

永定河(北京段)河流廊道生态修复技术——

借“自然之力”复苏永定河

□李卢伟 轩玮

这是永定河治理史上值得铭记的一天——

2021年9月27日,随着屈家店枢纽开闸,一路欢快的水头冲出闸口,汇入永定新河奔流入海,永定河实现历史性全线通水。

无水不成河,河流的生命在于流动。身处水资源极度短缺且与经济社会发展博弈最激烈的海河流域,如果说这条断流长达数十年河流“复活”并非一件容易的事,那么让水流经沙化严重且分布大型砂石坑的河床,避免任何大规模的人工措施仍能贯通河道,不得不可谓难上加难。

科技决策的背后离不开有力的科技支撑。中国水利水电科学研究院水生态环境研究所开展了为期3年的国家水专项“永定河(北京段)河流廊道生态修复技术与示范”(2018ZX07101005)课题研究,通过一系列科技攻关助力永定河全线通水,实现“流动的河、绿色的河、清洁的河、安全的河”目标。

理念之变:
人工引导,自然发育

——打破思维惯性,遵循自然规律,实现用生态的办法解决生态问题

“永定河出西山,碧水环绕北京湾。”数百万年前,永定河奔出太行山,从黄土高原冲刷而来的泥沙沉积形成北京小平原,由此成为北京的母亲河。历史上,永定河谷幽深、森林茂密、河水清澈见底,同时水量充沛、洪涝灾害频发。然而20世纪六七十年代,由于连年干旱、人类活动等原因,永定河走向另一极端:水量逐渐减少至断流干涸,河床裸露、黄沙遍布,一度成为城市的伤疤。

拯救永定河,一系列行动陆续开展。尤其随着京津冀协同发展国家重大战略深入实施,作为“六河五湖”重要河流之一,永定河治理提上重要日程。2016年,国家发展改革委、水利部、国家林业局联合印发《永定河综合治理与生态修复总体方案》,提出5至10年时间,逐步恢复永定河生态系统,将永定河打造为贯通京津冀晋的绿色生态廊道。

把脉问诊,精准施策。课题组把全长170公里的永定河北京段分为山峡段(幽州入境至三家店拦河闸)、平原北段(三家店至宛平湖末端)和平原南段(宛平湖末端至崔指挥营市界)。“实现‘流动的河’,关键难点在于平原南段”,在课题组看来,“山峡段人类活动较少,自然生态环境较好;平原北段由于前期生态修复工程已形成典型城市生态河流,生态环境得到改善;而平原南段长期断流干涸且为地上悬河,河道形态走势不定,没有明显主流,滩地内还种有大量树木,河床沙化严重、渗透性强,大量采砂导致河道内沟壑遍布,分布有10处大型裸露的砂石坑。”

极度缺水的流域、严重沙化的河床,如何修复治理?经济社会发展需要水,生态水量不可能无限供给,而有限水量条件下,如何让水头走得更远?衬砌河道,不生态;不衬砌河道,就意味着从上游或外流域费尽周折协调挤出的生态水量将悄然流入地下,无法形成有效水面,难以快速贯通河流。此外,如何形成与“流动的河”相适应的河流廊道形态也是难题,人工营造河流主槽,让河水循“道”而下,则对河流有束缚,不自然,也不能很好地发挥河流廊道功能;任由水流在长期干涸河道中肆意流淌,则可能导致河流形态走势不定。

看似简单的选择题,既有经济社会发展与水生态保护的博弈,也有打破惯性思维、转变治理方式后的不确定性,这背后都需要用科学支撑决策。

课题组坚持尊重自然、顺应自然,提出“人工引导、自然发育、自然演替”的“人工诱导河流形态重构”解决思路,开展实地勘察、数值模拟、物理模型试验与生态补水过程全要素监测等方面的系统研究,提出支持“以水开路、用水引路”的沙质河道生态修复技术方案建议,推动河道地貌形态和生态环境的自然

恢复。“无为而治”,正是课题组水系治理蕴含的哲学思想和科学理念。

生态补水:
以水带绿,连山通海

——以史为鉴细化生态治理目标,科学核算生态水量,优化生态补水方案,实现生态补水综合效益最大化

“流动的河、绿色的河、清洁的河、安全的河”是总体方案中确定的治理目标。如何让这一目标决策落地实践?永定河生态恢复应该“恢复”成什么样?课题组决定从历史中探寻答案。

从远古流来的永定河,有过多个曾用名,浴水、合水、桑干河、高粱河、小黄河、浑河、卢沟河……不同的名字映射出永定河历史变迁。在图书馆查阅文献、从水利年鉴寻找线索……课题组总结分析大量历史资料分析水资源现状与河流廊道现状特点,将目光瞄准到一个关键时段:20世纪60年代。“这个年代,永定河还是流动的河,作为恢复中长期目标可达性强、接受程度高,而且用遥感影像便于提取大量信息进行溯源分析。”课题组介绍。

保障生态用水是恢复河流生态功能、打造河流生态廊道的关键因素,科学确定生态水量是一个复杂的问题。“复苏一条真正的河流,不仅包括河道流动的水,还需要考虑河里的鱼、岸边的树、河边滩地、入海水量、脉冲方案。”课题组介绍道。

大河汤汤,在奔腾中潜藏着对自然万物的温柔。课题组根据流域地形、水气象、植被、土壤侵蚀等陆生生态特征数据分析,构建了生态流量管理分区、生态保护目标分类、不同水期及水平年分期和执行程度预警分级的“四分”生态环境流量标准计算方法,提出了各分区控制断面的近期、远期生态流量阈值和组分,制定山区段上下游协调、三生用水基本协调的生态流量标准方案。

确定了生态水量,那么这些水从哪里来?如何给出永定河生态水量调度的“最优解”?课题组建立了流域水量统一优化配置技术体系与水资源优化配置模型,提出不同水平年保障河道基本生态需水的水资源配置方案。结合永定河实际来水与生态补水条件,课题组构建生态调度模型,提高生态补水效率效益,支撑永定河年度生态水量调度。



永定河生态补水时白鹭鸳鸯爱

覃世明 摄

课题组认为,参考历史自然水文学节律,生态补水可按春秋两个流量峰值特征优化配置生态流量的年度过程,实现主要月份水流贯通。自2019年开始,永定河生态补水陆续开展,课题组及时进行全过程水质水量生态多要素、地表地下同步的跟踪监测分析,形成一系列研究成果。比如提出春季补水0.7亿立方米水头推进更远的建议;再如建议设置380立方米每秒脉冲流量,有利于“以水带绿”增加河道及河岸带宽度,可适度冲刷下切河床,使后期较小流量被束缚在河槽中,减少蒸发渗漏损失,连续5~10天以120立方米每秒大流量补水可使平原南段水头推进速度更快,有利于实现更长河段“绿带”。

初发芙蓉:
再造景观,提升功能

——构建河流廊道景观单元优化配置的总体规划方案,提升河流廊道生态功能,促进生物多样性恢复

课题组通过对1967年河流廊道卫星影像的解译和统计分析发现,与断流前相比,2018年河流廊道中边滩、江心洲及水体面积降幅分别高达98.65%、99.15%及85.25%。关键景观单元地消失,严重削弱了河流廊道的生态功能。

关键景观的恢复迫在眉睫。课题组坚持“人工引导、自然发育、自然演替”的基本思路,参照1967年研究提出了沙质断流区河流廊道景观单元优化配置的总体规划方案。课题组解释:“这个方案就像一张城市规划图,确定什么位置形成什么景观单元,发挥什么生态功能。”

课题组认为,在保障贯通的前提下,纵向上要充分利用沿线现状砂石坑及低洼地,使河槽形成深湖和浅槽、滩地交错连续结构;横向上从外侧向内初步规划为“乡土堤林过渡带-多级滩地-近自然化河槽-自然化河心洲”的整体结构。

生物栖息地修复重要性不言而喻。永定河生态补水既有小流量的常态补水,也有大流量的脉冲补水。小流量常态补水时,砂石坑将形成准静水的湖泊环境;大流量脉冲补水时则恢复河流状态。因此课题组建议,构建适应湖-河相位变化的、包括挺水-浮水-沉水植物

的复合植被群落。

清水碧波,湖榭厅里,爽朗秀秀的莲石湖公园已然成为北京市民的网红打卡地。早在2009年,为整治干涸断流的永定河,全长18.4公里永定河“五湖一线”生态修复工程启动并于4年后顺利建成,营造出溪流、湖泊与湿地连通的河流生态系统。但不容忽视的是,在小流量常规模补水时,准静水的湖泊易引发蓝藻等水质污染。课题组专门针对景观蓄水河段生态功能提升,开展关键技术研究与示范研究。

从人工景观水体水文、水动力、水质与水生群落的生态响应关系出发,课题组提出了人工景观水体生态功能优化提升方案,建设景观缓滞水体生态功能提升示范工程,打出一套景观蓄水河段生态功能提升的组合拳。“水下森林”正是其中关键技术之一。“采用立体修复,重构水下森林,通过一系列植物组合,实现自然演替,确保每个月份都是某些类植物的旺盛生长期,吸收水中的氮磷,预防水华暴发。”课题组介绍。

在水质综合毒性生物预警和多参数化学指标实时监测技术与设备基础上,集成了信息采集、传输和远程控制等硬件系统,课题组构建了基于水华生物预警技术的水华多参数综合集成水质在线监测预警系统,确定了LSC-1、SW1-65等三种生物抑藻剂的除藻效果、投加时机、投加量。多种技术综合运用下,水华暴发风险大大降低。

地下水作为永定河生态系统的最后一环,实施生态补水是否会地下水系统造成安全隐患?再生水的渗入是否会影响到地下水的品质?为解决生态补水的后顾之忧,也为保障未来地下水环境及城市安全,课题组进行相关探究。研究结果表明,永定河生态补水有利于周边地下水水位的抬升,进而对缓解或抑制地面沉降有积极作用,有利于维护城市地质环境安全。

“青山绿水万家邻,一井川原画障新。”对永定河(北京段)河流廊道的综合生态修复,将使永定河恢复生机与活力,尽早实现“流动、绿色、清洁、安全”的目标要求。

备注:基金项目是指国家水体污染控制与治理科技重大专项课题“永定河(北京段)河流廊道生态修复技术与示范”(2018ZX07101005)



平原南段效果图

永定河独立课题组供图



北京门头沟三家店水库

覃世明 摄

覃世明 摄