

青岛张村河(崂山段)高差悬殊河道拦蓄水坝与生态调控技术实践研究

郑传海

(上海市园林工程有限公司, 上海市 200083)

摘要: 高差悬殊的季节性河流普遍存在非汛期基流严重短缺、河道断流频发的问题,传统硬质截流工程易割裂河道水文连通性、破坏滨水生态生境。针对上述治理痛点,以青岛张村河(崂山段)生态治理工程为研究实例,提出适配季节性河道的拦蓄水坝与生态蓄水协同调控技术。通过系统剖析河道不同区段水动力演变特性、水文节律及地形高差特征,构建多维度一体化生态蓄水调控体系,搭配多级滨水植被空间涵养空间,强化水土保持与水源调蓄能力。工程实践表明,该技术体系可有效解决非汛期河道缺水断流难题,维系河道常态化稳定生态水面,修复河道自然生态肌理,为国内同类高差悬殊型季节性城市河流的生态治理、水文修复及滨水空间提质提供可靠的工程参考与技术借鉴。

关键词: 高差;河道;拦蓄水坝;生态蓄水;协同调控;季节性河流

中图分类号: TV8

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0232-05

Practical Research on River Retaining Dam and Ecological Regulation Technology of Zhangcun River (Laoshan Section) with Drastic Elevation Difference in Qingdao

ZHENG Chuanhai

(Shanghai Landscape Architecture Construction Co., Ltd., Shanghai 200083, China)

Abstract: Seasonal rivers with drastic elevation differences commonly suffer from severe baseflow shortages and frequent river channel desiccation during non-flood seasons. Traditional hard diversion projects are prone to disrupting the hydrological connectivity of river channels and damaging the ecological habitats along the water. Aiming at the above treatment bottlenecks, taking the Qingdao Zhangcun River (Laoshan Section) Ecological Restoration Project as a research example, a coordinated regulation technology for retaining dams and ecological water storage suitable for seasonal river channels is proposed. By systematically analyzing the hydrodynamic evolution, hydrological regimes and topographic elevation variation characteristics across different river reaches, a multi-dimensional integrated ecological water storage regulation system is established, and the multi-level waterfront vegetation space for conservation is supplemented to enhance the capacity for soil and water conservation and water source regulation and storage. The engineering practice shows that this technical system can effectively solve the problem of water shortage and water drying in rivers during non-flood seasons, maintain the regular and stable ecological water surface of the river and restore the natural ecological texture of the river, which provides reliable engineering references and technical guidance for the ecological governance, hydrological restoration and waterfront spaces improvement of similar seasonal urban rivers with drastic elevation differences in China.

Keywords: elevation difference; river channel; retaining dam; ecological water storage; coordinated regulation; seasonal river

0 引言

北方季节性河流普遍面临径流时空分布不均、

河道纵比降大等问题,导致非汛期生态基流严重匮乏^[1]。传统治理中,单一拦蓄水坝往往难以兼顾水位落差与整体生态需求,易引发局部断流和湿地退化。如何在保障防洪安全的前提下,维持高差悬殊河段的常态化生态水位,是当前城市滨水空间治理亟待破解的难题^[2]。本文以青岛市张村河(崂山段)

收稿日期: 2026-05-12

作者简介: 郑传海(1985—),男,本科,工程师,从事水利工程项目管理工作。

综合治理工程为例,剖析其水动力特性,提出拦蓄水坝与生态蓄水协同调控技术,以期同类高差悬殊的季节性河道治理提供工程参考。

1 工程概况

张村河(崂山段)综合治理工程位于青岛市崂山区,东起峪乔水库,西至黑龙江中路,主河道全长约17.9 km,流域面积约54 km²。该河道属于北方典型的季节性河流。流域内地势起伏剧烈,最高处海拔123.3 m,最低处仅8.21 m,自然高差达110 m,河床纵比降为0.67%。受地形与降雨特征影响,河道径流分布极不均衡,非汛期水量稀少且河滩大面积裸露,汛期则水量剧增。

此外,现状河段内建有18处混凝土坝与橡胶坝,拦蓄方式相对传统单一,导致局部形成静水面,而多数河段因缺水干涸,水动力条件较差。本文工程以青银高速至松岭路段为核心治理区,旨在满足100年一遇防洪标准的基础上,针对高差大、流速快等水动力难点,探索拦蓄水坝与生态系统协同调控的综合治理路径。

2 高差悬殊河段水动力特性与调控难点分析

2.1 纵比降大对水流与蓄水的影响

张村河河床比降达0.67%,这一显著的纵向坡度导致汛期洪水汇聚迅速且沿程流速极快,对河床及驳岸的冲刷破坏力成倍增加,给拦蓄水坝的抗冲刷设计与结构稳定性带来严峻考验。同时,超110m的天然落差使得常态化蓄水难以有效留存,水流势能大,导致非汛期河滩大面积裸露干涸。此外,在分段蓄水模式下,蓄水段与非蓄水段的交界处水力衔接极为复杂。高差导致的跌水效应与流态急剧变化,不仅容易阻断上下游的生态连通性,更会在行洪期间引发局部剧烈紊流与壅水,极大增加了全线水位平稳过渡与协同调控的技术难度^[3]。

2.2 季节性径流变化对生态水位的制约

张村河为典型北方季节性河流,降水年内分配极度不均。长达数月的非汛期天然来水锐减,河槽内仅存微弱径流,导致大片河滩常态化裸露干涸。在此水文节律下,河道天然生态基流严重匮乏,难以自发维持水生群落所需的基本水位底线。

同时,剧烈波动的径流与既有拦蓄设施间存在显著矛盾。现状多依赖混凝土坝或橡胶坝进行粗放截流,这种单一阻水方式在枯水期彻底切断了水体

的纵向连通。蓄水仅能在坝前形成局部静水死区,其余多数河段则因上游拦断而干涸。这种缺乏动态调配的传统手段,无法统筹时空水资源分布,难以满足河道全线全年的连续生态需水,严重制约了生境连通性与水生态系统的整体修复。

2.3 现状设施与生态目标的矛盾

张村河内现状建有18处混凝土坝与橡胶坝,这些传统设施与打造“多自然弹性河道”的总体生态目标存在显著冲突。

首先,现有闸坝运行模式固化,缺乏适应季节波动的动态调控机制。粗放截流导致坝前形成缺乏水动力的静水区,而其余多数河段则因水源切断长期干涸裸露。这种物理隔断破坏了水系纵向连通性,阻碍水体交换,直接引发原生湿地萎缩及底栖生物生境退化。

其次,现状河道中占比达72%的硬质驳岸与静态坝体叠加,极大削弱了河道水陆交错带的弹性调节能力。面对高差悬殊且汛枯急转的水文基底,传统的单一拦水手段无法灵活兼顾汛期快速行洪与非汛期生态水位的维系,难以支撑水城融合的现代滨水空间需求,建立水利构筑物与生态系统协同的动态调控体系势在必行。

3 拦蓄水坝优化布局与结构设计

3.1 分段蓄水策略

针对张村河超110 m的天然高差与常态化缺水特征,本工程摒弃了全线筑坝壅水的传统治理思路,提出因地制宜的“分段蓄水”空间管控策略,如图1所示。依据河道纵断面标高变化及沿线城市功能定位,将主河道科学划分为蓄水段与非蓄水段,实行差异化水面调控^[4]。

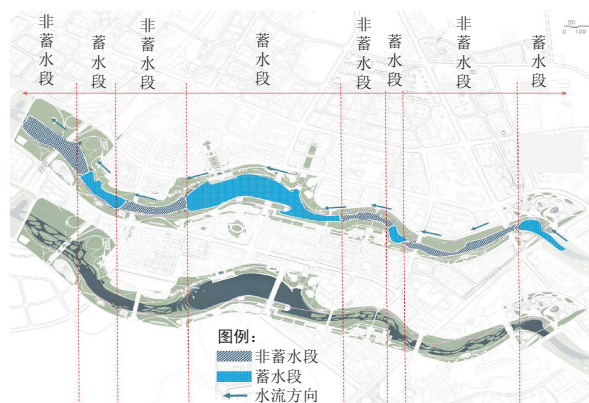


图1 分段蓄水策略示意图

蓄水段重点布局于青银高速至松岭路的核心功能区。该区段周边汇聚高密度科创园区与商业节点,通过优化设置拦水设施适度抬高水位,形成开阔连贯的中央水面。此举旨在强化水体与周边地标建筑集群的视觉呼应,突出现代都市滨水风光,打造高活力的城市中央会客厅与滨水空间^[5]。蓄水段效果如图2所示。



图2 蓄水段效果图

非蓄水段则顺应季节性河流的自然水文节律,大幅减少人为筑坝干预。该区段不再盲目维持大面积静态水域,而是依托天然河槽底坡,以浅滩湿地和滨水草甸为主要生境载体。这种处理方式有效缩减了无效的水面蒸发,降低了沿线生态补水压力与工程投资成本;同时在常水位期间释放出宽阔的生态腹地。通过收放有致的分段管控,全线构建了“蓄水段彰显都市风光、非蓄水段回归生态自然”的弹性多自然河道格局(见图3)^[6]。

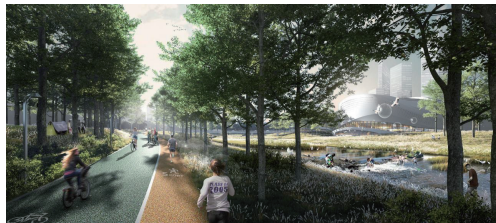


图3 非蓄水段效果

3.2 拦蓄水坝结构优化

针对张村河河床比降大、水流势能强的特点,本工程对拦蓄设施进行了结构性优化,改变了传统高坝截流的硬化模式。

首先,引入迷宫堰及分级低矮溢流坝作为主要拦蓄形式(见图4)。迷宫堰通过折线形布置增长了堰顶溢流周长,在相同过流宽度下具备更强的泄流能力,能有效降低汛期坝前水位抬升高^[7]。这种低矮的坝体设计既保证了常水位下形成稳定的水面,又减小了对河床纵向连通性的物理阻隔,有利于水体交换与底栖生境的迁徙。

其次,强调水陆构筑物的协同联动。设计方案中,拦蓄设施不再孤立存在,而是与跨河桥梁、滨水生态环境深度融合。以科苑经七路大跨度拉索拱桥



图4 迷宫堰及分级低矮溢流坝示意图

为例,其桥梁跨度有效避开了河道大水面,为下方拦蓄设施留出了充足的水力调控空间。通过这种“桥坝一体”的空间组合,利用桥梁投影和台阶对坝体进行视觉消隐,将刚性的拦水设施转化为具有层次感的阶梯状生态跌水^[8]。

此外,在坝体材料上,局部采用石阵驳岸与块石生态固滩技术(见图5),增加过流表面的粗糙度,以此消减高落差带来的水流动能,防止下游河床被掏刷。这种结构优化不仅提升了河道对自然高差的适应性,更实现了水利工程功能性与生态性的有机统一。



图5 石阵驳岸与块石生态固滩效果示意图

3.3 与洪水位的协调设计

高差悬殊河道的拦蓄设施需兼顾非汛期蓄水与汛期行洪压力。本工程将张村河干流防洪标准定为100年一遇,堤防级别为1级。为化解拦水体量与快速泄洪的矛盾,技术方案采取了弹性淹没与竖向避险协同的设计策略^[9]。

(1)依据水面线推算成果,精准划定常水位、50年一遇及100年一遇的洪水位标高。在竖向空间管控上,将节点、配套服务用房等重要构筑物及硬件设施统一布置于50年一遇洪水位以上的安全高程。此举大幅降低了中高频次洪水对基建设备的冲毁风险,在源头上确保了沿线运维资产的安全。

(2)贯彻“以水适应河道”的多自然弹性设计理念。对于50年一遇水位线以下的近水滨水区,主动退让出行洪通道,主要覆以浅滩湿地与滨水草甸等柔性植被,洪水来临时允许这些河滩被自然淹没。这种处理方式有效扩充了极限工况下的泄洪断面,进而削减了洪峰波及的动能破坏。

(3)通过优化堰体线型及增强基底锚固,全面强化了主河床内拦蓄水坝的抗冲刷与防掏刷性能,切实保障其在承受100年一遇设计洪峰流量时的本体结构安全。该高程分级与水利调控的协调机制,有效实现了防洪排涝底线与城市生态环境的长期共生。

4 生态蓄水协同调控技术体系

4.1 中水补水系统构建

针对张村河非汛期长达数月天然来水匮乏、河槽极易干涸的现实困境,构建稳定可靠的外部水源补给机制是维持常态化生态水位的核心前提^[10]。本工程突破了依赖自然降水与地表径流的被动局面,将城市中水作为河道生态基流的保障水源,构建了逆向调配的生态补水系统。中水补水系统管线走向与梯级调配如图6所示。

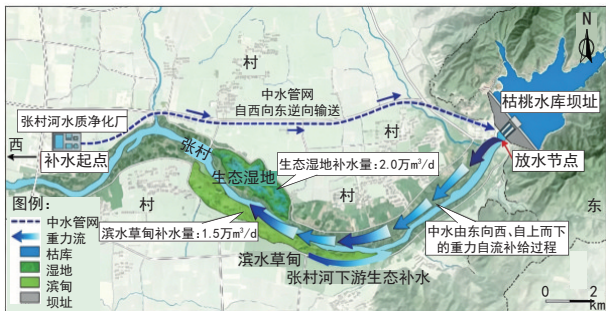


图6 中水补水系统管线走向与梯级调配示意图

系统的主水源依托位于青银高速西侧北岸的张村河水质净化厂。该厂现状日出水量为3.3万t,远期(2024年前)规划提升至每天4万t。尾水经深度净化工艺处理后,出水水质可稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的IV类标准^[11],符合河道需求及生态补水的安全要求。

在工程空间布设上,沿河道走向专线敷设了中水回用管线。通过增压泵站,将处于下游的水质净化厂中水逆势泵送至上游的原枯桃水库坝址处,随后顺天然河床底坡向下游自流补给。经水量平衡测算,该管网系统设计最小出水量为0.7万t/d,可实现年均最小供水量252万m³。这一规模精准填补了枯水期的水量缺口,不仅满足了下游河道常态化换水与湿地群的水体循环,同时为沿岸激增的驳岸绿化与生态草甸提供了充足的灌溉用水,真正实现了水资源的高效循环利用与生态反哺。

4.2 多级湿地与生态蓄水调控

除了依靠外部中水补给,提升河道自身的生境

蓄水与自净能力是实现常态化生态水位的内在保障^[12]。针对张村河水流汇聚快、枯水期蒸发量大的特征,本研究打破了传统硬质河槽的单一空间格局,依托河道天然的横向高差,因地制宜地构建了多级、多类型的生态蓄水单元。“湿地—草甸—林地”多级生态蓄水调控剖面如图7所示。

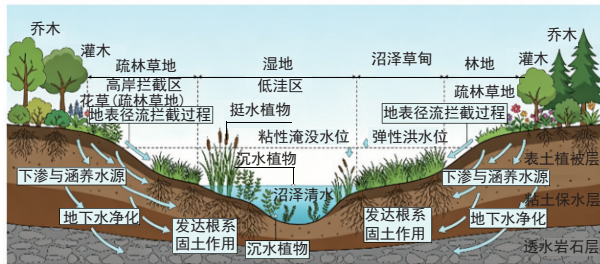


图7 “湿地—草甸—林地”多级生态蓄水调控剖面示意图

在具体空间布局上,遵循近自然水文演替规律,自水体中心向两岸高地呈梯度展布。首先,在常水位线附近的浅水区及滩地,高密度营建生态湿地。通过合理搭配挺水、浮叶与沉水植物,形成根系交错的湿地斑块。这些斑块不仅能有效增加床面糙率、消减径流动能并延长水体停留时间,还能发挥强大的生物过滤作用,降解水体富营养化物质^[13]。

其次,在水位波动较频繁的缓坡过渡带,规模化铺设沼泽草甸。该区域精选耐水湿、抗冲刷能力强的本土禾本科观赏草类,打造出极具弹性的海绵载体。在汛期,草甸可承受短时洪水淹没而不致退化;在非汛期,其繁茂的地上茎叶能显著削弱地表风速,降低土壤水分蒸发,地下须根系则如微型水库般牢牢锁住壤中流。

最后,在洪水位以上的高位驳岸及滨水腹地,配置疏林草花。以深根系的中生或慢生乔木为主体,林下套种乡土农作或地被花卉,形成近自然的林地生境。这种“湿地—草甸—林地”的三维立体协同蓄水系统,通过不同标高植被的层层截留与涵养,将线性的水流转化为面状的生态水网。该体系不仅成倍放大了河道的物理调蓄库容,显著增强了水体自净本领,更为底栖生物与两栖动物提供了丰富的庇护所,实现了泥沙控制、水质净化与生物多样性恢复的深度统一^[14]。

4.3 水-城协同的生态融合

在解决高差悬殊河段的调控技术后,本工程进一步探索了水利设施与城市公共空间的深度耦合。针对张村河(崂山段)两岸高密度的城市开发,设计不再将河道视为孤立的行洪通道,而是通过“水-城”

功能互补实现协同^[15]。

第一是进行弹性驳岸改造。利用梯级蓄水形成的标高差,设计了多层级亲水平台(见图8)。低位平台紧邻生态湿地,通过栈道系统将科研办公人群引向自然;高位平台则结合城市道路,设置活力商街与文化广场。这种垂直分布的空间逻辑,使得河道在承受水位波动的周期性变化时,始终能保留一部分可供市民活动的干区。



图8 亲水平台效果示意图

第二是进行基础设施整合。将分段蓄水的拦蓄堰坝与城市慢行系统结合,利用堰顶加宽形成跨河步道(见图9),既节省了单独建设人行桥的成本,又创造了独特的跌水观赏位。同时,将中水补水管线的末端出水口转化为喷泉或阶梯流泉,让枯水期的补水过程也成为城市的一部分。

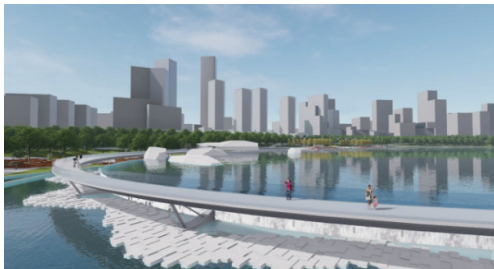


图9 跨河步道效果图

通过这种协同方式,河道从单一的生态基底转化为带动周边区域经济与社会活力的城市蓝绿核心,真正实现了技术调控与城市生活的有机融合。

5 结 语

本文以张村河(崂山段)综合治理工程为例,针对高差悬殊季节性河流的水动力特性与治理难点,提出了拦蓄水坝与生态蓄水协同调控技术,得到以下结论:

(1)通过实施“分段蓄水”策略与低矮堰坝(如迷宫堰)结构优化,有效化解了纵比降大带来的防洪与

蓄水矛盾,在保障结构抗冲刷安全的同时,最大限度维持了河道的纵向连通性。

(2)通过构建中水逆向调配补水系统,突破了北方季节性河流非汛期天然来水匮乏的瓶颈,为维持全线常态化生态水位提供了稳定可靠的外部基流保障。

(3)通过打造“湿地—草甸—林地”多级生态体系及弹性亲水空间,成倍放大了河道的物理调蓄库容与自净能力,实现了水利构筑物、自然生境与城市滨水活力的深度耦合。

本协同调控体系可为同类高差悬殊的季节性城市河道治理提供具有实践价值的工程参考。

参考文献:

- [1] 杨勇.北方典型季节性河流治理方案研究[J].农业与技术,2023,43(2):94-98.
- [2] 陈琛,孙莺沙,周亚鸣,等.基于栖息地适宜性评估模型的梯级蓄水闸坝蓄水方案研究[J].中国农村水利水电,2026(1):73-80.
- [3] 陈鹏,黎光和,贾强,等.潮白河生态补水的分段河道蓄水与渗漏模拟分析[J].北京水务,2021(6):31-36.
- [4] 高莹.利用迷宫堰进行隧洞内配水的研究[J].东北水利水电,2024,42(4):6-8;71.
- [5] 朱玉珍.拦河蓄水建筑物型式选择与布置研究[J].治淮,2025(8):49-51.
- [6] 张新铭,唐立模,万扬,等.赣江尾间多级分汊河道水动力空间优化研究[J].水利水电技术(中英文),2025,56(8):131-148.
- [7] 耿毅.虎峪河上游河道生态修复设计研究[J].水利技术监督,2024(7):293-297.
- [8] 解丹丹,陈诗怡.基于丝路文化的洛河中下游河段滨水景观设计[J].许昌学院学报,2026,45(2):27-31.
- [9] 何利聪,王东伟,周彦锋,等.怀洪新河蓄水性河段浮游植物功能群演替及水生态评价[J].生态与农村环境学报,2024,40(8):1059-1069.
- [10] 李家东,田开迪,姜广艳,等.黑河黄藏寺水利枢纽建设阶段水生态保护措施优化研究[J].人民黄河,2023,45(11):118-121;127.
- [11] 张开航.修订地表水环境质量标准GB3838探讨[J].中国标准化,2016(4):96-98.
- [12] 师文鑫.生态型防洪治理技术在中小河流中的应用[J].陕西水利,2022(10):55-57.
- [13] 何涛.复杂水力联系的抽水蓄能电站环境影响评价及生态调控[J].水电与抽水蓄能,2025,11(4):2-3.
- [14] 杨琼.水利工程河道治理问题及生态水利理念的应用[J].低碳世界,2026,16(4):95-97.
- [15] 傅玲芬,黄强.基于生态水利工程的河道设计[J].价值工程,2026,45(11):90-93.