

# Micro Tunneling Technology and Construction Management of Saudi Aramco Project

Hao Liu

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei  
Email: 224135861@qq.com

Received: Sep. 11<sup>th</sup>, 2020; accepted: Nov. 9<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Micro tunneling technology is a kind of pipe-jacking construction technology, which is widely used in highway, railway and other trenchless crossing situations. It is a control project and is highly concerned by the owners of Saudi Aramco project. In addition, the Saudi Aramco standards are very strict. The construction management faces a big challenge. Based on the practice of Saudi Aramco project, this paper introduces the main construction technology and successful construction management experience of micro tunneling. They can provide references for similar projects.

## Keywords

Saudi Aramco, Micro Tunneling, Technology, Construction Management

---

# 沙特阿美项目微型隧道工艺及施工管理

刘昊

中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊  
Email: 224135861@qq.com

收稿日期: 2020年9月11日; 录用日期: 2020年11月9日; 发布日期: 2020年12月15日

## 摘要

微型隧道技术是顶管施工技术的一种, 广泛用于公路、铁路等非开挖穿越中。微型隧道施工通常属于控制性工程, 受到业主高度关注, 加之沙特阿美项目严格的标准, 施工管理面临较大挑战。本文基于沙特阿美项目实践, 介绍了微型隧道穿越的主要施工工艺和管理中的成功经验, 为其他类似工程的施工管理提供了参考。

## 关键词

沙特阿美, 微型隧道, 工艺, 施工管理

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

微型隧道技术是一种利用传感、通信和数据处理技术来实现远程测量和控制的顶管施工技术, 近年来被广泛应用于国内外非开挖条件下(如穿越公路、铁路、河流、城市等)进行的油气、给排水等各类管道的铺设中。微型隧道技术的主要优势包括: 适用于几乎所有的地质条件; 管道铺设精度高; 施工过程中产生的噪音和震动较小、对周边环境影响不大; 相比水平定向钻通常情况施工风险低等[1]-[10]。

沙特阿拉伯国家石油公司(以下简称沙特阿美)是目前世界上最大的原油生产公司。沙特阿美项目执行标准相对较高、管理制度严格, 非开挖穿越属于油气工程项目中的控制性工程, 一直受到业主的重点关注。加之微型隧道穿越技术含量相对较高、涉及界面多、地质情况存在不确定性, 给施工管理带来较大挑战。本文基于沙特哈拉德天然气管道项目(以下简称哈拉德项目)利用微型隧道穿越高速公路和铁路的成功经验, 介绍了微型隧道的工艺过程和管理控制要点, 以期对其他类似工程特别是沙特阿美项目的成功实施提供一定的借鉴。

## 2. 微型隧道施工工艺

微型隧道施工开始前需对穿越目标附近的进行地勘, 地勘报告满足需要后才可开始施工准备工作。哈拉德项目微型隧道穿越施工示意图见图 1, 发送井和接收井的开挖深度需要根据穿越目标类型和地质情况决定, 以保证足够的安全深度。钻进从发送井前挡墙开始, 采用专用钻机对工作面进行破碎, 然后

在发送井内顶进设备单元的作用下，将钻机和计划铺设的套管按顺序顶入，直至套管从接收井内顶出。根据地质情况和套管材质不同，各套管连接处需采取对应方式进行密封。整个施工过程分为入场准备、设备入场安装调试、掘进作业、顶进收尾四个阶段。

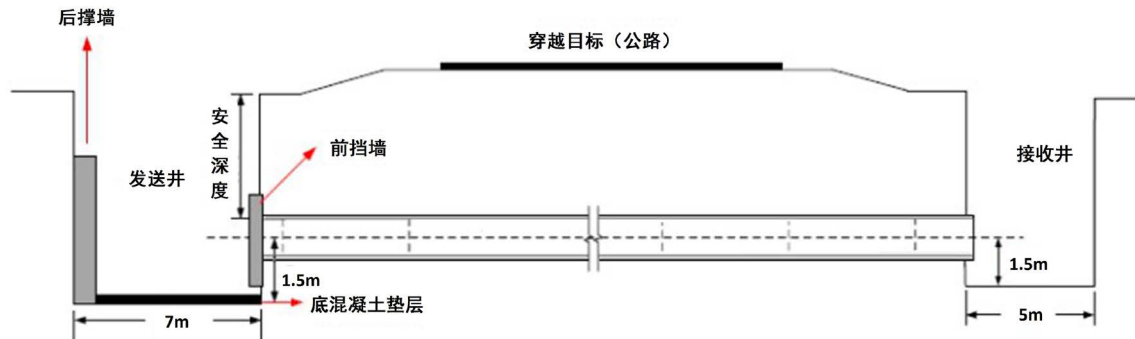


Figure 1. Schematic diagram of micro tunneling  
图 1. 微型隧道穿越示意图

微型隧道施工对精度要求较高，钻机的掘进、弃土的排运等全部在控制室进行远程控制。施工过程中需要实时监控钻机在地下位置，以确保穿越轨迹符合要求。哈拉德项目中，钻机位置通过激光定位系统(见图 2)来测量，该系统将激光发生器和接收器分别安装在发送井后撑墙和钻机内部。基于激光束投射到接收器的情况，经处理计算后就可以获得钻机与预定轨迹的偏离情况，还能显示钻机的滚动幅度、倾斜角度以及预测的前进方向等信息。

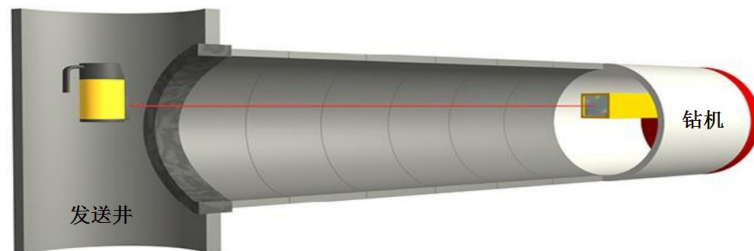


Figure 2. Laser positioning system  
图 2. 激光定位系统

## 2.1. 入场准备

- 1) 现场踏勘，熟悉现场周边环境，探明地下障碍物情况。分析业主提供的地勘报告，了解现场地质情况，必要时需要进行复测，以便选择合适的钻机规格。
- 2) 合理布置现场施工区域，选定控制室、发电机柜、水箱、沉降池、套管堆放点等位置，规划进场道路，设立必要的安全和交通标识。
- 3) 平整场地，如控制室等安放区域需经过压实。
- 4) 测量放线，在制定位置开挖发送井和接收井。发送井原则上应在设备入场前完成，接收井开挖不能影响到掘进操作。

## 2.2. 设备入场安装调试

- 1) 发送井开挖完成后，在前挡墙、后撑墙和底部安装模板，进行混凝土浇筑。前挡墙入口处安装带

橡胶密封的金属环以避免钻进过程中水、泥浆和膨润土泄漏。后撑墙混凝土强度应满足顶进受力要求。

- 2) 将控制室等设备放置指定位置, 连接彼此间管路、液压系统、电力系统等。
- 3) 将钻机吊入发送坑, 完成设备调试。

### 2.3. 掘进作业

设备调试完成后, 开始作业。钻机前部有管路喷出泥浆配合刀盘的旋转进行掘进, 压力由控制室进行控制, 掘进产生的弃土通过切割轮的开口被泥浆带入沉降罐。通常情况下淡水即可作为泥浆介质, 特定情况可以在水箱中添加膨润土或其他添加剂(钻机结构见图 3)。

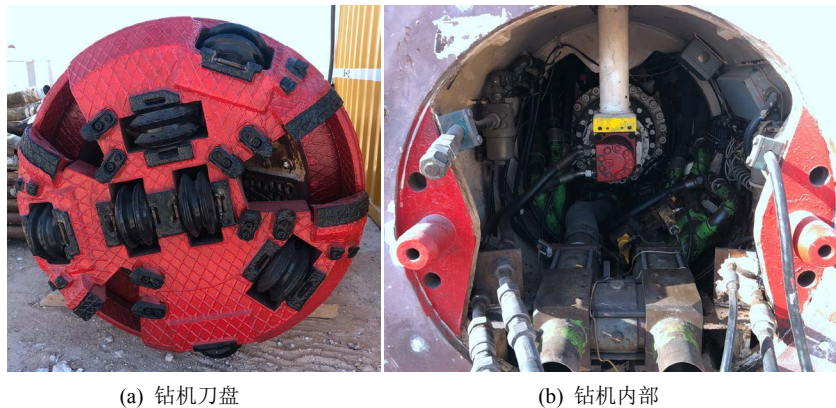


Figure 3. Drill rig structure  
图 3. 钻机结构

待钻机掘进一定深度后用吊车将第一根套管放入发送井内并装在钻机尾部, 随着钻进继续掘进将第一根套管推入, 之后吊装第二根套管, 依次推入直到抵达接收井。

钻机刚开始掘进时要严格控制速度, 正常掘进也不能只追求高速, 需要根据掘进情况对控制参数进行调整, 保证掘进平稳运行, 一次成功。

### 2.4. 顶进收尾

钻机在掘进破坏接收井壁后应尽快完成套管顶进, 缩短出洞的时间。钻机整体出洞后应及时完成和套管的分离, 并用吊车从接收井取出。

完成顶进后, 将发送井和接收井内的套管留头按要求进行处理, 如进行临时封堵等。

## 3. 施工管理控制要点

沙特阿美油气工程项目的标准要求高、管理程序繁琐, 在 HSE 方面有着严格的管理体系, 尤其是其中的作业许可制度, 严格限定了现场施工时间[11]。因此, 对沙特阿美项目来说, 微型隧道施工管理面临的挑战主要有三方面: 如何保障有效作业时间、如何避免技术本身风险和施工安全风险、如何对施工界面进行合理安排和高效管理。

### 3.1. 作业时间管理

沙特阿美作业许可管理要求相对十分严格, 穿越施工需要办理热作业和受限空间作业许可, 由沙特阿美许可管理人员发放的施工许可只允许工作日施工且时间范围在许可管理员的工作时间, 加上现场遇到的恶劣天气停工以及等待沙特阿美许可管理人员到现场检查后才允许发放许可的情况, 与其他地区相

比, 实际工作时间不足。

此外, 由于穿越施工特殊性, 除阿美公司许可外, 如高速公路和铁路穿越还需要获得沙特政府相应管理部门批准, 有效期限一般都比较紧张。在日工作时长和工期受限的条件下, 如何保证有效作业时间就成为了需要面对的首要问题。

因此, 项目部一方面与沙特阿美多次争取和沟通, 获准在沙特阿美管线、站场等设施一定距离外允许由经认证的承包商许可管理员开具内部许可进行作业, 在这些区域时, 采取清晨开工的方式适当延长每天作业时间且不受周末限制; 另一方面从管理上入手, 在不得不等待沙特阿美许可时, 先使用内部许可完成设备开机调试等准备工作, 保证拿到许可后即可立即开钻, 保证掘进作业的有效时间。

### 3.2. 风险管理

微型隧道穿越施工的主要技术风险来自于各种原因造成的掘进中止, 主要因为是地质条件超出预期, 设备问题和操作失误。这首先要保证地勘报告满足要求, 必要时需要重复地勘, 之后选择最适合目标地质的钻机类型; 定期维护检修设备, 保障设备的可靠性; 在操作中避免钻机卡阻, 保持有效的掘进速度并满足设计精度, 而不是单纯追求高速度。

安全风险管控上要严格遵照相关安全标准, 避免风险发生。具体包括在发送井和接收井的周围设置警示隔离带; 套管码放采取用垫木支撑或打土堆等措施避免滚动; 吊车等设备严格按照安全操作规程; 树立人人都是安全员意识等。

### 3.3. 施工界面管理

微型隧道穿越施工除面临较大的工期压力外, 频繁的界面协调也是管理难点之一。

以哈拉德项目为例, 现场附近施工用水和混凝土资源有限, 微型隧道掘进作业、发送井和接收井开挖回填、混凝土浇筑、施工用水、现场辅助设备和人员等又都分属不同分包商。因此, 为保障掘进作业连续性和各工序高效衔接, 都由项目部负责统一协调管理, 同时还需要和沙特阿美管理团队保持经常沟通。

项目部管理团队采取多种针对性措施合理衔接工序、节约成本, 保障掘进作业条件。比如避免土建机械在发送井和接收井开挖中频繁转场; 寻找多方渠道保障施工用水供应; 与搅拌站保持良好沟通保证浇筑时混凝土按时供应等。

在项目部管理下, 穿越过程中基本没有发生除穿越设备原因以外导致停工的情况, 实现了工程的顺利高效实施。

## 4. 结语

穿越施工往往工期紧张, 一次不成功的损失极大, 加之现场协调情况复杂, 不确定因素多, 这些对总承包商的管理能力提出了较高挑战。微型隧道施工是非开挖穿越的主要方法之一, 其工艺有其特殊性。在哈拉德项目中, 微型隧道穿越分包商只负责顶进作业, 其他相关工作如土建施工等人机材都需要承包商负责, 如何精准协调、高效利用资源、提高工效是成功进行管理的关键。本文对微型盾构穿越工程如何进行高效管理节约成本具有很好的参考价值, 对其他类型沙特阿美非开挖穿越工程管理实施也有一定的借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 仇和兵, 王兴, 王凯, 等. 微型隧道技术的发展现状及趋势[J]. 机械制造, 2015, 53(5): 1-4.
- [2] 张思海. 非开挖铺设排水管道工程技术研究[J]. 安徽建筑, 2019, 26(6): 64-66.

- [3] 申志军. 城市微型隧道非开挖铺管技术[J]. 西部探矿工程, 2004, 16(3): 103-105.
- [4] 彭维建. 微型隧道铺管技术及在我国的应用前景[J]. 探矿工程, 1998(4): 9-11.
- [5] 宋仕斌. 微型隧道技术在市政管道施工中的应用研究[J]. 建筑发展, 2017, 1(6): 726-728.
- [6] Paul Nicholas. 微型隧道技术在印度的应用[J]. 黄国恒, 译. 非开挖技术, 2014(6): 13-20.
- [7] 何磊, 译. 水平定向钻进和微型隧道掘进两种技术的比较[J]. 地质装备, 2003, 4(1): 21-23.
- [8] 李玉豪, 霍宇翔, 译. 岩石和卵砾石层中泥水平衡法微型隧道施工技术[J]. 非开挖技术, 2019(5): 37-43.
- [9] Keivan Pakiman, Asghar Riazati, Payam Sohan, Taha Ashoori. 微型隧道法在德黑兰的应用[J]. 张萌, 译. 非开挖技术, 2014(6): 21-29.
- [10] Jeff Griffin. 微型隧道顶管施工技术在美国萨凡纳市的应用[J]. 揣东明, 译. 非开挖技术, 2009(1): 130-131.
- [11] 庞海涛. 沙特阿美石油公司 HSE 管理标准探析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(24): 11-12.