

# 小清河治理前后干流过流及行洪能力分析

于浩<sup>1</sup>, 张远<sup>1</sup>, 魏文杰<sup>2</sup>

(1. 水发规划设计有限公司, 山东 济南 250100; 2. 昌邑市水利事业发展中心, 山东 昌邑 261300)

**【摘要】**小清河综合治理及复航工程实施后,河道下垫面发生重大变化,尤其通航后长期高水位运行,亟需摸清河道过流能力,用于防洪调度。通过对小清河治理后全断面过流能力模拟分析,结果表明:1)济青高速公路桥柴庄闸段河道推算洪水位略高于设计洪水位,柴庄闸以下段推算洪水位普遍低于设计洪水位,治理后河道过流能力显著提升;2)通航后,高水位常态化运行相比不通航时,50年一遇洪水位提高0.059~0.251 m,洪峰出现时间提前10~40 min,通航对防洪调度有一定影响。

**【关键词】**小清河;通航;过流能力;设计水位

**【中图分类号】**TV85

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1009-6159(2025)-07-0023-03

## Analysis of Flow and Flood Discharge Capacity of the Main Stream of Xiaoqing River Before and After Improvement

YU Hao<sup>1</sup>, ZHANG Yuan<sup>1</sup>, WEI Wenjie<sup>2</sup>

(1. Planning and Design Co., LTD., Water Resources Development Group, Jinan, Shandong 250100, China;

2. Water Resources Affairs Development Center of Changyi City, Changyi, Shandong 261300, China)

**Abstract:** After the implementation of the comprehensive improvement and navigation restoration project of Xiaoqing River, significant changes have taken place in the river's underlying surface. In particular, the river has been operating at a high water level for a long time after navigation, making it urgent to find out the river's flow capacity for flood control and discharge. Through the simulation analysis of the full-section flow capacity of Xiaoqing River after improvement, the results show that: 1) The calculated flood level in the section from Jinan-Qingdao Expressway Bridge to Chaizhuang Sluice is slightly higher than the designed flood level, while the calculated flood level in the section below Chaizhuang Sluice is generally lower than the designed flood level, indicating that the flow capacity of the river has been significantly improved after improvement; 2) After navigation, compared with the non-navigation period, the 50-year return period flood level increases by 0.059–0.251 m under the normalized operation of high water level, and the peak flood occurrence time is 10–40 minutes earlier, which shows that navigation has a certain impact on flood control and discharge.

**Key words:** Xiaoqing River; Navigation; Flow capacity; Design Water Level

小清河是鲁中地区一条集防洪、除涝、灌溉、航运等多种功能为一体的重要河道。2019年,受台风“利奇马”影响,小清河流域发生严重洪涝灾害。为完善小清河流域防洪工程体系,保障干流沿岸防洪安全,山东省开展小清河防洪综合治理工程<sup>[1]</sup>,与小清河复航工程同步实施<sup>[2]</sup>,有效提高了小清河的防洪、除涝、航运能力。工程实施后,河道下垫面发生重大变化,流域内重要水文断面的水位流量关系发生改变,导致河道壅水高度及

过流能力发生变化。在小清河全线通航的背景下,为支撑防汛抢险和调度决策,研究小清河治理后干流现状过流能力,对河道航运及防洪调度、促进地区经济社会可持续发展具有重要意义。

## 1 设计防洪流量下河道行洪能力分析

采用一维恒定非均匀流方法,根据最新实测

收稿日期:2025-04-11

作者简介:于浩(1990—),男,工程师

断面,应用 MIKE11 推求设计防洪流量下现状水面线,通过对比治理后现状水面线与设计水面线的差异,找出原因,分析河道行洪能力。

### 1.1 边界条件

起推水位:小清河 50 年一遇洪水遭遇 20 年一遇汛期最高高潮水位 2.87 m。

河道流量:采用《小清河防洪综合治理工程初步设计报告》设计成果,睦里闸~柴庄闸防洪标准 100 年一遇流量 139~1 133 m<sup>3</sup>/s;柴庄闸以下河道防洪标准 50 年一遇流量 1 050~2 960 m<sup>3</sup>/s。

河道糙率:由于河道下垫面变化剧烈,且无整编完成的水文数据,因此,不再进行实测洪水参数率定,直接采用设计糙率,非感潮河段(30+600~84+500)主槽糙率为 0.025,滩地糙率为 0.04;感潮河段主槽糙率为 0.0225,滩地糙率为 0.035。

### 1.2 治理后水位与设计水位对比分析

治理后现状水面线推算结果与小清河防洪综合治理设计成果对比,如图 1 所示。

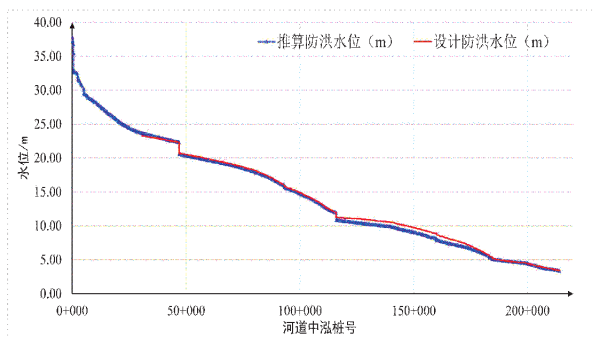


图 1 防洪工况下推算治理后防洪水位与设计防洪水位对比图

1) 济青高速公路桥至柴庄闸(30+600~46+940)段。该段推算水面线基本高于设计防洪水面线,平均差值 0.16 m。究其原因:一是河道过流断面缩小迫使水面线壅高。治理后上游河道部分现状河道断面面积小于设计断面,导致过流断面缩小,使河道防洪水位抬高。二是现状河底高程抬高影响水面线。通过对现状河道复测,对比小清河设计河底高程,43+100 以上段现状河底高程基本高于设计河底高程,差值 0~0.99 m,平均差值约 0.36 m,使水面线抬高。

2) 柴庄闸至金家堰(46+940~116+000)段。柴庄闸至金家堰(46+940~116+000)段推算水位相比设计水位较低,平均差值 0.15 m。经分析:一是港口码头段河道行洪断面扩大影响水面线。柴庄

闸至金家堰(46+940~116+000)段存在 7 处码头作业区,总长度约 4.25 km,作业区段河道行洪断面较上下游断面明显增大,接近下游标准行洪断面的 2 倍,河道流速降低,水面线下降。二是现状河底高程低于设计河底高程影响水面线。通过对现状河道复测,对比小清河设计河底高程,柴庄闸至金家堰(46+940~116+000)段现状河底高程普遍低于设计河底高程,差值 0~0.95 m,平均低 0.39 m,降低了河道推算水面线。

3) 金家堰至王道闸(116+000~184+510)段。金家堰至王道闸(116+000~184+510 段)推算水面线较设计水面线差距较大,水面线呈现中间差值大两端差值小的规律,其中金桥闸闸址(160+000)处水位差异最大,平均低 0.55 m,如图 2 所示。

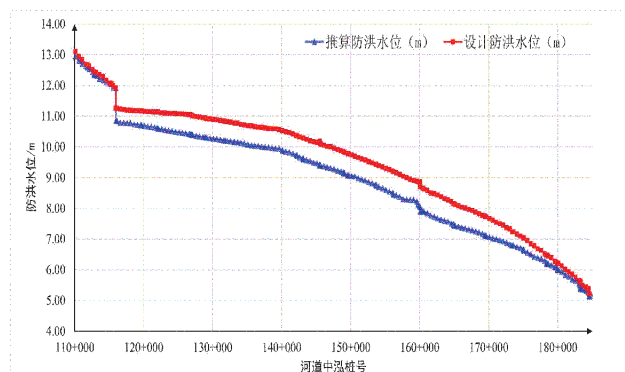


图 2 金家堰至王道闸(116+000~184+510 段)水面线对比

经分析:一是该河段处于沉降区域,现状河底高程普遍低于设计河底,影响推算水面线。通过对比现状测量河底高程与设计河底高程,金家堰至王道闸段现状河底高程普遍低于设计值,其中,柴庄闸至金家堰段河底高程差值 0~1.76 m,平均差 0.25 m,金家堰至金桥闸段河底高程差值 0~1.16 m,平均差 0.30 m,金桥闸至王道闸段河底高程差值 0~1.56 m,平均差 0.50 m,王道闸至芦清沟段河底高程差值 0.06~0.71 m,平均差 0.29 m;此外,通过对比该河段水闸闸底板高程,发现金家堰闸、金桥闸、王道闸现状闸底板高程均低于设计值,其中金家堰闸差值最大为 0.22 m,金桥闸差值为 0.07 m,王道闸段差值 0.04 m,说明该河段存在明显沉降,导致现状河底高程低于设计河底高程,进而降低了推算防洪水位。二是河道行洪断面变化影响推算水面线。受通航工程影响,该河段存在 4 处码头及港口,受影响段长度约 3.7 km。三是现状河道断面大于设计断面。165+

100 段下游现状断面大于设计河道断面, 过流能力大于设计要求。

### 2 设计防洪水位下河道行洪能力分析

按照设计防洪水位作为控制指标, 试算小清河干流(含航道)达到设计防洪水位时的过流流量, 得到断面的行洪能力; 干流(含航道)有滩地的河道, 按照滩地高程作为控制指标, 计算河道主槽过流能力, 以河道设计洪水位为控制水位, 通过加大流量或减少流量, 分段起推设计水面线, 试算达到设计洪水位时的最大过流能力, 试算结果如图 3 所示。

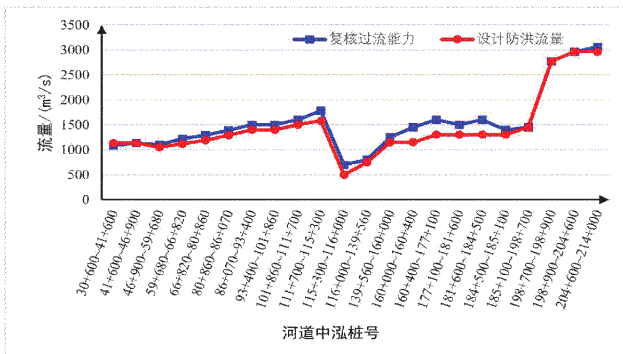


图 3 防洪水位下复核过流流量与设计防洪流量对比图

除柴庄闸以上段中的 30+600~41+600 段最大过流流量小于设计流量, 最大过流能力 1 080 m<sup>3</sup>/s, 为设计的 95%; 其余段基本达到或超过设计流量, 为设计防洪流量的 100%~140%。其中, 金家堰闸上段最大过流能力为 700 m<sup>3</sup>/s, 大于该段的设计防洪流量 500 m<sup>3</sup>/s, 为设计能力的 140%; 金家堰闸至金桥闸段中的 160+000~160+400 段最大流量为 1 450 m<sup>3</sup>/s, 为设计能力的 126%; 金桥闸至王道闸段中的 160+400~177+100 段、181+600~184+500 段最大流量为 1 600 m<sup>3</sup>/s, 为设计能力的 123%。

该计算结果与设计流量下推算防洪水位结论基本一致。即柴庄闸以上段中的 30+600~41+600 段因过流断面小于设计断面及现状河底高程抬高等影响, 计算防洪能力低于设计防洪流量; 而 41+600 段以下因码头处河道断面扩大、非港口段部分河段现状河道断面大于设计断面及部分段处于沉降段等原因, 计算防洪能力普遍等于或超过设计防洪流量。

由此可见, 小清河在设计防洪水位下河道过流能力除 30+600~41+600 段稍有不足外, 其余段

均达到甚至超过设计防洪能力, 说明在小清河综合治理工程实施完毕后, 小清河干流现状过流能力得到显著提升。

### 3 通航对河道行洪能力的影响

#### 3.1 边界条件

采用 MIKE11<sup>[3-4]</sup>模拟河道行洪演进过程, 通过 MIKEzero 中 TimeSeries, 按照黄台桥 2021 年 9 月实测洪水过程同倍比放大得到 50 年一遇洪水过程并建立时间序列文件, 其中小清河黄台桥水文站流量数据和水位数据时间范围为 2021 年 9 月 18 日-27 日, 时间步长选择非等距时间间隔, 分别模拟小清河在通航工况及不通航工况下洪水演进情况, 如图 4~图 7 所示。

模拟河段上边界为 50 年一遇洪水过程和无流量, 下边界为小清河 50 年一遇水位遭遇 20 年一遇汛期高潮水位 2.87 m、设计通航水位, 区间洪水以点源方式加入, 设置在各主要支流汇入口处。

#### 3.2 洪水演进情况

由图 4 可以看出, 通航工况下, 降雨产生的

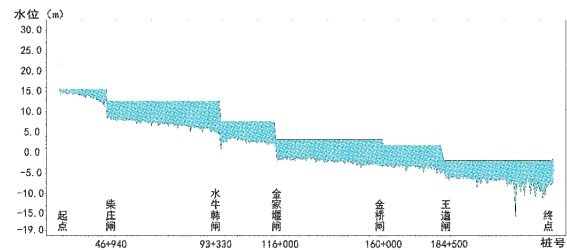


图 4 通航工况河道示意图

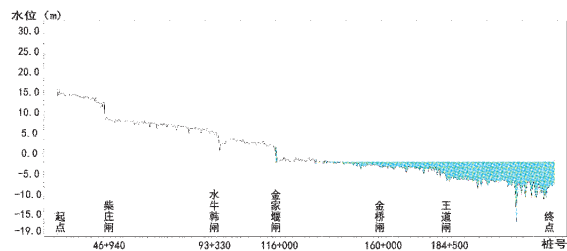


图 5 不通航工况河道示意图

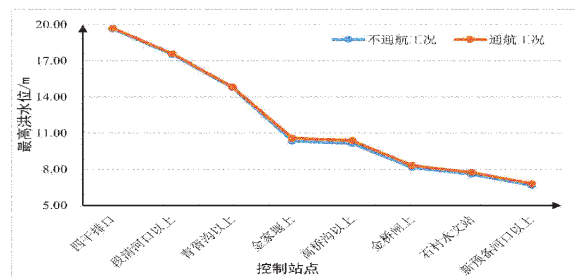


图 6 不同工况下河道最高洪水位

(下转第 31 页)

彻底扭转和解决当前北分水口引水能力明显不足的状况,建议在胶东调水东营北分水口处(胶东调水输水河桩号 50+050)新建泵站,泵室内布设 4 台潜水轴流泵,单泵 3.25 m<sup>3</sup>/s,配套电机功率 250 kW,设计扬程 3.33 m,总装机容量 1 000 kW,恢复工程设计 13 m<sup>3</sup>/s 的引水能力。

### 3.1 能极大增加长江水调引能力

东营市实际可利用水源为黄河水、地表水、地下水等水源。目前,每年调引黄河水量受限,而可调引长江水指标富余,但受北分水口引水能力不足限制,不能充分利用。工程建成后,能恢复北分水口的引水能力,将引水能力提升至 13 m<sup>3</sup>/s,年引水能力由 8 080 万 m<sup>3</sup> 提升至 17 500 万 m<sup>3</sup>,增加 53.9%。足额消纳长江水,能为东营市提供优质水源,补充城市生活用水和工业用水。

### 3.2 能保障中心城区经济社会发展用水需求

随着东营市人口增长与城镇化推进,预计东

营市水资源需求仍将持续增长。加之气候变化和黄河水指标刚性约束,东营市水资源供需矛盾将日趋加剧。水资源短缺已成为制约全市未来经济发展的主要因素之一。建设北分水口提水泵站,将有效解决东营市中心城区供水问题,更好地保障东营市经济社会可持续发展,促进黄河流域生态保护和高质量发展。

### 3.3 能充分利用雨洪水实现水资源有效利用

当小清河分洪道发生洪水时,可以通过北分水口将洪水相机引流至南水北调渠,进而通水至麻湾四干渠和曹店干渠,将雨洪水输送到广南水库沉沙池和广南水库。这不仅有助于保障小清河分洪道周边地区的安全,也有助于提高水资源的利用效率,缓解用水供需矛盾,实现用水成本降低的目标。

(责任编辑 崔春梅)

(上接第 25 页)

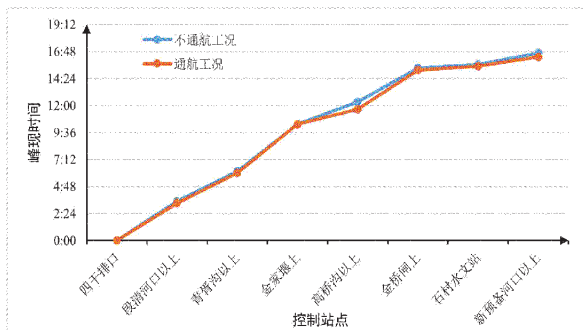


图 7 不同工况下河道最高洪水水位峰现时间

洪水过程叠加上游各河段泄水,使各河段洪水水位抬高,相对于不通航时,各河段洪水水位提高 0.059~0.251 m。相较于不通航工况,通航工况下洪峰出现时间提前 10~40 min,且金家堰闸以下河段受影响更大。

综上,小清河通航后,高水位常态化运行会使其洪水水位相对不通航工况提高,一定程度影响河道洪水下泄,并且峰现时间提前,对小清河防汛抢险和调度有一定影响。

## 4 结论

1) 小清河干流济青高速公路桥至柴庄闸(30+000~46+940)河段因过流断面小于设计断面及现状河底高程抬高等影响,河道推算水面线略

高于设计洪水位;柴庄闸(46+940~214+000)以下段因码头处河道断面扩大、非港口段部分河段现状河道断面大于设计断面及部分段处于沉降段等原因,推算洪水位普遍低于设计洪水位。

2) 小清河在设计防洪水位下河道过流能力除 30+600~41+600 段稍有不足外,其余段均达到甚至超过设计防洪能力,证明工程治理后,小清河干流现状过流能力得到显著提升。

3) 通航工况下洪峰出现时间相较于不通航工况提前 10~40 min,且金家堰闸以下河段受影响更大;小清河通航后,高水位常态化运行对河道行洪有一定影响。

### 参考文献

- [1] 时昀,王毅,纪瑶.小清河防洪综合治理工程取得的成效及建议[J].山东水利,2022(3):7-10.
- [2] 杨涛,鲁庆超,赵鹏.复航工程对小清河防汛工作的影响分析[J].山东水利,2023(4):6-8.
- [3] 徐路全,王志涛.基于 MIKE 模型分析计算洪涝水位[J].河南水利与南水北调,2024,53(11):9-10,19.
- [4] 李晓冰.基于 Mike21 和 HEC-RAS 的河道水面线计算[J].水科学与工程,2024(5):29-31.
- [5] 刘景元,杨帅,祁超祯.小清河博兴段 2022 年“7·13”洪水分析[J].山东水利,2023(9):52-53.
- [6] 刘璐,李一鸣,张涛.起推潮位对小清河水面线计算的影响分析[J].山东水利,2023(3):71-73.

(责任编辑 崔春梅)