

基于城市密度的城市滨水空间生态韧性研究

——以呈贡大渔为例

孙倩

云南大学滇池学院建筑工程学院

摘要：城市滨水区人工和自然要素的协同关系虽备受关注，但在滨水区生态格局中预留潜在韧性空间，对其韧性水平判断及指标体系构建有待深入探讨。以增强城市滨水空间韧性为目标，依据空间规划及生态学思想，对城市滨水空间中城市韧性因子与生态环境因子进行识别与确定，探寻两者之间作用关系及耦合机制，为后续研究区域韧性水平判断指明方向，为探究中小尺度空间韧性作用机理及空间设计要素做基础研究，提升城市滨水空间品质，营造韧性生态空间。

关键词：城市滨水区；生态韧性；调节机制；生态足迹

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.043

一、引言

2020年的公共卫生事件让人类、城市与生态三者健康共融成为热点，韧性城市建设和水生态系统保护与修复成为近年中国生态文明建设的重要议题。《国土空间规划城市设计指南》中要求打造滨水空间等生态宜人的公共空间，同时要减少对自然生态系统的破坏。我国提出“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的战略目标，持续推动水生态系统领域的研究。

城市韧性研究已成为近年来热议的话题，但“韧性”研究尚处于起始阶段，多以概念及理论研究为主，且多停留于定型层面，对于定量研究相对较少。其次，相关的研究和运用多关注大都市或都市圈尺度，对于城市滨水区域此类特殊区域小尺度的“韧性”研究和解读也相对较少。

二、滨水空间韧性研究思路

韧性的概念在20世纪90年代被学者们从生态学引入城市规划学，随后前人将韧性概念对应到城市系统中各层级、各方面。国外学者重点关注韧性的组成方式，从城市韧性概念出发，最先着重分析自然灾害对于城市的威胁，之后逐渐衍生到基础设施、社区等较为微观层面。

城市韧性表现为城市系统能够消解外界的冲击与扰动，并保持系统自身典型特征、重要结构、主要功能的能力。韧性系统不应简单包含对初始状态的恢复或者跳转到新平衡的能力，而是一种类似“社会生态系统”面对干扰时可以改变、适应和转化的能力。城市生态系

统属于人工生态系统，而河流及湖泊则属于自然生态系统，城市滨水空间区别于其他建筑实体等封闭环境，是城市环境中水陆交接的开放性场所，受到自然生态环境和城市人工环境两种不同系统环境要素的双重影响。因此，城市滨水区作为韧性城市重要的空间载体之一，其韧性空间关键变量的识别和确定以及韧性的作用机理成为研究城市滨水空间韧性的关键。

对于城市韧性而言，城市的规模-密度-形态共同影响城市韧性，城市规模越大，韧性会受到影响呈现下降趋势，但如果综合城市密度和形态考虑，城市密度低，开发强度小，城市形态在一定程度上结合生态景观布局，则城市可能呈现出较好的韧性。相同思路放到尺度相对较小的城市滨水区，考虑到城市密度作为主导因子发挥非等价性作用，城市规模和形态对滨水空间韧性影响不明显，所以本文主要基于城市密度对城市滨水区韧性展开研究。对于生态韧性而言，关注点在于生态系统的运行、发展以及进化，从生态学角度解释为生态系统是否处于动态平衡状态。具体体现为生态系统结构和功能相对稳定，物质和能量的输入输出接近平衡，在受到外来干扰的情况下，通过一定的自我调节能后恢复到最初的稳定状态。但任何一个生态系统的调节能力均有限，超出某一限度生态系统的自我调节能力就会降低甚至消失，这个时候相对的平衡状态就会被打破甚至系统崩溃，这个限度就是生态阈值。基于生态平衡与失衡的作用机制，以生态阈值作为生态系统崩溃临界点，重点研究城市滨水区域处于动态稳定时哪些因素会趋势动态平衡状态转为失衡状态，探寻城市滨水空间能保持良好韧性的关键因素。

三、城市密度-生态韧性分析

（一）城市密度与生态足迹

密度这一概念在城市发展中处于不可或缺的地位，在人类认识和控制城市物质环境的过程中，密度一直作为辅助工具在帮助人类认知周围的环境。密度描述的是人类居住环境中存在的物质肌理以及空间资源的分配效率，它作为一个量化指标，密度这一概念应该是客观的描述，并且是中性的。但当密度放到建筑与规划领域，密度的概念往往与城市问题紧密联系。基于密度的多义性，利用生态足迹客观的将密度与生态消耗相关联，建立人口密度与生态支撑的适当关系，借用生态足迹与生

态承载力对常规的人口密度指标进行替代和深化研究,探讨城市滨水空间生态韧性。

生态足迹 (ecological footprint) 也称“生态占用”。是指特定数量人群按照某一种生活方式所消费的,自然生态系统提供的,各种商品和服务功能,以及在这一过程中所产生的废弃物需要生态系统吸纳,并以生物生产性土地或水域面积来表示的一种可操作的定量方法。生态足迹的基础是可持续发展,生态足迹通过计算将人类对资源和能源的消耗换算成支撑这些消耗所需的耕地、草场、林地、建筑用地、化石能源土地和海洋(水域)等6种生物生产面积类型,将每个人消耗的资源折合成为全球统一的、具有生产力的地域面积,通过计算区域生态足迹总供给与总需求之间的差值,得到生态赤字或生态盈余的结论。

(1) 生态足迹的计算公式如下:

$$e_f = \sum_{i=1}^n r_i C_i / P_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

式中: e_f 为该地区的人均生态足迹; i 表示消费品类别; C_i 为第 i 种消费品的人均年消费量; P_i 为第 i 种消费品对应的生产性土地的年平均生产力; r_i 为均衡因子。

$$E_f = N \times e_f \quad (2)$$

式中: E_f 为该地区的总生态足迹; e_f 为该地区的人均生态足迹; N 为区域总人口。

$$r_i = d_i / D \quad (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

式中: r_i 为均衡因子; d_i 为全球第 i 类生物生产面积的年平均生产力; D 为全球所有各类生物生产面积类型的年平均生产力。

(2) 生态承载力的计算公式:

$$e_c = \sum_{j=1}^n A_j r_j y_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

式中: e_c 为该地区的人均生态承载力; j 表示用地类型; A_j 为第 j 类土地上的人均生物生产面积; y_j 为第 j 类土地的平均生产力。

$$E_c = N \times e_c \quad (5)$$

式中: E_c 为该地区的总生态承载力; N 为区域总人口。

(二) 滨水空间生态韧性作用机制

1. 生态阈值

增强空间韧性从生态学角度出发,可以理解为保持系统的生态平衡,防止生态系统结构破坏、功能受阻、稳定生态关系被打破以及反馈自控能力下降等。生态系统具有一定的自我恢复能力,但是自我调节能力是有一定限度的。当外界压力过大时,系统的变化超过了系统的自我调节能力的极限即生态阈限,其自我调节能力

随之下降,以至消失。生态阈值与过程相关,与空间的发展及演变相关,增项空间韧性的根本在于对阈值的响应,运用设计和策略使系统状态远离阈值或者使系统难以到达阈值,系统则可以运用自身的抵抗力、恢复力以及反馈调节机制实现系统动态平衡状态,从而实现更强的韧性。

2. 受损类型与关键变量

首先明确生态系统受损类型是多样的,自然干扰和人为干扰都有可能引起生态系统失衡。生态系统受损可能是突发性的,在短时间内系统局部快速受损,如火山爆发、泥石流,也可能是在系统受到持续干扰下,初期不表现出明显受损,破坏性积累到一定程度之后突然剧烈变化的跃变式受损。较为常见的是渐变式受损,系统在强度均衡的干扰下,缓慢地、不断加重受损,例如耕地使用化肥后引起的土壤退化。因周期的干扰系统受到损害的是间断式受损,一般和时间与季节变化相关。基于生态系统的复杂性,研究表明很多情况下生态系统受损结合了上述两种或两种以上的受损形式。

城市滨水区是一个人工生态系统与自然生态系统衔接的区域,系统错综复杂,受到多种因素的影响,但基于生态因子作用的规律,可判定一些关键变量能够驱动和影响系统的生态阈值。

四、研究区域生态韧性关键变量识别

(一) 研究区域

大渔位于昆明滇池东岸,辖区25.7平方公里,范围北起七星山北部山体边缘、南抵梅家山南部边缘、东至大渔街道办事处月角塘的区域边界,西临滇池,辖区有月角、新村、常乐、海晏、大渔、古城、大河7个行政村,距呈贡中心区中心8公里。经过2003年到2015年十二年期间的开发建设,大渔片区全部城市化,农民全部转为居民。

大渔片区早期是集约农业区,化肥使用过程中大量的氮和磷流失,导致农田土地污染及退化,含氮、磷元素的物质随地表径流和地下水流入滇池,成为滇池富营养化的重要原因之一。呈贡新城的建设带动了大渔片区快速发展,人口快速增长,人口密度增加,农田减少使得农业面源污染逐渐减少,工业污染也得到控制,生活污染得到集中处理。但开发建设区域的噪声污染,滇池湖泊的水污染等问题使得整个滇池流域生物多样性降低。

(二) 关键变量识别

以往利用生态足迹模型计算耕地生态承载力时均未考虑耕地污染对耕地生态承载力的影响,都是将当地的耕地总面积与产量因子直接相乘。事实上,我国现阶段

耕地被城市侵占,耕地土地质不高,耕地污染等耕地等一系列农产品质量存在安全问题而不能提供人类消费等多方因素均未考虑到实际耕地的面积计算当中。大渔西临滇池,湖岸线长14.7公里,环滇的13个湿地中有

6个在大渔片区内,生态资源丰富。通过调研与分析,基于大渔的生态系统结构与功能,现将可能影响大渔城市滨水空间主要要素跨越阈值的关键变量及表征归纳总结,如表一所示。

表一 滨水空间主要要素跨越阈值表征及变量特征

主要要素	功能	变量特性	跨越阈值表征
护岸	安全防护	慢变量,水体侵蚀,泥沙冲刷	崩堤
过渡区植被带	连接城市水陆域	快变量,土地利用被改变或非法占用	水陆区域断裂,无缓冲
湿地水位变动区水生植物	净化水质,增加多样性	慢变量,临近污染源,水体富营养化	生物多样性降低,生态系统崩溃
湿地水位变动区滩涂及岛屿	保护边岸,提供栖息地	慢变量,泥沙堆积,植被退化	生物多样性降低,退化为陆地
亲水空间	休憩,娱乐	快变量,规划连续性与易达性差	城市空间割裂,无人使用
耕地	提供粮食	快变量,转为建设用地,发展旅游导致耕地质量下降或无人耕作	影响粮食安全
入滇河道	水源补充	慢变量,河道周边城市建筑物增多、道路铺装、排水管网建设及河道硬化	改变地表径流,城市内涝
地面	提供场地	快变量,地下施工以及铺设排水管道	城市地面塌陷,建筑受损,人员伤亡

资料来源:笔者自制

在对社会与生态相复合的生态系统中,对韧性展开研究和谈论时,除了对关键变量的识别,对生态阈值的界定也是研究韧性的关键点。

除以上分析关键变量影响大渔生态韧性之外,经调研发现大渔滨水区域存在现状问题还包括:滨水区中的开放空间未完全向城市敞开,与城市的衔接性与联系性较差;亲水空间没有基于生态理念进行规划设计;开发建设过程中缺乏对滨水区准确定位,开发模式与当地经济、社会、自然条件的发展不匹配;缺乏空间韧性考虑与规划;当地社区防灾意识薄弱等问题。

五、延伸思考

本文对韧性研究范畴主要以中小尺度为主,但韧性的研究除了基于一个地方环境的生态、经济以及社会的动态驱动机制,同时还应整合于相互联系的不同尺度中。所以,滨水区的问题应当考虑的不仅仅是某一类或者某一个具体的生境的场地尺度,还应从中小尺度场地过渡到城市甚至区域等更大的尺度环境。本文的韧性研究只是多时空韧性研究中的一环,依赖于特定的空间与时间,但基于中小尺度空间的适应性景观策略的塑造也能拓展韧性的内涵。

近年来滨水空间的韧性提升相关理论研究关于多关注人工干预,认为合理的干预可以向景观系统主动引入外界的物质、能力和信息,借此可以有利于触发或加快形成景观韧性的过程。在社会、生态、经济三者复合的生态系统中,管理者的判断和预测以及居民的主观能动性也为减少系统向生态阈值逼近有明显削弱作用。化“被动响应”为“主动参与”可提升系统内部的信息流通以及反馈,通过社区构建、鼓励参与提高居民的环境意识。

六、结语

“韧性”近年来高频出现,受到多领域的关注与研究。韧性理论作为新的理论研究应用于具体实践仍然存在很多问题。通过对滨水区域关键变量的定性研究到对相应生态阈值的定量研究,滨水区韧性可通过量化为实际应用提供重要依据,力求为具体的规划与设计提供指导与实际操作性。

参考文献

- [1] 邵亦文,徐江.城市韧性:基于国际文献综述的概念解析[J].国际城市规划,2015,30(2):48-54.
 - [2] 李彤玥.韧性城市研究新进展[J].国际城市规划,2017(3):15-25.
 - [3] 修春亮,魏治,王琦,等.基于“规模—密度—形态”的大连市城市韧性评估[J].地理学报,2018,12,2315-2328.
 - [4] 邹锦.城市滨水空间的韧性机理及其设计响应[J].上海城市规划,2023,01,40-46.
 - [5] 朱利群,陈长青,卞新民.基于重金属污染的耕地生态承载力改进模型研究[J].生态与农村环境学报,2009,03,21-24+29.
 - [6] 吕永龙,王尘辰,曹祥会.城市化的生态风险及其管理[J].生态学报,2018,02,359-370.
 - [7] 刘某承,李文华.基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J].生态与农村环境学报,2010,05,401-406.
 - [8] 云南省生态文明建设研究与发展促进会,云南生态年鉴2020.云南:德宏民族出版社,2020.
- 基金项目:本文为2023年云南省教育厅科学研究基金项目“城水耦合视角下呈贡大渔片区城市滨水空间韧性研究”(项目编号2023J1306)的研究成果之一。