

双碳目标下 LNG 接收站低碳转型路径及其经济效益研究

马 杨 (中国石化青岛液化天然气有限责任公司, 山东 青岛 266400)

摘要: 本文在“双碳”目标背景下, 从 LNG 接收站的低碳转型问题出发, 展开研究。文中系统分析了接收站的碳排放特征与现状, 和转型的多重挑战。从工艺升级、成本管理、政策协同、智能运维、产业生态等方面, 提出了一整套系统化的低碳转型路径。经分析, LNG 接收站低碳转型可获得大量直接经济效益, 并提升企业长期竞争力和战略价值, 对企业未来发展有重要的现实意义。

关键词: LNG 接收站; 双碳目标; 低碳转型; 经济效益

中图分类号: TE09 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0019-03

Research on Low-Carbon Transformation Pathways and Economic Benefits of LNG Terminals under the Dual Carbon Goals

Ma Yang (Sinopec Qingdao LNG Co., Ltd., Qingdao Shandong 266400, China)

Abstract: Under the background of the “dual carbon” goals, this paper explores the low-carbon transformation of LNG terminals. It systematically analyzes the carbon emission characteristics and current status of LNG terminals, as well as the multiple challenges of their transformation. From the perspectives of process upgrading, cost management, policy synergy, intelligent operation and maintenance, and industrial ecology, a comprehensive set of systematic low-carbon transformation pathways is proposed. The analysis indicates that the low-carbon transformation of LNG terminals can generate substantial direct economic benefits, enhance the long-term competitiveness and strategic value of enterprises, and holds significant practical importance for their future development.

Keywords: LNG terminal; dual carbon goals; low-carbon transformation; economic benefits

为了更好的应对全球气候变化, 国家就我国的各行各业, 提出了碳达峰和碳中和的“双碳”目标^[1]。而这一目标的提出, 从本质上来看, 深刻的影响了我国整体能源体系的转型与发展方向。这其中, 液化天然气 (LNG) 作为一种较为清洁的化石能源, 其燃烧产物污染非常小, 而且释放的热量又很大, 所以, LNG 对于我国未来的能源产业转型, 有重要的过渡作用^[2]。然而, 尽管 LNG 本身的清洁能源属性比较强, 但 LNG 产业链本身其实不是完全零碳的状态, 其关键环节之一的 LNG 接收站, 在运营过程中, 也依然会有明显的碳排放行为和过程。因此, 推动 LNG 接收站向低碳转型发展, 提升 LNG 接收站的清洁属性, 既是响应国家战略的一种必要举措, 也是提高 LNG 接收站长期竞争力的一种基本要求。

1 LNG 接收站的功能、系统构成与碳排放源分析

1.1 LNG 接收站的核心功能与工艺流程概述

LNG 接收站是国内天然气市场与海外 LNG 资源之间的一个重要枢纽。接收站的核心功能, 主要包括接收、储存、再气化和输送等等。接收站的具体工作流程比较复杂, 一开始是要把从远洋运输船运送到接收站的 LNG, 通过卸料臂转移到对应的储罐, 进行定

期存储。然后, 根据下游管网的需求, 把储存的 LNG 经过加压和气化处理, 再一点点的转化为常温天然气。随后, 就是通过外输管网, 源源不断的输送到各个终端用户, 完成整个配送过程。这个过程中, 能源能量需要不断的做转换, 会有一定的耗散, 这也是能源加工和分配环节中一个难以避免的问题。

1.2 接收站关键系统构成

LNG 接收站的顺利运营需要多个系统的紧密配合。其中, 卸料系统负责的是要来自远洋运输船的 LNG 通过卸料臂转移至储罐, 完成运输和储存过程。储存系统方面, 则是要以大型低温储罐为核心, 保障 LNG 的持续供应。气化系统的话, 则是要通过气化器 (如开架式气化器或浸没式气化器), 将 LNG 转化为常温天然气, 这个环节也是最容易产生能耗的地方。外输系统负责的是调压、计量等设施, 其需要确保天然气能够顺利、安全地进入管网, 最终输送给终端用户使用。除了这些基本系统外, 蒸发气处理系统也极为重要, 它的任务, 是要处理在储存过程中自然蒸发产生的气化天然气蒸发气体 (BOG)。而 BOG 的回收和处理方式, 也是会直接关系到接收站的能效和碳排放水平的, 这也是实现低碳转型的一个关键环节。

1.3 碳排放特征与现状分析

目前,传统 LNG 接收站的碳排放特征还是比较明显的,尤其是在采用高排放气化工艺时,排放量就会显著增加上来。而且,接收站本身的间接排放总量也比较大,这主要是与接收站的运行负荷紧密相关的。其中,负荷越高,排放量自然也就越大。所以,总的来看,现有技术和运营模式下,LNG 接收站方面的低碳排放要求还是不能放低,目前与国家“双碳”目标的要求,还是有较大的差距。LNG 接收站还是需要更好的低碳改造,才能在响应国家战略的同时,不断提升自身的长期竞争力。

2 双碳目标下 LNG 接收站低碳转型的现实挑战

2.1 技术与工艺革新面临高门槛与不确定性

低碳转型的关键,还是在于新技术和新工艺的应用,然而,这类技术要实现,目前来说,还是有着比较大的一些技术壁垒。例如,零碳气化技术和各种高效碳捕集技术,目前来看,虽然已经在研发和示范阶段,已经取得了一定的技术进展,但本质上的技术可靠性和实际效果,目前来说,应该还是有待确认的^[3]。

2.2 巨额投资与成本效益之间的短期失衡

低碳改造需要的初期投资,一般都会比较大。而无论是新建低碳设施,还是对现有系统进行改造,基本都需要大量的设备采购和建设资金。虽然这些投资,从长远来看的话,确实是可以带来一定的节能减排收益,但这些回报的背后,也通常都有一定的滞后性^[4]。在现有的能源价格和碳定价体系下,低碳改造的投资回收期一般都会比较长,故此,企业在短期内就可能要面临比较大的财务压力,这可能就会影响到它们转型的决心和毅力。

2.3 政策、市场与标准体系尚不健全

低碳转型的顺利推进,还需要一个清晰稳定的政策支持基础。可是,目前关于 LNG 接收站低碳改造的专项政策、技术标准和核算认证体系,还是不太完善的状态。全国碳市场的覆盖范围、碳价水平和稳定性,现阶段来说,都还不能充分激发企业减排的动力。所以,政策和市场机制的不确定性,本质上还是增加了企业在低碳转型过程中的风险,进而就可能影响到转型的顺利推进。所以,要推动低碳转型,对政策和市场机制进一步完善,就显得尤为重要。

2.4 安全稳定运行与能源保障面临新压力

LNG 接收站的首要任务,是确保能源的安全、稳定供应。而引入新的工艺和设备,虽然可能会让效率更高,但却也可能给 LNG 接收站带来一些新的安全隐患,因此,实践中,就需要对现有的安全管理体系,进行重新评估和优化。而在低碳转型的关键过渡期,

如何保证改造过程中,不会影响到接收站正常的接卸、储存和供气能力,就变得尤为重要了^[5]。

3 双碳目标下 LNG 接收站低碳转型的系统路径

3.1 加快工艺脱碳改革并提升能效水平

要实现 LNG 接收站的低碳转型,首先还是要从工艺环节入手,进行系统化的改造与升级。具体来说,接收站要优先考虑淘汰或改造那些碳排放量大的设备,比如浸没燃烧式气化器等。同时,要积极推广新型的低碳气化技术。这些新技术,基本都是用绿色电力或者海水余热来驱动的,从源头上就能将碳排放给降下来。在推动工艺脱碳的同时,也要想办法全面提升整个系统的能效水平。比如,可以提升蒸发气的高效回收率,采用“再冷凝”这类先进的技术,把蒸发气回收利用起来,这样就既能减少气体放空,也能提高系统的整体运行效率了。当然,改造之后,可能还是会有一部分集中排放是无法完全避免的。对于这部分排放,接收站就要提前布局好末端的碳捕集技术,尽量减少影响。目前,很多接收站都是设在沿海地区的,所以,一些小型化、模块化的碳捕集方案,用起来就会比较经济一些,对环境的影响也会相对较小一点,这也是一个比较好的低碳转型方向。

3.2 落实全生命周期成本管理与投融资创新

LNG 接收站的低碳转型,确实需要巨大的资金投入。从落实低碳转型的整体格局来看,要缓解这方面的压力,关键还是得在财务规划和融资模式上,做一些创新。首先,企业在做低碳改造的投资决策时,不能只看初期的建设成本,而是要把整个生命周期的经济性都考虑进来。这样的话,企业最好就是建立一套有效的评估模型,把建设、运营、维护、碳成本节约,甚至包括未来的退役处理等各个环节的费用,都算进去。

同时,还要把未来碳价可能上涨的预期幅度,也纳入到成本综合考量之中。这样,才能更为准确地判断出投资的长期效益。其次,在投融资方面,接收站也要积极探索多元化的融资渠道,特别是可以寻找一些绿色金融工具,比如,绿色贷款、发行绿色债券这些方式,都可以降低项目的融资成本,提高项目的低碳转型效率。对于更大规模的转型项目,接收站也可以考虑引入一些绿色产业资本,或者与基础设施投资基金这类第三方合作,共同分担风险、共享收益,从而增强整个融资过程的灵活性和可持续性,项目有更多的资金进行低碳转型,接收站的转型效果自然也就更好。

3.3 构建政策协同环境与低碳市场机制

从构建有利于低碳转型的整体生态系统来看,政

策环境和市场机制的协同作用,对于 LNG 接收站的低碳转型效果,亦是同样重要。首先,在政策和标准层面,行业组织应该积极推动 LNG 接收站领域相关低碳技术标准、核算方法与监管体系的完善。这样的话,企业再选择技术路线的时候,就会有更为清晰的指引,市场也能在一个更公平的框架下进行竞争。而政府在制定政策时,也需要在确保安全环保底线的前提下,给接收站的技术创新留出足够的空间,保持政策的前瞻性,从而真正激励企业通过创新来实现减排。其次,在市场机制方面,企业也需要更主动地把碳资产纳入到己身的经营管理策略之中。企业需要积极参与全国碳市场及地方试点市场,因为这样可以通过碳交易,获得更多的实际收益,把减排行动,转化成实实在在的市场竞争力。另外,接收站还可以充分利用自身场地和设施优势,积极探索一些与绿色电力融合发展的实践方案。比如,可以在站内或周边区域布局海上风电、光伏等项目,甚至,还可以进一步探索利用这些绿色电力来生产氢气或氨,这样就能从更根本的能源结构上,直接减少接收站对传统化石能源的依赖,为低碳转型打开一系列新的发展空间。

3.4 强化智慧化运维与系统韧性

为了让 LNG 接收站在低碳转型过程中,可以继续安全、高效与稳定的运行下去,可以从强化智慧化运维和提升系统韧性的角度入手,对 LNG 接收站进行数字化和智能化改造。运营团队需要结合新的低碳工艺,建立起一套数字化的安全风险管控体系。这样的话,就可以利用物联网、大数据这些技术,对设备状态进行实时监控,及时发现问题。

同时,企业还要构建一套智能化应急预案平台,在突发情况下,也能做到快速响应,守住安全底线。而随着风电、光伏这些可再生能源的接入,接收站还需要建立一个智慧能源管理平台。其主要作用,是要对天然气、电力、冷能、热能等多种能源,进行动态的优化调度。最大化地消纳绿色电力,把整个系统的能源利用效率,提到更高,优化整体运行性能,提升整个 LNG 接收站低碳转型过程中的系统韧性,保障接收站正常的运转能力。

4 双碳目标下 LNG 接收站低碳转型路径的经济效益

4.1 直接经济效益分析

从直接的经济回报来看,LNG 接收站的低碳转型,能够带来几个比较实在的收益点。首先,最直接的就是节能降耗带来的成本节约效益。接收站在优化工艺、提升能效的基础上,再加上对冷能进行深度利用,能够显著降低日常运营中的燃料和电力消耗,这样运营

成本方面,自然也就降下来了。其次,企业积极参与碳市场,也能带来可观的碳交易收益。随着未来碳价逐步上涨,企业主动减排形成的碳资产,就会转化为越来越有价值的实际收益。此外,转型过程中,企业对冷能、乃至捕集到的二氧化碳这类副产品,也可以进行规模化、高附加值的开发,从而为接收站开辟出新的收入来源。

4.2 间接效益与战略价值

除了直接的经济账,低碳转型所带来的间接效益与战略价值,其实更为深远,也更为关键。首先,企业可以提前布局转型,从而有效规避未来可能面临的高额碳税或其他政策性成本。其次,企业可以采用绿色、低碳的运营模式,这样也可以大幅提升 LNG 接收站的品牌形象和社会声誉。如此一来,接收站就能更容易的获得政府、社区以及合作伙伴的认可与支持。反过来,这些认可又能让企业在融资时获得更优的条件,进而形成良性循环。而且,未来的经济社会中,低碳转型必然是接收站核心竞争力提升的关键因素之一,所以,其战略价值是远超短期财务效益的。

5 结语

总的来看,推动 LNG 接收站的低碳转型,不仅是为了响应“双碳”目标,更是这个行业自身迈向高质量发展的必然选择。通过前面的分析可以看到,虽然低碳转型在技术、成本这些方面,一开始确实会面临不小的压力,但只要路径设计科学,并且能系统地推进下去,LNG 接收站就完全可以在实现充分减排的同时,挖掘出更多的经济效益和战略价值。所以,面向未来,要真正完成这场转型,还是要政府、企业和社会各方形成合力。一方面,要继续完善相关的政策环境和市场机制。另一方面,也要加速关键技术的创新和示范应用。只有这样,才能推动 LNG 接收站更好地转型为清洁、高效、智慧的现代化能源枢纽,在未来能源体系中,发挥更关键的作用。

参考文献:

- [1] 王晓庆,刘伟,罗慧慧.“双碳”目标下中国天然气行业发展机遇与挑战[J].国际石油经济,2021,29(06):35-42.
- [2] 孙丹阳.“双碳”目标下天然气行业绿色低碳转型发展研究[J].节能与环保,2024,(07):3-11.
- [3] 杨贤潮.提升中国 LNG 产业链韧性和安全水平的策略[J].天然气技术与经济,2023,17(04):1-6.
- [4] 欧阳文婷,徐生宝,张斌斌.LNG 接收站经济节能工艺设计探究[J].石化技术,2025,32(02):124-126.
- [5] 刘雪平.LNG 接收站项目节能降碳发展探讨[J].上海节能,2022(04):400-404.