

中华人民共和国行业标准

码头结构加固改造设计规范

JTS/T 326—2024

主编单位：中交第三航务工程勘察设计院有限公司

中交上海三航科学研究所有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2024年12月1日

人民交通出版社

2024·北京

交通运输部关于发布 《码头结构加固改造设计规范》的公告

2024 年第 40 号

现发布《码头结构加固改造设计规范》(以下简称《规范》)。《规范》为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 326—2024,自 2024 年 12 月 1 日起施行。《码头结构加固改造技术指南》(JTS/T 172—2016)同时废止。

《规范》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位中交第三航务工程勘察设计院有限公司答复。《规范》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
2024 年 8 月 23 日

制定说明

本规范是根据《交通运输部办公厅关于下达 2020 年度水运工程标准编制计划的通知》(交办水函〔2020〕1124 号)的要求,由交通运输部水运局组织有关单位在深入调查研究的基础上,总结我国码头结构加固改造设计实践经验,结合水运工程建设发展需要,借鉴国内外相关技术标准并吸收新的研究成果,经广泛征求意见、反复修改完善编制而成。

《码头结构加固改造技术指南》(JTS/T 172—2016)自实施以来,对我国水运工程码头加固改造设计与施工起到了积极的指导作用。随着码头加固改造工程的重要性和复杂性不断增加,为进一步规范、指导码头结构加固改造设计,保障加固改造的码头结构安全可靠、耐久适用、技术先进和经济合理,制定本规范。

本规范共分 9 章 1 个附录,并附条文说明,主要包括检测、评估与状态判别,高桩码头结构加固改造,重力式码头结构加固改造,板桩码头结构加固改造,斜坡码头和浮码头结构加固改造,耐久性设计等技术内容。

本规范的主编单位为中交第三航务工程勘察设计院有限公司与中交上海三航科学研究所有限公司,参编单位为中交第一航务工程勘察设计院有限公司、中交第二航务工程勘察设计院有限公司、中交第一航务工程局有限公司、中交第三航务工程局有限公司、招商局港口集团股份有限公司。

本规范编写人员的分工如下:

- 1 总则:徐俊 顾宽海
- 2 术语:顾宽海 徐俊
- 3 基本规定:金晓博 顾宽海 吴锋 夏俊桥
- 4 检测、评估与状态判别:吴锋 徐静文 顾宽海
- 5 高桩码头结构加固改造:顾宽海 陈海峰 江义 夏俊桥
- 6 重力式码头结构加固改造:王玉红 汤丽燕 顾祥奎 刘思国
- 7 板桩码头结构加固改造:刘应红 陈青红
- 8 斜坡码头和浮码头结构加固改造:叶上扬 顾宽海
- 9 耐久性设计:顾祥奎 陈明阳 那丹红

附录 A:叶上扬

本规范于 2024 年 3 月 27 日通过部审,于 2024 年 8 月 23 日发布,自 2024 年 12 月 1 日起施行。

本规范由交通运输部负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街 11 号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:上海市徐汇区肇嘉浜路 831 号,中交第三航务工程勘察设计院有限公司,邮政编码:200032,电话:021-64381730),以便修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
4	检测、评估与状态判别	(5)
5	高桩码头结构加固改造	(7)
5.1	一般规定	(7)
5.2	加固改造主要方式	(7)
5.3	结构计算	(14)
5.4	构造	(15)
5.5	施工要求	(16)
6	重力式码头结构加固改造	(17)
6.1	一般规定	(17)
6.2	加固改造主要方式	(17)
6.3	结构计算	(19)
6.4	构造	(21)
6.5	施工要求	(21)
7	板桩码头结构加固改造	(22)
7.1	一般规定	(22)
7.2	加固改造主要方式	(22)
7.3	结构计算	(24)
7.4	构造	(25)
7.5	施工要求	(26)
8	斜坡码头和浮码头结构加固改造	(27)
9	耐久性设计	(29)
	附录 A 本规范用词说明	(30)
	引用标准名录	(31)
	附加说明 本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(32)
	条文说明	(35)

1 总 则

1.0.1 为规范码头结构加固改造设计,做到码头结构安全可靠、耐久适用、技术先进和经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于码头结构加固改造的设计。

1.0.3 码头结构加固改造设计除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 码头结构加固改造 Strengthening and Renovation of Wharf Structure

为提高或维持码头既有结构、构件及其相关部分的可靠性,使其满足规定的安全性、适用性和耐久性要求,采取的结构增强或调整措施。

2.0.2 结构状态判别 Identification of Structural Behavior

在结构检测评估的基础上,结合码头结构加固改造要求,采用计算、分析、试验等手段对结构的安全性、适用性、耐久性和剩余使用年限等进行的综合识别判定。

2.0.3 剩余使用年限 Residual Service Life

既有结构在规定的使用条件和正常维护条件下,无需大修继续保持其预定功能的时间。

3 基本规定

3.0.1 码头结构加固改造应根据结构状况、自然条件、使用要求、施工条件、周边环境等进行设计,并遵循安全可靠、技术先进、经济合理的原则。

3.0.2 码头结构加固改造前应对既有结构进行检测与评估,并应根据码头结构检测评估结论和使用要求确定加固改造的范围及内容。

3.0.3 码头结构的检测与评估应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304)和《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)的有关规定。

3.0.4 码头结构加固改造设计应根据检测与评估结论、使用要求、结构状况、地基基础条件、周边环境等,对既有码头结构状态进行判别。

3.0.5 码头结构加固改造设计应考虑下列因素:

- (1)港口总体规划、航道规划等;
- (2)水深、水流、泥沙、波浪、地质等条件和所在海床或河势稳定情况;
- (3)工程涉及的通航安全、航道与港区相对关系、码头生产管理和使用要求等;
- (4)施工可行性;
- (5)技术经济合理性等。

3.0.6 码头结构加固改造设计应具备下列资料:

- (1)工程设计文件和竣工资料等;
- (2)近期检测和评估报告;
- (3)水文、地质和最新地形资料;
- (4)构筑物使用状态、周边构筑物现状情况等调查资料;
- (5)历史原型观测资料和维护报告;
- (6)现场施工条件、施工能力及要求等资料;
- (7)其他与加固改造设计相关的资料。

3.0.7 码头结构加固改造的结构安全等级,应根据结构的重要性、使用年限、使用要求、既有码头结构的安全等级和损坏后果的严重程度,按现行国家标准《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50158)等确定。

3.0.8 码头结构加固改造后的结构设计使用年限,应根据结构检测与评估结论、使用要求和加固改造措施等综合论证确定。

3.0.9 码头结构加固改造设计应按现行国家标准《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50158)的规定,采用以分项系数表达的极限状态设计法,并应符合国家现行标准的有关规定。

- 3.0.10** 码头结构加固改造设计的作用与作用效应组合应符合现行行业标准《港口工程荷载规范》(JTS 144—1)、《码头结构设计规范》(JTS 167)等的有关规定。
- 3.0.11** 码头结构的计算模式应符合结构加固改造前后的实际受力和构造状况。既有结构尺度应采用实测值,获取实测尺度困难的,可根据设计图、竣工图并结合现场实际情况等研究确定;新增结构尺度应采用设计数值。既有结构构件的材料强度指标应采用检测确定的标准值,但不应大于原设计标准值。
- 3.0.12** 码头结构加固改造采用的钢材、钢筋、混凝土和结构胶黏剂等加固材料应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)、《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)等有关规定。结构加固改造采用的混凝土强度等级不应低于既有结构的混凝土强度设计等级,且不应低于 C30。
- 3.0.13** 码头结构加固改造设计应与施工工艺相结合,采取保证新增构件和部件与既有结构连接可靠的措施,并应避免对未加固部分以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影晌。
- 3.0.14** 码头结构新增构件的设计应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)和《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152)的有关规定。
- 3.0.15** 码头结构构件修补加固设计应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)等的有关规定。
- 3.0.16** 码头结构加固改造应根据结构设计使用年限和使用要求、使用环境等进行耐久性设计。
- 3.0.17** 码头结构加固改造设计应明确施工技术要求,并应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。必要时,设计还应对施工期提出监测要求。
- 3.0.18** 加固改造的新结构可结合既有结构已设置的沉降、位移固定观测点情况增设观测点,并应符合国家现行标准的有关规定。
- 3.0.19** 码头结构加固改造设计应明确结构使用和维护要求,并符合现行行业标准《港口设施维护技术规范》(JTS 310)和《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)的有关规定。定期跟踪检查时间间隔应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)等的有关规定。
- 3.0.20** 码头结构加固改造设计应充分利用既有结构及设施,并应符合国家绿色、低碳、环保相关标准的要求。
- 3.0.21** 码头结构加固改造的附属设施应结合加固改造的特点进行相应的设计,并应符合现行行业标准《码头附属设施技术规范》(JTS 169)的有关规定。

4 检测、评估与状态判别

4.0.1 码头结构加固改造前应对结构现状进行检测与评估,并应根据加固改造的目标、检测与评估的结论对码头结构进行状态判别。

4.0.2 码头结构检测与评估应根据结构形式、检测与评估技术要求、初步调查情况等,制定技术方案。技术方案应包括检测与评估内容、范围、测点布置、检测数量、检测方法、检测与评估成果要求、附图和其他相关要求。

4.0.3 初步调查应包括下列内容:

- (1)原勘察设计文件和竣工资料;
- (2)码头结构运营期使用情况等资料;
- (3)码头结构检查与维护资料;
- (4)现场考察;
- (5)环境调查。

4.0.4 码头环境调查应包括下列内容:

- (1)码头水域的波浪、潮流、冰情等水文条件;
- (2)风况等气象条件;
- (3)工程地质条件;
- (4)地震情况;
- (5)码头水域水质情况;
- (6)码头区域水深及冲淤变化情况;
- (7)荷载情况。

4.0.5 码头结构检测应包括下列内容:

- (1)结构构件裂缝与破损检测;
- (2)结构位移与变形检测;
- (3)结构耐久性检测;
- (4)必要的结构试验检测;
- (5)已补强与加固的结构检测。

4.0.6 码头结构构件裂缝与破损检测、位移与变形检测和耐久性检测等应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304)的有关规定。

4.0.7 既有结构承载能力的检测应符合现行行业标准《水运工程结构试验检测技术规范》(JTS/T 233)的有关规定。

4.0.8 码头结构既有应力状态检测可采用应力释放法,试验应符合现行行业标准《水运工程结构试验检测技术规范》(JTS/T 233)的有关规定。

4.0.9 码头结构的评估内容应包括安全性、适用性和耐久性评估,评估范围应包括地基、基础、结构或构件。评估方法和分级标准要求应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304)的有关规定。

4.0.10 码头结构加固改造对既有结构承载能力的评估应充分考虑结构损伤、材料劣化等的影响。分析精度难以达到要求时,可通过原型荷载试验等方法进行检测评估。

4.0.11 码头结构检测资料不满足评估要求时,应进行补充检测或试验等。

4.0.12 码头结构状态判别应具备下列资料:

- (1)原勘察设计文件和竣工资料;
- (2)加固改造使用要求;
- (3)码头结构原型观测、检查和维护资料;
- (4)码头结构使用历史、荷载变化情况;
- (5)检测与评估报告;
- (6)现场环境条件等。

4.0.13 码头结构状态判别应综合考虑结构构件评估等级和重要程度、码头结构加固改造后的使用要求等因素,经综合分析论证,提出安全性、适用性、耐久性和结构剩余使用年限等结论。

4.0.14 码头结构位移与变形异常时,状态判别应分析产生原因及其对结构承载力和稳定性的影响;码头结构裂缝超过规范允许值时,状态判别应分析判断裂缝成因和发展趋势。

5 高桩码头结构加固改造

5.1 一般规定

5.1.1 高桩码头结构的加固改造设计应根据状态判别结果和加固改造目标,按安全适用、经济合理、施工方便的原则选用合适的加固改造方案。

5.1.2 高桩码头加固改造中新增结构的设计应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。对既有结构构件的修补加固设计应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

5.2 加固改造主要方式

5.2.1 高桩码头结构加固改造方式应根据既有码头平面布置、结构形式、改造后使用要求、船型以及船舶系靠泊要求等确定,可采用设置分离式墩台、设置前方桩台、设置柔性靠船桩、局部加固、板桩加固或调整护舷等方式。

5.2.2 高桩码头结构加固改造采用设置分离式墩台方式(图 5.2.2-1、图 5.2.2-2)时,可根据设计船型尺度,将码头前方桩台部分结构拆除或直接在既有码头结构前方新建与既有结构分离的系、靠船墩结构,独立承受船舶荷载作用。设置分离式墩台方式按照新建墩式结构的位置不同,可采用墩面与码头面平齐的等高分离式、墩面低于码头面的嵌入分离式和既有码头前沿外设置墩台的前方墩台式。采用设置分离式墩台方式进行码头结构加固改造应符合下列规定。

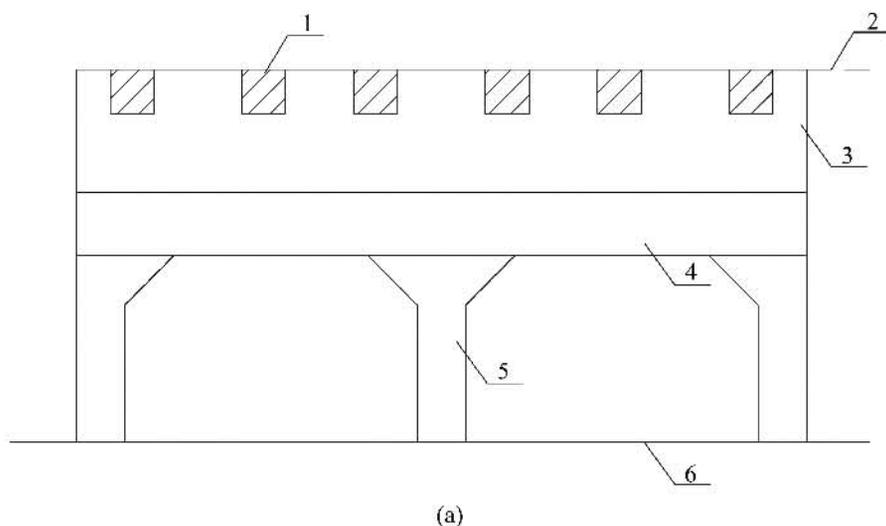


图 5.2.2-1

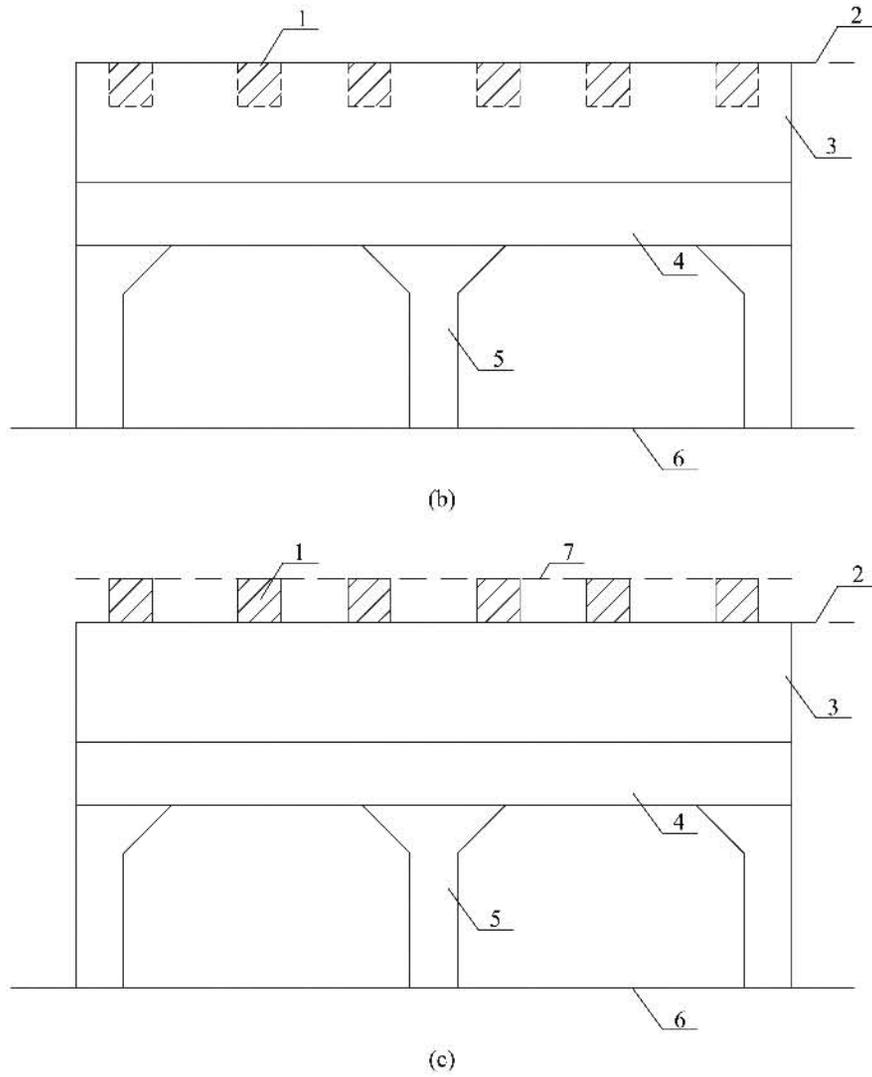


图 5.2.2-1 设置分离式墩台方式平面布置图示

(a) 等高分离式; (b) 嵌入分离式; (c) 前方墩台式

1-独立墩台结构; 2-既有码头前沿线; 3-前方桩台; 4-后方桩台; 5-引桥; 6-驳岸线; 7-外移后的码头前沿线

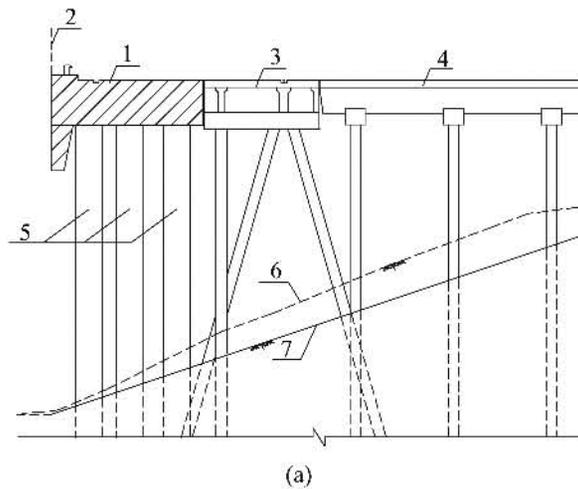


图 5.2.2-2

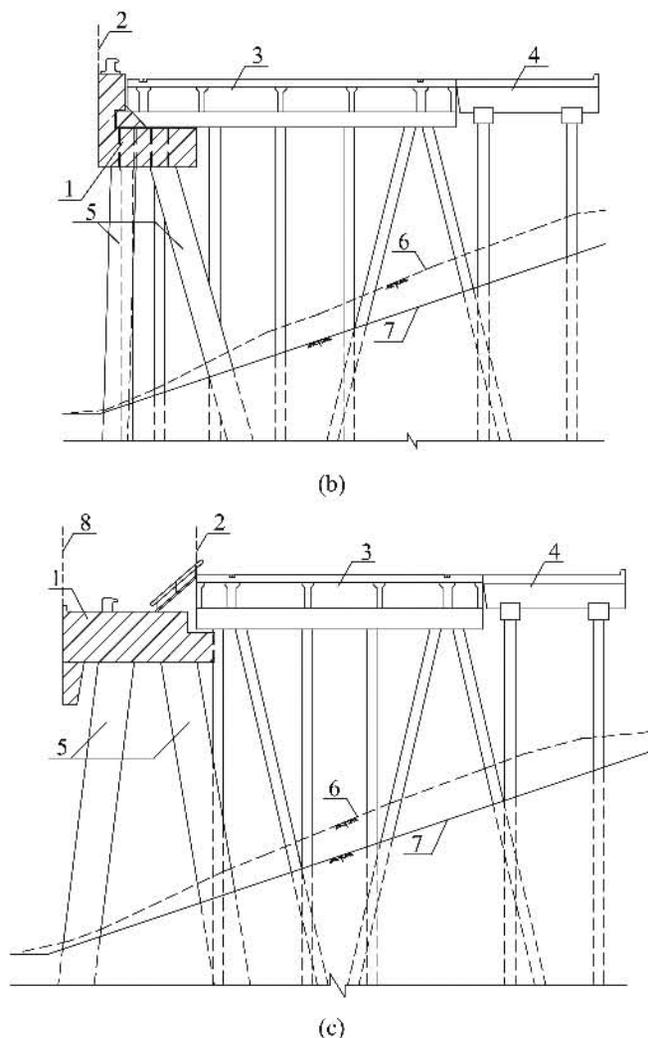


图 5.2.2-2 设置分离式墩台方式断面图示

(a) 等高分离式; (b) 嵌入分离式; (c) 前方墩台式

1-独立墩台结构; 2-既有码头前沿线; 3-前方桩台; 4-后方桩台; 5-新增墩台桩; 6-泥面线; 7-设计泥面线; 8-外移后的码头前沿线

5.2.2.1 墩体结构形式应根据使用要求、施工能力和自然条件确定,宜采用实体式。

5.2.2.2 采用设置分离式墩台方式时,应在新结构与既有结构之间设置结构缝,缝宽可根据结构变形条件确定。

5.2.3 设置分离式墩台方式的适用条件应符合下列规定。

5.2.3.1 设置分离式墩台方式可用于既有码头结构基本完好,码头结构水平承载力和刚度不能满足船舶荷载作用的情况。

5.2.3.2 改造后码头前沿线不允许超出既有码头结构前沿时,可将码头前方桩台部分结构拆除,增设系、靠船墩台结构。墩台结构根据施工水位条件可选择等高分离式或嵌入分离式。

5.2.3.3 改造后码头前沿线允许超出既有码头结构前沿时,码头结构加固改造可采用前方墩台式。

5.2.4 高桩码头结构加固改造采用设置前方桩台方式(图 5.2.4)时,可在既有码头结构前方新建桩基平台形成组合结构。设置前方桩台方式可用于码头前沿线允许前移等情况,并应符合下列规定。

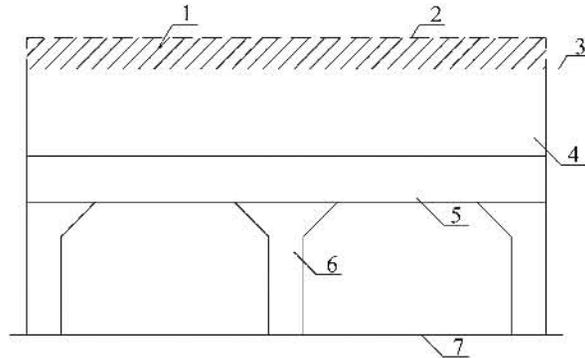


图 5.2.4 设置前方桩台方式图示

1-新建桩台;2-外移后的码头前沿线;3-既有码头前沿线;4-前方桩台;5-后方桩台;6-引桥;7-驳岸线

5.2.4.1 既有码头前沿线外新建桩台为非独立结构时,应采用合适的连接方式使新结构与既有结构协同工作、共同受力。

5.2.4.2 既有码头前沿线外新建桩台为独立结构时,大型装卸机械的前后支腿应设在同一桩台上。

5.2.5 高桩码头结构加固改造采用设置柔性靠船桩方式(图 5.2.5)时,可在既有码头结构前方设置柔性靠船设施,由柔性靠船设施单独承受船舶撞击力或与既有码头结构共同承受船舶撞击力。设置柔性靠船桩方式可用于满足加固改造设计船型的系靠泊并能适应现有装卸工艺要求的情况。设置柔性靠船桩方式应符合下列规定。

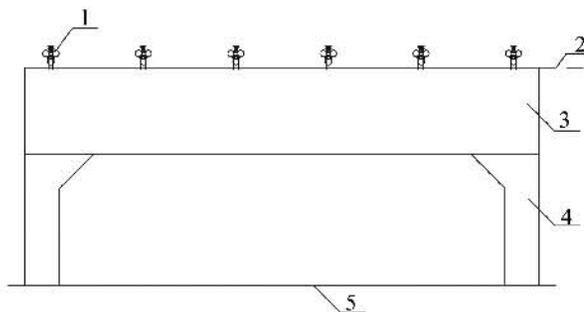


图 5.2.5 设置柔性靠船桩方式图示

1-新增柔性靠船桩;2-既有码头前沿线;3-码头平台;4-引桥;5-驳岸线

5.2.5.1 柔性靠船桩宜采用钢管桩或其他变形适应性较强的桩,连接平台宜采用钢结构。

5.2.5.2 柔性靠船桩应根据地基土的性质、船舶撞击力、作业变形要求和施工条件等确定桩的布置、截面和入土深度。

5.2.6 高桩码头结构加固改造采用局部加固方式(图 5.2.6-1、图 5.2.6-2)时,可在既有码头结构不同部位通过增加桩基础或扩大码头主要梁板构件尺度等,并与既有码头结构结合成整体结构。局部加固方式可用于既有连片式码头结构刚度和承载能力等整体工作性能不适应船舶靠离或装卸工艺使用要求的情况。局部加固方式应符合下列规定。

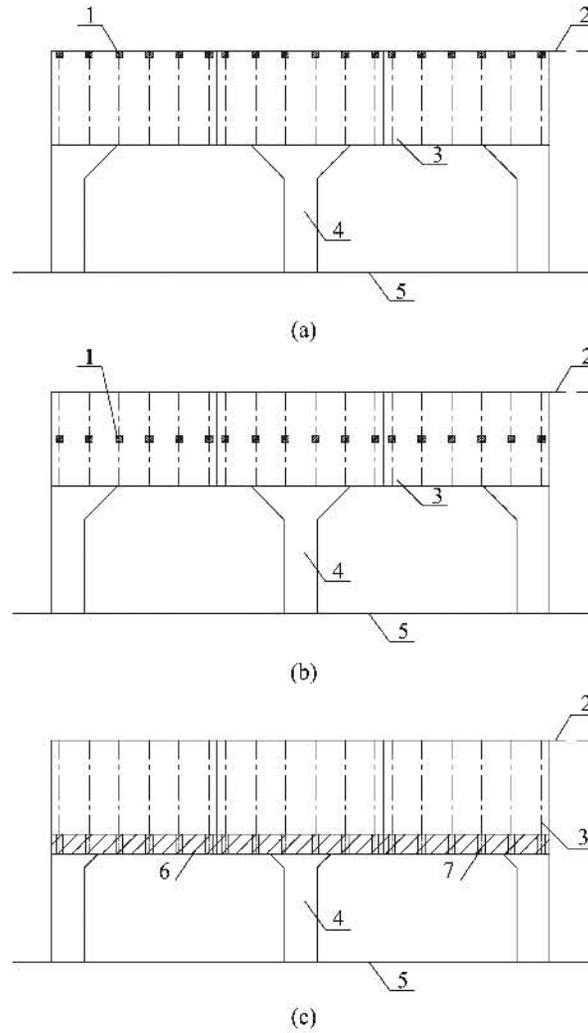


图 5.2.6-1 局部加固方式平面布置图示

(a) 前节点局部加固; (b) 中部节点局部加固; (c) 后节点局部加固

1-新增桩基; 2-既有码头前沿线; 3-码头平台; 4-引桥; 5-驳岸线; 6-新增平台; 7-新增桩基或节点

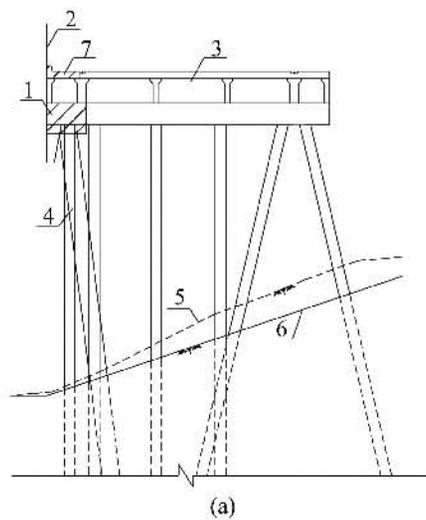


图 5.2.6-2

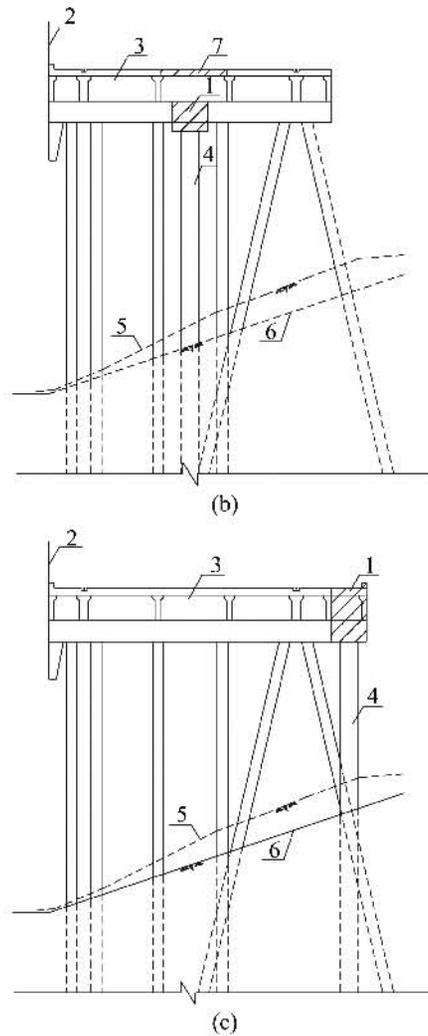


图 5.2.6-2 局部加固方式断面图示

(a) 前节点局部加固; (b) 中部节点局部加固; (c) 后节点局部加固

1-新增节点; 2-既有码头前沿线; 3-既有码头; 4-新增节点桩; 5-泥面线; 6-设计泥面线; 7-重新浇筑的面层

5.2.6.1 局部加固方式加固位置应根据既有结构的布置、船型、装卸工艺等情况确定。既有结构排架前端或后端有合适空间时,宜在端部增设基桩,并与原排架结合成整体;无合适空间时,宜在主要的受力节点处增设基桩,并通过局部加大桩帽或横梁结合成整体。

5.2.6.2 增设的桩基宜进入良好持力层,同一桩台的基桩桩端宜位于同一土层。

5.2.6.3 增设的加固结构应与既有结构可靠连接。

5.2.7 高桩码头结构加固改造采用板桩加固方式(图 5.2.7-1、图 5.2.7-2)时,可在高桩码头前沿或后方设置板桩墙结构。码头结构能够满足船舶荷载和装卸工艺荷载使用要求,但码头岸坡整体稳定性因码头前沿浚深不能满足要求时,可采用在码头前沿设置板桩加固方式;条件允许时也可在码头平台后设置提高驳岸稳定性的板桩墙结构。

5.2.8 高桩码头结构加固改造可在既有码头结构前方采用调整护舷方式(图 5.2.8),提高护舷性能,提升码头靠泊等级。调整护舷方式可与其他结构加固改造方式联合使用。调整护舷方式可用于维持码头前沿线位置基本不变、满足加固改造设计船型和装卸工艺

要求的情况下,将船舶停泊位置适量外移、前沿泥面少量浚深的情况。护舷为非标产品时,其性能参数应通过试验核定。调整护舷方式应符合下列规定。

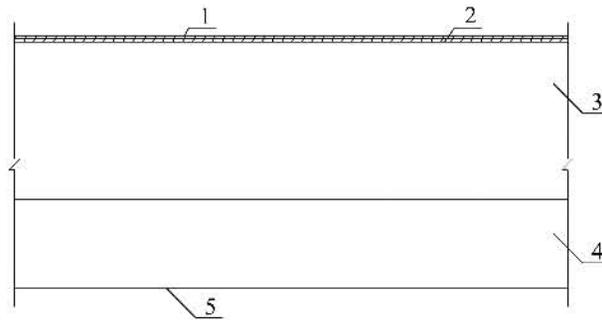


图 5.2.7-1 板桩加固方式平面布置图示

1-板桩;2-既有码头前沿线;3-前方桩台;4-后方桩台;5-驳岸线

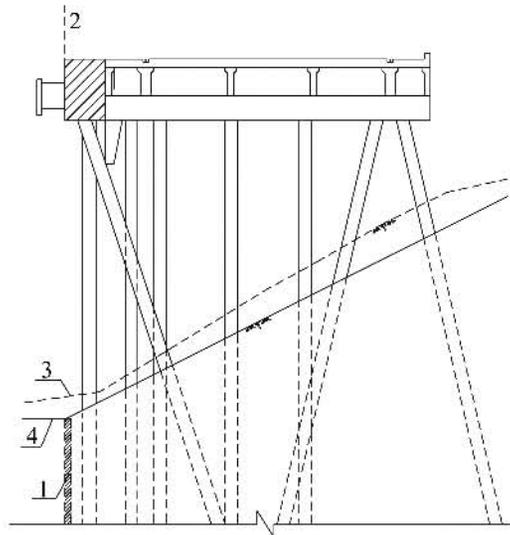


图 5.2.7-2 板桩加固方式断面图示

1-板桩;2-既有前码头前沿线;3-泥面线;4-设计泥面线

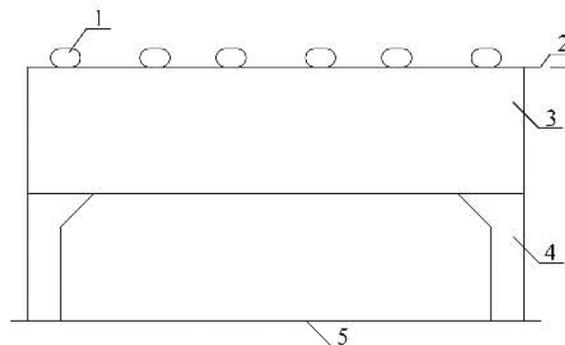


图 5.2.8 调整护舷方式图示

1-新增护舷;2-既有码头前沿线;3-码头桩台;4-引桥;5-驳岸线

5.2.8.1 护舷与码头间需采用连接平台时,连接平台应采用具有足够刚度的钢质结构。

5.2.8.2 联合使用其他结构加固改造方式应符合其相应的规定。

5.2.9 高桩码头混凝土结构和钢结构构件修补加固方式应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

5.2.10 码头前沿、桩基区或岸坡结构局部出现冲刷影响结构安全时,宜采用抛石或袋装混凝土等保护措施。

5.2.11 混凝土桩顶部破损时,可采用将横梁或桩帽局部降低高程包覆破损桩顶局部补强的方法。桩身破损时,可采用包覆修补、加固等方式。

5.2.12 护舷老化、变形、损坏、脱落,螺栓、垫板、锚链锈蚀等应进行维修或更换,维修或更换后的护舷变形-反力曲线等性能应满足设计要求。

5.3 结构计算

5.3.1 码头结构加固改造采用高桩码头结构时的计算应符合下列规定。

5.3.1.1 下列情况应按承载能力极限状态设计:

- (1) 码头结构的整体稳定和挡土结构稳定;
- (2) 桩的承载力;
- (3) 桩和柱的压屈稳定;
- (4) 上部结构构件的承载能力。

5.3.1.2 下列情况应按正常使用极限状态设计:

- (1) 混凝土构件的抗裂或限裂;
- (2) 结构和构件的变形。

5.3.2 结构计算模型应根据既有结构、新增结构、结构体系转换状况和各结构的实际受力状况确定,结构分析宜采用空间模型计算,并按下列规定计算和验算。

5.3.2.1 桩土相互作用可按 m 法或假想嵌固点法。

5.3.2.2 桩的轴向刚性系数计算应考虑码头港池浚深的影响。

5.3.2.3 桩的计算应分析新增桩基与既有桩基的相互影响。

5.3.2.4 既有结构与新增结构施工期的内力应按相应的施工状态计算。

5.3.3 结构计算应比较码头下淤积岸坡与原设计状态的差异,采取合理的计算方法分析此差异对结构产生的影响,并应符合下列规定。

5.3.3.1 淤积岸坡对高桩码头的作用应与码头结构其他作用进行组合。

5.3.3.2 淤积岸坡作用的土压力应根据实际情况研究确定。

5.3.3.3 淤积岸坡对于码头结构的作用可采用数值模拟方法进行计算。

5.3.4 码头岸坡稳定验算应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定,并应考虑港池浚深和岸坡淤积的影响。

5.3.5 码头结构在地震作用下,应计算和验算新增结构、既有结构的变形,变形应协调。

5.3.6 结构构件计算应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)和《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152)等的有关规定。

5.3.7 采用增设板桩加固方式提高驳岸稳定时,新增板桩结构的强度和变形计算应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

5.4 构 造

5.4.1 高桩码头结构加固改造时,上部结构底面高程应考虑施工水位、检修等因素综合分析后确定。

5.4.2 高桩码头结构加固改造设计时新老混凝土结构分缝宽度可取 20mm ~ 40mm。缝内应采用柔性材料填充。

5.4.3 加固改造采用设置分离式墩台方式时,应满足下列要求:

(1) 采用实体式的墩体厚度根据使用要求和受力情况确定,但不小于 1.5m;

(2) 墩体结构边缘至最外一排基桩外边缘的距离,桩径或桩宽小于 1000mm 时,取 0.5 倍桩径或桩宽,且不小于 300mm;桩径或桩宽大于或等于 1000mm 时,取不小于 0.4 倍桩径或桩宽,且不小于 500mm;

(3) 其他构造要求符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

5.4.4 加固改造采用设置前方桩台方式时,应符合下列规定。

5.4.4.1 前桩台结构分段长度应根据本地区的温度差、平面布置形式、上部结构的特性、桩的自由长度和刚度等因素综合确定。前方桩台为独立结构、上部结构为装配整体式结构时,分段长度宜取 60m ~ 70m;上部结构为整体浇筑混凝土时,不宜大于 35m;经可靠论证,分段长度可适当增加。前方桩台与既有结构连接时,伸缩缝应与既有结构的伸缩缝对应。

5.4.4.2 前方桩台采用有轨装卸设备时,应防止桩台相邻两段水平位移差异影响有轨装卸机械行驶,分段处可采用悬臂结构。

5.4.4.3 桩台悬臂分缝宜做成凹凸缝,凹凸缝的齿高可取 200mm ~ 400mm,齿宽不宜过小;平行于码头前沿线沿桩台宽度方向的缝应紧密接触。桩台结构承受较大水平荷载时,凹凸缝截面改变处应适当加强。

5.4.4.4 预制构件的搁置面宜采用水泥砂浆找平,砂浆厚度宜取 10mm ~ 20mm,砂浆强度等级不应低于 M20。

5.4.4.5 板的搁置长度应根据计算确定,简支板不宜小于 200mm,叠合板不宜小于 150mm。单向板沿宽度方向的搭接长度不应小于 25mm。

5.4.4.6 预制纵梁、横梁的搁置长度应根据计算确定,且不应小于 200mm。

5.4.5 加固改造采用设置柔性靠船桩方式时,应符合下列规定。

5.4.5.1 柔性靠船桩的设计桩长应满足计算要求且应根据加固结构的重要性、地质条件和冲刷情况等适当增加,增加值可取 2m ~ 5m。

5.4.5.2 柔性靠船桩在泥面下第一弯矩峰值附近部位应采取增加局部刚度的措施。

5.4.5.3 柔性靠船桩桩位布置宜考虑沉桩偏位影响,留有足够的变形空间。

5.4.5.4 柔性靠船桩宜等间距布置。柔性靠船桩兼有系缆功能时,应设置安全通行设施,设施单端可滑移。

5.4.6 加固改造采用局部加固方式时,应符合下列规定。

5.4.6.1 增设的桩帽平面形状可采用矩形、圆形或多边形等。桩帽外包最小宽度应符

合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

5.4.6.2 桩帽的高度应根据计算确定,并考虑桩伸入桩帽的长度,桩顶钢筋长度、预应力混凝土管桩桩芯钢筋长度或钢管桩锚固铁件锚固长度等构造要求。桩帽高度不宜小于0.5倍桩帽宽度,且不得小于600mm。

5.4.7 高桩码头结构加固改造设计应避免局部加强或刚度突变而形成新薄弱部位。

5.4.8 新老混凝土结构连接时,新老混凝土结合面,原构件表面应凿成凹凸差不小于6mm的粗糙面。混凝土浇筑前结合面宜采用涂刷结构界面胶剂、设置凹凸槽、植筋等措施。

5.4.9 混凝土构件加固改造中新增受力钢筋与既有受力钢筋应保持共同受力。新老构件之间钢筋的连接宜采用焊接或机械连接。受力状态时钢筋不应采用电焊。

5.4.10 新老结构采用植筋形式连接时,原构件的混凝土强度应符合下列规定:

(1)新增构件为悬挑结构构件时,原构件混凝土强度等级不低于C25;

(2)新增构件为其他结构构件时,原构件混凝土强度等级不低于C20;

(3)锚固部位的原构件混凝土无局部缺陷;有局部缺陷时,先进行补强或加固处理后再植筋。

5.4.11 植筋的锚固深度应根据设计计算确定,并应进行抗拔力试验,相关技术要求应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367)的有关规定。

5.5 施工要求

5.5.1 设计应对施工期受力状态、既有结构拆除、卸荷、岸坡清淤、沉桩、钢筋混凝土结构和钢结构等提出明确的施工技术要求。

5.5.2 高桩码头既有结构拆除应符合下列规定。

5.5.2.1 结构拆除宜采用无损拆除的方法,对损坏部分应按原结构技术要求进行维修加固。

5.5.2.2 结构拆除应加强对保留结构的保护。

5.5.2.3 上部结构拆除时,应防止桩头破损。

5.5.2.4 上部结构拆除后,宜对拟利用桩基进行检测。

5.5.3 设计应对新老结构的结合部位提出质量要求。加固改造结构的质量检验标准应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

6 重力式码头结构加固改造

6.1 一般规定

6.1.1 重力式码头结构的加固改造设计应根据状态判别结果和加固改造目标,按安全适用、经济合理、施工方便的原则选用合适的加固改造方案。

6.1.2 重力式码头加固改造中新增结构的设计应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。对既有结构构件的修补加固设计应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

6.2 加固改造主要方式

6.2.1 重力式码头结构加固改造方式应根据既有码头平面布置、结构形式、改造后使用要求、船型以及船舶系靠泊要求等确定,可采用前置桩台、前置墩台、调整护舷、基床升浆、墙身注浆、胸墙扩大和墙后卸载处理等方式(图 6.2.1)。

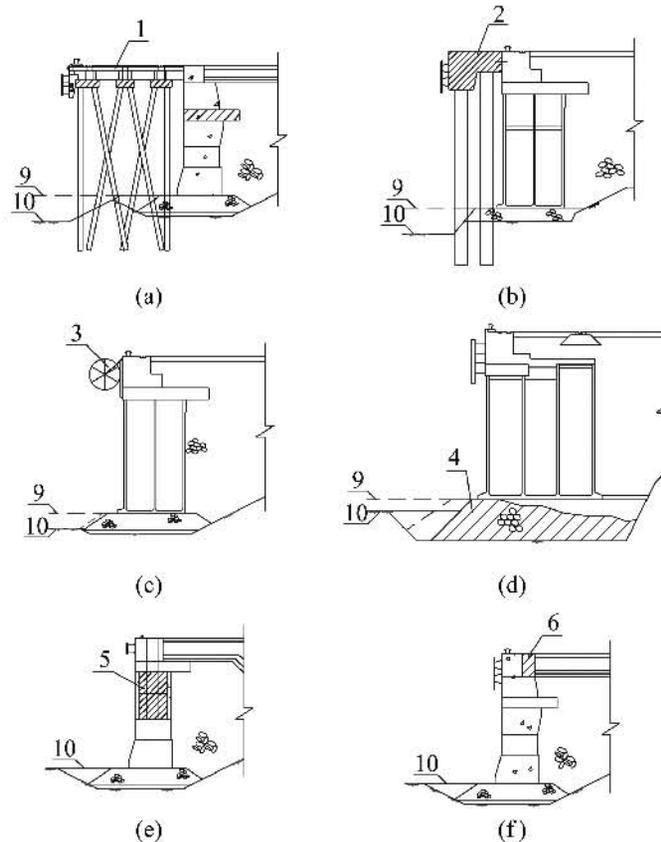


图 6.2.1

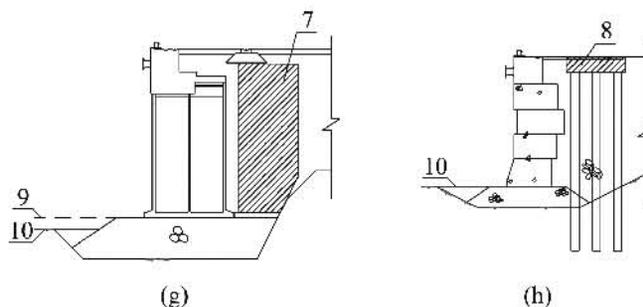


图 6.2.1 重力式码头结构加固改造方式图示

(a)前置桩台方式;(b)前置墩台方式;(c)调整护舷方式;(d)基床升浆方式;(e)墙身注浆方式;(f)胸墙扩大方式;
(g)墙后卸载处理方式一;(h)墙后卸载处理方式二

1-新建桩台;2-新建墩台;3-调整护舷;4-基床升浆;5-墙身注浆;6-胸墙扩大;7-墙后区加固;8-减压承台;9-泥面线;10-设计泥面线

6.2.2 重力式码头结构加固改造方式的选用应符合下列规定。

6.2.2.1 码头前沿水深浚深幅度大、工艺荷载变化大、码头前沿线允许调整时,可选用前置桩台的改造方式。

6.2.2.2 码头前沿水深浚深幅度小、工艺荷载变化较小、码头前沿线允许调整时,可选用前置墩台的改造方式。

6.2.2.3 既有码头前方水域或港池尺度受限制,码头前沿线维持不变,需少量浚深,维持原有工艺流程基本不变时,可选用调整护舷和基床升浆的改造方式。

6.2.2.4 码头前沿水深基本不变或浚深幅度较小,码头结构或构件的承载能力极限状态或正常使用极限状态不满足要求时,可选用墙身注浆、胸墙扩大或墙后卸载的改造方式。

6.2.3 采用前置桩台方式进行码头结构加固改造应符合下列规定。

6.2.3.1 前置桩台宽度较大或作用于新老结构上的工艺荷载变化较大时,新老结构之间宜设置变形缝。

6.2.3.2 前置桩台为非独立稳定结构、需要与既有结构共同承担荷载时,应采用合适的连接方式使新老结构协同工作。

6.2.4 前置墩台方式可通过在码头前方新建桩基墩台,有限浚深码头前沿水深进行改造,并应符合下列规定。

6.2.4.1 前置墩台桩基宜采用全直桩形式。

6.2.4.2 前置墩台上有船舶荷载作用时,宜采用新老结构组合的连接方式。

6.2.5 调整护舷方式可采用调整护舷规格、增设外伸的护舷底座基础和增设漂浮型护舷等,护舷改造宜与基床改造等方式联合使用,并应符合下列规定。

6.2.5.1 护舷尺度及布置应与设计船型相适应,应满足码头前沿浚深的要求。

6.2.5.2 护舷为非标产品时,其性能参数应通过试验核定。

6.2.5.3 增设外伸的护舷底座基础时,可根据外伸长度和受力要求选用钢结构或钢筋混凝土结构底座。

6.2.5.4 漂浮型护舷的设计应考虑船舶靠离泊作业安全和码头生产效率等因素。

6.2.6 基床升浆方式可用于基床承载力不足和抛石基床加固等情况。基床升浆法实施前宜进行典型试验,验证设计参数。

6.2.7 采用墙身注浆方式进行码头结构加固改造应符合下列规定。

6.2.7.1 码头块体局部抗滑、抗倾稳定性不足时,可采用在主体结构的空腔或仓格中注浆的加固方式。

6.2.7.2 墙身注浆设计时应避免注浆施工对墙身预留通水孔的影响。

6.2.8 胸墙扩大方式可用于船舶系泊时既有码头胸墙块体抗滑稳定性不足的情况。新增胸墙块体部分应通过可靠方式与原胸墙结构连接为整体。

6.2.9 墙后卸载处理方式可用于主体结构地基承载力、抗滑、抗倾稳定性不足、基床应力偏大、构件强度和裂缝不满足要求等情况。墙后卸载方式可采用主体结构后方回填材料加固或新建低桩承台的方式等进行处理。墙后卸载处理方式应符合下列规定。

6.2.9.1 墙后回填材料加固可根据墙后回填料的性质采用高压喷射注浆法、水泥搅拌桩法等手段,加固体的范围和深度应根据码头改造后的使用功能等计算确定。加固后形成的结构应进行稳定性验算。

6.2.9.2 采用墙后回填材料加固设计时,墙后加固体的物理力学指标和地下水位取值应与加固方案相协调,必要时应通过典型施工进行试验确定。

6.2.9.3 新建低桩承台的桩基宜采用灌注桩结构,承台顶高程、桩基布置宜根据码头面荷载、地基土性质、施工水位等经技术经济比较确定。

6.2.10 对重力式码头结构其他缺陷,可采用下列方式进行加固改造。

6.2.10.1 抛石基床淘空损坏时,可采用补抛块石结合升浆混凝土、压灌水下不分散混凝土、袋装混凝土填补等方式加固。抛石基床被冲刷损坏时,可采取模袋混凝土、升浆混凝土、栅栏板等混凝土构件和大块石等护底措施。

6.2.10.2 胸墙和水位变化区以上墙身结构的裂缝,宜采用水泥压力灌浆、化学灌浆、粘贴纤维增强复合材料布等方式修复。对于损坏面积较大、空洞较多的部位,宜采用局部拆除、重新浇筑混凝土或贴镶面板等方式修复。对于沉箱等预制混凝土构件损坏的应按原设计修复,箱内回填料流失的应补充。

6.2.10.3 因回填料流失造成局部塌陷、空洞的损坏,可采取开挖至回填料完好位置处,增设或修复倒滤层结构,并按原设计进行其余部位修复的措施。

6.2.10.4 对于冲刷加固,可采用板桩防护、平面防护、护坦加固等方法。采用板桩防护时,板桩顶面高程不应高于基床顶面。

6.3 结构计算

6.3.1 码头结构加固改造采用重力式结构时的计算应符合下列规定。

6.3.1.1 下列情况应按承载能力极限状态的持久组合设计:

- (1)对墙底面和墙身各水平缝及齿缝计算前趾的抗倾稳定性;
- (2)沿墙底面和墙身各水平缝的抗滑稳定性;

- (3)沿基床底面的抗滑稳定性;
- (4)基床和地基承载力;
- (5)墙底面合力作用点位置;
- (6)整体稳定性;
- (7)构件承载力验算。

6.3.1.2 下列情况应按正常使用极限状态设计:

- (1)混凝土构件的裂缝宽度;
- (2)地基沉降。

6.3.1.3 下列情况应按承载能力极限状态设计的短暂组合进行验算:

(1)有波浪作用,墙后卸载后尚未回填或部分回填时,下部结构在波浪作用下的稳定性;

(2)有波浪作用,胸墙后卸载后尚未回填或部分回填时,墙身、胸墙在波浪作用下的稳定性。

6.3.2 重力式码头结构加固改造计算应根据既有结构、新增结构、结构体系转换状况和各结构的实际受力状况确定,并按下列规定进行计算。

6.3.2.1 采用前置桩台方式、前置墩台方式加固改造的重力式码头结构,桩基结构部分计算应符合第5.3.1条的规定。

6.3.2.2 采用调整护舷方式加固改造的重力式码头,应验算码头结构是否能够满足护舷作用力的要求,并应考虑护舷最大压缩时的码头前沿水深是否满足要求。

6.3.2.3 采用胸墙扩大方式加固改造的重力式码头,胸墙可采用现场浇筑混凝土结构,胸墙应具有良好的整体性和足够强度及刚度,胸墙底宽应根据计算确定。

6.3.2.4 采用基床升浆、墙身注浆方式加固改造的重力式码头,应进行基床承载力和地基承载力验算,并应满足下列要求:

- (1)在相似环境下进行试验段施工,确定合理可行的施工工艺和质量控制措施;
- (2)砂浆强度等级不低于 M20;
- (3)质量检测采用水下探摸和钻孔取芯检查相结合的方式,钻孔取芯混凝土 28d 抗压强度不小于 20MPa。

6.3.2.5 采用墙后加固区卸载方式加固改造的重力式码头,加固区宜按复合地基计算。加固区的深度、宽度及加固效果应根据码头稳定性、基床和地基承载力等要求计算确定。墙后采用高压喷射注浆法加固时,应充分考虑施工期的不利影响,复核已建部分在水压力和土压力作用下的稳定性。

6.3.2.6 采用新建低桩承台卸载方式时,低桩承台的计算应符合现行行业标准《水运工程桩基设计规范》(JTS 147—7)等有关规定。

6.3.2.7 采用墙后换填轻质改良土或泡沫混凝土卸载方式时,换填范围应根据码头稳定性、基床和地基承载力等要求计算确定。

6.3.3 重力式码头岸坡稳定的计算应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定,并应考虑港池浚深的影响。

6.3.4 结构构件计算和验算应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)和《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152)等的有关规定。

6.3.5 码头结构在地震作用下应验算新增结构的抗震能力,并应考虑新老结构变形协调。

6.4 构造

6.4.1 前置桩台方式采取独立稳定结构时,新增结构与既有结构之间应设置结构缝,缝宽可取 20mm ~ 40mm,缝内应采用柔性材料填充。

6.4.2 前置桩台加固改造方式的构造应符合第 5.4.4 条的规定。

6.4.3 前置墩台方式采用新老结构组合方式时,新老结构应采取可靠的连接方式,满足共同受力的要求。

6.4.4 前置桩台、前置墩台加固改造方式的结构构造应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

6.4.5 重力式码头结构加固改造采用前置桩台方式或前置墩台方式时,应考虑桩基施工对重力式码头的不良影响。

6.4.6 重力式码头结构加固改造采用胸墙扩大方式时,墙身构件单块长度较大时,胸墙宜增设变形缝。

6.4.7 重力式码头结构加固改造采用基床升浆方式时,基床外坡比不宜陡于 1:1,肩宽不宜小于 1m。

6.4.8 码头前沿浚深应考虑基床的适应性并经论证后确定。

6.4.9 新老混凝土结构的连接宜符合第 5.4.8 条 ~ 第 5.4.11 条的规定。

6.5 施工要求

6.5.1 设计应对施工期受力状态、既有结构拆除、卸载、疏浚、沉桩、墙后加固、回填、基床升浆、冲孔桩、钢筋混凝土结构和钢结构等提出明确的施工技术要求。

6.5.2 设计应对新老结构的结合部位提出质量要求。加固改造结构的质量检验标准应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

7 板桩码头结构加固改造

7.1 一般规定

7.1.1 板桩码头结构的加固改造设计应根据状态判别结果和加固改造目标,按安全适用、经济合理、施工方便的原则选用合适的加固改造方案。

7.1.2 板桩码头加固改造中新增结构的设计应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定,对既有结构构件的修补加固设计应符合现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。

7.2 加固改造主要方式

7.2.1 板桩码头结构加固改造方式应结合既有码头平面布置、结构形式、改造后使用要求、船型以及船舶系靠泊要求等确定,可采用前置桩台、前置墩台、新建前板桩、墙后地基加固、墙后半遮帘桩、墙后遮帘桩等方式(图 7.2.1)。

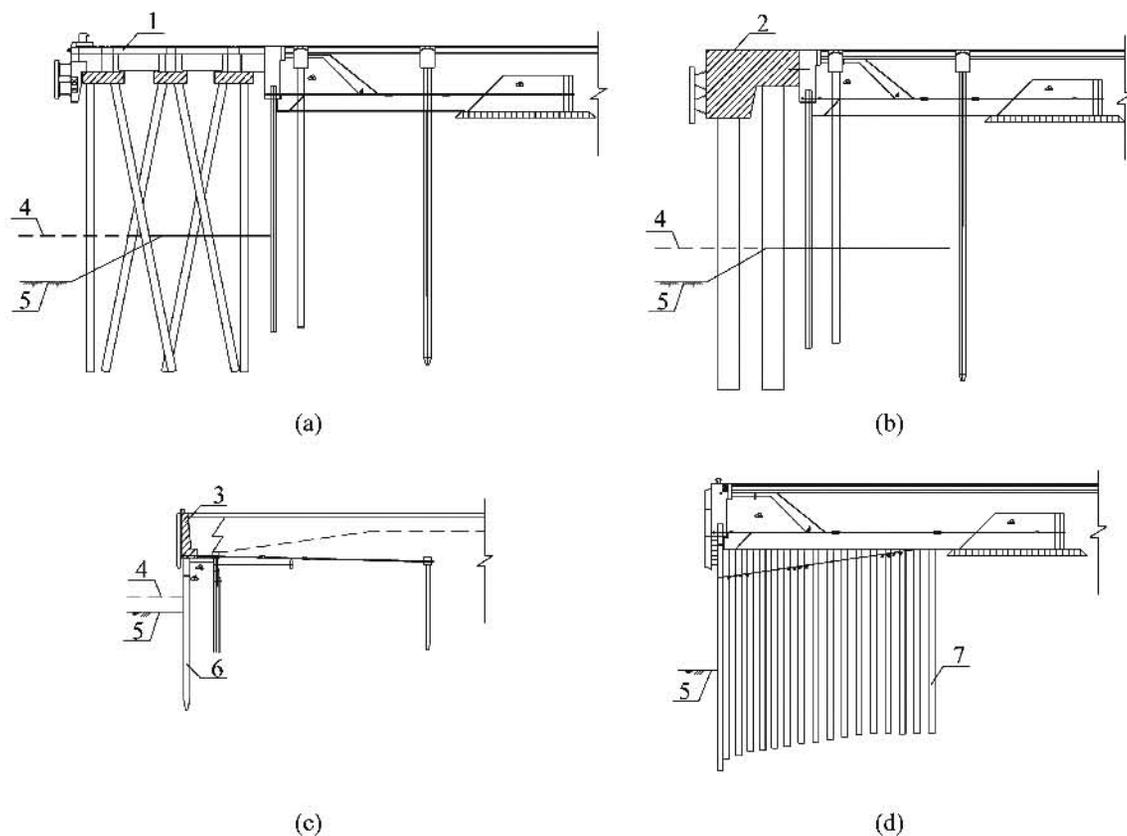


图 7.2.1

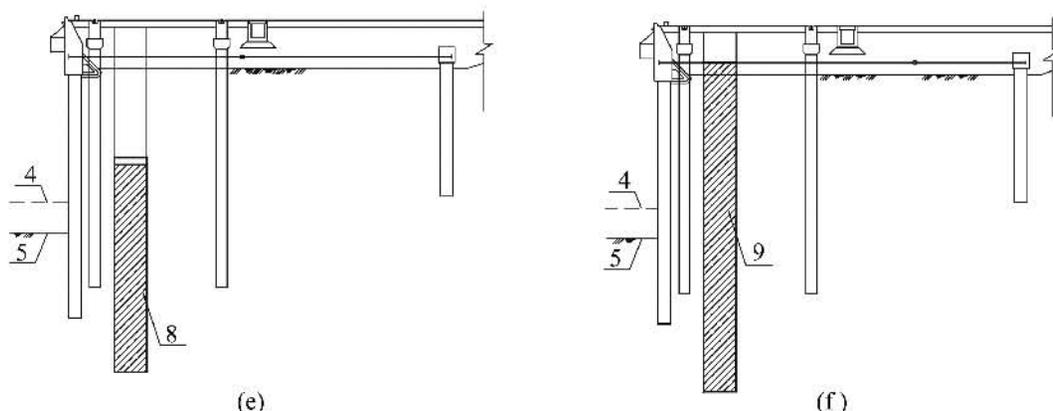


图 7.2.1 板桩码头结构加固改造方式图示

(a)前置桩台方式;(b)前置墩台方式;(c)新建前板桩方式;(d)墙后地基加固方式;(e)墙后半遮帘桩方式;(f)墙后遮帘桩方式

1-新建桩台;2-新建墩台;3-新建板桩码头;4-泥面线;5-设计泥面线;6-新建板桩;7-墙后地基加固;8-半遮帘桩;9-遮帘桩

7.2.2 板桩码头结构加固改造中泊位等级提升,前沿水深需要浚深、具备前沿线外推条件时,码头结构加固改造可选用前置桩台方式、前置墩台方式、新建前板桩方式。

7.2.3 前置桩台方式与前置墩台方式的结构设计等应分别符合第 6.2.3 条和第 6.2.4 条的规定。

7.2.4 采用新建前板桩方式时,可在既有板桩结构前打设新板桩、增设新的锚碇结构或改造既有锚碇结构,设计应符合下列规定。

7.2.4.1 新建前板桩方式可用于具备水上沉桩或依靠既有设施搭设施工平台施打板桩的情况。

7.2.4.2 新建板桩可采用钢板桩、钢筋混凝土板桩等结构,其设计应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

7.2.5 板桩码头结构加固改造中泊位等级提升,前沿水深需要浚深、不具备前沿线外推条件时,可选用墙后地基加固方式、墙后半遮帘桩方式、墙后遮帘桩方式。

7.2.6 墙后地基加固方式适合墙后地质条件较差的情况,可采用水泥搅拌桩法、高压喷射注浆法等对板桩后侧一定范围内的土体进行加固。设计应符合下列规定。

7.2.6.1 采取墙后地基加固方式时,应充分研究土质情况和施工可行性,加固范围和深度应计算确定,并通过工艺性试桩确定施工技术参数,其设计应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定。

7.2.6.2 水泥搅拌桩、高压旋喷桩平面布置可根据地基土性质、地基处理目的、上部结构形式和外部荷载作用条件等综合分析确定,可采用柱式、壁式、格栅式或块式等加固形式。

7.2.6.3 墙后地基土质敏感性较高时,施工时应应对既有板桩结构进行变位监测。

7.2.7 在既有板桩后侧设置遮帘桩,利用遮帘桩减小作用于既有板桩上土压力的加固改造方式时,可选用墙后半遮帘桩方式或墙后遮帘桩方式。设计应符合下列规定。

7.2.7.1 墙后半遮帘桩方式、墙后遮帘桩方式可适用于前墙后侧地质条件较好,便于

施工的情况。前墙后侧为深厚的淤泥层时,应进行加固处理。

7.2.7.2 墙后半遮帘桩为独立的悬臂结构,上部不设锚碇拉杆,可适用于工艺荷载变化小、码头等级提升不大的情况。

7.2.7.3 墙后遮帘桩可与既有码头胸墙整体连接,或用拉杆与锚碇墙连接。可适用于工艺荷载变化大、码头等级提升大的情况。

7.2.7.4 遮帘桩宜采用灌注桩。

7.2.7.5 遮帘桩入土深度应按前墙的入土深度要求计算,并应考虑港池疏浚超深的影响。

7.3 结构计算

7.3.1 码头结构加固改造采用板桩结构时的计算应符合下列规定。

7.3.1.1 下列情况应按承载能力极限状态设计:

- (1) 码头整体稳定、前墙的“踢脚”稳定性、锚碇结构的稳定性;
- (2) 桩的承载力;
- (3) 构件强度;
- (4) 拉杆承载力。

7.3.1.2 下列情况应按正常使用极限状态设计:

- (1) 混凝土构件抗裂或限裂;
- (2) 结构和构件的变形;
- (3) 地基沉降。

7.3.2 建立计算模型时,应综合考虑既有结构的施工顺序、新增结构与既有结构的连接方式、荷载变化历史、新增结构应变滞后以及与既有结构共同工作的程度,计算模型应符合实际受力状态。

7.3.3 加固改造板桩码头整体稳定、地基沉降等的计算应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定。

7.3.4 加固改造板桩码头应验算新老结构和连接结构的变形协调性。

7.3.5 码头结构在地震作用下应验算新增结构的抗震能力,并应验算新老结构的变形协调。

7.3.6 计算剩余水压力采用的剩余水头应考虑水位的变化、前墙的排水性能、回填土和地基土的渗透性能等因素,并根据附近类似建筑物后地下水位的调查或观测结果确定;条件不具备时,剩余水头取值应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

7.3.7 采用前置桩台方式、前置墩台方式加固改造时,结构计算应符合第 5.3.1 条的规定。

7.3.8 采用新建前板桩方式加固改造的板桩码头计算,除应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定外,尚应符合下列规定。

7.3.8.1 新建前板桩方式计算可根据既有板桩结构的状态适当考虑对墙后土压力的

折减作用。

7.3.8.2 根据前墙入土段不同的约束状态,新建前板桩方式前墙的内力和拉杆拉力可采用竖向弹性地基梁法或弹性线法计算。

7.3.8.3 结构计算模型应根据既有结构、新增结构、结构体系转换状况和各结构的实际受力状况确定。

7.3.8.4 既有结构与新增结构施工期的内力应按相应施工状态进行计算。

7.3.9 墙后地基加固方式的水泥搅拌桩、高压旋喷桩等复合地基的稳定、沉降等计算应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定。

7.3.10 墙后半遮帘式、遮帘式方式宜考虑土体的弹塑性特性和桩土相互作用,采用空间有限元分析模型进行验算。墙后遮帘桩应与新增设的锚碇结构形成完整的受力体系。

7.4 构造

7.4.1 前置桩台、前置墩台、新建前板桩加固改造方式的结构构造应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定。

7.4.2 前置桩台、前置墩台方式采取独立稳定结构时,新增结构与既有结构之间应设置结构缝,缝宽可取 20mm~40mm,缝内应采用柔性材料填充。

7.4.3 板桩码头结构加固改造采用新建前板桩方式时,应符合下列规定。

7.4.3.1 新建板桩拉杆宜与既有板桩码头拉杆间隔布置。

7.4.3.2 新建板桩前沿疏浚宜在码头后方回填基本完成后分层进行。

7.4.3.3 新建板桩与既有板桩码头前墙之间回填料宜采用级配良好的砂、砾石、开山石或块石等透水性较好的材料,其含泥量不宜大于 5%。

7.4.4 板桩码头加固改造采用墙后地基加固方式时,应符合下列规定。

7.4.4.1 水泥搅拌桩、高压旋喷桩的置换率和桩长应根据土质情况、结构变形和稳定性的要求计算确定。

7.4.4.2 设计应根据被加固土中最软弱土层或透水层的性质选择合适的配合比参数,并通过典型施工试验进行优化。

7.4.4.3 水泥搅拌桩、高压旋喷桩平面桩位布置应避开既有拉杆位置,并呈梅花形布置。

7.4.4.4 水泥搅拌桩桩径宜为 0.5m~0.7m,需要搭接时,搭接宽度不宜小于 200mm。

7.4.4.5 高压旋喷桩桩径宜为 0.6m~1.2m,需要搭接时,搭接宽度不宜小于 300mm。

7.4.5 板桩码头加固改造采用墙后遮帘桩方式时,应符合下列规定。

7.4.5.1 遮帘桩的断面尺寸应根据强度计算确定。

7.4.5.2 遮帘桩应避开既有板桩码头的拉杆结构。

7.4.5.3 遮帘桩与胸墙采用整体连接时,遮帘桩宜沉入良好持力层。

7.4.5.4 遮帘桩距前墙的距离可结合上部前轨道梁的位置确定。

7.4.5.5 遮帘桩应满足垂直承载力的要求,桩尖高程应低于前墙底高程并嵌入较好土层。

- 7.4.5.6 遮帘桩与前墙间的土体高度与遮帘面至前墙净距之比应大于1.5。
- 7.4.5.7 遮帘桩的中心间距宜采用2倍~3倍桩宽或桩径。
- 7.4.5.8 遮帘桩的刚度宜符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定并通过计算确定。
- 7.4.6 板桩码头加固改造采用墙后半遮帘桩方式时,应符合下列规定。
 - 7.4.6.1 半遮帘桩的断面尺寸应根据强度计算确定,同时考虑陆上施工条件的适应性。
 - 7.4.6.2 半遮帘桩距前墙的距离可通过计算确定。
 - 7.4.6.3 半遮帘桩桩尖高程应低于前墙底高程,并嵌入较好土层。
 - 7.4.6.4 半遮帘桩的中心间距宜采用2倍~3倍桩宽或桩径。
 - 7.4.6.5 半遮帘桩的刚度宜符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)的有关规定并通过计算确定。
- 7.4.7 板桩码头结构加固改造新设排水孔、倒滤层应与既有设施形成完整的排水系统。
- 7.4.8 板桩码头结构加固改造对前墙的排水孔、倒滤层部分有损坏时,应按要求恢复或重新布置。
- 7.4.9 新老混凝土结构的连接宜符合第5.4.8条~第5.4.11条的规定。

7.5 施工要求

- 7.5.1 设计应对施工期受力状态、既有结构拆除、卸载、疏浚、沉桩、墙后加固、回填、施工顺序、缺陷修复、钢筋混凝土结构和钢结构等提出明确的施工技术要求。
- 7.5.2 设计应对新老结构的结合部位提出质量要求。加固改造结构的质量检验标准应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)的有关规定。
- 7.5.3 设计应对码头前沿疏浚超深、回填施工速率等作出规定并提出监测要求。

8 斜坡码头和浮码头结构加固改造

8.0.1 斜坡码头和浮码头加固改造方式应根据既有码头平面布置、结构形式、改造后使用要求、船型以及船舶系靠泊要求等确定,可采用趸船改造、系留设施加固和系靠船设施改造等方式。

8.0.2 斜坡码头和浮码头加固改造采用趸船改造方式时,可调整趸船尺度或增设趸船增加码头靠泊长度。趸船改造方式的选用应符合下列规定。

8.0.2.1 既有趸船的长度、宽度和抗冲撞能力均不能满足加固改造设计船型的靠泊要求时,可更换升级趸船规格。

8.0.2.2 既有趸船长度不能满足设计船型的靠泊长度要求,但趸船宽度适宜且抗冲撞能力满足要求时,可增加趸船数量与原有趸船串联以增加系靠泊长度。

8.0.3 斜坡码头和浮码头加固改造采用系留设施加固方式时,可加固或改变趸船系留方式,提高码头系靠泊能力。系留设施加固方式的选用应符合下列规定。

8.0.3.1 采用撑杆固定趸船的浮码头,可对撑杆和撑杆墩进行加固,也可采用定位桩等其他系留方式。

8.0.3.2 采用锚链系留趸船的浮码头和斜坡码头,可采用增加锚链直径或数量的加固方式;对浮码头也可采用定位桩等其他系留方式。

8.0.3.3 采用定位桩系留趸船的浮码头,可更换或增加定位桩,或增设辅助桩与原有定位桩组成簇桩结构。

8.0.4 斜坡码头和浮码头加固改造采用系靠船设施改造方式时,可采取改造系缆、消能设施或增设系船块体等提高码头系靠泊能力的措施。系靠船设施改造方式可采用加大或增设系缆墩,也可采用改变或增设消能设施;原有撑杆系统采用悬重式或护舷式消能设施时,可增设其他吸能设施与原有吸能设施共同吸收船舶撞击能量。

8.0.5 码头前沿水深不满足设计船型的吃水要求时,在满足岸坡稳定性要求的前提下可采用直接浚深的方式,有条件时可采用向前方水域移动趸船、增加斜坡道或引桥长度的方式增加码头前沿水深。

8.0.6 斜坡道、引桥的加固应根据其结构形式按现行行业标准的有关规定执行。

8.0.7 采用斜坡码头和浮码头的码头结构加固改造计算应符合下列规定。

8.0.7.1 下列情况应按承载能力极限状态设计:

- (1) 斜坡道和岸坡的整体稳定性;
- (2) 固定引桥、活动引桥及桥墩的承载能力;
- (3) 钢撑杆的承载能力、压屈稳定;
- (4) 锚链系统承载能力;

(5)定位桩承载能力。

8.0.7.2 下列情况应按正常使用极限状态设计：

(1)混凝土构件抗裂或限裂；

(2)结构和构件的变形。

8.0.8 码头岸坡稳定验算应符合现行行业标准《水运工程地基设计规范》(JTS 147)的有关规定,并应考虑港池浚深的影响。

8.0.9 斜坡式码头和浮码头结构加固改造的构造应符合现行行业标准《码头结构设计规范》(JTS 167)等的有关规定。

9 耐久性设计

9.0.1 码头结构加固改造应根据环境条件、结构设计使用年限和结构形式等进行耐久性设计。耐久性设计应包括下列内容：

(1) 结构设计使用年限,按现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)、《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》(JTS/T 200)的有关规定核算；

(2) 混凝土结构防腐蚀、抗冻、抗渗等耐久性设计和质量控制要求；

(3) 钢结构防腐蚀耐久性设计和质量控制要求；

(4) 使用过程中正常维护的内容和要求；

(5) 特殊重要结构或处于严重侵蚀环境下的结构的定期检测要求等。

9.0.2 码头结构加固改造的新增结构和既有结构耐久性设计应根据使用要求、结构形式、既有结构状态判别结论、施工条件等,选用合适的耐久性设计方案。

9.0.3 码头结构耐久性设计应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)、《水运工程混凝土结构质量控制标准》(JTS 202—2)和《港口工程水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)等的有关规定。

附录 A 本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (1)表示很严格,非这样做不可的,正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- (2)表示严格,在正常情况下均应这样做的,正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- (3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的,正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- (4)表示允许选择,在一定条件许下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

- 1.《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50158)
- 2.《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367)
- 3.《港口工程荷载规范》(JTS 144—1)
- 4.《水运工程地基设计规范》(JTS 147)
- 5.《水运工程桩基设计规范》(JTS 147—7)
- 6.《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)
- 7.《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152)
- 8.《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
- 9.《码头结构设计规范》(JTS 167)
- 10.《码头附属设施技术规范》(JTS 169)
- 11.《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》(JTS/T 200)
- 12.《水运工程混凝土结构质量控制标准》(JTS 202—2)
- 13.《水运工程结构试验检测技术规范》(JTS/T 233)
- 14.《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)
- 15.《水运工程质量检验标准》(JTS 257)
- 16.《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304)
- 17.《港口设施维护技术规范》(JTS 310)
- 18.《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、 主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:中交第三航务工程勘察设计院有限公司

中交上海三航科学研究院有限公司

参编单位:中交第一航务工程勘察设计院有限公司

中交第二航务工程勘察设计院有限公司

中交第一航务工程局有限公司

中交第三航务工程局有限公司

招商局港口集团股份有限公司

主要起草人:徐俊(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

顾宽海(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

金晓博(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

吴锋(中交上海三航科学研究院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

王玉红(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

叶上扬(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

刘应红(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

刘思国(中交第一航务工程局有限公司)

江义(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

汤丽燕(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

那丹红(招商局港口集团股份有限公司)

陈青红(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

陈明阳(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

陈海峰(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

夏俊桥(中交第三航务工程局有限公司)

顾祥奎(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

徐静文(中交上海三航科学研究院有限公司)

主要审查人:徐 光

(以下按姓氏笔画为序)

王元战、刘现鹏、贡金鑫、李宗哲、吴今权、吴哲丰、宓宝勇、
宣以飞、董志良

总校人员:谢 燕、李荣庆、宓宝勇、李宗哲、顾晓彬、董 方、檀会春、
顾宽海、金晓博、李 武、叶上扬、周殊睿、吴 锋、徐静文、
于永玲

管理组人员:徐 俊(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

江 义(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

周殊睿(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

中华人民共和国行业标准

码头结构加固改造设计规范

JTS/T 326—2024

条文说明

目 次

1	总则	(39)
3	基本规定	(40)
4	检测、评估与状态判别	(41)
5	高桩码头结构加固改造	(42)
5.2	加固改造主要方式	(42)
5.3	结构计算	(55)
5.4	构造	(55)
5.5	施工要求	(55)
6	重力式码头结构加固改造	(56)
6.2	加固改造主要方式	(56)
7	板桩码头结构加固改造	(68)
7.2	加固改造主要方式	(68)
8	斜坡码头和浮码头结构加固改造	(72)

1 总 则

1.0.1 随着我国水路运输的快速发展,部分码头设施不适应新的发展需要,主要表现为靠泊等级偏低、结构功能退化、安全性能降低、不能适应货种的变化、岸线资源的利用率偏低、码头通过能力不足等缺陷。为进一步完善港口功能,适应新的发展需要,使码头设施安全地为经济社会发展服务,需对既有码头结构实施加固改造。

1.0.2 码头结构加固改造的主要情形包括:

(1) 码头用途发生改变,主要指码头装卸的货种发生了变化或码头通过能力提升后,码头装卸工艺设备、使用荷载等发生改变;

(2) 码头靠泊等级发生改变,主要指为了适应船舶大型化发展需要,设计船型增大,码头靠泊等级发生变化;

(3) 码头性能提升,主要指码头结构或构件发生破损、变形较大、承载能力需要提升、耐久性需要维持或提升等情况。

3 基本规定

3.0.2 码头结构加固改造设计之前开展相应的检测与评估工作是制定加固改造方案的基础和依据。检测内容一般包括上部结构、基础结构和附属设施等的外观、应力、变形、腐蚀状况等;评估内容包括码头结构或构件在现有状态下的安全性、适用性、耐久性等,并给出相应的等级。

3.0.8 对于码头结构未达到原设计使用年限的情况,通过加固改造后,其设计使用年限一般不少于原码头结构的剩余使用年限。对于原码头结构设计使用年限到期后的情况,经重新对结构的安全性、适用性、耐久性等进行可靠性评估认为其仍可继续正常工作,结合检测和评估报告结论以及结构在新使用要求条件下的结构状态判别结论,经综合论证后确定加固改造后的结构设计使用年限。

3.0.12 现行行业标准主要指《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS/T 311)、《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152)、《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)、《码头结构设计规范》(JTS 167)等。

3.0.13 保证新增构件和部件与既有结构连接可靠的措施主要有植筋、施工缝处理等。

4 检测、评估与状态判别

4.0.1 常规的码头结构检测与评估报告仅对现有结构在现有工况下的状态进行评估,这对于加固改造设计是不够的,状态判别主要是设计单位根据码头结构新使用要求,结合检测评估的结论,对既有结构进行安全性、适用性、耐久性的评估。所以条文中要求对码头结构状态进行判别时要考虑加固改造的目标和检测评估的结论两方面影响。

4.0.14 本条文要求对结构位移、变形和裂缝等成因进行分析,是为了更好地判断后期进一步发展的可能性,为结构加固改造方案设计提供依据。

5 高桩码头结构加固改造

5.2 加固改造主要方式

5.2.2 设置分离式墩台方式一般作为船舶吨级增大、装卸工艺荷载基本不变时的高桩码头结构加固改造的方式。

设置分离式墩台方式的技术特点是码头装卸作业能够根据施工位置做相应调整,前沿线保持不变时,干扰少,设计技术成熟、施工改造面小、施工速度快、造价低,但前沿线外移时将减少码头装卸设备吊臂有效作业范围,并且施工期码头不能使用。设置分离式墩台方式案例如下:

案例 1:苏州港某港区 13#、14#泊位(图 5.1、图 5.2)

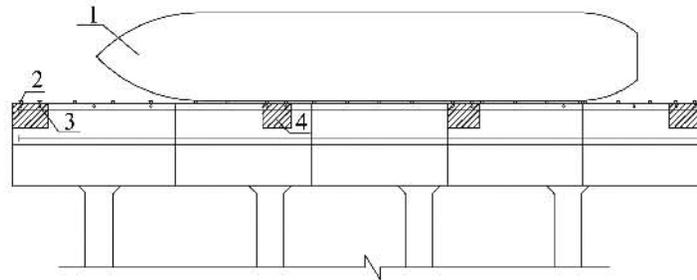


图 5.1 码头结构加固改造平面图

1-4 万吨级杂货船;2-橡胶护舷;3-系船柱;4-新建系靠墩

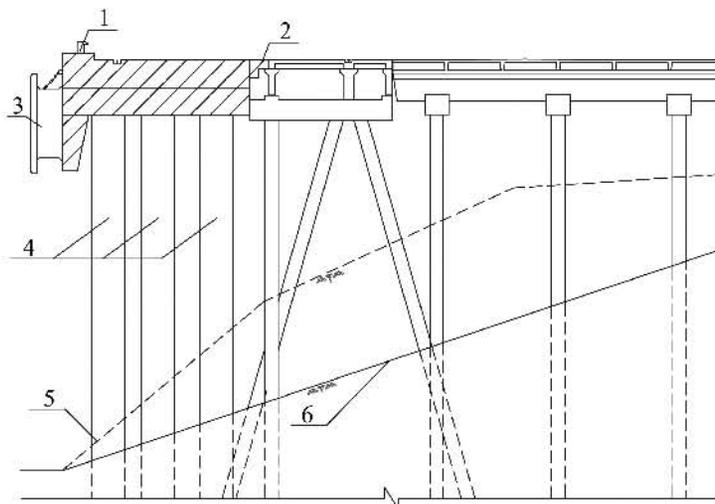


图 5.2 码头结构改造断面图

1-系船柱;2-原结构凿除后现浇混凝土;3-橡胶护舷;4- $\phi 1500\text{mm}$ 钢管桩;5-泥面线;6-设计泥面线

某港区 13[#]、14[#]泊位分别于 2002 年、1992 年竣工投产,码头总长度为 375m。码头原设计停靠 3 万吨级减载杂货船和 1.3 万吨件杂货船,改造后停靠满载 4 万吨级杂货船。

原码头为高桩梁板式结构,总宽度为 30m,分前后桩台,前后桩台宽度均为 15m。前桩台排架间距为 6.0m,基桩采用 600mm × 600mm 预应力混凝土方桩,每榀排架下布置 6 根桩,其中在岸侧轨道梁下布置 1 对叉桩,上部结构由现浇横梁、预制轨道梁、纵梁和叠合面板构成。后桩台排架间距也为 6.0m,每榀排架下布置 3 根 600mm × 600mm 预应力混凝土空心方桩,均为直桩。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)本工程位于长江下游,码头前沿线受到航道条件和相邻泊位前沿线的限制,需维持既有码头前沿线。

(2)码头采用定点系靠泊作业方式。

(3)根据改造后停靠船型对既有结构进行复核算,码头结构水平承载力和刚度不能满足船舶系缆力和撞击力作用要求。

(4)既有码头结构为高桩梁板式结构,有条件进行结构局部拆除新建独立系靠墩而不影响既有码头结构使用。

(5)码头改造期间需停产。

根据上述主要因素及结合设置分离式墩台方式的技术特点,确定本工程采用设置分离式墩台方式。加固改造内容是新建 4 个系靠墩,墩面高程与码头面齐平。1[#]~3[#]墩,每座墩下布置 10 根 $\phi 1500\text{mm}$ 钢管桩,4[#]墩下布置 9 根 $\phi 1500\text{mm}$ 钢管桩,桩芯浇灌混凝土,增加桩基刚度,相应改造系船柱和护舷。

案例 2:镇江港某港区 7[#]泊位(图 5.3、图 5.4)

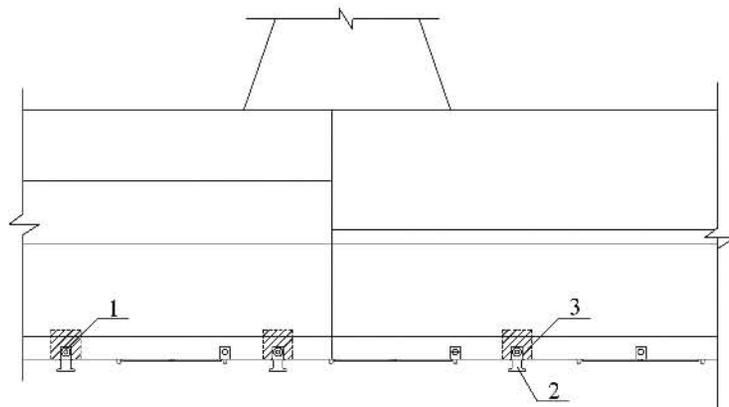


图 5.3 码头结构改造平面图(局部)

1-新增系船柱;2-新增橡胶护舷;3-新建系靠船墩

镇江港某港区 7[#]泊位于 1992 年建成投产,码头总长度为 230.3m。原码头设计为 2.5 万吨级通用泊位,改造后停靠 7 万吨级船舶。

原码头为高桩梁板式结构,总宽度为 28m,分前后桩台,前桩台宽度为 20m,后桩台宽度为 8m。前桩台排架间距为 6.0m,基桩采用 600mm × 600mm 预应力混凝土方桩,每榀排架布置 7 根桩,其中在岸侧布置 1 对叉桩,上部结构由现浇横梁、预制预应力轨道梁、预

制空心板构成。后桩台排架间距也为 6.0m,每榀排架下布置 2 根 600mm × 600mm 预应力混凝土方桩,均为直桩。

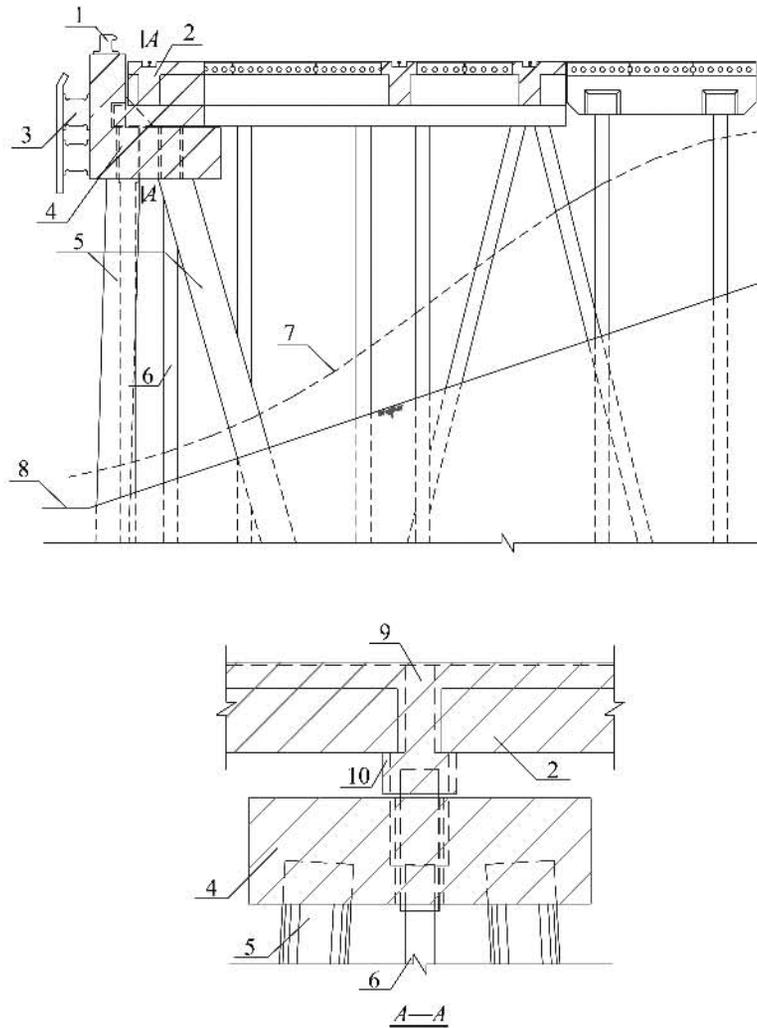


图 5.4 码头结构改造断面图

1-新增系船柱;2-轨道梁改造;3-新增橡胶护舷;4-新建系靠船墩;5-新增钢管桩;6-原预应力混凝土方桩;7-泥面线;8-设计泥面线;9-原横梁部分拆除;10-现浇横梁

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)本工程位于长江下游,码头前沿线受到航道条件和相邻泊位前沿线的限制,需维持既有码头前沿线。

(2)码头采用定点系靠泊作业方式。

(3)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构水平承载力和刚度不能满足船舶系缆力和撞击力作用。

(4)既有码头结构为高桩梁板式结构,码头前沿下部根据施工水位新建独立系靠墩、不影响既有码头结构使用。

(5)码头改造期间需停产。

根据上述主要因素及结合设置分离式墩台方式的技术特点,确定本工程采用设置分

离式墩台方式。加固改造内容是新增 12 个系靠泊高桩墩台结构,墩面低于码头面,即墩台嵌入在码头原排架下方,并与上部结构脱离。每座墩台平面尺度为 $7.0\text{m} \times 5.5\text{m}$,墩台下布置 4 根 $\phi 1400\text{mm}$ 钢管桩,钢管桩内灌注混凝土。系靠船墩与原码头横梁及轨道梁之间采用结构缝隔离。

案例 3:北仑港某公司 3[#]、4[#]泊位(图 5.5、图 5.6)

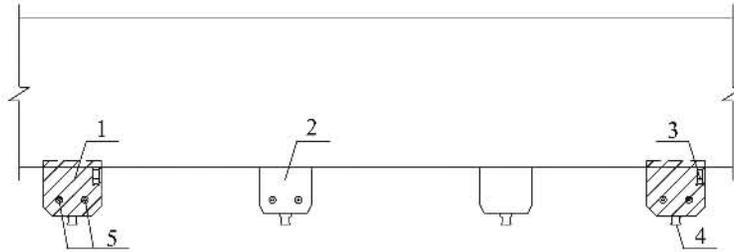


图 5.5 码头结构改造平面布置图

1-新建墩台;2-既有墩台;3-铁爬梯;4-橡胶护舷;5-系船柱

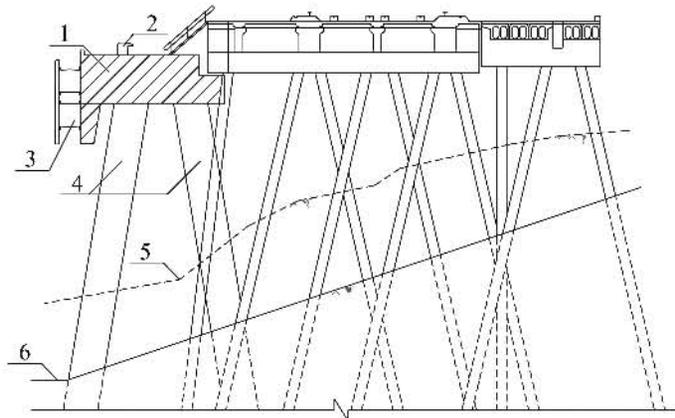


图 5.6 码头结构改造断面图

1-新建墩台;2-系船柱;3-橡胶护舷;4-新增钢管桩;5-泥面线;6-设计泥面线

北仑港某公司 3[#]、4[#]泊位于 20 世纪 80 年代初建成投产,码头总长度为 499.6m。码头原设计停靠 2.5 万吨级散货船舶,改造后停靠 5 万吨级散货船。

原码头由前侧系、靠船墩和后侧码头平台组成。前侧系靠船墩共 10 个,平面尺寸为 $8\text{m} \times 8\text{m}$,顶面高程 5.50m,其中 5[#]、6[#]墩为艏艉系缆墩,其余墩台为靠船墩。靠船墩结构形式为高桩墩式,桩基采用 $\phi 1200\text{mm}$ 钢管桩,上部结构采用现浇墩台。后侧码头平台为高桩梁板式结构,总宽 23m,分前后平台,前平台宽 16m,后平台宽 7m,排架间距均为 6m,基桩采用 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ 预应力混凝土方桩,前平台上部结构由现浇横梁、叠合式纵向梁和叠合式面板构成;后平台上部结构为现浇横梁、预应力空心大板构成。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1) 码头前沿水域开阔,但既有码头前沿的系靠泊能力无法满足改造后停靠船型的系靠泊作业要求。

(2) 根据本工程总平面布置和改造后停靠船型,增设改造后停靠船型所需的系靠泊墩台。

(3)既有码头结构为高桩梁板式结构,码头前沿已设有系靠船墩,有条件再新建独立系靠墩且不影响既有码头结构使用。

(4)码头改造期间需停产。

根据上述主要因素及结合设置分离式墩台方式的技术特点,确定本工程采用设置分离式墩台方式。加固改造内容是在原泊位系靠船墩间新建5座墩台,每个靠船墩平面尺寸为9m×8.5m(长×宽),墩台顶面与原墩台高程一致,基桩采用 $\phi 2000\text{mm}$ 钢管桩(斜桩),每座墩台下布置4根桩。

5.2.4 设置前方桩台方式的技术特点是可以全面提升码头结构的靠泊等级,但是需停产施工,工程量较大。设计需注意与相邻码头的协调,并复核既有结构、验算岸坡稳定性和明确既有结构的限制要求。

设置前方桩台方式案例:天津港某公司22#~24#泊位(图5.7、图5.8)

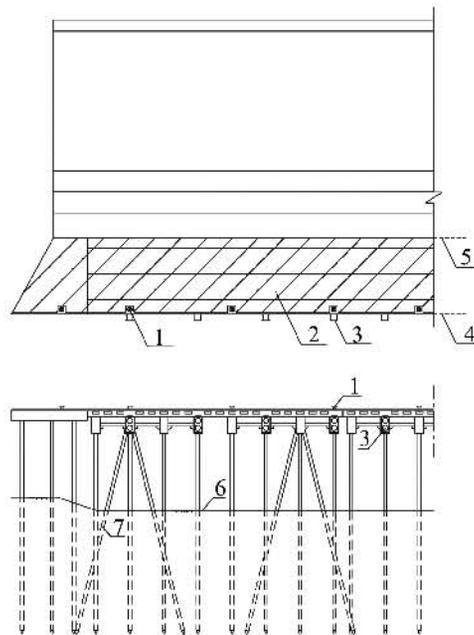


图5.7 码头结构改造平面、立面(局部)图

1-系船柱;2-新建桩台;3-橡胶护舷;4-改造后码头前沿线;5-原码头前沿线;6-设计泥面线;7-预应力混凝土方桩

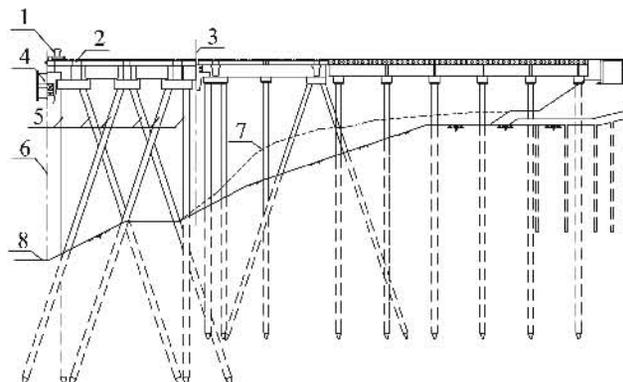


图5.8 码头结构改造断面图

1-系船柱;2-轨道梁;3-原码头前沿线;4-橡胶护舷;5-预应力混凝土方桩;6-改造后码头前沿线;7-泥面线;8-设计泥面线

天津港某公司 22[#]~24[#]泊位于 1980 年 12 月竣工,码头长度为 530.0m。码头原设计等级为 3 个 1 万吨级杂货泊位,改造后为 7 万吨级散杂货泊位,改造后码头长度为 534.44m。

原码头为满堂式高桩梁板式结构,总宽度为 40.8m,分前后桩台,前桩台宽为 13.8m,后桩台宽为 27.0m。前桩台排架间距为 7.0m,基桩采用 550mm×550mm 和 500mm×500mm 的预应力混凝土方桩,上部构件绝大部分为预制构件。后桩台排架间距也为 7.0m,基桩也为预应力混凝土方桩,上部构件由预应力面板,预应力简支横梁等构成。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 根据本工程所在的区域位置,码头前沿线有前移的空间。
- (2) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能不能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。
- (3) 根据改造后的水深要求,码头港池需浚深较大,但对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定不能满足规范要求。

根据上述主要因素及结合设置前方桩台方式的技术特点,确定本工程采用设置前方桩台方式。加固改造内容是在原有码头前方新建 15.5m 宽的前承台,排架间距为 6.0m,基桩采用 650mm×650mm 预应力混凝土方桩,每榀排架下布置 6 根桩,为两对半叉桩,一对叉桩。上部结构为预制预应力轨道梁、横梁、连系梁、面板和钢筋混凝土靠船构件,各构件安装好后均采用现浇钢筋混凝土接头将其连接成整体。码头前沿线已经前移,码头浚深后不影响现有岸坡的整体稳定性,安全性能满足规范要求,接岸结构不再进行改造。

5.2.5 设置柔性靠船桩方式案例:洋山深水港区某码头(图 5.9、图 5.10)

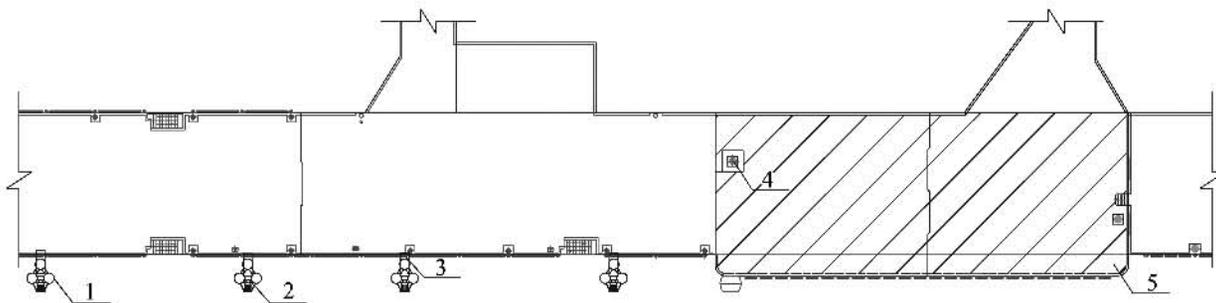


图 5.9 码头结构改造平面图(局部)

1-靠船墩桩;2-橡胶护舷;3-人行便桥;4-新增系船柱;5-新建墩台

洋山深水港区某码头于 2004 年建成投入使用,码头总长度为 380m。码头原设计为停靠港作拖轮、海事巡逻艇等工作船泊位,改造后停靠 5000GT~50000GT 滚装船。

原码头为高桩梁板结构,桩台宽度为 20m,码头中间段 250m,基桩为 600mm×600mm 预应力混凝土空心方桩,排架间距为 7m;码头两端基桩分别采用 $\phi 800\text{mm}$ 、 $\phi 1000\text{mm}$ 钢管桩,排架间距也为 7m。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 根据本工程所在的区域位置,码头前沿线有适量前移的空间。
- (2) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能

均不能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。

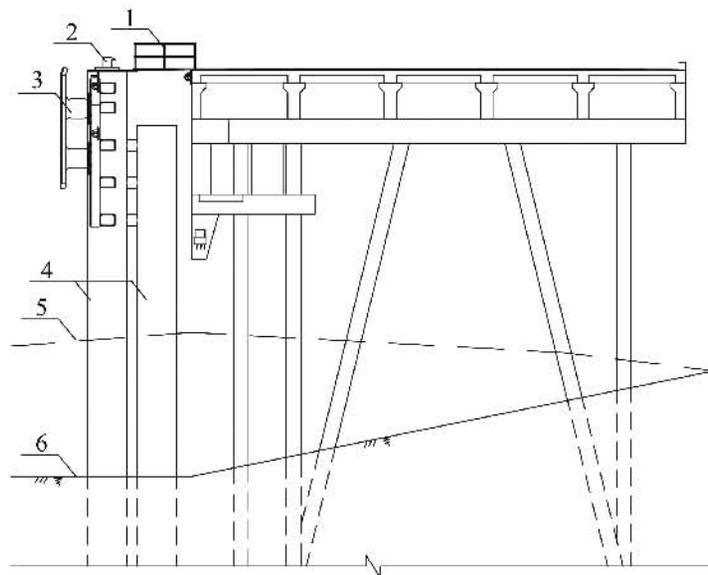


图 5.10 码头结构改造断面图

1-人行便桥;2-系船柱;3-橡胶护舷;4-靠船簇桩;5-泥面线;6-设计泥面线

(3) 根据改造后的水深要求,码头港池需少量浚深。

根据上述主要因素及结合设置柔性靠船桩方式的技术特点,确定本工程主要采用设置柔性靠船桩方式。加固改造内容是在原码头前沿新增 7 组柔性靠船簇桩,并在工作船码头两端共改造 4 个 1500kN 系船柱以及相应的配套设施;对原码头上部结构局部拆除,新建两个墩台,以满足 5000GT~50000GT 滚装船的作业要求。

5.2.6 局部加固方式的技术特点是充分利用既有结构体系,充分发挥既有基桩承载力,减少新增基桩的数量或减小基桩的规格,改造位置相对灵活,有效避免码头上皮带机廊道等固定设施拆除,但码头中部新增桩基受空间约束,沉桩工艺限制较多,对新老结构间的有效结合技术要求高。局部加固方式案例如下:

案例 1:镇江港某港区 4[#]、5[#]泊位(图 5.11、图 5.12)

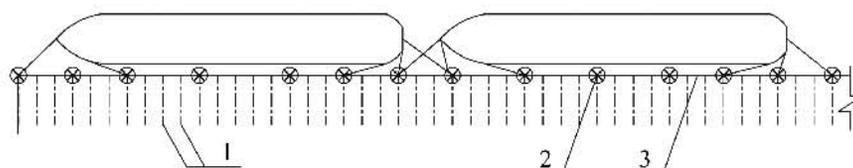


图 5.11 码头结构改造系靠泊点平面布置图

1-排架中心线;2-新增系靠泊点;3-码头前沿线

镇江港某港区 4[#]~5[#]泊位于 1985 年建成投产,码头总长度为 732.9m。码头原设计停靠 1 万吨级船舶,经多次技术改造,其靠泊能力已提升为 3 万吨级泊位,再经改造后停靠 5 万~7 万吨级船舶。

原码头为高桩梁板式结构,总宽度为 28m,分前后桩台,前桩台宽度为 14.5m,后桩台宽度为 13.5m。前桩台排架间距为 12m,基桩采用 $\phi 1200\text{mm}$ 钢管桩,每榀排架下布置 4

根桩,其中一对叉桩。后桩台排架间距为 10m,每榀排架下布置 2 根 $\phi 1200\text{mm}$ 钢管桩。

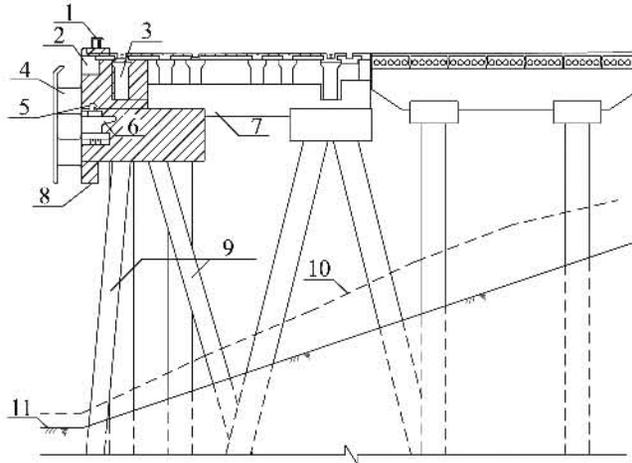


图 5.12 码头结构改造断面图

1-1500kN 系船柱;2-新建前边梁;3-新增轨道梁;4-鼓型橡胶护舷;5-250kN 系船柱;6-新建系靠船梁;7-横梁;8-新建靠船构件;9-新增钢管桩;10-泥面线;11-设计泥面线

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)本工程位于长江下游,码头前沿线受到航道条件和相邻泊位前沿线的限制,需维持既有码头前沿线。

(2)码头改造采用定点系靠泊方式。

(3)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能不能满足船舶系缆力和撞击力等作用要求。

(4)既有码头结构为高桩梁板式结构,码头结构前端有合适的空间供增设桩基来改造停靠船型所需的系靠泊点,且能与既有排架结合成整体。

根据上述主要因素及结合局部加固方式的技术特点,确定本工程采用局部加固方式。加固改造内容是按各种船舶靠泊组合确定系靠泊点,对每个布点位置处的原排架结构进行改造,具体在每榀系靠泊排架前部增设 4 根 $\phi 900\text{mm}$ 的钢管桩,上部再浇筑节点与原排架结合成新的排架结构,并在其上方设置 1500kN 系船柱、前沿设置 1250H 两鼓一板鼓型橡胶护舷。

案例 2:宁波舟山港某港区 4[#]泊位(图 5.13、图 5.14)

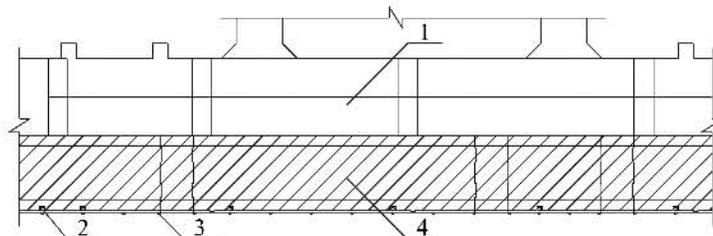


图 5.13 码头结构改造平面图

1-后平台加固范围;2-系船柱;3-橡胶护舷;4-前平台加固范围

宁波舟山港某港区 4[#]泊位于 20 世纪 80 年代中期竣工投产,码头长度为 180m。码头

原设计停靠 1 万吨级散货船,改造后停靠满载 2 万吨级杂货船。

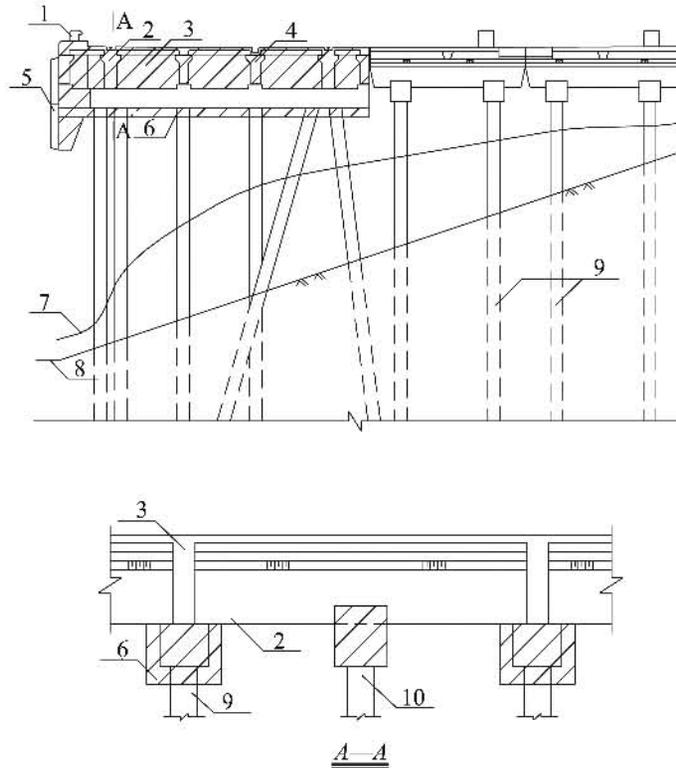


图 5.14 码头结构改造断面图

1-系船柱;2-现浇轨道梁;3-现浇横梁;4-新预制纵梁;5-橡胶护舷;6-现浇托梁;7-泥面线;8-设计泥面线;9-原有预应力混凝土方桩;10-新增预应力混凝土方桩

原码头为高桩梁板式结构,总宽度为 30m,分前后桩台,前桩台宽 15m,后桩台宽 15m。前桩台排架间距 5.9m~8m,基桩采用 600mm×600mm 预应力混凝土方桩,每榀排架下布置 6 根桩,其中一对叉桩。后桩台排架间距为 6m,每榀排架下布置 2 根 600mm×600mm 预应力混凝土方桩。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 码头前沿线受相邻泊位前沿线等限制,需维持既有码头前沿线。
- (2) 根据改造后停靠船型及使用工艺荷载对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性不能满足船舶系缆力、撞击力和门座式起重机使用荷载等作用要求。
- (3) 既有码头结构为高桩梁板式结构,码头结构中部有合适的空间增设轨道梁桩基,与现浇轨道梁通过桩帽结合成整体。
- (4) 业主要求充分利用既有结构,特别是桩基等。同时,根据本工程检测评估报告的结论,既有码头结构下部结构基本完好。

根据上述主要因素及结合局部加固方式的技术特点,确定本工程采用局部加固方式。加固改造内容是原前后平台桩基均保留利用,上部结构仅保留下横梁,凿除其表面混凝土,保留下横梁芯核部分,在排架间轨道梁下增设桩基,码头上部结构为重新现浇横梁、叠合式纵向梁和叠合式面板。

案例 3: 苏州港某港区 4# 码头(图 5.15、图 5.16)

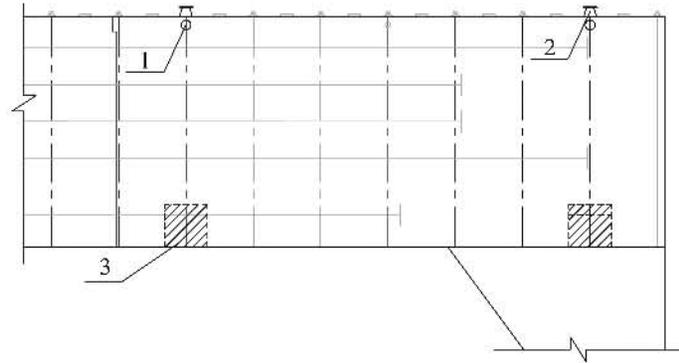


图 5.15 码头结构改造平面图

1-改造后的系船柱;2-改造后的橡胶护舷;3-新建节点

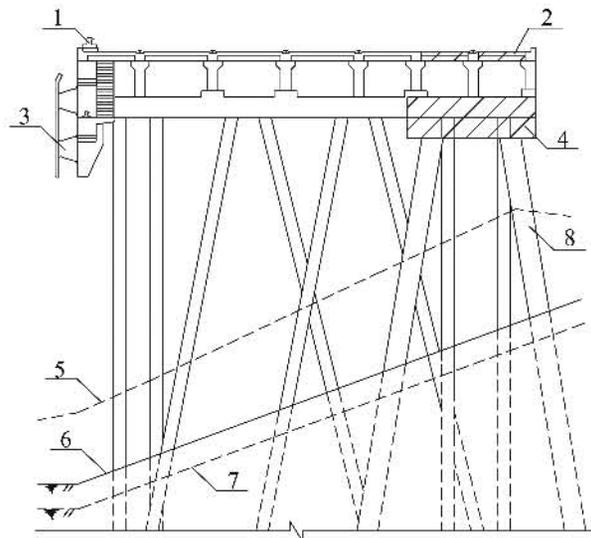


图 5.16 码头结构改造断面图

1-改造后的系船柱;2-重新浇筑的面层;3-改造后的橡胶护舷;4-新建节点;5-泥面线;6-近期码头前沿设计泥面;7-远期码头前沿设计泥面;8-新增钢管桩

苏州港某港区 4# 码头由沙钢原料码头一号泊位和二号泊位组成,分别于 1999 年、2001 年竣工投产,码头总长为 450m。原码头一号泊位停靠 3 万吨级散货船舶,二号泊位停靠 5 万吨级散货船舶,改造后停靠 7 万吨级散货船舶。

码头为高桩梁板式结构,总宽度均为 22m。其中,一号泊位排架间距 6.5m,基桩采用 600mm × 600mm 预应力混凝土方桩,每榀排架下布置 7 根桩,中间有一对叉桩,其余为直桩,上部结构由横梁、预应力轨道梁、纵梁、前边梁和叠合面板构成。二号泊位排架间距也为 6.5m,每榀排架下布置 8 根 600mm × 600mm 预应力混凝土方桩,中间四根为两对叉桩,其余为直桩,上部结构同一号泊位。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)本工程位于长江下游,码头前沿线受到航道条件和相邻泊位前沿线的限制,需维

持既有码头前沿线。

(2) 码头改造采用定点系靠泊方式。

(3) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算, 码头结构承载力和刚度等整体性能不能满足船舶系缆力和撞击力等作用要求。

(4) 既有码头结构为高桩梁板式结构, 码头结构后端有合适的空间增设桩基, 能与既有排架合成整体。

根据上述主要因素及结合局部加固法方式的技术特点, 确定本工程采用局部加固方式。加固改造内容是加固改造 12 个系靠泊点, 在每榀系靠泊排架中后部增加 4 根 $\phi 1000\text{mm}$ 的钢管桩, 钢管桩内灌注混凝土, 相应的现浇横梁局部放大包覆桩基并与原码头横梁连为一体, 新老结构间钢筋通过焊接和种植钢筋连接。

5.2.7 板桩加固方式技术特点是全面提升码头等级, 但是需停产施工, 工程量大。注意的问题包括明确既有桩基的位置、复核板桩的可打性、使用时限定驳岸后的荷载范围和大小。

板桩加固方式案例: 天津港某公司 12* ~ 13* 泊位(图 5.17)

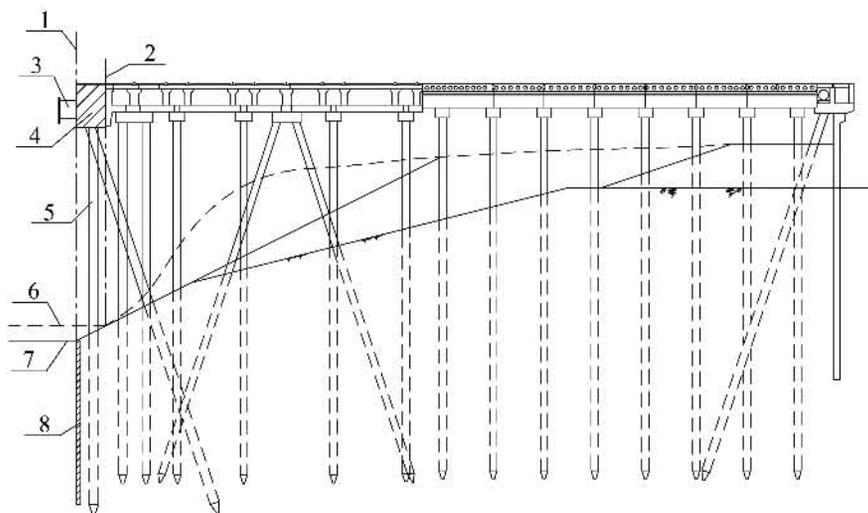


图 5.17 码头结构改造断面图

1-改造后码头前沿线;2-改造前码头前沿线;3-改造后的橡胶护舷;4-新建靠船墩;5-新建预应力混凝土方桩;6-泥面线;7-设计泥面线;8-钢板桩

天津港某公司 12* ~ 13* 泊位分别于 1977 年、1978 年竣工投产。原码头设计停靠 5 万吨级散杂货船舶, 改造后停靠 7 万吨级散杂货船舶。

原码头为满堂式高桩梁板式结构, 码头总长度为 493.5m, 分前后桩台, 其中 12 号泊位前桩台宽度为 21.87m, 后桩台宽度为 27.1m; 13 号泊位前桩台宽度为 16.87m, 后桩台宽度为 30.6m。前后桩台排架间距均为 7m, 前桩台上部结构由横梁、门座式起重机梁、火车梁、靠船构件、面板等构成, 后桩台上部结构由预应力简支梁、预应力空心简支板和面层等构成。岸坡形式采用斜顶桩支撑的板桩墙, 由预应力斜顶桩、钢板桩和钢筋混凝土帽梁等构件组成, 斜顶桩与帽梁之间采用固接。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)根据工程所在位置,码头前沿线能适量前移。

(2)根据改造后的水深要求,码头港池需浚深,但对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定不能满足规范要求。

(3)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能不能满足撞击力作用要求。

(4)既有码头结构为高桩梁板式结构,结合现有施工技术,码头前沿有合适位置可以施工抗滑板桩,且在靠泊点的码头结构排架前沿有合适的空间增设桩基,与既有排架结合成整体。

根据上述主要因素及板桩加固方式的技术特点,确定本工程主要采用板桩加固方式。加固改造内容是为满足7万吨级散货船吃水要求,需对码头前沿水深由11.5m浚深至15m。为了解决岸坡整体稳定的问题,在码头前沿线外侧2m处打设低位前钢板桩,板桩顶高程为-12.5m,底高程为-27.0m,打设板桩前需要按照1:2的坡度对原泥面削坡。为解决靠泊问题,在码头前沿2m范围内每两个排架新建一个靠船墩,靠船墩宽2m,其间距为14m,具体为在原有前沿线外侧打设3根650mm×650mm预应力混凝土空心方桩,每墩下布置1根直桩和2根斜桩,桩顶采用现浇靠船墩的方式与原有结构连接成整体,共同组成新的受力结构。在两个靠船墩之间打设一根650mm×650mm预应力空心方桩,其上现浇桩帽,上部采用现浇板与原码头前边板部分凿除后一同浇筑形成整体结构。

5.2.8 调整护舷方式改造能够提升码头靠泊等级,工程造价较低,工程实施周期短,但减少了码头装卸设备吊臂作业范围。注意护舷布置尽可能均匀布置,间距不要过大,需对码头前方水域进行论证以及与相邻码头协调。

调整护舷方式案例:天津港某港区30#~33#泊位(图5.18、图5.19)

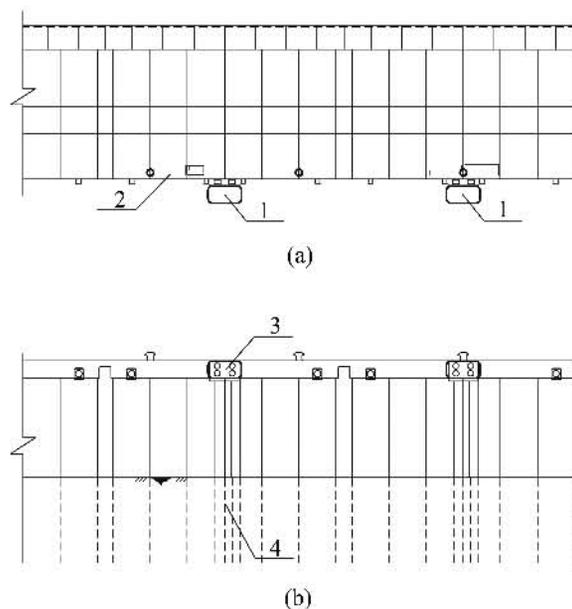


图 5.18 码头结构改造平面、立面(局部)图

(a)码头平面图;(b)码头立面图

1-新建靠泊点;2-重新浇筑的面板;3-大型护舷;4-新增灌注桩

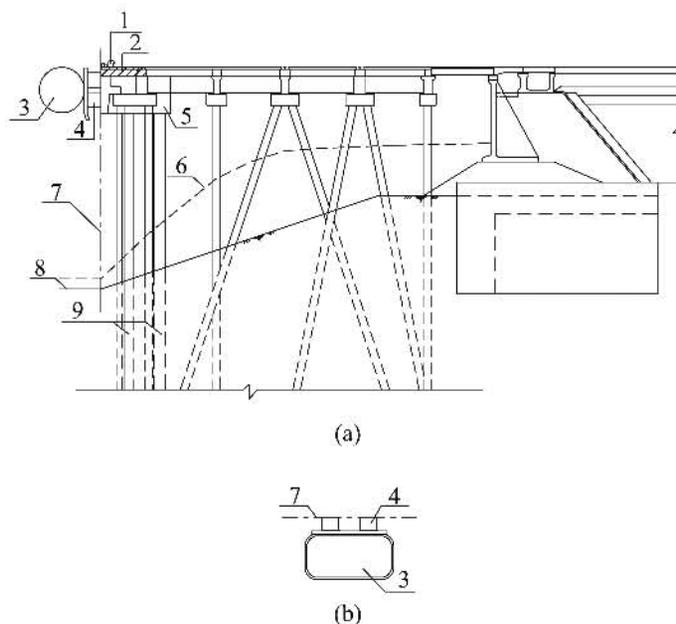


图 5.19 码头结构改造断面图
(a) 码头断面图; (b) 护舷布置图

1-系船柱;2-拆除面板部分;3-大型护舷;4-低反力橡胶护舷;5-新建靠船墩;6-泥面线;7-码头前沿线;8-设计泥面线;9-新增灌注桩

天津港某港区 30[#]~33[#]泊位于 1990 年投产,码头总长度为 950m。码头原设计为 4 个 25000 吨级和 1 个 10000 吨级泊位。历经多次改造,现为 2 个 25000 吨级和 1 个 35000 吨级集装箱泊位,码头改造为 10000 吨级集装箱泊位,再经改造后形成 3 个泊位,由东向西最大可同时停靠 1 艘 30000 吨级、1 艘 70000 吨级和 1 艘 30000 吨级集装箱船。

原码头为满堂式高桩梁板结构,桩台宽度为 24.0m,码头基桩为 550mm×550mm 预应力混凝土空心方桩,其中木材码头排架间距为 7m,码头排架间距为 5m。上部结构包括预制安装预应力横梁、轨道梁、连系梁、后边梁、面板和靠船构件,所有构件安装后均采用现浇接缝连接成整体。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 根据本工程所在的区域位置,码头前沿线有适量前移的空间。
- (2) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能均能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。
- (3) 根据改造后的水深要求,码头港池需少量浚深,对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定的抗力分项系数偏小。

根据上述主要因素及结合调整护舷方式的技术特点,确定本工程采用调整护舷方式。加固改造内容是:30000 吨级泊位共布置 8 组漂浮型橡胶护舷,护舷规格为 $\phi 2000 \times 3500L$,护舷支承在现有靠船构件上;70000 吨级泊位,共布置 4 组漂浮型橡胶护舷,护舷规格为 $\phi 3300 \times 6500L$,护舷与码头之间设置有 4 组 SC1000H 低反力护舷支撑的垫板,垫板后方为新建桩基墩台,将护舷反力传递到码头上。

5.3 结构计算

5.3.3 高桩码头结构计算要考虑实际受力状况进行合理假定,计算分析比较码头下方回淤岸坡与原设计状态的差异,特别注意回淤岸坡的土体指标的选取使用,必要时结合现场原位试验(包括十字板剪切试验、标准贯入度等)和室内试验(含水率、孔隙比、液塑限、直剪快剪、固结快剪、固结不排水和不排水剪切三轴试验)等物理力学指标综合确定。

5.4 构造

5.4.4.3 分段缝采用凹凸缝的码头,据调查发现齿口处有裂缝及局部损坏现象发生,考虑到齿口处可能受到较大的集中力作用,要求齿宽不要过小,并在截面改变处采用构造钢筋予以加强。

5.4.10 本条是参考国家标准《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2013)构造规定提出的要求,其目的是保证原构件与新增混凝土的可靠连接,使之能够协同工作,保证力的可靠传递。

5.5 施工要求

5.5.1 施工期受力状态主要是指对加固改造过程中可能出现混凝土结构倾斜、失稳、过大变形或坍塌的情况,在加固改造设计文件中提出相应的临时性安全措施,并要求施工单位严格执行。

6 重力式码头结构加固改造

6.2 加固改造主要方式

6.2.3 前置桩台方式的技术特点是可以全面提升码头结构的靠泊等级,但是码头需停产施工,工程量大。注意基桩布置尽可能减少施工对既有结构基床和地基的影响,并对既有码头结构进行复核,提出墙后使用荷载的限制条件。

前置桩台方式案例:湛江港某港区 300#泊位(图 6.1、图 6.2)

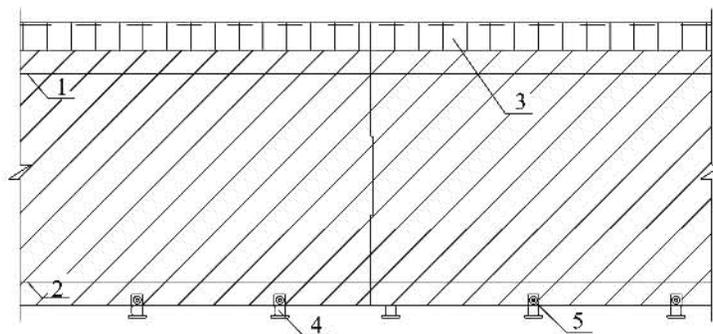


图 6.1 码头结构平面布置图

1-后轨道;2-前轨道;3-筒支板;4-橡胶护舷;5-系船柱

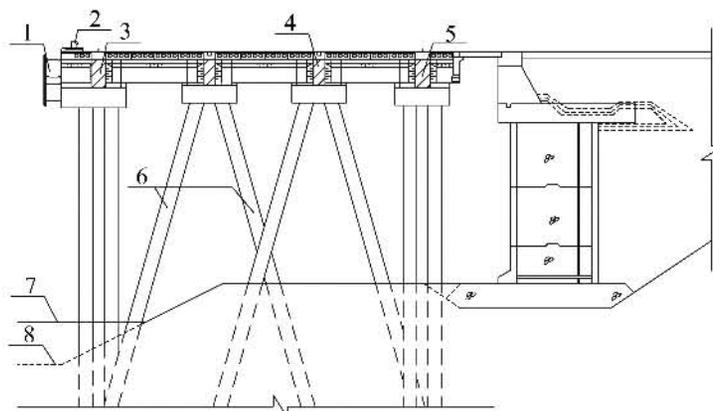


图 6.2 码头结构改造断面图

1-橡胶护舷;2-系船柱;3-前轨道梁;4-中纵梁;5-后轨道梁;6-钢管桩;7-近期码头前沿设计泥面线;8-远期码头前沿设计泥面线

湛江港某港区 300#泊位于 20 世纪 60 年代末建设完成,码头总长 349m。码头原设计停靠 3.5 万吨级专用磷矿石装船,改造后可停靠 15 万吨级散货船。

原码头为顺岸式带卸荷板的重力式空心方块结构。码头顶高程为 6.5m,前沿泥面高

程为-12.0m,码头下部为10kg~100kg抛石基床,基底为硬黏土层,抛石基床上三层空心方块,预制钢筋混凝土卸荷板及现浇胸墙,墙后回填中粗砂。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1)本工程所在的水域区开阔,码头前沿线可以前移。
- (2)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和刚度等整体性能不能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。
- (3)根据改造后的水深要求,码头港池需浚深较大,但对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定不能满足规范要求。
- (4)本工程原结构为重力式空心方块结构,大幅提高承载能力技术难度极大。
- (5)本工程所在区域土质虽较硬,但基桩采用钢管桩施工是可行的。

根据上述主要因素及结合前置桩台方式的技术特点,确定本工程采用前置桩台方式。加固改造内容是:由于原结构不能适应码头前沿远期需浚深6.5m、工艺流程和荷载出现变化的要求,码头改造将前沿线外推35.1m,新建一高桩梁板式码头,码头长349m,宽32.0m,排架间距9.0m,基桩采用 $\phi 1100\text{mm}$ 钢管桩。每榀排架共8根桩,其中两对叉桩,新建码头与原码头采用简支板连接。装卸桥两条轨道均位于新建桩台上,轨距26.0m。上部结构由现浇桩帽节点,预制横梁、轨道梁、纵梁,空心面板和现浇面层构成。

6.2.4 前置墩台方式的技术特点是可以提高靠系泊能力提升靠泊等级,较前置桩台方式造价低,但是码头需停产施工,如装卸工艺不变,会对既有装卸设备的吊臂工作幅度有损失,增加清仓工作量,降低生产效率;由于外移空间受限,基桩斜度有限,需采用刚度较大的基桩。

前置墩台方式案例:烟台港某港区D4泊位(图6.3、图6.4)

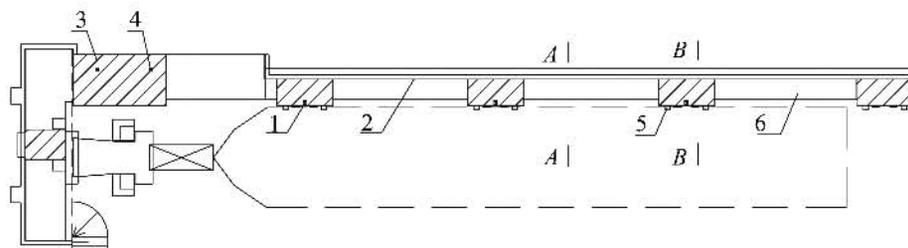


图 6.3 码头结构改造平面图

1-改造后码头前沿线;2-改造前码头前沿线;3-新增墩台;4-1000kN系船柱;5-橡胶护舷;6-新增梁板结构

烟台港某港区D4泊位于1984年建设,码头长238.09m。码头原设计为1000DWT泊位,改造后停靠航母级27000GT客滚船。

原码头为带卸荷板的重力式空心方块结构,1996年改造成一个5000DWT通用泊位,改造码头结构采用灌注桩梁板式结构。2002年对登陆点进行改造,将原有登陆点向陆侧移动,满足客滚船的靠泊。其中西段57m为护岸改造段;中段88.6m为码头加宽段;东段92.49m为重力式方块码头结构。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1)本工程水域较开阔,码头前沿线能适当前移。
- (2)码头采用定点系靠泊作业方式。

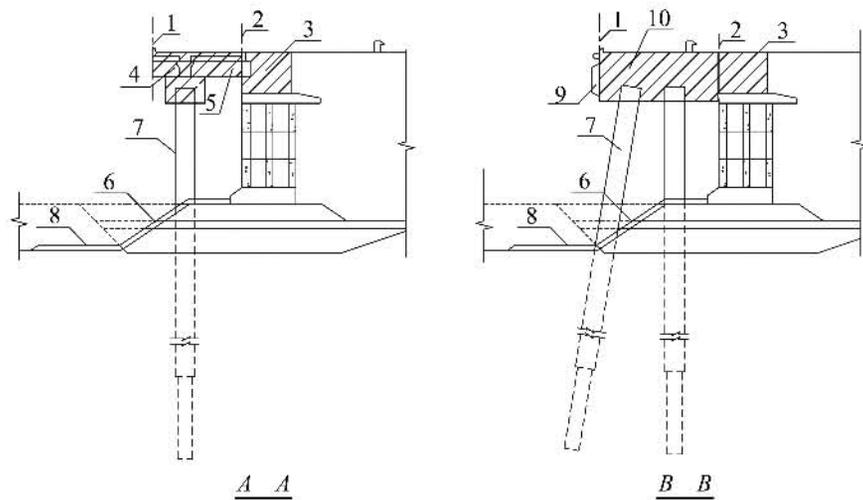


图 6.4 码头结构改造断面图

1-改造后码头前沿线;2-改造前码头前沿线;3-现浇胸墙;4-预制纵梁;5-现浇横梁;6-模袋混凝土;7- $\phi 1200\text{mm}$ 预制大管桩;8-设计泥面线;9-橡胶护舷;10-新增墩台

(3) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构整体稳定性等不能满足船舶系缆力和撞击力作用。

(4) 根据改造后的水深要求,码头港池需浚深较大,但对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定不能满足规范要求。

(5) 本工程原结构为重力式空心方块结构,直接进行港池浚深技术难度极大。

根据上述主要因素及结合前置墩台方式的技术特点,确定本工程采用前置墩台方式。加固改造内容是在码头前沿增设 6 个高桩墩台,基桩采用 $\phi 1200\text{mm}$ 预应力大管桩和 $\phi 1500\text{mm}$ 灌注桩,墩台间以高桩梁板连接,港池设计水深由原来 5.0m ~ 6.5m 浚深至 7.8m。

6.2.5 调整护舷方式一般采用增加漂浮型护舷、设置护舷钢支架、对胸墙护舷底座块体进行改造等方式。护舷增加尺度要求与码头门座式起重机、装卸桥外伸距相匹配。

调整护舷方式的技术特点是码头前沿可少量浚深,靠泊等级略有提升,基本不影响码头的作业,工程量小,但既有装卸设备的吊臂工作幅度略有减小,对于风浪较大的码头,漂浮式护舷需频繁起吊至码头面上。

调整护舷方式案例:深圳港某专用卸煤码头(图 6.5、图 6.6)

深圳港某专用卸煤码头包括南、北两个泊位,于 1993 年建成投产,其中南泊位长 280m,北泊位长 301m。码头原设计为 5 万吨级煤码头,改造后可停靠 7 万吨级船舶的卸煤泊位。

原码头均为带侧通水孔卸荷板重力式沉箱结构。码头面高程 5.35m,码头前沿设计底高程为 -13.5m。上部为现浇胸墙,码头沉箱底宽 10m,顶高程 -1.0m,底高程 -14.0m,南泊位沉箱内回填开山石,北泊位沉箱内回填中粗砂。沉箱上部为预制卸荷板。沉箱下部为水下抛石基床,基床采用夯实 10kg ~ 100kg 块石,底层为中粗砂层。沉箱后设有 10kg ~ 100kg 抛石棱体,码头后方推填开山石。护脚为 100kg ~ 150kg 块石。

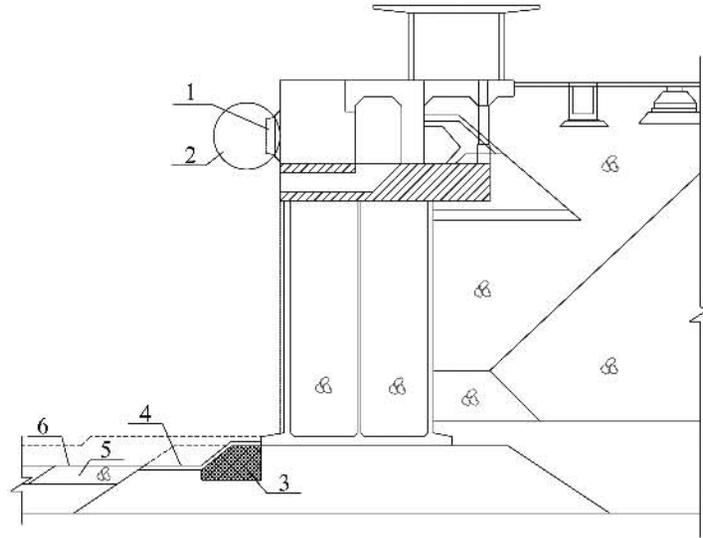


图 6.5 码头结构改造断面图

1-既有 DA-A800H 橡胶护舷;2-新增 $\phi 3700\text{mm}$ 漂浮型橡胶护舷;3-基床升浆加固;4-模袋混凝土护面厚度 250mm;5-抛理 100kg ~ 150kg 块石;6-改造后码头前沿设计泥面线

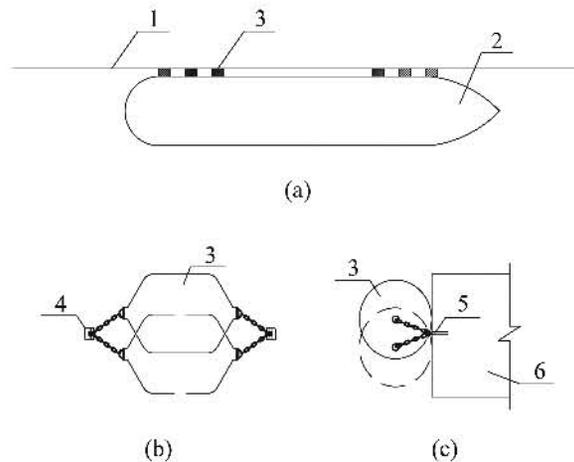


图 6.6 漂浮型橡胶护舷布置图

(a)漂浮型橡胶护舷布置图;(b)漂浮型橡胶护舷立面;(c)漂浮型橡胶护舷断面图
1-码头前沿线;2-70000DWT 散货船;3-漂浮型橡胶护舷;4-锚碇钢板;5-锚栓;6-胸墙

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)根据本工程所在的区域位置、总平面布置、船型及工艺设备条件,码头前沿线有适量前移的空间。

(2)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力、整体稳定性等均能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。

(3)根据改造后的水深要求,码头港池需少量浚深,对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定满足要求。

(4)本工程原结构为重力式沉箱结构,对码头前沿的抛石基床直接进行浚深较困难。根据上述主要因素,结合调整护舷方式和基床升浆方式的技术特点,确定本工程主要

采用调整护舷和基床升浆相结合方式。

设计选择泡沫型漂浮式护舷,南、北泊位各配置6套,共12套,护舷本体直径为3.7m,长度5.9m,通过锚链安装在胸墙上,护舷可方便拆移吊起及重新安装。停泊水域设计底高程浚深至-15.06m,前沿浚深时挖除局部基床并对基床升浆处理。

使用条件是当船舶吃水不超过原码头前沿设计底高程-12.7m时,可快速移开新增的大型靠泊设施,船舶停靠在码头原结构上。

6.2.6 基床升浆方式作为重力式码头结构基床加固的基本方法,技术相对成熟,能分段施工,对码头正常生产影响较小,但水下工作量大,升浆实际范围和升浆量难以确定。注意选择合适的施工方案和检验标准,合理确定检测数量和方法,浆体固结前不能生产作业。

基床升浆方式案例:大连港某专用码头(图6.7、图6.8)

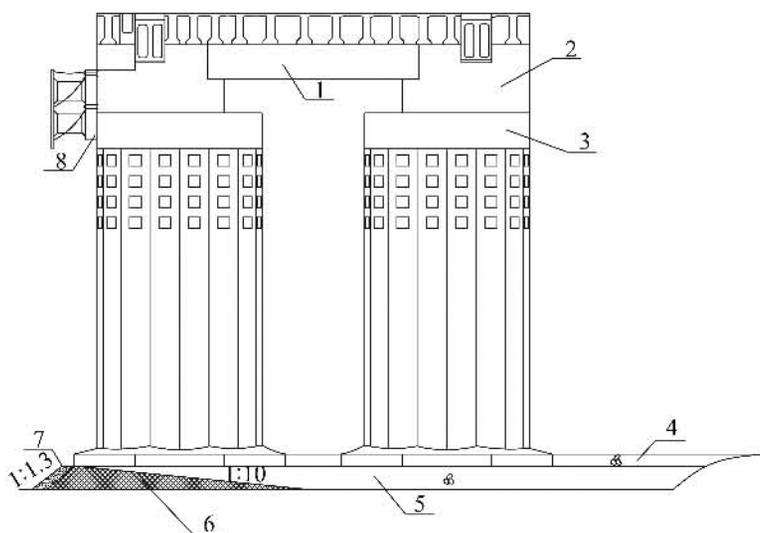


图6.7 码头结构改造断面图

1-前后沉箱联系梁;2-现浇支座梁;3-预制扇形块;4-200kg~300kg块石护底;5-10kg~100kg抛石基床;6-基床升浆加固;7-200kg~300kg袋装混凝土;8-钢骨架基座

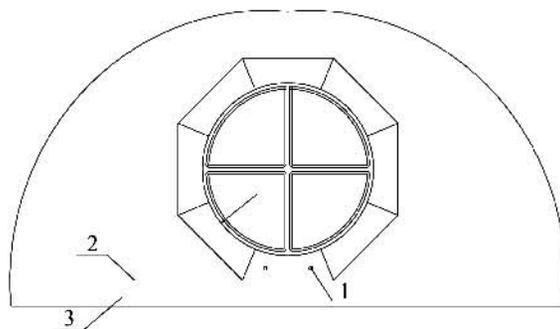


图6.8 基床升浆区域平面图

1-升浆孔;2-第一排沉箱前趾前沿线;3-抛石基床升浆区域

大连港某专用码头位于大孤山半岛的东南岸,东侧为鲇鱼湾,北侧为大连港大窑湾港区,码头总长度为471.5m。码头原设计为1个30万吨级矿石泊位,改造后停靠35万吨

级散货船。

原码头采用重力墩式结构,墩体为圆形沉箱,码头面高程为 15.5m,沉箱底面高程为 -23.0m。码头平台部分长 393.1m、宽 37m,由 2 排 12 列平行正交布置的圆形沉箱墩组成,圆形沉箱直径 13.6m,前后排中心距 23.4m,列间距 34.5m。沉箱坐落于 10kg~100kg 的抛石基床上,持力层为中风化板岩。沉箱上部 7m 范围设置分布均匀的消浪孔,顶部安放扇形块体,现浇钢筋混凝土支座。每排墩间采用预应力 T 形梁,轨道梁采用预应力双孔箱梁。每列墩间采用两榀后张法预应力联系梁连接。基床为暗基床,码头前沿护底采用栅栏板。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力、整体稳定性等均能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。

(2) 根据改造后的水深要求,码头港池需少量浚深,对码头岸坡稳定进行复核算,岸坡整体稳定满足要求。

(3) 本工程原结构为重力式沉箱结构,对码头前沿的抛石基床直接进行浚深较困难。

根据上述主要因素,结合基床升浆方式的技术特点,确定本工程主要采用基床升浆方式。加固改造内容是先拆除码头前侧栅栏板,然后采用高压水冲洗基床,在前趾外侧按 1:1 坡度清除基床,而后铺设土工布,抛填 200kg~300kg 袋装混凝土,在沉箱前趾外 1m 处布设升浆孔,升浆时,前趾起向后 2m 饱和注浆,深度 2m,2m 后深度按 1:7~1:13 放坡,最后对码头停泊水域开挖,由原来 23.0m 浚深至 24.5m。为了保证大型船舶舳龙骨与沉箱前趾的安全距离,采用悬挑钢骨架垫高护舷。

6.2.7 墙身注浆方式可以提升结构安全性,但注浆孔施工有一定难度。注意合理布置注浆孔,避免构件产生损坏。

墙身注浆方式案例:青岛港某码头(图 6.9)

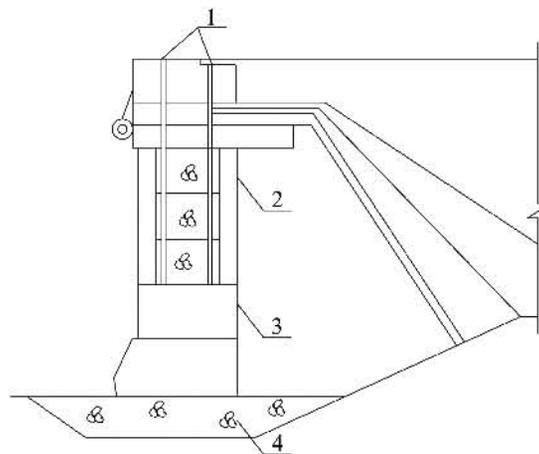


图 6.9 码头结构断面图

1-注浆孔;2-混凝土空心方块;3-混凝土实心方块;4-15kg~100kg 抛石基床

原码头为重力式方块结构,码头自上而下由胸墙、卸荷板、3 层混凝土空心方块和 2 层混凝土实心方块构成。由于空心方块破损严重,有很多贯穿裂缝,局部错位、破碎,且码

头边缘向海侧的位移最大达 110mm,严重影响码头的安全使用。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)根据停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力、整体稳定性等均能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求。

(2)本工程原结构为空心方块,破损严重,有很多贯穿裂缝,局部错位、破碎,直接拆除重建投资大。

根据上述主要因素,结合墙身注浆法方式的技术特点,确定本工程主要采用墙身注浆方式。加固改造内容是用先用钻机在码头面板上打垂直贯通孔,然后通过高压泵自下而上将水下不分散水泥砂浆灌入钻孔中,将空心方块中的抛石体胶结,并修复原先破损的空心方块。

6.2.8 胸墙扩大方式的技术特点是改造作业面小,陆上作业,工程量小,但施工对码头生产有一定影响。注意核实码头前沿胸墙中的水电管线等走向和新老混凝土结合面的处理。

胸墙扩大方式案例:厦门港某港区 19*泊位(图 6.10 ~ 图 6.12)

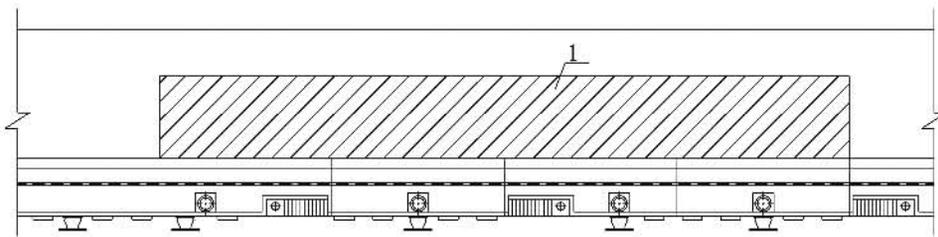


图 6.10 码头结构注浆平面图

1-块石注浆区

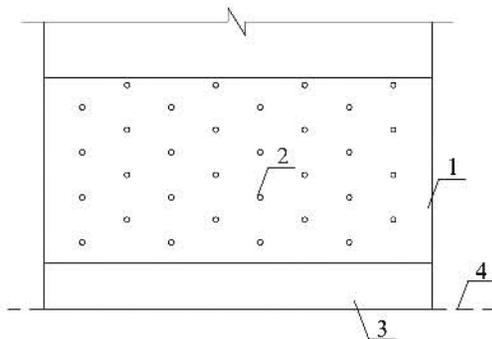


图 6.11 码头结构注浆孔平面布置图

1-局部注浆范围;2-注浆孔;3-胸墙;4-码头前沿线

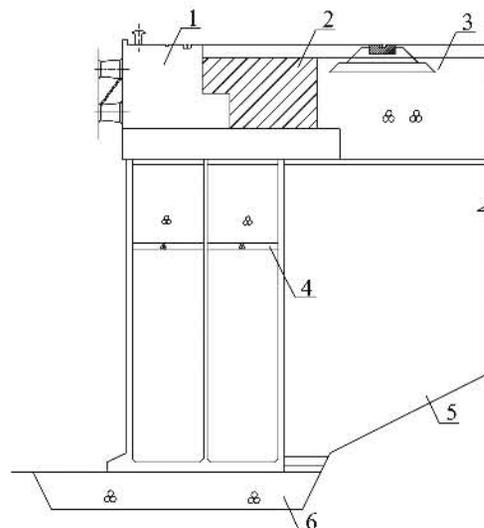


图 6.12 码头结构注浆断面图

1-胸墙;2-块石注浆区;3-10 ~ 100kg 块石;4-二片石;5-回填中粗砂($\varphi \geq 30^\circ$);6-10 ~ 100kg 抛石基床

厦门港某港区 19[#]泊位于 2011 年 8 月竣工,码头长度为 289.677m。码头原设计为 5 万吨级多用途泊位(水工结构按靠泊 10 万吨级集装箱船舶设计,同时满足 10 万吨级散货船靠泊),该泊位可靠泊 7 万吨级散货船,借用 18[#]泊位岸线可靠泊 7 万吨级集装箱船舶作业,改造后停靠 10 万吨级散货船,借用 18[#]泊位岸线 45.823m。

原 18[#]、19[#]泊位码头主体结构均为带卸荷板沉箱重力式结构,上部结构为现浇混凝土胸墙。墙后 1.4m 高程以下为回填中粗砂,以上为抛石棱体,棱体后侧为二片石和混合倒滤层,倒滤层后侧回填中粗砂。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1) 根据停靠船型对结构进行复核算,码头结构整体稳定性等均能满足船舶系缆力、撞击力、工艺荷载等作用要求,但沉箱前趾基床应力稍有不满足要求。

(2) 本工程原结构为带卸荷板沉箱重力式结构,结合施工技术,有条件增加现浇混凝土胸墙后填料重度。

根据上述主要因素,结合胸墙扩大方式的技术特点,确定本工程采用胸墙扩大方式。

根据计算,19[#]泊位码头主体结构无需加固改造,在借用 18[#]泊位岸线 45.82m 范围内,需对胸墙后方、卸荷板上方的块石进行注浆处理,增加填料重度,使码头结构重心后移,同时限制码头面使用荷载,减小基床应力。

限制荷载要求为,19[#]泊位靠泊 10 万吨级散货船时,18[#]泊位借用段范围内码头前沿线 50m 范围内堆载控制在 10kPa 内。

6.2.9 墙后卸载处理方式主要分为两种,其中墙后高压旋喷加固地基的卸载处理方式是陆上施工,一般影响码头生产;墙后新建低桩承台的卸载处理方式需陆上开挖,施工一般影响码头生产,陆上灌注桩成孔较困难,工程量大,费用高。墙后卸载处理方式案例如下。

案例 1:青岛港某港区 65[#]~68[#]泊位(图 6.13~图 6.16)

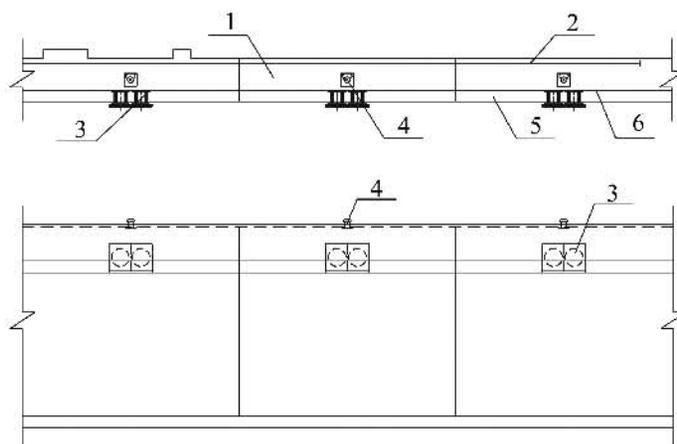


图 6.13 66[#]~68[#]泊位码头结构改造平面、立面图

1-胸墙;2-钢轨;3-SC1250H 两鼓一板橡胶护舷;4-1000kN 系船柱;5-前趾;6-码头前沿线

青岛港某港区 65[#]~68[#]泊位于 1992 年底竣工验收,码头长度为 923.9m,其中 66[#]~68[#]码头长度为 625.2m。码头原设计分别为 1 个 5 万吨级多用途泊位、1 个 2.5 万吨级木材泊位、2 个 2 万吨级杂货泊位。改造后 66[#]泊位可以满足 7 万吨级散货船在限定条件下

减载靠泊,67#~68#泊位可以满足7万吨级散货船在限定条件下减载靠泊,并预留远期66#~68#泊位码头前沿底高程可浚深至-13.6m和65#~68#泊位港池浚深等的结构条件。

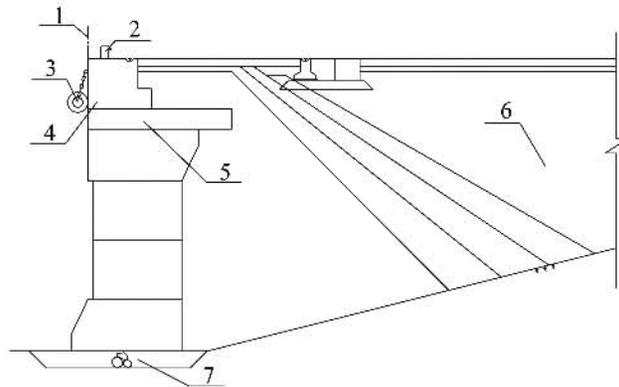


图 6.14 66#~68#泊位原码头结构断面图

1-码头前沿线;2-550kN系船柱;3- $\phi 1200$ 圆筒形橡胶护舷;4-胸墙;5-卸荷板;6-回填砂;7-抛石基床

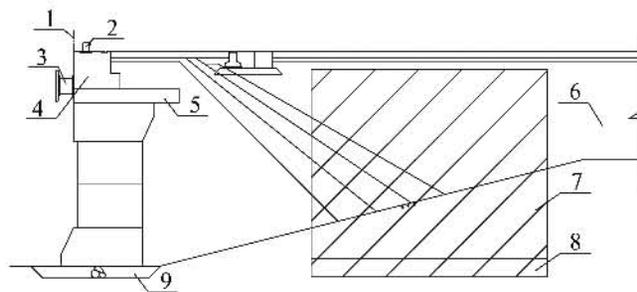


图 6.15 66#~68#泊位码头结构改造断面图(近期)

1-码头前沿线;2-1000kN系船柱;3-SC1250H两鼓一板橡胶护舷;4-胸墙;5-卸荷板;6-回填砂;7- $\phi 1000$ mm旋喷桩制作的块式拌和体;8- $\phi 500$ mm旋喷桩制作的块式拌和体;9-抛石基床

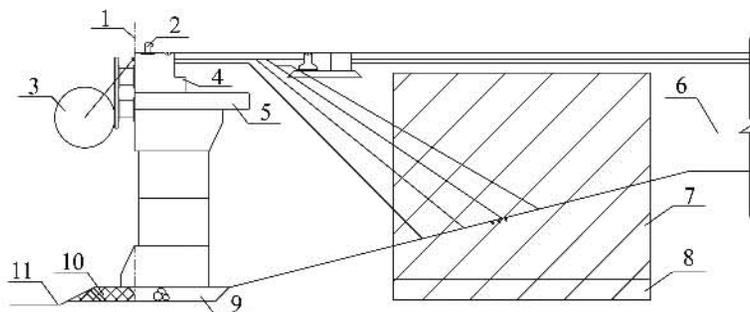


图 6.16 66#~68#泊位码头结构改造断面图(远期)

1-码头前沿线;2-1000kN系船柱;3-漂浮型橡胶护舷;4-胸墙;5-卸荷板;6-回填砂;7- $\phi 1000$ mm旋喷桩制作的块式拌和体;8- $\phi 500$ mm旋喷桩制作的块式拌和体;9-抛石基床;10-基床升浆加固部分;11-设计泥面线

原码头为带卸荷板的重力式方块结构,码头面顶高程5.8m,其中66#~68#泊位前沿泥面高程-11.6m。码头基础采用10kg~100kg抛石基床,设置四层方块,顶层方块上安放预制卸荷板,其上现浇胸墙,方块后设抛石减压棱体,码头后方为回填砂,抛石棱体与回

填砂之间设二片石、混合倒滤层结构。

码头结构加固改造方案确定主要考虑：

(1) 根据本工程所在的区域位置、总平面布置、船型及工艺设备条件，码头前沿线有适量前移的空间。

(2) 根据改造后的后方使用荷载对结构进行复核算，码头稳定性及地基承载力不能够满足现行规范要求。

(3) 根据改造后的水深要求，码头港池需少量浚深，但本工程原结构为重力式沉箱结构，对码头前沿的抛石基床直接进行浚深较困难。

根据上述主要因素，分别结合墙后卸载处理方式、基床升浆方式和调整护舷方式的技术特点，确定本工程采用墙后卸载处理、基床升浆和调整护舷相结合方式。

66[#]~68[#]泊位码头结构加固改造方案包括棱体后方加固、码头前沿加固和系靠船附属设施改造三部分：

棱体后方加固：对码头后方回填砂区域进行高压旋喷加固，使之形成整体以承担码头后方堆货荷载的土压力，增加码头抗滑、抗倾能力并降低前趾应力，使码头稳定性和地基承载力满足现行规范要求。

码头前沿加固：远期根据使用要求，将对码头前沿进行浚深，需对码头前趾处的基床采用压力灌浆法进行加固，以增加基床承载力和基床稳定性。远期在距离底层方块前趾距离不小于2m外对码头前沿进行开挖，浚深至-13.6m，以满足5万吨级散货船舶停靠及7万吨级散货船舶减载停靠。

系靠船附属设施改造：凿除原有系船块体，拆除原有550kN系船柱，在原位置向胸墙内植筋，现浇1000kN系船柱块体，安装1000kN系船柱。拆除原有 $\phi 1200 \times 1200$ L圆筒形橡胶护舷，安装SC1250H两鼓一板超级鼓型橡胶护舷。远期对码头前沿进行浚深后，码头前沿线将前移，为解决前沿浚深后码头前沿线前移的问题，需安装8套F4500 $\phi \times 7000$ L漂浮型橡胶护舷及配套SC1250H两鼓一板超级鼓型橡胶护舷。

案例2：厦门港某港区2[#]、3[#]泊位(图6.17~图6.19)

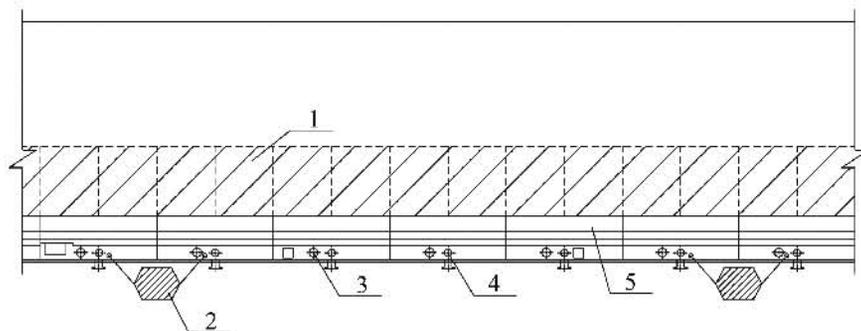


图 6.17 码头结构改造平面图

1-卸荷承台；2-漂浮型橡胶护舷；3-新增2000kN系船柱；4-拆除原系船柱；5-胸墙

厦门港某港区2[#]、3[#]泊位分别于2000年9月、2006年6月竣工，码头总长度为640m。码头原设计停靠5万吨级集装箱船，改造后停靠12万吨级集装箱船。

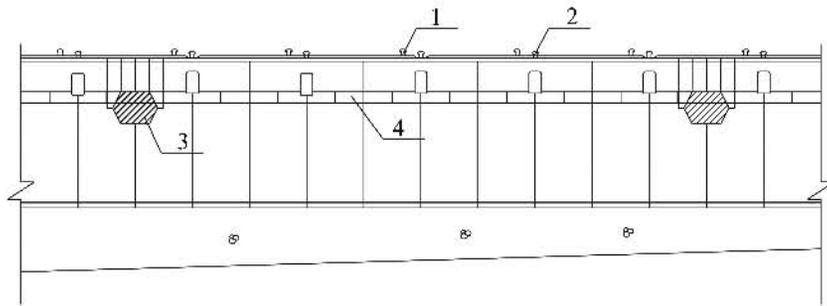


图 6.18 码头结构改造立面图

1-新增 2000kN 系船柱;2-拆除原系船柱;3-漂浮型橡胶护舷;4-卸荷板

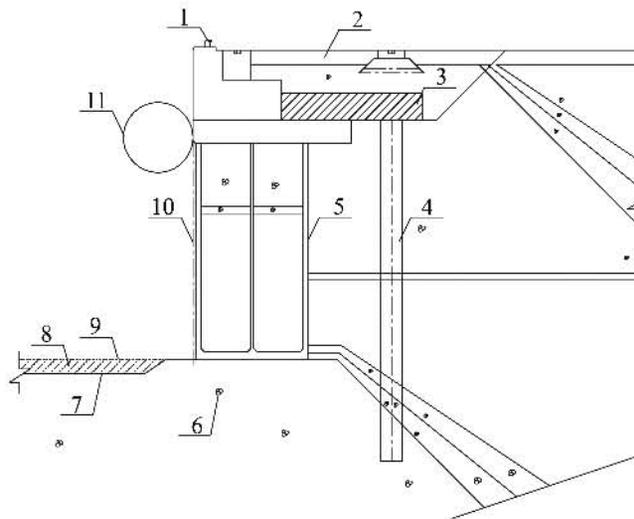


图 6.19 码头结构改造断面图

1-2000kN 系船柱;2-码头面层;3-卸荷承台;4- $\phi 1500\text{mm}$ 灌注桩;5-预制沉箱;6-抛石基床;7-改造后码头前沿底高程;8-挖除范围;9-原码头前沿底高程;10-码头前沿线;11-漂浮型橡胶护舷

原码头为带卸荷板的重力式沉箱结构,码头面高程为 7.5m,前沿底高程为 -13.3m。下部为 10kg ~ 100kg 抛石基床,基底为强风化岩,抛石基床上安放预制沉箱,单个沉箱长 11.5m、底宽 8.5m、高度 14.5m,沉箱仓格下部填充中粗砂、上部回填 10kg ~ 60kg 块石,上部为预制卸荷板及现浇胸墙。沉箱后设有 10kg ~ 100kg 抛石棱体,减小后方土压力。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 本工程所在的区域位置、总平面布置、船型,码头前沿线有适量前移的空间。
- (2) 根据改造后的使用荷载对结构进行复核验算,码头稳定性和地基承载力不满足现行规范要求。
- (3) 根据改造后的水深要求,码头港池需少量浚深。

根据上述主要因素,分别结合墙后卸载处理方式和调整护舷方式的技术特点,确定本工程采用墙后卸载处理和调整护舷相结合方式。

加固改造内容是在改造范围内的每个沉箱后设两根 $\phi 1500\text{mm}$ 的灌注桩。桩顶上现浇混凝土块体并与胸墙相联结,混凝土块体与原结构按简支考虑,使得码头整体结构重心

后移,并对后方土压力进行卸荷。对码头靠泊设施进行改造,增加四组漂浮型橡胶护舷,使改造后船舶停泊位置向外移4.2m。码头前沿水深疏浚至14.3m。

使用条件为不使用漂浮式橡胶护舷时,船舶吃水需减载至13m以下。悬挂漂浮式橡胶护舷时船舶吃水需减载至不大于14m。

6.2.9.2 采用高压喷射注浆法、水泥搅拌桩法等技术对墙后回填材料进行加固处理后,加固体的重度、抗剪强度和渗透系数等参数会产生较大变化:一方面,墙后回填区抗剪强度指标有所改善,起到减小重力式码头结构墙后土压力的作用;另一方面,加固体渗透系数的降低将改变重力式码头原有的透水性能,此时墙后地下水位的取值应视加固体的处理范围、深度和处理方式不同,并结合海侧设计水位和陆域地下水位情况综合确定,必要时考虑渗透水压力作用。

7 板桩码头结构加固改造

7.2 加固改造主要方式

7.2.4 新建前板桩方式的技术特点是新建板桩码头前沿线外移距离可灵活控制,不受岸坡稳定影响,码头提升等级较大,但影响码头生产,工程量大,需注意码头结构断面选择、沉桩可行性分析、减少施工对原结构影响、墙后回填料的顺序、速率控制要求等。

新建前板桩方式案例:青岛港某码头 16[#]泊位(第 2~8 段)(图 7.1)

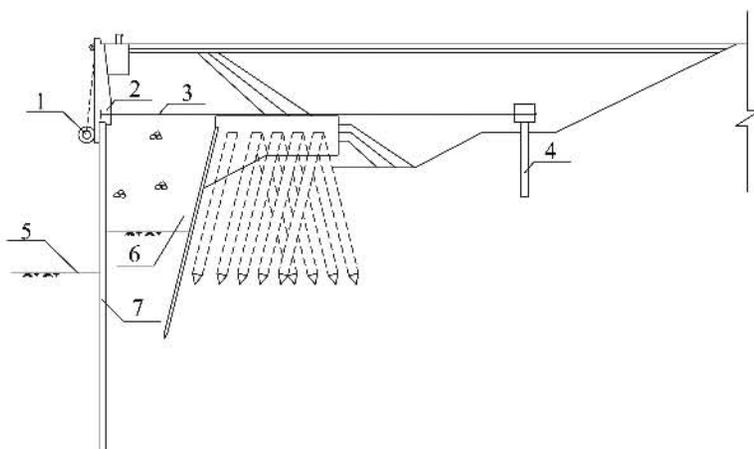


图 7.1 码头结构改造断面图

1-橡胶护舷;2-现浇胸墙;3-拉杆;4-现浇钢筋混凝土锚碇板桩墙;5-设计泥面线;6-回填二片石;7-混凝土板桩

青岛港某码头 16[#]泊位(第 2~8 段)于 1991 年改造大修完成,改造后码头前沿线向海侧前移约 5.5m,码头前沿泥面浚深至 -6.0m。

原码头结构形式为板桩墩台结构,墩台顶高程为 2.5m,前沿泥面高程为 -4.0m。承台前板桩采用混凝土板桩,断面高度 250mm,基桩采用直径 $\phi 400\text{mm}$ 的木桩,承台上部为钢筋混凝土墩台结构。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1) 既有码头结构等级较低,码头面高程也较低,经常上水,且经过大修。
 (2) 码头前沿水域开阔,有足够的空间向海侧增加新的板桩结构,并在陆域增设新的锚碇结构。

(3) 根据加固改造的设计船型及工艺荷载对结构进行复核算,码头结构承载力和踢脚稳定等均不满足船舶系缆力和撞击力等作用要求。

(4) 既有结构只起到降低新的板桩结构土压力的作用。

(5) 改造后的结构使用年限按 50 年设计。

根据上述主要因素,结合新建前板桩方式的技术特点,确定本工程采用新建前板桩方式。加固改造内容是在原驳岸海侧 5.5m 处新布置板桩墙,板桩采用预制钢筋混凝土板桩,断面尺度为 500mm(高)×700mm(宽),拉杆直径为 55mm,间距为 1000mm,锚碇墙采用现浇钢筋混凝土板桩墙。板桩墙后与原结构间及上部填充二片石并设倒滤层,码头面高程加高至 6.0m,加高部分填料采用中粗砂。

7.2.6 墙后地基加固方式的技术特点是陆上施工,提高土体抗剪强度,减小墙后土压力,但加固效果较难判定,需注意合理确定加固范围和进行施工期位移监测。

7.2.7 墙后半遮帘桩方式的技术特点是陆上施工,施工作业面小,对生产干扰少,造价低,但前板桩的土压力分布和大小需通过试验验证。

墙后半遮帘桩方式案例:京唐港某港区 14[#]、15[#]泊位(图 7.2)

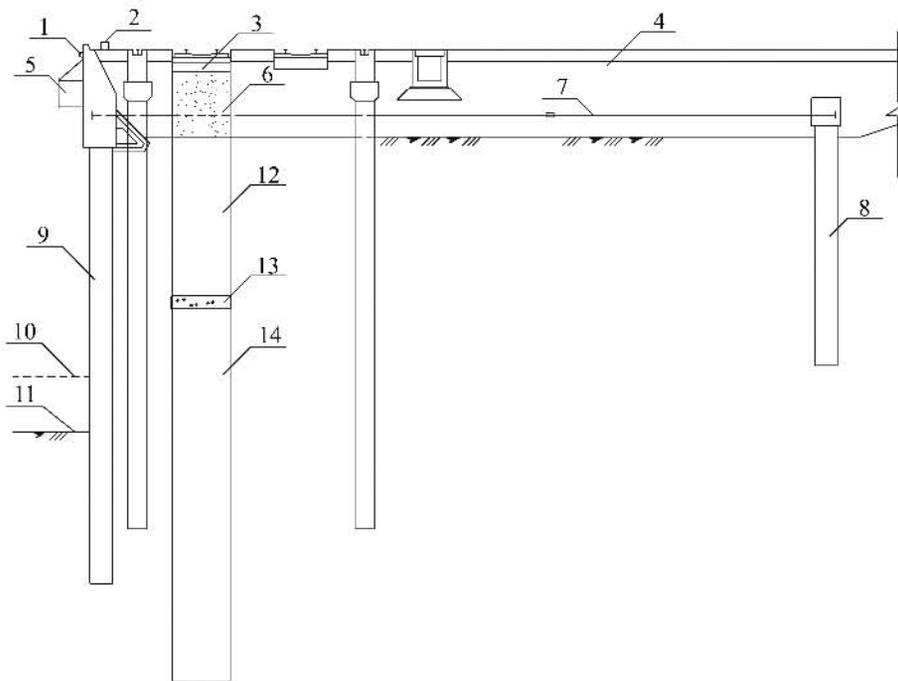


图 7.2 码头结构改造断面图

1-D 形橡胶护舷;2-系船柱;3-钢筋混凝土板;4-回填砂;5-橡胶护舷;6-砂浆;7-钢拉杆;8-锚碇墙;9-钢筋混凝土地连墙;10-原泥面线;11-设计泥面线;12-素混凝土;13-砂垫层;14-钢筋混凝土遮帘桩

京唐港某港区 14[#]、15[#]泊位长度为 394m,码头原设计停靠 2 万吨级散货船,改造后停靠 5 万吨级散货船,改造后码头顶高程不变,前沿水深需浚深至 13.5m。

原码头为现浇混凝土地下连续墙板桩墙结构,码头面高程为 4.0m,前沿泥面高程为 -11.0m。前墙厚 1050mm,墙底高程 -21.5m,墙顶为现浇混凝土胸墙;后锚碇墙厚 1050mm,顶高程为 +1.8m,墙底高程 -10.5m,墙顶设有混凝土帽梁,前后墙间在高程 1.0m 处设有 $\phi 85$ mm 钢拉杆连接前后墙,标准段拉杆间距 1.5m。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

- (1) 根据本工程检测评估报告的结论,既有码头结构基本完好。
- (2) 根据改造后停靠船型对结构进行复核算,验算结果是码头结构承载力和踢脚

稳定等不能满足船舶系缆力和撞击力等作用要求。

(3) 码头泊位为长直岸线,不具备在既有结构前增设新结构的条件,既有结构形式有增设半遮帘桩的条件,码头顶面也具有陆上施工的条件。

(4) 码头结构加固改造的施工除码头前沿挖泥外,全部为陆上施工,对周边水域影响小。

根据上述主要因素,结合墙后半遮帘桩方式的技术特点,确定本工程采用墙后半遮帘桩方式。加固改造内容是:在现有的结构后方增设半遮帘桩,降低前墙后土压力,使前墙在浚深后计算跨度增大时内力控制在原设计范围内,并能同时满足踢脚稳定要求。具体方案为在前墙后打设混凝土遮帘桩,遮帘桩与前墙净距 2.65m,桩底高程 -26.0m,顶高程 -7.6m,遮帘桩厚度 2700mm,宽度根据现状分别为 1400mm、1000mm 和 700mm,间距为 1.5m~1.75m,遮帘桩上部为现浇 C10 素混凝土。

墙后半遮帘桩方式的技术特点是陆上施工,施工作业面小,对生产干扰少,造价低,但前板桩的土压力分布和大小需通过试验验证。

墙后半遮帘桩方式案例:京唐港某泊位(图 7.3)

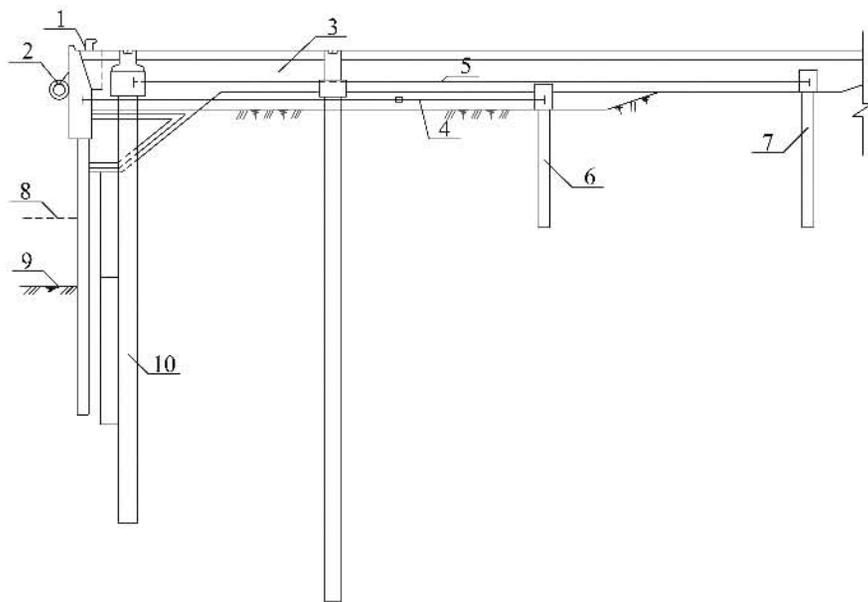


图 7.3 码头结构改造断面图

1-系船柱;2-圆筒形橡胶护舷;3-回填中砂;4-原结构的钢拉杆;5-新增钢拉杆;6-原结构锚碇地连墙;7-新增锚碇地连墙;8-原泥面线;9-设计泥面线;10-新增混凝土遮帘桩

京唐港某泊位建于 1996 年,码头长度为 145m。码头原设计为 1000 吨级泊位,改造后为散装纯碱泊位,停靠 7000 吨级散货船,码头前沿水深需浚深 3.5m,泥面高程浚深至 -8.0m。

原码头为现浇混凝土地下连续墙板桩墙结构,码头面高程为 4.0m,前沿泥面高程为 -4.5m。前墙厚 600mm,墙底高程 -14.5m,墙顶为现浇混凝土胸墙;后锚碇墙厚 600mm,墙底高程 -5.0m,墙顶设有混凝土帽梁,前后墙间在高程 1.5m 处设有 $\phi 75$ mm 钢拉杆连接前后墙,拉杆间距 1.5m。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)根据本工程检测评估报告的结论,既有码头结构基本完好。

(2)根据改造后停靠船型对结构进行复核算,码头结构承载力和踢脚稳定等不满足船舶系缆力和撞击力等作用要求。

(3)码头等级提升较多,只采用半遮帘桩的方式,经计算既有结构仍不满足改造后结构承载力的要求,既有结构形式有增设遮帘桩的条件,码头顶面也具备陆上施工的条件。

(4)码头结构加固改造的施工除码头前沿挖泥外,全部为陆上施工,对周边水域影响小。

根据上述主要因素,结合墙后遮帘桩方式的技术特点,确定本工程采用墙后遮帘桩方式。加固改造内容是:在现有的结构后方打设遮帘桩,降低前墙后土压力,使前墙在浚深后计算跨度增大时内力控制在原设计范围内,并能同时满足踢脚稳定要求。具体方案为在前墙后打设混凝土遮帘桩,遮帘桩与前墙净距 1.5m,桩底高程 -20.0m,顶高程 1.7m,遮帘桩厚 1000mm,宽 1000mm,间距 1.5m,遮帘桩顶部为现浇混凝土导梁,将遮帘桩连成整体,导梁顶部为现浇混凝土轨道梁。遮帘桩需要重新设置锚碇系统,新的锚碇系统设置在原锚碇墙后 12.95m 位置,为现浇混凝土连墙结构,墙厚 600mm,顶高程 1.9m,底高程 -5.0m,锚碇墙顶部设有现浇混凝土导梁,将锚碇墙连成整体,遮帘桩导梁和后锚碇导梁间由 $\phi 75$ mm 钢拉杆连接,使遮帘桩结构系统成为完整独立体系,拉杆间距 2.5m,中心高程 2.4m,与原锚碇系统错开。

8 斜坡码头和浮码头结构加固改造

8.0.4 系靠船设施改造方式案例:南京港某油码头(图 8.1、图 8.2)

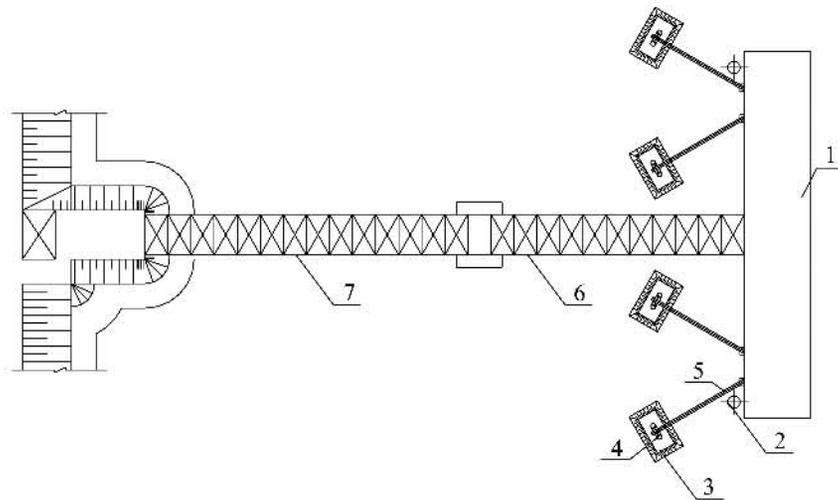


图 8.1 码头结构平面图

1-趸船;2-新增钢管桩;3-抛石棱体;4-原钢管桩撑杆墩;5-原钢撑杆;6-活动钢引桥;7-固定钢引桥

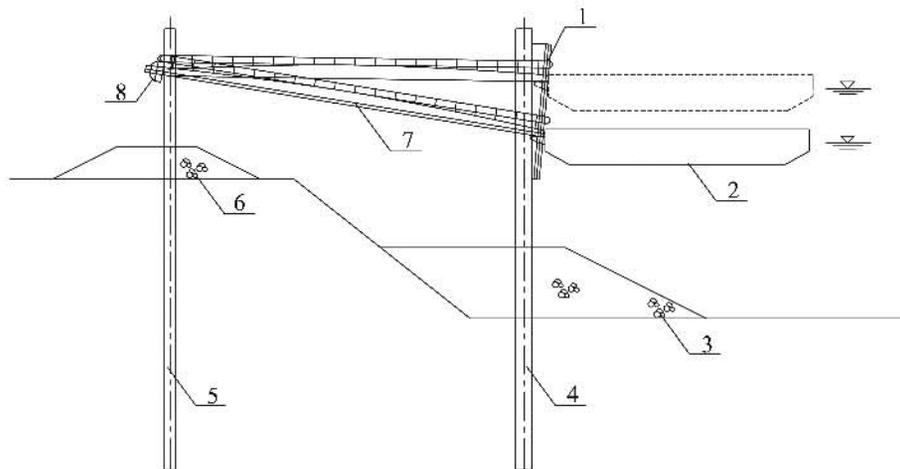


图 8.2 码头结构改造断面图

1-橡胶护舷;2-趸船;3-新增抛石棱体;4-新增钢管桩;5-原钢管桩;6-原抛石棱体;7-原钢撑杆;8-悬重消能块体

南京港某油码头工程建成于 20 世纪 60 年代。码头原设计等级为 1 万吨级油码头,改造为 2 万吨级油码头。

原码头结构形式为引桥 + 趸船,两对带悬重消能装置的交叉撑杆,每个撑杆墩由设在浅水处的 2 根门架式柔性钢管桩组成。存在的主要问题是原码头撑杆、撑杆墩的支撑能

力不足,不能满足加固改造设计船型靠泊需要,而该处的水深较浅,打桩船需要乘高水位才能满足吃水要求。

码头结构加固改造方案确定主要考虑:

(1)既有码头结构完好,趸船和系缆设施能够满足改造船型系泊需要,但撑杆、撑杆墩的水平承载力不满足要求。

(2)撑杆墩采用悬重装置吸收船舶撞击能量,不能满足加固改造设计船型的需要,但仍能继续工作,起到部分吸收撞击能量的作用。

(3)在趸船内挡增设柔性钢管桩,施工较便捷,对既有码头结构影响很小。

(4)靠船桩上的橡胶护舷倾斜度和曲线外形能通过变形协调计算确定,以保证新增柔性靠船桩、橡胶护舷与既有撑杆系统共同受力,吸收加固改造设计船型的撞击能量。

根据上述主要因素,结合靠船设施改造方式的技术特点,确定本工程采用系靠船设施改造方式。加固改造内容是在趸船内挡增设2根 $\phi 1400\text{mm}$ 钢管桩,桩上安设竖向拱形橡胶护舷,与原有撑杆系统共同承受船舶荷载和撞击能量。为了增强钢管桩下端的嵌固作用,减少桩的自由长度,在不影响趸船外挡设计水深的前提下,在桩基处抛填6m厚的块石棱体。