

人工智能辅助设计教学在本科抗震课程中的探索

肖水晶

中国矿业大学(北京)力学与土木工程学院, 北京

收稿日期: 2026年8月18日; 录用日期: 2026年9月17日; 发布日期: 2026年9月24日

摘要

结构抗震原理课程长期面临两大教学困境: 一是结构抗震机理复杂, 实体结构振动台试验昂贵, 学生难以通过实际震动联系复杂机理; 其二, 2024年版《建筑抗震设计标准》局部修订发布后, 教材内容与现行规范存在系统性脱节。本文提出以人工智能辅助设计教学为核心, 从“振动台虚拟仿真实验的人工智能实时指导”和“新规范知识的AI辅助更新”两个维度推进课程改革。通过人工智能辅助, 可以在课堂中更高效直观地展示结构件的抗震机理, 帮助学生理解教材中的重难点问题, 并与标准中的计算方法和构造措施进行逻辑链串联。

关键词

结构抗震原理, 人工智能辅助教学, 振动台模拟, 规范更新, 教学改革

Exploration of AI-Assisted Design Teaching in Undergraduate Earthquake-Resistant Courses

Shuijing Xiao

School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing

Received: August 18, 2026; accepted: September 17, 2026; published: September 24, 2026

Abstract

The course Principles of Structural Seismic Resistance has long confronted two major teaching dilemmas. First, the seismic resistance mechanisms of structures are intricate, and physical shaking table tests are costly, making it difficult for students to correlate complex mechanisms with real

文章引用: 肖水晶. 人工智能辅助设计教学在本科抗震课程中的探索[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 1644-1651.

DOI: 10.12677/ae.2026.1692066

seismic vibration. Second, following the issuance of partial revisions to the 2024 edition of the Standard for Seismic Design of Buildings, systematic discrepancies exist between textbook contents and the current code. Centered on AI-aided design teaching, this paper proposes curriculum reforms from two perspectives: real-time AI guidance for virtual simulation experiments of shaking tables and AI-assisted updating of knowledge aligned with the new code. With AI assistance, the seismic mechanisms of structural components can be demonstrated more efficiently and intuitively in class, enabling students to grasp key and difficult points in textbooks, and establishing logical connections with calculation methods and structural detailing requirements specified in the standard.

Keywords

Principles of Structural Seismic Resistance, AI-Assisted Teaching, Shaking Table Simulation, Code Update, Teaching Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是一个地震多发国家，结构抗震设计尤为重要。结构抗震原理作为土木工程专业的核心课程，其教学质量直接关系到未来工程师的抗震设计能力[1]。然而，近年来这门课面临两个日益突出的问题：一是实践环节薄弱，真实的地震模拟振动台实验设备昂贵、场地受限，多数高校无法开展实体实验[2] [3]；二是教材更新滞后于规范修订——2024 年住房和城乡建设部发布了《建筑抗震设计标准》GB 50011-2010 (2024 年版)¹局部修订条文，教材内容与现行规范条文之间出现了差异[4]。

这两个问题叠加，导致学生学到的可能是“过时的规范”和“纸上谈兵的理论”。如何在不增加硬件投入的前提下提升实验教学覆盖度，同时确保教学内容与最新规范同步，成为当前抗震课程教改亟需解决的现实课题。

人工智能技术的快速发展为上述问题提供了新的解决思路。近年来，“AI+ 课程”已在多所高校的土木工程课程中落地——齐鲁理工学院的《建筑结构抗震》课程已在“抗震概念设计”等模块中引入 AI 辅助参数梳理与个性化反馈[5]；福建理工大学的《建筑结构抗震设计》入选 2024~2025 学年校级“AI+ 课程”特色课程[6]。这些实践表明，AI 辅助教学正在从理念走向落地，但如何将 AI 技术与抗震课程的独特痛点(实验不足、规范更新)深度结合，仍缺乏系统的教改研究。

本文基于课程教学实践，探索 AI 辅助设计教学在本科抗震课程中的应用路径，重点解决振动台实验教学的“可及性”问题和规范更新的“时效性”问题，帮助学生直观理解结构件抗震机理，激发学生深入学习的兴趣。

2. 教学痛点分析

2.1. 振动台实验：不可逆、不可及的教学困境

结构抗震本是实验性很强的课程。振动台实验能直观展示不同结构形式、不同设防条件、不同地震强度下结构的地震响应，是学生建立“抗震直觉”的关键环节。然而，真实振动台设备投入动辄数百万，且实验过程具有不可逆性，一旦加载，结构损坏即不可恢复，学生无法“试错”或“重来”。

¹<https://www.soujianzhu.cn/NormAndRules/NormContent.aspx?id=272>

这种“一次性的高成本实验”决定了它只能作为演示，无法成为学生可反复操作的训练环节。这就导致无法让没有设计基础的学生进行结构的设计，学生只能体验试验现场加载，学生看一次演示，记住的是“振倒了”或“没振倒”的结果，而对实验设计、参数设置、数据采集与分析等核心环节缺乏亲身参与，难以形成深度学习。

2.2. 规范更新：教材无法回避的“时效性困境”

抗震课程的一个特殊性在于：它与工程建设规范高度绑定。教学内容的正确性直接取决于对现行规范的准确传达。2024 年，住建部发布了《建筑抗震设计标准》GB 50011-2010 (2024 年版)局部修订条文，涉及设防分类、地震作用计算、构造措施等多处调整。与此同时，《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB 55002-2021)²作为强制性工程建设规范，与设计标准之间存在衔接与协调的问题。

然而，教材修订周期通常为 5 年。这意味着在此期间，教师授课时需要在教材内容与最新规范之间不断“打补丁”，告诉学生“教材上这个条文已废止”、“那个参数应按新规范取值”。这种教学方式既增加了认知负担，也容易造成学生的混淆与困惑。

3. AI 辅助设计教学的改革路径

针对上述两个痛点，本文基于已有教具，提出“AI 辅助 + 知识梳理”和“AI 辅助 + 试验设计 + 有限元模拟”的改革思路。

3.1. “AI 辅助 + 知识梳理”教学改革

为了帮助学生更好地理解生硬的知识，借助 AI 梳理知识点，先对整个课程的内容交给 AI (输入关键词为：本科生结构抗震设计内容流程图)自动生成课程知识图谱，再结合教学大纲对课程要求进行调整(借助 Xmind 工具)，如图 1 所示。对于厚厚的课本和繁多的知识点，AI 仅需 2 分钟完成梳理，效率极高，可以把更多的时间留给老师思考如何把逻辑交给学生。在课堂上，老师借助 AI 辅助自动生成的课程知识图谱给学生先串联整个课程的重要知识点，让学生对结构抗震设计是怎么实现有个概念，了解课程的最终目标就是“让设计的结构在地震下不倒塌”，这样他们就会在课程的学习中思考如何实现这个目标，达到激发学生自主学习动力的效果。

在对每一章节的内容进行讲解时，先借助 AI 对该章节的几个重要知识点进行归纳，然后借助 draw.io 绘成流程图并调整相关内容，列出本章具体知识点内容并串联起其与其他章节的知识点。图 2 给出了在讲解《结构抗震原理》课程第 4 章时的示范案例，可以看出，AI 梳理后把地震作用(第 1、3 章)、地震分析方法(第 5、6、7 章)和结构响应(第 8 章)串起来了，学生不再是脱节地去学习单个的知识点；而是在学地震作用的时候就会去思考“为什么学？后期哪些地方要用”，在学地震分析的时候就会思考“为什么会有地震作用？会造成什么样的影响”。这样的知识串联可以让学生从“死记硬背”中抽离出来，学得更轻松，更愿意学。

实践教学中，依托课程知识逻辑图谱(图 1)开展教学，在整体图谱讲解阶段，按章节系统梳理课程对应的规范更新要点，使学生宏观掌握全课程的知识更新内容；在逐章知识点逻辑拆解教学过程中，针对性突出各章节的规范修订与知识迭代内容。该教学模式可实现课程教学内容与现行工程规范的动态同步更新，有效弥补教材内容滞后于规范更新的短板，规避学生因教材旧内容与现行规范存在差异而产生的认知冲突与知识混淆问题，保障学生所学知识的准确性、规范性与工程适用性。

²<https://www.soujianzhu.cn/NormAndRules/NormContent.aspx?id=494>

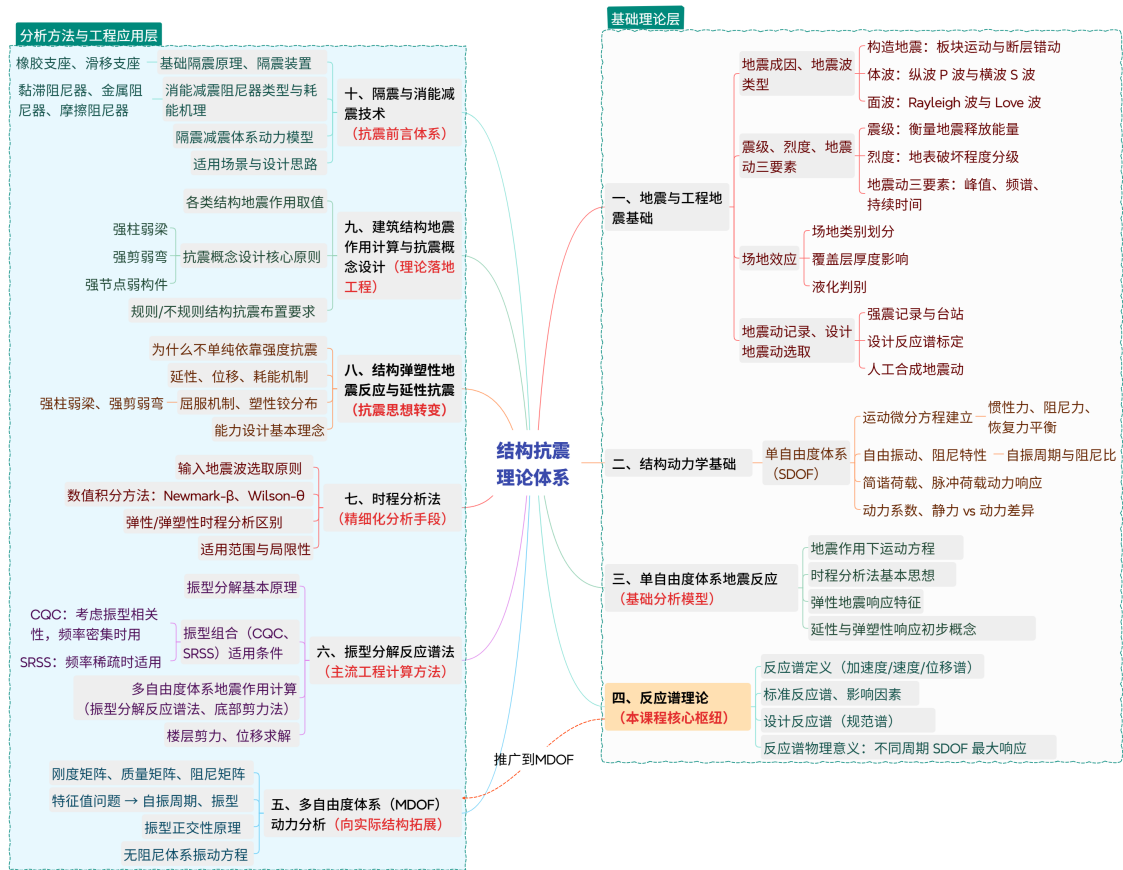


Figure 1. AI-assisted automatically-generated curriculum knowledge graph
图 1. AI 辅助自动生成的课程知识图谱

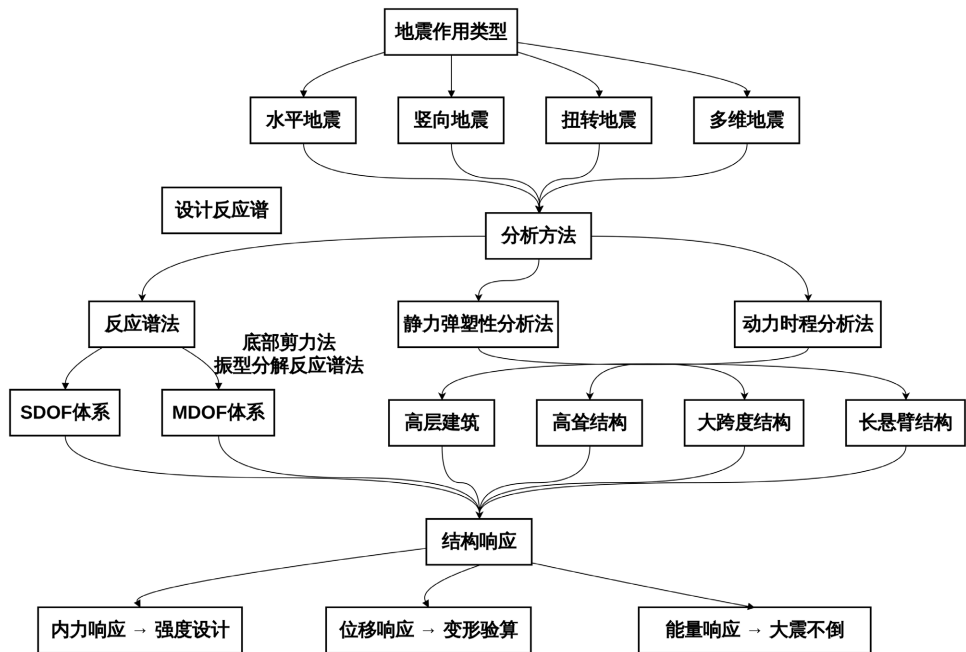


Figure 2. AI-assisted logical sorting of chapter knowledge points
图 2. AI 辅助生成的章节知识点逻辑梳理

以上方案已在 2025~2026 学年第 2 学期的本科抗震课程中开展实践,可以发现,在借助图 1 和图 2 给学生进行梳理时,学生课堂专注度与学习参与度显著提升;在课后,学生会主动和老师沟通在图中不同知识点的关联,学生反馈深刻体会到了“为什么学”、“学了有什么用”,积极性有明显提升。在期末考试中对教材更新内容的考察发现,学生对于更新内容的准确度很高,实现了教材与规范内容同步更新的目标。

3.2. “AI 辅助 + 试验设计 + 有限元模拟”教学改革

试验设计 + 有限元模拟是学生认识结构抗震的重要手段,如何将课本知识与实际工程结合,是理论知识落地的重要途径。因此,在课程理论知识完成 60%后要求学生在一框架结构进行试设计,并开展有限元模拟;完成设计和模拟后,开展模型制作和试验。

图 3 给出了 AI 辅助自动生成的框架结构设计流程图,学生借助 AI 生成的设计流程,基于课程知识能完成选型、荷载计算和地震作用计算,对于这对于运用理论知识具有重要意义。在这个过程中,不仅锻炼了学生运用本课程知识点的能力,还需要关联其他课程知识的应用(钢筋混凝土结构基本原理、结构力学、高层建筑结构设计等)。由于课程课时有限,本课程仅实践到地震作用计算,为了让学生熟悉地震加载和验算,在完成选型和地震作用计算后直接要求学生进行有限元建模(弹性)和验算。有限元建模重点关注地震波的选择和输入,这样可以让学生深入思考,地震波不同于其他荷载,它是一种间接作用。

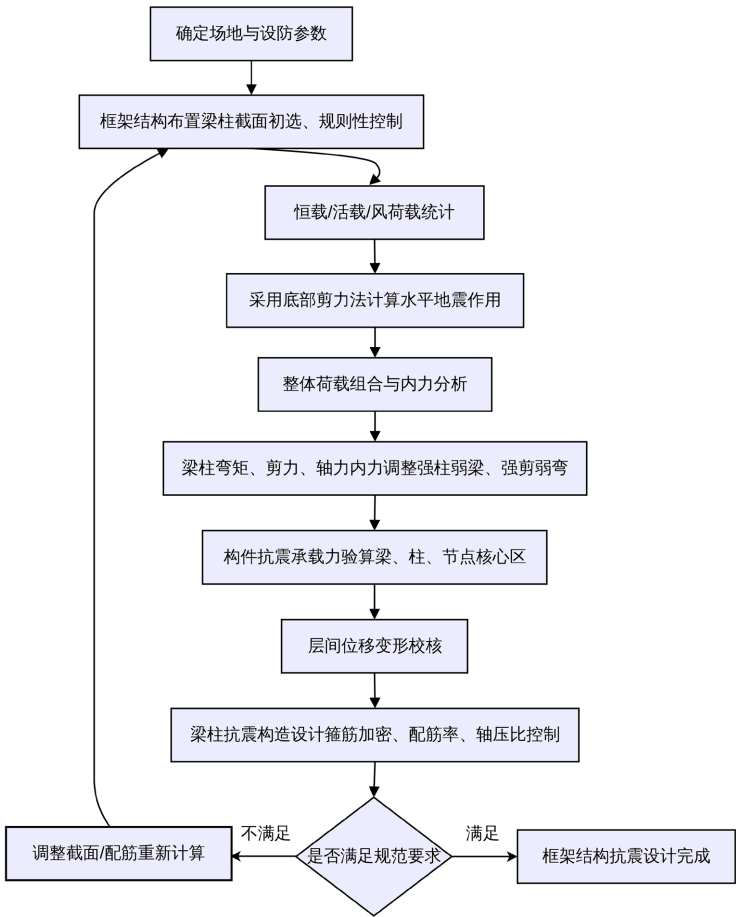


Figure 3. AI-assisted automatically-generated flowchart for frame-structure design
图 3. AI 辅助自动生成的框架结构设计流程图

图4给出了地震下水平方向的加速度时程曲线。学生需要借助工具去获得加速度与时间的关系曲线,这样就能深刻理解地震作用是怎么影响结构。在理论计算时,只学习了最大地震作用的计算,但在整个推导时地震的影响是随时间变化;通过实践仿真与完整设计流程训练,可有效弥补单一理论教学的局限性,让学生直观体会地震响应全过程、动态化、时变特性的真实规律,深刻完成从“静态极值理论计算”到“真实动态工程响应”的认知跃迁,切实体会专业学习从理论简化假设到工程实际真实状态的转化过程,打通理论学习与工程实际之间的认知壁垒。

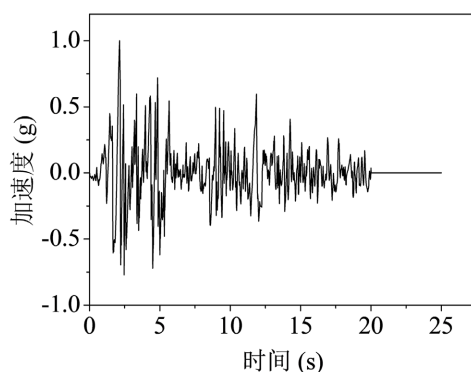


Figure 4. Seismic acceleration time-history curve
图4. 地震加速度时程曲线

对于探究能力较强的学生,可以进一步开展框架结构的弹塑性时程分析,获得结构在地震下的失效模式,深入探究地震会给结构带来怎样的危害,如图5所示。实践教学中,仅很少部分学生愿意继续开展这部分工作,但该类内容最贴合结构地震响应的真实工作机理,是抗震研究与工程精细化设计的核心内容。因此,亟需进一步优化完善该模块的实践教学体系,丰富实践内容、降低探究门槛、完善引导机制,有效调动学生自主探究的积极性与主动性,引导更多学生深入掌握结构真实抗震响应与损伤失效规律。

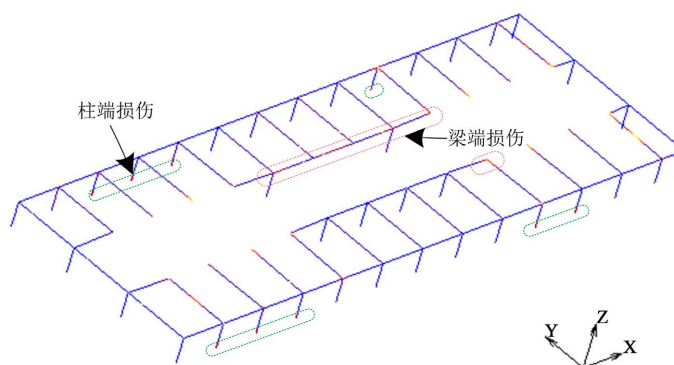


Figure 5. Damage of the structure under earthquake
图5. 结构在地震下的损伤情况

为深化学生对结构抗震设计必要性的直观认知,本课程将理论教学与模型试验深度融合。依托北京市建筑结构设计大赛的年度赛题,利用赛题周期与抗震课程教学计划的同步性,本学期将全员动员参赛,将比赛模型作为课程核心设计作业。我们特别要求:每组方案需引入AI工具(如基于遗传算法的截面优化、基于机器学习的损伤预测等),在模型制作前完成不少于三轮的迭代优化。最终,通过模型加载试验的实际表现,检验理论计算的准确性,反思设计方案的得失。让学生切实经历从概念设计到实体落地、

从理想化假定到工程约束修正的完整过程，从而深刻理解抗震设计不仅在“算”，更在于对材料、节点、构造与整体体系协同工作机理的综合把控。

以第十三届北京市大学生建筑结构设计竞赛为教学案例，赛题以高耸塔式结构为基本单元，参赛者通过针对水平荷载、竖向荷载及水平振动复杂工况对其进行受力分析、结构设计、模型制作及加载试验。结构设计的整体模型如图 6 所示，最终以结构重量和振动时间为指标，这种振动就类似地震，是随时间变化。开展振动试验的设备如图 7 所示，可以根据需求输入振动频率和加载曲线。因此，依托现有设备配置，本文构建教学实践路径：在课程中后期引导学生参与建筑结构设计竞赛模型制作，借助图 7 振动台试验平台开展模型动力测试，组织学生现场观摩试验全过程。通过实操制作与实体试验相结合，既培养学生工程动手能力，又帮助学生建立地震作用效应的直观认知，改变以往仅依靠教材、教学视频开展理论学习的局限，消除理论与工程现象之间的割裂感，持续提升学生的学习热情。

当然，改革也面临挑战：一是部分学生对 AI 工具的使用尚不熟练，初期需要额外的指导时间；二是学生过度依赖 AI，对于改革要求的内容应付了事；三是需要学生花费更多课余时间自主学习 and 探索。这些问题将在后续教学中进一步优化。



Figure 6. Model for structural design competition
图 6. 结构设计竞赛模型



Figure 7. Shaking table equipment
图 7. 振动台设备

4. 结论

本文提出了借助 AI 解决抗震课程中教材内容更新不及时以及理论机理复杂的问题。借助 AI 梳理课程知识图谱和教材知识点更新内容,可以大大提高教师备课效率,降低学生学习难度;借助 AI 引导学生对结构进行抗震设计和试验,能让学生看到课程的多样性,激发学生学习专业知识的兴趣。本文讨论了教学改革的实施方案和方法。实践证明,这些改革举措能显著提升学生学习积极性,做到理论联系实际,激发学生对本专业的热爱。上述教学手段虽能够引导学生摆脱机械记忆的学习模式,但各类实践环节往往需要投入更多时间与精力,易出现部分学生借助人工智能工具敷衍任务、消极应付学习等问题。因此,授课教师仍需持续收集教学反馈,动态完善教学方案,着力培养适应新时代发展需要的高素质创新人才。

基金项目

中国矿业大学(北京)本科教育教学改革与研究项目(编号: J261507);《智能化结构设计与分析专业基础与前沿案例》课程思政项目(编号: YKCSZ2026015)。

参考文献

- [1] 杨溥, 杨志勇, 董银峰, 等. 结构抗震设计课程产学研合作协同育人教学模式构建[J]. 高等建筑教育, 2024, 33(1): 120-127.
- [2] 洪戡. 桥梁结构振动台测试和损伤检测虚拟仿真实验[EB/OL]. <https://www.ilab-x.com/details/page?id=11986&isView=true>, 2026-08-09.
- [3] 王琨. 建筑橡胶支座隔震技术虚拟仿真实验[EB/OL]. <https://www.ilab-x.com/details/page?id=12986>, 2026-08-09.
- [4] 申钢, 徐蓉. 建筑结构抗震[M]. 第 4 版. 北京: 理工教育出版社, 2025.
- [5] 齐鲁理工学院土木工程教研室. AI 赋能聚力深耕——常态化集体备课提质行动[EB/OL]. <https://qlit.edu.cn/tmgcxy/jxdt/jxdt/2026/0512/68435.html>, 2026-08-09.
- [6] 葛培, 宋杨, 陈晓红, 等. 工程结构抗震设计课程教学改革研究[J]. 西部素质教育, 2025, 11(23): 168-171+193.