

# 崩岸治理工程的设计措施研究

刘端婧 董 婕

长江河湖建设有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要：**崩岸是河流、湖泊及海岸带常见的自然灾害，对沿岸基础设施、农田和居民安全构成严重威胁。本文针对崩岸灾害的成因与特征，系统梳理崩岸的定义及分类，分析其普遍性和危害性，并重点探讨崩岸治理工程的设计措施，提出以护岸结构优化、生态护坡技术、监测预警系统为核心的治理方案，希望为崩岸防治工程提供理论依据和技术参考，对提升工程安全性与生态可持续性具有实践意义。

**关键词：**崩岸治理；设计措施；护岸结构；生态修复；监测预警

崩岸作为一种典型的水土流失灾害，广泛分布于河流、湖泊及海岸带等水域边缘，因其突发性和连锁性特征，已成为全球性生态环境与工程安全领域的重大挑战。随着城市化进程加快和极端气候事件增多，自然岸坡的稳定性持续下降，崩岸灾害频发导致耕地流失、交通中断、生态退化等问题日益突出。基于此，从多学科交叉视角出发，系统研究崩岸灾害的驱动机制与风险分区，以期提升崩岸防治工程的适应性与可持续性提供科学支撑。

## 1 崩岸的定义与分类

崩岸是指河流、湖泊或海岸带的岸坡在水流冲刷、波浪侵蚀、地质构造变动及人类活动等内外因素共同作用下，因土体强度不足或受力失衡引发的失稳坍塌现象。其本质是水土界面物质因能量交换失衡导致的渐进性或突发性破坏，直接影响岸线形态稳定与周边生态安全。根据崩岸成因与表现形式，主要分为以下类型，按动力主导因素可分为水动力侵蚀型、重力失稳型及复合作用型。水动力侵蚀型主要由水流持续冲刷或波浪掏蚀引发，常见于河流弯道凹岸或海岸迎浪面。重力失稳型多因岸坡土体自重过大、地下水位骤变导致抗滑力不足，多发生于松散堆积层或陡峭岸坡。复合作用型则为多种因素叠加触发，如暴雨期间水力冲刷与土体渗透压力共同作用。按破坏特征可分为渐进式崩岸与突发式崩岸，前者表现为岸坡持续后退或分段剥落，后者因局部应力超限瞬间崩塌<sup>[1]</sup>。

## 2 崩岸灾害的普遍性和严重性

崩岸灾害作为全球性水土失稳问题，广泛分布于河流中下游冲积平原、海岸侵蚀活跃带及湖泊淤积区域，其普遍性源于水陆交互作用与地质环境的天然脆弱性。河流岸线因水流动力时空异质性显著，尤其在弯道凹岸、河口拦门沙等部位易形成强烈冲刷；海岸带受潮

汐、风暴潮及海平面上升影响，岸坡侵蚀速率逐年加剧；湖泊岸线则因水位波动与沉积物再分配诱发渐进式坍塌。此外，人类活动如航道疏浚、岸线硬化、地下水超采等进一步打破自然平衡，加剧崩岸风险。据统计，我国长江中下游年均崩岸长度达120—150公里，黄河下游悬河段崩岸频次超过年均20次，直接威胁堤防安全与沿岸城镇。

崩岸的严重性体现为多维连锁效应：一是直接摧毁农田、道路、码头等基础设施，导致巨额经济损失；二是诱发堤防溃决、洪水漫溢等次生灾害，威胁区域防洪安全；三是破坏河湖形态与水生生态系统，加剧生物栖息地破碎化及水土资源流失。例如，长江荆江段崩岸曾造成单次崩塌宽度超百米，迫使航道改线及大规模移民安置；珠江三角洲因崩岸导致的红树林退化进一步削弱海岸带生态韧性。在全球气候变化背景下，极端水文事件频发与人类干预叠加，崩岸灾害的突发性、规模及修复成本持续攀升，已成为制约区域可持续发展的重要瓶颈<sup>[2]</sup>。

## 3 崩岸治理工程的设计措施

### 3.1 护岸结构抗冲加固技术

护岸结构抗冲加固技术的核心在于使用工程手段提升岸坡抗水流冲刷及崩塌能力，需基于地质勘查与水动力参数分析，结合工程经济性与环境适应性，选择针对性技术方案。对于冲刷剧烈的岸段，优先采用抛石护脚与格宾石笼组合结构。抛石护脚利用块石堆砌形成水下基础防护层，削弱水流对岸坡底部的掏蚀作用，格宾石笼则以镀锌钢丝网填充块石形成柔性护面，兼具透水性与抗冲性，可适应岸坡局部变形并减缓水流冲击能量。对于土质松散或渗透性较强的岸坡，采用混凝土铰链排或模袋混凝土技术，使用预制混凝土单元串联形成连续护面层，能抵御高速水流冲刷，又能防止岸坡内部渗流引发土体流失。结构设计需重点优化基础处理与岸坡衔

接。对于深泓逼岸区域，采用潜坝或丁坝群导流技术，改变近岸流态降低冲刷强度，护岸顶部则设置反压平台或防浪墙，防止越浪侵蚀坡顶土体。施工中需严格控制材料规格与施工时序，例如抛石粒径需根据水流流速匹配，确保块石级配合理且不易被冲移；格宾石笼填充时应避免空隙过大导致结构失稳。此外，结合岸坡坡度与土体力学参数，采用阶梯式护岸或缓坡设计，降低重力失稳风险。

为提升工程耐久性，需注重护岸结构与自然环境的动态适配。例如，在潮汐作用显著的海岸带，采用多孔隙生态混凝土护面，允许部分植被生长以增强结构自修复能力。在季节性水位变动频繁的河岸，设置可调节式护脚结构，利用模块化设计适应水位升降引起的应力变化。同时，施工后需建立动态维护机制，定期水下地形监测与护岸结构状态评估，及时修复局部损毁部位，避免小范围破坏引发连锁崩塌效应。上述技术集成与精细化施工管理，实现崩岸治理工程从被动防御向主动防护的转变。例如，在长江中游崩岸治理中，采用抛石护脚与丁坝群联合方案，有效分散水流冲刷能量，护岸稳定性提升显著。黄河下游针对粉砂质河岸，将模袋混凝土与植被固坡结合，兼顾抗冲与生态修复需求。采取因地制宜的技术选择与施工质量控制，确保护岸结构在复杂水文地质条件下的长期有效性，为崩岸治理提供可靠工程支撑。

### 3.2 生态柔性护坡技术应用

生态柔性护坡技术以自然恢复为导向，通过柔性材料与植被群落的协同作用，实现岸坡抗冲固土与生态功能重建<sup>[3]</sup>。技术实施需优先选择适应当地水文条件的生态材料，例如植物纤维毯、椰丝卷及生态袋等。植物纤维毯由秸秆或椰纤维编织而成，铺设于岸坡表层后可快速固结表层土体，抑制雨水冲刷并促进草本植物萌发；椰丝卷则通过卷状纤维结构固定坡面，适用于盐碱或潮汐区，其孔隙结构利于耐盐植物根系穿透生长。对于坡度较陡或土质松散岸段，采用三维植被网与生态袋组合技术，生态袋填充本地土壤及有机基质，分层码放形成阶梯式护坡，袋体间通过加筋带连接增强整体性，植被网则覆盖表层以分散径流冲刷力。施工中需注重植物与材料的同步配置，例如在生态袋表面预埋耐水湿植物（如芦苇、菖蒲）根茎或种子，利用植物根系穿透袋体形成网状加筋效应，逐步替代人工结构并实现岸坡自稳。

技术应用需结合动态维护与适应性优化。在护坡结构成型后，定期监测植被覆盖度及根系发育状况，对稀疏区域补种适生灌木（如紫穗槐、怪柳）或藤本植物

（如葛藤），利用深根系植物增强深层土体锚固。针对水位波动区，采用铰链式生态护垫技术，以柔性绳索连接混凝土预制块与植草格室，允许护垫随水位升降小幅位移，避免结构因应力集中开裂。同时，在局部高冲刷区域可嵌入石笼或木桩作为“生态锚点”，分散水流能量并为植被恢复提供缓冲期。例如，长江中游崩岸治理中，采用生态袋与活木桩组合护坡，木桩间隔布置引导水流转向，袋内植物两年内根系穿透深度达1.5米，岸坡抗冲能力显著提升；珠江口滨海湿地通过椰丝卷与红树林幼苗协同种植，既控制侵蚀又重建潮间带生物栖息地。对于海岸带强浪区，采用珊瑚礁模拟结构结合海草床修复，人工礁体削弱波浪能量，海草根系固结底泥，形成复合防护体系。施工后需建立长效管护机制，包括雨季前加固薄弱节点、洪水后清理淤积杂物，并通过无人机遥感与近景摄影技术定期评估护坡结构完整性，确保生态功能与工程效能协同发挥。通过材料—植物—地形的系统适配，生态柔性护坡技术可兼顾短期防护与长期生态韧性，为崩岸治理提供可持续解决方案。

### 3.3 智能监测预警系统部署

智能监测预警系统部署需以多源感知与数据融合为基础，构建覆盖崩岸全生命周期的高精度动态监测网络。核心在于布设多类型传感器集群，包括北斗/GNSS位移监测站、分布式光纤应变传感系统及岸坡内部渗压监测仪<sup>[4]</sup>。北斗/GNSS监测站沿崩岸风险带按米数间距布设，实时捕捉岸坡毫米级水平位移与沉降数据。分布式光纤传感技术将感测光缆嵌入护岸结构或坡体内部，通过布里渊散射效应解析应变分布，精准识别裂缝萌生区与潜在滑移面；渗压监测仪则安装于地下水位变动敏感层位，动态反馈孔隙水压力变化趋势，预警渗透破坏风险。数据以混合组网实时传输至云端平台，结合边缘计算与AI模型（如LSTM神经网络）实现异常数据自动识别与风险等级分类，生成岸坡稳定性动态热力图，为工程干预提供靶向定位。与此同时，在重点沿岸段辅以无人机倾斜摄影与三维激光扫描技术，定期获取岸坡地貌点云数据，进行时序对比量化侵蚀速率与崩塌体积，以弥补固定传感器的监测盲区。

系统效能提升依赖数据驱动的预警响应机制。基于监测数据建立多阈值预警模型，例如将位移速率、应变梯度与渗压突变作为初级预警指标，将多种参数协同劣化作为高级预警信号。预警信息可使用可视化平台推送至管理终端，同步触发应急响应的流程，对低风险区启动无人机巡检复核，对高风险区立即启动护岸加固预案（如抛石应急补抛或生态袋快速铺设）。进而结合历

史数据与机器学习算法优化以预测精度,例如在长江荆江段试点中,融合水文气象的数据与岸坡变形的时序特征,实现崩岸提前数个小时预警,应急响应时间大幅度缩短。系统运行需配套定期校准与维护机制,包括传感器精度校验、通信模块冗余备份及模型参数迭代更新,确保监测数据可靠性与预警时效性。在海岸带崩岸监测中,可集成波浪雷达与潮位仪数据,实时关联水动力条件与岸坡变形响应,构建多因子耦合预警模型。对于湖泊崩岸,则需重点监测水位骤降引起的坡体浸润线变化,通过渗流场反演预判坍塌风险。以“感知—分析—决策—反馈”的闭环管理,智能监测预警系统将崩岸治理从被动抢险转向主动防控,显著提升工程安全韧性。

### 3.4 多目标协同治理模式优化

多目标协同治理模式优化的核心在于统筹防洪安全、生态修复与社会经济效益,使用跨学科技术集成与利益相关方协作,制定适配区域特征的崩岸综合治理方案<sup>[5]</sup>。优先开展多维度风险评估,明确不同岸段的主导灾害类型与保护优先级,对于城市密集区岸线,以堤防安全与基础设施防护为核心,采用护岸加固与地下防渗墙联合技术,结合高压旋喷桩阻断地下水渗透路径,据此可预留宽幅生态缓冲带,种植耐淹灌木与草本植物削减波浪能量。对于农业区或生态敏感区岸线,侧重水土保持与生物栖息地修复,将生态护坡与近自然河道形态重塑,采用缓坡退台与湿地植物群落配置(如芦苇、香蒲),兼顾防洪与景观服务功能。技术选择需注重功能复合性,例如在抛石护脚工程中嵌入不锈钢板与天然石材组合的人工鱼巢结构,增强抗冲性又为水生生物提供庇护空间。在护岸顶部设计透水混凝土亲水步道与乔灌草立体植被隔离带,平衡防洪需求与公众休闲需求。实施过程中需建立水利、环保、交通等多部门联合的工作组,定期召开跨层级协调会议,确保工程措施与流域规划、生态红线及国土空间用途管制无缝衔接。

协同治理需依托动态反馈与适应性管理,构建从规划到运维的全周期参与机制。在工程实施阶段,搭建多

方信息共享平台,整合水文监测数据、地质勘探报告与社区民意反馈,使用卫星遥感与物联网传感器实现岸线变化实时追踪,定期组织专家会商与公众听证,动态调整技术参数与施工时序。例如,在长江下游崩岸治理中,根据渔业资源保护需求,将传统混凝土护岸改为生态砌块与人工湿地组合模式,砌块孔洞设计为鱼类洄游提供通道,湿地植被过滤面源污染。在珠江口滨海段,结合红树林修复与护岸工程,采用模块化种植单元与消浪砼框混合结构,利用红树林根系固滩特性降低硬质护岸高度,节省建设成本的同时提升生态韧性。后期运维阶段需构建多目标绩效评估体系,从工程稳定性(护岸结构完好率)、生态恢复度(植被覆盖指数、生物多样性监测)、社会经济影响(耕地保护面积、旅游收入增幅)等维度量化治理成效,并将结果反馈至后续项目设计。

### 结束语

崩岸治理工程作为复杂的水土交互灾害防治体系,需从机理认知、技术集成与管理协同层面实现系统性突破。将护岸结构抗冲加固、生态柔性护坡、智能监测预警及多目标协同治理等设计措施进行整合,可以构建兼顾工程安全与生态可持续的崩岸防治技术模式。希望上述研究可以为崩岸治理提供更具参考性的方案与思路。

### 参考文献

- [1]方素丽.长江崩岸治理工程设计存在问题及对策分析[J].水利科学与寒区工程,2023,6(09):149-151.
- [2]汤玮.城市滨江景观带设计探析——以重庆市主城区“两江四岸”治理提升长江南岸线贯通工程为例[J].工程建设与设计,2023,(12):4-6.
- [3]彭良泉,周波,芦伟宏.对长江中下游崩岸治理设计的几点思考[J].水利水电快报,2017,38(11):56-59.
- [4]刘艳凤.阜蒙县牯牛河护岸治理工程设计洪峰流量的估算[J].陕西水利,2017,(S1):234-235+238.
- [5]李丙丽.汾河水库库区塌岸治理工程设计[J].山西水利,2014,(05):33-34.