

# 告别震后瘫痪！AI赋能自复位桥梁，抗震性能大幅提升

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40199.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！

告别震后瘫痪！AI赋能自复位桥梁，抗震性能大幅提升。研究背景

传统的延性抗震钢筋混凝土桥墩设计范式，虽然能够有效防止地震作用下结构倒塌，但会导致震后修缮难度大、工程投入高，极易引发区域交通长时间中断，造成高额社会经济损失。

过去几十年来，桥梁抗震设计目标已从主要防止倒塌逐步转向为震后快速恢复通行、保障路网连续运行的功能韧性建设。在这一设计理念的演进下，自复位摇摆桥墩的研发代表了桥梁工程领域的一项变革性进展。

近日，ENGINEERING Structure and Civil Engineering期刊发表了题为Toward efficient multi-objective seismic design optimization of self-centering bridges using machine learning的最新成果，提出了一种系统化自复位摇摆桥梁优化框架。

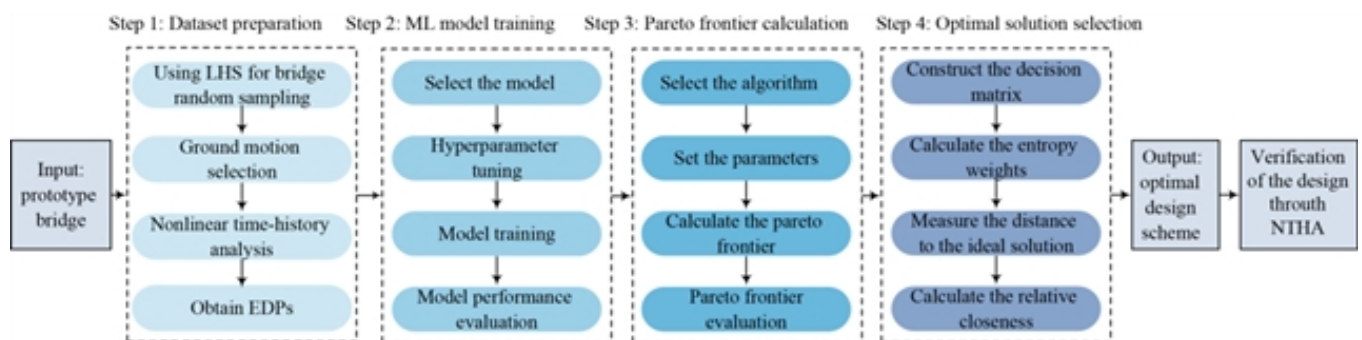


图1.自复位摇摆桥梁的优化框架。

## 研究挑战

自复位摇摆桥墩因其震后残余变形小、修复便捷、通行恢复速度快等特点，已成为提升桥梁系统抗震韧性的重要方案。然而，该结构非线性特征突出，多项设计参数相互制约、彼此关联，难以在整个桥梁体系中实现所有桥墩间的抗震性能均衡适配。

目前，该研究领域仍存在三大核心短板：针对异构自复位摇摆桥梁缺乏系统级的、多桥墩协同匹配策略；传统分析方式依赖高保真非线性时程分析的迭代优化，计算成本过高；对于代理模型和

多目标优化器的选用，缺乏统一的评判标准和透明度。

### 研究突破

研究组立足重大交通工程抗震减灾实际需求，力求补齐行业技术研究短板，在三个方面实现了核心技术创新：开发了一种系统级多目标优化方法，能够协调多组摇摆桥墩的设计参数，从而解决被忽视的墩间动力相互作用问题；集成机器学习代理模型以显著提高优化效率，从而克服传统基于有限元评估的计算瓶颈；对多目标优化算法进行全面评估和选择，为类似摇摆桥设计问题中的算法选择建立可靠依据。

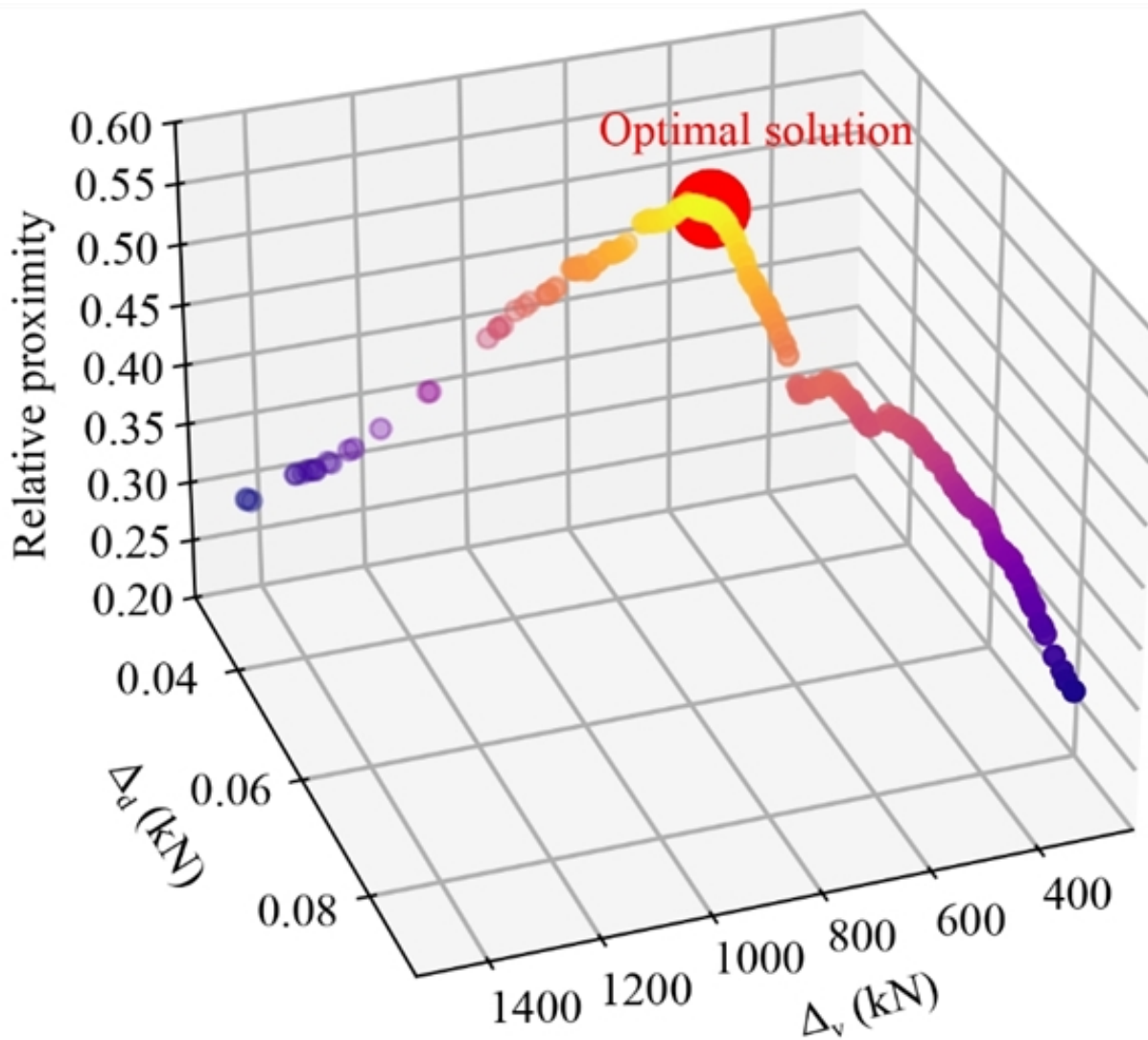


图2.帕累托前沿解的相对接近度。

研究组提出了一种面向系统的自复位摇摆桥梁优化框架。该框架集成了基于机器学习的代理模型，显著加速了优化过程。通过对一座四跨自复位摇摆桥梁进行详细案例分析，验证了该框架的适用性与有效性。

该研究得出多项关键性的实证结论：在六种机器学习模型中，极限梯度提升（XGB）模型对桥梁基底剪力和桥墩横向位移两类目标地震响应指标的预测精度最优。用基于XGB的代理模型替代有

限元模拟，在保障设计精度不变的前提下，整体计算效率最高可提升92%。经多维度指标综合测评，在四种多目标优化算法中，NSGA-II算法在摇摆桥梁优化中表现最为稳健。所提出的多目标优化框架有效实现了自复位桥梁中各桥墩之间的性能平衡。与优化前的原型桥梁相比，优化后的摇摆桥梁各墩之间剪力变异性降低了52.3%，位移差异减小了19.0%。

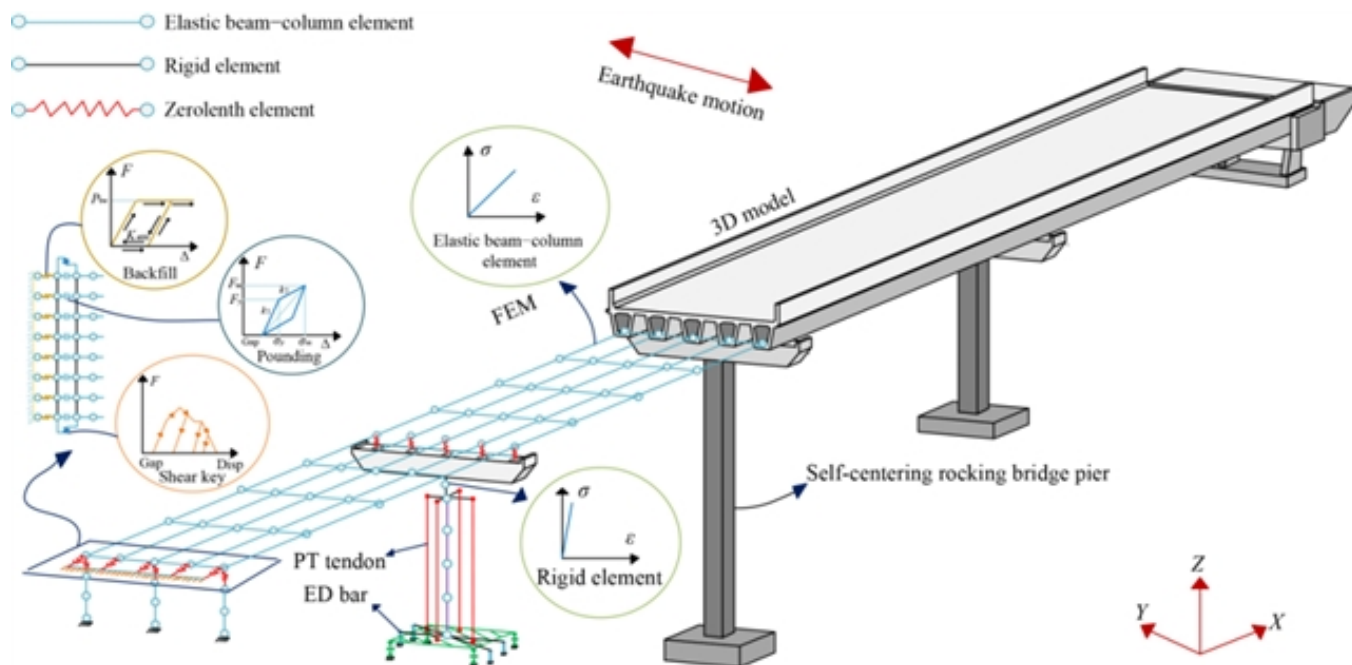


图3.摇摆桥的有限元模拟和三维模型。

### 成果应用与前景

此次科研成果落地，深度契合交通强国、城市基础设施安全韧性提升的国家重大发展战略。依托智能算法赋能桥梁抗震设计，既大幅压缩交通基建抗震设计周期、降低工程研发成本，又全方位优化了桥梁整体抗震防灾综合性能，为我国高原、地震带等高危区域干线公路、城际桥梁建设提供全新技术路径。

未来的研究将把该优化框架扩展到不同的桥梁构型和结构类型中，从而评估机器学习模型在不同工程场景下的泛化能力。同时将全生命周期性能指标纳入优化过程，进一步完善桥梁抗震韧性综合评估体系，为完善国家综合防灾减灾基础设施网络筑牢坚实技术根基。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fsce/EN/10.1007/s11709-026-1294-8>

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事宜，请与我们联系。

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](http://www.iikx.com)转发