走向韧性规划：基于国际视野的三角洲规划研究

Towards Resilience: The Research on Resilient Delta Urban Planning from International Perspective

戴伟 孙一民 韩·梅尔 塔聂尔·库聂考·巴顷
Dai Wei, Sun Yimin, Han Meyer, Taneha Kuzniecowa Bacchin

摘要: 本文针对三角洲城市发展所面临的问题, 分析了韧性规划对未来三角洲城市发展的指导意义, 从研究方法、管理手段及空间组织策略等三个方面介绍了韧性理念下三角洲城市规划理论研究与工程实践现状; 重点剖析了美国、荷兰等国家的三角洲城市规划典型案例; 阐述了我国三角洲城市规划需考虑的基本原则、制定步骤与存在的困难, 提出未来三角洲城市韧性规划研究中五个值得关注的问题。

Abstract: Firstly, the concepts of resilience planning and design in delta cities are analyzed from the aspects of research studies, management methods and spatial strategies. Secondly, valuable cases of successful resilience planning and design applications from the United States and the Netherlands are discussed. Thirdly, some proposals including basic principles and steps of resilience planning and design are put forward. Fourthly, some expectations and concerns of further research and practices in Chinese context are proposed.

关键词: 城市发展; 规划与设计; 韧性; 三角洲城市

Keywords: Urban Development; Planning and Design; Resilience;

Delta City

国家自然科学基金国际合作项目 (51761135025), 国家自然科学基金面上项目 (51778233), 国家留学基金资助项目 (201606150035)

作者: 戴伟, 华南理工大学建筑学院、荷兰代尔夫特理工大学建筑与环境学院双学位博士研究生。daiwei910325@126.com
孙一民 (通信作者), 博士, 华南理工大学建筑学院院长, 教授, 博导; 亚热带建筑科学国家重点实验室副主任。arymsun@scut.edu.cn

韩·梅尔, 博士, 代尔夫特理工大学建筑与环境学院城市规划系教授, 三角洲城市群规划与形态控制资深专家
塔聂尔·库聂考·巴顷, 博士, 代尔夫特理工大学建筑与环境学院城市规划系助理教授

三角洲即河口冲击平原, 其土地成型于江河奔流中由泥沙堆积而成的凝絮湿地。三角洲城市是复杂的生态与人工系统, 面临以下三方面的特殊问题。(1) 生态格局逐步被人工格局所替代。山体边缘带、湿地结构、农地结构的改变使得三角洲原有自然生态调控能力下降。(2) 不均衡采砂、束水归槽、涉水工程、填海造陆使得三角洲原有水土结构发生改变, 导致原有自然防洪调蓄能力下降。(3) 气候变化使得口门风暴潮发生的概率成倍增加, 低地平原使其较一般地理区域更容易遭受频繁的自然灾害困扰。

上述因素使得三角洲未来的发展具有更强的不确定性。生态失衡、水网受损改变了三角洲自然本底的适应能力。因此, 在气候变化的条件下, 以经济发展为唯一导向的空间规划难以适应三角洲城市的韧性发展。如何平衡自然本底与城市发展的需求, 使未来三角洲发展能适应气候变化的条件, 已成为摆在政府、规划部门和研究机构面前的重要任务。

1 韧性城市及认知方法

1.1 韧性城市

对于城市来说, 韧性是一个重要的概念。阿尔伯特 (Alberti) 最初对韧性城市的定义是“在环境变化之后, 城市能够恢复并拥有与环境变化之前相同的功能与结构”^[1]。韧性联盟 (Resilience Alliance) 后来定义韧性城市为“具备能够消化并吸收外界干扰, 保持原有主要特征、结构和关键功能能力的城市”^[2], 并提出从管治构建、能量代谢、环境与社会动力等四个方面加强这种能力。可见, 韧性城市不仅关注环境变化后系统的恢复力, 而且关注环境变化前系统的预判力。

理解韧性特征并通过规划强化这种特征是制定韧性规划的基础。维尔戴夫斯基 (Wildavsky) 认为优秀的韧性城市具备动态平衡、多元兼容、高效流动、扁平特性、缓冲特征与适度冗余等六个特征^[3]。埃亨 (Aherne) 认为多功能性、冗余化、模块化、多元协同、

多尺度网络联结是韧性城市的五个要素^[4]。艾伦和布莱恩特 (Allan & Bryant) 认为多变性、变化适应性、模块性、创新性、快速反应力、社会资本的储备能力以及生态系统的服务能力是表达优秀韧性城市的七个特征指标^[5]。艾德 (Adger) 认为城市的网络冗余有助于城市在各种扰动下仍保持功能上的连接^[6]。虽然关于韧性城市的特征描述目前还没有统一的定义,但比较一致的观点是,韧性城市一般应具有多元与多样、冗余与模块、多尺度网络联系、自组织与适应、创新与学习的特征。

1.2 认知方法

在不同时空维度上,如何认知城市系统中的多要素联动效应,对于韧性规划三角洲城市有很大的意义。目前,已有不少学者就韧性城市的认知方法进行了积极的探索。冈德森 (Gunderson) 提出的多尺度嵌套缓慢适应循环模型 (Panarchy) 展示了韧性规划的多尺度生命周期与创新机制模型^[7]。华莱士 (Wallace) 提出了应用多尺度多目标决策模型的韧性规划方法^[8]。奥斯特罗 (Ostro) 构建了经济—生态系统的平衡发展认知框架^[9]。梅尔 (Meyer) 认为,随着三角洲城市规划、水利工程、生态设计之间新的统一,有关水资源管理、港口发展和城市发展的新的情况可以被看作关于三角洲韧性规划新范式的开始^[10]。阿尔伯蒂认为韧性规划的重点思路是考虑不同规划方案间形态与环境绩效的关联性,研究城市各系统指标的阈值问题,权衡城市经济与生态环境新的统一模式^[11]。

1.3 指导意义

理解韧性城市及其认知方法对于未来三角洲城市的发展具有重要的理论指导意义。总结而言,三角洲城市韧性规划的开展需达成以下方面的共识。(1) 城市系统与生态系统具有协同并进的演进关系,通过历史演进研究可寻找隐藏在系统表象结构下的动态规划,以帮助顺利理解未来三角洲城市发展可能需要面临协调的城市经济—生态的多要素联动效应。(2) 正视系统外部干扰的必然性。三角洲城市韧性规划需以理解动态机制为基础,逐步采用渐进式创新机制,应对变化的必然性,使规划具有长期适应性。(3) 重视韧性规划的研究方法、规划技术与管理手段的改进,具备长期环境适应能力并给三角洲城市中、长期发展带来裨益。(4) 强调多尺度协同和跨尺度循环与动态交流效应。在空间尺度方面,不仅需要测度规划方案对当前尺度的影响,也需要测度对其他尺度的影响。在时间尺度方面,不仅需要考虑规划方案对眼前环境的影响,还需预测其动态变化过程,确保规划干预的长期有效性。

2 韧性规划是国际三角洲城市理论研究与实践的核心内容

韧性规划核心理念契合三角洲城市未来的发展需求。1995 年荷兰暴风潮、2005 年美国卡特里娜飓风、2012 年美国桑迪飓风等特大灾害倒逼韧性规划的理论研究和实践实施。世界各地的学者、城市规划者在构建三角洲韧性城市方面做了大量有益的探索。笔者结合重要文献总结出三角洲城市韧性规划研究的八个要点:(1) 城市复杂性系统原理与影响机制;(2) 土地利用与生态环境,设计与工程之间的配合;(3) 气候变化与防洪防灾韧性策略;(4) 整合经济基础的韧性港口贸易与工业发展;(5) 景观格局与特种植被的韧性恢复;(6) 兼顾公共与私人利益的管控模式;(7) 韧性的财务手段与融资机制;(8) 模糊城市行政边界的跨尺度管理制度。

限于篇幅,以下主要阐述三角洲城市韧性规划的研究方法、管理手段与空间组织。

2.1 研究方法中的韧性

针对三角洲城市发展的不确定性,韧性规划以系统论为指导,从系统动态演变复杂性、系统过程平衡性及不确定性变化等三个基本点开展研究。如图 1,笔者总结归纳了三角洲城市韧性规划研究框架。

2.1.1 垂直分层研究

基于麦克哈格 (Macharg) 的“千层饼”规划研究原理^[12],垂直分层研究方法在 1980 年代被荷兰学者采用。德洪 (De Hoog) 等运用这个理论研究了荷兰 1996 年发布的第五次空间规划,将三角洲城市进行归类和垂直分层,综合研究土地利用、基础设施、公共空间、城市格局和地下空间的协同与权衡关系^[13]。梅尔等应用垂直分层法研究了世界三角洲城市的演进规律,对世界部分三角洲城市的发展状况进行比较,通过对比分析,探索不同发展模式下的三角洲城市创新机制^[14]。研究内容包括城市物理环境分析、灾害脆弱性分析、城市演进生命周期分析。他们将三角洲的演变分解为三个主要层级的演变:自然底层、城市网络层和城市占用层,并推演分析每层的生命周期,研究不同层之间的耦合关系,构建相关的图纸和数据库,以期得出不同三角洲城市分层式演进的规律。部分成果如图 2 所示。

2.1.2 经济系统—生态系统耦合性研究

城市经济—生态系统之间存在形态与演变过程的耦合。通过对城市经济—生态系统过程的解析,重建经济与生态平

衡的城市形态。索加 (Soja) 指出三角洲城市的“经济—生态”平衡过程较一般城市的联系更加紧密, 并表征于城市形态^[15]。康斯坦扎等 (Costanza et al.) 认为可以通过量化指标描述城市系统对生态系统服务的改变程度^[16]。千年生态系统评估 (MEA: Millennium Ecosystem Assessment) 认为城市系

统变化下的生态系统服务可以从多个层面定性定量分析, 并存在协同与权衡效应^[17]。阿尔伯特对美国普吉特海湾 (Puget Sound) 的多种规划形态开展调研与预测, 对比确定兼顾城市经济—生态联动发展的规划形态与对应阈值^[18]。部分成果如图 3 所示。

图 1 三角洲城市韧性规划研究框架

资料来源：作者绘制

图 2 荷兰南三角洲区域自然、城市网络和城市占用层韧性生命周期分析

资料来源：参考文献 [14]

2.2 管理手段中的韧性

2.2.1 韧性管控

韧性管控包括制度框架、指标体系以及组织模式创新。在制度上,国外韧性城市通过编制与修改相应规划政策,明确指引性制度、强制性制度与教育性制度在三角洲城市决策、编制和执行过程中的作用,例如2009年世界银行完成的《气候韧性城市:减少灾害脆弱性》(Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters)^[19]。在指标体系上,大多以美国洛克菲勒基金会(The Rockefeller Foundation)提出的指标体系为评判依据,包括生命健康和福祉、经济和社会、城市体系及其服务、领导力与战略等四类指标体系^[20]。在组织模式的创新上,荷兰、美国、英国等国家已经逐步明确三角洲城市的重要性,并完善具有针对性的规划体系与合作机制。例如,荷兰鹿特丹市在地区规划法中专门加入用于解决雨洪问题的规划合作,明确参与雨洪保护的行为主体,强化了由规划体系引导、多方利益相关者共同讨论的规划方式,强化多方利益者的发展意愿在规划中的作用^[21]。

2.2.2 智能预警管理系统与防护计划

智能预警管理系统在制定预防政策和措施的基础上,重视发挥技术预测和智能控制的作用,促进韧性发展。例如,纽约的《一个更强大更有韧性的纽约》(A Stronger, More Resilient New York, 2013)涉及海岸线冲击预测、气候变化预测、洪水风险预测以及极端高温气候情景预测等全面的预测体系^[22]。伦敦的《管理风险和增强韧性》(Managing Climate Risks and Increasing Resilience, 2011)制定了高温风险适应性开发模式、城市绿化和植被开发模式、新区开发与土地使用模式等适应性发展模式^[23]。鹿特丹的《鹿特丹气候防护计划》(Rotterdam Climate Proof, 2008)针对洪水管理、可达性、适应性建筑、城市水系统、城市气候等五个主题,编制适应性计划^[24]。

2.3 空间组织中的韧性

考察荷兰鹿特丹、美国纽约和新奥尔良等三角洲城市的灾后空间组织规划与设计,不难发现虽然规划与设计的类型、尺度不同,规划手法各有特点,但韧性规划的理念已扎根其中,深刻地影响着城市的发展。

图3 美国普吉特湾区城市化率、城市形态、城市经济系统—生态系统耦合性分析与阈值现象

资料来源:参考文献[18]

2.3.1 荷兰鹿特丹

鹿特丹港区位于莱茵—马斯三角洲河口，1993年和1995年发生的城市洪水对城市的结构、经济以及发展都产生了巨大影响。灾后，荷兰学者提出了应对气候变化韧性城市必须结合管理与工程相关学科协同发展的观点，以及鹿特丹河口区韧性发展的构想。

(1) 平衡人工环境与自然系统。鹿特丹河口规划中大部分地区没有构筑硬质堤坝，而是预留大量的缓冲用地，通过三角洲地区特有的圩田形态布置，提出了多种与水系协调发展的方式。(2) 积极发展契合三角洲自然适应力的可持续性农业。优先选取适宜三角洲地区生长环境的多元化、多样化的种植方式，例如利用缓冲地种植淡水交互植被。

(3) 构建具有韧性的海陆区域—河道系统。针对荷兰大部分区域标高低于海平面的现状，对部分河道构建了具有自组织与自适应能力的生态断面。从三角洲港区到荷兰内陆通过实施了“还河流以空间”(Room for River)项目，实现河道应对雨洪风险的韧性缓冲能力(图4)^[25]，形成一个有序的韧性区域—河道系统，以达到整体预防灾害的效果。(4) 兼备集水和休闲双重功能，例如鹿特丹城市水广场。正常情况下，廊道提供公共空间，为市民和观光客提供运动休闲、生态游憩等功能；灾害季节，廊道起到雨水收集、渗透、排水的功效，并将收集的雨水用于植被灌溉。(5) 情景分析与绩效预测。运用情景分析法，分析五种河口区域方案带来的效果，探索最适宜中远期发展的城市堤坝系统韧性管理方案(图5)^[26]。(6) 能源与产业转型。鹿特丹港区通过在港口区域引入零污染、零地下水提取的产业，带动港口工业地区的能源转型，减少土地侵蚀和发展过程中填海的困扰。

图4 “还河流以空间”项目采用的多种河道改造方式

资料来源：参考文献^[25]

2.3.2 美国纽约

2012年10月29日，超大飓风桑迪(Hurricane Sandy)淹没了纽约129 km²的土地，造成200亿美元的直接经济损失。2013年，美国城市发展部长德诺文(Donovan)举行“基于空间设计的岸线重建”(Rebuild by Design)国际设计竞赛，针对受灾城市基础设施和环境方面的问题提出解决方案^[27]。

(1) 纳入城市的韧性化模块空间。BIG事务所采用整体性思维设计了由若干非集中式模块组成的“巨型U”防洪岸线，运用冗余和模块化的设计手法将雨洪风险分散到不同的空间中。(2) 多功能空间的韧性转化。“巨型U”的各个模块空间拥有独立的转化功能。受到气候灾害影响时，这些模块化空间可以灵活转换功能，减少雨洪风险并营造出新的城市公共空间。如图6所示，防洪墙与自由市场的转化就是模块自由转化的典型。(3) 增加跨尺度韧性连接。通过增设蓝绿基础设施，满足跨区域功能组织的需要。例如，麻省理工学院设计团队在岸线北郊将基础设施、交通枢纽、生态用地结合起来，改造为一个集滨水阶地和自然湿地保护区为一体的相互交错的转换系统，提供了跨尺度韧性网络。(4) 塑造多样性生境区域。纽约空间景观公司(Space)的“生命防波堤”(Life breakwaters)舍弃了传统高筑坝的方式，用多层防护空间取代原有的硬质海岸，有效整合了海岸堤防空间与动植物栖息空间。

2.3.3 美国新奥尔良

新奥尔良市处于密西西比河口三角洲的沼泽区域。2005年卡特里那飓风过后，在荷兰大使馆和美国规划协会的支持下建立了“对话荷兰”(Dutch Dialogues Workshop)城市设计工作坊^[28,29]。该工作坊把多种韧性城市的营建原则与城市发展目标结合到一起。

(1) 城市汇水由集中式向分散式转变。重新划分小面积汇水单元，改变城市排水系统、城市空间与城市景观相分离的现状(图7)。(2) 增加具有韧性调控的柔性元素与界面。利用树林、湿地、沟渠、现有河道、屋顶绿化等生态控制元素代替集中的排水管道，形成立体网络化的柔性界面，增加吸收雨水的机率。(3) 充分考虑现有城市自然基底的特征。依据不同季节和特定场地的时空特性，选用不同植被提高城市生态文化辨识度。(4) 由碎片化向网络化汇水策略转变。融合小尺度排水单元、连接性排水廊道与大尺度城市雨水走廊，设置灵活的径流疏导路线和分散式的梯级排水策略(图8)。(5) 混合化的土地利用。土地混合利用提高城市运转效率，促进灾害时期的土地功能转化。

图5 情景分析与子系统绩效影响

资料来源：参考文献 [26]

3 走向韧性规划

学习和借鉴国际三角洲城市的经验，笔者从韧性规划的原则、韧性规划的制定、实施韧性规划的难点及我国韧性规划研究应注意的问题提出如下看法。

3.1 韧性规划的原则

韧性规划的基本原则包含以下几个方面。(1) 系统性思维。这是三角洲城市发展的基础，不仅体现在规划内容的整体性，还体现在多领域协同性。(2) 跨尺度的网络层级。强调单一尺度与跨尺度研究的并重性，建立完善城市韧性网络。(3) 多元与多样性视角。无论是多功能场地的塑造，还是多元化的土地功能布局和混合的土地利用模式，都要尽可能多元和多样，做到多元兼容，高效流动。(4) 逐步演进。综合考虑城市近、中、远期规划的关联，形成更长远的包容能力。(5) 适度冗余。预留一定的应急用地，支撑韧性城市长远发展。(6) 智能化与预警能力。建设智能化的城市基础设施

图6 “巨型U”的灵活模块化空间

资料来源：参考文献[27]

图7 整合城市景观、城市发展、城市地形、城市径流空间后的新奥尔良城市汇水子区域

资料来源：参考文献[29]

施和管理制度，制定好合理的撤离路线、避难港等。

3.2 韧性规划的制定

韧性规划的制定可分解为以下几个步骤。(1) 明确焦点问题。焦点问题应能最大限度地代表区域发展，能被多学科专家作为共识，应建立在大量调研、访谈、多利益者协商、专题会议的基础上。(2) 针对焦点问题，明确适用于对象的规划尺度范围、基本控制参数、控制模型等。(3) 评估未来三角洲城市主要不确定性因素带来的潜在风险，寻找提高城市响应能力的关键性控制要素。(4) 运用对规划对象历史演进经验的剖析和对各地相似三角洲系统的知识迁移，构建表征三角洲城市系统规律的知识库。(5) 制定规划。包括控制要素、规划导则、管控机制、危机应对策略等。(6) 建立评价体系。应选取可量化、可测度的指标来检测规划效能。(7) 选取几组面向未来不确定性因素的情景规划主线，分析其相应的绩效影响。(8) 对规划的实施结果进行评估与反馈。

3.3 实施韧性规划的难点

三角洲城市的韧性规划目前尚处于理论和实践探索阶段，还存在以下关键性难点问题。

(1) 三角洲城市的发展横跨多个尺度，涉及社会、经济、环境等相关方面的多重要素和多重属性，彼此之间存在着广泛的、复杂的内在联系。当韧性规划几个方面的基本原则在具体实践中存在必须取舍的情况下，存在合理取舍的问题。(2) 在评估三角洲城市不确定性风险时需要确定三角洲城市系统的阈值，如何提高阈值确定的科学性还存在很多挑战。(3) 如何定量测度韧性程度以及数据的完整性、模型的有效性、方法的完善性都将会影响风险评估结果。

图8 新奥尔良城市空间重组后的调控要素分级式策略

资料来源：参考文献[29]

3.4 我国韧性规划研究应注意的问题

目前,我国三角洲的城市化进程正以前所未有的速度和规模发展。例如,根据世界银行2015年发布的报告,我国珠江三角洲凭借其人口的聚集程度、GDP的增长速度以及进出口量的交易程度,一举超越东京湾而成为全球最有影响力的城市湾区。与西方城市不同,我国三角洲城市的发展有以下两个显著的特点。(1)从历史发展的角度看,我国40多年的城市化发展走过了西方国家120年的发展历程。急剧的城市发展使得我国三角洲城市的经济、社会、生态、政策环境都不同于西方城市。(2)从未来发展的角度看,由于我国目前工业化和城镇化进程尚未完成,城市功能定位、产业布局、空间结构、基础设施建设的调整幅度仍然很大。

基于上述认识,笔者认为我国三角洲城市规划在借鉴西方城市优秀系统规划理念的同时,针对我国发展的特征,处理好发展转型、自然条件变化、产业转型、人口流动、综合性土地利用、管控兼顾性等问题。跳出传统,从分析研究系统的复杂性、平衡性与不确定性入手,充分发挥韧性规划在未来三角洲城市规划中的作用,促进三角洲城市韧性发展。笔者提出韧性规划下的三角洲城市研究框架和五个韧性规划研究中值得关注的问题(图9)。

(1) 发展转型的韧性生命周期与城市经济—生态阈值的关系

与西方城市不同,我国三角洲城市的发展周期较短且容易发生转型。因此,研究韧性生命周期与城市经济—生态阈值的关系尤其重要。生命周期表征城市发展与转型的规律,经济—生态阈值是城市“经济—生态平衡”的重要指标,体现城市发展与资源环境兼容性。研究经济—生态系统指标的耦合性以及阈值与生命周期的关系可以为经济与生态共同驱动下的城市韧性转型提供依据,决定城市在发展阶段中是否应该转型,在什么时期转型。韧性规划可以促进经济—生态阈值与生命周期关系的正向发展,促进城市转型以增加对未来不确定性环境的适应能力。因此,在韧性规划前期,积极研究三角洲各层级系统的演变,明晰各系统近期变化在长期

发展阶段中的周期规律,确定特定地区的经济—生态阈值,作为近期、中期和远期韧性规划编制的量化参考。

(2) 自然条件变化、产业转型及人口流动的不确定性影响

城市的发展导向会受到自然条件变化、产业转型及人口流动等不确定要素的综合影响。不同于西方国家,我国工业化和城市化尚未完成,因此除自然条件变化之外,产业转型与人口流动也会成为未来不确定性发展的关键因素。因此,韧性规划需要充分重视产业转型和人口分布调整所需的空

(3) 韧性城市空间组织方式

与西方城市相比,我国三角洲城市生态基底的适应性能力受城市化影响的程度更大。三角洲城市特殊的生态系统是导致城市脆弱性产生的重要内因,剧烈的城市开发活动将加速生态系统的承载力的弱化,导致径流污染、洪涝、空气污染、热岛、水土流失等问题的产生,造成城市应对不确定性变化的适应能力不足。韧性城市空间的营建应有利于从物质流动、信息传递和能量流动等三个方面减缓对生态系统的负面影响。因此,需进一步研究三角洲城市空间结构与各类生态系统过程的作用关系,研究韧性规划如何进一步切入。例如,能否通过在基础设施设计中引入“蓝绿”网络的概念,研究如何结合水系、绿地与城市空间,创造一种自然导向的城市水循环过程,稳定地下水位,避免土地沉降。

(4) 土地利用基本骨架下的多套韧性规划方案

我国三角洲城市土地资源稀缺,要以综合性的土地利用方式为基本骨架。综合性的土地规划骨架为灾后城市自我更新和学习提供基本条件,需要在原先知识框架中,补充更多有关侵蚀、盐化、地面沉降等土地相关知识,需要水利工程师、空间规划师以及生态科学家等协同,在确保城市整体发展目标的情况下,规划出满足发展条件的土地利用蓝图,并配套

图9 韧性规划下的三角洲城市研究框架

资料来源：作者绘制

多种应对不确定性因素及应急情况下土地韧性转化方式，使土地使用者应对具体变化选择相应的土地转化方式。

(5) 韧性管控兼顾性问题

我国三角洲区域的城市密度更大，数量更多，对韧性管控的兼顾性要求更高。韧性管控应兼顾不同地区和不同人群。受行政边界和参与主体的影响，目前三角洲城市中各区域发展目标、发展速度不尽相同。三角洲城市是一个整体，因此需要尽可能消除行政边界带来的负面影响。在宏观层面，如何建立有序的城市协同管制平台，从职能协同、空间对接、跨境基础设施的协调、韧性城市节点规划等方面积极推动韧性管控的兼顾性。在微观层面，保证政府、开发商、社区居民及社区工作者之间的信息交流与反馈，将沟通与包容性作为韧性管控的切入点。

4 结语

韧性规划是当今世界城市规划发展的必然趋势，也是当前我国城市转型发展的现实需要。韧性规划思想无论是对城市规划还是对一般区域规划都有积极的意义。本文针对三角洲城市发展面临的特殊问题，分析了韧性规划对未来三角洲城市发展的指导意义；从研究方法、管理手段及空间组织等三个方面介绍了韧性理念下三角洲城市规划理论研究与工程实践现状，重点剖析了美国、荷兰等国家的三角洲城市规划典型案例及对我国的有益启示；系统阐述了我国三角洲城市规划的基本原则、制定步骤、存在的困难和今后韧性规划研究中五个值得关注的问题。**UPI**

参考文献

- ALBERTI M. Urban form and ecosystem dynamics: empirical evidence and practical implications[M] // WILLIAMS E, BURTON M. Achieving Sustainable Urban Form. London: E & FN Spon, 2000.
- Reilience Alliance. Urban Resilience Research Prospectus[EB/OL]. (2015) [2017-03-30]. Australia: CSIRO. <https://www.resalliance.org/key-concepts>.
- WILDAVSKY A B. Searching for safety[M]. Transaction Publishers, 1988.
- 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.
- ALLAN P, BRYANT M. Resilience as a framework for urbanism and recovery[J]. Journal of Landscape Architecture, 2011, 6(2): 34-45.
- ADGER W N. Vulnerability[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(3): 268-281.
- GUNDERSON L H. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems[M]. Island Press, 2001.
- WALLACE M. Flexible planning: a key to the management of multiple innovations[J]. Educational Management & Administration, 1991, 19(3): 180-192.
- OSTROM E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems[J]. Science, 2009, 325(5939): 419-422.
- 韩·梅尔. 荷兰三角洲：寻找城市规划和水利工程新的融合[J]. 国际城市规划, 2009, 24(2): 4-13.
- ALBERTI M. The effects of urban patterns on ecosystem function[J]. International Regional Science Review, 2005, 28(2): 168-192.
- HARG M. Design with nature[M]. American Museum on Natural History Press Doubleday, 1969.
- RPD. Ruimtelijke Verkenningen: Het Belang van een Goede Ondergrond (Spatial Explorations: The Importance of a Good Substrate)[R]. Den Haag: VROM, 2001.
- MEYER H, NIJHUIS S. Urbanizing deltas in transition, Amsterdam[M]. Techne Press, 2014.
- SOJA E W. The socio-spatial dialectic[J]. Annals of the Association of American geographers, 1980, 70(2): 207-225.
- COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- MEA M E A. Ecosystems and human well-being: synthesis[M]. Washington, DC: Island, 2005.
- ALBERTI M. Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems[M]. Springer, 2008.
- PRASAD N. Climate resilient cities: a primer on reducing vulnerabilities to disasters[J]. General Information, 2009, 47(7): 1595-1596.
- 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.
- WARD P J, PAUW W P, VAN BUUREN M W, et al. Governance of flood risk management in a time of climate change: the cases of Jakarta and Rotterdam[J]. Environmental Politics, 2013, 22(3): 518-536.
- BLOOMBERG M. New York City: a stronger, more resilient New York[R]. New York: New York City, 2013.
- Greater London Authority. Managing Climate Risks and Increasing Resilience[R]. London: Greater London Authority, 2011.
- MOLENAAR A, JACOBS J, DE JAGER W, et al. Rotterdam Climate Proof[R]. Rotterdam: Rotterdam city, 2009.
- Ruimtevoorderivier. Room for Rivers [EB/OL]. (2016)[2017-03-30]. <https://www.ruimtevoorderivier.nl/english/>.
- MEYER H, BREGT A, DAMMERS E, et al. New perspectives on urbanizing deltas[M]. MUST Publishers, 2015.
- Rebuild by Design[EB/OL]. (2015)[2017-03-30]. <http://www.rebuildbydesign.org>.
- MEYER H, MORRIS D, WAGGONER D. Dutch Dialogues - New Orleans and Netherlands, common challenges in urbanized deltas[M]. Amsterdam: Uitgeverij SUN, 2009.
- Great New Orleans Urban Water Plan. Living with Water[EB/OL]. (2016) [2017-03-30]. <http://livingwithwater.com/>.

(本文编辑：张祎娴)