

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 3869—2008

代替 HG/T 3869—2006

硫化橡胶压缩或剪切性能的测定 (扬子尼机械示波器法)

Vulcanized rubber properties determination in compression or
shear(Yerzley mechanical oscillograph)

2008-04-23 发布

2008-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准代替 HG/T 3869—2006《橡胶压缩或剪切性能的测定(扬子尼机械示波器)》。

本标准与 HG/T 3869—2006 相比主要差异如下:

- 增加了前言、警示语和规范性引用文件;
- 章节略有调整;
- 对 4 章中试验原理进行修改,使其叙述更为严谨;
- 5.2 中剪切型试样的示意图略有修改,使其表达更为清晰;
- 将原第 8 章试样数目调整为 6 章中 6.3 的内容;
- 9 章中增加“b)使用的标准名称或编号”。

本标准由中国石油和化学工业协会提出。

本标准由全国橡胶标委橡胶物理和化学试验方法分技术委员会(SAC/TC 35/SC 2)归口。

本标准负责起草单位:北京橡胶工业研究设计院。

本标准主要起草人:蔡尚脉、马维德。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 7042—1986;
- 根据中华人民共和国国家发展和改革委员会 2006 年第 46 号公告,由原国家标准 GB/T 7042—1986 转为行业标准 HG/T 3869—2006,但没有重新出版。

硫化橡胶压缩或剪切性能的测定 (扬子尼机械示波器法)

警告——使用本标准的人员应有正规实验室工作的实践经验,本标准并未指出所有可能的安全问题,使用者有责任采用适当的的安全和健康措施,并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本标准规定了用扬子尼机械示波器测定硫化橡胶在常规的较小变形范围内力学性质的试验方法。

本标准适用于具有一定弹性的材料的测定,该材料在室温下约受 2 MPa 的压缩力或 1 MPa 的剪切力后,能产生 20% 以上的变形,而且能取得三个以上完整周期的自由振荡曲线。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2941 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序(GB/T 2941—2006, ISO 23529:2004, IDT)

3 术语及定义

3.1

点模量 point modulus

又称为正割模量,是应力-应变曲线上某点的应力与应变之比值。

3.2

静态模量 static modulus

应力-应变曲线上某点的切线的斜率。

3.3

有效动态模量 effective dynamic modulus

由简谐运动的阻尼自由振荡公式计算得到的动态模量值。

4 原理

在一个摆动的水平杠杆作用下,试样产生的压缩或剪切变形将通过记录笔放大反映在示波器的记录鼓上。在横杆上加负荷,系统可通过冲击试样产生阻尼自由振荡曲线,由阻尼振荡曲线上可求出材料的一系列动态性能,如扬子尼弹性、点模量、频率、有效动态模量、最大振荡能、蠕变和永久变形等数据。在横杆上加减负荷使试样产生静态变形,通过记录笔可以把静态负荷-形变曲线记录下来,由曲线可得到材料的静态模量等数据。

用该方法测定的材料的弹性对研究材料的隔震与吸震作用是很重要的,而且在高分子物理理论上也是严格的。试验数据可以作为质量控制、开发及研究工作的基础。

5 仪器和装置

5.1 仪器的原理结构如图 1 所示

杠杆支撑在刀口 A 上,刀口 A 在杠杆的正中部位,试样位于 C 点。杠杆的一端为记录笔,杠杆的 E、F 两点各有一根与杠杆臂垂直的横杆,横杆上可以放砝码,通过加、减砝码,从而对试样加减负荷。试样的下部是刀口 B 及稳定臂 G。通过刀口 B 就可以直接把所施加的力传给试样,同时还能保持试样受力的表面始终处于水平位置。杠杆一端的记录笔 P 是直接和记录鼓 H 接触的,这样可以把试样的变形记录下来。杠杆左端装有弹簧钩 S。

单位为毫米

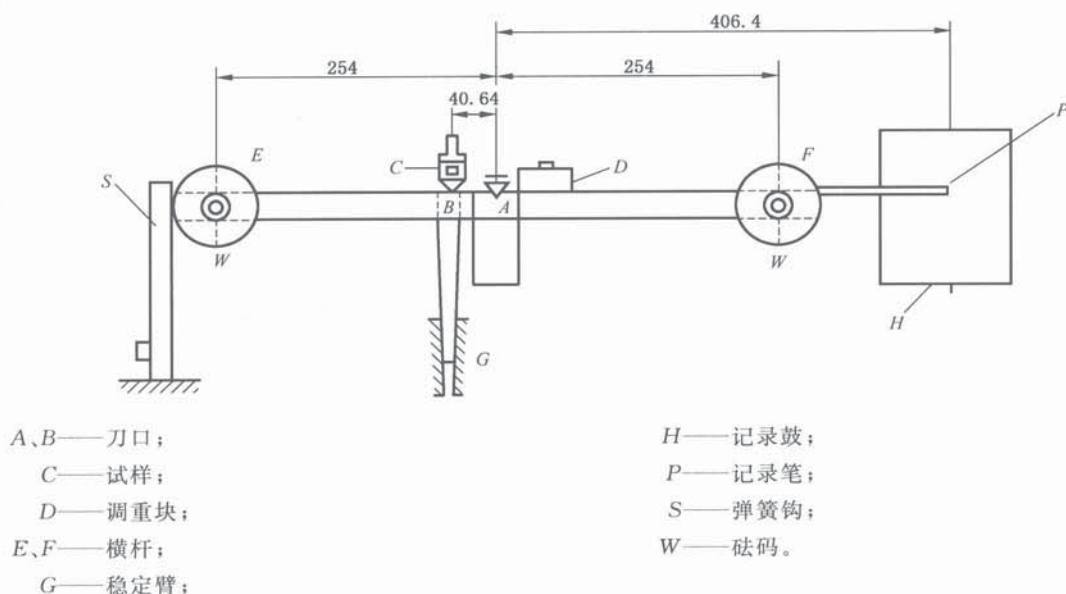


图 1 扬子尼机械示波器结构示意图

5.2 仪器的主要技术参数

5.2.1 如图 1 所示,杠杆支点 A 到砝码中心点 E、F 的距离是 254 mm,刀口 A 与刀口 B 之间的距离是 40.64 mm,因此,杠杆的力臂比 $FA:AB=6.25:1$ 。记录笔与支点 A 的距离是 406.4 mm,因此试样的变形以 10 倍的放大倍数记录在记录鼓上。

5.2.2 砝码数量及尺寸。

大砝码共 14 个,其质量是 641.25 g,其外直径 $\phi 88.7$ mm,厚 13.5 mm,中孔直径 $\phi 13$ mm。

小砝码 1 个,其质量是 320.625 g,外直径 $\phi 88.7$ mm,厚 6.75 mm,中孔直径 $\phi 13$ mm。

5.2.3 记录鼓转速及尺寸。

记录鼓转动速度有两挡:1 r/min 及 4 r/min。记录鼓圆周长是 381 mm。

6 试样

6.1 压缩型试样为圆柱体,其尺寸是直径 $\phi(19.5 \pm 0.2)$ mm,高 $h(12.5 \pm 0.2)$ mm。试样可以用模型硫化,也可以从成品上切取,并打磨到规定的尺寸。试样不得有气泡、缺陷及刀痕。

6.2 剪切型试样为两个长方体形的橡胶块夹在三个铜(或钢)片之间,橡胶块的尺寸是长(C)为 (23.6 ± 0.2) mm,宽(B)为 (12.7 ± 0.2) mm,厚(A)为 (12.5 ± 0.2) mm。铜(或钢)片的尺寸是长(D)为 (38.10 ± 0.05) mm,宽(B)为 (12.70 ± 0.05) mm,厚(E)为 (3.00 ± 0.02) mm。橡胶与铜(或钢)片间或直接通过硫化或用黏合剂黏合。橡胶与铜(或钢)片的黏合面尺寸是 $2 \text{ mm} \times 23.6 \text{ mm} \times 12.7 \text{ mm}$ 。

图 2 为剪切型试验的试样形状示意图。试样的橡胶部分要保证无气泡、裂口及割痕。

单位为毫米

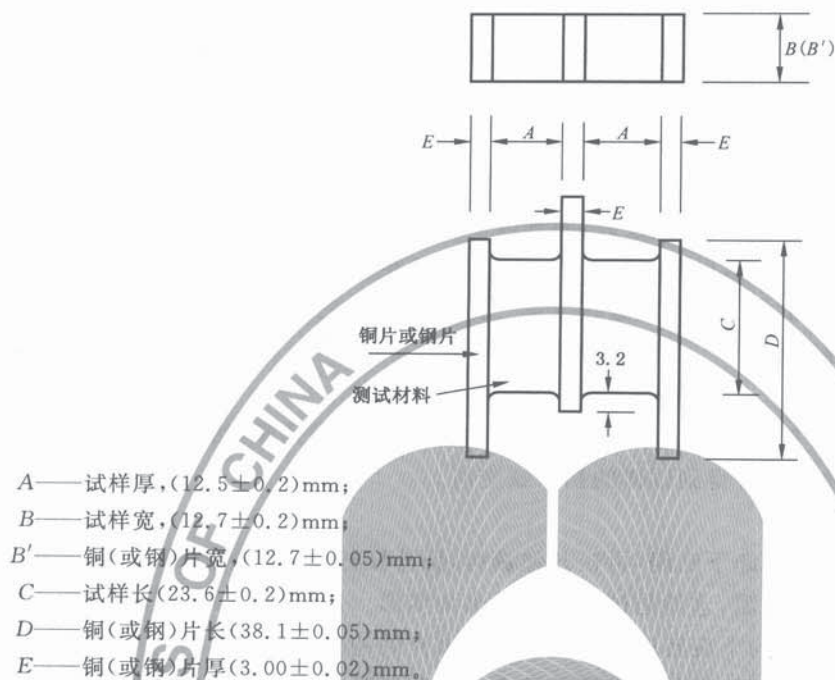


图2 剪切型试样形状示意图

6.3 试样数目

6.3.1 初始永久变形及初始蠕变,需要3个试样。

6.3.2 动态性能包括扬子尼弹性、点模量、频率、有效动态模量、最大振荡能及蠕变、永久变形等,需要2个试样。

6.3.3 静态负荷特性即静态杨氏模量或剪切模量,需要2个试样。

6.4 试样的环境调节按 GB/T 2941 的规定进行。

7 试验步骤

7.1 仪器的初始状态调整

先卸下杠杆上的全部砝码,检查杠杆的平衡状态及与刀口的摩擦情况。拿下试样,松开弹簧钩。这时杠杆将自由摆动,直至停止在某一位置。调重块 D,使杠杆的记录笔指在比水平位置稍稍偏下的位置上。

注意:杠杆刀口要用细软布料擦净并时常用钟表油润滑。

7.2 试验准备

7.2.1 首先仪器左端的弹簧钩把杠杆锁住,取下全部砝码,把试样放在下平台的中央。上、下平台与试样的上、下面之间垫有 400 号 A 的水砂纸。砂纸的砂面与试样接触。然后向下调整螺旋测微器,使试样在不产生变形的条件下与上平台紧贴。锁住螺旋测微器。这步调整工作是否达到要求可以作如下检查。

7.2.1.1 当松开弹簧钩时,记录笔不应摆动。如果记录笔明显落下(目测可以发现 0.02 mm 以上的位置变化),必须向下调整螺旋测微器。

7.2.1.2 向下调整螺旋测微器后,再挂上弹簧钩校验。用手轻按有记录笔一端的杠杆,如果这时记录笔不在已调好的位置,必须用力才能把记录笔压到调好的已知位置,这时就要向上调整螺旋测微器,直至挂上或松开弹簧钩都不影响记录笔的位置为止。

7.2.2 把记录纸装在记录鼓上。调整记录鼓的上、下位置,使记录笔所指的记录零位正好在图纸的一

条水平线上。记录图纸是以毫米为单位的分格格式。

7.3 正式试验

根据所测项目的不同,有以下三种操作方法。但在试验前要先用一个试样作初步试验,以确定使试样产生20%附近的变形所需要的砝码个数。然后卸下砝码,挂上弹簧钩。

7.3.1 初始蠕变和初始永久变形的测定

在上、下平台之间放好试样,松开弹簧钩,按7.2.1的步骤调整螺旋测微器的距离。挂上弹簧钩,在杠杆臂的右端加砝码(数已确定)。然后开动记录鼓,使其以4 r/min的速度转动,同时记录笔在记录纸的上部绘出水平基准线。通过绘基准线,也带动记录鼓的齿轮系统更紧密地啮合。当记录鼓转到接近第二圈的起点时,把转动速度调为1 r/min,记录鼓转入第二圈并移动约三小格时,松开弹簧钩,杠杆随着试样的变形-恢复过程而开始振荡。

7.3.1.1 初始蠕变的测定

接着7.3.1的试验步骤,随着振荡的逐渐停止,记录鼓继续转动一圈或几圈,然后关闭电动机,通过记录笔缓慢向下运动所绘出的轨迹线可得到试样的初始蠕变值。

7.3.1.2 初始永久变形的测定

求出初始蠕变值后,挂上弹簧钩,卸下砝码,再松开弹簧钩,保持杠杆的初始平衡状态。如果在试样的上平面与仪器的上平台之间出现空隙,这就是试样的初始永久变形。仔细向下旋转螺旋测微器,使上平台与试样刚刚接触,从螺旋测微器向下旋转的读数可以求出试样的初始永久变形。

7.3.2 扬子尼弹性、滞后、点模量、频率、有效动态模量及在定负荷下吸收的最大冲击能的测定

7.3.1的步骤完成后,得到一条阻尼自由振荡曲线,然后再挂上弹簧钩,重复7.3.1的最后一步,直至得到三条同样长的阻尼自由振荡曲线。

7.3.3 振荡条件下的蠕变及永久变形的测定

取得三条阻尼自由振荡曲线后,以4 r/min的速度转动记录鼓,记录并测定振荡条件下的蠕变及永久变形,步骤同7.3.1.1及7.3.1.2。完成试验停止记录时,用手先向逆时针方向再向顺时针方向转动记录鼓,在振荡的水平线上记下杠杆的最终位置,最后挂上弹簧钩。

7.3.4 材料的静态负荷特性的测定

这个试验有两种步骤,如果在做完7.3.2的试验后再测静态负荷特性,就先把全部砝码卸下,然后松开弹簧钩,向顺时针方向转动记录鼓,使图纸移动4 mm~5 mm,记下该点为零变形点。

7.3.4.1 从零点开始进行加负荷试验,每次在杠杆下端加一个砝码,交替加在杠杆上交叉横杆的两边。每加一个砝码把图纸向顺时针方向转动2 mm,当试样达到50%的变形或全部砝码都加在下端时,无论先达到哪个结果,都可以结束加负荷的试验步骤。这时把图纸向逆时针方向转动2 mm,然后以与加负荷试验相反的步骤做减负荷试验,每减一个砝码把图纸向逆时针方向转动2 mm。加减砝码的速度要均匀,杠杆运动要平稳,加减14个砝码需要的时间大约为3 min~3.5 min。试验表明,一些胶料的减负荷曲线的终点比加负荷曲线的起点低。

7.3.4.2 如果在7.3.1步骤之后就进行静态负荷特性试验,就必须在试验开始前对试样进行机械调节。即在杠杆的F端施加足够的压力,使试样变形达30%左右,然后松开,如此往复三次以上,以调节试样在静态负荷特性试验前的机械状态。

7.4 试验结束后,把试样留在上、下平台之间,以防因弹簧钩突然脱开而造成人身或设备事故。

7.5 进行剪切型试验时,要把下平台的圆盘卸下或把原圆形平面的下平台换成带有长方槽的下平台,并在支架上装一对长约30 mm~35 mm的杆,以扩大上、下平台之间的距离,从而容纳体积较大的剪切型试样。

剪切型试验的试验项目、步骤及内容与压缩型试验相同,本标准不再重复。7.3~7.4的步骤既适用于压缩型试验,也适用于剪切型试验。但两种试验的计算公式系数不同。

8 试验结果及数据处理

把所得试验结果取算术平均值,然后代入相应公式。

8.1 蠕变

在一定负荷下经过规定的时间,从阻尼自由振荡曲线上测到的垂直距离 PQ (见图 3、图 4)即为该条件下的蠕变(mm)。

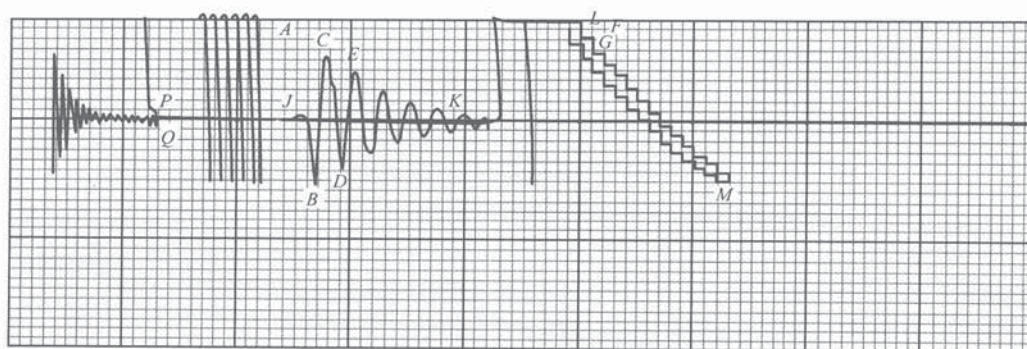


图 3 典型的压缩试验曲线

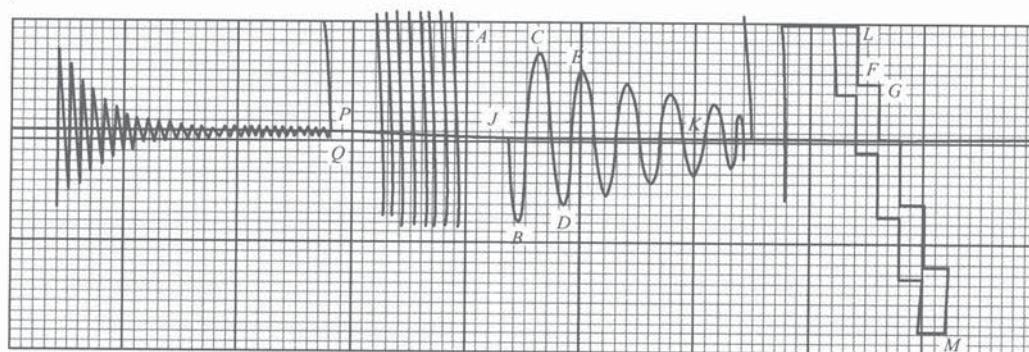


图 4 典型的剪切试验曲线

8.2 永久变形

按 7.3.1.2 及 7.3.2 的步骤,可测得试样的初始永久变形和最终永久变形。永久变形可以用绝对量(mm)表示,也可以用绝对量与试样未变形的尺寸之比表示,该比值通常称为相对永久变形,用百分数表示。当对不同的材料进行比较时,应当用相对永久变形。

8.3 扬子尼弹性

由图 3、图 4 可见,第一个振荡波上行程为 BC ,下行程为 AB ,它们分别在纵轴上的投影之比为扬子尼弹性,用 R 表示,即:

$$R = \frac{BC}{AB} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R ——扬子尼弹性以振荡波行程分数计,%;

BC ——阻尼自由振荡曲线上第一个波的上行程在纵轴上投影,单位为毫米(mm);

AB ——阻尼自由振荡曲线上第一个波的下行程在纵轴上投影,单位为毫米(mm)。

8.4 扬子尼滞后

由于内摩擦的作用,使试样损失部分的冲击能,该损失的部分能量占总能量的百分数为扬子尼滞后,用 H 表示,即:

$$H = 1 - R \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H ——扬子尼滞后, %;

R ——扬子尼弹性, %。

8.5 点模量

由图 3、图 4 可见: $AJ(\text{mm})$ 除以 10 为试样的形变; $AJ/10$ 与无形变的试样尺寸之比为相对形变。对压缩型试样, 试样尺寸是指圆柱高; 对剪切型试样, 试样尺寸是指夹层间的试样厚。把总应力与相对形变相比就得到点模量。

8.6 频率

由阻尼自由振荡曲线上数出适当的完整周期数, 测量这些周期在该正弦曲线上的水平轴向距离。如图 3、图 4 上数出 JK 之间的周期数, 计算 JK 的长代入式(3)计算频率 f :

$$f = \frac{NCX}{60JK} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

f ——频率, 单位为赫兹(Hz);

X ——完整的周期数;

JK ——沿阻尼自由振荡曲线的水平轴上 X 个周期的阻尼自由振荡波所经过的距离, 单位为毫米(mm);

N ——记录鼓的转速, 单位为转每分(r/min);

C ——记录鼓的圆周长, 为 381 mm, 单位为毫米(mm)。

8.7 有效动态模量

首先求出杠杆的总转动惯量(I)。根据杠杆臂截面积的不同, 总转动惯量按式(4)计算:

$$I = I_B + nI_E \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

I ——总转动惯量, 单位为千克·平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

I_B ——杠杆臂的转动惯量, 单位为千克·平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

I_E ——单个砝码的转动惯量, 单位为千克·平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

n —— F 位置与 E 位置的砝码数之差值, 即 $n = n_F - n_E$ 。当杠杆臂的截面是 25.4 mm × 38.1 mm 时,

$$I = 0.1574 + 0.0417n \quad \dots\dots\dots (5)$$

当系统的总转动惯量已知时, 有效动态模量的计算如下, 压缩型试验按式(6)计算:

$$K_c = 0.996If^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

K_c ——压缩有效动态模量, 单位为兆帕(MPa);

I ——系统总转动惯量, 单位为千克·平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

f ——频率, 单位为赫兹(Hz)。

剪切型试验按式(7)计算:

$$K_s = 0.498If^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

K_s ——剪切有效动态模量, 单位为兆帕(MPa);

I ——系统总转动惯量, 单位为千克·平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

f ——频率, 单位为赫兹(Hz)。

应当指出, 在转动惯量公式中, $0.1574 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 是个象征性的量。作为杠杆臂本身的转动惯量即 I_B 的值, 一般要由每个杠杆的精确测量值来代表。

8.8 橡胶弹簧的最大吸收能 E

由图 3、图 4 上取第一个振荡波的下行程 AB 在纵轴上的投影,代入式(8)、(9)求出 E_c 及 E_s 。

$$E_c = 1.05n \cdot AB \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$E_s = 0.524n \cdot AB \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

E_c ——压缩型试验的最大吸收能,单位为千焦每立方米(kJ/m^3);

E_s ——剪切型试验的最大吸收能,单位为千焦每立方米(kJ/m^3);

AB ——阻尼自由振荡曲线上第一个波的下行程在纵轴上的投影,单位为毫米(mm);

n ——砝码个数。

8.9 静态模量

图 5 为图 3、图 4 中加负荷及减负荷的阶梯曲线的放大图。把各负荷-形变点连接得到滞后环 LM ,测定 LM 上某点的切线斜率,就得到静态杨氏模量或静态剪切模量。

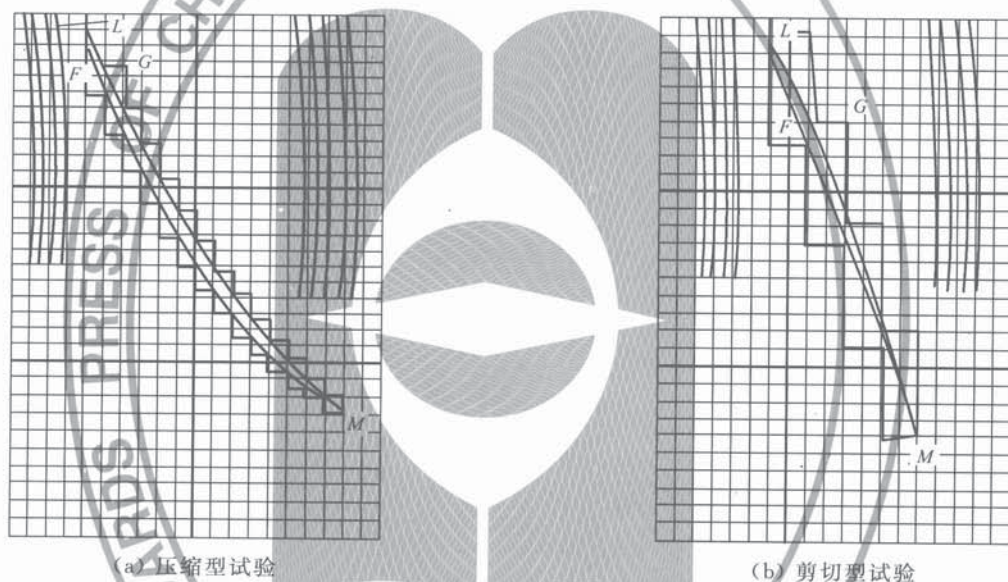


图 5 加负荷及减负荷阶梯曲线和滞后环

一般是测定试样变形 20% 的静态模量,其简易方法如下:在曲线 LM 上选一个有代表性的点。把一根直尺放在该点,形成该点的切线,延长切线与记录线上的一条水平线交于 N 点,从 N 点沿垂直方向数出 25.4 mm 的垂直距离,记为 R 点,把 R 点作为起点绘一条水平线与切线交于 S 点,则从 RS 的距离就可计算出 20% 变形时的静态模量。

静态杨氏模量(MPa): $0.35 \cdot RS(\text{mm})$;

静态剪切模量(MPa): $0.088 \cdot RS(\text{mm})$ 。

8.10 形态因子

在压缩型试验中,要考虑试样形状的影响。试样的受力部分的表面面积与不受力部分的表面面积的比值为形态因子。计算杨氏模量时必须把形态因子放入相应的公式中。

本试验所用的压缩型圆柱试样,其形态因子为 0.375。

9 试验报告

试验报告包括下列内容:

- 试样的标识及编号;
- 使用的标准名称或编号;

- c) 试验温度及湿度；
 - d) 试验类型,压缩型或剪切型；
 - e) 试验结果；
 - f) 在试验中观察到的异常现象；
 - g) 试验日期。
-