新建跨河桥梁工程项目防洪评价影响的研究

魏　宾[1]　王　铭[2]　张晓燕[3]　任泽俭[3]
1. 枣庄市城乡水务事业发展中心　山东　枣庄　277800
2. 山东晟润水务集团有限公司　山东　枣庄　274031
3. 山东润鲁工程咨询集团有限公　山东　济南　250102

摘　要：针对传统跨河桥梁防洪评价存在演算工况单一、参数取值固化、水沙响应分析粗浅的问题，为提升河道防洪影响研判精度，本文采用分区参数赋值、多工况水力推演与分层冲淤核算的精细化方法开展研究。分析桥梁构筑物压缩过水断面所引发的壅水变化、行洪能力衰减及河床冲淤演变规律，明确工程水力影响范围与梁底高程控制标准。研究结果表明，通过优化桥跨布设形式、改良墩体结构，可有效弱化工程对河道行洪条件及河势稳定的负面扰动。研究成果可为同类跨河桥梁的防洪评价、结构优化设计与河道常态化运维管理提供精细化技术参考。

关键词：跨河桥梁；防洪评价；设计洪水；壅水；河床冲刷

引言：跨河桥梁建设会压缩河道过水断面，改变原有流场条件，引发水位抬升、泥沙输移失衡等现象，对行洪条件与河床演变产生扰动。现有防洪评价常采用固定参数与单一工况开展演算，对宽浅河道水沙动态变化考虑不足，分析结果容易出现偏差。针对该问题，本文系统剖析了桥梁带来的防洪扰动机制，识别主要风险，梳理对应的工程优化思路，为同类桥梁的评价与设计提供参考。

1 水文分析与计算

水文分析是跨河桥梁防洪评价的前置核心工作，可精准量化河段水文水力基础参数，为壅水推演、冲淤核算、防洪安全性判定提供完整数据支撑。通过细化研究维度，从防洪标准、洪水水位等四方面开展系统化分析，保障评价成果严谨可靠。

1.1 防洪标准

防洪标准是界定桥梁工程防洪安全底线、匹配河段行洪能力的核心依据，直接决定后续所有水文计算工况的选取范围。跨河桥梁作为永久性涉河构筑物，其设防等级需兼顾河道固有防洪属性、流域行洪特征及构筑物长期运行安全需求，实现工程标准与河段整体防洪体系适配统一。

防洪标准选取需摒弃单一工程视角，综合考量河道自然行洪条件、河段开发利用现状及构筑物服役周期，划分常态洪水与极端洪水两类分析工况，确定对应洪水重现期。合理的标准选取既能规避低标准设计带来的洪水漫溢、结构受损隐患，也可避免高标准冗余设计造成的资源浪费，实现防洪安全与工程经济性的平衡，为后续精细化水文计算划定合理边界。

1.2 设计洪水及水位计算

设计洪水与设计水位是防洪评价的基础量化指标，可精准反映不同极端工况下河道的行洪状态，是分析工程阻水影响、确定桥梁竖向高程的核心参数。洪水计算以河段长期水文演变规律为基础，水位计算依托洪水参数结合河道水力特征推演得出。

采用数理统计分析法梳理河段长期水文观测序列，剔除异常水文数据干扰，结合流域汇水面积、地形地貌、水系分布特征，核算不同重现期对应的洪峰流量、洪水过程参数。在此基础上，整合河道纵向比降、河床糙率、主槽与滩地断面形态等基础水力参数，通过水力迭代推演天然状态下的河道行洪水位。计算过程区分主槽单一过流、滩地漫流过流的差异化格局，动态适配不同洪水量级的水流运动特征，有效提升计算成果与河道实际行洪状态的贴合度[1]。

1.3 河道水文特性分析

河道水文特性决定河段水流运动、泥沙运移的固有规律，是精准研判桥梁工程防洪影响的重要前提，可弥补单一洪水参数计算的局限性。水文特性分析主要涵盖水流流态、流量分配、水沙联动变化等核心内容。

天然河道行洪过程中，低量级洪水多集中于主槽过流，水流流速稳定、流态平顺；高量级洪水会突破主槽边界，形成滩地漫流，河道整体过水宽度增大、流速重新分布，水沙运移速率随之改变。桥址河段多具备宽浅

型河道特征，洪水期滩槽流量分配动态变化明显，水流扰动空间大。系统梳理河段水文特性，可精准识别洪水演变规律，为后续壅水扩散范围、河床冲淤位置的预判提供基础依据，提升防洪影响分析的针对性。

1.4 水文计算精度优化

传统跨河桥梁水文计算多采用固定参数、单一工况演算模式，忽略河道动态水文变化特征，易导致计算成果存在偏差，难以适配复杂河段的防洪评价需求。为提升成果精准性，对水文计算流程与参数取值进行系统性优化。

在参数取值层面，摒弃全域单一固定糙率、流量系数的取值方式，根据主槽、滩地不同河床材质、植被覆盖状态分区取值，贴合局部水力差异。在计算工况层面，增加过渡性洪水工况演算，覆盖中小洪水至极端洪水的完整演变过程，弥补单一重现期工况分析片面的缺陷。在成果校核层面，结合河段水文演变趋势，对计算得出的洪峰流量、行洪水位进行合理性校验，剔除偏离河段水文规律的异常数据。通过多维度优化，有效消除传统演算模式的固有误差，保障水文成果可精准支撑后续行洪、壅水、冲刷等全套防洪评价分析工作。

2 壅水和行洪能力分析计算

河道行洪过程中，跨河桥梁墩柱、桥台及路堤结构会压缩天然过水断面，改变原有水流流速与流场分布，引发桥前壅水、河段行洪效率下降等水力变化。通过壅水高度、壅水影响范围等五个维度开展精细化分析，量化工程防洪影响并提出适配性调控思路。

2.1 壅水高度计算分析

壅水高度是衡量跨河桥梁阻水影响最直观的水力指标，反映构筑物束窄河道后桥址上游水位抬升幅度，直接决定河段洪水淹没范围与防洪安全储备。传统单一公式计算模式多忽略滩地过水、多构筑物叠加阻水及水流紊动损耗，计算结果易出现偏差，难以适配宽浅型天然河道的水力变化特征。

通过采用分区水力演算思路，区分主槽集中过流与滩地漫流过流两种常态行洪工况，结合桥墩体型、布设密度、桥孔压缩率动态修正水力参数。计算过程剔除施工期临时围堰、施工平台等临时设施的短期阻水影响，仅针对桥梁永久结构开展稳态壅水推演，保障计算成果贴合工程长期运行状态。通过对比多重现期洪水工况演算结果，可精准获取不同洪水规模对应的最大壅水高度，明确极端洪水条件下的水位抬升极值，为后续防洪风险研判提供量化依据[2]。

2.2 壅水曲线长度研判

壅水曲线长度指代桥址断面上游受水位抬升影响的河道区间，是划定工程防洪影响边界、评估沿岸区域淹没风险的核心参数。天然河道水力衰减具备明显差异化特征，河道比降平缓、过水宽度较大的河段，壅水水体扩散速度慢、影响距离更远，水力影响的滞后性更为突出。

结合河段天然水面比降与不同洪水工况的水流流速参数，可动态推演壅水水体沿上游河道的衰减规律，精准核算壅水影响区间长度。相较于固定经验取值方式，动态演算模式可适配洪水涨落过程中水流状态的动态变化，有效规避小流量工况高估影响、大流量工况低估风险的问题。精准界定壅水影响范围，能够为河道岸线管控、沿岸用地规划及防洪隐患排查提供明确边界，消除河段防洪管控盲区。

2.3 工程前后行洪能力对比

河道行洪能力以同等水位条件下的过流流量、断面平均流速为核心评价指标，可直观反映桥梁建设对河道固有行洪功能的扰动程度。天然状态下河道断面规整、水流顺畅，流量分配均匀，行洪效率保持稳定；桥梁建成后局部断面束窄，水流受墩体阻挡产生绕流、紊动损耗，相同水位下河道整体过流能力会出现小幅衰减[3]。

通过比对工程建设前后多工况过水参数，量化行洪能力衰减幅度，研判工程对河段行洪体系的扰动等级。分析结果表明，合理的桥跨布局可均匀分散水流阻力，弱化局部水力突变，将行洪能力衰减控制在可控范围。同时通过梳理流速空间分布变化，可识别桥墩附近流速激增区域，预判水流紊动引发的连锁水力隐患，为工程优化设计提供靶向依据。

2.4 桥梁梁底高程确定

梁底高程是保障洪水期河道无障碍行洪、杜绝构筑物二次阻水的关键竖向控制参数，其取值合理性直接关联河道长期防洪安全。梁底高程设计不能仅叠加天然水位与常规壅水高度，需综合多重动态影响因素统筹确定。

高程核算需整合天然设计洪水位、极端工况最大壅水高度，同时预留适配河道自然淤积、局部流态紊乱的安全富余高度，抵消河道长期演变带来的水力不利影响。充分兼顾河段远期水沙演变趋势，规避多年河床淤积抬升导致的有效行洪空间不足问题。科学设定的梁底高程，可实现洪水期水流顺畅通行，杜绝水体漫越桥面、结构阻水加剧等隐患，平衡桥梁结构安全与河道整体行洪安全。

2.5 水力影响优化调控对策

基于壅水特征与行洪能力变化规律，针对性优化工程布设方案，可有效削弱桥梁构筑物对河道水力环境的不利扰动，实现工程建设与河道防洪功能协调适配。在结构优化层面，可选用流线型墩体形态，减小水流正面阻力与绕流紊动损耗，降低桥前壅水高度与局部水流扰动强度。

在布局优化层面，适度增大主槽桥跨间距、减少主行洪区墩体数量，可有效降低河道断面束窄率，保障主槽洪水顺畅下泄，维持河段原有流量分配格局。在运行管控层面，可常态化清理桥址上下游淤积泥沙，维持河道规整过水断面，避免淤积抬高加剧壅水影响。通过结构、布局、管护多维度优化，可将工程水力影响控制在自然河道可承受范围，保障河段行洪功能稳定、防洪体系安全可靠。

3 冲刷淤积计算与河势影响分析

桥梁构筑物改变河道原生水流结构，洪水期墩体绕流会诱发局部紊动增强，造成河床泥沙起动、搬运与堆积，形成差异化冲淤演变。通过分层开展冲刷计算、淤积特征分析与河势稳定性研判，量化工程长期水沙影响，识别潜在防洪隐患。

3.1 河床冲刷量化计算

河道冲刷是跨河桥梁运行期最主要的河床变形形式，整体分为天然常态冲刷、河道一般冲刷与桥墩局部冲刷三类，不同冲刷类型的形成机理与影响范围存在明显差异。天然常态冲刷为河道长期水沙平衡下的自然河床下切，属于河段固有演变规律，与工程建设无直接关联。

河道一般冲刷由过水断面束窄、整体流速增大引发，表现为桥址全域河床均匀下切，直接改变河段整体过水基底高程。桥墩局部冲刷为水流撞击墩体后形成的漩涡掏蚀作用，集中发生在桥墩基础周边，冲刷深度大、集中性强，是威胁桥梁桩基安全的核心因素。

采用分层叠加计算思路，区分自然冲刷与工程诱发冲刷分量，结合不同洪水工况流速、墩体形态、水流夹角动态修正计算参数，精准核算综合冲刷深度。通过多工况对比演算，可识别极端洪水条件下的最大冲刷极值，为桥梁基础埋深设计、基础防护布设提供量化依据。

3.2 河道淤积演变特征分析

淤积变形与冲刷过程互为联动，是水流流速重新分布、泥沙输移能力变化的直接结果。桥梁建设后河道流场重新调整，流速衰减区域会出现泥沙沉降堆积，形成常态化淤积现象，改变河段断面形态与水沙平衡状态。

桥址上游区域因墩体阻水出现水流滞缓、流速下降，泥沙输移能力减弱，细颗粒泥沙持续沉积，形成上游带状淤积区。桥墩背水侧存在回流漩涡区，水流动力偏弱，粗颗粒泥沙易堆积聚集，形成局部点状淤积体。长期累积淤积会抬高局部河床高程、缩窄有效过水断面，小幅削弱河道整体行洪能力[4]。

3.3 河段河势稳定性研判

河势稳定是河道防洪安全的核心指标，主要体现在主流流向、河道轴线、滩槽格局及岸坡形态的长期稳定性。桥梁工程对河势的扰动强度，取决于桥跨布置合理性、墩体布设密度及河段原有水沙运动特征。

经综合研判，合规布设的跨河桥梁仅改变局部微观流场，不会扰动河段主流路径与整体水沙分配格局，河道轴线位置、主槽走向可保持原有状态，不会引发河道改道、主槽偏移等重大河势调整。局部冲淤变形仅局限于桥墩周边小范围区域，对整体滩槽结构、岸坡整体稳定性影响微弱。

结束语

本文通过系统化水文水力演算、壅水行洪分析及冲淤河势研判，完整探究了跨河桥梁工程对河道防洪体系的多维影响，梳理出构筑物束窄过水断面引发的水力变化与河床变形规律。研究优化了传统单一参数、单工况的计算短板，通过分区取值、多工况推演、分层冲淤核算的精细化方法，量化明确了工程壅水范围、行洪衰减程度及局部冲刷淤积特征。研究证实，通过优化桥跨布局、改良墩体结构、合理控制梁底高程，可有效弱化工程对河道行洪与河势稳定的扰动。

参考文献

[1] 刘宇. 马家沟跨河桥梁工程防洪影响评价研究 [J]. 东北水利水电,2026,44(4):48-50.

[2] 齐晓珣, 张逸迪. 某跨河桥梁改造工程防洪影响评价分析 [J]. 海河水利,2025,(10):57-61.

[3] 赖海东. 跨河桥梁项目防洪评价影响的探讨 [J]. 水上安全,2024,(11):34-36.

[4] 李中标. 跨河桥梁对河道防洪影响的分析与评价 [J]. 水与水技术,2024,(0):121-125.