

国土空间韧性：概念框架及实施路径*

杨选梅

提要 “国土空间韧性”在2020年1月《省级国土空间规划编制指南》(试行)中作为新兴概念提出。通过梳理工程、心理、生态和灾害四大学科的韧性含义、学科间内涵渗透及其在空间规划中的应用,认为国土空间韧性可以在传统的以鲁棒性或以技术为中心的防灾工程设施和描述社会与自然关系的非线性、不确定和协同演进的灾害适应模式之间架起桥梁,解释为社会生态-技术系统(socio-eco-technological systems简称“SETs”)、空间网络和跨学科研究等三大模块构成的概念框架,阐述了系统特质、空间关联、信息交换对其的重要意义;并从“统筹多灾害风险、优化应对‘不确定性’的空间分区、构建社区应急空间网络”等3个层面探讨其实施路径,为国土空间安全管控提供规划编制思路。

关键词 国土空间韧性;社会生态-技术系统;概念框架;实施路径

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.202103016
文章编号 1000-3363(2021)03-0112-07

Territorial Space Resilience: A Conceptual Framework and Its Implementation Path
YANG Xuanmei

Abstract: In the Guidelines for the Compilation of Provincial Territorial Spatial Plans (Trial Version) released in January 2020, "territorial space resilience(TSR)" is introduced as an emerging concept. By scrutinizing the multidisciplinary construct of the "resilience" concept and its inter-disciplinary application, including that in spatial planning, the paper argues that TSR can serve as the bridge between the traditional robust disaster prevention strategies centered on engineering technology and the disaster adaptation models. Its conceptual framework can be explained by three modules: Socio-Eco-Technological Systems(SETs), spatial networks, and interdisciplinary researches. The paper demonstrates the significance of system characteristics, spatial association, and information exchange. It further discusses the operational paths, which can be summarized into the three steps of coordinating multiple disasters, optimizing spatial zoning to deal with uncertainty, and building community emergency response network. The research provides a new angle to examine the governance model for achieving territorial space security.

Keywords: territorial space resilience; SETs; conceptual framework; implementation path

2019年5月23日,《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》(以下简称《若干意见》)发布。随后,对其相关解读中明确了“国土空间规划体系应以安全发展为目标之一,注重风险防范,积极应对未来发展不确定性,提高规划韧性”^①。2020年1月《省级国土空间规划编制指南》(试行)中将“提升国土空间韧性”作为指导性要求之一。这引发了本文要探讨的核心问题:“国土空间韧性”作为应运而生的新概念,如何将其作为规划技术模块或政策工具嵌入现有国土空间规划体系,以促进面临不确定性风险的国土空间格局优化及转变?因此,文章旨在设计和实施针对国土空间韧性的概念框架,以探索新的空间治理模式,以期为新一轮国土空间规划的改革提供理论借鉴。

1 国土空间韧性的文献溯源

1.1 空间规划体系下的“国土韧性”

以“国土空间韧性(territorial space/spatial resilience)”为主题词检索,在科学网

作者简介

杨选梅,同济大学建筑与城市规划学院,博士研究生,高级城乡规划师,注册城乡规划师, xuanmeiyang@163.com

*作者根据“第五届金经昌中国城乡规划研究生优秀论文遴选”的人选论文改写而成

(web of science)、中国知网两大平台均未找到文献^②。以能够支持空间规划的“国土韧性 (territorial resilience)”作为扩展词,检索获得的文献其案例大部分集中在欧洲 (Grazia B, 等, 2019),侧重于从发生灾害后的紧急和重建规划文化过渡到针对脆弱性和多重风险评估问题的全面预防规划方法,目的是探索“国土韧性”的可操作路径。欧洲国家的空间规划体系对中国国土空间规划具有借鉴意义 (黄征学, 等, 2019),笔者认为空间规划背景下发展的“国土韧性”概念亦可启示“国土空间韧性”研究:①多风险评估尤其是空间交互影响是国土韧性在空间执行的基础;②国土韧性与空间规划有着积极的相互促进意义。“弹性”^③概念与城市和区域结合,便有了空间的特性 (彭翀, 等, 2015)。国内将韧性与空间规划相结合的论文主要包括国际经验借鉴 (鲁钰雯, 等, 2020)、韧性城市规划理念的融入 (翟国方, 等, 2021)、韧性的实践路径 (钱少华, 等, 2017)等三个方面,此类文章一般将韧性归为“工程韧性、生态韧性和演进韧性”3个层次或细化为“工程弹性、经济弹性、生态弹性和社会弹性”四个领域,通过规划应对灾害和风险。

1.2 多学科韧性含义及其在空间规划中的应用

基于灾害风险评估植根于不同的领域,笔者认为根据 Brain W 和 David S (2012) 所阐述的“韧性”四大学科起源,通过梳理其在工程学、心理学、生态学和灾害防御学的内涵、学科间渗透及其在空间规划中的应用,构成若干理解国土空间韧性的基础内容 (表1):工程韧性在空间规划中可视为基础设施在实验条件 (如抵御1000年一遇的洪水) 下的计算属性,而风险中蕴含的不确定性不允许系统规定必须处理的条件范围;不确定风险中工程韧性能力的有限性在“心理韧性”层面得以突破,因为损害后果在很大程度上是一种不可逆转的影响,迫使个人或社区做出改变 (Béné C, 等, 2016),这超越了工程抵御的机械概念;从生态学的角度看,韧性是指复杂的生态系统 (Socio Ecological Systems 简称“SESS”) 的持久性、适应性和可转换性 (Folke C, 2016),被称为演进韧性理论,常用于指导风险应对;“心理韧性”与“灾害韧性”共同关注“营造社区韧性”,灾害韧性往往与社会学相联系,与社会生态恢复存在着有趣的协同效应并表现为适应性管理或管治,亦与社会技术

系统相互依赖;日新月异的技术、社会组织和文化常常交织在一起,产生新的风险模式 (Comfort L K, 2012)。

多学科的韧性内涵与国土空间韧性的关联如下:①物理基础设施必须依托技术在设计、实现、操作和维护方面不断发展,以适应不断发生变化的环境,从而支持韧性;②生态系统服务及相关的支持、调节和供应能力是提升韧性的有效路径,如依托以生态为基底的绿色基础设施 (马淇蔚, 2017);③多学科人员的合作,能够在发生极端事件时为有法律责任的公共组织管理者提供快速有效的风险管控方案;④通过研判社区自组织系统承受冲击的能力构建社区应急网络,能够高效地执行适应性管治政策。

2 国土空间韧性的概念框架

2.1 概念框架的基础逻辑

为了在传统的鲁棒性或以技术为中心的防灾基础设施和描述社会与自然关系的非线性、不确定和协同演进的灾害适应模式之间架起桥梁,笔者将技术整合入社会生态系统,将国土空间韧性解释为“社会生态-技术”系统 (Socio-Eco-Technological Systems 简称“SETs”)

表1 多学科的韧性含义及其在空间规划中的应用

Tab.1 Relationship between territorial space planning and multidisciplinary resilience concepts

| | 学科起源 | 韧性含义 | 空间规划中的应用 |
|------|--|--|--|
| 工程韧性 | 1858年,韧性一词在工程学中第一次使用 (Brain W, 等, 2012),是“灾害防御”一词现代用法的起源 (White I, 等, 2014) | 工程韧性其一指物理延性或塑性 (Alhaddad M S, 等, 2015),其二指抵抗力或脆性,即材料对抗反作用力的能力 (Takagi J, 等, 2019) | 关注基础设施的韧性量 (或称鲁棒性),估算对生存的某种特定威胁的严重程度 (如抵御1000年一遇的洪水);近年研究拓展到将科技如数字化支持更有效的预警和应急响应系统、增强食品和水安全、改善电力基础设施性能、促进公民参与和制定参与性适应措施以及最大限度地减少气候灾害的负面影响 (Fertner C, 等, 2019) |
| 心理韧性 | 1950年代,“韧性”的应用开始从工程学向心理学转移 (Clarke A D B, 等, 1958);1980年代在该领域流行 (Flach F F, 1988)。1990年代,“韧性社区”的出现标志着心理韧性的概念最终进入社会学和人文地理学 (Tobin G A, 等, 1999) | 心理韧性指个人或社区通过自组织系统调动内源和外源资源,利用扰动后的生存压力使其达到新的功能水平的能力 (Meerow S, 等, 2016) | 主要体现在个人和社区两个方面:一方面关注公共空间的营造对于情绪稳定、自尊和自我效能的积极影响 (Korpela K, 等, 2014);另一方面利用地理空间流行病学方法和空间技术探讨心理脆弱性与社区韧性的空间关系,如创伤后应激障碍或高抑郁值的社区集群现象 ^④ ,以便为特定社区量身定制灾后恢复的干预措施或为韧性评估提供参考依据 (Oliver G, 等, 2015) |
| 生态韧性 | 1973年,生态学家霍林将“生态韧性”这一概念应用于生态系统的研究 (Holling C S, 1973)。1990年代末,韧性从自然生态学向人类生态学过渡 (Adger W N, 2000) | 生态韧性反映适应性循环的嵌套性,用于定义系统自身产生升级或降级的周期,提供跨尺度过程的联结模式。社会-生态韧性建立在适应能力和所有组成部分相互作用的基础上,这种相互作用产生一种状态的创新 (Holling C S, 2001)。 | SESSs创新指规划理论和实践,体现在两个层次:一是提出了一系列的理论概念,包括生态系统服务、景观城市主义、城市生态学、景观生态学、亲生物设计和再生设计 (Wang X H, 等, 2016);二是开发了一系列工具、框架和评估系统,以支持生态原则在建筑设计、景观设计和城市规划中的应用 (Steiner F, 2014) |
| 灾害韧性 | 始于美国人观察日本人在1854年12月两次大地震后重建东京西南的下田市时表现出的足智多谋、勤奋好学的的能力 (Alexander D E, 2012) | 心理韧性为灾害韧性提供了概念背景,并与一系列社会学相联系 (Brown K, 等, 2011)。灾害韧性研究社区应对扰动的要素和过程如社区发展 (Paton D, 等, 2001)和社区自组织 (Norris F H, 等, 2008) | 体现为两种类型:一是城市规划中的土地利用成为有效的防灾设施设计的促进者和指南 (Blessing L, 等, 2009),但通常局限于防御工程标准提高或防御空间的预留;二是根据单灾种编制的防灾专项规划如防火、防洪等与应急规划一起为灾害管理提供工程和社会防御措施,但两者之间联系往往有限,以致限制了空间规划对灾害管理中结构性和非结构性措施的重视 (Sapountzaki K, 等, 2011) |

资料来源:笔者根据 Alexander D E (2013) 自绘。

为应对动荡或冲击，适应气候变化，保持或恢复基本功能从而转换限制当前或未来空间演进能力的组件集合。这属于解释动态、异质性系统韧性的理论范畴，侧重于研究与韧性相关的系统内部组分和系统间不同组件的空间布局、差异和相互作用，其中系统特质、空间关联、信息交换具有重要意义。因此，“国土空间韧性”概念框架的基础逻辑为：整合社会生态和技术系统功能，利用新技术和新数据搭建数据管理和信息交流平台，跨学科研究多尺度的空间网络和交互作用，筛选并确定重大干扰和缓慢压力下产生空间风险尤其是多重风险的关键变量，打造融合数据——信息——知识——行动为一体的执行路径，引导机构、组织和社会群体共同决策，从而形成具有新适应性和创新性的国土空间治理模式（图1）。

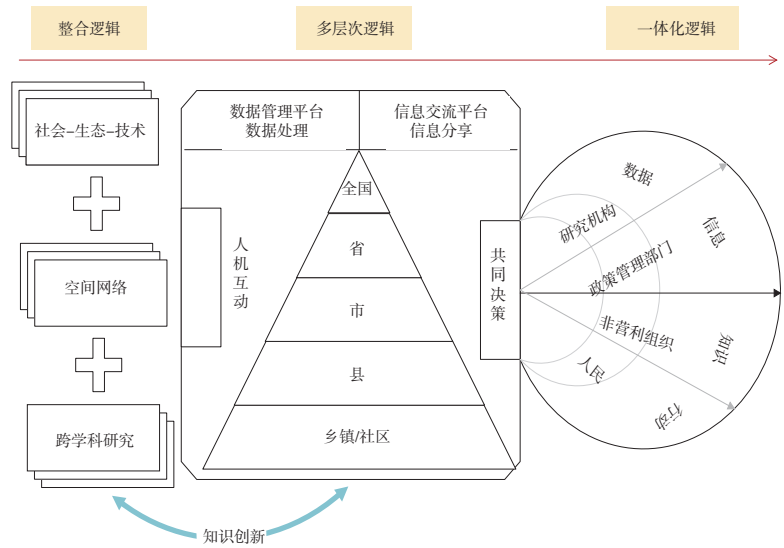


图1 基于三类逻辑的国土空间韧性概念框架
Fig.1 A conceptual framework for territorial spatial resilience based on the three types of logic
资料来源：笔者自绘。

2.2 概念模型的模块单元

2.2.1 模块单元1：社会（S）-生态（E）-技术（T）模块

社会-生态-技术组件模块（图2）其组件特征、系统记忆和反抗分别表示各组件内部要素的空间属性和组件间功能的相互作用。社会（S）：包括人口流动、经济增长、土地利用、公共卫生、教育医疗、社会公平、文化遗产、治理政策等，这些数据和信息可提供反映过去处理灾害的学习信息和当前趋势的社会信息；同时文化、景观遗产作用于社区能够帮助规划人员准确评估系统记忆和反抗。生态（E）：包括气候、物种、土壤、地质、海洋、水文和地形等，生态系统可提供社会“效益”或“服务”如空气质量、碳汇、海岸和河流保护等，且部分生态因子可以用来改进技术系统（Sassen S, 等, 2011），干扰之后各连续阶段大规模的“生态记忆”有助于系统恢复和重组（Nyström M, 等, 2001）。技术（T）：基础设施、工艺和技术。基础设施指构建环境的物质集成，包括建筑、交通、能源、发配电、雨水、卫生设施、供水和废物处理等；信息技术创新通过数据、模型和媒体等方式优化基础设施功能，比如信息通讯技术可以通过更强的电源能力、增加网络冗余和备份的卫星通信等手段来改善灾害风险较

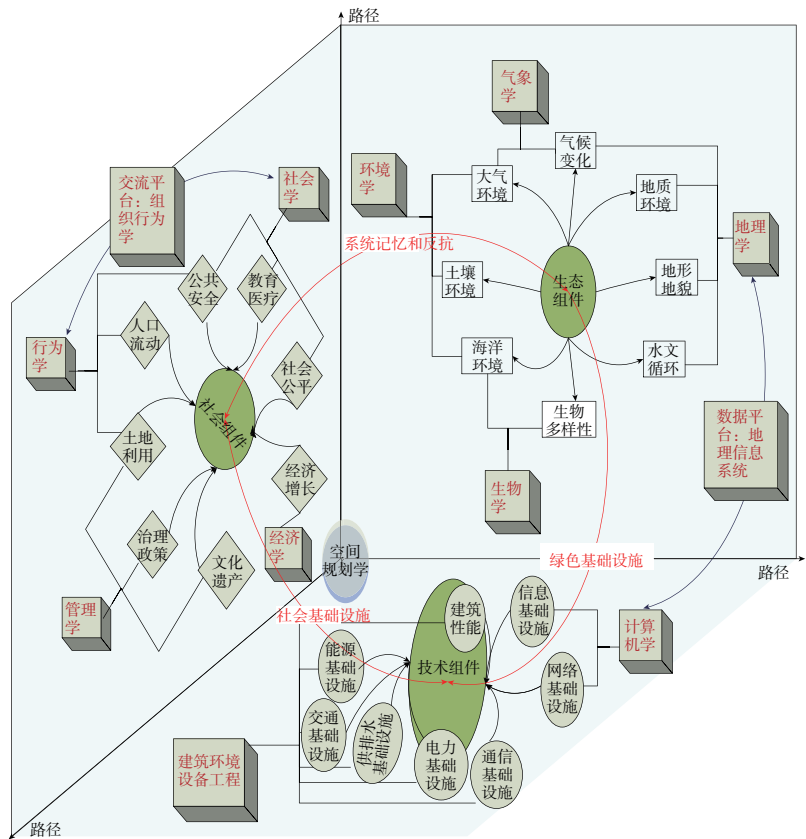


图2 社会（S）-生态（E）-技术（T）模块
Fig.2 Socio-eco-technological system (SETSs) module
资料来源：笔者自绘。

高地区，引导和保护社会免受环境力量的影响。

2.2.2 模块单元2：空间网络模块

空间网络模块（图3），是影响系统阈值的多尺度空间反馈，引发大型基础

设施物质空间、嵌入式社会网络空间、空间技术驱动下信息流空间的发展和演进，现有的生态和社会节点通过不同层级产生空间连通性，应对冲击时产生的动态演变，生成新的空间阈值，构成空

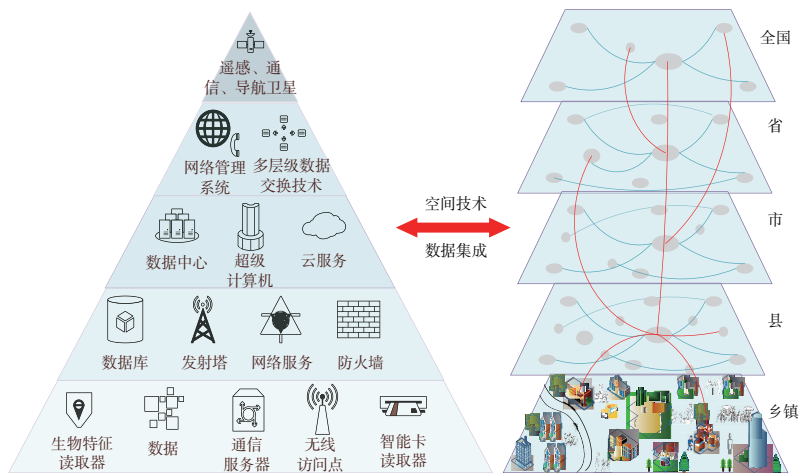


图3 空间网络模块
Fig.3 Space network module
资料来源：笔者自绘。

间网络结构，而空间技术能够通过数据或模型帮助监测结构变化。也就是说，空间网络模块包括空间连通性、空间层级、空间阈值和空间技术四大要素：①通过系统记忆和反抗建立空间连通性，图3右侧中蓝、红线表示因物理移动、信息传递和资源交换等在不同的尺度范围内相互作用产生的连通性，其中蓝线代表相同规模和不同规模的生态节点之间的交互，红线代表不同利益相关者产生的社会节点之间的动态关系；②图3右侧表达了“全国——省——市——县——乡镇”5个层级，不同层级和层级内部之间的连通性与地区文化景观构建表达更深层次的含义如动态反馈循环、层次属性、系统架构过程和功能的相关性，更高的层次建立边界，在这个边界内，较低的层次可以自由地进行个性化操作，同时约束更低的层次；③图3右侧中棕色圆点表示栖息地斑块、利益相关者等节点按照一定的规模存在于时空，当大规模扰动或长期慢性压力导致节点性质发生突变时，即产生新的空间阈值；④图3左侧表示不同层级的组织者通过遥感、通信或航空图像等空间技术，建立由土地利用、时间地理空间、社交媒体等集成的结构化数据库，帮助监测节点状态和连通性以提高空间态势感知如追踪生物的移动、资源的空间流动、(遗传)信息和网络动态产生的营养物质等，进一步通过网络拓扑结构的信息流预测网络节点动态，这些能够帮助分析洪水、旋风、海啸、滑坡、地震、森林火灾等

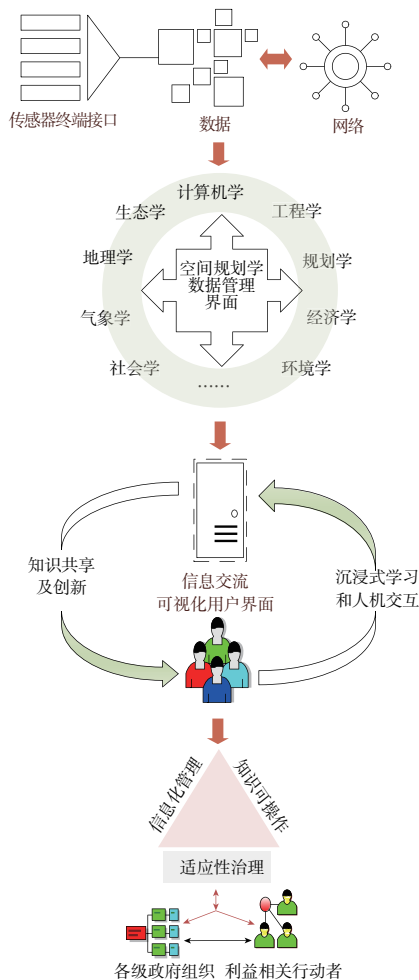


图4 跨学科研究模块
Inter-disciplinary research module
资料来源：笔者自绘。

自然事件的发生程度，为地区的灾害风险建模服务并进而影响多尺度的应急管理机制。

2.2.3 模块单元3: 跨学科研究模块

跨学科研究是指综合不同学科和应用实践者之间的相互作用，是一种“态度和行动形式” (Pohl C, 2008)。此模块包含跨学科整合和数据——信息——知识——行动网络 (图4) 两个关键维度：①国土空间规划需整合地理学、生态学、气象学、水文学、工程学、规划学、计算机科学等不同学科的专业知识，水、交通、能源、公园、住房、卫生、经济发展等不同业务的政府管理部门政策，还涉及研究机构、非政府组织、民间智慧等非正式管理方法，为国土空间韧性的研究提供跨学科的知识网络，这些知识分散镶嵌于空间规划学中，将其结果综合并运用于治理实践；②数据——信息——知识——行动网络本质上是多层次的，影响着信息的产生、扩散和吸收过程，以及信息转化为可操作的知识和行动的有效性或效率。如果跨学科研究提供了规范性和功能性的解决方案，那么网络就为活动的运作和管理提供了形式或结构，不同地域的人员通过网络互动获取和传递新知识、寻求外部支持和服务，加强政府机构和行动者之间在多个尺度上的相互作用，引导国土走向韧性路径 (McCann E, 2017)。因此依托地理信息系统和组织行为学分别建立数据平台和交流平台，使不同的研究人员、政策制定者和人民参与进来，通过连接数据、信息和可操作的知识指导行动；这是国土空间韧性设计执行的保障，它通过以“证据”而非“经验”为基础的干预整合历史、文化、生态、技术和治理方面的知识，实现社会和生态效益 (Wang X H, 2016)。

3 国土空间韧性嵌入空间规划体系的实施路径

3.1 路径1: 统筹多灾害风险

已有规划侧重于单一灾害的危险性评估，主要存在于各职能部门组织编制的防灾专项规划 (如地震、洪水、气象等) 和应急预案。参照2006年1月8日发布实施的《国家突发公共事件总体应急预案》，重大突发事件包括自然灾害、事故灾难、公共卫生和社会安全4大类 (图5)。脉冲式灾害风险如自然灾害、极

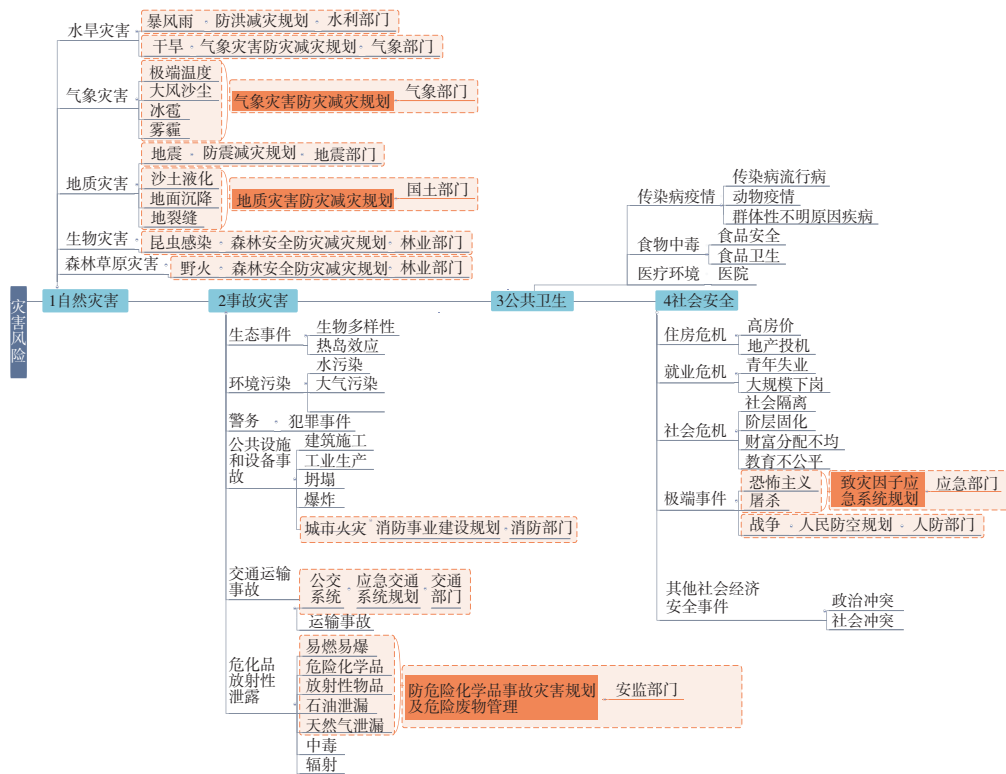


图5 突发事件预案与防灾减灾规划的对应关系图

Fig.5 The relationship between emergency preparedness planning and mitigation planning

资料来源：笔者自绘。

端事件、城市火灾、危化品放射性泄露等灾害影响防灾基础设施和应急服务设施的用地布局，已编制相应专项规划；而具有高度不确定性或灾害进程较慢的风险如生态事件、环境污染和社会危机尚未明确要求纳入防灾减灾规划体系。省、市级国土空间规划编制指南试行稿（分别发布于2020年1月和9月）中的“风险评估”均包括“研判气候变化、生态安全、粮食安全、水安全、地质灾害等风险隐患”。灾害风险不仅应考虑脉冲式的灾害风险，还应涉及渐进式的“气候变化”带来的各种风险。这高度契合联合国《2015—2030年仙台减少灾害风险框架》中“强调灾害风险管理而非灾害管理”的灾害治理模式，同时也可借鉴该框架中的灾害风险范畴——自然或人为灾害以及相关环境、技术和生物危害与风险。国际学者集合多灾害风险评估和气候模型（Tyler S, 等, 2012），发展“操作韧性的评估方法（operational resilience approach）”，这些方法关注关键扰动的风险如何作用组件，高效识别系统状态之间断点的潜在阈值，帮助揭示是什么导致

或破坏了系统韧性，其结果可用于国土空间总体规划中确定风险等级、划示灾害风险区和划定风险控制线。

3.2 路径2：优化适应“不确定性”的国土空间分区

空间分区中引入多准则空间分析工具和多元遗传算法，对促进韧性及韧性在空间规划的体现和执行很有必要（Eikelboom T, 等, 2015; Dunnett A, 等, 2018）。前者支持适应决策，考虑竞争性问题，使用完全聚合或优先级排序方法对适应选项进行优先级排序，如应对气候的城市抗极端可持续性研究网络（Urban Resilience to Extreme Weather-related Events Sustainability Research Network 简称“URExSRN”）专注于整合社会、生态和技术系统，去设计、分析和支持城市基础设施决策，以应对不确定性；后者创新空间决策，作为显性描述空间的多目标情景方法，通过识别一系列具有高不确定性但可以覆盖决策空间中广泛选择的情景进行土地分配，隐含部门间的互惠和权衡。通过禁止在灾害

风险越来越高的城镇地区进行开发、将农业用地转移到未来的高产地区以及保护历史遗产用地和生态重要地区来适应多种风险，成为确定生态保护和控制区、农用地布局调整、城乡空间优化、历史文化空间保护、蓝绿灰基础设施、应急用地、留白空间等用地备选方案的基础。

3.3 路径3：构建社区应急空间网络

国土空间分区提供了组织结构和形成社区操作网络所必需的初始合法性。灾害发生前，政府把重点聚焦于规划好的空间网络；灾害发生后，社区作为支持居民日常生活的基本空间单元和防控单元，将把建立应急网络作为自愿的努力。当社区居民通过手机、电脑等技术设备向地方机构请求外部援助时，就出现了从规划网络向应急网络转变的门槛；当新出现的系统空间阈值在灾害事件发生后的最初几个小时/几天内确定时，更容易得到控制（Comfort L K, 等, 2020）。信息技术的设计、开发和实施以及在具有挑战性条件下的先进通信方法很大程度上改变了社区集体学习和行动

潜力,有助于创建参与性基础设施,提高应急网络的执行效率(Comfort L K, 2019):如5G、云计算、大数据、人工智能和区块链等数字技术及其应用在抗击疫情中的重要作用。社区应急空间网络结合城乡生活圈构建管理单元,识别特定社区中的主要参与者、资源、已知风险和脆弱要素,合理布置医疗急救设施、开敞空间、避难场所和疏散通道,制定现有资源、人员和知识的最佳组合,满足突然改变的灾难环境中的紧急需求或缓解长期压力;这些均应纳入地方一级的国土空间规划编制内容。

4 结语

本文探讨韧性内涵的四种学科起源,通过分析其在空间规划中的应用,建立了其与国土空间韧性的关联。国土空间韧性作为一种“系统能力”和“空间治理模式”,试图在(动态)适应和(静态)阻力之间建立“剪切带”(shear zone),而社会生态-技术系统的协同可以成为一条可行的路径:充分利用并协调好以技术为主导的防灾工程、依托自然基底的生态或更进化的社会文化角色。文章将概念框架与实施路径相结合,有助于填补韧性理论知识转化为实践的空白。在非均衡环境下,由于灾害风险对不同行业的影响以及行业间竞争目标的差异,导致适应策略之间的妥协可能会发生。例如,加强一个行业的灾害适应可能会削弱其他行业的韧性,这提高了合并这些复杂关系的难度。总之,国土空间韧性的设计需要战略性的、系统性的思考,需要通过一种迭代的、跨学科的、适应性的边做边学的方法来应用,因此,如何超越不同学科之间的分析障碍就成为解决灾害风险空间交互、实施“国土空间韧性”的关键和难点之一。

注释

- ① http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201905/t20190530_2433285.html
- ② 查询日期为2021年5月21日。
- ③ resilience在部分文献中的另一种翻译。
- ④ <http://www.nyc.gov/html/dcp/html/neighbor/index.shtml>

参考文献 (References)

- [1] ADGER W N. Social and ecological resilience; are they related [J]? *Progress in Human Geography*, 2000(24): 347-364.
- [2] ALEXANDER D E. Resilience against earthquakes: some practical suggestions for planners and managers[J]. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 2012(13): 109-115.
- [3] ALEXANDER D E. Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2013(13): 2707-2716.
- [4] ALHADDAD M S, WAZIRA K M, ALSALLOUM Y A, et al. Ductility damage indices based on seismic performance of RC frames[J]. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2015(77): 226-237.
- [5] BÉNÉ C, AL-HASSAN R M, AMARASINGHE O, et al. Is resilience socially constructed? empirical evidence from Fiji, Ghana, Sri Lanka and Vietnam[J]. *Global Environmental Change*, 2016(38): 153-170.
- [6] BLESSING L, CHAKRABARTI A. A design research methodology[M]. London: Springer, 2009.
- [7] BRAIN W, DAVID S. Resilience practice: building capacity to absorb disturbance and maintain function [M]. Washington: Island Press, 2012.
- [8] BROWN K, WESTAWAY E. Agency, capacity, and resilience to environmental change: lessons from human development, well-being, and disasters[J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2011(36): 321-342.
- [9] CLARKE A D B, CLARKE A M, REIMAN S. Cognitive and social changes in the feeble-minded: three further studies[J]. *British Journal of Psychology*, 1958(49): 144-152.
- [10] COMFORT L K. Designing disaster resilience and public policy: comparative perspectives[J]. *Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 2012(14)2: 109-113.
- [11] COMFORT L K. The dynamics of risk: changing technologies and collective action in seismic events[M]. Princeton: Princeton University Press, 2019.
- [12] COMFORT L K, ZHAN Haibo. Operational networks: adaptation to extreme events in China[J]. *Risk Analysis*, 2020, 40(5): 981-1000.
- [13] DUNNETT A, SHIRSATH P B, AGGARWAL P K, et al. Multi-objective land use allocation modelling for prioritizing climate-smart agricultural interventions[J]. *Ecological Modelling*, 2018(381): 23-35.
- [14] EIKELBOOM T, JANSSEN R, STEWART T J. A spatial optimization algorithm for geodesign[J]. *Landscape Urban Plan*, 2015(144): 10-21.
- [15] FERTNER C, CHRISTENSEN A A, ANDERSEN P S, et al. Emerging digital plan data — new research perspectives on planning practice and evaluation[J]. *Geografisk Tidsskrift — Danish Journal of Geography*, 2019, 119(1): 6-16.
- [16] FLACH F F. Resilience—discovering a new strength in times of stress[M]. New York: Fawcett Books, 1988.
- [17] FOLKE C. Resilience(republished)[J]. *Ecology and Society*, 2016, 21(4): 44.
- [18] GRAZIA B, ROSARIO C, CARLO A B, et al. Territorial resilience: toward a proactive meaning for spatial planning [J]. *Sustainability*, 2019(11): 1-17.
- [19] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973(4): 1-23.
- [20] HOLLING C S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems[J]. *Ecosystems*, 2001(4): 390-405.
- [21] 黄征学, 黄凌翔. 国土空间规划演进的逻辑[J]. *公共管理与政策评论*, 2019(6): 40-49. (HUANG Zhengxue, HUANG Lingxiang. The logic of territorial spatial plan evolving[J]. *Public Administration and Policy Review*, 2019(6): 40-49.)
- [22] KORPELA K, BORODULI K, NEUVONEN M, et al. Analyzing the mediators between nature-based outdoor recreation and emotional well-being[J]. *Environmental Psychology*, 2014(37): 1-7.
- [23] 鲁钰雯, 翟国方, 施益军, 等. 荷兰空间规划中的韧性理念及其启示[J]. *国际城市规划*, 2020, 35(1): 102-110. (LU Yuwen, ZHAI Guofang, SHI Yijun, et al. Resilience within spatial planning in the Netherlands and its implications[J]. *Urban Planning International*, 2020, 35(1): 102-110.)
- [24] MCCANN E. Governing urbanism: urban governance studies 1.0, 2.0 and beyond[J]. *Urban Study*, 2017(54): 312-326.
- [25] 马洪蔚. 基于绿色基础设施的城市空间增长设定路径及其杭州应用[J]. *城市规划学刊*, 2017(4): 104-112. (MA Qiwei. Green-infrastructure-led urban spatial growth: a case study of Hangzhou[J]. *Urban Planning Forum*, 2017(4): 104-112.)
- [26] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. Defining urban resilience: a review[J]. *Landscape Urban Plan*, 2016(147): 38-49.
- [27] NORRIS F H, STEVENS S P, PFEFFERBAUM B, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capabilities, and strategy for disaster readiness[J]. *American Journal of Community Psychology*, 2008

- (41): 127-150.
- [28] NYSTRÖM M, FOLKE C. Spatial resilience of coral reefs[J]. *Ecosystems*, 2001, 4(5): 406-417.
- [29] OLIVER G, SARAH R L, LAURA S, et al. The geography of post-disaster mental health: spatial patterning of psychological vulnerability and resilience factors in New York city after Hurricane Sandy[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2015, 14(16): 1-13.
- [30] PATON D, JOHNSTON D. Disasters and communities: vulnerability, resilience and preparedness [J]. *Disaster Prevent Manage*, 2001(10): 270-277.
- [31] POHL C. From science to policy through transdisciplinary research[J]. *Environmental Science & Policy*, 2008(11): 46-53.
- [32] 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. (PENG Chong, YUAN Minhang, GU Chaolin, et al. Research progress on the theory and practice of regional resilience[J]. *Urban Planning Forum*, 2015(1): 84-92.)
- [33] 钱少华, 徐国强, 沈阳, 等. 关于上海建设韧性城市的路径探索[J]. *城市规划学刊*, 2017 (7): 109-118. (QIAN Shaohua, XU Guoqiang, SHEN Yang, et al. An exploration about the path toward a resilient city for Shanghai [J]. *Urban Planning Forum*, 2017 (7): 109-118.)
- [34] SAPOUNTZAKI K, WANCZURA S, CASERTANO G, et al. Disconnected policies and actors and the missing role of spatial planning throughout the risk management cycle [J]. *Natural Hazards*, 2011, 59 (3): 1445-1474.
- [35] SASSEN S, DOTAN N. Delegating, not returning, to the biosphere: how to use the multi-scalar and ecological properties of cities[J]. *Global Environmental Change*, 2011(21): 823-834.
- [36] STEINER F. Frontiers in urban ecological design and planning research[J]. *Landscape Urban Plan*, 2014(25): 304-311.
- [37] TAKAGI J, WADA A. Recent earthquakes and the need for a new philosophy for earthquake-resistant design[J]. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2019 (119): 499-507.
- [38] TOBIN G A. Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning[J]. *Global Environment Change. Part B: Environmental Hazards*, 1999(1): 13-25.
- [39] TYLER S, MOENCH M. A framework for urban climate resilience[J]. *Climate and Development*, 2012(4): 311-326.
- [40] WANG X H, PALAZZO D, CARPER M. Ecological wisdom as an emerging field of scholarly inquiry in urban planning and design[J]. *Landscape Urban Plan*, 2016(155): 100-107.
- [41] WHITE I, O’HARE P. From rhetoric to reality: which resilience, why resilience, and whose resilience in spatial planning[J]. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 2014, 32(5): 934 - 950.
- [42] 翟国方, 夏陈红. 我国韧性国土空间建设的战略重点[J]. *城市规划*, 2021, 45(2): 44-48. (ZHAI Guofang, XIA Chenhong. Strategic emphasis on the construction of resilience cities in China[J]. *City Planning Review*, 2021, 45(2): 44-48.)

修回：2021-05