



# 我国 LNG 动力船舶燃料加注技术

潘海涛, 何正榜, 魏红彤

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** LNG 动力船舶以其环保、节能等优势受到越来越多的国家和航运企业的关注。针对我国目前 LNG 动力船舶在政策法规、燃料供应和加注技术等方面存在的问题, 对国内外 LNG 动力船舶燃料加注技术的发展趋势进行总结。通过分析我国 LNG 动力船舶的燃料加注方式和加注站的规模, 提出促进我国 LNG 动力船舶应用发展的建议及措施。

**关键词:** LNG 加注; LNG 动力船舶; 加注站

中图分类号: U 66

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0046-04

## Fuel bunkering technology of LNG fuelled ship in China

PAN Hai-tao, HE Zheng-bang, WEI Hong-tong

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** The LNG fuelled ship, with its environmental-friendliness, energy saving and other advantages, has attracted attentions of more and more countries and shipping companies. In view of problems of the LNG fuelled ship in policies and regulations, LNG fuel supply and bunkering technology, we summarize the development trend of fuel bunkering technology of LNG fuelled ship at home and abroad. Based on the analysis of the bunkering methods for the LNG fuelled ship and the scale of the bunkering station, we propose suggestions and measures on development of the LNG fuelled ship's application in China.

**Keywords:** LNG bunkering; LNG fuelled ship; bunkering station

航运是世界上应用最为广泛的货物运输方式之一。随着全球贸易量的增加, 航运业得到了飞速发展, 但船舶在航行过程中会产生大量的二氧化碳、氮氧化合物和硫氧化合物等有害气体, 对环境破坏日益严峻。因此, 促进航运绿色发展和保护环境是目前航运业所面临的两大挑战。

目前船舶主要采用柴油和重油作为燃料, 其中柴油主要用于内河或近海运输的中小型船舶, 优点是动力强劲, 燃烧完全, 污染物排放少, 但柴油成本较高; 重油主要用于远洋运输的大中型船舶, 其优点是重油成本较柴油低, 但通常会含有较多的硫、灰分等杂质, 而且燃烧不充分, 污

染物排放较多<sup>[1]</sup>。随着全球大气污染排放的限制和减排压力的增大, 液化天然气(LNG)以其绿色、环保和节能等优势而作为船舶燃料越来越多的受到航运大国和航运企业的关注。

### 1 LNG 动力船舶燃料加注技术发展现状

LNG 作为船舶燃料最早源于 LNG 运输船, 主要是基于 LNG 运输船在航行中因船体摇晃和温度的变化会有部分 LNG 蒸发, 将 LNG 蒸发气作为船舶燃料既解决了蒸发气的污染排放问题, 又节省了船舶燃料。国际海事组织《防止船舶造成污染国际公约》附则 VI 修正案要求从 2012 年 1 月 1 日

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 潘海涛 (1972—), 男, 教授级高级工程师, 从事港口码头油气储运设计研究工作。

起,船上使用的燃油硫含量从 4.5% 降至 3.5%,并在 2020 年 1 月 1 日起降到 0.5%; 欧盟法令 2005/33/EC 要求自 2010 年 1 月 1 日起在欧盟港口停泊超过 2 h 的船舶不得使用硫含量超过 0.1% 的燃油。美国和加拿大则在两国主要海岸线外 370 km 范围内设置污染气体排放控制区,在控制区活动的船舶从 2015 年开始必须执行更严格的硫化物排放标准,到 2016 年,新船舶必须安装控制污染气体排放的设备<sup>[2-3]</sup>。欧盟、美国等国家对于船舶燃料的使用及气体排放物都有严格的限制,促进了 LNG 作为船舶燃料的发展。

根据“欧盟船用 LNG 综合框架行动方案”,欧盟委员会将与欧盟海事局合作,提出一整套关于 LNG 水上供应、加注和使用的建设标准和使用指南。欧盟计划到 2020 年,在其核心的 10 大码头运输网络上建设 139 个海港和内陆港口 LNG 加注站,对过往 LNG 动力船舶提供 LNG 燃料加注服务<sup>[4]</sup>。

目前,我国在长江、西江和京杭运河等内河流域的 LNG 动力船舶试点工作已全面展开,但沿海航线的 LNG 动力船舶还处于起步阶段。由于新建 LNG 动力船舶技术和成本要求较高,现阶段 LNG 动力船舶主要以改造为主。自 2010 年开始应用 LNG-柴油混合动力船舶以来,完成“油改气”的船舶将近 200 艘,这也为 LNG 动力船舶的发展积累了丰富的经验。同时,国家相关部门也为 LNG 动力船舶的应用提供了一系列的政策支持。2011 年,中国船级社与中石油共同启动了“气化长江”工程。2012 年,交通运输部海事局制定了《LNG 燃料动力试点船舶技术要求》《LNG 燃料动力试点船舶关键设备技术要求》。2013 年 9 月,中国船级社还发布了国内首部以天然气作为燃料的船舶技术规范《天然气燃料动力船舶规范》。2013 年 10 月,交通运输部发布了《关于推进水运行业应用 LNG 的指导意见》。

由于环保的压力和鼓励政策的实施,国内外 LNG 动力船舶得到了快速发展,但 LNG 动力船舶燃料加注问题越来越多地受到航运业者的关注。

由于船舶燃料供给是航运业中的一个非常重要的环节,因此 LNG 动力船舶燃料加注设施的严重缺乏阻碍了 LNG 作为船舶燃料的推广使用。目前,国内外关于船用 LNG 燃料加注设施的研究和建设还处于起步阶段,加注设施尚未建立起完备且实用的供应基地和网络。

国内开展试点工作以来,国家海事局、能源局和中国船级社等各方积极推动 LNG 水上加注技术的研究以及标准的制定,目前正在进行《LNG 燃料动力船舶加注模式及加注站研究》的课题研究,以及《船舶 LNG 加注站设计规范》《内河 LNG 加注码头设计规范》等标准规范的制定,为未来 LNG 加注设施的设计和建造奠定了基础。

随着 LNG 水上加注技术研究的不断深入,各级政府部门加紧规划 LNG 水上加注站的建设。交通运输部于 2014 年发布了《关于 LNG 燃料动力船舶加注站布局指导意见》,并公布了水运行业应用 LNG 首批试点示范项目名单,为我国沿海及内河流域 LNG 加注站的布局指明了方向。同时,根据《湖北省液化天然气利用中长期规划(2011—2020 年)》,到 2015 年末,湖北省境内将建成 12 座 LNG 水上加注站;江苏省为达到 2020 年全面建成绿色循环低碳交通运输示范省的目标,计划 5 年内在长江江苏段再建 9 座 LNG 水上加注站;各能源企业也在布局水上 LNG 加注站的规划,中石油规划在长江、皖江流域建设水上加注站 5~10 座;新奥集团也在浙江舟山投资建设了我国首座沿海 LNG 加注站。因此,随着我国沿海和内河流域越来越多的 LNG 水上加注站的建成,LNG 供应网络会逐渐完备,将极大地促进 LNG 动力船舶的发展。

## 2 LNG 动力船舶燃料加注技术分析

### 2.1 LNG 燃料加注方式

根据 LNG 加注站形式的不同,可以将 LNG 动力船舶燃料加注方式分为 4 类:船-船加注方式、趸船-船加注方式、槽车-船加注方式和岸站-船加注方式(图 1)。

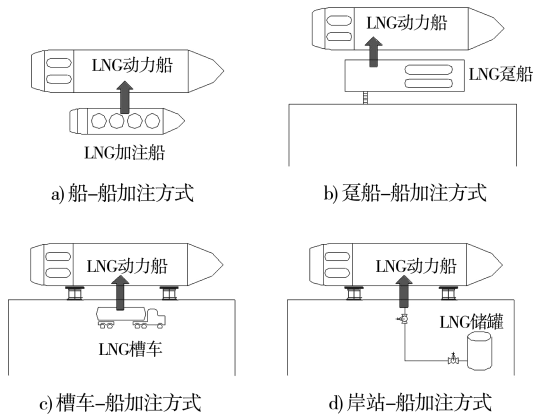


图1 LNG动力船舶燃料加注方式

1) 船-船加注: 利用 LNG 加注船对受注船舶直接进行加注。该加注方式的优点是加注地点灵活, 可在码头、锚地或航行途中进行, 对大、中和小型 LNG 动力船舶都适用; 缺点是 LNG 加注船和受注船舶之间为直接过驳作业, 操作难度高, 风险大。

2) 趸船-船加注: 利用 LNG 加注趸船对受注船舶进行加注。该加注方式主要适用于内河流域, 加注站建造周期短, 可以和燃油加注设施合建, 节省投资; 缺点是加注规模较小, 趸船补给难度较大。

3) 槽车-船加注: 利用 LNG 槽车在码头上对受注船舶直接进行加注。该加注方式的优点是机动性好, 可以直接利用现有码头进行加注, 投资成本低; 缺点是加注量小, 加注效率低。

4) 岸站-船加注: 利用专用 LNG 加注码头对受注船舶进行加注, 也可在已建码头上增设 LNG 燃料加注系统。该加注方式的优点是实用性强, 适合大型船舶和快速加注; 缺点是需要建设专用的 LNG 加注码头或对已建的码头进行改造, 投资和操作成本较高。

目前, 我国已建的 LNG 加注站主要采用趸船-船加注方式。槽车-船加注方式已经在沿海多个码头上进行了试点。浙江舟山正在建设我国第 1 座沿海岸站式加注站, 建成后将为过往的 LNG 动力船舶提供 LNG 加注服务。对于 LNG 加注方式的选择, 需要根据我国沿海和内河航线 LNG 动力船舶的实际运营情况、港口布局和 LNG 补给来源等因

素综合确定。

## 2.2 LNG 燃料加注规模

加注规模是 LNG 加注站建设的一个重要参数。内河和沿海 LNG 加注站的加注规模应根据其服务船型、受注船舶数量、加注时间、可作业天数和服务半径等因素综合确定。

采用 LNG 加注船进行加注时, 考虑到新建 LNG 加注船的费用太高, 主要是利用中小型 LNG 运输船作为加注船。目前, 世界上中小型 LNG 运输船保有量较少, 考虑国内到 LNG 二程转运市场的发展, 相关企业正在建造适合国内短途运输的 LNG 运输船。因此, 采用 LNG 加注船-船方式时, 建议将加注规模控制在  $600 \sim 1\,000 \text{ m}^3$ 。

采用 LNG 加注趸船进行加注时, 根据《液化天然气燃料水上加注趸船入级与建造规范》, LNG 加注趸船根据储罐总容积  $V$  将其划分为 3 个等级: I 级 ( $V \leq 200 \text{ m}^3$ )、II 级 ( $200 \text{ m}^3 < V \leq 400 \text{ m}^3$ )、III 级 ( $400 \text{ m}^3 < V \leq 600 \text{ m}^3$ )。由于趸船上 LNG 系统的建造及维护费用昂贵, 如果 LNG 加注趸船规模太小, 其经济性会较差; 但如果加注趸船规模太大, 则 LNG 储罐的补给会存在较大困难。因此, 采用加注趸船-船加注方式时, 建议将加注规模控制在  $100 \sim 600 \text{ m}^3$ 。

采用 LNG 槽车进行加注时, 其加注规模主要根据市场上现有的 LNG 槽车规格确定。目前市场上主要的 LNG 槽车规格为 15、30、40、45 和  $60 \text{ m}^3$ , 国外也有  $90 \text{ m}^3$  的 LNG 槽车。由于 LNG 槽车运输量有限, 因此采用槽车-船加注方式时, 建议其加注规模为  $15 \sim 120 \text{ m}^3$ 。

采用 LNG 岸站进行加注时, 需要新建或改建 LNG 加注码头, 其建设规模也较为灵活。对于小型 LNG 岸站, 可以利用已有码头进行改造, 通过在码头平台上增设 LNG 加注设施进行加注, 其加注规模为  $100 \sim 1\,000 \text{ m}^3$ ; 对于大中型 LNG 岸站, 可利用现有 LNG 接收终端或新建 LNG 加注码头进行加注作业。考虑到 LNG 加注码头建设的经济性, LNG 加注码头可与 LNG 装船码头合建, 建议其规模为  $2\,000 \sim 60\,000 \text{ m}^3$ 。

### 3 LNG 燃料加注存在的问题

#### 1) LNG 供应链问题。

LNG 加注站在形成供应链之前, 首先要解决气源问题。由于我国天然气行业发展较晚, 而且气源分布不均, 天然气供应紧张, “气荒”现象时有发生, 因此保障 LNG 的气源问题也是影响 LNG 作为船舶燃料的重要因素。LNG 加注站补给供应保障要求高、行业门槛高、投资额大。LNG 应用未形成规模化前, 其供应物流链很难大规模出现, 投资和运营成本高, 在一定程度上抑制了 LNG 作为船用燃料的发展。

#### 2) LNG 加注安全问题。

LNG 具有易燃易爆、快速相变及低温等特性, 因此对 LNG 加注站安全性要求也较高。特别是对于船-船式 LNG 加注站, 除了存在因泄露造成的火灾爆炸和低温损害外, 还会因船舶碰撞和恶劣天气等原因导致火灾爆炸和沉船等风险。而在 LNG 燃料加注过程中, 由于加注系统的复杂性, 对操作人员也提出了更严格的要求。

#### 3) 相关标准规范问题。

目前, 国内关于 LNG 加注站的标准工作还处于起步阶段, LNG 水上加注站的设计、建设和管理尚未形成完备的标准体系。现阶段我国 LNG 加注站的设计、建设和管理只能参考国内外大型 LNG 装卸码头的相关标准规范, 而这些标准规范主要针对大型 LNG 船舶运输、储存和操作等, 不适用于规模较小的 LNG 加注站。LNG 加注站的标准规范还需考虑其选址、投资、消防、安全监管方面与大型 LNG 装卸码头的差异性。

### 4 措施及建议

随着我国对节能和环保的要求不断提高以及国内 LNG 供应量的逐步增加, 我国船用 LNG 市场的发展前景值得期待, 但未来还需要做好以下工作:

1) 加大对 LNG 动力船舶和 LNG 加注站安全技术的课题研究, 为 LNG 作为船舶燃料提供技术支撑。

LNG 动力船舶及 LNG 水上加注技术的课题研究工作已取得阶段性成果。还需要研究小型 LNG 运输船进入内河的安全问题, 以及小型 LNG 船舶

航行和进出港靠泊作业要求与大型 LNG 船舶的差异性管理, 并为 LNG 水路运输提供法规环境。

2) 合理规划 LNG 加注站的布局, 促进 LNG 动力船舶与加注站的协调发展。

在加快 LNG 动力船舶发展的同时, 需合理规划 LNG 加注站的布局, 对于岸站式加注站, 其选址不仅需要考虑加注站自身的安全以及对周围设施的影响, 还需考虑 LNG 动力船舶的靠泊安全以及加注效率等, 对于加注站建设规模和加注方式也需要与船舶种类、吨级相适应, 而水上 LNG 加注站的规划布局及加注能力, 应结合 LNG 动力船舶的吨级和续航能力综合考虑。

3) 确定 LNG 动力船舶和 LNG 加注站的发展时序, 促进产业的健康和可持续发展。

现阶段是 LNG 动力船舶的发展初期, 其主要以小吨级船舶的“油改气”以及双燃料混合动力为主, 同时还需要开展 LNG 动力船舶以及大型 LNG 动力船舶的研发工作。对于船-船式 LNG 加注站, 现阶段主要以内河小型 LNG 加注趸船以及小型 LNG 多功能补给船为主, 并逐步建造大中型 LNG 加注船, 为沿海 LNG 动力船舶及远洋 LNG 动力船舶提供燃料加注服务; 对于槽车-船式和岸站-船式加注站, 为节省前期工程投资, 可对老旧码头进行改造作为加注站的基础平台, 通过增设配套加注设备, 为过往船舶提供燃料加注服务。在远期, 随着 LNG 动力船舶的大型化, 需要在沿海建设大型的岸站式加注站以适应船舶的发展需求。因此, 需要合理确定 LNG 动力船舶和 LNG 水上加注站的发展时序, 促进产业的健康和可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 周淑慧, 沈鑫, 刘晓娟, 等. LNG 在我国内河水运领域的应用探讨[J]. 集输与加工, 2013(2): 81-89.
- [2] 王峰, 濮继林. LNG 动力船舶发展现状及趋势[J]. 江苏船舶, 2011(5): 16-17.
- [3] 薛成. 船舶硫氧化物排放控制及展望[J]. 世界海运, 2011(9): 20-26.
- [4] 石国政, 张晖, 范洪军. 天然气燃料动力船燃料加注模式研究[J]. 船海工程, 2013(6): 57-60.