

# 玻璃纤维筋钻孔灌注桩洞门水平加固施工技术措施

孙朝策

上海隧道工程有限公司 上海 200127

**摘要：**通过对郑州地铁盾构始发玻璃纤维筋钻孔灌注桩洞门加固采用的地面水泥系加固+降水井的常规加固方案及施工现场实际情况仍存在始发风险的分析，提出了在原有常规加固方案的基础上增设洞门水平聚氨酯注入加固方法，分析并总结了郑州砂性含水地层玻璃纤维筋钻孔灌注桩洞门聚氨酯加固施工关键技术措施及参数，为后续类似盾构施工积累工程经验，提供相关技术参考及依据。

**关键词：**郑州地铁；玻璃纤维筋；盾构始发；聚氨酯；水平加固

## 1 引言

郑州地铁盾构始发洞门加固采用的地面三轴搅拌桩加固+旋喷桩加固+降水井的常规加固方案，但由于车站围护结构为玻璃纤维筋钻孔灌注桩，桩间缝300mm，旋喷加固效果欠佳，始发洞门区域盾构1/2断面位于粉砂地层，且水位未降至洞圈以下，洞门人工凿除过程仍存在涌水、涌砂风险，因此，针对该地区特殊地质及施工工况，提出在原有加固方案基础上于始发洞门增设水平注浆孔，注入聚氨酯的加固方法，形成聚氨酯、水与砂结合的加固体，有效封闭钻孔灌注桩夹缝，防止洞门凿除时桩间缝涌水、涌砂，降低盾构始发风险。

本文依托郑州市轨道交通8号线一期工程土建施工02标07工区李湖桥站~龙王庙站区间左、右线盾构始发工况，分析了玻璃纤维筋钻孔灌注桩洞门聚氨酯加固施工时加固孔位数量、位置、深度、材料配比及效果验证等关键技术，为后续类似盾构施工工程提供可靠的技术参考。

## 2 工程概况

### 2.1 基本情况

李湖桥站~龙王庙站区间出李湖桥站后沿郑汴物流通道北侧绿化带东行约500m后右转至郑汴物流通道下方，在郑汴物流通道与凤栖街交叉口西北方向到达龙王庙站，区间全长1574m，区间起点里程为左（右）DK59+151.716，终点里程为左（右）DK60+725.206。

### 2.2 水文地质

盾构始发段主要地层自上而下依次为①<sub>1</sub>杂填土、②<sub>31</sub>黏质粉土、②<sub>32</sub>黏质粉土、②<sub>21</sub>粉质粘土、②<sub>33</sub>黏质粉土、②<sub>41</sub>粉砂、②<sub>51</sub>细砂，区间始发范围内地层为②<sub>32</sub>黏质粉土、②<sub>21</sub>粉质粘土、②<sub>41</sub>粉砂，洞门下半部均处于粉砂层中，该地层具有渗透系数大、承载力大、抗剪能力差等特点，盾构始发段隧道顶部埋深11.02m~11.5m，地下水埋深约12.4m，始发段无其他建（构）筑物及管线。

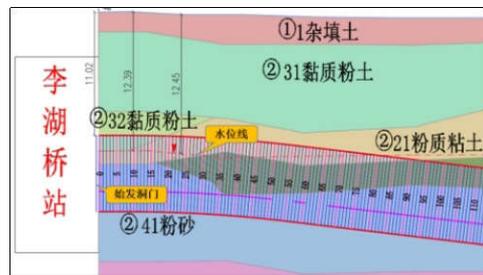


图1 始发段地质剖面图

### 2.3 始发地基加固情况

李湖桥车站围护结构为 $\phi 1000@1300$ 钻孔灌注桩，洞门处为玻璃纤维筋钻孔灌注桩，此类围护桩抗剪能力差，不易损伤刀盘刀具，盾构机可直接磨除。李湖桥站东端头始发加固区采用 $\phi 850@600$ 三轴搅拌桩+ $\phi 800@550$ 高压旋喷桩嵌缝，加固范围为隧道左右各3m（隧道外径为6.2m，即加固宽度为12.2m）；纵向加固长度为8m；隧道上方3m到下方3m范围内为三轴搅拌桩强加固区（隧道外径为6.2m，即强加固深度为12.2m），隧道外径以上3m至地面区域为三轴搅拌桩弱加固区，始发前15天在加固区设置6口降水井，分别为DJ1~DJ6，降水井深26m，材质为无砂管，盾构始发前需将地下水位降低至洞圈以下。

## 3 风险分析及加固方案比选

### 3.1 风险分析

为保证始发安全，对始发降水水位进行连续测量，实测静水位标高约-16.3m，未达到洞圈底标高-17.5m，洞门底部存在约1m水位，存在始发风险。洞门半径为3350mm，在洞门一周半径为2950mm范围开设的9个1.6m深水平样孔，样孔取出芯样显示，高压旋喷桩加固区未形成有效加固体，样孔球阀安装完毕后，样孔T5存在少量清水渗漏，同时洞圈底部及侧边出现2处漏水点，漏水点1仅渗漏清水，漏水点2渗漏水中夹杂细砂，但水量较小，后增开T10、T11探孔，均存在少量清水漏出，综合

水位情况及探孔情况判断，地基加固中高压旋喷桩施工存在缺陷，壁后未形成有效加固体，该洞门凿除过程中存在风险<sup>[2]</sup>，需采取措施降低始发风险。

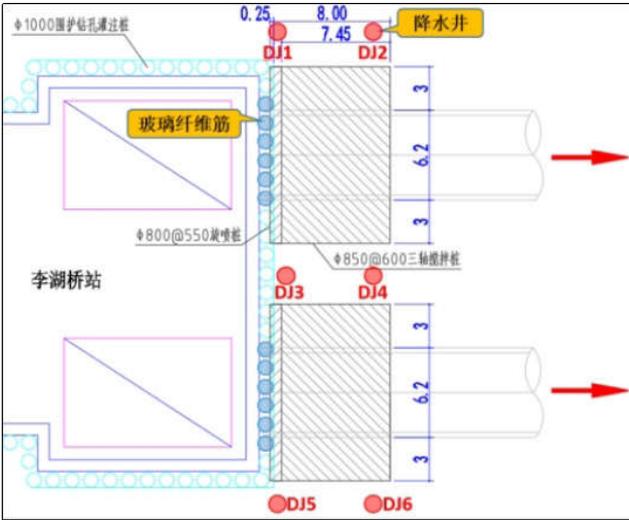


图2 始发地基加固平面图

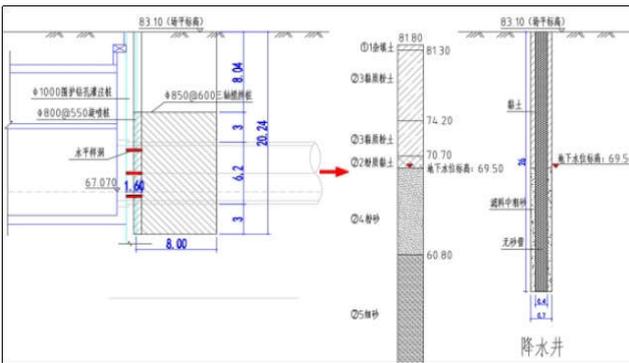


图3 始发地基加固剖面图

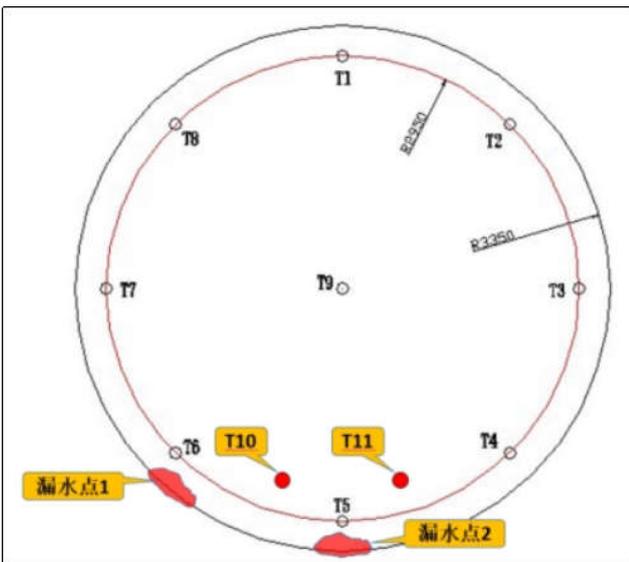


图4 洞门样孔开设位置图

### 3.2 加固方案比选

通过查阅相关资料，洞门水平加固常用方式为水平注浆，注浆料采用单液浆（水泥浆）或双液浆（水泥浆+水玻璃），通过分析认为此类加固不适用于该工程，其原因为此处洞门围护桩采用玻璃纤维筋钻孔灌注桩，桩间存在约300mm缝隙，外侧采用100mm喷射混凝土支护，当采用水平单液浆或双液浆加固时，注浆压力不稳定，可能出现注浆压力突增现象，导致支护层崩裂倒塌现象，造成更大施工风险，因此选用聚氨酯水平加固方式，此加固方式注浆压力较小，聚氨酯遇水后发效形成堵水屏障，当其中混入细砂后，具有一定强度，形成支护作用，同时又具备挡水效果，围护结构为玻璃纤维桩，洞门凿除仅需凿除部分结构，不影响始发止水装置即可，以上施工工况为聚氨酯水平加固提供了条件，巧妙使用可达到超期效果。

## 4 施工方案

### 4.1 钻孔布置

通过风险分析，洞圈底部1m范围存在地下水，该区域土层为粉砂层，透水性能较好，且旋喷桩加固区质量缺陷，故不得凿除全部围护结构，凿除范围定为500mm，保留一半围护桩，盾构机刀盘直接磨除，在此基础上，确定水平加固钻孔形式如下：首先寻找到围护桩桩缝位置，采用直径14mm、长度850mm枪钻于洞门底部2m范围由上至下依次钻孔，钻孔间距100mm，且钻孔完成后立即安装14mm注浆针孔型单向阀，为聚氨酯注入提供条件。

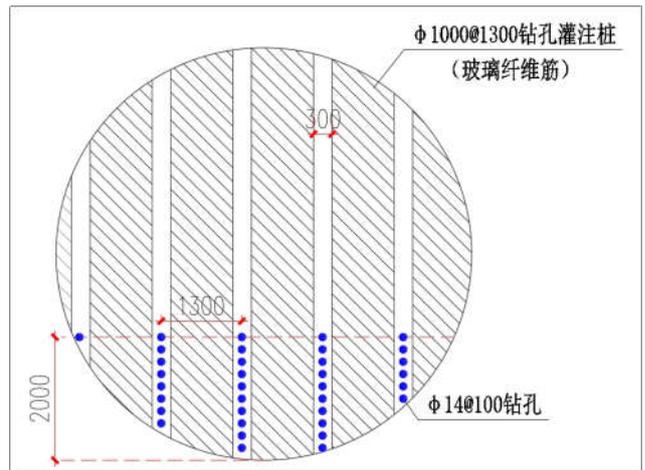


图5 洞门钻孔布置立面图

### 4.2 材料选配及参数控制

加固材料选用应急用聚氨酯，分为主剂及副剂（促进剂），配比为：主剂：副剂 = 10：1（体积比），注入前采用量杯进行配置，混合剂遇水后发效时间5s~10s，每孔

注入量不少于2.5L, 根据实际壁后空洞情况适当增加注入量, 以压力控制为主, 浆量控制为辅, 压注压力不大于0.2MPa, 少量多次压注, 扩散半径约20cm, 纵列孔注入后相互叠交, 形成聚氨酯+砂+水的结合体, 呈倒三角形式, 在剩余围护桩的约束下, 洞门凿除过程中不发生坍塌现象, 确保始发安全。

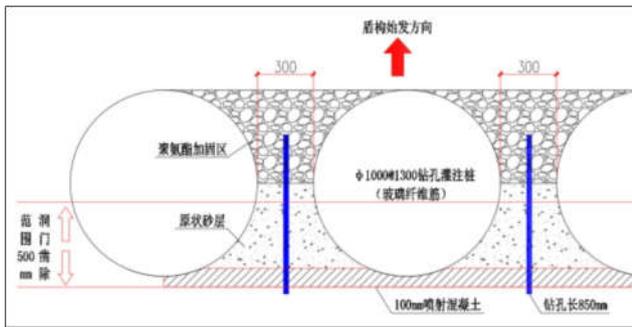


图6 洞门钻孔布置剖面图

#### 4.3 施工设备

注浆设备主要有聚氨酯注浆泵(针眼泵)、针孔型单向阀、搅拌桶、储浆杯、手枪钻机及钻杆、压力管、压力表、浆液流量监测表、吸浆管等。

#### 4.4 施工监测

压注的过程中, 现场施工人员要时刻观察洞圈及地面变形情况, 如发现异常情况及时停止聚氨酯压注。每孔、每次注浆时应记录注浆开始及结束时间、注浆孔位、注浆量、注浆压力等, 记录以每孔为单位<sup>[1]</sup>。

#### 5 效果检查

聚氨酯水平加固完成后, 洞门底部2处渗漏点渗漏现象消失, 底部T5、T10、T11样孔球阀打开后少量淤积泥水漏出后不再继续渗漏, 为进一步验证加固效果, 于洞门底部桩缝位置增开T12、T13、T14三处样孔, 样孔深度900mm, 球阀无水流出, 初步判断聚氨酯水平加固有效。进一步验证加固效果为洞门凿除时, 洞门凿除顺序为: 先凿除洞门上半部, 凿除深度500mm, 下半部凿除过程应匀速自上而下凿除, 每次凿除高度不大于30cm, 先剥离桩缝处围护结构, 后凿除围护桩身, 凿除过程注意观察洞门渗漏情况, 通过区间左右线洞门凿除情况显示, 洞门凿除至最底部时有少量清水流出, 其余部位未出现渗漏现象, 聚氨酯加固体具备一定强度, 且有效地防止洞门出现涌砂涌水现象, 洞门凿除阶段及盾构始发过程均未出现安全隐患, 单个洞门加固时间约为3天, 未影响盾构始发工期, 聚氨酯水平加固达到预期施工效果。

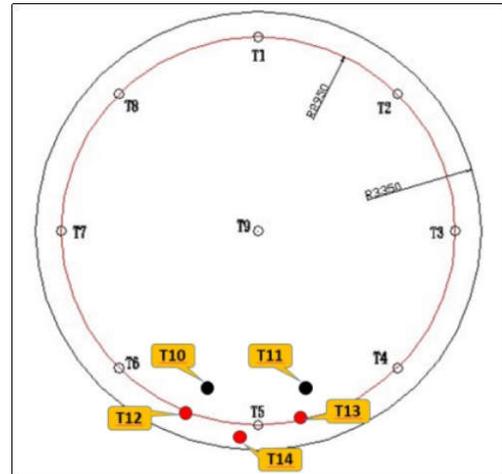


图7 洞门样孔检查位置图

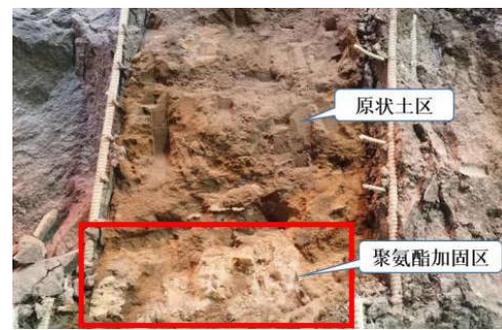


图8 洞门凿除效果检查示意图

#### 结束语

综上所述, 郑州区域含水砂性地层中, 盾构始发洞门为玻璃纤维筋钻孔灌注桩形式, 若常规三轴搅拌桩加固+旋喷桩加固+降水井的加固方案未能达到预期效果时, 可以根据施工工况增加聚氨酯水平注入加固方案, 使围护桩背部形成聚氨酯+砂+水的倒三角式加固体, 可有效的形成挡水+支护屏障, 确保洞门凿除及盾构始发掘进过程安全, 加固过程应注意对注浆孔位、注浆压力、注浆量等参数严格把控, 防止出现压力过大现象, 加固过程做好相应监测及监护措施, 可以为类似工程洞门补加固提供参考。

#### 参考文献

- [1]姜敦灿.杭州地铁1号线(彭埠站~建华站区间)建华站盾构出洞洞门水平注浆加固技术[C]//矿山建设工程技术新进展——2009全国矿山建设学术会议文集(下册),2009:86-90.
- [2]秦学军.WSS水平注浆在盾构始发洞门端头加固中的应用[J].工程建设与设计,2018(17):169-171.