

LNG 储罐的节能减排技术与环境影响评估

陈志强

桂林市中科石油化工工程有限公司, 广西 桂林 541000

摘要：液化天然气（LNG）作为清洁能源的重要代表，在全球能源结构中的地位日益重要。随着能源需求的增长和环境保护意识的提升，LNG 的生产、运输和储存技术不断创新，以提高效率并减少对环境的负面影响。本文旨在探讨 LNG 储罐的节能减排技术及其应用方法，并提出了实践中对 LNG 储罐节能减排技术实施的环境影响评估方法，为 LNG 储罐的节能减排的研究和实践提供了指导性意见。

关键词： LNG 储罐；节能减排技术；环境影响

Energy Saving And Emission Reduction Technologies For Lng Storage Tanks And Environmental Impact Assessment

Chen Zhiqiang

Guilin Zhongke Petrochemical Engineering Co., Ltd. Guangxi, Guilin 541000

Abstract： As an important representative of clean energy, liquefied natural gas (LNG) plays an increasingly important role in the global energy structure. With the growth of energy demand and the improvement of environmental protection awareness, the production, transportation, and storage technologies of LNG are constantly innovating to improve efficiency and reduce negative impacts on the environment. This article aims to explore the energy-saving and emission reduction technologies of LNG storage tanks and their application methods, and proposes an environmental impact assessment method for the implementation of energy-saving and emission reduction technologies in LNG storage tanks in practice, providing guidance for the research and practice of energy-saving and emission reduction in LNG storage tanks.

Keywords： LNG storage tanks; energy saving and emission reduction technologies; environmental effect

前言：

随着全球能源需求的增长和对环境影响的关注不断提升，LNG 作为一种清洁且高效的能源选择，其在能源供应链中的地位日益重要。然而，LNG 的生产、储存和运输过程中存在能源消耗和环境影响的问题，特别是与储罐相关的节能减排技术成为当前研究的焦点^[1]。在 LNG 储罐的运营中，节能减排技术的应用涵盖了多个方面，包括但不限于：优化储罐设计以减少能量损耗、提升保温材料性能以降低热损失、采用先进的液化气体控制和压缩技术以减少能源消耗等。这些技术不仅可以有效降低运营成本，还能显著减少温室气体和其他污染物的排放，从而对环境产生积极影响^[2]。LNG 储罐的环境影响评估过程中需要考虑的因素包括储罐建设对周边生态系统和社区的潜在影响、储罐运营期间产生的噪音、废水和废气等排放，以及应对发生的意外事故的应急预案等。通过科学的环境影响评估，可以帮助制定有效的管理和监控措施，从而最大程度地减少 LNG 储罐运营对环境的负面影响。

一、LNG 储罐应用节能减排技术的必要性

LNG 储罐在存储和分发液化天然气过程中需要大量的能源支持，尤其是用于维持低温环境和保持 LNG 液态状态的能耗较高，且 LNG 储罐运营过程中产生的温室气体排放，如二氧化碳和甲烷，对环境和气候变化具有潜在影响，通过应用气体回收利用技术和智能控制系统，有效减少 LNG 蒸发和泄漏，可以降低温室气体的排放量，不仅有助于企业履行环境保护责任，还有利于全球

应对气候变化挑战^[3]。

除此之外，节能减排技术的应用可以降低 LNG 储罐的运营成本，包括能源成本和维护费用，可以减少能源消耗和减少运行中的损耗，企业可以提高其竞争力和长期盈利能力。此外，优化能源利用还能够减少对外部能源供应的依赖，提升企业的能源安全性和可持续发展能力。从宏观的角度而言，LNG 储罐作为重要的能源基础设施，其技术创新和发展对整个行业具有引领作用，在很大程度上推动节能减排技术的应用和研发，不仅可以提升储罐

* 作者简介：陈志强，1991年1月，男，汉族，辽宁朝阳，中级职称，从事石油化工工程建设领域

的性能和安全性，还可以促进相关技术的进步，推动整个 LNG 产业链向更加环保和可持续发展的方向。

二、LNG 储罐的节能减排技术

（一）绝热技术在 LNG 储罐的应用

绝热技术在 LNG 储罐的应用，尤其是在节能减排方面具有显著的技术性和经济性优势^[4]。由于 LNG 需要保持在约 -162 摄氏度的极低温下，传统的绝热材料如岩棉、泡沫玻璃和聚氨酯等被广泛应用于储罐的外壁和内部层。这些材料具有优异的绝热性能，能有效隔离外部环境的热传导，减少热量通过传导和辐射的损失，从而降低了 LNG 的气化速率和能源消耗。

现代 LNG 储罐的绝热技术不仅限于材料选择，具体包括结构设计和施工工艺的优化。一般上选用多层绝热屏障结构和真空绝热技术能够有效提高绝热效果，减少热桥和冷却能耗。此外，通过精确的温度和压力控制系统，可以实现对储罐内部环境的精确调节，进一步优化绝热效果，降低操作风险和能源成本，且绝热技术的进步不仅提升了 LNG 储罐的运行效率，还显著减少了对外部环境的影响^[5]。通过减少热量的损失，储罐运营过程中排放的温室气体如二氧化碳和甲烷也得到有效控制，有助于企业履行环保义务和减少对环境的负面影响。

（二）气体回收与循环利用技术在 LNG 储罐的应用

在液化天然气的储存和分配过程中，常伴随着少量的蒸发气体的产生，其中包括主要的成分甲烷及其他碳氢化合物，蒸发气体不仅导致能源的浪费，还对环境造成不良影响，在 LNG 储罐设计阶段，气体回收与循环利用技术在 LNG 储罐的应用显得尤为重要，它不仅可以提高能源利用效率，还有助于减少温室气体的排放。

气体回收技术通过安装在储罐周围的回收系统，捕捉并收集蒸发的天然气。这些系统通常包括压缩机和冷凝器，能够将蒸发气体压缩回收，并通过冷却和液化过程将其转化为液态状态，且回收的液化天然气可以进一步用于储罐系统的补充和再利用^[6]。在气体回收与管理阶段，液化天然气可以重新注入储罐中以保持储罐内部的压力和温度，或者作为工艺中的其他用途，如用作燃料或化工原料。这种循环利用不仅减少了对外部天然气供应的依赖，还降低了生产成本和环境影响，且通过减少蒸发气体的释放，可以有效控制和减少对大气的污染，降低甲烷等温室气体的排放量，有助于企业履行环境法规的要求和可持续发展的承诺。

（三）静态电场技术

静态电场技术利用静电原理，通过在 LNG 储罐表面形成微弱的静电场，来减少表面温度的波动和能量损失，从而提高储罐的绝热性能和运行效率，并且静态电场技术通过在 LNG 储罐表面建立静电场，能够有效地减少外界环境温度变化对储罐内部 LNG 温度的影响^[7]。在低温条件下，LNG 的液态状态对温度波动极为敏感，而静电场可以降低表面温度的波动幅度，减少热量的传导和辐射损失，从而提高储罐的绝热性能。

静态电场技术不仅适用于减少表面温度波动，还能够改善储

罐的耐腐蚀性能和增强保护层的稳定性。静电场可以有效地防止湿气和化学物质在储罐表面的积聚，减少腐蚀的发生，延长储罐的使用寿命，降低维护成本和能源消耗，在此基础上通过减少能源消耗和提高能源利用效率，静态电场技术有助于减少 LNG 储罐运行过程中的温室气体排放，例如二氧化碳和甲烷的释放，符合企业履行环保义务和可持续发展目标的要求^[8]。尽管静态电场技术在 LNG 储罐的应用还处于研究和实验阶段，但随着其技术逐步成熟和应用成本的降低，预计其在未来将会得到更广泛的推广和商业应用。作为新兴的节能减排技术之一，静态电场技术的进一步发展和应用将为 LNG 储罐行业带来更多的技术创新和经济效益，推动整个行业向更加环保和可持续发展的方向迈进。

（四）热回收技术在 LNG 储罐的应用

在液化天然气储罐的运行中发挥着关键作用，在 LNG 的液态变化过程中，释放的热能通常以废热的形式散失到环境中，基于安装热交换器和热回收系统，可以捕捉这些废热，并用于加热其他流体（如水或空气）或供应建筑物的热能需求。这样不仅提高了能源的综合利用效率，还减少了外部能源供应的依赖，降低了运行成本和温室气体的排放量。

大部分的热回收技术在 LNG 储罐的应用还能够提升系统的整体效率和运行稳定性，基于回收热能的利用，可以有效地优化储罐内部温度和压力的控制，减少能量浪费和系统的运行风险，提升储罐的操作安全性和可靠性，并且可以最大程度上减少废热的释放不仅减少了对环境的热污染，还能减少温室气体的排放，如二氧化碳和甲烷的释放。

三、LNG 储罐环境影响评估方法

（一）智能化监测系统

智能化监测系统可以实时数据采集和分析，提升了对环境影响的监测和评估效率。这些系统集成各种传感器和数据采集设备，能够实时监测储罐及其周边环境的关键参数，实现对 LNG 储罐运行过程中环境参数的精准监测，传感器网络覆盖储罐及其周边区域，能够及时捕捉到温室气体排放、噪音、挥发性有机化合物（VOCs）等关键环境因子的变化，所采集的数据不仅有助于评估储罐运行对周边环境的实际影响，还能及时预警的环境风险和异常情况。

智能化监测系统的的核心能力，支持环境因子的实时监测和评估。例如，系统可以监测和记录储罐周围空气质量、水质变化和土壤污染情况，为环境影响评估提供了全面的数据支持，并且系统能够预测并识别的环境风险，如气体泄漏、化学品溢出等，从而及时采取应对措施，减少对周围环境和社区的潜在影响^[9]。此外，系统还能支持环境监管部门的监督和管理，确保 LNG 储罐项目符合环境法规 and 标准，促进项目的可持续发展和社会接受度。

（二）环境因子的影响评估

LNG 储罐实际应用阶段，环境因子包括空气质量、水质、土壤质量、噪音、挥发性有机化合物（VOCs）等，其评估涵盖了

自然生态系统和人类健康的潜在影响，环境因子的影响评估需要基于科学方法和实地调查数据，全面分析 LNG 储罐项目引起的环境影响^[10]。例如，空气质量影响评估可以通过空气质量监测和模型模拟，评估储罐运行过程中释放的氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂）、PM2.5 等污染物对周边空气质量的影响程度和范围，在此基础上还需要考虑储罐运行导致的化学品泄漏、废水排放以及土壤污染风险，以及这些对当地生态系统和水资源的长期影响。

（三）风险预测与分析

风险预测与分析是评估液化天然气（LNG）储罐项目产生的环境风险和安全问题的重要方法，所对应的风险包括事故风险、化学品泄漏、火灾爆炸等，其评估旨在预测潜在风险的发生概率和影响程度，并采取相应的预防和应对措施以减少的负面影响。对于 LNG 储罐项目，这包括对储罐设计、建设和运营中存在的风险进行全面分析，如设计缺陷、操作失误、自然灾害等。通过结合历史数据、模拟分析和专家判断，可以量化不同风险事件发生的概率和影响，为风险管理提供科学依据。例如，火灾爆炸事件导致的空气污染、土壤污染和水质污染，以及对生态系统和周边社区的长期影响。风险分析不仅关注事故发生的性，还考虑应

急响应和事故后果管理的有效性，以最大程度地减少环境和社会的损失。围绕 LNG 储罐的日常管理工作，还需要制定紧急预案、培训人员、购置安全设备和建立有效的监测系统等措施，以确保项目在运营期间最大限度地保护环境和社会利益。

结语：

综上所述，在 LNG 储罐应用的过程中，通过采用绝热技术、气体回收与循环利用、静态电场技术、热回收技术等多种先进技术，不仅可以显著降低 LNG 储罐的能耗和温室气体排放，还能有效减少其对周围环境的负面影响。在环境影响评估方面，采用环境影响评估（EIA）、生命周期评估（LCA）、生态风险评估（ERA）及社会影响评估（SIA）等方法，能够全面评估项目引起的环境、生态和社会影响，从而制定出科学的管理策略和控制措施，保障项目的可持续发展和环境保护目标的实现。智能化监测系统的应用进一步增强了对储罐运行过程中环境参数的实时监测能力，提升了预测和管理环境风险的效率。因此，综合应用先进技术和科学评估方法是确保 LNG 储罐项目在实施过程中既能实现节能减排，又能最大程度地保护周围环境和社会利益的关键因素。

参考文献：

- [1] 许庆江, 樊云博. 城市 LNG 调峰站工艺设计及建造关键技术 [J]. 安装, 2023(S1):40-41.
- [2] 林素辉. LNG 储罐预冷方式和 BOG 回收技术分析 [J]. 化工管理, 2023(8):60-63.
- [3] 左秋河. 中小型 LNG 装置节能降耗技术应用与分析 [J]. 石油石化节能与计量, 2023,13(11):34-38.
- [4] 邢明. 某中小型 LNG 动力船舶储罐的设计与校核 [D]. 辽宁: 大连海事大学, 2016.
- [5] 魏红梅. LNG 加气站 BOG 的产生及处理工艺研究 [D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [6] 高晖. 唐山 LNG 项目节能减排技术应用 [J]. 化工管理, 2016(15):115.
- [7] 周闯峰. LNG 储罐预冷方式和 BOG 回收技术研究 [J]. 中国化工贸易, 2022(36):178-180.
- [8] 金华. 耙吸挖泥船使用 LNG 燃料的优势、问题和解决方案 [C]. // 中国交通建设股份有限公司 2017 年技术交流会论文集. 2017:907-912.
- [9] 罗晓钟, 刘东进, 翁玉祥, 等. 智能化船用 LNG 系统装备关键技术研究与应用 [Z]. 张家港中集圣达因低温装备有限公司. 2019.
- [10] 本刊讯. 中远海运接收全球首艘 LNG 双燃料 VLCC [J]. 中国航务周刊, 2022(10):20-20.