

典型客体的弹孔痕迹研究进展

徐嘉楠, 于遼洋

刑事科学技术学院, 中国刑事警察学院, 辽宁沈阳, 中国

【摘要】弹孔痕迹是涉枪案件现场重要的关键物证, 其痕迹形态与承受客体的材质相关, 不同材质的痕迹表现有着明显的区别。以刑事科学技术为专业依托, 立足涉枪案件实战勘查需求, 选取三类典型客体为研究对象, 分别为脆性客体(玻璃、木板)、弹性客体(汽车轮胎)、纤维客体(各类平纹纺织物), 结合痕迹检验学的基本理论知识, 梳理弹孔的痕迹形态。研究意义在于识别不同客体弹孔痕迹在判断射击方向、射击距离、区分枪种以及辅助甄别自杀与他杀中的作用价值。

【关键词】弹孔痕迹; 刑事科学技术; 痕迹特征; 射击残留物; 客体

1. 引言

弹孔痕迹作为最直观、最常见的枪弹痕迹的物证, 其形态、结构及其痕迹并非固定, 而是会随着承载客体的物理属性、材质结构等因素发生明显改变, 不同客体上的弹孔痕迹表现出极强的差异性, 这也使得弹孔痕迹的研究, 成为枪弹痕迹检验领域不可或缺的重要内容。

涉枪案件现场的客体类型繁杂多样, 木质板材、玻璃、金属板材、墙体、纺织物、塑料、人体组织等均可能成为弹头击中的载体, 而各类客体在硬度、脆性、韧性、密度、弹性等特性上的区别, 可能会影响到弹孔痕迹的表现。

以涉枪案件现场常见承载客体为研究对象, 结合枪支的基础理论[1], 系统梳理木材、玻璃、纺织物等典型常见客体上弹孔痕迹的核心表现特征。

2. 弹孔痕迹概述

2.1 弹孔痕迹的概念

在刑事案件中现场识别发现的孔洞是否为枪支弹孔, 主要通过不同客体上呈现出来的痕迹, 以及空洞周围存在枪械射击的残留物, 以判断该案件是否属于涉枪案件[2]。

弹孔痕迹是指子弹在射击过程中撞击目标物后, 在目标表面及内部形成的孔洞及各种射击残留物等, 是还原射击过程、认定涉案枪支的重要依据。

在刑事科学技术中, 通过对现场遗留的孔洞形态进行分析可以正确判断该孔洞是否为枪击所形成的弹孔, 从而确定该案件是否涉及枪支作案, 为案件的定性提供重要依据。

侦查人员需要对孔洞周围区域进行勘察

与检验, 重点检验是否存在射击残留物, 进一步确认孔洞的形态结构和属性。枪击弹孔周边会伴随射击残留物, 包括黑褐色烟熏痕迹、未完全燃烧的火药颗粒、弹头与枪管摩擦产生的金属粉末等, 这些特征是判定枪击弹孔的重要依据[3]。

枪弹痕迹检验是刑事科学技术的核心内容, 根据专业手段研判各类枪击痕迹物证, 可准确还原案发真实现场, 清晰判定射击方位、射击距离与射击角度等线索, 不仅能理清案件的来龙去脉、还原嫌疑人作案全过程, 也能锁定各类涉案物证, 为案件侦查研判、案件移送起诉与法庭庭审定罪提供可靠的技术依据。

2.2 弹孔痕迹的作用

通过弹孔的识别技术与分析技术, 能够有效判定涉案枪支类型, 准确区分子弹的射入口与射出口, 进而推断射击方向、射击角度及射击距离, 为案件侦查提供关键有效信息。

通过对弹孔的形态、大小、边缘特征以及周围火药残留等痕迹进行分析, 可以判断枪支种类、子弹型号, 确定射击方向、射击角度和射击距离, 进而还原射击时的相对位置与现场环境。结合多个弹孔的分布与穿透顺序, 能够推断射击先后次序、嫌疑人站位以及被害人中弹时的姿态, 为还原案发经过提供客观依据。

弹孔及其附带痕迹还可以帮助区分自杀、他杀或意外枪击事件, 为判断案件性质提供证据线索。不同枪械的结构、性能与发射原理存在差异, 弹头撞击不同客体时, 会因材质硬度、脆性、韧性、密度等物理特性不同, 在弹孔形状、边缘特征、破损范围、裂纹分布等方面呈现显著区别。

2.2.1 判断射击方向、角度、距离
 枪伤形态与弹孔痕迹在法医学中的检验与应用十分重要,通过弹孔痕迹来区分射入口和射出口,可以判断射击方向及角度。通过对弹孔形态的分析,来判断是接触射击、近距离射击还是中距离、远距离射击以及弹孔周围的射击残留物从而判断射击距离[4]。

崔志刚[5]等人对玻璃上的弹孔痕迹来分析射击方向进行了研究,结论得出不同的射击角度会有不同的射击方向。

平板玻璃表面形成的弹孔形态,与射击方向存在关联[6],结合放射裂纹特征、射入口轮廓特征、射出口层裂特征和弹孔长短轴特征来快速判定射击大致方位。

2.2.2 认定发射枪种及作案枪支
 弹孔痕迹有助于认定作案枪支,例如 54 式、64 式手枪在同一环境相同射击距离和射击角度的条件下击穿木板、墙面等两种常见客体的破裂特征情况不同[7];枪击玻璃所产生的碎屑也与射击枪击种类有关[8]。可见,不同的枪支有不同的性能,所形成的弹孔痕迹形态也会有所不同,因此可以通过弹孔痕迹形态去帮助认定作案枪支。

李浩等人[9]对比两种制式手枪射击颅骨的弹孔出入口的差异,明确不同枪支形成的弹孔特异性,用于枪支种类认定,进行命案现场重建。

2.2.3 辅助判断他杀/自杀
 Fidelia Cascini [10]等人提出弹孔与 CT 影像结合,重建弹道,可帮助判断自杀/他杀。PMCT(死后全身计算机断层扫描)是弹孔痕迹检验的技术延伸,在不破坏尸体的前提下,完整呈现体内弹孔轨迹与骨骼损伤,弥补传统尸检对深部结构观察不足的问题。弹孔的射击位置、角度等也可以帮助判断自杀/他杀。

2.2.4 射击残留物的作用
 即使肉眼难以察觉这些微小的颗粒,却包含丰富的信息,要判断击发药是什么种类并确定犯罪嫌疑人曾经是否使用过枪支,可以通过射击残留物的特征识别来判断。

近距离射击时,射击残留物主要分布在弹孔周围[11],部分也会附着在射击者的手部或袖口[12]远距离射击则不易提取射击残留物,GSR 通常会分布在嫌疑人手上、枪管上、弹壳弹头、被击物上,根据提取表面的不同,有不同的提取方式。如表 1 所示

3.常见客体上的弹孔痕迹

为了揭示了对不同属性客体弹孔痕迹的

影响规律,梳理了三类常见客体作为研究对象,提升研究的实际应用价值,不同客体上的弹孔痕迹对射击角度、射击距离、射击方向等反映能力不同。通过分析和识别这些常见客体上的弹孔痕迹,有助于为侦察提供线索,为诉讼和审判提供证据。

表 1. GSR 的提取技术

方法	优点	缺点	物面
胶带提取法	便携	毛发表面提取效率不高	皮肤、头发、屋面
胶水提取法	所需原料更少	胶水粘性低	手部
溶萃提取法	成本低操作简单	对皮肤有刺激性	皮肤,衣物,弹头和弹壳

3.1 脆性客体

3.1.1 玻璃
 玻璃具有脆性高、弹性差、易碎的特点,不同枪支类型射击不同的玻璃会形成不同的弹孔形态,甚至玻璃的大小和厚度也会对痕迹特征产生影响[13]。

如下为常见枪支类型形成的弹孔形态[14]。

军用枪支均为有膛线的枪支,因此,射击速度快、穿透力强,形成的弹孔基本呈圆形或椭圆形,边缘少有缺损,弹孔略大于弹径。

气枪子弹一旦穿透玻璃,就会形成层层剥落的喇叭状孔洞,直径约为 6.5mm 左右。洞口边缘不整齐,有密而直的辐射纹,也有明显的同心纹。钢珠气枪[15]对社会危害极大指以气体为动力,是可以发射钢珠的气枪。枪可以发射金属弹丸钢珠弹,威力大小不等。

周毅锦[13]等人对平板玻璃上的射击痕迹进行了分析,他们将玻璃上的孔洞痕迹形态根据破坏程度不同进行了痕迹区的分类。分别为光滑球裂区,第一放射纹区,第二层裂区,放射纹和环形纹(伴生裂纹),如图 1 所示。

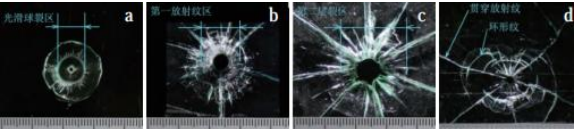


图 1.平板玻璃弹孔痕迹形态(a: 光滑球裂区;b: 第一放射纹区;c: 第二层裂区;d: 贯穿放射纹和环形纹)

实验中,射击玻璃选取的是三种制式枪支,射击的速度达到 200m/s 以上,弹丸直径小于弹孔的直径。弹孔呈规则圆形,边缘较光滑,无光滑球裂区在孔洞附件,弹孔周围都出现了明显白色的细小裂纹(第一放射纹区),

密度紧凑而且分布范围较大,第二层裂区分布稳定均匀,直径在 45mm 以上,特征明显。有数量较多的贯穿放射纹,在第二层裂区外围的边缘发现环纹。

普通平板玻璃经过均匀加热,软化后低温高速气流均匀淬冷制成钢化玻璃。可使玻璃内外层分别形成张应力与压应力[16],属于具有较高强度的特种玻璃。其特有的应力分布能显著提升力学性能,抗冲击强度可增加 5 至 8 倍,抗弯强度提高 3 至 5 倍。当钢化玻璃受到冲击或枪击发生破裂时,内部拉应力会瞬间释放,使玻璃呈爆裂状破碎为细小颗粒。内应力大小与分布均匀度来衡量玻璃的钢化程度,作为关键质量指标,钢化度越高,破碎后颗粒就越小。GB 15763.2-2005 规定了我国钢化玻璃表面应力应大于 90 MPa,对于 3mm 厚玻璃,在 50mm×50mm 面积内破碎颗粒数量需达到 30 粒[17]。

枪击案件常有现场射击弹头穿过钢化玻璃在射入有生目标的情形常有,根据现场的弹头、弹壳的痕迹形状可以去区分发射枪支种类,但是对于具有反侦察能力的案犯来说,会将弹头、弹壳带出作案现场。

分析钢化玻璃受射击后的弹孔形成过程,归纳其弹孔的基本特征[18]:弹孔主要是圆状或类似圆状,断面粗糙;孔洞呈外宽内窄的喇叭形态,入口孔径大于出口处,且断面处可见明显的层剥离破碎痕迹,孔径也普遍大于弹体直径。

梁帅[18]选取了几种不同动能的枪支,同一品牌和尺寸的钢化玻璃进行实验,总结出不同枪种枪击钢化玻璃的弹孔特征。如图 2 所示,射击动能高,弹孔直径就大;披甲铅芯弹要比披甲钢芯弹射击钢化玻璃形成的弹孔直径大;若射击弹头速度较小,弹孔边缘则为圆形,断面光滑;当弹头速度较大时,弹孔周围边缘为不规则的圆形,断面粗糙。

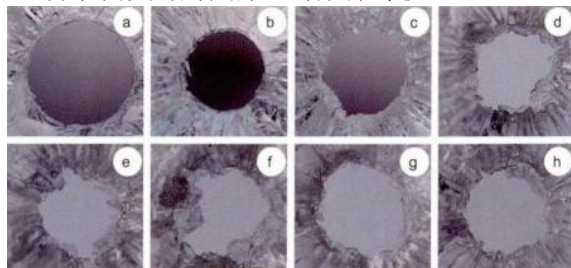


图 2.弹孔形态 (a: 转轮枪; b: 装填手枪弹的小口径枪支; c: 64 式手枪; d: 装填步枪弹的小口径枪支; e: 92 式手枪; f: 54 式手枪; g: 79 式冲锋枪; h: 81 式步枪)

确定发射枪支的弹头动能、弹头材质和弹头速度需要分析弹孔直径和弹孔形态,从而缩小区分发射枪种的范围,对判断枪击案件的性质以及提供线索具有重要的指导作用和价值。表 2 为实验中各枪支特征数据

表 2.枪支特征数据

枪种	口径/mm	弹头直径/mm	初速/(m/s)	初始动能/J
转轮枪	9	9	200	0.92
装填小口径手枪弹的枪支	5.6	5.8	210	0.56
64 式手枪	7.62	7.85	305	2.28
装填小口径步枪弹的枪支	5.6	5.8	310	1.27
92 式手枪	9	9.27	350	5
54 式手枪	7.62	7.85	420	5
79 式冲锋枪	7.62	7.85	515	7.44
81 式步枪	7.62	7.87	720	2.09

3.1.2 木板

木材是一种轻质高强的生物质材料[19],室内木制家具较多,而且对如温度、湿度变化,盐溶液,微生物侵害等,木板都呈现相当好的化学稳定性,因此故木板在案发现场也是常见、最易遗留弹痕的客体。

枪击木板破碎裂纹特征[7]:大多数弹孔呈不规则状、爆炸式星型,十分粗糙的射入口,截面处形成爆炸状的缺口,弹径略小于孔径;弹孔层裂区呈灯笼形状,末梢纹在孔底处,呈现收缩状;放射裂纹的形状没有规则,且向四周扩散不明显,孔底部呈现弹头形状,如图 3 所示。



图 3.枪击木板的弹孔

3.2 弹性客体

弹性客体指在外力作用下会发生形变,外力消除能基本恢复原有形态和体积的客体,如橡胶、皮革、纺织品、人体软组织等均属于此类。在痕迹检验中,弹性客体形成的痕迹不够清晰稳定,容易出现收缩、拉伸或回弹变形,导致痕迹细节模糊、尺寸改变。这类客体痕迹保留效果较差,提取和检验难度相对较高,但遗留的痕迹仍可为判断致伤物形态、作用力方向及案件相关情况提供参考。

以橡胶为例,我国合成橡胶工业进入高

速发展的时期,而合成橡胶最重要、用量最大的用途是生产汽车轮胎[20]。

某年,一辆汽车行驶中,右后轮突然无气。通过勘察发现其轮胎上的孔洞,疑似为枪击形成的弹孔形状。如图4所示

以车辆轮胎为例,轮胎是车辆最常见、最易被击中的部位,会保留清晰的弹孔痕迹。聂卫林[21]针对轿车的轮胎受到枪弹射击形成的弹孔和擦痕形状进行了研究,并判断这些特征对发射枪支种类的价值。将车辆轮胎固定住,并按照不同的距离进行摆放,分别为18000、10000、1000mm、 ≤ 100 mm,在轮胎充气和不充气的两种情况下,按照这些距离进行射击。在距离不同的状态下,使用直径不同的子弹射击小型汽车的轮胎,判断其痕迹和擦痕形状。弹孔形态如图5、6所示。

区分发射枪种为线膛枪或滑膛枪可参考轮胎上弹孔和擦痕的形状,来判断轮胎上的孔洞或裂口是否为枪击造成。



图4.轮胎上疑似枪击形成的弹孔形状(a: 轮胎裂口 b: 钢圈内侧裂口 c: 钢圈外侧裂口)



图5.充气状态下射击形成的弹孔形状(a: 64式 b: 54式 c: 92式 d: 2006式 e: 猎枪)

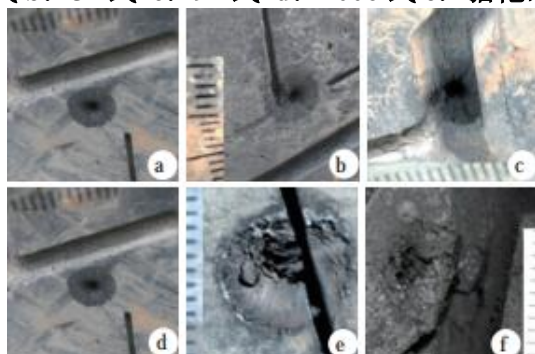


图6.未充气状态下形成的弹孔形状(a: 64式 b: 54式 c: 92式 d: 2006式 e: 猎枪 f: 火铳)

3.3 纤维客体

根据目前的痕迹学研究,平纹织物是更合适的研究对象,平纹指经纱与纬纱按一上一下规律交织形成的织物结构,相对于斜纹等织物结构简单。经纱和纬纱在平纹织物中的互相

配合关系以及空间结构形态称为结构相,若二者密度不一样,则称该结构是不等支持面结构。当经纱、纬纱的纱线线密度增大时,织物的抗撕裂强度就会随之降低,但是硬度会相应增强,反之,密度小的经纱或纬纱随着防撕裂强度增加,抗断裂强度也会下降,所以,先断裂的纱线较疏,先撕裂的是较密的纱线[22]。c面结构在生活中出现的较少,所以不等支持面结构的织物是最适合研究使用的织物。

杨通[23]等人选用7.62mm弹头口径的枪支为实验枪支(54式手枪、77式手枪、81式步枪各1支,选取平纹棉布、平纹帆布、平纹遮光布、平纹绸缎作为承痕客体,探究弹孔差异与弹头形状之间的关联性。下图为四种客体上的弹孔痕迹。如图7至图10所示。

纺织物的弹孔形态、尺寸,以及擦拭圈形态与枪种具有关联性。枪弹的种类对平纹织物上弹孔形态具有影响,平纹织物的弹着痕迹与枪弹的弹着速度和弹头形状具有明显的关联性[24]。

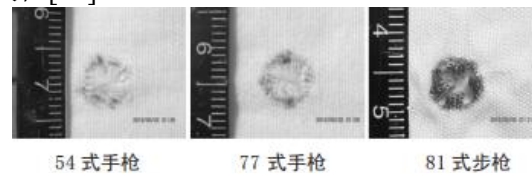


图7.平纹布上弹孔

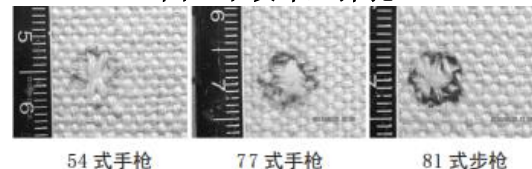


图8.帆布上弹孔

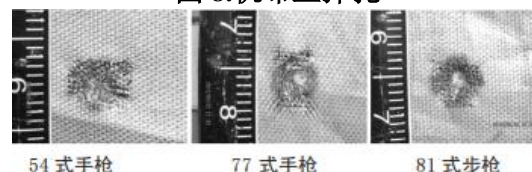


图9.遮光布上弹孔

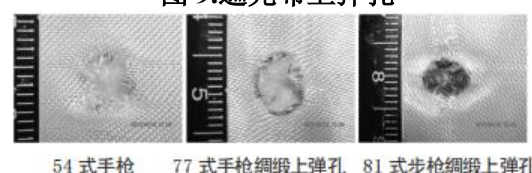


图10.绸缎上弹孔

4.低温环境下弹孔痕迹研究现状

不同温度会有不同的材料性质,比如,橡胶在低温环境下会变得更加脆,肌肉组织从正常收缩功能状态,逐渐向收缩能力丧失、结构损伤甚至坏死转变,变化程度与低温强度相关。Lauren E. MacAulay [25]等人提出低温显

著减缓尸体分解进程。他们以猪为实验对象进行实验,指出低温环境下,未被冰雪覆盖时以及被冰雪覆盖时的各类枪击伤口的核心特征。

低温对弹孔痕迹的表现及射击残留物会有影响[26],也会影响枪械的击针[27]、点火性能[28]、等。目前国内对低温环境下的弹孔痕迹表现的研究较少,因此普通温度环境下的弹孔痕迹与低温环境下的弹孔痕迹表现进行比对是一个值得探讨的问题。

5.总结

梳理不同常见客体上的弹孔痕迹特征,整理了脆性、弹性、纤维三类客体被不同枪种射击后,弹孔在形态尺寸等方面的特性差别,明确了弹孔痕迹特征和发射枪种、射击参数的关系,可为枪击案件现场弹孔痕迹检验鉴定提供参考。有研究已经明确常温环境下不同客体的弹孔痕迹特征,但在低温等特殊环境中弹孔痕迹变化的研究仍存在不足,后续可开展针对性实验,补充特殊条件下的弹孔痕迹特征数据,完善弹孔痕迹检验研究体系,为枪击案件现场勘查与物证鉴定提供更全面的支撑。

参考文献

- [1] 吕晓森,刘颖,于遨洋,等.枪支属性检验规范化研究[J].刑事技术,2015,40(03): 189-192.
- [2] 吴春海.枪弹痕迹检验中弹孔的识别和特征分析[J].生物技术世界,2013,(03): 167.
- [3] 林青.枪弹痕迹检验中射击痕迹的现场勘验、分析与提取探讨[J].法制博览,2015,(35): 175.
- [4] Alzahrani S A, Aldossari H M, Alessi M M, et al. Gunshot Wound Patterns: A Narrative Review From a Forensic Medical Perspective[J]. Cureus, 2026, 18(1).
- [5] 崔志岗,胡刚,林波.玻璃弹孔痕迹分析射击方向的研究[J].中国公共安全(学术版),2019,(01): 110-112.
- [6] 于遨洋,杨通.平板玻璃上弹孔形态与射击方向的相关性检验[J].中国刑警学院学报,2017,(03): 91-95.
- [7] 陈晓雯.两类手枪射击不同客体的弹孔痕迹比较研究[J].产业与科技论坛,2021,20(06): 46-47.
- [8] 于遨洋,于跃,汤济源.枪击玻璃产生的碎屑与射击枪支种类的相关性研究[J].广州市公安管理干部学院学报,2015,25(04): 14-16.
- [9] 李浩,李瑾,徐在华,等.92式手枪与警用转轮手枪射击颅骨模型的进出口形态比较[J].刑事技术,2018,43(03): 202-205.
- [10] Cascini F, Polacco M, Cittadini F, et al. Post-mortem computed tomography for forensic applications: A systematic review of gunshot deaths[J]. Medicine, Science and the Law, 2020, 60(1): 54-62.
- [11] Serol M, Ahmad S M, Quintas A, et al. Chemical analysis of gunpowder and gunshot residues[J]. Molecules, 2023, 28(14): 5550.
- [12] Goudsmits E, Sharples G P, Birkett J W. Recent trends in organic gunshot residue analysis[J]. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2015, 74: 46-57.
- [13] 周毅锦,周腾,李振健.平板玻璃上射击痕迹分析[J].刑事技术,2016,41(04): 274-278.
- [14] 李振健,陈笑尘.利用玻璃破碎痕迹判断是否枪击现场[J].森林公安,2006,(01): 12-13.
- [15] 季峻,张晓军,李松.钢珠气枪及其发射弹丸的检验和鉴定[J].江苏警官学院学报,2008,(03): 181-185.
- [16] 许伟光.浅谈影响钢化玻璃平整度因素及处理对策[J].玻璃与搪瓷,2011,39(01): 10-12+15.
- [17] 田纯祥.钢化玻璃的钢化程度[J].玻璃,2009,(2).
- [18] 梁帅.中远距离枪击钢化玻璃弹孔特征研究[J].刑事技术,2017,42(02): 107-110.
- [19] 高珊,王晴,卢莉莉,等.木材低温冲击断裂脆向转变规律及关系模型[J].林业科学,2025,61(07): 146-156.
- [20] 赵姜维.我国汽车轮胎用合成橡胶生产现状及发展趋势[J].北京汽车,2012,(02): 5-8.
- [21] 聂卫林.小型汽车轮胎的射击弹孔与擦痕形状研究[J].刑事技术,2016,41(05): 372-375.
- [22] 刘勤,谢光银,熊艳丽.不同结构相涤纶平纹织物的拉伸与撕裂性能分析[J].纺织科技进展,2009,(01): 70-71.
- [23] 杨通,李磊.纺织物上弹着痕迹与国产7.62mm枪弹弹头形状的相关性研究[J].中国刑警学院学报,2016,(03): 61-63.
- [24] 于遨洋.枪弹种类对平纹织物上弹孔形态的影响研究[J].山西警官高等专科学校学

- 报, 2014, 22 (02) : 71-74.
- [25] MacAulay L E, Barr D G, Strongman D B. Effects of decomposition on gunshot wound characteristics: under cold temperatures with no insect activity. *Journal of forensic sciences*, 2009, 54(2): 448-451.
- [26] Krishna S, Ahuja P. Temporal analysis of inorganic and organic gunshot residue (GSR): implications for forensic viability. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 2025: 1-16.
- [27] 李君安, 乔自平, 雷清华, 等.某小口径自动步枪低温环境下击针失效分析[J].装备环境工程, 2025, 22 (07) : 59-66.
- [28] 白志涛, 魏志芳, 张克斌, 等.高低温对枪械击发点火性能影响的试验研究[J].兵器装备工程学报, 2025, 46 (02) : 41-48