

# 韧性城市规划理论与方法及其在我国的应用 ——以合肥市市政设施韧性提升规划为例

Resilient City Planning Theory and Method and Its Practice in China:  
A Case Study of the Improvement Planning of Hefei Infrastructure's Resilience

吴浩田 翟国方

文章编号1673-8985 (2016) 01-0019-07 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 近年来,国内外韧性城市规划的研究及实践掀起新浪潮,其中日本在韧性规划实践方面走在前列。“3·11”东日本大地震带给日本深刻的教训,随后日本提出了“国土强韧化”政策,时至今日,已经建立起国土强韧化规划体系,这是自“韧性城市”概念提出以来首个上升到国家政策层面的实践,给我国带来了诸多启示。在梳理国外韧性规划理论方法的基础上,重点介绍了日本国土强韧化规划的内涵及编制方法,并以合肥市市政基础设施韧性规划实践为例,着重介绍本次规划的规划背景、流程、对国土强韧化规划方法的应用和创新及规划成果,总结我国城市韧性提升的总体策略和相关经验借鉴。

**Abstract** In recent years, the research and practice of 'resilient city' have raised a new swing both in China and abroad. Among them, Japan is leading the practice. The 3·11 East Japan Earthquake had brought a deep lesson to Japan. Soon afterwards, a policy named 'national resilience' had been raised. Nowadays, Japan has already built a planning system of 'National Resilience'. This is the first practice which had been raised to national policy level since the concept of 'resilient city' had been proposed. Based on foreign theories and methods of planning about 'resilient city', this article will focus on introducing the connotation and planning method of 'National Resilience' planning in Japan. Then, we take the practice about the resilient planning of municipal infrastructure in Hefei as an example. We will introduce background, process, the use and innovation in the theory of 'national resilience', and final planning results. At last, this article summarizes the overall strategy and relevant experience in rising resilience.

**关键词** 国土强韧化 | 规划理论及方法 | 应用

**Keywords** National resilience | Planning theory and method | Practice

## 作者简介

吴浩田

南京大学建筑与城市规划学院

硕士

翟国方

南京大学建筑与城市规划学院副院长

教授,博士生导师

## 0 引言

当代城市随着规模的不断扩大和功能的不断集聚,其内在结构的复杂性也在不断增长。这一方面带来了城市的空前繁荣,另一方面也导致城市对外部冲击的敏感度越来越高,即城市正在变得“脆弱”。近年来城市各类灾害频发,对城市发展产生了较大负面影响,同时也集中体现了城市防灾减灾建设中存在的大量问题。

为应对城市危机、提升城市防灾减灾能力,国内外均提出了“韧性城市”概念及相关理论与方法,国外学者也构建了诸多韧性评价指标模型、方法,提出了诸多韧性评价指标(USAID, 2007; ARUP, 2009; Butsch C., Etzold B., 2009; UNH-EHS, 2009; KUC, 2014)<sup>[1-2]</sup>;也开展了较多韧性规划实践,包括“城市与气候变化”研究报告(OECD)、鹿特丹韧性规划原则(Wardekker

及《鹿特丹气候防护计划》(2008)、纽约《一个更强大、更有韧性的纽约》(2013)、伦敦《管理风险与增强韧性》(2011)、南非德班市《适应气候变化规划:面向韧性城市》(2010)等<sup>[2-3]</sup>,提出了一些韧性城市规划的原则和方法。其中,日本在韧性城市研究方面走在前列,日本作为灾害多发国家,其防灾体系较为先进,随着经济社会的发展及吸取近年来多次重大灾害的教训,其防灾体系也做出了相应调整,提出了“国土强韧化计划”的概念,即韧性国土规划,并付诸实践,确立了韧性城市的法制和行政基础,在国家层面及各府县市均推进编制国土强韧化规划,初步形成了韧性城市规划体系,为世界范围内的韧性城市实践提供了重要经验。

相比之下,我国韧性城市方面的研究尚处于起步阶段,规划实践案例鲜见。笔者于2015年

下半年组织编制了《合肥市市政设施韧性提升规划》，该规划在参考日本国土强韧化规划的基础上，结合我国具体国情，对我国韧性城市规划实践的理论和进行了初步思考，旨在为我国韧性城市的规划建设提供有益借鉴。

## 1 国土强韧化规划理论及方法

### 1.1 基本内涵

日本自1959年以来遭受了数次重大自然灾害的冲击，尽管采取了各种灾害对策，但依然在重复着“受灾—巨大损害—长期恢复”<sup>[4-5]</sup>这样的过程，尤以2011年东日本大地震为甚，其造成了大量的人员伤亡和经济损失，也反映出了“归宅困难”、“灾后能源不足”等深刻问题<sup>[6]</sup>。基于东日本大地震带来的教训，日本应对灾害风险的策略发生了深刻转变，其超越狭义的“防灾”的范畴，而是包含城市政策、产业政策等在内的综合的应对策略<sup>[4]</sup>。在此背景下，日本提出了构筑“强大而有韧性的国土和经济社会”的总体目标，结合学界的相关定义，将“强韧化国土”概念确定为“国土、社会经济及日常生活应对灾害或事故时不会受到致命的破坏而瘫痪、并且能够快速恢复”<sup>[7]</sup>，并将其分解为4个基本目标：①最大限度地保护人的生命；②保障国家及社会重要功能不受致命损害并能继续运作；③保证国民财产与公共设施受灾最小化；④迅速恢复的能力<sup>[6]</sup>。

基于上述理念，国土强韧化规划从宏观、长远的视角，根据灾害类型和地域的情况，确立防灾对策，整合“自助、共助、公助”各类救助资源的关系，优化防灾资源，除了灾时防灾减灾的效果要能充分发挥，在平时情况下也应重视“维持性对策”<sup>[6]</sup>的制定，保证其增进居民福利、协调与自然环境的关系、维持景观等功能，合理利用全社会资本，推进策略有效地实施。

国土强韧化规划主体部分由国土强韧化基本规划和国土强韧化地域规划（亦称地域强韧化规划）组成，分别由国家和地方编制。

### 1.2 规划编制方法

地域强韧化规划采用了PDCA Cycle的通用模型，即“P（计划）—D（执行）—C（检

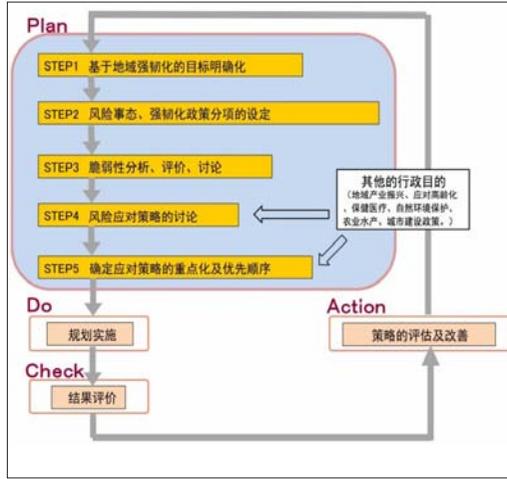


图1 PDCA Cycle模型图



图2 脆弱性评价领域<sup>[11]</sup>

查）—A（处理）—下一个PDCA”的循环模式<sup>[4]</sup>，地域强韧化规划的主要成果是各个风险事态下的相应对策集合，并给出与对策相关的重点项目，因此其核心部分在于P（计划）中的风险事态、脆弱性评价和应对策略的讨论等主要方法（图1）。地域强韧化规划从可以预想的最坏情景出发，来探寻城市系统的薄弱点和解决方法、考虑城市未来发展策略，对我国韧性城市建设很有借鉴意义。

#### 1.2.1 风险事态设定及细分

在基本规划中，将基本目标分解为8个具体目标：

- ①大规模自然灾害发生的情况下最大限度地保证人民生命安全；
- ②大规模自然灾害发生后迅速开展救助、急救等医疗活动；
- ③大规模自然灾害发生后保证必要的行政机能有效运作；
- ④大规模自然灾害发生后保证通信机能的畅通；
- ⑤大规模自然灾害发生后保证经济机能不会完全崩溃（包括经济链）；
- ⑥大规模自然灾害发生后保证生活和经济活动所需要的最低限度的用电、用气、供水和排水、交通网络等基础设施的畅通；
- ⑦预防次生灾害的发生；
- ⑧大规模自然灾害发生后，迅速整备城市、经济迅速恢复、重建等所需条件<sup>[6]</sup>。

并细化每个具体目标，列出了45个可能的风险事态，地方编制地域强韧化规划时要在其基础上，根据地域特性，确定可能发生的风险事件，一般方法为通过往年发生的最大受灾情况

或今后有较高几率发生的风险来确定，这是强韧化规划编制的第一个重要步骤。

设定风险事态要求编制时具有自由的发散思维和丰富的想象力<sup>[4]</sup>，尽可能多地将未来可能发生的风险都涵盖其中，同时也要求风险事态具体化，能够充分描述风险的可能范围、时间、地点、可能发生的事件等，具有实际参考价值和可操作性。

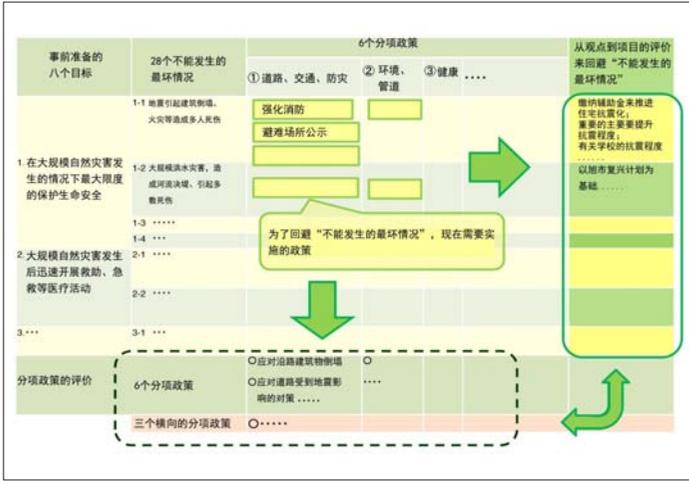
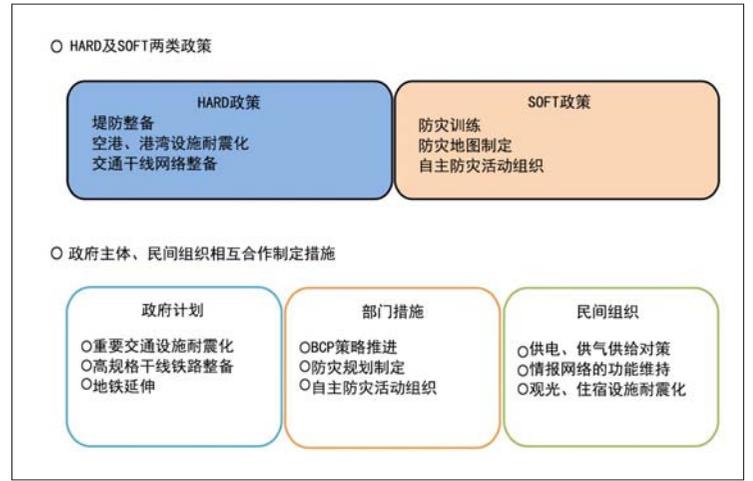
上述过程明确了强韧化规划所需解决的具体问题并作为后续的脆弱性评价及策略制定的基础，是脆弱性评价的前提事项。

#### 1.2.2 脆弱性分析及评价

脆弱性评价是规划编制方法的主体，也是韧性策略制定的最主要依据<sup>[9]</sup>，以上文中风险事态为基础，设置不同的风险情景，对该情景进行各个方面的综合评价，同时也包括国土强韧化事业推进过程中不可欠缺的资源、财力的相关评价，通过科学的、客观的评价，尽可能准确、定量地制定和实施政策。

脆弱性评价主要内容包括：①对于特定的风险事态，分析其对城市各方面的影响，对照所应达到的目标，评价目前在设施、管理方面所存在的脆弱性；②分析脆弱性产生的原因；③对当前所采取的政策、措施等也做出脆弱性评价。

在进行脆弱性分析时，应重点考虑：①为避免最坏事态的发生什么是必要的？②现有的对策中是否考虑到不同主体之间的协作？③是否重视了以市民为主体的地域防灾能力的提升？

图3 脆弱性评价表<sup>[12]</sup>图4 国土强韧化规划韧性策略构成<sup>[13]</sup>

④是否考虑到设施的代替性、冗余性的确保？<sup>[10]</sup>

脆弱性评价的实施顺序包括：①设定评价领域，包括个别领域与横向领域，个别领域即行政机能、住宅、医疗、教育、金融、通信、产业、交通等城市各个功能系统，横向领域为国家现阶段的政策背景，如风险沟通、老化对策<sup>[11]</sup>等，如图2，脆弱性评价需在这些领域框架内进行。②以纵轴为风险事态，横轴为评价领域，制成脆弱性评价表，如图3。

### 1.2.3 针对不同领域的策略构成

基于脆弱性评价结果，制定针对各个领域的未来发展策略，除防灾设施强化策略外，也包括产业发展、自然环境保护等相关领域的策略，政策领域（施策分野）与脆弱性评估保持一致。

主要重点包括：

(1) 硬件整备与软件对策的适当组合：将硬件整备策略，如防护措施、硬件提升等，与避难训练、应急管理、防灾教育等“软件对策”相结合，制定复合的、具有可操作性的对策，从一个长远的视野上来把握策略的重点，尽可能在早期将策略群以高水准制定。

(2) 横向、纵向策略搭配，政府、民间相互合作：韧性城市建设涉及多方利益，应在原有的行政框架上，不断加强各部门之间的联系，做到充分协作、信息共享，共同推进韧性提升（图4）。

针对每类策略，选定重要业绩指标(Key Performance Indicator)，KPI体现了指标与项目的关联性、指标和政策的关联性、指标的特性

(客观性、实践性)<sup>[4]</sup>，KPI是测度政策完成度的重要指标，其灵活运用有助于对重要项目的管理并及时把握韧性策略的实施情况。

## 2 规划实践：合肥市市政基础设施韧性提升规划

### 2.1 规划背景

城市市政基础设施是为社会生产和居民生活提供服务的物质工程设施，是城市系统的基础和重要组成部分，提升市政基础设施的韧性是建设韧性城市的基础。合肥市于2014年编制了《市政基础设施综合规划》（简称《综合规划》），整合区域市政设施资源，优化市政设施结构，取得了较好的效果，然而《综合规划》在基础设施应急系统和风险管理方面考虑尚不够全面。为提升城市韧性、建设安全城市，构建安全、韧性、健康、高效、集约的市政基础设施系统，特编制市政设施韧性提升规划研究，将本次规划研究内容作为“综合规划”的重要补充，重新审视基础设施应对灾害风险的能力及提升能力的措施。

### 2.2 规划流程

本规划是一次全新的规划实践，不同于传统的防灾规划。韧性规划关注城市范围内可能发生的风险事件，聚焦于增强城市应对多种灾害的能力，在国内尚无先例可循。因此充分借鉴日本强韧化规划的规划体系和方法，在基础设施系统中予以应用，界定了城市基础设施韧性

的内涵，在参考国土强韧化脆弱性评价的基础上，设定潜在的灾害情景和风险事件，对合肥市市政基础设施的脆弱性予以评估和分析，并制定韧性提升策略和相关应急措施。

主要规划流程包括：

(1) 明确城市市政设施韧性内涵。结合我国城市市政基础设施的特点，明确影响基础设施韧性的相关要素。

(2) 提出韧性提升的基本目标，确定可能的风险情景。

(3) 依据风险情景，分析、评价系统脆弱性。

(4) 针对各要素方面的脆弱性，讨论应对风险的措施政策。

(5) 对结果重新审视，评估及完善整体对策。

### 2.3 韧性评价结果

进行评价时以纵轴为风险事态，横轴确定为“设施规划布局、重大设施冗余性、行政管理机能及宣传、教育、训练”4个方面，按照此模式对每一类基础设施，分析在不同事态下，系统管理、应急预案、空间布局、设施及教育宣传等方面存在的脆弱性。在以上方面对合肥市市政基础设施的韧性进行分析，并对市政基础设施系统有可能造成影响的风险事件，包括自然灾害、生态灾害、蓄意袭击、系统本身的漏洞等进行风险分析研究，明确合肥市市政基础设施系统的潜在风险及其主要影响因素。

#### 2.3.1 总体评价

通过对合肥市基础设施的整体评价,可以看出合肥市在物质性建设上已具有一定的基础,各类防救灾设施较为完善,应急体系及管理体系统也已初步建立,总体上来说具备了一定的“韧性”和抵御一定规模灾害的能力,但仍有诸多不足之处。

#### (1) 应急预案体系仍有待完善

应急预案未能做到全覆盖:目前编制了全市性应急预案的部门只有供电、供水、供气、排涝、消防等部门。

应对重大自然灾害的应急预案缺失:现有应急预案更多关注常态下维持系统正常运行的事件,对于特大灾害等突发事件的应急措施考虑较少。

缺乏部门之间的协调合作:应急预案在部门权限之外的部分难以顾及,部门之间缺乏交流共享。

#### (2) 认识上的不足

各部门对灾害发生的紧迫性认识不足:合肥为自然灾害少发城市,但随着城市快速发展,人口、产业等改变着城市所处的自然环境,也给城市带来巨大压力;同时,近年来社会安全事件频发,城市韧性建设极为紧迫。

各部门对灾害发生的危害性认识不足:重大自然灾害或突发事件一旦发生,将对城市产生致命的破坏,各部门乃至全社会都应认识到并重视灾害发生的可能性及其后果。

#### (3) 韧性要素建设尚有差距

物质性要素建设有一定基础,但离韧性城市标准尚有不足。

消防:用地不足、服务半径未满足;供水:备用水源建设不足、城市干道下供水管道薄弱、互联互通未建立;供电:能源单一、电缆未完全入地;排污、排涝:管养基地缺失、管道韧性考虑不足等。

非物质要素建设较为薄弱:目前非物质建设方面还存在统一管理机构尚不明确、社会组织参与较少、教育宣传工作缺乏等一系列体制机制问题。

#### 2.3.2 分项评价

首先确定各个基础设施系统的韧性提升目标及可能存在的风险事态,并制成表格(表1)。

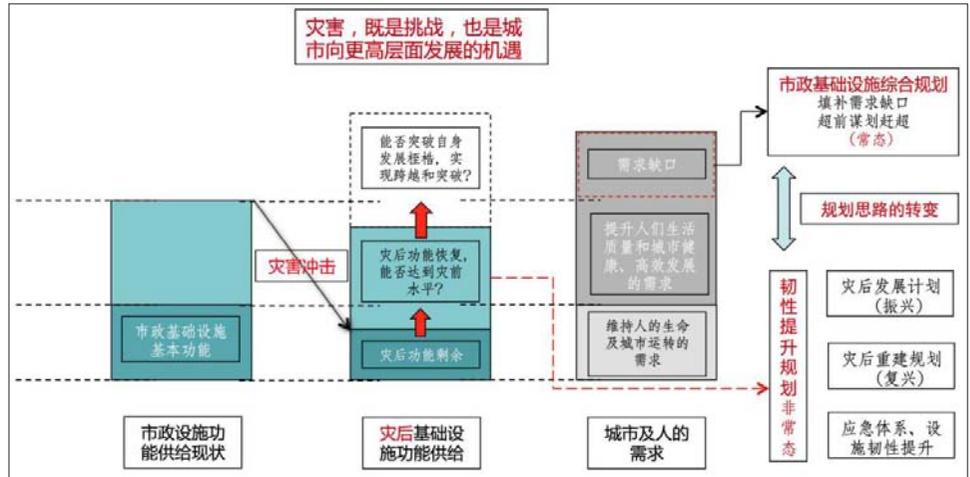


图5 市政设施平灾时需求示意图及未来规划转型方向意向

在此基础上对12个基础设施系统分别进行详细的韧性评价,制成脆弱性评价表,此处以供水系统为例(表2),除对脆弱性分项进行评价外,同时也对现有的措施和政策进行评价。脆弱性评价表体现了基础设施在各个要素建设方面的不足以及现有对策的欠缺,是制定韧性提升策略的依据。

## 2.4 韧性提升策略

### 2.4.1 总体策略

#### (1) 转变规划理念

我国规划体系依然遵循着传统的常态视角,现有的防灾规划、公共安全规划等本质上均是在常态规划下所做的拓展与延伸,不能成为城市发展的导向性指南;同时城市防灾减灾依然是传统的“工程学思维”<sup>[2]</sup>,未能涉及经济发展、社会治理和民众参与等方面。我国近年来灾害频发,急需建设韧性城市予以应对,应达成这样一个共识:只有在实现城市安全的基础上,才能提升生活质量和城市高效发展,灾害既是挑战,也可能是城市向更高层次发展的机遇(图5)。我国在未来的韧性城市建设中,应首先转变传统规划思路,以非常态事件为切入点,以非常态规划为基础,实现常态规划与非常态规划的相互协调。

#### (2) 推进韧性城市规划法制化建设

国土强韧化政策提出之后,日本迅速通过了国土强韧化基本法(2013年),确定了国土强

韧化事业的地位、机构、指导方针及资源调配的权力等,确定了国家、地方、企事业的责任义务。基本法地位在各类防灾和规划法律之上,切实为国土强韧化的实施作保障。我国防灾法律主要为“一事一法”<sup>[14]</sup>,对于城市多种复合灾害难以应对,因此我国未来韧性城市法制化重点有:①建立韧性城市基本法作为韧性城市规划建设的最根本依据;②确立起韧性城市规划的法定地位,保障韧性城市规划顺利实施;③各个地区根据基本法的要求,结合当地情况,编制韧性城市法律法规。

#### (3) 推进体制机制改革

为推进国土强韧化,日本自上而下地迅速建立起相关完善的体制机制,由中央主导,由总理大臣担任国土强韧化推进本部部长、官方长官、国土强韧化担当大臣、国土交通大臣担任副部长<sup>[15]</sup>,具有很强的支配力和决策权。同时,地方政府与公共团体共同协作,构筑起“中央—地方—公共团体—市民”的体系,推进强韧化规划的编制实施,并在民间广为募集意见和策略,做到公众参与。借鉴日本经验,我国未来应立足国情,逐步优化体制机制,适应韧性城市发展。

在体制建设方面,首先,国家层面应成立韧性城市事业推进的顶层机构,协调各部门编制韧性国土规划。对城市层面,主要包括:建立韧性城市建设领导小组,市主要领导人担任组长,并设领导小组办公室。其次,完善韧性城市建设管理部门,如应急办、人防办等。最后,由各个分

管部门制定统一的城市各个功能系统的韧性规划和应急预案,指导各个具体部门进行韧性提升工作的实施。

在机制建设方面主要有:①物质性政策与非物质性政策协同推进:物质性对策的硬件整备与防灾教育避难训练等非物质性对策,适当地相互合作、相互促进,共同推进韧性城市建设。②多层次应急预案联动体系建立:实现纵向上“市—职能部门—街道—企业”及横向上同级部门协作的联动体系,充分发挥应急预案功能。③将城市韧性提升工作纳入各部门、地方考核体系:在部门和地方综合考核中,不再一味地追求经济建设,而是适当提高城市韧性建设工作的权重。④加强与NGO协作机制:政府加强与社会组织团体在防灾应急方面的协作,实现“公助+共助+自助”,提高救助率及应急效率。

#### (4) 重新梳理空间规划体系

今后我国可借鉴日本国土强韧化规划建设经验,应编制各个层级的韧性城市总体规划,并理顺韧性城市规划体系和现有规划体系的关系。①国家层面:政府编制韧性城市规划指导书并编制韧性城市基本规划,以此为基础,各部门编制专项规划。②城市层面:在政府工作计划中应建立完整的韧性城市规划体系,以韧性城市行动计划作为顶层设计,韧性城市行动计划是与全市相关的各个领域建设的指南性文件。在顶层设计指导下,编制城市韧性规划及相关功能系统的韧性提升规划,指导城市总体规划和防灾规划,在此基础上,编制城市各个功能系统的韧性提升规划。同时,应将城市灾后重建工作前瞻性地放入韧性城市规划编制体系,提前编制重建规划,应对灾害风险作超前性的预规划。

#### (5) 强化社会“韧性”意识

日本为国土强韧化事业举办了多种防灾教育及训练活动,除前文中提到的防灾地图制作、联合避难训练、滞留设施训练等,并重新修编了防灾教材<sup>[16]</sup>,其中除常规的灾害知识外,加入了大量韧性城市方面的素材,并在实践部分增加了“规划强韧的城市”的内容,使每一位学生参与到国土强韧化事业中来,培养“韧性”意识,现此教材正在全国中小学推广。

表1 各基础设施系统风险事态描述

系统目标	受灾事态确定
1 大规模自然灾害发生时供电设施保证正常运转并在灾后及时恢复	1.1地震灾害发生后城市重要电厂及管线损毁
	1.2台风灾害发生后城市地面架空输电线路损毁
	1.3高温天气导致城市电力系统负载过大
	1.4火灾及爆炸等导致城市大范围停电
	1.5洪水或强降雨灾害发生后城市电力设备受损
2 大规模自然灾害或人为破坏发生时合肥市供水设施保证基本运转并在灾后及时恢复	2.1城市发生水源枯竭、城市原水不足,引发供水危机
	2.2地震灾害发生后城市原水不足、供水系统运行中断
	2.3内涝洪水灾害发生后城市水源受到污染
	2.4电力等相关基础设施受损引发供水系统中断
	2.5人为破坏引发供水系统损坏例如:城市建设活动、群体性事件、恐怖袭击等
3 大规模自然灾害发生时通信设施保证基本运转并在灾后及时恢复	3.1大规模灾害(地震、火灾及爆炸等)发生后通信设施受损,导致通信中断
	3.2大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生导致供电设施受损,影响通信设施的正常运行
	3.3大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生导致通信需求短时间内激增,通信负荷过大,通信线路拥堵
	3.4大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生时各项管理制度不能及时开展和有效应对
4 大规模自然灾害发生时消防设施保证基本运转并在灾后及时恢复,并能为城市其他系统韧性提升给予支持	4.1大规模灾害(地震、火灾及爆炸等)发生后城市消防设施本身受到破坏以及消防人员生命安全受到威胁
	4.2大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生导致消防设施配套设施受损(供水、供电、通信、消防通道)
	4.3大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生时城市消防设施配置和类型不能满足救灾需求
	4.4大规模灾害(地震、火灾、爆炸等)发生时各项管理制度不能及时开展和有效应对
5 大规模自然灾害发生时排污设施保证城市污水及时处理,并在灾后及时恢复	5.1地震灾害发生后城市污水管网系统损毁
	5.2城市暴雨引发内涝洪水等灾害
	5.3人为损毁排水设施及管网系统
	5.4地震灾害发生后城市重要污水厂及排污管道损毁
	5.5洪水或内涝灾害时发生雨污混合、雨水倒灌等
	5.6指挥调度系统缺失,与其他部门应急救援协调机能缺乏
	5.7管养基地未建立,灾时应急响应缺乏物质基础
6 大规模灾害或人为破坏发生时环卫设施保证基本运转并在灾后及时恢复	6.1火灾爆炸等导致填埋场焚烧厂无法作业
	6.2电力等相关基础设施功能中断导致垃圾焚烧场无法工作;导致环卫工作效率低下
	6.3洪涝水灾导致填埋场无法运行;造成焚烧厂无法运行
	6.4地震造成城市电力系统瘫痪;城市道路损坏,垃圾转运困难
	6.5高温极端天气时环卫效率低下,垃圾腐臭严重
7 大规模灾害或人为破坏发生时供热设施保证基本运转并在灾后及时恢复	7.1地震灾害发生后城市重要热电厂及供热管网损毁,导致供热机能中断
	7.2供热体制单一,受灾时城市供热不足
	7.3热电厂受灾时引发火灾、爆炸、蒸汽管道泄漏等次生灾害
	7.4指挥调度系统缺失,与其他部门应急救援协调机能缺乏

(续上表)

8	大规模自然灾害或人为灾害发生时合肥市供气设施保证基本运转并在灾后及时恢复	8.1油气源供气短缺甚至停止供气，严重影响商业用户及普通市民生产生活用气
		8.2火灾对天然气储气设备、输送管道等设施造成破坏和影响，同时由火灾引起的天然气爆炸等二次灾害影响，破坏范围大
		8.3城市燃气泄露对天然气设施造成破坏引发爆炸，甚至引起储气设备的二次爆炸
		8.4人为因素对天然气设备及管道造成破坏，由此引发二次灾害，影响正常供气作业
9	大规模自然灾害或人为灾害发生时合肥市供油设施保证基本运转并在灾后及时恢复	9.1地震等自然灾害及人为灾害发生后导致加油站发生爆炸、火灾等，形成重大风险源
		9.2内涝及洪水发生时加油站储油上浮等情况
		9.3发生灾害导致加油站功能损坏，无法正常供油
		9.4城市加油站总体应急预案缺失
10	自然或人为灾害发生时加气站能保证基本运转并在灾后及时恢复	10.1因自然或人为因素造成加气站产气量不足，影响正常运行
		10.2灾害造成加气站发生火灾爆炸等事故
		10.3加气站发生严重气体泄露，而造成人员伤亡，火灾爆炸等事故
11	大规模自然灾害发生时充电设施保证基本运转并在灾后及时恢复	11.1地震灾害发生后城市充电设施受损无法使用
		11.2地震灾害发生后城市电源受损引发充电设施无法使用
		11.3洪水和强降雨灾害发生后城市电源受损引发充电设施无法使用
		11.4高温时期等用电需求过大时，供电系统瘫痪，充电设施无法正常使用

我国一直忽视对公众的防灾教育、宣传、训练等工作，导致市民对灾害防范意识不高<sup>[17]</sup>，各大城市普遍存在这方面问题。韧性城市的建设不应仅体现在物质性的强化上，还应进一步加强宣传、教育工作，强化国民意识。实现“自救”的可能性，尤其需要重视防灾教育宣传和多样化的防灾训练，“从娃娃抓起”，在各个教育层级设置不同深度的防灾及韧性教育<sup>[14]</sup>，培养全民韧性意识，更多增加实践性内容，还应注重新技术的利用，可以借助微博、微信平台普及灾害知识。只有注重日常的积累，灾害发生时才能理性应对，提高避灾救灾效率。

#### 2.4.2 分类策略

在对合肥市市政基础设施脆弱性评价的基础上，对12个类别的市政基础设施，提出市政基础设施韧性提升及风险管理的相关建议，优化市政基础设施平台，夯实建设基础，增强规划可靠性。

在制定策略时，充分考虑合肥的地域特性：  
①合肥市作为省会城市及长三角重要城市之一，不仅应提升自身城市韧性，也应该承担起区域韧性城市体系发展的责任。  
②合肥市处于经

表2 供水设施脆弱性评价表

可能发生的事态	脆弱性评价分项					现有措施或政策的评价	
	行政管理	应急预案	空间布局	设施强化	教育宣传		
城市发生水源枯竭城市原水不足	城市未来发展所需水源涉及区域层面的调水工程，需要不同区域间的协同合作，不确定因素较大	分情景，对不同的情况有完整的应急预案，但预案较为概括，缺乏实际操作		合肥未来发展对用水量要求大，现有水源不能满足未来发展	对分质供水、节水有一定的宣传，但力度不够	对未来城市水源利用有着明确的规划，但缺乏对水体的综合利用	
大规模自然灾害发生时供水设施保证基本运转并在灾后及时恢复。	地震灾害发生后城市原水不足、供水系统中断	水厂、供水公司、地震局者之间缺少联动机制，灾害发生时，信息不能有效传递	现有应急预案缺乏情景模拟，灾害发生时可操作性较差	合肥现有水厂选址缺少未来水源变化情况的考虑；供水管线系统缺少整体综合的布局；尤其是老城区供水管线较为复杂，其与道路的关系亟待调整	供水管网较为脆弱 水厂之间的关联性不高	地震灾害发生后，居民如何应对缺水环境缺少教育宣传	现有措施缺少不同地震情景的模拟，导致政策在灾害发生时，不能有效落实
	内涝洪水灾害发生后城市水源受到污染	水厂、供水公司与气象单位、防汛部门缺少信息共享，灾害信息不能高效传递	针对暴雨带来的水体污染，具有详细的应急预案		水厂之间互联度不高 水处理工艺较为单一	对水源保护有一定的宣传，但力度仍需加强	现有措施较为概括，具体指导性较差
	电力等相关基础设施受损引发供水系统中断	水厂、供水公司与电力部门之间缺少信息共享平台	有详细的应急预案，但缺少具体的应对措施		水厂、供水系统的电力供应系统可靠性较弱	缺少居民如何应对的宣传	现有措施缺少对特殊极端情景的考虑，一旦灾害发生，不能有效应对
	人为活动引发供水系统损坏	供水公司缺少对供水管网系统的监控系统，信息获取滞后	现有应急预案对不同情景都有考虑，全面但不深入，缺少具体操作步骤。		水厂、供水系统对水源及管网的监控力不足	缺少相应的教育宣传	现有措施较为概括，在实际应用中操作性较差

表3 供水设施韧性措施表

	脆弱性策略分项					重要业绩指标
	行政管理	应急预案	空间布局	设施强化	教育宣传	
1.1 城市发生水源枯竭城市原水不足	建立区域层面的调水工程协调机制	水源调配方案		重大引水工程的建设 分质供水系统 建设中水回收系统	开展节水的教育工作, 加大宣传力度	引水工程 分质供水建设比例 中水回收系统建设比例
1.2 地震灾害发生后城市原水不足、供水系统中断	水厂、供水公司、地震局者之间建立信息共享平台, 灾害发生前后, 信息有效传递	在应急预案中对不同等级的地震灾害进行模拟, 并制定相应的实施措施	合肥现有水厂选址考虑未来水源变化情况的; 水厂互联互通, 提高供水系统的可靠性; 供水管线系统整体综合的布局; 形成互联互通的网络系统, 提高可靠性 调整老城区供水管线;	提高水厂的抗震等级 提高管网系统的抗震能力 增加小型临时供水设施	开展地震演练训练, 指导居民在地震发生时对水资源的储备与利用	水厂的抗震等级 供水管网的耐震化率 临时供水车数量 临时供水点数量
1.3 内涝洪水灾害发生后城市水源受到污染	水厂、供水公司与气象单位、防汛部门建立信息共享平台, 灾害发生前后, 信息有效传递	在应急预案中对不同等级的内涝洪水灾害进行模拟, 并制定相应的实施措施		提高水厂的水处理能力 合理布局调配临时供水设施	明确临时供水点, 加强宣传; 并开展节水教育工作	水厂的污水处理总量 临时供水车数量 临时供水点数量
1.4 电力等相关基础设施受损引发供水系统中断	水厂、供水公司与电力部门之间建立信息共享平台	在应急预案进行不同程度的电力中断, 并制定相应的实施措施		提升水厂的备用电源的发电量能力	—	水厂的备用电源发电量
1.5 人为活动引发供水系统损坏	供水公司对供水管网系统进行监控, 及时获取信息	在应急预案进行不同种类情景模拟, 并制定相应的实施措施		提高对供水管网的动态实时监控的能力 加强对水源地及供水设施的保护力度	加强对水源地及供水设施的保护宣传工作, 并明确相应的法律法规	供水管网的监控平台数据 水源地及供水的保护设施及举措

济社会快速发展阶段,增加了设施需求预测的不确定性。③合肥属于自然灾害少发地段,但城市安全极为重要,应始终保持对自然灾害的重视程度,按高标准来提升其韧性。

结合脆弱性评价表,制定措施,并列举出相关的指标,此处以供水系统为例(表3)。

### 3 结语

日本国土强韧化实践取得的成果值得我们借鉴,但也应明确我国和日本的经济、制度等方面差异,韧性规划理论和方法如何本土化需要我们更加深入地思考。合肥的韧性规划实践尽管只涉及了城市中的一个功能系统,却是我国韧性城市规划建设实践的一次成功尝试,得到当地规划管理部门的高度认可。当然,本次案例规划由于基础资料等客观条件的限制,对市政设施系统的分析尚不够全面。今后在韧性规划方法上还应针对我国的具体国情,进行进一步的探索研究,为全面开展我国韧性城市规划工作、提高城市综合防灾能力、保障城市安全、提升城市竞争力、维护城市文明建设成果,做出我们应有的贡献。

### 参考文献 References

- [1] 李彤玥,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.  
LI Tongyue, NIU Pinyi, GU Chaolin. A review on research frameworks of resilient cities[J].Urban Planning Forum,2014 (5):23-31.
- [2] 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 (2):48-54.  
SHAO Yiwen, XU Jiang. Understanding urban resilience: a conceptual analysis based on integrated international literature review[J]. Urban Planning International, 2015 (2):48-54.
- [3] 郑艳.推动城市适应规划,构建韧性城市——发达国家的案例与启示[J].世界环境, 2013 (6):50-53.  
ZHENG Yan.Promote urban adaptation to the planning, build cities with tenacity and toughness[J].World Environment, 2013 (6):50-53.
- [4] 内閣官房国土強韌化推進室:「国土強韌化地域計画策定ガイドライン(案)」[R].平成27年6月3日.
- [5] 国土強韌化推進本部:「国土強韌化政策大綱」[R].平成25年12月17日.
- [6] 内閣官房国土強韌化推進室:「国土強韌化とは?」[R].平成26年.
- [7] 内閣官房国土強韌化推進室:「レジリエンス ジャパンを世界へ発信! ~強くて、しなやかなニッポンへ~」[R].平成26年12月.
- [8] 国土強韌化推進本部:「国土強韌化アクションプラン2015」[R].平成27年6月16日.
- [9] 「大規模自然災害等に対する脆弱性の評価について(概要)」[R].

- [10] 高知市強韌化計画[R].平成27年.
- [11] 高知市アクションプラン[R].平成27年.
- [12] 旭市国土強韌化地域計画[R].平成27年.
- [13] 茨城県生活環境部,防災・危機管理局. 防災・危機管理課:「茨城県国土強韌化地域計画の策定について」[R].平成27年.
- [14] 吴云清,翟国方,李莎莎.3.11东日本大地震对我国城市防灾规划管理的启示[J].国际城市规划, 2011 (4):22-27.  
WU Yunqing, ZHAI Guofang, LI Shasha. Enlightenment on Chinese urban disaster prevention plan from 3.11 East Japan Earthquake[J]. Urban Planning International, 2011(4):22-27.
- [15] 内閣官房国土強韌化推進室:「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強韌化基本法について」[R].平成26年2月.
- [16] 内閣官房国土強韌化推進室:「防災まちづくり・くにづくり」学習ワークブック[R].平成26年.
- [17] ZHAI Guofang, Takeshi Suzuki.Risk perception in northeast Asia[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2009, 157: 151-167.