

装配式顶管后靠背及沉井法和逆作法相结合的顶管井施工技术研究

黄永铨

广州市第三市政工程有限公司

摘要：给排水工程施工中顶管法和沉井法施工是比较常见的施工技术。顶管施工中采用装配式预制顶管后背具有施工工序简单、材料消耗量小、工期短、可周转利用等优点，满足施工过程中工期和成本控制要求。采用沉井法和逆作法相结合的顶管井施工方法有效解决了顶管井在厚砂层且地下水位较高的地质条件下下沉困难和井壁渗漏的现象。

关键词：装配式预制；后靠背；沉井法；逆作法；砂层；地下水；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.040

引言

传统的现浇混凝土顶管后背具有强度高的优点，能够有效的为顶管推进设备提供可靠的顶推反力。但是混凝土后背施工具有工期长、耗材高、一次性使用，施工结束后还要将混凝土靠背拆除，费时费工费力，不利于项目工期和成本的控制。但随着装配式预制技术的不断发展和应用，为了缩短工期和降低混凝土钢筋等原材料的损耗，顶管井施工也积极向装配式技术靠拢，将顶管井施工过程中的大量传统现浇构件更换为装配式预制构件，装配式预制后顶管后背就是其中之一。

在地质条件较差且地下水位高的情况下，沉井法施工容易发生下沉困难、偏斜、速沉、超沉的现象，逆作法施工的顶管井防水性能较差，每层井壁之间渗水现象严重，在地下水位较高的地段施工不适用。根据工程实践，将沉井法和逆作法相结合，充分发挥了两种施工方法各自的优点同时也弥补了相互间的缺点。

一、研究背景

某排水工程顶管工作井为矩形，项目地质条件复杂，施工段砂层较厚且地下水位较高。本次研究以其中一项管井为例，其设计尺寸为6.5m×4m，深度为12m，砂层厚度约为5m，地下水位稳定深度为2.7m。

设计6.5m×4m的顶管工作井采用尺寸为3×3×0.6m的钢筋混凝土后靠背。传统的钢筋混凝土后靠背能够为顶管提供稳定的承载力，但是需要经过钢筋板扎、模板安装、混凝土浇筑、养护等工序，待混凝土强度达到设计要求后方可进行顶进施工，极大的影响了工期，并且在顶管施工完毕后还需进行凿除清理，浪费原材料和人工机械成本的同时还产生了大量建筑垃圾。

设计顶管工作井采用沉井法施工，但在厚砂层地段施工时出现了大量涌砂的现象，井壁下沉不均匀，井节偏斜严重。采用传统的偏除土纠偏，在刃脚较高一侧除土，在刃脚较低一侧加支撑垫的纠偏方法和井顶施加水平力的纠偏方式均无法解决沉井在下沉过程中的偏斜现象，以及在顶管井周边采用高压旋喷桩进行土体加固效果也不明显。改用逆作法进行工作井施工，但由于地下水位较高，井节之间渗水严重，无法正常施工。

综合上述，经过项目部讨论研究决定采用“装配式顶管后靠背及沉井法和逆作法相结合的顶管井施工技术”。

二、技术原理

装配预制后靠背：采用Q235结构钢组成装配式预制后靠背代替传统现浇钢筋混凝土后靠背，通过更换钢板尺寸和钢管数量调整后靠背的承载力，适用于不同顶力和尺寸的顶管工程。

沉井法和逆作法相结合的顶管井施工方法：在砂层较厚且地下水位较高的地质条件下施工，首先在井壁外侧采用高压旋喷桩加固砂层、止水，然后采用逆作法穿过砂层，最后采用沉井法下沉至设计标高。

三、施工技术

（一）装配式预制后靠背技术

装配式预制后靠背采用Q235结构钢组成，主要是由两块镂空钢板和直径0.6m、长度0.5m钢管焊接而成。

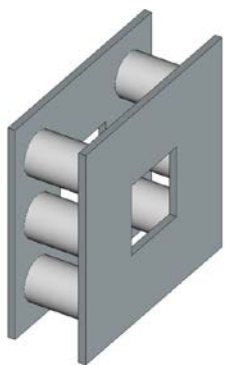


图1 装配式预制后靠背BIM模型结构示意图

以设计尺寸为 $6.5\text{m} \times 4\text{m}$ 的顶管井为例，根据顶管最大顶力计算出后靠背最大允许顶力。通过验算，装配式预制后靠背采用两块 $3 \times 3 \times 0.01\text{m}$ 的镂空钢板和6根钢管焊接组成，钢板与沉井井壁之间浇筑C25混凝土调平层，满足最大顶力要求。



图2 装配式后靠背实际应用示意图

装配式预制后靠背是根据顶管井图纸和顶管机顶力计算出最大允许顶力，通过调整后靠背钢板尺寸和钢管的数量来适应不同顶力和尺寸的顶管工程，以确保钢管和钢板100%满足受力要求。

装配式预制后靠背必须精准定位保证其方向与顶管方向垂直，以免造成受力不均匀，出现崩铁事故。

装配式预制后靠背与传统钢筋混凝土后靠背相比有以下优点：

①仅需要改变钢板的尺寸即可适用于不同尺寸的顶管井，通过增减钢管的数量可适用于不同顶力的顶管机械，具有灵活性；

②结构简单，造价低廉，能循环利用，大大的节省了费用；

③安装、拆卸方便，安装完毕即可进行顶进，缩短了工期；

④无须破碎，对井壁混凝土起到很好的保护作用，避免了混凝土靠背破除残渣较多，污染环境的问题。

（二）逆作法与沉井法相结合的施工技术

顶管井设计深度为 12m ，砂层厚度约为 5m ，地下水位稳定深度为 2.7m 。由于沉井法在砂层较厚的情况下采用不排水下沉挖土法施工，流沙明显，下沉不均匀，井壁偏斜严重，在井壁周围进行高压旋喷桩加固效果也不理想。结合沉井的实际情况，通过研究讨论，决定采用逆作法和沉井法相结合的顶管井施工技术。首先采用逆作法施工7节井壁穿过砂层，然后在进内施工高压旋喷桩，最后沉入直径较小、深度为 5m 的沉井井节。

（1）主要性能指标：

①顶管井基础采用天然地基，地基承载力要求不低于 120Kpa 。

②井壁混凝土强度等级为C30，钢筋采用HPB300/HRB400，钢筋净保护层厚度为 35mm 。

③井壁横向钢筋必须采用焊接，其他钢筋搭接宜采用焊接，单面焊接长度不小于 $10d$ ，焊条及焊缝应符合现行国家规范的规定。

④各井节混凝土强度 $\geq 95\%$ 方可进行下沉施工。

⑤高压旋喷桩桩径 500mm ，水泥用量 200kg/m ，工作压力 $\geq 20\text{Mpa}$ ，水泥无侧限抗压强度 $\geq 2.0\text{Mpa}$ ，水泥浆水灰比不宜小于 1.0 。

（2）逆作法与沉井法相结合施工工序：

①逆作法井壁外侧施打高压旋喷桩超前加固，稳定砂层与止水。

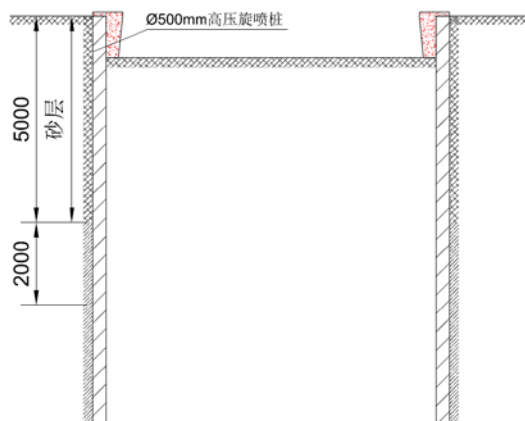


图3 井壁外侧施打高压旋喷桩

②逆作法施工7节井壁穿过砂层。

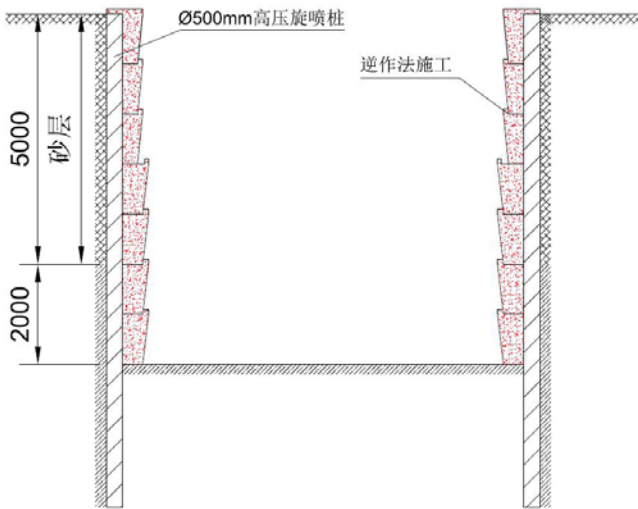


图4 逆作法施工穿过砂层

③逆作法井壁内侧施打高压旋喷桩超前加固土体同时固定工作井下沉轨迹和支撑逆作法井壁。

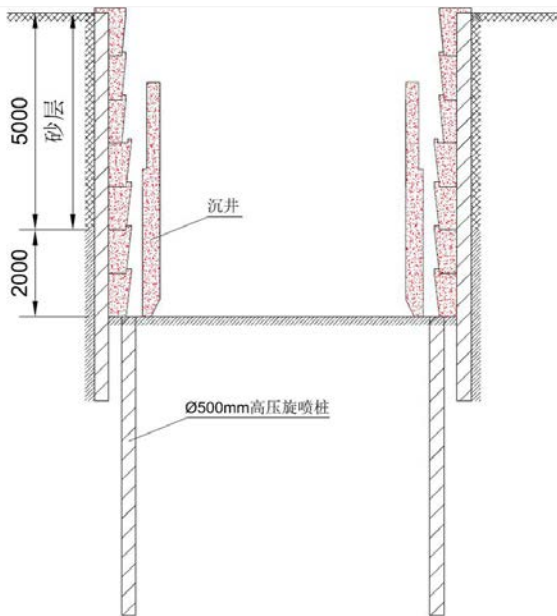


图5 井壁内侧施打高压旋喷桩

④在井内下沉一个略小的工作井至设计标高。

采用逆作法和沉井法相结合的顶管井施工技术，解决了沉井在厚砂层和地下水位高的地质条件下，井壁下沉困难和渗水的问题。

四、结语

本文依托在建排水工程，提出装配式预制后靠背及沉井法和逆作法相结合的顶管井施工技术，讲述了两种施工技术的实施要点，与传统的顶管和沉井施工技术进行对比，得到了以下结论。

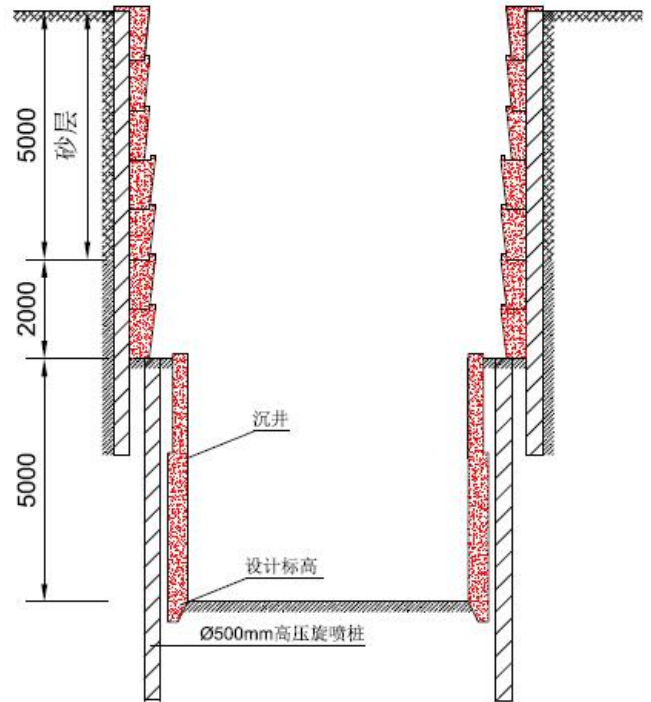


图6 工作井下沉

(1) 装配式预制后靠背，适用性强、结构简单、安拆方便、可循环利用，有效缩短了工期、节约了成本、符合环保要求。

(2) 逆作法和沉井法相结合的顶管井施工技术，有效的解决了沉井在砂层较厚的地质条件下沉困难、偏斜、速沉、超沉以及地下水位较高井壁渗漏的问题。

参考文献

[1] 一种装配式顶管后靠背[P]. 中国. 实用新型, CN202021726454.4, 2021

[2] 魏珊珊, 唐文. 在富水地层中进行新旧管道联通的逆作法顶管井施工技术研究[J]. 福建建设科技, 2020, (2): 48-50.

[3] 姚鑫. 逆作法、锚杆支护相结合的顶管工作井施工技术[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(12): 43-44.

[4] 宋海涛, 穆庄庄, 王自博, 古衡原. 污水顶管钢板后靠背在工程上的应用[J]. 工程技术研究, 2018, (12): 63-64.

[5] 陶炳芳. 砂层条件下顶管工作井施工方法的研究[J]. 兰州工业学院学报, 2013, 20(2): 57-59, 64.

[6] 黄培山, 刘建业. 特殊工况下逆作法与沉井法组合施工工艺的应用探究[J]. 珠江水运, 2022, (14): 49-51.