

长江内河 LNG 接收中转站建设 和运输面临的主要问题及解决方案

曹 龙（江西省鄱阳湖液化天然气有限公司，江西 九江 332500）

摘 要：随着“煤改气”和“油改气”的持续实施，中国对天然气的需求增加，但冬季供暖期间周期性天然气短缺，影响了民用天然气的供应。因此，国家、各省市均要求加强天然气基础设施尤其是调峰储存设施建设，LNG 从沿海向内陆倒运成为必然趋势。长江 LNG 接收 / 转运站建设项目以长江黄金通道的高起点和高水平为基础，满足了对储气的高需求，促进了中上游地区的协调发展，促进了效益。

关键词：长江内河 LNG 接收中转站；LNG 运输；BOG 处理；主要问题；解决方案

1990 年代以来，我国一直大力改善能源消费结构和新能源的开发。目前长江船舶以柴油为主要动力，燃料消耗高，废气排放较多。天然气是一种高效的、清洁的低碳能源，故将其视为石化燃料最好的替代者，更能保护环境。为了实现“绿色环保发展”的理念，国务院和有关部门提出一系列明确要求大力推广清洁能源、加快环境保护发展的计划、政策和意见。2018 年交通部发布《关于深入推进水运行业应用液化天然气的意见（征求意见稿）》，力求加快推进船舶用能结构升级和港口污染防治，促进水运绿色发展和能源结构调整，深入推进水运行业应用液化天然气（LNG）清洁能源。

1 LNG 我国能源市场现状

由于国内经济受到能源供应的制约，全国整体能源需求不断增加。同时，各国奉行煤炭改革政策，使住房和工业用户从煤炭使用转向天然气使用。2017 年国际技术经济研究所（ITTE）的一项研究表明，天然气的消费量比 2016 年同期增加 2.33 亿 m^3 ，约增加 15%。国内天然气生产已不能满足国内实际需求。因此，天然气进口量增加 27%，进口总量增加 50%，受到管道的建设周期、输送能力、输送价格和建设成本等影响较大。而 LNG 是在常压状态下，将天然气从气态转变为液态的一个物理过程。作为清洁能源，是石油和煤炭能源的有效补充和替代。LNG 具有诸多优势，如便于储存和运输，安全性能高、方式灵活、气源多样、适宜储气调峰等，为此，进口 LNG 成为中国能源市场的主导能源。

长江作为我国最主要的航运通道，流经我国西部、中部、东部经济区共计 11 个省市，优越的航运条件

带动全国 40% 以上的 GDP，直接影响全国 21.4% 的居民，但航运带来的环境污染也是最大的问题。早在 2013 年交通部发布《关于推进水运行业应用液化天然气的指导意见》，明确指出液化天然气（LNG）是国家优先推广的清洁能源，水运行业推广应用 LNG 是发展绿色交通、建设生态文明的需要，是实现水运行业节能减排、转型升级和优化用能结构的有效措施。为深入贯彻《加快推进绿色循环低碳交通运输发展指导意见》，认真落实《公路水路交通运输节能减排“十二五”规划》，安全有序推进水运行业应用 LNG。

2 长江内河 LNG 接收中转站面临的主要问题

内河 LNG 接收站主要指在长江干线建设类似沿海的小型 LNG 接收站，由 LNG 运输船将海外 LNG 从海上运至内陆长江码头接卸，实现“海气进江”，内河接收站装卸能力一般在 100 万 t 以内。LNG 是零下 162℃ 的液态天然气，具有热值大、性能高、绿色环保、安全可靠的特点，在我国能源转型过程中发挥着不可替代的作用。各省、市都在积极践行落实国家“长江大保护”战略规划，水上 LNG 船舶和加注站建设持续升温，内河船舶推广使用 LNG 是我国减污降碳目标的重要举措之一，但在我国内河运营中，仍存在不少问题。

2.1 长江航道条件制约

2.1.1 通航能力的问题

沿海接收站受航运或其他问题影响，建设规模较大，最大接卸泊位为 20 万方 LNG 运输船（即 10 万 t 级运输船），由于我国经济发展的历史原因，长江航运目前无法通航大型的船舶，是由于长江上的桥梁制约了长江航运的通航能力，桥梁将长江分主要分 3 段，

如武汉上游允许 3000 吨级以下船舶通行，武汉至下游浏河口长 1400km 允许 5000 吨级以下船舶通行；仅有南京及下游乘潮减载，可通航 10 万吨级海轮，其余均在 5000 吨级以下，但国内目前尚无此类船舶，造成无船可运。

2.1.2 航行监管条件要求高，难以实现

2018 年，长江海事局按照交通运输部《船舶载运危险货物安全监督管理规定》，组织编制《长江中下游安徽马鞍山慈湖河口至湖北宜昌宜万长江铁路大桥航段载运散装 LNG 船舶航行、停泊、作业安全保障措施（试行）》（以下简称“试行办法”），该文件要求夜间禁止航行；能见距离不足 1500m 禁止航行；《长江干线恶劣天气等条件下船舶禁限航管理规定》《长江干线水上交通安全管理特别规定》等禁限航相关要求。同时 LNG 船舶航行时应与他船保持安全距离（护航船舶除外），其他船应做好协同配合，避免驶入安全领域范围，并要求具备护航船舶和警戒艇等，该文件对于 LNG 运输要求过于严苛，被 LNG 行业人士称为不可能实现的运输。

2.1.3 受长江汛期和枯水期影响较大

目前世界上和国内沿海接收站都采用岸基式的建设，LNG 卸料臂是一种装卸装置，卸料臂通常包括三维旋转接头（TSA）、外臂、内臂、顶端旋转接头、基础立管以及连接内臂和基础立管之间的旋转接头，整体上下伸缩空间有限。由于长江存在汛期和枯水期，整体水位限度均不同，正常情况下，长江江西九江段长江历年平均水位维持在 11m 左右，历史最高水位为 1998 年 21.14m，最低水位为 1963 年 4.94m，落差最大达 15m，LNG 卸料臂是否可以适用如此高差的水位，暂不得而知。

2.2 LNG 内河运输 BOG 处理问题

内河 LNG 中转站项目由于受航道水深和桥梁净空高等限制，无法采用大型海运型 LNG 运输船直接从国外运输，只能采用小型江海直达船将 LNG 资源从国内沿海 LNG 接收站进行二程转运。长江内每个航段都受到不同速度的限制，夜间或能见度不够 1500m 禁止航行等，造成运输时间增长，进一步增大船舶在运输过程中蒸发的闪蒸气（即 BOG）。

小型 LNG 运输船一般采用 A 型或 C 型舱，耐压程度高，在运输期间可通过升压避免 BOG 超压排放，但为了降低 LNG 运输船在内河接收中转站到货后的饱和压力，避免卸料过程中产生大量的 BOG，应在沿海大型 LNG 接收站装船过程中尽量维持较低的饱和压力。

由于小型 LNG 运输船和大型 LNG 运输船在 LNG 接收站码头装船过程中操作参数具有较大差异，不能完全借鉴大型 LNG 运输船的工艺流程和操作模式。沿海 LNG 接收站项目储罐的操作压力一般约 15kPa，在卸船工况下还会通过将储罐压力提升至 20kPa 以上，进一步降低卸船时产生 BOG 量。因此，若在沿海 LNG 接收站装船，考虑装船返气过程中压力损失，则装载后的船舱压力约为 20kPa。由于装载的 LNG 货物温度高，装船后船舱内压力大，若要进一步降低 LNG 船舱压力则需要长时间开启接收站的 BOG 压缩机，采用抽气的方式降低储罐和船舱压力，码头占用时间长，压缩机运行成本高，经济性较差。

2.3 LNG 船舶技术问题

目前 LNG 船舶在改造方案设计、检修资质、改造施工、海产品认证、船舶“油改”技术等方面还不完善。安徽省芜湖改装的液化动力船“红日”经常出现发动机保险丝跳闸、排气阀 LNG 浪费等技术问题。此外，LNG 动力船舶的操作规程比传统油轮相多，LNG 注入工艺复杂，内河用作燃料的技术不够成熟。

2.4 小型运输船制约

目前小型 LNG 运输船在我国处于空白阶段，仅有中海油拥有一艘 3 万方运输船（海洋石油 301），该船主要用于向海南岛洋浦接收站输运 LNG。海洋石油 301 已于 2022 年完成改造，成为我国首艘液化天然气运输加注船。根据海事局规定，长江可以航行的 LNG 船舶最大尺寸为 140m。在国内想要实现江海联运，实现内河接收站顺利投运实现中转，必须重新打造配套 LNG 运输船。不过目前中小型 LNG 运输船的设计、建造技术基本掌握在北欧、韩国、日本等少数国家的船企手中，国内中小型 LNG 运输船设计技术经验还不够成熟，主要参考国外的技术规范。LNG 运输船建造投资高达上亿元，投资压力巨大。

3 长江内河 LNG 接收中转站面临的主要问题的解决方案

3.1 加大投入，给予政策支持

LNG 加注站设施的建设，或者 LNG 船舶的新建或改造，都是发展潜力巨大的工程。影响液化天然气燃料船舶快速发展的主要因素包括 LNG 加注站基础设施少、LNG 船舶技术限制、相关规范制定滞后、新建或改造成本高。在 LNG 船舶加注站设施建设中，水运工程建设用地可以参考公路用地建设优惠政策的实施，安全监督、消防、航空等相关部门可以协调支持；在 LNG 动力船的推广方面，我们可以借鉴江苏的经

验,研究补贴政策,支持产业发展。

3.2 完善政策法规及技术规范体系

LNG 内河接收站缺乏适用的法律规定和技术标准的限制,大大限制了 LNG 的应用。应加强基础研究,寻找超越现有标准的方法。研究相关行业标准,做好监测发展的基础工作。要加强技术研究,并在一些发展受限的政策规定方面取得进展。建议对 LNG 长江流域的移动安全领域进行调查并提出相应建议。或者对 LNG 运输船舶进行风险评估,并根据可接受的风险指定制定符合性标准的准则和要求。

3.3 统一标准,提升通航能力

根据《船舶载运危险货物安全监督管理规定》的安全管理规定,建议组织论证内河 LNG 运输安全保障措施,进一步支持沿海和内河 LNG 运输船、移动加注船稳步发展;建议建立应急体系建设,出台 LNG 动力船舶、移动加注、LNG 加注站应急响应计划编制指南和应急管理规定。

3.4 为 LNG 运输船配备再液化装置

为处理 LNG 运输期间产生的 BOG,可考虑为小型 LNG 运输船配置再液化装置,对 BOG 进行液化处理。如 2009 年由挪威斯考根与我国浙江台州五洲船业公司、圣汇气体化工共同建造的小型 LNG 船配备再液化装置。配置的再液化装置在航行期间连续运行,处理时间长,避免运输过程中积聚的热量在卸料时集中释放,加大 BOG 消耗。假设小型 LNG 运输船的日蒸发率为 0.2%,为 LNG 运输船配置 0.5t/h 处理能力的 LNG 再液化装置。计算不同舱容的运输船舱压力与航行时间的变化。可见,若再液化装置在航行中全程开启,则舱容 2000m³ 以下运输船 BOG 再液化和消耗量将大于 BOG 产生量,随着运输船航行,船舱压力将下降;舱容 3000m³ 以上小型 LNG 运输船在航行过程中船舱压力上升速度也大大降低。因此,为航行时间较长的长江中上游接收中转站项目的小型 LNG 运输船配置 LNG 再液化装置可有效解决带压小型 LNG 运输船到站后船舱饱和压力高、卸船过程中 BOG 量大的问题。

3.5 推广发展技术保障有力

天然气油轮的改造始于长江流域,逐渐扩散到其他流域,工业环境逐步成熟,从技术建设到检验规范,从经营者素质到主管机关管理体制,都在逐步提高,交通部海事局批准了“红日 166”等试点船舶,颁发了船舶检验证书,在试点基础上不断修改一系列技术规范 and 标准,为建设重建提供了技术指导。

3.6 LNG 内河接收站布局

由于内河接收站也可成为所在省份除中石油中石化等长输管道气源之外的第二稳定气源,在国家管网成立后更有机会进入国网实现更大范围的供气。交通运输部通过走访等多种途径编制《全国沿海与内河 LNG 码头布局方案(2035 年)》,依据规划引导、规模适度、集约布局的原则,在长江 2838km 通航里程的干线航道上,在湖北、湖南、江西、安徽、江苏 5 个省份规划布局 6 处沿江 LNG 码头服务各省液态及储气调峰需要。

3.7 提高排放标准,推动 LNG 在航运业的应用

发展清洁发展已成为全球发展的共同关切,因为低碳、生态是航运的主要趋势,LNG 是船舶燃料的理想替代品。提高船舶发动机排放标准可以有效地促进 LNG 的实施。该研究旨在进一步提高我国的排放标准,限制重油的消费,促进液化天然气等清洁能源,实现健康和可持续发展。在推广 LNG 船舶方面,海事船舶的标准化也可以结合交通部出台的国内航运标准进行。

4 结束语

在第十四个五年期间,各国大力推动了能源结构的重组,虽然内河 LNG 船舶应用还有诸多问题待解决,LNG 可减少 80% 的二氧化氮、25% 的二氧化碳、100% 的二氧化硫排放具有良好的环境效益,是节能环保的必然趋势,实现长江“水清岸绿”的重要抓手,政府和企业应发挥各自“特长”,推动和满足航运业远期减污降碳目标。

参考文献:

- [1] 吴宛青,蔡昊成,宋学明.LNG 罐箱运输船罐箱水运破损概率[J].中国航海,2020,43(04):78-83.
- [2] 王镜舟.长江 LNG 运输优化模型研究[J].石油规划设计,2020,31(06):52-58+61.
- [3] 费中强,张亚奇.守护碧海蓝天保障危化品船舶运输安全[J].中国海事,2020(11):10-11.
- [4] 郑健,李飞,和志庆.芜湖 LNG 水上接收站对长江航运的作用和发展建议[J].中国港口,2020(10):51-52.

作者简介:

曹龙(1988-),男,汉族,陕西榆林人,本科,油气储运中级工程师,研究方向:液化天然气 LNG 内河接收站和 LNG 城市储备调峰站。

示范项目:交通运输部办公厅水运行业应用液化天然气第二批试点示范项目,项目名称:鄱阳湖水域水运应用 LNG 项目。