

本期主题：山地城市国土空间规划理论与实践

【主持人语】我国是一个多山的国家，围绕山地城市及区域开展规划研究与实践，既具有深厚的学术价值，也具有重要的现实意义。国内学者已经在山地城市学、山地人居环境等领域开展了广泛而深入的研究，特别是2018年国务院机构改革以来，各地学者对山地城市国土空间规划的探索更加深入和持续。重庆地处长江上游和三峡库区腹心，山水环绕、江峡相拥，近年来围绕建设“山水之城、美丽之地”，大量关于山地城市国土空间规划的研究与实践不断涌现。基于此，本期“专题研究”栏目以“山地城市国土空间规划理论与实践”为主题，介绍重庆市规划设计研究院关于山地城市国土空间规划理论研究与规划实践的近期部分成果，聚焦生态保护、人口流动、交通布局、产业发展等领域，以期提供实践参考。

【主持人简介】

卢涛，博士，正高级工程师，重庆市规划设计研究院院长，自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室副主任。

山地城市国土空间水生态规划逻辑框架与实践

卢涛，刘亚丽，刘方，张臻，闫晶晶

【摘要】在总结我国国土空间水生态规划发展进程及山地城市国土空间水生态规划面临的困境基础上，以“五级三类”的国土空间规划体系为切入点，立足“水土—水城—水系”3大空间尺度，确定“屏、源、城、岸、系、流”6大生态维度，提出“全域国土空间—山水城聚合空间—水系网络空间”的山地城市国土空间水生态规划逻辑框架，围绕水土保持、水源涵养、水城相融、水岸协同、水系优化、水质共保6大生态功能，提出相应的规划策略和关键技术，以期为其他山地城市的国土空间水生态规划提供参考。

【关键词】山地城市；国土空间；“水土—水城—水系”；水生态规划

【文章编号】1006-0022(2024)07-0112-09 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

【引文格式】卢涛，刘亚丽，刘方，等. 山地城市国土空间水生态规划逻辑框架与实践[J]. 规划师，2024(7): 112-120.

Logical Framework and Practice of Territorial Spatial Water Ecological Planning in Mountainous Cities/LU Tao, LIU Yali, LIU Fang, ZHANG Zhen, YAN Jingjing

【Abstract】 With a summary of China's territorial spatial water ecological planning progress and its practical dilemmas in mountainous cities, a logical framework of water ecological planning for mountainous city is proposed based on territorial spatial planning with "five levels and three categories". It incorporates 3 spatial scales: water land, water city, water network; defines 6 ecological dimensions: screen, origin, city, bank, system, stream; and consists of 3 levels: whole area space, mountain-water-city integrated space, water network space. Based on the six ecological functions of soil and water protection, water conservation, water city integration, water bank coordination, water system optimization and water quality co-protection, the corresponding planning strategies and key technologies are proposed, in order to provide references for the territorial spatial water ecological planning of other mountain cities.

【Keywords】 mountainous city; territorial space; water land-water city-water network; water ecological planning

0 引言

国土空间水生态规划(以下简称“水生态规划”)

已被纳入国土空间规划体系框架，并在自然资源保护与底线约束、生态保护修复与综合整治、生态安全格局构建与“三区三线”划定、空间结构优化与韧性城

【基金项目】重庆市自然科学基金面上项目(CSTB2023NSCQ-MSX0883)、重庆市建设科技计划项目(城科学2022第6-13号)

【作者简介】卢涛，博士，正高级工程师，重庆市规划设计研究院院长，自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室副主任。

刘亚丽，通信作者，博士，正高级工程师，注册城乡规划师，现任职于重庆市规划设计研究院。

刘方，正高级工程师，注册城乡规划师，重庆市规划设计研究院国土空间发展战略研究所所长。

张臻，博士，正高级工程师，注册城乡规划师，重庆市规划设计研究院国土空间发展战略研究所副所长。

闫晶晶，正高级工程师，注册城乡规划师，重庆市规划设计研究院国土空间发展战略研究所总规划师。

市支撑等编制内容中均得到体现。综观我国近年来的国土空间规划实践,水生态规划的内容、尺度、深度依然参差不齐,存在总体规划空间统领性不足、详细规划空间融合度不够、专项规划空间协调性有待提升等问题。运用系统规划思维,对标“五级三类”的国土空间规划体系,建立逻辑清晰的方法框架,指导不同类型、不同层级、不同尺度的水生态规划^[1-2],是亟须深入探讨的课题。

我国山地区域分布广泛,承载了90%的森林资源和水资源。山地城市因地形地貌、气候水文、生态环境复杂多变,地质灾害和次生灾害分布广、隐患多,城市开发建设对各类水空间乃至生态系统的破坏程度大,面临着更多的水生态问题。因此,急需抓住新一轮国土空间规划契机,厘清山、水、城、人生态耦合关系,开展国土空间多重视角、多个层级、多种尺度的水生态规划研究,维护山地城市水生态系统的健康、稳定、安全。

本文在总结我国水生态规划进程^[3-4]的基础上,解读山地城市水生态规划面临的困境,厘清国土空间规划与山、水、城、人的生态耦合关系,总结山地城市水生态系统的特性及主要问题,并立足“五级三类”的国土空间规划体系,构建基于“水土—水城—水系”框架的山地城市水生态规划框架,基于典型山地城市自然生态本底与集成评价,聚焦“屏、源、城、岸、系、流”6大生态维度,围绕水土保持、水源涵养、水城相融、水岸协同、水系优化、水质共保6大生态功能,探讨适合山地城市的以自然恢复为主、以人工修复为辅,山、水、城、人和谐相处的水生态规划方法和关键技术。

1 我国水生态规划发展进程

我国水生态规划与新中国生态环境保护事业发展同步^[5-8],呈现出由单一要

素到重点领域、由重点领域到重大流域、由重大流域到全域国土空间,以及由末端控制到全过程治理、由阶段性控制到全生命周期管控、由水污染治理到生态文明建设的發展轨迹,主要经历了“起步探索—加快推进—加速发展—转型跨越—开创新篇”5个阶段(图1)。20世纪70年代,我国水生态规划重点关注水污染治理;80年代,水生态保护指标被纳入国民经济社会发展综合决策体系;90年代,生态环境保护规划迎来了立法的新篇章,开创了通过法律手段保障规划实施的先河。21世纪初,我国积极探索水生态规划的空间落地,推动规划与实践的深度融合。随着党的十八大的召开,生态文明建设被提升至前所未有的高度,国务院顺应时势推进机构改革,构建了

国土空间规划体系,其中水生态规划不仅作为重点内容被纳入,还在“五级三类”的国土空间规划编制工作中得到重点体现。

2 山地城市水生态规划面临的困境

基于“五级三类”的国土空间规划体系,结合当前水生态规划实践^[9-16],重点剖析山地城市水生态规划面临的困境,具体如下:

一是总体规划全域统领有待加强。建立国土空间规划体系的核心目的之一,就是解决各类空间性规划“政出多门”的问题,实现国土空间资源环境全域全要素管控。但综观诸多山地城市的国土

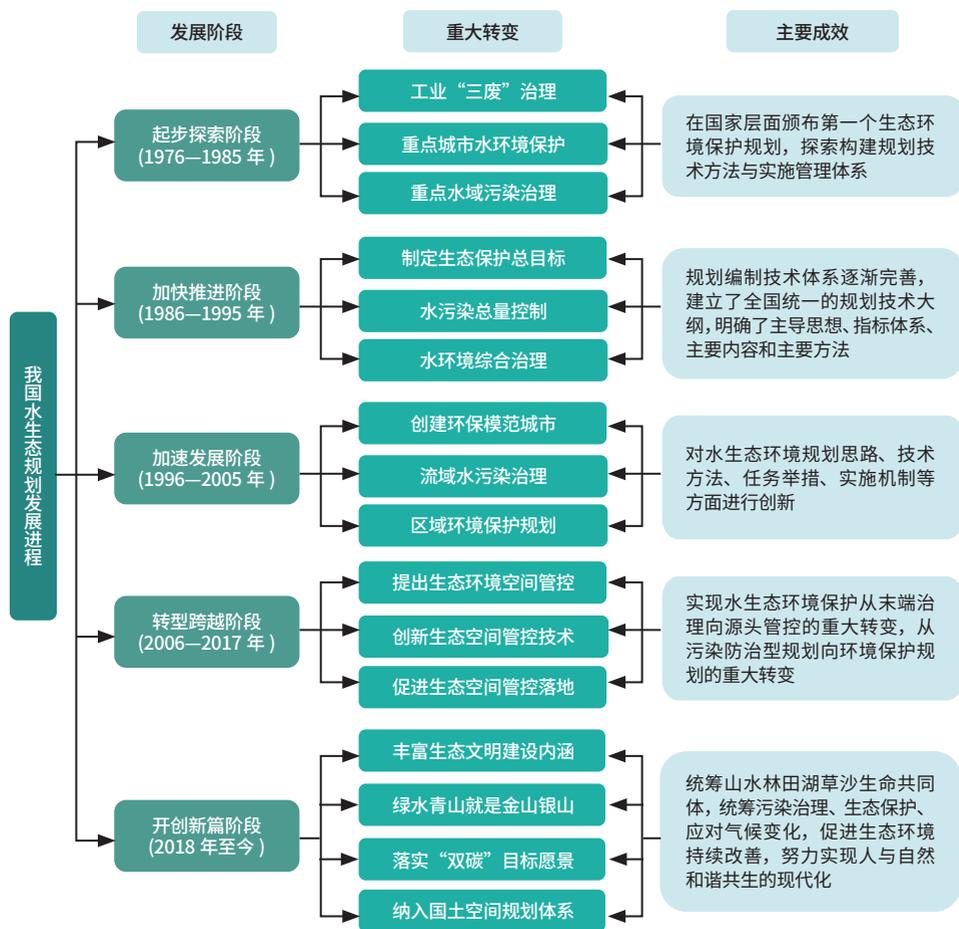


图1 我国水生态规划发展进程

空间总体规划实践,尚未能完全指导形成统领全域、体系完善、“多规合一”的生态安全大格局。国土空间总体规划作为“多规合一”的战略统领,亟须凝聚共识,强化底线思维,严控生态本底,加强顶层设计,将山地城市水生态战略目标、战略布局及战略举措落实到全域全生命周期,科学指导山水林田湖草沙一体化治理。

二是详细规划水、城融合有待深入。详细规划的核心目的是承上启下,即对上承接总体规划,对下指导专项规划,同时指导空间落地。鉴于当前国土空间详细规划领域尚缺乏统一的国家标准,特别是对于山地城市而言,该层级的国土空间规划在探索山、水、城融合的规划方法和路径上仍显不足。因此,迫切需要厘清山、水、城、人的生态耦合关系,推进传统规划向山水城融合规划转变,以此实现山地城市国土空间规划的生态化、空间化、立体化、信息化、量化、可视化,助力山、水、城融合布局,促进山、水、城融合发展。

三是专项规划水系协调有待强化。现阶段的水生态规划大都存在空间规划基础薄弱、未与国土空间规划深度融合、难以实现精准落地和精细化管理、制约规划实施效力等问题。究其原因,主要是我国现行水生态规划与国土空间规划仍属于“衔接”而非“统筹”关系,难以对水生态系统做出综合性部署和空间性统筹,难以实现水系统格局优化与空间协调的规划导向。

3 山地城市水生态系统的特性与问题分析

3.1 特性

受气候水文、自然地形、生态本底、资源环境的影响和制约,山地城市水生态系统具有以下特性:①水土功能重要。山地城市通常位于上游流域,作为区域

水源涵养重要区、水土保持重要区、战略性淡水资源库、生物多样性保护区,对于保障区域水生态安全发挥着不可替代的作用,水源涵养、水土保持、生物多样性维护功能极为重要。②水、城融合度高。水是山水林田湖草沙生命共同体中最活跃的生态要素,与其他各类要素的互动性最强、融合度最高,是连接各类生态空间和要素的纽带。山地城市大多缘水而生、因水而兴、逐水而盛,水在城市各空间要素间交流更快速、变化更多样,这使得山、水、城空间更具流动性、互动性、融合性。③水系互动性强。水具有高度流动性、交换性、循环性,山地城市不仅具有更丰富的河流、湖泊、库区,还拥有更多样的冲沟、滩涂、湿地,较大的落差、较快的流速使山地城市各类空间要素的动态关联性更强。

3.2 主要问题

山地城市水生态系统主要存在以下问题:①水土保持难度大。山地城市地形高差大、地理切割深、切割密度大,崩塌、滑坡、地面塌陷、泥石流等次生灾害隐患多,导致水生态系统更为敏感脆弱,水土流失与石漠化等的威胁更大,水源涵养与水土保持难度更高。②水、城生态威胁大。山地城市地形地貌复杂、坡度变化大、用地条件差,削山造地现象更为普遍,同时因开发强度大、建筑密度高,对水循环系统的影响更加剧烈,水生态廊道和水生态系统破坏程度较高。③水系保护难度大。山地城市水系分布错综复杂,为保障用地开发,自然河道被截弯取直、硬化渠化、加盖成暗河、改造为箱涵等情况更为普遍。同时,山地自身的地形破碎,加上不合理的开发建设行为,导致水系生态环境与鱼类洄游通道受阻,影响正常地表径流,造成河湖水位下降、水域面积缩减、湿地斑块萎缩,水生态系统服务功能明显减弱。

4 基于“水土—水城—水系”框架的山地城市水生态规划层级与逻辑

山地城市水生态系统较一般城市更复杂、多样、立体,各类空间和要素互动性强、融合度高,必须梳理各类空间的生态耦合关系,基于“五级三类”的国土空间规划体系,厘清水生态规划层级,建立水生态规划逻辑,有序推进山、水、城高质量融合发展。

4.1 山地城市水生态规划层级

对标“五级三类”的国土空间规划体系,基于宏观、中观、微观3大视角,本文提出从全域国土空间、山水城聚合空间、水系网络空间3大层级有序开展水生态规划(图2)。

(1) 全域国土空间。国土空间总体规划阶段的水生态规划须立足全域国土空间的系统性、规律性、动态性,综合考虑全域水生态环境的综合承载能力,以及山、水、城、人的生态耦合关系,统筹山水林田湖草沙生命共同体,在全域全要素全生命周期规划引领下,在底线强管控和发展紧约束要求下,以山为骨架,以江河湖泊为纽带,促进国土空间自然要素、生态要素、经济要素、社会要素、文化要素紧密关联,引导构建健康、稳定、安全的水生态系统。

(2) 山水城聚合空间。国土空间详细规划阶段的水生态规划必须厘清山、水、城的互动关系,全面掌握山地地形、水系格局、城市布局三者之间的联系与制约关系,深入剖析山地城市水空间的多样性、立体性、互动性,从山、水、城融合视角深入探讨水生态风险演化及其关联要素的变化趋势,建立水空间动态保护机制,寻求山、水、城、人生态耦合的最佳路径,以此促进山、水、城生态功能健康稳步提升。

(3) 水系网络空间。作为国土空间专

项规划的一类，水生态规划应充分解析水系网络空间的水源涵养、水土保持、水质净化、水景美化等基础功能，系统剖析山地城市水系优化与空间协调的重点和难点，并充分协调和融合各类各级国土空间规划，基于水生态治理现状、问题与需求，形成多元化、多层次、立体化的水系优化方法和关键技术。

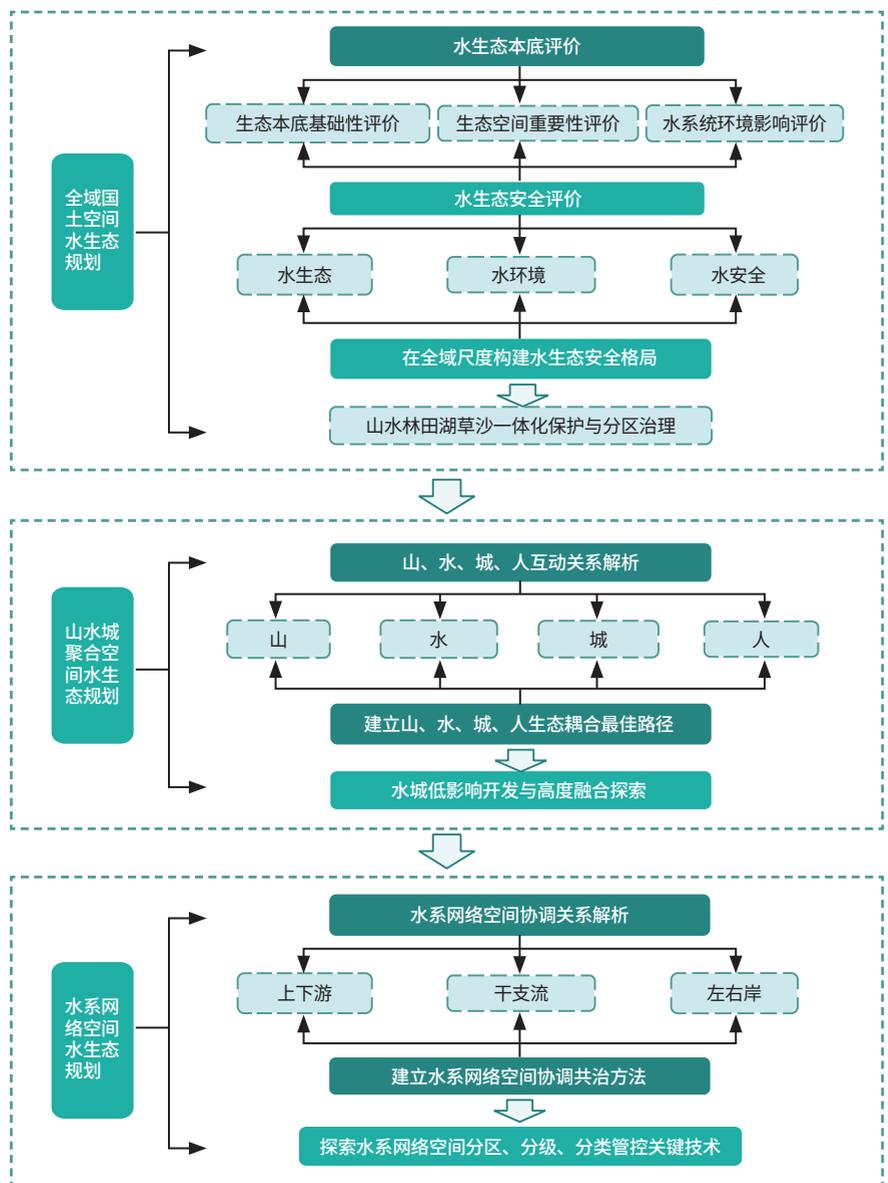
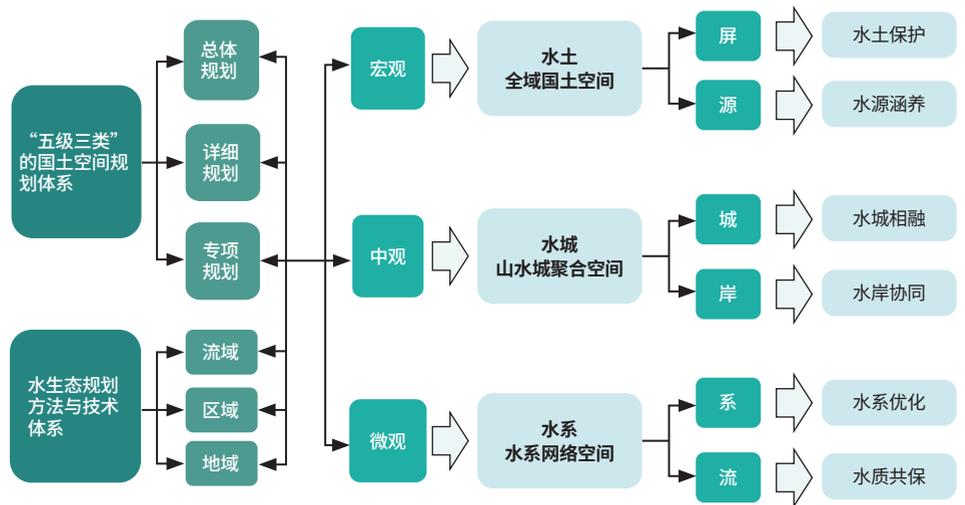
4.2 山地城市水生态规划逻辑

综上所述，本文建立基于“水土—水城—水系”框架的山地城市水生态规划逻辑，具体如图3所示。

一是全域国土空间水生态规划。立足自然山水本底，结合水土条件、生态特性开展全域国土空间现状调查与评价，识别区域生态主导功能，进行水生态问题诊断；基于重点生态功能区及生态共治共保基本要求，在全域尺度构建水生态安全格局；明确水生态保护修复目标，结合水源涵养与水土保持要求，提出山水林田湖草沙一体化保护与分区治理方法。

二是山水城聚合空间水生态规划。根据山地城市气候水文、地形地貌、生态特征及人类活动，综合考虑城市建设带来的水循环受阻、生态环境退化及生态功能异质性，厘清山、水、城、人的互动关系，建立山、水、城、人生态耦合最佳路径，通过循水理山、护岸融城，优化城市与山体、绿系、水系空间的结构关系，强调这些系统的有机融合，并与城市低影响开发系统充分衔接。

三是水系网络空间水生态规划。基于水系网络空间协调互动关系，统筹上下游、干支流、左右岸，进行水系网络优化及空间协调；做好生态基流保障、水环境保护、水污染治理，促进水生态、水环境、水安全功能配置相得益彰；协调水系、岸线和滨水空间3个层级的生态功能，提出生产性、生活性、生态性水系网络空间分区、分级、分类管控关



键技术。

由此可见，不同空间尺度的水生态规划重点各不相同，高尺度规划引导低尺度规划，低尺度规划影响高尺度规划，各尺度规划之间层层嵌套、相互影响、协同作用，应根据空间属性和主导功能，制定山地城市水生态规划逻辑框架。

5 基于“水土—水城—水系”框架的山地城市水生态规划实践

重庆，这座山地城市，位于我国地势第二级与第三级阶梯的过渡地带，地处三峡库区水土保持生态功能区、武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区等国家重点生态功能区，是国家淡水资源战略储备库和重要生物基因库，以及长江上游生态屏障的最后一道关口，肩负着筑牢长江上游重要生态屏障的重要使命。重庆兼具直辖体制和省级架构，在山地城市水生态规划中具有极强的代表性和典型性。

5.1 城市自然生态本底评价

大山大水的自然禀赋造就了重庆独特的山水生态空间：①山。自西向东形成盆中方山丘陵、盆东平行岭谷、盆周边缘山地，山地面积约占国土总面积的75.33%，其中丘陵面积占比为15.6%。②水。长江、嘉陵江、乌江、大宁河等5300余条江河纵横交织，水域面积约占国土总面积的2.48%，水网密度达0.38 km/km²。③林。林地面积为4.72万 km²，林木蓄积量为2.21亿 m³，森林覆盖率为48.3%，72.8%的森林分布于渝东北、渝东南。④田。耕地面积为2.02万 km²，集中分布于中西部平行岭谷、方山丘陵地区，呈现明显的地域差异。

5.1.1 生态功能重要性评价

通过水源涵养、水土保持、生物多样性维护3大功能集成评价可知，重庆

的生态功能重要但空间分布不均：极重要区面积为2.14万 km²，面积占比为26.03%；重要区面积为4.00万 km²，面积占比为48.61%；一般重要区面积为2.09万 km²，面积占比为25.36%。

5.1.2 生态环境敏感性评价

通过水土流失、石漠化敏感性集成评价可知，重庆的生态环境整体较敏感：极敏感区面积为3.17万 km²，面积占比为38.47%；敏感区面积为3.12万 km²，面积占比为37.89%；一般敏感区面积为1.95万 km²，面积占比为23.64%。

5.1.3 生态空间重要性评价

通过生态功能重要性、生态环境敏感性集成评价得出：重庆的生态保护极重要区面积为3.57万 km²，面积占比为43.32%，主要分布于盆周山地区域的高山区，包括大巴山、巫山；重要区面积为3.14万 km²，面积占比为38.11%，主要分布于丘陵向山地的过渡地带，包括明月山和精华山等条形山脉及山地平坝地区；一般重要区面积为1.53万 km²，面积占比为18.57%，主要分布于渝西方山丘陵地带。

5.2 城市水生态规划总体思路

立足重要生态功能区、水源涵养重要区、水土保持重要区、干支流影响区，发挥生态优势、彰显山水特色、协同绿色发展，建成全域水生态安全格局，进一步筑牢长江上游重要生态保护屏障，建成主体功能底线约束、城市有序开发、水系健康稳定的复合型、立体化、网络化的水生态系统。

按照“五级三类”的国土空间规划体系，基于宏观、中观、微观视角，建立“一中心、三层级、六维度、十二行动”的水生态规划总体思路（图4）：“一中心、三层级”，即以筑牢长江上游重要生态保护屏障为中心，聚焦水土、水城、水系3大层级，综合考虑水生态系统的

完整性，以重点流域为基础单元，依据区域生态功能重要性、生态环境敏感性、生态空间异质性，构建全域水生态安全格局；“六维度，十二行动”，即基于山地城市保护与发展需求，以水为脉，以山为魂，确立“屏、源、城、岸、系、流”6大生态维度，聚焦保水、护水、涵水、养水、循水、理水、亲水、避水、疏水、导水、活水、净水12大行动，协同上下游，融合山、水、城，联系干支流，提出以水土保持、水源涵养、水城相融、水岸协同、水系优化、水质共保为导向的规划策略和关键技术。

5.3 全域国土空间水生态规划

立足全域国土空间，围绕“屏”“源”两大生态维度，重点聚焦水土保持、水源涵养，开展保水、护水、涵水、养水4大水行动，高站位进行水生态安全格局构建和水生态分区治理。见图5。

5.3.1 “护屏”（水土保持）：水安全格局构建

(1) 保水：水生态安全格局基础

在生态系统中，水具有高度的流动性、循环性、融合性，与各类生态空间和要素联系最为紧密，因此水生态安全格局构建不仅涉及水本身，还涉及整个生态系统，涵盖了自然要素（地形、地貌、土壤、气象、水文、水体、生物等）以及人工要素（城市、乡村、农林、工矿）。水生态安全格局构建必须基于生态系统本底评价，以水生态安全为目标导向，以促进自然水文循环，充分发挥生态服务功能，保障生态系统健康性、安全性、风险可控性为目的，通过各种生态因子、生态空间耦合与叠加，将自然要素、生物要素、人工要素紧密融合，形成健康、稳定、安全的生态网络，实现生态空间整合与优化，为保护自然生态本底、优化空间系统布局、充分发挥生态服务功能提供刚性支撑。

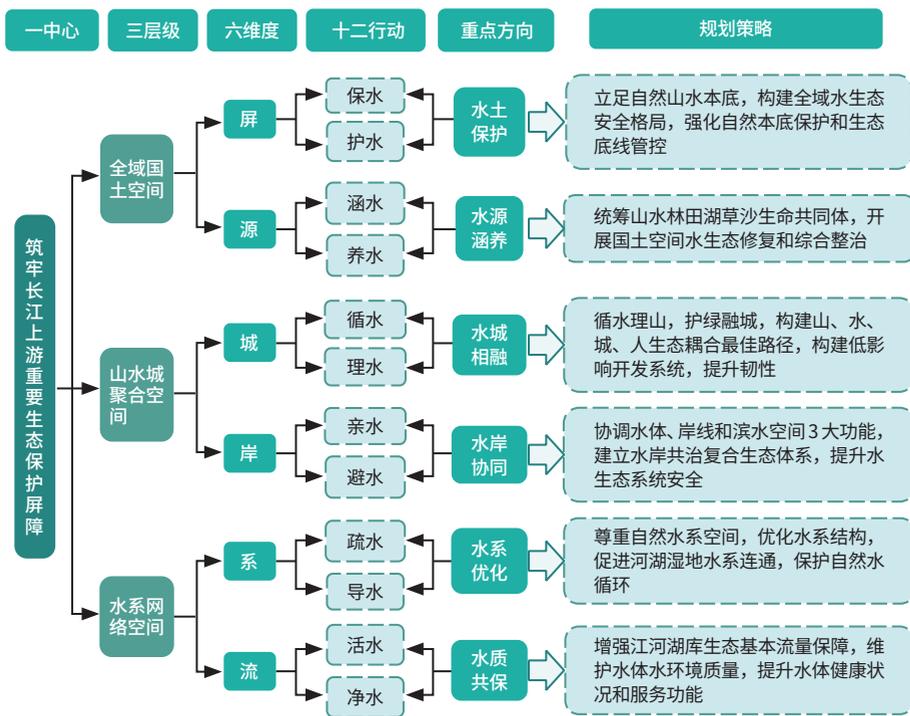


图4 基于“水土—水城—水系”框架的水生态规划总体思路

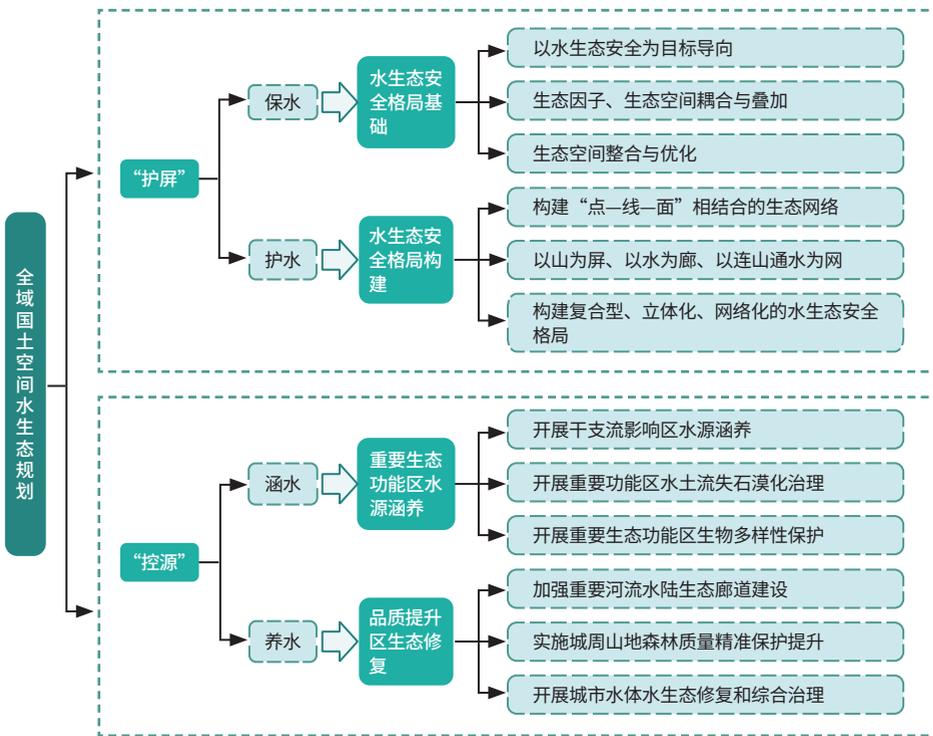


图5 全域国土空间水生态规划框架

(2) 护水：水生态安全格局构建

在重庆全域国土空间尺度上，统筹山水林田湖草沙生命共同体，识别各类空间及其功能关系，选取与山地城市水

生态系统密切相关的6类生态基底要素（地形地貌、气象水文、水系结构、土壤侵蚀、植被覆盖、生物丰度）进行空间耦合，形成各类生态格局分布图，使其

具有空间整体性、连通性。同时，运用ArcGIS进行空间运算叠加，并按重要程度赋值，通过最小阻力模型进行空间分析，基于保护三峡库区水土保持生态功能区、武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区等国家重点生态功能区，以及强化跨区域、跨流域生态共治共保的基本要求，构建“点—线—面”相结合的生态网络，最终形成以上游山系为水生态屏障、以江河湖库为水生态廊道、以水系复合空间为水生态网络的“三带、四屏、多廊、多点”的复合型、立体化、网络化的水生态安全格局。

5.3.2 “控源”（水源涵养）：水生态分区治理

(1) 涵水：重要生态功能区水源涵养

针对三峡库区生态涵养区以及大巴山、武陵山等生态屏障区，一是系统实施长江干流、重要支流及相关影响区水源涵养工程，分级保护、多级治理三峡库区消落区，实施山水林田湖草沙生态保护修复工程，提升水源涵养、洪水调蓄、土壤保持等重要生态功能；二是以大巴山—大宁河流域水源涵养、九重山—红池坝亚高山草甸水土治理为重点，打通林带“断点”，开展水土流失和石漠化综合治理，提升水生态系统的质量和稳定性；三是以武陵山、七曜山、乌江干支流区域为重点，实施乌江生态廊道建设、七曜山—茂云山—灰千梁子重要生态功能斑块重建、破损地生态修复，提升生态斑块连通度，提升生物多样性保护功能。

(2) 养水：品质提升区生态修复

针对丘陵谷地生态品质提升区，一是加强长江、嘉陵江、涪江等重要河流生态廊道及华蓥山等重要陆地生态廊道建设，实施东部槽谷生态城市治理、西部槽谷生态宜居示范工程，修复城市水系、水系、绿系；二是实施“四山”森

林质量精准提升、长垫梁明月山—精华山生物多样性保护工程，綦江—万盛采煤沉陷区综合治理、云雾山—巴岳山综合整治工程，以及野生动植物栖息地保护修复工程；三是实施“两江四岸”治理提升、长寿湖生态品质提升、濑溪河—小安溪—宝顶山生态功能提升、大溪河流域矿山生态修复、龙溪河平行岭谷生态农田整治、綦江流域生态农田整治等重点工程。

5.4 山水城聚合空间水生态规划

立足山水城聚合空间，围绕“城”“岸”两大生态维度，重点聚焦水城相融、水岸协同，开展循水、理水、亲水、避水4大水行动，高质量推进山、水、城融合发展及水岸线协同管控。见图6。

5.4.1 “融城”（水城相融）：山、水、城融合发展

(1) 循水：山、水、城分级管控

山地城市缘水而建、因水而兴、逐水而盛，重点发展区域与水系联系尤其紧密，水系空间又对山地城市的形态和布局产生深远影响。水生态功能能否充分发挥，取决于山、水、城之间的自然融合程度，因此山、水、城融合发展的关键在于科学协调水系与城市用地的关系，通过循水理山、护岸融城，建立山、水、城生态耦合的最佳路径。山、水、城生态耦合关系有3种：一是水系环绕城市，成为重要的外围生态空间；二是水系分割城市，成为重要的组团隔离带；三是水系贯穿城市，成为联系各类空间最活跃的纽带。据此，提出3大层级的山、水、城融合管控策略：第一层级划定外围山水保护线，控制建设用地在山麓地区的生长边界，保护城市外围的自然生态空间和自然水循环；第二层级保护城市组团之间的山水隔离带，保护各组团间的山脊线、水域岸线，畅通内外水循环；第三层级保护城市内部的蓝绿空间和生态通廊，严格控制建筑高度、密度，

畅通内部水循环。

(2) 理水：山、水、城沟通互动

受地形高差影响，山地城市水系空间形态更为复杂，竖向变化更为丰富，立体层级更加多样，水系常呈枝状分布，整体形态蜿蜒曲折、缩放不一。水系与山体的交界空间会呈现不同的小气候，水系周边具有更丰富的林地、园地、草地、绿地、湿地等生境。因此，山、水、城生态沟通应注重3大方面：一是依山就水，共建立体化生态网络。将水系作为立体生态廊道，强化其与山系、绿系、景观轴等生态空间的紧密联系，共同成立体山水生态网络，以此强化山、水、城的有机融合。二是水城联动，构建立体化生态通廊。结合郊野公园、城市绿地、滨江公园，结合步道、慢行系统、景观平台，设置贯通山体、绿系、水系的绿脉和通廊，全面提升山、水、城生态廊道功能。三是水陆连通，加强关键点与“生态桥”的联合重组。在山体、

绿系、江岸、水系之间构建连通山、水、城以及跨越滨江路的“生态桥”，构建蓝绿生态廊道和生物多样性保护链接带，保证陆生、湿生生态廊道畅通，提升山、水、城生态系统的安全性和稳定性。

5.4.2 “绿岸”（水岸协同）：水岸线协同管控

(1) 亲水：水岸复合空间协同治理

从人与自然和谐共生的角度出发，提出水岸协同的关键技术。一是尊重自然岸线格局。滨水开发建设应尊重原始地形地貌，强调因地制宜，保护富有山水特色的滩、沱、浩、湾、坝、嘴、半岛等水文地貌、自然遗迹以及蜿蜒富有变化的滨水岸线；对规划为建设用地的滨江地带，结合地形，依山就势，留出绿带、绿楔、绿廊。二是强化自然生态修复。严控岸线开发建设强度，去除人工干预，引导和促进水岸系统性修复；加强滨江绿化缓冲带、建筑退距、建筑风貌等的水岸协同修复，采用透水式铺

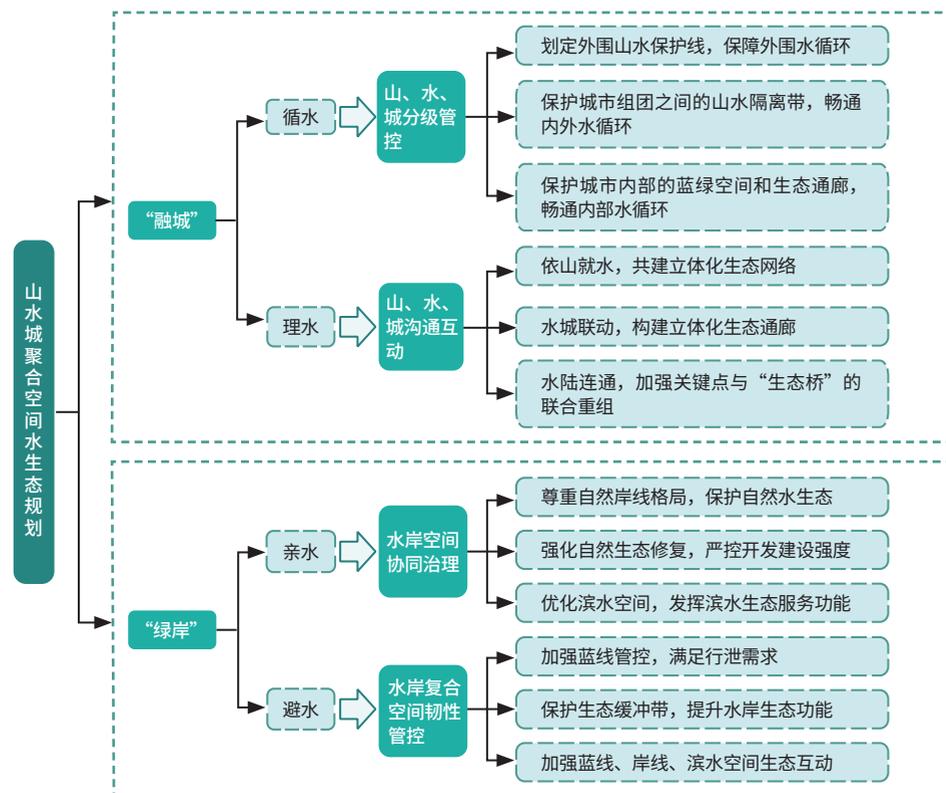


图6 山水城聚合空间水生态规划框架

装、下凹式绿地等低影响开发方式，提升水岸生态功能。三是发挥滨水生态服务功能。串联分散的公园、绿地，形成系统的滨水绿地开放空间，充分发挥滨水生态服务功能；针对滩涂、湿地等水岸复合空间，结合水位季节性变化，通过江滩整治、湿地建设、滨水空间复合打造，为生物提供良好的栖息环境。

(2) 避水：水岸复合空间韧性管控

受山地气候及地形影响，山地城市河流水量变化大、水位落差大、水流速度快，易发生山洪、泥石流等破坏力较强的水灾害，同时这类灾害易侵蚀河道、增加河流含沙量，造成河道淤积，发生各类次生灾害。必须融合韧性城市与海绵城市理念，结合地形高差和竖向规划，统筹灰绿基础设施，实现“低影响，强管控，山水城共塑韧性”。据此，提出三级韧性管控策略(图7)：一是蓝线管控。为保障江河湖库的基本生态需求和安全行洪需求，科学划定蓝线(包括水域、沙洲、滩地、行洪区以及两岸堤防和护堤地等)。二是岸线管控。为确保健康稳定的水岸生态功能，应针对江河湖库划定生态缓冲带范围线。三是滨水空间管控。城市开发建设活动会对江河湖库两岸产生负面影响，应充分考虑蓝线、岸线、滨水空间的生态互动关系，划定滨水空间协调范围线，提出保护与管控要求，使各类空间功能配置相得益彰。

5.5 水系网络空间水生态规划

立足水系网络空间，围绕“系”“流”两大生态维度，重点聚焦水系优化、水质共保，开展疏水、导水、活水、净水4大水行动，高标准推进上下游立体连通及干支流内外兼治。见图8。

5.5.1 “联系”(水系优化)：上下游立体连通

(1) 疏水：三级水系网络空间联动

山地城市的水系具有较高的生态服

务功能，包括气候调节、水气循环、水源涵养、水土保持、生态保育、环境维护、景观提升、洪涝防御等，应遵循自然水文特性，结合水系分布及落差，优化三级水系网络空间，促进“上下游自然联动、干支流立体连通、山水城韧性相融”。其中：上游源头水系作为城市之源，起到水源涵养、固定水土的关键功能，必须实施最严格的生态保护管控；对于城市内部支流水系主要采取自然疏导、调蓄、净化等方式进行生态保护修复，同时注重水系互动连通；对于城市下游

干流水系，严格按照防洪除涝要求，预留行泄通道，保证足够的泄洪排涝能力。

(2) 导水：点、线、面立体连通

采用点、线、面相结合的方式，联合水生态斑块、水系廊道、水系网络共同组成水系统框架，优化水系统格局，全面提升水生态功能。一是利用水生态斑块，提升基础调蓄能力。基于水系本底分析，结合不同尺度的水塘、沟渠、湿地，建设水生态斑块，构建不同级别的贮水体系，增强基础调蓄能力。二是优化水系廊道，提升架构完整性。城市

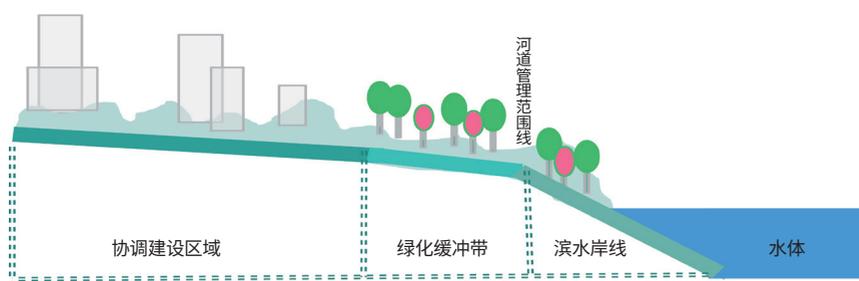


图7 山地城市水岸复合空间生态保护管控示意

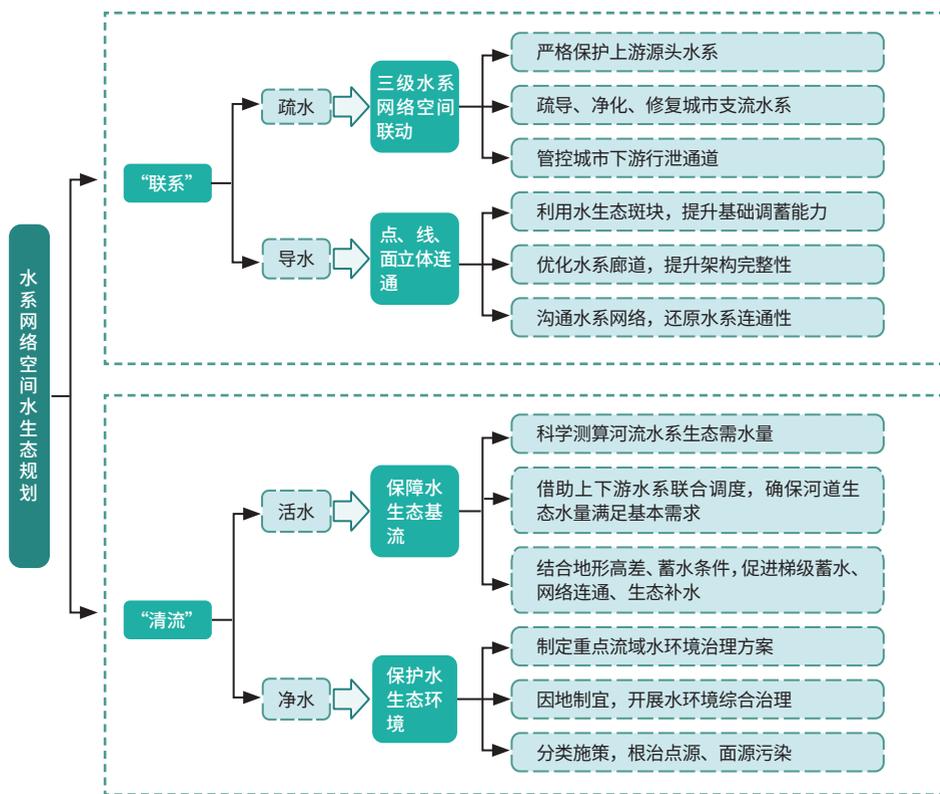


图8 水系网络空间水生态规划框架

水系是兼有自然和人工属性的复杂系统，不能以单一水系为研究对象，应针对城市水系统及周边水环境进行整合，打造多层次、多节点、体系完整的水系廊道。三是沟通水系网络，还原水系连通性。基于水系网络综合分析，整理水系构架，找到水网关键链接点，如河道的狭窄断面，或被封盖渠化处，或阻碍水系融入水循环系统致使生态调节功能下降的关键节点，通过还原径流通道，连通各级水系网络，还原水系的自然生态流动性。

5.5.2 “清流”（水质共保）：干支流内外兼治

(1) 活水：保障水生态基流

融合水文学、水力学、生态学、环境学、安全学等学科，充分考虑自然山水特性，保障水生态基流，实现水生态系统的健康性、稳定性、安全性。一是基于山地特性，采用 Tennant 法、生态水深—流速法、面积类比法、换水率法等，科学测算河流水系生态需水量；二是充分利用降水，因地制宜采用再生水回用，借助上下游水系联合调度，确保河道生态水量满足基本需求；三是结合地形高差、蓄水条件，促进梯级蓄水、网络连通、生态补水，充分利用水系统自组织能力，强化水系优化与岸线柔性设计，恢复水系统生境异质性和生物多样性，促进水系统自然补水。

(2) 净水：保护水生态环境

坚持以自然恢复为主、以人工修复为辅，基于重庆的水生态特征、河流生态基流、水环境容量、污染物负荷、水体纳污能力的测算分析，识别关键性污染因子，从水资源、水环境、水生态、水安全角度出发，制定重点流域水环境综合治理方案。一是针对生态系统受损的河流水系，采取切断污染源、禁止不当开发、消除胁迫因子的方式进行水生态系统修复；二是针对沿江工业区，重点抓好“产业清单准入”和“工业严格

退距”，实施干流及主要支流水系网络空间管控；三是针对沿河城市，重点实施污水截流，大力根治各类点源污染与面源污染。

6 结束语

水生态规划已从过去单一目标或单一要素管控转向系统治理与综合提升，必须践行生态文明思想，运用国土空间规划的系统思维，尊重水生态系统内在规律，统筹山、水、城、人生态耦合关系，从原真性、连续性、完整性出发，综合考虑“水土—水城—水系”3大空间尺度及其相互关系，寻求多尺度、多层次、立体连通、多元融合的最优路径。本文以重庆为例，探索基于“水土—水城—水系”框架的山地城市水生态规划实践，以期为有效提升水生态规划保护与管控的有效性、衔接性、融合性，以及推进山、水、城高质量融合发展提供参考。□

[参考文献]

- [1] 冀凤全，张晓尧，丁锐清，等. 水阳江下游圩田蓝绿空间规划策略与实践[J]. 规划师，2023(2): 139-144.
- [2] 刘亚丽，曹春霞，龚浩.“韧性城市”与“海绵城市”耦合的山地城市防涝规划研究[J]. 规划师，2022(11): 97-103.
- [3] 肖健，张若冰，曾胜. 全流域视角下的“两栖城市”规划设计策略：以深圳市深汕特别合作区赤石河为例[J]. 规划师，2023(5): 103-110.
- [4] 闫建龙，朱江，曹迪，等. 流域生态保护导向下的高原湖泊城市国土空间总体规划探索[J]. 规划师，2022(4): 101-106.
- [5] 韩会庆，黄娅，张英佳，等. 山地城市景观生态风险与人类活动强度变化及其相关性研究[J]. 华北水利水电大学学报，2023(12): 15-20.
- [6] 周广金，童亚莉，王凌青，等. 国土空间规划中水生态空间及保护线的多维识别技术与应用[J]. 自然资源学报，2022(12): 3102-3117.

- [7] 陈方旭. 乡村振兴背景下蚌埠市农村生态环境治理困境与对策[J]. 南方农业，2023(2): 229-231.
- [8] 陈锦全，汤钟，俞露. 超大城市全要素蓝线规划编制探索[J]. 中国给水排水，2022(22): 41-46.
- [9] 李阳力，陈天，臧鑫宇. 围水定策：中国31个省份水生态韧性评价与优化战略思考[J]. 中国软科学，2022(6): 96-110.
- [10] 王亚雄，秦蓓蕾，赖国友. 南方水网区制造业城市水生态文明建设规划研究：以佛山市为例[J]. 广东水利水电，2022(5): 73-76.
- [11] 邱琰茗，汪丽丽，韩建立，等. 水生态建设与管理技术研究进展[J]. 中国防汛抗旱，2021(8): 26-31.
- [12] 张宝中. 山区河道水生态空间划定及管控的技术研究[J]. 水利技术监督，2023(7): 77-81.
- [13] 潘安君. 践行“十六字”治水思路 复苏北京河湖生态环境[J]. 水利发展研究，2022(6): 6-8.
- [14] 陈阳，岳文泽，张亮，等. 国土空间规划视角下生态空间管制分区的理论思考[J]. 中国土地科学，2020(8): 1-9.
- [15] 刘鑫，刘建军. 甘肃省疏勒河水域岸线空间管控方法与经验探讨[J]. 水利发展研究，2020(6): 40-43.
- [16] 杨永波，于书伦，段娟莉. 试论构建统一的国土空间用途管制制度的思路与建议[J]. 农村经济与科技，2019(13): 58-59.

[收稿日期]2024-01-31;

[修回日期]2024-04-01