

基于 LNG 船舶安全区的 天津 LNG 二期泊位施工方案优选

薛坤

(中石化天津液化天然气有限责任公司, 天津 300000)

摘要: 天津 LNG 在建的二期泊位与一期 LNG 正常运营泊位相邻, 一期泊位 LNG 船舶进出港频繁。由于 LNG 船舶的特殊性, 二期泊位施工建设必将对一期泊位运营产生较大影响。本文基于二期泊位施工工序流程, 通过研究 LNG 船舶移动安全区与停泊安全区的范围大小, 分析不同施工工序与 LNG 船舶的相互影响风险, 从而优选确定合适的施工方案, 保障 LNG 船舶正常运营与施工建设的安全。

关键词: 移动安全区; 停泊安全区; 施工方案

中图分类号: U651+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 10—0094—04

1 绪论

中石化天津 LNG 一期泊位 2019 年到港 98 艘次, 2020 年到港 115 艘次, 平均 3 天即有一艘 LNG 船舶进出港。由于 LNG 船舶的特殊安全需求, LNG 进出港及靠离泊期间需要一定的安全区范围。如图 1 所示, 二期泊位与一期泊位紧邻, 二期泊位长时间施工建设必然对

一期泊位 LNG 船舶正常运营产生一定影响。如果处理不好施工与运营之间的关系, 一方面会影响到一期码头 LNG 船舶的到港数量与生产效益, 进而对整个区域的能源供应产生重大影响; 另一方面施工过程中的施工作业如果不能保证一定安全作业距离和作业程序, 可能对 LNG 船舶与货物产生安全重大威胁。

4 码头结构受力分析

码头抗滑抗倾稳定验算结果如下表所示:

表 4 抗滑抗倾稳定验算结果

计算面	E_H	P_{RH}	G	E_V	P_{RV}	S_d	R_d	备注
第1层	4.01	8.75	79.11	1.46	4.69	17.66	48.44	满足
第2层	47.38	8.75	172.42	26.05	4.69	76.22	130.67	满足
第3层	60.17	8.75	208.22	33.43	4.69	93.47	111.06	满足

抗倾稳定验算 (kN·m)

计算面	M_{EH}	M_{PR}	M_C	M_{EV}	S_d	R_d	备注
第1层	1.87	16.28	70.00	4.82	25.32	61.20	满足
第2层	117.59	63.25	288.39	56.99	247.29	292.26	满足

码头基床稳定性验算结果如下表所示:

表 5 码头基床顶面应力验算结果

M_R (kN·m)	M_O (kN·m)	V_K (kN)	ξ (m)	e (m)	σ_{max} (kPa)	σ_{min} (kPa)	备注
345.38	180.84	193.79	0.85	0.19	144.47	41.86	满足

码头地基承载力验算结果如下表所示:

表 6 码头地基承载力验算结果

V_K (kN)	H_K (kN)	δ (°)	Z_{max} (m)	N_{cb}	N_{qb}	N_{zb}	F_K (kN)	F_K/γ_R (kN)	备注
234.59	68.92	7.92	1.82	7.32	2.82	1.16	306.30		满足

综上所述, 可得出如下认识:

经过复核计算, 码头抗滑抗倾稳定性、基床稳定性、地基承载力安全性符合国家有关标准要求, 具有足够的承载能力。

5 结论与建议

5.1 结论

经分析现有码头局部改造, 工程完工后码头可停靠游船, 企业可从事水上旅游资源开发与管理等水系产业项目的推广和营运, 具有很好的经济效益。

5.2 建议

码头竣工于 1996 年, 距今已 20 多年, 建议定期检测码头的耐久性及安全性。

参考文献:

- [1] 《港口工程荷载规范》(JTS144-1-2010)。
- [2] 《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)。
- [3] 《重力式码头设计与施工规范》(JTS167-2-2009)。

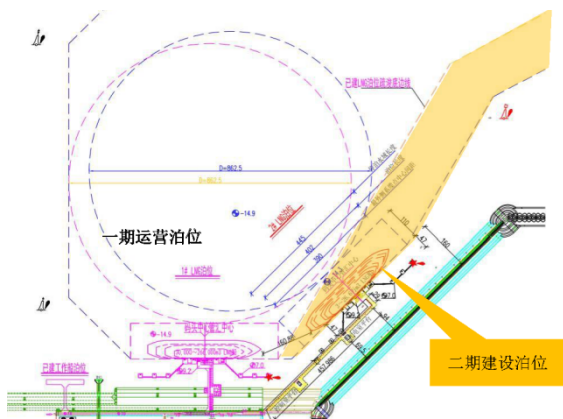


图1 平面布置图

二期泊位施工的影响主要来源于施工作业各程序与 LNG 船舶安全作业距离（安全区）是否冲突问题。因此，为保障一期泊位正常营运，基于 LNG 船舶安全区范围对二期泊位施工建设方案研究至关重要。

2 主要施工工序及步骤

2.1 LNG 码头主体施工工艺

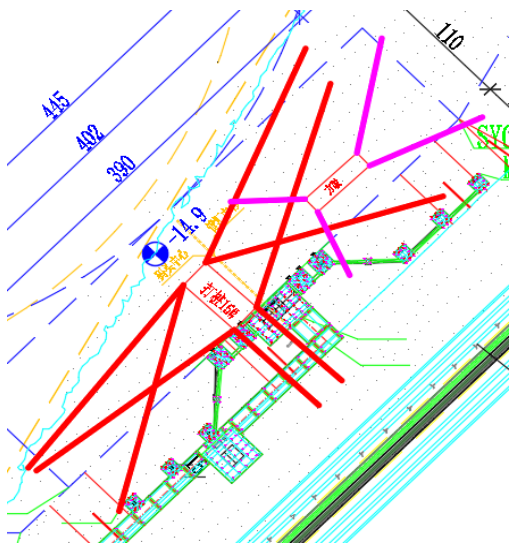


图2 码头主体施工示意图

码头主体施工对 LNG 船舶影响较大的施工工序为打桩船以及运桩方驳的抛锚作业，打桩船根据实际情况及水域范围大小适当调整锚缆长度，然后运桩方驳驻位，打桩船移船至运桩方驳前，起吊桩后再移船就位，并将桩竖立进入桩架龙口内，桩顶戴上替打及桩锤后，收紧锚缆。

2.2 疏浚施工

因回旋水域考虑与已建一期工程共用，本次疏浚主要为停泊水域与拓宽段水域的疏浚。抓斗挖泥船采用四锚定位，利用抓斗将疏浚土挖出装入泥驳，泥驳航行至

抛泥区抛泥，然后返航至挖泥船装驳，进行下一个生产循环。

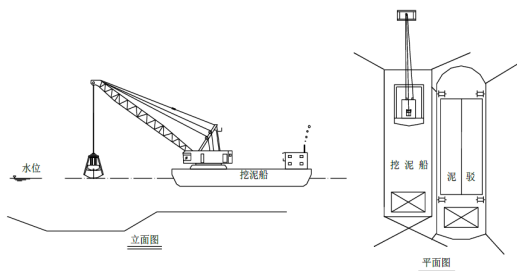


图3 疏浚施工

3 LNG 船舶安全区范围

在 LNG 船舶进出港与靠泊期间设立安全区的主要目的，是为了保证船舶进出港与停泊过程中不被其他船舶干扰，防止发生碰撞。但到目前为止，还没有一个统一的标准，安全区大小也因为 LNG 船舶的尺寸、港口水域的航行环境、船舶进出港过程中的气象、海况以及当地港口的通航密度有密切关系。如果设置的安全区范围过大，不但不能对周围船舶进行有效限制，还浪费了港口管理部门的人力物力，延长对港口正常通航的影响；如果设置过小，则不能有限拦截周围船舶，保障船舶安全。在港口设置 LNG 船舶安全区的目的有两个：

（1）移动安全区：当船舶进出港过程中降低同其他在航船舶的碰撞危险；

（2）停泊安全区：当船舶靠泊时保护周围船舶以及人员的安全，免受火灾的危害。

3.1 LNG 船舶移动安全区范围研究

（1）国外港口 LNG 船舶移动安全区设置情况^[1-2]

表1 国外各港口关于安全区的规定

国家	港口	安全区范围		
		船首	船尾	两侧
国家	Golden pass	2 海里	1 海里	至两岸
	Cameron	2 海里	1 海里	至两岸
	Cove Point	2 海里	1 海里	500-1000 码
	Freetpor	1000 码	1000 码	500 码
	Northeast Gateway Port	临时安全区：在马萨诸塞州所有水域内都为 LNG 船舶为圆心，500 米范围内		
加拿大	Canada	1 海里	1 海里	250m
法国	France	2 海里	2 海里	至两岸
俄罗斯	库页岛	航行和停泊时船舶周围 500 米半径范围		
葡萄牙	Sine Port	航行时船舶周围 600 米半径范围；进出港航行有优先权		
澳大利亚	Gladstone	航行时船前方 500 米，船尾 200 米，左右 200 米		
日本		大多数接收站安全区的要求是 1 海里		
挪威	Snohvit	航行时 LNG 船周边 1.5 海里；靠泊时船周围 200 米范围		

注：1 码=0.9144 米，500 码=457 米

（2）国内港口 LNG 船舶移动安全区设置

国内主要 LNG 接收站码头对于 LNG 船舶移动安全区范围的规定如表 2^[1-2]。

表 2 国内各港口关于安全区的规定

港口	移动安全区
天津港大港区	航道以内, LNG 船前 1 海里、后 0.5 海里, 左右 150 米水域
上海洋山	LNG 船舶前后 4 倍船长, 左右 6 倍船宽范围内禁止船舶进入
上海五号沟	LNG 船舶 2.5 倍船长范围内没有无关船舶航行
宁波舟山	LNG 船前后各 1 海里, 左右各 500 米
江苏启东	LNG 船舶周围 1 海里范围内禁止其他船舶进入
东莞九丰	LNG 船舶周围设置移动安全区, 禁止其他船舶进入移动安全区
福建湄洲湾、莆田秀屿港	LNG 船前 1.5 海里、后 0.5 海里, 左右各 750 米
珠海	LNG 船前后各 1 海里, 左右各 450 米
珠江口广州港	LNG 船前 4 倍船长, 船后 2 倍船长。在安全区的宽度上则提出, 在不同的航段设置不同的宽度
大连港	LNG 船前后 1 海里, 左右各 500 米
深圳大鹏湾水域	以 LNG 船为圆心, 周围 1500 米范围水域
香港	以 LNG 船为圆心, 周围 1000 米范围水域
台中港	进出港时, LNG 船舶前方 1 海里、后方 1 海里及左右舷 150 米范围
海南	LNG 船舶前后 1852 米, 左右 250 米水域

从上述图表中可以看出, 各个 LNG 接收站码头都是通过设置 LNG 船舶移动安全区的方式来确保 LNG 船舶的航行安全。考虑到施工水域附近船舶流量很小, 基于天津大港的港口管理规定, 并结合国内外其他类似港口情况, LNG 船舶靠离泊期间, 其移动安全区选择 LNG 船前 1 海里、后 0.5 海里, 左右 250 米^[4]。

3.2 停泊安全区范围

随着我国沿海大型液化天然气接收站的建立, LNG 船舶在停泊期间的安全引起人们的更多关注, LNG 船舶停泊期间, 在其周围设置一定范围的安全区是保障 LNG 船舶安全的有效措施。LNG 船舶停泊安全区的设置不仅要降低该船舶与停泊期间被过往船舶碰撞的概率, 也需要考虑事故造成的风险。关于 LNG 船舶停泊安全区的设置尚无统一标准, 国内外港口海事主管机关对 LNG 船舶停泊安全区的设置做了不同要求^[3]。

（1）国外港口 LNG 船停泊安全区规定

表 3 国外港口 LNG 船停泊安全区

国家	港口	安全区范围
		锚泊 / 靠泊
美国	Boston Massachusetts	500 码
	San Pedro Bay, California	500 码
	Brandwood Landing	LNG 船舶周围 500 码的水域范围
	Cook Inlet Alaska	船舶周围 1000 码的水域范围
	Northeast Gateway Port	在马萨诸塞州所有水域内都为 LNG 船舶为圆心, 500 米范围内
俄罗斯	库页岛	停泊时船舶周围 500 米半径范围
挪威	Snohvit	靠泊时船周围 200 米范围

（2）国内港口 LNG 船停泊安全区规定

表 4 国内 LNG 接收站停泊安全区范围及警戒船配置

LNG 接收站	停泊安全区范围	警戒船
福建 LNG	LNG 船舶周围 400m 水域	1 艘警戒船, 2 艘消拖两用全回转拖轮
珠海 LNG	LNG 船舶周围 300m 水域	1 艘警戒船, 2 艘消拖两用全回转拖轮
海南 LNG	LNG 船舶周围 400m 水域	1 艘警戒船, 1 艘消拖两用全回转拖轮和一艘全回转拖轮
天津 LNG	LNG 船舶外舷 200 米水域	1 艘警戒船, 1 艘消拖两用全回转拖轮
粤东 LNG	LNG 船舶周围 300m 水域	1 艘警戒船, 2 艘消拖两用全回转拖轮和 2 艘全回转拖轮

考虑到天津港有关 LNG 船舶停泊安全区规定, 参考国内外其他港口规定, 一期 LNG 泊位停泊期间停泊安全区选择 LNG 船舶周围 200 米^[5]。

4 施工与一期泊位 LNG 船舶的影响风险分析

4.1 码头主体施工与一期运营影响风险分析

对于一期泊位的 LNG 船停泊期间, 如图所示, 考虑到打桩船和方驳自身的尺寸, 4# 系缆墩以西的码头主体及引桥施工打桩作业占用水域范围较大, 打桩作业船舶可能会进入到停泊安全区内, 对 LNG 船舶的停泊作业产生一定影响, 带来不必要的安全隐患。而 1~3# 系缆墩、1~4# 系船墩及码头平台施工时施工船位于停泊安全区之外, 对停泊的 LNG 船影响较小, 在 LNG 停泊期间可以考虑进行施工作业。



图 4 码头施工与停泊安全区关系图

对于一期泊位 LNG 船舶靠离泊过程, LNG 船舶在港池及码头水域掉头移动, 同时多艘拖轮在一期泊位附近协助。由于码头平台、系船墩等主体施工需打桩作业, 打桩船及方驳等在作业时需要抛锚固定船位, 锚缆虽然通过合理的布局调整没有占用一期泊位的停泊水域和港池水域, 但是极有可能对靠离泊期间拖轮造成潜在风险。

4.2 疏浚作业对一期运营影响风险分析

二期泊位港池疏浚工程量约 280.5 万方。疏浚倾抛物抛至天津疏浚物海洋倾抛区。本次施工所有疏浚区域都在一期工程港池水域之外。

当一期泊位有 LNG 船停靠时, 二期泊位码头前沿

疏浚作业的疏浚船舶及锚缆可能进入一期泊位 LNG 船舶停泊安全区。因此,禁止码头前沿的疏浚作业,可考虑进行其他区域的疏浚作业。

当一期泊位有 LNG 船靠离泊过程中,其移动安全区范围基本与港池疏浚区域邻近,虽然疏浚船舶可能没有进入移动安全区,但考虑到参与疏浚船舶的锚缆占用范围较大,可能进入到移动安全区。

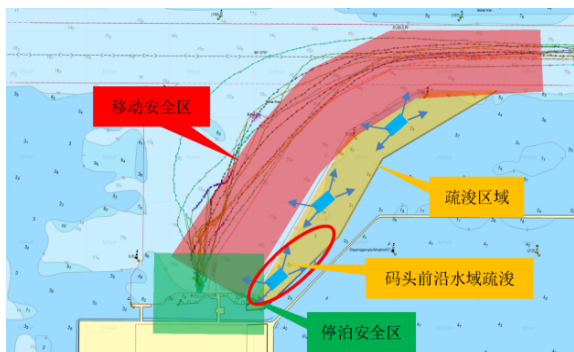


图5 进出港航行时移动安全区与疏浚区域关系图

5 施工方案的优选与建议

(1) 施工单位应建立施工协调调度部门,与中石化 1#LNG 泊位营运部门应建立有效的沟通协调机制,及时获取 LNG 船舶进出港计划、动态,做好信息共享工作,有效组织、协调及调整施工船舶的施工安排。同时,由于 LNG 船舶进出港频繁,施工单位应有专人负责与 VTS 中心的沟通联络,负责施工期间的施工船舶交通组织,主动把施工情况报告海事部门,接受海事部门的安全监管。

(2) 一期 LNG 船舶靠离泊时,码头主体施工以及疏浚作业均需提前 1h 左右停止施工作业,施工现场船舶提前调整船舶姿态和锚链设备,疏浚船舶提前离开疏浚区域,禁止一切施工设施进入 1#LNG 泊位停泊水域及回旋水域附近,并安排应急拖轮现场值守,以保证 1#LNG 泊位船舶靠离泊的安全;待 LNG 船舶靠离泊作业完成后,停泊安全区以外的码头和引桥部位再继续施工。

(3) 一期泊位 LNG 停泊期间, #4 系缆墩以西的码头主体及引桥禁止进行船舶打桩施工作业,可以选择在 LNG 船舶离泊后的空档窗口期进行,并与码头调度保持有效沟通,在下一 LNG 船舶进港靠泊码头前 1h 撤出停泊安全区水域;而 1~3# 系缆墩、1~4# 靠船墩及码头平台施工时施工船位于停泊安全区之外,在 LNG 停

泊期间可以考虑安排其施工作业。

(4) 一期泊位 LNG 停泊期间,二期码头前沿水域禁止进行疏浚作业,可考虑安排其他区域的疏浚作业。码头前沿水域疏浚作业可选择在 LNG 船舶离泊后的空档窗口期进行,与码头调度保持有效沟通,在下一 LNG 船舶进港靠泊码头前 1h 撤出停泊安全区水域。

(5) 一期泊位 LNG 船进出港及靠离泊时,按照移动安全区要求,在液化天然气船前方及左右两侧各配备一艘警戒船舶,后方配备一艘消拖两用船舶,保障 LNG 船舶进出港及靠离泊期间周围的清爽。

(6) LNG 船舶停泊期间设置船舶周围 200 米作为停泊安全区,禁止其他船舶进入 LNG 停泊安全区范围。

6 结论

LNG 二期建设泊位距离营运的一期泊位较近,施工各工序对 LNG 船舶的进出与装卸产生影响。如不能保持足够的安全距离和作业程序,可能对 LNG 船舶与货物产生安全重大威胁。本文通过剖析施工作业各程序,研究 LNG 船舶移动安全区及停泊安全区范围,分析施工工序与安全区的相互影响,从而给出保障 LNG 船舶靠离泊安全的施工方案。研究结果可以为天津 LNG 泊位建设期间减小相应通航风险,保障 LNG 船舶正常运营。

参考文献:

- [1] 孙耀华. LNG 船舶进出港移动安全区研究 [D]. 大连海事大学,2019.
- [2] 张欢. LNG 船舶进出港过程中安全区探究 [D]. 大连海事大学,2015.
- [3] 黄齐方. 洋浦 LNG 船舶通航安全与移动安全区定量计算 [J]. 中国水运,2015(06):24-26.
- [4] 丁乙,李延伟,郭文波,孔宪卫,干伟东. 天津南港 LNG 船舶进出港通航方案分析 [J]. 中国水运(下半月),2018,18(12):17-18.
- [5] 文元桥,王乐,杨雪,肖长诗,周春辉. LNG 船舶停泊安全区宽度计算建模 [J]. 中国安全科学学报,2014,24(05):73-78.