

中华人民共和国国家计量技术规范

 JJF ××××－202×

ADAS试验用目标物—行人

校准规范

Calibration Specification for the

ADAS test target-pedestrian

（征求意见稿）

20××-××-××发布 20××-××-××实施

­————————————————————————————————

**国 家 市 场 监 督 管 理 总 局** 发 布

————————————————————————————————

JJF××××－202×

ADAS试验用目标物—行人校准规范

Calibration Specification for the

ADAS test target- pedestrian

————————————————————————————————

归 口 单 位： 全国智能网联汽车专用计量测试技术委员会

主要起草单位： 上海机动车检测认证技术研究中心有限公司

 参加起草单位：

本规范由计量技术研究所负责解释。

本规范由全国智能网联汽车专用计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 引言 ……………………………………………………………………… | （Ⅱ） |
| 1 | 范围 ……………………………………………………………………… | （1） |
| 2 | 引用文献 ………………………………………………………………… | （1） |
| 3 | 术语………………………………………………………………………… | （1） |
| 4 | 概述………………………………………………………………………… | （2） |
| 5 | 计量特性…………………………………………………………………… | （3） |
| 5.1 | 外观尺寸的校准…………………………………………………………… | （3） |
| 5.2 | 近红外辐射区反射比/反射因数的校准………………………………… | （3） |
| 5.3 | 雷达散射截面积的校准…………………………………………………… | （3） |
| 5.4 | 目标物运动特性…………………………………………………… | （3） |
| 6 | 校准条件…………………………………………………………………… | （4） |
| 6.1 | 校准环境条件……………………………………………………………… | （4） |
| 6.2 | 测量标准及其他设备 …………………………………………………… | （4） |
| 7 | 校准项目和方法…………………………………………………………… | （4） |
| 7.1 | 外形尺寸的校准…………………………………………………………… | （4） |
| 7.2 | 红外反射率的校准………………………………………………………… | （5） |
| 7.3 | 目标物运动特性的校准…………………………………………………… | （5） |
| 7.4 | 雷达散射截面积的校准…………………………………………………… | （5） |
| 8 | 校准结果的表达…………………………………………………………… | （6） |
| 9 | 复校时间间隔 …………………………………………………………… | （6） |
| 附录A | 目标外形参考尺寸………………………………………………………… | （7） |
| 附录B | 目标物放置平台、雷达载体系统的要求及试验过程的运动和定位要求 | （8） |
| 附录C | 校准记录……………………………………………………………………  | （10） |
| 附录D | 目标物外形尺寸示值误差测量不确定度评定报告……………………… | （12） |
| 附录E | 目标物红外反射率示值误差测量不确定度评定报告…………………… | （14） |
| 附录F | 雷达散射截面积示值误差测量不确定度评定报告……………………… | （16） |

引 言

本规范依据 JJF1059.1-2012《测量了不确定度评定与表示》、JJF1001-2018《通用计量术语及定义技术规范》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求编写

本规范为首次发布。

ADAS试验用目标物—行人校准规范

* 1. 范围

本规范适用于行人目标物装置。

本标准规定了行人目标物的检定方法和技术要求，以提高行人目标物规范性、一致性。

* 1. 引用文献

本文件引用了下列文件参考并引用了下列文件，其部分或全部内容已成为本文件技术要求的组成部分。注明日期的参考资料仅适用于所引用的版本；如引用的资料未注明日期，则适用于所引用文件的最新版本。

ISO 8855，道路车辆——车辆动力学和道路附着能力——词汇表；

ISO 8608，机械振动——路面纵断面——测量数据的报告。

ISO 19206-4:2020(E)（Road vehicles — Test devices fortarget vehicles, vulnerable road usersand other objects, for assessment ofactive safety functions —

Part 2: Requirements for bicyclist targets），道路车辆-评定主动安全功能的目标车辆、易受伤害的道路使用者和其他物体的试验装置。第4部分：自行车骑行者目标物的要求

E-NCAP2018（The European New Car Assessment Programme）， 相关指标测量成年人模型的关键尺寸

MC E-Scooter CN Target Specification，MC电动滑板车CN目标规格

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

* 1. 术语

3.1 ADAS（Advanced Driver Assistance System），先进驾驶辅助系统

 是利用安装于车上的各式各样的传感器， 在第一时间收集车内外的环境数据， 进行静、动态物体的辨识、侦测与追踪等技术上的处理， 从而能够让驾驶者在最快的时间察觉可能发生的危险， 以引起注意和提高安全性的主动安全技术。

3.2 ADAS试验用目标物（ADAS test target）

高级驾驶辅助系统试验中涉及的测试装置，可供试验车辆（配备主动安全系统）评定主动安全系统的系统侦测、激活触发等功能。

高级驾驶辅助系统Advanced Driving Assistance System（ADAS）试验用目标物—行人主要用于智能网联汽车的场地测试中所涉及的可供车辆识别的标准装置

3.3 行人目标物

用于进行主动安全驾驶系统测试的行人模拟测试设备。

3.4 雷达散射截⾯积(Radar Cross Section, RCS)

雷达散射截面积是雷达隐身技术中最关键的概念，它表征了目标在雷达波照射下所产生回波强度的一种物理量。雷达目标和散射的能量可以表示为一个有效面积和入射功率密度的乘积，这个面积通常称为雷达散射截面积。

⼀个⽬标的RCS等于单位⽴体⾓⽬标在雷达接收天线⽅向上反射的功率(每单独⽴体⾓)与⼊射到⽬标处的功率密度(每平⽅⽶)之⽐，单位为dBsm。

3.5 近红外光（Near Infrared，NIR）：

近红外光是介于可见光（VIS）和中红外光（MIR）之间的电磁波，按[ASTM](https://baike.baidu.com/item/ASTM%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E7%8E%B0%E4%BB%A3%E8%BF%91%E7%BA%A2%E5%A4%96%E5%85%89%E8%B0%B1/_blank)（美国试验和材料检测协会）定义是指波长在780～2526nm范围内的[电磁波](https://baike.baidu.com/item/%E7%94%B5%E7%A3%81%E6%B3%A2%22%20%5Ct%20%22https%3A//baike.baidu.com/item/%E7%8E%B0%E4%BB%A3%E8%BF%91%E7%BA%A2%E5%A4%96%E5%85%89%E8%B0%B1/_blank)。

3.6 毫米波雷达（ Millimeter Wave Radar ）

 毫米波雷达，是工作在毫米波波段探测的雷达。本规范中所涉及车用毫米波雷达的频率为 76GHz-81GHz。

* 1. 概述

高级驾驶辅助系统（ADAS）和主动安全系统的主要功能是帮助驾驶员做出正确决策、通过先进的警示信号增扩驾驶员的交通视野、提升车辆的安全行驶性能、甚至在紧急情况下接管对车辆的操控。其目的是为避免事故发生，或者降低事故的严重程度。

试验中在可能发生碰撞的情况下，目标物可替代为评估 ADAS 系统/主动安全功能和不同层级自动驾驶系统的待识别碰撞体。

目标物的特征必须确实可靠，并且，通过各种传感技术，车辆目标物应被识别为真实的车辆。

附录中涉及的行人目标物是成人和儿童身高体长的典型代表。

行人目标物必须体现成人和儿童的特征。而且，在模拟试验车辆和行人目标物之间的碰撞时，必须保证试验车辆和试验操作人员的安全。目标物应采用适合的材料和结构，以满足对其防撞性能和坚固性能的要求。

通常情况下，试验所涉及包括固定目标物和移动目标物。因此，目标物的机械结构可以容纳能够模拟真实运动情况的目标载运系统。本标准附录中提出了目标载运系统的要求（如适用）。

* 1. 计量特性

5.1 外观尺寸的校准

5.1.1 表1 成人目标物尺寸及姿势

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 部位 | 尺寸 | 公差 | 单位 |
| 身高（含25mm鞋子） | 1800 | ±20 | mm |
| 髋关节点高度 | 923 | ±20 | mm |
| 肩宽 | 500 | ±20 | mm |
| 肩高 | 1500 | ±20 | mm |
| 头部宽度 | 170 | ±20 | mm |
| 头部高度 | 260 | ±20 | mm |
| 躯干厚度 | 235 | ±20 | mm |

5.1.2 表2儿童目标物尺寸及姿势

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 部位 | 尺寸 | 公差 | 单位 |
| 身高（含15mm鞋子） | 1200 | ±20 | mm |
| 髋关节点高度 | 653 | ±20 | mm |
| 肩宽 | 298 | ±20 | mm |
| 肩高 | 970 | ±20 | mm |
| 头部宽度 | 150 | ±10 | mm |
| 头部高度 | 220 | ±10 | mm |
| 躯干厚度 | 139 | ±10 | mm |

5.2 近红外辐射区反射比/反射因数的校准

目标物皮肤、服装、假发、车架等的红外反射率范围可参考表3

表3目标物各部件的红外特性

|  |  |
| --- | --- |
| 部位 | 反射比/反射因数 |
| 黑色顶部和鞋子 | 40%-70% |
| 头发 | 20%-60% |
| 皮肤、面部和手部 | 40%-60% |
| 裤子 | 40%-70% |

5.3 雷达散射截面积的校准

雷达散射截⾯积差值一般不大于 ±5dBsm 。

5.4 目标物运动特性

手臂、下肢，前后摆幅不小于60°，60s内行人的手臂、下肢的完整摆动次数一般不小于30次。

注：以上指标不适用于合格判断，仅供参考。

* 1. 校准条件

6.1 校准环境条件

6.1.1 温度 (10～40)℃；

6.1.2 相对湿度 （10～70）%

6.1.3 其他：

平整干燥；在整个测量区域表面覆盖柏油或混凝土；试验自由空间内的地面或周围区域不得有金属或其他强雷达散射部件；

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备需符合表2要求。

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准设备及要求 |
| 设备名称 | 技术指标 |
| 1 | 钢卷尺 | 测量范围∶（0～5）m;准确度等级∶II级 |
| 2 | 倾角仪 | 测量范围：（±90）° ，MPE：± 0.05° |
| 3 | 电子秒表 | 测量范围：1h，MPE：± 0.10s |
| 4 | 漫反射测量光谱仪 | 测量范围： 波长范围为780nm-2000 nm，近红外辐射区反射比/反射因数示值误差：±0.050 |
| 5 | 毫米波雷达及载体系统频带：（76-81）GHz | 法线最远探测距离（＞ 200m）宽视场最远探测距离（＞ 50m）距离精度（＜ 0.5m)距离分辨力（＜ 2m）60米角度范围（＞ 40°）120米角度范围（＞ 10°）角度精度（小于1.00°）载体直线速度范围 0.1~25km/h，MPE：± 0.1 km/h载体横纵向定位 范围±50 m，MPE：± 0.05 m |

* 1. 校准项目和方法

7.1外形尺寸的校准

校准前，应先对目标物的外观进行初步的检查，判断待检查物品外观是否完好。

使用钢卷尺或同等级标准器具，配合直角夹板等辅助设备，分别对目标物的相应部件的外形尺寸进行相应的测量，测得相关尺寸参量，按公式（1）计算外形尺寸差值。

 $Δ\_{i}$= $x\_{i}$–$m\_{i}$ （1）

式中: ——第i测量点的示值误差，mm；

  —— 第i测量点尺寸测量值，mm；

 —— 第i测量点既定标称值，mm。

7.2 红外反射率的校准

在开始测量前，使用反射比标准板（反射比为99%）进行标准器自校。自校完成后，使用反射比为50%或20%的反射比标准板对校准情况进行验证。

选取目标物相应部位的平整区域，对测量目标物同部位适当选取三个位置进行测量，并记录值。

测得红外反射率的数值，重复测量3次，取平均值作为测量结果。

 $\overbar{X\_{i}}=1/3（x\_{1}+x\_{2}+x\_{3}）$ （2）

式中: ——第i测量点的测量平均值，%；

  — 第i测量点尺寸测量值，%；

7.3 目标物运动特性的校准

校准前，应先对行人目标物的运动特性进行初步的检查，判断手臂、下肢转动是否灵活，前后摆幅不小于60°。

计时60秒，并记录 行人的手臂、下肢的完整摆动次数。

7.4 雷达散射截面积的校准

### 7.4.1 校准前准备

在测量之前使用角反射器（已校准）进行基准测量，确认误差不大于 ±5dBsm 。

40 m 距离处进行基准测量，角反射器安装高度：1 m

### 7.4.2 校准方法

将待测目标物固定平稳安置于平面上。

选择0/45/90/135/180/270°为校准点，并调整至相应角度进行测量。

0°位定义为目标物朝向相对于车辆的方向。

使用雷达载体系统作匀速直线运动，在校准范围内动态重复测量5次，

距离要求：4～40m，速度要求：25km/h，无明显冲击性加减速情况，

整个检测过程完成后，读取并直接记录雷达散射截面积不同距离段均值。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目标物 | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 270° |
| 0-5m |  |  |  |  |  |  |
| 5-20m |  |  |  |  |  |  |
| 20-40m |  |  |  |  |  |  |
| 雷达散射截面积RCS平均值 |  |  |  |  |  |  |

* 1. 校准结果表达

8.1校准结果表达可包括（空间尺寸，雷达反射截面积RCS，红外反射率）参量，或根据用户具体情况进行部分参量校准。

8.2各部位校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或校准报告至少应包括以下信息：

1. 标题，“校准证书”或“校准报告” ；
2. 实验室名称和地址；
3. 证书或报告的编号，每页及总页数的标识；
4. 校准单位校准专用章；
5. 送校单位的名称和地址；
6. 被校设备的名称、制造厂、型号规格、编号；
7. 进行校准的日期；
8. 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
9. 本次校准所用的测量标准的名称、出厂编号、准确度/等级、证书编号、溯源性及有效性说明；
10. 校准环境条件的描述，包括：温度、湿度等；
11. 校准结果及其测量不确定度的说明；
12. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务，以及签发日期；
13. 校准试验的操作人及核验人的签名；
14. 校准结果仅对被校设备有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。
	1. 复校时间间隔

复校间隔应根据使用频度、时间及储存环境由用户自定，建议不超过一年。附录A

目标物外形参考尺寸

### 成人尺寸

成人目标物的尺寸是普通男性（占比50%）的典型代表，参考了ISO 19206-2标准所述的成年行人目标物。成人目标物的外形应符合50%的RAMSIS人体模型的轮廓（根据RAMSIS 3.8.30版本）。

 （单位：mm）



### 儿童目标物尺寸

儿童目标物的尺寸参考了ISO 19206-2标准所述的儿童行人目标物。



附录B

目标物放置平台、雷达载体系统的要求及试验过程的运动和定位要求

## B.1 基本要求

根据智能网联试验的要求，雷达载体系统需要在距离目标物4m≤x≤40m区域内进行高精度位移运动，应使得搭载雷达和日标物，具有一定的速度和定位精度要求。

为了尽量降低与背景的对比度.雷达载体系统的所有可见部分都应是透明的或涂色的.例如采用灰色以接近试验区域路面的颜色。如果背景是统一均匀的，则可以使用背景的色调。

雷达载体系统的可见部分对光源（如较少自然光条件下的前照灯）不应产生反射作用。

雷达载体系统和由其导致目标物之间的运动尽可能不影响目标物特性（雷达、光学信号等）。为了确保目标物的放置平台生成最低的雷达反射度，应在目标物平台上采取相应设计措施（如包覆雷达信号吸收材料）。

目标物平台、雷达载体系统，结构不应发生影响传感蓉响应性能的形变。

目标物车轮的外边缘应与路面实质性接触（主观视觉判定）。如目标物平台未与路面齐平.则其最低点应不高于路面25mm。

安装在平台上的目标物应是稳固安全的.不允许目标物在实验过程中发生分离。

雷达载体系统应当平稳地加速或减速（但避免撞击或损坏的动作除外）。

## B.2纵向定位

## B.2.1纵向速度

最高速度不小于25km/h ，最大速度误差0.1 km/h.

## B.3横向定位

## B.3.1概述

目标物校准试验时，雷达搭载平台在试验道路上运动时，还应防止横向振动（相对于目标物与雷达搭载平台相对运动的行进方向），滚动幅度不应大于±5°。

## B.3.2行进方位角

行人目标物的行进方位角应能保持在行驶方向的±2。以内。

## B.3.3横向位置

在直线行进过程中，雷达搭载平台的横向漂移量相对于预定轨迹不应超过±0.05m。

## B.4垂直定位

## B.4.1 概述

目标物校准试验时，雷达搭载平台在试验道路上运动时，应满足第C.4.2条和第C.4.3条规定的垂直定位要求。

## B.4.2俯仰角

目标物校准试验时，雷达搭载平台在试验道路上运动时，其俯仰角的变化应在±2°以内。

## B.4.3 幅度

目标物校准试验时，雷达搭载平台在试验道路上运动时，其振动幅度或晃动幅度不应超过15mm。

附录C

校准记录

送检单位　 标准器名称：

样品名称： 标准器型号规格:

样品制造厂：　 标准器编号:

样品出厂编号: 标准器等级（不确定度）：

样品型号规格: 依据的技术文件：

样品等级（不确定度）： 标准器证书号：

样品生产日期： 年 月 日 标准器证书有效期至：

环境条件：温度 ℃ 湿度 ％

|  |
| --- |
| 原始记录及数据处理结果 |
| 校准项目 | 标准值/mm | 实测值/mm | 绝对误差mm |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 身高（含15mm鞋子） |  |  |  |  |  |  |
| 髋关节点高度 |  |  |  |  |  |  |
| 肩宽 |  |  |  |  |  |  |
| 肩高 |  |  |  |  |  |  |
| 头部宽度 |  |  |  |  |  |  |
| 头部高度 |  |  |  |  |  |  |
| 躯干厚度 |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 部位/红外反射率% | 测量点A | 平均值 | 测量点B | 平均值 | 测量点C | 平均值 |
| 黑色顶部和鞋子 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 头发 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 皮肤、面部和手部 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 裤子 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 60s内完整摆动次数 | 手臂 | 下肢 |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目标物 | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 270° |
| 0-5m |  |  |  |  |  |  |
| 5-20m |  |  |  |  |  |  |
| 20-40m |  |  |  |  |  |  |
| 平均 |  |  |  |  |  |  |

校准： 审核： 校准日期：

附录D

目标物外形尺寸示值误差测量不确定度评定报告

## D.1 测量方法

目标物外形尺寸的校准是用测量仪器分别对目标物的外形尺寸进行相应的测量，将被校仪器测量值与标称值进行比较，以确定被校仪器示值是否正确。

## D.2 数学模型

 $Δ\_{i}$= $x\_{i}$–$m\_{i}$ （1）

式中: ——第i测量点的示值误差， mm；

  —— 第i测量点尺寸测量值， mm；

  —— 第i测量点既定标称值， mm。

## D.3 灵敏系数

 $c\_{1}=\frac{∂∆\_{i}}{∂x\_{i}}$ =1 （3）

 $c\_{2}=\frac{∂∆\_{i}}{∂m\_{i}}$ =-1 （4）

## D.4 标准不确定度评定

## D.4.1 由被校目标物尺寸引入的标准不确定度$u(x\_{i})$:

选取 500mm为校准点，在重复测量条件下，对该目标物外形尺寸校准点分别进行10次等精度测量，数据见表E.1，用贝塞尔公式计算各校准点的实验标准差：

 $s\left(x\_{i}\right)=\sqrt{\frac{1}{n−1}}\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}−\overline{x\_{i}})^{2}$ （5）

表E.1 被校目标物外形尺寸尺寸重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 校准点mm | 测量值mm |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值 |
| 500 | 500.8 | 500.1 | 500.6 | 500.4 | 500.4 | 500.8 | 500.2 | 499.6 | 500.4 | 500.6 | 500.39 |

实际校准中，以3次测量结果的算术平均值为测量结果，其标准不确定度：

 $u\_{1}\left(x\_{i}\right)=\frac{s\left(x\_{i}\right)}{\sqrt{3}}=\frac{0.3604}{\sqrt{3}}≈0.208mm$ （6）

## D.4.1.2 由被校目标物外形尺寸尺寸显示分辨力引入的标准不确定度$u\_{2}(x\_{i})$；

被校目标物外形尺寸显示分辨力为1mm，服从均匀分布，则标准不确定度：

 $u\_{2}\left(x\_{i}\right)=\frac{1mm}{2\sqrt{3}}≈0.279mm$ （7）

## D.4.2 由标准器引入的标准不确定度$u\left(m\_{i}\right)$:

钢卷尺由上级计量单位校准，符合II级要求，其最大允许误差为±0.2mm,服从均匀分布，其标准不确定度：

 $u\left(m\_{i}\right)=\frac{0.2mm}{\sqrt{3}}≈0.115mm$ （8）

## D.4.3 标准不确定度一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 输入量估计值的标准不确定度评定 | 输出量估计值的不确定度分量 |
| 来源 | 符号 | 数值 | 符号 | 灵敏系数$c\_{1}$ | $$\left|c\_{1}\right|×u(x)$$ |
| 1 | 被校仪器 | $$u\_{1}\left(x\_{i}\right)$$ | 0.208mm | $$u\_{A}$$ | 1 | 0.208mm |
| 2 | 被校仪器显示分辨力 | $$u\_{2}\left(x\_{i}\right)$$ | 0.279mm | $$u\_{B}$$ | 1 | 0.279mm |
| 3 | 标准器 | $$u\left(m\_{i}\right)$$ | 0.115mm | $$u\_{1}$$ | -1 | 0.115mm |

## D.5 合成标准不确定度的评定

由于各不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度：

$u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=\sqrt{u\_{A}^{2}+u\_{B}^{2}+u\_{1}^{2}}=\sqrt{0.208mm^{2}+0.279mm^{2}+0.115mm^{2}}=0.366mm$ （9）

## D.6 扩展不确定度的评定

取包含因子k=2,故扩展不确定度：

 $U=k∙u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=2×0.366mm=0.74mm$ （10）

## D.7 测量不确定度报告

上述分析及计算得到目标物外形的尺寸示值误差测量结果的扩展不确定度：

  *U=*0.74mm（*k*=2） （11）

附录E

目标物红外反射率示值误差测量不确定度评定报告

## E.1 测量方法

目标物红外反射率示值误差的校准是用反射标准（反射比为99%）分别对反射率为50%或20%的反射比进行相应的测量，将被校仪器测量值与标称值进行比较，以确定被校仪器示值是否正确。

## E.2 数学模型

 $Δ\_{i}$= $x\_{i}$–$a\_{i}$ （1）

式中: ——第i测量点的示值误差， %；

  —— 第i测量点反射比测量值， %；

  —— 第i测量点反射比标称值， %。

## E.3 灵敏系数

 $c\_{1}=\frac{∂∆\_{i}}{∂x\_{i}}$ =1 (2)

 $c\_{2}=\frac{∂∆\_{i}}{∂a\_{i}}$ =-1 (3)

## E.4 标准不确定度评定

## E.4.1 由被校目标物引入的标准不确定度$u(x\_{i})$:

选取反射比为50%为校准点，在重复测量条件下，对该目标物反射率校准点进行10次等精度测量，数据见表F.1，用贝塞尔公式计算各校准点的实验标准差：

 $s\left(x\_{i}\right)=\sqrt{\frac{1}{n−1}}\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}−\overline{x\_{i}})^{2}$ （4）

表F.1 被校目标物反射率重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 校准点% | 测量值% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值 |
| 50 | 50.1 | 50.6 | 50.6 | 50.4 | 50.2 | 50.6 | 50.8 | 49.8 | 49.6 | 49.6 | 50.23 |

实际校准中，以3次测量结果的算术平均值为测量结果，其标准不确定度：

 $u\_{1}\left(x\_{i}\right)=\frac{s\left(x\_{i}\right)}{\sqrt{3}}=\frac{0.4423\%}{\sqrt{3}}≈0.255\%$ （5）

## E.4.1.2 由被校目标物反射率显示分辨力引入的标准不确定度$u\_{2}(x\_{i})$；

被校目标物反射率显示分辨力为0.1%，服从均匀分布，则标准不确定度：

 $u\_{2}\left(x\_{i}\right)=\frac{0.1\%}{2\sqrt{3}}≈0.0279\%$ （6）

## E.4.2 由标准器引入的标准不确定度$u\left(a\_{i}\right)$:

标准器由上级计量单位校准，其最大允许误差为±5%,服从均匀分布，其标准不确定度：

 $u\left(m\_{i}\right)=\frac{5\%}{\sqrt{3}}≈2.887\%$ （7）

## E.4.3 标准不确定度一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 输入量估计值的标准不确定度评定 | 输出量估计值的不确定度分量 |
| 来源 | 符号 | 数值 | 符号 | 灵敏系数$c\_{1}$ | $$\left|c\_{1}\right|×u(x)$$ |
| 1 | 被校仪器 | $$u\_{1}\left(x\_{i}\right)$$ | 0.255% | $$u\_{A}$$ | 1 | 0.255% |
| 2 | 被校仪器显示分辨力 | $$u\_{2}\left(x\_{i}\right)$$ | 0.0279% | $$u\_{B}$$ | 1 | 0.0279% |
| 3 | 标准器 | $$u\left(a\_{i}\right)$$ | 2.887% | $$u\_{1}$$ | -1 | 2.887% |

## E.5 合成标准不确定度的评定

由于各不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度：

 $u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=\sqrt{u\_{A}^{2}+u\_{B}^{2}+u\_{1}^{2}}=\sqrt{0.255\%^{2}+0.0279\%^{2}+2.887\%^{2}}=2.898\%$ （8）

## E.6 扩展不确定度的评定

取包含因子k=2,故扩展不确定度：

 $U=k∙u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=2×2.898=5.80\%$ （9）

## E.7 测量不确定度报告

上述分析及计算得到目标物反射率示值误差测量结果的扩展不确定度：

 *U=*5.80%（*k=*2） （10）

附录F

雷达反射截面积示值误差测量不确定度评定报告

## F.1 测量方法

雷达反射截面积的校准是用雷达载体系统将固定待测静态目标物作匀速直线运动，在校准范围内，重复测量，获得RCS数据，并与雷达系统进行比较，以确定被校仪器示值是否正确。

## F.2 数学模型

 $Δ\_{i}$= $x\_{i}$–$B\_{i}$ （1）

式中: ——第i测量点的示值误差， dBsm；

  —— 第i测量点尺寸测量值， dBsm；

  —— 第i测量点既定标称值， dBsm。

## F.3 灵敏系数

 $c\_{1}=\frac{∂∆\_{i}}{∂x\_{i}}$ =1 (2)

 $c\_{2}=\frac{∂∆\_{i}}{∂B\_{i}}$ =-1 (3)

## F.4 标准不确定度评定

## F.4.1 由被校目标物引入的标准不确定度$u(x\_{i})$:

选取 测量角度为0°，校准范围40m为校准点，在重复测量条件下，对该目标物雷达反射截面积校准点分别进行10次等精度测量，数据见表G.1，用贝塞尔公式计算各校准点的实验标准差：

 $s\left(x\_{i}\right)=\sqrt{\frac{1}{n−1}}\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}−\overline{x\_{i}})^{2}$ （4）

表G.1 被校目标物雷达反射截面积重复性测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 校准点 | 测量值dBsm |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值 |
| 0°/40m | 14.0 | 15.5 | 17.5 | 18.0 | 19.5 | 20.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 20.0 | 18.75 |

实际校准中，以3次测量结果的算术平均值为测量结果，其标准不确定度：

 $u\_{1}\left(x\_{i}\right)=\frac{s\left(x\_{i}\right)}{\sqrt{3}}=\frac{2.4523}{\sqrt{3}}≈1.416(dBsm)$ （5）

## F.4.1.2 由被校目标物雷达反射截面积显示分辨力引入的标准不确定度$u\_{2}(x\_{i})$；

被校目标物雷达反射截面积显示分辨力为0.1$ dBsm$，服从均匀分布，则标准不确定度：

 $u\_{2}\left(x\_{i}\right)=\frac{0.1dbsm}{2\sqrt{3}}≈0.0289dBsm$ （6）

## F.4.2 由标准器引入的标准不确定度$u\left(B\_{i}\right)$:

雷达载体系统由上级计量单位校准，其最大允许误差为±5dBsm,服从均匀分布，其标准不确定度：

 $u\left(B\_{i}\right)=\frac{5dBsm}{\sqrt{3}}≈2.887dBsm$ （7）

## F.4.3 标准不确定度一览表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 输入量估计值的标准不确定度评定 | 输出量估计值的不确定度分量 |
| 来源 | 符号 | 数值 | 符号 | 灵敏系数$c\_{1}$ | $$\left|c\_{1}\right|×u(x)$$ |
| 1 | 被校仪器 | $$u\_{1}\left(x\_{i}\right)$$ | 1.4165dBsm | $$u\_{A}$$ | 1 | 1.4165dBsm |
| 2 | 被校仪器显示分辨力 | $$u\_{2}\left(x\_{i}\right)$$ | 0.02895dBsm | $$u\_{B}$$ | 1 | 0.02895dBsm |
| 3 | 标准器 | $$u\left(B\_{i}\right)$$ | 2.8875dBsm | $$u\_{1}$$ | -1 | 2.8875dBsm |

## F.5 合成标准不确定度的评定

由于各不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度：

$u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=\sqrt{u\_{A}^{2}+u\_{B}^{2}+u\_{1}^{2}}=\sqrt{1.4165dBsm^{2}+0.02895dBsm^{2}+2.8875dBsm^{2}} =3.216dBsm$ （8）

## F.6 扩展不确定度的评定

取包含因子k=2,故扩展不确定度：

 $U=k∙u\_{c}\left(Δ\_{i}\right)=2×3.216dBsm=6.44dBsm$ （9）

## F.7 测量不确定度报告

上述分析及计算得到目标物雷达反射截面积示值误差测量结果的扩展不确定度：

  *U*=6.44dBsm（*k*=2） （10）