

公路桥梁高性能聚氨酯支座
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2025年1月

目录

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人	1
二、制订标准的必要性和意义	1
2.1 制定标准的必要性	1
2.2 制定标准的意义	1
三、主要工作过程	3
四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	4
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	5
六、重大意见分歧的处理依据及结果	12
七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况	12
八、作为推荐性标准建议及其理由	12
九、贯彻标准的措施建议	12
十、其他应说明的事项	13

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

（一）任务来源

根据中国交通运输协会发布的“中国交通运输协会关于 2024 年度第一批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2024〕19 号）要求，由华中科技大学、盾护达（武汉）科技有限公司作为主编单位，主持《公路桥梁高性能聚氨酯支座》编制工作。

（二）起草单位和协作单位

起草单位：华中科技大学、盾护达（武汉）科技有限公司

协作单位：柳州东方工程橡胶制品有限公司、河北宝力工程装备股份有限公司、广东鑫辉科技股份有限公司、衡水泰威新材料有限公司、中钢集团郑州金属制品研究院有限公司。

（三）主要起草人

主要起草人：袁涌、资道铭、李靖、李云弟、白银霜、史铭楷、何家荣、付强、莫曲浪、杨超、付强、罗秋清、郭川东、彭文理、韦亮陆等。

二、制订标准的必要性和意义

（一）必要性

1、现有板式橡胶支座的局限性

目前广泛应用的板式橡胶支座，尽管在理论与设计方面已相对成熟，在各类工程中也被大量采用，但存在诸多性能短板。其一，其竖向应力承载能力有限，通常仅能承受约 10MPa 的竖向应力。在现代交通不断发展，桥梁所承受的荷载日益增大的情况下，这种相对较低的竖向应力承载能力难以满足一些大型桥梁或交通流量密集区域桥梁的需求。其二，板式橡胶支座在剪切位移适应能力上表现不佳，仅能应对较小的剪切位移。随着桥梁所处环境的复杂性增加，如温度变化、风荷载、地震等水平力作用下，需要支座具备更大的剪切位移适应能力，而板式橡胶支座往往无法满足这一要求，从而导致支座容易出现撕裂、滑移、翻滚等病害，严重影响桥梁结构的稳定性与安全性。

2、工程实际需求的变化

随着桥梁技术的迅猛发展，交通运输量急剧增长，中小跨径的梁桥数量不断增多。在地处非隔震区域的工况下，工程设计人员在选择支座产品时，更倾向于承载能力高、安装便捷的产品。这类产品不仅能够缩小支座尺寸，节省空间，适应有限的安装空间要求，还能适应较大的剪切位移，满足桥梁在复杂环境下的力学性能需求。此外，其便捷的安装特性可以减少安装过程中的繁琐工序，降低施工难度与成本，因此备受设计工程师和工程项目的青睐。然而，目前市场上这类高性能聚氨酯支座产品却缺乏统一的标准依据。

3、市场规范化需求

由于缺乏标准，高性能聚氨酯支座在市场上的推广应用处于无序状态。一方面，生产厂家在产品生产过程中，因无明确标准可依，对于产品的原材料选择、生产工艺控制、质量检测指标等方面难以做到科学、规范。这将会导致部分厂家为追求利润而降低产品质量标准，生产出不符合实际工程需求的产品。另一方面，对于工程使用方而言，在选择产品时，因缺乏标准，难以对不同厂家的产品进行准确评估和比较，增加了选择优质产品的难度。这种市场的不规范状况，不仅不利于高性能聚氨酯支座这一具有良好应用前景产品的推广，还可能给桥梁工程带来潜在的安全隐患。

（二）意义

1、规范产品全流程

本标准的制订，旨在全面规范桥梁高性能聚氨酯支座从材料选用、设计理念到验收检测的整个流程。在材料方面，明确规定了高性能聚氨酯支座所需原材料的性能指标、质量标准等，确保原材料的质量可靠性，从源头上保障产品质量。在设计环节，为设计工程师提供详细的设计规范和参数要求，指导其根据不同桥梁的实际工况和力学需求，进行科学合理的支座设计，使支座的力学性能能够精准匹配桥梁的使用要求。在验收与检测阶段，制定严格且统一的验收标准和检测方法，确保进入市场和应用于工程的产品都符合质量要求，杜绝不合格产品流入工程领域。

2、保障安全可靠与耐久性

通过规范桥梁高性能聚氨酯支座的各个环节，本标准能够切实保障桥梁高性能聚氨酯支座的安全可靠与耐久性。规范了设计和材料选择，使支座在实际使用过程中能够承受桥梁所传递的各种荷载，包括竖向荷载、水平荷载以及温度变化等因素产生的附加荷载，确保支座在正常使用状态下不会出现诸如撕裂、滑移、翻滚等病害，从而保障桥梁

结构的整体稳定性和安全性。同时，严格的质量控制和检测标准，有助于筛选出性能优良、耐久性好的产品，延长支座的使用寿命，减少因支座损坏而导致的桥梁维修和更换成本，保障桥梁在设计使用年限内能够持续稳定地为交通运输服务。

3、明确适用范围与参考价值

本标准规范明确适用于公路及市政桥梁的桥梁高性能聚氨酯支座结构。公路和市政桥梁作为交通运输的关键基础设施，其安全性和稳定性至关重要。本标准为这两类桥梁的高性能聚氨酯支座应用提供了有力的技术支持和规范保障。同时，标准还指出其他领域可参照使用，这为高性能聚氨酯支座在更广泛的工程领域应用奠定了基础。例如，在铁路桥梁、城市轨道交通桥梁等领域，虽然其工况和设计要求可能与公路及市政桥梁存在一定差异，但本标准所提供的材料、设计、验收与检测等方面的基本思路和方法，能够为这些领域的支座设计和应用提供重要的参考依据，促进高性能聚氨酯支座在整个工程建设领域的合理应用与发展。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

本标准研制的实施计划如下：

1、准备阶段 2023 年 11 月-2024 年 2 月：

- (1) 明确参加人员分工；各相关规范的收集、整理和研究。
- (2) 标准立项和标准草案编写。

2、征求意见阶段 2024 年 11 月-2025 年 1 月：

- (1) 征求意见稿编写形成征求意见稿及条文说明。
- (2) 完成意见征求和专家审查。

3、送审稿阶段 2025 年 2 月-2025 年 3 月：

(1) 对“征求意见稿”修改后，形成“送审稿”、意见处理表等。

(2) 形成送审报告、标准及条文说明。

(2) 并完成意见征求和专家审查。

4、报批稿阶段 2025 年 3 月-2025 年 4 月：

(1) 报批稿编写。

(2) 并完成意见征求和专家审查。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，参照行业 JT/T 4 -2019《公路桥梁板式橡胶支座》，JT/T 928-2014《桥梁超高阻尼隔震橡胶支座》标准的基本规定要求，针对桥梁高承载叠层聚氨酯支座结构设计的特点及性能要求进行定义、描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1 GB/T 1682 硫化橡胶低温脆性的测定 单试样法
- 2 GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法
- 3 GB/T 1741 漆膜耐霉菌性测定法
- 4 GB/T 20688.1 橡胶支座 第1部分：隔震橡胶支座试验方法
- 5 GB/T 20688.2 橡胶支座 第2部分：桥梁隔震橡胶支座
- 6 GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带
- 7 GB/T 328.16 建筑防水卷材试验方法 第16部分
- 8 GB/T 3512 橡胶热空气老化试验方法
- 9 GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定
- 10 GB/T 531 硫化橡胶邵尔A硬度的试验方法
- 11 GB/T 6040 红外光谱分析方法通则
- 12 GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定(10~100 IRHD)
- 13 GB/T 7760 硫化橡胶或热塑性橡胶与硬质板材粘合强度的测定 90°剥离法
- 14 GB/T 7759 硫化橡胶、热塑性橡胶常温、高温和低温下压缩永久变形测定
- 15 GB/T 7760 硫化橡胶与金属粘合的测定单板法
- 16 GB/T 7762 硫化橡胶耐臭氧老化试验静态拉伸试验法

- 17 JT/T 4 公路桥梁板式橡胶支座
- 18 JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- 19 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座
- 20 JT/T 822 公路桥梁铅芯隔震橡胶支座
- 21 JT/T 842 公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座
- 22 ISO 6721-6 Plastics — Determination of dynamic mechanical properties
- Part 6: Shear vibration-Non-resonance method

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 范围

本文件规定了桥梁高性能聚氨酯支座的分类、结构、型号、技术要求、试验方法，检验规则、标志、包装、运输和储存等。

本文件适用于公路桥梁高性能聚氨酯支座的生产和检验、使用，铁路、市政桥梁参照使用。

2 规范性引用文件

本文件中引用和参考最新版的国内先进标准和行业规范，以充分保证本标准条款的可依性和可行性。

3 术语、定义

对桥梁高性能聚氨酯支座的摩擦型、滑动型、连接型、形状系数、竖向刚度、水平等效刚度、等效阻尼比、极限性能等专业术语做出定义。

3.1 摩擦型高性能聚氨酯支座 friction type high-performance polyurethane support

在恒定的竖向设计荷载且无任何连接下，支座上、下面直接与钢板接触，静摩擦系数 ≥ 0.25 ，依靠表面静摩擦力，支座水平极限剪应变达到200%不打滑。

3.2 滑动型高性能聚氨酯支座 sliding high-performance polyurethane bearings

通过滑动摩擦副提供桥梁所需要的位移，摩擦系数 $\mu \leq 0.03$ ，且根据梁体结构需要与摩擦型高性能聚氨酯支座或是连接型高性能聚氨酯支座配合使用的支座。

3.3 连接型高性能聚氨酯支座 connecting high-performance polyurethane bearings

由高性能聚氨酯支座和连接部件等组成，通过螺栓或焊接等方式与主梁、墩台进行有效连接。

3.4 支座面积 bearing area

支座聚氨酯聚合物层平面面积。

3.5 有效承压面积 effective loaded area

支座本体内部加劲钢板的平面面积。

3.6 第一形状系数 first shape factor

支座本体中有效承压面积与单层聚氨酯聚合物层自由侧表面积之比。

条文说明：参照现行 GB 20688.2 桥梁隔震橡胶支座标准第 3.11 条，将“单层橡胶层的有效承压面积”修改为“支座本体中有效承压面积”；其计算按照附录 A 中 A.1 式进行。

3.7 第二形状系数 second shape factor

对于圆形支座，为支座本体内部加劲钢板直径与聚氨酯聚合物总厚度之比。

条文说明：参照现行 GB 20688.2 桥梁隔震橡胶支座标准第 3.12 条，将“内部橡胶层直径”修改为“支座本体内部加劲钢板直径”；其计算按照附录 A 中 A.2 式进行。

3.8 竖向压缩刚度 vertical compressive stiffness

支座产生竖向压缩时，设计竖向承载压力与压缩变形量之比。

条文说明：参照现行 JT/T 842 公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座标准第 3.1.3 条，其计算按照附录 A 中 A.3 式进行。

3.9 水平等效刚度 horizontal equivalent stiffness

支座产生水平剪切变形时，一个滞回曲线(荷载-位移)中，连接正负位移峰值点直线的斜率。

条文说明：参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 3.1.8 条，其计算按照附录 A 中 A.4 式进行。

3.10 等效阻尼比 equivalent damping ratio

支座产生水平剪切变形时，一个荷载循环所吸收的能量与外力输入的能量之比。

条文说明：参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 3.1.7 条。

3.11 极限性能 ultimate properties

在压-剪荷载作用下高性能聚氨酯支座产生破坏、屈曲或滚翻时的性能。

条文说明：参照现行 GB 20688.2 桥梁隔震橡胶支座标准第 3.21 条。

6 技术要求

6.1 一般要求

6.2 外观和尺寸偏差

表 1 支座本体的外观质量要求

项 目	质 量 指 标
缺料	单处缺料面积不超过 100mm^2 ，深度不大于 3mm ，不得多于 2 处，且内部嵌件不应外露。
气泡	单个表面气泡面积不超过 50mm^2 ，总气泡面积不超过 100mm^2 。
凹凸不平	凹凸不超过 2mm ，面积不超过 50mm^2 ，不得多于 3 处。
肉眼可见杂质	不允许
钢板与高分子混合料黏结处开裂或剥离	不允许
侧面裂纹、加劲钢板外露	不允许
掉块、崩裂、机械损伤	不允许

表 2 支座本体和组装成品的尺寸允许偏差

项 目	范 围	尺寸允许偏差
支座本体	直径 d	$d \leq 500\text{mm}$
		$0 \sim +5\text{mm}$
		$500\text{mm} < d$
		$0 \sim +1\%$
	高度	$\pm 2.5\%h$ 与 $\pm 4.0\text{mm}$ 两者中的较小值
	平面度	直径长度的 $1/400$
组装成品	高度	$\pm 2.5\%H$ 与 $\pm 6.0\text{mm}$ 两者中的较小值
	平面度	不大于直径的 0.4%

6.3 材料

表 3 聚氨酯聚合物的机械性能要求

序号	性 能	试 验 项 目	要 求
1	拉伸性能	拉伸强度 (MPa)	≥ 25
2		扯断伸长率 (%)	≥ 400
3	热空气老化性能 (70°C , 336h)	拉伸强度变化率 (%)	± 35
4		扯断伸长率变化率 (%)	± 15
5		100%拉应变时的定伸应力变化率 (%)	± 15

6	耐水性能 (23℃, 168h)	拉伸强度变化率 (%)	±30
7		扯断伸长率变化率 (%)	±15
8		100%拉应变时的定伸应力变化率 (%)	±20
9	硬度	硬度(邵尔 A 型)	建议在 60° ~95° 之间, 可作为质量控制指标之一, 但不应作为主要设计指标。
10	黏合性能	聚氨酯聚合物与金属黏合强度 (kN/m) (90° 剥离试验)	≥25
11	恒定压缩性能	压缩永久变形(70℃, 24h) (%)	≤50
12	脆性性能	脆性温度(单试样法)	-50℃无脆性开裂
13	耐臭氧性能	外观变化[臭氧浓度 3×10^{-6} (体积分数), 20%伸长率, 40℃±2℃, 96h]	不应出现龟裂
14	耐霉变性能	耐霉变性能等级	不低于 1 级

6.4 支座力学性能

表 4 高性能聚氨酯支座力学性能要求

序号	性能	项目	要 求	备注
1	压缩性能	竖向刚度	$K_v \pm 30\%K_v$	符合 JT/T 822。
2	剪切性能	水平等效刚度	$K_h \pm 20\%K_h$	符合 JT/T 928。
3		等效阻尼比	$H_{eq} \geq 0.8h_{eq}$	符合 JT/T 928。
4	剪切性能相关性	剪应变相关性 (%)	水平等效刚度允许变化率为±25。	参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.3.2 条。
			等效阻尼比允许变化率±20。	
5	剪切性能相关性	压应力相关性 (%)	水平等效刚度允许变化率为±25。	参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.3.2 条。
			等效阻尼比允许变化率±20。	
6	剪切性能相关性	加载频率相关性 (%)	水平等效刚度和等效阻尼比的允许变化率为±20。	参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.3.2 条。
7		重复加载次数相关性 (%)	水平等效刚度和等效阻尼比的允许变化率为±25。	参照现行 JT/T 842 桥梁高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.2.4 条。

8		温度相关性 (%)	水平等效刚度和等效阻尼比: 40℃: ±20%, 0℃: -20%~+35%之间, -10℃: -20%~+50%。	参照现行 JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.3.2 条。
9	极限性能	水平极限性能 (%)	在设计压应力下, 当剪切位移达到聚氨酯聚合物层厚度的 250(高摩擦型为 200, 滑动型不作要求) 时, 无明显的破坏迹象, 且剪力-位移曲线单调递增。	—
10		竖向极限抗压性能 (MPa)	支座设计荷载的 7 倍, 且极限抗压强度 ≥175(滑动型按聚四氟乙烯板的极限压应力确定)。	—
11	耐久性能	老化性能 (%)	水平等效刚度和等效阻尼比的允许变化率为 ±20。	参照现行 JT/T 842 桥梁高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.4.1 条。
12		徐变性能 (%)	60 年后徐变量不应超过 10。	符合现行 JT/T 842 桥梁高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.4.2 条。
13		水平疲劳性能 (%)	5000 次水平等效刚度允许变化率为 ±30。	参照现行 JT/T 842 桥梁高阻尼隔震橡胶支座标准第 5.4.3 条。
14		耐水性能 (%)	竖向压缩刚度变化率不大于 15。	—

表 5 支座力学性能试验要求

序号	类型	试验项目	性能	试验方法
1	连接型	压缩性能	竖向压缩刚度	试验准备按 GB/T20688.1—2007 中 6.3 进行, 试验方法按附录 D 规定的方法进行
			竖向极限抗压性能	按附录 D 规定的方法进行
		剪切性能	水平等效刚度 K_h	按附录 D 规定的方法进行
			等效阻尼比 h_{eq}	
			水平极限性能	
			剪应变相关性	按附录 D 规定的方法进行
			压应力相关性	

			加载频率相关性	
1	连接型	剪切性能	重复加载次数相关性	按附录 D 规定的方法进行
			温度相关性	
			老化性能	
			徐变性能	
			水平疲劳性能	测定宜采用单剪试验方法，按附录 E 规定的方法进行
			耐水性能	按附录 F 规定的方法进行
2	摩擦型	压缩性能	竖向压缩刚度	试验准备按 GB/T20688.1—2007 中 6.3 进行，试验方法按附录 D 规定的方法进行
			竖向极限抗压性能	按附录 D 规定的方法进行
		剪切性能	水平等效刚度 K_h	按附录 D 规定的方法进行
			水平极限性能	
			剪应变相关性	
			压应力相关性	
			重复加载次数相关性	
			温度相关性	
			老化性能	
			徐变性能	
			耐水性能	按附录 F 规定的方法进行
		压缩性能	竖向压缩刚度 摩擦系数	试验准备按 GB/T20688.1—2007 中 6.3 进行，试验方法按附录 D 规定的方法进行
			竖向极限抗压性能（滑动型按聚四氟乙烯板的极限压应力确定）	按附录 D 规定的方法进行

注：不同类型支座在材料相同情况下型式检验中相关性可借用数据。

6.5 支座其他要求

6.5.1 单件支座的聚氨酯聚合物应一次浇注完成。

6.5.2 内部结构应满足下列要求

- a) 同一支座(内部)单层聚氨酯聚合物的厚度应均匀一致，单层聚氨酯聚合物的厚

度偏差应满足 $\pm 1.5\text{mm}$ 的要求；

b) 支座本体内部加劲钢板侧面保护层不宜小于 10mm；

c) 支座本体第一形状系数 S_1 不应小于 15, 且不应大于 30; 支座本体第二形状系数 S_2 不应小于 4。形状系数按照附录 A 的规定进行计算。

8 检验和判定规则

8.2 检验项目

表 6 聚氨酯混合料的性能检验项目

序号	性能	检验项目	型式检验	出厂检验
1	拉伸性能	拉伸强度	√	√
2		扯断伸长率	√	√
3	老化性能	拉伸强度变化率	√	△
4		扯断伸长率变化率	√	△
5		100%拉应变时的弹性模量变化率	√	△
6	耐水性能	拉伸强度变化率	√	△
7		扯断伸长率变化率	√	△
8		100%拉应变时的定伸应力变化率	△	△
9	硬度	硬度	√	√
10	黏合性能	高分子混合料与金属黏合强度	√	△
11	恒定压缩性能	压缩永久变形	√	△
12	脆性性能	脆性温度	√	△
13	耐臭氧性能	外观变化	√	△
14	耐霉变性能	耐霉变性能	√	△
注：“√”为检验项目；“△”为可选择检验项目。				

附录 A

桥梁高性能聚氨酯支座技术参数

附录 B

聚氨酯聚合物耐水性能试验方法

附录 C

聚氨酯聚合物耐霉变性能试验方法

附录 D

桥梁高性能聚氨酯支座力学性能试验方法

附录 E

桥梁高性能聚氨酯支座水平疲劳性能试验方法

附录 F

桥梁高性能聚氨酯支座耐水性能试验方法

附录 G

高性能聚氨酯支座规格系列及参数

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

八、作为推荐性标准建议及其理由

随着桥梁技术的飞速发展，交通运输量大，特别是中小跨径的梁桥增多，在地处非隔震区域的工况下，设计院较多选择承载能力高，安装便捷的产品在工程项目上使用，既可以缩小支座尺寸，满足安装空间限制，同时安装支座过程免去很多麻烦，备受设计工程师和工程项目的青睐，但该类别的产品没有标准依据可循，导致市场推广应用没有规范化。

九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的交通建设、监理、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确桥梁高性能聚氨酯支座的设计技术指标、材料性能要求、施工工艺、检测方法、质量验收等方面的具体要求，有效推动贯标工作的开展及落实。

(2) 定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对桥梁高性能聚氨酯支座进行改进，保持技术领先、性能优化、价格合理。

十、其他应说明的事项

暂无。