

Discussion on Trench Excavation Methods of Saudi Haradh Region

Baoan Wu, Jingwei Li, Dong Li, Haijiao Wang

China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

Email: gj-5c-wba@cnpc.com.cn, cpplidong@cnpc.com.cn, lijingwei@cppmde.com, wanghaijiao@cppmde.com

Received: Jul. 8th, 2020; accepted: Aug. 6th, 2020; published: Sep. 15th, 2020

Abstract

Trench excavation is a key process in long-distance pipeline construction, which directly affects the comprehensive construction progress of long-distance pipeline construction. In this paper, combined with the characteristics of trench excavation in Saudi Haradh project, the construction efficiency of trench excavation methods is analyzed, and feasible solutions are proposed, which will provide references for future construction.

Keywords

Trench Excavation, Construction Methods, Characteristics, Comparative Analysis, Conclusion

*通信作者。

浅谈沙特哈拉德地区的管沟开挖方法

武保安, 李经纬, 李栋, 王海皎

中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊

Email: gj-5c-wba@cnpc.com.cn, cpplidong@cnpc.com.cn, lijingwei@cppmde.com, wanghijiao@cppmde.com

收稿日期: 2020年7月8日; 录用日期: 2020年8月6日; 发布日期: 2020年9月15日

摘要

管沟开挖是长输管道施工中的关键工序, 直接影响长输管道施工的综合施工进度。本文结合沙特哈拉德项目的管沟开挖施工特点, 通过对不同管沟开挖施工方法的施工工效进行分析, 提出可行的解决措施, 为今后施工积累经验并提供参考。

关键词

管沟开挖, 施工方法, 特点, 对比分析, 结论

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

管沟开挖是长输管道建设的基础施工, 也是决定项目施工进度的关键工序, 选择适当的管沟开挖方法能够有效提高施工质量和效率, 提升管道施工的综合进度。沙特哈拉德天然气管道项目(简称“FFP项目”)设计线路总计 307 km, 包括新建 $\phi 914\text{mmMDC1G-1}$ 管道 42 km、两条并行的 $\phi 914\text{mmLSSHG}$ 管道各 88 km、11 条 $\phi 406\text{ mm}$ 至 762 mm 各种管径支干线 86.7 km, 及沿线站场、阀室、阴保、模拟远程报警监控系统及其他配套专业施工, 是沙特阿美石油公司的重要工程项目之一。FFP 项目执行沙特阿美标准, 施工现场位于沙特哈拉德地区, 属热带沙漠气候, 年平均降雨较少, 工程地质情况复杂, 多以浅层碎石类土覆盖岩石为主, 岩石硬度达到 70 MPa 以上, 管沟开挖施工成为项目整体进度的重点与难点。

目前国内管沟开挖多采用爆破、凿岩机、单斗式挖沟机等方法, 国外管沟开挖采用爆破、链式挖掘机、凿岩机、单斗式挖沟机等方法[1]。根据 FFP 项目地质特性, 管沟开挖主要采用爆破、链式挖掘机、凿岩机、单斗式挖沟机等相结合的施工方法, 本文通过对这几种开挖方法的工效分析对比, 探讨施工经验, 供类似项目参考。

2. 管沟及开挖方法特点

2.1. 管沟施工流程

测量放线 - 管沟开挖(爆破) - 清沟 - 管沟测量 - 整改 - 下沟 - 竣工测量。管沟开挖一般采用挖掘机械(爆破)进行管沟开挖, 并按照管沟中心线、管沟开挖边线、管沟底宽、管沟开挖深度等进行管沟开挖作业。

土壤的物理力学性能是影响管沟开挖的主要因素[2]。

2.2. 管沟特点

根据设计图纸要求，管沟分为沙土段和岩石段两种类型，基于项目地质特点，整个管沟中约 247 km 符合岩石段管沟标准，仅有约 60 km 管沟符合沙土段管沟标准。两种管沟设计详见图 1 与图 2 [3]:

1) 岩石段管沟

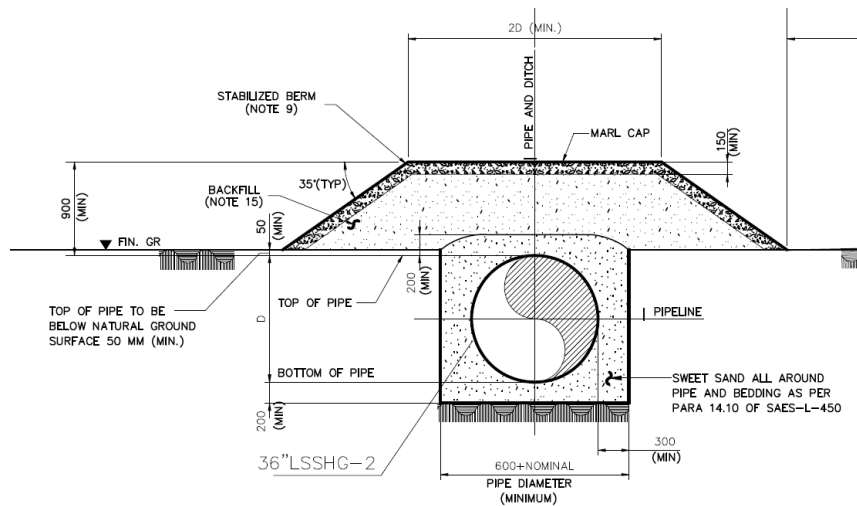


Figure 1. Typical rockpad detail

图 1. 岩石段管沟典型图

当地质条件为岩石(硬度大于等于 70 MPa)时，采用岩石段管沟典型图进行开沟。岩石段管沟截面为矩形，沟深 \geq 管道直径 D + 管底距沟底最小距离 200 mm + 管顶距地面最小距离 200 mm，沟宽 \geq 管道直径 D + 2 \times 管侧距沟边缘最小距离 300 mm，以 $\phi 914$ mm 主管道为例，经过计算，沟深应不小于 1.31 m，沟宽应不小于 1.5 m。

2) 沙土段管沟

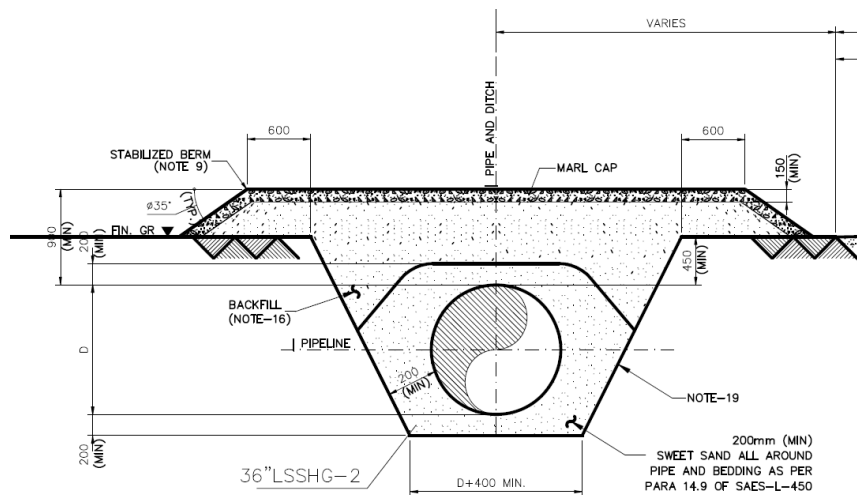


Figure 2. Typical sand pad detail

图 2. 沙土段管沟典型图

当地质条件为沙土、沙土混合碎石(硬度小于 70 MPa)时,采用沙土段管沟典型图进行开沟。沙土段管沟截面为等腰梯形,沟深 \geq 管道直径 D + 管底距沟底最小距离 200 mm + 管顶距地面最小距离 450 mm,底部沟宽 \geq 管道直径 D + 400 mm,顶部沟宽 \geq 管道直径 D + 1200 mm,以 $\phi 914$ mm 主管道为例,经过计算,沟深应不小于 1.56 m,底部沟宽应不小于 1.31 m,顶部沟宽应不小于 2.11 m。

2.3. 开挖方法简介及优缺点分析

1) 爆破

根据沙特阿美标准,距离在役管道 20 米外允许爆破施工,经过地质勘探,FFP 项目大部分管沟可采用爆破方法进行开沟。合理布置炮孔后,采用潜孔钻进行打孔,向孔中放入定量的爆破雷管,实现管沟定向爆破,达到管沟硬岩破裂、松动,使用液压式凿岩机将较大岩石打碎,单斗式挖掘机将爆破后的碎石从管沟中清除。FFP 项目大部分管沟是 70 MPa 以上硬岩,采用单斗挖掘机、液压凿岩机、链式开沟机等设备进行开挖的施工效率较低,且机械磨损严重,经常进行维修保养,无法在规定工期内完工。采用爆破方法开挖,有利于提高管沟开挖的施工效率,降低开挖及凿岩设备磨损,缩短开挖工期,控制开挖施工成本[4] [5] [6] [7] [8]。

采用爆破方式仅能使沟内岩石破裂或松动,需要液压凿岩机和挖掘机配合进行清沟,且管沟成型度不好,个别区段需要液压凿岩机进行二次修正。另外,在沙特地区进行岩石爆破施工,需要当地政府及相关许可部门颁发许可后方可施工,许可办理周期约为 2 个月。现场爆破详见图 3。



Figure 3. Blasting site
图 3. 爆破现场

2) 链式开沟机

FFP 项目部分管段距离在役管道过近,无法满足爆破条件,只能采用机械设备开挖。对于硬度较高、无法满足爆破条件的管段,使用链式开沟机进行开沟。开沟机采用单斗刮刀式开沟器,开沟宽度为 1.5 米,开沟深度可调,最大开沟深度为 3 米,可独立完成开沟工作,无需配套挖掘机等设备。链式开沟机的施工工效较高,设备维护保养周期较长,机械磨损程度一般,是机械开挖的最佳选择。但沙特的设备租赁资源严重紧缺,能够提供链式开沟机租赁服务的供应商数量少[9]。

采用链式开沟机进行管沟开挖,管沟成型度高,基本满足沙特阿美设计标准,且在开挖过程中将碎石从沟内清出,无需二次清沟。现场施工详见图 4。



Figure 4. Chain trencher
图 4. 链式开沟机

3) 液压式凿岩机

对于岩石硬度在 70 MPa 左右的岩石段,可采用凿岩机进行管沟开挖,配合单斗式挖掘机进行管沟清理。虽然沙特的液压式凿岩机租赁资源较多,基本能够满足施工需求数量,但使用凿岩机进行管沟开挖的施工效率非常低,部分结构及零件使用寿命短,需要经常维护保养。施工过程中,要充分考虑这一因素,选择多家租赁商,防止施工中出现窝工的现象[10][11]。

采用凿岩机进行管沟开挖,管沟成型度较高,基本满足阿美设计标准,在开挖过程中需配备单斗挖掘机进行沟内清理。现场凿岩施工详见图 5。

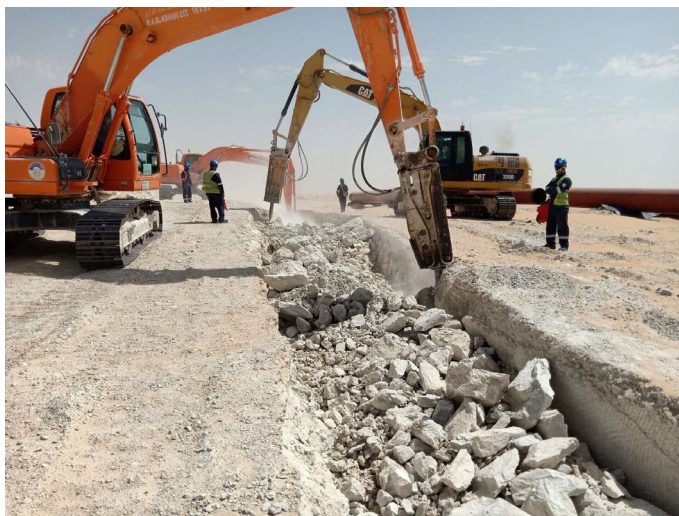


Figure 5. Hydraulic breaking hammer
图 5. 液压凿岩机

4) 单斗式挖掘机

对于沙土段及低硬度岩石段管沟,采用单斗式挖掘机进行开挖。沙特的单斗式挖掘机租赁资源非常

多,基本能够满足施工需求数量,但使用单斗式挖掘机进行管沟开挖的施工效率较低,且沙特施工现场气候条件恶劣,机械磨损速度较快,需要经常维护保养。单斗开挖施工详见图6。



Figure 6. Single bucket excavator
图6. 单斗式挖掘机

3. 开挖工效及成本对比分析

以 FFP 项目 $\phi 914$ mm 主管道管沟开挖为例,四种管沟开挖方法的工效对比详见表1。

Table 1. Comparison of the working efficiency of four excavation methods

表1. 四种管沟开挖方法工效对比

序号	管沟开挖类型	适用地形	开挖设备	清沟设备	工效
1	爆破	岩石段(岩石硬度达到 70 MPa 以上,且爆破区域距离在役管道 20 米以外)	潜孔钻 1 台	单斗式挖掘机 1 台 液压式凿岩机 1 台	打孔: 200 个/天 爆破: 1000 米/天
2	链式开沟机	石方段、沙砾坚土段	链式开沟机 1 台	推土机 1 台	石方段: 400 米/天 较硬的沙土段: 1000 米/天
3	液压式凿岩机	石方段(岩石硬度在 70 MPa 以下)、较硬的沙土段	液压式凿岩机 1 台	单斗式挖掘机 1 台	5 米/天
4	单斗式挖掘机	沙土段	单斗式挖掘机 1 台	单斗式挖掘机 1 台	80 米/天

结合沙特市场形势及施工现场情况,合理优化四种管沟开挖资源配置,以完成 10 km 管沟开挖为例,通过计算,四种管沟开挖的施工用时对比详见表2。

爆破、链式开沟机、液压式凿岩机三种方法进行岩石段管沟开挖的成本及施工用时依次升高,使用爆破方式进行岩石段管沟开挖,施工费用相对较低,施工用时较短,最大程度地节省施工周期,更有效地推进整体施工进度。链式开沟机可用于岩石段和较硬的沙土段管沟开挖,工效相对较高,管沟成型较好。液压式凿岩机是沙特地区常见的开沟设备,虽然施工工效及成本相比于链式开沟机和爆破较高,但是动迁较为方便、租赁资源多、施工灵活度较高,适用于短距离岩石段石方开挖。单斗式挖掘机无法完

成岩石段开挖, 仅适用于较软的沙土段管沟开挖施工。综上所述, 开挖地点位于岩石地段、且在在役管道的距离大于 20 米的情况下, 建议采用爆破方式进行管沟开挖。无法进行石方爆破作业的管沟区域, 首选链式开沟机进行作业施工。短距离岩石段管沟开挖, 可考虑使用液压式凿岩机进行施工。沙土段管沟开挖建议使用单斗式挖掘机进行作业施工。

Table 2. Comparison of excavation cost and construction time of four kinds of trench
表 2. 四种管沟开挖施工用时及成本对比

序号	管沟开挖类型	设备资源配置/组	适用地形	用时(天)	成本
1	爆破	潜孔钻 1 台 挖掘机 1 台 液压式凿岩机 1 台	岩石段	12	低成本
2	链式开沟机	链式开沟机 1 台 推土机 1 台	岩石段 沙砾坚土	25 20	中等成本 中等成本
3	液压式凿岩机	液压式凿岩机 10 台 挖掘机 3 台	岩石段	200	高成本
4	单斗式挖掘机	单斗式挖掘机 10 台	沙土段	12.5	低成本

4. 结论

针对沙特哈拉德地区的地质主要以沙砾坚土和岩石为主、少量地区地质为沙土的特殊地质状况, 项目部制定不同的开挖方案:

1) 石方段: 优先采用爆破 + 液压式凿岩机配合清理的施工方法, 其次采用链式开沟机开挖, 再次采用液压式凿岩机开挖的施工方法;

2) 沙砾坚土段: 优先采用链式开沟机开挖, 再次采用液压式凿岩机开挖的施工方法;

3) 沙土段段: 优先采用单斗式挖掘机, 土壤的承载力足够大时, 可以采用链式开沟机开挖。

FFP 项目在管沟开挖前, 项目部组织专人及设备对管道全线进行勘测, 获得详细的地质资料, 合理安排爆破、链式开沟机、液压式凿岩机、单斗挖沟机的管沟开挖区段, 管沟施工满足沙特阿美质量标准, 并在安全、经济以及进度方面取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 李晓玲. 国内外土方机械标准对比分析[J]. 机械工业标准化与质量, 2012(9): 7-8.
- [2] 王家运. 油气长输管道管沟开挖技术措施[J]. 环球市场, 2019(3): 381.
- [3] SAES-L-450 Construction of On-Land and Near-Shore Pipelines.
- [4] 梁志荣. 胶结戈壁砂石中的管沟开挖爆破[J]. 爆破, 2006, 23(3): 41-43.
- [5] 严志强. 控制爆破在管沟岩石开挖工程中的应用[J]. 探矿技术, 1993, 23(3): 14-19.
- [6] 田彩刚. 浅谈长输管道管沟炮孔法爆破开挖技术[J]. 石油化工建设, 2019, 41(z1): 250-254.
- [7] 费鸿禄. 中硬岩管沟爆破对近距离既有管道的影响[J]. 爆破器材, 2018, 47(2): 54-60.
- [8] 高斌. 片区化多管沟深基坑土石方开挖爆破控制技术[J]. 工程建设与设计, 2019(19): 50-52.
- [9] 陈浩. 履带式岩石开沟机在管道建设中的应用[J]. 油气储运, 1998, 000(008): 20.
- [10] 赵海波. 液压破碎锤在长输管道管沟石方开挖工程中的应用[J]. 石化技术, 2016(2): 36.
- [11] 宋炬. 浅谈液压破碎锤在石方开挖工程中的应用[J]. 大众科技, 2012, 014(003): 69, 80.