



海港港池和回旋水域平面尺度研究

梅 蕾, 汪 锋, 姜俊杰

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 在分析港池和回旋水域平面尺度主要影响因素的基础上, 对国内、外相关规范关于港池和回旋水域平面尺度的计算方法进行对比研究, 并通过典型工程实例加以说明, 对海外港口工程水域尺度的确定及拓宽国内海港工程水域尺度设计思路具有借鉴意义。

关键词: 港池; 回旋水域; 平面尺度; 规范对比

中图分类号: U 653.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)07-0102-06

Plane dimensions of harbor berthing basin and turning area

MEI Lei, WANG Feng, JIANG Jun-jie

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

Abstract: The major factors which influence the plane dimensions of harbor berthing basins and turning area are analyzed, and the similarities and differences between the domestic and overseas standards, codes and guidelines are compared. Based on the discussion of a typical project, some beneficial conclusions are drawn, which may serve as reference for the overseas project design and broadening of the design ideas for the domestic engineering.

Keywords: harbor basin; turning area; plane dimension; comparison among standards

港内水域平面尺度密切关系到港口的服务品质和通航安全, 平面尺度大有利于船舶通航和作业的安全性, 但因此而产生的港口建设与港内水域维护的成本也随之提升。尤其我国港口经历了多年的建设发展, 尚未开发的天然建港岸线资源所剩不多, 未来不可避免要采取人工方法解决建港岸线与陆域不足的问题, 采用挖入式或突堤式布置码头。因此, 合理确定港池与回旋水域的平面尺度具有重要的工程、经济意义。

1 港池和回旋水域尺度影响因素

港池和回旋水域^[1]平面尺度确定的主要影响因素如下:

- 1) 到港船型尺度: 到港船型尺度对港池的长度、宽度、回旋水域面积及水深有直接影响;
- 2) 船舶在码头前的操作方式: 引水、导航设

施、协助作业拖轮的数量和型号及引航员、船长的操作习惯等对港池及回旋水域平面尺度均有影响;

3) 船舶操纵性能: 艏舵和侧推器的配置情况及船舶推进器功率等影响船舶回转运动轨迹;

4) 港区自然条件: 港区的潮流、波浪、风速、水位、潮差、水深等自然条件对水域平面尺度的影响;

5) 水域边界限制条件: 码头与防波堤的相对位置、与周边码头的距离等地形边界条件限制水域尺度。

2 港池平面尺度

2.1 长度

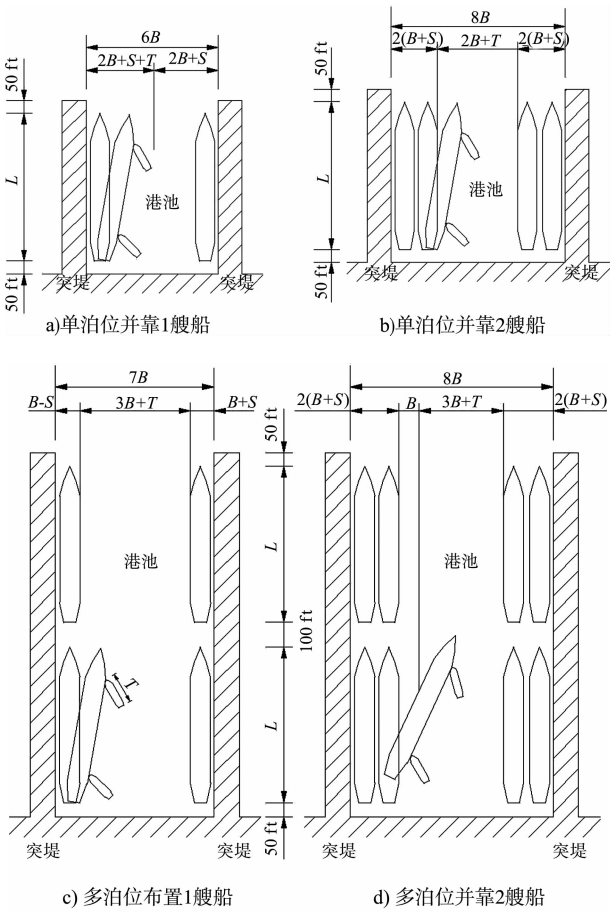
我国 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[2]对单个一字型布置泊位、同一码头线上连续布置

收稿日期: 2014-12-11

作者简介: 梅蕾 (1983—), 女, 硕士, 工程师, 从事港口、航道工程设计与咨询工作。

泊位的泊位长度采用设计船长加富裕长度计算。码头布置成折线时的泊位长度采用设计船长乘船长系数加上富裕长度计算。港池长度应根据规范要求, 并结合泊位数量、港池布置形式等确定。

美国统一设施标准 UFC-4-152-01^[3] 和美国国防部军用手册 MIL-HDBK-1025/1^[4] 中顺岸或突堤码头的泊位长度同样采用设计船长(L)加富裕长度计算, 泊位长度及布置见图 1, 泊位长度 = 50 ft + L + 50 ft (50 ft = 15.24 m)。



注: L 为船长; B 为船宽; S 为船舶距码头前沿线距离; T 为拖轮长。

图 1 港池长度及宽度

英国 BS 6349—2:2010 《海工建筑物》^[5] 中认为泊位长度是船舶长度的函数, 并应考虑到在泊位的使用期内船舶尺寸可望发生的任何变化。顺岸布置的船舶间距应考虑船舶系泊方式、泊位与风、波浪的夹角等因素, 一般不小于 15 m。

日本《港口设施技术标准·解说》^[6] 中指出泊位长度按船舶总长加上船舶顺岸系泊时艏艉

所需的富裕长度确定。其中, 艏缆和艉缆兼为防止船舶前后移动和控制船体横向运动这 2 个目的而采用, 多按与码头岸线成 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的方向布置。

《港口设计手册》^[7] 认为, 多泊位连续布置时, 船舶间富裕长度最小为 0.1 倍最大船长 (图 2)。港池内风速或流速较大, 船舶间富裕长度可增大至 0.2 倍最大船长, 且船舶间富裕长度不小于 15 m。对于突堤码头, 港池同一侧仅布置一个泊位时, 突堤长度如图 3 所示。

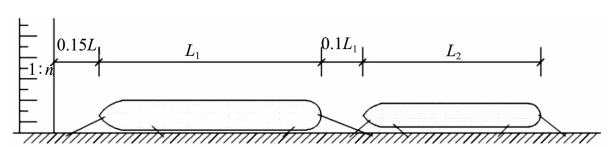


图 2 船舶间富裕长度

2.2 宽度

我国《海港总体设计规范》^[2] 规定, 对多泊位顺岸码头前方水域, 当考虑船舶转头要求时, 其宽度不宜小于 1.5 倍设计船长加 1.0 倍设计船宽; 不考虑船舶转头时, 码头前方水域其宽度不应小于 0.8 倍设计船长。

突堤码头港池宽度分 2 种情况: 港池两侧布置有 2 个以上泊位、船舶在港池内转头作业时, 水域宽度不宜小于 2.0 倍设计船长; 船舶不在港池转头时, 水域宽度可取 0.8 ~ 1.0 倍设计船长。当港池两侧为单个泊位时, 可适当缩窄水域宽度。

美国统一设施标准 UFC-4-152-01^[3] 和美国国防部军用手册 MIL-HDBK-1025/1^[4] 中对不在码头前方布置回旋水域的突堤码头港池宽度的规定如图 1 所示。对于含回旋水域的港池宽度未做具体规定。

英国 BS 6349-2:2010 《海工建筑物》^[5] 规定停泊水域的宽度应至少为最大设计船宽的 1.5 倍, 长度至少为最大设计船长的 1.2 倍, 并大约在泊位的中点对称布置, 对港池的宽度未做具体要求。

日本《港口设施技术标准·解说》^[6] 中指出: 港池的宽度应以保证船舶安全、顺利靠岸、离岸为度。突堤间的港池宽度应根据突堤单侧泊位数,

确保不小于以下宽度：突堤单侧不超过 3 个泊位时，港池宽度等于设计船长；突堤单侧有 4 个及以上泊位时港池宽度为 1.5 倍设计船长。

港口设计手册^[7]对船舶不在港池内转头和在港池内转头的突堤码头港池宽度分别给出了建议。突堤间港池同一侧仅布置一个泊位，且每个泊位仅停靠一艘船时，港池宽度为 2 倍最大船宽加 30 m，如果每个泊位并靠 2 艘船时，港池宽度为 4 倍最大船宽加 50 m，港池同一侧布置 2 个及以上泊位时，港池宽度为 2 倍的最大船宽加 50 m（图 3、4）。

船舶在港池内转头时：当港池与航道夹角为 45°时，港池宽度不小于 1.5 倍船长；当港池与航道夹角为 90°时，港池宽度不小于 2 倍船长（图 5）。

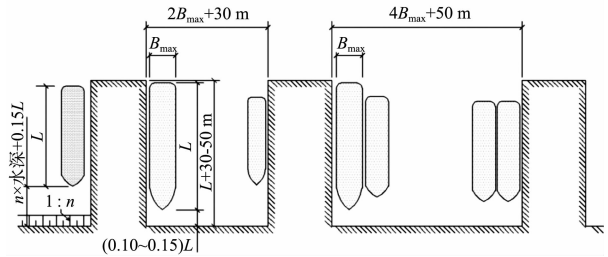


图 3 突堤间港池平面布置（港池同一侧布置 1 个泊位）

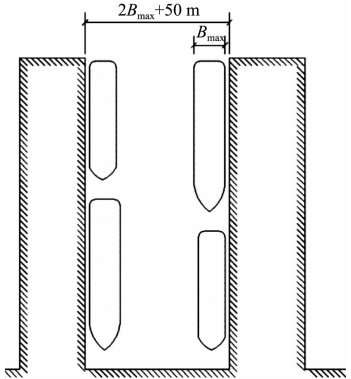


图 4 突堤间港池宽度（港池同一侧布置 2 个及以上泊位）

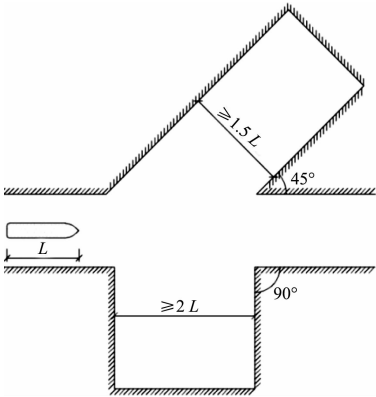


图 5 有转头作业港池宽度

2.3 水深

不同国家标准对港池水深的参数对比分析见表 1。

表 1 港池水深取值

标准类别	港池水深	备注
《海港总体设计规范》(JTS 165—2013) ^[2]	码头前沿停泊区以外的港池水域设计水深宜与航道的设计水深一致	
美国统一设施标准 (UFC-4-152-06) ^[8]	最大船舶满载吃水的 1.1 倍	对于淤积严重的港区，水深可适当加深
英国《海工建筑物》(BS 6349) ^[5, 10]	平静状态下龙骨下富裕深度一般应至少为 0.5 m，但应为纵倾、侧倾和波浪引起的运动增加适当的富裕深度，在岩石海底处还要增加富裕深度	
日本《港口设施技术标准·解说》 ^[6]	工程基准面以下约 1.1 倍设计船舶满载吃水为标准	参照设计船舶在浪、风、潮流等作用下的动摇程度，取超过设计船舶满载吃水的适宜深度
美国《港口设计手册》 ^[7]	开敞水域水深为最大船舶满载吃水的 1.2 倍；有掩护水域水深为最大船舶满载吃水的 1.15 倍	初步估算

3 回旋水域尺度

3.1 面积

我国《海港总体设计规范》^[2]对回旋水域尺度的规定如表 2 所示。

美国统一设施标准 UFC-4-152-06^[8]中指出，

根据经验，无拖轮协助时，回旋圆半径为 2 倍船长，或船舶操纵条件较好的情况下半径等船长时，船舶可以顺利掉头，半径减小时，需依靠拖轮协助船舶转头。在拖轮协助的情况下，当流速和风速较小时，回旋圆直径可取 1.5L。

表 2 船舶回旋水域尺度

适用范围	回旋圆直径/m
掩护条件较好、水流不大、有港作拖轮协助	$(1.5 \sim 2.0)L$
掩护条件较差的码头	$2.5L$
允许借码头或转头墩协助转头的水域	$1.5L$

受水流影响较大的港口, 应当加长转头水域沿水流方向的长度, 宜通过操船试验确定加长尺度。缺乏试验依据时, 沿水流方向的长度可取 $(2.5 \sim 3.0)L$

注: 1. 回旋水域可占用航行水域, 当船舶进出频繁时, 经论证可单独设置;
2. 没有侧推及无拖轮协助的情况, 船舶回旋圆直径可取 $(2.0 \sim 3.0)L$, 掩护条件差时, 可适当增大。

《美国海岸工程手册》^[9] 中认为回旋水域尺度与流速有关, 随流速增大, 船舶转头难度明显增加。回旋圆直径与流速的关系如图 6 和表 3 所示: 当流速较低时, 船舶真正利用的回旋水域为圆形; 如果流速较大, 船舶会在横流作用下发生漂移, 回旋水域近似为“椭圆形”或“鼓形”, 此时椭圆短轴长度可取 1.5 倍设计船长, 长轴长度则需要通过船舶航行模拟实验确定。部分压载的油船或受风面积较大的船舶, 如果当地盛行的风速大于 12.9 m/s 时, 同样需要借助船舶航行模拟实验确定。

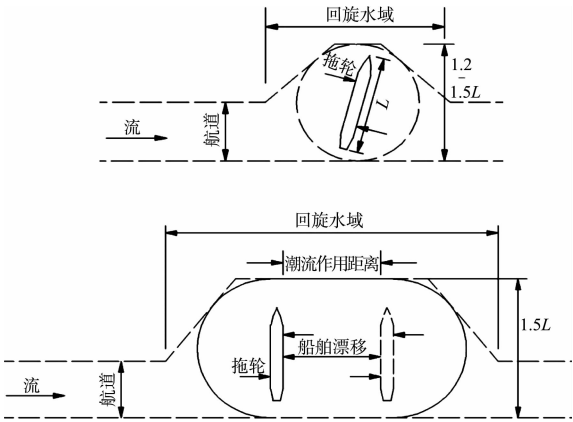


图 6 回旋水域设计尺度选择

表 3 回旋圆直径与流速的关系

流速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	回旋圆直径(船长 L 的倍数)
0 ~ 0.3	$1.2L$
0.3 ~ 0.8	$1.5L$
> 0.8	操船实验确定

英国 BS 6349-1:2010 《海工建筑物》^[10] 认为一般在无拖轮协助的情况下, 回旋圆直径不小于 4 倍船长。使用拖轮协助, 回旋圆直径可采用 2 倍船长, 如船舶配备有船艏推进器则内接圆直径可以进一步减小。由于当地风、波浪和潮流情况, 或由于特殊的船舶或操纵人员的要求, 上述平均数字在需要时应予调整, 特别是在龙骨下最小富裕深度较小的地方。

日本《港口设施技术标准·解说》^[6] 中认为船舶自力转头时回旋水域直径为 3 倍设计船长, 用拖轮协助转头时回旋水域直径为 2 倍船长。受地形等限制而不得已时, 可以利用锚碇、风或流帮助转头, 可将水域面积缩小为下列数值: 自力转头时直径约为 2 倍船长, 用拖轮协助转头时直径约为 1.5 倍船长。

美国《港口设计手册》^[7] 认为, 回旋水域尺度取决于船长、船舶操纵性能和允许操作时间。一般情况下: 当船舶掉头不使用船艏推进器或拖轮协助时, 最小直径为 4 倍船长; 使用拖轮协助时最小直径取 2 倍船长。在掩护条件和船舶操纵条件较好的情况下, 直径最小值可分别减小至 3 倍船长和 1.6 倍船长。当主螺旋桨、舵和船舶推进器共同作用时, 直径可取 $1.5L$ 。水面平静, 船舶使用拖轮, 并借助码头或靠船墩协助掉头时, 回旋水域直径最小可取 $1.2L$ 。

3.2 水深

不同国家标准对回旋水域水深的参数对比分析见表 4。

4 典型案例

巴拿马某集装箱码头位于巴拿马运河大西洋侧入口处, 工程北侧为防波堤, 南侧为台湾长荣 CCT 码头堆场陆域, 西侧为 7 万吨级进港航道, 东侧位于玛格丽特半岛上。工程区域水域东西长 870 ~ 1 180 m, 南北宽约 600 m, 拟建 2 个 15 万 t 新超巴拿马船型 (船长 366 m、宽 49 m, 满载吃水 15 m) 泊位和 1 个 2 万吨级集装箱泊位, 工程

表 4 不同规范、标准船舶回旋水域水深取值

标准类别	回旋水域水深	说明
《海港总体设计规范》(JTS 165—2013) ^[2]	可取航道设计水深, 对货物流向单一的专业码头论证后, 部分回旋水域水深可按船舶压载吃水计算	
美国统一设施标准 UFC-4-152-06 ^[8]	可取连接航道设计水深	
英国《海工建筑物》(BS 6349) ^[5, 10]	平静状态下的龙骨下富裕深度一般应至少为 0.5 m, 但应为纵倾、侧倾和波浪引起的运动增加适当的富裕深度, 在岩石海底处还要增加富裕深度	
日本《港口设施技术标准·解说》 ^[6]	工程基准面以下约 1.1 倍设计船舶满载吃水为标准	参照设计船舶在浪、风、潮流等作用下的动摇程度, 取超过设计船舶满载吃水的适宜深度
美国《港口设计手册》 ^[7]	开敞水域水深为最大船舶满载吃水的 1.2 倍; 有掩护水域水深为最大船舶满载吃水的 1.15 倍	初步估算

完成后, 码头与对面 CCT 码头陆域间形成一个狭窄的港池^[11]。结合水域实际情况, 港池水域成阶梯型布置, 回旋水域借用部分港池和航道, 水域布置及尺度如图 7 所示。

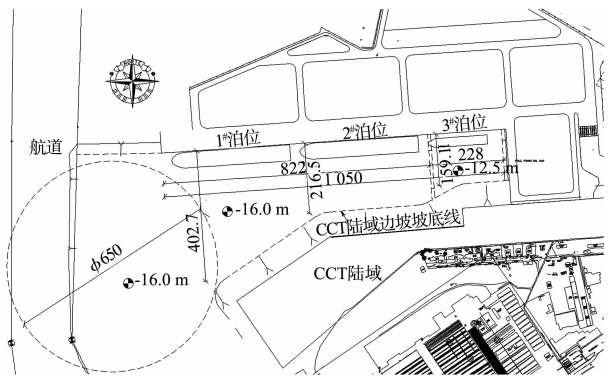


图 7 水域布置 (尺寸: mm)

本工程港池长度、宽度、水深及回旋水域水深均不满足《海港总体设计规范》^[2]要求。但除港池和回旋水域水深外, 其余参数均在各标准、规范的推荐范围内。

为验证上述水域尺度是否能满足船舶安全靠离泊要求, 尤其是在西侧已停靠新超巴拿马船的情况下, 港池和回旋水域尺度能否满足 2#、3#泊位船舶安全靠离泊要求, 巴拿马 SIDMAR 公司根据本工程的水域布置尺度及水域边界条件进行了船舶航行模拟实验^[12]。实验结果表明: 1) 港池和回旋水域尺度在风速小于 27 kn 的情况下, 配备 2 艘 60 t 的拖轮进行辅助作业能够安全靠离泊, 风速超过 27 kn 时应配备 3 艘 60 t 的拖轮辅助作业, 风速超过 35 kn 应暂停船舶进出港作业。2) 如果

考虑 15 万 t 新超巴拿马船满载进港, 建议增大水深, 龙骨下富裕深度满足 0.1 ~ 0.15 倍船舶满载吃水。

结合规范阶段结果和船舶模拟实验成果, 本工程港池长度、宽度和回旋水域直径等平面尺度保持不变, 将港池和回旋水域水深加深至 17 m。

5 结语

1) 各国规范、标准基本认同泊位长度采用设计船长加富裕长度计算。但对于港池内船舶富裕长度的规定差异较大, 我国规范对泊位富裕长度的设计思路与日本规范较为接近, 对于大型船舶, 富裕长度较欧美规范略大。

2) 国内外规范基本认同如果不考虑转头作业, 港池水域宽度由两侧泊位水域和位于港池中间的船舶进出水域及拖轮占用水域组成, 国外规范港池宽度通常采用船宽的倍数或船宽加拖轮作业宽度确定, 我国规范则采用船长倍数表示。不考虑在港池内转头时, 国内规范取值与国外规范取值接近; 对于考虑转头水域的港池, 国内规范的取值较国外规范偏大。

3) 我国规范的港池水深建议取航道水深, 国外规范一般建议取设计船舶满载吃水的倍数, 我国规范的计算值较国外标准略大。

4) 在有拖轮协助作业时, 国内外规范给出的回旋水域直径大小基本相当, 直径范围在 1.5 ~ 3.0 倍船长之间; 而在无拖轮协助的情况下, 国外

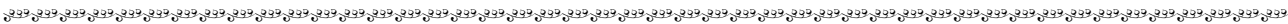
规范的取值大于我国规范。

5) 对于回旋水域的水深, 中国规范和美国规范给出的建议为与航道水深一致, 英国规范和日本规范对回旋水域水深的计算方法与港池水深相同, 但应考虑回旋水域处的波浪、风等自然条件对龙骨下富裕深度的影响。

6) 确定港池和回旋水域平面尺度的影响因素多, 特别对于水域受限的码头, 港内水域狭窄、水深小、船速低, 同时需要拖轮协助作业, 港内水域尺度的确定尤为复杂。在参考国内、外各标准的同时, 可借助船舶模拟操纵器实验对港池和回旋水域尺度进行判断和验证。

参考文献:

[1] 郭子监. 港口规划与布置[M]. 3 版. 北京: 人民交通出版社, 2011.
[2] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].



(上接第 101 页)

定义维护设计需求列向量:

$$\boldsymbol{x} = (y_1, y_2, \cdots, y_n)^T \tag{3}$$

式中: y_i 表示维护设计对第 i 项评价指标的需求, y_i 越大表示维护设计对第 i 项指标的需求越高, $\sum y_i = 1$ 。

按下式执行运算:

$$\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{Y} = (z_1, z_2, \cdots, z_n)^T \tag{4}$$

假定 $\max(z_i) = z_j$, 则最符合维护设计需求的是第 j 项维护技术。

5 结论

1) 针对高桩码头维护技术的特点, 提出常用维护技术专项指标, 主要包括: 适用范围、主要技术参数、施工难易程度和技术保证期;

2) 提出维护技术评价指标, 主要包括: 安全性指标、适用性指标、耐久性指标、成本指标和环保指标;

3) 建立了高桩码头结构维护评价体系, 在确定维护技术评价指标值之后, 基于明确的维护需

[3] UFC-4-152-01 Design: Piers and Wharves [S].
[4] MIL-HDBK-1025/1 Military Handbook Piers and Wharfs [S].
[5] BS 6349-2:2010 Maritime works-part2: code of practice for the design of quay walls, jetties and dolphins [S].
[6] Port and Harbour Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Technical standards and commentaries for port and harbor facilities in Japan [S].
[7] Thoresen C A. Port designer's handbook [M]. 2nd ed. London: Thomas Telford Limited, 2010.
[8] UFC-4-152-06 Military Harbors And Coastal Facilities [S].
[9] EM 1110-2-1100 Coastal Engineering Manual[S].
[10] BS 6349-1:2000 Maritime structures-part1: Code of practice for general criteria [S].
[11] 刘洪波, 彭再华, 汪锋. 巴拿马某港口工程水域尺度探讨[J]. 水运工程, 2011(9): 133-135.
[12] SIDMAR. Operational simulation of Panama canal Colon port at Margarita island[R]. SIDMAR, 2011.

(本文编辑 郭雪珍)

求, 可为高桩码头结构维护设计提供方案优选的依据。

参考文献:

[1] GB 50367—2006 混凝土结构加固设计规范[S].
[2] JTS 311—2011 港口水工建筑物修补加固技术规范[S].
[3] JTJ 275—2000海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范[S].
[4] JTS 153-3—2007 海港工程钢结构防腐蚀技术规范[S].
[5] JTS 153-2—2012 海港工程钢筋混凝土结构电化学防腐蚀技术规范[S].
[6] 洪定海. 论海工钢筋混凝土结构防腐的决策[J]. 水运工程, 1989(12): 18-21.
[7] 吴畏, 范卫国. 海港码头钢筋混凝土结构腐蚀破坏与维护方案浅析[J]. 水运工程, 2000(7): 7-11.
[8] 黄明, 沈德建. 海洋环境下混凝土中钢筋的防腐蚀设计[J]. 混凝土, 2006(11): 13-15.
[9] 单成林. 粘贴钢板或碳纤维加固受弯构件效果对比试验研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2011, 19(1): 36-42.

(本文编辑 郭雪珍)