

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—2025

公路桥梁高性能聚氨酯支座

High performance polyurethane bearings for bridges

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 1 月 7 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 符号 3

5 分类、结构、型号和规格 3

6 技术要求 7

7 试验方法 12

8 检验和判定规则 15

9 标志、包装、运输和储存 16

附 录 A （规范性） 桥梁高性能聚氨酯支座技术参数 19

附 录 B （规范性） 聚氨酯混合料耐水性能试验方法 21

附 录 C （规范性） 聚氨酯混合料耐霉变性能试验方法 23

附 录 D （规范性） 桥梁高性能聚氨酯支座力学性能试验方法 27

附 录 E （规范性） 桥梁高性能聚氨酯支座水平疲劳性能试验方法 32

附 录 F （规范性） 桥梁高性能聚氨酯支座耐水性能试验方法 34

附 录 G （资料性） 高摩擦型高性能聚氨酯支座规格系列及参数 35

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件起草人：

公路桥梁高性能聚氨酯支座

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

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1682 硫化橡胶低温脆性的测定 单试样法
- GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法
- GB/T 1741 漆膜耐霉菌性测定法
- GB/T 20688.1 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/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带
- GB/T 328.16 建筑防水卷材试验方法 第16部分
- GB/T 3512 橡胶热空气老化试验方法
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 531 硫化橡胶邵尔A硬度的试验方法
- GB/T 6040 红外光谱分析方法通则
- GB/T 6031 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定(10~100 IRHD)
- 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
- 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
- GB/T 7760 硫化橡胶与金属粘合的测定 单板法
- GB/T 7762 硫化橡胶耐臭氧老化试验静态拉伸试验法
- JT/T 4 公路桥梁板式橡胶支座
- JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
- JT/T 928 桥梁超高阻尼隔震橡胶支座
- JT/T 822 公路桥梁铅芯隔震橡胶支座
- JT/T 842 公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座

ISO 6721-6 Plastics — Determination of dynamic mechanical properties — Part 6: Shear vibration-Non-resonance method

3 术语和定义

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。

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。

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。

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。

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。

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。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A ——支座聚氨酯聚合物层平面面积，单位为平方毫米(mm^2)；

A_0 ——有效承压面积，支座本体内部加劲钢板的平面面积，单位为平方毫米(mm^2)；

D_0 ——圆形支座本体内部加劲钢板直径，单位为毫米(mm)；

d ——圆形支座本体直径，单位为毫米(mm)；

F_{sv} ——试件抗压强度，单位为兆帕(MPa)；

F_v ——试件极限荷载，单位为千牛(kN)；

G ——聚氨酯聚合物剪切模量，单位为兆帕(MPa)；

H ——支座组装成品的总高度，单位为毫米(mm)；

h ——支座本体高度，单位为毫米(mm)；

h_{eq} ——支座等效阻尼比，单位为百分比(%)；

K_h ——支座水平等效刚度值，单位千牛每毫米(kN/mm)；

K_v ——支座竖向压缩刚度值，单位千牛每毫米(kN/mm)；

S_1 ——第一形状系数；

S_2 ——第二形状系数；

T_e ——支座水平位移设计值，单位为毫米(mm)；

T_r ——支座本体内部聚氨酯聚合物层的总厚度，单位为毫米(mm)；

t ——支座连接钢板的厚度，单位为毫米(mm)；

t_r ——支座本体内部单层聚氨酯聚合物的厚度，单位为毫米(mm)；

t_s ——支座本体内部加劲钢板的厚度，单位为毫米(mm)。

5 分类、结构、型号和规格

5.1 分类

5.1.1 按高性能聚氨酯支座使用功能，分为：

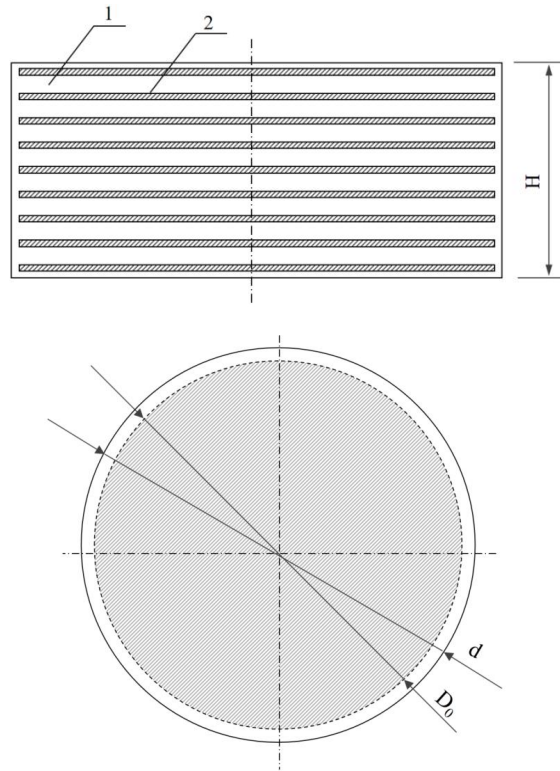
- a) 摩擦型高性能聚氨酯支座，代号为 HF；
- b) 滑动型高性能聚氨酯支座，代号为 ST；
- c) 连接型高性能聚氨酯支座，代号为 CF。

5.1.2 按高性能聚氨酯支座适用温度范围，分为：

- a) 常温型高性能聚氨酯支座，不单独设置代号；
- b) 耐寒型高性能聚氨酯支座，代号 C。

5.2 结构

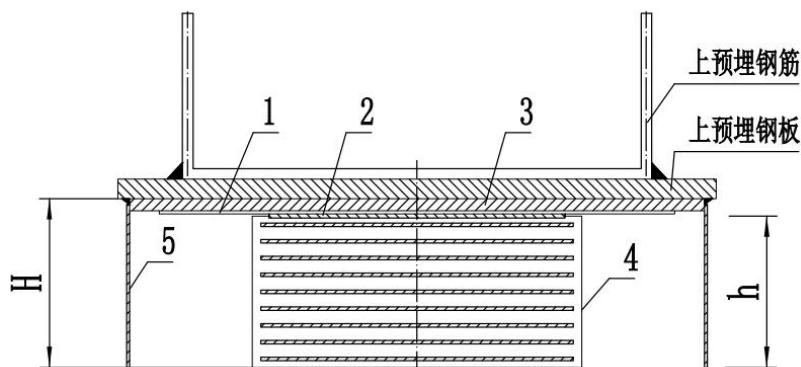
5.2.1 摩擦型高性能聚氨酯支座，无其他连接部件，示意图见图 1。

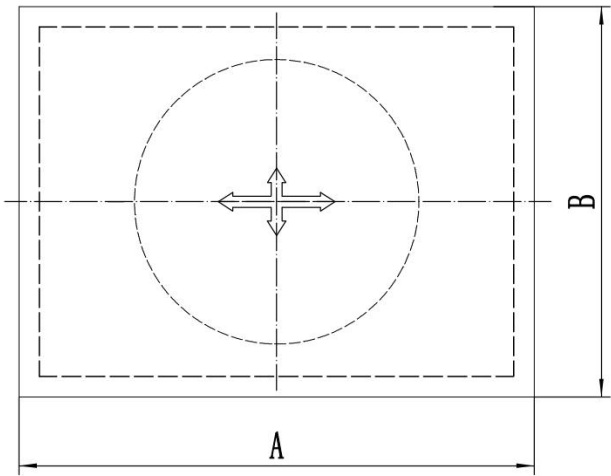


说明：1-聚氨酯聚合物； 2-加劲钢板；

图1 摩擦型高性能聚氨酯支座结构示意图

5.2.2 滑动型高性能聚氨酯支座，支座结构由高性能聚氨酯支座和相配对的滑动摩擦副等组成，示意图见图 2。

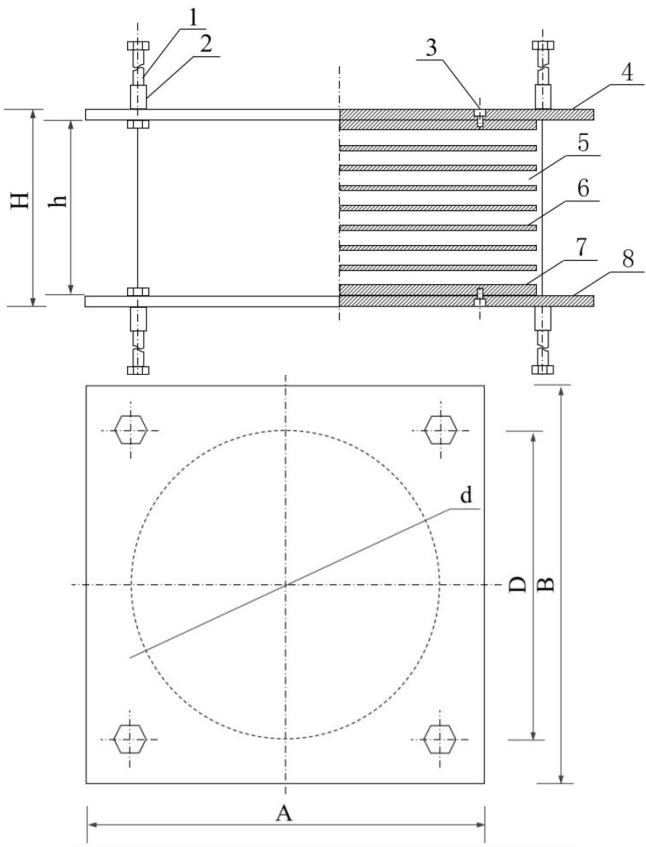




说明：1-不锈钢钢板；2-聚四氟乙烯板；3-支座上钢板；4-高性能聚氨酯支座本体；5-防尘罩。

图2 滑动型高性能聚氨酯支座结构示意图（长箭头方向为主位移方向）

5.2.3 连接型高性能聚氨酯支座，结构由支座本体和连接部件等组成，示意见图3。



说明：1-锚固螺栓； 2-套筒； 3-连接螺栓； 4-支座上钢板；
5-聚氨酯混合料； 6-加劲钢板； 7-封层钢板； 8-支座下钢板。

图3 连接型高性能聚氨酯支座结构示意图（或是卡榫连接）

5.3 型号

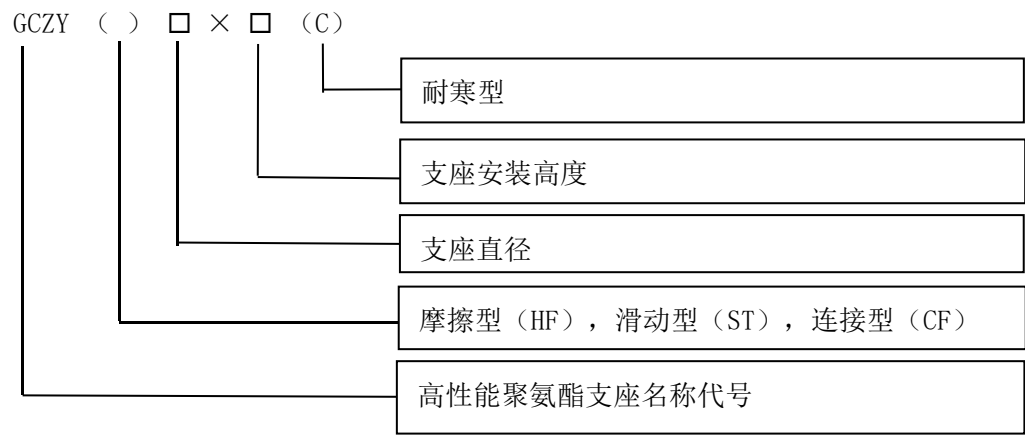


图 4 高性能聚氨酯支座型号表示方法

示例 1：

摩擦型高性能聚氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=128\text{mm}$ 的常温型支座型号表示为：

GCZY (HF) 520×128 。

摩擦型高性能聚氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=128\text{mm}$ 的耐寒型支座型号表示为：

GCZY (HF) 520×128 (C)。

示例 2：

滑动型高性能聚氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=117\text{mm}$ ，纵向位移为 100mm 的常温型支座型号表示为：

GCZY (ST) 520×117 e100

滑动型高性能聚氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=117\text{mm}$ ，纵向位移为 100mm 的耐寒型支座型号表示为：

GCZY (ST) 520×117 e100 (C)。

示例 3：

连接型高性能氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=220\text{mm}$ ，的常温型支座型号表示为：；

GCZY (CF) 520×220 。

连接型高性能氨酯支座本体直径 $d=520\text{mm}$ ，安装高度 $H=220\text{mm}$ ，的耐寒型支座型号表示为：

GCZY (CF) 520×220 (C)。

5.4 规格

摩擦型、滑动型和连接型规格系列见附录 G。

6 技术要求

表 1 公路桥梁高性能聚氨酯支座设计参数范围

竖向承载力（kN）	>500
设计压应力（MPa）	15~35
水平剪切模量（MPa）	1.5~3.5
阻尼比（%）	5~20

6.1 一般要求

6.1.1 使用环境温度

常温型：支座的使用环境温度范围为-25℃~60℃；耐寒型：支座的使用环境温度范围为-50℃~60℃。

6.1.2 设计使用寿命

正常运营及维护下支座设计使用寿命不低于 60 年。

6.2 外观和尺寸偏差

6.2.1 支座本体外观

支座本体表面应光滑平整，外观质量应符合表 2 的规定。

表 2 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

6.2.2 支座本体和组装成品尺寸

支座本体和组装成品的尺寸允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 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%	

6.2.3 钢板

连接钢板和预埋钢板平面尺寸的允许偏差应符合表 4 的规定，厚度的允许偏差应符合表 5 的规定；连接钢板和预埋钢板及封层钢板螺栓孔、螺纹孔位置的允许偏差应符合表 6 的规定，不锈钢板符合表 7、8 的规定。

表 4 连接钢板和预埋钢板平面尺寸的允许偏差

单位为毫米

钢板厚度 t	钢板边长或直径	
	(A、B 或 D) < 1000	(A、B 或 D) ≥ 1000
$20 < t \leq 30$	± 2.0	± 2.5
$30 < t \leq 50$	± 2.5	± 3.0
$50 < t \leq 100$	± 3.5	± 4.0

表 5 连接钢板和预埋钢板厚度的允许偏差

单位为毫米

钢板厚度 t	钢板边长或直径	
	(A、B 或 D) < 1000	(A、B 或 D) ≥ 1000
$20 < t \leq 30$	± 0.7	± 0.8
$30 < t \leq 50$	± 0.8	± 0.95
$50 < t \leq 100$	± 0.9	± 1.1

表 6 连接钢板和预埋钢板及封层钢板螺栓孔、螺纹孔位置的允许偏差

单位为毫米

钢板边长或直径	螺栓孔位置允许偏差
(A、B 或 D) ≤ 500	± 0.8
$500 < (A、B \text{ 或 } D) \leq 1000$	± 1.2
(A、B 或 D) > 1000	± 2.0

表 7 不锈钢板允许偏差

表面粗糙度 (Ra)	$<0.8\ \mu\text{m}$
表面硬度	HV150~HV200
表面平面度	$\leq 0.1\%d$
注：不锈钢板应与支座上钢板焊接固定。	

表 8 不锈钢板厚度要求

单位为毫米

支座直径 d	厚度 (tf)
≤ 500	2.0
> 500	3.0

6.2.4 滑板

滑板最小公称厚度为 7mm，尺寸偏差应符合表 9 的规定。外露厚度尺寸允许偏差应大于 3.0_0^{+1}mm 。

表9 聚四氟乙烯板材尺寸偏差

单位为毫米

直径 ϕ	直径偏差	厚度偏差
≤ 600	+1.5	+0.5
	0	0
> 600	+2.0	+0.75
	0	0

滑板应采用聚四氟乙烯滑板或改性聚四氟乙烯滑板，其性能应符合JT/T 901的规定。

6.3 材料

6.3.1 进厂原材料

应附有原材料进厂材质证明书，经检验全部项目合格后方可使用，不合格材料不得用于生产

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 5.2.4 条。

6.3.2 聚氨酯聚合物性能应符合表 10 的规定。

表10 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

表10（续）

序号	性 能	试 验 项 目	要 求
3	热空气老化性能 (70℃, 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

6.3.3 钢材应符合下列规定

- a) 加劲钢板应采用符合 GB/T 3274 中不低于 Q235B 性能的钢板, 其厚度不应小于 2mm;
- b) 支座封层钢板、剪力卡榫应采用符合 GB/T 3274 中不低于 Q355B 性能的钢板;
- c) 支座连接钢板应采用符合 GB/T 3274 中不低于 Q235B 性能的钢板;
- d) 套筒应符合 GB/T 699 (45#) 或 GB/T 3077 (40Cr) 的性能规定; 锚固螺栓应符合 GB/T 3077 (40Cr) 的性能规定;
- e) 预埋钢板应采用符合 GB/T 3274 中不低于 Q235B 性能的钢板;

f) 当支座应用于 JT/T 722 规定的 C1~C3 腐蚀环境中时, 不锈钢冷轧钢板应采用 06Cr19Ni10、06Cr18Ni11T 牌号不锈钢板; 若使用在 C4~C5-M 的沿海和近海区域高腐蚀环境中, 应采用 06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2 牌号不锈钢板。各牌号钢板的表面应满足 No4 级的加工要求, 表面硬度应为 HV150~HV200, 化学成分和力学性能均应符合 GB/T 3280 的规定。

6.3.4 滑板材料

滑动型高性能聚氨酯支座宜采用聚四氟乙烯板, 其理化性能指标应符合 JT/T901 (表 1、表 2) 的相关规定。

6.3.5 硅脂

滑动型高性能聚氨酯支座采用 5201-2 硅脂, 其理化性能指标应符合 HG/T 2502 (表 11) 的相关规定。

表11 硅脂理化性能要求

项目 等级 型号		5201-2		
		优等品	一级品	合格品
锥入度 1/10mm	不工作	200~250		
	工作（≤）	290	310	370
油离度（%），≤		7.0	8.0	
挥发物含量（%），≤		2.0		3.0

6.4 支座力学性能

高性能聚氨酯支座力学性能要求符合表 12 的规定。

表 12 高性能聚氨酯支座力学性能要求

序号	性能	项目	要 求
1	压缩性能	竖向刚度	$K_v \pm 30\%K_v$
2	剪切性能	水平等效刚度	$K_h \pm 20\%K_h$
3		等效阻尼比	$H_{eq} \geq 0.8h_{eq}$
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。
			等效阻尼比允许变化率±20。
5		压应力相关性（%）	水平等效刚度允许变化率为±25。
			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。
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。
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%。

表 12（续）

序号	性能	项目	要 求
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 。
12		徐变性能（%）	60 年后徐变量不应超过 10。
13		水平疲劳性能（%）	5000 次水平等效刚度允许变化率为 ± 30 。
14		耐水性能（%）	竖向压缩刚度变化率不大于 15。

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。

6.5.3 钢板与聚氨酯聚合物黏结应牢固，且无离层现象。

6.5.4 钢板加工时，应除锈、去油污、去除毛刺。

6.5.5 支座使用的加劲钢板不应拼接。

6.5.6 滑动型支座安装前应擦洗聚四氟乙烯板干净后，注满硅脂润滑。

6.5.7 滑动型支座应设置防尘罩，构造要便于拆装。

6.5.8 支座外露钢板防腐应符合 JT/T 722 的规定。

7 试验方法

7.1 外观和外形尺寸

7.1.1 支座尺寸测量前应在环境温度下静置 24h 及以上。

7.1.2 支座外观应符合表 2 规定，可采用目测、手感方法或使用量具逐件进行检查。

7.1.3 支座外形平面尺寸应符合表 3 规定，采用钢直尺量测，厚度采用游标卡尺或量规量测。量测具体要求如下：

- a) 支座外形尺寸、高度至少测量 4 次，测点应垂直交叉；
- b) 测量值应取实测平均值。

7.2 聚氨酯聚合物材料性能试验要求

聚氨酯聚合物材料性能应符合表10的规定，其试验要求按表13进行，试验前应在标准温度（ 23 ± 5 ）℃下静置24h及以上，且应在标准温度下进行。

表13 聚氨酯聚合物材料性能试验要求

序号	性 能	试 验 项 目	试 件	试 验 方 法
1	拉伸性能	拉伸强度（MPa）	I 型 试样	按GB/T528 的规定进行
2		扯断伸长率（%）		
3	热空气老化性能	拉伸强度变化率（%）	—	按 GB/T 20688.1—2007中第5.4节和GB/T 3512 的规定进行
4		扯断伸长率变化率（%）		
5		100%拉应变时的定伸应力变化率（%）		
6	耐水性能	拉伸强度变化率（%）	—	按GB/T 328.16-2007 和附录 B 的规定进行
7		扯断伸长率变化率（%）		
8		100%拉应变时的定伸应力变化率（%）		
9	耐水解性能	红外光谱分析（FTIR）	—	按 GB/T 6040-2019 的规定进行
		DMA 测试	—	按 ISO 6721-6 :2019 的规定进行
10	硬度	硬度(邵尔 A 型)	—	按 GB/T 6031 的规定进行
11	黏合性能	聚氨酯聚合物与金属黏合强度（kN/m）	—	按GB/T7760 的规定进行
12	恒定压缩性能	压缩永久变形（%）	A 型试样	按GB/T7759 的规定进行
13	脆性性能	脆性温度(单试样法)	—	按 GB/T1682 的规定进行
14	耐臭氧性能	外观变化[臭氧浓度 3×10^{-6} （体积分数），20%伸长率， $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，96h]	—	按 GB/T7762 的规定进行
15	耐霉变性能	耐霉变性能等级	—	按附录C 的规定进行

7.3 支座性能

7.3.1 支座力学性能和相关性能稳定性试验前应在标准温度（ 23 ± 5 ）℃静置72h及以上，且应在标准温度下进行试验。

7.3.2 支座计算竖向承载力时，应按支座本体内部加劲钢板的平面面积计算；计算水平剪应力时，应按支座聚氨酯层平面面积计算。

7.3.3 力学性能试验要求

表 14 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	
			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	

表 14（续）

序号	类型	试验项目	性能	试验方法
2	摩擦型	剪切性能	老化性能	按附录 F 规定的方法进行
			徐变性能	
			耐水性能	
3	滑动型	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。

8 检验和判定规则

8.1 检验分类

支座检验分为型式检验和出厂检验两类。

8.2 检验项目

根据出厂检验和型式检验的必要性，原材料及成品的检验项目如下表 15 和表 16 所示。

表 15 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	√	√

表 15 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
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。				

表16 支座的力学性能检验项目

序号	性能	检验项目	型式检验	出厂检验	试件
1	压缩性能	竖向压缩刚度	√	√	足尺
2	剪切性能	水平等效刚度 K_h	√	√	足尺
3		等效阻尼比 h_{eq}	√	√	足尺
4		剪切变形相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
5		压应力相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
6		加载频率相关性	√	×	足尺或缩尺模型 A, 标准试件
7		重复加载次数相关性	√	×	足尺或缩尺模型 B
8		温度相关性	√	×	足尺或缩尺模型 A, 标准试件
9	极限性能	水平极限性能	√	×	足尺或缩尺模型 B
10		竖向极限抗压性能	√	×	足尺或缩尺模型 B
11	耐久性能	老化性能	√	×	足尺或缩尺模型 A, 标准试件
12		徐变性能	√	×	足尺或缩尺模型 A
13	耐久性能	水平疲劳性能	√	×	平面尺寸不小于 200mm
14		耐水性能	√	×	平面尺寸不小于 300mm

注：1. “√”为应进行检验项目；“△”为可选择进行检验项目；“×”为不进行检验项目。

2. 按 GB/T 20688.2—2006 第 6.3.1 条和 GB/T 20688.3—2006 第 6.3.1 条的规定，对缩尺模型尺寸要求如下：

表16（续）

a) 缩尺模型 A:直径$\geq 150\text{mm}$; 高分子混合料层厚度$\geq 3\text{mm}$, 钢板厚度$\geq 2\text{mm}$; b) 缩尺模型 B:直径$\geq 400\text{mm}$;高分子混合料层厚度$\geq 4\text{mm}$, 钢板厚度$\geq 2\text{mm}$。 3. 摩擦型高性能聚氨酯支座不做等效阻尼比项目的检测, 其他事项参照表 14 支座力学性能试验要求进行。
--

8.3 型式检验

有下列情况之一时, 应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正常生产后, 如聚氨酯混合料配方、工艺、结构等有改变, 可能影响产品性能时;
- c) 正常生产时, 每五年进行一次检验;
- d) 产品停产一年以上, 恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督机构或用户提出进行型式试验要求。

8.4 出厂检验

- a) 支座出厂检验为每批产品交货前应进行的检验;
- b) 出厂检验应由工厂质检部门进行, 确认合格后方可出厂;
- c) 出厂时应附有产品质量合格证明文件。
- d) 第三方抽检按出厂检测项目进行。

8.5 判定规则

8.5.1 当全部型式检验项目均合格时, 判定型式检验合格; 当检验结果有不合格项目时, 则判定型式检验不合格。

8.5.2 出厂检验时, 若有一项不合格, 则应从该批产品中随机再抽取双倍支座, 对不合格项目进行复检, 若仍有一项不合格, 则判定该批产品不合格。

出厂前应对支座采用随机抽样的方式进行力学性能检验, 随机抽样每批次宜不少于总数的 5%, 且不少于 1 件; 若有不合格试件, 应重新随机抽取双倍支座数量, 按要求重新复检; 若仍有不合格试件, 应 100%检验, 不合格支座不得出厂。

9 标志、包装、运输和储存

9.1 标志

- 9.1.1 每个成品支座应有标志牌, 其内容应包括产品名称、规格型号、设计承载力、位移。
- 9.1.2 支座表面应标注安装方向指示, 示出“横桥向”或“纵桥向”标志

9.2 包装

- 9.2.1 支座应根据分类、规格分别包装。
- 9.2.2 包装应牢固可靠, 包装外面应注明产品名称、规格、出厂日期。

9.2.3 包装内应附有产品合格证和产品说明书。

9.2.4 产品说明书内容应包括选用要求、安装和养护要求。

9.3 运输

9.3.1 支座运输中应避免阳光直接暴晒、雨雪浸淋，并应保持清洁，不应接触尖锐物或影响聚氨酯混合材料性能的酸、碱、油类、有机溶剂等物质。

9.3.2 叠层运输时，应采用辅助装置对其固定，并可承受运输时的振动荷载。

9.3.3 装卸时应避免磕碰划伤，支座应放置于平整的表面，避免压伤和机械损伤。

9.4 储存

9.4.1 储存支座的库房应干燥通风，支座应堆放整齐，保持清洁，严禁与酸、碱、油类、有机溶剂等相接触，并应距热源 1m 以上且不能与地面直接接触。

9.4.2 叠层储存时，注意控制叠放高度，以免支座坠落损坏；支座储存期不宜超过一年。

附 录 A
(规范性)
桥梁高性能聚氨酯支座技术参数

A.1 形状系数

支座的第一形状系数 S_1 和第二形状系数 S_2 按式 (A. 1) 和式 (A. 2) 计算。

$$S_1 = \frac{D_0}{4t_r} \quad (\text{A. 1})$$

$$S_2 = \frac{D_0}{T_r} \quad (\text{A. 2})$$

式中： D_0 ——支座本体内部加劲钢板直径 (mm)；

t_r ——支座本体内部单层聚氨酯聚合物的厚度 (mm)；

T_r ——支座本体内部聚氨酯聚合物总厚度 (mm)。

注：为了保证支座竖向承载力，钢板定位孔应当充满聚氨酯聚合物，因此不考虑钢板孔洞对产品性能的影响。

A.2 支座竖向压缩刚度

支座竖向压缩刚度设计值按式 (A. 3) 计算：

$$K_v = \frac{GA_0 S_1 \alpha}{T_r} \quad (\text{A. 3})$$

式中：

K_v ——支座竖向压缩刚度 (N/mm)；

G ——聚氨酯聚合物剪切模量 (MPa)；

A_0 ——加劲钢板有效承压面积 (mm²)；

T_r ——聚氨酯聚合物的总厚度 (mm)；

α ——一次相关系数，宜根据产品试验确定的修正系数进行修正。

A.3 支座水平等效刚度

支座水平等效刚度设计值按式 (A. 4) 计算：

$$K_h = \frac{G\pi d^2}{4T_r} \quad (\text{A. 4})$$

式中：

K_h ——支座水平等效刚度 (N/mm)；

G ——聚氨酯聚合物剪切模量 (MPa)；

d ——支座本体直径 (mm)；

T_r ——聚氨酯聚合物总厚度 (mm)。

附 录 B
(规范性)
聚氨酯聚合物耐水性能试验方法

B.1 试样

- B.1.1 试验采用生产支座材料制备的试片，按 GB/T 1690 的规定进行取样。考虑空气中水分对材料性能的影响，样品应当在 21d 内完成试验项目。型式检验的样品，应采用生产样品时的材料同步制作试片。
- B.1.2 试样厚度为 $2.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 。天平称重精度 0.01g，如果试样厚度大于 2.2mm，应将厚度处理到 $2.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 。不同厚度的试样测试结果不具有可比性。

B.2 试样数量

每组准备 3 张试片，其中 1 张作为备用。

B.3 试样调节

采用与产品同步制作的试片，应在完成固化后，按标准温度静置 72h 及以上，然后在 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 条件下干燥 2h 以去除试片停放过程中吸附空气中的水分，随后在标准温度下密封静置 0.5h，用天平称重。

B.4 试验步骤

- B.4.1 取 1 张调理完成的试片，裁片制作 5 根 I 型试样，在电子拉力机上依据 GB/T 528 要求，进行拉伸强度和扯断伸长率两项指标的检测。
- B.4.2 取另外 1 张调理完成的试片，裁片制作 5 根 I 型试样。
- B.4.3 恒温水浴箱温度调整到 23°C ，达到恒温 1h 后，完全浸入水中，维持环境正常通风。保持 168 h，让试样充分吸水。取出试片，用滤纸或棉绒布擦干试件。采用天平称重，与浸水前对比计算吸水率。
- B.4.4 取出试样，在 100°C 条件下干燥 16h，消除表面吸附水的影响。采用天平称重，与浸水前对比计算溶解率。
- B.4.5 试样在标准温度下密封静置 16 至 24h，方可进行性能测试。

T/CCTAS XX—2025

B.4.6 在电子拉力机上依据 GB/T 528 要求，进行拉伸强度和扯断伸长率两项指标的检测。

B.5 数据处理

依据 GB/T 1690 的规定计算。

B.6 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 样品描述：试样原有状态描述和样品制备方法；
- b) 试样描述：试样编号、试样尺寸、调节时间、浸泡温度、浸泡时间；
- c) 试验装置：试验装置介绍；
- d) 耐水性能试验前检测数据（拉伸强度、扯断伸长率）；
- e) 耐水性能试验后检测数据（拉伸强度、扯断伸长率）；
- f) 试验结论；
- g) 试片拉伸前后比对照片。

附 录 C

(规范性)

聚氨酯聚合物耐霉变性能试验方法

C.1 主要设备与材料

C.1.1 恒温恒湿培养箱(温度 25℃~30℃、相对湿度≥85%)、高压灭菌锅、湿度计、天平(精确度 0.01g)、离心机霉菌孢子液喷雾箱、生物安全柜(也可用超净工作台)、冰箱。

C.1.2 无色玻璃试管、90mm 无色玻璃培养皿、400mm 无色玻璃培养皿、三角瓶(容量为 50mL、100mL、250mL 和 500mL)、无色玻璃漏斗、酒精灯、喷雾器铝板(或玻璃、木片、马口铁片等)、玻璃或塑料密闭容器、接种环。

C.1.3 用 100 份无离子水(蒸馏水)加 0.005 份分散剂(吐温 80),按 10mL/支分装到无色玻璃试管中,放入高压灭菌锅内(121℃ 0.10MPa~0.11MPa)灭菌 30min 后备用。

C.1.4 无机盐培养基、无机营养液和马铃薯培养基,均按 GB/T 1741—2020 中第 5.2 节进行培养和制备。

C.2 试验样品的准备

C.2.1 聚氨酯聚合物的准备

支座加工条件下或依照支座加工工艺条件,制作尺寸为 150mm×150mm×2mm 的标准试样,完全固化后备用。

用无腐蚀性的清洗剂清洗干净试片表面,然后将表面用细纱布打磨一遍,确保脱模剂材料清除干净,然后切割成 9 张 50mm×50mm 大小的小片:

- a) 将 3 张试片置于老化箱内,在 100℃条件下老化 70h;
- b) 将老化后的 3 张试片以及另外 6 张试片分别做好记号;
- c) 将试片在室温下置于缓慢流动的自来水中冲洗 24h,取出试片在室温下晾干后备用。

C.2.2 阳性对照样品

在试验过程中用 3 张 50mm×50mm 的无菌定性滤纸作为阳性对照样品,该滤纸本身不具备防霉功能。

C.3 霉菌菌种及混合霉菌孢子(种子)悬浮液的制备

C.3.1 试验菌种宜从表 C.1 中选择，所有菌种均来自国家或省级微生物菌种保藏中心的典型菌种，可根据高分子混合料组成和支座使用环境适当增减。

表C.1 试验检验菌种

序号	中文名称	拉丁名
1	黑曲霉	<i>Aspergillus niger</i>
2	黄曲霉	<i>Aspergillus flavus</i>
3	球毛壳霉	<i>Chaetomium globosum</i>
4	腊叶芽枝霉	<i>Cladosporium herbarum</i>
5	宛氏拟青霉	<i>Paecilomyces varioti</i>
6	桔青霉	<i>Penicillium citrinum</i>
7	绿色木霉	<i>Trichoderma viride</i>
8	出芽短梗霉	<i>Aureobasidium pullulans</i>
9	链格孢	<i>Alternata alternata</i>
10	土曲霉	<i>Aspergillus terreus</i>

C.3.2 霉菌菌种培养与孢子悬浮液的制备应按 GB/T 1741—2020 中第 6.2 条进行。

C.4 试验步骤

C.4.1 培养基平皿的准备

选用 90mm 无色玻璃培养皿，将足够的营养盐倒入无菌培养皿中，培养基厚度为 3mm~6mm。

C.4.2 接种

C.4.2.1 试验样品

培养皿中的培养基凝固后，表面放上样品，把准备好的孢子悬浮液均匀接种到整个样品与周围培养基的表面，待样品表面水分稍干后盖好皿盖。每种样品做 3 个平行样本。

C.4.2.2 阳性对照

将无菌过滤纸分别平放在营养盐培养基上，并将准备好的孢子悬浮液均匀接种到整个滤纸与周围培养基的表面，稍干后盖好皿盖。

C.4.2.3 阴性对照

取 3 张未做老化试验的样本作为阴性对照样品，分别平放在无菌的无机营养盐培养基上，每个样品接上与样品相同接种量的无菌水，稍干后盖好皿盖。

C.4.3 培养

C.4.3.1 温度、湿度控制

把已接种的试验样品、阳性对照样品和阴性对照样品放在培养箱中，温度控制在 25℃～30℃，在相对湿度不低于 85%的条件下培养。

C.4.3.2 培养时间

培养7d后检查阳性对照样品上接种菌的活力，如果在任何一张滤纸上肉眼都看不到霉菌生长，则该试验被认为无效，应重新进行试验。若滤纸上肉眼可清楚看到霉菌生长，则继续培养至28d, 检查结果。

C.5 结果观察

试验结束，立即检查样品的外观，必要时对样品进行影像记录。如果试验仅检查直观效果，样品应从培养箱拿出，直接从正面或侧面观察样板表面霉菌、菌体、菌丝生长情况。经检验的样品应先用肉眼检查，如有必要再用放大镜(放大倍数约为50倍)进行检查。阴性对照样品肉眼不应观察到霉菌生长；阳性对照样品应按下列等级评定表述霉变程度。

- a) 0 级：在放大约50倍下无明显长霉；
- b) 1 级：肉眼看不到或很难看到长霉，但在放大镜下可明显看到长霉；
- c) 2 级：肉眼明显看到长霉，在样品表面的覆盖面积为10%～30%；
- d) 3 级：肉眼明显看到长霉，在样品表面的覆盖面积为30%～60%；
- e) 4 级：肉眼明显看到长霉，在样品表面的覆盖面积大于60%。

C.6 试验报告

试验报告应给出试验所采用的培养方法、测试周期。

试验报告应包括下列内容：

T/CCTAS XX—2025

- a) 样品描述：原有状态描述和样品制备方法；
- b) 试样描述：试样编号、试样尺寸；
- c) 试验装置；
- d) 试验菌种；
- e) 试验过程：试验温度、试验湿度、培养方法、起始时间、培养周期；
- f) 试验结论：霉变等级、霉变面积；
- g) 霉变试验前后比对照片。

附录 D
(规范性)
桥梁高性能聚氨酯支座力学性能试验方法

D.1 试样

试件宜采用足尺支座，受试验设备能力限制时，可选用缩尺支座进行试验，缩尺支座符合8.2表16要求。
试件应在标准温度 $(23^{+5}_{-2})^{\circ}\text{C}$ 静置72h及以上。

D.2 竖向压缩刚度

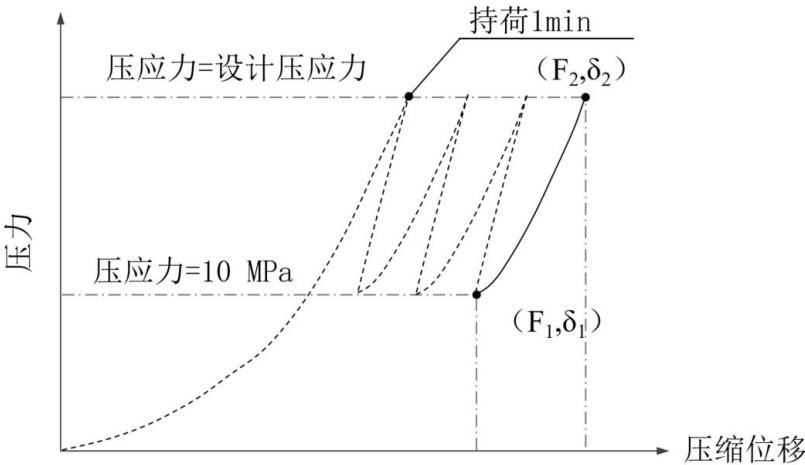


图 D.1 竖向刚度试验加载方法

在标准温度条件条件下，对试件循环施加竖向荷载4次。

加载方法：对试件施加竖向压应力至设计压应力，持荷1min，然后将压应力卸载至10MPa，持荷1min；后续3圈连续加载施压，不需要持荷，测量第4次加载10MPa和加载至设计压应力时试件的压缩量，按式（D.1）计算竖向压缩刚度。

$$K_v = \frac{F_2 - F_1}{\delta_2 - \delta_1} \quad (\text{D.1})$$

式中：

K_v ——支座竖向压缩刚度 (kN/mm)；

F_2 ——第4次加载至设计压应力时的作用力 (kN)；

F_1 ——第4次加载至10MPa时的作用力 (kN)；

δ_2 ——第4次加载至设计压应力时的压缩量 (mm)；

δ_1 ——第4次加载10MPa时的压缩量 (mm)。

D.3 水平剪切性能

D.3.1 水平等效刚度及等效阻尼比性能

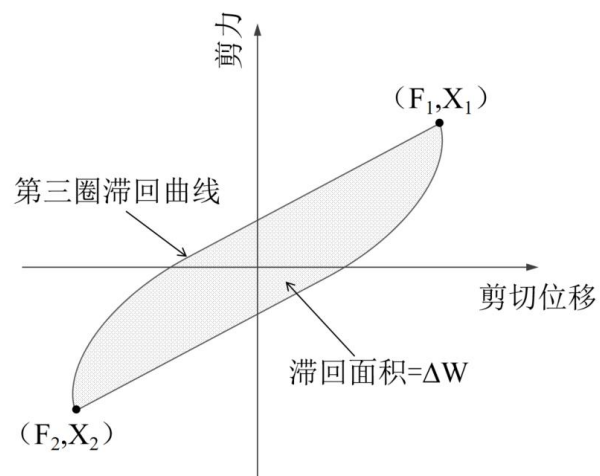


图 D.2 水平剪切性能滞回计算示意图

在标准温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下，对试件施加大小为设计压应力的竖向力，并在试验过程中保持恒定。以频率为0.02Hz，水平方向往复循环4次，水平剪切位移为 $\pm 100\%T_r$ ，水平剪切性能应取第4次循环的测试值。水平等效刚度 K_h 按式(D.2)计算，等效阻尼比 h_{eq} 按式(D.3)计算。

$$K_h = \frac{F_1 - F_2}{X_1 - X_2} \quad (\text{D. 2})$$

式中：

F_1 ——正方向最大位移时候的水平试验力（kN）；

F_2 ——负方向最大位移时候的水平试验力（kN）；

X_1 ——产生应变时的最大水平位移（mm）， $X_1 = T_e \gamma$ ；

X_2 ——产生应变时的最小水平位移（mm）， $X_2 = T_e (-\gamma)$ 。

$$h_{eq} = \frac{2\Delta W}{\pi K_h (X_1 - X_2)^2} \quad (\text{D. 3})$$

式中：

ΔW ——滞回曲线的包络面积。

D.4 力学相关性

D.4.1 剪应变相关性

在标准温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下，对试件施加大小为设计压应力的竖向力，并在试验过程中保持恒定，然后以频率0.02Hz，分别进行50% T_r 、100% T_r 、175% T_r 水平剪切变形试验，其中基准剪应变为设计剪应变100%。各水平剪切变形试验分别进行3次循环加载，取第3次滞回曲线，按式(D.2)和式(D.3)计算水平等效刚度、等效阻尼比，并与基准值进行比较。

D.4.2 压应力相关性

在标准温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下，以0.02Hz的频率， $\pm 100\%T_r$ 振幅的正弦波，分别在0.5、0.8、1.0、1.2、1.5倍的设计竖向压应力下对试件进行水平加载，其中基准压应力为设计压应力1.0倍的设计竖向压应力。每种压应力下分别进行3次循环加载，取第3次滞回曲线，按(D.2)和式(D.3)计算水平等效刚度、等效阻尼比，并与基准值进行比较。在每种压应力条件下的试验之间，试件需要放置8h。

D.4.3 加载频率相关性

在标准温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下, 对试件施加大小为设计压应力的竖向力, 并在试验过程中保持恒定, 然后以 $\pm 100\%T_r$ 振幅的正弦波, 分别以 0.005Hz、0.02Hz、0.05Hz、0.1Hz、0.3Hz 的频率进行试验, 其中基准频率为 0.05Hz。各种频率分别进行 3 次循环加载, 取第 3 次滞回曲线, 按 (D. 2) 和式 (D. 3) 计算水平等效刚度、等效阻尼比, 并与基准值进行比较。在每种频率条件下的试验之间, 试件需要放置 8h。

D.4.4 重复加载次数相关性

在标准温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下, 对试件施加大小为设计压应力的竖向力, 并在试验过程中保持恒定, 然后以 0.02Hz 的频率, $\pm 100\%T_r$ 振幅的正弦波, 对试件施加水平荷载并进行 50 次循环, 其中基准反复加载次数为第 3 次。分别完成 5、10、20、30、50 次循环加载, 按 (D. 2) 和式 (D. 3) 计算水平等效刚度、等效阻尼比, 并与基准值进行比较。

D.4.5 温度相关性

温度相关性试验温度分别为 -10°C 、 0°C 、 23°C 、 40°C 。

对试件施加大小为设计压应力的竖向力, 并在试验过程中保持恒定, 然后以 0.02Hz 的频率、 $\pm 100\%T_r$ 振幅的正弦波, 对试件进行加载, 其中基准温度为 23°C 。各种温度下分别进行 3 次循环加载, 取第 3 次滞回曲线, 按 (D. 2) 和式 (D. 3) 计算水平等效刚度、等效阻尼比, 并与基准值进行比较。在每种温度条件下的试验之间, 试件需要放置 8h。

试件放入温度控制箱前, 应在标准温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下放置满 8h。试验指定温度下, 试件在温度控制箱中满 24h 后, 转移至试验装置并完成试验总用时不应超过 30min。

D.5 极限性能

D.5.1 水平极限性能试验

水平极限性能试验方法按 GB/T 20688.1-2007 中第 6.5 条的规定进行。竖向连续加载至设计压应力后, 施加水平推力, 当剪切位移达到聚氨酯聚合物层厚度的 250 (高摩擦型为 200) 时, 支座不破坏。

D.5.2 竖向极限抗压性能试验

竖向连续加载到达设计压应力的 7 倍, 且极限抗压强度 $\geq 175\text{MPa}$, 支座不破坏 (滑动型按聚四氟乙烯板的极限压应力确定)。

D.5.3 支座完成极限试验后不应在工程中使用。

D.6 耐久性能

D.6.1 老化性能

在老化试验前,在标准温度(23^{+5}_{-2})℃静置72h及以上先测定试件的竖向刚度及水平性能作为基准值,再将试件置于80℃恒温箱内168h后取出,冷却至试验温度再进行相关试验。

在标准温度(23^{+5}_{-2})℃条件下,对试件施加大小为设计压应力的竖向力,并在试验过程中保持恒定,然后以0.02Hz频率、 $\pm 100\%T_f$ 振幅的正弦波,对试件进行加载,各老化试件分别进行3次循环加载,取第3次滞回曲线,按(D.2)和式(D.3)计算水平等效刚度、等效阻尼比,并与基准值进行比较。

D.6.2 徐变性能

在标准温度(23^{+5}_{-2})℃条件下,对试件施加大小为设计压应力的竖向力,并在试验过程中保持恒定,在试件零侧向位移的情况下,测量其压缩位移,推算出支座使用多年后的徐变量。将压力达到指定值1min后的压缩位移取为零点。压缩位移的测点应对称布置,且不少于2个。压缩位移值应为各测点测量值的平均值。测量时间应不少于1000h,按100h到101h、101h到102h、102h到103h分成3个时间段,每时间段内的测量值应不少于10个。各徐变压缩位移值应为各时间段测量值的平均值,并与推算的60年变形相比。

附 录 E

（规范性）

桥梁高性能聚氨酯支座水平疲劳性能试验方法

E.1 试样

试件宜采用足尺支座，受试验设备能力限制时，可选用缩尺支座进行试验，缩尺支座符合6.6表13要求。

试件应在标准温度（ 23 ± 2 ）℃放置72h及以上。

E.2 试样数量

试样选用1件外观和尺寸检验合格的支座。

E.3 试验步骤

E.3.1 试验宜在专用试验机上进行，试验机应满足平稳、连续加载的要求。

E.3.2 试验按下列步骤进行：

在标准温度（ 23 ± 2 ）℃条件下，对中安装好试样。

a) 加载试验前，应对支座进行预压，预压荷载为支座竖向设计承载力，预压次数为3次；

b) 预压完成后，竖向连续加载至设计压应力；以0.02Hz的频率、 $\pm 100\% T_r$ 振幅的正弦波进行水平剪切变形预加载，重复3次；

c) 正式加载时，保持竖向压应力不变，然后水平方向以0.02Hz 的频率、 $\pm 100\% T_r$ 振幅的正弦波，对试件进行5000次循环加载。

E.3.3 每完成200次循环加载后，卸压停放8h，再进行下一个200次循环加载。

E.3.4 第一个200次循环加载周期内的第4次滞回曲线，按式(D.2)计算水平等效刚度，作为基准值。

E.3.5 在每个1000次循环加载周期内，取周期内的第4次滞回曲线，按式(D.2)计算水平等效刚度，与基准值进行比较。

E.4 试验结果

疲劳试验后，拆开支座观察，承压板、封板和聚氨酯聚合物材料各部件应无明显破坏现象。

E.5 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 提供试验装置及试验概况：试验设备、试验荷载，试验支座规格、试验支座高度；
- b) 描述试验过程及试验结果，记录试验过程中的异常情况；
- c) 绘制支座的加载次数-水平等效刚度和加载次数-等效阻尼比曲线；
- d) 提供支座在5000次水平剪切变形加载作用后的水平等效刚度和等效阻尼比结果，并对试验结果做出评定；
- e) 拍摄试验照片。

附 录 F
(规范性)
桥梁高性能聚氨酯支座耐水性能试验方法

F.1 试样

按6.6表13要求准备试件

F.2 试样数量

应采用与产品同步制作的流程，制作符合规定的缩尺模型试件1件。

F.3 试验步骤

F.3.1 标准温度 $(23^{+5}_{-2})^{\circ}\text{C}$ 静置24h及以上。

F.3.2 依据附录D的要求，检测试件的竖向压缩刚度、水平等效刚度和等效阻尼比。

F.3.3 调节水箱温度调整到标准温度 $(23^{+5}_{-2})^{\circ}\text{C}$,恒温1h;将支座浸入水中，维持环境正常通风，保持180d,让支座充分吸水。浸水前应用中性清洗剂清洗支座表面油性污染物，当吸水时间达到要求后，应立即进行相关试验。

F.3.4 检测浸水后试件的竖向压缩刚度、水平等效刚度和等效阻尼比，浸水前后应采用相同的加载频率。

F.3.5 产品试验过程中和试验结束后，不应出现局部异常、破损、脱胶、开裂等可见缺陷。

F.4 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 试验装置及试验概况：试验设备、试验支座规格，试验竖向荷载、试验水平加载的频率、产品内 部结构参数；
- b) 绘制耐水性能试验前后，竖向加载的压力变形曲线和水平加载滞回变形曲线；
- c) 记录支座在浸水前后的竖向压缩刚度、水平等效刚度和等效阻尼比的测试值，并对试验结果做出评定；
- d) 提供试验前、试验中和试验后支座的照片。

附 录 G
(资料性)
桥梁高性能聚氨酯支座规格系列及参数

表 G.1 摩擦型高性能聚氨酯支座规格系列参数

规格	支座直径	支座高度	支座+垫石 高度	上调平钢板			支座垫石尺寸推荐			竖向 承载力	设计 位移	竖向 刚度	水平 刚度
代号	ϕD	H	L	A	B	t	顺桥向	横桥向	高度	P	X_0	K_v	K_h
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	mm	kN/mm	kN/mm
GCZY (HF) 220×53	220	53	153	320	320	20	420	420	100	750	17	1154	4. 65
GCZY (HF) 220×66	220	66	166	320	320	20	420	420	100	750	22	898	3. 62
GCZY (HF) 270×68	270	68	168	370	370	20	470	470	100	1200	22	1753	5. 45
GCZY (HF) 270×81	270	81	181	370	370	20	470	470	100	1200	27	1434	4. 46
GCZY (HF) 320×86	320	86	186	420	420	20	520	520	100	1750	32	1649	5. 36
GCZY (HF) 320×94	320	94	194	420	420	20	520	520	100	1750	35	1499	4. 87
GCZY (HF) 370×93	370	93	193	470	470	20	570	570	100	2250	36	2078	6. 28
GCZY (HF) 370×112	370	112	212	470	470	20	570	570	100	2250	44	1700	5. 14
GCZY (HF) 420×101	420	101	201	520	520	20	620	620	100	2950	36	2509	8. 10
GCZY (HF) 420×121	420	121	221	520	520	20	620	620	100	2950	44	2053	6. 63
GCZY (HF) 470×109	470	109	209	570	570	20	670	670	100	3800	42	2688	8. 76

表 G.1（续）

规格	支座直径	支座高度	支座+垫石高度	上调平钢板			支座垫石尺寸推荐			竖向 承载力	设计 位移	竖向 刚度	水平 刚度
代号	ΦD	H	L	A	B	t	顺桥向	横桥向	高度	P	X_0	K_v	K_h
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	mm	kN/mm	kN/mm
GCZY (HF) 470×131	470	131	231	570	570	20	670	670	100	3800	51	2199	7.17
GCZY (HF) 520×113	520	113	213	620	620	20	720	720	100	4700	42	3712	10.72
GCZY (HF) 520×135	520	135	235	620	620	20	720	720	100	4700	51	3037	8.77
GCZY (HF) 570×146	570	146	246	670	670	20	770	770	100	5700	53	3463	10.20
GCZY (HF) 570×159	570	159	259	670	670	20	770	770	100	5700	58	3148	9.27
GCZY (HF) 620×164	620	164	264	720	720	20	820	820	100	6800	56	3970	11.32
GCZY (HF) 620×178	620	178	278	720	720	20	820	820	100	6800	62	3609	10.29
GCZY (HF) 670×189	670	189	289	770	770	20	870	870	100	8000	69	3639	10.68
GCZY (HF) 670×204	670	204	304	770	770	20	870	870	100	8000	76	3336	9.79

注：（1）尺寸均以 mm 为单位；

（2）设计位移量为环境温度引起的支座剪切变形允许值。

表 G.2 滑动型高性能聚氨酯支座规格系列参数

规格型号	支座 直径	支座 高度	支座+垫石 高度	支座上钢板		上调平钢板			支座垫石尺寸推荐			竖向 承载力	竖向刚度
代号	ΦD	H	L	B	A	B_1	A_1	t	顺桥向	横桥向	高度	P	K_v
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN/mm
GCZY (ST) 220x69-e50	220	69	169	320	300	360	340	20	420	420	100	750	1178
GCZY (ST) 220x69-e100	220	69	169	420	300	460	340	20	420	420	100	750	1178
GCZY (ST) 220x69-e150	220	69	169	520	300	560	340	20	420	420	100	750	1178
GCZY (ST) 270x69-e50	270	69	169	370	350	410	390	20	470	470	100	1200	2301
GCZY (ST) 270x69-e100	270	69	169	470	350	510	390	20	470	470	100	1200	2301
GCZY (ST) 270x69-e150	270	69	169	570	350	610	390	20	470	470	100	1200	2301
GCZY (ST) 320x80-e50	320	80	180	420	400	460	440	20	520	520	100	1750	2405
GCZY (ST) 320x80-e100	320	80	180	520	400	560	440	20	520	520	100	1750	2405
GCZY (ST) 320x80-e150	320	80	180	620	400	660	440	20	520	520	100	1750	2405
GCZY (ST) 370x92-e50	370	92	192	470	450	510	490	20	570	570	100	2250	2182
GCZY (ST) 370x92-e100	370	92	192	570	450	610	490	20	570	570	100	2250	2182
GCZY (ST) 370x92-e150	370	92	192	670	450	710	490	20	570	570	100	2250	2182
GCZY (ST) 420x95-e50	420	95	195	520	500	560	540	20	620	620	100	2950	3294
GCZY (ST) 420x95-e100	420	95	195	620	500	660	540	20	620	620	100	2950	3294
GCZY (ST) 420x95-e150	420	95	195	720	500	760	540	20	620	620	100	2950	3294

表 G.2（续）

规格型号	支座 直径	支座 高度	支座+垫石 高度	支座上钢板		上调平钢板			支座垫石尺寸推荐			竖向 承载力	竖向刚度
代号	ΦD	H	L	B	A	B_1	A_1	t	顺桥向	横桥向	高度	P	K_v
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN/mm
GCZY(ST)470x100-e50	470	100	200	570	550	610	590	20	670	670	100	3800	3528
GCZY(ST)470x100-e100	470	100	200	670	550	710	590	20	670	670	100	3800	3528
GCZY(ST)470x100-e150	470	100	200	770	550	810	590	20	670	670	100	3800	3528
GCZY(ST)520x102-e50	520	102	202	620	600	660	640	25	720	720	100	4700	4872
GCZY(ST)520x102-e100	520	102	202	720	600	760	640	25	720	720	100	4700	4872
GCZY(ST)520x102-e150	520	102	202	820	600	860	640	25	720	720	100	4700	4872
GCZY(ST)570x112-e50	570	112	212	670	650	710	690	25	770	770	100	5700	5050
GCZY(ST)570x112-e100	570	112	212	770	650	810	690	25	770	770	100	5700	5050
GCZY(ST)570x112-e150	570	112	212	870	650	910	690	25	770	770	100	5700	5050
GCZY(ST)620x125-e50	620	125	225	720	700	760	740	25	820	820	100	6800	5789
GCZY(ST)620x125-e100	620	125	225	820	700	860	740	25	820	820	100	6800	5789
GCZY(ST)620x125-e150	620	125	225	920	700	960	740	25	820	820	100	6800	5789
GCZY(ST)670x131-e50	670	131	231	770	750	810	790	25	870	870	100	8000	5838
GCZY(ST)670x131-e100	670	131	231	870	750	910	790	25	870	870	100	8000	5838
GCZY(ST)670x131-e150	670	131	231	970	750	1010	790	25	870	870	100	8000	5838

注：（1）尺寸均以 mm 为单位；
（2）参数含义：H(包含上支座钢板在内的支座安装高度。

表 G.3 连接型高性能聚氨酯支座规格系列参数

规格	支座直径	支座安装高度	支座上、下钢板		螺栓间距				套筒	锚固长度	竖向承载力	设计位移	竖向刚度	水平刚度	等效阻尼比
代号	ΦD	H	A	B	A_1	A_2	B_1	B_2	Φd	L_1	P	X_0	K_v	K_h	h_{eq}
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	mm	kN/mm	kN/mm	%
GCZY (CF) 220×123	220	123	290	290	208	—	208	—	35	250	750	17	1153	4.65	12
GCZY (CF) 220×142	220	142	290	290	208	—	208	—	35	250	750	25	807	3.26	12
GCZY (CF) 270×136	270	136	320	320	238	—	238	—	35	250	1200	22	1752	5.45	12
GCZY (CF) 270×149	270	149	320	320	238	—	238	—	35	250	1200	27	1434	4.46	12
GCZY (CF) 320×162	320	162	390	390	290	—	290	—	45	300	1750	32	1649	5.36	12
GCZY (CF) 320×177	320	177	390	390	290	—	290	—	45	300	1750	38	1374	4.47	12
GCZY (CF) 370×184	370	184	440	440	332	—	332	—	50	330	2250	40	1870	5.66	12
GCZY (CF) 370×219	370	219	440	440	332	—	332	—	50	330	2250	56	1335	4.04	12
GCZY (CF) 420×193	420	193	490	490	370	—	370	—	55	360	2950	36	2508	8.10	12
GCZY (CF) 420×222	420	222	490	490	370	—	370	—	55	360	2950	48	1881	6.07	12
GCZY (CF) 470×219	470	219	570	570	470	330	470	330	45	300	3750	42	2686	8.76	12
GCZY (CF) 470×254	470	254	570	570	470	330	470	330	45	300	3750	55	2015	6.57	12

表 G.3（续）

规格	支座直径	支座安装高度	支座上、下钢板		螺栓间距				套筒	锚固长度	竖向承载力	设计位移	竖向刚度	水平刚度	等效阻尼比
代号	ΦD	H	A	B	A_1	A_2	B_1	B_2	Φd	L_1	P	X_0	K_v	K_h	h_{eq}
单位	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	mm	kN/mm	kN/mm	%
GCZY (CF) 520×241	520	241	620	620	512	350	512	350	50	330	4700	46	3339	9.65	12
GCZY (CF) 520×276	520	276	620	620	512	350	512	350	50	330	4700	60	2569	7.42	12
GCZY (CF) 570×250	570	250	680	680	560	390	560	390	55	360	5700	53	3461	10.20	12
GCZY (CF) 570×288	570	288	680	680	560	390	560	390	55	360	5700	68	2662	7.85	12
GCZY (CF) 620×278	620	278	730	730	604	420	604	420	60	390	6800	62	3607	10.29	12
GCZY (CF) 620×320	620	320	730	730	604	420	604	420	60	390	6800	78	2834	8.08	12
GCZY (CF) 670×304	670	304	790	790	654	460	654	460	65	420	8000	76	3334	9.79	12
GCZY (CF) 670×334	670	334	790	790	654	460	654	460	65	420	8000	88	2858	8.39	12
GCZY (CF) 720×348	720	348	860	860	706	480	706	480	75	480	9300	84	3385	10.17	12
GCZY (CF) 720×366	720	366	860	860	706	480	706	480	75	480	9300	91	3124	9.39	12
GCZY (CF) 770×376	770	376	900	900	746	520	746	520	75	480	10700	91	3854	10.74	12
GCZY (CF) 770×394	770	394	900	900	746	520	746	520	75	480	10700	98	3579	9.97	12
GCZY (CF) 820×404	820	404	950	950	796	570	796	570	75	480	12200	98	4354	11.31	12
GCZY (CF) 820×422	820	422	950	950	796	570	796	570	75	480	12200	105	4064	10.56	12

注：（1）尺寸均以 mm 为单位；

(2) 设计位移量为环境温度引起的支座剪切变形允许值。
