

浅谈富水砂层中的顶管施工技术

周 杨

中铁八局集团第一工程有限公司，重庆 400050

[摘要] 本文以新加坡榜鹅北市政工程项目的污水干管施工为例，阐述了在富水砂层地区，利用双管注浆对工作井顶管机始发和接收洞口范围地层预加固及安设止水圈，解决了富水砂土层在扰动后易液化形成流砂进入作业面而无法正常施工的难题；在膨润土浆液中掺入粘聚性能的外加剂，使泥水平衡顶管循环浆液通过的砂土层具有一定的自稳能力，解决了砂土地质顶管施工地面下沉过大的施工技术难题。经工程实践，效果良好，对类似工程的设计和施工提供技术参考。

[关键词] 富水砂层；顶管施工

1 工程背景

新加坡榜鹅北市政项目位于其东北部的海滩砂围填区，该项目的污水干管网系统部分主要有管径有 $\Phi 400\text{mm}$ 、 $\Phi 600\text{mm}$ 、 $\Phi 900\text{mm}$ 直径 3 种规格，总计 1655.5m 污水顶管和 29 个人孔检查井。最小顶进区间长 20m，最大顶进区间长 113m。

该区域地层自上而下为素填土、中粗砂、海泥质土，地下水位 $-1.5\sim-3.9\text{m}$ ，见表 1-1。顶管埋深在 5m~24m 间，污水管道位于承压水中，极易产生流砂现象，工作井及顶管作业施工难度大^[1]。

表 1.1 地下水位监测表

日期	时间	探孔深度 (m)	测管深度 (m)	水位 (m)	备注
2013.12.06	18:30	7	3	-1.5	
2013.12.07	08:30	7	3	-2.3	
2013.12.07	18:30	31	15	-2.5	
2013.12.09	08:30	31	15	-3.2	
2013.12.09	18:30	49	21	-3.6	
2013.12.10	08:30	49	21	-3.9	

2 施工技术

2.1 总体方案

污水干管的总体施工顺序：先施作工作井，之后施作顶管区间，待同一工作井中各个方向的顶管区间都完成后，再施作永久人孔井^[2]。顶管施工总体布置见图 2.1-1 所示。

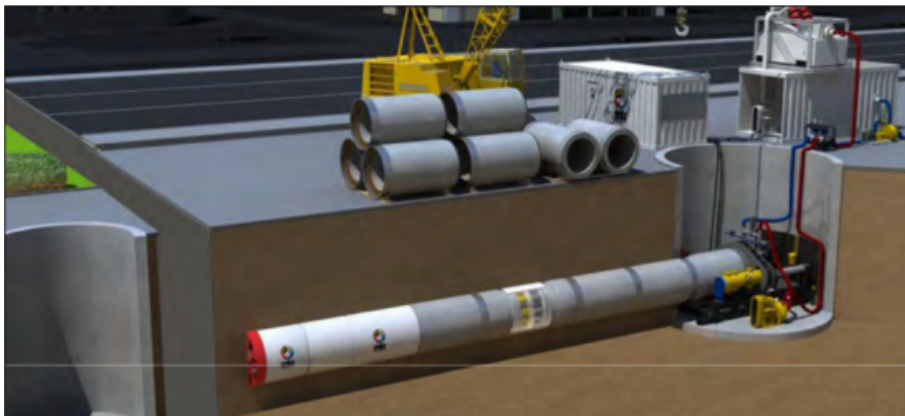


图 2.1-1 顶管施工示意图

工作井根据顶管机的作业空间要求采用 6m 直径的圆形沉井法施作，利用长臂伸缩抓泥斗直接在井口出土接高下沉。工作井周边顶管机始发和接收区 $3\text{m}\times 1.2\text{m}\times 3\text{m}$ 范围采用双管水泥浆旋喷桩进行地层预加固。

顶管区间采用泥水平衡式顶管机顶进，顶管机设备采用人工配事履带吊安设。正常顶进施工后，污水管采用吊架

逐节吊装后顶进。顶管施工完成后，顶管机头从接收井处由人工配合履带吊吊出，顶进后配套从始发井吊出。^[2]

顶管工程工艺流程：测量引点→工作井施工→测量放样→井下导轨机架、液压系统、止水圈等设备安装→地面辅助设施安装→顶管掘进机吊装就位→激光经纬仪安装→掘进机出工作井→正常顶进→顶管机进接收井。

2.2 洞口地层预加固

在工作井下沉到位后，为了防止泥砂在顶管始发及接收洞口打开时进入工作井内，采用双管旋喷注浆机对洞口处的顶管线路中心外 3m 范围进行定位预加固，见图 2.2-1、图 2.2-2、图 2.2-3 所示。水泥水玻璃浆液配比为 1:1，注浆压力 0.2~0.3MPa。

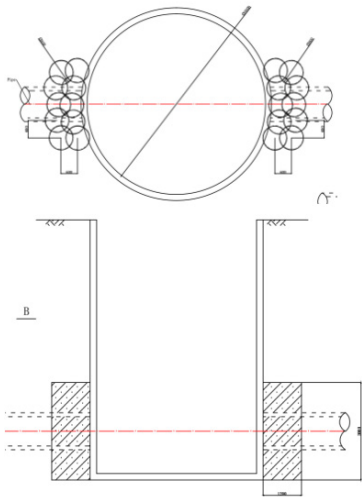


图 2.2-1 洞口地层预加固范围



图 2.2-2 洞口地层预加固施工图



图 2.2-3 顶管始发 / 接收处工作井外地层加固效果

2.3 洞口止水圈

为了防止顶管机始发和接收时泥水进入工作井以及顶进过程中触变泥浆的流失，在工作井壁顶管始发及接收洞口处安设橡胶止水圈。由于工作井为圆形，在顶管出洞口周边的内壁先浇筑一堵弓形的前止水墙，前止水墙为 C30 素混凝土现场模注，洞口止水圈安装在止水墙的平面上。见图 2.3-1、图 2.3-2 所示。

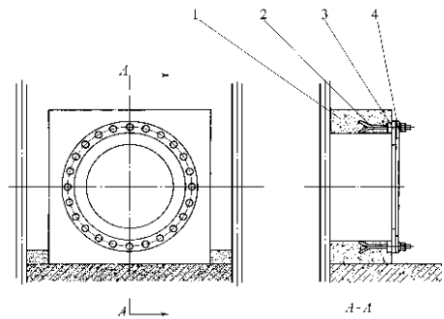


图 2.3-1 洞口止水圈构造

1-前止水墙；2-预埋螺栓；
3-橡胶止水圈；4-压板



图 2.3-2 顶管始发洞口止水装置

2.4 注浆减阻

因顶管位于富水密密的砂层中，顶进过程中利用膨润土浆液进行泥浆循环出渣，同时膨润土浆起到护壁和润滑的作用，以此达到减小顶进中的管壁摩阻力。经过多次试配，在膨润土浆中掺入 2% 的 (HDD Grade Bentonite) 外加剂，改善了普通膨润土浆液的性能，使顶管机通后区域具有一定的自稳能力，减小了地面沉降的产生，也减小了砂层对顶管机摩阻力。见图 2.4-1、图 2.4-2、图 2.4-3、图 2.4-4、图 2.4-5、图 2.4-6 所示。

表 2.4-1 改良膨润土浆液配比（单位：kg）

材料名称	水	膨润土	外加剂	备注
配合比	80	20	2	PH 9.5



图 2.4-1 外掺剂样品



图 2.4-2 掺与未掺外加剂的对比



图 2.4-3 掺外加剂反转分层明显



图 2.4-4 未掺外加剂的反转后砂往下掉



图 2.4-5 浆液改良砂土扰动试验



图 2.4-6 浆液改良砂土扰动试验效果

2.5 顶进线型控制

顶进施工前，采用 GPS 和经纬仪在工作井顶测设出管道的轴线方向和高程控制点，并将这些控制点引测到工作井底工作面上的稳定桩点上。采用架设在顶管机后背顶上的激光对准仪对顶管线型的控制，根据顶管操作仪表盘上反馈的数据信息及时采取纠偏。见图 2.5-1 所示。

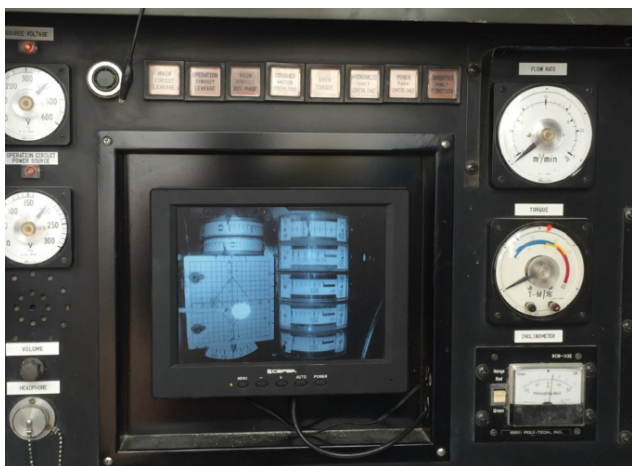


图 2.5-1 激光靶心在操作仪盘上的适时位置

3 结束语

经本工程实践，在富水砂层地区采用双管旋喷注浆预加固顶管工作井洞口周边地层，加设洞口止水圈，达到了防止泥水进入工作井的效果，29 个工作井未发生一起泥水进入工作井的现象。利用掺入外加剂改良的膨润土浆液，加入泥水平衡顶管机的泥浆循环系统，改善砂土性能，减小了顶进摩阻力又控制了地面下沉，地面最大沉降为 5mm。采用激光准直仪对顶管线型实时监控，确保了顶管的轴线位置准确，最大顶管轴线偏差 40mm。实践表明，在富水砂层采用双管旋喷注浆预加固工作井洞口地层，在洞口安设止水圈，改良顶管顶进循环泥浆能性的综合施工技术是成功的，特别是对浆液性能的控制至关重要。

[参考文献]

-
- [1] CECS 246:2008. 中国工程建设协会标准，给水排水工程顶管技术规程.
 - [2] 中国非开挖技术协会，2006. 中国非开挖技术协会行业标准，顶管施工技术及验收规范.