

# 智慧城市时代的灾害治理变革

## ——基于多案例的比较研究

周利敏 陈颖

**摘要：**自然与人为灾害是工业 4.0 时代城市发生的“不对称威胁”之一，信息与通信技术、无处不在的传感器和先进数据科学最新发展为灾害治理提供了以往无法想象的能力。全球越来越多的国家将智慧城市范式应用于灾害治理，它有效提高了灾害治理能力，甚至成为治理成功与否的关键。智慧城市在灾害治理中的应用包括数字治理、技术治理、智慧治理与多元治理四个基本内涵，它对传统灾害治理形成了新范式、新技术、重新设计、治理能力和综合治理等方面的挑战。政府需要将智慧城市计划作为灾害治理的战略工具，利用智慧城市技术推动灾害治理变革。政府也有责任制定有效的智慧城市规划以保障城市安全，政府规划在灾害治理过程中发挥了关键作用。同时，政府、民众与社会组织需要合作共治，才能促进一种更细致与更包容的智慧治理模式形成。智慧城市范式在灾害治理领域的应用也会遇到信息安全、个人隐私、社会道德、社会排斥、数字鸿沟、政治偏见、错误信息传播及低效的远程工作等陷阱，政府与民众必须考虑与避免这些陷阱，才能最大限度利用它造福城市安全。

**关键词：**智慧城市；数字技术；灾害治理；城市灾害；智慧治理

**中图分类号：**D668、C916、D638 **文献标识码：**A **文章编号：**1000—8691（2022）05—0160—10

### 一、迈向智慧城市时代的灾害治理

在日益城市化的今天，大部分人口集中在城市，城市社会风险日益增加，再加上气候与环境变化，导致城市自然灾害与人为灾害频频发生，造成了巨大的生命与财产损失，因此，提高城市防灾减灾能力已成为城市发展的重中之重。在全球范围内，智慧城市理念在城市发展中扮演越来越重要的角色，也为灾害治理提供了新范式。智慧城市主要建立在大数据、云计算、通信技术及数字技术等基础上，为灾害治理提供了强大的技术支撑，也促进了灾害治理科学化、精细化与智能化，进而推动了灾害治理范式的变革。

随着智慧城市理念在灾害治理领域的逐步应用，学术界对此进行了相应研究，逐渐形成了以下五点共识：第一，由于地震、火灾、龙卷风与洪水等自然灾害不断出现，新型人为灾害也日益频繁，使原生灾害容易向次生、衍生与复合型灾害转变，传统城市灾害治理模式已无法有效应对。第二，智慧城市理

**基金项目：**本文是国家社会科学基金重点项目“面向人工智能时代的灾害治理研究”（项目号：19ASH009）、2020 年度广州市哲学社会科学十三五规划课题“人工智能发展中的重大社会风险防范研究”（项目号：2020GZYB93）的阶段性成果。

**作者简介：**周利敏，男，法学博士，广州大学公共管理学院副院长、教授、博士生导师，广州大学南方灾害治理研究中心主任，台湾政治大学与美国普渡大学访问学者，主要从事灾害社会学研究。

陈颖，女，广州大学公共管理学院学术助理，主要从事灾害社会学研究。

念在灾害治理领域具有巨大潜力，它不仅能有效提高城市日常管理效率，而且能有效提高城市应对灾害能力，灾害治理也成为智慧城市规划的重要维度。第三，平安环境作为智慧城市的重要组成部分，涵盖了灾害治理的方方面面，它强调人类、技术与环境的整合与协调。因此，推动智慧城市建设，不仅能使政府与民众获得安全的城市环境，而且也能促进其对城市灾害做出正确反应。第四，智慧城市需要充分利用其技术治理城市灾害，这一技术能有效提高灾害治理水平，它应该纳入城市发展与灾害治理规划，从而提高城市韧性及促进城市永续发展。第五，虽然智慧城市有利于提高城市灾害治理能力，但这一理念本身也存在许多局限，许多城市并未将此作为灾害治理战略，人们需要正确理解与运用它。

从上述基本共识中，可以进一步推出智慧城市灾害治理的几个基本内涵：一是“数字治理”，智慧城市、数字技术与灾害治理紧密联系在一起，通过对灾害大数据的收集、存储、抓取与分析，促进了传统治理迈向了数字治理。二是“技术治理”，灾害治理是一个非常具有挑战性的治理领域，它需要依靠先进与前沿技术，信息、数字与计算机等技术的快速进步，为灾害治理提供了无限可能。三是“智慧治理”，灾害治理是智慧城市发展规划中的重要维度。四是“多元治理”，智慧城市提倡政府、企业与个人在灾害治理中实现多元共治，这是一种更精准、更动态与更智慧的治理模式。

基于上述观点，不难发现智慧城市理念对传统治理模式形成了五个重要挑战：第一，新范式挑战。随着越来越多的城市接受智慧城市概念，它正迅速超越城市单一治理范畴，扩展为灾害治理的新范式，但灾害治理领域有关这一范式的研究非常少见。即便在实践中，智慧城市大多关注的是飓风、洪水与地震等自然灾害，对人为灾害或社会灾害关注较少。第二，新技术挑战。如何开发与运用灾害治理急需的物联网、大数据、人工智能与区块链等技术，尤其如何通过物联网收集与处理数据（如数据收集、数据监控、数据存储、数据控制与数据治理）来提高灾害治理能力，是建立防灾型智慧城市面临的重大挑战。第三，重新设计挑战。对于一切从零开始建设的新城市，以智慧城市为理念规划灾害治理相对容易，但这对于旧城市则是一个重大挑战，它需要替换或重新设计已有的灾害治理框架。第四，治理能力挑战。现有城市的高脆弱性与低灾害治理能力之间的不匹配性，已成为制约智慧城市发展的关键问题。智慧城市建设不仅面临技术、组织与实践能力不足的问题，还面临衍生、次生与复合性灾害治理能力不足的挑战。第五，综合治理挑战。由于现代通信与数字等技术的迅速发展，智慧城市需要实现更综合与更高效的灾害治理，它涵盖了环境、经济和社会等各个方面，并适用于准备、预防、响应与恢复全过程。

基于上述内容，本文主要聚焦几个问题：第一，如何建构智慧城市灾害治理理论模型，其基本内涵是什么？第二，国内外运用智慧城市理念治理灾害有哪些典型案例？第三，如何对这些案例进行比较分析，从中可以得出哪些研究发现？第四，如何从智慧城市视角推进灾害治理变革及如何对此进行反思？综合成一个核心问题就是：如何从智慧城市视角加强与创新城市灾害治理？论文通过模型构建、案例分析与比较研究进行深入探讨。

## 二、智慧城市灾害治理的理论模型

智慧城市作为灾害治理的新范式，主要借助物联网、云计算、大数据、区块链与互联网等新一代通信与数字技术提高城市防灾减灾能力，它促进了城市灾害治理的转型，有利于城市的永续发展，本文根据“技术—平台—空间—决策—周期”逻辑建构了智慧城市灾害治理模型（见图1）。

### （一）技术维度：信息通信与新兴技术

随着城市系统日益庞大与复杂，不确定性风险也随之增加，现代信息通信技术（ICT）、无处不在的传感器、物联网、先进数据科学与危机信

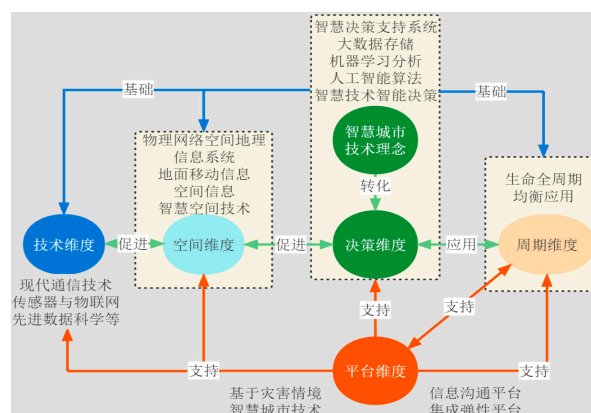


图1 智慧城市灾害治理模型

息学等新技术在灾害治理领域得到了越来越广泛的应用,其中最核心的是信息通信技术。就信息交流而言,智能手机普及、全球移动互联网接入与社交媒体融入突破了传统信息交流障碍,为灾害治理提供了巨量信息,也驱动了传统灾害治理的变革。<sup>①</sup>就不同领域而言,智慧城市中的互联网、传感器与通信技术为建筑火灾、大气污染与道路堵塞提供探测技术,区块链与物联网技术有利于金融危机与信用危机治理,人工智能与区块链技术融合有利于构建永续生态与智能交通系统,可以大大减少城市生态与交通安全危机。<sup>②</sup>在智慧城市技术中,物联网、人工智能与区块链成为灾害治理的主导技术。

### (二) 平台维度: 巨量信息与弹性集成

智慧城市灾害治理平台是在灾害场景的基础上,通过地理信息、智能危机系统和云计算等技术收集与处理来自传感器与社交媒体的巨量文本、图像或数据,它促进了管理者与民众的信息沟通,为管理者提供了高效的应急响应平台,可以及时协调应急队伍为民众提供灾害援助。<sup>③</sup>智慧城市灾害治理平台是一个集成的弹性平台,它与智慧城市已有平台整合,为不同类型与等级灾害提供服务。例如,智能建筑管理平台能有效增强现实感(AR),当建筑物发生火灾时能及时获取住户信息,为火灾快速反应提供可视化服务。<sup>④</sup>洪水预警绿云(Green Cloud)平台通过云计算工具建立洪水智能探测与预警机制<sup>⑤</sup>,智慧城市交通应急平台能对交通事故进行智慧决策、有效疏散与过程调查等,灾害治理平台都需要与这些平台相互整合。

### (三) 空间维度: 时空可视与物理网络

灾害总是发生在某一地点与某一时期,通过空间分析可以发现风险最高区域,在这些区域中,大型建筑物往往较为集中。<sup>⑥</sup>空间维度有助于更好地了解城市灾害全貌,进而采取有针对性的治理措施,它是智慧城市灾害治理框架中不可或缺的维度。就平台而言,智慧城市大数据云平台能融合地理信息系统、地面移动信息与灾害空间信息等,为灾害治理提供实时准确的时空大数据。就技术而言,智慧空间技术能有效收集、分类、识别与分析各种灾害图像,促进城市灾害时空可视化治理。<sup>⑦</sup>就系统而言,地理信息系统能收集不同类型灾害数据源,将它与地图结合以实现数据可视化,然后利用智能空间技术、智能移动服务资源与IT基础设施,从空间维度为灾害治理提供辅助决策支持。<sup>⑧</sup>智慧城市技术为灾害治理创造了物理与网络空间,形成了以物理网络空间为基本特征的治理模式。

### (四) 决策维度: 数据支撑与智能辅助

决策能力是提高灾害治理能力的关键要素,智慧决策支持系统(IDSS)建立在大数据存储与机器学习分析基础上,它使用开放式应用程序编程接口(API)和人工智能算法对大数据进行收集与处理,帮助

- 
- ① Elvas L B, Mataloto B M, Martins A L, et al, "Disaster Management in Smart Cities", *Smart Cities*, 2021, Vol.4, No.2 .pp.819-839.
- ② Singh S, Sharma P K, Yoon B, et al, "Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city", *Sustainable Cities and Society*, 63:2020, 102364.
- ③ Bartoli G, Fantacci R, Gei F, et al, "A novel emergency management platform for smart public safety", *International Journal of Communication Systems*, 2015, Vol.28, No.5, pp.928-943.
- ④ Park S, Park S H, Park L W, et al, "Design and implementation of a smart IoT based building and town disaster management system in smart city infrastructure", *Applied Sciences*, 2018, Vol.11, No.8, pp.2239.
- ⑤ Yusoff A, Mustafa I S, Yusoff S, et al, *Green cloud platform for flood early detection warning system in smart city*, IEEE. IEEE, 2015.
- ⑥ 周利敏、姬磊磊:《生态城市:雾霾灾害治理的政策选择——基于国际案例的研究》,《同济大学学报(社会科学版)》2020年第1期。
- ⑦ Chaudhuri N, Bose I. "Application of image analytics for disaster response in smart cities", *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2019.
- ⑧ Hartama D, Mawengkang H, Zarlis M, et al, "Smart City: Utilization of IT resources to encounter natural disaster", *Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing*, 2017, Vol.890, No.1, 012076.



管理者做出更快与更准确的治理决策。例如，城市智能洪水决策支持系统可用于洪水灾害期间确定交通管理点（TMP），防止洪水期间出现交通危机，还可以帮助政府做出准确的水库泄洪决策。在城市火灾方面，通过卷积神经网络（CNN）智能检测与监控视频中的火灾，为管理者提供应急辅助决策支持。<sup>①</sup>管理者还需要充分利用智慧城市中的开源数据，将此转化为提高预防、预控、应急与重建能力的重要工具。智慧城市灾害治理决策系统建立在互联网连接的数百万传感器与设备的基础上，运用各种数字与智能技术进行分析以提供智能辅助决策支持。

#### （五）周期维度：基本特征与均衡应用

全生命周期强调决策者需要将智慧城市技术均衡应用于灾害治理的每一个阶段，但大多数智慧城市几乎没有灾害预防与准备计划，主要关注紧急响应与灾后重建。有效的灾害治理必须涵盖预防、准备、响应与恢复四个基本阶段<sup>②</sup>，在这些阶段都能结合物联网、地理信息技术、大数据、人工智能、区块链和社交媒体等技术<sup>③</sup>。尤其是大数据技术，它能应用于灾害治理的每一个阶段，为辅助决策提供了基本的数据支持<sup>④</sup>。大数据治理主要体现为两方面，一是在每一个灾害治理阶段都需要依赖大数据及其分析技术辅助决策，二是治理者需要利用智慧城市中不同领域的大数据。随着智慧城市技术在全生命周期的广泛应用，它促进了一种更快捷、更全面与更系统的治理模式转型，全生命周期成为智慧城市灾害治理的基本特征。

智慧城市灾害治理模型由技术、平台、空间、决策与周期五个维度构成，技术是治理的推动力，平台是数据共享、信息沟通与辅助决策的基础，空间是治理情境感知与可视化的前提，决策是基于实时情境与智能分析的结果，周期是智慧城市技术融入灾害治理每一个阶段的基本要求。构建这一模型的目的是开发智慧城市灾害治理的理论框架与实践指南，达到避免与减少城市灾害的目的。<sup>⑤</sup>

### 三、智慧城市灾害治理的典型案列

表1 典型治理案例（作者自制）

城市	案例代表	发生时间	治理背景	治理措施	治理特色
首尔	韩国首都智慧城市建设	2020年底以来	公共卫生危机治理最佳案例	人工智能技术 大数据分析技术 区块链、云计算 远程医疗系统等	国家层面推动 疫情智慧防控 数字健康计划
阿马拉瓦蒂	印度智慧城市建设代表	2017年11月	城市发展中的重大威胁	零洪水城市目标 城市的智慧改造 基础设施永续发展等	智慧城市重要规划 智慧城市发展理论 灾害治理创新工具
东松岛	日本全新的智慧城市	2011年3月	东日本大地震后重建	智慧城市灾后重建 促进社会参与 智慧城市技术	灾后城市治理变革 复合型灾害治理典型 政民合作共治推进
北京	中国首都智慧城市建设	2017年3月	远程森林火灾治理需求	火灾智慧防控系统 移动通信技术 基础设施利用等	智慧一体化系统 远程精细预测 试验效果良好
洛杉矶	美国最大的数字城市	2017年11月	智慧城市建设首要目标	犯罪预测软件 神经网络、深度学习 公开数据智慧系统等	智慧城市安全目标 技术驱动智慧治理

① Daekyo Jung et al., "Conceptual Framework of an Intelligent Decision Support System for Smart City Disaster Management", *Applied Sciences*, 2020, Vol.10, No.2, p.666.

② 周利敏、赵天琦：《基于全生命周期的妇女灾害社会工作创新》，《吉首大学学报（社会科学版）》2022年第1期。

③ 梁璐濡、刘淑欣、张慧：《从被动韧性到转型韧性：智慧社区到灾害韧性提升研究》，《广州大学学报（社会科学版）》2021年第2期。

④ Yang C, Su G, Chen J., "Using big data to enhance crisis response and disaster resilience for a smart city", *2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)*. IEEE, 2017, pp.504-507.

⑤ Munawar H S, Qayyum S, Ullah F, et al., "Big data and its applications in smart real estate and the disaster management life cycle: A systematic analysis", *Big Data and Cognitive Computing*, 2020, Vol.4, No.2, p. 4.

智慧城市理念与技术为灾害治理提供了新的理论与实践参考,促使灾害治理迈向数字化、精细化与智慧化,国内外已进行了系列探索,本文选择五个典型案例进行深入探讨(见上页表1)。

### (一) 韩国首尔: COVID-19 智慧治理

COVID-19 是检验智慧城市治理公共卫生危机的最佳案例。根据全球防控经验,智慧城市技术有助于减少 COVID-19 传播与扩散风险。<sup>①</sup>首尔是智慧城市治理 COVID-19 的典型代表,韩国很早就从国家层面推动智慧城市发展,利用智慧城市计划解决了许多城市危机,如交通、能源、政务与公共空间危机等。在应对 COVID-19 的过程中,首尔实施了数字健康计划,主要通过大数据、人工智能、区块链、云计算、远程医疗和消费者健康电子产品等形成的数据闭环驱动 COVID-19 治理创新,还开发与应用了自我隔离程序,它能智能跟踪用户位置并确保用户没有违反隔离规定,当用户进入感染者去过区域的 100 米范围时,“Corona100m”应用程序就会发出警报,Corona 地图网站保留了确诊者历史活动记录,用户从中可以知道感染者的具体位置。<sup>②</sup>首尔通过智慧城市数字健康计划,显著减少了 COVID-19 确诊病例数量。已有研究表明,智慧城市每万人投资每增加 100 万元,每万人中 COVID-19 确诊病例数会减少 34.2%。<sup>③</sup>

### (二) 印度阿马拉瓦蒂: 智慧城市洪水管理

随着城市化水平不断提高,洪水灾害已成为沿海城市发展中的重大威胁,印度阿马拉瓦蒂市正面临这一风险。为了应对洪水风险,阿马拉瓦蒂将洪水管理作为智慧城市规划中的重要维度。由于它位于克里希纳河前洪泛区,季风季节容易受集中降雨影响,传统防雨水渗透策略可能导致雨水高峰流量增加而造成洪涝灾害。阿马拉瓦蒂市通过实施绿色屋顶、新建多孔路面、建设滞留池、利用信息与通信技术建设“零洪水城市”计划,<sup>④</sup>通过这一计划建立了强大的洪水管理系统,对潜在洪水风险区域实施了有效的智慧改造。阿马拉瓦蒂市还制定了智慧城市未来基础设施永续发展规划,旨在建立一个良好的交通网络、有效的灾害管理与创新的废物管理城市系统,为有效治理洪涝灾害提供较好办法。<sup>⑤</sup>阿马拉瓦蒂不仅将智慧城市理念作为城市常规发展理念,还将其作为灾害治理的创新工具。

### (三) 日本东松岛: 智慧防灾生态城镇

日本东松岛市为智慧城市防灾减灾提供了一个很好的案例,2011 年 3 月发生了东日本大地震并引发了海啸,东松岛市遭受了严重破坏,大约 73% 的建筑物受损,3349 公顷农业区被淹没,面对这一境况,东松岛市决定以智慧城市理念来进行灾后重建,首先将城市迁移到更高的地方,同时实施土地整治与重建市民生计。<sup>⑥</sup>智慧城市灾害治理的重要理念是社会参与,东松岛市鼓励民众参与智慧防灾生态城镇建设事宜,还与民众一起确定城市永续发展环境与智慧生态发展环境策略,政府与民众建立了良好的合作机制。东松岛市还积极利用智慧城市技术,如通过矢量超级计算机与高性能计算技术进行信息收集、数据分析、智能预警与应急响应等<sup>⑦</sup>,为城市灾害治理提供了强大的技术支持。

① Rahul Jaiswal and Anshul Agarwal and Richa Negi, "Smart solution for reducing the COVID-19 risk using smart city technology", *IET Smart Cities*, 2020, Vol.2, No.2, pp.82-88.

② Costa D G, Peixoto J P J, "COVID-19 pandemic: A review of smart cities initiatives to face new outbreaks", *IET Smart Cities*, 2020, Vol.2, No.2, pp.64-73.

③ Yang S S, Chong Z, "Smart city projects against COVID-19: Quantitative evidence from China", *Sustainable Cities and Society*, 2021, Vol.70, 102897.

④ Bick I A, Bardhan R, Beaubois T, "Applying fuzzy logic to open data for sustainable development decision-making: a case study of the planned city Amaravati", *Natural Hazards*, 2018, Vol.91, No.3, pp.1317-1339.

⑤ Ghadei M, Amaravati-A City Reborn, "Journey Towards a World-Class Smart City", *International Congress and Exhibition "Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology"*, Springer, Cham, 2017, pp.15-29.

⑥ Tsuchiya Y, "Smart Cities for Recovery and Reconstruction in the Aftermath of a Disaster", *Building Resilient Regions*, Springer, Singapore, 2019, pp.261-275.

⑦ Musa A, Watanabe O, Matsuoka H, et al, "Real-time tsunami inundation forecast system for tsunami disaster prevention and mitigation", *Journal of Supercomputing*, 2018, Vol.74, No.7, pp.3093-3113.

#### （四）中国北京：森林火灾智慧防控

为了保护北京森林资源及避免城市森林火灾，北京市利用智慧城市技术建立了森林火灾智慧防控系统，主要由智能数据采集、传输、分析、调度与反馈一体化系统构成。这一系统同时建立在北斗卫星和GPRS通信支持的森林生态野外监测网络系统的基础上，运用物联网与多传感器获取野外生态参数，可以在手机信号较弱的森林现场传输数据。传感器能稳定实时获取大气、土壤、阳光、植物参数、天气等级及枯枝落叶层土壤湿度等数据，可以对森林生态进行实时监测，也能对火灾进行精细预测。2017年3—5月，在北京九峰国家森林公园进行了连续实验，结果表明这一系统能稳定获取11种类型的森林气候数据，正确传输率达98%以上。<sup>①</sup>森林火灾智慧防控系统通过利用移动通信技术及其基础设施，帮助管理者获取科学的辅助决策信息，避免指挥调度的盲目性，确保对森林火灾的有效监控与及时救援。

#### （五）美国洛杉矶：犯罪风险智慧预防

城市安全是所有智慧城市建设的重要目标，智慧城市首先必须保障城市安全。由于恐怖主义、有组织犯罪、帮派暴力和枪支犯罪等构成的新威胁，城市安全面临巨大的挑战，智慧城市为安全治理提供了独特的解决方案。洛杉矶作为美国智慧城市建设的代表，连续多年问鼎美国第一大数字城市，它利用智慧城市理念推进犯罪治理智能化。随着城市迅速发展与规模日益扩大，快速准确识别犯罪活动对于保障城市安全至关重要，洛杉矶应用犯罪预测软件PredPol，通过对非结构化犯罪报告、嫌疑人犯罪历史、自动许可数据与特定位置数据等进行犯罪风险大数据分析，还利用神经网络与混合深度学习算法分析视频流数据，快速识别与评估犯罪区域与犯罪群体。警察巡逻是一种有效发现犯罪嫌疑人及其行为的方式，但警务是一种有限资源，洛杉矶通过数据公开智慧系统，根据预测误差最小化原则，能最大限度减少警察到达时间，实现警员巡逻最优决策。同时，警察巡逻也可作为有效的监控传感器。<sup>②</sup>通过实施高效且适应性强的智慧城市犯罪治理系统，有效降低了城市犯罪风险，为民众创造了安全的城市生活与工作环境。

### 四、智慧城市治理案例比较及启示

城市灾害可能对人类生命、环境和基础设施造成致命影响，智慧城市为管理者提供了新的实践与理论模式。通过对上述五个案例进行比较分析，同时结合前文建构的理论模型，可以得出一些有益的研究发现。

第一，从灾害类型来看，上述案例分别代表了公共卫生危机、事故灾害、自然灾害与社会灾害四大类型，涵盖了灾害的主要类型。同时，这些案例既包括西方发达国家，也包括亚洲发展中国家，且五个案例都是智慧城市建设的典型，因此具有很好的代表性。表2（见下页）中五个案例共同表明，新型城市灾害的出现、传统灾害复合型趋势与灾害损失日益严重的事实，对城市发展、社会管理、群体安全与环境治理等提出了新要求，越来越多的国家将智慧城市理念应用于灾害治理领域，它超越了国界与意识形态的边界，满足了城市复杂灾害治理的需要，也适应不同类型的灾害治理。

第二，从治理技术来看，这五个案例在灾害治理过程中都充分运用了智慧城市技术，首尔市利用智慧城市技术检测、预防、追踪与监控COVID-19传播，阿马拉瓦蒂市利用智慧城市开源数据、土地使用数字绘制技术、数字区域洪水风险和智慧环境服务地图等洪水管理策略，东松岛市通过矢量超级计算机与高性能计算技术开发实时洪水与海啸智能治理系统，北京市利用北斗卫星、GPRS通信技术与数字技术等建立了森林火灾智慧治理系统，洛杉矶市利用智能设备与传感器产生的大数据结合时空信息技术预测

① Zheng Y, Zhao Y, Liu W, et al., "An intelligent wireless system for field ecology monitoring and forest fire warning", *Sensors*, 2018, Vol.18, No.12, p.4457.

② Hochstetler J, Hochstetler L, Fu S, "An optimal police patrol planning strategy for smart city safety", *2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)*. IEEE, 2016, pp.1256-1263.



高风险犯罪区域、犯罪群体及犯罪数量。上述五个案例表明，智慧城市技术的日益进步，逐渐打破了体制、机制与法制等藩篱，也突破了时空局限，技术所具有的这一独特优势，使得它在全球不同类型灾害治理中逐渐得到有效应用，人类正在迈向智慧城市发展的光明未来。

表2 五个案例的比较分析（作者自制）

分析维度	案例 1	案例 2	案例 3	案例 4	案例 5
案例来源	韩国	印度	日本	中国	美国
灾害类型	公共卫生安全	自然灾害危机	自然灾害危机	自然或人为灾害	社会安全危机
治理技术	通信技术、传感器 人工智能、物联网 人脸识别等技术	开源数据 数字技术等	矢量超级计算机 高性能计算等	北斗卫星 GPRS 通信技术 数字技术等	智能设备 传感器 时空信息技术等
治理平台	智慧城市健康平台	智慧城市洪水管理 平台	城市智能洪水监 控平台	森林火灾智慧预 防平台	智慧城市犯罪治 理平台
空间维度	人群与环境交互 地理空间工具	地理空间信息 空间规划	网格预报 避难所位置	远距离监测 突破时空限制	地理空间信息 新颖时空方法
治理周期	全生命周期	全生命周期	全生命周期	全生命周期	全生命周期
治理决策	智能监控与智能医 疗辅助决策	智慧城市技术辅 助决策	智能监控平台 模拟决策	智能防控平台 模拟决策	新颖的辅助决策 支持
治理效果	有效减少 COVID-19 大流行	有效降低洪水灾 害损失	大大降低单一与 复合型灾害冲击	有效避免与降低 火灾风险	有效降低犯罪风 险治理成本

第三，从治理平台来看，智慧城市需要根据不同类型的灾害建立相应的治理平台，首尔市利用人工智能与大数据等技术为 COVID-19 防控提供了智慧城市健康平台，阿马拉瓦蒂市通过智慧城市洪水管理平台科学预测水位上升以及平台上的碳储存、绿化、径流系数和土壤洪水预防综合可视化等途径鼓励了具有成本收益优势的绿色生态城市的发展，东松岛市通过城市智能洪水监控平台对台风与海啸大数据进行智能分析以实现主动防御、及时响应与有效重建，北京市通过智慧城市森林火灾预防平台、物联网及数字技术对森林火灾实时监控，洛杉矶市通过智慧城市犯罪治理平台抓取与分析犯罪风险大数据为预防与预控决策提供数据支撑。以上案例均表明由于城市灾害具有级联性与复合性等新特征，一个强大而有效的治理平台是必需的，它需要满足城市数字化、信息化与智能化发展趋势，这与传统治理平台有很大的不同。借助这一智慧型、集成性与弹性的创新平台，有助于政府与民众实现科学的治理决策。

第四，从空间维度来看，智慧城市发展重点是从空间维度促进智能环境的建立，空间维度在灾害治理中也有重要地位。首尔在人群与环境交互的基础上结合机器学习模型、物联网技术与地理空间工具等实现风险区域、风险智能防控、远程诊断与治疗等，阿马拉瓦蒂将智慧城市规划、地理空间信息与空间规划整合以及时掌握洪水发生的空间与可能地段，东松岛以智慧城市建设为契机开发的洪水海啸智能预防系统在 20 分钟内完成 10 米网格大小洪水海啸淹没、损害预报及提供避难所的准确位置，北京通过建立快速检测远距离森林火灾智能监控系统突破了交互困难、森林地区传感器缺乏与野外生态监测困难等时空局限，洛杉矶利用智慧城市中无处不在的传感器、地理空间信息与数字技术为城市犯罪风险治理提供了一种新颖的时空方法。以上案例共同表明，智慧城市利用地理信息系统、云计算与可视化等先进技术，为政府与民众提供了一种更便捷、更多元与更精准的空间治理方式，它是一种基于数字、信息与智慧技术基础上的新型空间治理范式。

第五，从治理周期来看，全生命周期能更好分析、规划与推进智慧城市在灾害治理领域中的应用。首尔利用智慧城市现代通信与数据处理技术等对 COVID-19 进行全生命过程治理，阿马拉瓦蒂通过遍布城市的传感器、信息收集与数据处理技术对洪水进行智能监测与应急处置，东松岛通过洪水海啸智能预报系统进行有效的洪水风险预警、预防、预控、精准应急与有效的灾后重建，北京通过智慧技术分析农田生态大数据、评估生态恢复、监测气象灾害与精准灌溉森林等实现了灾害治理关口前移，大大提高了

紧急响应效率，洛杉矶利用智慧城市信息、数据与算法等技术对犯罪风险大数据进行收集与分析以应用于犯罪危机全生命周期治理。以上案例共同表明，智慧城市如要促进灾害治理能力的提高，首先它必须在全生命周期均衡得到应用，但由于理念、技术、政策与行为等原因，已有城市往往侧重于某一阶段治理，其功能未能得到充分体现，因而具有很大的治理提升空间。

第六，从治理决策来看，城市灾害治理面临技术、组织与制度等因素挑战，有效的治理决策往往比较困难，智慧城市为解决这一困境提供了新途径。首尔利用智慧城市健康管理平台为 COVID-19 提供了更为明智的疫情防控辅助决策支持，阿马拉瓦蒂市利用智慧城市开放数据源、人工智能与数字通信技术等为洪水治理提供了辅助决策支持，东松岛通过智能监控平台与计算机技术等为洪水与海啸治理提供了模拟决策，北京通过森林火灾智能防控平台对各种大数据进行采集、聚合、预处理与分析为远距离森林火灾治理提供辅助支持决策，洛杉矶通过智慧治理平台对犯罪风险大数据进行抓取与分析为风险预防与处理提供辅助决策支持。以上案例充分表明，现代信息、通信、数据及计算机技术的进步大大提升了灾害治理决策能力，一些智慧城市正利用这些技术促进决策模式变革，即从传统人脑决策与经验决策向机器模拟决策与人机合智决策转变，使得它具有了数字化、仿真化、智慧化与精准化等新特征。

第七，从治理效果来看，由于国情、社情及城市之间的差异，加之智慧城市尚处于发展中，灾害治理效果也不尽相同。首尔在 COVID-19 防控过程中充分利用智慧城市技术有效减少了 COVID-19 的传播与扩散，阿马拉瓦蒂通过智慧城市技术及加强绿色基础设施建设有效降低了洪涝灾害，东松岛在大地震后通过新的灾害治理方法即智慧城市战略大大降低了地震、海啸与洪水灾害冲击，北京通过智慧城市森林火灾系统提高了应急资源管理与应急处理能力，洛杉矶市通过智慧城市犯罪风险治理平台在预测犯罪风险区域、风险群体、分配警务资源及降低犯罪风险治理成本方面效果显著。上述五个案例表明，智慧城市理念与技术能有效提高灾害治理能力，甚至成为治理成功与否的关键。虽然许多城市并未利用这一理念治理灾害，但就已有实践而言，它在减少与避免城市灾害方面效果显著，因而具有很好的应用价值，应该成为各国政府与城市灾害治理的政策选项和行动方案。

通过案例比较发现，智慧城市理念适应于所有类型的灾害治理，它提供了通用的解决方案而具有光明前景，案例比较与理论模型也能很好契合，初步证明了这一理论模型具有很好的理论与应用前景。

## 五、智慧城市灾害治理的未来展望

联合国在《2030年永续发展》议程中将城市发展目标定位为包容性、安全性、复原力和永续性，智慧城市很好地契合了联合国城市发展愿景而具有重要的理论与实践意义。在前文模型建构、案例分析与比较研究的基础上，结论部分进一步强调几个观点。

第一，就“战略—创新”而言，将智慧城市理念上升为战略规划高度是解决传统灾害治理困境的关键。由于城市人为与自然灾害频繁出现，造成的损失日益增加，传统灾害治理范式出现失灵现象。智慧城市有利于减少与避免这一现象与趋势，已经成为灾害治理的新范式。近年来，从数字城市发展为智慧城市已逐步成为现实，数字城市通过无处不在的传感器与物联网融合为智慧城市，这一发展趋势也推动了灾害领域的“传统—数字—智慧”治理模式的转变。同时，智慧城市也有利于实现灾害多元治理，倒逼政府改变自上而下单—治理的局限。尽管如此，很少有国家与城市将智慧城市上升为灾害治理的战略高度，它未受到应有的重视与应用。对于政府而言，在制定城市发展规划时，不仅需要将灾害治理作为智慧城市规划的重要维度，而且在制定灾害治理规划时也应将智慧城市作为重要维度，并进行相应的体制、机制与法制变革，这是灾害治理变革的关键要素。

第二，就“理念—变革”而言，将智慧城市作为灾害治理理念能有效促进灾害治理的变革。在国家与城市层面将智慧城市理念应用于灾害治理领域是非常重要的政策问题，近年来，城市智慧程度一直在稳步提高，预计这一趋势不会停止，但这一趋势并未在灾害治理领域得到充分体现，管理者需要积极将此纳入政策范畴与行动纲领以推动变革。当将智慧城市应用于灾害治理领域时，需要将城市理解为一个



复杂环境，智慧与安全在这一复杂环境中相互依存、同等重要，智慧城市建设的重要目标是建立更加安全的城市环境，它为灾害（安全）治理提供了智慧城市技术与理念支持，利用云计算平台、大数据计算、数据挖掘与图像分析等为灾害治理提供了创新性解决方案，有效地提高了城市韧性。从“理念—技术”的应用逻辑而言，管理者只有先从理念层面加以重视，才有可能促进相关的政策制定、技术应用与社会推广，从而真正推动传统治理模式的变革。

第三，就“技术—能力”而言，将智慧城市技术作为灾害治理工具可有效提升治理能力。智慧城市技术增强了城市应对灾害的能力，灾害治理能力的提高需要通过技术来实现，技术是能力提升的根本基础。智慧城市技术赋予了城市新的防灾减灾能力，它以物联网与传感器为基础，融合大数据、区块链、云计算、人工智能、现代通信与信息技术等，这些技术可应用于灾害治理全生命过程，尤其是通信与数字分析技术的进步为灾害治理变革提供了新的可能。例如，在应对 COVID-19 大流行期间，智慧城市技术有效提升了城市社区健康，维持了城市功能，增强了城市韧性，它还可以根据民众需求提供精准的健康服务，从而大大提高了公共卫生危机治理能力。已有实践充分表明，智慧城市技术能有效提高灾害治理能力，而且它还在持续不断的进步中。因此，如何有效利用它驱动灾害治理变革，这是未来城市管理者需要重点思考的问题。

第四，就“规划—整合”而言，将智慧城市理念纳入城市灾害治理是城市发展规划整合的必然要求。城市安全是智慧城市建设的重要目标，政府有责任制定有效的智慧城市规划以保障城市安全，政府规划在灾害治理中发挥了关键作用，但目前灾害治理面临的重大挑战是协调整合能力缺乏，政府规划有利于促进分化治理向整合治理转变。对地方政府而言，需要主动承担灾害治理规划的责任，对中央政府而言，需要赋予地方政府必要的权力与资源实现这一目标。由于智慧城市理念正在全球迅速发展，政府需要将它作为灾害治理的重要规划并协调推进，一方面政府需要增加智慧城市灾害治理服务的可及性，另一方面需要提高自身的智慧技术与数字素养，同时推动相应的组织与制度变革。简言之，政府统一规划与系统整合是提高灾害治理能力的必然要求。目前，智慧城市发展与灾害治理往往是两条互不相属的平行线，许多智慧城市发展规划没有将灾害治理作为重要维度，灾害治理者也未将智慧城市作为提高治理能力的契机，二者缺乏有效的规划整合是目前治理的实践瓶颈。

第五，就“合作—共治”而言，将政府与民间合作共治作为推动城市灾害治理变革的重要路径。智慧城市在灾害治理领域的应用不仅需要政府加强规划，也需要政府、民间与社会组织进行合作共治，灾害治理需要从政府主导到多元共治转变。就民众而言，其为灾害治理提供了巨量数据，积极参与了城市信息建设，他（她）们是灾害治理中的平等专家而不仅是替政府收集数据的外部贡献者。就传统治理模式而言，仅仅依靠自上而下的治理模式不足以满足提高灾害治理能力的现实需求，它可能导致政府与民众的期望不一致。民众与社会组织通过自下而上的途径参与，促进了更细致与更包容的治理模式的形成。民众需要政府支持才能获得治理的合法性，政府也需要民众支持才能克服资源不足与科层制治理等局限，二者之间是合作共治的关系，有利于突破传统自上而下的单一治理困境。同时，这一合作共治模式与以往相比有了很大的不同，它是由具有众包、平效与群体智慧等功能的现代数字技术倒逼政府与民众进行合作，进而促进了灾害治理实践的系列创新。

第六，就“缺陷—不足”而言，将避免智慧城市缺陷作为改进灾害治理的基本要求。尽管智慧城市范式有利于提高灾害治理能力，但要实现这一目标，也面临着很多问题。首先，智慧城市技术可能引发信息安全、隐私与道德挑战，如新旧城市系统不兼容、缺乏技术支持及云存储可能导致敏感数据与个人隐私泄露。其次，智慧城市偏向技术解决与聚焦于商业发展，它因不是一种真正的社会包容与城市创新模式而受到批评，在灾害治理领域也存在同样问题。再次，尽管智慧城市倡导运用以市民为中心的方法和充分利用用户生成数据进行治理的理念，但民众数据赋能与使能的水平仍然存在许多问题。最后，智慧城市技术本身也可能对灾害治理产生不利影响，如社会排斥、数字鸿沟、政治偏见、错误信息传播及

低效的远程工作等。因此，在运用智慧城市理念治理灾害的过程中需要避免上述陷阱，才能改进其内在不足，最终促进灾害治理能力的真正提高。

自然与人为灾害是工业 4.0 时代城市中发生的“不对称威胁”之一，信息与通信技术、无处不在的传感器与先进的数据科学的最新发展为灾害治理提供以往无法想象的能力，也为其提供了新的技术支持。城市管理者与民众充分合理地运用智慧城市治理理念，就能在很大程度上有效避免与降低城市灾害，但智慧城市也面临技术与政策等方面的挑战，管理者必须考虑与解决存在的缺陷，才能最大程度造福城市安全。

## **A Multi-case Comparative Study on Disaster Management Reform in the Era of Smart Cities**

ZHOU Li-min & CHEN Ying

(Department of Sociology, School of Public Administration, Guangzhou University, Guangzhou, 510006)

**Abstract:** Natural and man-made disasters are one of the “asymmetric threats” to cities in the age of Industry 4.0, and recent developments in information and communication technologies, ubiquitous sensors and advance data science have provided previously unimaginable capabilities for disaster management. An increasing number of countries around the world have applies the smart city paradigm in disaster management, which can effectively improve disaster management capabilities and even has become the key to the success of governance. The application of the smart city paradigm in disaster governance includes four basic connotations: digital governance, technological governance, smart governance and multi-level governance. It has posed challenges to traditional disaster governance in terms of new paradigms, new technologies, redesign, governance capacity and comprehensive governance. Therefore, the government needs to adopt smart city plans as a strategic tool for disaster management and use smart city technology to improve innovations in disaster management. The government also has the responsibility to formulate effective smart city planning to ensure urban safety, which plays a key role in the process of disaster management. Meanwhile, it is also necessary for the government, the public and social organizations to cooperate and jointly govern to promote the formation of a more specific and inclusive smart governance model. The application of smart cities in disaster management will also encounter problems such as information security, personal privacy, social ethics, social exclusion, digital divide, political prejudice, dissemination of misinformation, and inefficient remote work. The government and the public must attach importance to these problems and avoid them to maximize the use of the smart city paradigm for the benefit of urban security.

**Keywords:** Smart Cities, Digital Technology, Disaster Management, Urban Disaster, Smart Governance

[ 责任编辑：廖 霞 ]