

河道治理中河道冲刷研究

巩文君 刘嘉男 于 潇

山东省水利勘测设计院有限公司 山东 济南 250000

摘要：河道冲刷是影响河道稳定性、防洪安全及生态环境的重要问题。本文聚焦于河道治理中的河道冲刷研究。首先阐述了冲刷的定义与分类，剖析了河道冲刷的过程及表现。接着详细探讨了水流、河道地形地貌、河床地质条件以及人类活动等多方面影响因素，如流速、流量、河道弯曲度、土壤类型、水利工程建设等。而后深入分析了水流对河床和河岸的冲刷机理，包括水力侵蚀、磨蚀、侧向侵蚀等，以及河道冲刷的发展阶段。旨在全面了解河道冲刷现象，为河道治理中应对冲刷问题提供理论依据和参考。

关键词：河道治理；河道冲刷；研究

引言：在河道治理工作中，河道冲刷是一个不容忽视的关键问题。河道冲刷不仅会改变河道的地形地貌，影响河势的稳定，还可能对周边的生态环境、水利设施以及居民生活产生诸多不利影响。随着经济社会的发展，人类活动对河道的干预日益增多，进一步加剧了河道冲刷的复杂性。因此，深入研究河道冲刷现象，明确其影响因素和作用机理，对于科学合理地开展河道治理工作，保障河道生态安全和社会经济的可持续发展具有重要的现实意义。

1 河道冲刷现象分析

1.1 冲刷的定义与分类

河道冲刷是指在水流作用下，河道内泥沙、岩石等物质受到侵蚀、搬运和沉积，致使河床和河岸形态发生改变的过程。从作用形式上，冲刷可分为水力冲刷和机械冲刷。水力冲刷主要依靠水流的动能，通过紊流的脉动压力和剪切力，将河床和河岸的物质带走；机械冲刷则是水流携带的泥沙、砾石等物质对河床和河岸的磨蚀作用。按冲刷位置划分，有河床冲刷与河岸冲刷，前者导致河床下切、加深，后者引发河岸坍塌、后退。此外，依据冲刷的时间尺度，还可分为短期冲刷和长期冲刷，短期冲刷多因洪水等突发水文事件引发，变化剧烈；长期冲刷则受流域环境、人类活动等综合影响，过程相对缓慢却持续作用^[1]。

1.2 河道冲刷的过程与表现

河道冲刷通常始于水流对河床和河岸的侵蚀作用。在初始阶段，水流速度和紊动强度较弱，仅对表层松散物质产生作用，出现轻微的泥沙起动和搬运，河床微地形发生改变，河岸表面出现细小剥落。随着水流条件变化，如流速加快、流量增大，冲刷进入加速阶段，大量泥沙被卷入水流，河床快速下切，河岸土体因基础被

淘空而出现坍塌，河道宽度和深度显著变化。进入稳定冲刷阶段后，河道形态逐渐适应水流条件，冲刷速率减缓，但仍处于动态平衡中。河道冲刷的典型表现包括河床高程降低、河岸后退、河道展宽、形成深潭与浅滩交错的形态，同时还可能引发桥墩基础暴露、堤防根基受损等问题，严重威胁河道及周边基础设施安全。

2 河道冲刷的影响因素

2.1 水流因素

2.1.1 流速

流速是影响河道冲刷的关键因素。根据水动力学原理，流速与水流携带泥沙的能力呈正相关，当流速增大时，水流的动能增强，对河床和河岸的剪切力加大，能够更轻易地起动并搬运泥沙。在高流速区域，如河道狭窄处、急流段，水流的侵蚀作用显著，会导致河床快速下切和河岸坍塌；而流速较缓时，泥沙沉积作用增强，冲刷作用则相对减弱。

2.1.2 流量

流量直接决定了水流的总体能量和输沙能力。大流量意味着更多的水体参与冲刷过程，能够搬运更多的泥沙。在洪水期，流量急剧增加，强大的水流不仅可以将河床表面的泥沙带走，还能破坏河床结构，造成大规模的冲刷。相反，枯水期流量小，水流挟沙能力有限，泥沙沉积使得河道淤积，冲刷作用不明显，河道形态变化缓慢。

2.1.3 水位变化

水位变化对河道冲刷影响复杂。水位上升时，水流漫溢至河岸滩地，扩大了冲刷范围，同时增大了对河岸的侧向压力，导致河岸土体在水流浸泡和冲刷下稳定性下降，易发生坍塌。水位快速下降时，会在河床和河岸形成渗流，使土体颗粒间有效应力改变，引发土体松动，加速河床冲刷和河岸的崩解。频繁的水位波动，也

会加剧河道的侵蚀作用。

2.2 河道地形地貌因素

2.2.1 河道弯曲度

河道弯曲度对冲刷影响显著。在弯曲河道中,水流受离心力作用,表层水流流向凹岸,底层水流流向凸岸,形成横向环流。这种环流使得凹岸处水流流速增大,对河岸的侵蚀作用增强,导致凹岸不断后退、坍塌;而凸岸处水流流速减缓,泥沙沉积,形成边滩并逐渐扩大。河道弯曲程度越大,离心力越强,横向环流越明显,凹岸冲刷和凸岸淤积的现象就越严重。长期发展下,河道弯曲程度进一步加剧,不仅改变河道平面形态,还可能增加洪水漫溢风险,威胁周边区域安全。

2.2.2 河床坡度

河床坡度直接影响水流的能量与流速分布。坡度较大时,水流重力势能转化为动能,流速加快,水流的冲刷和挟沙能力增强,易造成河床下切,形成深槽。例如山区河流,陡峭的河床坡度使得水流湍急,侵蚀作用强烈,常出现深切峡谷地貌。而在坡度较缓的平原河流,水流流速较慢,动能不足,泥沙沉积作用占主导,河道易出现淤积,河床逐渐抬高。此外,河床坡度的突变处,水流能量分布改变,也会引发局部强烈冲刷或淤积,影响河道的稳定性与行洪能力^[2]。

2.3 河床地质条件因素

2.3.1 土壤类型

土壤类型是决定河床抗冲刷能力的关键因素。粘性土壤颗粒间存在较强的粘结力,如黏土,其结构紧密,水流难以轻易破坏土体结构,冲刷过程相对缓慢;粉土和砂土颗粒间粘结力较弱,在水流作用下,颗粒易被起动和搬运,冲刷速度较快。此外,土壤的级配也会影响冲刷程度,不均匀系数大、缺乏中间粒径的土壤,易形成管涌现象,加剧局部冲刷。

2.3.2 岩石特性

岩石的物理力学性质直接影响河道的冲刷过程。坚硬致密的岩石,如花岗岩、石英岩,抗压强度高,抗侵蚀能力强,河道不易发生显著冲刷;而页岩、泥岩等软弱岩石,强度低,遇水易软化,在水流长期作用下,易被侵蚀剥落。岩石的节理发育程度同样重要,节理裂隙密集的岩石,水流可沿裂隙深入,加速岩石的破碎和搬运,造成局部强烈冲刷。例如在山区河流中,节理发育的岩石河床,常因水流侵蚀形成壶穴、深潭等特殊地貌,改变河道形态,影响水流流态与河道稳定性。

2.4 人类活动因素

2.4.1 水利工程建设

水利工程建设对河道冲刷影响深远。拦河大坝的修建改变了天然河道的水流条件,蓄水后上游水位抬升,流速减缓,泥沙大量沉积;下游河道因水库调节流量,枯水期流量增加,洪水期流量削减,长期冲刷能力增强,易导致河床下切、河岸崩塌。此外,丁坝、顺坝等整治建筑物的设置,改变了局部水流流态,其迎流面及坝头附近水流流速加快,加剧了局部冲刷,可能危及工程自身及周边河岸稳定。

2.4.2 河道采砂

河道采砂直接破坏河床结构,引发严重冲刷问题。大规模采砂导致河床高程下降,改变河道原始地形,使局部水流流速加快,形成溯源冲刷,影响范围向上游延伸。同时,无序采砂破坏了河床的抗冲刷保护层,使河岸坡脚失去支撑,稳定性降低,极易引发河岸坍塌。采砂坑的存在还改变水流路径,形成涡流,进一步加剧局部冲刷,威胁桥梁、堤防等基础设施安全。

2.4.3 河岸开发

河岸开发活动通过改变河道边界条件影响冲刷过程。城市化进程中,河岸地带的道路修建、建筑施工等活动,侵占河道空间,压缩过水断面,导致水流流速增大,冲刷加剧。此外,河岸硬化工程阻断了河岸与河道的物质交换,破坏了天然河岸的缓冲功能,削弱了河岸抵御水流侵蚀的能力。植被破坏也使得河岸土体失去根系固土作用,在水流作用下更易被侵蚀,加速河道岸线的崩退。

3 河道冲刷的机理

3.1 水流对河床的冲刷作用

3.1.1 水力侵蚀

水力侵蚀是水流凭借动能破坏河床土体结构、搬运泥沙的过程。水流在河道中流动时,紊流产生的脉动压力和剪切力持续作用于河床表面。当水流作用力超过泥沙颗粒间的粘结力与摩擦力,颗粒便脱离河床进入水流。在河道狭窄处、陡坡段等流速高的区域,水力侵蚀尤为强烈,水流如“无形的雕刻刀”,快速削低河床高程。弯道处的横向环流也会加剧水力侵蚀,表层水流冲击凹岸河床,使其快速下切;底层水流则携带泥沙向凸岸运动,造成凹岸侵蚀、凸岸淤积。洪水期,流量与流速骤增,水力侵蚀能力呈指数级上升,短时间内可使河床形态发生巨大改变,如山区河流遭遇暴雨后,河床深度可能在数小时内大幅下降,引发严重的下切侵蚀。

3.1.2 磨蚀作用

磨蚀作用是水流携带的泥沙、砾石等固体颗粒对河床的摩擦、撞击过程。这些颗粒在水流推动下,如同

“天然磨具”，不断与河床表面发生碰撞、摩擦。较大粒径的砾石在河床滚动、滑动，凿刻出坑洼和沟槽；细小的泥沙颗粒则反复研磨，使河床表面逐渐磨损。磨蚀强度与水流含沙量、颗粒粒径及流速密切相关，多沙河流的磨蚀作用更为显著。长期磨蚀不仅改变河床表面形态，还会影响河床岩性结构。例如，在石灰岩河床区域，磨蚀与化学溶蚀共同作用，逐渐形成溶洞、暗河等特殊地貌，改变水流路径与河道稳定性^[3]。

3.2 水流对河岸的冲刷作用

3.2.1 侧向侵蚀

侧向侵蚀是改变河道平面形态的关键力量，其本质是水流横向作用力对河岸的持续破坏。在弯曲河道中，水流的离心力促使表层水流以较大流速冲击凹岸，形成强烈的横向环流。这种环流不仅直接冲刷河岸，还带动河底泥沙向凹岸底部运动，加剧河岸坡脚的侵蚀，致使凹岸土体不断崩解后退。同时，凸岸因水流流速显著降低，大量泥沙沉积，逐渐形成边滩。在顺直河道中，主流线的摆动、局部水流的不对称分布，或桥墩、丁坝等建筑物的干扰，同样会引发侧向侵蚀。随着时间推移，侧向侵蚀会导致河道弯曲度增加、河宽扩大，严重威胁河岸两侧的堤防、桥梁等基础设施。

3.2.2 淘刷作用

淘刷作用主要发生在河岸坡脚，是河岸结构失稳的重要原因。当水流流经河岸时，在坡脚处形成强烈的漩涡与回流，这些紊动水流产生巨大的冲击力和吸力，如同“无形的钻头”，不断破坏坡脚的土体或岩石结构。随着坡脚物质被逐步掏空，上部土体的支撑力减弱，当超过土体的抗剪强度时，便会发生坍塌。河岸植被具有显著的固土护坡功能，其根系能够增强土体的抗冲刷能力，减缓淘刷作用；反之，若植被遭到破坏，淘刷作用将迅速加剧。被淘刷的土体进入河道后，不仅增加了河道的含沙量，改变泥沙输移特性，还可能引发连锁反应，如在下游形成新的淤积区，或导致其他部位的冲刷加剧，严重影响河道的整体稳定性和生态功能。

3.3 河道冲刷的发展过程

3.3.1 初始冲刷阶段

初始冲刷阶段是河道冲刷的起始时期。在这一阶段，水流条件发生微弱变化，如流速的小幅增加或水位的缓慢波动，开始对河床和河岸产生侵蚀作用。由于水流能量有限，仅能对河床表面及河岸表层的松散物质进行作用，导致少量泥沙起动和搬运，河床微地形出现细微改变，河岸表面产生细小裂缝或剥落。此阶段冲刷作用相对缓慢，河道形态变化不明显，属于量变积累过

程。例如，在枯水期向平水期过渡时，水流流速逐渐增大，河道开始出现轻微冲刷，但短时间内难以察觉河道形态的显著变化。

3.3.2 加速冲刷阶段

随着水流条件的持续变化，如洪水来临、流量与流速大幅提升，河道冲刷进入加速阶段。强大的水流携带巨大能量，能够破坏河床和河岸的原有结构，大量泥沙被卷入水流中。河床下切速度加快，深度显著增加；河岸因坡脚被淘刷、土体失稳，出现大面积坍塌，河道宽度迅速展宽。这一阶段，河道形态发生剧烈改变，冲刷范围不断扩大，冲刷速率远超初始阶段。例如，在暴雨引发的洪水过程中，河道在短时间内被强烈冲刷，原本稳定的河岸可能出现数十米的后退，河床高程下降数米，对周边生态环境和基础设施造成严重威胁。

3.3.3 稳定冲刷阶段

当河道经过加速冲刷后，河床和河岸形态逐渐适应水流条件，进入稳定冲刷阶段。此时，河道通过调整自身形态，使水流能量与河道边界条件达到相对平衡状态。虽然冲刷过程仍在持续，但冲刷速率明显减缓，河道形态的变化趋于稳定。例如，河床下切和河岸坍塌速度放缓，泥沙的冲刷与沉积达到动态平衡，河道的平面形态和纵剖面形态不再发生剧烈改变。不过，这种稳定是相对的，一旦水流条件、地形地貌或人类活动等因素发生较大变化，河道冲刷可能再次进入加速阶段，打破原有的平衡状态^[4]。

结束语

河道冲刷研究对河道治理意义重大。通过剖析水流对河床与河岸的冲刷作用机理，明确了各类影响因素。这些研究成果为河道治理提供了理论支撑，有助于制定科学的治理方案，如优化水利工程布局、规范人类活动等。然而，河道冲刷受自然与人类活动多因素耦合影响，未来需结合新技术深入研究，探索更有效的治理措施，实现河道生态与功能的可持续发展，保障流域生态安全和社会经济稳定。

参考文献

- [1]伍育浩.冲积河道冲刷过程中的横向展宽模拟[J].黑龙江水利科技,2022,50(12):138-141.
- [2]叶英祥.植绿生态挡墙在河道治理中的应用[J].智能城市,2021,7(15):111-112.
- [3]李晓梦,戴雪,尹飞翔.河道整治工程中冲刷深度的计算与选取[J].河南科技,2021(3):192-194.
- [4]卢金友,朱勇辉,岳红艳,等.长江中下游崩岸治理与河道整治技术[J].水利水电快报,2021,38(11):116-124.