

国内外 LNG 内河运输安全标准现状及展望

马金晶 皇甫立霞 韩力 刘鑫鹏 郭开华

中山大学工学院

马金晶等. 国内外 LNG 内河运输安全标准现状及展望. 天然气工业, 2015, 35(12): 117-123.

摘 要 LNG 凭借其经济性与环保性, 目前已成为各国未来水运行业绿色可持续发展首选的清洁燃料。为此, 调研了国内外 LNG 内河运输相关标准规范及 LNG 近海航运和内河运输的标准法规、规范性指南和相关论文, 归纳总结后得出认识: LNG 内河运输安全标准主要涵盖了 LNG 船舶、船与船过驳、船岸交接、岸上设施、水上运输等 5 个技术领域, 其重点是 LNG 加注码头和 LNG 加注船的设计标准, 以及 LNG 船舶内河运输规则和 LNG 燃料动力船加注标准的制订。对比分析国内外安全标准后认为: ①安全风险评估是对 LNG 船舶装卸过程和航道运输中可能出现的危险性及安全控制定量评价的科学方法, 也是标准制订的发展方向; ②目前我国的 LNG 内河运输安全标准体系尚不完善, 主要缺乏 LNG 作为船用燃料的质量要求、加注作业的定义和加注操作规范、加注安全控制区域和船员专业培训要求等。整理归纳核心标准的主要内容和应用现状, 对推动我国 LNG 在内河运输上的应用和相关标准的制修订有参考意义。

关键词 LNG 内河运输 安全标准 LNG 船舶 船与船过驳 船岸交接 水上运输 LNG 加注 风险评估

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2015.12.018

Current status and prospect of LNG inland water transportation safety standards at home and abroad

Ma Jinjing, Huangpu Lixia, Han Li, Liu Xinpeng, Guo Kaihua

(College of Technology, Zhongshan University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 35, ISSUE 12, pp.117-123, 12/25/2015. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: With economical and environmental-friendly features, LNG has been globally taken as the preferred clean fuel for green and sustainable development of water transportation industry in the future. In view of this, the standards and regulations related with LNG inland water transportation at home and abroad were investigated, and the standards and regulations, prescriptive guidances and thesis related with LNG paralic shipping and inland water transportation were reviewed and summarized. Findings show that LNG inland water transportation safety standards mainly covers five technical aspects, such as LNG ship, ship-to-ship lighter, ship-bank delivery, onshore facilities and water transportation. Typically, these standards focus on the design of LNG refuelling docks and LNG refuelling ships, river transportation rules of LNG ships and refuelling standards of LNG-fuelled ships. The following conclusions were reached after comparative analysis was performed on domestic and foreign safety standards. First, safety risk assessment is not only a scientific approach to evaluating quantitatively the potential hazards and its safety controls during LNG ship loading, unloading and transportation, but the orientation to formulate standards. Second, current domestic LNG inland water transportation safety standard systems are incomplete and mainly lack quality requirements, definition of refuelling operation, refuelling regulations, refuelling safety control areas and crew's professional training requirements for the situations with LNG used as a bunker fuel. In this way, the key standards were studied and summarized. It is of reference significance to impelling the application of LNG in domestic inland water transportation and the formulation and revision of the related standards.

Keywords: LNG inland water transportation; Safety standard; LNG ship; Ship-to-ship lighter; Ship-bank delivery; Water transportation; LNG refuelling; Risk evaluation

作者简介: 马金晶, 女, 硕士研究生; 主要从事 LNG 内河运输安全方面的研究工作。地址: (510006) 广东省广州市番禺区广州大学城。E-mail: mahust456@126.com

通信作者: 郭开华, 教授, 博士生导师。E-mail: guokaih@mail.sysu.edu.cn

尽管全球船舶数量远低于汽车,但其排放的污染物总量却约为汽车的两倍,船舶对环境造成的污染日益严重。在各国对气体排放要求日趋严格的形势下,LNG 作为清洁能源逐渐成为未来航运业发展首选的船舶燃料^[1]。为大力推进 LNG 在水运行业的应用,欧盟 2013 年在莱茵—美因—多瑙河流域针对 LNG 水上运输作了具体部署。奥地利、比利时等多个国家参加了“欧洲 LNG 总规划”综合性研究项目,该项目主要涉及以下几个方面:①LNG 在欧洲水运市场开发与推广;② LNG 船舶和 LNG 装卸码头的设计、基础设施和配套设施的建设以及试点的部署;③监管工作框架的设计及规划;④新理念的宣传、专业教育的发展、从业人员的培训。“欧洲 LNG 总规划”的一系列研究、实验、试点建设,旨在推动欧洲水上运输实现 LNG 全动力^[2]。根据 DNV GL 统计,截至 2015 年 5 月,全球在运营的 LNG 燃料动力船(不包括运输船和内陆船)有 63 艘,已确认订单为 76 艘。我国 LNG 内河运输始于 2010 年,LNG 动力船的发展目前尚处于试验和推广阶段。截至 2015 年 9 月,我国已建造的 LNG 动力船(包括内陆船)约有 60 艘,年底最多可能达到 150 艘。

LNG 近海航运和内河运输发展历史不长,小型 LNG 船舶设计建造、岸上 LNG 加注站建设和 LNG 加注技术是各国目前的研究热点,制订与之相对应的技术标准和规范迫在眉睫。2014 年 9 月,国际标准化组织船舶与海洋技术委员会液体和气体燃料船舶工作组(ISO/TC8/WG8)成立,目前正在起草和编制 LNG 船舶加注国际标准^[3]。2015 年欧盟“欧洲 LNG 总规划”陆续推出内河 LNG 加注标准框架、加注程序报告,以及风险评估和紧急事故响应报告。2012 年我国交通部海事局也组织开展了 LNG 动力船应用安全性 6 个方面的专项课题研究,包括 LNG 动力船安全评价和保障措施、技术标准、安全操作和监督、加注模式和 LNG 加注站布局规划。深入对比和分析国内外内河运输现有的安全标准和规范,整理归纳核心标准的主要内容和应用现状,对推动我国 LNG 在内河运输上的应用和相关标准的制修订有一定参考意义。

1 LNG 水上运输相关标准现状

LNG 危险性主要来自其生产、储存、运输和运营的过程中,由于运行操作不当、设备故障、自然或人为等因素导致 LNG 泄漏而引起的低温冻伤、麻醉、窒息以及可能引起的火灾。为了保障 LNG 产业安全稳定发展,各国十分重视 LNG 标准化建设工作。根据

LNG 特性,在消防与安全、低温与材料以及设备设施等方面均有了相应的技术标准和法律法规,水运行业的运行和管理也有严格的规定。遵循相关的安全标准和规范是规避 LNG 安全风险的关键所在。水上运输标准法规主要由国际海事组织(IMO)、国际标准化组织(ISO)、国际气体船和岸站运营者协会(SIGTTO)、石油公司国际海事论坛(OCIMF)、联合国欧洲经济委员会(UNECE)和莱茵河水运中心委员会(CCNr)、各国船级社和标准化组织制修订。LNG 内河运输涵盖了 LNG 船舶、船与船过驳、船岸交接、岸上设施、水上运输等 5 个技术领域,它们的基础设施及工艺装置要求需符合相应的技术标准规范,并有安全设计和防护措施。

1.1 LNG 船舶相关标准法规

LNG 船舶可分为 LNG 运输船、LNG 燃料动力船、加注船等 3 类。LNG 船舶在设计建造和运营过程中需要考量的安全因素主要有:①由于 LNG 具有膨胀比大、低温等特性,除对 LNG 船舶上的储罐材料和结构有安全要求外,应有集液盘设置,以防止溢出或泄漏的 LNG 引发大面积火灾等安全事故;②注意蒸发气(BOG)处理系统的布置与设计,LNG 船舶整体工艺设施设备的布局;③为及时发现险情、预防火灾的发生、降低事故后果的影响,应安装气体探测器和火灾报警器,提供消防设备、个人防护装备与防护措施;④应有应急预案,有效地对事故进行控制,保障人员安全撤离;⑤为避免误操作引发的危险,应对船员进行 LNG 基础理论知识及操作培训,规范船员的个人行为。LNG 燃料动力船对燃料供应系统以及气体燃料发动机的设备及技术还应有特殊要求。

国际上,IMO 颁布的《国际海上人命安全公约:2009》(简称 SOLAS)、《国际船舶防污公约:2009》(简称 MARPOL)、《海员培训、发证和值班标准国际公约:1978》(简称 STCW)在全球船舶工业被称为三大公约,分别对船舶安全、环境保护、船员质量进行规范和管理,各国都必须遵守。除此以外,对于 LNG 运输船,由各缔约国通过和履行的主要标准还有《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规范:2002》(简称 IGC 规则)^[4],其中包括对 LNG 运输船设计、材料、设备和操作的规范要求。对 LNG 燃料动力船 IMO 临时发布了 MSC.285(86):2009《船上天然气燃料发动机的安全指引》,之后将由《国际气体及低闪点燃料动力船舶安全规则》(简称 IGF 规则)替代,旨在对气体及低闪点燃料动力船舶的设计、建造和操作进行规范。为指导 LNG 船舶蒸发气的排放、预防 LNG 储运过程中的翻滚,SIGTTO 还颁布了《LNG 船舶排放及其设

备:2004》和《LNG 船舶预防翻滚指南:2012》。

LNG 船舶其他方面的技术标准和法规均由各国船级社或 ISO 制订。DNV GL 针对近海操作系统(OS)、管理规范(ST)、推荐性做法(RP)分别有 25 项、28 项和 11 项规范,针对 LNG 水上运输的则有 4 项,即 DNVGL-OS-C102《近海船舶的结构设计》、DNVGL-ST-0010《LNG 船舶船员管理》、DNVGL-ST-0026《LNG 燃料动力船管理》、DNVGL-RP-0006《LNG 加注设备的研发与操作》^[5],它们分别对 LNG 船舶结构设计、管理以及加注设备进行规范。美国船级社(ABS)颁布的《钢制船舶建造和入级规范》(第 1~7 分册)分别对船舶机构材料、船用设备(锅炉和压力容器等)、船体构造和设备布置、管道材料与焊接等方面提出相应的技术要求,这也是各国船舶建造所要遵守的基本规则。

我国 LNG 船舶建造规范的制定和船舶入级检验是由中国船级社(CCS)负责。目前由其颁布的与 LNG 运输船有关的标准有:①《散装运输液化气体船舶构造与设备规范:2006》(修改采用 IGC 规则);②《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范:2007》,旨在规范船舶的系统设计与建造、入级检验和船体结构补充规定;③《内河散装运输液化气体船舶法定检验技术规则:2009》,旨在规范船舶的检验技术;④《薄膜型液化天然气运输船检验指南:2015》,旨在对薄膜型液化天然气运输船的结构与检验技术进行规范;对于气体燃料动力船的设计与设备配置,CCS 则颁布了《天然气燃料动力船规范:2013》^[6],规范了天然气动力船的系统设计、气体燃料的供应、储存与充装;对于 LNG 加注船标准,CCS 颁布了《液化天然气燃料水上加注趸船入级与建造规范:2014》旨在对加注趸船的设计与建造以及入级进行规范;《液化天然气燃料水上加注趸船检验指南:2014》旨在规范加注趸船的检验技术。CCS 近期将颁布《液化天然气燃料加注船舶规范》,对 LNG 燃料加注船和加注作业进行了定量风险分析,提出了相应的风险控制措施。我国船舶安全监督管理规定由交通部负责,目前由其颁布的与 LNG 船舶有关的标准有《船舶散装运输液化气体安全监督管理规定:2012》(征求意见稿),旨在规范船舶的监督管理工作。

1.2 船与船过驳和加注相关标准指南

为保障 LNG 船与船过驳和加注安全,需要考虑以下几个方面的技术要点:①应考虑加注船与受注船的兼容性问题,由于加注船与受注船在 LNG 过驳过程中均处于晃动状态,因此要保证装卸臂和装卸软管

的柔性和灵活性;②装卸总管下需要有集液盘,控制泄漏的 LNG 流淌范围;③紧急脱开装置的安装,以保证发生紧急事故时船舶脱开,减小二次危害;④过驳双方均能启动紧急关闭(ESD)系统;⑤应急预案应包括火警信号和火灾控制计划、支援以及人员撤离方案。

国际上,OCIMF 对石油及其类似产品的船与船过驳作业操作有具体要求和规定,颁布的指南有《石油、化学品和液化气体船与船过驳指南:2013》《沿海液化气体安全过驳指南:2010》等,旨在为石油及其类似产品的船与船过驳作业提供操作指导;《系泊、装卸和过驳作业能力保证指南:2015》旨在为船与船过驳提供国际化的资质标准。为了指导 LNG 船与船过驳的管理和操作人员作业,2011 年 SIGTTO 发布了《LNG 船与船过驳指南》^[7]。ISO 于 2015 年发布 ISO/TR 17177:2015《混合式 LNG 接收站海洋界面指南》,对包括 LNG 船与船过驳作业的设备、安装与操作提出要求,目前 ISO 正在开展 LNG 加注技术标准的研究和制订工作。

CCS 于 2013 年形成了《水上 LNG 加注站法定检验技术规则》《水上 LNG 加注站作业安全规程》《水上 LNG 加注站应急响应计划编制指南》的建议稿,之后于 2014 年先后发布了《液化天然气燃料水上加注趸船入级与建造规范》《液化天然气燃料水上加注趸船检验指南》,附录中包含水上过驳作业的内容。为规范我国 LNG 装卸货作业、水上过驳作业的内容和安全要求,国家质量监督检验检疫总局、国家标准化委员会联合颁布 GB 18180—2010《液化气体船舶安全作业要求》^[8]。针对我国水上加注站的安全管理,交通部颁布了《水上 LNG 加注站安全监督管理规定:2014》。

1.3 船岸交接相关标准规范

由于船岸交接需要岸上与水上分处两个系统的作业人员共同负责完成,因此应与船—船过驳区分开。LNG 内河运输船岸交接包括槽车加注、岸站加注。船岸交接的安全技术要点除了涵盖船与船过驳的技术要求外,还涉及以下几个方面:①在靠离泊作业、装卸作业前船岸双方应做好信息交流,达成共识方可开始作业;②若船上发生紧急事故,岸上需提供支援,协助船员灭火,必要时切断船岸连接,同时,安排人员安全撤离。

国际标准化组织石油石化设备材料与海上结构标准化技术委员会 WG10 工作组(ISO/TC 67/WG10)颁布的 ISO 28460:2010《液化天然气设备与安装——船岸界面和港口操作》^[9]是在欧盟 EN 1532:1997《液化天然气设备与安装——船岸界面》基础上为完善近

海和沿海船舶操作而修订的。为了确保 LNG 装卸作业的安全,ISO 又对 ISO 28460 进行了补充,于 2015 年颁布了涵盖船岸界面与船舶界面内容的 ISO/TR 17177:2015《混合式 LNG 接收站海洋界面指南》。由于现有的船舶法规与陆上法规存在间隙,ISO 颁布了 ISO/TS 18683:2015《船舶 LNG 燃料供应系统和安装指南》^[10],为加注方和受注方界面以及风险评估提供合理的意见,该标准制订的工作组与目前正在研究制订 ISO/AWI 20519 有关 LNG 加注标准的工作组有密切联系。ISO/TS 16901:2015《LNG 岸上设施与船岸界面的风险评估指南》基于风险评估的方法对 LNG 岸上设施与船岸界面的设计与操作进行危险源识别,不包括环境风险的危险源识别。

欧盟对船岸界面设计、设备结构也提出了要求,采用 EN ISO 28460:2010《液化天然气设备与安装——船岸界面和港口操作》替代了原来的 EN 1532;EN 1474 1~3:2008《液化天然气设备与安装——装卸系统的设计与试验》《LNG 设备和安装——传输软管的设计与测试》《LNG 设备和安装——近海运输系统》等 3 个规范则旨在规范装卸系统设计、装卸臂与传输软管设计和近海运输系统。

目前,由我国标准化管理委员会颁布的标准 GB/T 24963—2010《液化天然气设备与安装——船岸界面》^[11]是等同采用 EN 1532:1997 版本。

1.4 岸上设施相关标准

LNG 岸上设施主要有大型 LNG 接收终端和 LNG 卫星站。LNG 岸上设施的安全技术要求主要涉及以下几个方面:①接收站或卫星站的选址及整体布局需合理,须规定储罐间及储罐区内相邻场所的防火间距,设置 LNG 拦蓄区、引流及集液池,降低事故后果的影响;②将气体检测系统、报警信号系统与消防系统耦合,保障消防安全;③制定应急预案,规划安全通道;④应对相关人员进行 LNG 安全理论知识和安全操作培训,定期组织紧急事故演习。

LNG 站场在选址、设计和安全评估时常采用的国内外主要安全标准有欧盟发布的 EN 1473:2007《液化天然气设备与安装——陆上装置设计》^[12],该标准是针对陆上大型 LNG 接收终端的选址、设计、生产、储存和装运提出安全性要求;EN 13645:2001《液态天然气装置和设备——储存容量为 5 吨至 200 吨的岸上装置设计》^[13],旨在规范 LNG 卫星站。此外,美国消防协会发布的 NFPA 59A:2013《液化天然气(LNG)生产储存和装运》^[14]、NFPA 52:2006《车辆气体燃料系统规范》在国际上也被广泛地采用,具有较高的权威性。

我国 LNG 陆上标准有:GB 50183—2004《石油天然气工程设计防火规范(第 10 章液化天然气站场)》^[15]、GB 50028—2006《城镇燃气设计规范(第 9 章液化天然气气站)》^[16]、GB/T 20368—2012《LNG 生产储存和装运》(等同采用 NFPA 59A:2009)、GB/T 22724—2008《液化天然气设备与安装——陆上装置设计》(等同采用 EN 1473:1997)。

1.5 水上运输相关标准法规

LNG 水上运输方式有 3 种:LNG 专用船运输、LNG 槽车滚装运输和 LNG 罐式集装箱运输。LNG 专用船运输又分为远洋运输(舱容在 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上的大型 LNG 船舶)、近海及内河运输(舱容介于 $0.1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的小型 LNG 船舶)。LNG 内河运输危险性主要来自以下几个方面:①水上交通事故导致 LNG 泄漏或引发火灾,由于航道较窄或过往船舶密度较高等因素引发的 LNG 船舶碰撞或搁浅,LNG 船舶通过桥梁、闸口、大坝等障碍物可能发生火灾甚至爆炸;②装卸点和停泊点选址不当存在安全隐患,慎重选择装卸点,做好装卸点、停泊点的防护。

为确保 LNG 水上运输安全,除应遵守 IMO 三大公约,还应遵守《国际海运危险货物规则》^[17]。美国水上运输相关法规在国际上具有一定的权威性,美国国土安全局海岸警卫队颁布的《航行规则:国际—内河:2013》^[18],旨在规范航行中船舶行为、提供和分析船舶运输过程中潜在的危險,如碰撞或其他特殊事故。

欧盟水域航运监督机构有 UNECE、CCNR 和国际水运危险货物管理组织(ADN),其中 UNECE 主要负责组织相关论坛,并赋予文本法律效益。在 UNECE 的主导下,ADN 与 CCNR 联合发布的《国际内河危险品船运欧洲协定:2001》旨在管理欧洲内河危险品的运输;CCNR 颁布的《莱茵船舶监测规范:2006》(简称 RVIR)包括莱茵河船舶水运许可证书发放的技术要求;CCNR 和 OCIMF 联合颁布的《国际内河航运船舶及接收终端安全指南:2010》^[19](简称 ISGINNT)涵盖危险货物(包括 LNG)内河运输船舶的安全设计要求、过驳的安全操作要求以及船岸界面中岸上设施的要求。

我国水路运输法规主要由国务院、交通部等职能部门颁布。2002 年发布的国务院令 355 号《内河交通安全管理条例》旨在加强内河交通安全管理,维护内河交通秩序,保障人民财产安全。2012 年发布的国务院令 625 号《国内水路运输管理条例》旨在规范国内水路运输经营行为,保障国内水路运输安全,促进国内水路运输业健康发展。交通部发布《中华人民共和国

船舶散装运输液化气体安全监督管理规定》(征求意见稿)旨在加强液化气体(特别是 LNG)的安全管理,预防和减少危险事故,保护环境;住建部颁布的 GB 50139—2004《内河通航标准》^[20]旨在规范我国通航标准,适用交通运输发展的需要。

2 国内外 LNG 安全标准对比分析

目前,LNG 应用于内河运输在国际上尚处于发展阶段,在我国则处在试行推广阶段。LNG 产业已有的标准规范基本能保障陆上设施的安全生产和储运,但由于 LNG 内河运输属于运动或晃动状态,在其运输和燃料补给过程中需要通过特殊的技术要求和规范来规避风险,为此各国十分重视 LNG 内河运输技术标准和规范的研究和制订工作。对比分析国内外 LNG 陆上和水上标准规范,针对 LNG 船舶设计建造、LNG 船舶过驳及其管理和防护措施,甄别欧美和我国 LNG 安全技术与标准规范要点,对提高我国 LNG 内河运输标准体系适用水准和工程设计的采用及指导能起到促进作用。

2.1 LNG 岸上设施标准对比

国际上,陆上 LNG 项目建设在选址、设计、设置和安全评估时常采用的安全标准主要有美国的 NFPA 59A《LNG 生产、储存和装运》和欧盟的 EN 1473《LNG 设备与安装——陆上装置与设计》。GB 50183《石油天然气工程设计防火规范》和 GB 50028《城镇燃气设计规范》是我国陆上 LNG 装置的强制性标准。各国标准规范都考虑到 LNG 陆上装置相互之间以及与邻近企业、社区和公用设施的安全距离,但具体确定方法和依据却不尽相同。欧盟 EN 1473 安全距离的确定是基于可操作的风险评估,分析事故风险是否在可接受范围内,风险评估要求贯穿 LNG 项目选址、设计、建设和运营全过程。而美国 NFPA 59A 则通过计算预设性事故后果来划定防火间距,安全距离是通过已有的基础试验数据形成的事故数学模型计算得到,安全距离不能超过设定的限定值^[21]。为使 NFPA 59A 标准水准更具有科学性和适用性,从 2009 年开始,NFPA 59A 与 EN 1473 趋于一致也增加了危险性评估内容,由自我约束向风险评估模式转变。我国 GB 50183 等标准截至目前尚未明确规定适用于我国 LNG 工程的事故数学模型。

2.2 LNG 船舶与加注标准对比

同陆上 LNG 项目建设一样,内河运输的 LNG 船舶和装卸码头的设计、建造与设置的合理布局、LNG 的加注技术以及运输航道的规定是保障 LNG 水上安

全运输的几个重要环节。在 LNG 内河运输和燃料补给过程中不仅要考虑各种自然条件,还要考虑对周围环境的影响。如何保障 LNG 船舶和加注安全显得尤为重要。

目前,对于 LNG 运输船,国际上采用 IGC 规则,我国采用《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范:2007》,该规范的目标和研究内容与 IGC 规则大致相同,与 IGC 规则一样对货舱有分隔要求,但在船舶破损假定、液货舱位置、船内供检查用的通道等方面的设计标准低于 IGC 规则。对于 LNG 燃料动力船,国际上在 IGF 规则尚未正式颁布前,采用 IMO 临时发布的 MSC.285(86):2009《船上天然气燃料发动机的安全指引》;我国采用的《天然气燃料动力船规范》已于 2013 年颁布。国际上未专门针对 LNG 加注船制订安全技术标准,而国外专家普遍认为加注船的设计与建造可参考 IGC 规则;我国已颁布加注趸船的设计建造与技术检验标准,包括《液化天然气燃料水上加注趸船入级与建造规范:2014》和《液化天然气燃料水上加注趸船检验指南:2014》。

国际上,ISO 颁布的 ISO/TS 18683:2015《船舶 LNG 燃料供应系统和安装指南》为加注方和受注方界面、风险评估提供了合理的建议。我国 GB 18180—2010《液化天然气船舶安全作业要求》针对 LNG 水上过驳作业的特殊性提出了要求,但仅包括过驳作业区、碰垫和软管、装卸作业责任划分等功能性要求。对于 LNG 船岸交接标准,国际上采用 ISO 28460:2010,该标准在 EN 1532:1997 的基础上增加了近海和港口作业。欧盟采用 ISO 28460 取代原有的 EN 1532,于同年颁布了 EN ISO 28460:2010。而我国标准化管理委员会颁布的标准 GB/T 24963—2010 修改采用 EN 1532:1997;SY/T 6929—2012《液化天然气码头操作规程》适合于容量为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 及以上的 LNG 船舶的装卸货。

对于港口的管理,国际上普遍采用《国际船舶和港口设施保安规则:2004》,简称 ISPS 规则,主要内容包对缔约国的要求、对公司和船舶的要求以及对港口的要求。我国根据 ISPS 规则、SOLAS 公约和《国际海运危险货物规则》,制订了《中华人民共和国港口设施保安规则》和《中华人民共和国国际船舶保安规则》,并于 2007 年颁布。

在国际上,标准的制订一般由各缔约国或组织协作起草,在获得供应商、制造商与运营商等通过的情况下才可正式颁布,问题的考虑较为全面,相较而言,我国标准的制订缺乏整体规划和全面考虑。

国内外安全监管方式和监管思路是有差别的,主要原因是对安全性的认识理念不同,国内定标和管理原则是通过标准来规定安全距离的,缺乏科学管理依据;而国际定标理念是通过风险评估说明在一定的条件下能使风险降至最低的可能性,目的是提醒人们对安全认识的重要性,加强对安全风险的管控。

3 内河运输关键问题和发展方向

由于 LNG 自身的危险性,LNG 船舶设备故障、加注 LNG 过程中人为操作不当、水上交通事故等因素都有可能造成 LNG 泄漏,继而可能引发 LNG 火灾,事故将会对 LNG 运输的船岸人员和设备、航道内其他船舶以及周边社会环境造成危害。LNG 加注区域及其水运航道是内河运输事故易发环节,内河 LNG 加注标准的制订和 LNG 内河运输航道航线的规定是当前人们关注的焦点。

3.1 内河 LNG 的加注

LNG 岸基加注站、LNG 加注趸船和移动加注船为未来内河运输主要的 LNG 加注模式^[22]。岸基加注适合有条件的岸线;趸船加注适合岸线条件不充分水域;移动加注船由于其灵活性与机动性,适用于离岸船舶的加注。内河运输的小型 LNG 船与海上运输的大型 LNG 船舶的装卸类似,但因内河加注与海上过驳的自然条件和作业要求有别,所以内河 LNG 加注区域(包括码头)规划、设计建造和运行管理的安全要求应有区别,尤其对加注时操作控制区的安全距离规定,通过风险评估确定较为科学合理。

3.2 内河运输航道航线

LNG 船舶在内河航行中发生的事故主要是与其他船舶发生碰撞或者因各种原因导致的搁浅,与航道的船舶密度、交通状况有关。船舶一旦发生碰撞或搁浅,可能因船舶受损而发生泄漏,对航道周围的社会环境造成影响。同时,由于 LNG 膨胀比大,LNG 船舶在航行中有 BOG 排放的可能,在其通过航道上的桥梁、闸口、大坝等障碍物时,若排放的 BOG 在短时间内大量聚集,可能引发火灾甚至爆炸,威胁船员生命和社会安全。在内河运输过程中,LNG 是一种潜在的重大危险源,如何保障其对航道的其他船舶和周边社会环境(即工业和民用设施如道路桥梁、港口码头、工厂学校、居民及商业区等)的安全,除制订严格的标准和法规来规范 LNG 内河运输相关设施的设计、建造和运营外,还应重视 LNG 内河运输过程的风险评估。

3.3 风险评估

目前,我国 LNG 内河运输产业尚在试点探索阶

段,缺乏实际的运营经验,相适应的标准规范尚不健全,应重视安全评价。风险评估可以通过危险源识别,认定场景范围内存在的潜在危险;通过事故特征说明事故对社会安全的影响;通过事故后果及事故概率得到风险值,可以定量地说明安全程度;通过风险值与风险可接受的准则对比,确定风险是否可接受;通过相应的风险控制措施减缓事故风险,提升安全程度。风险评估的理念不只是依据预设安全距离来保证安全,而是通过安全管理来控制风险,从而提升人们的安全意识,提高人们对安全的追求。目前,我国还没有标准规定风险可接受准则,一般参考国外的标准。

4 结论

LNG 内河运输产业涉及 LNG 船舶、船与船过驳、船岸交接、岸上设施、水上运输等 5 个领域。LNG 在内河运输中的应用发展较为缓慢,重要的制约因素是相关的法律法规和标准不够完善,未能形成安全标准体系。LNG 燃料动力船的加注与大型 LNG 运输船的装卸货有别,国外已颁布较完善的 LNG 船岸交接安全技术标准,但缺乏专门针对 LNG 动力船的加注标准;目前,ISO/TC67/WG8 正在组织制订 LNG 加注标准。国内注重 LNG 水上加注方式,颁布了加注趸船的设计、建造与技术检验标准,正在研究和制订岸基式加注站和移动式加注船标准。对于内河 LNG 加注作业和航道运输,风险评估是更为科学合理的方法,应作为研究发展的重点。

参 考 文 献

- [1] 赖鹏博,黄今.船舶未来新燃料——LNG[J].中国远洋航务,2011(11):32-33.
Lai Pengbo, Huang Jin. The development of LNG as a maritime fuel[J]. Maritime China, 2011(11):32-33.
- [2] LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube. Masterplan for LNG as fuel and as cargo on Rhine-Main-Danube.[R/OL]. (2013-10-01)[2015-9-28]. http://lng.planetweb.at/images/download/LNG_Info_screen_low.pdf.
- [3] 郭娅,吴顺平,石瑶.新能源动力船舶相关国际标准工作进展[J].船舶标准化与质量,2015(2):42-43.
Guo Ya, Wu Shunping, Shi Yao. Work progress of relevant international standards on new energy powered ships[J]. Shipbuilding Standardization & Quality, 2015(2):42-43.
- [4] International Maritime Committee. Code for the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk [S]. IGC Code, 2002.
- [5] DNV GL. Development and operation of liquefied natural

- gas bunkering facilities[S].DNV GL-RP-0006,2014.
- [6] 中国船级社.天然气燃料动力船规范[S/OL].(2013-10-25)[2015-9-28].<http://www.ccs.org.cn/ccswz/font/fontAction!article.do?articleId=ff808081412b4cca01412f8cf7d50066>. China Classification Society. Rules for natural gas fueled ships[S/OL].(2013-10-25)[2015-9-28].<http://www.ccs.org.cn/ccswz/font/fontAction!article.do?articleId=ff808081412b4cca01412f8cf7d50066>.
- [7] The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators.LNG ship to ship transfer guidelines[S/OL].(2011-05-02)[2015-09-28].<http://sigtto.marineinfosys.com/Publications/Publications-and-downloads>
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.液化气体船舶安全作业要求[S].GB 18180,2010.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; Standardization Administration of the People's Republic of China. The requirements for the safety operation of gas carrier[S]. GB 18180,2010.
- [9] International Standardization Organization. Installation and equipment for liquefied natural gas—Ship-to-shore interface and port operations[S].ISO 28460,2010.
- [10] International Standardization Organization. Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships[S].ISO/TS 18683,2015.
- [11] 国家标准化管理委员会.液化天然气设备与安装——船岸界面[S].GB/T 24963,2010.
- Standardization Administration of the People's Republic of China. Installation and equipment for liquefied natural gas—Ship-to-shore interface[S].GB/T 24963,2010.
- [12] Committee European Normalization. Installation and equipment for liquefied natural gas—Design of onshore installation[S].EN 1473,2007.
- [13] Committee European Normalization. Installation and equipment for liquefied natural gas—Design of onshore installation with a capacity between 5 t and 200 t[S].EN 13645,2002.
- [14] National Fire Protection Association. Production, Storage and handling of liquefied natural Gas (LNG)[S].NFPA 59A,2013.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部.石油天然气工程设计防火规范[S].GB 50183,2004.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for fire protection design of petroleum and natural gas engineering[S].GB 50183,2004.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中华人民共和国住房和城乡建设部.城镇燃气设计规范[S].GB 50028,2006.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for design of city gas engineering[S].GB 50028,2006.
- [17] International Maritime Committee. International maritime dangerous goods code[S]. London: IMC Organization, 2014.
- [18] U. S. Department of Homeland Security, Coast Guard. Navigation rules: International—Inland[EB/OL].(2013-07-01)[2015-11-03].<http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=navRuleChanges>.
- [19] Central Commission for Navigation on the Rhine and Oil Companies International Marine Forum. International safety guide for inland navigation tank-barges and terminals[S].London:CCNR & OCIMF,2010.
- [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部.内河通航标准[S].GB 50139,2014.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Navigation standard of inland waterway[S].GB 50139,2014.
- [21] 皇甫立霞,郭开华.液化天然气场站安全技术标准规范及发展动态[J].化工学报,2009,(增刊1):11-15.
- Huangfu Lixia, Guo Kaihua. Safety technical codes of LNG stations and the development trend[J].CIESC Journal,2009,(S1):11-15.
- [22] 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.
- Shi Guozheng, Zhang Hui, Fan Hongjun. Research on bunkering mode of natural gas-fuelled ship[J].Ship & Ocean Engineering,2013(6):57-60.

(修改回稿日期 2015-10-28 编辑 陈 嵩)