

地下隧道工程渗漏水综合治理技术

陈嘉

上海隧道工程有限公司

摘要：地下渗漏水防治一直是地下空间隧道工程的难点，特别是已投入运营的隧道。针对地下隧道结构的特点，从结构变形缝的贯通特点采取环形渗漏水防治体系，以及混凝土结构裂缝等通病治理两方面入手，综合治理隧道结构地下水渗漏问题，为已运营隧道工程提供渗漏水治理的解决技术措施。

关键词：隧道渗漏水治理；变形缝处环形渗漏水治理体系

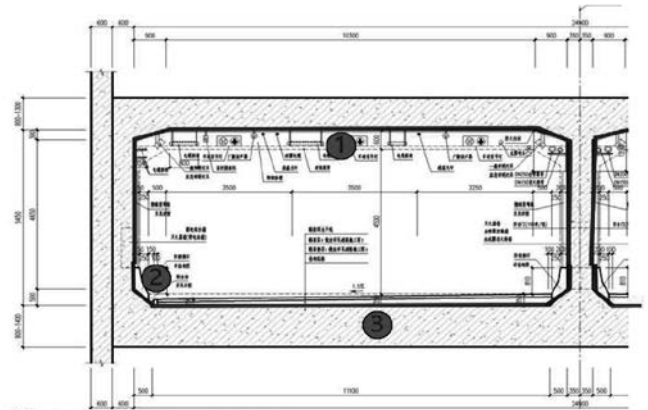
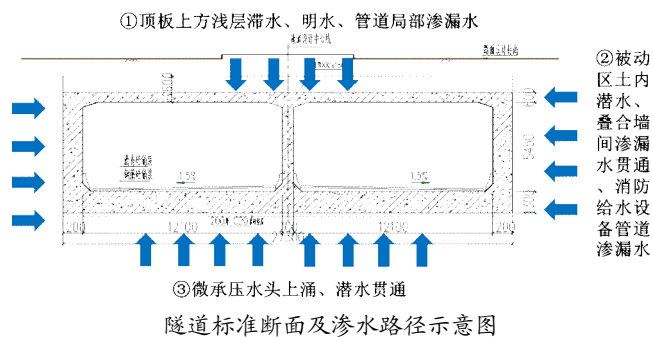
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.12.035

引言

由于工程水文地质原因、施工扰动影响、工程周边环境影 响、地基土的固结沉降和振陷作用等不利因素，会造成地下隧道结构工程不同程度的渗漏水情况。

对于地下隧道工程现浇混凝土结构，会出现由于振捣不密实引起混凝土表蜂窝麻面，养护、应力释放、混凝土收缩等原因引起的裂缝，地下结构变形缝、施工缝处理等工艺原因导致渗漏等工程通病。轻者使运营中隧道内部的钢筋等材料产生腐蚀，降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性等，严重的将威胁到人民的生命、财产。所以地下渗漏水的有效防治是对隧道工程质量的重要保障。

地下隧道工程现浇混凝土结构，多面临地下水土压力，其隧道混凝土结构变形缝处等结果贯通缝处常伴随以渗漏水。有效的渗漏水防治措施，对于投入运营的隧道工程而言显得尤为重要。



- 1 顶部、侧墙不锈钢接水槽
- 2 结构预埋50PVC管
- 3 铺装层下预埋30排水板

环形渗漏水防治体系

隧道变形缝处顶板、侧墙装有不锈钢接水槽收集渗漏水，由接水槽引流至防撞墙顶部引流槽，在防撞墙结构内部预埋有50PVC管作为引流通道将渗漏水集中引入边沟。



环形渗漏水防治体系做法及现场图

在运营状态下的隧道由于其相邻两侧结构易出现差异沉降，会对上述已采取的环形渗漏水防治体系造成破坏，造成变形缝处地面渗漏水渍、防撞侧石挂水、边沟外侧湿渍等病害，所以需要采取进一步的治理措施。

针对上述病害情况，以变形缝为渗漏水防治着眼点，针对结构顶板变形缝处渗漏水采用更换接水槽，加强密封处理的措施：将原25cm×3cm集水盒更换为30cm×5cm集水盒，增加引流截面，变形缝和顶板之间采用可延展的密封胶进行密封处理。施工步骤如下：

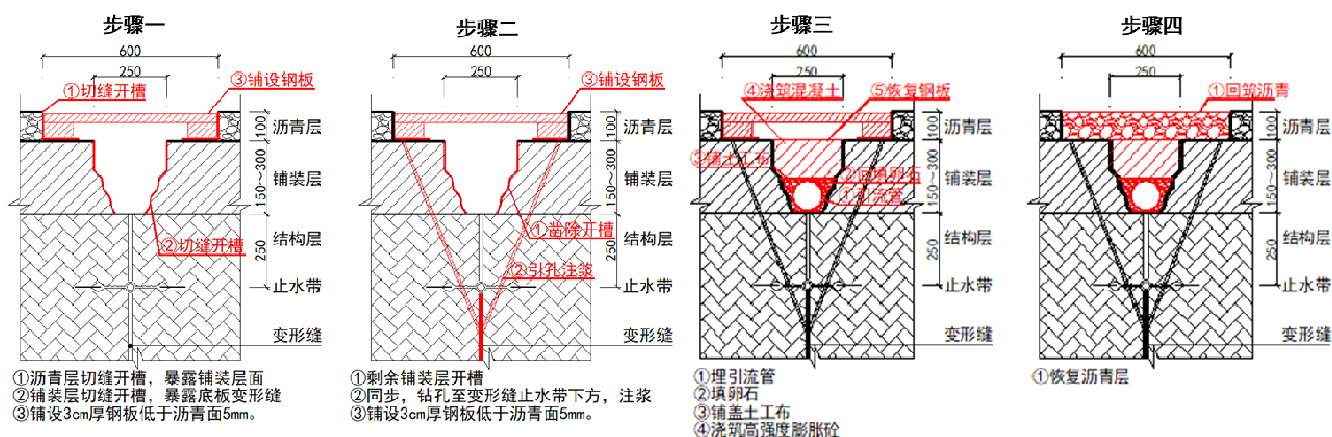
①拆除集水槽下方防火板→②切除集水槽两侧密封胶，露出螺钉→③分块拆除集水槽→④结构表面剩余密封胶用钢丝刷铲干净→⑤新接水盒与结构表面接触部分上密封胶→⑥安装定位新接水盒并逐个拧紧螺钉→⑦集水盒下方涂防火涂料。

以变形缝为渗漏水防治着眼点，针对结构底板变形

缝处渗漏水采用开槽埋引流管的治理措施；

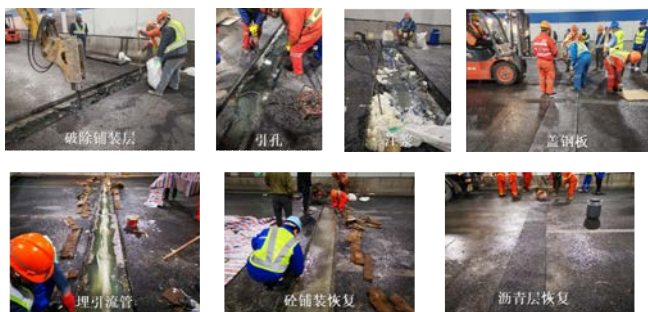
底板采用堵引结合的双重治理原则，首先采用1.0m加长钻头引孔，使用注浆法对变形缝进行深层注浆处

理，以阻断渗水路径。然后在底板变形缝上方铺装层内埋设引流管（花管）并外包土工布，渗水按指定路径快速排除，以确保路面行车安全。施工步骤如下：



底板变形缝渗漏水治理施工步骤

①铺装层切缝开槽，暴露底板变形缝→②引孔至中埋式止水带下方，注浆→③埋设不锈钢花管，外包土工布→④恢复铺装层。

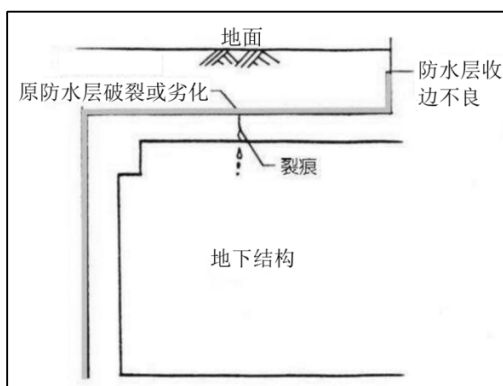


底板变形缝渗漏水治理现场实践步骤

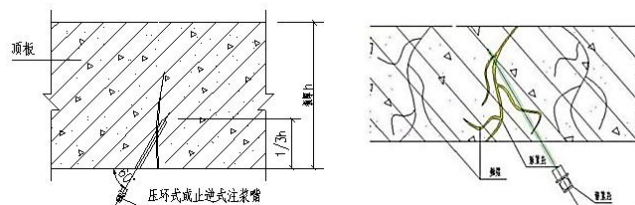
对于隧道工程渗漏水治理第二个方面将以现浇混凝土结构的裂缝为防治对象，将渗漏水进行分类并采取针对性治理措施如下。

1、结构顶板裂缝渗漏水治理：

1) 渗漏原因分析：混凝土施工中，会出现由于拆模引起的缺角掉菱、振捣不密实引起混凝土表蜂窝麻面，养护、应力释放、混凝土收缩等原因引起的裂缝，从而形成渗水通道。



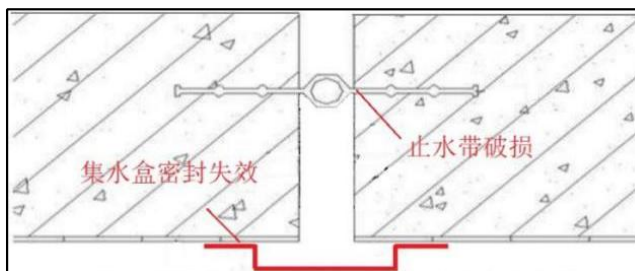
结构顶板渗漏示意图



顶板裂缝防水治理示意图

2、施工缝、变形缝处结构裂缝渗漏水治理

1) 渗漏原因分析：施工缝/变形缝处受到结构差异沉降的影响，结构混凝土极易产生细微的裂缝，若此时止水带及止水钢板在沉降变形时发生问题，就导致了渗漏水的产生。

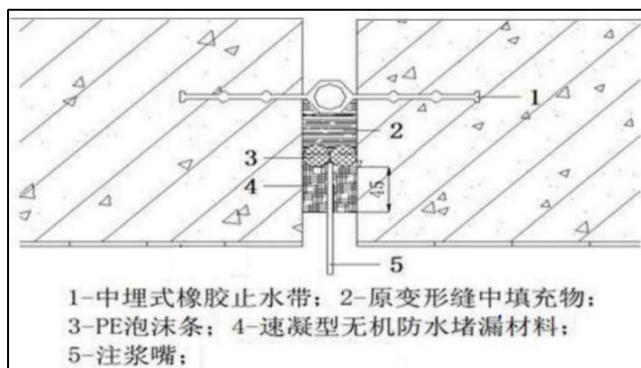


施工缝/变形缝渗漏示意图

2) 渗漏水治理措施:

施工缝渗漏水治理措施: 设有预埋注浆系统的施工缝, 宜优先使用预埋注浆系统注浆止水, 然后采取涂布水泥基渗透结晶型防水涂料、抹压聚合物水泥防水砂浆的复合增强措施。

对于有较大渗漏的施工缝治理采取斜钻孔注浆方式: 首先清理渗漏部位, 明确施工缝部位, 并对施工缝进行凿毛处理, 用早强快硬水泥进行表面封闭; 然后斜孔灌注优质油溶性聚氨酯浆液, 注浆孔间距15~20cm。对于仅有湿渍的部位采用渗透结晶材料进行抹面。



变形缝结构渗漏水防治措施示意图

变形缝渗漏水治理措施: 地道结构变形缝采用中埋式钢边橡胶止水带加丁晴软木橡胶, 发生渗漏, 检查渗漏点, 采取注浆处理。在渗漏点附近, 选择合适位置, 钻斜孔至中埋式止水带钢边处, 注浆孔间距15~20cm, 灌注油溶性聚氨酯浆液, 注浆压力在2~5MPa左右, 由下至上依次进行注浆。出现蜂窝混凝土处先进行剔除, 然后进行钻孔注浆, 待检查无渗漏后, 采用水泥砂浆进行修补整平。

3、防撞墙挂水治理措施

1) 挂水原因分析: 由于防撞墙引流槽垃圾、灰尘堆积, 且如存在地下水的碱性较高, 钙化较严重等现象, 极易造成隧道防撞墙上部的排水沟局部淤积堵塞。以及变形缝处防撞墙内埋PVC过水管顶过高, 接水盒未与PVC管有效连接 (主要原因) 从而导致防撞墙上显现出湿迹挂水现象, 严重影响防撞墙外观。

2) 渗漏水治理措施:

削去高于防撞墙顶的PVC管, 双快水泥密封连接接水盒与防撞墙顶部, 引导水流流入PVC管。定期疏导防撞墙顶部导水槽, 清理水垢及杂物, 保证导水槽畅通。在防撞侧石顶部集水槽边口最低处采用防水砂浆加高沿口, 保证集水槽的蓄水量。然后在防撞侧石变形缝处, 切开原来封堵的黑色胶凝材料, 并开槽凿深。最后埋设预留管并恢复变形缝处外观。

4、隧道结构混凝土裂缝修补

裂缝是混凝土结构最常见的缺陷, 依其产生的原因可分为以下几种类型。根据相应类型选择相应处理法。

1) 表面密封法: 对不再发展的宽度小于0.2mm的细裂缝, 选用低黏度的环氧树脂液涂敷增强。当裂缝间距

较小分布比较集中时, 则大面涂敷修补; 当裂缝渗水或漏水, 不能用环氧树脂涂敷材料时, 用快速硬化水泥浆或其他水硬性黏结料。在进行表面密封修补前应用钢丝刷将混凝土表面打毛, 并用水清洗干净。混凝土表面的气孔应该用环氧树脂胶泥予以找平。

2) 充填法: 对水平面上的较宽裂缝 ($\delta > 0.3\text{mm}$), 根据裂缝的情况可以直接向缝内灌入不同黏度的环氧树脂胶泥。如裂缝宽度较小, 使用低黏度环氧树脂胶泥; 裂缝宽度较大时, 则宜使用砂、粉填料较多的环氧树脂胶泥。宽度小于0.3mm的裂缝则应开成V形或U形的槽口, 然后清除掉浮灰。必要时先涂刷低黏度环氧树脂液, 以增加环氧树脂胶泥与混凝土的黏结力。

3) 注浆法: 对较深的裂缝, 采用注浆法修补。在裂缝修补之前沿裂缝设置注浆管, 然后将裂缝的其他部位用胶粘带予以密封, 以防漏浆, 以电动泵注浆。

施工步骤:

①钻孔: 在发现裂缝一侧离开2~3cm处, 用冲击钻钻出跨过裂缝的斜孔, 并清洗浮尘。

②埋管: 在斜孔内埋设直径8.5mm的针头, 然后用速凝水泥进行封堵。注浆斜孔间距15~20cm左右。

③压浆: 采用高压电动泵, 灌注压力可达2MPa。按说明书提供配比和所需用量提取A料和B料分别搅拌, 以消除任何沉淀物, 把A料和B料倒进混合容器, 混合搅拌至颜色均匀, 然后使用。一次配胶量不宜过多, 以20~30分钟用完为宜。将配制好的灌缝胶装入注射器, 竖向裂缝按从下向上顺序, 水平裂缝按从一端向另一端顺序, 灌胶时从第一个底座开始注入, 待第二个注胶底座流出胶后为止, 用后堵将第一个底座进胶嘴堵死, 再从第二个注胶底座注入, 如此顺序进行。最后一个注胶底座为排气用, 可不注胶。

④表面清理: 注射前, 准备2桶清水, 对注浆过程中混凝土表面溢出的浆液, 在其凝结前, 用水擦拭干净。

⑤修补: 注浆完成24小时后, 可割除针头, 3~5天后, 可采用特制拌有粉煤灰的水泥砂浆进行修平处理, 以尽量使得修补后的地方与周围的混凝土颜色一致。修平后进行工作面清理, 对混凝土表面溢出的环氧浆液进行铲除, 尽量减少结构砼表面的色差。

结论

对于位于地下隧道工程结构, 从结构变形缝处的渗漏水环形疏导防治、结构裂缝本身的治理两个方面入手, 通过综合治理的技术措施, 能有效地治理隧道渗漏水的问题, 为运营中的隧道工程中面临的渗漏水治理问题提供切实有效的解决方案。

参考文献

[1] 国家标准, 地下防水工程质量验收规范 GB50208-2011,
 [2] 国家标准, 地下工程防水技术规范 GB50108-2008
 [3] 国家标准, 地下工程渗漏治理技术规程 JGJ/T212-2010