

中华人民共和国水利行业标准

**SL 235—2012**

替代 SL/T 235—1999

---

# 土工合成材料测试规程

**Specification for test and measurement  
of geosynthetics**

**2012-05-16 发布**

**2012-08-16 实施**

---

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部  
关于批准发布水利行业标准的公告

2012 年第 13 号

中华人民共和国水利部批准《土工合成材料测试规程》(SL 235—2012) 标准为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	土工合成材料测试规程	SL 235—2012	SL/T 235—1999	2012. 5. 16	2012. 8. 16

二〇一二年五月十六日

## 前 言

根据水利部水利行业标准制（修）订计划，本标准按照《水利水电技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《土工合成材料测试规程》（SL/T 235—1999）进行修订。

本标准共 35 章、1 个附录，主要包括 32 个测试方法的基本规定、主要技术内容以及所有测试记录表格式等。

本标准增加了以下测试内容：

- 土工膜厚度测定；
- 圆球顶破试验；
- 落锥试验；
- 接缝拉伸试验；
- 剥离试验；
- 塑料三维土工网垫拉伸试验；
- 塑料排水带（板）拉伸试验；
- 土工膜拉伸试验；
- 管材环刚度试验；
- 土工合成材料膨润土垫（GCL）渗透试验；
- 荧光紫外灯老化试验；
- 氙弧灯老化试验。

对原规程修改了以下主要内容：

- 采用耐静水压力作为土工膜抗渗强度，原土工膜的渗透系数保留；
- 芯带屈服强度的试验方法中，原来的应力法改为应变法；
- 软式透水管试验的名称与试验方法中，原“软式透水管试验”改为“软式透水管扁平耐压力试验”，试验方法由原来的应力法改为应变法；

- 原规程中的土工格栅、塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验单列成章；
- 原规程中的土工网与土工带拉伸试验内容删除，土工带拉伸试验内容并入条带拉伸试验中；
- 原规程中的蠕变试验内容删除。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL/T 235—1999

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：南京水利科学研究所

本标准参编单位：中国土工合成材料工程协会

上海勘测设计研究院

天津大学

中国水利水电科学研究所

长江水利委员会长江科学院

河海大学

国家化学建筑材料测试中心

北京市水利科学研究所

中交四航工程研究院有限公司

北京高能时代环境技术股份有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：杨明昌 章为民 白建颖 徐惠

张鹏程 郑澄锋 严驰 武良金

丁金华 谢定松 丁金海 窦宝松

郭伟玲 杨瑛 李东兵 朱群峰

周荣官

本标准审查会议技术负责人：温续余 李广信 束一鸣

本标准体例格式审查人：陈昊

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	测试方法的基本规定	6
3.1	目的和适用范围	6
3.2	制样方法	6
3.3	试样状态调节与仪器仪表	6
3.4	算术平均值、标准差和变异系数的计算公式	7
3.5	测试记录	7
4	单位面积质量测定	8
4.1	目的和适用范围	8
4.2	试验设备	8
4.3	试样制备	8
4.4	操作步骤	8
4.5	计算	9
4.6	记录	9
5	土工织物厚度测定	10
5.1	目的和适用范围	10
5.2	试验设备	10
5.3	试样制备	10
5.4	操作步骤	10
5.5	计算	11
5.6	记录	11
6	土工膜厚度测定	12
6.1	目的和适用范围	12

6.2	试验设备	12
6.3	试样制备	12
6.4	操作步骤	12
6.5	计算	13
6.6	记录	13
7	等效孔径试验(干筛法)	14
7.1	目的和适用范围	14
7.2	试验设备	14
7.3	试样制备	14
7.4	操作步骤	15
7.5	计算	15
7.6	记录	16
8	垂直渗透试验	17
8.1	目的和适用范围	17
8.2	试验设备	17
8.3	试验准备	18
8.4	操作步骤	18
8.5	计算	18
8.6	记录	19
9	水平渗透试验	20
9.1	目的和适用范围	20
9.2	试验设备	20
9.3	试验准备	21
9.4	操作步骤	21
9.5	计算	22
9.6	记录	23
10	条带拉伸试验	24
10.1	目的和适用范围	24
10.2	试验设备	24
10.3	试样制备	24

10.4	操作步骤	25
10.5	计算	25
10.6	记录	26
11	握持拉伸试验	27
11.1	目的和适用范围	27
11.2	试验设备	27
11.3	试样制备	27
11.4	操作步骤	28
11.5	计算	28
11.6	记录	28
12	梯形撕裂试验	29
12.1	目的和适用范围	29
12.2	试验设备	29
12.3	试样制备	30
12.4	操作步骤	30
12.5	计算	30
12.6	记录	30
13	胀破试验	31
13.1	目的和适用范围	31
13.2	试验设备	31
13.3	试样制备	31
13.4	操作步骤	31
13.5	计算	32
13.6	记录	32
14	圆柱 (CBR) 顶破试验	33
14.1	目的和适用范围	33
14.2	试验设备	33
14.3	试样制备	34
14.4	操作步骤	34
14.5	计算	34

14.6	记录	35
15	圆球顶破试验	36
15.1	目的和适用范围	36
15.2	试验设备	36
15.3	试样制备	37
15.4	操作步骤	37
15.5	计算	37
15.6	记录	37
16	刺破试验	38
16.1	目的和适用范围	38
16.2	试验设备	38
16.3	试样制备	39
16.4	操作步骤	39
16.5	计算	39
16.6	记录	39
17	落锥试验	40
17.1	目的和适用范围	40
17.2	试验设备	40
17.3	试样制备	41
17.4	操作步骤	41
17.5	计算	41
17.6	记录	42
18	接缝拉伸试验	43
18.1	目的和适用范围	43
18.2	试验设备	43
18.3	试样制备	43
18.4	操作步骤	44
18.5	计算	45
18.6	记录	45
19	剥离试验	46
19.1	目的和适用范围	46



19.2	试验设备	46
19.3	试样制备	46
19.4	操作步骤	47
19.5	计算	47
19.6	记录	47
20	土工膜耐静水压力试验	48
20.1	目的和适用范围	48
20.2	试验设备	48
20.3	试样制备	48
20.4	操作步骤	48
20.5	计算	49
20.6	记录	49
21	土工膜渗透试验	50
21.1	目的和适用范围	50
21.2	试验设备	50
21.3	试样制备	51
21.4	操作步骤	51
21.5	计算	51
21.6	记录	52
22	土工格栅拉伸试验	53
22.1	目的和适用范围	53
22.2	试验设备	53
22.3	试样制备	53
22.4	操作步骤	54
22.5	计算	54
22.6	记录	55
23	塑料三维土工网垫拉伸试验	56
23.1	目的和适用范围	56
23.2	试验设备	56
23.3	试样制备	56

23.4	操作步骤	56
23.5	计算	57
23.6	记录	57
24	塑料排水带(板)拉伸试验	58
24.1	目的和适用范围	58
24.2	试验设备	58
24.3	试样制备	58
24.4	操作步骤	58
24.5	计算	59
24.6	记录	59
25	土工膜拉伸试验	60
25.1	目的和适用范围	60
25.2	试验设备	60
25.3	试样制备	60
25.4	操作步骤	61
25.5	计算	61
25.6	记录	62
26	塑料排水带(板)通水量试验	63
26.1	目的和适用范围	63
26.2	试验设备	63
26.3	试样制备	64
26.4	操作步骤	64
26.5	计算	64
26.6	记录	65
27	塑料排水带(板)芯板压屈试验	66
27.1	目的和适用范围	66
27.2	试验设备	66
27.3	试样制备	66
27.4	操作步骤	66
27.5	计算	67

27.6	记录	67
28	软式透水管扁平耐压力试验	68
28.1	目的和适用范围	68
28.2	试验设备	68
28.3	试样制备	68
28.4	操作步骤	69
28.5	计算	69
28.6	记录	69
29	管材环刚度试验	70
29.1	目的和适用范围	70
29.2	试验设备	70
29.3	试样制备	71
29.4	操作步骤	72
29.5	计算	73
29.6	记录	74
30	土工合成材料膨润土垫 (GCL) 渗透试验	75
30.1	目的和适用范围	75
30.2	试验设备	75
30.3	试验制备	76
30.4	操作步骤	77
30.5	计算	78
30.6	记录	79
31	直剪摩擦试验	80
31.1	目的和适用范围	80
31.2	试验设备	80
31.3	试样制备	81
31.4	操作步骤	81
31.5	计算	81
31.6	记录	82
32	拉拔摩擦试验	83
32.1	目的和适用范围	83

32.2	试验设备	83
32.3	试样制备	84
32.4	操作步骤	84
32.5	计算	85
32.6	记录	85
33	淤堵试验	86
33.1	目的和适用范围	86
33.2	试验设备	86
33.3	试样准备	87
33.4	操作步骤	87
33.5	计算	88
33.6	记录	89
34	荧光紫外灯老化试验	90
34.1	目的和适用范围	90
34.2	试验设备	90
34.3	试样制备	91
34.4	操作步骤	91
34.5	计算	92
34.6	记录	92
35	氙弧灯老化试验	94
35.1	目的和适用范围	94
35.2	试验设备	94
35.3	试样制备	95
35.4	操作步骤	95
35.5	计算	95
35.6	记录	96
附录 A 试验记录表格		97
标准用词说明		116
条文说明		117

# 1 总 则

**1.0.1** 为推动土工合成材料在工程建设中的应用，统一材料测试的技术要求，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于水利水电、水土保持等工程中所用的土工合成材料的测试，其他行业可参照使用。

**1.0.3** 土工合成材料性状受测试方法、荷载性质、试样尺寸、加荷速率、测试温度等因素的影响，测试时应按本标准有关规定进行。

**1.0.4** 本标准的引用标准主要有：

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》(GB/T 8170—2008)

《塑料实验室光源试验方法 第2部分：氙弧灯》(GB/T 16422.2—1999)

《塑料实验室光源曝露试验方法 第3部分 荧光紫外灯法》(GB/T 16422.3—1997)

《土工合成材料 塑料土工格栅》(GB/T 17689—2008)

《土工合成材料 塑料土工格室》(GB/T 19274—2003)

《振筛机校验规程》(SL 411—2007)

**1.0.5** 土工合成材料的测试除应遵守本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 等效孔径 apparent opening size

即表观最大孔径。以土工合成材料为筛布对标准颗粒料进行筛析，当过筛率（通过土工合成材料的颗粒料质量与颗粒料总质量之比）为5%时，则该颗粒粒径尺寸定为土工合成材料的等效孔径  $O_{95}$ 。

#### 2.1.2 透水率 permittivity

水流垂直于土工合成材料平面，单位水位差、单位面积、单位时间内透过的水量。

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

水流垂直于土工合成材料平面，水力梯度等于1时的渗透流速。

#### 2.1.4 水平渗透系数 coefficient of longitudinal permeability

水流沿土工合成材料平面，水力梯度等于1时的渗透流速。

#### 2.1.5 导水率 hydraulic transmissivity

水流沿土工合成材料平面，单位水位差、单位宽度、单位时间内输导的水量。

#### 2.1.6 拉伸强度 tensile strength

试样拉伸时能承受的最大拉力。

#### 2.1.7 伸长率 elongation

试样拉伸时对应最大拉力的应变。

#### 2.1.8 断裂强度 tensile strength at break

试样拉伸至断裂时的强度。

#### 2.1.9 断裂伸长率 tensile strain at break

试样拉伸至断裂时的应变。

#### 2.1.10 屈服强度 tensile strength at yield

试样拉伸至屈服时的强度。

**2.1.11 屈服伸长率 tensile strain at yield**

试样拉伸至屈服时的应变。

**2.1.12 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。

**2.1.13 梯形撕裂强力 trapezoidal tearing strength**

试样沿规定的切缝逐渐扩展裂口至整个试样的过程中出现的最大撕裂力。

**2.1.14 胀破强度 burst strength**

在试样迎液体面衬以高弹性不透水薄膜后对试样施加液压扩张直至破坏过程中试样所能承受的最大液压。

**2.1.15 圆柱 (CBR) 顶破强力 scolumn (CBR) burt strength**

直径 50mm 的平头圆柱顶杆垂直顶压试样过程中的最大顶压力。

**2.1.16 圆球顶破强力 ball bursting strength**

球径 25mm 的球面顶杆垂直顶压试样过程中的最大顶压力。

**2.1.17 刺破强力 puncture resistance**

直径 8mm 的平头顶杆垂直顶刺试样过程中的最大刺破力。

**2.1.18 落锥穿透孔径 amount of cone penetration**

落锥从试样面之上 500mm 高度处自由落下穿透试样的孔洞大小。

**2.1.19 土工膜耐静水压力 resistance to hydrostatic pressure**

对试样施加液压扩张直至破坏过程中的最大液压。

**2.1.20 排水带 (板) 通水量 the discharge capacity of prefabricated vertical drains**

在一定侧向压力作用下, 最后稳定的单位水力梯度单位时间排水带 (板) 纵向通水能力。

**2.1.21 压屈强度 compressive strength**

排水带 (板) 的芯带在外力作用下抵抗压裂、倾倒破坏的

能力。

### 2.1.22 扁平耐压力 *compression resistance*

软式透水管径向压缩某应变时所能产生的抵抗力。

### 2.1.23 梯度比 *gradient ratio*

淤堵试验中，土工织物及其上相邻 25mm 土样的复合水力梯度与其上 25~75mm 范围的土样的水力梯度之比。

### 2.1.24 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。

## 2.2 符 号

- $A$  —— 面积；
- $B$  —— 宽度；
- $C_v$  —— 变异系数；
- $d$  —— 管径；
- $F$  —— 力、荷载；
- $f$  —— 界面摩擦系数；
- $G$  —— 单位面积质量；
- $GR$  —— 梯度比；
- $H$  —— 渗径长度；
- $\Delta h$  —— 水位差；
- $i$  —— 水力梯度；
- $k$  —— 垂直渗透系数；
- $k_h$  —— 水平渗透系数；
- $L$  —— 长度；
- $m$  —— 质量；
- $O_{95}$  —— 等效孔径；
- $P$  —— 法向力；
- $P_z$  —— 胀破强度；
- $Q$  —— 通水量；



$T_b$ ——剥离强度；  
 $T_j$ ——接缝拉伸强度；  
 $T_l$ ——拉伸强度；  
 $t$ ——历时；  
 $V$ ——渗水量；  
 $\bar{x}$ ——平均值；  
 $\delta$ ——厚度；  
 $\epsilon$ ——伸长率；  
 $\eta$ ——水温修正系数，即水的动力粘滞系数比；  
 $\theta$ ——导水率；  
 $\sigma$ ——标准差；  
 $\tau$ ——剪切强度；  
 $\tau_0$ ——拉拔摩擦强度；  
 $\psi$ ——透水率。

## 3 测试方法的基本规定

### 3.1 目的和适用范围

3.1.1 本章规定了土工合成材料的制样方法、试样状态调节与仪器仪表的基本规定、测试值的计算及测试记录内容。

3.1.2 本章规定是后面各项测试均应遵守的共同规定。

### 3.2 制样方法

3.2.1 土工织物、土工膜和片状土工复合材料的制样应符合下列原则：

1 试样剪取距样品边缘应不小于 100mm。

2 试样应该有代表性，不同试样应避免位于同一纵向和横向位置上，即采用梯形取样法，如果不可避免（如卷装，幅宽较窄），应在测试报告中注明情况。

3 剪取试样时应满足准确度要求。

4 剪取试样，应先有剪裁计划，然后再剪裁。

5 对每项测试所用全部试样，应予以编号。

3.2.2 土工格栅、土工格室等材料制样应符合 GB/T 17689—2008、GB/T 19274—2003 等相关规定。

### 3.3 试样状态调节与仪器仪表

3.3.1 试样应置于温度为  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为  $60\% \pm 10\%$  的环境中状态调节 24h。

3.3.2 如果确认试样不受环境影响，则可省去状态调节处理，但应在记录中注明测试时的温度和湿度。

3.3.3 各项指标测试中，试验室环境温度与湿度的要求同 3.3.1 条与 3.3.2 条。

3.3.4 仪器仪表使用时应检查是否工作正常、进行零点调整、

量程范围选择。量程选择宜使试样最大测试值在满量程的 10% ~90% 范围内。

### 3.4 算术平均值、标准差和变异系数的计算公式

3.4.1 算术平均值应按式 (3.4.1) 计算:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.4.1)$$

式中  $n$ ——试样数量;

$x_i$ ——第  $i$  块试样的测试值;

$\bar{x}$ —— $n$  块试样测试值的算术平均值 (简称平均值)。

3.4.2 标准差应按式 (3.4.2) 计算:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.4.2)$$

式中  $\sigma$ ——标准差。

3.4.3 变异系数应按式 (3.4.3) 计算:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.4.3)$$

式中  $C_v$ ——变异系数。

3.4.4 数值修约规则应按 GB/T 8170—2008 的规定执行。

3.4.5 应以平均值作为测试结果。

### 3.5 测试记录

3.5.1 应标明使用本标准。

3.5.2 应有试样编号, 试样名称、规格, 试样状态描述。

3.5.3 应有测试设备、测试日期以及测试环境条件等。

3.5.4 应有相关测试项目的原始数据, 或为仪器自动记录的数据。

3.5.5 应有测试人员及校核人员的签字。

3.5.6 有偏离的情况应予以说明。

## 4 单位面积质量测定

### 4.1 目的和适用范围

4.1.1 本章规定了土工合成材料单位面积质量的测定方法。

4.1.2 本章适用于各类土工织物、土工膜、土工复合材料。特种土工合成材料可参照执行。

### 4.2 试验设备

4.2.1 天平：感量 0.01g，并应满足称量值 1% 准确度要求。

4.2.2 钢尺：最小分度值为 1mm。

4.2.3 其他：裁刀或剪刀。

### 4.3 试样制备

4.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

4.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

4.3.3 每组试样数量应不少于 10 个。

4.3.4 试样面积应为  $100\text{cm}^2$ ，试样的裁剪和测量应准确至 1mm。

4.3.5 对于土工格栅这类孔径较大材料，试样尺寸应能代表该种材料的全部结构。可使用较大面积的试样，裁剪时应从肋间对称裁取，按裁剪后试样实际尺寸计算面积，准确至 1mm。

### 4.4 操作步骤

4.4.1 确认天平的最大称量满足要求。

4.4.2 试样逐一在天平上称量，读数应准确至 0.01g；称量小于 1g 的材料应使用感量更小的天平来称量，达到 4.2.1 条的要求。

## 4.5 计 算

4.5.1 单位面积质量应按式 (4.5.1) 计算:

$$G = \frac{m}{A} \times 10^4 \quad (4.5.1)$$

式中  $G$ ——试样单位面积质量,  $\text{g}/\text{m}^2$ ;

$m$ ——试样质量,  $\text{g}$ ;

$A$ ——试样面积,  $\text{cm}^2$ 。

4.5.2 应按 3.4 节的规定计算单位面积质量的平均值、标准差和变异系数。

## 4.6 记 录

4.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

4.6.2 单位面积质量试验记录表格式见附录 A 表 A-1。

## 5 土工织物厚度测定

### 5.1 目的和适用范围

- 5.1.1 本章规定了一定压力下土工合成材料厚度的测定方法。
- 5.1.2 本章适用于各类土工织物和柔软片状土工复合材料。

### 5.2 试验设备

- 5.2.1 基准板：面积应大于 2 倍的压块面积。
- 5.2.2 压块：圆形，表面光滑平整，底面积为  $25\text{cm}^2$ 。
- 5.2.3 荷重：使压块上产生 2kPa、20kPa、200kPa 等压力的荷载。
- 5.2.4 厚度计量表：最小分度值 0.01mm。
- 5.2.5 计时器：准确至秒 (s)。

### 5.3 试样制备

- 5.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 5.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 5.3.3 每组试样数量应不少于 10 个。
- 5.3.4 试样尺寸应不小于基准板。

### 5.4 操作步骤

- 5.4.1 测定 2kPa 压力下厚度应按以下操作方式进行：
  - 1 压块及其上的荷载调整为 5N。
  - 2 擦净基准板和压块，压块放在基准板上，调整厚度计量表零点。
  - 3 提起压块，将试样自然平放在基准板与压块之间，轻轻放下压块，压力加上后开始记时，达 30s 时记录厚度计量表读数。提起压块，取出试样。

4 重复上述步骤 3，完成其余试样试验。

5.4.2 测定 20kPa 及 200kPa 压力下厚度应按以下操作方法进行：

1 根据需要选用不同的荷载，使压力为 20kPa，按 5.4.1 条测定 20kPa 压力下的试样厚度。

2 根据需要选用不同的荷载，使压力为 200kPa，按 5.4.1 条测定 200kPa 压力下的试样厚度。

## 5.5 计 算

5.5.1 应按 3.4 节的规定计算各压力下每组试样厚度的平均值、标准差和变异系数。

5.5.2 厚度的单位为毫米 (mm)。

## 5.6 记 录

5.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

5.6.2 土工织物厚度试验记录表格式见附录 A 表 A-2。

## 6 土工膜厚度测定

### 6.1 目的和适用范围

- 6.1.1 本章规定了一定压力下土工薄膜、薄片样品厚度的测定方法。
- 6.1.2 本章适用于没有压花和波纹的土工薄膜、薄片。

### 6.2 试验设备

- 6.2.1 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。
- 6.2.2 当测量仪上下测量面均为平面时，每一测量面直径应为 2.5~10mm，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 0.5~1.0N。
- 6.2.3 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 15~50mm，下测量面的直径应不小于 5mm，测量面对试样施加的压力应为 0.1~0.5N。

### 6.3 试样制备

- 6.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 6.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 6.3.3 每组试样数量应不少于 10 个。
- 6.3.4 试样直径应大于试验仪器测头直径的 5 倍。

### 6.4 操作步骤

- 6.4.1 试样表面和仪器各测量部位应保持清洁。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。
- 6.4.2 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。

## 6.5 计 算

6.5.1 应按 3.4 节的规定计算厚度平均值（准确至 0.001mm）、标准差和变异系数。

6.5.2 厚度的单位为毫米（mm）。

## 6.6 记 录

6.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

6.6.2 土工膜厚度试验记录表格式参照附录 A 表 A-2。

## 7 等效孔径试验（干筛法）

### 7.1 目的和适用范围

7.1.1 本章规定了用干筛法测试土工合成材料等效孔径和孔径分布曲线的方法。

7.1.2 本章适用于有孔隙的各类土工织物和片状土工复合材料。

### 7.2 试验设备

7.2.1 试验筛：直径 200mm。

7.2.2 振筛机：应符合 SL 411—2007 中的规定。

7.2.3 天平：量称可 200g，感量应 0.01g。

7.2.4 振筛用颗粒材料：通常可选用玻璃珠或球形砂粒。将洗净烘干的颗粒材料用筛析法进行分级制备，按标准试验筛孔径分级宜为：0.063 ~ 0.075mm，0.075 ~ 0.090mm，0.090 ~ 0.106mm，0.106 ~ 0.125mm，0.125 ~ 0.150mm，0.150 ~ 0.180mm，0.180 ~ 0.250mm，0.250 ~ 0.350mm 等。

7.2.5 其他：计时器，细软刷子等。

### 7.3 试样制备

7.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

7.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

7.3.3 试样直径应大于试验筛。

7.3.4 每组试样数量应不少于 5 个。如果试样为针刺土工织物，振筛后，若嵌入织物的颗粒不易清出时，织物试样不应重复使用，这时，试样数为  $5n$  ( $n$  为选取的粒径级数)。

7.3.5 试样应进行去静电处理，可采用湿毛巾轻擦试样，并且晾干。

## 7.4 操作步骤

- 7.4.1 将试样放在筛网上，并固定好。
- 7.4.2 称量颗粒材料 50g，均匀撒布在试样表面。
- 7.4.3 将装好试样的试验筛、接收盘与筛盖夹紧装入振筛机上，开启机器，振筛 10min。
- 7.4.4 停机后，称量通过试样的颗粒材料质量。
- 7.4.5 用另一级颗粒材料在同一块试样上重复 7.4.2~7.4.4 条。测定孔径分布曲线，应取得不少于 3~4 级连续分级颗粒的过筛率，并要求试验点均匀分布。若仅测试等效孔径  $O_{95}$ ，则有两组的筛余率可在 95% 左右。

## 7.5 计 算

7.5.1 某级颗粒的过筛率应按式 (7.5.1) 计算：

$$S_i = \frac{M_i}{M_0} \times 100\% \quad (7.5.1)$$

式中  $S_i$ ——过筛率，%；

$M_0$ ——筛析时颗粒投放量，g；

$M_i$ ——筛析后底盘中颗粒质量（过筛量），g。

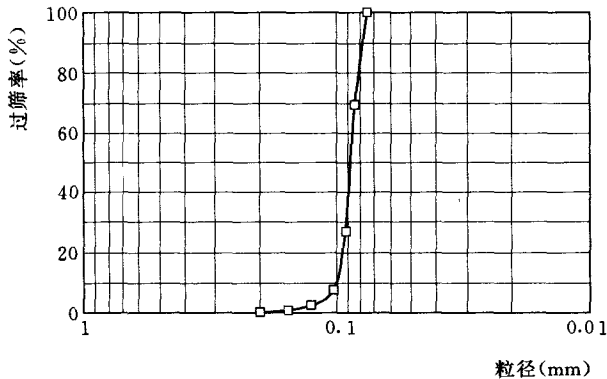


图 7.5.4 孔径分布曲线

**7.5.2** 应按 3.4 节的规定计算过筛率平均值、标准差和变异系数。

**7.5.3** 每一级的颗粒直径应以颗粒的上下限值和过筛率进行线性内插得到。

**7.5.4** 应以各级颗粒的平均过筛率与相应各级颗粒直径在半对数纸上绘孔径分布曲线，如图 7.5.4 所示。

**7.5.5** 等效孔径  $O_{95}$  为分布曲线上过筛率为 5% 所对应的粒径值， $O_{90}$  为分布曲线上过筛率为 10% 所对应的粒径值，可直接编程计算。

## 7.6 记 录

**7.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**7.6.2** 等效孔径试验（干筛法）记录表格式见附录 A 表 A-3。

## 8 垂直渗透试验

### 8.1 目的和适用范围

8.1.1 本章规定了在无负载状态、常水头与符合层流条件下土工合成材料垂直渗透系数和透水率的试验方法。

8.1.2 本章适用于具有透水性能的各类土工织物和片状土工复合材料。

### 8.2 试验设备

8.2.1 垂直渗透试验仪：包括安装试样装置、供水装置、恒水位装置与水位测量装置，垂直渗透试验原理如图 8.2.1 所示。

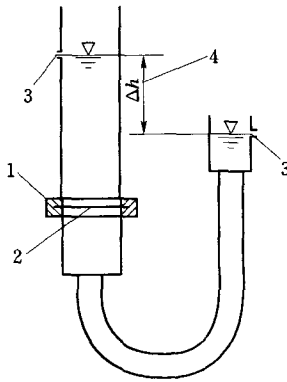


图 8.2.1 垂直渗透试验原理图

1—安装试样装置；2—试样；3—溢水口；4—水位差

8.2.2 安装试样装置：试样有效过水面积应不小于  $20\text{cm}^2$ ，应能装单片和多片土工织物试样；试样密封应良好，不应有渗漏。

8.2.3 供水装置：管路宜短而粗，减小水头损失。

8.2.4 恒水位装置：容器应有溢流装置，在试验过程中保持常

水头；并且容器应能调节水位，水头变化范围为 1~150mm。

**8.2.5** 水位测量装置：水位测量应准确至 1mm。

**8.2.6** 其他：计时器、量筒、水桶、温度计等。计时器准确至 0.1s、量筒准确至 1%，温度计准确至 0.5℃。

**8.2.7** 对新安装的系统应做空态（无试样）率定，以确定设备自身的水头损失；在进行试样渗透系数计算时予以修正。

### 8.3 试验准备

**8.3.1** 试验用水应为无杂质脱气水或蒸馏水。

**8.3.2** 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

**8.3.3** 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

**8.3.4** 试样数量应符合下列规定：

- 1 单片试样应不少于 5 个。
- 2 多片试样应不少于 5 组。

### 8.4 操作步骤

**8.4.1** 试样应充分饱和。试样安装操作过程中应防止空气进入试样，有条件的宜在水下装样。

**8.4.2** 调节上游水位，应使其高出下游水位，水从上游流向下游，并溢出。

**8.4.3** 待上下游水位差  $\Delta h$  稳定后，测读  $\Delta h$ ，开启计时器，用量筒接取一定时段内的渗透水量，并测量水量与时间，测量时间应不少于 10s，测量水量应不少于 100mL。

**8.4.4** 调节上游水位，改变水力梯度，重复 8.4.2 条、8.4.3 条。作渗透流速与水力梯度的关系曲线，取其线性范围内的试验结果，计算平均渗透系数。

**8.4.5** 重复 8.4.1~8.4.4 条对其余试样进行试验。

### 8.5 计算

**8.5.1** 垂直渗透系数应按式（8.5.1）计算：

$$k_{20} = \frac{V\delta}{A\Delta ht}\eta \quad (8.5.1)$$

式中  $k_{20}$ ——试样 20℃时垂直渗透系数，cm/s；

$V$ ——渗透水量，cm<sup>3</sup>；

$\delta$ ——试样厚度，cm；

$A$ ——试样过水面积，cm<sup>2</sup>；

$\Delta h$ ——上下游水位差，cm；

$t$ ——通过水量  $V$  的历时，s；

$\eta$ ——水温修正系数，见表 8.5.1。

表 8.5.1 水温修正系数  $\eta$

温度 (℃)	水温修正 系数 $\eta$	温度 (℃)	水温修正 系数 $\eta$	温度 (℃)	水温修正 系数 $\eta$
11.0	1.261	16.0	1.104	21.0	0.976
11.5	1.244	16.5	1.090	21.5	0.965
12.0	1.227	17.0	1.077	22.0	0.953
12.5	1.211	17.5	1.063	22.5	0.942
13.0	1.194	18.0	1.050	23.0	0.932
13.5	1.179	18.5	1.037	24.0	0.910
14.0	1.163	19.0	1.025	25.0	0.890
14.5	1.148	19.5	1.012	26.0	0.870
15.0	1.133	20.0	1.000	27.0	0.851
15.5	1.119	20.5	0.988	28.0	0.833

8.5.2 透水率应按式 (8.5.2) 计算：

$$\psi_{20} = \frac{V}{A\Delta ht}\eta \quad (8.5.2)$$

式中  $\psi_{20}$ ——试样 20℃时透水率，s<sup>-1</sup>。

8.5.3 应按 3.4 节的规定分别计算渗透系数与透水率的平均值、标准差和变异系数。

## 8.6 记 录

8.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

8.6.2 垂直渗透试验记录表格式见附录 A 表 A-4。

## 9 水平渗透试验

### 9.1 目的和适用范围

9.1.1 本章规定了一定法向压力作用下土工合成材料在常水头水流下的水平渗透系数和导水率的试验方法。

9.1.2 本章适用于沿水平方向具有输水能力的各类土工织物和片状土工复合材料。

### 9.2 试验设备

9.2.1 水平渗透试验仪：包括安装试样装置、供水装置、恒水位装置、加荷装置与水位测量装置。水平渗透试验原理如图 9.2.1 所示。

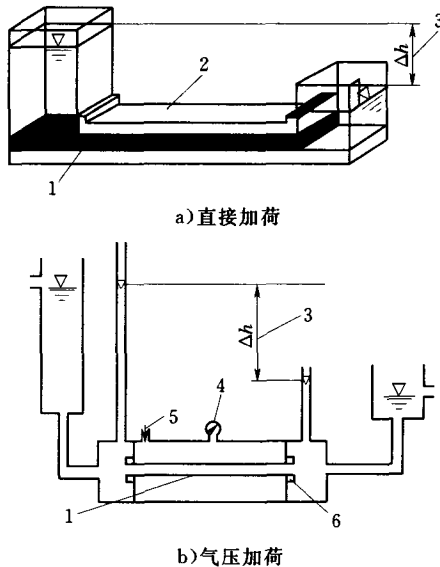


图 9.2.1 水平渗透试验原理图

1—试样；2—加荷板；3—水位差；4—压力表；5—压力进口；6—试样密封



- 9.2.2 安装试样装置：应密封不漏水。
- 9.2.3 恒水位装置：应能调节水位，满足水力梯度 1.0 时试验过程中水位差保持不变。
- 9.2.4 加荷装置：施加于试样的法向压力范围宜为 10 ~ 250kPa，并在试验过程中应保持恒压，对于直接加荷型，在试样上下面应放置橡胶垫层，使荷载均匀施加于整个宽度和长度上，且橡胶垫层应无水流通道。
- 9.2.5 水位测量装置：水位测量准确至 1mm。
- 9.2.6 其他：计时器、量筒、温度计、压力表、水桶等。计时器应准确至 0.1s、量筒准确至 1%，温度计准确至 0.5℃，压力表宜准确至满量程的 0.4%。

### 9.3 试验准备

- 9.3.1 试验用水应为无杂质脱气水或蒸馏水。
- 9.3.2 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 9.3.3 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 9.3.4 试样数量应不少于 2 个。
- 9.3.5 试样尺寸：试样宽度应不小于 100mm，长度应大于 2 倍宽度；如果试样宽度不小于 200mm，长度应不小于 1 倍宽度。
- 9.3.6 多层试样的厚度，有  $n$  层时应以单层试样厚度的  $n$  倍计算。

### 9.4 操作步骤

- 9.4.1 将试样包封在乳胶膜或橡皮套内，试样应平整无褶皱，周边应无渗漏，对于直接加荷型，应仔细安装试样上下垫层，使试样承受均匀法向压力。
- 9.4.2 施加 2~5kPa 的压力，应使试样就位，随即向水位容器内注入试验用水，排出试样内的气泡。试验过程中试样应饱和。
- 9.4.3 按现场条件选用水力梯度，当情况不明时，选用水力梯度不应大于 1.0。

9.4.4 应按现场条件或设计要求选择法向压力。如果需要确定一定压力范围的渗透系数，则应至少进行三种压力的试验，分布在所需要范围内。

9.4.5 对试样施加最小一级法向压力，应持续 15min。

9.4.6 抬高上游水位，应使其达到要求的水力梯度。

9.4.7 测量初始读数，测量通过水量应不小于  $100\text{cm}^3$ ，或记录 5min 内通过的水量。

9.4.8 初始读数后，应每隔 2h 测量一次。

9.4.9 前后两次测量的差小于 2% 时应作为水流稳定的标准，以后一次测量值作为测试值。

9.4.10 如需进行另一种水力梯度下试验，应在调整好水力梯度后，待稳定 15min 后进行测量。

9.4.11 调整法向压力，重复 9.4.5~9.4.10 条进行其余法向压力下的试验。

## 9.5 计 算

9.5.1 水平渗透系数应按式 (9.5.1) 计算：

$$k_{h20} = \frac{VL}{\delta B \Delta h t} \eta \quad (9.5.1)$$

式中  $k_{h20}$ ——试样  $20^\circ\text{C}$  时水平渗透系数， $\text{cm}/\text{s}$ ；

$V$ ——渗透水量， $\text{cm}^3$ ；

$L$ 、 $B$ 、 $\delta$ ——试样长度、宽度和厚度， $\text{cm}$ ；

$\Delta h$ ——上下游水位差， $\text{cm}$ ；

$t$ ——通过水量  $V$  的历时， $\text{s}$ ；

$\eta$ ——水温修正系数，见表 8.5.1。

9.5.2 单宽流量应按式 (9.5.2) 计算：

$$Q_{h20} = \frac{V}{Bt} \eta \quad (9.5.2)$$

式中  $Q_{h20}$ ——试样在一定压力与一定水力梯度下  $20^\circ\text{C}$  时单宽流量， $\text{cm}^2/\text{s}$  或为  $\text{cm}^3/(\text{s} \cdot \text{cm})$ 。

9.5.3 导水率应按式 (9.5.3) 计算:

$$\theta_{20} = k_{h20} \delta \quad (9.5.3)$$

式中  $\theta_{20}$ ——试样 20℃ 时导水率  $\text{cm}^2/\text{s}$ 。

9.5.4 应按 3.4 节的规定分别计算各法向压力下的水平渗透系数及导水率的平均值。

## 9.6 记 录

9.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

9.6.2 水平渗透试验记录表格式见附录 A 表 A-5。

## 10 条带拉伸试验

### 10.1 目的和适用范围

10.1.1 本章规定了土工合成材料条带的试样拉伸强度及相应伸长率的试验方法。

10.1.2 本章适用于各类土工织物和片状土工复合材料。

### 10.2 试验设备

10.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能。

10.2.2 夹具：钳口面应能防止试样在钳口内打滑，并应能防止试样在钳口内被夹损伤。两个夹具的夹持面应在一个平面内。

宽条试样有效宽度 200mm，夹具实际宽度应不小于 210mm；窄条试样有效宽度 50mm，夹具实际宽度应不小于 60mm。

10.2.3 测量设备应符合下列规定：

- 1 荷载指示值或记录值应准确至 1%。
- 2 伸长量的测量读数应准确至 1mm。
- 3 应能自动记录拉力—伸长量曲线。

### 10.3 试样制备

10.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

10.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

10.3.3 纵横向每组试样数量应不少于 5 个。

10.3.4 试样尺寸应符合下列规定：

1 宽条法：裁剪试样宽度 200mm，长度不小于 200mm，实际长度视夹具而定，应有足够的长度使试样伸出夹具，试样计量长度为 100mm。对于有纺土工织物，裁剪试样宽度 210mm，在两边抽去大约相同数量的边纱，使试样宽度达到 200mm。

2 窄条法：裁剪试样宽度 50mm，长度应不小于 200mm，

且应有足够长度的试样伸出夹具，试样计量长度为 100mm。对于有纺土工织物，裁剪试样宽度 60mm，在两边抽去大约相同数量的边纱，使试样宽度达到 50mm。

3 如进行干态与湿态两种拉伸强度试验，应裁剪两倍的试样长度，然后一剪为二，一组测干强度，另一组测湿强度。

## 10.4 操作步骤

10.4.1 准备好干湿试样。对湿态试样从水中取出至上机拉伸的时间间隔应不大于 10min。

10.4.2 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定拉伸速率为 20mm/min。将两夹具的初始间距调至 100mm。

10.4.3 将试样对中放入夹具内夹紧。

10.4.4 开启试验机，同时启动记录装置，记录拉力—伸长量曲线，连续运转直至试样破坏，停机。

1 若试样在钳口内打滑，或在钳口边缘或钳口内被夹坏，且该测值小于平均值的 80%，则该试验结果应予剔除，并增补试样。

2 当试样在钳口内打滑或大多数试样被钳口夹坏，宜采取下列改进措施：

- 1) 钳口内加衬垫。
- 2) 钳口内的试样用涂料加强。
- 3) 改进钳口面。

10.4.5 重复 10.4.3 条、10.4.4 条对其余试样进行试验。

## 10.5 计算

10.5.1 拉伸强度应按式 (10.5.1) 计算：

$$T_1 = \frac{F}{B} \quad (10.5.1)$$

式中  $T_1$ ——拉伸强度，kN/m；

$F$ ——最大拉力，kN；

$B$ ——试样宽度，m。

10.5.2 伸长率应按式 (10.5.2) 计算:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (10.5.2)$$

式中  $\epsilon$  ——伸长率, %;

$L_0$  ——试样计量长度, mm;

$\Delta L$  ——最大拉力时试样计量长度的伸长量, mm。

10.5.3 应按 3.4 节的规定计算拉伸强度及伸长率的平均值、标准差和变异系数。

10.5.4 应由试样的拉力—伸长量曲线计算模量, 应按下列方法进行:

1 初始拉伸模量  $E_1$ : 如果应力—应变曲线在初始阶段是线性的, 取初始切线斜率为初始拉伸模量, 如图 10.5.4a) 所示。

2 偏移拉伸模量  $E_0$ : 当应力—应变曲线开始段坡度小, 中间部分接近线性, 取中间直线的斜率为偏移模量, 如图 10.5.4b) 所示。

3 割线拉伸模量  $E_s$ : 当应力—应变曲线始终呈非线性, 可采用割线法。从原点到曲线上某一点连一直线, 即为该点对应的割线模量, 如图 10.5.4c) 所示。

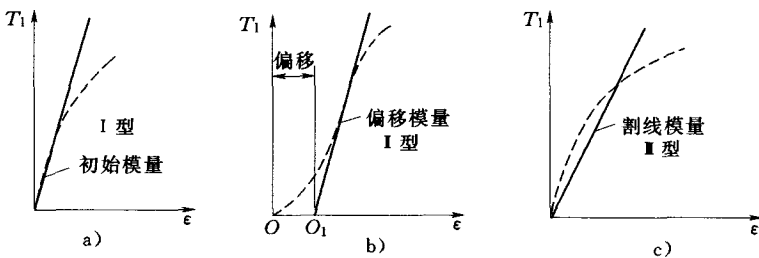


图 10.5.4 拉伸模量示意图

## 10.6 记 录

10.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

10.6.2 条带拉伸试验记录表格式见附录 A 表 A-6。

## 11 握持拉伸试验

### 11.1 目的和适用范围

11.1.1 本章规定了土工合成材料握持强力及相应伸长率的试验方法。

11.1.2 本章适用于各类土工织物和片状土工复合材料。

### 11.2 试验设备

11.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能。

11.2.2 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 25mm，长 50mm（沿拉力方向）。

11.2.3 测量设备应符合 10.2.3 条的规定。

### 11.3 试样制备

11.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

11.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

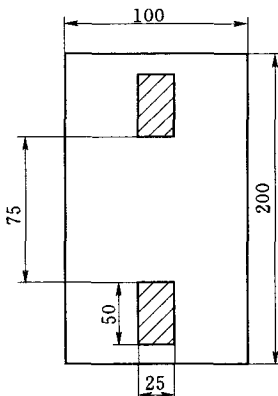


图 11.3.4 握持试样示意图（单位：mm）

**11.3.3** 每组试样数量应不少于 5 个。

**11.3.4** 试样为宽 100mm，长 200mm 的矩形状，长边平行于荷载作用方向，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，如图 11.3.4 所示。

## 11.4 操作步骤

**11.4.1** 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定拉伸速率为 300mm/min。将两夹具的初始间距调至 75mm。

**11.4.2** 将试样对中放入夹具内夹紧。

**11.4.3** 开启试验机拉伸直至试样破坏，记录最大拉力及相应伸长量。

**11.4.4** 若试样打滑或被钳口夹坏，应按 10.4.4 条处理。

**11.4.5** 重复 11.4.2~11.4.4 条对其余试样进行试验。

## 11.5 计算

**11.5.1** 应按 3.4 节的规定计算最大拉力（即握持强力）平均值、标准差和变异系数。握持强力的单位为牛（N）。

**11.5.2** 伸长率应按式（10.5.2）计算。

**11.5.3** 应按 3.4 节的规定计算握持伸长率的平均值、标准差和变异系数。

## 11.6 记录

**11.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**11.6.2** 握持拉伸试验记录表格式见表附录 A 表 A-7。



## 12 梯形撕裂试验

### 12.1 目的和适用范围

- 12.1.1 本章规定了土工合成材料梯形撕裂强力的试验方法。  
12.1.2 本章适用于各类土工织物和片状土工复合材料。

### 12.2 试验设备

- 12.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能，并能自动记录拉伸过程中的拉力。  
12.2.2 夹具：夹持面应平行，应能防止试样滑动。夹具宽度应不小于85mm，宽度方向垂直于力的作用方向。  
12.2.3 测量设备应符合 10.2.3 条的规定。  
12.2.4 梯形模板：试样模板尺寸如图 12.2.4 所示，用于剪样。

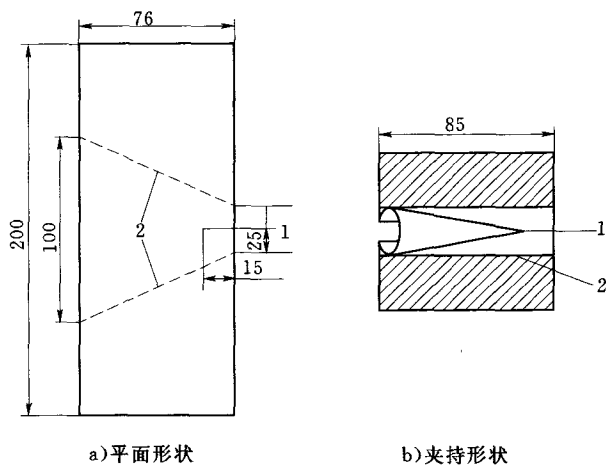


图 12.2.4 梯形撕裂试样示意图 (单位: mm)

1—切缝；2—夹持线

## 12.3 试样制备

- 12.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 12.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 12.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 12.3.4 试样为宽 76mm，长 200mm 的矩形，根据模板尺寸（见图 12.2.4）在试样上画两条梯形边，在梯形短边正中处剪一条 15mm 长的切口。

## 12.4 操作步骤

- 12.4.1 将试验机夹具的初始距离调整为 25mm，设定拉伸速率为 300mm/min。
- 12.4.2 将试样放入夹具内，使试样上的梯形线与夹具边缘齐平。梯形的短边平整绷紧，其余部分呈折叠状，如图 12.2.4b) 所示。
- 12.4.3 开启试验机，直至试样破坏，并记录最大撕裂力。
- 12.4.4 如试样在夹具内打滑或被钳口夹坏，应按 10.4.4 条处理。
- 12.4.5 重复 12.4.2~12.4.4 条对其余试样进行试验。

## 12.5 计算

- 12.5.1 应按 3.4 节的规定计算最大撕裂力的平均值（即撕裂强力）、标准差和变异系数。
- 12.5.2 撕裂强力的单位为牛（N）。

## 12.6 记录

- 12.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。
- 12.6.2 梯形撕裂试验记录表格式参照附录 A 表 A-7。

## 13 胀破试验

### 13.1 目的和适用范围

13.1.1 本章规定了土工合成材料胀破强度的试验方法。

13.1.2 本章适用于各类土工织物和片状土工复合材料。

### 13.2 试验设备

13.2.1 胀破试验示意图如图 13.2.1 所示。

13.2.2 夹具：内径为 30.5mm 的环形夹具，试验过程中夹具内的试样不应滑落或被夹坏。

13.2.3 薄膜：应为高弹性橡胶薄膜。

13.2.4 压力表：满量程选择应按 3.3.4 条进行。

13.2.5 液压系统：应密封不渗漏，压力量程应不小于 2.5MPa，液体压入速率应达 100mL/min，胀破时应立即停止加压。

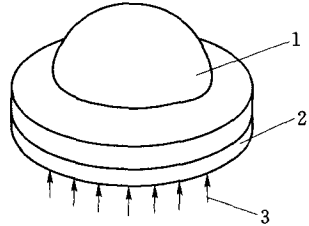


图 13.2.1 胀破试验示意图  
1—试样；2—环形夹具；3—液压

### 13.3 试样制备

13.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

13.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

13.3.3 每组试样数量应不少于 10 个。

13.3.4 试样直径应不小于 55mm。

### 13.4 操作步骤

13.4.1 将试样覆盖在薄膜上，呈平坦无张力状态，用环形夹具将试样夹紧。

13.4.2 设定液体压入速率为 100mL/min, 开启机器, 使膜片与试样同时鼓胀变形, 直至试样破裂, 并记录试验时间。

13.4.3 测读试样破裂瞬间的最大压力, 此即试样破裂所需的总压力值  $P_s$ 。

13.4.4 松开夹具取下试样。测试用同样的试验时间使薄膜扩张到与试样破裂时相同变形所需的压力, 此即校正压力  $P_m$ 。

13.4.5 重复 13.4.1~13.4.4 条对其余试样进行试验。

### 13.5 计 算

13.5.1 胀破强度应按式 (13.5.1) 计算:

$$P_z = P_s - P_m \quad (13.5.1)$$

式中  $P_z$ ——胀破强度, kPa;

$P_s$ ——试样胀裂时的最大总压力, kPa;

$P_m$ ——薄膜校正压力, kPa。

13.5.2 按 3.4 节的规定计算胀破强度的平均值、标准差和变异系数。

### 13.6 记 录

13.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

13.6.2 胀破试验记录表格式参照附录 A 表 A-8。

## 14 圆柱 (CBR) 顶破试验

### 14.1 目的和适用范围

14.1.1 本章规定了土工合成材料圆柱 (CBR) 顶破强力的试验方法。

14.1.2 本章适用于各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

### 14.2 试验设备

14.2.1 试验机：荷载指示值或记录值准确至 1%；顶压杆位移准确至 1mm；应具有等速加荷功能，并能记录加荷过程中的应力—应变曲线；行程应大于 150mm。

14.2.2 环形夹具：内径为 150mm，其中心应在顶压杆的轴线上。底座高度大于顶杆长度，应有足够的支撑力和稳定性。环形夹具如图 14.2.2 所示。

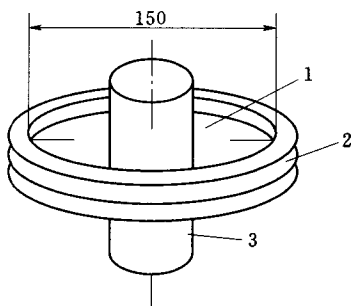


图 14.2.2 环形夹具示意图  
(单位：mm)

1—试样；2—环形夹具；3—顶压杆

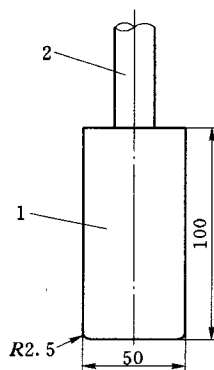


图 14.2.3 顶压杆示意图  
(单位：mm)

1—顶压杆；2—连接杆

**14.2.3** 顶压杆：直径为 50mm，高度为 100mm 左右的光滑圆柱体，顶端边缘倒成 2.5mm 半径的圆弧。顶压杆如图 14.2.3 所示。

### 14.3 试样制备

- 14.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 14.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 14.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 14.3.4 试样尺寸应为  $\phi 210 \sim \phi 300 \text{mm}$ ，根据夹具而定。

### 14.4 操作步骤

- 14.4.1 将试样放入环形夹具内，使试样在自然状态下拧紧夹具。
- 14.4.2 将夹具放在试验机上，调整高度，使试样与顶压杆刚好接触。
- 14.4.3 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定，设定试验机顶压速率为 50mm/min，开启试验机，记录顶压过程中顶压力—变形曲线，直至试样完全顶破，记录最大顶压力。对于土工复合材料，在可能出现多峰值的情况下，均应以第一峰值作为试验的顶破强力。
- 14.4.4 停机，取出已破坏试样，观察和记录顶破情况。如试样在夹具中有明显滑动或破损，应按 10.4.4 条的规定处理。
- 14.4.5 重复 14.4.1~14.4.4 条对其余试样进行试验。

### 14.5 计算

- 14.5.1 应按 3.4 节的规定计算最大顶压力（即圆柱顶破强力）、顶破位移及规定位移处的顶压力的平均值、标准差和变异系数。
- 14.5.2 圆柱顶破强力的单位为牛（N），顶破位移的单位为毫米（mm）。

## 14.6 记 录

14.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

14.6.2 圆柱 (CBR) 顶破试验记录表格式见附录 A 表 A-9。

## 15 圆球顶破试验

### 15.1 目的和适用范围

15.1.1 本章规定了土工合成材料圆球顶破强力的试验方法。

15.1.2 本章适用于孔隙较小的各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

### 15.2 试验设备

15.2.1 试验机：荷载指示值或记录值准确至1%；顶压杆位移准确至1mm；应具有等速加荷功能，并能记录加荷过程中的应力—应变曲线；行程应大于100mm。

15.2.2 环形夹具：内径为45mm，其中心应在顶压杆的轴线上。底座高度大于顶杆长度，应有足够的支撑力和稳定性。环形夹具如图15.2.2所示。

15.2.3 圆球顶杆：球径为25mm，球面应光滑。圆球顶杆如图15.2.3所示。

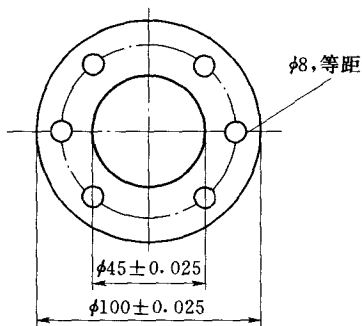


图 15.2.2 环形夹具示意图  
(单位：mm)

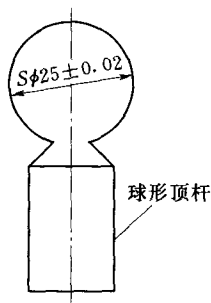


图 15.2.3 圆球顶杆示意图  
(单位：mm)



### 15.3 试样制备

- 15.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 15.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 15.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 15.3.4 试样尺寸应在  $\phi 100\text{mm}$  左右，根据夹具而定。

### 15.4 操作步骤

- 15.4.1 将试样放入环形夹具内，应使试样在自然状态下拧紧夹具，防止试样在刺破过程中滑动或破损。
- 15.4.2 将夹具放在材料试验机上，调整高度，应使试样与圆球顶杆刚好接触。
- 15.4.3 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定材料试验机顶压速率为  $300\text{mm}/\text{min}$ 。开启试验机，记录试验过程中顶压力—变形曲线，直至试样完全顶破，记录最大顶压力。对于土工复合材料，可能出现多峰值的情况，均应以第一峰值作为试验的顶破强力。
- 15.4.4 停机，取出已破坏试样，观察和记录顶破情况。如试样在夹具中有明显滑动或破损，应按 10.4.4 条的规定处理。
- 15.4.5 重复 15.4.1~15.4.4 条对其余试样进行试验。

### 15.5 计算

- 15.5.1 应按 3.4 节的规定计算最大顶压力的平均值（即圆球顶破强力）、标准差和变异系数。
- 15.5.2 圆球顶破强力的单位为牛（N）。

### 15.6 记录

- 15.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。
- 15.6.2 圆球顶破试验记录表格式见附录 A 表 A-9。

## 16 刺破试验

### 16.1 目的和适用范围

16.1.1 本章规定了土工合成材料刺破强力的试验方法。

16.1.2 本章适用于孔隙较小的各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

### 16.2 试验设备

16.2.1 试验机：荷载指示值或记录值准确至1%；顶杆位移准确至1mm；应具有等速加荷功能，并能记录加荷过程中的应力—应变曲线；行程应大于100mm。

16.2.2 环形夹具：内径为45mm，其中心应在顶杆的轴线上。底座高度大于顶杆长度，有足够的支撑力和稳定性。环形夹具如图16.2.2所示。

16.2.3 平头顶杆：直径为8mm，顶端边缘倒成45°、深0.8mm的倒角，平头。平头顶杆如图16.2.3所示。

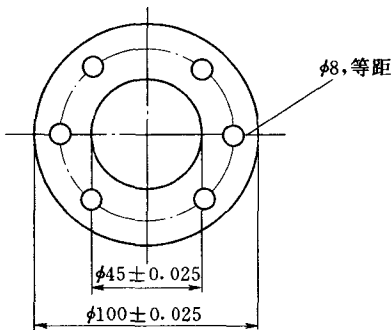


图 16.2.2 环形夹具示意图  
(单位：mm)

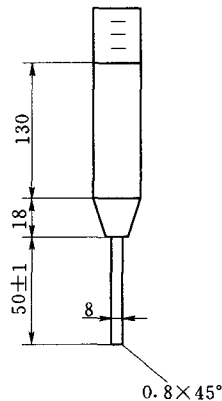


图 16.2.3 平头顶杆示意图  
(单位：mm)

### 16.3 试样制备

- 16.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 16.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 16.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 16.3.4 试样尺寸应在  $\phi 100\text{mm}$  左右, 根据夹具而定。

### 16.4 操作步骤

- 16.4.1 将试样放入环形夹具内, 使试样在自然状态下拧紧夹具, 应防止试样在刺破过程中滑动或破损。
- 16.4.2 将夹具放在试验机上, 调整高度, 使试样与平头顶杆刚好接触。
- 16.4.3 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定试验机刺破速率为  $300\text{mm}/\text{min}$ , 开启试验机, 记录试验过程中刺破力—变形曲线, 直至试样完全刺破, 记录最大刺破力。对于土工复合材料, 可能出现多峰值的情况, 均应以第一峰值作为试验的刺破强力。
- 16.4.4 停机, 取出已破坏试样, 观察和记录刺破情况。如试样在夹具中有明显滑动或破损, 应按 10.4.4 条的规定处理。
- 16.4.5 重复 16.4.1~16.4.4 条对其余试样进行试验。

### 16.5 计 算

- 16.5.1 应按 3.4 节的规定计算最大刺破力 (即刺破强力) 的平均值、标准差和变异系数。
- 16.5.2 刺破强力的单位为牛 (N)。

### 16.6 记 录

- 16.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。
- 16.6.2 刺破试验记录表格式见附录 A 表 A-9。

# 17 落锥试验

## 17.1 目的和适用范围

17.1.1 本章规定了土工合成材料落锥穿透孔径的试验方法。

17.1.2 本章适用于各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

## 17.2 试验设备

17.2.1 落锥仪如图 17.2.1 所示。

17.2.2 落锥落高为 500mm。

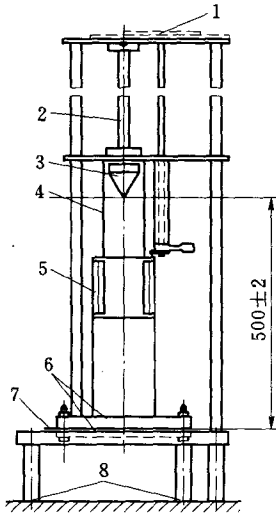


图 17.2.1 落锥仪示意图 (单位: mm)

1—释放系统; 2—导杆; 3—钢锥; 4—上保护罩; 5—下保护罩; 6—夹持环; 7—试样;  
8—水平调节螺丝

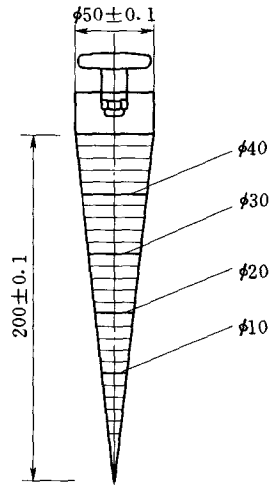


图 17.2.6 量锥示意图

(单位: mm)

- 17.2.3 环形夹具内径为 150mm。
- 17.2.4 落锥材料应为不锈钢，质量 1000g，顶角 45°，直径 50mm。
- 17.2.5 落锥仪垂直度允许误差为 4mm/m。
- 17.2.6 量锥如图 17.2.6 所示，直径 50mm，锥面刻度宜准确至 1mm。

### 17.3 试样制备

- 17.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 17.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 17.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 17.3.4 试样尺寸应在  $\phi 230\text{mm}$  左右，根据夹具而定。

### 17.4 操作步骤

- 17.4.1 将仪器安置好，并调整垂直度。
- 17.4.2 将试样放入环形夹具内，使试样在自然状态下夹紧夹具。
- 17.4.3 将安装好试样的夹具安放在仪器上，将落锥安装就位。
- 17.4.4 让落锥自由落下。
- 17.4.5 取下落锥，在自重下将量锥放入破洞，10s 后测量破洞直径，准确至 1mm。测量值应是在量锥处于垂直位置时的最大可见直径。
- 17.4.6 取出已破坏试样，重复 17.4.2~17.4.5 条对其余试样进行试验。

### 17.5 计 算

- 17.5.1 应按 3.4 节的规定计算落锥穿透孔径平均值、标准差和变异系数。
- 17.5.2 落锥穿透孔径的单位为毫米 (mm)。

## 17.6 记 录

- 17.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。
- 17.6.2 落锥试验记录表格式参照附录 A 表 A-9。

## 18 接缝拉伸试验

### 18.1 目的和适用范围

18.1.1 本章规定了土工织物、土工膜等材料接缝拉伸强度的试验方法。

18.1.2 本章适用于各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

### 18.2 试验设备

18.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能。

18.2.2 夹具：夹持面应平行，应能防止试样滑动。夹具宽度应不小于210mm。

18.2.3 测量设备：应符合10.2.3条的规定。

18.2.4 试样尺寸如图18.2.4所示。

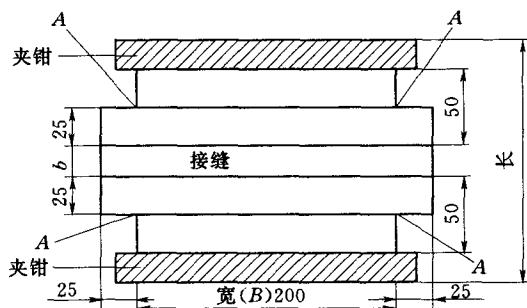


图 18.2.4 试样尺寸示意图 (单位: mm)

### 18.3 试样制备

18.3.1 应按3.3节的规定进行状态调节。

18.3.2 从接缝或缝合的样品中剪取试样，每块试样的长度不少

于 200mm，且接缝应在试样的中间部位，并垂直于受力方向（见图 18.2.4）。每块试样最终宽度 200mm，按图 18.2.4 所示剪取试样，A 角为  $90^\circ$ 。

**18.3.3** 对于土工织物，在离开试样中心线 25mm 加上  $B/2$  的距离处剪 25mm 长的切口，以便拆去边纱得到 200mm 的计算宽度。

**18.3.4** 土工膜接缝试样宽度 200mm，接缝两侧标距各 50mm（见图 18.3.4）。

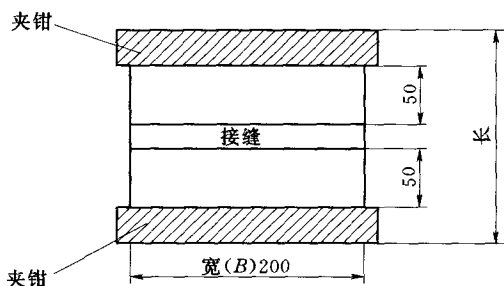


图 18.3.4 试样尺寸示意图（单位：mm）

**18.3.5** 每组试样数量应不少于 5 个。

**18.3.6** 如需要湿态试验，湿态试样应浸入温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  的蒸馏水中。浸润时间应足以使试样完全润湿或者至少 24h。

## 18.4 操作步骤

**18.4.1** 将试验机夹具的初始距离调为 100mm 加上接缝宽度，试验机满量程选择应符合 3.3.4 条的规定，设定拉伸速率为 20mm/min。

**18.4.2** 将试样放入夹钳中心位置，长度方向与受力方向平行。夹好后可在靠近钳口处，画一直线，以便观察试验过程中试样打滑现象。

**18.4.3** 开启试验机，直至接头/接缝或材料本身断裂。记录最大拉力值。



18.4.4 观察和记录试样的破坏现象，比如本材断裂、接缝开裂或者滑脱等。

18.4.5 如果试样是从图 18.2.4 中 A 点处开始断裂，或试样在夹具中打滑，应按 10.4.4 条的规定处理。

18.4.6 重复 18.4.3~18.4.5 条对其余试样进行试验。

## 18.5 计 算

18.5.1 接缝拉伸强度应按式 (18.5.1) 计算：

$$T_j = \frac{F}{B} \quad (18.5.1)$$

式中  $T_j$ ——接缝拉伸强度，kN/m；

$F$ ——最大拉力，kN；

$B$ ——试样计算宽度，m。

18.5.2 应按 3.4 节的规定计算接缝拉伸强度平均值、标准差和变异系数。

## 18.6 记 录

18.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

18.6.2 接缝强度试验记录表格式参照附录 A 表 A-6。

## 19 剥离试验

### 19.1 目的和适用范围

19.1.1 本章规定了土工合成材料复合产品及土工膜粘结缝剥离强度的试验方法。

19.1.2 本章适用于膜—膜、布—布、布—膜、布—膜—布等各种形式的复合土工合成材料和土工膜，粘焊型、物理连接型土工格栅及土工格室、三维土工网的接缝。

### 19.2 试验设备

19.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能。

19.2.2 夹具：夹持面应平行，应能防止试样滑动。

19.2.3 测量设备：应符合 10.2.3 条的规定。

19.2.4 剥离试样安装如图 19.2.4 所示。

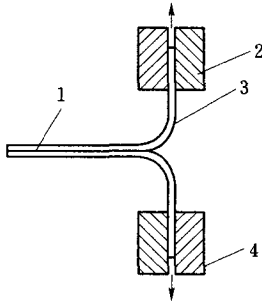


图 19.2.4 剥离试样安装示意图

1—试样未剥开部分；2—上夹具；3—试样剥开部分；4—下夹具

### 19.3 试样制备

19.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

- 19.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 19.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 19.3.4 试样尺寸长度为 200mm，宽度为 50mm。
- 19.3.5 土工合成材料复合产品的试样剥离长度应不少于 100mm。

## 19.4 操作步骤

- 19.4.1 将试验机夹具的初始距离调整到 100mm，试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定拉伸速率为 300mm/min。
- 19.4.2 将试样放入夹具内，夹紧试样。
- 19.4.3 开启试验机，直至试样完全剥离，记录最大剥离力  $F$ 。
- 19.4.4 观察和记录试样的破坏现象，是材料破坏还是被剥开。
- 19.4.5 重复 19.4.2~19.4.4 条对其余试样进行试验。

## 19.5 计算

- 19.5.1 剥离强度应按式 (19.5.1) 计算：

$$T_b = \frac{F}{B} \quad (19.5.1)$$

式中  $T_b$ ——剥离强度，kN/m；  
 $F$ ——最大剥离力，kN；  
 $B$ ——试样宽度，m。

- 19.5.2 应按 3.4 节的规定计算剥离强度平均值、标准差和变异系数。

## 19.6 记录

- 19.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。
- 19.6.2 剥离试验记录表格式可参考附录 A 表 A-6。

## 20 土工膜耐静水压力试验

### 20.1 目的和适用范围

- 20.1.1 本章规定了土工膜耐静水压力的试验方法。
- 20.1.2 本章适用于各类防渗用土工膜及土工复合品。

### 20.2 试验设备

- 20.2.1 耐静水压力仪示意图见图 13.2.1。
- 20.2.2 夹具：内径为 30.5mm 的环形夹具，试验过程中夹具内的试样不应滑移或被夹坏。
- 20.2.3 压力表量程选择应按符合 3.3.4 条的规定。
- 20.2.4 液压系统：应能逐步增大试样下的液压直至试样破坏或试样渗漏，液体压入速率为 100mL/min。

### 20.3 试样制备

- 20.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 20.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 20.3.3 每组试样数量应不少于 10 个。
- 20.3.4 每个试样直径应不小于 55mm。

### 20.4 操作步骤

- 20.4.1 试验前应检查仪器各部分是否正常，需要时应用刚性且不渗透材料对耐静水压力仪做综合性能校验，保证仪器不渗漏。
- 20.4.2 安装试样，用环形夹具将试样夹紧。
- 20.4.3 设定液体压入速率为 100mL/min，开启机器，使试样凸起变形，直至试样破坏或试样渗漏时应立即停止加压，并及时记录使试样破坏或试样渗漏时最大压力。
- 20.4.4 重复 20.4.2 条、20.4.3 条对其余试样进行试验。

## 20.5 计 算

20.5.1 应按 3.4 节的规定计算耐静水压力平均值、标准差和变异系数。

20.5.2 耐静水压力的单位为千帕 (kPa) 或兆帕 (MPa)。

## 20.6 记 录

20.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

20.6.2 土工膜耐静水压力试验记录表格式参照附录 A 表A-9。

## 21 土工膜渗透试验

### 21.1 目的和适用范围

21.1.1 本章规定了土工膜在水压作用下渗透系数的试验方法。

21.1.2 本章适用于具有防水性能的各类土工膜。

### 21.2 试验设备

21.2.1 渗透试验原理与主要部件如图 21.2.1 所示。

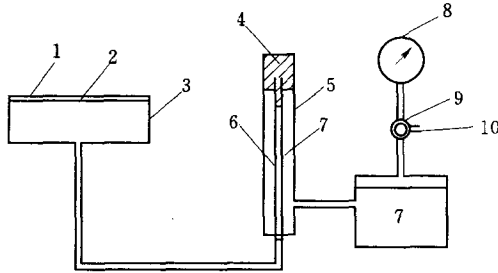


图 21.2.1 渗透试验原理图

1—透水石与压环；2—试样；3—试样容器；4—油；5—测变管；  
6—体变管；7—水；8—压力表；9—调压阀；10—气源

21.2.2 试样容器：过水面积应大于  $20\text{cm}^2$ ，膜一侧承受水压力，另一侧为透水石。

21.2.3 体变管：测量透过试样水量的装置。体变管内的测变管读数应准确至  $0.1\text{cm}^3$ ，可采用更小读数的设备。

21.2.4 管路系统：体变管与试样之间的连接管路系统应充满水，在试验压力下各管路及接头应不渗漏。

21.2.5 恒压系统：包括气源、调压阀、压力表等，应在试验过程中保持恒压。压力表宜准确至满量程的  $0.4\%$ 。

21.2.6 其他：计时器、温度计等。温度计准确至  $0.5^\circ\text{C}$ 。

## 21.3 试样制备

- 21.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。  
21.3.2 每组试样应不少于 3 块，尺寸与试样容器应匹配。

## 21.4 操作步骤

- 21.4.1 对体变管、试样容器及管路系统进行排气，并充满水。  
21.4.2 打开试样容器，注满水，依次放密封圈、试样、透水石与压环，夹紧试样。  
21.4.3 试验前将体变管内油面调至较高位置。  
21.4.4 调压阀渐渐加压，无特殊要求应加压至 100kPa。  
21.4.5 加压时注意油水界面，同时检查管路和各接头是否有渗漏。  
21.4.6 压力加至规定值 10min 后记录首次读数，同时测记水温。  
21.4.7 读数时间间隔宜视渗水量快慢而定，开始时可每隔 60min 读数一次；当渗水量逐渐减小后可延长间隔时间。  
21.4.8 试验持续时间，可按前后两次间隔时间内渗水量的差小于 2% 时作为稳定标准，应以后一次间隔时间内渗水量作为测试值。

## 21.5 计算

- 21.5.1 渗透系数应按式 (21.5.1) 计算：

$$k_{m20} = \frac{V\delta}{A\Delta ht\eta} \quad (21.5.1)$$

式中  $k_{m20}$ ——试样 20℃ 时渗透系数，cm/s；

$V$ ——渗透水量，cm<sup>3</sup>；

$\delta$ ——试样厚度，cm；

$A$ ——试样过水面积，cm<sup>2</sup>；

$\Delta h$ ——上下水位差（试样上所加的水压力，以水柱高度计），cm；

$t$ ——通过水量  $V$  的历时，s；

$\eta$ ——水温修正系数，见表 8.5.1。

**21.5.2** 应按 3.4 节的规定计算全部试样的渗透系数平均值。

## 21.6 记 录

**21.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**21.6.2** 土工膜渗透试验记录表格格式参照附录 A 表 A-4。



## 22 土工格栅拉伸试验

### 22.1 目的和适用范围

22.1.1 本章规定了土工格栅拉伸强度的试验方法。

22.1.2 本章适用于各类土工格栅。

### 22.2 试验设备

22.2.1 试验机、夹具、测量和记录装置，应符合 10.2 节的规定。

22.2.2 对于高强土工格栅，如钢塑土工格栅，应采用专用夹具。

### 22.3 试样制备

22.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

22.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

22.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。

22.3.4 试样宽度根据土工格栅类型的不同选择单肋法、多肋法，土工格栅试样如图 22.3.4 所示。长度方向宜包含 2 个完整单元，并且试样长度应不小于 100mm。

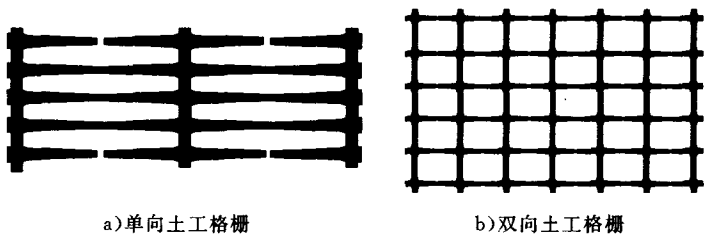


图 22.3.4 土工格栅试样示意图

## 22.4 操作步骤

22.4.1 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。

22.4.2 按试样的计量长度调整试验机上、下夹具的间距。

22.4.3 设定拉伸速率为土工格栅计量长度的 20%/min。

注：适用于平口式夹具且不用引伸计的情况，其他情况见条文说明。

22.4.4 将试样放入夹具内夹紧。

22.4.5 开启试验机，同时启动记录装置，连续运转直至试样破坏为止，停机。在拉伸过程中，同时记录拉力—伸长量曲线。

22.4.6 如果试样打滑或被钳口夹坏，应按 10.4.4 条处理。

22.4.7 重复 22.4.4~22.4.6 条对其余试样进行试验。

## 22.5 计算

22.5.1 拉伸强度计算应符合下列规定：

1 拉伸强度应按式 (22.5.1) 计算：

$$T_1 = \frac{F \times N}{n} \quad (22.5.1)$$

式中  $T_1$ ——土工格栅拉伸强度，kN/m；

$F$ ——试样最大拉力，kN；

$N$ ——样品每米宽度上肋数，肋/m；

$n$ ——试样肋数（单肋法时  $n=1$  肋；多肋法时  $n$  为试样实际肋数）。

2 2%、5%伸长率时拉伸强度计算：先在拉力—伸长量曲线上查得 2% 与 5% 伸长率相应伸长量时的拉力，再按式 (22.5.1) 计算。

3 按 3.4 节的规定计算拉伸强度的平均值、标准差和变异系数。

22.5.2 伸长率计算应符合下列规定：

1 伸长率  $\epsilon$  应按式 (10.5.2) 计算。

2 标称强度下的伸长率计算：先按照式 (22.5.1) 反算标

称强度对应的拉力值，然后在拉力—伸长量曲线上查得该拉力值时试样的伸长量，再按式（10.5.2）计算标称强度下的伸长率。

3 应按 3.4 节的规定计算伸长率的平均值、标准差和变异系数。

## 22.6 记 录

22.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

22.6.2 土工格栅拉伸试验记录表格式见附录 A 表 A-10。

## 23 塑料三维土工网垫拉伸试验

### 23.1 目的和适用范围

- 23.1.1 本章规定了塑料三维土工网垫拉伸强度的试验方法。
- 23.1.2 本章适用于各类三维土工网垫。

### 23.2 试验设备

- 23.2.1 试验机：应具有等速拉伸功能。
- 23.2.2 夹具：钳口面应能防止试样在钳口内打滑，并能防止试样在钳口内被夹损伤。两个夹具的夹持面应在一个平面内。  
宽条试样有效宽度 200mm，夹具实际宽度应不小于 210mm。
- 23.2.3 荷载测量设备应准确至 1%。

### 23.3 试样制备

- 23.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 23.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 23.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 23.3.4 试样形状尺寸为长度 200mm，宽度为 200mm。

### 23.4 操作步骤

- 23.4.1 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。
- 23.4.2 设定试验机上、下夹具的间距为 100mm。
- 23.4.3 设定拉伸速率为 200mm/min。
- 23.4.4 将试样放入夹具内夹紧。
- 23.4.5 开启试验机，同时启动记录装置，连续运转直至试样破坏为止，停机。
- 23.4.6 重复 23.4.4 条、23.4.5 条对其余试样进行试验。

## 23.5 计 算

23.5.1 拉伸强度应按式 (23.5.1) 计算:

$$T_1 = \frac{F}{B} \quad (23.5.1)$$

式中  $T_1$ ——拉伸强度, kN/m;

$F$ ——试样拉力, kN;

$B$ ——试样宽度, m。

23.5.2 应按 3.4 节的规定计算拉伸强度的平均值、标准差和变异系数。

## 23.6 记 录

23.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

23.6.2 塑料三维土工网垫拉伸试验记录表格式参照附录 A 表 A-7。

## 24 塑料排水带（板）拉伸试验

### 24.1 目的和适用范围

24.1.1 本章规定了塑料排水带（板）拉伸强度的试验方法。

24.1.2 本章适用于各类塑料排水带（板）。

### 24.2 试验设备

24.2.1 试验机应具有等速拉伸功能。

24.2.2 夹具钳口面应能防止试样在钳口内打滑，并能防止试样在钳口内被夹损伤。两个夹具的夹持面应在一个平面内。

宽条试样有效宽度应为 200mm，夹具实际宽度应不小于 210mm。

24.2.3 测量设备应符合下列规定：

- 1 荷载指示值或记录值应准确至 1%。
- 2 伸长量的测量读数应准确至 1mm。
- 3 应能自动记录拉力—伸长量曲线。

### 24.3 试样制备

24.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

24.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

24.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。

24.3.4 当宽度不大于 200mm 时试样取塑料排水带（板）的整条宽度；当宽度大于 200mm 时试样取 200mm。计量长度应为 100mm，试样长度宜为 200mm。

### 24.4 操作步骤

24.4.1 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。

24.4.2 按试样的计量长度调整试验机上、下夹具的间距。

- 24.4.3 设定拉伸速率为 50mm/min。
- 24.4.4 将试样放入夹具内夹紧。
- 24.4.5 开启试验机，同时启动记录装置，直至试样破坏为止。
- 24.4.6 重复 24.4.4 条、24.4.5 条对其余试样进行试验。

## 24.5 计 算

24.5.1 拉伸强度计算应符合下列规定：

1 以伸长率 10% 时拉力值作为塑料排水带（板）的拉伸强度。

2 若伸长率不到 10% 时试样已经破坏，则以破坏前最大拉力作为塑料排水带（板）拉伸强度。

3 若拉力出现双峰值，且第一峰值伸长率小于 10% 时，则以第一峰值作为塑料排水带（板）拉伸强度。

4 按 3.4 节的规定计算拉伸强度的平均值、标准差和变异系数。拉伸强度的单位为千牛每条（kN/条）。

24.5.2 伸长率计算应符合下列规定：

1 伸长率  $\epsilon$  应按式 (24.5.2) 计算：

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (24.5.2)$$

式中  $\epsilon$ ——伸长率，%；

$L_0$ ——试样计量长度，mm；

$\Delta L$ ——第一峰值时试样计量长度伸长量，mm。

2 应按 3.4 节的规定计算伸长率的平均值、标准差和变异系数。

## 24.6 记 录

24.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

24.6.2 塑料排水板带（板）拉伸试验记录表格式见附录 A 表 A-11。

## 25 土工膜拉伸试验

### 25.1 目的和适用范围

- 25.1.1 本章规定了土工膜拉伸强度的试验方法。  
25.1.2 本章适用于除复合土工膜外的各类土工膜。

### 25.2 试验设备

- 25.2.1 试验机应具有等速拉伸功能。  
25.2.2 试验夹具的夹持面应平行，应能防止试样滑动。  
25.2.3 测量设备：应符合 10.2.3 条的规定。  
25.2.4 试样刀具：试样专用刀具为哑铃形，制成试样如图 25.2.4 所示。

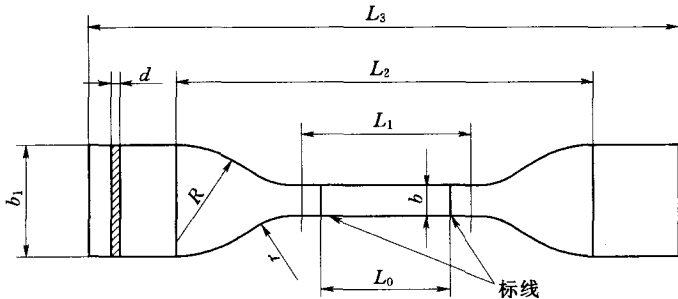


图 25.2.4 哑铃形试样示意图 (单位: mm)

- $L_0$ —标线间距离  $25 \pm 0.25$ ;  $L_1$ —平行部分长度  $33 \pm 2$ ;  $L_2$ —夹具间初始距离  $80 \pm 5$ ;  
 $L_3$ —总长 115;  $R$ —大半径  $25 \pm 2$ ;  $r$ —小半径  $14 \pm 1$ ;  $b_1$ —端部宽度  $25 \pm 1$ ;  
 $b$ —平行部分宽度  $6 \pm 0.4$ ;  $d$ —厚度

### 25.3 试样制备

- 25.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。  
25.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。



25.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。

25.3.4 试样为哑铃形，尺寸如图 25.2.4 所示。

## 25.4 操作步骤

25.4.1 测读每块试样的厚度。

25.4.2 将试验机夹具的初始距离调整到 80mm，试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定拉伸速率为 100mm/min。

25.4.3 将试样放入夹具内，试样不应歪扭。

25.4.4 开启试验机，读取最大拉力  $F$ ；读取标距  $C$  断裂时最大长度  $L_f$ 。

25.4.5 当试样打滑或被钳口夹坏，则应对夹具进行适当的调整或在试样和夹具之间衬入保护层。

25.4.6 重复 25.4.3~25.4.5 条对其余试样进行试验。

25.4.7 若单个试验数据与平均值偏差太大，偏差太大的界定及试样处理应按 10.4.4 条的规定处理。

## 25.5 计算

25.5.1 拉伸强度计算应符合下列规定：

1 拉伸强度应按式 (25.5.1) 计算：

$$T_1 = \frac{F}{B\delta} \quad (25.5.1)$$

式中  $T_1$ ——拉伸强度，MPa；

$F$ ——最大拉力，N；

$B$ ——试样中间部位宽度，mm；

$\delta$ ——试样厚度，mm。

2 断裂强度：计算断裂强度与计算拉伸强度相同，将最大拉力换成断裂拉力。

3 屈服强度：计算屈服强度与计算拉伸强度相同，将最大拉力换成屈服拉力。

25.5.2 伸长率计算应符合下列规定：

1 伸长率应按式 (10.5.2) 计算。

2 断裂伸长率: 计算断裂伸长率与计算伸长率相同, 将最大拉力时伸长量换成断裂伸长量。

3 屈服伸长率: 计算屈服伸长率与计算伸长率相同, 将最大拉力时伸长量换成屈服伸长量。

25.5.3 应按 3.4 节的规定计算各指标的平均值、标准差和变异系数。

## 25.6 记 录

25.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

25.6.2 土工膜拉伸试验记录表格式见附录 A 表 A-12。

## 26 塑料排水带（板）通水量试验

### 26.1 目的和适用范围

26.1.1 本章规定了塑料排水带（板）通水量的试验方法。

26.1.2 本章适用于各类塑料排水带（板）。

### 26.2 试验设备

26.2.1 塑料排水带（板）通水量试验可采用立式通水量测试仪或卧式通水量测试仪，立式通水量测试仪如图 26.2.1 所示，应满足下列规定：

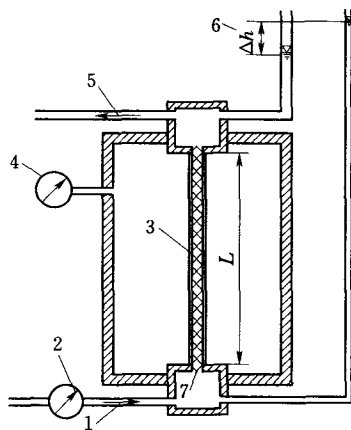


图 26.2.1 立式通水量测试仪示意图

1—进水管；2—流量计；3—乳胶膜套；4—压力表；  
5—出水管；6—水头差；7—排水带（板）

- 1 试样在规定的长范围内应受到均匀且恒定的侧压力。
- 2 试样两端连接处应密封良好，在侧压力作用下应不漏水。
- 3 连接管路宜短而粗，以减少水头损失。

4 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  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

5 包封排水带（板）乳胶膜套，应弹性良好、不漏气，膜厚度宜小于  $0.30\text{mm}$ 。

26.2.2 其他：计时器、量筒、温度计、压力表、直尺等。计时器准确至  $0.1\text{s}$ 、量筒准确度  $1\%$ ，温度计准确至  $0.5^\circ\text{C}$ ，压力表宜准确至量程的  $0.4\%$ 。

### 26.3 试样制备

26.3.1 应在样品上，沿排水带（板）长度方向不同部位剪取试样 2 块，其受压部分的有效长度为  $40\text{cm}$ ，加上两端安装长度共约  $44\text{cm}$ 。

26.3.2 试验前试样应在水中浸泡  $24\text{h}$ ，水温宜为  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

### 26.4 操作步骤

26.4.1 将包有乳胶膜的排水带（板）装入通水量测试仪内，密封好两端接头，安装好连接部分。

26.4.2 对压力室中的试样施加侧压力，通用的侧压力为  $350\text{kPa}$ ，在整个试验过程中保持恒压。

26.4.3 调节进、出水管的水位，保持试验水力梯度  $i=0.5$ 。

26.4.4 在恒压及恒定水力梯度下通水  $10\text{min}$  后测量通水量，并记录测量时间、温度及压力室气压，以后宜每隔  $2\text{h}$  测量一次，直到前后两次通水量差小于前次通水量的  $2\%$  为止，以后一次测试结果作为排水带（板）的通水量。

26.4.5 重复 26.4.1~26.4.4 条测试另一块排水带（板）的通水量。

### 26.5 计算

26.5.1 通水量应按式 (26.5.1) 计算：

$$Q = \frac{V}{ti} \quad (26.5.1)$$

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

$V$  —— $t$  时段内通过排水带 (板) 的水量,  $\text{cm}^3$ ;

$t$  ——通过水量  $V$  所经历时间,  $\text{s}$ ;

$i$  ——水力梯度, 设定  $i=0.5$ 。

**26.5.2** 应按 3.4 节的规定计算两块排水带 (板) 通水量的平均值。

## 26.6 记 录

**26.6.1** 应按 3.5 节在记录表中记录相关内容。

**26.6.2** 排水带 (板) 通水量试验记录表格式见附录 A 表 A-13。

## 27 塑料排水带（板）芯板压屈试验

### 27.1 目的和适用范围

- 27.1.1 本章规定了塑料排水带（板）芯板压屈强度的试验方法。
- 27.1.2 本章适用于各类塑料排水带（板）。

### 27.2 试验设备

- 27.2.1 试验机应具有等速加压功能。
- 27.2.2 变形测量应准确至 0.01mm，仪器达不到要求可加百分表测量，量程为 10mm。

### 27.3 试样制备

- 27.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。
- 27.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。
- 27.3.3 每组试样数量应不少于 5 个。
- 27.3.4 圆形试样面积应为  $5000\text{mm}^2$ （直径 79.8mm）。

### 27.4 操作步骤

- 27.4.1 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定压缩速率为 0.5mm/min。
- 27.4.2 将试样水平放在上下各垫刚性板的试验机上，施加 2kPa 预压力，将百分表调零。
- 27.4.3 开启试验机器对试样等速加压，直至压力峰值出现或变形快速增长即终止试验。
- 27.4.4 应记录压力—变形曲线。
- 27.4.5 重复 27.4.2~27.4.4 条分别对其余试样进行试验。

## 27.5 计 算

27.5.1 压屈强度应按式 (27.5.1) 计算:

$$P = \frac{F}{A} \quad (27.5.1)$$

式中  $P$  —— 试样的压屈强度, MPa;

$F$  —— 试样的压屈压力, N;

$A$  —— 试样面积,  $\text{mm}^2$ 。

27.5.2 压屈应变应按式 (27.5.2) 计算:

$$\epsilon = \frac{\Delta\delta}{\delta} \times 100\% \quad (27.5.2)$$

式中  $\epsilon$  —— 压缩应变, %;

$\Delta\delta$  —— 压屈压力值时试样厚度变形量, mm;

$\delta$  —— 试样原始厚度, mm。

27.5.3 应按 3.4 节的规定计算压屈强度的平均值、标准差和变异系数。

## 27.6 记 录

27.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

27.6.2 排水带 (板) 芯板压屈试验记录表格式见附录 A 表 A-14。

## 28 软式透水管扁平耐压力试验

### 28.1 目的和适用范围

28.1.1 本章规定了软式透水管扁平耐压力的试验方法。

28.1.2 本章适用于各类软式透水管。

### 28.2 试验设备

28.2.1 试验机应具有等速加压功能。

28.2.2 压具如图 28.2.2 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。

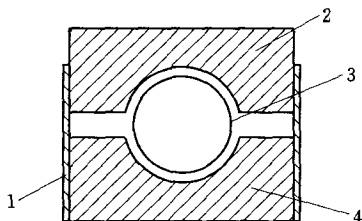


图 28.2.2 压具示意图

1—导向板；2—上模块；3—试样；4—下模块

28.2.3 百分表的最小分度值应为 0.01mm。

### 28.3 试样制备

28.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

28.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

28.3.3 每组试样数量应不少于 3 个。

28.3.4 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。



## 28.4 操作步骤

28.4.1 试验机量程选择应符合 3.3.4 条的规定。设定压缩速率为管径的 2%/min。

28.4.2 将下压具、透水管及上压具依次装在试验机上，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。

28.4.3 预先施加 20N 的压力使模块与管子密切接触，将百分表调零。

28.4.4 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）。

28.4.5 重复 28.4.2~28.4.4 条测试其他试样。

## 28.5 计 算

28.5.1 扁平耐压力应按式 (28.5.1) 计算：

$$P = \frac{F}{L} \quad (28.5.1)$$

式中  $P$  ——扁平耐压力，kN/m；

$F$  ——试样压力，kN；

$L$  ——试样长度，m。

28.5.2 应分别计算各个不同应变时的扁平耐压力。

28.5.3 应按 3.4 节的规定计算各个不同应变时扁平耐压力的平均值。

## 28.6 记 录

28.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

28.6.2 软式透水管扁平耐压力试验记录表格式见附录 A 表 A-15。

## 29 管材环刚度试验

### 29.1 目的和适用范围

29.1.1 本章规定了管材环刚度的试验方法。

29.1.2 本章适用于塑料管材、软式透水管。其他环形横截面类似管材可参照。

### 29.2 试验设备

29.2.1 试验机应能施加规定的压缩速率（见表 29.2.1），能够通过两个相互平行的压板对试样施加足够的力和产生规定的变形（见 29.4 节）；试验机的测量系统能够测量试样在直径方向上产生 1%~4% 变形时所需要的力，准确至力值的 2% 以内。

表 29.2.1 压缩速率

管子的公称直径 $DN$ (mm)	压缩速率 (mm/min)
$DN \leq 100$	$2 \pm 0.4$
$100 < DN \leq 200$	$5 \pm 1$
$200 < DN \leq 400$	$10 \pm 2$
$400 < DN \leq 1000$	$20 \pm 2$
$DN > 1000$	$50 \pm 5$

29.2.2 压板应符合下列规定：

1 两块平整光滑洁净的钢板，试验中不应产生影响试验结果的变形。

2 每块压板的长度至少应等于试样的长度。在承受负荷时，压板的宽度应至少比所接触试样最大表面宽 25mm。

29.2.3 量具应符合下列规定：

1 试样的长度准确到 1mm。

2 试样的内径准确到内径的 0.5%。

3 在负载方向上试样的内径变化，准确到 0.1mm，或变形的 1%，取较大值；以测量波纹管内径的量具为例，如图 29.2.3 所示。

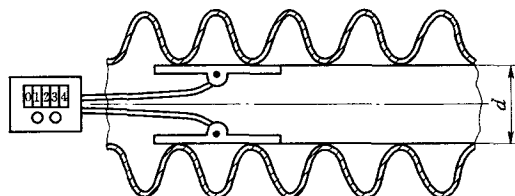


图 29.2.3 测量波纹管内的典型装置

## 29.3 试样制备

29.3.1 标记和样品的数量：切取足够长的管材，在管材的外表面，以任一点为基准，每隔  $120^\circ$  沿管材长度方向划线并分别做好标记。将管材按规定长度切割三个试样，试样截面垂直于管材的轴线。

29.3.2 试样的平均长度应满足以下要求：

1 每个试样按表 29.3.2 的规定沿圆周方向等分测量 3~6 个长度值，计算其算术平均值为试样长度，准确到 1mm。对于每个试样，在所有的测量值中，最小值不应小于最大值的 0.9 倍。

表 29.3.2 长度的测量数

管子的公称直径 $DN$ (mm)	长度的测量数
$DN \leq 200$	3
$200 < DN < 500$	4
$DN > 500$	6

2 公称直径不大于 1500mm 的管材，每个试样的平均长度应在  $300 \pm 10$ mm。

3 公称直径大于 1500mm 的管材，每个试样的平均长度不

小于  $0.2DN$  (单位为 mm)。

4 有垂直肋、波纹或其他规则结构的结构壁管，切割试样时在满足试样长度要求的同时，应使其所含的肋、波纹或其他结构最少。切割点应在肋与肋，波纹与波纹或其他结构的中点。

**29.3.3** 试样的内径应满足以下要求：

1 分别测量三个试样（见图 29.2.3）的内径。应通过横断面中点处，每隔  $45^\circ$  依次测量 4 处，取算术平均值，每次的测量应准确到内径的  $0.5\%$ 。

2 分别记录每个试样的平均内径  $d$ ，并计算三个值的平均值。

**29.3.4** 取样应满足以下要求：

1 试验应在产品生产至少 24h 后才可以进行取样。

2 型式检验或在有争议的情况下，试验应在生产出  $21 \pm 2$  天进行。

**29.3.5** 试样的状态调节应按 3.3 节规定进行。

## 29.4 操作步骤

**29.4.1** 如果能确定试样在某位置的环刚度最小，把第一个试样在该位置和试验机上板相接触，另两个试样的放置位置依次相对于第一个试样转  $120^\circ$  和  $240^\circ$  放置。

**29.4.2** 对于每一个试样，放置好变形测量仪并检查试样的角度位置。试样长轴平行于压板，放置于试验机的中央位置。使上压板和试样恰好接触且能夹持住试样，根据表 29.2.1 的规定以恒定的速度压缩试样，直到变形  $\Delta d$  与试样内径  $d$  之比  $\Delta d/d \geq 0.03$ ，应按 29.4.3 条的规定正确记录力值和变形量（当需要确定环柔度时，继续压缩直至达到环柔度所需的变形）。

**29.4.3** 通常，变形量是通过测量一个压板的位置得到，但在试验过程中，管壁厚度  $e_c$ （见图 29.4.3 - 1）的变化超过  $10\%$ ，则应通过直接测量试样内径的变化来得到。典型的力—变形曲线图是一条光滑的曲线，否则意味着零点可能不正确，如图

29.4.3-2 所示，用曲线开始的直线部分倒推到和水平轴相交于 (0, 0) 点 (原点) 并得到  $\Delta d/d=0.03$  变形时的力值。

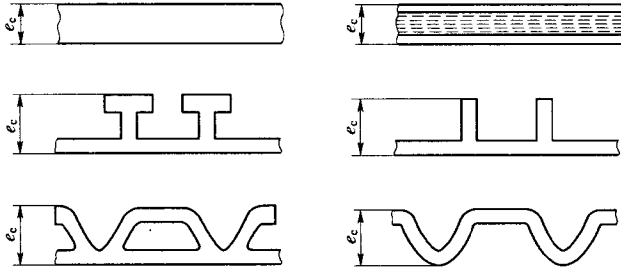


图 29.4.3-1 管壁厚度  $e_c$  示例

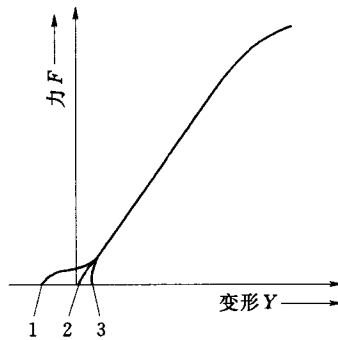


图 29.4.3-2 校正原点方法

1、3—表观零点；2—修正零点

## 29.5 计 算

29.5.1 环刚度应按式 (29.5.1) 计算：

$$S = \left( 0.0186 + 0.025 \frac{\Delta d}{d} \right) \frac{F}{L \Delta d} \quad (29.5.1)$$

式中  $F$  —— 3.0% 应变时力值，kN；

$L$  —— 试样长度，m；

$\Delta d$  —— 3.0% 应变时变形量，m；

$d$ ——试样内径，m；

$S$ ——环刚度， $\text{kN/m}^2$ 。

**29.5.2** 应按 3.4 节的规定计算环刚度的平均值。

## 29.6 记 录

**29.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**29.6.2** 管材环刚度试验记录表格式见附录 A 表 A-16。

## 30 土工合成材料膨润土垫 (GCL) 渗透试验

### 30.1 目的和适用范围

30.1.1 本章规定了柔壁渗透仪测定土工合成材料膨润土垫(GCL)渗透系数的方法。

30.1.2 本章适用于土工织物作衬垫的 GCL 产品,不适用于有土工膜作衬垫的 GCL 产品。

### 30.2 试验设备

30.2.1 水力系统应符合下列要求:

1 常水头测量方法——系统应能施加试验要求的恒水压力,准确至 5%。

2 变水头测量方法——系统水头损失测量应准确至 5%。

3 恒流率测量方法——系统应能保证通过试样的恒定流率变化幅度小于 5%。

4 脱气系统——用来快速完全排净气泡。

5 反压力系统——应能向试样施加反压力,以使试样充分饱和。

30.2.2 渗流量测量系统:量筒、刻度吸液管、装有电子压力传感器的直立竖管或其他有适当准确度的流量测量装置。

30.2.3 压力室系统应能施加和控制压力室压力到规定压力并准确至 5%。加压装置由与渗透仪压力室相连的水气转换室、调压阀、压力表及压力源等组成。气压由调压阀控制,由压力计、电子压力传感器或其他满足准确度要求的装置测量。压力系统的活塞上由压重或其他压力装置施加压力。

30.2.4 压力室应能承受规定压力,包裹试样及上下透水石的橡胶薄膜应能承受规定流体压力不渗漏。柔壁渗透仪的原理如图

30.2.4 所示。

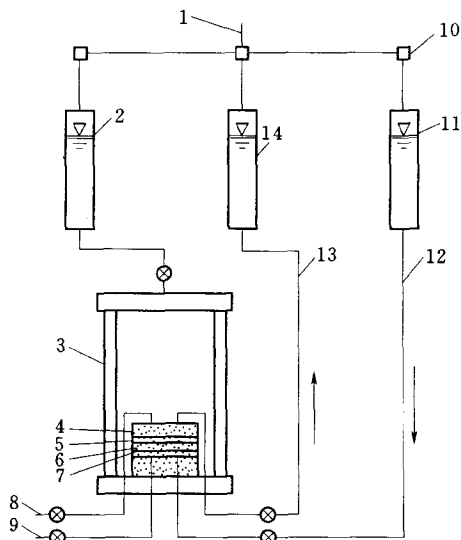


图 30.2.4 柔壁渗透仪原理图

- 1—压力源；2—压力库；3—压力室；4—顶盖；5—橡胶膜；  
6—GCL 试样；7—透水石；8—排气管；9—管路；  
10—调压器；11—进水库；12—进水管；  
13—出水管；14—尾水库

**30.2.5** 顶盖和底座应牢固且不渗漏，确保与其相连的管路畅通。顶盖上活塞应与顶盖同轴心。底座和顶盖与橡胶薄膜接触部位应光滑无划痕，形成密封面。

**30.2.6** 其他：橡胶薄膜、透水石、滤纸、天平、真空泵、恒温装置、含水量容器、烘箱。

### 30.3 试验制备

**30.3.1** 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

**30.3.2** 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

**30.3.3** 每组试样数量应不少于 3 个。

**30.3.4** 试样制作应符合下列规定：



1 先裁出毛样（如  $30.5\text{cm} \times 30.5\text{cm}$ ），小心将 GCL 样品放置在表面光滑的平面上。

2 将直径为  $100 \pm 1\text{mm}$  的圆盘放在 GCL 样品中心，并围绕圆盘用标记笔轻轻在 GCL 样品上画出圆盘的轮廓，用小刀或其他合适工具，按照画好的轮廓线在 GCL 毛样上刻画。使用装有去离子水的长嘴喷射容器，喷射到刻画好的线上，让膨润土水化  $2 \sim 5\text{min}$ 。

3 用剪刀或其他合适工具，剪切膨润土和下部的土工织物衬垫。检查试样暴露的边缘，上、下土工织物纤维不应相互连通。

4 试样的直径应不小于圆盘的直径，也不应大于  $102\text{mm}$ 。

**30.3.5** 试验用水应使用去离子水、脱气水，水温宜比室温高  $3 \sim 5^\circ\text{C}$ 。

## 30.4 操作步骤

**30.4.1** 安装试样应符合下列规定：

1 裁两张与试样直径（ $100 \pm 2\text{mm}$ ）相同的滤纸。先在底盘周围涂上一层薄薄的高真空硅脂，然后将透水石放置在渗透仪的底端，在上面覆上一层滤纸和试验试样。将另一张滤纸放在试样上面，随后再加上透水石和顶盖。试样周围用橡胶薄膜裹住，橡胶薄膜的上下端分别套上 O 形密封圈。

2 安装压力室，连接各管线。向压力室注入水或其他液体，向水力系统注入去离子水或脱气水。

**30.4.2** 固结和反压力饱和应符合下列规定：

1 从试样两端，将压力室内压力增至  $105\text{kPa}$ ，试样内反压力增至  $70\text{kPa}$ 。通过排水管小心清除渗透水，直至排出所有可见气泡。

2 以  $70\text{kPa}/\text{min}$  的增量，同时增加压力室内压力和试样内反压力，最终使压力室内压力达到  $550\text{kPa}$ ，试样内反压力达到  $515\text{kPa}$ 。

3 将压力室正压力和试样内反压力分别维持在  $550\text{kPa}$  和  $515\text{kPa}$ ，长达  $48\text{h}$ ，以保证固结、膨胀、饱和与水化。

### 30.4.3 渗透试验应符合下列规定：

1 增加试样底部的压力，进行渗透试验（试样产生向上的水流），产生 530kPa 的流入压力，致使作用在试样上下的压力差为  $15 \pm 0.5$  kPa。

2 以 10% 的准确度测量试样的水头损失，此外，对于变水头试验，压力差不应低于 10kPa，两次连续读数的压力差应准确至 20%。

3 测量流入率和流出率应准确至 10%。

### 30.4.4 试验终止条件应符合下列规定：

1 在 8h 内测量流率值的次数应不少于 3 次。

2 在最后 3 次连续流量测量中，流入率和流出率的比值应介于 0.75~1.25 之间。

3 在最后 3 次连续流率测量中，不应出现明显的上升或下降趋势。

4 最后 3 个流率，应既不小于平均流率的 0.75 倍，也不大于平均流率的 1.25 倍。

30.4.5 应以最后 3 次连续计算值的平均值作为流率试验结果。

## 30.5 计 算

30.5.1 流率应按式 (30.5.1) 计算：

$$q_i = \frac{Q}{At} \quad (30.5.1)$$

式中  $q_i$ ——流率， $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；

$Q$ ——流量，按流入和流出的平均值计算， $\text{m}^3$ ；

$A$ ——透水石横截面面积， $0.00785\text{m}^2$ ；

$t$ ——流量  $Q$  所用时间， $\text{s}$ 。

30.5.2 渗透系数计算应符合下列规定：

1 本试验得到的直接成果是流率，因为需要知道试样中黏土层的厚度才能计算出试样的渗透系数，而该厚度较难测准。

2 测量计算 GCL 的渗透系数所需的厚度，可采用直接测量

的方法。试验结束后，关闭排水管，把试样从渗透仪中取下来。应在取下试验试样的 30min 内，测定黏土层的厚度。把取下的试样沿着直径线割开。首先，用刀片把土工织物上衬垫切开，接着，用刀片切开 GCL 的黏土层。最后，将切掉部分仔细包好，剪开土工织物衬垫的下半部分。沿着切开区域的 3 个不同点用卡尺对暴露的黏土层的厚度进行测量，取 3 个值的平均值作为计算厚度。

3 如果试样包含拼接或其他特征，导致厚度出现不均匀现象，厚度测量应远离这些区域。

4 土工织物衬垫的透水性远大于 GCL 黏土层的透水性，所以土工织物衬垫上的作用水头可忽略不计。渗透系数应按式 (30.5.2-1) 计算：

$$k_{20} = \frac{q_i \delta}{\Delta h} \eta \quad (30.5.2-1)$$

式中  $k_{20}$  —— 渗透系数，m/s；

$\delta$  —— 试样的厚度，m；

$\Delta h$  —— 水头差，m；

$\eta$  —— 水温修正系数，见表 8.5.1。

5 变水头试验渗透系数应按式 (30.5.2-2) 计算：

$$k_{20} = \frac{a\delta}{At} \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right) \eta \quad (30.5.2-2)$$

式中  $a$  —— 测压管的横截面积，m<sup>2</sup>；

$h_1$  ——  $t_1$  时刻的测压管水位，m；

$h_2$  ——  $t_2$  时刻的测压管水位，m；

$t$  —— 从  $t_1$  时刻到  $t_2$  时刻的时间差，s。

30.5.3 应按 3.4 节的规定计算各个指标的平均值。

## 30.6 记 录

30.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

30.6.2 土工合成材料膨润土垫 (GCL) 渗透试验记录表格式见附录 A 表 A-17。

## 31 直剪摩擦试验

### 31.1 目的和适用范围

31.1.1 本章规定了用土工直剪试验技术测试土与土工织物或土工膜之间界面摩擦阻力的方法。

31.1.2 本章适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物和土工膜，也适用于这些材料之间；不适用于土工格栅等材料。

### 31.2 试验设备

31.2.1 试验用直剪摩擦仪如图 31.2.1 所示。

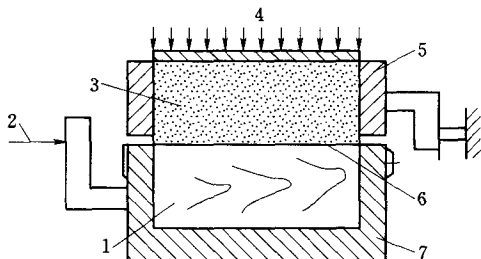


图 31.2.1 直剪摩擦仪示意图

1—硬木；2—水平推力；3—土；4—法向压力；  
5—上盒；6—试样；7—下盒

31.2.2 试样盒尺寸宜大于 80mm×80mm。

31.2.3 加荷装置应符合下列规定：

- 1 法向压力在试验过程中应保持恒定，且均匀作用在土面上。
- 2 水平加荷装置应能进行应变控制。

31.2.4 测量装置应符合下列规定：

- 1 法向和水平向测力可用拉压力传感器或其他测量装置测量。

2 垂直和水平位移测定可用百分表或位移传感器。

### 31.3 试样制备

31.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

31.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

31.3.3 每组试样数量应不少于 3 个，并应标明方向与界面等所需情况。

31.3.4 试样尺寸应与剪切盒尺寸相匹配。

### 31.4 操作步骤

31.4.1 移去上盒，在下盒内放入硬木块，块体高度与下盒顶面齐平。

31.4.2 将试样盖于下盒木块面上，并固定在下盒上，对于无纺土工织物这种低强度高伸长率的材料，要设法固定在木块上。放上上盒，插入上下盒固定销钉，上盒边缘与试样不接触，视试样厚度与土料控制上下盒之间的间距。按工程要求的密度和状态仔细填（压）实上盒内的土。

31.4.3 依次放上加荷顶盖和百分表，施加法向压力。法向压力值可选择 50kPa、100kPa、200kPa，宜根据工程实际情况确定。

31.4.4 调整水平加荷装置，使水平顶杆刚好与试样下盒接触，拔去销钉，开启电机，开始剪切，测读并记录位移量和水平推力。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。

31.4.5 连续剪切，当剪切力达到峰值后下降至比较稳定时即停止试验；如果剪切力在快速上升后一直缓慢上升而并不下降，则剪切应变达 10% 左右可停止试验。

31.4.6 换一块试样，施加另一级法向压力，重复 31.4.2~31.4.5 条完成全部试验。

### 31.5 计算

31.5.1 剪切强度应按式 (31.5.1) 计算：

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (31.5.1)$$

式中  $\tau$ ——剪切强度, kPa;

$F$ ——破坏剪切力, kN; 破坏剪切力有峰值时应取峰值;  
没有峰值时, 可取剪切应变 5% 对应的剪切力;

$A$ ——试样面积,  $\text{m}^2$ 。

**31.5.2** 应计算各级法向压力下的剪切强度, 并绘出  $\tau$ - $P$  曲线, 近似为一直线。

**31.5.3** 界面摩擦系数应按式 (30.5.3) 计算:

$$f = \frac{\tau}{P} \quad (31.5.3)$$

式中  $f$ ——界面摩擦系数;

$\tau$ ——对应于  $P$  的破坏剪切强度, kPa;

$P$ ——法向压力, kPa。

## 31.6 记 录

**31.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**31.6.2** 直剪摩擦试验记录表格式见附录 A 表 A-18。

## 32 拉拔摩擦试验

### 32.1 目的和适用范围

32.1.1 本章规定了土工合成材料与土的拉拔摩擦阻力的试验方法。

32.1.2 本章适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物、土工膜、土工带和土工格栅。

### 32.2 试验设备

32.2.1 试验设备如图 32.2.1 所示。

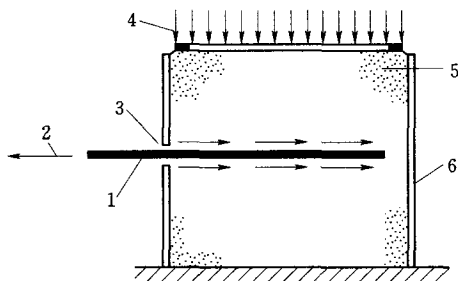


图 32.2.1 拉拔试验示意图

1—试样；2—拉力；3—缝隙；4—法向压力；  
5—土；6—试验箱

32.2.2 试验箱可为矩形箱，其侧壁应有足够的刚度，箱体尺寸宜不小于  $40\text{cm} \times 25\text{cm} \times 25\text{cm}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高），箱一端侧壁的一半高处开有横贯全宽的水平窄缝，高约 5mm，供试样引出箱体，紧贴缝壁安置一可上下抽动的板，以调整缝隙大小，防止土粒漏出。

试验箱也可用大型直剪仪的剪切盒改装而成，在上、下剪切盒之间的三边垫放约 5mm 高的垫条，上下盒用销钉固定。

**32.2.3** 加荷装置和测量装置应符合 31.2.3 条、31.2.4 条的规定。

**32.2.4** 拉力夹具的有效宽度应比试样宽度大 10mm，夹具应能将试样均匀夹紧。

### 32.3 试样制备

**32.3.1** 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

**32.3.2** 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

**32.3.3** 每组试样数量应不少于 3 个。

**32.3.4** 试样宽度宜稍小于试验箱宽度，试样长度应使试样不被拉断，由试验确定，如试样是土工格栅应包含完整单元。

### 32.4 操作步骤

**32.4.1** 根据设计要求的密度和状态将试验箱下半部的土体仔细填实，填土高度与缝口齐平，平整土面。

**32.4.2** 在土面上铺放试样，拉伸端自缝口引出，注意两边对称，随即在试样上轻轻铺上一层土使试样定位。

**32.4.3** 根据设计要求的密度和状态将上半箱的土填实。

**32.4.4** 将试样的端部平整地放入拉力夹具内，对中，均匀地夹紧。试样夹具与试验箱外沿的距离应尽可能小，使试验箱外试验长度达到最小，并进行加固，以减小试样本身的变形量。宜采用将试样盒内外变形分开测量，盒外变形不计入试样变形中。

**32.4.5** 依次放上加荷顶盖和百分表，施加法向压力，法向压力值可选择 50kPa、100kPa、200kPa，宜根据工程实际情况确定。

**32.4.6** 调整水平加荷装置，当拉力夹具开始受力时即为拉拔开始点。开启电机试验，测读并记录位移量和水平拉力。拉拔速率依据土性而定，对砂性土宜取 0.5mm/min，对黏性土宜取 0.5~1.0mm/min。

**32.4.7** 当拉拔力出现峰值后，应继续拉拔直至拉拔力稳定，即可停止试验。



32.4.8 换一块试样，施加另一级法向压力，重复 32.4.1~32.4.7 条完成全部试验。

## 32.5 计 算

32.5.1 界面拉拔摩擦强度应按式 (32.5.1) 计算：

$$\tau_p = \frac{F}{2LB} \quad (32.5.1)$$

式中  $\tau_p$ ——拉拔摩擦强度，kPa；

$F$ ——最大拉拔力，kN；

$L$ 、 $B$ ——试样埋在土内部的长度和宽度，m。

32.5.2 应计算各级法向压力下的拉拔摩擦强度，并绘出  $\tau_p$ - $P$  曲线。

32.5.3 拉拔摩擦系数应按式 (32.5.3) 计算：

$$f = \frac{\tau_p}{P} \quad (32.5.3)$$

式中  $f$ ——拉拔摩擦系数；

$\tau_p$ ——对应于  $P$  的拉拔摩擦强度，kPa；

$P$ ——法向压力，kPa。

## 32.6 记 录

32.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

32.6.2 拉拔摩擦试验记录表格格式参照附录 A 表 A-18。

## 33 淤堵试验

### 33.1 目的和适用范围

33.1.1 本章规定了用梯度比方法测定一定水流条件下土—土工织物系统及其交界面上的渗透系数和渗透比的方法。

33.1.2 本章适用于土和土工织物的物理淤堵。

### 33.2 试验设备

33.2.1 梯度比渗透仪应符合下列规定：

1 渗透仪筒体内径应为 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，圆筒应有一定高度，织物上方土样高为 100mm，土样上方应有一定空间使水流

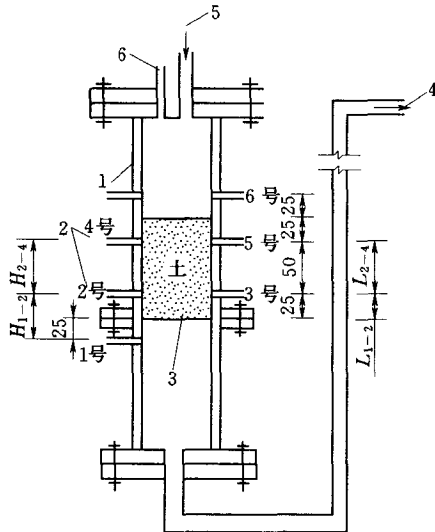


图 33.2.1 梯度比装置示意图 (单位: mm)

1—透明圆筒；2—测压管；3—土工织物；4—排气口；

5—连常水头水容器；6—排水口

均匀稳定。

2 渗透仪圆筒侧壁的 6 根测压管，其内径应不小于 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 33.2.1 所示。

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。筛网与织物一起在夹持装置内密封。

33.2.2 供水系统的进水和出水装置均应有溢水口，保证常水头。

33.2.3 测压板：测压管固定在板上，应装有刻度尺，最小分度值为 1mm。

33.2.4 其他：真空泵、水加热器、计时器、量筒、温度计、水箱等。

### 33.3 试样制备

33.3.1 应按 3.2.1 条的规定裁剪试样。

33.3.2 应按 3.3 节的规定进行状态调节。

33.3.3 土工织物试样：试样尺寸应与渗透仪尺寸相适应；试样数量随试验组合而定，一组土工织物—土系统的梯度比试验需一块土工织物；试验前将试样称量，准确至 0.01g。

33.3.4 土料：将土料风干后进行筛分，剔除粒径大于 5mm 的颗粒。

33.3.5 试验用水：试验应用无气水，水温宜比室温高 3~4℃。

### 33.4 操作步骤

33.4.1 将土工织物试样和筛网一起放在夹持装置内，并密封好。

33.4.2 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。

33.4.3 饱和土样：由排水口管进水，使水由试样底部缓慢流

人，可控制进水水头小于 25mm，直至水位上升到土样顶面以上一定高度，才可从进水管注水，并使整个容器内充满水。

注：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。

**33.4.4** 调节水位：使水力梯度  $i$  达 1.0，观察测压管内的水位变化。

**33.4.5** 当全部测压管读数达到稳定。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。

**33.4.6** 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。当读数尚未完全稳定，可适当延长测读时间，直至稳定为止。

**33.4.7** 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 时且测压管读数稳定，重复 33.4.5 条、33.4.6 条。

**33.4.8** 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重量，准确至 0.01g。

## 33.5 计 算

**33.5.1** 梯度比应按式 (33.5.1) 计算 (参见图 33.2.1)：

$$GR = \frac{H_{1-2}}{L_{1-2} + \delta} \bigg/ \frac{H_{2-4}}{L_{2-4}} \quad (33.5.1)$$

式中  $GR$ ——梯度比；

$\delta$ ——土工织物试样厚度，cm；

$H_{1-2}$ ——测压管 1 号与 2 号间的水位差，cm；

$H_{2-4}$ ——测压管 2 号与 4 号间的水位差，cm；

$L_{1-2}$ 、 $L_{2-4}$ ——渗径长，cm。

**33.5.2** 不计土工织物厚度时  $GR$  应按式 (33.5.2) 计算：

$$GR = \frac{2H_{1-2}}{H_{2-4}} \quad (33.5.2)$$

**33.5.3** 土工织物单位体积试样中的含土量应按式 (33.5.3)

计算：

$$\mu = \frac{m_1 - m_0}{A\delta} \quad (33.5.3)$$

式中  $\mu$ ——织物单位体积试样中含土量， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$m_0$ ——试验前试样的质量， $\text{g}$ ；

$m_1$ ——试验后试样的烘干质量， $\text{g}$ ；

$A$ ——试样面积， $\text{cm}^2$ ；

$\delta$ ——试样厚度， $\text{cm}$ 。

### 33.6 记 录

33.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

33.6.2 淤堵试验记录表格式参照附录 A 表 A-19。

## 34 荧光紫外灯老化试验

### 34.1 目的和适用范围

**34.1.1** 本章规定了土工合成材料荧光紫外灯老化的试验方法，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的一种试验方法。

**34.1.2** 本章适用于各类土工合成材料。

### 34.2 试验设备

**34.2.1** 试验仪器应符合 GB/T 16422.3—1997 关于试验设备的规定，拥有荧光紫外光源和水蒸气冷凝装置。

**34.2.2** 老化试验箱光源：本试验方法选用两种类型的荧光紫外灯，UVA-340 和 UVB-313 两种灯管的紫外光相对辐照度见表 34.2.2。

表 34.2.2 UVA-340 和 UVB-313 两种灯管的紫外光相对辐照度

波长 $\lambda$ (nm)	UVA-340 辐照度 (%)	日光基准辐照度 (%)	UVB-313 辐照度 (%)
$\lambda < 290$	0~0.01		1.3~5.4
$290 \leq \lambda \leq 320$	5.9~9.3	5.8	47.8~65.9
$320 < \lambda \leq 360$	60.9~65.5	40.0	26.9~43.9
$360 < \lambda \leq 400$	26.5~32.8	54.2	1.7~7.2

注 1：以上数值是将波长 290~400nm 通带间的光谱辐照度定为 100%。  
注 2：UVA-340 和 UVB-313 两种灯管所发光波主要集中在 300~400nm 的通带间，发射的可见光有限。  
注 3：若将基准日光光谱波长 290~800nm 通带间的辐照度定为 100%，则 290~400nm 通带间的紫外光辐照度为 9.8%，400~800nm 通带间的可见光的辐照度为 90.2%。

**34.2.3** 老化试验箱应配有辐照度控制器。辐照度控制器可以补偿长时间试验使灯管的辐照量下降造成的偏差。

**34.2.4** 荧光紫外灯老化试验箱应有温控装置，试验箱结构应符合 GB/T 16422.3—1997 关于试验设备的规定。

**34.2.5** 在离老化试验箱最大不超过 150mm 的范围内测得的仪器的周围温度应保持在 18~27℃ 之间。老化试验箱应放置在离墙面或其他试验设施至少 0.3m 的距离。应避免与烘箱或其他加热装置放在一起，否则会影响试验结果。

**34.2.6** 放置老化设备的实验室应通风良好，以便排除试验产生的热量和水汽，并能保证试验所需温度。

**34.2.7** 试验机：用于老化试验前后的强度试验。

### **34.3 试样制备**

**34.3.1** 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。

**34.3.2** 在每块试验样品上裁取长 200mm、宽 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）。

**34.3.3** 老化前后的试样应就近取自相同经丝或纬丝。

**34.3.4** 土工膜试样应按土工膜试验项目的要求进行准备。

### **34.4 操作步骤**

**34.4.1** 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受到任何外在应力。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。

**34.4.2** 按表 34.4.2 设置循环试验规定，开启老化试验箱。

**34.4.3** 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。

表 34.4.2 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 $1.55\text{W}/\text{m}^2$	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、456h 或更长时间	根据实际需要确定。 推荐的试验时间为 96h、144h、200h、400h 或更长时间	根据实际需要确定。 推荐的试验时间为 480h、960h、1920h、2400h 或更长时间

34.4.4 在不同的辐照期取出适当数量的试样。

34.4.5 各项目应按相应的试验方法进行测试。

### 34.5 计 算

34.5.1 应按 3.4 节的规定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。

34.5.2 应按 3.4 节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。

34.5.3 应按 3.4 节计算各特性指标值相应的标准差和变异系数。

### 34.6 记 录

34.6.1 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

34.6.2 记录还应包括如下信息:

- 1 试验使用的设备型号, 采用的灯管类型。
- 2 说明试验过程中光的辐照强度与相应波长。



3 试验所采用的试验条件（光照时间与冷凝时间以及试验持续时间）。

4 各辐照周期的性能指标值，以及与原始试样性能的对比值（强度保持率%）。

**34.6.3** 荧光紫外灯老化试验记录表格式参照附录 A 表 A-7。

## 35 氙弧灯老化试验

### 35.1 目的和适用范围

35.1.1 本章规定了土工合成材料氙弧灯法老化的试验方法，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的一种试验方法。

35.1.2 本章适用于各类土工合成材料。

### 35.2 试验设备

35.2.1 试验应配备合适滤光器的氙弧灯老化仪。氙弧灯老化仪的结构应符合 GB/T 16422.2—1999 中试验装置的要求。

35.2.2 经日光滤光器过滤的氙弧灯产生的紫外光相对辐照度列于表 35.2.2。

表 35.2.2 经日光滤光器过滤的氙弧灯产生的紫外光谱相对辐照度

波长 $\lambda$ (nm)	氙弧灯过滤光辐照度 (%)	基准日光辐照度 (%)
$\lambda < 290$	0~0.15	
$290 \leq \lambda \leq 320$	2.6~7.9	5.8
$320 < \lambda \leq 360$	28.3~40.0	40.0
$360 < \lambda \leq 400$	54.2~67.5	54.2

注 1：以上数值是将波长 290~400nm 通带间的光谱辐照度定为 100%。  
注 2：若将基准日光光谱波长 290~800nm 通带间的辐照度定为 100%，则 290~400nm 通带间的紫外光辐照度为 9.8%，400~800nm 通带间的可见光的辐照度为 90.2%。

35.2.3 氙弧灯光源应定期更换，氙弧灯和滤光器积聚污垢时会改变其特性，因此应定时清洗。

35.2.4 氙弧灯老化仪应能单独进行光照，并能光照与喷淋同时进行。

35.2.5 试验机：用于老化试验前后的强度试验。

### 35.3 试样制备

35.3.1 取两块  $1\text{m}^2$  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。

35.3.2 在试样样品上裁取  $200\text{mm}$  长， $50\text{mm}$  宽的试样 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段试验，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）。

35.3.3 老化前后的试样应就近取自同一经丝或纬丝。

### 35.4 操作步骤

35.4.1 安放好试样。

35.4.2 启动氙弧灯老化仪，设定老化条件：一个周期  $120\text{min}$ ，其中  $90\text{min}$  光照，温度（黑板或黑标） $65 \pm 2.5^\circ\text{C}$ ，相对湿度  $50\% \pm 5\%$ ； $30\text{min}$  光照加喷淋。

35.4.3 试验过程中应保持  $340\text{nm}$  波长、 $0.35\text{W}/\text{m}^2$  的辐照量。

35.4.4 试验时间可选择  $150\text{h}$ 、 $300\text{h}$ 、 $500\text{h}$ 。特殊要求时可选择更长时间。

35.4.5 试验结束后，取出试样，与未老化试样一起进行拉伸强度试验。

### 35.5 计算

35.5.1 应按 3.4 节的规定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。

35.5.2 应按 3.4 节的规定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。

35.5.3 应按 3.4 节的规定计算各特性指标值相应的标准差和变

异系数。

## 35.6 记 录

**35.6.1** 应按 3.5 节的规定在记录表中记录相关内容。

**35.6.2** 还应包括如下信息：

- 1 试验机的型号以及采用的光源。
- 2 滤光器的型号及使用时间，在使用期间是否发生了光谱漂移。
- 3 如果设备有测量装置，应标明辐照量，单位采用  $W/m^2$  或  $J/m^2$ 。
- 4 试验时的黑板或黑标温度，相对湿度，试验周期，试验总时间。

**35.6.3** 氙弧灯老化试验记录表格式参照附录 A 表 A-7。

## 附录 A 试验记录表格

表 A-1 土工合成材料 单位面积质量试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%
试样名称及规格		试样描述		
试验日期		试验设备		
试验规程		试验人员		
评定标准		复核人员		
序号	单位面积质量			
	质量 (g)	长度 (mm)	宽度 (mm)	单位面积质量 (g/m <sup>2</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
$\bar{X}$				
$\sigma$				
$C_v$				
备注				

表 A-2 土工合成材料 土工织物厚度试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%
试样名称及规格		试样描述		
试验日期		试验设备		
试验规程		试验人员		
评定标准		复核人员		
序号	厚 度 (mm)			
	2kPa	20kPa	200kPa	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
$\bar{X}$				
$\sigma$				
$C_v$				
备注				

表 A-3 土工合成材料 等效孔径试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%				
试样名称及规格		试样描述						
试验日期		试验设备						
试验规程		试验人员						
评定标准		复核人员						
标准粒料投放量: (g)								
使用料径 (mm)	过筛量 (g)					平均过筛量 (g)	计算粒径 (mm)	过筛率 (%)
	1	2	3	4	5			
<p>有效孔径分布曲线</p>								
备注								

表 A-4 土工合成材料 垂直渗透试验记录表

样品编号						试验环境	℃	%	
试样名称及规格						试样描述			
试验日期						试验设备			
试验规程						试验人员			
评定标准						复核人员			
试样过水面积 A (cm <sup>2</sup> )				水温 T (℃)			水温修正系数 R <sub>T</sub>		
试样 编号	厚度 (mm)	时间 t (s)	水位 (mm)		渗透水量 V (mL)	垂直渗透 系数 k <sub>20</sub>	垂直渗透 系数 k <sub>20</sub>	透水率 θ <sub>20</sub>	透水率 θ <sub>20</sub>
			上游	下游					
1									
2									
3									
4									
5									
备注						均值		均值	
						标准差		标准差	
						变异系数		变异系数	





表 A-6 土工合成材料 条带拉伸试验记录表

样品编号					试验环境	℃	%	
试样名称及规格					试样描述			
试验日期					试验设备			
试验规程					试验人员			
评定标准					复核人员			
序号	纵 向				横 向			
	拉力 (N)	强度 (kN/m)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)	拉力 (N)	强度 (kN/m)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
$\bar{X}$								
$\sigma$								
$C_v$								
备注								

表 A-7 土工合成材料 握持拉伸试验记录表

样品编号				试验环境	℃	%
试样名称及规格				试样描述		
试验日期				试验设备		
试验规程				试验人员		
评定标准				复核人员		
序号	纵 向			横 向		
	拉力 (N)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)	拉力 (N)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
$\bar{X}$						
$\sigma$						
$C_v$						
备注						

表 A-8 土工合成材料 胀破试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%
试样名称及规格		试样描述		
试验日期		试验设备		
试验规程		试验人员		
评定标准		复核人员		
序号	胀破强度 $P_z$ (kPa)			
	试样与薄膜	薄膜	试样	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
$\bar{X}$				
$\sigma$				
$C_v$				
备注				

表 A-9 土工合成材料 顶破试验记录表

样品编号			试验环境	℃	%
试样名称及规格			试样描述		
试验日期			试验设备		
试验规程			试验人员		
评定标准			复核人员		
序号	CBR 顶破强力 (N)	圆顶破强力 (N)	刺破强力 (N)		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
$\bar{X}$					
$\sigma$					
$C_v$					
备注					

表 A-10 土工合成材料 土工格栅拉伸试验记录表

样品编号				试验环境		℃      %		
试样名称及规格				试样描述				
试验日期				试验设备				
试验规程				试验人员				
评定标准				复核人员				
序号	方向：							
	每米宽度筋数：			试样夹持长度：				
	拉力 (N)	强度 (kN/m)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)	2%伸长率 时拉力 (N)	2%伸长率 时强度 (kN/m)	5%伸长率 时拉力 (N)	5%伸长率 时强度 (kN/m)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
$\bar{X}$								
$\sigma$								
$C_v$								
备注								

表 A-11 土工合成材料 塑料排水带(板) 拉伸试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%
试样名称及规格		试样描述		
试验日期		试验设备		
试验规程		试验人员		
评定标准		复核人员		
序号	最大拉力 (N)	伸长率 10 时拉力 (N)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
$\bar{X}$				
$\sigma$				
$C_v$				
备注				

表 A-12 土工合成材料 土工膜拉伸试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%				
试样名称及规格		试样描述						
试验日期		试验设备						
试验规程		试验人员						
评定标准		复核人员						
序号	试样宽度与厚度：				试样计量标距：			
	纵 向				横 向			
	拉力 (N)	强度 (kPa)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)	拉力 (N)	强度 (kPa)	伸长量 (mm)	伸长率 (%)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
$\bar{X}$								
$\sigma$								
$C_v$								
备注								



表 A-13 土工合成材料 塑料排水带（板）通水量试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%
试样名称及规格		试样描述		
试验日期		试验设备		
试验规程		试验人员		
评定标准		复核人员		
侧压力：		试样长度：	水位差：	
测量时间	渗水情况		样品 1	样品 2
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
	渗水量 (cm <sup>3</sup> )	历时 (s)		
	通水量 (cm <sup>3</sup> )			
备注				

表 A-14 土工合成材料 塑料排水带 (板) 芯板压屈试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%	
试样名称及规格		试样描述			
试验日期		试验设备			
试验规程		试验人员			
评定标准		复核人员			
序号	试样面积:				
	板芯厚度 (mm)	压力 (N)	压屈强度 (kPa)	压屈变形量 (mm)	压屈应变 (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
$\bar{X}$					
$\sigma$					
$C_v$					
备注					

表 A-15 土工合成材料 软式透水管扁平耐压力试验记录表

样品编号			试验环境	℃				%
试样名称及规格			试样描述					
试验日期			试验设备					
试验规程			试验人员					
评定标准			复核人员					
序号	试样长度：		试样直径：					
	压缩应变 (%)	压缩变形 (mm)	压缩强力 (N)				扁平耐压力 (kN/m)	
			样品 1	样品 2	样品 3	平均值		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
备注								

表 A-16 土工合成材料 管材环刚度试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%	
试样名称及规格		试样描述			
试验日期		试验设备			
试验规程		试验人员			
评定标准		复核人员			
序号	压缩应变 (%)	压 力 (N)			
		样品 a	样品 b	样品 c	平均值
1	试样长度 (mm)				
2	试样直径 (mm)				
3	压缩应变 (%)				
4	压缩变形 (mm)				
5	环刚度 (kN/m <sup>2</sup> )				
6					
7					
8					
9					
10					
备注					

表 A-17 土工合成材料 膨润土垫 (GCL) 渗透试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%	
试样名称及规格		试样描述			
试验日期		试验设备			
试验规程		试验人员			
评定标准		复核人员			
序号	试样面积:		试验水温:		
	时间	历时 (s)	渗流量	流率	渗透系数
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
...					

表 A-18 土工合成材料 直剪摩擦试验记录表

样品编号				试验环境		℃	%	
试样名称及规格				试样描述				
试验日期				试验设备				
试验规程				试验人员				
评定标准				复核人员				
时间 (min)	位移 (mm)	样盒尺寸:			剪切速率:			
		试样情况:			传感器系数:			
		剪 切 力						
		法向压力 $\sigma =$ kPa		法向压力 $\sigma =$ kPa		法向压力 $\sigma =$ kPa		
		读数	剪应力 (kPa)	读数	剪应力 (kPa)	读数	剪应力 (kPa)	
摩擦系数 $f$								
平均 $f$								
备注								

表 A-19 土工合成材料 淤堵试验记录表

样品编号		试验环境	℃	%	
试样名称及规格		试样描述			
试验日期		试验设备			
试验规程		试验人员			
评定标准		复核人员			
序号	织物情况:				
	土样情况:				
	时间	测压管水位 (cm)			梯度比 GR
1 号		2 号	4 号	$H_{1-2}$	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
...					
备注					

## 标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	



中华人民共和国水利行业标准

土工合成材料测试规程

SL 235—2012

条 文 说 明

## 目 次

1	总则 .....	120
2	术语和符号 .....	121
3	测试方法的基本规定 .....	122
4	单位面积质量测定 .....	123
5	土工织物厚度测定 .....	124
6	土工膜厚度测定 .....	125
7	等效孔径试验（干筛法） .....	126
8	垂直渗透试验 .....	128
9	水平渗透试验 .....	130
10	条带拉伸试验 .....	132
11	握持拉伸试验 .....	133
12	梯形撕裂试验 .....	134
13	胀破试验 .....	135
14	圆柱（CBR）顶破试验 .....	136
15	圆球顶破试验 .....	137
16	刺破试验 .....	138
17	落锥试验 .....	139
18	接缝拉伸试验 .....	140
19	剥离试验 .....	141
20	土工膜耐静水压力试验 .....	142
21	土工膜渗透试验 .....	143
22	土工格栅拉伸试验 .....	145
23	塑料三维土工网垫拉伸试验 .....	147
24	塑料排水带（板）拉伸试验 .....	148
25	土工膜拉伸试验 .....	149
26	塑料排水带（板）通水量试验 .....	150

27	塑料排水带（板）芯板压屈试验·····	152
28	软式透水管扁平耐压力试验·····	153
29	管材环刚度试验·····	154
30	土工合成材料膨润土垫（GCL）渗透试验·····	155
31	直剪摩擦试验·····	156
32	拉拔摩擦试验·····	158
33	淤堵试验·····	159
34	荧光紫外灯老化试验·····	160
35	氙弧灯老化试验·····	162

## 1 总 则

**1.0.4** 根据 SL 1—2002 的规定增加本条，将原各章中引用标准内容统一列出。

**1.0.5** 原 1.0.4 条内容改为 1.0.5 条。

## 2 术语和符号

所有名词增加相应英文表述。

- 2.1.2 透水率的定义做了补充。
- 2.1.6 抗拉强度改为拉伸强度，定义做了补充。
- 2.1.7 延伸率改为伸长率。
- 2.1.8 增加断裂强度名词。
- 2.1.9 增加断裂伸长率名词。
- 2.1.10 增加屈服强度名词。
- 2.1.11 增加屈服伸长率名词。

现在使用很多的 HDPE 土工膜在拉伸过程中，先发生屈服，再不断变形，最后才断裂，其拉伸强度并不一定发生在断裂时，所以伸长率并不一定是土工膜的最大伸长率。土工膜主要用于水利水电工程中的防渗，防渗能力与其强度和伸长率均密切相关。所以，反映其最大应变能力的是断裂伸长率。

- 2.1.12 握持强度改为握持强力。
  - 2.1.13 撕裂强度改为梯形撕裂强力。
  - 2.1.15 CBR 顶破强度改为圆柱 (CBR) 顶破强力。
  - 2.1.16 增加圆球顶破强力名词。
  - 2.1.17 刺破强度改为刺破强力。
  - 2.1.19 增加土工膜耐静水压力名词。
  - 2.1.20 排水带 (板) 通水量的定义做了补充。
  - 2.1.22 删除扁平率名词，增加扁平耐压力名词。
  - 2.1.24 增加老化名词。
- 2.2 符号做了调整，剥离强度用  $T_b$  表示，接缝拉伸强度用  $T_j$  表示，各种拉伸强度用  $T_1$  表示；力与荷载用  $F$  表示，法向力用  $P$  表示。其余符号基本保持不变。

### 3 测试方法的基本规定

**3.2.1** 原规程有“试样应不含有灰尘、折痕、孔洞、损伤部分和可见斑点”。考虑到有时委托测试的样品本身就有破损的情况，例如考虑施工损伤而进行的施工前后样品的测试，本次修订删除了这一内容。试样的布置规定了采用梯形法，所以删除了文中随机布置试样的规定。

**3.2.2** 土工格栅、土工格室等材料制样应按相关标准规定执行。

**3.3** 试样调湿改为试样状态调节，增加仪器仪表内容。

**3.3.1、3.3.2** 温度对土工合成材料的影响很大，应严格控制；湿度对土工合成材料的力学指标影响很小，但对单位面积质量等指标有影响，所以规定保持不变。

**3.3.3** 原规程中无本条，但含有这一内容，本次修订进行了明确。

**3.3.4** 仪器仪表的量程选择作为共同规定加入。

**3.4.4、3.4.5** 为新增条文。

**3.5** 测试记录中对应记录内容做了说明。记录表格都做了调整。增加记录内容，是为测试结束以后的时段内能将测试过程复现，对保证测试结果的质量具有重要作用。

## 4 单位面积质量测定

**4.1.1** 单位面积质量是土工合成材料物理性能指标之一，直观反映了产品单位面积内原材料的用量，以及生产的均匀性和质量的稳定性。

目前有学者认为单位面积质量可以不作为土工合成材料合格与否的评判标准，因为单位面积质量并不直接影响土工合成材料的使用性能，过于强调材料的用量，不利于新材料的发展。考虑到这一点，建议对于单位面积质量指标可以允许有一定的负偏差。目前对于土工合成材料单位面积质量的测定，国内外标准基本一致，均采用称量法。本规程采用方法与国内外标准基本一致。

**4.2.1** 考虑到薄型材料的单位面积质量很小，增加了“应满足称量值1%准确度要求”。

**4.3.4** 对于局部非均匀材料，例如有较大孔径的土工格栅、土工网，局部凸起的凸点排水板等，过小的尺寸并不能代表材料的实际结构，应按实际情况采取能代表材料完整结构的试样称量；对于窄条形材料，例如加筋带等，应在自然状态下沿长度方向截取一定长度试样称量，结果可用单位长度质量表示；对于膨润土垫等其他特种土工合成材料单位面积质量可以参考本标准基本原则执行。

**4.4.2** 感量0.01g的天平如果称量小于1g，则称量的准确度不能满足要求，所以应使用感量更小的天平来称量。

## 5 土工织物厚度测定

5.1.1 关于土工织物及柔软片状土工复合材料厚度的测量，国内外标准操作方法基本相同，且各参数变化不大。本标准与国家标准《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》(GB/T 13761.1—2009)和国际标准《土工合成材料的厚度试验》(ISO 9863:2005)基本一致。土工织物，特别是针刺无纺土工织物，厚度与压力密切相关，一般所称厚度为产品厚度，是指2kPa压力下的厚度。

5.1.2 土工膜厚度有专门测定方法，复合材料品种很多，作一限制。

5.2.2 压块的规定不变，对荷载另列条款说明。

5.2.3 荷载规定做了修改，由原来的5N、50N、500N等改为产生2kPa、20kPa、200kPa等压力的荷载。适应不同的加压形式。

5.2.5 增加了计时器的技术要求。



## 6 土工膜厚度测定

由于土工膜在水利工程中应用的增多，本次修订增加了土工膜（无压花和波纹）厚度测量的内容。

目前关于土工膜厚度的试验，国内外试验标准基本采用机械测量方法，本方法参照国际标准《塑料—薄膜和薄片—机械测量法》（ISO 4593：1993）和国家标准《塑料薄膜和薄片厚度的测定 机械测量法》（GB 6672—2001）的有关技术内容制定。ISO标准和国家标准规定的仪器尺寸和压力范围比较广，可以灵活选择多种仪器测量。对于厚度较大，或表面卷曲的土工膜，应采用小直径压脚和较大压力测量。测量值的传递输出可以采用机械法（千分尺）、光学法（使用镜式仪表）或电学法（电感法）等多种方法。对于具有粗糙表面的土工膜厚度测量，可以参照美国标准《糙面土工膜核心厚度测量》（ASTM D5994—2003）进行测量。

按等分试样长度的方法确定测量厚度的位置点，试样长度不大于300mm，测10点；试样长度为300~1500mm之间测20点；试样长度不小于1500mm，至少测30点。对于未裁边的样品，应在距边50mm开始测量。

## 7 等效孔径试验（干筛法）

7.1.1 孔径试验有多种方法，但国内外使用最广泛的是干筛法，本次修订保持不变。

7.2.2 振筛机已经有《振筛机校验规程》（SL 411—2007），其中有相应的技术规定，按规定执行。

7.3.4 用同一块土工织物试样对不同级别的颗粒材料进行振筛，试验结果的规律性会好一些。较厚的针刺无纺土工织物试样，嵌入试样的颗粒料不易清出时试样不能重复使用，不同级别的颗粒料需另换试样进行振筛，这时会出现异常情况，如颗粒粒径大的过筛量可能多而颗粒粒径小的过筛量反而少，这给整理资料带来困难。这时可先将各组平行试验各级粒径的过筛率进行平均，由此作出总平均孔径分布曲线。

7.3.5 试样上有静电，将会影响试验结果的准确性，所以增加本条内容。

7.4.3 试验筛可以成对垒加，有条件的宜 5 个试样一次振筛，提高效率。

7.4.5 试样应清理干净，宜轻轻振拍筛框或用刷子轻轻拭拂清除表面及嵌入试样的颗粒，清理干净后才可进行下一次的试验。

7.5.1 试验中可直接测得过筛量，对于有纺土工织物可以测得筛余量，而对于针刺无纺土工织物测不到筛余量，原标准使用筛余率，而筛余率是通过过筛量计算而得，所以直接用过筛率，这样计算公式简化。

7.5.2 试验中如是用同一块试样进行多级粒料的振筛，可对各个试样分别进行等效孔径计算，可得到相应的变异系数。

7.5.3 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。如果颗粒通过量为零，则说明该组颗粒中最小颗粒都通不过，试样上的孔径必然小于颗粒组的下限值，所以用下限值；如果颗粒全部通过，则说明该组颗粒中最大颗粒都通过，试样上的孔径必然大于颗粒组的上限值；则用上限值作为颗粒的直径；其余情况线性内插。

## 8 垂直渗透试验

**8.1.1** 本次修订,明确是在无压力条件下的渗透系数试验,有压渗透可参照执行。国内外资料确有以 10cm 常水头做渗透试验,但工程设计使用应考虑符合达西定律。

**8.2.2** 考虑尺寸边界效应,试样面积不能太小,规定应不小于  $20\text{cm}^2$ 。

**8.2.3、8.2.7** 试样上作用水头的测量,如在试样上下游附近加设水位测量装置,可避免管路水头损失带来的试验误差,也可省去仪器的空态率定。

**8.2.4** 恒水位装置应能调节水位,原规程中的水头变化范围规定相对较小,不能满足 100mm 水头差下的试验,所以本次修订,将原来的 1~60mm 改为 1~150mm。

**8.2.5** 水位测量装置,用于测量试样两侧的水位差,本次修订,明确准确至 1mm。可估读到最小程度,建议采用准确度更高测量装置。

**8.2.6** 原规程中没有明确技术要求的设备本次修订做了规定。

**8.3.4** 本次修订,试样数量从原来的 10 个修改为 5 个,与国家标准《土工布及其有关产品 无负荷时垂直渗透特性的测定》(GB/T 15789—2005)和美国标准《土工织物渗透性试验方法》(ASTM D4491—2004)一致。

**8.4.1~8.4.5** 渗透试验试样采用单片还是多片主要取决于试样类型。从原理上说用单片试样为好,但针刺无纺土工织物的孔隙大透水性强,若用单片试样,层流条件下水位差很小而读数不准,只能加大渗径长度用多片试样进行试验。多片试样试验时除要密封良好没有渗漏外,还应注意试样是无压力条件,所以试样在安装时不应被压缩太多,以免变成有压状态导致较大的试验误差。对于有纺土工织物,绝大部分可单层试验。如果有纺土工织

物进行多层测试，在层与层间要用开孔率很大的筛网来隔开，以防有纺织物相互将孔洞挡住而改变了试样原有的孔隙状态。

试样中的气泡对试验结果影响很大，应尽量赶出气泡。对无纺土工织物将试样浸泡在水中一段时间再在水下挤压赶气，效果较好。对有纺土工织物，试样放入水中其表面经常附有很多气泡挡住孔隙，应用软毛笔轻轻拭去这些气泡。有时用清洁剂清洗一下，赶气泡会方便得多。当采用多片试样时，注意试样安装方式，避免层间留有气泡。

**8.5.1** 水温修正系数  $\eta = \frac{\eta_t}{\eta_{20}}$ ，其中  $\eta_t$  为试验水温  $t^\circ\text{C}$  时水的动力黏滞系数 ( $\text{kPa} \cdot \text{s}$ )； $\eta_{20}$  为  $20^\circ\text{C}$  时水的动力黏滞系数 ( $\text{kPa} \cdot \text{s}$ )。

**8.5.2** 本次修订增加了透水率计算公式。

## 9 水平渗透试验

**9.2.1** 在图 9.2.1 a) 所示的试验装置中, 荷载应通过上下垫层均匀地加到试样上, 试样周边应密封良好。图 9.2.1 b) 是引用了本标准第 26 章塑料排水带(板)通水能力测试仪。水平渗透试验和排水带(板)通水量试验两者试验原理和试验要求相同, 只是作用于试样的法向压力和试验水力梯度有所差别。图 9.2.1 b) 中装置主要特点是法向压力由气压施加, 受力均匀, 且密封方便可靠。列出两种型式, 按自身条件选择。

**9.2.5** 水位测量装置用于测量试样两侧的水位差, 本次修订, 明确准确至 1mm。

**9.2.6** 原规程中没有明确技术要求的设备本次修订做了规定。

**9.3.4** 试样数量, 原规程规定为纵向和横向试样各 3 块, 本次修订改为 2 个, 即平行进行两次试验。根据需要进行单向或分别进行纵向与横向的试验。

**9.3.5** 试样尺寸, 原规程规定试样宽度应大于 100mm, 长度应大于 2 倍宽度。本次修订, 为适应更多产品的试验, 改为试样宽度应不小于 100mm, 长度应大于 2 倍宽度; 如果试样宽度不小于 200mm, 长度应不小于 1 倍宽度。如果试样较薄, 可取 2 层或 3 层试样重叠为一组进行试验。

**9.3.6** 增加了多层试样厚度计算说明。

**9.4.7** 材料在压力作用下有个逐渐变化的过程, 不同材料达到稳定的时间不同, 本次修订, 增加了水流稳定的定量指标, 可减少人为因素带来的误差。根据水平渗透水量较小与费时较长的情况, 测量时的测读量也作了调整。定量指标前后两次测量的误差小于 2% 的含义是指在 2h 内水量变化应小于 2%。

**9.4.10** 测量同一法向压力下不同水力梯度下的水平渗透性, 因材料在同一法向压力下已经达到稳定条件, 所以只需少量时间后

可直接测量。

**9.5.1** 不同法向压力及不同水力梯度下的水平渗透系数应分别计算。

**9.5.2** 增加了单宽流量的计算公式，适应不同材料的检测需要。

**9.5.3** 不同法向压力及不同水力梯度下的导水率应分别计算。

## 10 条带拉伸试验

**10.1.1** 宽条试样拉伸试验和窄条试样拉伸试验，两种试验方法和步骤相同，只是试样宽度不同，国际上采用宽条试验为多数。但考虑到高强材料的不断出现，宽条试验实现难度很大，而且复现性比窄条法也差，所以仍保留两种不同的方法。

**10.2.2** 现代试验机的夹具均为固定形式，所以本次修订做了修改。

**10.2.3** 试验机的准确度有所提高，所以将准确度提高为1%；对于应变量小的材料，读数准确至1mm的要求可能偏低，本次修订虽然未作出具体规定，但试验时应注意测试结果的准确性，可加设引伸计进行试验；另外对部分内容进行了重新组织。

**10.3.3** 本次修订试样数量，将原来的应不少于6块，改为应不少于5个。与相关标准一致。

**10.3.4** 试样计量长度是指试样受拉伸长度，通常也指两夹具间距离。在采用引伸计情况下，伸长率计算中的试样计量长度则为引伸计的夹持长度。

**10.4.2** 试验拉伸速率保持不变，与国家标准《土工布及其有关产品 宽条拉伸试验》(GB/T 15788—2005)标准一致。

**10.4.4** 对于高强土工合成材料，如高强土工织物与高强土工带，宜选用高强材料专用夹具。

**10.5.2** 伸长率计算公式做了调整，使之更合理，适应不同的伸长量测量方法。



## 11 握持拉伸试验

**11.1.1** 握持强力主要是测试土工织物在局部被夹持情况下能提供的有效强力，它包括了被拉伸织物的邻近织物所提供的额外拉伸力。握持强力与土工织物的拉伸强度没有直接的关联性和等效性。

**11.1.2** 握持强力是土工织物最基本的性能指标，但对于针织类织物不能使用本方法。

**11.2.3** 对试验机提出了具体的准确度要求，与本标准 10.2.3 条相同。

**11.3.3** 本标准规定的试样数量多针对质量试验，如果对样品的性能进行研究、统计，推荐最小试验数量为纵横各 10 块。

**11.4.1** 原规程的说明：“ASTM D1682 及美国联邦公寓管理局（FHWA）1987 年的《土工织物工程手册》中都规定拉伸速率为 300mm/min。目前国内大多试验室所用的试验机最大拉伸速率为 100mm/min，考虑到这一现实条件，且较低速率偏于安全，故本规程规定 100mm/min。”

本次修订定，对同一种无纺土工织物分别使用 100mm/min 和 300mm/min 拉伸速率进行试验，试验结果经数理统计方法（两个正态分布总体的假设检验法）检验，结论是在 95% 的置信度下，即  $\alpha$  水平为 0.05 的条件下，用两种试验速率所测得的握持断裂强力及伸长率之间不存在显著性差异。考虑到试验设备的进步，安全性提升以及可以提高试验效率等因素，以美国标准《土工织物握持拉伸强度试验方法》（ASTM D4632—2008）为依据，本标准选择了 300mm/min 的拉伸速率。

**11.5.2** 伸长率计算公式做了调整，使之更合理，适应不同的伸长量测量方法。

## 12 梯形撕裂试验

**12.2.3** 对试验机提出了具体的准确度要求，与本标准 10.2.3 条相同。

**12.3.3** 试样数量方面的变化，理由同本标准条文说明 11.3.3。

**12.4.1** 原规程中拉伸速率为 100mm/min，本次修订定为 300mm/min。变化的理由同本标准条文说明 11.4.1。

## 13 胀破试验

**13.1.2** 适用范围做了一些扩充，从原来的土工织物，改为各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

**13.2.4** 压力表量程做了比较灵活的规定。

**13.2.5** 液压系统要求的试验速率，原标准为 170mL/min，本次做了修订，因其他试验方法在参考国外标准时以美国 ASTM 标准为多，所以本次修订也以美国标准《土工织物胀破强度试验方法》(ASTM D3786—2009) 为参考，改为 100mL/min。其余内容基本不变，只作了简化。

**13.5.1** 公式中符号做了简化。

## 14 圆柱 (CBR) 顶破试验

**14.1.1** 对名称做了修正。这个试验源于土工试验中的 CBR 试验，即加州承载比 (California bearing ratio)，这是美国加利福尼亚州提出的一种评定土基及路面材料承载能力的试验方法。圆柱顶破试验则是纯材料的性能试验，所以这次修订改为圆柱顶破试验，括号内的 CBR 保留是为了有一个过渡。

**14.1.2** 适用范围由原来的各类土工织物、土工膜及土工复合材料改为各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

**14.2.1** 对试验机提出了具体的准确度要求。

**14.2.3** 增加了对顶压杆的顶端边缘倒成 2.5mm 半径的圆弧的要求，是为了避免较为尖锐的顶端边缘对试验结果造成较大的影响。所以示意图也作了调整。

**14.3.4** 试样尺寸，因夹具不同裁剪试样的大小可能有所不同，所以有所变动。

**14.4.3** 国家标准《土工合成材料 静态顶破试验 (CBR 法)》(GB/T 14800—2010) 中规定顶压速率为  $(50 \pm 5)$  mm/min。考虑顶破强力与顶压速率关系不大以及与国标的一致，本标准规定顶压速率为 50mm/min。

对于土工复合材料可能出现顶压力双峰值的情况，第一峰值可以认为是受到顶压后有某层材料已经破坏，从材料使用安全的角度考虑，以第一峰值作为试验的顶破强力。

**14.5.1** 增加了：计算顶破位移 (mm，根据需要) 及规定位移处的顶压力 (N，根据需要)。

## 15 圆球顶破试验

**15.1.1** 圆球顶破强力指标，常有测试要求，本次修订增加了本项指标的试验方法。

**15.3.3** 试样数量与国家标准及美国标准都一致，美国标准《土工织物的圆球顶破试验方法》(ASTM D3787—2007)为5个，国家标准《纺织品 顶破强力的测定 钢球法》(GB/T 19976—2005)为5个。

对于土工复合材料可能出现顶压力双峰值的情况，第一峰值可以认为是受到顶压后有某层材料已经破坏，从材料使用安全的角度考虑，以第一峰值作为试验的顶破强力。

**15.4.3** 顶破速率与 ASTM D3787—2007 和 GB/T 19976—2005 一致。

## 16 刺破试验

**16.1.2** 适用范围由原来的各类土工织物、土工膜及土工复合材料改为孔隙较小的各类土工织物、土工膜及片状土工复合材料。

**16.2.1** 对试验机提出了具体的准确度要求。

**16.2.3** 增加了对平头顶杆顶端边缘倒成  $45^\circ$ 、深 0.8mm 的倒角要求，避免较为尖锐的顶端边缘对试验结果造成较大的影响；刺破示意图也作了调整。

**16.4.3** 美国标准《土工膜及相关产品的刺破强度试验方法》(ASTM D4833—2007) 中规定刺破速率为 300mm/min，国家标准《土工布及其有关产品 刺破强力的测定》(GB/T 19978—2005) 中规定刺破速率为  $(300 \pm 10)$  mm/min，原规程中考虑当时国内大多试验室所用的试验机最大拉伸速率为 100mm/min，规定刺破速率为 100mm/min，目前国内试验室试验机性能已普遍得到提高，因此本标准规定刺破速率为 300mm/min。

对于土工复合材料可能出现刺破力双峰值的情况，第一峰值可以认为是受到顶刺后有某层材料已经破坏，从材料使用安全的角度考虑，以第一峰值作为试验的刺破强力。

## 17 落 锥 试 验

17.1.1 落锥穿透孔径指标，常有测试要求，本次修订增加了本项指标的试验方法。

17.1.2 适用范围做了明确规定。

17.2 本试验与国家标准《土工布及其有关产品 动态穿孔试验 落锥法》(GB/T 17630—1998)不同的是：对落锥的锥角及仪器的垂直度提出了具体的技术要求。

## 18 接缝拉伸试验

**18.1.1** 接缝拉伸强度指标是在工程应用时应要考虑的指标，本次修订增加了本项指标的试验方法。本试验方法与国家标准《土工布 接头接缝宽条拉伸试验方法》(GB/T 16989—1997)不同的是，删除了其中的土工格栅接缝内容，增加了土工膜接缝内容，计算公式也进行了简化。

**18.3.6** 湿态试验时应将试样浸入温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  的蒸馏水中。浸润时间应足以使试样完全润湿或者至少 24h。为使试验完全湿润，可在水中加入不超过 0.05% 的非离子型润湿剂。



## 19 剥离试验

**19.1.1** 复合材料常要测试其剥离强度，根据土工合成材料的特性，参考了《软质复合塑料材料剥离试验方法》（GB 8808—88），本次修订增加了本项指标的试验方法。

**19.3.4** 本标准与 GB 8808—88 标准有所不同。试样宽度，国标中有 A 法与 B 法，分别为 15mm 与 30mm，本标准为 50mm。土工合成材料试样宽度一般都不小于 50mm，宽一些代表性更强。

**19.4.2** 试样在试验前应预剥离 50mm 左右。

**19.5.1** 本标准与 GB 8808—88 标准有所不同。剥离力的大小取值，国标是取其产生第一个峰值后一段范围内的力值的平均值，这在计算上很不方便，本标准是取剥离过程中的最大值作为剥离力。

## 20 土工膜耐静水压力试验

土工膜的抗渗性能常用两个指标来反映：一是渗透系数；二是耐静水压力。原规程中土工膜抗渗试验，是测试土工膜的渗透系数，这次修订增加了土工膜耐静水压力试验方法。

耐静水压力相关的标准有国家标准《纺织品 织物胀破性能 第1部分：胀破强力和胀破扩张度的测定 液压法》（GB/T 7742.1—2005）和美国标准《土工织物胀破强度试验方法》（ASTM D3786—2009），两个标准原理一致，但具体的技术指标有所不同，考虑到 GB/T 7742.1—2005 标准为纺织品标准，所以具体技术指标参照了 ASTM D3786—2009 标准。

## 21 土工膜渗透试验

**21.1.1** 原规程中土工膜抗渗试验，是测试土工膜的渗透系数，这次修订，改为确切的名称土工膜渗透试验。

**21.2.1** 土工膜渗透试验，是根据渗透系数定义、渗透试验原理和土工膜渗水量小的特点确定的一种试验方法。可引用土工三轴仪的体变管测量水量，加上加压装置与安装试样装置等组装成土工膜渗透仪。

原规程中的透水板，这次修订改为透水石。透水石是土工试验中使用的一种细颗粒制成的表面平整并可以透水的人工石头，其渗透系数应比所测土工膜大两个数量级（土工试验中所用透水石渗透系数一般在  $10^{-3}$  cm/s，符合要求）。透水石因表面平整，可减少因使用多孔透水板时因土工膜变形带来的试验误差。

**21.2.2** 原规程规定：“过水面积为  $20\sim 100\text{cm}^2$ ”。本次修订改为“宜大于  $20\text{cm}^2$ ”。适应过水面积趋大的情况，便于准确测定渗透系数。可参见本标准条文说明 21.5。

**21.2.3** 本次修订，对测变管提出了具体的技术要求，并将其中的说明内容合并到本条的条文说明中。

试样容器、体变管和连接管路等整个测量系统应密封良好，无气泡，充满油和水。在试验压力作用下试样发生渗漏时，体变管与测变管内的流体产生移动，流体移动量由测变管内油水界面下降指示，下降所示的流量为试样的渗水量。

**21.2.5** 压力表规定了技术指标。

**21.2.6** 其他设备规定了技术指标。

**21.4.4** 所加压力可按工程实际需要确定。对于渗透性极小的土工膜可适当增加压力，以便测得更小的渗透系数。加压 100kPa 相当于施加水柱高度 1020cm。

**21.4.5** 如果体变管油面下降较快，应注意油面位置，避免油进

入阀门、接头及管子中，影响试验。

**21.4.6** 加压后管路系统在压力作用下有变形，影响读数的准确性，所以初始 10min 内可不作记录。

**21.4.7** 土工膜渗透性大的产品越来越少，所以本次修订，操作步骤中不再说明，如遇到渗透性大的产品，读数时间间隔起初可每隔 10min 读数一次，当渗水量逐渐减小后可延长间隔时间。如果渗水快，当油面接近测变管底部时，应暂时消除体变管两端口出口的压力，在体变管底部补充水，抬高油面至上部，之后恢复试验压力，将刚才底部油面读数转换到抬高后的油面读数，继续试验。在计算渗水量历时中应扣除调整油面所耗费的时间。宜使用在油水界面转换时试样上压力保持不变的管路设计。

**21.4.8** 前后两次间隔时间内渗透量的差别小于 2% 时作为稳定标准，这是按时间间隔 1h 而言。如果时间间隔延长，则稳定标准值也应相应线性增加。如最后一次读数已经看不出渗水量增加，可按前一次间隔时间内渗水量作为测值。

**21.5** 由透过土工膜的渗水量及相应的时间及透水面积等相关参数可算得土工膜的渗透系数。0.5mm 厚土工膜试验时加压 100kPa，如普通测变管最小刻度值  $0.1\text{cm}^3$  读数的渗水量用时 1h，透水面积为  $40\text{cm}^2$ ，则土工膜的渗透系数为  $3.5 \times 10^{-11}\text{cm/s}$ 。通过延长读数间隔时间、选择渗水量读数更小的设备、增加试样上水压力及增加透水面积可测得更小的渗透系数。

## 22 土工格栅拉伸试验

**22.1.1** 本试验方法是将原规程中多项产品的拉伸试验方法分拆后的一个试验方法。原规程中土工格栅所述对象是塑料拉伸土工格栅，修订后的标准中所述土工格栅包括了塑料拉伸土工格栅这部分内容外，扩大到了其他形式的土工格栅。

土工带拉伸试验，因其与条带拉伸试验类似，本次修订不再列出，可参照本标准的条带拉伸试验方法。

土工网拉伸试验，虽然与土工格栅拉伸试验有差别，但这一试验方法使用得较少，本次修订也不再列出，可按照国家标准《土工合成材料 塑料土工网》(GB/T 19470—2004) 执行。

**22.2.1** 对试验机提出了具体的准确度要求。

**22.2.2** 对于高强土工格栅，如钢塑土工格栅，为确保试验结果的准确，规定了应采用专用夹具。

**22.3.3** 试样数量做了调整，从原来的 10 个改为应不少于 5 个。

**22.3.4** 试样宽度，除原来的单肋法，增加了多肋法，适应不同情况。

**22.4.1** 试样计量长度见本标准 10.3.4 条的条文说明。

**22.4.3** 确定拉伸速率的试样计量长度，对于平口式夹具，试样计量长度宜为夹具间的试样长度，不管是否使用引伸计；对于滚轴式夹具，试样计量长度有所不同，宜以试样与滚轴首次接触点之间的距离来确定。

**22.5.1** 因增加了多肋法，计算公式做了调整。说明了标称强度的计算方法。说明了伸长率 2% 及 5% 时拉伸强度的计算方法。

样品每米宽度上的肋数，宜在样品上以 1m 左右宽度上的一定肋数来测量宽度，以相同肋数在不同位置测量其宽度，数据应不少于 5 个，取平均值后换算成每米宽度上的肋数。这样所得的

数值代表性比较好，可减少误差。土工格栅一根肋的宽度是指相邻两根肋的中心距。

**22.5.2** 伸长率计算公式做了调整，使之更合理，适应不同的伸长量测量方法。

## 23 塑料三维土工网垫拉伸试验

塑料三维土工网垫是用于边坡绿化并保护边坡的一种土工合成材料，原规程中没有，本次修订增加了此项试验。本试验与国家标准《土工合成材料 塑料三维土工网垫》(GB/T 18744—2002)不同之处是对试样的数量要求做了变动，GB/T 18744—2002是每组3个，本试验改为应不少于5个。这一变动，主要基于这种材料的均匀性一般；也是为了本标准试样数量的一致性。试样宽度由GB/T 18744—2002的50mm改为200mm，这是由于这种材料网孔在10~20mm左右，50mm宽度试样代表性较差。

## 24 塑料排水带（板）拉伸试验

**24.1.1** 塑料排水带（板）主要是地基处理中使用的一种排水材料。原规程中没有本项试验，其拉伸试验与其他土工合成材料的拉伸试验有些不同。本次修订增加了本项试验。

**24.3.3** 本试验与《水运工程塑料排水板应用技术规程》（JTS 206—1—2009）不同之处是对试样的数量要求做了变动，由 JTS 206—1—2009 中的不少于 6 个改为应不少于 5 个，这是为了各项试验一致而做的小变动。

**24.3.4** 试样宽度明确为整条宽度，因为现有的塑料排水带（板）宽度均小于 200mm。如果宽度大于 200mm，则可用宽度 200mm 的宽样法测试，再换算到每根条带的强度。

**24.5.1** 排水带（板）在拉伸试验过程中，如果有第二峰值出现，是芯带或外包滤布的伸长率不相同所致。但只要其中之一材料断裂，则排水带（板）的排水功能就已经丧失，所以，拉伸试验过程中第一峰值出现便认为试样已经破坏。

**24.5.2** 伸长率计算公式做了调整，使之更合理，适应不同的伸长量测量方法。



## 25 土工膜拉伸试验

**25.1** 土工膜的伸长率很大，一般在 200% 以上，用条带拉伸试验方法已经不合适，原规程中没有这项试验，本次修订增加了这项试验。本试验与国家标准《塑料 拉伸性能的测定 第 3 部分：薄膜和薄片的试验条件》(GB/T 1004.3—2006)、《高分子防水材料 第 1 部分 片材》(GB 18173.1—2006) 及《聚氯乙烯防水卷材》(GB 12952—2003) 基本一致，并且明确试样尺寸为哑铃型，试样受拉部分的宽度为 6mm，这是 GB/T 1004.3—2006 标准中的哑铃型 5 型试样，是适合于高伸长率材料试验用的一种试样形式。

**25.5.1** 强度计算中增加了断裂强度与屈服强度计算方法。

**25.5.2** 伸长率计算中增加了断裂伸长率与屈服伸长率计算方法。

## 26 塑料排水带（板）通水量试验

**26.1** 本试验方法是由原规程中塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验方法分拆后的一个试验方法。

**26.2.1** 原理图做了更换，简洁一些。

**26.2.1**

5 包封排水带（板）乳胶膜套，这次修订没有变动。乳胶膜套的厚度厚一些，试验做起来容易些，但试验结果误差会大一些，反之则相反。乳胶膜套的厚度控制，是控制其在试验过程中所受到的压力值，最终是控制试验误差。滤膜与乳胶膜套在试验中一起承受所加的侧压力，乳胶膜套本身具有一定的强度，所以会使排水带（板）的滤膜受力减小，使得滤膜在侧压力作用下产生变形凹入芯带齿槽内的程度降低，乳胶膜套越厚，所承担的压力比例越高，滤膜所承受的压力就越少，结果是通水量就越大。自然更合理的方法是控制乳胶膜套的模量，但控制其厚度方便。对 0.25mm 厚度的乳胶膜套进行过测试，在 15% 应变时，对于滤膜强度为 20N/cm（相当于 B 型产品的要求，现有产品中绝大部分可达到）来比较，则新乳胶膜套的强度 0.90N/cm，不到滤膜强度 5%，用过几次后的旧乳胶膜套强度 0.57N/cm，不到滤膜强度 3%。所以，乳胶膜套厚度一般宜在 0.2~0.3mm 之间选择。

**26.2.2** 原规程中没有明确技术要求的设备本次修订做了规定。

**26.3.1** 试样的剪取，原为沿排水板（带）长度方向随机剪取试样 2 块，修改为沿排水板（带）长度方向不同部位剪取试样 2 块，这样可粗略观察样品的均匀性。

**26.4.4** 通水量最后稳定值的确定做了变动，由原来的每隔 2h 测量一次，直到前后两次通水量差小于 5% 为止，这个要求偏低，本次修订改为每隔 2h 测量一次，直到前后两次通水量差小

于 2% 为止，含义是指在 2h 内的变化应小于 2%。间隔时间可根据情况适当调整，稳定标准则相应线性变化，如果间隔 4h，则前后两次通水量差小于前次通水量的 4%。

**26.5.1** 因为试验室温度已规定为  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，温度变化范围不大，通水量计算可不作修正。另外，考虑到水温的增加，既会减小水流的流动阻力而增大通水量，也会降低塑料的抗压强度而降低通水量，所以不作修正还可以抵消一部分的误差。

## 27 塑料排水带（板）芯板压屈试验

**27.1.1** 本试验方法是由原规程中塑料排水带芯带压屈强度与通水量试验方法分拆后的一个试验方法。原规程中试验方法采用的是应力法，由于应力法所得应力应变曲线不连续，试验复杂一些，人为因素带来的误差大一些，而应变法更加方便简单。所以本次修订改为应变法。相应的内容都做了修改。

**27.2.1** 试验设备由原规程的加压仪改为试验机。

**27.3.3** 试样数量由原规程的不少于3块改为应不少于5个。

**27.4.1** 试验压缩速率的确定考虑了一个试样试验时间在几分钟内完成及试验的可操作性。

**27.4.2** 施加一个初始压力，使试样与加压板接触良好。

**27.5.1** 试样的压屈压力，如有峰值则以峰值作为试样的压屈压力值；如没有峰值则以变形快速增加时对应的压力作为试样的压屈压力值。

## 28 软式透水管扁平耐压力试验

**28.1** 原规程中本试验方法中的其他试验项目只是说明按原规程某项试验进行。所以这次修订只列单项试验方法，将原规程中的名称“软式透水管试验”改为“软式透水管扁平耐压力试验”，这样更符合这个规程的实际内容。

原规程中主体内容的名称“耐压扁平率”改为“扁平耐压力”。

透水管外包滤布的性能，如拉伸强度、渗透系数等可将其视为一种复合产品按本标准规定的试验方法进行相应的性能测试。

**28.2、28.4** 原规程中采用的是应力法，测试管子在一定压力下管径压缩应变值，得到的是耐压扁平率；应变法测试管子在一定管径压缩应变值时管子单位长度上的耐压力，得到的是扁平耐压力，测试结果与《软式透水管》（JC 937—2004）标准上一致，虽然名称不一致。而且应变法更加方便简单。所以本次修订改为应变法。相应的内容都做了修改。

## 29 管材环刚度试验

这是新增的试验方法。管材环刚度试验是管材的抗压性能的另一试验方法。与现有的扁平耐压力试验方法相比，更加方便简单，而且复现性好。所以作为一种将来更换用的试验方法，适应其产品标准的更新。

制定本方法参照了《热塑性塑料管材环刚度的测定》(GB/T 9647—2003)。

## 30 土工合成材料膨润土垫 (GCL) 渗透试验

**30.1.1** 这是一个新增的试验方法。本试验得到的土工合成材料膨润土垫 (GCL) 渗透系数为标准试验条件下的所得。由于实际工程中土工合成材料膨润土垫 (GCL) 上覆压力与标准试验条件的上覆压力不相同, 这样造成试样所需的水化时间也不相同, 因此本试验方法得到的渗透系数是标准条件下的渗透系数。

### 30.4.2

2 由于试样上下端受到顶盖和底座的约束, 试样与顶盖和底座之间的剪应力限制了试样上下端的侧向变形, 从而导致了试样内部的孔隙压力不均等, 所以, 当在试样顶部和底部测量孔隙水压力时, 只有当试样内的孔隙水压力完全均等后, 才能测得真实的结果。为此, 在试验过程中, 试样的反压力应缓慢的逐级地施加, 才能保证试样中的孔隙水压力有足够的时间均等起来。在每一级压力下等待孔隙水压力稳定和均等后再施加下一级压力。

3 GCL 属于多孔材料, 难免会有空气存在其中, 在对其进行渗透试验时, 渗透系数往往会由于试样中含有气体而导致测得值比实际值偏低, 所以, 在对试样进行渗透试验前首先让 GCL 在围压 550kPa、反压力 515kPa 作用下进行 48h 浸润饱和。试样应充分饱和, 排尽 GCL 孔隙中的气体。

## 31 直剪摩擦试验

**31.1.2** 原规程为：“本试验适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物和土工膜”。本次修订改为：“适用于各种土性和状态的土与各种类型的土工织物和土工膜，也适用于这些材料之间；不适用于土工格栅等材料”。根据近年来的资料与经验，限制了一部分的适用范围，也扩展了其他方面的适用范围。

**31.2.2** 国际标准《土工合成织物 摩擦特性的测定 第1部分：直接剪切试验》(ISO S12957-1-2005)中规定试样盒尺寸为300mm×300mm，在FHWA(1987)工程手册中规定试样盒尺寸为不小于50mm×50mm。曾经用标准砂对60mm×60mm、100mm×100mm及150mm×150mm三种试样盒尺寸进行比较试验，试验结果表明，试样盒尺寸对摩擦系数影响不明显。从操作而言，试样盒过小操作不方便，反之要制作均匀的大试样十分困难和费时，采用80mm×80mm~100mm×100mm试样较为方便。本标准规定宜大于80mm×80mm。

**31.4.1** 本条为了试验操作方便规定在下盒内放硬木块，如要模拟实际情况，也可在下盒内填土，但若要填土，应使土工织物在法向压力作用下仍水平地位于上下盒之间，使剪切时剪切面发生在土与织物界面上。假如在法向压力作用下，下盒内的土发生压缩，织物跟着下沉，这样剪切面将发生在土内，这不是试验所要求的。为此，若要在下盒内填土，应将土预压，压实后整平土面，与下盒顶齐平，再固定土工织物。

**31.4.2** 上盒边框底部与织物应不接触，应留有1.5~2.0mm的缝隙，剪切时只有上盒内的土与土工织物接触。操作时可在上下盒之间放小垫片，等上盒内填土完毕，加上法向压力后，抽出垫片。被测试织物的固定，对于高强度低伸长率的材料，可以直接按本标准中所说的方法，但如果是低强度高伸长率的材料，材



料在剪切力作用下会有自身的变形产生，可能造成材料起皱与滑动。则要采用办法固定被测试织物在木块上。

**31.4.5** 试验结束的标准做了调整，原规程为当位移量达 6mm 时即可停止试验。本次修改为以剪切力下降后稳定或剪切应变达 10% 左右可停止试验。

**31.5.1** 剪切力可以通过相对的一对推力或一对拉力产生，所以，实测的峰值水平推力改为破坏剪切力。破坏剪切力的确定，在有峰值时取峰值，与原规程不变；无峰值时则改为剪切应变 5% 对应的剪切力。这是因为剪切盒大小不同，同样的剪切位移量代表着不同的剪切应变，所以采用某一剪切应变来确定破坏剪切力更合理。

## 32 拉拔摩擦试验

**32.3.1** 进行拉拔试验时，试样应被拔出而不能被拉断。决定试样是否被拉断的主要因素为：土工合成材料的强度、试样长度及上覆法向压力。在试验前应进行预备性试验，确定试样长度和法向压力。

**32.4.1** 如 31.4.1 的条文说明，试样应在拉拔水平面内，不允许试样随土的压缩而下沉。所以在操作时应先将试验箱下半部的填土预先压实，平整土面后再铺放试样。

**32.4.4** 将原规程中试样制备中的一条并入，做了补充说明，并增加了更合理的试样变形测量办法。

**32.5.1** 原规程为实测的峰值水平总拉力，本次修改为最大拉拔力。

## 33 淤堵试验

**33.1.1 梯度比试验** 20世纪70年代首先由 Calhoun 提出，以后由美国陆军工程师兵团采用，以后提出  $GR \leq 3$  的规定。对于梯度比方法及取  $GR \leq 3$  的规定，不少学者有不同看法或提出修改意见，但梯度比方法至今仍是使用时间最长和最普遍的方法，而其试验历时较短、操作简单、相对比较成熟是其得到普及的重要原因。美国标准《土与土工织物系统梯度比淤堵测试方法》(ASTM D5101—2006) 内容与 FHWA《土工织物工程手册》中介绍的方法基本一致，本次修订，除在文字用词上为统一而做了少量变动外，其他保持不变。

## 34 荧光紫外灯老化试验

**34.1** 本试验方法是本次修订增加的试验项目。

**34.2** 根据 Q-lab 公司提供的相关研究报告显示, UVA340 灯管在 340nm 波长光强  $1.55\text{W}/\text{m}^2$  的条件下, 采用 8h 紫外光照 (光照温度  $60^\circ\text{C}$ )、4h 冷凝 (冷凝温度  $50^\circ\text{C}$ ) 的循环周期, 持续运行 400h, 相当于美国佛罗里达州 1 年的曝晒效果。UVA313 灯管在 340nm 波长光强  $0.71\text{W}/\text{m}^2$  的条件下采用 4h 紫外光照 (光照温度  $60^\circ\text{C}$ )、4h 冷凝 (冷凝温度  $50^\circ\text{C}$ ) 的循环周期持续运行 350h, 相当于美国佛罗里达州 1 年的曝晒效果。将两种灯管的老化效果进行比较, 两者的老化加速度大约相差 14.2%。这是本标准推荐的试样辐照期方法 A 与方法 B 差异的根据。

利用 313nm 灯管的老化试验在我国已持续了数十年, 积累了很多相关经验, 本标准方法 B 的制定同时考虑到这类因素, 根据以往测试经验, 设计部门经常提出的老化试验后产品合格与否的判断标准:

- 96h 老化, 强度保持率大于 90%;
- 144h 老化, 强度保持率大于 70%;
- 200h 老化, 强度保持率大于 50%。

结合上海地区人工老化与大气老化的相关试验数据, 上述判断准则在长江以南地区使用还是有价值的。

**34.2.2** 表 34.4.2 数据来自美国标准《非金属材料此外灯老化试验方法》(ASTM G154—2006)。从表 34.4.2 可以看出 UVA—340 灯管光谱的相对辐照度比 UVB—313 灯管更接近日光光谱相对辐照度, 因此选择该类型灯管, 得到的实验数据与户外老化试验数据能建立更好的关联性。

**34.4.2** 采用 340nm 灯管, 是期望通过该方法获得的试验数据能与户外老化试验数据建立更良好的关联性, 采用  $1.55\text{W}/\text{m}^2$

的光强即加大辐照强度，是为了尽量减少试验时间，节省试验费用；采用 UVB—313 灯管与日光光谱有一定的差异，并在日光截止波 300nm 下产生大量的辐射，可引起产品在户外不发生的老化。但使用这类灯管，是目前最快速完成老化试验的选择，节省时间且十分经济，因此在质量检测和产品研发领域得到大量应用。

## 35 氙弧灯老化试验

**35.1** 本试验方法是本次修订增加的试验项目。

**35.2.2** 表 35.2.2 数据来自于美国标准《非金属材料氙弧灯老化试验方法》(ASTM G155—2005)。从表 35.2.2 可以看出,氙弧灯经滤光器过滤以后的光谱非常接近日光光谱。

**35.4.1** 试验周期参考了 ASTM G155—2005 的附录 3 “曝晒条件”和美国标准《土工织物氙弧灯老化试验方法》(ASTM D4355—2007)的试验方法,选用了更能符合土工织物特点的试验周期,与 GB/T 16422.2—1999 的规定不同,GB/T 16422.2—1999 规定的试验条件是一种普遍适用于各行各业的试验条件,没有明确的针对性。

**35.4.2** 本试验方法规定了光强控制点,以保证试验过程尽量保持在同一条件下进行。

# 中国水利水电出版社

## 水利水电技术标准咨询服务中心简介

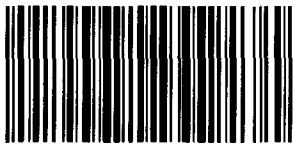
中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其它学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（第三水利水电编辑室）主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责编辑出版水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的咨询服务，进一步做好标准出版工作。

联系电话：010—68317913（传真）

主 任：王德鸿 010—68545951 wdh@waterpub. com. cn  
主任助理：陈 昊 010—68545981 hero@waterpub. com. cn  
策划编辑：林 京 010—68545948 lj@waterpub. com. cn  
王 启 010—68545982 wqi@waterpub. com. cn  
杨露茜 010—68545995 ylx@waterpub. com. cn



155084. 943

中华人民共和国水利行业标准

土工合成材料测试规程

SL 235—2012

\*

中国水利水电出版社出版发行

(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@waterpub.com.cn

电话: (010) 68367658 (发行部)

北京科水图书销售中心(零售)

电话: (010) 88383994、63202643、68545874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

三河市鑫金马印装有限公司印刷

\*

140mm×203mm 32开本 5.5印张 148千字

2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

印数 0001—5000册

\*

书号 155084·943

定价 56.00元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,

本社发行部负责调换

其他问题,请与本社水利水电技术标准咨询服务中心联系

电话(传真): (010) 68317913

E-mail: jwh@waterpub.com.cn

版权所有·侵权必究