

# JTG

中华人民共和国行业标准

JTG E50-201X

## 公路工程土工合成材料试验规程

Test Methods of Geosynthetics for  
Highway Engineering

(征求意见稿)

201X-XX-XX发布

201X-XX-XX实施

中华人民共和国交通部发布

# 前 言

根据交通运输部交办公路函〔2015〕312号文《交通运输部办公厅关于下达2015年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路工程土工合成材料试验规程》（JTG E50-2006）（简称“原规程”）的修订工作。原规程由交通运输部于2006年10月1日批准实施，施行12年来，对统一公路工程土工合成材料试验方法，指导和规范土工合成材料的试验起到了重要的作用并得到广泛应用。

编写组在总结十余年公路土工合成材料试验检测技术发展经验和相关科研成果的基础上，经分析论证和广泛征求国内外专家意见，以提高土工合成材料试验检测技术为核心，吸收了近些年在试验检测实践中逐渐形成的、成熟的新技术和新设备，完成本规程的修订工作。

本规程由8章构成，本次修订的主要内容包括：

1. 补充和完善了术语、符号。
2. 试件制备和数据整理部分：完善不同材料的试样制备程序。
3. 物理性能试验方法部分：完善了克重、厚度和幅宽试验方法。
4. 力学性能试验方法部分：修改了宽条拉伸试验、接头/接缝拉伸试验、条带拉伸试验、粘焊点极限剥离力试验、梯形撕破强力试验、CBR顶破强力试验、刺破强力试验、落锥穿透试验、直剪和拉拔摩擦特性试验、拉伸蠕变与拉伸蠕变断裂性能试验；新增了软式透水管扁平耐压力试验和握持拉伸试验。
5. 水力学性能试验方法部分：修改了垂直渗透性能试验、耐静水压试验、塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验、有效孔径试验和淤堵试验。
6. 耐久性能试验方法部分：修改了抗氧化性能试验、抗酸碱液性能试验、抗紫外线性能试验（氙灯法和荧光紫外灯法）和炭黑含量试验。新增了炭黑分布试验、低温脆化温度试验、维卡软化温度试验和氧化诱导时间试验。
7. 新增了其他试验部分，包括沥青浸油量试验、保温隔热材料导热系数试验、保温隔热材料吸水率试验和保温隔热材料抗压强度试验。

希望各单位在使用中注意总结经验，在执行中有何意见和建议，请及时函告本规程日常管理组，联系人：刘英（地址：北京市海淀区西土城路8号，交通运输部公路科学研究院；邮政编码：100088；电话：010-62079598；传真：010-62075650；电子邮箱：

y.liu@rioh.cn), 以便修订时参考。

**主 编 单 位:** 交通运输部公路科学研究院

**参 编 单 位:** 石家庄铁道大学、上海勘测设计研究院有限公司

**主 编:** 刘英

**主要参编人员:** 杨广庆、白建颖、彭鹏、刘怡林、田波、罗翥、孙家凤、  
王稷良、侯荣国

**主 审 人:** 吴万平

# 目录

<b>1 总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2 术语、符号</b> .....	<b>2</b>
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	5
<b>3 试样制备与数据处理</b> .....	<b>7</b>
T 1101-2006 取样与试样准备 .....	7
T 1102-2006 试验数据整理与计算 .....	10
<b>4 物理性能试验</b> .....	<b>12</b>
T 1111-2006 单位面积质量测定 .....	12
T 1112-2017 厚度测定 .....	15
T 1113-2017 幅宽测定 .....	20
T 1114-2017 土工格栅、土工网网孔尺寸测定 .....	24
<b>5 力学性能试验</b> .....	<b>27</b>
T 1121-2017 宽条拉伸试验 .....	27
T 1122-2017 接头/接缝宽条拉伸试验 .....	36
T 1123-2017 条带拉伸试验 .....	41
T 1124-2017 粘结点极限剥离力试验 .....	47
T 1125-2017 梯形撕破强力试验 .....	49
T 1126-2017 CBR 顶破强力试验 .....	51
T 1127-2017 刺破强力试验 .....	54
T 1128-2017 落锥穿透试验 .....	56
T 1129-2017 直剪摩擦特性试验 .....	59
T 1130-2017 拉拔摩擦特性试验 .....	64
T 1131-2017 拉伸蠕变与拉伸蠕变断裂性能试验 .....	69
T 1132-2017 软式透水管耐压扁平率试验 .....	77
T 1133-2017 握持拉伸试验 .....	80
T 1134-2017 塑料排水带芯带压屈强度试验 .....	84
T 1135-2017 硬质泡沫塑料压缩性能试验 .....	86
<b>6 水力性能试验</b> .....	<b>91</b>
T 1141-2017 垂直渗透性能试验（恒水头法） .....	91
T 1142-2017 耐静水压试验 .....	97
T 1143-2017 塑料排水带通水量试验 .....	101
T 1144-2017 有效孔径试验（干筛法） .....	104
T 1145-2017 淤堵试验 .....	108
<b>7 耐久性能试验</b> .....	<b>113</b>
T 1161-2017 抗氧化性能试验 .....	113
T 1162-2017 抗酸、碱液性能试验 .....	117
T 1163-2017 抗紫外线性能试验（氙弧灯法） .....	123
T 1164-2017 抗紫外线性能试验（荧光紫外灯法） .....	130

T 1165-2017	炭黑含量试验（热失重法） .....	135
T 1166-2017	炭黑分布试验 .....	138
T 1167-2017	低温脆化温度试验 .....	142
T 1168-2017	维卡软化温度试验 .....	149
T 1169-2017	氧化诱导时间试验 .....	154
<b>8</b>	<b>其他试验 .....</b>	<b>161</b>
T 1181-2017	硬质泡沫塑料导热系数试验 .....	161
T 1182-2017	硬质泡沫塑料吸水率试验 .....	164

# 1 总则

1.0.1 为推动土工合成材料在公路工程中的应用，规范、统一材料的试验方法，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路工程应用各类土工合成材料的性能试验。

1.0.3 本规程使用的仪器设备，应经相应的计量部门或检测机构检定合格，并需在使用中定期校正。

1.0.4 本规程采用国家法定标准计量单位制。

1.0.5 公路工程土工合成材料的性能试验，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 土工合成材料 geosynthetics

岩土工程和土木工程中与土壤和（或）其他材料相接触使用的一种产品的总称，其至少由一种合成或天然的聚合物组成，可以是片状的、条状的或三维结构的。公路工程中常用的有：土工布、土工格栅、土工膜、土工网和土工防排水材料。

#### 2.1.2 土工织物 geotextile

用于岩土工程和土木工程的机织、针织或非织造的可渗透的聚合物材料。

#### 2.1.3 土工格栅 geogrid

由有规则的网状抗拉条带形成的用于加筋的土工合成材料。按照受力方向可分为单向、双向、三向和多向土工格栅，按照原材料可分为塑料格栅、钢塑格栅、纤塑格栅、玻纤格栅、聚酯格栅。

#### 2.1.4 土工网 geonet

由平行肋条经以不同角度与其上相同肋条粘结为一体的用于平面排液、排气的土工合成材料。

#### 2.1.5 土工膜 geomembrane

由聚合物或沥青制成的一种相对不透水的薄膜。

#### 2.1.6 土工复合材料 geocomposite

由两种或两种以上材料组合而成的土工材料，其中至少一种是土工合成材料。

#### 2.1.7 拉伸强度 tensile strength

试验中试样被拉伸直至断裂时每单位宽度的最大拉力。

#### 2.1.8 伸长率 elongation

对应于最大拉力时的应变变量，以百分率表示。

#### 2.1.9 梯形撕破强力 tearing strength

在两夹持器内的试样呈梯形，撕破梯形试样所需的最大力。

#### 2.1.10 刺破强力 puncturing strength

直径 8mm 的刚性顶杆以规定的速率垂直顶刺试样，直至破裂过程中测得的最大力。

#### 2.1.11 CBR 顶破强力 CBR burst strength

圆柱形顶压杆垂直顶压试样，直至破裂过程中测得的最大顶压力。

#### 2.1.12 压屈强度 compressive strength

塑料排水带的芯带在外力作用下抵抗压裂、倾倒破坏的能力。

#### 2.1.13 当量孔径 equivalent opening size

用于表示网格型（如土工网、土工格栅）土工合成材料孔隙大小的指标，是将某种形状的网孔换算为等面积圆的直径。

#### 2.1.14 穿透孔径 amount of cone penetration

规定尺寸的落锥在土工合成材料上方 500mm 高度处自由落下时，穿透土工合成材料的孔洞直径。

#### 2.1.15 有效孔径 equivalent opening size

能有效通过土工织物的近似最大颗粒直径，例如  $O_{90}$  表示土工织物中 90% 的孔径低于该值。

#### 2.1.16 垂直渗透系数 coefficient of vertical permeability

水流垂直于土工织物平面，水力梯度等于 1 时的渗透流速。

#### 2.1.17 透水率 permittivity

水位差等于 1 时垂直于土工织物平面方向的渗透流速。

#### 2.1.18 流速指数 velocity index

试样两侧 50mm 水头差下的流速。

#### 2.1.19 梯度比 gradient ratio

淤堵试验中，土工织物试样及其上方 25mm 土样的水力梯度与织物上方从 25mm 至 75mm 之间土样的水力梯度的比值。

#### 2.1.20 排水带通水量 The discharge capacity of prefabricated Band-shaped drains

排水带的芯带与滤膜复合体在侧压力作用下，沿排水带截面的纵向通水能力。

#### 2.1.21 握持强力 grab breaking load

在试样宽度范围内试样局部被夹持的条件下进行拉伸过程中出现的最大拉力。

#### 2.1.22 扁平耐压力 compression resistance

软式透水管径向压缩某应变时所产生的抵抗力。

#### 2.1.23 老化 aging

材料在储存和使用过程中受内外因素的综合作用,其性能逐渐变坏直至最后丧失使用价值的过程。

#### 2.1.24 脆化温度 brittleness temperature

在规定试验条件下,试样破损率为 50%时的温度。

#### 2.1.25 氧化诱导温度 oxidation induction temperature

稳定化材料耐氧化分解的一种相对度量。在常压、氧气或空气气氛中,以规定的速率升温,通过量热法测定材料出现氧化放热的温度。

#### 2.1.26 纵向 machine direction; MD

土工合成材料产品的输出方向。

#### 2.1.27 横向 cross-machine direction; CMD

与土工合成材料产品输出方向垂直的方向。

#### 2.1.28 名义隔距长度 nominal gauge length

试样上与外加载荷方向平行的两个标记点之间的初始距离,一般为 60mm(两边距试样对称中心为 30mm)。

#### 2.1.29 预负荷伸长 elongation at preload

在相当于 1%最大负荷的外加负荷下所测的隔距长度(mm)的增加值。

#### 2.1.30 最大负荷下伸长率 tensile elongation at maximum tensile load

在最大负荷下试样所显示的伸长率。

#### 2.1.31 标称强度下伸长率 tensile elongation at nominal strength

在生产商或供应商声称的强度下试样所显示的伸长率。

### 2.1.32 割线模量 tensile secant stiffness

单位宽度的强力值与相应伸长率值之比。

## 2.2 符号

$\alpha_f$  —— 拉伸强度

$\varepsilon$  —— 伸长率

$S_f$  —— 接头/接缝强度

E —— 接头/接缝效率

G —— 单位面积质量

$\delta$  —— 厚度

W —— 幅宽

De —— 当量孔径

$f_{g(\delta)}$  —— 摩擦比

f —— 摩擦系数

$\tau$  —— 剪应力

k —— 垂直渗透系数

V —— 流速

$\theta$  —— 透水率

Q —— 通水量

Oe —— 有效孔径（当 e 为 90% 时，以  $O_{90}$  表示）

GR —— 梯度比

$\bar{X}$  —— 平均值

$\sigma$  —— 标准差

Cv —— 变异系数

$T_{50}$ ——脆化温度

OIT——氧化诱导温度

$\varepsilon_{\max}$ ——最大负荷下伸长率

$\varepsilon_{\text{nom}}$ ——标称强度下伸长率

$J$ ——割线模量

## 条文说明

术语、符号是土工合成材料通用性标准。在文献检索、情报传递、行业间沟通中起着重要的作用，是制定其他方法标准和产品标准的依据和基础，具有普遍的指导意义。

本次修订，符号原则上与国标相应标准保持一致，并考虑了与其他行业相关标准的一致性。产品名称术语非等效采用了 ISO 10318:2005《土工布 词汇》和 GB/T 13759-2009《土工合成材料 术语和定义》的有关定义；同时根据新增项的内容，增加了握持强力、扁平耐压力、老化、脆化温度、氧化诱导温度、纵向、横向、名义隔距长度、预负荷伸长、最大负荷下伸长率、标称强度下伸长率、割线模量、的术语定义。

## 3 试样制备与数据处理

### T 1101-2006 取样与试样准备

#### 1 适用范围

本方法规定了卷装土工合成材料的取样方法与试样准备方法,其它类型的土工合成材料可参照执行。

#### 2 引用标准

GB 6529 纺织品调湿和试验用标准大气

GB/T 2918 塑料试样状态调节和试验的标准环境

GB/T14798 土工合成材料 现场鉴别标识

#### 3 取样程序

##### 3.1 取卷装样品

3.1.1 取样的卷装数按相关文件规定。

3.1.2 所选卷装材料应无破损,卷装呈原封不动状。

##### 3.2 裁取样品

3.2.1 取样前,应按试验标准获取试样的数量、形状和其他信息。全部试验的试样应在同一样品中裁取。

3.2.2 卷装材料的头两层不应取做样品。

3.2.3 在卷装上沿着垂直于机器方向(生产方向即卷装长度方向)的整个宽度方向裁取样品,样品要足够长,以获得所要求的试样数量。按本标准的方向进行试样准备。

3.2.4 取样时应尽量避免污渍、折痕、孔洞或其他损伤部分。

##### 3.3 样品的标记

3.3.1 样品上应标明下列内容:

- a. 商标、生产商、供应商;

- b. 型号;
- c. 取样日期;
- d. 要加标记表示样品的卷装长度方向。

3.3.2 当样品两面有显著差异时，在样品上加注标记，标明卷装材料的正面或反面。

3.3.3 应将样品保存在干净、干燥、阴凉避光处，并且避开化学物品侵蚀和机械损伤。

样品可以卷起，但不能折叠。

#### **4 试样准备**

4.1 取样过程中确保样品在测试前其物理状态没发生变化。

4.2 用于每次试验的试样，应从样品长度和宽度方向上均匀地裁取，且距样品幅边至少 10cm。

4.3 试样不应包含影响试验结果的任何缺陷。

4.4 对同一项试验，应避免两个以上的试样处在相同的纵向或横向位置上。

4.5 试样应沿着卷装纵向和横向方向切割，需要时标出试样的纵向，除试验有其他要求，样品上的标志必须标到试样上。

4.6 在切割结构型土工合成材料时可制定相应的切割方案。应根据样品上的标记来标识各个试样，以确保试样能被正确识别。

4.7 如果制样造成材料破碎，发生损伤，可能影响试验结果，则将所有脱落的碎片和试样放到一起，用于备查。

#### **5 调湿和状态调节**

##### **5.1 土工织物**

试样应在标准大气条件下调湿 $\geq 24\text{h}$ ，温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $65\% \pm 4\%$ 。

##### **5.2 塑料土工合成材料**

在温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境下，进行状态调节，时间不少于 24 小时。

### 5.3 试样状态稳定标准

在 GB/T 6529 规定的标准大气条件下进行调湿和试验。当试样在间隔至少 2h 的连续称重中质量变化不超过试样质量的 0.25% 时，可认为试样已经调湿。对同一类型产品（相同结构和相同聚合物类型），当在不同温度和湿度条件下的试验结果与标准大气条件下的试验结果差异在可接受范围内时，可不在标准大气条件下调湿和试验，应在报告中说明。

## 6 报告

- (1) 试样的制取与准备方法；
- (2) 试样选择、制取、准备过程中观察到的详细情况，和做同一试验时在纵向和横向位置上的取样情况；
- (3) 任何与取样程序规定不符的详情；
- (4) 制样的日期，所选卷的来源；
- (5) 样品的名称、规格、生产商和型号。

### 条文说明

取样与试样准备的不同，直接影响检测的最终结果，统一取样和试样准备的方法，是各项试验应共同遵守的基本原则，也是减少争议的必要手段。制定时非等效采用了 ISO 9862:2005《土工合成材料取样和试样制备》并参考了国标 GB/T 13760-2009《土工合成材料取样和试样准备》的有关规定。

## T 1102-2006 试验数据整理与计算

### 1 适用范围

本方法适用于土工合成材料试验数据的整理和计算，规定了算术平均值  $\bar{X}$ 、标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$  的计算方法。

### 2 算术平均值

算术平均值  $\bar{X}$  按下式计算：

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{T1102-1})$$

式中：  $n$ ——试样个数；  
 $X_i$ ——第  $i$  块试样的试验值；  
 $\bar{X}$ —— $n$  块试样值的算术平均值。

### 3 标准差

标准差  $\sigma$  按 (T1102-2) 式计算，式中符号意义同 (T1102-1) 式。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (\text{T1102-2})$$

### 4 变异系数

变异系数  $C_V$  按式 (T1102-3) 计算，式中符号意义同 (T1102-1) 式、(T1102-2) 式。

$$C_V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% \quad (\text{T1102-3})$$

### 5 试验数据的取舍

试验异常数据的取舍，应按各章节的具体规定进行。如没有明确规定，可按  $K$  倍标准差作为取舍标准，即舍去那些在  $\bar{X} \pm K\sigma$  范围以外的测定值，试样数量不同， $K$  值不同， $K$  值按表 T1102-1 选用。

表 T1102-1 统计量的临界值

试样数量	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K	1.15	1.46	1.67	1.82	1.94	2.03	2.11	2.18	2.23	2.28	2.33	2.37

### 条文说明

本方法未做修订，只是在条文的编排和文字内容上进行了编辑性修改，是后面各项试验均应遵守的共同规定。

## 4 物理性能试验

### T 1111-2006 单位面积质量测定

#### 1 适用范围

本方法适用于土工合成材料单位面积质量的测定。

#### 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

GB/T 6529 纺织品 调湿与试验用标准大气

GB/T 13760 土工合成材料 取样和试样准备

#### 3 仪器设备及材料

3.1 剪刀或切刀。

3.2 称量天平（感量为 0.01g）。

3.3 钢尺（刻度至毫米，精度为 0.5mm）。

#### 4 试验步骤

4.1 取样：按本规程 T1101-2017 的有关规定取样。

4.2 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101-2017 中的第 5 条规定进行。

4.3 试样制备

4.3.1 土工织物：除符合本规程 T1101-2017 的有关规定外，用切刀或剪刀裁取面积为  $10000\text{mm}^2$  试样 10 块，剪裁和测量精度为 1mm。

4.3.2 对于土工格栅、土工网等孔径较大的材料，除符合本规程 T1101-2017 的有关规定外，试样尺寸应能代表该种材料的全部结构，如不能，则可放大试样尺寸，剪裁时应从肋间对称剪取，保证试样纵向和横向至少包括 5 个组成单元。剪裁后应测量每个试样的实际面积。

5.4 称量

将裁剪好的试样按编号顺序逐一在天平上称量，读数精确到 0.01g。

## 6 结果计算

6.1 按下式计算每块试样的单位面积质量，按 GB 8170 修约，保留小数一位；

$$G = \frac{M \times 10^6}{A} \quad (\text{T1111-1})$$

式中： $G$ ——试样单位面积质量， $\text{g/m}^2$ ；

$M$ ——试样质量， $\text{g}$ ；

$A$ ——试样面积， $\text{mm}^2$ 。

6.2 计算 10 块试样单位面积质量的平均值  $\bar{G}$ ，精确到  $1\text{g/m}^2$ ；同时计算出标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$ 。平均值  $\bar{G}$ ，标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$  按本规程 T1102-2017 的规定计算。

## 7 试验报告

- (1) 说明试验是按照本标准进行的；
- (2) 试样名称、规格；
- (3) 试验结果；
- (4) 试验用大气条件；
- (5) 试验日期；
- (6) 试验中规定应注明的情况（1.若试样尺寸大于  $10000 \text{ mm}^2$ ，记录其尺寸，并描述其结构；2.单位面积质量的平均值，以  $\text{g/m}^2$  表示）；
- (7) 变异系数；
- (8) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明：

单位面积质量是土工合成材料物理性能指标之一，反映产品的原材料用量，以及生产的均匀性和质量的稳定性，与产品性能密切相关。目前国内外测定单位面积质量的标准有：ISO 9864-2005《土工合成织物. 测定土工织物及其相关制品的单位面积质量的试验方法》、欧洲标准 EN 965《土工布及其有关产品 单位面积质量的测定》、法国标准 NF G38-013-1989《土工布试验 单位面积质量的测定》、GB/T13762-2009《土

工合成材料 土工布及土工布有关产品单位面积质量的测定方法》这些标准均采用称重法，主要参数见表 T1111-1，本方法参数与上述标准基本一致。

表 T1111-1 参数对照表

标准编号	试样面积 mm <sup>2</sup>	试样数量
ISO 9864:2005	10000 (100×100)	10
EN 965	10000 (100×100)	10
NF G38-013-1989	10000	10
GB /T 13762-2009	10000	10

考虑到土工格栅、土工网这类孔径较大的土工合成材料，定死的面积不一定能代表材料的全部结构，所以特别规定对该类材料允许放大试样尺寸，以能代表材料结构为准；剪裁时应从肋间对称剪取并计算试样的实际面积。

# T 1112-2017 厚度测定

## 一、土工织物厚度测定

### 1 适用范围

1.1 本方法适用于在一定压力下测定土工织物及相关产品厚度。

1.2 本方法适用于土工织物及复合土工织物。

### 2 仪器设备及材料

2.1 基准板：直径应大于压脚直径的 1.75 倍。

2.2 压脚：圆形，表面光滑，面积为  $25\text{cm}^2 \pm 0.2\text{cm}^2$ ，压脚应能提供垂直于试样表面 2kPa、20kPa 和 200kPa 的压强，允差为  $\pm 0.5\%$ 。

2.3 厚度计量表：最小分度值 0.01mm。

2.4 秒表：最小分度值 0.1s。

### 3 试验步骤

3.1 取样：按本规程 T1101 的有关规定取样。

3.2 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101 中的第 5 条规定进行。

3.3 试样制备：除符合本规程 T1101 的有关规定外，裁取有代表性的试样 10 块，试样直径至少大于压脚直径的 1.75 倍。

3.4 测定  $2\text{kPa} \pm 0.01\text{kPa}$  压强下的常规厚度。

3.4.1 调整压脚，使其产生  $2\text{kPa} \pm 0.01\text{kPa}$  的压强，擦净基准板和压脚，压脚放在基准板上，调整厚度计量表为零点。

3.4.2 提起压脚，将试样自然平放在基准板与压脚之间，轻轻放下压脚，在对试样施加恒定压力 30s 后记录厚度计量表读数，精确至 0.01mm。提起压脚，取出试样。

3.4.3 重复上述步骤，完成 10 块试样的测试。

3.5 根据需要调整压脚，使压强为  $20\text{kPa} \pm 0.1\text{kPa}$ ，重复 3.4 规定的程序，测定

20kPa±0.1kPa 压强下的试样厚度。

3.6 根据需要调整压脚，使压强为 200kPa±1kPa，重复 3.4 规定的程序，测定 200kPa±1kPa 压强下的试样厚度。

## 4 试验结果

4.1 计算在同一压力下所测定的 10 块试样厚度的算术平均值  $\bar{\delta}$ ，精确至 0.01mm。

4.2 如果需要，同时计算出标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$ ，标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$  按本规程 T1102 的规定计算。

## 5 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 本标准号
- (2) 试样名称、规格；
- (3) 本次试验所采用的压强、压脚尺寸；
- (4) 试验结果；
- (5) 试验用大气条件；
- (6) 试验日期，试验人员；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 二、土工膜厚度测定

### 1 适用范围

1.1 本方法规定了用机械测量法测定土工薄膜、薄片厚度的试验方法。

1.2 本方法适用于没有压花和波纹的土工薄膜、薄片。

### 2 仪器设备及材料

2.1 厚度测量仪：最小分度值为 0.001mm，测量仪所有测量面应是抛光的。

2.1.1 当测量仪上下测量面均为平面时，每一测量面直径应为 2.5mm-10mm 之间，

两测量平面不平行度应小于  $5\mu\text{m}$ 。下测量面应可调节以满足上述要求。测量面对试样施加的压力宜为  $0.5\text{N}-1\text{N}$ 。

2.1.2 当测量仪上测量面为凸面，下测量面为平面时，上测量面的曲率半径应为  $15\text{mm}-50\text{mm}$ ，下测量面的直径应不小于  $5\text{mm}$ ，测量面对试样施加的压力应为  $0.1\text{N}-0.5\text{N}$ 。

### 3 试验步骤

3.1 取样：除符合本规程 T1101 的有关规定外，在距样品纵向端部大约  $1\text{m}$  处，沿横向整个宽度截取试样，试样条宽  $100\text{mm}$ ，无折痕和其他缺陷。

3.2 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101 中的第 5 条规定进行。

3.3 试样表面和仪器各测量部位应保持清洁。

3.4 测量前应校准测量仪零点，在每组试样测量后应重新检查其零点。

3.5 提起测头，将试样自然平放在两测量面之间，平缓放下测头，使试样受到规定压力，待读数稳定后，记录读数。

3.6 按等分试样长度的方法确定测量厚度的位置点：当土工膜（片）长度大于等于  $1500\text{mm}$  时，至少测 30 点；膜（片）长度在  $300\text{mm}-1500\text{mm}$  之间时，至少测 20 点；膜（片）长度小于等于  $300\text{mm}$  时，测 10 点。对于未裁毛边的样品，应在离边缘  $50\text{mm}$  以外进行测量。

### 4 试验结果

4.1 试验结果以试样的平均厚度和厚度的最大值、最小值表示，精确至  $0.001\text{mm}$ 。

4.2 如果需要，按本规程 T1102 的规定计算平均厚度的标准偏差  $\sigma$  和变异系数  $C_V$ 。

### 5 试验报告

- (1) 本标准号
- (2) 试样名称、规格；
- (3) 测量仪测量面类型和负荷；

- (4) 试样长度、测点数量；
- (5) 试验结果；
- (6) 试验用大气条件；
- (7) 试验日期、试验人员；
- (8) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

(1) 土工织物厚度是指土工织物在承受一定压力时，正反两面之间的距离。产品的厚度对其力学性能和水力学性能都有很大影响，目前国内外测定土工织物及其有关产品厚度的标准有：ISO 9863-1: 2005《土工合成材料 规定压力下厚度的测定》、法国标准 NF G38-012-1989《土工布试验 厚度的测定》、GB/T 13761.1-2009《土工合成材料 规定压力下厚度的测定 第1部分：单层产品厚度的测定方法》，各标准的参数要求基本一致，见表 T1112-1。本次修订参照 GB/T 13761.1-2009 进行。试验过程中是通过调整压脚上方砝码的重量来得到不同的压强。

表 T1112-1 参数对照表

标准编号	压脚面积, mm <sup>2</sup>	压力, kPa	加压时间, s	试件数量
ISO 9863-1: 2005	≥2500	2/20/200	30	10
NF G38-012-1989	2500	2/20/200	60	10
GB/T 13761.1-2009	2500	2/20/200	30	10

本方法适用于测定土工织物的厚度和复合土工织物的总厚度，对于复合产品中各层厚度的测定应采用 GB /T 17598-1998《土工布 多层产品中单层厚度的测定方法》中的规定进行。

土工膜厚度的测定是采用机械测量方法测定土工薄膜和薄片厚度，方法参照国际标准 ISO 4593-1993《塑料—薄膜和薄片—用机械法测定厚度》和国标 GB/T 6672-2001《塑料薄膜与薄片厚度的测定 机械测量法》的有关技术内容。相较于 JTG

E50-2006，本次修订对仪器设备和试验步骤进行了具体的规定。

# T 1113-2017 幅宽测定

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了土工合成材料幅宽的测定方法。

1.2 本方法适用于土工织物，其他类型的土工合成材料可参照执行。

## 2 引用标准

GB 8170 《数值修约规则》

GB 6529 《纺织品 调湿和试验用标准大气》

## 3 定义

幅宽：整幅样品经调湿，除去张力后，与长度方向垂直的整幅宽度为幅宽。

## 4 原理

### 4.1 方法 1

整段织物能放在标准大气中调湿的，在调湿后用钢尺在织物的不同点测量幅宽。

### 4.2 方法 2

整段织物不能放在标准大气中调湿的，可使织物松弛后，在温湿度较稳定的普通大气中，测量其幅宽(如方法 1)，然后用一系数对幅宽加以修正。

修正系数是在标准大气中，对松弛织物的一部分调湿后，测量幅宽，再计算得出。调湿时，这一部分从整段中开剪或不开剪均可。

## 4 仪器设备材料

4.1 钢尺：分度值为 mm，长度大于试样的宽度。

4.2 测定桌

## 5 调湿和试验用的大气

调湿和试验用大气采用 GB 6529 规定的标准大气，对仲裁性试验应采用二级标准大气。

## 6 试验步骤

6.1 取样及试样准备：按本规程 T1101-2017 的规定取样。

### 6.2 方法 1

#### 6.2.1 长度超过 5m 的样品

##### (1) 消除张力和临时标记

先将样品端头 1m~2m 在测定桌上放平，除去张力，在离端头约 1m 处作第一对临时标记；然后轻拉样品致中段在测定桌上放平，除去张力，作第二对临时标记；再拉样品到最后的 1m~2m，在测定桌上放平，除去张力，作第三对临时标记。

##### (2) 调湿

样品除去张力后，将其充分暴露在标准大气中调湿。调湿按本规程 T1101-2017 中的第 5 条规定进行，时间至少 24h，直到连续测量三对临时标记处幅宽的差异小于每个标记处幅宽的 0.25% 为止。

##### (3) 测量

将样品的临时标记抹去，放在测定桌上，以大致相等的间距（不超过 10m），测量样品的幅宽至少 5 处，测点离样品头尾端至少 1m。测量精确到 1mm。

#### 6.2.2 长度小于 5m 的样品

将样品平放在测定桌上，除去张力，以大致相等的间距标出至少 4 个标记，但第一个和最后一个标记不应标在距样品两端小于五分之一处，测量每一标记处的幅宽，并记录每一测量点的最后读数。测量精确到 1mm。

### 6.3 方法 2

#### 6.3.1 测量中畜宽

先使织物去除张力，并在普通大气中放置至少 24h，然后按 7.2.1.3 规定方法测量织物幅宽。

#### 6.3.2 作标记

将织物放在测定桌上,轻轻地拉动,直到织物中间的 2-3m 的部分在桌面上放平,去除张力,然后,在这部分靠近织物边部分做 4 个标记,标记之间宜相距 50 cm(至少 25 cm)。测量并记录 4 个标记处的幅宽。

### 6.3.3 调湿及最后测量

将 6.3.2 中做试验用标记部分的织物(从整段织物中开剪或不开剪均可),暴露在标准大气中,至少 24 h,再对标记处幅宽进行连续测量(连续测量间隔时间至少为 24 h),直到连续测量 4 个标记处幅宽所得的差异小于每个标记处幅宽的 .25% 时为止。记录最后 4 个读数的平均值。修正系数即为调湿后织物标记处平均幅宽与调湿前织物标记处平均幅宽的比值。

## 7 试验结果

### 7.1 方法 1

对长度超过 5m 的样品,用 5.2 测得的幅宽值,计算算术平均值  $\bar{w}$ ,即为该材料的幅宽。对长度小于 5m 的样品,用 5.3 测得的幅宽值,计算算术平均值  $\bar{w}$ ,即为该材料的幅宽。记录幅宽的最大值和最小值。

### 7.2 方法 2

#### 7.2.1 用式(T1113-1)计算织物幅宽

$$W_c = W_r * W_{sc} / W_s \quad (T1113-1)$$

式中:  $W_c$ ——调湿后的织物幅宽 (cm);

$W_r$ ——织物松弛后的平均幅宽 (cm);

$W_{sc}$ ——调湿后织物标记处的平均幅宽 (cm);

$W_s$ ——调湿前织物标记处的平均幅宽 (cm)。

#### 7.2.2 用式(2)计算最小和最大幅宽:

$$W_m = W_{mr} * W_{sc} / W_s \quad (T1113-2)$$

式中:  $W_m$ ——调湿后织物的最小或最大幅宽 (cm);

$W_{mr}$ ——织物松弛后的最小或最大幅宽 (cm);

W<sub>sc</sub>——调湿后松弛织物标记处的平均幅宽（cm）；

W<sub>s</sub>——调湿前织物标记处的平均幅宽（cm）。

### 7.3 计算精确度

计算精确到 1mm，按表 T1113-1 所列，分档按 GB8170 规定进行修约。

表 T1113-1 修约表

幅宽，mm	100~500	500~1000	1000 以上
精确度，mm	1	5	10

7.4 如需要按本规程 T1102-2017 的规定，计算标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_v$ 。

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 说明试验是按照本标准进行的；
- (2) 样品名称、规格；
- (3) 试验日期
- (4) 样品幅宽；
- (5) 样品最大和最小幅宽；
- (6) 测定的方法；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

幅宽是土工合成材料规格中重要的指标之一，直接影响到产品的有效使用面积，为本次修订的新增项。目前土工合成材料尚没有统一专用的幅宽测定方法，土工织物幅宽的测定通常采用纺织品幅宽的测试方法 GB/T 4667—1995《机织物幅宽的测定》，土工塑料膜材和片材则采用 GB/T 6673—2001《塑料薄膜和薄片长度和宽度的测定》的方法。本方法是参照 GB/T 4667—1995《机织物幅宽的测定》制定的，适用于大多数土工合成材料。

# T 1114-2017 土工格栅、土工网网孔尺寸测定

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了土工格栅、土工网网孔尺寸的测定方法。

1.2 本方法适用于各类孔径较大的土工格栅、土工网，其他相同类型的土工合成材料可参照执行。

## 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

## 3 定义

当量孔径：土工格栅、土工网等大孔径的土工合成材料，其网孔尺寸是通过换算折合成与其面积相当的圆形孔的孔径来表示的，称为当量孔径。

## 4 仪器设备及材料

游标卡尺：量程 200mm，精度 0.02mm。

其它：坐标纸、铅笔、求积仪。

## 5 试验步骤

5.1 取样：按本规程 T1101-2017 的规定取样。

5.2 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101-2017 中的第 5 条规定进行。

5.3 试样制备：除符合本规程 T1101-2017 的规定外，每块试样应至少包括 10 个完整的有代表性的网孔。

### 5.4 测试方法

5.4.1 对较规则网孔的试样：当网孔为矩形或偶数多边形时，测量相互平行的两边之间的距离；对三角形或奇数多边形，测量顶点与对边的垂直距离。同一测点平行测定两次，两次测定误差应小于 5%，取均值；每个网孔至少 5 个测点，读数精确到 0.1mm，取均值。

5.4.2 对于孔边呈弧线或不规则网孔的试样，检测时应将试样平整的放在坐标纸上固定好，用削尖的铅笔紧贴网孔内壁将网孔完整的描画在坐标纸上，用同一坐标纸一次描出所有的应测孔，每个网孔测描两次。

## 6 结果计算

### 6.1 计算网孔面积。

6.1.1 对较规则网孔，按下列公式计算网孔面积。

三角形网孔： $A=0.5774h^2$

矩形网孔： $A=h_x h_y$

五边形网孔： $A=0.7265h^2$

六边形网孔： $A=0.8860h^2$

式中：A——网孔面积， $\text{mm}^2$ ；

h——网孔高度，mm。

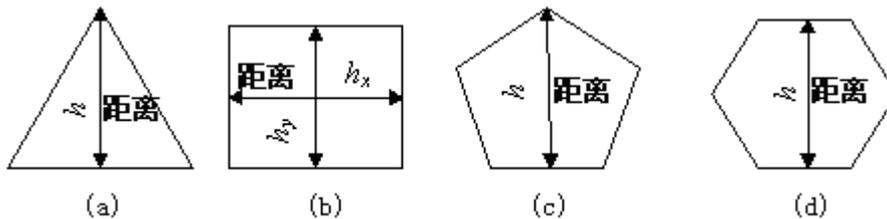


图 T1114-1 土工格栅、土工网网孔尺寸测试示意图

6.1.2 对不规则网孔，用求积仪测出坐标纸上每个网孔两次测描的面积，两次测量值误差应小于 3%，取均值。

6.2 按下式计算网孔的当量孔径，计算精确到 0.1mm。

$$De = 2 \times \sqrt{A/\pi} \quad (\text{T1114-1})$$

按本规程 T1102-2017 的规定计算 10 个网孔当量孔径的平均值  $\bar{D}_e$ ，按 GB8170 规定修约，精确到 1mm。标准差  $\sigma$  和变异系数  $C_v$  按本规程 T1102-2017 的规定计算。

## 7 试验报告

(1) 试样名称、规格；

- (2) 本次试验所采用的试验方法；
- (3) 试验结果；
- (4) 试验用大气条件；
- (5) 试验日期；
- (6) 试验中规定应说明的情况；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

本章是未修订章节，只是在条文的编排上有所变动。在一些工程中，有时需要确定土工格栅、土工网等大孔径网材的平均孔径，由于这些材料孔径较大而且往往不规则，无法用常规的筛分法或显微镜测量，本方法是针对这类材料制定的。

用卡尺测量时，应注意卡角紧贴孔边但不能使孔边受力变形；用铅笔描画时，也要求如此。在测量和描画时，可从上到下或从左到右依次测量，以免重复。当土工网材网孔形状不在规程所列范围内时，可自己推导面积公式或用求积仪直接测量面积。

## 5 力学性能试验

### T 1121-2017 宽条拉伸试验

#### 1 适用范围

本方法规定了采用宽条试样测定土工合成材料拉伸性能的方法。本标准适用于大多数土工合成材料，包括机织土工布、非织造土工布、针织土工布、土工复合材料、土工网、土工网垫和金属纤维制品，也适用于土工格栅和类似的网孔结构的土工布，但试样尺寸可能需要调整。本方法不适用于土工膜。

本拉伸试验方法包括强力和伸长特性的测定，以及割线模量、单位宽度的最大负荷及最大强力时伸长率的计算步骤。本标准包括测定调湿和浸湿两种试样拉伸性能的程序。

#### 2 引用标准

GB/T 6682 分析试验用水—规格和试验方法

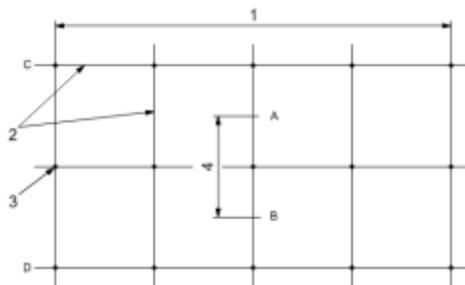
GB/T 15788 土工合成材料 宽条拉伸试验方法

#### 3 定义

##### 3.1 名义夹持长度

3.1.1 用伸长计测量时，名义夹持长度为：在试样的受力方向上，两参考标记点间的初始距离，一般为 60mm(两边距试样对称中心为 30mm)，记为 $L_0$ 。

对于格栅，标记点应在试样中部抗拉肋条的中心线上，两标记点间隔至少 60mm，且至少含有一个交叉点，两标记点距试样中心对称，且两标记点的距离为格栅节距（两相邻交叉点的中心距）的整数倍。如图T1121-1。



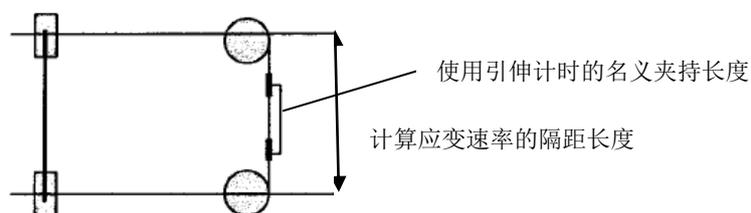
图T1121-1 双向格栅样片

1-宽度；2-肋条；3-交叉点（样片的边缘需保留至少 10mm的末端）；4-名义夹持长度（A、B两标点的距离）

3.1.2 用夹具的位移测量时，名义夹持长度为初始夹具间距，记为 $L_0$ 。其中，对于土

工织物，初始夹具间距一般为 100 mm。对于格栅，夹具初始间距（夹具的中心线到中心线）至少 300 mm，且夹具间样片至少包含 1 排交叉点。

3.2 隔距长度：试验机上下两夹具之间的距离（夹具的中心线到中心线），当用夹具的位移测量时隔距长度即为名义夹持长度。如图T1121-2 所示：



图T1121-2 不同夹具的隔距长度

3.3 预负荷伸长：在相当于最大负荷 1%的外加负荷下，所测的夹持长度的增加值，以mm表示（见图T1121-5 中的 $L_0'$ ）。

3.4 实际夹持长度：名义夹持长度加上预负荷伸长（预加张力夹持时）。

3.5 最大负荷：试验中所得到的最大拉伸力，以kN表示（见图T1121-5 中的D点）。

3.6 伸长率：试验中试样实际夹持长度的增加与实际夹持长度的比值，以%表示。

3.7 最大负荷下伸长率：在最大负荷下试样所显示的伸长率，以%表示。

3.8 特定负荷下的伸长率：试样被拉伸至某一特定负荷下对应的伸长率，以%表示。

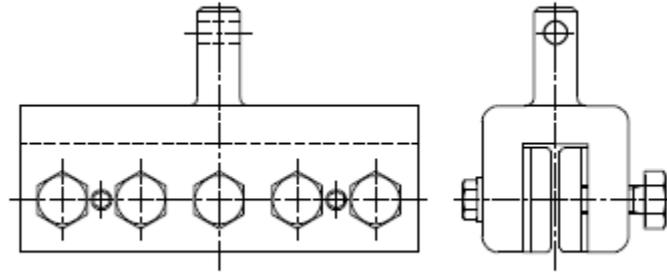
3.9 特定伸长率下的拉伸强度：试样被拉伸至某一特定伸长率时每单位宽度的拉伸力，以kN/m表示。

3.10 拉伸强度：试验中试样拉伸直至断裂时每单位宽度的最大拉力，以kN/m表示。

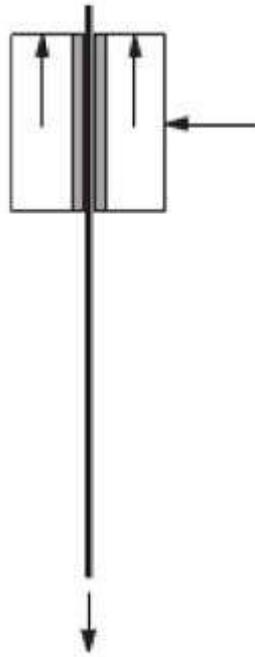
## 4 仪器设备及材料

4.1 拉伸试验机：达到一级试验机要求，具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中试样的拉力和伸长量，记录拉力—伸长曲线。

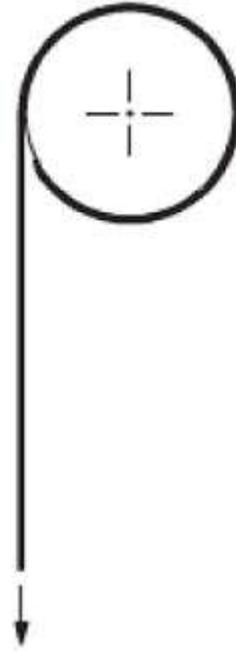
4.2 夹具：钳口表面应有足够宽度，大于 200mm，以保证能够夹持试样的全宽，并采用适当措施避免试样滑移和损伤。对大多数材料宜使用压缩式夹具包括自动加压或机械式，但对那些使用压缩式夹具出现过多钳口断裂或滑移的材料，可采用绞盘式夹具。如图 T1121-3 所示。



a) 机械压缩式夹具



b) 液压压缩式夹具



c) 绞盘式夹具

图 T1121-3 拉力测试夹具

4.3 伸长计：能够测量试样上两个标记点之间的距离，对试样无任何损伤和滑移，能反映标记点的真实动程。伸长计包括力学、光学、或电子形式的，伸长计的精度应不超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

4.4 蒸馏水：仅用于浸湿试样，见GB/T 6682。

4.5 非离子润湿剂：仅用于浸湿试样。

## 5 试样制备

5.1 取样：按本规程T1101-2017 的规定取样

5.2 试样数量：纵向和横向各剪取至少 5 块试样。

5.3 试样尺寸

5.3.1 非织造土工布、针织土工布、土工网、土工网垫、防渗土工膜、排水复合材料及其他产品

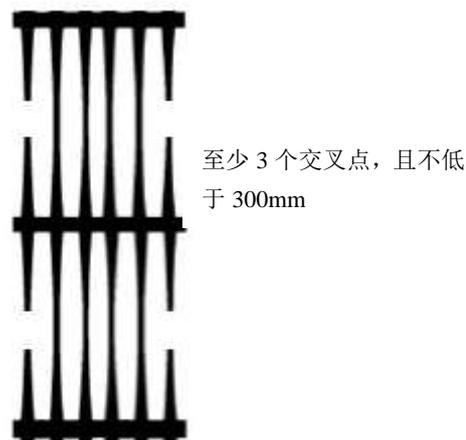
每块试样的最终宽度为 $(200\pm 1)$ mm，试样长度满足夹钳隔距 100mm，其长度方向与外加载荷的方向平行。对于使用切刀或剪刀裁剪时可能会对试样的结构造成影响的材料，可以使用热切或其他技术进行裁剪，并应在报告中注明。合适时，为监测滑移，可在钳口处沿试样的整个宽度，垂直于试样长度方向画两条间隔 100mm 的标记线。

### 5.3.2 机织土工布

对于机织土工布，将每块试样裁剪至约 220mm 宽，然后从试样两边拆除数目大致相等的边纱以得到 $(200\pm 1)$ mm 的名义试样宽度。

### 5.3.3 单向和双向土工格栅

每个试样至少为 200 mm 宽，试样长度至少包含 3 个交叉点，且不低于 300mm。试样的夹持线在交叉点处，除被夹钳夹持住的交叉点外，还应包含至少 1 排交叉点，如图 T1121-4 所示；对于横向节距大于或等于 75 mm 的产品，其宽度方向上应包含至少 4 个完整的抗拉单元。



图T1121-4 单向和双向格栅样片尺寸图

### 5.3.4 三向格栅

对于三向土工格栅，每个试样宽不小于 200mm，并具有足够的长度满足夹钳隔距不小于 100mm。切割试样并按图 1121-5 测量试样的宽度。用于测量伸长的标记点应标在试样节点的中心，同时应被至少 1 个节点或交叉组织间隔。必要时，标记点可被多排节点或交叉组织间隔以获得 60mm 的最小间距。在这种情况下，应保持在肋条中点标标记点，隔距长度应为格栅间距的整数倍。测量名义隔距长度，精确至 $\pm 1$ mm。

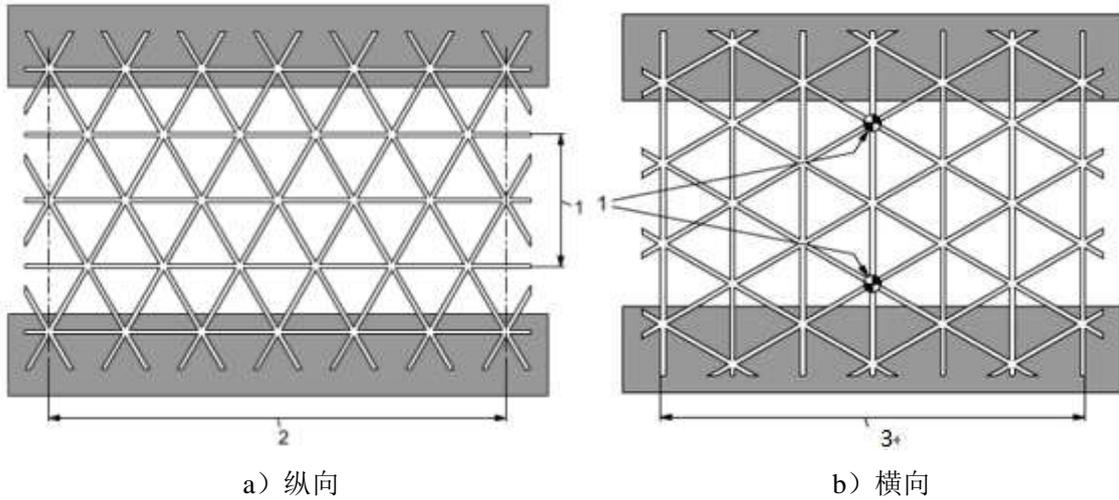


图 T1121-5 三向格栅样片尺寸图

1-伸长率测试中参考点的标记 $\geq 60\text{mm}$ ; 2-宽度 $\geq 200\text{mm}$ ; 3-受力单元的个数,  $n_s$ 。

### 5.3.5 四向格栅

每个试样的宽度不小于 200mm, 并具有足够的长度满足夹钳隔距不小于 100mm。距任意节点 10mm 裁剪所有肋条。试样应至少包含一排节点或交叉组织, 不包括被夹持在钳口中的节点(见图 1121-6)。当横向节距小于 75mm 时, 在其宽度方向上应至少有 4 个完整的抗拉单元。对于横向节距大于等于 75mm 而小于 120mm 的产品, 在其宽度方向上应包含至少 2 个完整的抗拉单元。对节距大于 120mm 的产品, 其宽度方向上具有 1 个完整的抗拉单元即可满足测试要求。

用于测量伸长的标记点应标在试样中排抗拉肋条上。两个标记点之间应至少间隔 60mm。标记点应标记在肋条的中点, 同时应被至少 1 个节点或交叉组织间隔。必要时, 标记点可被多排节点或交叉组织间隔以获得 60mm 的最小间距。在这种情况下, 在肋条中点或节点上标标记点, 隔距长度应为格栅间距的整数倍。测量名义隔距长度, 精确至 $\pm 1\text{mm}$ 。

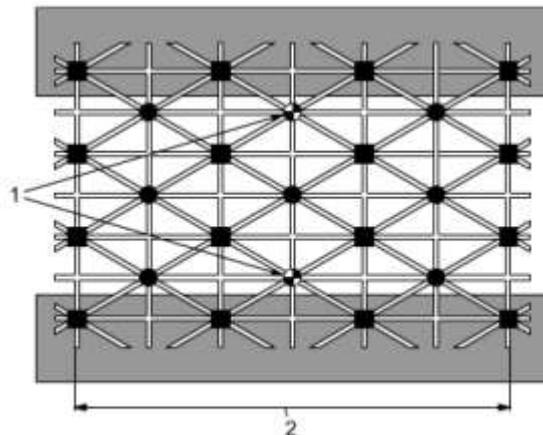


图 T1121-6 四向格栅样片尺寸图

1-伸长率测试中参考点的标记 $\geq 60\text{mm}$ ；2-受力单元的个数， $n_s$

#### 5.4 湿态试样

当需要测定湿态最大负荷和干态最大负荷时，剪取试样长度至少为通常要求的两倍。将每个试样编号后对折剪切成两块，一块用于测定干态最大负荷，另一块用于测定湿态最大负荷，这样使得每一对拉伸试验是在含有相同纱线或相同肋的试样上进行的。

#### 5.5 试样调湿和状态调节

在 GB/T 6529 规定的标准大气条件下进行调湿和试验。当试样在间隔至少 2h 的连续称重中质量变化不超过试样质量的 0.25%时，可认为试样已经调湿。对同一类型产品（相同结构和相同聚合物类型），当在不同温度和湿度条件下的试验结果与标准大气条件下的试验结果差异在可接受范围内时，可不在标准大气条件下调湿和试验，应在报告中说明。

用于进行湿态试验的样品应浸入温度为 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 的水中，浸泡时间应至少 24h，且足以使试样完全润湿，即在浸泡更长的时间后最大负荷或伸长率无显著差异。为使试样完全浸润，可在水中加入不超过 0.05%的非离子润湿剂。

### 6 试验步骤

#### 6.1 拉伸试验机的设定

选择试验机的负荷量程，使抗拉力在满量程负荷的 10%~90%之间。设定试验机的拉伸速度，为如图T1121-2 所示的隔距长度的 $(20\%\pm 1\%) \text{mm}/\text{min}$ 。如使用绞盘夹具，需在试验报告中注明使用了绞盘夹具。测试前需进行清零。

#### 6.2 夹持试样

将试样在夹具中对中夹持，注意纵向和横向的试样长度应与拉伸力的方向平行。合适的方法是将预先画好的横贯试件宽度的两条标记线尽可能的与上下钳口的边缘重合。对湿态试样，从水中取出后 3 min 内进行试验。

#### 6.3 试样预张

对已夹持好的试件进行预张，预张力相当于最大负荷的 1%，记录因预张试样产生的夹持长度的增加值 $L_0'$ 。

#### 6.4 使用伸长计时

安装伸长计，需符合 3.1.1 的要求，注意不能对试样有任何损伤，并确保试验中标

记点无滑移。

## 6.5 测定拉伸性能

开动试验机连续加荷直至试样断裂，停机并恢复至初始标距位置。记录最大负荷，记录最大负荷下的伸长量 $\Delta L$ ，精确到小数点后一位。

如试样在距钳口 5 mm 范围内断裂，结果应被剔除，纵横向每个方向至少试验 5 块有效试样。如试样在夹具中滑移，或者多于 1/4 的试样在钳口附近 5 mm 范围内断裂，可采取下列措施：夹具内加衬垫；对夹在钳口内的试样加以涂层；改进夹具钳口表面。无论采用了何种措施，应在试验报告中注明。

## 6.6 测定特定伸长率下的拉伸力

使用合适的记录测量装置，测定在任一特定伸长率下的拉伸力，精确至满量程的 0.2%。

# 7 结果计算

## 7.1 拉伸强度

计算每个试样的拉伸强度。使用公式 (T1121-1)：

$$\alpha_f = F_f \cdot C \quad (\text{T1121-1})$$

式中： $\alpha_f$ ——拉伸强度，kN/m；

$F_f$ ——最大负荷，kN。

对于机织土工布、土工网及土工复合材料等相关产品：

$$c = \frac{1}{B} \quad (\text{T1121-2})$$

式中： $B$ ——试样名义宽度，单位为米(m)。

对于单向土工格栅、双向土工格栅、三向土工格栅及四向土工格栅：

$$C = N_m/N_s \quad (\text{T1121-3})$$

式中： $N_m$ ——试样 1m 宽度内的肋数；

$N_s$ ——试样的测试肋数。

## 7.2 最大负荷下的伸长率 (见图T1121-7)

计算每个试样的伸长率。使用公式 (T1121-4)：

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0 + L_0'} \times 100 \quad (\text{T1121-4})$$

式中： $\varepsilon$ ——伸长率，%；

$L_0$ ——名义夹持长度；

$L_0'$ ——预负荷伸长量，mm；

$\Delta L$ ——最大负荷下的伸长量，mm。

### 7.3 特定负荷下的伸长率

计算每个试样的在特定负荷下的伸长率。使用公式 (T1121-5):

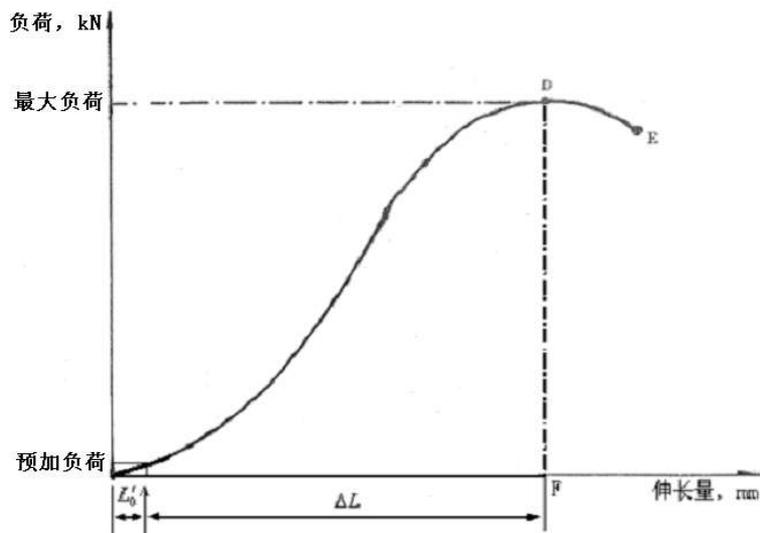
$$\varepsilon_s = \frac{\Delta L_s}{L_0 + L_0'} \times 100 \quad (\text{T1121-5})$$

式中:  $\varepsilon_s$  ——特定负荷下的伸长率, %;

$L_0$  ——名义夹持长度;

$L_0'$  ——预负荷伸长量, mm;

$\Delta L_s$  ——特定负荷下的伸长量, mm。



图T1121-7 松式夹持试样的负荷——伸长曲线图

### 7.4 特定伸长率下的拉伸力

计算每个试样在特定伸长率下的拉伸力, 用公式 (T1121-5) 计算, 用kN/m表示。

例如伸长率 2%时的拉伸力:

$$F_{2\%} = f_{2\%} \times C \quad (\text{T1121-6})$$

式中:  $F_{2\%}$  ——对应 2%伸长率时每延米拉伸力, kN/m;

$f_{2\%}$  ——对应 2%伸长率时试样的测定负荷, kN;

$C$  ——由公式 (T1121-2、T1121-3) 中求出。

### 7.5 平均值和变异系数

按本规程T1102-2017 的规定分别对纵向和横向两组试样的拉伸强度、最大负荷下伸长率及特定伸长率下的拉伸力计算平均值和变异系数, 拉伸强度和特定伸长率下的拉伸力精确至三位有效数字, 最大和特定负荷下的伸长率精确至 0.1%, 变异系数精确至 0.1%。每组有效试样数为 5 块。

## 8 试验报告

- (1) 试样名称、规格;
- (2) 试样状态, 湿样或干样;

- (3) 每个方向的试样数量；
- (4) 纵向和横向的拉伸强度；
- (5) 纵向和横向最大负荷下的伸长率；
- (6) 如果需要，分别计算出与 2%、5%伸长率相对应的拉伸力和特定拉伸力下的伸长率；
- (7) 测定值的标准偏差或变异系数；
- (8) 试验机的型号；
- (9) 夹具型式，包括夹具尺寸、钳口表面型式、变形测量系统和初始夹具隔距；
- (10) 如果需要，给出典型的负荷—伸长曲线；
- (11) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

土工格栅的拉伸强度和伸长率是各项工程设计中最基本的技术指标，拉伸性能的好坏，可以通过拉伸试验进行测试。测定土工格栅拉伸性能的试验方法有宽条法和单肋法。单肋法测试相对容易操作，由于宽条法的拉伸相对能体现出格栅的整体性能，使试验结果更加符合实际情况，所以宽条法在国际标准和国外先进国家标准中采用。

测定土工格栅拉伸性能的试验方法目前国内标准 GB/T 17689—2008《土工合成材料 塑料土工格栅》采用单筋或宽条拉伸，仲裁使用宽条法，美国标准 ASTM D6637—2015 采用单筋或宽条拉伸；而国际标准 ISO 10319—2015《土工合成材料 宽条拉伸试验》和国标 GB/T 15788-2005《土工布及其产品 宽条样法》包括土工格栅，采用的是宽条法。

本次修订的宽条拉伸试验方法，非等效采用了 ISO 10319—2015（宽条样法），并结合 ASTM D6637 对隔距长度和名义夹持长度进行了定义。较 JTG E50—2006 的主要不同点是：1. 修改了使用夹具位移测量时名义夹持长度时的取值和要求。2. 由于格栅 2%，5% 应变时的强度受隔距的取值影响比较明显，因此隔距长度定义为夹具中心线到中心线的距离，避免了样片在夹具中的变形对数据的影响。3. 对于适合土工格栅测试的夹具，进行图示。4. 明确了样片的长度为 300mm，且至少 3 个交叉点。5. 操作步骤中，拉伸速率由名义夹持长度的  $(20\% \pm 1\%) / \text{min}$ ，更改为隔距长度的  $(20\% \pm 1\%) \text{ mm/min}$ 。6. 给出了特定负荷下的伸长率的定义和计算公式。

# T 1122-2017 接头/接缝宽条拉伸试验

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了用宽条样测定土工合成材料接头和接缝拉伸性能的试验方法，方法包括测定调湿和浸湿两种试样拉伸性能的程序。

1.2 本方法适用于大多数土工合成材料，包括土工织物、土工复合材料，也适用于土工格栅，但试样尺寸要作适当改变，不适用聚合物或沥青防渗土工膜。

## 2 引用标准

GB/T 6682 分析试验用水——规格和试验方法

## 3 定义

### 3.1 接缝

两块或多块土工合成材料缝合起来的连续缝迹。

### 3.2 接头

两块或多块分开的土工合成材料，由除缝合外的其他方法接合起来的联接处。

### 3.3 接头/接缝强度

由缝合或接合两块或多块土工合成材料所形成联结处的最大抗拉强度，以 kN/m 为单位。

### 3.4 接头/接缝效率

接头/接缝强度与在同方向上所测定的土工合成材料的强度之比，以 % 表示。

## 4 仪器设备及材料

4.1 拉伸试验机：具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中试样的拉力和伸长量，记录拉力—伸长曲线。

4.2 夹具：钳口应有足够宽度，至少应与试样 200mm 同宽，以保证能够夹持试样的全宽，并采用适当措施避免试样滑移和损伤。

4.3 蒸馏水：符合 GB/T 6682 的要求。

4.4 非离子润湿剂。

## 5 试样制备

5.1 取样：按本规程 T1101-2017 的规定取样。

5.2 试样数量：剪取含接头/接缝试样至少 5 块，每块试样应含有一个接缝或接头，如需要湿态试验，另增加 5 块试样。

5.3 制样：如样品无接缝或接头，需要制备接缝或接头时，应根据施工实际中接头/接缝的型式，和有关方面的协议制备试样。剪取试样单元至少 10 个(每 2 个为一组)，每个单元尺寸应满足制备后的试样尺寸符合测定的要求。

注：试样制备时，两个接合或缝合在一起的单元应是同一方向（纵向或横向），而且接头/接缝应垂直于受力方向。为控制滑移，可沿试样的整个宽度与试样长度方向垂直地画 2 条间隔 100 mm 的标记线。

#### 5.4 试样尺寸

5.4.1 从接合或缝合的样品中剪取试样，每块试样的长度不少于 200mm，接头/接缝应在试样的中间部位，并垂直于受力方向，每块试样最终宽度为 200mm，按图 T1122-1 所示剪取试样，A 角为 90°。

5.4.2 对于机织土工织物，在距试样中心线 25mm 加上  $b/2$  的距离处剪 25mm 长的切口，以便拆去边纱得到 200mm 的名义宽度(见图 T1122-1)。

5.4.3 对于土工格栅和土工网，试样宽度至少为 200mm，包含不少于 5 个拉伸单元，长度应大于 100mm 加接头宽度，接头两侧应含有至少一排节点或交叉组织，这些节点或交叉组织不应包括被夹钳夹持住的及形成接头的节点或交叉组织，剪去离开该排节点 10mm 处的肋条或交叉组织(见图 T1122-2)。试样的交叉组织至少应比被测试的拉伸单元宽 1 个节距，以利形成接头。同时，在宽度上，连接样片的下样片比上样片多 1 根肋，避免测试时试样偏斜。

5.4.4 对于针织土工织物、复合土工织物或其他土工织物，用刀剪切试样可能会影响其结构，此时可采用热切，但应避免损伤图 T1122-1 中 A 的部位。

#### 5.5 试样调湿和状态调节

按本规程 T1121 中的 6.4 条规定进行。

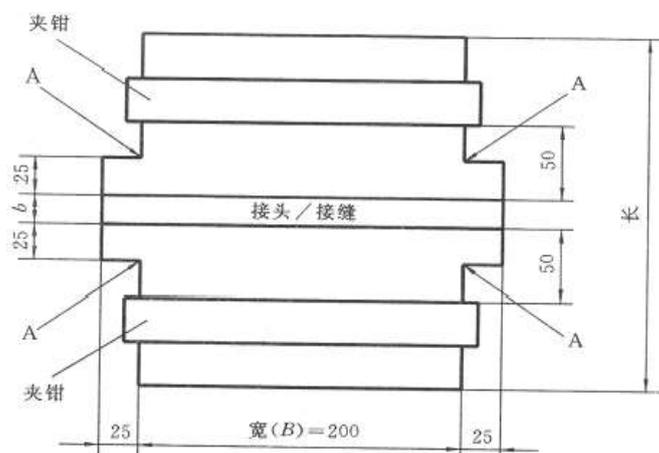


图 T1122-1 土工织物试样尺寸图（尺寸单位：mm）

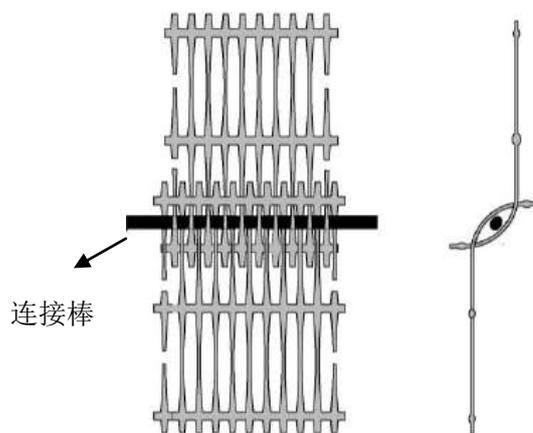


图 T1122-2 土工格栅试样图（尺寸单位：mm）

## 6 试验步骤

### 6.1 拉伸试验机的设定

调整两夹具间的隔距为  $100\text{mm} \pm 3\text{mm}$  再加上接缝或接头宽度，土工格栅、土工网除外。选择试验机的负荷量程，使断裂强力在满量程负荷的  $30\% \sim 90\%$  之间。设定试验机的拉伸速度，使试样的拉伸速率为名义夹持长度的  $(20\% \pm 1\%) / \text{min}$ 。

### 6.2 夹持试样

将试样放入夹钳中心位置，长度方向与受力方向平行，保证标记线与钳口吻合，以便观察试验过程中试样是否出现打滑。对于湿态试样，从水中取出  $3\text{min}$  内进行试验。

### 6.3 测定接头/接缝拉伸强度

开启拉伸试验机，直至接头/接缝或材料本身断裂。记录最大负荷，精确至满量程的  $2\%$ ，观察和记录断裂原因：

- a) 试样断裂；
- b) 缝线断裂；
- c) 试样与接头/接缝滑脱；
- d) 接缝开裂；
- e) 上述两种或多种组合；
- f) 其他。

如果试样是从图 T1122-1 A 点处开始断裂，或试样在夹具中打滑，则应剔除该试验结果并另取一试样进行测试。

## 7 结果计算

### 7.1 接头/接缝强度

按式(T1122-1)分别计算纵向或横向的接头/接缝强度，精确至三位有效数字。

$$S_f = F_f \times C \quad (\text{T1122-1})$$

式中：  $S_f$ ——接头/接缝强度，kN/m；

$F_f$ ——最大负荷，kN；

$C$ ——计算系数，由式(T1122-2)或(T1122-3)求得。

对于土工织物或类似小孔结构材料：

$$C = 1/B \quad (\text{T1122-2})$$

对于土工网、土工格栅或类似材料：

$$C = N_m / N_s \quad (\text{T1122-3})$$

式中：  $B$ ——试样宽度，m；

$N_m$ ——样品 1m 宽内的肋数；

$N_s$ ——试样内的拉伸测试的肋数。

7.2 按本规程 T1102-2006 的规定计算 5 块试样的接头/接缝强度的平均值  $\bar{S}_f$ ，接头/接缝强度的变异系数  $C_v$ 。

### 7.3 接头/接缝效率

如果需要计算接头/接缝效率，按本规程 T1121-2016（宽条拉伸试验方法）测定 5 块无接头/接缝试样的平均拉伸强度  $\bar{a}_f$ ，其拉伸方向应与接头/接缝试样相同。按 (T1122-4)式计算接头/接缝效率，计算至小数点后一位。

$$E = (\bar{S}_f / \bar{a}_f) \times 100 \quad (\text{T1122-4})$$

式中：  $E$ ——接头/接缝效率，%；

$\bar{S}_f$ ——平均接头/接缝强度，kN/m；

$\bar{a}_f$ ——无接头/接缝材料的平均拉伸强度，kN/m。

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格、产品的接合方法及方向、试样是否采用热切；
- (2) 试样的状态，即干态或湿态；
- (3) 拉伸试验机的类型及夹具型式；

- (4) 接头/接缝强度的单个值、平均值和变异系数；
- (5) 每一试样的断裂类型；
- (6) 如果需要的话，给出接头/接缝效率；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

#### 条文说明：

施工中土工合成材料的接头/接缝是不可避免的，而接头和接缝处往往是整个结构中的薄弱点，从某种意义上讲接头/接缝的强度就是整个产品的强度，直接影响工程的质量和寿命。本方法非等效采用了 ISO 10321-2008 《土工合成材料—接头/接缝宽条拉伸试验》，参考 GB/T16989-2013 《土工合成材料 接头/接缝宽条拉伸试验方法》，对原方法进行了修订，目的是通过测试产品的接头/接缝拉伸强度，来了解该产品实际可达到的强度，也可以与无接头/接缝的同一产品的拉伸强度进行比较，确定该产品的接头/接缝效率。

接头/接缝宽条拉伸试验方法适用于含有接头/接缝的土工织物和土工格栅，是对现成的接缝样品进行测试，对于无接头或接缝的样品不适用。这是因为试验方法中没有规定接头/接缝形式，但如果有协议，或委托方提供具体的接头/接缝方法，则可按协议或提供的方法制备试样。另外试验不计算伸长率。

修改主要内容如下：1、明确该方法不适用于聚合物或沥青复合防渗土工膜。2、为了便于测试，对土工格栅的试样尺寸及制备进行了修改：在宽度上，连接样片的下样片比上样片多 1 根肋。

# T 1123-2017 条带拉伸试验

## 1 适用范围

本方法规定了单肋试样测定土工格栅拉伸性能的试验方法。

## 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

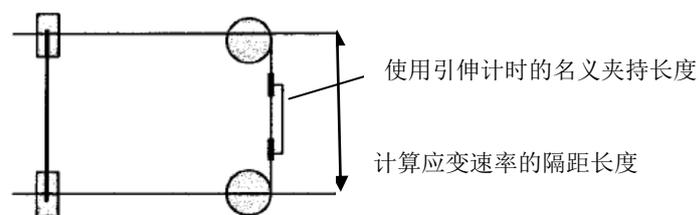
## 3 定义

### 3.1 名义夹持长度

3.1.1 用伸长计测量时，名义夹持长度为：在试样的受力方向上，两参考标记点间的初始距离。标记点应在试样中部抗拉肋条的中心线上，两标记点间隔至少 60mm，且至少含有一个交叉点，两标记点距试样中心对称，且两标记点的距离为格栅节距（两相邻交叉点的中心距）的整数倍，记为 $L_0$ 。

3.1.2 用夹具的位移测量时，名义夹持长度为：夹具初始间距（夹具的中心线到中心线）至少 300 mm，且夹具间样片至少包含 1 排交叉点，记为 $L_0$ 。

3.2 隔距长度：试验机上下两夹具之间的距离（夹具的中心线到中心线），当用夹具的位移测量时隔距长度即为名义夹持长度。如图T1123-1 所示。



图T1123-1 不同夹具的隔距长度

3.3 预负荷伸长：在相当于最大负荷 1% 的外加负荷下，所测的夹持长度的增加值，以 mm 表示（见图T1123-4 中的 $L_0'$ ）。

3.4 实际夹持长度：名义夹持长度加上预负荷伸长（预加张力夹持时）。

3.5 最大负荷：试验中所得到的最大拉伸力，以 kN 表示（见图T1123-4 中的 D 点）。

3.6 伸长率：试验中试样实际夹持长度的增加与实际夹持长度的比值，以 % 表示。

3.7 最大负荷下伸长率：在最大负荷下试样所显示的伸长率，以 % 表示。

3.8 特定负荷下的伸长率：试样被拉伸至某一特定负荷下对应的伸长率，以 % 表示。

3.9 特定伸长率下的拉伸力：试样被拉伸至某一特定伸长率时每单位宽度的拉伸力，以

kN/m表示。

3.10 拉伸强度：试验中试样拉伸直至断裂时每单位宽度的最大拉力，以kN/m表示。

#### 4 仪器设备及材料

4.1 拉伸试验机：具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中试样的拉力和伸长量，记录拉力—伸长曲线。

4.2 夹具：钳口应有足够的约束力，并采用适当措施避免试样滑移和损伤。适用土工格栅的夹具如图 T1123-2 所示。对大多数材料宜使用压缩式夹具包括自动加压或机械式，但对那些使用压缩式夹具出现过多钳口断裂或滑移的材料，可采用绞盘式夹具。

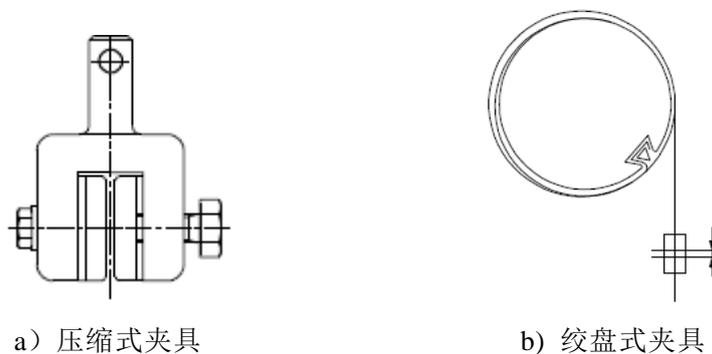


图 T1123-2 条带拉伸测试夹具

4.3 伸长计：能够测量试样上两个标记点之间的距离，对试样无任何损伤和滑移，能反映标记点的真实动程。伸长计包括力学、光学、或电子形式的，伸长计的精度应不超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

4.4 蒸馏水：仅用于浸湿试样，见GB/T 6682。

4.5 非离子润湿剂：仅用于浸湿试样。

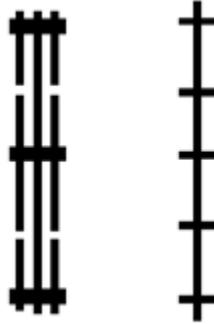
#### 5 试样制备

5.1 取样：按本规程T1101-2017 的规定取样

5.2 试样数量：纵向和横向各剪取至少 10 根单肋试样。

5.3 试样尺寸

5.3.1 土工格栅，试样长度至少包含 3 个交叉点，且不低于 300mm。试样的夹持线在交叉点处，除被夹钳夹持住的交叉点外，还应包含至少 1 排交叉点，如图T1123-3 所示。



图T1123-3 格栅样片尺寸图

5.3.2 当需要测定湿态最大负荷和干态最大负荷时，剪取试样长度至少为通常要求的两倍。将每个试样编号后对折剪切成两块，一块用于测定干态最大负荷，另一块用于测定湿态最大负荷，这样使得每一对拉伸试验是在含有相同肋的试样上进行的。

#### 5.4 试样调湿和状态调节

5.4.1 土工格栅试样一般放在  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  温度下进行的状态调节 24 小时，并在该环境下进行试验。

5.4.2 湿态试验所用试样应浸入温度为  $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  的蒸馏水中，浸润时间应足以使试样完全润湿或者至少 24h，为使试样完全湿润，也可以在水中加入不超过 0.05% 的非离子型润湿剂。

5.4.3 如确认试样不受环境影响，则可不进行调湿和状态调节，但应在报告中注明试验时的温度和湿度。

## 6 试验步骤

### 6.1 拉伸试验机的设定

选择试验机的负荷量程，使抗拉力在满量程负荷的 10%~90% 之间。设定试验机的拉伸速度，为如图 T1123-1 隔距长度的  $(20\% \pm 5\%) \text{ mm/min}$ 。如使用绞盘夹具，需在试验报告中注明使用了绞盘夹具。测试前需进行清零。

### 6.2 夹持试样

将试样在夹具中对中夹持，注意纵向和横向的试样长度应与拉伸力的方向平行。合适的方法是将预先画好的横贯试件宽度的两条标记线尽可能的与上下钳口的边缘重合。对湿态试样，从水中取出后 3 min 内进行试验。

### 6.3 试样预张

对已夹持好的试件进行预张，预张力相当于最大负荷的 1%，记录因预张试样产生的夹持长度的增加值 $L_0'$ 。

#### 6.4 使用伸长计时

安装伸长计，需符合 3.1.1 的要求，注意不能对试样有任何损伤，并确保试验中标记点无滑移。

#### 6.5 测定拉伸性能

开动试验机连续加荷直至试样断裂，停机并恢复至初始标距位置。记录最大负荷，精确至满量程的 0.2%；记录最大负荷下的伸长量 $\Delta L$ ，精确到小数点后一位。

如试样在距钳口 5 mm 范围内断裂，结果应被剔除，纵横向每个方向至少试验 5 块有效试样。如试样在夹具中滑移，或者多于 1/4 的试样在钳口附近 5 mm 范围内断裂，可采取下列措施：夹具内加衬垫；对夹在钳口内的试样加以涂层；改进夹具钳口表面。

无论采用了何种措施，应在试验报告中注明。

#### 6.6 测定特定伸长率下的拉伸力

使用合适的记录测量装置测定在任一特定伸长率下的拉伸力，精确至满量程的 0.2%。

### 7 结果计算

7.1 拉伸强度，按式 (T1123-1) 计算：

$$\alpha_f = (f \times n) / L \quad (\text{T1123-1})$$

式中： $\alpha_f$ ——拉伸强度 (kN/m)；  
f——试件的最大拉伸力 (kN)；  
n——样品宽度上的筋数；  
L——样品宽度 (m)。

7.2 试样最大负荷下的伸长率 (见图T1123-4)，按式 (T1123-2) 计算：

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0 + L_0'} \times 100 \quad (\text{T1123-2})$$

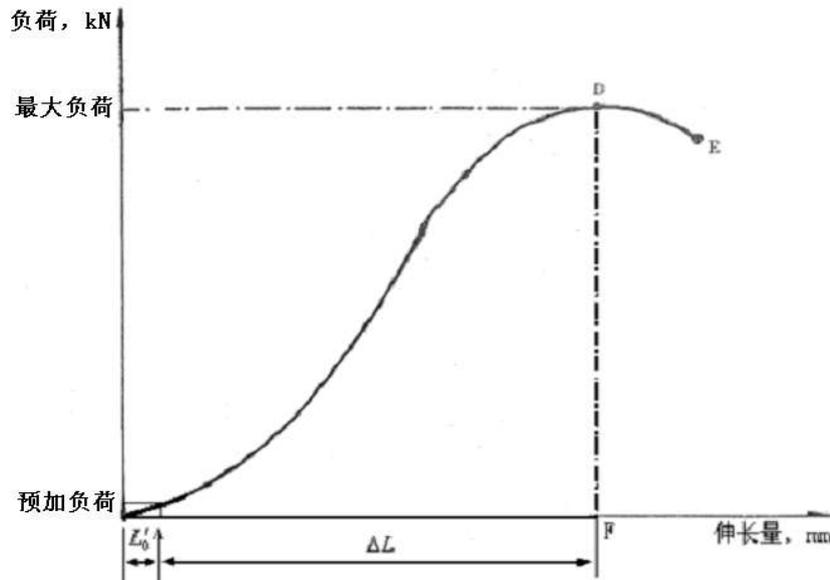
式中： $\varepsilon$ ——最大负荷下的伸长率 (%)；  
 $L_0$ ——名誉夹持长度；  
 $L_0'$ ——预负荷伸长量 (mm)；  
 $\Delta L$ ——最大负荷下的伸长量 (mm)。

7.3 特定负荷下的伸长率

计算每个试样的在特定负荷下的伸长率。使用公式 (T1123-3)：

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta L_s}{L_0 + L_0'} \times 100 \quad (\text{T1123-3})$$

式中： $\varepsilon_s$ ——特定负荷下的伸长率（%）；  
 $L_0$ ——名义夹持长度；  
 $L_0'$ ——预负荷伸长量（mm）；  
 $\Delta L_s$ ——特定负荷下的伸长量（mm）。



图T1123-4 松式夹持试样的负荷——伸长曲线图

#### 7.4 特定伸长率下的拉伸力，按式（T1123-4）计算

例如伸长率2%时的拉伸力：

$$F_{2\%} = (f_{2\%} \times n) / L \quad (\text{T1123-4})$$

式中： $F_{2\%}$ ——对应2%伸长率时每延米拉伸力（kN/m）；  
 $f_{2\%}$ ——对应2%伸长率时试件的拉伸力（kN）；  
 $n$ ——样品宽度上的筋数；  
 $L$ ——样品宽度（m）。

7.5.1 按本规程T1102-2017的规定分别对纵向和横向两组试样的拉伸强度、最大负荷下伸长率及特定负荷下的伸长率、特定伸长率下的拉伸力计算平均值和变异系数，拉伸强度和特定伸长率下的拉伸力精确至三位有效数字，最大和特定负荷下的伸长率精确至0.1%，变异系数精确至0.1%。

7.5.2 每组有效试样数为10个。

## 8 试验报告

- (1) 试样名称、规格型号；
- (2) 试样状态；

- (3) 每个方向的试样数量；
- (4) 纵向和横向的平均拉伸强度；
- (5) 纵向和横向最大负荷下的伸长率；
- (6) 如果需要，计算特定负荷下的伸长率和特定伸长率下的拉伸力；
- (7) 标准偏差或变异系数；
- (8) 试验机的型号；
- (9) 夹具型式，包括夹具尺寸、钳口表面型式、变形测量系统和初始夹具隔距；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

#### 条文说明：

测定土工格栅拉伸性能的试验方法有宽条法和单肋法。单肋法测试相对宽条法容易操作，测定土工格栅拉伸性能的试验方法目前国内标准 GB/T 17689—2008 《土工合成材料 塑料土工格栅》采用单筋或宽条拉伸，仲裁使用宽条法，GB/T 21825—2008 《玻璃纤维土工格栅》采用的单肋法，美国标准ASTM D6637—2015 采用单筋或宽条拉伸。

本次修订的单肋拉伸试验方法，参考GB/T 17689—2008，并结合ASTM D6637 对隔距长度和名义夹持长度进行了定义。较JTG E50—2006 版的主要不同点是：1. 修改了使用夹具位移测量时名义夹持长度时的取值和要求。2. 由于格栅 2%，5%应变时的强度受隔距的取值影响比较明显，因此隔距长度定义为夹具中心线到中心线的距离，避免了样片在夹具中的变形对数据的影响。3. 对于适合土工格栅测试的夹具，进行图示。4. 明确了样片的长度为 300mm，且至少 3 个交叉点。5. 操作步骤中，拉伸速率由名义夹持长度的  $(20\% \pm 1\%) / \text{min}$ ，更改为隔距长度的  $(20\% \pm 1\%) \text{ mm/min}$ 。6. 给出了特定负荷下的伸长率的定义和计算公式。

## T 1124-2017 粘结点极限剥离力试验

### 1 适用范围

1.1 本方法规定了测定土工格栅粘结点极限剥离力的试验方法。

1.2 本方法适用于测定土工格栅粘结点的极限剥离力,其他土工合成材料粘结点极限剥离力的测定可参照执行。

### 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

### 3 仪器设备及材料

3.1 拉伸试验机:应具有等速拉伸功能,拉伸速率可以设定和控制。

3.2 剥离试验专用夹具:宽度可调,以便夹持不同宽度试样,并能保持剥离时试样不滑移和损伤。

### 4 试样制备

4.1 取样:按本规程 T 1101-2017 的规定取样。

4.2 制样:单向格栅横向截取 5 个剥离试样,双向格栅纵横各截取 5 个剥离试样,每个剥离试样都含一个粘结点,试件见图 T 1124-1。

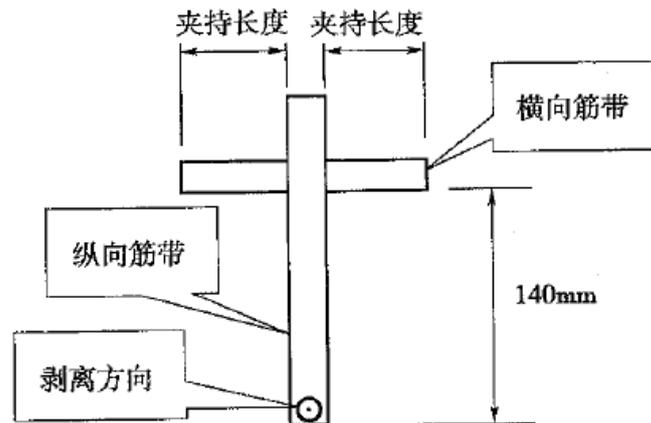


图 T 1124-1 剥离试样示意图

4.3 试样调湿和状态调节:按本规程 T 1101-2017 中的第 5 条规定进行。

### 5 试验步骤

5.1 拉伸试验机试验条件的设定

选择量程范围,使剥离最大负荷在满量程负荷的 20%~90% 范围之内,并设定拉伸速率为 50 mm/min  $\pm$  5mm/min。

## 5.2 夹持试样

安装剥离拉伸试验专用夹具，将试样横向筋带夹持在夹具中，调整夹持器的间距，使夹具水平夹住试样粘焊点横向筋带的两端（靠近纵向筋带处），夹持长度为横向筋带宽度的两倍并且不小于 50mm，使两夹持面和剥离轴线处在同一平面上，以保证剥离时试样不发生扭曲，并使剥开面向着操作者（见图 T 1124-1）。

## 5.3 启动试验机

启动拉伸试验机进行试样粘焊点的剥离试验，直到粘焊点完全剥离方可停机，记录剥离时的最大剥离力，以 N 为单位。

## 6 试验结果

单向格栅粘焊点极限剥离力，以横向 5 个试样最大剥离力的算术平均值表示。双向格栅粘焊点极限剥离力，分别以横向 5 个、纵向 5 个试样的最大剥离力的算术平均值表示。计算到小数点后 1 位，以 N 为单位，按 GB 8170 修约到整数。

如果需要，按本规程 T 1102-2017 的规定计算格栅粘焊点极限剥离力的变异系数  $C_v$ ，变异系数精确至 0.1%。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- （1）样品名称、规格型号和状态描述；
- （2）试验结果；
- （3）试验日期；
- （4）试验用的仪器类型；
- （5）试验用的大气条件；
- （6）试验中规定应注明的情况；
- （7）任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

随着工程技术要求的不断提高，对格栅的结点强度提出了更高的要求，传统的粘焊方式已不足以满足工程需求，新型的超声波高频、高强焊接加工，使格栅结点强度大幅提高。因此，本规范修订过程中，将粘焊点极限剥离力修订为粘结点极限剥离力，同时对负载量程的选择进行了修改。本方法在原试验方法的基础上，参照交通运输行业标准《公路工程土工合成材料 土工格栅 第 1 部分：钢塑格栅》（JT/T 925.1-2014）相关技术要求，其他土工合成材料粘结点极限剥离力的测定亦可参照执行。

## T 1125-2017 梯形撕破强力试验

### 1 适用范围

1.1 本方法规定了用梯形试样测定土工织物撕破强力的方法。

1.2 本方法适用于测定土工织物的梯形撕破强力。

### 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

### 3 仪器设备及材料

3.1 拉伸试验机：应具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中的应力、应变量，记录应力-应变曲线。

3.2 夹具：宽度应足够夹持整个试样的宽度，且应在试验过程中保证试样不滑移或破损。

3.3 梯形样板：形式及尺寸如图 T 1125-1 所示。

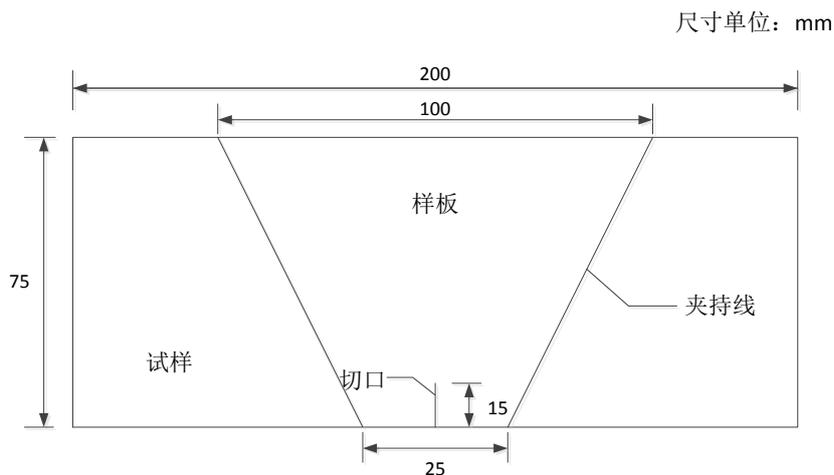


图 T1125-1 梯形样板

### 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T 1101-2017 的规定取样。

4.2 制样：纵向和横向各取 10 块试样，每块试样的尺寸为  $(75 \pm 1) \text{ mm} \times (200 \pm 2) \text{ mm}$ 。用梯形板在每个试样上画一个等腰梯形，按图 T 1125-1 所示在梯形短边中心剪一个 15mm 的切口。

4.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101-2017 中的第 5 条规定进行。

### 5 试验步骤

调整拉伸试验机卡具的初始距离为  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ，设定满量程范围，使试样最大撕

破负荷在满量程负荷的 10%~90% 范围内，设定拉伸速率为 100mm/min ± 5mm/min。将试样放入卡具内，使夹持线与夹钳钳口线相平齐，然后旋紧上、下夹钳螺栓，同时要注意试样在上、下夹钳中间的对称位置，使梯形试样的短边保持垂直状态。开动拉伸试验机，直至试样完全撕破断开，记录最大撕破强力值，以 N 为单位。

如试样从夹钳中滑出或不在切口延长线处撕破断裂，则应剔除此次试验数值，并在原样品上再截取试样，补足试验次数。

## 6 试验结果

按本规程 T 1102-2017 的规定分别计算纵、横向撕破强力的平均值和变异系数。纵、横向撕破强力以各自 10 次试验的算术平均值表示，以 N 为单位，计算到小数点后 1 位，按 GB 8170 修约到整数；变异系数精确至 0.1%。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验结果；
- (3) 试验日期；
- (4) 试验用的仪器类型；
- (5) 试验用的大气条件；
- (6) 试验中规定应注明的情况；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

修订过程中进一步明确试样的尺寸、试验机卡具初始距离，并参考国内外相关标准及试样典型撕裂曲线，对负载量程的范围进行了调整。

# T 1126-2017 CBR 顶破强力试验

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了测定土工织物顶破强力、顶破位移和变形率的试验方法。

1.2 本方法通常在规定标准大气调湿后的试样上进行。

1.3 本方法适用于土工织物、土工膜及其复合产品，但不适用于孔径大于 10mm 的材料。

## 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

## 3 定义

3.1 顶破强力 push-through force

顶压杆顶压试样直至破裂过程中测得的最大顶压力。

3.2 顶破位移 push-through displacement

从顶压杆顶端开始与试样表面接触时起，直至达到顶破强力时，顶压杆顶进的距离。

3.3 变形率 deformation rate

环形夹具内侧至顶压杆边缘之间试样的长度变化百分率。

## 4 仪器设备及材料

4.1 试验机：应具有等速加荷功能，加荷速率可以设定，并能测读加荷过程中的应力、应变量，记录应力-应变曲线。

4.2 顶破夹具：顶破夹具应保证试样不滑移或破损。环形夹具内径为 150mm±0.5mm（见图 T 1126-1），其中心必须在顶压杆的轴线上。

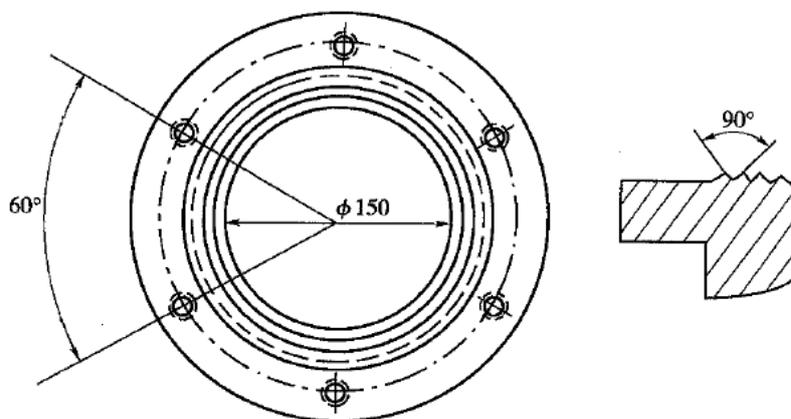


图 T 1126-1 夹持设备(尺寸单位:mm)

4.3 顶压杆：直径为  $50\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  的钢质圆柱体，顶端边缘倒成  $2.5\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$  半径的圆弧（见图 T 1126-2）。

## 5 试样制备

5.1 取样：按本规程 T 1101-2017 的规定取样。

5.2 制样：裁取  $\Phi 300\text{mm}$  的圆形试样 5 块，试样上不得有影响试验结果的可见疵点，在每块试样离外圈  $50\text{mm}$  处均等开 6 条  $8\text{mm}$  宽的槽（见图 T 1126-3）。

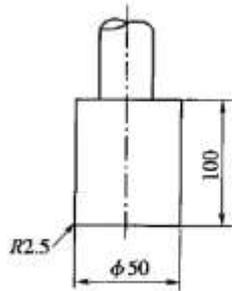


图 T 1126-2 顶压杆(尺寸单位:mm)

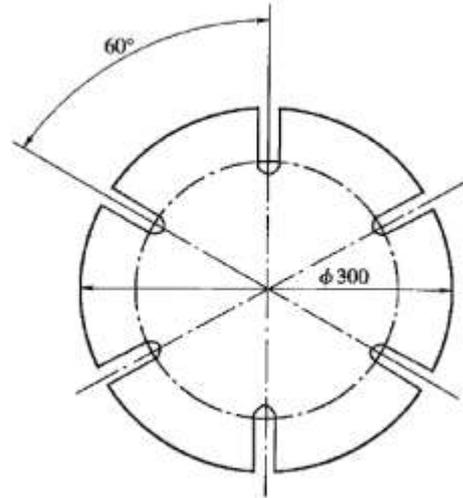


图 T 1126-3 试样(尺寸单位:mm)

5.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101-2017 中的第 5 条规定进行。

## 6 试验步骤

6.1 试样夹持：将试样放入环形夹具内，使试样在自然状态下拧紧夹具，以避免试样在顶压过程中滑动或破损。

6.2 将夹持好试样的环形夹具对中放于试验机上，设定试验机满量程范围，使试样最大顶破强力在满量程负荷的  $30\% \sim 90\%$  范围内，设定顶压杆的下降速度为  $50\text{mm}/\text{min} \pm 5\text{mm}/\text{min}$ 。

6.3 启动试验机，直到试样完全顶破为止，预加张力为  $20\text{N}$  时，开始记录位移、观察和记录顶破情况，记录顶破强力（N）和顶破位移值（mm）。如土工织物在夹具中有明显滑动，则应剔除此次试验数据，并补做试验至 5 块。

## 7 结果计算

7.1 按本规程 T 1102-2017 的规定，分别计算 5 块试样的顶破强力（N）、顶破位移（mm）的平均值和变异系数  $C_v$ 。顶破强力和顶破位移计算至小数点后 1 位，按 GB 8170 修约到整数。

7.2 变形率计算至小数点后 1 位，按 GB 8170 修约到整数。

错误！未找到引用源。 (T 1126-1)

错误！未找到引用源。 (T 1126-2)

式中：h——顶压杆位移距离（mm）；

L0——试验前夹具内侧到顶压杆顶端边缘的距离（mm）；

L1——试验后夹具内侧到顶压杆顶端边缘的距离（mm）；

$\varepsilon$ ——变形率（%）。

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验结果；
- (3) 试验日期；
- (4) 试验用仪器；
- (5) 试验用大气条件；
- (6) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明：

土工合成材料在工程结构中，要承受各种法向静态力的作用，所以顶破强力是土工合成材料力学性能的重要指标之一。评价顶破强力的方法不少，其中专用于土工织物、土工膜及其有关产品的方法有 CBR 顶破（圆柱形顶杆）和圆球顶破，而 CBR 顶破强力被广泛地用于土工织物产品标准的技术要求中。本次主要修订点是：明确本试验方法的适用范围；增加了术语的英文名称；删除了顶压杆高度须大于 100mm 的规定，对顶压杆尺寸进行细化；将顶压速率修改为 50mm/min±5mm/min，与国家标准《土工布顶破强力试验方法》（GB/T 14800-2010）一致；增加“预加张力为 20N 时开始记录位移”。

# T 1127-2017 刺破强力试验

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了测定土工织物刺破强力的试验方法。

1.2 本方法适用于土工织物、土工膜，及其复合产品，但不适用于孔径大于 10mm 的材料。

## 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

## 3 仪器设备及材料

3.1 试验机：应具有等速加荷功能，加载速率可以设定，能测读加载过程中的应力、应变，记录应力-应变曲线，要求行程大于 100mm，加载速率能达到 300mm/min  $\pm$  10mm/min。

3.2 环形夹具：内径 45mm  $\pm$  0.025mm，底座高度大于顶杆长度，有较高的支撑力和稳定性。

3.3 平头顶杆：钢质实心杆，直径 8mm  $\pm$  0.01mm，顶端边缘倒角 0.5mm x 45°。

## 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T 1101-2017 的规定取样。

4.2 制样：裁取圆形试样 10 块，直径不小于 100mm，试样上不得有影响试验结果的可见疵点，根据夹具的具体结构在对应螺栓的位置处开孔。

4.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101-2017 中的第 5 条规定进行。

## 5 试验步骤

5.1 试样夹持，将试样放入环形夹具内，使试样在自然状态下拧紧夹具（见图 T 1127-1）。

5.2 将装好试样的环形夹具对中放于试验机上，夹具中心应在顶杆的轴心线上。

5.3 设定试验机的满量程范围，使试样最大刺破力在满量程负荷的 10%~90% 范围内，设定加载速率为 300mm/min  $\pm$  10mm/min。

5.4 对于湿态试样，从水中取出后 3min 内进行试验。

5.5 开机，记录顶杆顶压试样时的最大压力值即为刺破强力。如土工织物在夹具中有明显滑移则应剔除此次试验数据。

5.6 按照上述步骤，测定其余试样，直至得到 10 个测定值。

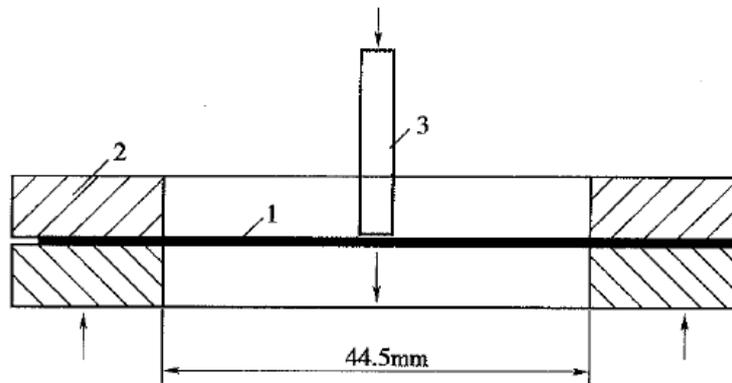


图 T 1127-1 刺破试验示意图  
1-试样;2-环形夹具;3- $\phi 8\text{mm}$  平头顶杆

## 6 结果计算

按本规程 T 1102-2017 的规定计算 10 块试样刺破强力的平均值(N)，按 GB 8170 修约到 3 位有效数字。如果需要，按本规程 T 1102-2017 的规定计算刺破强力的变异系数  $C_v$ ，精确至 0.1%。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 试验用大气条件；
- (5) 试样刺破强力的平均值；
- (6) 如果需要，给出刺破强力的变异系数；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

刺破强力的原理方法与 CBR 顶破强力类似，但在顶杆直径、试样面积和顶压速率上有所不同。刺破强力反映的是土工合成材料抵抗小面积集中负荷的能力，适用于各种机织土工织物、针织土工织物、非织造土工织物、土工膜和复合土工织物等产品。但对一些较稀松或孔径较大的机织物不适用，土工网和土工格栅一般不进行该项试验。因此修订过程中明确了本试验方法的适用范围。

# T 1128-2017 落锥穿透试验

## 1 适用范围

1.1 本方法规定了测定土工织物及其有关产品抵抗从固定高度落下钢锥穿透能力的方法。

1.2 本方法适用于土工织物、土工膜，及其复合产品。

## 2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

## 3 仪器设备及材料

3.1 环形夹具：夹具的内径为  $150\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

3.2 落锥架：支撑环形夹具的框架和从  $500\text{mm} \pm 2\text{mm}$  的高度处（锥尖至试样的距离）释放落锥至试样中心的装置（见图 T 1128-1）。

注：可采用不限制落锥下落速率的导杆或借助于机械释放系统，以保证落锥锥尖朝下自由下落。

3.3 不锈钢落锥：锥角  $45^\circ$ ，最大直径为  $50\text{mm}$ ，表面抛光，总质量为  $1000\text{g} \pm 5\text{g}$ 。

3.4 量锥：顶角比落锥小，最大直径为  $50\text{mm}$ ，质量为  $600\text{g} \pm 5\text{g}$ ，标有刻度（见图 T 1128-2）。

## 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T 1106-2017 的规定取样。

4.2 制样：裁取圆形试样 10 块，大小应与所用试验装置相适应，试样上不得有影响试验结果的可见疵点。如果已知被测试样品两面的特性不同，应对两面分别试验 10 块试样，并在试验报告中说明，给出每面的试验结果。

4.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101-2017 中的第 5 条规定进行。

## 5 试验步骤

5.1 将试样无褶皱地在环形夹具中夹紧，避免对试样施加预张力，并防止试验过程中试样的滑移。

5.2 将装有试样的环形夹具放置在框架上（见图 T 1128-1），采用适当的方法，保证夹具在框架中对中水平放置。

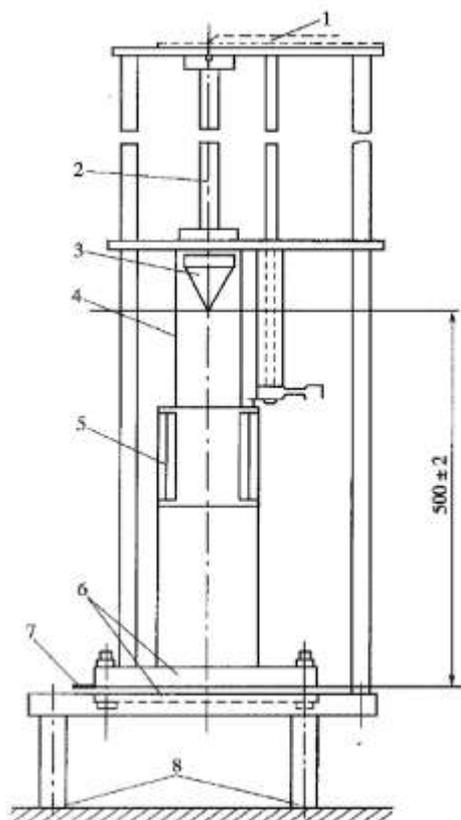


图 T 1128-1 落锥架示意图(尺寸单位:mm)

1-释放系统;2-导杆;3-落锥;4-金属屏蔽;5-屏蔽;  
6-夹持环;7-试样;8-水平调节螺丝

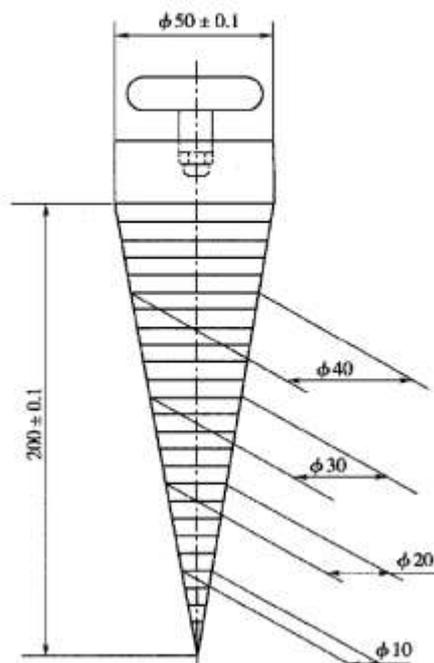


图 T 1128-2 量锥示意图(尺寸单位:mm)

5.3 释放落锥，从锥尖离试样  $500\text{mm} \pm 2\text{mm}$  的高度自由跌落在试样上，记录任何不正常的现象。如落锥在试样上跳动，第 2 次落下形成又一个破洞，在这种情况下，测量较大的破洞。

5.4 立即从破洞中取出落锥，将量锥在自重的作用下放入破洞，10s 后测读该洞的直径，读数精确至毫米。测量值应当是在量锥处于垂直位置时的最大可见直径。如果材料的各向异性明显，即纵向和横向的性能不同，除测量较大的破洞外，有必要对其他破洞孔径进行说明。如完全穿透试样，则不需测量，记录为完全穿透。

## 6 试验结果的计算

按本规程 T 1102--2017 的规定计算 10 块试样破洞直径的算术平均值 (mm) 和变异系数  $C_v$ ，破洞直径计算至小数点后 1 位，按 GB 8170 修约到整数。

注：如果落锥完全穿透一块或多块试样，造成 50mm 的破洞，则不需计算平均值和变异系数。这种情况下，应在试验报告中报出单值，并就该性能作出专门的说明。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号和状态描述;
- (2) 试验日期;
- (3) 试验用仪器;
- (4) 试验大气条件;
- (5) 破洞直径的平均值、变异系数;
- (6) 不正常的状态, 如第 2 次穿透;
- (7) 根据破洞形状指出材料各向异性的程度;
- (8) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

落锥穿透试验是模拟具有尖角的石块或锐利物掉落在土工织物上对土工织物造成损坏的一种试验。用于评价土工织物抵抗冲击和穿透的能力。试验可用来检查土工织物是否符合现场施工对其性能的要求。由于土工格栅和土工网本身具有网格形状, 所以落锥穿透试验不适用于这类产品。

国际标准草案阶段的《土工布及有关产品 动态穿孔试验(落锥法)》(ISO/DIS 13433) 是国际标准化组织和欧洲共同体标准技术委员会共同制定的, 与各国标准也基本一致。

在试验过程中, 由于落锥穿透破洞的大小是评定试验结果的最终指标, 所以破洞的测量精度很重要, 必须使用专用量锥进行测量而不能用长度测量工具例如卡尺代替, 二者的测量结果一般是不一致的。同时还应注意, 在放置量锥时, 不要转, 不要压, 使其在自重的作用下自然垂直地进入破洞。

# T 1129-2017 直剪摩擦特性试验

## 1 适用范围

本方法适用于测定土工合成材料与土体之间以及不同土工合成材料之间的界面摩擦特性。当进行土工格栅与土体之间的界面摩擦特性试验时，试样基座不宜为刚性。

## 2 定义

### 2.1 相对位移 ( $\Delta L$ )

直剪试验中土工合成材料试样与土体之间的位移 (mm)。

### 2.2 法向力 ( $P$ )

对试样施加的恒定垂直力 (kN)。

### 2.3 剪切力 ( $T$ )

恒速位移条件下剪切试验中测得的水平力 (kN)。

### 2.4 法向应力 ( $\sigma$ )

单位面积的法向力 (kPa)。

### 2.5 剪应力 ( $\tau$ )

土工合成材料/土体直剪摩擦试验中单位面积施加的剪切力 (kPa)。

### 2.6 最大剪应力 ( $\tau_{\max}$ )

位移量在剪切面长度的 0~16.5% 范围内，沿土工合成材料与土体界面产生的最大剪切力 (kPa)。

### 2.7 界面摩擦角 ( $\varphi_{sg}$ )

直剪试验时土工合成材料与土体之间的摩擦角，为最大剪应力与法向应力关系图中各点的“最佳拟合直线”的斜率 ( $^{\circ}$ )。

### 2.8 表观黏聚力 ( $C_{sg}$ )

直剪试验时土工合成材料与土体之间的黏聚力，为最大剪应力与法向应力关系图中各点的“最佳拟合直线”上法向应力等于 0 时的剪应力 (kPa)。

### 2.9 界面阻力系数 ( $f_{gs}$ )

直剪试验时，在相同的法向应力下， $\tan\varphi_{sg}$  与  $\tan\varphi_s$  的比值。

## 3 仪器设备及材料

### 3.1 直剪仪

有接触面积不变和接触面积递减 (标准土样直剪仪) 两种直剪仪，分别见图 T1129-1 和图 T1129-2。

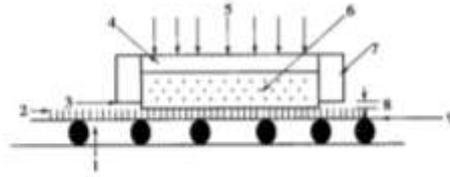


图 T-1129-1 接触面积不变直剪仪示意图

1-刚性滑板；2-土工合成材料试样；3-水平反作用；4-法向力加载系统；  
5-法向力；6-土体；7-刚性剪切盒；8-最大0.5mm 间距；9-水平力

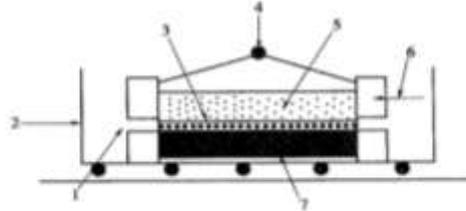


图 T-1129-2 接触面积递减直剪仪示意图

1-标准剪切盒；2-水平力；3-土工合成材料试样；  
4-法向力；5-土体；6-水平反作用；7-试样基座

### 3.1.1 剪切盒

剪切盒分为相互分离的上下两部分，具有足够的刚性，能保证施加负荷时不发生变形。

(1) 接触面积不变的剪切盒：剪切盒内部尺寸不小于  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，长宽比不大于 2。进行单向土工格栅与土体的直剪摩擦试验时，剪切盒内部尺寸长度应不小于相邻横肋的间距。剪切盒下部为刚性滑板时，滑板的长度至少为剪切盒长度加上试样尺寸的 16.5%，以确保在相对剪切位移达到 16.5% 时试样和土体之间完全接触。

(2) 接触面积递减的剪切盒：上下剪切盒大小相等，内部尺寸不小于  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 。进行单向土工格栅与土体的直剪摩擦试验时，剪切盒内部尺寸长度应不小于相邻横肋的间距。

### 3.1.2 刚性滑板

剪切盒应装在刚性滑板上，刚性滑板由低摩擦滚排或轴承支撑在底座上，滑板可在剪切方向上自由滑动。

### 3.1.3 水平力加载装置

用于推动下剪切盒在水平方向上恒速位移的加载装置，位移速率为  $1\text{mm}/\text{min} \pm 0.2\text{mm}/\text{min}$ 。

### 3.1.4 法向力加载装置

能均匀地对上盒中的土体面施加法向力，在下剪切盒恒速位移过程中法向力始终保持恒定且垂直的装置，法向力精度为 2%。

### 3.1.5 测定剪切力和相对位移的装置

测量剪切力装置的测量精度为 0.5%。

测量相对位移装置的测量精度为 0.02mm。

仪器的设计应考虑土体为粗粒土时的剪切膨胀，确保剪切盒上下部分之间的间隙等于试样厚度加 0.5mm。

填土及压密时上剪切盒与土工合成材料试样之间应装配密封条，以避免土粒堵塞上剪切盒和土工合成材料之间的间隙。

### 3.2 试样基座

用于放置试样，可为土质基座、硬木质基座、表面粒度为 P80 的氧化铝标准摩擦基座或其他刚性基座。如要模拟实际情况，也可在下盒内填土，但应使土工合成材料在法向压力作用下仍水平地位于上下盒之间，剪切过程中剪切面发生在土工合成材料与土体界面上。

## 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量和尺寸：每种样品，每个被测试方向取 4 个试样。试样的大小应适合于试验仪器的尺寸，宽度略大于剪切面宽度。如果样品两面不同，两面都应试验，每面试验 4 块试样。

4.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101 的规定进行。

## 5 试验步骤

5.1 将土工合成材料试样平铺在位于剪切盒下部的刚性水平基座上，前端夹持在剪切区的前面。试样与基座之间用胶粘合（如使用 P80 氧化铝标准摩擦基座或下盒内填土时可不粘合），粘合后试样应平整、没有折叠和褶皱。试验过程中试样和基座之间不允许产生相对滑移。

对于土工格栅类土工合成材料试样，宜采用在下盒内填土的试验方法。当下盒内填土时，下剪切盒内土体应分层填筑、密实、土样表面应平整。

5.2 安装上剪切盒：向上剪切盒内装填厚度不小于 50mm 的土体，土体厚度应均匀，并按照工程要求的含水率和压实标准填（压）实。

5.3 安装水平力加载装置、位移测量装置（百分表或位移传感器），并对试样施加 50kPa 的法向压力。

5.4 施加水平荷载，位移速率视土性而定，对砂土宜取 0.5mm/min，对黏性土宜取 0.5~1.0mm/min，上下剪切盒之间按上述速率发生相对位移。连续或间隔测量剪切力  $T$ ，同时记录对应的相对位移  $\Delta L$ ，间隔时间为 12s，开始时也可视情况加密，直至相对位移达到剪切面长度的 16.5% 时结束试验。

5.5 卸下土工合成材料试样，仔细除去被测试样上的土体，检查和记录试样是否发生伸长，褶皱或损坏。

5.6 重复 5.1~5.5 步骤，在 100 kPa、150 kPa 和 200 kPa 等法向应力（宜根据工程实际情况确定）下再各试验一块试样。

5.7 如有需要，可试验土工合成材料试样的另一方向或另一面。

## 6 结果计算

6.1 按式 (T1129-1) 计算作用于每块试样的法向应力：

$$\sigma = P / A \quad (\text{T1129-1})$$

式中： $\sigma$ ——法向应力 (kPa)；

$P$ ——法向力 (kN)；

$A$ ——土工合成材料与土体接触面积 ( $\text{m}^2$ )。

6.2 按式 (T1129-2) 计算作用于每块试样的剪应力：

$$\tau = T / A \quad (\text{T1129-2})$$

式中： $\tau$  ——剪应力 (kPa)；

$T$ ——剪切力 (kN)；

如果使用接触面积递减的仪器，试样接触面积则为变值，每次计算均应使用与最大剪切力出现时相对应的实际接触面积值。

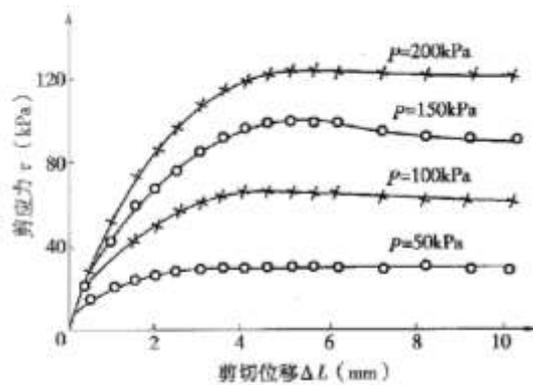


图 T1129-3 剪应力与位移关系曲线

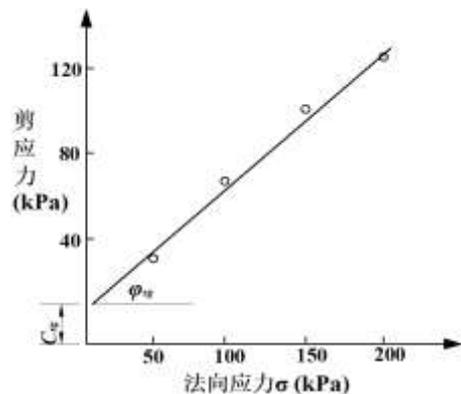


图 T1129-4 最大剪应力与法向应力关系曲线

6.3 根据剪应力和对应的相对位移作图 T1129-3，求取每块试样的最大剪应力。当剪应力与位移关系曲线出现峰值时，该峰值即为最大剪应力；当关系曲线不出现峰值时，取位移量为剪切面长度的 10% 时对应剪应力作为最大剪应力。

6.4 对于所有试样（4 个），根据最大剪应力和对应的法向应力作图 T1129-4，汇出最佳拟合直线，直线与法向应力轴之间的夹角即为土工合成材料与土体的界面摩擦角  $\varphi_{sg}$ ，最大剪应力轴上的截距为土工合成材料和土体界面的表观黏聚力  $c_{sg}$ 。

6.5 按式 (T1129-3) 计算每块土工合成材料试样与土体的界面阻力系数  $f_{gs}$ ：

$$f_{gs} = \frac{\tan \varphi_{sg}}{\tan \varphi_s} \quad (\text{T1129-3})$$

式中： $f_{gs}$ ——界面阻力系数；

$\varphi_s$ ——土体的内摩擦角（°）。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 试样的被测方向（纵向或横向）、正面或反面；
- (5) 剪应力与剪切位移的关系图；
- (6) 最大剪应力与法向应力的关系图；
- (7) 给出试样与土体之间的表观黏聚力、界面摩擦角和界面阻力系数；
- (8) 试验中是否有破损或不正常现象的观察记录；
- (9) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

土工合成材料与土体之间的界面摩擦特性是工程结构稳定性必须考虑的重要因素之一。界面摩擦特性中的直剪试验是使用直剪仪对土工合成材料与土体进行直接剪切试验，以模拟它们之间的作用过程，评价土工合成材料与土体的界面摩擦特性。《公路土工合成材料应用技术规范》（JTGT D32-2012）中提出了界面阻力系数的概念，为此在结果计算中增加了该指标的计算方法。

本次修订参考了《土工布及其有关产品摩擦特性的测定第一部分：直接剪切试验》（GB/T17635.1—1998）和《Standard Test Method for Determining the Shear Strength of Soil-Geosynthetic and Geosynthetic-Geosynthetic Interfaces by Direct Shear》（ASTM D5321/D5321M-14）。补充了单向土工格栅与土体的界面直剪试验时剪切盒的内部尺寸指标要求；由于使用刚性基座进行土工格栅与土体的界面直剪试验时，没有真实地反映其界面特性，而采用修正的方法，计算过于繁琐，故提出当进行土工格栅与土体之间的界面摩擦特性试验时，试样基座不宜为刚性，而采用在下盒内填土的试验方法。故作出了条文规定。

# T 1130-2017 拉拔摩擦特性试验

## 1 适用范围

本方法适用于测定所有土工合成材料与周围土体的拉拔摩擦阻力特性。

## 2 定义

### 2.1 相对位移 ( $\Delta L$ )

拉拔试验中土工合成材料试样与土体之间的位移 (mm)。

### 2.2 法向力 ( $P$ )

对试样施加的恒定垂直力 (kN)。

### 2.3 剪切力 ( $T$ )

恒速位移条件下, 试验中测得的水平力 (kN)。

### 2.4 法向应力 ( $\sigma$ )

单位面积的法向力 (kPa)。

### 2.5 剪应力 ( $\tau$ )

土工合成材料在土中进行拉拔试验时单位面积的剪切力 (kPa)。

### 2.6 界面摩擦角 ( $\varphi_{sg}$ )

拉拔试验时土工合成材料与土体之间的摩擦角, 为最大剪应力与法向应力关系图中各点的“最佳拟合直线”的斜率 ( $^\circ$ )。

### 2.7 表观黏聚力 ( $C_{sg}$ )

拉拔试验时土工合成材料与土体之间的黏聚力, 为最大剪应力与法向应力关系图中各点的“最佳拟合直线”上法向应力等于 0 时的剪应力 (kPa)。

### 2.8 界面阻力系数 ( $f_{gs}$ )

拉拔试验时, 在相同的法向应力下,  $\tan \varphi_{sg}$  与  $\tan \varphi_s$  的比值。

## 3 仪器设备及材料

3.1 试验箱: 为一矩形箱体, 侧壁有足够的刚度, 受力时不变形, 箱体尺寸不宜小于  $50\text{cm} \times 25\text{cm} \times 25\text{cm}$  (长  $\times$  宽  $\times$  高)。箱体一面侧壁的半高处开一贯穿全宽的窄缝, 高约 5mm, 供试样引出箱体用。紧贴窄缝内壁, 安置一可上下抽动的插板, 用于调整窄缝的缝隙大小, 防止土

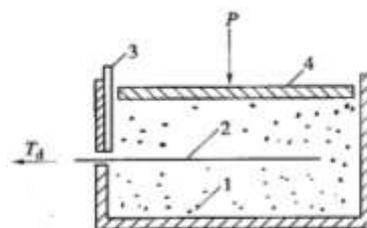


图 T 1130-1 拉拔试验箱示意图  
1-土; 2-试样; 3-插板; 4-加压板

粒漏出（见图 T1130-1）。

### 3.2 加荷系统

3.2.1 法向应力的加压装置应在试验过程保持恒压，且均匀地作用在填土表面上。

3.2.2 水平加荷装置通过固定试样的水平夹具进行应变控制加荷。夹具的有效宽度应比试样宽度大 10mm，且应能将试样均匀夹紧。

### 3.3 测量系统

3.3.1 法向和水平向测力装置可用拉力传感器或其他测力装置。

3.3.2 垂直和水平位移用百分表或位移传感器，测量精度为 0.01mm。

## 4 试件制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量和尺寸：试样数量不少于 5 块，其宽度应小于试验箱宽度，长度视夹具情况而定，至少为 200mm，应保证有足够的长度固定试样。

4.3 试样端部加固：从试验箱引出的试样应进行端部加固，可采用粘胶加固（如环氧树脂），将试样牢固地粘贴在加固板上。

## 5 试验步骤

5.1 将土料填入试验箱，按要求的压实系数分层压实，压实后的填土水平面略高于试验箱一侧窄缝下缘。

5.2 将土工合成材料试样水平放于压实后的填土面上，要求平整无皱。在长度方向，试样埋入土中的长度为 100~150mm，当采用单向土工格栅时应不小于相邻纵肋间距，并居中放置。试样一端从窄缝引出箱外，注意两边对称，并和水平夹具连接固定。插入可调整窄缝宽度的插板，使插板下缘正好在试样表面之上，将插板固定。

5.3 继续往箱内填土，分层压实直至到要求的压实系数，压实后土面平整，并略低于箱顶，放上加压板。

5.4 安装垂直和水平位移百分表。将垂直加荷千斤顶对位于试验箱，对加压板施加一微量的垂直荷载，使加压板与土面接触良好，将百分表读数调零。将夹有试样的水平夹具连接到水平加荷装置上。

5.5 施加要求的垂直荷载，使土体固结。固结时间视土性而定，对砂性土固结时间不少于 15min；对黏性土，要求垂直变形增量每小时不大于  $0.00025h$ （ $h$  为土样高度，mm）作为固结稳定标准，测量并记录相应的压缩量。施加一微量水平荷载，使水平加荷装置的各处受力绷紧，将百分表读数调整为零。

5.6 施加水平荷载，开始拉拔，测读并记录位移量和水平拉力。拉拔速率视土性而定，

采用应变控制方法加荷时，一般采用 0.2~3.0 mm/min 的位移速率。对砂性土，可采用 0.5 mm/min，对黏性土宜取 0.5~1.0 mm/min。

5.7 试验进行到下列情况时方可结束：

- 1) 水平荷载出现峰值，继续试验至达到稳定值；
- 2) 土工合成材料试样被拉断；
- 3) 水平荷载数值达到稳定或出现降低现象，整个试样的拔出速率等于试验设定的位移速率。

5.8 改变垂直荷载，重复 5.1~5.7 步骤，进行不同垂直荷载下相应的拉拔摩擦试验。为求得拉拔摩擦强度，要求在 4 级不同垂直荷载下进行试验，其中最大的一级荷载（压力）应不小于设计荷载。

## 6 结果计算

6.1 按式（T1130-1）计算作用于每块试样的法向应力：

$$\sigma = P / A \quad (\text{T1130-1})$$

式中： $\sigma$ ——法向应力（kPa）；

$P$ ——法向力（kN）；

$A$ ——试验箱的水平面积（ $\text{m}^2$ ）。

6.2 按式（T1130-2）计算作用于每块试样的剪应力：

$$\tau = \frac{T_d}{2LB} \quad (\text{T1130-2})$$

式中： $\tau$ ——剪应力（kPa）；

$T$ ——水平荷载（kN）；

$L$ 、 $B$ ——埋在土体内部的土工合成材料长度和宽度(m)。

6.3 绘制各级法向应力下剪应力与相应水平位移  $\tau - \Delta L$  的关系曲线（见图 T130-2）。

6.4 绘制  $\tau - \sigma$  曲线，求得界面的摩擦强度。

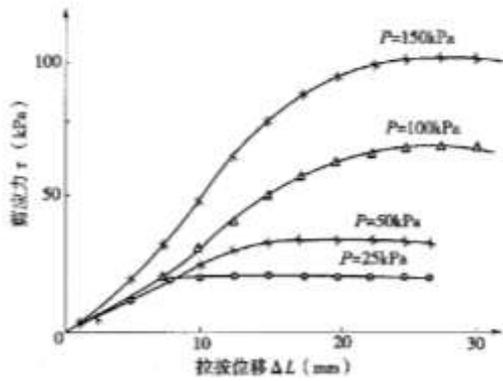


图 T1130-2  $\tau$ - $\Delta L$  曲线

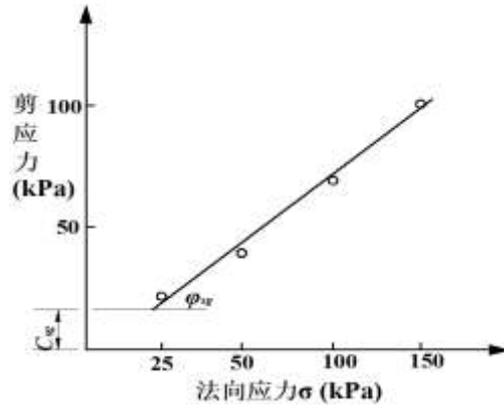


图 T1130-3  $\tau$ - $\sigma$  曲线

绘制各级法向应力和最大剪应力的关系曲线，如图 T1130-3。

对于所有试样（5 个），根据最大剪应力和对应的法向应力作图 T1130-3，汇出最佳拟合直线，直线与法向应力轴之间的夹角即为土工合成材料与土体的界面摩擦角，最大剪应力轴上的截距为土工合成材料和土体界面的表观黏聚力。

6.5 按式（T1130-3）计算每块土工合成材料试样与土体的界面阻力系数  $f_{gs}$ ：

$$f_{gs} = \frac{\tan \varphi_{sg}}{\tan \varphi_s} \quad (\text{T1130-3})$$

式中： $f_{gs}$ ——界面阻力系数；

$\varphi_s$ ——土体的内摩擦角（°）。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 试样夹持方法；
- (5) 试样拔出长度；
- (6) 剪应力与拉拔位移的关系曲线图；
- (7) 最大剪应力与法向应力的关系曲线图；
- (8) 给出试样与土体之间的表观黏聚力、界面摩擦角和界面阻力系数；
- (9) 试验中是否有破损或不正常现象的观察记录；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

拉拔摩擦与直剪摩擦的试验机理不同，结果通常存在差异。一般来讲，土工合成材

料单面和土发生位移时，直剪摩擦试验较能反映实际情况；当双面均与土发生位移时，拉拔试验更为合适。

《公路土工合成材料应用技术规范》(JTGT D32-2012)中提出了界面阻力系数的概念，为此在结果计算中增加了该指标的计算方法。

本次修订参考了《Standard Test Method for Measuring Geosynthetic Pullout Resistance in Soil》(ASTM D6706 – 01 (Reapproved 2013))。单向土工格栅作为加筋加固作用的土工合成材料，其与周围土体的拉拔摩擦特性对工程结构设计具有重要影响。试验结果至少能反映单向土工格栅一个完整单元在土体中的拉拔特性。大量的研究表明，试验结果会受到试验箱侧壁摩阻及拉拔过程中土体剪胀的影响，因此拉拔试验箱尺寸及试样宽度对结果影响很大。所以试验箱体的尺寸由 25cm×20cm×20cm (长×宽×高) 修改为 50cm×25cm×25cm (长×宽×高)，且规定单向土工格栅伸入拉拔试验箱土体中的长度至少应包含一个完整的单元、试样长宽比不宜小于 2。故作出了条文规定。

在拉拔试验中要求被测试样应该是被拔出的而不是被拉断的，当试样刚度较低时，试样在箱外的部分在拉力作用下会发生很大的变形，甚至被拉断。解决这个问题的办法是事先将试样的引出部分进行加固，可采用粘胶加固（如环氧树脂）或将加固板牢固地粘贴在土工合成材料试样上，以保证拉拔过程中不脱开。

# T 1131-2017 拉伸蠕变与拉伸蠕变断裂性能试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定在空气介质中土工格栅等土工合成材料产品的拉伸蠕变和拉伸蠕变断裂的性能。

1.2 本方法适用于测定由于其过早毁坏或由于其蠕变影响了在结构中的加筋加固作用而可能影响结构稳定的土工合成材料。由于该试验耗时长，且步骤复杂，建议不作为日常质量控制试验。

## 2 定义

### 2.1 拉伸强度

在规定的试验方法和试验条件下，试样被拉伸直至断裂时每单位宽度的最大拉力，以 kN/m 表示。

### 2.2 名义标记长度

未加预张拉力时，在平行于拉伸荷载方向的试样上两标记参考点之间的初始距离  $L$ 。对于土工格栅，应至少包括 2 个完整单元。

### 2.3 技术代表宽度

在规定的试验方法和试验条件下，宽度小于 200 mm 的试样拉伸强度和伸长率与宽度为 200 mm 试样相比分别在  $\pm 5\%$  和  $\pm 20\%$  的范围内，则该宽度试样可进行拉伸蠕变试验，其宽度为技术代表宽度。

### 2.4 拉伸蠕变

在恒定的拉伸荷载长期作用下，试样随时间延续而产生的拉伸变形。

### 2.5 拉伸蠕变断裂

在恒定的拉伸荷载长期作用下，试样发生拉伸断裂破坏。

### 2.6 拉伸蠕变荷载

施加在试样上每单位宽度的恒定的静荷载。

通常拉伸蠕变荷载以该样品的拉伸强度的百分比表示。拉伸蠕变荷载包括预荷载和加荷装置所施加的长期荷载。

### 2.7 加载时间

施加拉伸蠕变荷载至规定的所需时间。

## 2.8 蠕变时间

从加载时间结束起到拉伸蠕变结束时所经历的时间。

## 2.9 蠕变断裂时间

从加载时间结束起直到试样发生拉伸蠕变断裂所经历的时间。

## 2.10 横向收缩

在拉伸试验过程中试样宽度减小的现象，以在预张力下名义标记长度中间的试样宽度减小的百分比表示。

# 3 仪器设备及材料

拉伸蠕变与拉伸蠕变断裂性能试验仪器设备应包括夹持试样的装置、加载系统、变形测量系统和记时系统。

## 3.1 试样夹具

夹具应具有足够宽度以能够夹持试样的全宽，并能限制试样的滑移，而不损伤试样。名义标记长度的标记点与夹持器的最小距离应不小于 20 mm。

## 3.2 加载系统

3.2.1 加载框架应有足够的刚度，能支撑荷载。加载框架应与外部振动隔离，不受该框架上或相邻框架上其他试样断裂的影响。

3.2.2 拉伸蠕变荷载应恒定在 $\pm 1\%$ 。

3.2.3 可直接使用重锤或通过杠杆系统，或使用机械液压或气压系统施加拉伸蠕变荷载。每次试验前应校验加载系统，以确认施加到试样上荷载满足要求。

加载系统应具有对试样施加预张力的能力；加载系统应使加载方便，加载时间不超过 60s。

## 3.3 变形测量系统

伸长计能够测量试样上两个参考点之间名义标记长度的变化，应能保证测量结果确实代表了参考点的真实动程。可使用任何仪器测量标记长度的变化，精度为名义标记长度的 $\pm 0.1\%$ 。通常使用机械的、电子的或光学的伸长计测量仪器。

必须非常小心，保证读数的重视性和仪器的长期稳定性。仪器可连接到一个连续读数的系统上，或一个记录仪器上，也可按规定的间隔测量长度的变化。在试样上标记参考点时，应避免在试验过程中的位移或变形。

## 3.4 记时系统

记时系统的精度为 $\pm 1\%$ ，具有设定时间为零的能力，并能在发生蠕变断裂时记录即时时间。

# 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量

- (1) 用于拉伸蠕变性能的测定：4 块试样；
- (2) 用于拉伸蠕变断裂的测定：12 块试样；
- (3) 用于拉伸强度的测定：按本规程 T1121 的规定。

另外，如采用技术代表宽度的试样进行拉伸蠕变性能和拉伸蠕变断裂的测定，剪取试样时应考虑试样的数量。

#### 4.3 试样尺寸

##### 4.3.1 试样尺寸的确定

- (1) 与使用仪器的尺寸相适应；
- (2) 与使用的测量装置精度相适应；
- (3) 根据技术代表宽度；
- (4) 保证使名义标记长度的两个标记参考点与夹持器的距离不小于 20 mm。

##### 4.3.2 试样的最小名义标记长度

- (1) 不小于 200 mm；
- (2) 对土工格栅，不少于两个完整的网格单元；
- (3) 对所有样品，能保证名义标记长度的测量精度为 $\pm 0.1\%$ 。

##### 4.3.3 试样的宽度

- (1) 对按本规程 T1121 的规定试验时表现出明显横向收缩 ( $\geq 10\%$ ) 的产品，样宽 200 mm；
- (2) 对土工格栅宜采用 5 根肋条宽，切断外侧两根肋条，试验中以三根肋条承受荷载，要避免对中间三根肋条造成任何损伤；
- (3) 对其他的土工合成材料：一个技术代表宽度。

试样尺寸主要影响试验的可行性和精度，所需的荷载依赖于试样的宽度。

#### 4.4 试样调湿和状态调节：按本规程 T1101 中的第 5 条规定进行。

如果能够表明结果不受影响，则可不在规定的相对湿度下进行调湿和试验。由于该试验时间长达 1000 h，忽略湿度控制时应当以对相同聚合物材料的样品进行的类似时间周期试验的试验资料为基础。

### 5 试验步骤

#### 5.1 拉伸蠕变性能的测定

在规定的温湿度环境条件下，将一恒定静荷载施加于试样上。荷载均匀分布于试样的整个宽度。连续记录或按规定的时间间隔记录试样的伸长，该荷载保持不少于 1000 h。

如果不足 1000 h 试样发生断裂，则记录断裂时间。宜进行不同温度环境下的拉伸蠕变性能试验。

5.1.1 按本规程 T1121 的规定测定样品的宽条拉伸特性，包括试样的拉伸强度、断裂伸长率和横向收缩率。

5.1.2 按本规程 T1121 的规定测定技术代表宽度试样的拉伸强度和断裂伸长率。如果需要，评价所使用的技术代表宽度试样的有效性，详见条文说明中的计算示例。

5.1.3 根据本方法 4.3.2 要求的标记长度在试样上标记参考点后，将试样安装在夹具上。

5.1.4 施加预张力，预张力等于拉伸强度的 1%，以 kN/m 表示。

5.1.5 测定标记长度作为初始标记长度，精确至  $\pm 0.1\%$ 。

5.1.6 如适用，安装和固定伸长计，并设置初始伸长值为 0。

5.1.7 从以下范围至少选择 4 级荷载进行试验：拉伸强度的 20%、30%、40%、50% 和 60%。4 块试样分别施加 4 级不同的荷载，加载时间不超过 60s。

5.1.8 加载结束时即为试验的零点时间。按下列时间测量名义标记长度的变化量  $\Delta L$ ，精确至  $\pm 0.1\%$ ：

(1) 1、2、5、10、30 (min)；

(2) 1、2、5、10、30、100、200、500 (h)；

## 5.2 拉伸蠕变断裂的测定

在规定的温湿度环境下，将一恒定静荷载施加于试样上，荷载均匀地分布于试样整个宽度。该荷载保持到试样断裂，由试样断裂即停止记时的记时系统记录断裂时间。宜进行不同温度环境下的拉伸蠕变断裂性能试验。

5.2.1 按本规程 T1121 的规定测定样品的宽条拉伸特性，包括试样的拉伸强度、断裂伸长率和横向收缩率。

5.2.2 按本规程 T1121 的规定测定技术代表宽度试样的拉伸强度和断裂伸长率。如果需要，评价所使用的技术代表宽度的试样的有效性。

5.2.3 将试样安装在夹具上。

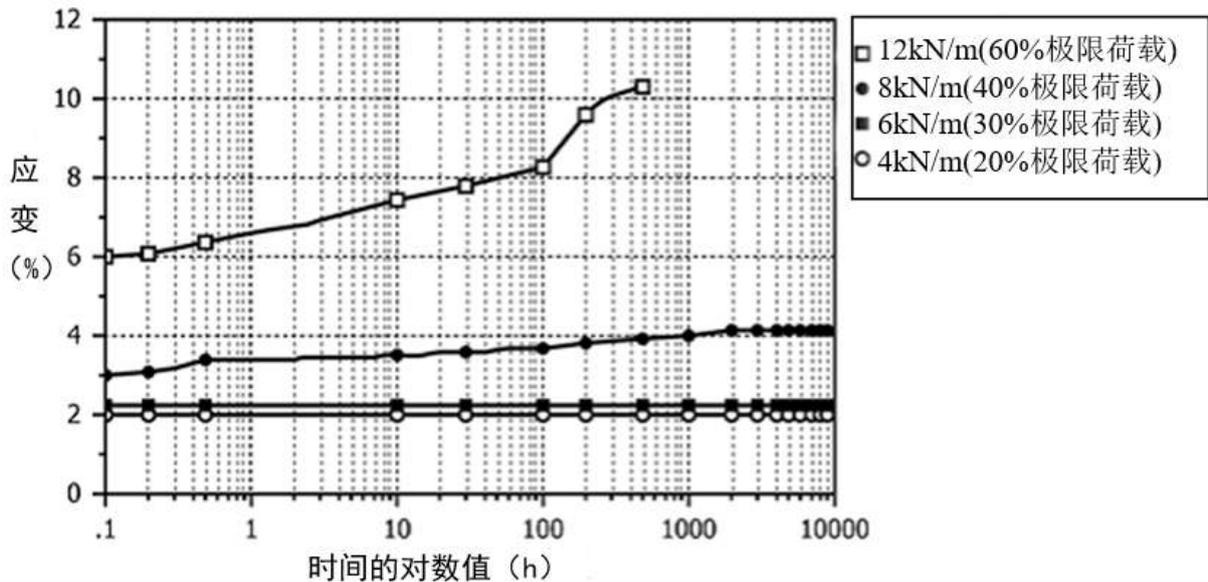
5.2.4 从试样拉伸强度的 50%、60%、70%、80% 和 90% 范围内选择 4 级荷载进行试验。3 块试样施加一档荷载，共计试验 12 块试样。加载结束时即为试验的零点时间。

5.2.5 记录发生蠕变断裂时的时间。

## 5.3 结果计算

### 5.3.1 拉伸蠕变曲线

拉伸蠕变曲线是拉伸应变与蠕变时间的关系曲线，如图 T1131-1 所示。横坐标为蠕变时间的对数值  $\log t$ （单位：小时），纵坐标为拉伸应变  $\varepsilon$ ， $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100$ 。



图T 1131-1 拉伸应变与蠕变时间的关系曲线

### 5.3.2 拉伸蠕变断裂曲线

拉伸蠕变断裂曲线是拉伸蠕变荷载与断裂时间的关系曲线，如图 T1131-2 所示。横坐标为断裂时间的对数值  $\log t$ （单位：小时），纵坐标为试验过程中施加的拉伸蠕变荷载。

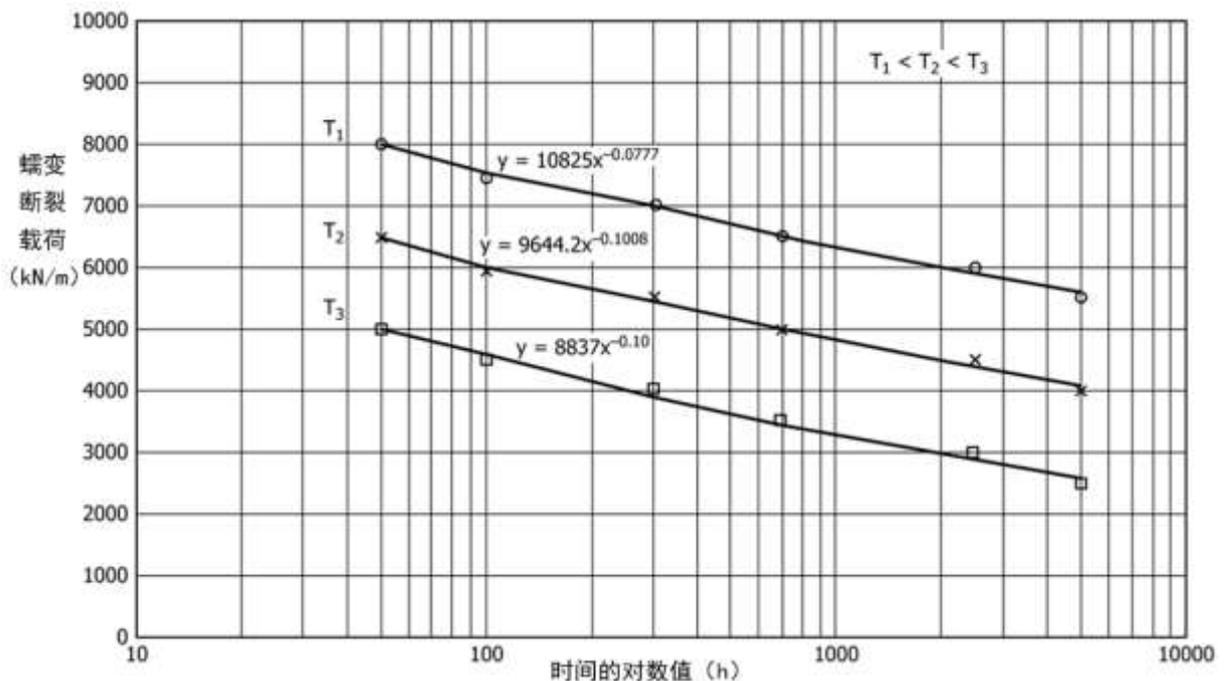


图 T 1131-2 拉伸蠕变荷载与断裂时间的关系曲线

## 6 技术代表宽度试样的使用规定

当使用小于 200mm 技术代表宽度的试样时，确定试样宽度的方法很重要。

#### 6.1 土工格栅、土工网技术代表宽度的试样应满足下列条件：

按本规程 T1121 的规定测定宽条样的拉伸强度和伸长率；准备减宽试样，测量减宽试样的拉伸强度和伸长率。当减宽试样同时满足拉伸强度偏差不超出  $\pm 5\%$ 、伸长率偏差不超出  $\pm 20\%$  时，可以确定为技术代表宽度。

计算拉伸强度时，还需确定每米宽度的拉伸单元。尽可能地把整卷宽度的样品放在一个平面上，使用长度至少 1.5m 的尺子测量约为 1m 内的拉伸单元所对应的宽度，以 mm 表示。根据该单元数计算每米宽度的拉伸单元个数，精确至 0.1 个单元。同时记录试样上的拉伸单元个数（详见条文说明中的示例 1）

#### 6.2 土工织物技术代表宽度的确定

准备减宽试样，期宽度应小于 200mm、大于 50mm；按本规程 T1121 的规定测定宽条样和减宽试样的拉伸强度和伸长率，分别计算两种宽度试样的拉伸强度和伸长率。减宽试样如同时满足拉伸强度偏差不超出  $\pm 5\%$ 、伸长率偏差不超出  $\pm 20\%$ ，可以确定为技术代表宽度（详见条文说明中的示例 2）。

### 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验开始和结束的日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 宽条拉伸试验的平均拉伸强度、伸长率和试样的横向收缩；
- (5) 加载方式的描述；
- (6) 名义标记长度；
- (7) 绘制拉伸应变与蠕变时间关系曲线；
- (8) 绘制拉伸蠕变荷载与断裂时间的关系曲线；
- (9) 试验中是否有破损或不正常现象的观察记录；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

#### 条文说明

土工合成材料的一个重要特性是在恒定荷载下其变形是时间的函数，即表现出明显的蠕变特性。作为加筋加固作用的土工合成材料应具有良好的抗蠕变性能，否则在长期荷载的作用下，材料如产生较大的变形将会使结构失去稳定。

关于蠕变特性的试验方法、国内外标准有：《Geotextiles and geotextile-related products-Determination of tensile creep and creep rupture behaviour》（ISO/FDIS 13431:1998）、《Standard Test Method for Evaluating the Unconfined Tension Creep and Creep Rupture Behavior of Geosynthetics》（ASTM D5262 – 07 (Reapproved 2012)）、《土工布及其有关产品拉伸蠕变和拉伸蠕变断裂性能的测定》（GB/T17637-1998）、《塑料土工格栅蠕变试验和评价方法》（QB/T 2854-2007）。国标的技术内容非等效于 ISO/FDIS 13431:1998。

本方法参照 ISO/FDIS 13431: 1998、ASTM D5262 – 07 (Reapproved 2012)和 GB/T17637-1998 的技术内容，明确了蠕变试验主要测定两项指标，即拉伸蠕变性能（在静态荷载下试样伸长与时间的关系）和拉伸蠕变断裂时间（在静态荷载下试样直到断裂所需的时间）。规定了在满足要求的前提下为降低长期试验的时间及费用，允许采用小于本规程 T1121 中测定拉伸断裂强力规定的 200mm 的宽度以技术代表宽度进行蠕变拉伸试验。如何确定能否采用技术宽度，见示例。

应当指出，土工合成材料蠕变性能的特征是有一定困难的，目前没有相关的国际标准和国家标准，国内外许多大企业、机构有自己的方法，用于评价土工合成材料的蠕变性能。例如：时间温度分级表示、外推演算等，这些方法各有利弊但都没有形成评价标准。

本方法规定的试验方法是测定土工合成材料在不受土壤约束条件下的拉伸蠕变性能，其结果不能真实代表土工合成材料在土壤中的蠕变特性，但可用于同一条件下不同产品的性能比较。

本次修订参照 ASTM D5262 – 07 (Reapproved 2012)和 QB/T 2854-2007，明确了土工格栅试样的制备方法及进行拉伸蠕变性能试验和拉伸蠕变断裂试验的荷载等级。

#### 示例 1：土工格栅

(1) 土工格栅宽度 986mm 内有 43 个拉伸单元，每米宽度的拉伸单元数为 43.6。

(2) 宽条拉伸试样 8 个独立单元，其宽度为： $(8/43.6) \times 1000 \approx 183.5\text{mm}$ 。

测定的宽条试样的平均拉伸强度为 10.8kN，伸长率为 12.8%，横向收缩为 0。

每米宽度的拉伸强度为： $(1000/183.5) \times 10.8 \approx 58.9\text{kN/m}$ 。

(3) 减宽试样有 3 个拉伸单元，其宽度为： $3 \times 1000/43.6 \approx 68.8\text{mm}$ 。

测定 3 个拉伸单元宽试样的平均拉伸力为 4.086kN，伸长率为 13.4%。

每米宽度的拉伸强度为  $(1000/68.8) \times 4.086 \approx 59.4\text{kN/m}$ 。

(4) 结论：3 个拉伸单元宽试样的拉伸强度与宽条试样的拉伸强度偏差小于 5%，伸长率偏差小于 20%，所以允许用 3 个拉伸单元宽的试样为技术代表宽度试样进行拉伸蠕变试验。

#### 示例 2：土工织物

(1) 测定的 200mm 宽度试样的平均拉伸强度为 31.4kN/m，伸长率为 10.7%。

(2) 测定的 60mm 宽条试样的平均拉伸强度为 30.2kN/m，伸长率为 15.2%。

结论：宽条为 60mm 试样与 200mm 试样的拉伸强度偏差在 5% 以内，伸长率偏差大于 20%，所以不允许以宽度为 60mm 的试样作为技术代表宽度试样进行拉伸蠕变试验。

## T 1132-2017 软式透水管耐压扁平率试验

### 1 目的和适用范围

1.1 本方法适用于测定软式透水管的扁平耐压力。

1.2 本方法适用于各类软式透水管。

### 2 仪器设备及材料

2.1 电子试验机，具有等速率加荷功能，符合 GB/T16825 中的一级试验机要求。

2.2 压具：如图 T1132-1 所示，压具中央的圆孔直径应与试样直径一致，两个对开压具之间的间隙为直径的 1/3。压具长度宜不小于 25cm，上下模块的两侧设与底座相垂直的导向板。

2.3 百分表：最小分度值应为 0.01mm。

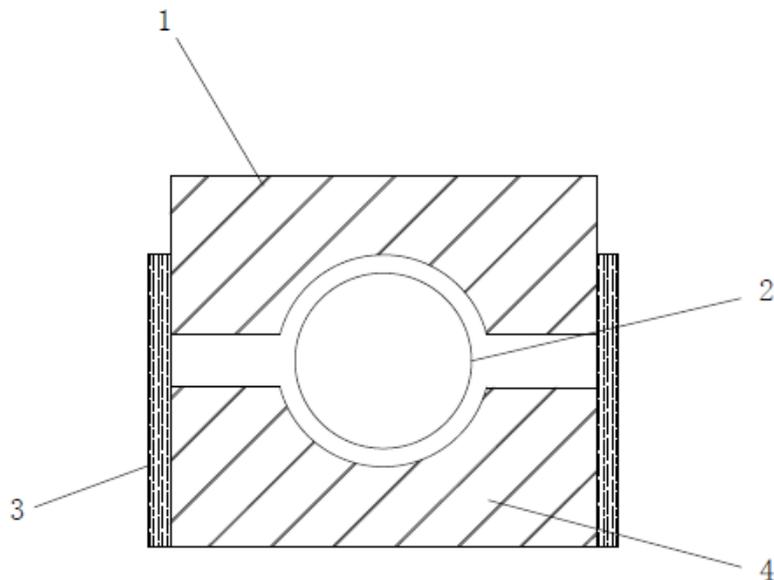


图 T1132-1 压具示意图

1—上模块；2—试样；3—导向板；4—下模块

### 3 试样制备

3.1 取样：按本规程 T 1101 的规定取样。

3.2 制样：每组试样数量应不少于 3 个。管径不大于 250mm 时，试样长度应为 250mm，管径大于 250mm 时，试样长度至少应与管径成 1:1 的比例。

3.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101 中的第 5 条规定进行。

## 4 试验步骤

4.1 试验机量程选择宜使试样测试值在满量程的 10%~90% 范围内，设定压缩速率为管径的 2% mm/min。

4.2 将下模块、透水管及上模块依次装在试验机上，使两端齐平，加在模块上的荷载应居中并保证全部传递到透水管上。

4.3 预先施加 20N 的压力使模块与管材密合接触，将百分表调零。

4.4 开启试验机试验。记录使变形量为外径的 1%、2%、3%、4% 和 5% 的压力（有自动记录压力—位移曲线装置的可记录压力—位移曲线）。

4.5 重复上述步骤，完成所有试样的测试。

## 5 试验结果

5.1 扁平耐压力应按下列式计算：

$$P = \frac{F}{L}$$

式中  $P$ —扁平耐压力，kN/m；

$F$ —试样压力，kN；

$L$ —试样长度，m。

5.2 应分别计算各个不同应变时的扁平耐压力。

5.3 应按 T 1102 的规定计算各个不同应变时扁平耐压力的平均值。

## 6 试验报告

试验报告应包括以下内容：

(1) 样品名称、规格型号和状态描述；

(2) 试验日期；

- (3) 试验用仪器；
- (4) 试验用大气条件；
- (5) 试样扁平耐压力的平均值；
- (6) 如果需要，给出扁平耐压力的变异系数；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

软式透水管是由高强度螺旋圈状钢丝支撑体外包土工织物滤层及强力合成纤维外覆保护层制成的管状排水材料。圈状支撑体要求具有足够的耐压能力。因此本次修订新增了“软式透水管扁平耐压力试验”。

试验方法主要参考水利部 SL235-2012《土工合成材料测试规程》，采用的是应变法，即测试软式透水管在一定管径压缩应变时单位长度上的耐压力，测试结果与《软式透水管》（JC937-2004）的产品技术要求一致。

# T 1133-2017 握持拉伸试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定土工合成材料的握持强力及相应的伸长率。

1.2 本方法适用于各类土工织物及复合土工材料。

## 2 定义

2.1 名义夹持长度：初始夹具间距，握持拉伸试验的名义夹持长度为 75mm，记为  $L_0$ 。

2.2 预负荷伸长：在相当于最大负荷 1% 的外加负荷下，所测的夹持长度的增加值，记为  $L'_0$ ，以 mm 表示。

2.3 实际夹持长度：名义夹持长度加上预负荷伸长。

2.4 最大负荷：试验中所得到的最大拉伸力，以 N 表示。

2.5 伸长率：试验中试样实际夹持长度的增加与实际夹持长度的比值，以 % 表示。

2.6 最大负荷下伸长率：在最大负荷下试样所显示的伸长率，以 % 表示。

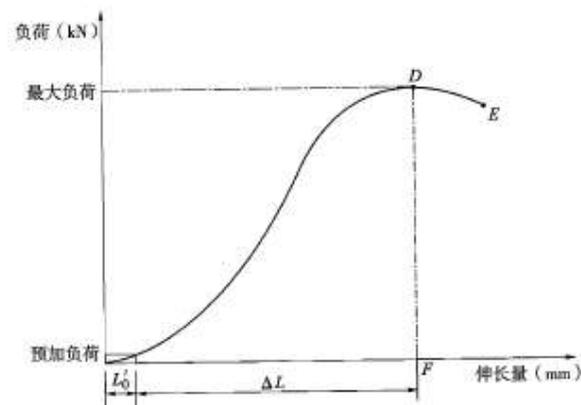


图 T1133-1 夹持试样的负荷-伸长曲线图

## 3 仪器设备及材料

3.1 拉伸试验机：具有等速拉伸功能，符合 GB/T16825 中的一级试验机要求。其拉伸

速率可以设定，并能测读拉伸过程中试样的拉力和伸长量，伸长量的测量读数应准确至 1mm，能自动记录拉力-伸长曲线。

3.2 夹具：两夹持面应平行，能防止试样滑动。夹具面钳口尺寸为宽  $25\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，长  $50\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

#### 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量：纵向、横向各至少 5 个试样。

4.3 试样尺寸：试样为长  $200\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ，宽  $100\text{mm} \pm 1\text{mm}$  的矩形试样，如图 T1133-2。长边平行于拉伸方向，试样计量长度为 75mm。在长度方向上试样两端应伸出夹具至少 10mm。

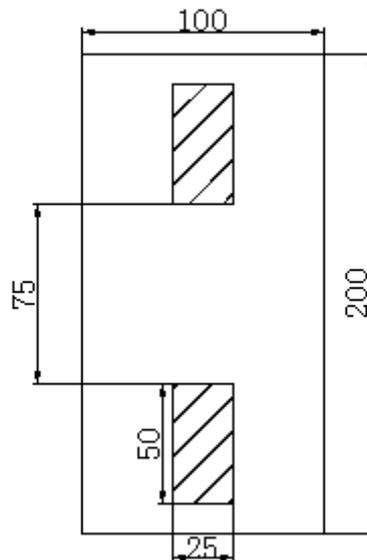


图 T1133-2 握持强力试验试样示意图（单位：mm）

#### 5 试验步骤

##### 5.1 拉伸试验机的设定

选择试验机的负荷量程，使握持拉伸强力在满量程负荷的 10%~90%之间，设定试验机的拉伸速度为  $(300\text{mm} \pm 10\text{mm})/\text{min}$ ，将夹具的初始间距调至  $75 \text{ mm} \pm$

1mm。

5.2 将试样对中放入夹具内夹紧。

5.3 开启试验机拉伸直至试样破坏，记录在拉伸过程中最大负荷，精确至 1N；记录最大负荷下的伸长量，精确至 1mm。

5.4 若试样打滑，则剔除该试验结果，补足试样重新试验。

5.5 重复上述步骤，完成所有试样的测试。

## 6 试验结果

6.1 最大负荷下伸长率：

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0 + L'_0} \times 100$$

式中： $\varepsilon$ -- 伸长率（%）；

$L_0$ -- 名义夹持长度（mm），75mm；

$L'_0$ -- 预负荷伸长量（mm）；

$\Delta L$ -- 最大负荷下的伸长量（mm）。

6.2 平均值和变异系数

分别计算纵向和横向两组试样握持强力、最大负荷下伸长率平均值和变异系数，握持强力精确至 1N，最大负荷下伸长率精确至 0.1%，变异系数精确至 0.1%。

6.3 每组有效试样为纵横向各 5 块。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号；
- (2) 样品状态的描述；
- (3) 试验日期；

- (4) 每个方向的试样数量；
- (5) 纵向和横向的握持强力；
- (6) 纵向和横向最大负荷下伸长率；
- (7) 测定值的变异系数；
- (8) 试验设备型号；
- (9) 如需要，给出典型的负荷-伸长曲线。
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

#### 条文说明：

土工织物承受集中力的现象普遍存在，握持强力即反映其分散集中力的能力。其强力由两部分组成：一部分是试样被握持宽度的抗拉强度，另一部分为相邻纤维提供的附加抗拉强度。握持强度与条带拉伸强度之间没有简单的关联性和等效性。

国内外常用的有关土工织物握持强力测试的标准有《土工织物握持拉伸强力试验方法》（ASTM D4632M-15a）、《土工合成材料测试规程》（SL235-2012）。本次新增的握持拉伸试验，其主要测试环节要素与 ASTM D4632M-15a、SL235-2012 一致，主要区别在于对握持强力最大负荷下伸长率的计算进行了明确，要求考虑预负荷伸长量，这与本规程中土工合成材料拉伸试样伸长率的计算规定是一致的，以提高测试结果精度，增强试验可比性。

## T1134-2017 塑料排水带芯带压屈强度试验

### 1 目的和适用范围

1.1 本方法适用于测定塑料排水带芯带的压屈强度。

1.2 本方法适用于各种类型的塑料排水带。

### 2 仪器设备及材料

2.1 压力试验机：具有等速率加压功能，符合 GB/T16825 中的一级试验机要求。

2.2 变形测量：应准确至 0.01mm，量程为 10mm，分度值为 0.01mm。

### 3 试样制备

3.1 取样：按本规程 T 1101 的规定取样。

3.2 制样：裁取圆形试样至少 5 块，试样面积为 50 cm<sup>2</sup>（直径 7.98cm）。

3.3 试样调湿和状态调节：按本规程 T 1101 中的第 5 条规定进行。

### 4 试验步骤

4.1 选择试验机的负荷量程，使压屈压力在满量程负荷的 10%~90%之间，设定试验机的压缩速度为(0.5mm±0.1mm)/min。

4.2 将试样放在压力机上，上下垫刚性垫板，对试样施加2kPa预压力，将百分表调零。

4.3 开启试验机对试样等速加压，直至压力峰值出现即终止试验。记录压力-变形曲线。

4.4 重复重复上述步骤，完成所有试样的测试。

### 5 试验结果

5.1 按式（T1134-1）计算压屈强度：

$$P=F/A$$

式中：P——试样的压屈强度(kPa)；

F——试样的压屈压力 (N);

A——试样面积 (cm<sup>2</sup>)。

5.2 按式 (T1134-2) 计算压屈应变:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\delta}{\delta} \times 100$$

式中:  $\varepsilon$ ——试样的压屈应变 (%)

$\Delta\delta$ ——压屈压力值试样厚度变形量 (mm)

$\delta$ ——试样原始厚度 (mm)

5.3 计算5块试样压屈强度的平均值 (kPa), 按GB 8170修约到整数。

## 6 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- (1) 样品名称、规格型号;
- (2) 样品状态的描述;
- (3) 试验日期;
- (4) 试验设备型号、主要技术指标;
- (5) 样品的芯带压屈强度;
- (6) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

在公路工程中, 塑料排水带主要用于加固软土地基, 在实际工程应用中, 塑料排水带是在侧向水土压力作用下工作的, 如芯带被压屈, 则会大大缩小材料通水断面, 降低通水能力。因此芯带的压屈强度是检验影响材料通水能力的重要指标。JTG E50-2006中对于塑料排水带压屈强度试验采用的是分级加压的应力法, 其应力-应变曲线不连续, 过程复杂且结果误差相对较大。本次修订改为连续等速位移加压的应变法, 以压缩过程中出现的压力峰值作为压屈压力值。

# T1135-2017 硬质泡沫塑料压缩性能试验

## 1 适用范围

本方法适用于测定硬质泡沫塑料的压缩性能。

## 2 原理

垂直于试样表面以恒定速率施加荷载，计算其压缩应力。

如果 10%形变前发生屈服或者破坏，取屈服或者破坏时的压缩应力，作为压缩强度，并给出压缩变形。如果 10%形变前未发生屈服或者破坏，取相对变形为 10%时的压缩应力为试验结果，称其为“相对变形为 10%时的压缩应力”。

## 3 仪器设备及材料

### 3.1 压缩试验机

具有等速压缩功能，压缩速率可以设定，能够同时记录位移  $X$  和荷载  $F$ ，并绘制  $F-X$  曲线。位移测量精度高于 0.1mm，荷载测量精度高于 1%。

### 3.2 压板

压缩试验机上配有两块刚性的、光滑的平行压板，应保证压板在实验过程中能够完全覆盖试样。其中一块压板应固定，另一块可以按规定的恒定速度移动。

## 4 试样制备

### 4.1 试样尺寸

4.1.1 试样的厚度为制品的原始厚度，其宽度不小于厚度。在使用时保留表皮的制品，试验时也应保留，反之不保留。

4.1.2 试样的受压面应为正方形，尺寸为 $(100 \pm 1)\text{mm} \times (100 \pm 1)\text{mm}$ 。如果此试样不能代表样品的全部结构时，允许使用较大面积的试样以确保测量的准确度。

4.1.3 试样的平行度和平整度应不大于边长的 0.5%或者 0.5mm，取准确度较高者，如果试样不平整，应将试样磨平或用涂层处理试样表面，试验过程中涂层出现明显的变形。

4.1.4 不允许试样叠加进行试验。试样在制备时应确保试样的底面就是制品使用时的受压面。采取的方法应不改变产品的原始结构。如需更完整了解各向异性材料的特性或其主方向未定时，应制备多组试样。

4.2 试样数量，不少于 5 个试样。

## 5 试验步骤

5.1 依据 GB/T6342 测定试样尺寸。

5.2 选择试验机的负荷量程，使压缩试验过程中最大负荷在满量程负荷的 10%~90% 之间。

5.3 将试样放置于压板中央，开启试验机，以每分钟压缩试样初始厚度 ( $d_0$ ) 10% 的恒定速度加载，直至试样厚度变为初始厚度 ( $d_0$ ) 的 85%。

5.4 绘制荷载-位移曲线。

5.5 重复上述步骤，完成所有试样的测试。

## 6 试验结果

### 6.1 荷载-位移曲线

根据不同的荷载-位移曲线情况计算 错误！未找到引用源。 和 错误！未找到引用源。。（见 6.2 和图 T1135-1 中的 a 和 b）；或 错误！未找到引用源。。（见 6.3 和图 T1135-1 中的 c）。

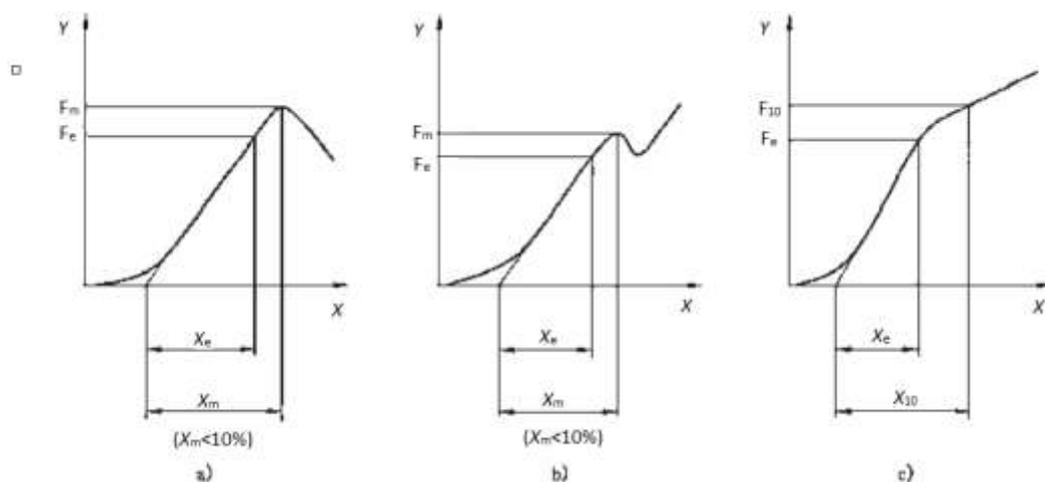


图 T1135-1 荷载位移曲线

X——位移

Y——力值

## 6.2 压缩强度及其相对变形

### 6.2.1 压缩强度

压缩强度 $\sigma_m$  (kPa), 按式 (T1135-1) 计算:

$$\sigma_m = 10^3 \times \frac{F_m}{A_0} \quad (\text{T1135-1})$$

式中:

——相对形变 $\epsilon$  10%, 屈服或者破坏时所对应的载荷, 单位为牛顿 (N)

$A_0$ ——试样初始截面面积, 单位为平方毫米

### 6.2.2 相对形变

如果荷载-位移曲线存在明显的直线部分, 将曲线上斜率最大的直线部分延伸至荷载零位线, 其交点为“形变零点”。

如果曲线无明显的直线部分或者采用上述方法获得的“形变零点”为负值, 则不采用这种方法。此时的“形变零点”取压缩应力为 $(250 \pm 10)$  Pa 所对应的形变。

相对形变 $\epsilon_m$  (%), 按式 (T1135-2) 计算:

$$\epsilon_m = \frac{X_m}{d_0} \times 100 \quad (\text{T1135-2})$$

式中:

——相对形变 $\epsilon$  10%时屈服或者破坏时所对应的位移, 单位为毫米 (mm)

——试样初始厚度, 单位为毫米 (mm)

## 6.3 相对变形 10%时的压缩应力

相对形变为 10%时的压缩应力 (kPa), 按式(T1135-3)计算

$$\sigma_{10} = 10^3 \times \frac{F_{10}}{A_0} \quad (\text{T1135-3})$$

式中：

——试样产生 10% 相对变形所对应的荷载，单位为牛顿（N）

——试样初始截面面积，单位为平方毫米。

#### 6.4 压缩弹性模量

压缩弹性模量  $E$ （kPa），按式(T1135-4)及式(T1135-5)计算：

$$E = \frac{d_0}{X_e} \times \sigma_e \quad (\text{T1135-4})$$

$$\sigma_e = 10^3 \times \frac{F_e}{A_0} \quad (\text{T1135-5})$$

式中：

——在比例极限内的压缩力，单位为牛顿（N）

所对应的位移，单位为毫米（mm）。

#### 6.5 结果计算和表示

以所有的测量值的平均值作为试验结果，精确至 0.01。

### 7 试验报告

试验报告应包括以下内容

- (1) 试样名称、规格
- (2) 样品的数量
- (3) 样品的尺寸
- (4) 试验结果
- (5) 试验日期、试验人员
- (6) 任何偏离规定程序的详细说明

#### 条文说明

硬质泡沫塑料，又称膨胀性聚苯乙烯，简称 EPS，是以聚苯乙烯聚合物为原料加入

发泡添加剂而成，是近些年发展较快的土工合成材料。主要用作铁路、公路路基的填料或地基换填料，以减轻自重，降低地基附加应力，增加路基的稳定性和减小沉降量。故本次修订新增了“硬质泡沫塑料的压缩性能试验”。

试验方法的制定参照了 GB/T8813-2008《硬质泡沫塑料压缩性能的测定》和 GB/T13480-2014《建筑用绝热制品 压缩性能的测定》。试验中应注意：如果 10%形变前发生屈服或者破坏，取屈服或者破坏时的压缩应力（屈服优先），作为压缩强度，并给出压缩变形。如果 10%形变前未发生屈服或者破坏，取相对变形为 10%时的压缩应力为实验结果，称其为“相对变形为 10%时的压缩应力”。

## 6 水力性能试验

### T 1141-2017 垂直渗透性能试验（恒水头法）

#### 1. 适用范围

1.1 本方法适用于测定在无负载状态、恒水头及符合层流条件下土工合成材料的垂直渗透性能。

1.2 本方法适用于具有透水性能的各类土工织物及复合土工织物。

#### 2. 定义

##### 2.1 流速指数

试样两侧 50mm 水头差下的流速（mm/s）

注：也可取 100mm、150mm 或其他水头差下的流速，但需在报告中注明。

##### 2.2 垂直渗透系数

在单位水力梯度下垂直于土工织物平面流动的水的渗透流速（mm/s）

##### 2.3 透水率

在单位水头差下垂直于土工织物平面流动的水的渗透流速（l/s）

#### 3. 仪器设备及材料

##### 3.1 恒水头垂直渗透试验仪

3.1.1 试样夹持装置：应确保试样有效过水面积不小于  $20\text{cm}^2$ ，试样边缘与夹持装置周壁密封良好，不应有周壁渗漏发生。

3.1.2 恒水头装置：有溢流和水头调节功能，可以设置的最大水头差至少为 70mm，要求在试验过程中能够在试样的两侧保持恒定的水头，具备达到 250mm 恒定水头的能力。

3.1.3 支撑网格：应使用直径 1mm 的金属丝网格和  $(10\pm 1)\text{mm}$  尺寸的筛网放置在试样的背水面，以在试验过程中支撑试样。当仪器中无试样但有试样支

撑网格时，在任何流速下测定的支撑网格两侧的水头差必须小于 1mm。

3.1.4 量测装置：其管路应避免直径的变化，以减少水头损失，水头的量测精确至 1mm

### 3.2 供水系统

3.2.1 试验用水应采用蒸馏水或经过过滤的纯净水，水中的溶解氧含量不得超过 10mg/L。

3.2.2 溶解氧含量的测定在水入口处进行，溶解氧的测定仪器或仪表应符合 HJ 506 的有关规定。

3.2.3 水温宜控制在 18℃-22℃，试验水温应尽量接近 20℃，以减小因温度修正带来的不准确性。

### 3.3 其他用具

3.3.1 秒表，精确到 0.1s。

3.3.2 量筒，精确到 10mL。

3.3.3 温度计，精确到 0.2℃。

## 4. 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量：单层试样不少于 5 个，多层试样不少于 5 组。

4.3 试样尺寸：其尺寸应与试验仪器相适应。

4.4 试样要求：试样应清洁，表面无污物，无可见损坏，不得折叠。

## 5. 试验步骤

5.1 将试样放置于含有湿润剂的水中，轻轻搅动排出试样内可能存在的气泡，浸泡至少 24h 直至试样饱和，湿润剂采用体积分数为 0.1% 的烷基苯硫酸钠。

5.2 将饱和试样装入渗透仪的夹持装置内，安装过程应防止空气进入试样，有条件宜在水下装样。

5.3 向渗透仪注水，直到试样两侧达到 50mm 的水头差。关掉供水，如果试样两侧的水头在 5min 内不能平衡，查找是否有未排除干净的空气，重新排气，并在试验报告中注明。

5.4 调整水流，使水头差达到  $70\text{mm}\pm 5\text{mm}$ ，记录此值，精确到 1mm。待水头稳定至少 30s 后，在一定的周期内，用量筒收集通过仪器的渗透水量，体积精确到 10mL，时间精确到 0.1s，收集水量至少 1000mL 或收集时间至少 30s。

5.5 分别对最大水头差约 0.8、0.6、0.4 和 0.2 倍的水头差，重复 5.4 的程序，从最高流速开始，到最低流速结束，并记录下相应的渗透水量和时间。注：如土工织物总体渗透性能已经确定，为控制产品质量可以只测 50mm 水头差下的流速。

5.6 记录水温，精确到  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.7 对其他试样重复 5.2-5.6 的步骤。

## 6. 结果计算

### 6.1 流速指数

(1) 按式(T1141-1)计算  $20^{\circ}\text{C}$  时的流速  $v_{20}$  (mm/s)：

$$v_{20} = \frac{VR_T}{At} \quad (\text{T1141-1})$$

式中：V -- 渗透水的体积 ( $\text{m}^3$ )；

$R_T$  --  $T^{\circ}\text{C}$  水温时的水温修正系数；

A -- 试样过水面积 ( $\text{m}^2$ )；

t -- 达到水体积 V 的时间 (S)。

(2) 计算每块 (组) 试样不同水头差下的流速  $v_{20}$ 。

使用计算法或图解法，用水头差 h 对流速  $v_{20}$  通过原点作最佳拟合二次曲线。在一张图上绘出 5 个试样的水头差 h 对流速  $v_{20}$  的曲线 5 条。

(3) 通过计算法或图解法求出 5 个 (组) 试样 50mm 水头差的流速值，给出平均值

和最大、最小值。平均值为该样品的流速指数，精确到 1mm/s。

注：对于控制材料质量的目的，只需测定 5 个（组）试样 50mm 水头差的流速平均值。

## 6.2 垂直渗透系数

按式(T1141-2)计算实际水温下的垂直渗透系数  $k$ ：

$$k = v/i = \frac{v\delta}{\Delta h} \quad (\text{T1141-2})$$

式中： $k$  -- 实际水温下的垂直渗透系数（mm/s）；

$v$  -- 垂直于土工织物平面水的流动速度（mm/s）；

$i$  -- 土工织物两侧的水力梯度；

$\delta$  -- 土工织物试样厚度（mm/s）；

$\Delta h$  -- 对土工织物试样施加的水头差（mm）。

按式(T1141-3)计算 20℃ 水温下的垂直渗透系数  $k_{20}$

$$k_{20} = kR_T \quad (\text{T1141-3})$$

式中： $k_{20}$  -- 水温 20℃ 时的垂直渗透系数（mm/s）；

$k$  -- 实际水温下的垂直渗透系数（mm/s）；

$R_T$  -- T℃ 水温时的水温修正系数。

水温修正系数  $R_T$  应按式（T1141-4）计算：

$$R_T = \eta_T / \eta_{20} = 1.762 / (1 + 0.0337T + 0.00022T^2) \quad (\text{T1141-4})$$

其中  $\eta_T = 1.78 / (1 + 0.0337T + 0.00022T^2)$

式中： $\eta_T$  -- T℃ 的动力粘滞系数（mPa·s）；

$T$  -- 水温（℃）；

$\eta_{20}$  -- 20℃ 的动力粘滞系数（mPa·s）；

表 T 1141-1 常用水温修正系数

温度 (°C)	$R_T$	温度 (°C)	$R_T$
18.0	1.050	20.5	0.988
18.5	1.038	21.0	0.976
19.0	1.025	21.5	0.965
19.5	1.012	22.0	0.953
20.0	1.000		

### 6.3 透水率

按式(T1141-5)计算水温 20°C时的透水率:

$$\theta_{20} = k_{20} / \delta = v_{20} / \Delta h \quad (\text{T1141-5})$$

$\theta_{20}$ -- 水温 20°C时的透水率 (1/s) ;

$k_{20}$ -- 水温 20°C时的垂直渗透系数 (mm/s);

$\delta$  -- 土工织物试样厚度 (mm/s);

$v_{20}$ -- 温度 20°C时, 垂直于土工织物平面水的流动速度 (mm/s);

$\Delta h$ -- 对土工织物试样施加的水头差 (mm)。

透水率应采用单层试样厚度进行计算。

### 7. 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- (1) 样品名称、规格型号;
- (2) 样品状态的描述;
- (3) 试验日期;
- (4) 渗透仪规格型号、主要技术指标;
- (5) 试样有效过水面积;
- (6) 测定全部渗透性能时, 每个试样的流速对水头损失曲线的集合;
- (7) 水头差 50mm 时的流速指数(VI<sub>50</sub>), 如需要, 给出垂直渗透系数和透水率;

- (8) 水温范围；
- (9) 供水方式和溶解氧值；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

条文说明：

土工织物的渗透特性是其重要水力学特性之一，在过滤标准及其他有关水力学设计中，是一项不可缺少的重要指标。垂直于织物平面的渗透特性简称垂直渗透特性，当水流方向垂直于织物平面时，其透水性主要用垂直渗透系数表示，该系数是渗流的水力梯度等于 1 时的渗流流速，一般服从达西定律。为避免厚度测量引起的误差，土工织物的渗透特性也可采用透水率来表示。

国内外常用的有关土工织物垂直渗透性能的标准有：《土工布及其相关产品 无负荷下垂直渗透特性的测定》（ISO 11508：2010）、《土工织物的垂直渗透标准测试方法》（ASTM D4491M-15）、《土工布及其有关产品无负荷时垂直渗透特性的测定》（GB/T15789-2005）、《土工合成材料测试规程》（SL235-2012）等。垂直渗透性能的测试方法分恒水头法与降水头法两种，目前普遍采用恒水头法，即在系列恒定水头下测定土工织物垂直渗透特性。

本次修订与 JTG E50-2006 主要变更处在于：1) 明确了本试验是在无负载状态下、符合层流条件下进行。2) 明确试样有效过水面积不小于  $20\text{cm}^2$ ，对设备支撑网格进行了规定。3) 规定试样数量：单层试样不少于 5 个，多层试样不少于 5 组。4) 明确透水率应采用试样单层厚度进行计算。

## T 1142-2017 耐静水压试验

### 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定土工合成材料的耐静水压性能试验。

1.2 本方法适用于土工膜和复合土工膜。

### 2 仪器设备及材料

耐静水压的测定装置应包括进水调压装置、试样夹持及加压装置、压力测定装置等。

其主要部件及要求如下（见图 T1142-1）：

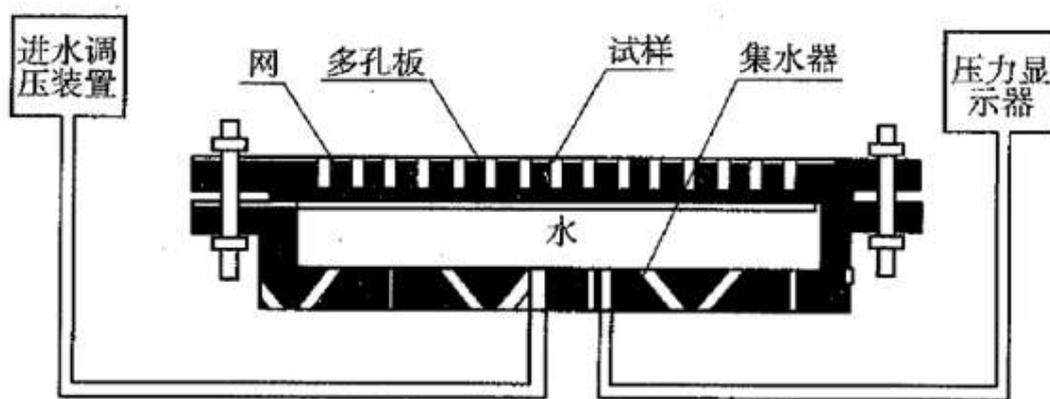


图 T1142-1 耐静水压装置示意图

2.1 进水调压装置：包括水源、气源、调压阀等，调压范围至少 0~2.5MPa，应具有压力恒定功能，加压系统误差 $\pm 2\%$ 。

2.2 试样夹持及加压装置：由集水器、支撑网和多孔板组成。集水器一般为圆筒状，内腔直径为  $200\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ，也可根据需要选用，但截面面积不小  $200\text{cm}^2$ ；多孔板内均匀分布直径为  $3\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  的小透孔，孔的中心间距离  $6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；试样夹持后应保证无漏水。

2.3 压力测定装置：量程范围 0~2.5MPa，分辨率 0.05MPa。

### 3 试样制备

3.1 取样：按本规程 T 1101 的规定取样。

3.2 试样数量和尺寸：从样品上至少剪取 3 块试样，其大小应适合使用的仪器。试样上不能有损伤和疵点。

#### 4 试验步骤

4.1 开启进水加压装置，使水缓慢地进入并充满集水器，直至刚好要溢出。

4.2 将试样无褶皱地平放在集水器内的网上，溢出多余水以确保集水器内无气泡；将多孔板盖上，均匀地夹紧试样。

对于由纺织材料与膜材复合的试样，应使膜材一面对水面；对于两面是纺织材料而膜处于中间的复合材料，可将面对水面一侧的纺织材料边缘相应于将被夹持的环形部分小心地剥去，也可在被夹持的环形部分涂上玻璃胶等粘合剂，以确保试样被夹持的部分不漏水。

4.3 缓慢调节加压装置，使集水器内的水压上升至 0.1MPa；如能估计出样品耐静水压的大致范围，也可将水压直接加到该范围的下限，开始测试。

4.4 保持上述压力至少 1h，观察多孔板的孔内是否有水渗出。

4.5 如试样未渗水，以每 0.1MPa 的级差逐级加压，每级均保持至少 1h，直至有水渗出时，表明试样有渗水孔或已出现破裂，记录前一级压力即为该试样的耐静水压值，精确至 0.1MPa。

4.6 如只需判断试样是否达到某一规定的耐静水压值，则可直接加压到此压力值并保持至少 1h，如没有水渗出，则判定其符合要求。

多孔板的孔内出现水珠时，如将其擦去后不再有水渗出，则可判断这是由于试样边缘溢流造成的，可以继续试验；如果将其擦去后仍有水渗出，则可判断是由于试样渗水造成的，试验可以终止。

4.7 按照 4.1~4.6 步骤测定其余试样。如果 3 个值差异较大(较低的 2 个值相差超过 50%)，则应增加测试 2~3 个试样。

4.8 如果使用 T 1141-2006 中规定的装置，则以渗流量判断是否渗水。在一定水力

压差下渗流量极小时（如小于  $0.1\text{cm}^3/\text{h}$ ）则可认为没有渗水；当渗流量急速增加时，表明试样已出现破坏，试验可以终止。

## 5 试验结果

以 3 个试样测得耐静水压值中的最低值作为该样品的耐静水压值；如果实测值超过 3 个，以最低的 2 个值的平均值计；如果只有 1 个值较低且低于次低值 50% 以上，则该值应舍弃。试验结果按 GB 8170 规定修约至 0.1MPa。

## 6 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- （1）样品名称、规格型号；
- （2）样品状态的描述
- （3）试验日期
- （4）试验设备型号、主要技术指标；
- （5）样品的耐静水压值（MPa）；
- （6）任何不正常的状态，例如夹持装置边缘渗水等；
- （7）任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明：

土工合成材料中的土工膜和复合土工膜，防渗性能是其重要的特征指标之一，在工程实际应用中，对工程寿命有重要的影响。防渗性能通常可用耐静水压指标表征。本次修订主要依据 GB/T 19979.1《土工合成材料 防渗性能 第 1 部分：耐静水压的测定》进行。

在操作过程中应注意：

- （1）多孔板上的小孔直径和分布间距会对试验结果产生较大的影响。小孔直径和分布间距不同，试验结果不同，没有可比性，所以要严格按照标准要求制作多孔板。
- （2）支撑网和多孔板表面应光滑无锐角，以免划伤试件造成漏水。

(3) 当对两布一膜试样进行耐静水压试验时，要特别注意密封问题，将面对水面一侧的纺织纤维小心剥掉，以确保被夹持部分不漏水。

(4) 以 3 个试样中的最低值作为该样品的检测结果；如果实测值超过 3 个，以最低的 2 个值的平均值计；如果只有 1 个值较低且低于次低值 50% 以上，则该值应舍弃。

# T 1143-2017 塑料排水带通水量试验

## 1 目的和适用范围

1.3 本方法适用于测定塑料排水带复合体的纵向通水量。

1.4 本方法适用于各种类型的塑料排水带。

## 2 仪器设备及材料

2.1 通水能力测定仪：可采用立式或卧式（见图T1143-1和T1143-2），应满足下列规定：

- (1) 在试样有效受压范围内受到均匀且恒定的侧压力；
- (2) 试样内部在常水头下进行渗流；
- (3) 试样两端连接处，必须密封良好，在侧压力作用下不漏水。

2.2 连接管路宜短而粗，减小水头损失。

2.3 上下游水位容器应有溢水装置，保持常水头；水位容器应有较大容积，保证水流稳定，宜控制水温为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 包封排水带用的乳胶膜套，应弹性良好、不漏水，膜厚宜小于 $0.3\text{mm}$ 。

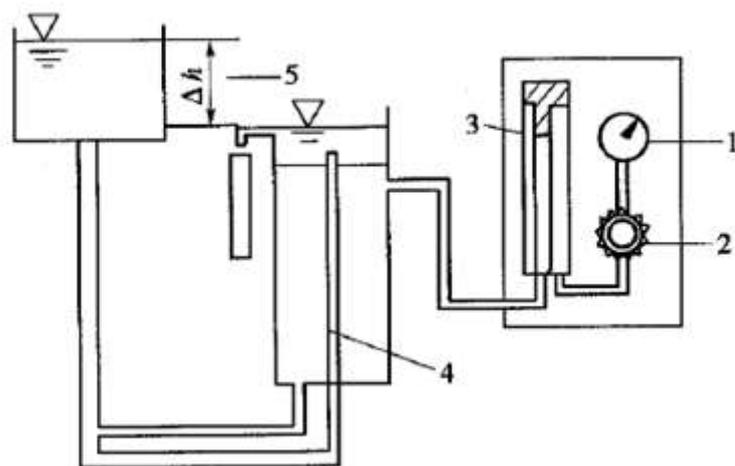


图 T1143-1 立式通水能力测定仪

1- 压力表；2-调压阀；3-体变管；4-排水带；5-水位差

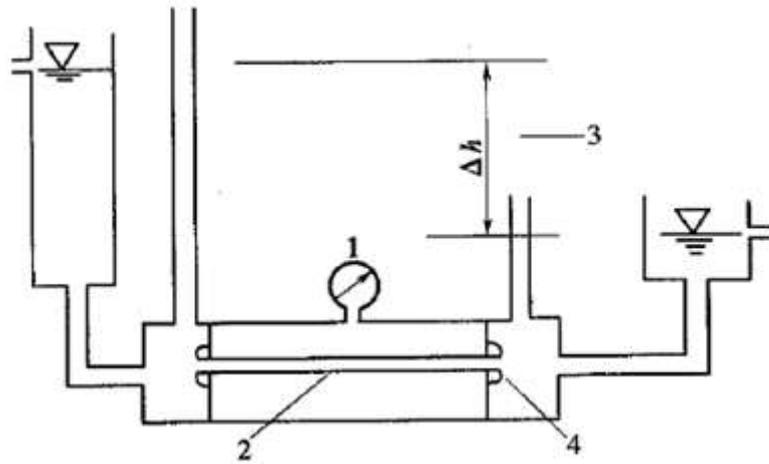


图 T1143-2 卧式通水能力测定仪  
1-压力表；2-排水带；3-水位差；4-端部密封

2.5 其他，如量筒、秒表、温度计、水桶等。

### 3 试样制备

3.1 取样：按本规程T 1101的规定取样。

3.2 制样：沿排水带长度方向随机裁取两块试样，试样长度与通水能力测定仪相匹配。

### 4 试验步骤

4.1 将包有乳胶膜的排水带装入通水仪内，密封好两端接头，安装好连接部分。

4.2 对压力室施加侧压力，通用的侧压力为350kPa，在整个实验过程中保持恒压。

4.3 调节上、下游水位，使排水带在水力梯度条件*i*=0.5条件下进行渗流。

4.4 在恒压及恒定水力梯度下渗流0.5h后测量渗水量，并记录测量时间，以后每隔1h测量一次，在相邻的三次通水量测量值中，前后两次通水量差值均小于前一次通水量的5%为止，以最后一次测读的通水量作为该试样的通水量。即需要同时满足以下两个试验终止条件：

$$\frac{|Q_n - Q_{(n+1)}|}{Q_n} < 5\% \quad (\text{T1143-1})$$

$$\frac{|Q_{(n+1)} - Q_{(n+2)}|}{Q_{(n+1)}} < 5\% \quad (\text{T1143-2})$$

4.5 重复4.1~4.4步骤，测定另一块排水带的通水量，通水量计算时不做温度修正，但应注明试验的实际水温。

### 5 试验结果

5.1 按式(T1143-3)计算排水带通水量 $Q$ :

$$Q = \frac{W}{ti} \quad (T1143-3)$$

式中:  $Q$ ——通水量,  $\text{cm}^3/\text{s}$ ;

$W$ ——在  $t$  时段内通过排水板(带)的水量,  $\text{cm}^3$ ;

$t$ ——通过水量 $W$ 所经历的时间,  $\text{s}$ ;

$i$ ——水力梯度, 设定 $i$ 为0.5。

5.2 计算两块排水带通水量的平均值, 按GB 8170修约到小数点后1位。

## 6 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- (1) 样品名称、规格型号;
- (2) 样品状态的描述;
- (3) 试验日期;
- (4) 试验设备型号、主要技术指标;
- (5) 样品复合体纵向通水量;
- (6) 任何不正常的状态, 如密封端渗水等;
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

纵向通水量是塑料排水带整体性能的体现, 是其最重要的工程应用指标。为了提高检测结果的准确性, 本次修订, 排水带通水量测量的间隔时间由原来的 2h 修订为 1h; 稳定条件原来是 2h 内的变化小于 5%, 修订为在相邻的三次通水量测试值中, 前后两次通水量差值均小于前一次通水量的 5% 为止。

# T 1144-2017 有效孔径试验(干筛法)

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于用干筛法测定土工织物的孔径。

1.2 本方法适用于土工织物和复合土工织物。

## 2 定义

### 2.1 标准颗粒材料

洁净的玻璃珠或天然砂粒，其粒径应符合本方法中3.3的粒径分组要求。

### 2.2 孔径

以通过其标准颗粒材料的直径表征的土工织物的孔眼尺寸。

### 2.3 有效孔径( $O_e$ )

能有效通过土工织物的近似最大颗粒直径，例如 $O_{90}$ 表示土工织物中90% 的孔径低于该值。

## 3 仪器设备及材料

3.1 筛子：直径200mm。

3.2 标准筛振筛机。

横向振动频率：220次/min±10次/min；回转半径：12mm±1mm。

垂直振动频率：150次/min±10次/min；振幅：10mm±2mm。

3.3 标准颗粒材料。

标准颗粒材料粒径分组如下：

0.045 - 0.063、0.063 - 0.071、0.071 - 0.090、0.090 - 0.125、0.125 - 0.180、0.180 - 0.250、  
0.250 - 0.280、0.280 - 0.355、0.355 - 0.500、0.500 - 0.710 (mm) 。

3.4 天平：称量200g，感量0.01g。

3.5 计时器、细软刷子、剪刀等。

## 4 试样制备

4.1 取样：按本规程T 1101的规定取样。

4.2 试样数量及尺寸：

每组试样数量为 5 个。振筛后，若嵌入织物的颗粒不易清出，织物试样不能重复使用，这时，试样数为  $5 \times n$  ( $n$  为选取的粒径级数)。

4.3 试样调湿：按本规程T1101中的第5条规定进行。当试样在间隔至少2h的连续称重中质量变化不超过试样质量的0.25%时，可认为试样已经调湿。

## 5 试验步骤

5.1 试验前应将标准颗粒材料与试样同时放在标准大气条件下进行调湿平衡。

5.2 将1块试样平整、无褶皱地放入能支撑试样而不致下凹的支撑筛网上。从较细粒径规格的标准颗粒中称50g，均匀地撒在土工织物表面上。

5.3 将筛框、试样和接收盘夹紧在振筛机上，开动振筛机，摇筛试样10min。

5.4 关机后，称量通过试样进入接收盘的标准颗粒材料质量，精确至0.01g。然后振拍筛框或用刷子轻轻拭拂清除表面及嵌入试样的颗粒，若嵌入颗粒不易清出，则弃用。

5.5 用下一较粗规格粒径的标准颗粒材料在同一块试样上重复 5.2 - 5.4 步骤，对于嵌入颗粒不易清出的织物，则用下一较粗规格粒径的标准颗粒材料在另一块试样上重复 5.2 - 5.4 步骤，直至取得不少于三组连续分级标准颗粒材料的过筛率，并有一组的过筛率达到或低于 5%。

5.6 重复 5.2-5.5 步骤，对剩余试样进行试验。

## 6 试验结果

6.1 按下式计算过筛率，结果按GB 8170修约到小数点后两位：

$$B = \frac{P}{T} \times 100 \quad (\text{T1144-1})$$

式中： B-某组标准颗粒材料通过试样的过筛率(%)；

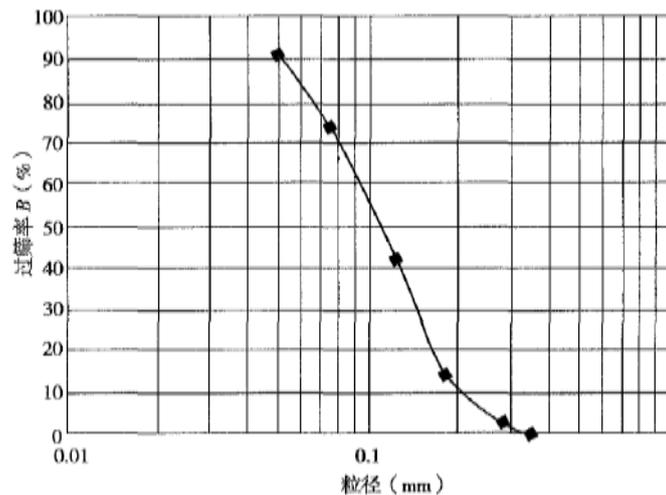
P-某组标准颗粒材料通过试样的过筛量(g)；

T-每次试验用的标准颗粒材料量(g)。

6.2 以每组标准颗粒材料粒径的上下限值和过筛率进行线性内插得到的颗粒直径作为横坐标(对数坐标)，相应的过筛率作为纵坐标，描点绘制过筛率与粒径的分布曲线。找出曲线上纵坐标10%所对应的横坐标值，即为 $O_{90}$ ；找出曲线上纵坐标5%所对应的横坐标值，即为 $O_{95}$ ，读取两位有效数字，可直接编程计算。

### 6.3 土工织物有效孔径分布曲线的绘制示例

#### 6.3.1 曲线的绘制



图T 1144-1 有效孔径分布曲线

#### 6.3.2 $O_{90}$ 、 $O_{95}$ 值的确定

$O_{90}$ 表示90%的标准颗粒材料留在土工织物上，其过筛率B为 $1-90\%=10\%$ ，曲线上纵坐标为10%点所对应的横坐标即定义为有效孔径 $O_{90}$ ，单位为mm。

$O_{95}$ 表示95%的标准颗粒材料留在土工织物上，其过筛率B为 $1-95\%=5\%$ ，曲线上纵坐标为5%点所对应的横坐标即定义为有效孔径 $O_{95}$ ，单位为mm。

6.4 计算孔径的平均值、标准差和变异系数。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

(1)样品名称、规格型号；

- (2)样品状态的描述;
- (3) 试验日期;
- (4) 试验设备型号、主要技术指标;
- (5)试验条件(标准颗粒材料的选用、摇筛时间等);
- (6)试验结果(孔径分布曲线、有效孔径和变异系数);
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

孔径是土工织物水力学性能中的一项重要指标，它反映土工织物的过滤性能，既可评价土工织物阻止土颗粒通过的能力，又反映土工织物的透水性。表征土工织物孔径特征的指标是有效孔径。

本次修订主要参照了 ASTM D4751《土工织物有效孔径的测定 干筛法》，首先修订了孔径的计算方法。根据 JTG E50-2006，是用同一规格粒径的标准颗粒材料在五块试样上进行试验，然后取平均过筛率，直至取得不少于三组连续分级标准颗粒材料的过筛率，并有一组的过筛率达到或低于 5%，而后画图得出有效孔径。由于很多土工织物非常不均匀，若用同一规格粒径的标准颗粒材料在五块试样上进行试验，然后取平均过筛率，很有可能用较粗规格粒径的过筛率反而大于用较细规格粒径的过筛率，从而无法得出有效孔径值。因此本次标准修订为用同一块土工织物试样对不同级别的颗粒材料进行振筛，若嵌入颗粒不易清出，则换样。然后对五个或五组试样分别进行等效孔径计算，得到平均值和相应的变异系数。

另外修订了孔径分布曲线的横坐标，由每组标准颗粒材料粒径的下限值修订为每组标准颗粒材料粒径的上下限值和过筛率进行线性内插得到的颗粒直径作为横坐标。因为颗粒每一级的分组，其上下限值之差约在 20%。如果简单地用平均值，或上下限值来代表，将带来较大的误差，所以颗粒直径以颗粒分组的上下限值和过筛率进行线性内插得到，这样可减小误差。

# T 1145-2017 淤堵试验

## 1 目的和适用范围

1.1 本方法适用于采用梯度比方法测试一定水流条件下土与土工织物系统及其交界面的抗淤堵性能，以及测定试验结束后土工织物的含泥量。

1.2 本方法适用于土工织物及复合土工织物，以判断土工织物作为某种土的滤层时是否产生不允许的淤堵。

## 2 定义

梯度比：淤堵试验中，土工织物试样至其上方 25mm 土样的水力梯度与织物上方从 25~75mm 之间土样的的水力梯度的比值。

## 3 仪器设备及材料

3.1 梯度比渗透仪：

3.1.1 渗透仪筒体为内径 100mm 的透明圆筒，有夹持单片或多片土工织物试样的装置，周边应密封良好，圆筒应有一定的高度，织物上方的土样高 100mm，土样上方应有一定的空间使水流均匀稳定。

3.1.2 渗透仪圆筒侧壁的 6 根测压管，其内径不小于 3mm，接头处应设滤层，防止土样堵塞管口。进水口、排水口、排气口及 6 根管的分布如图 T1145-1。

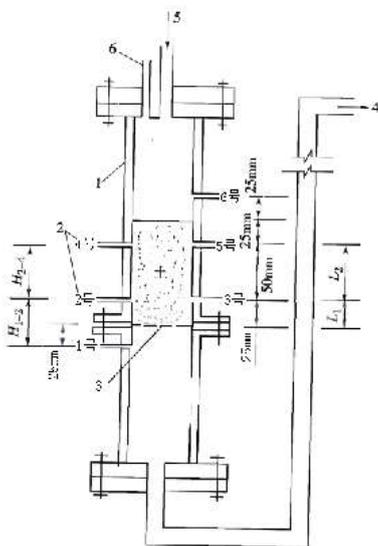


图 T1145-1 梯度比装置示意图

1-内径 100mm 透明圆管；2-测压管；3-土工织物；4-排水口；  
5-连常水头水容器；6-排气口

3.1.3 土工织物底部应放置具有一定刚度和孔径（6mm）的筛网，以支承土工织物。筛网和织物一起在夹持装置内密封。

3.2 供水系统：进水和出水装置均应有溢水口，保证常水头。

3.3 测压板：测压管固定在板上，应装有刻度尺，最小分度值为 1mm。

3.4 其他：真空泵、水加热器、秒表、量筒、温度计、水箱等。

#### 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的有关规定取样。

4.2 试样数量及尺寸：试样尺寸应与渗透仪尺寸相适应；试样数量根据试验组合和设计滤层中织物的层数而定。

4.3 试验前称量土工织物试样的质量，精确至 0.01g。

4.4 土料：将土料风干后进行筛分，剔除粒径大于 5mm 的颗粒。

4.5 试验用水：应采用蒸馏水或经过过滤的纯净水，水中的溶解氧含量不得超过 10mg/L，水温宜控制在 18℃-22℃。

#### 5 试验步骤

5.1 将织物试样和筛网一起放在夹持装置内，并密封好。

5.2 装入土样，土样高为 100mm。对于松土样，可用漏斗将风干土倒入渗透仪内整平即可；对于密实土样，应分层击实至要求的密度。装样过程中应防止测压管的进口被

堵塞。

5.3 饱和土样。由排水口管进水，使水由试样底部缓慢流入，可控制进水水头小于25mm,直至水位上升到土样顶面一定高度，始可从进水管注水，并使整个容器内充满水（为加速土样饱和，可采用真空泵抽气法或用充 CO<sub>2</sub> 的方法）。

5.4 调节水位，使水力梯度 i 达 1.0，观察测压管内的水位变化。

5.5 当全部测压管读数达到稳定后，将上游进水容器保持常水头，打开出水口阀门，水流通过试样进行渗流。

5.6 每小时测读一次测压管水位和渗水量，同时记录渗水时间和水温，连续测读 24h。如读数尚未完全稳定，可适当延长测读时间，直至稳定为止。

5.7 当 i=1.0 时的试验结束后，调整水力梯度 i, 分别对该试样进行 i=2.5、i=4.0 及 i=10.0 时的试验。当 i 每增加一级后，应等测压管读数稳定，并在该级梯度下渗流达 1.5h 以上。当 i 达 10.0 且测压管读数稳定后，重复 5.5~5.6 步骤。

5.8 试验结束，取出土工织物试样，轻轻清除表面浮土，烘干后称量土工织物及其内部含土的总质量，精确至 0.01g。

## 6 试验结果（参见图 T1145-1）

6.1 按式(T1145-1)计算梯度比  $\frac{H_{1-2}/L_1+\delta}{H_{2-4}/L_2}$  GR:

GR=

(T1145-1)

式中：GR—梯度比；

$\delta$ —土工织物厚度（mm）；

H<sub>1-2</sub>—测压管 1 号与 2 号间的水位差（mm）；

H<sub>2-4</sub>—测压管 2 号与 4 号间的水位差（mm）；

L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>—渗径长（mm）。

不计土工织物厚度时，GR 按式(T1145-2)计算：

$$GR = \frac{2H_{1-2}}{H_{2-4}} \quad (T1145-2)$$

6.2 按式(T1145-3)计算土工织物单位体积试样中的含土量

$$\mu = \frac{m_1 - m_0}{A\delta} \quad (T1145-3)$$

式中： $\mu$ —织物单位体积试样中的含土量 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$m_0$ —试验前织物试样的质量 (g)；

$m_1$ —试验后织物试样的质量 (g)；

A—织物试样面积 ( $\text{cm}^2$ )；

$\delta$ —土工织物厚度 (cm)。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 样品名称、规格型号；
- (2) 土样状态的描述；
- (3) 试验日期；
- (4) 试验时试样的层数；
- (5) 梯度比及梯度比随时间的变化过程曲线；
- (6) 试样单位体积的含土量；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

判断淤堵通常是由通过织物水流量的减小，以及进入织物土颗粒的增多来评估的。流量的减小是用梯度比来定量表示的，进入织物的土颗粒量是用试验后土工织物单位体积的含土量来表示的。对于梯度比试验方法及规定 GR 大于 3 时，将发生较为严重的淤堵，不少学者有不同看法或提出修改意见，但因梯度比试验方法试验历时较短，操作简

单, 相对比较成熟, 所以在淤堵试验中得到普遍应用。本方法主要参考了美国 FHWA《土工织物工程手册》和水利部 SL235《土工合成材料测试规程》, 并基本保持了原规程相关章节的内容。

## 7 耐久性能试验

### T 1161-2017 抗氧化性能试验

#### 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定聚丙烯和聚乙烯类土工合成材料（土工膜除外）的抗氧化性能。

#### 2 试验原理

试样悬挂于常规的试验室中进行自然通风，在规定温度下放置一定的时间，聚丙烯材料试样在 110℃ 下进行加热老化，聚乙烯材料试样在 100℃ 下进行加热老化。将对照样和加热后的老化样进行拉伸试验，比较它们的拉伸强度和峰值应变。

#### 3 仪器设备及用具

3.1 拉伸试验机：应具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中的应力、应变。

3.2 恒温烘箱：烘箱有可调节的通风口，箱内有足够的空间供悬挂试样，并能保持设定的温度，温度精度为  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

3.3 耐热的试样夹持夹具：悬挂于烘箱内，试样间有至少 10mm 的间隔。试样距烘箱壁的距离至少 100mm。

#### 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样的数量和尺寸：从样品上剪取两组试样，一组用作加热老化的老化样，一组用作对照样。每纵、横向各取 5 块试样。每块试样的尺寸至少 300mm×50mm。机织物每块试样的尺寸至少 300mm×60mm，需数经、纬向 50mm 间的纱线根数，分别记录为  $n_1$  和  $n_2$ 。土工格栅试样在宽度上应保持完整的单元，在长度方向应至少有三个连接点，试样的中间有一个连接点。建议多老化几块试样，作为机械性能试验失败时的备用样。

#### 4.3 调湿

4.3.1 试样在入烘箱内老化前不需进行调湿和状态调节。

4.3.2 进行拉伸性能试验前，对老化样和对照样进行调湿和状态调节，按本规程 T1101 的规定进行。

#### 5 试验步骤

5.1 设定烘箱温度：聚丙烯材料试样烘箱温度设定为  $110^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ；聚乙烯材料试样烘箱

温度设定为  $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 当烘箱温度稳定后，将试样夹持在夹具上，悬挂在烘箱内，试样间彼此不接触，试样的总体积不超过烘箱内空间体积的 10%。

5.3 对于起加筋加固作用的土工合成材料试样，或使用时需要长时间拉伸的试样，聚丙烯材料试样需在烘箱内老化 28d，聚乙烯材料试样老化 56d。对于用作其他功能的土工合成材料试样，聚丙烯材料试样需老化 14d；聚乙烯材料试样需老化 28d。

5.4 由于耐热试验过程中试样可能产生收缩，所以拉伸试验前应将对照样在烘箱相同温度下放置 6h 后，再调湿进行拉伸试验。

5.5 拉伸性能测定：当试样在烘箱中达到规定的时间后，把试样取出，按本规程 T1101 的规定进行调湿和状态调节。按本规程 T1121 的规定测定拉伸试验，拉伸速率为  $100\text{mm}/\text{min}$ 。对于机织物，从条样的两侧拆除相等数量的纱线，直到老化样和对照样经、纬向的纱线根数等于  $n_1$  和  $n_2$ 。分别计算纵、横向拉伸强度的平均值，对照样记为  $F_c$ ，老化样记为  $F_e$ ；分别计算纵、横断裂等值应变的平均值，对照样记为  $\varepsilon_c$ ，老化样记为  $\varepsilon_e$ 。如果其中一块试样的拉伸试验无效，则在相同方向上再取一块试样（经过相同处理）进行试验。

实际经验表明，为了取得较好的重现性，应注意以下几点：

- (1) 把试样放在烘箱的中部；
- (2) 每次试验前，要清洁烘箱和夹具上的残留物；
- (3) 聚合物（例如聚丙烯）的热氧化作用可能会释放出有催化作用的物质。因此，不同稳定性的聚合物。不应在同一时间、同一烘箱中试验，除非是土工布复合材料。

## 6 结果计算

6.1 按式 (T 1161-1) 计算拉伸强度保持率，按 GB8170 修约至 1 位小数：

$$R_F = \frac{F_e}{F_c} \times 100 \quad (\text{T 1161-1})$$

式中： $R_F$ ——试样的拉伸强度保持率（%）；

$F_e$ ——老化样的平均拉伸强度（kN/m）；

$F_c$ ——对照样的平均拉伸强度（kN/m）。

6.2 按式 (T 1161-2) 计算峰值应变的保持率，按 GB8170 修约至 1 位小数：

$$R_\varepsilon = \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_c} \times 100 \quad (\text{T 1161-2})$$

式中： $R_e$ ——试样的峰值应变保持率（%）；

$F_e$ ——老化样的平均峰值应变（%）；

$F_c$ ——对照样的平均峰值应变（%）。

## 7 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 烘箱温度和最大偏差；
- (5) 温度对对照样的影响；
- (6) 拉伸强度保持率  $R_F$ ；
- (7) 峰值应变保持率  $R_e$ ；
- (8) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (9) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

抗氧化性能是土工合成材料耐久性能的重要指标之一。目前国内外有关的试验方法有：《土工布及其有关产品抗氧化性能的筛选试验方法》(ISO 13438:2004)、欧洲标准《土工布及其有关产品评定耐久性的通用试验方法》(ENV 12226;1996)、《土工布及其有关产品抗氧化性能的试验方法》(GB/T 17631—1998)。

本方法参照采用了 ISO 13438:2004 和 GB/T 17631—1998 的技术内容，目的在于提供一种方法，用于筛选抗氧化性能好的土工合成材料。

试验过程中应注意：

(1) 试验中，烘箱的温度是关键。烘箱在整个试验过程中应保持恒温，以使试样的温度保持在规定试验温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的范围内。在 14d、28d 或更长时间的试验过程中，必须每天观察并记录试验温度，如发现温度达不到试验要求，应及时查找原因。

(2) 聚丙烯或聚乙烯材料的试样在烘箱中长时间放置，可能会发生收缩，所以在剪取试样时可适当放大尺寸，但须使对照样和老化样这两组试样的尺寸完全一样，以保证试验结果有可比性。

(3) 由于耐热试验过程中试样可能产生收缩，所以对照样必须在与老化样相同的烘箱中放置 6h 后，才能进行拉伸比对试验，而不能用原始样替代对照样直接进行试验。

本次修订补充了机织型土工合成材料抗氧化性能试验的试样制备及试验方法。

为了提高试验结果的准确性，本次修订增加了试验注意事项：

(1) 把试样放在烘箱的中部；

(2) 每次试验前，要清洁烘箱和夹具上的残留物；

(3) 聚合物（例如聚丙烯）的热氧化作用可能会释放出有催化作用的物质。因此，不同稳定性的聚合物不应在同一时间、同一烘箱中试验，除非是土工布复合材料

# T 1162-2017 抗酸、碱液性能试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定土工合成材料抗酸、碱液性能。

1.2 本方法适用于测定所有的土工合成材料，且仅考虑试样全部浸渍于酸、碱液体中的情况。对于其他情况，可修改试验条件以符合特殊应用的要求。也可适用于某些方法预处理后的试样，例如经风化、水萃取处理或者安装时受损的试样。

## 2 试验原理

将试样完全浸渍于试液中，在规定的温度下持续放置一定的时间。分别测定浸渍前和浸渍后试样的拉伸性能、尺寸变化率以及单位面积质量。比较浸渍样和对照样的试验结果。

## 3 仪器设备及材料

3.1 拉伸试验机：应具有等速拉伸功能，拉伸速率可以设定，并能测读拉伸过程中的应力、应变。

3.2 试验装置：试验箱外壳、工作室、电控系统和搅拌系统等组成。

3.2.1 试验箱外壳：外壳材料宜为不锈钢板。

3.2.2 工作室：工作室所用的材料应能抗试验用化学品的腐蚀，通常可用硼硅玻璃或不锈钢板。

(1) 工作室由三个大小相同的独立的恒温试验箱组成，分别为酸液试验箱、正常水溶液试验箱和碱液试验箱，试验箱应有足够大的容积，三个试验箱并排放置。

(2) 每个实验箱内置多层搁置土工合成材料试验样品的试架，试架竖向间距为5cm，试架距试验箱内壁的距离至少为10mm，试架材料宜为不锈钢。

(3) 试验时的工作室工作温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 每个试验箱应有密封盖，以限制挥发性成分的蒸发，如果有必要的话，可使用回流冷凝器。在密封盖上至少有一个可关闭的小孔，以便注入液体，控制液体的浓度。

3.2.3 电控系统：包括加热装置和温控装置。

3.2.4 搅拌系统（或等效装置）：保持液体以及液体和试样间物质交换均匀。其中试验箱外壳和工作室之间应设置保温层，目的是使工作室温度不外逸而影响其温度均匀性，保温层内装有岩棉和玻璃纤维等保温材料。

### 3.3 试液

使用两种类型的液体：

(1) 无机酸：0.025mol/L 的硫酸。

(2) 无机碱：氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 饱和悬浮液，例如可用约 2.5g/L 的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。应使用化学纯的试剂，试验用水为 3 级水。

在浸渍试验期间，应保持媒介的组成不变。在有效元素浓度降低，或者相态体系发生变化的情况下，按常规方法调节浓度或更换液体。

## 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T 1101 的规定取样。

4.2 试样的数量和尺寸

从样品上剪取三组试样，一组用作耐酸液的浸渍样；一组用作耐碱液的浸渍样；一组用作对照样。

单位面积质量的测定：每组 5 块试样，每块试样的尺寸至少 100mm×100mm。

尺寸变化和拉伸性能的测定：纵横向应分别测定，试样的尺寸至少 300mm×50mm；。机织物每块试样的尺寸至少 300mm×60mm；土工格栅试样在宽度上应保持完整的抗拉单元，在长度方向应至少有三个连接点，试样的中间有一个连接点。

(1) 建议多备出几块试样，作为拉伸试验失败时的备用样。

(2) 如果产品上有涂层，并且该涂层在使用过程中能够被溶液浸透，那么应分别对涂层试样和去掉涂层后试样进行试验。如果未按上述要求试验，就应在试验报告中注明：试样的涂层破损后有可能改变其抗化学性。

(3) 复合产品应分别评定各层的耐酸、碱液性能。但应注意，复合材料的性能可能由于分成单层而受到影响。

## 5 试验步骤

5.1 浸渍前的测定

浸渍前的测定，试样应进行调湿和状态调节，按本规程 T 1101 的规定进行。

5.1.1 质量的测定

按本规程 T1111 单位面积质量规定的方法测定 5 块试样的单位面积质量，并计算其平均值  $G_0$ 。

5.1.2 尺寸的测定

分别在 5 块试样的中部沿长度方向画一条中心线，在垂直于长度方向上作两条标记

线，标记线间的距离至少 250mm，沿中心线测量两个标记线之间的距离，并计算其平均值  $d_0$ 。试样为机织物时，计数经、纬向 50mm 间的纱线根数并分别记录为  $n_1$  和  $n_2$ 。

## 5.2 浸渍试验

5.2.1 试验用液体的量应是试样重量的 30 倍以上，并能使试样完全浸没。酸碱两种液体的温度均为  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2 将耐酸液的浸渍样和耐碱液的浸渍样，在不受任何机械应力的情况下，分别放在盛硫酸溶液和氢氧化钙溶液的容器中，试样之间、试样与容器壁之间以及试样与液体表面之间的距离至少为 10mm。不同材料的试样不应在同一个容器内试验。试样分别在两种液体中浸渍 3d。

氢氧化钙溶液应连续搅拌，硫酸溶液每天至少搅拌一次，测定并记录液体的初始 pH 值。如液体连续使用，至少每 7d 要添加或者更换一次，以保持初始时的 pH 值。液体和试样应避光放置。

5.2.3 浸渍样从酸、碱溶液中取出后，先在水中清洗，然后在 0.01mol/L 的碳酸钠溶液中清洗，最后再在水中清洗，最后再在水中清洗，要保证清洗充分。

如是涤纶土工织物，从氢氧化钙浸渍液中取出后，需去除附着的对苯二酸钙晶体，可采用以下方法：在一个不断搅拌的装置中，在 10%（按重量）的氮川三乙酸钠中清洗 5min，然后在 3%（按重量）的乙酸溶液中清洗，最后用水清洗。

5.2.4 将对照样在温度为  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  的清水中浸渍 1h，试验用水为三级水。

5.2.5 浸渍样和对照样试样应在室温下干燥或在  $60^{\circ}\text{C}$  温度下干燥，在干燥过程中不要对试样施加过大的应力。

## 5.3 浸渍后的测定

### 5.3.1 表观检查

用肉眼检查酸、碱浸渍样与对照样的差异，例如变色等，并记录下来。

### 5.3.2 质量的测定

按本规程 T 1111 单位面积质量的测定方法，分别测定浸渍样和对照样的单位面积质量，并计算各自的平均值  $G_e$  和  $G_c$ 。

### 5.3.3 尺寸的测定

将浸渍样和水浸渍后的对照样，调湿后，沿中心线测量两个平行线之间的距离，并计算其平均值  $d_e$  和  $d_c$ 。

### 5.3.4 拉伸性能

按 GB/T 3923.1 分别进行浸渍样和对照样的拉伸性能试验，拉伸速率为 100mm/min。对于机织物，从条样两侧拆除大致相等数量的纱线，直到浸渍样和对照样经、纬向的纱线根数等于  $n_1$  和  $n_2$ ，分别计算纵、横向拉伸强度的平均值，浸渍样记为  $F_e$ ，对照样记为  $F_c$ ；计算峰值应变的平均值，浸渍样记为  $\varepsilon_e$ ，对照样记为  $\varepsilon_c$ 。

### 5.3.5 显微镜观察

用放大 250 倍的显微镜观察浸渍样和对照样之间的差异，并给出定性的结论。该步骤用于评定有损伤试样的纱线破坏程度。

## 6 结果计算

分别计算试样在酸、碱液体浸渍后的性能变化。

### 6.1 质量的变化

按式 (T 1162-1) 计算质量变化率，按 GB 8170 修约到小数点后 1 位：

$$P_G = \frac{G_e - G_c}{G_0} \times 100 \quad (\text{T 1162-1})$$

式中： $P_G$ ——试样的单位面积质量变化率 (%)；

$G_e$ ——浸渍样的平均单位面积质量 ( $\text{g/m}^2$ )；

$G_c$ ——对照样的平均单位面积质量 ( $\text{g/m}^2$ )；

$G_0$ ——浸渍前试样的平均单位面积质量 ( $\text{g/m}^2$ )。

$P_G$  为负时表示质量损失，为正时表示质量增加。

### 6.2 尺寸的变化

按式 (T 1162-2) 计算尺寸变化率，按 GB 8170 修约到小数点后 1 位：

$$P_d = \frac{d_e - d_c}{d_0} \times 100 \quad (\text{T 1162-2})$$

式中： $P_d$ ——试样的尺寸变化率 (%)；

$d_e$ ——浸渍样的平均尺寸 (mm)；

$d_c$ ——对照样的平均尺寸 (mm)；

$d_0$ ——浸渍前试样的平均尺寸 (mm)。

$P_d$  为负时表示收缩，为正时表示伸长。

### 6.3 拉伸性能的变化

按式 (T 1162-3) 计算拉伸强度保持率，按 GB 8170 修约到小数点后 1 位：

$$R_F = \frac{F_e}{F_c} \times 100 \quad (\text{T 1162-3})$$

式中： $R_F$ ——试样的拉伸强度保持率（%）；

$F_e$ ——浸渍样的平均拉伸强度（kN/m）；

$F_c$ ——对照样的平均拉伸强度（kN/m）。

按式（T 1162-4）计算断裂伸长的保持率，按 GB 8170 修约到小数点后 1 位：

$$R_\varepsilon = \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_c} \times 100 \quad (\text{T 1162-4})$$

式中： $R_\varepsilon$ ——试样峰值应变的保持率（%）；

$\varepsilon_e$ ——浸渍样的平均峰值应变（%）；

$\varepsilon_c$ ——对照样的平均峰值应变（%）。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 视觉评定结果，如果使用显微镜观察，标明放大倍数；
- (5) 分别报出试样在酸、碱液中浸渍后的性能变化：质量变化率  $P_G$ ；尺寸变化率  $P_d$ ；拉伸强度保持率  $R_F$ ；峰值应变保持率  $R_\varepsilon$ ；
- (6) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

土工合成材料在工程应用中，不可避免酸碱溶液的侵蚀，抗酸碱性能是土工合成材料耐久性能的重要指标之一，试验方法是本次修订的新增项。

目前国内外有关的试验方法有：《土工布及其有关产品 抗酸碱液性能的筛选试验方法》（ISO/DTR 12960: 1998）、欧洲标准《土工布及其有关产品 评定耐久性的通用试验方法》（ENV 12226: 1996）、澳大利亚标准《土工布 试验方法 方法12：耐久性测定 抗碳氢化合物和化学试剂》（AS 3706.12-1990）、《土工布及其有关产品 抗酸碱液性能的试验方法》（GB/T 17632-1998）。

本方法参照采用了ISO/DTR 12960:1998和GB/T 17632-1992的技术内容，目的在于提

供一种方法，筛选出抗酸碱的土工合成材料，而不是获得实际使用寿命。

试验中应注意：

- (1) 由于没有定型仪器，可根据标准要求自行配置。本规程给出了建议的试验装置。
- (2) 3组试样的尺寸完全一致，只有这样才能保证试验结果的可比性。
- (3) 在测定质量变化时，应以浸渍前试样的面积为准，不用考虑浸渍后的尺寸变化。
- (4) 由于浸渍样在浸渍的过程中可能产生收缩，所以对照样必须在相同温度的水中浸泡 1h，而不能用原样直接作为对照样使用。

# T 1163-2017 抗紫外线性能试验（氙弧灯法）

## 1 适用范围

本方法适用于测定土工合成材料的抗紫外线性能（氙弧灯法），即通过测试老化试验过程前后试样的强度来确定土工合成材料及其相关产品老化程度。

## 2 仪器设备及材料

### 2.1 光源

2.1.1 石英套管氙弧灯的光谱范围包括波长大于 270nm 的紫外线、可见光和红外辐射。

为了模拟直接的自然暴露，辐射光源必须过滤，以便提供与地球上的日光相似的光谱能量分布（方法 A），见表 T 1163-1。采用可减少波长 320nm 以下光谱辐照度的滤光器来模拟透过窗玻璃滤光后的日光（方法 B），见表 T 1163-2。

当加热试样对光化学反应速度有不利影响，或在自然暴露下并不会引起热老化时，可以使用附加的滤光器来减少非光化作用的红外能量。氙弧灯和滤光器的特性在使用时会因老化而变化，因此应定时更换。此外，氙弧灯和滤光器积聚污垢时也会改变其特性，因此应定时清洗。氙弧灯和滤光器的更换和清洗应按制造厂家的说明进行。

2.1.2 经滤光的氙弧灯光源紫外光辐射分布和允差列于表 T 1163-1 和表 T 1163-2。表 T 1163-1 列出的适用于人工气候老化（方法 A），表 T 1163-2 列出的适用于透过窗玻璃日光的模拟暴露（方法 B）。

表 T 1163-1 人工气候老化的相对光谱辐照度（方法 A）

波长 $\lambda$ (nm)	相对光谱辐照度 <sup>①</sup> (%)
$290 < \lambda \leq 800$	100
$\lambda \leq 290$	0 <sup>②</sup>
$290 < \lambda \leq 320$	$0.6 \pm 0.2$
$320 < \lambda \leq 360$	$4.2 \pm 0.5$
$360 < \lambda \leq 400$	$6.2 \pm 1.0$

①290 ~ 800nm 间的光谱辐照度定为 100%。

②按方法 A 操作的氙弧灯光源发出少量低于 290nm 的辐射，在某些情况下这会引起试样在户外暴露时并不发生的降解反应。

表 T 1163-2 透过窗玻璃的日光的相对光谱辐照度（方法 B）

波长 $\lambda$ (nm)	相对光谱辐照度* (%)
$300 < \lambda \leq 800$	100
$\lambda \leq 300$	0
$300 < \lambda \leq 320$	<0.1
$320 < \lambda \leq 360$	$3.0 \pm 0.5$
$360 < \lambda \leq 400$	$6.0 \pm 1.0$

\*300~800nm 间的光谱辐照度定位 100%。

2.1.3 波长 290~800nm 之间的通带，选择  $550\text{W}/\text{m}^2$  的辐照度用作暴露试验时参考。这不一定是首选的辐照度。若经有关方面协商，也可以选择其他的辐照度，但应在试验报告中说明所选择的辐照度和通带。

2.1.4 在平行于灯轴的试样架平面上的试样，其表面上任意两点之间的辐照度差别不应大于 10%。如果不能达到这个要求，应定期变换试样的位置，以保证试样在任意部位上有相同的暴露量。

只要所用试验箱满足 2.2 的设计要求，光谱辐照度可以是对时间的平均值。

## 2.2 试验箱

试验箱内有一个框架，该框架能按需要带动试样架转动，使试样表面空气流通以便对温度进行控制。

应相对于试样来确定辐射光源的位置，使试样表面的辐照度符合 2.1.3 和 2.1.4 的规定。

如果氙弧灯在工作室产生臭氧，应把灯和试样与操作人员隔离。如果空气流中存在臭氧，应抽风把它直接排出户外。

为了减少灯的偏心影响，或者在同一个试验箱中为增加辐照度而使用多支灯时，为改进暴露的均匀性，可以让框架携带试样围绕光源转动。如有需要，可定期变换每件试样的位置。

可以让试样架也围绕其自身的轴心转动，以使试样架上本来并不直接暴露的面能够直接暴露在光源的辐射下。

可以设定程序利用熄灭光源而得到黑暗循环，以模拟无日光辐射时的受控暴露条件。

无论使用何种操作方式或设定程序，都应在报告中详细说明。

## 2.3 辐射仪

辐射仪应可任意设定测量试件表面辐照度或辐照量，它是用一个光电传感器来测量辐照度和辐照量的仪器。光电传感器的安装必须使它接受的辐射与试样表面接受的相同。如果光电传感器与试样表面不处于同一位置，就必须有一个足够大的观测范围，并较定它处于试样表面相同距离时的辐照度。

辐射仪必须在使用的光源辐射区域内校定，每年至少进行一次全面的校定。

当进行辐照度测量时，必须报告有关双方商定的波长范围。通常使用 300~400nm 或 300~800nm 范围内的辐照度。

## 2.4 黑标准温度计或黑板温度计

### 2.4.1 黑标准温度计

当黑标准温度计与试样在试样架同一位置受到辐射时，黑标准温度近似于导热性差的深色试样的温度。这种温度计是由长 70mm、宽 40mm、厚 1mm 的平面不锈钢制成。平板对光源的一面涂上一种耐老化的黑色平光涂层。涂覆后的黑板至少吸收 2 500 nm 以内总入射光通量的 95%。用铂电阻传感器测量平板温度，传感器安装在背光源的一面，并与平板中心有良好的热接触。金属板的这一面用 5mm 厚的、有凹槽的聚偏二氟乙烯（PVDF）底座固定，使它仅在传感器范围形成空间。传感器与 PVDF 平板凹槽之间的距离约 1mm。PVDF 板的长度和宽度必须足够大，以确保在试验架上安装黑标准温度计时，金属板与试验架之间不存在金属接触。试验架上的金属支架与金属板的边缘至少相距 4mm。为了测定试样表面的温度范围及更好地控制设备的辐照度和试验条件，除使用黑标准温度计外，还增加使用白标准温度计。白标准温度计和黑标准温度计设计相同，它用耐老化的白色涂层代替黑色平光涂层。白色涂层比黑色平光涂层在 300~1000nm 范围内的吸收至少降低 90%，在 1000~2500nm 范围内至少降低 60%。

### 2.4.2 黑板温度计

黑板温度计仍得到广泛应用，但各种型号的设备所使用的黑板温度计在设计上已有许多发展变化。黑板温度计是使用一种非绝热的黑色金属板底座。这就是黑板温度计与黑标准温度计的本质区别。在规定的操作条件下，黑板温度计的温度低于黑标准温度计所显示的温度。有一种黑板温度计是由一块长约 150mm、宽 70mm、厚 1mm 的平面不锈钢制成。平板对光源的一面涂上一层黑色平光涂层。涂覆后的黑板至少吸收 2500nm 以内总入射光通量的 90%。平板温度的测量是通过一个位于板的中心并与黑板的对光面牢固连接的、已涂黑的杆状双金属盘式传感器来进行的，或是通过测温电阻传感器来进行。对于尺寸不同、传感元件不同和传感元件固定方式不同的黑板温度计，应在报告中

说明。黑板温度计在试样架上安装的形式也应说明。

## 2.5 控湿装置

试样表面流通空气的相对湿度应予以控制，并用适当的仪器进行测量。该仪器在箱内应不受灯辐射的影响。

## 2.6 喷水系统

在规定条件下，可用蒸馏水或软化水间歇地喷淋试样表面。喷水系统应由不污染用水的惰性材料制成。喷水不应在试样面上留下明显的污迹和沉淀物，水的固体含量小于 1mg/L 或水的电导率小于 5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。使用蒸馏、去离子和反渗透方法能得到符合要求的水。试验报告中要说明水的 pH 值。

## 2.7 试样架

试样架可以是有背板或无背板形式，应采用不影响试验结果的惰性材料（例如铝合金或不锈钢）制成。与试样接触的物件不应使用黄铜、钢或铜。使用有背板的暴露，可能会影响试验结果，特别是对透明试样，因此应由有关方面商定。

## 2.8 评定性能变化的设备

用于评定试样暴露后性能变化的设备应符合国家标准的规定，见 GB/T 15596。

# 3 试样制备

3.1 取两块  $1\text{m}^3$  的试验样品，离大样边缘至少为宽度的 1/10 距离，一块裁取纵向，另一块裁取横向。

3.2 在试样样品上裁取尺寸至少为  $200\text{mm} \times 50\text{mm}$  的试样 12 个。其中 6 个用于老化实验，另外 6 个试样用于老化前的原始强度测试。如果同时进行不同时间段的试验，则应按相应倍数裁剪试样。对每一块试样进行编号，编号标记在非试验区域（每组试样数为 5 个，增加一个备用样）。

3.3 老化前后的试样应就近取自同一经丝或纬丝。

# 4 试验条件

## 4.1 黑标准温度或黑板温度

选择以下两种黑标准温度用作暴露试验时的参考： $65^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$  或  $100^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。

较高的温度是为特殊试验而设置的，它有可能使试样更加容易经受热讲解而影响试验结果。

以上温度并不一定是首选的试验温度。当有关方面协商一致时，也可以选择其他温度，但应在试验报告中说明。

如果使用喷水系统，在无水周期内应保持温度恒定。如果温度计不能达到规定温度，应在试验报告中说明在无水期间所达到的最高温度。

暴露装置即使以交替方式工作，黑标准温度计也应以连续方式进行测量。

如果使用黑板温度计，应在试验报告中说明温度计的类型、安置方式和所选择的工作温度。

#### 4.2 相对湿度

试验所用的相对湿度应由有关方面商定，但是最好选用以下任一种条件： $50\% \pm 5\%$  或  $65\% \pm 5\%$ 。

因为不同颜色和厚度的试样的温度不同，所以试验箱内测得的相对湿度不一定等于试样表面邻近空气的相对湿度。

#### 4.3 喷水周期

试验所采用的喷水周期应由有关方面商定，但是最好选用以下的喷水周期：每次喷水时间  $18\text{min} \pm 0.5\text{min}$ ；两次喷水之间的无水时间  $102\text{min} \pm 0.5\text{min}$ 。

#### 4.4 黑暗周期

4.1 和 4.3 所规定的条件适用于连续光照的试验。黑暗周期可选用更复杂的循环周期，比如具有较高相对湿度的黑暗周期，在该周期内提高试验箱温度并形成凝露。

应在试验报告中说明黑暗周期循环试验的具体条件。

### 5 试验步骤

#### 5.1 试样固定

将试样以不受任何外加应力的方式固定于试样架上，每件试样应作不易消除的标记，标记不应标在后续试验要用的部位上。为了检查方便，可以设计试样放置的布置图。

如果有必要，在试样被用于测定颜色和外观的变化试验时，在整个试验期间可用不透明物遮盖每个试样的一部分，以比较遮盖面与暴露面，这对于检查试样的暴露过程是有用的。但试验结果应以试样暴露面与保存在暗处的对照试样的比较为准。

#### 5.2 暴露

在试样投入试验箱前，应保证设备是在所选定的试验条件下运转（见本方法 5 试验条件），在试验过程中应保持恒定。

试样暴露应达到规定的暴露期。如果需要，可将辐照度测定装置同时暴露。最好是经常变换试样的位置，以减少任何暴露的局部不均匀性。变换试样的位置时，应保持试样初始固定时的取向。如果需要取出试样作定期检查，应注意不要触摸或破坏试样表面。

检查后, 试样应按原状放回各自的试样架或试验箱, 保持试验表面的取向与检查前一致。

### 5.3 辐射暴露的测量

如果使用光剂量测量仪, 它的安装应使辐射计能够显示试样暴露面上的辐照度。

对于所选择的通带, 在暴露周期内的辐照度, 用在暴露平面上单位面积的入射光谱辐射能量表示, 单位是  $\text{J}/\text{m}^2$ 。

### 5.4 试样暴露后性能变化的测定

按 GB/T 15596 的规定进行。

## 6 结果计算

6.1 分别计算老化试验前后的拉伸强度或其他特性指标的平均值。

6.2 分别计算老化试验后试样在各老化周期的强度保持率, 或其他特性指标的保持率。强度保持率为老化后强度与老化前强度之比, 用百分数表示。

6.3 计算各特性指标值相应的标准差和变异系数。

## 7 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述;
- (2) 试验日期
- (3) 试验方法;
- (4) 试验箱型号、灯及滤光系统的详细说明, 包括更换时间表和更换位置时间表、试样表面辐照度;
- (5) 黑标准温度计或黑板温度计型号及安装形式;
- (6) 黑标准温度或黑板温度及相对湿度的平均值或偏差、喷水和凝露周期;
- (7) 试样的背板、支撑架及附件的性质, 试样转动条件;
- (8) 确定暴露阶段的方法, 如果采用辐照量, 说明其测量仪器;
- (9) 按 GB/T 15596 要求表示试验结果;
- (10) 如测定参照试样, 应说明参照试样的变化情况。
- (11) 试验中是否有不正常现象的观察记录;
- (12) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

抗紫外线性能是土工合成材料耐久性能的重要指标之一。氙弧灯法测定材料抗紫外

线性能，是用氙弧灯作为光源对试样进行暴晒，主要是模拟和强化自然气候中的光、热、湿气和雨水等老化因素，其光谱与自然光极为相似。目前国内外氙弧灯法的试验方法标准主要由：《塑料 实验室光源暴晒试验方法 第2部分：氙弧灯》（ISO 4892-2）、《土工布抗紫外光和雨水性能的试验方法》（ASTM D4355）、《塑料实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯》（GB/T 16422.2）。其主要参数见表 T 1163-3。

表 T 1163-3 参数对照表

项目	ISO 4892-2	ASTM D4355	GB/T 16422.2
黑板温度（℃）	65±3 或 100±3	65±5	65±3 或 100±3
相对湿度（%）	50±5 或 65±5	30±5	50±5 或 65±5
喷淋周期（min）	喷水 18 干燥 102	喷水 30 干燥 90	喷水 18 干燥 102
暴晒时间（h）	150/300/500	150/300/500	根据要求
辐射强度（W/m <sub>2</sub> ）	550		550 或根据要求

本方法非等效采用了 ISO 4892-2 和 GB/T 16422.2 的技术内容，即采用氙弧灯对试样进行耐候性试验。氙弧灯经过滤后的辐射与太阳光极相似，在暴晒过程中，按一定时间周期进行喷淋，模拟自然界的气候条件；在对试样进行长时间的暴晒后，进行拉伸试验，比较暴晒前后材料性能的变化，测定试样强力和伸长的保持率。由于人工气候毕竟与实际气候有一定的差异，所以试验结果多用于评价其老化趋势。

## T 1164-2017 抗紫外线性能试验（荧光紫外灯法）

### 1 适用范围

本方法适用于测定土工合成材料的抗紫外线性能（荧光紫外灯法），即通过测试老化试验过程前后试样的强度或其他特性来确定土工合成材料及其相关产品老化程度。

### 2 定义

2.1 荧光紫外灯：发射 400 nm 以下紫外光的能量至少占总输出光能 80% 的荧光灯。

2.2 I 型荧光紫外灯：发射 300 nm 以下的光能低于总输出光能 2% 的一种荧光紫外灯。通常称为 UV-A 灯。

2.3 II 型荧光紫外灯：发射 300 nm 以下的光能大于总输出光能 10% 的一种荧光紫外灯。通常称为 UV-B 灯。

2.4 冷凝暴露：试样表面经规定的辐照时间后转入模拟夜间的无辐照状态，此时试样表面仍受暴露室内热空气和水蒸气的饱和混合物加热作用，而试样背面继续受到周围空间的空气冷却，形成试样表面凝露的暴露状态。

### 3 仪器设备及材料

#### 3.1 光源

3.1.1 I 型荧光紫外灯是适用的，但 I 型灯有多种不同的辐射光谱分布可供选择，通常可区分为 UV-A340，UV-A351，UV-A355 和 UV-A365，名称中数字表示发射峰的特征波长(nm)。其中 UV-A340 更能模拟日光的 300~340 nm 光谱分布。采用不同光谱的灯组合时，应使试样表面辐照均匀，例如使试样绕灯列连续移位。

3.1.2 II 型荧光紫外灯发射光谱分布具有接近 313nm 汞线的峰值。在日光截止波长 300nm 以下有大量的辐射，可引起材料在户外不发生老化。这种灯可在双方同意下采用，但协商的意见应在试验报告中详述。

3.1.3 多数荧光灯在使用过程中输出光能会逐渐衰减，应按照设备厂家关于使用方法要求的说明保持所需要的辐射。

#### 3.2 暴露室

3.2.1 暴露室可有不同的形式，但应以惰性材料构成，并能提供符合 4.1 的均匀辐射以及控制温度的装置，需要时应能使试样表面凝露或提供喷水，或者能提供暴露室内控制湿度的方法。

3.2.2 试样的安装应使暴露面处于均匀的辐照面上。正对灯管端部 160 mm 范围和

灯管排列面边上 50 mm 范围的试样架四周边缘区不宜投放试样。为使所有试样能有均匀的辐照和温度，可规定灯管换位和试样重排的方法。可按照制造厂家说明进行灯管换位。

### 3.3 辐射计

不强制要求使用辐射计监测辐照强度和试样表面辐照量，但如采用某一种辐射计，则应符合本系列标准 GB/T 16422.1 的要求。

### 3.4 黑标准温度计或黑板温度计

黑标准温度计或黑板温度计应符合 GB/T 16422.1 的要求。

### 3.5 供湿装置

3.5.1 在设备中通过湿气冷凝机理使试样暴露面凝露润湿。水蒸汽是由设置在试样架下方的容器内的水加热而产生的。

3.5.2 当设备不符合 4.5.1 时，可采取提供控制暴露室内相对湿度的方法，或者用纯水或模拟酸雨的水溶液喷淋试样的方法。用水参照 GB/T 9344。

### 3.6 试样架

试样架应以不影响试验结果的惰性材料制成。背板的存在及其所用材料会影响试样的老化结果。因此，背板的采用应由双方商定。

### 3.7 评价性能变化的设备

根据要求监测的性能项目，按照国家标准的规定选用仪器设备(见 GB/T 15596)。

## 4 试样制备

4.1 取两块 1m<sup>2</sup> 的试验样品，离大样边缘至少整个幅宽的 1/10 距离，一块样裁取纵向，另一块样裁取横向。

4.2 在每块试验样品上裁取最小尺寸为 200mm×50mm 的试样 12 个，其中 6 个用于老化试验，另外 6 个试样用于老化前的原始强度测试；如果同时进行不同时间段的试验，则按相应倍数裁剪试样。对每一块试样进行编号，编号标记在非光照区域（每组试样数为 5 个，增加一个备用样）。

4.3 老化前后的试样应就近取自相同经丝或纬丝。

4.4 土工膜试样应按土工膜试验项目的要求进行准备。

## 5 暴露条件

试样表面温度是一个重要的暴露参数。一般温度高会使聚合物降解过程加快。允许的试验温度应根据受试材料和老化性能评价指标而定。荧光紫外灯发出的红外线比氙灯

和碳弧灯少，试样表面的加热作用基本上是由热空气对流形成的，因此，黑板温度计、黑标准温度计、试样表面和暴露室空气之间的温差是很小的。

推荐以下两种暴露方式，暴露方式 1 和 2 分别相应于 6.1 和 6.2 所述的设备。经协商也可采用其他方式，但应在试验报告中说明暴露条件。

### 5.1 暴露方式 1

试样经一段光暴露期后，继之为无辐照期（其时温度发生变化和在试样上形成凝露）的循环试验，试验期按有关标准规定。如未规定循环条件，推荐采用下述循环：在黑标准温度  $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  下辐照暴露 4h 或 8h；然后，在黑标准温度  $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  下无辐照冷凝暴露 4 h。

有些聚合物(例如 PVC)的老化降解对于温度很敏感。这种情况下建议采用低于  $60^{\circ}\text{C}$  的辐照暴露温度(例如  $50^{\circ}\text{C}$ ) 以模拟较冷的气候。

选用辐照暴露继之冷凝暴露的程序时，可允许的辐照或冷凝暴露期最短为 2h，以保证各暴露期条件达到平衡。

### 5.2 暴露方式 2

试样连续进行辐照暴露且有定时喷水的循环试验。试验期按有关标准规定。如无规定，推荐如下的试验条件:在黑标准温度  $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，空气相对湿度(10±5)%条件下辐照暴露 5h，然后，在黑标准温度  $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  下继续辐照暴露并喷水 1 h。

## 6 试验步骤

6.1 安放试样到试样架，使试样暴露面朝向光源。安放状态不应使试样收到任何外在应力。试样架上没有试样的地方用黑色抗腐蚀平板填补空处以保证均匀的暴露条件。

6.2 按表 T1164-1 设置循环试验规定，开启老化试验箱。

6.3 在试验过程中定期调换试样位置，使所有试样都接收到相同的辐射强度。

6.4 在不同的辐照期取出适当数量的试样。

6.5 各项目应按相应的试验方法进行测试。

表 T1164-1 循环试验规定

土工织物		土工膜
UVA-340 灯管	UVB-313 灯管	UVA-340 灯管
调整光强为 $0.77\text{W}/\text{m}^2$	调整光强为 $0.71\text{W}/\text{m}^2$	调整光强为 $0.78\text{W}/\text{m}^2$
8h 光照，黑板温度 $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$	4h 光照，黑板温度 $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$	20h 光照，黑板温度 $75 \pm 3^{\circ}\text{C}$
4h 冷凝，黑板温度 $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$	4h 冷凝，黑板温度 $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$	4h 冷凝，黑板温度 $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$
根据实际需要确定：推荐的试验时间为 120h、168h、240h、	根据实际需要确定：推荐的试验时间为 96h、144h、200h、	根据实际需要确定：推荐的试验时间为 480h、960h、1920h、

456h 或更长时间	400h 或更长时间	2400h 或更长时间
------------	------------	-------------

## 7 结果计算

7.1 分别计算老化试验前后的拉伸强度或其他特性指标的平均值。

7.2 分别计算老化试验后试样在各老化周期的强度保持率，或其他特性指标的保持率。强度保持率为老化后强度与老化前强度之比，用百分数表示。

7.3 计算各特性指标值相应的标准差和变异系数。

## 8 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验方法；
- (4) 试验箱型号、灯及滤光系统的详细说明书的详细说明，包括更换时间表和更换位置时间表、试样表面辐照度；
- (5) 黑标准温度计或黑板温度计型号及安装形式；
- (6) 黑标准温度或黑板温度及相对湿度的平均值和偏差、喷水和凝露期；
- (7) 试样的背板、支撑架及附件的性质，试样转动条件；
- (8) 确定暴露阶段的方法，如果采用辐照量，说明其测量仪器；
- (9) 如测定参照试样，应说明参照试样的变化情况；
- (10) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (11) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

抗紫外线性能是土工合成材料耐久性能的重要指标之一。其试验方法有多种，常见的方法有：氙弧灯法、荧光紫外灯法、开放式碳弧灯法。

本方法是在控制环境的荧光紫外灯气候箱中进行试样的暴露试验。有几种不同型号的灯（3.1~3.3），推荐采用 UV-A 灯或 UV-A 组合灯。如采用不同光谱组合灯时，应保证试样表面所受的光谱辐照均匀，即应使试样围绕灯列连续移位。荧光紫外灯使用一种低压贡弧激光荧光物质而发射出紫外光，它能在较窄的波长区间产生连续光谱，通常只有一个波峰。其光谱分布是由荧光物质的发射光谱和玻璃的紫外透过性决定的。这种灯一般是使试样在某一局限光谱范围内的紫外光辐照下进行试验的。试验程序可以包括辐照度和试样表面辐照量的测定。建议采用一种已知性能类似材料作为参考，和受试材

料同时暴露。在不同型号的设备上所得的试验结果不能作比较，除非受试材料在不同设备中的重现性已被确定。

试样表面温度是一个重要的暴露参数。一般，温度高会使聚合物降解过程加快，允许的试验温度应根据受试材料和老化性能评价指标而定。荧光紫外灯发出的红外线比氙弧灯和碳弧灯少，试样表面的加热作用基本上是由热空气对流形成的，因此，黑板温度计、黑标准温度计、试样表面和暴露室空气之间的温差是很小的。推荐采用 6.1、6.2 两种暴露方式，暴露方式 1 和 2 分别相应于 4.5.1 和 4.5.2 所述的供湿装置。经协商也可采用其他方式，但应在实验报告中说明暴露条件。

本方法参照采用了《塑料实验室光源暴露试验方法第 3 部分：荧光紫外灯》（GB/T 16422.3）的技术内容，该方法与《塑料—暴露于实验室光源的方法第三部分：荧光紫外灯》（ISO 4892-3:2006）的技术内容是一致的。

由于目前国内外氙弧灯法和荧光紫外灯法的使用都比较普遍，考虑到与行业内有关标准的衔接，将两种方法都纳入了规程。

## T 1165-2017 炭黑含量试验（热失重法）

### 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定聚烯烃材料（含聚丙烯、聚乙烯）的炭黑含量。

1.2 本方法适用于测定聚烯烃塑料土工合成材料的炭黑含量。

### 2 试验原理

一定量的样品在氮气流中于  $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  温度下热解 45min，并在  $900^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  温度下煅烧。根据热解和煅烧前后的质量差计算炭黑含量和灰分的含量。

### 3 仪器设备及材料

3.1 高纯度氮气（氮气中氧含量小于 20mg/kg），储存于配有减压阀和流量表的钢瓶中。

3.2 石英样品舟：长 50~60 mm。

3.3 管式电炉：温度可达  $600^{\circ}\text{C}$  以上，用于裂解试样。

3.4 马福炉：温度可达  $1000^{\circ}\text{C}$  以上，用于煅烧试样。

3.5 玻璃干燥器：用于放置样品舟。

3.6 天平：感量 0.0001 g。

### 4 试样制备

4.1 取样：按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 制样：从样品中取 3 份样，粉碎后称量，每份约 1g，准确至 0.000 1g。

4.3 称量环境：温度为  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

### 5 试验步骤

5.1 将管式电炉升温至  $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ 。打开氮气钢瓶，使氮气依次通过活性铜（预先加热到  $180^{\circ}\text{C}$ ）和乙酸锰及流量计，然后进入管式电炉。调节流量计，使氮气通入管式电炉的流速为 200mL/min,大约 5min。

5.2 将装有样品的样品舟推入管式电炉的中心，调节高纯度氮气流速为 100mL/min，于  $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  的温度下热解 45min。

5.3 热解终了时，将样品舟回至管式电炉的低温部分。继续保持通入高纯度氮气 10min。

5.4 取出样品舟，置于干燥器中冷却，称量，准确至 0.0001g。

5.5 将样品舟置于马福炉中煅烧，温度为  $900^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ ，直至炭黑全部消失为止。再放入干燥器中冷却，称量，精确至 0.0001 g。

### 6 计算及结果表示

炭黑含量  $c$  (%), 按式 (T 1165-1) 计算:

$$c = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 1165-1})$$

式中:  $m_1$ ——试样质量 (g);

$m_2$ ——样品舟和试样在 550℃ 热解后的质量 (g);

$m_3$ ——样品舟和灰分在 900℃ 煅烧后的质量 (g)。

取三个试验结果的算术平均值。保留两位有效数字。

其中灰分含量  $c_1$  (%), 按式(T 1165-2)计算:

$$c_1 = \frac{m_3 - m}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 1165-2})$$

式中:  $m$ ——样品舟质量 (g)

取三个试验结果的算术平均值, 保留两位有效数字。

## 7 试验报告

试验报告包括下列内容:

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述;
- (2) 试验日期;
- (3) 炭黑含量的平均值, 以质量百分比表示;
- (4) 如果灰分含量大于试样质量的 1%, 则要报出灰分含量, 并注明测定炭黑含量可能超过实际值;
- (5) 试验中是否有不正常现象的观察记录;
- (6) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

聚烯烃材料包括聚丙烯、聚乙烯等烃类材料。炭黑是聚烯烃塑料制品中的重要助剂, 产品中添加一定量的炭黑, 有屏蔽紫外线防止老化的作用。对于用聚烯烃为原材料的土工合成材料产品, 炭黑的含量对其防老化性能起着关键性作用。由于抗紫外线能的试验方法、试验条件要求高, 试验周期长, 所以常用“炭黑含量”来凭借和控制其抗紫外线老化性能。聚丙烯、聚乙烯塑料土工格栅和聚乙烯土工膜等, 其产品标准规定, 炭黑含量不低于 2%。

本方法非等效采用了《聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定热失重法》(GB

13021—1991)。用热失重法来测定炭黑含量，是通过热裂解使聚烯烃成为低分子物质由氮气气流带走，然后通过煅烧使炭黑转化为二氧化碳，用裂解后的质量与煅烧后的质量之差，就可以得到样品中的炭黑含量值。该方法简单易行，准确度高。

试验中应注意以下影响试验结果的因素：

(1) 氮气中氧气含量的影响

普通氮气的纯度一般为 99.9%，含有 0.1% 的氧气和其他成分。由于样品中的炭黑在裂解的过程中会与氮气中少量的氧气反应生成二氧化碳而逃逸，使得测试结果偏低。有试验数据表明，未经除氧的氮气所测得的炭黑含量只有实际含量的 75% 左右，而除氧的氮气，测试结果可达到实际含量的 97% 以上。所以规定氮气中氧含量应小于 20mg/kg

(2) 灰分含量的影响

如试样的灰分含量偏高，由于不能知道残留灰分原来的化学成分，不能排除其中含有可分解、吸收的杂质，这将直接影响测试结果的准确性。因此规定，当试样灰分含量大于试样质量的 1% 时，应在报告中注明。

(3) 可分解添加物的影响

试样若中含有在 550℃ 热解时不能分解而在 900℃ 煅烧时能分解的添加物如碳酸钙等，则煅烧时由于添加物的分解、逸出，使质量差  $m_2 - m_3$  出现偏差，造成测试结果大于实际值。

# T 1166-2017 炭黑分布试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定土工合成材料炭黑分散的尺寸等级和表观等级。

1.2 本方法适用于测定炭黑含量于小于 3%（质量）的土工合成材料。

## 2 试验原理

取少量样品压在载玻片之间并加热制备试样，也可以用切片机切片制备试样。在显微镜下观察试样，测定试样中的粒子和粒团尺寸，与等级表 T1166-1 相比确定等级。分散的尺寸等级由六个试样等级的平均值来确定。分散的表现等级，通过与显微照片（见附录 A）的比照来确定。

## 3 试验设备及材料

试验设备应符合下列规定：

- (1) 显微镜：最小放大倍率为 $\times 70$ ，带有校准的正交移动标尺，能够测量出粒子和粒团的尺寸；
- (2) 载玻片：厚度约 1mm；
- (3) 加热设备：烘箱、热饭等，可在  $150^{\circ}\text{C} \sim 210^{\circ}\text{C}$  之间的控制温度下操作；
- (4) 小刀：如手术刀等；
- (5) 压紧装置：重物或弹簧夹；
- (6) 切片机：能切出规定厚度的薄片。

## 4 试样制备

### 4.1 试样制备方法

试样制备可采用压片方法或切片方法。制备好的试样厚度为  $25\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ ，且均匀。仲裁时应采用压片方法。

### 4.2 压片方法

4.2.1 用小刀沿产品的不同轴线在不同部位切取 6 个试样，每个试样质量为  $0.25\text{mg} \pm 0.05\text{mg}$ 。把六个样品放在一个或几个干净的载玻片上，使每一试样与相邻试样或载玻片边缘近似等距排放，用另一干净的载玻片盖住。载玻片可由金属材料或其他材料制成，以保证制备好的试样厚度均匀。每个试样的幅宽约为  $3\text{mm} \sim 5\text{mm}$ 。

4.2.2 用弹簧夹夹住两个载玻片，把夹好的载玻片放在烘箱中至少 10 min，烘箱温度  $150^{\circ}\text{C} \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，使得每个试样的厚度达到规定的要求。将载玻片从烘箱里取出，冷却

后移走弹簧夹。也可以把夹有试样的载玻片放在温度控制在 150℃~210℃之间的热板或其他加热装置上，加压制成规定厚度的薄膜试样。

4.2.3 显微镜观察前载玻片要进行冷却。

### 4.3 切片方法

沿产品的不同轴线在不同部位切取六个试样，用于制备 3mm~5mm 幅宽规定厚度的试样。把六个试样放在一个或几个干净的载玻片上，使每一试样与相邻试样或载玻片边缘近似等距排放，用另一干净的载玻片盖住。

## 5 试验步骤

5.1 利用透射光，在放大倍率为×100 的显微镜下逐个观察试样中的粒子和粒团。

5.2 测量并记录每个粒子和粒团的最大尺寸，小于 5μm 的忽略不计。按照表 T1166-1 确定等级。

5.3 利用透射光确定表观等级，需要在放大倍率为×70 的显微镜下将每一试样与附录 A（标准的附录）中的显微照片（放大×70）进行比较，要考虑到污点和条痕。

表 T1166-1 基于粒子和粒团最大尺寸的等级

等级	尺寸, $\mu\text{m}$														
	5 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 30	31 ~ 40	41 ~ 50	51 ~ 60	61 ~ 70	71 ~ 80	81 ~ 90	91 ~ 100	101 ~ 110	111 ~ 120	121 ~ 130	131 ~ 140	141 ~ 150
	粒子及粒团数目														
0	0														
0.5	1	0													
1	<3+1		0												
1.5	<6+<3+1			0											
2	<12+<6+<3+1				0										
2.5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$					0									
3	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$						0								
3.5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$							0							
4	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$								0						
4.5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$									0					
5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$										0				
5.5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$											0			
6	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$												0		
6.5	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$													0	
7	$\geq 12 + < 12 + < 6 + < 3 + 1$														0

注：方法倍率为 100 情况下，7  $\mu\text{m}$  相当于 0.7mm。

## 6 试验结果

### 6.1 分散的尺寸等级

利用表 T1166-1, 确定每个试样的最大等级。计算所获的六个等级的算术平均值, 小数点后保留一位, 小数点后第二位非零数字进位, 并以该值表示炭黑分散的尺寸等级。分散的尺寸等级应 $\leq 3$ 。

### 6.2 分散的表现等级

将每个试样的显微外观与显微照片(附录 A)相比照, 采用最具有可比性的等级评价外观, 以全部试样中占多数的等级表示结果。

## 7 试验报告

试验报告应具有下列内容:

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述;
- (2) 试验日期;
- (3) 试样制备方法;
- (4) 显微镜型号、放大倍数;
- (5) 试验结果;
- (6) 试验中是否有不正常现象的观察记录;
- (7) 任何偏离规定程序的详细说明。

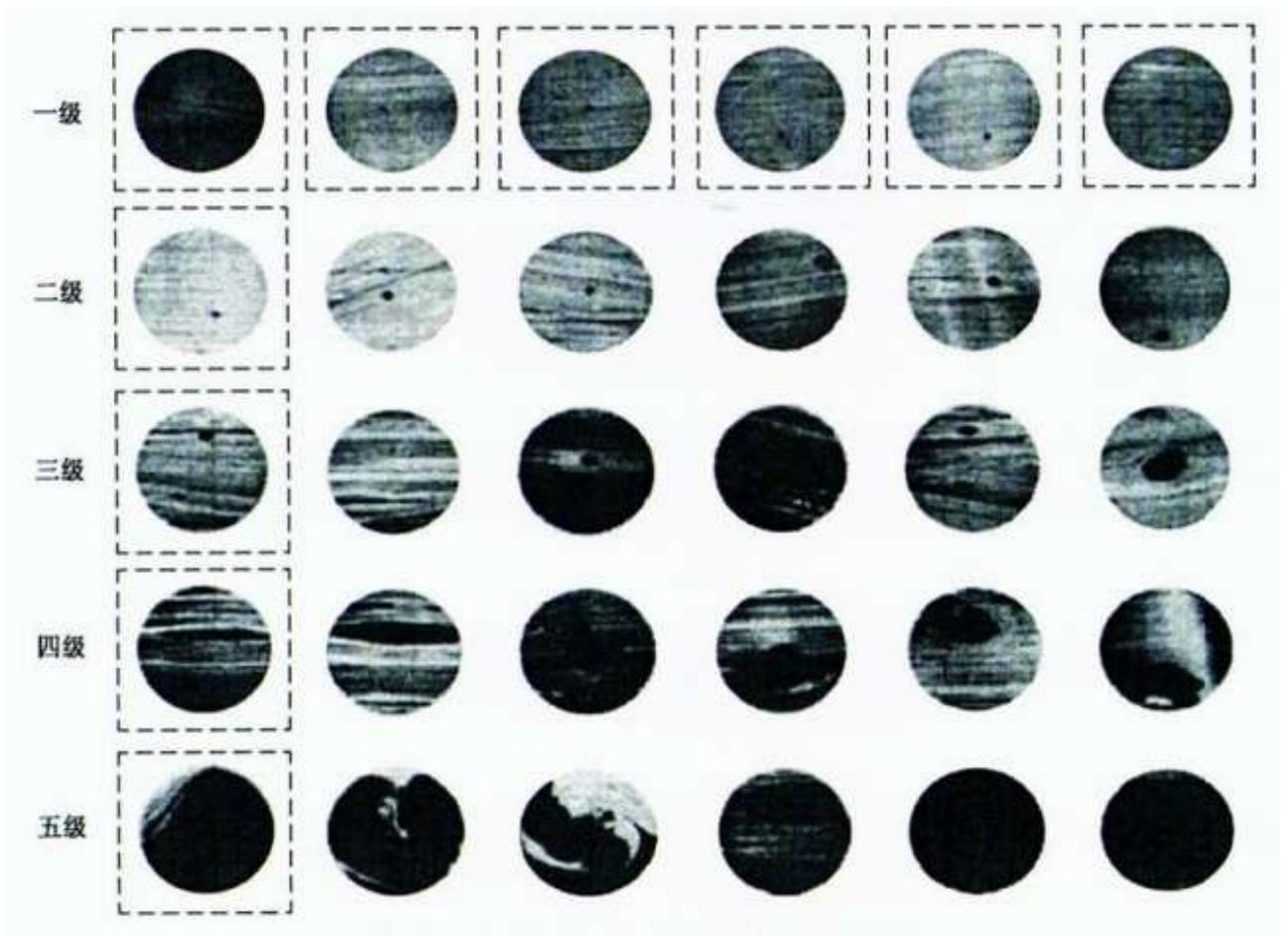
### 条文说明

炭黑分布是土工合成材料耐久性能的重要指标之一, 其试验方法是本次修订的新增项。

炭黑是聚烯烃塑料制品中的重要助剂, 产品中添加一定量的炭黑, 有屏蔽紫外线防止老化的作用。对于用聚烯烃为原材料的土工合成材料产品, 炭黑的含量对其防老化性能起着关键性作用。聚丙烯、聚乙烯塑料土工格栅和聚乙烯土工膜等, 其产品标准规定, 炭黑含量不低于 2%。炭黑分布对土工合成材料产品的耐久性有很大影响, 一般采用炭黑分散的尺寸等级和表现等级来表征分布情况。

本方法非等效采用了《聚烯烃管材、管件和混配料中颜料或炭黑分散的测定方法》(GBT 18251-2000)。取少量土工合成材料样品压在载玻片之间并加热制备试样, 通过在显微镜下观察试样, 测定试样中粒子和粒团的尺寸, 与等级表(见附录 A)相比确定炭黑分散的尺寸等级。通过与显微照片(见附录 A)的比照来确定分散的表现等级。

附录 A  
(标准的附录)  
碳分散体分布图的显微照片



D

# T 1167-2017 低温脆化温度试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定在标准环境温度下非硬质塑料在特定冲击条件下出现脆化破损时的温度。按照试验机和试样类型的不同分为两种方法，即：使用 A 型试验机和 A 型试样的 A 法；使用 B 型试验机和 B 型试样的 B 法。

1.2 本方法适用于用统计方法得出脆化温度。由于要在统计的基础上计算脆化温度，所以需要准备足够的样品。

1.3 本方法适用于测定试样破损率为 50% 时的脆化温度。本标准对制定材料规范较为有用，而不必测定材料的最低使用温度。用于材料规范时，测定值的测量精度不大于  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

## 2 仪器设备及材料

### 2.1 A 型试验机

试验机由样品夹具和冲头以及机械连接部件组成，正确安装这些部件以确保冲头能在相对恒定的速度下冲击样品。图 T1167-1 为 A 型试验机冲头和夹具组的尺寸关系，图 T1167-2 为安装上试样的 A 型样品夹具，图 T1167-3 为 A 型试验机的冲头和样品夹具的详细说明。

其主要部件的尺寸如下：

- A) 冲头半径为  $1.6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；
- B) 钳口半径为  $4.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；
- C) 冲头中心线与夹具间隙为  $3.6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；
- D) 冲头的外侧与夹具间隙为  $2.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

冲击时试验速度应达到  $200\text{cm/s} \pm 20\text{cm/s}$ ，冲头行程至少达  $5.0\text{mm}$ 。

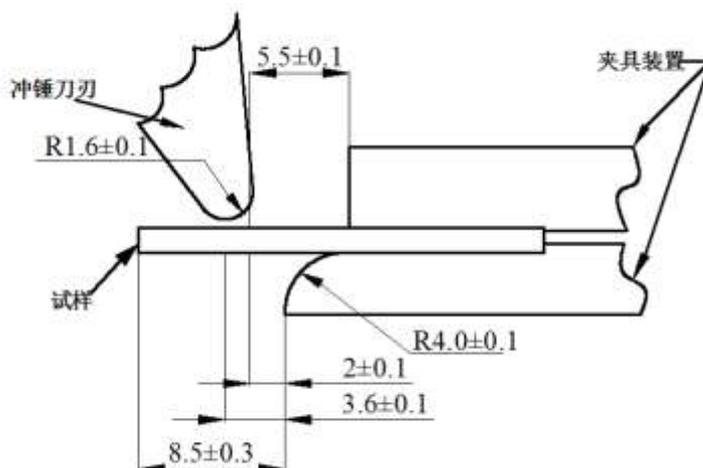


图 T1167-1 A 型试验机冲头和夹具组件的尺寸关系



c) 冲头外侧与夹具间隙为  $6.35 \pm 0.25\text{mm}$ 。

冲击时试验速度应达到  $200\text{cm/s} \pm 20\text{cm/s}$ ，冲头行程至少达  $6.4\text{mm}$ 。

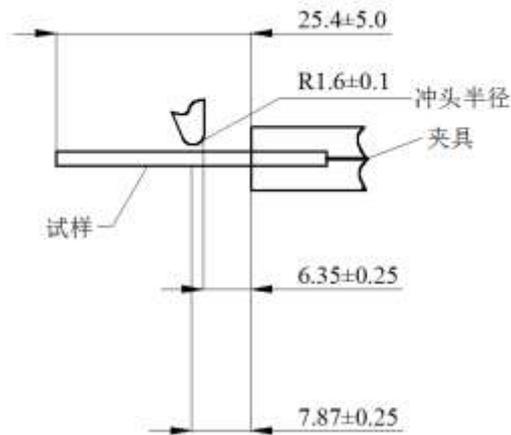


图 T1167-4 B 型试验机冲头和夹具组件的尺寸关系 (mm)

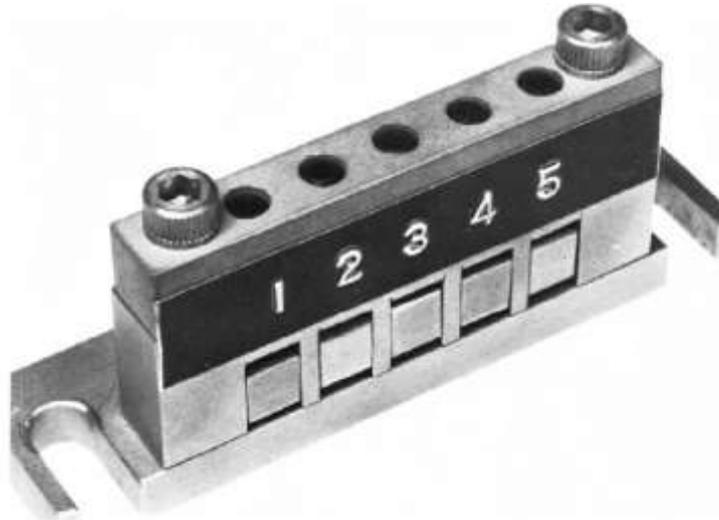


图 T1167-5 B 型样品夹具

### 2.3 温度测试系统

可用任何适合的设备。应在要求范围校准且精确至  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，测温装置应尽可能靠近试样。

### 2.4 液体或气体导热介质

在试验温度下，能够保证流动性并对试样没有影响的液体都可以使用。传热介质的温度控制在试验温度的  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  内。

液体介质与塑料试样的接触时间短且温度低，对大多数塑料材料，乙醇和干冰的混合物都适用。此混合物可使温度降低至  $-76^\circ\text{C}$ ，低于此温度则需要其他传热介质，如硅油、二氯二氟甲烷/液氮或空气浴槽。

在使用的最高温度下测量暴露前和暴露 15min 后的物理性能，能够得出塑料和传热

介质之间是否发生作用（见 GB/T11547），两次测量数值不应有明显差异。

## 2.5 箱体

具有绝缘性

## 2.6 搅拌器

使导热介质能够均匀循环。

## 2.7 量具

精度为 0.1mm，用于测量试样的宽度和厚度。

## 2.8 秒表

# 3 试样制备

## 3.1 A 型试样

试样尺寸：长 20.00mm $\pm$ 0.25mm，宽 2.50mm $\pm$ 0.05mm，厚 2.00 $\pm$ 0.10mm。可以使用自动冲切机切割。

## 3.2 B 型试样

试样尺寸：长 31.75mm $\pm$ 6.35mm，宽 6.35mm $\pm$ 0.51mm，厚 1.91mm $\pm$ 0.13mm。可以使用自动冲切机切割。

# 4 试验步骤

4.1 预定一种材料的脆化温度时，推荐在预期能达到 50%破损率的温度条件下进行试验。在该温度下至少用 10 个试样进行试验。如果试样全部破损，把浴槽的温度升高 10℃，用新试样重新进行试验；如果试样全部不破损，把浴槽的温度降低 10℃，用新试样重新进行试验；如果不知道大致的脆化温度，起始温度可以任意选择。

4.2 试验前准备浴槽，仪器调至起始温度。如果用于干冰冷却槽，把适量的干粉干冰置于绝热的箱体中，然后慢慢加入导热介质，直至液面与顶部保持 30mm~50mm 的距离。如果仪器配备了液氮或干冰冷却系统和自动控温装置，应遵循仪器制造商提供的说明书操作。

4.3 将试样紧固在夹具内，并将夹具固定在试验机上（见图 T1167-3）。

夹具的夹持力过大时，可能对某些材料造成预应力，试验时导致试样过早破损。用扭矩扳手控制试样的夹持力，并且应对每一试样施加相同的最小加持力。

4.4 将夹具降至传热介质中。如果使用干冰做冷却剂，可以通过适时添加少量干冰保持恒温。如果仪器配备的是液氮或干冰冷却系统和自动控温装置，应遵循仪器制造商提供的设置和控温方法操作。

4.5 使用液体介质时， $3\text{min} \pm 0.5\text{min}$  记录温度并对试样做一次冲击；用气体介质时， $20\text{min} \pm 0.5\text{min}$  记录温度并对试样做一次冲击。

4.6 将夹具从试验仪器中移开，并把每个试样都从夹具中取出，逐个检查试样确定是否破损。所谓破损试样彻底被分成两段或更多部分，或者目测可见试样上带有裂痕。如果试样没有完全分离，可以沿着冲击所造成的弯曲方向把试样弯至  $90^\circ$ ，然后检查弯曲部分的裂缝。记录试样破损数目和试验温度。

试样被弯曲时的温度应高于试样被冲击时的温度。以  $2^\circ\text{C}$  或  $5^\circ\text{C}$  的温度增量增高或降低浴槽温度，重复上述步骤，直到测出没有试样破损时的最低温度和试样全部破损时最高温度。每次试样都要新试样。

4.7 在  $10\% \sim 90\%$  破损范围内进行四个或更多个温度点的试验（用 5.1 中给出的图解法测定  $T_{50}$  时，不包含  $0\%$  和  $100\%$  破损时的温度点）。

## 5 结果计算

脆化温度  $T_{50}$  可用下列任一方法来表示。

### 5.1 图解法

在概率图纸上标出任一温度下试验温度与对应破损百分数的点，并通过这些点画出一条最理想的直线。线上与  $50\%$  概率相交的点所指示的温度即为脆化温度。

### 5.2 计算法

按式 (T1167-1) 计算材料的脆化温度：

$$T_{50} = T_h + \Delta T \left( \frac{S}{100} - \frac{1}{2} \right) \quad (\text{T1167-1})$$

式中： $T_{50}$ —脆化温度 ( $^\circ\text{C}$ )；

$T_h$ —所有试样全部破损时的温度（用正确的代数符号）( $^\circ\text{C}$ )；

$\Delta T$ —两次试验间相同的适当温度增量 ( $^\circ\text{C}$ )；

每个温度点破损百分率的总和（从没有发生断裂现象的温度开始下降直至包括  $T_h$ ）。把试验结果表示为一个最靠近的摄氏温度数值。

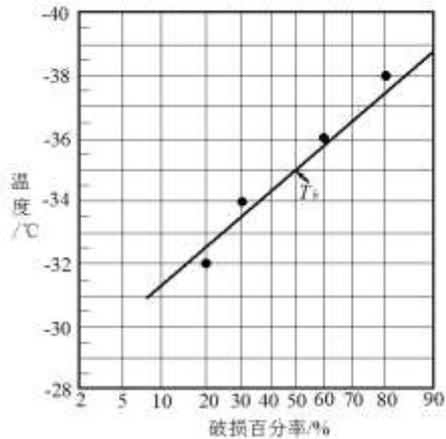


图 T1167-6 图解法测定脆化温度  $T_{50}$  示例

## 6 试验报告

报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验方法；
- (4) 脆化温度；
- (5) 状态调节方法，如果可能包括模塑和退火后所经过的时间
- (6) 传热介质
- (7) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (8) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

低温脆化性能是土工合成材料耐久性能的重要指标之一，其试验方法是本次修订的新增项。

目前国内外有关的试验方法有：《冲击法脆化温度的测定》（ISO974：2000）、《冲击法测定塑料脆化温度试验方法》（ASTMD746-2007）、《塑料冲击法脆化温度的测定》（GB/T 5470-2008）等。

塑料在多种用途中需要在承受或不承受冲击条件下进行低温弯曲。加工时产生的取向，热历史、冲击时施加在材料上的力、尤其是施力速度会影响聚合物的脆性。当应用的变形条件与试验方法中规定的条件相似时、脆化温度可用于预测塑料材料的低温行为。脆化温度试验用于测量聚合物失去韧性呈玻璃状的温度。

本标准适用于测定非硬质塑料的脆化温度。考虑到塑料低温脆性破坏的统计特性，

必须用足够的试样求取脆化温度。

本标准是在规定试验条件下测定脆化温度，其测定值并不代表材料使用的最低温度，但本标准是相对鉴别材料低温性能的重要方法。

## T 1168-2017 维卡软化温度试验

### 1 适用范围

本方法适用于测定四种热塑性塑料的维卡软化温度（VST）。

A<sub>50</sub>法——使用 10N 的力，加热速率为 50℃/h

B<sub>50</sub>法——使用 50N 的力，加热速率为 50℃/h

A<sub>120</sub>法——使用 10N 的力，加热速率为 120℃/h

B<sub>120</sub>法——使用 50N 的力，加热速率为 120℃/h

上述四种方法仅适用于测定热塑性塑料，所测得的是热塑性塑料开始迅速软化的温度。

### 2 试验原理

当匀速升温时，测定在某一种负荷条件下标准压针刺入热塑性塑料试样表面 1mm 深时的温度。

### 3 仪器设备及材料

3.1 负载杆：装有负荷板，固定在刚性金属架上，能在垂直方向上自由移动，金属架底座用于支撑负载杆末端压针头下的试样，如图 T1168-1。

（1）负载杆和金属架构件应具有相同的膨胀系数，部件长度的不同变化，会引起试样表现变形读数的误差。

（2）用低膨胀系数的刚性材料（如瓦镍铁合金或硅硼玻璃）制备的试样，对每台仪器包括其使用的温度范围做空白试验进行校正，并对每个温度确定一个校正项。如果校正项为 0.02 mm 或更大，应注意其代数符号，并通过代数方法将其加到表观针入度上，将此校正项应用于每项试验中。建议使用低膨胀合金制造的仪器。

3.2 压针头：最好是硬质钢制成的长为 3 mm，横截面积为  $1.000 \pm 0.015 \text{ mm}^2$  的圆柱体。固定在负载杆的底部，压针头的下表面应平整，垂直于负载杆的轴线，并且无毛刺。

3.3 已校正的千分表（或其他适宜的测量仪器）：能够测量压针头刺入试样  $1 \pm 0.01 \text{ mm}$  的针入度，并能将千分表的推力记为试样所受推力的一部分。

（1）在此类型的仪器中，千分表弹簧力向上，要从负荷中减去；如果这种力向下，应加到负荷上。

（2）在整个冲程过程中，由于千分表弹簧上所施加的力会明显变化，所以要在整个冲程中测定这个力。

3.4 负荷板：装载负载杆上，中央加有适合的砝码，使加到试样上的总推力，对于 A<sub>50</sub> 和 A<sub>120</sub> 达到  $10 \pm 0.2$  N，对于 B<sub>50</sub> 和 B<sub>120</sub> 达到  $50 \pm 1$  N。负载杆、压针头、负荷板千分表弹簧组合向下的推力应不超过 1 N。

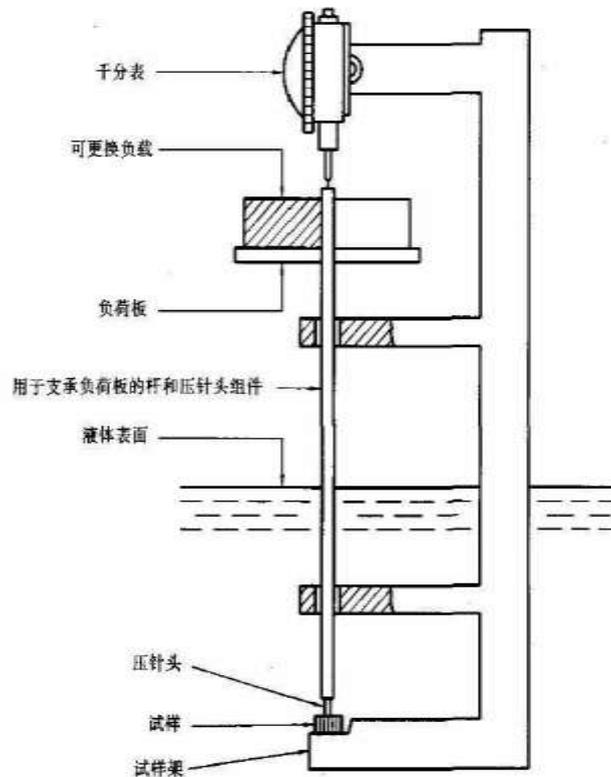


图 T1168-1 VST 测定仪示意图

3.5 加热设备：盛有液体的加热浴或带有强制鼓风式氮气循环烘箱。加热设备应装有控制器，能按要求以  $50 \pm 5$  °C/h 或  $120 \pm 10$  °C/h 匀速升温。在试验期间，每隔 6min 温度变化分别为  $5 \pm 0.5$  °C 或  $12 \pm 1$  °C，应认为加热速率符合要求。

调节仪器使其在达到规定的压痕时，自动切断加热器并发出警报。

3.5.1 加热浴：盛有试样浸入的液体，并装有高效搅拌器，试样浸入深度至少为 35mm；确定在使用温度下选择的液体是稳定的，液体对受试材料没有影响，例如膨胀或开裂等现象。

当使用加热浴时，将测得靠近试样液体的温度作为维卡软化温度（VST）（见 6.5）。液体石蜡、变压器油、甘油和硅油都是合适的传热介质，也可以使用其他液体。

3.5.2 烘箱：能使空气或氮气以 60 次/min 的速度在烘箱内循环。每台烘箱的容积不少于 10 L，箱内空气或氮气以 1.5~2 m/s 的速度垂直于试样表面流动。

试验结果取决于循环空气或氮气与试样间的热传递速度。因试样相对较小以及试样下表面与试样架接触的原因，所以空气或氮气的温度不应作为 VST，而将靠近压针头的

负载杆上或试样架上的传感器所示的温度作为 VST。

初始校准时，应通过试验证明，传感器所显示的温度与放在空白试样附近附加校正传感器所显示的温度差在  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  范围内。

商业用烘箱常常装有适合的空气或氮气循环装置。如果没有，必须通过装配垂直于试样表面的定向循环气流板，以保证热传递速度。

### 3.6 测温仪器

3.6.1 加热浴：部分浸入型玻璃水银温度计或测量范围适当的其他测温仪器，精度在  $0.5^\circ\text{C}$  以内。应按照 6.2 要求的浸入深度校正玻璃水银温度计。

3.6.2 与空气或氮气烘箱相匹配的测温仪器，精度在  $0.5^\circ\text{C}$  以内。将传感器（热电偶或 Pt100）放在靠近压针头负载杆或试样架的适当位置。

## 4 试样制备

4.1 每个受试样品使用至少两个试样，试样为厚 3~6.5 mm，边长 10 mm 的正方形或直径 10 mm 的圆形，表面平整、平行、无飞边。试样应按照受试材料规定进行制备。如果没有规定，可以使用任何适当的方法制备试样。

4.2 如果受试样品是模塑材料（粉料或粒料），应按照受试材料的有关规定模塑成厚度为 3~6.5 mm 的试样。如果没有规定则按照 GB/T 9352、GB/T 17037.1 或 GB/T 11997 模塑试样。如果这些都不适用，可以遵照其他能使材料性能改变尽可能少的方法制备试样。

4.3 对于板材，试样厚度应等于原板材厚度，但下述除外：

如果试样厚度超过 6.5 mm，应根据 ISO 2818 通过单面机械加工使试样厚度减小到 3~6.5 mm，另一表面保留原样。试验表面应是原始表面。

如果板材厚度小于 3 mm，将至多三片试样直接叠合在一起，使其总厚度在 3~6.5 mm 之间，上片厚度至少为 1.5 mm。厚度较小的片材叠合不一定能测得相同的试验结果。

4.4 所获得的试验结果可能与制备试样所用的模塑条件有关，虽然此依从关系并不常见。当试验的结果依赖于模塑条件时，经有关方面商定后可在实验前采用特殊的退火或预处理步骤。

## 5 操作步骤

5.1 将试样水平放在未加负荷的压针头下。压针头离试样边缘不得少于 3 mm，与仪器底座接触的试样表面应平整。

5.2 将组合件放入加热装置中，启动搅拌器，在每项试验开始时，加热装置的温度应为  $20\sim 23^\circ\text{C}$ 。当使用加热浴时，温度计的水银球或测温仪器的传感部件应与试样在同一水

平面，并尽可能靠近试样。如果预备试验表明在其他温度开始试验对受试材料不会引起误差，可采用其他起始温度。

5.3 5min 后，压针头处于静止位置，将足量砝码加到负荷板上，以使加载试样上的总推力，对于 A<sub>50</sub> 和 A<sub>120</sub> 为  $10 \pm 0.2\text{N}$ ，对于 B<sub>50</sub> 和 B<sub>120</sub> 为  $50 \pm 1\text{N}$ 。然后，记录千分表的读数（或测量压痕仪器）或将仪器调零。

5.4 以  $50 \pm 5^\circ\text{C}/\text{h}$  或  $120 \pm 10^\circ\text{C}/\text{h}$  的速度匀速升高加热装置的温度；当使用加热浴时，试验过程中要充分搅拌液体；对于仲裁试验应使用  $50^\circ\text{C}/\text{h}$  的升温速率。

对某些材料，用较高升温速率（ $120^\circ\text{C}/\text{h}$ ）时，测得值可能高出维卡软化温度达  $10^\circ\text{C}$ 。

5.5 当压针头刺入试样的深度超过 7.3 规定的起始位置  $1 \pm 0.01\text{mm}$  时，记下传感器测得的油浴温度，即为试样的维卡软化温度。

5.6 受试材料的维卡软化温度以试样维卡软化温度的算术平均值来表示。如果单个试验结果差的范围超过  $2^\circ\text{C}$ ，记下单个试验结果，并用另一组至少两个试样重复进行一次试验。

## 6 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 试验使用的方法（A<sub>50</sub> 或 A<sub>120</sub>；B<sub>50</sub> 或 B<sub>120</sub>）
- (5) 由一层以上试样制成的复合试样应注明厚度和层数；
- (6) 使用的传热介质；
- (7) 状态调节和退火方法；
- (8) 材料的维卡软化温度（VST），以  $^\circ\text{C}$  表示。（如果两次测定后，单个测定结果之差大于 5.6 中规定的范围，应报告单个测定结果）。在试验中或从仪器中移出后，记录试样的任何异常特征；
- (9) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 条文说明

维卡软化温度是土工合成材料耐久性能的重要指标之一，其试验方法是本次修订的

新增项。

目前国内外有关的试验方法有：《塑料—热塑性材料—维卡软化温度(VST)的测定》(ISO 306-2013)、《塑料维卡(Vicat)软化温度的测试方法》(ASTM D1525-2009)、《热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定》(GB/T1633-2000)等。

维卡软化温度是将热塑性塑料放于液体传热介质中，在一定的负荷和一定的等速升温条件下，试样被  $1\text{mm}^2$  的压针头压入  $1\text{mm}$  时的温度。维卡软化温度是评价材料耐热性能，反映制品在受热条件下物理力学性能的指标之一。材料的维卡软化温度虽不能直接用于评价材料的实际使用温度，但可以用来指导材料的质量控制，可以就不同的材料按照相同的测试条件进行比较。维卡软化温度越高，表明材料受热时的尺寸稳定性越好，热变形越小，即耐热变形能力越好，刚性越大，模量越高。

本方法参照采用了 ISO 306-2013 和 GB/T1633-2000 的技术内容，目的在于提供一种方法，用于筛选维卡软化温度性能好的土工合成材料。本方法与 ASTM D1525-2009 有两点区别。一是 ASTM D1525-2009 增加了可用流体粉末等作为传热介质的规定；二是两者加载负载时间不同，ISO 306-2013 和 GB/T1633-2000 是先将样品放入介质，5 分钟后加载砝码再将千分表清零，ASTM D1525-2009 则是先将样品放入介质，然后加载砝码，再过 5 分钟后将千分表的读数清零。

# T 1169-2017 氧化诱导时间试验

## 1 适用范围

1.1 本方法适用于用差示扫描量热法（DSC）测定聚合物氧化诱导时间（等温 OIT）和氧化诱导温度（动态 OIT）。

1.2 本方法适用于测定充分稳定混配的聚烯烃材料（原料或最终制品），也适用于其他塑料。

## 2 术语

2.1 氧化诱导时间：稳定化材料耐氧化分解的一种相对度量。在常压、氧气或空气气氛及规定温度下，通过量热法测定材料出线氧化放热的时间，以分（min）表示。

2.2 氧化诱导温度：稳定化材料耐氧化分解的一种相对度量。在常压、氧气或空气气氛中，以规定的速率升温，通过量热法测定材料出现氧化放热的温度，以摄氏度（℃）表示。

## 3 试验原理

### 3.1 氧化诱导时间（等温 OIT）

试样和参比物在惰性气氛（氮气）中以恒定的速率升温。达到规定温度时，切换到相同流速的氧气或空气。然后将试样保持在该恒定温度下，直到在热分析曲线上显示出氧化反应。等温 OIT 就是开始通氧气或空气到氧化反应开始的时间间隔。氧化的起始点是由试样放热的突增来表明的，可通过差示扫描量热仪（DSC）观察。

### 3.2 氧化诱导温度（动态 OIT）

试样和参比物在氧气或空气气氛中以恒定的速率升温，直到在热分析曲线上显示出氧化反应。动态 OIT 就是氧化反应开始时的温度。氧化的起始点是由试样放热的突增来表明的，可通过差示扫描热量仪（DSC）观察。

## 4 仪器设备及材料

### 4.1 差示扫描量热仪（DSC）仪器

差示扫描量热仪（DSC）仪器的最高温度应至少能达到 500℃。对于氧化诱导时间的测试，应能在试验温度下、整个试验期间（通常为 60min），保持  $\pm 0.3^\circ\text{C}$  的恒温稳定性。对于高精度测试，建议恒温稳定性为  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。主要性能如下：

- （1）能以  $0.5^\circ\text{C}/\text{min}\sim 20^\circ\text{C}/\text{min}$  的速率，等速升温或降温；
- （2）能保持试验温度恒定在  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  内至少 60min；

- (3) 能够进行分段程序升温或其他模式的升温;
- (4) 气体流动速率范围在 10mL/min~50mL/min,偏差控制在±10%范围内;
- (5) 温度信号分辨能力在 0.1℃内,噪音低于 0.5℃;
- (6) 为便于校准和使用,试样量最小应为 1mg(特殊情况下,试样量可以更小);
- (7) 仪器能够自动记录曲线(DSC),并能对曲线和准基线间的面积进行积分,偏差小于 2%;
- (8) 配有一个或多个样品支持器的样品架组件。

#### 4.2 坩埚

将试样置于开口或加盖密封但上部同气的坩埚内。最好使用铝坩埚,通过有关方面商定后,也可使用其他材质的坩埚。

坩埚的材质能显著影响氧化诱导时间和氧化诱导温度的测试结果(即具有相关的催化作用)。容器的类型决定于被测材料的用途。通常,用于电线电缆工业的聚烯烃可用铜坩埚或铝坩埚,而用于地膜和防雾滴膜的聚烯烃仅使用铝坩埚。

#### 4.3 流量计

流速测量装置用于校准气体流速,如带流量调节阀的转子流量计或皂膜流量计。质量流量计应用容积式测量装置进行校准。

#### 4.4 气体选择转换器及调节器

氮气和氧气或空气之间的切换装置,用于测量氧化诱导时间时气体的切换。为使切换体积最小,气体切换点和仪器样品室之间的距离应尽量短,滞后时间不能超过 1min。对于 50mL/min 的气体流速,死体积不应超过 50mL。

### 5 试样制备

#### 5.1 概述

试样厚度为  $(650 \pm 100)$   $\mu\text{m}$ ,要求厚度均匀、表面平行、平整、无毛刺、无斑点。

(1) 样品和试样的制备方法取决于材料及其加工历史、尺寸和使用条件,它们对测试结果与其意义的一致性是非常关键的。另外,试样的比表面积、样品不均匀、残余应力以及试样与坩埚接触不良都会显著影响试验精度。

(2) 若要进行横穿样品厚度方向的 OIT 测试,可能需要厚度远小于 650  $\mu\text{m}$  的试样。应在试验报告中注明。

#### 5.2 模压片材的试样

为获得形状和厚度一致的试样,应按照 GB/T 9352 或其他与聚烯烃制品相关的标准,

如 GB/T 1845.2、GB/T 2546.2 标准，将样品模压成厚度满足 5.1 要求的片材。也可从较厚的模压片材上切取适当厚度的试样。如果相关产品标准没有规定加热时间，在模压温度下最多加热 5min。用打孔器从片材上冲出一直径略小于样品坩埚内径的圆片。从片材上冲取的试样圆片应足够小，平铺在坩埚内，不应叠加试验来增加质量。

试样质量随直径变化而变化。根据材料的密度不同，通常对于直径为 5.5mm、从片材上切取的试样圆片，其质量应在 (12~17) mg 之间。

### 5.3 注塑片材或熔体流动速率测定仪挤出料条的试样

从厚度满足 5.1 要求的注塑试样上取样。注塑样品时按照 GB/T 17037.3—2003 或其他与聚烯烃制品相关的标准，如 GB/T 1845.2—2006、GB/T 2546.2—2003，以及 ISO 8986-2: 1995。最好用打孔器从片材上冲出一直径略小于样品坩埚内径的圆片。也可从熔体流动速率测定仪挤出料条上切取试样。此时，应从垂直于料条长度方向上切取，并通过目测观察试样以确保其没有气泡。最好用切片机切取厚度为 (650±100) μm 的试样。

### 5.4 制品部件的试样

按照相关标准从最终制品（如管材或管件）切取圆形片材，获得厚度为 (650±100) μm 的试样。建议采用下述步骤从较厚的最终制品上取样：用取芯钻快速直接穿透管壁以获得一个管壁的横断面，芯的直径刚好小于样品坩埚的内径。注意在切取过程中防止试样过热。最好使用切片机，从芯上切取规定厚度的试样圆片。若期望得到表明小型的特性，则从内、外表明切取试样，然后将原始表面朝上进行试验。若期望得到原材料本身的特性，应切去内、外表面，从中间部分切取试样。

## 6 试验步骤

### 6.1 校准

#### 6.1.1 氧化诱导时间（等温 OIT）

采用两点校准步骤。对聚烯烃可用钢和锡作为标准物质，因为两者的熔点涵盖了规定的分析温度范围（180℃~230℃）。若分析其他塑料，可能需要改变标准物质。按照 GB/T 19466.1 校准仪器。在氮气气氛中使用密封坩埚进行校准。若校准程序中未提供升温速率的校正，则采用下列熔融步骤：

钢：以 10℃/min 从室温升至 145℃；再以 1℃/min 从 145℃升至 165℃。

锡：以 10℃/min 从室温升至 220℃；再以 1℃/min 从 220℃升至 240℃。

#### 6.1.2 氧化诱导温度（动态 OIT）

应按照 GB/T 19466.1 所述步骤对仪器进行校准，所用吹扫气为氮气或空气。

## 6.2 试样放置

若试样是切自管材或管件内、外表面，应将其关注的表面朝上放入坩埚内。由于此时不测定热流，称量试样时可精确值 $\pm 0.5\text{mg}$ 。将试样放到适当类型的坩埚内。必须加盖时，应将其刺破以使氧气或空气留至试样。除非坩埚是通气的，否则不能密封坩埚。

## 6.3 坩埚放置

见 GB/T 19466.1。

## 6.4 氮气、空气和氧气流速设定

采用与校准仪器时相同的吹扫气流速。气体流速发生变化时需重新校准仪器。吹扫气流速通常是 $(50\pm 5)\text{ mL/min}$ 。

## 6.5 灵敏度调整

调整仪器的灵敏度以使 DSC 曲线突变的纵坐标高度差至少是记录仪满量程的 50% 以上。计算机控制的仪器无需此调整。

## 6.6 测量

### 6.6.1 氧化诱导时间（等温 OIT）

在室温下放置试样及参比样坩埚，开始升温之前，通氮气 5min。

在氮气气氛中以  $20^\circ\text{C/min}$  的速率从室温开始程序升温试样至试验温度。恒温试验温度的选取尽量是  $10^\circ\text{C}$  的倍数，而且每变化一次只改变  $10^\circ\text{C}$ 。可按照参考变准的规定或有关方面商定采用其他的试验温度。当试样的 OIT 小于 10min 时，应在较低温度下重新测试；当试样的 OIT 大于 60min 时，也应在较高温度下重新测试。

达到设定温度后，停止程序升温并使试样在该温度下恒定 3min。

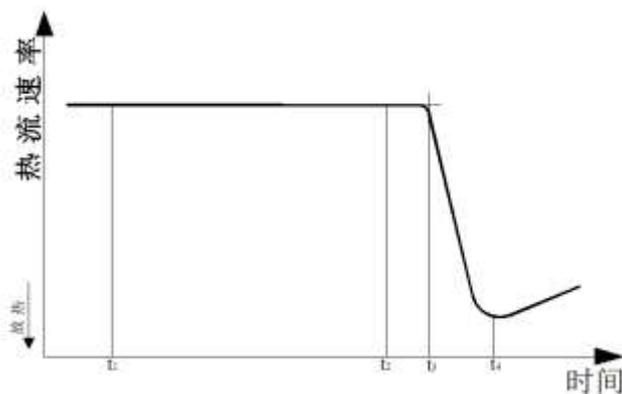
打开记录仪。恒定时间结束后，立即将气体切换为同氮气流速相同的氧气或空气。该氧气或空气切换点记为试验的零点。

继续恒温，直到放热显著变化点出现之后至少 2min（见图 T1169-1）。也可按照产品技术指标要求或经有关方面商定的时间终止试验。

试验完毕，将气体转换器切回至氮气并将仪器冷却至室温。如需继续进行下一试验，应将仪器样品室冷却至  $60^\circ\text{C}$  一下。

每个样品的试验次数可由有关方面商定。建议重复测试两次，报告其算术平均值、低值和高值。

由于氧化诱导时间与温度和聚合物中的添加剂有复杂的关系。因此外推或比较不同温度下得到的数据是无效的，除非有试验结果能证实。

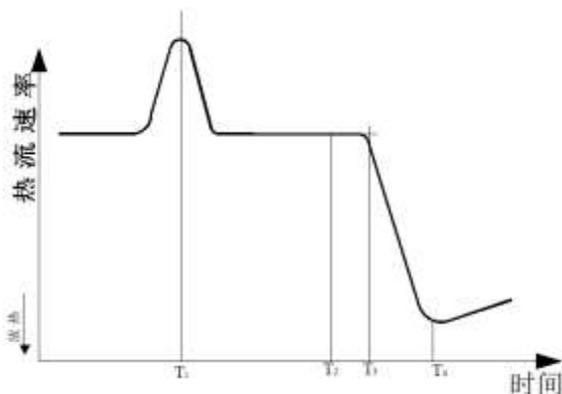


$t_1$ —氧气或空气切换点（时间零点）； $t_2$ —氧化起始点； $t_3$ —切线法测的交点（氧化诱导时间）； $t_4$ —氧化出峰时间。

图 T1169-1 氧化诱导时间曲线示意图一切线分析方法

### 6.6.2 氧化诱导温度（动态 OIT）

开始升温之前，在室温下用测试用吹扫气（即氧气或空气），将载有试样及参比样坩埚的仪器吹扫 5min。在氧气或空气气氛中从室温开始程序升温试样至放热显著变化点出现后至少 30°C（见图 T1169-2）。尽量采用 10°C/min 或 20°C/min 的升温速率。也可按照产品技术指标要求或经有关方面商定的温度终止试验。



$T_1$ —聚合物的熔融温度； $T_2$ —氧化起始点； $T_3$ —切线法测的交点（氧化诱导温度）； $T_4$ —氧化出峰温度。

图 T1169-2 氧化诱导温度曲线示意图一切线分析法

试验完毕后，将仪器冷却至室温。如需继续进行下一个试验，应将仪器样品室冷却至 60°C 一下。每个样品的试验次数可由有关方面商定。建议重复测试两次，报考其算术平均值、低值和高值。

### 6.7 清洗

在空气或氧气中至少升温至 500°C 并保持 5min 以清洗污染的 DSC 测量池，清洗频率可根据相关认可程序或结果偏离情况而定。作为预防措施，清洗频率应按照实验室的规程执行。

## 7 结果计算

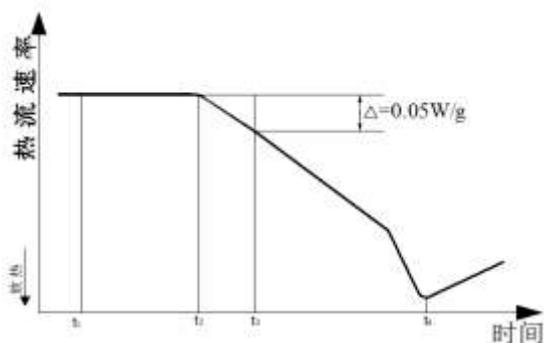
将数据以热流速率为 Y 轴，以时间或温度为 X 轴进行绘图。采用手工分析时，为便于分析应尽量扩展 X 轴。

记录的基线应充分延长至氧化放热反应起始点之外，外推放热曲线上最大斜率处的切线与延长的基线相较（见图 T1169-1 或图 T1169-2）。该交点对应的时间或温度即是氧化诱导时间或氧化诱导温度，保留三位有效数字。

上述切线分析法是确定交点的优选方法。但当氧化反应缓慢时，可能会产生逐步放热的峰，此时在放热曲线上选择合适的切线比较困难。若用切线分析法时选择的极限很不明显，可使用偏移法。在距离第一条基线  $0.05\text{W/g}$  处（见图 T1169-3 或图 T1169-4）画一条与其平行的第二条基线。将第二条基线与放热曲线的交点定义为氧化起始点。

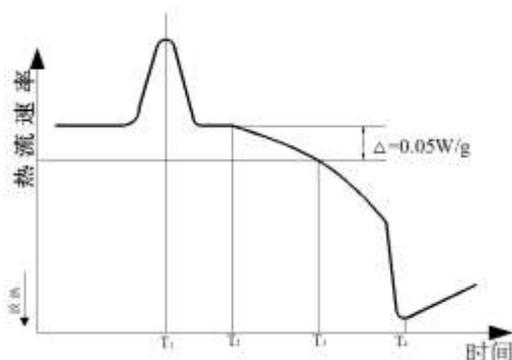
有逐步放热峰的热分析曲线也可能是由于试样制备欠佳，如，试样厚度不均、不平或有毛刺、斑痕造成的。因此，在用偏移分析法对结果进行评价时，建议在确保试样满足第 6 章中需求后重复扫描，以确认有逐步放热峰的热分析曲线的存在。

经有关方面商定，也可采用其他处理手段或基线间距。



$t_1$ —氧气或空气切换点（时间零点）； $t_2$ —氧化起始点； $t_3$ —切线法测的交点（氧化诱导时间）； $t_4$ —氧化出峰时间。

图 T1169-3 有逐步放热峰的氧化诱导时间曲线—偏移分析方法



$T_1$ —聚合物的熔融温度； $T_2$ —氧化起始点； $T_3$ —偏移法测的交点（氧化诱导温度）； $T_4$ —氧化出峰温度。

图 T1169-4 有逐步放热峰的氧化诱导温度曲线——偏移分析法

## 8 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 试验用仪器；
- (4) 试验温度；
- (5) 所用的吹扫风类型及流速；
- (6) 所用的测量技术（切线法、偏移法或其他协定的方法）；
- (7) 氧化诱导时间（min），或氧化诱导温度（℃），均保留三位有效数字；
- (8) 升温程序（包括氧化诱导温度的升温速率）；
- (9) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

### 条文说明

氧化诱导时间是土工合成材料耐久性能的重要指标之一，其试验方法是本次修订的新增项。目前国内外有关的试验方法有：《塑料差示扫描量热法(DSC)第6部分:测定氧化诱导时间(等温 OIT)和氧化诱导温度(动态 OIT)的测定》(ISO 11357-6: 2008)、《用差示扫描量热法测定聚烯烃氧化诱导期的试验方法》(ASTM D3895-07)、《塑料差示扫描量热法(DSC)第6部分:氧化诱导时间(等温 OIT)和氧化诱导温度(动态 OIT)的测定》(GB/T 19466.6-2009)等。本方法参照采用了 ISO11357-6: 2008 和 GB/T 19466.6-2009 的技术内容，目的在于提供一种方法，用于筛选氧化诱导时间性能好的土工合成材料。本方法的测定仅提供了由所试材料来评价一定结构塑料混配物热稳定性的一种办法，但并非旨在提供有关抗氧剂浓度的信息。不同的抗氧剂，氧化诱导时间或氧化诱导温度可能不同。由于抗氧剂与配方中其他物质可能存在相互作用，即使抗氧剂的种类和浓度相同的材料氧化诱导时间或氧化诱导温度也会有所差异。

## 8 其他试验

### T 1181-2017 硬质泡沫塑料导热系数试验

#### 1 适用范围

本方法适用于测定硬质泡沫塑料的导热系数。

#### 2 试验原理

在稳态条件下,在具有平行表面的均匀板状试件内,建立类似于以两个平行的温度均匀的平面为界的无限大平板中存在的一维的均匀热流密度。

#### 3 仪器设备及材料

##### 3.1 双试件装置

双试件装置中,由两个几乎相同的试件中夹一个加热单元,加热单元由一个圆或方形的加热器和两块金属面板组成。热流量由加热单元分别经两侧试件传给两侧冷却单元(圆或方形的,均温的平板组件),如图 T1181-1 所示。

##### 3.2 单试件装置

单试件装置中,加热单元的一侧用绝热材料和背防护单元代替试件和冷却单元,如图 T1181-2 所示。绝热材料的两表面应控制温差为零。用单试件装置可以实现准确的测量和按本方法出报告,但报告中应详细说明与通常双试件装置的热板的变化。

##### 3.3 加热和冷却单元

加热单元由分离的计量部分和围绕计量部分的防护部分组成,它们之间有一隔缝,在计量部分形成一维均匀的稳态热流密度,冷却单元可以是连续的平板,但最好与加热单元类似。

#### 4 试样制备

4.1 取样:按本规程 T1101 的规定取样。

4.2 试样数量:对带有自然表皮或复合层的产品,应在试验前将表皮或复合层去掉,切取芯部,试样两平面的平行度误差不应大于 1%,试样厚度宜取 25mm。每一个试验条件的试样数量 3 个。

4.3 试样调湿和状态调节:按本规程 T1101 中的第 5 条规定进行。

#### 5 试验步骤

5.1 质量:在试件放入装置之前测定试件质量,读数精确到 0.01g。

##### 5.2 厚度和密度

试件在测定状态的厚度(以及试验状态的容积)由加热单元和冷却单元位置确定或在开始测定时测得的试件的厚度。试验过程中应尽量可能随时地监视试件的厚度。

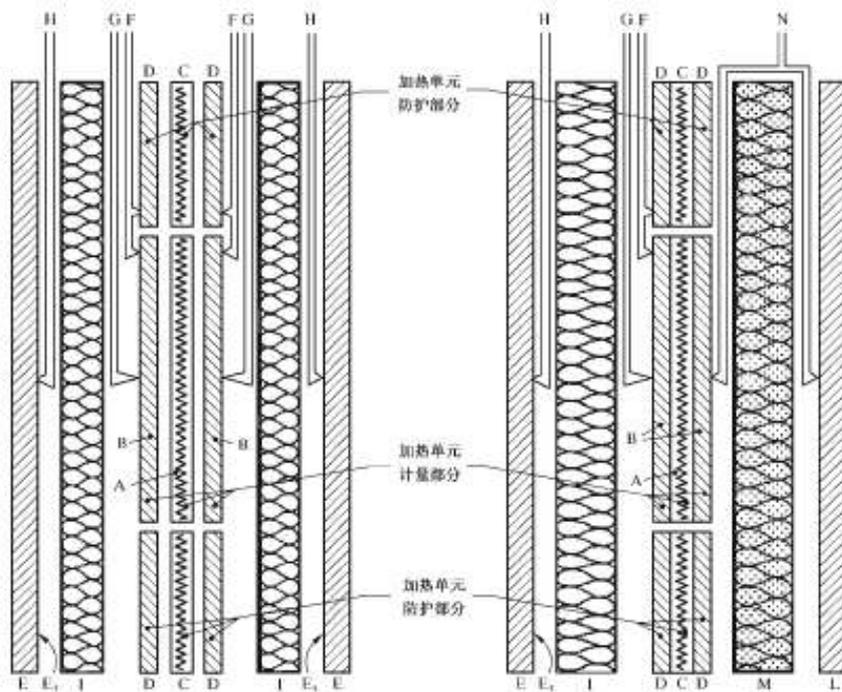


图 T1181-1 双试件装置

图 T1181-2 单试件装置

A-计量加热器;  
 B-计量面板;  
 C-防护加热器;  
 D-防护面板;  
 E-冷却单元;  
 E<sub>a</sub>-冷却单元面板;  
 F-温差热电偶;

G-加热单元表面热电偶;  
 H-冷却单元表面热电偶;  
 I-试件;  
 L-背防护加热器;  
 M-背防护绝热层;  
 N-背防护单元温差热电偶。

图T1181 双试件和单试件防护热板装置的一般特点

### 5.3 温差的选择

试验的温差为  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 。

### 5.4 环境条件

调节防护热板组件周围气体的相对湿度，使其露点温度至少比冷却单元温度低  $5^\circ\text{C}$ 。

### 5.5 热流量的测定

测量施加于计量部分的平均电功率，准确度不低于 0.2%，建议使用直流电和自动稳压的输入功率，输入功率的随机波动、变化引起的热板表面温度波动或变化应小于热板和冷板间温差的 0.3%。

### 5.6 冷面控制

当使用双试件装置时，调节冷却单元或冷面加热器使两个试件的温差的差异不大于 2%。

### 5.7 温差检测

测定加热面板和冷却面板的温度或试件表面温度和计量到防护的温度平衡。

### 5.8 过渡时间和测量间隔

连续四组读数给出的热阻值的差别不超过 1%，并且不是单调地朝一个方向改变时。

## 6 结果计算

### 6.1 按式 (T1181-1) 计算硬质泡沫塑料导热系数：

$$\lambda_t(\lambda) = (\Phi \cdot d) / (A(T_1 - T_2)) \quad (\text{T1181-1})$$

式中：

$\lambda_t$ ——温度  $t$  下的导热系数，单位为瓦特每米每开尔文 ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )；

$\lambda$ ——导热系数，单位为瓦特每米每开尔文 ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )。

$\Phi$ ——加热单元计量部分的平均加热功率，单位为瓦特 (W)；

$d$ ——试样平均厚度，单位为米 (m)；

$A$ ——计量面积，双试件装置取单试件计量面积 2 倍，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$T_1$ ——试件热面温度平均值，单位为开尔文 (K)；

$T_2$ ——试件冷面温度平均值，单位为开尔文 (K)；

## T 1182-2017 硬质泡沫塑料吸水率试验

### 1 适用范围

1.1 本方法适用于测定硬质泡沫塑料的吸水率：通过测量浸没在水下 50 mm、96 h 后样品的浮力来测定。

1.2 本方法适用于测定样品体积变化的校正和样品切割表面泡孔的体积校正。

### 2 试验原理

通过测量在蒸馏水中浸泡一定时间试样的浮力来测定材料吸水率。

### 3 仪器设备及材料

3.1 浸泡液，蒸馏后至少放置 48 h 的蒸馏水。

3.2 天平，能悬挂网笼，精确至 0.1 g。

3.3 网笼，由不锈钢材料制成，大小能容纳试样，底部附有能抵消试样浮力的重块，顶部有能挂到天平上的挂架（如图 T1182-1）。

3.4 圆筒容器，直径至少为 250 mm，高为 250 mm。

3.5 低渗透塑料薄膜，如聚乙烯薄膜。

3.6 切片器，应有切割样品薄片厚度为 0.1 mm~0.4 mm 的能力。

3.7 载片，将两片幻灯玻璃片用胶布粘接成活叶状，中间放一张印有标准刻度（长度 30 mm）的计算坐标的透明塑料薄片。（如图 T1182-2）

3.8 投影仪，适用于 50 mm×50 mm 标准幻灯片的通用型 35 mm 幻灯片投影仪，或者带有标准刻度的投影显微镜。

### 4 试样制备

4.1 试样数量：不得少于 3 块。

4.2 尺寸：长度 150 mm，宽度 150 mm，体积不小于 500 cm<sup>3</sup>，对带有自然或复合表皮的产品，试样厚度是产品厚度；对于厚度大于 75 mm 且不带表皮的产品，试样应加工成 75mm 的厚度，两平面之间的平行度公差不大于 1%。

### 4.3 试样调节

采用机械切割方式制备试样，试样表面应光滑、平整和无粉末，常温下放于干燥器中，每隔 12 h 称一次，直至连续两次称重质量相差不大于平均值的 1%。

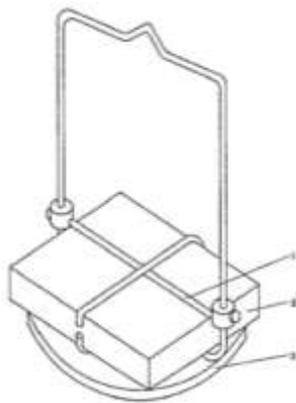


图 T1182-1 装有试样的网笼

1-网笼；2-试样；3-重块

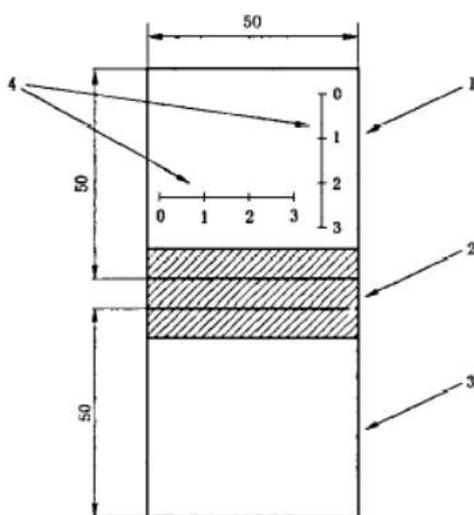


图 T1182-2 载片装置

1-标准玻璃载片；2-软胶布粘接；3-空白盖片；4-标准刻度尺

## 5 试验步骤

5.1 调节试验环境为  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  和  $(50 \pm 5)\%$  相对湿度。

5.2 称量干燥后试样质量 ( $m_1$ )，准确至 0.1 g。

5.3 按 GB/T 6342 的规定测量试样线性尺寸用于计算  $V_0$ ， $V_0$  精确至  $0.1 \text{ cm}^3$ 。

5.4 在试验环境下将蒸馏水注入圆筒容器内。

5.5 将网笼浸入水中，除去网笼表面气泡，挂在天平上，称其表观质量 ( $m_2$ )，精确至 0.1g。

5.6 将试样装入网笼，重新浸入水中，并使试样顶面距水面约 50mm，用软毛刷或搅动除去网笼和样品表面气泡。

5.7 用低渗透塑料薄膜覆盖在圆筒容器上。

5.8  $(96 \pm 1) \text{ h}$  或其他约定浸泡时间后，移去塑料薄膜，称量浸在水中装有试

样的网笼的表观质量 ( $m_3$ ), 精确至 0.1 g。

5.9 目测试样溶胀情况, 来测定溶胀和切割表面体积的校正。均匀溶胀用方法 A (8.1), 不均匀溶胀用方法 B (8.2)

## 6 溶胀和切割表面体积的校正

### 6.1 方法 A (均匀溶胀)

#### 6.1.1 适用性

当试样没有明显的非均匀溶胀时用方法 A。

6.1.2 从水中取出试样, 立即重新测量其尺寸, 为测量方便在测量前用滤纸吸去表面水分。按式 (T1182-1) 计算试样均匀溶胀体积校正系数  $S_0$ 。

$$S_1 = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \quad (\text{T 1182-1})$$

式中:  $V_1$ ——试样浸泡后体积, 单位为立方厘米 ( $\text{cm}^3$ );

$V_0$ ——试样初始体积, 单位为立方厘米 ( $\text{cm}^3$ ),  $V_0 = \frac{d \times l \times b}{1000}$ ;

$d$ ——试样的初始厚度, 单位为毫米 (mm),  $V_1 = \frac{d_1 \times l_1 \times b_1}{1000}$ ;

$l$ ——试样的初始长度, 单位为毫米 (mm);

$b$ ——试样的初始宽度, 单位为毫米 (mm);

$d_1$ ——试样浸泡后厚度, 单位为毫米 (mm);

$l_1$ ——试样浸泡后长度, 单位为毫米 (mm);

$b_1$ ——试样浸泡后宽度, 单位为毫米 (mm)。

#### 6.1.3 切割表面泡孔的体积校正

遵照附录 A 规定的方法, 从进行吸水试验的相同样品上切片, 测量其平均泡孔直径  $D$ , 按下式计算切割表面泡孔体积  $V$ 。

有自然表皮或复合表皮的试样, 按式 (T1182-2) 计算:

$$V_c = \frac{0.54D(l \times d + b \times d)}{500} \quad (\text{T 1182-2})$$

各表面均为切割面的试样, 按式 (T1182-3) 计算:

$$V_c = \frac{0.54D(l \times d + l \times b + b \times d)}{500} \quad (\text{T 1182-3})$$

式中:  $V_c$ ——试样切割表面泡孔体积, 单位为立方厘米 ( $\text{cm}^3$ );

D——平均泡孔直径，单位为毫米（mm）

若平均泡孔直径小于 0.50 mm，且试样体积不小于 500cm<sup>3</sup>，切割面泡孔的体积校正较小（小于 3.0%）可以忽略。

## 6.2 方法 B（非均匀溶胀）

### 6.2.1 适用性

当试样有明显的非均匀溶胀时用方法 B。

### 6.2.2 合并校正溶胀和切割面泡孔的体积

用一个类似 5.3 描述的带一个溢流管圆筒容器，注满蒸馏水直到水从溢流管流出，当水平面稳定后，在溢流管下放一容积不小于 600cm<sup>3</sup> 带刻度的容器，此容器能用它测量溢出水体积，准确至 0.5cm<sup>3</sup>（也可用称量法）。从原始容器中取出试样盒网笼，淌干表面水分（约 2min），小心地将装有试样的网笼浸入盛满水的容器，水平面稳定后测量排出水的体积（V<sub>2</sub>），精确至 0.5cm<sup>3</sup>，用网笼重复上述过程，并测量其体积（V<sub>3</sub>），精确至 0.5cm<sup>3</sup>。

溶胀和切割表面体积合并校正系数 S<sub>1</sub> 按式（T 1182-4）计算：

$$S_1 = \frac{V_2 - V_3 - V_0}{V_0} \quad (\text{T 1182-4})$$

式中：V<sub>2</sub>——装有试样的网笼浸在水中排出水的体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）；

V<sub>3</sub>——网笼浸在水中排出水的体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）；

V<sub>0</sub>——试样初始体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）。

## 7 结果计算

### 7.1 吸水率(WA<sub>v</sub>)的计算

7.1.1 方法 A，按式（T1182-5）计算：

$$WA_v = \frac{m_3 + V_1 \times \rho - (m_1 + m_2 + V_c \times \rho)}{V_0 \rho} \times 100 \quad (\text{T 1182-5})$$

式中：WA<sub>v</sub>——吸水率（%）；

m<sub>1</sub>——试样质量，单位为克（g）；

m<sub>2</sub>——网笼浸在水中的表观质量，单位为克（g）；

m<sub>3</sub>——装有试样的网笼浸在水中的表观质量，单位为克（g）；

V<sub>1</sub>——试样浸渍后体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）；

V<sub>c</sub>——试样切割表面泡孔体积，单位为立方厘米（cm<sup>3</sup>）；

$V_0$ ——试样初始体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）；

$\rho$ ——水的密度（ $=1\text{g}/\text{cm}^3$ ）。

7.1.2 方法 B，按式（T1182-6）计算：

$$WA_v = \frac{m_3 + (V_2 - V_3)\rho - (m_1 + m_2)}{V_0\rho} \times 100 \quad (\text{T 1182-6})$$

式中：WA<sub>v</sub>——吸水率（%）；

$m_1$ ——试样质量，单位为克（g）；

$m_2$ ——网笼浸在水中的表观质量，单位为克（g）；

$m_3$ ——装有试样的网笼浸在水中的表观质量，单位为克（g）；

$V_2$ ——装有试样的网笼浸在水中排出水的体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）；

$V_3$ ——网笼浸在水中排出水的体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）；

$V_0$ ——试样初始体积，单位为立方厘米（ $\text{cm}^3$ ）；

$\rho$ ——水的密度（ $=1\text{g}/\text{cm}^3$ ）。

## 7.2 平均值

取全部被测试试样吸水率的算术平均值。

## 8 精密度

精密度数据见表 T1183-1。

如果  $S_r$  和  $S_R$  是由足够多的数据计算得来，并且试验结果是 3 个试样的平均值，那么有如下评判：

重复性： $r$  是用来描述同样材料在同一操作员、同实验室、同时间、同设备条件下得到的两次结果之间的差异，如果同一实验室内获得的两次试验结果的差值超过该材料  $r$  值，则可判断它们是不等效的。

重复性： $R$  是用来描述同种材料由不同操作员在不同的实验室、不同设备条件下得到的两次结果之间的差异。如果不同实验室获得的两次结果的差值超过该材料的  $R$  值，则可判断它们是不等效的。

表 T 1183-1 精密度数据

材料	厚度/mm	吸水率平均值/%	$S_r$ /%	$S_R$ /%	r/%	R/%
聚异三聚氰脲酸酯	75	2.06	0.138	0.49	0.39	1.36
挤出聚苯乙烯	75	0.17	0.042	0.08	0.12	0.23

其中：  
 $S_r$ : 表示材料实验室内标准偏差（通过集中所有参加实验室其实验室内标准偏差的实验结果获得）。

$$S_r = \left[ (S_1)^2 + (S_2)^2 + \dots + (S_n)^2 \right] / n^{1/2}$$

$S_R$ : 实验室之间的重复试验，以标准偏差表示。  
r: 实验室内相邻两试验结果之差 ( $=2.8 \times S_r$ )。  
R: 实验室间相临两试验结果之差 ( $=2.8 \times S_R$ )。

注：此表基于一份依据 ASTM E 691 在 1996 年实施的联合声明：对指导实验室间研究测定实验方法精密度的标准实践，包含 2 中材料 7 个实验室的实验，每一种材料所有的试样都配备一份原始资料，但在实验室准备单独的试样用于试验，每个试验结果是 3 次独立测定的平均值。每个实验室要对每种材料获得一个试验结果。

## 9 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- (1) 试样名称、规格型号和状态的描述；
- (2) 试验日期；
- (3) 浸泡时间；
- (4) 采用的校正方法（A 或 B），校正系数用体积分数（%）表示；
- (5) 各经校正的吸水率结果及平均值用体积分数（%）表示；
- (6) 各试样的平均泡孔直径以及所有被测试样平均泡孔直径的平均值，用毫米表示；
- (7) 观察到的样品各项异性特征；
- (8) 观察到的与材料使用性能有关的现象；
- (9) 试验中是否有不正常现象的观察记录；
- (10) 任何偏离规定程序的详细说明。

## 附录 A

### 平均泡孔直径的测定

#### A.1 原理

用切片器切割试样，其厚度应小于单个泡孔的直径。将试样插入带有刻度的载片中，再用投影仪将其投影到屏幕上，在规定长度内，确定泡孔或孔壁断面数目，由此数计算平均弦长，再利用数学公式将平均弦长换算为平均泡孔直径。

#### A.2 试样

对泡孔尺寸均匀对称的泡沫塑料，通常用一片试片的平均泡孔直径表示；对具有明显各向异性的泡沫塑料，则需从 3 个主要方向各切一片试片，测量泡孔尺寸，以其平均值表示。

#### A.3 试验步骤

A.3.1 对于要测定平均泡孔直径的每一方向，需从被测样品上切割 50 mm×50 mm 原厚的试样。从试样上任意切割试片，其厚度应小于单个泡孔的直径，保证影像不因孔壁重叠而被遮住，最佳切片厚度应随发泡材料的平均泡孔尺寸而定，以较小的泡孔直径作为切片厚度。

A.3.2 将薄片插入载片中，调整标尺坐标，使其零点位于测量区顶部，重新装好载片。

A.3.3 将载片插入投影仪，调整焦距，使其影像在墙壁或屏幕上成像清晰。

A.3.4 从投影影像上测量平均泡孔弦长  $t$ 。首先，在标尺长 30 mm 范围内确定泡孔或孔壁数目，然后，将直线长度除以泡孔数目，则得平均泡孔弦长  $t$ 。若试片长度小于 30 mm，则在最大长度上确定泡孔数目。

A.3.5 当泡孔结构各向异性时，则在 3 个主要方向上分别测定平均泡孔直径，并以 3 个结果的平均值表示。

#### A.4 计算

由下式计算平均泡孔直径：

$$D = \frac{t}{0.616} \quad (\text{A.1})$$

式中：

$D$ ——平均泡孔直径，单位为毫米（mm），保留两位有效数字；

$t$ ——平均泡孔弦长，单位为毫米（mm）。

注：该平均泡孔直径公式的前提是假定泡孔形状为球型且泡孔尺寸相对均匀。A.3.4 是

对任意截取泡孔平均弦长测量的方法的描述，在所取得平面上  $t$  和  $\bar{d}$  的关系如下：

对于圆有  $x^2 + y^2 = r^2$ ，第一象限的中间值

$$\bar{y} = \frac{1}{r} \int_0^r \sqrt{r^2 - x^2} dx = \frac{\pi r}{4} \quad (1)$$

式中： $r$ ——所切表面泡孔的半径，单位为毫米（mm）。

$$\bar{y} = \frac{t}{2}$$

因此  $\frac{t}{2} = \frac{\pi r}{4}$  (2)，又因为  $r = \frac{\bar{d}}{2}$ ，所以  $t = \frac{\pi \bar{d}}{4}$  (3)，变换 (3) 得  $\bar{d} = \frac{t}{0.785}$  (4)

同理，圆形切片直径与该处球体直径  $D$  有关。因为泡孔是在试样平面沿深度随机截取，所以  $D$  比  $\bar{d}$  大一些，再次应用等式 (3) 可得： $D = \frac{\bar{d}}{0.785}$  (5)，结合 (4) 和 (5) 得：

$$D = \frac{t}{0.785^2} = \frac{t}{0.616} \quad (6)$$