

滨水建筑生态韧性设计策略研究

郭嘉琪

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北 武汉 430014

摘要: 为提升滨水建筑应对环境扰动的适应能力,本文以生态韧性理论为支撑,系统分析自然环境、社会经济、政策技术等影响因素,从场地规划、建筑单体、水系统等多维度提出设计策略,探讨数字孪生、NbS等未来发展方向。研究表明,构建“生态-建筑-水系统”协同的韧性体系是关键,可为滨水建筑生态韧性设计提供理论参考与实践指引,助力实现滨水区域可持续发展。

关键词: 滨水建筑;生态韧性;适应性设计

引言:全球气候变化背景下,滨水区域洪水、风暴等灾害频发,传统滨水建筑设计难以适配动态环境挑战。生态韧性理念为解决滨水建筑生态安全与可持续发展问题提供新路径。本文立足滨水建筑设计实践,梳理生态韧性理论核心内涵,剖析设计影响因素,探索科学可行的设计策略及未来发展方向,对提升滨水建筑抗扰能力、优化滨水空间生态格局具有重要现实意义。

1 生态韧性理论的核心内涵

生态韧性理论核心内涵在于系统应对内外扰动时的适应、恢复与转型能力,打破传统“稳定平衡”认知,强调系统在动态变化中维持核心功能的特性。其核心要义包含三个维度:一是抵抗能力,即系统在洪水、风暴等外部扰动冲击下,避免核心功能受损的基础能力;二是恢复能力,指系统受损后快速调整状态、恢复核心服务的效率;三是转型能力,即当原有系统结构难以适应环境变化时,主动重构组织形态以实现更优发展的潜能^[1]。该理论强调生态系统与人类社会系统的协同共生,在滨水场景中,更注重水-岸-建筑系统的耦合协调,要求设计打破单一功能导向,构建具备自我调节、风险缓冲的复合系统。同时,生态韧性理论还蕴含“过程性”与“整体性”思维,既关注扰动发生后的应对机制,也重视日常系统韧性的培育,通过要素优化组合提升系统抗扰阈值,为滨水建筑设计提供“适应-进化”的核心逻辑。

2 滨水建筑生态韧性设计的影响因素分析

2.1 自然环境因素

自然环境因素是滨水建筑生态韧性设计的基础制约与核心依托,直接决定设计方案的可行性与有效性。水文条件是核心影响因子,包括水位涨落规律、水流速度、洪水淹没范围与频率等,直接主导场地规划与建筑防洪标准的确定,若忽视水文动态特性,易导致建筑在极端水文事件中受损。气候特征同样关键,气温变化、降水分

布、风暴潮频率等因素,影响建筑围护结构设计、通风采光策略及能源消耗模式,如高温高湿地区需强化防潮散热,风暴频发区域需提升建筑结构抗风能力。地质与生态基底也不可忽视,土壤承载力、地基稳定性关乎建筑结构安全,而滨水湿地、植被群落等生态资源,既是韧性系统的缓冲屏障,也为生态修复设计提供载体。生态系统的完整性与连通性影响场地的自我净化与调节能力,单一化的生态基底会降低系统抗扰韧性,因此自然环境因素的精准研判是滨水建筑生态韧性设计的前提。

2.2 社会经济因素

社会经济因素通过资源供给、需求导向与治理模式,深刻影响滨水建筑生态韧性设计的实施效果与可持续性。人口分布与社会结构是核心变量,滨水区域人口密度、居民生活习惯决定建筑功能布局与公共空间配置,高密度聚居区需强化公共韧性设施建设,保障灾害发生时的疏散与安置需求。经济发展水平直接制约韧性设计的资源投入,充足的资金支持可为绿色建材应用、智慧监测系统搭建等提供保障,而经济薄弱区域则需探索低成本、易维护的韧性技术方案。土地利用政策与产权关系影响场地开发模式,合理的土地规划可避免过度开发导致的生态破坏,协调建筑建设与生态保护的矛盾^[2]。同时社区参与度与公众韧性意识至关重要,公众对灾害风险的认知与应对能力,直接影响韧性设计措施的落地效果,通过科普宣传与社区共治,可提升居民对韧性设施的维护积极性,形成“设计-实施-维护”的良性循环,增强滨水建筑韧性系统的社会支撑。

2.3 政策与技术因素

政策与技术因素为滨水建筑生态韧性设计提供制度保障与实施路径,是韧性理念落地的关键支撑。政策层面,相关法律法规与规划标准明确设计的底线要求,如防洪标准、生态红线划定、环保排放标准等,规范滨水

建筑的开发强度与技术方向。政府的激励政策与资金支持,可引导市场主体参与韧性设计,推动绿色建筑、生态修复等相关产业发展,降低韧性设计的实施成本。技术因素则决定韧性设计的实现深度,新型建筑材料的研发与应用,如高强抗腐蚀材料、透水铺装材料等,提升建筑结构与场地的抗扰能力;生态修复技术、水资源调控技术等,为场地生态系统的韧性提升提供技术手段。另外,跨学科技术融合趋势明显,建筑、水利、生态、信息技术等领域的协同创新,推动韧性设计从单一技术应用向系统集成升级,而技术标准的完善与推广,则保障了韧性技术应用的规范性与可靠性,为滨水建筑生态韧性设计提供稳定的技术支撑体系。

3 滨水建筑生态韧性设计策略

3.1 场地规划与空间布局

场地规划与空间布局是滨水建筑生态韧性设计的首要环节,核心在于构建“风险缓冲-功能复合-交通联动”的空间体系。基于水文地质勘察结果,合理划分风险等级区域,将核心功能建筑布置在高地势、低风险区域,在滨水缓冲带设置生态湿地、透水广场等弹性空间,削弱洪水冲击并滞留雨水。采用“分层布局”模式,临近水岸区域以生态修复与公共休闲功能为主,避免高强度开发,通过植被群落与地形塑造形成自然缓冲屏障。优化场地交通网络,构建“多路径、抗灾型”疏散通道,保障灾害发生时的人员疏散与物资运输畅通,同时强化滨水区域与城市核心区的交通联动,提升场地的可达性与救援效率。注重空间的复合利用与弹性适配,设计可转换功能的公共空间,如平时作为休闲广场、汛期作为临时蓄洪或疏散场地,通过空间功能的灵活切换提升场地韧性。此外,需保持场地生态系统的连通性,预留生态廊道,促进水陆生态要素的交流,实现场地开发与生态保护的协同发展。

3.2 建筑单体设计

建筑单体设计需以“抗扰-适应-节能”为核心,结合滨水环境特性优化结构形式与功能配置。结构设计方面,采用抗腐蚀、抗风载、抗洪水冲击的高强轻质材料,提升建筑主体结构的稳定性,对于易受洪水淹没的底层空间,采用可淹没式设计,选用耐水性能优良的构件与装修材料,减少洪水浸泡造成的损失。建筑形态设计顺应场地自然条件,采用流线型造型削弱风暴潮冲击,合理控制建筑高度与体量,避免遮挡滨水通风廊道,同时利用挑檐、遮阳板等构件优化微气候,降低建筑能耗。功能布局上,采用“竖向分层”策略,将重要功能空间与设备机房布置在洪水淹没标高以上,底层设置弹性功

能区,如架空层作为公共通道、临时蓄洪空间或生态景观区。强化建筑的被动式设计,通过自然通风、采光优化、保温隔热等措施,提升建筑的能源自给能力,减少对外部能源系统的依赖,同时结合绿色屋顶、垂直绿化等设计,增强建筑的生态缓冲能力,实现建筑单体与滨水环境的和谐共生。

3.3 水系统适应性设计

水系统适应性设计是滨水建筑生态韧性的核心内容,旨在实现“御洪-滞水-净水-节水”的全流程水管理。防洪设计采用“主动防御+被动适应”结合的策略,在场地周边设置生态护岸、防洪堤等工程措施,同时利用地形塑造下沉式绿地、蓄水池等海绵设施,滞留并缓释雨水,降低洪水峰值。构建多级净水系统,通过滨水湿地、人工湿地、生物滞留池等设施,净化场地径流与周边水体,提升水资源质量,同时为水生生物提供栖息地,增强水生生态系统的稳定性^[3]。推行水资源循环利用模式,收集雨水用于场地绿化灌溉、道路冲洗与建筑非饮用水,设置中水处理系统,将生活污水处理后回用,减少对市政供水系统的依赖。针对滨水区域水位波动特性,设计弹性水岸空间,采用可调节挡水设施、生态浮岛等技术,适应不同水位条件下的水岸生态功能需求,建立水系统预警机制,通过监测水位、水质变化,及时调整水系统运行策略,提升水系统的适应韧性。

3.4 能源与资源循环

能源与资源循环设计旨在构建“自给自足-循环利用-低碳环保”的滨水建筑系统,降低对外部资源的依赖,提升系统的可持续韧性。能源利用方面,优先开发利用可再生能源,结合滨水区域丰富的太阳能、风能、水能资源,安装太阳能光伏板、小型风力发电机、水力发电装置等,构建分布式能源供应系统,保障建筑基本能源需求,尤其是在灾害发生时的能源自给。资源循环方面,推行“减量化、再利用、资源化”原则,建筑材料选用可降解、可回收的绿色建材,减少建材生产过程中的环境负荷;设置建筑垃圾、生活垃圾分类回收与处理设施,将废弃物转化为再生资源,如建筑垃圾粉碎后用于场地铺装材料,厨余垃圾经发酵处理后作为绿化肥料。优化建筑设备系统,采用高效节能的空调、照明设备,提升能源利用效率,通过余热回收技术,将工业余热或建筑排风余热回收利用,降低能源消耗。另外,构建资源循环管理体系,通过数字化手段监测能源与资源的消耗、循环情况,优化资源配置,实现能源与资源的高效循环利用,提升滨水建筑的低碳韧性。

3.5 智慧化监测与管理

智慧化监测与管理通过信息技术与建筑系统的深度融合,实现滨水建筑韧性状态的实时感知、精准研判与高效调控,是提升韧性管理效率的关键。构建全方位监测网络,在场地、建筑、水系统等关键区域布设传感器,实时监测水位、水质、风速、建筑结构应力、能源消耗等核心指标,实现对灾害风险与系统运行状态的全面感知。利用大数据、人工智能等技术,对监测数据进行分析处理,建立风险预警模型,提前预判洪水、风暴等灾害的发生趋势,为应急响应提供决策支持。搭建智慧化管理平台,整合监测、预警、调度、维护等功能,实现对建筑系统的全生命周期管理,在日常运行中优化资源配置,提升管理效率;在灾害发生时,自动启动应急响应机制,调控韧性设施运行,如开启挡水设施、启动备用能源系统、引导人员疏散等。推动管理平台与城市智慧管理系统的互联互通,实现信息共享与协同调度,提升滨水建筑与城市系统的联动韧性,保障系统在各类扰动下的稳定运行。

4 未来方向

4.1 数字孪生技术在滨水建筑韧性评估中的应用

数字孪生技术在滨水建筑韧性评估中的应用,将推动韧性评估从“经验判断”向“精准量化”转型,成为未来滨水建筑韧性设计的重要发展方向。该技术通过构建物理实体与虚拟模型的实时映射,实现对滨水建筑系统全生命周期的动态模拟与精准监测。在韧性评估中,可基于数字孪生模型,模拟不同灾害场景(如不同强度洪水、风暴潮)下建筑结构、水系统、能源系统的响应状态,量化分析系统的抵抗能力、恢复能力与转型能力,精准识别韧性薄弱环节。通过虚拟仿真技术,可对不同韧性设计方案进行对比分析,优化设计参数,提升设计方案的科学性与针对性。数字孪生技术可实现灾害发生后的实时模拟与应急推演,为救援调度与系统恢复提供精准指导,提升应急响应效率^[4]。未来,随着技术的不断成熟,数字孪生技术将与物联网、大数据、人工智能等技术深度融合,构建“感知-模拟-评估-优化”的闭环体系,实现滨水建筑韧性评估的智能化、动态化与精准化,为韧性设计的持续优化提供技术支撑。

4.2 基于自然的解决方案(NbS)的深化研究

基于自然的解决方案(NbS)的深化研究,将进一步强化滨水建筑生态韧性设计的生态导向,推动人与自然共生理念的深度落地。NbS以自然生态系统的功能为核心,通过保护、修复或模拟自然生态系统,提升滨水区域的韧性水平,其深化研究将聚焦三个方向:一是技术体系的完善,深入研究不同滨水场景下NbS技术的适配性,如不同水文条件下生态护岸、湿地修复技术的优化组合,提升技术应用的针对性与有效性;二是多效益协同机制的探索,NbS不仅具备生态韧性提升功能,还兼具生态保护、景观营造、碳汇等多重效益,未来需深入研究多效益协同的实现路径,实现生态、经济、社会效益的统一;三是长效管理机制的构建,探索NbS项目的全生命周期管理模式,解决技术应用中的维护、运营等问题,保障其长期稳定发挥韧性作用。此外,NbS的深化研究还将加强跨学科协同,整合生态学、水利工程、建筑设计等多领域知识,推动NbS与传统工程技术的融合创新,为滨水建筑生态韧性设计提供更具生态性与可持续性的解决方案。

结束语

本文系统构建了滨水建筑生态韧性设计的理论框架与实践策略,明确了多影响因素的作用机制及多维度设计路径。研究成果为滨水建筑生态韧性设计提供了系统性参考,有助于推动滨水区域建筑与生态环境的协同共生。未来可进一步深化数字孪生、NbS等技术的实践应用,持续完善韧性设计体系,为城市滨水区域高质量发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]李洪澄,达周才让,孙晨,等.蓝绿空间下滨水绿地生态问题及修复方法探析[J].建设科技,2023,(04):6-9.
- [2]冯海蓉,冯莉,黄帆,等.滨水居民区蓝绿空间协同降温效应——以南京市为例[J].生态学报,2025,45(09):4171-4183.
- [3]陈志远.城市滨水区生态景观设计的路径探索[J].城市规划学刊,2022,46(3):78-85.
- [4]周文斌,高静.滨水空间亲水性与生态系统协调机制研究[J].生态学报,2021,41(12):4567-4575.