

# Risk Analysis on the Construction of Long Distance Oil and Gas Pipelines Rock Tunnel Pipe Jacking and Countermeasures

Xiaolin Liu, Yongqiang Zhi, Guoqing Gao, Yutao Wang, Wenhui Cai

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei  
Email: 297104909@qq.com

Received: Nov. 15<sup>th</sup>, 2017; accepted: Feb. 15<sup>th</sup>, 2018; published: Apr. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In this paper, combined with the Shanxi-Beijing Four-line bosom Huaijiuhe Pipe-jacking Tunnel Construction Project, the potential risks existed in the process of rock tunnel pipe jacking construction of long distance oil and gas pipelines were analyzed in depth. A set of countermeasures are developed based on characteristics of various risks, it provides reference for avoiding risks in rock tunnel pipe jacking construction of long distance oil and gas pipelines in the future.

## Keywords

Long Distance Oil and Gas Pipelines, Rock Pipe Jacking, Safety Risk, Countermeasure

---

# 长输油气管道岩石顶管隧道施工风险分析与应对措施

刘小林, 邴永强, 高国庆, 王玉涛, 蔡文虎

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: 刘小林(1985-), 男, 工程师, 主要从事盾构顶管隧道施工管理技术工作。

Email: 297104909@qq.com

收稿日期: 2017年11月15日; 录用日期: 2018年2月15日; 发布日期: 2018年4月15日

## 摘要

结合陕京四线怀九河顶管隧道施工工程, 深入剖析了长输油气管道岩石顶管隧道施工过程中的潜在风险, 根据各种风险存在的特点, 制定了一套详细且行之有效的应对措施, 以期为今后长输油气管道岩石顶管隧道施工风险规避提供借鉴和参考。

## 关键词

长输油气管道, 岩石顶管, 安全风险, 应对措施

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. 工程概况

怀九河顶管工程隶属于陕京四线输气管道工程怀柔区段改线段, 位于北京市怀柔区九渡河镇花木村。该工程包括 2 条顶管隧道, 分别位于花木村西约 500 m 处和花木村南约 200 m 处, 桩号分别为 FC003 至 FC003+1 (断面 I)、FC007 至 FC007+1 (断面 II), 断面 I 长度为 100.1 m, 断面 II 为 88 m (图 1), 隧道内径均为 2.4 m, 钢筋混凝土套管标准 DRPCIII 2400 × 2500 JC/T640-2010, 抗渗等级 P8。轴线贯通后, 隧道内铺设输气管道直径为 1219 mm, 管道壁厚 27.5 mm, 管道设计压力 10 MPa。



Figure 1. The sketch of Huaijiuhe pipe jacking pass-through location  
图 1. 怀九河顶管穿越位置示意图

## 2. 岩石顶管隧道施工风险分析及应对措施

工程穿越地层均为岩石层，断面 I 隧道岩性为微风化石灰岩，最大强度为 152.66 MPa；断面 II 隧道岩性为微风化花岗岩和强风化板岩，岩石最高强度为 160.78 MPa。面对高强度岩石层顶进，总结了掘进的风险和应对措施。

### 2.1. 施工风险

- 1) 岩石层与大粒径卵石层交界掘进，易造成卵石坍塌和卡刀盘风险。
- 2) 岩石层掘进中刀具磨损、频繁进舱风险。
- 3) 岩石层掘进中石粉沉积抱管风险。
- 4) 润滑注浆效果差导致隧道摩阻力持续增加的风险。
- 5) 顶进压力过大导致管节和后背墙碎裂的风险。

### 2.2. 风险应对措施

#### 2.2.1. 岩石层与大粒径卵石层交界掘进，防止卵石坍塌和卡刀盘风险应对措施

1) 采用先进的施工设备。在岩石层与大粒径卵石层交界掘进，选择适应改岩石强度地层的设备，如德国制造的 AVND2400AH 泥水加压平衡顶管机，可适应各种复杂地质条件下掘进施工，能够在地下进行刀盘刀具检查和刀具更换作业[1]。

2) 泥水加压平衡掘进。在正常工作状态下，泥水压力是通过设置在地面上的供浆泵，设置在拖车上和隧道内的排浆泵转速变化来改变输入流量和输出流量，由此来控制刀盘舱中的泥水压力，使之与开挖面上的水、土压力保持平衡。在泥水加压平衡模式下，计算出当前地层的水土压力，设定合适的气压控制参数。

3) 开挖量控制。在顶管机顶进过程中，一定要严格控制开挖量，防止出现超挖和欠挖。

#### 2.2.2. 高强度岩石地层掘进刀具磨损、频繁进舱风险应对措施

1) 合理配置刀盘刀具。通过与专业厂家技术交流，对边缘滚刀、弧形刮刀、保径刀进行适应性改造。刀具采用刀刃、刀圈一体的三刃滚刀(图 2)，缩短了轨迹线间距离，破岩性能增加；弧形刮刀增加了合金数量并改造了刀座安装方式。



Figure 2. The arrangement plan of tool pan and cutters  
图 2. 刀盘刀具布置图

2) 对刀具进行全面保护。在顶管机始发前,在刀盘面及其外沿圆周部位焊接耐磨层。应严格保证焊接质量,避免焊层裂纹、未融合等焊接质量缺陷影响耐磨层性能。合理配置刀具,优化刀具组合形式,选择优质单刃滚、双刃滚刀等破岩刀具和刮刀。刀具安装时,要充分考虑刀座新旧程度不同,选择合理的刀具固定螺栓紧固力矩,避免顶进时因紧固螺丝松动导致的刀具损坏。

3) 定期进行刀具磨损检查和更换。加强刀具监测主要是指制定并执行合理的刀具使用、检查、更换计划,每项进 5~10 m 后必须进舱检查刀具。

4) 优化顶进参数以降低刀具损耗。顶进参数中水土压力 0.1 bar (1 bar = 0.1 MPa)左右,刀盘转速 3.5 r/min,刀盘油压控制在 60~90 bar,稳步推进,避免卡刀盘情况发生;实地测量现场每把滚刀轴承旋转扭矩,保证扭矩  $\geq 35\text{N}\cdot\text{m}$ 。

### 2.2.3. 岩石地层掘进石粉沉积抱管风险应对措施

- 1) 掘进时选择合适的喷嘴。
- 2) 盾尾加装反冲洗装置。
- 3) 加强润滑注浆。
- 4) 隧道内沉渣冲洗清理。

### 2.2.4. 润滑注浆效果差导致隧道摩阻力持续增加风险应对措施

润滑注浆减摩是顶管施工中非常重要的一个环节,尤其是在长距离顶管和曲线顶管施中,注浆的好坏直接关系到工程的成败。它主要有两个作用机理:一是起润滑作用,将顶进管道与土体之间的干摩擦变为湿摩擦,减小顶进时的摩擦阻力;二是起到填补和支撑作用,浆液填补施工时管道与土体之间产生的空隙,同时在注浆压力下,减小土体变形,使隧洞变得稳定[2]。改善阻力持续增加可以配置优质润滑注浆设备和优化润滑注浆方式。

### 2.2.5. 顶进压力过大导致管节和后背墙碎裂风险应对措施

全断面硬岩中顶进导向极其不易控制,隧道很容易出现“S”形或呈现波浪形曲线,增加摩阻力,推进困难;再有就是管节设计承受顶力不满足施工长距离要求,需要通过安装中继间来接力实现继续顶进,避免管节和后背墙因顶力增加而被破坏。故需要严格控制导向防止隧道出现“S”弯或波浪线隧道;安装中继间缓解管节承受顶力达到极限;在管节之间设置木垫片;监控刀具磨损避免开挖孔洞直径缩小。

## 3. 结语

怀九河穿越项目岩石顶管隧道通过对顶进中顶力控制、刀具磨损监测、石粉抱管处理、设备选用和润滑注浆减阻的应用,保证高强度岩石隧道的正常顶进,逐步完善工程的施工中技术和管理措施,确保工程安全高效推进。

## 参考文献

- [1] 田艳玲,张宝强,黄琳,等. 岩石地层大口径长距离顶管施工影响因素[J]. 油气储运, 2012, 31(8): 612-614.
- [2] 肖辉. 顶管工程风险分析及关键技术实施[J]. 建筑工程技术与设计, 2014(12): 28.

[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)