

# Research on the application of sustainable development concept in water conservancy planning and design

Na Hou

Hengshui Huacheng Water Conservancy Engineering Testing Co., Ltd., Hengshui, Hebei, 053000, China

## Abstract

The concept of sustainable development has become a core guiding principle in global water conservancy projects. This article explores the systematic application of this concept in water conservancy planning and design. It begins by clarifying the essence and theoretical framework of sustainable water management, followed by an analysis of the key challenges in ecological protection, social equity, and long-term economic benefits in current water conservancy planning and design. Based on this, the paper proposes a comprehensive application system that integrates optimal water resource allocation, eco-friendly engineering, intelligent management, and social participation. The study uses the South-to-North Water Diversion Project as a case study for empirical analysis. The research indicates that deeply integrating the concept of sustainable development throughout the entire cycle of water conservancy planning and design is essential for achieving efficient water resource utilization, maintaining ecosystem health, and enhancing social welfare. This approach has significant practical value for promoting the deep integration of water conservancy with regional sustainable development.

## Keywords

sustainable development; water conservancy planning; ecological water conservancy; water resources management; engineering design; fairness

## 可持续性发展理念在水利规划设计中的应用

侯娜

衡水华诚水利工程检测有限公司, 中国·河北 衡水 053000

## 摘要

可持续发展理念已成为全球水利工程的核心指导原则。本文深入探讨了该理念在水利规划设计中的系统性应用路径。研究首先厘清可持续水利的内涵与理论框架,继而剖析当前水利规划设计中在生态保护、社会公平和长期经济性方面存在的挑战。基于此,论文构建了融合水资源优化配置、生态友好型工程、智慧化管理与社会参与的综合应用体系,并以南水北调中线工程为例进行实证分析。研究表明,将可持续发展理念深度融入水利规划设计的全周期,是实现水资源高效利用、生态系统健康维护与社会福祉协同提升的根本路径,对推动水利事业与区域可持续发展的深度融合具有重要实践价值。

## 关键词

可持续发展; 水利规划; 生态水利; 水资源管理; 工程设计

## 1 引言

水资源是支撑经济社会发展和生态系统稳定的基础性、战略性资源。传统的水利工程规划设计往往侧重于防洪、灌溉、供水、发电等单一或有限的经济目标,对工程建设与运行可能引发的生态环境破坏、社会公平失衡以及长期可持续性关注不足,导致了一系列问题,如河流断流、湿地萎缩、生物多样性下降、移民安置遗留问题、工程效益难以持续等。

因此,深入研究可持续性发展理念在水利规划设计中的系统性应用,探索其内涵、核心原则、实施路径与面临的挑战,具有重要的理论价值和迫切的现实意义。本研究旨在

为构建面向未来的可持续水利工程提供理论支撑与实践指导,推动水利事业高质量发展。

## 2 可持续性发展理念与水利规划设计的理论基础

### 2.1 可持续性发展理念的核心内涵

可持续发展理念源于1987年世界环境与发展委员会(WCED)的报告《我们共同的未来》(布伦特兰报告),其经典定义为:“既满足当代人的需求,又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展。”这一理念突破了单一经济增长的局限,确立了三大相互依存、不可分割的核心支柱:

环境可持续性,强调发展必须尊重生态阈值,保护自然资源基础(尤其是水资源、土地、生物多样性)和生态系统的健康、恢复力与完整性,将对环境的负面影响降至最低,

【作者简介】侯娜(1984-),女,中国河北沧州人,本科,工程师,从事水利工程检测研究。

实现与自然和谐共生。

社会可持续性，关注发展的公平与包容性，确保所有群体（包括弱势群体、不同性别、不同代际）能公平地获得发展机会、资源（尤其是水资源）和服务，保障基本人权，促进社会凝聚力与稳定。

经济可持续性，追求长期的、包容性的经济增长和繁荣，提高资源利用效率（特别是水资源利用效率），促进创新和绿色经济转型，确保经济活动在环境承载能力和社会可接受范围内进行。

## 2.2 可持续性理念对水利规划设计的指导意义

将可持续性发展理念融入水利规划设计，意味着以下几点：

目标重构，从单一工程目标（如最大发电量、最大供水量）转向经济可行、社会公平、环境友好的综合目标体系。

尺度拓展，从关注单个工程点转向关注整个流域或区域系统；从短期效益评估转向长周期（全生命周期）成本效益和影响评估。

方法更新广泛应用生态水文学、环境流理论、系统分析、多准则决策、利益相关者分析、情景规划等工具和方法。

标准提升将生态需水保障、生物通道修复、温室气体核算、移民生计恢复、文化遗产保护等纳入工程设计的强制性或优先考虑内容。

## 3 当前水利规划设计中可持续性应用的现状与挑战

尽管可持续发展理念日益受到重视，但在实际水利规划设计应用中仍面临诸多挑战和不足。

### 3.1 主要进展

法规政策引导，中国《水法》、《环境保护法》、《水污染防治行动计划》等法律法规明确要求水资源开发保护统筹协调，促进可持续发展。《国家水网建设规划纲要》等也强调生态优先、绿色发展。

生态理念初步融入，环境流量（生态基流）概念被广泛接受并在部分河流规划设计中得到应用（如长江、黄河）。部分工程在设计阶段开始考虑设置鱼道、增殖放流站等生态修复措施。

水资源配置优化，跨流域调水工程（如南水北调）在规划设计中更加注重水源区、受水区的利益协调和水资源高效利用。

新技术应用，智慧水利、BIM（建筑信息模型）、绿色建材等技术部分大型工程中得到探索和应用，有助于提高效率和减少环境影响。

### 3.2 存在的主要问题与挑战

生态考量深度与广度不足，环境流量计算多停留在维持最低生存需求的“基流”层面，对维持河流完整生态系统功能所需的水文情势多样性（如洪水脉冲）考虑不足。生态修复措施往往作为“附加项”而非设计核心，且系统性、连通性不够。流域尺度的累积生态影响评估薄弱。

社会公平性保障机制不健全，工程移民安置虽已建立法规框架，但在实践中仍存在补偿标准偏低、生计恢复困难、社区文化断裂等问题。水资源配置在区域间、行业间（如农业与工业、城市与农村）、群体间的公平性优化机制有待加强。弱势群体（如贫困人口、妇女）的用水权益保障不足。

长期经济可持续性评估薄弱，规划设计阶段更关注建设期投资和短期显性效益（如发电、供水收入），对工程长周期（50-100年）的运行维护成本、更新改造费用、因环境社会问题引发的潜在成本（如生态补偿、社会冲突处理）以及气候变化适应成本等评估不足，导致“重建设、轻管护”倾向。

部门分割与协调机制不畅：水利、生态环境、自然资源、农业、城建等部门在规划目标、标准、数据等方面存在分割，导致规划设计中难以真正实现水资源、水环境、水生态的“三水统筹”。

公众参与的有效性与深度不够，公众参与往往停留在公示和征求意见层面，参与时机滞后（多在方案基本确定后），信息透明度不高，难以对核心决策产生实质性影响。受影响群体的诉求表达和协商解决机制不完善。

气候变化适应性融入不足，对未来气候情景下水文水资源情势变化（如极端干旱/洪水频率强度变化、冰川融雪补给改变）的预估及其对工程安全、功能、生态影响的系统性评估和适应性设计策略仍显不足。

## 4 可持续性发展理念在水利规划设计中的系统性应用路径

将可持续性发展理念深度融入水利规划设计，需要构建一个覆盖目标、原则、内容、方法、管理的系统性框架。

### 4.1 顶层目标设定与原则遵循

确立多维目标体系：明确规划设计项目在经济（效益成本比、投资回报率、促进就业等）、社会（保障供水安全、防洪安全、粮食安全、移民福祉、公平共享等）、环境（保障生态流量、保护水质、维护生物多样性、减少碳排放等）三个维度的具体、可量化的目标，并进行优先级排序或权衡分析。

全过程贯彻核心原则，在规划、设计、施工、运行、退役的每一个环节，都必须严格遵循系统性、公平性、效率性、适应性、参与性等基本原则。

### 4.2 可持续水资源综合配置与管理

“三生”用水统筹，在流域/区域水资源配置中，平等考虑生活、生产（工业、农业、服务业）、生态用水需求。核心是科学确定并优先保障河湖生态系统的基本生态流量和敏感期生态需水。

多水源联合调度，优化配置地表水、地下水、非常规水源（再生水、雨水、淡化水等）。大力推广再生水利用于工业冷却、城市杂用、生态补水等。

需水管理与节水优先：将需水管理置于与供水管理同等甚至更优先地位。在规划设计中融入先进的节水技术、工艺和管理措施（如农业高效节水灌溉、工业循环用水、城市

管网漏损控制、水价杠杆),抑制不合理用水需求增长。

### 4.3 生态友好的工程规划与设计

环境流量保障设计,将基于科学的、维持河流健康所需的全谱系环境流量(包括低流量、高流量脉冲、洪水等)作为工程调度运行的刚性约束,并在工程设施(如大坝泄流设施、取水口设计)上予以保障。

生态廊道与连通性修复,将恢复河流纵向(上下游)、横向(河岸带、洪泛区)、垂向(地表水-地下水)连通性作为核心设计目标。广泛应用鱼道(适应不同鱼种)、仿自然旁通道、生态堰、河岸带生态修复等技术。

最小化生态足迹,优化工程选址和布局,尽可能避让生态敏感区(如自然保护区、重要湿地)。采用生态友好型施工工艺和材料,减少占地、土方开挖、植被破坏和水土流失。保护重要生境和物种。

融入基于自然的解决方案(NbS),在适宜条件下,优先或结合使用自然的、生态的工程措施,如保护修复湿地(作为天然滞洪区和水质净化器)、建设河岸缓冲带、利用滩区自然滞洪等,增强系统韧性并降低工程成本。

### 4.4 促进社会公平与包容性发展

负责任的移民安置,执行“先移民后建设”原则。制定并落实全面的移民安置行动计划(RAP),确保受影响人口在搬迁前生活水平得到恢复或提高。提供足额、及时的补偿,支持可持续的生计恢复与发展(如技能培训、就业扶持、生产用地配置)。尊重和保护社区文化和社会网络。

普惠的水服务保障,规划设计应确保所有人群,特别是农村地区、贫困人口和弱势群体,能够公平获得安全饮用水和基本卫生设施。考虑城乡供水一体化、小型分散式供水工程等方式。

利益共享机制,探索建立水电开发等项目的收益共享机制(如地方留存电量、税收返还、社区发展基金),使工程所在地社区能从资源开发中长期受益。

### 4.5 提升长期经济可持续性与韧性

全生命周期成本效益分析(LCCBA),在规划设计阶段进行全面的LCCBA,不仅计算建设投资,更要充分评估长周期(涵盖设计寿命甚至更长)内的运行、维护、维修、更新、退役成本,以及潜在的环境外部成本和社会成本。将气候变化适应性改造的成本纳入考量。

韧性设计标准,基于未来气候情景(如RCP 4.5, RCP 8.5)下的水文预测,提高防洪、抗旱、供水保障等工程设计标准。增强基础设施(如堤防、水库、泵站)应对极端事件(超标洪水、持续干旱)的韧性和冗余度。设计灵活的调度方案。

智慧水利赋能,将物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)、数字孪生等技术深度融入规划设计,构建智慧感知、预报预警、优化调度、智能管控的现代化水利管理系统,提高水资源利用效率和风险应对能力。

### 4.6 健全规划管理机制与公众参与

强化“多规合一”与部门协同,推动水利规划与国土空间规划、生态环境保护规划、国民经济发展规划等有效衔

接。建立强有力的跨部门协调机制(如高级别的流域管理委员会),实现信息共享、目标协同、行动一致。

深化全过程公众参与:在规划设计的早期阶段(如问题识别、方案比选)就引入公众参与。采用多样化的参与形式(听证会、工作坊、问卷调查、公民陪审团、在线平台),确保信息公开透明。特别重视受直接影响群体的深度参与和赋权,建立有效的申诉和协商机制。

完善监测评估与适应性管理,在规划设计中就设定可持续性绩效指标(KPI)和监测计划。工程投入运行后,进行长期跟踪监测和后评估,根据实际运行效果、环境社会变化(特别是气候变化影响)和新的科学认知,及时调整运行策略或采取补救措施(适应性管理)。

## 5 南水北调中线工程的可持续性实践

### 5.1 工程设计与技术创新

全程自流引水,通过精心的线路规划和渠首高水位设计,实现了约1400多公里总干渠的全程自流输水,极大降低了运行能耗和碳排放,体现了经济效率和环境友好。

大型渡槽与隧洞技术,克服复杂地形地质条件,创新应用了多项世界级工程技术(如沙河渡槽、穿黄隧洞),减少了对地表生态的切割和扰动。

水质保障工程,在总干渠设计建设了全封闭的混凝土衬砌渠道、隔离防护网、在线水质监测系统、退水闸和事故应急工程,最大限度降低污染风险,保障“一渠清水北上”。

### 5.2 水资源优化配置与管理:

缓解水资源短缺,工程显著增加了受水区的水资源供给能力,改善了供水结构,为华北地区经济社会可持续发展提供了基础保障。

压减地下水超采,通水后,受水区城市地下水水源逐步被置换,地下水开采量显著减少,有效遏制了地下水超采和地面沉降趋势(如京津冀地区)。

智慧调度系统,建立了集监测、预报、调度、控制于一体的信息化系统,实现水资源的优化配置和精准调度。

## 6 结语

可持续水利规划设计是推动生态文明建设、保障国家水安全、实现人水和谐的战略支撑。唯有将可持续发展的基因深植于水利规划设计的骨髓,通过科技创新、制度创新、管理创新协同发力,才能构建起支撑中华民族永续发展的安全、绿色、高效、普惠的现代水网体系,为全球水治理贡献中国智慧与中国方案。

### 参考文献

1. 水资源学导论.夏军,左其亭.黑龙江科技信息,科学出版社.2018.(14)
2. 流域水循环与水资源高效利用.王浩,中国水利水电出版社.2020.(11)
3. 水利工程施工安全管理工作探究.董哲仁.生态水利工程学.2017.(15)