

# Research on the Technology Slurry Balance Pipe Jacking with Pressurized Tank Opening

Xiao Liao, Xiaochao Li, Shukai Zhang, Jianqun He, Hui Cheng

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei  
Email: 532909502@qq.com

Received: Jan. 5<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 27<sup>th</sup>, 2018; published: Apr. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In the construction of pipes with jacking method, when it had to be shutdown in meeting underground obstacle and tool wearing and replacement, it was necessary to open the tank and handle it. In Fuchunjiang Pipe Jacking Engineering, in view of the key problems palm surface water stop and pressurized tank opening before the pressurized tank opening, effective measures are taken for solving the problems, it provides reference for future pressurized tank opening technology.

## Keywords

Slurry Balance Pipe Jacking, Palm Surface Water Stop, Air Pressure Balance, Pressurized Tank Opening

---

# 泥水平衡油气顶管带压开舱技术研究

廖 潇, 李晓超, 张树凯, 贺建群, 程 慧

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: 廖潇(1979-), 男, 工程师, 主要从事盾构技术的研究与管理。

Email: 532909502@qq.com

收稿日期: 2018年1月5日; 录用日期: 2018年3月27日; 发布日期: 2018年4月15日

## 摘 要

在顶管法管道施工中遇到地下障碍物、刀具磨损更换等被迫停机时, 需要进行开舱处理。依托富春江顶管工程实例, 针对带压开舱前的掌子面止水、带压开舱等关键问题进行研究, 制定了有效的解决措施, 对今后的顶管带压开舱技术具有重要的借鉴意义。

## 关键词

泥水平衡顶管, 掌子面止水, 气压平衡, 带压开舱

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

顶管法以其低价、安全、快速、高效等优势已成为非开挖施工中不可或缺的技术, 尤其在穿越越江隧道建设中得到了广泛应用。由于穿越的地层复杂多变, 江河底部可能存在不明障碍物等情况, 施工过程中不可避免地会遭遇被迫停机、开舱检查等问题[1]。停机位置一般位于水压较大的江河底部, 无法采用常压开舱作业, 带压开舱作业是必选方案。带压开舱作业存在较大风险, 容易出现掌子面失稳坍塌、涌水等情况, 给作业人员及设备造成灾难性后果[2]。以富春江顶管工程在风化砂岩层中开舱换刀为例, 对顶管隧道外部周围止水、掌子面止水、压力计算、泥膜形成、带压开舱作业的工艺流程等进行介绍。

## 2. 工程概况

富春江顶管隧道水平长度 658.05 m, 隧道轴线四次变坡, 首先以 10.5% 的坡度下行至 80.4 m, 变至曲率半径为 4300 m 顶进 274.1 m, 再以曲率半径 1200 m 顶进 222.46 m, 最后以 14.5% 的坡度上行 71.57 m 到达接收井。依次穿越地层为淤泥质粉质黏土、粉细砂岩、中粗砂岩、中风化砂岩及圆砾岩, 其中中风化砂岩穿越长度约 343 m, 平均抗压硬度 103 MPa (最大抗压硬度 127 MPa)。

在顶进到(里程 K0 + 408 m)时, 操作人员发现泥水压力在 1.8~2.4 bar (1 bar = 0.1 MPa)之间波动 (正常顶进泥水压力 2.6 bar), 循环泥浆流量在 190~300 m<sup>3</sup>/h 之间波动 (正常泥浆循环流量 240 m<sup>3</sup>/h), 泥水流失严重, 无法有效建立泥水压力平衡, 此时顶进速度下降至 3~5 mm/min (正常顶进速 30~45 mm/min),

便立即停机。同时泥水分离区发现有铁块掉出,判断铁块为刀具破损刀圈和刀座垫块,为确保中风化岩层顺利顶进,需要开舱进行刀具检查。

### 3. 开舱存在问题

顶管施工采用刀盘开挖土体,用工作井千斤顶和中继间千斤顶顶进,隧道周围与地层之间使用润滑泥浆进行填充,地层水能通过润滑泥浆通道与掌子面形成透水通道,因此顶管施工带压进舱作业不仅要稳定开挖掌子面,还要阻止掌子面前部及隧道后部的地下水进入刀盘舱。进舱止水既要保证带压进舱,还要满足进舱作业结束后隧道外部的润滑效果[3]。

### 4. 开舱止水措施

#### 4.1. 掌子面止水

开舱作业前掌子面止水要求填充的材料既能止水又不固结。首先,采用外循环向刀盘舱压注高黏泥浆(300 s),填充掌子面岩层裂隙。其次,在泥水舱加注高黏泥浆(600 s)、锯末、聚丙烯纤维等,混合均匀,用气压模式通过联通管压注到刀盘舱内,封堵岩层裂隙并止水。

#### 4.2. 隧道外部止水

隧道外部止水与掌子面止水同理,要达到止水的效果还不能产生固结,便于开舱作业后顶进施工的润滑效果。通过向顶管机尾部第1根混凝土管节的12个预埋注浆孔与顶管机壳体上9个注浆孔注入盾尾油脂,阻止隧道后部地下水进入刀盘舱。同时,通过减阻泥浆压注基站,向顶管机尾部第2~20根混凝土管节内的预埋注浆孔,压注600 s高黏泥浆,注浆压力不超过掘进面水土压力0.5~1 bar。根据实时监测压力变化情况调整注入量与压力控制,从而填充隧道与地层间隙,达到止水效果。

### 5. 带压开舱作业

#### 5.1. 泥浆制备

泥浆配置的质量决定着掌子面止水效果及其稳定性,为改善泥浆的性能,需添加增黏剂、降失水剂等。泥浆渗入地层后能形成泥膜,稳定地层水土压力,高黏泥浆配比如表1。

Table 1. The mixing ratio of high viscosity slurry

表 1. 高黏泥浆配比

高黏泥浆黏度/s	水体积/m <sup>3</sup>	膨润土质量/kg	降失水剂质量/kg	增黏剂质量/kg	备注
300	1	80	0.4	0.4	马氏漏斗
600	1	100	0.6	0.6	马氏漏斗

#### 5.2. 开舱压力设定

掌子面泥膜形成以后,需要通过气压抵抗地层的水土压力来维持掌子面的稳定,压力设定值为停机静止时的水土压力。设定压力过高不但对开舱作业人员身体不利,同时还容易击穿泥膜而透水;设定压力过低气压不足以平衡地层水土压力,易导致掌子面失稳坍塌[4]。

带压开舱的压力计算公式如下:

$$P_{\min} = k \cdot p_d \cdot p_e$$

式中:  $p_{\min}$  为刀盘舱气压, kPa;  $k$  为安全系数,  $kPa^{-1}$ , 一般  $k > 1$ ;  $p_d$  为盘舱水压, kPa;  $p_e$  为掌子面土

层压力, kPa。

### 5.3. 带压开舱

作业人员进入人舱内加压至设定值后进入作业舱,舱内人员使用电话或对讲机与监舱人员保持联系,人员进入作业舱后打开泥水舱舱门,选派施工经验丰富的人员进入泥水舱开启刀盘舱舱门。开启舱门前打开舱门上观察阀,判断舱内透水情况,在确认安全的情况下缓缓开启刀盘舱舱门,同时使用气体检测仪检测,确认无有害气体后方可进入工作。

在刀盘舱内作业时应有人员在泥水舱进行监护,查看掌子面稳定情况,如有土体掉落和透水现象,应重新注浆封堵后再进行开舱作业。作业完成后,开舱人员对刀盘舱内进行全面检查,避免工具、杂物遗留在舱内。确认所有工作完成后,关闭刀盘舱和泥水舱舱门,人员在作业舱和人舱内减压,减压时间根据作业压力及时间确定,严格按照国际标准执行。

## 6. 结语

富春江顶管施工带压开舱换刀作业的成功实施,为今后的顶管施工带压开舱作业提供了一定的借鉴。在开舱作业时,应重视地下水的封堵,防止隧道后部地下水进入刀盘舱,造成掌子面失稳及刀盘舱内积水导致无法作业;止水材料不仅要有良好的止水效果,还应保证开舱作业结束后顶进时的润滑效果,可选用油脂类柔性止水材料;带压开舱作业具有一定危险性,泥膜的质量及持续时间是保证掌子面地层稳定的重要因素,舱内气压设定应经过详细计算后合理设定。

## 参考文献

- [1] 彭旭红. 南昌地区上软下硬地层土压平衡盾构带压开舱技术[J]. 中国高新技术企业, 2014(3): 116-117.
- [2] 施笋. 土压平衡盾构在富含水砂层中加压开舱技术[J]. 现代隧道技术, 2013, 50(1): 154-160.
- [3] 姚占虎, 陈方伟, 陈郁. 压气条件下大直径泥水盾构饱和和法开舱技术[J]. 隧道建设, 2015, 35(2): 185-190.
- [4] 吕荣海. 泥水盾构机砂层中带压开舱作业在隧道施工中的应用[J]. 建材与装饰, 2011(2): 177-178.

[编辑] 邓磊

### 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](mailto:jogt@hanspub.org)