

# 江海直达 LNG 运输船 技术经济性及敏感性分析

徐龙娇<sup>1</sup>, 李光<sup>2</sup>

(1. 大连东辉造价师事务所有限公司, 辽宁 大连 116026; 2. 浙江自贸区新奥海事服务有限公司, 浙江 舟山 316000)

**摘要:** 提出江海联运 LNG 运输船, 沿岸接收站建设规划及造船的必要性, 通过建立技术经济性评价模型, 对 LNG 运输船技术经济性及敏感性数据对比分析, 明晰 LNG 船舶沿海、沿江运输经济性, 预测江海直达 LNG 运输船将成为适合国内 LNG 二程转运的新船型。

**关键词:** LNG 运输船; 经济性; 分析

**中图分类号:** [U6-9]

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0011—03

## 1 概述

液化天然气是一种清洁的能源, 作为绿色能源而备受青睐。随着天然气的广泛应用, LNG 运输需求十分旺盛, 据海关统计, 2018 年 LNG 进口量为 5378 万吨, 同比增长 40.5%, 实现“海气进江”应具有适合长江运输的 LNG 的船舶和沿江 LNG 接收站, 在长江干线建设类似沿海的小型 LNG 接收站, 由能够进江的小型 LNG 运输船将海外进口 LNG 或者沿海接收站中转的 LNG, 从海上运至内陆长江码头接卸。

沿江接收站与沿海相比, 由于接收站更加贴近内陆巨大的天然气终端市场, 其一, 可以作为沿江及周边城市第二气源, LNG 气化进入周边城市主干网或省网, 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, 同时内陆 LNG 接收站所配置的 LNG 储罐, 可作为周边城市冬季 LNG 储气调峰设施, 满足城镇燃气企业的储气能力要求。其二, 可形成周边一定范围内的 LNG 贸易集散中心, 实现 LNG 贸易液进液出, 辐射周边终端市场。其三, 随着水上清洁运输相关政策和规划的不断推进, 未来 LNG 有望成为船舶的重要清

洁燃料, 国家鼓励在内河、湖泊和沿海发展以 LNG 为动力燃料的运输船舶。

洁燃料, 国家鼓励在内河、湖泊和沿海发展以 LNG 为动力燃料的运输船舶。

从 2020 年 1 月 1 日起, 应使用硫含量不大于 0.1% $m/m$  的船用燃油; 要求大型内河船和江海直达船舶: 应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油, 国家鼓励船舶使用清洁燃料液化天然气 (LNG) 替代船舶燃油。支持在长江内河发展 LNG 清洁能源。液化天然气通过江海联运的开发与研究已经成为当今的热点话题, 江海直达 LNG 运输船的开发与研究是对传统 LNG 槽车公路运输的挑战, 本文对 8000 立方米、5000 立方米的小型江海 LNG 运输船进行技术经济性与敏感度分析, 以辅助小型 LNG 运输船建造决策。

## 2 LNG 运输技术经济性主要影响因素

### 2.1 运量需求及运力

根据交通运输部、国家发展改革委《关于严格管控长江干线港口岸线资源利用的通知》中关于集约绿色港口发展的整体思路与要求, 长江 LNG 加注接收码头规划长江中下游湖北武汉港白浒山港区花山作业区、湖南岳阳君山区广兴洲镇、

水中转, 加快疏港铁路建设, 引导矿石、焦炭等大宗货物集疏港运输向铁路或水路转移。

聚焦推动行业治理现代化, 构建优质高效的港航服务保障体系。坚持法治引领, 进一步完善行业法规标准体系, 力争出台《福建省渡运管理办法》, 推动修订《福建省航道条例》和《福建省港口条例》; 充分发挥法制机构和行业法律顾问作用, 探索港航系统专家论证和风险评估工作机制, 确保管理决策科学化、民主化和法治化。深化“放管服”改革, 在全省沿海地区推广船舶证书“并联办证”工作机制, 深化内河船舶“多证合一”改革, 推行网上办理, 探索“多证联办”“多检联办”。强化安全监管, 推广应用省级港口危险货物安全监管综合服务平台, 开展省级港口危险货物第三方机构安全指导服务, 强化港口安全风险分级管控, 推动构建双重预防的港口安全管理体系。推动建设“信用港航”, 全面实行市

场准入负面清单制度, 加强港口生产、水路运输以及水运工程建设市场信用信息管理和诚信化管理, 构建统一开放、竞争有序、科学完备的港航信用体系。坚持以人民为中心, 推进港航文化品牌建设, 鼓励科技创新, 大力选树和宣传先进典型, 健全正向激励和容错纠错机制, 努力打造忠诚、干净、担当的高素质专业化港航干部队伍。

当下有为, 未来可期。福建港航系统将不断增强责任感、使命感、紧迫感, 找差距, 补短板, 准施策, 进一步发挥港口岸线资源优势, 加快构建“能力充分、服务高效、开放融合、平安绿色”的现代化水运体系, 加强与“海丝”沿线国家和地区航运交流合作, 为建设新福建, 推动高质量发展落实赶超作出新的贡献。

(作者系福建省港航事业发展中心党委书记、主任)

江西九江港湖口银沙湾港区、安徽芜湖市滨江北路三山港区、江苏江阴港等5个省份的沿江LNG码头，规划未来都具备LNG接收转运以及LNG加注的多项功能，接受能力总计在1000万吨/年左右，并且在长江干线布局45处LNG加注码头，在严控各类危化品岸线的同时，优先保障LNG等清洁能源发展码头岸线的需要，使得LNG进江运输的基础设施得以保障。

表1 长江干线LNG接收站规模及能力表

港口	规模	能力(万吨/年)
武汉港	5000吨级码头1泊位, 2万立储罐2座	186.5
岳阳港	5000吨级码头3泊位, 2万立储罐4座	200
九江港	5000吨级码头1泊位, 2万立储罐2座	200
芜湖港	5000吨级码头4泊位, 10万立储罐2座	150
江阴港	50000吨级码头2泊位, 8万立储罐2座	200
合计		936

## 2.2 造船价格

初步估算建造一艘8000方LNG运输船价格新造船价格在2~2.2亿人民币，5000方LNG运输船价格新造船价格在1.3~1.5亿人民币，选择不同的船型，将决定未来船舶营运中的资金成本高低，直接影响船舶收益。为了能够体现不同船型价格下，船舶投资项目的净现值、内部收益率、船舶年收益的变化情况，将选取特定船型作为参考船型做基本经济性分析，然后通过敏感性分析来体现造船价变动对于各经济指标的影响情况。

## 2.3 运价

运价作为航运公司收入来源，对船舶营运经济效果影响巨大。经济性分析采用两种定价方式，其一，采用槽车陆路运价，其二，按照项目收益率8%（所得税后）计算，由于陆路与水路运输运距和成本差异，选用运价做敏感性分析，来体现水运运价变动对于各经济指标的影响情况。

## 2.4 船舶营运成本

船舶营运成本划分为资金成本、经营成本、航次成本三部分。其中，资金成本和经营成本之和即固定成本部分，资金成本是船舶最基本的成本，即船舶购置资金，它还包括贷款利息、税金和折旧等，经营成本是船舶为保持适航状态所发生的经常性维持费用，固定成本已包括船员工资、机务费、海务费、安保费、保险费、管理费等；可变成本包括燃料费、港使费；航次成本即变动成本部分，包括一个航次的燃料成本和港口使费两个部分，船用LNG动力燃料（液货系统+BOG）<sup>[1]</sup>。

## 3 LNG运输船技术经济性评价指标模型

LNG运输船进行经济性分析与评价，其指标分别有净现值NPV、内部收益率IRR和投资回报率ROI，指标模型如下：

净现值的计算公式为：

$$NPV = \sum_{j=1}^N \frac{A_j}{(1+i_c)^j} + \frac{R}{(1+i_c)^N} - P$$

式中， $A_j$ 为第j年的年收益值；R为残值；P为项目初期投资； $i_c$ 为企业基准收益率；N为项目经济使用期。

内部收益率计算公式为：

$$\sum_{t=0}^n (CI - CO)_t (1 + IRR)^{-t} = 0$$

式中 IRR 为内部收益率；CI 为现金流入量；CO 为现金流出量； $(CI - CO)_t$  第 t 年的净现金流量；n 为计算期。

应用 IRR 对小型 LNG 运输船进行评价的判别标准是：

若  $IRR \geq i_c$  LNG 运输船项目经济效果上是可以接受的；

若  $IRR < i_c$  LNG 运输船项目经济效果上应予以拒绝。

采用试算法，其计算公式为：

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 + |NPV_2|} (i_2 - i_1)$$

其中  $i_1$ 、 $i_2$  表示贴现率， $i_1 < i_2$ 。 $NPV_1$ 、 $NPV_2$  表示贴现率在  $i_1$ 、 $i_2$  时所计算出来的项目净现值<sup>[2]</sup>。

投资回报率计算公式为<sup>[3]</sup>：

$$ROI = \frac{\text{年利润}}{\text{投资总额}} \times 100\%$$

## 4 基于江海联运运输经济性分析

### 4.1 航线及船舶基本情况

以武汉为界，由于航道水深、桥梁净空等通航条件的变化，考虑枯水季影响，到达武汉的船型舱容在8000~10000m<sup>3</sup>左右，到达宜昌的船型舱容在5000~7500m<sup>3</sup>左右，模拟8000方与5000方LNG运输船型，投入江海联运航线，其船型水深限制、桥梁通航净空限制、航道弯曲半径限制、LNG运输船进江航行条件及航速均符合要求<sup>[4]</sup>，起始港暂定为舟山港，目的地为：江阴、芜湖、九江、武汉、岳阳和沿海平湖港。里程如表2所示：

表2 8000\5000方年运营收益指标

起始港	目的港	海运里程(公里)	公路里程(公里)	单次往返时间(小时)	年内运输次数	年最大运输量(万吨)	年总成本(万元)	吨运费成本(元/吨)	吨公里运费成本(元/吨公里)	公路运价(元/吨公里)
舟山	江阴	418	409	150\120	48\60	16\12	4057\2808	260\232	0.64\0.57	0.92
舟山	芜湖	706	518	196\166	37\43	12\9	4263\2881	358\329	0.69\0.64	0.75
舟山	九江	1074	739	255\225	28\32	9\6	4417\2930	482\453	0.65\0.61	0.75
舟山	武汉	1343	960	298\268	24\27	8\5	4491\2953	573\544	0.60\0.57	0.74
舟山	岳阳	1573	1050	334\305	22\24	7\5	4539\2967	651\621	0.62\0.59	0.73
舟山	平湖	120	220	97\68	74\106	24\21	3688\2681	154\125	0.70\0.57	0.92

### 4.2 相关经济指标

8000/5000m<sup>3</sup>两种不同船型年运输量假设如表3所示。综上所述，运用技术经济性评价指标模型，参照槽罐车汽运的收费标准、按投资项目内部收益率IRR达到8%和盈亏平衡的三种状态测算LNG运输船的年收益指标，对净现值NPV、内部收益率IRR、投资回报率ROI及投资回收期进行计算如表4所示。

表3 假定年运输方案

起始港 ---- 目的港	8000m <sup>3</sup>	5000m <sup>3</sup>	单位
舟山 ---- 江阴	2	1	万吨
舟山 ---- 芜湖	2	1	万吨
舟山 ---- 九江	2	1	万吨
舟山 ---- 武汉	1	1	万吨
舟山 ---- 岳阳	1	1	万吨
舟山 ---- 平湖	4	5	万吨
合计	12	10	万吨

表4 方案经济性分析指标

指标	按槽罐汽核定收入计算		按IRR:8% (所得税后) 计算		按盈亏平衡计算	
	8000m <sup>3</sup>	5000m <sup>3</sup>	8000m <sup>3</sup>	5000m <sup>3</sup>	8000m <sup>3</sup>	5000m <sup>3</sup>
净现值 NPV (万元)	1577	4612	3186	3187	-8380	-5109
内部收益率 IRR (所得税后)	7.33%	9.63%	8%	8%	2.33%	2.48%
投资回报率 ROI	6.24%	8.70%	6.92%	7.75%	1.65%	1.86%
静态投资回收期 (年)	11	9	10.3	9.6	19	19

4.2.1 运价

在拟定年运输方案及运量条件下，其运价为影响方案经济指标主要因素，如按槽罐汽运运价，其主要影响因素对于经济指标的敏感性分析见图1。

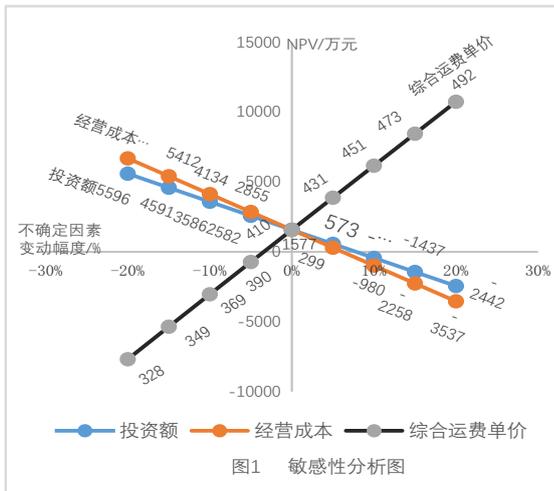
从图1可知，8000立型船，当运费综合单价下降到3.4%及以下时，即396元/吨公里及以下时，经济效益指标NPV均为负值，项目经济性为不可行，分析运费当以陆路汽运单价核算时，项目NPV值为1577万元，在此运价情况下，项目投资与其项目经济性可行。体现船舶运输比陆路汽运有一定得经济优势。

4.2.2 船价

从图1投资额曲线，投资对项目NPV较大影响，在满足船舶必要功能前提下，降低投资也将对项目经济指标起到至关重要的作用，敏感性分析投资额增加7.8%及以上时，经济效益指标NPV开始由正变负值，项目经济性也将变为不可行，所以小型LNG运输船开展限额设计显得非常必要。

4.2.3 船舶经营成本

从图1经营成本曲线，其对项目NPV影响要比投资额大，其中LNG动力燃料成本，港口费用都将直接影响经济指标，敏感性分析经营成本增加6.2%及以上时，经济效益指标NPV开始由正变负值，项目经济性也将变为不可行，其中动力燃料成本占经营成本的40%，其变动对此型船经营成本影响最大。



5 LNG 运输船的经济性总结评价

本文通过研究小型LNG运输船的营运经济性分析，基于

国内沿海至长江航线假设了一定的运价、航程、航速、船型、通航条件等要素<sup>[5]</sup>，计算多种状况下相关经济指标，得出以下经济性分析结论。

5.1 经济性分析结论

在运价达到陆路运输价格水平下，8000立、5000立LNG运输船的NPV远大于零，所得税前分别为1577万元、4166万元；财务内部收益率IRR分别为8.86%、11.84%；投资回报率为6.24%、8.7%。即在假定的市场运价水平下，项目具备一定的投资意义。

5.2 敏感性分析结论

在经济性分析的基础上，本文对影响小型LNG运输船经济性的主要影响因素进行了敏感性分析研究，这些因素分别是运价、投资额、经营成本，并得到相应的敏感性分析结论。

敏感性分析图显示，运价因素与LNG船的净现值呈正向相关，即当市场状况较好、运价为用户能够承受为前提，其他因素投资额、经营成本为次要因素；

总结以上结果，小型LNG运输船的建造，将随长江布局LNG接收站的建设进度而提升。市场因素（运价、经营成本、投资额）将成为影响其经济性的敏感性因素，

传统的LNG运输方式是大型LNG船远洋运输发展起来的，主要承担国际远洋LNG运输任务。随着天然气市场的发展，我国LNG接收站、卫星站的快速增加，沿海、沿江LNG运输需求也随之出现，小型LNG运输船将承担LNG能源二程转运的运输需求。

参考文献：

[1] 何旷. 高性能江海型LNG运输船[J]. 中国船检, 2013(5):71-72.  
 [2] 王维才, 戴淑芬, 肖玉新. 投资项目可行性分析与项目管理[M]. 冶金工业出版社 2012.  
 [3] 翁雨波. 超大型集装箱船技术经济性及敏感性分析[J]. 中国船检, 2018(10):86-91.  
 [4] 秦炳军, 陈瑞权, 盛苏建. 江海直达小型LNG运输船设计研究[J]. 船海工程, 2012, 41(2):1-8.  
 [5] 肖慧, 陈颜龙. 江海联运小型LNG运输船船体设计简析[J]. 中国水运月刊, 2016, 16(7):1-4.