



中华人民共和国国家标准

GB/T 32493—2016

纤维增强复合材料抗弹性能试验方法 贯穿比吸能法

Test method of ballistic resistance for fibre reinforced composites—
Specific absorbed energy by perforation method

2016-02-24 发布

2017-01-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本标准起草单位：中国兵器工业集团第五三研究所、北京玻璃钢研究设计院有限公司。

本标准主要起草人：王绪财、彭刚、冯家臣、郑会保、吕秀莲、彭兴财、王伟、刘原栋、陈春晓。

纤维增强复合材料抗弹性能试验方法

贯穿比吸能法

1 范围

本标准规定了用贯穿比吸能法测定纤维增强复合材料抗弹性能的术语和定义、试验原理、试验设备与条件、试验步骤、数据处理及试验报告等。

本标准适用于各种纤维增强树脂基复合材料抗碎片模拟弹贯穿性能的试验和评定。其他材料也可参照执行。

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 308.1 滚动轴承 球 第1部分:钢球

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

靶板 target

用于弹道贯穿试验的各种纤维增强复合材料样品。

3.2

刚性弹体 rigid project

自身硬度远大于靶板硬度,侵彻靶板过程中不发生塑性变形或破坏的弹体。

3.3

弹托 sabot

在枪管内用于稳定推动弹体高速发射的轻质托架。

3.4

面密度 areal density

单位面积的靶板质量。

3.5

贯穿比吸能 specific absorbed energy

刚性弹体贯穿靶板的动能损耗与被贯穿靶板面密度的比值。

3.6

弹道线 ballistic line

弹体从枪口到靶板弹着点的飞行轨迹。

3.7

入射角 angle of incidence

弹体飞行方向与弹着点切平面法线的夹角。

3.8

入射速度 incident velocity

弹体的着靶速度。

3.9

残余速度 residual velocity

弹体贯穿靶板后在出射点处的速度。

3.10

测速点 velocity recording point

弹体速度的测定点,即弹道线上测速起始靶和终止靶的中点。

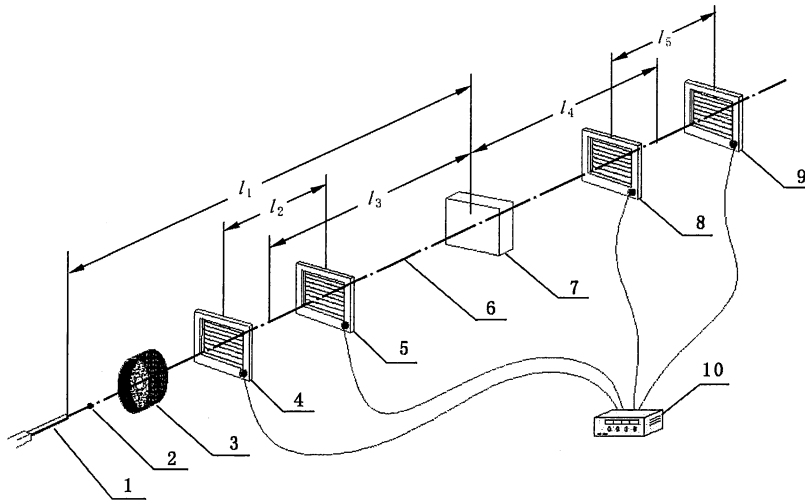
4 试验原理

分别测定刚性弹体贯穿靶板前的入射速度和贯穿靶板后的残余速度,以刚性弹体动能损耗作为靶板的贯穿吸能值。贯穿吸能值与靶板面密度的比值即为被测靶板的贯穿比吸能。

5 试验设备与条件

5.1 试验设备组成

试验测试设备一般由试验用弹、试验枪械、弹托拦截器、测速靶、计时仪和靶架等部分组成,试验装置示意图见图 1。



说明:

1——试验枪械;

2——试验用弹;

3——弹托拦截器;

4——前测速起始靶;

5——前测速终止靶;

6——弹道线;

7——靶板;

8——后测速起始靶;

9——后测速终止靶;

10——计时仪;

l_1 ——射击距离;

l_2 ——前测速靶间距;

l_3 ——前测速点到靶板距离;

l_4 ——后测速点到靶板距离;

l_5 ——后测速靶间距。

图 1 试验装置布置示意图

5.2 试验用弹

试验用弹推荐选用 4.5 g 钢球,钢球材质应为高碳铬轴承钢,其相关技术要求应满足 GB/T 308.1 的规定。推荐选用的 4.5 g 钢球相关参数见表 1,也可根据需要选用满足 GB/T 308.1 要求的其他规格钢球。

表 1 4.5 g 钢球相关参数

质量 g	直径 mm	硬度 HRC
4.50±0.02	10.30±0.02	63±3

5.3 试验枪械

试验枪械应选用经鉴定合格或批准定型的标准弹道枪。根据试验用弹类型和发射速度要求,确定相匹配的弹道枪口径和型号。对于 4.5 g 钢球,推荐使用 12.7 mm 口径弹道枪进行发射。

5.4 弹托

弹托外径应与枪械口径相匹配。弹托在膛内应具有良好的闭气性,保持完整不破坏。弹托出枪口后应能与破片模拟弹平稳脱离,不影响弹体自由飞行。

5.5 弹托拦截器

5.5.1 弹托拦截器是用来拦截和收集飞行弹托的筒状钢结构体。拦截器的设计应既能满足高速飞行弹托的有效拦截和收集,又不影响破片模拟弹的通行。

5.5.2 弹托拦截器应置于试验枪械与测速靶起始靶之间,其中轴线应与弹道线一致。

5.6 测速靶

5.6.1 测速靶共需前、后两套,其中前测速靶置于靶板前侧,用于测定弹体在前测速点的速度;后测速靶置于靶板后侧,用于测定弹体在后测速点的速度。测速靶的触发屏应平行放置,并与弹道线垂直。

5.6.2 前测速起始靶与枪口距离不小于 2 000 mm。前后两套测速靶间距 l_2 和 l_5 均应不小于 1 000 mm,测量误差应不大于 0.1%。前测速点到靶板的距离 l_3 和后测速点到靶板的距离 l_4 推荐为 1.5 m~2.5 m,也可根据需要进行调整,但应在试验记录和试验报告中注明。

5.6.3 测速靶应按附录 A 规定每年进行比对校验。

5.7 计时仪

采用计时仪或计时采集卡,其计时精度应不大于 1 μ s。

5.8 天平

天平用来称量发射药,称量精度应不大于 0.001 g。

5.9 靶架

5.9.1 靶架用来放置和固定靶板。靶架为钢结构框架,应具有良好刚性,弹道冲击下不发生塑性变形。

5.9.2 靶架应可进行入射角度调节和上下左右位置调节。

5.10 靶板

5.10.1 靶板应为厚度均匀的平板状试样,有效面积不小于 250 mm×250 mm,厚度推荐为(10±0.2)mm。若对靶板尺寸有特殊要求,应在试验记录和试验报告中注明。

5.10.2 靶板数量可选用一块或多块,应能够获得 8 发有效贯穿数据。采用多块靶板试验时,靶板参数应一致。

5.11 射击距离

射击距离 l_1 为 5 m。如有特殊情况需调整射击距离,应在试验记录和试验报告中注明。

5.12 入射角

推荐入射角为 0°。如有特殊要求需调整入射角,应在试验记录和试验报告中注明。

5.13 弹速

5.13.1 弹速应遵循以下规定:

- a) 弹速应能够使弹体贯穿靶板;
- b) 弹速不应过大,以避免引起弹体塑性变形或破坏;
- c) 弹体贯穿靶板后的残余速度不宜低于 300 m/s;
- d) 同批次试验的弹速应一致,最大偏差应不大于弹速的 1.5%。

5.13.2 推荐射击弹速为 830 m/s。

5.14 靶板状态调节

5.14.1 靶板在试验前应按 GB/T 1446 规定进行状态调节,特殊状态处理应在试验记录和试验报告中注明。

5.14.2 靶板状态调节完成后,应在 30 min 内完成试验。

5.15 试验环境条件

室内环境。

6 试验步骤

6.1 预热

电子设备开机预热应不小于 30 min,试验枪械适应性射击预热应不少于 3 发。

6.2 弹药组装

6.2.1 选择与药筒、射击速度相匹配的发射药型号,用天平称取发射药装入药筒并适当固定后,将药筒与发射弹体组装成一体。

6.2.2 弹药组装应采用专用装具,组装状态应一致。

警告: 1) 弹药组装过程中严禁磕碰、挤压药筒底火部位。

2) 弹药组装过程中应有防静电措施。

注: 称装发射药的器皿、量具、辅助组装工具等的材质推荐采用紫铜。

6.3 弹速调节控制

通过调整发射药的装药量来调节和控制弹速。

6.4 弹着点位置确定

6.4.1 弹着点距靶板边缘的距离应不小于 75 mm,且弹着点之间的距离应满足靶板背面损伤区域不重合。

6.4.2 试验中可使用激光瞄准器指示并确定预设弹着点位置。

6.5 靶板夹持及布置

用夹具将靶板固定在靶架上,根据激光瞄准器的指示点调整靶板位置。

6.6 射击试验

6.6.1 按预设弹着点位置进行射击试验,记录试验结果(包括前测速点弹速 v_i 和后测速点弹速 v_r),按 6.7 判断射击结果的有效性。

6.6.2 调整靶板位置后继续射击试验,直至获得 8 发有效贯穿数据。

6.7 有效贯穿数据判据

有效贯穿应同时满足以下要求:

- a) 弹体入射角偏差应不大于 5° 。
- b) 弹速应满足 5.13 的要求。
- c) 弹着点位置应满足 6.4 的要求。

7 数据处理

7.1 速度换算

按附录 B 规定换算弹体的入射速度 v_i 和残余速度 v_r 。

7.2 靶板贯穿吸能和贯穿比吸能的计算

7.2.1 靶板贯穿吸能 E_{ab} 按式(1)计算:

$$E_{ab} = m(v_i^2 - v_r^2)/2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- E_{ab} ——靶板贯穿吸能,单位为焦耳(J);
- m ——弹体的质量,单位为千克(kg);
- v_i ——弹体的入射速度,单位为米每秒(m/s);
- v_r ——弹体的残余速度,单位为米每秒(m/s)。

7.2.2 靶板贯穿比吸能 E_p 按式(2)计算:

$$E_p = E_{ab}/\rho_A \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- E_p ——靶板贯穿比吸能,单位为焦耳平方米每千克($J \cdot m^2/kg$);
- E_{ab} ——靶板贯穿吸能,单位为焦耳(J);
- ρ_A ——靶板面密度,单位为千克每平方米(kg/m^2)。

8 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

- a) 试验标准及委托方要求；
- b) 靶板名称与结构描述、尺寸与重量；
- c) 试验用弹；
- d) 试验环境条件；
- e) 靶板调节状态；
- f) 全部有效测速点弹速；
- g) 贯穿比吸能单值、算术平均值及标准偏差；
- h) 试验日期、试验人员。

附 录 A
(规范性附录)
测速靶射击比对校验方法

A.1 测速靶射击比对校验要求

A.1.1 测速靶射击比对校验应定期进行。测速系统出现异常时应及时进行校验。

A.1.2 比对校验采用两套测速靶测同一点弹速的方式。推荐射击 10 发为一组。

A.2 射击比对校验数据处理**A.2.1 系统误差计算**

系统误差按式(A.1)计算：

$$\delta = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{\bar{v}_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

δ ——系统误差，%；

\bar{v}_2 ——被检系统测一组弹速的平均值，单位为米每秒(m/s)；

\bar{v}_1 ——比对系统测一组弹速的平均值，单位为米每秒(m/s)。

A.2.2 系统差值的误差计算

A.2.2.1 差值的标准偏差按式(A.2)计算：

$$s(\Delta v_i) = \sqrt{\frac{\sum (\Delta \bar{v} - \Delta v_i)^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$s(\Delta v_i)$ ——差值的标准偏差，单位为米每秒(m/s)；

Δv_i ——两套测速系统测得的单发速度差，单位为米每秒(m/s)；

$\Delta \bar{v}$ ——一组内单发差 Δv_i 的平均值，单位为米每秒(m/s)；

n ——一组试验发数。

A.2.2.2 系统差值的误差按式(A.3)计算：

$$s(\bar{v}_1) = \frac{s(\Delta v_i)}{\bar{v}_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$s(\bar{v}_1)$ ——系统差值的误差，%；

$s(\Delta v_i)$ 同式(A.2)；

\bar{v}_1 同式(A.1)。

A.3 射击比对校验合格判定

A.3.1 速度小于 600 m/s 时，如果该组测速平均差 $(\bar{v}_2 - \bar{v}_1)$ 绝对值小于 1.8 m/s，且差值的标准偏差

$s(\Delta v_i)$ 小于 1.5 m/s, 则判定测速系统校验合格。

A.3.2 速度大于或等于 600 m/s 时, 如果系统误差 δ 不大于 0.3 %, 且系统差值的误差 $s(\bar{v}_1)$ 不大于 0.25 %, 则判定测速系统校验合格。

A.4 记录校验结果

比对校验结果至少应包含以下内容:

- a) 比对校验用弹;
- b) 被检系统与比对系统测速屏间距;
- c) 被检与比对系统测得一组射击的全部速度;
- d) 速度小于 600 m/s 时一组测速的平均差和差值的标准偏差;
- e) 速度大于或等于 600 m/s 时系统误差和系统差值的误差;
- f) 比对校验判定结果;
- g) 校验日期与校验人员。

附录 B
(规范性附录)
入射速度和残余速度换算方法

B.1 入射速度换算

入射速度根据前测速点弹速按式(B.1)换算得到:

$$v_i = v_f e^{-\alpha l_3} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- v_i ——入射速度,单位为米每秒(m/s);
- v_f ——前测速点速度,单位为米每秒(m/s);
- α ——弹速衰减系数,单位为每米(m^{-1});
- l_3 ——前测速点到靶板的距离,单位为米(m)。

B.2 残余速度换算

残余速度根据后测速点弹速按式(B.2)换算得到:

$$v_r = v_b / e^{-\alpha l_4} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- v_r ——残余速度,单位为米每秒(m/s);
- v_b ——后测速点速度,单位为米每秒(m/s);
- α ——弹速衰减系数,单位为每米(m^{-1});
- l_4 ——后测速点到靶板的距离,单位为米(m)。

B.3 弹速衰减系数的确定**B.3.1 弹速衰减系数实验测定法**

B.3.1.1 通过实弹射击,测定弹道线上不同位置两测速点的弹速,由式(B.3)计算得到弹体的实测衰减系数 α 。

$$\alpha = \frac{\ln v_1 - \ln v_2}{X} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

- α ——弹速衰减系数,单位为每米(m^{-1});
- v_1 ——第一测速点弹速,单位为米每秒(m/s);
- v_2 ——第二测速点弹速,单位为米每秒(m/s);
- X ——两测速点之间距离,单位为米(m)。

B.3.1.2 弹速衰减系数的实验测定应按以下要求:

- a) 在弹体飞行弹道线的不同位置布置两套或多套测速靶,测出不同位置的弹速,根据式(B.3)计算得到弹体的实测弹速衰减系数 α 。
- b) 为了获得准确的实测衰减系数,应采用多测速间距、多次射击测定的方法,以获得多个衰减系数测量单值 α_i ,并根据统计方法剔除异常值,取其中不少于5个有效 α_i 单值的算术平均值作

为对应弹体的实测弹速衰减系数 α 。

B.3.2 弹速衰减系数计算法

B.3.2.1 弹速衰减系数 α 也可根据弹体参数由式(B.4)计算得到:

$$\alpha = c_x \rho s / 2m_f \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

- α ——弹速衰减系数,单位为每米(m^{-1});
- c_x ——气动阻力系数,无量纲;
- ρ ——当地空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- s ——弹体迎风面积,单位为平方米(m^2);
- m_f ——弹体质量,单位为千克(kg)。

B.3.2.2 弹体迎风面积 s 按式(B.5)计算得到:

$$s = \varphi \cdot m_f^{3/4} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

- s ——弹体迎风面积,单位为平方米(m^2);
 - φ ——弹体形状系数,取 $\varphi = 3.07 \times 10^{-3} m^2/kg^{3/4}$;
 - m_f ——弹体质量,单位为千克(kg)。
-

中华人民共和国
国家标准
纤维增强复合材料抗弹性能试验方法
贯穿比吸能法
GB/T 32493—2016

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

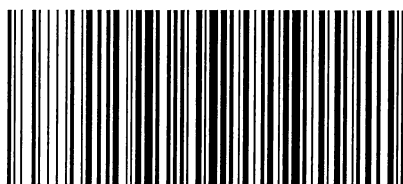
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 18 千字
2016年5月第一版 2016年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-54463 定价 18.00 元

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)68510107



GB/T 32493-2016