



老码头改造过程中的新旧规范差异性研究

李世强¹, 李瑞刚²

(1. 辽宁筑港交通工程技术研究有限公司, 辽宁 大连 116023;

2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 为推动资源节约、集约利用, 近年来我国加快开展了各类老旧码头的改建和扩建。随着经济的发展和港口工程技术水平的提升, 水运工程相关规范、标准逐步更新, 而新旧规范的差异性往往体现在新的规范标准要求更加严格。针对老码头改造过程中出现的部分旧结构无法满足现行规范要求的问题, 进行新旧规范的差异性研究, 结合上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程实例, 总结出新旧规范在混凝土强度等级、混凝土抗氯离子渗透性限值、混凝土最小配筋率、混凝土保护层最小厚度、桩基正截面受压承载力计算的尺寸参数等 5 个方面的差异性, 并总结结构加固改造思路和注意事项, 可更有针对性地对老旧码头结构开展改造工作, 为类似老码头改造项目提供一定参考。

关键词: 老码头改造; 规范差异; 结构加固

中图分类号: U656.1+35; U657

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0090-04

Difference between old and new codes in process of old wharf renovation

LI Shiqiang¹, LI Ruigang²

(1. Liaoning Port Design Institute for Transportation Engineering Technology Co., Ltd., Dalian 116023, China;

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

Abstract: To promote the conservation and efficient use of resources, in recent years, China has accelerated the renovation and expansion of various old wharves. With the development of the economy and the improvement of port engineering technology, the relevant codes and standards for water transport projects have been gradually updated. The differences between the old and new codes are often reflected in the stricter requirements of the new codes. In response to the problem that some old structures in the renovation of old wharves cannot meet the current code requirements, a study on the differences between the old and new norms is conducted. Through the example of phase I container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port, the differences in five aspects, including the concrete strength grade, the limit value of concrete chloride ion permeability, the minimum reinforcement ratio of concrete, the minimum thickness of concrete cover, and the dimension parameters in calculation of the compressive bearing capacity of the positive section of the pile foundation, as well as the ideas and precautions for structural reinforcement and renovation, are summarized. The results can provide more targeted guidance for the renovation of old wharf structures and offer certain references for similar old wharf renovation projects.

Keywords: old wharf renovation; code difference; structural reinforcement

近年来我国水运建设事业取得了举世瞩目的成就, 港口总体规模居世界前列, 但也看到目前仍存在部分码头亟需提升等级或调整货类、部分老旧设施设备需更改造等问题, 老旧码头改建、

扩建可充分发挥已有资源潜力, 实现码头靠泊等级、作业效率的有效提升。本文通过研究新旧规范中的差异性要求, 旨在更有针对性地对老旧码头结构开展改造工作。

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 李世强(1987—), 男, 工程师, 从事港口、航道工程规划设计工作。

1 工程概况

上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程将原罗泾作业区煤炭功能区全部水域、陆域改造为集装箱功能区, 其中水域部分将原煤炭二期卸船码头(7万吨级)改造为10万吨级集装箱码头, 将原煤炭直取码头(5 000吨级)改造为1万吨级集装箱码头, 将原煤炭装船码头(5 000吨级)改造为1万吨级集装箱码头。

2 新旧规范差异

上述码头均为高桩结构, 但类型多样且建设年代距今最短也已超过10 a, 截止目前几乎所有水运工程常见规范均已经历了修订和更新, 项目实施过程中对部分原有码头结构进行加固、改造使之适应现行规范要求。在该项目的设计过程中, 经过研究总结出新旧规范的5条差异。

2.1 混凝土强度等级

JTJ 267—1998《港口工程混凝土结构设计规范》^[1]的第4.1.3条规定: 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于C20, 预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于C30; 当采用碳素钢丝、钢绞线作预应力钢筋时, 混凝土强度等级不宜低于C40。按照现行的JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》^[2]的第3.4.3条规定及JTS 202-2—2011《水运工程混凝土质量控制标准》^[3]的第3.3.12条规定, 基于耐久性要求的混凝土最低强度等级, 对于海水环境下的钢筋混凝土, 大气区为C30、浪溅区为C40、水位变动区为C35、水下区为C30; 对于海水环境下的素混凝土, 大气区为C20、浪溅区为C25、水位变动区为C25、水下区为C25。

通过对比发现, 旧规范对混凝土最低强度等级要求偏低, 且没有明确基于耐久性的最低要求; 随着技术的进步和经济水平的发展, 现行规范的混凝土强度等级要求普遍提高且针对不同部位进行了划分。老码头改造中可能遇到混凝土强度低于现行规范要求的情况, 此时首先应核算结构安全性, 其次根据检测评估结果判断结构耐久性

及剩余使用年限能否满足使用要求, 最后综合考虑采用修复加固或拆除新建方案。根据本文项目结构安全性复核结果以及检测评估结果可知, 拟改造的原煤炭二期卸船码头、原煤炭直取码头和原煤炭装船码头等结构安全性、适用性均为A级、耐久性为A或B级, 剩余使用寿命满足原设计要求, 故对原有结构采取修复加固措施, 同时后期加强检测和日常维护。

2.2 混凝土抗氯离子渗透性限值

根据JTJ 275—2000《海港工程混凝土结构防腐技术规程》^[4]的第5.2.6条规定及JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》的第3.4.8条规定, 海水环境混凝土抗氯离子渗透性限值对比见表1。

表1 混凝土抗氯离子渗透性限值对比
Tab.1 Comparison of limit values of chloride ion permeability resistance of concrete

环境条件	旧版规范	现行规范
大气区	未明确	≤2 000
浪溅区	≤2 000	≤1 500
水位变动区	未明确	≤2 000

与旧版规范相比, 现行规范明确了大气区和水位变动区的混凝土抗氯离子渗透性限值, 且浪溅区抗氯离子渗透性限值由2 000 C调整为1 500 C, 提高了此项指标的要求。该项指标表示混凝土抵抗氯离子渗透的能力, 其值越小, 防止或延缓由氯离子渗入引起的钢筋腐蚀破坏能力越强。当不能满足规范指标要求时, 可采取硅烷浸渍、混凝土表面涂层或阴极保护等措施^[5-6]以延缓氯离子的渗透进程, 提高结构耐久性。其中硅烷是一种性能优异的渗透型浸渍剂, 通过深层渗透进入混凝土毛细孔壁与水化的水泥发生反应, 可以提高混凝土的防水抗渗能力, 也可保持其透气功能, 且耐久性好、施工方便, 故本文项目采用硅烷浸渍解决部分混凝土抗氯离子渗透性限值较大的问题。

2.3 最小配筋率

根据JTJ 267—1998《港口工程混凝土结构设计规范》的第7.1.8条规定和现行的JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》中第7.5.1

条规定,钢筋混凝土纵向受力钢筋最小配筋率对比见表 2。

表 2 钢筋混凝土纵向受力钢筋最小配筋率对比
Tab. 2 Comparison of minimum reinforcement ratio of longitudinal reinforcement in reinforced concrete %

分类	旧版规范	现行规范
受弯及偏心受拉构件的受拉钢筋	0.15	0.20 和 $45f_t/f_y$ 的较大值
轴心受压构件全部纵向钢筋	0.40	0.60

注: f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值; f_y 为钢筋抗拉强度设计值。

由于旧版规范的最小配筋率要求偏低,远未达到受拉区混凝土开裂后钢筋不至于立即屈服的水平。为降低结构发生脆性破坏的可能性,提高钢筋混凝土的延性,现行规范适当提高了最小配筋率的要求。对于不满足现行规范最小配筋率的旧结构,主要的思路是增加结构钢筋,如可通过植入箍筋、布设纵向钢筋,然后喷射混凝土的方式提高结构配筋率,也可通过结构外粘钢板的方式提高结构延性。本文项目设计过程中发现原直取码头横梁底层钢筋配筋率不满足要求,采用外粘钢板的方式对原码头横梁进行加固;发现原卸船码头面板顶层配筋率不满足要求,采用植筋、增设主筋并重新浇筑顶部叠合层的方式加固码头面板。

2.4 钢筋的混凝土保护层最小厚度

根据 JTJ 267—1998《港口工程混凝土结构设计规范》第 7.1.2 条、现行 JTS 151—2011《水运工程混凝土结构设计规范》中第 7.2.1 条以及 JTS 153—2015《水运工程结构耐久性设计标准》^[7] 中第 4.3.9 条规定,海水环境钢筋混凝土结构受力钢筋的混凝土保护层最小厚度对比见表 3。

现行规范提高了部分分区的混凝土保护层最小厚度要求,以提高混凝土抗碳化的能力,从而提升了钢筋混凝土结构的耐久性。如发现拟改造旧结构的混凝土保护层厚度不满足现行规范要求,需要根据检测评估结果中的混凝土碳化深度、钢筋锈蚀电位及剩余使用年限综合判断是否需要采取修复、补强措施^[8-9]。具体措施可通过混凝土表面增设涂层、硅烷浸渍提高混凝土的抗渗性和抗

碳化能力;或采取措施增加保护层厚度,如凿毛后喷射混凝土等。本文项目采用混凝土表面硅烷浸渍以提高结构耐久性。

表 3 海水环境钢筋混凝土结构受力钢筋的混凝土保护层最小厚度对比

Tab. 3 Comparison of minimum thickness of concrete protective layer for load-bearing reinforcing bars in reinforced concrete structures in seawater environment mm

环境条件	分类	旧版规范	现行规范
大气区	北方	50	50
	南方	50	50
浪溅区	北方	50	60
	南方	65	65
水位变动区	北方	50	50
	南方	50	50
水下区	北方	30	40
	南方	30	40

2.5 桩基正截面受压承载力计算的尺寸参数

2.5.1 桩基计算长度

桩基计算长度 l_c 指的是正截面承载力计算时的长度, l_c 是影响桩基正截面受压承载力的重要参数之一。对于桩顶铰接、桩底固接的桩基,按照 JTJ 267—1998《港口工程混凝土结构设计规范》中表 5.1.12-2,桩基计算长度公式为:

$$l_c = 0.7(l_0 + t) \quad (1)$$

按照现行的 JTS 167—2018《码头结构设计规范》^[10] 中第 4.3.5 条规定,桩基计算长度公式为:

$$l_c = 0.7(l_0 + 4T) \quad (2)$$

式中: l_0 为桩帽底至泥面间的距离; t 为嵌固点距泥面深度,取 $(1.8 \sim 2.2)T$,其中 T 为桩的相对刚度系数(与桩尺寸、材质、桩周土性质有关,为定值)。通过换算,现行规范的 l_c 较旧规范增大了 $(1.26 \sim 1.56)T$ 。

2.5.2 偏心受压构件的偏心距

偏心受压构件的偏心距 e 是指轴向压力作用点至钢筋合力作用点的距离。根据 JTJ 267—1998《港口工程混凝土结构设计规范》,偏心受压构件的偏心距计算公式为:

$$e = \eta e_0 + h/2 - a \quad (3)$$

按照现行 JTS 167—2018《码头结构设计规范》的第

5.3.4 条规定, 偏心受压构件的偏心距计算公式为:

$$e = \eta e_i + h/2 - a \quad (4)$$

式中: η 为偏心距增大系数; e_i 为轴向力对截面重心的偏心距 e_0 与附加偏心距 e_a 之和, 其中 e_0 的值为弯矩 M 与轴力 N 之比, e_a 取 20 mm 和偏心方向截面最大尺寸的 1/30 两者中的大值; h 为截面高度; a 为钢筋合力作用点至截面边缘距离。通过计算可知, 现行规范的 e 较旧规范增加了 ηe_a 。

偏心距 e 增大会降低偏心受压构件的正截面受压承载力, 计算长度 l_0 的增大不但会降低构件稳定系数 φ , 从而降低轴心受压构件正截面承载力, 也会使偏心距增大系数 η 增大, 进而继续增大偏心距 e 。经过计算, l_0 与 e 两项的变化可使桩基受压承载力计算值在同等条件下较旧规范可降低约 20%。由于码头改造经常伴随前沿浚深, 致使计算长度 l_0 进一步加大, 设计时应加以重视, 必要时可采取补桩措施以提高结构安全性。本文项目原煤炭二期卸船码头由于等级提升、前沿水深增大, 且新增岸桥荷载较大, 为保证结构安全, 在前沿轨道梁下方相邻排架之间补设 1 对直径 800 mm 的钢管桩以改善原有桩基受力状态。

3 结语

1) 现行规范基于耐久性提高了混凝土强度等级要求, 且针对所处部位的不同提出不同要求。结构改造时需要根据检测评估结果综合判断采用修复补强措施或拆除新建方案。

2) 现行规范提高了混凝土抗氯离子渗透性限值的要求。对于不满足规范要求的老旧结构混凝土, 可采取硅烷浸渍、表面增设涂层或阴极保护等措施以延缓氯离子的渗透进程, 提高结构耐久性。

3) 现行规范提高了最小配筋率要求以降低结构发生脆性破坏的可能。对于不满足规范最小配筋率要求的构件, 可采取通过植入箍筋、布设纵向钢筋、喷射混凝土等方式提高结构配筋率以及外粘钢板等加固措施提高结构延性。

4) 现行规范提高了北方浪溅区混凝土保护层最小厚度的要求。对于不满足规范要求

的构件, 可通过混凝土表面增设涂层、硅烷浸渍提高混凝土的抗渗性和抗碳化能力或采取措施增加保护层厚度。

5) 按照现行规范, 桩基计算长度和偏心受压构件的偏心距计算值较旧规范均有所增大, 致使桩基正截面受压承载力计算值在同等条件下较旧规范可降低约 20%。码头改造设计时应加以重视, 必要时可在局部位置补设桩基以提高结构安全性。

参考文献:

- [1] 港口工程混凝土结构设计规范: JTJ 267—1998[S]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
Design code for harbour engineering concrete structures: JTJ 267-1998[S]. Beijing: China Communications Press, 1998.
- [2] 水运工程混凝土结构设计规范: JTS 151—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
Design code for concrete structures of port and waterway engineering: JTS 151-2011[S]. Beijing: China Communications Press, 2011.
- [3] 水运工程混凝土质量控制标准: JTS 202-2—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
Quality control standard of concrete for port and waterway engineering: JTS 202-2-2011 [S]. Beijing: China Communications Press, 2011.
- [4] 海港工程混凝土结构腐蚀技术规程: JTJ 275—2000[S]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
Corrosion prevention technical specifications for concrete structures of marine harbour engineering: JTJ 275-2000[S]. Beijing: China Communications Press, 2000.
- [5] 孟晓宁, 边树涛. 高桩码头结构加固改造常用方案[J]. 水运工程, 2015(4): 120-125.
MENG X N, BIAN S T. Common schemes for reinforcement and reconstruction of high-piled wharf[J]. Port & waterway engineering, 2015(4): 120-125.
- [6] 吴亮, 陈先威. 既有海港高桩码头升级改造方案[J]. 水运工程, 2025(4): 88-93.
WU L, CHEN X W. Upgrading and reconstruction schemes of existing seaport high-pile wharves[J]. Port & waterway engineering, 2025(4): 88-93.

(下转第 99 页)