

报告编号：2024B-4-01-14

检测报告

项目名称：大榭石化码头水工主体结构检测评估

委托单位：中海石油宁波大榭石化有限公司

检测项目/类别：水工结构/委托抽样检测

检测单位（盖章）：上海港湾工程质量检测有限公司

2024年07月

注 意 事 项

1. 本报告无报告编制、报告审核、报告批准签字无效。
 2. 本报告未加盖本公司“检测报告专用章”无效。
 3. 报告发生任何改动、涂改或粘帖无效。
 4. 委托方如对本结果有疑义，请在 60 天内以书面形式提交检测方。
-

检测单位通讯资料

联系地址：上海市宝山区逸仙路 4123 号

联系电话：021-33759821

监督电话：021-33759823

传 真：021-33759693

工程名称：大榭石化码头水工主体结构检测评估

签 字 表

岗位	姓名		资格证书编号	职称
报告编写	李晓锷		31620201102040 004118	工程师
报告审核	陈大明		201814003016	高工
报告批准及日期	孙洋波	20 年 月 日	201714001450	教高
项目负责人及主要参加人员	陈天聆		注册港航工程师 1309-28-03-2-0 0038	高级工程师
	李晓锷		31620201102040 004118	工程师
	倪吉良		沪(水运)检 070073CJ	技师
	李 强		/	工程师
	王 柯		/	助理工程师
	王路路		/	助理工程师

上海港湾工程质量检测有限公司

公路水运工程试验检测机构

等级证书

依据《公路水运工程试验检测管理办法》,上海港湾工程质量检测有限公司
被评定为水运工程结构(地基)甲级 工程
试验检测机构。

特此发证。 仅供报告使用

项目 大榭石化码头
名称: 水工主体结构检测评估

证书编号:交通 SJC 结甲 2019-006

评定日期:2019-07-27 换证日期: /

发证日期:2019-07-27 有效期至: 2024-07-26

发证机构: 交通运输部工程质量监督局

交通运输部工程质量监督局制

(2018版)



在线扫码, 等级证书信息以“公路水运工程试验检测管理信息系统”查询结果为准

公路水运工程试验检测机构

等级证书

依据《公路水运工程试验检测管理办法》,上海港湾工程质量检测有限公司
被评定为 水运工程材料甲级 试验检测机构。
特此发证。

仅供报告使用
项目 大榭石化码头
名称: 水工主体结构检测评估

证书编号:交通 SJC 材甲 2019-006

评定日期:2019-07-27

换证日期:

发证日期 2019-07-27

有效期至: 2024-07-26

发证机构: 交通运输部工程质量监督局

交通运输部工程质量监督局制

(2018版)



在线扫码，等级证书信息以“公路水运工程试验检测管理信息系统”查询结果为准。



检验检测机构 资质认定证书

编号：240001071416

名称：上海港湾工程质量检测有限公司

地址：上海市浦东新区秀康路567号（201315）

仅供报告使用
复印件盖章有效

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准。可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由
上海港湾工程质量检测有限公司承担。

许可使用标志



240001071416

发证日期：2024年07月16日

有效期至：2030年07月15日

发证机关：

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。



目录

1、 项目概况	1
2、 检测评估范围与内容	3
2.1 检测评估范围	3
2.2 检测内容	3
2.3 评估内容	5
3、 检测评估依据	5
4、 检测方法	6
4.1 构件外观检测	6
4.2 码头和引桥结构的整体变形与变位检测	8
4.3 钢筋混凝土各项性能参数检测	8
4.4 地基及基础检测	15
4.5 混凝土涂层检测	17
4.6 钢管桩专项检测	18
4.7 接岸结构与岸坡检测	19
4.8 停靠船及防护设施检查	19
4.9 前沿水深和冲淤变化检测	20
4.10 评估内容	20
5、 仪器设备	21
6、 检测结果	22
6.1 构件外观检测	22
6.2 码头结构的整体变形与变位检测	81
6.3 钢筋混凝土各项性能参数检测	87
6.4 地基基础检测	129
6.5 混凝土涂层检测	149
6.6 钢结构检测	152
6.7 接岸结构检测	155
6.8 岸坡检测	156
6.9 停靠船及防护设施检查	157
6.10 码头前沿水深	179
7、 安全性评估	179
7.1 评估单元划分	179
7.2 评估原则	180
7.3 验算内容及安全性评估分级标准	180
7.4 安全性验算	181
8、 适用性评估	192

8.1 评估单元划分	192
8.2 评估原则	193
8.3 验算内容及适用性评估分级标准	194
8.4 适用性评估	194
8.5 适用性评估结论	196
9、耐久性评估	201
9.1 评估原则	201
9.2 混凝土构件的剩余寿命评估	201
9.3 外观劣化等级	205
9.4 混凝土结构耐久性评估结论	207
10、结论和建议	207
10.1 检测结论	207
10.2 评估结论	213
10.3 建议	213

大榭石化码头水工主体结构检测评估

1、项目概况

中海石油宁波大榭石化有限公司油码头工程位于宁波大榭岛的东部，码头位于大榭岛东北面扫箕山与猫头岩之间海域，距宁波市区 40km。大榭岛东临穿鼻、大猫岛，北濒金塘、舟山岛，西与北仑港区隔海相望，南与穿山半岛仅一江之隔。

(1) 5 万吨级油品码头

5 万吨级油品码头平面为蝶形布置，结构采用高桩墩式结构，泊位长度 330m，码头前沿水深-18.00m，码头可停靠一艘 1~5 万吨级油轮或可同时停靠两艘 1~5 千吨级油轮（两油轮之间净距 35m 以上），码头引桥通过抛石引堤与后方陆域相连。码头由 4 个靠船墩、4 个系缆墩、2 个人行桥墩、1 个万吨级工作平台和两个千吨级工作平台组成，各墩台之间由人行桥相连。引桥由 5 个引桥墩，5 跨引桥组成，桥跨间距为 21m，桥面宽 7.5m，每跨由 7 块预应力空心板组成，抛石引堤采用斜坡式抛石堤结构，堤顶宽 8.5m，堤长约 17m。码头平台基桩采用 Φ1200 预应力混凝土大管桩和 600mm×600mm 预应力砼方桩。引桥基桩采用 600mm×600mm 预应力砼方桩。

(2) 3 万吨级液体化工码头

3 万吨级液体化工码头平面为蝶形布置，结构采用高桩墩式结构，泊位长度 330m，码头前沿水深-16.00m，码头可停靠一艘 1~3 万吨级船舶或可同时停靠两艘 1~5 千吨级船舶，码头引桥通过抛石引堤与后方陆域相连。码头由 4 个靠船墩、4 个系缆墩、2 个人行桥墩、1 个万吨级工作平台和两个千吨级工作平台组成，各墩台之间由人行桥相连。

(3) 3 千吨级油品码头

3 千吨级油品码头平面为蝶型布置，位于 5 万吨级泊位北面，泊位长度 135m，码头前沿泥面标高-12.00m，通过人行桥与 5 万吨级码头相连。码头采用高桩梁板式结构，可靠泊 3 千吨级以下油轮一艘，码头设计年吞吐量为 51.4 万吨。码头由 4 个系缆墩（其中 1#系缆墩与 5 万吨级泊位共用）和一个梁板式工作平台组成，工作平台长 42m，宽 11m，排架间距 6.5m。各构筑物之间用人行桥相连。人行桥采用预应力砼空心大板，桩基采用 600mm×600mm 预应力砼方桩。

(4) 3千吨级燃料油码头

3千吨级燃料油码头位于大榭恒信5000吨级油品码头南面，泊位长度150m，码头前沿线泥面标高为-9.5m，码头由引桥、4个系缆墩和1个工作平台组成。码头工作平台为高桩梁板式结构，长52m，宽13m，共8榀排架，排架间距7.0m。引桥长约255m，宽6.5m，为高桩墩式结构，有12个引桥墩组成，墩间距24m（根部两跨为14.5m，接岸跨为6.796m）。桩基采用PHC-Φ800-B型预应力钢筋混凝土桩。

受中海石油宁波大榭石化有限公司委托，上海港湾工程质量检测有限公司于2024年6月07日至6月27日对码头结构现状进行检测。码头位置示意图见图1-1。





图 1-1 码头位置示意图

2、检测评估范围与内容

2.1 检测评估范围

本次检测范围为：5 万吨级油品码头及引桥、3 万吨级液体化工码头及引桥、3 千吨级油品码头和 3 千吨级燃料油码头及引桥的水工结构。

2.2 检测内容

2.2.1 构件外观检测

对各类构件水上外观进行检查，检查构件的裂缝情况（包括裂缝数量、位置、走向、宽度、长度等），混凝土表观缺陷情况（包括剥落位置及区域程度），特别是桩顶与梁结合处的完整性情况，以及钢结构涂层的破损、局部锈蚀、点蚀或穿孔及外力作用引起的损伤情况。

2.2.2 码头和引桥结构的整体变形与变位检测

包括码头和引桥的水平位移、垂直位移和倾斜情况。

2.2.3 钢筋混凝土各项性能参数检测

(1) 混凝土强度检测

检测码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件的混凝

土强度，为结构验算和评估提供依据。抽检原则为 2%且不少于 5 组。

(2) 混凝土碳化深度

检测码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件的混凝土碳化深度，为码头耐久性评估提供依据。抽检原则为 2%且不少于 5 组。

(3) 钢筋保护层厚度

选取码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件，了解其钢筋保护层厚度的现状，通过与设计保护层厚度的比较，为码头评估提供参考。抽检原则为 2%且不少于 5 组。

(4) 钢筋腐蚀电位及构件内部钢筋锈蚀情况

检测码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件的钢筋腐蚀电位，判断构件内部钢筋的锈蚀率，当锈蚀率较大时抽取部分锈蚀钢筋检测其截面损失情况，为结构使用性、安全性评估提供实测数据。抽检原则为 5%且不少于 10 组。

(5) 氯离子扩散

检测码头不同区域的主要构件的氯离子扩散渗透情况，为码头耐久性评估提供数据。抽检原则为不同区域各取 10 组。

2.2.4 地基与基础检测

(1) 基桩倾斜度

检测码头及引桥混凝土基桩和钢管桩的现有倾斜度，与设计资料对比，为码头的检测评估水平刚度验算提供依据。

(2) 混凝土桩桩身完整性检测

抽取部分混凝土基桩，检测其完整性，反映桩基础的总体情况。抽检原则为码头混凝土基桩 20%且不少于 10 根。

2.2.5 混凝土涂层检测

(1) 混凝土涂层厚度

检测码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件的混凝土涂层干膜厚度，按 2%且不少于 3 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样。

(2) 混凝土涂层粘结力

检测码头面板、墩台、横梁、纵梁、引桥面板、引桥墩等主要构件的混凝土涂层粘结力，抽检原则为 2%且不少于 3 组。

2.2.6 钢结构专项检测

检测钢管桩涂层厚度、剩余壁厚、以及钢管桩保护电位等参数，为钢管桩的耐久性评估和防腐蚀措施评估提供依据。

2.2.7 接岸结构检测

检查接岸结构的外观检查、整体位移测量和基础冲刷与淘空检查。

2.2.8 岸坡的检测

对岸坡外观和变形情况进行检测，为岸坡稳定验算提供依据。

2.2.9 停靠船及防护设施检查

检查码头附属设施，包括护舷破损、缺失情况，系缆柱、系网环锈蚀、缺失情况和护轮坎及护栏的破损情况等，为码头加固改造方案提供科学依据。

2.3 评估内容

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304—2019）规定要求，本项目码头结构评估内容包括以下三方面：

- (1) 码头结构安全性评估；
- (2) 码头结构适用性评估；
- (3) 码头结构耐久性评估。

3、检测评估依据

- (1) 《港口码头结构安全性检测评估指南》；
- (2) 《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304—2019）；
- (3) 《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS 239—2015）；
- (4) 《水运工程测量规范》（JTS 131—2012）；
- (5) 《水运工程地基基础试验检测技术规程》（JTS 237—2017）；
- (6) 《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》（JTS 235—2016）；
- (7) 《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS 236—2019）；
- (8) 《码头附属设施技术规范》（JTS 169—2017）；
- (9) 《水运工程质量检验标准》（JTS 257—2008）；
- (10) 《水运工程结构防腐蚀施工规范》（JTS/T 209—2020）；
- (11) 《码头结构设计规范》（JTS 167—2018）；
- (12) 《港口工程结构可靠度设计统一标准》（GB 50158—2010）；

- (13) 《港口设施维护技术规范》(JTS 310-2013)；
- (14) 《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151-2011)；
- (15) 《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153-2015)；
- (16) 本码头工程地勘报告、施工图、竣工图及相关技术资料。

4. 检测方法

4.1 构件外观检测

主要结构水上构件外观检查：主要采取目测、摄影、摄像、敲击、尺量等方法。对于水上部分混凝土构件，详细记录构件裂缝（位置、长度、宽度和走向）、表观缺陷（包括蜂窝、麻面、露石）、混凝土起鼓（剥离）、剥落、露筋等情况；对于水上部分钢构件，详细记录结构外力作用引起的损伤、变形情况，涂层的粉化、变色、裂纹、气泡和脱落生锈等情况，描述上述缺陷发生的位置、部位、范围和程度，当发现钢结构出现表面集中锈蚀、点蚀及穿孔等较严重的缺陷情况时，还应测量锈蚀的深度。

构件外观检查工作应结合码头历史资料调查工作共同进行，对于码头出现过意外撞击等事故情况的，应对当时事故说明和处理结果加以说明。

根据检查结果，根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)钢筋混凝土结构外观劣化度分级标准按表 4.1-1、表 4.1-2 进行，相应处理要求见表 4.1-3，钢结构水下区以上部位涂层劣化评估分级标准及处理要求见表 4.1-4。

表 4.1-1 结构损坏或劣化数量分级标准

统计型式	结构损坏或劣化数量		
	个别	少量	大量
数量比例	小于构件总数量的 10%	构件总数量的 10%~20%	构件总数量的 20%以上
占所在面积或所在构件长度比例	小于所在面积或构件长度的 10%	所在面积或构件长度的 10%~20%	所在面积或构件长度的 20%以上

表 4.1-2 钢筋混凝土结构外观劣化度分级标准

类别	构件	等级			
		A	B	C	D
板	钢筋锈蚀	无	混凝土表面可见局部锈迹	锈迹较多，钢筋锈蚀范围较广	锈迹普遍，钢筋表面部分或全部锈蚀，钢筋截面面积明显减小
	裂缝	无	局部有微小锈蚀裂缝，裂缝宽度小于	锈蚀裂缝较多或呈网状，裂缝宽度在	大面积锈蚀裂缝呈网状，裂缝宽度大于

表 4.1-2 钢筋混凝土结构外观劣化度分级标准

构件		等级			
类别	检测项目	A	B	C	D
梁	剥离剥落	无	0.3mm	0.3mm~1.0mm 之间	1.0mm
		无	局部小面积空鼓和剥落, 空鼓和剥落面积小于区域面积的 10%	局部有剥落, 空鼓和剥落面积小于区域面积的 30%	大面积剥落, 空鼓和剥落面积达到区域面积的 30%
		无	混凝土表面可见局部锈迹	锈迹较多, 钢筋锈蚀范围较广	锈迹普遍, 钢筋表面部分或全部锈蚀, 钢筋截面面积明显减小
	裂缝	无	局部有微小锈蚀裂缝, 裂缝宽度小于 0.3mm	裂缝较多, 部分为顺筋连续裂缝, 裂缝宽度在 0.3mm~3.0mm 之间	大面积顺筋连续裂缝, 裂缝宽度大于 3.0mm
		无	局部剥落, 剥落长度小于构件长度的 5%	局部剥落, 剥落长度小于构件长度的 10%	剥落长度大于构件长度的 10%
		无	混凝土表面可见局部锈迹	锈迹较多, 钢筋锈蚀范围较广	锈迹普遍, 钢筋表面大部分或全部锈蚀, 钢筋截面面积明显减小
	钢筋锈蚀	无	局部有微小锈蚀裂缝, 裂缝宽度小于 0.3mm	裂缝较多, 部分为顺筋连续裂缝, 裂缝宽度在 0.3mm~3.0mm 之间	大面积顺筋连续裂缝, 裂缝宽度大于 3.0mm
		无	局部剥落, 剥落长度小于构件长度的 5%	局部剥落, 剥落长度小于构件长度的 10%	剥落长度大于构件长度的 10%
		无	混凝土表面可见局部锈迹	锈迹较多, 钢筋锈蚀范围较广	锈迹普遍, 钢筋表面大部分或全部锈蚀, 钢筋截面面积明显减小

表 4.1-3 钢筋混凝土结构外观劣化度处理要求

等级	处理要求
A	不必采取措施
B	及时采取修复措施
C	立即采取修复、补强措施
D	视条件采取修复、补强措施或报废

表 4.1-4 钢结构水下区以上部位涂层劣化评估分级标准及处理要求

等级	分级标准	处理要求
A	同时符合下列条件时: (1) 无粉化变色或轻微粉化变色, 无裂纹、起泡和脱落生锈; (2) 涂层干膜厚度不小于原设计厚度的 90%; (3) 涂层附着力不小于 5.0MPa	不必采取措施
B	符合下列任一条件时:	及时进行

表 4.1-4 钢结构水下区以上部位涂层劣化评估分级标准及处理要求

等级	分级标准	处理要求
	(1) 明显粉化变色, 分散的裂纹、起泡和脱落生锈面积不大于 0.3%; (2) 涂层干膜厚度小于原设计厚度的 90%且不小于原设计厚度的 75%; (3) 涂层附着力小于 5.0MPa 且不小于 4.0MPa	局部修补
C	符合下列任一条件时: (1)较严重粉化变色, 裂纹、起泡和脱落生锈面积大于 0.3%且不大于 1.0%; (2) 涂层干膜厚度小于原设计厚度的 75%; (3) 涂层附着力小于 4.0MPa	立即进行 修补
D	符合下列任一条件时: (1) 严重粉化变色, 大范围的裂纹、起泡和脱落生锈面积大于 1.0%; (2) 涂层干膜厚度小于原设计厚度的 75%; (3) 刀刮容易剥离	立即进行 全面修补

4.2 码头和引桥结构的整体变形与变位检测

坐标系统为宁波市独立坐标系, 高程系统采用 1985 国家高程基准。检测工作采用的基准点坐标由业主提供, 具体见表 4.2-1。

表 4.2-1 基准点坐标与高程

序号	点名	X (m)	Y (m)	H (m)	备注
1	JZ1	112695.555	646093.547	/	平面基准点
2	JZ2	112082.514	646876.999	/	
3	BM1	/	/	8.3219	高程基准点
4	BM5	/	/	2.9356	

4.3 钢筋混凝土各项性能参数检测

4.3.1 混凝土强度

(一) 回弹法

(1) 检测方法

根据中华人民共和国行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239-2015) 相关规定, 本项目钢筋混凝土构件的混凝土强度采用回弹法检测。

(2) 回弹法检测原理

在一定的冲击能量下, 弹击锤弹回后距弹击杆的距离主要取决于混凝土的塑性变形, 混凝土的强度越低, 则塑性变形越大, 消耗于产生塑性变形的功也越大,

弹击锤所获得的回弹动能就越小，回弹距离相应也越小；反之亦然。据此，应用试验方法建立混凝土强度与回弹值之间的相关曲线，通过回弹仪弹击混凝土表面后的回弹值推算混凝土强度。

(3) 测区布置

在选定的各类构件上均匀布置 5 个回弹测区，每个测区检测 16 个回弹值。

(4) 回弹值测量

测量回弹值前，需先清除测区内疏松层和杂物。检测时，回弹仪的轴线始终垂直于构件或结构的混凝土的检测面，缓慢施压，正确读数，快速复位。测点在测区范围内均匀分布，相邻两点的净距不小于 20mm，回弹值读数精确至 1。

(5) 数据处理

对每个测区的 16 个回弹值，剔除 3 个最大值和 3 个最小值，然后取余下 10 个回弹值的平均值作为该测区平均回弹值。

非水平状态下进行回弹的，应再对回弹值非水平状态修正。

按下式计算各测区混凝土强度换算值：

$$f^c_{cu, io} = 0.02497 R_{m,i}^{2.016}$$

式中： $f^c_{cu, io}$ —— 测区混凝土强度换算值（MPa）；

$R_{m,i}$ —— 测区平均回弹值。

结合碳化深度计算结果，对混凝土强度换算值进行修正：

$$f_{cu,i} = \eta \cdot f^c_{cu,io}$$

式中： $f_{cu,i}$ —— 经碳化深度修正后回弹法的混凝土强度换算值（MPa）；

η —— 碳化深度修正值。

测区混凝土强度推定值按以下公式计算：

① 当检测批或单个样本的测区总数少于 10 个时，混凝土强度推定值按下式计算：

$$f_{cu,e} = f^c_{cu, min}$$

式中： $f_{cu,e}$ —— 回弹法的混凝土强度推定值（MPa）；

$f^c_{cu, min}$ —— 混凝土强度代表值的最小值（MPa）。

② 当检测批或单个样本的测区总数不少于 10 个时，混凝土强度推定值按下式计算：

$$f_{cu,e} = f_{cu,m}^c - 1.645 s_{f_{cu}^c}$$

式中： $f_{cu,e}$ —回弹法的混凝土强度推定值（MPa）；
 $f_{cu,m}^c$ —混凝土强度代表值的平均值（MPa）；
 $s_{f_{cu}^c}$ —混凝土强度代表值的标准差（MPa），精确至 0.01MPa，取值不小于 $\sigma_0 - 2.0 \text{ MPa}$ ， σ_0 按表 4.3-1 选取。

表 4.3-1 混凝土抗压强度标准差的平均水平值

强度等级	<20	C20~C40	>C40
σ_0 (MPa)	3.5	4.5	5.5

(6) 混凝土强度的合格判定

以混凝土强度推定值进行合格评定，当推定值大于混凝土设计强度等级标准值时，可判为合格，反之，初步判为不合格。

按检测批检测时，当该批样本出现以下情况之一时，则该批样本应全部按单个样本检测和判定：

当该批样本 $f_{cu,m}^c$ 小于 25MPa、 $s_{f_{cu}^c}$ 大于 4.5MPa 时；

当该批样本 $f_{cu,m}^c$ 不小于 25MPa、 $s_{f_{cu}^c}$ 大于 5.5MPa 时。

当检测批被初步判定为不合格时，应以取芯法进行修正。

(二) 取芯法

(1) 检测方法

取芯检测可以对混凝土的强度进行最直观的判断，使用钻孔取芯机，对所选构件钻取芯样，一般选用 100mm 钻头。芯样取出后按规范要求加工成高径比为 1 的标准试件，并依规定养护后在压力试验机上进行抗压强度试验，试验方法依照《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》中规定的试块抗压试验方法进行，混凝土抗压强度按下式计算：

$$f_{cor} = \frac{4\alpha F_c}{\pi d^2}$$

式中： f_{cor} —芯样试件的抗压强度值（MPa），精确至 0.1 MPa；

α —系数，当芯样为标准芯样时， $\alpha = 1$ ；当芯样直径小于 100mm 时， $\alpha = 1.12$ ；

F_c —芯样试件的抗压试验所测得的最大压力 (kN)，精确至 1kN；

d —芯样直径 (mm)。

(2) 混凝土合格判定

芯样直径 100mm 的 1 个芯样，其测试值应为芯样混凝土强度代表值。

混凝土强度代表值个数不少于 9 个时，混凝土强度代表值的平均值和标准差按下式计算：

$$f'_{cu,m} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_{cu,i}}{n}$$

$$s_{f'_{cu}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f'_{cu,i} - f'_{cu,m})^2}$$

$$f'_{cu,m} - s_{f'_{cu}} \geq f_{cu,k}$$

$$f'_{cu,min} \geq f_{cu,k} - c\sigma_0$$

式中： $f'_{cu,m}$ —混凝土强度代表值的平均值 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

$f'_{cu,i}$ —第 i 个混凝土强度代表值 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

$s_{f'_{cu}}$ —混凝土强度代表值的标准差(MPa), 精确至 0.1 MPa, 取值不小于 $\sigma_0-2.0$ (MPa)；

n—混凝土强度代表值的数量 (个)；

$f_{cu,k}$ —混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

$f'_{cu,min}$ —混凝土强度代表值中的最小值 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

σ_0 —混凝土抗压强度标准差的平均水平的值 (MPa)；

c—系数。

混凝土强度代表值能同时满足上式中的要求时，混凝土强度可判为合格，反之，则判为不合格。

混凝土强度代表值为 3~8 个时，混凝土强度代表值的平均值和标准差按下式计算：

$$f'_{cu,m} \geq f_{cu,k} + \sigma_0$$

$$f'_{cu,min} \geq f_{cu,k} - 0.5\sigma_0$$

式中： $f'_{cu,m}$ —混凝土强度代表值的平均值（MPa），精确至 0.1 MPa；

$f_{cu,k}$ —混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

$f'_{cu,min}$ —混凝土强度代表值中的最小值（MPa），精确至 0.1 MPa；

σ_0 —混凝土抗压强度标准差的平均水平的值（MPa）；

混凝土强度代表值能同时满足上式中的要求时，混凝土强度可判为合格，反之，则判为不合格。

4.3.2 混凝土碳化深度

(1) 检测方法

依据《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS239-2015）中的规定进行混凝土碳化深度检测。

(2) 检测原理

混凝土的碳化是指混凝土硬化后其表面与空气中的 CO₂作用，使混凝土中的水泥水化生成的产物 Ca(OH)₂生成 CaCO₃，并使混凝土孔隙溶液 pH 值降低。

混凝土孔隙溶液碱度降低时，保护钢筋的钝化膜也随之分解，失去了对钢筋的屏障作用。当碳化深度超过钢筋保护层的厚度时，在电化学反应的作用下，钢筋表面会逐渐反应生成 Fe(OH)₃，导致钢筋锈蚀。发生碳化后可使混凝土表面硬度提高，从而使回弹值偏高。

可以利用化学试剂检测碳化深度。

(3) 碳化深度测定

回弹检测完毕后，在同一个构件上选有代表性的位置上测量碳化深度值。测量时，先在测区表面凿一个直径为 15mm、深约 80mm 的孔洞，然后除尽孔洞中的粉末和碎屑，立即用 1%~2% 酚酞酒精溶液滴在孔洞边缘处，测量已碳化与未碳化（变色区）混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离多次，取其平均值，精确到 0.5mm，该距离即为混凝土的碳化深度值。

4.3.3 钢筋保护层厚度

(1) 检测方法

依据《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS239-2015）中的规定进行混凝土保护层厚度检测。

(2) 保护层厚度值测定

钢筋保护层厚度测试仪的工作原理为电磁感应。测试前先输入被测结构的主筋直径，将探头在混凝土结构表面垂直主筋方向来回移动，当探头检测面靠近钢筋时，探头输出的电信号增加，该信号被处理后，由显示器指示与钢筋的距离，仪器根据先前输入的程序会自动将距离最小值存储，该最小值即为钢筋的保护层厚度值。

(3) 保护层厚度值判定

① 桩、梁、板等构件的受力钢筋保护层实际厚度的正偏差不应超过 12mm，负偏差不应超过 5mm。

② 当保护层厚度的负偏差大于第①条规定偏差值的 1.5 倍时，保护层厚度应判为初步不合格。

③ 当保护层厚度判为初步不合格时，宜对初步不合格点剔凿检测。当有测点钢筋保护层厚度的负偏差仍大于第①条规定偏差值的 1.5 倍时，保护层厚度应判为不合格。

④ 当保护层厚度的负偏差不大于第①条规定偏差值的 1.5 倍时，保护层厚度的判定应符合下列规定：

a、当保护层厚度合格点率不小于 80%时，保护层厚度判为合格；

b、当保护层厚度合格点率小于 80%但不小于 70%时，抽取相等量的样本进行第二次检测，当第二次检测中出现且经剔凿检测后存在有测点钢筋保护层厚度的负偏差仍大于第①条规定偏差值的 1.5 倍时，保护层厚度应判为不合格。

c、在第二次检测中，钢筋保护层厚度的负偏差不大于第①条规定偏差值的 1.5 倍时，按两次抽检总和计算的保护层厚度合格点率不小于 80%时，保护层厚度判为合格，否则判为不合格。

4.3.4 钢筋腐蚀电位和内部钢筋锈蚀

(1) 检测方法

依据《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS239-2015）中的规定进行钢筋腐蚀电位和内部钢筋锈蚀检测。

(2) 检测原理

钢筋腐蚀电位的测试方法为半电池自然电位法，其原理为：位于离子环境中的钢筋可以视为一个电极，锈蚀反应发生后，钢筋电极的电势发生变化，电位值

大小直接反映钢筋锈蚀情况。钢筋电极只具有电池的一半特征，所以被称为半电池。在混凝土表面放置一个电势恒定的参考电极（硫酸铜电极），其与钢筋电极构成一个电池体，就可以通过测定钢筋电极和参考电极之间的相对电势差得到钢筋电极的电位分布情况。在总结电位分布和钢筋锈蚀间的统计规律后，就可以通过电位测量结果判定钢筋锈蚀情况。

(3) 测区布置

测区宜选择结构混凝土表面有钢筋锈迹锈斑或可能发生钢筋锈蚀的区域，面积不宜大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 。

(4) 测点布置

在待测构件表面布置测线，X 向测线和 Y 向测线构成正方形的网格，测线的交点即为测点，测点间距一般为 10cm 至 50cm ，同一测区尽可能均匀分布，测点距构件边缘宜大于 4cm 。

测点处混凝土表面应清理干净、保持平整。

(5) 检测数据

测区混凝土应先用水充分湿润，以减少通路的电阻，但测试时表面不应有液态水存在。

选择待测构件受力较小部位，在合适的位置凿除局部保护层混凝土露出钢筋，为保证导线与钢筋有效连接，钢筋表面应除锈，将仪器的接地线的电夹夹在该钢筋上，另一端连接到仪器上。

将事先注入饱和硫酸铜溶液的电极连接到仪器上，打开仪器，选择适当的设置，将电极放置在测点上，观察电位值显示，待该值稳定后存盘记录。

(6) 数据判断

根据《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS239—2015）规定，采用半电池电位法检测钢筋锈蚀程度，评定标准见下表：

钢筋电位状况 (mV)	钢筋锈蚀状况判别
正向大于 -200	钢筋发生锈蚀的概率小于 10%
负向大于 -350	钢筋发生锈蚀的概率大于 90%
$-200 \sim -350$	钢筋发生锈蚀的概率为 50%

4.2.5 氯离子含量分布

(1) 检测方法

依据《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236-2019)中的规定进行钢筋腐蚀电位和内部钢筋锈蚀检测。

(2) 氯离子含量测定

氯离子含量采用电位滴定法进行检测。选择具有代表性部位钻取混凝土芯样，测点取样位置应选择在主筋附近，并避开混凝土裂缝和明显缺陷；按不同深度的混凝土逐层磨取粉样，每10mm磨1层粉样，各层粉样不得相混，应分层分开封装；各层样品标明构件编号和取样深度，取样完毕后封存。实验室通过酸溶法处理取得的混凝土粉样，采用电位滴定法检测粉样中的氯离子含量，计算样品中氯离子含量，既得出混凝土不同深度的氯离子浓度分布情况。

(3) 氯离子含量计算

根据氯离子含量分布数据，按下式来计算混凝土氯离子扩散系数和混凝土表面氯离子含量，以判定钢筋混凝土构件的剩余使用寿命。

$$C_{x,t} = C_i + (C_s - C_i) \left[1 - erf\left(\frac{x}{\sqrt{4D_t t}}\right) \right]$$

式中： $C_{x,t}$ —龄期t时不同深度处的氯离子含量（%）；

C_i —混凝土中原始氯离子含量（%）；

C_s —混凝土表面氯离子含量（%）；

erf —误差函数；

x—距离混凝土表面的深度（mm）；

D_t —氯离子扩散系数（mm²/s）；

t—混凝土暴露于环境中经过的时间（s）。

4.4 地基及基础检测

4.4.1 基桩斜度

采用角度尺检测基桩的现有倾斜度，与设计值进行对比。

4.4.2 混凝土桩桩身完整性

(1) 检测方法

桩身的完整性检测采用既有结构下基桩完整性检测技术,它包括前期处理方法、有效信号处理实用方法和波形判读基本原则等三部分内容。具体检测步骤如下:

- ① 在待测桩身 0.5~1.0m 的侧面凿出 2 个小平台, 在检测时互为信号的激发点及接收点。
- ② 调试仪器, 选择适当参数。
- ③ 将加速度传感器垂直安放在桩侧一个小平台上的平整处。
- ④ 用小锤短促有力地锤击另一相邻的小平台, 采集反射信号。
- ⑤ 选取较为理想的波形曲线并存盘。
- ⑥ 将数据传输至计算机, 对记录曲线进行分析、计算, 评价基桩水面以下的桩身质量及完整性。

(2) 检测原理

将混凝土桩视为一维弹性杆, 当桩顶受到一冲击后, 其应力(应变或位移)以波动形式在桩身中传播, 遇到波阻抗差异界面后, 产生反射信号, 通过分析, 达到检查桩身质量的目的。

根据时域波形, 比较入射及反射波到达时刻及振幅、相位、频率等特征, 进行分析和计算。当桩长已知, 桩底反射信号明确时, 在地基条件、桩型、成桩工艺相同的基桩中, 选取不少于 5 根 I 类桩的桩身波速值按式(5-1)和(5-2)计算其平均值:

$$C_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (4-1)$$

$$C_i = \frac{2000L}{t_i} \quad (4-2)$$

式中: L —— 测点以下桩长(m);

C_m —— 桩身应力波波速的平均值(m/s);

n —— 基桩数量($n \geq 5$);

C_i —— 第 i 根受检桩的桩身应力波波速值(m/s);

t_i —— 第 i 根桩底反射到达的时间(ms), 可由时域波形图上读取。

由该工程完整桩的平均波速 C_m ，计算缺陷的位置 x :

$$X = \frac{1}{2000} \cdot t_x \cdot C_m$$

式中: x ——桩身缺陷至传感器安装点间的距离 (m)；

t_x ——缺陷部位反射波到达时间 (ms)，可由时域波形图上读取；

C_m ——桩身应力波波速的平均值 (m/s)。

(3) 完整性评定依据

按照《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237 - 2017) 有关规定，
桩身质量评判分为四类标准：

类别	完整性状况	完整性评价
I	检测波波形无异常反射、波速正常、桩身完好	完整桩
II	检测波形有小畸变、波速基本正常、桩身有轻微缺陷、对桩的使用没有影响	基本完整桩
III	检测波波形出现异常反射、波速偏低、桩身有明显缺陷、对桩的使用有一定影响	明显缺陷桩
IV	检测波波形严重畸变、桩身有严重缺陷或断裂	严重缺陷桩或断桩

4.5 混凝土涂层检测

4.5.1 混凝土涂层厚度检测

依据《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239-2015) 中的规定对混凝土防腐涂层进行检测及判定。

(1) 涂层厚度检测

混凝土防腐涂层干膜厚度采用超声波测厚仪进行检测。超声波测厚仪主要有主机和探头两部分组成，主机电路包括发射电路、接受电路、计数显示电路三部分，由发射电路产生的高压冲击波激励探头，产生超声发射脉冲波，超声脉冲波通过被测物体达到材料分界面时，脉冲被反射回探头，通过精确测量超声波在材料中传播的时间，通过单片机计数处理后，经液晶显示器显示厚度数值，它主要根据声波在试样中的传播速度乘以通过试样的时间的一半而得到试样的厚度。

混凝土防腐涂层涂装完成 7 天后进行干膜厚度测定。每 2000 m^2 涂层表面宜为一个样本，每个样本应随机抽取 3 个测区，每个测区面积 50 m^2 ，每个测区应包括 10 个干膜厚度。根据各测点涂层干膜厚度测试值计算平均干膜厚度和最小干膜厚度。平均厚度应不小于设计干膜厚度，满足设计干膜厚度的测点数应不少于 80%，且最小干膜厚度不应小于设计干膜厚度的 80%。

4.5.2 混凝土涂层粘结力检测

涂层粘结强度采用粘结力测试仪进行检测。每测点面积约 $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ ，用零号细砂纸将每一点的涂层面轻轻打磨粗糙，并用丙酮或酒精等溶剂除油，同时也对粘结强度测试仪的铝合金铆钉头型圆盘座作同样打磨、除油处理；最后用粘结剂把圆盘粘到处理好的涂层上。

待粘结剂硬化后，用粘结力测试仪的配套套筒式割刀，将圆盘座的周边涂层切除，使其与周边外围的涂层分离开；将粘结力测试仪配件的钢环支座片套住圆盘座，然后把粘结力测试仪的手轮作反时针旋转，使仪器的指针拨到“0”刻度位置；最后顺时针方向旋紧手轮，一直持续到涂层断裂为止，并记录指针读数。按本步骤重复试验，将每一铝合金铆钉头型圆盘座拔下来，并记录每一次读数。

试验后立即观察铝合金铆钉头型圆盘座的底面粘结物情况，如底面有75%以上的面积粘附着涂层或混凝土等物体，则试验数据有效；如果底面只有75%以下的面积粘有涂层或混凝土等物体，且粘结强度小于 1.5MPa ，则可在该点的附近涂层上重做粘结强度试验；计算3个测点的算术平均值代表涂层的粘结强度。

涂层粘结强度不应小于设计值。

4.6 钢管桩专项检测

依据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)中的规定对钢管桩壁厚、牺牲阴极保护电位进行检测，依据《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709-2019)进行判定；依据《水运工程结构防腐蚀施工规范》(JTS/T 209-2020)中的规定对钢管桩涂层厚度进行检测并判定。

4.6.1 钢管桩剩余壁厚

钢管桩剩余壁厚采用超声测厚仪进行检测。壁厚检测前应使用标准厚度试件对超声测厚仪进行校准，去除钢管桩表层的附着物和浮锈等。测点部位应根据外观检查结果选择腐蚀严重和应力大的代表性部位，同一构件代表性部位的测点数不少于3点。通过专用耦合剂将超声测厚仪探头与测点表面耦合，测读剩余壁厚值，壁厚值检测结果应至少包括厚度的最大值、最小值及平均值。

钢管桩设计预留腐蚀余量为 2mm 。

4.6.2 钢管桩涂层厚度

涂层厚度采用磁阻法涂层测厚仪进行检测。测试前应使用标准试膜对涂层测厚仪进行校准；在每个待测钢管桩上选取3个断面，每个断面布置3个涂层厚度

测点，将测点位置杂质清除干净，使用涂层测厚仪测读涂层厚度值。每一测点应测取 3 次读数，每次测量的位置相距 25mm~75mm，取 3 次读数的算术平均值作为该测点的测定值。涂层厚度测定值小于设计值的测点数不应大于总测点数的 10%，且涂层厚度测点值不应小于设计值的 90%。

4.6.3 阴极保护电位

钢管桩保护电位采用Ag/AgCl参比电极和数字电压表进行检测。在桩身布置测点，将测点处涂层凿除，露出钢板，并清理干净；将Ag/AgCl参比电极置于海水中，并与电压表正极连接，桩身测点与电压表负极连接，待电位测量读数稳定后读取的数值即为保护电位实测值。依据《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153—2015）中规定，采用氯化银参比电极保护电位范围应在-780mV~-1050mV之间。

4.7 接岸结构与岸坡检测

4.7.1 外观检查

接岸结构外观检查采用目测、摄影、摄像、敲击、尺量等方法，全面描述和详细记录接岸结构外观表面缺陷情况（表面破损、露筋、蜂窝、空洞等）、破损程度及裂缝宽度、开裂形态及各构件结合部位完好程度；岸坡外观检查采用现场踏勘、摄影、摄像、尺量等方法，检查岸坡是否存在明显滑移、坍陷、破损、地表裂缝等情况。

4.7.2 变形变位测量

观察和测量接岸结构是否存在错位、变位等；沿岸坡布置测线，观察和测量岸坡断面外轮廓线，与原设计进行对比分析岸坡是否存在较大位移。测量方法同 4.2 节。

4.7.3 接岸结构基础冲刷、淘空

基础冲刷、淘空的检查采用实地探摸、敲击、尺量等方法，重点检查接岸结构抛石基础的冲刷和淘空情况，在水质条件允许的条件下，对有缺陷的部位进行水下探摸。

4.8 停靠船及防护设施检查

停靠船及防护设施检查采用目测、摄影、摄像等方法，对检测范围内的护舷、系船柱、护轮坎等停靠船及防护设施进行检查及记录，详细描述设施的丢失情况、

缺陷部位和位置。

(1) 系船柱的检查

通过目测检查系船柱及其紧固件的外观锈蚀情况和缺失情况。如发现系船柱有明显锈层时，除去锈层后，用卷尺测量系船柱的尺寸。如紧固件有防水防腐填充物，则观察填充物是否起鼓、吐锈。检查系船柱周围混凝土是否存在裂缝，检测系船柱周围混凝土强度损失情况和碳化深度。

(2) 护舷的检查

检查码头护舷的缺失和损坏情况（包括护舷整体缺失、螺栓缺失、撕裂损坏、磨损、材料老化龟裂、螺栓和垫板等紧固件的锈蚀情况等），记录躯体数量和位置，以图件及文字形式描述其损坏情况。

(3) 护轮坎的检查

检查护轮坎混凝土结构的破损和钢筋锈蚀情况，记录裂缝的数量、位置、走向、长度及是否贯穿等情况。

4.9 前沿水深和冲淤变化检测

引用中海石油宁波大榭石化有限公司委托的宁波冶金勘察设计研究股份有限公司的《5万吨级3000吨级油品码头前沿水深图》、《3万吨级液体化工码头前沿水深图》和《3000吨级燃料油码头前沿水深图》。

4.10 评估内容

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304-2019）相关要求，主要的评估内容包括以下三方面：

(1) 码头结构安全性评估

① 复核验算内容

复核验算内容包括主要结构构件的承载力。

② 复核验算方法

高桩梁板结构码头安全性评估复核验算根据现行行业标准《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)、《码头结构设计规范》(JTS 167-2018)、《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS151-2011)、《水运工程地基设计规范》(JTS 147-2017)等的有关规定执行。

(2) 码头结构适用性评估

适用性评估以现场调查和检测结果为基本依据,按极限状态进行验算,复核验算构件最大裂缝宽度。结构构件适用性评估等级按《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)第7.1.5条确定。

(3) 码头结构耐久性评估

耐久性评估根据材料劣化度和耐久性极限状态进行。在南方地区,混凝土构件耐久性评估为钢筋锈蚀劣化耐久性评估,包括混凝土结构外观劣化度评估和结构使用年限预测。分级标准按《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)第4.5.2条、4.5.4条确定。

5、仪器设备

- (1) HT225-B型数显回弹仪,生产厂家:济南朗睿检测技术有限公司,编号:766305-36,率定值80;
- (2) ZBL-R670钢筋保护层厚度仪,生产厂家:北京智博联科技有限公司,编号:741203-44;
- (3) JITAI223裂缝测宽仪,生产厂家:北京吉泰,编号:742901-05;
- (4) BJXS-1钢筋锈蚀测定仪,生产厂家:雷图科技,编号:766230-07;
- (5) 数显碳化深度测定仪,生产厂家:济南朗睿检测技术有限公司,编号:778304-06;
- (6) DN290金属超声波测试仪,生产厂家:戴纳,编号:741203-43;
- (7) 涂层测厚仪,产地:德国,编号:741203-40;
- (8) Positector 200C/A超声波测厚仪,产地:美国,编号:741203-32;
- (9) BGD500S全自动数显附着力测试仪,生产厂家:标格达,编号:745209-05;
- (10) 数显角度尺,生产厂家:广州开普路,编号:778303-14;
- (11) RS-WP II基桩动测仪,生产厂家:武汉沿海,编号:758907-30;
- (12) VC890D数字万用表,生产厂家:胜利仪器,编号:752106-04;
- (13) 钢卷尺,生产厂家:STANLEY,编号:778201-14;
- (14) LS15水准仪,生产厂家:瑞士徕卡公司,编号:743202-44;
- (15) 全站仪 TS60全站仪,生产厂家:瑞士徕卡,编号:743206-07;
- (16) 化学试剂,化学滴定装置;
- (17) 其它工具(照相机、冲击钻、参比电极、角磨机、取芯机等)。

6、检测结果

6.1 构件外观检测

6.1.1 5万吨级油品码头

5万吨级油品码头各类构件外观结果检测结果如下：

(1) 码头共有 68 块面板，其中 4 块（5.9%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 13 座墩台，其中 2 座（15.3%）墩台劣化等级评为 B，7 座（53.8%）墩台劣化等级评为 C，其余墩台劣化等级均评为 A；共有 10 个靠船构件，其中 1 个（10.0%）靠船构件劣化等级评为 B，其余靠船构件劣化等级均评为 A；共有 167 根基桩，其中 5 根（3.0%）基桩劣化等级评为 B，4 根（2.4%）基桩劣化等级评为 C，其余基桩劣化等级均评为 A。

(2) 引桥共有 35 块面板，其中 3 块（8.6%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 5 榼引桥墩，其中 2 榼（40.0%）引桥墩劣化等级评为 B，其余引桥墩劣化等级均评为 A；共有 27 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(3) 各类构件外观劣化等级评定统计结果见表 6.1-1。

表 6.1-1 构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 68 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	64	4	0	0
	构件名称	墩台(总数: 13 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	4	2	7	0
	构件名称	靠船构件(总数: 10 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	9	1	0	0
	构件名称	基桩(总数: 167 根)			
引桥	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	158	5	4	0
	构件名称	引桥面板(总数: 35 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	32	3	0	0
	构件名称	引桥墩(总数: 5 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	3	2	0	0
	构件名称	基桩(总数: 27 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	0	0	0

具体检测结果见 6.1.1.1 章节至 6.1.2.1 章节。

6.1.1.1 码头

(1) 码头面板

码头部分面板底部存在裂缝缺陷，其余面板基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.1-1。

表 6.1.1-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1#千吨级工作平台	岸侧第 2 块面板底部由纵向裂缝 1 条，长度为 1900cm，宽度为 0.24mm。	B	
1#连接平台	岸侧第 1 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 1900cm，宽度为 0.15mm。	B	
	岸侧第 3 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 1900cm，宽度为 0.17mm。	B	

表 6.1.1-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	岸侧第 4 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 1900cm，宽度为 0.18mm。	B	
/	其余面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	 

(2) 墩台

大部分墩台面层存在裂缝缺陷，部分墩台存在混凝土破损缺陷，具体情况见表 6.1.1-2。

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1# 系缆墩	面层有网状裂缝，面积为 390cm×180cm，裂缝最宽处为 0.25mm。	/	
	墩台底部东南角混凝土破损，面积为 45cm×30cm。	B	
1#人行 桥墩	墩台岸侧有竖向裂缝 2 条，长度分别为 175cm、190cm，宽度分别为 0.19mm、0.34mm。	C	

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
2# 系缆墩	面层有网状裂缝，面积为 450cm×120cm，裂缝最宽处为 0.28mm。	/	
	墩台南侧有竖向裂缝 1 条，长度为 230cm，宽度为 0.26mm。	C	
	墩台海侧有竖向裂缝 3 条，长度分别为 120cm、150cm、160cm，宽度分别为 0.18mm、0.20mm、0.48mm。	C	
1# 靠船墩	南侧护轮坎跨中处面层有南北走向裂缝 1 条，长度为 650cm，宽度为 0.26mm。	/	

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	面层有东西走向裂缝 1 条，长度为 520cm，宽度为 0.23mm。		
	墩台岸侧有竖向裂缝 6 条，长度介于 110cm~165cm 之间。宽度介于 0.21mm~0.32mm 之间。	C	
	墩台北侧有竖向裂缝 2 条，长度分别为 110cm、120cm，宽度分别为 0.37mm、0.43mm。		
2# 靠船墩	面层近海侧处混凝土起壳，面积为 260cm×140cm。	/	

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	面层近北侧护轮坎处有裂缝 1 条，长度为 390cm，裂缝最宽处为 0.35mm，最大裂缝深度大于 30cm。		
	墩台岸侧有竖向裂缝 4 条，长度介于 220cm~240cm 之间，宽度介于 0.35mm~0.48mm 之间。		
	墩台南侧有竖向裂缝 2 条，长度分别为 240cm、210cm，宽度分别为 0.24mm、0.21mm。	C	
万吨级工作平台	平台海侧有有竖向裂缝 3 条，长度分别为 130cm、120cm、140cm，宽度分别为 0.25mm、0.35mm、0.26mm。	C	

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3# 靠船墩	墩台岸侧有竖向裂缝 4 条, 长度分别为 240cm、245cm、235cm、250cm, 宽度分别为 0.26mm、0.33mm、0.39mm、0.54mm。	C	
	面层修复后沿缝再次开裂。最大裂缝深度大于 30cm。	/	
4# 靠船墩	墩台南侧有竖向裂缝 2 条, 长度分别为 140cm、130cm, 宽度分别为 0.22mm、0.20mm。	C	
	墩台海侧底部混凝土破损, 面积为 20cm×30cm。	C	

表 6.1.1-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	墩台岸侧有竖向裂缝 5 条，长度介于 220cm~240cm 之间，宽度介于 0.27mm~0.41mm 之间。		
	墩台底部东北角混凝土破损，面积为 30cm×45cm。		
4# 系缆墩	墩台南侧有竖向裂缝 1 条，长度为 240cm，宽度为 0.28mm。	B	
	墩台岸侧有竖向裂缝 2 条，长度分别为 230cm、180cm，宽度分别为 0.21mm、0.22mm。		

(3) 码头靠船构件

码头个别靠船构件存在混凝土破损缺陷，其余靠船构件基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.1-3。

表 6.1.1-3 码头靠船构件外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
万吨级工作平台	靠船构件岸侧混凝土破损，面积为 30cm × 65cm。	B	
/	其余靠船构件基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(4) 码头基桩水上部分

码头大部分基桩存在涂层脱落现象，部分基桩水上部分存在裂缝缺陷，个别基桩水上部分存在混凝土破损缺陷，其余基桩基本完好，具体情况见表 6.1.1-4。

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1# 系缆墩	墩台基桩水面以上涂层普遍脱落。	/	 
2# 系缆墩	墩台基桩水面以上涂层普遍脱落。	/	

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			
1#靠船墩	1、2、3、4、5、6、9、10#基桩水面以上涂层大部分脱落。	/	
1#靠船墩 1#桩	桩顶下 35cm 处岸侧，有水平裂缝 1 条，长度为 170cm，宽度为 0.48mm。	C	
1#靠船墩 5#桩	桩顶下 120cm 处岸侧，有水平裂缝 1 条，长度为 140cm，宽度为 0.26mm；竖向裂缝 1 条，长度为桩顶下 120cm 至水面，宽度为 0.28mm。	B	

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
2#靠船墩	1、2、3、4、5、6、10、13、17#基桩水面以上涂层大部分脱落。	/	
2#靠船墩 21#桩	桩顶下 20cm 处岸侧，有水平裂缝 1 条，长度为 170cm，宽度为 0.28mm。	B	
万吨级工作平台	1、2、6、7、8、13、14、19、20、25、26#基桩水面以上涂层普遍脱落。	/	

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			
3#系缆墩 1#桩	桩顶下 15cm、35cm、42cm、68cm 处有环向裂缝 4 条，长度均为 240cm，宽度分别为 0.36mm、0.46mm、0.27mm、0.25mm。	C	
3#系缆墩	墩台基桩水面以上涂层普遍脱落。	/	
2#人行桥墩 1#桩	岸侧、北侧混凝土破损，面积为 310cm×40cm。	B	

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
2#人行桥墩 2#桩	岸侧、北侧混凝土破损，面积为 250cm×20cm。	B	
4#系缆墩	3、5、7、8#基桩水面以上涂层普遍脱落。	/	
4#系缆墩 1#桩	桩顶下 150cm 处岸侧，有水平裂缝 1 条，长度为 160cm，宽度为 0.35mm。	C	
4#系缆墩 3#桩	桩顶下 130cm、170cm 处岸侧，分别有水平裂缝 1 条，长度均为 160cm，宽度分别为 0.18mm、0.20mm。	B	

表 6.1.1-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
4# 系缆墩 5#桩	岸侧桩顶下 150cm 处有水平裂缝 1 条，长度为 130cm，宽度为 0.42mm。	C	
/	其余基桩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

6.1.1.2 引桥

(1) 引桥面板

引桥面板底部局部涂层起壳脱落，部分面板存在裂缝缺陷，（为方便描述，现将引桥面板由北侧至南侧方向编为1~7#面板）。具体情况见表 6.1.1-5。

表 6.1.1-5 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
4~5#排架	第7块面板底部近岸侧有纵向裂缝1条，长度为380cm，宽度为0.22mm。	B	
	第7块面板底部近岸侧有纵向裂缝1条，长度为560cm，宽度为0.19mm。	B	
引桥5#排架~码头工作平台	第7块面板底部有纵向裂缝1条，长度为1300cm，宽度为0.18mm。	B	

表 6.1.1-5 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
引桥	引桥面板底部局部涂层起壳脱落。	/	

(2) 引桥墩

部分引桥墩存在裂缝缺陷，其余引桥墩基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.1-6。

表 6.1.1-6 引桥墩外观质量检测结果

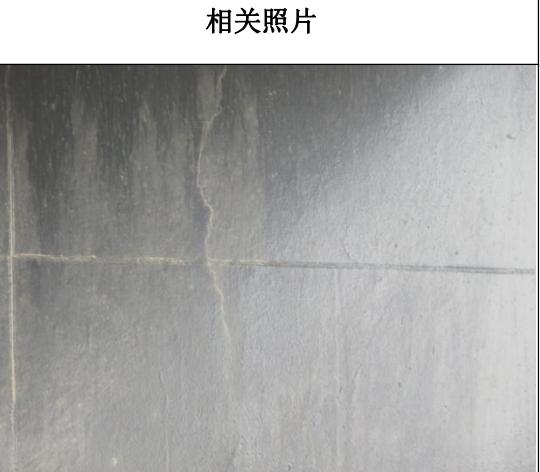
构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
2#引桥墩	海侧北端有竖向裂缝 1 条，长度为 100cm，宽度为 0.22mm。	B	

表 6.1.1-6 引桥墩外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3#引桥墩	南侧有竖向裂缝 1 条，长度为 100cm，宽度为 0.19mm。	B	
	海侧南、北两端各有竖向裂缝 1 条，长度分别为 90cm、100cm，宽度分别为 0.20mm、0.24mm。		
/	引桥墩基本完好，未发现明显缺陷。	/	 

(3) 引桥基桩水上部分

引桥基桩水上部分基本完好，具体情况见表 6.1.1-7。

表 6.1.1-7 引桥基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥基桩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

6.1.2 3千吨级油品码头

3千吨级油品码头各类构件外观结果检测结果如下：

(1) 码头共有 22 块面板，面板劣化等级均评为 A；共有 3 座墩台，其中 2 座（66.7%）墩台劣化等级评为 B，其余墩台劣化等级评为 A；共有 7 榼横梁，其中 6 榼（85.7%）横梁劣化等级评为 B，其余横梁劣化等级评为 A；共有 24 根纵梁，其中 1 根（4.2%）纵梁劣化等级评为 B，其余纵梁劣化等级均评为 A；共有 7 个靠船构件，靠船构件劣化等级均评为 A；共有 46 根基桩，其中 5 根（10.8%）基桩劣化等级评为 B，2 根（4.3%）基桩劣化等级评为 C，其余基桩劣化等级均评为 A。

(2) 各类构件外观劣化等级评定统计结果见表 6.1-2。

表 6.1-2 构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 22 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	22	0	0	0
	构件名称	墩台(总数: 3 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	1	2	0	0
	构件名称	横梁(总数: 7 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	1	6	0	0
	构件名称	纵梁(总数: 24 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	23	1	0	0
	构件名称	靠船构件(总数: 7 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	7	0	0	0
	构件名称	基桩(总数: 46 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	39	5	2	0

具体检测结果见 6.1.2.1 章节。

6.1.2.1 码头

(1) 码头面板

码头面板基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.2-1。

表 6.1.2-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(2) 墩台

大部分墩台存在混凝土破损缺陷，具体情况见表 6.1.2-2。

表 6.1.2-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
6#系缆墩	墩台东南角底部混凝土破损，面积为 43cm×30cm。	B	

表 6.1.2-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
7#系缆墩	墩台东南角混凝土破损，面积为 130cm×52cm。	B	

(3) 码头横梁

码头大部分横梁存在裂缝缺陷，个别横梁存在混凝土破损露筋缺陷，具体情况见表 6.1.2-3。

表 6.1.2-3 码头横梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级工作平台 1#横梁	B 柱上方横梁北侧有竖向裂缝 1 条，长度为 70cm，宽度为 0.20mm。	B	
3000 吨级工作平台 2#横梁	横梁南侧有竖向裂缝 2 条，长度分别为 125cm、117cm，宽度分别为 0.16mm、0.15mm。	B	

表 6.1.2-3 码头横梁外观质量检测结果

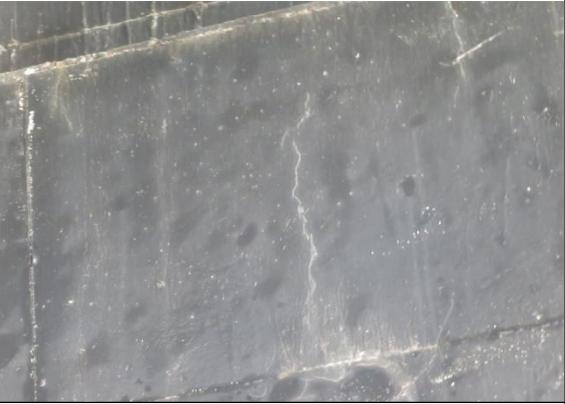
构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级工作平台 4#横梁	B 桩上方横梁北侧有竖向裂缝 1 条，长度为 90cm，宽度为 0.22mm。	B	
3000 吨级工作平台 5#横梁	横梁南侧有竖向裂缝 1 条，长度为 65cm，宽度为 0.17mm。	B	
3000 吨级工作平台 6#横梁	横梁后沿南、北两侧分别有网状裂缝，面积均为 120cm×98cm，裂缝最宽处为 0.20mm。	B	
3000 吨级工作平台 6#横梁	横梁北侧有斜向裂缝 1 条，长度为 167cm，宽度为 0.15mm。	B	

表 6.1.2-3 码头横梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级 工作平台 7#横梁	横梁底部 A 桩上方处， 混凝土破损露筋缺陷， 面积为 80cm×60cm。	B	

(4) 码头纵梁

工作平台个别纵梁存在混凝土破损露筋缺陷，其余纵梁基本完好，未发现明显缺陷，（为方便描述，现将工作平台纵梁由海侧-岸侧编为 1~4#纵梁）。具体情况见表 6.1.2-4。

表 6.1.2-4 码头纵梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级 工作平台 1~2# 排架	2#纵梁海侧混凝土破损 露筋，面积为 15cm× 10cm。	B	
/	其余纵梁基本完好，未 发现明显缺陷。	/	

表 6.1.2-4 码头纵梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(5) 码头靠船构件

靠船构件基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.2-5。

表 6.1.2-5 码头靠船构件外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	靠船构件基本完好，未发现明显缺陷。	/	 

(6) 码头基桩水上部分

码头大部分基桩水上部分存在涂层脱落现象，部分基桩水上部分存在裂缝、混凝土开裂现象，其余基桩基本完好，具体情况见表 6.1.2-6。

表 6.1.2-6 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
5#系缆墩 2#桩	基桩桩顶下 40cm 处混凝土开裂，面积为 80cm×1.5cm； 桩顶下 75cm 处，有水平裂缝 1 条，长度为 90cm，宽度为 0.31mm。	C	
3000 吨级工作平台 1-D1#桩	桩顶下 60cm、90cm 处分别有水平裂缝 1 条，长度均为 60cm，宽度分别为 0.22mm、0.25mm。	B	

表 6.1.2-6 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级工作平台 1-D2#桩	桩顶下 110cm 处有水平裂缝 1 条，长度为 80cm，宽度为 0.30mm。	C	
3000 吨级工作平台 2-C#桩	桩顶下 80cm、130cm 处分别有水平裂缝 1 条，长度分别为 40cm、50cm，宽度分别为 0.15mm、0.17mm。	B	
3000 吨级工作平台 2-E#桩	桩顶与横梁连接处混凝土破损，破损面积为 60cm×2cm。	B	
3000 吨级工作平台 3-E#桩	桩顶处与横梁连接处混凝土破损，破损面积为 60cm×1.5cm。	B	

表 6.1.2-6 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3000 吨级工作平台 4-E#桩	桩顶与横梁连接处混凝土破损，破损面积为 120cm×3.5cm。	B	
3000 吨级工作平台 7-B#桩	基桩北侧方向水面以上涂层局部脱落。		
3000 吨级工作平台 7-E#桩	基桩北侧、岸侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	
3000 吨级工作平台	后沿基桩岸侧水面以上涂层局部脱落。		

表 6.1.2-6 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
6# 系缆墩	1、2、3、4#基桩海侧、北侧、岸侧、南侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	

(7) 防撞桩

防撞桩普遍锈蚀，具体情况见表 6.1.2-7。

表 6.1.2-7 防撞桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	防撞桩普遍锈蚀。	/	

6.1.3 3 万吨级液体化工码头

3 万吨级液体化工码头各类构件外观结果检测结果如下：

(1) 码头共有 66 块面板，其中 1 块（1.5%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 13 座墩台，其中 7 座（53.8%）墩台劣化等级评为 B，其中 1 座（7.7%）墩台劣化等级评为 C，其余墩台劣化等级均评为 A；共有 10 个靠船构件，靠船构件劣化等级均评为 A；共有 107 根混凝土基桩，基桩劣化等级均评为 A；共有 23 根钢管桩，其中 1 根（4.3%）钢管桩等级评为 B，其余钢管桩劣化等级均评为 A。

(2) 引桥共有 40 块面板，其中 10 块（25.0%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 6 榼引桥墩，引桥墩劣化等级均评为 A；共有 27 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(3) 各类构件外观劣化等级评定统计结果见表 6.1-3。

表 6.1-3 构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 66 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	65	1	0	0
	构件名称	墩台(总数: 13 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	5	7	1	0
	构件名称	靠船构件(总数: 13 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	13	0	0	0
	构件名称	混凝土基桩(总数 107 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	107	0	0	0
	构件名称	钢管桩(总数: 23 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	22	1	0	0
引桥	构件名称	引桥面板(总数: 40 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	30	10	0	0
	构件名称	引桥墩(总数: 6 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	6	0	0	0
	构件名称	基桩(总数: 27 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	0	0	0

具体检测结果见 6.1.3.1 章节至 6.1.3.2 章节。

6.1.3.1 码头

(1) 码头面板

码头个别面板底部存在混凝土破损缺陷。其余面板基本完好，具体情况见表 6.1.3-1。

表 6.1.3-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
7#靠船墩~8#靠船墩间工作平台	海侧第 4 块面板底部混凝土破损，面积为 52cm×31cm。	B	
/	其余面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	 

(1) 墩台

大部分墩台存在裂缝缺陷，部分墩台存在混凝土破损缺陷，具体情况见表 6.1.3-2。

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
8# 系缆墩	墩台北侧与人行桥连接处混凝土破损，面积为 140cm×35cm。	B	
3# 人行桥墩	墩台底部混凝土破损，面积为 66cm×39cm。	B	
9# 系缆墩	墩台岸侧有竖向裂缝 5 条，长度分别为 130cm、135cm、250cm、250cm、245cm，宽度分别为 0.22mm、0.25mm、0.28mm、0.26mm、0.28mm。	B	

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

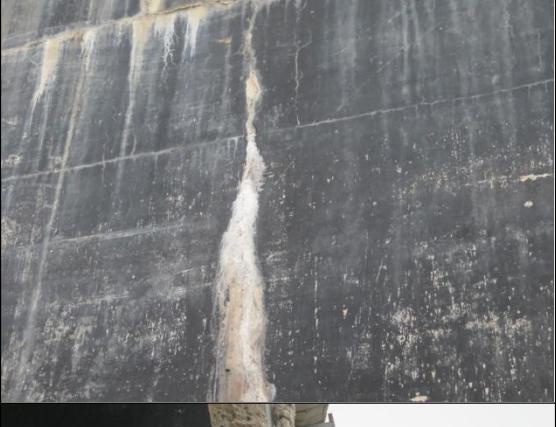
构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
5# 靠船墩	前沿面层有东西走向裂缝 1 条，长度为 935cm，裂缝最宽处为 0.31mm。	/	
	后沿面层有网状裂缝，面积为 880cm×430cm，裂缝最宽处为 0.31mm。		
	墩台岸侧有竖向裂缝 7 条，长度介于 180cm~250cm 之间，宽度介于 0.26mm~0.38mm 之间。	C	
	墩台西北角混凝土破损，面积为 257cm×40cm。		

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	墩台南侧有竖向裂缝 1 条，长度为 150cm，宽度为 0.16mm。		
	墩台北侧有竖向裂缝 1 条，长度为 150cm，宽度为 0.17mm。		
6# 靠船墩	面层有大面积网状裂缝，面积为 2280cm×840cm，裂缝最宽处为 0.39mm，最大裂缝深度大于 30cm。	/	
	墩台岸侧有竖向裂缝 3 条，长度分 230cm、225cm、220cm，宽度分别为 0.27mm、0.28mm、0.28mm。	B	

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

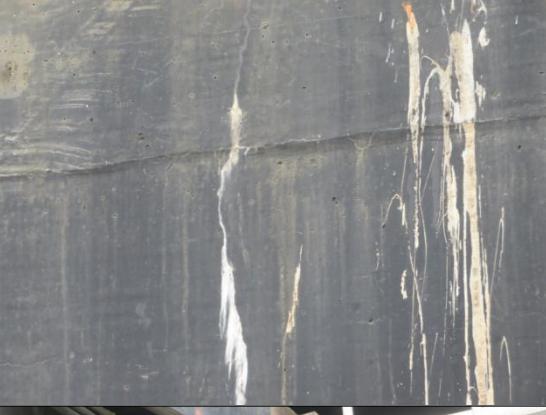
构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3万吨级工作平台	墩台北侧有竖向裂缝1条，长度为110cm，宽度为0.16mm。		
	南侧有竖向裂缝1条，长度为170cm，宽度为0.23mm。		
	海侧有竖向裂缝8条，长度介于185cm~250cm之间，宽度介于0.17mm~0.28mm之间。	B	
	海侧底部混凝土破损2处，面积分别为45cm×40cm、38cm×38cm。		

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
7# 靠船墩	面层有大面积网状裂缝，面积为1620cm×1640cm，裂缝最宽处为0.36mm，最大裂缝深度大于30cm。	/	
	墩台岸侧有竖向裂缝4条，长度分别为220cm、170cm、110cm、220cm，宽度分别为0.23mm、0.18mm、0.19mm、0.26mm。		
	海侧底部混凝土破损，面积为58cm×30cm。	B	
	南侧有竖向裂缝1条，长度为230cm，宽度为0.28mm。		

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
8# 靠船墩	面层有大面积网状裂缝，面积为1280cm×1230cm，裂缝最宽处为0.25mm。	/	
	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为560cm。		
	南侧有竖向裂缝3条，长度分别为215cm、230cm、190cm，宽度分别为0.26mm、0.27mm、0.28mm。	B	
10# 系缆墩	前沿护轮坎钢护边锈蚀，面积为580cm×25cm。	/	

表 6.1.3-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	前沿护轮坎混凝土破损，面积为340cm×6cm。		
	面层有大面积网状裂缝，面积为950cm×980cm，裂缝最宽处为0.42mm。		
11#系缆墩	面层有大面积网状裂缝，面积为800cm×780cm，裂缝最宽处为0.33mm。	/	

(3) 码头靠船构件

靠船构件基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.3-3。

表 6.1.3-3 码头靠船构件外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	靠船构件基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(4) 码头基桩水上部分

码头大部分基桩涂层存在脱落现象，具体情况见表 6.1.3-4。

表 6.1.3-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
8#系缆墩	1、2、3、5、8#基桩岸侧、海侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	

表 6.1.3-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
3#人行桥墩	1、2、3#基桩海侧、岸侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	
9#系缆墩	2、3、5#基桩岸侧、北侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	
综合楼平台	1、2、3、4#基桩岸侧方向水面以上涂层局部脱落。	/	

表 6.1.3-4 码头基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(5) 码头钢管桩

码头个别钢管桩水上部分存在涂层局部脱落、钢管桩锈蚀缺陷，其余基桩基本完好，具体情况见表 6.1.3-5。

表 6.1.3-5 码头钢管桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
7# 靠船墩 9# 基桩	钢管桩涂层局部脱落，钢管桩锈蚀，面积为 90cm×65cm。	B	
/	其余钢管桩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

表 6.1.3-5 码头钢管桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

6.1.3.2 引桥

(1) 引桥面板

引桥部分面板底部存在裂缝缺陷，（为方便描述，现将引桥面板由北侧至南侧方向编为 1~8#面板）。具体情况见表 6.1.3-6。

表 6.1.3-6 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1~2#排架	第 2 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 810cm，宽度为 0.24mm。	B	
2~3#排架	第 1 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 550cm，宽度为 0.12mm。	B	

表 6.1.3-6 引桥面板外观质量检测结果

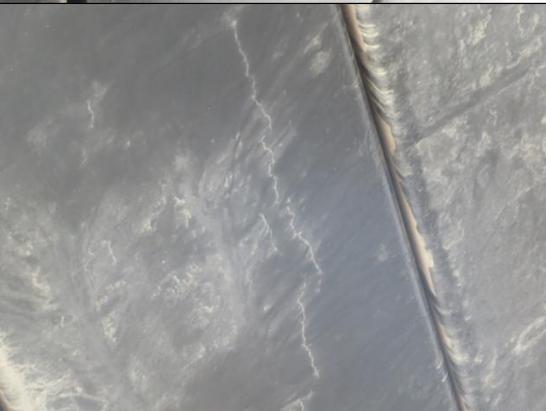
构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	第 2 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 380cm，宽度为 0.18mm。	B	
	第 7 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 920cm，宽度为 0.10mm。	B	
3~4#排架	第 7 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 2000cm，宽度为 0.20mm。	B	
4~5#排架	第 1 块面板底部有纵向裂缝 1 条，长度为 2000cm，宽度为 0.25mm。	B	

表 6.1.3-6 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
5~6#排架	第3块面板底部有纵向裂缝1条，长度为2000cm，宽度为0.24mm。	B	
	第8块面板底部近岸侧有纵向裂缝1条，长度为450cm，宽度为0.25mm。	B	
5~6#排架	第1块面板底部有纵向裂缝1条，长度为2000cm，宽度为0.20mm。	B	
	第8块面板底部有纵向裂缝1条，长度为450cm，宽度为0.23mm。	B	

表 6.1.3-6 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥其余面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(2) 引桥墩

引桥墩基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.3-7。

表 6.1.3-7 引桥墩外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥墩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

表 6.1.3-7 引桥墩外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(3) 引桥基桩水上部分

引桥个别基桩水上部分存在混凝土涂层脱落现象，钻孔灌注桩钢套筒普遍锈蚀，其余基桩基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.3-8。

表 6.1.3-8 引桥基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
4-1#桩	基桩桩顶处混凝土涂层脱落，面积为 251cm×55cm。	/	
/	引桥钻孔灌注桩钢套筒普遍锈蚀。	/	

表 6.1.3-8 引桥基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			
/	引桥其余混凝土基桩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

6.1.4 3千吨级燃料油码头

3千吨级燃料油码头各类构件外观结果检测结果如下：

(1) 码头共有 42 块面板，其中 2 块 (4.8%) 面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 4 座墩台，其中 2 座 (50.0%) 墩台劣化等级评为 B，其余墩台劣化等级均评为 A；共有 8 榼横梁，其中 1 榼 (12.5%) 横梁劣化等级评为 B，其余横梁劣化等级均评为 A；共有 28 根纵梁，其中 1 根 (3.6%) 纵梁劣化等级评为 B，其余纵梁劣化等级均评为 A；共有 54 根基桩，基桩劣化等级均评为 A；

(2) 引桥共有 70 块面板，面板劣化等级均评为 A；共有 12 榼引桥墩，其中 3 榼 (25.0%) 引桥墩劣化等级评为 B，其余引桥墩劣化等级均评为 A；共有 49 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(3) 各类构件外观劣化等级评定统计结果见表 6.1-4。

表 6.1-4 构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 42 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	40	2	0	0
	构件名称	墩台(总数: 4 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	2	2	0	0
	构件名称	横梁(总数: 8 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	7	1	0	0
	构件名称	纵梁(总数: 28 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	1	0	0
	构件名称	基桩(总数: 54 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	54	0	0	0
引桥	构件名称	引桥面板(总数: 70 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	70	0		0
	构件名称	引桥墩(总数: 12 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	9	3	0	0
	构件名称	基桩(总数: 49 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	49	0	0	0

具体检测结果见 6.1.4.1 章节至 6.1.4.2 章节。

6.1.4.1 码头

(1) 码头面板

码头个别面板存在裂缝、混凝土破损缺陷，其余面板基本完好，未发现明显缺陷。具体情况见表 6.1.4-1。

表 6.1.4-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1#排架悬挑板	海侧悬挑板底部混凝土破损，面积为 70cm×25cm。	B	
8#排架悬挑板	北侧悬挑板底部有水平裂缝 3 条，长度均为 80cm，宽度分别为 0.18mm、0.20mm、0.25mm。	B	
/	其余面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	

表 6.1.4-1 码头面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(2) 墩台

码头部分墩台存在混凝土破损缺陷，其余墩台基本完好，未发现明显缺陷。

具体情况见表 6.1.4-2。

表 6.1.4-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
2# 系缆墩	墩台底部海侧北侧角混凝土破损，面积为 60cm×40cm。	B	
4# 系缆墩	墩台岸侧北侧角混凝土破损，面积为 85cm×42cm。	B	

表 6.1.4-2 墩台外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
	海侧北侧角混凝土破损，面积为108cm×38cm。		

(3) 码头横梁

码头个别横梁存在裂缝缺陷，其余横梁基本完好，未发现明显缺陷。具体情况见表 6.1.4-3。

表 6.1.4-3 码头横梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
6#横梁	1~2 纵梁间上横梁北侧有竖向裂缝 1 条，长度为 45cm，宽度为 0.21mm。	B	
/	其余横梁基本完好，未发现明显缺陷。	/	

表 6.1.4-3 码头横梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(4) 码头纵梁

码头个别纵梁存在混凝土破损缺陷，其余纵梁基本完好，未发现明显缺陷。

(为方便描述，现将码头纵梁由海侧-岸侧编为1~4纵梁)具体情况见表 6.1.4-4。

表 6.1.4-4 码头纵梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1~2#排架	1 纵梁海侧底部混凝土破损，面积为 62cm×8cm。	B	
/	其余纵梁基本完好，未发现明显缺陷。	/	

表 6.1.4-4 码头纵梁外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
			

(5) 码头靠船构件

码头靠船构件基本完好，未发现明显缺陷。具体情况见表 6.1.4-5。

表 6.1.4-5 码头靠船构件外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	码头靠船构件基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(6) 码头基桩水上部分

码头基桩水上部分基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.4-6。

表 6.1.4-6 基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	基桩水上部分基本完好，未发现明显缺陷。	/	

6.1.4.2 引桥

(1) 引桥面板

引桥面板基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.4-7。

表 6.1.4-7 引桥面板外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥面板基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(2) 引桥墩

部分引桥墩存在混凝土破损缺陷，其余引桥墩基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.4-8。

表 6.1.4-8 引桥墩外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
1#引桥墩	岸侧顶部与面板交界处混凝土破损，面积为500cm×20cm。	B	
3#引桥墩	海侧底部 4#桩上方处混凝土破损，面积为52cm×18cm。	B	
5#引桥墩	横梁海侧底部 3#桩上方处混凝土破损，面积为83cm×27cm。	B	

表 6.1.4-8 引桥墩外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	其余引桥墩基本完好，未发现明显缺陷。	/	

(3) 引桥基桩水上部分

引桥钻孔灌注桩钢套筒普遍锈蚀，混凝土基桩水上部分基本完好，未发现明显缺陷，具体情况见表 6.1.4-9。

表 6.1.4-9 引桥基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥钻孔灌注桩钢套筒普遍锈蚀。	/	

表 6.1.4-9 引桥基桩水上部分外观质量检测结果

构件位置	外观缺陷描述	外观劣化等级	相关照片
/	引桥基桩水上部分基本完好，未发现明显缺陷。	/	

6.1.5 靠船墩裂缝现场取芯

靠船墩裂缝现场取芯照片见图 6-1。



图 6-1 靠船墩裂缝现场取芯照片

6.2 码头结构的整体变形与变位检测

通过 2023 年 08 月 25 日（数据引用中海石油宁波大榭石化有限公司委托宁波冶金勘察设计研究股份有限公司的《大榭石化 5 万吨级油品、3 万吨级液体化工、3000 吨级油品及 3000 吨级燃料油码头沉降位移监测技术报告》）和 2024 年 06 月 19 日两次的检测数据来判断码头结构的变化情况。码头沉降、位移监测点布置见图 6.2-1~6.2-3，测量结果见表 6.2-1~6.2-3。

表 6.2-1 大榭石化 5 万吨级油品码头及 3000 吨级油品码头沉降、位移测量成果

部位	点号	2023. 8. 25 测量结果 (m)			2024. 6. 19 测量结果 (m)			累计变化量 (mm)			
		X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
5 万吨及 3000 吨级 油品	D1	112446.898	646837.739	4.4066	112446.879	646837.748	4.4034	19	-9	21	3.2
	D2	112507.058	646904.995	5.7931	112507.029	646904.999	5.7934	29	-4	30	-0.3
	D3	112407.118	647030.772	4.0449	112407.091	647030.784	4.0480	27	-12	29	-3.1

表 6.2-1 大榭石化 5 万吨级油品码头及 3000 吨级油品码头沉降、位移测量成果

部位	点号	2023.8.25 测量结果 (m)			2024.6.19 测量结果 (m)			累计变化量 (mm)			
		X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
码头	D4	112416.760	646997.668	5.9955	112416.748	646997.686	5.9933	12	-18	21	2.2
	D5	112432.355	646981.622	4.0164	112432.337	646981.634	4.0145	18	-12	22	1.9
	D6	112449.238	646983.515	3.4758	112449.216	646983.525	3.4764	22	-10	24	-0.6
	D7	112478.615	646986.769	3.4739	112478.605	646986.793	3.4750	10	-24	26	-1.1
	D8	112496.990	646970.463	3.4867	112496.974	646970.481	3.4865	16	-18	24	0.2
	D9	112504.116	646949.264	3.5158	112504.133	646949.291	3.5154	-17	-27	32	0.4
	D10	112517.797	646927.650	6.0099	112517.772	646927.651	6.0108	25	-1	25	-0.9
	D11	112547.657	646918.366	6.0107	112547.674	646918.401	6.0104	-17	-35	39	0.3
	D12	112558.936	646897.237	3.5171	112558.926	646897.253	3.5200	10	-16	19	-2.9
	D13	112581.438	646893.159	3.5016	112581.448	646893.150	3.5030	-10	9	14	-1.4
	D14	112600.193	646877.210	3.5364	112600.186	646877.230	3.5347	7	-20	21	1.7
	D15	112599.985	646847.843	3.5015	112600.008	646847.851	3.4998	-23	-8	24	1.7
	D16	112606.168	646824.933	4.0209	112606.203	646824.929	4.0222	-35	4	36	-1.2
	D19	112621.549	646815.739	5.9979	112621.525	646815.747	5.9987	24	-8	25	-0.8
	D20	112645.135	646816.689	4.0164	112645.161	646816.721	4.0191	-26	-32	41	-2.7
	D21	112685.698	646785.752	4.5138	112685.719	646785.777	4.5150	-21	-25	33	-1.2
	D22	112713.955	646759.327	4.5195	112713.970	646759.314	4.5212	-15	13	20	-1.6

根据表 6.2-1 检测结果显示，大榭石化 5 万吨级油品码头及 3000 吨级油品码头水平位移变形量在 14mm~41mm 范围内，码头未发生明显位移；码头沉降变形量在 -3.1mm~3.2mm 范围内；码头未发生明显沉降。

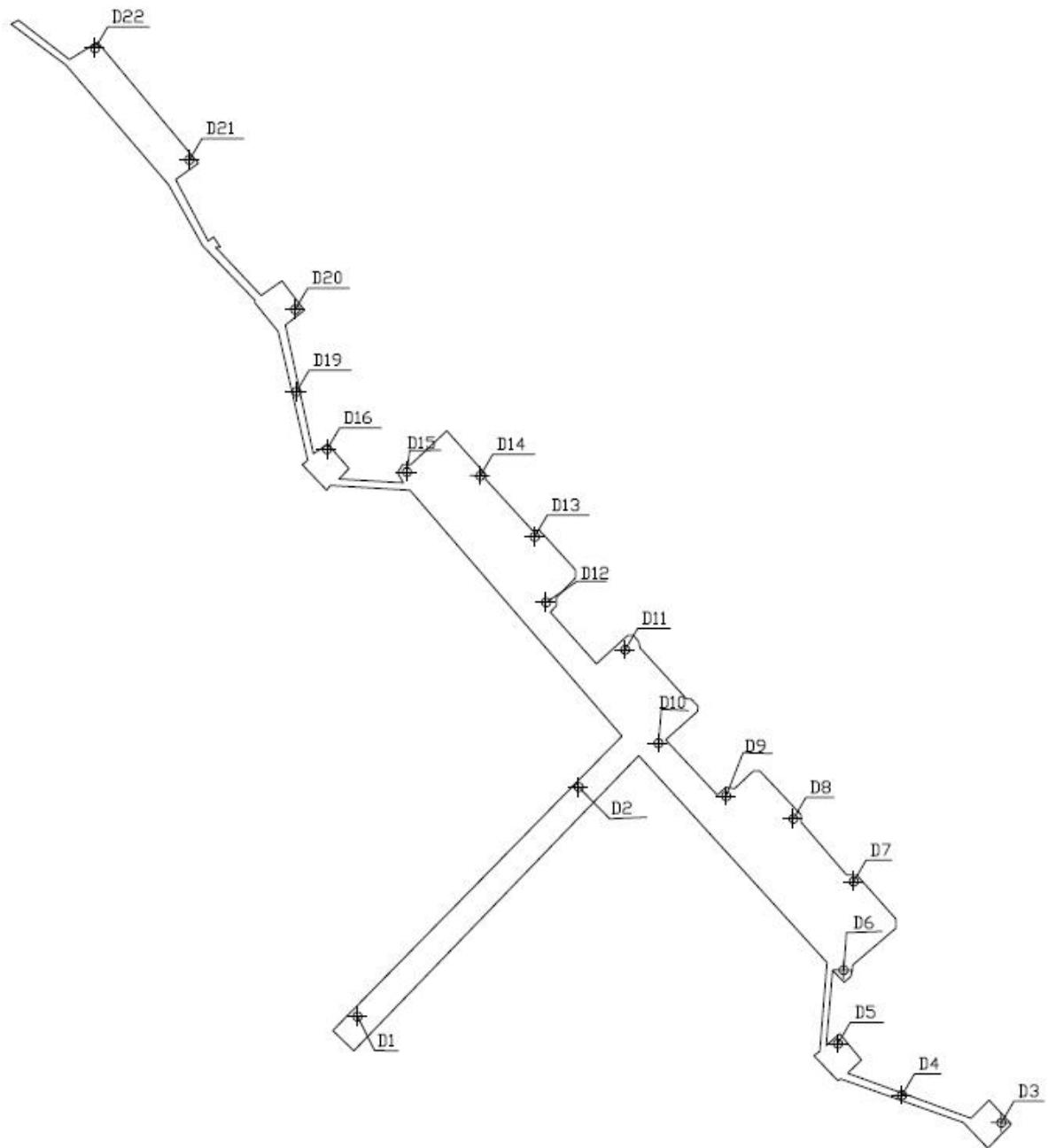


图 6.2-1 大榭石化 5 万吨及 3000 吨级油品码头沉降、位移监测点布置示意图

表 6.2-2 大榭石化 3 万吨级液体化工码头沉降、位移测量成果

部位	点号	2023.8.25 测量结果 (m)			2024.6.19 测量结果 (m)			累计变化量 (mm)			
		X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
3 万 吨级 液体 化工 码头	A1	113020.790	646546.972	5.4490	113020.804	646546.983	5.4494	-14	-11	18	-0.4
	A2	112983.969	646551.148	3.9439	112984.004	646551.141	3.9451	-35	7	35	-1.2
	A3	112981.436	646599.142	3.4257	112981.446	646599.179	3.4246	-10	-37	38	1.1
	A4	112957.433	646588.193	3.4292	112957.413	646588.215	3.4232	20	-22	30	6.0
	A5	112931.873	646626.438	3.4415	112931.848	646626.453	3.4412	25	-15	29	0.3
	A6	11934.349	646601.028	3.4126	11934.369	646601.037	3.4115	-20	-9	22	1.1
	A7	112905.213	646637.522	5.9166	112905.231	646637.485	5.9137	-18	37	41	2.9
	A8	112878.573	646643.610	5.9260	112878.610	646643.603	5.9255	-37	7	37	0.5
	A9	112861.051	646665.739	3.4248	112861.034	646665.703	3.4201	17	36	39	4.7
	A10	112836.390	646655.058	3.4310	112836.382	646655.043	3.4238	8	15	17	7.2
	A11	112823.789	646686.908	3.4157	112823.794	646686.934	3.4110	-5	-26	27	4.7
	A12	112798.043	646676.495	3.4131	112798.061	646676.470	3.4123	-18	25	31	0.8
	A13	112776.463	646675.533	3.9146	112776.499	646675.509	3.9139	-36	24	43	0.7
	A14	112765.099	646671.941	5.9306	112765.115	646671.923	5.9290	-16	18	24	1.6
	A15	112760.073	646692.549	5.9363	112760.086	646692.563	5.9367	-13	-14	19	-0.4
	A16	112756.615	646717.449	3.9273	112756.641	646717.473	3.9328	-26	-24	36	-5.5
	A17	112745.381	646713.336	5.9041	112745.402	646713.347	5.9040	-21	-11	23	0.1
	A18	112879.692	646629.490	5.9459	112879.723	646629.509	5.9399	-31	-19	36	6.0
	A19	112837.481	646553.811	5.3453	112837.506	646553.792	5.3430	-25	19	31	2.3
	A20	112830.398	646541.313	5.2037	112830.414	646541.327	5.2033	-16	-14	21	0.5

根据表 6.2-2 检测结果显示, 大榭石化 3 万吨级液体化工码头水平位移变形量在 17mm~43mm 范围内, 码头未发生明显位移; 码头沉降变形量在 -5.5mm~7.2mm 范围内; 码头未发生明显沉降。

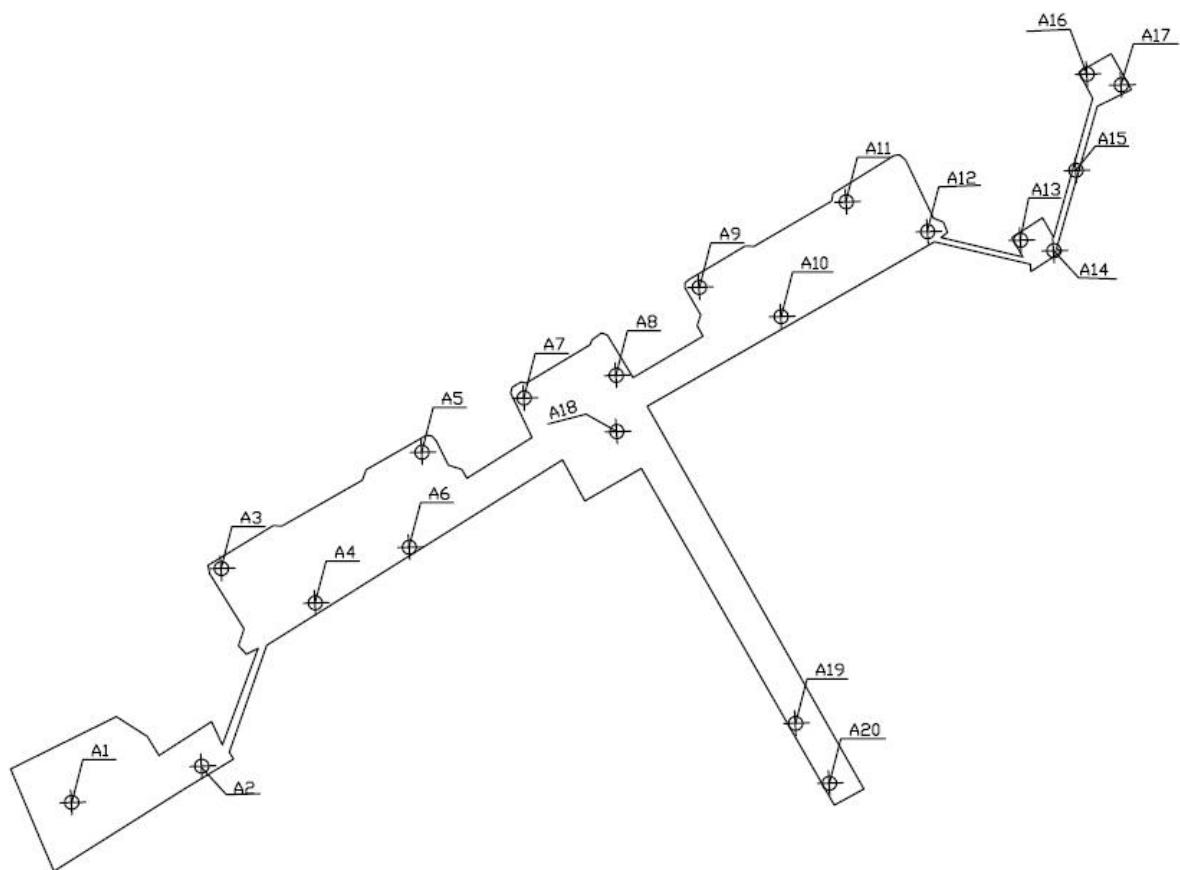


图 6.2-2 大榭石化 3 万吨级液体化工码头沉降、位移监测点布置示意图

表 6.2-3 大榭石化 3000 吨级燃料油码头沉降、位移测量成果

部位	点号	2023.8.25 测量结果 (m)			2024.6.19 测量结果 (m)			累计变化量 (mm)			
		X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
3000 吨级 燃料 油 码头	B1	110795.556	648042.098	4.4721	110795.537	648042.064	4.4717	19	34	39	0.4
	B2	110816.372	648051.309	4.4682	110816.354	648051.295	4.4671	18	14	23	1.1
	B3	110814.895	648060.112	4.5055	110814.876	648060.093	4.5042	19	19	27	1.3
	B4	110765.115	648052.455	4.4953	110765.127	648052.439	4.4931	-12	16	20	2.2
	B5	110766.283	648044.012	4.4871	110766.268	648043.987	4.4862	15	25	29	0.9

根据表 6.2-3 检测结果显示，大榭石化 3000 吨级燃料油码头水平位移变形量在 20mm~39mm 范围内，码头未发生明显位移；码头沉降变形量在 0.4mm~2.2mm 范围内；码头未发生明显沉降。

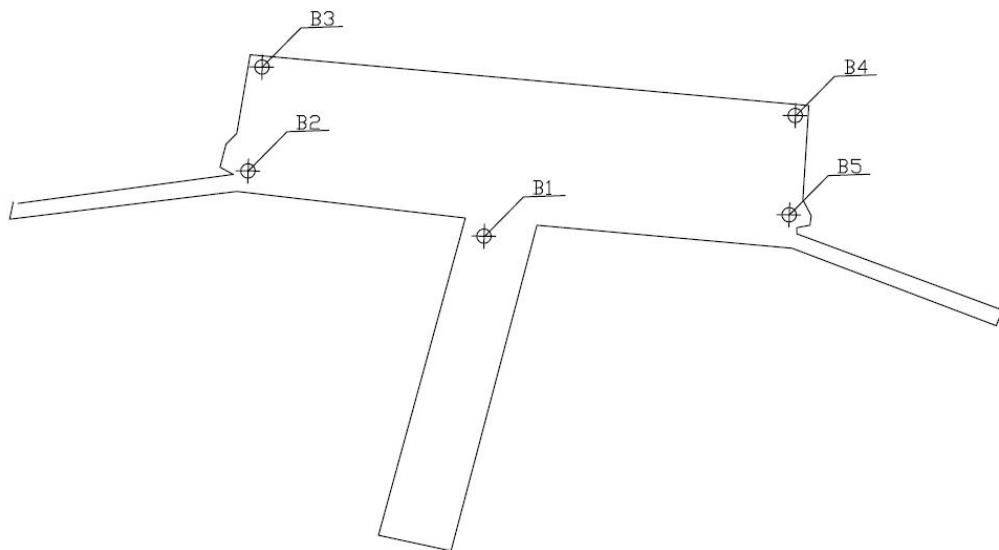


图 6.2-3 大榭石化 3000 吨级燃料油码头沉降、位移监测点布置示意图

6.3 钢筋混凝土各项性能参数检测

6.3.1 5万吨级油品码头

6.3.1.1 混凝土强度

(一) 回弹法检测

对5万吨级油品码头及引桥各类主要构件按2%不少于5组的比例进行回弹法强度抽检，本次混凝土强度共抽检码头面板5组、墩台5组、引桥面板5组、引桥墩5组，共计20组。检测结果见表6.3.1-1。

表6-3.1-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级	
5万吨级油品码头	面板	1	>60	/	/	>60	C50	
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		2	>60	/	/	59.2		
			>60					
			59.2					
			>60					
			>60					
		3	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		4	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		5	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
	墩台	1	55.6	54.9	2.5	50.7	C40	
			56.6					
			55.8					

表 6-3.1-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级	
引桥	面板	2	56.3					
			54.2					
			56.8					
			53.2					
			53.2					
			52.8					
		3	55.6					
			53.9					
			54.4					
			53.0					
			54.9					
		4	54.9					
			56.6					
			52.8					
			55.1					
		5	56.3					
			56.6					
			53.5					
			54.6					
			55.1					
		6	53.7					
			56.1					
引桥	面板	1	>60			>60	C50	
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		2	>60			>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		3	>60			>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		4	>60			>60		
			>60					

表 6-3.1-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
引桥墩	5		>60				
			>60				
			>60				
		5	>60	/	/	>60	
			>60				
			>60				
			>60				
			>60				
			54.2				
	1	1	50.4	54.3	2.5	50.2	C40
			54.6				
			53.7				
			53.5				
			52.5				
	2	2	54.6	54.3	2.5	50.2	C40
			52.3				
			55.1				
			56.8				
			52.1				
	3	3	53.0	54.3	2.5	50.2	C40
			51.8				
			53.2				
			56.1				
			50.9				
	4	4	55.1	54.3	2.5	50.2	C40
			58.3				
			57.5				
			57.5				
			54.2				
	5	5	57.5	54.3	2.5	50.2	C40
			53.5				
			58.5				
			50.9				

由表 6.3.1-1 检测结果可知，码头面板、引桥面板混凝土强度推定值均大于 60MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C50 的要求；码头墩台、引桥墩混凝土强度推定值分别为 50.7MPa、50.2MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C40。

的要求。

(二) 取芯法检测

采用取芯法抽检 3 万吨级液体化工码头墩台，取检测结果见表 6.3.1-2。

表 6.3.1-2 取芯法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	抗压强度代表值 (Mpa)	抗压强度代表值 最小值 (Mpa)	抗压强度代表值 平均值 (Mpa)	混凝土设计强度	合格判定
5 万吨 级油品 码头	墩台 1	48.9	47.4	47.9	C40	47.9>40+4.5;
		47.9				47.4>40-0.5*4.5;
		47.4				合格
	墩台 2	49.8	48.1	48.5	C40	48.5>40+4.5;
		48.1				48.1>40-0.5*4.5;
		48.5				合格

根据表 6.3.1-2 检测结果显示，所抽检的构件混凝土强度符合要求，判定合格。

6.3.1.2 混凝土碳化深度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样，本次共抽检混凝土碳化深度码头面板 5 组、墩台 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组，共计 20 组。检测结果见表 6.3.1-3。

表 6.3.1-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
5 万吨级油品码头	面板	1	1.0	0.5	1.0	1.0
		2	1.0	0.5	1.0	
		3	0.5	1.0	1.0	
		4	1.0	0.5	0.0	
		5	1.5	0.5	1.0	
	墩台	1	0.5	0.5	0.5	0.5
		2	0.5	1.0	1.0	
		3	0.5	0.5	0.5	
		4	1.0	1.0	0.5	
		5	0.5	0.5	0.5	
引桥	面板	1	1.0	1.0	1.0	1.0
		2	1.0	0.5	0.5	
		3	1.0	0.5	1.0	
		4	0.5	1.0	0.5	
		5	1.0	0.5	1.0	

表 6.3.1-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
	引桥墩	1	0.5	1.0	0.5	0.5
		2	1.0	0.5	0.5	
		3	0.5	1.0	0.5	
		4	1.0	0.5	1.0	
		5	0.5	0.5	0.5	

根据表 6.3.1-3 检测结果显示，码头及引桥各类构件碳化深度均较小，平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm，远小于钢筋保护层厚度(75mm~100mm)。

6.3.1.3 钢筋保护层厚度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样，本次混凝土保护层厚度共抽检码头面板 5 组、墩台 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组，共计 20 组。检测结果见表 6.3.1-4。

表 6.3.1-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5 万吨级油品码头	面板	1	82	81	85	84	71	84	74	82	73	79	1. 设计值：75mm 2. 合格率： 92.3%>80% 3. 最大负偏差： 6mm<1.5倍允许负偏差 4. 判定结果：合格
			89	81	79	/	/	/	/	/	/	/	
			71	76	81	76	70	79	83	80	74	75	
			80	70	74	/	/	/	/	/	/	/	
		2	77	79	78	70	88	86	72	73	84	81	
			71	80	77	/	/	/	/	/	/	/	
			79	70	85	77	85	83	70	83	77	74	
			73	79	84	/	/	/	/	/	/	/	
		3	81	69	80	70	74	71	75	89	83	78	
			79	80	71	/	/	/	/	/	/	/	
			78	83	78	70	83	76	78	76	79	77	
			86	88	75	/	/	/	/	/	/	/	
		4	84	80	78	83	73	81	71	74	72	78	
			82	72	84	/	/	/	/	/	/	/	
			77	70	85	87	82	76	84	83	85	72	
			78	73	80	/	/	/	/	/	/	/	
		5	79	74	77	81	85	85	89	84	74	78	
			70	89	79	/	/	/	/	/	/	/	
			73	85	85	88	88	77	73	82	89	75	
			76	79	81	/	/	/	/	/	/	/	
	墩台	1	99	105	93	112	95	95	/	/	/	/	1. 设计值：100mm 2. 合格率：
			109	105	96	110	97	98	/	/	/	/	

表 6.3.1-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
引桥	面板	2	93	111	104	98	114	98	/	/	/	/	85.0%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5倍允许负 偏差 4. 判定结果：合格
			110	99	100	100	109	111	/	/	/	/	
		3	102	112	113	107	103	96	/	/	/	/	
			114	94	98	100	105	108	/	/	/	/	
		4	101	107	110	95	103	111	/	/	/	/	
			103	107	99	103	94	100	/	/	/	/	
		5	102	104	94	93	111	104	/	/	/	/	
			106	110	105	102	104	96	/	/	/	/	
	引桥墩	1	78	77	79	83	70	75	68	75	84	69	1. 设计值：75mm 2. 合格率： 90.8%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5倍允许负 偏差 4. 判定结果：合格
			79	78	/	/	/	/	/	/	/	/	
			81	83	70	83	72	74	73	73	89	80	
			69	77	/	/	/	/	/	/	/	/	
		2	82	83	81	76	86	76	83	80	83	78	
			82	73	/	/	/	/	/	/	/	/	
			70	71	74	85	75	78	79	82	75	75	
			78	87	/	/	/	/	/	/	/	/	
		3	75	90	76	82	88	85	76	87	85	76	2. 合格率： 90.8%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5倍允许负 偏差 4. 判定结果：合格
			77	86	/	/	/	/	/	/	/	/	
			85	77	81	81	77	76	81	83	71	70	
			88	85	/	/	/	/	/	/	/	/	
		4	74	83	70	79	84	76	79	84	79	82	1. 设计值：100mm 2. 合格率： 87.0%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5倍允许负 偏差 4. 判定结果：合格
			81	78	/	/	/	/	/	/	/	/	
			76	84	70	77	73	69	72	79	80	73	
			73	72	/	/	/	/	/	/	/	/	
		5	75	69	80	78	81	80	84	72	87	75	1. 设计值：100mm 2. 合格率： 87.0%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5倍允许负 偏差 4. 判定结果：合格
			83	74	/	/	/	/	/	/	/	/	
			76	85	77	68	79	71	80	68	79	80	
			81	86	/	/	/	/	/	/	/	/	

表 6.3.1-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4	4	98	111	96	93	93	95	107	108	108	115	115	4. 判定结果: 合格
		102	95	104	110	107	101	107	106	115	102	102	
		113	106	100	103	93	102	98	111	108	93	93	
	5	102	106	114	96	95	106	104	109	99	96	96	
		101	115	99	102	107	102	105	112	97	98	98	

根据表 6.3.1-4 检测结果显示, 码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 85.0%~92.3% 范围内, 最大负偏差为 7mm, 满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差 < 1.5 倍允许负偏差的要求, 判定合格。

6.3.1.4 钢筋腐蚀电位及构件内部钢筋锈蚀情况

按 5% 且不少于 10 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检钢筋腐蚀电位码头面板 10 组、墩台 10 组、引桥面板 10 组、引桥墩 10 组, 共计 40 组。检测结果见表 6.3.1-5。

表 6.3.1-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)										
5 万 吨级 油品 码头	面板	1	-107	-98	-105	3	-50	-28	-86	-93	-27	-106	
			-60	-30	-8	-101	-113	12	-102	-108	-111	-20	
			-93	-34	-102	-54	-2	-60	-7	-5	-35	-43	
		2	10	13	-43	-61	-50	-35	-71	-67	11	6	
			4	-24	-69	-76	-76	0	-103	17	-6	-69	
			-110	-63	-22	8	-16	5	-1	-68	-93	-20	
		3	13	-85	-38	-94	-40	18	-85	-50	-104	-43	
			-85	-83	5	-58	-14	17	-99	-63	-16	9	
			4	-30	-110	-32	-41	-44	-44	-22	-71	-80	
		4	-74	-88	-39	-61	-115	-32	-61	-98	-112	-68	
			-42	-85	-62	-34	-8	-80	16	12	-31	-72	
			-73	-9	-9	-123	-83	-23	-93	-28	-72	-84	
		5	-83	-30	-2	-78	-38	6	-63	-88	7	12	
			-70	8	8	-41	19	-99	-6	-48	-2	-113	
			-35	-95	-115	-44	-17	-85	-62	-107	19	13	
		6	-69	9	-52	-21	-21	-12	-28	-56	-14	-116	
			-38	-28	15	-4	-98	6	-9	-48	-4	-59	
			-25	-5	-43	-19	-103	-5	-36	-68	-34	-42	
		7	-16	-29	-57	-98	-110	-66	-108	-11	-27	-6	
			-28	-13	-116	-91	-40	-53	-117	-67	-29	-53	

表 6.3.1-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
墩台	8	9	9	-111	-58	-68	-59	-46	-121	-108	-16	-43
		-56	-30	-16	-23	22	-11	12	-19	19	-32	
		-33	-105	-25	-24	-49	-103	20	-21	-23	-43	
		-122	-33	-9	-122	-96	-9	-25	-68	-12	-12	
	9	-40	-92	-52	-33	-110	-51	-18	-59	-62	-18	
		-24	20	-14	-48	-51	-28	-1	-16	-53	3	
		-57	-74	-102	17	-46	-84	-92	21	-101	9	
	10	-25	-29	-31	-23	0	-77	-102	-22	1	-73	
		-27	-2	-28	12	-108	-96	-45	4	-33	-68	
		-98	-3	-10	-62	-26	-65	-24	-30	-19	21	
	1	-58	-70	-78	-55	-61	-49	-78	-67	-55	-50	
		-63	-57	-77	-71	-77	-77	-67	-66	-74	-56	
		-51	-71	-66	-52	-65	-49	-75	-73	-53	-62	
	2	-15	6	8	-10	0	6	-22	5	-13	-15	
		5	-17	-8	7	-6	-14	11	-15	-9	-17	
		-13	-19	-14	-2	-17	-20	1	8	-15	-16	
	3	-113	-69	-74	-64	-97	-62	-104	-72	-111	-101	
		-116	-98	-77	-88	-93	-71	-88	-88	-93	-75	
		-75	-58	-104	-86	-103	-98	-92	-107	-116	-117	
	4	-60	-71	-65	-102	-69	-104	-118	-105	-64	-118	
		-111	-67	-78	-111	-64	-71	-102	-104	-89	-74	
		-98	-109	-118	-87	-99	-88	-119	-104	-66	-106	
	5	-15	-5	-7	15	-2	-12	-3	-2	6	17	
		-17	6	-13	7	7	-18	-5	-4	17	-18	
		15	-18	-20	-9	-9	6	-16	18	-17	-17	
	6	-51	-28	-16	-38	-30	-47	-18	-54	-9	-33	
		-17	-42	-45	-36	-8	-24	-43	-24	-8	-26	
		-15	-49	-39	-30	-15	-19	-36	-17	-15	-45	
	7	-41	-30	-40	-24	-18	-12	-33	-13	-31	-17	
		-13	-30	-29	-16	-42	-28	-19	-47	-15	-35	
		-37	-31	-31	-11	-30	-17	-24	-42	-47	-43	
	8	-60	-32	-58	-31	-51	-66	-79	-42	-88	-43	
		-73	-52	-68	-71	-82	-71	-90	-80	-44	-52	
		-81	-69	-89	-68	-61	-74	-68	-60	-85	-32	
	9	-76	-47	-30	-31	-83	-56	-72	-66	-68	-29	
		-53	-70	-48	-55	-90	-78	-30	-51	-64	-66	
		-70	-92	-90	-88	-69	-78	-83	-62	-73	-71	
	10	-32	-51	-61	-79	-68	-92	-42	-80	-79	-31	
		-54	-58	-84	-90	-54	-43	-62	-81	-65	-44	
		-58	-56	-67	-46	-48	-59	-79	-49	-66	-29	

表 6.3.1-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
引桥	面板	1	-74	-61	-53	-67	-67	-63	-54	-56	-67	-75
			-64	-72	-63	-56	-61	-50	-60	-51	-60	-65
			-50	-54	-70	-75	-69	-51	-52	-74	-73	-67
		2	-14	-8	8	14	-13	-14	4	14	-9	4
			6	-18	1	11	-1	-17	-8	13	-15	-9
			-9	-4	-5	-8	7	3	-4	7	2	-13
		3	-20	-26	-23	-35	-6	-8	-16	-22	-8	-15
			-5	-23	-23	-14	-23	-42	-7	-37	-37	-26
			-40	-18	-9	-24	-30	-27	-5	-37	-44	-17
		4	-46	-33	-86	-39	-63	-37	-81	-83	-87	-55
			-37	-79	-44	-74	-51	-69	-62	-86	-59	-75
			-80	-67	-63	-48	-43	-73	-71	-63	-78	-65
		5	-60	-42	-63	-45	-65	-68	-50	-86	-70	-53
			-72	-76	-82	-62	-70	-60	-72	-80	-79	-43
			-82	-32	-88	-85	-46	-85	-79	-76	-41	-69
		6	-66	-33	-68	-45	-33	-47	-37	-81	-85	-36
			-85	-88	-104	-115	-100	-101	-91	-86	-100	-109
			-94	-87	-78	-107	-83	-82	-110	-83	-82	-108
		7	-77	-84	-91	-109	-114	-92	-106	-101	-101	-103
			-107	-113	-99	-83	-107	-116	-83	-79	-107	-91
			-88	-98	-104	-80	-98	-82	-81	-96	-105	-86
		8	18	5	-6	-1	18	-4	14	-16	13	-18
			-1	5	18	-6	-16	-3	6	14	2	-6
			13	13	-16	-13	9	-7	-4	12	-4	14
		9	14	-12	14	17	20	-18	0	2	0	-8
			19	15	-3	15	-18	10	7	11	5	-16
			-3	-17	-15	-9	1	11	8	-12	6	15
		10	-18	-9	-8	-31	-19	-8	0	-28	-21	8
			-13	-13	-11	-25	5	-3	2	-3	3	-27
			-5	-23	2	-18	-5	-8	-30	1	-16	-31
引桥墩	1	-88	-102	-103	-92	-89	-105	-95	-90	-106	-101	
		-82	-104	-90	-92	-100	-101	-96	-101	-102	-107	
		-82	-93	-104	-89	-104	-98	-111	-101	-103	-88	
	2	-95	-88	-90	-98	-88	-105	-86	-102	-94	-105	
		-107	-100	-88	-82	-96	-100	-83	-94	-107	-111	
		-87	-88	-106	-99	-103	-109	-87	-88	-90	-107	
	3	1	9	12	1	1	-5	-20	-2	15	-2	
		-4	-18	-2	-16	-3	6	-19	-23	13	0	
		-14	0	-18	3	-8	17	-12	-8	8	-17	
	4	-42	-31	-21	-34	-38	-20	-40	-28	-25	-35	

表 6.3.1-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
			-43	-27	-18	-19	-43	-28	-39	-24	-21	-16
			-29	-22	-24	-36	-13	-18	-40	-43	-31	-39
		5	-78	-88	-90	-64	-71	-69	-69	-85	-71	-77
			-79	-89	-65	-80	-79	-67	-78	-64	-83	-82
			-92	-86	-63	-69	-83	-75	-89	-79	-67	-63
		6	-67	-67	-70	-82	-62	-79	-88	-66	-83	-89
			-61	-68	-65	-78	-68	-62	-68	-75	-91	-79
			-76	-87	-67	-73	-80	-75	-80	-79	-65	-83
		7	-8	-42	-37	-43	-44	-54	-9	-41	-11	-31
			-48	-17	-35	-32	-11	-23	-6	-13	-29	-48
			-7	-52	-12	-15	-15	-54	-32	-17	-30	-49
		8	-29	-6	-29	-12	-21	-14	-11	-11	-44	-33
			-8	-21	-43	-13	-53	-17	-18	-53	-37	-13
			-6	-43	-13	-53	-39	-33	-54	-19	-7	-21
		9	8	12	-5	-19	3	11	11	7	-23	-10
			15	-1	12	13	-15	-12	-5	-17	19	-3
			-7	6	16	11	3	-8	-13	17	-1	16
		10	9	-1	-20	-10	8	-9	-24	11	-20	-16
			6	12	2	0	-1	-20	-1	-4	-22	19
			-9	-4	7	-10	-13	-3	6	-26	15	9

根据表 6.3.1-5 检测结果显示, 码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -123mV~22mV 范围内, 各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV, 锈蚀概率小于 10%, 对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现, 内部钢筋未发生锈蚀, 结合电位检测结果可以判断, 完好构件内部钢筋状态良好。

6.3.1.5 混凝土氯离子含量分布

按不同区域进行抽样, 本次氯离子含量分布情况抽检码头及引桥大气区各 10 组、浪溅区各 10 组、水位变动区各 10 组。各类构件氯离子含量检测结果见表 6.3.1-6。

表 6.3.1-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
大气区	1	0.0674	0.0068	0.0044	0.0048	0.0029	/	/
	2	0.0602	0.0079	0.0042	0.0038	0.0024	/	/
	3	0.0687	0.0058	0.0047	0.0039	0.0030	/	/
	4	0.0704	0.0075	0.0051	0.0041	0.0022	/	/
	5	0.0639	0.0073	0.0044	0.0045	0.0029	/	/

表 6.3.1-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件 类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
浪溅区	6	0.0662	0.0078	0.0047	0.0041	0.0029	/	/
	7	0.0701	0.0059	0.0058	0.0035	0.0025	/	/
	8	0.0640	0.0077	0.0048	0.0044	0.0032	/	/
	9	0.0611	0.0069	0.0042	0.0035	0.0020	/	/
	10	0.0698	0.0069	0.0054	0.0047	0.0030	/	/
水位变动区	1	0.1808	0.0434	0.0256	0.0135	0.0097	0.0034	0.0019
	2	0.1732	0.0402	0.0222	0.0126	0.0071	0.0046	0.0024
	3	0.1795	0.0436	0.0234	0.0178	0.0075	0.0060	0.0030
	4	0.1809	0.0365	0.0281	0.0161	0.0088	0.0053	0.0023
	5	0.1834	0.0445	0.0243	0.0176	0.0075	0.0052	0.0024
	6	0.1779	0.0394	0.0336	0.0123	0.0070	0.0035	0.0021
	7	0.1768	0.0320	0.0317	0.0187	0.0090	0.0054	0.0019
	8	0.1826	0.0364	0.0236	0.0197	0.0093	0.0042	0.0021
	9	0.1832	0.0323	0.0355	0.0201	0.0086	0.0046	0.0019
	10	0.1779	0.0480	0.0338	0.0156	0.0095	0.0061	0.0020

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)，钢筋发生腐蚀时钢筋界面处的氯离子含量临界值 C_t 在 0.065%~0.1% 范围，当钢筋位置处的氯离子含量达到临界值时，钢筋失去钝化保护，逐渐开始锈蚀。由表 6.3.1-6 检测结果分析，码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处 0.0%~0.0032% 范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

6.3.2 3千吨级油品码头

6.3.2.1 混凝土强度

(一) 回弹法检测

对3千吨级油品码头各类主要构件按2%不少于5组的比例进行回弹法强度抽检，本次混凝土强度共抽检码头面板5组、横梁5组、纵梁5组，共计15组。检测结果见表6.3.2-1。

表6.3.2-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
3千吨级油码头	面板	1	50.6	54.0	2.5	49.9	C40
			57.3				
			57.7				
			50.8				
			55.6				
		2	54.7				
			51.2				
			54.9				
			54.4				
			58.0				
		3	53.5				
			51.2				
			59.2				
			55.4				
			53.7				
		4	54.4				
			54.2				
			53.5				
			51.7				
			52.1				
		5	54.0				
			49.7				
			54.7				
			54.7				
			52.4				
	横梁	1	54.9	54.3	2.5	50.1	C40
			49.9				
			52.6				
			56.3				
			57.3				

表 6.3.2-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
纵梁	2	2	53.3	55.5	2.5	51.4	C40
			52.4				
			56.5				
			50.3				
			57.3				
		3	54.2				
			57.3				
			55.8				
			55.6				
			56.3				
		4	53.7				
			55.1				
			51.2				
			55.4				
			53.7				
		5	50.6				
			52.6				
			51.9				
			55.1				
			57.0				
		3	55.4	55.5	2.5	51.4	C40
			53.7				
			57.3				
			55.8				
			55.6				
			55.4				
			54.9				
			57.0				
			53.5				
			55.6				
		4	58.0				
			52.3				
			54.2				
			56.1				
			57.5				
		4	56.8				
			54.6				
			57.3				
			57.5				

表 6.3.2-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
		5	55.8				
			56.1				
			56.1				
			56.1				
			53.7				
			52.3				

由表 6.3.2-1 检测结果可知, 码头面板、横梁、纵梁混凝土强度推定值分别为 49.9MPa、50.1MPa、51.4MPa, 各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度, 满足原设计强度等级 C40 的要求。

(二) 取芯法检测

采用取芯法抽检 3 千吨级油码头横梁, 取检测结果见表 6.3.2-2。

表 6.3.2-2 取芯法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	抗压强度代表值(Mpa)	抗压强度代表值最小值(Mpa)	抗压强度代表值平均值(Mpa)	混凝土设计强度	合格判定
3 千吨级油码头	横梁	48.1	47.7	48.1	C40	48.1>40+4.5; 47.7>40-0.5*4.5;
		48.6				合格
		47.7				

根据表 6.3.2-2 检测结果显示, 所抽检的构件混凝土强度符合要求, 判定合格。

6.3.2.2 混凝土碳化深度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检混凝土碳化深度码头面板 5 组、横梁 5 组、纵梁 5 组, 共计 15 组。检测结果见表 6.3.2-3。

表 6.3.2-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值(mm)			平均值(mm)
			1	2	3	
3 千吨级油码头	面板	1	1.0	1.0	0.5	1.0
		2	0.5	0.5	1.0	
		3	0.5	1.0	1.5	
		4	1.5	0.5	1.0	
		5	0.5	1.5	1.0	
	横梁	1	0.5	1.0	1.0	1.0

表 6.3.2-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
3千吨级油码头	面板	2	1.0	1.0	0.5	0.5
		3	0.5	1.0	0.5	
		4	0.5	0.5	0.5	
		5	1.0	1.0	1.5	
		1	0.5	0.5	1.0	
	纵梁	2	1.0	0.5	0.5	0.5
		3	0.5	1.0	0.5	
		4	1.0	0.5	1.0	
		5	1.0	0.5	1.0	

根据表 6.3.2-3 检测结果显示，码头各类构件碳化深度均较小，平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm，远小于钢筋保护层厚度(50mm~100mm)。

6.3.2.3 钢筋保护层厚度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样，本次混凝土保护层厚度共抽检码头面板 5 组、横梁 5 组、纵梁 5 组，共计 15 组。检测结果见表 6.3.2-4。

表 6.3.2-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3千吨级油码头	面板	1	51	54	48	61	44	50	/	/	/	/	1. 设计值：50mm 2. 合格率： 88.3%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5 倍允许 负偏差 4. 判定结果：合 格
			47	49	56	61	57	43	/	/	/	/	
		2	59	49	53	55	50	43	/	/	/	/	
			58	47	44	62	48	52	/	/	/	/	
		3	51	61	50	51	52	56	/	/	/	/	
			61	61	43	56	49	49	/	/	/	/	
		4	56	49	61	55	49	53	/	/	/	/	
			52	48	44	55	57	60	/	/	/	/	
		5	59	44	54	62	46	50	/	/	/	/	
			48	57	59	56	54	50	/	/	/	/	
	横梁	1	104	111	107	103	108	104	/	/	/	/	1. 设计值：100mm 2. 合格率： 85.0%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5 倍允许 负偏差 4. 判定结果：合 格
			96	110	103	93	108	111	/	/	/	/	
		2	96	100	100	103	107	103	/	/	/	/	
			110	99	105	101	107	99	/	/	/	/	
		3	94	97	101	110	101	102	/	/	/	/	
			108	102	109	97	93	102	/	/	/	/	
		4	93	93	104	100	99	93	/	/	/	/	
			107	99	97	109	106	96	/	/	/	/	

表 6.3.2-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
纵梁	5	105	94	93	95	111	98	/	/	/	/	/	1. 设计值: 50mm 2. 合格率: 86.7% > 80% 3. 最大负偏差: 5mm < 1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果: 合格
		106	103	99	93	99	108	/	/	/	/	/	
	1	52	59	49	58	54	63	/	/	/	/	/	
		56	50	58	61	48	61	/	/	/	/	/	
	2	65	59	64	55	54	52	/	/	/	/	/	
		63	51	58	59	63	56	/	/	/	/	/	
	3	53	66	50	57	46	61	/	/	/	/	/	
		45	46	48	54	48	64	/	/	/	/	/	
	4	50	61	60	45	65	49	/	/	/	/	/	
		50	53	45	53	47	59	/	/	/	/	/	
	5	55	57	46	60	50	48	/	/	/	/	/	
		55	51	50	59	62	51	/	/	/	/	/	

根据表 6.3.2-4 检测结果显示, 码头各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 85.0%~88.3% 范围内, 最大负偏差为 7mm, 满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差 < 1.5 倍允许负偏差的要求, 判定合格。

6.3.2.4 钢筋腐蚀电位及构件内部钢筋锈蚀情况

按 5% 且不少于 10 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检钢筋腐蚀电位码头面板 10 组、横梁 7 组、纵梁 10 组, 共计 27 组。检测结果见表 6.3.2-5。

表 6.3.2-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)										
			-90	-60	-106	-108	-68	-35	-100	2	5	-35	
3 千吨级油码头	面板	1	-47	-69	-104	-106	6	-118	-10	13	-75	-74	
			-26	-121	-71	4	11	-33	-72	-29	-46	-108	
			-59	-25	-50	-51	-24	-24	-5	-102	13	-36	
		2	-92	-114	-45	3	-12	-110	14	-122	1	-101	
			-125	-111	-93	0	-117	-117	2	-66	-19	-19	
			-119	-89	-109	-5	-26	-83	-124	-113	-45	-22	
		3	-41	-112	-124	-79	-77	8	-5	-16	-40	-121	
			-61	-13	-45	5	-110	-125	3	-24	-117	-117	
			-97	-99	13	-82	-3	-100	-97	-46	-16	-75	
		4	-87	9	-30	-57	-80	-104	0	-35	-17	-110	
			-70	7	0	-111	-120	-124	-56	-27	-78	1	
			0	-102	-41	-113	-106	-84	-45	-72	-27	-5	
		5	-52	-114	-51	-89	-52	18	-49	5	-41	-54	

表 6.3.2-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
横梁	6	-112	-76	5	-52	-112	12	-37	-10	12	-76	
		16	-56	-25	19	-125	-16	-72	2	-56	-24	
		-111	-88	14	-70	-2	-30	-110	-123	7	-41	
		-8	-34	-122	19	-85	-97	14	-35	-23	-53	
		-28	-27	18	-23	-44	-62	-99	-80	-58	12	
		-93	-23	-56	-12	-82	-28	16	12	19	-55	
		-54	-47	-113	-26	-5	-40	-59	-61	16	-80	
		-71	-20	-23	-110	18	3	-25	-107	-61	-124	
		-50	-50	-102	-96	-82	-121	8	-118	-82	10	
		-101	-69	-67	-50	-118	-73	-91	-30	-6	-85	
	9	-50	-73	-119	-48	-9	17	12	-119	-27	16	
		-27	6	-101	9	-20	-51	6	-6	-19	3	
		-99	-27	-92	-83	-52	-56	-50	-41	9	0	
	10	-74	-90	-95	-42	-108	-18	-57	-21	-52	-48	
		-41	1	10	-72	-60	-107	-85	7	-94	3	
		-82	-80	-35	-26	-98	-96	-46	-13	-78	-87	
	3	-92	-13	-34	-51	-1	-102	-8	-93	2	1	
		5	-52	-51	-125	-62	-57	12	6	-61	-5	
		-55	-10	-54	-50	-58	18	-24	-84	-47	-49	
		-57	-38	-101	-114	-62	-86	-102	10	-107	-75	
		-69	9	-37	-119	12	-117	-92	-60	-93	-62	
		8	-54	-17	-105	-99	-104	-67	-57	8	-108	
		7	-12	-37	-86	-52	20	-78	18	-119	-61	
		-40	-26	-82	20	-59	-31	-12	-81	-69	-11	
		-92	-70	-55	1	-50	6	-70	-31	18	11	
		-118	-46	17	16	-65	-21	-56	7	-47	-121	
	4	2	-104	-94	-117	-45	1	-75	-33	-77	-33	
		-85	-24	-119	-45	-64	-113	-77	-35	-17	7	
		18	20	-72	-45	-25	-43	-99	-74	0	-117	
	5	-123	-9	-52	10	-34	-109	-48	-119	-122	19	
		-33	-2	-25	-61	-115	-92	-56	-54	-90	-31	
		4	-122	13	-44	-27	-101	-23	-89	18	-12	
	6	-96	-92	-102	20	-89	-40	-117	-43	-55	-26	
		-31	-49	-55	16	-105	-41	-16	-74	-36	-46	
		-117	-102	-104	-34	-73	-9	-71	-112	-50	-27	
	7	2	-15	-32	-113	-68	-85	-95	-80	-31	1	
		-35	-120	-101	2	1	-83	-63	-123	-94	3	
		-16	-36	-57	-109	-33	-96	-115	-46	-64	-99	
纵梁	1	-78	-109	9	-20	14	-80	-80	-114	-82	-92	
		-104	-49	-112	-82	-67	-110	-42	-61	-70	-36	

表 6.3.2-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
	2	-22	-66	11	-95	11	-89	-16	-74	-14	-46	
		-120	20	-85	-44	-80	-58	-99	-12	-81	-34	
		-64	-92	-84	-20	-21	6	-77	-121	-88	-37	
	3	-75	-75	-85	-40	5	14	-77	-86	-70	-47	
		-34	18	-106	-91	16	-101	-62	-121	-53	-7	
		-46	-60	-123	13	-86	-95	-8	9	-2	-42	
	4	16	-38	-41	-82	-54	6	-110	-67	-18	-101	
		-102	-77	-7	-93	-44	-33	-11	-31	-77	-30	
		-23	-53	16	-26	-98	-35	-88	19	-43	-44	
	5	-30	16	-114	-18	-83	-9	-50	18	5	-28	
		5	-29	-117	-73	17	-62	-111	-79	-124	-29	
		-48	-24	-97	-67	-94	-119	-90	6	0	-12	
	6	-22	-47	-56	15	-66	17	2	-36	-101	-96	
		-120	-48	-15	-121	-48	-1	-30	-99	-73	3	
		-33	-104	-49	-40	-31	2	-57	-32	-96	15	
	7	-33	-17	-105	-25	20	-56	-39	-86	-101	-73	
		-64	-30	-44	-64	-3	-57	-124	-49	-118	-16	
		-99	-61	-46	-110	-110	-34	-103	-37	-106	-57	
	8	-62	2	-117	-74	-79	-24	-100	-84	-24	6	
		-75	-122	-100	-72	-37	-64	18	1	-34	-52	
		-119	-90	-79	-107	-84	10	-99	-44	-75	-108	
	9	2	-65	-12	-48	-82	-115	-86	-98	-82	-4	
		-27	8	-107	-67	-79	-125	-86	-36	-17	-89	
		-62	18	-72	-96	-29	9	-37	-36	-113	-59	
	10	-3	17	-19	10	-69	-38	-40	-77	-2	-35	
		-108	-78	2	14	-9	15	-71	9	-63	-3	
		-43	-110	12	-36	-49	-14	-16	-98	-76	-31	

根据表 6.3.2-5 检测结果显示，码头抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -125mV~20mV 范围内，各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV，锈蚀概率小于 10%，对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现，内部钢筋未发生锈蚀，结合电位检测结果可以判断，完好构件内部钢筋状态良好。

6.3.2.5 混凝土氯离子含量分布

按不同区域进行抽样，本次氯离子含量分布情况抽检码头及引桥大气区各 10 组、浪溅区各 10 组、水位变动区各 10 组。各类构件氯离子含量检测结果见表 6.3.2-6。

表 6.3.2-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件 类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
大气区	1	0.0731	0.0066	0.0054	0.0042	0.0026	/	/
	2	0.0642	0.0074	0.0051	0.0043	0.0029	/	/
	3	0.0705	0.0078	0.0052	0.0041	0.0019	/	/
	4	0.0658	0.0076	0.0048	0.0041	0.0027	/	/
	5	0.0657	0.0070	0.0047	0.0041	0.0027	/	/
	6	0.0732	0.0070	0.0042	0.0040	0.0022	/	/
	7	0.0658	0.0075	0.0051	0.0041	0.0021	/	/
	8	0.0680	0.0066	0.0053	0.0046	0.0019	/	/
	9	0.0664	0.0073	0.0045	0.0040	0.0025	/	/
	10	0.0612	0.0078	0.0054	0.0047	0.0022	/	/
浪溅区	1	0.1873	0.0409	0.0274	0.0166	0.0093	0.0066	0.0043
	2	0.1804	0.0417	0.0268	0.0154	0.0096	0.0063	0.0036
	3	0.1772	0.0410	0.0282	0.0172	0.0090	0.0052	0.0034
	4	0.1742	0.0388	0.0295	0.0159	0.0094	0.0058	0.0042
	5	0.1867	0.0359	0.0282	0.0175	0.0078	0.0070	0.0034
	6	0.1820	0.0429	0.0297	0.0148	0.0073	0.0069	0.0046
	7	0.1759	0.0377	0.0279	0.0176	0.0073	0.0051	0.0037
	8	0.1882	0.0369	0.0312	0.0147	0.0103	0.0073	0.0033
	9	0.1736	0.0464	0.0272	0.0169	0.0072	0.0051	0.0041
	10	0.1831	0.0437	0.0317	0.0170	0.0085	0.0069	0.0036
水位变动区	1	0.1428	0.1379	0.0051	0.0020	0.0000	0.0000	0.0001
	2	0.1515	0.1354	0.0048	0.0017	0.0002	0.0001	0.0000
	3	0.1625	0.1366	0.0048	0.0020	0.0000	0.0003	0.0002
	4	0.1592	0.1339	0.0056	0.0015	0.0002	0.0003	0.0001
	5	0.1384	0.1327	0.0053	0.0011	0.0003	0.0000	0.0001
	6	0.1340	0.1407	0.0053	0.0014	0.0001	0.0000	0.0000
	7	0.1589	0.1376	0.0048	0.0010	0.0001	0.0002	0.0001
	8	0.1617	0.1419	0.0061	0.0014	0.0000	0.0001	0.0001
	9	0.1575	0.1372	0.0052	0.0015	0.0003	0.0000	0.0001
	10	0.1550	0.1378	0.0051	0.0018	0.0003	0.0002	0.0001

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304—2019)，钢筋发生腐蚀时钢筋界面处的氯离子含量临界值 C_t 在 0.065%~0.1% 范围，当钢筋位置处的氯离子含量达到临界值时，钢筋失去钝化保护，逐渐开始锈蚀。由表 6.3.2-6 检测结果分析，码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处 0.0%~0.0046% 范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

6.3.3 3万吨级液体化工码头

6.3.3.1 混凝土强度

(一) 回弹法检测

对3万吨级液体化工码头及引桥各类主要构件按2%不少于5组的比例进行回弹法强度抽检，本次混凝土强度共抽检码头面板5组、墩台5组、引桥面板5组、引桥墩5组，共计20组。检测结果见表6.3.3-1。

表6.3.3-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级	
3万吨级液体化工码头	面板	1	>60	/	/	>60	C50	
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		2	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		3	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		4	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		5	>60	/	/	59.4		
			>60					
			59.4					
			>60					
			>60					
	墩台	1	58.5	56.1	2.50	51.9	C40	
			55.8					
			53.2					
			55.8					
			56.1					

表 6.3.3-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
引桥	面板	2	58.0	/	/	>60	C50
			59.9				
			56.8				
			59.5				
			55.4				
		3	54.6				
			55.8				
			57.3				
			55.8				
			57.3				
		4	50.9				
			54.6				
			56.1				
			53.9				
			55.1				
		5	54.9				
			56.8				
			56.3				
			54.4				
			58.5				

表 6.3.3-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
引桥墩	5		>60				
			>60	/	/	>60	
			>60				
			>60				
			>60				
			>60				
	1		50.9	54.1	2.50	50.0	C40
			53.5				
			52.8				
			57.3				
			52.8				
	2		53.9				
			55.1				
			56.3				
			52.1				
			53.0				
	3		51.6				
			54.2				
			55.4				
			51.4				
			54.2				
	4		55.1				
			54.6				
			57.8				
			57.3				
			52.1				
	5		56.1				
			52.1				
			51.4				
			55.4				
			55.8				

由表 6.3.3-1 检测结果可知，码头面板、引桥面板混凝土强度推定值均大于 60MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C50 的要求；码头墩台混凝土强度推定值为 51.9MPa，引桥墩混凝土强度推定值为 50.0MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C40 的要求。

(二) 取芯法检测

采用取芯法抽检 3 万吨级液体化工码头墩台，取检测结果见表 6.3.3-2。

表 6.3.3-2 取芯法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	抗压强度代表值 (Mpa)	抗压强度代表值最小值 (Mpa)	抗压强度代表值平均值 (Mpa)	混凝土设计强度	合格判定
3 万吨级液体化工码头	墩台 1	50.4	49.9	50.4	C40	50.4>40+4.5; 49.9>40-0.5*4.5; 合格
		51.8				
		49.9				
	墩台 2	49.3	49.2	49.3	C40	49.3>40+4.5; 49.2>40-0.5*4.5; 合格
		49.6				
		48.7				

根据表 6.3.3-2 检测结果显示，所抽检的构件混凝土强度符合要求，判定合格。

6.3.3.2 混凝土碳化深度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样，本次共抽检混凝土碳化深度码头面板 5 组、墩台 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组，共计 20 组。检测结果见表 6.3.3-3。

表 6.3.3-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
3 万吨级液体化工码头	面板	1	0.5	1.0	1.0	1.0
		2	0.5	1.0	0.5	
		3	0.5	1.0	1.0	
		4	1.0	1.0	1.0	
		5	0.5	0.5	1.0	
	墩台	1	0.5	1.0	1.0	0.5
		2	0.5	1.0	0.5	
		3	0.5	0.5	1.0	
		4	0.5	0.5	1.0	
		5	1.0	0.5	0.5	
引桥	面板	1	0.5	1.0	0.5	0.5
		2	1.0	1.0	0.5	
		3	0.5	0.5	0.5	
		4	1.0	0.5	0.5	
		5	1.0	0.5	1.0	
	引桥墩	1	1.0	0.5	0.5	0.5

表 6.3.3-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
		2	0.5	0.5	0.5	
		3	0.5	0.5	0.5	
		4	1.0	0.5	0.5	
		5	0.5	0.5	0.5	

根据表 6.3.3-3 检测结果显示, 码头及引桥各类构件碳化深度均较小, 平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm, 远小于钢筋保护层厚度(75mm~100mm)。

6.3.3.3 钢筋保护层厚度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次混凝土保护层厚度共抽检码头面板 5 组、墩台 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组, 共计 20 组。检测结果见表 6.3.3-4。

表 6.3.3-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3 万 吨级 液体 化工 码头	面板	1	77	79	73	81	84	84	78	79	76	74	1. 设计值: 75mm 2. 合格率: 89.2%>80% 3. 最大负偏差: 7mm<1.5 倍允许负 偏差 4. 判定结果: 合格
			76	71	78	/	/	/	/	/	/	/	
			75	71	84	75	80	69	73	80	86	76	
			82	84	80	/	/	/	/	/	/	/	
		2	89	72	82	76	81	87	82	77	73	70	
			83	83	75	/	/	/	/	/	/	/	
			88	77	86	70	69	73	79	85	88	78	
			85	79	80	/	/	/	/	/	/	/	
		3	74	72	85	76	81	73	75	81	84	71	
			82	90	70	/	/	/	/	/	/	/	
			80	73	77	69	70	74	87	81	80	86	
			70	88	87	/	/	/	/	/	/	/	
		4	85	75	86	70	83	69	79	83	88	84	
			71	80	88	/	/	/	/	/	/	/	
			87	81	79	79	82	83	85	85	77	82	
			75	83	75	/	/	/	/	/	/	/	
		5	68	83	85	83	76	79	78	72	82	80	
			80	82	72	/	/	/	/	/	/	/	
			82	85	74	73	70	75	85	72	69	75	
			74	69	81	/	/	/	/	/	/	/	
	墩台	1	104	99	102	98	99	105	/	/	/	/	1. 设计值: 100mm 2. 合格率: 85.0%>80%
			103	116	101	105	103	94	/	/	/	/	
		2	108	99	105	110	106	97	/	/	/	/	

表 6.3.3-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
引桥	面板	3	94	109	100	103	106	99	/	/	/	/	3. 最大负偏差: 7mm<1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果: 合格
			101	98	113	108	95	100	/	/	/	/	
			116	100	111	93	111	94	/	/	/	/	
		4	96	108	99	108	99	97	/	/	/	/	
			103	100	104	115	110	108	/	/	/	/	
		5	106	106	109	93	106	111	/	/	/	/	
			106	112	110	108	96	104	/	/	/	/	
		1	87	87	85	79	74	73	89	74	71	85	1. 设计值: 75mm 2. 合格率: 90.8%>80% 3. 最大负偏差: 7mm<1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果: 合格
			73	78	71	/	/	/	/	/	/	/	
			79	80	73	74	74	69	79	88	85	80	
			82	87	76	/	/	/	/	/	/	/	
		2	70	84	70	84	72	79	76	74	81	76	
			73	81	84	/	/	/	/	/	/	/	
			77	80	71	78	83	81	68	79	80	75	
			89	83	89	/	/	/	/	/	/	/	
		3	71	82	83	77	85	83	79	85	83	85	
			84	83	73	/	/	/	/	/	/	/	
			74	68	73	87	73	69	80	73	82	80	
			74	79	79	/	/	/	/	/	/	/	
		4	72	79	82	88	77	80	70	81	83	85	
			76	69	76	/	/	/	/	/	/	/	
			83	83	73	83	87	72	84	81	71	82	
			87	74	76	/	/	/	/	/	/	/	
		5	72	87	81	86	84	87	70	76	79	87	
			69	79	84	/	/	/	/	/	/	/	
			86	88	77	68	80	74	80	77	75	86	
			81	77	83	/	/	/	/	/	/	/	
			105	104	110	105	114	98	99	111	113	110	
	引桥墩	1	104	105	98	105	/	/	/	/	/	/	1. 设计值: 100mm 2. 合格率: 87.1%>80% 3. 最大负偏差: 7mm<1.5 倍允许负偏差
			102	94	102	110	112	110	94	103	97	108	
			103	106	102	106	/	/	/	/	/	/	
			2	111	100	96	115	102	103	115	95	94	102

表 6.3.3-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	3	94	102	108	109	/	/	/	/	/	/	/	4. 判定结果: 合格
		111	97	104	111	95	100	108	97	99	109		
		113	96	95	106	/	/	/	/	/	/		
	4	112	108	99	100	110	102	114	105	104	113		
		105	116	110	112	/	/	/	/	/	/		
		112	102	99	103	93	102	101	102	97	99		
		98	111	104	98	/	/	/	/	/	/		
	5	96	103	98	107	108	109	100	109	107	105		
		99	97	108	102	/	/	/	/	/	/		
		99	96	93	111	101	107	102	115	105	100		
		103	111	102	116	/	/	/	/	/	/		
	6	102	99	96	101	104	113	96	103	116	97		
		101	98	99	96	/	/	/	/	/	/		
		109	108	105	105	103	98	101	110	106	93		
		95	111	100	104	/	/	/	/	/	/		

根据表 6.3.3-4 检测结果显示, 码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 85.0%~90.8% 范围内, 最大负偏差为 7mm, 满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差 < 1.5 倍允许负偏差的要求, 判定合格。

6.3.3.4 钢筋腐蚀电位及构件内部钢筋锈蚀情况

按 5% 且不少于 10 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检钢筋腐蚀电位码头面板 10 组、墩台 10 组、引桥面板 10 组、引桥墩 10 组, 共计 40 组。检测结果见表 6.3.3-5。

表 6.3.3-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
3 万 吨级 液体 化工 码头	面板	1	-40	-69	-63	-41	-76	-73	-76	-43	-43	-70
			-63	-55	-75	-47	-51	-47	-57	-51	-45	-58
			-54	-74	-19	-60	-66	-57	-63	-44	-41	-49
		2	-14	-6	-13	11	-11	-5	16	-16	6	9
			13	13	-4	9	9	-11	8	-18	1	3
			-17	-2	-3	-11	4	-3	12	3	11	-16
		3	-2	-32	-19	-13	-3	-26	-1	-11	-69	0
			1	-9	-24	-9	-78	-27	-23	-3	11	-13

表 6.3.3-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
墩台	4		-15	-20	-2	-26	-3	-14	-18	1	-25	0
		4	-110	-91	-106	-109	-98	-98	-94	-53	-85	-115
		4	-93	-72	-85	-118	-90	-94	-110	-116	-109	-95
		4	-87	-113	-113	-112	-105	-113	-94	-88	-95	-85
	5	5	-51	-53	-58	-73	-68	-68	-49	-65	-63	-56
		5	-60	-74	-56	-61	-73	-62	-48	-74	-50	-52
		5	-54	-56	-61	-59	-62	-58	-52	-76	-60	-76
	6	6	-111	-104	8	-91	6	-75	-33	-51	-26	-58
		6	-36	-65	-102	-99	-32	-2	-104	-76	-60	-64
		6	-10	-81	-97	-92	-78	-112	-67	-31	-11	-39
	7	7	-37	8	-40	-107	-98	-113	-92	-103	-46	-16
		7	-69	-57	-54	-46	-30	-28	-77	-9	-62	-10
		7	-115	-18	-52	10	-90	-1	-18	-17	-71	-15
	8	8	-95	-44	-64	-1	-59	-28	-54	-114	-108	-9
		8	-105	-85	-45	-88	-91	-96	-56	-72	-95	-29
		8	-113	-42	-50	-104	-12	-33	-26	-74	-82	2
	9	9	-30	7	5	-59	-81	-5	-89	-73	-53	-74
		9	-67	-77	-68	13	-2	-31	-112	-48	-15	-6
		9	-8	-102	-38	-49	-2	-24	-79	-64	-45	-44
	10	10	-71	-90	-26	-14	-70	-8	-46	-87	18	-78
		10	5	-5	-41	-60	16	-41	-90	-65	-53	-72
		10	-85	-86	-67	10	-11	-20	-85	-25	-42	-31
	墩台	1	7	-61	-113	-35	-34	-10	15	-18	-34	-73
			-107	-59	-105	-19	-26	-24	-68	15	9	-29
			16	-22	-26	10	-27	5	-117	8	-9	-55
		2	-11	-114	-92	-79	-113	-101	-68	9	-61	-93
			-90	-49	-66	-51	-23	-64	-31	-16	-14	-24
			-87	-77	-76	-96	-110	-70	16	14	-22	12
		3	0	-59	9	-38	20	-21	-73	-115	4	2
			-76	-89	-93	-43	-86	-29	-29	-91	-76	-35
			-70	-93	-63	-84	-109	-17	-35	-118	-69	-118
		4	-58	-25	-102	-39	-51	-67	-115	-64	17	1
			-27	-6	-7	-102	-109	-87	-79	-43	-20	-52
			-105	-84	-89	-88	-9	-18	-7	-89	-16	-51
		5	-118	-94	21	-19	-118	-82	-85	4	-91	-93
			-54	-78	-36	-15	-27	-95	-70	9	-43	-93
			-110	-107	-40	-2	-22	-14	15	-97	-50	-55
		6	-88	-100	-58	-33	-53	-81	20	-68	4	14
			-5	-16	-46	-51	0	-46	-39	3	-41	-16
			-33	-86	-111	-29	-40	-87	-115	-62	12	-117

表 6.3.3-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
引桥	面板	7	-89	-97	-92	-86	12	4	-81	-63	-64	-22
			-60	-4	-16	10	-40	-31	-102	-68	-104	-61
			-15	-91	-34	-54	-1	11	-97	5	-50	-89
		8	-40	-60	-82	-42	-106	-72	-33	-16	-85	20
			11	-62	-4	-12	-24	-57	-68	-72	-38	-51
			-105	-59	-107	-1	20	-113	8	17	-19	-62
		9	-46	-115	-15	-117	2	-69	-28	-57	-51	-47
			-108	-1	-90	-71	-20	-99	-18	-53	-13	2
			-29	-39	-1	-78	-105	-83	-49	-98	-101	-73
		10	-115	-82	0	-60	-30	-85	-118	19	9	-78
			-34	-106	-60	-112	-39	-3	-18	-71	-67	-94
			-88	6	-14	-38	6	-109	-115	-78	17	-19
引桥	面板	1	-41	-52	-110	-106	-38	-52	-82	-14	-53	-7
			-111	-26	-65	22	-106	4	-65	-22	-3	-13
			-66	19	-100	17	-30	-87	-1	-68	-21	-110
		2	-61	-98	-43	-14	-83	-100	-78	-50	-69	-58
			14	-25	-21	-106	-93	-5	-35	12	-10	8
			-53	-118	-115	14	-66	-69	-99	-97	-43	-122
		3	-85	-35	-51	-111	-121	-14	3	-101	-63	-103
			-34	-107	-33	-52	-110	-25	-78	-120	-82	-16
			-96	6	-112	-119	-116	-116	-105	-26	-113	-52
		4	-18	9	-89	11	-41	-107	-83	-65	-94	-85
			-56	-79	-30	10	19	-120	-10	8	-57	-98
			-50	-116	-17	17	16	-119	-98	-102	-118	-36
引桥	面板	5	-113	-23	-30	-49	-68	0	-27	-52	-62	22
			-44	-57	-120	-25	-5	3	7	-87	-58	-78
			-17	-1	-72	-47	-81	19	-26	-44	15	-41
		6	-114	-42	-47	-34	-24	9	22	7	-10	-75
			-73	-108	-39	-25	-24	-21	-59	-63	4	1
			-5	-90	-36	13	-42	-114	-80	-25	19	9
		7	-112	-16	-112	-109	-11	-111	-60	-22	-51	-51
			-79	-35	-93	-21	-46	-49	-12	-5	-27	-32
			-81	-39	-76	-109	-50	-77	-105	-114	-53	22
引桥	面板	8	10	7	-112	7	-8	-119	12	-96	-17	20
			-40	-59	-32	16	-77	6	7	-80	-64	-115
			-48	-93	-120	12	-100	-44	-83	-54	-72	20
		9	-73	-70	-12	-55	-95	-107	-81	-20	-118	-33
			-118	-68	-85	-65	-13	-97	-6	-24	-98	-102
			-5	-91	-69	-59	-40	-98	-20	-107	-51	-30
		10	-108	-112	13	-67	9	-6	8	-119	-44	-101

表 6.3.3-5 钢筋腐蚀电位检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
引桥墩			-35	-71	-40	-1	10	-30	-57	-13	-106	-10
			-68	-65	-56	4	-56	-35	-99	-30	-106	-32
	1		-23	-57	-64	-60	-110	-112	-13	-112	-96	-62
			-95	-3	-116	15	-17	-96	-16	-119	-75	-9
			-84	4	-73	-17	-13	13	-69	-84	-70	-18
	2		-90	-32	-6	-25	-49	-30	-114	-118	-10	-97
			-28	15	-69	-24	-50	-12	-30	-116	-11	-70
			15	-3	-22	10	-11	-6	-52	-69	-49	6
	3		-5	-107	-53	-27	-104	-51	-87	-11	-70	-50
			-98	-115	-37	-11	-75	-19	-55	-1	-119	-47
			-92	-74	-97	-22	-114	-110	-45	-7	-54	-4
	4		-18	-97	-88	-12	10	-103	-109	-85	-117	-106
			3	-55	-78	-82	-32	20	-66	-97	-42	4
			0	21	-14	-3	-83	-19	-28	18	-67	8
	5		-92	20	4	-84	5	-103	-118	-46	21	-22
			-59	-64	-68	-31	10	21	-1	-78	-97	-105
			-103	-97	18	8	-31	-88	-66	-113	-31	-17
	6		-76	-108	-94	-1	-15	-97	-77	-56	-9	-77
			-69	-104	-58	7	7	-75	-61	-16	5	-29
			-75	-58	-28	-110	-8	-40	13	22	-113	-84
	7		-96	-98	-35	-118	-82	-43	0	-68	-111	5
			-53	-78	-14	-18	-93	-53	-88	-106	-52	-110
			12	-103	-118	4	0	-61	-81	-51	-9	-21
	8		-56	-2	-65	12	-73	-13	-2	-61	-107	-91
			-70	-72	17	-89	-3	-95	-33	-75	-40	-70
			-100	-38	-83	9	-118	-50	-26	-35	-119	-38
	9		-104	-17	-102	-52	-1	-72	-82	2	-106	-34
			-52	-46	-61	-57	-13	-96	-57	-22	18	-77
			-107	-6	-14	-78	-22	-87	-34	-93	-39	-72
	10		-99	-115	-121	-89	18	-82	-58	-38	-85	-44
			-71	-81	-62	1	-21	-118	-99	-95	-111	-46
			-26	-100	-34	-94	-25	19	-24	-13	-96	-95

根据表 6.3.3-5 检测结果显示, 码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -122mV~22mV 范围内, 各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV, 锈蚀概率小于 10%, 对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现, 内部钢筋未发生锈蚀, 结合电位检测结果可以判断, 完好构件内部钢筋状态良好。

6.3.3.5 混凝土氯离子含量分布

按不同区域进行抽样，本次氯离子含量分布情况抽检码头及引桥大气区各 10 组、浪溅区各 10 组、水位变动区各 10 组。各类构件氯离子含量检测结果见表 6.3.3-6。

表 6.3.3-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
大气区	1	0.0689	0.0066	0.0041	0.0042	0.0021	0.0011	0.0004
	2	0.0659	0.0062	0.0055	0.0045	0.0017	0.0018	0.0015
	3	0.0717	0.0061	0.0040	0.0039	0.0019	0.0012	0.0005
	4	0.0625	0.0080	0.0047	0.0045	0.0017	0.0015	0.0006
	5	0.0641	0.0065	0.0042	0.0037	0.0028	0.0008	0.0014
	6	0.0657	0.0075	0.0043	0.0042	0.0025	0.0014	0.0012
	7	0.0709	0.0073	0.0043	0.0046	0.0019	0.0011	0.0008
	8	0.0662	0.0072	0.0039	0.0044	0.0029	0.0014	0.0012
	9	0.0714	0.0055	0.0044	0.0046	0.0022	0.0012	0.0009
	10	0.0703	0.0083	0.0040	0.0038	0.0026	0.0017	0.0015
浪溅区	1	0.1832	0.0408	0.0321	0.0152	0.0079	0.0036	0.0033
	2	0.1751	0.0448	0.0283	0.0164	0.0092	0.0040	0.0019
	3	0.1766	0.0451	0.0321	0.0184	0.0073	0.0041	0.0021
	4	0.1736	0.0342	0.0269	0.0128	0.0082	0.0056	0.0019
	5	0.1778	0.0458	0.0246	0.0165	0.0092	0.0061	0.0026
	6	0.1729	0.0428	0.0289	0.0118	0.0088	0.0046	0.0021
	7	0.1819	0.0418	0.0282	0.0132	0.0071	0.0060	0.0024
	8	0.1795	0.0374	0.0245	0.0198	0.0073	0.0036	0.0024
	9	0.1861	0.0353	0.0323	0.0200	0.0094	0.0061	0.0032
	10	0.1779	0.0413	0.0252	0.0151	0.0071	0.0042	0.0036
水位变动区	1	0.1397	0.1425	0.0032	0.0024	0.0011	0.0006	0.0002
	2	0.1452	0.1396	0.0037	0.0012	0.0003	0.0003	0.0000
	3	0.1402	0.1347	0.0027	0.0013	0.0008	0.0003	0.0002
	4	0.1494	0.1424	0.0031	0.0019	0.0014	0.0000	0.0005
	5	0.1476	0.1367	0.0039	0.0026	0.0007	0.0008	0.0002
	6	0.1481	0.1315	0.0040	0.0013	0.0011	0.0001	0.0002
	7	0.1466	0.1342	0.0025	0.0013	0.0013	0.0007	0.0003
	8	0.1429	0.1357	0.0043	0.0025	0.0008	0.0006	0.0000
	9	0.1448	0.1440	0.0026	0.0026	0.0013	0.0004	0.0001
	10	0.1486	0.1340	0.0029	0.0019	0.0015	0.0005	0.0003

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304—2019)，钢筋发生腐蚀时钢筋界面处的氯离子含量临界值 C_t 在 0.065%~0.1% 范围，当钢筋位置处的氯离子含量达到临界值时，钢筋失去钝化保护，逐渐开始锈蚀。由表

6.3.3-6 检测结果分析，码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处 0.0%~0.0036% 范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

6.3.4 3 千吨级燃料油码头

6.3.4.1 混凝土强度

(一) 回弹法检测

对 3 千吨级燃料油码头及引桥各类主要构件按 2% 不少于 5 组的比例进行回弹法强度抽检，本次混凝土强度共抽检码头面板 5 组、横梁 5 组、纵梁 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组，共计 25 组。检测结果见表 6.3.4-1。

表 6.3.4-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
3 千吨级燃料油码头	面板	1	54.0	54.6	2.50	50.4	C40
			54.0				
			54.9				
			53.0				
			55.8				
		2	52.6				
			55.8				
			53.0				
			56.1				
			54.9				
		3	54.2				
			57.7				
			55.4				
			58.5				
			54.2				
		4	54.4				
			51.7				
			54.9				
			53.7				
			56.5				
		5	54.9				
			49.2				
			54.7				
			54.9				
			54.7				
	横梁	1	52.1	53.4	2.50	49.3	C40
			53.5				

表 6.3.4-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
纵梁	2		51.5	53.5	2.50	49.4	C40
			52.1				
			55.6				
		3	51.5				
			57.5				
			55.4				
			53.5				
			54.2				
		4	48.8				
			55.6				
			51.7				
			49.4				
			54.7				
		5	57.3				
			54.9				
			55.1				
			51.2				
			51.9				
		1	54.7	53.5	2.50	49.4	C40
			51.5				
			52.1				
			52.5				
			49.8				
		2	54.4				
			57.0				
			52.1				
			52.5				
			55.8				
		3	55.1				
			56.3				
			55.4				
			53.7				
			50.9				
		4	54.9				
			55.6				
			52.3				
			53.2				
			51.4				

表 6.3.4-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级	
引桥	面板	5	55.1	/	/	>60	C50	
			51.6					
			55.1					
			52.5					
			55.8					
		1	51.1					
			55.6					
			53.7					
			47.5					
			>60					
		2	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		3	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		4	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
		5	>60	/	/	>60		
			>60					
			>60					
			>60					
			>60					
	引桥墩	1	53.5	56.1	2.50	52.0	C40	
			53.2					
			55.6					
			54.6					
			56.8					

表 6.3.4-1 回弹法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	测区强度代表值(MPa)	测区强度代表值的平均值(MPa)	测区强度标准差(MPa)	混凝土强度推定值(MPa)	设计强度等级
		2	58.0				
			53.9				
			57.8				
			53.9				
			58.3				
		3	57.8				
			55.6				
			57.3				
			57.8				
			55.6				
		4	55.6				
			58.0				
			55.8				
			58.0				
			53.9				
		5	54.9				
			53.9				
			59.3				
			59.8				
			53.7				

由表 6.3.4-1 检测结果可知，码头面板、码头横梁、码头纵梁、引桥墩混凝土强度推定值分别为 50.4MPa、49.3MPa、49.4MPa、52.0MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C40 的要求；引桥面板混凝土强度推定值大于 60MPa，混凝土强度推定值大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C50 的要求。

(二) 取芯法检测

采用取芯法抽检 3 千吨级燃料油码头横梁，取检测结果见表 6.3.4-2。

表 6.3.4-2 取芯法混凝土强度检测结果

单位工程	构件类型	抗压强度代表值(Mpa)	抗压强度代表值最小值(Mpa)	抗压强度代表值平均值(Mpa)	混凝土设计强度	合格判定
3 千吨级燃料油码头	横梁	49.1	47.1	49.1	C40	49.1>40+4.5;
		49.6				47.1>40-0.5*4.5;
		47.1				合格

根据表 6.3.4-2 检测结果显示, 所抽检的构件混凝土强度符合要求, 判定合格。

6.3.4.2 混凝土碳化深度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检混凝土碳化深度码头面板 5 组、横梁 5 组、纵梁 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组, 共计 25 组。检测结果见表 6.3.4-3。

表 6.3.4-3 混凝土碳化深度检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	碳化深度测试值 (mm)			平均值 (mm)
			1	2	3	
码头	面板	1	1.5	1.0	1.0	1.0
		2	0.5	0.5	1.0	
		3	1.0	0.5	1.0	
		4	0.5	1.5	0.5	
		5	1.0	0.5	1.0	
	横梁	1	0.5	0.5	0.5	1.0
		2	1.0	1.0	0.5	
		3	1.0	0.5	1.0	
		4	1.0	1.0	0.5	
		5	1.0	0.5	1.5	
	纵梁	1	1.0	0.5	1.0	0.5
		2	1.0	0.5	0.5	
		3	0.5	0.5	1.0	
		4	0.5	1.0	1.0	
		5	1.0	0.5	0.5	
引桥	面板	1	1.0	0.5	1.0	1.0
		2	0.5	1.0	0.5	
		3	0.5	1.0	1.0	
		4	1.0	1.5	1.5	
		5	1.0	1.0	1.0	
	引桥墩	1	0.5	0.5	0.5	0.5
		2	1.0	0.5	1.0	
		3	1.0	1.0	0.5	
		4	1.0	0.5	0.5	
		5	1.0	0.5	1.0	

根据表 6.3.4-3 检测结果显示, 码头及引桥各类构件碳化深度均较小, 平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm, 远小于钢筋保护层厚度(50mm~100mm)。

6.3.4.3 钢筋保护层厚度

按 2%且不少于 5 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样，本次混凝土保护层厚度共抽检码头面板 5 组、横梁 5 组、纵梁 5 组、引桥面板 5 组、引桥墩 5 组，共计 25 组。检测结果见表 6.3.4-4。

表 6.3.4-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
码头	面板	1	62	49	50	52	48	53	/	/	/	/	1. 设计值： 50mm 2. 合格率： 88.3%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果： 合格
			47	45	54	51	50	44	/	/	/	/	
		2	57	44	57	44	57	58	/	/	/	/	
			53	49	45	46	59	55	/	/	/	/	
		3	51	61	62	54	52	44	/	/	/	/	
			58	56	47	45	61	59	/	/	/	/	
		4	43	49	50	56	44	59	/	/	/	/	
			51	60	54	52	46	56	/	/	/	/	
		5	60	60	43	56	51	54	/	/	/	/	
			53	55	52	46	48	50	/	/	/	/	
纵梁	横梁	1	100	111	96	97	101	97	100	107	106	101	1. 设计值： 100mm 2. 合格率： 89.2%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果： 合格
			104	101	/	/	/	/	/	/	/	/	
			94	104	97	111	104	102	110	94	96	101	
			100	100	/	/	/	/	/	/	/	/	
		2	111	109	96	94	105	106	98	94	93	97	
			98	97	/	/	/	/	/	/	/	/	
			102	110	111	103	100	102	101	107	104	106	
			95	110	/	/	/	/	/	/	/	/	
		3	99	98	98	105	98	96	104	107	110	106	1. 设计值： 100mm 2. 合格率： 89.2%>80% 3. 最大负偏差： 7mm<1.5 倍允许负偏差 4. 判定结果： 合格
			102	105	/	/	/	/	/	/	/	/	
			99	107	95	104	107	111	93	109	93	96	
			104	102	/	/	/	/	/	/	/	/	
		4	103	94	97	95	99	98	100	98	111	100	
			104	108	/	/	/	/	/	/	/	/	
			101	105	103	106	94	107	105	96	101	93	
			104	100	/	/	/	/	/	/	/	/	
		5	103	103	103	105	97	93	109	99	102	100	1. 设计值： 70mm 2. 合格率：
			96	102	/	/	/	/	/	/	/	/	
			108	94	111	103	100	100	96	94	110	104	
			102	105	/	/	/	/	/	/	/	/	
	纵梁	1	73	71	68	79	68	71	/	/	/	/	1. 设计值： 70mm 2. 合格率：
			72	76	66	83	79	76	/	/	/	/	

表 6.3.4-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
面板	2	74	83	67	85	69	84	/	/	/	/	/	86.7%>80%
		77	68	71	82	72	84	/	/	/	/	/	3. 最大负偏差： 5mm<1.5 倍允许 负偏差
		85	68	81	67	73	76	/	/	/	/	/	4. 判定结果：合 格
		76	67	80	72	74	71	/	/	/	/	/	
		66	66	76	78	84	77	/	/	/	/	/	
	4	84	78	66	70	77	68	/	/	/	/	/	
		73	69	79	78	77	74	/	/	/	/	/	
	5	65	66	69	70	71	74	/	/	/	/	/	
		67	71	81	66	65	80	/	/	/	/	/	
		70	83	78	86	72	79	/	/	/	/	/	
		80	66	80	74	66	77	/	/	/	/	/	1. 设计值： 70mm 2. 合格率： 88.3%>80%
		84	68	74	65	80	66	/	/	/	/	/	3. 最大负偏差： 5mm<1.5 倍允许 负偏差
引桥	面板	72	76	66	76	85	74	/	/	/	/	/	4. 判定结果：合 格
		66	82	82	78	72	73	/	/	/	/	/	
		70	66	80	65	67	85	/	/	/	/	/	
		76	78	67	72	74	75	/	/	/	/	/	
		65	73	82	85	67	84	/	/	/	/	/	
		77	81	73	70	65	76	/	/	/	/	/	
	引桥墩	114	107	112	113	96	107	100	112	113	104		
		112	114	110	111	/	/	/	/	/	/		
		97	104	97	97	98	107	97	97	115	100		
		113	108	112	98	/	/	/	/	/	/		
		97	99	107	103	95	106	110	101	95	114		1. 设计值： 100mm 2. 合格率： 86.4%>80%
		104	113	98	112	/	/	/	/	/	/		3. 最大负偏差： 5mm<1.5 倍允许 负偏差
	3	115	110	111	108	108	100	108	105	102	96		4. 判定结果：合 格
		98	102	108	97	/	/	/	/	/	/		
		109	97	103	102	108	95	99	99	109	106		
		105	100	115	100	/	/	/	/	/	/		
		107	95	112	107	111	109	101	115	115	99		
		97	98	108	115	/	/	/	/	/	/		
	4	115	101	98	100	111	100	105	111	111	103		
		105	113	107	112	/	/	/	/	/	/		
		109	105	112	103	100	112	108	103	104	106		

表 6.3.4-4 钢筋保护层厚度检测结果

单位工程	构件类型	序号	保护层厚度 (mm)										备注
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	5	95	106	95	112	/	/	/	/	/	/	/	
		108	106	108	108	100	98	110	98	100	100	112	
		106	110	110	111	/	/	/	/	/	/	/	
		112	111	108	102	115	113	98	110	108	108	109	
		102	106	114	113	/	/	/	/	/	/	/	

根据表 6.3.4-4 检测结果显示, 码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 86.4%~89.2% 范围内, 最大负偏差为 7mm, 满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差 < 1.5 倍允许负偏差的要求, 判定合格。

6.3.4.4 钢筋腐蚀电位及构件内部钢筋锈蚀情况

按 5% 且不少于 10 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样, 本次共抽检钢筋腐蚀电位码头面板 10 组、横梁 8 组、纵梁 10 组、引桥面板 10 组、引桥墩 10 组, 共计 48 组。检测结果见表 6.3.4-5。

表 6.3.4-5 钢筋腐蚀电位检测结果

构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
码头面板	1	2	-83	11	11	-15	-93	-54	-2	-81	-78
		-120	6	-78	-55	-100	-89	-85	-88	-87	-14
		-82	-26	-14	6	-37	-106	-14	-2	-40	-118
	2	-80	-5	-14	-36	-97	-51	-73	-19	-49	11
		-76	-94	-101	-33	-102	-83	-96	-70	5	-35
		-45	-99	-105	-13	14	-57	14	-95	-54	-31
	3	-89	-54	-100	-95	-35	-65	-70	-44	-118	-102
		-46	-108	11	-94	-22	-43	-97	-14	9	3
		-93	-82	5	-15	-12	-31	-87	1	-21	-15
	4	-21	-58	-52	-14	-94	-38	-37	-28	-15	-44
		-62	-48	-15	0	-74	-56	-94	-74	-99	-41
		-44	-21	3	-15	-84	-28	-26	-17	-13	2
	5	-101	-71	-53	-85	-93	-36	-79	-47	-78	-31
		-3	-71	-51	-18	-7	-88	-24	-59	-2	-38
		5	-88	-78	-23	-84	-29	-54	-86	-81	-12
	6	-47	-70	-97	-112	-115	-108	-24	-21	-6	-4
		-39	-52	-101	-104	-20	-102	-56	-102	1	-35
		2	-114	13	-74	-30	-116	-21	-100	5	-22
	7	-97	-77	1	-115	-112	-98	-76	-62	-70	-108
		-12	16	-57	-69	3	-37	-93	-8	-46	-101

表 6.3.4-5 钢筋腐蚀电位检测结果

构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
码头横梁	8	-68	-65	-10	-99	-24	16	7	-37	-100	-76
		12	-44	-119	-109	-56	-87	-118	-56	-20	-14
		-93	-33	1	-19	-98	-106	-44	-83	-110	-112
		-88	-26	-18	-96	-113	-62	2	-110	-66	-117
	9	-56	-4	-112	-26	-36	-37	-36	-63	-3	-21
		-24	-78	-64	15	-7	-90	-31	-106	-44	-122
		-12	-10	-37	-33	2	-29	-29	-31	-20	-24
	10	-14	-62	-67	2	-28	-68	-20	-52	-41	-38
		-26	-107	-118	-88	-109	-55	-42	-51	-112	-89
		-67	-31	-39	-44	1	-43	8	1	-82	-75
	1	-84	-124	-66	-55	-50	-109	-3	-7	-62	-7
		-28	-101	-4	-100	-62	-47	-27	-92	-92	-46
		-46	-48	-29	-39	-46	-92	-45	-9	-52	-115
	2	-21	-26	-50	-134	6	-33	-121	-48	-113	6
		-134	-90	-66	-6	-97	-109	-92	-22	-128	-106
		-32	-73	-2	-132	-76	-117	-28	-23	-50	-47
	3	-6	-78	-31	-93	-109	-17	-100	3	-45	11
		-51	-19	-68	-81	-24	-67	-75	-94	-37	-72
		-3	-57	-49	-71	-70	-17	-66	-8	-84	-33
	4	-4	-87	-93	9	-74	-67	-41	-13	9	-72
		-35	-109	-3	-15	1	-81	-63	-11	-36	7
		-4	11	-105	-77	-30	-38	-102	2	-33	-88
	5	-75	-53	-66	-66	-71	-68	-4	-96	-55	-67
		-54	-11	-69	-40	-24	-5	-14	-1	-9	-91
		-50	-47	-65	-74	-61	-10	-101	-100	-74	-135
	6	-70	6	-3	-88	-29	-61	-44	-10	0	-36
		-107	-110	-108	-105	-123	-102	-118	-22	-74	-20
		-4	-49	-28	2	-44	-32	-89	-44	-42	13
	7	-35	1	-7	4	-108	-110	-97	-21	-101	-37
		-59	-86	-61	-1	-93	-81	-86	6	-101	-60
		-49	-17	-65	-45	-40	-98	-54	-20	-35	-122
	8	-15	-72	-76	-46	-55	-96	-47	2	-21	-101
		-64	-49	-28	5	-69	-107	-27	-97	-28	-43
		-93	-49	-88	-99	-112	-9	-59	-11	-117	-123
码头纵梁	1	-107	-23	-112	-13	-49	-74	-75	-122	-10	-121
		-54	-17	-41	-85	-29	-65	-29	-79	-11	7
		-81	-73	-83	-7	-8	-6	-9	-23	-52	-22
	2	-39	-36	-25	-119	-68	-83	-73	-15	-87	-2
		-111	-38	-102	-15	-90	-38	-39	-45	-108	-124
		-67	-13	-111	-120	-27	-72	-96	-55	-70	-52

表 6.3.4-5 钢筋腐蚀电位检测结果

构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
引桥面板	3	-99	-78	-40	-104	-81	-28	-26	-102	-65	-20
		-120	-11	-99	-80	10	-60	-114	-120	-19	-44
		-19	-20	-37	-61	-114	-98	3	-51	-29	-118
	4	-76	-100	-12	-19	-6	-110	-64	-58	7	-34
		-98	-36	-36	-47	-75	-38	-81	-24	-55	-118
		-33	-97	10	-52	-33	-57	-39	-56	-116	-116
	5	-1	-19	4	-67	-68	-30	-40	-37	-79	11
		-22	-5	8	18	-1	-6	-78	8	-1	-23
		-88	-29	-21	17	-58	-62	-32	-38	-73	-72
	6	-87	17	6	-49	-40	-18	-15	-35	2	-39
		-55	-98	18	-86	2	5	-27	-65	9	-34
		-23	-73	7	-19	-67	-74	-86	-21	-52	-87
	7	-58	6	1	-54	5	-49	-3	-67	-53	10
		5	-9	-28	-40	-46	11	12	-40	-55	-34
		-52	-69	-21	-62	-59	-50	4	-26	10	-11
	8	-54	-26	-62	-86	-103	-33	-110	-4	-40	-80
		-64	-52	-79	-17	-26	-2	-50	-77	-56	-34
		-83	-105	-82	-42	-5	-82	-91	5	-38	-37
	9	3	-38	-7	-82	-15	-40	-44	-68	-2	-74
		-109	-27	-103	-97	-84	-57	-14	-55	-77	-65
		11	-26	14	-36	-45	-52	-63	-70	-51	-52
	10	-1	-40	-33	7	-70	-20	-9	-80	-58	-92
		6	-64	12	-57	-110	-56	11	-102	-51	-60
		-83	-14	-39	-8	-108	-72	-3	-92	-12	8
引桥面板	1	-85	-97	-42	-88	-82	-90	-74	2	-49	-27
		-35	-10	-65	-12	-70	-28	-37	-68	13	15
		-18	-84	14	2	-29	-42	-98	-27	-60	-7
	2	-9	-33	-87	-7	-96	20	-98	-28	-90	-90
		-29	-98	-10	-28	-9	-88	17	-11	-22	-53
		-95	-36	21	0	-62	-94	-61	2	-30	-66
	3	-98	-87	-55	-40	-47	-38	-15	6	3	-14
		-34	-49	-49	-78	-90	-5	12	-21	-28	-12
		-68	-84	-73	-39	-81	-40	-98	-95	-66	-19
	4	1	-88	-68	8	-50	-6	11	7	-98	-15
		-88	-48	-94	-70	-80	-33	-70	0	-23	-70
		5	-22	-40	7	-51	-68	-86	11	10	18
	5	-42	-66	-109	-53	-62	18	-62	2	-89	-44
		-6	18	-28	-53	-47	-21	-67	-20	-98	-38
		-12	-74	-107	-68	-15	-53	-56	-42	-63	-7
	6	-10	-43	9	-18	12	21	-94	-28	-90	-12

表 6.3.4-5 钢筋腐蚀电位检测结果

构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
引桥墩	7	7	-2	-74	6	-18	-58	-81	17	17	-3
		-39	-23	14	-48	-97	-21	-40	-21	-51	-30
		-105	-99	-14	-46	-63	-13	-77	-53	17	-50
	8	-81	-81	-29	-82	-16	-22	-78	4	-6	-94
		-12	2	-30	-58	-33	-50	-50	9	-13	-100
	9	-19	-40	-86	-13	-92	-11	-97	-23	8	-70
		-112	-56	-33	-94	-38	-12	-53	4	-38	15
		-34	-102	-80	-43	-14	-38	14	-114	-42	18
	10	6	-12	-102	-35	-27	-32	11	11	-60	-47
		-12	-106	18	-33	-108	-92	-62	11	-30	-117
		-61	-24	-42	-84	-56	-19	3	4	-78	5
箱型梁	1	-75	-119	-93	-1	3	-21	-87	3	17	-93
		-10	-48	5	19	-24	-9	-57	-76	1	-34
		-73	-46	-108	-81	-54	-95	-119	13	16	-112
	2	-65	-45	-62	-60	-32	-98	-98	-91	7	-28
		-25	-78	-8	-85	-34	-59	-75	-60	-11	-58
		-55	-71	-14	-55	-90	-1	0	-31	-20	-69
	3	-80	-9	-55	-18	-57	-27	-68	-32	-79	-50
		-57	-9	2	-17	-96	-7	-53	-37	-3	-48
		-85	-17	-28	-7	-35	-74	-51	-37	7	11
	4	-30	-72	-74	-81	-101	8	-31	-50	10	-10
		-20	-87	-97	-27	-62	-58	-63	-48	8	-57
		-19	-41	-28	-26	-14	-78	-57	-40	-1	-33
	5	-37	-87	-48	-113	18	-95	-30	-98	-111	-67
		-77	-104	-13	15	-85	-61	-61	-28	7	-66
		-12	-17	-6	-22	-74	-16	16	-5	-6	-37
	6	-20	-60	-49	-26	-57	-19	-58	19	-13	-119
		-74	-13	-81	-40	4	-94	-50	-80	-67	4
		-97	-43	-16	-7	-102	-94	18	-32	1	-101
	7	-57	-28	-8	-67	-79	-118	-69	-106	-19	-79
		-65	17	-53	-97	-74	17	-62	-57	-5	-3
		-5	-9	18	-121	-76	-63	-46	8	12	-1
	8	-33	-50	-58	-104	-42	-10	-21	-87	5	-31
		-58	-59	-75	-15	-98	-65	1	-60	-45	-23
		-50	-96	-73	10	5	18	-73	-6	-24	-53
	9	-11	-114	-41	-43	-54	-64	-18	-45	0	-15
		-65	-4	-1	-36	-60	-3	-51	-4	-85	-72
		-72	-104	-19	-30	-62	-10	4	-112	11	-38

表 6.3.4-5 钢筋腐蚀电位检测结果

构件类型	构件编号	腐蚀电位实测值 (mV)									
		-60	-5	-98	-21	-20	7	-6	-78	-99	-43
10	-91	-64	-96	-50	-1	-18	-34	-19	-32	-25	
	-9	7	-70	-54	-43	-74	-19	-16	-9	-104	
	-33	-20	-32	-75	5	-15	-70	-67	-116	-33	

根据表 6.3.4-5 检测结果显示, 码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -135mV~21mV 范围内, 各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV, 锈蚀概率小于 10%, 对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现, 内部钢筋未发生锈蚀, 结合电位检测结果可以判断, 完好构件内部钢筋状态良好。

6.3.4.5 混凝土氯离子含量分布

按不同区域进行抽样, 本次氯离子含量分布情况抽检码头及引桥大气区各 10 组、浪溅区各 10 组、水位变动区各 10 组。各类构件氯离子含量检测结果见表 6.3.4-6。

表 6.3.4-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
大气区	1	0.0539	0.0072	0.0042	0.0044	0.0021	/	/
	2	0.0692	0.0126	0.0040	0.0036	0.0023	/	/
	3	0.0745	0.0163	0.0046	0.0042	0.0032	/	/
	4	0.0712	0.0105	0.0060	0.0038	0.0025	/	/
	5	0.0764	0.0087	0.0060	0.0036	0.0028	/	/
	6	0.0649	0.0182	0.0038	0.0042	0.0025	/	/
	7	0.0767	0.0072	0.0060	0.0045	0.0024	/	/
	8	0.0728	0.0100	0.0051	0.0036	0.0031	/	/
	9	0.0671	0.0126	0.0040	0.0035	0.0022	/	/
	10	0.0640	0.0100	0.0060	0.0040	0.0022	/	/
浪溅区	1	0.1432	0.0563	0.0280	0.0176	0.0116	0.0065	0.0078
	2	0.1584	0.0658	0.0277	0.0236	0.0104	0.0088	0.0033
	3	0.1605	0.0485	0.0317	0.0168	0.0118	0.0080	0.0042
	4	0.1737	0.0501	0.0299	0.0167	0.0107	0.0084	0.0069
	5	0.1724	0.0579	0.0307	0.0233	0.0098	0.0081	0.0071
	6	0.1732	0.0629	0.0283	0.0180	0.0114	0.0081	0.0047
	7	0.1789	0.0493	0.0298	0.0202	0.0088	0.0054	0.0034
	8	0.1747	0.0446	0.0313	0.0186	0.0104	0.0050	0.0059
	9	0.1585	0.0467	0.0275	0.0224	0.0081	0.0081	0.0060
	10	0.1524	0.0409	0.0276	0.0192	0.0101	0.0080	0.0039
水位变动区	1	0.1361	0.1116	0.0211	0.0013	0.0006	0.0002	0.0005

表 6.3.4-6 混凝土氯离子含量检测结果

构件类型	序号	不同深度的氯离子含量 (%)						
		5mm	15mm	25mm	35mm	45mm	55mm	65mm
	2	0.1718	0.1339	0.0074	0.0031	0.0004	0.0012	0.0007
	3	0.1547	0.0988	0.0089	0.0009	0.0022	0.0015	0.0007
	4	0.1430	0.1128	0.0137	0.0017	0.0010	0.0005	0.0001
	5	0.1430	0.1244	0.0270	0.0026	0.0013	0.0018	0.0005
	6	0.1397	0.1077	0.0039	0.0016	0.0017	0.0009	0.0002
	7	0.1401	0.1384	0.0093	0.0015	0.0026	0.0004	0.0004
	8	0.1438	0.1021	0.0131	0.0027	0.0026	0.0005	0.0007
	9	0.1465	0.1222	0.0274	0.0028	0.0014	0.0011	0.0001
	10	0.1414	0.1037	0.0266	0.0021	0.0019	0.0013	0.0006

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304—2019)，钢筋发生腐蚀时钢筋界面处的氯离子含量临界值 C_t 在 0.065%~0.1% 范围，当钢筋位置处的氯离子含量达到临界值时，钢筋失去钝化保护，逐渐开始锈蚀。由表 6.3.4-6 检测结果分析，码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处 0.0001%~0.0078% 范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

6.4 地基基础检测

6.4.1 斜桩倾斜度

本次抽检 5 万吨级油品码头及引桥基桩斜度 183 根，3 千吨级油品码头基桩斜度 34 根，3 万吨级液体化工码头及引桥基桩斜度 133 根，3 千吨级燃料油码头及引桥基桩斜度 95 根，检测结果见表 6.4-1~6.4-4。

表 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
1#系缆墩	1	1#	3.9:1	4.5:1	万吨级工作平台	93	24#	4.7:1	5:1
	2	2#	4.1:1	4.5:1		94	25#	6.6:1	6:1
	3	3#	4.4:1	4.5:1		95	26#	6.1:1	6:1
	4	4#	4.7:1	4.5:1		96	27#	6.2:1	6:1
	5	5#	4.4:1	4.5:1		97	28#	5.4:1	6:1
	6	6#	4.8:1	4.5:1		98	29#	6.5:1	6:1
	7	7#	4.7:1	4.5:1		99	30#	5.4:1	6:1
	8	8#	5.2:1	4.5:1		100	1#	4.7:1	4.5:1
1#人行桥墩	9	1#	4.1:1	4:1	3#靠船墩	101	2#	5.1:1	5:1
	10	2#	4:1	4:1		102	3#	4.3:1	4.5:1
	11	3#	4.6:1	4:1		103	4#	5.0:1	5:1
	12	4#	3.4:1	4:1		104	5#	4.6:1	4.5:1
2#系	13	1#	3.9:1	4:1		105	6#	4.5:1	4.5:1

表 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
缆墩	14	2#	6.2:1	6:1	4#靠船墩	106	7#	4.7:1	5:1
	15	3#	4.2:1	4:1		107	8#	4.9:1	5:1
	16	4#	3.8:1	4:1		108	9#	4.5:1	4.5:1
	17	5#	3.4:1	4:1		109	10#	4.4:1	4.5:1
	18	6#	3.4:1	4:1		110	11#	4.4:1	4.5:1
	19	7#	4.1:1	4:1		111	12#	4.5:1	4.5:1
	20	8#	3.3:1	4:1		112	13#	4.4:1	4.5:1
	21	9#	3.8:1	4:1		113	14#	4.3:1	4.5:1
	22	10#	3.4:1	4:1		114	15#	4.6:1	4.5:1
	23	11#	3.5:1	4:1		115	16#	4.8:1	4.5:1
	24	12#	3.5:1	4:1		116	17#	4.7:1	4.5:1
	25	13#	4.2:1	4:1		117	18#	6.2:1	6:1
	26	14#	4.2:1	4:1		118	19#	5.1:1	5:1
	27	1#	4.4:1	4.5:1		119	20#	5.1:1	5:1
	28	2#	5.2:1	5:1		120	21#	4.4:1	4.5:1
	29	3#	4.5:1	4.5:1		121	22#	5.9:1	6:1
	30	4#	5.2:1	5:1		122	1#	4.7:1	4:1
	31	5#	4.6:1	4.5:1		123	2#	3.4:1	4:1
	32	6#	4.7:1	4.5:1		124	3#	4.5:1	4:1
	33	7#	5.2:1	5:1		125	4#	3.7:1	4:1
	34	8#	4.9:1	5:1		126	5#	3.5:1	4:1
	35	9#	4.1:1	4.5:1		127	6#	4.6:1	5:1
	36	10#	4.8:1	4.5:1		128	7#	4.7:1	5:1
	37	11#	4.6:1	4.5:1		129	8#	3.4:1	4:1
	38	12#	4.5:1	4.5:1		130	9#	3.8:1	4:1
	39	13#	4.7:1	4.5:1		131	10#	3.9:1	5:1
	40	14#	3.8:1	4.5:1		132	11#	4.6:1	4:1
	41	15#	5.1:1	4.5:1		133	12#	3.3:1	4:1
	42	16#	4.7:1	4.5:1		134	13#	4.4:1	4:1
	43	17#	4.8:1	4.5:1		135	14#	3.8:1	5:1
	44	18#	5.6:1	6:1		136	15#	3.5:1	4:1
	45	19#	4.1:1	5:1		137	16#	4.4:1	4:1
	46	20#	5.1:1	5:1		138	17#	3.9:1	4:1
	47	21#	3.8:1	4.5:1		139	18#	4.2:1	4:1
	48	22#	6.5:1	6:1		140	19#	4.6:1	4:1
3#系缆墩	49	1#	4.6:1	4.5:1		141	20#	8.3:1	8:1
	50	2#	5.1:1	5:1		142	1#	3.4:1	4:1
	51	3#	4.3:1	4.5:1		143	2#	3.4:1	6:1
	52	4#	5.0:1	5:1		144	3#	3.3:1	4:1
	53	5#	4.2:1	4.5:1		145	4#	4.3:1	4:1

表 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
2#靠船墩	54	6#	4.2:1	4.5:1	2#人行桥墩	146	5#	3.3:1	4:1
	55	7#	4.8:1	5:1		147	6#	3.5:1	4:1
	56	8#	5.2:1	5:1		148	7#	3.9:1	4:1
	57	9#	4.3:1	4.5:1		149	8#	4.2:1	4:1
	58	10#	4.2:1	4.5:1		150	9#	4.1:1	4:1
	59	11#	4.3:1	4.5:1		151	10#	3.8:1	4:1
	60	12#	4.7:1	4.5:1		152	11#	4.2:1	4:1
	61	13#	4.3:1	4.5:1		153	12#	3.8:1	4:1
	62	14#	4.7:1	4.5:1		154	13#	3.4:1	4:1
	63	15#	4.5:1	4.5:1		155	14#	3.9:1	4:1
	64	16#	4.3:1	4.5:1		156	1#	4.2:1	4:1
	65	17#	4.5:1	4.5:1		157	2#	4:1	4:1
	66	18#	4.6:1	6:1		158	3#	4.7:1	4:1
	67	19#	5.1:1	5:1		159	4#	4.6:1	4:1
	68	20#	5.0:1	5:1	4#系缆墩	160	1#	4.5:1	4.5:1
	69	21#	4.2:1	4.5:1		161	2#	4.7:1	4.5:1
	70	22#	5.8:1	6:1		162	3#	4.4:1	4.5:1
万吨级工作平台	71	1#	4.6:1	4.5:1		163	4#	4.2:1	4.5:1
	72	2#	4.8:1	4.5:1		164	5#	4.9:1	4.5:1
	73	3#	5.5:1	6:1		165	6#	4.7:1	4.5:1
	74	4#	4.7:1	4.5:1		166	7#	4.7:1	4.5:1
	75	5#	3.9:1	4.5:1		167	8#	4.0:1	4.5:1
	76	6#	5:1	4.5:1	引桥	168	3-1#	4.3:1	4:1
	77	7#	4.4:1	4.5:1		169	3-2#	4.2:1	4:1
	78	8#	3.9:1	4.5:1		170	3-3#	3.5:1	4:1
	79	9#	4.6:1	4.5:1		171	3-4#	3.4:1	4:1
	80	10#	4:1	4.5:1		172	3-5#	4.5:1	4:1
	81	11#	3.9:1	4.5:1		173	4-1#	3.6:1	4:1
	82	12#	3.9:1	4.5:1		174	4-2#	3.5:1	4:1
	83	14#	4.7:1	4.5:1		175	4-3#	3.7:1	4:1
	84	15#	4:1	4.5:1		176	4-4#	3.5:1	4:1
	85	16#	4.9:1	4.5:1		177	4-5#	4.4:1	4:1
	86	17#	4.3:1	4.5:1		178	5-1#	3.4:1	4:1
	87	18#	5.1:1	4.5:1		179	5-2#	3.8:1	4:1
	88	19#	4:1	6:1		180	5-3#	4.1:1	4:1
	89	20#	5.1:1	4.5:1		181	5-4#	4:1	4:1
	90	21#	3.9:1	4.5:1		182	5-5#	3.9:1	4:1
	91	22#	4.8:1	4.5:1		183	5-6#	3.7:1	4:1
	92	23#	4.2:1	4.5:1					

由表 6.4-1 检测结果显示，斜桩倾斜度实测值与设计值基本一致。

表 6.4-2 3 千吨级油品码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
3000 吨级 工作 平台	1	1-A1#	3.9:1	4:1	5#系 缆墩	18	7-D ₂ 7#	4.6:1	4:1
	2	1-A ₁ 1#	3.9:1	4:1		19	1#	3.7:1	4:1
	3	1-D ₁ 1#	3.9:1	4:1		20	2#	4.4:1	4:1
	4	1-D21#	3.4:1	4:1		21	3#	3.9:1	4:1
	5	2-C2#	3.7:1	4:1		22	4#	3.3:1	4:1
	6	2-E2#	3.6:1	4:1		23	5#	4.7:1	4:1
	7	3-C3#	4.7:1	4:1	6#系 缆墩	24	1#	3.5:1	4:1
	8	3-E3#	3.7:1	4:1		25	2#	3.9:1	4:1
	9	4-C4#	5.5:1	5:1		26	3#	4.5:1	4:1
	10	4-E4#	4.2:1	4:1		27	4#	4.6:1	4:1
	11	5-C5#	3.6:1	4:1		28	5#	3.4:1	4:1
	12	5-E5#	4:01	4:1	7#系 缆墩	29	1#	4.2:1	4:1
	13	6-C6#	3.4:1	4:1		30	2#	4.3:1	4:1
	14	6-E6#	4.7:1	4:1		31	3#	4.3:1	4:1
	15	7-A7#	3.7:1	4:1		32	4#	4.6:1	4:1
	16	7-A ₁ 7#	3.6:1	4:1		33	5#	4.4:1	4:1
	17	7-D ₁ 7#	4.7:1	4:1		34	6#	3.3:1	4:1

由表 6.4-2 检测结果显示，斜桩倾斜度实测值与设计值基本一致。

表 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
8#系缆墩	1	1#	6:1	5:1	万吨级 工作平 台	68	6#	4.1:1	4.5:1
	2	2#	5.2:1	5:1		69	7#	5:1	4.5:1
	3	3#	4.7:1	5:1		70	8#	4.6:1	4.5:1
	4	4#	4.3:1	5:1		71	9#	5.3:1	4.5:1
	5	5#	5.3:1	5:1		72	10#	5.4:1	4.5:1
	6	6#	5.6:1	5:1		73	11#	4.8:1	4.5:1
	7	7#	5.8:1	5:1		74	12#	5.2:1	4.5:1
	8	8#	4.2:1	5:1		75	14#	5.3:1	4.5:1
3#人行 桥墩	9	1#	4.5:1	5:1		76	15#	4.6:1	4.5:1
	10	2#	5.7:1	5:1		77	16#	4.1:1	4.5:1
9#系 缆墩	11	1#	4.9:1	5:1		78	17#	4:1	4.5:1
	12	2#	5.5:1	5:1		79	18#	4.7:1	4.5:1
	13	3#	5.4:1	5:1		80	19#	5.6:1	6:1
	14	4#	4.7:1	5:1		81	20#	4.4:1	4.5:1
	15	5#	4.4:1	5:1		82	21#	4.9:1	4.5:1
	16	6#	4.9:1	5:1		83	22#	5.3:1	4.5:1

表 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
5#靠船墩	17	7#	5.2:1	5:1	综合楼平台	84	23#	4.6:1	4.5:1
	18	8#	4.3:1	5:1		85	24#	4.8:1	5:1
	19	1#	5.4:1	6:1		86	25#	6.6:1	6:1
	20	2#	4.4:1	5:1		87	26#	5.3:1	4.5:1
	21	3#	5.7:1	6:1		88	27#	5.7:1	6:1
	22	4#	4.3:1	5:1		89	28#	6.4:1	6:1
	23	5#	5.3:1	6:1		90	29#	7:1	6:1
	24	6#	4.7:1	4.5:1		91	30#	6.2:1	6:1
	25	7#	5.7:1	5:1		92	1#	6.5:1	6:1
	26	8#	4.5:1	5:1		93	2#	5.5:1	6:1
	27	9#	5.2:1	4.5:1		94	3#	5.3:1	4.5:1
	28	10#	3.9:1	4.5:1		95	4#	5.2:1	4.5:1
	29	11#	4.7:1	4.5:1		96	5#	3.7:1	4.5:1
	30	12#	5:1	4.5:1		97	6#	4:1	4.5:1
	31	13#	5.4:1	4.5:1		98	7#	5.2:1	6:1
	32	14#	4.8:1	4.5:1		99	8#	7.7:1	9:1
	33	15#	4.4:1	4.5:1		100	9#	6.6:1	6:1
	34	16#	4.8:1	4.5:1		101	10#	5.2:1	6:1
	35	17#	5.1:1	4.5:1		102	11#	6.3:1	6:1
	36	18#	5.3:1	6:1		103	12#	6.1:1	6:1
	37	19#	4.3:1	5:1		104	13#	5.7:1	6:1
	38	20#	4.4:1	5:1		105	14#	5.2:1	4.5:1
6#靠船墩	39	21#	5.4:1	4.5:1	7#靠船墩	106	1#	6.9:1	6:1
	40	22#	5.2:1	6:1		107	2#	7.2:1	6:1
	41	1#	6.6:1	6:1		108	3#	6.2:1	6:1
	42	2#	4.7:1	5:1		109	4#	5.5:1	6:1
	43	3#	6.6:1	6:1		110	5#	5.1:1	6:1
	44	4#	4.5:1	5:1		111	6#	5:1	6:1
	45	5#	5.4:1	6:1		112	7#	5.5:1	6:1
	46	6#	4.8:1	4.5:1		113	8#	6.5:1	6:1
	47	7#	5.7:1	5:1		114	9#	7.2:1	6:1
	48	8#	4.3:1	5:1		115	10#	5.7:1	6:1
	49	9#	4.1:1	4.5:1		116	11#	7.1:1	8:1
	50	10#	5.0:1	4.5:1		117	12#	6.4:1	6:1
	51	11#	4.3:1	4.5:1		118	13#	5.5:1	6:1
	52	12#	5.1:1	4.5:1		119	14#	8.9:1	8:1
	53	13#	4.2:1	4.5:1	引桥	120	2-1#	7.2:1	6:1
	54	14#	4.8:1	4.5:1		121	2-2#	6.1:1	6:1
	55	15#	4.9:1	4.5:1		122	2-3#	6.5:1	6:1
	56	16#	5.3:1	4.5:1		123	2-4#	5.1:1	6:1

表 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
万吨级工作平台	57	17#	4.7:1	4.5:1		124	2-5#	5.6:1	6:1
	58	18#	5.4:1	6:1		125	3-1#	7.4:1	6:1
	59	19#	4.3:1	5:1		126	3-2#	6.2:1	6:1
	60	20#	5.2:1	5:1		127	3-3#	6.4:1	6:1
	61	21#	4:1	4.5:1		128	3-4#	7:1	6:1
	62	22#	6.3:1	6:1		129	3-5#	6.2:1	6:1
	63	1#	5.2:1	4.5:1		130	4-1#	4.9:1	6:1
	64	2#	4.6:1	4.5:1		131	4-2#	5.8:1	6:1
	65	3#	6.7:1	6:1		132	4-3#	5.3:1	6:1
	66	4#	5:1	4.5:1		133	4-4#	4.9:1	6:1
	67	5#	4.1:1	4.5:1					

由表 6.4-3 检测结果显示，斜桩倾斜度实测值与设计值基本一致。

表 6.4-4 3 千吨级燃料油码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
码头	1	1-1#	5.1:1	4.5:1	引桥	49	1-3#	3.8:1	4.5:1
	2	1-2#	4.5:1	4.5:1		50	1-4#	3.7:1	4.5:1
	3	1-3#	3.8:1	4.5:1		51	2-1#	5.1:1	4.5:1
	4	1-4#	5.2:1	4.5:1		52	2-2#	5.1:1	4.5:1
	5	1-5#	5.3:1	4.5:1		53	2-3#	4.2:1	4.5:1
	6	2-2#	4.5:1	4.5:1		54	2-4#	3.8:1	4.5:1
	7	2-3#	4.5:1	4.5:1		55	3-1#	4.4:1	4.5:1
	8	2-4#	5.3:1	4.5:1		56	3-2#	5.2:1	4.5:1
	9	3-2#	4.7:1	4.5:1		57	3-3#	3.9:1	4.5:1
	10	3-3#	4.5:1	4.5:1		58	3-4#	4.4:1	4.5:1
	11	3-4#	3.7:1	4.5:1		59	4-1#	3.9:1	4.5:1
	12	4-2#	5.5:1	5:1		60	4-2#	4.9:1	4.5:1
	13	4-3#	6.6:1	6:1		61	4-3#	3.7:1	4.5:1
	14	4-4#	5.2:1	5:1		62	4-4#	4.1:1	4.5:1
	15	5-2#	4.9:1	5:1		63	5-1#	4.6:1	4.5:1
	16	5-3#	4.8:1	5:1		64	5-2#	5.1:1	4.5:1
	17	5-4#	6.2:1	6:1		65	5-3#	5.1:1	4.5:1
	18	6-2#	4.3:1	4.5:1		66	5-4#	3.7:1	4.5:1
	19	6-3#	5.3:1	5:1		67	6-1#	4.4:1	4.5:1
	20	6-4#	4.6:1	4.5:1		68	6-2#	3.7:1	4.5:1
	21	7-2#	4.9:1	4.5:1		69	6-3#	4.4:1	4.5:1
	22	7-3#	5.4:1	5:1		70	6-4#	5.3:1	4.5:1
	23	7-4#	4.7:1	4.5:1		71	7-1#	4.1:1	4.5:1
	24	8-1#	4.9:1	4.5:1		72	7-2#	4.5:1	4.5:1

表 6.4-4 3 千吨级燃料油码头基桩斜度实测值

检测部位	编号	桩号	实测值	设计值	检测部位	编号	桩号	实测值	设计值
1#系 缆墩	25	8-2#	3.8:1	4.5:1		73	7-3#	5:1	4.5:1
	26	8-3#	5.3:1	5:1		74	7-4#	4.5:1	4.5:1
	27	8-4#	3.7:1	4.5:1		75	8-1#	4.5:1	4.5:1
	28	8-5#	5.2:1	4.5:1		76	8-2#	4.4:1	4.5:1
	29	1#	3.8:1	4.5:1		77	8-3#	5.2:1	4.5:1
	30	2#	4.1:1	4.5:1		78	8-4#	5.3:1	4.5:1
	31	3#	3.8:1	4.5:1		79	9-1#	4.7:1	4.5:1
	32	4#	5.1:1	4.5:1		80	9-2#	4.2:1	4.5:1
	33	5#	4.2:1	4.5:1		81	9-3#	5.1:1	4.5:1
	34	6#	4.5:1	4.5:1		82	9-4#	4.1:1	4.5:1
2#系 缆墩	35	1#	4.8:1	4.5:1		83	10-1#	3.7:1	4.5:1
	36	2#	4.7:1	5:1		84	10-2#	4.7:1	4.5:1
	37	3#	4.3:1	4.5:1		85	10-3#	3.8:1	4.5:1
	38	4#	4.7:1	4.5:1		86	10-4#	4.8:1	4.5:1
3#系 缆墩	39	1#	4.1:1	4.5:1		87	11-1#	3.9:1	4.5:1
	40	2#	4.5:1	5:1		88	11-2#	5.1:1	4.5:1
	41	3#	3.7:1	4.5:1		89	11-3#	3.8:1	4.5:1
	42	4#	4.7:1	4.5:1		90	11-4#	4.1:1	4.5:1
4#系 缆墩	43	1#	4.3:1	4.5:1		91	12-1#	4.3:1	4.5:1
	44	2#	4:1	4.5:1		92	12-2#	5.5:1	5:1
	45	3#	5.3:1	4.5:1		93	12-3#	3.9:1	4.5:1
	46	4#	3.7:1	4.5:1		94	12-4#	3.9:1	4.5:1
	47	5#	3.8:1	4.5:1		95	12-5#	4.3:1	4.5:1
	48	6#	4.3:1	4.5:1					

由表 6.4-4 检测结果显示，斜桩倾斜度实测值与设计值基本一致。

6.4.2 混凝土基桩完整性检测

按照 20%抽检比例对码头和引桥基桩进行完整性抽检，本次检测 5 万吨级油品码头基桩 34 根、引桥基桩 5 根，总计 39 根，其中 I 类桩有 37 根，II 类桩有 2 根，无III类桩和IV类桩；3 千吨级油码头基桩 10 根，均为 I 类桩；3 万吨液体化工码头基桩 20 根、引桥基桩 7 根，总计 27 根，其中 I 类桩有 25 根，II 类桩有 2 根，无III类桩和IV类桩；3 千吨级燃料油码头基桩 11 根、引桥基桩 10 根，总计 21 根。均为 I 类桩。基桩检测结果汇总见表 6.4-5，实测波形图见图 6.4-1~6.4-4。

表 6.4-5 基桩完整性检测结果汇总表

单位工程	检测部位	序号	桩号	桩型	桩长(m)	完整性描述	完整性分类
5 万吨 级油 品码 头	1#靠船墩	1	1	Φ1200mm 大管桩	44.1	完整	I
		2	2	Φ1200mm 大管桩	46.5	完整	I
		3	3	Φ1200mm 大管桩	48.5	完整	I
		4	6	Φ1200mm 大管桩	49.5	完整	I
		5	7	Φ1200mm 大管桩	45.5	完整	I
		6	10	Φ1200mm 大管桩	45.5	完整	I
		7	12	Φ1200mm 大管桩	48.5	完整	I
		8	17	Φ1200mm 大管桩	48.5	完整	I
	1#人行桥墩	9	2	600mm×600mm 方桩	39	完整	I
		10	3	600mm×600mm 方桩	38	完整	I
	1#系缆墩	11	1	Φ1200mm 大管桩	32.1	完整	I
		12	8	Φ1200mm 大管桩	34.1	完整	I
	2#靠船墩	13	2	Φ1200mm 大管桩	56.5	测点下 8.0m 处轻微缺陷	II
		14	12	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		15	19	Φ1200mm 大管桩	52.5	完整	I
	2#系缆墩	16	6	Φ1200mm 大管桩	39	完整	I
		17	10	Φ1200mm 大管桩	38	测点下 4.8m 处轻微缺陷	II
	3#靠船墩	18	5	Φ1200mm 大管桩	60.5	完整	I
		19	11	Φ1200mm 大管桩	58	完整	I
		20	12	Φ1200mm 大管桩	58	完整	I
		21	15	Φ1200mm 大管桩	58	完整	I
		22	16	Φ1200mm 大管桩	58	完整	I
	3#系缆墩	23	1	600mm×600mm 方桩	53	完整	I
		24	4	600mm×600mm 方桩	53	完整	I
	万吨级工作平台	25	3	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		26	4	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		27	9	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		28	14	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		29	16	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I

表 6.4-5 基桩完整性检测结果汇总表

单位工程	检测部位	序号	桩号	桩型	桩长(m)	完整性描述	完整性分类
3千吨级油码头	引桥	30	19	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		31	23	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		32	24	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		33	26	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
		34	29	Φ1200mm 大管桩	58.5	完整	I
	千吨级工作平台	35	2-1	600mm×600mm 方桩	38	完整	I
		36	2-5	600mm×600mm 方桩	38	完整	I
		37	3-4	600mm×600mm 方桩	43	完整	I
		38	3-5	600mm×600mm 方桩	46	完整	I
		39	4-5	600mm×600mm 方桩	53	完整	I
3万吨液体化工码头	7#系缆墩	40	1-A1	600mm×600mm 方桩	49.5	完整	I
		41	1-B1	600mm×600mm 方桩	48.5	完整	I
		42	2-A2	600mm×600mm 方桩	48	完整	I
		43	2-B2	600mm×600mm 方桩	48.5	完整	I
		44	3-C3	600mm×600mm 方桩	48	完整	I
		45	4-A4	600mm×600mm 方桩	46	完整	I
		46	4-B4	600mm×600mm 方桩	46.5	完整	I
		47	5-B5	600mm×600mm 方桩	46.5	完整	I
		48	5-C5	600mm×600mm 方桩	48	完整	I
		49	2	600mm×600mm 方桩	50	完整	I
	万吨级工作平台	50	8	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		51	17	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		52	1	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		53	10	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		54	19	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		55	5	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		56	7	Φ1200mm 大管桩	56.5	完整	I
		57	2	Φ1200mm 大管桩	48.1	测点下 6.1m 处轻微缺陷	II
		58	5	Φ1200mm 大管桩	48.1	完整	I
		59	8	Φ1200mm 大管桩	48.1	完整	I
	引桥	60	13	Φ1200mm 大管桩	51.1	完整	I
		61	17	Φ1200mm 大管桩	46.1	测点下 8.1m 处轻微缺陷	II
		62	19	Φ1200mm 大管桩	50.1	完整	I
		63	20	Φ1200mm 大管桩	51.1	完整	I
		64	23	Φ1200mm 大管桩	48.1	完整	I
		65	25	Φ1200mm 大管桩	53.1	完整	I
		66	28	Φ1200mm 大管桩	49.1	完整	I
		67	3-3	Φ800PHC 桩	41	完整	I
		68	3-4	Φ800PHC 桩	41	完整	I

表 6.4-5 基桩完整性检测结果汇总表

单位工程	检测部位	序号	桩号	桩型	桩长(m)	完整性描述	完整性分类
综合楼		69	3-5	Φ800PHC 桩	41	完整	I
		70	4-1	Φ800PHC 桩	44	完整	I
		71	4-3	Φ800PHC 桩	44	完整	I
		72	4-4	Φ800PHC 桩	45	完整	I
		73	4-5	Φ800PHC 桩	45	完整	I
		74	-2	Φ800PHC 桩	47	完整	I
		75	5	Φ800PHC 桩	42	完整	I
		76	12	Φ800PHC 桩	47	完整	I
3千吨级燃料油码头	1#系缆墩	77	5	Φ800PHC 桩	55	完整	I
		78	6	Φ800PHC 桩	55	完整	I
	2#系缆墩	79	3	Φ800PHC 桩	55	完整	I
	千吨级工作平台	80	3-1	Φ800PHC 桩	56	完整	I
		81	3-4	Φ800PHC 桩	56	完整	I
		82	4-2	Φ800PHC 桩	57	测点下 8.1m 处轻微缺陷	II
		83	4-3	Φ800PHC 桩	57	完整	I
		84	5-2	Φ800PHC 桩	57	完整	I
		85	5-4	Φ800PHC 桩	56	完整	I
		86	6-2	Φ800PHC 桩	57	完整	I
		87	7-4	Φ800PHC 桩	57	完整	I
	引桥	88	3-1	Φ800PHC 桩	51	完整	I
		89	4-4	Φ800PHC 桩	51	完整	I
		90	5-2	Φ800PHC 桩	47	完整	I
		91	5-4	Φ800PHC 桩	47	完整	I
		92	6-3	Φ800PHC 桩	47	完整	I
		93	7-2	Φ800PHC 桩	49	完整	I
		94	7-3	Φ800PHC 桩	49	完整	I
		95	8-2	Φ800PHC 桩	49	完整	I
		96	9-3	Φ800PHC 桩	47	完整	I
		97	11-2	Φ800PHC 桩	47	完整	I

低应变基桩完整性检测附图

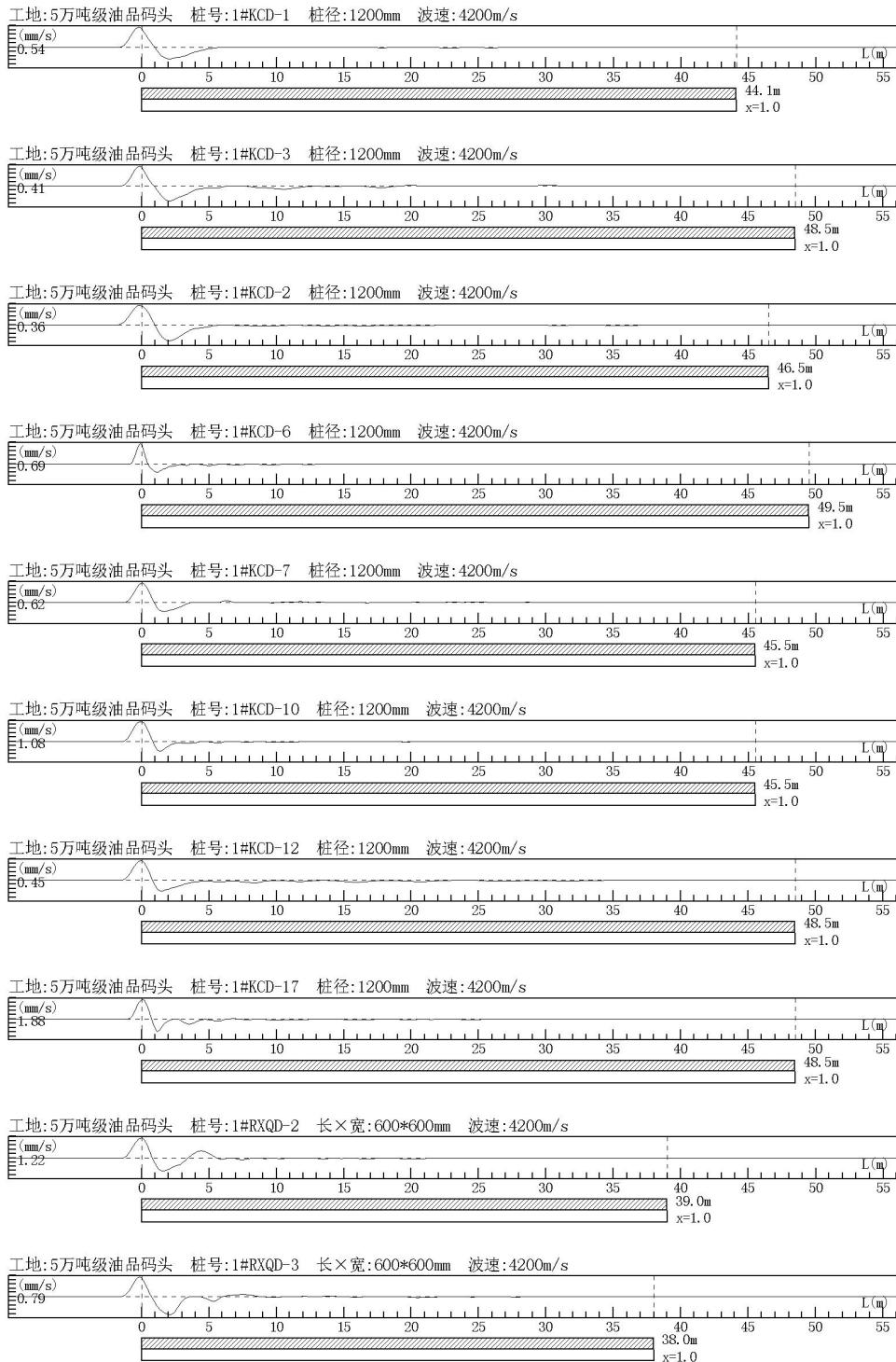


图 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩桩身完整性实测曲线 (1)

低应变基桩完整性检测附图

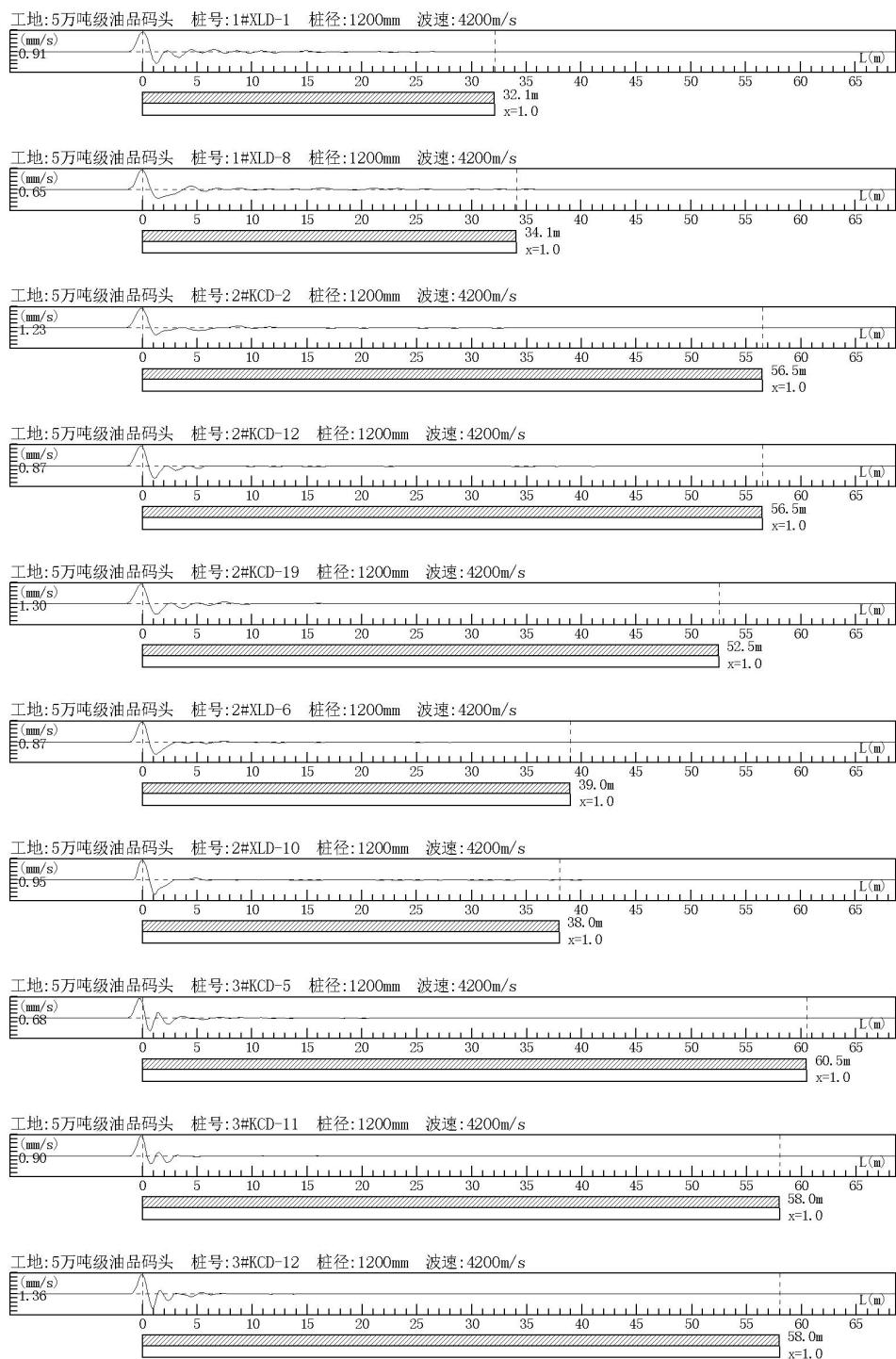


图 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩桩身完整性实测曲线 (2)

低应变基桩完整性检测附图

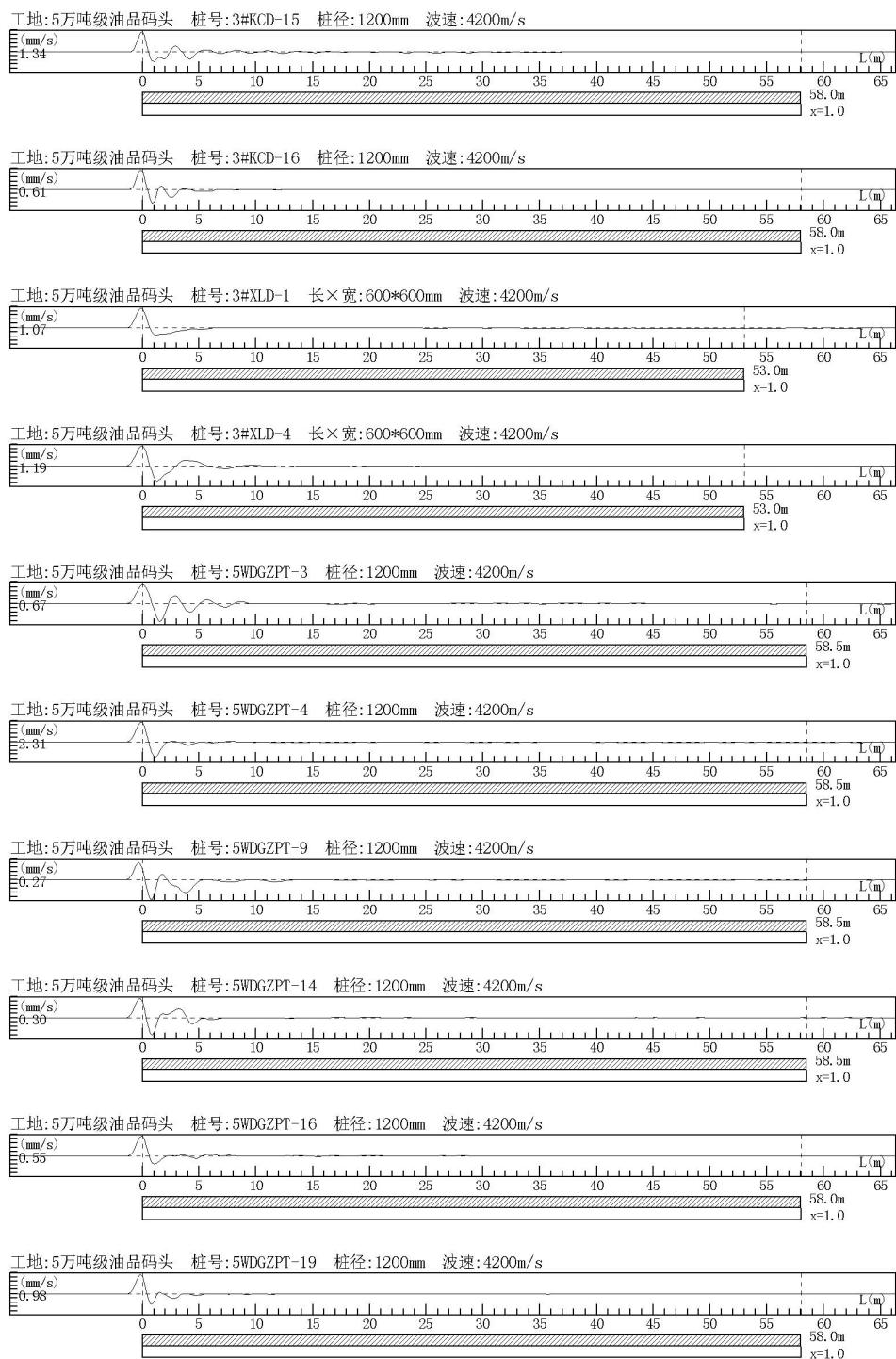


图 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩桩身完整性实测曲线 (3)

低应变基桩完整性检测附图



图 6.4-1 5 万吨级油品码头基桩桩身完整性实测曲线 (4)

低应变基桩完整性检测附图

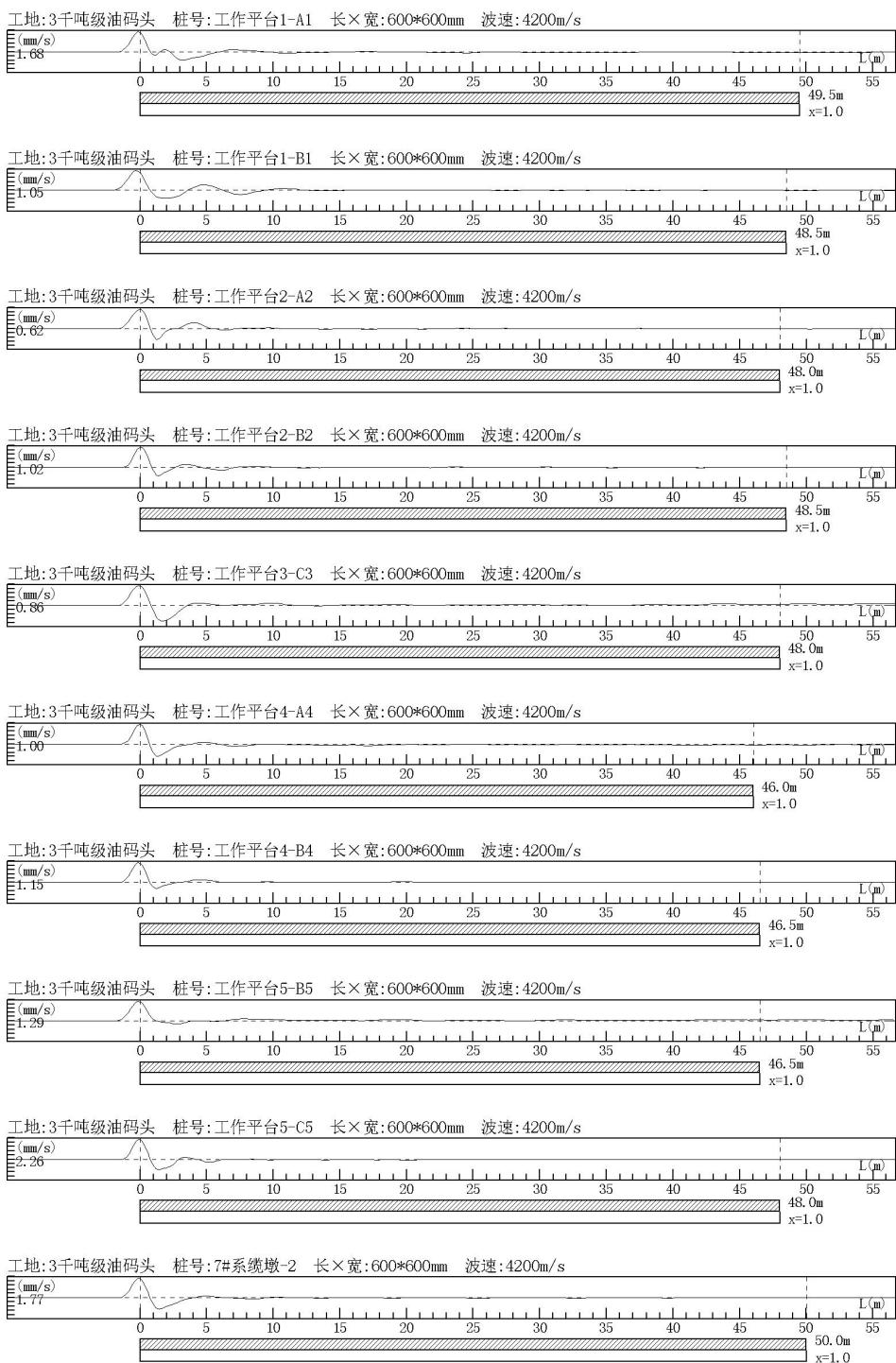


图 6.4-2 3千吨级油码头基桩桩身完整性实测曲线 (1)

低应变基桩完整性检测附图

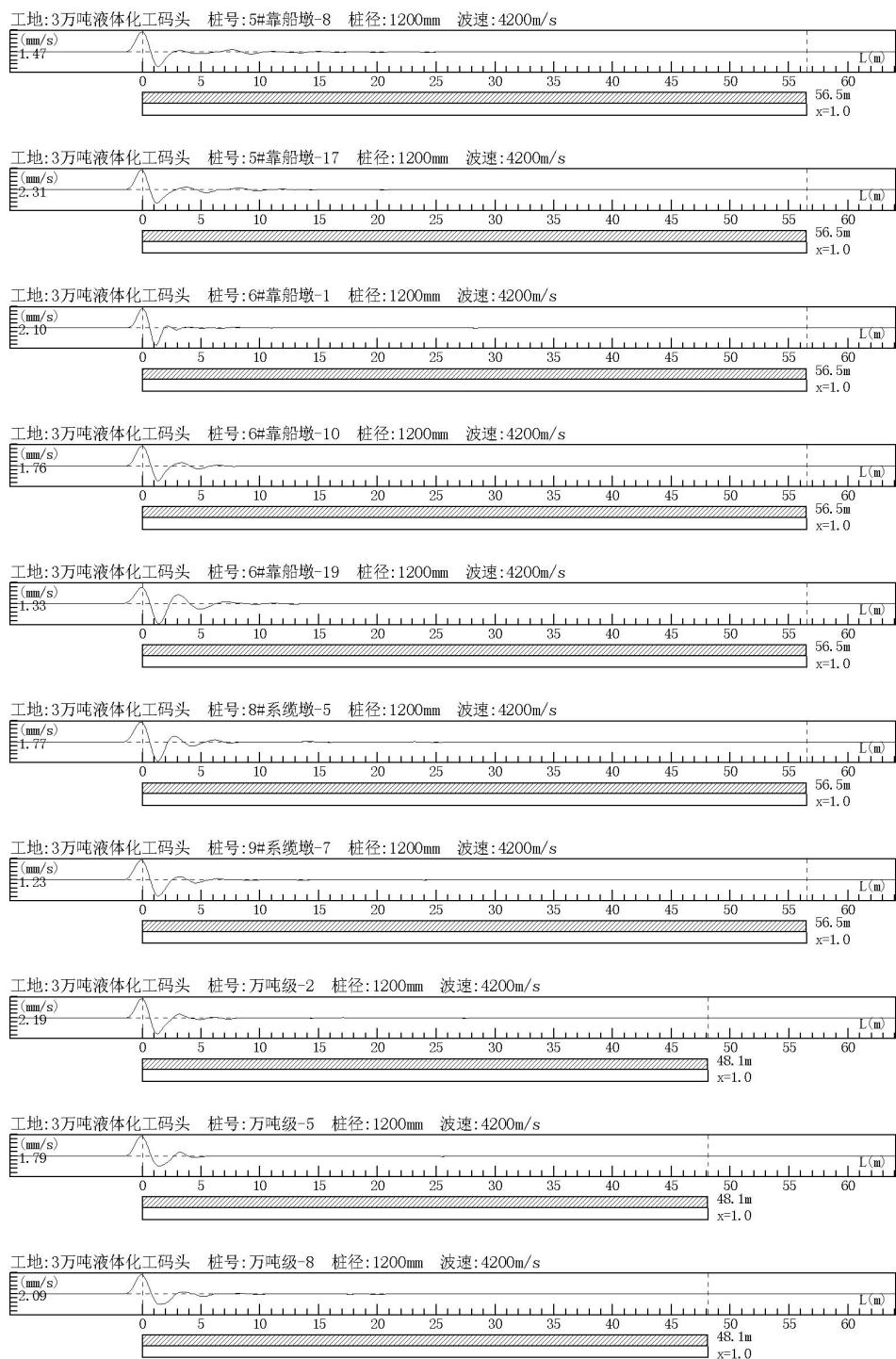


图 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩桩身完整性实测曲线 (1)

低应变基桩完整性检测附图

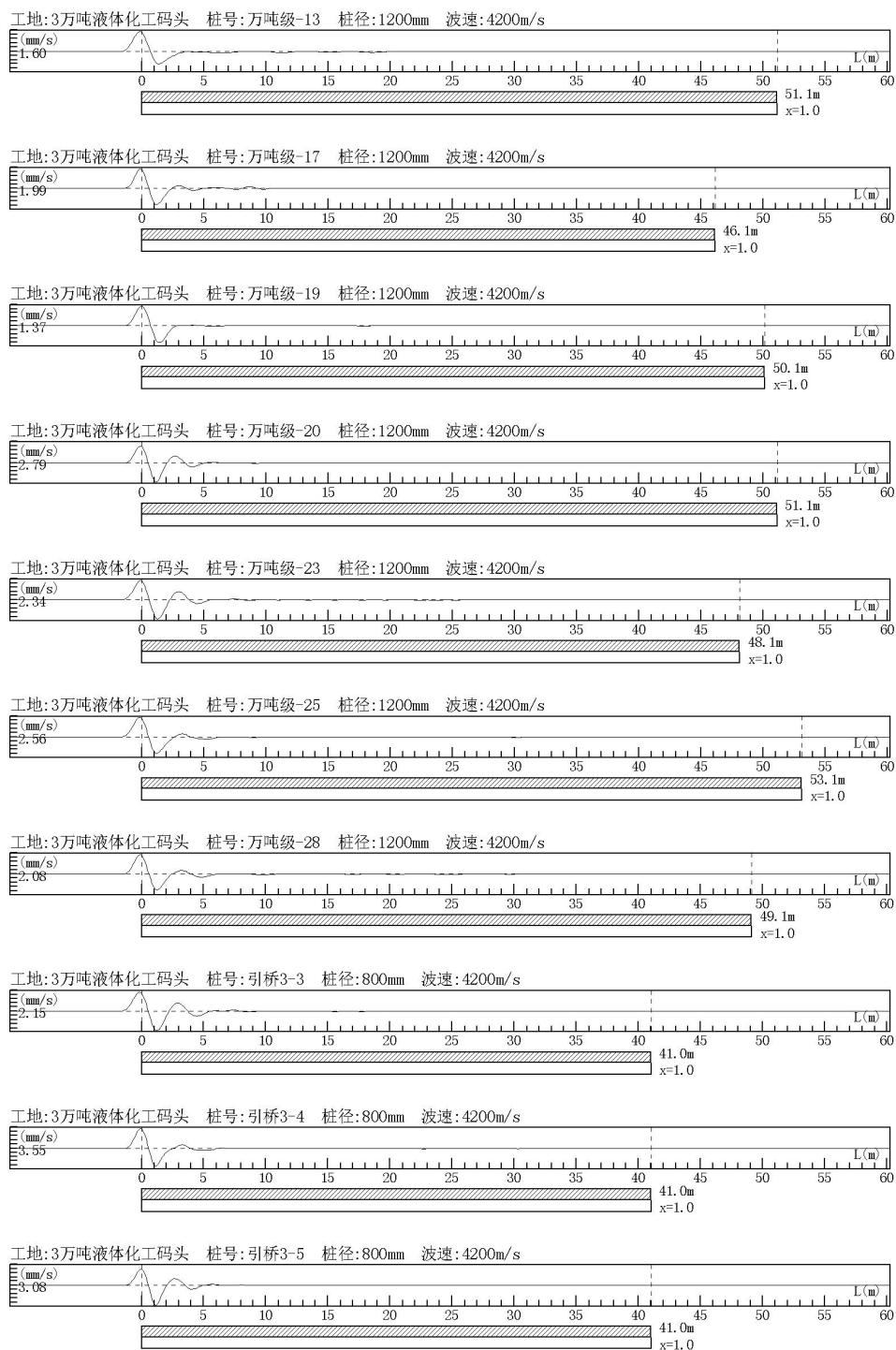


图 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩桩身完整性实测曲线 (2)

低应变基桩完整性检测附图

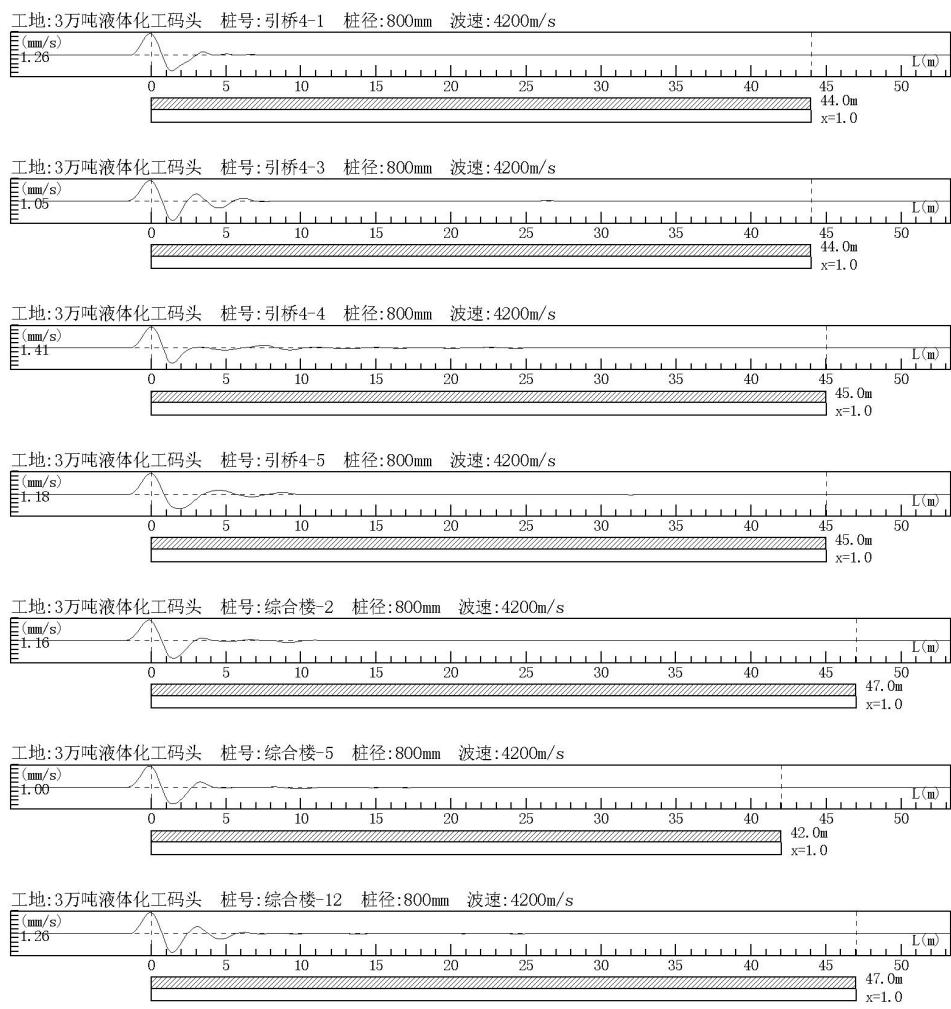


图 6.4-3 3 万吨级液体化工码头基桩桩身完整性实测曲线 (3)

低应变基桩完整性检测附图

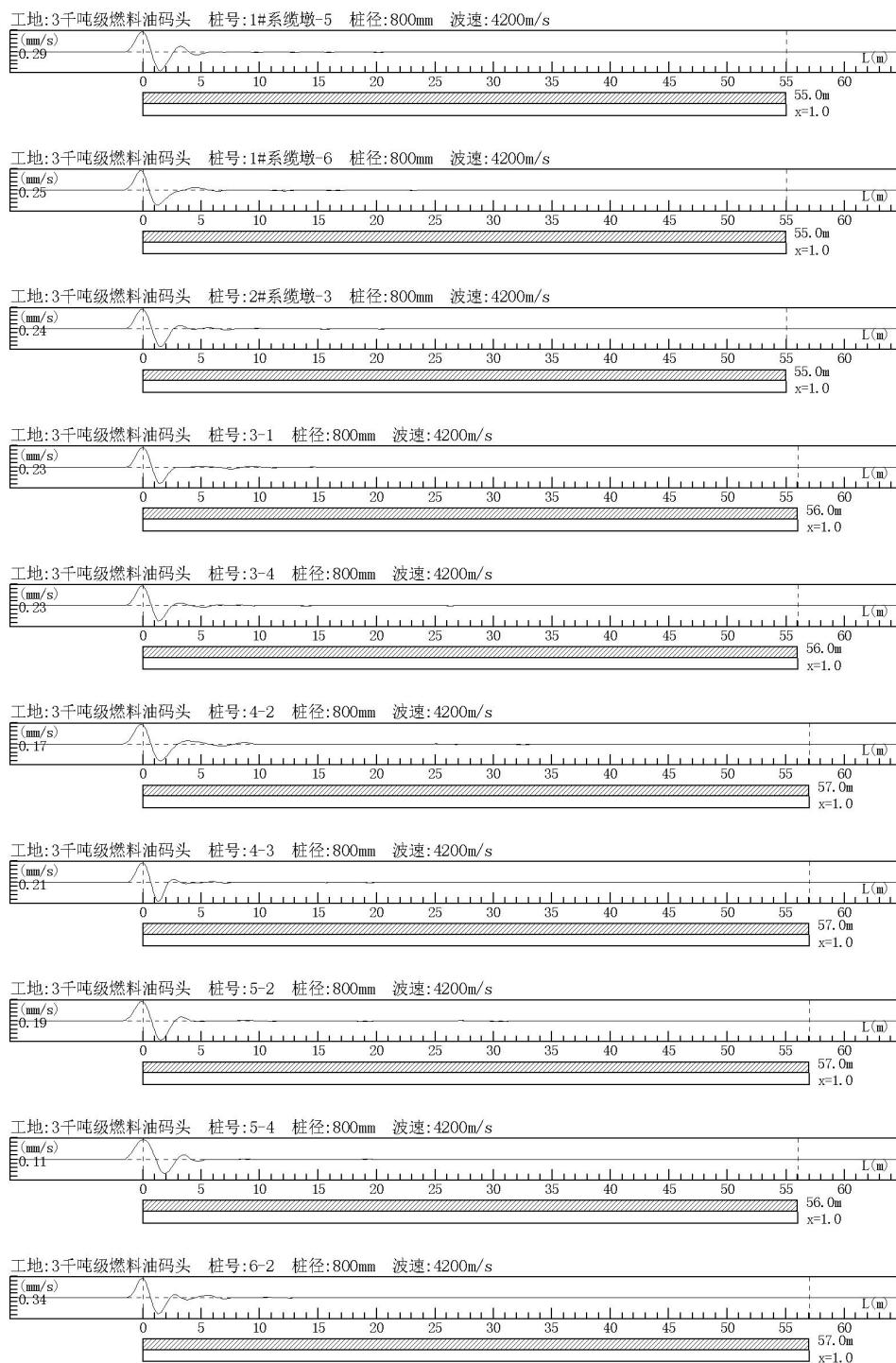


图 6.4-4 3千吨级燃料油码头基桩桩身完整性实测曲线 (1)

低应变基桩完整性检测附图



图 6.4-4 3千吨级燃料油码头基桩桩身完整性实测曲线 (2)

6.5 混凝土涂层检测

6.5.1 涂层厚度检测

按每类构件为一个样本，对各类主要构件进行抽样。本次 5 万吨级油品码头混凝土涂层厚度抽检：码头面板 3 组、墩台 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组；3 千吨级油码头混凝土涂层厚度抽检：码头面板 3 组、横梁 3 组、纵梁 3 组；3 万吨级液体化工码头混凝土涂层厚度抽检：码头面板 3 组、墩台 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组；3 千吨级燃料油码头混凝土涂层厚度抽检：码头面板 3 组、横梁 3 组、纵梁 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组。检测结果见表 6.5-1。

表 6.5-1 混凝土涂层厚度检测结果

单位工程	构件类型	测区编号	各处厚度测试值 (μm)										平均值 (μm)	最小值 (μm)	设计值 (μm)	
5 万 吨级 油品 码头	码头 面板	1	619	569	555	521	459	493	635	489	587	530	550	452	/	
		2	594	471	559	613	643	482	657	452	614	508				
		3	574	474	605	494	476	517	583	600	470	658				
	墩台	1	494	484	582	592	587	473	536	568	591	548	515	437		
		2	538	571	444	473	522	549	545	443	505	520				
		3	458	437	536	495	484	476	574	528	446	438				
	引桥 面板	1	519	492	447	609	547	507	548	558	585	609	545	394		
		2	533	542	577	503	602	622	550	554	437	579				
		3	624	559	429	394	572	543	632	621	615	446				
	引桥 墩	1	475	405	431	496	549	501	549	528	580	535	528	405		
		2	532	525	535	450	632	561	587	551	459	573				
		3	496	590	549	558	433	631	576	509	579	453				
3 千 吨级 油码 头	面板	1	500	549	452	535	535	497	559	485	447	505	508	447	/	
		2	555	448	457	501	549	553	483	537	498	513				
		3	469	517	530	494	566	535	521	461	527	460				
	横梁	1	566	676	577	636	554	665	591	654	589	636	621	554		
		2	573	556	686	636	649	588	663	556	580	628				
		3	612	684	656	609	672	658	577	636	688	582				
	纵梁	1	647	610	598	587	572	590	624	557	635	579	607	557		
		2	632	604	676	652	587	573	607	638	624	621				
		3	598	566	625	575	560	615	661	561	576	647				
3 万 吨级 液体 化工 码头	码头 面板	1	612	573	554	594	602	588	639	616	623	573	620	554	/	
		2	634	673	666	632	573	608	557	637	580	688				
		3	635	568	682	581	664	607	679	683	629	640				
	墩台	1	534	516	574	546	538	508	528	532	480	467	531	464		
		2	464	572	535	551	546	535	603	585	496	528				
		3	493	514	476	521	569	561	492	552	586	527				

表 6.5-1 混凝土涂层厚度检测结果

单位工程	构件类型	测区编号	各处厚度测试值 (μm)										平均值 (μm)	最小值 (μm)	设计值 (μm)	
3 千吨级燃料油码头	引桥面板	1	525	603	576	466	575	513	526	559	491	589	540	466		
		2	602	504	555	493	583	544	554	492	566	591				
		3	480	569	541	565	553	499	555	565	487	467				
	引桥墩	1	517	436	538	486	564	524	564	568	541	492	499	424		
		2	492	567	456	433	529	508	436	447	534	525				
		3	561	507	431	475	488	457	424	480	460	524				
	码头面板	1	461	627	676	669	536	506	428	435	434	645	575	428		
		2	547	652	585	438	694	562	656	589	559	651				
		3	462	586	718	725	516	646	582	433	640	584				
	码头横梁	1	623	719	469	416	509	620	479	507	537	525	588	416		
		2	623	710	474	698	564	613	596	693	728	662				
		3	719	440	468	589	738	505	440	716	653	598				
	码头纵梁	1	730	561	727	561	544	680	552	585	532	721	578	414		
		2	414	487	659	630	602	428	563	501	414	468				
		3	472	501	676	619	467	703	485	638	683	722				
	引桥面板	1	585	584	547	403	427	644	539	482	479	573	537	400		
		2	623	608	621	532	485	506	561	428	614	551				
		3	482	456	633	561	655	567	519	606	432	400				
	引桥墩	1	464	617	631	412	475	611	506	597	591	612	526	401		
		2	634	480	544	531	598	415	431	641	637	602				
		3	500	440	438	439	426	401	591	625	409	475				

根据表 6.5-1 检测结果可知, 5 万吨级油品码头混凝土涂层厚度实测平均值在 515um~550um 范围内; 3 千吨级油码头混凝土涂层厚度实测平均值在 447um~557um 范围内; 3 万吨级液体化工码头混凝土涂层厚度实测平均值在 499um~620um 范围内; 3 千吨级燃料油码头混凝土涂层厚度实测平均值在 526um~588um 范围内。

6.5.2 涂层粘结力检测

按 2%且不少于 3 个构件的抽检比例对各类主要构件进行抽样。本次 5 万吨级油品码头混凝土涂层粘结力抽检: 码头面板 3 组、墩台 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组; 3 千吨级油码头混凝土涂层粘结力抽检: 码头面板 3 组、横梁 3 组、纵梁 3 组; 3 万吨级液体化工码头混凝土涂层粘结力抽检: 码头面板 3 组、墩台 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组; 3 千吨级燃料油码头混凝土涂层粘结力抽检: 码头面板 3 组、横梁 3 组、纵梁 3 组、引桥面板 3 组、引桥墩 3 组。检测结果见

表 6.5-2。

表 6.5-2 混凝土涂层粘结力检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	各测点涂层粘结力测试值 (MPa)			平均值 (MPa)
5 万吨级油品码头	码头面板	1	3.00	2.09	2.09	2.43
		2	2.33	2.18	2.20	
		3	2.09	3.41	2.51	
	墩台	1	2.00	1.91	2.00	2.81
		2	3.08	2.44	3.53	
		3	3.48	3.11	3.70	
	引桥面板	1	3.18	2.03	2.69	2.90
		2	2.94	2.63	3.69	
		3	2.42	3.59	2.92	
	引桥墩	1	3.42	2.27	2.66	3.02
		2	3.34	3.50	2.33	
		3	3.83	3.52	2.34	
3 千吨级油码头	面板	1	2.65	2.89	3.28	3.12
		2	2.70	2.59	3.63	
		3	3.54	3.13	3.64	
	横梁	1	2.21	3.32	3.24	2.99
		2	3.43	2.93	2.65	
		3	3.32	2.75	3.10	
	纵梁	1	3.22	2.96	2.61	3.01
		2	2.55	2.25	3.50	
		3	3.26	3.26	3.47	
3 万吨级液体化工码头	码头面板	1	3.00	3.26	3.20	3.00
		2	3.29	2.72	2.48	
		3	2.56	3.36	3.11	
	墩台	1	3.11	2.68	2.79	2.88
		2	2.63	2.85	3.10	
		3	3.08	2.60	3.11	
	引桥面板	1	3.05	2.61	3.00	2.82
		2	3.37	2.54	3.01	
		3	2.60	2.74	2.43	
	引桥墩	1	2.45	2.91	3.03	2.89
		2	3.23	3.20	2.78	
		3	2.75	2.81	2.83	
3 千吨级燃料油码头	码头面板	1	3.29	2.97	3.20	2.89
		2	2.84	2.81	2.90	
		3	2.96	2.97	2.07	
	码头横梁	1	3.33	3.12	3.37	2.92
		2	2.49	2.80	3.19	

表 6.5-2 混凝土涂层粘结力检测结果

单位工程	构件类型	构件编号	各测点涂层粘结力测试值 (MPa)			平均值 (MPa)
	码头纵梁	3	2.02	3.50	2.49	
		1	2.15	3.00	3.17	2.71
		2	2.48	2.48	2.55	
		3	2.34	3.06	3.12	
	引桥面板	1	3.34	3.22	2.28	2.86
		2	3.55	2.80	2.60	
		3	2.50	2.86	2.61	
	引桥墩	1	3.43	2.07	3.29	2.82
		2	2.95	2.31	3.24	
		3	2.11	3.60	2.39	

由表 6.5-2 检测结果显示，5 万吨级油品码头混凝土涂层粘结力实测平均值在 2.43MPa~3.02MPa 范围内；3 千吨级油码头混凝土涂层粘结力实测平均值在 2.99MPa~3.12MPa 范围内；3 万吨级液体化工码头混凝土涂层粘结力实测平均值在 2.82MPa~3.00MPa 范围内；3 千吨级燃料油码头混凝土涂层粘结力实测平均值在 2.71MPa~2.92MPa 范围内；满足规范大于 1.5MPa 的要求。

6.6 钢结构检测

6.6.1 钢管桩壁厚

按 5%且不少于 10 个构件的抽检原则对钢管桩进行壁厚检测，本次 5 万吨级油品码头共抽检 4#靠船墩钢管桩壁厚 10 根；3 万吨级液体化工码头共抽检 7#靠船墩钢管桩壁厚 10 根。检测结果见表 6.6-1。

表 6.6-1 钢管桩壁厚检测结果

单位工程	检测位置	编号	各测点壁厚测试值 (mm)			最大值 (mm)	最小值 (mm)	平均值 (mm)	设计值 (mm)
5 万吨级油品码头	4#靠船墩	1	18.1	18.3	18.3	18.3	18.1	18.2	18.0 (设计预留腐蚀余量 2mm)
		2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	
		3	18.3	17.7	17.7	18.3	17.7	17.9	
		4	17.8	18.0	17.9	18.0	17.8	17.9	
		5	18.3	18.0	18.1	18.3	18.0	18.1	
		6	17.7	18.3	18.1	18.3	17.7	18.0	
		7	18.3	18.1	17.7	18.3	17.7	18.0	
		8	17.9	18.3	18.3	18.3	17.9	18.2	
		9	17.8	18.2	17.9	18.2	17.8	18.0	
		10	18.1	18.2	18.2	18.2	18.1	18.2	
3 万吨级	7#靠船墩	1	19.9	19.7	19.7	19.9	19.7	19.8	20.0
		2	20.1	20.0	20.2	20.2	20.0	20.1	

表 6.6-1 钢管桩壁厚检测结果

单位工程	检测位置	编号	各测点壁厚测试值 (mm)			最大值 (mm)	最小值 (mm)	平均值 (mm)	设计值 (mm)
燃料油码头		3	20.4	20.4	20.0	20.4	20.0	20.3	
		4	20.3	19.9	20.1	20.3	19.9	20.1	
		5	20.4	20.4	19.8	20.4	19.8	20.2	
		6	20.2	20.4	20.2	20.4	20.2	20.3	
		7	19.9	20.0	20.2	20.2	19.9	20.0	
		8	20.2	20.1	20.2	20.2	20.1	20.2	
		9	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	
		10	20.1	19.7	20.4	20.4	19.7	20.1	

由表 6.6-1 检测结果显示, 5 万吨级油品码头 4#靠船墩钢管桩壁厚实测平均值在 17.9mm~18.2mm 范围内, 与设计值 18mm 基本一致; 3 万吨级液体化工码头 7#靠船墩钢管桩壁厚实测平均值在 19.8mm~20.4mm 范围内, 满足原设计要求。

6.6.2 钢管桩涂层厚度

按 5%且不少于 10 个构件的抽检原则对钢管桩进行壁厚检测, 本次 5 万吨级油品码头共抽检 4#靠船墩钢管桩涂层厚度 10 根; 3 万吨级液体化工码头共抽检 7#靠船墩钢管桩涂层厚度 10 根。检测结果见表 6.6-2~6.6-3。

表 6.6-2 钢管桩涂层厚度检测结果

单位工程	检测位置	检测编号	各测点厚度测试值 (um)									平均值 (um)	设计值 (um)
5 万吨级油品码头	4#靠船墩	1	1.95	2.65	2.64	2.27	1.87	2.54	2.60	1.91	1.90	2.26	2.0mm (玻璃钢)
		2	1.97	1.81	2.41	2.34	1.84	2.19	2.51	1.85	1.94	2.10	
		3	2.16	2.39	2.25	2.17	1.91	2.39	2.08	1.95	1.74	2.12	
		4	1.92	2.62	2.46	2.41	2.34	2.00	2.68	2.62	1.73	2.31	
		5	2.39	2.66	1.89	2.58	2.57	1.99	2.01	2.61	2.08	2.31	
		6	2.47	2.33	2.26	2.09	1.97	1.84	1.83	2.09	1.71	2.07	
		7	2.65	2.57	2.01	2.59	2.26	2.63	2.62	2.17	1.78	2.36	
		8	2.04	2.16	2.29	1.94	2.33	1.72	1.82	2.06	1.92	2.03	
		9	1.95	2.04	2.21	1.84	2.70	1.71	1.73	2.25	2.60	2.11	
		10	1.90	2.04	2.07	2.58	2.50	2.25	1.95	2.32	2.66	2.25	

表 6.6-3 钢管桩涂层厚度检测结果

单位工程	检测位置	检测编号	各测点厚度测试值 (um)									平均值 (um)	设计值 (um)
3 万吨级燃料	7#靠船墩	1	993	1110	973	955	998	981	963	993	941	990	800um
		2	912	931	969	993	929	892	941	941	954	940	
		3	961	1010	989	932	973	903	967	945	990	963	

表 6.6-3 钢管桩涂层厚度检测结果

单位工程	检测位置	检测编号	各测点厚度测试值 (um)									平均值 (um)	设计值 (um)
油码头		4	932	973	976	1020	918	971	915	904	966	953	
		5	896	917	924	954	937	946	955	970	940	938	
		6	988	949	913	992	942	922	919	939	966	948	
		7	930	1020	963	940	958	958	1130	958	917	975	
		8	951	931	918	915	947	1020	933	922	957	944	
		9	923	948	1060	922	910	978	921	1010	1040	968	
		10	1070	919	987	949	944	996	973	932	998	974	

根据表 6.6-2 和 6.6-3 检测结果可知, 5 万吨级油品码头 4#靠船墩钢管桩涂层厚度实测平均值在 2.03mm~2.36mm 范围内, 钢管桩涂层厚度满足 2.0mm 设计要求; 3 万吨级液体化工码头 7#靠船墩钢管桩涂层厚度实测平均值在 938um~990um 范围内, 钢管桩涂层厚度满足 800um 设计要求。

6.6.3 钢管桩保护电位

本次共检测 3 万吨级液体化工码头 7#靠船墩、8#靠船墩钢管桩 23 根; 其中 7#靠船墩钢管桩保护电位 14 根, 8#靠船墩钢管桩保护电位 9 根。检测结果见表 6.6-4。

表 6.6-4 钢管桩保护电位检测结果

构件位置	桩号	保护电位 (mv)
7#靠船墩	1#	-843
	2#	-877
	3#	-880
	4#	-882
	5#	-902
	6#	-955
	7#	-968
	8#	-964
	9#	-966
	10#	-972
	11#	-973
	12#	-962
	13#	-989
	14#	-990
8#靠船墩	1#	-890
	2#	-827
	3#	-829
	4#	-829
	5#	-831

表 6.6-4 钢管桩保护电位检测结果

构件位置	桩号	保护电位 (mV)
	6#	-843
	7#	-824
	8#	-831
	8#	-834

由表 6.6-4 检测结果显示, 3 万吨级液体化工码头 7#、8#靠船墩钢管桩的保护电位在 -824mV~ -990mV 范围内, 符合规范规定的保护电位范围 -780mV~ -1050mV。

6.7 接岸结构检测

6.7.1 接岸结构外观检测

根据现场勘查, 5 万吨级油品码头、3 万吨级液体化工码头及 3 千吨级燃料油码头接岸结构无明显坍塌, 混凝土结构无破损、裂缝、露筋等情况。接岸结构相关照片见图 6.7-1~6.7-3。



图 6.7-1 5 万吨级油品码头接岸结构外观检测结果



图 6.7-2 3 万吨级液体化工码头接岸结构外观检测结果



图 6.7-3 3 千吨级燃料油码头接岸结构外观检测结果

6.7.2 接岸结构整体位移

根据现场勘察测量，引桥接岸结构与堤岸连接平整，伸缩缝均匀，无明显错位和明显沉降。

6.7.3 接岸结构基础冲刷、淘空

根据现场勘察，5 万吨级油品码头、3 万吨级液体化工码头接岸结构基础基本完好，无滑坡、冲刷、淘空现象，3 千吨级燃料油码头接岸结构基础基本完好，无滑坡、淘空，存在轻微冲刷现象。

6.8 岸坡检测

根据现场勘察，码头岸坡断面稳定、完整，未见明显滑移、坍塌、破损等情况，相关照片见图 6.8-1~6.8-3。



图 6.8-1 5 万吨级油品码头岸坡相关照片



图 6.8-2 3 万吨级液体化工码头岸坡相关照片



图 6.8-3 3 千吨级燃料油码头岸坡相关照片

6.9 停靠船及防护设施检查

6.9.1 5 万吨级油品码头

墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边普遍存在锈蚀情况，局部存在破损缺陷；前沿靠船板存在锈蚀、破损、缺失等缺陷、部分靠船铁链锈蚀；个别系船柱存在混凝土基础破损缺陷；伸缩缝填充物普遍缺失，部分伸缩缝存在高差现象。其它附属设施基本完好。附属设施检查结果详见表 6.9-1。

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
护轮坎	1# 系缆墩	前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

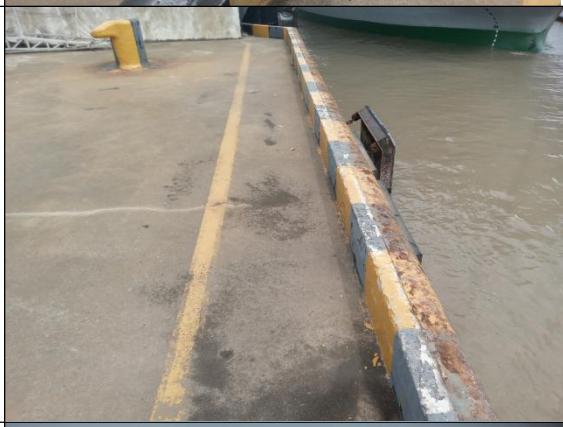
构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
	2# 系缆墩	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 420cm。	
	1# 靠船墩	前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀，锈蚀长度为 1680cm。	
	2# 靠船墩	前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀，锈蚀长度为 1630cm。	
	万吨级工作平台	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 320cm。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
3#靠船墩	3#靠船墩	东南角护轮坎钢护边局部破损，面积为 25cm×30cm。	
		前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀，锈蚀长度为 1700cm。	
3#系缆墩	3#系缆墩	前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀，锈蚀长度为 930cm。	
4#系缆墩	4#系缆墩	北侧护轮坎局部混凝土破损露筋，面积为 110cm×10cm。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
		前沿护轮坎钢护边普遍锈蚀，锈蚀长度为 920cm。	
护栏	/	护栏基本完好。	 
护舷	1#靠船墩	前沿南侧鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

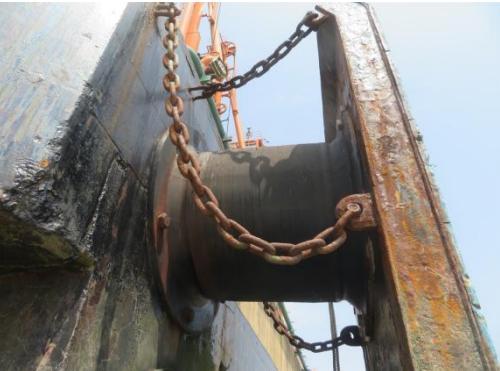
构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
		靠船板局部破损。	
2#靠船墩		前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部破损、缺失。	 
万吨级工作平台		前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀，铁链锈蚀。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
3#靠船墩		前沿南侧鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	
		前沿北侧鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	
4#靠船墩		前沿南侧鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	
		前沿北侧鼓型护舷靠船铁板局部破损。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

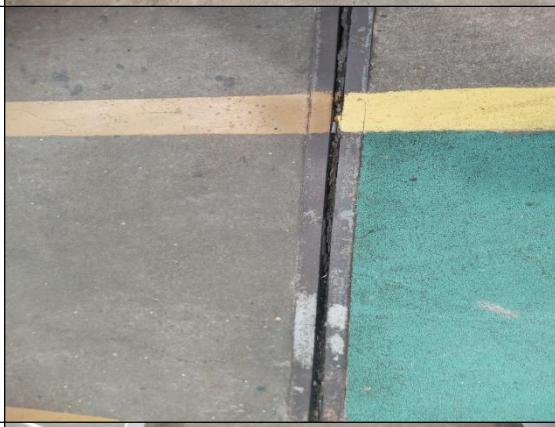
构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
系船柱	1# 系缆墩	系船柱基础局部混凝土破损，面积为 80cm×35cm。	
伸缩缝	引桥	引桥与万吨级工作平台连接处伸缩缝填充物局部缺失。	
	2# 系缆墩	1#人行桥墩与 2#系缆墩连接处伸缩缝填充物缺失；伸缩缝局部存在高差，高差最大处为 2.5cm。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
		2#系缆墩与 1#靠船墩连接处伸缩缝填充物局部缺失。	
	2#靠船墩	2#靠船墩与 1#连接平台连接处伸缩缝填充物缺失。	
	3#靠船墩	3#靠船墩与千吨级工作平台连接处伸缩缝填充物缺失。	
	4#靠船墩与 3#系缆墩间连接平台	伸缩缝填充物缺失。	

表 6.9-1 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
3# 系缆墩		3#系缆墩与 2#人行桥墩连接处伸缩缝填充物缺失；伸缩缝局部存在高差，高差最大处为 4.2cm。	
2#人行桥墩		2#人行桥墩与 4#系缆墩连接处伸缩缝填充物缺失；伸缩缝局部存在高差，高差最大处为 2.6cm。	

6.9.2 3千吨级油码头

墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边部分存在锈蚀情况；前沿靠船板存在锈蚀、缺失情况、前沿部分橡胶护舷缺失，靠船铁链普遍锈蚀，局部靠船铁链断裂。其它附属设施基本完好。附属设施检查结果详见表 6.9-2。

表 6.9-2 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
护轮坎	5#系缆墩	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 240cm。	
	3000 吨级工作平台	东北角护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 280cm。	
	6#系缆墩	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 220cm。	

表 6.9-2 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
	7#系缆墩	前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 240cm。	
护栏	/	护栏基本完好。	 
护舷	3000 吨级工作平台	1#排架前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	

表 6.9-2 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
		3#排架前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀。	
		5#排架前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀。	
		6#排架前沿竖向橡胶护舷缺失。	
		7#排架前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失。	

表 6.9-2 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
	7# 系缆墩	前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失；铁链普遍锈蚀、北侧铁链断裂。	 
系船柱	/	系船柱基本完好。	 

6.9.3 3万吨级液体化工码头

墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边部分存在锈蚀情况，护轮坎局部存在混凝土破损缺陷；前沿靠船板存在锈蚀、破损、缺失等缺陷、部分橡胶护舷螺帽缺失；部分伸缩缝填充物缺失，部分伸缩缝存在高差现象。其它附属设施基本完好。附属设施检查结果详见表 6.9-3。

表 6.9-3 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
护轮坎	6#靠船墩	前沿护轮坎混凝土破损，面积为 440cm×9cm。	
		前沿护轮坎钢护边锈蚀，锈蚀长度为 560cm。	
	万吨级工作平台	前沿护轮坎近北侧处混凝土破损，面积为 69cm×28cm。	

表 6.9-3 停靠船及防护设施外观质量检测结果

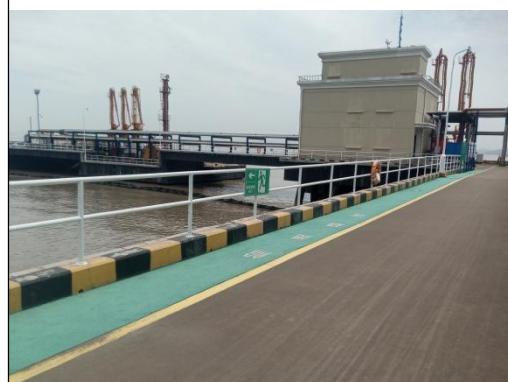
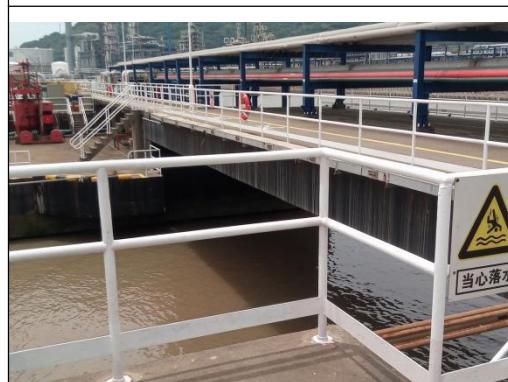
构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
	11#系缆墩	面层平台钢护边锈蚀，锈蚀长度为 235cm。	
护栏	/	护栏基本完好。	 
护舷	8#系缆墩	前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失；铁链普遍锈蚀。	

表 6.9-3 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
6#靠船墩			
		前沿水平橡胶护舷局部破损。	
	6#靠船墩	前沿水平橡胶护舷螺帽缺失。	
		前沿鼓型护舷靠船铁板锈蚀、靠船板局部缺失；铁链普遍锈蚀。	

表 6.9-3 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
系船柱	/	系船柱基本完好。	 
伸缩缝	5#靠船墩	5#靠船墩与 9#系缆墩间伸缩缝填充物缺失；伸缩缝处有位移，最宽处为4.2cm。	
	万吨级工作平台	万吨级工作平台与 4#连接平台连接处伸缩缝填充物局部缺失。	

6.9.4 3千吨级燃料油码头

码头前沿部分橡胶护舷存在破损、开裂等缺陷；前沿爬梯存在锈蚀情况；引桥部分伸缩缝填充物缺失。其它附属设施基本完好。附属设施检查结果详见表6.9-4。

表 6.9-4 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
护轮坎	/	护轮坎基本完好。	  

表 6.9-4 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
护栏	/	护栏基本完好	  
护舷	码头1#排架	前沿竖向橡胶护舷开裂。	

表 6.9-4 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
	码头 2#排架	前沿竖向橡胶护舷破损。	
	码头 5~6# 排架	前沿水平橡胶护舷开裂。	
	码头 8#排架	前沿竖向橡胶护舷开裂。	
	码头爬 梯	前沿爬梯普遍锈蚀。	

表 6.9-4 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
			
系船柱	/	系船柱基本完好。	  

表 6.9-4 停靠船及防护设施外观质量检测结果

构件名称	构建位置	外观缺陷描述	相关照片
伸缩缝	引桥	引桥接岸处伸缩缝填充物缺失。	
		3#排架处海侧伸缩缝填充物缺失。	
		6#排架处伸缩缝填充物缺失。	
		9#排架处海侧伸缩缝填充物缺失。	

6.10 码头前沿水深

码头前沿水深检测结果引用中海石油宁波大榭石化有限公司委托的宁波治金勘察设计研究股份有限公司的《5万吨级 3000 吨级油品码头前沿水深图》、《3万吨级液体化工码头前沿水深图》和《3000 吨级燃料油码头前沿水深图》，码头前沿水深见附件。

7、安全性评估

7.1 评估单元划分

本工程评估单元划分如表 7.1 所示：

表 7.1 评估单元划分

评估单元	子单元	基本单元
5 万吨 油品码头	系缆墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	靠船墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	引桥墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	预应力空心板	每块板，以检测破损严重构件为代表
3 万吨 液体化工 码头	系缆墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	靠船墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	引桥墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	预应力空心板	每块板，以检测破损严重构件为代表
3 千吨 油品码头	系缆墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台横梁	每根横梁，以检测破损严重构件为代表
	工作平台纵梁	每根纵梁，以检测破损严重构件为代表
	工作平台面板	每块板，以检测破损严重构件为代表
	预应力空心板	每块板，以检测破损严重构件为代表
3 千吨 燃料油 码头	系缆墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	工作平台横梁	每根横梁，以检测破损严重构件为代表
	工作平台纵梁	每根纵梁，以检测破损严重构件为代表
	工作平台面板	每块板，以检测破损严重构件为代表
	引桥墩桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	预应力空心板	每块板，以检测破损严重构件为代表

注：表中评估单元是根据结构特点、上部荷载情况进行划分。相同结构、相同荷载作为一个评估区段，并选取其典型结构分段进行内力计算，以检测破损严重构件进行抗力计算，进而确定其安全评估等级。

根据基本单元的评估结果对子单元进行评估，取各基本单元的最低等级作为子单元的评估等级。根据各子单元的评估结果对评估单元进行评估，取各子单元的最低等级作为评估单元的评估等级。安全性验算针对子单元进行，根据子单元安全性验算的结果对评估单元进行安全性评估。

7.2 评估原则

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304-2019）、《港口码头结构安全性检测评估指南》规定，结合当前泊位检测评估工作的实际情况，本工程泊位安全性评估工作原则如下：

根据上部结构构件的检测结果，按原泊位的设计荷载或经使用部门确认后的荷载条件对以下内容进行验算：上部结构构件的承载力、基桩承载力。根据相关检测评估技术规范确定钢筋混凝土构件承载力，结果应满足《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151-2011）、《码头结构设计规范》（JTS 167-2018）；

7.3 验算内容及安全性评估分级标准

7.3.1 验算内容

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304-2019）、《港口码头结构安全性检测评估指南》规定，结合当前泊位检测评估工作的实际情况，验算内容如下：

- (1) 上部结构构件（梁、板）承载力；
- (2) 桩基承载力；

7.3.2 安全性评估分级标准及处理要求

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304-2019）规定，安全性评估应按承载能力极限状态验算的结果进行，分级标准及处理要求见表 7.2～表 7.3。

表 7.2 结构构件安全性评估分级标准

等级 构件类别	A	B	C	D
主要构件	$R_d/S_d \geq 1.0$	$0.95 \leq R_d/S_d < 1.0$	$0.90 \leq R_d/S_d < 0.95$	$R_d/S_d < 0.90$
一般构件	$R_d/S_d \geq 1.0$	$0.90 \leq R_d/S_d < 1.0$	$0.85 \leq R_d/S_d < 0.90$	$R_d/S_d < 0.85$
基桩承载能力	$R_d/S_d \geq 1.0$	$0.95 \leq R_d/S_d < 1.0$	$0.90 \leq R_d/S_d < 0.95$	$R_d/S_d < 0.90$

注：表中 R_d 、 S_d 分别为结构构件的抗力和作用效应组合设计值。

表 7.3 水运工程水工建筑物安全性评估分级处理要求

等级	分级标准	处理要求
A	安全性符合国家有关标准要求，具有足够的承载能力	不必采取措施
B	安全性略低于国家有关标准要求，尚不显著影响承载能力	宜加强检测，视情况采取维护措施
C	安全性不符合国家有关标准要求，显著影响承载能力	及时进行修复、补强，视条件和要求恢复到 A 级或 B 级标准
D	安全性严重不符合国家有关标准要求，严重影响承载能力	立即进行修复、补强，视条件和要求恢复到 B 级标准或报废

7.4 安全性验算

7.4.1 计算参数

7.4.1.1 设计船型

表 7.4 设计船型表

DWT	船长(m)	型宽(m)	型深(m)	吃水(m)	备注
50000	235	32	17.4	12.6	5 万吨油码头
30000	185	31.5	17.3	12.0	3 万吨液体码头
3000	98	14	7.5	6.2	3 千吨油品码头
3000	97	15.2	7.2	5.9	3 千吨燃料油码头

7.4.1.2 计算荷载

(1) 恒载：结构自重；

(2) 可变荷载：

① 5 万吨油品码头：

均载：码头 10kPa，引桥 5 kPa；

工艺管线荷载：31.25kN/m；

流动机械荷载：5T 汽车吊，15T 汽车；

② 3 万吨液体化工码头：

均载：10kPa；

工艺管线荷载：23kN/m；

流动机械荷载：5T 汽车吊，20T 汽车；

③ 3 千吨油品码头：

均载：5kPa；

工艺管线荷载：30kN/组；

④ 3 千吨燃料油码头：

均载：10kPa；

工艺管线荷载: 15kN/m;

流动机械荷载: 20T 汽车;

(3) 船舶荷载: 根据设计船型按《港口工程荷载规范》中有关条款计算船舶系统缆力、撞击力、挤靠力等荷载。

7.4.1.3 设计水位 (国家 85)

极端高水位: 3.04m

设计高水位: 1.69m

设计低水位: -1.19m

极端低水位: -1.99m

7.4.1.4 地勘资料

根据浙江省工程勘察院 2002 年 8 月编制的《宁波大榭利万石化有限公司码头工程施工图阶段工程地质勘察报告》，码头区地层分述如下：

1 层: 淤泥质粉质粘土

灰色，流塑，薄层状构造，单层厚度 1~10mm，层面夹粉砂或粉土，粘塑性中等，土质较均一。该层主要分布于引桥处，仅 S2、S3、S8 孔揭露，物理力学性质差，顶板标高-6.50~-13.12m，厚度 3.6~8.4m。

2 层: 淤泥质粉质粘土

灰色，流塑，薄层状构造，单层厚度 2~10mm，层面夹粉土或少量粉砂，粘塑性中等，土质较均一。该层分布整个勘探区，物理力学性质差，顶板标高-24.10~-37.10m，厚度 12.0~25.2m。

4 层: 粘土

灰色，软塑，厚层状，偶见贝壳碎屑，粘塑性好。该层仅 S23、S24 孔揭露，物理力学性质较差，顶板标高-28.89~-29.76m，厚度 4.0~5.1m。

5-1' 层: 滚石

灰色，岩性味晶屑凝灰岩，中等风化，质硬。该层仅 S15 孔揭露，物理力学性质好，顶板标高-27.2m，厚度 2.6m。

5-1 层: 粉质粘土、粘土

灰黄色、黄褐色，可塑，厚层状，粘塑性好，一般顶部夹碎石层，厚度为 20~50cm，局部地段含砂、砾和碎石，土质不均一。该层分布于大部分勘探区，物理力学性质较好，顶板标高-25.90~-34.87m，厚度 0.5~8.0m。

5-2 层：砂质粉土

黄褐色，湿，稍～中密，薄层状，野外特征为粉砂与粉质粘土互层，当粉质粘土变多时，岩性渐变为粘质粉土。局部微粉砂层，厚为 20～30cm。土质均一性稍差。该层物理力学性质较好，顶板标高-32.36～-38.90m，厚度 1.5～6.8m。

5-3 层：含粘性土碎石

黄褐色，灰黄色，中密，厚层状，分选性较差，碎石径 2～10cm，含量 50～60%，粘性土 15～20%，余者为圆砾和粗砂，局部为含碎石粉质粘土。该层物理力学性质较好，顶板标高-29.00～-37.70m，厚度 1.2～12.5m。

6-1 层：粉质粘土

灰色，软塑，薄层状，单层厚度 2～10mm，层面夹少量粉土或粉砂，粘塑性较好，土质均一。该层分布于勘探区西北侧，物理力学性质中等，顶板标高-34.57～-41.30m，厚度 2.5～12.5m。

6-2 层：粘土

灰色，软塑，厚层状，含植物碎屑，粘塑性好，土质均一。该层物理力学性质中等，顶板标高-40.36～-49.50m，厚度 1.6～6.6m。

7-1 层：粘土、粉质粘土

灰绿黄色，可塑，厚层状，顶部夹碎石，上部含砂和角砾，下部含黄褐色斑点，粘塑性好，土质较均一。该层物理力学性质中等，顶板标高-45.07～-49.60m，厚度 2.0～8.4m。

7-2 层：含粘性土碎石

灰绿色，中密，厚层状，分选性差，碎石粒径 2～16cm，含量约 55～60%，粘性土 10～15%，土质不均一。该层顶板标高-39.60～-51.90m，厚度 1.1～6.5m。

7-3 层：粉质粘土

灰黄色、灰褐色，可塑，厚层状，夹灰绿色条纹及斑点，土质均一。该层物理力学性质较好，顶板标高-49.59～-53.67m，本次最大揭露深度 9.1m。

7-4 层：含粘性土碎石

灰绿色，中密，厚层状，分选性差，碎石径 2～10cm，大者达 15cm 以上，棱角状，含量约 50～70%，土质不均。该层力学性质好，顶板标高-50.79～-56.96m，本次最大揭露深度 6.5m。

8-1 层：粉质粘土、粘土

绿黄色、黄褐色，可塑，厚层状，夹全风化碎砾石，一般手掰可碎，土质不均一。该层物理力学性质较好，顶板标高-40.7~-56.2m，厚1.9~16.1m。

8-2 层：含粘性土碎石、砾砂

黄褐色，湿，中密，厚层状，分选性差，土质不均一，上部夹块石和碎石，块（碎）石径3~25cm，粘性土含量20%左右。该层力学性质较好，顶板标高-43.65~-68.10m，本次最大揭露深度4.0m。

9-1 层：全风化基岩

灰黄色、灰绿色，原岩结构破坏，矿物成分呈粘性土状，岩芯呈柱状，局部裂隙面尚清，面上见铁锰质渲染，岩芯手掰可碎。该层力学性质较好，顶板标高-49.65m，厚4.40m。

9-2 层：强风化基岩

灰黄色，岩性为晶屑凝灰岩，凝灰质结构，块状构造，节理裂隙发育，裂面上风化迹象明显及铁锰质渲染，捶击易碎裂。该层分布于场地东南侧，靠近猫头石岩，新鲜岩石属硬岩类，因强风化而降低岩石强度，顶板标高-25.50~-47.60m，厚0.3~3.5m。

9-3 层：中风化基岩

灰~青灰色，岩性为晶屑凝灰岩，凝灰质结构，块状构造，节理裂隙发育，坚硬，属硬岩类，力学性质好，捶击不易碎。该层分布于场地东南侧，靠近猫头石岩，顶板标高-28.20~-49.30m，本次最大揭露深度1.9m。

表 7.5 5 万吨油品码头、3 千吨油品码头桩基参数一览表

层号	岩土层名称	桩基参数			
		预制桩		钻孔灌注桩	
		桩侧土极限摩阻力 标注值 q_f (kPa)	桩侧土极限端阻力 标注值 q_R (kPa)	桩侧土极限摩阻力 标注值 q_f (kPa)	桩侧土极限端阻力 标注值 q_R (kPa)
1	淤泥质粉质粘土	12		10	
2	淤泥质粉质粘土	15		12	
4	粘土	20		18	
5-1'	滚石	130		110	
5-1	粉质粘土、粘土	58		52	
5-2	砂质粘土	54		49	
5-3	含粘性土碎石	125		100	
6-1	粉质粘土	42		38	

表 7.5 5 万吨油品码头、3 千吨油品码头桩基参数一览表

层号	岩土层名称	桩基参数			
		预制桩		钻孔灌注桩	
		桩侧土极限 摩阻力标注值 q_f (kPa)	桩侧土极限 端阻力标注值 q_R (kPa)	桩侧土极限 摩阻力标注值 q_f (kPa)	桩侧土极限 端阻力标注值 q_R (kPa)
6-2	粘土	45		40	
6-3	粉质粘土夹碎石	45		40	
7-1	粘土、粉质粘土	70	1900	60	800
7-2	含粘性土碎石	150	5500	120	1800
7-3	粉质粘土	80	1800	70	700
7-4	含粘性土碎石	155	6000	130	2000
8-1	粉质粘土、粘土	75	2000	65	1000
8-2	含粘性土碎石	155	6000	130	2000
9-1	全风化基岩	75	2200	65	1000
9-2	强风化基岩	160	6500	140	2200
9-3	中风化基岩		12000		4000

表 7.6 3 万吨液体化工码头桩基参数一览表

层号	岩土层名称	预制桩桩基参数	
		桩侧土极限 摩阻力标注 值 q_f (kPa)	桩侧土极限 端阻力标注 值 q_R (kPa)
2-1	淤泥质粉质粘土	2-4	
2-2	粉质粘土	8-12	
2-3	淤泥质粉质粘土	8-12	
2-4	淤泥质粘土	12-14	
3-1	粘土	45-55	
3-2	粉质粘土	32-39	
4-1	粉质粘土夹粉砂	34-38	
4-2	粉质粘土	32-36	
4-3	粉质粘土混碎石	58-64	
5-1	粉质粘土	42-56	
5-2	粉质粘土	60-68	
6-1	碎石	120-140	7000-8000
6-2	粉质粘土混碎石	75-85	2600-2700
7-1	强风化熔结凝灰岩		8000-9000
7-2	中等风化熔结凝灰岩		11000-15000

表 7.7 3 千吨燃料油码头桩基参数一览表

层号	岩土层名称	桩基参数			
		预制桩		钻孔灌注桩	
		桩侧土极 限摩阻力 标注值 q_f (kPa)	桩侧土极 限端阻力 标注值 q_R (kPa)	桩侧土极 限摩阻力 标注值 q_f (kPa)	桩侧土极 限端阻力 标注值 q_R (kPa)
1	淤泥质粘土	8		7	
2-1	淤泥质粘土	9		8	
2-2	淤泥质粉质粘土	12		11	
2-3	粉质粘土	34		31	
3-1	粉质粘土	42		38	
3-2	粉砂	65		60	
3-3	粉质粘土	63		56	
4-1	粉质粘土	40		36	
4-2	粉质粘土	56	1750	50	700
5-1	含角砾粉质粘土	60	2250	54	820
5-2	粉质粘土	40	1450	36	580
5-3	粉质粘土	60	2250	54	820

7.4.1.5 地震

工程区域设防烈度为 7 度，地震加速度值为 0.10g。

7.4.2 安全性验算

7.4.2.1 作用效应组合

根据结构上可能出现的作用，按照承载能力极限状态，结合相应设计状况进行作用效应组合，按规范规定选取作用的分项系数和组合系数。

主要作用效应组合：

①5 万吨油码头

自重+均布荷载

自重+流动机械荷载

自重+均布荷载+船舶荷载

自重+流动机械荷载+船舶荷载

②3 万吨液体码头

自重+均布荷载

自重+流动机械荷载

自重+均布荷载+船舶荷载
 自重+流动机械荷载+船舶荷载
 ③3千吨油品码头
 自重+均布荷载
 自重+均布荷载+船舶荷载
 ④3千吨燃料油码头
 自重+均布荷载
 自重+流动机械荷载
 自重+均布荷载+船舶荷载
 自重+流动机械荷载+船舶荷载

7.4.2.2 构件强度验算汇总

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)规定，码头评估分级应从基本单元、子单元和评估单元依次进行，并逐级确定上一级的评估等级。各验算项目的等级，取最低一级作为该评估单元的安全性评估等级。本报告仅列所有单元中最差评估结果。具体见下表。

表 7.8 预应力空心板强度验算表

构件位置	正弯矩		负弯矩		斜截面验算	
	作用效应组合设计值 (kN·m)	结构构件抗力 (kN·m)	作用效应组合设计值 (kN·m)	结构构件抗力 (kN·m)	作用效应组合设计值 (kN)	结构构件抗力 (kN)
预应力空心板	3330	4372	-	-	614	836

表 7.9 5万吨油品码头基桩承载力验算汇总表

位置		基桩承载力(kN)			
		轴向压力 (kN)	抗压极限承载力 (kN)	轴向拉力 (kN)	抗拉极限承载力 (kN)
系缆墩	Φ1200大管桩	3055	5184	-1971	-1980
	600×600预应力方桩	1877	4129	-491	-1317
靠船墩	Φ1200大管桩	5056	8018	0	-3180
	Φ900大管桩	6501	6887	-220	-4192
工作平台	Φ1200大管桩	5383	7922	0	-3982
引桥墩	600×600预应力方桩	2775	3837	0	-1972

表 7.10 3 万吨液体化工码头基桩承载力验算汇总表

位置		基桩承载力(kN)			
		轴向压力 (kN)	抗压极限承 载力 (kN)	轴向拉力 (kN)	抗拉极限承 载力 (kN)
系缆墩	Φ1200大管桩	2281	8901	-1748	-2754
靠船墩	Φ1200大管桩	5509	5580	0	-3173
工作平台	Φ1200大管桩	6637	7982	0	-2952
引桥墩	Φ800PHC桩	2607	6582	0	-1425

表 7.11 3 千吨油品码头工作平台主要构件强度验算汇总表

构件 位置	正弯矩		负弯矩		斜截面验算	
	作用效应组 合设计值 (kN•m)	结构构件 抗力 (kN•m)	作用效应组 合设计值 (kN•m)	结构构件 抗力 (kN•m)	作用效应组 合设计值 (kN)	结构构件 抗力 (kN)
面板	22	75	-13	-75	26	183
横梁	576	2136	-947	-2811	689	2831
纵梁	310	570	-92	-230	204	550

表 7.12 3 千吨油品码头基桩承载力验算汇总表

位置		基桩承载力(kN)			
		轴向压力 (kN)	抗压极限承 载力 (kN)	轴向拉力 (kN)	抗拉极限承 载力 (kN)
系缆墩	600×600预应力方桩	830	2840	-290	-1395
工作平台	600×600预应力方桩	1247	1300	-646	-1157

表 7.13 3 千吨燃料油码头工作平台主要构件强度验算汇总表

构件 位置	正弯矩		负弯矩		斜截面验算	
	作用效应组 合设计值 (kN•m)	结构构件 抗力 (kN•m)	作用效应组 合设计值 (kN•m)	结构构件 抗力 (kN•m)	作用效应组 合设计值 (kN)	结构构件 抗力 (kN)
面板	109	168	-65	-168	110	190
横梁	1343	5358	-3595	-4989	1225	3362
纵梁	842	914	-456	-474	565	619

表 7.14 3 千吨燃料油码头基桩承载力验算汇总表

位置		基桩承载力(kN)			
		轴向压力 (kN)	抗压极限承 载力 (kN)	轴向拉力 (kN)	抗拉极限承 载力 (kN)
系缆墩	Φ800PHC桩	989	2076	-336	-1345
工作平台	Φ800PHC桩	1911	2574	-1197	1601
引桥墩	Φ800PHC桩	2436	2484	0	-1679

7.4.3 安全性评估结论

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304—2019)，以上述安全性验算结果为基本依据，对本工程码头结构的安全性进行评估。

(1) 基本单元

表 7.15 5 万吨油品码头主要构件安全性 Rd/Sd 汇总表

基本单元	项目	安全性指标Rd/Sd	安全性评估等级
预应力空心板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
系缆墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
靠船墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
工作平台桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
引桥墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A

表 7.16 3 万吨液体化工码头主要构件安全性 Rd/Sd 汇总表

基本单元	项目	安全性指标Rd/Sd	安全性评估等级
预应力空心板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
系缆墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
靠船墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
工作平台桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
引桥墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A

表 7.17 3 千吨油品码头主要构件安全性 Rd/Sd 汇总表

基本单元	项目	安全性指标Rd/Sd	安全性评估等级
预应力空心板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台面板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台横梁	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台纵梁	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
系缆墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
工作平台桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A

表 7.18 3 千吨燃料油码头主要构件安全性 R_d/S_d 汇总表

基本单元	项目	安全性指标 R_d/S_d	安全性评估等级
预应力空心板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台面板	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台横梁	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
工作平台纵梁	抗弯	>1.00	A
	抗剪	>1.00	
系缆墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
工作平台桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A
引桥墩桩基	轴向抗压承载力	>1.00	A

(2) 子单元

根据基本单元的评估结果对子单元进行评估，取各基本单元的最低等级作为子单元的评估等级：

(1) 5 万吨油品码头

A) 预应力空心板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

B) 系缆墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

C) 靠船墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

D) 工作平台桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

E) 引桥墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

(2) 3 万吨液体化工码头

A) 预应力空心板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

B) 系缆墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

C) 靠船墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等

级为 A 级。

D) 工作平台桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

E) 引桥墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

③3 千吨油品码头

A) 预应力空心板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

B) 系缆墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

C) 工作平台桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

D) 工作平台横梁：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

E) 工作平台纵梁：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

F) 工作平台面板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

④3 千吨燃料油码头

A) 预应力空心板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

B) 系缆墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

C) 工作平台桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

D) 引桥墩桩基：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

E) 工作平台横梁：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

F) 工作平台纵梁：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估

等级为 A 级。

G) 工作平台面板：基本单元安全评估最低等级为 A 级，故子单元安全性评估等级为 A 级。

(3) 评估单元

根据各子单元的评估结果对评估单元进行评估，取各子单元的最低等级作为评估单元的评估等级。

① 5 万吨油码头子单元安全评估最低等级为 A 级，故单元安全性评估等级均为 A 级。

② 3 万吨液体码头子单元安全评估最低等级为 A 级，故单元安全性评估等级均为 A 级。

③ 3 千吨油品码头子单元安全评估最低等级为 A 级，故单元安全性评估等级均为 A 级。

④ 3 千吨燃料油码头子单元安全评估最低等级为 A 级，故单元安全性评估等级均为 A 级。

8、适用性评估

8.1 评估单元划分

本工程评估单元划分如表 8.1 所示。

表 8.1 评估单元划分

评估单元	子单元	基本单元
5 万吨 油品码头	码头桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	码头面板	每块面板，以检测破损严重构件为代表
	靠船构件	每根靠船构件，以检测破损严重构件为代表
	墩台	每个墩台，以检测破损严重构件为代表
	引桥桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	引桥面板	每块面板，以检测破损严重构件为代表
	引桥墩	每个墩台，以检测破损严重构件为代表
3 万吨 液体化工 码头	码头桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	码头面板	每块面板，以检测破损严重构件为代表
	靠船构件	每根靠船构件，以检测破损严重构件为代表
	墩台	每个墩台，以检测破损严重构件为代表
	引桥桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表
	引桥面板	每块面板，以检测破损严重构件为代表
	引桥墩	每个墩台，以检测破损严重构件为代表
3 千吨	桩基	每根桩基，以检测破损严重构件为代表

表 8.1 评估单元划分

评估单元	子单元	基本单元
油品码头	横梁	每根横梁, 以检测破损严重构件为代表
	纵梁	每根纵梁, 以检测破损严重构件为代表
	面板	每块面板, 以检测破损严重构件为代表
	靠船构件	每根靠船构件, 以检测破损严重构件为代表
	墩台	每个墩台, 以检测破损严重构件为代表
3 千吨 燃料油 码头	码头桩基	每根桩基, 以检测破损严重构件为代表
	横梁	每根横梁, 以检测破损严重构件为代表
	纵梁	每根纵梁, 以检测破损严重构件为代表
	码头面板	每块面板, 以检测破损严重构件为代表
	靠船构件	每根靠船构件, 以检测破损严重构件为代表
	墩台	每个墩台, 以检测破损严重构件为代表
	引桥桩基	每根桩基, 以检测破损严重构件为代表
	引桥面板	每块面板, 以检测破损严重构件为代表
	引桥墩	每个墩台, 以检测破损严重构件为代表

备注：表中评估单元是根据结构特点进行划分。

根据基本单元的评估结果对子单元进行评估, 取各基本单元的最低等级作为子单元的评估等级。根据各子单元的评估结果对评估单元进行评估, 取各子单元的最低等级作为评估单元的评估等级。

8.2 评估原则

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304—2019)、《港口码头结构安全性检测评估指南》规定, 结合当前码头检测评估工作的实际情况, 本工程码头适用性评估工作原则如下:

(1) 码头评估分级应从基本单元、子单元和评估单元依次进行, 并逐级确定上一级的评估等级。各验算项目的等级, 取最低一级作为该构件适用性评估等级;

(2) 根据上部结构构件的检测结果, 结构构件的适用性评估以钢筋混凝土结构构件裂缝开展宽度进行评估;

(3) 对于码头沉降、位移变形依据现有数据, 并考虑整体情况作适用性评价。

8.3 验算内容及适用性评估分级标准

8.3.1 验算内容

限于国内现有检测手段,结合检测实际情况,本工程适用性评估验算内容如下:

- (1) 板、梁裂缝验算;
- (2) 沉降、位移验算。

8.3.2 适用性评估分级标准及处理要求

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)规定,适用性评估应以现场调查和检测结果为基本依据。当检测只能取得部分数据或改变建筑物适用条件时,尚应按正常使用极限状态进行验算。适用性评估分级标准及处理要求见表 8.2~表 8.3。

表 8.2 结构构件适用性评估分级标准

等级 项目	A	B	C	D
钢筋混凝土 结构最大裂缝宽度	$r \geq 1.0$	$0.80 \leq r < 1.0$	$0.70 \leq r < 0.80$	$r < 0.70$

注: r 表示规范限值与实测值或验算值的比值,本报告采用实测值。

表 8.3 水运工程水工建筑物适用性评估分级处理要求

等级	分级标准	处理要求
A	建筑物整体完好,变形、变位均在设计允许范围内	不必采取措施
B	建筑物整体完好,变形、变位略超出设计允许范围,但不影响正常使用	可不采取措施
C	建筑物整体破损明显,变形、变位明显超出设计允许范围,影响正常使用	及时进行修复、补强,视条件和要求恢复到 A 级或 B 级标准
D	建筑物整体破损严重,变形、变位过大,显著影响安全性和整体使用功能	立即进行修复、补强,视条件和要求恢复到 B 级标准或报废

8.4 适用性评估

(1) 板、梁裂缝验算

根据《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151-2011)规定,非预应力构件裂缝控制等级为 C 级,最大裂缝宽度限值根据构件位置确定(见表 8.4)。

表 8.4 钢筋混凝土构件最大裂缝宽度限值表

	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
最大裂缝宽度限值 (mm)	0.2	0.2	0.25	0.30

根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019)规定,码头评估分级应从基本单元、子单元和评估单元依次进行,并逐级确定上一级的评估等级。各验算项目的等级,取最低一级作为该构件适用性评估等级。本报告仅列所有单元中最差评估结果。

表 8.5 主要构件裂缝情况汇总表

分项工程	构件类别	实测最大裂缝宽度 (mm)	r (规范限值/实测值)	外观缺陷	适用性评估等级
5万吨油品码头	码头桩基	0.48	$r < 0.70$	涂层脱落、裂缝、混凝土破损	D
	码头面板	0.24	$0.80 \leq r < 1.0$	裂缝	B
	靠船构件	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
	墩台	0.54	$r < 0.70$	裂缝、混凝土破损、起壳	D
	引桥桩基	0	$r \geq 1.0$	-	A
	引桥面板	0.22	$0.80 \leq r < 1.0$	涂层脱落、裂缝	B
	引桥墩	0.24	$r \geq 1.0$	裂缝	A
3万吨液体化工码头	码头桩基	0	$r \geq 1.0$	涂层脱落、钢管锈蚀	A
	码头面板	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
	靠船构件	0	$r \geq 1.0$	-	A
	*墩台	0.28	$0.70 \leq r < 0.80$	混凝土破损、裂缝	C
	引桥桩基	0	$r \geq 1.0$	涂层脱落、钢套筒锈蚀	A
	引桥面板	0.25	$0.80 \leq r < 1.0$	裂缝	B
	引桥墩	0	$r \geq 1.0$	-	A
3千吨油品码头	桩基	0.31	$0.80 \leq r < 1.0$	裂缝、涂层脱落	B
	横梁	0.22	$r \geq 1.0$	裂缝、混凝土破损	A
	纵梁	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
	面板	0	$r \geq 1.0$	-	A
	靠船构件	0	$r \geq 1.0$	-	A
	墩台	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
3千吨燃料油码头	码头桩基	0	$r \geq 1.0$	-	A
	横梁	0.21	$r \geq 1.0$	裂缝	A
	纵梁	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
	码头面板	0.25	$0.80 \leq r < 1.0$	裂缝、混凝土破损	B
	靠船构件	0	$r \geq 1.0$	-	A

表 8.5 主要构件裂缝情况汇总表

分项工程	构件类别	实测最大裂缝宽度 (mm)	r (规范限值/实测值)	外观缺陷	适用性评估等级
	墩台	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A
	引桥桩基	0	$r \geq 1.0$	钢套筒锈蚀	A
	引桥面板	0	$r \geq 1.0$	-	A
	引桥墩	0	$r \geq 1.0$	混凝土破损	A

*3 万吨液体化工码头 5#靠船墩裂缝岸侧裂缝业主将立即修复，本次评估按修复后考虑。

(2) 沉降、位移验算

5 万吨油品码头工作平台、墩台、引桥的各连接处伸缩缝填充物局部缺失，伸缩缝局部存在高差，高差最大处为 4.2cm。

3 万吨液体化工码头工作平台、墩台的各连接处伸缩缝填充物局部缺失，伸缩缝局部存在高差，高差最大处为 4.2cm。

3 千吨油品码头无明显的差异沉降和位移。

3 千吨燃料油码头引桥伸缩缝填充物局部缺失，无明显的差异沉降。

8.5 适用性评估结论

根据实际检测结果和适用性验算情况，对码头适用性评估如下：

(1) 基本单元

① 5 万吨油品码头

A) 码头桩基：基本单元桩基存在裂缝、涂层脱落，最大裂缝宽度 0.48mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 D 级。

B) 码头面板：基本单元面板存在裂缝，最大裂缝宽度 0.24mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 B 级。

C) 靠船构件：基本单元靠船构件存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

D) 墩台：基本单元墩台存在裂缝、混凝土破损、起壳等缺陷，最大裂缝宽度 0.54mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 D 级。

E) 引桥桩基：基本单元桩基基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

F) 引桥面板：基本单元面板存在裂缝、涂层脱落，最大裂缝宽度 0.22mm，

根据适用性验算情况，适用性等级均评为 B 级。

G) 引桥墩：基本单元引桥墩存在裂缝，最大裂缝宽度 0.24mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

②3 万吨液体化工码头

A) 码头桩基：基本单元桩基存在涂层脱落、钢管锈蚀，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

B) 码头面板：基本单元面板存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

C) 靠船构件：基本单元靠船构件基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

D) 墩台：基本单元墩台存在裂缝、混凝土破损，最大裂缝宽度 0.28mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 C 级。

E) 引桥桩基：基本单元桩基存在涂层脱落、钢套筒锈蚀，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

F) 引桥面板：基本单元面板存在裂缝，最大裂缝宽度 0.25mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 B 级。

G) 引桥墩：基本单元引桥墩基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

③3 千吨油品码头

A) 桩基：基本单元桩基存在裂缝、涂层脱落，最大裂缝宽度 0.31mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 B 级。

B) 横梁：基本单元横梁存在裂缝、混凝土破损，最大裂缝宽度 0.22mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

C) 纵梁：基本单元纵梁存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

D) 面板：基本单元面板基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

E) 靠船构件：基本单元靠船构件基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

F) 墩台：基本单元墩台存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

④3 千吨燃料油码头

A) 码头桩基：基本单元桩基基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

B) 横梁：基本单元横梁存在裂缝，最大裂缝宽度 0.21mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

C) 纵梁：基本单元纵梁存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

D) 码头面板：基本单元面板存在裂缝、混凝土破损，最大裂缝宽度 0.25mm，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 B 级。

E) 靠船构件：基本单元靠船构件基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

F) 墩台：基本单元墩台存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

G) 引桥桩基：基本单元桩基存在钢套筒锈蚀，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

H) 引桥面板：基本单元面板基本完好，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

J) 引桥墩：基本单元引桥墩存在混凝土破损，根据适用性验算情况，适用性等级均评为 A 级。

(2) 子单元

根据基本单元的评估结果对子单元进行评估，取各基本单元的最低等级最为子单元的评估等级。

①5 万吨油品码头

A) 码头桩基：基本单元中的最低评估等级为 D 级，故其子单元评估等级为 D 级。

B) 码头面板：基本单元中的最低评估等级为 B 级，故其子单元评估等级为 B 级。

C) 靠船构件：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

D) 墩台：基本单元中的最低评估等级为 D 级，故其子单元评估等级为 D 级。

E) 引桥桩基：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

F) 引桥面板：基本单元中的最低评估等级为 B 级，故其子单元评估等级为 B 级。

G) 引桥墩：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

②3 万吨液体化工码头

A) 码头桩基：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

B) 码头面板：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

C) 靠船构件：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

D) 墩台：基本单元中的最低评估等级为 C 级，故其子单元评估等级为 C 级。

E) 引桥桩基：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

F) 引桥面板：基本单元中的最低评估等级为 B 级，故其子单元评估等级为 B 级。

G) 引桥墩：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

③3 千吨油品码头

A) 桩基：基本单元中的最低评估等级为 B 级，故其子单元评估等级为 B 级。

B) 横梁：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

C) 纵梁：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

D) 面板：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

E) 靠船构件：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为

A 级。

F) 墩台：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

④3 千吨燃料油码头

A) 码头桩基：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

B) 横梁：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

C) 纵梁：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

D) 码头面板：基本单元中的最低评估等级为 B 级，故其子单元评估等级为 B 级。

E) 靠船构件：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

F) 墩台：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

G) 引桥桩基：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

H) 引桥面板：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

J) 引桥墩：基本单元中的最低评估等级为 A 级，故其子单元评估等级为 A 级。

(3) 评估单元

根据各子单元的评估结果对评估单元进行评估，取各子单元的最低等级作为评估单元的评估等级。

①5 万吨油品码头各单元的最低适用性评估等级为 D 级，故单元适用性评估等级为 D 级。

②3 万吨液体化工码头各单元的最低适用性评估等级为 C 级，故单元适用性评估等级为 C 级。

③3 千吨油品码头各单元的最低适用性评估等级为 B 级，故单元适用性评估等级为 B 级。

④3 千吨燃料油码头各单元的最低适用性评估等级为 B 级，故单元适用性评估等级为 B 级。

9、耐久性评估

9.1 评估原则

码头混凝土结构耐久性按剩余使用寿命计算结果和外观劣化度的检测结果进行评估，构件耐久性评估分级标准见表 9.1。

表 9.1 水运工程水工建筑物混凝土结构耐久性评估分级标准及处理要求

等级	分级标准	处理要求
A	材料劣化度符合 A 级标准规定，耐久性满足设计使用年限要求	不采取措施
B	材料劣化度符合 B 级标准规定，耐久性不满足设计使用年限要求，结构损伤尚不影响承载能力	及时采取修复措施
C	材料劣化度符合 C 级标准规定，耐久性不满足设计使用年限要求，结构损伤已影响承载能力	立即采取修复、补强措施
D	材料劣化度符合 D 级标准规定，耐久性不满足设计使用年限要求，结构严重损坏	视条件采取修复、补强措施或报废

9.2 混凝土构件的剩余寿命评估

由于码头构件受到氯离子侵蚀作用，因此，对既有钢筋混凝土结构的剩余寿命分别按碳化侵蚀模型和氯离子扩散模型进行预测。

9.2.1 碳化侵蚀模型剩余寿命分析

1、混凝土碳化机理及碳化深度模型

混凝土的碳化是指混凝土中的成分(主要是指 $\text{Ca}(\text{OH})_2$)与大气中渗透进混凝土中的 CO_2 等酸性气体发生化学反应的过程。碳化的实质是混凝土的中性化，使混凝土碱性降低，碳化后的 PH 值一般为 8~9。因此，当碳化到达钢筋表面时，将使钢筋表面的钝化膜遭到破坏，使混凝土失去对钢筋的保护作用，如有水和氧气存在，混凝土中的钢筋就会开始锈蚀。

目前国内常用的混凝土碳化深度模型为：

$$D(t) = k\sqrt{t} \quad (9-1)$$

式中， $D(t)$ 为对应于 t 时间的混凝土碳化深度 (mm)； t 为混凝土碳化时间 (a)； k 为混凝土碳化系数 ($\text{mm}/\text{a}^{1/2}$)。

如果钢筋混凝土码头结构已使用 t_0 年，其碳化深度为 D_0 ，假定碳化系数不随时间发生变化，则根据式 (9-1) 可得继续使用 t 年后的混凝土碳化深度 $D(t)$ 为：

$$D(t) = k\sqrt{t_0 + t} = D_0 \sqrt{\frac{t_0 + t}{t_0}} \quad (9-2)$$

2、理论计算基础

(1) 根据检测结果, 各类构件钢筋保护层厚度基本满足原设计要求, 因此保护层厚度取设计值; 碳化深度取实测最大值。

(2) 碳化系数按实测值推算, 并假定碳化系数不随时间发生变化。

3、剩余寿命计算结果

本次抽检码头混凝土构件的碳化深度, 码头的主要混凝土构件剩余寿命计算结果见表 9.2。

表 9.2 碳化模型剩余寿命计算结果

构件类型	码头				引桥	
	面板	墩台	横梁	纵梁	面板	墩台
5 万吨油码头	>29 年	>29 年	-	-	>29 年	>29 年
3 万吨液体码头	>39 年	>39 年	-	-	>39 年	>39 年
3 千吨油品码头	>29 年					
3 千吨燃料油码头	>35 年					

9.2.2 氯离子扩散模型剩余寿命分析

1、氯离子扩散渗透模型

受氯离子扩散渗透作用的钢筋混凝土构件寿命主要分为以下几个进程:

t_i —开始使用~钢筋开始锈蚀阶段: 海水中氯离子渗透进入混凝土, 钢筋周围积聚的氯离子随时间不断增加, 当钢筋表面氯离子含量达到使钢筋锈蚀的临界含量 C_i 时, 钢筋表面钝化膜失去保护功能, 钢筋开始发生锈蚀。

t_c —钢筋开始锈蚀~保护层锈胀开裂阶段: 钢筋在氧气和水份的共同作用下, 锈蚀进程逐步发展, 随着腐蚀产物的增加, 其体积逐渐膨胀膨胀, 直至混凝土保护层产生与钢筋平行的顺筋裂缝。

t_d —保护层锈胀开裂~功能明显退化阶段: 混凝土保护层开裂破坏, 钢筋直接与氯盐、水份、氧气接触, 腐蚀急剧加速, 其有效截面逐步减少, 直到功能明显退化(通常为钢筋截面面积减小至原截面的 90%)。

(1) 钢筋开始锈蚀阶段 t_i 按下列公式计算:

$$t_i = \left(\frac{c}{k_{cl}} \right)^2 \quad (9-3)$$

式中: c — 混凝土保护层厚度 (mm);

k_{cl} — 氯离子侵蚀系数。

(2) 保护层锈胀开裂阶段 t_c 按下列公式计算:

$$t_c = \frac{\delta_{cr}}{\lambda_1} \quad (9-4)$$

式中: δ_{cr} — 保护层开裂时钢筋临界锈蚀深度 (mm);

λ_1 — 保护层开裂前钢筋平均腐蚀速度 (mm/a)。

(3) 功能明显退化阶段 t_d 按下列公式计算

$$t_d = \left(1 - \frac{3}{\sqrt{10}} \right) \frac{d}{2\lambda_2} \quad (9-5)$$

式中: d — 钢筋原始直径 (mm);

λ_2 — 保护层开裂后钢筋平均腐蚀速度 (mm/a)。

(4) 钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土结构和预应力高强钢丝、钢绞线混凝土结构的使用年限 t_e 预测分别按下式 (9-6)、(9-7)、(9-8) 式计算:

$$t_e = t_i + t_c + t_d \quad (9-6)$$

$$t_e = t_i + t_c \quad (9-7)$$

$$t_e = t_i \quad (9-8)$$

(5) 结构剩余使用年限 t_{re} 按下式计算:

$$t_{re} = t_e - t_0 \quad (9-9)$$

式中: t_0 — 混凝土结构自建成至检测时已使用的时间 (a)。

2、理论计算基础

(1) 根据检测结果, 码头各项参数基本正常, 计算过程中混凝土强度取设计值, 保护层厚度取实测最小值, 钢筋直径取设计值, 混凝土表面氯离子含量按实测值推算。

(2) 氯离子扩散系数按氯离子含量实测值计算, 混凝土强度、保护层厚度、钢筋直径等参数均为定值, 不考虑各项指标的随机分布和随时间变化。

(3) 剩余寿命计算结果

本次检测码头混凝土构件的氯离子含量分布, 所检测混凝土构件剩余寿命计算结果见表 9.3。

表 9.3 氯离子扩散模型剩余寿命计算结果

构件类型	码头				引桥	
	面板	墩台	横梁	纵梁	面板	墩台
5 万吨油码头	>29 年	>29 年	-	-	>29 年	>29 年
3 万吨液体码头	>39 年	>39 年	-	-	>39 年	>39 年
3 千吨油品码头	>29 年					
3 千吨燃料油码头	>35 年					

9.2.3 剩余寿命综合分析

1、根据计算结果显示, 在碳化机理下, 5 万吨油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 万吨液体码头所检测的各构件剩余寿命均大于 39 年, 3 千吨油品码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 千吨燃料油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 35 年; 在氯离子扩散机理下, 5 万吨油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 万吨液体码头所检测的各构件剩余寿命均大于 39 年, 3 千吨油品码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 千吨燃料油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 35 年。

2、表 9.2、表 9.3 所列计算结果均针对结构完好的构件。表面开裂的构件更容易受到碳化和氯离子的侵蚀作用, 其剩余寿命将更短。

3、表 9.2、表 9.3 给出的结构剩余使用年限仅代表材料的耐久性能, 不考虑结构荷载、疲劳等因素造成的结构寿命降低。

9.3 外观劣化等级

本工程各混凝土构件外观劣化度分级统计见表 9.4~表 9.7。

表 9.4 5 万吨油码头构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 68 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	64	4	0	0
	构件名称	墩台(总数: 13 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	4	2	7	0
	构件名称	靠船构件(总数: 10 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	9	1	0	0
	构件名称	基桩(总数: 167 根)			
引桥	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	158	5	4	0
	构件名称	引桥面板(总数: 35 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	32	3	0	0
	构件名称	引桥墩(总数: 5 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	3	2	0	0
	构件名称	基桩(总数: 27 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	0	0	0

表 9.5 3 万吨液体码头构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 66 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	65	1	0	0
	构件名称	墩台(总数: 13 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	5	7	1	0
	构件名称	靠船构件(总数: 13 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	13	0	0	0
	构件名称	混凝土基桩(总数 107 根)			
引桥	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	107	0	0	0
	构件名称	钢管桩(总数: 23 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	22	1	0	0
引桥	构件名称	引桥面板(总数: 40 块)			

	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	30	10	0	0
	构件名称	引桥墩(总数: 6 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	6	0	0	0
	构件名称	基桩(总数: 27 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	0	0	0

表 9.6 3 千吨油品码头构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 22 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	22	0	0	0
	构件名称	墩台(总数: 3 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	1	2	0	0
	构件名称	横梁(总数: 7 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	1	6	0	0
	构件名称	纵梁(总数: 24 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	23	1	0	0
	构件名称	靠船构件(总数: 7 个)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	7	0	0	0
	构件名称	基桩(总数: 46 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	39	5	2	0

表 9.7 3 千吨燃料油码头构件外观劣化等级评定统计表

码头	构件名称	面板(总数: 42 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	40	2	0	0
	构件名称	墩台(总数: 4 座)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	2	2	0	0
	构件名称	横梁(总数: 8 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	7	1	0	0
	构件名称	纵梁(总数: 28 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	27	1	0	0
	构件名称	基桩(总数: 54 根)			

	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	54	0	0	0
引桥	构件名称	引桥面板(总数: 70 块)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	70	0		0
	构件名称	引桥墩(总数: 12 榼)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	9	3	0	0
	构件名称	基桩(总数: 49 根)			
	劣化等级	A	B	C	D
	构件数量	49	0	0	0

9.4 混凝土结构耐久性评估结论

5 万吨油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 万吨液体码头所检测的各构件剩余寿命均大于 39 年, 3 千吨油品码头所检测的各构件剩余寿命均大于 29 年, 3 千吨燃料油码头所检测的各构件剩余寿命均大于 35 年。

5 万吨油码头构件大部分外观劣化度评定等级为 A 级, 少量 B 级, 个别 C 级, 无 D 级。3 万吨液体码头构件大部分外观劣化度评定等级为 A 级, 少量 B 级, 无 C、D 级。3 千吨油品码头构件大部分外观劣化度评定等级为 A 级, 少量 B 级, 个别 C 级, 无 D 级。3 千吨燃料油码头构件大部分外观劣化度评定等级为 A 级, 个别 B 级, 无 C、D 级。

根据混凝土耐久性评估分级标准, 综合评定 5 万吨油码头耐久性为 C 级, 3 万吨液体码头耐久性为 B 级, 3 千吨油品码头耐久性为 B 级, 3 千吨燃料油码头耐久性为 B 级。

10、结论和建议

10.1 检测结论

(1) 5 万吨级油品码头共有 68 块面板, 其中 4 块 (5.9%) 面板劣化等级评为 B, 其余面板劣化等级均评为 A; 共有 13 座墩台, 其中 2 座 (15.3%) 墩台劣化等级评为 B, 7 座 (53.8%) 墩台劣化等级评为 C, 其余墩台劣化等级均评为 A; 共有 10 个靠船构件, 其中 1 个 (10.0%) 靠船构件劣化等级评为 B, 其余靠船构件劣化等级均评为 A; 共有 167 根基桩, 其中 5 根 (3.0%) 基桩劣化等级评为 B, 4 根 (2.4%) 基桩劣化等级评为 C, 其余基桩劣化等级均评为 A。引桥共有 35 块面板, 其中 3 块 (8.6%) 面板劣化等级评为 B, 其余面板劣化等级均评为 A; 共

有 5 榼引桥墩，其中 2 榼（40.0%）引桥墩劣化等级评为 B，其余引桥墩劣化等级均评为 A；共有 27 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(2) 3 千吨级油码头共有 22 块面板，面板劣化等级均评为 A；共有 3 座墩台，其中 2 座（66.7%）墩台劣化等级评为 B，其余墩台劣化等级评为 A；共有 7 榼横梁，其中 6 榼（85.7%）横梁劣化等级评为 B，其余横梁劣化等级评为 A；共有 24 根纵梁，其中 1 根（4.2%）纵梁劣化等级评为 B，其余纵梁劣化等级均评为 A；共有 7 个靠船构件，靠船构件劣化等级均评为 A；共有 46 根基桩，其中 5 根（10.8%）基桩劣化等级评为 B，2 根（4.3%）基桩劣化等级评为 C，其余基桩劣化等级均评为 A。

(4) 3 万吨级液体化工码头共有 66 块面板，其中 1 块（1.5%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 13 座墩台，其中 7 座（53.8%）墩台劣化等级评为 B，其中 1 座（7.7%）墩台劣化等级评为 C，其余墩台劣化等级均评为 A；共有 10 个靠船构件，靠船构件劣化等级均评为 A；共有 107 根混凝土基桩，基桩劣化等级均评为 A；共有 23 根钢管桩，其中 1 根（4.3%）钢管桩等级评为 B，其余钢管桩劣化等级均评为 A。引桥共有 40 块面板，其中 10 块（25.0%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 6 榼引桥墩，引桥墩劣化等级均评为 A；共有 27 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(4) 3 千吨级燃料油码头共有 42 块面板，其中 2 块（4.8%）面板劣化等级评为 B，其余面板劣化等级均评为 A；共有 4 座墩台，其中 2 座（50.0%）墩台劣化等级评为 B，其余墩台劣化等级均评为 A；共有 8 榼横梁，其中 1 榼（12.5%）横梁劣化等级评为 B，其余横梁劣化等级均评为 A；共有 28 根纵梁，其中 1 根（3.6%）纵梁劣化等级评为 B，其余纵梁劣化等级均评为 A；共有 54 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。引桥共有 70 块面板，面板劣化等级均评为 A；共有 12 榼引桥墩，其中 3 榼（25.0%）引桥墩劣化等级评为 B，其余引桥墩劣化等级均评为 A；共有 49 根基桩，基桩劣化等级均评为 A。

(5) 靠船墩裂缝现场取芯照片见图 6-1。

(6) 大榭石化 5 万吨油品码头及 3000 吨级油品码头水平位移变形量在 14mm~41mm 范围内，码头未发生明显位移；码头沉降变形量在 -3.1mm~3.2mm 范围内；码头未发生明显沉降。大榭石化 3 万吨级液体化工码头水平位移变形量在 17mm~43mm 范围内，码头未发生明显位移；码头沉降变形量在 -5.5mm~7.2mm 范

围内；码头未发生明显沉降。大榭石化 3000 吨级燃料油码头水平位移变形量在 20mm~39mm 范围内，码头未发生明显位移；码头沉降变形量在 0.4mm~2.2mm 范围内；码头未发生明显沉降。

(7) 5 万吨级油品码头面板、引桥面板混凝土强度推定值均大于 60MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C50 的要求；码头墩台、引桥墩混凝土强度推定值分别为 50.7MPa、50.2MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C40 的要求；取芯法所抽检的构件混凝土强度符合要求，判定合格。

(8) 5 万吨级油品码头及引桥各类构件碳化深度均较小，平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm，远小于钢筋保护层厚度(75mm~100mm)。

(9) 5 万吨级油品码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 85.0%~92.3% 范围内，最大负偏差为 7mm，满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差<1.5 倍允许负偏差的要求，判定合格。

(10) 5 万吨级油品码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -123mV~22mV 范围内，各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于 -200mV，锈蚀概率小于 10%，对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现，内部钢筋未发生锈蚀，结合电位检测结果可以判断，完好构件内部钢筋状态良好。

(11) 5 万吨级油品码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处 0.0%~0.0032% 范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

(12) 3 千吨级油码头面板、横梁、纵梁混凝土强度推定值分别为 49.9MPa、50.1MPa、51.4MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级 C40 的要求；取芯法所抽检的构件混凝土强度符合要求，判定合格。

(13) 3 千吨级油码头各类构件碳化深度均较小，平均碳化深度为 0.5mm~1.0mm，远小于钢筋保护层厚度(50mm~100mm)。

(14) 3 千吨级油码头各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在 85.0%~88.3% 范围内，最大负偏差为 7mm，满足规范合格率应达到 80% 及其以上且最大负偏差<1.5 倍允许负偏差的要求，判定合格。

(15) 3 千吨级油码头抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在 -125mV~20mV 范围内，各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于 -200mV，锈蚀概率小于 10%，对试验过程

中凿开的钢筋进行观察发现，内部钢筋未发生锈蚀，结合电位检测结果可以判断，完好构件内部钢筋状态良好。

(16) 3千吨级油码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处0.0%~0.0046%范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

(17) 3万吨级液体化工码头面板、引桥面板混凝土强度推定值均大于60MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级C50的要求；码头墩台混凝土强度推定值为51.9MPa，引桥墩混凝土强度推定值为50.0MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级C40的要求；3千吨级油码头面板、横梁、纵梁混凝土强度推定值分别为49.9MPa、50.1MPa、51.4MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级C40的要求；取芯法所抽检的构件混凝土强度符合要求，判定合格。

(18) 3万吨级液体化工码头及引桥各类构件碳化深度均较小，平均碳化深度为0.5mm~1.0mm，远小于钢筋保护层厚度(75mm~100mm)。

(19) 3万吨级液体化工码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在85.0%~90.8%范围内，最大负偏差为7mm，满足规范合格率应达到80%及其以上且最大负偏差<1.5倍允许负偏差的要求，判定合格。

(20) 3万吨级液体化工码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在-122mV~22mV范围内，各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV，锈蚀概率小于10%，对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现，内部钢筋未发生锈蚀，结合电位检测结果可以判断，完好构件内部钢筋状态良好。

(21) 3万吨级液体化工码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处0.0%~0.0036%范围内，均低于临界值 C_t ，说明钢筋处于保护状态。

(22) 3千吨级燃料油码头面板、码头横梁、码头纵梁、引桥墩混凝土强度推定值分别为50.4MPa、49.3MPa、49.4MPa、52.0MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级C40的要求；引桥面板混凝土强度推定值大于60MPa，混凝土强度推定值大于混凝土设计强度，满足原设计强度等级C50的要求；3千吨级油码头面板、横梁、纵梁混凝土强度推定值分别为49.9MPa、50.1MPa、51.4MPa，各类构件混凝土强度推定值均大于混凝土设计强

度,满足原设计强度等级C40的要求;取芯法所抽检的构件混凝土强度符合要求,判定合格。

(23) 3千吨级燃料油码头及引桥各类构件碳化深度均较小,平均碳化深度为0.5mm~1.0mm,远小于钢筋保护层厚度(50mm~100mm)。

(24) 3千吨级燃料油码头及引桥各类抽检构件的钢筋保护层厚度检测结果合格点率在86.4%~89.2%范围内,最大负偏差为7mm,满足规范合格率应达到80%及其以上且最大负偏差<1.5倍允许负偏差的要求,判定合格。

(25) 3千吨级燃料油码头及引桥抽检的各类构件钢筋腐蚀电位在-135mV~21mV范围内,各类构件钢筋腐蚀电位均正向大于-200mV,锈蚀概率小于10%,对试验过程中凿开的钢筋进行观察发现,内部钢筋未发生锈蚀,结合电位检测结果可以判断,完好构件内部钢筋状态良好。

(26) 3千吨级燃料油码头各区域构件在设计钢筋位置处的氯离子含量处0.0001%~0.0078%范围内,均低于临界值 C_t ,说明钢筋处于保护状态。

(27) 斜桩倾斜度实测值与设计值基本一致。

(28) 本次检测5万吨级油品码头基桩34根、引桥基桩5根,总计39根,其中I类桩有37根,II类桩有2根,无III类桩和IV类桩;3千吨级油码头基桩10根,均为I类桩;3万吨液体化工码头基桩20根、引桥基桩7根,总计27根,其中I类桩有25根,II类桩有2根,无III类桩和IV类桩;3千吨级燃料油码头基桩11根、引桥基桩10根,总计21根,均为I类桩。

(29) 5万吨级油品码头混凝土涂层厚度实测平均值在515um~550um范围内;3千吨级油码头混凝土涂层厚度实测平均值在447um~557um范围内;3万吨级液体化工码头混凝土涂层厚度实测平均值在499um~620um范围内;3千吨级燃料油码头混凝土涂层厚度实测平均值在526um~588um范围内。

(30) 5万吨级油品码头混凝土涂层粘结力实测平均值在2.43MPa~3.02MPa范围内;3千吨级油码头混凝土涂层粘结力实测平均值在2.99MPa~3.12MPa范围内;3万吨级液体化工码头混凝土涂层粘结力实测平均值在2.82MPa~3.00MPa范围内;3千吨级燃料油码头混凝土涂层粘结力实测平均值在2.71MPa~2.92MPa范围内;满足规范大于1.5MPa的要求。

(31) 5 万吨级油品码头 4#靠船墩钢管桩壁厚实测平均值在 17.9mm~18.2mm 范围内，与设计值 18mm 基本一致；3 万吨级液体化工码头 7#靠船墩钢管桩壁厚实测平均值在 19.8mm~20.4mm 范围内，满足原设计要求。

(32) 5 万吨级油品码头 4#靠船墩钢管桩涂层厚度实测平均值在 2.03mm~2.36mm 范围内，钢管桩涂层厚度满足 2.0mm 设计要求；3 万吨级液体化工码头 7#靠船墩钢管桩涂层厚度实测平均值在 938um~990um 范围内，钢管桩涂层厚度满足 800um 设计要求。

(33) 3 万吨级液体化工码头 7#、8#靠船墩钢管桩的保护电位在 -824mV~-990mV 范围内，符合规范规定的保护电位范围 -780mV~-1050mV。

(34) 根据现场勘查，5 万吨级油品码头接岸处堆积较为严重，不能辨别接岸结构是否完好；3 万吨级液体化工码头接岸处已封闭，不能辨别接岸结构是否完好；3 千吨级燃料油码头无明显坍陷，混凝土结构无破损、裂缝、露筋等情况。

(35) 根据现场勘察测量，引桥接岸结构与堤岸连接平整，伸缩缝均匀，无错位和明显沉降。

(36) 根据现场勘察，3 千吨级燃料油码头接岸结构基础存在冲刷现象。

(37) 根据现场勘察，码头岸坡断面稳定、完整，未见明显滑移、坍陷、破损等情况，

(38) 5 万吨级油品码头墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边普遍存在锈蚀情况，局部存在破损缺陷；前沿靠船板存在锈蚀、破损、缺失等缺陷、部分靠船铁链锈蚀；个别系船柱存在混凝土基础破损缺陷；伸缩缝填充物普遍缺失，部分伸缩缝存在高差现象。其它附属设施基本完好。

(39) 3 千吨级油码头墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边部分存在锈蚀情况；前沿靠船板存在锈蚀、缺失情况、前沿部分橡胶护舷缺失，靠船铁链普遍锈蚀，局部靠船铁链断裂。其它附属设施基本完好。

(40) 3 万吨级液体化工码头墩台及工作平台前沿护轮坎钢护边部分存在锈蚀情况，护轮坎局部存在混凝土破损缺陷；前沿靠船板存在锈蚀、破损、缺失等缺陷、部分橡胶护舷螺帽缺失；部分伸缩缝填充物缺失，部分伸缩缝存在高差现象。其它附属设施基本完好。

(41) 3 千吨级燃料油码头前沿部分橡胶护舷存在破损、开裂等缺陷；前沿爬梯存在锈蚀情况；引桥部分伸缩缝填充物缺失。其它附属设施基本完好。

10.2 评估结论

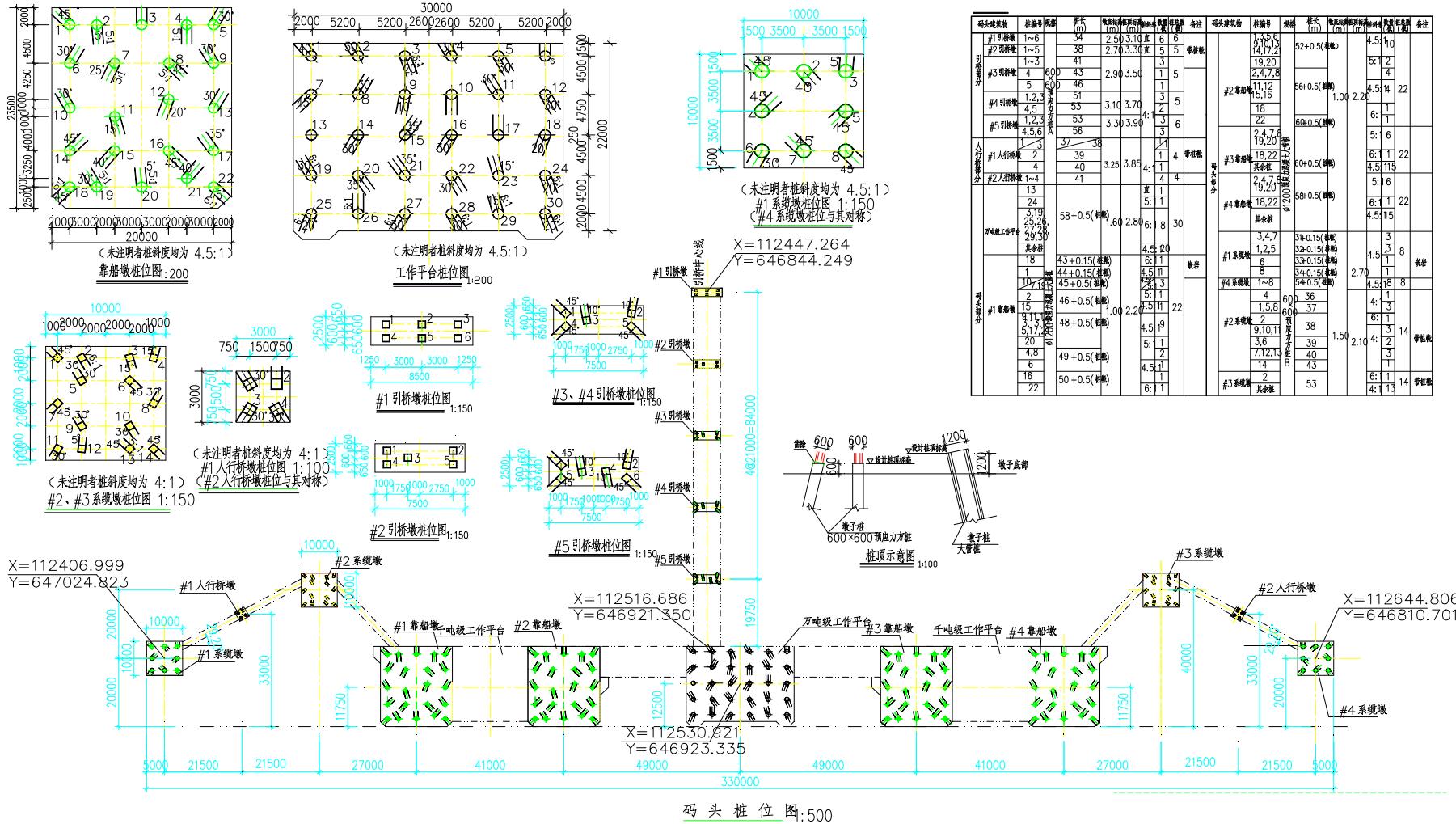
综合检测结果和结构验算结果，整体结构评估等级如下：

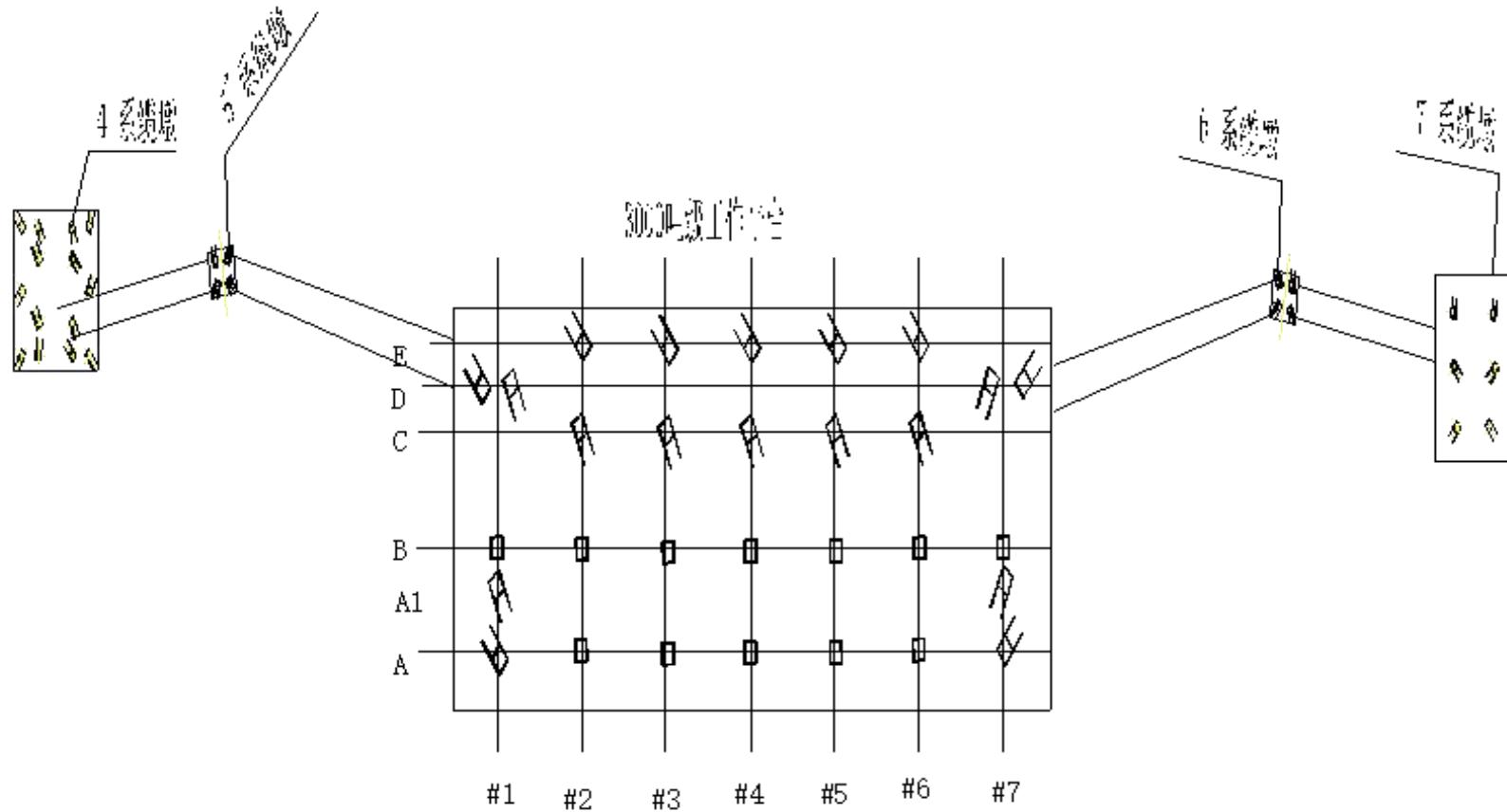
表 10.1 结构评估等级表

评估单元	结构安全性	结构适用性	结构耐久性
5 万吨油品码头	A	D	C
3 万吨液体码头	A	C	B
3 千吨油品码头	A	B	B
3 千吨燃料油码头	A	B	B

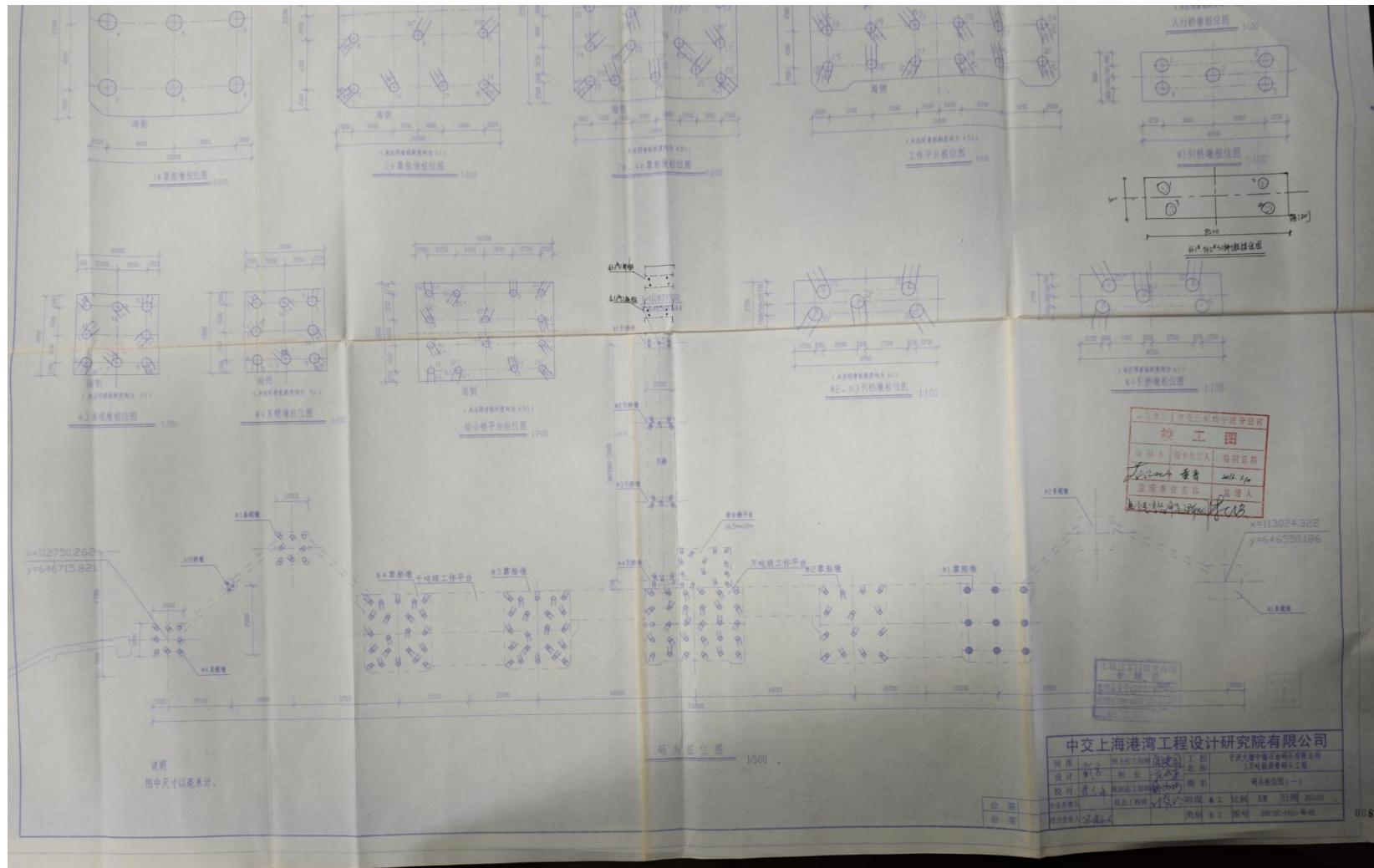
10.3 建议

- (1) 建议对主体结构各类受损的构件及时采取修复措施。
- (2) 建议对受损的附属设施及时采取修复措施。

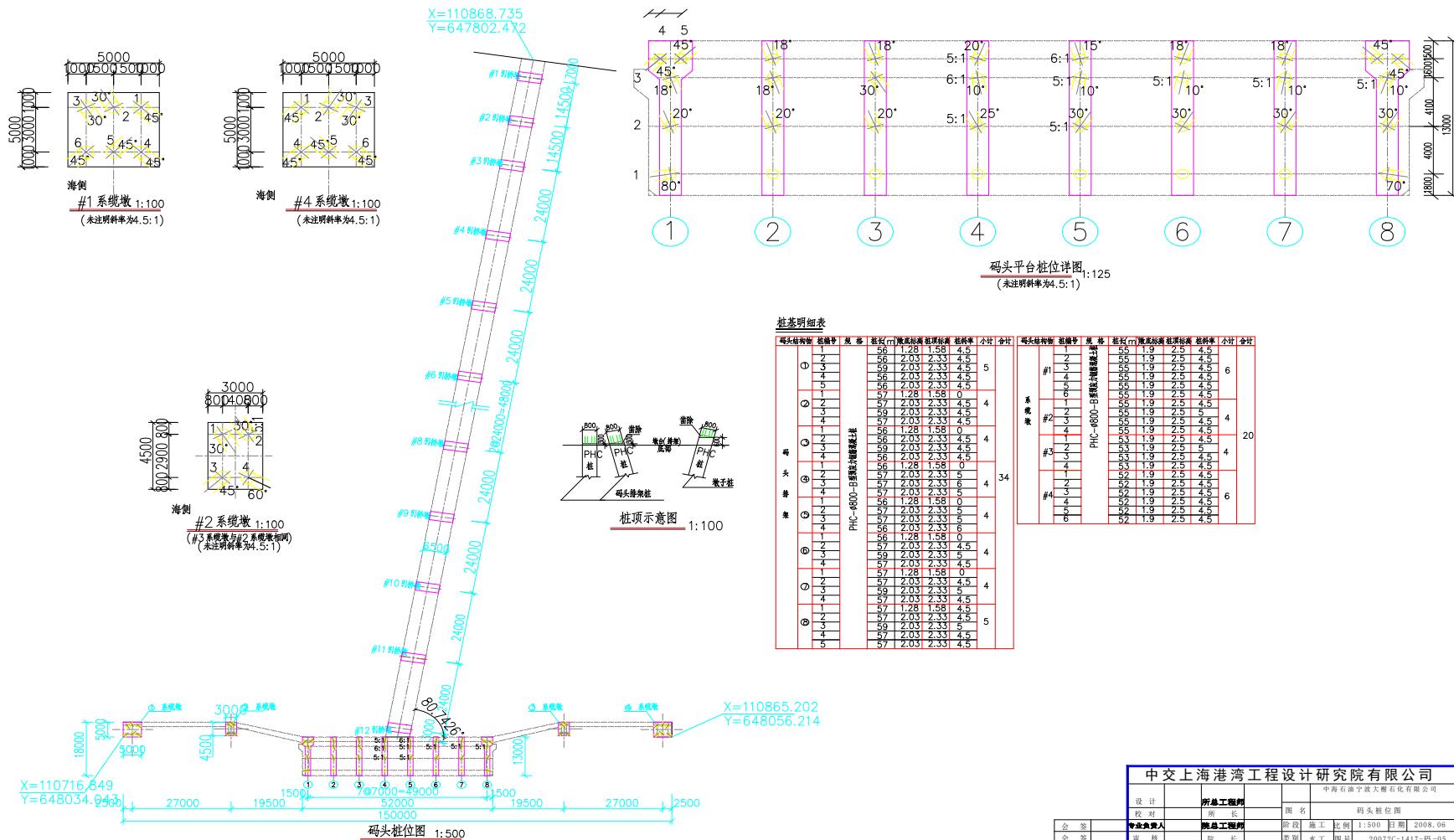




3000 吨油品码头桩位示意图



3 万吨液体化工码头桩位示意图



3千吨级燃料油码头桩位示意图

中交上海港湾工程设计研究院有限公司		中海石油宁波大榭石化有限公司	
设计	所长	图名	施工日期
校对人	所长	码头桩位图	1:500 2008.06
专业负责人	项目经理	类别	水工 图号 20072C-1417-图-05