



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13542.2—2009  
代替 GB/T 13541—1992

## 电气绝缘用薄膜 第2部分：试验方法

Film for electrical insulation—  
Part 2: Methods of test

(IEC 60674-2:1988, Specification for plastic films for electrical purposes—  
Part 2: Methods of test, MOD)

2009-06-10 发布

2009-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

GB/T 13542《电气绝缘用薄膜》分为下列几个部分：

- 第1部分：定义和一般要求；
- 第2部分：试验方法；
- 第3部分：电容器用双轴定向聚丙烯薄膜；
- 第4部分：聚酯薄膜；
- ……。

本部分为 GB/T 13542 的第2部分。

本部分修改采用 IEC 60674-2:1988《电气用塑料薄膜 第2部分：试验方法》及第1次修正(2001)(英文版)。

考虑到我国国情，在采用 IEC 标准时，本部分做了一些修改。有关技术性差异在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- a) 删除了 IEC 的“前言”和“引言”；增加了“规范性引用文件”；
- b) 在机械法测量厚度中增加了叠层法；
- c) 在“卷绕性”中将“辊的直径为 100 mm±10 mm”改为“辊的直径为 100 mm±1 mm”；
- d) 规定了“表面粗糙度”的测量方法；
- e) 增加了 2001 年第 1 次修正补充的“非接触式电极测量”方法(变电容法、变间距法)，并细化了计算公式；
- f) 对“模型电容器法”测“介质损耗因数和电容率”进行细化，并增加计算公式；
- g) 删除了“浸渍状态下的损耗因数”；
- h) 考虑到我国国情，电气强度直流试验中增加了“50 点电极法”；
- i) 考虑到我国国情，将电弱点试验方法中铝箔电极的厚度由 6 μm 改为 7 μm，另外将施加直流电压由 100 V/μm 改为产品标准规定的电压值(200 V/μm)；
- j) 规定了“熔点”的测量方法；
- k) 在燃烧性试验中将“试样距燃烧器顶端 9.5 mm”改为“试样距燃烧器顶端 10 mm”；
- l) 根据我国国情增加了“空隙率”的测量方法。

本部分代替 GB/T 13541—1992《电气用塑料薄膜 试验方法》。

本部分与 GB/T 13541—1992 相比主要变化如下：

- a) 部分章节顺序改变；
- b) 删除了叠层法测厚度中表 1 的内容；
- c) 厚度测量中增加“用重量法测定卷的平均厚度”及“横向厚度分布和纵向厚度变化”；
- d) 规定了“表面粗糙度”的测量方法；
- e) 规定了“挺度”的测量方法；
- f) 在“介质损耗因数和电容率”试验方法中增加了“变间距法”及“流体排出法”；
- g) 在“电气强度直流试验”方法中增加“50 点电极法”；
- h) 在“熔点”试验方法中增加了“DSC 法”。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国绝缘材料标准化技术委员会(SAC/TC 51)归口。

**GB/T 13542.2—2009**

本部分负责起草单位：桂林电器科学研究所。

本部分参加起草单位：东材科技集团股份有限公司、江门润田投资实业有限公司、广东佛塑集团股份有限公司、安徽铜峰电子股份有限公司、浙江南洋科技股份有限公司、溧阳华晶电子材料有限公司、桂林电力电容器有限责任公司、西安交通大学。

本部分起草人：王先锋、李学敏、赵平、柯庆毅、唐晓玲、章晓红、丁邦建、钱时昌、李兆林、曹晓珑。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 13541—1992。

# 电气绝缘用薄膜

## 第2部分:试验方法

### 1 范围

GB/T 13542 的本部分规定了电气绝缘用薄膜的试验方法。

本部分适用于电气绝缘用薄膜。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 13542 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 1033.1—2008 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分:浸渍法、液体比重瓶法和滴定法 (ISO 1183-1:2004, IDT)

GB/T 1408.1—2006 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验(IEC 60243-1:1998)

GB/T 1409—2006 测定电气绝缘材料在工频、音频、高频(包括米波波长在内)下电容率和介质损耗因数的推荐方法(IEC 60250:1969, MOD)

GB/T 1410—2006 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法(IEC 60093:1980, IDT)

GB/T 7196—1987 用液体萃取测定电气绝缘材料离子杂质的试验方法(eqv IEC 60589:1977)

GB/T 10006—1988 塑料薄膜和薄片摩擦系数测定方法(idt ISO 8295:1986)

GB/T 10580—2003 固体绝缘材料试验前和试验时采用的标准条件(IEC 60212:1971, IDT)

GB/T 10582—2008 电气绝缘材料 测定因绝缘材料引起的电解腐蚀的试验方法(IEC 60426:2007, IDT)

GB/T 11026.1—2003 电气绝缘材料 耐热性 第1部分:老化程序和试验结果的评定(IEC 60216-1:2001, IDT)

GB/T 11026.2—2000 确定电气绝缘材料耐热性的导则 第2部分:试验判断标准的选择(idt IEC 60216-2:1990)

GB/T 11026.3—2006 电气绝缘材料耐热性 第3部分:计算耐热性特征参数的规程(IEC 60216-3:2002, IDT)

GB/T 11026.4—1999 确定电气绝缘材料耐热性的导则 第4部分:老化烘箱 单室烘箱(idt IEC 60216-4-1:1990)

GB/T 11999—1989 塑料薄膜和薄片耐撕裂性试验方法 埃莱门多夫法(eqv ISO 6383-2:1983)

JB/T 3282—1999 固体绝缘材料相对耐表面放电击穿性能试验方法(eqv IEC 60343:1991)

IEC 60260:1968 非注入式恒定相对湿度试验箱

IEC 61074:1991 用差示扫描量热法测定电气绝缘材料熔融热、熔点及结晶热、结晶温度的试验方法

ISO 4591:1992 塑料 薄膜和薄板 以重量分析技术(重量分析厚度)测定试样的平均厚度和整卷的平均厚度和量度

ISO 4592:1992 塑料 薄膜和薄板 长度和宽度的测定

### 3 取样、预处理条件和试验条件

#### 3.1 取样

从薄膜卷上取样时,应至少先剥去最外三层薄膜,取样时的环境条件同试验条件,并按性能要求进行制样。

#### 3.2 预处理条件

除非产品标准或本部分中个别试验另有规定外,取样前,样品薄膜卷应在  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度  $50\%\pm 5\%$  的条件下至少放置 24 h,取好的试样应在该条件下处理 1 h。

#### 3.3 试验条件

除非产品标准或本部分中个别试验另有规定外,试验应在温度  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $50\%\pm 5\%$ 、环境洁净度不大于 10 000 级的条件下进行。

### 4 厚度

厚度应按产品标准要求采用下列规定中的一种或几种方法进行测定。

#### 4.1 机械法

##### 4.1.1 单层法

###### 4.1.1.1 原理

根据 ISO 4593:1993,用精密千分尺或立式光学计或其他仪器测量单张试样的厚度。

###### 4.1.1.2 测量仪器

薄膜厚度小于  $100\text{ }\mu\text{m}$  时,用立式光学计或其他合适的测厚仪测量。采用直径为 2 mm 的平面测帽或曲率半径为 25 mm~50 mm 的球面测帽。测量压力为 0.5 N~1 N。薄膜厚度大于或等于  $100\text{ }\mu\text{m}$  时,可用千分尺测量。

仪器精度要求:

薄膜厚度小于  $15\text{ }\mu\text{m}$  时,精度不低于  $0.2\text{ }\mu\text{m}$ ;

薄膜厚度大于或等于  $15\text{ }\mu\text{m}$  但小于  $100\text{ }\mu\text{m}$  时,精度不低于  $1\text{ }\mu\text{m}$ ;

薄膜厚度大于或等于  $100\text{ }\mu\text{m}$  时,精度不低于  $2\text{ }\mu\text{m}$ 。

###### 4.1.1.3 测量

沿样品宽度方向切取三条约 100 mm 宽的薄膜(当膜卷宽度小于 400 mm 时,可适当多取几条),试样不应有皱折或其他缺陷。

按 ISO 4593:1993 的要求,测量试样的厚度。在试样上等距离共测量 27 点,两测量点间距不少于 50 mm。对未切边的膜卷,测量点应离薄膜边缘 50 mm,对已切边的卷,测量点应离薄膜边缘 2 mm。

###### 4.1.1.4 结果

取 27 个测量值的中值作为试验结果,并报告最大值和最小值。

#### 4.1.2 叠层法

##### 4.1.2.1 测量仪器

千分尺:精度为  $1\text{ }\mu\text{m}$ ,直径为 6 mm 的平面测帽,测力为 6 N~10 N。

##### 4.1.2.2 测量

薄膜叠层试样的数量为四个,每个叠层试样由 12 层薄膜组成。其制备方法如下:从离膜卷的外表面约 0.5 mm 厚处切取,并沿薄膜样条的长度方向缠绕于洁净的样板(推荐尺寸为:250 mm×200 mm,其中 200 mm 为板的长度方向尺寸)。在测量之前去掉叠层的最外层和最内层(实际测量十层),再进行测量。

#### 4.1.2.3 结果

叠层试样测量厚度除以 10, 得到单层薄膜厚度, 取其平均值作为试验结果, 并报告最大值和最小值。

#### 4.2 重量法(质量密度法)

4.2.1 原理: 按 ISO 4591:1991 中的第 1 部分, 根据测定的质量、面积和密度计算样品的厚度。

##### 4.2.2 测量仪器

分析天平	感量	0.1 mg
钢板尺	分度值	0.5 mm

##### 4.2.3 测量

在薄膜卷上取三片长方形试样, 每片质量约 300 mg。用钢板尺测量试样面积, 用分析天平测量试样质量。按本部分第 5 章规定测量试样的密度。

##### 4.2.4 结果

每个测量值的结果按式(1)计算:

$$h = \frac{10\,000m}{d \cdot s} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$h$ ——试样的厚度, 单位为微米( $\mu\text{m}$ );

$m$ ——试样的质量, 单位为克(g);

$s$ ——试样的面积, 单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ );

$d$ ——试样的实测密度, 单位为克每立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

取三个计算值的中值作为试验结果, 结果取三位有效数字。

#### 4.3 用重量法测定卷的平均厚度

原理: 按 ISO 4591:1991 中的第 2 部分, 根据膜卷的长度、平均宽度和净重以及薄膜的密度计算平均厚度。

#### 4.4 横向厚度分布和纵向厚度变化

待定。

### 5 密度

按 GB/T 1033.1—2008 的规定。

### 6 宽度

按 ISO 4592:1992 中第 2 部分规定测定, 沿样品纵向取 5 m, 使薄膜处于放松状态 1 h 后, 沿纵向等距离测定宽度五次。

记录每一宽度测定值, 取中值作为该卷的宽度。

### 7 卷绕性(偏移/弧形或凹陷)

#### 7.1 原理

用于评定成卷供货的薄膜的变形情况。

薄膜的变形可能有两种形式, 它们会影响以后使用时的绕包性。这两种变形是:

a) 偏移/弧形: 薄膜平整地展开时, 其边缘不呈直线(见图 1);

b) 凹陷: 薄膜的局部面积因受拉伸, 从而会出现低于总平面的凹陷部分(见图 2 和图 3)。

规定两种方法测量变形:

a) 方法 A 适用于窄的薄膜(小于 150 mm), 其变形主要表现为偏移/弧形;

b) 方法 B 适用于较宽的薄膜(大于或等于 150 mm),其变形主要表现为凹陷。

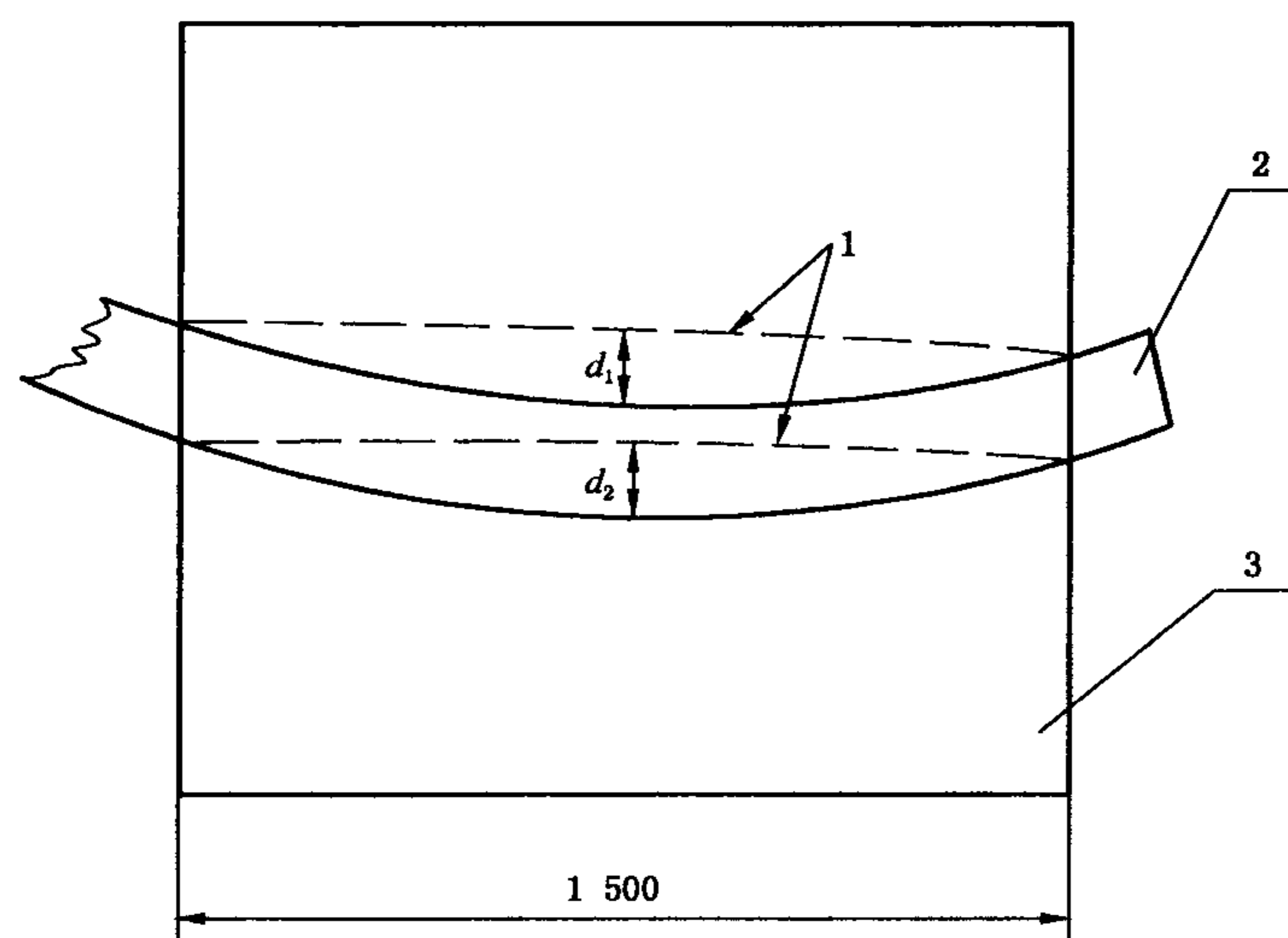
对于很厚的薄膜,由于其变形主要表现为凹陷,因此采用方法 A 测量。若采用方法 B 时,因为薄膜的厚度很厚,使其延伸所需的张力过大而难以实现。

## 7.2 方法 A

### 7.2.1 偏移/弧形的测量

从卷上放出一段薄膜,铺在平面上测量每一边与直线的偏离值(见图 1)。

单位为毫米



- 1——直边;
- 2——试样;
- 3——试验平台。

图 1 卷绕性测定示意图(方法 A 偏移/弧形的测量)

#### 7.2.1.1 设备

平整水平台,其宽度大于被试薄膜宽度,长度为  $1500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$ ,两端不平行度不超过  $0.1^\circ$ (或  $1.8\text{ mm}$  每  $1\text{ m}$  桌宽)。

软刷子;

钢直尺,长度大于  $1525\text{ mm}$ ;

钢板尺,分度为  $1\text{ mm}$ ,长度为  $150\text{ mm}$ 。

#### 7.2.1.2 试样

剥去膜卷最外三层薄膜。取一段约  $2\text{ m}$  长的薄膜作为一个试样,共取三个试样。取样时应缓慢放卷其速度约  $300\text{ mm/s}$ 。

#### 7.2.1.3 程序

将薄膜试样按图 1 所示放置于桌面上。用软刷子从一端起轻压试样,使之与桌面紧密接触,尽可能赶走里面的空气。然后,将钢直尺压在薄膜的一边相距  $1500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$  的两个点上,用钢板尺测量薄膜该边缘与钢直尺之间的最大距离  $d_1$ 。再将钢直尺压在薄膜的另一边相距  $1500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$  的两个点上,用钢板尺测量薄膜该边缘与钢直尺之间的最大距离  $d_2$ 。

用另两个试样重复上述过程。

#### 7.2.1.4 结果

试样的偏移/弧形为  $d_1$  与  $d_2$  之和,单位为毫米(mm)。

取三次测定的中值作为试验结果,结果取两位有效数字。

### 7.2.2 凹陷的测量

从卷上放出一段薄膜,在规定的条件下,垂直放置于二平行辊上,测量与标准垂直直线之间的偏离

值(见图 2)。

#### 7.2.2.1 设备

在一个刚性机架上,装有两个平行的、能自由转动的金属辊,每个辊的直径为  $100\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ ,其长度应大于被试薄膜的最大宽度。两辊的轴线应位于同一水平面,且相互间的不平行度不大于  $0.1^\circ$ (即  $1.8\text{ mm}$  每  $1\text{ m}$  辊长),两辊相距  $1\,500\text{ mm}\pm 15\text{ mm}$ 。辊面圆柱度为  $0.1\text{ mm}$ ,表面粗糙度  $Ra$  为  $1.6\text{ }\mu\text{m}$ (见图 2)。机架上设有一个装置,能将试薄膜卷固定在其中一个金属辊的正下方,使薄膜卷的轴线与上方的金属辊平行(不平行度为  $1^\circ$  以内),且薄膜的横向位置可随意调节,放卷时张力可调。在机架的另一端从第二辊子自由悬挂下来的薄膜上装一重物或弹簧夹,其重量或弹簧力及在薄膜上的位置可调,使薄膜横向承受产品标准中规定均匀的张力。

为了测量沿两辊中间的一条直线薄膜低于两辊平面的距离,需要一把长的钢直尺(长度在  $1\,525\text{ mm}$  以上)和刻度为  $1\text{ mm}$  的钢板尺。也可采用其他装置,自动或半自动记录薄膜的位置。

#### 7.2.2.2 试样

剥去膜卷最外三层薄膜。取一段约  $2\text{ m}$  长的薄膜作为一个试样,共取三个试样。取样时应缓慢放卷,其速度约  $300\text{ mm/s}$ 。

#### 7.2.2.3 程序

将薄膜试样放在设备的两辊子上,把薄膜的自由端夹于张力装置中,调节张力至产品标准中规定值。当薄膜经过第二辊子时要调节薄膜的横向位置,使薄膜在两辊中间近似为水平。

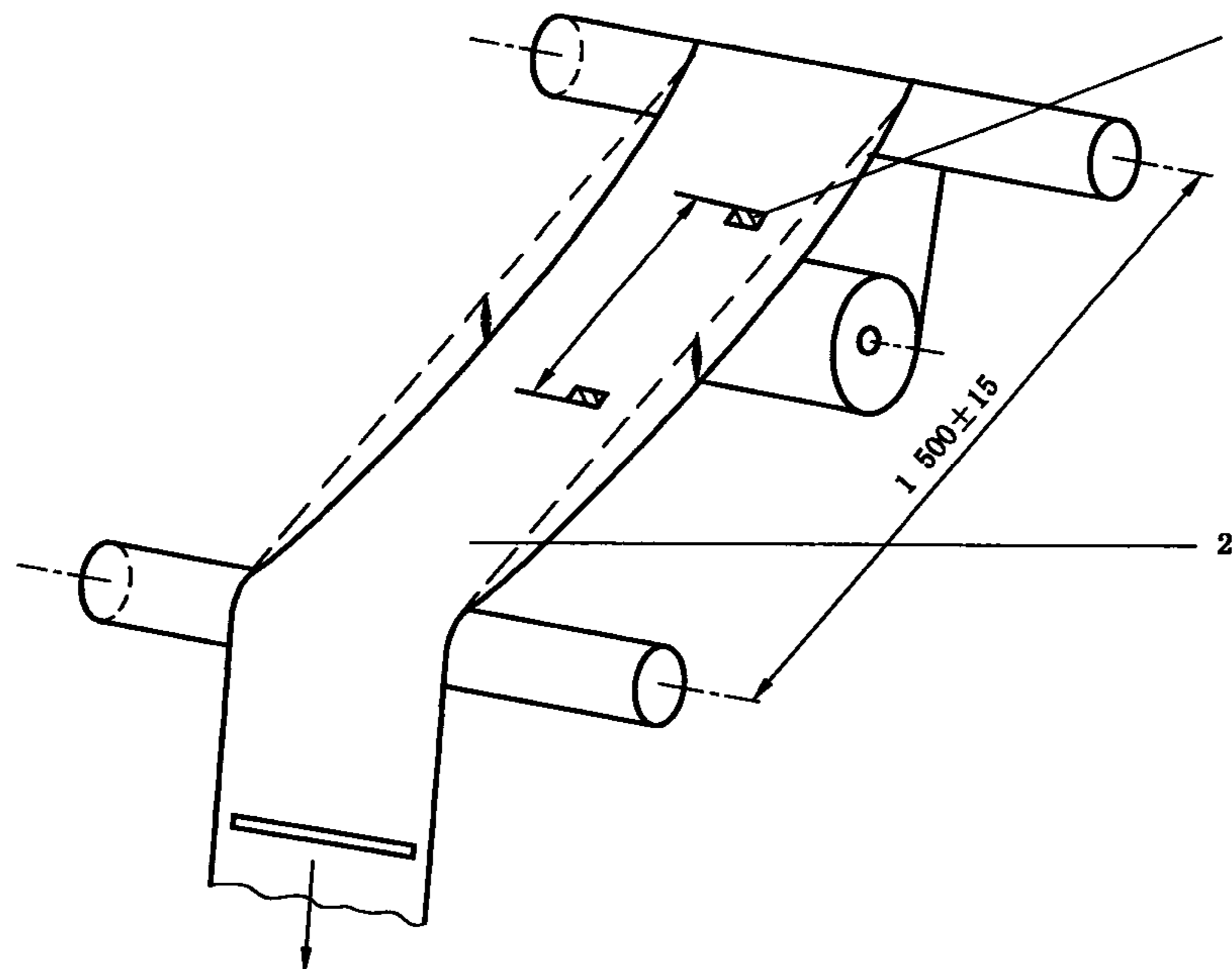
将长钢直尺放在两平行辊上,用钢板尺测量长钢直尺与薄膜最大距离,准确至  $1\text{ mm}$ (见图 3),作为该次试验的凹陷值,或用其他合适的装置进行测量。

另用两个试样重复上述过程。

#### 7.2.2.4 结果

取三次测定的中值作为试验结果,并报告另两个值,结果取两位有效数字,单位为毫米(mm)。

单位为毫米

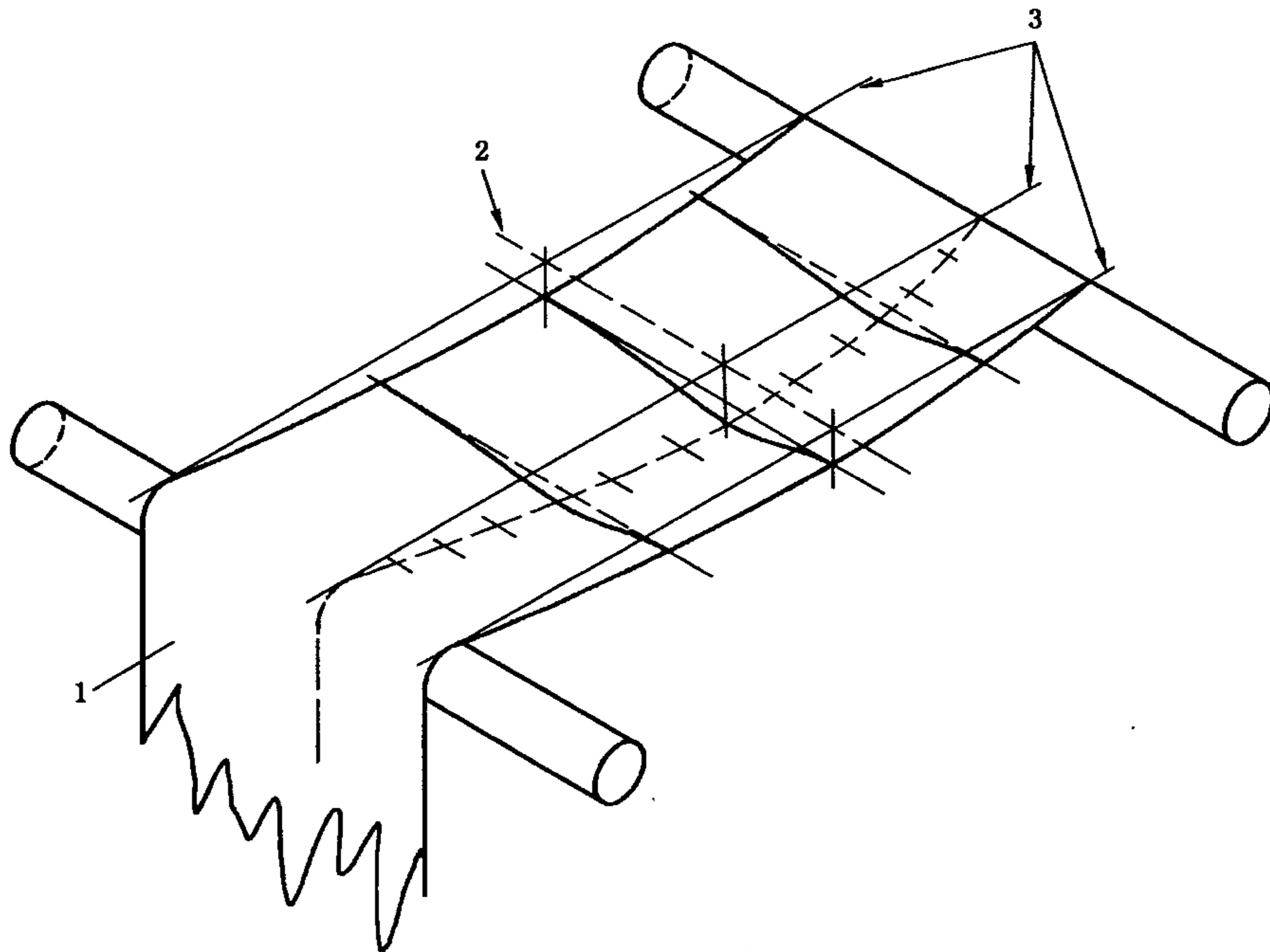


1——标记线;

2——试样。

图 2 卷绕性测定示意图(方法 A 偏移/弧形的测量及方法 B 偏移/弧形、凹陷的测量)





- 1——伸长范围；
- 2——测量尺位置；
- 3——直边位置。

图 3 卷绕性测定示意图(凹陷的测量)

### 7.3 方法 B

#### 7.3.1 偏移/弧形、凹陷的测量

用一次测量来评定凹陷和偏移/弧形的总值。放出一段薄膜,在规定条件下放置在二个平行辊上,使薄膜的纵向与辊轴垂直,张紧薄膜直至无可见的凹陷和偏移/弧形,测定这种状态下薄膜的伸长。

#### 7.3.2 设备

同 7.2.2.1。

合适的自粘性标签。

#### 7.3.3 试样

剥去膜卷最外三层薄膜,取一段约 2 m 长的薄膜作为一个试样,共取三个试样,取样时应缓慢放卷其速度约 300 mm/s。

#### 7.3.4 程序

将薄膜试样放置在设备的两辊子上,用手轻拉薄膜,移动薄膜的自由端,使在辊子之间的薄膜尽可能地平,然后把自由端夹在张紧装置中,调节张力至  $1.0 \text{ MPa} \pm 0.2 \text{ MPa}$ (以薄膜的标称厚度和宽度计算)。

在薄膜出现最小凹陷且平行于薄膜边缘的一条直线上用自粘性标签作两个标记(相距 1 000 mm 和 1 100 mm 之间),用钢直尺测量两标记之间的距离,准确到  $\pm 0.5 \text{ mm}$ 。

增加作用于薄膜上的张力直至:

- a) 薄膜基本上是平整的;
- b) 以钢直尺为基准,薄膜每一边都是直的(偏差在 0.5 mm 以内);
- c) 以钢直尺为基准,任一点的凹陷不超过 7.5 mm。

用钢直尺测量在此张力下两参考标记之间的距离,以薄膜的伸长占两标记间起始距离的百分数表示。

另用两个试样重复上述过程。

### 7.3.5 结果

凹陷和偏移/弧形的总值以三次测量值的中值表示,并报告另两个值。

## 8 表面粗糙度

表面粗糙度按以下规定进行。

### 8.1 测量原理

薄膜经粗化后,形成微小的凹凸不平的表面,利用仪器的触针(或探头)在薄膜表面上移动,从而测出薄膜的平面粗糙度  $R_a$ 。

### 8.2 试验仪器和用品

- a) 能满足薄膜试样的平均粗糙度测试范围及精度要求的表面粗糙度测试仪器的均可使用,仪器误差不大于 $\pm 10\%$ 。
- b) 丙酮少许及端部包有脱脂棉花的棉签。

### 8.3 试样

从样品上纵、横向各取三块试样,其尺寸以能完全覆盖与仪器配套的测试小平面为准。试样表面必须洁净,无损伤、折皱。

### 8.4 程序

用棉签蘸上丙酮清洗仪器的测试平面。将试样放在仪器的测试平面上,试样要完全贴紧平面,无气泡存在。试样的被测面朝向测试触针,读出三块试样纵、横向六个  $R_a$  的数值。

### 8.5 结果

薄膜的表面粗糙度以三个试样的六个  $R_a$  的算术平均值表示,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

## 9 摩擦系数

按 GB/T 10006—1988 的规定。

## 10 湿润张力(聚烯烃薄膜)

### 10.1 原理

表面张力逐渐增加的一系列有机混合液滴,当它们达到一定浓度时,具有对薄膜表面湿润的能力。由于在空气存在下,薄膜与相应的混合液滴相接触的湿润张力是空气-薄膜和薄膜-液体两者界面的表面能的函数,从而在液体试剂或薄膜表面有任何的微量活性杂质会影响测定结果,因此,不应触摸或擦拭被试薄膜表面,所用设备必需干净,试剂应为分析纯。

### 10.2 设备

- 长约 150 mm 的棉签;
- 两个 50 mL 量杯;
- 贴有标签的 100 mL 带盖瓶。

### 10.3 试剂

用分析纯甲酰胺( $\text{HCONH}_2$ )和分析纯乙二醇单乙醚( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$ )按表 1 中的配比制备混合液。

如有要求,可在表 1 中所列的每种混合液中加入极少量的高着色性染料。所用染料的颜色应能使液滴在聚烯烃薄膜表面清晰可见,而且,染料的化学组份对测量混合液的湿润张力绝无影响。

对混合液的表面张力每周应校核一次,实验室常用的表面张力测定方法均可采用。虽然所列出的混合液相对比较稳定,但还应避免放置在温度高于  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ,相对湿度大于  $70\%$  的场合。

注 1: 乙二醇单乙醚和甲酰胺均有毒,操作时应适当注意。因甲酰胺直接接触到眼睛特别危险,在配制混合液时,应戴上防护眼镜,应遵守相关安全法。

表 1 测量聚乙烯和聚丙烯薄膜湿润张力时所用的乙二醇单乙醚、甲酰胺混合液的体积分数

甲酰胺体积分数/%	乙二醇单乙醚体积分数/%	湿润张力(mN/m)
0	100.0	30
2.5	97.5	31
10.5	89.5	32
19.5	81.0	33
26.5	73.5	34
35.0	65.0	35
42.5	57.5	36
48.5	51.5	37
54.0	46.0	38
59.0	41.0	39
63.5	36.5	40
67.5	32.5	41
71.5	28.5	42
74.7	25.3	43
78.0	22.0	44
80.3	19.7	45
83.0	17.0	46
87.0	13.0	48
90.7	9.3	50
93.7	6.3	52
96.3	3.7	54
99.0	1.0	56

#### 10.4 试样

剥去薄膜卷最外三层薄膜,沿薄膜整个宽度取样,取样时应不要触摸薄膜试样被试部分的表面。

#### 10.5 程序

用混合液中的一种沾湿棉签的顶部。液量尽可能少,因试剂过多会影响结果。

把液体轻轻洒在试样所选定的部位上约  $6.5 \text{ cm}^2$  (直径约 25 mm),不要试图去覆盖再大的面积,以免在有效面积液体不足,记下在薄膜上形成连续液面到分裂成液滴所需的时间。如果保持连续液面在 2 s 以上,则换用表面张力更高的混合液进行试验。如果保持连续液面不到 2 s 就分裂成液滴,则用表面张力更低一些的混合液进行试验。当混合液在试样上保持连续液面为 2 s 时,则认为这种混合液湿润了试样。能保持连续液面 2 s 所用混合液的表面张力称为该聚烯烃薄膜试样的湿润张力,以 mN/m 表示。为防止溶液污染,每次均应换用一根干净的棉签。应在试样的 1/4, 1/2, 3/4 宽度位置上进行试验。

#### 10.6 结果

取三个测量值的中值作为试验结果。

如果三个测量值之间差值大于 2.0 mN/m,则应再试验六个,用九个测量值的中值作为试验结果,并报告个别值。

## 11 拉伸强度和断裂伸长率

### 11.1 试验仪器

合适量程的材料试验机,装有一对夹具用以夹住试样。在施加拉伸负荷时,夹具能以产品标准规定的速度彼此分离,试验机的拉伸负荷和伸长率的示值的相对误差不大于1%。

### 11.2 试样

沿薄膜的纵向和横向分别取长约200 mm、宽15 mm±1 mm的试样各五条。试样宽度的测量精度不低于0.15 mm。在试样中部标出两个相距至少50 mm的标记线,如产品标准对试样尺寸另有规定,则按产品标准定。按4.1.1所述方法,在每条试样的标线间测量三点厚度,取其中值作为试样厚度。

### 11.3 程序

测量试样标线间的长度,精确到1 mm。调节夹具间距离到产品标准规定的值。将试样平直地夹于两夹具间,使其拉伸时不在夹具内滑移,且不受夹具的机械损伤。安装伸长仪,使伸长仪的两夹口与试样上的两标线重合,伸长仪夹口不应对试样产生损伤或畸变。按产品标准规定的拉伸速度施加负荷直至试样断裂,记录最大负荷和试样断裂时两标线间的伸长。如试样在夹口处断裂(不包括在标记线外断裂),该试验数据无效,应重新另取一个试样进行试验。

也可采用测量夹口间距离的增加来计算试样的断裂伸长率,但有争议时仍以标线间试样伸长计算所得的断裂伸长率为准。

### 11.4 试验结果

$$\sigma = \frac{p}{b \cdot h} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $\sigma$ ——拉伸强度,单位为兆帕(MPa);
- $p$ ——最大负荷,单位为牛顿(N);
- $h$ ——试样厚度,单位为毫米(mm);
- $b$ ——试样宽度,单位为毫米(mm)。

$$e = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $e$ ——断裂伸长率,单位为百分率(%);
- $L_1$ ——未拉伸时试样两标线间距离,单位为毫米(mm);
- $L_2$ ——试样断裂时两标线间的距离,单位为毫米(mm)。

分别取纵向和横向的五个计算值的中值作为试验结果,并报告每个方向的最大值和最小值。拉伸强度结果取三位有效数字;断裂伸长率结果取两位有效数字。

## 12 边缘撕裂性

### 12.1 试验仪器

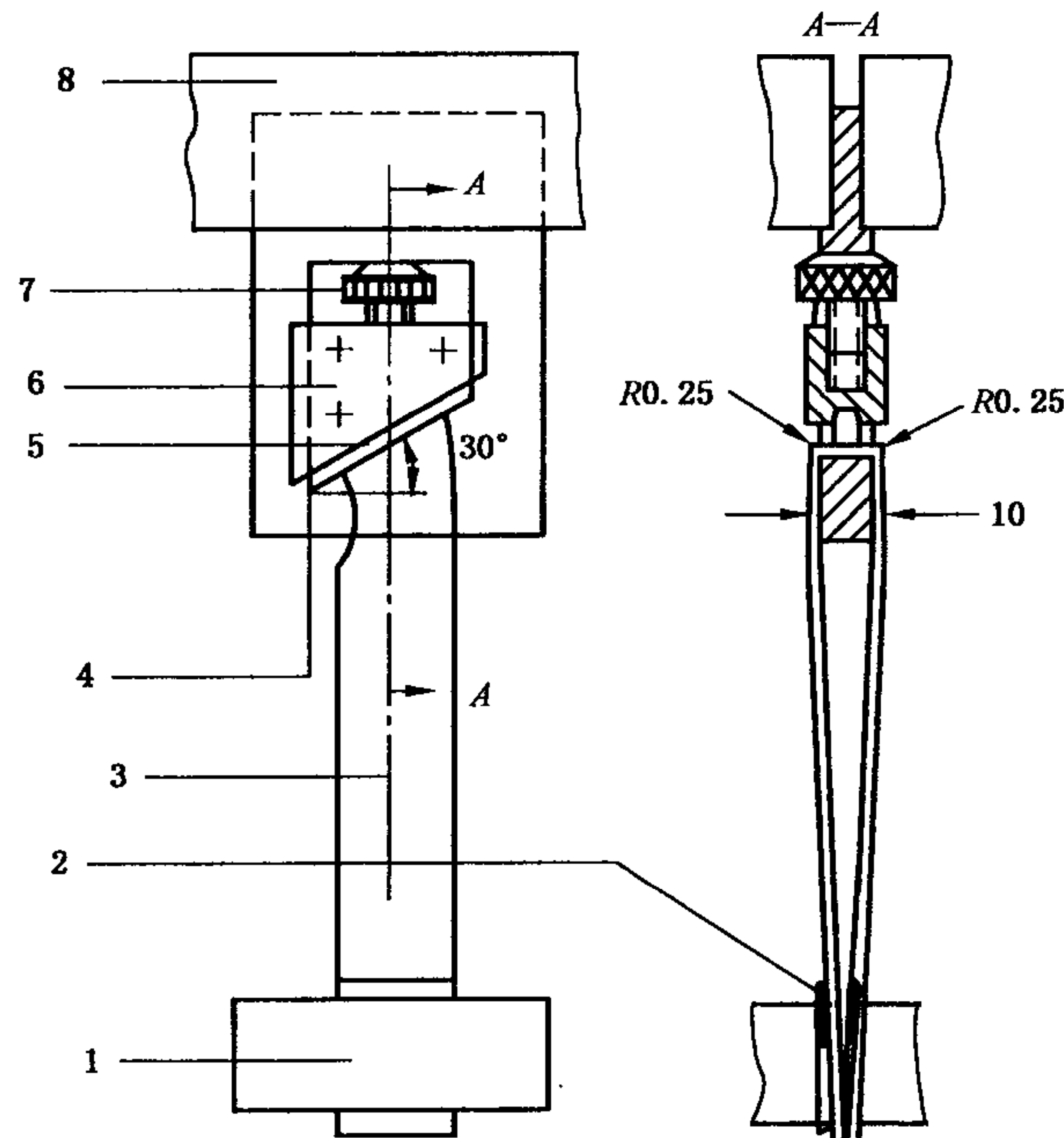
同11.1所述材料试验机,并附有图4所示夹具。

### 12.2 试样

沿薄膜纵、横向分别取长约300 mm、宽度为15 mm的试样各五个。

### 12.3 程序

把试样插入固定在试验机上夹头的试验夹具的斜槽中,试样两端夹在试验机下夹头中(见图4)。调节螺丝使橡胶垫轻轻压住试样以防在斜槽中滑动。从开始施加拉伸负荷到试样撕裂破坏的时间应在20 s±5 s内,读取试样边缘开始撕裂的力。



- |         |          |
|---------|----------|
| 1——下夹头； | 5——橡胶垫条； |
| 2——衬垫；  | 6——滑块；   |
| 3——试样；  | 7——螺丝；   |
| 4——斜槽；  | 8——上夹头。  |

图 4 边缘撕裂性试验示意图

#### 12.4 试验结果

分别取纵、横向五个测量值的中值作为纵、横向边缘撕裂性的试验结果,结果取三位有效数字。

#### 13 内撕裂性

按 GB/T 11999—1989 的规定。

#### 14 挺度

利用定角柔软性测定仪,通过试样因受自重而产生弯曲来测定其柔软性。把一长条试样放置于水平平台上并垂直于平台的一边,试条伸出平台至规定长度(由产品标准规定),记录其伸出部分下垂到水平面以下  $41^{\circ}30'$  时的时间。

#### 15 表面电阻率

按 GB/T 1410—2006 进行,采用测量电极直径为 50 mm,间隙为 2 mm 的三电极系统,电极材料可选用真空镀膜、导电橡皮、油贴铝箔。试验电压、电化时间及试样数量按产品标准规定。

#### 16 体积电阻率

##### 16.1 方法 1 接触电极法

按 GB/T 1410—2006 进行,采用测量电极直径为 25 mm,高压电极直径为 27 mm 的两电极系统,电极材料可选用真空镀膜、导电橡皮、油贴铝箔。试验电压、电化时间及试样数量按产品标准规定。

##### 16.2 方法 2 模型电容器法

适用于卷绕电容器介质用薄膜或对方法 1 来说更薄的薄膜。

##### 16.2.1 设备

高阻计:可测电阻  $10^{13} \Omega$  及以上;

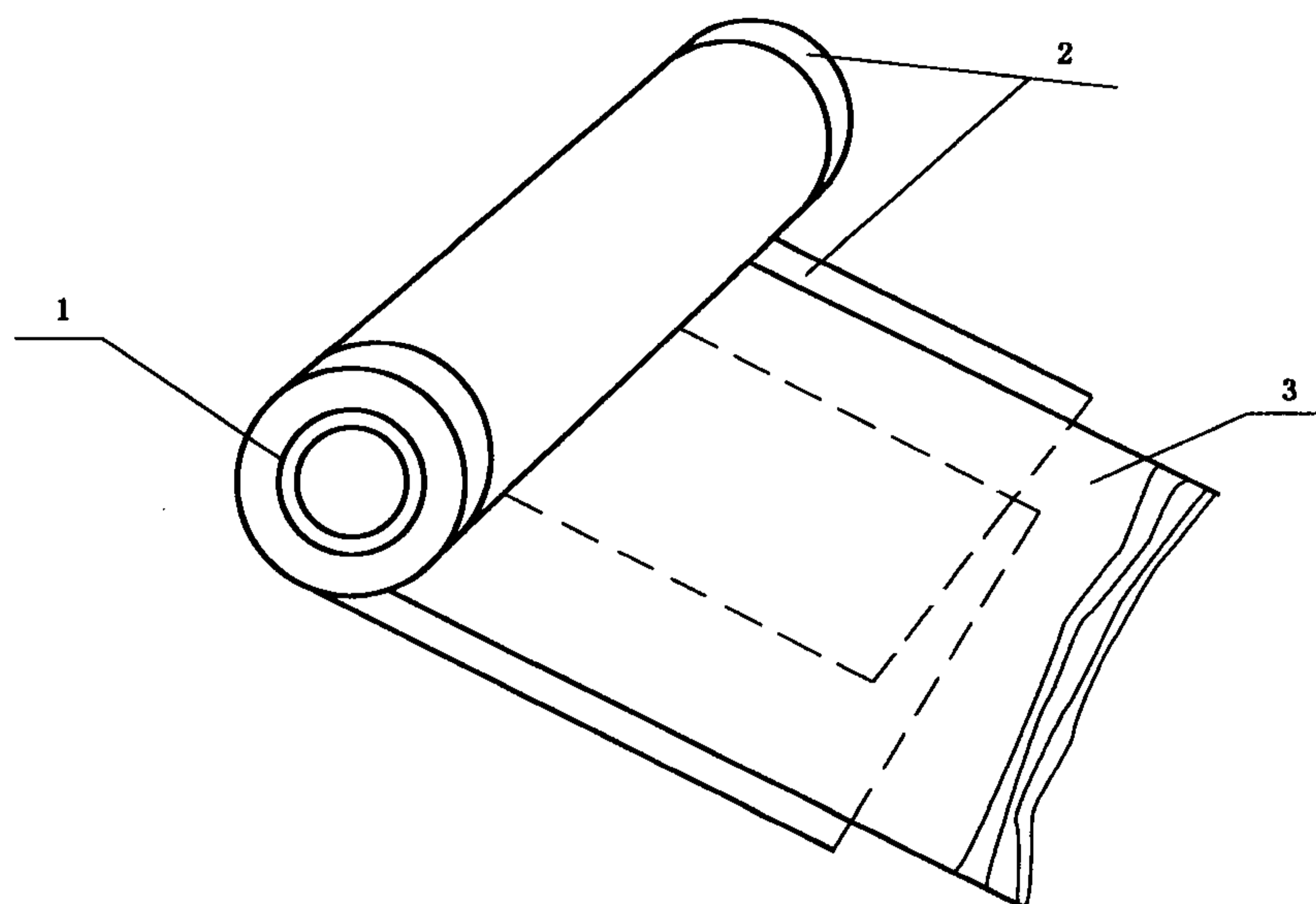
电容测试仪:可测试样电容为  $0.5 \mu\text{F}$  左右的仪器;

卷制机:能卷绕模型电容器,对薄膜可施加  $2.5 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$  的卷绕张力。

### 16.2.2 试样

试样为卷在硬绝缘管芯上的模型电容器元件,采用铝箔突出型结构,介质为单层被试薄膜,电容量为  $0.5 \mu\text{F} \pm 0.1 \mu\text{F}$ 。

模型电容器元件如图 5 所示。



- 1——绝缘管芯;  
2——铝箔电极;  
3——薄膜。

图 5 测量体积电阻率用模型电容器试样结构示意图

在被试薄膜卷上分切  $60 \text{ mm} \sim 80 \text{ mm}$  宽的薄膜卷两卷。将厚度约为  $7 \mu\text{m}$  的退火铝箔分切成  $60 \text{ mm} \sim 80 \text{ mm}$  宽的铝箔卷两卷。然后将它们安装在卷制机上,并调好它们之间的相对位置。在绝缘硬管芯上卷绕元件(绝缘硬管芯的外径约为  $20 \text{ mm}$ ,内径以与卷制机收卷轴配合适宜为准,绝缘硬管芯的绝缘电阻应大于  $10^{13} \Omega$ ),试样数量为三个。

### 16.2.3 程序

#### 16.2.3.1 测量电阻值

将元件两边突出的铝箔电极分别接到高阻计的高压端和测试端,测量试样的电阻值,其中测量电压为  $100 \text{ V} \pm 10 \text{ V}$ ,电化时间为  $2 \text{ min}$ 。

#### 16.2.3.2 测量电容值

用工频(或音频)电桥或电容仪测量试样的电容值  $C$ 。

### 16.2.4 结果

体积电阻率可以用式(4)来计算:

$$\rho_v = \frac{C \cdot R}{\epsilon_r \cdot \epsilon_0} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$C$ ——工频(或音频)下的试样的电容值,单位为皮法(pF);

$R$ ——试样电阻测量值,单位为欧姆( $\Omega$ );

$\rho_v$ ——试样体积电阻率,单位为欧姆米( $\Omega \cdot \text{m}$ );

$\epsilon_r$ ——被试薄膜的电容率的理论值;

$\epsilon_0$ —— $8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ 。

取三个试样的体积电阻率的中值作为试验结果,取两位有效数字。

## 17 介质损耗因数和电容率

覆盖频率范围为 50 Hz 至 100 MHz,并推荐三种试验方法,有争议时采用不接触电极法。

### 17.1 方法 1 接触电极法

试验应按 GB/T 1409—2006 进行,除非产品标准中另有规定,试验频率由供需双方商定,试验温度为  $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在低频和对厚的薄膜,通常在由一层薄膜组成的试样上进行测量。然而,已发现在频率高于 1 MHz,对非常薄的薄膜,采用多层的薄膜测量更合适、更准确。此时应通过压力装置排除迭层中空气,试样平均厚度测量见 4.2.2。

#### 17.1.1 样品和试样操作处理

取样应按产品标准进行,应不改变材料状态和条件。

应小心处置样品和试样以避免其受到污染、刮伤和落上指纹。

除产品标准中另有规定外,应至少试验三个试样。

#### 17.1.2 测量前样品条件处理

测量前的任何条件处理应按产品标准或按供需双方商定的其他条件处理。

推荐试样在“收货”状态并经干燥大气条件处理后测量。

注 1:湿度对薄膜材料的性能影响显著,GB/T 10580—2003 给出了固体电气绝缘材料试验前和试验时采用标准条件。IEC 60260:1968 给出了与多种盐溶液有关的相对湿度。

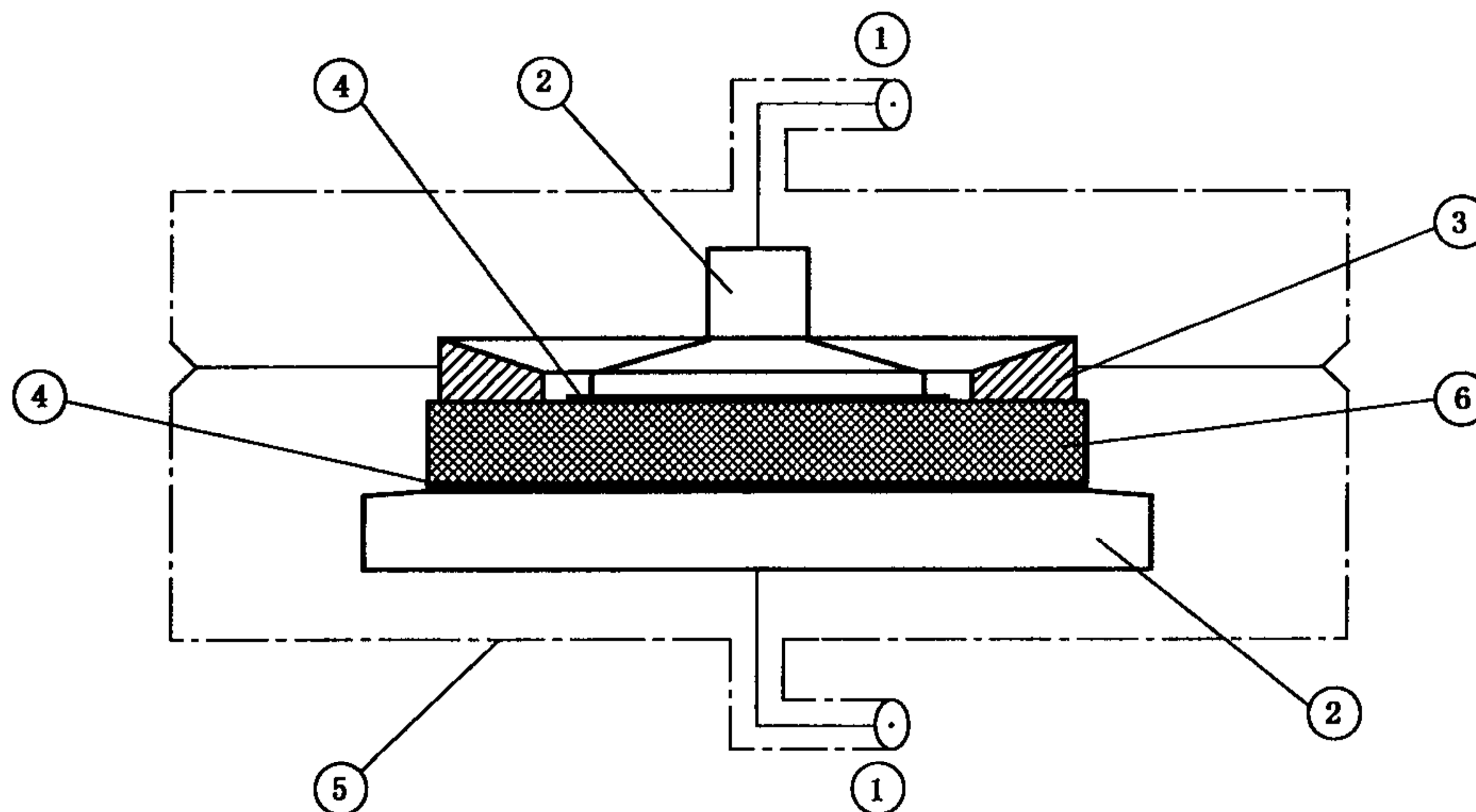
注 2:热、机械应力、核辐射、X-射线等对薄膜材料性能影响也显著,可用所述方法评估这些影响大小。

对带有涂漆、蒸发或喷镀电极的样品,在使用了这些电极之后,要一起经过条件处理,因为涂漆和真空处理将大大影响材料含水量。这些类型的电极或多或少会渗透水分,但是,如果应用这样电极,要查看在相关产品标准规定的时间内试样是否真正已经与条件处理大气达到平衡。

注 4:可通过不同周期条件处理后一系列对比试验来实现。

#### 17.1.3 接触式电极测量

对于频率最高约 50 Hz 的薄膜测量,应采用三电极系统,典型示例见图 6。

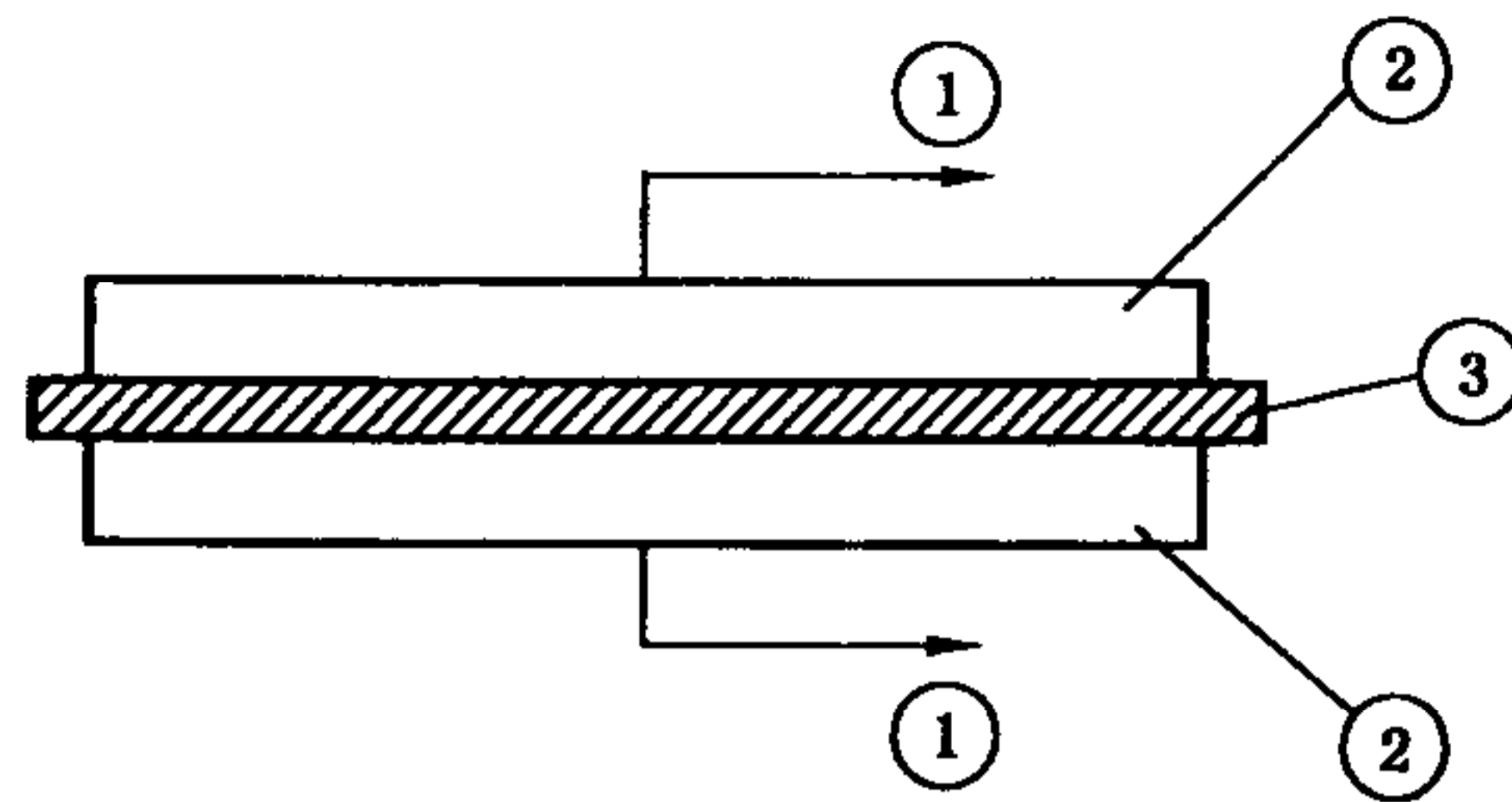


- 1——接到测量系统的屏蔽连接;
- 2——背托电极;
- 3——保护电极;
- 4——内电极;
- 5——屏蔽箱(罩);
- 6——试样。

注:为了有助于对准电极,推荐小的那个内电极直径稍大于与其对应的背托电极直径。

图 6 低频(最大 50 kHz)测量的三电极系统

对于更高频率下的测量,应采用两电极系统,典型示例见图 7。



- 1——接到测量系统的短的硬直连接;  
2——圆形的等直径同轴电极;  
3——薄膜材料。

图 7 高频(50 kHz 以上)测量的两电极系统

内电极应由能与试样表面良好接触并且不会导致因接触电阻或污染试样而引起明显误差的材料组成。

注:应用非接触电极方法进行高频下的损耗因数测量可能更准确,这是因为由内电极产生的介质损失随频率而增加的缘故。

在试验条件下,电极材料应能耐腐蚀。这些电极应与背托电极一起使用。

如果测量非常薄的薄膜(2 μm 或更薄),为了避免在背托电极定位时破坏试样,背托电极可衬有一层铝箔。

建议确定电极是否影响测试结果,可以通过应用两种不同类型电极,然后对其结果进行比较而实现。

#### 17.1.4 电极材料

##### 17.1.4.1 蒸发或真空喷镀金属

只要样品材料不受真空处理或离子辐射产生较大影响,大多数推荐的电极类型是由蒸发或真空喷镀金属制成的,通常铝、银或金也可用做电极材料。镀层厚度约为 150 nm 的金属膜,可在电气性能方面展现出最好结果,并且在金属沉积过程中对样品材料产生最低的应力。应用遮框制造电极具有非常精确的边缘,且遮框可重复使用。

蒸发之前,箱内真空度应为  $5.25 \times 10^{-3}$  mPa 或更低。在蒸发过程中,成膜速率大约为 1 nm/s。

通过产生电极的材料的蒸发,借助电容器在其上放电而形成的电极沉积,通常是一种不受控制的短暂过程。

喷镀电极在喷镀过程中施加于样品上的应力、质量和性能取决于气体选择、反应箱内的气体压力、施加电压和样品在反应箱内的位置。建议按所选择喷镀设备选定条件的最佳参数。

金属化试样不能在金属化后立即测量,例如,由于需要暴露于大气条件处理一段时间,应注意把电极腐蚀的影响降低到最小程度。在这种情况下,推荐使用蒸发的金电极,这对低损耗因数的材料,如对聚丙烯特别重要。

##### 17.1.4.2 导电银漆

可以使用高导电银漆作为电极,使用前最好要确认漆中溶剂不会影响到样品的性能,并用遮框涂敷电极,以确保电极尺寸精度。

##### 17.1.4.3 金属箔

薄金属箔电极可由铅、锡、铝、银或金制造,并通过少量石油润滑脂或硅脂把这些电极粘附着于样品表面上。

不推荐硅脂作为测量带有低损耗因数材料时用,因为这些硅脂在某些频率和温度下,呈现出很高的损耗因数。它们主要是应用于高温测量,因为高温下,石油润滑脂黏度很低。发现,较高分子量、低损耗的烯烃类脂是更适合的。



当使用金属箔电极时应施加平稳压力以消除空气和皱折。可以用薄绢纸把多余的脂擦净,涂在薄膜上的脂应尽可能的薄,此时其厚度相对试样厚度来说才是很小的。

### 17.2 方法2 非接触式电极测量

在接近环境温度下进行测量,采用非接触电极测量,对非常薄的试样或损耗很小或需要在高频下测量时是非常准确的。

#### 17.2.1 空气替代法

##### 17.2.1.1 变间距法

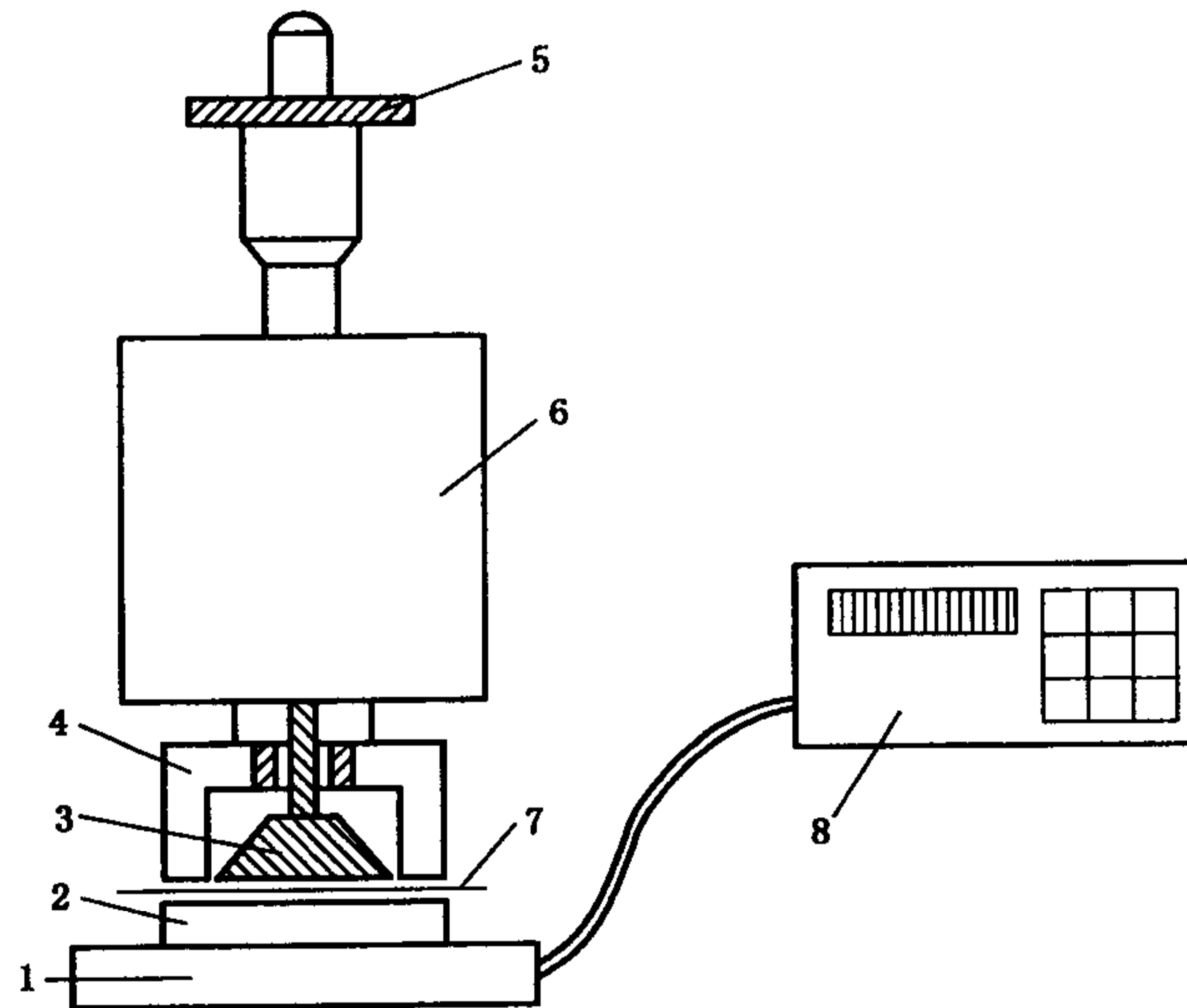
###### 17.2.1.1.1 原理

将试样插入被保护电极系统内,该系统中电极间距是可调的,试样与电极之间留有小的空气间隙以确保试样不受机械应力作用下测量该组合的电容与介质损耗因数。

除去试样,调整电极间距至给出的电容读数与有试样时测得的电容相同,此时再次测量电极间距及介质损耗因数。

###### 17.2.1.1.2 电极结构

如图8所示。



- 1——底座;
- 2——下电极;
- 3——测量极;
- 4——保护极;
- 5——电极升降旋扭;
- 6——传动轴箱体;
- 7——试样;
- 8——数显表。

图8 不接触电极结构原理图

###### 17.2.1.1.3 测量电桥

用不接触电极测量薄膜材料所用的电桥应具有很高的精度和灵敏度,损耗因数测量精度不小于 $1 \times 10^{-6}$ ,测量电压小于250 V,测试频率为工频或音频。

###### 17.2.1.1.4 试样

试样为平整的单层或多层薄膜,试样的大小应能覆盖整个测量电极表面,共取三个试样。

###### 17.2.1.1.5 程序

对不干净的试样进行酒精漂洗以除去试样表面的污物、灰尘、静电等。漂洗完之后将试样取出,晾干并压平。

在试验之前,应先清洁电极测量表面,用酒精或丙酮擦洗表面,然后用干净的绸布擦干。电极间杂质可用干燥氮气清洁,如果电极长久不用,还应先用金相砂纸将电极表面的污物磨去,然后再用酒精或丙酮擦洗干净。电极清洁处理完毕之后,将电极间距粗调至测试时的位置,此时测量空电极的损耗因数应基本为零,否则要继续清洗电极,直至损耗因数基本为零。

将平整干净的试样放入上、下电极之间,试样应覆盖整个测量电极表面,然后将电极调到合适的间距,上下电极之间的间距应以试样占间距的80%左右时为宜。即轻轻抽动试样,应保证试样能自由抽出而不致移动上下电极间的相对位置。

接好测量引线,平衡电桥,测量并记录此时的介质损耗因数值和电极间距。

轻轻抽出试样,调整电极间距至给出的电容读数与有试样时测得的电容相同,测量并记录此时的介质损耗因数值和电极间距。

按4.1规定测量试样厚度。

#### 17.2.1.1.6 结果

采用不接触电极法测 $\epsilon_r$ 和 $\tan\delta$ ,改变电极间的间距,而不改变电桥电容的测量方式时,其计算公式为:

$$\epsilon_r = \frac{t_g}{t_g - \Delta t} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$\epsilon_r$ ——材料的相对电容率;

$t_g$ ——试样叠层的厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ );

$\Delta t$ ——有无试样时测微计测得的两个电极间间距值之差,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

$$\tan\delta = \Delta\tan\delta \frac{t_2}{t_g - \Delta t} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$\tan\delta$ ——材料介质损耗因数;

$\Delta\tan\delta$ ——有无试样时测得的两个介质损耗因数值之差;

$t_2$ ——无试样时由测微计测得的电极间的间距值,单位为微米( $\mu\text{m}$ );

$t_g$ ——试样叠层厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ );

$t$ ——有无试样时由测微计测得的两个电极间间距值之差,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

取三个试样计算值的中值作为结果,取两位有效数字。

#### 17.2.1.2 变电容法

##### 17.2.1.2.1 原理

将试样插入被保护电极系统内,试样与电极之间留有小的空气间隙以确保试样不受机械应力作用的情况下测量该组合的电容与介质损耗因数。

除去试样,电极间距不改变,调节电容使电桥平衡读数,再次测量介质损耗因数值。

##### 17.2.1.2.2 电极结构

如图8所示。

##### 17.2.1.2.3 测量电桥

用不接触电极测量薄膜材料所用的电桥应具有很高的精度和灵敏度,损耗因数测量精度不小于 $1 \times 10^{-6}$ ,测量电压小于250 V,测试频率为工频或音频。

##### 17.2.1.2.4 试样

试样为平整的单层或多层薄膜,试样的大小应能覆盖整个测量电极表面,共取三个试样。

##### 17.2.1.2.5 程序

对不干净的试样进行酒精漂洗以除去试样表面的污物、灰尘、静电等。漂洗完之后将试样取出,晾

干并压平。

在试验之前,应先清洁电极测量表面,用酒精或丙酮擦洗表面,然后用干净的绸布擦干。电极间杂质可用干燥氮气清洁,如果电极长久不用,还应先用金相砂纸将电极表面的污物磨去,然后再用酒精或丙酮擦洗干净,电极清洁处理完毕之后,将电极间距粗调至测试时的位置。此时测量空电极的损耗因数应基本为零,否则要继续清洗电极,直至损耗因数基本为零。

将平整干净的试样放入上、下电极之间,试样应覆盖整个测量电极表面。然后将电极调到合适的间距,上下电极之间的间距应以试样占间距的 80% 左右时为宜。轻轻抽动试样,应保证试样能自由抽出而不致移动上下电极间的相对位置。

接好测量引线,平衡电桥,测量并记录此时的电容  $C_1$  和介质损耗因数值  $\tan\delta_1$  以及电极间距  $t_0$ 。

轻轻抽出试样,保证上下电极间的相对位置不变。平衡电桥测量并记录空电极的电容  $C_2$ 、介质损耗因数值  $\tan\delta_2$ 。

按 4.1 规定测量试样厚度  $t_g$ 。

#### 17.2.1.2.6 结果

采用不接触电极法测量  $\epsilon_r$  和  $\tan\delta$ ,改变电桥电容,而不改变电极间的间距的测量方式时,其计算公式为

$$\epsilon_r = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times \frac{t_0}{t_g}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $\epsilon_r$ ——材料的相对电容率;
- $C_1$ ——有试样时测得的电容值,单位为微法( $\mu\text{F}$ );
- $C_2$ ——无试样时测得的电容值,单位为微法( $\mu\text{F}$ );
- $t_0$ ——电极之间的间距,单位为微米( $\mu\text{m}$ );
- $t_g$ ——试样叠层厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

$$\tan\delta = \tan\delta_1 + \epsilon_r \times \Delta\tan\delta \times \left(\frac{t_0}{t_g} - 1\right) \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- $\tan\delta$ ——材料的介质损耗因数;
- $\tan\delta_1$ ——有试样时测得的介质损耗因数值;
- $\Delta\tan\delta$ ——有无试样时测得的两个介质损耗因数值之差;
- $\epsilon_r$ ——材料的相对电容率;
- $t_0$ ——电极之间的间距,单位为微米( $\mu\text{m}$ );
- $t_g$ ——试样叠层厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

取三个试样计算值的中值作为结果,取两位有效数字。

#### 17.2.2 流体排出法

按 GB/T 1409—2006 的 5.1.2.2.2 规定进行室温下介电常数的测量。

#### 17.3 方法 3 模型电容器法

适用于卷绕电容器介质用薄膜或对方法 1 来说太薄的薄膜。

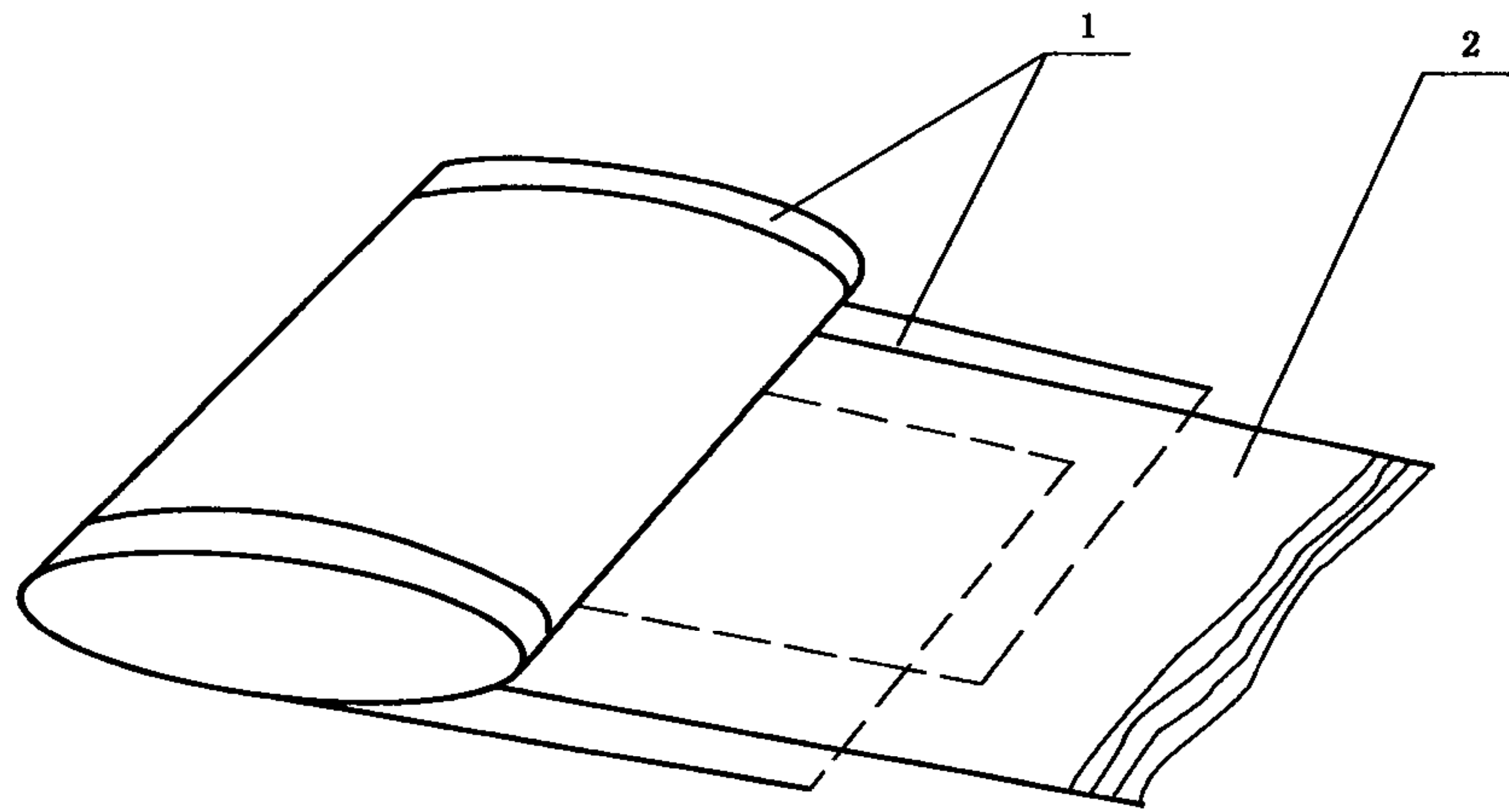
##### 17.3.1 设备

- 音频大电容电桥:损耗因数测量精度  $5 \times 10^{-5}$ ;
- 卷制机:能卷绕模型电容器,对薄膜的卷绕张力为  $2.5 \text{ N} \pm 0.5 \text{ N}$ ;
- 压紧装置;能提供均匀的不小于  $3\,000 \text{ N}$  的压力,压紧面积  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。

##### 17.3.2 试样

试样为压扁的模型电容器元件,采用铝箔突出型结构,极间介质为单层或双层被试薄膜,元件的电

容量视电桥量程而定,通常应不小于  $0.5 \mu\text{F}$ ,模型电容器元件如图 9 所示。



- 1——铝箔电极;  
2——薄膜。

图 9 测量介质损耗因数和电容率试样结构示意图

在被试薄膜卷上分切  $60 \text{ mm} \sim 80 \text{ mm}$  宽的试样两卷,将厚度约为  $7 \mu\text{m}$  的退火铝箔分切为  $60 \text{ mm} \sim 80 \text{ mm}$  宽的铝箔卷两卷。然后将它们安装在卷制机上,并调好它们之间的相对位置。在直径  $45 \text{ mm}$  的芯轴上卷元件。卷好之后,取下并压扁。再将压扁的元件放在压紧装置内。试样与压紧装置之间用平整洁净的聚四氟乙烯绝缘板隔开,绝缘板之间衬垫柔软的橡胶片,施加压力,使试样上所受的压强不小于  $0.3 \text{ MPa}$ 。试样数量三个。

### 17.3.3 程序

元件卷好压紧之后,连同压紧装置在  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  左右的条件下处理  $1 \text{ h} \sim 2 \text{ h}$ ,冷却到室温后再进一步压紧。为了获得更加准确的结果,可通过真空处理除去卷绕电容器中截留的空气。测量时将元件的两边铝箔伸出端分别接到电桥的测量极和高压极,并将压紧装置接地,测试元件的介质损耗因数和电容值  $C$ ,测试完毕后,将元件摊开,测量并计算电极的有效面积  $S$ ,并按 4.1.1 规定的方法测量电极间薄膜的厚度  $h$ 。

### 17.3.4 试验结果

$$\epsilon_r = \frac{C \cdot h}{\epsilon_0 S} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$C$ ——测得的试样电容值,单位为皮法(pF);

$H$ ——电极间薄膜厚度,单位为米(m);

$\epsilon_0$ ——真空介电常数,为  $8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ;

$S$ ——电极有效面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$\epsilon_r$ ——试样的相对介电常数。

取三个试样计算值的中值作为结果,取两位有效数字。

## 18 电气强度

### 18.1 交流试验

按 GB/T 1408.1—2006 的规定进行。

可采用上电极直径为  $25 \text{ mm}$  和下电极直径为  $75 \text{ mm}$  或上下电极直径为  $6 \text{ mm}$  的电极系统,在空气中或变压器油中进行试验,具体由产品标准规定,若在变压器油中试验时,变压器油的电气强度不小于  $12 \text{ kV/mm}$ ,试样数量按产品标准规定。

## 18.2 直流试验

### 18.2.1 元件法

#### 18.2.1.1 试验装置

直流击穿试验仪:输出电压在0~10 kV范围内应均匀可调,在大于50%击穿电压的电压范围内,交流脉动应不大于2%,试验电压中也不应有超过1%施加电压的暂态或其他波动。

卷制机:能卷绕模型电容器,对薄膜施加的卷绕张力为 $2.5\text{ N}\pm 0.5\text{ N}$ 。

#### 18.2.1.2 试样及其制备

试样为无绝缘管芯的模型电容器元件,采用铝箔突出型结构,介质为单层被试薄膜,元件的电容量为 $0.5\ \mu\text{F}\pm 0.1\ \mu\text{F}$ ,模型电容器元件如图5所示。

在被试薄膜卷上分切宽度为60 mm~80 mm的薄膜试样两卷,将厚度约为7  $\mu\text{m}$ 的退火铝箔分切成60 mm~80 mm宽的铝箔卷两卷。将它们装在卷制机上,并调好它们之间的相对位置。在直径约为20 mm的芯轴上卷绕元件,卷好后从芯轴上取下但不压扁作为一个试样。

试样数量:21个。

#### 18.2.1.3 程序

将元件的两边铝箔电极分别接到击穿试验仪的高压电极和接地电极,使用连续升压法自零开始升高电压,升压速度为200 V/s,记录击穿电压值,并按4.1.1规定测量电极间薄膜厚度。

#### 18.2.1.4 试验结果

按产品标准规定报告电气强度或击穿电压,击穿电压的单位为kV,电气强度为击穿电压除以厚度,单位为V/ $\mu\text{m}$ 或kV/mm。

取21个试样的测量值的中值作为试验结果。取三位有效数字。

### 18.2.2 50点电极法

#### 18.2.2.1 试样

取不小于450 mm×650 mm长方形试样两张,当宽度小于450 mm时,可取若干张,以保证能做50个击穿点。试样要保持清洁、平整、无折皱、无损伤。

#### 18.2.2.2 电极

上电极为直径25 mm,倒角半径为2.5 mm,高度120 mm的黄铜柱形电极,工作面粗糙度 $R_a$ 小于1.25  $\mu\text{m}$ 。

在平台上铺一张厚约3 mm的橡皮,其邵氏硬度为60度~70度,在橡皮上铺一张退火铝箔作为下电极。

电极工作面应平整、光滑、无伤痕。

#### 18.2.2.3 击穿装置

高压试验变电器的容量应保证次级额定电流不小于0.1 A,直流电源的电压脉动系数不应超过5%,保护电阻为0.2  $\Omega/\text{V}$ ~0.5  $\Omega/\text{V}$ ,调压器应能均匀调节电压,过电流继电器应有足够的灵敏度以使试样击穿时在0.1 s内切断电源,动作电流应选择适当值,避免发生击穿后不动作或未击穿而产生误动作,电压测量误差不超过4%。

#### 18.2.2.4 试验步骤

采用单层试样试验,将试样置于上下电极间,采用连续升压法,其升压速度为0.2 kV/s~1.0 kV/s,均匀等距离测量50点,读取试样击穿电压值,并按4.1.1规定测量厚度。

#### 18.2.2.5 试验结果

在50点击穿测定值中分别去掉最大值,最小值各5点,计算其余40点的算术平均值并找出最小值。将击穿电压平均值和最小值除以试样厚度,即为该批薄膜介电强度的平均值和最低值,精确到个位。

18.2.2.6 介电强度的出厂检验及用户的验收试验可采用50点电极法进行,型式检验及有争议时的仲裁试验采用元件法进行,也可按供需双方协商进行。

## 19 电弱点

### 19.1 方法 A 窄条试验法

本方法适用于试验窄条薄膜。

#### 19.1.1 试验装置

高压直流发生装置:能产生 0~5 kV 的直流高压,电压波动不大于±1%。该装置应能在试样弱点击穿后约 0.1 s 内使电压回升到原来设定的电压。

试样和电极的配置:如图 10 所示,该设备能将薄膜试条以近似 90°的圆周角绕辊子以 5 m/min 的恒速移动,低压电极由不锈钢制成并抛光的直径为 15 mm 的圆柱体,作为低压电极的圆柱体应接地可靠并能灵活转动;高压电极为 10 mm~20 mm 宽、厚度约为 7 μm 的退火铝箔,重锤用来保证铝箔与试样接触良好,每 10 mm 宽铝箔加荷约 0.4 N。

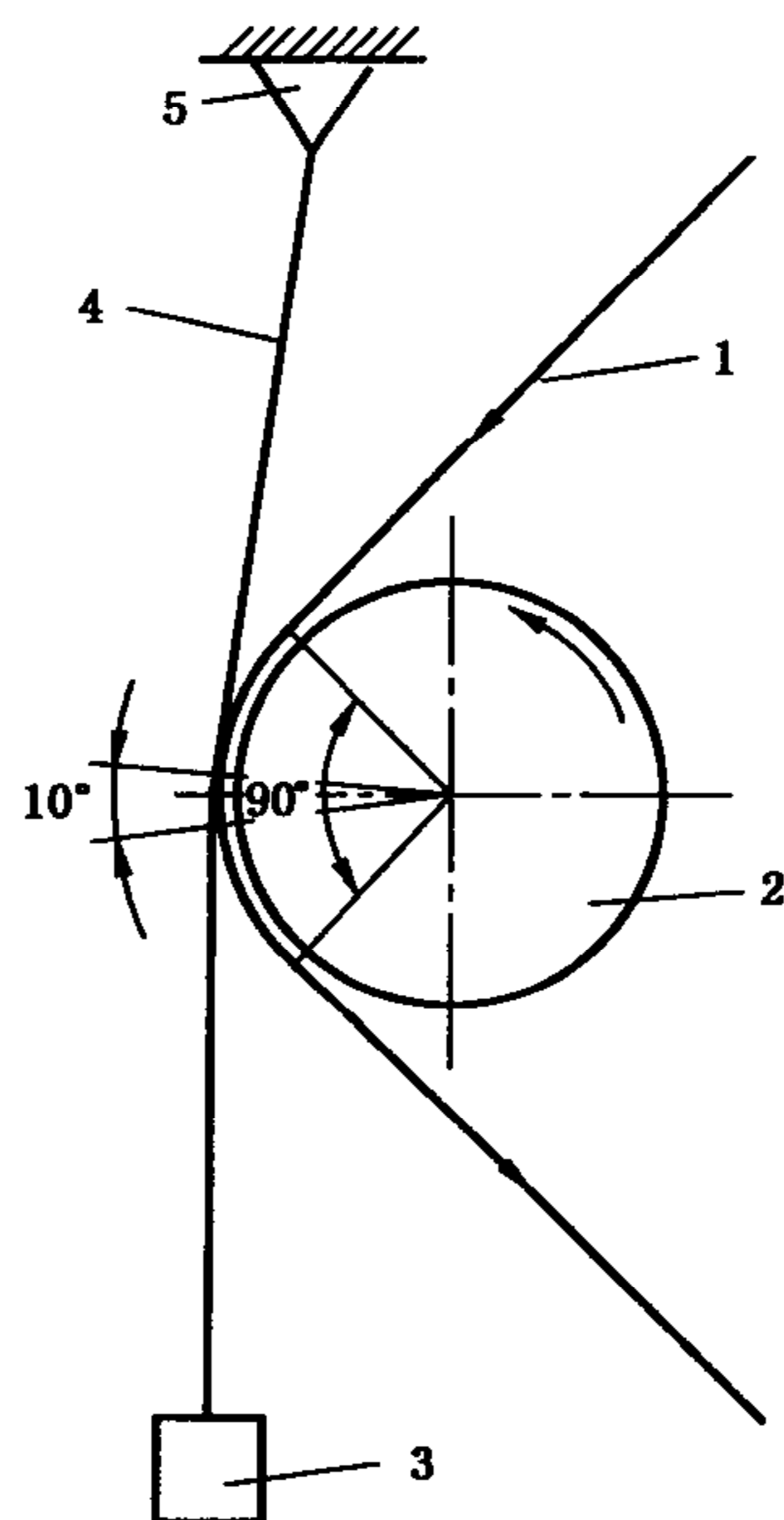
计数器:能灵敏地记录试样弱点的击穿点数。

#### 19.1.2 试样

试样为薄膜卷,宽度大于铝箔的宽度至少 5 mm(每边至少超出铝箔 2.5 mm),薄膜被试面积按产品标准规定。

#### 19.1.3 程序

按图 10 安装好试样,调节试样移动速度为 5 m/min,在试样移动的条件下,在辊子和铝箔间施加产品标准规定的电压。记录被试有效面积上的电弱点数。



- 1——试样;
- 2——辊子;
- 3——重锤;
- 4——铝箔;
- 5——挂钩。

图 10 电弱点试验示意图(方法 A)

#### 19.1.4 结果

试验结果为测得的电弱点数除以被试面积,以个/m<sup>2</sup>表示。

### 19.2 方法 B 平板法

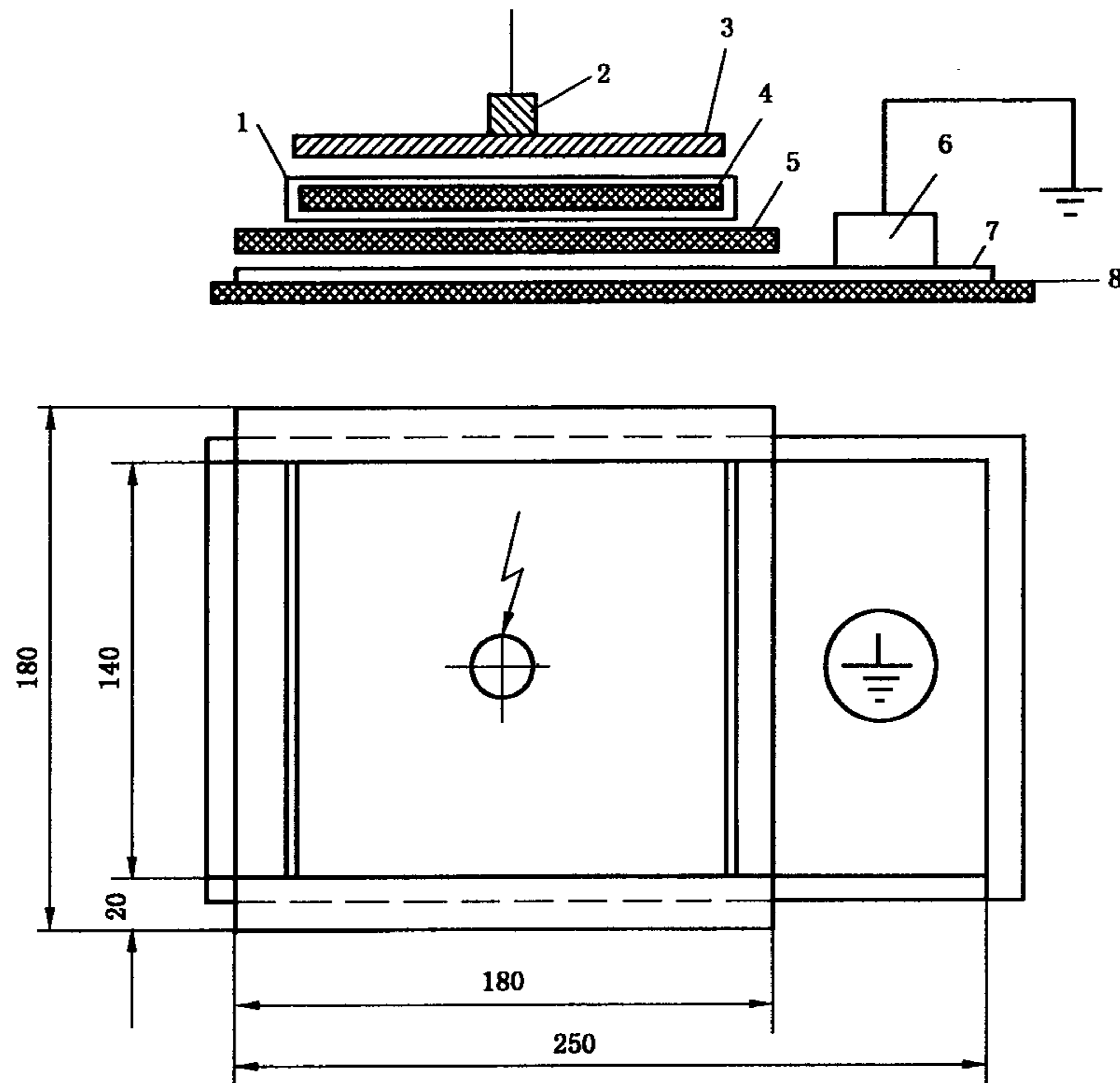
本方法用于试验宽条薄膜。

19.2.1 试验装置

高压直流发生装置：同 19.1.1 中对高压直流发生装置的要求。

电极装置；如图 11 所示。

单位为毫米



- |           |            |
|-----------|------------|
| 1——金属化铝箔； | 5——试样；     |
| 2——高压引线端； | 6——压块(金属)； |
| 3——金属平板；  | 7——金属化铝箔；  |
| 4——软橡皮；   | 8——绝缘材料。   |

图 11 电弱点试验示意图(方法 B)

19.2.2 试样

在薄膜卷的整幅宽上取 180 mm×180 mm 的薄膜作为一个试样,取样方式为沿幅宽方向均匀取十个试样。

19.2.3 程序

按图 11 装好试样和电极,将高压电极和接地电极分别接到高压直流发生器的引出端(用约 270 mm×160 mm 的电绝缘板上放置一张 250 mm×140 mm 的金属化塑料箔,金属化层朝上,金属化塑料箔的自由端接地来作为接地电极;用另一张宽 140 mm 的金属化塑料箔放置在试样上,金属化层朝下,在箔上面放置一块 140 mm×140 mm,厚度为 4 mm 的软橡皮,然后折叠金属化薄膜把橡皮块包住,并在其上再压一块 140 mm×140 mm 的金属板并作为高压电极)。以 0.5 kV/s 的速度自零升高电压到产品标准规定的电压值,然后将此电压保持 1 min 后降下电压至零。拿出试样,用放大镜辨别并计数离电极边缘 20 mm 内的击穿点数。每个试样的被试面积以 0.01 m<sup>2</sup> 计。

19.2.4 结果

试验结果为十个试样上测得的电弱点数除以被试面积,以个/m<sup>2</sup> 表示。

19.3 方法 C 宽条成卷试验法

本方法适用于试验宽条成卷薄膜。

### 19.3.1 设备

薄膜电弱点测定仪:能产生0~6 kV的直流电压,电压波动不大于±1%。测试仪应能在试样弱点击穿后约0.5 s内使电压升到原来设定的电压。试样以2 m/min~5 m/min的速度移动。接地电极为转动灵活的铜辊,直径为100 mm,表面粗糙度 $R_a$ 为0.2  $\mu\text{m}$ ,高压电极为导电橡皮,厚度为2 mm~3 mm,宽度比试样窄20 mm~30 mm。测试仪器中有测长装置(用于计算面积)和击穿点自动计数装置。

### 19.3.2 试样

试样为200 mm~400 mm的膜卷,被试面积按产品标准规定。

### 19.3.3 程序

按图12所示安装试样,调节试样移动的速度,根据被试面积及导电橡皮的宽度,预置需试验的试样长度。在试样移动的条件下,在高压和接地电极间施加产品标准规定的电压。启动测试仪,记录被试面积上的电弱点数。

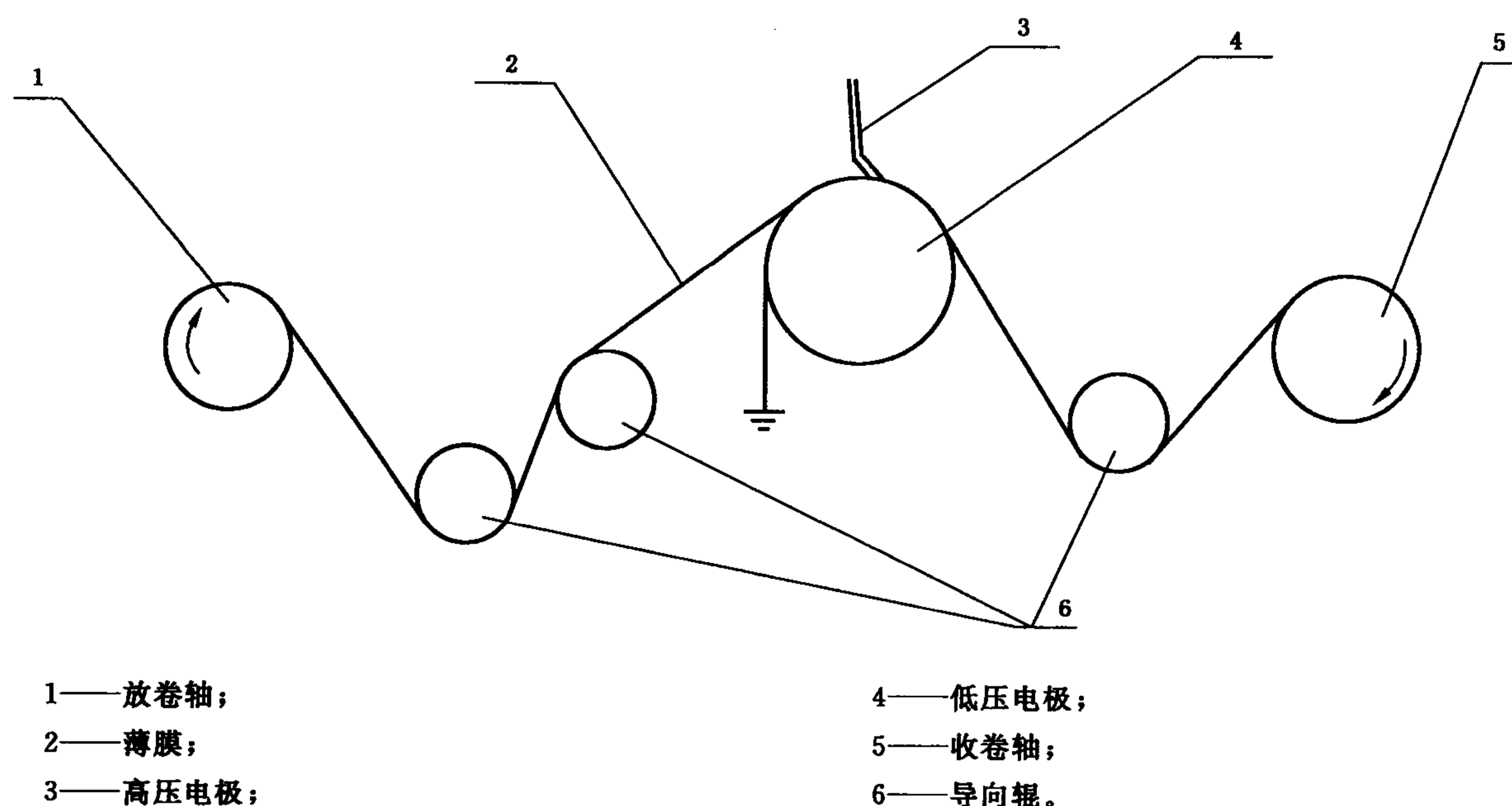


图12 电弱点试验示意图(方法C)

### 19.3.4 结果

试验结果为测得的电弱点数除以被试面积,以个/ $\text{m}^2$ 表示。

## 20 耐表面放电击穿性

按JB/T 3282—1999的规定。

## 21 电解腐蚀

按GB/T 10582—2008的规定进行,具体选用何种方法由产品标准规定。

## 22 熔点

熔点试验推荐两种方法,有争议时采用方法A。

### 22.1 方法A DSC法

按IEC 61074:1991的规定。

### 22.2 方法B 弯液面法

将被试薄膜放在滴有少量硅油的热台上,盖上玻璃圆片,使它在试样支撑下与硅油形成弯液面。用



肉眼观察,当试样不再支撑玻璃圆片而使弯液面向前移动时的温度即为被试薄膜的熔点。

### 22.2.1 试验仪器和材料

铋:分析纯,熔点为 271.3 °C;

锡:分析纯,熔点为 231.9 °C;

(或其他已知熔点的标准物)

硅油:沸点高于被测物体的熔点;

弯液面法熔点测定仪:由铝块和加热器组成的加热台,并附有测温元件孔。测温元件紧贴在加热台的规定位置,温控系统具有高、低两档调温功能,其中低档升温速率约为 2 °C/min;

3×5 放大镜;

精密测温元件:测温范围 20 °C~300 °C,分度值为 0.5 °C;

制备试样的工具:如刀片、镊子等。

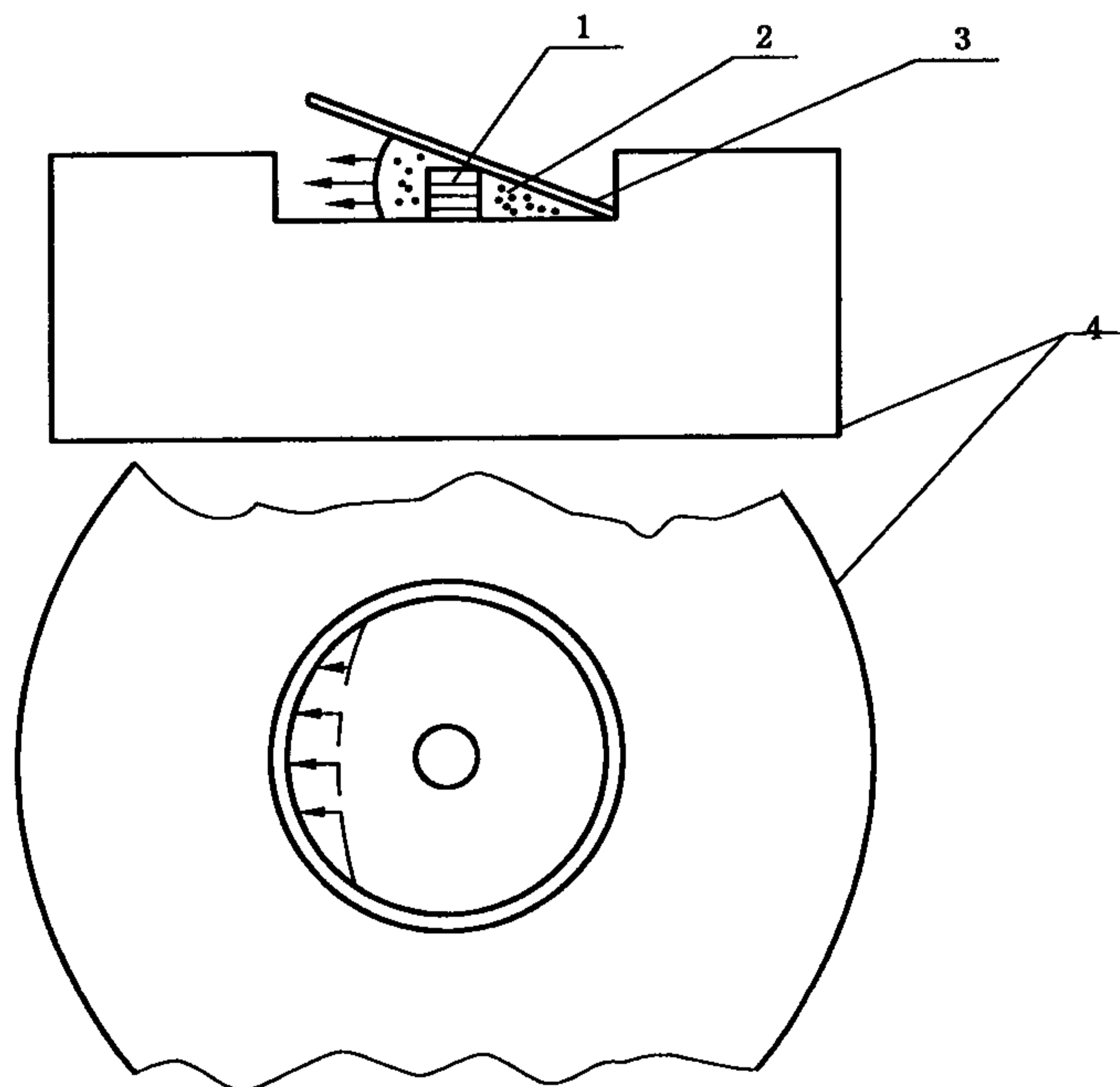
### 22.2.2 试样

薄膜可切成约 2 mm×2 mm 或直径为 2 mm 的小片 30 片,将总厚度约为 0.1 mm 的薄膜小片叠合在一起作为一个试样,共取三个试样。

### 22.2.3 程序

若为第一次使用仪器或者更换测温元件,则必须使用铋、锡或已知熔点的标准物校准仪器。

插入测温元件,保证测温元件与热台有良好的接触,在热台上滴入适量的硅油。然后,尽量整齐地将已制好的试样放在加热台上,并使每片薄膜之间都浸润硅油。盖上玻璃圆片,接通仪器电源,使热台温度迅速上升,当温度达到预期熔点以下约 20 °C 时,将温控调节到升温速率约为 2 °C/min。由于温度上升,试样被熔化,玻璃圆片不再被试样支撑,硅油弯液面开始移动。用放大镜观察弯液面开始移动时的温度,读数准确到 0.5 °C(见图 13),此温度即为该试样的熔点。在仪器校准时如发现测定的标准物熔点与理论熔点相差 1 °C 以上时,则试样的熔点也应作相应的修正。如果三个试样的测量值相差 5 °C 以上时,应重新进行试验。



- 1——试样;
- 2——硅油;
- 3——玻璃圆片;
- 4——加热平台。

图 13 弯液面法熔点测定示意图

#### 22.2.4 结果

取三个试样测量值的中值作为试验结果。

### 23 收缩率

#### 23.1 设备

烘箱：自然循环空气，温度范围为室温～300℃，控温精度为±2℃；

钢直尺：分度值为0.5 mm。

#### 23.2 试样

从薄膜卷上取两块100 mm×100 mm的试样，并做纵向、横向标记。若薄膜幅宽小于100 mm，试样宽为薄膜幅宽。

#### 23.3 程序

分别测量每块试样的纵向、横向尺寸 $L_0$ ，精确到0.5 mm。然后把试样放入烘箱中。按产品标准规定的温度和时间处理后，从烘箱中取出试样，冷却到室温。重新测量试样纵向、横向尺寸 $L_1$ 。

#### 23.4 结果

$$X_1 = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中：

$X_1$ ——收缩率，单位为百分数(%)；

$L_0$ ——热处理前试样的纵向、横向尺寸，单位为毫米(mm)；

$L_1$ ——热处理后试样的纵向、横向尺寸，单位为毫米(mm)。

分别取两个试样的纵向、横向收缩率的平均值作为该方向的试验结果。

### 24 拉力下尺寸稳定性

#### 24.1 设备

恒速升温试验箱：自然空气循环，温度范围为室温～300℃，升温速率为(50℃±1℃)/h；

夹具：能夹持住试样，但不损伤试样的夹具；

砝码；1 g～200 g 若干个；

测温元件：精确到1℃。

#### 24.2 试样

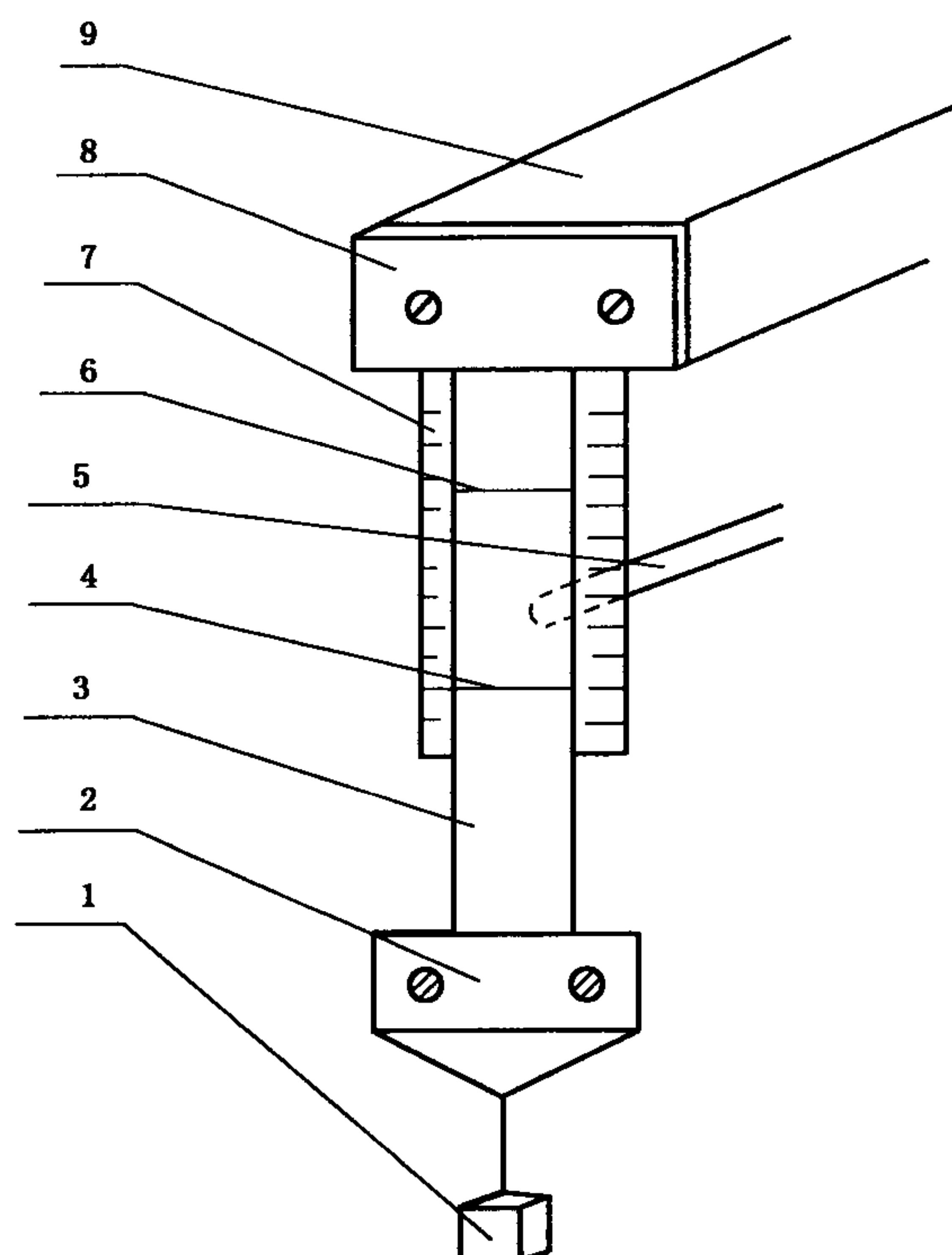
沿薄膜纵向取15 mm宽，长度视试验箱体尺寸而定的试样三条。在试样中央区域画两条相距20 mm的标记线。

#### 24.3 程序

把试样安装在恒速升温试验箱中的试验夹具上。根据试样尺寸选择负荷，使试样所受的拉应力为2.5 MPa(试样厚度测量同11.2)。安装试样及施加负荷过程中应使试样平直，夹具不应对试样产生损伤。在靠近每一试样标记线区域中央处。分别放置一测温元件(见图14)。以(50℃±1℃)/h的速率恒速升温。记录试样标线距离增大40%或者试样断裂时刻的温度。如试样在夹口处断裂，则应重新取样测试。

#### 24.4 结果

取三个试样测量值的中值(℃)作为试验结果。



- 1——负荷；
- 2——下夹具；
- 3——试样；
- 4——下标记线；
- 5——测温元件；
- 6——上标记线；
- 7——钢板尺；
- 8——上夹具；
- 9——支架。

图 14 拉力下尺寸稳定性试验示意图

## 25 压力下尺寸稳定性

### 25.1 设备

恒速升温试验箱：同 24.1 规定；

加荷装置：带有托盘和导杆的加荷装置；

穿透报警装置：能检测试样穿透时的短路信号；

镍线；直径为 1 mm。

### 25.2 试样

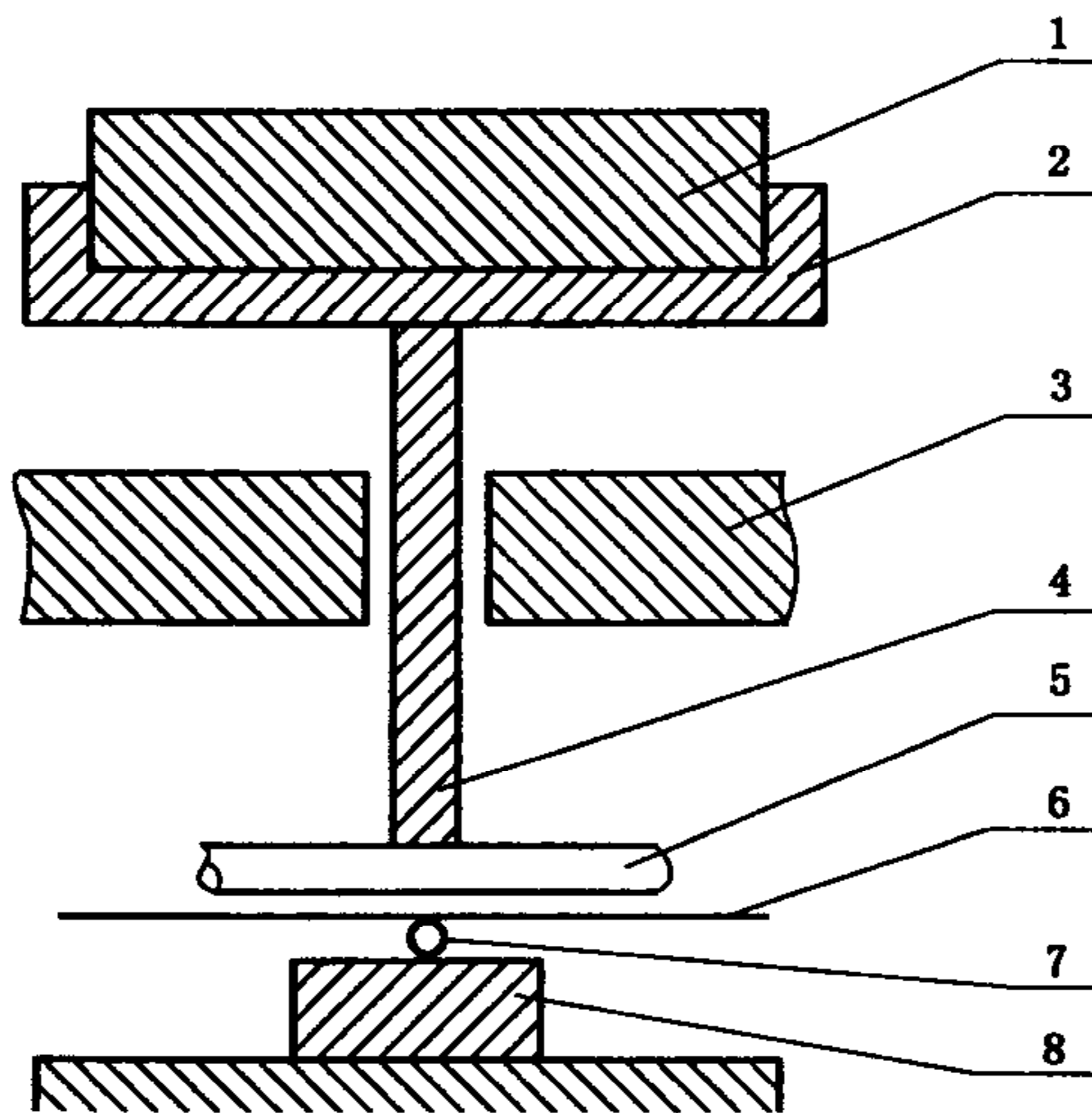
从薄膜上取三片约 30 mm×30 mm 的试样。

### 25.3 程序

将每一试样分别固定在两垂直相交的镍线中间，把检测穿透的报警装置的连线分别与上下镍线相连，然后平稳地施加 30 N 静负荷，在每个试样附近放置测温元件（见图 15）。以  $(50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{h}$  的速率恒速升温，记录每个试样穿透时刻的温度。

### 25.4 结果

取三个试样测量值的中值( $^{\circ}\text{C}$ )作为试验结果。



- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| 1——负荷；  | 4——压杆；  | 7——下镍线；  |
| 2——托盘；  | 5——上镍线； | 8——绝缘衬垫。 |
| 3——导向架； | 6——试样；  |          |

图 15 压力下尺寸稳定性试验示意图

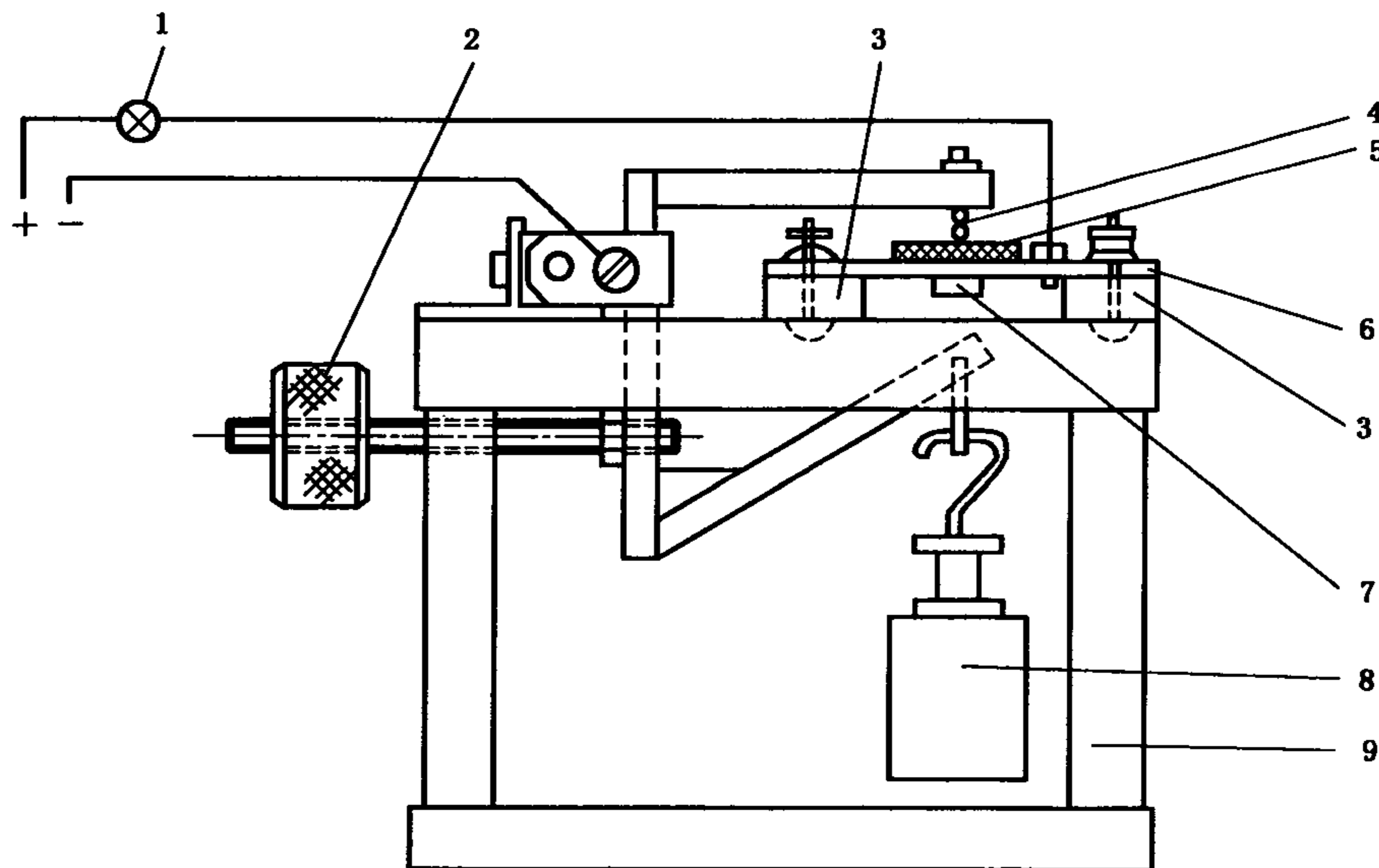
## 26 耐高温穿透性

### 26.1 原理

该方法是以测定直径 1.5 mm 的钢珠穿透薄膜而引起电接触时的温度作为耐高温穿透性。

### 26.2 设备

耐高温穿透测试仪：其原理图如图 16 所示。图中 6 为长 300 mm、宽 30 mm、厚 3 mm 耐腐蚀钢板。条形试样放在钢板上；图中 4 为磁化钢杆，其一端凹进用以嵌住直径为 1.5 mm 的钢珠，该装置通过钢珠对试样施加压力，磁化钢杆装在一个附有平衡装置的 C 形夹上并能稍作转动。当 C 形夹具的下脚没有负荷时，可调节平衡装置上的游码使钢杆对钢珠不产生压力。测试时，给 C 形的下脚加上负荷，使钢珠对水平位置的钢板产生 10 N 垂直向下的压力；



- |          |             |         |
|----------|-------------|---------|
| 1——指示灯；  | 4——钢珠和磁化钢杆； | 7——测温点； |
| 2——游码；   | 5——试样；      | 8——砝码；  |
| 3——绝缘垫块； | 6——耐腐蚀钢板；   | 9——基架。  |

图 16 耐高温穿透测试仪示意图

烘箱：自然空气循环，且能以(30 °C ± 5 °C)/h 的速度升温，温度测量点应尽量靠近试样受压处。

26.3 试样

从薄膜卷上每间隔 300 mm 取五条长 25 mm 的薄膜作为试样。

26.4 程序

调节平衡装置使钢珠不受压力，在室温下将试样平放在钢珠下，小心地加上负载，使钢珠以 10 N 的压力压在试样上，然后以(30 °C ± 5 °C)/h 的均匀速度升温直至试样穿透。

26.5 结果

报告五个试样穿透温度的中值及最高值和最低值。

27 挥发物含量(热失重)

27.1 设备

天平；感量 0.1 mg；

烘箱；自然空气循环，温度范围为室温~300 °C，控温精度为±2 °C；

干燥器；带有干燥剂的器具。

27.2 试样

每个试样由若干片 50 mm×50 mm 的薄膜组成，其质量不少于 300 mg。若薄膜宽度小于 50 mm，则可取条形试样，但其质量不得少于 300 mg，试样数量三个。

27.3 程序

按产品标准规定的温度和时间对试样进行预处理，预处理过程中应保证试样所有表面都与空气接触。预处理后取出试样放入干燥器中冷却至室温，称量预处理后每个试样的质量  $m_1$ ；再按产品标准规定的加热温度、时间，对预处理后的试样进行加热，加热过程同样应保证试样的所有表面与空气接触。加热后取出试样放入干燥器中冷却至室温，称量加热后每个试样的质量  $m_2$ 。

27.4 结果

每个试样的挥发物含量为：

$$X_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$X_2$ ——挥发物含量，单位为百分数(%)；

$m_1$ ——干燥后试样的质量，单位为克(g)；

$m_2$ ——加热后试样的质量，单位为克(g)。

取三个试样计算值的中值作为试验结果。

28 长期耐热性

按 GB/T 11026.1—2003、GB/T 11026.2—2000、GB/T 11026.3—2006、GB/T 11026.4—1999 的规定进行。

具体试验方法和终点判断按产品标准规定。

29 燃烧性

29.1 试验设备及器具

29.1.1 燃烧试验箱

燃烧试验仪由如下部分组成：

密闭试验箱：内体积约 1 m<sup>3</sup>；

本生灯：喷管长为 100 mm，内直径为 9 mm；

垂直固定试样的圆形夹具：用于固定试样；

甲烷气源(工业用)；也可以使用热值不小于  $38\,000\text{ kJ/m}^3$  ( $1\,000\text{ Btu/ft}^3$ ) 的其他可燃性气体；  
减压阀、压力表、调节阀。

### 29.1.2 其他器具

直尺：分度值为  $1\text{ mm}$ ；

秒表或类似适用装置：精度为  $0.1\text{ s}$ ；

医用脱脂棉：用于滴落燃烧物引燃的铺底材料；

干燥剂：无水  $\text{CaCl}_2$ ；

烘箱：控温精度  $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ ；

芯轴：卷制试样用直径为  $9.5\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ；

粘带：用于固定试样宽  $75\text{ mm}$  的粘带。

### 29.2 试样

从被试薄膜上取五条长  $200\text{ mm}$ ，宽  $50\text{ mm}$  的试样，并在距一端  $125\text{ mm}$  处画一标记线。

将每个试样卷在直径  $9.5\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$  的芯轴上，标线朝外，用  $75\text{ mm}$  宽粘带沿标记线固定试样一端，取出芯轴，形成长  $200\text{ mm}$  的圆筒形试样。

### 29.3 条件处理

试样应在温度  $23\text{ }^\circ\text{C}\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度  $50\%\pm 5\%$  的条件下预处理  $48\text{ h}$ 。

试验前试样应在  $70\text{ }^\circ\text{C}\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$  循环鼓风烘箱中处理  $168\text{ h}$ ，取出后冷却至室温。

### 29.4 试验步骤

试验应在密闭试验箱或不抽风的实验室通风柜内进行，由于燃烧时产生有害物质，试验后应及时排风。

#### 29.4.1 试样安装

将试样垂直固定在顶部开口的试样夹具上，试样上端伸入夹具  $6\text{ mm}$ ，下端距水平铺置的  $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}\times 6\text{ mm}$  医用脱脂棉  $300\text{ mm}$ ，距燃烧器顶端  $10\text{ mm}$ ，试样距标记线  $125\text{ mm}$  的一端为下端。

#### 29.4.2 火焰高度的调节

将本生灯移开试样至少  $150\text{ mm}$  处点燃，先调节燃气和空气供给量得到  $20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$  高、顶部为黄色的火焰，然后再增大空气供给量，直到形成  $20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$  的蓝色火焰。

#### 29.4.3 燃烧程序

将火焰对准试样下端中央保持  $3\text{ s}$ ，然后立即把火焰移开至少  $150\text{ mm}$ ，同时记录试样有焰燃烧时间，燃烧停止后立即再次将火焰移到试样下面保持  $3\text{ s}$ ，然后再移开火焰。记录试样有焰燃烧和无焰燃烧时间。

若燃烧过程中，试样熔融滴落，应将本生灯倾斜  $45^\circ$ ，以防滴落物落入灯管内。此时应保证试样底部与灯口中央相距  $10\text{ mm}$  左右。

若因试样卷曲或烧掉而使试样与灯口距离增大时，点燃期间应调节灯口与试样的距离始终保持  $10\text{ mm}$ 。但此时熔融物及燃烧产物不能作为试样底部。

#### 29.4.4 观察和记录下列情况

- a) 第一次施加火焰后试样有焰燃烧时间。
- b) 第二次施加火焰后试样有焰燃烧时间。
- c) 第二次施加火焰后试样无焰燃烧时间。
- d) 是否有点燃医用脱脂棉的燃烧滴落物落下。
- e) 试样是否燃到  $125\text{ mm}$  标记线。

### 29.5 结果

试样燃烧性级别按表 2 评定。

29.5.1 如果每组五个试样施加十次火焰后，总的有焰燃烧时间不超过  $50\text{ s}$  或  $250\text{ s}$ ，则分别允许有一

次施加火焰后有焰燃烧时间超过 10 s 或 30 s。

29.5.2 如果一组五个试样中有一个不符合表中的要求,应再取一组试样进行试验,第二组的五个试样应全部符合要求。

29.5.3 如果第二组中仍有一个试样不符合表中相应的要求,则以两组中数字最大的级别作为该材料级别。如试验结果超出 VTF2 相应要求,则不能用本方法评定。

表 2 燃烧性级别

试样燃烧行为	级 别		
	VTF0	VTF1	VTF2
每个试样在每次施加火焰移开后有焰燃烧的时间/s,不大于	10	30	30
五个试样施加 10 次火焰移开后有焰燃烧时间的总和/s,不大于	50	250	250
每个试样第二次施加火焰移开后无焰燃烧的时间/s,不大于	30	60	60
每个试样有焰或无焰燃烧蔓延到标记线的现象	无	无	无
每个试样滴落物引燃医用脱脂棉现象	无	无	有

### 30 潮湿空气中的吸湿性

#### 30.1 试验仪器

- 天平:感量为 0.1 mg;
- 烘箱:控温精度为±2 °C;
- 恒湿箱:能保持 93%±2%相对湿度;
- 称量瓶和装有五氧化二磷的干燥器。

#### 30.2 试样

每个试样由若干片 50 mm×50 mm 的薄膜组成,其质量不少于 300 mg。若薄膜宽度小于 50 mm,则可取条形试样,但其质量不得少于 300 mg。试样数量三个。

#### 30.3 程序

##### 30.3.1 收货状态材料的吸湿性

首先测定收货状态每个试样的质量  $m_1$ ,然后将试样放入相对湿度为 93%±2%的恒湿箱内,处理时间按产品标准规定。达到时间后立即取出并分别放入密闭称量瓶中,再次称量每个试样的质量  $m_2$ 。

##### 30.3.2 干燥材料的吸湿性

把三个试样按产品标准规定的温度干燥 24 h 后,放入装有五氧化二磷的干燥器中冷却至室温。然后将试样分别放入密称量瓶中,并称出每个试样的质量  $m_3$ 。

将试样放入相对湿度为 93%±2%的恒湿箱中,处理时间按产品标准规定。达到处理时间后立即取出放入密闭称量瓶中,称量每个试样的质量  $m_4$ 。

#### 30.4 结果

$$X_3 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- $X_3$ ——收货状态材料的吸湿性,单位为百分率(%);
- $m_1$ ——收货状态试样的质量,单位为克(g);
- $m_2$ ——湿度处理后试样(收货状态)的质量,单位为克(g)。

$$X_4 = \frac{m_4 - m_3}{m_3} \times 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$X_4$ ——干燥材料的吸湿性,单位为百分率(%);

$m_3$ ——干燥处理后或收货状态试样的质量,单位为克(g);

$m_4$ ——湿度处理后试样(干燥材料)的质量,单位为克(g)。

取三个试样计算结果的中值作为试验结果。

## 31 吸液性

### 31.1 试验器材

烘箱:控温精度 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ ,温度范围为室温 $\sim 300\text{ }^\circ\text{C}$ ;

天平:感量为 $0.1\text{ mg}$ ;

玻璃器皿:直径为 $100\text{ mm}$ 并带盖;

称量瓶、密度瓶和滤纸;

浸渍液由产品标准规定。

### 31.2 试样

每个试样由若干片 $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 的薄膜组成,其质量不少于 $300\text{ mg}$ ,若薄膜宽度小于 $50\text{ mm}$ ,则可取条形试样,但其质量不得少于 $300\text{ mg}$ 。试样数量三个。

### 31.3 程序

在 $23\text{ }^\circ\text{C}\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 下测量每个试样的质量 $m_1$ ,精确到 $0.1\text{ mg}$ 。将盛有一定深度( $10\text{ mm}$ 以上)浸渍液的玻璃器皿放到烘箱中,加热到产品标准所规定的温度。

当浸渍液达到试验温度后,把每组试样分别浸入浸渍液中。浸渍时应保证每片试样都互不接触。浸渍时间按产品标准的规定。达到浸渍时间后,从浸渍液中取出试样,分别用滤纸吸去每片试样表面的液体,然后再用新的滤纸擦干。在 $23\text{ }^\circ\text{C}\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 下称量每个试样的质量 $m_2$ 。擦干和称量应在试样从烘箱内取出后的 $15\text{ min}$ 之内完成(因有些浸渍液在室温下可挥发,因此不要超过此时间)。

按第5章所述方法测定薄膜密度 $d_1$ 。

用密度瓶在 $23\text{ }^\circ\text{C}\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 下测量浸渍液的密度 $d_2$ 。

### 31.4 结果

$$X_5 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot \frac{d_1}{d_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$X_5$ ——吸液性,单位为百分率(%);

$m_2$ ——浸渍后每个试样的质量,单位为克(g);

$m_1$ ——浸渍前每个试样的质量,单位为克(g);

$d_1$ ——薄膜密度,单位为克立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$d_2$ ——浸渍液密度,单位为克立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

取三个试样吸液性计算值的中值作为试验结果。

## 32 离子杂质萃取

按 GB/T 7196—1987 的规定。

## 33 绝缘漆的影响

### 33.1 设备

试验机:合适量程的材料试验机,装有一对夹具用于夹住试样。在施加拉伸负荷时,夹具能以产品标准规定的速度彼此分离,试验机的拉伸负荷和伸长率的示值的相对误差不大于 $1\%$ ;



烘箱:自然循环空气,温度范围为室温~300℃,控温精度为±2℃;

测厚仪:同4.1.1.1;

玻璃容器。

### 33.2 试样

取五片50 mm×50 mm的试样用来测量厚度。

按11.2取十条纵向试样用来测量浸漆前后薄膜的拉伸强度和断裂伸长率。

### 33.3 试验步骤

在五片测量厚度的试样中心处,用4.1.1.1所述仪器分别测量其厚度(每片试样上均匀地测量五点,取其中值作为该片试样的厚度)。从十条纵向试样中取出五条,按11.3测量未浸绝缘漆时的拉伸强度和断裂伸长率,并检查未浸漆时试样的平整度、透明度和颜色。

将绝缘漆倒入玻璃容器中,加热到产品标准规定的温度。然后将五片测过厚度的试样以及另外五条纵向试样完全浸没在绝缘漆中。浸漆时试样之间,试样和容器间互不接触。浸约4 h后,取出试样,放入产品标准规定的溶剂中漂洗几秒钟,再用滤纸擦干。漂洗和擦干应在试样取出后的1 min内完成。

测量浸漆后试样的厚度、拉伸强度和断裂伸长率。这些试验应尽可能在试样从绝缘漆中取出后的3 min内完成,检查浸漆后试样的平整度、透明度和颜色。

### 33.4 结果

报告所用的绝缘漆的变化及试样在浸漆前后的平整度、透明度和颜色是否发生变化;

浸漆前后薄膜厚度的变化百分数;

浸漆前后薄膜拉伸强度的变化百分数;

浸漆前后薄膜断裂伸长率的变化百分数。

## 34 液态可聚合树脂复合物的影响

### 34.1 设备

试验设备同33.1。

### 34.2 试样

试样同33.2。

### 34.3 程序

试验步骤同33.3。具体试验温度及浸渍时间视可聚合树脂的性质而定,一般浸渍时间不超过4 h。达到浸渍时间后(应小于可聚合树脂的胶化时间)取出试样,放在甲苯中漂洗几秒钟。

### 34.4 结果

同33.4。

## 35 空隙率

### 35.1 试验仪器

分析天平:称量200 g,感量0.1 mg;

杠杆千分尺:量程25 mm,分度值0.001 mm;

取样板:300 mm×100 mm×(1.5~3.0) mm的不锈钢板。

### 35.2 试样

取十层薄膜,在离薄膜边缘20 mm以上的位置,用取样板取300 mm(纵向)×100 mm(横向)的试样三个,若薄膜宽度小于100 mm时,薄膜的宽度即为试样的宽度。

### 35.3 程序

按4.1.2测定试样叠层法的厚度;

按4.2测定试样质量密度法的厚度。

## 35.4 结果

$$X_6 = \frac{t_1 - t_2}{t_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$X_6$ ——空隙率,单位为百分率(%)；

$t_1$ ——试样叠层法厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ )；

$t_2$ ——试样质量密度法厚度,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。

取三个试样计算值的中值作为试验结果,同时报告最大值和最小值。

---

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
电 气 绝 缘 用 薄 膜  
第 2 部 分：试 验 方 法  
GB/T 13542.2—2009

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码：100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话：68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 61 千字  
2009年10月第一版 2009年10月第一次印刷

\*

书号：155066·1-38720

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话：(010)68533533



GB/T 13542.2-2009