



# 上海徐汇滨江老码头结构修复、加固设计

戴海新

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 以上海徐汇滨江工程东段老码头改造为例, 系统阐述老码头改造中的常规问题, 以及利用新技术、新工艺解决老码头修复、加固问题的措施。

**关键词:** 老码头改造; 修复; 加固; 裂缝; 混凝土破损; 缺陷桩; 碳纤维; 阻锈剂; 混凝土界面处理剂

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)02-0086-05

## Repair & reinforcement design of old wharf in Shanghai Xuhui Binjiang project

DAI Hai-xin

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

**Abstract:** Based on the case of the eastern section of the old wharf rebuilding in Shanghai Xuhui Binjiang project, this paper systematically expounds on the conventional problems in the reformation of the old wharf and proposes countermeasures based on the new technology.

**Key words:** rebuilding of old wharf; repair; reinforcement; crack; concrete damage; defective pile; carbon fiber; rusty retardant agent; concrete interface finishing agent

老码头结构修复、加固是延长码头使用年限、提升码头能力的有效方法, 具有周期短、节省资金、施工方便等特点<sup>[1]</sup>, 因此有很高的研究价值——不仅在经济上, 而且在历史与文化上。

老码头加固、改造的方法受结构形式、破损程度、改造目的等多重因素的影响, 方法繁多。随着近几年一些新技术、新工艺的涌现, 改造的手段更趋多样化, 各行业都积累了很多成功的经验, 但还有一些技术难点仍然没有形成共识, 很多内容仍需要积累经验后进一步探讨。

徐汇滨江公共开放空间综合环境建设(一期)工程位于上海黄浦江徐汇滨江河岸, 定位为保留现存特色工业元素并融合码头、文化艺术聚落、滨水风情商业及休闲娱乐港湾于一体的综合的滨水空间。根据这一定位理念, 为了保留曾经

拥有厚重历史遗迹的工业码头, 要求设计能够尽可能地利用原有老码头改造为亲水平台, 作为游客休闲、娱乐的场所。本文仅以该工程东段老码头改造为例, 对工作中出现的老码头修复、加固的问题进行总结与探讨。

### 1 原有老码头概况

徐汇滨江东段亲水平台位于丰溪路以东, 北起南浦站粮食码头, 南至东安路的滨江河岸, 驳岸线总长约为1.0 km。本段工程范围内座落着7座老码头, 各码头位置见图1, 各码头建设年代、规模、平面尺寸及结构形式见表1。

截至2009年, 南浦站码头、北票六泊位和北票八泊位上游接长段使用年限已接近30 a, 北票七、八泊位使用年限已接近50 a, 结构上存在不同程度的破损及缺陷。

收稿日期: 2012-05-09

作者简介: 戴海新(1979—), 女, 高级工程师, 从事港口工程设计。

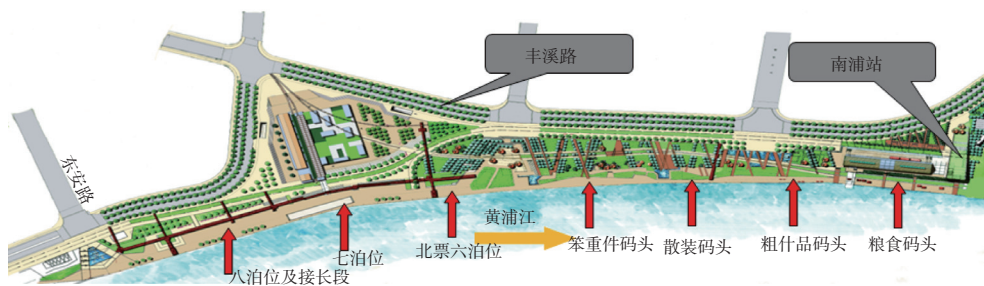


图1 东段滨江河岸老码头位置

表1 东段滨江河岸固定码头一览表<sup>[2]</sup>

码头名称	建设年份	规模	码头平面尺寸/(m×m)	平台平面尺寸/(m×m)	结构形式
南浦站粮食码头	1982		158×8	158×17.8	大部分老码头由前方码头和后方平台组成, 结构形式均为高桩梁板结构, 大部分码头桩基为500×500预应力空心方桩, 上部结构采用现浇桩帽, 现浇横梁, 预制纵梁, 叠合面板结构。
南浦站粗什品码头	1982	2 000吨级货驳码头	下游段71.8×8	71.8×17.8	
南浦站散装码头	1982		上游段57.4×13.5	57.4×12.3	
南浦站笨重件码头	1982		77.92×13.5	77.92×12.3	
北票码头六泊位	1980		下游段103.38×14.38	106.07×11.32	
北票码头七泊位	1959	1万吨级专业化煤炭码头	上游段59.87×14.8		
北票码头八泊位	1960		210.371×17.5	210.371×10	
北票码头八泊位上游接长段	1985		下游段29.7×10	上游段99.1×6	
			13.369×17.5	13.369×6~10.5	

## 2 设计原则

1) 在相关单位对码头进行检测与评估后, 认为码头在现有荷载作用下进行修复、加固, 将其改造为亲水平台是可行的前提下, 针对码头结构上存在不同程度的破损及缺陷进行修复、加固。

2) 修复、加固的亲水平台设计使用年限为20 a。

## 3 码头结构存在的主要问题

根据相关单位提供的南浦站和北票码头检测评估报告, 反映出目前码头结构的主要问题有5类:

1) 横梁、纵梁及面板普遍存在纵向(横向)、竖向裂缝, 局部位置裂缝呈网状分布; 部分混凝土破损, 露筋;

2) 江侧部分前边梁缺失、断裂、破损严重;

3) 北票八泊位平台面板大面积露筋, 钢筋锈蚀严重;

4) 部分基桩桩身完整性检测为Ⅲ(Ⅳ)类桩;

5) 北票3个泊位部分纵梁承载力不够。

## 4 码头结构修复、加固方案

### 4.1 对结构裂缝进行修补

结构裂缝的修补首先要确定裂缝成因。本工程码头结构出现的裂缝主要分布于码头梁板等上部构件和基桩水上段上。现有裂缝的形成主要是由于前期施工、码头靠泊撞击以及超载使用而形成的。由于今后作为亲水平台后, 上述不利因素都将消除, 因此现有裂缝将不再发展, 属于静止裂缝, 仅需依裂缝粗细选择修补材料和方法<sup>[3]</sup>, 修补方法、材料如下描述: 对于宽度在1.5 mm以下, 劣化等级为B、C级<sup>[4]</sup>的裂缝, 考虑以注射法进行修补; 对于宽度在1.5~3 mm之间, 劣化等级为C级的裂缝, 考虑采用压力注浆法进行修补。修补完成后上部结构在表面采用2层高强度Ⅱ级碳纤维布进行封闭表面处理; 桩基在表面以4层高强度Ⅱ级碳纤维布进行包覆处理, 碳纤维外面再喷砂, 刷厚20 mm环氧砂浆做防腐处理。裂缝修补的胶液、注浆料和碳纤维布及其底层树脂和找平胶安全性能应符合GB 50367—2006《混凝土结构加固设计规范》<sup>[3]</sup>的规定。

#### 4.2 对破损构件进行修复

对于码头上部构件混凝土剥落、露筋，劣化等级为B级和C级的构件，首先应凿除表面松动的混凝土，对外露钢筋进行人工除锈并于破损结构表面喷涂钢筋阻锈剂，如外露钢筋断裂，应采用不低于原指标的钢筋焊接接长；其次，为消除老混凝土表面吸水特性对新老混凝土粘结力的影响，采用混凝土界面处理剂进行表面处理；最后以环氧砂浆进行修补。若破损处范围较大则需重新浇筑混凝土至原状。

对于码头基桩水上段破损、露筋，劣化等级为B级和C级的构件，除上述修补要求外，还需粘贴钢板于结构表面，通过其与结构的协同工作，达到对结构修复的目的。钢板粘贴固定完毕后，应在钢板表面涂刷防腐涂层。

#### 4.3 对码头前边梁断裂、断裂、缺失的修复

对于江侧部分前边梁混凝土已断裂、缺失，但钢筋仍然存在的情况，设计考虑凿除大面积松动混凝土后，外露钢筋进行人工除锈，然后在混凝土破损面采用喷涂型钢筋阻锈剂及混凝土界面处理剂，最后浇筑混凝土恢复原状。

#### 4.4 对平台面板大面积露筋，锈蚀严重（钢筋腐蚀概率大于90%）的加固

北票码头八泊位平台大部分面板均存在大面积露筋，锈蚀严重的情况，考虑对原面板结构进行报废处理，凿除并吊走原有面板，然后重新浇筑钢筋混凝土面板，与原有面板连成整体。

#### 4.5 对基桩完整性检测为Ⅲ（Ⅳ）类桩的加固

根据JGJ 106-2003《建筑桩基检测技术规范》<sup>[5]</sup>规定，Ⅲ类桩为桩身有明显缺陷、对桩的使用有一定影响；Ⅳ类桩为严重缺陷桩或断桩<sup>[5]</sup>，该两类缺陷桩均需进行加固处理。根据检测报告，基桩的缺陷位置基本在泥面以下，因此单纯对该根桩进行加固不仅费用高且难度大，已经不适合了。设计最终考虑在Ⅲ（Ⅳ）类桩两侧各新增1根钻孔灌注桩，可以起到分担该处荷载，代替缺陷桩加固的作用。具体方法如下：在原有基桩两侧的面板上开孔，布置钻孔灌注桩，对原有的桩帽或横梁结构局部进行开凿，凿出原有横梁箍

筋，然后在原有结构上再浇筑混凝土增大桩基节点，将老桩帽或横梁包裹在内，以此对Ⅲ（Ⅳ）类桩的结构进行加固补强，最后再对凿开的面板进行恢复，新增现浇桩基节点比原桩帽或横梁低0.6 m，见图2。

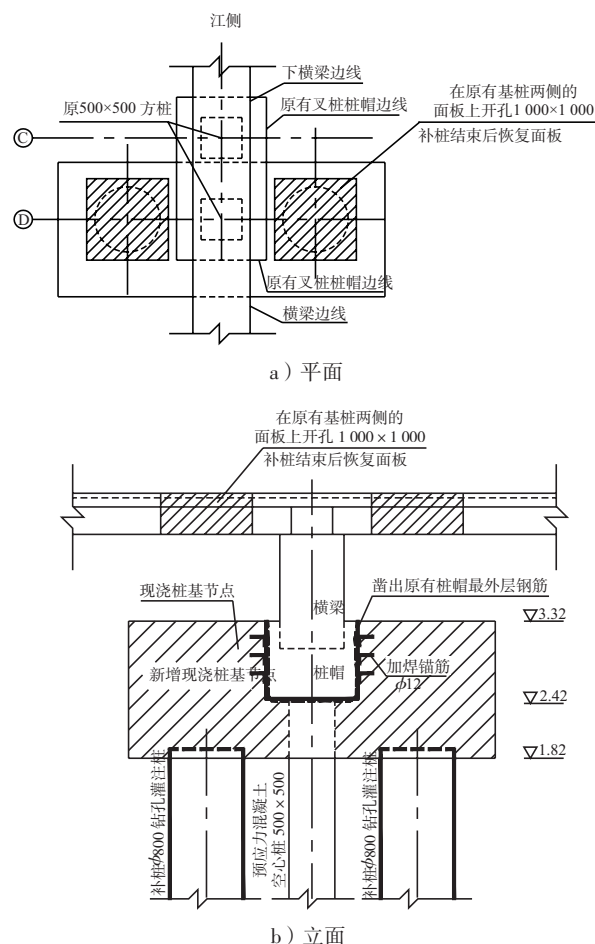


图2 Ⅲ（Ⅳ）类桩补桩及现浇桩基节点示意

在该处加固处理时，老桩帽或横梁与新增桩基节点的可靠粘结至关重要。众所周知，新老混凝土结合面易出现裂缝一直是工程上的难点，目前普遍认为其机理是相对薄弱的界面过渡区的形成，使粘结强度达不到相应整浇混凝土的强度，从而产生更多的附加应力<sup>[6]</sup>。本工程的解决方法是凿出桩帽最外层钢筋，增加L型 $\phi 12$ 锚筋与其焊接，以增加新老结构的粘结；实际上在凿出桩帽最外层钢筋的同时，也是对老结构表面进行了凿毛处理，增加了新老结合面的面积。同时，为消除老混凝土表面吸水特性对新老混凝土粘结力的影响，采用混凝土界面处理剂进行表面处理作为

辅助措施。

#### 4.6 对部分纵梁承载力不够的补强加固

由于北票码头纵梁在仅有人群荷载作用下是满足使用要求的，因此本次补强加固仅针对部分同时作用人群荷载和覆土堆载的纵梁。相关检测公司提供的评估报告对该同时作用荷载下码头及平台纵梁承载能力进行了验算，其 $R_d/S_d^{(4)}$ 的计算结果见表1。

表1  $R_d/S_d$ 的计算结果

部位	纵梁 $R_d/S_d$		
	正弯矩	负弯矩	剪力
北票六泊位码头	0.98	0.57	0.77
北票七泊位码头	>1.00	>1.00	0.89
北票八泊位码头	>1.00	0.94	0.61
北票八泊位平台	>1.00	0.23	0.93

根据计算结果可以看出，北票码头部分纵梁因同时作用覆土堆载与人群荷载，存在不同程度的正弯矩、负弯矩和剪力不满足承载力要求的情况。

1) 对纵梁梁顶负弯矩不满足承载力要求的补强加固。

设计考虑在梁顶受拉区增设钢筋来提高梁的承载力。具体方法为：首先凿除纵梁顶磨耗层及部分面层混凝土，露出原有纵梁箍筋，在箍筋上增设纵向受拉钢筋，其次采用化学锚固技术使L型钢筋植入面板内，并用横向钢筋对L型钢相互焊接，使其形成U形箍形式，见图3。

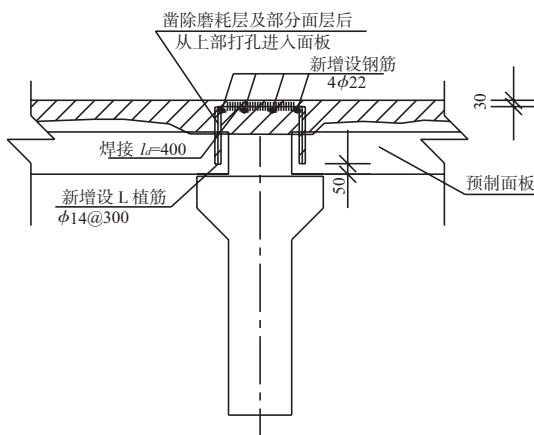


图3 纵梁梁顶受拉区增设钢筋典型结构

2) 对纵梁正弯矩及剪力不满足承载力要求的补强加固。

为提高纵梁正截面和斜截面承载力，设计曾

考虑了增大截面加固法和粘贴碳纤维片材加固法2个方法进行比较。最终考虑到，由于本工程位于黄浦江边，施工时受船行波及潮流影响，碳纤维粘贴的树脂及碳纤维片材本身易受湿，受波浪冲刷，施工质量不易保证，使用期码头面下梁板每年受潮汛及台风影响引起高水位，使梁板结构浸泡水中，会影响结构耐久性。因而综合考虑施工难易程度、使用效果等方面因素，推荐了增大截面加固法。

增大截面加固法是通过增大原梁的截面面积，即在梁受拉区增厚混凝土并增设钢筋来提高梁的承载力。由于北票码头需加固纵梁主要是斜截面抗剪不满足承载力要求，因此，为了达到显著的加固效果，在梁底面采用增设钢筋混凝土三面围套，并采用胶锚式箍筋连接方式，使原纵梁与新增部分的结合面能可靠地传力、协同工作，见图4。

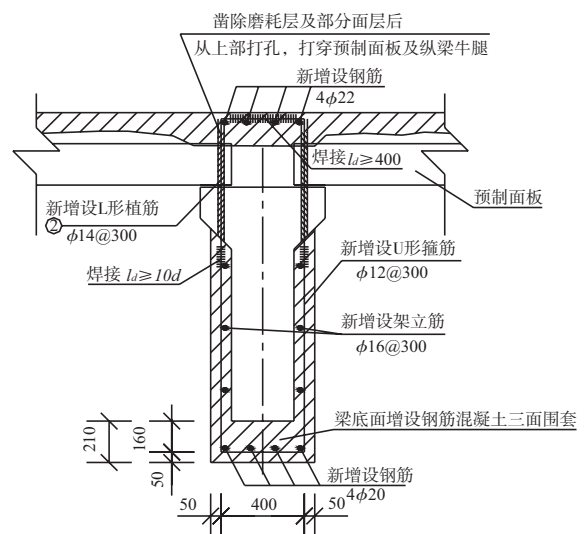


图4 纵梁梁底增设钢筋混凝土三面围套典型结构

经计算，码头纵梁加固前后正截面受弯、斜截面受剪承载力计算结果见表2。

## 5 结语

本工程于2010年5月上海世博会召开时正式对公众开放，至2012年初已运营1年半，亲水平台结构状态良好，说明本工程在老码头结构修复、加固处理中取得了良好成效。

采用的主要措施如下：1) 在确定裂缝成因

表2 码头纵梁补强加固后正截面受弯、斜截面受剪承载力计算结果

码头区域	部位	负弯矩(kN·m)/正弯矩(kN·m)/ 剪力承载力(kN)	最大负弯矩(kN·m)/ 正弯矩(kN·m)/剪力设计值(kN)	增设钢筋/mm	
增设钢筋前	六泊位码头	顶面/底面/侧面	-473.5/653.9/501.3	-835.8/668.8/649.0	
	七泊位码头	底面/侧面	1225.5/629.2	730.5/705.3	
	八泊位码头	顶面/底面/侧面	-819.7/759.5/408.1	-876.2/700.1/671.5	
	八泊位平台	顶面/底面/侧面	-169.3/1488.7/534.5	-748/597.8/573.1	
增设钢筋后	六泊位码头	顶面/底面/侧面	-919.3/903.3/1429	-835.8/719.0/694.6	4φ 22/4φ 20/双肢φ 14
	七泊位码头	底面/侧面	1136.2/1740	798.5/790.3	不增设/双肢φ 14
	八泊位码头	顶面/底面/侧面	-1200/1033.7/1460	-876.2/785.5/748.3	3φ 22/不增设/双肢φ 14
	八泊位平台	顶面/底面/侧面	-901.8/1779.6/1675	-861.7/712.8/637.7	4φ 22/不增设/双肢φ 14

注：采用增大截面加固法后纵梁最大正弯矩设计值和最大剪力设计值与加固前原值相比有所增大。

后，针对不同宽度的裂缝采用注射法或压力注浆法修补，并采用碳纤维布包覆处理，以起到封闭与加固结构作用。2) 对混凝土构件剥落、露筋、断裂，首先采用人工除锈和喷涂钢筋阻锈剂处理，其次，为消除老混凝土表面吸水特性对新老混凝土粘结力的影响，采用混凝土界面处理剂，最后可采用环氧砂浆或新浇混凝土至原状。3) 在Ⅲ(Ⅳ)类桩两侧各新增一根钻孔灌注桩，浇筑大桩基节点，将老桩帽或横梁包裹在内，起到分担该处荷载，代替缺陷桩的加固目的；为避免新老混凝土结合面出现裂缝，采取凿出桩帽最外层钢筋，增加L型锚筋与其焊接，并以混凝土界面处理剂作为措施，共同达到增加新老结构粘结力的目的。4) 纵梁梁顶负弯矩不满足承载力要求可采用在梁顶受拉区增设钢筋并新加U形箍措施；纵梁正弯矩及剪力不满足承载力要求可采用增大截面加固法或粘贴碳纤维片材加固法措施。

在处理这些问题的过程中须注意几个事项：

1) 结构裂缝的修补首先要确定裂缝成因再选择合适的修补材料和方法；2) 尽量使新结构能承担更

多的责任并尽量不改变老结构的原有结构状态，或尽量能恢复原状<sup>[7]</sup>；3) 注意新老混凝土结合面的加固处理。

参考文献：

[1] 屈晓晖, 朱弘. 浅议老港区码头加固改造方法[J]. 港口科技, 2009(5): 34-36.

[2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 徐汇滨江公共开放空间综合环境建设工程一期南浦站——东安路段初步设计亲水平台设计分册[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2009.

[3] GB 50367—2006 混凝土结构加固设计规范[S].

[4] JTJ 302—2006 港口水工建筑物检测与评估技术规范[S].

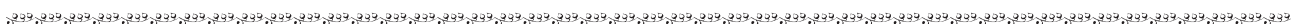
[5] JGJ 106—2003 建筑桩基检测技术规范[S].

[6] 熊光晶, 谢慧才. 现代土木工程的新发展[M]. 南京: 东南大学出版社, 1998.

[7] 谭军华. 老码头改造中新老结构结合处理的实践[J]. 水运工程, 2010(1): 71-74.

[8] JTS 311—201 港口水工建筑物修补加固技术规范[S].

( 本文编辑 郭雪珍 )



( 上接第85页 )

参考文献：

[1] 煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院. 中港印能源集团有限公司动力配煤技术服务工作报告[R]. 北京: 煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院, 2007.

[2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 苏洲港太仓港区华能煤炭码头工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2009.

[3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 苏洲港太仓港区华能煤炭码头工程初步设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2011.

[4] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 苏洲港太仓港区华能煤炭码头工程二期工程预可行性研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2011.

( 本文编辑 郭雪珍 )