水　利　学　报
2026 年 1 月　　SHUILI　XUEBAO　　第 57 卷　第 1 期

文章编号：0559-9350(2026)01-0091-12

生态水工学二十年

董哲仁[1]，孙东亚[1]，赵进勇[1]，张　晶[1]，张爱静[2]，
王俊娜[3]，王宏涛[4]，丁　洋[1]，王　琦[1]

（1. 中国水利水电科学研究院，北京　100038；2. 中国南水北调集团中线有限公司，北京　100038；
3. 北京师范大学 水科学研究院，北京　100875；4. 黄河水利职业技术大学，河南 开封　475004）

摘要：自董哲仁2003年提出生态水工学理论框架以来，我国在生态水工学相关研究和实践方面取得了重大进展，基本形成了完整的学科体系。本文从发展历程、理论体系与技术方法、实践应用三个方面，系统总结了二十多年来生态水工学的主要进展，梳理了其由初期阶段到日臻完善的发展脉络。生态水工学开创了“工程-生态”交叉融合研究的新范式，形成了理论框架-模型方法-基本准则-技术工具-管理平台的完整方法论体系，构建了水利水电工程生态影响机理分析模型，形成了水生态系统全要素、多尺度调查评价方法，构建了矩阵式河流生态状况分级系统，建立了水生态修复规划设计准则及技术体系，研制了河流廊道立体式、自然化生态修复工具箱，提出了兼顾生态保护的水库调度方法，研发了河湖水系连通性改善技术，构建了河流生态修复适应性管理决策支持系统。最后对生态水工学未来发展进行了展望，建议在智能化、韧性化、长效化等方面进一步深化研究实践。生态水工学为缓解传统水利工程带来的生态负效应提供了理论框架和方法论支撑，对推动人与河流和谐共生具有重大意义。

关键词：生态水工学；发展历程；理论框架；技术方法；实践应用

中图分类号：X143　　**文献标识码**：A　　**doi**：10.3724/j.slxb.20250216

1　引言

2003年董哲仁[1]提出生态水利工程学(简称“生态水工学”，Eco-Hydraulic Engineering)的理论框架，指出生态水工学是国际上生态工程学的延续和发展，其定义是：生态水工学作为水利工程学的一个新的分支，是研究水利工程在满足人类社会需求的同时，兼顾淡水生态系统健康与可持续性需求的原理与技术方法的工程学。这个定义具有以下几层含义：(1)水利工程不但要满足社会经济需求，也要符合生态保护的要求，生态水工学是对传统水利工程学的补充和完善。(2)生态水工学的目标是构建与生态友好的水利工程技术体系。(3)生态水工学是融合水利工程学与生态学的交叉学科。(4)淡水生态系统保护的目标是保护和恢复淡水生态系统的健康与可持续性[2-5]。

生态水工学提出至今的二十多年时间内，我国开展了一系列相关领域研究实践，在社会上产生了广泛影响。本文系统总结了二十多年来生态水工学的主要进展，包括发展历程、理论体系及实践应用，梳理了生态水工学理论技术成果及学术影响，并面向新时期新需求，对生态水工学未来发展进行了展望。

2　发展历程

生态水工学的发展历程是一个从理论提出到体系完善、从技术实践到标准规范、从示范推广到理

收稿日期：2025-04-09；网络首发日期：2026-01-21
网络首发地址：https://link.cnki.net/doi/urlid/11.1882.TV.20260120.2343.001
基金项目：中国水利水电科学研究院基本科研业务费项目(WE0145B042021)
作者简介：董哲仁(1943—)，教授，博士生导师，主要从事生态水工学研究。E-mail：dongzr@iwhr.com
通信作者：赵进勇(1976—)，正高级工程师，博士生导师，主要从事生态水工学和水生态治理修复研究，E-mail：zhaojy@iwhr.com

论再提升的持续演进过程。

自1980年代开始，国际上发达国家和地区对水利工程的规划设计理念逐渐发生了重大转变，认为河流治理不仅要符合工程设计原理，也要符合自然原理和生态学原理。2003年，董哲仁[1]提出生态水工学的理论框架，倡导生态水工学的科学研究与工程实践，阐述了生态水工学概念、内涵和基本原则，强调“水利工程学要吸收生态学的原理和方法，完善水利工程的规划设计理论，以实现人与自然和谐的目标”[2,6]，认为“未来的水利工程既能实现人们期望的开发利用水的功能价值，又能兼顾建设一个健全的河流湖泊生态系统”，以及“健康河流是可持续利用的生态良好河流”[7]，并提出了水库多目标生态调度[8]等理念。随着国家生态文明战略的推进，生态水工学理论体系快速发展并不断完善，经历了从理论提出到体系完善、从技术实践到标准规范、从示范推广到理论再提升的持续演进过程，并且在实践应用方面呈现出从局部河段尺度到流域区域尺度、从单一生态要素改善到全生态要素韧性提升、从刚性措施方法为主到刚柔结合的自然化治理技术逐步演变的特点。

董哲仁科研团队(以下简称“科研团队”)出版了《生态水利工程原理与技术》《生态水工学探索》《生态水利工程学》《河流生态修复》《河湖生态模型与生态修复》《河湖水系连通生态模型、规划方法和工程实践》等专著。生态水工学理论列入水利部主编的《水工设计手册》(第2版)和中国科学院主编的《水利科学与工程前沿》[9]，“生态水工学”被列入《中国大百科全书》(第三版)学科类词条，“生态水利工程”被列入国家高等职业教育本科专业目录(教职成〔2021〕2号)。科研团队编写的《生态水工学概论》被列为国家工程教育专业认证教材和普通高等教育“十三五”教材。科研团队完成的“河流生态修复理论研究与工程示范”成果获得了2008年大禹水利科学技术奖一等奖，是我国首次系统性开展的河流生态修复研究与应用工作。2019年5月，中国水利学会成立了生态水利工程学专业委员会。科研团队主编了水利部行业标准《河湖生态系统保护与修复工程技术导则》(SL/T 800—2020)，明确了河湖生态系统保护修复工程的设计原则、技术要点与设计参数。

同时，相关学者分析了传统水工学到生态水工学的发展趋势[10]，在生态环境需水量理论与方法[11]、河流综合分类方法体系[12-13]、河流栖息地生态效应[14]、河流健康内涵及评价[15-18]、水库生态系统特征[19-20]等方面开展了理论研究。围绕水电工程水生态环境效应[21-22]、水利水电工程规划设计体系[23]、河湖复苏技术体系[24]、河湖水系连通特征及效应[25-26]等方面，深入探讨了水生态系统结构与功能对水利工程的响应机制与调控方法。

3　理论体系与技术方法

生态水工学的研究对象不仅是河流湖泊的水文特性和水力学特性，而且是扩展到河湖生态系统，研究范围从水体及其滨岸的物理边界扩大到流域生态系统的生态尺度边界。生态水工学是一门交叉学科，也是一门注重应用的工程学科，是水文学和水力学、结构材料等工程体系与生态学理论方法的交叉融合。生态水工学的研究方法主要包括：通过野外调查监测、数值模拟、智能提取、数理统计等技术，在流域、河流廊道、河段、地貌单元等尺度层面，建立水文情势、水动力条件、地貌空间异质性、物理化学等要素与生物群落之间的耦合关系，研究水利工程对水生态系统的胁迫机理，并通过构建生态友好型的技术体系，恢复和保护河流生态系统结构和功能，实现“可持续利用的生态良好河流”。生态水工学应用场景主要包括：为制定符合自然规律的流域可持续管理战略提供理论依据，对新建水利工程提供减轻河流生态系统胁迫的技术方法，对已建工程提供生态化改造、生态调度的技术方法，开展流域水生态保护、江河保护治理与生态修复等。图1为生态水工学的理论体系与技术方法示意。科研团队在生态水工学研究方面所取得的主要成果归纳如下。

3.1　水利水电工程生态影响机理分析模型　基于河流生态系统研究框架，明确了河流生态系统的研究尺度、自然-经济-社会和工程体系等背景系统，以及关键生态因子等要素，发展了河流生态系统的科学范式[27]；从水生态完整性出发，根据水文情势时空变异性、河湖地貌形态空间异质性、河湖水系三

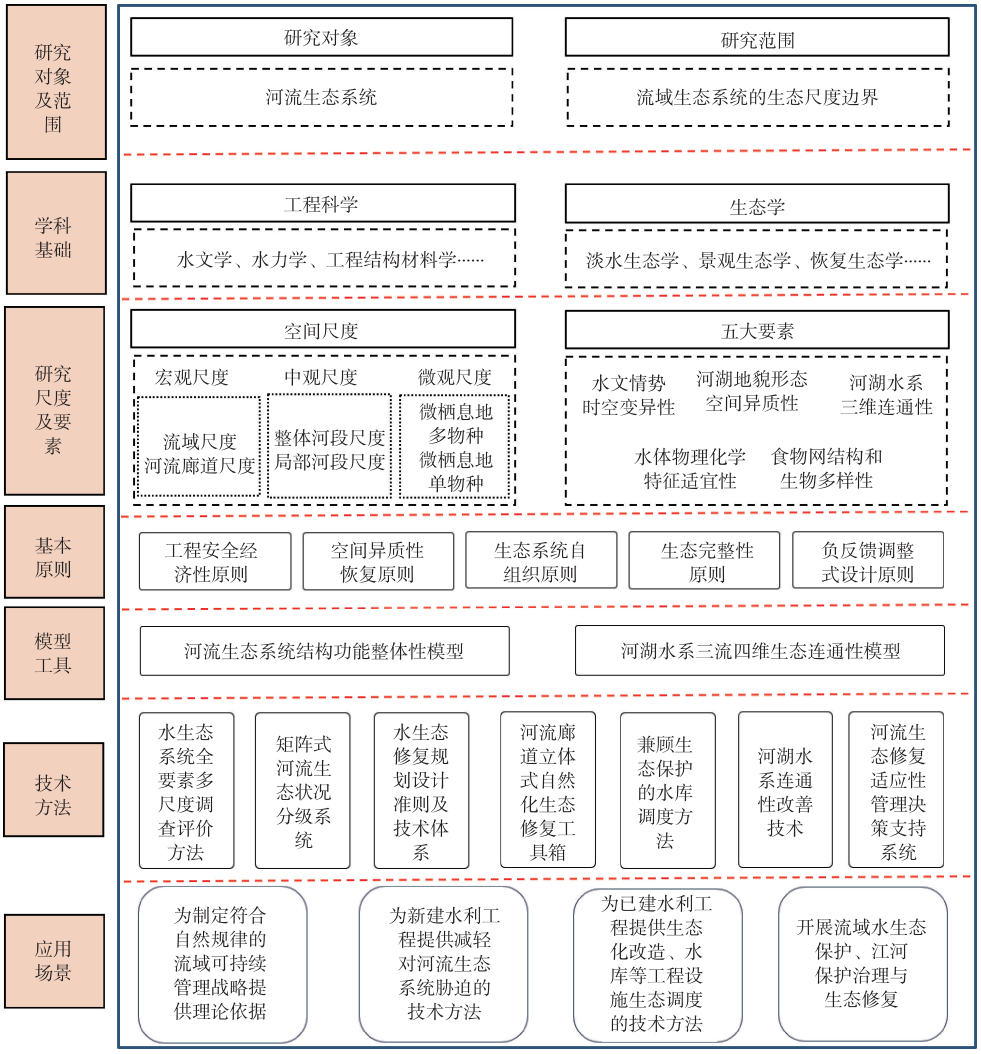

图1　生态水工学理论体系与技术方法

Fig. 1　Theoretical system and technical methods of ecohydraulic engineering

维连通性、水体物理化学特征生物适宜性，以及食物网结构和生物群落多样性五大水生态系统要素特征[28]，构建了河流生态系统结构功能整体性概念模型(Holistic Conceptual Model for the Structure and Function of River Ecosystems，HCM)[29]，建立水利水电工程建设运行参数、各生态要素变化量以及生物群落演替模式之间的响应关系框架，包括河流四维连续体模型(4-Dimension River Continuum Model，4-D RCM)、水文情势-河流生态过程耦合模型(Coupling Model of Hydrological Regime and Ecological Process，CMHE)、水力条件-生物生活史特征适宜模型(Suitability Model of Hydraulic Conditions and Life History Traits of Biology，SMHB)、地貌景观空间异质性-生物群落多样性关联模型(Associated Model of Spatial Heterogeneity of Geomorphology and the Diversity of Biocenose，AMGB)等四大子模型；构建了河湖水系三流四维生态连通性模型(Three Types Flows Via Four Dimensional Connectivity Ecological Model，3F4DCEM)[30]，建立了水文过程驱动下物质流、物种流和信息流在河湖水系三维空间随时间维度动态变化的生态响应基本函数和变量判据，可用于揭示水网工程的生态机理。

3.2　水生态系统全要素多尺度调查评价方法　形成了水生态系统结构功能全要素、多尺度调查评价方法[5,31]，主要包括五要素三阶段生态水文分析、改进的ELOHA(Ecological Limits of Hydrological Alteration)环境流量计算、水动力适宜性栖息地计算、河道洲滩栖息地动态数值分析、河流系统基底-斑块-廊道景观格局分析等。在流域尺度上，根据指示生物生活史特征和生物群落生态位特征，研发了基于生态位的水生生物栖息地潜力关键节点预测技术[32]；在整体河段尺度上，建立了山区河

流复杂地貌分形特征的表征方法[33]；在局部河段尺度上，根据蜿蜒性河段与顺直微弯河段在鱼类栖息地适宜性方面的特征差异，建立了包括蜿蜒度、蜿蜒波长的河流形态设计准则[34-36]；在地貌单元尺度上，建立了包括中值粒径、不均匀系数、曲率系数的原生态河段/河流底质铺设控制标准准则[37]，构建了地貌异质性评价指标体系[38-39]，可为山区河流地貌单元异质性重构提供参数依据。

3.3 矩阵式河流生态状况分级系统 基于河流健康评估概念、原则和方法[40]，构建了包括水文特性、水质特性、河流地貌特性、生物特性和社会经济特性5方面、含36项指标的河流健康评价全指标体系[41]。依据与河流参照系统的偏离程度，提出了矩阵式河流生态状况分级系统及其指标赋值准则[42]，该分级系统由要素层和指标层构成，包括生物多样性、水文、物理化学和河流地貌4类要素，下设10项生态指标，可应用于河流生态修复定量目标的确定和河流生态系统关键胁迫因子的识别等。

3.4 水生态修复规划设计准则及技术体系 明确了水生态修复工程规划设计的时空尺度[43]。在时间尺度上，考虑了生态系统演进的长期性；在空间尺度上，考虑了自然地带与流域特点；在生态分区的基础上，划分了生态修复分区单元，进而提出适合于不同生态分区特点的河流修复目标、原则和重点，提出了水生态修复规划设计基本准则，形成了流域水生态修复工程多准则优先排序法。构建了涵盖河流、湖泊等不同水体类型特征的生态修复工程措施和非工程措施技术体系[5]，提出了水利工程经济效益与生态功能综合评价的矩阵方法、筑坝河流的生态补偿机制和水利工程生态服务价值系统[44-46]。

3.5 河流廊道立体式自然化生态修复工具箱 涵盖河流纵向-横向-垂向三维空间，研制了坝体-减脱水河段-支流河口-岸坡-河床-堰等关键生态节点的生态治理技术，明确了适用条件和设计参数。在河流纵向空间，研发了生态友好型的堰坝生态化改造技术，优化了其结构形式及构件材料[47]；在河流横向空间，研发了根-土复合团聚体生态护岸技术[48-52]、多单元岸坡型湿地生态净化技术[53]、开口式生态堤防结构、坝后河流支流河口水生态系统构建技术；在河流垂向空间，研发了平原河流河床自然材料生态控渗技术[54]。

3.6 兼顾生态保护的水库调度方法 系统分析了环境流、生态流量等概念、定义和理论要点[55-56]，基于生态流量保障的考虑，在国内首次提出了“兼顾生态保护的水库调度”概念[8]，以包含多种水文要素的、关键生态过程的环境水流需求过程线为基础，建立并求解了兼顾生态保护的三峡水库单目标和多目标优化调度模型，提出了改进三峡水库调度的方案[57]。采用水文变化指标体系，定量评估了黄河水量统一调度与小浪底水库调水调沙对河口段生态水文情势的影响，讨论了河口环境水流需求以及调水调沙后水文情势对环境水流的满足程度[58]。

3.7 河湖水系连通性改善技术 将图论邻接矩阵方法引入河湖水系连通性定量评价领域，经过了点连通度-边连通度-加权有向连通度-考虑闸坝开合度四个技术迭代阶段，突破了传统上对于水系“连通-不连通”的零和思维局限[59-62]；研发了可分析水网蓄滞交换、循环净化、提供栖息地等功能的河湖水系水量-水质-水生态耦合模型；研发了可同时进行河湖水系物理连通性和水文连通性分析的河湖水系生态连通规划布局方案优选平台。在水系景观格局与生态过程的响应机理与驱动机制研究方面，运用景观生态学原理，定量分析黄河口自然保护区湿地景观格局的动态变化，讨论了影响湿地景观格局变化的驱动因素[63]；针对湿地在流域尺度下的不同景观类型及其时空动态性特点，利用景观指数方法建立了平原水网地区水系生态水文连通性指标体系[64]。

3.8 河流生态修复适应性管理决策支持系统 遵循适应性管理理念，以河流生态状况分级体系为评估标准，按照“规划-设计-执行(包括管理)-监测-评估-调整”的河流生态修复负反馈调节机制[65]，以累积的形式不断缩小河流生态系统现状与修复目标之间的目标差。系统包括模型库子系统、专家知识库子系统和数据库子系统，不同机构、组织和人员可共同参与，可为河流生态保护与修复项目的立项、规划、实施及后评估全过程提供科技支撑。

4　实践应用

生态水工学提出至今的二十多年里，科研团队取得了一定的理论技术成果并产生良好社会影响。截至2025年4月，有关生态水工学的论文在中国引文数据库（CSCD）中被引用8924次，主要论文引用指数在《中国期刊高被引指数》中曾连续五年居水利工程学科前列[66-70]。相关研究成果在全国宏观层面及长江、黄河等流域层面均得到了广泛应用，推动了相关技术在全国、流域、廊道、河段等不同空间尺度上的示范实践与技术验证，在水利行业最早开展的全国14个水生态保护与修复试点建设、水生态文明城市试点建设、全国主要河湖水生态保护与修复规划编制、河湖生态保护与修复、河湖水系连通、河湖生态环境复苏，以及自然资源行业、国土空间生态保护修复和生态环境行业的重点流域水生态环境保护规划等工作中发挥了积极的科学指导和技术支撑作用。三峡水库作为长江流域的标志性工程，在生态调度方面取得了显著成效，连续十多年开展了以促进鱼类繁殖、缓解下泄水流滞温效应、抑制水华等为目标的生态调度试验。小浪底水库、三门峡水库持续开展调水调沙行动，发挥了下游河道的冲刷减淤作用，提升了黄河口三角洲生态系统质量和稳定性。水利行业标准《河湖生态系统保护与修复工程技术导则》在全国20多个省份、多种不同类型工程实践中进行了技术应用验证，北京、浙江、上海等省市以此标准为依据或参考，因地制宜地分别制定了相关的地方标准，水利、生态环境、住建、自然资源等多个行业部门与协会以此标准为依据或参考制定了多项行业和团体标准[71]。

在生态水工学理论技术研发基础上，科研团队在全国各大流域开展了大量工程实践与推广应用工作。在长江流域，聚焦于重点水生生物栖息地保护与修复。在长江流域，针对长江上游典型支流赤水河[72-73]、岷江典型流域、山地区域超大城市河流[74]、三峡水库入库支流[75]、汉江上游黄金峡段[76-77]、长江中下游平原典型浅水湖泊以及丘陵地区河流，开展了河流地貌生态特征分析、水系生态环境提升、重点水生生物生境近自然修复、河流廊道健康评价、野生大鲵栖息地大范围精细定位预测、鱼类洄游通道建设策略[78]、平原河网区水系连通及河湖水生态修复策略与技术的相关研究实践，并分析了怒江流域水电开发的生态影响[79]。在黄河流域，重点关注水资源约束下的河湖生态治理与保护工作，针对黄河上中游河湖生态补水效果、近矿区河流生态治理、小水电河流生态修复策略、河道防洪能力提升生态技术，以及黄河下游典型区域水系连通与生态水网建设、山区河流生态水工技术等开展了系统研究。在淮河流域，开展了流域水治理战略的水生态环境保护修复专项技术研发，形成了中小型调水工程格局下的区域生态水网建设技术。在海河流域，研发了区域多水源-多目标-多情景水质水量联合调度技术，制定了季节性河流洪泛区河段生态廊道构建布局方案[80]，开展了典型水库富营养化治理示范工程，发展和完善了河流生态修复的理论和技术方法[81-82]。在珠江流域，开展了热带亚热带地区河流生态修复规划与示范性工程试验。在松辽流域，开展了大型河流岸坡生态防护技术工程试验，构建了基于生态脆弱性评价的大型水库库区岸边带生态功能区划方法[83]，形成了黑土区河流岸线生态保护与开发利用综合评估方法[84]。开发的河流生态修复适应性管理决策支持系统、河湖水系连通规划布局方案优选平台、河流廊道立体式自然化生态修复技术工具箱等入选水利先进实用技术推广目录，完成的河湖水系水力连通与调控技术等被列为水利部成熟适用水利科技成果。

5　结语及展望

“生态水工学”学科从初期创建到日臻完善，具有开创性、系统性和引领性等特点。在开创性方面，其突破了传统水利工程单一功能导向的局限，开创了“工程-生态”交叉融合研究的新范式，形成了理论框架-模型方法-基本准则-技术工具-管理平台的完整方法论体系，标志着水利工程学科从工程力学主导向生态系统服务导向的范式转型；在系统性方面，其涵盖了理论建构-技术研发-实践推广-标准制定-人才培养的全链条，并实现了从基础理论研究到高等教育体系的知识转化、从职业教育

到高等教育的贯通，为培养新型复合人才奠定了学科基础；在引领性方面，其被纳入中国学科发展战略，收录为中国大百科全书词条，并通过中国水利学会生态水工学专业委员会建设推动学科持续发展。在国家生态文明建设背景下，其重构了水利工程学的价值维度，将生态效益纳入工程规划设计的核心指标体系，为破解传统水利工程带来的生态负效应提供了理论工具和方法论支撑，对我国水利行业高质量发展具有深远影响。

面向新时期新需求，生态水工学相关研究实践需在智能化、韧性化、长效化等方面进一步深化。在智能化方面，应利用人工智能预测、无人机生态评估等智能监测技术提升生态水利工程精准度，在工程-自然-社会复合巨系统中重塑水利工程的规划设计逻辑，构建基于数字孪生的生态水利工程智能决策系统；在韧性化方面，应构建适应气候变化的河湖库水生态治理与保护修复理论，完善生态水工构件材料与工艺装备体系，创新水生态系统的减碳增汇技术，构建更具韧性的水生态系统；在长效化方面，应立足于我国地域分区特点，研究不同类型河流生态基准，将自然化、柔性化工程体系与传统刚性工程体系进行耦合，建立分区分类的水生态修复目标，构建耦合水生态系统演替规律的长效技术体系，长期执行基于负反馈调节的适应性管理方法。

参 考 文 献：

[1] 董哲仁. 生态水工学的理论框架[J]. 水利学报，2003(1)：1-6.（DONG Z R. Theoretical framework for eco-hydraulics[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2003(1)：1-6.（in Chinese））

[2] 董哲仁. 探索生态水利工程学[J]. 中国工程科学，2007，9(1)：1-7.（DONG Z R. Exploring eco-hydraulic engineering[J]. Engineering Science，2007，9(1)：1-7.（in Chinese））

[3] 董哲仁，孙东亚，彭静. 河流生态修复理论技术及其应用[J]. 水利水电技术，2009，40(1)：4-9，28.（DONG Z R，SUN D Y，PENG J. Theories and practices of river eco-restoration[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2009，40(1)：4-9，28.（in Chinese））

[4] 董哲仁，孙东亚，赵进勇，等. 生态水工学进展与展望[J]. 水利学报，2014，45(12)：1419-1426.（DONG Z R，SUN D Y，ZHAO J Y，et al. Progress and prospect of eco-hydraulic engineering[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2014，45(12)：1419-1426.（in Chinese））

[5] 董哲仁. 生态水利工程学[M]. 北京：中国水利水电出版社，2019.（DONG Z R. Eco-Hydraulic Engineering[M]. Beijing：China Water & Power Press，2019.（in Chinese））

[6] 董哲仁. 试论生态水利工程的基本设计原则[J]. 水利学报，2004(10)：1-6.（DONG Z R. On the design principles of eco-hydraulic engineering[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2004(10)：1-6.（in Chinese））

[7] 董哲仁. 河流健康的诠释[J]. 水利水电快报，2007(11)：17-19.（DONG Z R. River health：interpretation[J]. Express Water Resources & Hydropower Information，2007(11)：17-19.（in Chinese））

[8] 董哲仁，孙东亚，赵进勇. 水库多目标生态调度[J]. 水利水电技术，2007，38(1)：28-32.（DONG Z R，SUN D Y，ZHAO J Y. Multi-objective ecological operation of reservoirs[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2007，38(1)：28-32.（in Chinese））

[9] 张楚汉，王光谦. 水利科学与工程前沿(下)[M]. 北京：科学出版社，2017.（ZHANG C H，WANG G Q. Frontiers of Hydrology，Science，and Engineering (Part II)[M]. Beijing：Science Press，2017.（in Chinese））

[10] 刘德富，黄钰铃，王从锋. 水工学的发展趋势—从传统水工学到生态水工学[J]. 长江流域资源与环境，2007，16(1)：92-96.（LIU D F，HUANG Y L，WANG C F. Development trend of hydraulic engineering—Transformation from traditional hydraulic engineering to eco-hydraulic engineering[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin，2007，16(1)：92-96.（in Chinese））

[11] 杨志峰，崔保山，刘静玲，等. 生态环境需水量理论、方法与实践[M]. 北京：科学出版社，2003.（YANG Z F，CUI B S，LIU J L，et al. Theory，Methodology and Practice of Ecological and Environmental Water Requirement[M]. Beijing：Science Press，2003.（in Chinese））

[12] 倪晋仁，高晓薇. 河流综合分类及其生态特征分析Ⅰ：方法[J]. 水利学报，2011，42(9)：1009-1016.（NI J R，GAO X W. Comprehensive approach for classification of river systems and identification of ecological character-

istics Ⅰ. Methodology[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(9): 1009-1016. (in Chinese))
[13] 倪晋仁, 高晓薇. 河流综合分类及其生态特征分析Ⅱ: 应用[J]. 水利学报, 2011, 42(10): 1177-1184. (NI J R, GAO X W. Comprehensive approach for classification of river systems and identification of ecological characteristics Ⅱ. Applications [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(10): 1177-1184. (in Chinese))
[14] 余国安, 王兆印, 张康, 等. 人工阶梯-深潭改善下切河流水生栖息地及生态的作用[J]. 水利学报, 2008, 39(2): 162-167. (YU G A, WANG Z Y, ZHANG K, et al. Effect of artificial step-pools on improving aquatic habitats and stream ecological in incised river channel[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39(2): 162-167. (in Chinese))
[15] 文伏波, 韩其为, 许炯心, 等. 河流健康的定义与内涵[J]. 水科学进展, 2007, 18(1): 140-150. (WEN F B, HAN Q W, XU J X, et al. River health: definition and connotation [J]. Advances in Water Science, 2007, 18(1): 140-150. (in Chinese))
[16] 杨淳, 陈进. 维护健康长江涉及的关键科学问题[J]. 水利水电快报, 2005, 26(14): 1-4. (YANG C, CHEN J. Key scientific issues in maintaining Yangtze River health [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2005, 26(14): 1-4. (in Chinese))
[17] 刘晓燕, 张建中, 张原锋. 黄河健康生命的指标体系[J]. 地理学报, 2006, 61(5): 451-460. (LIU X Y, ZHANG J Z, ZHANG Y F. Indicators of the healthy Yellow River[J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(5): 451-460. (in Chinese))
[18] 彭文启. 河湖健康评估指标、标准与方法研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2018, 16(5): 394-404, 416. (PENG W Q. Research on river and lake health assessment indicators, standards and methods [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2018, 16(5): 394-404, 416. (in Chinese))
[19] 韩博平. 中国水库生态学研究的回顾与展望[J]. 湖泊科学, 2010, 22(2): 151-160. (HAN B P. Reservoir ecology and limnology in China: a retrospective comment[J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(2): 151-160. (in Chinese))
[20] 张云昌, 王建华. 水库生态学构建中的十个基本问题[J]. 中国水利, 2024(24): 26-32. (ZHANG Y C, WANG J H. Ten basic issues in the formation of reservoir ecology[J]. China Water Resources, 2024(24): 26-32. (in Chinese))
[21] 常剑波, 陈小娟, 乔晔. 长江流域综合规划中的生态学原理及其体现[J]. 人民长江, 2013, 44(10): 15-17, 47. (CHANG J B, CHEN X J, QIAO Y. Ecological principle and its realization in comprehensive planning of Yangtze River Basin [J]. Yangtze River, 2013, 44(10): 15-17, 47. (in Chinese))
[22] 陈求稳, 张建云, 莫康乐, 等. 水电工程水生态环境效应评价方法与调控措施[J]. 水科学进展, 2020, 31(5): 793-810. (CHEN Q W, ZHANG J Y, MO K L, et al. Effects of hydropower development on aquatic eco-environment and adaptive managements [J]. Advances in Water Science, 2020, 31(5): 793-810. (in Chinese))
[23] 朱党生, 周奕梅, 邹家祥. 构建生态环境友好的水工程规划设计体系[J]. 中国水利, 2010(20): 36-39. (ZHU D S, ZHOU Y M, ZOU J X. Constructing environment-friendly planning and design system of water engineering [J]. China Water Resources, 2010(20): 36-39. (in Chinese))
[24] 刘俊国, 杨育红, 陈守开. 渐进式生态修复理论与河湖复苏关键技术[J]. 中国水利, 2024(21): 14-23. (LIU J G, YANG Y H, CHEN S K. Stepwise ecological restoration theory and key technologies for river and lake recovery[J]. China Water Resources, 2024(21): 14-23. (in Chinese))
[25] 夏军, 高扬, 左其亭, 等. 河湖水系连通特征及其利弊[J]. 地理科学进展, 2012, 31(1): 26-31. (XIA J, GAO Y, ZUO Q T, et al. Characteristics of interconnected rivers system and its ecological effects on water environment[J]. Progress in Geography, 2012, 31(1): 26-31. (in Chinese))
[26] 徐宗学, 庞博, 冷罗生. 河湖水系连通工程与国家水网建设研究[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2022, 20(4): 757-764. (XU Z X, PANG B, LENG L S. Research on the construction of river-lake system connectivity and national water network[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2022, 20(4): 757-764. (in Chinese))
[27] 董哲仁. 河流生态系统研究的理论框架[J]. 水利学报, 2009, 40(2): 129-137. (DONG Z R. Framework of research on fluvial ecosystem[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(2): 129-137. (in Chinese))
[28] 董哲仁. 论水生态系统五大生态要素特征[J]. 水利水电技术, 2015, 46(6): 42-47. (DONG Z R. On fea-

tures of five dominant ecological components of aquatic ecosystem[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2015, 46(6): 42-47. (in Chinese))

[29] 董哲仁, 孙东亚, 赵进勇, 等. 河流生态系统结构功能整体性概念模型[J]. 水科学进展, 2010, 21(4): 550-559. (DONG Z R, SUN D Y, ZHAO J Y, et al. Holistic conceptual model for the structure and function of river ecosystems[J]. Advances in Water Science, 2010, 21(4): 550-559. (in Chinese))

[30] 董哲仁, 赵进勇, 张晶. 3流4D连通性生态模型[J]. 水利水电技术, 2019, 50(6): 134-141. (DONG Z R, ZHAO J Y, ZHANG J. Three types flows via four dimensional connectivity ecological model [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50(6): 134-141. (in Chinese))

[31] 赵进勇, 董哲仁, 孙东亚. 河流生物栖息地评估研究进展[J]. 科技导报, 2008, 26(17): 82-88. (ZHAO J Y, DONG Z R, SUN D Y. State of the art in the field of river habitat assessment[J]. Science & Technology Review, 2008, 26(17): 82-88. (in Chinese))

[32] 丁洋, 赵进勇, 彭文启, 等. 野生大鲵栖息活动适宜水动力条件实验及适宜性曲线构建[J]. 水利学报, 2024, 55(12): 1508-1518. (DING Y, ZHAO J Y, PENG W Q, et al. Experiment on suitable hydrodynamic conditions for habitat activity of Andrias davidianus and construction of suitability curve [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2024, 55(12): 1508-1518. (in Chinese))

[33] 董哲仁. 河流形态多样性与生物群落多样性[J]. 水利学报, 2003, 34(11): 1-6. (DONG Z R. Diversity of river morphology and diversity of bio-communities[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003, 34(11): 1-6. (in Chinese))

[34] 刘一漩, 张晶, 赵进勇, 等. 赤水河平面形态分形特征无标度区识别方法[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2020, 18(6): 130-137. (LIU Y X, ZHANG J, ZHAO J Y, et al. Recognition method for scale-free area of Chishui River plane morphology and fractal characteristics[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2020, 18(6): 130-137. (in Chinese))

[35] 刘一漩, 张晶, 赵进勇, 等. 赤水河弯曲河段地貌特征参数统计分析[J]. 水生态学杂志, 2022, 43(3): 44-50. (LIU Y X, ZHANG J, ZHAO J Y, et al. Statistical analysis of geomorphological parameters in meandering sections of Chishui River[J]. Journal of Hydroecology, 2022, 43(3): 44-50. (in Chinese))

[36] 王宏涛, 董哲仁, 赵进勇, 等. 蜿蜒型河流地貌异质性及生态学意义研究进展[J]. 水资源保护, 2015, 31(6): 81-85. (WANG H T, DONG Z R, ZHAO J Y, et al. Review on geomorphological heterogeneity of meandering river and its ecological significance[J]. Water Resources Protection, 2015, 31(6): 81-85. (in Chinese))

[37] 赵进勇, 孙东亚, 董哲仁. 河流地貌多样性修复方法[J]. 水利水电技术, 2007, 38(2): 78-83. (ZHAO J Y, SUN D Y, DONG Z R. Techniques for the restoration of river geomorphology diversity[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2007, 38(2): 78-83. (in Chinese))

[38] 张晶, 于子铖, 董哲仁, 等. 河流地貌单元研究综述[J]. 水生态学杂志, 2021, 42(5): 10-18. (ZHANG J, YU Z C, DONG Z R, et al. Review of research on river geomorphological units[J]. Journal of Hydroecology, 2021, 42(5): 10-18. (in Chinese))

[39] 于子铖, 张晶, 赵进勇, 等. 小水电梯级开发河段地貌单元识别与异质性分析[J]. 水利学报, 2022, 53(5): 574-585. (YU Z C, ZHANG J, ZHAO J Y, et al. Identification of geomorphic unit and analysis of heterogeneity in small hydropower terrace development river sections[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2022, 53(5): 574-585. (in Chinese))

[40] 董哲仁. 河流健康评估的原则和方法[J]. 中国水利, 2005(10): 17-19. (DONG Z R. Principles and methods of river health assessment[J]. China Water Resources, 2005(10): 17-19. (in Chinese))

[41] 张晶, 董哲仁, 孙东亚, 等. 基于主导生态功能分区的河流健康评价全指标体系 [J]. 水利学报, 2010, 41(8): 883-892. (ZHANG J, DONG Z R, SUN D Y, et al. Complete river health assessment index system based on eco-regional method according to dominant ecological functions [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(8): 883-892. (in Chinese))

[42] 董哲仁, 张爱静, 张晶. 河流生态状况分级系统及其应用 [J]. 水利学报, 2013, 44(10): 1233-1238, 1248. (DONG Z R, ZHANG A J, ZHANG J. Rating system of river ecological conditions and its applications [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2013, 44(10): 1233-1238, 1248. (in Chinese))

[43] 董哲仁. 河流生态修复的尺度格局和模型[J]. 水利学报, 2006, 37 (12): 1476-1481. (DONG Z R. Scale

and pattern for ecological restoration of river[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(12): 1476-1481. (in Chinese))

[44] 董哲仁. 水利工程经济效益与生态功能综合评价的矩阵方法[J]. 水利学报, 2006, 37(9): 1038-1043. (DONG Z R. Matrix method of comprehensive evaluation on economic benefits and ecological functions of hydraulic engineering[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(9): 1038-1043. (in Chinese))

[45] 董哲仁. 筑坝河流的生态补偿[J]. 中国工程科学, 2006, 8(1): 5-10. (DONG Z R. Ecological compensations for damed rivers[J]. Engineering Science, 2006, 8(1): 5-10. (in Chinese))

[46] 付意成, 张剑, 赵进勇, 等. 水利工程生态服务价值系统研究[J]. 水利学报, 2025, 56(5): 564-575. (FU Y C, ZHANG J, ZHAO J Y, et al. Systematic research on ecological service value of water conservancy projects [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2025, 56(5): 564-575. (in Chinese))

[47] 冯硕, 赵凌栋, 赵进勇, 等. 生态净水堰填料及布局系统试验研究[J]. 环境生态学, 2020, 2(4): 72-77. (FENG S, ZHAO L D, ZHAO J Y, et al. Experimental study on the filling and layout system of ecological clean water [J]. Environmental Ecology, 2020, 2(4): 72-77. (in Chinese))

[48] 郝由之, 赵进勇, 路明, 等. 复合植被根系作用对生态岸坡稳定性的影响[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(3): 42-50. (HAO Y Z, ZHAO J Y, LU M, et al. Effect of plant roots on river bank stabilization after composite vegetation planting [J]. Journal of Hydroecology, 2020, 41(3): 42-50. (in Chinese))

[49] 韩纪坤, 赵进勇, 孟闻远, 等. 一种新型竹材生态护岸型式及其稳定性模拟分析[J]. 水利水电技术(中英文), 2021, 52(1): 176-184. (HAN J K, ZHAO J Y, MENG W Y, et al. Analysis on a new type of bamboo ecological bank revetment and its stability simulation [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2021, 52 (1): 176-184. (in Chinese))

[50] HAN J K, ZHAO J Y, WANG W J, et al. Influence of shrub root combinations and spacing on slope stability: Study case at the Yongding River flooding regime, Langfang, China [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(46): 69599-69617.

[51] 周子棚, 赵进勇, 韩会玲, 等. 基于L-系统的生态护岸植被根系生长模拟研究[J]. 水利水电技术(中英文), 2024, 55(11): 110-122. (ZHOU Z P, ZHAO J Y, HAN H L, et al. Simulation study on root growth of ecological revetment vegetation based on L-system [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2024, 55(11): 110-122. (in Chinese))

[52] 周子棚, 丁洋, 薛洋, 等. 典型草-灌植物根径变化对生态护岸稳定性的影响[J]. 中国水利水电科学研究院学报(中英文), 2025, 23(2): 194-204. (ZHOU Z P, DING Y, XUE Y, et al. Effects of changes in root diameter of typical grass-shrub plants on the stability of ecological revetment [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2025, 23(2): 194-204. (in Chinese))

[53] 杨群, 王丹阳, 赵进勇, 等. 岸坡型湿地基质配置优选及水质净化效果研究[J]. 环境生态学, 2020, 2(2/3): 59-65. (YANG Q, WANG D Y, ZHAO J Y, et al. Study on the optimization of substrate allocation and water purification effect of bank slope wetland[J]. Environmental Ecology, 2020, 2(2/3): 59-65. (in Chinese))

[54] 郑亨, 陈卓, 魏俊, 等. 基于可控性生态减渗目标的河床底质重构技术研究[J]. 水生态学杂志, 2022, 43 (6): 11-17. (ZHENG H, CHEN Z, WEI J, et al. Research on riverbed sediment reconstruction technology based on controllable ecological seepage reduction targets [J]. Journal of Hydroecology, 2022, 43(6): 11-17. (in Chinese))

[55] 董哲仁, 张晶, 赵进勇. 生态流量的科学内涵[J]. 中国水利, 2020(15): 15-19. (DONG Z R, ZHANG J, ZHAO J Y. Scientific connotation of ecological flow[J]. China Water Resources, 2020(15): 15-19. (in Chinese))

[56] 董哲仁, 赵进勇, 张晶. 环境流计算新方法: 水文变化的生态限度法[J]. 水利水电技术, 2017, 48(1): 11-17. (DONG Z R, ZHAO J Y, ZHANG J. A new method for environmental flow assessment: ecological limits of hydrological alteration (ELOHA) [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2017, 48(1): 11-17. (in Chinese))

[57] 王俊娜, 董哲仁, 廖文根, 等. 基于水文-生态响应关系的环境水流评估方法—以三峡水库及其坝下河段为例[J]. 中国科学: 技术科学, 2013, 43(6): 715-726. (WANG J N, DONG Z R, LIAO W G, et al. An environmental flow assessment method based on the relation-ships between flow and ecological response: A case study of the Three Gorges Reservoir and its downstream reach[J]. Scientia Sinica: Technologica, 2013, 43(6): 715-726.

(in Chinese))

[58] 张爱静，董哲仁，赵进勇，等. 黄河水量统一调度与调水调沙对河口的生态水文影响[J]. 水利学报，2013，44(8)：987-993.（ZHANG A J，DONG Z R，ZHAO J Y，et al. Effects of the integrated water regulation and water-sediment regulation of the Yellow River on the eco-hydrology of its estuary[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2013，44(8)：987-993.（in Chinese））

[59] 赵进勇，董哲仁，翟正丽，等. 基于图论的河道-滩区系统连通性评价方法[J]. 水利学报，2011，42(5)：537-543.（ZHAO J Y，DONG Z R，ZHAI Z L，et al. Evaluation method for river floodplain system connectivity based on graph theory[J]. Journal of Hydraulic Engineering，2011，42(5)：537-543.（in Chinese））

[60] 赵进勇，董哲仁，杨晓敏，等. 基于图论边连通度的平原水网区水系连通性定量评价[J]. 水生态学杂志，2017，38(5)：1-6.（ZHAO J Y，DONG Z R，YANG X M，et al. Connectivity evaluation technology for plain river network regions based on edge connectivity from graph theory [J]. Journal of Hydroecology，2017，38(5)：1-6.（in Chinese））

[61] 马栋，张晶，赵进勇，等. 扬州市主城区水系连通性定量评价及改善措施[J]. 水资源保护，2018，34(5)：34-40.（MA D，ZHANG J，ZHAO J Y，et al. Quantitative evaluation and improvement measures of water connectivity in main urban area of Yangzhou[J]. Water Resources Protection，2018，34(5)：34-40.（in Chinese））

[62] 冯硕，赵进勇，张晶，等. 基于加权边连通度和复杂网络方法的多闸坝平原河网连通性分析[J]. 水利水电技术(中英文)，2021，52(5)：53-63.（FENG S，ZHAO J Y，ZHANG J，et al. Connectivity analysis of plain river network with multiple dams based on weighted edge connectivity and complex network method [J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2021，52(5)：53-63.（in Chinese））

[63] 张爱静，董哲仁，赵进勇，等. 黄河调水调沙期河口湿地景观格局演变[J]. 人民黄河，2013，35(7)：69-72.（ZHANG A J，DONG Z R，ZHAO J Y，et al. The evolution of wetland landscape pattern of the Yellow River estuary during water and sediment regulation[J]. Yellow River，2013，35(7)：69-72.（in Chinese））

[64] 赵凌栋，车丁，张晶，等. 基于景观指数的高邮湖湿地生态水文连通性分析[J]. 水利水电技术，2019，50(1)：126-133.（ZHAO L D，CHE D，ZHANG J，et al. Ecohydrological connectivity analysis of Gaoyou Lake wetland based on landscape indices[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2019，50(1)：126-133.（in Chinese））

[65] 赵进勇，董哲仁，孙东亚，等. 河流生态修复负反馈调节规划设计方法[J]. 水利水电技术，2010，41(9)：10-14.（ZHAO J Y，DONG Z R，SUN D Y，et al. Negative feed back regulation based planning and design method for river restoration[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2010，41(9)：10-14.（in Chinese））

[66] 中国科学技术信息研究所. 中国期刊高被引指数[M]. 北京：科学技术文献出版社，2006.（Institute of Scientific and Technical Information of China. Highly Cited Index of Chinese Journals [M]. Beijing：Scientific and Technical Documentation Press，2006.（in Chinese））

[67] 中国科学技术信息研究所. 中国期刊高被引指数[M]. 北京：科学技术文献出版社，2007.（Institute of Scientific and Technical Information of China. Highly Cited Index of Chinese Journals [M]. Beijing：Scientific and Technical Documentation Press，2007.（in Chinese））

[68] 中国科学技术信息研究所. 中国期刊高被引指数[M]. 北京：科学技术文献出版社，2008.（Institute of Scientific and Technical Information of China. Highly Cited Index of Chinese Journals [M]. Beijing：Scientific and Technical Documentation Press，2008.（in Chinese））

[69] 中国科学技术信息研究所. 中国期刊高被引指数[M]. 北京：科学技术文献出版社，2009.（Institute of Scientific and Technical Information of China. Highly Cited Index of Chinese Journals [M]. Beijing：Scientific and Technical Documentation Press，2009.（in Chinese））

[70] 中国科学技术信息研究所. 中国期刊高被引指数[M]. 北京：科学技术文献出版社，2010.（Institute of Scientific and Technical Information of China. Highly Cited Index of Chinese Journals [M]. Beijing：Scientific and Technical Documentation Press，2010.（in Chinese））

[71] 赵进勇，于子铖，张晶，等. 国内外河湖生态保护与修复技术标准进展综述[J]. 中国水利，2022(6)：32-37.（ZHAO J Y，YU Z C，ZHANG J，et al. Progress of technical standards for ecological protection and restoration of rivers and lakes[J]. China Water Resources，2022(6)：32-37.（in Chinese））

[72] 李轩，张晶，艾祖军，等. 赤水河河源段栖息地现状评价及修复对策探讨[J]. 水生态学杂志，2023，44(2)：34-43.（LI X，ZHANG J，AI Z J，et al. Health status assessment and restoration strategies of habitat in the headwaters of Chishui River based on Fish protection priority [J]. Journal of Hydroecology，2023，44(2)：34-43.（in Chinese））

[73] 李轩，赵进勇，张晶，等. 赤水河上游鱼类产卵场砾石群修复模拟研究[J]. 长江流域资源与环境，2023，32(5)：939-949.（LI X，ZHAO J Y，ZHANG J，et al. A simulation study of gravel cluster restoration at fish spawning grounds in upper Chishui River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin，2023，32(5)：939-949.（in Chinese））

[74] 赵进勇，廖伦国，董哲仁，等. 重庆市苦溪河生态治理的实践[J]. 水利水电技术，2007，38(3)：9-13.（ZHAO J Y，LIAO L G，DONG Z R，et al. Practice of Kuxi River ecological improvement in Chongqing [J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2007，38(3)：9-13.（in Chinese））

[75] 于子铖，赵进勇，彭文启，等. 小水电河流水文地貌-生态响应关系研究[J]. 水利水电技术(中英文)，2023，54(6)：137-146.（YU Z C，ZHAO J Y，PENG W Q，et al. Study on hydrogeomorphic features-ecological response of river with small hydropower plants[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2023，54(6)：137-146.（in Chinese））

[76] 丁洋，李艳艳，赵进勇，等. 基于环境DNA宏条形码的汉江上游黄金峡段鱼类多样性研究[J]. 北京大学学报：自然科学版，2024，60(1)：157-164.（DING Y，LI Y Y，ZHAO J Y，et al. Investigating fish diversity in Huangjinxia section of the upper Hanjiang River based on environmental DNA metabarcoding [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis，2024，60(1)：157-164.（in Chinese））

[77] 徐伟，赵进勇，王琦，等. 基于生态丁坝群构建技术的汉江上游典型河段栖息地质量改善研究[J]. 水利水电技术(中英文)，2021，52(12)：35-46.（XU W，ZHAO J Y，WANG Q，et al. Study on habitat improvement of typical reaches of Hanjiang River based on ecological spur dike group construction technology[J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2021，52(12)：35-46.（in Chinese））

[78] 董哲仁，张晶，赵进勇. 论恢复鱼类洄游通道规划方法[J]. 水生态学杂志，2020，41(6)：1-8.（DONG Z R，ZHANG J，ZHAO J Y. Planning theory on the restoration of fish migration routes [J]. Journal of Hydroecology，2020，41(6)：1-8.（in Chinese））

[79] 董哲仁. 怒江水电开发的生态影响[J]. 生态学报，2006，26(5)：1591-1596.（DONG Z R. Ecological impacts of hydropower development on the Nujiang River，China[J]. Acta Ecologica Sinica，2006，26(5)：1591-1596.（in Chinese））

[80] 韩琪，赵进勇，徐征和，等. 洪泛河流动态生态廊道宽度界定研究—以永定河泛区廊坊段为例[J]. 水利水电技术，2020，51(11)：171-180.（HAN Q，ZHAO J Y，XU Z H，et al. Study on width definition of dynamic eco-corridor of flooded river：A case study of Langfang section of Yongdinghe River floodplain [J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2020，51(11)：171-180.（in Chinese））

[81] 董哲仁，刘蒨，曾向辉. 受污染水体的生物-生态修复技术[J]. 水利水电技术，2002，33(2)：1-4.（DONG Z R，LIU Q，ZENG X H. The bio-ecological rehabilitating technique for polluted water body [J]. Water Resources and Hydropower Engineering，2002，33(2)：1-4.（in Chinese））

[82] 董哲仁，周怀东，李文奇. 受损水体修复的生态工程研究与示范[J]. 中国水利，2004(22)：64-66.（DONG Z R，ZHOU H D，LI W Q. Ecological engineering research and demonstration for damaged water bodies [J]. China Water Resources，2004(22)：64-66.（in Chinese））

[83] 高化雨，韩会玲，张晶，等. 基于生态脆弱性评价的松花湖湖滨带功能区划研究[J]. 水生态学杂志，2019，40(6)：1-7.（GAO H Y，HAN H L，ZHANG J，et al. Lakeside function division of Songhua Lake based on ecological vulnerability evaluation[J]. Journal of Hydroecology，2019，40(6)：1-7.（in Chinese））

[84] 韩琪，赵进勇，王琦，等. 河流岸线保护与开发利用现状评估——以招苏台河为例[J]. 净水技术，2022，41(1)：121-128.（HAN Q，ZHAO J Y，WANG Q，et al. Current situation assessment of protection，development and utilization for river shorelines：Case of Zhaosutai River[J]. Water Purification Technology，2022，41(1)：121-128.（in Chinese））

Two decades of development in eco-hydraulic engineering

DONG Zheren[1], SUN Dongya[1], ZHAO Jinyong[1], ZHANG Jing[1], ZHANG Aijing[2],
WANG Junna[3], WANG Hongtao[4], DING Yang[1], WANG Qi[1]

(1. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing* 100038, *China*;
2. *China South-to-North Water Diversion Middle Route Co., Ltd., Beijing* 100038, *China*;
3. *College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*;
4. *Yellow River Conservancy Technical University, Kaifeng* 475004, *China*)

Abstract: Since the theoretical framework of eco-hydraulic engineering was first proposed by DONG Zheren in 2003, China has achieved substantial progress in both research and practice, fundamentally establishing a relatively comprehensive disciplinary system. This paper systematically summarizes the main progress of eco-hydraulic engineering over the past two decades from three aspects: development history, theoretical system and technical methods, and practical applications, reflecting its evolution from the initial stage to the current state of continuous improvement. Eco-hydraulic engineering has initiated a new interdisciplinary research paradigm integrating engineering and ecology, forming a complete methodological system encompassing theoretical framework, model methods, basic principles, technical tools, and management platforms. It has developed models for analyzing the ecological impact mechanism of water conservancy and hydropower projects, established a multi-scale investigation and evaluation method for all elements of aquatic ecosystems, constructed a matrix-based river ecological condition classification system, formulated planning and design principles and technical systems for aquatic ecological restoration, developed a toolbox for stereoscopic and naturalized ecological restoration of river corridors, proposed reservoir operation methods that take ecological protection into account, created technologies for improving the connectivity of river and lake systems, and built an adaptive management decision support system for river ecological restoration. The future development of eco-hydraulic engineering is expected to further deepen research and practice in aspects such as intelligentization, resilience, and long-term effectiveness. Eco-hydraulic engineering provides theoretical tools and methodological support for mitigating the adverse ecological effects associated with traditional hydraulic engineering, and is of great significance for promoting harmonious coexistence between humans and rivers.

Keywords: eco-hydraulic engineering; development process; theoretical frameworks; technical methods; practical application

(责任编辑：尹　婧)

2025年优秀审稿专家表彰名单

在审稿专家、编委及广大作者的共同努力下，2025年《水利学报》的论文学术水平进一步提升。全年共有263位专家参与了《水利学报》的审稿。为弘扬严谨求实的作风、认真负责的态度及甘于奉献的精神，编辑部综合考虑审稿专家的审稿数量、审稿质量和审稿时效，评选出30位专家为2025年度《水利学报》优秀审稿专家。名单如下(按姓名拼音排序)：

曹永强　邓　刚　方国华　黄显峰　黄晓荣　李新宇　李致家　刘春晶　梅亚东　牛文全
尚松浩　申建建　沈振中　覃　晖　王立成　王文圣　王忠静　夏军强　谢新民　熊立华
徐泽平　杨汉波　杨建东　姚文艺　于福亮　禹雪中　张稳军　张验科　钟平安　左其亭

《水利学报》编辑部