

上海市地方标准

DB31/T 1315—2021

车载毫米波雷达探测性能测试方法

Test methods for automotive millimeter wave radar

2021-09-14 发布

2021-12-01 实施



上海市市场监督管理局 发布

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。

本文件由上海市经济和信息化委员会提出并组织实施。

本文件由上海市智能网联汽车及应用标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司、吉利汽车集团、大陆泰密克汽车系统(上海)有限公司、东莞正扬电子机械有限公司、华为技术有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、上海海拉电子有限公司南京研发分公司、杭州海康汽车技术有限公司、上海无线电设备研究所、苏州豪米波技术有限公司、南京隼眼电子科技有限公司、华域汽车系统股份有限公司。

本文件主要起草人：申亚飞、刘力、裴毓、张晓蕾、燕攀登、李荣欣、刘杰、张烨旻、姚瑶、李国伟、吴茜、汤一君、张晓静、林成琳、王磊磊、白杰、黄李波、张慧、房旭龙、石磊。

车载毫米波雷达探测性能测试方法

1 范围

本文件规定了车载毫米波雷达的探测性能测试方法,包括:单机探测性能、外层覆盖件电磁性能、系统集成探测性能。

本文件适用于车载毫米波雷达的探测性能测试,应用频段涉及(24~24.25)GHz、(76~77)GHz。

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 3784—2009 电工术语 雷达

GB/T 39263—2020 道路车辆 先进驾驶辅助系统(ADAS) 术语及定义

3 术语和定义

GB/T 3784—2009、GB/T 39263—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

雷达 radar

利用电磁波发现目标并获取目标位置等信息的装置。

[来源:GB/T 3784—2009,2.1.1.1]

3.2

频率范围 operating frequency coverage

雷达工作的电磁波频段,亦称雷达发射信号的载频频段。

3.3

探测范围 detection coverage

在规定条件下,雷达能够发现(检测)目标并测量目标坐标的空间范围。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.1.1]

3.4

雷达截面积 radar cross section; RCS

用一等效的反射面积来表征目标相对雷达方向的散射特性,此面积称为目标的雷达截面积。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.1.13]

3.5

最大作用距离 maximum detection range

雷达在规定的检测概率条件下,对一定雷达截面积的目标进行探测的最大距离。

3.6

最小作用距离 minimum detection range

雷达在规定的检测概率条件下,对一定雷达截面积的目标进行探测的最小距离。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.1.5,有修改]

3.7

发现概率 detection probability

在规定条件下,目标存在,而雷达判为有目标,这一事件发生的概率,亦称检测概率。

3.8

虚警概率 false alarm probability

在规定条件下,目标不存在,而雷达判为有目标,这一随机事件发生的概率。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.1.28]

3.9

漏警概率 missing alarm probability

在规定条件下,目标存在,而雷达判为无目标,这一随机事件发生的概率。

3.10

测量精度 measurement accuracy

雷达测量目标时,目标坐标的测量值与其真值之差的统计值。通常用均方根误差表示。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.2.2]

3.11

跟踪精度 tracking accuracy

雷达跟踪目标时,目标坐标的测量值与真值之差的统计值,通常用均方根误差表示。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.2.4]

3.12

雷达分辨力 radar resolution

在规定的条件下,雷达能区分邻近目标的最小间隔,包括距离分辨力、角度分辨力、速度分辨力等。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.2.6]

3.13

抗干扰能力 counter-countermeasure capability

雷达在干扰环境中工作时,消除或抑制干扰的能力。

[来源:GB/T 3784—2009,2.2.3.1]

3.14

雷达目标模拟器 radar target simulator

模拟目标的信息,如反射截面积、距离、速度等信息的设备。

3.15

外层覆盖件 outer cover

外层覆盖件由格栅、车标、保险杠等物体构成。

3.16

雷达组合系统 radar combination system

雷达组合系统主要包括雷达、外层覆盖件、固定支架。

3.17

准确上报率 accurate reporting probability

雷达对于已知目标的检测结果中,各维度(距离、速度、角度)数据偏离度均小于10%的数据集合占比。

3.18

先进驾驶辅助系统 advanced driver assistance systems; ADAS

利用安装在车辆上的传感、通信、决策及执行等装置,实时监测驾驶员、车辆及其行驶环境,并通过

信息和/或运动控制等方式辅助驾驶员执行驾驶任务或主动避免/减轻碰撞危害的各类系统的总称。

[来源:GB/T 39263—2020,2.1.1]

4 测试项目

4.1 单机探测性能

4.1.1 探测范围

4.1.1.1 水平探测范围

应能实现相关 ADAS 功能要求的水平探测能力范围,依据 6.1.1.1 方法进行测试。

4.1.1.2 垂直探测范围

应能实现相关 ADAS 功能要求的垂直探测能力范围,依据 6.1.1.2 方法进行测试。

4.1.1.3 速度范围

应能实现相关 ADAS 功能要求的速度探测能力范围,依据 6.1.1.3 方法进行测试。

4.1.2 雷达抗干扰能力

应能实现在施加干扰的外部条件下,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.2 方法进行测试。

4.1.3 单目标检测精度

4.1.3.1 距离精度

应能实现相关 ADAS 功能要求的目标距离测量精度,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.3.1 方法进行测试。

4.1.3.2 角度精度

应能实现相关 ADAS 功能要求的目标角度测量精度,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.3.2 方法进行测试。

4.1.3.3 速度精度

应能实现相关 ADAS 功能要求的目标速度测量精度,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.3.3 方法进行测试。

4.1.4 多目标跟踪能力

应能同时跟踪多目标并保证跟踪精度,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.4 方法进行测试。

4.1.5 雷达分辨力

4.1.5.1 距离分辨力

应能成功区分距离相近的两个目标,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.5.1 方法进行测试。

4.1.5.2 速度分辨力

应能成功区分速度相近的两个目标,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.5.2 方法进行测试。

4.1.5.3 角度分辨力

应能成功区分角度相近的两个目标,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.1.5.3 方法进行测试。

4.2 外层覆盖件

外层覆盖件应完成穿透损耗、反射率、均匀性指标测试,产品不能影响 ADAS 功能正常实现,依据 6.2 方法进行测试。

4.3 雷达组合系统探测性能

系统匹配安装后应完成 4.1.1 探测范围测试,以保证 ADAS 功能正常实现,目标的准确上报率不低于 90%,依据 6.3 方法进行测试。

5 试验条件和工作模式

5.1 温度条件

测试温度和湿度条件范围如下:

- a) 温度:18℃~28℃;
- b) 相对湿度:25%~75%。

测试报告中应体现测试时的温度和湿度。

5.2 电源条件

正常测试电压应符合表 1 的要求。

表 1 供电电压

单位为伏特

试验电压	12 V 电源系统	24 V 电源系统
U	12 ± 0.2	24 ± 0.2

5.3 场地条件

测试场地应是全屏蔽电波暗室,用来模拟电磁波传播的自由空间环境。测试场地中测量天线、被测设备和其替代用天线的测试布置见图 1。

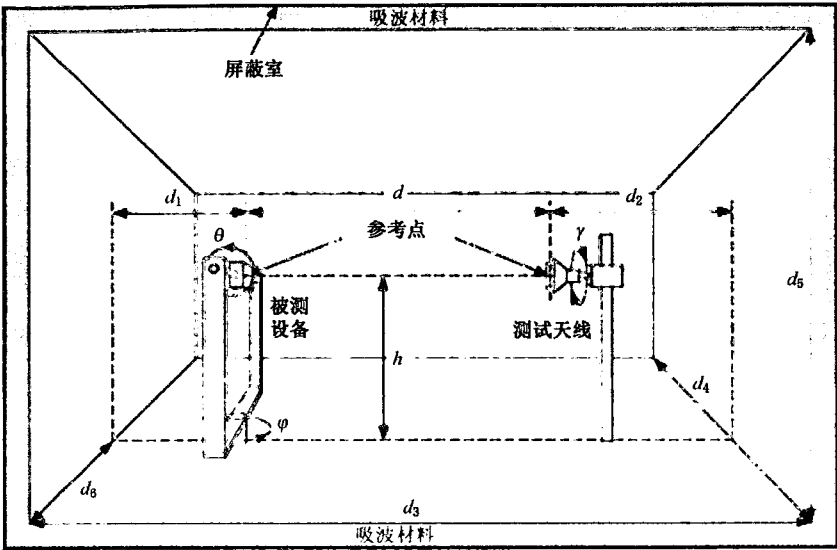


图 1 测试场地

测试场地要求如下：

- a) 电波暗室屏蔽效能应大于 105 dB；
- b) 电波暗室回波损耗应大于 30 dB；
- c) 场地、测量天线和替代天线等相关设备应定期校准；
- d) 测试天线可以旋转以便在任何极化平面中操作；
- e) 测试场地的长度应符合公式(1)要求。

$$d_{FF} = \frac{2(d_1 + d_2)^2}{\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- d_{FF} ——测试天线距离被测设备的距离，单位为米(m)；
- d_1 ——待测样件天线的最大尺寸，单位为米(m)；
- d_2 ——测试天线的最大尺寸，单位为米(m)；
- λ ——测试频率波长，单位为米(m)。

对于无需在远场条件下测试的试验项目，可以减小测试距离，功率测试结果应按表 2 方法进行折算，在测试报告中应记录由此产生的近似功率误差。

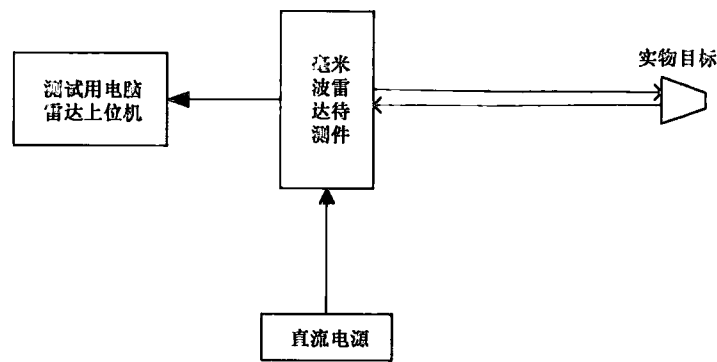
表 2 不同距离下的远场不确定度偏差

单位为分贝

远场距离	近似功率水平误差
d_{FF}	0.25
$d_{FF}/2$	0.9
$d_{FF}/3$	2
$d_{FF}/4$	3.5

5.4 测试框图

探测性能测试根据实际情况可以分别选取实物和雷达目标模拟器两种模式来模拟前方目标，各测试主体相对位置关系应按图 2、图 3 搭建系统，抗干扰性能测试应按图 4 搭建系统。



注：实物目标为角反射器或其他经标定的真实反射体。

图 2 实物测试框图

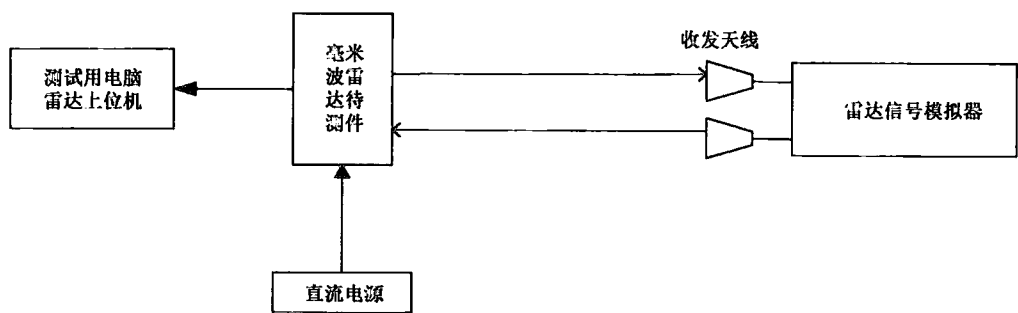


图 3 模拟器测试框图

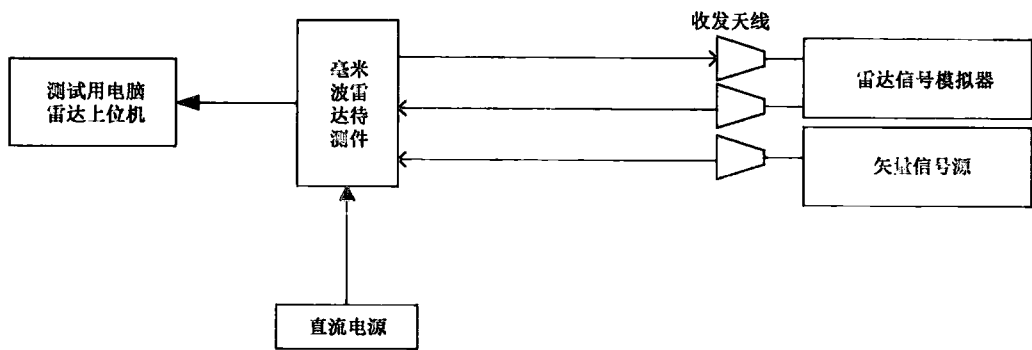


图 4 抗干扰测试框图

5.5 试验工作模式

试验样件正常电气连接,所有功能正常运行,需要外接数据采集设备。

6 试验方法

6.1 单机探测性能测试

6.1.1 探测范围测试

6.1.1.1 水平探测范围测试

水平探测范围的测试过程应按下列步骤进行：

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向。
- c) 被测雷达沿水平方向开始以标称极值角度为起点,以 1° 为步进转动。
- d) 按图 2 实物测试框图搭建最小作用距离测试环境,分别使用实物目标模拟 RCS 为 10 dBsm 和 0 dBsm 的目标,按图 3 模拟器测试框图搭建最大作用距离测试环境,分别使用雷达目标模拟器模拟 RCS 为 10 dBsm 和 0 dBsm 的目标,速度设置为 0 km/h,初始位置设置为 0 m。
- e) 目标先以 1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 $R_{a_min1_pre}$,然后目标从 $(R_{a_min1_pre} - 1)$ m 处以 0.1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 R_{a_min1} ,让目标继续以 1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中丢失超过三帧时的距离 $R_{a_max1_pre}$,然后目标从 $(R_{a_max1_pre} - 1)$ m 处以 0.1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中丢失超过三帧时的距离 R_{a_max1} 。
- f) 再让目标从远处接近雷达,同理分别记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 R_{a_max2} ,和雷达在视野中丢失连续超过三帧时的距离 R_{a_min2} 。
- g) 在雷达上位机观察并记录被测雷达探测目标的距离以及角度信息。
- h) 记录被测雷达在各角度最大作用距离和最小作用距离的测试数据,根据公式(2)和公式(3)计算探测范围。

$$R_{a_min} = \frac{1}{2}(R_{a_min1} + R_{a_min2}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$R_{a_max} = \frac{1}{2}(R_{a_max1} + R_{a_max2}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

R_{a_min} ——水平角度 α 上的最小作用距离;

R_{a_max} ——水平角度 α 上的最大作用距离。

- i) 绘制不同角度、不同 RCS 条件下,雷达水平探测范围曲线。

6.1.1.2 垂直探测范围测试

垂直探测范围的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向。
- c) 被测雷达沿垂直方向开始以标称极值角度为起点,以 1° 为步进转动。
- d) 按图 2 实物测试框图搭建最小作用距离测试环境,分别使用实物目标模拟 RCS 为 10 dBsm 和 0 dBsm 的目标,按图 3 模拟器测试框图搭建最大作用距离测试环境,分别使用雷达目标模拟器模拟 RCS 为 10 dBsm 和 0 dBsm 的目标,速度设置为 0 km/h,初始位置设置为 0 m。
- e) 目标先以 1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 $R_{a_min1_pre}$,然后目标从 $(R_{a_min1_pre} - 1)$ m 处以 0.1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 R_{a_min1} ,让目标继续以 1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中丢失超过三帧时的距离 $R_{a_max1_pre}$,然后目标从 $(R_{a_max1_pre} - 1)$ m 处以 0.1 m 步进远离雷达,记录目标在雷达视野中丢失超过三帧时的距离 R_{a_max1} 。
- f) 再让目标从远处接近雷达,同理分别记录目标在雷达视野中稳定出现超过三帧时的距离 R_{a_max2} ,和雷达在视野中丢失超过三帧时的距离 R_{a_min2} 。
- g) 在雷达上位机观察并记录被测雷达探测目标的距离以及角度信息。
- h) 记录被测雷达在各角度最大作用距离和最小作用距离的测试数据,根据公式(4)、公式(5)计算探测范围。

$$R_{a_min} = \frac{1}{2}(R_{a_min1} + R_{a_min2}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_{a_max} = \frac{1}{2}(R_{a_max1} + R_{a_max2}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

i) 绘制不同角度、不同 RCS 条件下,雷达垂直探测范围曲线。

6.1.1.3 速度范围测试

速度范围的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 将雷达安装在专用夹具上,雷达正面对准雷达目标模拟器的接收和发射天线;
- b) 目标模拟器设置 RCS 等于 10 dBsm 的运动目标,目标起始距离设置为 R_{min} (目标速度取负值时该值为 R_{max}),终止距离设置为 R_{max} (目标速度取负值时该值为 R_{min});
- c) 将目标速度由 0 m/s 以 2 m/s 的步长逐渐增加至连续三帧不可被识别,记录当前速度值 v_{max_pre} ,将目标速度从 $(-3+v_{max_pre})$ m/s 以 0.1 m/s 的步长增加至 $(3+v_{max_pre})$ m/s,任意采集 100 帧数据,以第一次连续丢失三帧目标的速度作为目标正向最大速度 v_{max} ;
- d) 将目标速度由 0 m/s 以 -2 m/s 的步长逐渐增加至连续三帧不可被识别,记录当前速度值 v_{min_pre} ,将目标速度从 $(3+v_{min_pre})$ m/s 以 0.1 m/s 的步长减少至 $(-3+v_{min_pre})$ m/s,任意采集 100 帧数据,以第一次连续丢失三帧目标的速度作为目标反向最大速度 v_{min} ;
- e) 记录正向最大速度 v_{max} 和反向最大速度 v_{min} 。

6.1.2 抗干扰能力测试

抗干扰能力测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式;
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向;
- c) 使用雷达上位机测试工具软件,观察雷达受到干扰后的性能下降或目标位置偏离;
- d) 使用目标模拟器设定目标信息,确保在雷达上位机上清晰可见;
- e) 用外置信号源模拟干扰信号,信号类型见表 3,确保雷达表面初始入射功率为 0 dBm,以 5 dB 步进,记录雷达检测目标发现概率、虚警概率,直至雷达准确上报率低于 90%;
- f) 记录雷达准确上报率 90%时的入射功率、发现概率。

表 3 典型干扰样式

待测样件工作频率范围/GHz	干扰信号频率范围/GHz	调制样式
24~24.25	24~24.25	同频 FMCW
		点频 CW
		白噪声
76~77	76~77	同频 FMCW
		点频 CW
		白噪声

6.1.3 单目标检测精度测试

6.1.3.1 距离精度测试

距离精度的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向,雷达上位机与转台角度归零。
- c) 目标模拟器设置 RCS 等于 10 dBsm、角度等于 0 的静止目标。
- d) 从最近到最远的探测范围内平均选取五组目标距离位置 R_i ($i=1\sim 5$),其中 $R_1=R_{\min}$, $R_5=R_{\max}$ 。
- e) 在 R_i 处读取 100 帧雷达上报的目标距离 $R_{i,1}\sim R_{i,100}$ 。
- f) 在每个目标距离位置重复步骤 e),共 5 组试验,按照公式(6)、公式(7)、公式(8)计算距离精度。

$$M = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{100} (R_i - R_{i,j}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100-1} \sum_{j=1}^{100} (R_i - R_{i,j} - M)^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R_e = \sqrt{M^2 + \sigma^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- M ——系统误差;
 R_i ——第 i 个目标距离设置值;
 $R_{i,j}$ ——第 i 个目标第 j 次距离测量值;
 σ ——随机误差;
 R_e ——距离精度。

6.1.3.2 角度精度测试

角度精度的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向,雷达上位机与转台角度归零。
- c) 目标模拟器设置固定 RCS 等于 10 dBsm 的静止目标。
- d) 在水平探测角度范围内平均选取五组目标角度 A_i ($i=1\sim 5$),其中 $A_1=A_{\min}$, $A_5=A_{\max}$ 。
- e) 目标角度设置为 A_i ,目标距离设置为该角度下最大作用距离的一半,读取 100 帧雷达上报的目标角度 $A_{i,1}\sim A_{i,100}$ 。
- f) 在每个目标角度位置重复步骤 e),共 5 组试验,按照公式(9)、公式(10)、公式(11)计算角度精度。

$$M = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{100} (A_i - A_{i,j}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100-1} \sum_{j=1}^{100} (A_i - A_{i,j} - M)^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$A_e = \sqrt{M^2 + \sigma^2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- M ——系统误差;
 A_i ——第 i 个目标角度值;
 $A_{i,j}$ ——第 i 个目标第 j 次角度测量值;
 σ ——随机误差;
 A_e ——角度精度。

6.1.3.3 速度精度测试

速度精度的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向,雷达上位机与转台角度归零。
- c) 目标模拟器设置固定 RCS 等于 10 dBsm、角度等于 0 的运动目标。
- d) 将目标速度设置为 v_i ,起始距离设置为 R_{\min} (v_i 取负值时该值为 R_{\max}),终止距离设置为 R_{\max} (v_i 取负值时该值为 R_{\min}),从速度范围内平均选取五组速度数据,其中 $v_1 = v_{\min}$, $v_5 = v_{\max}$ 。
- e) 读取 100 帧雷达上报的目标速度 $v_{i,1} \sim v_{i,100}$ 。
- f) 在每个目标速度下重复步骤 e),共 5 组试验,按照公式(12)、公式(13)、公式(14)计算速度精度。

$$M = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{100} (v_i - v_{i,j}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{100-1} \sum_{j=1}^{100} (v_i - v_{i,j} - M)^2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$v_e = \sqrt{M^2 + \sigma^2} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- M —— 系统误差;
 v_i —— 第 i 个目标速度值;
 $v_{i,j}$ —— 第 i 个目标第 j 次速度测量值;
 σ —— 随机误差;
 v_e —— 速度误差。

6.1.4 多目标跟踪能力测试

选取封闭内部道路,设置目标 1,目标 2,目标 3,相邻目标水平间隔 3.75 m。待测雷达安装于测试车上,位于目标 2 正后方。在雷达的探测范围内分别设定三个目标的运动参数,运动过程中目标水平间隔保持不变。通过雷达上位机观察雷达对三个目标的跟踪情况,分析帧数据,记录目标 ID 号有无变化或丢失,计算虚警概率和漏警概率。

6.1.5 雷达分辨力测试

6.1.5.1 距离分辨力测试

距离分辨力的测试过程应按下列步骤进行:

- a) 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- b) 测试峰值功率,标定雷达法线方向,雷达上位机与转台角度归零。
- c) 从最近到最远的探测范围内平均选取五组目标距离位置 R_i ($i = 1 \sim 5$),其中 $R_1 = R_{\min}$, $R_5 = R_{\max}$ 。
- d) 分别模拟 RCS 为 10 dBsm 的目标 1 和 0 dBsm 的目标 2,速度设置为 0 km/h。
- e) 目标 1 和目标 2 距离设置为 R_i ,保持目标 2 静止,将目标 1 的距离以 0.1 m 步长减少,直到雷达开始能够区分这两个目标,记录两个目标之间距离 $R_{i,1}$ 。
- f) 将目标 1 的距离继续以 1 m 步长减少,直到雷达能完全区分两个目标。
- g) 将目标 1 的距离以 0.1 m 步长增加,直到雷达开始不能区分这两个目标,记录两个目标之间距离 $R_{i,2}$ 。
- h) 在每个位置 R_i 上重复 5 次步骤 e)~g),记录五组测试结果 $R_{i,j}$ ($j = 1 \sim 10$)。
- i) 记录雷达在各位置的测试数据,按照公式(15)计算距离分辨力。

$$R_{\text{res}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} R_{i,j} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

R_{res} —— 距离分辨力;

$R_{i,j}$ —— 第 i 个位置第 j 次距离测量值。

6.1.5.2 速度分辨力测试

速度分辨力的测试过程应按下列步骤进行:

- 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- 测试峰值功率,标定雷达法线方向,雷达上位机与转台角度归零。
- 从负向最大速度到正向最大速度平均选取五组速度值 $v_i (i=1\sim5)$, 其中 $v_1=v_{\min}$, $v_5=v_{\max}$ 。
- 分别模拟 RCS 为 10 dBsm 的目标 1 和 10 dBsm 的目标 2。
- 两目标起始距离设置为 R_{\min} (v_i 取负值时该值为 R_{\max}), 终止距离设置为 R_{\max} (v_i 取负值时该值为 R_{\min})。
- 目标 1 和目标 2 速度设置为 v_i , 保持目标 2 速度 v_i 不变, 将目标 1 的速度以 0.1 m/s 步长减少, 直到雷达开始能够区分这两个目标, 记录两个目标之间速度差 $v_{i,1}$ 。
- 将目标 1 的速度继续以 1 m/s 步长减少, 直到雷达能完全分开两个目标。
- 将目标 1 的速度以 0.1 m/s 步长增加, 直到雷达开始不能区分这两个目标时, 记录两个目标之间速度差 $v_{i,2}$ 。
- 在每个速度 v_i 上重复 5 次步骤 f)~h), 记录五组测试结果 $v_{i,j} (j=1\sim10)$ 。
- 记录雷达在各速度的测试数据, 按照公式(16)计算速度分辨力。

$$v_{\text{res}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} v_{i,j} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

v_{res} —— 速度分辨力;

$v_{i,j}$ —— 第 i 个速度第 j 次速度差测量值。

6.1.5.3 角度分辨力测试

角度分辨力的测试过程应按下列步骤进行:

- 调整雷达工作环境,使其处于试验工作模式。
- 测试峰值功率,标定雷达法线方向。
- 在水平探测角度范围内平均选取五组目标角度 $A_i (i=1\sim5)$, 其中 $A_1=A_{\min}$, $A_5=A_{\max}$ 。
- 分别模拟 RCS 为 10 dBsm 的目标 1 和 10 dBsm 的目标 2, 速度设置为 0 km/h。
- 目标 1 和目标 2 角度设置为 A_i , 目标距离设置为该角度下最大作用距离的一半, 保持目标 2 静止, 将目标 1 的角度以 0.1° 步长减少, 直到雷达开始能够区分这两个目标, 记录两个目标之间角度差 $A_{i,1}$ 。
- 将目标 1 的角度继续以 1° 步长减少, 直到雷达能完全分开两个目标。
- 将目标 1 的角度以 0.1° 步长增加, 直到雷达开始不能区分这两个目标时, 记录两个目标之间角度差 $A_{i,2}$ 。
- 在每个角度 A_i 重复 5 次步骤 e)~g), 记录五组测试结果 $A_{i,j} (j=1\sim10)$ 。
- 记录雷达在各角度的测试数据, 按照公式(17)计算角度分辨力。

$$A_{\text{res}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} A_{i,j} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：

A_{res} ——角度分辨力；

$A_{i,j}$ ——第 i 个角度第 j 次角度差测量值。

6.2 外层覆盖件测试

6.2.1 反射特性测试

毫米波雷达外层覆盖件反射特性测试系统的测试面板包含发射和接收天线，工作原理见图 5。每个天线依次发射相应频段范围的雷达信号，经过外层覆盖件散射返回后，分别由各个接收天线测量。接收信号与发射信号的功率比为外层覆盖件的反射系数。

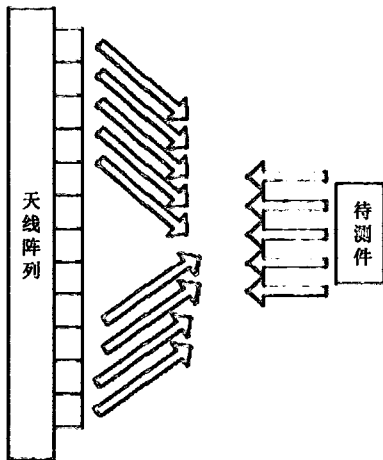


图 5 外层覆盖件的反射特性测量示意图

6.2.2 传输特性测试

毫米波雷达外层覆盖件传输特性测试系统包含发射和接收天线，工作原理见图 6。右侧天线发射相应频段范围的雷达信号，穿透外层覆盖件后，分别由各个接收天线测量，测量整个频段内的传输损耗曲线。

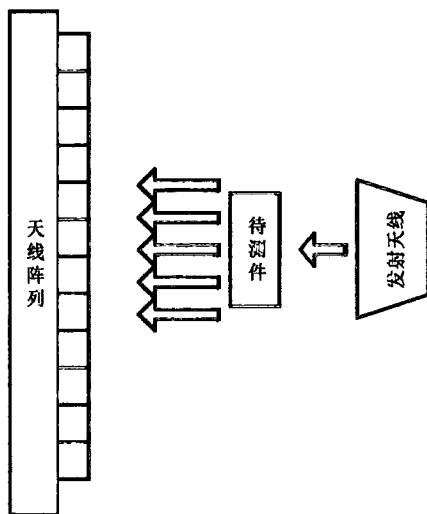


图 6 外层覆盖件的传输特性测量示意图

6.3 系统探测性能测试

6.3.1 基本性能测试

完成雷达组合系统装车集成,使用激光雷达、摄像头等高分辨率传感器作为参照系统,按照 6.1.1 和 6.1.4 进行相关测试。

6.3.2 典型场景测试

6.3.2.1 典型场景的测试可采用实物或物理仿真的形式,采用物理仿真时应模拟目标在不同角度下的 RCS 值,保证模拟目标能够真实反映实物的相关特性。

6.3.2.2 测试应选取表 4 中一种典型场景类型、一种道路类型、一种气候环境类型、单一或组合的目标类型,将雷达组合系统装车,使用激光雷达、摄像头等高分辨率传感器作为参照系统,测试里程数宜满足单个 ADAS 功能测试项目要求,计算该场景下相应 ADAS 功能环境感知系统的虚警概率、漏警概率和跟踪精度。

表 4 测试环境构建要素

典型场景类型	道路类型	目标类型	气候环境类型
本车加速	高架路上	立交桥、人行天桥	雨天
本车减速	高架路下	路牌	雪天
本车超车	城市峡谷	行人	白天
本车跟车	平直公路	自行、电动车	夜晚
前方车辆切入	拐弯道路	车辆	
前方车辆切出	乡村道路	隔离带	
拐弯	隧道	井盖	
	桥梁	防护栏	
		限高杆	
		减速带	

上海市地方标准
车载毫米波雷达探测性能测试方法
DB31/T 1315—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 31 千字
2021年10月第一版 2021年10月第一次印刷

*

书号: 155066·5-3620 定价 21.00 元



DB31/T 1315-2021



码上扫一扫 正版服务到

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107