**D2344 / D2344M – 16**

**聚合物基复合材料及其层压板的短梁剪切强度**

**标准试验方法****1**

本标准以固定名称D2344 / D2344M发布；名称后的数字表示最初采用的年份，或者在修订的情况下表示最后修订的年份。括号中的数字表示上次重新批准的年份。上标（'）表示自上次修订或重新批准以来的一次编辑更改。

该标准已获得美国国防部机构的批准。

# 范围：

1.1本试验方法适用于测量高模量纤维增强的聚合物基复合材料的短梁剪切强度。短梁试件从一块曲板或平板上经机械加工而成，其厚度可达6mm（0.25in.），短梁承受3点弯曲载荷。

1.2复合材料形式限定于连续或不连续纤维增强的聚合物基复合材料，其弹性性能关于梁的纵轴是均衡、对称的。

1.3 以SI单位或英寸-磅单位表示的值应单独视为标准值。在测试中，英寸-磅单位显示在括号中。每一种单位制之间的数值并不严格等值，因此，每一种单位制都必须单独使用。由两种单位制组合的数据可能导致与本标准的不相符。

1.4 本标准并未打算提及，与使用有关的所有安全性问题（如果存在的话）。在使用本标准之前，本标准的用户有责任建立合适的安全与健康的操作方法，以及确定规章制度的适用性。

# 参考文献

# 2.1 ASTM标准：2

# D 792 置换法测量塑料密度和比重（相对密度）试验方法

# D 883 与塑料相关的术语

# D 2584 弯曲增强树脂燃烧质量损失试验方法

# D 2734 增强塑料空隙含量试验方法

# D 3171 复合材料组分含量测试方法

# D 3878 复合材料术语

# D 5229/D 5229M 聚合物基复合材料吸湿性能及平衡状态调节试验方法

# D 5687/D 5687M 试件制备时按照工艺指南进行平复合材料板的制备指南

# E 4 试验机载荷标定方法

# E 6 与力学试验方法相关的术语

# E 18 金属材料洛氏硬度和洛氏表面硬度试验方法

# E 122 选择样本尺寸用以评估批次或工艺质量测量方法

# E 177 ASTM试验方法中精度和偏差的使用方法

# E 456 与质量和统计相关的术语

# E 1309 数据库中纤维增强聚合物基复合材料的标识指南（2015年撤回）3

# E 1434数据库中纤维增强聚合物基复合材料的力学性能试验数据记录指南（2015年撤回）3

# E 1471 计算机材料性能数据库中纤维、填料及蜂窝芯材料的标识指南（2015年撤回）3

# 术语：

# 定义——术语D3878定义了与高模量纤维及其复合材料有关的术语。术语D 883定义了与塑料有关的术语。术语E6定义了与力学试验相关的术语。术语E456和操作规程E177定义了与统计有关的术语。当各个标准定义的术语之间发生矛盾时，术语D3878应优先于其他标准。

# 注释1：如果术语表示一个物理量，它的分析量纲以基本量纲的形式紧跟在该术语（或文字符号）后面予以说明，方括号内所示的基本量纲采用下面的ASTM标准符号：[M]表示质量，[L]表示长度，[T]表示时间，热力学温度用[Θ]，无量纲用[nd]。由于不带方括号时以上这些符号可能有其他的定义，所以这些符号在带方括号时的使用仅限于分析量纲。

# 本标准专用术语定义：

# 3.2.1 均衡层压板，n-连续纤维增强的层压板，其中，对于以层压板参考轴测量的每一个 +θ层，均有一个相同材料的-θ层与其平衡（例如0/+45/-45/+45/-45/0）

# 3.2.2 短梁剪切强度：用式（1）计算11.6节规定的破坏发生时试件中面的剪切应力。

# 讨论：本试验方法中，尽管剪切是主要的载荷形式，但是内部应力很复杂，可能会出现不同的破坏模式。对于短梁结构的应力状态，Berg等（1）4、Whitney（2）、Sullivan和Van Oene（3）的基于经典梁理论的弹性解决方案被证明是不合适的。这些解决方案表明，用式（1）预计的概率剪切应力分布仅发生于加载头与支撑点之间的平面中间处，且并不准确。远离这些平面时，应力分布出现弯曲，其最大应力发生于加载头和支撑点处。特别明显的是加载头处的局部应力状态，即由横向和面内剪切应力组合的严重的剪切应力集中，表明出现初始破坏。但是，对于韧性较好的基体，塑性屈服可以缓解加载头处的应力状态（1），并允许发生其他模式的破坏，如底表面的纤维拉伸（2）。因此，除非明确观察到中面的层间破坏，否则，本方法测量的短梁剪切强度并不代表剪切性能，式（1）也不能得到正确的剪切强度值。

# 3.2.3 对称层压板，n——一种连续纤维增强的层压板，对于中面以上的每一个单层，都有一个位于中面以下的相同的单层与之匹配（按照位置、方向和力学性能）。

# 符号：

# b—试样宽度；

# CV—样本的离散系数（以百分数表示）；

# Fsbs—短梁强度；

# h—试样厚度；

# n—试样数量；

# Pm—试验中观察到的最大载荷；

# xi—样本母体中每个独立试样的测量或导出的性能值；

# ‾x—样本平均值

# 试验方法概述：

# 4.1短梁试样（图1-图4）承受中心加载，如图5和图6所示。试样两端置于两个支座上，以便于横向观察，通过位于试样中点的加载头直接施加载荷。

#

# 注1--绘图说明：ANSI Y 14.5-1982 和ANSI/ASMB46.1-1986

# 注2--铺层方向相对于-B-的公差为±0.5°

# 图1：平的试样结构（SI制）

#

# 注1--绘图说明：ANSI Y 14.5-1982 和ANSI/ASMB46.1-1986

# 注2--铺层方向相对于-B-的公差为±0.5°

# 图2：平的试样结构（英制）

#

# 注1--绘图说明：ANSI Y 14.5-1982 和ANSI/ASMB46.1-1986

# 注2--铺层方向相对于-A-的公差为±0.5°

# 图3：弯的试样结构（SI制）

#

# 注1--绘图说明：ANSI Y 14.5-1982 和ANSI/ASMB46.1-1986

# 注2--铺层方向相对于-A-的公差为±0.5°

# 图4：弯的试样结构（英制）

#

# 图5：水平剪切加载图解（弯的试样）

#

# 图6：水平剪切加载图解（平的试样）

# 意义与用途：

# 大多数情况下，由于试样内部应力的复杂性和破坏模式的多样性，所以将短梁剪切强度作为一种材料性能通常是不可能的。然而，破坏主要由树脂和层间特性控制，对于一个给定的试样几何尺寸、材料体系和铺层顺序，试验结果有很好的重复性（4）。

# 本试验方法测量的短梁剪切强度可以用于质量控制和工艺鉴定的目的。如果破坏模式完全相同，也可以用于符合材料的比较试验（5）。

# 本试验方法并不仅限定于第8节给定的试样范围，但是加载的跨距与试样厚度之比限定为4.0，试样的至于小厚度限定为2.0mm(0.08in.)。

# 影响因素：

# 6.1 为了对试验数据进行合理的解释，特别是对初始损伤模式的检测，必须准确地记录所观察到的破坏模式。

# 设备：

# 试验机—须经过正确的校准，能以一个恒定的横梁移动速度操作，加载系统的误差不超过±1%。在使用的横梁速率下，载荷指示机构无惯性滞后，惯性滞后不能超过测量载荷的1%。试验机精度应采用与E4相一致的方法进行校验。

# 加载头和支座—如图5和图6所示，分别采用直径为6.00±0.50mm（0.250±0.020in.）和3.00±0.40mm（0.125±0.010in.）的圆柱体，硬度满足试验方法E18的要求，即60-62HRC，表面必须精细打磨，不能有凹痕和毛刺，并去除所有锐边。对于弯曲试样，推荐使用图5所示的加载结构，其中半径r与试样厚度h的比值为r / h为5或更小。对于扁平试样以及r / h比大于5的弯曲试样，推荐使用图6所示的加载配置。

# 千分尺—用一个4-7mm（0.16-0.28in.）公称直径的千分尺测量试样的宽度和厚度。当至少一个表面不规则时（例如既不光滑也不平坦的粗剥离层表面），建议使用球形面进行厚度测量。用千分尺或带有平基准面的卡尺测量试件的长度。如果测试申请者指定（或同意）并在实验室的报告中标明，则可以使用替代测量装置。仪器的精度应是其最小读数在试样几何尺寸的1%以内。对于典型样品的几何尺寸，精度为±0.0025mm

# (±0.0001in.)的仪器能满足对试样厚度和宽度的测量；精度为±0.025mm(±0.001in.)的仪器适用于试样长度的测量。

# 调节箱—在非试验室环境下调节材料时，要求使用温湿度可控的环境调节箱，并能将温度保持在所要求温度的±3℃（±5℉）以内，湿度保持在所要求湿度的±3%以内。调节箱的环境条件在正常范围内应以自动连续或规则间隔的手动方式进行控制。

# 环境试验箱—对于不同于大气环境的试验室条件的试验环境，要求采用环境试验箱。环境箱能使试样在力学试验期间保持在要求的试验环境下。

# 取样和试样：

# 取样—对每种试验情况至少应进行5个试样的试验，除非利用较少的试样可以得到有效的结果，如设计试验的情况。为了得到具有统计意义的数据，应参考操作规程E122中所述步骤。报告取样方法。

# 几何形状：

# 8.2.1 层压板结构形式—多向和纯单向层压板都可以进行试验，只要梁的跨度方向的0°纤维含量至少为10%（最好通过厚度均匀分布），并且层压板相对于梁的跨度方向是对称均衡的。

# 8.2.2 试样结构形式—平试样和弯曲试样的典型结构形式如图1~图4所示。对于厚度与图中给定值不同的试样，推荐的几何尺寸如下：

# 试样长度=厚度×6

# 试样宽度，b=厚度×2.0

# 注2：Adams and Lewis (6)的分析显示，宽度-厚度比大于2.0时，将导致宽度方向剪切应力的明显变化。

# 8.2.2.1 对于曲梁试样，推荐的弧度不能超过30°。并且，试样的长度定义为最小弦长。

# 试样制备—指南D5687/D5687M推荐了试样的制备方法，并且应遵循下列的操作方法。

# 8.3.1 层压板制造—层压板可以是手工铺设、长丝缠绕或丝束铺放，可以采用任何适用于层压板的模压方法成形，如加压、真空袋、热压罐或树脂传递成型。

# 8.3.2 机械加工方法—试样的制备非常重要。从圆环或平板上切割试样时应特别小心，以避免由于不合适的加工方法而引起的切口、划痕、粗糙或不平的表面、或者分层。并通过水润滑的精确切割、碾磨或磨削，得到时间最终尺寸。对于多数材料体系，使用金刚砂工具非常有效。试样边缘应在特定的公差范围内平坦且平行。

# 8.3.3 标识—为了便于区分试样，且能追溯到原材料，应对试样作标识。试样的标识应既不受试验的影响，又不影响试验。

# 校准：

# 9.1 所有测量仪器的精度应已校准过，并且设备应在有效使用期内。

# 状态调节：

# 10.1 标准状态调节方法—作为试验的一部分，除非规定了不同的环境条件，否则应按照试验方法D5229/D5229M中的方法C对试样进行状态调节，且应在标准试验室环境（23±3℃和50±10%相对湿度）中保存和试验。

# 试验过程：

# 11.1 试验前确定的参数：

# 11.1.1 试样的取样方法和试样的几何尺寸。

# 11.1.2 材料性能和数据报告的格式。

# 注3—试验前确定特定材料参数、精度和数据的报告要求，以便适当的选择测试仪器和数据记录设备。估计工作应力有助于设备的校准和设备装置的确定。

# 11.1.3 环境状态调节试验参数

# 11.1.4 如果进行了试验，用于确定密度和增强体体积的取样方法、试样几何尺寸和试验参数。

# 11.1.5 可选的标样厚度，用于设定支撑跨度尺寸。

# 11.2 一般说明：

# 11.2.1 报告试验方法的任何偏差，无论是有意的还是无意的。

# 11.2.2 如果要报告比重、密度增强体体积或空隙体积，那么必须从同一块板上获取这些试样。比重和密度由试验方法D 792得到。用试验方法D 3171的基体溶解方法，或者对于某一增强材料，例如玻璃或陶瓷，用试验方法D 2584中的基体燃烧方法来计算组分材料的体积百分比。用试验方法D 2734中空隙含量的计算公式得到的空隙含量适用于试验方法D2584和D3171。

# 11.2.3 要求的试样状态调节。如果试验环境与状态调节环境不同，则应在状态调节环境下储存试样，直到试验开始。

# 11.2.4 接下来进行最终的试样加工和状态调节，但是试验前，测量并记录试样中心截面处的宽度和厚度以及试样的长度，测量精度如7.3节中所述。

# 11.3 试验速度—以1.0mm(0.05in.)/min的横梁移动速度作为试验速度。

# 11.4 试验环境—如果可能，试样应在与状态调节相同的液体暴露水平下进行试验。然而，如果试验温度高于试验机环境箱的要求，则应在无液体暴露控制的条件下进行给定温度的试验。这种情况下，对试样从状态调节箱中取出直到试验结束的时间应有严格限制，以避免试样出现不可逆的湿度损失。应记录对试验环境的任何改进以及试样从状态调节箱中取出直到试验结束后的重量变化。

# 11.4.1 在试验长度方向中点处的下侧安装一个合适的温度传感器以检测试样的温度。

# 11.5 试验安装—将试样放入试验夹具中，如图5或图6所示。为了测试弯曲梁试样，建议试样的凹面朝下，使梁试样的端部低于中心。将试样对齐并对中，使其纵轴与加载头和支座垂直。调整跨距，使得跨距-厚度测量值之比为4.0，并且精度为±0.3mm(0.012in.)。如果由测试申请者提供，则根据标准样品厚度确定一组复制样本的跨度。装载头应位于侧支架中间，应在±0.3 mm [0.012 in.]之内。加载头和支座的每个侧边应至少超过试样宽度2mm[0.08in.]。对于平层压板的试验，试样每端应超出支座中心线至少一倍试样厚度的距离。

# 11.6 加载—以特定的加载速率对试样加载，同时记录数据。连续加载直到下列情况发生：

# 11.6.1 载荷回落30%；

# 11.6.2 试样破坏为两片；

# 11.6.3 加载头的位移超过了试样的名义厚度。

# 11.7 数据记录—记录整个试验过程的载荷-横梁位移数据。记录最大载荷、最终载荷以及在载荷-位移数据中明显不连续的载荷。

# 11.8 破坏模式—目视可观察的典型破坏模式如图7所示，但是破坏前可能出现目视很难看到的局部损伤模式，如横向层的开裂。记录试样的破坏模式和破坏区域，如果可能，应辨别是单一破坏模式还是组合模式。

#

# 图7：短梁试验中的典型破坏模式

# 计算

# 12.1 短梁强度—用式（1）计算短梁强度：

#

#  其中：

#  Fsbs =短梁强度，MPa(psi)；

#  Pm=试验中观察到的最大载荷，N(lbf)；

#  b =试样宽度测量值；

#  h =试样厚度测量值。

# 12.2 统计—对于每批试验，用下列公式计算每一个需要测量的性能的平均值、标准差和离散系数（百分数）：

#

#

# 其中：

#  ‾x=样本的平均值；

#  Sn-1=样本的标准差；

#  CV=样本的离散系数，%；

#  n =试样数量；

#  xi =测量或导出的性能值。

# 报告

# 13.1 报告应给出下列信息或含有这些信息的参考文献（对超出一个给定实验室范围的事项，如关于材料细节或层压板加工参数，委托方有责任给出有关报告）；

# 注4—指南E1309、E1434和E1471包含了关于复合材料和复合材料力学试验数据报告的建议。

# 13.1.1 本试验方法或修订级别或发布日期。

# 13.1.2 试样的结构形式是标准的还是变化的。

# 13.1.3 试验时间和地点。

# 13.1.4 试验人员姓名。

# 13.1.5 任何与本试验方法不同之处，试验时出现的异常情况以及试验时出现的设备问题。

# 13.1.6 试验材料的证明文件，包括：材料规格、材料类型、材料牌号、制造厂家的批号或炉号、来源（如果不是由制造厂家提供）、检验日期、单丝直径、纤维束或纱的支数与捻度、浸润剂、结构形式机织、纤维面积重量、基体类型、预浸料基体含量以及预浸料挥发物含量。

# 13.1.7 层压板制造步骤的描述，包括：制造开始时间、制造结束时间、工艺规范、固化周期、压实方法及所用设备的描述。

# 13.1.8 单层方向和层压板的铺层顺序。

# 13.1.9 如果要求，给出密度、增强体的体积百分比和空隙含量测试方法、时间取样方法和几何形状、试验参数和试验结果。

# 13.1.10 材料的平均单层厚度。

# 13.1.11 任何无损评估试验的结果。

# 13.1.12 试验件的制备方法，包括：试样编号方案和方法、试样几何形状、取样方法和试样切割方法。

# 13.1.13 所有测量仪器和试验设备的校准日期和方法。

# 13.1.14 加载头和支座的详细描述，包括直径和材料。

# 13.1.15 试验机型号、对中结果以及数据采样速率和设备型号。

# 13.1.16 每个试样的几何尺寸。

# 13.1.17 状态调节参数和结果。

# 13.1.18 试验室的相对湿度和温度。

# 13.1.19 试验机环境箱环境（如果使用）和在环境中的浸透时间。

# 13.1.20 试验的试样数量。

# 13.1.21 试验速率。

# 13.1.22 试验过程中观察到的每个试样的最大载荷。

# 13.1.23 每个试样的载荷-位移曲线。

# 13.1.24 每个试样的破坏模式，如果可能，采用图7的标识。

# 精度与偏差：

# 14.1 精度—本试验方法没有为编制精度所需的数据。

# 14.2 偏差—由于没有课接受的参考标准，本试验方法不能确定偏差。

# 关键词：

# 15.1 复合材料；树脂和层间性能；短梁强度。

# 引用：

（1）Berg, C. A., Tirosh, J., 和Israeli, M., “纤维增强复合材料的短梁弯曲分析”，复合材料：测试和设计（第二次会议），ASTM STP 497，ASTM，1972，第206 -218页。

（2）Whitney, J. M., 和Browning, C. E.,“关于复合材料的短梁剪切试验”，力学试验，1985年，第25卷，第294-300页。

（3）Sullivan, J. L., 和Van Oene, H., “弹性分析的一般和特殊正交异性梁受到集中载荷”，复合材料科学与技术，第27卷，1986年，第182-191页。

(4) 美国联邦航空管理局，“复合材料试验方法状况报告：第三卷剪切试验方法”，报告编号DOT / FAA / CT-93/17，III，FAA技术中心，大西洋城，1993年。

(5) Cui，W.，Wisnom，MR和Jones，M.，“样品尺寸对单向碳纤维 - 环氧树脂的层间剪切强度的影响”，复合材料工程，1994年，第4卷，第3期,第299-307页。

(6) EQ，Adams, D. F. 和 Lewis, E. Q., “复合材料剪切试验方法的现状”，高级材料与加工工程科学，1994年，第31卷，第6期，第32-41页。

*ASTM International不承担与本标准中提及的任何项目相关的任何专利权的有效性。明确告知本标准的用户，确定任何此类专利权的有效性以及侵犯此类权利的风险完全由他们自己负责。*

*本标准可由负责的技术委员会随时修订，并且必须每五年审核一次，如果没有修订，则重新批准或撤销。您的修改本标准或其他标准的建议，应提交给ASTM国际总部。您的意见将在您可能参加的负责技术委员会会议上得到认真考虑。如果您认为您的意见没有得到公正的听证会，您应该向ASTM标准委员会公布您的意见，地址如下所示。*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959,*

*United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above*

*address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website*

*(www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222*

*Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/*