆

此方法主要用于渗水量很大的部位，根据雷达检测指出的缺陷位置和裂缝分布状况确定注浆位置。其中青石关隧道由于衬砌裂缝分布密集，故拱部沿全长 3 条纵线注浆布点，4×4m 梅花状分布。注浆孔必须保证不能破坏防水板。注浆材料选用可灌性好、结石率高、快凝早强、凝结时间可调的水泥-水玻璃浆液。配合比：425[#]普通硅酸盐水泥：水玻璃：水=1：0.5：0.8；注浆压力控制在 0.6~1.0MPa。注浆原则：由下部孔眼向上部孔眼压注，以确保地下水被封堵在二次衬砌背后；由无水地段向有水地段压注，由水少地段向水多地段压注，以使水流汇集，便于引排。

注浆完成后，附近区域裂缝如有漏浆现象，说明浆液已扩散到此位置，可能达到了封堵作用，应观察一段时间，暂时可不进行下步治理工作；否则应该进行下步工作。

3.2 凿槽引排

此方法主要用于拱、墙单点线流、股流、射水等水量较大的施工缝和衬砌裂缝。根据雷达检测提供的裂缝状况确定引排位置。具体布置见图 1，左图适用于施工缝，右图适用于衬砌裂缝。施工步骤如下：

(1) 表面清洗：把裂缝左右约 10cm 的衬砌混凝土表面清洗干净，找到缝隙的位置及水源；

(2) 割缝或钻孔：在渗水缝隙左右各 3cm 处用切割机割深为 6~8cm 的缝，或用冲击钻每隔 2cm 钻孔，为凿槽做准备；

(3) 凿槽：人工凿出深度为 8cm（施工缝）或 6cm（衬砌裂缝）的槽，一般凿成内大（6cm）外小（4cm）的倒梯形槽，保证外敷防水层有 2~3cm 厚；

(4) 埋管：在槽底埋设 $\phi 50$ 弹簧半管直至边墙底部，用锌铁皮固定，边墙底部至纵向排水沟用 $\phi 50$ PVC 圆管连接；

(5) 封填：分两种情况：针对于施工缝，先用遇水膨胀橡胶止水条嵌缝，然后再封填防水砂浆；针对于衬砌裂缝，直接封填防水砂浆；

(6) 刷浆找平：等防水砂浆达到一定强度后，喷湿修复区域，刷 1：2 普通砂浆找平，建议厚度 0.5~0.8cm；

(7) 养护：在 14 天内进行喷水养护。

防水砂浆配合比：425[#]普通硅酸盐水泥：BR 增强型防水剂：BR-2 专用粉：砂：水=1：0.14：0.03：1：0.35。

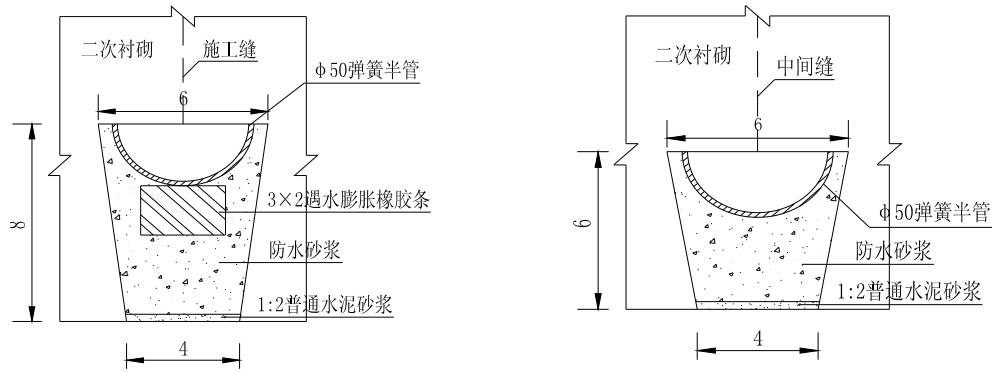


图1 凿槽引排布置图

3.3 注浆封堵

此方法主要用于渗漏水量较小、水流分散、不利于引排的衬砌裂缝及个别出水点、面。根据裂缝状况确定封堵位置。具体布置见图2。进行衬砌内部注浆，以封闭水流通道及衬砌裂缝，或使水流相对集中，便于引排。注浆原则：点漏注浆先注水量较小者，后注较大者；环向裂缝由下向上依次注浆；水平或斜裂缝由水量较小端向较大端注浆；面漏由周边向中心依次注浆。施工步骤如下：

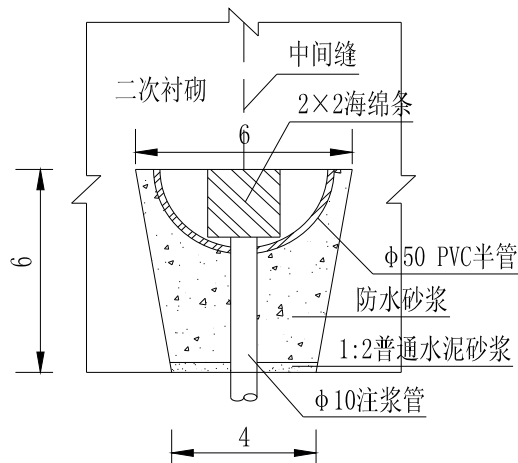


图2 注浆封堵布置图

- (1) 表面清洗：同凿槽引排；
- (2) 割缝或钻孔：同凿槽引排；
- (3) 凿槽：同凿槽引排；
- (4) 埋管：在槽底埋设 $\phi 50$ 的PVC半圆管，管内放置 $2 \times 2\text{cm}$ 的海绵条；
- (5) 封填：同凿槽引排，但同时垂直壁面埋置 $\phi 1\text{cm}$ 注浆管，该管一端穿透半圆管，压紧海绵条，另一端延伸至衬砌外；
- (6) 注浆：等防水砂浆达到一定强度后，从注浆管注入丙凝浆液；根据旁边相应注浆管流出浆液情况判断注浆效果，力求浆液充满缝隙并分布均匀；注浆压力控制在 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ ，一般通过现场测试确定；注浆完成后，用铁丝扎牢注浆管口，以防浆液流出；等浆液硬结后，割断注浆管；
- (7) 刷浆找平：同凿槽引排；
- (8) 养护：同凿槽引排。

丙凝浆液组成成分见表1，A液：B液=1:3。防水砂浆配合比同凿槽引排。

丙凝浆液建议配合比

表 1

体系	材料名称	作用	用量/kg
A 液	丙烯酰胺	主剂	18.9
	亚甲基双丙烯酰胺	交联剂	1
	三乙醇胺	促进剂	0.7
	水		79.4
B 液	过硫酸胺	引发剂	0.7
	水		99.3

3.4 中隔墙打孔泄水

双联拱隧道中隔墙起拱线处严重渗漏，可能是纵向盲管或竖向盲管产生堵塞。针对这种情况，在中隔墙上端，单侧每隔 10m、两侧交错用钻机斜向上打孔，进入上面的干砌片石隔离层，边墙凿槽，埋设 $\phi 8\text{cm}$ PVC 排水导管，下端接入两侧排水沟，让两拱圈间的上层滞水能够排出。在 PVC 排水导管离地面 1.2m 高处设一个检查孔，可以定期打开，检查流水情况和疏通管道。具体布置见图 3。施工步骤如下：

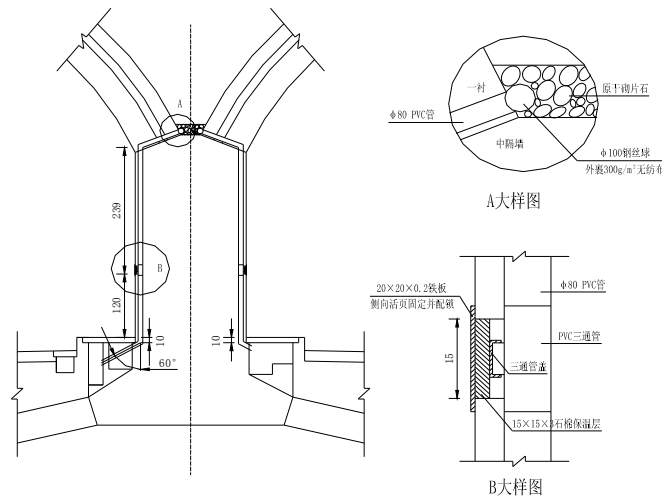


图 3 中隔墙打孔泄水布置图

- (1) 打孔泄水：在中隔墙上端，单侧每隔 10m、两侧交错用钻机斜向上打孔，进入上面的干砌片石隔离层，让两拱圈间的上层滞水尽量排出；
- (2) 表面清洗：同凿槽引排；
- (3) 割缝或钻孔：方法同凿槽引排，尺寸见布置图；
- (4) 凿槽：方法同凿槽引排，尺寸见布置图；
- (5) 埋管：在泄水孔底塞入一个外裹无纺布的钢丝球，在孔内和槽底埋设 $\phi 80$ 的 PVC 圆管；
- (6) 封填：同凿槽引排；
- (7) 刷浆找平：同凿槽引排；
- (8) 养护：同凿槽引排。

4. 治理效果

4.1 治理过程

博~莱高速公路隧道渗漏水治理工作具体分两阶段进行。2004 年 10 月至 12 月对三座隧道的左线进行施工。此次完成实际工程量中水泥-水玻璃浆液达到 2699.99m^3 ，远远

超出设计量。原设计预计平均每孔注浆量约 2m^3 ，实际治理中平均每孔注浆量约 7m^3 ，最大一孔达 32.712m^3 ，注浆量超过 20m^3 的有 13 孔。这主要是由于隧道建设过程中原施工质量较差，衬砌与围岩不密贴，衬砌背后存在较大空洞所致。仅此一项就大大超出了原来预计的工程量。

2005 年 3 月至 6 月对三座隧道的右线进行施工。从减少工程费用角度考虑，将一、二衬间注浆材料变更为水泥~水玻璃浆液和水泥~粉煤灰浆液。水泥~水玻璃浆液配比保持原设计不便；水泥~粉煤灰浆液建议配比：水泥：粉煤灰=0.7：0.3（重量比）、水：固=0.6：1（重量比）。浆液用量的控制原则为：水泥~水玻璃浆液用量应不小于整个注浆量的 30%，水泥-粉煤灰浆液用量约占整个注浆量的 70%。

4.2 治理效果

博~莱高速公路三座隧道的渗漏水治理工程经过一个冬季的雪水、春夏季的雨水检验，治理效果整体达到了预期目标。总的来说，第二阶段春季右线施工效果好于第一阶段冬季左线施工；拱顶一、二衬间注浆效果明显，中隔墙治理效果稍差；凤凰山隧道、乐瞳隧道效果较好，青石关隧道稍差。

5. 结束语

(1) 公路隧道渗漏水治理费时费力，是迫不得已而为之。因此，必须在隧道建设期间加以充分关注：设计上要采用先进可靠和具有针对性的防排水技术，施工中要大力推广新工艺、新材料，确保防排水设计的成功实施。

(2) 渗漏水是公路隧道常见病害之一，要根本解决这里好，需要一个反复的过程。博~莱高速公路三座隧道渗漏水的综合治理已告一段落；但随着当地雨季到来，又陆续出现了一些新的出水点，还需要进一步的完善。

(3) 渗漏水治理施工工艺比较复杂、烦琐，且施工的好坏直接影响治理效果，因此需要认真施做。

参考文献

1. 中华人民共和国行业标准：《公路隧道养护技术规范》(JTG H12-2003)，北京：人民交通出版社，2003
2. 中华人民共和国行业标准：《地下工程防水技术规范》(GB50108-2001)，北京：中国建筑工业出版社，2001
3. 陈容国. 富水地区隧道渗漏水整治措施，现代隧道技术，2002. 39 (3)
4. 陈绍秋等. 软弱围岩隧道渗漏水综合整治，铁道建筑技术，2001 (4)

作者联系方式：

王永东：陕西 西安 南二环中段 长安大学校本部 330 信箱 邮编：710064

电话：029-82334838 13629240672 E-mail: ys09@gl.chd.edu.cn