

# 永定河“五湖一线”水毁修复防洪工程综合措施研究

时佳

永定河流域投资有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12930

**[摘要]** 永定河是首都的防洪安全屏障、供水河道和水源保护区,其生态环境在维护区域生态平衡、促进生物多样性方面意义重大,在防洪安全方面,对首都稳定运行与可持续发展起着关键作用。本文基于永定河“五湖一线”的水毁现状,分别对河段生态用水供需平衡情况、槽段过流能力及护岸等结构冲刷能力进行分析计算,探究在水毁工程修复过程中如何运用工程措施与生态设计结合的综合策略,实现工程功能恢复与生态环境保护的双重目标,研究成果可为城市防洪与生态修复的关系研究提供参考。

**[关键词]** 永定河; 防洪体系; 生态修复; 河道治理

**中图分类号:** S965.225 **文献标识码:** A

YongdingRiver"FiveLakesandOneLine"WaterDamageRestorationandFloodControlProjectResearch  
ComprehensiveMeasures

Jia Shi

Yongding River Basin Investment Co., Ltd

**[Abstract]** The Yongding River serves as a crucial flood control safety barrier, a water supply channel, and a water source protection area for the capital city. Its ecological environment is of great significance in maintaining regional ecological balance and promoting biodiversity. In terms of flood control safety, it plays a key role in the stable operation and sustainable development of the capital. Based on the current situation of water damage in the "Five Lakes and One Line" of the Yongding River, this paper analyzes and calculates the supply-demand balance of ecological water use in the river section, the flow-carrying capacity of the trough section, and the scouring capacity of structures such as revetments. On this basis, it actively explores how to skillfully apply a comprehensive strategy that combines engineering measures and ecological design in the process of water damage project restoration, striving to achieve the dual goals of restoring engineering functions and protecting the ecological environment. The research results can provide references for the study of the relationship between urban flood control and ecological restoration.

**[Key words]** theYongdingRiver; floodcontrolsystem; ecologicalrestoration; riverregulation

永定河作为北京的母亲,是北京市重要水源地、京西主要排洪河道,同时也是全国四大重点防洪江河之一,对沿河地区经济社会发展具有重大带动作用。2023年7月,受台风“杜苏芮”影响,永定河流域遭遇历史罕见特大暴雨,强降雨落区高度重叠在山区和浅山区,径流汇水形成巨量山洪顺河而下,造成下游“五湖一线”遭受严重损毁。本文以永定河“五湖一线”的水毁修复实践为例,探究在水毁工程修复过程中运用工程措施与生态设计结合的综合策略,实现工程功能恢复与生态环境保护的双重目标。

## 1 “五湖一线”基本情况

作为京西生态屏障,永定河“五湖一线”于2013年实施完成,包括门城湖、莲石湖、园博湖、晓月湖、宛平湖和管线工程,

河段总长度18.4km。“23·7”洪水过后,永定河“五湖一线”岸线受损严重,河道主槽内堆积,严重阻碍行洪。此外,河底护砌和防渗、跌水、护岸和岸坡、岛屿溪流、绿化种植、管线及配套设施等均存在不同程度水毁,后续行洪存在损毁扩大风险。河道的防洪安全受到影响,河道防汛巡护功能丧失,亟待修缮<sup>[1, 2]</sup>。

本文针对“23.7”流域性特大洪水造成的“五湖一线”水毁现状,梳理洪痕线和过洪后河道整体情况,分析河道河形的变化,结合上位规划因势利导优化河道形态,通过工程与非工程的控制手段,统筹设计协调生态、景观、文化等多种功能,在确保河道行洪安全的基础上,更好的发挥经济、社会和生态效果<sup>[3]</sup>。

## 2 “五湖一线”防洪工程措施研究

### 2.1 生态用水供需平衡分析

本工程实施范围内,生态需水量主要包括水体蒸发渗漏水量、绿地灌溉用水量以及道路场地浇洒用水量三部分。考虑国家有关永定河生态补水全年全线有水、流动的目标,永定河平原段生态需水不再单独计算维持水质所需的换水量。

2.1.1蒸发渗漏水量计算。根据相关设计资料,结合实际地质和气象情况计算蒸发渗漏系数。

(1)对于未冲毁保留原减渗材料的河段,根据历年生态补水监测情况以及减渗材料情况,蒸发渗漏系数取2.92cm/d。(2)本次冲毁河段设计50厚堆积土-20厚级配砂砾料石,另覆盖石笼(险工水毁严重区域)的施工方法,蒸发渗漏系数平均7cm/d。(3)园博湖在53.5m高程以下设计减渗措施,53.5m<sup>3</sup>以上渗漏较为严重,根据2023年水毁以来生态补水实际监测情况,集中补水期间运行水位基本稳定在61m以上,蒸发渗漏约15cm/d。据此,在全年有水、流动的情况下,项目实施范围蒸发渗漏损失3.95m<sup>3</sup>/s,年蒸发渗漏水量12448.6万m<sup>3</sup>。上游来水不足的情况下,难以实现全线流动,治理河段主要依靠小红门再生水和建设的再生水循环管线补水,园博湖维持低水位运行。经计算年蒸发渗漏量可减少至15万m<sup>3</sup>/d,依靠小红门再生水及循环管线可基本满足其用水需求。

2.1.2绿地灌溉水量计算。绿地灌溉水量在生长期前三年需灌溉,之后以自然演替为主。根据相关资料枯水年(P=75%)取0.22m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·a),绿化管理天数取195日。经计算,本项目实施范围内绿地灌溉年需水量63.9万m<sup>3</sup>。

2.1.3道路场地浇洒用水计算。本工程道路广场用地8.24hm<sup>2</sup>,采用定额法进行计算。参照《水利部关于印发小麦等十项用水定额的通知》(水节约[2020]9号),道路场地浇洒定额(先进值)取1.5L/(m<sup>2</sup>·d),浇洒天数按照225天计算。经计算,“五湖一线”项目区道路、场地浇洒年用水量2.2万m<sup>3</sup>。

2.1.4总生态环境需水量计算。根据上述分析,为实现治理河段全年有水、全线流动目标,本项目实施范围内河道年生态总需水量12514.8万m<sup>3</sup>。

“23.7”洪水后原“五湖”减渗工程遭受了不同程度破坏,河湖的蒸发渗漏水量有所增加,且为保障大运河通航水量和水质,2023年开始永定需向其输水约1.0亿m<sup>3</sup>,据此,以往方案生态需水量与实际相比偏小,为实现“全线有水且流动”的目标“五湖”需要维持较高的运行水位,需要国家相关部门统筹考虑各类水源,加大官厅水库入库水量,保障河道生态修复目标的实现。

2.2子槽、主槽过流能力的计算与分析

本次洪水,“五湖一线”沿线河道主槽及岛屿岸线受到不同程度水毁,多数表现为岸坡淘刷与岛屿冲毁。在遵循现有冲刷后的岸线走向基础上,特殊区域需对受损严重区段阻水、导水向左的岸线及岛屿,切削清除处理;对局部因跌水导致的包头处冲刷区域回填并理顺岸线。假定不同的底宽、水深、边坡,取实际的糙率,利用曼宁公式计算子槽、主槽过流流量形成计算表,用以对沿线各断面子槽、主槽的过流流量进行核算。

2.3冲刷计算分析

护岸的稳定主要在于基础所达到的深度、坡度能否适应河床冲刷变形,护岸的基础是随着水流的不断冲刷而逐步加固的,冲刷深度计算用于确定工程基础深度是否达到稳定要求。

2.3.1连通建筑物的抗冲刷分析计算。连通建筑物抗冲刷按10年一遇洪水标准设计。10年一遇洪水标准的水流流速1.18m/s~3.32m/s,水深1.6m~2.9m。冲刷深度采用《堤防工程设计规范》(GB50286-2013)附录D中堤岸冲刷深度的计算公式进行计算。

表2.3.1-1冲刷计算结果表

参数名称	中值 粒径 m	近 水 流 水 深 m	泥 沙 的 容 重 kN/m <sup>3</sup>	水 的 容 重 容 重	重 力 加 速 度 m/s <sup>2</sup>	泥 沙 起 动 流 速 m/s	行 近 流 速 m/s	近 岸 垂 线 平 均 流 速 m/s	防 护 岸 坡 在 平 面 上 的	形 状 系 数	局 部 冲 刷 深 度 m
断面1	0.02	1.18	18	10	9.81	0.78	3.32	3.32		0.25	0.51
断面2	0.02	2.9	18	10	9.81	0.89	3.32	3.32		0.25	1.13

据此,冲刷深度计算值为0.50m~2.0m。综合考虑冲深、冻深及结构稳定性、耐久性等要求,冲刷深度取2.0m。

连通建筑物的上下游,采用石笼、细石混凝土石笼灌缝、混凝土防护,防护宽度不小于3倍冲刷深度,特别关注连通建筑物两头连接,做好软硬过渡。

2.3.2连通桥河床冲刷分析计算。护岸结构抗冲刷按10年一遇洪水标准设计,河道下游河床的冲刷深度按下式计算:

$$d_m = 1.1 \frac{q_m}{[v_0]} - h_m$$

上游护底首端的河床冲刷深度按下式计算:

$$d'_m = 1.1 \frac{q'_m}{[v_0]} - h'_m$$

式中:

$d_m$ 、 $d'_m$ ——下、上游河床冲刷深度(m);

$q_m$ 、 $q'_m$ ——下、上游河道单宽流量(m<sup>2</sup>/s);

$[v_0]$ ——河床土质允许不冲流速(m/s);

$h_m$ 、 $h'_m$ ——下、上游河床水深(m)。

表2.3.2-1度计算

河道	下游河 床冲刷 深度 dm	下游河道 单宽流量 qm	下游河 床水深 hm	允许不 冲流速 [vo]	上游河床 冲刷深度 dm'	上游河道 单宽流量 qm'	上游河床水 深 hm'
单位	m	m <sup>2</sup> /s	m	m/s	m	m <sup>2</sup> /s	m
断面1	3.07	5.64	1.70	1.40	289	5.31	1.60
断面2	2.58	5.30	1.90	1.30	2.48	5.30	2.00

据此,下游河床最大冲刷深度为3.07m,上游河床最大冲刷深度为2.89m,设计采用水平防护,上游水平防护6m~10m,下游水平防护10m~20m。水平防护工法均采用厚度为0.3m~0.5m的

石笼结构,或在石笼缝隙辅以细石混凝土加固处理。

2.3.3护岸结构抗冲刷分析计算。护岸结构抗冲刷按10年一遇洪水标准设计。10年一遇洪水标准的水流流速 $1.18\text{m/s}\sim 3.32\text{m/s}$ ,水深 $1.6\text{m}\sim 2.9\text{m}$ 。

本项目的护岸结构采用卵石(块石)护岸、水工砌块护岸、石笼护岸、木桩护岸为基础,结合扦插柳枝护岸、水生植物等植物工法,利用植物根系形成完整的柔性护岸。

根据非粘土渠道的允许不冲流速表(《水力计算手册》,考虑水力半径 $R$ 的影响(10年一遇洪水时河道过水断面的水力半径为 $1.56\sim 2.8$ 之间),选取 $R=2$ , $\alpha=1/4$ ( $R\alpha$ 约为 $1.2$ )进行估算,水深为 $2\text{m}$ 左右时,粒径为 $40\text{mm}\sim 75\text{mm}$ 的大卵石的允许不冲流速为 $2.1\text{m/s}\sim 2.8\text{m/s}$ ,考虑水力半径 $R$ 的影响,修正允许不冲流速为 $2.52\sim 3.36\text{m/s}$ 。因此,上述护岸满足抵抗10年一遇洪水冲刷的要求。卵石(块石)护岸的粒径要求 $\geq 250\text{mm}$ ;砂石混料回填的粒径要求 $\geq 40\text{mm}\sim 75\text{mm}$ ;石笼填充块体的粒径要求 $\geq 100\text{mm}$ 。

#### 2.4植物防护优化设计

针对“五湖一线”水毁现状进行植物防护设计,考虑以草本地被品种为主,灌木为辅,充分考虑韧性植物和乡土植物的应用,以保障河道行洪安全、提升植物防护功能为本,以北京节水耐旱的植物品种为基底,发挥植物水土保持、固土护岸的作用<sup>[4,5]</sup>。其中,对于五湖中鸟类栖息较多的区域,设计采用丰富的食蜜源植物,修复鸟类栖息环境,提高物种多样性;此外灌草植物组合可以发挥隔离防护的作用,促进生态和科普功能融合。

绿化设计标准采用“一、三、五、十”原则,根据不同的水位情况采用不同的植被:

(1)浅水湾区域:种植水生湿生植物为主,形成生态护岸。  
(2)1~3年洪水水位:以草本地被、湿生和水生植物为主,形成干湿交替的滩地防护体系;使用乡土品种,采用草本混播+固滩分栽+隔离防护形式。  
(3)3~5年洪水水位:以草本植物点缀灌木为主,灌木多用扦插,比例为 $8:2$ 。  
(4)5~10年洪水水位:以草本和灌木组团为主,比例为 $7:3\sim 6:4$ 。  
(5)10年以上洪水水位,以现状保留乔木搭配草本地被和灌木。

### 3 “五湖一线”工程综合效益分析

#### 3.1建设项目对河道行洪能力影响分析

本工程通过拆除堵点,扩大主槽,降低滩地,优化植物防护设计,对永定河的行洪断面、河道糙率产生影响,进而影响河道洪水水位。采用HEC-RAS水动力学软件进行水面线计算。计算模型根据现有的河道资料,采用二维恒定非均匀流的计算方法进行洪水水位推求。通过计算分析,五湖水毁修复后,100年一遇、200年一遇、可能最大洪水3种工况下,分别降低水位 $0.09\text{m}$ 、 $0.09\text{m}$ 、 $0.08\text{m}$ ,有利于河道安全。

工程实施后,通过滩地平整、河道修复、重建管理服务设施

等综合措施,疏通河道、恢复河道防洪排水能力,使建设河段恢复达到原有规划防洪标准,保障母亲河的防洪排涝安全,筑牢永定河防洪排涝生命线,增强河道应对突发事件的能力,确保建设河段今后的度汛安全,进而减免由于洪涝灾害给当地社会、人民造成的生命财产损失,以及因此对社会生产、生活带来的不利影响和生态环境恶化等问题,防洪效益明显。

#### 3.2环境效益

永定河作为北京重要的水源涵养区、生态屏障兼具景观河道功能。受“23.7”特大洪水影响,现状永定河河岸破败、布满垃圾、满目疮痍。工程实施后通过水毁修复,恢复河流形态,在保障防洪安全的前提下,恢复完善堤防-滩地-河床生态系统,构建稳定的生态空间结构。可实现河岸环境的绿化、美化,丰富河道内外植被建设,还原自然风貌,恢复提高河道的生态功能,维系流域的良性健康可持续发展,生态环境效益显著。

#### 3.3社会效益

工程的实施,是落实中共中央关于防汛抗洪救灾和灾后恢复重建的首要任务,全面做好灾后恢复重建工作的积极响应,是消除洪灾影响,保障河道安全,降低因洪涝灾害带来的社会恐慌,提升人民安全感的重要举措,社会效益明显。

### 4 结语

针对永定河“五湖一线”现状及“23·7”特大洪水水毁情况,分别对河段生态用水供需平衡情况、槽段过流能力及护岸等结构冲刷能力进行分析计算,提出工程与生态治理相结合的综合治理措施。经评估计算,五湖水毁修复后,100年一遇、200年一遇、可能最大洪水3种工况下,分别降低水位 $0.09\text{m}$ 、 $0.09\text{m}$ 、 $0.08\text{m}$ ,有利于河道安全,提升河流韧性,研究结果可为城市防洪和生态修复提供参考。

#### [参考文献]

- [1]刘军梅,杨毅,郭金燕,等.海河“23·7”流域性特大洪水北京市永定河洪水调查分析及对设计洪水的建议[J].中国防汛抗旱,2024,34(1):52-57,63.
- [2]姚文广.抗御海河“23·7”流域性特大洪水的实践启示和检视思考[J].中国水利,2023(18):1-4.
- [3]朱丽向.对城市河道治理规划问题的探讨[J].水利规划与设计,2009,(02):6-7+66.
- [4]张建云.永定河绿色生态发展长效机制思考与建议[J].中国水利,2021(1):11.
- [5]潘安君.永定河“以水开路、用水引路”生态补水探索[J].北京水务,2020(3):14.

#### 作者简介:

时佳(1993-),女,满族,河北省保定市人,硕士研究生,工程师,主要从事水利规划与设计工作。