

面向大数据驱动的城市生命线管理

陈潭,李义科

(广州大学公共管理学院,广东广州 510006)

摘要:城市生命线管理是城市应急管理的关键领域和核心内容,是国家基础设施治理的基本要求和重要保障。城市生命线是维系城市居民生产和生活必不可少的基础设施,是关系城市根本安全的相互关联和相互依存的关键系统。由于城市生命线具有基础性、公共性、系统性、关联性、专业性、复杂性和脆弱性的特点,因此城市生命线管理需要遵循永续发展原则、循数管理原则、成本控制原则、科学评估原则、法治保障原则,需要从城市交通大数据、城市能源大数据、城市水务大数据、城市医疗大数据、城市通讯大数据、城市消防大数据、城市防务大数据方面建立数据分类管理系统,积极开展城市生命线空间管理、城市生命线时间管理、城市生命线运维管理、城市生命线监测管理、城市生命线应急管理和城市生命线协同管理。毫无疑问,城市生命线管理离不开大数据思维的规划与设计,离不开大数据技术的支撑和支持。从一定程度上来说,面向大数据时代的城市生命线管理必须建立以风险为中心的城市生命线管理体制、完善的城市生命线公共数据平台、大数据驱动的城市生命线系统容量和大数据驱动的生命线应急管理预案。随着互联网、大数据和人工智能的迅猛发展,城市生命线管理将会越来越走向循数化、精准化、智能化和法治化。

关键词:大数据;生命线管理;理论范式;实践逻辑

中图分类号:C916

文献标志码:A

文章编号:1671-4970(2020)05-0022-10

一、大数据时代城市生命线管理的价值意蕴

城市生命线是维持城市居民生活和生产活动必不可少的交通、能源、通信、给排水等基础设施和公众日常生活必不可少的水、电、气、热等生活设施的系列公共供给系统,主要包括能源供应系统、供水排水系统、交通运输系统、广播电视系统、邮政通信系

统、银行金融系统、卫生医疗系统、基本服务系统、紧急服务系统等若干城市基础设施和服务系统。显然,城市生命线涵盖了维持城市生存功能的基础系统和对国计民生有重大影响的工程系统。

城市生命线具有基础性、公共性、系统性、关联性、专业性、复杂性和脆弱性的显著特征。城市生命线的主要特征具体表现在:①基础性。城市公路、铁路、电话、供水和供电等生命线基础设施是城市存在

收稿日期:2020-06-02

基金项目:国家社会科学基金重点项目(15AZD077)

作者简介:陈潭(1969—),湖南常宁人,教授,博士,从事数字政务、智慧社会与地方治理研究。

的基础,城市建设、城市更新和城市复原都是以平整土地、修筑道路、铺设水管、煤气管网、电气电力、通讯线路等为基础的。②公共性。城市基础设施和基本服务系统是城市最基础、最关键的公共产品,城市生命线具有强烈的不可排斥性,个人的使用并不妨碍他人的使用,也不妨碍集体的使用。③系统性。城市生命线是一个综合系统,由若干子系统组成,其中任何一个子系统破坏都可能影响整个系统功能的发挥,甚至导致整个系统的崩溃。④关联性。城市生命线系统是一个具有强关联性的系统,一个城市生命线的灾害往往会造成另一个生命线的灾害,产生所谓衍生性灾害和复合型灾害。⑤专业性。城市生命线系统是由一个个专业化系统构成,某些基础设施系统和基本服务系统需要高度技术化和高度专业化的人员进行安装、维持、运营和修复,因而具有明显的专业性特点。⑥复杂性。城市生命线系统具有不同的结构类型,内部结构非常复杂,外部环境也非常复杂,对城市生命线往往很难统一管理和简化管理。⑦脆弱性。城市生命线系统具有高度的敏感性和脆弱性,一旦受到攻击就容易导致系统停摆和崩溃,也容易导致“以点带面”的辐射状损毁,致使整个系统全盘毁坏乃至处于无作业的死机状态。因此,城市生命线对于城市生存、生产、生活和防务等方面具有重要的基础性和关键性功能,其以特定方式直接或间接地参与城市生产与生活过程。与此同时,城市生命线是制约城市经济和社会政治运行的直接因素,其所具有的先进性、完善性和安全性也是衡量城市现代化水平的基本标志,也能体现出全球化背景下城市的国际竞争力。

众所周知,加强生命线风险管理能确保水、食物和能源等生命线资源的有效供给,对于人类社会的生存和延续至关重要。在全球气候变暖和资源能源短缺的当下,尤其对于城市化水平不断提高和资源自给率受到严重挑战的中国,加强生命线安全管理显得尤为紧迫^[1]。从整个社会角度来看,城市生命线代表着相互关联的网络和系统,对其加强管理,有助于实现国家的竞争能力在全球处于可接受的公共行政管理范围之内^[2]。众所周知,不同类型的公共服务是由不同部分的基础设施保证的,它们之间既相互依赖又相互联系。然而,符合标准或超越标准的公共基础设施和其他预防措施只是在一般情况下符合要求,特殊情况下部分基础设施漏洞可能会导致其他基础设施或者整个基础设施系统发生故障,

这意味着在人类系统安全管理中,贯穿城市生命线和整个人类系统的联系还没有得到充分考虑^[3]。总而言之,城市生命线作为一个整体系统为城市提供特殊服务,是一个综合性极强的巨型系统,它由不同的子系统综合形成,各个子系统相互依赖、相互制约,因此,城市生命线开发、建设、运营与管理需要系统安排和协同治理。只有确保城市生命线的系统性、全面性和整体性安全,才有可能确保城市公共事务的安全治理、优质治理和全面治理,从而不断实现人类社会的永续发展。

随着大数据技术的迅猛发展,运用大数据处理巨量的城市生命线信息资料能够为城市生命线管理提供适当风险治理的政策建议和工具选择,同时也为未来城市生命线管理指明发展方向和提供行动纲领。这是因为大数据驱动城市生命线管理具有如下几方面的基本功能:第一,数据共享功能。打破上下之间的“条数据”和部门之间的“块数据”壁垒,实现条块之间、部门之间、社会之间的数据共享,促进公共部门、私人部门和用户组织在内的城市生命线管理利益相关方之间的合作,从而为城市生命线管理提供有效的整合性治理策略。第二,人群智慧功能。由于处理和分析城市生命线风险数据任务艰巨,人们可以利用“众包”和“人群计算”方式,简化大数据生命线管理程序和任务。“人群的智慧”也用于人们日常使用的移动数据、网络算法、社交网络和社交大数据等以解决生命线安全问题,从而为决策者和执行者提供城市生命线管理的及时性策略。第三,精准预测功能。通过数据预处理方法、大数据挖掘、大数据文本分析、社交媒体分析和社交网络分析与可视化工具,加强城市生命线安全管理风险预测策略及执行情况的反馈,进而提升风险预警与实时监控的质量和水平。第四,智能管理功能。通过将大数据运用到城市生命线管理,融合实体空间与网络空间,导入大数据分析与人工智能方法,加强城市生命线管理的智能装置和智能管理,可以精简城市生命线的管理流程与提高监督效率,从而有效降低城市生命线的安全风险。

二、大数据驱动城市生命线管理的理论命题与实践要义

城市生命线管理系统是对城市生命线进行定位、跟踪、监测、管控和可视化管理的系统,是城市基础设施治理中最主要和最关键的系统。基于城市生

命线独特的公共产品属性,尝试性地提出大数据时代城市生命线管理的若干理论命题和实践逻辑。

命题1 城市生命线管理系统是一个具有高度技术性的基础管理系统,大数据驱动的城市生命线管理必然是一种专业性管理。

城市生命线管理系统是一个具有高技术含量的城市基础设施关键系统和城市基本服务关键系统,是需要专门化和专业化技术人员进行建造、维护和运营的。其中,城市基础设施的关键性表现在城市生命线系统中某个部分与另一个部分基础设施的连接程度,连接程度越高,关键性就越强,技术性也就越强。而城市基础设施的技术功能发挥是有条件的,有必要确保城市基础设施在技术失败条件下的复杂应对准备,日常生活所见的修路桥梁、管线架设、网络改造、通讯维护莫不是由具有某种专门技术的专业技术人员完成的。显然,城市生命线管理是一种专业性管理。

命题2 城市生命线管理系统是一个具有高度密集性的数据管理系统,大数据驱动的城市生命线管理必然是一种循数性管理。

城市生命线管理系统是包容各种数据的系统,是结构化数据和非结构化数据密集分布的系统。城市生命线管理必须要求“用数据说话”“用数据决策”“用数据管理”,必须做到“心中有数”“明察秋毫”“万无一失”。通过全面把握大数据生命线管理的数据和实质,及时将循数理念内化到城市生命线管理实践中,构筑起城市生命线循数管理保障体系。通过分析和处理各种来源的传感器数据流以及其他来源(如微信和卫星)的数据量,评估和预测城市生命线风险存在的问题、挑战、机遇和应对方法。通过加强城市生命线的循数管理意识和技能,能够提升对城市生命线数据管理的掌控、整合和使用能力,从而将城市生命线风险降到最低直至消解。可见,大数据驱动的城市生命线管理是一种循数性管理。

命题3 城市生命线管理系统是一个具有高度关联性的网络管理系统,大数据驱动的城市生命线管理必然是一种非线性管理。

城市生命线系统是由多个子系统组成的复合系统,子系统以网络系统的方式存在,具有广阔的空间覆盖范围。各子系统由各种基础设施组成,这些基础设施结构的抗灾能力和健康状况是决定它们能否良好运行的重要因素。同时,生命线子系统在功能

上相互影响,具有耦合属性,例如供电系统的损坏将影响供水系统和运输系统的功能^[4]。大多数时候,生命线之间相互依存,具有强大而复杂的联系和相互作用。如,设施空间毗邻的系统容易相互干扰,任一系统的设施故障都可能破坏其他系统的正常运行,即系统之间彼此互补依赖。城市生命线网络互相依赖意味着一个基础设施依赖另一个基础设施,城市基础设施越发达意味着城市生命线网络相互依赖程度越高,反之亦然。逻辑上的相互依赖意味着某一部分基础设施功能的发挥取决于另一个部分基础设施的功能状况,而互连机制不是物理的、网络的或区域性的,它需要通过规则、财务和立法等创建的流程来转移相关性。因此,大数据驱动的城市生命线管理是一种非线性管理。

命题4 城市生命线管理系统是一个具有高度脆弱性的风险管理系统,大数据驱动的城市生命线管理必然是一种回应性管理。

所谓城市生命线的脆弱性是指城市生命线的外部风险与生命线风险能力降低之间的关系。城市生命线脆弱性是衡量生命线系统、子系统或有损害生命线系统脆弱性的量度,一般与暴露于风险的压力源(灾难)或偏差现象相关^[1]。城市生命线的脆弱性能够衡量城市生命线系统暴露于无法预料风险的程度,同时也能反映生命线系统的风险应对能力以及管理韧性。生命线风险暴露程度越高,风险应对能力及管理韧性越强,城市生命线的脆弱性反而越低。某些情况下,生命线风险暴露程度虽然低,但应对能力弱,城市生命线的脆弱性也会较高。因此,脆弱性是暴露性、抵抗性和韧性共同结合的产物。在评估城市生命线脆弱性时,需要与城市安全管理目标保持一致,需要考虑基础设施与技术革新时间,考虑基础设施与技术失败对生命线安全的影响、对生命线造成的损害与损失、对环境脆弱性的影响及不利于生命线安全利益的因素等^[5]。城市生命线安全风险概率是评估其潜在风险发生的可能性,包括评估城市生命线风险影响、城市生命线要素与过程功能的中断,正确的、科学的风险评估能够提高城市生命线安全管理的效率,其中脆弱性评估对某一地区生命线的可靠性与科学化管理非常有效。显然,从一定程度上来说,大数据驱动的城市生命线管理是一种回应性管理。

命题5 城市生命线管理系统是一个具有高度

权变性的弹性管理系统,大数据驱动的城市生命线管理必然是一种适应性管理。

为了应对城市生命线管理系统的权变性,必须建构城市生命线管理的适应性。城市生命线管理的适应性是对城市生命线的要素、链接和流量结构进行修改或修复的反映,是衡量关键基础设施或基本服务面临可能的危机和灾难所具有自我反馈能力与自我修复能力的重要指标。同时,城市生命线漏洞是城市生命线无法对可能的灾难发生作出反应的一种衡量标准^[5]。正是因为城市生命线某些漏洞的存在,城市生命线管理必须具备弹性和韧性,确保在基础设施和技术失败条件下采取预防和减缓措施,以及及时有效地应对或杜绝因漏洞所致的破损和灾难。有理由相信,通过大数据技术对城市基础设施和基本服务的检查频率和监测流量越高,城市生命线的安全性也就越高。显然,大数据驱动的城市生命线管理是一种适应性管理。

由上可知,大数据驱动的城市生命线管理是一种需要专业性管理、循数性管理、非线性管理、回应性管理和适应性管理的复合行动,单独确保子系统的安全是远远不够的,单独确保一时的安全也是不被允许的。因此,大数据时代城市生命线管理必须遵循如下的指导原则开展:

第一,永续发展。永续发展是城市生命线安全管理的基本目标,包括绿色领域城市生命线建设,即从一开始创建安全系统,另一个更现实的方法是采用具体的现场措施,减少单个基础设施故障对城市生命线其他部分的影响。在实践中,城市生命线的失败往往来自所谓的内部原因,城市管理者必须考虑给定基础设施 35 ~ 40 年(最多 50 年)的技术水平、条件和耐久性,确保城市的安全不受到威胁。基础设施性能计划的时间间隔越长,就必须使用更现代的解决方案。从公共利益角度来看,有必要消除或限制执政者的政治干预对本地基础设施相关决策的影响,因为它们的目标通常与长期安全目标不同,包括该地区基础设施的功能和可靠性^[5]。在确保人类系统安全和永续发展的框架内,有必要采取措施建设新基础设施,确保适当的重要基础设施数量和区域分布,且这些基础设施对特定区域的可预见灾害具有足够的抵抗力,从而降低地区基础设施的关键性。对于新建或改造基础设施的决策,有必要考虑建造费用和回报能力,通过这种方式系统地减

少基础设施的关键性,增强城市生命线的安全性,促进城市的永续发展。

第二,精细管理。城市生命线管理要坚持循数治理的要求,通过生命线传感器接口等接收、存储与汇聚过程,采集巨量的实时生命线大数据;通过清洗、集成、转换与归纳等过程,对安全大数据进行初步挖掘和预处理,建立城市生命线大数据资源体系;通过采集、存储与分析巨量数据,用元数据描述数据的内部关系,为管理者和民众提供城市生命线大数据的查询和分析;基于机构和管理者应用的不同类型的数据仓库,建立生命线安全数学模型,建立生命线数据终端设备互连通路,通过短信平台与邮件平台将生命线信息发送给管理人员或民众。

第三,成本控制。城市生命线的管理成本既包括设计成本和建造成本,也包括运营成本、维护成本、维修成本、人工成本和风险成本等。在风险成本中,基础设施相关的风险成本必须计算来自特定领域的风险。比如,在城市生命线的建造、运行、维持、维修方面,高概率事件的出现是金融失败的原因,在大规模灾难事件之后资源成本也可能会很高。灾后生命线供给方面,城市生命线管理组织通常会优先满足公用事业运营商的资源需求,帮助实现其他生命线服务对灾害废物管理的适度依赖,在协调和协作管理的过程中,将废物管理部门作为城市生命线管理整体系统中的一个重要部分的好处是显而易见的。

第四,科学评估。对城市生命线的评估必须是积极、适当的评估,它必须包含透明管理的风险和对如下问题的回答:如何评估?评估的时间间隔是多久?评估工作是否为其他受保护的生命线系统利益增加风险?由于城市生命线是一系列相互关联的基础设施,所以必须高度重视对其内部依赖性的研究,基于简单技术系统研究的类比表明,影响城市生命线失败的因素中,更重要的是相互连接子系统的链接和流程^[1]。在生命线发生危机期间,危机应对团队需要根据大量不完整和不准确的信息做出有效决策,这些信息主要有 3 个主要来源:人员、机器和组织。通过使用大数据技术对不同来源的数据进行分析处理,可实现实时监控并确定遭受风险的生命线,但由于存在不完整和不准确的信息,这些数据源存在各种类型的不确定性问题,这对科学评估形成了重要挑战。

第五,法治保障。城市生命线管理需确保城市

关键基础设施和关键基本服务能够尽可能发挥作用,因而需要通过法律法规来保障城市生命线管理的常态化、标准化和制度化,在紧急情况下需要开展法律授权。如在卡特里娜飓风之后,路易斯安那州和密西西比州环境质量部门都在紧急申报的情况下使用其权力,授权废物管理部门在不事先通知环境部门的情况下,对其所辖区域内的生命线设施进行必要修理。废物管理实体部门作为生命线管理工具,是在灾害事件发生之前根据“CDEM 法案”和 RMA 建立的,有迅速修复设施的义务,如果没有授权,等待相关部门或机构同意根据 RMA 进行维修,很可能会延迟生命线系统被修复的时间,导致城市生命线系统的受损毁范围和程度扩大^[1]。

三、大数据驱动城市生命线管理的数据来源与应用场景

大数据时代的城市生命线管理是需要依赖数据的管理,是通过数据进行的管理,也是对数据的管理。在城市生命线管理过程中,城市基础设施和基本服务系统会产生巨量数据,这些数据中有结构化数据,而更多的是非结构化数据。因此,对城市生命线数据进行分类管理显得尤为重要,这些需要分类管理的数据类型主要包括:

第一,城市交通大数据。交通生命线是城市生命线的重要部分甚至是核心组成部分。城市交通大数据具有动态性、随机性、局部性以及种类多、异质性大、时空跨度大、周期较短等特征。作为城市生命线管理重要内容,采集和运用交通大数据不仅能满足交通安全监管、经营管理和服务需要等,而且是大数据背景下城市交通生命线面临的重大挑战,通过应用城市交通大数据智能系统,有助于减少城市交通风险和增加生命线安全度。

第二,城市能源大数据。通过互联网和物联网等新信息技术对城市能源生产、存储、输送和使用进行风险预防与风险处理,利用大数据与云计算进行实时检测、风险报告和风险处理,形成开放的、透明的、去中心化和自愿参与的城市生命线管理系统,建立一种新的城市能源安全管理模式。通过构建城市能源互联网、能源安全、能源管理和能源平衡的大数据管理系统,优化城市能源安全结构,提高风险管理与应急管理,从而最大程度地降低城市能源风险。

第三,城市水务大数据。城市水务大数据是不

同城市管理部门提供的具有针对性的巨量数据,为城市水务安全与风险管理奠定了数据基础,开展水务大数据管理有利于实现水务风险标准化、智能化和精细化管理。依赖云计算技术、物联网技术及传感器技术等手段,可以建立新型的城市水务安全管理系统。在大数据城市水务管理系统中,包含巨量资料、数据及相关信息,有助于为城市水务安全与风险管理提供重要参考。

第四,城市医疗大数据。大数据是近年城市医疗发展和城市安全管理的重要趋势,城市医疗大数据是长期累积的巨量数据,对城市医疗安全运营有着重要意义。城市医疗大数据对城市医疗风险预防、医学、健康照护和城市安全等具有重要影响,有助于城市医疗管理者收集资料,发现城市医疗中存在的风险,为城市安全管理提供巨量数据支撑和决策依据。同时,城市医疗大数据融合了大数据、金融科技、互联网、人工智能和城市规划等,可应用于城市生命线管理领域。

第五,城市通讯大数据。通信大数据以用户为中心,为管理者和民众提供准确的通信数据和社区地理数据,是城市生命线通讯安全领域的新应用。由于电信运营商拥有的用户众多,每天源源不断产生巨量的通信数据,其中蕴含了丰富的通讯安全数据与风险信息,有助于城市通信系统的风险预防、预控和预警,从而为城市生命线管理决策提供重要补充。通信大数据从传统以人为中心的分散、孤立的小数据,逐渐转变为人、物、互联网相关联的通讯大数据,这对提高城市通讯安全管理水平具有重要作用。其中,网络通讯基础设施在城市生命线系统中非常重要,易受地震和台风等极端自然灾害的影响,需要特别关注其安全并专注对其性能的评估。

第六,城市消防大数据。随着大数据、云计算与物联网的迅速发展,消防大数据在实践中得到初步应用,通过利用先进的大数据手段,有助于解决传统消防出现的问题。通过互联互通的消防大数据和完整的城市消防应急预案,建立城市消防风险预防、预控和预警体系,使得城市安全大数据处于实时监控中,从而有利于降低城市安全风险。随着大数据在城市消防中的应用,物联网能通过传感器连接消防部门,采集、挖掘和分析巨量数据,对城市消防进行风险预警、预防与预控,实时发现消防问题,实现快速出警和紧急应急,从而最大限度地减少或避免灾

害损失。

第七,城市防务大数据。在城市防务建设方面,通过“数字城市”“智慧城市”和防务互联网建设,运用大数据建立城市防务体系,有效应对城市面临的安全问题和风险隐患。城市防务大数据管理系统包括关键基础设施防务信息保护数据、新型大数据城市防务体系、大数据城市防务制度和军民融合防务大数据组织管理等,通过在城市防务中主动融入大数据,以“智能化、绿色化、服务化、高端化”为目标,推动传统城市防务建设转型与升级,构建大数据城市防务新格局。

城市生命线管理除了对生产和使用的数据作分类管理之外,还必须利用大数据积极开展城市生命线的空间管理、时间管理、运维管理、监测管理、应急管理、协同管理。具体来说,城市生命线管理的大数据应用场景主要表现在如下几个方面:

一是城市生命线空间管理。通过采用设计、建造、运营、维护、修理、升级、改造城市生命线的程序变更和停止使用等方面的特殊解决方案,综合使用安全策略的概念,对城市生命线管理的紧急情况行总体考虑。为保障关键基础设施的安全,需要实施某些措施和活动以保证城市生命线功能的正常发挥,而城市生命线安全保障措施或活动的实施,需要专门在一个地点分布安全保护系统,并备份能够确保城市生命线在紧急情况下可能生存的连续性计划,确保在紧急情况结束后能够重新启动并恢复大都市生命线的整体运营。

二是城市生命线时间管理。基于物联网、云计算、大数据与“互联网+”等形成的城市生命线安全系统,能实时监测城市生命线风险。随着城市化加快和城市生命线运行日益复杂,城市风险不断增大,通过构建前端的生命线感知网络系统,对生命线风险进行定位、评估与预警,才能有效保证城市安全运行,从而降低事故风险。同时,大数据城市生命线能在第一时间进行风险预警,促进城市生命线管理部门进行有效的应急管理,实现了城市生命线安全的实时监测、及时预警和快速响应等,有助于及时发现各种风险隐患,实现城市生命线监管透明化、服务主动化和科学化管理。

三是城市生命线运维管理。城市生命线往往形成一个相互依赖的巨大网络,覆盖城市的绝大部分空间。随着城市建设的迅速发展,水、气、电力、通信

与交通等城市生命线在城市经济、政治和文化等发展中发挥了日益重要的功能。一旦生命线工程在运维中出现严重风险及灾害事件,就会形成涟漪效应、衍生灾害和复合型灾害,城市总体安全也会受到极大威胁。由于种种原因,一般城市的煤气、自来水、地下管道、供电网络和通信线路等可能会存在老化、规范不当、工程建设不当与偷工减料等现象;由于违章施工、使用不当、偷盗和人为破坏等原因,煤气泄漏、煤气燃爆、水管爆裂、通信中断、供电线路停止等灾害也时有发生。对城市生命线运维进行有效管理,成为智慧城市建设及城市公共安全管理的焦点问题。城市生命线系统的运维涉及分析灾害后果,预测和预警,传播信息,分配人员、设备和资源等环节,需要利用包括移动地理信息系统、高分辨率数字遥感图像、全球定位系统、计算机模型、数据库和索引以及数字通信技术在内的新兴技术。

四是城市生命线监测管理。对于决策支持系统而言,确保重要生命线设施的功能与作用的连续性至关重要。建设城市生命线安全监测系统,能够实时评估城市生命线安全运行的潜在风险,降低城市生命线被毁的危险性,减少城市生命线的损坏。城市生命线安全运行监测系统是城市生命线监测管理的重要方法。城市生命线安全运行监测系统是一套将安全监管与物联网、云计算、大数据、人工智能、“互联网+”等信息科技深度融合的智慧化平台和系统,能将城市的桥梁、热力、燃气、供水、消防等安全风险的数量、分布、管控措施等信息尽收眼底,随时可以第一时间预警并调度各部门进行应急处置。通过及时发现各种风险隐患,实现城市安全监管透明化、服务管理主动化,为城市生命线系统安全健康运行保驾护航,民众的生活安全指数也能得到相应提高。对某一地区城市生命线的关键要素、关键过程、关键功能与关键技术的确定,有赖于对风险分析方法的使用,同时也与该地区的实际安全管理条款相关。总体而言,这个过程是由以下因素决定的:对风险的评估(接受)、风险的判断和治理;风险分析与运作研究的方法论;安全管理工具,包括危机管理工具;网络基础设施的具体特点;传统和非常规恐怖主义的威胁;确定系统脆弱性优先级的方式;后现代社会的人口意识和特性^[1]。

五是城市生命线应急管理。城市生命线的应急管理主要针对以下方面:首先是认为发展必须是可

持续和有远见的(即经济、环境和社会领域必须平衡),城市生命线发展的主要目标是减少生命线的脆弱性;其次是关注最脆弱的方面,在紧急情况或灾害发生时,根据发展需求和优先事项,快速结束紧急情况;最后,保护社区赖以生存的关键资源和系统,确保关键基础设施的安全(包括重要基础设施保护)是私营部门和公共部门的事情。此外,还应建立机制改善城市生命线服务提供者在灾难来临时的反应,包括在事件前计划、建立协调小组和立法规定在紧急情况下应及时做出哪些反应等。为使城市安全问题透明化并得到有效解决,有必要对城市生命线系统的主要灾害、关键要素及技术事故(内部)环节进行排序,同时考虑材料缺陷、老化和维护不足,以及控制系统的错误或失败、人为错误、自然灾害或其他系统的技术事故(外部)、恐怖袭击、犯罪行为或战争等多重影响因素^[5]。

六是城市生命线协同管理。城市生命线子系统和人力系统子系统之间在系统安全方面是相互依存关系。从国家管理层面确保大都市生命线安全管理的程序和目标,公共部门和私营部门都负有责任和任务,除了对大都市生命线管理者和相关技术人员有所要求,还必须对城市安全管理部门在紧急情况下执行的任务进行规定,从而建立广泛的大都市生命线安全管理总体框架。同时,在国际依赖和部门互联的情况下,一个国家大都市生命线的失败可能会影响到更多国家。因此,对于城市关键基础设施的安全管理是必需的,私营部门、公共行政部门与其他有关组织之间的责任共担和信息交流是生命线安全的基本保障,同时国际合作也是确保城市关键基础设施安全运行的重要基础。

四、大数据驱动城市生命线管理的关键环节与个案分析

城市生命线系统的基本特性是可靠性,不仅与正常运行条件有关,而且与城市生命线或关键技术的采用能力和某些类型的异常临界条件有关。通常来说,在基础设施或技术构建、设计、建造和运行中,构建可预见的系统促进发挥其正常功能极其重要,而这一系统的关键部分包括以下内容:

第一,建立以风险为中心的城市生命线管理体制。城市生命线运行过程会受到自然、人为、内在等诸多风险因素的影响,可通过计算直接损害和经济损失估算生命线的灾害易损性,同时强化对灾害的

防、抗、救三方面统一规划和管理,探索灾害的成因机制、影响范围、扩展机制,对灾害预测、预报、减轻和控制灾害采取综合治理措施。然而,在治理实践中,职能部门化、管理碎片化、运行区隔化是现代政府组织体制设置的突出特点,也是政府管理运行的长久弊端。以风险为中心的公共安全管理是现代政府的一项基本核心职能,涉及政府组织的职能范围以及政府组织中所有成员的管理职能。建立以风险为中心的公共安全管理模式,不仅要求明确政府的应急管理责任,全面厘清政府部门之间的职能交叉问题,落实主管单位和主要责任单位,理顺多个部门共同主管同一灾害的职责分工,落实政府风险管理与评估工作问责制,同时也要求政府积极培养社会中介力量,发挥行业协会在公共安全危机和社会风险监管中的优势,搭建政府内外部相互协作的运行机制。城市生命线灾害管理平台作为城市生命线防灾减灾的关键环节,具有完整性、可视性和协作性,完善并充分利用城市生命线灾害管理平台,有助于灾后快速获取生命线的综合信息,实现不同专业领域和职能部门之间共享信息资源,实现快速有效救援以有效降低灾害损失程度。

第二,建立完善的城市生命线公共数据平台。利用遥感技术、地理信息系统、全球定位系统、实时监测技术、雷达影像、光卫星影像以及航空摄影等建立完善的公共信息平台,并将其融入统一的数字城市框架。利用其对生命线系统的各个关键环节进行实时监测和有效控制,将危险控制在萌芽状态或限制在可能的最小范围。通过建立公共大数据平台,构建“发现、定义、防范、抗击、转移、缓冲”的风险相关管理机制并确立风险源普查、风险评估和风险沟通等相关制度,实现政府职能整合,建立和发展更为有效的全面整合的风险管控体系,提高风险管理整体水平。云技术和物联网技术高度融合的公共数据平台,为城市生命线安全管理提供风险数据库,有利于构建大数据生命线城市安全管理体系。政府监管部门督促各企业进行安全生产,提高企业安全风险管理与应急管理能力,而企业通过使用生命线大数据平台,也能及时上报生命线风险管控和隐患情况。

第三,确立大数据驱动的城市生命线系统容量。由于原有生命线系统的设施老化、落后,跟不上城市的扩张速度和人口增长的需要,所以,应使用大数据思维与技术规划来确定生命线系统的容量,适当增容,以保证充足的能源供应。在平时规划中,应计算

生命线系统各子系统的容量负荷大小,提高标准,改善条件。同时,应根据城市发展的时代要求和生命线各子系统规划标准的变化,充分考虑科学性和经济效益,增强系统匹配,提高生命线系统抗灾能力和安全性能。其中,定期更新生命线信息数据库至关重要,收集、更新城市生命线系统数据的过程主要包括3个阶段:第一阶段是使用RS和GIS进行分层和任务规划,第二阶段是使用GPS和DV创建空间参考图像,第三阶段是使用GIS进行显示和分析^[6]。

第四,建构大数据驱动的生命线系统应急管理预案。政府在对城市突发事件,如自然灾害、重特大事故、环境公害及人为破坏等引致的城市安全问题制定综合应急预案的过程中,应将生命线系统的应急预案制定置于首位。决策者可根据对各领域政府工作人员和学者的问卷调查和城市灾害的预测和实例分析,建立生命线系统减灾能力评价指标体系,建立城市生命线系统减灾能力的评估模式,量化评估生命线系统的抗灾能力,进而及时发现城市生命线灾后恢复和应急过程中的薄弱环节,从而有针对性地制定生命线系统的应急预案。预案应是多方案、操作性强且可分层、分级别管理和可实施的,并明确管理人职责,加强应急管理组织构建和能力建设,建立多部门联动协调的管理机制。根据城市的功能需要,考虑生命线中各系统的代替机能,做好物资器材储备,准备好抢险方案。

第五,通过大数据开展城市生命线系统管理动态应急处置。灾害对城市环境的影响是自然与人类系统相互作用的结果,公民在灾害中面临的困难和需求模式的变化共同决定了需要动态地调整生命线。在收集城市生命线大数据的基础上,构建辅助决策系统和现场应急平台,是快速有效开展应急处置工作的重要途径。三维城市生命线计划辅助系统作为一种信息和科学的管理方法,可以提供定性和定量的决策支持信息,建立和完善该系统有助于城市生命线规划、审批和管理,促进城市生命线风险问题得到及时解决^[7]。此外,还可以搭建由前端+客户端+中心端+通信网络构成的现场应急平台。现场应急平台具有应急通信、信息采集、信息报送等综合应用功能,可以确保灾害现场的指挥人员能够及时向指挥中心发送灾害现场情况和接收指挥中心应急平台生成的预测预警、态势推演和智能辅助方案,实现现场与指挥中心的一体化协同应急。

大数据在交通规划中的应用,用3个典型事例

来说明:深化客流OD分析、细化客流路径分析、强化客流断面分析。大数据在城市管理方面的应用十分广泛:地下轨道站点客流的吸引与辐射分析、地下轨道客流的换成分析、高速公路的车速及拥堵分析等。城市生命线是来自人类系统不同部门的基础设施,基础设施的功能性预先确定了人类系统的安全性,促进了经济、政治与社会安全相结合^[8]。城市生命线是由相互关联的系统组成的系统,每个系统的安全性都是为了确保基础设施系统的安全和可持续发展^[5]。作为相互依赖的结果,一个基础设施部分的缺陷或故障会导致另一个的缺陷或故障,因此,需要通过大数据与人工智能等现代科技的运用降低城市生命线安全隐患,贵州案例进行了初步探索。

案例1 贵阳市城管局于2016年研发、搭建了“数据铁笼”系统平台。借助这个平台,实现对人员、车辆、监控点位、工地、案件的实时监测,为日常指挥和应急指挥调度提供基础支撑。同时,根据已经梳理的风险点,设置风险预警,利用数据变动趋势对风险进行预测与预警^①。上述案例说明,影响公众对城市生命线安全感兴趣的因素有很多,主要包括生命线服务的缺陷是否会导致公民士气下降、丧失国家威信、恐慌或公民混乱?其缺陷是否会引起环境的一些变化?在确定生命线危急程度时,可以考虑在某一特定地区对生命线进行危害评估^[5]。城市生命线和关键技术能确保城市的公共服务质量、层次和安全,衡量一个地区的服务水平,包括对不同类型服务的判断,即这些服务对人类安全的重要性。此外,还应注意到,大数据与人工智能技术对于生命线安全管理的重要性日益增加,如上海的案例。

案例2 城市管理如何才能像绣花一样精细?上海给出了自己的方案:将城市管理范围划分为2000多个边界清晰的网格,做成一张网格“电子地图”;在地图的基础上,叠加设施、交通、环保、绿化等部件,匹配环卫、突发、市场、治安等事件,将整个城市纳入实时、动态的网格化管理。如此一来,应对突发事件、进行专项管理、打通日常监管,在数据集成的进程中都可以得到有条不紊地处理。这个“电子地图”是储存于电脑里的矢量数据,不是死板图画,而是不断变化的“活”地图,每个图层、图层里的每个点位都是背景信息、实时情况、视频图像等大量

①汤利.贵阳市城管局:拥抱大数据,城市更智慧[N].贵阳日报,2017-02-06(A06)。

相关数据^①。

城市地下管道种类繁多,有自来水厂、污水、石油、天然气、电力、通讯和热能等管道,这些地下管线在为城市居民提供必要的资源方面有着不同作用。管道事故给现代公民带来了不便的事实和严重的人为灾难,例如道路沉降和下沉、水厂泄漏、污水和石油污染和气体爆炸等等^[9]。随着现代化程度的提高和城市规模的扩大,城市对生命线的依赖程度也越来越高,生命线系统安全直接影响到城市功能的正常运转。人类系统的物质(技术和材料)、网络和组织子系统,对确保人类生命、健康和安全、财产以及经济和管理的最低限度发展是必要的状态,而大都市生命线的数量和质量并不稳定^[5]。除了国内,许多发达国家对生命线保护采取了类似的总体战略。2008年,经济合作与发展组织(OECD)的报告研究了几个OECD国家(澳大利亚、加拿大、德国、荷兰、英国和美国)关键基础设施的保护方法。许多国家都有重要的基础设施保护计划,这些计划重点强调物理和非物理基础设施系统的风险评估,以及改善服务提供商之间的协调程度^[10]。

案例3 新西兰的区域生命线组织在20世纪90年代初成立,目的是促进生命线服务提供商内部的计划,促进资源共享和协调。区域组织旨在识别和减轻组织间和组织内部的生命线服务的脆弱性。新西兰法律包括为某些预定义的生命线服务提供商提供快速行动以恢复紧急情况下的关键基础设施和服务。新西兰的环境管理法,即1991年的《资源管理法》为被认可的生命线服务提供商提供了特殊的紧急权力,以便在没有事先授权的情况下恢复任何失去的生命线。2002年的《民防和应急管理法》规定了生命线服务提供商在紧急情况下恢复服务的某些义务^[1]。

虽然在新西兰法律中这些生命线在法律上没有被列为“生命线工具”,但地区生命线组织具有严格的组织结构。从可靠性来看,城市生命线是一个在社会中起关键作用的系统,因为它影响公共行政决策周期、政治和社会团结,并支持消除身心伤害,这是非常复杂的,因而容易受到破坏。然而,可能发生的关键情况是不可预见的或者是操作员出现相关故障的结果,并且这些可能会变成不方便和不可接受的条件,即危机状况。

五、大数据驱动城市生命线管理的未来图景

众所周知,城市危害是人类与自然相互作用的

结果,城市社会对极端自然现象敏感性也日益增加,对城市生命线管理开展精准化和深度化管理也越来越重要。我们认为,随着互联网、大数据和人工智能的迅猛发展,城市生命线管理将会越来越走向科学化、精细化和深度化,城市生命线管理的科学实践将会越来越走向循数化、精准化、智能化和法治化。

首先,大数据驱动城市生命线管理走向循数化。随着大数据技术和现代信息技术快速发展,城市生命线管理体现出信息化和数据化趋势。具体而言,城市生命线管理需要构建生命线大数据可视化集成展现与分析平台,通过对生命线功能要素数据进行多维度、多领域的深度挖掘、数据建模、关联分析与趋势预测。同时分析不同时间段的移动客户端大数据,精确地分析城市在某个时间段内生命线空间分布的动态变化、人口密度和分布变化等,为城市生命线规划提供定量分析的准确结果^[11]。此外,将城市生命线网络系统与智能控制系统、信息咨询系统相结合,以便实时传输灾害相关数据,监测灾情并保持与现场工作人员的沟通,确保灾害发生时生命线系统具备较强的抗灾能力,实现城市生命线服务供给的连续性和稳定性。

其次,大数据驱动城市生命管理走向精准化。对城市生命线的精准化管理主要体现在精准预防风险、精准分析问题和精准处置风险与修复设施等方面。传感器具有高精度、集成化、对恶劣环境适应性、可靠性等特征,利用好传感器可以实现风险监测与制定科学的抗灾预案,实现对灾害风险的精准预防。通过对城市生命线大数据进行深度挖掘、统计、分析研判与融合展示,可以实现数据流、业务流、管理流的高度融合,同时建立城市生命线信息服务平台以逐步消除当前存在生命线数据冗余、重复、冲突等现象,共同促进区域生命线灾害问题分析和高效应对。此外,借助遥感、地理信息系统、三维仿真等高新技术,可以构建真实模拟受灾生命线周边的地形、地貌的三维场景,方便管理者进行态势推演、态势标绘、导航、分析研判,最终作出科学化和精准化的灾后修复决策。

再次,大数据驱动城市生命线管理走向智能化。在大数据技术、信息技术和智能化技术等现代科技技术的支持下,城市生命线管理逐渐走向智能化,主

^①孙小静.上海,大数据绣出活地图[N].人民日报,2017-09-22(023).

要表现在状态监测、预测预警、科学决策和应急处置等多方面。一是利用传感器采集的生命线状态数据,根据一定的算法建立智能模型,并利用人工智能推理机,实现了对生命线运行状态的感知,准确定位城市生命线存在缺陷的位置并及时查明设施的现存缺陷与质量衰变情况,进而对相关设施可能受到的破坏和抗破坏能力等进行预测预警和评估分析。二是建立起预警信息获取与发布网络体系,建立完善信息化、智能化、专业化的辅助决策系统,实现了支撑救援信息、应急资源、辅助决策方案的智能提取,增强对突发事件的态势及影响分析、研判和处置决策的能力。三是由云技术和物联网技术高度融合的城市安全云平台,使城市生命线管理部门能及时掌握各生命线子系统的运行状况,及时上报风险管控和隐患查治情况,不仅有效提升安全监测与应急管理能力,还能进一步落实生命线安全管理主体责任。

最后,大数据驱动城市生命线管理走向法治化。当灾难发生后,生命线管理范围和权属大幅扩展,这可能导致组织结构复杂化及参与组织数量增加,使得生命线管理角色和责任不太清晰,因此,只有制订生命线管理法律以预防与处理管理风险,才能将生命线安全维持在应有水平。城市生命线管理作为社会治理现代化过程中的重要组成部分,其法治化趋势主要体现在:城市生命线的新建与运维必须按照统一的标准进行规范化管理;管理程序需根据相关规定开展,并借助大数据分析结果进行科学决策;对于管理主体的职权与责任也有相关明文规定,对管理造成的不当结果,按照规定进行制裁和处罚。另外,城市生命线的管理应用需要在法制框架下运行,才能为整个大数据生命线治理系统高效和有序运行提供基本保障,同时也有利于规范与建立生命线治理联动机制。因此,在制定相关法律法规之前,需畅通信息沟通渠道,促进多主体利益需求的充分表达,发挥政府机构、企业、社会组织等利益相关主体的协作优势,确保生命线管理决策的科学化、民主化和法制化。借助大数据平台,更准确地把握公众在受灾后的公共服务需求,促进有关法制建设和实施不断完善,实现资源的高效配置和服务的有效供给,进而提高城市生命线的抗灾减灾能力。

随着大数据技术的发展和城市生命线风险的日益增加,迫切需要将大数据应用到生命线安全治理领域,加强对城市生命线实时监控,提高其治理水

平、风险预防、风险预测和应急处置能力,从而保障城市社会安全与经济稳定,未来必将被各国纳入新一轮国家和城市发展战略中。尽管这一技术也存在理论与实践层面的困境,但它对于城市生命线安全治理具有重大的理论启发、应用价值和实践意义。

参考文献:

- [1] CHARLOTTE B, MARK M, ERICA S. Waste management as a “Lifeline”? A New Zealand case study analysis[J]. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 2010, 1(2):192.
- [2] BARKER N. Throw planners a resource lifeline [J]. The Estates Gazette, 2014, 25(2):56-57.
- [3] KNIGHT J. A lifeline for refugees, nursing standard [J]. Royal College of Nursing (Great Britain), 2009, 3(33):3-22.
- [4] LIU L, GONG M S, XIE L L, Research on evaluating effect of lifeline system for city’s ability in reducing earthquake disasters [J]. Advanced Materials Research, 2013(4):1526-1529.
- [5] PROCHÁZKOVÁ D. Critical infrastructure safety management [J]. Transactions on Transport Sciences, 2010, 4(3):161.
- [6] MONTOYA L. GEO-data acquisition through Mobile GIS and Digital Video: an urban disaster management perspective [J]. Environmental Modelling & Software, 2003, 18(10):869-876.
- [7] TAO Y C, ZHAO L, ZHENG G J. The design and establishment of 3D urban underground pipeline plan aid system[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013(475-476):1546-1550.
- [8] MOTEFF J, COPELAND C, FISHER J. Critical infrastructures: what makes an infrastructure critical [R]. Report For Congress, <https://digital.library.unt.edu>, 2003.
- [9] YOUNGHWAN K, JINSUHK S, JAEYONG C, et al. Development of real-time pipeline management system for prevention of accidents [J]. International Journal of Control and Automation, 2015, 8(1):211-226.
- [10] GUNDERSON L, HOLLING C S. Panarchy: understanding transformation in human and natural systems[M]. Washington: Island Press, 2002.
- [11] ZHANG G D, YANG M, YANG F, et al. Research on prognostics and health management of underground pipeline [C]. International Conference on Advances in Materials, Machinery, Electronics, Xi’an, 2018.

(责任编辑:高虹)