

T/ZJSAE

团 体 标 准

T/ZJSAE XXXX—2024

汽车对行人的碰撞保护试验用下腿型冲击 器的标定

Certification of lower legform impactor for vehicle collision protection test on
pedestrians

(报批稿)

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

浙江省汽车工程学会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 标定装置 1

5 标定方法 2

6 标定周期 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江省新能源汽车标准化技术委员会提出。

本文件由浙江省汽车工程学会归口。

本文件负责起草单位：杭州集普科技有限公司。

本文件参加起草单位：浙江工业大学、中国汽车工程研究院股份有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、博世电动工具（中国）有限公司、杭州世宝汽车方向机有限公司、杭州科技职业技术学院。

本文件主要起草人：杨建、王国杰、张科峰、许艾、赵国利、潘烨、侯海鹏、陈志龙、金明生、张利、彭锬、涂超、朱胜峰、邹理炎、金昊炫、侯珏、翁微妮。

汽车对行人的碰撞保护试验用下腿型冲击器的标定

1 范围

本文件规定了汽车对行人的碰撞保护试验中使用到的下腿型冲击器的标定装置、标定方法和标定周期。
本文件适用于柔性下腿型冲击器的标定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 24550-2009	汽车对行人的碰撞保护
ISO 6487:2015	道路车辆-碰撞试验中的测量技术-设备（Road vehicles - Measurement techniques in impact tests - Instrumentation）
UN Regulation No. 127	关于机动车对行人碰撞安全保护性能的统一规定（Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their pedestrian safety performance）

3 术语和定义

GB/T 24550-2009界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

下腿型冲击器静态标定装置 static certification device for lower legform impactor

用于对下腿型冲击器分别进行大腿组件静态标定、膝部组件静态标定、小腿组件静态标定等的组合式装置。

3.2

下腿型冲击器动态标定装置 dynamic certification device for lower legform impactor

用于对下腿型冲击器进行摆锤冲击标定和反向冲击标定的一体化装置。

4 标定装置

4.1 下腿型冲击器静态标定装置

4.1.1 标定装置的构成

下腿型冲击器静态标定装置由压力试验机（安装有标准位移传感器、标准力传感器）、数据采集设备（用于压力试验机、标准位移传感器、标准力传感器、下腿型冲击器上各类传感器信号的数据采集）、PC及标定软件（用于标定流程的自动执行及标定报告的自动生成）等组成，如图1所示。

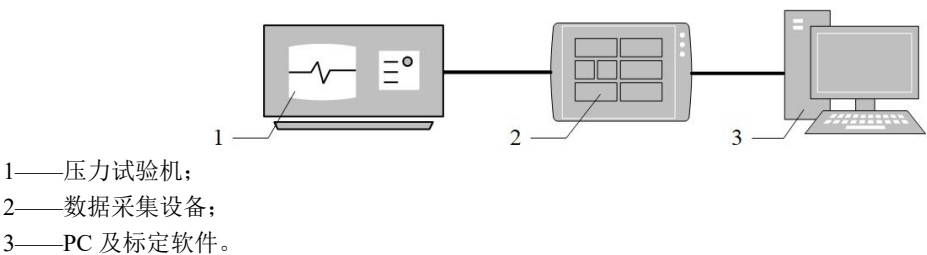


图 1 下腿型冲击器静态标定装置示意图

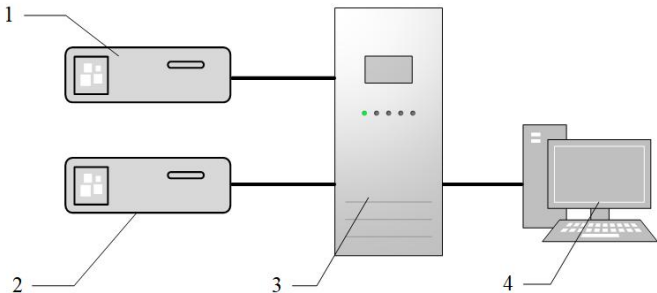
4.1.2 标定装置的参数

- 下腿型冲击器静态标定装置应满足以下参数：
- 最大加载力不小于 5000 N；
 - 最小加载速度不大于 35 mm/min，最大加载速度不小于 65 mm/min；
 - 最小加载位移量不小于 50 mm。

4.2 下腿型冲击器动态标定装置

4.2.1 标定装置的构成

下腿型冲击器动态标定装置由摆锤冲击标定模块、反向冲击标定模块、控制系统、PC及标定软件等组成，如图2所示。摆锤冲击标定模块和反向冲击标定模块可集成在一个设备上，也可分成两个独立设备。控制系统用于控制标定装置的机械器件；PC及标定软件用于下腿型冲击器的数据采集、处理及标定报告的自动生成。



- 标引序号说明：
- 1——摆锤冲击标定模块；
 - 2——反向冲击标定模块；
 - 3——控制系统；
 - 4——PC 及标定软件。

图 2 下腿型冲击器动态标定装置示意图

4.2.2 标定装置的参数

- 下腿型冲击器动态标定装置应满足以下参数：
- 可移动撞击装置（含蜂窝铝）重量 8.15 kg±0.15 kg；
 - 可移动撞击装置冲击速度可达到 11.1 m/s±0.2 m/s。

5 标定方法

5.1 通则

下腿型冲击器及组件的标定按照GB/T 24550-2009和UN Regulation No. 127的要求，并在此基础上细化或明确了部分标定参数。

下腿型冲击器及组件需要满足5.3和5.4的所有标定才认为下腿型冲击器满足汽车对行人的碰撞保护试验要求。

5.2 标定环境

在标定前，所有标定装置和被标定的下腿型冲击器或组件需在温度控制在20 °C±2 °C的环境中控温至少4小时以上。

在标定过程中，所有标定装置和被标定的下腿型冲击器或组件应处于以下环境中：

- 温度：20 °C±2 °C；
- 湿度：40%±30%。

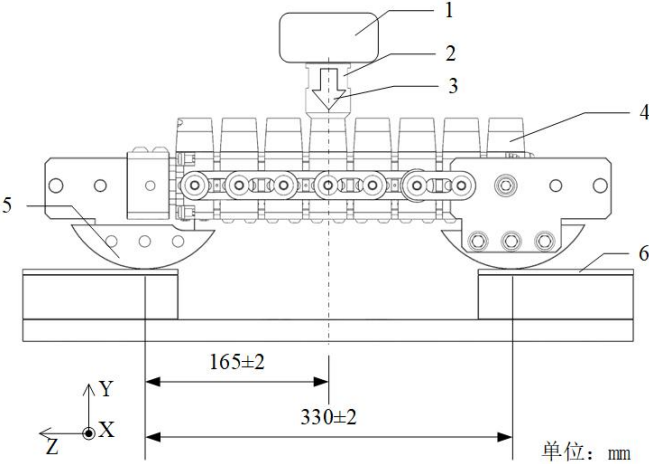
标定的环境温湿度应记录在报告中。

5.3 静态标定

5.3.1 大腿组件的静态标定

5.3.1.1 标定对象及安装要求

本标定方法以大腿组件为标定对象。
在标定之前应按照以下步骤进行大腿组件及相关配件的安装：
a) 标定前检查大腿组件完好，无明显损伤，结构组装正确；
b) 大腿组件不安装皮肤及肌肉；
c) 将大腿组件两端分别固定在两个半圆柱形支撑块上，支撑块半径 $75\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，宽度 $71\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，支撑块底部放置厚度为 $5\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 的低摩擦的聚四氟乙烯材料，聚四氟乙烯与两支撑块的支撑点之间距离 $330\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 。大腿组件冲击侧朝上，并保证大腿组件轴线水平。
大腿组件静态标定示意图如图3所示。



- 标引序号说明：
- 1——标准力传感器；
 - 2——加载压头；
 - 3—— F_c 、 D_c 、 M_c ；
 - 4——大腿组件；
 - 5——半圆柱形支撑块；
 - 6——聚四氟乙烯板。

图 3 大腿组件静态标定示意图

5.3.1.2 测量参数

在5.3.1.2的加载过程中，需测量的物理量包括：
a) 加载弯矩（ M_c ），加载弯矩与加载力的对应关系为 $M_c\text{ (Nm)} = F_c\text{ (N)} / 2 * 0.165\text{ (m)}$ ；
b) 压头位移（ D_c ）。

5.3.1.3 加载特性

大腿组件静态标定的加载方法如下：
a) 加载使用直径为 30 mm 的圆柱形压头，加载方向沿大腿组件 Y 轴，允许偏差 $\pm 2^\circ$ ；
b) 加载位置为大腿中心位置，与两侧支撑点距离一致，偏差 $\pm 2\text{ mm}$ ；
c) 加载速度 $60\text{ mm/min} \pm 5\text{ mm/min}$ ；
d) 加载力（ F_c ） 4606 N 。

5.3.1.4 评价指标

在5.3.1.2的载荷过程中，加载弯矩（ M_c ）与压头位移（ D_c ）应在如图4所示的限值范围内。

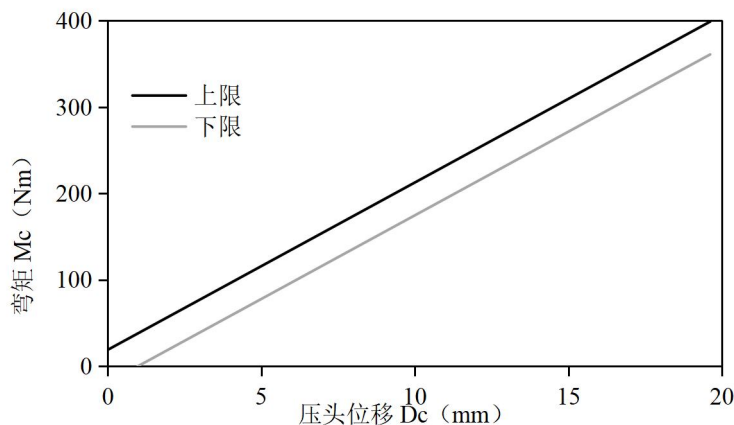


图 4 大腿组件静态标定限值

5.3.2 膝部组件的静态标定

5.3.2.1 标定对象及安装要求

- 本标定方法以膝部组件为标定对象。
- 在标定之前应按照以下步骤进行膝部组件及相关配件的安装：
- a) 标定前检查膝部组件完好，无明显损伤，结构组装正确；
 - b) 膝部组件不安装皮肤及肌肉，不安装冲击盖板；
 - c) 将膝部组件两端分别固定在两个半圆柱形支撑块上，支撑块半径 $75\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，宽度 $71\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，支撑块底部放置厚度为 $5\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 的低摩擦的聚四氟乙烯材料，聚四氟乙烯与两支撑块的支撑点之间距离 $400\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，两侧支撑块到膝部中心的距离一致。膝部组件冲击侧朝上，并保证膝部轴线水平；
 - d) 膝部冲击面覆盖厚度 $5\text{ mm}\pm 0.75\text{ mm}$ ，长度 $150\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ ，宽度 $120\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ ，重量 $22\text{ g}\pm 5\text{ g}$ 的氯丁橡胶片，以防止膝部损坏。
- 膝部组件静态标定示意图如图5所示。

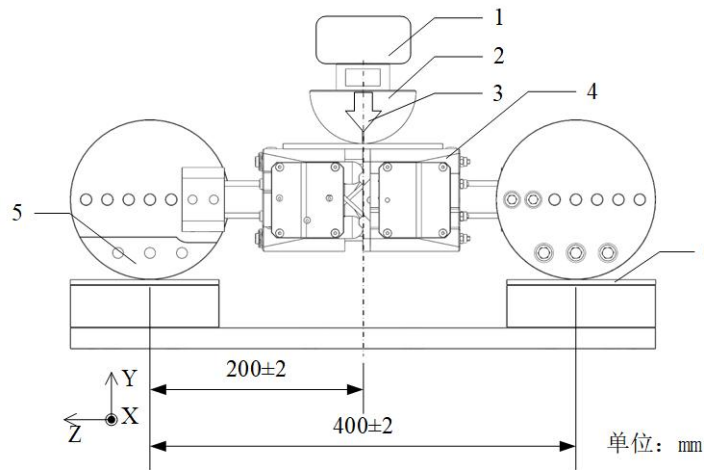


图 5 膝部组件静态标定示意图

5.3.2.2 加载特性

膝部组件静态标定的加载方法如下：

- a) 加载使用半径为 50 mm±2 mm，宽度为 100 mm±2 mm 的半圆柱形压头，加载方向沿膝部组件 Y 轴，允许偏差±2 °；
- b) 加载位置为膝部中心位置，允许偏差±2 mm；
- c) 加载速度 40 mm/min±5 mm/min；
- d) 加载力（Fc）4000 N。

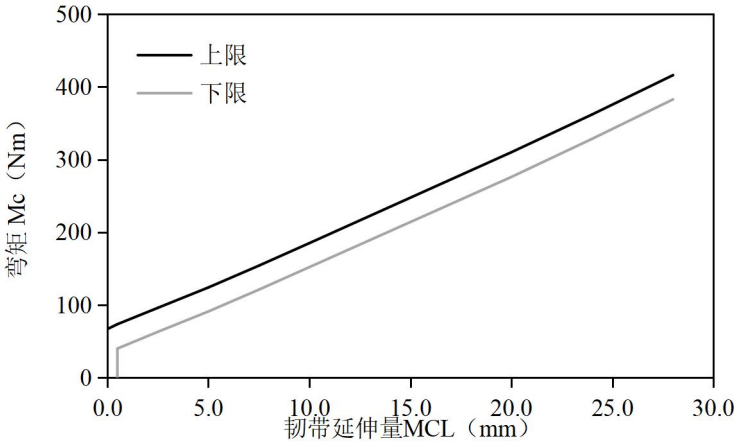
5.3.2.3 测量参数

膝部组件静态标定所需测量的物理量包括：

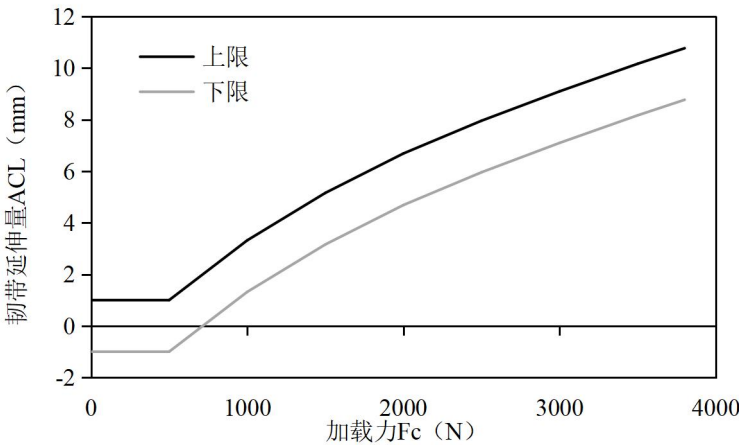
- a) 加载弯矩（Mc），加载弯矩与加载力的对应关系为 $Mc\text{ (Nm)} = Fc\text{ (N)} / 2 \times 0.2\text{ (m)}$ ；
- b) 韧带延伸量 MCL、ACL、PCL。

5.3.2.4 评价指标

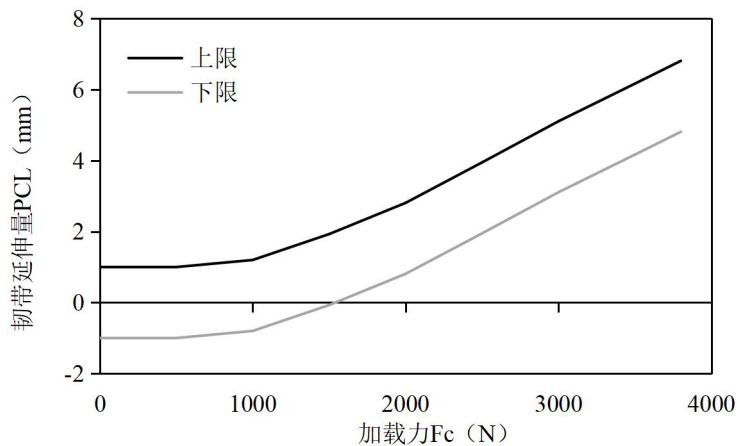
在5.3.2.2的载荷过程中，加载弯矩（Mc）或加载力（Fc）与韧带延伸量MCL、ACL、PCL应在如图6所示的限值范围内。



(a) 膝部静态标定 MCL 限值范围



(b) 膝部静态标定 ACL 限值范围



(c) 膝部静态标定 PCL 限值范围

图 6 膝部组件静态标定限值

5.3.3 小腿组件的静态标定

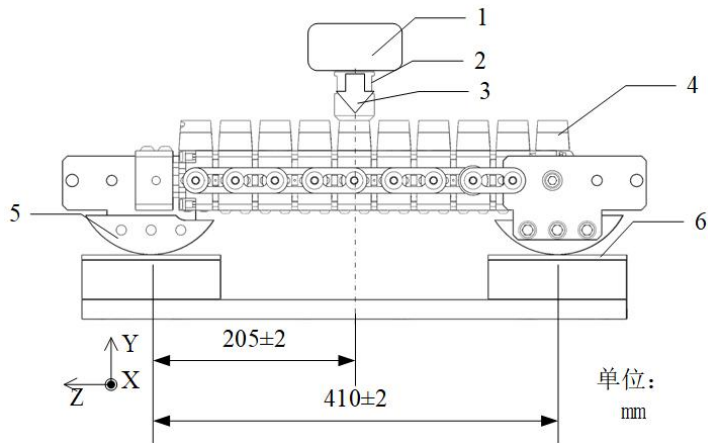
5.3.3.1 标定对象及安装要求

本标定方法以小腿组件为标定对象。

在标定之前应按照以下步骤进行小腿组件及相关配件的安装：

- 标定前检查小腿组件完好，无明显损伤，结构组装正确；
- 小腿组件不安装皮肤及肌肉；
- 将小腿组件两端分别固定在两个半圆柱形支撑块上，支撑块半径 $75\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，宽度 $71\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ ，支撑块底部放置厚度为 $5\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 的低摩擦的聚四氟乙烯材料，聚四氟乙烯与两支撑块的支撑点之间距离 $410\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 。小腿组件冲击侧朝上，并保证小腿组件轴线水平。

小腿组件静态标定示意图如图 7 所示。



标引序号说明：

- 1——标准力传感器；
- 2——加载压头；
- 3—— F_c 、 D_c 、 M_c ；
- 4——小腿组件；
- 5——半圆柱形支撑块；
- 6——聚四氟乙烯板。

图 7 小腿组件静态标定示意图

5.3.3.2 加载特性

小腿组件静态标定的加载方法如下：

- a) 加载使用直径为 30 mm 的圆柱形压头，加载方向沿大腿组件 Y 轴，允许偏差±2 °；
- b) 加载位置为小腿中心位置，与两侧支撑点距离一致，偏差±2 mm；
- c) 加载速度 60 mm/min±5 mm/min；
- d) 加载力 (Fc) 3707 N。

5.3.3.3 测量参数

小腿组件静态标定所需测量的物理量包括：

- a) 加载弯矩 (Mc)，加载弯矩与加载力的对应关系为 $Mc\text{ (Nm)} = Fc\text{ (N)} / 2 \times 0.205\text{ (m)}$ ；
- b) 压头位移 (Dc)。

5.3.3.4 评价指标

在 5.3.3.2 的载荷过程中，加载弯矩 (Mc) 与压头位移 (Dc) 应在如图 8 所示的限值范围内。

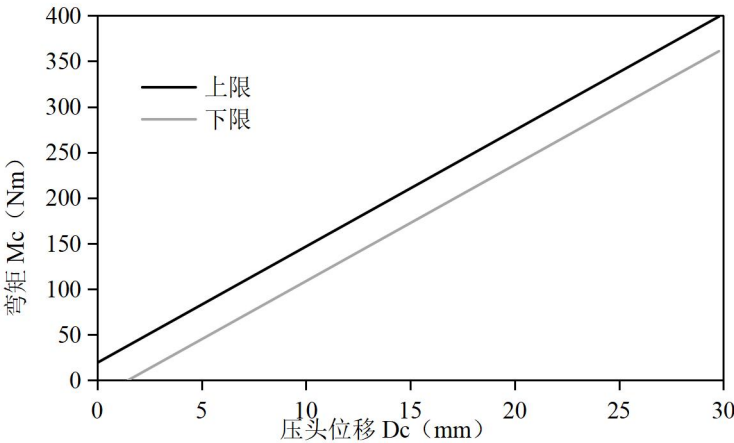


图 8 小腿组件静态标定限值

5.4 动态标定

5.4.1 摆锤冲击标定

5.4.1.1 标定对象及安装要求

本标定方法以下腿型冲击器为标定对象。

在标定之前应按照以下步骤进行下腿型冲击器及相关配件的安装：

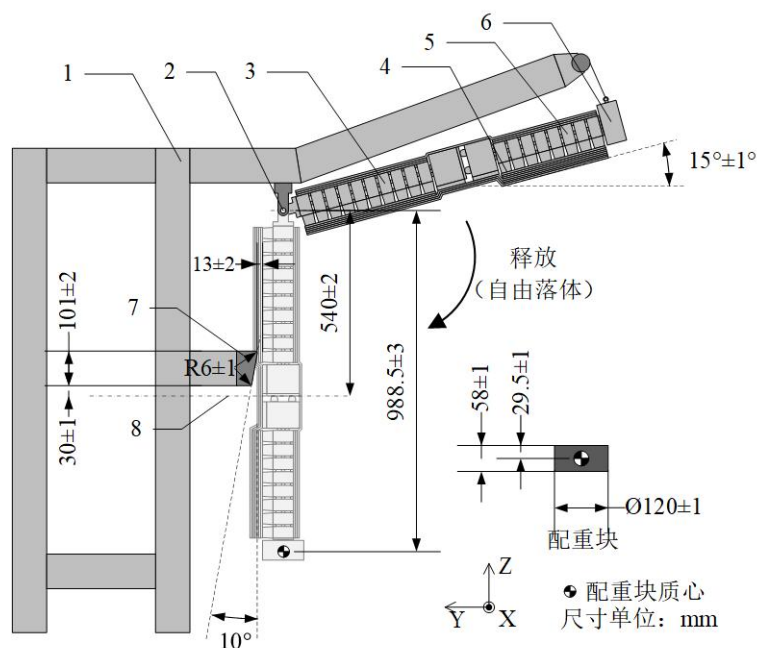
- a) 标定前检查下腿型冲击器完好，无明显损伤，结构组装正确；
 - b) 下腿型冲击器大腿侧安装配重块，配重块重量 $5\text{ kg} \pm 0.005\text{ kg}$ ，直径 $120\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ，厚度 $58\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ，重心距安装面 $29\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ；
 - c) 下腿型冲击器小腿侧安装铰链，铰链中心距离膝部中心 $540\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ；
 - d) 碰撞块高度为 $101\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ，碰撞面与竖直方向角度 10° ，碰撞面上下边缘倒角大小 $R6\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ；
 - e) 悬挂下腿型冲击器并抬升下腿型冲击器大腿侧，使下腿型冲击器与水平方向保持在 $15^\circ \pm 1^\circ$ 。
- 摆锤冲击标定安装示意图如图 9 所示。

5.4.1.2 加载特性

下腿型冲击器摆锤冲击标定的加载方法如下：

- a) 悬挂下腿型冲击器并使下腿型冲击器处于自由悬挂状态，测量小腿冲击面与碰撞块前上边缘之间距离为 $13\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ，测量膝部中心与碰撞块底面之间距离为 $30\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ；

b) 释放下腿型冲击器，使其绕转轴自由下落。



标引序号说明:

- 1——动态标定装置（摆锤冲击标定模块）；
2——转轴；
3——小腿；
4——下腿型冲击器（含皮肤和肌肉）；
5——大腿；
6——配重块（质量：5 kg±0.05 kg，惯性矩：0.00061 kg/m²±0.0006 kg/m²）；
7——碰撞块；
8——膝部中心。

图 9 摆锤冲击标定示意图

5.4.1.3 测量参数

记录下腿型冲击器接触碰撞块后 200 ms 内小腿弯矩和膝部韧带延伸量的数值，使用 CFC180 滤波（定义见 ISO 6487:2015），读取该时间段内最大绝对值。

5.4.1.4 评价指标

在 5.4.1.2 的载荷过程中,按 5.4.1.3 规定的时间范围和滤波方法,获得的小腿弯矩和膝部韧带延伸量最大绝对值应在如表 1 所示的上下限范围内。

表 1 摆锤冲击标定限值

传感器通道	最大值	最小值	单位
小腿弯矩T1/Tibia Up	272	235	Nm
小腿弯矩T2/Tibia Mid Up	219	187	Nm
小腿弯矩T3/Tibia Mid Low	166	139	Nm
小腿弯矩T4/Tibia Low	111	90	Nm
膝部韧带MCL	24.0	20.5	mm
膝部韧带ACL	10.5	8.0	mm
膝部韧带PCL	5.0	3.5	mm

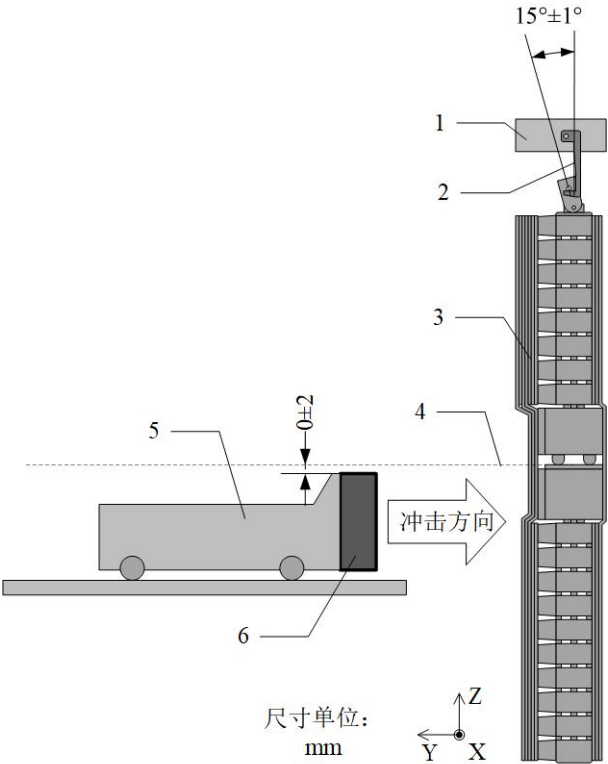
5.4.2 反向冲击标定

5.4.2.1 标定对象及安装要求

本标定方法以下腿型冲击器为标定对象。
在标定之前应按照以下步骤进行下腿型冲击器及相关配件的安装：

- a) 标定前检查下腿型冲击器完好，无明显损伤，结构组装正确；
- b) 下腿型冲击器大腿侧安装挂钩，挂钩与 Z 轴夹角 $15^\circ \pm 1^\circ$ ，下腿型冲击器包裹皮肤和肌肉；
- c) 将材质为 5052 的蜂窝铝粘贴在可移动撞击装置前部，蜂窝铝上边缘与可移动撞击装置刚性板上边缘在同一水平面内；
- d) 悬挂下腿型冲击器，使下腿型冲击器保持自由悬挂状态。

反向冲击标定安装示意图如图 10 所示。



标引序号说明：

- 1——动态标定装置（反向冲击标定模块）；
- 2——挂钩（碰撞后 10 ms 内脱钩）；
- 3——下腿型冲击器（含皮肤和肌肉）；
- 4——膝部中心；
- 5——可移动撞击装置（含蜂窝铝重量 $8.15\text{ kg} \pm 0.1\text{ kg}$ ，冲击速度 $11.1\text{ m/s} \pm 2\text{ m/s}$ ）；
- 6——蜂窝铝（蜂窝铝冲击面宽 $200\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，高 $160\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，厚 $60\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ，压溃强度 $0.517\text{ MPa} \pm 0.052\text{ MPa}$ ，表面覆盖厚度小于 1 mm 的纸衣）。

图 10 反向冲击标定示意图

5.4.2.2 加载特性

下腿型冲击器反向冲击标定的加载方法如下：

- a) 下腿型冲击器与蜂窝铝第一接触时刻，膝部中心与蜂窝铝上边缘在同一平面上，允许误差 $\pm 2\text{ mm}$ ；
- b) 下腿型冲击器与蜂窝铝第一接触时刻，下腿型冲击器侧倾角（绕 Y 轴旋转）和蜂窝铝速度矢量在车辆横向垂直平面内的偏差为 $\pm 2^\circ$ ，下腿型冲击器俯仰角（绕 X 轴旋转）和蜂窝铝的俯仰

角在车辆纵向垂直平面的偏差为 $\pm 2^{\circ}$ ，下腿型冲击器偏航角（绕 Z 轴旋转）和蜂窝铝速度矢量偏航角偏差为 $\pm 2^{\circ}$ ；

- c) 蜂窝铝冲击面宽 200 mm $\pm$ 5 mm，高 160 mm $\pm$ 5 mm，厚 60 mm $\pm$ 2 mm，压溃强度 0.517 MPa $\pm$ 0.052 MPa，蜂窝铝蜂窝尺寸 6.35 mm 或 4.76 mm，对应密度 36.8 kg/m³ 或 32.0 kg/m³，标定前蜂窝铝无压溃变形。可移动撞击装置和蜂窝铝总重量 8.15 kg $\pm$ 0.1 kg；
- d) 可移动撞击装置携带蜂窝铝以 11.1 m/s $\pm$ 0.2 m/s 的速度冲击自由悬挂的下腿型冲击器，蜂窝铝表面覆盖厚度不超过 1 mm 的纸衣。下腿型冲击器与蜂窝铝第一接触时刻起 10 ms 内，下腿型冲击器应处于自由飞行状态。

5.4.2.3 测量参数

记录蜂窝铝接触下腿型冲击器后 50 ms 内小腿弯矩和膝部韧带延伸量的数值，使用 CFC180 滤波（定义见 ISO 6487:2015），读取该时间段内最大绝对值。

5.4.2.4 评价指标

在 5.4.2.2 的载荷过程中，按 5.4.2.3 规定的时间范围和滤波方法，获得的小腿弯矩和膝部韧带延伸量最大绝对值应在如表 2 所示的上下限范围内。

表 2 反向冲击标定限值

传感器通道	最大值	最小值	单位
小腿弯矩T1/Tibia Up	272	230	Nm
小腿弯矩T2/Tibia Mid Up	252	210	Nm
小腿弯矩T3/Tibia Mid Low	192	166	Nm
小腿弯矩T4/Tibia Low	108	93	Nm
膝部韧带MCL	21.0	17.0	mm
膝部韧带ACL	10.0	8.0	mm
膝部韧带PCL	6.0	4.0	mm

6 标定周期

下腿型冲击器在使用一定次数、超过损伤阈值或达到一定使用时间后需要进行标定，具体的标定内容和对应的周期如表3所示。

表 3 下腿型冲击器的标定周期

编号	标定内容	标定周期
1	大腿组件静态标定	每年（推荐）/超过损伤阈值10%以后（推荐）/维修或更换零件后（推荐）
2	小腿组件静态标定	
3	膝部组件静态标定	
4	摆锤冲击动态标定	每年/车辆测试10次/超过损伤阈值10%以后/维修或更换零件后
5	反向冲击动态标定	每年/车辆测试30次/超过损伤阈值10%以后/维修或更换零件后