



中华人民共和国国家标准

GB/T 5591.2—2017
代替 GB/T 5591.2—2002

电气绝缘用柔软复合材料 第 2 部分：试验方法

Combined flexible materials for electrical insulation—
Part 2: Methods of test

(IEC 60626-2:2009, MOD)

2017-10-14 发布

2018-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

GB/T 5591《电气绝缘用柔软复合材料》分为以下部分：

- 第1部分：定义和一般要求；
- 第2部分：试验方法；
- 第3部分：单项材料规范。

本部分为 GB/T 5591 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 5591.2—2002《电气绝缘用柔软复合材料 第2部分：试验方法》，与 GB/T 5591.2—2002 相比主要技术变化如下：

- 对“规范性引用文件”所引用标准进行了相应更新(见第2章,2002版的第2章)；
- 将6.3“不折叠试样的试验程序”中“从施加负荷开始至负荷达到相当于规定的最小拉伸强度的瞬间时间为 $60\text{ s} \pm 10\text{ s}$ ”改为“除非单项材料规范另有规定,拉伸速度应为 100 mm/min ”(见6.3,2002版的6.3)；
- 在6.4“折叠试验的试验程序”中增加了对折叠试样的肉眼检查的要求(见6.4,2002版的6.3)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60626-2:2009《电气绝缘用柔软复合材料 第2部分：试验方法》。

本部分与 IEC 60626-2:2009 相比在结构上有较多调整,附录A中列出了本部分与 IEC 60626-2:2009 的章条编号对照一览表。

本部分与 IEC 60626-2:2009 相比存在技术性差异,附录B中给出了相应的技术性差异及其原因的一览表。

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。

本部分起草单位：桂林电器科学研究院有限公司、杭州萧山绝缘材料厂、东材科技集团股份有限公司、浙江荣泰科技企业有限公司、西安西电电工材料有限责任公司、无锡华宝绝缘材料有限公司、苏州巨峰电气绝缘系统股份有限公司。

本部分主要起草人：宋玉侠、李学敏、张胜祥、赵平、曹万荣、杜超云、吴明、夏宇。

本部分所代替标准版本的历次发布情况如下：

- GB/T 5591.2—1985,GB/T 5591.2—2002。

电气绝缘用柔软复合材料

第2部分:试验方法

1 范围

GB/T 5591 的本部分规定了有关电气绝缘用柔软复合材料试验方法的要求。

本部分适用于电气绝缘用柔软复合材料的性能试验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 451.2—2002 纸和纸板定量的测定(eqv ISO 536:1995)

GB/T 11026.4—2012 电气绝缘材料 耐热性 第4部分:老化烘箱 单室烘箱(IEC 60216-4-1: 2006, 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, IDT)

3 对试验的一般要求

除非另有规定,所取的试样应在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的条件下处理 24 h。如果试验不是在该标准大气条件下进行,则试验应在试样从该标准大气中取出后 5 min 内进行。

4 厚度

4.1 试验器具

4.1.1 螺旋千分尺:测量面直径为 6 mm~8 mm,测量面的平面度应在 0.001 mm 内且两测量面的平行度应在 0.003 mm 内。螺距应为 0.5 mm,标尺刻度应分 50 格,每格为 0.01 mm,能估读至 0.002 mm。

施加于试样上的压力按 4.1.2 的规定应为 100 kPa。

4.1.2 静重表盘式测微计:它的两个经研磨、抛光过的同心圆形测量面的平面度应在 0.001 mm 以内,而平行度应在 0.003 mm 内,上测量面直径为 6 mm~8 mm,下测量面应大于上测量面。上测量面应能沿着垂直于两测量面的轴线移动。表盘分度应能读到 0.002 mm。测微计的框架应有足够的刚性,使得当施加 15 N 的力于表盘外壳且不接触重锤或压脚心轴(测杆)时,所引起的框架变形在测微计表盘上的示值不超过 0.002 mm。施加于试样上的力应是 100 kPa。

4.1.3 用作校正测厚仪器的校正规应准确至标称尺寸的 $\pm 0.001\text{ mm}$ 内。测厚仪器所指示的厚度与校正规厚度之差应不大于 0.005 mm。

注:对压缩系数大的和特殊结构的材料,测量面的面积和压力的数值可另行规定。

4.2 试样

4.2.1 概述

按“收货状态”。

4.2.2 全幅宽材料和片状材料

成卷交货的全幅宽材料或按定长剪切的片状材料:沿着材料整个宽度切取一条宽 25 mm、长度等于卷宽或片宽的试样。

4.2.3 分切材料(带)

从带卷上切取一条 1 m 长的试样。

4.3 程序

在试样不受任何约束情况下,沿其长度且相互间隔不少于 75 mm 的 9 点处测量材料的厚度。所有接头(或搭接)应不包含在试验面积之内。

4.4 结果

记录 9 个测量值,取其中值作为该材料的厚度。

5 定量(单位面积的质量,标重)

由于电气工程习惯使用定量这个词,因此,这里也使用它。复合材料的定量应按 GB/T 451.2—2002 所述方法测量并作如下修改:

- 略去 GB/T 451.2—2002 的第 5 章和第 6 章;
- 试验应在“收货状态”的 3 个试样上进行;
- 在面积不小于 100 cm² 的试样上测定质量,准确至 0.5%;
- 取其中值作为结果并报告其他两个值。

6 拉伸强度和断裂伸长率

6.1 试验设备

可使用恒速加荷试验机或恒速移动试验机。试验机最好是动力驱动并能分度到读出单项材料规范要求值的 1%。

6.2 试样

各采用 5 个试样。试样长度应使其在试验机两夹头间的长度为 200 mm。当试验全幅宽材料时,试样宽度为 15 mm,其中 5 个试样切自材料的纵向,另外 5 个试样切自材料的横向。当试验含有纺织品的试样时,切自同一方向的任何 2 个试样在长度方向上不应含有同根织线。

按“交货状态”试验分切材料(带)时,其宽度最大为 30 mm。

6.3 不折叠试样的试验程序

在试验机上装上一条试样,除非单项材料规范另有规定,拉伸速度应为 100 mm/min,施加负荷直至试样组分之一断裂。记录断裂负荷,如有要求,还应记录伸长。

如果试样是断在试验机夹头内或夹头处,则此结果作废并采用另一个试样再进行试验。

当测定接头的拉伸强度时,应将接头置于试验机两夹头间大致中间的位置上。

注:对某些材料,可能要采取特殊措施以防止试样打滑。

6.4 折叠试样的试验程序

用手将试样沿其长度中间对折,折痕与试样长边成直角。然后将试样长边紧靠图 1 所示折叠装置的导向块平放并沿试样长度方向将试样送入滚筒滚压。

按上述折叠是拉伸试验的第一步,所有 5 个试样折叠后应用肉眼检查试样是否分层或者折叠引起的其他影响,若试样破坏应在报告中记录,并用新的试样代替该试样。若 5 个试样折叠后均分层,则不能进行拉伸试验,并在报告中注明。

将试样展开后,再按 6.3 的规定进行试验。

6.5 结果

拉伸强度:取 5 个断裂负荷的中值计算材料的拉伸强度作为试验结果,以 N/10 mm 宽表示。

断裂伸长率:取 5 个断裂伸长率的中值作为试验结果,试验结果以两夹具间试样长度的百分率表示。

7 分层

在进行拉伸试验前应通过目测确定按 6.4 的规定折叠后的试样是否有分层或其他影响。

8 边缘抗撕裂

8.1 设备

使用一种边缘撕裂夹具(见图 2),将其装在符合 6.1 规定的试验机上。该边缘撕裂夹具是由一块薄钢板(A)构成水平横梁,横梁两端被固定在马镫形框架的两端点上。

将马镫形框架的薄金属把柄固定在拉力试验机的下夹具上,使得撕裂夹具的垂直中心线与上、下夹具的中心线相重合。水平横梁应便于拆卸,应配备两个横梁以供不同厚度范围的材料使用。

一个横梁厚度为 $1.25\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$,另一个厚度为 $2.5\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$ 。横梁的一边加工成 V 型缺口,缺口两个边的夹角为 $150^\circ \pm 1^\circ$ 。V 形缺口两边的横截面为半圆形且应光滑笔直。

8.2 试样

各制备 9 个试样。每个试样尺寸为长 250 mm,宽 15 mm~25 mm。其中 9 个试样的长边与材料的纵向平行,报告这些纵向(MD)试样的试验结果作为纵向边缘抗撕裂。另外 9 个试样的宽边与材料的纵向平行,报告这些横向(TD)试样的试验结果作为横向边缘抗撕裂。按第 3 章的要求对所有试样进行条件处理。

8.3 程序

把厚度合适的横梁安装到撕裂夹具框架上。1.25 mm 厚的横梁用于厚度在 0.75 mm 及以下的材料；2.50 mm 厚的横梁用于较厚的材料。

把撕裂夹具的薄把柄固定到拉力试验机的下夹具上，使撕裂夹具的垂直中心线与试验机的上、下夹具中心线重合且 V 型缺口的两边对称地位于上、下夹具中心线的两侧。

如果需要，可把撕裂夹具固定在试验机的上夹具上。此时，需要重新平衡拉力试验机以补偿撕裂夹具的质量。

调节试验机的下夹具，使得上夹具的下边缘距 V 型缺口横梁上方约 90 mm。将试样从横梁下方穿过撕裂夹具，然后把试样两端头并在一起固定到上夹具内。

在此操作过程中，要尽量把松驰的试样向上提起，但需注意不要对试样施加任何撕力。

试验初始阶段应尽可能缓慢地增加对试样施加的负荷以便最大限度地减少因惯性影响而引起的异常变形。继续增加负荷使得在 5 s~15 s 内开始撕裂，以 N 为单位，记录这个负荷。

8.4 结果

分别报告材料两个方向的中值，以 N 为单位。并记录所用横梁的厚度、加荷速率以及试样宽度和厚度。

9 受热影响

将面积约为 100 cm² 的试样，在供需双方商定的或按单项材料规范规定的温度下，让其承受 10 min~11 min 的热作用。有争议时，应采用符合 GB/T 11026.4—2012 要求的烘箱。以出现气泡、分层或其他不良影响表示试样被破坏。

10 挺度

10.1 设备

图 3 和图 4 所示设备由下述部分组成：

- 一个开有一宽为 5 mm±0.05 mm 中心槽的光滑不锈钢支撑平台。与中心槽相毗连的支撑平台上的两个上边缘倒成半径为 0.5 mm±0.05 mm 的圆角。支撑平台及中心槽圆角边的表面应光滑(中线平均值 0.25 μm~1.0 μm)。

注：由于光滑度对试验结果无大的影响，因此，不必规定一个比上述更小的容限。

- 一块扁平金属压梁。其安装方法是使得它能对称地插入支撑平台的中心槽里且受机械控制以 25 mm/min~50 mm/min 速度插入。该压梁厚度为 2 mm±0.05 mm，且插入深度不小于 10 mm，其长度比试样最大长度要长，其插入端应倒成半圆截面。
- 一个与压梁或平台相连接的负荷传感器。当对称地把一个试样置于槽口之上时，该传感器能测出试样阻止压梁插进槽里的最大阻力。负荷传感器的输出应直接记录在一仪表或记录纸上，其合适量程范围为 0 N~0.1 N，0 N~0.5 N 及 0 N~5 N。

此项试验可在传统的拉力试验机上进行，只需将其改成能施加压力即可。

10.2 试样

从材料上切取尺寸为 200 mm×10 mm 的试样 10 个，其中 5 个切自材料的纵向(MD)，另外 5 个切自材料的横向(TD)。在特定负荷范围内，对挺度值较高的材料，可采用较短的但不应短于 100 mm×

10 mm 的试样。

试样上较短的尺寸,即试验过程垂直于槽的那个尺寸,就是试验长度,因为在试验过程中试样在该方向上被延伸。应确保试样平整,无折痕和皱纹。

10.3 试验温度

试样经 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 1 h 处理后在该温度下试验。

注:这 1 h 的要求取代第 3 章规定的一般处理时间。

10.4 方法

使用符合第 4 章规定的仪器测量试样厚度。将试样对称地置于支撑平台上,使试样长边与槽平行,其两个短边等量地搭在槽的每一侧上。驱动压梁使其克服试样阻力插入槽内并记录最大阻力。对结构不对称的材料,究竟材料哪一面应朝内折,将在有关单项材料规范中规定。

10.5 结果

结果以 N 表示。假如不得不用较短的试样,则这个力应换算到 200 mm 长的力。取 5 个试样的中值作为相应方向的挺度。

注:理论上均匀材料的挺度与其厚度的立方成正比。因此,各个试样间平均厚度的变化将会引起在单层和多层复合材料上测得的挺度值发生很大波动。

试验经验表明,若被试材料的厚度变化不是很大,且如果以立方理论关系为基础对测得的挺度值进行修正,那么可获得令人满意的重复性和再现性。

11 击穿电压

11.1 概述

应按 GB/T 1408.1—2006 进行试验。

11.2 设备

11.2.1 对试验设备的一般要求

试验设备应符合 GB/T 1408.1—2006 的要求。

11.2.2 电极

对片状材料,应按 GB/T 1408.1—2006 的规定采用 $\phi 25\text{ mm}/\phi 75\text{ mm}$ 电极。对分切材料(带),应按 GB/T 1408.1—2006 的规定采用 $\phi 6\text{ mm}$ 电极。

电极表面应相互平行且没有凹坑或其他缺陷。

11.2.3 折叠装置

见图 5 及图 6。

11.3 试样及试验次数

对片状材料,试样尺寸至少应是 $250\text{ mm} \times 250\text{ mm}$,试样尺寸应足以适应电极摆放以避免闪络。对于厚度 0.5 mm 及以下的试样应做不折叠和折叠后的试验。在相同的试样上,沿纵向折叠线做 5 次试验,沿横向折叠线做 5 次试验,再在未折叠区内做 5 次试验。对于厚度 0.5 mm 以上的试样,仅做 5 次

不折叠试验。对于分切材料(带),试样应是长 450 mm、宽 25 mm,试验 5 次,且可在同一试样上进行。

注:当试验材料宽度小于 25 mm 时,可适当摆放电极以避免闪络。

11.4 程序

11.4.1 折叠

在距试样边缘约 40 mm 并与边缘相平行处用手将试样弯折。

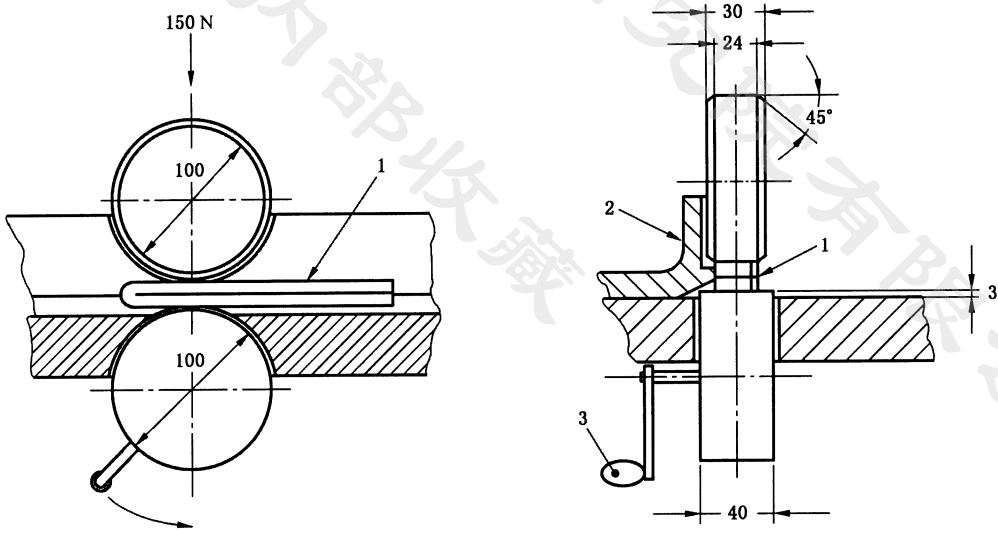
注:用手弯折试样时,推荐使用图 5 所示装置。试样可尽可能深地插入该装置的槽里,用手向一边弯折 90°。然后从槽中取出试样,再用手沿同一方向弯折 90°。

将弯折后的试样折痕紧靠图 6 所示折叠装置的导向块平放后送入滚筒滚压。接着用手将试样向后弯折 360°,再送入折叠装置滚筒滚压。至此,试样的所有 4 个边缘都经受了两次折叠作用。将试样展开后,按 11.4.2 的规定进行试验,试验次数按 11.3 的规定。

11.4.2 试验

试样按第 3 章的要求处理后进行试验。除非单项材料规范另有规定,应按 GB/T 1408.1—2006 中 10.1 的规定施加电压。当 $\phi 25$ mm 电极重量不足以压平折叠后的试样时,应施加压力,其大小应正好压平试样。击穿判断标准,按 GB/T 1408.1—2006 的规定,取中值作为试验结果,单位为 kV。

单位为毫米



说明:

- 1——试样;
- 2——挡块;
- 3——手柄。

图 1 试样折叠装置

单位为毫米

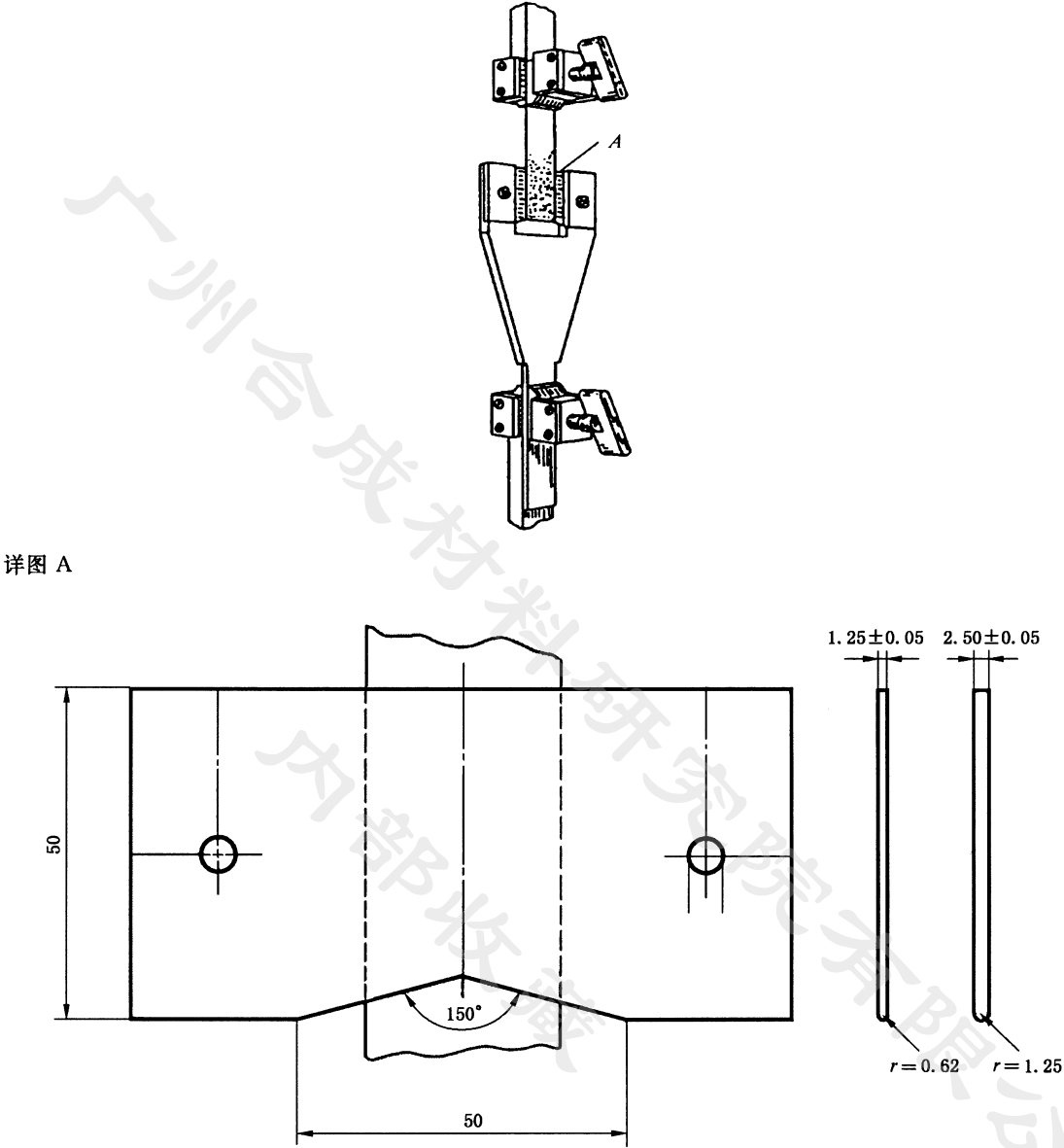


图 2 边缘撕裂夹具

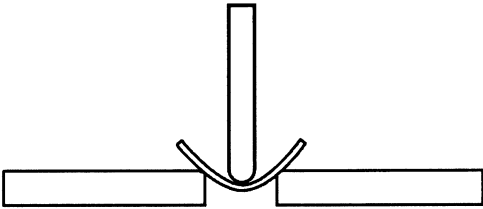


图 3 挺度测试过程中试样形状的侧视图

单位为毫米

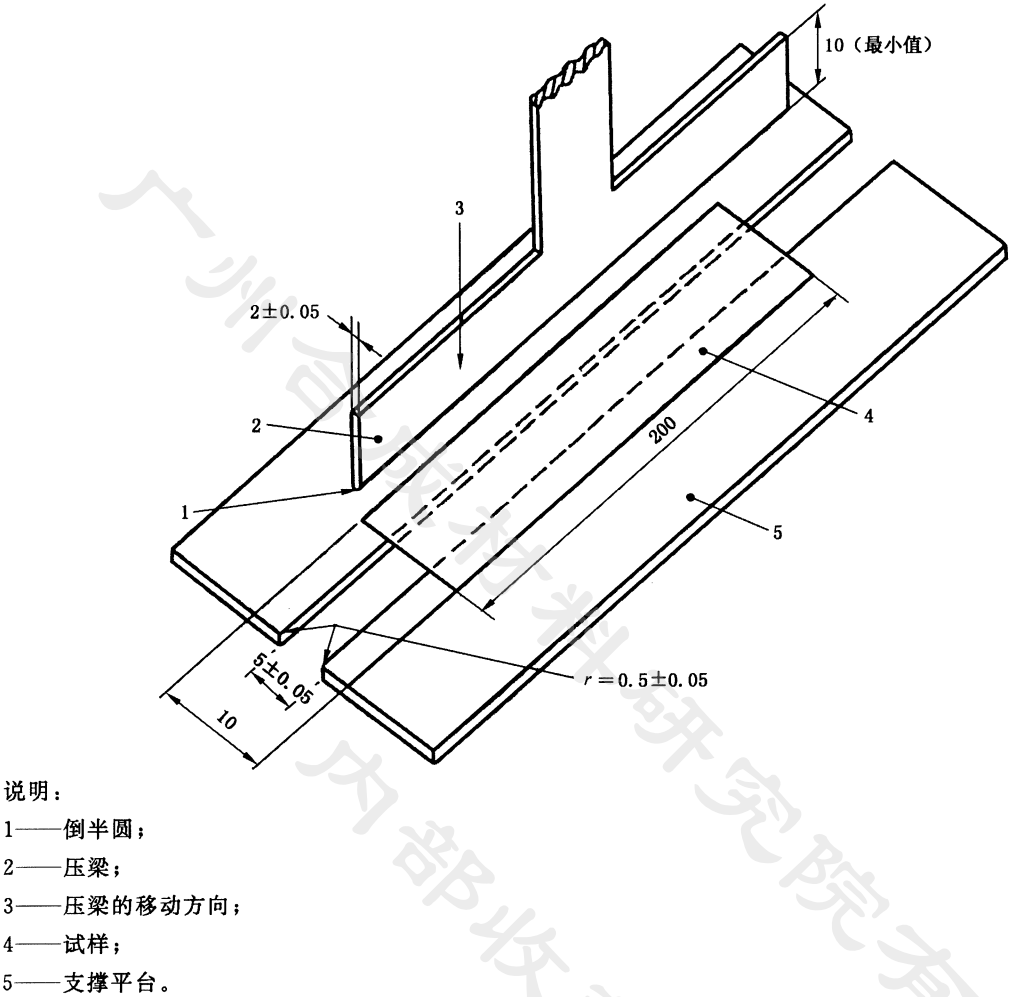


图 4 挺度测定设备示意图

单位为毫米

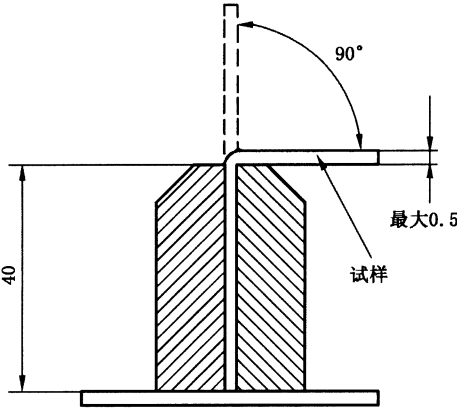
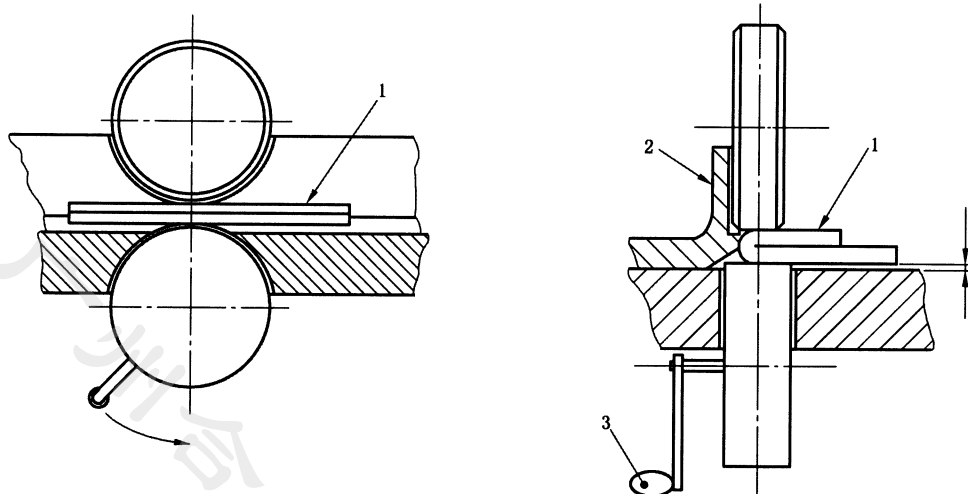


图 5 试样的弯折



说明：

1——试样；

2——挡块；

3——手柄。

图 6 折叠装置

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 60626-2:2009 相比的结构变化情况

本部分与 IEC 60626-2:2009 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 IEC 60626-2:2009 的章条编号对照情况

本部分章条编号	对应 IEC 60626-2:2009 的章条编号
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	—
8	—
9	7
10	—
11	8
图 1	图 1
图 2	—
图 3	—
图 4	—
图 5	图 2
图 6	图 3

附 录 B
(资料性附录)

本部分与 IEC 60626-2:2009 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本部分与 IEC 60626-2:2009 技术性差异及其原因一览表。

表 B.1 本部分与 IEC 60626-2:2009 技术性差异及其原因

本部分章条编号	技术性差异	原 因
2	关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ● 用非等效采标的 GB/T 451.2—2002 代替 ISO 536-1995; ● 用等同采标的 GB/T 11026.4—2012 代替 IEC 60216-4-10:2006; ● 用等同采标的 GB/T 1408.1—2006 代替 IEC 60243:1998; ● 删除了国际标准 IEC 60626-3:2008	适应我国技术文件
6.3	“从施加负荷开始至负荷达到相当于规定的最小拉伸强度的瞬间时间为 $(60\pm 10)\text{s}$ ”改为“除非单项材料规范另有规定,拉伸速度应为 100 mm/min ”	增加可操作性,便于标准的执行
7、8 和 10	增加了“分层”“边缘抗撕裂”和“挺度”3 章	考虑到实际应用的需要,故增加该三项试验方法
11	标题“电气强度”一词改为“击穿电压”	因为本章内容实际上只涉及击穿电压,未包含有关电气强度的内容
11.4.2	增加了施加电压的具体方式	增加可操作性,便于标准的执行