

基于复杂适应系统理论的韧性城市设计方法及原则

仇保兴^{1,2} (1. 国务院参事室,北京,100006;2. 中国城市科学研究会,北京,100835)

【摘要】当前,城市发展面临的不确定性愈发多样化、复杂化,而认识并适应不确定性成为了城市规划和设计领域的发展方向之一。为了寻找应对不确定性的方法,“韧性城市”的概念应运而生,用以推进城市规划设计的科学性、合理性。基于第三代系统论——复杂适应系统理论,针对韧性城市设计的方法和原则展开讨论,提出主体性、多样性、自治性、适当的冗余性、慢变量管理和标识六大要素,以实现绿色发展、经济活力、城市安全的韧性城市构建目标。

【关键词】不确定性;韧性;安全;复杂适应系统;城市发展

【中图分类号】TU984

【文献标识码】A

1 城市发展面临的不确定性

现代城市正面临着越来越多的不确定性,而这些不确定性也正在危及城市最根本的“安全”问题,并深刻影响着城市的未来。

首先,面对频频出现的前所未有的极端气候,传统的衡量工具和承载力估算方法往往收效甚微,严重挑战着原有的城市规划管理措施和基础设施的能效。其次,城市交通工具的高速化、普及化引发了新型交通革命,同时也带来了高危险性和潜在的脆弱性,例如无人驾驶车辆一旦遭遇黑客攻击,就可能完全失控并引发严重后果。不可否认,人工智能、物联网、人工合成生命等颠覆性的新技术、新事物的快速涌现为社会带来了颠覆性的改变,但同时也暗藏着巨大的不确定性和脆弱性,这也是人们将“万物互联”称作“风险互联”“危险互联”的原因。此外,快速发展及高度国际化也为城市带来了不确定性,交通的机动化与网络化使时空被高度压缩,经济社会全球化使得生产与消费、需求与供应的波动都极易被迅速扩大化、全球化,金融危机就是典型的事例。而人口大规模的迁移也使得城市规模的增长速度更加难以预计。最后,我们的城市多主体也变得愈加复杂,高强度的人口流动使得城市拥有本地城市人口、外来乡村人口、外国移民等多重人口主体,人口流动随着交通工具的发展变得

越来越频繁,产生的冲击也越来越大。很多城市在建设、运行、发展阶段就面临从农村到城市的巨大而突然的转变,伴随着人口迁移和聚集、建筑物密度增多、产业结构调整、区域影响力增强等现象,灾害要素以及承载载体密度不断增大,也由此催生出更多、更复杂的公共安全新问题。

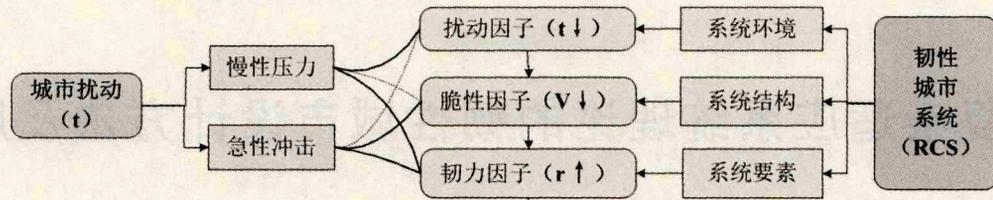
2 韧性城市:应对不确定性的工具

在上述不可抗拒的城市发展趋势面前,放大安全冗余或制定预案等传统方式均不能有效应对随之而来的巨量的不确定性,由此,“韧性城市”的概念应运而生,用以定义那些能够吸收未来的不确定因素对其社会、经济、技术系统和基础设施的冲击和压力,并维持自身基本的功能、结构、系统和特征的城市。风险到来时,韧性城市会自动调整形态,表现出高强度的坚持力、调适力和转型力。由图1分析可得,一座城市的韧性与其坚持力、调适力、转型力成正比,与外界的扰动因素、脆性因素成反比。城市韧性分为结构韧性、过程韧性、系统韧性三个层面。

其中,结构韧性包括技术韧性、经济韧性、社会韧性和政府韧性,分别指代基础设施应对城市灾害、经济结构抵抗金融巨变、社会民众面对重大事件、政府部门维稳职能运行及安定民心的能力。身为城市规划者,我们应把重点放在技术韧性上,强化城市的通讯、能源、给排水、交通、防洪和防疫等维持城市正常运营的生命线基础设施应对灾害的能力。

过程韧性是指城市面对大量突发灾害时,在维

基金项目:国家自然科学基金应急管理项目“雄安新区韧性城市系统理论与方法研究”(批准号:71741036)



$$RRCS = \frac{r}{t \cdot V} = \frac{P \cdot A \cdot T}{t \cdot V} \quad CDRI = r = P \cdot A \cdot T$$

RRCS——城市系统韧健度 (Robustness of Resilient City System)

CDRI——城市发展韧力指数 (City Development Resilient Index)

t——扰动因子 (Turbulence)

V——脆性因子 (Vulnerability)

r——韧力因子 (Resilience)

P——坚持力 (Persistence)

A——调适力 (Adaption)

T——转型力 (Transformation)

图1 城市韧性与城市系统组成因子的关系

资料来源:作者自绘

持、恢复和转型三个阶段所表现出的维持修复能力。在干扰较小时,发挥主要作用的是维持力,以确保系统自主维持平衡状态,保留原有的功能;而恢复力则在扰动较大且已经使系统偏离原平衡态的时候发挥效力,以帮助系统在短时间内恢复到原平衡态;转型力则是指对风险冲击下暴露的城市脆弱点进行修正,并使城市系统达到新的平衡态的能力。

系统韧性即是城市作为不断运作的活有机体所具有的韧性。城市有机体由感知系统、运算系统、执行系统和反馈系统构成,它能够全面感知各类事件、风险来源和不确定因素;将其转译为数据形式投入人工智能运算,并基于大数据和机器运算得出各类问题的解决方案;随后,依据方案可以向相关部门和人员派发指令,以迅速、精准地解决问题;最后,执行结果将被实时反馈,由感知系统再次感知。由此,上述4个系统形成了一组闭环控制系统,体现了城市在受到干扰时自我学习、实时应对和积累经验的能力。

3 复杂适应理论:韧性城市设计的方法及原则

基于上述分析及理论,建议以复杂适应系统(CAS)理论为方法论来设计建造韧性城市。作为第三代系统论的CAS理论,是在第一代系统论(又称为老三论,包括一般系统论、控制论和信息论)和第二代系统论(又称为新三论,包括耗散结构论、协同

论、突变论)的基础上演变和完善的結果。CAS认为,系统中的每个主体都会对外界干扰作出自适应反应,且各种异质的自适应主体相互之间也会发生复杂作用,二者均会对系统的演化路径和结构产生影响。它强调任何系统的变革、演进和发展都是主体对外部世界的主动认知所产生的集体结果,而这种存在于持续演进的系统内的“隐秩序”是前两代系统论未能认识到的。

基于CAS理论,一座韧性城市应具备主体性、多样性、自治性、适当的冗余性、慢变量管理和标识六大要素,并平衡兼顾安全韧性、活力宜居、绿色微循环三大建设目标。

3.1 主体性

主体性指系统内的各类主体在环境变化时所表现出的应对、学习、转型、再成长等方面的能力。主体包含多个层次,从市民、企业、社团、政府及由它们组成的建筑、社区、城区到城市整体甚至区域。城市的韧性来源于各类、各层次主体的素质和能动性。比如在城市之中建造农场建筑,并引入以半导体二极管紫外光照等科学技术手段,可以大幅提高农作物产量,缩短食品供应链,从而使城市的农产品自给能力大大提升,可用于应对食品短缺、食品安全和气候突变等城市灾险。

3.2 多样性

生态系统拥有的物种和栖息地种类越多,抗干扰能力就越强。因此,要保证城市生命线的韧性,城市基础设施必须按照分布式、去中心化、小型化

并联式的方式来规划建设。传统的交通设计存在颇多问题,真正富有韧性的交通应保证选取任何一种单一出行方式的人们都能自由畅通地到达目的地。我们甚至可以在建筑间引入一种架空连廊,在平时用作慢行绿道,在洪水时作为紧急生命通道和避难场所。

3.3 自治性

自治性指城市内部不同大小的单元都能在应对灾害的过程中具有自救或互救的能力,或能依靠自身的能力应对或减少风险。城市是由各类单元按一定层级次序组合而成的,这些单元的“自治性”支撑着城市的韧性。日本覆盖家庭、社区、城市等多个层级的地震应急救援体系和荷兰利用浮力原理及新型材料研发的自动升降防洪体系即为此类典型案例。

3.4 适当的冗余性

为了避免“剑走偏锋”带来的脆弱性,城市在基础设施建设中必须要预留出可替代、并列使用和可自我修补的冗余量,且冗余量越大,韧性也就越强。例如在家庭、建筑中引入中水处理系统,自动收集并净化洗澡水、洗衣水、屋顶雨水等,用于马桶用水、灌溉用水等,将看似无用的水资源统一收集、分散处理、多级回用,将有助于节约大量的水资源和应对水资源短缺的问题。

3.5 慢变量管理

许多城市脆弱性是“温水煮青蛙”造成的,在潜移默化过程中对风险逐渐麻痹,以致应对能力下降。此类慢变量风险突出表现在房地产市场热潮

和地下燃气管网老化等几个方面。基于现代信息技术的智慧系统则可以对人类觉察不到的风险提出预警,并指出风险累积的临界点。

3.6 标识

人们通过标识来区分各种不同主体的特征,实现需求与供给的高效自组织配对,从而减少因系统整体性和个体性矛盾引发的雷同性和信息混乱。在标识运用成熟的系统里,主体的能动性增强,在灾害发生时能够准确区分危险与安全,从而提高城市抗灾能力。例如,在现代科技的帮助下,利用人脸识别帮助辨别、跟踪监控罪犯、恐怖分子等,可为城市安全提供保障。

4 总结

传统的城市防灾思维企图建造一个巨大的“拦水坝”,将各种风险和不确定性拒之城外,这不仅是对自然资源和建造材料的极大浪费,同时也会催生出新的脆弱性。传统工业文明思路下的集中化、大型化、中心控制化的城市基础设施布局模式存在一定的片面性和安全隐患,必须辅之以基于CAS理论的新型城市建设模式,以构建兼顾绿色发展、经济活力、城市安全的韧性城市。△

作者简介:仇保兴(1953-),浙江乐清人,经济学/工学博士,国务院参事室参事,中国城市科学研究会理事,主要研究方向:城乡规划与管理

收稿日期:2018-09-25

Methods and Principles of Designing Resilient City Based On Complex Adaptive System Theory

QIU Baoxing

[Abstract] At present, the uncertainty of urban development is becoming increasingly diversified and complicated, and recognizing and adapting to uncertainty has become one of the development directions in the field of urban planning and design. In order to find a way to deal with uncertainty, the concept of "resilient city" came into being to promote the scientific and rationality of urban planning and design. Based on the third generation system theory-complex adaptive system theory, this paper discusses the methods and principles of designing resilient city, and put forward six elements: subjectivity, diversity, autonomy, appropriate redundancy, slow variable management and identification, in order to realize the purpose of urban resilience construction with development, economic vitality, and urban.

[Keywords] Uncertainty; Resilience; Security; Complex Adaptive System theory; Urban Development