



T/CECS XXX 202X

中国工程建设标准化协会标准

海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准

Durability Design Standards for Structures
and Foundations of Port Terminal Buildings

T/CECS XXXX2025

主编单位：中交水运规划设计院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2025 年 XX 月 XX 日

中国计划出版社

2025 北京

中国工程建设标准化协会标准
海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准

T/CECS XXXX2025



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层
邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

中国工程建设标准化协会公告

第 XX 号

关于发布《海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2024]15 号）的要求，由中交水运规划设计院有限公司等单位编制的《海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准》，经本协会水运专业委员会组织审查，现批准发布，编号为 T/CECSXXXX-2025，自 2025 年 XX 月 XX 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇二五年 XX 月 XX 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2024]15 号）的要求，编写组经深入调查研究、广泛收集资料、认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了《海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准》T/CECSXXXX-2025。

本标准共分为 7 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、作用、结构选型和分析、极限状态设计和耐久性设计。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会水运专业委员会归口管理，由中交水运规划设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄至解释单位（地址：北京市东城区国子监街 28 号，邮政编码：100007）。

主编单位：XXXXXXXXXX

参编单位：XXXXXXXXXX

主要起草人：XXXXXXXXXX

主要审查人：XXX XXX XXX XXX XXX XXX

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 作用	6
4.1 一般规定	6
4.2 堆货荷载和人群荷载	6
4.3 波浪力	7
4.4 地基承载力和土压力	7
4.5 异常靠泊荷载	8
5 结构选型和分析	9
5.1 结构选型	9
5.2 结构分析	9
6 极限状态设计	11
6.1 一般规定	11
6.2 承载能力极限状态	11
6.3 正常使用极限状态	12
7 耐久性设计	13
7.1 一般规定	13
7.2 结构耐久性设计	14
本指南用词说明	16
引用标准名录	17
条文说明	18

Contents

1. General Provisions.....	1
2. Terms and Definitions.....	2
3. Basic Requirements	3
4. Actions (Loads).....	6
4.1 General Provisions	6
4.2 Cargo Loads and Live Loads	6
4.3 Wave Forces	7
4.4 Bearing Capacity of Foundation and Earth Pressure	7
4.5 Abnormal Berthing Loads	8
5. Structural Selection and Analysis	9
5.1 Structural Selection	9
5.2 Structural Analysis	9
6. Limit State Design	11
6.1 General Provisions	11
6.2 Ultimate Limit State	11
6.3 Serviceability Limit State	12
7. Durability Design	13
7.1 General Provisions	13
7.2 Durability Design of Structures	14
Notes on Terminology in This Guide	16
List of Cited Standards	17
Explanation of Clauses	18

1 总则

1.0.1 为指导和提升海港码头建筑物主体结构和地基耐久性的设计，做到安全可靠、耐久适用、技术先进和经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于设计使用年限 50 年以上的新建海港码头建筑物主体结构和地基耐久性设计。

1.0.3 海港码头建筑物主体结构和地基耐久性设计除应执行本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.1.1 平稳模型 stationary model

统计特性（如均值和方差）不随时间变化的模型。

2.1.2 非平稳模型 non-stationary model

统计特性（如均值和方差）随时间变化的模型。

2.1.3 工程结构的时变可靠度 time-dependent reliability of engineering structures

工程结构在其设计使用年限内，由于结构材料性能变化、环境和荷载的变化，在规定条件下满足预定功能（如承载力、变形）要求的特性随时间变化的概率。

2.1.4 地基的时变可靠度 time-dependent reliability of foundations

地基在其设计使用年限内，由于岩土材料的性能变化，在规定条件下满足预定功能（如承载力、变形）要求的特性随时间变化的概率。

3 基本规定

3.0.1 对设计使用年限有特殊要求，或具有重要战略意义，或具有重要经济意义的海港码头主体结构和地基的设计使用年限可适当提高至 50 年以上。

3.0.2 海港工程码头主体结构和地基的设计使用年限可根据使用要求或全寿命成本最优确定。

3.0.3 不可更换构件的设计使用年限应与码头主体结构设计使用年限相同，可更换构件的设计使用年限可低于码头主体结构的设计使用年限，并应在设计文件中明确规定。

3.0.4 海港码头结构在设计使用年限内应满足下列功能要求：

- 1 在正常施工和正常使用时，能安全承受设计规定的各种作用；
- 2 在正常使用时具有良好的工作性能；
- 3 在正常维护下具有足够的耐久性能；
- 4 在设计地震状况下主体结构不丧失承载能力；
- 5 有特殊要求时，在发生设定的偶然事件下，主体结构仍能保持整体稳定。

3.0.5 海港码头结构设计应遵守下列原则：

- 1 选择合适结构形式；
- 2 合理选择结构体系，正确进行分析和设计；
- 3 执行质量控制标准；
- 4 做好耐久性和维护设计；
- 5 采取有效的防护措施。

3.0.6 海港码头工程结构设计时，应分析下列因素对结构耐久性的影响：

- 1 预期的使用要求；
- 2 预估的环境条件；
- 3 材料和制品的性能；
- 4 材料和地基性能的变化；
- 5 结构体系的选择；
- 6 构件形状和结构细部构造；
- 7 施工质量和控制水平；
- 8 特殊的保护措施；

9 设计使用年限内要进行的维护。

3.0.7 海港码头结构设计宜采用以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法，有条件时可直接采用可靠指标设计方法。

3.0.8 设计应对勘测、观测、试验、施工、使用等提出相应的质量控制要求，并应提出结构在使用期的定期检测和维护技术要求。

3.0.9 海港码头主体结构和地基设计时，应根据结构失效可能产生的危及人的生命安全、造成经济损失以及影响社会和环境等后果的严重程度采用不同的安全等级。海港工程结构安全等级的划分应符合表 3.0.9-1 的规定。不同结构安全等级的重要性系数，不应小于表 3.0.9-2 中的数值。

表 3.0.9-1 海港工程结构的安全等级

安全等级	失效后果	适用范围
一级	很严重	有特殊安全要求的结构
二级	严重	一般港口工程结构
三级	不严重	临时性港口工程结构

表 3.0.9-2 不同结构安全等级的重要性系数

结构安全等级	一级	二级	三级
重要性系数 γ_0	1.1	1.0	0.9

注：①安全等级为一级的海港工程结构，当对安全有特殊要求时， γ_0 可适当提高；

②自然条件复杂、维护有困难时， γ_0 可适当提高。

3.0.10 海港码头结构与其组成部分宜取相同的安全等级，必要时可提高其中某些结构构件的重要性系数。

3.0.11 海港码头结构的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。

3.0.12 海港码头主体结构应采用符合使用要求及海洋环境耐久要求的建筑材料与防护材料，可采用含粗骨料高性能混凝土材料作为建筑材料，必要时可采用纤维增强复合材料作为结构防护材料。

3.0.13 长期服役环境对结构、地基性能的影响无法忽略时，宜在结构安全性和耐久性设计中考虑工程结构和地基的时变可靠度评价，并根据评价结果优化设计方案。

3.0.14 海港码头应合理设置永久观测点，宜采用自动化手段进行健康监测。观测点的布置应根据观测要求、建筑物结构形式和所处的自然环境确定，并能全面反映建筑物的工作状态。观测应符合现行行业标准《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》（JTS 235）的有关规定；健康监测应符合现行行业标准《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》（JTS/T 312）和《水运工程自动化监测技术规范》（JTS/T 305）的有关规定。

3.0.15 海港结构设计应结合使用要求等，提出垂直位移和水平位移等的控制要求。

3.0.16 设计应提出在海港码头结构施工过程中采取必要防护措施的要求。

4 作用

4.1 一般规定

4.1.1 确定设计使用年限 50 年以上的海港码头主体结构上的作用,应考虑港口的发展,留有适当的余地。

4.1.2 海港码头主体结构设计时,应考虑结构上可能出现的各种直接作用和间接作用。

4.1.3 海港码头主体结构上的作用按随时间的变化可分为永久作用、可变作用和偶然作用。永久作用应包括自重、预加应力、由土重力和永久荷载引起的土压力、固定水位的静水压力和浮托力等;可变作用应包括堆货荷载、人群荷载、起重运输机械荷载、铁路列车荷载、汽车荷载、载货缆车荷载、船舶荷载、风荷载、冰荷载、水流力、波浪力、可变作用引起的土压力、水位变化引起的作用、施工荷载等,码头区有淤积可能时,应考虑淤积引起的附加荷载。

4.1.4 施工荷载应根据码头的结构形式并结合施工条件、施工工艺和设备等综合确定。

4.1.5 自重应以标准值作为代表值。自重的标准值可按结构的设计尺寸和材料的平均密度、固定设备的质量计算确定。

4.1.6 作用在海港码头主体结构上的起重运输机械荷载、铁路列车荷载、汽车荷载、船舶荷载、风荷载、冰荷载、水流力、地震作用、温度作用、外加位移和变形、水位、偶然作用取值应符合国家现行有关标准的规定。

4.2 堆货荷载和人群荷载

4.2.1 除集装箱荷载外,码头堆货荷载和人群荷载宜按现行《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》(JTS/T 200)选取。

4.2.2 当考虑集装箱均布荷载随设计使用年限延长的变化时,可将设计使用年限 50 年集装箱均布荷载乘以设计使用年限调整系数 γ_{LQ} ,作为相应年限的集装箱均布荷载。

表 4.2.2 集装箱荷载设计使用年限调整系数

设计使用年限 T_L (年)	50	75	100	120
特征值调整系数 γ_{LQ}	1.00	1.05	1.10	1.12

4.3 波浪力

4.3.1 码头结构设计波浪要素宜按现行《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》（JTS/T 200）选取。

4.3.2 当考虑气候条件变化引起的设计波浪要素变化时，设计使用年限 50 年以上的海港码头主体结构承受的波浪力，当按平稳过程考虑时，可将设计使用年限 50 年设计波高乘以设计使用年限调整系数 γ_{LP1} ，作为相应年限的设计波高， γ_{LP1} 取值见表 4.3.2。

表 4.3.2 设计波高设计使用年限调整系数 γ_{LP}

设计使用年限 T_R （年）	50	75	100	120
按平稳模型考虑 γ_{LP1}	1.0	1.05	1.08	1.10

4.3.3 当考虑气候条件变化引起的设计波浪要素变化时，设计使用年限 50 年以上的海港码头主体结构承受的波浪力，当按非平稳过程考虑时，可将设计使用年限 50 年设计波高乘以设计使用年限调整系数 γ_{LP2} ，作为相应年限的设计波高， γ_{LP2} 取值见表 4.3.3。

表 4.3.3 设计波高设计使用年限调整系数 γ_{LP}

设计使用年限 T_R （年）	50	75	100	120
按非平稳模型考虑 γ_{LP2}	1.05	1.10	1.15	1.18

4.4 地基承载力和土压力

4.4.1 码头结构承受的土压力标准值应按现行标准《码头结构设计规范》（JTS167）计算。

4.4.2 重力式码头可采用地基的时变可靠度设计方法进行论证分析。没有统计数据时，若考虑地基蠕变对地基承载力的影响，对于设计使用年限在 50 年以上的码头主体结构，当地基土体的塑性指数为 $10 < I_p < 20$ 时，地基承载力应在采用抗力分项系数 γ_R 折减后，再除以设计使用年限调整系数 γ_{LE} ，以得到相应设计年限下的地基承载力。调整系数 γ_{LE} 应按表 4.4.2 取值。除此之外，可考虑波浪、起重设备、堆货、船舶撞击等循环荷载引起的地基承载力降低。

表 4.4.2 重力式结构地基承载力设计使用年限调整系数 γ_{LE}

设计使用年限 T_L (年)	50	75	100	120
特征值调整系数 γ_{LE}	1.00	1.02	1.04	1.05

4.4.3 重力式码头结构设计可考虑由于循环荷载等因素导致地基土体弱化对地基承载力和整体稳定性的影响。

4.4.4 当高桩码头平台存在泥沙淤积风险时，应评估淤积对码头结构的影响。

4.4.5 高桩码头结构设计宜考虑地基蠕变对桩基水平性能的影响，可对 $p-y$ 曲线中的参数 ε_{50} 乘以调整系数 η_c ， η_c 可取 1.5。

4.4.6 高桩码头结构设计可考虑由于循环荷载等因素导致地基土体弱化对结构嵌固点位置和自由长度的影响。

4.5 异常靠泊荷载

港区水流条件复杂，或有特殊使用要求的码头，可将码头异常靠泊荷载作为偶然荷载进行复核计算。

码头在遭遇船舶异常靠泊（异常撞击）时，应及时进行检测评估鉴定。检测评估时按照《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）相关规定执行。

5 结构选型和分析

5.1 结构选型

5.1.1 海港码头主体结构形式应根据使用要求、环境条件、施工条件、使用年限和维护条件等进行技术经济比较经综合分析选定；应采用对危害反应不敏感、耐久性好、便于维护的结构形式。

5.1.2 码头结构宜采用重力式结构、高桩结构或板桩结构等形式。采用高桩结构时，基桩宜采用钢管桩、混凝土灌注桩、预应力高强混凝土管桩等；采用板桩结构时，前墙宜采用钢板桩、地下连续墙等。

5.1.3 码头结构构件宜采用钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构。

5.2 结构分析

5.2.1 结构分析应包括作用分析、作用效应分析和抗力分析。

5.2.2 结构分析应以结构理论和工程实践经验为基础，可采用理论计算、数值模拟、模型试验或原型试验等方法，宜按基础与上部结构共同作用进行分析。

5.2.3 结构分析采用的基本假定和计算模型应能合理描述所选择的极限状态下的结构反应。

5.2.4 缺乏合适结构计算模型或现有计算方法精确度达不到要求时，结构的作用、作用效应、破坏形态或结构抗力应通过试验确定。基于试验模型的设计应符合现行国家标准《港口工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50158）的有关规定。

5.2.5 波浪、水流、冰凌等条件比较复杂时，码头结构设计宜结合必要的模型试验，合理确定具体结构的形式、尺度及构造。

5.2.6 结构按承载能力极限状态设计时，根据结构和材料对作用的反应，可采用线性理论或非线性理论计算。结构按正常使用极限状态设计时，可采用线性理论计算，必要时应采用非线性理论计算。

5.2.7 结构分析应考虑岸坡变形、冲刷、淤积、土体沉降等因素对结构的不利影响，有条件时可考虑结构材料和地基性能变化引起的影响，必要时应考虑船舶异常靠泊荷载对结构的影响。

5.2.8 材料和岩土的性能应符合下列规定。

1 钢筋、混凝土的物理力学性能应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS151）的有关规定，钢材的物理力学性能应符合现行行业标准

《水运工程钢结构设计规范》（JTS152）的有关规定。

2 岩土性能指标可通过原位测试、室内试验等直接或间接的方法确定，并应考虑钻探取样扰动、室内外试验条件与实际工程条件的差别等因素影响。

3 土工织物材料性能应符合现行行业标准《水运工程土工合成材料应用技术规范》（JTS/T 148）的有关规定。

5.2.9 地基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；桩基设计应符合现行行业标准《水运工程桩基设计规范》（JTS 147-7）和《码头结构设计规范》（JTS 167）的有关规定。

5.2.10 桩断面尺寸、沉箱尺寸、回填砂石断面尺寸等几何量变异性较小的结构或构件，几何量可采用确定值，并在设计中规定。变异性较大的地形、地质分层、冲刷、淤积、土体沉降等几何量应采用设计值并应分析其变化对结构的不利影响。

5.2.11 当考虑构件和结构性能随时间变化的影响时，宜根据具体工程统计确定。设计使用年限大于 50 年的工程，宜在现行标准的相关规定基础上，结合工程结构的时变可靠度设计方法进行论证分析。

6 极限状态设计

6.1 一般规定

6.1.1 海港码头主体结构设计采用的作用应包括永久作用、可变作用和地震作用，有特殊要求时可考虑偶然作用。作用取值应符合第4章的有关规定。

6.1.2 海港码头主体结构设计时应应对不同的设计状况进行分析，设计状况宜分为下列状况：

- 1 持久状况，持续时段与设计使用年限相当的设计状况；
- 2 短暂状况，在结构施工和使用过程中一定出现，而与设计使用年限相比，持续时段较短的设计状况，包括施工、维修和短期特殊使用等；
- 3 地震状况，结构遭受地震作用时的设计状况；
- 4 偶然状况，偶发的使结构产生异常状态的设计状况，包括非正常撞击、火灾、爆炸等。

6.1.3 根据海港码头主体结构的设计状况，结构设计应符合下列规定。

- 1 持久状况应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。
- 2 短暂状况应进行承载能力极限状态设计，可根据需要进行正常使用极限状态设计。
- 3 地震状况应进行承载能力极限状态设计。
- 4 有特殊要求时，也可对偶然状况进行承载能力极限状态设计或进行防护设计。

6.1.4 海港码头主体结构设计时，所选择的极限状态应采用相应的结构可能同时出现作用的最不利组合。

6.1.5 极限状态设计中的设计水位取值应符合国家现行标准《港口工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50158）和《水运工程抗震设计规范》（JTS 146）的有关规定。

6.2 承载能力极限状态

6.2.1 港口工程结构承载能力极限状态设计表达式应满足下式要求：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

式中 γ_0 ——不同结构安全等级的重要性系数，按表3.0.9-2取值；

S_d ——作用组合的效应设计值；

R_d ——抗力设计值。

6.2.2 承载能力极限状态设计应采用作用的持久组合、短暂组合和地震组合，有特殊要求时可采用作用的偶然组合。

6.2.3 持久组合、短暂组合、偶然组合、地震组合的效应设计值和抗力设计值应符合现行行业标准《码头结构设计规范》（JTS 167）、《水运工程桩基设计规范》（JTS 147）、《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）、《水运工程钢结构设计规范》（JTS 152）和《水运工程抗震设计规范》（JTS 146）等的有关规定，并考虑由于设计使用年限变化引起的材料性能、荷载、地基承载力、桩基承载力和构件性能的变化。

6.3 正常使用极限状态

6.3.1 正常使用极限状态设计表达式应满足下式要求：

$$S_d \leq C \quad (6.3.1)$$

式中 S_d ——作用组合的效应设计值，包括变形、裂缝宽度和沉降量等；

C ——结构规定限值，包括规定的最大容许变形、裂缝宽度和沉降量等，应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）等的有关规定。

6.3.2 正常使用极限状态设计应根据不同设计目的，分别采用作用的标准组合、频遇组合和准永久组合，各种组合下的效应设计值和抗力设计值应符合现行行业标准《码头结构设计规范》（JTS 167）、《水运工程桩基设计规范》（JTS 147）、《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。

7 耐久性设计

7.1 一般规定

7.1.1 海港码头主体结构耐久性宜根据结构设计使用年限和结构所处的环境，并考虑施工条件、维护便利性和全生命周期成本等因素进行设计。

7.1.2 海港码头主体结构耐久性设计前应进行腐蚀环境调查，调查内容应包括水文、气象，水体氯离子含量、pH 值、电阻率，水污染情况和周边其他环境侵蚀介质等。

7.1.3 结构受到环境多重腐蚀因素共同作用时，设计应分别满足每种腐蚀单独作用下的耐久性要求，并应考虑多重腐蚀共同作用时的相互影响。

7.1.4 海港码头主体结构所处环境类别可按表 7.1.4 的规定进行环境类别划分。

表 7.1.4 港口工程结构环境类别

序号	环境类别	腐蚀特征
1	海水环境	氯盐作用下引起混凝土中钢筋锈蚀
2	大气环境	一般淡水水流冲刷、溶蚀混凝土及大气环境下混凝土碳化引起钢筋锈蚀
3	冻融环境	冰冻地区冻融循环导致混凝土损伤
4	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

7.1.5 不同环境类别混凝土结构和钢结构应按腐蚀作用程度进行部位或腐蚀条件划分，所处部位或腐蚀条件的划分应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）的有关规定。

7.1.6 设计时宜选用耐久性良好的材料，并应明确材料的性能指标。

7.1.7 港口工程结构耐久性极限状态可按下列标准确定：

1 海水环境和淡水碳化环境下钢筋混凝土结构以钢筋锈蚀导致保护层出现顺筋裂缝时的状态为耐久性极限状态；

2 海水环境和淡水碳化环境下预应力桩基和采用钢绞线、钢丝的预应力混凝土构件，以氯离子侵入混凝土或混凝土碳化导致预应力筋发生锈蚀时的状态为耐久性极限状态；采用螺纹钢筋作为预应力筋的预应力构件以钢筋锈蚀导致保护层出现顺筋裂缝时的状态为耐久性极限状态；

3 冻融环境和化学腐蚀环境下以混凝土保护层出现损伤，但尚未明显损害构件的承载力和混凝土保护层对钢筋保护时的状态为耐久性极限状态；

4 钢结构按钢构件腐蚀平均截面损失达到设计预留的腐蚀裕量时的状态为耐久性极限状态。

7.1.8 处于浪溅区、水位变动区和大气区的钢筋混凝土和预应力混凝土结构，除应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）的有关规定外，尚应进行耐久性定量设计。

7.1.9 海水环境港口工程混凝土结构水位变动区和浪溅区部位，宜采用高性能混凝土，并宜采取必要的附加防腐蚀措施。桩基透空式结构水位变动区和浪溅区部位应采用高性能混凝土，并应采取必要的附加防腐蚀措施。

7.1.10 港口工程钢结构耐久性设计应采用预留腐蚀裕量与防腐蚀措施联合防护的方式。

7.1.11 港口工程结构耐久性维护应体现预防为主的原则，并应具有连续性和及时性，包括日常检查、定期检测评估和适时维修等。

7.1.12 港口工程结构宜安装耐久性监测装置，长期动态获取混凝土中氯离子渗透与钢筋锈蚀情况、钢结构腐蚀速率与保护电流等参数信息，实时掌握结构耐久性健康状况。

7.2 结构耐久性设计

7.2.1 海港工程的钢筋混凝土结构、钢结构应参考国内现行有关标准开展耐久性设计，并提出维护要求。

7.2.2 海港工程钢筋混凝土结构的耐久性设计宜执行《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》（JTS/T 200）的相关规定。

7.2.3 对于掺加粉煤灰和粒化高炉矿渣、添加硅灰的混凝土结构，氯离子扩散系数影响系数 $D_{cl,0}$ 可分别按下列公式计算。

1 掺加粉煤灰和粒化高炉矿渣时氯离子扩散系数可按式（7.2.3-1）计算。

$$D_{cl,0} = \gamma_{Dcl} 10^{1.51-0.81(\frac{0.19c+0.23FA+0.58SG}{\omega})} \quad (7.2.3-1)$$

2 掺加硅灰时氯离子扩散系数按式（7.2.2-2）计算。

$$D_{cl,0} = \gamma_{Dcl} 10^{1.32-1.71(\frac{0.08c+0.92SF}{\omega})} \quad (7.2.3-2)$$

式中： $D_{cl,0}$ ——28d 混凝土快速试验氯离子扩散系数（ $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ）；

γ_{Dcl} ——混凝土氯离子扩散系数分项系数，应根据相关参数的概率

分布函数结合目标可靠指标确定，无可靠统计资料时，可取 1.1；

c ——每立方米混凝土的凝胶材料中水泥的用量（kg）；

FA ——每立方米混凝土的凝胶材料中粉煤灰的用量（kg）；

SG ——每立方米混凝土的凝胶材料中粒化高炉矿渣的用量（kg）；

ω ——每立方米混凝土中水的用量（kg）；

SF ——每立方米混凝土中硅粉的用量（kg）。

7.2.4 对于设计使用年限超过 50 年的海港码头主体结构，在进行构件耐久性设计时，钢筋开始锈蚀阶段年限计算公式中分项系数应根据相关参数的分布函数结合目标可靠度确定。当无可靠统计资料时可按表 7.2.4 取值。

表 7.2.4 海水环境混凝土结构钢筋开始锈蚀阶段分项系数取值

混凝土构件 部位	混凝土临界氯子 浓度分项系数 $\gamma_{c_{cr}}$	表面氯离子浓度 分项系数 γ_{c_s}	混凝土氯离子扩散系数 分项系数 $\gamma_{D_{cl}}$
大气区	1.1	1.2	1.1
浪溅区	1.7	1.1	1.1
水位变动区	1.2	1.1	1.1

7.2.5 对于设计使用年限超过 50 年的海港码头主体结构，在进行构件耐久性设计时，宜考虑海水环境中硫酸根离子和镁离子耦合侵蚀对混凝土材料内氯离子传输的加速作用，并在材料选用、保护层厚度、配合比设计等方面采取相应耐久性保障措施。

本指南用词说明

1 为便于在执行本指南条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

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，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指明应按其他标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”

引用标准名录

- 《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》（JTS/T 200）
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）
- 《港口工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50158）
- 《港口工程荷载规范》（JTS 144-1）
- 《港口与航道水文规范》（JTS 145）
- 《水运工程抗震设计规范》（JTS146）
- 《水运工程地基设计规范》（JTS 147）
- 《水运工程桩基设计规范》（JTS 147-7）
- 《水运工程土工合成材料应用技术规范》（JTS/T 148）
- 《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）
- 《水运工程钢结构设计规范》（JTS 152）
- 《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）
- 《码头结构设计规范》（JTS 167）
- 《码头附属设施技术规范》（JTS 169）
- 《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》（JTS 235）
- 《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）
- 《水运工程自动化监测技术规范》（JTS/T 305）
- 《港口水工建筑物结构健康监测技术规范》（JTS/T 312）
- 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）
- 《铁路列车荷载图式》（TB/T 3466）
- 《铁路桥涵设计规范》（TB 10002）
- 《酸雨和酸雨区等级》（QX/T 372）

中国工程建设标准化协会标准

海港码头建筑物结构和地基耐久性设计标准

T/CECS XXXX2025

条文说明

目次

4	作用	20
4.4	地基承载力和土压力	20
5	结构选型和分析	21
5.2	结构分析	21
7	耐久性设计	22
7.2	结构耐久性设计	22

4 作用

4.4 地基承载力和土压力

4.4.2 重力式码头地基承载力验算时应考虑地基土体的空间变异性，编写组调研了天津、上海、杭州、扬州、宁波、新加坡等国内外地区黏土抗剪强度指标——黏聚力 c 和内摩擦角 φ 的变异系数及相关距离，确定了变异系数和相关距离的分布范围。针对天津海洋原状土开展了室内三轴蠕变试验，确定了不同蠕变时间下的土体应力—应变关系，得到蠕变作用下抗剪强度指标均值及变异系数的相对变化规律。结合调研结果及试验结果开展了不同强度参数变异系数及相关距离工况下的重力式码头承载特性随机有限元计算。计算过程中考虑了地基蠕变对土体强度参数均值及变异系数的影响，得出了不同设计年限下地基承载力抗力分项系数及相较于未蠕变地基的抗力分项系数调整系数。

研究表明，土体蠕变会造成抗剪强度指标均值的衰减，并改变其变异系数，抗剪强度指标均值的衰减及变异系数的改变随蠕变时间呈现先快后慢的变化规律。在不考虑地基土体蠕变时，计算得出的重力式码头地基承载力抗力分项系数和现行《水运工程地基设计规范》（JST147-2017）中相符，在 50 年设计年限内，现行规范中给出的承载力抗力分项系数能够满足地基蠕变对承载力影响的要求。当设计年限超出 50 年时，可进一步考虑地基蠕变对承载力造成的影响，在 50 年设计年限的基础上对承载力抗力分项系数进行调整。有条件时，应根据场地条件开展三轴蠕变试验，确定调整系数 γ_{LE} 。在无试验资料时，调整系数 γ_{LE} 可按表 4.4.2 进行取值。

4.4.5 高桩码头结构设计中可考虑对传统 p - y 曲线修正反映地基蠕变对桩基水平性能的影响。在考虑地基蠕变时，可根据三轴蠕变试验结果绘制应力-应变等时曲线，确定不同蠕变时间下的土体应力-应变关系，并得到三轴试验中最大主应力差一半时的应变值 ε_{50} 随着时间的演变规律。对已有蠕变试验资料统计分析，土体发生蠕变时 ε_{50} 随着蠕变时间的增加而增大，可通过将土体未发生蠕变时的 ε_{50} 乘以调整系数 η_c 考虑蠕变对桩基水平承载性能的影响。基于试验资料，考虑设计使用年限 120 年范围内，调整系数 η_c 取 1.5 时，对应桩基变形增幅在 10%~15% 范围内。

5 结构选型和分析

5.2 结构分析

5.2.11 随着服役时间的增加,结构在所处区域环境及使用条件等因素的变化和影响下,影响结构抗力的诸因素是与时间有关的随机过程。如果条件允许,宜结合结构时变可靠度模型计算,在满足可靠指标的前提下,优化结构设计。本标准所指结构时变可靠度分析,是将影响可靠性的诸因素按实际的随机过程处理,得出结构构件与时间因素有关的时变可靠指标 $\beta(t)$ 。

计算中结构承载力极限状态方程为: $Z = R(t) - S(t)$, 式中: $S(t)$ —结构的作用效应; $R(t)$ —结构的时变抗力, $R(t) = \lambda(t) \cdot R_0$, $\lambda(t)$ 为随服役时间增加抗力的衰减系数。结构的作用效应 $S(t)$ 考虑永久作用和可变作用的综合效应,作用的标准值和变异系数可通过项目具体调研所得,或参照《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB50158-2010)中选取。结构的抗力 $R(t)$ 计算中需考虑随服役时间增加钢筋锈蚀对钢筋强度以及冻融循环等因素对混凝土强度的影响。

把 $(0, T)$ 时期内分割成 n 个微小时段 Δt_i , $i = 1, 2, \dots, n$, 每个时段内结构抗力和可变荷载均为时不变,可用随机变量表示。然后按《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB50158-2010)附录 A 中可靠指标的方法进行。

7 耐久性设计

7.2 结构耐久性设计

7.2.5 海水环境中，氯离子是引起混凝土内钢筋锈蚀的主要因素，其在混凝土中的传输速率直接关系到海港工程钢筋混凝土结构的耐久性。除氯离子外，海水中的侵蚀性离子主要包括硫酸根离子和镁离子。硫酸根离子与水泥水化产物生成石膏、钙矾石等难溶性产物使混凝土膨胀开裂，降低混凝土物理力学性能。镁离子降低混凝土孔隙液 pH 值，促使水泥水化产物加速分解。

国内外大量试验和理论研究表明，对于长期暴露于海水环境中的钢筋混凝土结构，硫酸根离子和镁离子的耦合侵蚀作用会加速混凝土内氯离子的传输，进而增加钢筋锈蚀风险。因此，对于设计使用年限超过 50 年的海港码头主体结构，宜考虑海水环境中硫酸根离子和镁离子耦合侵蚀对混凝土材料内氯离子传输的加速作用。材料选用方面，可考虑掺入粉煤灰、粒化高炉矿渣、硅灰等矿物掺合料以提高混凝土抗硫酸盐侵蚀性以及抗氯离子渗透性，矿物掺合料掺量控制范围应符合《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）相关规定。保护层厚度方面，可适当提高混凝土保护层厚度以延长氯离子到达钢筋表面的时间，保护层最小厚度应符合《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》（JTS/T 200）相关规定。配合比设计方面，可适当降低混凝土水胶比以提高混凝土致密性和抗渗性，最大混凝土水胶比应符合《设计使用年限 50 年以上港口工程结构设计指南》（JTS/T 200）相关规定。