Mater. Rep. B, 2019, Vol. 33, No.9
DOI: 10.11896/cldb.18110002
http://www.mater-rep.com http://www.mr-int.net

[补充信息]

老化-荷载耦合下叠层轮胎隔震垫竖向力学性能研究

张广泰✉，陆东亮，章金鹏，张路杨，易 宝

新疆大学大学建筑工程学院，乌鲁木齐 830047

[Supplementary Information]

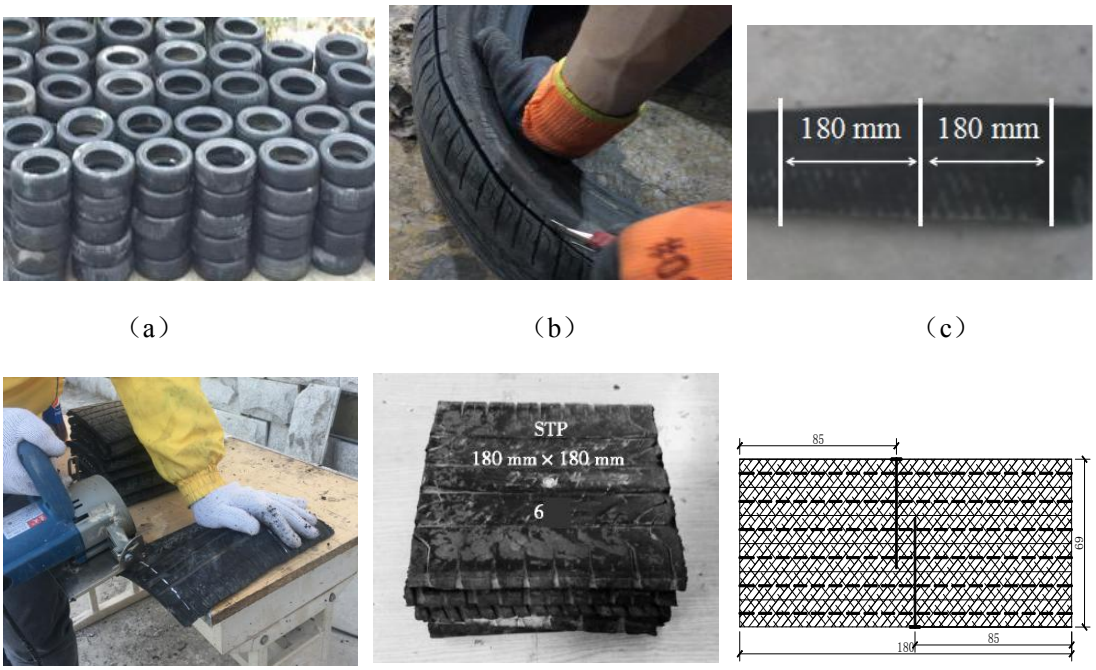
Study on Vertical Mechanical Properties of Scrap Tire Rubber Pads Under Aging-loading Coupling

ZHANG Guangtai✉, LU Dongliang, ZHANG Jinpeng, ZHANG Luyang, YI Bao

School of Architecture and Engineering，Xinjiang University, Urumqi 830047, China

叠层轮胎隔震垫制作工艺

图 1 反映了叠层轮胎隔震垫的制作步骤和轮胎切片的组装连接方式，其具体操作为：使用美工刀将胎面宽度为 185 mm 废旧轮胎的胎冠胎侧分离，切割后胎冠宽度为 180 mm，对胎冠进行尺度划分，标注刻度划分线，使用 Z1E-FF04-110 型石材切割机将胎冠切割成 180 mm×180 mm 的轮胎片，通过钢钉连接使 6 层轮胎片组装结合在一起形成叠层轮胎隔震垫。



（a） （b） （c）

（d） （e） （f）

图 S1 叠层轮胎隔震垫的制作步骤及其组装连接方式

Fig. S1 STP production steps and their connection methods

老化机理及其推导公式

叠层轮胎隔震垫老化过程中伴随着复杂的化学和物理变化，化学变化指在氧、臭氧等因素作用下，轮胎橡胶材料发生分子链的降解、界面损伤或交联结构的破坏等复杂反应，引起轮胎橡胶材料性能的恶化。而物理变化是由于对叠层轮胎隔震垫的物理作用引起橡胶材料分子链松弛、结构有序化变化等，导致力学性能逐渐丧失。

参考《建筑隔震橡胶支座》（JG118-2000）的老化性能试验方法，选取实际环境温度 20 ℃，加速老化试验温度 100 ℃。叠层轮胎隔震垫的热空气加速老化是一级化学反应，一级化学反应的反应速度只与反应物浓度的一次方成正比。根据化学反应速度与温度的关系公式（1）和化学反应动力学公式（2），可推出加速老化的时间与实际环境温度下的老化时间的关系式（3）。

$$k = A\mathrm{e}^{-E/\mathrm{RT}} \tag{1}$$

$$-\frac{dC}{dt} = kC \tag{2}$$

式中：C 为反应物浓度；t 为反应时间（d）；k 反应速度常数；A 频率因子；E 为活化能，橡胶材料的为 90.4 kJ/mol，R 为气体常数，8.314 J/(mol·K)；T 绝对温度（K）。

将(2)积分整理后，得到反应物浓度函数（3）（$t=0$ 时，反应物的原始浓度为 C_0）：

$$C = e^{kt}C_0 \tag{3}$$

将式（1）中的 k 代人式（3），得到：

$$C = e^{Ate^{-E/RT}}C_0 \tag{4}$$

将（4）式移项，两边取对数，得到：

$$\ln t = \ln\left(\frac{1}{A}\times\ln\frac{C_0}{C}\right)+\frac{E}{RT} \tag{5}$$

将 (t_{20},T_{20})、(t_{100},T_{100}) 分别代入式（5），两式相减得到：

$$\ln(t_{20}/t_{100}) = \frac{E}{R}\times\left(1/T_{20} - 1/T_{100}\right) \tag{6}$$

整理得出热老化试验所需天数的使用计算公式：

$$t_{100} = t_{20}\times e^{(E/R)\left(1/T_{100} - 1/T_{20}\right)} \tag{7}$$

式中：t_{20} 为常温 20 ℃下的老化时间（d）；T_{20} 为 20 ℃下的绝对温度；t_{100} 为 100 ℃下的老化时间（d）；T_{100} 为 100 ℃下的绝对温度。

基于时温等效原理，由式（7）可推算出 STP 在 20℃常温下的使用时间 t_{20}（25 年，50 年，75 年，100

年）对应 100 ℃加速老化试验的时间 t_{100}（3.2 d，6.4 d，9.6 d，12.8 d）。