

城市基础设施风险影响因素与作用路径

——基于20个特大城市案例定性比较分析

■ 杨雪锋 魏双双

摘要:特大城市基础设施由于复杂网络的关联性使其脆弱性更加显著,在外部风险冲击下,一旦应对失当,不仅会导致基础设施关联系统产生级联灾害,而且会引发风险外溢等问题。在风险社会的语境下,基于特大城市的发展现状,本文针对复杂关联系统基础设施网络的脆弱性,选取国内20个特大城市基础设施风险事件案例,利用定性比较分析方法解析特大城市基础设施系统关联风险的主体性影响因素,揭示政府应急管理各因素之间的逻辑关系和作用路径,提出“监管执行—应急能力—主体行为—制度规范”四维安全监管模式,以有效提升其应对风险的韧性。

关键词:城市基础设施风险;系统关联;基础设施脆弱性;多案例定性比较分析;应急管理

【中图分类号】TU984.116 doi:10.3969/j.issn.1674-7178.2024.05.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

引言

(一) 问题的提出

城市基础设施是城市生命线系统的重要载体,对发挥城市集聚效应和综合能级起着决定性作用。随着我国城市化进程不断加快,特大城市的数量和规模持续增加和膨胀,城市发展面临着更为严重的风险问题。特大城市基础设施具有建设体量大、系统网络庞杂等特点,这些

基础设施系统之间存在横向耦合与纵向级联效应,在受到外部风险冲击时,容易由最初的单一系统引发多个基础设施系统的关联风险。典型的城市基础设施系统关联风险案例有以下三个:一是2003年发生在北美地区的“美加大停电”事件^①。在这一事件中,不同电力系统之间、电力系统和水系统之间的物理相关性级联,分别导致出现更大面积的停电和停水。二是2008年发生在我国南方地区的冰雪灾害事件^②。在

【基金项目】国家社会科学基金重大项目“协同推进绿色低碳消费的体制机制和政策创新研究”(23&ZD096)成果。

这一事件中,冰雪灾害不仅导致许多省市的电网、通信系统遭受严重破坏,而且导致铁路等交通基础设施陷入瘫痪,而各基础设施之间的关联造成冰雪灾害进一步加剧,地方经济损失严重。三是2021年发生在河南郑州的“7·20”特大暴雨灾害事件^③。在这一事件中,暴雨造成郑州发生严重的洪灾和城市内涝,在整个事件发展过程中,郑州市委市政府、有关部门和单位风险意识不强,对这场特大灾害认识准备不足、防范组织不力、应急处置不当,以及电网系统、通信系统、交通系统和排水系统等诸多系统关联风险导致暴雨灾害风险进一步加剧。党的二十大报告提出要完善国家风险监测预警体系和国家应急管理体系,构建全域联动、立体高效的国家安全防护体系,提高公共安全治理水平,提高防灾减灾救灾、急难险重突发公共事件处置保障能力^④等一系列重要论断,为我国城市安全发展和风险治理指明了方向。加强对城市基础设施系统运行关联风险的研判与防控监管不仅是提

升城市安全治理现代化水平的重要发展需求,也是城市治理研究的重要议题。针对这一研究主题,首先要回答以下两个问题:第一,从风险社会视角来看,基础设施系统关联风险演化的的主要影响因素有哪些?第二,各因素之间有哪些变量是核心关键变量并且存在怎样的组合路径?为此,本文采用案例文本分析的方法提取基础设施风险的主体性影响因素,并运用定性比较分析方法(Qualitative Comparative Analysis,以下简称“QCA方法”)从政府管理行为角度探究形成基础设施系统关联风险的主要因素以及不同因素之间的组态效应。

(二) 主体性影响因素识别

本文基于现有文献和相关案例资料进行多案例分析,以及对案例内容进行封闭式编码。为探寻相关案例之间的共同演化趋势和关键节点,对多案例进行趋势匹配、复制和差别对比,最终作为初步理论假设。梳理案例事件中相关原因分析和对策建议中出现的高频词,其中,对

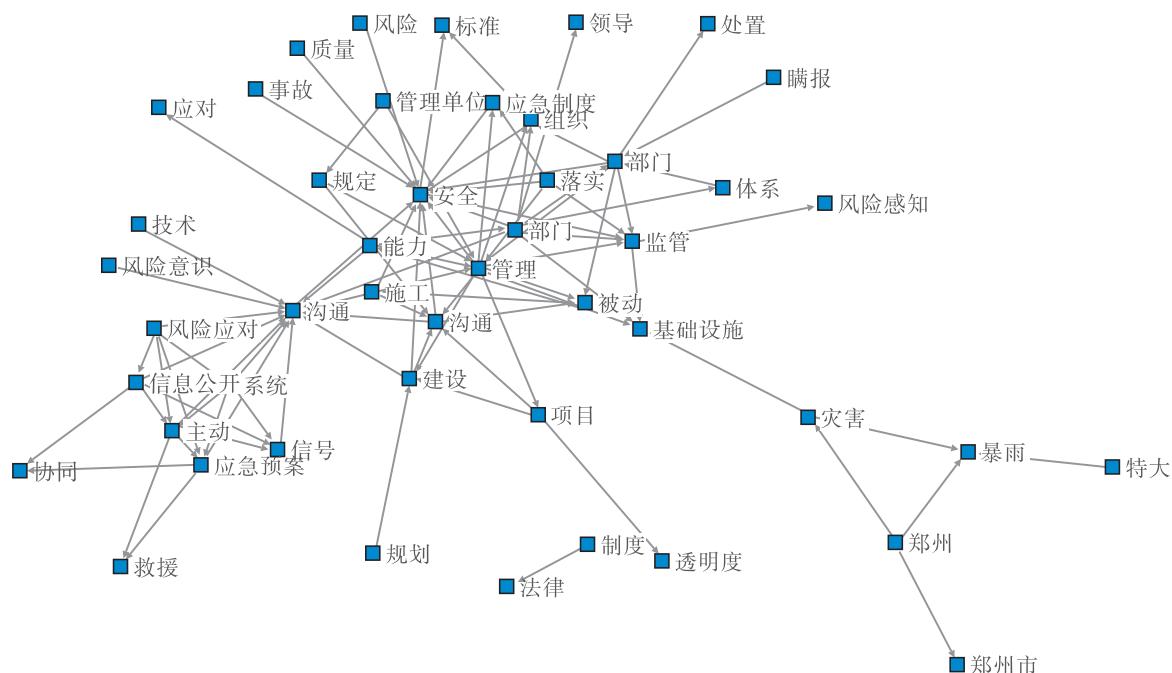


图1 案例信息高频词社会语义网络图

于关键高频词的分析主要通过 ROST Content-Mining 6 文本内容挖掘分析软件建立一个可视化的社会语义网络图(图1),直观得到关键词词频之间的重要性、中心性与连接性。

文献内容和词频的分析主要有以下步骤:首先,根据案例文本分析得到高频词语语义网络图,进一步筛选对本文研究意义不大的词语。其次,对二级词汇进行合并同类项和归化统筹,提炼出关键概论式词语。对选取的 20 个案例事件进行内容分析可知,大多数关键词与高频词主要与政府相关,表明政府管理的主体性因素对基础设施风险形成和演化产生重要影响。最后,对主体性影响因素进行整理分析并搭建分析框架,进一步探究形成基础设施系统关联风险的主要因素及其组态效应和作用路径。

一、文献回顾与分析框架

(一)基础设施风险研究相关文献梳理

1. 城市基础设施系统关联风险研究

在城市基础设施系统关联风险的早期研究中,较多是从经济学学科的角度出发,探讨基础设施市场风险、投融资风险、项目运营风险、工程施工建设风险、设施运营风险等内容。城市基础设施具有网络性、外部性、关联性等特征,在风险条件下,容易发生级联效应。这种相互依赖的基础设施风险问题可归纳为瀑布式崩溃、升级式崩溃和共同诱因式崩溃。进一步梳理国内外相关文献,相关研究主题可概括为三个方面:一是强调单一风险情境下单一基础设施系统的运行风险研究。在这一主题的研究中,有的针对能源基础设施风险,利用蒙特卡洛抽样技术构建概率时间动态模型^[1];有的通过蒙特卡洛进行仿真近似贝叶斯网络模型,评估地震发生时交通基础设施运行风险^[2];有的聚焦城

市地下燃气管网风险的动态性,构建燃气管网失效的蝴蝶结模型并转为贝叶斯模型动态反映出燃气管网风险事件的发生演化的概率^[3]。二是单一风险情境基础设施关联风险运行概率研究。这一方面的研究一般利用级联效应的评估方法测算中断或失效风险情境下的运行效率^[4],如根据基础设施系统内部风险这一特定风险情境,利用 FTA/ETA 领结模型识别出城市燃气管道泄漏的因素^[5]。三是复合风险情境下基础设施关联风险运行概率研究。这一方面的研究主要采用建模的分析方法阐明系统之间的相互依赖关系,特别是不同基础设施系统之间的物理资源流连接以及系统间的资源交换情况^[6-9]。

2. 城市基础设施运行风险因素研究

有关城市基础设施运行风险因素的研究主要以风险因素识别为研究主题,既有单一基础设施系统的风险因素分析,也有多重关联基础设施风险因素识别研究。研究采用的分析方法有多种,具体包括:基于案例推理的视角识别风险因素^[10];以检查表法探究风险因素^[11];基于复杂关联情境利用决策试验与评价实验室法(Decision-making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)和二元语义(TWO-Additive Choquet, TAC)积分算子,将语言评价信息转化为二元语义环境,由此确认城市典型生命线风险因素的排序与归类^[12]。针对单一的基础设施系统风险因素识别的方法还有失效模式与后果分析、故障树分析法、粗糙集理论等。总的来说,这一方面的研究侧重单一系统的风险因素识别,基础设施关联风险因素研究鲜有提及^[13]。

3. 城市基础设施安全监管研究

有关城市基础设施安全监管的研究主要围绕体制机制、技术手段、监管模式、监管难点等内容展开。其中,研究对象主要集中在燃气管理、综合管廊、桥梁道路、信息系统四大模块,而



燃气安全管理也是当前学界关注的热点话题之一。何艳玲和周寒从空间风险角度分析基础设施风险的制度逻辑和空间逻辑,整理了不同类型基础设施的制度属性和风险治理思路,提出整体性治理的基础设施韧性构建框架^[14]。孙仁金等学者通过搭建波特五力模型分析竞争格局,提出完善城市燃气行业的法律体系和机构建设的对策建议^[15];李威从各类城市基础设施建设的安全事故中,总结分析城市基础设施安全监管工作存在的问题及其成因,并提出安全监管的理性回归建议^[16];马文亮在分析环保设施的安全风险监管问题的基础上提出完善标准体系、全过程监管机制、部门监管联动的对策建议^[17]。马光红和吴怡运用前景理论视角构建基础设施工程安全监管演化博弈模型,进一步分析影响系统演化的因素以及相关利益主体的行为互动机制^[18]。黄永和余廉通过搭建城市生命线系统应急能力要素五个维度的分析框架,即线网抗击力、传输量、传输率、覆盖率和连续性,并据此提出提升系统应急水平的优化策略^[19]。陈潭和严艳从城市生命线的基础性与公共性、关联性与关键性、脆弱性与复杂性、适应性与安全性、韧性与复原性五大关系的角度阐述城市生命线的理论命题,提出城市生命线管理的实践路径,即数据收集、科学决策、风险评估、精确监控、有效协作以及公众参与^[20]。

4. 文献评述

总体而言,在现有关于城市基础设施风险的研究中,通常聚焦于单一风险情境下特定类型的基础设施进行风险概率评估或风险因素识别,尤其关注城市基础设施的运营风险,并以项目风险的经济评价为主。尽管已有研究探讨了基础设施的内在风险源和系统外部的风险威胁,但具体从政府管理的角度分析风险的主体性影响因素的研究仍相对较少。在研究方法

上,现有研究侧重于风险概率评估而相对较少考虑特大城市基础设施系统在复杂社会背景下的多维特性,如关联情景复杂和风险关联易演化属性,研究方式和视角较为单一。在研究范式上,针对风险防范和风险治理的片面性和碎片化问题,现有研究过多侧重运用技术性方法手段,相对忽视风险防范和治理的整体性,缺乏整体论与复杂性的科学范式,导致对风险主体性影响因素的认识不足。基于风险社会理论的风险“人为性”观点和制度主义风险论,本文在识别风险影响因素时,选取风险治理主体性因素及其相应的监管行为,运用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,以探究城市基础设施系统关联风险主要因素及其作用路径。

(二) 搭建主体性影响因素分析框架

根据上述文献梳理和相关案例,可以将主体性影响因素归纳为“监管执行—应急能力—主体行为—制度规范”四个维度。

1. 监管执行维度。监管执行维度考察政府对基础设施运营管理单位监管的职能履行情况。政策的生命在于执行,政策执行理论认为,政策要取得良好效果,关键在于实践层面的贯彻落实和执行。政策执行理论的行动学派强调政策执行的重要性,所谓政策执行是指将政策观念形态的内容转化为实际效果,从而实现既定政策目标的活动过程^[21]。监管政策的执行对落实基础设施的安全监管尤为重要,因为安全生产重在基层、基础、基本功,但是由于种种原因,运营单位和一线运维人员的责任意识往往被忽视,因此需要严格落实监管政策执行。因为基础设施系统的脆弱性与其面临的外部风险的密切相关,当基础设施系统极不稳定或质量不高时,在风险冲击下容易遭受更严重的损害。此外,政府对运营管理单位的监管是影响基础设施关联风险的重要因素,监管内容包括对运

行管理单位应急预案编制、应急制度建立等应急工作以及安全运行工作的常规检查和监督落实、对基础设施定期维修保养、更新、升级改造等日常工作的监管落实。

2. 应急能力维度。应急管理体系和应急能力是城市风险管理中具有决定性的主体因素。灾前预防是防灾减灾的重中之重,灾前预防工作主要包括健全灾害预警技术应对机制、加强灾害预警决策机制建设、灾害预警外在保障建设^[22]。对风险的监测预警是提高城市安全韧性 的基础性技术要求,而决策者的风险意识,即风险感知能力,对于实现这一技术要求至关重要,这也是韧性思维的重要体现。在基础设施关联风险的形成和演化过程中,政府应急管理体系和应急能力不足会对风险管理的有效性产生重要影响。从应急社会心理学的角度来看,政府是应急心理的“主驾驶”角色,对风险感知采取主动主导式干预^[23]。由于灾害的突发性、复杂性和变动性,对风险的预测干预是一个“风险—灾害—危机”连续统一的过程^[24]。因此,在应急管理方式上需要采取因应策略,而“主体—情境—技术”分析框架可以揭示基层应急治理实践的合理性与调适性^[25]。

3. 主体行为维度。政府作为应对风险的主要责任主体,在风险处置过程中承担指挥决策的职能,并负责进行风险沟通以稳定公众情绪。决策者偏好是影响风险决策行为、应急应对方式的重要因素,这些偏好可以决定采取的策略和行动,从而影响应急效果^[26]。在应急管理过程中,政府公信力作为一种宝贵的政治资源发挥着独特作用,成为风险管理能力建设的重要组成部分^[27]。政府公信力的损害会诱发信任危机,如果这种危机与其他风险叠加将会加剧风险扩散。概言之,政府本身的决策偏好和政府公信力对风险事件的发生及演化具有重要影

响。政府决策是实现政府职能的重要手段,对城市治理的质量和人民群众的切身利益具有深远影响。政府公信力的构建主要来自两个方面:一是政府能力,二是公众满意度。其中公众满意度是评判政府绩效的最终标准,也深刻影响公众对政府的信任度。因此,信任是公信力的基础和核心。在风险治理中,政府公信力的影响主要体现为两个方面:一方面,政府自身的公信力会影响政府所发布的风险信息的可信度,从而影响公众是否信任政府并按照政府的建议和要求采取应急措施;另一方面,政府在风险治理过程中的表现会直接影响公众对政府公信力的评价,两者相互促进形成动态循环。

4. 制度规范维度。应急管理制度化是影响应急管理效能的核心要素^[28]。应急管理制度为应急管理实践提供价值遵循和基本方略,具体包括制度保障、工作指引和方法措施等内容^[29]。长期以来,我国在应对风险和重大突发事件的实践中不断丰富和发展应急管理制度建设内容,形成了具有中国特色的“一案三制”应急管理制度^[5]。应急管理制度在风险防范和风险应对中能够有效发挥应急治理的效能,而在这一过程中,应急预案起到基础性作用。应急预案不仅可以通过应急演练提高公众的风险意识和自救技能,还能帮助政府积累应急处置经验。然而,在推进应急管理制度实施和完善的过程中,一些地方政府存在内容建设不全面、内容碎片化、制度建设缺失等问题;当风险来临时,甚至会出现“制度失灵”的情形,即有关部门进行风险应对时未能遵照应急管理制度的程序以及相关规定,导致指挥体系混乱,这种情况既无法充分发挥我国应急管理体系的制度优势,也制约了应急治理整体效能的提升。

综上所述,城市基础设施运行风险受外在因素和内生因素相互交错影响,例如基础设施

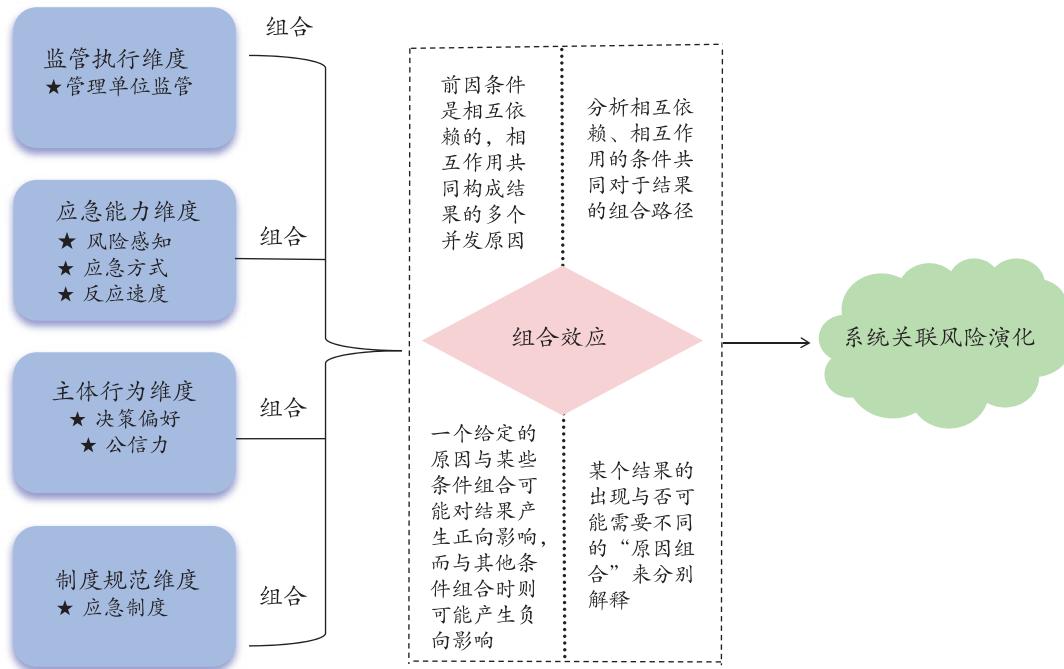


图2 基础设施系统风险主体性影响因素分析框架

图片来源：作者自绘

的机能老化或者功能区域缺陷,在外在因素的作用下可能会诱发更严重的风险问题。本文聚焦城市基础设施运行系统内部关联风险之间背后的影响因素和因果逻辑,从政府管理行为视角构建基础设施关联风险四维主体性影响因素分析框架(图2)。

基于上述分析,本文采用模糊集定性比较分析方法(Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis,简称fsQCA)验证上述框架机制,识别城市基础设施系统关联风险演化的主体性影响因素,揭示各因素的逻辑关系和作用路径。

二、研究设计

(一)研究方法

定性比较分析法(Qualitative Comparative Analysis,简称QCA)一般适用于中小样本研究,通常需要合理选择12个或以上样本;当研究涉

及7种或更多因果条件时,由于组合的复杂性,则需要合理选择20~30个样本^[30]。结合定性与定量分析方法研究有关因素,可以为复杂的基础设施系统关联风险现象提供简约且准确的解释。在现有文献中,对基础设施风险的主体性影响因素研究分析大多采用定量方法解释或者通过直接性的案例描述。事实上,这些传统的分析方法在基础设施系统关联风险研究中的应用受到一定的限制,原因在于学者们难以获取大量样本建立标准线性回归模型,也难以通过有限的样本量进行定性分析。因此,运用fsQCA方法分析中等规模的样本具有显著的方法论优势,这种方法通过测试现有理论和基础设施风险类型的稳健性,揭示风险因素与结果之间的复杂关系。在实际操作中,fsQCA方法通过分配因素和结果的隶属分数进行校准,可以确定因素和结果在集合中的纳入程度。这种方法比传统的连续变量线性回归或分类变量方法更为精



确。例如在本文选取的20个典型案例分析中,运用fsQCA方法不仅可以识别数据不明显的复杂模式,促进归纳分析;还能确保其生成的解与从数据提取的模式保持一致。这一分析方法不同于传统意义上的统计假设检验,可以帮助研究者建立起对结果有效性的信心。此外,fsQCA方法能够适应因果不对称性的情形(即识别出导致结果出现的条件可能与导致结果不出现的条件不同),这一特点使研究者能够从政府管理行为角度更深入地理解复杂现象背后的因果关系,为政策分析和理论构建提供有效的分析支持。

(二)案例选择

本文以特大城市基础设施系统为研究对象,并依据以下原则进行案例选择:第一,所选案例具有特定的研究范围,即均发生在特大城

市内。第二,所选案例具有典型性,主要表现在以下三个方面:一是在社会上产生了广泛的影响,且影响持续的时间较长;二是受到政府的高度关注;三是受到学术界的广泛关注。第三,所选案例具有支持性,即案例得到媒体较为全面、广泛的报道、讨论,案例信息较为真实可靠。第四,所选案例呈现多样性和全面性,案例在发生的时间、涉及地区、事件形式上均有所差异,避免仅关注单一事件可能导致的分析片面性。

在遵循以上原则的基础上,首先通过中华人民共和国应急管理部官方网站(网址:<https://www.mem.gov.cn/>)搜索有关数据,并在中国知网的“中国重要报纸全文数据库”中,以“基础设施”为关键词进行检索,整理涉及基础设施安全事故的相关文章和信息。同时,借助百度等搜索引擎以及微信公众平台如中国减灾(微信号:

表1 特大城市基础设施风险典型案例

序号	发生时间	事件	涉及城市
1	2022年5月18日	杭州金沙湖地铁站进水事件	杭州
2	2021年7月20日	郑州地铁五号线“7·20”事件	郑州
3	2021年7月20日	郑州“7·20”京广快速路北隧道淹水倒灌事件	郑州
4	2021年10月21日	沈阳“10·21”较大管道燃气泄漏爆炸事故	沈阳
5	2021年5月20日	武汉一工地地下排气管气体起爆事故	武汉
6	2020年11月1日	天津“11·1”南环临港铁路桥梁垮塌事故	天津
7	2019年12月1日	广州市“12·1”地铁较大坍塌事故	广州
8	2019年1月8日	重庆“1·8”轨道环线擦碰事故	重庆
9	2017年12月1日	天津市河西区君谊大厦1号楼“12·1”重大火灾事故	天津
10	2016年8月18日	大连66千伏电缆故障停电事件	大连
11	2016年6月18日	国网陕西省电力公司“6·18”主变烧损事故	西安
12	2015年3月4日	“3·4”昆明东盟联丰农贸中心火灾事故	昆明
13	2015年1月17日	广州荔湾区珠江大桥双桥路地面塌方事件	广州
14	2013年11月22日	青岛经济技术开发区东黄输油管道泄漏爆炸事故	青岛
15	2012年11月	深圳地铁2号线、5号线多趟列车、多次发生信号干扰故障导致紧急停运	深圳
16	2011年7月23日	“7·23”甬温线特别重大铁路交通事故	北京、温州
17	2010年7月16日	“7·16”大连输油管道爆炸事故	大连
18	2008年4月28日	“4·28”胶济铁路特别重大交通事故	北京、青岛
19	2005年11月13日	松花江重大水污染事件	哈尔滨
20	2004年9月21日	上海地铁9号线下水管道破裂事件	上海

zhongguojianzai)、中国安全科学学报(微信号:gh_a778c323a627)、风险灾害危机多学科研究(微信号:njurde)等,进一步查阅和梳理相关信息,最终筛选出20个重大典型安全事件(表1)。为保证案例资料的权威性、典型性、代表性,本文选取的20个案例资料数据主要来自中华人民共和国应急管理部以及地方政府官方网站公开发布的相关事故调查报告。

三、变量选择与测量

(一)条件变量

在借鉴参考风险治理理论、系统脆弱性理论的基础上,本文将条件变量控制为7个。在相

关文献分析和对我国特大城市基础设施运行情况实证考察的基础上进行案例文本挖掘分析,结合前述理论模型与研究假设,将政府管理的主体性影响因素分为四个维度,分别是监管执行维度、应急能力维度、主体行为维度和制度规范维度,同时设定运营单位监管、风险感知、应急方式、反应速度、决策偏好、公信力和应急制度7个解释变量,并对赋值规则进行了相应说明(表2)。

(二)结果变量

本文将城市基础设施在受到外部风险冲击后的风险形成及演化造成的影响作为结果变量,根据案例判定其事件产生的强度。根据《标本兼治遏制重特大事故工作指南》(安委办

表2 变量设定与赋值

变量类别	变量维度	变量名称	赋值规则	变量赋值
条件变量	监管执行维度	运营单位监管	对基础设施运营管理单位存在监管漏洞	0
			对基础设施运营管理单位的监管到位	1
	应急能力维度	风险感知	未感知可察觉的风险	0
			未感知不可察觉的风险	0.5
		应急方式	准确察觉	1
			掩盖瞒报	0
	反应速度	应急方式	被动应对	0.5
			主动正视	1
		反应速度	反应迟钝	0
			反应一般	0.5
	主体行为维度	决策偏好	反应迅速	1
			经验偏好导向	0
			法规制度导向	0.5
		公信力	科学偏好导向	1
			低	0
			中	0.5
	制度规范维度	应急制度	高	1
			未编制应急预案	0
			制度内容碎片化	0.5
		风险程度	完善的应急预案制度	1
结果变量			可接受风险	0
			可容忍风险	0.5
			不可容忍风险	1



[2016]3号)^⑥关于双重预防性工作机制建设的有关规定,将安全风险等级按照风险后果划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险。利用安全风险(Hazards, Vulnerability, Capacity, 简称HVC)评估法,从伤亡人数、安全威胁、恢复难度维度综合判定案例产生影响后果的强度。如表2所示,若无人员伤亡、只造成单一基础设施系统^⑦运行故障的,为可接受风险,赋值为0;若有少数人员伤亡,虽造成两类基础设施系统^⑧受到干扰但仍然保持正常运行,中短期内可恢复的,为可容忍风险,赋值为0.5;若有较大规模人员伤亡,造成三类及以上基础设施系统^⑨完全

失效并停止运行,需要长期修正恢复甚至存在不可逆转威胁的,为不可容忍风险,赋值为1。

(三)真值表构建

运用fsQCA3.0软件进行数据校准和真值表构建,选择使用0、0.5和1三个锚点,其中0表示完全不隶属,0.5表示交叉点,1表示完全隶属。其隶属度介于0~1之间,数据越接近1表明隶属度越高,越接近0表明隶属度越低。对选取的20个案例进行逐一分析,并且按照前述变量设定与赋值,结合查尔斯·拉金(Charles C.Ragin)对定性比较分析法的分析原则,将一致性阈值设为0.8,案例阈值设为1,PRI设置为大于0.7,

表3 真值表

运营单位监管 (YYDWJG)	风险感知 (FXGZ)	应急方式 (YJFS)	反应速度 (FYSD)	决策偏好 (JCPH)	公信力 (GXL)	应急制度 (YJZD)	风险程度 (FXCD)	频数 (NUMBER)
0	1	1	1	1	1	1	1	4
1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	1	0	2
0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	1

表4 单变量必要性分析

结果变量(Outcome variable): 风险程度—FXCD					
条件变量 variable	一致性 Consistency	覆盖率 Coverage	条件变量 variable	一致性 Consistency	覆盖率 Coverage
运营单位监管	0.323	1.000	~YYDWJG	0.677	0.700
风险感知	0.839	0.813	~FXGZ	0.226	0.875
应急方式	0.290	0.900	~YJFS	0.710	0.733
反应速度	0.516	0.800	~FYSD	0.484	0.750
决策偏好	0.484	0.750	~JCPH	0.516	0.800
公信力	0.258	0.800	~GXL	0.742	0.767
应急制度	0.806	0.781	~YJZD	0.194	0.850

汇编成真值表(表3)并以此作为fsQCA的数据运行基础,在表3中,1表示有案例与之相对应,0表示没有案例与之相对应,频数表示导致该路径的案例数量。

四、结果分析与讨论

(一) 单变量必要性分析

运用fsQCA 3.0 软件对真值表信息进行单变量必要性分析,包括对条件变量的一致性(consistency)和覆盖率(coverage)进行分析,分析结果如表4所示。

从表4的输出结果可以看出,首先,所有条件变量的覆盖率均在0.7以上,处于一个理想范围,说明本研究选取的条件变量能够解释70%以上案例,具有较强的案例解释度。其次,只有风险感知(FXGZ)和应急制度(YJZD)两个条件变量的一致性指标高于0.8且低于0.9,可以作为影响风险程度的充分条件,即政府的风险感知能力,以及应急制度的完善程度会进一步推动基础设施关联风险的演化发展。但这两个条

件变量仅作为结果变量的充分条件,并不能作为结果变量的必要条件。最后,所有条件变量的一致性指标均没有达到0.9,说明每一个条件变量都不能认为是导致风险事件影响程度的必要条件,即不存在单一的前因条件,这也符合上述理论和研究假设部分对多种风险关联的探讨。为明确城市基础设施运行过程中风险产生及其影响的关联路径,需要进一步开展路径组合分析,探讨基础设施系统关联风险因素之间的关联性。

(二) 多变量组态分析

通过单变量的必要性分析发现,所有单一条件变量均不能满足成为结果变量的必要条件,因此,需要利用条件组合探讨不同条件变量之间的组合方式,并对结果变量产生不同影响。利用fsQCA3.0 软件对真值表的数据进行分析,按照频数选择1、一致性大于0.8、PRI一致性高于0.7的标准,输出复杂方案、简约方案和中间方案三种方案类型^[31]。在三种方案输出结果中,有5种复杂路径、4种简约路径和5种中间路径。三种方案的覆盖率分别为0.8、0.77、0.71,

表5 条件组合分析结果

编码	条件组合	原始覆盖率	净覆盖率	一致性
1	运营单位监管*~应急方式*~反应速度*~决策偏好*~公信力	0.258	0.194	1
2	~运营单位监管*风险感知*~应急方式*反应速度*~公信力*应急制度	0.129	0.065	1
3	~运营单位监管*风险感知*应急方式*反应速度*决策偏好*公信力*应急制度	0.258	0.258	1
4	运营单位监管*风险感知*~应急方式*~决策偏好*~公信力*应急制度	0.129	0	1
5	风险感知*~应急方式*反应速度*~决策偏好*~公信力*应急制度	0.129	0	1
6	反应速度*决策偏好	0.323	0.323	1
7	~决策偏好*~公信力*应急制度	0.323	0.065	1
8	运营单位监管	0.323	0	1
9	~反应速度*~决策偏好	0.323	0	1



表6 基础设施风险演化程度的前因条件构型

条件变量	组态构型				
	路径一	路径二	路径三	路径四	路径五
运营单位监管 (YYDWJG)	●	⊗	⊗	●	
风险感知 (FXGZ)		◎	◎	◎	◎
应急方式 (YJFS)	⊗	⊗	◎	⊗	⊗
反应速度 (FYSD)	◎	●	●		●
决策偏好 (JCPH)	◎		●	◎	◎
公信力 (GXL)	◎	◎	◎	◎	◎
应急制度 (YJZD)		●	●	●	●
一致性 (Consistency)	1	1	1	1	1
覆盖率 (Unique Coverage)	0.194	0.065	0.258	0	0
净覆盖率 (Raw Coverage)	0.258	0.129	0.258	0.129	0.129
总体一致性 (Overall Consistency)			1		
总体覆盖率 (Overall Coverage)			0.710		

注:(1)同时出现在简约解和中间解的变量为核心条件;只出现在中间解而未出现在简约解中的变量为边缘条件。(2)“●”表示出现核心条件;“◎”表示出现边缘条件;“○”表示缺乏核心条件;“⊗”表示缺乏边缘条件;“空白”表示该条件在构型中可存在、可缺乏。(3)净覆盖率指不与同一被解释结果的其他构型重合,且由该条件构型独立解释的覆盖率。

均能解释70%以上的案例;三种方案的一致性水平均为1,说明三种方案的输出结果都可以作为结果变量的充分必要条件。

对三种方案的有效路径进行汇总分析,结果如表5所示。其中,复杂解并没有包含反事实的组合,而是排除所有反事实组合的路径;简约解包含了大量反事实的组合;中间解兼顾复杂解和简约解的组合情况。对比表5中的组合情

况和数据可以发现,复杂解和中间解的条件组合路径基本一致,且覆盖率与一致性数据相同,故本文重点分析中间解,补充分析简约解。

为更准确地分析各因素之间的并发关系,本文整合核心要素和边缘要素进行前因条件构型(表6)。

在所有条件组合中,每一个路径的一致性均为1(均大于0.9),说明每一条路径都是导致



结果变量产生的充分条件和必要条件。而且,总体的一致性为1,说明本研究所有案例的条件构型也是影响风险后果程度的充分必要条件。总体的覆盖率为0.710,说明本研究所选取的20个案例具有高于71%的解释力,并且在5条组合路径中,每一条条件构型的原始覆盖率均高于净覆盖率,在一定程度上表明案例对多重并发因果关系的验证和支持。整体的一致性指标和解释度较高,有利于下一步进行每一条条件组合路径的精准分析。

为深化理解不同路径变量之间的相关性,进一步进行组态分析,并将其归纳为以下三类风险因素。

1. 监管不力型风险($M1=$ 路径一,即运营单位监管*~应急方式*~反应速度*~决策偏好*~公信力)。这一类型风险因素没有出现应急方式、反应速度、决策偏好、公信力等条件变量,仅以运营单位监管这一单一的风险因素作为基础设施关联风险发生及演化的核心变量,说明在特大城市基础设施运行过程中,政府监管部门(行业监管和安全监管)对基础设施运营单位的监管缺位、错位是非常重要的致灾因子,往往会导致风险向着不可容忍的方向发展。政府部门的监管更多地体现在预测性、前瞻性工作上,只有落实对基础设施的严格监管,才能有效避免各种风险演化为重大灾害。在上述20个案例中,由于政府有关部门对基础设施运营单位监管不到位导致发生关联风险的案例占比高达98%,主要表现为对相关设计规范、监管标准,以及在基础设施设备维修、更新、升级等方面存在监管漏洞。因此,为有效防范和应对风险,政府应加强对基础设施运营单位的监管,尤其是要树立“全周期管理”意识,加强对基础设施的规划建设计到运营维护各阶段的监管,帮助运营单位培养应急的韧性思维和提升治理能力。

2. 制度失灵型风险($M2=$ 路径二+路径四+路径五,路径二、路径四和路径五的一致性均为1,覆盖率为0.129,应急制度作为核心变量出现在以上三个组合路径中,具有重要的影响作用)。应急制度的不健全、应急预案内容的碎片化是导致关联风险演化成为不可容忍型风险的关键因素。一方面,在面对风险和灾害时,政府各级各部门往往缺乏系统的应急演练和一定的应对经验,对应急响应的规范程序不够熟悉导致在灾害发生时应对不力,领导层的履职失败;另一方面,应急预案内容的碎片化不仅表现为内容的不全面,还表现为内容繁杂和设计不合理。由于缺乏有效的部门协同机制、信息共享机制和责任分配机制,应急预案、应急规章的实操性不强,无法在风险发生时提供有效的应对指引。以郑州“7·20”京广快速路北隧道淹水倒灌事件为例,京广快速路北隧道是郑州市内重要的南北交通干线,邻近火车站西广场,向南不到1千米与陇海快速路交会。此次事件成因复杂,其中最为关键的一个原因是:这种贯穿南北的“交通动脉”,涉及多个不同层级的运维和管理主体,加上车流密集、交通状况复杂、排水系统交错,这些都极大考验城市的灾害预警和应急处置能力。此次灾害充分暴露了有关部门在多个关键领域的应急响应不足,包括交通运输(涉及省、市、区三级)、交通指挥、防洪排涝、应急救援等领域,具体表现为应急速度迟缓、应急措施失当、应急协同乏力和救援能力严重不足。对于基础设施系统来说,其内在的级联效应特征要求政府部门在应对风险时需要开展跨部门、跨级别、跨管理体系的协同治理,因此,政府各级各部门不仅要在内部形成完备的应急机制体系,还应当完善与关联部门之间的应急程序衔接机制,以此来提高应急响应的整体效率。

3. 综合因素型风险($M3=$ 路径三,即~运营单

表7 稳健性检验

路径	条件组态	一致性	原始覆盖率	唯一覆盖率
1	运营单位监管*~应急方式*~反应速度*~决策偏好*~公信力	0.258	0.194	1
2	~运营单位监管*风险感知*~应急方式*反应速度*~公信力*应急制度	0.129	0.065	1
3	~运营单位监管*风险感知*应急方式*反应速度*决策偏好*公信力*应急制度	0.258	0.258	1
4	运营单位监管*风险感知*~应急方式*~决策偏好*~公信力*应急制度	0.129	0	1
5	风险感知*~应急方式*反应速度*~决策偏好*~公信力*应急制度	0.129	0	1
总体一致性:1		总体覆盖率:0.710		

位监管*风险感知*应急方式*反应速度*决策偏好*公信力*应急制度。除了运营单位监管这一条件变量之外,其他六个条件变量在这一类风险因素中均有所体现,故称为综合因素型风险,反映了当前特大城市基础设施体量庞大、系统复杂的风险环境特点)。综合因素型风险模式中,各因素之间相互关联相互影响,存在直接或间接的灾害链。风险感知具有风险链诱发性,在综合因素型风险中,这一条件变量对于预防风险的发生具有重要作用。对于人口密集、基础设施复杂的特大城市来说,政府的风险感知能力越强,越能够及时采取预防措施、制订应急预案,减少或阻断风险链的进一步发展。政府对风险事件的反应速度不仅影响应急方式,同时影响风险演化的程度。若政府反应迅速,一般能够主动积极应对风险,防止基础设施系统关联风险进一步扩散;相反,若政府各级各部门反应过慢,在风险已经升级为严重事件时才采取行动,在这种情况下,当地只能被动地应对风险,错失最佳应急时机,导致风险不断扩大。政府部门的反应速度和应急方式会影响其公信力,如果公众对政府的应急管理能力失去信心,可能会形成一个恶性循环,加剧风险的负面影响。此外,政府的决策偏好对其应急方式、风险感知以及应急制度的建立有显著影响。在科学的决策偏好影响下,政府部门会重视气象部门

的预报,增强关联风险意识,提前准备应急预案。当决策偏好过于严格地依赖法律法规规章制度时,可能导致政府部门在面对风险时的应急方式缺乏必要的灵活性。基础设施风险事件的突发性和关联性要求政府部门具备韧性治理思维,能够根据实时风险态势变化及时调整应急策略。而倾向于经验决策偏好的政府部门,往往依赖历史经验而忽视科学预警数据的重要性,很可能会导致对风险的误判。从20个案例的分析结果来看,政府各级各部门对基础设施关联风险的感知能力、反应速度以及应急方式是影响关联风险的重要因素。其中,风险感知因素最为关键,其决定了政府的反应速度和应急方式,这一点,2021年郑州地铁五号线“7·20”事件是一个明显的例证。综上所述,对于特大城市来说,综合因素型风险在基础设施系统关联风险演化过程中扮演重要的角色,对基础设施关联风险的发生及演化能够产生显著影响。因此,政府部门在基础设施建设和管理过程中要树立韧性治理思维和系统思维,提升城市治理效能。

(三)稳健性检验

梳理借鉴不同稳健性检验方法及对应指标^[32],本文重新对一致性指标进行了调整,由之前的0.8调整为0.85,参考文宏和李风山的研究^[33],得出调整后的分析结果如表7所示。从表



7可见,条件变量的路径依旧有5个,总体的一致性水平为1,覆盖率为0.710。再次进行布尔最小化运算,得出的组态结果均与原结果保持一致,并且在总体的一致性和覆盖率也与原结果保持一致,说明本文的稳健性检验结果较好,研究结果是可靠的。

五、结论及政策建议

(一)研究结论

本文运用模糊集定性比较分析方法,从政府管理行为的角度,探究导致特大城市基础设施系统关联风险演化的影响因素,旨在明确导致结果生成关键条件变量及其组合情况,明晰相关条件变量之间的有效联系,寻求有效应对特大城市基础设施风险的综合治理策略。

第一,政府的管理行为对于城市基础设施系统关联风险形成演化具有重要的影响。本文通过内容分析构建“监管执行—应急能力—主体行为—制度规范”四个维度的理论分析框架,设定运营单位监管、风险感知、反应速度、应急方式、决策偏好、公信力、应急制度七个条件变量。分析证明,任何单一条件变量均不能直接导致结果变量的产生,多因素组合共同作用导致风险的形成及演化。此外,风险感知和应急制度是导致系统关联风险演化为不可容忍风险的充分条件变量,且在所有的组合路径中处于核心位置。因此,需要重点关注这两个条件变量以及与其他条件变量关联的逻辑机制。

第二,通过所有路径的组合分析,本文将特大城市基础设施系统运行过程中面临的风险因素分为三种类型,分别是监管不力型风险、制度失灵型风险和综合因素型风险。这三类风险因素的分析结果表明:(1)政府应加强对基础设施运营单位的全周期监管,提高对风险事件在不

同阶段中的反应速度,以及做好灾害后期处理与恢复工作。(2)政府有关部门需严格执行风险预警和应急管理制度,提高制度的实操性。(3)建立完善的城市基础设施系统关联风险治理体系,增强韧性治理。

第三,公信力变量在其他路径和构型中主要以反值出现,在综合因素型风险中以正值出现,这一结果表明,在风险治理过程中,政府的公信力具有较强的因子关联性,能够影响应急管理全过程和应急管理效果。公信力反映了公众对政府的信任度,公信力的高低和政府应急管理水平高下及应急能力大小息息相关。随着公众参与社会治理的意愿不断提高,社会力量在应对基础设施关联风险中发挥更加重要的作用。在应急管理中,政府应重视公信力提升,力戒形式主义、官僚主义和经验主义,主动回应公众关切,提高舆情应对处置水平,打造多元共治的社会安全治理新格局。

本文所分析的主体性影响因素以静态结果呈现,并将政府应急管理体系确认为影响城市基础设施系统的关联风险演化的关键因素,为后续的动态演化分析提供输入变量;所归纳的路径构型三种模式也可为日后具体的案例分析提供理论指导,使案例仿真结果更加契合风险因素的因果逻辑关系。

(二)政策建议

第一,坚持人民至上的核心理念,以“时时放心不下”的责任感和如履薄冰的紧迫感,切实抓好城市基础设施安全运行工作。坚持“一个目标、三个不怕、四个宁可”^⑩的指导思想开展重大基础设施风险治理,强化风险意识,增强风险感知能力应对复合性、系统性和不确定性的风险与灾害,提高基础设施风险监测预警预判能力和科学决策能力,推动韧性城市可持续发展。

第二,推动城市管理模式从“重投资建设、

轻运营维护”到“精细化、长效化”发展转变,定期开展城市体检,并将体检结果作为城市更新的重要依据。落实基础设施“全生命周期”管理,完善各类基础设施的定期结构性检测和安全巡查制度。借鉴《国际基础设施管理手册》,加强对基础设施的运维监管,实施系统性基础设施资产管理^[34],科学编制重要基础设施运维资金预算和更新升级规划。

第三,健全现代化基础设施体系建设,推进传统基础设施数字化改造,完善新型基础设施融合利用机制。未来,城市风险不仅仅局限于传统的物理空间和物理形态,且呈现出复合型、融合性、衍生性等特征。对于传统基础设施,通过信息化、数字化、智能化改造增强其安全性和稳定性。对于融合设施,落实“三同步”(同步规划、同步建设、同步使用)建设要求,突出安全治理协同融合,做好融合应用中的信息安全、数据安全和系统安全。对于数字基础设施,把网络安全作为关键,确保核心技术、产品和服务的网络安全,建立安全自主可控的安全体系。

第四,聚焦应急能力建设,实现从“灾后处理”向“灾前预备”的策略转变^[35]。建设智慧应急管理体系,完善风险预警制度和预案实施制度,落实制度执行机制,把灾害预警作为科学决策的主要依据。建设好“一网统管”基础设施监管平台,发挥数字化技术在监测预警、隐患排查、风险处置等方面的作用。树立智慧韧性理念,探索“数字孪生+城市生命线”创新策略,拓展城市基础设施安全运行的数字化应用场景。

第五,树立韧性城市理念,培育社会韧性。一是增强基础设施韧性,确保足够的安全冗余。二是增强基础设施抗风险的稳健性、适应性、恢复性。做好关键基础设施的战略备份,确保在遭受重大风险冲击时,基础设施仍能维持城市的基本运转。三是夯实社区韧性,加强社区居

民风险防范意识和灾害自救能力。四是充分利用社会力量,加强政府与专业社会组织之间的合作,弥补政府在资源和能力上的不足,提升城市治理效能。五是积极学习先进风险治理理念和方法,增强政府在基础设施风险治理方面的包容性和学习力。决策层干部应加强学习,不断提升应对复杂环境变化的能力和水平。

参考文献:

- [1] Y. Khalil, “A Novel Probabilistically Timed Dynamic Model for Physical Security Attack Scenarios on Critical Infrastructures” [J], *Process Safety and Environmental Protection*, 2016, 102: 473–484.
- [2] Pierre Gehl, Francesco Cavalieri and Paolo Franchin, “Approximate Bayesian Network Formulation for the Rapid Loss Assessment of Real-world Infrastructure Systems” [J], *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, 177: 80–93.
- [3] 王文和、董传富、刘林精、李凤:《基于贝叶斯网络的城市地下燃气管网动态风险分析》[J],《中国安全生产科学技术》2019年第5期,第55–62页。
- [4] David Rehak, Pavel Senovsky, Martin Hromada, Tomas Lovecek and Petr Novotny, “Cascading Impact Assessment in a Critical Infrastructure System” [J], *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 2018, 22: 125–138.
- [5] 王春雪、吕淑然:《城市燃气管道泄漏致灾混合概率风险评估研究》[J],《中国安全科学学报》2016年第12期,第146–151页。
- [6] Hernandez-Fajardo and Dueas-Osorio L, “Probabilistic Study of Cascading Failures in Complex Interdependent Lifeline Systems” [J], *Reliability Engineering & System Safety*, 2013, 1: 260–272.
- [7] 王元明:《公共基础设施不可操作风险传递效应分析》[J],《重庆大学学报(社会科学版)》2014年第5期,第64–69页。
- [8] Chloe Johansen Applegate and Iris Tien, “Framework for Probabilistic Vulnerability Analysis of Interdependent



- Infrastructure Systems”[J], *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2019, 1: 04018058.
- [9] 索玮岚、陈发动、张磊:《考虑多重关联性和动态随机性的城市关键基础设施运行风险概率评估研究》[J],《管理工程学报》2021年第5期,第225-235页。
- [10] Campbell J M, “Safety, hazard and Risk Identification and Management in Infrastructure Management: A project Overview”[D], Doctor of Philosophy, School of Engineering and Electronics of The University of Edinburgh, May 2008.
- [11] Enrico Cagno, Massimiliano De Ambroggi, Ottavio Grande and Paolo Trucco, “Risk Analysis of Underground Infrastructures in Urban Areas” [J], *Reliability Engineering and System Safety*, 2011, 96(1): 139-148.
- [12] 索玮岚、陈锐:《考虑复杂关联情境的城市典型生命线运行风险因素识别方法研究》[J],《中国管理科学》2014年第8期,第130-140页。
- [13] 杨玉锋、张华兵、程万洲、朱丽叶、苏娟:《城市燃气管道系统风险因素分析》[J],《煤气与热力》2014年第10期,第15-19页。
- [14] 何艳玲、周寒:《基础设施风险:城市风险的空间化》[J],《学海》2021年第5期,第64-71页。
- [15] 孙仁金、邱坤、马杰:《我国城市燃气市场的竞争格局与对策》[J],《天然气工业》2009年第7期,第116-118页。
- [16] 李威:《城市基础设施建设安全监管的失效与理性回归》[J],《上海城市管理职业技术学院学报》2009年第4期,第73-76页。
- [17] 马文亮:《环保设施安全监管研究》[J],《化工设计通讯》2021年第5期,第176-177页。
- [18] 马光红、吴怡:《基础设施工程安全监管演化博弈分析——基于前景理论视角》[J],《数学的实践与认识》2020年第19期,第40-55页。
- [19] 黄永、余廉:《城市生命线系统应急能力:一个基于韧性理论的分析框架》[J],《城市观察》2023年第5期,第123-134页。
- [20] 陈潭、严艳:《城市生命线管理的理论命题与实践范式》[J],《浙江学刊》2020年第2期,第88-96页。
- [21] 陈振明:《政策科学》[M], 中国人民大学出版社, 1998年。
- [22] 阎卫东、丁春雷:《城市基础设施韧性研究综述》[J],《施工技术(中英文)》2022年第21期,第1-5、43页。
- [23] 颜烨:《迈向应急社会心理学:风险感知与正性应对》[J],《学术交流》2022年第2期,第143-155页。
- [24] 童星、张海波:《基于中国问题的灾害管理分析框架》[J],《中国社会科学》2010年第1期,第132-146页。
- [25] 温志强、付美佳:《基层应急治理能力提升:类型、梗阻与策略——基于“主体—情境—技术”分析框架》[J],《上海行政学院学报》2024年第3期,第28-38页。
- [26] 孙太保、杨苏:《基于Stem法的考虑决策者偏好的突发事件应急物资调度的研究》[J],《辽宁工业大学学报(自然科学版)》2022年第1期,第1-6、11页。
- [27] 杨林凯:《突发性公共危机事件中政府公信力建构研究》[J],《中国应急管理科学》2020年第3期,44-50页。
- [28] 杨彤彤、王海威:《应急管理制度化建构的理论逻辑、历史逻辑和实践逻辑》[J],《理论导刊》2021年第5期,第85-91页。
- [29] Ansell C, Boin A & Kuipers S, “Institutional Crisis and the Policy Agenda” [A], in *Handbook of Public Policy Agenda Setting*, Nikolaos Zahariadis. (ed.), Edward Elgar Publishing, 2016.
- [30] Axel Marx and Adrian Dusa, “Crisp-Set Qualitative Comparative Analysis (csQCA), Contradictions and Consistency Benchmarks for Model Specification”[J], *Methodological Innovations Online*, 2011, 6(2): 103-148.
- [31] 同[21]。
- [32] Nicolas Legewie, “Anchored Calibration: From Qualitative Data to Fuzzy Sets” [J], *Forum Qualitative Social Research*, 2017, 18(3).
- [33] 文宏、李风山:《组态视角下大气环境政策执行偏差的生成机理与典型模式——基于61个案例的模糊集定性比较分析》[J],《中国地质大学学报(社会科学版)》2021年第5期,第70-81页。
- [34] 刘志:《略论城市公共基础设施资产管理》[J],《城市观察》2023年第5期,第151-164页。
- [35] 同[19]。



gfwj/2016/201604/t20160429_242834.shtml, 访问日期:

2024年9月16日。

⑦此处单一基础设施系统是指,首先受到外部风险干扰的基础设施系统。

⑧此处两类基础设施系统是指,最初受到外部风险干扰的基础设施系统,以及由最初受到外部风险干扰的基础设施系统连锁影响的另一基础设施系统。

⑨此处三类及以上基础设施系统是指,最初受到外部风险干扰的基础设施系统,以及受其连锁影响的其他相关的两类及以上基础设施系统。

⑩资料来源:中共浙江省委宣传部、中共浙江省委党校:《“八八战略”百法百例》[M],浙江人民出版社,2023年,第186页。“一个目标”是“不死人、少伤人、少损失”,“三个不怕”是“不怕‘兴师动众’,不怕‘劳民伤财’,不怕‘十防九空’,“四个宁可”是“宁可十防九空,不能万一失防;宁可事前听骂声,不可事后听哭声;宁可信其有,不可信其无;宁可信其重,不可信其轻”。

作者简介:杨雪锋,浙江财经大学公共管理学院教授。魏双双,浙江财经大学公共管理学院硕士研究生。

责任编辑:刘颖

注释:

①2003年8月14日,美国东北部部分地区以及加拿大东部地区出现大范围停电,这是北美历史上最大范围的停电,在加拿大受影响的人群大约有1000万(占三分之一的人口);在美国受影响的人群大约有4000万。

②2008年1月至2月期间,国内部分地区尤其南方地区发生大范围低温雨雪冰冻灾害,此次受灾强度大、持续时间长。

③经国务院灾害调查小组调查认定,河南郑州“7·20”特大暴雨灾害是一场因极端暴雨导致严重城市内涝、河流洪水、山洪滑坡等多灾并发,造成重大人员伤亡和财产损失的特别重大自然灾害,这次特大暴雨灾害共造成河南全省16个市150个县(市、区)1478.6万人受灾,直接经济损失1200.6亿元。

④习近平:《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》[M],人民出版社,2022年。

⑤“一案”是指制订修订应急预案;“三制”是指建立健全应急的体制、机制和法制。

⑥《国务院安委会办公室关于印发标本兼治遏制重特大事故工作指南的通知》(安委办〔2016〕3号)[EB/OL],2016年4月29日,<https://www.mem.gov.cn/gk/gwgg/agwzlf/>