

城市滨水空间的韧性机理及其设计响应*

Resilience Mechanism and Design Response of Urban Waterfront

邹锦 ZOU Jin

摘要 在应对气候变化与防洪的压力下,强化城市滨水空间的“韧性”成为研究热点。通过对韧性思维底层逻辑的分析,提出解决滨水区设计问题的关键在于对系统阈值及内在机理的理解。通过对城市滨水空间的景观要素及其关键变量的识别,认识其韧性作用机理,将韧性景观设计策略运用在对关键变量的响应上,提出滨水空间的韧性设计方法与策略。同时对研究的尺度、阈值的确定与量化、“特定韧性”与“普遍韧性”,以及适应性循环的认识等方面提出延伸思考,为后续研究指明方向,以期在中小尺度上对韧性理论和设计应用进行深入探索。

Abstract The great pressure of climate change and floods on cities highlights the "resilience" of urban waterfront. By analyzing the underlying logic of resilience, this paper puts forward that the key is to understand the system threshold and the intrinsic resilience mechanism. By identifying elements and key variables of urban waterfront, this paper aims to recognize the mechanism of resilience, apply the resilience landscape design strategy to respond to key variables, and put forward the resilience design method and strategies, so as to construct the resilience landscape system for urban waterfront. This paper also extends thinking on the research scale, the determination and quantification of threshold, "specific resilience" and "universal resilience", and the understanding of adaptive cycle, which point out the direction for subsequent research. This paper is an exploration of resilience theory and design applications at small and medium scales.

关键词 城市滨水空间;适应性策略;韧性;阈值;关键变量

Key words urban waterfront; adaptive strategy; resilience; threshold; key variables

文章编号 1673-8985 (2023) 01-0040-07 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230106

0 引言

进入21世纪后,全球极端气候的频度与强度大幅度增加,传统城市滨水区的脆弱性凸显,许多学者提出必须增强城市及其滨水区应对气候变化与洪水的能力^{[1-3], [4]343, [5]200},“韧性”(resilience)成为近年来热门的关键词。

滨水区的韧性研究最初着眼于地方尺度的预防与减缓(mitigation)措施,例如地区发展避开生态敏感区或易受洪水侵袭区域等。相关研究包括保护滨水岸线与堤坝、与绿色基础设施结合的策略、运用与强化生态系统的生态服务功能等^{[4]343, [6-9]}。但减缓并不足以防止扰动的发生,面对气候变化这样尺度的扰动时,采用适应(adaptation)策略可以更好地增加系统的韧性。

适应策略强调主动适应,即运用人类预测变化和影响未来的能力增强系统韧性。Frederick Steiner^[10]提出,景观设计师和规划师

需要研究具有适应性的策略以应对气候变化,并对其带来的后果采取有效的缓解措施,以增强城市的韧性;Jeroen Aerts和W Botzen^[11]解读纽约城市规划部门发布的《愿景2020:纽约市滨水区综合规划》(Vision 2020: New York City Comprehensive Waterfront Plan),认为提高适应能力以应对气候变化和海平面上升是该规划中重要的部分;Peiwen Lu与Dominic Stead^{[5]202}在研究应对气候变化和洪水风险的韧性基础上,提出提升城市滨水空间韧性需要公众的持续关注、学习与行动的能力。

在城市滨水区相关实践方面,最有代表性的是2015年的“Rebuild by Design”全球性设计竞赛。该竞赛以飓风“桑迪”灾后纽约市的重建为背景,提出在全球气候变化的背景下“共建更具韧性的(城市滨水)区域”。大赛最终获奖的方案融合了绿色基础设施、海绵城市、模块化设计等理

作者简介

邹锦
上海城建职业学院
教师,高级工程师,博士
zoujiner@126.com

*基金项目:国家自然科学基金面上项目“沿海城市洪灾韧性的表征测度、影响机制与规划调控研究”(编号52178048)及其子课题“提升城市洪灾韧性的生态空间优化调控策略研究”资助。

论,将城市与洪水共生、随时间而变化的空间等理念充分体现设计中,具有行业风向标的作用。

但目前对“韧性”的大多数研究仍处于理论层面,相关应用也主要在城市或都市区尺度上,具体到如何在城市滨水区尺度上理解和运用“韧性”的相关文献并不多见。虽然在“Rebuild by Design”设计竞赛获奖方案中,多个设计团队针对城市滨水区这一尺度提出了很多好的思路与建议,但都是针对项目的具体情况来设计,并没有进行系统的思想和理论层面的归纳总结。因此,针对城市滨水区尺度的韧性设计还有深入研究的空间。

1 滨水空间设计的韧性思维

1.1 滨水空间韧性的底层逻辑

最早提出韧性这一概念的是美国生态学家Holling^[12],认为韧性指生态系统经受扰动但仍能维持一种状态的能力。在生态学传统文献中,韧性的概念被用于描述当自然系统面对外部自然要素和人为因素变化时所具有的持久性(persistence)或可塑性。在工程技术和生态学领域,韧性有着不同的定义。工程韧性侧重于对系统单一稳定性的衡量,其所指的平衡态具有唯一性,几乎没有类似于生态系统具有多种平衡态转变和跳跃的现象,因而通常不包括生态韧性体系定义中所强调的不稳定性(instability)^{[13]5298}。生态韧性强调系统的进化和发展,关注的是系统在保持现有运行状态时,能够承受多大的干扰和变化,它由引发系统“态势转变”所承受的扰动幅度来衡量。一个系统发生“态势转变”的直接原因就是该系统跨越了阈值。阈值又叫临界值,是事物发展进程中出现质变状态(或临界状态)的表征。工程韧性并不考虑阈值,通常强调通过增强物理基础设施的抵抗力和坚固性来最小化灾害的易损性^[14]。生态韧性关注的是系统在多大程度上具有“保持恢复的能力”^{[15]63},因此它代表一个持续的过程、一个重塑的时间尺度,是重组和发展新的适应策略的过程^{[5]201},是一种一定阈值内的动态平衡状态。

对于城市滨水空间这一社会生态系统而言,对阈值的定义与理解至关重要。系统的韧

性可以通过其与阈值之间的距离来衡量。对应的阈值带越大,系统韧性越强。反之,离阈值越近,系统也越容易跨越阈值。而阈值一旦被跨越,就会发展为另一种“稳定性态势”,或者称为“可更替的稳定状态”^{[15]36}。具有适应能力且错综复杂的系统会呈现出不止一种“稳定状态”,因此城市滨水空间的社会生态系统可以存在多种稳定状态。跨越阈值后的系统基本上不可能再回到原来的状态。

因此,用韧性思维解决问题的关键在于认识一个与阈值相关的系统:该系统是否正在接近阈值并有可能跨越它进入一个新的态势?哪些因素会驱动系统接近这一阈值?将系统与阈值联系起来,确定阈值是否存在及存在于何处,才能对系统进行可持续管理。

1.2 滨水空间韧性设计的关键议题

滨水空间的韧性即城市滨水空间这一社会生态系统承受干扰和变化而保持一定“稳定态势”的能力。如何通过主动性的设计过程来实现对其阈值的响应以及其中关键变量的作用,是滨水空间韧性设计的关键。

1.2.1 对阈值的响应

在针对城市滨水区韧性的相关研究中,适应性策略屡被提及,但其与韧性的内在机理关联解析却不多见。事实上,适应性是系统参与者管理和控制系统韧性的能力,是帮助系统过渡和转变的一种属性^[16-18]。适应性主要表现为移动阈值,使系统向远离或接近某个阈值移动,控制系统更难或更易触及阈值^{[15]116}。增强系统韧性的设计思维根本在于对阈值的响应。滨水空间的适应性策略就是基于场地的固有特性,运用各种设计策略控制系统的阈值,使系统的状态远离阈值或是使阈值更难达到,让系统能够实现自我恢复、自我调节,从而具有更强的韧性。

阈值与过程相关。影响城市滨水区景观空间发展演变的社会生态系统过程复杂多样,既包括水文、(岸坡)地貌变化、滨水区植物演替等自然过程,也包括人类社会对滨水区景观的改造过程等,对系统阈值的认识及其内在机理的理解是用韧性思维解决滨水区设计问题的关键所在。

1.2.2 强调主观能动性

韧性联盟(resilience alliance)把韧性解释为一个社会生态系统在同一制度(regime)内能吸收或承受扰动和其他压力,并能维持其基本结构与功能的能力。它描述了该系统自我组织、学习与适应的程度^[19-20]。作为自然的一部分,人类在依赖生态系统生存的同时也持续不断地影响着生态系统,且这些影响涵盖了从地区到全球的尺度。

近年的理论研究对于如何建立韧性、维持社会生态系统的功能确立了以下原则:(1)保持多样性和冗余;(2)管理连接;(3)管理缓慢变量及其反馈;(4)促进复杂自适应系统思维;(5)鼓励学习;(6)扩大参与;(7)促进多中心治理系统^[20]。由此可见,社会生态系统的韧性包括人类预测变化和影响未来的能力,人类的主观能动性在系统韧性构建中至关重要。

所以,韧性设计并不止于“被动响应”过程,还要主动参与以增强系统的韧性。合理的人工干预可以向景观系统主动引入或有助于引入外界环境的物质、能量和信息,从而可以帮助触发或加快形成景观韧性的过程^{[21]95}。

1.2.3 对关键变量的认识

社会生态系统错综复杂,受到很多变量的影响,但主要是由一些关键变量驱动的。这些关键变量都有其阈值,如果跨越了阈值,系统就会以另一种方式运行,而且通常情况下,都会伴随着不可预见的意外发生。因此,要确定和识别系统的阈值,首先需要确定这些驱动、影响系统状态的关键变量。

在滨水空间,引发要素系统跨越阈值的原因来自多方面,其中有些因素会在短时间内对要素系统产生极大影响,使其直接跨越阈值。这些“快变量”显效较快,其中不当的人类社会行为占绝大多数,例如土地利用被改变,导致原有的过渡区与缓冲区被侵占;滨水生态系统附近增加了未经处理的污染源,引发水体富营养化从而使原滨水生态系统崩坏;河滩湿地等被填埋,失去蓄滞与行洪能力等。这些变量除非被监管者意识到并采取有效的补救措施,多数情况下都很难或无法回到该系统之前的状态。此

外,极端性气候现象及自然灾害,如飓风、海啸等,对人类社会生态系统的破坏力极大,也是驱动系统向另一种态势转变的快变量。

相反,某些关键变量则变化缓慢,对系统的影响是长期性、缓释性的,而且由于显效缓慢,这些变量往往还具有一定的隐蔽性。例如,在风浪的长期冲击与侵蚀下,传统钢筋混凝土防波堤的防护功能会逐渐降低,但具体降低了多少往往难以测度;又如,水体的污染物大多数时候浓度并不足以摧毁原有滨水生态系统,但会由于营养成分的长期变化而逐渐改变该生态系统的优势物种及群落构成,降低多样性,从而使原生滨水生态系统跨越阈值进入另一种态势。

2 滨水空间的韧性作用机理

2.1 滨水空间的设计要素

城市滨水空间作为城市与水体的过渡地段,受城市环境与自然环境的双重影响,景物构成多样复杂,目标呈现多元化。尽管滨水景观要素纷繁多样、表现不一,从根本上仍可以分为自然要素和人工要素两大类。自然要素主要包括自然地形地貌、植物等,人工要素则包括堤岸/护坡、滨水道路、广场等。根据离水的远近关系及高程,将城市滨水空间分为常水位线及其上下水位变动区、常水位线到城市防洪基准标高(一般为堤岸的顶标高)之间的缓冲区,以及高程位于城市设防基准标高以上,直接与城市腹地相连的过渡区。

水位变动区以自然要素为主。首先是岸际自然地形地貌,包括高水位时短期淹没、低水位时外露的消落带区域,如滩涂、湿地、岛屿等;其次是该区域的水生植物群落及其所构成的生态系统;为保证行洪安全,除了必要的水工设施以外,该区域很少存在人工要素。缓冲区以预防洪水、保护城市安全为主,因此堤岸、护坡等防洪设施是该区域最重要的人工要素;但是缓冲区在常年常水位线之上,只在夏季遭受短时间脉冲洪水的影响,因此一般也具有由河岸植被带为主的自然要素和观景游憩为主的亲水游憩设施。过渡区最重要的功能是滨水区与城市腹地的衔接与协调,强化区域的亲水特色和场所感是该区域主要

表1 城市滨水区主要要素构成

Tab.1 The basic constitute elements of urban waterfront

要素类型	所处分区	具体景物构成
自然要素	水位变动区	自然地形地貌、水体、湿地水生植物、滨水生态系统
	缓冲区	生态护坡、河岸缓冲区的林带、植被带
	过渡区	城市(自然)绿地及其生态系统
人工要素	水位变动区	水工设施
	缓冲区	堤防、护岸、亲水游憩设施与空间
	过渡区	广场、休闲娱乐设施、健身设施、滨水游步道

资料来源:笔者自制。

目标。绿地、广场、休闲娱乐设施、健身设施与场地等多集中在此区域,除自然绿地外,皆以人工要素为主;很多市政基础设施如城市滨江路、市政管线等都会穿越这一区域,容易割裂滨江区域与城市的直接联系,影响此区域的可视性和可达性。表1归纳整理了城市滨水区的主要要素。

2.2 滨水空间关键变量甄别及其作用机制

在城市滨水空间,防洪护岸、保障城市安全是首要功能。自然生态空间的湿地与滨水生态系统、缓冲植物带等可以滞纳洪水、保持水土净化水质,提供的不仅是城市水陆交界处必要的缓冲功能,更是城市滨水区未来可持续发展的保障。在安全和可持续发展的前提下,城市滨水区可以作为城市开放空间的一部分,实现其休闲游憩功能。在城市交通方面,除了少量必要的水上交通外,城市陆路交通可以内退或高架的形式,尽量避免对滨水区的穿越割裂,同时也能避免洪水对城市交通的影响。

将滨水空间主要要素与其最重要功能相对应,若它们失去了各自的最重要功能,且不再具备自行恢复到正常水平的能力,就可以被认为是跨越了阈值。例如,护岸或堤坝发生溃堤等安全事件,完全失去了洪水安全防护功能。

系统跨越阈值是其外在表现现象,但内在机理是驱动、影响系统状态的关键变量跨越了阈值。例如河流地貌由于水流的侵蚀形成下切岸,因沉积现象形成尖沙洲或河漫滩,而造成河道的不断侧移,最终改变河流岸坡地貌。

城市滨水空间社会生态系统同时受到快变量和慢变量的驱动。控制生态的变量往往变化缓慢,例如泥沙堆积速度、河流基流变化等;而控制社会的变量则可能或快或慢,前者例如城市土地利用变化、潮流更迭等,后者如文化习俗、人口年

龄结构等。生物或物理层面的快变量主要是指那些为维持人类社会系统运作进行的各项建设(或破坏),如滨水公路、桥梁等的修建会对该区域的岸坡地形地貌和原有的生态系统造成巨大的影响,并影响该滨水区域的可达性;而社会层面的快变量主要关于当前的管理决策或政策,如城市土地开发政策或各类保护区域的划定等。

通过分析与调研,将可能影响城市滨水空间主要要素跨越阈值的表征及关键变量进行整理,如表2所示。

3 滨水空间的韧性设计响应

城市滨水空间不同于自然或原始形态的滨水区域,它与城市生活关系密切,深受人类活动的影响,是典型的社会生态系统。控制系统阈值的关键在于对关键变量的理解和认识。在影响滨水区景观的关键变量中,快变量除了洪水与极端气候现象外基本是社会层面的,与政府土地利用管理、基础设施建设、城市整体规划与建设水平,及滨水区的相关管理制度有关;慢变量主要集中在风浪侵蚀、水土流失、污染、自然生态系统退化等方面。针对关键变量实施韧性景观设计策略,有助于使系统远离阈值,从而增强系统的韧性。

3.1 滨水韧性景观设计基本策略

3.1.1 多样性与冗余

对生态系统来说,其拥有的物种和栖息地种类越多,抗干扰能力就越强,这是因为多样性的存在。多样性通常与冗余一起出现,冗余意味着有闲置的生产能力存在,以相似功能组件的可用性及跨越尺度的多样性和功能的复制,确保在某一组件或某一层面的能力受损后,系统功能仍然能够依靠其他层次正常运转。在社会生态系统中,土地利用模式、生物、基础设施、知识和人口结构的多样

样性确保城市系统存在冗余功能^{[22]18}，例如城市在基础设施建设中预留出可替代、并列使用和能自我修补的冗余量，冗余量越大，系统韧性也就越强。多样化与冗余的存在使系统在面对多种不确定性时，可以通过转换方式或调整结构以引入新的运转方式，仍能使其核心功能运转，而不会跨越其阈值。在滨水生态系统韧性设计中，采用多样化的空间设计可以使城市滨水区域更好地应对水位的自然涨落变化，冗余则是预留更多滞洪空间以面对超量洪水这一不确定性因素。

3.1.2 慢变量管理及其反馈

关键变量中的慢变量由于其长期性、缓释性和隐蔽性，往往被忽略，直到后果充分显示出来后才会被察觉。例如生态系统的服务功能，通常被认为是“免费的”，只有当它们因结构改变而失去相应的服务功能时才会被注意到。因此研究那些影响社会生态系统的关键性慢变量及其相应的阈值，可以帮助我们更好地管理该系统的韧性。对慢变量的认识和管理有助于扩大适意的系统态势空间，但在此过程中，及时与紧密的反馈机制非常重要。适当的反馈强度有助于管理者在系统越过阈值之前就认识到系统的发展态势，根据合理科学的预判确定是否需要以及如何实施干预。对滨水空间的风浪侵蚀、水土流失等典型慢变量问题，保持及时有效的反馈，通过科学预测，有助于监管者在系统越过阈值之前就认识到系统的发展态势，从而确定如何进行管理与干预。

3.1.3 模块化与多中心

连接过密的系统更容易受到干扰因素的影响，而且这些影响会迅速在整个系统中蔓延^[23]。模块化可以防止或控制不利影响在整个系统中的传播和扩散。在某一个组件或者多个组件失效的时候相互代替，可以有效地避免安全故障，即避免由于某一结构或联系的失效引起串联式影响。多中心式（multicentric，也可称为去中心化decentralization）治理可以加强模块化。较之单一化的集中式管理，多中心治理更能促进各主体间知识、行动的相互融合，在由多个相对独立的治理主体构成的组织结构中，相同的功能可以由这一多中心系统的其他组分来提供，使系统在应对干扰时更具有韧性。

表2 滨水主要要素跨越阈值表征及其关键变量

Tab.2 The characterization to across the threshold and their key variables of basic waterfront

景观要素 (所处区位)	主要功能	跨越阈值表征	快变量	慢变量
滩涂湿地岛屿 (水位变动区)	蓄滞洪水, 保护边岸与洪水通行	被填埋或退化为陆地	城市土地利用政策及相关各项管理	泥沙沉积, (由于污染等) 植被系统退化
湿地水生植物 (水位变动区)	保土消浪, 净化水质	生态多样性降低, 生态系统崩坏	滨水城市基建项目, 新建邻近强污染源	水体富营养化, 上下游生境变化 (如上游污染、下游筑坝等)
堤防/护岸 (缓冲区)	洪水安全防护	溃堤 (尤其在重点防护区域)	超警戒洪水, 极端气候现象 (如飓风、海啸等)	风浪侵蚀, 泥沙冲刷, 虫害等
缓冲区植被带 (缓冲区)	滞纳洪水, 过滤 (城市面源) 污染	失去滞纳与过滤能力	土地利用被改变或非占用, 城市基建项目	土壤板结退化, 与基流、城市生态斑块廊道等失去连通
过渡区绿地 (过渡区)	连通城市水、陆域, 蓄滞超量洪水	与水体失去物理连通性与精神联系	城市基建项目, 周边配套设施建设 (如公路等)	林/草地植被退化, 周边环境改变, 市民生活休闲方式变化
亲水游憩空间 (过渡区)	市民休闲娱乐、观景、运动健身等活动空间	与城市空间割裂导致无法到达, 缺乏维护导致无法继续使用	滨水城市基建项目, 滨水整体规划与建设, 超警戒水位洪水	城市经济社会发展水平, 市民生活习俗转变, 滨水空间连续性与易达性建设

资料来源: 笔者自制。

滨水空间由于其线性特征，各主要节点或滨水社区间往往形成一种比较松散的串联式联系，因此天然地具有多中心及模块化的组织优势。

3.1.4 公众参与及能力建构

在社会生态系统中，人的主观能动性至关重要。自下而上的整体韧性构建有赖于对个人和社区的韧性塑造，其中最基本的就是激活市民的自组织原则。例如在遇到灾害时，市民和公共管理者能够立即行动起来避免损失进一步扩大，并能局部修复功能使系统迅速重组。外部援助往往不会很及时，但自组织系统的分布式特征有助于从干扰中迅速恢复。韧性并不仅限于对灾害或其他干扰具有抵抗力，而是更关注从过去的灾害经验中进行学习。学习能力也是一种适应能力。例如城市滨水区的社区与居民经常遭受洪水、台风等灾害的侵袭，如果在每次灾害之后及时采取物理性、制度性的调整，则能更好地应对下一次灾害，从过去的干扰中学习，将新经验不断纳入适应能力^{[22]18}。有些城市系统还能借助受破坏的机会寻求制度和管理上的创新，使城市向更先进的状态过渡，同时促进信息与潜在反馈的多向流动，使公共机构认识到市民的真实需求。

3.2 对关键变量的设计响应

3.2.1 对多变水位的响应

水位的季节性变化将影响人们对滨水景观空间的使用，洪水季节的超高水位会带来一系列安全问题。对滨水空间的多样化与冗余设

计可以使滨水空间通过自身的结构调整以进入新的运转方式，同时仍能行使其正常功能，远离被洪水淹没的风险阈值。

冗余是为超量洪水留出更多滞洪空间。首先在规划阶段就要考虑预留出一定的洪泛区以蓄滞超量洪水，在河流的行洪空间内要留足滩涂、湿地、洼地、泻湖、可淹没林草地等。滨水缓冲区绿带还要注意与城市生态斑块，如城市公园、城市绿地系统、次级河流廊道、湖泊、湿地等的有机连通，共同形成城市的防洪屏障。这方面最著名的案例就是被称为“翡翠项链”的波士顿公园系统。

根据河流的季节性水位变化和洪水的规律，可设置不同高程、多级台地型的复式断面，以应对一年中不同时间段的水位，场地内还可以利用高架步道、可短期淹没和储水的下沉式广场、底层架空式建筑等多样化的空间形式，实现对滨水空间的季节性利用。在加拿大多伦多Don河港口新城项目（见图1）中，针对河流水位的季节性动态特征，设置了通过一系列人工水道和不同高程的特色地形。不同高程的台地创造了多样化的景观空间，同时为洪水的漫漫留足了冗余。在解决季节性洪水的不确定性的同时，又满足了娱乐、教育和居住环境等多种功能的需要，使城市滨水开放空间在面对多变的水位时更具韧性。

3.2.2 对风浪侵蚀与水土流失的响应

面对越来越频繁的极端气候现象，传统钢筋混凝土防波堤易受潮水的冲击侵蚀导致其

强度逐渐降低,存在安全隐患。在生态方面,防波堤切断了堤防内外生态系统的有机联系,也割裂了滨水区居民娱乐休闲的观景视线。

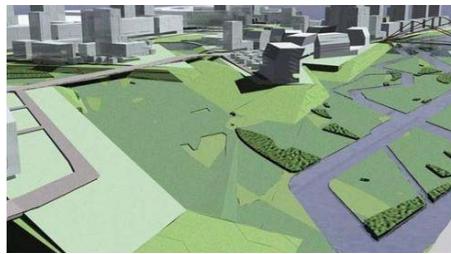
生态护岸可以提供一部分解决方案。除了具有一定的抗洪强度外,生态护岸对河流水文过程、生物过程也有促进作用。应对风浪倾斜、泥沙堆积等慢变量,护岸平面设计尽量维持河道原有的曲线,以适应河流的水文水力学过程。河岸堆积冲刷形式也是护坡断面设计需要考虑的重要因素:一般堆积型河岸(凸岸)尽量以自然型为主,冲刷型(凹岸)以生态型堤岸为主;根据对冲刷强度进行试验检测的结果,确定不同类型的生态护岸。

由SCAPE景观事务所为纽约斯坦藤岛设计的名为“生命的防波堤”(Living Breakwater)项目(见图2)中,被称为“礁石街”(Reef Street)的以碎石营造的多孔隙质堤坝为当地水域中盛产的牡蛎提供了良好的生境,也为当地的鱼虾、贝类等海洋生物创造了多样性的生境。位于低潮位的设计高程一方面促进了堤坝内外生态系统的物质能量交流,另一方面也为社区居民和休闲观光者提供了更高质量的生活岸线。最具有开创性意义的是该设计方案充分考虑景观的生长与动态特征,由于牡蛎在生长中会固结岩石的生长特性,这道“堤岸”会随着牡蛎的生长而“长”高,并且随着时间推移会越来越坚固,而不再具有传统防波堤的阈值限制,在应对长期的气候变化方面具有更大的韧性。

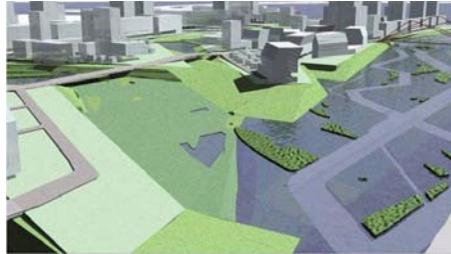
3.2.3 滨水生态系统韧性强化

多样化的生态系统具备更强的抗干扰能力。构建韧性滨水生态系统要遵循、顺应植物的自然生长演替规律,促进物种的多样化,引导其生成具有自我组织、自我修复能力的生态系统,从而远离阈值。

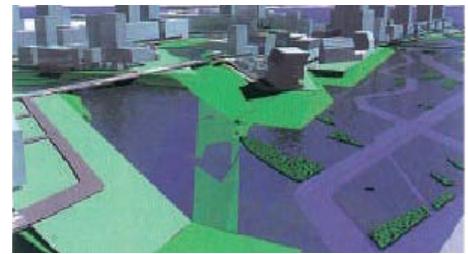
整体生态框架的构建是其中非常重要的工作。水陆交界区域的滩涂、沙洲、低洼地、湿地能起到蓄洪滞洪、提供生境、改善水质的作用,生态效益明显。对于这类区域以保护其原生地形地貌为主,在有条件的区域可以利用浅丘、洼地、泻湖等空间形态,顺应湿地植被带演替规律,引导逐渐形成完整的湿地生态系统。妥善利用原有地形



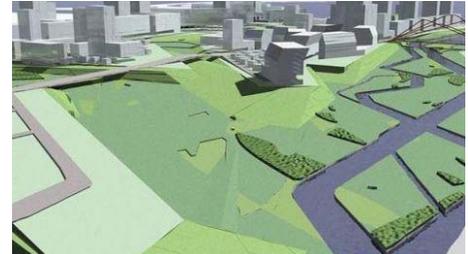
a 典型水位



c 中高水位



b 20年一遇洪水高水位



d 低水位

图1 多伦多Don河港口新城的季节性景观

Fig.1 Seasonal landscape of Toronto Don River Harbor

与坡度,并辅助以一定的微地形塑造,将生态斑块串联起来,可以达到事半功倍的效果。

通过营造空间的多样化可以促进(生态服务)功能的多样化。例如对于滩涂、湿地水生植物由于泥沙淤积以及水体富营养化等原因导致的生态退化,可以针对不同的污染物(如含氮、磷等成分的有机物)配置不同的水生植物群落来降解污染、净化水质。在物质空间形态上,可利用多样化的材料在水陆结合处营造高孔隙率、多流速变化的驳岸生境空间,块体内部及其空隙中存在大量冗余空间,结合后期生长起来的植物体系,将形成天然的鱼巢、鱼道、盒式结构等,为鱼类、鸟类和两栖类动物提供栖息、觅食、繁衍和避难的场所。动植物的协同演替使滨水生态系统具有更强的抗干扰、自我组织和自我恢复能力,从而具有更强的韧性。

3.2.4 弱化中心降低风险

城市社会生态系统通常由高度多样性和个性化的功能模块组成。这些模块是根据各个地方的特点及各组分互动产生的。在模式化系统下,局部出现的问题可以被控制,并阻止其蔓延到系统的其他部分^{[25]13},使系统远离阈值。

城市滨水区是一种线性串联的空间形式,其等级性和中心性相对较弱。根据步行空间半径、邻近的社区、该区景观资源禀赋等,滨水区

会形成多个景观节点。这些分散的节点形成各自的空间“场域”,各个部分可以保持相对独立,空间的组织结构因此具有多中心、模块化的形式,让系统在应对干扰时更具韧性。

在MIT CAU+ZUS+URBANISTEN为新泽西牧场公园设计的“新牧场:生产性的城市+区域公园”(New Meadowlands: Productive City + Regional Park)方案(见图3)中,由滨水草地带将沿岸不同用地串联起来,分别承担防洪、生态、居住、办公、生产等多种功能。各用地之间以较为松散的模块化组合,滨水草地带通过其中的街道、快速公交线和一系列的公共空间、娱乐休闲区等将它们串联起来。各个模块都与公园相连通,同时又相对独立,可以各自分期开发,具有较大的灵活性。

3.2.5 鼓励社区行为与全民参与

城市社会过程由人口、经济、政治、文化、技术水平等一系列因素所驱动,但这些因素作用在城市滨水区景观系统上通常是复杂的、间接的。人与环境之间存在的双向互动关系以人的行为为媒介,因此,社会过程的各个驱动因子对城市滨水区的影响也是通过人类个体及其群体的行为作用在城市滨水空间上。在滨水区尺度上,社区居民既是使用主体又是管理主体,公众参与韧性构建一般体现为社区行为。社区行

资料来源:参考文献[24]。

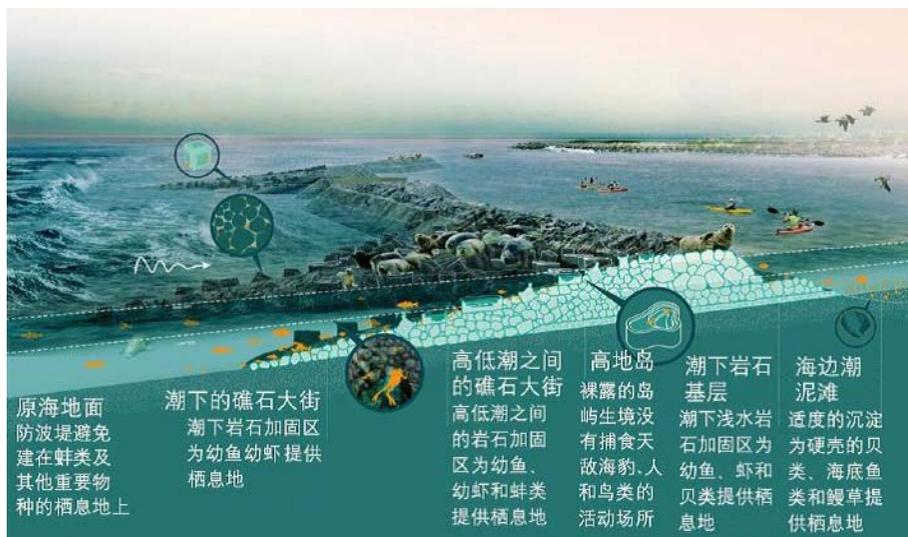


图2 “生命的防波堤”方案中“礁石街”的设计意向图
Fig.2 Design intention of "Reef Street" in "Living Breakwater"

为对滨水景观演变的影响主要通过两种途径产生,一种是居民直接参与景观规划与设计过程,另一种是通过教育、宣讲等手段提高居民的环境意识,从而自觉参与改善与保护环境的行动。

滨水空间使用主体的年龄构成、收入层次、身份等直接影响他们的需求。这些需求只有景观的实际使用者(当地社区居民)最清楚,与设计师合作可以帮助他们把这些设想转化到实体空间上。例如丹麦的BIG事务所在为纽约曼哈顿岛设计防洪规划与景观设计时,就花了16周的时间与周围的社区居民开展多轮研讨会,根据建议做了多个设计方案,最终形成满足多方面要求且具有创造力的方案。2022年正值飓风“桑迪”发生10周年,纽约市为此举办了一系列纪念活动,包括研讨会、展览、徒步等,总结这10年来应对灾害的成就并更好地面对未来。纽约及其市民们从未停止过学习和构建城市应对气候变化韧性的脚步。

4 延伸思考

4.1 关于研究的尺度问题

韧性是一种策略而不是单纯的理念,必须基于一个地方环境的生态、经济的动态驱动机制,同时还必须整合于相互联系的不同尺度中^{[25]14}。某个尺度的结构、动态变化和系统会如何做出响应,很大程度上有赖于周围其他尺度上的系

统状态和动态变化^{[15]89}。

滨水区的问题不只是“某个具体的生境”一类的场地尺度上的问题,它与城市、区域等更大的尺度有着极强的内在关联性。以河流基流水平为例,地下水是河流基流的主要来源,地下水从河道与地下水面相切的部分进入河道,在旱季和雨季都能为河道供给稳定的水量^[27]。而地下水在被大量抽取、污染,以及大面积的硬化地面环境下,根本无法得到有效的补充。这就直接影响了河流的基本水流及水位。这些都是区域尺度的系统性问题。本文对相关问题的策略与应用研究只是多时空尺度的韧性策略中的一环,有赖于多尺度上韧性策略的配合。但关注于中小尺度空间塑造的适应性景观策略也能够扩展“韧性”的内涵^{[21]23}。

4.2 阈值的确定及其量化

目前,将韧性理论作为新的范式应用于具体实践仍然存在很多问题。在对社会生态系统的韧性进行理解与评估时,阈值的界定是关键点,特别是阈值的量化研究是提高整体应用水平的重要保证。

本文对滨水空间景观要素的阈值界定同样是从定性的角度出发,并带有一定的不确定性。例如,如何界定某区域的滨水生态系统丧失了原有的生态服务功能?尤其是在社会生态系统的视角上,不同系统之间的相互关系及其跨尺度的



图3 “新牧场”方案
Fig.3 New Meadowslands: Productive City + Regional Park

资料来源:参考文献[26]。

特征导致其阈值更难以被准确界定,需要跨学科的通力合作。近年来,复杂网络理论被拓展到城市系统韧性的定量测度研究中,例如利用渗流理论识别系统结构变化的阈值,但其功能内涵仍然有待进一步研究。此外,随着城市大数据的持续积累和云计算技术的不断进步,对韧性相关的定量模型和计算平台的构建仍在持续探索中^{[13]5300}。

4.3 “特定韧性”与“普遍韧性”

从阈值的角度出发界定系统,需要了解支配系统的关键变量,因为这些变量可能体现出阈值效应。一旦确定这些关键变量,有关韧性的问题就会变得有针对性,但如果只针对这类“特定的韧性”,而对具体变量和具体干扰因素实施的管理和控制及优化措施,很可能会降低系统其他方面的韧性。因此,实施管理以保障系统的“特定韧性”与维持社会生态系统的“普遍韧性”同样重要。

研究表明,多样性、模块化和反馈强度在维持系统普遍韧性方面能发挥重要作用^[28]。本文虽然也用到上述几个韧性特征作为设计响应策略的指导,但是更多还是应用在物理层面及生态系统方面,对社会系统的相关方面研究还不够。这一方面是由于相关的阈值难以确定,另一方面也是因为我国大部分公民的环境保护意识比较淡漠,加之政府的组织管理方式

不同,导致这方面的研究比较缺乏实证范本。从长期来看,在全社会范围内进行公民环境保护意识教育也是非常重要和必要的。全民知识与认知水平的提高还可促进相关制度和管理上的创新,提升整个城市及社会的韧性。

4.4 对适应性循环的认识

一个动态的系统并不存在所谓“最佳状态”,而是处于不断变化与循环中,快速生长、稳定守恒、释放和重组是这一循环的4个阶段。伴随着相同内在关联度、灵活度和弹性等方面的变化,系统在各个阶段都有不同的表现方式^{[15]74}。这就是适应性循环。

社会生态系统的正向循环是从快速生长阶段到稳定守恒阶段,但稳定守恒阶段必然会结束,而且该阶段持续时间越长,结束它进入释放阶段的干扰就越小。在释放阶段,所有联系会被破坏,伴随着各种资源的溢出,随后系统进行自我重组,进入充满不确定性和不稳定的逆向循环阶段。

适应性设计运用各种设计策略控制系统的阈值,但并不能消灭阈值。通过对适应性循环的认识,稳定守恒阶段不能长期持续,系统必然进入释放和重组阶段。虽然新的变革也可能在这个阶段产生,但是其结果难说是好是坏。不过适应性循环理论仍给我们提出一些解决思路,即这一循环并不是一个绝对的、固定的周期,而是存在很多变异。系统在由稳定守恒阶段向释放阶段转换之前,也可能有一些小的扰动而退回到生长阶段。通过系统在较低尺度上的释放和重组来避免系统在重要尺度上产生释放,可以防止稳定守恒阶段后期在该尺度上形成^{[15]81}。

5 结语

随着“韧性”的高频使用与广泛关注,相关的研究也增多。但大多研究着眼于较大尺度,如流域、区域、城市等,对具体的规划与设计的指导与实操性不强。中小尺度上对“韧性”的理论和设计应用并不多,本文希望在这个尺度上进行一种有益的探索,深入理解韧性的相关机理,以期对未来实践应用提供更多的理论支持。

参考文献 References

- [1] PICKETT S T A, CADENASSO M L, GROVE J M. Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69(4): 369-384.
- [2] CUMMING G S. Spatial resilience: integrating landscape ecology, resilience, and sustainability[J]. *Landscape Ecology*, 2011, 26: 899-909.
- [3] WENG Y C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81(4): 341-353.
- [4] AHERN J. From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 100(4): 341-343.
- [5] LU P, STEAD D. Understanding the notion of resilience in spatial planning: a case study of Rotterdam, the Netherlands[J]. *Cities*, 2013, 35: 200-212.
- [6] BENGTTSSON J, ANGELSTAM P, ELMQVIST T, et al. Reserves, resilience and dynamic landscapes[J]. *Ambio*, 2003, 32(6): 389-396.
- [7] WU J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes[J]. *Landscape Ecology*, 2013, 28: 999-1023.
- [8] AHERN J. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design[J]. *Landscape Ecology*, 2013, 28: 1203-1212.
- [9] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M, et al. Defining urban resilience: a review[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 147: 38-49.
- [10] STEINER F. Frontiers in urban ecological design and planning research[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125: 304-311.
- [11] AERTS J, BOTZEN W J. Flood-resilient waterfront development in New York City: bridging flood insurance, building codes, and flood zoning[J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2011, 1227: 1-82.
- [12] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 1-23.
- [13] 徐耀阳,李刚,崔胜辉,等.韧性科学的回顾与展望:从生态理论到城市实践[J].*生态学报*, 2018, 38(15): 5297-5304.
XU Yaoyang, LI Gang, CUI Shenghui, et al. Review and perspective on resilience science: from ecological theory to urban practice[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(15): 5297-5304.
- [14] 山形与志树,阿尤布·谢里菲.韧性城市规划的理论与实践[M].曹琦,师满江,译.北京:中国建筑工业出版社, 2020.
YOSHIKI Y, SHARIFI A. Resilience-oriented urban planning: theoretical and empirical insights[M]. CAO Qi, SHI Manjiang, translate. Beijing: China Architecture & Building Press, 2020.
- [15] WALKER B, SALT D. 弹性思维:不断变化的世界中社会—生态系统的可持续性[M].彭少麟,陈宝明,赵琼,等,译.北京:高等教育出版社, 2010.
WALKER B, SALT D. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world[M]. PENG Shaolin, CHEN Baoming, ZHAO Qiong, et al, translate. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [16] WALKER B, HOLLING C S, CARPENTER S R, et al. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems[J]. *Ecology and Society*, 2003, 9(2): 5.
- [17] FOLKE C. Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses[J]. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 253-267.
- [18] 俞孔坚,徐涛,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.
YU Kongjian, XU Tao, LI Dihua, et al. A review: urban water resilience[J]. *Urban Planning Forum*, 2015(1): 75-83.
- [19] GUNDERSON L H, HOLLING C S. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems[M]. Washington, DC: Island Press, 2002.
- [20] Resilience Alliance. Resilience[EB/OL]. [2022-11-04]. <http://www.resalliance.org/index.php/resilience>.
- [21] 邹锦.基于过程的山地城市滨水区景观设计方法研究[D].重庆:重庆大学, 2016.
ZOU Jin. Study on the process-based landscape design in mountainous urban waterfront[D]. Chongqing: Chongqing University, 2016.
- [22] 李彤玥.韧性城市研究新进展[J].*国际城市规划*, 2017(3): 15-25.
LI Tongyue. New progress in study on resilient cities[J]. *Urban Planning International*, 2017(3): 15-25.
- [23] WALKER B, SALT D. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world[M]. Washington, DC: Island Press, 2006.
- [24] 翟俊.不以审美表象为主导的师法自然:行使功能的景观[J].*中国园林*, 2010(12): 36-40.
ZHAI Jun. Learning from nature should not based on predominance of its aesthetic appearances: landscape as performative or working system[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2010(12): 36-40.
- [25] 翟俊.弹性作为城市应对气候变化的组织架构——以美国“桑迪”飓风灾后重建竞赛的优胜方案为例[J].*城市规划*, 2016(8): 9-15.
ZHAI Jun. Resilience as a framework for cities cope with climate changes: a case study on the winning entries of American post hurricane Sandy disaster reconstruction competition[J]. *City Planning Review*, 2016(8): 9-15.
- [26] Rebuild by Design. Homepage[EB/OL]. [2022-10-24]. <http://www.rebuildbydesign.org>.
- [27] MARSH W M. Landscape planning - environmental applications[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [28] LEVIN S. Fragile dominion[M]. Cambridge: Perseus Books Group, 1999.