飓风之眼下的隐忧：现行规范或低估高层建筑真实风险

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/40570.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

飓风之眼下的隐忧：现行规范或低估高层建筑真实风险。随着气候变化加剧，沿海城市高层建筑面临日益严峻的飓风威胁。如2023年飓风奥蒂斯袭击墨西哥阿卡普尔科时，实测持续风速达270km/h，远超当地规范设定的200年重现期风速（130km/h），凸显了现行设计规范的局限性。流体粘滞阻尼器作为一种有效的被动控制装置，可显著提升建筑抗风能力，但其在真实飓风条件下的概率性能仍缺乏系统研究。

近日，墨西哥蒙特雷大学Iv á n F. HUERGO团队在ENGINEERING Structure and Civil Engineering期刊上发表了题为Probabilistic assessment of high-rise buildings with fluid viscous dampers under hurricane wind loads的研究论文。该研究通过百万次蒙特卡罗模拟首次揭示：将飓风简化为普通非热带风暴会严重高估流体粘滞阻尼器的减振效果，且现行规范因忽略飓风特有的超梯度风剖面和低频湍流能量，可能存在显著的安全盲区。

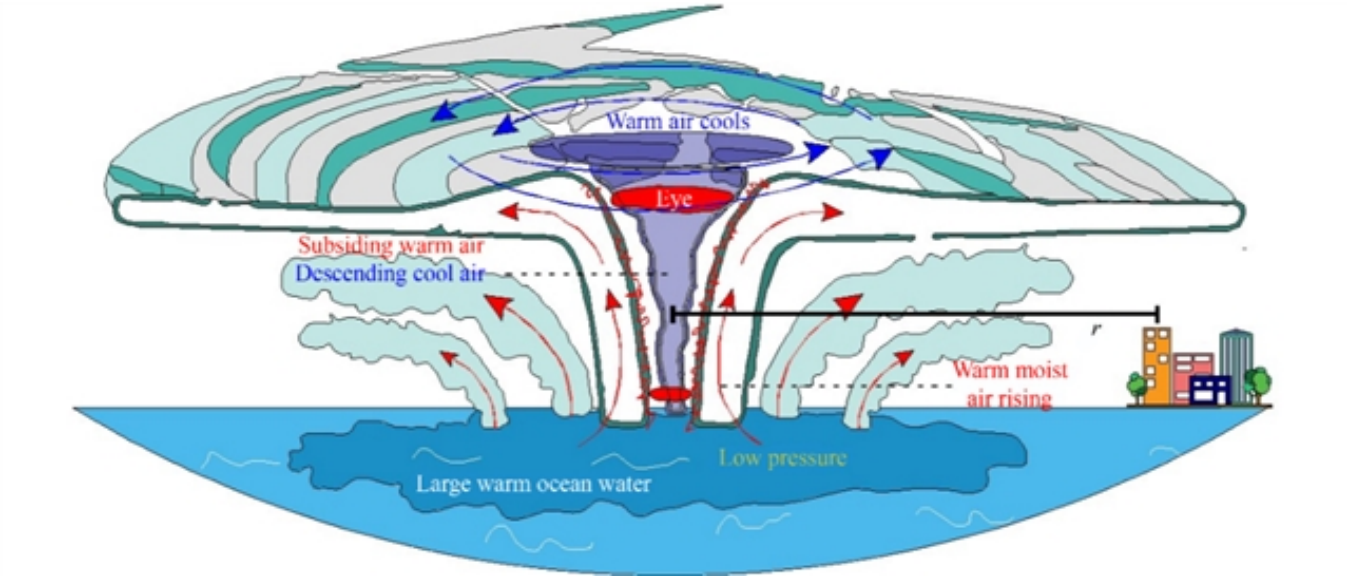


图1.登陆飓风示意图。

超梯度与低频能量：被忽视的两大自然威胁

当前风荷载设计规范面临两大核心挑战。其一，规范中使用的标准风剖面（如对数律或幂律）无

法准确描述飓风边界层的超梯度特征——即在眼墙附近，近地面切向风速可能超过高层风速，这种现象在强飓风中尤为显著。其二，规范通常基于非热带风暴的湍流谱模型，而实际飓风的湍流能量在低频段远高于非热带风暴，这可能导致对高层建筑振动的严重低估。此外，流体粘滞阻尼器的非线性特性（速度指数 β 通常小于1）与传统线性阻尼假设之间存在差距，如何在高维不确定性的概率框架下准确评估其减振效果，是工程界亟待解决的难题。

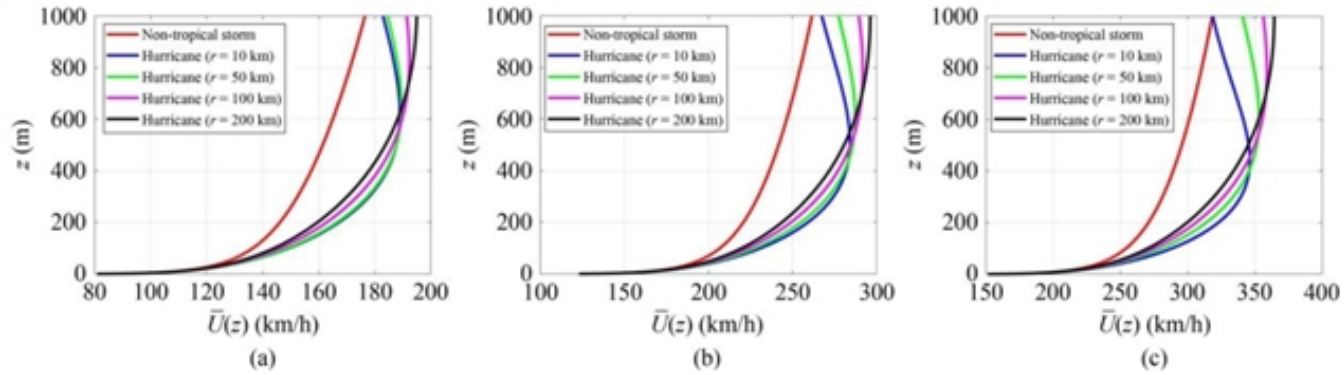


图2.墨西哥坎昆10分钟平均时距下的平均风速：非热带风暴与登陆飓风对比:（a）10年一遇风；（b）50年一遇风；（c）200年一遇风。

百万次模拟揭示的真相：风型决定阻尼器真实效能

研究团队开展了一项前所未有的大规模概率评估：基于258米高的60层基准建筑，考虑弯曲主导（C1，α=2.95）和剪切主导（C2，α=10）两种抗侧力体系，在非热带风暴和三种热带气旋径向距离（50、100、200 km）下，通过100万次蒙特卡罗模拟和增量动力分析，系统评估了流体粘滞阻尼器的性能。关键突破包括：首次揭示了飓风风型会使响应相关性显著增强（Spearman秩相关系数远高于非热带风暴），且阻尼器的存在会将双变量依赖结构从具有尾部相关性的Frank/Gumbel Copula转变为对称的Gaussian Copula；发现将飓风简化为非热带风暴会高估阻尼器的有效性——无阻尼器建筑在非热带风暴假设下的易损性曲线，竟与有阻尼器建筑在真实飓风下的曲线相似；还定量证明非线性阻尼器（β=0.5）的所需阻尼系数随风速增大而增加，且摩擦型阻尼器（β→0）效率最高。

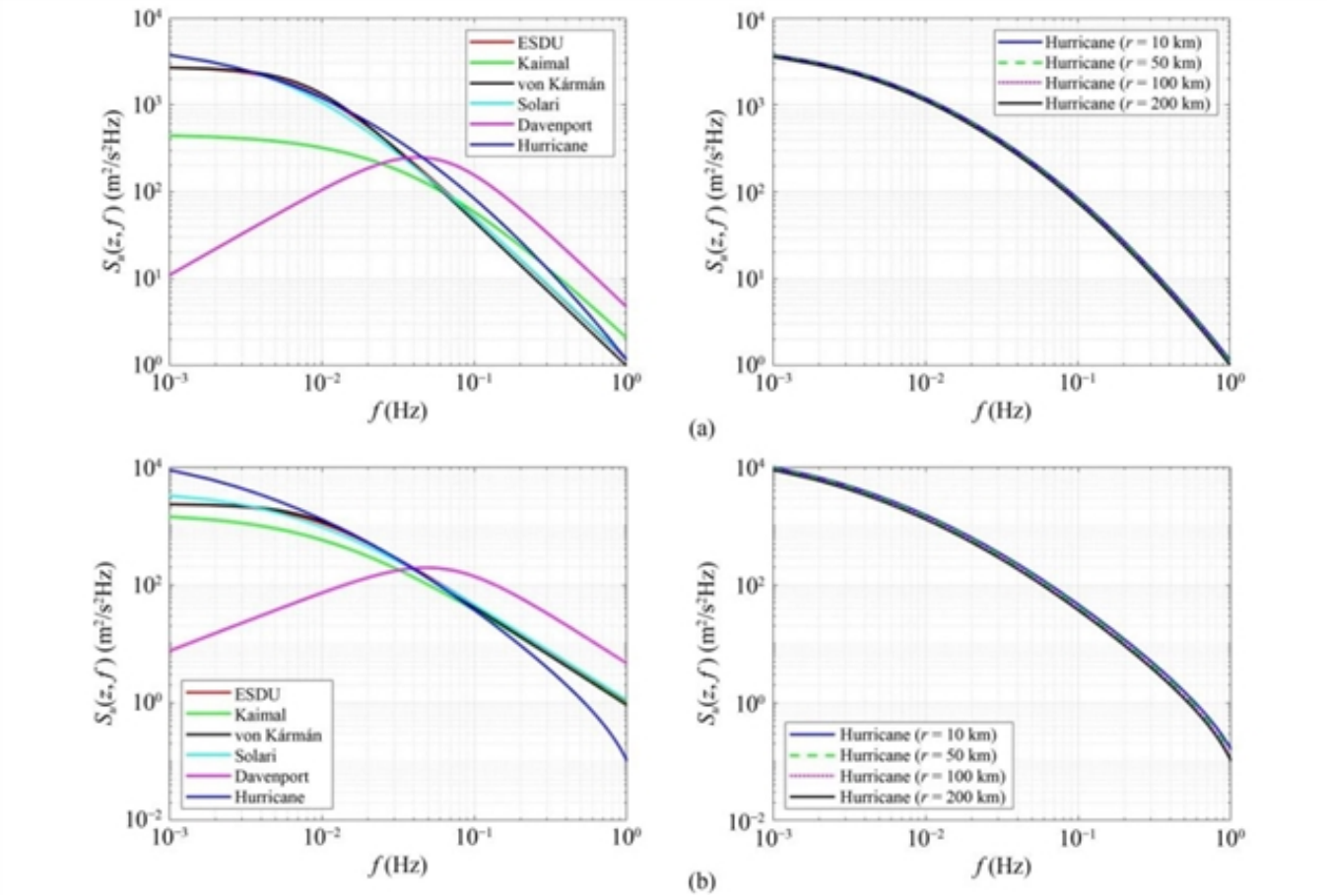


图3.墨西哥坎昆200年一遇风在10分钟平均时距下的功率谱密度函数:（a）z=10m处非热带风暴与登陆飓风对比；（b）z=200m处非热带风暴与登陆飓风对比。

从规范修订到韧性城市：应对极端台风的必由之路

本研究直接回应了关键产业痛点：沿海城市群聚集了大量超高层建筑群，而现行《建筑结构荷载规范》对台风边界层的超梯度特性和低频湍流能量谱的描述尚不完善。研究明确指出：若继续沿用基于非热带风暴的简化风模型，可能导致阻尼器减振效率被高估30%以上，进而造成极端台风事件下的结构安全冗余不足。研究成果为规范修订提供了定量依据——建议纳入Snaiki-Wu型飓风剖面和Yu型台风功率谱，并针对非线性流体粘滞阻尼器引入概率设计流程。这不仅能降低沿海高层建筑在超强台风下的功能丧失风险（如电梯停运、幕墙脱落、人员不适），还可避免盲目提高刚度带来的巨大建造成本。该工作为从灾害应对向风险韧性转变的基础设施防灾策略，提供了关键的技术路径和科学支撑。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：https://journal.hep.com.cn/fsce/EN/10.1007/s11709-026-1285-9

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：Iv á n F. HUERGO 来源：《工程 · 结构与土木工程》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发