

ICS: 93.080

CCS: P66

DB61

陕西省地方标准

DB61/T XXXX—2024

桥梁聚氨酯支承装置减震设计与施工技术规范

Technical specification for seismic reduction design and construction of
polyurethane support devices for bridges

(编制说明)

2024—XX—XX 发布

2024—XX—XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

《桥梁聚氨酯支承装置减震设计与施工技术规范》编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

我国是一个强震多发国家，地震发生频率高、强度大、分布范围广、伤亡多、灾害严重，这些地震灾害，特别是近年发生的四川汶川特大地震、青海玉树、甘肃大地震等，给我们带来了惨痛的教训。与此同时，桥梁作为生命线系统工程中的重要组成部分，一旦损毁、中断便等于切断了地震区的生命线，次生灾害将十分严重，经济损失无疑将大大加剧。受到这些地震灾害的教训以后，基于桥梁抗震设计的结构控制技术，开始在我国桥梁工程界得到日益重视，并逐步开展了桥梁减隔震设计研究工作。

5·12 汶川特大地震后，交通运输部及时颁布了新的《公路桥梁抗震设计细则》（JTG/T B02-01-2008），为提高桥梁抗震设计的水平和结构抗震的性能起到了积极作用。4·14 玉树大地震后，国务院迅速组织交通运输部等相关部委，研究部署抗震救灾和灾后恢复重建工作，交通运输部也将工程抗震、防灾技术列入重点研究工作内容来组织实施。本项目的研究也将从如何应用减隔震装置有效实现工程防、减灾，如何实现桥梁结构的安全、适用、经济、环保、耐久等方面开展技术攻关工作。

桥梁减隔震技术是一种简便、经济、先进、有效的工程抗震手段，新的“桥梁抗震设计细则”引入减隔震设计技术的目的在于，改变传统结构采用以“抗”为主的思路，相反地采用“软化结构”、“以柔克刚”的新途径，利用减隔震装置在满足正常使用功能要求的前提下，达到延长结构周期、消耗地震能量、降低结构响应的目的。因此，桥梁减隔震设计的关键是采用合理、可靠的减隔震措施与参数，使其在结构抗震中充分发挥作用。

2008 年汶川特大地震后，我国也兴起了减隔震技术的研究与应用，有了一批橡胶类隔震装置。但是，局限于橡胶材料本身的性能影响，该类产品往往存在尺寸大、竖向承载能力有限、耐低温性能差、耐紫外线老化不足等诸多问题。

因此，聚氨酯减隔震技术的研究与实施对作为生命线系统工程重要组成部分的桥梁的新时期抗震安全具有十分重要的意义，其推广应用对国家防灾和减灾具有重要的社会和经济效益。而将聚氨酯减隔震设计与施工技术制定为标准可以更好的规范聚氨酯减隔震技术科学合理地在桥梁工程中进行应用和推广，提高优秀科技成果在实践工程中的转化效率，为我国桥梁抗震减灾提供技术支撑。

1.2 目的意义

随着桥梁工程的高速发展，有关桥梁安全性和耐久性方面的问题逐渐显现，其中就包括桥梁板式橡胶支座的性能劣化问题。在复杂环境、荷载和支座质量的多重影响下，支座会呈现出不同程度、不同性质的性能改变。病害成因、支座性能变化、后期处治等多方面进行了分析和研究，通过各类性能试验、模拟环境试验、有限元分析或理论分析综合探讨了有关板式橡胶支座性能改变的影响因素、作用机理和影响规律，但是在各方面仍存在待解决的问题：（1）热老化对板式橡胶支座的性能影响的相关研究已接近完备，但是少有支座受光照、臭氧、酸雨等其他因素影响的相关试验，由于现今桥梁所处环境的复杂性，有必要对此类问题进行深究。其次，针对地震作用下，讨论支座已服役年限与其抗震能力之间的相

关关系，对研究桥梁板式橡胶支座运营状态下的实际抗震性能有重要意义。(2) 需研究支座脱空的时变规律及脱空后在地震作用下的力学性能变化规律。目前，有关支座脱空的相关研究主要集中在成因、后果与处置方法，对支座脱空时变性问题的研究较少，同时需要研究支座脱空后在地震作用时的力学性能的改变问题，分析板式橡胶支座在该状态下的抗震性能。(3) 需对出现剪切变形超限或不均匀鼓凸的支座进行进一步的力学性能研究。这两种病害较为普遍，但目前的研究集中在成因分析和极限荷载作用下的性能改变，少见针对出现此类病害的支座进行的性能变化的参数分析，导致无法对此类支座进行性能评估。同时应针对不同的剪切角或不同程度剪切变形的支座性能进行对比实验，探究支座不同程度剪切超限时的力学性能变化。(4) 需对掺入不同比例再生胶和不同老化时间的再生胶支座进行对比试验，分析性能变化。支座材料中掺入不同比例的再生胶对支座也有不同程度的影响，并且此类支座更容易产生老化现象，针对不同老化。串动是由于支承垫石不平，造成支座局部承压，引起支座位置串动，严重时可能会造成个别支座脱落。(5) 支座偏位。支座偏位是面前支座安装上存在最普遍的问题，分为纵向偏位和横向偏位，严重的支座偏位将造成支座不均匀受力，梁体受力附加内里过大等病害。支座偏位产生的原因主要是支座或垫石放样不标准，应该在支座安装时进行校核。如垫石位置有较小偏差，可采用环氧砂浆进行调整，如偏差过大，应重新浇筑垫石。

现有的减隔震技术采用“软化结构”、“以柔克刚”的途径，利用减隔震构造及装置在满足正常使用功能要求的前提下，达到延长结构周期、消耗地震能量、降低结构响应的目的。但是支座水平刚度偏小，在高烈度地震区墩顶位移过大，具有落梁风险。

该产品的研发可解决现有橡胶类支座在应用过程中其材料应用的局限性和诸多亟待解决的工程问题。如：

1) 解决了传统橡胶支座竖向承载力低的问题，该支座体积可以做到更小、重量更轻，便于安装、更换。

2) 解决传统铅芯隔震支座、橡胶隔震支座低温性能不稳定的问题，可提高产品寿命(使用寿命比橡胶类支座提高 1 倍以上)。

3) 解决了传统橡胶支座水平刚度受材料性能的限制，可设计性差等问题，该新型支座水平刚度可设计性强。

4) 解决了解决传统橡胶隔震支座受其成型工艺条件的限制，无法安装传感器，该新型支座具有独特的成型工艺使其具有安装传感器的条件，该智能感知技术应用，可实时监测支座的各项性能参数，元件灵敏度高、可靠性强、使用寿命长、校准方便；

5) 解决传统橡胶隔震支座的橡胶炼制过程对环境的污染，以及铅芯隔震支座中铅对环境的污染，该新型支座低碳、环保、无污染，全寿命周期绿色低碳且可回收。

1.3 主导单位

陕西省交通规划设计研究院有限公司，于 1958 年由交通部公路勘察设计院第五分院体制下放改组成立。2021 年 5 月，由全民所有制企业改制为有限责任公司。企业注册资金 1.28 亿元，是陕西交通战线上集勘察、设计、施工、科研于一体的大型综合性勘察设计国有企业。

公司拥有工程设计公路行业甲级，市政行业道路、桥梁工程专业甲级，建筑行业建筑工程甲级，通信广电行业电子系统工程甲级，工程勘察综合甲级，地质灾害治理工程勘查、设计及危险性评估甲级，测绘甲级，工程监理甲级等 29 项资质。主要从事各等级公路、桥梁、隧道、交通工程、港口码头、民用建筑、市政工程的勘察设计、公路交通规划、工程可行性研究、遥感与地理信息技术应用、工程地质勘探、材料试验、工程技术咨询、地质灾害治理、设计施工总承包、工程监理等业务。2009 年被认定为陕西省高新技术企业，2014 年被交通运输部指定为国家重点公路工程设计审查咨询单位。

1.4 标准制定的前期基础工作

2023 年 7 月标准立项，成立项目组，根据桥梁对支承装置减震设计要点及原则，以及业主对新产品的需求，政策需求，使用寿命及施工要求，现场安装要求，局部承压垫石安装要求及后期养护、检测、试验要求，以及减隔震验算、抗震分析验算过程、方法泛调研听取意见。对国内外技术标准及规范调研，设计院、施工单位、生产企业及相关专业技术研讨，针对典型工程项目实践调研，编写大纲，确定支承装置减震设计的要点、性能参数等汇总形成总章节完成初稿。

2023 年 11 月完成大纲评审。

2023 年 12 月-2024 年 3 月内部评审，对标准目录、条款、章节、支承装置设计指标、选型、设计要点及原则、减隔震参数与抗震分析、施工、质量检验安装等进行研讨、确定，编写完成《桥梁聚氨酯支承装置减震设计与施工技术规程》征求意见稿。

1.5 人员及分工

姓 名	单 位	性别	年龄	技术职称	专业	在项目中担任 具体工作
杨 凯	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	44	正高	桥梁与隧道工程	主持工作 减隔震设计总负责
王 伟	陕西直道致远工程科技有限公司	男	42	工程师	材料科学及控制工程	执行负责 产品技术总负责
周 牧	长安大学	男	46	教授	桥梁与隧道工程	减隔震验算 总负责
薛平安	陕西高速机械化工程有限公司	男	40	高级工程师	道路与桥梁	施工技术总负责
王 帅	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	31	工程师	桥梁与隧道工程	减隔震设计项目负责 及条文起草
骆巧叶	陕西直道致远工程科技有限公司	女	33	工程师	材料成型及控制工程	产品技术设计计算 条文起草
姬乃川	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	28	工程师	桥梁与隧道工程	减隔震设计验算
吴礼杰	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	35	工程师	桥梁与隧道工程	减隔震技术 应用验证

曹晓刚	陕西直道致远工程科技有限公司	男	35	工程师	机械设计制造及其自动化	检测及工艺试验
赵 茹	陕西直道致远工程科技有限公司	男	30	工程师	机械设计制造及其自动化	减隔震计算分析
刘 玉	陕西直道致远工程科技有限公司	女	37	工程师	材料学	市场调研应用
陈 亮	陕西直道致远工程科技有限公司	男	26	助理工程师	机械设计制造及其自动化	应用技术调研

2. 标准编制原则及主要内容

2.1 编制原则

- 1) 积极采用或消化吸收借鉴国际标准和国外先进标准，引用和引导新技术和新工艺的应用，引领行业的技术进步；
- 2) 充分考虑聚氨酯支承装置支座在桥梁建设方面的重要作用，通过标准化推行国家的产业发展政策，体现行业的发展方向和行业的科技发展水平；
- 3) 以满足我国公路桥梁用减隔震支座为前提，体现目前的技术水平，提高标准的市场适应能力和可操作性；
- 4) 综合考虑企业生产成本及原材料资源的供应情况，降低市场成本，绿色环保、节约能源，降低原材料消耗。

2.2 主要性能

- 1) 支承装置竖向承载能力高，竖向刚度稳定，结构尺寸小。
- 2) 支承装置水平刚度大，同一规格尺寸支承装置可通过改变材料配方实现多种不同水平刚度。
- 3) IV型支承装置采用了多种摩擦系数的摩擦副与聚氨酯弹性体组合的结构形式，实现了支承装置设置预偏量的功能，满足了支承装置温度位移、地震位移、极限位移及防落梁功能的需求。
- 4) 支承装置内部可埋设长寿命和高灵敏度的测力传感器和位移传感器，实现了对支承装置力和位移的测量。
- 5) 支承装置耐紫外线和热空气老化性能强，耐水解和酸碱盐性能优异，设计使用寿命高。在正常设计、生产、安装、运营和养护条件下，支承装置使用年限不应低于 30 年，力传感器和位移传感器使用年限不应低于 5 年。
- 6) 适应温度范围：支承装置-40~+60℃、力传感器-20~+60℃、位移传感器 0~+70℃。

2.3 创新点

- 1) 建立了基于聚氨酯支座的抗震设计应用体系和使用方法。针对不同地震烈度区、不同桥型结构、不同桥墩刚度等设计条件针对性的提出产品结构、减隔震参数等适用匹配方案和应用建议。

2) 研发了一系列强度高、多剪切模量多刚度、减隔震能力强、寿命长、低碳环保、环境适应性强的聚氨酯基材料。

3) 研究了一种竖向承载能力大，适应用桥梁范围广的桥梁聚氨酯支座。研发了全新高效的可快速成型的聚氨酯浇注及成型工艺流水线，可保证原料混合均匀的，性能稳定的、可实现大批量生产的聚氨酯支座浇注及成型工艺设备。

4) 聚氨酯支座内部可方便设置的智能感知元件灵敏度高、可靠性强、使用寿命长、校准方便，可适时监测支座的各项性能参数；

5) 较橡胶支座体积小，重量轻的新型结构更有利于施工安装，新型支座结构解决了隔震橡胶支座更换困难，效率低的难题，使施工安装更换方便，运营、维护成本更低。

3. 本标准主要技术内容说明

3.1 目的和范围

本标准编制的目的是创新性的提出新型的适用于公路桥梁聚氨酯支承装置减隔震的设计与施工的技术指导与工程应用，加快桥梁产品领域的技术革新速度，保证我国桥梁的运营安全。

本标准规定了桥梁聚氨酯支承装置减隔震设计的设计指标、支承装置设计要点及原则、支承装置减隔震参数与抗震分析、施工、质量检验等。

3.2 规范性引用文件

本标准规范性引用文件如下：

GB/T 699	优质碳素结构钢
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 3280	不锈钢冷轧钢板和钢带
GB/T 4208	外壳防护等级（IP代码）
GB/T 7665	传感器通用术语
GB/T 20688.1-2007	橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法
GB/T 20688.2	橡胶支座 第2部分：桥梁隔震橡胶支座
GB 55002	建筑与市政工程抗震通用规范
CJJ 166	城市桥梁抗震设计规范
JT/T 722	公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
JT/T 901	桥梁支座用高分子材料滑板
JT/T 1130-2017	桥梁支座灌浆材料
JTG/T 2231-01	公路桥梁抗震设计规范

JTG/T 2231-02	公路桥梁抗震性能评价细则
JTG 3362-2018	公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG 5120-2021	公路桥涵养护规范
JTG/T 5532-2023	支座及伸缩装置养护技术规范
T/GLYH 005-2022	桥梁聚氨酯弹性体支承装置

本标准以《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01)、《城市桥梁抗震设计规范》(CJJ 166)及《桥梁聚氨酯弹性体支承装置》(T/GLYH 005-2022)为主要参考。

3.3 研究内容

本项目从支座智能感知和低碳耐久的技术需求出发,开展桥梁减隔震技术适用性、聚氨酯基材料、支座产品及生产加工工艺、支座智能感知技术、支座高效施工及更换工艺等五个方面的研究工作作为本课题的主要研究内容。具体如下:

3.3.1 桥梁减隔震技术适用性研究

本项目首先从现有的抗震需求、减隔震设计技术规范、产品标准、设计应用案例分析、现有研究论文成果等方面着手,根据现有的要求,专门针对性汇总、分析、总结出可适用于现有公路桥梁的减隔震技术设计要求、设计要点、产品类型等适用性条件,尤其是针对普通板式橡胶支座的替换需求出发,研究适用性强的桥梁减隔震新产品。然后,根据研究结论,提出本项目研究内容的关键点、具体参数和目标等,作为后续研究的指导文件。

3.3.2 多参数分级设防支座用高耐久材料研发与应用。

在项目执行前期,通过对桥梁支座用材料进行系统的调研、总结和归类,并通过现有材料对应产品的减隔震性能进行研究,来指导新产品用材料的选用和设计。其次,选用耐低温性能、抗老化、抗紫外线、耐臭氧、耐水解、耐冲击、耐腐蚀、耐油性好的聚氨酯材料,作为支座核心的弹性体材料。并通过对现有桥梁对新产品的需求性能分析,初步确定出聚氨酯弹性所需要的参数性能,进而根据参数性能选用对应配方进行产品设计,最终针对不同性能需求,确定产品不同剪切模量对应的聚氨酯配方;

3.3.3 支座产品开发及生产加工工艺研制

基于聚氨酯弹性体的力学性能研究,以及现有桥梁减隔震技术适应性研究成果,结合桥梁自身需求,在现有行业产品优缺点论证分析的基础上,研究一系列适用于聚氨酯弹性体的产品结构型式和应用方法,解决现有产品及技术在整体应用性能和安装、更换过程中的缺陷。通过对聚氨酯支座进行性能试验,检测其竖向压缩刚度、水平等效刚度、等效阻尼比等项目是否满足设计要求;通过桥梁博士、有限元模拟产品在桥梁上的应用,分析桥梁减隔震设计及减隔震效果;最后根据有限元分析结果,确定产品在工程上的使用配合和不同的参数组合要求,最终形成多参数多结构的系列产品满足多样化的桥梁抗震需求。并研究一种高效的可保证原料混合均匀的,性能稳定的、可实现大批量生产的聚氨酯支座浇注及成型工艺。

3.3.4 支座内部设置有高性能智能感知元器件,可时时监测支座的力学性能等关键参数,确保产品使用

安全的同时，也为桥梁智能化建设提前植入了智能感知元器件，方便桥梁的智能化监测。同时，针对现有普通板式支座单墩多支点的支座更换实际需求出发，对该类型情况的更换后各支点的性能进行有效评价，并兼顾更换后运营期的长期健康监测及智能养护系统的建设。

3.3.5 支座高效快捷的施工及更换工艺技术研究。

根据不同桥型特点、施工工艺，研究成套的快速安装方法和工艺。

针对有锚栓连接的减隔震支座应用场景，支座更换时上下锚固位置已经远远偏离初始安装位置的现状，研究一种可快速对齐上下锚栓和可精确设定剪切位移量的支座结构或更换装置。

支座采用新型原材料具有高承载、低碳环保、无污染、全寿命周期低碳及可回收。材料本身特性，支座自身较橡胶类支座体积小，重量轻，使施工安装维护方便，更换施工更安全加高效，可以大幅度提高施工效率，缩短施工工期，减少施工期间管理和交通压力。且该原材料环保、无污染、可回收。

3.4 设计原则

支承装置应按照力、位移、转角先主后次的基本原则设计选用。

3.4.1 作用力

1) 依据桥梁支点位置的偶然作用的最大反力选用相近承载能力的支承装置，且应具备足够的安全富裕度。极限地震情况下，支点位置的偶然地震竖向作用力应小于支承装置的极限承载能力，且应具备不低于 50% 的富裕量。

2) 偶然作用下，支点位置呈现竖向负反力或竖向反力减小时，应选用具备抗拉功能的支承装置，且应保证支承装置具备足够安全富裕度的抗拉力。

3) 支承装置剪切模量的选择应根据桥梁的抗震概念设计合理选用，原则上采用隔震设计的桥梁选用较低剪切模量，采用减震设计的桥梁选用较高剪切模量。当采用低剪切模量支承装置时，应确保支承装置的剪切位移不宜过大，且具备足够安全富裕度；采用高剪切模量时，应确保常规位移和极限位移下结构和支承装置剪切受力的安全富裕度。

4) 桥墩高度较大时（柔性桥墩），宜选用水平刚度较大的支承装置；桥墩高度较小时（刚性桥墩），宜选用水平刚度较小的支承装置。

5) 桥梁坡度较大时（ $\geq 2\%$ ），宜选用水平刚度较大的支承装置，不应选用摩擦系数较低的滑动型支承装置，确保桥梁的水平分力使支承装置的剪切变形位移不得超出支承装置设计常规位移的 1/5。

5.2.3 位移

1) 单片梁体的位移零点根据初步选定支承装置的型号和位置确定，以梁体两端最远距离支撑点的两个固定型支承装置之间的中点为位移零点。

2) 桥梁各支撑点的常规位移按支撑点与位移零点的距离进行计算，计算方法应符合 JTG 3362-2018 和 JTG D64—2015 的规定，且应具备足够富裕度。

3) 梁端等距离位移零点较远的支撑点，可选用滑动型支承装置。钢筋混凝土桥梁验算支撑点位移时应计算混凝土收缩徐变的影响。支撑点的永久收缩徐变值超过支承装置设计位移量的 10% 时，应设置预偏量。预偏量大于等于 20mm 时，宜选用 IV 型支承装置。

4) 初步选定支承装置后,应根据梁体的极限挠度值验算支承装置转角。极限转动情况下,支承装置顶部脱空尺寸不应大于支承装置加劲钢板直径的三分之一。

5.2.5 其他

1) 支承装置选型时,应根据桥梁所在地区的地震峰值加速度和支承装置使用位置的功能,综合选择适宜的支承装置结构形式(I型~V型)和对应的参数。

2) 支点位置(次过渡墩)的设计位移大于预选支承装置地震容许位移 $\gamma_{\text{e}} \times 40\%$ 的多跨长联桥梁,宜选用IV型支承装置。

3) 支承装置初步选型后,应根据计算温度位移和所选支承装置的等效水平刚度验算常规位移时桥墩的水平受力情况。

4) 选用支承装置参数进行抗震验算时,应注意地震力的消减和结构震动位移的双重控制。

5) 支承装置初步选型后,其常规地震位移和极限地震位移应取全桥模型进行验算,宜采用非线性动力时程分析方法进行抗震分析,支承装置验算应符合JTG/T 2231-01—2020中10.4.3条的规定。

5.3 设计形式

5.3.1 支承装置的布置应根据桥梁类型、桥墩高度、支点位移量、地震区烈度及全桥结构特点综合选用布置。

4. 国内外技术发展现状

我国在1965年首次将板式橡胶支座引入公路桥梁中,自此50余年以来,伴随着我国基础设施的大规模建设与发展,板式橡胶支座在公路桥梁中得到大规模推广与应用。此类支座之所以成为中小

跨径桥梁的首选支座类型,主要原因在于其服役性能良好、造价成本较低、安装施工方便,同时具有良好的减震性能。

然而,随着板式橡胶支座服役时间的增加,在多次桥检中发现,部分支座发生了橡胶老化、剪切超限、橡胶层鼓凸、支座偏位甚至脱空等病害,同时,少量支座存在掺入再生胶的问题,此类病害对桥梁的常规服役性能与抗震性能均会带来诸多不利影响。

支座产品的费用占桥梁总造价很低,但支座更换的费用却非常高。我国公路桥梁采用板式橡胶支座数量较大,每年由于支座质量问题造成的经济损失巨大。国内外学者对板式橡胶支座已展开大量研究,利用FEA软件采用增加弹性模量和剪切模量对支座出现病害的情况进行了模拟分析;通过建立板式橡胶支座的有限元模型,分析得出橡胶支座的极限脱空率和极限剪切角,并对支座同时存在脱空和剪切时的失效标准进行研究。板式橡胶支座脱空面积小于20%时,支座压缩变形超过支座允许压缩变形,对支座性能影响较大;脱空面积大于20%时,出现钢板最大应力不满足要求,对支座性能影响非常大。因此,对于公路桥梁板式橡胶支座不允许其发生脱空。

板式橡胶支座是桥梁支座中不可或缺的支座类型之一,具有性能可靠、安装和使用方便、造价低、

吸收部分振动、减小活载对桥梁结构及墩台的冲击的特点，在 20 世纪 50 年代国内外已广泛开始应用。在我国目前新建跨度小于 30 m、位移量较小的公路桥梁中几乎全使用橡胶支座。但近年来，随着我国交通量的增大，以及橡胶产品生产质量、支座设计和施工不当等原因，橡胶支座出现大量病害。橡胶支座病害主要有不均匀外鼓、开裂（包括破损）、剪切变形大、脱空（包括缺失）、钢板外露、偏压、偏位和串位等。通过对国内近 16 万个在用板式橡胶支座的检查结果进行初步统计分析表明：除了样本支座存在支座老化开裂现象外，同时支座偏压脱空现象、剪切变形超限现象也较为突出。

铅芯橡胶支座是在叠层橡胶支座中插入铅芯得到的一个紧凑的隔震装置，铅芯提供了地震下的耗能和静力荷载下所必须的屈服强度与刚度。在较低水平力作用下，因其具有较高的初始刚度，变形很小；在地震作用下，由于铅芯的屈服，一方面消耗地震能量，另一方面，刚度降低，达到延长结构周期的目的；因而满足一个良好的隔震系统所应具备的要求，但是已有研究表铅芯橡胶支座在低温下橡胶会发生迅速硬化现象，在低周期反复荷载作用下铅芯棒会发生疲劳剪切破坏，使支座的阻尼大幅降低，同时，铅芯隔震橡胶支座存在铅对环境造成污染的问题。

高阻尼隔震橡胶支座是采用特殊配制的橡胶材料制作，其形状及构造与天然橡胶支座相同。但该橡胶材料粘性大，其自身可以吸收能量。由于与耗能功能集成在一起，可以节省使用空间，施工上也比较方便。高阻尼隔震橡胶支座的滞回环的面积较大，表明有较大的耗能能力，且滞回曲线在变形较小时就表现为非线性，而且与反复次数、变形大小和位移历程有关，力学性能比较可靠，但是高阻尼隔震橡胶支座存在低温性能不稳定等诟病。

与铅芯橡胶支座、高阻尼隔震橡胶支座相比，本项目研发的桥梁聚氨酯支座可以通过多参数多结构组合实现桥梁与支座协同抗震，提升了桥梁的水平变位能力和结构复位能力，能同时实现水平和竖向各向防落梁功能和抗震需求，可满足高烈度地震地区的桥梁抗震设计要求；且具有较大的设计承载力（可达 25MPa），具有较强的耗能能力（阻尼比达 20%以上），有较好的复位能力，安装、更换时不损伤结构本体；可实现自动化连续生产、质量稳定、节能环保，没有再生胶料，其环保性明显优于铅芯橡胶支座和高阻尼隔震橡胶支座；温度适用范围更广、低温稳定性更强；道路桥梁聚氨酯支座，主体为聚氨酯弹性体，聚氨酯弹性体是一种新兴的有机高分子材料，聚氨酯产品具有耐磨、弹性好、耐冲击、耐腐蚀的特性，聚氨酯有“耐磨王”之称，赋予支座阻尼吸收能量、弹性变形及复位、承载功能。该支座的研制基于国家标准 GB 20688.2-2006《橡胶支座 第 2 部分：桥梁隔震橡胶支座》，同时参考了欧洲标准 EN 1337-3、EN 15129 等国外标准。聚氨酯支座由于其采用低温浇注工艺，所以支座内部可设置高性能智能感知元器件，可实时监测支座的力学性能等关键参数，确保产品使用安全的同时，也为桥梁智能化建设提前植入了智能感知元器件，方便桥梁的智能化监测。同时，针对现有普通板式支座单墩多支点的支座更换实际需求出发，对该类型情况的更换后各支点的性能进行有效评价，并兼顾更换后运营期的长期

健康监控及智能养护系统的建设。道路桥梁聚氨酯支座，与墩、梁连接可靠，承载能力高，长寿命、复位能力强，抗疲劳性能好，耐低温、耐腐、耐磨、耐久性好，具有良好的耗能能力，经济环保，易生产，安装、养护、维修、更换方便，适用于9度及以下地震烈度区的各类公路及市政桥梁。其设计竖向压应力25MPa，极限竖向压应力可以达到90MPa。支座体积较小，重量更轻，安装与运输更加方便；由于其承载能力高，复位能力强的特点，在地震作用下产生的水平位移较小，相对钢结构减隔震支座来说，能起到较好的水平位移控制作用。聚氨酯支座可根据不同桥型特点、施工工艺，配套不同的快速安装方法和工艺。且针对有锚栓连接的减隔震支座应用场景，采用一种可快速对齐上下锚栓并可精确设定剪切位移量的支座结构或更换装置，解决支座更换时上下锚固位置已经远远偏离初始安装位置的问题。

综上所述，现有橡胶隔震类支座在应用过程中也逐渐暴露出来了其材料应用的局限性和诸多亟待解决的工程问题。如：

- 1) 局限于材料性能，该类产品水平尺寸大，承载能力有限；
- 2) 水平刚度普遍较小，中高烈度区地震作用下剪切位移偏大；
- 3) 未设置预偏量，在长联大跨的现浇混凝土桥梁中初始剪切较大；
- 4) 耐低温性能和耐紫外线老化不足，使用寿命有待提升。
- 5) 安装、更换的施工工艺复杂。

4.1 试验方法

本标准主要根据国家标准《橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法》（GB/T 20688.1-2007）、团体标准《桥梁聚氨酯弹性体支承装置》（T/GLYH 005-2022）和我公司自身科研试验研究对聚氨酯支承装置聚氨酯弹性体、钢板、不锈钢板、铸钢件、锚栓、滑板、硅脂润滑剂等试验方法进行规定，同时规定了成品支座的试验项目，具体项目包括竖向承载力试验、水平剪切试验、转动性能试验、耐久性能试验、安装后检验要求等。

5. 采用国际或国外先进标准的程度

本标准的编写结合了抗震规范《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01）、《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166）及《桥梁聚氨酯弹性体支承装置》（T/GLYH 005-2022）为主要参考，并根据我国现有研究成果予以借鉴。

6. 与现行法律法规和强制性国家标准的关系

本标准不违反现行法律、法规和强制国家标准。

7. 知识产权说明

聚氨酯减震技术已经获取：1项团体标准；实用新型专利2项，外观发明专利2项，发明专利1

项已进入实质性审查阶段。

桥梁可感知聚氨酯减震支承装置（专利号：ZL 202210858868.X）、

桥梁可感知聚氨酯减震支承装置（专利号：ZL 202221883125.X）、

桥梁聚氨酯弹性体支承装置（专利号：ZL 202221891114.6）、

桥梁弹性体支承装置（专利号：ZL 202230499936.9）、

桥梁减震支承装置（专利号：ZL 202230501490.9）

8. 贯彻本标准的要求和措施建议

本标准规定的试验以及精度控制等要求，均以国内实际工程为背景进行过论证且可实施，故要求严格执行。

本标准规定的技术要求均以国内实际工程为背景进行过论证且可实施，建议贯彻实施中进一步总结经验、收集相关实践数据。

本标准起草过程中，得到了陕西詹仁轨道交通科技有限公司、成都亚佳工程新技术开发有限公司及其他相关单位的大力支持、指导和帮助，在此深表谢意！

编制单位：陕西省交通规划设计研究院有限公司

2023 年 02 月 27 日