

Underwater Penetration Technology of Pipe Jacking Tunnel in High Water Gravel Sand Layer

Yongchun Qi, Xiaolin Liu, Lizhao Hao, Zilu Shao, Yushan Dong

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei
Email: qiyongchun-369@163.com

Received: Dec. 13th, 2017; accepted: Mar. 24th, 2018; published: Jun. 15th, 2018

Abstract

During the penetration of pipe jacking tunnel through the gravel strata with abundant water, strong permeability and loose geology, it was easy to cause the risk of water and sand gushings, result in ground collapse accidents, and even the possibility of engineering failure. This paper takes the Fuchun River Pipe Jacking Project for example; the water receiving pipe jacking machine, tunnel penetration technology and receiving portal around and reinforced concrete pipe grouting technology were used; the construction risk was effectively controlled. It provides an effective method for the safety of pipe-jacking tunnel in water-rich gravel sand layers.

Keywords

Rich Water, Gravel and Sand Layer, Pipe Jacking, Underwater Penetration

富含水砾砂层中顶管隧道水下贯通技术

祁永春, 刘小林, 郝立钊, 邵子璐, 董昱汕

中国石油管道局工程有限公司第四分公司, 河北 廊坊

作者简介: 祁永春(1984-), 男, 助理工程师, 现主要从事盾构、顶管、直接铺管施工技术与管理工

Email: qiyongchun-369@163.com

收稿日期: 2017年12月13日; 录用日期: 2018年3月24日; 发布日期: 2018年6月15日

摘要

顶管隧道在富含水、渗透性强、地质松散的砾砂层中贯通, 容易发生涌水涌砂风险, 造成地面塌陷事故, 甚至存在工程失败的可能。以富春江顶管工程为例, 应用水下接收顶管机和隧道贯通技术, 采取接收洞门周围和钢筋混凝土管节注浆封水技术, 有效控制了施工风险, 为成功实现顶管隧道在富水砾砂层中的安全贯通提供了一种有效方法。

关键词

富水, 砾砂层, 顶管, 水下贯通

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

顶管作为一项施工便捷、费用经济、较为环保的非开挖施工技术, 在国内已经得到较为广泛的应用, 关键技术和重要工序施工也日趋成熟, 但在水量大、渗透性强、地质松散的砾砂层中, 顶管机接收和隧道贯通仍是风险高、技术难度大的一道施工工序[1]。选择一种合理的贯通方式, 对于工程的成功尤为重要。

富春江顶管工程采用顶管工法施工, 顶管穿越全长 658 m, 内径 2.4 m。工作井长 11 m、宽 10 m、深 12 m, 接收竖井内径为 13 m, 井深为 17.3 m。富春江顶管工程的贯通段位于圆砾层, 其间充填细砂, 地下水与江水联通, 水量大, 施工水压 0.14 MPa。为了在顶管隧道贯通和顶管机接收过程中有效控制地下水携带砾砂涌入接收竖井, 防止地面塌陷, 避免管节位移, 工程采取了水下接收顶管机和隧道贯通技术, 通过竖井灌水、洞门密封、潜水定位、注浆封水等多种方式结合的施工技术, 顺利完成了隧道贯通和设备接收工作。

2. 水下贯通原理

水下贯通是在隧道贯通前, 向接收竖井内灌入一定量的水, 水位根据贯通段地下水位情况确定, 保持井内水位略高于地下水位 1~2 m, 利用井内水压平衡地下水土压力, 在隧道贯通过程中, 维持地层与

井内压力相对平衡，在水下将顶管机顶进到位，对洞门进行注浆处理，最终将井内的水排出，实现隧道贯通的一种技术。

3. 顶管隧道贯通流程

顶管隧道贯通流程如图 1 所示。

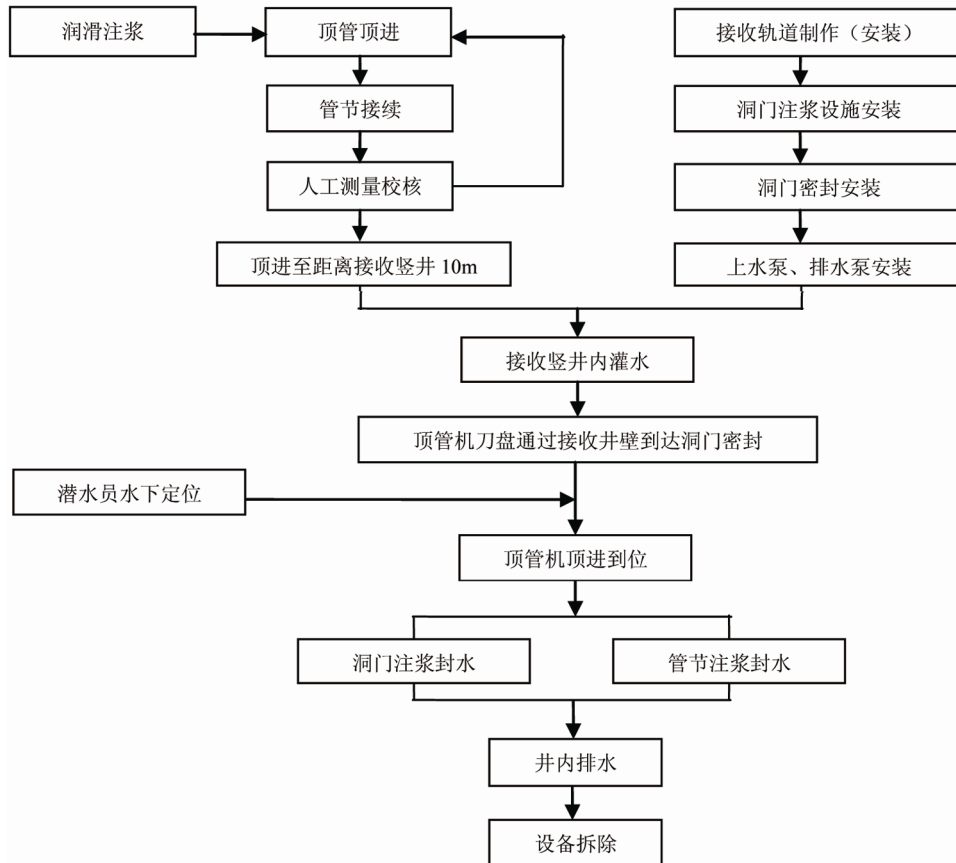


Figure 1. The procedure of pipe-jacking tunnel
图 1. 顶管隧道贯通流程

4. 隧道贯通的关键技术措施

4.1. 洞门密封安装

洞门密封装置主要由预埋圆环板、帘布橡胶密封圈、圆环压板，依次通过双头螺柱连接固定而组成。洞门橡胶密封圈的內径至少小于刀盘直径 300 mm，以便当刀盘穿过密封后，密封能够紧紧包裹顶管机和顶管管节。

4.2. 洞门注浆设施安装

洞门注浆设施包括接收竖井洞门周围预埋直径 1 in 的注浆管路，及与该管路连接的阀门、注浆软管等，所有注浆管路之间采用三通连接。根据贯通后注浆的需求，在接收井内洞口周围预埋 7 根直径 2 in 注浆管，管口与竖井外壁齐平。其中 5 根注浆管路直接通往地层，2 根注浆管路通过 90°弯头通往洞口钢环内侧，贯通准备期间在井壁两侧分别设置 3 路直径 1 in 镀锌管路顺沿井壁通过三通管路、直径 1 in 快

速接头和直径 1 in 软管接头卡子与直径 1 in 软管连接, 软管通过变径与直径 2 in 球阀连接。每一路都做好标记并安装好阀门, 每一路注浆之前都需要压水试验, 打通注浆通道。

4.3. 接收竖井内灌水

在接收竖井内一切准备工作完成后, 利用 7.5 kW 潜水泵, 从江中抽水灌入接收竖井。根据顶管机带有的压力传感器测得的地下水压力, 计算地下水水位高度, 将竖井内水位灌至略高余地下水水位 1 m。

4.4. 顶管机刀盘定位

根据顶管机测量系统实时显示的顶进里程, 计算刀盘破除洞门混凝土的位置。同时, 密切观察接收竖井内水面情况, 由于刀盘破除洞门混凝土后, 掉落的混凝土在水中会形成气泡, 造成水体浑浊, 当水面不断出现密集的气泡, 并慢慢变得浑浊的时候, 说明刀盘已经开始逐渐进入洞门密封。在刀盘顶进全部进入密封后, 安排潜水员下潜至刀盘和密封位置, 判断刀盘与密封的相对位置, 确定贯通偏差。

4.5. 洞门注浆封水

4.5.1. 注浆材料配比

顶管机顶进到位后, 对洞门周围注浆封水, 浆液采用双液浆。浆液配比如表 1 所示。

Table 1. The slurry blending ratio of grouting and water blocking

表 1. 注浆封水浆液配比

类别	水的质量/kg	水泥的质量/kg	水玻璃的质量/kg
A 液	100	100	-
B 液	100	-	100

注: 注入时 A 液和 B 液体积比为 1:1。

4.5.2. 注浆压力和注浆量控制

1) 注浆压力

为保证达到对环向空隙的有效充填, 同时又能确保封堵效果, 注浆压力应控制在比地层水土压力高 0.1~0.2 MPa, 连续注浆压力不得超过 0.6 MPa。

2) 注浆量

$$V = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) \cdot L$$

式中: V 为理论注浆量, m^3 ; d_1 为刀盘外径, 取 2.955 m; d_2 为管节外径, 取 2.86 m; L 为注浆范围总长度, m。

其中注浆量根据现场实际情况进行压注。

4.5.3. 注浆效果判断

1) 监测水面的浑浊程度。竖井内回填水经过沉淀基本清澈, 当注浆效果不好时浆液会从帘布橡胶进入竖井, 竖井内会出现浑浊情况, 判断洞门封堵效果不佳, 继续注浆。

2) 综合对比压力和水面的浑浊程度, 待到注浆压力较稳定且液面无浑浊情况时, 可以进行竖井内水的排放。

3) 管节注浆孔探测。利用钢钎对注浆点位进行钻孔检查, 查看是否有涌水。如没有, 螺旋盖+逆止阀堵上。如有涌出水, 记录涌出量, 对该点位继续压注双液浆, 压注后继续探孔检查, 如无涌出, 将该

孔堵上, 如有涌出, 继续压注双液浆, 直至不漏水为止。

4.6. 接收竖井内排水

接收竖井内的水分阶段进行排出, 水位每下降 4 m 停止抽水, 观察 2 h, 井内水位是否变化, 如无变化继续排水, 直至全部排出井内的水。排水时, 首先利用顶管机配置的排浆泵进行抽排水, 其流量可达 350 m³/h, 能够快速降低井内水位。当无法用排浆泵继续排水时, 采用潜水泵排水。

5. 结语

富春江顶管工程成功应用水下贯通技术, 有效控制了施工风险, 顺利实现了顶管隧道贯通和设备接收, 为顶管隧道贯通积累了宝贵的经验。顶管隧道水下贯通技术能够在富春江顶管工程中顺利实施并取得成功, 不仅需要各项关键技术的综合运用, 也得益于其接收竖井的尺寸足够一次性容纳顶管机的长度, 在顶管机全部进入接收竖井后, 可以采取双液注浆止水。对于小尺寸的接收竖井, 顶管机需分至少两段进行拆除, 顶管隧道需要在第一段主机拆除后继续向前顶进, 以满足后续的顶管机部分拆除, 这对注浆封水的材料、技术参数、止水效果提出了更高的要求, 这也是今后顶管隧道采取水下贯通技术的一项重要研究内容。

参考文献

- [1] 李胜新, 陈宙, 邢舒宁. 粉砂地层隧道盾构水下贯通技术[J]. 石油工程建设, 2013, 39(2): 25-27.

[编辑] 龚丹

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org