

# 基于水动力学的入海河道坡脚防冲保护技术研究

董礼翠

江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 扬州 225000

**摘要:** 本研究目的是探索气候变化和人为活动综合影响下入海河道坡脚冲刷的对策。在对其水动力学特性进行深入研究的基础上, 本论文提出一套科学、高效的防冲保护技术手段。通过细致分析冲刷机理, 有针对性地设计防冲保护技术方案并进行试验验证和优选, 保证了该方案在实践中的有效性。最后通过实际应用及效果评估验证了该项技术在河道稳定性及生态环境等方面所起到的积极作用。该研究不但对入海河道坡脚保护提供扎实的理论支撑, 而且对实际运行提供有益指导, 对保障河道健康安全有深远意义。

**关键词:** 入海河道坡脚冲刷; 冲刷机理分析; 水动力学特性; 防冲保护技术设计; 实验验证与效果评估

## 引言

在气候变化与人为活动日益频繁的挑战下, 入海河道坡脚冲刷现象日趋严重, 对河道稳定性与生态环境可能造成的影响也不容忽视。为此, 本次研究的目的是深入探索基于水动力学的入海河道坡脚防冲防护技术, 满足现阶段采取有效防护措施的迫切要求。本次研究将对其水动力学特性进行系统的分析, 并有针对性地提出防冲防护技术途径, 目的是为入海河道坡脚安全保护提供扎实的理论支持与实践指导。通过本研究希望能对河道坡脚防护技术创新发展起到一定推动作用, 也希望推动相关领域学术研究与工程实践水平。

## 1 入海河道坡脚冲刷机理与影响分析

### 1.1 入海河道坡脚冲刷的主要影响因素

入海河道坡脚冲刷主要受水动力条件, 泥沙特性, 河床形态和气候环境影响。水动力条件为冲刷产生提供了直接动力, 主要有波浪、潮流以及径流, 这些因素综合作用在河道坡脚处, 使泥沙启动并上移<sup>[1]</sup>。泥沙的性质直接影响其在冲刷时的反应, 例如粒子的尺寸、形态和密度等特点。河床形态及坡度对冲刷发展速度及幅度亦有影响。除此之外, 如风的速度、降水和潮汐等气候因素, 也可能对冲刷的过程带来间接的效应。

### 1.2 冲刷作用下的河道坡脚形态变化

受冲刷影响, 入海河道的坡脚形态将发生明显改变。坡脚上的泥沙逐渐冲刷下来, 使坡脚陡峻, 甚至形成侵蚀坑。在冲刷不断发展过程中, 坡脚侵蚀坑将逐步

扩展与深化, 从而对整个河床稳定性与形态产生影响。另外冲刷也会诱发河道侧向迁移而使河道形态产生根本变化。

为了更具体地说明这一点, 我们可以参考某沿海城市的入海河道实例。河道受持续强烈风暴潮作用后坡脚侵蚀明显。侵蚀坑随时间推移而扩大并最终使河道侧向迁移。该实例充分证明冲刷作用直接作用于河道坡脚形态改变。

### 1.3 冲刷对河道稳定性和生态环境的影响

冲刷对于河道稳定性的影响表现为破坏河床结构完整性和减小河道承载能力。坡脚侵蚀使河床支撑力减弱, 引起河床变形下沉。在冲刷比较严重的情况下, 也会诱发河岸坍塌、河道堵塞等灾害性事件。另外, 冲刷还会对河道生态环境造成破坏, 对水生生物栖息繁衍造成影响。泥沙的损失将使河道水质及底质条件发生变化, 给水生生物生长繁殖带来不利。

## 2 基于水动力学的防冲保护技术原理与设计

### 2.1 水动力学在入海河道坡脚防冲保护中的应用

水动力学是研究流体(主要是水)运动规律的科学, 它为我们提供了分析河流冲刷现象的理论基础。在入海河道坡脚防冲防护中, 水动力学主要有如下应用: 一是通过对水流速, 流向及流量进行参数分析, 可以对冲刷的概率及程度进行预测; 二是运用水动力学基本原理, 可以通过护岸和护底来设计合理防冲保护结构抵抗水流冲刷作用; 最后利用模拟实验与数值模拟相结合的手段, 可以证明该防冲保护技术是可行且有效的。

在实践中, 可根据具体工程案例对水动力学进行说明。以某入海河道防冲防护工程为例, 本文采用以水动力学为基础的护岸设计方案。首先通过河道水流特性分析, 确定护岸结构形式及大小; 然后通过数值模拟技术

**通讯作者:** 董礼翠, 出生年月: 1982年3月, 民族: 汉, 性别: 女, 籍贯: 江苏省扬州市, 单位: 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 职称: 高级工程师, 学历: 工程硕士, 邮编: 225000, 研究方向: 水利水电工程规划与设计。

对护岸防护效果做出预测与评价；最后对护岸实际效果进行现场试验验证。该实例充分证明，水动力学对入海河道坡脚防冲防护工作具有重要意义。

## 2.2 水动力学特性对防冲保护技术的影响

在防冲保护技术中，水动力学特点不可忽略。一是水流的速度与方向是决定冲刷作用大小的关键要素。流速愈大冲刷作用愈强；改变流向还可使冲刷区域改变<sup>[2]</sup>。所以在防冲保护技术设计中，需充分考虑到水流的上述特点，以保证防护结构能有效抵抗冲刷作用。

二是水流的湍流特性同样影响防冲保护技术。湍流可使水流发生紊乱，能量发生发散，使冲刷作用不确定因素增多。所以在防护结构设计中，有必要采取适当措施以降低湍流影响，例如建立消能设施和优化结构形状。

另外，水流中泥沙含量对防冲保护技术成效有显著影响。泥沙含量高时，水流夹带的泥沙将使防护结构磨损损坏。所以在防护结构设计中，必须综合考虑它的耐磨性、抗冲刷性能等，才能保证它能长期、有效地发挥功能。

## 2.3 提出基于水动力学的防冲保护技术方案

以水动力学为理论基础，在设计防冲防护技术方案时，要考虑水流特点，防护结构强度与稳定性，工程经济性。具体说来，可从如下几方面着手：

首先根据水流流速及流向特点对防护结构位置及形状进行了合理布局。比如在流速大的地区，可使用更厚的防护结构材料或者加大防护结构重量来提高稳定性；流向变化大的地区，可采取柔性防护结构来适应水流变化。

其次根据水流湍流特性可将消能设施引入防护结构设计或者优化结构形状来降低湍流影响。如可布置消力池、消力坎及其他消能设施，以降低水流动能；同时还可通过防护结构形状及布置方式的优化来降低湍流对防护结构造成的冲击。

## 2.4 讨论技术方案的可行性和优势

以水动力学为基础的防冲保护技术，其设计方案可行性强，优点突出。一是通过对水流的性质进行深入的分析，可以较精确地预报冲刷作用产生的时间及范围，以便有的放矢地制定较为有效的防护结构<sup>[3]</sup>。二是本技术方案对防护结构强度及稳定性考虑充分，可保证防护结构经过长时间冲刷后仍然可以维持防护功能。最后本技术方案也关注了项目的经济性问题，并通过对材料的合理选择及结构设计，降低了项目成本。

与传统防冲保护技术相比较，以水动力学为基础的防冲保护技术优势更明显。一方面可以对冲刷作用进行更加精确的预报与响应，以增强防护效果；另一方面也

可根据水流特点灵活调整优化设计，满足不同河流、地形等冲刷问题的需要。所以，以水动力学为基础的防冲保护技术有着广泛的应用前景与推广价值。

## 3 防冲保护技术的实验验证与优化

### 3.1 设计并实施防冲保护技术的实验验证方案

为验证以水动力学为基础的防冲保护技术是否有效，本文设计了整套试验验证方案。首先选择有代表性的入海河道坡脚为试验场地，对真实水流条件进行了仿真研究，其中包括流速，流量以及波浪。接着，按照前面所提技术设计方案对实验场地设置了护岸结构和消浪设施以及其他相关防冲保护设施。然后通过调节水流条件观测记录河道坡脚在防冲保护设施作用下冲刷情况，主要指标为冲刷深度和范围。最后通过实验数据的整理与分析评价了防冲保护技术实施的有效性。

试验期间，通过无人机航拍和水下地形测量系列先进监测手段获得精确试验数据。同时我们也使用数值模拟技术来验证与补充实验结果，以增加其可靠性与准确性。

通过实例说明在一个入海河道实验场地上，我们架设了以水动力学为理论基础的护岸结构并且设定不同水流条件来模拟。通过对试验前、后河道坡脚冲刷进行对比分析，发现护岸结构显著减小冲刷深度、减小冲刷范围、有效地防护河道坡脚稳定。

### 3.2 分析实验结果，评估技术效果

在实验数据的基础上，我们综合评价了以水动力学为基础的防冲保护技术的效果。首先从冲刷深度、冲刷范围等方面分析防冲保护技术在河道坡脚冲刷中的作用<sup>[4]</sup>。试验结果表明：应用该项技术后河道坡脚冲刷深度显著减小，冲刷范围也得到了有效的控制。由此可见，以水动力学为基础的防冲保护技术对减轻河道坡脚冲刷效果显著。

其次我们更进一步分析防冲保护技术对于河道稳定性以及生态环境所产生的影响。试验结果表明：该技术的实施显著改善了河道坡脚的稳定性，有效地保护了生态环境。这说明该项技术不但防冲效果显著，而且能推动河道可持续发展。

### 3.3 根据实验结果对技术方案进行优化改进

根据试验结果，我们优化和完善了以水动力学为基础的防冲保护技术。首先根据试验中所发现的一些问题与不足，对技术方案做了相应的调整与改进。如考虑到部分地区冲刷还比较严重，我们加大护岸结构强度及稳定性来提高护岸抗冲刷能力。

其次我们在实验结果的基础上优化技术参数。通过对护岸结构高度，形状及布置方式的参数调整，我们达到了有效治理河道坡脚冲刷问题的目的。同时我们对消

浪设施进行优化设计以增强消浪效果及稳定性。

最后我们将优化技术方案与数值模拟技术相结合来验证与评价。通过对优化前后模拟结果进行比较,发现该优化技术方案对减小河道坡脚冲刷和改善河道稳定性有较好作用。

### 3.4 总结实验验证与优化过程对技术完善的作用

经过试验验证和优化过程后,我们开展了以水动力学为理论基础的入海河道坡脚防冲保护技术综合深入研究。这个流程不仅证实了技术的实用性和高效性,同时也为技术的进一步完善提供了坚实的后盾。

一是实验验证过程有助于我们找出技术方案的问题与不足,并为下文优化改进指明方向。通过比较试验前后河道坡脚冲刷状况,可直观看出该技术成效,针对存在不足提出针对性改进措施。

二是优化改进过程,进一步提升技术性能与成效。通过调整优化技术方案及参数,我们达到了有效治理河道坡脚冲刷、改善河道稳定性及生态环境质量的目的。

三是通过实验验证及优化过程,为该技术推广应用提供强有力的支撑。通过该工艺,我们证明了该工艺的可靠性与实用性,并对该工艺的实际工程应用提供理论依据与实际指导。

## 4 防冲保护技术的实际应用与效果评估

随着入海河道坡脚冲刷现象日趋严重,以水动力学为基础的防冲保护技术应用于实际工程尤为紧迫<sup>[5]</sup>。在这一部分,我们将深入探讨防冲保护技术在实际中的应用,并对其效果进行全面评价,希望为相似的工程项目提供有价值的参考和启示。

在选取典型入海河道开展防冲保护技术实践中,充分考虑河道地质条件,水流特性和冲刷程度。在现场勘查及数据分析的基础上,我们选择了有代表性的入海河道为试验段进行研究,编制出详细技术应用方案。在技术应用上,严格遵循设计方案,保证了各项举措得到有效落实。

应用时着重对河道坡脚进行监测。通过建立观测点,定期实测并记录资料,对技术应用前,后河道坡脚形态变化情况有一个整体把握。同时我们对水流速度,流向和冲刷深度这几个关键参数也进行实时监控,从而评价防冲保护技术在实际应用中的效果。

通过一段时期的实际使用,发现以水动力学为基础的防冲保护技术成效明显。一是河道坡脚冲刷范围得到有效控制,坡脚形态稳定,无明显冲刷现象发生。二是水流速度及水流方向亦得到有效调节,减少河道坡脚冲刷作用。另外,应用技术后河道生态环境显著改善,生物多样性增加。

在对技术应用效果的评价上,本文采取定量分析与定性评价结合的方式。通过比较技术应用前和应用后数据的变化情况,我们对防冲保护技术中减冲效率和坡脚稳定度这两个关键指标进行测算。同时我们也通过现场观察与专家评估相结合的方式综合评估技术应用效果。

对技术应用经验进行了总结,发现以水动力学为基础的防冲保护技术对于实际工程有较好的适用性与可操作性。这一技术既可以有效地控制河道坡脚冲刷程度,又可以改善河道生态环境和提升河道整体稳定性。因此该项技术可以在同类入海河道防冲保护工程上推广应用。

### 结束语

本项研究以水动力学视域中入海河道坡脚防冲保护技术为重点,经过系统而深入的机理剖析,技术设计,试验验证和实际应用反馈,以期对增强河道坡脚防护效果,提供扎实的理论支撑与实践指导。

展望未来,将不断深入入海河道坡脚冲刷机理研究和不断改进防冲保护技术设计方案。同时还将积极探索新技术和新材料在河道防冲保护中的潜在应用价值,为今后入海河道坡脚防护提供更先进和更高效的解决方案。

### 参考文献

- [1]董军艳.基于核心素养导向的小学语文教学[J].教育探索,2022,1:0053-0054.
- [2]王越婷,贾如月,刘栋梁,等.分子动力学模拟技术在有机蒙脱石研究中的应用[J].应用化工,2021,7:1916-1921.
- [3]邱泉楠,张久星,李颖晖,等.基于可达集的飞机着陆动力学边界保护研究[J].电光与控制,2021,8:77-81.
- [4]朱富丽,杨磊,刘志龙.基于VR技术的采摘机器人动力学仿真分析[J].农机化研究,2021,3:30-34.
- [5]闫银坡,于福杰,陈原.开架式水下机器人水动力系数计算与动力学建模[J].兵工学报,2021,9:1972-1986.