

团体标准

T/TMAC XXX—XXXX

易维护长寿命复合橡胶支座

Durable and Low-Maintenance Composite Rubber Bearings

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国技术市场协会 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.....	1
4 符号.....	1
5 分类与标记.....	2
6 结构设计.....	3
7 技术要求.....	6
8 试验方法.....	9
9 检验规则.....	11
10 标志、包装、运输和贮存.....	11
11 安装要求.....	12

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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位:南京现代综合交通实验室、中交公路规划设计院有限公司、四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、河北宝力工程装备股份有限公司、柳州东方工程橡胶制品有限公司、成都市大通路桥机械有限公司、柳州华威合力工程技术有限公司。

本文件主要起草人:李贞新、黄卫、刘晓东、卢小锋、李延、邢斯宇、魏春晶、何家荣、罗普社、王钟锐、李金红、林昊、左辛瑞、李德运、蒋文希、赵九平。

请注意本文件中的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

易维护长寿命复合橡胶支座

1 范围

本文件规定了易维护长寿命复合橡胶支座的术语和定义、符号、分类与标记、结构设计、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和贮存、安装等要求。

本文件适用于竖向承载力100 kN-7000 kN的易维护长寿命复合橡胶支座。

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 700 碳素结构钢
- GB/T 1184-1996 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1804-2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶压缩永久变形的测定第1部分:在常温及高温条件下
- GB/T 7762 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐臭氧龟裂静态拉伸试验
- GB/T 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定
- 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 20688.4-2023 橡胶支座第4部分:普通橡胶支座
- HG/T 2502 5201硅脂
- JB/T 5943 工程机械 焊接件通用技术条件
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JT/T 901 桥梁支座用高分子材料滑板

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

易维护长寿命复合橡胶支座 Durable and Low-maintenance Composite Rubber Bearings

由复合橡胶制成，具有大变形、体系转换、减震耗能、容易更换等功能的长寿命叠层橡胶支座。

4 符号

下列符合适用于本文件。

- K_h ——支座实测水平等效刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
- K_{hl} ——支座理论计算水平等效刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
- K_{hl} ——老化后支座实测水平等效刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
- K_v ——支座实测抗压刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
- K_{v1} ——支座同批次，同规格的实测平均抗压刚度，单位为千牛每毫米（kN/mm）；
- R_u ——极限抗压强度，单位为兆帕（Mpa）；
- $R_{1.5}$ ——1.5 MPa级试验荷载下的压力，单位为千牛（kN）；
- R_9 ——9 MPa级试验荷载下的压力，单位为千牛（kN）；
- Te ——支座橡胶层总厚度，单位为毫米（mm）；
- Y ——支座压缩变形量，单位为毫米（mm）；
- γ_0 ——设计剪应变，单位为毫米（mm）；
- γ_e ——容许剪应变，单位为毫米（mm）；
- Δ ——设计压应力试验荷载下的竖向变形量，单位为毫米（mm）；
- $\Delta_{0.5}$ ——0.5 MPa级试验荷载下的竖向变形量，单位为毫米（mm）；
- $\Delta_{1.5}$ ——1.5 MPa级试验荷载下的竖向变形量，单位为毫米（mm）；
- Δ_9 ——9 MPa级试验荷载下的竖向变形量，单位为毫米（mm）；

5 分类与标记

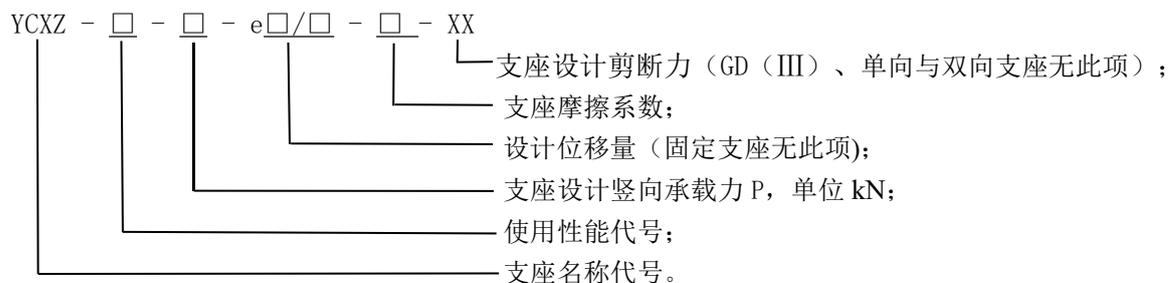
5.1 分类

按使用性能分为：

- a) 固定 I 型支座：支座本体为复合橡胶，设计了内置剪力销，设置在橡胶支座本体中心，支座与梁底、垫石均有可靠连接，代号为GD（I）；
- b) 固定 II 型支座：支座本体为复合橡胶，设计了外置剪力销，对称设置在橡胶支座本体外侧，支座与梁底、垫石均有可靠连接，代号为GD（II）；
- c) 固定 III 型支座：支座本体为复合橡胶，与梁底、垫石均有可靠连接，代号为GD（III）；
- d) 单向滑动型支座：支座本体为复合橡胶，满足桥梁纵桥向或者横桥向滑移需求，代号为DX；
- e) 双向滑动型支座：支座本体为复合橡胶，满足桥梁纵桥向和横桥向滑移需求，代号为SX。

5.2 标记

支座的产品型号表示方法如下：



示例 1：

固定 I 型易维护长寿命复合橡胶支座，支座设计竖向承载力 2750kN，摩擦系数为 0.2，剪断力为竖向承载力的 25%，型号表示为：YCXZ-GD（I）-2750-0.2-25%。

示例 2:

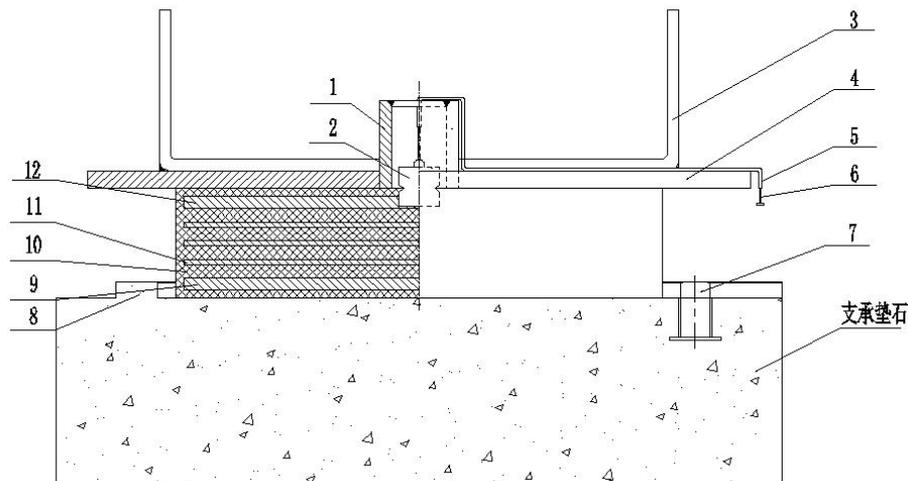
单向滑动型易维护长寿命复合橡胶支座，支座设计竖向承载力 2750 kN，摩擦系数为 0.03，设计位移量为±150 mm，型号表示为：YCXZ-DX-2750-e150-0.03。

示例 3:

双向滑动型易维护长寿命复合橡胶支座，支座设计竖向承载力 5000 kN，摩擦系数为 0.03，设计顺桥向位移量为±150 mm，横桥向位移量为±40 mm，型号表示为：YCXZ-SX-5000-e150/40-0.03。

6 结构设计

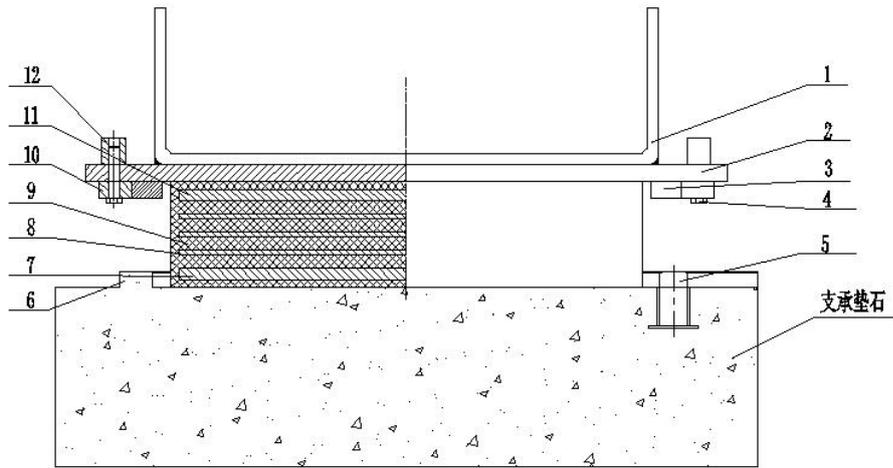
- 6.1 在正常生产、安装、使用和养护条件下，易维护长寿命复合橡胶支座（以下简称支座）设计使用寿命不低于30年。
- 6.2 支座使用阶段设计平均压应力为10 MPa-15 MPa。
- 6.3 支座抗剪弹性模量为1.08 MPa。
- 6.4 固定支座设计剪应变 γ_0 为100%，容许剪应变 γ_e 为150%。
- 6.5 支座形状系数为8~19，其计算方法符合GB/T 20688.4-2023中附录A的规定。
- 6.6 支座正常使用状态下的变形描述符合GB/T 20688.4-2023中附录B的规定。
- 6.7 固定I型支座结构示意见图1，固定II型支座结构示意见图2，固定III型支座结构示意见图3，单向滑动型支座结构示意见图4，双向滑动型支座结构示意见图5。



标引序号说明:

- | | | | |
|----------|----------|-------------|-----------|
| 1——套管； | 4——预埋钢板； | 7——可拆卸挡件； | 10——橡胶； |
| 2——剪力销； | 5——导向管； | 8——混凝土固定挡件； | 11——加劲钢板； |
| 3——预埋钢筋； | 6——拉绳； | 9——下钢板； | 12——上钢板。 |

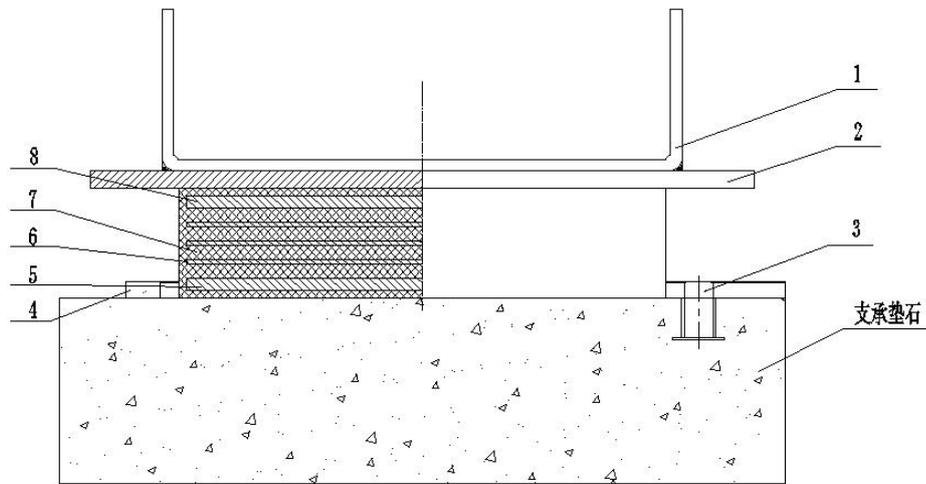
图 1 固定 I 型支座结构示意



标引序号说明:

- | | | | |
|----------|-------------|----------|----------|
| 1——预埋钢筋; | 4——剪力螺栓; | 7——下钢板; | 10——耳板; |
| 2——预埋钢板; | 5——可拆卸挡件; | 8——加劲钢板; | 11——上钢板; |
| 3——挡板; | 6——混凝土固定挡件; | 9——橡胶; | 12——套筒。 |

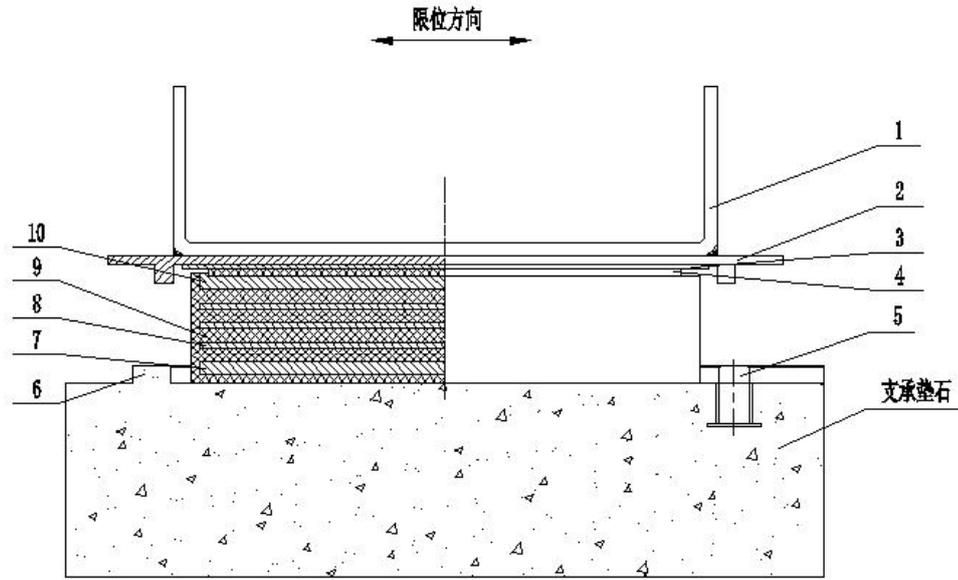
图 2 固定 II 型支座结构示意图



标引序号说明:

- | | | | |
|----------|-------------|----------|---------|
| 1——预埋钢筋; | 3——可拆卸挡件; | 5——下钢板; | 7——橡胶; |
| 2——预埋钢板; | 4——混凝土固定挡件; | 6——加劲钢板; | 8——上钢板。 |

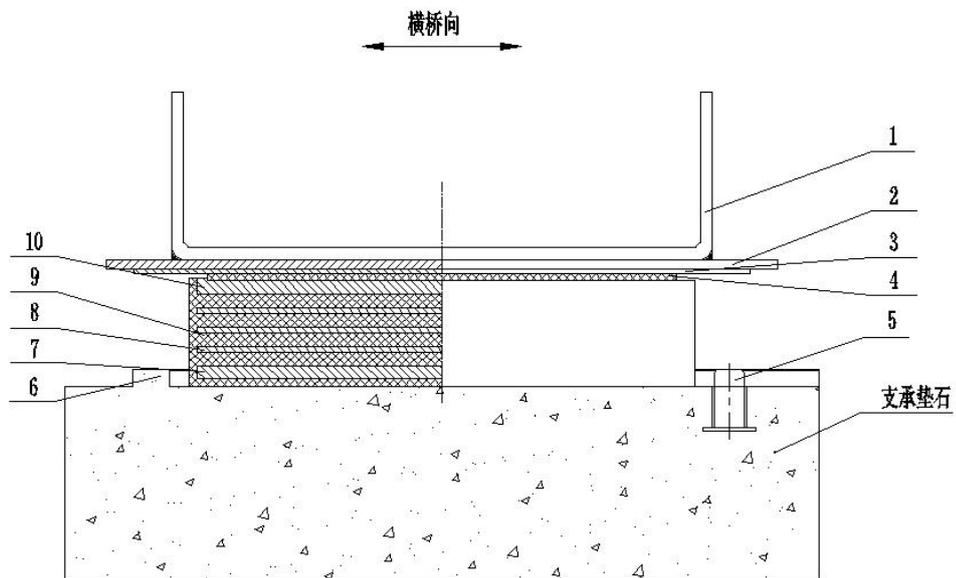
图 3 固定 III 型支座结构示意图



标引序号说明:

- | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|----------|
| 1——预埋钢筋; | 3——不锈钢冷轧钢板; | 5——可拆卸挡件; | 7——下钢板; | 9——橡胶; |
| 2——预埋钢板; | 4——滑板; | 6——混凝土固定挡件; | 8——加劲钢板; | 10——上钢板。 |

图 4 单向滑动型支座结构示意图



标引序号说明:

- | | | | | |
|----------|-------------|-------------|----------|----------|
| 1——预埋钢筋; | 3——不锈钢冷轧钢板; | 5——可拆卸挡件; | 7——下钢板; | 9——橡胶; |
| 2——预埋钢板; | 4——滑板; | 6——混凝土固定挡件; | 8——加劲钢板; | 10——上钢板。 |

图 5 双向滑动型支座结构示意图

- 6.8 同一支座中应使用相同厚度加劲钢板，不应使用拼接钢板，加劲钢板厚度不应小于 2 mm。
- 6.9 支座侧面橡胶保护层厚度不应小于 5 mm，支座底面及固定支座顶面橡胶保护层厚度不应小于 2.5 mm。
- 6.10 单向滑动型支座或双向滑动型支座设置有平面滑动摩擦副，由滑板与不锈钢冷轧钢板组成。
- 6.11 滑板根据项目要求可采用无储脂槽滑板和有储脂槽滑板，滑板带有储脂槽的的平面布置符合 GB/T 20688.4-2023 中 6.2.7 的规定。

7 技术要求

7.1 成品性能

7.1.1 设计剪断力

固定 I、II 型支座设计剪断力为设计竖向承载力的 25%。

7.1.2 设计摩擦系数

预埋钢板与橡胶的设计摩擦系数 0.2，单向滑动型支座和双向滑动型支座设计摩擦系数不大于 0.05。

7.1.3 位移

单向滑动型支座主位移方向位移量为 ± 100 mm、 ± 150 mm 和 ± 200 mm 三种。

双向滑动型支座顺桥向位移量为 ± 100 mm、 ± 150 mm 和 ± 200 mm 三种，横桥向位移量为 ± 40 mm。

7.1.4 支座成品力学性能见表 1

表 1 支座成品力学性能

项目	指标
实测抗压刚度 K_v (kN/mm)	$K_v=K_{v1} \pm K_{v1} \times 30\%$
压缩变形量 Y (mm)	设计荷载下，平均压缩变形量不大于橡胶层总厚的 7%
实测水平等效刚度 K_h (kN/mm)	$K_h=K_{h1} \pm K_{h1} \times 15\%$
实测老化后水平等效刚度 K_{hl} (kN/mm)	$K_{hl}=K_h \pm K_h \times 15\%$
实测转角正切值 $\tan \theta$	1/300
极限抗压强度 R_c	压应力 ≥ 90 MPa 时，支座侧面橡胶凸起应均匀，应无橡胶开裂、脱胶、钢板断裂现象

7.2 材料性能

7.2.1 橡胶

支座胶料不得使用再生胶或粉碎的硫化橡胶，橡胶材料物理性能应满足表 2 的要求。

表 2 支座用橡胶材料物理性能

项目		指标	适用试验章节号
硬度/IRHD		65±5	8.2.1.1
拉伸强度/MPa		≥17	8.2.1.1
拉断伸长率		≥400%	8.2.1.1
低温脆性（-50℃）		无破坏	8.2.1.1
压缩永久变形		≤30%	8.2.1.2
耐臭氧老化	外观	无龟裂	8.2.1.3
热空气老化	拉伸强度变化率	±15%	8.2.1.4
	拉断伸长率变化率	±25%	
	硬度变化/IRHD	-5~+10	
橡胶与钢板黏结剥离强度/（kN/m）		>10	8.2.1.1

7.2.2 钢材

7.2.2.1 加劲钢板、不锈钢冷轧钢板性能符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.2.3 的规定。

7.2.2.2 预埋钢板、可拆卸式挡件应采用 Q235 及以上等级钢板,其性能应符合 GB/T 700 的有关规定。

7.2.2.3 挡板、耳板及上、下钢板采用 Q355B 及以上等级钢板,其性能应符合 GB/T 1591 的有关规定。

7.2.2.4 预埋钢筋采用的材质不低于 HRB400,其性能应符合 GB/T 1499.2 的有关规定。

7.2.2.5 剪力螺栓、剪力销采用 40Cr 合金结构钢,其性能应符合 GB/T 3077 的规定。

7.2.2.6 套管、导向管应采用 Q235 及以上等级钢板,其性能应符合 GB/T 700 的有关规定。

7.2.3 滑板

滑板材料性能符合设计要求。

7.2.4 硅脂

支座用硅脂的材料性能应符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.2.5 的规定。

7.2.5 拉绳

支座用拉绳采用钢丝绳,其性能符合 GB/T 8918 的规定。

7.2.6 固定挡件

固定挡件采用混凝土,其强度不低于 C40,性能符合 JTG 3362 的有关规定。

7.3 内在质量

支座解剖后的内在质量应符合表 3 的规定。

表 3 内在质量要求

项目名称	解剖检验指标
剖开后胶层厚度	胶层厚度均匀,中间胶层厚度偏差不大于 10%;上、下保护层厚度偏差为(0, +1)mm;侧面橡胶保护层厚度偏差为(-2, +2)mm
钢板与橡胶粘接	钢板与橡胶粘接应牢固,且无离层现象
剥离后胶层性能	剥离胶层后,测定的橡胶性能与表 2 的规定相比,拉伸强度下降率不应大于 15%,拉断伸长率下降率不应大于 20%,耐臭氧老化、耐热空气老化性能满足表 2 的要求

7.4 支座的外观质量符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.4 的规定。

7.5 尺寸

7.5.1 支座平面尺寸允许偏差符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.5.1 的规定。

7.5.2 支座厚度尺寸允许偏差符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.5.2 的规定。

7.5.3 支座加劲钢板及上、下钢板平面尺寸允许偏差为 ± 1 mm,不平整度或翘曲量不大于长边的 0.4%。

7.5.4 可拆卸式挡件、挡板及耳板尺寸公差应符合设计要求,未注线性和角度尺寸的公差应符合 GB/T 1804-2000 中公差等级 c 级的规定,未注形状和位置公差应符合 GB/T 1184-1996 中公差等级 j 级的规定,其余钢板尺寸符合设计要求。

7.5.5 平面滑动副用的不锈钢板冷轧钢板厚度、厚度偏差及焊后表面平面度符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.1.5.5 的规定。

7.5.6 滑板嵌放在上钢板凹槽内,在未承载情况下,滑板厚度不应小于 5mm,其嵌放在上钢板凹槽内深度不应小于滑板厚度的 1/2。

7.5.7 滑板与凹槽装配间隙及滑板尺寸公差符合 GB/T 20688.4-2023 中 7.2.5.2 的规定。

7.4 工艺

7.4.1 焊接

7.4.1.1 不锈钢冷轧钢板与预埋钢板采用氩弧周边连续焊接,焊缝应光滑、平整、连续,焊脚高度不应超过不锈钢冷轧钢板上平面,焊接要求应符合 JB/T 5943 的相关规定,焊缝外部缺陷分级应不低于 B 类焊缝的要求。

7.4.1.2 预埋钢筋与预埋钢板焊接应牢固,焊接质量应符合 JB/T 5943 的相关规定,焊缝外部缺陷分级应不低于 D 类焊缝的要求。

7.4.2 防腐

预埋钢板及可拆式挡件除锈后进行防腐处理。

7.4.3 组装

7.4.3.1 剪力螺栓应保证多个螺栓同时受力。

7.4.3.2 组装时滑板表面和冷轧不锈钢板表面擦洗干净。

7.4.3.3 组装后高度符合设计图纸要求。

7.4.3.4 单向滑动型支座及双向滑动型支座应设置防尘罩,防尘罩构造便于装拆并满足支座位移要求。

8 试验方法

8.1 成品性能

8.1.1 竖向性能

8.1.1.1 支座抗压刚度

在试验条件下,对试件循环加竖向荷载三次。加载方法:对试件施加竖向压应力到9 MPa,持荷1 min,然后卸至1.5 MPa,持荷1 min。测量第三次加载至9MPa和卸至1.5 MPa时试件的压缩量,按公式(8.1)计算抗压刚度。

$$K_v = \frac{R_9 - R_{1.5}}{\Delta_9 - \Delta_{1.5}} \dots\dots\dots (8.1)$$

式中:

K_v ——支座实测抗压刚度,单位为千牛每毫米(kN/mm);

$R_{1.5}$ ——1.5 MPa级试验荷载下的压力,单位为千牛(kN);

R_9 ——9 MPa级试验荷载下的压力,单位为千牛(kN);

$\Delta_{1.5}$ ——1.5 MPa级试验荷载下的竖向变形量,单位为毫米(mm);

Δ_9 ——9 MPa级试验荷载下的竖向变形量,单位为毫米(mm)。

8.1.1.2 压缩变形量

在试验条件下,对试件循环加竖向荷载三次。加载方法:对试件施加竖向荷载至设计压应力,持荷1 min,然后将压应力卸至0.5 MPa,持荷1 min。测量第三次加载至设计压应力和卸至0.5 MPa时试件的压缩量,按公式(8.2)计算。

$$Y = \Delta - \Delta_{0.5} \dots\dots\dots (8.2)$$

式中:

Y ——支座压缩变形量,单位为毫米(mm);

Δ ——设计压应力试验荷载下的竖向变形量,单位为毫米(mm);

$\Delta_{0.5}$ ——0.5 MPa级试验荷载下的竖向变形量,单位为毫米(mm)。

8.1.2 水平性能

8.1.2.1 水平等效刚度

水平等效刚度的加载方法按 GB/T 20688.1-2007中6.3.2.2的方法进行,并对试件施加竖向荷载至设计压应力,压应力在试验过程中保持恒定,然后以0.05 Hz 频率,在水平方向施加循环水平荷载3次使支座产生±100% T_e 水平位移。水平等效刚度取第3次循环的测试值,计算方法按 GB/T20688.1-2007中6.3.2.3的规定计算。

8.1.2.2 老化后水平等效刚度

将水平等效刚度试验后的试件置于老化箱内,在70℃±2℃温度下经144 h后取出,将试件在23℃±5℃下停放48 h后,在试验条件下按水平等效刚度的规定进行试验。计算方法按GB/T 20688.1-2007中6.3.2.3的规定计算。

8.1.3 摩擦系数及容许转角

对试件施加竖向荷载至设计压应力,摩擦系数及容许转角试验方法符合GB/T 20688.4-2023的规定。

8.1.4 极限抗压强度

支座极限抗压强度大于90 MPa,其试验方法符合GB/T 20688.4-2023的规定。

8.2 材料

8.2.1 橡胶

8.2.1.1 橡胶硬度、拉伸强度、拉断伸长率、低温脆性、橡胶与钢板粘接的剥离强度的测定符合GB/T 20688.4-2023的规定。

8.2.1.2 压缩永久变形的测定按GB/T 7759.1的规定进行,采用A型试样。试验条件:70℃,24 h。

8.2.1.3 耐臭氧老化试验按GB/T 7762的规定进行。试验条件:20%伸长,臭氧浓度为100pphm,40℃,192 h。

8.2.1.4 热空气老化试验按GB/T 3512的规定进行。试验条件:70℃,336 h。

8.2.2 滑板

滑板密度、拉伸强度、断裂拉伸应变、球压痕硬度、荷载压缩变形和摩擦系数及磨损率的测定按JT/T 901的规定进行。

8.2.3 钢材

8.2.3.1 钢板材料、套管及导向管材料性能的测定按GB/T 700或GB/T 1591的规定进行。

8.2.3.2 不锈钢冷轧钢板化学成分和力学性能符合GB/T 20688.4-2023中8.2.3.3的规定。

8.2.3.2 剪力螺栓、剪力销用材料力学性能的测定按GB/T 3077的规定进行。

8.2.4 硅脂

硅脂理化性能的测定按HG/T 2502的规定进行。

8.2.5 内在质量

抽取一块橡胶层数大于3层的支座,将其垂直剖开,剖开示意图6。沿加劲钢板长度方向均布取三点测量中间胶层及上和下橡胶保护层厚度,结果取其算术平均值;在每层加劲钢板处测量侧面橡胶保护层厚度,结果取所有测量数据的最大值和最小值;从中间胶层取样按GB/T 2941规定制备并调节,按8.2.1.1的规定测定剥离后胶层拉伸强度和拉断伸长率,按8.2.1.3的规定测定耐臭氧老化性能,按8.2.1.4的规定测定热空气老化性能。

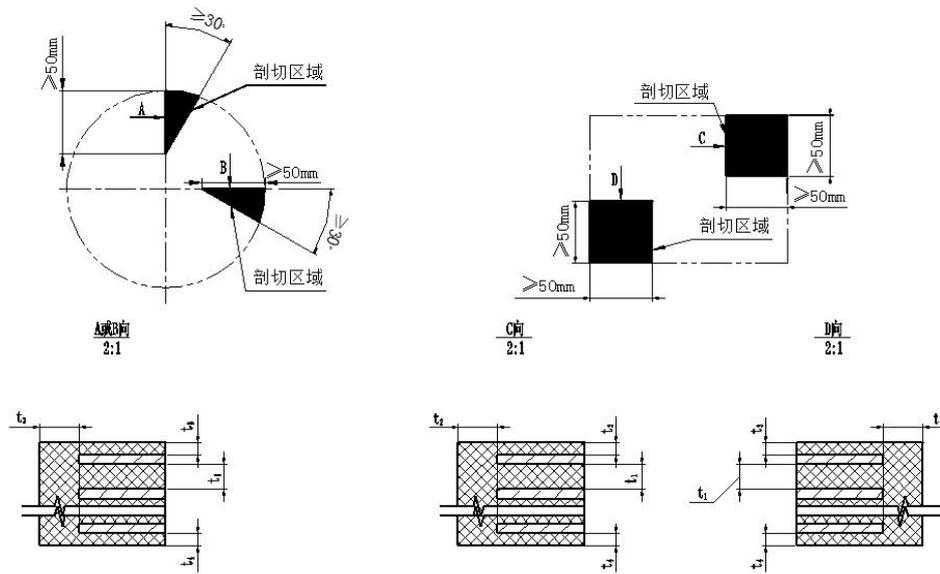


图6 支座剖开示意图

8.2.6 外观质量

支座的外观质量检测方法符合GB/T 20688.4-2023中8.4的规定。

8.3 尺寸

8.3.1 支座平面尺寸测量方法符合GB/T 20688.4-2023中8.5.1的规定。

8.3.2 支座厚度、整体高度测量方法符合GB/T 20688.4-2023中8.5.2的规定。

8.3.3 支座形位公差、粗糙度测量符合GB/T 20688.4-2023中8.5.3的规定。

8.4 工艺

焊接质量检验按GB/T 11345的规定进行。

9 检验规则

9.1 支座检验分为原辅材料及外购件检验、出厂检验、型式检验和进场检验。

9.2 检验项目及要求

9.2.1 原辅材料和外购件的检验

表4 原辅材料和外购件检验要求

项目	检验内容	检验周期
橡胶材料	物理性能	低温脆性、热空气老化、压缩永久变形每季度进行一次，耐臭氧老化每年一次；其余按批检验
滑板	密度、拉伸强度、断裂伸长率、厚度、球面压痕	每批（不大于200kg）进行检验
钢板	外观	逐件检验
	机械性能、不锈钢冷轧钢板的厚度和粗糙度	每批进行检验

表 4 原辅材料和外购件检验要求（续）

项目	检验内容	检验周期
剪力螺栓、剪力销	机械性能	每批进行检验
套管、导向管	机械性能	每批进行检验
硅脂	理化性能	每批（不大于 200 kg）进行检验

9.2.2 出厂检验

支座按表5的规定进行出厂检验。

表 5 出厂检验要求

序号	检验内容		检验频次
1	成品力学性能	实测抗压刚度、压缩变形量、实测水平等效刚度	一个订货合同且不大于 500 件为一批，每种规格不少于 3 块
2		实测老化后水平等效刚度、极限抗压强度	一个订货合同且不大于 500 件为一批，不少于 3 块
3	内在质量		一个订货合同且不大于 500 件为一批，抽取一块
4	外观质量		逐件检验
5	成品支座平面尺寸、厚度尺寸		逐件检验

9.2.3 型式检验的要求符合GB/T 20688.4-2023中9.2.3的规定。

9.2.4 进场检验每批量以一个订货合同为一个批次，每批随机抽取不小于3块，要进行抗压刚度、水平等效刚度、极限抗压强度及应进行解剖性能试验。

9.4 判定规则

判定规则符合GB/T 20688.4-2023的规定，其中解剖性能符合本文件表3内在质量要求，成品力学性能的符合本文件7.1.4的规定。

10 标志、包装、运输和贮存

标志、包装、运输和贮存符合GB/T 20688.4-2023中10的规定。

11 安装要求

11.1 支承垫石顶面应平整，四角高差不超过2 mm。

11.2 支承垫石的高度不宜低于100 mm。

11.3 支座安装完成后，应保证支座均匀受力，应符合GB/T 20688.4-2023中附录B正常使用状态下的变形描述。

11.4 单向滑动型支座和双向滑动型支座滑板接触的不锈钢冷轧钢板表面不允许有损伤、拉毛现象，不能有异物。