

团体标准
《铁路桥梁减隔震设计规范》
编制说明

标准编制小组

2025年10月

《铁路桥梁减隔震设计规范》

编制说明

一、标准制定的必要性

(一) 项目立项背景

铁路是国家关键交通基础设施和“生命线工程”，对国家战略安全、经济社会发展、国防现代化建设具有不可替代的支撑作用。近年来，《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》等国家顶层设计文件明确提出，要构建“安全、便捷、高效、绿色、经济”的现代化综合交通体系，并特别强调提升基础设施安全保障能力和韧性水平。铁路桥梁作为铁路网络的咽喉要道，其抗震安全直接关系到整条铁路大动脉的畅通与否。一旦在地震中发生严重破坏，不仅会造成巨大的人员伤亡和直接经济损失，其引发的次生灾害和交通中断将对灾后救援和国民经济恢复造成致命打击。因此，制定专门的铁路桥梁减隔震设计标准，是贯彻落实国家战略、保障“生命线工程”地震安全的内在要求和紧迫任务。

我国是世界上地震活动最强烈和地震灾害最严重的国家之一，大部分铁路干线均位于地震设防区，其中多条高速铁路和普速铁路干线穿越高烈度地震区。随着国家“西部大开发”“一带一路”倡议的深入推进，越来越多的铁路项目需穿越地震活动频繁、地质条件复杂的山区和高原，面临着更高的地震风险。传统的“强度抗震”设计思想，主要依靠增加结构构件自身强度和延性来抵抗地震作用，在地震中结构损伤往往难以避免，且震后修复困难、成本高昂。而减隔震技术作为一种先进的“韧性抗震”理念，通过在上、下部结构之间设置隔震支座或耗能装置，有效隔离或消耗地震能量，能够显著降低结构的地震响应，保护桥梁主体结构安全，实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”甚至“大震不坏”的设计目标，极大提升了桥梁的抗震韧性和震后快速恢复通行能力。

目前，我国在建筑领域已颁布了《建筑隔震设计标准》（GB/T 51408），但在铁路桥梁领域，减隔震技术的应用主要参考《铁路工程抗震设计规范》（GB 50111）。该规范虽包含了部分隔震设计的原则性条款，但系统性、针对性和可操作性不足，难以满足当前复杂铁路桥梁（如大跨度、高墩、特殊结构桥梁）减隔震设计的精细化需求。这种标准缺失的状况导致以下情况。设计依据不统一：不同设计单位在采用减隔震技术时，对设计理念、分析方法、装置选型、构造细节的理解和执行存在较大差异，影响了工程质量的均好性。技术应用受制约：由于缺乏权威、统一的技术标准，工程师在方案决策时顾虑较多，限制了减隔震这一先进技术在铁路桥梁中的推广和应用和创新

发展。产业健康发展受阻：标准的不明确也影响了减隔震装置产品性能的标准化、系列化，不利于产业链的健康有序发展。因此，亟须制定一部专门针对铁路桥梁的《铁路桥梁减隔震设计标准》，为设计、施工、验收和产品制造提供全面、科学、统一的技术依据。

近年来，我国已在多项重大铁路桥梁工程中成功应用了减隔震技术，积累了宝贵的实践经验。同时，国内科研院所和高管在减隔震装置研发、试验方法、分析理论等方面也取得了丰硕的研究成果。将这些经过实践检验的先进技术和成熟经验及时总结、提炼，并上升为国家标准，是推动行业技术进步、实现技术传承的必然要求。本标准的制定，将有力促进减隔震技术在我国铁路桥梁建设中的科学、规范和规模化应用，提升我国铁路桥梁的整体抗震技术水平。

综上所述，为积极响应国家关于提升基础设施韧性的战略部署，应对我国严峻的地震灾害风险，解决当前铁路桥梁减隔震设计无专门标准可依的问题，推动行业技术进步和产业健康发展，立项编制国家规范《铁路桥梁减隔震设计标准》不仅十分必要，而且条件已经成熟。本标准的制定，将对保障我国铁路运输安全、服务国家发展战略具有重大而深远的意义。

（二）立项意义

我国铁路桥梁建设规模庞大、分布广泛，且随着铁路向西部高烈度地震区推进，如川藏铁路等重大项目的实施，桥梁面临地震威胁愈发严峻。与此同时，高速、重载铁路的发展，对桥梁在地震作用下的结构安全与列车运行安全提出了极高要求。然而，现有铁路桥梁抗震规范在减隔震设计方面存在不足，对减隔震装置选型、设计参数、动力分析方法等缺乏明确统一规定，致使实际工程设计缺乏精准指导，难以有效保障桥梁抗震性能。在此背景下，依据国家《“十四五”铁路发展规划》中提升交通基础设施韧性与抗震能力的要求，编制《铁路桥梁减隔震设计标准》，旨在系统整合减隔震技术既有成果，规范设计流程。具体而言，明确铁路桥梁减隔震设计适用范围，针对不同铁路等级、桥梁类型、场地条件等，给出科学合理的减隔震装置选型指南；制定清晰的设计目标与性能要求，量化地震作用下桥梁位移、内力、加速度等关键控制指标；提供标准化的动力分析方法与设计参数取值依据，确保减隔震设计既能有效降低地震对桥梁结构的破坏，又能保障列车在地震时及震后的安全、平稳运行，填补我国铁路桥梁减隔震设计标准空白，推动铁路工程抗震技术规范化和科学化发展。

本标准编制在技术、安全、经济等层面意义深远。技术上，标准的出台将构建起全面、系统的铁路桥梁减隔震设计技术体系，将目前相对分散的科研成果、工程经验进行梳理与凝练，形成相对完整且具有实践意义的集成式技术规范。不仅可推动铁路桥梁减隔震技术从零散应用向体系化、标准化迈进，促进不同类型的铁路桥梁减隔震装置设计理论的完善，还有助于整合产学研力量，

开展针对性技术创新，突破相关耦合分析、动力计算方法等技术难题，提升我国铁路桥梁抗震技术在国际上的竞争力与话语权。另外，统一明确的设计标准可从安全角度显著提升铁路桥梁抗震设防水平。通过精准把控减隔震设计关键环节，能有效降低地震引发桥梁垮塌、落梁等严重事故的概率，减少因桥梁损坏导致的列车脱轨、停运等次生灾害，切实保障人民生命财产安全。同时，提升铁路网在地震等灾害中的韧性，确保震后铁路运输能迅速恢复，对国家应急交通保障体系建设意义重大。在经济性层面，规范设计可避免因设计不统一导致的过度设计或设计不足问题。过度设计造成材料、资金浪费，设计不足则可能引发后期高额维修、重建成本。标准实施后，能实现资源合理配置，降低桥梁全生命周期成本；并且，其对减隔震技术应用的推动，将带动相关产业发展，从装置研发、生产制造到工程安装、检测维护，形成完整产业链，创造新的经济增长点。

当前铁路桥梁减隔震设计领域诸多问题亟待解决，凸显标准编制的紧迫性。（1）规范适用性不足是首要问题，现行铁路桥梁抗震规范对减隔震设计的规定多为原则性描述和相对简单的建议条文，未能充分考虑高铁、普铁、重载铁路在结构形式、运行荷载、抗震要求上的差异性，强震地区减隔震需求的差异性考虑相对较弱，也未针对不同减隔震装置给出详细设计流程与参数取值方法，导致工程设计人员在实际操作中难以选择，设计方案质量参差不齐。（2）减隔震技术及装备与地震动特征、铁路桥梁动力特性的耦合问题突出，铁路桥梁在服役期内，不仅要承受随机地震作用，还需长期经受高速列车或重载列车的动荷载，二者随机性大、耦合作用复杂，对减隔震装置性能的需求影响显著。（3）近年来，我国在复杂地质、高地震烈度区的铁路建设项目激增，这些区域桥梁对减隔震技术需求更为迫切。然而，因缺少专门设计标准，部分工程只能借鉴公路桥梁标准或凭借有限经验设计，无法充分发挥减隔震技术优势，难以满足铁路桥梁在强震下的安全运营要求。因此，编制《铁路桥梁减隔震设计标准》，是解决上述问题、推动铁路桥梁建设高质量发展、保障铁路运输安全的必由之路。

二、标准编制原则及依据

1. 按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》要求进行编写。

2. 参照相关法律法规和规定，编制过程考虑了科学性、适用性和可操作性。

三、项目背景及工作情况

（一）任务来源

根据《中国高技术产业发展促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，经中国高技术产业发展促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，批准《铁路桥梁减隔震设计标准》团体标准制定计划，项目计划编号为CHI2025014。本标准由中南大学提出，中国高技术产业发展促进会归口。

根据计划要求，本标准完成时限为6个月。

（二）标准起草单位

本标准的主要起草单位是中南大学，负责标准文档起草及相关文件的编制等。湖南科技大学，高速铁路建造技术国家工程研究中心等单位负责标准中重要技术点的研究和建议，并参与标准内容的讨论。

（三）标准研制过程及相关工作计划

1.前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集铁路桥梁工程和减隔震装置的应用和案例分析，积累了丰富的经验，并多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2.标准起草过程

2025年9月4日，由中国高技术产业发展促进会标准化工作委员会向国家标准委全国标准服务平台提交立项，立项编号为：CHI2025014，并向全社会公示了30日。

2025年9月10日，由中南大学组织了标准启动会暨第一次起草会议，谈论了标准各章节相关内容，确定了分工和编制工作的各项任务完成时间节点。

2025年10月15日，组织了第二次起草会议，确定标准内容的草案。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了多次内部研讨和专家咨询，经过多次修改，于2025年10月20日完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

2025年10月25日将标准草案提交中国高技术产业发展促进会标准化工作委员会，通过审核，于10月30日报送了国家标准平台，并向全社会公开征求意见30日。

（四）标准依托的主要试验（或验证）情况分析

铁路列车—轨道—桥梁系统模型验证：选取某铁路简支梁桥进行缩尺模型振动台试验，高速相机及应变片实时检测关键构件振动响应。通过对比各构件振动台试验响应与有限元分析响应，关键构件偏差均低于20%，且固定支座仅11%。确保模型有效性，以及建模方式可行性，为后续减隔震装置引入奠定基础。

金属钢板组件耗能装置试验：基于规范要求合理设计钢结构减震装置，基于FEMA 461合理确定低周往复施加载荷，获取构件试验力位移曲线。基于有限元模型施加同样低周往复荷载，对比分析构件破坏状态与力位移曲线。确保模型有效性及建模方式可行性。

隔震支座试验：隔震支座采用双线性力学模型模拟，基于隔震支座的特性，采用屈前刚度及屈后刚度表示。基于试验获取性能计算其等效刚度和等效阻尼比，对隔震装置的变形、阻尼比等力学参数值进行验证，实验值与设计值的差别应在±10%以内。

行车功能分析评价应用示范：基于三等级对地震时列车—轨道—桥梁系统脱轨等级，既正常通车，限速通行，维修加固后通行。定义行车功能分析方法，采用非线性时程分析方法，需要提供列车结构、轨道结构、桥梁结构等建模方法以及地震动输入、计算方法等。基于支座损伤程度，梁端位移等定义三等级通行能力对应评价指标。

技术适应性与可推广性测试：在不同人类活动干预强度背景下，开展了多区域、多尺度验证，对标准的适应性进行评估，为今后推广应用提供了依据。

四、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

（一）主要试验或验证的分析

本技术指南在编制过程中，组织开展了减隔震装置的试验验证工作，包括隔震橡胶支座、双曲面球形减隔震支座、X型钢板组件耗能装置、U型钢板组件耗能装置、变截面弧形钢消能减震耗能装置等减隔震设计，选取多个地震动响应、震后系统及构件响应损伤集成与应用验证。试验结果显示：

震后构件响应大幅度下降，耗能装置充分发挥作用，固定支座震后响应降低程度达97.5%，有效降低落梁风险。

减隔震装置对系统保护良好，基于大模型计算结果显示，当PGA=0.57g时，在减震装置作用下，系统易损性发生完全破坏的概率下降80%。

试验验证表明，指南提出的技术路径具有良好的适用性、可操作性和技术稳定性。

（二）预期效益分析

经济效益：推动减隔震装置价值实现，明确减震样式及思路，引导材料生产企业聚焦铁路桥梁减隔震场景的特殊需求，定向研发符合性能指标的专用材料，推动材料产业向精细化、定制化升级；降低铁路桥梁震后损失评估与管理成本，提升韧性能力；为铁路桥梁设计从业者提供科学决策依据，提升设计效能。

社会效益：提高铁路桥梁从业人员对减隔震设计的认知；促进铁路桥梁减隔震装置标准理论化成型；为铁路桥梁减隔震设计，保护轨道交通安全提供坚实基础。帮助生产企业明确产品研发和生产的技术边界，提升产品质量稳定性与兼容性，促进装置制造业形成标准化、规模化的生产体系。

生态效益：明确铁路桥梁减隔震设计，降低铁路桥梁落梁等概率，保护铁路桥梁区域生态稳定，维护绿水青山样貌。

五、标准制定的基本原则

标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1) 标准需要具有行业特点，分析方法与实践操作要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出产品具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

六、标准主要内容

本文件明确标准制定的目的、依据及核心原则，界定标准适用的铁路桥梁类型及减隔震设计场景，规定标准在减隔震设计全流程中的应用边界。

本标准适用于指导铁路桥梁减隔震设计，涵盖减隔震装置选型、性能验算、构造设计、地震与列车荷载耦合作用分析及试验测试等环节，为铁路桥梁减隔震工程的设计、施工及验收提供技术依据。

七、与有关法律法规和强制性标准的关系

1. 本标准符合《中华人民共和国标准化法》及现行法律法规的规定，本标准与其他相关标准没有矛盾之处。

2. 目前国内外尚无针对编制的相关标准。本标准可以填补铁路桥梁减隔震设计技术方面的空白。

3. 参照相关法律法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

4. 本标准的技术要求严格遵循《强制性国家标准管理办法》的规定，确保不低于强制性标准的要求，以保障人身健康和生命财产安全。

八、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准在制定过程中没有出现重大意见分歧。

九、后续贯彻措施

本标准可作为高速铁路桥梁减隔震设计标准的推荐标准。

待本标准发布后实施前，将面向标准的各相关方开展标准宣贯工作。

建议该标准自发布之日起24个月内开始实施。

十、涉及专利的有关说明

无

标准编制小组

2025年10月