



海港 LNG 船舶通航方式及应急锚地布置

杨坚刚¹, 孙平锋²

(1. 舟山市港航和口岸管理局, 浙江 舟山 316000; 2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: LNG 船舶通航管控要求严格, LNG 进港船舶通航方式和应急锚地的设置一直是 LNG 码头港址选择和建设营运管理过程中重点关注的问题之一。通过对国内现有规范有关 LNG 船舶通航及锚地设置要求的梳理和沿海已建或在建代表性 LNG 接收站港址水域水文泥沙条件、航道锚地设置现状、实际建设营运情况及通航管理实践的分析, 提出沿海不同港址 LNG 船舶全潮或乘潮通航方式选择及应急锚地布置建议, 可为 LNG 接收站建设、运营和通航管理提供参考。

关键词: LNG 船舶; 通航方式; 应急锚地

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)09-0049-06

Navigation mode and emergency anchorage layout of LNG carrier

YANG Jian-gang¹, SUN Ping-feng²

(1. Port and Waterway Administration of Zhoushan, Zhoushan 316000, China;

2. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: There are strict requirements on the navigation supervision of LNG carriers, and the navigation mode and emergency anchorage have always been the key points in the process of LNG terminal's site selection, construction, and operation management. Based on the analysis of the existing specifications, the hydrological and sediment conditions, the LNG channel, and anchorage setting status, the construction and operation of LNG terminals built or under construction, and the practice of navigation management, we put forward suggestions on the selection of LNG ship navigation mode in full tide or by the tide and emergency anchorage layout, to provide a reference for the construction, operation and navigation management of LNG terminals.

Keywords: LNG carrier; navigation mode; emergency anchorage

目前国内外对 LNG 船舶进出港更多侧重于移动安全区的研究, 移动安全区的设置也逐步由定性分析转至定量计算^[1-2], 但对 LNG 船舶通航方式及应急锚地设置的研究较少。由于 LNG 和 LNG 船舶本身具有的高危险和高造价特点, 国内对 LNG 船舶通航监管要求严格, LNG 进港船舶通航方式和应急锚地的设置一直是 LNG 码头港址选择和建设过程中重点关注的问题之一。随着国内 LNG 接收站的不断建设, LNG 贸易及船队持续发展, LNG 接收站建设和运营经验日趋成熟, 但同时对于港口通航管理提出更高的要求。为此, 本文通过

对国内规范有关 LNG 船舶通航要求的梳理以及已建或在建 LNG 接收站实际建设营运成功经验的分析, 提出不同港址水文泥沙及航道锚地条件下 LNG 船舶全潮或乘潮通航方式选择和锚地布置的建议, 可为 LNG 港口建设管理提供借鉴。

1 规范对海港 LNG 船舶通航及应急锚地布置的要求

国内对海港 LNG 码头通航方式以及应急锚地布置规范^[3-4]要求主要如下:

1) 宜选在满足液化天然船舶不乘潮通航要求

收稿日期: 2021-01-28

作者简介: 杨坚刚(1971—), 男, 高级工程师, 从事港口航道工程建设管理工作。

的水域，不满足时应做专题论证；

2) 不宜选在进出港航道较长、船舶密度较大的港址，当无其他选择时，应进行专项评估，并提出有效措施减缓或消除其不利影响；

3) 在海港系泊时，液化天然气船舶与附近通行的其他船舶的航道边线的净距不应小于 100 m；

4) 液化天然气船舶不宜在夜间进出港和靠泊作业，需要夜间靠离泊或航行时，应进行专门的安全评估；

5) 海港液化天然气码头应设置应急锚地或专用锚地。应急锚地或锚位可与油气化学品运输船舶共用，且与进出港航道和非危险品船舶的安全净距不应小于 1 km；

6) 液化天然气船舶在进出港航道航行时，应设置移动安全区，其尺度应通过专题确定。

2 国内海港 LNG 接收站船舶通航方式及锚地布置现状

2.1 国内海港 LNG 接收站船舶通航方式

从国内已建的 22 个(截至 2020 年底)LNG 接收站看，其 LNG 航道总体均按满足不乘潮通航设

计，即便自然水深不足，也可通过疏浚满足 LNG 船舶全潮进港的要求。特别是我国山东半岛以北以及广东、海南沿海潮差较小，船舶靠离泊受水流影响小、航道疏浚回淤不大的 LNG 接收站，均采用全潮通航的方式。潮差大、潮流动力较强劲的苏浙闽沿海 LNG 接收站，多利用优良的自然水深条件采用全潮通航的方式，其中宁波舟山海域的舟山 LNG 接收站设置有单独的 LNG 航道，但也不乏 LNG 船舶乘潮进港的先例。

舟山 LNG 接收站处浙江舟山北部外海岛礁地区，水深条件好，水流动力较强劲，落潮流历时长于涨潮流，港址水域相对开敞，波浪掩护条件较差，船舶靠离泊受风浪流影响相对明显，且距马岙公共航道较近。营运初期大型 LNG 船舶仅能选择白天左舷初落缓流时段靠泊，而此时段也是大型船舶进出灌门水道的主要时间窗口。LNG 船舶若完全利用马岙公共航道进出港，势必对进出灌门以西各作业区大型船舶的通航带来较大影响。因此，结合港址以东水域开阔且水深条件满足 LNG 船舶全潮通航的优势，在马岙公共航道南侧另行设置 LNG 航道，以减少对现有航路船舶通航的影响，见图 1。

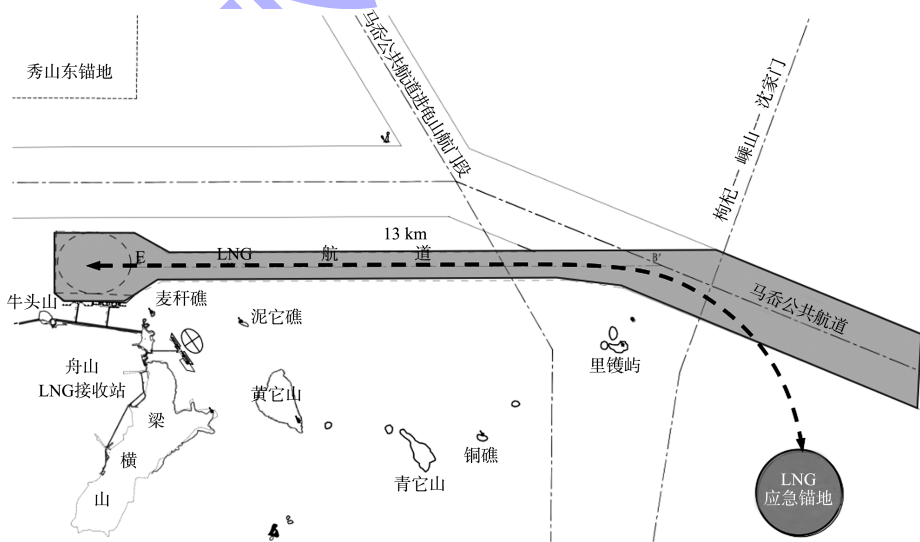


图 1 舟山 LNG 接收站锚地位置

江苏如东 LNG 接收站是我国首次在辐射状沙洲海区建设的大型 LNG 接收站(图 2)，由于辐射沙洲规模宏大、海洋动力复杂，滩槽泥沙运动活跃，进港航道沿线水深总体较好(最浅约 11.9 m)，航道若

全潮通航，需对长约 16 km 的航段进行疏浚，疏浚方量及年维护方量均很大(疏浚方量约 1 500 万 m³、年维护方量约 400 万 m³[5])。鉴于项目一期运量不大，船舶通航密度低，为降低航道回淤风险、减

小工程投资和年维护费用, LNG 船舶通航方式最终选择乘潮进港。从实际营运情况看, 对于如东 LNG 接收站所处潮位资源丰富、吞吐量不大、货种相对单一、船舶通航密度较小的港口, 采用乘潮进港的方式是经济合理可行的。

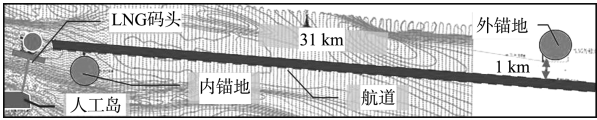


图 2 江苏如东 LNG 接收站锚地位置

此外, 杭州湾北部水域在建的嘉兴 LNG 接收站(泊位等级 3 万 GT), 位于我国著名的强潮海湾, 湾内平均潮差 4~5 m, 最大潮差可达 7 m 以上, 且水动力强劲, 最大流速在 2 m/s 以上。LNG 船舶进港航道目前为自然水深航路, 水域开阔, 通航宽度约 2 km, 水深多在 8 m 以上, 局部最浅水深 7.5 m, 可满足 1 万 m³ 以下 LNG 船基本全潮、2 万~3 万 m³ LNG 船乘较低水位(平均潮位以下水位)以及 4 万~6 万 m³ LNG 船乘高潮 2 h 保证率 90%通航的要求^[6]。但由于 LNG 航路不足 10 m 的浅段长(其中自崎岖列岛至王盘山段水深不足 10 m 的浅段约 70 km), 满足全潮通航疏浚工程量巨大, 且杭州湾水域含沙量高、流强、水沙运动较活跃, 受夏秋季台风和冬季寒潮大风影响, 航道开挖后骤淤风险大, 不具备长航路疏浚的条件。

鉴于此, 考虑到 LNG 吞吐量小、到港 LNG 船舶吨级小且艘次少、现状航路水域宽阔(可完全满足 LNG 船舶与其他船舶双线通航)等特点, 充分利用杭州湾潮位资源丰富、可选择低潮前后时段通航以避免与其他船舶争抢高潮通航的优势, 采用乘潮通航的方式。

2.2 国内海港 LNG 锚地设置现状

目前, 国内各海港液化天然气接收站往往结合航道通航方式和通航环境至少设置有专用锚地或应急锚地 1 座, 有的接收站同时设置有专用锚地和应急锚地。国内已建海港 LNG 接收站锚有以下几个典型案例。

2.2.1 广东大鹏 LNG 接收站锚地

中海油广东大鹏 LNG 接收站于 2006 年正式建成投产, 拉开了我国进口 LNG 的序幕, 其利用大鹏湾航道及 LNG 支航道全潮进出。在接收站前期论证时, 国内尚无相应的 LNG 码头设计规范, 结合大鹏湾水域规划及船舶通航情况, 曾有专家和国外 LNG 船长指出, 根据国际 LNG 船舶航行惯例, LNG 船在进港前无需在锚地待泊; 但也有专家指出, 应在大鹏湾合适水域设置 LNG 专用锚地。综合多方意见, 最终确定从 2 号锚地南端划出一块区域作为 LNG 船专用锚地, 中间设置 1 km 隔离区, LNG 船锚地距离 LNG 码头约 8 km(图 3)。

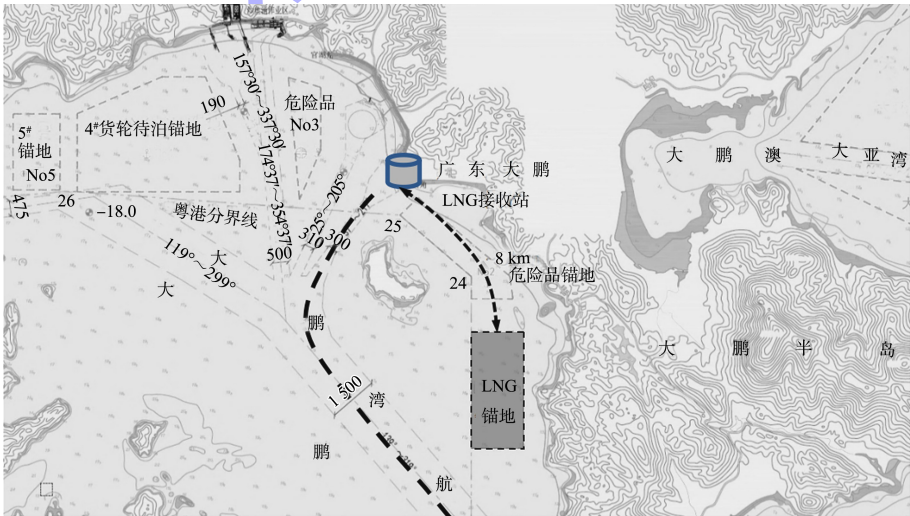


图 3 广东大鹏 LNG 接收站锚地位置 (单位: m)

2.2.2 福建莆田 LNG 接收站锚地

中海油福建莆田 LNG 接收站位于福建省莆田市湄洲湾北岸秀屿港区, 湄洲湾航道可满足大型

LNG 船舶单向全潮通航要求。但由于湄洲湾内码头众多, 航运繁忙, 而且通航主要依靠一条公用单向航道, 给 LNG 船及湾内其他大型船舶的安全

通航带来挑战。

目前，LNG 锚地均设置在湄洲湾湾口附近，包括 1 个应急锚地和 2 个临时应急锚地(图 4)。LNG 应急用锚地为半径 600 m 的圆形水域，中心位于 24°59′07.5″N/119°04′25.1″E，底质为泥沙，锚地距离码头约 29 km。LNG 应急锚地 1 为半径 300 m 的圆形水域，中心位于 25°07′27.87″N/119°00′36.92″E，底质为沙和泥，为湄洲湾 10 万吨级系船浮筒过驳锚地，也作为 LNG 船舶临时应急使用；LNG 临时应急锚地 2 为半径 550 m 的圆形水域，中心为 25°08′57.8″N/119°00′03.7″E，底质为泥沙，供 LNG 船舶应急使用。



图 4 中海油福建莆田 LNG 接收站锚地位置

2.2.3 舟山 LNG 接收站锚地

舟山 LNG 项目位于舟山本岛东北部梁横山岛附近梁横作业区，LNG 船舶经由马岙公共航道和 LNG 航道全潮进出。港址附近虽水深条件较好，但由于航路和岛礁众多，不利于 LNG 应急锚泊安全，一定程度上制约了近距离布置 LNG 锚地的可能。因此，LNG 应急锚地选择布置于马岙公共航道南侧、里钺屿东南水域，该处水域开阔，远离岛礁和习惯航路，锚地为半径 600 m 的圆形水域，底质为泥，锚地边线距离航道边线约 1.2 km，水深一般在 18~20 m，与 LNG 泊位相距约 13 km(图 1)。

2.2.4 江苏如东 LNG 接收站锚地

江苏如东 LNG 接收站所处海域底部存在许多沙丘，水下地形变化复杂，且海流较强，波浪掩护条件差。该项目 LNG 船舶须乘潮进出，一旦 LNG 船

舶在码头系泊期间出现紧急情况须离泊，而潮位不满足时，LNG 船舶将无法离泊出港，可能给船舶或码头带来安全风险，因此设置了内、外 2 处 LNG 船舶锚地。内锚地设置在 LNG 码头以东 1.8 km 处，为直径 1.18 km 的圆形水域，锚地边缘距航道线 345 m(1 倍船长)，底质为淤泥和粉砂质，自然水深满足 LNG 船舶全潮应急离开码头前往锚地的需求；外锚地位于航道口门处，距离 LNG 码头较远，约 31 km，直径为 1.18 km，锚地边缘距航道边线 1 km，水深 15 m 以上，供 LNG 船舶候潮用(图 2)。

2.2.5 唐山 LNG 接收站锚地

中石油唐山 LNG 接收站位于河北省唐山市曹妃甸工业区，为有效协调和利用曹妃甸工业区外海域资源，在对 LNG 危险性及 LNG 船舶特性充分评估分析的基础上，将 LNG 专用锚地设置在曹妃甸港区大型危险品专用锚地内的北侧，同时为保证 LNG 船的安全，在锚地外设半径为 1.05 km 的安全隔离区，锚地距离 LNG 码头约 5 km(图 5)。

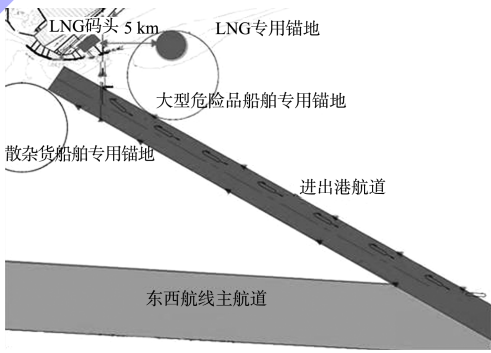


图 5 唐山 LNG 项目锚地位置

2.2.6 宁波 LNG 接收站锚地

宁波 LNG 接收站位于宁波舟山港穿山北作业区，是我国较早建设的 LNG 接收站之一，项目前期论证时由于液化天然气设计规范尚未出台，未设置专门的 LNG 应急锚地，目前营运主要通过合理船期安排，LNG 船舶在进港前不进锚地待泊，一程进港靠泊码头。该项目建成初期，由于到港 LNG 船舶较少，对周边通航环境的影响较小，但随着近年来宁波舟山港的蓬勃发展以及接收站自身到港船舶的增加，在目前国内严格的 LNG 船舶通航管控要求下，对宁波舟山港核心港区船舶交通组织以及通航风险的把控带来较大的压力。因

此，主管部门对于在宁波舟山港核心港区水域设置 LNG 锚地的呼声也日趋强烈。

3 对 LNG 船舶通航方式和应急锚地布置的建议

3.1 海港 LNG 船舶通航方式选择

目前，国内 LNG 接收站的 LNG 船舶通航方式普遍采用全潮通航方式，较好地保障了 LNG 船舶安全进出港和紧急情况下应急离港的需求。随着我国水运港口的不断发展，可满足 LNG 船舶全潮通航的优良深水港口岸线日益缺乏，人工疏浚不失为一种有效的手段，但将大大增加项目的初期投资及后期营运维护成本，对于夏秋季易受台风影响、回淤主要发生在台风期的浙江沿海港口而言，每年的港池航道维护成本将有可能成为 LNG 接收站选址是否经济可行的决定性因素之一。

LNG 船舶靠离泊作业对风、流等限制条件较为严格，因此多选择在缓流时段靠泊，对于水流较大的港口，船舶靠离泊须候流，以确保船舶操纵安全。这在一定程度上限制了船舶进港的时间窗口，且国内 LNG 船舶多要求在白天进港及靠离泊作业，使得一天中可供 LNG 船舶靠离泊的时间有限，多集中在白天缓流时段。

浙江沿海如宁波舟山港、温州港、嘉兴港等典型以前进波为主的半日潮流海港，涨(落)急流多发生在中潮位附近或者高(低)潮位前 2~3 h，缓流时段多出现在高、低平潮前后各 1.5 h 左右。目前，宁波 LNG 接收站大型 LNG 船舶靠离泊时间在白天镇海高潮后 0.5 h 和镇海低潮后 1.5 h 的缓流时段^[7]；舟山 LNG 接收站为保障营运初期通航安全，大潮期选择高潮后 15~20 min 到达码头水域，中潮期到达码头水域的时间控制在高潮后 15~60 min，小潮期选择高潮前 30 min 至高潮时段到达码头^[8]。结合国际上 LNG 船舶一程直接到港的惯例，虽然宁波、舟山 LNG 接收站进港航道水深可满足 LNG 船舶全潮通航，但受水流条件的制约，实际 LNG 船舶进入航道口门的起始时间大多集中在中潮位后的高潮过程，以满足缓流靠泊的要求。这一定程度上意味着在潮位资源较丰富、船舶靠离泊须候流的港址建设 LNG 码头，航道全程满足不乘潮通航的要求往往是偏于安全的。

鉴于此，结合目前国内 LNG 接收站实际建设、营运情况以及国内对于 LNG 船舶通航严格的管控要求，对不同 LNG 港址 LNG 船舶通航方式提出以下建议：

1)对潮差较小、潮流较弱、LNG 船舶靠离泊时间窗口受水流影响较小的港址，LNG 船舶宜选择全潮通航的方式。

2)对潮差较大、潮流较强、可利用潮位资源丰富但 LNG 船舶靠离泊时间窗口受水流影响较大、全潮通航基建疏浚和营运期维护疏浚量大的港址，宜结合 LNG 接收站规模以及港区发展现状和规划，在充分评估乘潮或者全潮通航方式对港区通航环境影响以及经济效益的前提下，可分阶段考虑 LNG 船舶通航方式。

3)对潮差较大但港内水域水深等条件受限、码头较近水域无法布置 LNG 应急锚地的港址，LNG 船舶通航方式可结合 LNG 应急锚地位置，分航段考虑 LNG 船舶通航方式，其中对于 LNG 应急锚地至码头的航道应满足全潮通航的要求。

3.2 海港 LNG 应急锚地布置建议

目前，国内已建成的 LNG 接收站绝大多数设置至少 1 个 LNG 锚地，虽然在国际 LNG 船舶通航惯例下，各 LNG 接收站锚地使用频率很低，但其对于降低码头营运及通航安全风险意义重大。为此，就海港 LNG 应急锚地布置提出以下建议：

1)海港 LNG 码头应设置应急锚地，锚地设置数量主要取决于航道水域条件、通航环境以及港区综合管理水平等；

2)对航道通航条件好、航道宽阔、水深满足 LNG 船舶全潮要求的港址，可考虑设置 1 座 LNG 应急锚地；

3)对 LNG 船舶采用乘潮进港通航方式的港址，至少应布置 2 座 LNG 锚地，其中 1 座应尽可能靠近 LNG 码头，且码头至该应急锚地的连接段航道须满足 LNG 船舶全潮通航，以更好地满足 LNG 船舶应急锚泊的要求，保障安全。

4 结语

1)对潮差较小、船舶靠离泊操纵受流影响较小的港址宜全潮进港；对潮差较大、船舶靠离泊操纵

受流影响大、全潮疏浚和维护成本高的港址，在充分论证的基础上，可分阶段考虑 LNG 船舶通航方式；对潮差较大但近码头水域无法布置应急锚地的港址，可分航段考虑 LNG 船舶通航方式。

2)海港 LNG 码头应设置应急锚地，锚地设置数量主要取决于航道水域条件、通航环境和港区综合管理水平。对采用乘潮进港通航方式的 LNG 港址，码头至应急锚地连接段航道应满足全潮通航要求。

3)由于各港区发展规模、通航环境以及管理水平存在差异，政府主管部门对于 LNG 船舶通航方式的把握也存在差异，因此 LNG 接收站港址前期论证过程中，在通航方式选择和 LNG 应急锚地布置时应充分调研并听取港航、海事等政府主管部门的意见。

参考文献：

[1] 吴炜煌.港口水域 LNG 船舶航行安全领域及交通组织研究[D].武汉: 武汉理工大学, 2019.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 43 页)

2)本次评估船舶撞击码头的撞击力依据我国现行规范的经验公式推算，建议相关工程可通过有限元模拟数值算法对撞击过程进行三维模拟分析，确定撞击力及碰撞下的结构动力响应及薄弱点，便于后期对重点部位进行针对性检查维护。

参考文献：

[1] 陈国虞,王礼立,廖娟.桥墩船撞力(正撞、侧撞)及其半经验公式研究[C]//桥梁工程与技术网,工程加固网,国联资源网.2011 桥梁工程与技术工程加固(博鳌)发展论坛暨全国既有建筑、桥梁安全耐久监测、维修与加固峰会论文集.北京:[出版者不详], 2011: 60-72.

[2] 刘晓曦,张云.船舶撞击力作用下高桩码头的安全评估[J].水运工程, 2016(4): 55-59.

[3] 冯清海,吴宏波.基于能量的船桥碰撞力计算方法[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2013, 37(5): 943-946.

[4] 冯森.船舶撞击高桩码头结构的动力响应分析[D].镇江: 江苏科技大学, 2019.

[2] 孙耀华.LNG 船舶进出港移动安全区研究[D].大连: 大连海事大学, 2019.

[3] 中交水运规划设计院有限公司.海港总体设计规范: JTS 165—2013[S].北京: 人民交通出版社, 2016.

[4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司.液化天然气码头设计规范: JTS 165-5—2016[S].北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.

[5] 刘红宇,赵家德.如东 LNG 接收站码头选址与进港航道设计[J].港工技术, 2016, 53(4): 25-28.

[6] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.浙江嘉兴(平湖) LNG 应急调峰储运站项目码头工程初步设计[R].上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2019.

[7] 交通运输部规划研究院.宁波舟山港 LNG 接收站船舶进出港通航影响研究[R].北京: 交通运输部规划研究院, 2019.

[8] 武汉理工大学.浙江舟山液化天然气(LNG)接收及加注站项目进出港交通组织及通航安全维护专题研究报告[R].武汉: 武汉理工大学, 2018.

[5] 刘彭.钢板桩码头在船舶撞击下的安全性分析[D].镇江: 江苏科技大学, 2015.

[6] 交通运输部天津水运工程科学研究院.水运工程水工建筑物检测与评估技术规范: JTS 304—2019[S].北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.

[7] 中交第一航务勘察设计院有限公司.港口工程荷载规范: JTJ 144-1—2010[S].北京: 人民交通出版社, 2010.

[8] 中交公路规划设计院有限公司.公路桥涵设计通用规范: JTG D60—2015[S].北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.

[9] 铁道第三勘察设计院集团有限责任公司.铁路桥涵设计规范: TB 10002—2017[S].北京: 中国铁道出版社, 2017.

[10] 烟台泰鸿橡胶有限公司.橡胶护舷: HG/T 2866—2016[S].北京: 化学工业出版社, 2016.

[11] 中交四航工程研究院有限公司.港口水工建筑物修补加固技术规范: JTS 311—2011[S].北京: 人民交通出版社, 2011.

(本文编辑 王璵)