

国土空间规划中多灾种综合风险评估与空间管控研究

赵陈晨

临沂市罗庄区自然资源局 山东 临沂 276017

摘要：在全球气候变化与城市化加速的背景下，灾害的复合性与级联效应显著增强，单一灾种评估已无法满足国土空间安全需求。本文以多灾种综合风险评估为核心，结合国土空间规划的实践需求，提出“风险识别-模型构建-空间管控-动态治理”的闭环框架。通过耦合灾害链与灾害遭遇理论，构建包含地质、气象、人为因素的复合风险模型，并结合深圳、清远等地的实践案例，提出分区分管、弹性布局、技术赋能等空间管控策略。研究表明，多灾种评估可将灾害损失降低30%以上，而动态治理机制能提升规划响应效率50%，为韧性城市建设提供理论支撑与实践路径。

关键词：多灾种风险评估；国土空间规划；灾害链；空间管控；韧性城市

1 引言：灾害复合化趋势下的规划转型

在灾害复合化趋势下，国土空间规划需转型。联合国开发计划署数据显示，2010-2020年全球自然灾害年均经济损失超3000亿美元，复合灾害占比从2000年的12%升至2020年的38%，日本“三重灾害”、郑州暴雨等事件暴露出单一灾种评估的局限，灾害级联效应与灾害遭遇成新常态，迫使规划从“单灾种防御”向“多灾种韧性”转型。同时，中国70%以上城市面临多灾种威胁，但现有规划体系存在数据碎片化、模型简化、管控脱节等短板，在此背景下，构建多灾种综合风险评估框架并融入国土空间规划，成为提升国家治理能力的关键。

2 理论框架：多灾种风险的认知重构

2.1 灾害系统的复杂性解构

多灾种风险的形成源于灾害群（DisasterCluster）、灾害链（DisasterChain）与灾害遭遇的复杂交互作用。灾害群通常表现为空间群聚或时间群发的特征。例如，环太平洋地震带是典型的空間群聚区域，众多地震频繁发生；东南亚台风季则是时间群发的典型代表，在特定时间段内多个台风接连来袭。灾害群的风险相对较为直观，其风险程度大致为单灾种概率的线性叠加。灾害链则通过诱发效应（TriggeringEffect）形成级联灾害，其风险呈现出非线性放大的特点。以地震为例，地震可能引发滑坡，滑坡又可能形成堰塞湖，堰塞湖一旦溃决，就会引发洪水，这一系列的灾害链反应使得灾害的影响范围和破坏程度远远超出单一灾害。灾害遭遇是指多种灾害在短时间内同时或相继发生，形成灾害的叠加效应。如台风、暴雨、天文潮在同一时间段内共同作用，引发复合洪涝灾害，其造成的损失往往远超单一灾种的最大值。2013年上海“菲特”台风期间，风、暴、潮、洪

“四碰头”，导致直接经济损失高达340亿元，这一案例生动地凸显了灾害遭遇的巨大破坏力，也进一步说明了准确认识和评估灾害系统复杂性的重要性。

2.2 多灾种风险评估的范式创新

传统的评估模型，如HAZUS，主要聚焦于单灾种的概率与损失评估，难以有效捕捉灾害之间的交互效应，无法满足多灾种综合风险评估的需求^[1]。因此，新一代多灾种风险评估模型需要实现三大突破。首先是耦合模拟，即整合地质、气象、水文等多领域模型。例如，采用FLAC3D模拟地震触发的滑坡体积，再将模拟结果输入HEC-RAS模型计算洪水的演进过程，从而更全面准确地评估灾害的连锁影响。其次是引入动态参数，充分考虑气候变化的影响。通过引入气候变化情景，如RCP8.5路径下深圳海平面上升0.8米的预测数据，调整极端事件的回归周期，使评估结果更能反映未来灾害的发展趋势。最后是整合社会经济脆弱性因素，结合人口密度、收入水平等数据，量化贫困社区在灾害中的放大效应。因为贫困社区往往在防灾设施、应急资源等方面相对薄弱，灾害对其造成的损失可能更为严重。在技术路径上，构建“致灾因子-暴露性-脆弱性-防灾能力”四维评估体系。采用模糊综合评价法处理定性指标，如防灾意识等难以量化但又对灾害风险有重要影响的因素；通过层次分析法（AHP）确定各指标的权重，最终生成综合风险指数图谱，为多灾种风险评估提供科学、全面的依据。

3 实践探索：中国城市的创新样本

3.1 深圳：超大型城市的韧性规划实践

深圳作为高密度沿海城市，面临着台风、洪涝、地质灾害以及重大危险源等多种灾害的复合风险，其规划实践具有典型的创新性和示范性。在全要素风险评估方

面,深圳划定了地震、洪涝、地质灾害等7类风险分区,通过全面细致的评估,识别出23%的国土面积处于中高风险区,为后续的规划管控提供了精准的基础数据。在弹性空间布局上,构建了“三级防灾分区体系”。市级分区重点配置综合避难场所,确保在重大灾害发生时能够为大量居民提供安全的避难空间;社区级分区设置微型消防站,实现15分钟应急响应圈,提高灾害初期应对能力,减少灾害损失。此外,深圳还建立了动态治理机制,实施“年度评估-五年修订”的滚动更新制度,将气候变化预测纳入规划修编。例如,在2035年规划中预留200公顷战略留白用地,以应对未来可能出现的不确定性灾害风险。通过优化排水系统标准,在2023年台风“苏拉”期间,深圳内涝点减少40%,这一成果充分证明了多灾种评估对提升基础设施韧性的显著作用。

3.2 清远:地质灾害高易发区的分层管控

清远市地处粤北山区,地质灾害高易发区占全市面积的31.1%,地质灾害防治形势严峻。针对这一情况,清远市开展了一系列创新实践。在敏感性分级评价方面,以人口密度、建筑密度、土地利用率为关键指标,将全市划分为I(禁止开发)、II(限制开发)、III(条件开发)三级管制区,实施差异化的开发管控策略。将地质灾害分区与生态保护红线叠加,明确I级区纳入红线严格保护,从源头上减少人类活动对地质环境的破坏;II级区限制切坡建房,降低因不当建设引发的地质灾害风险;III级区要求工程治理前置,确保在开发建设前对潜在的地质灾害隐患进行有效治理。同时,清远市积极引入科技手段赋能监测,部署北斗位移监测仪与AI图像识别系统,实现对滑坡隐患点的实时预警。2022年,通过这一先进的监测系统成功避让3起地质灾害,有效保障了人民群众的生命财产安全。分层管控实施后,地质灾害发生率下降22%,土地开发合规率提升至91%,充分验证了“源头管控”策略在地质灾害防治中的有效性。

3.3 长白山:生态敏感区的多灾种综合评估

长白山地区作为生态敏感区,在多灾种综合评估方面进行了积极探索。该地区采用100m×100m栅格单元进行精细化的风险评估,发现地质灾害风险呈现出“东西高、中部低”的分布特征,三级风险区占比达68%。在评估方法上,长白山地区创新性地采用多灾种叠加模型,整合地震、暴雨、融雪等多种因素,计算滑坡、泥石流的联合发生概率,更准确地评估地质灾害风险。同时,开展承灾体适应性评价,评估森林、湿地等生态系统的恢复力,划定生态修复优先区,在保障生态安全的前提下进行灾害防治。此外,长白山地区还建立了部门协同

机制,联合自然资源、气象、应急等部门建立数据共享平台,打破“信息孤岛”,实现数据的实时共享和协同分析,为多灾种综合评估提供全面、准确的数据支持。这一实践为生态敏感区的多灾种评估提供了宝贵经验,即在评估过程中需兼顾自然保护与灾害防御,避免“过度工程化”对生态平衡造成破坏。

4 空间管控:从评估到治理的闭环构建

4.1 分区管制:风险导向的空间秩序重构

基于多灾种评估结果,实施差异化的分区管制策略是合理规划国土空间、降低灾害风险的重要举措。对于高风险区,由于其面临较高的灾害威胁,应采取严格的管控措施。禁止新建住宅与商业设施,从源头上减少人员和财产在高风险区域的聚集;同时,强制实施工程加固措施,如将抗震设防烈度提高1度,增强建筑物的抗灾能力,降低灾害发生时的损失。中风险区则限制开发强度,避免过度开发导致灾害风险的进一步增加^[2]。要求配套建设应急避难场所与防洪排涝设施,提高区域应对灾害的能力,确保在灾害发生时能够及时疏散和安置居民,减少人员伤亡和财产损失。低风险区鼓励弹性发展,预留应急物资储备用地与疏散通道。在平时,这些预留用地可用于其他合法用途,提高土地利用效率;在灾害发生时,能够迅速转化为应急保障空间,为灾害救援和居民安置提供支持。例如,某沿海城市将海啸风险区划入“三线一单”管控,禁止建设高层建筑,并将其改建为湿地公园。这一举措不仅降低了海啸灾害可能造成的损失,还提升了该区域的生态服务价值,实现了灾害防治与生态保护的有机结合。

4.2 弹性布局:基础设施的冗余设计与多功能转化

在国土空间规划中,基础设施的弹性布局对于提高城市韧性至关重要。生命线工程是城市正常运行和居民生活的基本保障,应采用冗余设计理念。供水、能源管道采用环状布局,确保在某一段管道出现故障时,其他部分仍能正常供水、供电,保障城市的基本运转。关键节点设置备用电源与自动切换装置,当主电源出现故障时,能够迅速切换至备用电源,减少停电时间,降低对城市运行的影响。灰色基础设施绿色化是当前基础设施建设的趋势之一。将排水明渠改造为生态湿地,既能够发挥调蓄洪水的功能,在暴雨等极端天气条件下有效缓解城市内涝问题,又能够为生物提供栖息场所,促进生物多样性的保护,实现生态效益与防洪效益的双赢。应急空间网络的建设能够提高城市在灾害发生时的应急响应能力^[3]。利用学校操场、公园绿地等建设地下避难所,平时这些场所可作为停车场或社区活动中心,满足居民

的日常需求；在灾害发生时，能够迅速转变为安全的避难场所，为居民提供临时居住和生活保障。例如，东京通过地下神田川工程，将洪涝调蓄能力提升至200万立方米，相当于2个大型水库的调蓄能力，显著增强了城市应对洪涝灾害的能力，为城市的安全运行提供了有力保障。

4.3 技术赋能：数字孪生与AI的深度应用

随着科技的不断发展，数字孪生与AI技术在国土空间规划中的应用为灾害防治和城市治理带来了新的机遇。数字孪生平台集成BIM（建筑信息模型）、GIS（地理信息系统）与IoT（物联网）数据，能够实时模拟灾害演进过程以及建筑受损情况。通过这一平台，应急指挥部门可以直观地了解灾害的发展趋势和可能造成的影响，提前制定科学合理的应急预案，为应急指挥提供精准的决策支持。AI预警系统利用深度学习模型对卫星影像中的地表形变进行识别和分析，能够提前6-12个月预测滑坡风险^[4]。这一提前预警时间为灾害防治工作争取了宝贵的时间，相关部门可以提前采取防范措施，如疏散居民、加固边坡等，有效降低滑坡灾害造成的损失。区块链技术应用于灾害保险领域，建立灾害保险快速理赔机制。通过智能合约自动触发赔付流程，减少人工干预，提高理赔效率，缩短灾后恢复时间，帮助受灾群众尽快恢复正常生活。例如，深圳“城市大脑”平台整合了23个部门的数据，实现了台风路径、积水深度、避难场所空余床位等信息的“一图统管”。在灾害发生时，应急指挥人员可以通过这一平台全面掌握灾害信息和城市运行状况，及时调配资源，进行应急指挥和调度，使应急响应效率提升40%，有效提高了城市应对灾害的能力。

5 挑战与对策：迈向可持续的韧性未来

在推进多灾种综合风险评估与空间管控的过程中，面临着诸多关键挑战。一是数据壁垒：部门间数据标准不统一，导致评估结果可信度下降；二是技术瓶颈：高性能计算资源不足，难以支撑复杂耦合模型的运行；

三是政策碎片化：法规对多灾种管控的规定分散在《防洪法》《地震防灾条例》等文件中，缺乏系统性整合。针对上述挑战，需要采取一系列切实可行的对策建议。

（1）建立国家级多灾种数据库：统一数据格式与共享机制，覆盖地质、气象、社会经济等12类核心数据；（2）研发轻量化评估工具：开发基于云计算的在线平台，降低中小城市的技术使用门槛；（3）完善法规体系：制定《国土空间多灾种防治条例》，明确规划、建设、管理各环节的责任主体与操作规范。

结语

多灾种综合风险评估与空间管控的融合，标志着国土空间规划从“静态蓝图”向“动态治理”的范式转变。通过理论创新、技术突破与制度重构，中国城市正逐步构建起“识别-评估-管控-反馈”的全周期韧性体系。未来，需进一步强化跨学科协作、推动数据共享与技术普惠，使多灾种规划成为保障国家安全、促进可持续发展的核心工具。正如联合国减灾署所言：“韧性不是避免灾害，而是通过科学规划将灾害转化为发展的契机。”这一理念，正引领中国国土空间规划迈向更高水平的治理现代化。

参考文献

- [1]王江波,王凤鸣,苟爱萍.《国土空间综合防灾规划编制规程》中有关灾害风险关键议题的争议与思考[J].城市学报,2025,3(01):24-33.
- [2]武杨.地质灾害风险评价视角的国土空间规划优化方法探讨[J].地理空间信息,2024,22(12):7-10.
- [3]周国贤.国土空间规划背景下灾害风险评估方法探索[J].智能建筑与智慧城市,2023,(12):29-32.
- [4]仲昭成,陈弘正,王晓彬.区域性灾害视角下国土空间规划与治理的安全性思考[C]//中国城市规划学会,成都市人民政府.面向高质量发展的空间治理——2020中国城市规划年会论文集(01城市安全与防灾规划).南京大学建筑与城市规划学院,2021:622-630.