中华人民共和国国家军用标准

FL 0109

GJB 150.29—2009

军用装备实验室环境试验方法
第 29 部分：弹道冲击试验

Laboratory environmental test methods for military materiel——
Part 29: Ballistic shock test

2009—05—25 发布

2009—08—01 实施

中国人民解放军总装备部　批 准

目　　次

前言……II
1　范围……1
2　引用文件……1
3　目的与应用……1
3.1　目的……1
3.2　应用……1
3.3　限制……1
4　剪裁指南……1
4.1　选择试验方法……1
4.2　选择试验程序……2
4.3　确定试验条件……4
5　信息要求……6
5.1　试验前需要的信息……6
5.2　试验中需要的信息……6
5.3　试验后需要的信息……6
6　试验要求……6
6.1　试验设备……6
6.2　试验控制……7
6.3　试验仪器……8
6.4　数据分析……8
7　试验过程……8
7.1　试验准备……8
7.2　试验程序……8
8　结果分析……10
附录 A　（资料性附录）　弹道冲击的基本概念……11
A.1　弹道冲击……11
A.2　弹道冲击的物理现象……11

国军标GJB9001C-2017标准正式版(直接打印版)
https://www.pinzhi.org/forum.php?mod=viewthread&tid=73339

GJB9001C-2017 《质量管理体系 要求部分理解》
https://www.pinzhi.org/forum.php?mod=viewthread&tid=85517

军工产品全过程全要素全特性质量控制流程图
https://www.pinzhi.org/thread-85519-1-1.html

GJB9001C附录C相关的61项国军标标准，根据自己产品进行识别
https://www.pinzhi.org/thread-84696-1-1.html

装备采购合同监督管理25项国军标, GJB 3961B-2023, GJB 5705A-2023
https://www.pinzhi.org/thread-101257-1-1.html

GJB9001C版新要求的《质量责任追究与激励制度》
https://www.pinzhi.org/forum.php?mod=viewthread&tid=57163

前　言

GJB 150《军用装备实验室环境试验方法》分为28个部分：

a)　第1部分：通用要求；

b)　第2部分：低气压(高度)试验；

c)　第3部分：高温试验；

d)　第4部分：低温试验；

e)　第5部分：温度冲击试验；

f)　第7部分：太阳辐射试验；

g)　第8部分：淋雨试验；

h)　第9部分：湿热试验；

i)　第10部分：霉菌试验；

j)　第11部分：盐雾试验；

k)　第12部分：砂尘试验；

l)　第13部分：爆炸性大气试验；

m)　第14部分：浸渍试验；

n)　第15部分：加速度试验；

o)　第16部分：振动试验；

p)　第17部分：噪声试验；

q)　第18部分：冲击试验；

r)　第20部分：炮击振动试验；

s)　第21部分：风压试验；

t)　第22部分：积冰/冻雨试验；

u)　第23部分：倾斜和摇摆试验；

v)　第24部分：温度—湿度—振动—高度试验；

w)　第25部分：振动—噪声—温度试验；

x)　第26部分：流体污染试验；

y)　第27部分：爆炸分离冲击试验；

z)　第28部分：酸性大气试验；

aa)　第29部分：弹道冲击试验；

bb)　第30部分：舰船冲击试验。

本部分为GJB 150的第29部分，是本次修订GJB 150—1986《军用设备环境试验方法》新增加的内容。

本部分附录A是资料性附录。

本部分由中国人民解放军总装备部电子信息基础部提出。

本部分起草单位：航天科技集团一院702所、总装31基地、中国航天标准化研究所。

本部分主要起草人：刘　斌、夏益霖、王其政、章淑珍、张小达。

军用装备实验室环境试验方法
第29部分：弹道冲击试验

1 范围

本部分规定了军用装备实验室弹道冲击试验的目的与应用、剪裁指南、信息要求、试验要求、试验过程和结果分析的内容。

本部分适用于对军用装备进行弹道冲击试验。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本部分的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本部分，但提倡使用本部分的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GJB 150.1A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第1部分：通用要求

GJB 4239 装备环境工程通用要求

3 目的与应用

3.1 目的

本试验的目的在于：

a) 确定装备在结构和功能上能够承受由高量级动量交换所导致的冲击效应的能力；

b) 用试验估计装备关于弹道冲击的易损性水平，以便采用缓冲方法保护装备结构和功能的完整性。

3.2 应用

本试验适用于评定在寿命期内很可能一次或多次暴露于弹道冲击环境中的装甲战车上的装备。

3.3 限制

本试验不适用于在高温或低温条件下进行。除另有规定或有理由相信高温或低温可增强弹道冲击环境外，一般在室温条件下进行弹道冲击试验。

4 剪裁指南

4.1 选择试验方法

4.1.1 概述

分析有关技术文件的要求，应用装备(产品)订购过程中实施GJB 4239得出的结果，确定装备寿命期内弹道冲击环境出现的阶段，根据下列环境效应确定是否需要进行本试验。当确定需要进行本试验，且本试验与其他环境试验使用同一试件时，还需确定本试验与其他试验的先后顺序。

4.1.2 环境效应

通常，弹道冲击可能对所有电子、机械和机电装备产生不利的影响。不利影响的程度一般随着弹道冲击的量级和持续时间增加而增大，并且随着到弹道冲击源(撞击点或点阵)的距离增加而减小。当弹道冲击的持续时间使其产生的材料应力波的波长与装备中微电子器件固有频率的波长一致时，会增强不利影响。当弹道冲击的持续时间使其产生的结构响应运动与机械或机电装备的低频共振一致时，会增强不利影响。与弹道冲击有关的问题的实例包括：

a) 微电子芯片，包括其支承的结构完整性破坏导致的装备失效。

b) 继电器抖动导致的装备失效。

c) 电路板故障、电路板损伤和电连接器失效导致的装备失效。有时，弹道冲击可使电路板的多余物迁移，从而可能造成短路。电路板支承可能受到由相当大的速度变化和较大位移导致的损伤。

d) 晶体、陶瓷、环氧树脂或玻璃封装中的裂纹和断裂导致的装备失效。

e) 装备的结构支承、机械或机电装备的内部结构形式的突然速度变化导致的装备失效。

4.1.3 选择试验顺序

4.1.3.1 一般要求

见 GJB 150.1A－2009 中 3.6。

4.1.3.2 特殊要求

除在寿命期剖面另有规定外，装备通常在战斗中经受弹道冲击，并可能接近寿命期终了，所以正常计划的弹道冲击试验安排在试验顺序的后期。由于弹道冲击试验的独特性质，一般可以认为与其他试验无关。

4.2 选择试验程序

4.2.1 概述

本试验包括以下五个弹道冲击试验程序。当没有适用的外场数据时，弹道冲击试验的试验条件参见 4.3。

a) 程序Ⅰ——采用防弹车体和炮塔：产生完整的频谱，可进行弹道冲击鉴定。通过向内部安装装备的“防弹车体和炮塔”发射炮弹，能够实现与装甲车辆的弹道冲击有关的冲击复现。这一程序非常昂贵，并且要求真实的车辆或相似的模型，以及产生适度打击的炮弹。由于这些限制，经常采取其他方法。

b) 程序Ⅱ——采用大尺寸弹道冲击模拟器：一种用爆炸和水压作用方式模拟炮弹命中所产生的弹道冲击环境的专用冲击试验设备。使用大尺寸弹道冲击模拟器之类的装置，能够实现在表 1 和图 1 中定义的整个频谱(10Hz～100kHz)内的全部部件的弹道冲击试验。这一方法用于质量 500kg 以下的部件，并且比试验程序Ⅰ中的防弹车体和炮塔方法便宜得多。

c) 程序Ⅲ——采用轻型冲击机：模拟舰船冲击环境的一种标准的摆锤或落锤式冲击试验设备(参见舰船冲击试验相关标准)，其摆锤或落锤的质量为 182kg，产生有限的频谱。对于质量小于 113.5kg 并且隔离了 3kHz 以上频率的部件，使用调整到 15mm 位移限的轻型冲击机，能够在表 1 和图 1 中从 10Hz～3kHz 的频谱范围内进行试验。使用轻型冲击机比完整的频谱模拟更便宜，对高频冲击没有响应并且不能经受跌落冲击台(试验程序Ⅴ)冲击的过量低频响应的试件是合适的。

d) 程序Ⅳ——采用中型冲击机：模拟舰船冲击环境的一种标准的摆锤式冲击试验设备(参见舰船冲击试验相关标准)，其摆锤的质量为 1360kg，产生有限的频谱。对于质量小于 2270kg 且对 1kHz 以上频率不敏感的部件，使用调整到 15mm 位移限的中型冲击机，能够在表 1 和图 1 中从 10Hz～1kHz 的频谱范围内进行试验。对于冲击隔离/对高频不敏感的笨重部件和子系统，使用中型冲击机是适合的。

e) 程序Ⅴ——采用跌落冲击台：质量较小的部件(典型地小于 18kg)往往可以使用跌落冲击台评估对弹道冲击的敏感性，频率最大可到 500Hz。这一方法往往导致在低频过试验。在装甲车辆中需要冲击防护的绝大多数部件容易实施冲击隔离。通用的跌落冲击台是最便宜和最容易实现的试验技术。冲击台面产生半正弦加速度脉冲，与弹道冲击环境明显不同。在低频过试验和高频欠试验可接受的情况下，冲击隔离的装备响应可以用一个半正弦加速度脉冲相当好地包络。从历史上看，对于多数弹道冲击鉴定试验，这些缺点都是可接受的。

4.2.2 选择试验程序考虑的因素

基于试验数据的要求，确定可适用的试验程序。在大多数情况下，试验程序的选择会受到实际装备

安装结构的影响，要特别注意结构上所有可减轻弹道冲击环境对装备影响的地方。在某些情况下，试验程序的选择取决于试验的实用性。应考虑装备在其寿命期内(包括在后勤和工作模式下)预计的所有弹道冲击环境。选择试验程序时，应考虑：

a) 装备的工作目的。从技术文件中确定装备在弹道冲击环境期间或之后所完成的功能。

b) 弹道冲击环境的正常承受条件。弹道冲击环境的正常承受条件是根据以往经验适当挑选的情形及这些情形出现的可能性。例如，在装甲车辆经受地雷爆炸的情况下，为了选择一个适当的用于弹道冲击试验程序的试验，应作出一些假设。特别是地雷的尺寸，主要压力波撞击的位置，装备相对于撞击“点”的位置等。在装甲车辆经受未穿透的大口径炮弹命中的情况下，能量输入形式将不同于地雷的能量输入形式，弹道冲击对装甲车辆内装备的影响也将不同。在所有情形下，以每种情形为条件估计幅值量级和频率分量函数为参数的装备响应。然后，将需要判定哪种情形用于试验和哪个试验最关键。一些情形的响应可能“包络”其他情形，这可能减少某些试验如公路、铁路、炮振等的必要性。在试验计划中，不要将任何实测的和预示的对弹道冲击的响应分解成各自独立的幅值和频率范围，用不同的试验满足一个试验程序。

c) 需要的数据。确定是否满足装备的工作目的所需要的试验数据。

d) 试验程序的顺序。

表 1　弹道冲击特性

平均冲击				最不利情况冲击		
最大共振频率 Hz	峰值位移 mm	峰值速度 m/s	冲击响应谱峰值 *g*	峰值位移 mm	峰值速度 m/s	冲击响应谱峰值 *g*
10	15	1.0	6.0	42	2.8	17
29.5	15	3.0	52.5	42	8.5	148
100	15	3.0	178	42	8.5	502
1000	15	3.0	1780	42	8.5	5020
10000	15	3.0	17800	42	8.5	50200
100000	15	3.0	178000	42	8.5	502000

注 1：冲击响应谱是阻尼比等于临界阻尼的 5%的等效静态加速度。
注 2：试验包含从 10Hz 至显示的最大频率之间的所有频率。

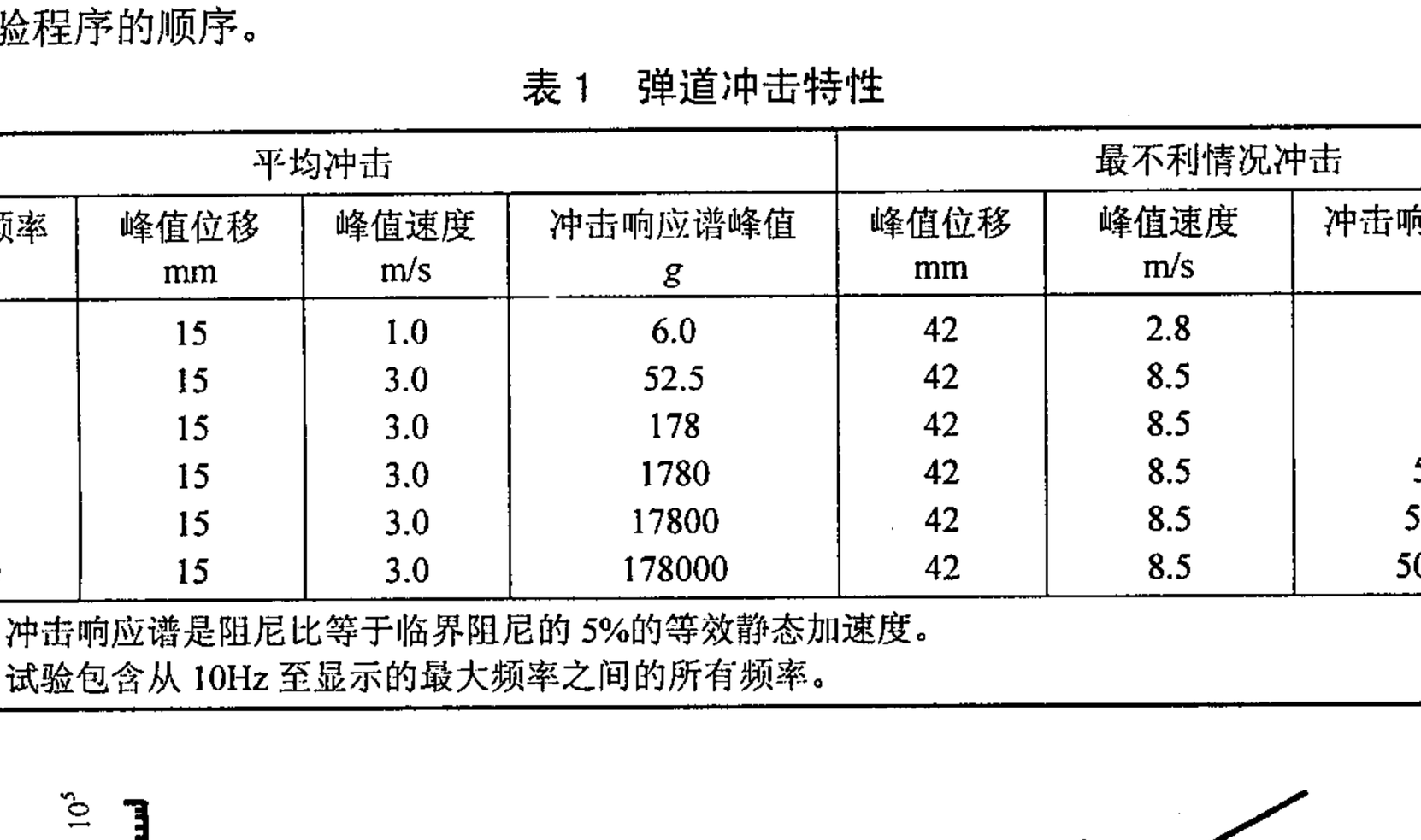


图 1　“默认”弹道冲击限的等效静态加速度冲击响应谱(表 1 和表 2)

表 2　弹道冲击的冲击响应谱函数

边界	固有频率	
	10Hz～29.5Hz	29.5Hz～10kHz
上限	SRS＝0.1702f^2	SRS＝5.020f
下限	SRS＝0.03026f^2	SRS＝0.89272f

4.2.3　各试验程序的差别

4.2.3.1　程序Ⅰ——采用防弹车体和炮塔

使用实际射击试验以其固有的形式施加弹道冲击。试件按其“设计状态”的结构形式和位置固定在按全尺寸车辆复制的防弹车体和炮塔中。在需要的情况下，对车辆“配重”使车辆达到合适的动力响应。向车体/炮塔陆续发射适度的打击(类型、距离、方位)。程序Ⅰ用于评估真实部件的工作情况或在实际弹道冲击期间各种部件之间的耦合效应，也用于确定特定交战情况下的实际冲击量级，实际冲击量级可能高于或低于表 1 中规定的冲击量级。

4.2.3.2　程序Ⅱ——采用大尺寸弹道冲击模拟器

在不用实际射击试验为代价的情况下，大尺寸弹道冲击模拟器是一个用于产生弹道冲击频谱的低成本选择。程序Ⅱ主要用于硬连接的大型部件按表 1 中规定的冲击量级进行试验。其产生的冲击覆盖整个频谱(10Hz～100kHz 以上)，用于评估冲击敏感程度未知的部件。

4.2.3.3　程序Ⅲ——采用轻型冲击机

使用摆锤撞击模拟弹道冲击。利用试件的真实支架将试件固定在冲击机的砧板上。砧板受到锤头的直接撞击，复现对车体或炮塔常规打击的低频部分。程序Ⅲ用于对弹道冲击高频率分量不敏感、具有冲击隔离部件(114kg 以下)的试验，并以表 1 中规定的量级进行“部分频谱”试验(3kHz 以下)。

4.2.3.4　程序Ⅳ——采用中型冲击机

使用摆锤撞击模拟弹道冲击。利用试件的真实支架将试件固定在冲击机的砧板上。砧板受到锤头的直接撞击，复现对车体或炮塔常规打击的低频部分。程序Ⅳ用于对弹道冲击的高频分量不敏感、质量在 2270kg 以下部件的试验，并以表 1 中规定的“默认”量级进行“部分频谱”试验(1kHz 以下)。

4.2.3.5　程序Ⅴ——采用跌落冲击台

弹道冲击由跌落导致的撞击模拟。利用试件的真实支架将试件固定在跌落冲击台的台面上。台面和试件从计算的高度上跌落。台面在撞击表面上受到直接打击，近似于对车体或炮塔常规打击的频率较低的部分。程序Ⅴ用于具有冲击隔离部件的“部分频谱”试验，部件能够承受低频的过试验。

4.3　确定试验条件

4.3.1　概述

当从五个弹道冲击试验程序中选择出一个之后(基于装备的要求和剪裁过程)，通过确认该试验程序的适当的参数量级、可适用的试验条件和可适用的试验技术完成剪裁过程。在剪裁过程中，应特别注意细节的考虑。

4.3.2　弹道冲击环境的描述

通常，响应加速度是用于弹道冲击测量的试验参数。但只要测量参数的说明、性能和局限性是清楚的，并不排除以类似的方式测量和处理其他测量参数，如速度、位移或应变。应当特别注意弹道冲击产生的高频环境以及测量系统精确记录装备响应的能力。

a)　弹道冲击的加速度时间历程通常用绝对峰值加速度和有效瞬态持续时间描述。为了确定与定义的弹道冲击事件有关的测量持续时间，一般需要有经验的分析人员。弹道冲击的持续时间越长，保留的低频信息越多。若出现整个时间历程轨迹包含几个独立的“冲击特征”事件，即在事件之间衰减至接近仪器系统的背景噪声，幅度时间历程的幅值可分解成几个具有不同有效瞬态持续时间的“冲击”。可认为每个事件是一个单独的冲击。

b) 冲击响应谱分析：在某种程度上，对于弹道冲击响应数据的处理，主要用等效静态加速度冲击响应谱作分析和描述。在这一测量描述中，基础输入的单自由度系统的无阻尼固有频率以横坐标表示，而最大等效静态加速度值以纵坐标表示。

4.3.3 冲击谱的瞬态持续时间和相似

从装备对弹道冲击环境响应的测量结果中，或在适用的情况下，从类似环境的动力相似的测量结果中，能够导出冲击响应谱和有效瞬态持续时间 T。由于弹道冲击响应固有的高度随机性，在进行类似环境的动力相似外推中应特别小心。对于弹道冲击，由于响应对冲击大小和总体结构的敏感性，不存在已知的相似律。

4.3.4 弹道冲击的实测数据适用的情况

在实测数据适用的情况下，可使用冲击响应谱处理数据(不推荐使用付立叶谱或能量谱密度，除非对特殊情况感兴趣)。出于工程和历史原因，冲击响应谱已经成为实测数据处理的标准。在下面的讨论中，将假定冲击响应谱是处理工具。最大冲击响应谱(等效静态加速度)通常是最感兴趣的参数。在这种背景下，从实测环境加速度时间历程的分析中确定试验所需要的冲击响应谱。在仔细地鉴定数据、确认幅度时间历程中不存在异常现象、确定分析频率与试验程序频率范围相一致之后，以至少 1/12 倍频程的间距，在一系列固有频率上对 $Q=10$ 的情况进行冲击响应谱分析。

由于很少能得到适用于统计分析的足够的外场数据，为了包含环境的不确定因素，在可用的谱包络数据上，加上一部分裕量以建立所需要的试验谱。增加裕量的大小基于工程判断，并且应有判断的理论基础所支持。在这些情况下，往往是简便地通过计算样本谱中的最大谱包络出冲击响应谱，并且进一步在冲击响应谱的最大包络上增加＋6dB 裕量。

注：这种方法不适用于表 1 中的默认值。

4.3.5 弹道冲击的实测数据不适用的情况

在一个特定的结构没有基本数据的情况下，(谨慎地)使用结构的相似性和任何有关联的实测数据规定一个弹道冲击试验。由于弹道冲击具有对系统结构的敏感性，弹道冲击测量结果具有很大的易变性，在确定量级时应小心谨慎。当没有适用的外场测量结果时，表 1 和图 1 给出了预期的弹道冲击量级的默认值。

4.3.6 弹道冲击鉴定——程序 I

弹道冲击鉴定——试验程序 I 不同于其他弹道冲击试验，在每次特定的射击(打击的炮弹、攻角、命中点、装甲结构等)发射和测量完成之前，冲击量级是未知的。冲击量级由打击的炮弹与装甲的耦合效应以及车辆的结构所决定。尽管事先不能规定量级，但本方法产生最真实的冲击量级。

4.3.7 弹道冲击鉴定——程序 II～程序Ⅳ

对于弹道冲击试验程序 II～程序Ⅳ，使试件在最大冲击敏感方向(即最不利方向)的轴向受到最少 3 次量级适当的弹道冲击。在每次试验期间/之后，进行部件的功能检查。对于高于 1kHz 的频率，许多弹道冲击事件在所有三个轴向产生相似的冲击量级。若从以前的测量数据中已知冲击量级，冲击试验能够适当地剪裁。在冲击测量数据不适用的情况下，利用下面概述的 a)～f)：

a) 在等于或小于表 1 中规定的平均冲击量级的冲击作用期间和之后，保证试件保持原位且继续工作；在等于或小于表 1 中规定的最不利情况冲击量级的冲击作用之后，试件也应保持原位且继续工作；在最不利冲击作用期间和之后，保证乘员生存的关键装备(例如灭火系统)继续工作。

b) 将测量结构冲击的传感器尽可能安装到接近结构支承的位置，在这一位置进行三轴测量。若无法实现三轴测量，进行尽可能多的单轴测量。

c) 在时域和频域中分析冲击测量数据。使用 5%的临界阻尼比($Q=10$)计算冲击响应谱；在 10Hz～10kHz 区域内，使用至少 1/12 倍频程的频率间隔计算冲击响应谱(例如，近似为 10，10.59，11.22，11.89，12.59，…，8414，8913，9441，10000Hz 的 120 个频率)。

d) 在 10Hz～10kHz 的范围内，如果 90%以上的冲击响应谱点位于上限和下限之间，试验是合格

的鉴定试验；如果 10%以上的冲击响应谱点高于上限，试验是过试验；如果 10%以上的冲击响应谱点低于下限，试验是欠试验。

e) 若在非过试验的冲击试验期间，试件或其支承损坏，则重新设计装备/其支承以改正缺陷。

f) 按上述试验程序再次试验重新设计的装备和(或)其支承。

4.3.8 试件的技术状态

4.3.8.1 一般要求

见 GJB 150.1A—2009 中 3.9。

4.3.8.2 特殊要求

应按服役期内的预计状况配置弹道冲击的试件，应特别注意装备安装到平台上的细节。

5 信息要求

5.1 试验前需要的信息

一般信息见 GJB 150.1A—2009 中 3.8，特殊信息如下：

a) 弹道冲击试验装置的类型；

b) 弹道冲击试验装置的启动方式；

c) 弹道冲击的持续时间；

d) 总体的装备结构，包括在装备上或靠近装备的测量位置；

e) 试验系统(试件/平台结构)的详细结构形式，包括：弹道冲击试验装置的位置、装备的位置、弹道冲击装置与装备之间的结构路径，以及弹道冲击装置与平台和平台与装备的任何通用连接结构，包括结构接头的标记。

5.2 试验中需要的信息

一般信息见 GJB 150.1A—2009 中 3.11，特殊信息如下：

a) 为了试验验证的目的，记录对试验方案、预试验程序或参数量级的偏离，包括试验中所有的异常现象，见 GJB 150.1A—2009 中 3.12；

b) 记录可能导致输入试验量级变化并且在更换或修复之前妨碍进一步试验的试验装置或试验夹具损伤。

5.3 试验后需要的信息

一般信息见 GJB 150.1A—2009 中 3.14，特殊信息如下：

a) 由装在试验夹具或试件上的仪表记录装备每次承受弹道冲击环境的持续时间，以及装备承受弹道冲击环境的确切次数；

b) 任何数据测量的异常现象，例如，仪器噪声电平过高、试验期间的传感器或传感器安装座掉落等。

6 试验要求

6.1 试验设备

6.1.1 概述

最普通的设备是用于小型试件冲击试验的跌落冲击台。轻型冲击机和中型冲击机(参见舰船冲击试验相关标准)适用于对经受高频冲击、对高频分量敏感、且只能允许有限位移的较大试件进行弹道冲击模拟。大尺寸弹道冲击模拟器使用炸药驱动固定装备的平板，适用于对大型试件进行弹道冲击模拟。

6.1.2 防弹车体和炮塔

防弹车体和炮塔是车辆的装甲壳体，它应包含实际的、完整功能的车辆装甲，但可能没有真实的发动机、悬挂系统、火炮、履带等。调整防弹车体和炮塔装置的功能部件数量和总重以满足每个单独试验效果的要求。

6.1.3 大尺寸弹道冲击模拟器

大尺寸弹道冲击模拟器是一个约 22700kg 的结构，使用强烈的爆炸和水压模拟装甲车辆部件和装备(500kg 以下)经受的由敌方炮弹命中所导致的冲击。

6.1.4 轻型冲击机

轻型冲击机使用一个 182kg 的锤头撞击包含试件的砧板。若最不利情况的轴向未知，锤头从三轴的两个方向下落 0.3m，0.9m，1.5m。若最不利情况的轴向已知并且经过许可，只需要在最不利情况的轴向进行试验。

6.1.5 中型冲击机

中型冲击机使用一个 1360kg 的锤头撞击包含试件的砧板。锤头高度是砧板(试件和所有夹具)质量的函数，见表 3。

表 3 中型冲击机的典型试验条件

组号	I 组	II 组	III 组
冲击次数	2	2	2
砧板行程，mm	76	76	38
砧板上的总质量，kg	锤头下落高度，m		
<450	0.23	0.53	0.53
450～900	0.30	0.60	0.60
900～1360	0.40	0.70	0.70
1360～1590	0.45	0.75	0.75
1590～1820	0.55	0.85	0.85
1820～1910	0.60	0.90	0.90
1910～2000	0.60	1.00	1.00
2000～2090	0.60	1.05	1.05
2090～2180	0.70	1.15	1.15
2180～2270	0.70	1.25	1.25

注 1：砧板上的总质量等于试件的质量与所有安装夹具的质量之和。
注 2：摆锤下落高度以冲击机上的标尺度量。对于 I 、II 组冲击，砧板的附加行程对摆锤落高的影响不作修正。
注 3：用于弹道冲击试验时，砧板总行程(包括板的动态变形)应修改为 15mm。

6.1.6 跌落冲击台

典型的跌落冲击台在“砧板”上有一个试件安装面，砧板从已知的高度下落。在某些试验机中，砧板被弹性绳、液压或气压加速，以达到规定的撞击速度。撞击加速度脉冲的持续时间和形状(半正弦或锯齿)由“波形发生器”(弹性垫或液压-空气装置)决定，其同时也决定冲击的频率分量。

6.2 试验控制

对于冲击隔离的部件，往往需要确定冲击隔离系统的传递函数。典型地，将一个适当质量和重心的“配重”安装在试件的位置上，并受到满量级冲击的作用。测量输入冲击和试件响应以确定冲击隔离的性能。一旦确定了冲击隔离性能，可以开始评估真实的试件。

在试件受到满量级冲击作用之前，应进行预备性冲击试验。对于试验程序 I (采用防弹车体和炮塔)，在发射实际打击炮弹之前，通常进行一个低量级的“仪器检查”过程。典型的“仪器检查”过程可能是在离装甲外表面 2.5cm～46cm 处引爆 0.1kg～0.45kg 炸药，通常可能产生打击炮弹预期冲击的 10%以下。对于试验程序 II (采用大尺寸弹道冲击模拟器)，通常在满量级试验之前进行一个低量级的仪器检查点

火。对于试验程序III(采用轻型冲击机)，通常使用下落 0.3m 的锤头打击检查仪器，并且在 0.9m 和 1.5m 高度的试验之前解决所有测量问题。对于试验程序 IV(采用中型冲击机)，表 3 中的“Ⅰ组高度”锤头下落用于仪器检查。在试验程序 V 中使用类似的方式，在进行满量级冲击之前，低高度跌落用于检查仪器。

校准和试验允差见 GJB 150.1A－2009 中 3.4.2 和 3.3。

6.3 试验仪器

弹道冲击的频谱分量通常很宽(10Hz～100kHz 以上)，使得没有单一的传感器能够在整个频谱范围内进行有效的测量。在弹道冲击这一宽频环境下，对测量传感器进行校准和在试验计划中给出的测量的允差有很大的难度。因此，应使用在高量级、高频的弹道冲击环境中经过验证的加速度或速度测量方法。一般需要使用至少两种不同的测量技术，以相互检查测量结果的有效性。

6.4 数据分析

尚未制定出用于弹道冲击测量数据的特殊问题评估的详细分析程序。常规数据分析的许多方法(但不是所有方法)是适用的。

7 试验过程

7.1 试验准备

7.1.1 预备步骤

试验开始前，根据有关文件确定试验程序、试件的结构、弹道冲击的量级、弹道冲击的次数等试验的细节：

a) 选择适当的试验程序。

b) 若弹道冲击是校准试验，在校准之前为试验确定适当的弹道冲击量级。

c) 保证弹道冲击的信号适调和记录装置具有合适的量程和频率带宽，但恰当地估计信号的峰值并适当地调整仪器的量程可能是有困难的。一般无法从削波的信号中复原数据，对于过大量程的信号适调，仅仅可能从超过测量系统背景噪声 20dB 的信号中得出有一定意义的结果。因此，一个测量通道采用大量程而另一个测量通道按信号峰值的最佳估计量程的冗余测量可能是合适的。大多数记录装置的频率带宽通常是满足要求的，应确保记录装置的输入滤波没有限制信号的频率带宽。

7.1.2 初始检测

试验前所有试件均需在标准大气条件下进行检测，以取得基线数据。检测按以下步骤进行：

a) 对试件进行完整的目视检查，特别注意微电子线路的区域。应特别注意平台支承结构和应力波可能传递的路径。

b) 记录检查结果。

c) 将试件安装到试验夹具上。

d) 按技术文件的规定进行通电检测，同时进行简单的试验以保证测量系统正确地响应。

e) 记录检测结果，以便与试验数据进行比较。

f) 若试件正常工作，则继续进行相应的试验程序；若试件工作不正常，则应解决问题，并从 a) 重新开始。

g) 拆除试件，并开始进行校准。

7.2 试验程序

7.2.1 概述

下列试验程序为收集有关平台和试件在弹道冲击下的必要信息提供了基础。由于可能使用四个弹道冲击装置中的一个或多个，以下的说明应与所选择的弹道冲击装置一致。

7.2.2 程序Ⅰ——采用防弹车体和炮塔

程序Ⅰ的步骤如下：

a) 选择试验条件并将试件固定在防弹车体和炮塔上，可能需要“配重”以达到合适的动力响应。(当在本试验程序中使用真实硬件时，一般不用校准)。选择在弹道冲击环境中已经过验证的测量方法。

b) 对试件进行功能检查。

c) 向防弹车体和炮塔发射打击炮弹，并按要求检验试件的功能。通常应在支承位置(“输入冲击”)和试件上(“试件响应”)进行冲击测量。

d) 记录必要的数据，以便与试验前的数据比较。

e) 对试件进行必要的拍照，记录损伤情况。

f) 对试件进行功能检查。记录性能数据。

7.2.3 程序Ⅱ——采用大尺寸弹道冲击模拟器

程序Ⅱ的步骤如下：

a) 使用与实际装甲车辆相同的支承硬件，将试件固定在大尺寸弹道冲击模拟器上。选择试件方向使得在“最不利情况”的轴向产生最大冲击。

注：通常安装配重，直至测量结果确认得到表1和图1中规定的冲击量级所需要的合适的爆炸方案(即炸药质量、相隔的距离和液压位移量的组合)。然后，将工作的试件固定到大尺寸弹道冲击模拟器上。

b) 大尺寸弹道冲击模拟器上的炸药点火，在点火之前、期间和之后，按要求检验试件的工作情况。

c) 记录初始数据，以便与试验后的数据比较。

d) 以表1中规定的冲击量级进行三次试验。

e) 检查试件，并对所有可见的损伤进行拍照，并记录数据，以便与试验前的数据比较。

7.2.4 程序Ⅲ——采用轻型冲击机

程序Ⅲ的步骤如下：

a) 调整砧板的安装架，将总行程(包括板的动态变形)限定到15mm。使用与实际装甲车辆相同的支承硬件将试件固定在轻型冲击机上。选择试件方向使得在“最不利情况”的轴向产生最大冲击。

b) 进行试验前的检查，并记录数据，以便与试验后的数据比较。

注：典型地，在“输入”位置进行冲击测量，以保证1.5m高度下落达到表1和图1中规定的低频冲击量级。

c) 进行一次0.3m高度的锤头下落，随后进行性能检查，记录数据。

d) 进行一次0.9m高度的锤头下落，随后进行性能检查，记录数据。

e) 进行一次1.5m高度的锤头下落，随后进行性能检查，记录数据。

f) 重复e)两次以上。

g) 若最不利情况的轴向未知，对每个轴向的每个方向重复b)～f)，总计18次1.5m高度的锤头下落。

7.2.5 程序Ⅳ——采用中型冲击机

程序Ⅳ的步骤如下：

a) 调整砧板的支承(通过在台面四个升降臂上加垫片)，将总行程(包括板的动态变形)限定到15mm。

b) 使用与实际装甲车辆相同的支承硬件将试件固定在中型冲击机上。选择试件方向使得在“最不利情况”的轴向产生最大冲击(参见步骤g))。

c) 进行试验前的检查，并记录数据，以便与试验后的数据比较。

注：典型地，在“输入”位置进行冲击测量，以保证对于表3中的“Ⅲ组高度”下落达到表1和图1中规定的低频冲击量级。

d) 进行一次“Ⅰ组高度”的锤头下落，随后进行性能检查；记录数据。

e) 进行一次“III组高度”的锤头下落，随后进行性能检查；记录数据。

f) 重复 e)两次以上。

g) 若最不利情况的轴向未知，对每个轴向的每个方向重复 b)～f)，总计 18 次“III组高度”的锤头下落。

7.2.6 程序V——采用跌落冲击台

程序V的步骤如下：

a) 计算冲击隔离的试件的预期响应(或者可能使用来源于外场试验的测量数据)，并且计算冲击响应谱。选择一个半正弦加速度脉冲，其冲击响应谱“包络”冲击隔离的试件的预期响应。应注意这一方法通常导致在低频率范围上过试验。

b) 将试件刚性连接到跌落冲击台上。

c) 进行性能检查，并记录数据，以便与试验后的数据比较。

d) 在所有三个轴向的每个方向上，使用适当的半正弦加速度脉冲进行 3 次试验(18 次跌落)。

e) 进行性能检查，并记录数据，以便与试验前的数据比较。

8 结果分析

除 GJB 150.1A—2009 中 3.15 和 3.17 提供的指南外，下述的信息也有助于评价试验结果。应按产品规范的要求分析试件的所有失效，并考虑相关信息。同时，应仔细地评估试件构型结构的所有失效。例如，支承中的失效，其可能不直接引起装备功能的失效，但可导致在装备服役的环境条件下失效。

附 录 A
（资料性附录）
弹道冲击的基本概念

A.1 弹道冲击

弹道冲击是一种通常由炮弹或弹药击中装甲战车所导致的高量级冲击。装甲战车在经受未穿透的大口径炮弹命中、地雷爆炸、空中炮火攻击所导致的冲击后，仍应保持其执行战斗任务的能力。实际的冲击量级随车辆的类型、所使用的具体弹药、命中位置或接近程度以及在车辆中的冲击测量位置而变化。弹道冲击技术只能相当有限地定义和量化实际冲击现象。在冲击量级确定、冲击传播和冲击防护方面，弹道冲击的分析计算方法也滞后于测量技术。迄今为止，正在研究和使用的分析方法的计算结果还不可信，不足以取消对实际测试需求。这就是说，除了最简单的结构形式以外，一般很难对弹道冲击的响应进行预示。当装甲车辆受到未穿透的大口径炮火撞击或爆炸的作用时，一个强度非常高、持续时间相对较短的力载荷施加于局部的结构，整个车辆受到表面和穿过结构的应力波的作用。在某些情况下，已用火工品冲击模拟弹道冲击。

弹道冲击通常表现为两个物体之间或流体与固体之间的动量交换。这一般导致支承装备的速度变化。弹道冲击在 100Hz 以下具有以下特征：适度地远离激励源的给定点的冲击响应幅值是交换动量的函数。弹道冲击包含材料波传播的特征(可能有相当大的非线性)，但材料一般会变形，并且除了材料固有阻尼以外，还伴随有结构阻尼。对于弹道冲击，连接结构不一定导致较大的衰减，原因是低频结构响应通常容易穿过接头。在弹道冲击数据处理中，重要的是检查异常现象。在测量技术方面，加速度传感器、应变计和冲击传感器可用作测量装置。在实验室里，激光速度计是有用的。对弹道冲击的承受力一般不被“设计”到装备中。弹道冲击的出现及其一般性质只能从以往的经验中，基于明确定义的情形凭经验确定。装备在战场上的弹道冲击响应一般是难以预示的，并且不能在装备中复现。

A.2 弹道冲击的物理现象

弹道冲击是由弹性或非弹性撞击一个结构所引起的全部材料和机械响应所表征的物理现象。这类撞击可能在一点、一个小的有限区域中或一个较大的区域中产生非常高速率的动量交换。高速率的动量交换可能由两个弹性体的碰撞或施加于表面的压力波所产生。弹道冲击环境的一般特点如下：

a) 高材料应变速率(材料非线性区域)，造成结构中激励源附近的应力波扩散到近场及其之外。
b) 非常宽频带的输入(10Hz～1000kHz)。
c) 伴随比较高的结构速度和位移响应的高加速度(300g～1000000g)。
d) 短持续时间(＜180ms)。
e) 很高的结构剩余位移、速度和加速度响应(在冲击事件之后)。
f) 由两个弹性体的非弹性碰撞所产生；或者非常高的流体压力，在短时间周期内施加于直接相连到结构上的一个弹性体表面所产生。具有点激励源输入，即如同碰撞情况下的高度局部化的输入，或者面激励源输入，即如同压力波情况下的大面积散布。
g) 比较高的结构驱动点阻抗(P/v，其中，P 是碰撞力或压力，v 是结构速度)。在激励源上，相对于较高的材料速度，阻抗可能大幅度降低。
h) 响应时间历程在本质上是高度随机的，即重复性很小，并且非常依赖于结构的细节。
i) 结构上各点的响应稍微受结构不连续性的影响。
j) 结构响应可能伴随着由非弹性撞击或流体爆轰波产生的加热。

k) 结构对弹道冲击的响应的性质表明：装备或其部件很难按位于弹道冲击装置的“近场”或“远场”分类。接近激励源的装备通常经受高频的高加速度，而远离激励源的装备通常将经受由结构滤波所导致的低频的高加速度。