



中华人民共和国公共安全行业标准

GA 950—2011

防弹材料及产品 V50 试验方法

V50 test method for ballistic materials and products

2011-08-29 发布

2011-10-01 实施

中华人民共和国公安部 发 布

前 言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由公安部装备财务局提出。

本标准由公安部特种警用装备标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国兵器工业集团第五三研究所、总后勤部军需装备研究所、公安部特种警用装备质量监督检验中心、中国兵器工业防弹器材质量监督检测中心。

本标准主要起草人：彭刚、冯家臣、王雷、胡志昂、彭玉春。

防弹材料及产品 V50 试验方法

1 范围

本标准规定了对防弹材料及产品的弹道极限 V50 进行评价的技术要求、试验方法、V50 值计算与修正、试验报告的编写等。

本标准适用于各种防弹材料及产品弹道极限 V50 的测试与评定。

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 699—1999 优质碳素结构钢

GB/T 1446—2005 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 3880.1—2006 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分:一般要求

GA 141—2010 警用防弹衣

GJB 3196.30A—2005 枪弹试验方法 第30部分:速度测试 光幕靶法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弹道极限 V50 ballistic limit V50

某一种枪弹类型对试样形成穿透概率为 50% 的着靶速度,用 V50 表示。

3.2

试样 sample

用于 V50 测试的防弹材料或防弹产品。

3.3

模拟破片 fragment simulating projectile

采用特定材料、形状和尺寸制作的用于弹道射击试验的弹体。

3.4

弹托 sabot

在枪管内用于稳定推动模拟破片高速发射的轻质托架。

3.5

验证板 witness plate

用来监测试样被弹体侵彻后损伤状态的铝合金薄板。

3.6

穿透 perforation

试样受弹体冲击出现以下任一现象:

a) 形成通透性穿孔;

- b) 试样背后出现弹体碎片;
- c) 验证板上有穿孔。

3.7

阻断 stop

试样受弹体冲击时,任何不构成穿透的现象。

3.8

入射角 angle of incidence

弹体飞行方向与弹着点切面法线之间的夹角,见图 1。

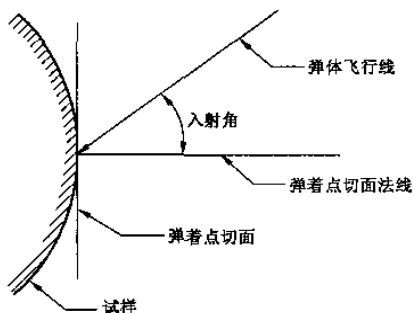


图 1 入射角示意图

3.9

弹着点 impact point

弹体冲击试样后穿孔或凹陷的中心点。

3.10

有效命中 fair hit

射击试验时,弹体入射角小于等于 5° 、弹着点间距离大于等于 51 mm、弹着点距边缘距离大于等于 75 mm 的弹体冲击。

3.11

混合结果速度区 range of mixed result

在某一速度区域内,试样阻断和穿透同时存在,并存在阻断弹速高于穿透弹速的现象。

3.12

试验混合速度差 test cross velocity

在弹道极限 V50 试验产生的全部有效命中的弹速中,试样穿透的最低弹速与阻断的最高弹速差值的绝对值。

3.13

评价速度差 evaluating velocity range

在弹道极限 V50 试验产生的全部有效命中的弹速中,用于评定弹道极限 V50 的最高弹速与最低弹速之差。

3.14

背衬材料 backing material

用于模拟人体躯干的材料。

4 技术要求

4.1 试验设备

试验测试设备一般由试验用枪械、测速靶、计时仪、背衬材料、靶架和弹托拦截器等主要部分组成，弹道试验装置的示意图见图 2。

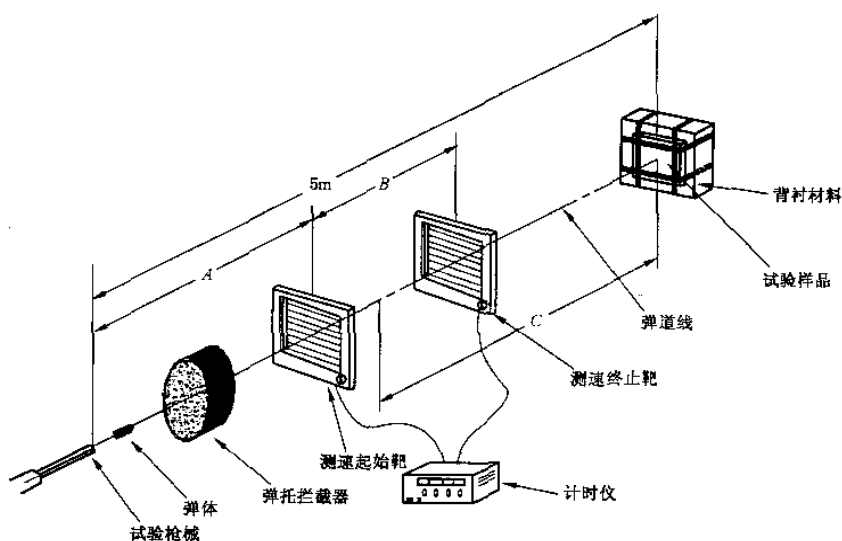


图 2 弹道试验装置示意图

4.2 试验用弹

4.2.1 根据试样的防护性能要求，测试选择用制式弹头或模拟破片作为发射弹体。

4.2.2 采用制式弹头为发射弹体，应选择符合标准要求且外观无破损的制式弹头。

4.2.3 采用模拟破片为发射弹体，应明确模拟破片的材料、形状、质量等参数，并应与相匹配的弹托配合使用。常用 1.1 g 柱状楔形模拟破片见图 3 所示，质量为 $1.1 \text{ g} \pm 0.02 \text{ g}$ ，材料为 45 号钢应满足 GB/T 699—1999 中的规定，硬度为 $(30 \pm 1) \text{ HRC}$ 。其他常见模拟破片及其要求参见附录 A。

单位为毫米

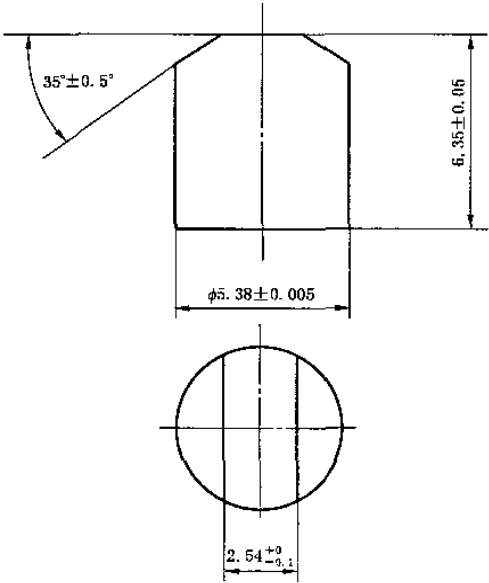


图3 1.1 g 柱状楔形模拟破片

4.3 试验枪械

试验枪械应选择能保证弹体飞行弹道稳定的标准弹道枪。根据试验弹体和发射速度的要求,确定弹道枪管的口径和型号。

4.4 发射药筒的选择

应根据发射弹体的质量和发射速度范围选择合适的发射药筒,药筒的选择应满足药筒装药容积率最大化的要求。

4.5 测速靶

4.5.1 测速靶起始触发屏与枪口距离 A 大于等于 2 m,两测速靶触发屏距离 B 应大于等于 1 m,靶距的测量误差应小于等于 0.1%。测速靶两触发屏应平行,且与射击弹道保持垂直。

4.5.2 测速靶应每年进行比对校验。比对校验采用两套测速靶测量同点弹速的方法进行,比对校验应按附录 B 的规定执行。

4.6 计时仪

测试精度和准确度应符合 GJB 3196.30A—2005 的规定,并定期检定。

4.7 靶架

靶架是用来放置和固定试样、背衬材料、验证板等的结构框架。靶架应具有一定结构强度和刚性,不易变形,能上下左右可调,且能调节入射角。

4.8 背衬材料

背衬材料应使用内外均匀一致的油质塑性胶泥制作,尺寸大于等于 600 mm×600 mm×100 mm (宽×高×厚)。背衬材料采用箱体固定,箱体无盖无底。试验前应对背衬材料按 GA 141—2010 的规定进行校准。

4.9 射击距离

射击距离定为 5 m,测速点距枪口距离为 3 m。也可根据委托方的特殊要求确定射击距离和测速点位置,但应特别注明。

4.10 验证板

4.10.1 验证板应使用 0.5 mm 厚的 2024-T4 铝合金薄板,2024-T4 铝合金薄板应符合 GB/T 3880.1—2006 的规定。

4.10.2 对于板状试样,验证板尺寸应为 300 mm×300 mm,验证板与试样弹着点背面对称点距离为 150 mm±10 mm。

4.10.3 对于防弹头盔试样,验证板尺寸应为 90 mm×110 mm,验证板与试样弹着点背面对称点距离为 51 mm±10 mm。

4.10.4 采用背衬材料支撑试样时不需使用验证板。

4.11 试样尺寸

防弹材料试样的有效尺寸应大于等于 400 mm×400 mm。

4.12 试样的状态调节

试样在试验前应按 GB/T 1446—2005 的规定进行状态调节。试样规定的特殊状态处理则按产品标准的相关规定执行。委托方要求的特定试样状态调节,应在试验报告中注明。状态调节完成后的试样应在 30 min 内完成试验。

4.13 试验环境条件

试验应在温度 23℃±2℃、湿度 30%~70%条件下进行。

5 试验方法

5.1 试验步骤

5.1.1 设备准备

试验前应将所有电子设备预热至稳定状态。发射三发以上弹体对试验用枪械进行适应性预热,并采用激光瞄准器确定弹体实际着靶点的位置。

5.1.2 试样布置

需要背衬材料联合布靶的试样,应用 50 mm 宽缚带将试样与背衬材料贴合紧固在一起,并留出射击区域;不需要背衬材料的试验,则用缚带或夹具把试样固定在靶架上。

5.1.3 射击试验

5.1.3.1 按照试样 V50 预估值,确定首发射击速度。可参照发射药量和弹体速度的对应关系,确定发

射药量,并完成弹体和药筒的组装,组装过程中严禁挤压碰撞药筒底火。

5.1.3.2 射击试验中,如果第一发射击穿透(或阻断),第二发的装药量应在第一发的基础上减少(或增加)约 30 m/s 速度的药量,以得到一发阻断(或穿透)。如果前两发结果同为穿透(或阻断),第三发继续降低约 30 m/s(或增加约 30 m/s);如果前两发的结果相反,第三发速度取第一发和第二发的速度中值。

5.1.3.3 射击试验中,应根据前一发(或多发)的射击速度及结果调整装药量,若阻断则增加装药提高射击速度,若穿透则减少装药降低射击速度,直至在一定速度范围内得到满足弹道极限 V50 评定要求的、相同数量的阻断和穿透试验结果。

5.1.3.4 在每一发射击之前,要确保背衬材料与试样的接触面平整,保持与上发射击时相似的状态。

5.2 弹道极限 V50 的评定方法

5.2.1 六发评定

在有效命中射击中,若试样的试验混合速度差小于等于 38 m/s,则以小于等于 38 m/s 的评价速度差,取不少于三发最高阻断速度和三发最低穿透速度结果相反、数量对等的至少六发测点弹速,求算术平均值,记为试样测点 $\bar{v}$ 值,由 $\bar{v}$ 值修正计算得到试样 V50 值。

5.2.2 十发评定

在有效命中射击中,若试样的试验混合速度差大于 38 m/s 而小于等于 45 m/s,或出现不满足六发评定条件的情况,则以小于等于 45 m/s 的评价速度差,取不少于五发最高阻断速度和五发最低穿透速度结果相反、数量对等的至少十发测点弹速,求算术平均值,记为试样测点 $\bar{v}$ 值,由 $\bar{v}$ 值修正计算得到试样 V50 值。

5.2.3 多发评定

在有效命中射击中,若试样的试验混合速度差大于 45 m/s,则以小于等于该试验混合速度差的评价速度差,取不少于六发最高阻断速度和六发最低穿透速度结果相反、数量对等的至少十二发测点弹速求算术平均值,记为试样测点 $\bar{v}$ 值,由 $\bar{v}$ 值修正计算得到试样 V50 值。

5.2.4 特殊评定

特殊情况下试样测点 $\bar{v}$ 值的计算可参考附录 C。

6 V50 值的计算与修正

6.1 测点 $\bar{v}$ 值的计算

试样测点 $\bar{v}$ 值应按下式计算:

$$\bar{v} = \sum_{i=1}^n v_i / n$$

式中:

$\bar{v}$ ——测点弹速的算术平均值,单位为米每秒(m/s);

v_i ——第 i 发有效命中测点弹速,单位为米每秒(m/s);

n ——选取的有效命中的发数。

6.2 试样 V50 值的计算

V50 值应由测点 $\bar{v}$ 值按照下列公式计算:

$$V50 = \bar{v} e^{-\alpha x}$$

式中:

α ——弹体飞行衰减系数;

x ——测点到着靶点飞行距离,单位为米(m)。

弹体飞行衰减系数的计算按照附录 D 的规定执行。

6.3 精度要求

测点 $\bar{v}$ 计算值保留一位小数,试样 V50 值保留整数。

7 试验报告

试验报告应至少包括以下内容:

- a) 试样名称、批次/代号及描述;
- b) 标准或委托方要求;
- c) 试验用弹体的名称、规格;
- d) 试验时间与环境条件;
- e) 试样状态调节描述;
- f) 全部有效测点弹速数据及射击结果;
- g) 试样 V50 值,标准偏差。

附录 A
(资料性附录)
模拟破片及要求

A.1 柱状楔形模拟破片

A.1.1 柱状楔形模拟破片的外形见示意图 A.1, 材质为 45 号钢, 硬度为 $(30 \pm 1) \text{HRC}$ 。

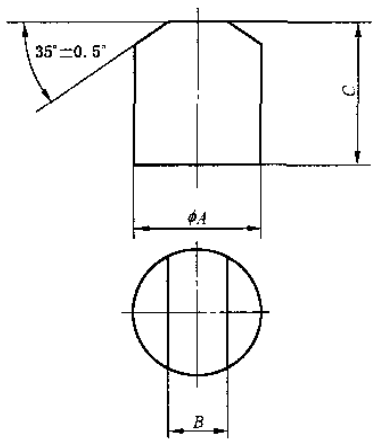


图 A.1 柱状楔形模拟破片外形示意图

A.1.2 柱状楔形模拟破片的型号、质量及尺寸按表 A.1 的规定。

表 A.1 柱状楔形模拟破片相关参量

型 号	质量 W/g	尺寸 $A \pm 0.02/\text{mm}$	尺寸 $B^{+0.05}_{-0.05}/\text{mm}$	尺寸 C^*/mm
FSP-C1	0.16 ± 0.01	2.64	1.27	3.18
FSP-C2	0.33 ± 0.01	3.60	1.75	4.31
FSP-C3	0.49 ± 0.02	4.06	2.03	4.57
* 通过调整尺寸 C 达到模拟弹的质量要求。				

A.2 球形模拟破片

球形模拟破片的型号、质量、直径、硬度和材料按表 A.2 的规定。

表 A.2 球形模拟破片相关参量

型 号	质量 W / g	直径 $\phi \pm 0.02$ / mm	硬度/HRC	材 料
FSP-B1	1.03 ± 0.01	6.35	63 ± 3	GCr15 或 GCr15SiMn
FSP-B2	4.50 ± 0.02	10.30		

附 录 B
(规范性附录)
测速系统射击比对校验要求

B.1 校验基本要求

测速系统的射击比对校验应定期进行。对测速系统有怀疑时需及时进行校验。

B.2 校验方法

测速系统的比对校验采用两套测速靶测同一点弹速的方式。每次校验实弹射击一组共十发。

B.3 校验数据处理及合格判断**B.3.1 数据处理****B.3.1.1 系统误差的计算**

$$\delta = \frac{\bar{v}_2 - \bar{v}_1}{\bar{v}_1}$$

式中:

δ ——系统误差;

$\bar{v}_1$ ——对比系统一组弹速的平均值,单位为米每秒(m/s);

$\bar{v}_2$ ——被检系统一组弹速的平均值,单位为米每秒(m/s)。

B.3.1.2 系统标准偏差的计算

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

$$s(\bar{v}_1) = \frac{s(\Delta v_i)}{\bar{v}_1}$$

式中:

$s(\Delta v_i)$ ——速度差值的标准偏差;

Δv_i ——两套测速系统测得的单发速度差,单位为米每秒(m/s);

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

n ——一组试验发数;

$s(\bar{v}_1)$ ——系统标准偏差。

B.3.2 校验合格判定

B.3.2.1 校验实弹射击速度小于 600 m/s 时,如果组平均差 $(\bar{v}_2 - \bar{v}_1)$ 绝对值小于 1.8 m/s,且速度差值的标准偏差 $s(\Delta v_i)$ 小于 1.5 m/s,则判定测速系统校验合格,否则判定不合格。

B.3.2.2 校验实弹射击速度大于等于 600 m/s 时,如果系统相对误差 δ 小于等于 0.3%,且系统标准偏差 $s(\bar{v}_1)$ 小于等于 0.25%,则判定测速系统校验合格,否则判定不合格。

B.4 校验结果处理

比对校验结果应作记录或形成报告。记录(报告)应包括全部射击数据、数据处理结果和校验判定结果。

附录 C
(资料性附录)

特殊情况下 V50 的评定与选择

C.1 四发评定法的适用性

C.1.1 均质材料,或确知对侵彻弹体不存在混合结果速度区的材料或产品,测点 $\bar{v}$ 值的计算可参照C.2的规定。

C.1.2 材料稀有,或试验面积达不到弹道极限 V50 试验要求的防弹材料或产品试样,测点 $\bar{v}$ 值的估算也可参照 C.2 的规定,此时测点 $\bar{v}$ 值的估算可能会存在较大偏差,需要在试验记录和报告中特别注明。

C.1.3 织物、单向布等片层叠合类防弹材料和产品,或热塑基纤维层压类防弹材料和产品试样,测点 $\bar{v}$ 值的计算不适合采用 C.2 的规定。

C.2 四发评定法

对于均质材料,或已知混合结果速度区小于 20 m/s 的试样,则以 20 m/s 的评价速度差,取两发最高阻断和两发最低穿透共四发测点速度的算术平均值,记为试样测点 $\bar{v}$ 值,由 $\bar{v}$ 值修正计算得到试样 V50 值。

附 录 D (规范性附录)

测点速度与着靶速度的换算方法

D.1 着靶速度 V50 计算公式

测点速度($\bar{v}$)到着靶速度(V50)的换算关系见公式(D.1):

$$V50 = \bar{v}e^{-\alpha x} \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

α —— 弹体飞行衰减系数;

x —— 测点到着靶点飞行距离,单位为米(m)。

D.2 弹体飞行衰减系数试验测定法

D.2.1 对于参数未知的弹体,通过实验室内射击,根据在飞行弹道一定距离上两点弹速的实际衰减,由公式(D.1)计算得到该弹体的实测衰减系数 α ,该系数 α 即可作为本实验室后续试验中着靶速度的换算参量。

D.2.2 在弹体飞行弹道的不同位置布置两套,或多套测速靶,同时测出不同位置的弹速,根据公式(D.1)推算得到衰减系数 α 。

D.2.3 为了获得准确的实测衰减系数,应采用多发弹射击与多间距、多次测定的方法,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,取其中不少于五个有效 α_i 单值的算术平均值作为对应弹体的实测衰减系数 α 。

D.2.4 根据实测衰减系数 α ,该弹体的着靶速度按公式(D.1)推算获得。

D.3 弹体飞行衰减系数公式换算法

D.3.1 对于参量已知的弹体,也可运用下列公式计算得出弹体飞行衰减系数。

D.3.2 弹体飞行衰减系数 α 可由公式(D.2)求得:

$$\alpha = \frac{c_x \rho s}{2m_f} \quad \text{..... (D.2)}$$

式中:

c_x —— 弹体飞行阻力系数;

ρ —— 当地空气密度,单位为千克每立方(kg/m³);

m_f —— 弹体质量,单位为千克(kg);

s —— 弹体迎风面积,单位为平方米(m²)。

D.3.3 当地空气密度 ρ 按公式(D.3)计算:

$$\rho = \rho_0 H(y) \quad \text{..... (D.3)}$$

式中:

ρ_0 —— 海平面处空气密度,1.226 kg/m³;

$H(y)$ —— 海拔高度修正系数。

D.3.4 弹体迎风面积 s 按公式(D.4)计算:

$$s=\varphi\cdot m_t^{\frac{2}{3}}$$

.....(D. 4)

式中：
 φ ——弹体形状系数；
 m_t ——弹体质量,单位为千克(kg)。
部分弹体形状系数 φ 按表 D.1 的规定。

表 D.1 钢质模拟破片形状系数 φ 的取值参考

破片形状	球形	立方体	柱形 ^a	棱形
$\varphi(\text{m}^3/\text{kg}^{\frac{2}{3}})$	3.07×10^{-3}	3.09×10^{-3}	3.35×10^{-3}	$(3.2\sim3.6)\times10^{-3}$
^a 此形状系数不适用于柱状楔形模拟破片。				

D.3.5 海拔高度修正系数 $H(y)$ 按公式(D.5)计算得到：

$$H(y)=\left(1-\frac{H}{44.308}\right)^{4.256}$$

.....(D. 5)

式中：
 H ——当地海拔高度,单位为千米(km)。
