



小型LNG船舶内河航行可行性探讨

张勇

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 介绍海港LNG船舶航行实行交通管制的原因, 对比分析了LNG船舶与LPG船舶的危险性。结合我国内河液体散货运输船舶航行管理现状, 对小型LNG船舶在内河航行的可能风险及应对措施进行探讨, 认为采用双壳双底结构的小型LNG船舶在我国内河正常航行是可行的, 不需要采取特殊的交通管制措施。

关键词: 小型LNG船舶; 内河航行; 风险; 控制措施; 交通管制

中图分类号: U 695.2^{*8}

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0049-06

Navigation feasibility of small-scale LNG vessel in river

ZHANG Yong

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: The navigation demand of small-scale LNG vessel in the river is already put on the schedule in China. According to the navigation management regulation of LNG vessel for the sea port, it is impossible for the small-scale LNG vessel to sail in the river. Combining with the navigation management status of liquid bulk vessel on river, this paper introduces the reason of traffic control on sea port LNG vessel navigation, analyzes the fatalness of LNG vessel and LPG vessel, discusses the potential risks that small-scale vessel sails in the river and the corresponding measures, and gives a conclusion that small-scale LNG vessel with double hull and double bottom may sail in the river normally without special traffic control.

Key words: small-scale LNG vessel; navigation in river; risk; control measure; traffic control

天然气作为一种清洁能源, 近年来在我国的工业和民用领域应用越来越广泛。相比传统燃料, 如石油等, 天然气是一种更加清洁的能源, 能有效减排二氧化碳和氮氧化物, 而且天然气的储量比石油大很多。

目前, 天然气的远距离运输主要通过管道和LNG船舶两种方式。20世纪90年代以前, 我国的天然气主要来自国内各大气田, 通过陆上或海底管道输送至各用气终端。随着国内天然气消费的快速增长, 20世纪90年代末, 国家决定充分利用“国内国外两种资源、两个市场”, 从国外通过船舶海运进口LNG。2006年9月, 我国第一个LNG接收站——广东大鹏LNG接收站投入运营, 通过

舱容13万 m^3 以上的大型LNG船舶从澳大利亚进口LNG, 开启了我国海运进口LNG的历史。发展至今, 我国已先后投产了5个LNG接收站。目前尚有10多个LNG接收站在开展前期研究和建设中。

由于海运进口LNG运量大、运距远, 从运输经济性角度均采用大型LNG船舶。因此, 我国已投产或正在开展前期研究的LNG码头均为大型海港码头。LNG通过装卸臂自LNG船舶输送至后方储罐, 经再气化输入天然气管道至各用气终端, 或通过槽车直接将LNG运至用户。虽然近年来我国加大了天然气管道的建设力度, 但仍有许多偏远地区国家主干管网无法覆盖, 包括内陆很多沿江、沿河地区, 目前只能通过槽车远距离运

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 张勇(1971—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 主要从事港口与航道工程设计工作。

输满足部分地区的消费需求,不但运量小而且成本高,客观上制约了这些地区对天然气的使用。如果能在内河沿线选点建设小型LNG接收站,充分发挥我国内河航运的优势,通过小型LNG船(通常指舱容1 000~4万 m³的LNG船)从沿海大型LNG接收站转运LNG,再气化或槽车运输至沿江、沿河地区用户终端,不但可以满足偏远地区的用气需求,还将有效降低使用成本。另外,我国目前正在开展内河LNG动力船舶的试点和推广工作,规划在长江沿岸建设LNG加注码头,客观上也需要小型LNG船舶为加注码头供应LNG。因此,在内河建设小型LNG接卸码头已逐渐被提上议事日程。

我国目前对海港LNG船舶在进出港航道航行采取临时交通管制措施,通过在LNG船舶前后、左右设置移动安全区来保证LNG船舶的航行安全,事实上对LNG船舶与其它船舶双向交会航行进行了限制。对于小型LNG船舶在内河航行,如果仍采用类似于海港大型LNG船舶的航行管理规定,由于内河航道宽度普遍较窄,意味着小型LNG船舶内河航行的不可行。因此,现行LNG船舶的航行管理规定已经成为制约内河小型LNG码头建设的关键因素。由于小型LNG船舶的船型特点、造价等与大型LNG船舶有很大不同,有必要思考小型LNG船舶是否可以在我国内河航行,我国现行的LNG船舶航行管理规定是否适用于内河小型LNG船舶的航行管理。

1 我国海港LNG船舶航行管理现状

1.1 JTS 165-5—2009《液化天然气码头设计规范》^[1]的规定

根据交通运输部行业标准《液化天然气码头设计规范》的规定:LNG船舶在进出港航道航行时,应实行交通管制并配备护航船舶;当LNG船舶在进出港航道航行时,除护航船舶外,其前后各1 n mile范围内不得有其他船舶航行;LNG船舶在双向航道如需与其他船舶交会,航道有效宽度应通过专项论证确定。由该规定可以看出,规范对LNG船舶在进出港航道航行与其他船舶的前后安全距离给出了明确的数值,但对LNG船舶与其

他船舶交会时的双向航道宽度只给出定性要求,而没有具体的计算公式。

1.2 我国海港LNG船舶航行管理现状

在实际运营中,各海事主管部门均按照规范要求开展交通管制,除限制LNG船舶前后1 n mile范围内不得有其他船舶航行外,还参照国际惯例,对LNG船舶左右也设置了移动安全区,使得海港LNG船舶在航道航行具有了事实上的排他性。如福建莆田LNG码头航行管理规定“安全警戒区为LNG船舶前1.5n mile,后0.5n mile,左右750 m水域。在主航道内航行的或需穿越主航道航行的船舶,应保持在安全警戒区外,除护航、警戒船舶外,任何船舶不得进出安全警戒区”^[2]。上海洋山港规定“LNG船舶进出港航行期间,LNG船舶前后船长的4倍距离、左右6倍船宽范围内禁止任何船舶进入”^[2]。按照这些规定,如果允许双向通航,意味着航道宽度至少在1 000 m以上,这对我国绝大多数海港来讲是不现实的。因此,我国目前已投产的LNG码头均采用单向航道。当LNG船舶进出港时,其它船舶需要暂停进出港。

为什么LNG船舶进出港航行需要明显高于其它危险品船舶的航行管理要求呢?主要原因有下面4点:

1) 我国目前投产或正在建设的LNG码头,均采用大型远洋LNG船舶从国外进口LNG,这类船舶造价高昂,单船造价一般在2亿美元以上,是同等规模油船造价的3~4倍,船舶一旦发生事故,维修费用高。

2) LNG属超低温危险货种,一旦发生泄漏,存在低温冻伤、爆炸等危险。

3) 所服务的LNG接收站属于重要的能源基础供应保障设施,一旦LNG船舶发生意外,将对经济发展和能源供应安全产生严重影响。

4) LNG船舶类似班轮运输,定港、定线、定船,航次计划和作业时间要求严格。一旦某一航次发生意外,将增加船舶数量,造成运营成本增加。

因此,为避免大型LNG船舶在进出港航道航行时与其它船舶发生碰撞,我国在制定《液化天

然气码头设计规范》时,参照国外海港LNG码头的惯例,对LNG船舶在进出港航道航行做出了比较严格的规定。

2 我国内河液体散货运输船舶航行管理现状

我国内河液体散货船舶运输的货种主要包括成品油、LPG、苯、甲苯、甲醇、液碱、苯乙烯、甲醛、液体硫磺等近60个品种,其中既有易燃、易爆物品,也有剧毒、腐蚀性物品,最大运输船型达5万吨级。目前,我国针对液体散货船舶运输管理的规定主要是2003年11月发布,并于2012年3月局部修正的《中华人民共和国船舶载运危险货物安全监督管理规定》,其中第七条规定“载运危险货物的船舶通过狭窄或者通航密集的航道、航路、桥区,或者在恶劣气象条件下航行、靠泊和作业,应当加强了望,谨慎操作,采取相应的安全、防污染措施。必要时,应当落实辅助船舶待命防护等应急预防措施,或者申请助航或者护航。”由该规定可知,装载上述货物的船舶在内河航行并没有要求必须采取交通管制措施,不需要设置前后、左右移动安全

区。在实际运营中,大多数液体散货船舶在内河均可正常通航。

3 小型LNG船舶内河航行可行性

3.1 小型LNG船舶在内河航行的可能风险及应对措施

对大型LNG船舶之所以有如此严格的航行管理规定,其目的是要避免LNG船舶与其它船舶发生碰撞。那么小型LNG船舶如果在内河航行,将面临什么样的情况呢?下面以长江为例来探讨小型LNG船舶在内河航行的可能风险及应对措施。

3.1.1 长江口至鄂州长江干流2007—2011年水上交通事故^[3]

湖北鄂州距长江口航道长约950 km,可通行3 000吨级以上船舶,通过分析长江口至鄂州长江干流水域各类事故及险情可以较好地代表长江干流水上交通事故状况。

根据资料统计,长江口至鄂州长江干流水域2007—2011年一般及以上船舶交通事故类型统计见表1,事故失踪和死亡人数统计见表2,船舶交通事故发生原因见表3。

表1 一般及以上船舶交通事故类型统计

事故类型	一般事故/起	大事故/起	重大事故/起	总计/起	百分比/%
碰撞	23	105	39	167	59.86
搁浅	1	0	0	1	0.36
触礁	2	1	0	3	1.08
自沉	8	45	16	69	24.73
风灾	1	10	1	12	4.30
触损	3	10	6	19	6.81
浪损	0	1	0	1	0.36
火灾/爆炸	0	2	2	4	1.43
其他	2	1	0	3	1.08
总计	40	175	64	279	100.00

表2 事故失踪和死亡人数统计

事故类型	1人/起	2人/起	3人及以上/起	事故总计/起	死亡人数总计/人	百分比/%
碰撞	59	13	25	97	200	59.50
自沉	24	15	13	52	103	30.70
触损	3	1	1	5	8	2.38
浪损	1	0	0	1	1	0.30
风灾	7	3	0	10	13	3.87
火灾/爆炸	1	0	2	3	10	3.00
其他	1	0	0	1	1	0.30
总计	96	32	41	169	336	100.00
百分比/%	56.8	18.93	24.26	100		

表3 船舶交通事故发生原因

分类	原因	数量/起	百分比/%
人为因素	操作不当	33.25	11.92
	避让措施不当	14.75	5.29
	疏忽了望	23.25	8.33
	违章航行	12.58	4.51
	对潮汐和水流情况估计不足	2.50	0.90
	走错航路	5.67	2.03
	未使用安全航速	1.92	0.69
	追越	2.33	0.84
	超载	6.42	2.30
	积载不当	8.25	2.96
环境因素	能见度不良	14.83	5.32
	风浪	31.16	11.17
	水流急	3.75	1.34
	走锚	1.50	0.54
船舶因素	舵机失控	8.67	3.11
	主机失控	3.33	1.19
	船舶结构隐患	2.83	1.01
	其他设备故障	3.00	10.80
其他原因	不明原因	99.00	35.48

从统计结果来看,长江口至鄂州的长江干线船舶营运过程中的船舶交通事故有如下特征:

1) 船舶事故发生概率从高到低依次是:碰撞、自沉、触损、风灾、火灾/爆炸、触礁、搁浅和浪损,碰撞在船舶水上交通事故中占据了非常大的份额,也是事故后果严重性较高的集中区域。

2) 船舶事故后果严重性从高到低依次是:碰撞、自沉、触损、火灾/爆炸、风灾、触礁、搁浅和浪损,其中重大事故中碰撞占60.94%。

3) 事故原因概率从高到低依次是:操作失误、风浪、疏忽了望、能见度不良、避让措施不当、违章航行、舵机失控、主机失控、积载不当、超载。船员的安全意识及技术水平高低对事故的发生影响非常大,引发事故的原因中,有约30%的事故是船员操作不当、避让措施不当、疏忽了望、违章航行所致,几乎40%的事故都与人为因素有关。另在已知原因中,有62.5%是人为原因,9.375%是船舶本身原因,28.125%是环境因素引起的。

4) 乡镇船舶事故突出,船舶事故约占事故总数20.43%。其中农用船、三无船、渔船事故比例高达18.39。这些船舶往往吨位小、船舶状况差、船员技术素质不高、应变能力差、违章航行等,

发生事故即船毁人亡。

5) 经过对事故发生地点进行综合分析得知,船舶水上交通事故主要发生在狭窄弯曲航段(如长江黄石段、安庆段、铜陵段)、南京桥梁航段、张家港、镇江老虎口、警戒区和港区、长江分叉或与支流交叉处、长江口九段、宝山、定线制交界。当船舶航行于上述航段时,要投入更多的观察力和注意力,以防事故发生。

3.1.2 小型LNG船舶在内河航行的可能风险及应对措施^[3]

小型LNG船舶如果在长江正常航行,将同样面临上述各类风险,其中发生概率最大的是碰撞,而我国沿海大型LNG船舶在进出港航道航行实行交通管制的主要原因也是为了避免LNG船舶与其他船舶发生碰撞。因此,如果能够采取有效措施降低小型LNG船舶在内河航行的碰撞风险,并采取有效的预防措施防止碰撞后LNG的泄漏,小型LNG船舶就应该可以同其他船舶一样在内河航道正常航行。

根据长江干线船舶水上交通事故原因分析,由人为因素导致的船舶事故占了62.5%,主要有操作不当、避让不当、超载、积载不当、疏忽了望、违章航行等多种因素,同时由于环境因素导致的事故也完全可以通过人员操作尽最大可能避免,因此在通航过程中可以从船员自身、船舶航行过程中、管理部门加强对船员和船舶公司的管理、船舶自身4个方面制定风险控制措施。

1) 船员自身。

船员必须具备良好的政治思想素质,专业技术素质,了解船况,掌握设备性能,正确理解和遵守有关航行规定。

2) 船舶通航过程中。

应加强了望,正确使用安全航速,谨慎追越,回避不良天气,正确使用各种助航仪器,加强主要船用设备及通信设备的维护和保养,谨慎通过狭窄弯曲航段和危险水域。

3) 管理部门加强对船员和船舶的管理。

加强对船员知识和技能的培训,提高船员整体业务素质;加强船员安全教育;提高船员的应急应变能力;加强宣传,督促船舶自觉履行协助

避让义务;加强与海事部门沟通,规范事故发生概率较大的小船的航行行为。

4) 船舶自身设计及停泊要求。

通过对事故过程及事故结果的分析,船舶自身设计的改进是降低船舶事故损失的重要方面,主要体现在:

① 船舶设置双壳双底。船舶设置双壳双底,可从很大程度上提高船舶的防碰撞能力,在船舶不可避免发生碰撞时,可以防止LNG储罐受损而造成LNG泄露。有关碰撞模拟试验研究表明^[4],当200 TEU集装箱船在长江以正常航速撞击10 000 m³ LNG船舶时,撞击角度小于等于45°时,LNG船舶的罐体不会受损,LNG船舶的安全水平可以接受;当5 000吨级货船撞击LNG船舶时,只有在撞击角度小于等于30°时,LNG船舶的罐体才不会受损,如要满足撞击角度达到45°时船罐不受损,则需要对船侧结构进行抗碰撞加强。

② 船舶主要设备选型。尽量选用可靠性高的产品,降低船舶航行过程中船用设备的失效概率。

③ 船舶具有良好的操纵性。

配置首侧推装置,提高船舶操纵性,可以使船舶遇到危险时(比如突然发现他船需避让时)、会船时、靠离码头时操纵起来更容易,降低船舶与他船、码头、通航设施的碰撞概率。

④ 船舶助航设备配备。船舶助航设备配备得齐全有效,有助于船舶通航过程中船员在第一时间掌握航道内船舶、气象、航道等情况,便于在不利于安全的环境下尽早做好防范措施。

通过采取上述应对措施,可以有效降低小型LNG船舶在内河航行的碰撞风险,万一发生碰撞,也可通过船舶自身构造设计防止储罐发生泄漏,从而避免低温LNG可能造成的冻伤、爆炸等危险事故的发生。

3.2 小型LNG船舶与LPG船舶安全性比较

前文介绍了我国内河散装运输液体货物船舶的航行管理规定。其中LPG与LNG物料特性较为接近。通过比较LNG船舶与LPG船舶的危险性,可以为小型LNG船舶在内河航行应该采取的管理措施提供一些借鉴。LNG作为一种危险货物,其易燃、易爆性比LPG低,没有毒性,除运输船舶造

价较高外,其货种本身的危险性并不比LPG高。LNG比LPG蒸气温度更低,两种气体均不存在毒性和化学灼伤的特点。但在货物作业和安全维护方面,全冷式LPG船舶比LNG船舶的作业风险和作业难度更大。这主要体现在以下几个方面^[5]:

1) LPG船舶往往装载不同货品,货舱置换频繁。全冷式LPG船舶各航次可能装载不同品种的货物。当由丁烷舱改装成丙烷舱时,货舱必须置换,将舱内丁烷底脚货及丁烷蒸气全部置换掉。在货舱置换期间,不可避免地将LPG蒸气通过船舶首部透气桅释放到空气中。而LNG船舶自始至终装一种货,正常运输期间不存在货舱置换。全冷式LPG船舶营运期间的货舱频繁置换,无论是货物作业强度,还是作业风险均大于LNG船舶。

2) LPG蒸气比LNG蒸气重,易聚集于甲板空气不流动区域。常温下LPG蒸气比空气重,当LPG蒸气向大气中释放的过程中,LPG极易聚集在甲板某个空气不流动的区域,并且非常可能存留在船舶的某个密闭空间内,造成了火灾和爆炸隐患。许多LPG船舶火灾事故,均是作业者没有对LPG蒸气易聚集在船舶上不流动区域这一特征引起足够重视而造成的。而LNG蒸气在温度-113℃时已比空气轻,在通常环境下,LNG蒸气与空气的相对密度比仅为0.55。所以LNG船舶通过首部透气桅向大气中排放LNG蒸气时,LNG蒸气云漂向空中,LNG蒸气很难存在于甲板上或船舶上的某个密闭空间内。因此,LNG蒸气积聚在船舶上某个区域的可能性很小,火灾隐患小。

3) LPG船舶的维护比LNG船舶差。由于LNG船舶通常是项目船舶,定点、定线、定港和按计划运输,替代船难以寻找,船舶的安全、准时和有效运输放在首要位置,在船舶维护方面也得到了船东和租船人在经济方面的大力支持。而作为纯商业运输的全冷式LPG船舶的维护标准难以与LNG船舶相比,这无疑使得全冷式LPG船舶作业风险大于LNG船舶。

3.3 小型LNG船舶内河航行可行性

小型LNG船舶船型尺度小,配置有侧推装置,船舶操纵灵活,由专业公司运营管理,船员素质高,应急避险能力强,船舶采用双壳双底

结构,虽然小型LNG船舶在内河航行同样面临着碰撞风险,但通过LNG船舶的船员自身、船舶航行过程中、管理部门加强对船员和船舶公司的管理、船舶自身4个方面制定风险控制措施,可以降低小型LNG船舶在内河航行的碰撞风险,万一发生碰撞,也可通过船舶自身构造设计避免储罐发生泄漏,从而避免低温LNG可能造成的冻伤、爆炸等危险事故的发生。小型LNG船舶所服务的内河小型LNG接收站服务范围有限,一旦由于船舶意外而造成供气中断不会产生重大的社会和经济影响。小型LNG船舶均为现货运输,一旦某一航次发生意外,也不会造成运营成本的增加。因此,完全参照海港大型LNG船舶的航行管理规定是不合适的。与LPG船舶相比,小型LNG船舶的作业风险更低,而我国目前LPG内河水路运输并没有特殊的交通管制,LPG船舶可在内河正常航行。综上所述,笔者认为采用双壳双底结构的小型LNG船舶在内河正常航行是可行的。

4 结语

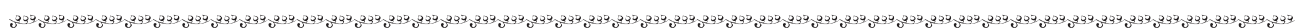
本文从小型LNG船舶自身特点、一旦发生意外对所服务小型接收站的影响、在内河航行可

能发生的风险及控制措施、与LPG船舶的风险对比等方面分析了小型LNG船舶在内河航行的可行性。认为采用双壳双底结构的小型LNG船舶具有船型尺度小、船舶操纵灵活、应急避险能力强、作业风险比LPG船舶更低等特点,在内河正常航行是可行的,供有关部门制定小型LNG船舶内河航行管理规定时参考。鉴于我国可通航河流较多,笔者建议在航道条件较好的长江中下游适时开展小型LNG船舶航行试点工作。

参考文献:

- [1] JTS 165-5—2009 液化天然气码头设计规范[S].
- [2] 麻亚东,谢勇.从LNG船舶特殊通航保障谈LNG接收站与大型港口兼容性问题[J].中国海事,2012(6):45-48.
- [3] 中海油能源发展采油服务公司,中国船级社武汉规范所.小型LNG运输船长江口至鄂州通航综合安全评估[R].天津:中海油能源发展采油服务公司,2012.
- [4] 中海油能源发展采油服务公司,中国船级社武汉规范所.中小型LNG运输船碰撞模拟研究报告[R].天津:中海油能源发展采油服务公司,2012.
- [5] 祁超忠.LNG船舶与全冷式LPG船舶运输管理的异同[J].航海技术,2009(4):3-6.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第48页)

在该卫惯定位系统中,初始化主要由卫星定位仪部件完成,在天空视野良好的情况下,测量作业也由卫星定位主导,当进行室内测量及相对精度要求较高的测量时(如建筑物角点放样、机械安装放样等),便可充分发挥惯性定位的优点,此时主要由惯性定位仪部件完成作业,当然,当卫星定位仪可用时,也可用选择卫星定位仪测量结果,惯性定位仪测量结果,或者两者的加权平均值作为最终结果。

3 结论

RTK断点续测技术是一种新近开发成功的卫星(GPS)定位技术,它是对传统RTK技术的改进,使得当流动站在观测过程中失去与基准站的联系时,在短时间内(目前为5 min)仍能进行高精度的测量,这样就能减少作业中断时间,从而

提高工作效率。

而卫星-惯性定位技术是卫星定位技术与惯性定位技术的结合,两者取长补短,使得其定位功能的适用范围扩展的室内。

参考文献:

- [1] Trimble Company. Trimble xFill RTK[DB/OL](2012-10-17). <http://trl.trimble.com/docushare>.
- [2] 唐有国,麦若绵,贾登科.精密单点定位(PPP)原理及其在境外工程的应用[J].水运工程,2013(7):129-132.
- [3] 杨波.GPS/GLONASS/INS组合导航系统研究[D].西安:西北工业大学,2007.
- [4] Ken D. Introducing Ambiguity Resolution in Web-hosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP[DB/OL].(2012-06-22). <http://www.trimble.com/positioning-services/pdf>.

(本文编辑 郭雪珍)