

东非原油管道项目顶管施工对周边环境影响的研究

金 金, 李家权, 王建宇, 郭 伟

中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2025年5月16日; 录用日期: 2025年9月1日; 发布日期: 2025年9月17日

摘 要

文章通过对顶管施工过程的分析, 并对现场噪音监测、土壤检测、水质化验等数据研究, 充分分析了东非原油管道项目顶管施工会对周边环境产生多方面影响。研究聚焦施工过程中产生的噪音、粉尘及对生态系统的扰动。分析噪音对周边居民生活与野生动物活动的干扰, 探讨施工用润滑剂对土壤、植被及水系的潜在影响, 为环保措施制定提供依据。

关键词

东非原油管道项目, 顶管施工, 周边环境影响

Research on the Impact of Top Pipe Construction on the Surrounding Environment of the East African Crude Oil Pipeline Project

Jin Jin, Jiaquan Li, Jianyu Wang, Wei Guo

China Petroleum Pipeline Bureau Engineering Co., Ltd, Langfang Hebei

Received: May 16th, 2025; accepted: Sep. 1st, 2025; published: Sep. 17th, 2025

Abstract

By analyzing the pipe jacking construction process and thoroughly studying data from on-site noise monitoring, soil testing, and water quality analysis, this article provides a comprehensive assessment

文章引用: 金金, 李家权, 王建宇, 郭伟. 东非原油管道项目顶管施工对周边环境影响的研究[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(3): 460-467. DOI: 10.12677/jogt.2025.473050

the top-down construction of the East African crude oil pipeline project will have multiple impacts on the surrounding environment. The research focuses on the noise, dust, and disturbance to the ecosystem generated during the construction process. Analyze the interference of noise on the daily life of surrounding residents and wildlife activities, evaluate the range and degree of dust dispersion, explore the potential impact on soil, vegetation, and water systems, and provide a basis for formulating environmental protection measures.

Keywords

East African Crude Oil Pipeline Project, Top Pipe Construction, Surrounding Environmental Impact

Copyright © 2025 by author(s) 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

东非原油管道项目对地区经济发展意义重大,管道连接乌干达西部油田与坦桑尼亚坦噶港,全长 1500 余公里,是世界上迄今为止最长的长线电伴热管道项目,管道穿越乌干达农业区、维多利亚湖流域及坦桑尼亚沿海平原,涉及复杂地质与气候条件,线路跨越两个国家和沿途社区、动物保护区,业主高度重视 ESG 方面的管理。其中,顶管施工是项目完成的关键工序,且施工活动不可避免会影响周边环境,涉及生态、社会等层面。了解其影响程度与范围,对于平衡工程建设与环境保护、保障项目持续推进及周边生态稳定至关重要。

2. 顶管施工概况

2.1. 东非原油管道项目简介

东非原油管道项目是一项具有重大意义的能源基础设施工程。它旨在将东非地区的原油资源有效地运输到乌干达,管道连接乌干达西部油田与坦桑尼亚坦噶港,全长 1500 余公里,8 座场站,27 座阀室,该项目涉及中国海油、乌干达国家石油管理局、坦桑尼亚国家石油管理局等国家的合作与协调,从原油的开采地开始,穿越不同的地理区域,包括草原、森林、居民区附近等见图 1。其建设不仅能够促进东非地区原油资源的开发利用,提升当地的经济收益,还能在一定程度上增强东非在国际能源市场的地位。通过管道运输,相比其他运输方式,能够更高效、更安全地将原油运出,减少运输过程中的损耗和风险,为东非的能源产业发展奠定坚实的基础。项目施工已经于 2023 年正式开始土建工作,在施工作业过程中项目部积极谋划,引进智能化管理和监测设备,确保将周边生态环境影响降到最低。

2.2. 顶管施工技术原理

东非原油管道项目结合现场实际情况定制一种适合当地土质的泥水平衡顶管机,其原理是依靠顶进设备产生的顶力,克服管道与土壤之间的摩擦力,将管道按设计的路线顶入土中。在施工时,先在管道的一端设置工作井,在另一端设置接收井。顶管机置于工作井内,顶管机的前端有切削装置,通过切削装置对土体进行切削,同时在管道内部设置千斤顶等顶进设备[1]。当千斤顶施加顶力时,管道就会在顶力的作用下向前移动,切削下来的土体通过特定的出土装置运出工作井,就这样一节一节地将管道顶进,直至到达接收井。



Figure 1. On-site natural environment
图 1. 现场自然环境

2.3. 施工流程与特点

坦桑尼亚现场土壤硬度较高, 在施工过程中需要添加膨润土等润滑剂, 以达到顺利顶进的目的, 在施工前需要项目施工部根据地质勘察结果、地下水位等情况, 确定了合适的顶管线路, 同时进行工作井和接收井的挖掘和支护。接着安装顶管设备, 包括顶管机、千斤顶、出土装置等, 并进行调试。然后开始顶进施工, 在顶进过程中, 要密切监测顶管的顶力、方向和姿态, 根据监测结果调整顶进参数。管道顶进一定距离后, 需要进行管道的焊接作业, 并进行 NDT 检测, 确保管道焊口质量过关[2]。最后, 当顶管到达接收井后, 进行设备的拆除和施工场地的清理。采用顶管施工的主要目的就是: 一是对地面植被面积的破坏降到最低, 由于不需要大面积开挖地面, 所以不会对地面的交通、建筑物和地表植被等造成大规模的破坏。二是施工精度要求高, 避开现场稀缺保护动植物的栖居地和降低影响范围, 三是避免现场施工难度受地质条件限制, 不同的土质, 如软土、硬土、岩石层等, 对顶管的顶力要求、切削难度等方面有很大差异。

3. 周边环境的影响分析

为最大程度地保护当地生态环境和系统, 避免影响面积扩大, 项目 HSSE 管理部针对热带雨林与野生动物栖息地, EACOP 项目(东非原油管道项目建设方)设置噪音监测机构、研发了模块化装配式施工方案, 我们还在乌干达艾伯特湖流域设置 6 处智能监测站, 购置先进设备和聘请环境专家团队, 对噪音、土壤、水质进行实时监控和分析, 做出综合评价, 因此减少植被破坏面积达 65%。独创的'移动式生态修复机组'能在管道敷设后 48 小时内完成表土回填与原生植被补种。

3.1. 噪音影响及缓解措施

顶管施工过程中不可避免地会产生噪音, 而这些噪音主要源自顶管设备的运行。像顶管机的切削装置在切削土体时, 会发出较为明显的机械噪音, 千斤顶在施加顶力时, 由于液压系统的工作同样会产生噪音。经测量, 顶管机切削装置运行时产生的噪音可达到 85~95 分贝见图 2, 千斤顶工作时噪音约为 80~90 分贝。在施工现场附近, 若存在居民区, 根据国际噪音定义标准, 当噪音超过 55 分贝时就可能影响居民

的正常生活,干扰居民休息和日常活动。这样的施工噪音无疑会影响教学、医疗等工作的正常开展[3]。并且,长时间(连续暴露超过 8 小时)暴露在施工噪音下,还可能对周边动物的生活习性产生显著影响。例如鸟类可能会因为噪音改变觅食和栖息的时间与地点,小型哺乳动物可能会远离施工区域,这会影响区域内的生态平衡,打破原有的生态链。

项目 HSSE 部设立专业检测机构和先进设备对附近居民生活区进行噪音监测见图 3,当顶管机运行时产生的噪音可达到 75~85 分贝,影响到居民和动物们的正常活动。



Figure 2. Fixed monitoring station
图 2. 固定监测站



Figure 3. Mobile monitoring
图 3. 移动监测

项目环境管理专家与项目管理团队通过头脑风暴的方法,对产生噪音的影响因素进行充分的论证,重点对声音的传播和产生进行控制。

首先,对施工设备进行优化,对机械传动系统进行柔性改进,对千斤顶的液压系统进行改装和维护,加装隔音罩和吸音棉,防止因泄漏等问题产生噪音。

其次, 定期维护保养, 确保设备处于良好的运行状态, 减少因设备故障而产生的异常噪音。

最后, 决定在噪音产生的源头进行控制, 设置隔音屏见图 4, 选取 2 层 1.2 毫米厚度的彩钢瓦见图 5, 设置 2.5 米高的隔音屏, 特别是在靠近居民区、学校、医院等敏感区域设置 3 层隔音屏。



Figure 4. Sound insulation barrier
图 4. 隔音屏障

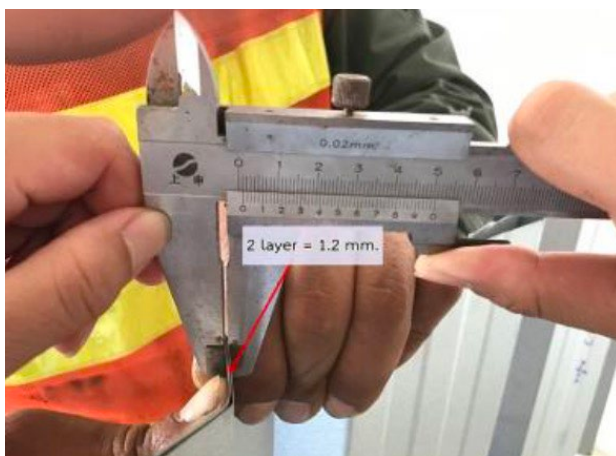


Figure 5. Material thickness
图 5. 屏障材料厚度检测

通过一系列的控制措施, 最终将噪音控制在 50 分贝左右, 极大程度降低噪音对周边环境的影响, 通过制定地点的噪音监测并由实验室出具分析报告见图 6, 环节措施完全到位, 噪音控制符合环境要求[4]。

3.2. 土壤、水质污染及缓解措施

顶管施工使用的润滑剂对土壤和水质有一定的影响, 部分顶管施工区域地质硬度较高, 需要添加膨润土等润滑剂以便于设备顺利顶进施工, 但是膨润土的添加数量会在一定程度上影响到土壤和周边河流水质中各种微量元素含量的变化见图 7, 破坏土壤肥力及水中微生物群落含量, 通过对施工前后周边土壤检测发现, 施工后土壤中有益微生物数量减少了约 30%, 土壤肥力在短期内下降了 20%见图 7。土壤微生物在土壤肥力的保持和物质循环中起着重要作用, 其群落结构的破坏必然会导致土壤肥力下降[2]。其中硫离子含量升高 17%, 这些都对土壤造成一定的影响。

Time	Equivalent Sound Pressure Level (dB(A))							
	Apr 27, 2017	Apr 28, 2017	Apr 29, 2017	Apr 30, 2017	May 01, 2017	May 02, 2017	May 03, 2017	May 04, 2017
00:00 - 01:00		52.30	51.60	53.00	52.20	49.60	64.00	45.90
01:00 - 02:00		51.80	53.60	53.50	51.40	50.50	62.80	45.40
02:00 - 03:00		52.50	52.90	53.70	49.80	50.60	60.60	44.50
03:00 - 04:00		51.00	50.70	53.00	49.20	49.90	57.00	45.30
04:00 - 05:00		50.00	49.90	52.90	48.40	48.20	54.20	48.10
05:00 - 06:00		51.30	53.10	52.20	49.10	48.30	54.70	50.90
06:00 - 07:00		51.50	50.30	52.60	50.80	50.20	57.20	48.70
07:00 - 08:00		52.40	51.00	50.20	51.20	52.60	56.00	47.40
08:00 - 09:00		49.20	51.40	51.30	51.50	52.60	55.80	48.40
09:00 - 10:00		49.40	50.80	47.60	50.50	51.80	58.00	51.40
10:00 - 11:00		51.00	49.30	48.50	48.90	51.00	68.00	52.80
11:00 - 12:00		48.90	58.20	50.00	49.30	50.20	61.40	53.00
12:00 - 13:00	49.10	49.90	48.10	46.90	49.40	51.80	55.00	
13:00 - 14:00	52.80	55.00	51.10	48.40	53.50	48.60	49.10	
14:00 - 15:00	53.20	51.30	49.20	47.40	54.20	50.90	48.50	
15:00 - 16:00	47.90	53.60	49.50	46.90	51.60	51.90	51.10	
16:00 - 17:00	48.90	55.00	50.30	47.10	50.40	51.00	49.80	
17:00 - 18:00	50.60	54.30	51.20	46.90	50.40	49.30	49.00	
18:00 - 19:00	51.10	54.00	53.90	47.50	51.50	48.50	48.60	
19:00 - 20:00	52.00	54.20	63.70	47.70	50.40	50.20	49.60	
20:00 - 21:00	53.20	54.00	54.10	52.30	52.40	51.80	45.20	
21:00 - 22:00	53.70	53.80	52.50	52.80	52.60	51.80	45.90	
22:00 - 23:00	53.00	52.20	52.70	52.90	52.50	54.40	45.30	
23:00 - 24:00	52.20	50.10	53.80	52.30	50.10	59.90	46.20	
Leq(24)*	51.49	53.07	53.92	50.11	51.28	58.91	49.49	
Ldn	58.15	58.54	59.69	57.18	56.86	65.94	54.25	
Lmax **	75.90	78.60	79.20	68.40	78.90	100.70	72.30	
Standard-24Hr	70 dB(A)							
Standard-Max	115 dB(A)							

Remark : * Average time between 12:00-12:00
** Maximum Sound Pressure Level between 12:00-12:00

Dechsakda S.
(Mr.Dechsakda Supavetee)
Field Team Leader

Preeda S.
(Miss Preeda Somjai)
Technical Management Team

Figure 6. Noise inspection report
图 6. 噪音检验合格报告

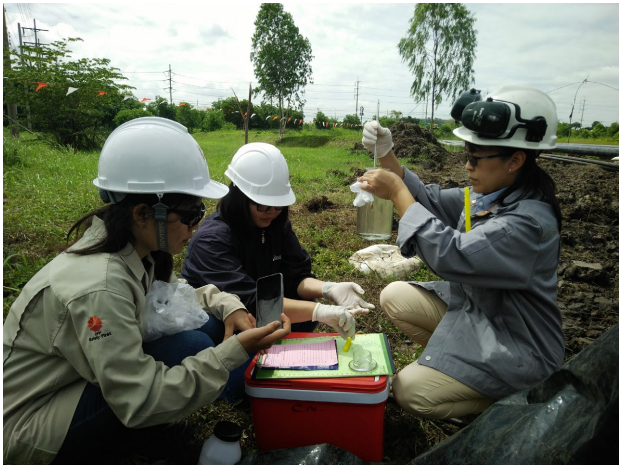


Figure 7. Water sampling
图 7. 水源取样

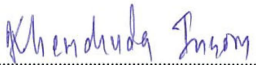


Figure 8. Soil sampling
图 8. 土壤取样

环境管理专家历经 2 个月通过对土壤进行添加缓解剂、草石灰进行重新培养微生物群落含量及降低水质中相关元素含量见图 9，并对施工区域周边 15 米内的水源、土壤分别进行取样并化验见图 10，经专业机构检验，最终达到环境要求标准，以达到顺利施工的目的。

PARAMETER	UNIT	ANALYSIS	ND (non-detectable)	STATION	STANDARD ^{1/}
		METHODS		Temporary Site Office	
pH	-	4500-H ⁺ B	-	7.85	5.0-9.0
Total Dissolved Solids	mg/l	2540 C	< 50	208	≤ 500
Suspended Solids	mg/l	2540 D	< 5	20	≤ 50
Settleable Solids	ml/l	2540 F	< 0.1	< 0.1	≤ 0.5
Sulfide	mg/l	4500-S ²⁻ F	< 0.2	ND	≤ 3.0
Fat Oil & Grease	mg/l	5520 B	< 0.5	ND	≤ 20
BOD ₅	mg/l	5210 B	< 1.0	36.0	≤ 40
TKN	mg/l	4500-N _{org} B Without NH ₃ Removal	< 0.2	20.5	≤ 40

REFERENCE : STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 22nd ED., 2012 (AWWA, APHA, WEF)


(Miss Khemchuda Insorn)
Analyst
REG. NO. ๓-239-ก-5976

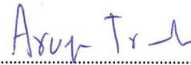

(Mrs. Araya Tipparuk)
Technical Management Team
REG. NO. ๓-239-ก-5863

Figure 9. Water source inspection compliance report
图 9. 水源检测合格报告

Analyte		Unit	LOQ	Result	Method
Chemical Testing					
Conductivity	aqueous phase 20% (w/v)	micromhos/cm	-	73.0	Soil Chemical Methods - Australasia (2011)
Metals Testing					
Exchangeable Calcium		mg/kg	20.0	4364	Soil Chemical Methods - Australasia (2011)
Exchangeable Magnesium		mg/kg	20.0	308	Soil Chemical Methods - Australasia (2011)
Exchangeable Sodium		mg/kg	20.0	64.2	Soil Chemical Methods - Australasia (2011)
Soluble Calcium		mg/kg	20.0	37.8	Soil Test Methods - Southern Cooperative Series Bulletin No. 419 (2014)
Soluble Magnesium		mg/kg	20.0	<20.0	Soil Test Methods - Southern Cooperative Series Bulletin No. 419 (2014)
Soluble Sodium		mg/kg	20.0	25.4	Soil Test Methods - Southern Cooperative Series Bulletin No. 419 (2014)
SAR			1.00	1.04	Soil Test Methods - Southern Cooperative Series Bulletin No. 419 (2014)
Sodium		mg/kg	20.0	186	Based on US EPA, Method 3050B and 6010B
Soil Testing					
Bulk Density		g/cm3	-	1.72	Method of Soil Analysis part I, Core Method
Cation Exchange Capacity		cmol/kg	1	45.0	Soil Chemical Methods - Australasia (2011)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report. No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory. ALS Laboratory Group (Thailand) strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

Approved by 
Narin Saiseng
Supervisor

Figure 10. Soil testing report
图 10. 土壤检测报告

4. 结束语

东非原油管道项目顶管施工对周边环境影响不容忽视。通过对噪音、土壤及水质等指标影响分析的研究，提出针对性应对策略。后续仍将持续监测与评估，在施工结束后，我司对施工区域的土壤进行进一步改良，通过添加适量的有机肥料等物质来提高土壤肥力，促进土壤微生物群落的恢复。对于被破坏的植物，计划重新种植适合当地生长的植物品种，恢复地表植被覆盖。对于受到影响的动物栖息地，通过建立生态廊道等方式，为动物提供迁徙和活动的通道，帮助动物重新适应环境。同时，在施工过程中，要尽量采用环保型的施工技术和材料，减少对生态系统的破坏。不断优化环保措施，实现项目建设与环境保护协调发展，维护周边生态与社会稳定。

参考文献

[1] 马国光, 蒲鑫. 塔河油田重质原油外输管道安全输量分析[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(36): 147-152.
[2] 刘婷婷, 孙俊华. 原油管道内检测作业安全风险评估与管理[J]. 能源工程学报, 2021, 10(4): 45-56.
[3] 王伟, 刘春阳, 胡晓明. 顶管施工对周边建筑物的影响分析[J]. 岩土工程技术, 2020, 38(4): 112-116.
[4] 陈浩, 林志强. 城市顶管施工对地下管线和交通的环境影响研究[J]. 市政技术, 2021, 39(6): 45-49.