

变化环境下河道清淤疏浚对水文情势影响的数值模拟分析

玉山江·吐尔地

塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i6.7041

[摘要] 在气候变化与人类活动双重驱动的变化环境下,河道淤积加剧、行洪能力衰减、水文节律紊乱等问题愈发突出,河道清淤疏浚成为修复河道水动力条件、稳定水文情势的核心工程手段。为精准厘清清淤疏浚工程对河道水文过程的调控机制,规避盲目施工引发的水文生态负面效应,本文依托水动力学数值模拟技术,系统分析变化环境背景下清淤疏浚对河道水位、流速、流态、输水能力等核心水文要素的影响规律,剖析不同疏浚范围、疏浚深度对应的水文响应特征,辨析环境变化与工程干预的耦合作用机制。研究表明,科学适度的清淤疏浚可有效拓宽行洪断面、降低河道糙率、提升水体流动性,优化河道水文情势;但过度疏浚、局部不对称疏浚会引发河道流速分布失衡、水位梯度紊乱、局部冲刷加剧等问题,破坏天然水文节律。为河道清淤疏浚工程的方案优化、生态化施工及流域水文环境管控提供理论参考。

[关键词] 变化环境; 河道清淤疏浚; 水文情势; 数值模拟; 水动力特性

中图分类号: TV697.3+1 **文献标识码:** A

Numerical Simulation Analysis of the Impact of Riverbed Dredging on Hydrological Conditions in a Changing Environment

Yushanjiang·Tuerdi

Kaidu and Poyang Rivers Water Conservancy Management Center in the Tarim River Basin

[Abstract] In the changing environment driven by both climate change and human activities, problems such as intensified river siltation, decreased flood carrying capacity, and disrupted hydrological rhythms have become increasingly prominent. River dredging and dredging have become the core engineering means to restore the hydrodynamic conditions of rivers and stabilize hydrological conditions. In order to accurately clarify the regulatory mechanism of dredging and dredging projects on the hydrological process of rivers and avoid the negative effects of blind construction on hydrological ecology, this article relies on hydrodynamic numerical simulation technology to systematically analyze the impact of dredging and dredging on core hydrological elements such as river water level, flow velocity, flow state, and water transport capacity under changing environmental backgrounds. The hydrological response characteristics corresponding to different dredging ranges and depths are analyzed, and the coupling mechanism between environmental changes and engineering interventions is analyzed. Research has shown that scientifically moderate dredging and dredging can effectively widen flood discharge sections, reduce river roughness, improve water flow, and optimize river hydrological conditions; However, excessive dredging and local asymmetric dredging can cause problems such as imbalanced flow velocity distribution, disordered water level gradient, and intensified local erosion in the river channel, disrupting the natural hydrological rhythm. Provide theoretical reference for the optimization of river dredging and dredging projects, ecological construction, and watershed hydrological environment control.

[Key words] changing environment; River dredging and dredging; Hydrological conditions; Numerical simulation; Hydrodynamic characteristics

引言

当下,全球气候变化造成极端降雨、径流波动,再加上流域

内城镇创建、水土开发、采砂取土等人类活动,就形成了典型的改变型水环境,这完全改变了天然河道的泥沙输送与淤积规律。

大部分平原河道、城郊河道常常存在河床升高、断面变小、淤积层增厚等情况,从而引发河道行洪排涝能力减弱、水体交换迟缓、水文节律混乱、汛期洪涝风险加剧、枯水期缺水断流现象频繁发生。于此,本文经由数值模拟方法,剔除自然环境改变和人工疏浚这两方面的影响,详细探寻清淤疏浚给河道关键水文要素带来影响的原理,确定施工期间的水文适宜程度,进而为精准化、生态化的河道治理给予技术支持。

1 变化环境下河道水文与淤积演变特征

1.1 变化环境的核心影响特征

变化环境给河道水文情势造成影响,重点表现在水文节律变异和泥沙运移失衡这两个方面。从气候角度看,极端天气发生的次数增多,从而引发流域降雨在时空上的分配不均衡,汛期暴雨径流的峰值变大、历时却变短,枯水期径流量一直偏低,河道径流在年内的、年际波动范围明显扩大,这破坏了天然情况下较为稳定的水文周期^[1]。就人类活动而言,流域内部的土地利用形式有所改变,堤坝、闸泵实施调控,城市硬化地面不断扩充,这些都极大地削减了地表水的入渗数量,加重了河道径流集中下泄的态势,而且坡面侵蚀加强使得流入河流的泥沙总量增多。当这两种情况共同作用时,河道原本的水沙协调系统就被瓦解,表现出“汛期冲淤混乱,枯水期淤积加重”的特点,这就为河道淤塞、水文退化构筑了环境根基。

1.2 河道淤积与水文情势退化关联机制

河道不断淤积会引发水文情势变差,两者有着明显的双向反馈联系。长时间淤积会使河床基底慢慢升高,缩减河道过水断面,加大水流流动阻力,造成相同流量时河道水位上升、水流速度减慢。流速变低还会进一步削减河道自身携带泥沙的能力,细小颗粒的泥沙更容易沉淀堆积,从而陷入“淤积-阻水-更易淤积”的恶性循环当中。而且,淤积使得河道局部断面形状变得不规则,出现深浅不一、宽窄不同的河道情况,水流扰动加剧,主流偏移现象增多,回流区域扩大,流态混乱特征明显,这不但会削减河道行洪排水的能力,还会影响局部水文梯度,干扰河道水体交换和径流分配,最终致使整体水文状况不断恶化。

2 河道水动力数值模拟模型构建

2.1 模型选型与原理

结合天然河道水流运动的二维特性以及清淤疏浚时局部地形改造的特点,本文利用平面二维水动力数值模型展开模拟研究,此模型能精确描绘河道流速,水位,流态在空间上的分布及其动态变化情况,适合用于模拟河道局部地形改造之后的水文响应,模型把浅水方程当作核心控制方程,充分顾及河床糙率,地形高低差,径流边界这些重要因素,可以模拟在变化环境中的非恒定水流运动过程,准确地区分自然水文波动和人工疏浚造成的水文要素改变,摆脱传统经验公式计算精度低而且不能表现空间差异的不足^[2]。

2.2 模型基础参数设定

模型创建需遵照河道原始地形数据以及流域水文边界条件,其核心参数要符合天然河道的实际状况,从而确保模拟成果真

实可靠且合适,地形参数依靠河道实地测量断面的数据来确定,这样就能精确重现河道原本的河床高程,断面形状以及滩槽分布特点,并准确判定淤积区域的空间范围及其厚度差别。水力参数重点设置河床糙率,还要综合考量河道植被覆盖率,泥沙淤积性质,岸坡形态等因素加以确定,要区别主河道和滩地之间的糙率差别,使其顺应真实的水流阻力情况,边界条件选取天然径流过程作上游入流边界,下游则用水面边界,以此全面适应变化环境下的径流波动特性,模拟汛期,平水期,枯水期等各种不同的水文情形,而且,需要统一模型的计算步长和网格精度,这样才能使得不同疏浚方案的模拟结果具备可比性。

2.3 模拟工况设计

要系统地分析清淤疏浚给水文情况造成的影响,文章把天然淤积原状工况,局部适当疏浚工况以及全域过度疏浚这三种对比工况设置起来,这些包含着工程中常见的施工形式,原状工况不实施任何人为干涉,重新创建起变化环境下河道自然淤积所对应的水文状况,充当基本参照样本^[3]。局部疏浚工况关注河道主槽淤积区域,只是清除关键行洪区的淤积泥沙,保留原有的河道滩地和生态断面,符合一般生态疏浚的施工模式,过度疏浚工况则是全面深入挖掘疏浚,超越河道天然均衡断面,明显削减河床高度并扩展过水断面,用来区分超出标准疏浚所产生的水文不良后果。三类工况需维持水文边界,气候环境条件相同,并且通过单一变量来控制疏浚方案,从而精确分析出工程干预带来的水文影响。

3 清淤疏浚对河道水文情势的具体影响分析

3.1 对河道水位的影响

水位属于河道水文情势非常直观的核心指标,清淤疏浚会改变河道过水断面以及水流阻力,从而直接左右不同水文时期的河道水位水平。相比于原状淤积情况而言,适当地实施局部疏浚可以有效地加大主槽过水断面并减小水流阻滞作用,在相同的入流条件下,河道整体水位会均匀下降,特别是在汛期时高水位的降幅更为突出,这能大幅优化河道行洪能力,减轻汛期洪涝压力,而在平水期和枯水期,水位降幅较为平缓,这样就能很好地解决枯水期河床裸露、水体短缺的问题,进而稳定河道的基本水文状况。

模拟显示,疏浚对水位的调控存在明显的空间差异和阈值特征,局部疏浚只能改良疏浚区段的水位状况,疏浚区段上下游会产生小的水位梯度差,出现小幅水位衔接起伏。如果过度疏浚,虽然可以明显削减局部水位,但是会破坏河道原本的纵向水位协调,造成上下游水位落差变大,河道水位梯度杂乱无章,冲破自然状态下稳定的水位变化规律,容易引起下游水位不正常波动,这便碍于流域水文的稳定。

3.2 对河道流速与流态的影响

清淤疏浚要调控河道流速,重点在于改变河床糙率和过水断面形态,原本淤积严重的河道,河床很糙,断面又窄,水流阻力很大,所以整体流速较低,而且滩槽之间的流速差别很小,水体流动性欠佳^[4]。适当地疏浚会清除河床表层的淤积泥沙,使河床

地形变得平坦,减小河床糙率,并且扩展主槽的过水通道,这样水流受到的阻碍就会大幅减小,河道的整体流速就能均匀加快,主槽的水流优势会明显加强,滩槽之间的水流分配也会更为恰当,从而彻底解决淤积河道水流迟缓、水体交换不够的问题。

从流态变化角度看,适当疏浚能去除淤积造成的局部回流,紊流以及死水区,水流流线更为平顺规整,水流运动也更符合天然河道规律,但如果不对称疏浚或者过度疏浚就会产生不良流态反应,局部深挖会造成河道断面突变,水流经过断面突变处时会迅速汇聚,流速急剧上升,从而形成局部高速水流区,加重河床和岸坡的侵蚀程度;而且断面突变下游极易出现涡流区,致使水流再度变得混乱,不但破坏稳定的水文流态,还可能引发局部泥沙再次淤积,造成“疏浚之后局部冲刷,下游淤积”这种新的不平衡状况。

3.3对河道输水行洪能力的影响

变化环境下极端径流频繁出现,河道输水行洪能力是水文情势稳定的crucial保障,淤积河道由于断面变窄,阻力增大,输水效率不断下降,同样大小的洪水流量时,洪水水位较高,行洪历时较长,洪涝风险明显增大。适当清淤疏浚可以改善河道断面形态并减小水流阻力,从而大幅提高河道输水通量和行洪效率,缩减洪水演进时间,有效地缩小洪水淹没范围,增强河道应对极端水文事件的能力,以适应变化环境中的水文波动特点。

要留意,疏浚加强行洪能力并非呈线性增长态势,存在理想上限值,适当地疏浚能够达成行洪能力逐步加强,其工程效益亦可稳定掌握,一旦疏浚深度与范围超越河道自然协调上限值,行洪能力加强的效果便不那么明显,而且由于河道地形骤变,水文梯度杂乱无章,会造成洪水演进规则失常,加大河道防洪调节的困难,这有悖于河道治理的关键目的。

4 变化环境下疏浚工程的水文优化调控策略

4.1坚持适度生态疏浚原则

结合数值模拟显示的水文响应规则,河道疏浚不可采用“深挖广疏”这种粗犷的方式,要推广恰当而精确的疏浚方法,把河道天然水文协调当作关键点,精确确定疏浚区域并掌控好疏浚深度,首先清除主要水道的淤泥以及障碍物造成的淤泥,保留河道滩地,浅滩这些生态水文构造,防止过度改变河道原本的地形,最大幅度保存天然水文节奏,既保证行洪输水的能力,又避开水文混乱的情况发生。

4.2差异化制定疏浚方案

变化环境下的水文时空波动较为明显,河道各段的水文功能存在差别,据此制订不同的疏浚计划,上游河道着重于稳固水

流并减小水土流失情况,主要采用浅层平整疏浚法,不可大幅改动流速梯度,中游主行洪河段重点在于加强行洪能力,可以适当加宽加深主槽来改善水流路径,下游平缓河段关注的是维持水文协调状态,要严格控制过度疏浚行为,以免造成水位和流速出现异常波动,从而做到分段合适,精确调节水文状况。

4.3强化工程与自然环境耦合适配

要充分考量气候变化,径流波动这些环境变量,并把水文数值模拟融入到工程设计,施工以及运维的整个过程当中,经由模拟不同水文情形之下的工程水文反应,预先判断极端降雨,径流波动时疏浚河道所产生的水文改变规律,改良工程方案,防止因环境改变和工程干预共同作用而出现的水文失调状况,做到疏浚工程同变化水环境的动态契合。

5 结论

变化环境下水沙失衡造成的河道淤积,是致使河道水文状况恶化,行洪能力减弱以及水文节律混乱的关键因素,清淤疏浚经由改变河道地形,改良过水断面并减小水流阻力,可以有效地控制河道水位,流速,流态这些主要的水文要素,从而改良水体的流动性及其行洪输水能力,这属于修复退化水文状况的工程方法之一。不过疏浚的效果有着明显的门槛效应和空间差别,恰当地精准执行疏浚能够达成水文状况的改良,如果过度或者不对称地执行疏浚,则会破坏河道的水文协调性,造成流速混乱,水位梯度不正常以及局部冲刷淤积之类的问题,使得水文系统愈发不稳定,在当下的变化环境大背景下,河道的清淤治理要放弃粗犷的施工方式,依靠数值模拟技术来准确预测水文反应规则,按照适度化,差别化,生态化的疏浚准则,协调好工程防洪利益与水文系统的稳定性,做到河道水文状况长久稳定并且可以持续得到改善。

[参考文献]

- [1]李志坚.基于控源截污城市河道水体生态修复整治对策研究[J].水利科学与寒区工程,2026,9(04):135-137.
- [2]史明东,王桂利.淤泥固化技术在河道清淤疏浚治理中的应用分析[J].农业科技创新,2026,(08):126-128.
- [3]张红,葛秋易,刘夏.平原圩区养殖尾水提质增效工程设计与分析[J].给水排水,1-11.
- [4]王政涵.河道清淤疏浚施工技术与控制方法探究[J].科技资讯,2026,24(04):198-200.

作者简介:

玉山江·吐尔地(1985--),男,维吾尔族,新疆焉耆人,本科,中级职称,研究方向:水量调度、河道清淤。