

橡胶轴箱定位器的刚度计算

易理明, 王明星

(株洲时代橡塑元件开发有限责任公司 研究中心, 湖南 株洲 412007)

摘要: 依照材料力学原理, 推导出了橡胶轴箱定位器的垂向、横向和纵向刚度计算公式, 推导中考虑了形状函数和压缩对三向刚度的影响。用此公式所得的计算值与实测值基本相近。另外, 还通过计算值考察了空穴角对三向刚度大小及变化关系的影响规律。

关键词: 橡胶轴箱定位器; 刚度; 减震; 铁道机车; 橡胶元件

中图分类号: T Q336. 4⁺2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-890X(2001)05-0270-07

目前, 铁道机车车辆越来越广泛地采用橡胶弹性元件以衰减有害振动, 提高运输车辆的运行品质。为了使橡胶元件的力学性能符合技术要求, 除了试验测量外, 还需进行必要的数学计算, 以考核元件在各种运行工况下的可靠性。

本工作提出了一套机车橡胶轴箱定位器力学参数的常规计算方法。

1 定位器的结构

橡胶轴箱定位器(实物见图 1)主要是一个垂直承载结构, 但在使用过程中也要承受横向和纵向的作用力, 因此定位器必须在垂向、横向和纵向这 3 个方向上都具有一定的刚度。为了衰减振动, 元件采用了橡胶衬套结构(见图 2), 即在一组同轴但半径不同的钢管的间隙中均匀地填充橡胶, 并且使橡胶与钢管管壁牢固地贴合在一起。为了使三向刚度具有不同的比例, 每层橡胶套结构中都设有预留空穴。

2 问题的简化

橡胶弹性元件大都是钢部件与橡胶夹层的组合件。由于钢材的弹性模量要比橡胶的弹性模量高 4~5 个数量级, 因此可以认为在一般受力范围内, 钢部件只传递作用力而不发生变形,

计算中可视为刚性体; 另外, 计算中假定钢部件与橡胶界面间的法向与切向粘合强度超过橡胶自身的拉伸和剪切强度。



图 1 轴箱定位器实物图

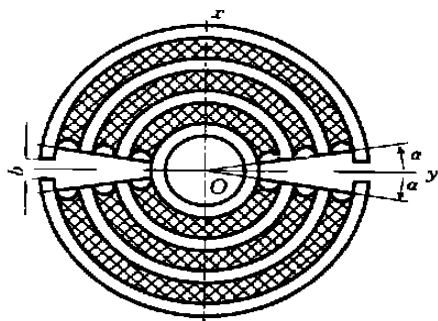
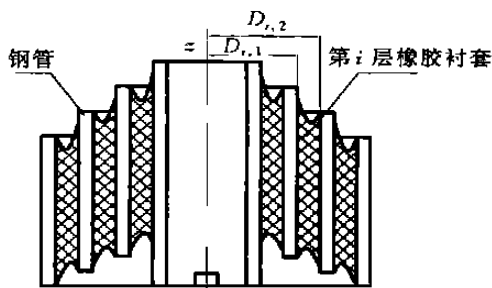


图 2 轴箱定位器结构简图

定位器一般包含多层橡胶衬套, 每一衬套夹在两层钢管之间, 因此定位器可视为由多个单层衬套定位器并联而成。

假定轴箱定位器的层数为 n , 若此定位器在某方向上发生总位移 δ 每层衬套的位移为 δ_i (i 为衬套序号), 则

$$\delta = \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (1)$$

设定位器沿位移方向的总刚度为 K , 单层衬套刚度为 K_i , 由定义知:

$$\begin{cases} K = P / \delta \\ K_i = P / \delta_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (2)$$

式中 P ——总的作用力。

将式(2)代入式(1)得到^[1]:

$$\frac{1}{K} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i} \quad (3)$$

即总刚度值的倒数等于各层橡胶衬套刚度值的倒数之和。因此, 只要导出一层衬套的刚度计算公式, 便可利用式(3)得到总刚度的计算公式, 即

$$K = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i} \right)^{-1} \quad (4)$$

因此, 橡胶轴箱定位器的刚度计算可简化为一个单层橡胶衬套定位器各向刚度的计算。

3 单层橡胶衬套定位器的刚度计算

3.1 垂向刚度 K_z 的计算

可参照图 3 对单层橡胶衬套垂向刚度 K_z 进行计算。

内钢圈的外径(橡胶衬套内径)为 D_1 , 外钢圈的内径(橡胶衬套的外径)为 D_2 , 橡胶层与内外钢圈的结合面高度分别为 L_1 和 L_2 。橡胶层实际上分为两块(见图 3), 由 y 轴上 2 个中心角为 2α 的空穴分开。

假定此定位器的内钢圈上作用有向下的垂向作用力 P_z , 可以认为, P_z 是以剪切力的形式均匀地从钢圈外壁与橡胶衬套间的贴合面传递至橡胶层, 再由橡胶层将剪切力逐渐地向外层传递的。各层所承受的剪切力之和等于垂向力 P_z 。

在图 3 所示坐标系中取半径为 R 的橡胶层的圆柱表面进行计算, 此面的高度 L 为:

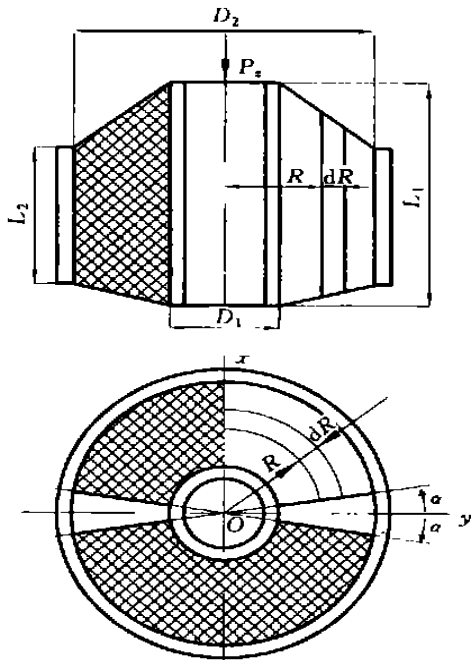


图 3 垂向刚度计算分析图

$$L = L_1 - \frac{2R - D_1}{D_2 - D_1} (L_1 - L_2) \quad (5)$$

根据上述假定, 此橡胶层表面上的剪应力 τ 为:

$$\tau = \frac{P_z}{2(\pi - 2\alpha)RL} \quad (6)$$

将式(5)代入式(6)得到:

$$\tau = \frac{(D_2 - D_1)P_z}{2(\pi - 2\alpha)R[L_1D_2 - L_2D_1 - 2R(L_1 - L_2)]} \quad (7)$$

设半径为 R 的橡胶层处的垂向位移为 δ , 显然 δ 只与 R 有关, 即

$$\delta = \delta_z(R) \quad (8)$$

所选点的剪应变 γ 为:

$$\gamma = \frac{d\delta}{dR} \quad (9)$$

由胡克定律, 有

$$\tau = G_a \gamma \quad (10)$$

式中 G_a ——表观剪切模量^[1,2]。

将式(7)和(9)代入式(10), 得

$$d\delta = \frac{(D_2 - D_1)P_z dR}{2G_a(\pi - 2\alpha)R[L_1D_2 - L_2D_1 - 2R(L_1 - L_2)]} \quad (11)$$

橡胶层的最大位移, 即总位移 δ 为:

$$\hat{\delta} = \int_{\frac{D_1}{2}}^{\frac{D_2}{2}} \frac{(D_2 - D_1) P_z dR}{2 G_a (\pi - 2\alpha) (L_1 D_2 - L_2 D_1)} \quad (12)$$

垂向刚度 K_z 为:

$$K_z = \frac{P_z}{\hat{\delta}} = \frac{2(\pi - 2\alpha)(L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 D_1)} G_a \quad (13)$$

3.2 横向刚度 K_y

可参照图4对单层橡胶衬套横向刚度 K_y 进行计算。

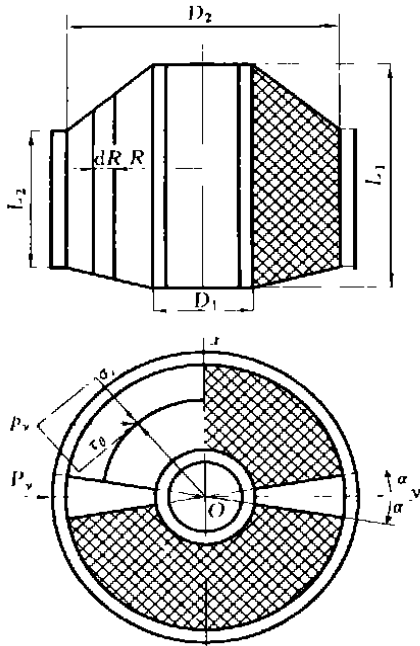


图4 横向刚度 K_y 计算分析图

假定:①内钢圈不动,外钢圈直接承受横向载荷 P_y ;②钢圈均视作刚体,传递作用力而不

$$\frac{d\hat{\delta}}{dR} = \frac{(D_2 - D_1) P_y}{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] R [(L_1 D_2 - L_2 D_1) - 2R(L_1 - L_2)]} \quad (18)$$

横向总位移 $\hat{\delta}$ 为:

$$\hat{\delta} = \int_0^R d\hat{\delta} = \frac{(D_2 - D_1) P_y \ln(L_1 D_2 / L_2 D_1)}{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] (L_1 D_2 - L_2 D_1)} \quad (20)$$

进一步得到横向刚度 K_y 为:

$$K_y = \frac{P_y}{\hat{\delta}} = \frac{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] (L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 D_1)} \quad (21)$$

3.3 纵向刚度 K_x

仿照 3.2 的推导方法,参照图 5,可以得到 纵向刚度 K_x 的计算公式(推导过程略):

$$K_x = \frac{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) + (E_a - G)\sin 2\alpha] (L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 D_1)} \quad (22)$$

变形;③在横向力的作用下,过 x 轴的垂直面将橡胶层分为对称的两部分,一边受拉,一边受压,应力分布关于 x 轴反对称,即对称点处的力大小相等方向相反,但其总和等于横向力 P_y ;④橡胶层中任一点的应力为该点压力 σ_r 和剪应力 τ_θ 的矢量和(参见图 4);⑤压应力 σ_r 和剪应力 τ_θ 为作用力 p_y 在这两个方向上的射影,这两个应力方向上的应变分别为 ϵ_r 和 γ 。

由上述假定得到:

$$P_y = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2} - \alpha} R L p_y d\theta = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2} - \alpha} R L (\sigma_r \sin \theta + \tau_\theta \cos \theta) d\theta \quad (14)$$

由胡克定律知:

$$\sigma_r = E_a \epsilon_r \quad \tau_\theta = G \gamma \quad (15)$$

式中 E_a ——橡胶的表观弹性模量;

G ——橡胶静态剪切模量。

由假定⑤可得,

$$\epsilon_r = \sin \theta \cdot \frac{d\hat{\delta}}{dR} \quad \gamma = \cos \theta \cdot \frac{d\hat{\delta}}{dR} \quad (16)$$

式中 $\hat{\delta}$ —— p_y 方向的应变。

将式(15)和(16)代入式(14)得:

$$P_y = [(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] R L \frac{d\hat{\delta}}{dR} \quad (17)$$

由此得:

$$\frac{d\hat{\delta}}{dR} = \frac{P_y}{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] R L} \quad (18)$$

将式(5)代入式(17),得

$$\frac{d\hat{\delta}}{dR} = \frac{(D_2 - D_1) P_y}{[(\pi - 2\alpha)(E_a + G) - (E_a - G)\sin 2\alpha] R [(L_1 D_2 - L_2 D_1) - 2R(L_1 - L_2)]} \quad (19)$$

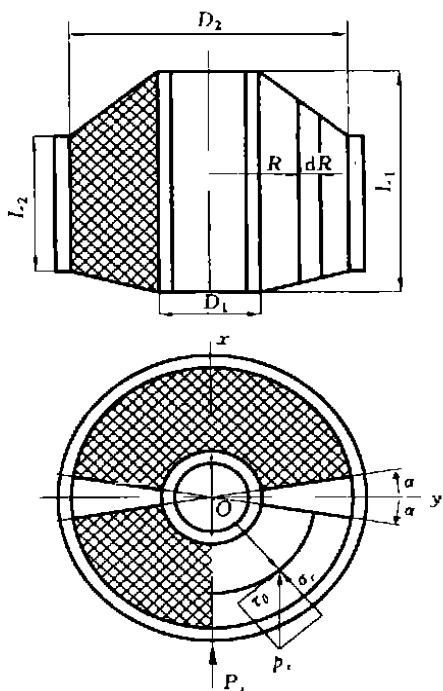


图 5 纵向刚度 K_x 计算分析图

3.4 对刚度计算公式的进一步修正

从已经得到的单层橡胶衬套定位器 3 个方向的刚度计算公式 (13), (21) 和 (22) 可见, 它们都是随着橡胶空穴角 α 的变化而变化的。

$$K_z = \frac{2(\pi - 2\alpha)(L_1 D_2 - L_2 D_1) G}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \left[1 + \frac{1}{12} \left(\frac{D_2 - D_1}{\sqrt{L_1 L_2}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (27)$$

横向和纵向刚度计算时取形状函数 $F^{[2]}$ 为:

$$F = 4 + 3.29S^2 \quad (28)$$

其中 $S = \frac{2(L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2^2 - D_1^2) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \quad (29)$

$$K_y = \frac{G [(\pi - 2\alpha)(5 + 3.29S^2) - (3 + 3.29S^2) \sin 2\alpha] (L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \quad (31)$$

$$K_x = \frac{G [(\pi - 2\alpha)(5 + 3.29S^2) + (3 + 3.29S^2) \sin 2\alpha] (L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \quad (32)$$

4 多层橡胶衬套定位器刚度计算公式

将已经得到的单层橡胶衬套定位器三向刚度计算公式代入式 (4), 可得到 n 层橡胶衬套

如果令 $\alpha = 0$, 即橡胶衬套中没有空穴, 各向刚度可表示为:

$$K_z = \frac{2\pi(L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} G_a \quad (23)$$

$$K_x = K_y = \frac{\pi(E_a + G)(L_1 D_2 - L_2 D_1)}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \quad (24)$$

可见, 式 (23) 和 (24) 与常用的经典公式完全相同^[1-3]。

有关橡胶弹性元件的文献指出: 形状系数的选取对橡胶元件的常规力学计算误差程度的影响至关重要。形状函数的公式来源于对橡胶元件多年计算和实践经验的积累。本工作对垂向刚度计算时, 取形状函数 $F^{[2]}$ 为:

$$F = \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{D_2 - D_1}{2 \sqrt{L_1 L_2}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (25)$$

则表观剪切模量 G_a 为:

$$G_a = FG = G \left[1 + \frac{1}{12} \left(\frac{D_2 - D_1}{\sqrt{L_1 L_2}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (26)$$

将式 (26) 代入 (13), 得

$$K_z = \frac{2(\pi - 2\alpha)(L_1 D_2 - L_2 D_1) G}{(D_2 - D_1) \ln(L_1 D_2 / L_2 / D_1)} \left[1 + \frac{1}{12} \left(\frac{D_2 - D_1}{\sqrt{L_1 L_2}} \right)^2 \right]^{-1} \quad (27)$$

则表观弹性模量 E_a 为:

$$E_a = FG = (4 + 3.29S^2) G \quad (30)$$

将式 (30) 代入式 (21) 和 (22), 得:

的定位器的三向刚度计算公式。

参照图 2, 将式 (27), (31) 和 (32) 改写成多层橡胶衬套定位器第 i 层橡胶衬套的三向刚度计算公式。

$$K_{zi} = \frac{2(\pi - 2\alpha_i)(L_{i-1,0} D_{i,1} - L_{i,1} D_{i-1,2})}{(D_{i,1} - D_{i-1,2}) \ln(L_{i-1,2} D_{i,1} / L_{i,1} / D_{i-1,2})} \left[1 + \frac{D_{i,1} - D_{i-1,2}}{L_{i-1,2} L_{i,1}} \right]^{-1} \quad (33)$$

$$K_{yi} = \frac{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3.29S_i^2) - (3 + 3.29S_i^2) \sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2} D_{i,1} - L_{i,1} D_{i-1,2})}{(D_{i,1} - D_{i-1,2}) \ln(L_{i-1,2} D_{i,1} / L_{i,1} / D_{i-1,2})} G \quad (34)$$

$$K_{xi} = \frac{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3 \cdot 29S_i^2) + (3 + 3 \cdot 29S_i^2)\sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})}{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})} G \quad (35)$$

其中

$$S_i = \frac{2(L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})}{(D_{i,1}^2 - D_{i-1,2}^2)\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})} \quad (36)$$

通过迭加得到 n 层橡胶衬套定位器的三向刚度计算公式为:

$$K_z = G \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2}) [1 + (D_{i,1} - D_{i-1,2})^2/12/L_{i,1}/L_{i-1,2}]}{2(\pi - 2\alpha_i)(L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (37)$$

$$K_y = G \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})}{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3 \cdot 29S_i^2) - (3 + 3 \cdot 29S_i^2)\sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (38)$$

$$K_x = G \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})}{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3 \cdot 29S_i^2) + (3 + 3 \cdot 29S_i^2)\sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (39)$$

但这仍不是最终的结果, 因为还必须要考虑压缩对剪切模量的影响。

在定位器的制造过程中, 首先制成 n 层橡胶衬套, 然后再组合成如图 2 所示的结构。最内层为一完整的钢圈, 居中的钢圈相对应于橡胶空穴的部分全部被去除, 最外层钢圈留有两个宽度为 b 的缺口。然后对最外层钢圈均匀施压, 最外层钢圈受压缺口变小, 直至缺口宽度减小至零, 此时, 钢圈间的橡胶衬套受压, 剪切模量增大, 也使钢圈和橡胶衬套更紧密地结合在一起。

橡胶第 i 层的压缩率为 ξ_i , 静态剪切模量基本值为 G_0 , 则该层的剪切模量 G_i 为:

$$G_i = G_0(1 + \xi_i)^2 \quad (40)$$

其中 ξ_i 为橡胶衬套受压后厚度的减小量 Δt_i 与原厚度 t_i 之比, 即

$$\xi_i = \frac{\Delta t_i}{t_i} \quad (41)$$

显然 $t_i = \frac{1}{2}(D_{i,1} - D_{i-1,2})$ (42)

$$K_z = G_0(1 + \xi)^2 \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2}) [1 + (D_{i,1} - D_{i-1,2})^2/12/L_{i,1}/L_{i-1,2}]}{2(\pi - 2\alpha_i)(L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (49)$$

$$K_y = G_0(1 + \xi)^2 \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})}{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3 \cdot 29S_i^2) - (3 + 3 \cdot 29S_i^2)\sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (50)$$

$$K_x = G_0(1 + \xi)^2 \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(D_{i,1} - D_{i-1,2})\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}/D_{i-1,2})}{[(\pi - 2\alpha_i)(5 + 3 \cdot 29S_i^2) + (3 + 3 \cdot 29S_i^2)\sin 2\alpha_i] (L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})} \right\}^{-1} \quad (51)$$

橡胶衬套的总厚度 t 为:

$$t = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (D_{i,1} - D_{i-1,2}) \quad (43)$$

压缩后的总厚度变化 Δt 为:

$$\Delta t = \frac{b}{\pi} \quad (44)$$

假定各橡胶层压缩后的厚度变化与原厚度成正比, 即

$$\Delta t_i = \frac{\Delta t}{t} t_i = \frac{b}{\pi t} t_i \quad (45)$$

将式(45)代入式(41), 得

$$\xi_i = \frac{b}{\pi t} = \frac{2b}{\pi \sum_{i=1}^n (D_{i,1} - D_{i-1,2})} \quad (46)$$

可见各橡胶层的压缩率都是相同的, 因此从式(40)可得

$$G_i = G_0(1 + \xi)^2 \quad (47)$$

其中

$$\xi = \frac{b}{\pi t} = \frac{2b}{\pi \sum_{i=1}^n (D_{i,1} - D_{i-1,2})} \quad (48)$$

此时可以最终得到各向刚度的计算公式:

式中

$$S_i = \frac{2(L_{i-1,2}D_{i,1} - L_{i,1}D_{i-1,2})}{(D_{i,1}^2 - D_{i-1,2}^2)\ln(L_{i-1,2}D_{i,1}/L_{i,1}D_{i-1,2})} \quad (52)$$

5 计算与实测结果对比

FS9910 型橡胶定位器(结构见图 6)是一个 3 层橡胶衬套的轴箱定位器,橡胶套沿横向有空穴,其中心角(2α)为 45°。以此定位器为例对其三向刚度进行计算和测试。

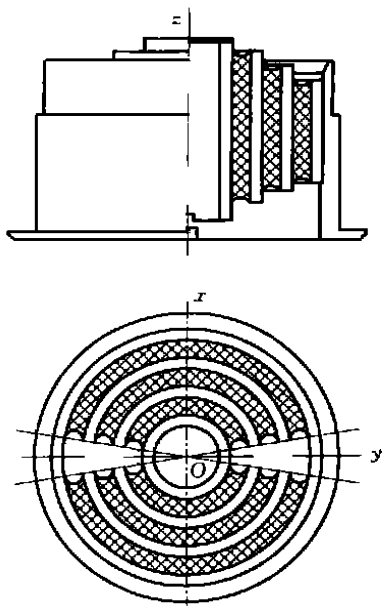


图 6 FS9910 型橡胶定位器结构图

不同硬度橡胶衬套胶料定位器的三向刚度计算和测试的结果如表 1 所示。

对橡胶衬套胶料邵尔 A 型硬度为 50 度的

表 1 胶料硬度对定位器的三向刚度的影响 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

邵尔 A 型硬度/度	垂向刚度	横向刚度	纵向刚度
计算值			
40	180	1 430	2 470
45	250	1 980	3 410
50	330	2 560	4 410
55	440	3 410	5 880
60	570	4 430	7 650
65	650	5 120	8 820
70	810	6 310	10 880
测试值			
50	180~200	1 800~2 700	4 000~5 200

定位器的三向刚度的计算值与试验值进行比较发现,除垂向刚度相差较大外,其它两向刚度较为接近,误差约为 14%。

由表 1 还可看出,各向刚度随胶料硬度的增大而增大,这是由于胶料的杨氏模量和剪切模量随硬度的增大而增大的缘故。

6 空穴角对三向刚度的影响

空穴角 α 对三向刚度大小的影响如图 7 所示。

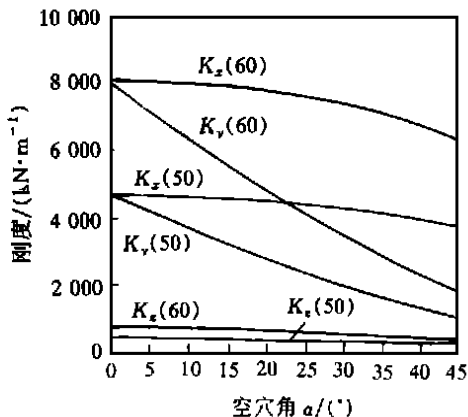


图 7 空穴角 α 对三向刚度的影响

括号内数据为胶料的邵尔 A 型硬度值

由图 7 可见,定位器各向刚度均随橡胶衬套空穴角的增大而减小,但横向刚度 K_y 的下降速度比纵向刚度 K_x 的下降速度要快得多,而且胶料硬度越高,下降越快。

比较了纵向刚度和横向刚度相对于垂向刚度的变化速度,如图 8 所示。

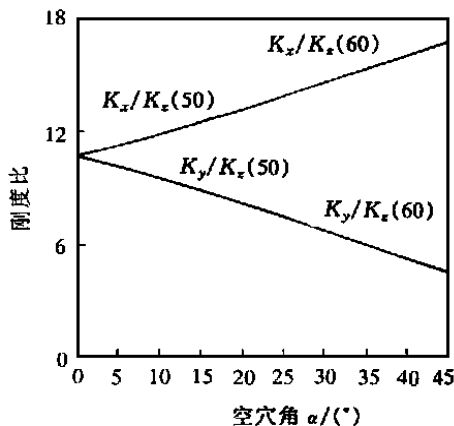


图 8 刚度比随空穴角的变化

注同图 7

不难想象,这两个比值的大小与胶料的硬度无关。纵向刚度与垂向刚度的比值 K_x/K_z 随空穴角的增大而增大,横向刚度与垂向刚度的比值 K_y/K_z 随空穴角的增大而减小,并且这两个比值的变化几乎都是呈线性的。

7 结语

本工作给出了轴箱定位器三向刚度的计算公式。用此公式计算所得值与试验值接近,可供定位器及类似结构橡胶元件进行常规计算使用,即可通过调整橡胶衬套的层数、半径和高度确定元件的基本刚度,同时利用图 7 和 8 所示的关系调整空穴角改变各向刚度以满足成品的

技术要求。

形状函数对橡胶制品力学性能的计算结果影响很大,而本工作中对此只是采用了流行的公式,并不完全适合,这也是造成误差的主要原因,有待以后通过试验进一步地完善。

参考文献:

- [1] 张英会,郭荣生. 弹簧[M]. 北京:机械工业出版社, 1976. 358-384.
- [2] Koffman J L, Fairweather D M S. Rubber as an aid to suspension design[J]. The Institution of Locomotive Engineers, 1966(4): 349-351.
- [3] Freakley P K, Payne A R. 橡胶在工程中应用的理论和实际[M]. 杜承译. 北京:铁道出版社, 1976. 109-129.

收稿日期: 2000-12-24

第四届全国橡标委炭黑分技术委员会 换届及标准审查会在海口召开

中图分类号: TQ330.38⁺¹ 文献标识码: D

第四届全国橡标委炭黑分技术委员会换届及标准审查会于 2000 年 11 月 15~20 日在海口市召开。来自全国近 20 家炭黑生产厂及相关单位的 26 名代表参加了会议。第三届委员会主任委员于宝林做了工作汇报,分技术委员会秘书长王定友宣布了第四届炭黑分技术委员会成立的文件及聘任委员名单。

王定友主持审查了标准化委员会提交的 15 个国家及行业标准,与会代表针对标准中所涉及的技术性问题及操作细节充分发表了意见,并对标准内容达成共识。

标准审查期间,与会代表对中橡集团炭黑工业研究设计院和上海立事化工有限公司共同研制生产的 SRB 3[#] 标准参比炭黑进行了深入细致的审查。SRB 3[#] 标准参比炭黑是以美国工业参比炭黑 IRB 7[#] 为目标开发生产的,并严格按照国家标准 GB/T 9580《标准参比炭黑的鉴定方法》和 GB/T 15000.3—1994《标准样品工作导则(3)标准样品定值的一般原则和统计方法》对标样进行分区、混兑和包装。青州化工股份有限公司等 8 家企业对 SRB 3[#] 标样进行了分样,8 家实验室对其进行了分析定值。审查表明,SRB 3[#] 标准参比炭黑达到了研制目标,质量均匀,定值与 IRB 7[#] 的文献值接近,两

者分析值相当。与会代表对 SRB 3[#] 标样的研制工作给予了充分肯定,并一致同意将 SRB 3[#] 作为新的橡胶用标准参比炭黑,并确定了 SRB 3[#] 标准参比炭黑的目标值和标准值偏差。SRB 3[#] 标样的研制为 2001 年修订橡胶用炭黑技术条件 GB 3778—1994 奠定了良好基础。SRB 3[#] 标准参比炭黑及 IRB 7[#] 的分析值见表 1。

表 1 SRB 3[#] 标准参比炭黑及 IRB 7[#]
工业参比炭黑分析值

项 目	标样分析值		IRB 7 [#] 文献值
	SRB 3 [#]	IRB 7 [#]	
吸碘值/(g·kg ⁻¹)	81.6±1.25	81.8±1.06	83.0
DBP 吸收值×10 ² / (mL·g ⁻¹)	103.3±1.45	103.2±2.31	101.6
压缩 DBP 吸收值× 10 ² /(mL·g ⁻¹)	86.1±1.92	88.0±1.42	89.0
CTAB 吸附表面积/ (m ² ·g ⁻¹)	81.4±2.00	80.7±2.85	—
着色强度/%	104.8±1.96	104.3±0.81	106.8
灰分质量分数×10 ² 45 μm 筛余物质量 分数×10 ²	0.18±0.03	0.23±0.054	0.27
NR 硫化胶性能(145℃×30 min)			
拉伸强度/MPa	25.8±0.75	26.0±0.81	—
扯断伸长率/%	439±20.3	414±28.5	—
300%定伸应力/MPa	17.6±0.69	17.0±1.04	—
SBR 硫化胶性能(145℃×50 min)			
拉伸强度/MPa	28.1±1.07	28.4±1.74	28.7
扯断伸长率/%	411±17.7	414±30.2	—
300%定伸应力/MPa	18.9±0.93	19.2±1.15	20.7

(中橡集团炭黑工业研究设计院 邓毅供稿)