

中华人民共和国国家标准

GB 20688.3—2006

橡胶支座 第3部分：建筑隔震橡胶支座

Rubber bearings—

Part 3: Elastomeric seismic-protection isolators for buildings

(ISO 22762-3:2005, Elastomeric seismic-protection isolators—
Part 3: Applications for buildings—Specifications, MOD)

2006-08-24 发布

2007-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	3
5 支座分类	6
5.1 通则	6
5.2 按构造分类	6
5.3 按极限性能分类	6
5.4 按剪切性能允许偏差分类	7
6 要求	7
6.1 通则	7
6.2 支座设计压应力和设计剪应变	7
6.3 支座性能要求	8
6.4 橡胶材料性能要求	11
6.5 支座尺寸要求	12
6.6 钢板强度要求	13
6.7 外观要求	13
7 设计准则	13
7.1 通则	13
7.2 支座形状系数	13
7.3 支座压缩性能和剪切性能	14
7.4 支座极限性能	15
7.5 钢板设计	16
7.6 连接件设计	16
8 允许偏差	17
8.1 通则	17
8.2 隔震橡胶支座平面尺寸允许偏差	17
8.3 隔震橡胶支座高度允许偏差	17
8.4 隔震橡胶支座产品的平整度允许偏差	17
8.5 隔震橡胶支座水平偏移允许偏差	17
8.6 连接板平面尺寸允许偏差	17
8.7 连接板厚度允许偏差	18
8.8 连接板螺栓孔位置允许偏差	18
9 检验规则	18
9.1 检验分类	18
9.2 检验项目	18
9.3 判定规则	18

10 支座产品标志和标签	19
10.1 内容	19
10.2 要求	19
10.3 示例	19
附录 A (资料性附录) 本部分与 ISO 22762-3:2005 技术性差异	20
附录 B (资料性附录) 橡胶材料物理性能要求	21
附录 C (资料性附录) 橡胶支座压缩性能的确定	22
附录 D (资料性附录) 支座剪切性能的确定	23
附录 E (资料性附录) 支座极限性能的试验确定	26
附录 F (资料性附录) 支座大剪应变时屈曲稳定性的试验确定	28
附录 G (资料性附录) 连接螺栓和连接板的设计方法	29

前 言

本部分的 5.4、6.3.1、6.3.2、6.3.5、6.7、8.4、8.5、8.8、9.1、9.2、9.3 中加黑部分为强制性的,其余为推荐性的。

《橡胶支座》分为四个部分:

- 第 1 部分:隔震橡胶支座试验方法;
- 第 2 部分:桥梁隔震橡胶支座;
- 第 3 部分:建筑隔震橡胶支座;
- 第 4 部分:普通橡胶支座。

本部分为《橡胶支座》的第 3 部分。

本部分修改采用国际标准 ISO 22762-3:2005《橡胶隔震支座 第 3 部分:建筑隔震支座》(英文版)。

本部分根据 ISO 22762-3:2005 重新起草。考虑到我国国情,在采用 ISO 22762-3:2005 时,本部分做了一些修改。有关技术性差异在附录 A 中列出。主要差异如下:

- a) 按照汉语习惯对一些编排格式进行了修改;
- b) 将一些适用于国际标准的表述改为适用于我国标准的表述;
- c) 删除了国际标准 ISO 22762-3 中附录 A、附录 B、附录 E。对附录 C、附录 D、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I 进行修改后予以保留,成为本部分的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 均为资料性附录。

本部分由中国石油和化学工业协会提出。

本部分由全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会橡胶杂品分会(SAC/TC 35/SC 7)归口。

本部分起草单位:广州大学工程抗震研究中心、北京市化工产品质量监督检验站、汕头和泰隔震器材有限公司、衡水震泰隔震器材有限公司。

本部分主要起草人:周福霖、金建敏、宋宝清、魏陆顺、陈建志、赵文清。

橡胶支座

第3部分:建筑隔震橡胶支座

1 范围

本部分规定了建筑隔震橡胶支座及所用橡胶材料和钢板的要求。包括隔震橡胶支座的分类、要求、设计准则、允许偏差、检验规则、标志和标签。

本部分适用于建筑结构所用的隔震橡胶支座。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本,凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB 50017—2003 钢结构设计规范

GB/T 20688.1—2007 橡胶支座 第1部分:隔震橡胶支座试验方法(ISO 22762-1:2005,MOD)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

注:除特别说明外,本部分所指的支座均为隔震橡胶支座。

3.1

破坏 breaking

由压(或拉)-剪荷载引起的支座的断裂破坏。

3.2

屈曲 buckling

在压-剪荷载作用下支座失去稳定性时的状态。

3.3

压缩性能 compressive properties

各类型支座的压缩刚度(K_c)。

3.4

压-剪试验装置 compressive-shear testing machine

用于测试支座性能的装置,具有在恒定压力下施加剪切荷载的能力。

3.5

橡胶保护层 cover rubber

包裹在内部橡胶和内部钢板外侧面的橡胶层。

3.6

设计压应力 design compressive stress

设计采用的作用于支座上的压应力。

3.7

有效承压面积 effective loaded area

支座承受竖向荷载的面积,等于内部橡胶的平面面积。

3.8

有效宽度 effective width

矩形支座中内部橡胶层的短边长度。

3.9

隔震橡胶支座 elastomeric isolator

在地震区,用于房屋、桥梁或其他结构隔震的橡胶支座,包括天然橡胶支座(LNR)、铅芯橡胶支座(LRB)和高阻尼橡胶支座(HDR)。

3.10

普通橡胶支座 normal rubber bearing

用于房屋、桥梁或其他结构,主要起承压、减振作用的橡胶支座,包括板式支座和盆式支座。

3.11

第一形状系数 1st shape factor

支座中单层橡胶层的有效承压面积与其自由侧面表面积之比。

3.12

第二形状系数 2nd shape factor

对于圆形支座,为内部橡胶层直径与内部橡胶总厚度之比。

对于矩形或方形支座,为内部橡胶层有效宽度与内部橡胶总厚度之比。

3.13

天然橡胶支座(LNR) linear natural rubber bearing

用天然橡胶制成的支座。

3.14

铅芯橡胶支座(LRB) lead rubber bearing

内部含有竖向铅芯的支座。

3.15

高阻尼橡胶支座(HDR) high damping rubber bearing

用复合橡胶制成的具有较高阻尼性能的支座。

3.16

内部橡胶 inner rubber

支座内部多层钢板之间的橡胶层。

3.17

最大压应力 maximum compressive stress

地震时作用于隔震橡胶支座上的最大压应力。

3.18

名义压应力 nominal compressive stress

制造厂提供的隔震橡胶支座允许承受的压应力。

3.19

滚翻 roll-out

用暗销或凹槽连接的支座发生水平位移时出现滚动翻倒的失稳现象。

3.20

剪切性能 shear properties

天然橡胶支座的水平等效刚度(K_b)和等效阻尼比(h_{eq})。

铅芯橡胶支座的水平等效刚度(K_b)、等效阻尼比(h_{eq})、屈服后刚度(K_d)和屈服力(Q_d)。

高阻尼橡胶支座的水平等效刚度(K_b)和等效阻尼比(h_{eq})。

3.21

极限性能 ultimate properties

在压-剪荷载作用下隔震橡胶支座产生破坏、屈曲或滚翻时的性能。

3.22

极限性能曲线(UPD) ultimate properties diagram

支座达到极限性能时的剪力与剪切位移的关系曲线。

4 符号

- A ——有效面积, 支座内部橡胶的平面面积;
 A_b ——螺栓的有效面积;
 A_c ——支座顶面和底面之间的有效重叠面积;
 A_{free} ——支座的自由表面积;
 A_p ——铅芯橡胶支座中的铅芯面积;
 a ——正方形支座内部橡胶的边长, 或矩形支座内部橡胶的长边长度;
 a' ——矩形支座包括保护层厚度的长边长度;
 B ——连接板受弯部分的有效宽度;
 b ——矩形支座内部橡胶的短边长度;
 b' ——矩形支座包括保护层厚度的短边长度;
 $C_{K_d}(\gamma)$ ——铅芯橡胶支座屈服后刚度的修正系数;
 c ——连接板螺栓孔中心到支座外边缘的距离;
 D' ——圆形支座包括保护层厚度的直径;
 D_I ——圆形连接板的直径;
 d_i ——内部钢板的开孔直径;
 d_k ——螺栓孔直径;
 d_o ——内部钢板的外径;
 E_{sp} ——橡胶的表观弹性模量;
 E_c ——橡胶的修正压缩弹性模量;
 E'_c ——与形状系数(S_1)相关的修正压缩弹性模量;
 E_v ——橡胶的体积弹性模量;
 E_0 ——橡胶的弹性模量;
 F_u ——支座承受的提离拉力;
 f ——试验加载频率;
 f_t ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值;
 G ——橡胶的剪切模量;
 $G_{eq}(\gamma)$ ——剪应变为 γ 时的等效剪切模量;
 H ——橡胶支座包括连接板的总高度;
 H_u ——橡胶支座不包括连接板的高度;
 h_{eq} ——等效阻尼比;
 $h_{eq}(\gamma)$ ——剪应变为 γ 时的等效阻尼比;
 K_d ——铅芯橡胶支座的屈服后刚度;
 K_h ——水平等效刚度;
 K_i ——初始水平等效刚度;
 K_p ——铅芯橡胶支座中铅芯的水平等效刚度;

- K_r ——铅芯橡胶支座嵌入铅芯前的水平等效刚度；
 K_l ——水平切线刚度；
 K_v ——竖向压缩刚度；
 L_f ——正方形连接板的边长；
 L_i ——第 i 个螺栓孔到中性轴的距离；
 M ——抗转动弯矩；
 M_F ——作用在连接板有效截面上的弯矩；
 M_t ——作用在螺栓上的弯矩；
 M_c ——作用在支座上的弯矩；
 n ——内部橡胶层数；
 n_b ——连接螺栓数量；
 n_d ——支座封板上的螺栓孔数量；
 P ——压力；
 P_0 ——设计压力；
 P_{\max} ——最大设计压力；
 P_{\min} ——最小设计压力；
 Q ——剪力；
 Q_b ——破坏剪力；
 Q_{buk} ——屈曲剪力；
 Q_d ——屈服力；
 S_1 ——第一形状系数；
 S_2 ——第二形状系数；
 T ——连接螺栓的拉力；
 T_{\max} ——支座最大拉力；
 T_r ——内部橡胶总厚度， $T_r = n \times t_r$ ；
 t_f ——连接板的厚度；
 t_r ——单层内部橡胶的厚度；
 t_{r1}, t_{r2} ——支座上、下表面橡胶层厚度；
 t_s ——单层内部钢板的厚度；
 t_p ——橡胶支座保护层厚度；
 $U(\gamma)$ ——屈服力与剪应变为 γ 时对应剪力之比；
 V ——提离力；
 v ——加载速度；
 W_d ——每加载循环所消耗的能量，即滞回曲线的包络面积；
 X ——剪切位移；
 X_0 ——设计剪切位移；
 X_b ——破坏时的剪切位移；
 X_{buk} ——屈曲时的剪切位移；
 X_s ——反复加载试验时支座的剪切位移；
 X_{\max} ——最大设计剪切位移；
 X_d ——动力剪切位移；
 Y ——压缩位移；
 Z ——连接板的截面抵抗矩；

- α ——线性热膨胀系数；
 γ ——剪应变；
 γ_0 ——设计剪应变；
 γ_n ——最大容许剪应变；
 γ_b ——破坏时的剪应变；
 γ_c ——压力引起的剪应变；
 γ_d ——动力剪应变；
 γ_{\max} ——最大剪应变；
 γ_t ——转动引起的剪应变；
 γ_r ——反复加载试验时支座的剪应变；
 γ_u ——极限剪应变；
 δ_H ——支座水平偏差；
 δ_V ——支座平整度偏差；
 ϵ ——支座压应变；
 ϵ_{cr} ——徐变应变；
 ϵ_T ——支座拉应变；
 ϵ_{Tb} ——支座破坏时的拉应变；
 ϵ_{Ty} ——支座屈服时的拉应变；
 ζ_r ——支座总高度 H_0 与内部橡胶总厚度之比；
 θ ——对圆形支座直径或矩形支座轴线的支座转角；
 θ_a ——支座沿长边方向(a)的转角；
 θ_b ——支座沿短边方向(b)的转角；
 λ ——钢板应力修正系数；
 η ——临界应力修正系数；
 κ ——与硬度有关的弹性模量修正系数；
 μ_X ——缩尺模型支座与原型支座剪切破坏应变之比的平均值；
 ρ_m ——钢板强度的安全系数；
 $\Sigma\gamma$ ——总剪应变；
 σ ——压应力；
 σ_0 ——设计压应力；
 σ_B ——螺栓拉应力；
 σ_b ——连接板弯曲应力；
 σ_{cr} ——支座的临界应力；
 σ_{\max} ——最大设计压应力；
 σ_{\min} ——最小设计压应力；
 σ_{nom} ——对于房屋建筑,指制造厂提供的名义压应力；
 σ_{cs} ——支座容许拉应力；
 σ_s ——钢板拉应力；
 σ_{Tb} ——支座受拉破坏时的拉应力；
 σ_{Ty} ——支座受拉屈服时的拉应力；
 σ_t ——拉应力；
 σ_u ——容许拉应力；
 σ_X ——缩尺支座与原型支座剪切破坏时对应剪应变之比的标准差；

- σ_{yi} ——钢板的屈服应力；
- τ_B ——螺栓的剪应力；
- τ_t ——钢材的容许剪应力；
- ϕ ——支座受压屈曲稳定系数；
- ψ ——支座受压屈曲检验系数；
- ω ——压力引起的竖向位移计算系数；
- ξ ——临界应力计算系数。

5 支座分类

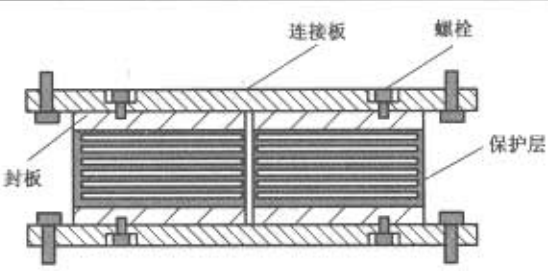
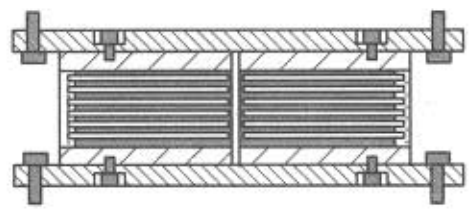
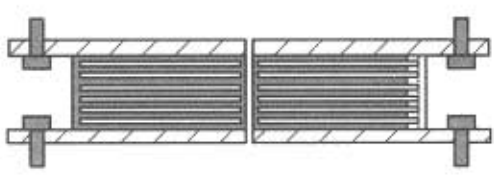
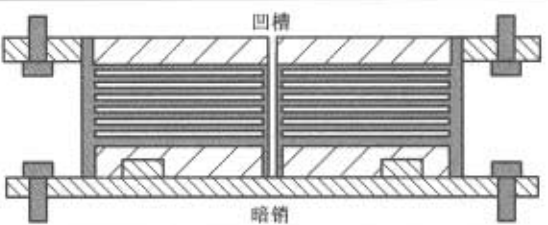
5.1 通则

支座可按构造、极限性能和剪切性能的允许偏差进行分类。

5.2 按构造分类

支座按构造分为3类,见表1。

表1 按构造分类

分类	说明	图 示
I 型	连接板和封板用螺栓连接。封板与内部橡胶黏合 橡胶保护层在支座硫化前包裹	
	连接板和封板用螺栓连接。封板与内部橡胶黏合 橡胶保护层在支座硫化后包裹	
II 型	连接板直接与内部橡胶黏合	
III 型	支座与连接板用凹槽或暗销连接	

5.3 按极限性能分类

支座按极限性能分类见表2。

表 2 按极限性能分类

极限剪应变	$\gamma_u \geq 350\%$	$350\% > \gamma_u \geq 300\%$	$300\% > \gamma_u \geq 250\%$	$250\% > \gamma_u \geq 200\%$	$200\% > \gamma_u \geq 150\%$	$\gamma_u < 150\%$
类别	A	B	C	D	E	F
注 1: 支座极限剪应变 γ_u 应根据指定的压应力按 7.4.2 确定。 注 2: 支座分类标志举例如下: $\sigma_{nom} = 8 \text{ MPa}, \gamma_u = 320\%$ B类 $2\sigma_{nom} = 16 \text{ MPa}, \gamma_u = 240\%$ D类 式中: σ_{nom} ——制造厂提供的名义压应力; $2\sigma_{nom}$ ——地震作用时最大名义压应力; γ_u ——极限剪应变。 标志为: N8B-M16D, N 代表名义值, M 代表最大名义值。						

5.4 按剪切性能允许偏差分类

支座按剪切性能的允许偏差分类见表 3。

表 3 按剪切性能的允许偏差分类

类别	单个试件测试值	一批试件平均测试值
S-A	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$
S-B	$\pm 25\%$	$\pm 20\%$

6 要求

6.1 通则

确定支座性能的标准温度为 23°C , 应考虑支座的实际使用环境确定其工作温度的范围。

6.2 支座设计压应力和设计剪应变

支座的设计压应力和设计剪应变应按式(1)~式(5)计算:

$$\sigma_0 = \frac{P_0}{A} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_e} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_{min} = \frac{P_{min}}{A} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\gamma_0 = \frac{X_0}{T_r} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\gamma_{max} = \frac{X_{max}}{T_r} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

σ_0 ——设计压应力;

σ_{max} ——最大设计压应力;

σ_{min} ——最小设计压应力;

P_0 ——设计压力;

P_{max} ——最大设计压力;

P_{min} ——最小设计压力;

A ——有效面积, 支座内部橡胶的平面面积;

A_e ——支座顶面和底面之间的有效重叠面积；

γ_0 ——设计剪应变；

γ_{\max} ——最大剪应变；

X_0 ——设计剪切位移；

X_{\max} ——最大设计剪切位移；

T_r ——内部橡胶总厚度($T_r = n \times t_r$)。

6.3 支座性能要求

6.3.1 力学性能试验项目

支座力学性能试验项目见表4。

表4 支座力学性能试验项目

性能	试验项目	试验方法	出厂检验	型式检验	试件
压缩性能	竖向压缩刚度 压缩位移	GB/T 20688.1—2007的6.3.1	√	√	足尺
剪切性能	水平等效刚度 等效阻尼比 屈服后刚度 屈服力	GB/T 20688.1—2007的6.3.2	√	√	足尺
拉伸性能	破坏拉力 屈服拉力 拉伸破坏或屈服时 对应的剪应变	GB/T 20688.1—2007的6.6	×	△	足尺或缩尺模型B
剪切性能相关性	剪应变相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.1	×	√	足尺
	压应力相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.2	×	△	足尺
	加载频率相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.3	×	√(m)	足尺或缩尺模型A,标准 试件,剪切型橡胶试件
	反复加载次数相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.4	×	√	足尺或缩尺模型B
	温度相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.5	×	√(m)	足尺或缩尺模型A,标准 试件,剪切型橡胶试件
压缩性能相关性	剪应变相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.6	×	△	足尺或缩尺模型B
	压应力相关性	GB/T 20688.1—2007的6.4.7	×	△	
极限剪切性能	破坏剪应变 屈服剪应变 滚翻剪应变	GB/T 20688.1—2007的6.5	×	√	足尺或缩尺模型B
耐久性能	老化性能	GB/T 20688.1—2007的6.7.1	×	√(m)	足尺或缩尺模型A,标准 试件,剪切型橡胶试件
	徐变性能	GB/T 20688.1—2007的6.7.2	×	√	足尺或缩尺模型A

表 4 (续)

性能	试验项目	试验方法	出厂检验	型式检验	试件
注: √——要进行试验; √(m)——对支座试件或剪切型橡胶试件进行试验; ×——不进行试验; △——可选择进行试验。 缩尺模型 A 的尺寸要求: 对于圆形支座, 直径 ≥ 150 mm, 对于矩形支座, 长边 ≥ 100 mm。 橡胶层厚度 ≥ 1.5 mm, 钢板厚度 ≥ 0.5 mm。 缩尺模型 B 的尺寸要求: 最小比例为 1/2, 对于圆形支座, 直径 ≥ 400 mm, 对于矩形支座, 长边 ≥ 400 mm。 橡胶层厚度 ≥ 1.5 mm, 钢板厚度 ≥ 0.5 mm。 标准试件: 见 GB/T 20688.1—2007 的 6.1。对 LRB, 标准试件仅允许用于老化试验。 剪切型橡胶试件: 见 GB/T 20688.1—2007 的 5.8.3。对 LRB, 剪切型橡胶试件仅允许用于老化试验。					

6.3.2 力学性能要求

支座的力学性能应满足表 5 的要求。

表 5 支座力学性能要求

序号	项目	要 求	试件	试验方法和条件
1	压缩性能	竖向压缩刚度 K_v , 允许偏差为 $\pm 30\%$	型式检验: 应采用足尺支座; 出厂检验: 应采用支座产品	1. 加载方法采用 GB/T 20688.1—2007 的 6.3.1.3 方法 2 加载 3 次, 竖向压缩刚度 K_v 应按第 3 次加载循环测试值计算。 2. 试验标准温度为 23℃, 否则应对试验结果进行温度修正
2	剪切性能	1. 剪切性能允许偏差见表 3。 2. 测量项目 1) 天然橡胶支座: 水平等效刚度 K_h 等效阻尼比 h_{eq} 2) 高阻尼橡胶支座: 水平等效刚度 K_h 等效阻尼比 h_{eq} 3) 铅芯橡胶支座: 水平等效刚度 K_h 等效阻尼比 h_{eq} 或者, 屈服后刚度 K_s 屈服力 Q_s	型式检验: 应采用足尺支座; 出厂检验: 应采用支座产品	1. 加载方法采用 GB/T 20688.1—2007 的 6.3.2.2 的 3 次加载循环法, 加载 3 次, 剪切性能应按第 3 次加载循环测试值计算。剪应变为 1% 或 100%。 2. 若加载频率和设计频率不同, 应对试验结果进行修正。基准频率为设计频率或 0.5 Hz。 3. 试验标准温度为 23℃, 否则应对试验结果进行温度修正。 4. 可采用单、双剪试验装置, 试验方法见 GB/T 20688.1—2007 的 6.3.2
3	拉伸性能	拉伸性能应满足设计要求	足尺支座 或缩尺模型 B	1. 试件在指定剪应变作用下, 进行指定拉力下的拉伸性能试验。 2. 可采用单、双剪试验装置, 试验方法见 GB/T 20688.1—2007 的 6.6
4	极限剪切性能	1. 支座在最大和最小竖向荷载作用下, 剪切位移达到设计最大值之前, 不应出现破坏、屈曲或滚翻。 2. 测试极限剪切性能时采用的竖向应力: I 型、II 型支座: σ_{max} 、 σ_{min} (可受拉); III 型支座: σ_{max} 、 σ_{min} (不可受拉)	足尺支座 或缩尺模型 B	可采用单、双剪试验装置, 试验方法见 GB/T 20688.1—2007 的 6.5

6.3.3 剪切性能相关性

支座的剪切性能相关性应满足表6的要求。

表6 支座剪切性能相关性要求

序号	项目	要求	试件	试验条件
1	剪应变相关性	基准剪应变为设计剪应变 γ_0	足尺支座	<ol style="list-style-type: none"> 剪应变取值范围为50%至γ_{max},间隔增量可为50%,最后两个剪应变增量至少为50%。必要时可增加剪应变值10%和20%。 可采用单、双剪试验装置,试验方法见GB/T 20688.1—2007的6.4.1
2	压应力相关性	基准压应力为设计压应力 σ_0	足尺支座	<ol style="list-style-type: none"> 压应力取值为0,0.5σ_0,1.0σ_0,1.5σ_0,2.0σ_0,必要时可包括最大拉应力。 可采用单、双剪试验装置,试验方法见GB/T 20688.1—2007的6.4.2
3	加载频率相关性	基准加载频率0.5 Hz	足尺、缩尺模型A支座、标准试件或剪切型橡胶试件	<ol style="list-style-type: none"> 加载频率取值见GB/T 20688.1—2007的6.4.3。 可采用单、双剪试验装置,试验方法见GB/T 20688.1—2007的6.4.3
4	反复加载次数相关性	基准反复加载次数为第3次	足尺、缩尺模型支座	<ol style="list-style-type: none"> 反复加载次数为50次。 可采用单、双剪试验装置,试验方法见GB/T 20688.1—2007的6.4.4
5	温度相关性	基准温度为23℃	足尺、缩尺模型支座、标准试件或剪切型橡胶试件	<ol style="list-style-type: none"> 温度取值范围为-20℃~40℃,必要时可增加温度取值。 可采用单、双剪试验装置,试验方法见GB/T 20688.1—2007的6.4.5

6.3.4 压缩性能相关性

支座的压缩性能相关性应满足表7的要求。

表7 支座的压缩性能相关性要求

序号	项目	要求	试件	试验条件
1	剪应变相关性	基准剪应变为0	足尺、缩尺模型	<ol style="list-style-type: none"> 剪应变取值见GB/T 20688.1—2007的6.4.6; 应符合GB/T 20688.1—2007的6.4.6的规定
2	压应力相关性	基准压应力为 $\sigma_0 \pm 0.3\sigma_0$	足尺、缩尺模型	<ol style="list-style-type: none"> 压应力取值范围为 $\sigma_0 \pm 0.3\sigma_0, \sigma_0 \pm 0.5\sigma_0, \sigma_0 \pm 1.0\sigma_0$; 应符合GB/T 20688.1—2007中6.4.7的规定

6.3.5 耐久性能要求

支座的耐久性能应满足表8的要求。

表 8 支座的耐久性能要求

序号	项目	要 求	试 件
1	老化性能	水平等效刚度 K_h 和等效阻尼比 h_{eq} 的变化率应满足设计要求	足尺支座、缩尺模型 A 支座、标准试件或剪切型橡胶试件
2	徐变性能	60 年徐变量不应超过 10%	足尺支座、缩尺模型支座

6.4 橡胶材料性能要求

6.4.1 物理性能试验项目

橡胶材料物理性能试验项目见表 9。

表 9 橡胶材料物理性能试验项目

性能	试验项目	试验方法	出厂检验		型式检验	
			内部橡胶	橡胶保护层	内部橡胶	橡胶保护层
拉伸性能	拉伸强度	GB/T 20688.1—2007 的 5.3	√	√	√	√
	扯断伸长率		√	√	√	√
	100%拉应变时的弹性模量		×	×	√	√
老化性能	拉伸强度变化率	GB/T 20688.1—2007 的 5.4	△	△	√	√
	扯断伸长率变化率		△	△	√	√
	100%拉应变时的弹性模量变化率		×	×	√	√
硬度	硬度	GB/T 20688.1—2007 的 5.5	△	△	△	△
黏合性能	橡胶与金属黏合强度 试件破坏类型	GB/T 20688.1—2007 的 5.6	△	×	√	√
压缩性能	压缩永久变形	GB/T 20688.1—2007 的 5.7	√	×	√	×
剪切性能	剪切模量	GB/T 20688.1—2007 的 5.8	△	×	√	×
	等效阻尼比		△	×	√	×
	剪切模量和等效阻尼比的温度相关性		×	×	△	×
	破坏剪应变	GB/T 20688.1—2007 的 5.9	×	×	△	×
脆性性能	脆性温度	GB/T 20688.1—2007 的 5.10	×	×	△	√*
抗臭氧性能	外观变化	GB/T 20688.1—2007 的 5.11	×	△	×	√
低温结晶性能	硬度变化率	GB/T 20688.1—2007 的 5.12	×	×	√*	√*

注：√——要进行试验；×——不进行试验；△——可选择进行试验；
 √+——必须进行试验，除非橡胶对工作温度范围内的结晶不敏感（见 GB/T 20688.1—2007 的 5.12）；
 √*——使用环境温度低于 0℃ 时，应进行试验。

6.4.2 物理性能要求

橡胶材料物理性能应满足表 10 的要求。

6.4.3 其他性能要求

其他性能应根据表 9 所列的试验项目进行测试，试验结果应在试验前指定的偏差范围之内。

表 10 橡胶材料物理性能要求

技术指标		要求	试验条件
拉伸性能	拉伸强度	建议制造厂进行支座生产时,每天抽检一次。性能要求应符合附录 B 的规定	—
	扯断伸长率		
老化性能	拉伸强度允许变化率	±25%	天然橡胶:70℃×168 h; 氯丁橡胶或其他橡胶:100℃×72 h
	扯断伸长率允许变化率	-50%×老化前扯断伸长率最大值	
硬度		硬度可作为质量控制指标之一,但不应作为主要的设计指标	—
抗臭氧性能		橡胶保护层不应出现龟裂	50×10^{-8} , 伸长率 20%, 40℃×96 h

6.5 支座尺寸要求

橡胶支座尺寸见表 11。如有必要,也可采用其他尺寸。

表 11 支座的典型尺寸

尺寸 d_0 或 a /mm	厚度			开孔直径 d_1 /mm
	单层内部橡胶厚度 t_1 /mm	单层内部钢板厚度 t_2 /mm	第二形状系数 S_2	
400	$2.0 \leq t_1 \leq 5.0$			天然橡胶支座和高阻尼橡胶支座: $\leq \frac{d_0}{6}$ 或 $\leq \frac{a}{6}$ 铅芯橡胶支座: $\leq \frac{d_0}{4}$ 或 $\leq \frac{a}{4}$
450	$2.0 \leq t_1 \leq 5.5$			
500	$2.5 \leq t_1 \leq 6.0$			
550	$2.5 \leq t_1 \leq 7.0$	≥ 2.0	≥ 3.0	
600	$3.0 \leq t_1 \leq 7.5$			
650	$3.0 \leq t_1 \leq 8.0$			
700	$3.5 \leq t_1 \leq 9.0$			
750	$3.5 \leq t_1 \leq 9.5$		≥ 3.0	
800	$4.0 \leq t_1 \leq 10.0$		≥ 3.0	
850	$4.0 \leq t_1 \leq 10.5$	≥ 2.5	≥ 3.5	
900	$4.5 \leq t_1 \leq 11.0$		≥ 3.5	
950	$4.5 \leq t_1 \leq 11.0$		≥ 3.5	
1 000	$4.5 \leq t_1 \leq 11.0$		≥ 3.5	
1 050	$5.0 \leq t_1 \leq 11.0$		≥ 3.5	
1 100	$5.5 \leq t_1 \leq 11.0$	≥ 3.0	≥ 3.5	
1 150	$5.5 \leq t_1 \leq 12.0$		≥ 3.5	
1 200	$6.0 \leq t_1 \leq 12.0$		≥ 4.0	
1 250	$6.0 \leq t_1 \leq 13.0$		≥ 4.0	
1 300	$6.5 \leq t_1 \leq 13.0$			
1 350	$6.5 \leq t_1 \leq 14.0$			
1 400	$7.0 \leq t_1 \leq 14.0$	≥ 4.0	≥ 4.0	
1 450	$7.0 \leq t_1 \leq 15.0$			
1 500	$7.0 \leq t_1 \leq 15.0$			

6.6 钢板强度要求

钢板应满足表 12 所规定的强度设计值要求。

表 12 钢板的强度设计值要求

牌号	强度设计值/MPa			
	钢板厚度 t /mm(括号内为 Q345 钢板厚度)			
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$ ($16 < t \leq 35$)	$40 < t \leq 60$ ($35 < t \leq 50$)	$60 < t \leq 100$ ($50 < t \leq 100$)
Q235	215	205	200	190
Q345	310	295	265	250

6.7 外观要求

橡胶支座表面应光滑平整,外观质量应符合表 13 的规定。

表 13 外观质量

缺陷名称	质量指标
气泡	单个表面气泡面积不超过 30 mm^2
杂质	杂质面积不超过 30 mm^2
缺胶	缺胶面积不超过 150 mm^2 ,不得多于 2 处,且内部嵌件不许外露
凹凸不平	凹凸不超过 2 mm,面积不超过 50 mm^2 ,不得多于 3 处
胶钢粘结不牢(上、下端面)	裂纹长度不超过 30 mm,深度不超过 3 mm,不得多于 3 处
裂纹(侧面)	不允许
钢板外露(侧面)	不允许

7 设计准则

7.1 通则

橡胶支座、钢板和连接件的设计应符合本节相关条款的规定。

7.2 支座形状系数

7.2.1 第一形状系数 S_1

a) 无开孔支座的 S_1 按式(6)、式(7)计算。

$$\text{圆形支座: } S_1 = \frac{d_o}{4t_r} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{方形支座: } S_1 = \frac{a}{4t_r} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

d_o ——内部钢板的外部直径,单位为毫米(mm);

t_r ——单层橡胶层的厚度,单位为毫米(mm);

a ——方形支座内部橡胶的边长,单位为毫米(mm)。

b) 开孔支座的 S_1 按式(8)、式(9)计算。

$$\text{圆形支座: } S_1 = \frac{d_o - d_i}{4t_r} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{方形支座: } S_1 = \frac{4a^2 - \pi d_i^2}{4t_r(4a + \pi d_i)} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

d_1 ——内部钢板的开孔直径,单位为毫米(mm)。

若孔洞灌满橡胶或铅,则按无开孔支座考虑。

7.2.2 第二形状系数 S_2

按式(10)、式(11)计算。

$$\text{圆形支座: } S_2 = \frac{d_0}{T_r} \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{方形支座: } S_2 = \frac{a}{T_r} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

T_r ——内部橡胶总厚度。

7.3 支座压缩性能和剪切性能

7.3.1 竖向压缩刚度、压缩位移和压应变

竖向压缩刚度 K_v 可按式(12)计算:

$$K_v = \frac{E_c A}{T_r} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

E_c ——修正压缩弹性模量,见附录 C。

压缩位移 Y 和压应变 ϵ_c 可按式(13)、式(14)计算:

$$Y = \frac{P}{K_v} \dots\dots\dots(13)$$

$$\epsilon_c = \frac{Y}{T_r} \dots\dots\dots(14)$$

式中:

P ——压力。

7.3.2 水平等效刚度、剪应变和等效阻尼比

水平等效刚度 K_h 可按式(15)计算:

$$K_h = G \frac{A}{T_r} \dots\dots\dots(15)$$

式中:

G ——橡胶的剪切模量。

若考虑剪应变对橡胶剪切模量的影响,水平等效刚度 K_h 可按式(16)计算:

$$K_h = G_m(\gamma) \frac{A}{T_r} \dots\dots\dots(16)$$

式中:

$G_m(\gamma)$ ——剪应变为 γ 时的等效剪切模量,见附录 D。

剪切模量 G 应在恒定压应力和不同剪应变作用下,由试验确定。试件应采用足尺或缩尺模型支座。

若试验时的压应力 σ 与设计压应力 σ_0 相差较大,则橡胶剪切模量 G 还应考虑压应力的影响,水平等效刚度 K_h 可按式(17)计算:

$$K_h = G \left[1 - \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^2 \right] \frac{A}{T_r} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

σ ——支座压应力,单位为兆帕(MPa);

σ_0 ——支座临界应力,单位为兆帕(MPa),由 7.4.1 中式(21)计算。

对于铅芯橡胶支座,水平等效刚度 K_h 可按式(18)计算:

$$K_h = \frac{K_d X + Q_d}{X} \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中:

K_d ——铅芯橡胶支座的屈服后刚度;

Q_d ——屈服力;

X ——剪切位移。

剪应变 γ 可按式(19)计算:

$$\gamma = \frac{X}{T} \quad \dots\dots\dots(19)$$

等效阻尼比 h_{eq} 可按式(20)计算:

$$h_{eq} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{W_d}{K_h X^2} \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中:

W_d ——为剪力-剪切位移滞回曲线的包络面积,即每加载循环所消耗的能量,单位为牛顿毫米($N \cdot mm$),由试验确定。

7.4 支座极限性能

7.4.1 支座无剪应变时的稳定性验算

剪应变为零时,支座失稳的压应力为支座临界应力 σ_{cr} ,按式(21)计算:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \xi S_2 \sqrt{E_b G} \quad \dots\dots\dots(21)$$

式中:

G ——橡胶剪切模量(对应于剪应变 100%),单位为牛顿每平方米(N/mm^2),对铅芯橡胶支座, G 不考虑铅芯的影响;

ξ ——临界应力计算系数,圆形支座: $\xi=1$,方形支座: $\xi=\frac{2}{\sqrt{3}}$;

E_b ——受弯时,橡胶表观弹性模量,单位为牛顿每平方米(N/mm^2),可按式(22)计算:

$$\frac{1}{E_b} = \frac{1}{E_0 [1 + (2/3) \kappa S_1^2]} + \frac{1}{E_\infty} \quad \dots\dots\dots(22)$$

式中: κ ——修正系数,参看附录 C。

支座设计压应力 σ_0 考虑受压稳定时,可按式(23)计算:

$$\sigma_0 \leq \frac{1}{\rho_s} \sigma_{cr} \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中: ρ_s ——安全系数,按设计要求确定。

7.4.2 支座大剪应变时的稳定性验算

大剪应变时支座稳定性验算见附录 E 和附录 F。

7.4.3 III型橡胶支座的滚翻性能验算

III型橡胶支座滚翻状态按图 1。为防止 III 型支座滚翻,应控制最大设计剪应变 γ_{max} 和最小设计压应力 σ_{min} ,可按式(24)验算:

$$\gamma_{max} \leq \frac{S_2 \sigma_{min}}{\zeta_r G + \sigma_{min}} \cdot \frac{1}{\rho_R} \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中:

ζ_r ——支座总高度 H_0 与内部橡胶总厚度之比, $\zeta_r = \frac{H_0}{T}$;

ρ_R ——安全系数,按设计要求确定。

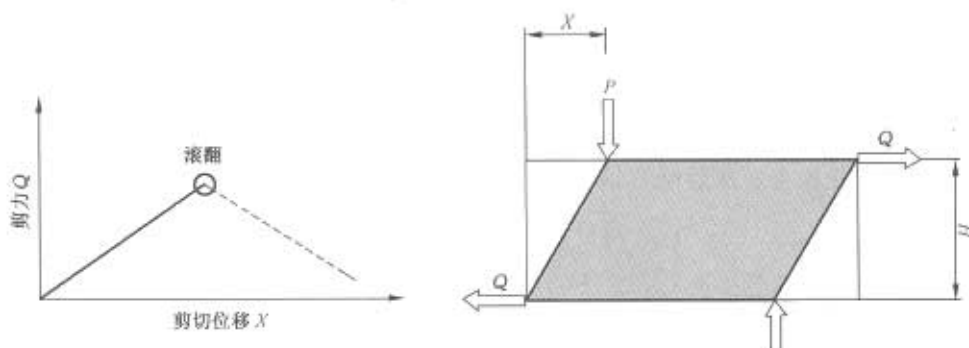


图1 III型支座滚翻示意图

7.4.4 拉伸性能

支座拉伸性能应满足式(25)要求:

$$F_u \leq P_{Ty} \frac{1}{\rho_T} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

F_u ——支座承受的提离拉力;

P_{Ty} ——支座的屈服拉力(见图2),可按 GB/T 20688.1—2007 第 6.6 条中的方法确定。其拉力-拉伸位移的关系曲线所对应的恒定剪切位移为支座最大剪切位移 X_{max} ;

ρ_T ——安全系数,按设计要求确定。

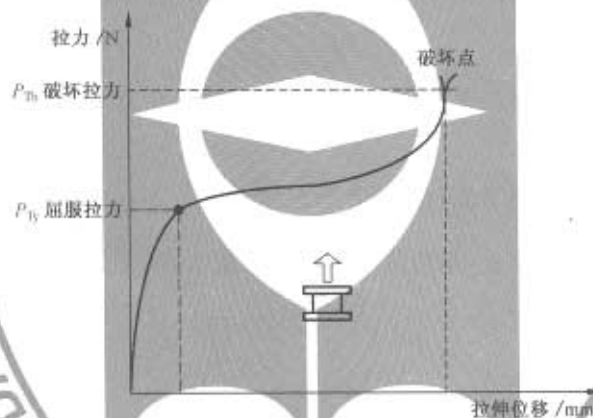


图2 支座的拉伸性能关系曲线

7.5 钢板设计

支座内部钢板的设计可按式(26)计算:

$$\sigma_s = 2\lambda \frac{P_{Tt}}{A_s t_s} \leq f_t \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

σ_s ——内部钢板拉应力,单位为兆帕(MPa);

f_t ——钢材的抗拉强度设计值,单位为牛顿每平方米(N/mm²);

A_s ——支座的顶面和底面之间的有效重叠面积,单位为平方毫米(mm²);

t_s ——单层内部钢板的厚度,单位为毫米(mm);

λ ——钢板应力修正系数,无开孔, $\lambda=1.0$;开孔($A_p/A=0.03\sim 0.1$), $\lambda=1.5$ 。

7.6 连接件设计

支座连接螺栓和连接板应根据最大、最小竖向压力以及地震中剪切位移进行设计,见附录 G。

8 允许偏差

8.1 通则

支座的尺寸偏差应满足本节的要求。测量方法见 GB/T 20688.1—2007。

8.2 隔震橡胶支座平面尺寸允许偏差

I 型、II 型和设暗销的 III 型支座的平面尺寸的偏差应符合表 14 的规定。

对于设凹槽的 III 型支座,其平面尺寸允许偏差可取 2 mm 或 0.4% 中的较大值。

表 14 支座产品平面尺寸(D' 、 a' 和 b')的允许偏差

D' 、 a' 和 b' /mm	允许偏差
D' 、 a' 和 $b' \leq 500$	5 mm
$500 < D'$ 、 a' 和 $b' \leq 1\,500$	1%
D' 、 a' 和 $b' > 1\,500$	15 mm

8.3 隔震橡胶支座高度允许偏差

支座产品高度的允许偏差为 $\pm 1.5\%$ 与 ± 6.0 mm 两者中的较小值。

8.4 隔震橡胶支座产品的平整度允许偏差

支座的平整度要求为:

$$\begin{aligned} |\Psi| &\leq 0.25\% \\ |\delta_s| &\leq 3.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ψ 的计算按式 (27):

$$\Psi = \frac{\delta_s}{D_1} \text{ 或 } \frac{\delta_s}{D'} \quad (27)$$

式中:

Ψ ——平整度;

δ_s ——支座平整度偏差,即相距 180° 的两点所测的支座高度之差,见图 3;

D_1 ——圆形连接板直径,见图 3;

D' ——圆形支座包括保护层厚度的外部直径。

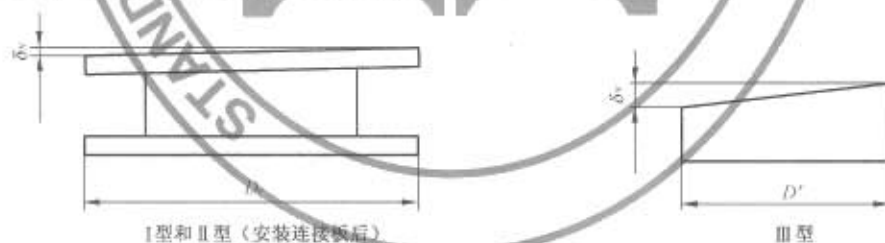


图 3 平整度的测量

8.5 隔震橡胶支座水平偏移允许偏差

支座产品的水平偏移(δ_H)不应超过 5.0 mm(此偏移值也适用于试验后 48 h 内残余变形的限制要求)。

8.6 连接板平面尺寸允许偏差

连接板平面尺寸的允许偏差应符合表 15。

表 15 连接板直径和边长允许偏差

单位为毫米

连接板厚度 t_t	D_t (或 L_t) < 1 000	$1\ 000 < D_t$ (或 L_t) < 3 150	$3\ 150 < D_t$ (或 L_t) < 6 000
$6 < t_t \leq 27$	± 2.0	± 2.5	± 3.0
$27 < t_t \leq 50$	± 2.5	± 3.0	± 3.5
$50 < t_t \leq 100$	± 3.5	± 4.0	± 4.5

8.7 连接板厚度允许偏差

连接板厚度允许偏差应符合表 16 的规定。

表 16 I 型支座连接板厚度允许偏差

单位为毫米

连接板厚度 t_t	允许偏差	
	D_t (或 L_t) < 1 600	$1\ 600 \leq D_t$ (或 L_t) < 2 000
$16.0 < t_t \leq 25.0$	± 0.65	± 0.75
$25.0 < t_t \leq 40.0$	± 0.70	± 0.80
$40.0 < t_t \leq 63.0$	± 0.80	± 0.95
$63.0 < t_t \leq 100.0$	± 0.90	± 1.10

8.8 连接板螺栓孔位置允许偏差

连接板螺栓孔位置(包括封板螺纹孔位置)的允许偏差应符合表 17 的规定。

表 17 螺栓孔位置的允许偏差

单位为毫米

D_t (或 L_t)	允许偏差
$400 < D_t$ (或 L_t) $\leq 1\ 000$	± 0.8
$1\ 000 < D_t$ (或 L_t) $\leq 2\ 000$	± 1.2
D_t (或 L_t) $> 2\ 000$	± 2.0

9 检验规则

9.1 检验分类

检验分型式检验和出厂检验两类。

9.1.1 型式检验

制造厂提供工程应用的隔震橡胶支座新产品(新种类、新规格、新型号)进行认证鉴定时,或已有支座产品的规格、型号、结构、材料、工艺方法等有较大改变时,应进行型式检验,并提供型式检验报告。

9.1.2 出厂检验

隔震橡胶支座产品在使用前应由检测部门进行质量控制试验,检验合格并附合格证书,方可使用。

9.2 检验项目

支座力学性能试验项目见表 4。橡胶材料物理性能试验项目见表 9。

9.3 判定规则

9.3.1 型式检验的试件可按表 4 采用。满足下列全部条件的,可采用以前相应的型式检验结果:

- 支座用相同的材料配方和工艺方法制作;
- 相应的外部尺寸和内部尺寸相差 10% 以内;
- 第二形状系数相差 ± 0.4 以内;
- 第二形状系数 S_2 小于 5,以前的极限性能和压应力相关性试验试件的 S_2 不大于本次试验试件的 S_2 ;
- 以前的试验条件更严格。

9.3.2 出厂检验可采用随机抽样的方式确定检测试件。若有一件抽样试件的一项性能不合格,则该次抽样检验不合格。不合格产品不得出厂。

对一般建筑,产品抽样数量应不少于总数的20%;若有不合格试件,应重新抽取总数的30%,若仍有不合格试件,则应100%检测。

对重要建筑,产品抽样数量应不少于总数的50%;若有不合格试件,则应100%检测。

对特别重要的建筑,产品抽样数量应为总数的100%。

一般情况下,每项工程抽样总数不少于20件,每种规格的产品抽样数量不少于4件。

9.3.3 支座产品在安装前应对工程中所用的各种类型和规格的原型部件进行抽样检测,抽样的数量和要求同出厂检验。

10 支座产品标志和标签

10.1 内容

支座产品的标志和标签应提供以下信息:

- 制造厂的名字和企业的商标;
- 支座的类型:天然橡胶支座(LNR),高阻尼橡胶支座(HDR),铅芯橡胶支座(LRB);
- 产品序列号或生产号码;
- 支座产品的尺寸,标注方法如下:

圆形支座可标注为“D-直径尺寸”;矩形支座可标注为“长边×短边尺寸”;方形支座可标注为“S边长尺寸”。尺寸单位为mm。

标注示例:

- 直径为800 mm的圆形支座可表示为D-800;
- 边长为800 mm×600 mm的矩形支座可表示为800×600;
- 边长为800 mm的方形支座可表示为S800或800×800。

10.2 要求

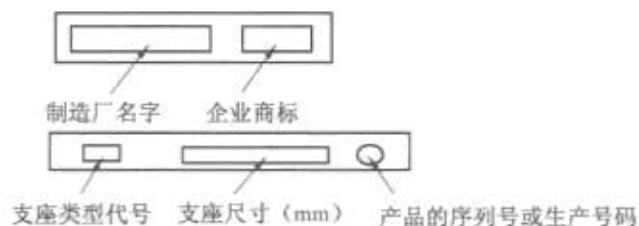
- 标志和标签应显示在支座的侧表面;
- 标志和标签应防水且耐磨损;
- 标志和标签应方便辨认,字母的高度和宽度应大于5 mm。

10.3 示例

- 表示成一行的形式:



- 表示成两行的形式:



示例:×××××公司生产的直径为800 mm的高阻尼橡胶支座可表示为:



附录 A

(资料性附录)

本部分与 ISO 22762-3:2005 技术性差异

表 A.1 给出了本部分与 ISO 22762-3:2005 的技术性差异一览表。

表 A.1 本部分与 ISO 22762-3:2005 技术性差异

项 目	ISO 22762-3:2005	本 部 分
名称	Elastomeric seismic protection isolators—Part 3; Applications for buildings—Specification	橡胶支座 第 3 部分:建筑隔震橡胶支座 (Rubber bearings—Part 3; Elastomeric seismic protection isolators for buildings)
规范性引用文件	引用 ISO 标准	引用我国标准
术语和定义		删除结构工程图、出厂检验、型式检验
型式检验和出厂检验	出厂检验不区分一般结构、重要结构和特别重要结构	出厂检验区分一般结构、重要结构和特别重要结构,修改后移至第 9 章
功能要求		删除
产品性能要求	分列于 6.5.2~6.5.4 和 6.5.7	集中列于表 5
剪切性能相关性	分列于 6.5.5.1~6.5.5.5	集中列于表 6
压缩性能相关性	分列于 6.5.6.1~6.5.6.2	集中列于表 7
耐久性	分列于 6.5.8.1~6.5.8.2	集中列于表 8
橡胶材料要求	材料物理性能分列于 6.6.2~6.6.6	集中列于表 9
钢板强度要求	按 SS400 和 SM490A	按 Q235、Q345
外观要求	没有	新增,引自 JG 118—2000
钢板设计	$\sigma = 2\lambda \frac{P_t}{A_s t_s} \leq \sigma_u$ $\sigma_s = \frac{P_t}{A_s}$ σ_u ——钢材的容许拉应力; σ_s ——钢材的屈服应力	$\sigma_s = 2\lambda \frac{P_t}{A_s t_s} \leq f_t$ f_t ——钢材的抗拉强度设计值
	附录 A	删除,另用新的附录 A
	附录 B	删除,将国际标准附录 C 修改为附录 B
	附录 C	修改后成为附录 B
	附录 D	修改后成为附录 C
	附录 E	删除
	附录 F	修改后成为附录 D
	附录 G	修改后成为附录 E
	附录 H	修改后成为附录 F
	附录 I	修改后成为附录 G

附录 B
(资料性附录)
橡胶材料物理性能要求

表 B.1、表 B.2 列出了橡胶材料物理性能要求。

表 B.1 天然橡胶支座和铅芯橡胶支座内部橡胶材料的物理性能要求

试验项目	量测项目	单位	剪切模量/MPa						试验方法	
			0.30	0.35	0.40	0.45	0.60	0.80		1.0
拉伸性能	拉伸强度	MPa	≥12.0	≥14.0	≥14.0	≥15.0	≥15.0	≥20.0	≥20.0	GB/T 20688.1—2007 的 5.6
	扯断伸长率	%	≥650	≥600	≥600	≥600	≥500	≥500	≥500	
硬度	硬度	IRHD	30±5	35±5	35±5	40±5	45±5	50±5	65±5	GB/T 20688.1—2007 的 5.5
黏合性能	橡胶与金属黏合强度	N/mm	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6	GB/T 20688.1—2007 的 5.6
	破坏类型		橡胶破坏	橡胶破坏	橡胶破坏	橡胶破坏	橡胶破坏	橡胶破坏	橡胶破坏	
脆性性能	脆性温度	°C	≤-40	≤-40	≤-40	≤-40	≤-40	≤-40	≤-40	GB/T 20688.1—2007 的 5.10

表 B.2 高阻尼橡胶支座内部橡胶材料的物理性能要求

试验项目	量测项目	单位	剪切模量/MPa			试验方法
			0.40	0.60	0.80	
拉伸性能	拉伸强度	MPa	≥8.0	≥8.0	≥10.0	GB/T 20688.1—2007 的 5.3
	扯断伸长率	%	≥650	≥650	≥650	
硬度	硬度	IRHD	(60~70)±5	(60~70)±5	(60~70)±5	GB/T 20688.1—2007 的 5.5
脆性性能	脆性温度	°C	≤-40	≤-40	≤-40	GB/T 20688.1—2007 的 5.10
注：剪切模量的相应剪应变为 $\gamma=100\%$ 。						

附录 C
(资料性附录)
橡胶支座压缩性能确定

支座竖向压缩刚度 K_V 可按式(C.1)计算:

$$K_V = \frac{AE_c}{nt_r} \dots\dots\dots(C.1)$$

式中:

A ——支座有效截面面积;

n ——内部橡胶层数;

t_r ——单层内部橡胶的厚度;

E_c ——修正压缩弹性模量,可按式(C.2)计算:

$$E_c = \left[\frac{1}{E_{sp}} + \frac{1}{E_v} \right]^{-1} \dots\dots\dots(C.2)$$

E_v ——橡胶体积弹性模量,见表 C.1。

E_{sp} ——橡胶表观弹性模量,可按式(C.3)、式(C.4)计算:

a) $E_{sp} = E_0(1 + 2\kappa S_1^2) \dots\dots\dots(C.3)$

式中:

E_0 ——橡胶弹性模量,单位为牛顿每平方米(MPa), E_0 近似为 $3G$,见表 C.1;

κ ——与硬度有关的弹性模量修正系数,见表 C.1;

S_1 ——第一形状系数。

表 C.1 支座橡胶材料性能参数 (Lindley, 1974)

IRHD 硬度	E_0 /MPa	G /MPa	κ	E_v /MPa
30	0.92	0.30	0.93	1.00×10^9
40	1.50	0.45	0.85	1.00×10^9
50	2.20	0.64	0.73	1.03×10^9
60	5.34	1.06	0.57	1.15×10^9
70	7.34	1.72	0.53	1.27×10^9

b) $E_{sp} = 3G_{av}(\gamma)(1 + 2S_1^2) \dots\dots\dots(C.4)$

式中:

$G_{av}(\gamma)$ ——由压缩荷载产生的平均剪应变 γ 对应的剪切模量, γ 可按式(C.5)估算:

$$\gamma = \sqrt{6} S_1 \epsilon \dots\dots\dots(C.5)$$

式中:

ϵ ——支座的压应变。

附 录 D
(资料性附录)
支座剪切性能的确定

D.1 天然橡胶支座的剪切性能

天然橡胶支座(LNR)的水平等效刚度 K_h 可按式(D.1)计算:

$$K_h = G \frac{A}{T_r} \quad \text{.....(D.1)}$$

LNR 的水平切线刚度 K_t 也可代表其剪切性能, K_t 的定义详见 GB/T 20688.1—2007 的附录 F。

D.2 高阻尼橡胶支座的剪切性能

a) 水平等效刚度

高阻尼橡胶支座典型的剪力-剪切位移滞回曲线见图 D.1。

水平等效刚度 K_h 为滞回曲线上峰值点 A 和下峰值点 B 连线(AB)的斜率。

水平等效刚度 K_h 的计算按式(D.2):

$$K_h = G_{eq}(\gamma) \frac{A}{T_r} \quad \text{.....(D.2)}$$

式中:

$G_{eq}(\gamma)$ ——剪应变为 γ 时的等效剪切模量, 根据试验确定。

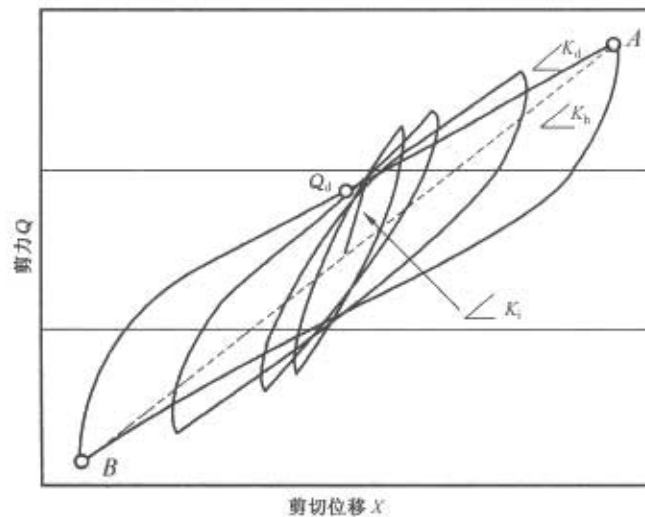


图 D.1 高阻尼橡胶支座的剪力-剪切位移滞回曲线

图 D.2 表示高阻尼橡胶的剪切模量和阻尼比的应变相关性。

b) 等效阻尼比 $h_{eq}(\gamma)$

等效阻尼比 $h_{eq}(\gamma)$ 可按式(D.3)计算:

$$h_{eq}(\gamma) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{W_d}{2K_h(T_r\gamma)^2} \quad \text{.....(D.3)}$$

式中:

W_d ——剪力-剪切位移滞回曲线的包络面积, 单位为牛顿毫米(N·mm), 由试验确定。

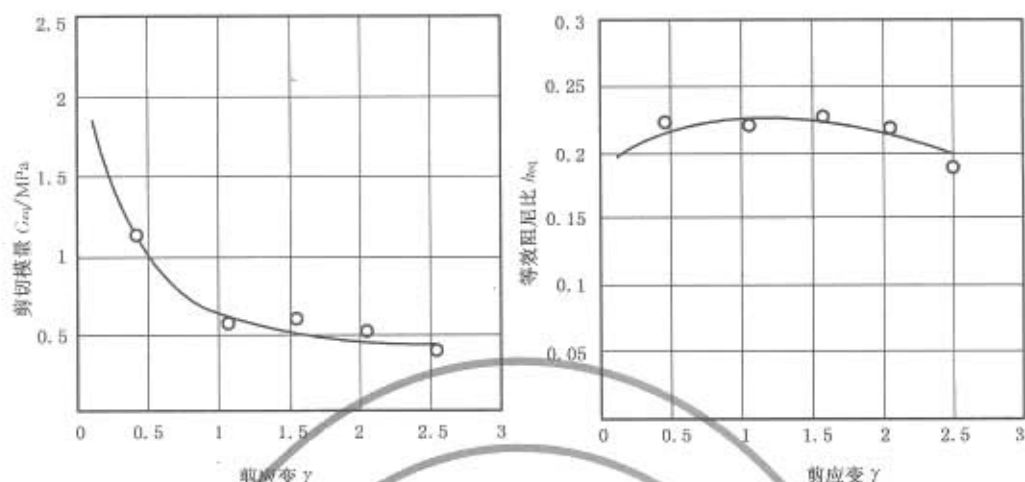


图 D.2 高阻尼橡胶支座的 $G_{eq}(\gamma)$ 、 $h_{eq}(\gamma)$ 与前应变 γ 的关系曲线

c) 初始水平刚度 K_i 和屈服后刚度 K_d

高阻尼橡胶支座的初始水平刚度 K_i 和屈服后刚度 K_d 可按式(D.4)、式(D.5)计算:

$$K_i = \frac{2U(\gamma) - \pi h_{eq}(\gamma)[1 - U(\gamma)]}{2U(\gamma) - \pi h_{eq}(\gamma)} K_{eq} \dots\dots\dots (D.4)$$

$$K_d = [1 - U(\gamma)] K_{eq} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

$U(\gamma)$ ——屈服力与剪应变 γ 对应的剪力之比,按式(D.6)计算:

$$U(\gamma) = \frac{Q_d}{K_{eq}(T, \gamma)} \dots\dots\dots (D.6)$$

D.3 铅芯橡胶支座的剪切性能

a) 屈服后刚度 K_d

屈服后刚度 K_d 可按式(D.7)计算:

$$K_d = C_{K_d}(\gamma)(K_i + K_p) \dots\dots\dots (D.7)$$

式中:

K_i ——铅芯橡胶支座嵌入铅芯前的水平等效刚度 ($K_i = G \frac{A}{T_r}$);

K_p ——铅芯橡胶支座中铅芯的水平等效刚度;

$C_{K_d}(\gamma)$ ——铅芯橡胶支座屈服后刚度的修正系数,由式(D.8)计算:

$$C_{K_d}(\gamma) = \begin{cases} 0.779\gamma^{-0.12} & \gamma < 0.25 \\ \gamma^{-0.25} & 0.25 \leq \gamma < 1.0 \\ \gamma^{-0.12} & 1.0 \leq \gamma < 2.5 \end{cases} \dots\dots\dots (D.8)$$

b) 初始刚度 K_i

初始刚度 K_i 可按式(D.9)计算:

$$K_i = \alpha_0 K_d \dots\dots\dots (D.9)$$

α_0 可取 10 到 15。

c) 水平等效刚度

铅芯橡胶支座典型的剪力-剪切位移滞回曲线见图 D.3。

水平等效刚度 K_h 为滞回曲线上峰值点 A 和下峰值点 B 连线(AB)的斜率。

水平等效刚度 K_h 可按式(D.10)计算:

$$K_h = \frac{Q_d}{\gamma T_r} + K_d \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

Q_d ——屈服力,由试验确定。

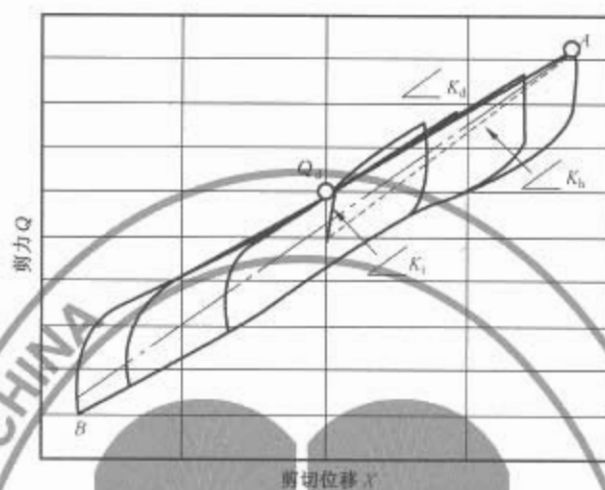


图 D.3 铅芯橡胶支座的剪力-剪切位移滞回曲线



附录 E
(资料性附录)
支座极限性能的试验确定

E.1 试件

采用足尺或缩尺模型,最小直径 250 mm,橡胶层最小厚度 2 mm,内部钢板的最小厚度为 0.5 mm。

E.2 试验要求

- a) 采用压剪试验装置。
- b) 试验过程中,竖向压力恒定。
- c) 绘制试验中的剪力-剪切位移关系曲线。

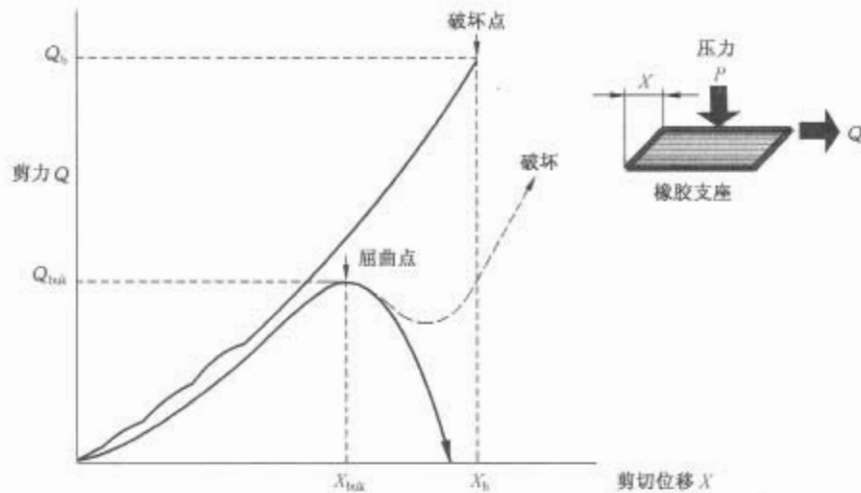
E.3 极限剪切性能的试验确定

试验时的环境温度应保持在 23℃ 左右。

试验压应力为 $0, 0.5\sigma_0, \sigma_0$ 和 $2.0\sigma_0$ 。必要时,可增加压应力 $1.5\sigma_0$ 和 $2.5\sigma_0$ 。

支座在压力和剪力作用下发生破坏、屈曲或滚翻。测定破坏点(X_b, Q_b)、屈曲点(X_{buk}, Q_{buk})或滚翻点(X_m, Q_m)的剪切位移和剪力。

当剪切位移达到指定极限剪切位移时,若没有明显的破坏迹象,且剪力和位移的关系曲线单调增加,则可停止试验,并根据最大剪力和剪切位移确定支座的极限剪切性能。见图 E.1。



- X_{buk} ——屈曲时的剪切位移;
 Q_{buk} ——屈曲剪力;
 X_b ——破坏时的剪切位移;
 Q_b ——破坏剪力。

图 E.1 极限剪切性能的试验确定

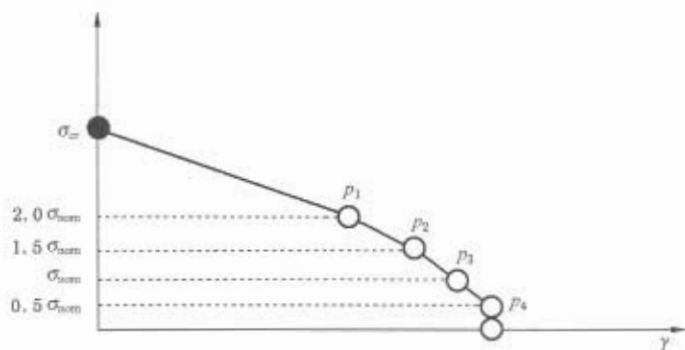
E.4 极限性能区域

支座临界应力 σ_c 与极限剪应变 γ_0 的关系曲线见图 E.2。

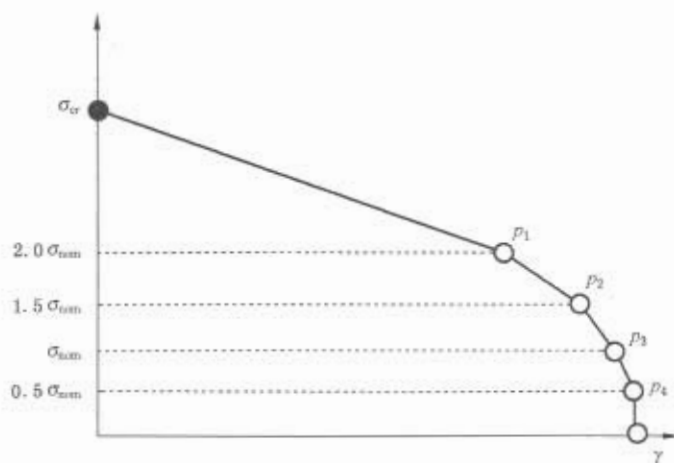
零剪应变时的临界应力可按式(E.1)计算(参见 7.4.1):

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \xi S_2 \sqrt{E_b G} \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

图 E.2 中曲线包络的区域为支座在压力-剪力作用下的稳定范围。



a) 第二形状系数较小的支座



b) 第二形状系数较大的支座

图 E.2 试验测得的支座极限性能区域图(UPD)

附录 F
(资料性附录)

支座大剪应变时屈曲稳定性的试验确定

支座出现屈曲失稳时的极限剪应变 γ 可按式(F.1)估算:

$$\gamma \leq S_2 \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_{cr}} \right) \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

σ ——支座压应力;

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \varepsilon S_2 \sqrt{E_b G}$$

$$\frac{1}{E_b} = \frac{1}{E_0 [1 + (2/3) \kappa S_1^2]} + \frac{1}{E_c}$$

压应力和极限剪应变的破坏包络图见图 F.1。

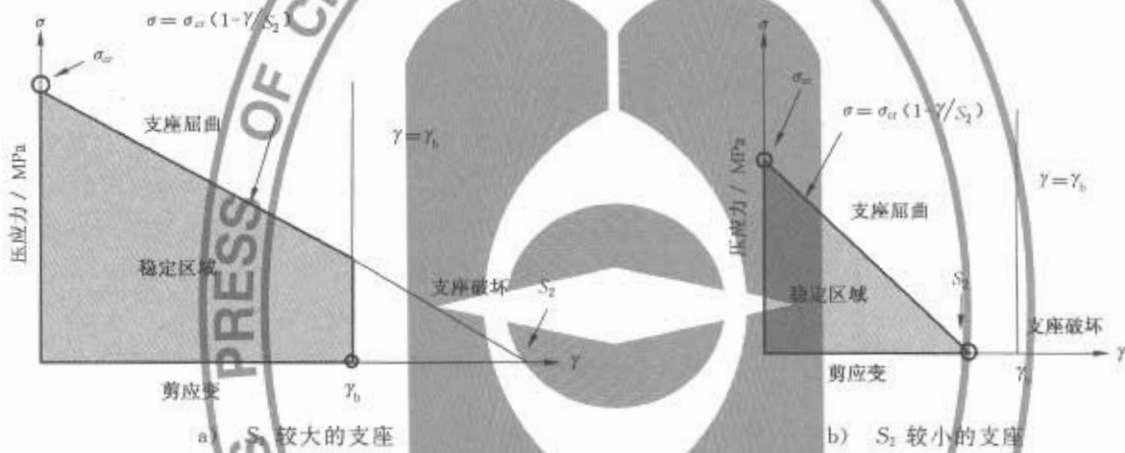


图 F.1 支座屈曲破坏曲线

附录 G
(资料性附录)

连接螺栓和连接板的设计方法

G.1 连接螺栓

连接螺栓在剪力和拉力作用下产生的剪应力和拉应力,可按下述步骤进行计算:

a) 确定中性轴和螺栓至中性轴的距离

中性轴指支座顶面和底面重叠面的中轴线,见图 G.1。

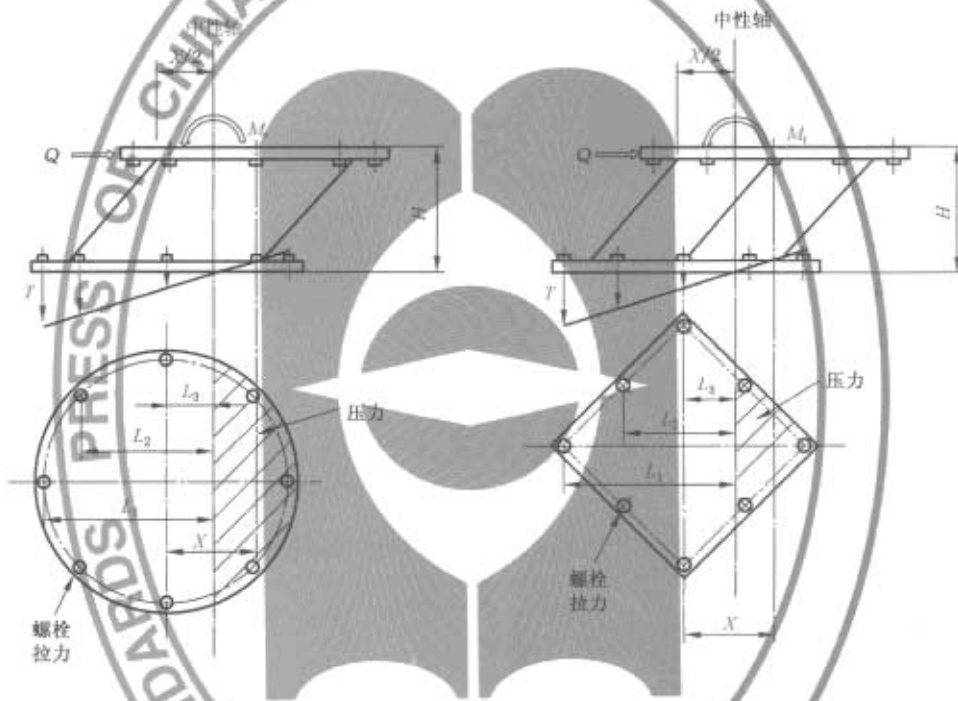


图 G.1 连接螺栓受力简图

b) 确定荷载作用

水平荷载 Q,弯矩 M_r 和提离力 F。同时作用在支座上,按式(G.1)计算。

$$Q = K_b X$$

$$M_r = \frac{1}{2} QH \quad \dots\dots\dots(G.1)$$

c) 确定螺栓的最大拉应力

假定连接板保持平面,则螺栓拉应变和压应变与到中性轴的距离成正比,按式(G.2)。

$$T_1/L_1 = T_2/L_2 = \dots = T_i/L_i \quad i = 1,2,3\dots \quad \dots\dots\dots(G.2)$$

忽略压应力的影响,1号螺栓由弯矩 M_r 产生的最大拉力 T_1 由式(G.3)计算:

$$T_1 = \frac{M_r}{(L_1 + 2L_2^2/L_1 + 2L_3^2/L_1 + \dots)} \quad \dots\dots\dots(G.3)$$

若支座提高力 F_v 由所有螺栓共同承担,则螺栓最大拉力 T_{\max} 和最大拉应力 σ_b 按式(G.4)、式(G.5)计算:

$$T_{\max} = T_1 + F_v/n_b \quad \dots\dots\dots(G.4)$$

$$\sigma_b = \frac{T_{\max}}{A_b} \leq f_t^b \quad \dots\dots\dots(G.5)$$

式中:

- σ_b ——螺栓拉应力;
- A_b ——螺栓的有效面积;
- f_t^b ——螺栓抗拉设计强度。

d) 计算螺栓剪应力 τ_b

假定所有螺栓承担的剪力相同,其剪应力按式(G.6)计算:

$$\tau_b = \frac{Q}{n_b A_b} \leq f_v^b \quad \dots\dots\dots(G.6)$$

式中:

- τ_b ——螺栓剪应力;
- n_b ——螺栓个数;
- f_v^b ——螺栓抗剪设计强度。

e) 螺栓强度验算

螺栓最大主拉应力应满足式(G.7):

$$\left(\frac{\sigma_b}{f_t^b}\right)^2 + \left(\frac{\tau_b}{f_v^b}\right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots(G.7)$$

G.2 连接板

连接板由于螺栓拉力产生的弯曲应力 σ_b 可按式(G.8)计算并校核:

$$\sigma_b = \frac{M_F}{Z} \leq f_t \quad \dots\dots\dots(G.8)$$

式中:

$$M_F = Tc$$

$$Z = \frac{1}{6} t_1^2 B$$

$$B = 2c + d_k$$

- B ——连接板受弯部分的有效宽度,单位为毫米(mm),见图 G.2;
- f_t ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值,单位为牛顿每平方米(N/mm²);
- t_1 ——连接板的厚度,单位为毫米(mm);
- d_k ——螺栓孔的直径,单位为毫米(mm)。

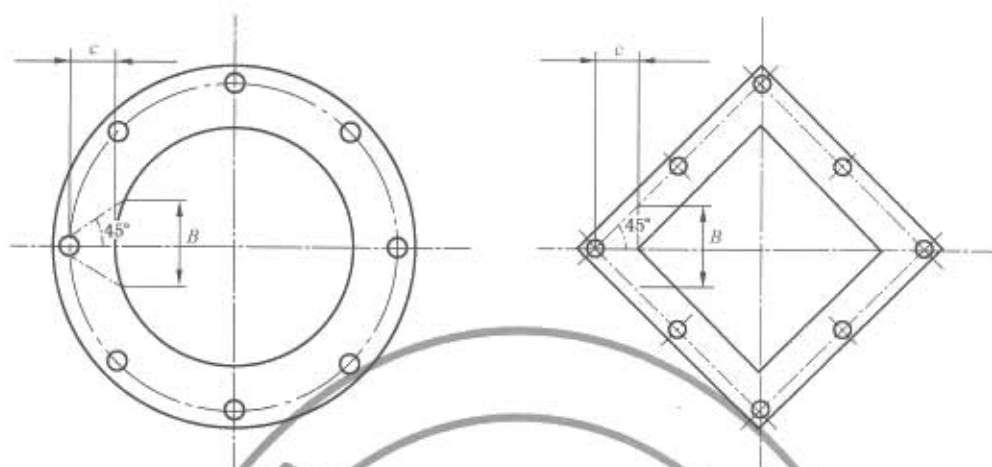


图 G.2 连接板的弯曲



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

橡 胶 支 座

第 3 部 分：建 筑 隔 震 橡 胶 支 座

GB 20688.3—2006

*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行
北 京 复 兴 门 外 三 里 河 北 街 16 号
邮 政 编 码：100045

网 址 www.spc.net.cn

电 话：68523946 68517548

中 国 标 准 出 版 社 秦 皇 岛 印 刷 厂 印 刷
各 地 新 华 书 店 经 销

*

开 本 880×1230 1/16 印 张 2.5 字 数 62 千 字
2007 年 9 月 第 一 版 2007 年 9 月 第 一 次 印 刷

*

书 号：155066·1-29821 定 价 28.00 元

如 有 印 装 差 错 由 本 社 发 行 中 心 调 换
版 权 专 有 侵 权 必 究

举 报 电 话：(010)68533533



GB 20688.3-2006