

GA 141 与 NIJ 标准的防护等级及 测试方法对比分析

聂嘉兴, 李忠盛, 吴护林, 黄俊, 黄安畏*, 程时雨, 郭峰,
李鹏, 廖耘皎, 林禹, 马钰秋, 熊浩麟, 周富, 余曦

(西南技术工程研究所, 重庆 401329)

摘要: 针对美国最新的 NIJ 0101.07 标准与我国 GA 141—2010 内容进行了重点介绍, 总结了标准 NIJ 0101.07 与 NIJ 0101.06、GA 141—2010 在防御弹丸威力、试验样品数量、试验处理等重点方面的异同, 为相关行业科研人员研发设计与试验验证提供参考。

关键词: 防弹衣; GA 141; NIJ 0101.07; 防护级别; 环境试验处理; 初始动能

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9242(2025)05-0075-09

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2025.05.011

Comparative Analysis of Protection Levels and Testing Methods in GA 141 and NIJ Standards

NIE Jiaying, LI Zhongsheng, WU Hulin, HUANG Jun, HUANG Anwei*, CHENG Shiyu, GUO Feng,
LI Peng, LIAO Yunjiao, LIN Yu, MA Yuqiu, XIONG Haolin, ZHOU Fu, YU Xi

(Southwest Institute of Technology and Engineering, Chongqing 401329, China)

ABSTRACT: This article primarily focuses on elaborating the latest U.S. NIJ 0101.07 Standard and China's GA 141—2010 Standard. It comprehensively summarizes the similarities and differences between the NIJ 0101.07 Standard, the NIJ 0101.06 Standard, and the GA 141—2010 Standard in key aspects such as the power of defensive projectiles, the number of test samples, and test treatment procedures, aiming to offer valuable references for researchers in relevant industries during the process of research, development, design, and experimental verification.

KEY WORDS: bulletproof vest; GA 141; NIJ 0101.07; protection level; environmental test treatment; muzzle energy

在全球范围内, 随着社会安全形势的日益复杂, 枪支暴力事件时有发生, 对人员的生命安全构成了严重威胁。防弹装备作为保障人员安全的重要防线, 其性能和质量直接关系到使用者的生命安危。GA 141—2010《警用防弹衣》与 NIJ 0101.07《防弹衣防

弹性能》等标准作为国内外具有代表性的防弹标准, 在防弹领域占据着举足轻重的地位^[1-2]。

在当今时代, 现代武器装备的杀伤效能持续增强, 防护装备的材料与结构亦不断迭代升级。为契合当下对防护性能的严苛要求, 防护标准处于持续更新

收稿日期: 2025-03-10; 修订日期: 2025-03-25

Received: 2025-03-10; Revised: 2025-03-25

引文格式: 聂嘉兴, 李忠盛, 吴护林, 等. GA 141 与 NIJ 标准的防护等级及测试方法对比分析[J]. 装备环境工程, 2025, 22(5): 75-83.

NIE Jiaying, LI Zhongsheng, WU Hulin, et al. Comparative Analysis of Protection Levels and Testing Methods in GA 141 and NIJ Standards[J]. Equipment Environmental Engineering, 2025, 22(5): 75-83.

*通信作者 (Corresponding author)

与完善的进程之中^[3-4]。美国于 2008 年发布 NIJ 0101.06 标准,其防弹等级、防弹性能测试方法等方面在国际上得到了广泛应用。2023 年 11 月,美国国家司法研究所颁布了最新的防弹衣标准 NIJ 0101.07,相较于 NIJ 0101.06 标准及其之前的防弹衣标准,在防护等级、测试方法等诸多方面进行了更新与升级^[5-13]。

目前,我国应用较为广泛的防弹等级划分标准为 GA 141—2010《警用防弹衣》。该标准将防弹衣划分为 6 个等级,并对相应的技术要求、试验方法等多方面内容予以明确规定,是我国警用防弹衣生产制造与验收工作的重要依据。与美国 NIJ 0101.07 标准相比,GA 141—2010 在防弹等级划分、防弹性能试验方法等多个重要维度上存在显著差异^[14-22]。因此,深入洞悉国际最新的防弹标准及其相关技术要求,对比剖析 GA 141—2010 与 NIJ 0101.07 这 2 种国内外典型防弹标准的差异,具有多方面重要意义。在行业发展层面,有助于防弹装备生产企业深入了解不同标准的区别,深化对防弹性能试验方法的理解与认知,优化产品设计与生产工艺,提升产品的国际竞争力,同时也能促进国际防弹技术的交流与合作,推动整个防弹行业的技术进步。从产品应用角度出发,对于执法机构、军队以及安保人员等防弹装备的使用者来说,清晰认识这 2 种标准的特点,有助于更科学、准确地选择契合自身需求的防弹装备,从而在实际使用中获得最佳防护效果,最大程度保障生命安全^[23-27]。

1 防弹标准简介

GA 141—2010 由中华人民共和国公安部发布,是我国警用防弹衣的重要标准,该标准对防弹衣的术语与定义、分类、技术要求、试验方法以及检验规则等内容均进行了详细说明和要求,对规范我国防弹衣市场、保障警用防弹衣质量起到了关键作用^[28]。GA 141—2010 将防弹衣的防护等级分类为 1~6 级,其中 1~2 级防弹衣适用于手枪防护,3~4 级防弹衣适用于轻型冲锋枪防护,5~6 级适用于步枪防护。1~3 级防护枪弹弹头为软质铅芯,4~6 级则是硬度更高的钢芯弹,更高的防护等级代表着所防御弹种威力更高,具备更强的穿透能力。防护等级 1~6 级防护对象均是 7.62 mm 口径弹丸,随着防护等级的提升,防护枪弹的初速、弹壳长度以及弹头质量逐步增加,初始动能也不断提升。1~6 级防弹衣的初始动能、初始速度、使用防护枪械与弹种如图 1 所示。

NIJ 0101.07 标准是美国国家司法研究院 (NIJ) 制定的防弹衣弹道防护标准,在国际上被广泛引用和认可,其涵盖了从手枪弹到步枪弹等多种威胁等级的防护要求,为全球防弹衣的研发、生产和测试提供了重要的参考依据。NIJ 0101.07 包含 14 个章节和 8 个附录,主要用于测试、评估和认证防弹衣,相比于 NIJ 0101.06 在结构上发生了显著变化,并对测试方

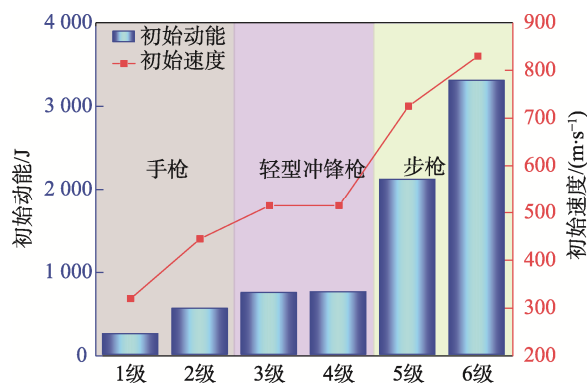


图1 GA 141 不同防护等级对应的枪弹情况

Fig.1 Ammunition corresponding to different protection levels of GA 141

法和规范进行了改进。NIJ 0101.07 重新定义了防弹等级,分为 5 个防护等级,针对软质防弹衣的 NIJ HG 1 级和 NIJ HG 2 级,可用于手枪弹的防御;针对硬质防弹衣的 NIJ RF1 级、NIJ RF2 级和 NIJ RF3 级,可用于更高威力的步枪弹防御。各个防弹等级对应防护的弹种类型、初始速度以及初始动能如图 2 所示。图 2 中横坐标为各个防护等级所对应防御的弹种。在防护等级测试考核中,RF3 仅须测试 1 种弹,HG1、HG2 须测试 2 种弹,RF1 须测试 3 种弹,RF2 须测试 4 种弹,且其中 3 个弹种与 RF1 对应弹种相同。该种 1 个防护等级对应多个弹种的规定与国内防弹标准存在明显差异。

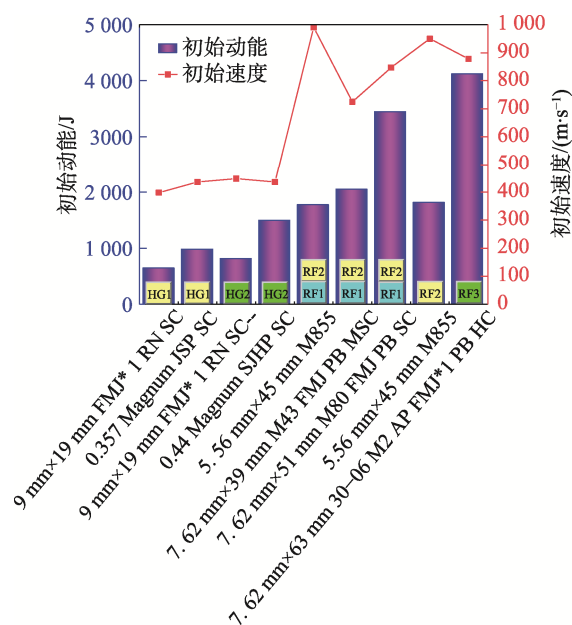


图2 NIJ 0101.07 不同防护等级对应的枪弹情况

Fig.2 Situations of ammunition corresponding to different protection levels of NIJ 0101.07

2 防护等级对比分析

按照 GA 141—2010、NIJ 0101.06 以及 NIJ 0101.07 标准中规定防御弹丸的初始动能大小进行排

序, 对比分析 GA 141 与 NIJ 标准的防护等级、弹丸类型、弹速、射击距离以及背凸限值之间的联系与差异, 见表 1。其中新防弹衣指未经过高温、低温、湿热、浸水、冲击等试验处理的防弹衣; 旧防弹衣指经过高温、低温、湿热、浸水、冲击等 1 种或多种试验处理的防弹衣。

表 1 GA 141 与 NIJ 标准的防护等级水平对比^[28]
Tab.1 Comparison of protection levels between GA 141 and NIJ Standards^[28]

序号	标准	防护等级	弹丸类型	初始动能/J	弹头质量/g	弹速/(m·s ⁻¹)	射击距离/m	背凸限值/mm	防弹衣状态
1	GA 141—2010	1	7.62 mm×17 mm FMJ* 1 RN SC(铜被甲, 圆头铅芯)	249	4.90	320±10	5±0.01	25	新/旧防弹衣
2	GA 141—2010	2	7.62 mm×25 mm FMJ RN SC(覆铜钢被甲, 圆头铅芯)	554	5.60	445±10	5±0.01	25	新/旧防弹衣
3	NIJ 0101.06	IIA	9 mm×19 mm FMJ* 1 RN SC(铜被甲, 圆头铅芯)	557	8.00	373±9.1	5±1	44	新防弹衣
4	NIJ 0101.06 NIJ 0101.07	II HG1	9 mm×19 mm FMJ* 1 RN SC(铜被甲, 圆头铅芯)	634	8.00	398±9.1	5±1	44	新防弹衣 新/旧防弹衣
5	NIJ 0101.06	IIA	.40 S&W FMJ* 1 FN SC(铜被甲, 平头铅芯)	725	11.70	352±9.1	5±1	44	新防弹衣
6	GA 141—2010	3	7.62 mm×25 mm FMJ RN SC(覆铜钢被甲, 圆头铅芯)	743	5.60	515±10	5±0.01	25	新/旧防弹衣
7	GA 141—2010	4	7.62 mm×25 mm FMJ RN MSC(覆铜钢被甲, 圆头钢芯)	753	5.70	515±10	15±0.01	25	新/旧防弹衣
8	NIJ 0101.07	HG2	9 mm×19 mm FMJ* 1 RN SC(铜被甲, 圆头铅芯)	803	8.00	448±9.1	5±1	44	新/旧防弹衣
9	NIJ 0101.06	IIIA	.357 SIG FMJ* 1 FN SC(铜被甲, 平头铅芯)	812	8.10	448±10	5±1	44	新防弹衣
10	NIJ 0101.06 NIJ 0101.07	II HG1	.357 Magnum JSP SC(被甲软头弹, 铅芯)	969	10.20	436±10	5±1	44	新防弹衣 新/旧防弹衣
11	NIJ 0101.06 NIJ 0101.07	IIIA HG2	.44 Magnum SJHP SC(半被甲空尖弹, 铅芯)	1 483	15.60	436±9.1	5±1	44	新防弹衣 新/旧防弹衣
12	NIJ 0101.07	RF1& RF2	5.56 mm×45 mm M193 FMJ* 1 PB SC(铜被甲, 尖头铅芯)	1 764	3.60	990±9.1	15±1	44	新/旧防弹衣
13	NIJ 0101.07	RF2	5.56 mm×45 mm M855 /SS109 FMJ* 1 PB SCP(铜被甲, 尖头铅芯钢尖)	1 805	4.00	950±9.1	15±1	44	新/旧防弹衣
14	NIJ 0101.07	RF1& RF2	7.62 mm×39 mm M43 FMJ PB MSC (覆铜钢被甲, 尖头钢芯)	2 043	7.81	725±9.1	15±1	44	新/旧防弹衣
15	GA 141—2010	5	7.62 mm×39 mm FMJ PB MSC(覆铜钢被甲, 尖头钢芯)	2 116	8.05	725±10	15±0.01	25	新/旧防弹衣
16	GA 141—2010	6	7.62 mm×54 mm FMJ PB MSC(覆铜钢被甲, 尖头钢芯)	3 307	9.60	830±10	15±0.01	25	新/旧防弹衣
17	NIJ 0101.06 NIJ 0101.07	III RF1& RF2	7.62 mm×51 mm M80 FMJ PB SC(覆铜钢被甲, 尖头铅芯)	3 444	9.60	847±9.1	15±1	44	旧防弹衣 新/旧防弹衣
18	NIJ 0101.06 NIJ 0101.07	IV RF3	.30-06 M2 AP FMJ* 1 PB HC(铜被甲, 尖头硬质钢芯穿甲弹)	4 140	10.74	878±9.1	15±1	44	旧防弹衣 新/旧防弹衣

1) GA 141—2010 的最高防护等级为 6 级, 初始动能为 3 307 J, NIJ 0101.07 标准的最高等级为 RF3, 初始动能为 4 140 J, 显著高于 GA 141—2010 中 6 级对应的初始动能, 这表明 NIJ 0101.07 标准的最高防护等级能够抵御威力更强的弹种。

2) GA 141—2010 的 1~4 级, 与 NIJ 0101.06 标准的 IIA、II、IIIA 级以及 NIJ 0101.07 标准的 HG1、

HG2 级防护水平基本相当。这些等级所防护的枪弹类型均为手枪弹, 主要防护的弹种类型是圆头/平头铅芯弹, 初始动能处于 249~1 483 J, 此防护等级主要对应软质防弹衣。

3) GA 141—2010 中 5~6 级与 NIJ 0101.06 标准 III 级以及 NIJ 0101.07 标准的 RF1、RF2 级的防护水平基本相当, 防护枪弹类型均是步枪弹, 防护弹种类

型主要是尖头钢芯弹,初始动能在 1 764~3 444 J,该防护等级主要对应的是含有防弹插板的硬质防弹衣。

4)在防护等级对应弹丸类型方面,GA 141—2010 的每个防护等级仅对应 1 种弹丸类型,而 NIJ 标准的 1 个防护等级涵盖 1~4 种弹丸类型,对防护等级的验证考量更为全面,且在进行防弹性能检测时,需针对该防护等级的所有弹丸类型开展试验。相较于 NIJ 0101.06 标准,NIJ 0101.07 标准在手枪弹测试中新增 9 mm×19 mm 弹丸,在步枪弹测试中增加了 M193、M855/SS109、M43 等弹丸,在防御枪弹的威力和种类等方面均有所提升。

5)在弹速要求方面,GA 141—2010 要求标准弹速为±10 m/s,NIJ 标准要求为±9.1 m/s,两者要求基本接近。此外,NIJ 0101.07 标准中未区分 NIJ 0101.06 标准对于新旧防弹衣的不同弹速要求,统一采用高速弹进行测试。

6)在射击距离的要求上,除 GA 141—2010 标准 4 级的射击距离为 15 m 以外,3 个标准针对手枪弹测试的射击距离为 5 m,步枪弹测试的射击距离为 15 m。鉴于着靶速度对测试威力存在影响,GA 141—2010 对射击距离的精度控制要求更为严格,精度要求在±0.01 m 以内。

7)在背凸(P-BFD)限值方面,GA 141—2010 的限值为 25 mm,NIJ 标准要求的背凸限值为 44 mm,可见我国对背凸的要求更为严格,这更有利于保护穿戴人员。另一方面,GA 141—2010 规定每一发弹射击后,被测样件的背凸均不得超过 25 mm;而 NIJ 标准允许背凸出现超过限值的情况,但有一定限制。具体而言,当背凸处于 44~50 mm 时,需采用统计公差限值进行判定,要求有 95%的置信度保证全部背凸中 80%不超过 44 mm;若背凸超过 50 mm,则可直接判定不符合要求,其具体计算方式如下。

假设背凸测量值总体呈正态分布,背凸公差上限应满足 $B_U \leq 44$ mm,公差上限的公式:

$$B_U = B_{ave} + k_1 \quad (1)$$

$$B_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i \quad (2)$$

式中: N 表示背凸测量值的数量,源自有效命中,其大小、调节状态和测试弹种均相同; B_i 为单个背凸测量值; B_{ave} 为背凸的算术平均值。样品标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (B_i - B_{ave})^2} \quad (3)$$

现在可以计算单侧公差区间的近似 k 系数 k_1 :

$$k_1 = \frac{z_{1-p} + \sqrt{z_{1-p}^2 - ab}}{a} \quad (4)$$

式中: z_{1-p} 表示按 $1-p$ 概率超过的正态分布临界值; $z_{1-\gamma}$ 表示按 $1-\gamma$ 概率超过的正态分布临界值。系数 a 和 b 的公式确定如下:

$$a = 1 - \frac{z_{1-\gamma}^2}{2(N-1)}, \quad b = z_{1-p}^2 - \frac{z_{1-\gamma}^2}{N} \quad (5)$$

NIJ 标准要求背凸测量值不超过 44 mm 的概率至少为 80%,故 $p=0.80$,而要求的置信度为 95%,故 $\gamma=0.95$ 。基于背凸测量值数量的 k_1 值见表 2。

$$z_{1-\gamma} = z_{0.05} = 1.645, \quad z_{1-p} = z_{0.20} = 0.842 \quad (6)$$

表 2 基于背凸测量值数量的 k_1 值
Tab.2 Value of k_1 based on quantity of kyphosis measurement values

测量值 数量	k_1	测量值 数量	k_1	测量值 数量	k_1
6	2.143	13	1.528	19	1.375
7	1.961	14	1.494	20	1.358
8	1.837	15	1.464	21	1.342
9	1.745	16	1.438	22	1.328
10	1.673	17	1.415	23	1.315
11	1.616	18	1.394	24	1.303
12	1.568				

3 防弹性能测试方法对比分析

表 3 从被测样品尺寸、样品数量、试验处理、弹着点位置、射击次数以及射击角度等多个方面对 GA 141 与 NIJ 标准防弹性能测试方法之间的异同进行了对比,具体对比与分析情况如下。

1)防弹插板以及软质防弹衣的内部防弹芯层通常会采用超高分子量聚乙烯纤维或芳纶纤维增强复合材料,长期处于浸水、湿热等环境条件会导致复合材料防弹性能发生退化,良好的贮存和使用环境可以延缓产品防弹性能衰减。因此,防弹层保护套的密封性、防水性以及耐磨性等性能至关重要,故 GA 141—2010 标准对防弹层保护套的性能进行了规定,NIJ 标准中则未明确要求。

2)在样品尺寸方面,NIJ 标准规定了 NIJ-C-1~NIJ-C-5 共 5 个型号软质防弹衣尺寸,见表 4。GA 141—2010 要求软质防弹衣躯干实际投影防护面积不小于 0.25 m²,该尺寸的防护面积处于 NIJ-C-4 和 NIJ-C-5 之间。GA 141—2010 中要求防弹插板有效防弹尺寸为 250 mm×300 mm,NIJ 标准要求尺寸不大于 254 mm×305 mm,样品尺寸要求基本一致。

3)在试验样品数量方面,GA 141—2010 没有区分不同的防护等级,所有型式检验所需的样品数量均是 8 件,其中备件 1 件。NIJ 标准针对不同的防护等级,其测试样品数量有所差异,总体控制要求是射击发数要达到一定要求,故样品数量取决于规定的单块样件射击发数,同一块板上射击更多的发数可以减少样品数量以降低成本,但也意味着需要承担更高的穿透风险。NIJ 标准要求的试验样品数量明显高于 GA

表 3 GA 141 与 NIJ 标准防弹性能测试方法对比
Tab.3 Comparison of bulletproof performance test methods between GA 141 and NIJ Standards

序号	项目	GA 141-2010		NIJ 0101.06		NIJ 0101.07	
		软质防弹衣	硬质防弹衣	软质防弹衣	硬质防弹衣	软质防弹衣	硬质防弹衣
1	防弹层保护套	黑色, 密封不透水不透光, 耐静水压≥18 kPa		未明确要求		未明确要求	
2	样品尺寸	防护面积 ≥0.25 m ²	250 mm× 300 mm	NIJ-C-(1~5)5 个 型号尺寸	不大于 254 mm× 305 mm	同 NIJ 0101.06	
3	样品数量	型式检验: 共 8 件, 其中备件 1 件		IIA~IIIA 型: 28 件; III~IV 型: 14 件	III 型: 9 件; IV 型: 7~37 件	平直样件: 62 件; 非平直样件: 107 件	RF1: 33/63 件; RF2: 43/83 件; RF3: 10~60 件
4	环境试验处理	1) 浸渍: 0.5 m 深的水中浸泡 30 min, 30 min 内完成试验 2) 低温: 在(-20±2) °C 条件下 4 h 处理, 15 min 内完成试验 3) 高温: 在(+55±2) °C 条件下 4 h 处理, 15 min 内完成试验 4) 湿热: 在(70±2) °C, 相对湿度 80%条件下, 经 240 h 处理, 常温下放置 24 h 后进行试验		1) 湿热、滚筒: 在 65 °C 高温、80%湿度下进行滚筒调节测试持续时间为 10 d±1 h, 滚筒应转动 (72 000±1 500) 转 2) 浸渍: 距离水面 100 mm 以上浸泡 30 min, 40 min 内完成测试, 背凸与弹道极限测试均需进行处理。	湿热、热循环和耐冲击: 先在温度为 65 °C, 相对湿度为 80%湿热环境下处理 10 d, 然后 24 h 的热循环 (-15 °C~90 °C) 暴露测试, 其后, 对硬质防弹衣样品进行耐冲击处理。背凸与弹道极限测试均需进行处理	试验处理方式与 NIJ 0101.06 相同, 背凸测试前需进行滚筒和浸渍处理, 弹道极限测试前只进行滚筒处理	试验处理方式与 NIJ 0101.06 相同, 背凸测试前先进行耐冲击处理, 然后进行浸渍处理, 弹道极限测试前进行耐冲击处理
5	躯干模框架	厚度≥100 mm, 长宽≥600 mm×600 mm		内部尺寸(610±2) mm×(610±2) mm, 深度为(140±2) mm		同 NIJ 0101.06	
6	胶泥验证	采用重球下落法校准, 校准钢球直径为(φ63±0.5) mm, 质量(1 000±10) g, 下落高度(2 000±10) mm, 至少校准 5 个点位, 单发的压痕深度应为(20±3) mm		采用球形胶泥验证冲击器校准, 球形冲击器直径为(φ63.5±0.05) mm, 质量(1 043±5) g, 下落高度(2 000±20) mm, 校准 5 个点位, 单发的压痕深度应为(19±3) mm, 5 次压痕深度均值应为(19±2) mm		同 NIJ 0101.06	
7	背凸测试弹着点	第 1~3 发射击边缘区域, 第 4~6 发射击中心区域	详见图 5, 如有接缝, 第 2/3 发应设计接缝处	第 1~3 发射击边缘区域, 第 4~6 发射击中心区域	符合弹着点到边 (≥51 mm/76 mm) 和弹着点间的间距 (≥51 mm) 要求	第 1~3、7 发射击边缘区域, 第 4~6 发射击中心区域	3 发射击: 第 1、2 发为边缘射击; 6 发射击: 第 1、2、3、4 发为边缘射击, 曲面板第 5 或第 6 发射击的弹着点应位于冠部, 见图 6、图 7
8	射击次数	1~5 级常温下单件射击 6 发弹, 环境试验处理后单件射击 3 发弹, 6 级常温下单件射击 2 发弹		单件 6 发射击, 单个威胁背凸和弹道极限测试至少 36 发	III 型: 单件 6 发, 单个威胁背凸和弹道极限测试至少 24 发。 IV 型: 单件 1~6 发, 单个威胁背凸测试至少 24 发, 弹道极限测试至少 12 发	HG1/HG2: 背凸测试单件射击 3~7 发; 弹道极限测试单件射击 12 发	RF1/RF2: 单件 3/6 发; 单个威胁背凸测试至少 36 发, 弹道极限测试至少 24 发; RF3: 单件 1/2/3/6 发, 背凸测试至少 36 发, 弹道极限测试至少 12 发

续表 3 GA 141 与 NIJ 标准防弹性能测试方法对比
Tab.3 Comparison of bulletproof performance test methods between GA 141 and NIJ Standards

序号	项目	GA 141-2010		NIJ 0101.06		NIJ 0101.07	
		软质防弹衣	硬质防弹衣	软质防弹衣	硬质防弹衣	软质防弹衣	硬质防弹衣
9	射击角度	1~3 级常温下射击第 2 发弹入射角为+30°, 第 3 发弹入射角为-45°, 其余均为 9°入射角		Ⅱ A~Ⅲ A 型防弹衣 背凸测试第 1、2、3、6 射击采用 0°入射角, 4、5 射击采用 30°或 45°入射角, 弹道极限测试均为 0°		背凸测试第 1、2、3、6 发射击的入射角应为 0°, 4、5 射击采用 30°或 45°入射角, 第 7 发为 45°入射角, 弹道极限测试均为 0°	
10	试验判定	1) 有效命中情况下, 未穿透且背面变形≤25 mm, 判定合格 2) 弹速超过上限, 未穿透且背面变形≤25 mm, 判定合格 3) 弹速低于下限, 未穿透且背面变形≤25 mm, 应进行补射 4) 弹速超过上限, 出现穿透或背面变形>25 mm, 应进行补射 5) 弹速低于下限, 出现穿透或背面变形>25 mm, 判定不合格		1) 有效命中情况下, 未穿透且背面变形满足要求, 判定合格 2) 弹速超过上限, 未穿透且背面变形≤44 mm, 判定合格 3) 弹速低于下限, 未穿透且背面变形≤44 mm, 应进行补射 4) 弹速超过上限, 出现穿透或背面变形>50 mm, 应替换为备件 5) 弹速超过上限, 未穿透且背面变形≤44 mm, 随后射击时有效命中且背面变形为 44 mm~50 mm, 可替换为备件 6) 弹速低于下限, 出现穿透或背面变形>44 mm, 判定不合格 防弹衣前片的第 7 发射击, 若测试威胁的任何部分或测试威胁的碎片嵌入或穿入背衬的任何区域, 则应视为完全穿透		同 NIJ 0101.06	

表 4 软质防弹衣的面积
Tab.4 Area of soft armor

型号	后片/m ²	前片/m ²
NIJ-C-1	0.093 9	0.065 9
NIJ-C-2	0.135 4	0.102 0
NIJ-C-3	0.183 5	0.144 3
NIJ-C-4	0.239 9	0.194 5
NIJ-C-5	0.302 2	0.251 7

141—2010, 且 NIJ 0101.07 标准在 NIJ 0101.06 标准上区分了平直和非平直软质防弹衣(女性穿戴)样件, 防弹衣前片(有开领)与后片(无开领), 故软质防弹衣的试验样品数量较多。其中, 受控条件指温度为(20.0±5.6)℃和相对湿度(RH)为(50±20)%的条件。GA 141—2010 没有强制要求弹道极限 V50 测试, NIJ 标准对弹道极限 V50 测试的要求、样件数量和射击发数进行了明确, 可以通过弹道极限 V50 测试值进一步评估防弹衣安全性能。

4) 在样品环境试验处理方面, GA 141—2010 防护等级 1~5 级测试包含浸渍、低温、高温、湿热等环境试验处理, 均是对样品进行单一试验状态调节后一定时间(15 min)内完成防弹性能测试。NIJ 标准的

样品环境试验处理包含浸渍、湿热、耐冲击、滚筒等方式, 所有环境试验做完后再进行防弹性能测试, 考虑了环境叠加效应, 考核更加严苛。需特殊说明的是, 在 NIJ 标准中, 针对防弹插板的耐冲击试验需要用到专用的冲击装置, 且 NIJ 0101.07 标准在 NIJ 0101.06 标准基础上对耐冲击试验处理程序及装置进行了更为详细的描述, 冲击装置如图 3 所示。该冲击装置模拟了人体向前倾倒时的情况, 每个试验样品的贴身面和安装板之间需配备一个模制泥, 模制泥质量为(4.54±0.05) kg, 安装板和枢轴臂以及固定机构的总质量应为(3.86±0.23) kg, 试验样品弹击面中心到冲击块上表面是冲击下落的高度, 为(122±1.3) cm, 与人员穿戴高度基本接近。对于协防防弹衣, 应将防弹插板插入软质防弹衣中, 模制泥应位于软质防弹衣的外贴身面与安装板之间, 测试前应对样品做 2 次冲击。

5) 躯干模是由外部刚性框架和内部背衬材料组成的模型, 用于模拟人体躯干的情况, 并帮助测量防弹衣背凸, 背衬材料一般采用胶泥, 其容易塑形且可模拟人体躯干形状。防弹衣背凸测试前需要对胶泥的硬度采用重球下落法校准, GA 141—2010 要求单发重球下落的压痕深度应为(20±3) mm, NIJ 标准要求单发的压痕深度应为(19±3) mm, 5 次压痕深度均值

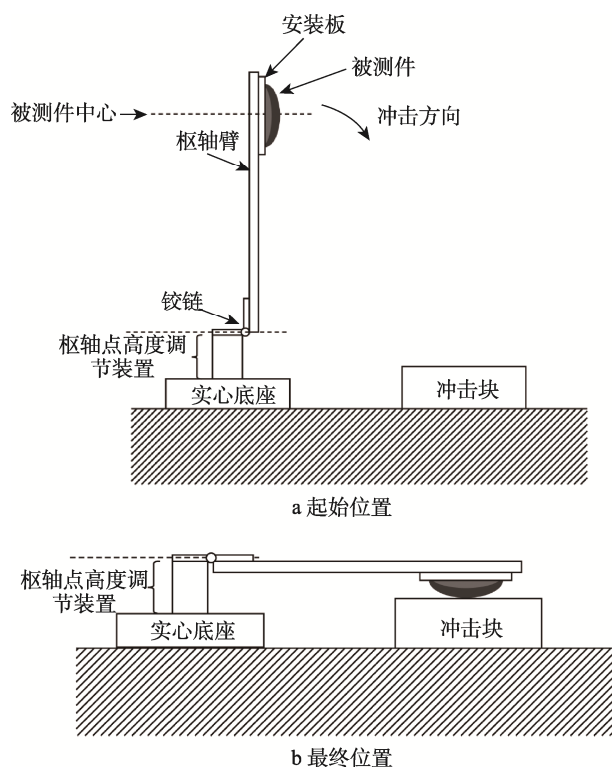


图 3 冲击装置

Fig.3 Impact device: a) initial position; b) final position

应为 (19 ± 2) mm。

6)在射击弹着点位置与射击角度方面,GA 141—2010 要求软质防弹衣的第 1~3 发弹应在距边缘 75~94 mm 区域内,第 4~6 发弹相互间最远分散距离小于 100 mm,弹着点间距离应大于 51 mm,防弹插板的弹着点位置如图 4 所示,但在标准中没有明确给出具体的位置尺寸要求。NIJ 0101.06、NIJ 0101.07 标准软质防弹衣试验时弹着点的要求与 GA 141—2010 基本一致。对于 NIJ 0101.07 硬质防弹衣弹着点,3 发弹射击靶板弹击面的弹着点位置要求如图 5 所示。第 1、2 发为边缘射击,第 3 发射击的弹着点位置应位于平直板的中心,或单曲面板中心的曲线顶点上,或多曲面板的冠部。其中,冠部是当板水平放置在平坦表面上时,在多个不同曲率的交点处,防弹板弹击面的最高点的位置。所有射击的入射角均应为 0° 或 30° ,对于射击角为 30° 的 3 发射击板,其冠部着弹点与最近的着弹点射击角度应呈对向布置,剩下的一个着弹点的射击方向应该朝向中心线。6 发弹射击靶板弹击面的弹着点位置要求如图 6 所示,第 1~4 发射击为边缘射击,应该朝着阴影区域内的不同位置移动,而第 5、6 发射击的弹着点位置应在斜线阴影区域内。对于曲面板,第 5 或第 6 发射击的弹着点应位于冠部。第 6 发射击(弹着点位于冠部)及弹着点位于阴影带内的 3 发射击的入射角应为 0° ,第 5 发射击的入射角应向中心线方向偏转 30° ,射入阴影带内的一发射击的入射角应偏离中心线 30° 。

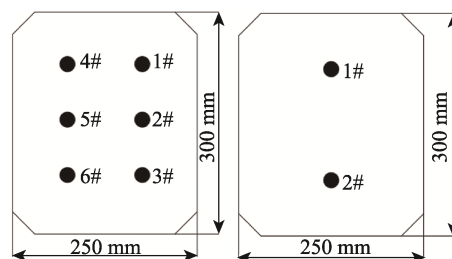


图 4 GA 141 标准防弹插板弹着点位置

Fig.4 Schematic diagram of location of bullet impact points of bulletproof inserts in GA 141 Standard

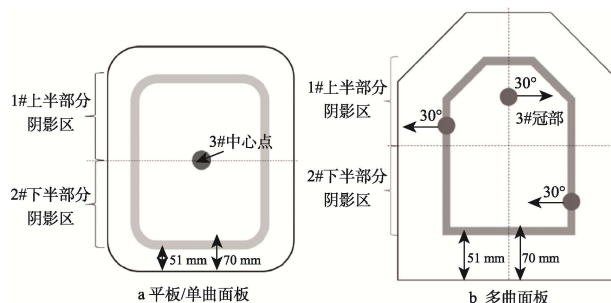


图 5 NIJ 0101.07 硬质防弹衣弹着点位置 (3 发射击)

Fig.5 Location of bullet impact points of hard armor in NIJ 0101.07 standard (3 shots): a) flat/single curved panel; b) multi-curved panel

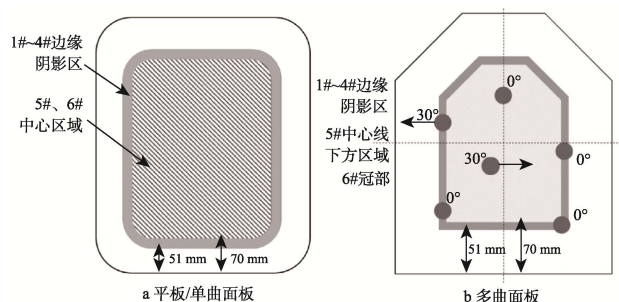


图 6 NIJ 0101.07 硬质防弹衣弹着点位置 (6 发射击)

Fig.6 Location of bullet impact points of hard armor in NIJ 0101.07 standard (6 shots): a) flat/single curved panel; b) multi-curved panel

4 结语

NIJ 0101.07 详细说明了防弹衣的最低性能要求和测试方法,反映了防弹材料、技术进步和执法人员面临的不断变化的威胁,全面地覆盖了更广泛的各种弹道威胁,采用了更广泛的先进测试方法,与 NIJ 0101.06 相比,灵活性更强、分级方法更清晰、测试方法更明确。

我国的 GA 141—2010 标准制定起步相对较晚,经过多年的发展与完善,防弹级别的分类与防护装备的要求也比较齐全。但与 NIJ 标准相比,更新迭代的频次较少,规定的防弹性能试验测试方法相对粗糙,防护级别所对应的弹道威胁的实时性和全面性有待提升。随着全球武器装备与弹药快速发展,我国防弹标准可适当考虑在以下几个方面进行改进完善。

1) 适当增加防弹标准测试弹丸类型, 提高部分防护等级对应测试弹丸的威力, 以适应现代作战人员所面临的威胁, 增强穿戴人员的安全性。

2) 增加防弹衣型号规格与适应范围(如区分男性与女性的装备), 有利于提升作战人员穿戴舒适性和灵活性。

3) 完善防弹性能试验方法, 从试验样品数量、环境试验处理、弹丸射击位置与角度、穿透和背凸测试方法等多方面进行考虑, 在防弹标准中进行详细规定, 科学合理地考核防护装备的防弹性能与质量稳定性, 促进国内高水平防弹装备技术的蓬勃发展。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国公安部. 防弹衣: GA 141—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
Police Ballistic Resistance of Body Armor: GA 141—2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010.
- [2] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.07[S]. Washington: National Institute of Justice, D S Department of Justice, 2023.
- [3] 郭显成, 程斌. 美国防弹衣标准发展历程及最新防弹标准[J]. 轻兵器, 2021(1): 52-57.
GUO X C, CHENG B. Development of American Bulletproof Standards and the Latest Bulletproof Standards[J]. Small Arms, 2021(1): 52-57.
- [4] 马琼, 谭保东, 刘延华, 等. 美国 NIJ 0101.06 防弹衣标准简介[J]. 中国个体防护装备, 2017(2): 24-28.
MA Q, TAN B D, LIU Y H, et al. The Brief Introduction of Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-NIJ0101.06[J]. China Personal Protective Equipment, 2017(2): 24-28.
- [5] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.00[S]. Washington: National Institute of Justice, 1972.
- [6] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.01[S]. Washington: National Institute of Justice, 1978.
- [7] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.02[S]. Washington: National Institute of Justice, 1985.
- [8] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.03[S]. Washington: National Institute of Justice, 1987.
- [9] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.04[S]. Washington: National Institute of Justice, 2000.
- [10] Department of Justice. Ballistic Resistance of Police Body Armor: NIJ 0101.06[S]. Washington: National Institute of Justice, 2008.
- [11] STANAG 2920. Ballistic Test Method for Personal Armor Materials and Combat Clothing: STANAG 2920[S]. Brussels. Belgium: NATO, 2003.
- [12] 邱日祥. 美国 NIJ0101.04 防弹衣标准简介[J]. 中国个体防护装备, 2004(6): 28-30.
QIU R X. Introduction of American Bullet-Proof Vest Standard NIJ0101.04[J]. China Personal Protection Equipment, 2004(6): 28-30.
- [13] 张力元. 美国枪支立法演变与执法研究[D]. 北京: 中国社会科学院研究生院, 2013.
ZHANG L Y. Research on the Evolution of American Gun Legislation and Law Enforcement[D]. Beijing: Graduate School, The Chinese Academy of School Sciences, 2013.
- [14] 刘春美, 马琼, 石凌飞. 警用防弹装备防护技术分析及发展趋势预测[J]. 警察技术, 2020(3): 48-53.
LIU C M, MA Q, SHI L F. Analysis and Development Trend Forecast of Protective Technology for Police Bulletproof Equipment[J]. Police Technology, 2020(3): 48-53.
- [15] 闫文敏, 王光华, 金永喜, 等. 枪弹穿甲后效破片对典型防弹衣侵彻毁伤特性试验研究[J]. 兵工学报, 2019, 40(11): 2378-2384.
YAN W M, WANG G H, JIN Y X, et al. Experimental Investigation on the Damage Characteristics of Typical Body Armor by the After-Effect Fragments of Bullet[J]. Acta Armamentarii, 2019, 40(11): 2378-2384.
- [16] 邱日祥, 杨杰. GA 165—2016《防弹透明材料》标准解析[J]. 中国安全防范认证, 2017(3): 52-55.
QIU R X, YANG J. Analysis of GA 165—2016 “Bulletproof Transparent Materials”[J]. China Security Protection Certification, 2017(3): 52-55.
- [17] 曹贺全, 张广明, 孙素杰, 等. 装甲车辆防护技术研究现状与发展[J]. 兵工学报, 2012, 33(12): 1549-1554.
CAO H Q, ZHANG G M, SUN S J, et al. Status and Development of Protection Technology of Armored Vehicles[J]. Acta Armamentarii, 2012, 33(12): 1549-1554.
- [18] 李茂辉, 黄献聪, 王雷, 等. 防弹材料及装备 V50 测试方法研究[J]. 兵器材料科学与工程, 2011, 34(6): 99-101.
LI M H, HUANG X C, WANG L, et al. Review of V50 Ballistic Test Method for Bullet Resistant Materials and Armor Component[J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2011, 34(6): 99-101.
- [19] JOHNSON G R, COOK W H. Fracture Characteristics of Three Metals Subjected to Various Strains, Strain Rates, Temperatures and Pressures[J]. Engineering Fracture Mechanics, 1985, 21(1): 31-48.
- [20] Russian Bureau of Standards. Armor Protection of Cars, General Technical Requirements: GOST 34282—2017[S]. Moscow: Russian Bureau of Standards, 2017.
- [21] 王然, 张燕, 刘永佳, 等. 单兵防弹插板防弹材料效应匹配及结构设计研究[J]. 中国新技术新产品, 2022(14): 25-28.
WANG R, ZHANG Y, LIU Y J, et al. Study on Effect Matching and Structural Design of Bulletproof Material for Individual Bulletproof Inserts[J]. New Technology & New Products of China, 2022(14): 25-28.

- [22] 许冬梅, 刘元坤, 艾青松, 等. 防弹衣中防凹陷材料的应用研究[J]. 中国个体防护装备, 2015(5): 9-11.
XU D M, LIU Y K, AI Q S, et al. Study on the Application of Anti-Trauma Material in Body Armor[J]. China Personal Protective Equipment, 2015(5): 9-11.
- [23] 刘韦, 邱麟杰, 侯仰川, 等. 警用防弹衣的防护性能及研究进展[J]. 中国个体防护装备, 2022(S1): 28-33.
LIU W, QIU L J, HOU Y C, et al. Protective Performance and Research Progress of Police Bullet-Proof Vest[J]. China Personal Protective Equipment, 2022(S1): 28-33.
- [24] 楚艳艳, 李施辰, 姬长干, 等. 防弹板结构研究进展[J]. 材料科学与工程学报, 2024, 42(6): 1039-1051.
CHU Y Y, LI S C, JI C G, et al. Research Progress on the Structure of Bulletproof Plates[J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2024, 42(6): 1039-1051.
- [25] 孟花, 张燕, 刘永佳. 高性能防弹复合材料在软质防弹衣中的应用[J]. 针织工业, 2024(11): 80-83.
MENG H, ZHANG Y, LIU Y J. Application of High Performance Bulletproof Composites in Soft Body Armor[J]. Knitting Industries, 2024(11): 80-83.
- [26] 陶然. 各国警用防弹衣的质量和應用研究[J]. 中国个体防护装备, 2009(6): 11-14.
TAO R. The Quality and Application Study of Police Body Armor in Countries around the World[J]. China Personal Protective Equipment, 2009(6): 11-14.
- [27] 李孟远. 印度国防研究与发展组织发布 ABHED 轻型防弹背心[J]. 轻兵器, 2025(1): 72.
LI M Y. Indian Defense Research and Development Organization Released ABHED Light Bulletproof Vest[J]. Small Arms, 2025(1): 72.
- [28] 张洋洋, 赵洪山, 彭伟, 等. 国内外防弹标准防护等级的研究与对比[J]. 兵工学报, 2022, 43(9): 2017-2036.
ZHANG Y Y, ZHAO H S, PENG W, et al. Research and Comparison of Protection Rating in Domestic and Foreign Bulletproof Standards[J]. Acta Armamentarii, 2022, 43(9): 2017-2036.