

表 T 0715a 沥青混合料弯曲试验记录表

试样编号	试件跨径 L (mm)	跨中断面 试件的宽度 b (mm)	跨中断面 试件的高度 h (mm)	试件毛体积 密度 (g/cm^3)	最大理论 密度 (g/cm^3)	空隙率 (%)	试件破坏时的跨中 挠度 d (mm)	试件破坏时的最大荷载 P_B (N)	试件破坏时的抗弯拉强度 $R_B = \frac{3P_B}{2bh^2}$ (MPa)	试件破坏时的最大弯拉应变 $\epsilon_B = \frac{6hd}{L^2}$	试件破坏时的弯曲劲度模量 $S_B = \frac{R_B}{\epsilon_B}$ (MPa)
平均值											

T 0716—2011 沥青混合料劈裂试验

沥青混合料属于典型的黏弹性材料，随着温度的变化，材料力学性能表现非常复杂，当气温急剧降低时，沥青混合料刚性显著增大，其模量远大于半刚性基层模量，沥青层底拉应力增大，在拉应力和剪应力的共同作用下行车带轮迹边缘附近容易产生拉裂，导致路面开裂；高温状态下沥青混合料强度急剧衰减，在车辆荷载作用下的沥青路面出现车辙等病害概率增大，沥青混合料自身强度不足以抵抗外界因素而产生变形是造成路面出现早期损坏的重要原因之一。

随着温度的逐渐升高，沥青混合料抵抗劈裂荷载能力急剧衰减，偏细的级配和较小的空隙率在荷载作用下明显发生了体积变形，而偏粗的级配和较大的空隙率基本没有发生水平和径向变形。

沥青混合料的劈裂试验是对规定尺寸的圆柱体试件，通过一定宽度的圆弧形压条施加荷载，将试件劈裂直至破坏的试验。国外试验规程中，ASTM D 4123 是用动载测定劲度模量(AASHTO 设计指南规定以此作为设计用回弹模量)；日本道路协会铺装试验法便览 3-7-6 则是采取静载劈裂求取间接抗拉强度，目的在于评价高温抗车辙能力及低温抗裂性能；英国、澳大利亚目前采用诺丁汉试验机冲击荷载试验小变形时的劲度模量；第 18 届世界道路会议则推荐用来测定抗拉强度和变形性能。可见劈裂试验在国外有两种目的：一是采用动载或冲击法求取设计参数回弹模量；二是用静载试验评价沥青混合料的性质。本试验根据国内外研究成果及试验方法编制，适用于测定破坏时的间接抗拉强度、极限拉伸应变、破坏劲度模量，也可用于求取弹性阶段的劲度模量作为设计参数使用。

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定沥青混合料在规定温度和加载速率时劈裂破坏或处于弹性阶段时的力学性质，亦可供沥青路面结构设计选择沥青混合料力学设计参数及评价沥青混合料低温抗裂性能时使用。试验温度与加载速率可由当地气候条件根据试验目的或有关规定选用，但试验温度不得高于 30℃。如无特殊规定，宜采用试验温度 15℃ ± 0.5℃，加载速率为 50mm/min。当用于评价沥青混合料低温抗裂性能时，宜采用试验温度 -10℃ ± 0.5℃ 及加载速率 1mm/min。

国外静载试验大都采用 50mm/min (如日本道路协会铺装试验法便览、AASHTO T 283) 的加载速率。第 18 届世界道路会议报告推荐的速率 -10℃ 时为 0.30mm/s ± 0.1mm/s，+25℃ 及 +45℃ 时为 0.85mm/s ± 0.1mm/s，即 18mm/min 或 51mm/min，并要求试验从开始至破坏的时间不超过 30s。因此本试验法规定加载速率根据试验目的或有关规定选用，并推荐采用 50mm/min 的标准加载速率。这样也和其他混合料试验方法的速率一致。

但是试验目的不同,加载速率也应该不同。美国 SHRP 的研究表明,为评价低温性能,常用较慢的速率,以模拟气候降温的收缩应力作用的情况,如 1.27mm/min(0.05in/min)。故本方法规定加载速率采用 1mm/min 时,试验温度为 -10°C 。

试验温度各国更不相同,ASTM D 4123 用动载试验时采用 5°C 、 25°C 、 40°C 三个温度;第 18 届道路会议报告推荐在 -10°C 、 25°C 、 40°C 温度下进行,其他温度也可选用。日本规定在 $-10 \sim +60^{\circ}\text{C}$ 范围内根据试验目的选用。本方法规定劈裂试验有两个目的,在什么温度下评价沥青混合料的性能应视目的而定。我国幅员辽阔,各地的设计温度本身就是一个有待研究的问题。本方法推荐了相对于荷载疲劳破坏的设计参数及低温收缩开裂破坏的试验温度,可供目前试验时使用。

1.2 本方法测定时采用的沥青混合料泊松比 μ 值见表 T 0716-1,其他试验温度的 μ 值由内插法确定。本方法也可由试验实测的垂直变形及水平变形计算实际的 μ 值,但计算的 μ 值必须在 0.2 ~ 0.5 范围内。

表 T 0716-1 劈裂试验使用的泊松比 μ

试验温度($^{\circ}\text{C}$)	≤ 10	15	20	25	30
泊松比 μ 值	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45

劈裂试验在计算劲度模量时,必须使用泊松比 μ 值。它可以由测定的垂直变形及水平变形求取,这曾经是 20 世纪六七十年代许多国家的研究重点,经大量测定,得出了一些 μ 的推荐值。经近年来我国实际测定证明,仅从单个试件本身的变形测定值计算的 μ 往往出现异常的情况,因此本试验法规定参照英国、澳大利亚、荷兰等国家用诺丁汉试验机测定劲度模量时的 μ 值用于计算,这样变形只需测定垂直或水平变形中的一个。但也可以由实测的垂直变形及水平变形计算,不过此时计算的 μ 值必须在 0.2 ~ 0.5 范围内,超出此范围说明变形测定很可能有误差,此时大多是水平变形不准,则可以仅采用垂直变形计算劲度模量。

1.3 本方法采用的圆柱体试件应符合下列要求:

1.3.1 当集料公称最大粒径小于或等于 26.5mm 时,用马歇尔标准击实法成型的直径为 101.6mm \pm 0.25mm、高为 63.5mm \pm 1.3mm 的试件。

1.3.2 从轮碾机成型的板块试件或从道路现场钻取直径 100mm \pm 2mm 或 150mm \pm 2.5mm、高为 40mm \pm 5mm 的圆柱体试件。

劈裂试验采用的试件,通常为 $\phi 101\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的 1:1 圆柱体,但美国、日本、澳大利亚等目前基本上采用 $\phi 101.6\text{mm} \times 63.5\text{mm}$ 的标准马歇尔试件,英国则采用 $\phi 150\text{mm}$ 的现场钻取试件,厚 40 ~ 50mm。本试验法规定采用标准马歇尔试件,同时也可采用现场钻取的 $\phi 100\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 及 $\phi 150\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ 试件,规定厚度为 40mm \pm 5mm,是参考美国标准及路面实际情况确定的。

2 仪器与材料技术要求

2.1 试验机:能保持规定的加载速率及试验温度的材料试验机,当采用 50mm/min 的加载速率时,也可采用具有相当传感器的自动马歇尔试验仪代替,但均必须配置有荷载及试件变形的测定记录装置。荷载由传感器测定,应满足最大测定荷载不超过其量程的 80% 且不小于其量程的 20% 的要求,宜采用 40kN 或 60kN 传感器,分辨率为 10N。

劈裂试验采用的试验机,只要能保持一定的速率,并能安装压条、夹具、记录荷载及变形的试验设备都可采用,它包括通用的万能材料试验机及某些专用设备。在生产单位缺乏精密的试验设备时,也可用马歇尔试验仪代替,不过它不能用压力环及百分表,而应配置有 50kN 传感器及变形的电测装置,并连

接 X-Y 记录仪。

2.2 位移传感器:可采用 LVDT 或电测百分表。水平变形宜用非接触式位移传感器测定,其量程应大于预计最大变形的 1.2 倍,通常不小于 5mm。测定垂直变形精密度不低于 0.01mm,测定水平变形的精密度不低于 0.005mm。

2.3 数据采集系统或 X-Y 记录仪:能自动采集传感器及位移计的电测信号,在数据采集系统中储存或在 X-Y 记录仪上绘制荷载与跨中挠度曲线。

2.4 恒温水槽:用于试件保温,温度范围能满足试验要求,控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。当试验温度低于 0°C 时,恒温水槽可采用 1:1 的甲醇水溶液或防冻液作冷媒介质。恒温水槽中的液体应能循环回流。

关于试件保温的仪器,鉴于目前试验中对试件基本上采用恒温水槽保温,若采用冰箱保温,试验的温度很难控制,将导致试验数据不准确,因此本次修订对试件的保温要求采用恒温水槽。

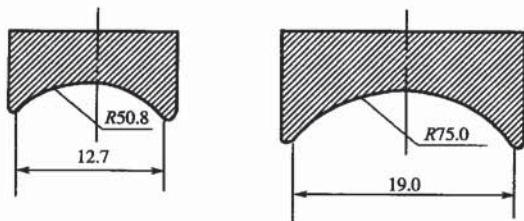


图 T 0716-1 压条形状(尺寸单位:mm)

2.5 压条:如图 T 0716-1 所示,上下各 1 根。试件直径为 $100\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 或 $101.6\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 时,压条宽度为 12.7mm,内侧曲率半径 50.8mm;试件直径为 $150\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ 时,压条宽度为 19mm,内侧曲率半径 75mm。压条两端均应磨圆。

劈裂试验采用的压条对试验结果及计算模式均有影响。AASHTO T 283 规定对 $\phi 102\text{mm}$ 试件压条宽度用 12.7mm,对 $\phi 152.4\text{mm}$ 试件用 19.05mm 的压条,压条边缘是磨圆的。也可不用压条,因为只要求测定强度(半径未作规定)。但美国等不少国家大都通用 12.7mm 的压条,日本学者也有采用 25.4mm 压条的,都是圆弧形的。但第 18 届道路会议论文集推荐最好不用压条,如果采用压条则为试件宽度的 1/5。日本道路协会试验法也未用压条,这显然与试验法仅为测定强度而不测定模量有关。为此本试验法与国外大多数试验法统一规定,采用 12.7mm 宽的圆弧形压条,对 $\phi 150\text{mm}$ 的试件按比例采用 19.0mm 压条,使压条的圆心角相同;为防止边缘的局部嵌入,应该加工磨圆。

2.6 劈裂试验夹具:下压条固定在夹具上,上压条可上下自由活动。

2.7 其他:卡尺、天平、记录纸、胶皮手套等。

3 方法与步骤

3.1 准备工作

3.1.1 根据 1.3 的规定,按本规程 T 0702 方法制作圆柱体试件。

3.1.2 按本规程 T 0702 的规定测定试件的直径及高度,准确至 0.1mm。在试件两侧通过圆心画上对称的十字标记。

3.1.3 按本规程 T 0705 方法测定试件的密度、空隙率等各项物理指标。

3.1.4 使恒温水槽达到要求的试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。将试件浸入恒温水槽保温不少于 1.5h。当为

恒温空气箱时保温不少于 6h,直至试件内部温度达到试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 为止。保温时试件之间的距离不少于 10mm。

3.1.5 使试验机环境保温箱达到要求的试验温度,当加载速率大于或等于 50mm/min 时,也可不用环境保温箱。

3.2 试验步骤

3.2.1 从恒温水槽中取出试件,迅速置于试验台的夹具中安放稳定,其上下均安放有圆弧形压条,与侧面的十字画线对准,上下压条应居中、平行。

3.2.2 迅速安装试件变形测定装置。水平变形测定装置应对准水平轴线并位于中央位置;垂直变形的支座与下支座固定,上端支于上支座上。

3.2.3 将记录仪与荷载及位移传感器连接,选择好适宜的量程开关及记录速度。当以压力机压头的位移作为垂直变形时,宜采用 50mm/min 速率加载。记录仪走纸速度根据试验温度确定。

3.2.4 开动试验机,使压头与上下压条接触,荷载不超过 30N,迅速调整好数据采集系统或 X-Y 记录仪到零点位置。

3.2.5 开动数据采集系统或记录仪,同时启动试验机,以规定的加载速率向试件加载劈裂至破坏,记录仪记录荷载及水平变形(或垂直位移)。当试验机无环境保温箱时,自恒温水槽中取出试件至试验结束的时间应不超过 45s。记录的荷载—变形曲线如图 T 0716-2 所示。

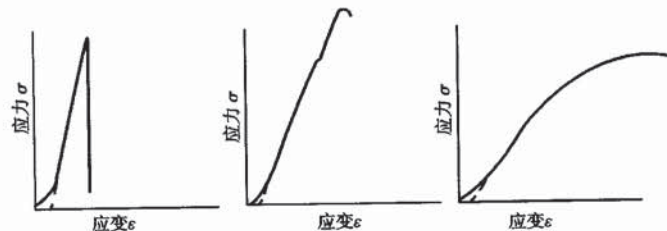


图 T 0716-2 劈裂试验的荷载—变形(水平或垂直变形)曲线

4 计算

4.1 将图 T 0716-2 中的荷载—变形曲线的直线段按图示方法延长与横坐标相交作为曲线的原点,由图中量取峰值时的最大荷载 P_T 及最大变形(Y_T 或 X_T)。

当试件直径为 $100\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 、压条宽度为 12.7mm 及试件直径为 $150.0\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ 、压条宽度为 19.0mm 时,劈裂抗拉强度 R_T 分别按式(T 0716-1)及式(T 0716-2)计算,泊松比 μ 、破坏拉伸应变 ε_T 及破坏劲度模量 S_T 按式(T 0716-3)~式(T 0716-5)计算。

$$R_T = 0.006287P_T/h \quad (\text{T 0716-1})$$

$$R_T = 0.00425P_T/h \quad (\text{T 0716-2})$$

$$\mu = (0.1350A - 1.7940)/(-0.5A - 0.0314) \quad (\text{T 0716-3})$$

$$\varepsilon_T = X_T \times (0.0307 + 0.0936\mu)/(1.35 + 5\mu) \quad (\text{T 0716-4})$$

$$S_T = P_T \times (0.27 + 1.0\mu)/(h \times X_T) \quad (\text{T 0716-5})$$

上述式中： R_T ——劈裂抗拉强度(MPa)；

ε_T ——破坏拉伸应变；

S_T ——破坏劲度模量(MPa)；

μ ——泊松比；

P_T ——试验荷载的最大值(N)；

h ——试件高度(mm)；

A ——试件垂直变形与水平变形的比值；

$$A = Y_T / X_T$$

Y_T ——试件相应于最大破坏荷载时的垂直方向总变形(mm)；

X_T ——按图 T 0716-2 的方法量取的相应于最大破坏荷载时水平方向的总变形(mm)；当试验仅测定垂直方向变形 Y_T 或由实测的 Y_T 、 X_T 计算的 μ 值大于 0.5 或小于 0.2 时，水平变形 (X_T) 可由表 T 0716-1 规定的泊松比 (μ) 按式 (T 0716-6) 求算。

$$X_T = Y_T \times (0.135 + 0.5\mu) / (1.794 - 0.0314\mu) \quad (\text{T 0716-6})$$

4.2 计算加载过程中任一加载时刻的应力、应变、劲度模量的方法同上，只需读取该时刻的荷载及变形代替上式的最大荷载及破坏变形即可。

4.3 当记录的荷载—变形曲线在小变形区有一定的直线段时，可以 (0.1 ~ 0.4) P_T 范围内的直线段部分的斜率计算弹性阶段的劲度模量，或以此范围内各测点的应力 σ 、应变 ε 数据计算的 $S = \sigma / \varepsilon$ 的平均值作为劲度模量，并以此作为路面设计用的力学参数。 σ 、 ε 及 S 的计算方法同本规程中的 R_T 、 ε_T 、 S_T 的计算方法。

试验结果的计算公式采用国内外通用的按弹性理论推导得出的公式。在求取作设计参数用的劲度模量时，应按照弹性理论小变形假设采用荷载较小时的测定数据。根据国内“八五”科技攻关专题的研究成果，采用 0.1 ~ 0.4 倍破坏荷载范围内的直线段的斜率或平均值 (进行原点修正后是相同的) 计算得到的弹性劲度模量与按 ASTM D 4123 方法试验得到的瞬时回弹模量有较好的相关关系。

5 报告

5.1 当一组测定值中某个数据与平均值之差大于标准差的 k 倍时，该测定值应予舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试验数目 n 为 3、4、5、6 时， k 值分别为 1.15、1.46、1.67、1.82。

5.2 试验结果均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度、加载速率及采用的泊松比 μ 值。

T 0717—1993 沥青混合料饱水率试验

沥青混合料的吸水率与饱水率是试件吸水能力的两项指标，但表示方法不同。饱水率是沥青混合料试件在规定真空条件下的吸水能力，是吸水的质量与试件干质量之比。吸水率是在普通条件下，吸水的体积与沥青混合料的体积之比，这是 AASHTO T 1664 中定义的，并以此作为采用表干法还是蜡封法的依据，我国以前较少使用。当试件的矿料级配及沥青含量未知，测定空隙率有困难时，测定饱水率可以大体上反映其空隙情况，这在路况调查时常常有用，有些沥青厂也用本法进行沥青混合料的质量控制，故将其增补入本试验规程。饱水率的试验法是参照前苏联的试验方法及我国的工程实践经验制定的。

1 目的与适用范围

本方法适用于测定沥青混合料的饱水率，它可用于沥青拌和厂的混合料质量控制、旧路调查及路面