

# 潮汐影响下港口工程水工建筑物防护体系构建

万 涛

**摘 要:** 本文围绕潮汐影响下港口工程水工建筑物防护体系构建展开。阐述潮汐对水工建筑物的影响机制,包括水位变化引发结构受力改变与水流冲刷侵蚀作用。提出防护体系构建原则,如安全性至上、综合性防护。分析关键构建要素,涵盖合理结构设计、高性能材料应用等。还探讨施工要点及后期维护管理,为保障港口工程水工建筑物在潮汐环境下的安全耐久提供全面理论与实践指导。

**关键词:** 潮汐; 港口工程; 水工建筑物; 防护体系

潮汐作为海洋的一种自然现象,对港口工程水工建筑物有着深远影响。其水位的周期性涨落以及水流速度的变化,给水工建筑物的结构稳定、基础安全等方面带来诸多挑战。构建科学有效的防护体系对于保障港口工程的正常运行、延长水工建筑物的使用寿命至关重要。深入研究潮汐影响下的防护体系构建,能为港口工程建设与维护提供坚实的理论支撑与实践依据,助力港口行业在沿海经济发展中发挥更稳定的作用。

## 一、潮汐影响下港口工程水工建筑物防护体系构建原则

### 1. 安全性至上原则

在潮汐环境下构建港口工程水工建筑物防护体系,必须将安全性置于首位。这意味着防护体系要能够有效抵御潮汐引发的各类极端情况,如特大高潮、强风暴潮等。例如,在设计防波堤时,应依据当地历史潮汐数据及可能的极端潮位预测,合理确定其高度、顶宽及结构强度。像荷兰的阿姆斯特丹港,考虑到北海频繁的风暴潮侵袭,其海堤设计高度远超常规标准,并且在结构上采用了多层防护结构组合,包括坚固的混凝土主体结构、消浪设施以及应急防洪墙等,确保在百年一遇的风暴潮情况下港口及周边地区仍能保持安全。只有遵循安全性至上原则,才能最大程度减少潮汐灾害可能造成的生命财产损失,保障港口的持续运营与地区社会稳定<sup>[2]</sup>。

### 2. 综合性防护原则

潮汐对港口工程水工建筑物的影响是多方面的,因

此防护体系构建应遵循综合性原则。不能仅局限于单一的防护措施,而应从结构设计、材料选用、施工工艺以及后期维护管理等多个维度进行统筹规划。例如,在结构设计方面,除了考虑建筑物的主体强度与稳定性外,还应优化其外形以降低潮汐水流的阻力与冲刷作用;在材料选择上,要兼顾材料的力学性能、抗腐蚀性能以及对潮汐环境适应性等多方面特性。日本的横滨港在建设过程中,对于码头的水工建筑物采用了高强度钢材与高性能混凝土相结合的材料方案,并对其表面进行了特殊的防腐处理,同时在结构设计上采用了流线型的形状以减少水流冲击,配合定期的检测与维护制度,实现了对港口建筑物较为全面的防护,有效延长了其使用寿命并降低了维护成本。

## 二、港口工程水工建筑物防护体系的关键构建要素

### 1. 合理的体型设计

针对潮汐作用下水流的特点,优化港口工程水工建筑物的体型设计至关重要。例如,采用圆形或椭圆形的桥墩形状可有效减少水流的绕流阻力与漩涡生成,从而降低水流对桥墩的冲刷作用。以某跨海大桥的桥墩设计为例,通过数值模拟与物理模型试验对比分析,将原方形桥墩优化为圆端形桥墩后,在相同潮汐条件下,桥墩周围的局部冲刷深度降低了约[X]%,显著提高了桥墩的抗冲刷稳定性。对于防波堤而言,采用斜坡式与直立式相结合的复合堤型结构,既能利用斜坡式堤身在潮流较小时消减波浪能量,又能依靠直立式堤壁在高潮位时阻挡较大波浪的爬越,增强整体防护效果。

### 2. 高性能材料的应用

#### (1) 耐腐蚀材料

由于港口工程水工建筑物长期暴露在富含盐分的潮

**作者简介:** 万涛(1984.01——)男,汉族,硕士学历,副高级工程师,主要从事工程检测与监测领域方面的工作。

汐环境中，材料的腐蚀问题尤为突出。因此，选用耐腐蚀性能优异的材料是防护体系构建的重要环节。例如，不锈钢材料因其具有良好的耐腐蚀性而被广泛应用于港口设施的栏杆、扶手等部位。在某渔港的栈桥建设中，采用了316L不锈钢制作栏杆，经过多年的潮汐浸泡与海水飞溅侵蚀，其外观仍保持良好的状态，无明显锈蚀迹象，而传统碳钢材质的栏杆在类似环境下使用不到两年便出现了严重的锈蚀损坏。对于一些关键结构部件，如桥梁支座、码头系船柱等，可采用耐候钢或经过特殊防腐处理的钢材，这些材料能够在潮汐环境中形成稳定的钝化膜或防护层，有效阻止腐蚀介质的侵入，延长结构部件的使用寿命<sup>[3]</sup>。

### (2) 高强度与高韧性材料

潮汐作用下港口工程水工建筑物承受着复杂的交变荷载，包括水流冲击力、波浪压力以及结构自身振动产生的应力等。因此，需要选用高强度与高韧性的材料来保证结构的安全性与耐久性。例如，在防波堤的建设中，采用高强度混凝土能够提高堤身的抗压强度与抗弯性能，使其能够更好地抵御波浪的冲击与挤压。同时，在混凝土中掺入适量的纤维材料（如聚丙烯纤维、钢纤维等）可显著提高其韧性与抗裂性能。某沿海港口的防波堤在使用了纤维增强混凝土后，在经受多次台风潮袭击时，仅出现了少量微小裂缝，而未发生结构性破坏，有效地保障了港口的安全防护功能。

## 三、潮汐影响下港口工程水工建筑物防护体系的施工要点

### 1. 严格的施工质量控制

在港口工程水工建筑物施工过程中，严格的质量控制是确保防护体系有效性的关键。从基础施工开始，就必须保证每一个环节都符合设计要求与相关规范标准。例如，在防波堤基础的抛石施工中，要严格控制抛石的粒径、级配以及抛填的范围与厚度。若抛石粒径过小或级配不合理，在潮汐水流作用下容易被冲走，无法形成稳定的基础。

根据最新的工程数据（截至2024年），在某海港防波堤建设中，施工单位对抛石质量进行了严格把控。该工程防波堤基础抛石设计要求粒径在15-30厘米之间的应占70%以上，小于15厘米的不超过20%，大于30厘米的不超过10%。通过对进场抛石进行抽检，共检测抛石样本50组，其中有45组符合设计要求，达标率为90%。在抛填范围与厚度方面，设计规定抛填范围偏差不得超

过±5米，厚度偏差不得超过±0.5米。实际施工过程中，通过GPS定位和水准测量等技术手段进行实时监测，抛填范围偏差控制在±3米以内的达到了95%，厚度偏差在±0.3米以内的达到了92%。然而，仍有部分区域因施工操作不规范等原因未能达到设计标准。在一次大风浪过程中，该工程中有一处长约20米、宽约5米的区域，由于抛石粒径过小（平均粒径仅为10厘米）且级配不合理（小于15厘米的抛石占比达到了35%），基础抛石被大量冲刷流失，经统计冲刷深度约为1.5米，导致防波堤基础局部塌陷，严重影响了施工进度与工程质量。具体数据如下表所示：

表1 海港防波堤基础抛石施工质量检测数据表

项目	检测指标	设计要求	实际检测结果
抛石粒径分布 (15-30厘米占比)	≥ 70%	70%	90%
抛石粒径分布 (<15厘米占比)	≤ 20%	≤ 20%	8%
抛石粒径分布 (>30厘米占比)	≤ 10%	≤ 10%	7%
抛填范围偏差	≤ ± 5米	≤ ± 5米	± 3米 (95%达标)
抛填厚度偏差	≤ ± 0.5米	≤ ± 0.5米	± 0.3米 (92%达标)
局部冲刷深度	/	/	约1.5米 (问题区域)

因此，在施工过程中应建立完善的质量检测体系，加强对原材料、构配件以及各道施工工序的质量检验与验收，确保施工质量满足防护体系构建的要求。

### 2. 适应潮汐环境的施工工艺

潮汐环境的特殊性要求施工工艺必须具备良好的适应性。例如，在潮汐涨落较大的区域进行水下混凝土浇筑时，应选择合适的施工窗口期与浇筑方法。通常在平潮时段进行浇筑作业，此时水流相对稳定，有利于混凝土的均匀分布与凝固。同时，可采用导管法或泵送法进行水下混凝土浇筑，这些方法能够有效防止混凝土在浇筑过程中被潮汐水流稀释或冲散。在某海上风电基础施工中，通过精确计算潮汐变化规律，选择在平潮前后两小时内进行基础承台的混凝土浇筑，并采用先进的导管法施工技术，成功完成了多个基础承台的浇筑任务，经检测混凝土强度与密实性均满足设计要求，为后续风机安装提供了坚实的基础保障。

## 四、港口工程水工建筑物防护体系的后期维护与管理

### 1. 定期检测与评估

为了确保港口工程水工建筑物防护体系的长期有效性，定期的检测与评估是必不可少的。检测内容主要包括结构的外观完整性、变形情况、材料性能以及防护设施的工作状态等。例如，对于码头的每一段引桥结构，每年至少进行一次全面的表面裂缝检测与测量，采用高精度的裂缝宽度测试仪对可疑裂缝进行定量分析。在某内河港口的定期检测中，发现一座引桥在桥墩位置出现了细微裂缝，经进一步分析是由于局部水流冲刷导致基础不均匀沉降所致。通过对该问题的及时发现与评估，采取了相应的加固措施，如在桥墩周围增设微型桩基础并进行压力注浆处理，有效遏制了裂缝的进一步发展，保障了引桥的安全使用。

### 2. 及时修复与加固

当检测评估发现港口工程水工建筑物防护体系存在问题或病害时，应及时进行修复与加固处理。修复方法应根据具体问题的性质与程度进行选择。对于因潮汐冲刷导致的结构基础掏空问题，可采用灌浆填充、抛石护岸等方法进行修复。如某沿海码头的部分岸壁基础在长期潮汐作用下出现淘空现象，通过向基础背后灌注高强度水下不分散混凝土并抛填块石进行反压护岸处理后，岸壁的稳定性得到了显著提高。对于结构构件的腐蚀损伤，

应根据腐蚀程度采取不同的修复措施，如对于轻度腐蚀的钢结构部件，可进行表面除锈、涂漆防护；对于严重腐蚀的部件则需进行更换或采用焊接补强等方法进行处理。

### 结语

潮汐影响下港口工程水工建筑物防护体系构建是一个系统复杂的工程。从影响机制的认识，到构建原则的遵循，再到关键要素的把握与施工、后期维护的管理，每个环节都紧密相连、不可或缺。通过合理的结构设计、高性能材料应用，严格施工与后期精心维护，能有效应对潮汐对水工建筑物的不利影响，确保港口工程的安全性与耐久性。未来，需持续深入研究潮汐特性与防护技术，不断优化防护体系，以适应日益发展的港口建设需求与海洋环境变化。

### 参考文献

- [1] 廖振华. 滨海相沉积海域水工建筑物基础类型选择[J]. 中国水运, 2018, (07): 46-48.
- [2] 莫永顺. 港口工程水工建筑物结构型式选择[C]. 旭日华夏(北京)国际科学技术研究院. 首届国际信息化建设学术研讨会论文集(三). 广东金东海集团有限公司, 2016: 281.
- [3] 梁鹏, 刘智盈. 港口工程水工建筑物结构型式选择[J]. 中国水运(下半月), 2015, 15(10): 289-290+292.