

小清河复航后绿色水运体系建设探讨

郭培军¹, 刘夕全²

(1. 山东海洋工程装备研究院有限公司, 山东 青岛 266555; 2. 山东海洋蓝鯤运营有限公司, 山东 济南 250002)

摘要: 探讨包含 LNG 补给源、LNG 加注站和 LNG 动力运输船三个关键环节的小清河复航绿色水运体系方案, 并从小清河 LNG 加注站建设模式、加注站的 LNG 补给方式; LNG 动力运输船、LNG 加注趸船及 LNG 加注船等装备配置方面进行论述, 最后给出小清河绿色水运体系建立需要注意的问题。

关键词: 小清河复航; 内河运输; LNG 动力船; LNG 加注船; LNG 加注趸船

中图分类号: U697 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0101—04

小清河是山东省规划的“一纵三横”水运体系中唯一可实现海河联运的“黄金水道”, 该航道目前由于水源不足, 处于停航状态。2019年4月10日, 中国铁建所属投资集团、港航局集团、投资基金管理有限公司与山东省海洋集团组成联合体, 中标山东省小清河复航工程项目, 并于2020年1月正式开工。小清河复航工程起点为济南市荷花路跨小清河桥下200米处, 终点为潍坊港西港区羊口作业区, 拟建Ⅲ级限制性航道169.2千米, 计划2022年全线复航。

相对于公路和铁路运输, 内河运输具有投资少, 运力大、成本低、能耗低的巨大优势, 在交通运输系统中具有不可替代的重要作用。随着内河船舶运输规模的不断增大, 船舶尾气、污水等排放对环境造成的污染问题越来越严重, 研究表明, 我国内河船舶每年SO₂排放量占全国排放总量的8.4%, 氮氧化物排放量约占11.3%^[1], 船舶污染物排放问题已经受到社会和政府部门的广泛重视。如何解决船舶污染问题, 发展内河绿色水运, 国内外大多采用以液化天然气(LNG)替代燃油作为内河船舶燃料的方式实现。

本文将对小清河复航后绿色水运体系的建立、关键环节及装备展开论述。

1 小清河绿色水运体系概述

小清河绿色水运体系(见图1)建立并不是简单地将运输船舶改为LNG双燃料或纯LNG燃料动力船就可以解决的, 而是要建立一个涵盖LNG气源、LNG运输、LNG储存和加注、LNG动力船等在内的完整体系, 缺一不可。

从图中可以看出, 在这个体系中, 可以大致分为LNG补给源、LNG加注站和LNG动力运输船三个关键环节。各环节之间关系见图2。

2 小清河绿色水运关键环节及装备设施

2.1 LNG补给源

稳定且价格合理的LNG补给源是最为关键的一环, 小清河绿色水运体系中, 气源将来自三种渠道: LNG接收站、陆上LNG液化厂和港口LNG罐式集装箱。



图1 小清河绿色水运体系简图



图2 小清河绿色水运各环节关系图

2.1.1 LNG 接收站

山东省周边 LNG 接收站资源短缺，目前仅有青岛中石化 LNG 接收站；但环渤海还有大连等 4 个 LNG 接收站（见表 1）。另外，山东省和环渤海还有超过 10 个接收站在申请或筹划阶段（见表 2）。

LNG 加注船的气源将来源于 LNG 接收站，小清河复航初期，可以从大连、天津等地 LNG 接收站获取气源；远期山东及环渤海多个 LNG 接收站建成投产后，将有更多的气源选择，足以保证 LNG 加注船的气源供给。

2.1.2 陆上 LNG 液化厂

山东及周边省份的 LNG 液化厂资源丰富，根据安集博国际有限公司统计数据，截至 2018 年 11 月，我国 LNG 工厂总数为 448 个，其中山东、河北、河南、天津等临近区域 LNG 工厂数量 80 个左右。（见表 3）

山东省附近 LNG 液化厂规模一般较小，多为产能在 10~60 万方/日（250~1500 吨/日）的中小型 LNG 液化厂。这些 LNG 液化厂可以为小清河沿岸 LNG 趸船（水上加注站）提供充足的气源（通过 LNG 槽罐车运输）。

2.1.3 港口 LNG 罐式集装箱

LNG 罐式集装箱的整体结构是将高真空多层绝热低温液体贮罐安置于国际标准集装箱框架内，低温液体贮罐属于

双壳 C 型罐，由一个盛装低温液体并承受内压的不锈钢内容器和一个在内容器外承担真空绝热夹套的碳钢外壳所组成。LNG 罐式集装箱安全可靠，承压能力强，罐箱可以存放 90 天而不需要对蒸发气（BOG）进行处理。

2018 年 9 月 7 日，国内第一批次载有 LNG 罐式集装箱的货船到达日照港集装箱码头。标志着 LNG 罐式集装箱业务模式的新突破，开辟一条新的 LNG 供给模式。

LNG 罐式集装箱将作为小清河沿岸陆上 LNG 加注站的气源储罐，LNG 用完后，直接采用更换罐式集装箱的方式进行气源补给。LNG 罐式集装箱可以从日照、青岛等附近港口通过卡车运输到加注站。

2.2 LNG 加注站

小清河绿色水运体系中 LNG 加注站有两种形式：水上 LNG 加注站和岸上 LNG 加注站。

2.2.1 水上 LNG 加注站

水上 LNG 加注站关键装备是 LNG 加注趸船，主要为过往的 LNG 动力船舶进行 LNG 加气。2012 年我国就开始了 LNG 加注趸船方面探索，但发展比较缓慢，究其原因，主要是因为 LNG 作为船舶燃料的整个体系没有建立起来，包括供应链和消费链。截至 2019 年初，全国共建成 18 座船用 LNG 加注站，

表 3 我国 LNG 工厂数量统计表（截至 2018.11）

所属地区	项目数	所属地区	项目数(个)
东北地区		西南地区	
黑龙江省	12	重庆市	13
吉林省	17	四川省	23
辽宁省	7	贵州省	15
西北地区		云南省	
新疆维吾尔自治区	23	西藏自治区	0
甘肃省	9	华东地区	
宁夏回族自治区	11	江苏省	9
青海省	8	上海市	1
内蒙古自治区	79	浙江省	1
陕西省	35	安徽省	7
华北地区		华南地区	
北京市	3	江西省	2
天津市	4	福建省	0
河北省	25	广东省	3
山东省	29	广西壮族自治区	2
山西省	63	海南省	1
华中地区		台港澳	
河南省	22		
湖北省	8		
湖南省	4		
总计		448	

注：

1. 本报不定期更新，项目数量的实际情况和规模、状态等项目参数以配套项目数据库实际输出为准；
2. LNG 工厂亦统计包含液化装置的气化站

表 1 山东及环渤海现有 LNG 接收站统计表

序号	名称	业主	投产时间	规模(百万吨/年)
1	辽宁大连 1 期	中石油	1112	3
	辽宁大连 2 期	中石油	1611	3
2	曹妃甸 1 期	中石油北京燃气	1311	6.5
3	天津浮式 1 期	中海油	1412	2.2
4	天津南港 1 期	中石化	1802	3
5	山东青岛 1 期	中石化	1411	3

表 2 山东及环渤海规划 LNG 接收站统计表

序号	名称	业主	投产时间	规模(百万吨/年)
1	辽宁营口 1 期	湖北能源长联石油	待审批	3
2	辽宁东戴河	百川能源	拟建	5
3	曹妃甸 3 期	中石油北京燃气	在建	3.5
4	唐山曹妃甸	长联石油	拟建	3
5	天津 2 期	中海油	在建	3.8
6	天津南港 2 期	中石化	拟建	7
7	山东滨州 1 期	湖北能源长联石油	待审批	2
8	山东青岛 2 期	中石化	拟建	5
	山东青岛 3 期			2
9	山东威海	中海油	拟建	3
10	山东日照	太平洋油气	拟建	2
11	山东蓬莱	宝塔石化	拟建	2.8
12	山东龙口	恒通中石化	在建	6

表4 部分LNG加注趸船信息表

序号	船名(或船东)	数量	合同时间	交付时间	趸船参数	LNG舱容(m ³)	建造船厂	作业航线
1	华强天然气发展有限公司	2	2014.6	2016.1	90*18*4.2m	500	武船重工	长江
2	深圳标典公司	11	2016.8	—	90*18*4.2m	500	武船重工	长江
3	华强天然气发展有限公司	2	2014.7	—	90*18*4.2m	500	鄂州光大船业	长江
4	港强天然气(上海)公司	1	—	2015.12	90*18*4.2m	500	武船重工	长江
5	江苏鸿运绿色能源有限公司	1	2019.6	—	53.2*12m	100	丹阳珥陵船舶	京杭运河
6	云浮珠港新能源有限公司	1	—	2018.12	—	200	东莞南祥造船	珠江水系西江
7	西江新奥有限公司	1	—	2015.4	78*16*3.2m	200	广西西江船厂	珠江水系西江
8	江苏海企港华燃气发展有限公司	1	2012.5	2013.5	100*18m	500	海企港华	长江

而投入运营的仅有6座,且5座集中在江苏境内,表4是部分LNG加注趸船信息表。

通过上表信息,国内LNG加注趸船容量普遍较小,这与实际LNG动力船的加注需求有关。结合小清河LNG动力船吨位较小,单船燃气需求量小的特点,建议选用200方以内规模的LNG加注趸船。

LNG加注趸船的气源补给可以有两种方式:一种是通过LNG加注船补给;另外一种可以通过陆地LNG槽车补给。

LNG加注趸船的燃气销售可以通过两种途径销售:一种是为河道航行的LNG动力船加注;另外一种可以为沿路的LNG动力卡车进行加气。

2.2.2 岸上LNG加注站

小清河属于人工河道,跟长江、珠江等不同,受枯水期和汛期影响较小,岸边水深条件较好。

可以选址在水深条件好、周边空旷的岸边建设简易码头(满足LNG动力船靠泊用)和LNG加注站,加注站的LNG储罐可以选用C型罐或LNG罐式集装箱。

岸上LNG加注站的气源补给有两种方式:一种是通过陆地LNG槽车补给;另外一种是通过集装箱卡车直接更换LNG罐式集装箱。

岸上LNG加注站的燃气销售同样也可通过两种途径销售(同水上LNG加注站)。

2.3 LNG动力运输船

小清河绿色水运体系中的运输载体采用LNG动力运输船,并根据所运输货物特点,选用LNG动力散货船、LNG动力集装箱船等不同船型。而船舶来源则可通过三种方式:设计开发并新建江海联运船、基于已有船型新建内河LNG动力船、租用市面上现有适合航道运输的内河LNG动力船。

复航后的小清河航道为Ⅲ级限制性航道,根据《内河通航标准》GB50139-2014^[2]规定,三级航道可通航船舶吨位1000吨,三级航道尺度的最低标准为水深3.2米,底宽45米。

2.3.1 江海联运船

综合小清河航线各种限制因素,如港口码头条件、航道水深、货物特点等,订制设计最经济的江海联运船型,以实现直达式江海联运。该船型将是一种不同于常规海船或江船

的浅吃水肥大型船舶。只有这种船型,才能解决小清河航道的水深限制和船舶载货吨尽可能大的矛盾。同时还应考虑船舶的稳性、抗沉性和船舶的结构强度,以适应海上航行的要求^[9]。

国内江海联运船相关规范和设计建造等都已经起步,2018年6月,中国船级社发布《特定航线江海直达船舶建造规范》,为江海联运船舶设计提供了规范依据;2018年4月5日,我国首艘江海联运船“江海直达1”号轮从宁波舟山港启航,沿长江航道航行,顺利靠泊安徽马鞍山马钢港务原料总厂码头,首航成功。

联合知名船舶设计院,如上海船舶研究设计院、长江船舶设计院、浙江欣海船舶设计研究院等,并在中国船级社参与下共同开发适合往返于海洋和小清河的安全性高、造价低、载货多、航速快、能耗低等综合经济性优良的船型,以推动小清河绿色水运的发展。

2.3.2 内河LNG动力船

我国内河LNG动力船总体发展较为缓慢,全国不足300艘,占比只有不到0.2%。主要原因有两个:①LNG动力船新建或改造投资金额较大,且近年国际油价一路下跌,LNG与柴油的价差在逐步缩小,在经济效益和利润不高情况下,很难激发企业的积极性;②受国内LNG加注等配套设施匮乏等因素限制,LNG动力船面临无气可加或加气不便一系列问题。目前完工和交付的内河LNG动力船中,很大一部分处于待工状态。

将小清河入海口附近码头作为货物中转站,新建或租用内河LNG动力船可实现货物在小清河的往返运输。租用的运作方式是一种可以减少初期投资,迅速形成运力的模式。

例如,我国某船厂建造的一批750吨级船型,主要参数如下:

总长 (Length Overall)	44.98m
型宽 (Breadth)	8.65m
总宽 (Breadth Overall)	8.80m
型深 (Depth)	3.25m
设计吃水 (Design Draft)	2.70m
载货量 (Cargo Capacity)	722.6t
货舱 (Cargo Hold)	610m ³
续航力 (Endurance, MRC50%)	660km
LNG燃料罐容积 (LNG Fuel Tanks)	5m ³

表5 全球 LNG 加注船信息表

序号	船名(或船东)	交付年份	舱容(m ³)	建造船厂
1	Seagas	2013	180	
2	Engie Zeebrugge	2017	5000	
3	Cardissa	2017	6500	
4	Coralius	2017	5800	
5	Oizmendi	2018	600	
6	Coral Methane	2018	7500	
7	Kairos	2018	7500	
8	Clean Jacksonville	2018	2200	
9	FlexFueller1	2018	760	
10	Stolt-Nielsen Gas	2019	7500	
11	Stolt-Nielsen Gas	2019	7500	
12	Korea Line	2019	7500	
13	Korea Line	2019	7500	
14	Victrol/CFT	2019	3000	
15	Tian LNG	2019	1680	
16	Tian LNG	2019	1480	
17	Total/MOL	2020	18600	沪东中华
18	Q-LNG	2020	4000	
19	FueLNG	2020	7500	南通吉宝
20	CLS Japan	2020	3500	
21	新奥能源	2020	8500	大连船舶重工
22	Ecobunker Shipping	2020	2500	
23	ShturmanKosheley	2020	5800	
24	EestiGaas	2020	6000	宜昌达门
25	MOL	2021	12000	
26	Avenir LNG	2021	7500	南通太平洋
27	Avenir LNG	2021	7500	南通太平洋

从该船参数看,吃水 2.7 米,续航力 660 公里,满足小清河三级航道航行要求。

租用 30 艘 750 吨级 LNG 动力船即可建立一支 2.2 万吨级规模 LNG 动力船队,实现小清河沿岸货物输出或外部物资的输入。

2.4 LNG 加注船

目前为止,世界上投入运营的 LNG 加注船仅有 20 艘左右(见表 5),我国仅有新奥能源将在今年从大连船舶重工接收一艘 8500 方 LNG 加注船;另外,中海油能源发展股份有限公司采油服务分公司也正规划建设 12000m³ 和 6000m³ 两艘 LNG 运输加注船。

通过以上分析,目前市面上可用的 LNG 加注船很少,而且价格高昂,例如 7000 方 LNG 加注船造价在 3400 万美金左右,因此,在小清河绿色水运体系中,现阶段 LNG 加注船的气源,将通过 LNG 槽罐车输送;LNG 加注船将作为长期规划的气源补给方式。

3 结论

本文提出了小清河绿色水运体系建立的几种可选方案,该方案的经济性和可行性需要进一步论证。方案的实施还需要注意如下问题:

- (1) 小清河绿色水运体系要满足航道管理局规划要求;
- (2) LNG 加气站(水上或岸上)的规模、选址要获得相关政府部门审批;
- (3) 江海联运船型开发需要与未来客户(企业)密切结合;
- (4) 提前与 LNG 供气方(LNG 液化厂或 LNG 罐式集装箱等)达成合作协议,以保证稳定气源;
- (5) 明确 LNG 动力船运输船队、LNG 加注站等的运营模式。

参考文献:

- [1] 王小亮. 内河船空气污染物排放控制方案[J]. 上海船舶运输科学研究所学报, 2017,40(1): 24-26.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 内河通航标准:GB 50139-2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [3] 许维德. 江海直达船船型设计的特点[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 1994, 22(3): 114-119.
- [4] 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, 2016,16(7): 1-4.