Journal of Oil and Gas Technology 石油天然气学报, 2024, 46(4), 458-462
Published Online December 2024 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/jogt
https://doi.org/10.12677/jogt.2024.464056

Hans汉斯

生活污水处理系统在EACOP项目临时营地上的应用与实践

赵国民，田　坤，孟艳山，刘铁军，刘鹏程

中国石油管道局工程有限公司第四分公司，河北　廊坊

收稿日期：2024年9月19日；录用日期：2024年12月9日；发布日期：2024年12月23日

摘　要

东非原油管道项目(EACOP)是一条将乌干达阿尔伯特湖油田生产的石油输送到坦桑尼亚坦噶港的管道，是一个跨越多个国家的大型基础设施项目，涉及到多个施工临时营地的建设和运营。然后将石油销往世界市场。管道被埋在地下，一旦表层土壤和植被恢复，人们和动物就可以沿着管道的任何地方自由通行。随着营地日常运行过程中产生大量生活污水，污水处理问题变得尤为关键。本文探讨了生活污水处理系统在EACOP项目临时营地中的应用与实践，分析其工艺选择、设计思路、运行中的挑战及应对方案。通过对EACOP项目的案例分析，展示如何有效利用先进的污水处理技术确保项目环境合规性，并为未来类似项目提供实践借鉴。

关键词

EACOP项目，生活污水处理，临时营地，污水处理技术，环境保护

Application and Practice of Domestic Sewage Treatment System in Temporary Camp of EACOP Project

Guomin Zhao, Kun Tian, Yanshan Meng, Tiejun Liu, Pengcheng Liu

No. 4 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Received: Sep. 19th, 2024; accepted: Dec. 9th, 2024; published: Dec. 23rd, 2024

Abstract

The East African Crude Oil Pipeline (EACOP) is a pipeline that transports oil produced from Uganda's Albert Lake oil fields to the port of Tanga in Tanzania. It is a large-scale infrastructure

文章引用: 赵国民, 田坤, 孟艳山, 刘铁军, 刘鹏程. 生活污水处理系统在 EACOP 项目临时营地上的应用与实践[J]. 石油天然气学报, 2024, 46(4): 458-462. DOI: 10.12677/jogt.2024.464056

project that spans multiple countries and involves the construction and operation of several temporary construction camps. The oil will then be sold to global markets. The pipeline is buried underground, and once the surface soil and vegetation are restored, both people and animals can freely pass along any section of the pipeline. As a large volume of domestic sewage is generated during the daily operations of the camps, sewage treatment has become a particularly critical issue. This article explores the application and practice of domestic sewage treatment systems in the temporary camps of the EACOP project, analyzing the selection of technologies, design concepts, operational challenges, and solutions. Through a case study of the EACOP project, it demonstrates how advanced sewage treatment technologies can be effectively utilized to ensure environmental compliance and provides practical insights for similar future projects.

Keywords

EACOP Project, Domestic Sewage Treatment, Temporary Camp, Sewage Treatment Technology, Environmental Protection

Copyright © 2024 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(EACOP)是一项重要的跨国能源基础设施工程，旨在将乌干达阿尔伯特湖地区的原油通过管道输送到坦桑尼亚的坦噶港，再出口到国际市场。该项目由乌干达和坦桑尼亚政府以及TotalEnergies、中海油等国际能源公司合作开发。EACOP 项目有望带动地区经济发展，并为东非创造就业机会，项目总参建人数超过 6000 人。为保护生态环境，降低施工人员日常生活中对管道沿线社区居民及动植物的影响，项目沿途建设 18 座营地，共配置 12 套净水设备及 18 套生活污水处理系统。本文将以 EACOP 项目为例，详细探讨生活污水处理系统在该项目临时营地中的应用实践，分析其工艺采用、设计思路、运行挑战及解决方案。该项目涉及建设 24 英寸绝缘 1443 公里的管道，从乌干达的 Hoima 到坦桑尼亚的 Chongoleani (Tanga)，每天输送 21.6 万桶原油，使乌干达原油能够运往国际市场。EACOP 系统设计有 6 个泵站，其中 2 个在乌干达，4 个在坦桑尼亚，2 个减压站在坦桑尼亚。管道将被加热到 50℃以上，以使石油易于流动。该项目由 EACOP 公司与以下股东共同实施：道达尔(62%)、中油石油(15%)、UNOC (15%)和中海油(8%)。坦桑尼亚和乌干达政府分别通过其国家石油公司派代表出席会议。

2. 环境保护要求

东非地区拥有多样化的地形、气候以及丰富的生物多样性，包括热带雨林、草原、湿地、山地和湖泊等，构成了全球重要动植物栖息地，也为人类提供了丰富的自然资源。EACOP 项目的环境社会影响评估报告(ESIA)对营地生活污水排放提出了严格标准，特别强调排放水必须符合当地和国际水质标准，以保护周边的生态系统和水资源安全[1]。

3. 生活污水处理技术的采用

临时营地生活污水主要来源是营地内卫生间、洗衣房和食堂，其污染物主要包括氮、磷酸盐、油脂等有机物，针对这些污染物，EACOP 项目临时营地的生活污水处理系统主要采用了以下几种技术。

3.1. 沉淀与过滤

营地内卫生间、洗衣房的污水直接排放至化粪池内，食堂的污水通过格栅、隔油池过滤后，去除较大的颗粒物和油脂，随后也排放至化粪池内。通过化粪池的自然沉淀及多级过滤，有效去除污水中固体颗粒和悬浮物，经提升池和调节池内的污水泵将生活污水中上层清液输送至污水处理设备中。

3.2. 厌氧－缺氧－好氧工艺(AAO)

AAO 工艺结合了厌氧、缺氧和好氧的不同反应环境，利用微生物的不同代谢过程来降解污染物，有效去除污水中的含氮有机物、磷酸盐等污染物，该工艺运行稳定且运行成本相对较低，因此被广泛应用于 EACOP 项目的临时营地[2]。

3.3. 膜生物反应器(MBR)

MBR 膜结合了膜分离技术与活性污泥法的生物处理过程，通过膜组件将污泥与处理后的水分离，可有效过滤污水中的悬浮物和微生物，因其具有处理效果好、占地面积小的优势，是临时营地中理想的污水处理方案。

4. EACOP 项目临时营地生活污水处理系统的设计

项目单个临时营地入住人数为 240~400 人，按照每人每天产生 0.3 m^3 生活污水计算，营地每天产生生活污水 72~120 m^3，结合各营地入住人数，项目遂设计 3 m^3/h、4 m^3/h、5 m^3/h 的污水处理设备。

结合项目 ESIA 环境社会影响评估报告中外排水质要求和营地生活污水水质报告，污水处理设备设计的进出水水质(单位 mg/L)如下：

项目	PH	BOD5	CODcr	色度	SS	总氮	总磷
设计进水水质	5~8.5	350	500	120	300	50	10
设计出水水质	5~8.5	30	60	50	50	10	2

4.1. 总体设计思路

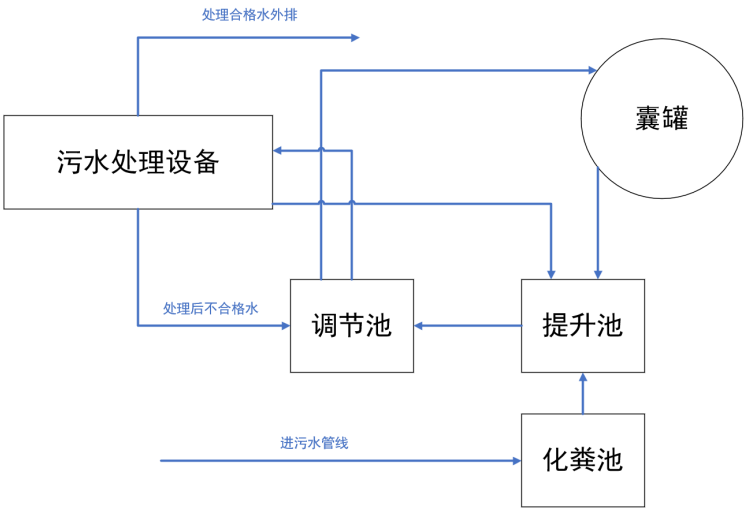

Figure 1. Flow chart of domestic sewage treatment system
图 1. 生活污水处理系统流程图

营地功能设施的排污管线处设置格栅、隔油池等过滤设施，卫生间、洗衣房、食堂的污水最终汇集到营地化粪池中，污水经化粪池、提升池沉淀、过滤后进入到污水处理设备中，通过 AAO + MBR 膜工艺处理，经水质检测合格后外排或用于营地绿化和道路洒水。见图 1。

4.2. 污水处理设备设计思路

综合考虑营地生活区设计紧密及当地外排水环保要求高的特点，为节约污水处理空间和减少能耗，EACOP 项目营地生活污水处理设备采用的工艺为 AAO + MBR 膜，以 MBR 膜组件代替传统污水生物处理工艺中的二次沉淀池，在 MBR 膜组件的高效截留作用下使泥水彻底分离。由于膜区中的高浓度活性污泥的作用，提高了生化反应速率，减少了剩余污泥产量，解决了传统污水生物处理工艺普遍存在的出水水质不稳定、占地面积大、运行维护复杂、易发生污泥膨胀等问题。设备工艺流程见图 2。

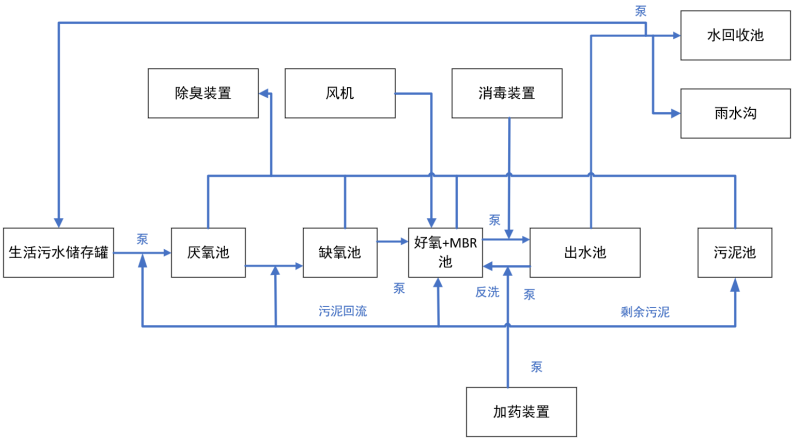

Figure 2. Domestic sewage treatment equipment process flow chart
图 2. 生活污水处理设备工艺流程图

5. 系统调试和运行过程中的注意事项和解决方案

5.1. 活性淤泥的培养

5.1.1. 培养方式

经过对项目沿途城市污水处理厂的调研，当地污水处理厂均未采用 AAO 工艺，即不能从污水处理厂内直接采集适用于设备的活性淤泥进行接种培养，遂采用间歇培养、低负荷连续培养、满负荷连续培养相结合的方式来培养活性淤泥[3]。

5.1.2. 营养物质的添加

为提高培养速度，缩短培养时间，在污泥培养过程中每天需加入碳、氮、磷营养物质。因项目所在国家工业化程度较低，最终使用食用面粉替代工业级面粉作为碳源。

5.1.3. 污泥培养

首先向设备缺氧池和好氧池中注满污水，然后开始曝气。闷曝 2~3 d 后，停止曝气，静沉 1 h，然后再注入部分新鲜污水，这部分污水约占池容的 1/5 即可。并监测活性污泥池的 DO 值，控制活性污泥池 DO 值在 2~3 mg/L 之间，开始观察活性污泥池生物相的变化情况。调试初期按照闷曝、静沉和进水三个过程循环进行；每次进水量应比上次有所增加，每次闷曝时间应比上次缩短。此时可停止闷曝，连续进

水、连续曝气，并开始污泥回流。最初的回流比不要太大，可取 25%，随着容池内混合液悬浮物浓度(MLSS)的升高，逐渐将回流比增至设计值。污泥培养过程中要按时监测进出水的各项指标，当实际污水处理能力达到设计处理能力；污泥生物相中主要以钟虫等固着型纤毛虫为主，有少量的轮虫及瓢体虫；且 COD 去除率达到 70%以上或 COD ≤ 60 mg/L 时，污泥培养结束，整个过程大约进行 1 个月时间[4]。

5.2. 日常制度的制定

污水处理系统的高效运行依赖于严格的日常维护。每个工艺段都需达到对应的工艺处理能力，针对营地内格栅、隔油池、设备内生物反应池、设备操作房及系统的水路、电路方面，项目均制定了严格的检查和维护制度，确保营地内污水处理系统各环节正常运转，防止系统超负荷运行。

5.3. 其他注意事项

临时营地用水量相比大型污水厂而言，水量过小，污水处理系统能承担水质波动幅度较低，营地管理过程中要注意杀菌剂、消毒剂及强酸强碱等清洁用品的使用，确保污水处理系统能够稳定运行。

6. 结论

EACOP 项目的生活污水处理系统在临时营地中的应用为类似大型基础设施项目提供了实践参考。项目结束后，临时营地随即拆除，所占土地恢复自然生态，水处理系统的应用，改变了以往营地人为液体废弃物污染自然环境的情况，为保护非洲草原的生态环境、建设绿化工程、打造非洲项目建设新模板做出了贡献。通过合理选择处理技术，EACOP 项目有效实现了污水的处理和资源再利用，达到了环境保护与项目发展的双重目标。生活污水处理是城市水务管理中的重要组成部分，随着城市化进程的加速，生活污水的处理成为保障水环境质量、维护公共卫生、实现可持续发展的关键因素。近年来，随着环保意识的提高及技术的进步，生活污水处理系统经历了从传统的物理化学处理到现代生物处理技术的转变，并且在效率、节能、环保和资源回收方面不断取得创新进展。未来，随着技术的进步，污水处理系统将在临时营地中的应用更加广泛，并将在环保和资源管理领域发挥更大的作用。

参考文献

[1] 李红建, 闵广山, 虞波. 一体化污水处理设备的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2023(6): 86-88.

[2] 谢晴, 张静, 麻泽龙, 等. A2/O-MBR 工艺在农村生活污水处理中的示范[J]. 环境工程, 2016, 34(7): 38-41, 87.

[3] 姜科, 王真真, 战琪, 等. 城镇生活污水处理厂 A2O 工艺运行状态的快速判别[J]. 山东化工, 2024, 53(1): 258-261.

[4] 初高阳. 南方某城镇污水处理厂改良型 A2O 工艺的处理效果及经济效益分析[J]. 福建建设科技, 2023(4): 95-98.