

# 应对多维水约束的流域城镇空间弹性规划：概念框架与响应模式\*

王高远 陈天

Flexible Urban Spatial Planning for River Basins to Address Multidimensional Issues of Water Constraints: Conceptual Framework and Response Model

WANG Gaoyuan, CHEN Tian

**Abstract:** As water is a vital resource, a river basin serves as a strategic spatial unit of policy intervention for the protection and utilization of territorial space. However, water scarcity resulting from urbanization and climate change has significantly compromised urban development within river basins. Given the complexity and unpredictability of spatial issues in such regions, the effectiveness of conventional planning approaches is in question. This underscores the need for establishing a flexible planning system. In the perspective of system theories, the paper dissects the elements, structure, and functions to elucidate three types of water constraints. Borrowing the concept of elasticity in physics, it attempts to construct a flexible planning framework that encompasses threshold expansion, functional segmentation, and expectation harmonization designed in order to address multidimensional challenges posed by water constraints in river basins. On this basis, by incorporating the concepts of reservation, nestedness, inclusiveness, and robustness, the paper offers a preliminary discussion of flexible responses that can accommodate diverse scalability levels, multi-layered restructuring, multi-dimensional structural optimization, and multi-directional sequence balancing. The paper is anticipated to serve as a reference for the high-quality development of territorial spaces and the capacity building for dynamic flexible planning, contributing to the achievement of ecological civilization.

**Keywords:** water resource; river basin; town; spatial development; flexible planning

**提要** 流域以水资源为核心特征,是统筹国土空间开发保护格局的重要战略空间。然而城镇建设冲击与气候变化使流域内城镇空间发展受制于多维水约束。面对流域空间问题的复杂性与不确定性,传统规划常无措受困、效力式微,亟待厘清相应的弹性规划范式。基于系统学视角下的要素、结构与功能对其进行解构,阐述边界、关系与状态等3类水约束。借鉴物理弹性概念,尝试从弹性体的形变、应力与运动等3方面构建面向流域城镇空间发展、应对多维水约束的“阈值扩容—方程分段—期望调和”弹性规划概念框架,为流域城镇空间适水优化提供弹性视角。在此基础上,结合预留性、嵌套性、包容性与稳健性,初步探讨应对多维水约束的流域城镇空间弹性规划响应模式,包括规模多样定域、布局多层重组、结构多维优化与时序多向权衡,以期为生态文明下的流域国土空间高质量发展与弹性规划能力提升提供支撑。

**关键词** 水资源;流域;城镇;空间发展;弹性规划

中图分类号 TU984 文献标志码 A  
DOI 10.16361/j.upf.202305011  
文章编号 1000-3363(2023)05-0086-07

## 作者简介

王高远,天津大学建筑学院博士研究生,1020206035@tju.edu.cn

陈天,天津大学建筑学院教授、博士生导师,城市空间与城市设计研究所所长、一级注册建筑师,通信作者,chentian5561@vip.sina.com

流域是生态文明建设的主体单元之一,而水资源是流域系统的核心要素。受人类生产生活与自然地理环境耦合胁迫作用,流域内生生化趋势导致人一水一地矛盾频发<sup>[1]</sup>。回顾过往,水资源在城镇空间布局的形成、演化与重构过程中发挥关键作用<sup>[2]</sup>。然而近来,城镇化冲击与气候变化引发多重水源风险,城水关系割裂约束着流域内城镇空间发展。审视当前流域规划,大多空间属性较弱并偏重资源环境管理,鲜能指导流域内空间部署,对流域尺度水资源的约束机制以及城镇空间涉水规划管控缺乏讨论<sup>[3]</sup>。

随着可持续发展理念兴起,弹性作为决策思想被引入规划领域以应对不确定性因素与非理性行为,为城市发展适应广泛变化与关联社会—生态系统提供范式。然既有研究多关注边界修正、指标预留与结构冗余,对空间布局与发展模式的弹性讨论较少<sup>[4]</sup>。相关实践则偏重刚弹结合的场景界定,仍未细致阐明如何将弹性概念深度融入规划框架,难以改善规划操作与空间需求脱节。如城镇开发边界设置弹性发展区,然其倍数化的指

\* 国家自然科学基金面上项目:寒冷地区适水性住区空间规划模式与方法研究(项目编号:52078329);国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目:澳门填海造地高密度城市空间环境评价与优化研究(项目编号:52061160366);根据第六届“金经昌中国城乡规划研究生论文竞赛”获奖论文改写

标思维难以导出具体管控规则，且局限于规模-形态框架的区划手段无法应对弹性发展的多情景诉求。

城镇空间是流域系统的重要载体之一，对其空间决策的杠杆变量并非唯一或长效解。同时，水资源在自然-行政单元间的循环-分配过程具有不确定性。因此，弹性思维是应对流域城镇空间发展困境的有效方法<sup>[5]</sup>。综上，本文在系统解析水资源对流域城镇空间的多重约束基础上借鉴弹性理念，初步建构流域城镇空间弹性规划概念框架并尝试探讨其响应模式，以期对流域国土空间高质量发展做出有益探索。

### 1 机理审视：多维水约束的系统学解构

水作为基础性自然资源和战略性经济资源对城镇化具有约束尾效，其中空间城镇化对水资源禀赋拟合度最高<sup>[6]</sup>。流域国土空间是以水资源为界面的自然-经济-社会复合系统，受其持续作用形成激励提升与约束胁迫并存的流域城水关系，其本质是人类需求多样性与空间资源稀缺性的互馈。考虑到城镇化与流域生态环境构成高阶次、多回路与非线性的开放复合系统，系统论的整体性、联系性及演化性可为水资源的多维约束提供解析思路<sup>[7-8]</sup>。本文借助系统学视角，从要素、结构与功能对该约束进行解构，见图1。

#### 1.1 要素整体性下的边界约束

整体性指系统是由要素组成的有机整体，而非非独立要素的机械加和。土地与水文协同效应使水资源对土地开发的限度与范围产生边界约束。水资源作为流域的核心自然要素，将沿岸三生空间有机串联。这种要素间的互动关系是塑造域内资源环境过程的生态学基础。从生态-社会系统视角来看，要素可分为资源环境要素与生产要素。

首先是资源环境要素胁迫。水资源开发利用成本会折损城市化效益，水资源空间分布也影响着城市空间布局，包括不同水平的近远程胁迫<sup>[9]</sup>。一方面，城镇空间发展所带来的人口集聚、经济扩展和土地利用变更等会引起域内供水用

水难度增加；另一方面，水资源压力制约流域城镇空间的发展速度与质量，如水资源短缺与供水结构不合理会阻碍城市人口与用地发展。流域洪险扰动会破坏城市建成环境，威胁人居安全；流域水土流失会削弱城镇生境空间的服务功能；流域水系退化会降低水体对城镇物理环境的调节作用。

其次是生产要素限制。生产力低下导致生产要素匮乏或统筹不力，限制水资源利用水平，带来地区空间发展对水资源环境变化的高敏感性，拉低相应的投入产出比。如：水陆交通接驳度低，水上交通整体联动性弱；水经济开发缺乏深度，全方位多角度的开发指引缺位；等等。由于生产扩大与消费增长对自然变化存在剧烈干扰，经济转型升级在带来重大机遇的同时，也易对流域生态安全保障造成多重风险，限制城镇空间发展的方向与规模。

#### 1.2 结构协同性下的关系约束

要素变化引发系统结构改变，并反馈于要素及其间联系。在城镇发展中，该关系体现为空间连续分布下的结构衍射性与爬升联合性<sup>[10]</sup>。一方面，流域内各尺度单元长期竞合交织，其发展所依赖的腹地范围重叠关联。另一方面，流域将沿线国土空间通过上下游、左右岸、干支流等水陆要素联系，协同构成流域生态系统。该多重牵制关系阻碍着流域空间的和谐互构与动态有序，主要体现

于单元结构与生态结构中。

首先是单元结构关联。在流域中，城镇空间与水资源的交互系统在多尺度上跨级嵌套运行，具有开放性与连续性。单元间的尺度转换与效能传递致使上下层级间相互拮抗或增益。然城市空间布局多从其自身利益最大化出发，遵循沿资源递减方向而衰减的区位择优规律，常诱发各层级间利益冲突，造成域内城镇空间的协作传导不畅。同时，自然资源数量与结构的强地理附着性加剧了单元禀赋的差异性与难移植性，妨碍格局高效组织与良性发展。

其次是生态结构耗散。根据耗散结构理论，流域可看作开放随机的动态涨落系统，需不断与外界交换物质能量方能迈向宏观有序<sup>[11]</sup>。就外部意志而言，这一自然选择过程常与人为驱动的城镇空间发展相悖。如水利设施建设会干扰自然水体流动，从而破坏水文过程完整性。就内部结构而言，其协同动作和相干效应体现在域内水系网络互构联通与水生态单元类型配置有机<sup>[12]</sup>。当人类活动加剧，流域水网与水生态结构遭受的破坏会间接被耗散结构放大与加速，影响内部其他生态功能有序流转。

#### 1.3 功能演化性下的状态约束

要素在宏观上形成特定结构，并在系统层面展现特定功能，侧面反映出系统所处状态。水资源发展的周期性与有限性不能同步满足经济系统自我强化与

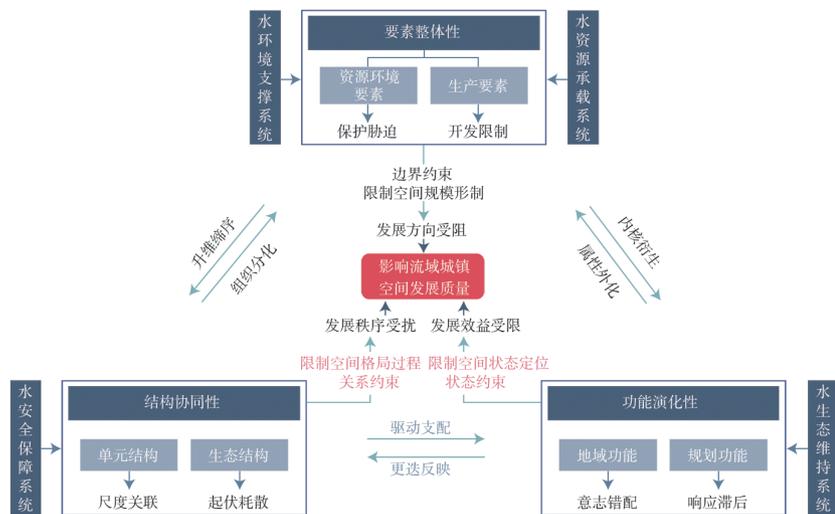


图1 流域多维水约束的系统学解构

Fig.1 Deconstruction of multidimensional water constraints of river basins under the system theories

无限增长的需求。在人与自然的贯序选择中,各功能形成合作、博弈、竞争与冲突等作用关系。若利用功能与原有功能抵触,则二者会相互取代或共存,进而实现演化发育。这表现为地域功能交互与空间组合重构,对城镇空间的发展状态和趋势产生影响<sup>[13]</sup>。

首先是地域功能错配。客观上,各地域单元在特定时期存在适宜度最高、潜力最优的利用功能。然而同一区位与地类对应的优势功能并非一成不变。受人类意志驱使,城镇空间配置模式与水资源的本底功能分布间并不存在天然适配关系。生产生活空间的区位指向常为水生态系统中的脆弱敏感地带,易对自然基础产生破坏。这种错配阻碍既有功能的生长发育并激发负外部性,对于城镇空间的状态判别与功能定位带来困扰。

其次是规划功能滞后。信息学视角下,内容不完全性、来源不一致性、传达不精确性与本体变化性导致不确定性产生<sup>[14]</sup>。对照当前流域规划与水资源规划,其空间定位不明确、与其他规划不衔接、指标分解不合理与责任主体不统一等都造成规划的滞后性。在城市发展初期,当水资源在一定范围内被消耗时,城镇空间发展受益且速率会相应提高。但当其跌破特定限额,资源衰竭开始阻碍城镇空间发展。在实际中,规划难以

追踪二者作用关系转变,造成规划目标本身的虚妄或目标与路径的脱轨,从而干扰对局部与整体、开发与保护、近期与远期等关系的取舍判断。

综上,在土地冲突与水文约束的交互作用下,流域系统内的城镇空间在规模发育、格局转变与功能演替方面受到多重阻碍,束缚了广泛而开放的优化模式,而城市规划与水规划的现存缺陷又进一步加剧发展机会紧张下的内耗式竞争,促成多维水约束对流域城镇空间的作用机制,见图2。

## 2 认知搭建:应对多维水约束的空间弹性规划概念框架

空间发展指空间在地域整体性、功能综合性与动力内生性上的综合演进过程<sup>[15]</sup>。归纳典型城水耦合空间组织规律,其空间发展多表现为依附流域的空间要素增殖集聚与空间结构升维发育(图3)。发展的根源是内部矛盾。在认识论视角下,该矛盾即客观事物的模糊表象与外界对其认知偏离。前者在于水资源多相态转换频繁、对气候变化敏感以及径流变化调控复杂等;后者在于人类对城镇发展的把控普遍存在框架效应与近视行为。此外,水资源由物质空间所承载,

其优化过程中的不确定性最终会表达为空间弹性。若对该弹性处理不当,便易造成保护过度或无序开发。

弹性源自物理概念,指当弹性体在外力撤销后能恢复原有形状的性质,该过程涉及发生于弹性体上的形变、应力与运动(图4)。在社会—生态系统中,弹性被引申为围绕本体固有基准、保持本质特征前提下的可变性(flexibility)<sup>[16]</sup>。本文讨论的“弹性”指顺应事物发展的灵活性、预先性与柔韧性,其内核是极限视角和概率思维下的不确定性优化。在规划领域主要指决策范式遵循从完备到有限的认识论转变,在演进理性主义下接受自发秩序规训,谦抑而适当地运用规划工具<sup>[17-18]</sup>。自2000年以来,深度不确定性下的决策领域诞生一系列弹性分析工具,其通过广泛情景(scenario)—灵活选项(option)—持续监控(monitoring),在“考虑多种模糊未来”中“寻求稳健而非最优策略”<sup>[19]</sup>。本文从物理意义的弹性出发,借鉴既有的弹性理念衍绎,尝试从弹性体的形变、应力与运动等3个维度构建应对多维水约束的流域城镇空间弹性规划概念框架,见图5。

### 2.1 整合边界约束的形变阈值扩容

形变指物体在外力作用下发生的形

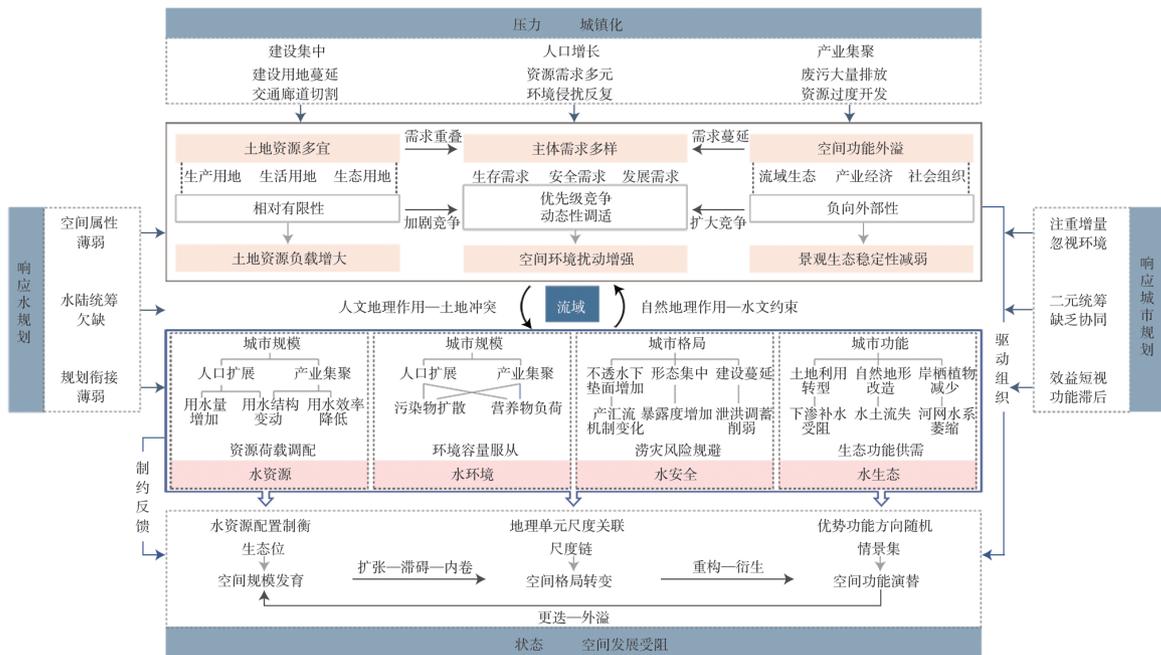


图2 多维水约束对流域城镇空间的作用机制

Fig.2 Mechanism of multidimensional water constraints on urban space in river basins



容与迭代式更新,得到理想规模的上下基限,进而对水资源环境变化下城镇空间的规模阈值分布进行整合,再结合行政单位的水资源分配权重进行修正,充分提高水资源利用效率。在供给制约和需求引导下,借鉴弹性包容与有机生长的框架对城镇空间的范围形态进行择优疏导。

## 2.2 耦合关系约束的应力方程分段

应力指物体内产生相互作用的内力以抵抗外因作用,并促使物体由形变恢复至原貌。流域的复杂结构在带来关系约束的同时,其系统行为也遵循生态控制论规律<sup>[21]</sup>,具有社会与生态互馈效应,即为应力。弹性主要体现在生态位竞争下的城镇空间格局联构与过程定性中。流域系统的非线性演替过程会产生促进横向土地利用重构的空间胁迫,表现为城镇环境与生态环境之间及城镇之间对水资源的争夺。当其趋于饱和时则发生溢出,甚至会上升至更高层级,发生纵向单元格局传导。方程的作用在于循环调整决策结果的输出规则以取得最佳响应效果。对于映射现实本底的复杂函数关系,不同的自变量讨论范围常对应不同的解析式,即针对多时空尺度下的流域问题透视,需要差异化的空间规划建模。基于弹性思想,通过合理分段,在不同格局尺度与过程阶段对主要城水矛盾进行分类讨论与联动调整,使其与生态及区域结构特征持续适应。就格局而言,在辨识水资源环境优势区基础上,构建宏观层面的流域生态系统服务簇群与水生态源地—廊道,完善中观层面的耦合水资源的土地利用格局与生态安全格局,修复微观层面的水系连通性与城水网络格局。就过程而言,基于流域中不同片区的优势功能定位,把握适应性循环过程中的城水关系更迭规律,如在成长开发(growth and exploitation)阶段的城水基底形成机制、保护维稳(conservation)阶段的城水共轭发育特征、释放坍塌(release and collapse)阶段的城水互馈扰动因素与更新重组(renewal and reorganization)阶段的城水耦合演绎模式。在顺应空间发展与水文演变协同下进行多环节负面外因削弱,最终使格局与过程在耦合—分化基础上达到空间

平衡。

## 2.3 融合状态约束的运动期望调和

运动指物体受力而发生相对位置随时间的变化,其成立的前提框架是某一特定参考系。现实中,利益主体的多元性、情景设定的未知性以及规划实施的延迟性等使得城镇空间的发展节奏与水资源生命周期难以同步。故在不同时期会面临不同的城水问题,须在不同参考系下描摹发展的状态与轨迹。弹性主要体现在情景集模糊下的城镇空间功能划类与目标择势。功能是系统在环境中的主观外赋属性,根据功能效果建构的行为指向即为目标。域内城镇空间的可持续发展需要符合供需趋势的功能用地空间比重与功能要素集聚水平。期望的作用在于以科学方式对随机事件的结果集分布进行评估,并以此指导假定条件下的多情景模拟,从而增加对未来变化的可控引导性<sup>[23]</sup>。弹性理念中,规划的形式表现为阐述一定时序内城镇空间的演变规律,并在决策实施全过程对未来状态进行有限把控<sup>[24]</sup>。这需要平衡规划期望间的优先级与结合度,促进地域功能的系统性整合与可持续表达,循环调整流域城镇间的空间利益。相应地,对多维水约束的弹性适应是一个持续过程,不仅考虑近期空间建设,更应与城镇空间远景发展战略相结合。在综合考虑长周期、慢变量、低风险的基础上,调和“可能的”“合理的”“规范的”等空间发展目标的偏好期望,基于过往预期偏差修正本期目标序列,削弱人口增长、经济转型、环境变迁、规划滞后等带来的路径依赖与负反馈惯性。同时建立土地利用规划与空间功能区划分之间的动态对应关系,进行比较优势下的灵活性分类与多样性互补,促进土地利用数量结构、城镇空间布局与水生态效益的协同优化效果向代际均衡趋近。

## 3 方法归纳:流域城镇空间弹性规划响应模式

不确定性下的空间发展应重点回应预留性、嵌套性、包容性与稳健性<sup>[25]</sup>。基于上述规划概念框架,结合当前空间规划不同板块水资源要素的作用域与切

入点(图6),试从规模、布局、结构与时序等四方面探讨应对多维水约束的流域城镇空间弹性规划响应模式。

## 3.1 边界体系分化下的城镇开发规模多样定域

城镇开发边界的划定管理本质是为空间刚性与弹性、开发与保护以及供给与需求间预留权衡空间<sup>[26]</sup>。在阈值扩容的导向下,其作用应从严防死守城市的规模形态转向对管控范围的弹性设计。面对水资源承载力上限引发的规模形变,宜在适度超前、弹性布局的基础上对规划期内的总调整幅度进行限制<sup>[27]</sup>。宜借鉴国外经验对边界类型进行细分<sup>[28]</sup>。根据水资源空间分布与城镇用水需求的对应关系丰富界面定义,如保障存量的强制底线型、把控增量的管制基线型与包容潜量的节制高线型等。在此基础上,综合考虑资源外部性以及主体间博弈对城市蔓延的双重作用,将反向水资源要素倒逼与正向适水状态预测相结合,差异化设定开发边界与终极规模的比例。如对于集中建设区外弹性空间指标浮动确定,应综合考虑流域水资源状况、城乡发展定位、人口用水需求等因素。同时,应结合流域自身特点,将干流支流等分段分级,识别不同流域段水资源环境短板并进行最大空间容量区分,细化水资源荷载的限度层级,因地制宜界定开发—保护范围。最后,划定弹性边界并设置更新程序触发阈值,引导边界类型与位置的“调”与“换”。

## 3.2 地域单元传导下的城镇用地布局多层重组

多尺度网络嵌套是系统自组织能力的保障之一,地域结构通过不同尺度单元的传导和转换实现有序高效运行<sup>[13]</sup>。水资源的空间环境扰动会制约地域结构的动态运转,需要对其引发的布局应力进行分段处理。具体而言,宜对多级尺度进行全面干预,在不同颗粒度下规划城镇空间布局的刚弹内容,充分衔接上下位单元。荷兰的“宏观协同治理—中观水土韧性—微观工程落位”多层次流域治理体系可提供一定参考<sup>[29]</sup>。首先,梳理流域河网拓扑关系,依托水文特征模型,构建集、汇、疏、排、行等五级

河道网络，并以此划定分级单元。其次，明确地域单元在流域中的功能定位，并匹配相应发展模式，指导规划指标的落实与管理。最后，从用地开发强度、土地覆盖类型和不透水下垫面构型等方面改善局部入渗和地表径流，促进流域健康。具体而言，在不同尺度构建不同的空间自适应目标（表1）。宏观上，基于河流生态保育与湿地森林涵养需求对城镇土地利用进行优化配置，形成城镇扩张强度与蔓延形态的安全底线与区域侧重；中观上，将匀质—极核—点轴—群落等形态模式与生态保育区、生态服务核心区、行洪缓冲区等功能分区相适应，倡导中心体系与生长单元交织、自上而下与自下而上结合、整体关联与层级分异并重；微观上，遵循减量规划与疏解重组原则，对水域范围严格控制并进行复合利用，对水岸打造近自然岸线空间，对陆域构建城水连接活力单元，实施水陆空间一体化管控<sup>[30]</sup>。

### 3.3 优势功能调适下的城镇三生结构多维优化

空间功能更迭源于用地数量与种类的空间组合及其所引发的空间冲突。冲突激发功能结构演进或退化的内生应力，可能造成资源要素禀赋与功能目标间的不一致。因此，优化功能结构的重点在于提升三生空间的包容适应能力。需首先运用科学测算方法以定量识别土地利用功能，借助比较优势指数与空间聚类方法确定流域城镇空间功能时空分布图谱，从而梳理优势功能主导序列<sup>[31]</sup>。在此基础上，从把握持续性、有序性与高效性等三个维度对流域内三生结构进行设计组合。对于持续性，应着重关注功能扰动对象，以增强流域城镇空间的安全稳定。通过功能比例调整，对降水季节分异、水域面积萎缩、人工侵蚀覆被与极端洪涝灾害等风险进行抵御。如基于生态本底构建流域海绵体系，保护域内现有雨洪调蓄空间，扩展城镇建成区外的生态功能空间<sup>[32]</sup>。对于有序性，运用复杂适应系统方法构建包含人口增长、土地利用与流域水文间的动态交互模型，基于此进行功能数量再配比与空间再配置。可借鉴芬兰《国家区域发展目标》<sup>[33]</sup>对流域发展策略进行优先级统筹，



图6 水资源要素在空间规划体系中的体现

Fig.6 Reflection of water elements in the spatial planning system

表1 各尺度流域空间对应的主要城镇用地布局要素

Tab.1 Main elements of urban layout for river basin spaces at each scale

地理空间	流域空间	流域面积/km <sup>2</sup>	城镇用地布局要素	空间规划策略
国家	一级流域	10 <sup>4</sup> —10 <sup>7</sup>	国土水格局	划定战略底线、管制空间用途、修复涵养地区
城市群			生态安全网络	锚固生态空间、构建安全网络、配置核心要素
省域	二级流域	10 <sup>3</sup> —10 <sup>4</sup>	地域功能分区	分区发展定位、三生效益统筹、优势功能引导
市域			土地利用布局	把控城镇蔓延、优化资源结构、保护水陆格局
区县	三级流域	50—10 <sup>3</sup>	城水单元形态	完善骨干河网、城水肌理融合、疏解紧凑建设
乡镇	小流域	3—50	适水空间环境	重塑河道生境、提升海绵蓄存、巩固雨洪韧性
单元	微流域	0.1—3	水岸复合品质	调控刚弹开发、延展滨水空间、植入复合功能

包括控制生态保护红线、预留重大水利设施廊道、划定多级建设区和保护区等。以固土保水促进山水共治，以增林扩河加深林水共融，以生态管控增进城水共生，最终促进流域均衡发展。对于高效性，应综合统筹三生效益，以空间均衡利用为导向，将主体功能区与水功能区结合，引导经济布局、人口分布、交通运网等与资源环境承载力相适应。从追求单一功能极大值转向趋近整体最大值，进而形成功能分区的原则和方案。

### 3.4 情景演化集成下的城镇发展时序多向权衡

复杂问题决策的情景分析已在空间规划中获得理性共识<sup>[4]</sup>。情景并非预测最可能的未来状况，而是通过甄别风险与衡量回报，寻求期望的稳健杠杆点。城镇空间不同阶段的水资源要素投入不同，会潜在影响其运动轨迹与状态，呈现多种空间发展情景，既要满足建设初期的空间建设需求，又需为未来成长预留弹性调适余地。因此，需要面向气候

变化趋势与流域水文周期,对域内城镇的战略定位、底线管控、规模结构、空间布局、支撑体系、实施保障等方面开展成效评估与问题解析。宜借鉴荷兰《三角洲项目》经验<sup>[20]</sup>,构建智慧管理、安全监测与知识共享系统,综合运用规划设计、影响评估及公众参与等规划工具,统筹重点工程实施、水资源保护开发、外部环境发展等对城镇空间规划实施进程的影响。结合不同阶段与地区的重难点,对发展框架作出适当调整,匹配最优解决方案。如动态增设体现空间质量、效率与结构的自选指标与特色导则,兼顾中央监管与地方弹性,适应流域时空演化与城镇发展。同时,将各项指标现状年与基期年、目标年进行比照。在此基础上设置景气监测与警兆信号,以判定当前状态并预测未来警情态势。结合二者纠正偏离期望情景,使城镇空间发展更加有序有度。

#### 4 结语

在朴素整体论思想中,不确定性方为世界本真状态。如《道德经》记载“知不知,尚矣;不知知,病也”。空间弹性发展模式的合理性建立在“历时性”与“地域性”的时空范式下,其实质是价值决策的空间权衡与寻优。本文聚焦于流域视角下的城镇空间发展,基于系统学的要素、结构与功能归纳水资源引发的边界、关系与状态约束。借鉴弹性概念,从阈值、方程与期望演绎建构流域城镇空间弹性规划概念框架,提供相应的描述、解释与预测理论,并由此形成多样定域、多层重组、多维优化与多向权衡的规划响应模式,为流域国土空间高质量发展提供参考。建议未来研究关注土地利用复合化与灵活化对人—水—地关联机制的影响,以及地块尺度的精细化弹性空间构建,在保证价值目标与操作步骤之间逻辑一致的基础上,用动态结论支撑弹性治理决策。

#### 参考文献

[1] 樊杰. 人地系统可持续过程、格局的前沿探索[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1060-1068.

[2] 曹祺文, 鲍超, 顾朝林, 等. 基于水资源约束的中国城镇化SD模型与模拟[J]. 地理研究, 2019, 38(1): 167-180.

[3] 王启轩, 任婕. 我国流域国土空间规划制度构建的若干探讨: 基于国际经验的启示[J]. 城市规划, 2021, 45(2): 65-72.

[4] 吴次芳, 邵霞珍. 土地利用规划的非理性、不确定性和弹性理论研究[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2005(4): 98-105.

[5] 汪芳, 苗长虹, 刘峰贵, 等. 黄河流域人居环境的地方性与适应性: 挑战和机遇[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 1-26.

[6] 丛东来, 于少鹏, 陈曦, 等. 哈尔滨市水资源开发利用与城镇化发展的响应关系[J]. 水土保持通报, 2020, 40(1): 269-275.

[7] 崔学刚, 方创琳, 刘海猛, 等. 城镇化与生态环境耦合动态模拟理论及方法的研究进展[J]. 地理学报, 2019, 74(6): 1079-1096.

[8] 刘塍, 李贵才, 尹小玲, 等. 走向多维弹性: 深圳市弹性规划演进脉络研究[J]. 城市规划学刊, 2012(1): 63-70.

[9] 方创琳, 黄金川, 步伟娜. 西北干旱区水资源约束下城市化过程及生态效应研究的理论探讨[J]. 干旱区地理, 2004(1): 1-7.

[10] 方创琳, 王振波, 马海涛. 中国城市群形成发育规律的理论认知与地理学贡献[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 651-665.

[11] 方创琳. 耗散结构理论与地理系统论[J]. 干旱区地理, 1989(3): 53-58.

[12] 高吉喜. 区域生态学基本理论探索[J]. 中国环境科学, 2013, 33(7): 1252-1262.

[13] 樊杰. 地域功能——结构的组织途径: 对国土空间规划实施主体功能区战略的讨论[J]. 地理研究, 2019, 38(10): 2373-2387.

[14] PETER S. The art of the long view[M]. New York: Currency Doubleday, 1996.

[15] 段进. 城市空间发展论[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2006.

[16] 俞孔坚, 许涛, 李迪华, 等. 城市水系统弹性研究进展[J]. 城市规划学刊, 2015(1): 75-83.

[17] 陈鹏. 从目标导向到底线优先: 基于认识论的城市规划发展探讨[J]. 规划师, 2011, 27(8): 88-91.

[18] 李彤羽, 牛品一, 顾朝林. 弹性城市研究框架综述[J]. 城市规划学刊, 2014(5): 23-31.

[19] VINCENT M, WARREN W, PIETER B, et al. Decision making under deep uncertainty: from theory to practice[M]. Germany: Springer International Publishing, 2019.

[20] KNAAP G J, HOPKINS L D. The inven-

tory approach to urban growth boundaries[J]. Journal of American Planning Association, 2001(3): 314-326.

[21] 贾梦圆, 陈天, 臧鑫宇. 耦合水资源环境的城镇用地扩张多方案预警与规划路径: 以天津市为例[J]. 城市规划学刊, 2021(3): 58-65.

[22] 王如松, 欧阳志云. 生态整合: 人类可持续发展的科学方法[J]. 科学通报, 1996(S1): 47-67.

[23] 肖盛燮, 吕恩琳. 离散型区间概率随机变量和模糊概率随机变量的数学期望[J]. 应用数学和力学, 2005(10): 1253-1260.

[24] KAIN J F, BEESLEY M E. Forecasting car ownership and use[J]. Urban Studies, 1964(1): 163-185.

[25] 彭翀, 袁敏航, 顾朝林, 等. 区域弹性的理论与实践研究进展[J]. 城市规划学刊, 2015(1): 84-92.

[26] 王颖, 顾朝林. 基于格网分析法的城市弹性增长边界划定研究: 以苏州市为例[J]. 城市规划, 2017, 41(3): 25-30.

[27] 王颖, 刘学良, 魏旭红, 等. 区域空间规划的方法和实践初探: 从“三生空间”到“三区三线”[J]. 城市规划学刊, 2018(4): 65-74.

[28] SUMAN C, DIPENDRA D, BISWAJIT M, et al. Neural network and landscape metrics to propose a flexible urban growth boundary: a case study[J]. Ecological Indicator, 2018(93): 952-965.

[29] 曹哲静. 荷兰空间规划中水治理思路的转变与管理体系探究[J]. 国际城市规划, 2018, 33(6): 68-79.

[30] 袁海琴, 顾殊. 山水文化视角下流域滨水空间的规划思考: 以杭州钱塘江为例[J]. 城市规划学刊, 2022(S2): 179-184.

[31] 盛科荣, 樊杰. 地域功能的生成机理: 基于人地关系地域系统理论的解析[J]. 经济地理, 2018, 38(5): 11-19.

[32] 黄黛诗, 王泽阳, 曾如婷. 生态新区修建性详细规划层面海绵城市规划研究: 以厦门鼓浪屿流域为例[J]. 城市规划学刊, 2018(S1): 130-136.

[33] JANNE A, VILLE H, HELI S, et al. Practical integration of river basin and land use planning: lessons learned from two Finnish case studies[J]. The Geographical Journal, 2010, 176(4): 319-333.

修回: 2023-07