

目录	页
1 范围	1
2 规范参考	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩写术语	3
5 分类	4
6 要求	5
7 性能评价测试方法	11
附录 A (informative) 技术参考	18
Bibliography	23

## 图目录

图 1 — FSRA 功能的组成	v
图 2 — 车间时距	2
图 3 — FSRA 状态及其切换	5
图 4 — 检测范围	6
图 5 — 目标识别	7
图 6 — 一般驾驶员的横向加速度	8
图 7 — 本车最大减速度	10
图 8 — 最大急停速度与加速度关系	10
图 9 — 最大加速度	11
图 10 — 纵向控制执行器	12
图 11 — 自动禁止能力测试（初始条件）	13
图 12 — 纵向检测范围	14
图 13 — 目标测速-初始条件	14
图 14 — 目标识别-结束条件	15
图 15 — 弯道车道测试示意	15
图 16 — 测试轨道布置示意图	16
图 A.1 — 立体角	18
图 A.2 — 接受示意图	19
图 A.3 — 发射示意图	20
图 A.4 — 发射示意图	20
图 A.5 — 朗伯反射体	21
图 A.6 — 立方反射体	22

## 表目录

表 1 — 基于弯道行驶能力的 FSRA 系统分类	5
表 2 — FSRA 故障处理	12
表 3 — 弯道适应能力测试条件	16

## 前言

ISO（国际标准化组织）是由各国标准化机构（ISO 成员机构）组成的世界性联合会。制定国际标准的工作通常由 ISO 技术委员会完成。各成员机构若对某技术委员会确定的某项目感兴趣，均有权参与该委员会的工作。与 ISO 保持联系的政府和非政府国际组织也能参与此项工作。ISO 与国际电工委员会（IEC）在电工技术标准化方面保持密切的合作关系。

根据 ISO/IEC 指令第 2 部分中规定的规则起草国际标准。

技术委员会的主要任务是制定国际标准。由技术委员会通过的国际标准草案会提交各成员机构投票表决，作为国际标准正式发布，需取得至少 75% 参加表决的成员机构的同意。

需要注意的是，本文件中的部分内容有可能涉及专利权问题。ISO 不负责对任何专利权进行确认。

## 序言

全速范围自适应巡航控制（FSRA）的主要系统功能是通过使用以下信息自适应地控制车辆速度：

- a) 离前车的车距；
- b) 本车（配有 FSRA）的运动状态；
- c) 司机的操作指令（图1）。

根据所获得的信息，控制器（图1中标识为“FSRA 控制策略”）向执行器发送命令，执行其纵向控制策略，并将状态信息发送给司机。

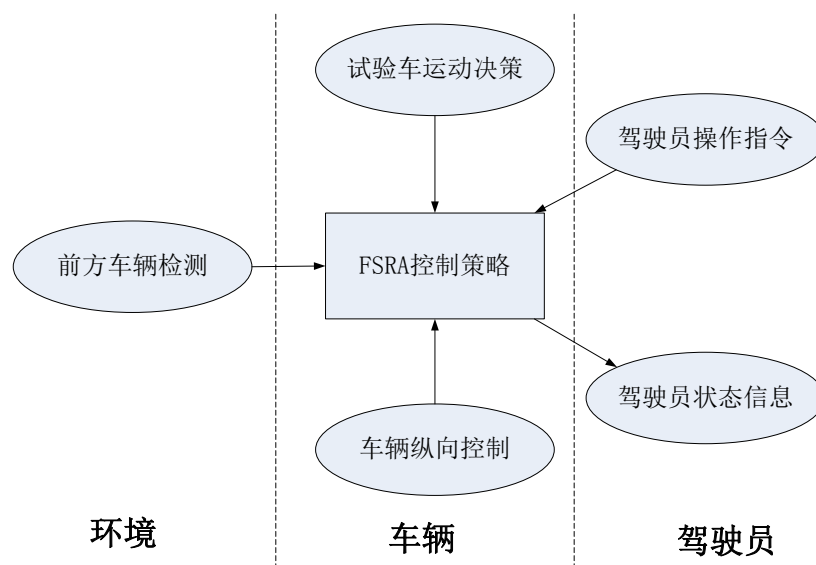


图 1: FSRA 功能的组成



# 智能交通系统 — 全速自适应巡航控制系统 — 性能要求和试验规程

FSRA 的目标是纵向车辆控制的部分自动化，以减少驾驶员的工作量。

这个国际标准可以用作其他标准的系统级标准，这些标准将 FSRA 扩展到更详细的标准，例如，用于特定检测和测距传感器概念或更高级别的功能。诸如检测和测距传感器功能的具体要求等问题。本标准不考虑合作解决方案的性能或通信链接。

## 1 范围

本国际标准包含基本控制策略，最小功能要求，基本驾驶员交互元素，诊断和故障反应的最低要求以及全速范围自适应巡航控制（FSRA）系统的性能测试程序。FSRA 基本上旨在在高速公路（禁止非机动车辆和行人禁行的道路）在自由通行和拥挤的交通条件下行驶时对装备车辆进行纵向控制。FSRA 提供支持达到设计的系统最高速度以及停顿速度的范围。系统将试图在有限的减速能力范围内停止已经跟踪的车辆，并且在驾驶员向系统输入要求从静止状态恢复之后将能够再次启动。根据 ISO 15622 自适应巡航控制（ACC），该系统不需要对静止或缓慢移动的物体作出反应。

## 2 规范参考

ISO 2575, *Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales*

## 3 术语和定义

本标准文档中的需要用得的专业术语含义：

### 3.1

#### 主动制动控制

主动制动控制（active brake control），由 FSRA 系统而不是驾驶员施加的制动控制动作。

### 3.2

#### 自适应巡航控制

自适应巡航控制（Adaptive Cruise Control）是对常规巡航控制系统参见常规巡航控制（3.5）的改进，它可以通过控制本车发动机、传动系统或制动器实现与前车保持适当距离的目的。

### 3.3

#### 制动

制动（brake），产生阻碍车辆运动或运动趋势的（制动力）的过程。

## ISO 22179:2009(E)

例 它可以是摩擦制动（由车辆上相对运动的两部分产生的摩擦力）；电动制动（由车辆上相对运动但不接触的两部分基于电磁作用产生的电磁力）；液力制动（由车辆上相对运动的两部分间的液体运动产生的阻尼力）时；发动机制动（由发动机的制动作用产生的传递到车轮的制动力）。

注 1 采用的 ECE-R 13-H 标准定义，但就本国际标准而言，其中传动控制装置的制动不予考虑。

### 3.4

#### 车间距

车间距（clearance），前车尾部与本车头部之间的距离。

### 3.5

#### 常规巡航控制

常规巡航控制（conventional cruise control），按照驾驶员的设定控制车辆行驶速度的巡航系统。

### 3.6

#### 前车

前车（Forward Vehicle），与本车同向、同路，并在本车前方行驶的车辆。

### 3.7

#### 自由流交通

自由流动的路况（free-flowing traffic）车流量大但比较流畅的交通，不包括频繁起步停车和紧急制动的情况。

### 3.8

#### 车间时距

车间时距（time gap）， $\tau$ ，本车驶过连续车辆的车间距所需的时间间隔。由试验车速  $v$ ，以及距离前车距离  $c$ ，计算所得： $\tau = c/v$ 。

注 见图 2。

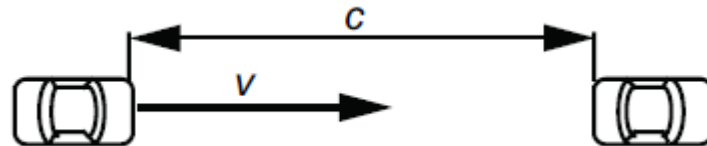


图 2: 车间时距

### 3.9

#### 设定速度

设定速度（set speed），期望的行驶速度，由驾驶员或由 FSRA 系统以外的其他控制系统设定的期望行驶速度。

注 车辆在 FSRA 系统控制下的最高期望速度。

### 3.10

#### 稳定状态

稳定状态（steady state），相关参数不随时间、距离变化的车辆状态。

### 3.11

#### 本车

subject vehicle 配有 FSRA 功能的车辆，即本标准讨论的车辆。

**3.12****系统状态**

系统的工作状态（见图 3）。

**3.12.1****FSRA 关闭状态**

FSRA 关闭状态（FSRA off state），用于激活“FSRA 激活状态”的直接访问被禁用的状态

**3.12.2****FSRA 待机状态**

FSRA 待机状态（FSRA 待命状态），FSRA 系统没有纵向控制的状态，并且系统准备好由驾驶员激活。

**3.12.3****FSRA 工作状态**

FSRA 激活状态（FSRA active state），系统处在可以控制速度和或间距的状态。

**3.12.4****FSRA 保持状态**

FSRA 保持状态（FSRA hold state），本车在静止的过程中，系统处于 FSRA 激活状态。

**3.12.5****FSRA 速度控制状态**

FSRA 速度控制状态（FSRA speed control state），系统根据设定速度控制速度的状态。

**3.12.6****FSRA 跟随控制状态**

FSRA 跟随控制状态（FSRA following control state），系统根据选定的车间时距控制到目标车辆的车距的状态。

**3.13****目标车**

target vehicle，本车跟随的车辆。

**3.14****慢速移动目标**

slow moving object，在本车前的以小于 MAX[10 m/s, 10% 的主车速] 移动目标。

**3.15****静止目标**

stationary object，本车前方的静止物体

**3.16****全速自适应巡航系统**

full speed range adaptive cruise control，自适应巡航控制系统的增强系统。可以通过控制发动机和（或）动力传动系以及制动器使车至静止状态，使本车以适当的距离跟随前方车辆。

**4 符号和缩写术语**

$a_{\text{lateral-max}}$  弯曲道路上的最大横向加速度

$a_{\text{stopping}}$  自动“停止”能力测试中的横向停止加速度

CCT	红外反射器测试目标系数
RCS	radar cross-section 雷达截面
$c$	车距
$c_{\min}$	稳定状态下的最小车距
$d_0$	判断是否有必要探测目标车辆的临界距离
$d_1$	判否有必要测量距离或相对速度的临界距离
$d_2$	需果测量操作的距离
$d_{\max}$	直线道路上的最大探测距离
LIDAR	激光雷达
R	弯道半径
$R_{\min}$	弯道最小半径
$v_{\text{circle}}$	弯道上, 当给定最大横向加速度 $a_{\text{lateral-max}}$ 时的最高车速
$v_{\text{circle-start}}$	车辆进入半径为 R 的弯道时的初始速
$v_{\text{set-max}}$	最大可选测试速度
$v_{\text{set-min}}$	最小可选测试速度
$v_{\text{stopping}}$	自动“停止”能力测试中的本车速度
$v_{\text{vehicle-end}}$	测试结束时的车速
$v_{\text{vehicle-start}}$	测试开始时的车速
$v_{\text{vehicle-start}}$	测试的最高车速
$\tau$	车间时距
$\tau_{\max}$	可供选择的最大车间时距
$\tau_{\min}$	可供选择的最小车间时距
$\tau_{\min}$	当给定车速 $v$ 时, 可供选择的最大车间时距

## 5 分类

本国际标准适用于表 1 中规定的具有不同弯道行驶适应能力的 FSRA 系统。



表 1: 基于弯道行驶能力的 FSRA 系统分类

性能类型	对弯道半径的适应能力 (m)
I	ACC(ISO15622) 中保留, 不适用 FSRA
II	$\geq 500$
III	$\geq 250$
IV	$\geq 125m$

## 6 要求

### 6.1 基本控制策略

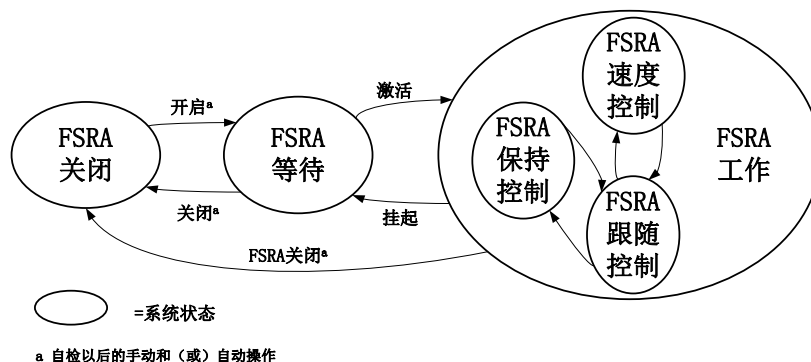


图 3: FSRA 状态及其切换

注 手动转换描述了一个用于启用/禁用 FSRA 功能的开关，自动关闭可以由故障反应强制触发。

FSRA 系统至少应提供以下控制策略和状态转换。以下构成 FSRA 系统的基本行为。

- 当 FSRA 处于激活状态时，本车通过对速度的自动控制来与前车保持一定的车间时距或预先的设定速度（以二者中速度低者为准）。这两种控制模式之间的转换可由 FSRA 系统自动完成。
- 稳态间隙可以由系统自行调节或由驾驶员调节。
- 如果本车的前方有多辆车，系统应自动选择要被跟随的车辆
- 主车停止后，系统状态应在三秒内，实现跟随状态到保持状态。
- 处于保持状态时，制动控制系统应能保持本车静止。

### 6.2 功能

#### 6.2.1 控制模式

控制模式（车间时距控制和车速控制）之间的转换应自动进行。。

#### 6.2.2 静止或慢速移动目标

该系统将试图在有限的减速能力范围内停车在已追踪并停车的车辆的后方。设计以响应固定或缓慢移动目标的 FSRA 系统是可选的。如果给定的实施方案不打算响应固定或缓慢移动的目标，应至少通过车主手册中的声明通知驾驶员。

### 6.2.3 跟车能力

$\tau_{\min}$	稳定状态下的跟随控制模式对于所有车速 $v$ ，有可供选择的最短车间时距， $\tau_{\min}$ 应大于等于 1s
$c_{\text{stopping}}$	稳定状态下的跟随控制模式对于所有车速 $v$ ，有可供选项的最短车距，最短车距至少 2m

在稳定状态下，最短车距应为  $\max(c_{\min}, \tau_{\min} \times v)$ 。在中间状态下车距可能会瞬时降到最短车距下。如果出现此种情况，系统应调整车距来实现目标车距。

对于车速超过 8 m/s 应提供至少一个时间间隔设定  $\tau$ ，其范围为 1.5 s 至 2.2s。

作为最低要求，本车从稳态跟车开始，系统应能减速跟停在减速度为  $a_{\text{stopping}}$ ，减速度为  $v_{\text{stopp}}$  的后面（测试程序见 7.3.2），其中：

$$v_{\text{stopping}} = 10 \text{ m/s}$$

$$a_{\text{stopping}} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

#### 6.2.3.1

FSRA 应具备以下的检测距离、目标识别、弯道适应能力。

#### 6.2.3.2

直线道路上测距（适用于 II, III, IV 型）

如果前车位于  $d_1$  至  $d_{\max}$  的距离范围内，则 FSRA 系统需要测量本车与前车之间的距离（见图 4）。在此距离范围内，前车应能检测到的水平区域不低于本车宽度。

$$d_{\max} = \tau_{\max}(v_{\text{set-max}}) \times v_{\text{set-max}}$$

如果前车位于  $d_0$  到  $d_1$  的距离范围内，FSRA 系统需要探测前车的存在，而不需要测量本车和前车之间的距离或相对速度。

$$d_1 = 4 \text{ m}$$

如果前车的距离位于  $d_0$  范围内，则 FSRA 系统不需要检测车辆的存在。

$$d_0 = 2 \text{ m}$$

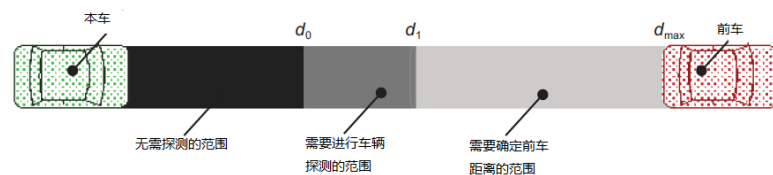


图 4: 检测范围

### 6.2.3.3 目标识别能力

如果在直道上前方存在多辆车，或者在弯道上并且本车的 FSRA 系统属于 II + III + IV 型，则与本车处于同一车道的前车 (见图 5) 将被选作 FSRA 控制的目标车，检测方法见 7.5

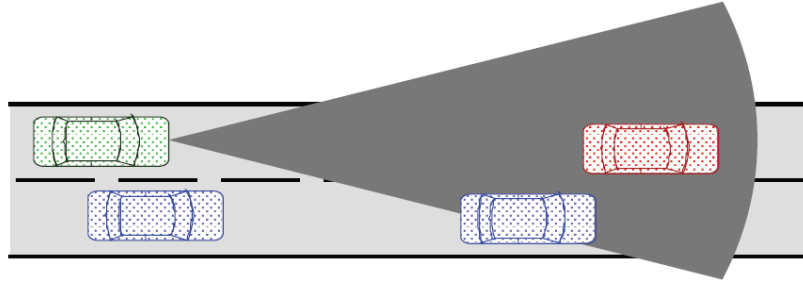


图 5: 目标识别

### 6.2.3.4 弯道适应能力 (性能等级 II, III, IV)

FSRA 系统能够使车辆在直道和弯道上以车间时距  $\tau_{\max}(v_{\text{circle}})$  稳定跟随前车行驶。因此，如果前车沿半径为  $R_{\min}$  的弯道以恒速  $v_{\text{circle}}$  行驶，FSRA 系统可使本车以稳定的车间时距  $\tau_{\max}(v_{\text{circle}})$  跟随前车。不同类型的 FSRA 系统对弯道半径的适应能力不同：I 型仅适应于直道 (可认为半径为无穷大)；II 型可适应的弯道最小半径为  $R_{\min, \text{II}} = 500\text{m}$ ；III 型可适应的弯道最小半径为  $R_{\min, \text{III}} = 250\text{m}$ ；IV 型可适应的弯道最小半径为  $R_{\min, \text{IV}} = 125\text{m}$ 。

$$v_{\text{circle}} = \sqrt{a_{\text{lateral-max}} \times R_{\min}}$$

其中：

$\tau_{\max}(v)$  — 当车辆以速度  $v$  行驶时的车间时距的最大稳定值；

$a_{\text{lateral-max}}$  — 是曲线公路上的设计横向加速度，公路弯道上的最大设计横向加速度，其取值如下：

$$a_{\text{lateral-max, II}} = 2.0\text{m/s}^2$$

$$a_{\text{lateral-max, III}} = 2.3\text{m/s}^2$$

$$a_{\text{lateral-max, IV}} = 2.3\text{m/s}^2$$

$a_{\text{lateral-max}}$  的值基于驾驶员的平均驾驶水平获得 (95% 驾驶员)，具体见图 6 和参考文献 3。

### 6.2.4 “go” 转换

从保持到跟车控制或速度控制的转变需要驾驶员命令才能触发。

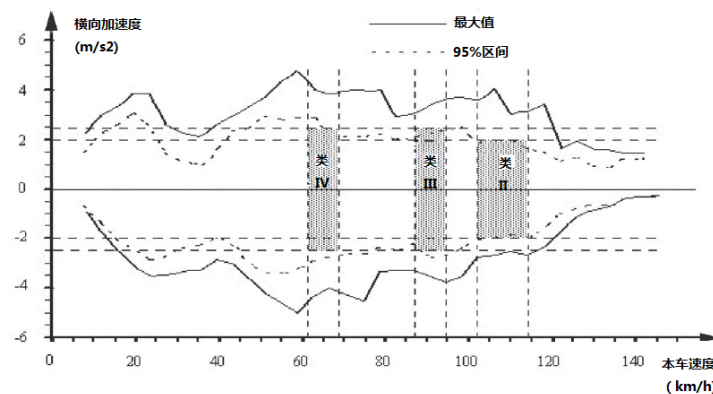


图 6: 一般驾驶员的横向加速度

### 6.3 基本的人机交互功能

#### 6.3.1 操作和系统反应

##### 6.3.1.1

FSRA 系统应为驾驶员提供一种用来选择并设定期望车速的方法

##### 6.3.1.2

FSRA 处于跟随控制和速度控制状态时，如果驾驶员初始制动力命令高于 FSRA 初始制动力，驾驶员的制动应使 FSRA 功能失效。在 FSRA 保持状态，不强制要求驾驶员制动使 FSRA 系统失效 [若制动，会使 FSRA 切换到待机状态，见图 (3)]。

##### 6.3.1.3

即使在 FSRA 系统处于自动制动的情况下，FSRA 系统不应明显地削弱车辆对驾驶员制动输入的瞬时响应能力 (见 ECE-R 13-H)。

##### 6.3.1.4

当驾驶员与 FSRA 系统均有发动机动力控制（节气门输入）请求时，以二者中的大者为准，这将使驾驶员对发动机动力控制的优先权始终高于 FSRA 系统。

如果驾驶员的动力需求高于 FSRA 系统时，FSRA 系统的自动制动力应立即释放。对驾驶员控制加速踏板不应有明显的响应延迟。

##### 6.3.1.5

自动制动状态对车轮的抱死时间不应超过 ABS 的允许值。该项要求无论系统有无 ABS 系统均适用。

##### 6.3.1.6

FSRA 系统的发动机动力控制作用引起的车轮打滑时间不应超过牵引力控制系统的允许值。FSRA 系统不干涉牵引力控制系统。

### 6.3.1.7

FSRA 系统可适当调整车间时距以适应驾驶环境的变化（如恶劣天气），但被调整后的车间时距不应低于驾驶员的设定值。

### 6.3.1.8

如果 FSRA 系统允许驾驶员选择期望的车间时距，应采取以下几种方法之一：

- a) 如果 FSRA 系统关闭后仍存储着最近一次选定的车间时距值（见图 3），则当系统被再次激活后，应将该车间时距值显示给驾驶员；
- b) 如果 FSRA 系统关闭后不存储最近选定过的车间时距值（见图 3），则车间时距应被设定为默认值（大于或等于 1.5 s）

### 6.3.1.9

如果车辆同时配备有 ACC 系统和常规巡航控制系统，则二者之间不应自动切换。

### 6.3.1.10

可选地，系统可能在静止的状态下被驾驶员激活，即使即使有踩了制动板。

## 6.3.2 显示

- a) 为驾驶员提供最基本的反馈信息，包括 FSRA 系统状态以及设定速度等，并且它们可以组合在一起显示输出，例如仅在 FSRA 工作时显示设定速度。
- b) 如果 FSRA 系统失效或出现故障，应及时提示驾驶员，提示符号应符合标准（见 6.3.3）。
- c) 如果车辆同时配备有 ACC 系统和常规巡航控制系统，则应向驾驶员提示当前处于工作状态的系统。
- d) 采用信息“探测到车辆”来表示 FSRA 系统已探测到前方有一车辆，可作为控制的参考目标。

## 6.3.3 符号

如果采用符号来标识 FSRA 系统的功能和故障状态，应符合 ISO 2575 的规定。

## 6.4 操作限制

为了改善舒适性，对于低于 5 m/s 的车速，因目标车消失或系统自动失效，系统不应出现突然制动力。

最低的设定车速应  $v_{\text{set-min}} \geq 7 \text{ m/s}_0$

当车以 20 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均减速度不应大于  $3.5 \text{ m/s}^2$ （以 2s 的长度按采样值求平均）。当车以低于 5 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均减速度不应大于  $5 \text{ m/s}^2$ 。具体见图 7

当车以 20 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均减速度率不应大于  $2.5 \text{ m/s}^3$ （平均超过 1s）。当车以低于 5 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均减速度率不应大于  $5 \text{ m/s}^3$ 。具体见图 8

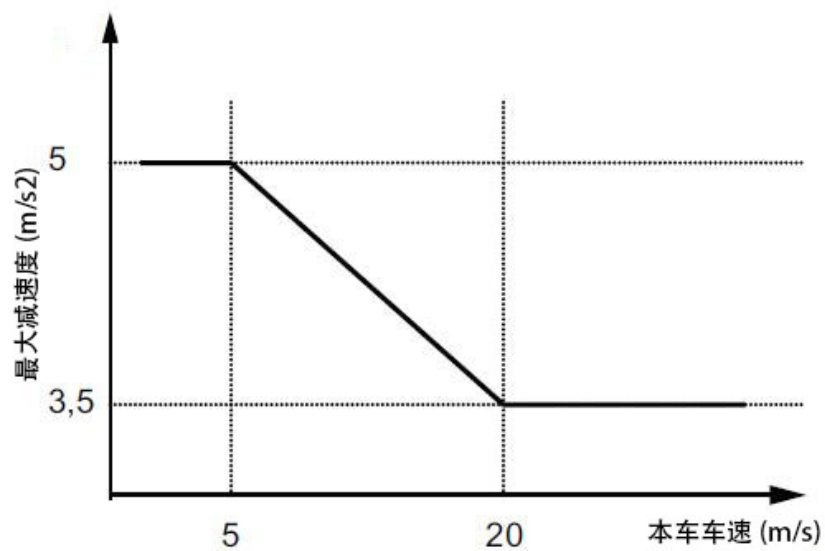


图 7: 本车最大减速度

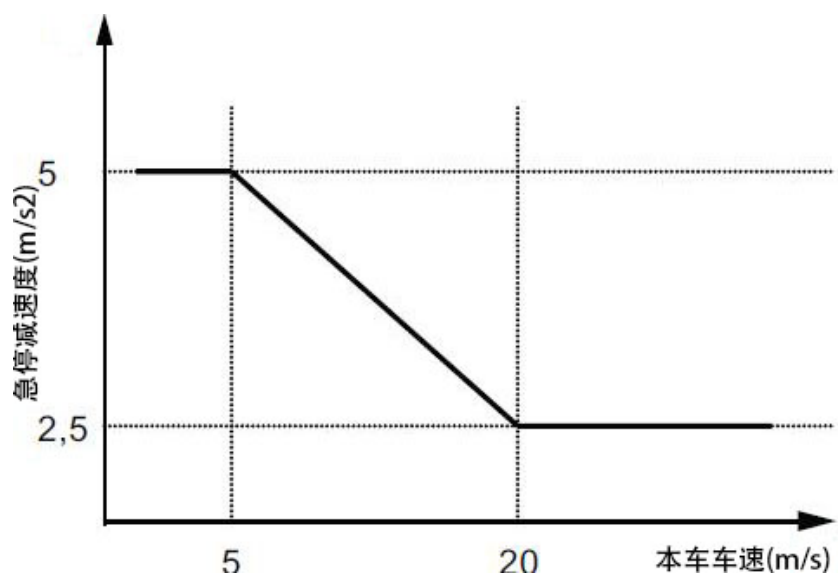


图 8: 最大急停速度与加速度关系

当车以 20 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均加速度率不应大于  $2 \text{ m/s}^3$  (平均超过 1s)。当车以低于 5 m/s 行驶时，FSRA 系统的平均加速度率不应大于  $4 \text{ m/s}^3$ ，见图 9。

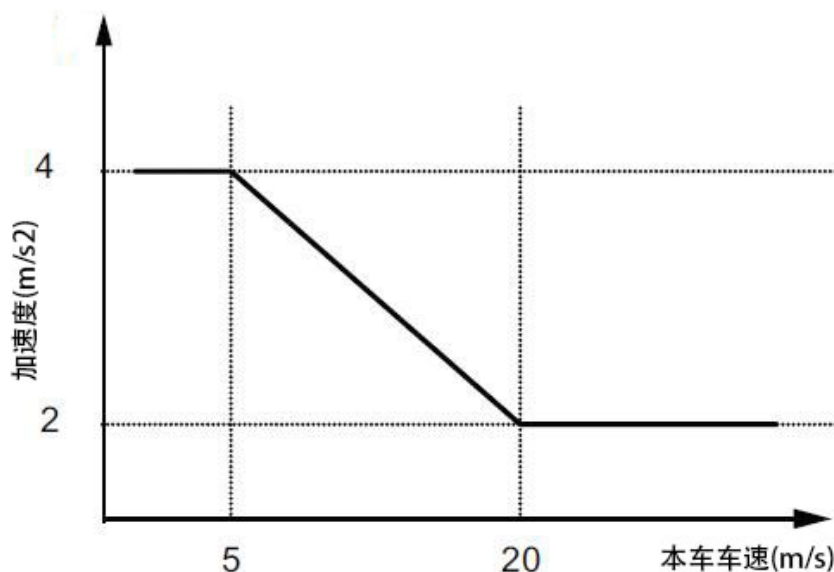


图 9: 最大加速度

如果目标车接近  $d_0$  但是没有检测到时，系统应该初始化一种控制器策略，作用范围是从上次有效制动命令开始，直到本车停下来或系统检测到  $d_1$  范围内或驾驶员通过加速脚踏板取代系统。如果在  $d_0$  到  $d_1$  范围内检测到前车，同时检测距离不能确定，系统应禁止自动加速。

## 6.5 制动灯激活控制

如果 FSRA 系统工作过程中进行自动制动操作，则应点亮制动灯，当 FSRA 系统执行了其他减速操作时制动灯也可被点亮。制动灯点亮动作应该在 FSRA 系统开始制动操作后的 350 ms 以内完成。为防止制动灯忽亮忽暗，在 FSRA 结束制动之后可维持制动灯亮一个合理的时间。

## 6.6 故障反应

- 表 2 给出了子系统失效的情况下的 FSRA 系统所需的故障反应（见图10）
- 表 2 列举的故障应立即提示驾驶员，提示信息应保持至系统关闭。
- FSRA 系统重新开启之前应完成系统自检才能开启，自检过程可由点火开关或 FSRA 系统开关触发

# 7 性能评价测试方法

## 7.1 测试环境条件

测试环境条件如下：

- 测试场地为平坦干燥的沥青或混凝土路面；

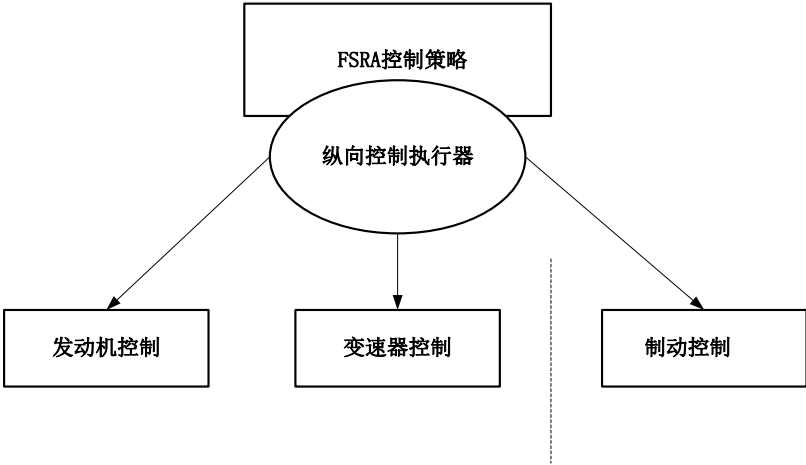


图 10: 纵向控制执行器

表 2: FSRA 故障处理

故障子系统	发生故障时 FSRA 系统的工作模式	
	制动控制模式	发动机控制模式
发动机	应保持制动，至少为满足当前的制动操作需要	放弃 FSRA 的发动机控制模式
制动系统	放弃 FSRA 控制模式	放弃 FSRA 的发动机控制模式
探测和距离传感器	利用最近使用过的有效的制动指令启动一个控制策略。一旦驾驶员操纵制动踏板或加速踏板或 FSRA 开关，系统立即关闭	放弃 FSRA 的发动机控制模式
FSRA 控制器	放弃 FSRA 控制模式	放弃 FSRA 控制模式
如果变速器出现故障，制动操作应能完成减速功能		

b) 温度应在  $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ;

c) 水平能见度应大于 1 km

7.2 测试目标规范

7.2.1 采用激光雷达测试时:

红外线的测试目标是由一个测试目标的红外线系数 CTT 和测试目标的横截面定义。测试目标 A 与 B 的最小反射横截面为  $20\text{ cm}^2$ ;

— 测试目标 A 属于漫反射体，其  $\text{CCT} = 2.0\text{ m}^2/\text{sr} \pm 10\%$  (见附录 A);

— 测试目标 B 属于漫反射体， $\text{CCT} = (1.0 \pm 0.1)\text{ m}^2/\text{sr}$ ;

7.2.2 采用毫米波雷达测试时:

测试目标由雷达信号的散射横截面 (RCS) 定义。

频率范围为  $20\text{ GHz} \sim 95\text{ GHz}$ 。



- 测试目标 A 的 RCS 应为  $10\text{ m}^2$ ;
- 测试目标 B 的 RCS 应为  $3\text{ cm}^2$ 。

对于明显不同的频率范围, RCS 应重新确定和定义 (见附录 A)。

### 7.3 自动“静止”能力测试

#### 7.3.1 测试目标车

测试目标应具备 7.2 节所定义的测试目标 A 要求。测试目标应放置在车辆的后部。其余未被遮盖的表面按如下原则进行隐藏处理: 使车辆尾部的雷达散射截面 RCS 不大于 (移去测试目标 A 以后) 或使其反射率不大于测试目标的 20%。

#### 7.3.2 初始条件

测试目标应以  $v_{\text{stopping}}$  的速度行驶。

测试目标车的宽度在 1.4m 到 2.0m 范围内。

本车以稳定状态模式跟随测试目标车。

全程测试过程中, 最佳车距时距应为  $\tau_{\text{min}}$ 。

本车与目标车纵向中心线间的横向偏差小于 0.5m (见图 11)

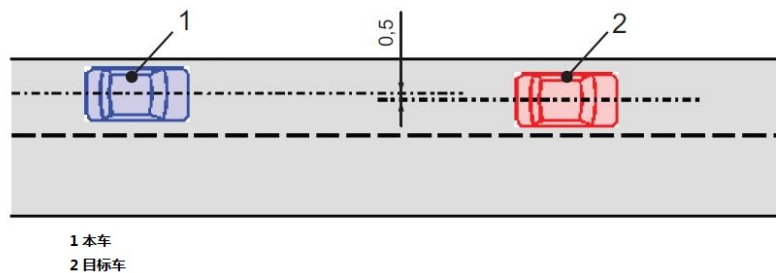


图 11: 自动禁止能力测试 (初始条件)

#### 7.3.3 测试程序

测试目标车减速度应为  $a_{\text{stopping}} - 0.5\text{ m/s}^2$ 。

当系统制动下本车静止停止在前车后面时, 测试目标才能视为成果。

### 7.4 探测距离测试

探测距离  $d_0, d_1, d_2, d_{\text{max}}$  的测试程序:

车辆参考平面为一矩形, 宽度与本车宽度相当, 高 0.9 m, 离地 0.2 m, 它是在综合考虑车体不同位置的横截面以及轿车高度限制的基础上确定的。 $d_0, d_1, d_2, d_{\text{max}}$  的参考平面划分成三列, L 和 R 列的宽度为 50cm。测试时, 应保证使位于距离  $d_0, d_1, d_2, d_{\text{max}}$  的车辆参考平面内 (L、R、C) 并且具有一定的横向位置偏移的反射体被探测到。(见图 12):

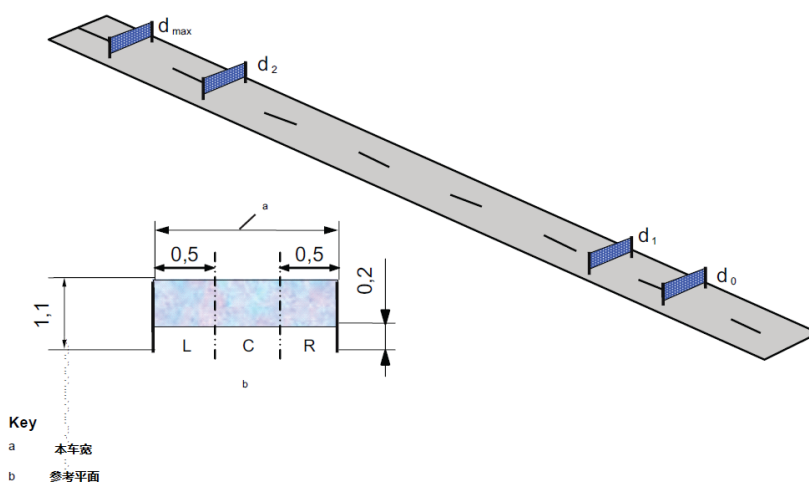


图 12: 纵向检测范围

- 在  $d_{\max}$  距离处采用测试目标 A;
- 在  $d_0, d_1, d_2$  距离处采用测试目标 B;
- $d_2$  特指前方本车 75 m 的距离;
- 探测距离测试应在动态条件下进行, 静态测试也可作为补充选择。

最大探测目标车的时间: 目标出现后, 2s 内就能探测到目标。

## 7.5 目标识别测试

### 7.5.1 初始条件

两辆同型号的车辆在本车的前方以  $v_{\text{vehicle-start}}$  速度同向行驶, 两车纵向中心线间的距离为  $3.5 \text{ m} \pm 0.25 \text{ m}$ , 车宽在  $1.4 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$  间。本车在车间时距控制模式下稳定跟随其中一辆前车行驶 (该车即为目标车), 车间时距为  $\tau_{\max}(v_{\text{vehicle-start}})$ , 设定车速大于  $v_{\text{vehicle-end}}$ 。本车与目标车纵向中心线间的横向偏差小于  $0.5 \text{ m}$  (见图 13)

$$v_{\text{vehicle-end}} = 27 \text{ m/s} (\sim 100 \text{ km/h})$$

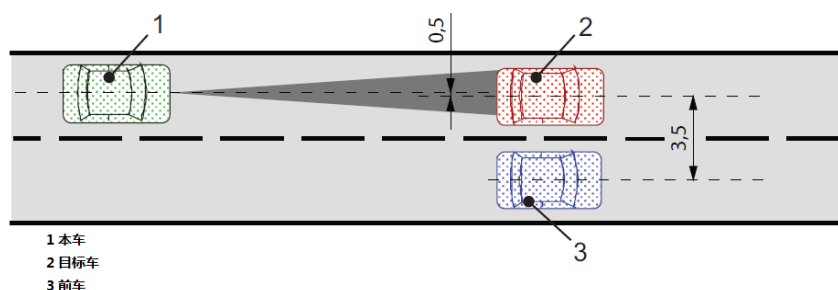


图 13: 目标测速-初始条件

注 如果无法达到上述速度, 则  $v_{\text{vehicle-end}} = 22 \text{ m/s} (\sim 80 \text{ km/h})$ 。其中  $v_{\text{vehicle-start}} = v_{\text{vehicle-end}} - 3 \text{ km/h}$ 。

### 7.5.2 测试过程

目标车加速至  $v_{\text{vehicle-end}}$ ，如果本车在 FSRA 状态下超过相邻车道上的前车，见图 14，则测试合格。

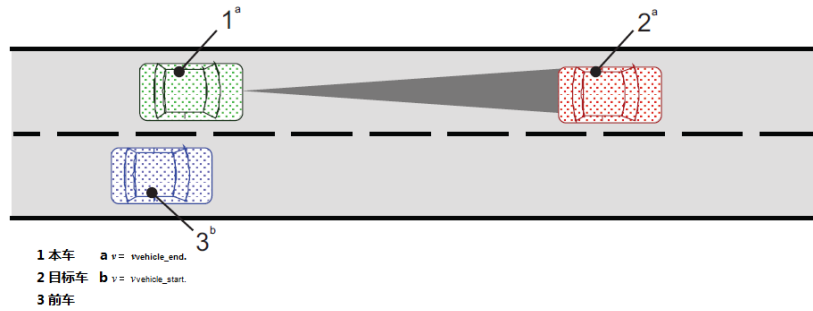


图 14: 目标识别-结束条件

## 7.6 弯道适应能力测试

本测试应考虑对道路几何结构参数进行预测，同时兼顾 FSRA 系统传感器的视野范围。由于道路几何结构参数预测方法和前方车辆探测方法不同，故需要设计一驾驶场景以便进行弯道适应能力测试。

### 7.6.1 测试场地

测试场地适用于 FSRA 的 II, III, IV 型系统。

测试车道由某一半径的圆或一段足够长的曲线构成，弯道半径的取值范围为  $(80\% \sim 100\%) R_{\min}$ 。测试车道为双向车道，即可沿顺时针和逆时针方向行驶。对车道标线、护栏等设施没有限制要求（见图 15）。

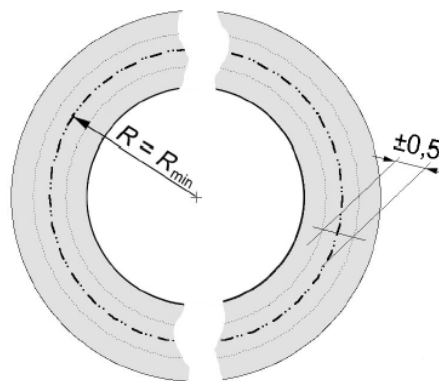


图 15: 弯道车道测试示意

- 对于 II 型系统,  $R_{\min, \text{II}} = 500 \text{ m}$ ;
- 对于 III 型系统,  $R_{\min, \text{III}} = 250 \text{ m}$ ;
- 对于 IV 型系统,  $R_{\min, \text{IV}} = 125 \text{ m}$ 。

7.6.2 用于弯道适应能力测试的目标车

在目标车尾部安装如所述的测试目标 A，目标车应放置在车辆后端的中部，高度离地面  $0.6\pm0.1\text{m}$ 。

其余未被遮盖的表面按如下原则进行隐藏处理: 使车辆尾部的雷达散射截面 RCS 不大于 (移去测试目标 A 以后) 或使其反射率不大于测试目标的 20%。

7.6.3 驾驶场景

本车以车间时距控制模式跟随同一车道上的目标车 (二者纵向中心线间的横向偏差为  $\pm 0.5\text{m}$ )。

测试之前，本车和目标车应满足13给定的初始条件，测试过程的具体细节见表3和图16。

表 3: 弯道适应能力测试条件

项目	测试前准备	初始条件	第一测试环节	第二测试环节
目标车				
速度	$v_{\text{circle-start}} = \text{常量}$		使车速降低 $3.5 \pm 0.5\text{m/s}$	$v_{\text{circle}} = \text{常数} = v_{\text{circle-start}} - (3.0 \pm 1\text{m/s})$
时间	至少 10 s	时间触发 0 s	2 s	—
行驶轨迹的半径	不小于 7.6.1中的定义值可能改变		R 为常数见 7.6.1	
本车				
速度	$\leq 0.5 \text{ m/s}^2$		观测本车减速度	
行驶轨迹半径	不小于 7.6.1中的 $R$ , 定义值可能改变		R 为常数见 7.6.1	
到目标车辆的车 间时距	$\tau_{\text{max}}(v_{\text{circle-start}}) \pm 25\%$		由 FSRA 控制, 观测车间时距	

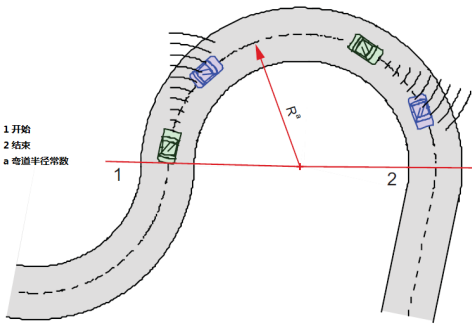


图 16: 测试轨道布置示意图

开始测试时，目标车的初始速度为：

$$v_{\text{circle-start}} = \min[(a_{\text{lateral-max}} \times R)^{1/2}, v_{\text{vehicle-max}}] \pm 1\text{ m/s}$$

式中的  $a_{\text{lateral-max}}$  取决于弯道半径 (见附录)：

- 当  $R = R_{\min.II} = 500 \text{ m}$  时,  $a_{\text{lateral-max}} = 2.0 \text{ m/s}^2$ ;
- 当  $R = R_{\min.III} = 250 \text{ m}$  时,  $a_{\text{lateral-max}} = 2.3 \text{ m/s}^2$ ;
- 当  $R = R_{\min.IV} = 125 \text{ m}$  时,  $a_{\text{lateral-max}} = 2.3 \text{ m/s}^2$

选择适当时机, 使目标车减速, 观察本车的反应。正常情况下, 在车间时距减小至  $\frac{2}{3}\tau_{\max}$  之前, 本车就会因与目标车车距减小而开始减速。

## 附录 A (informative) 技术参考

### A.1 激光雷达—测试目标的 CTT 参数

### A.2 立体角 $\Omega$

立体角  $\Omega$  为激光照射区域面积与球面半径平方的比值 (见图A.1)

$$\Omega = \frac{A}{d_A^2} \times \Omega_0$$

其中:

- $\Omega$ , 立体角, 单位球面度 (sr);
- $A$ , 可用区域面积;
- $d_A$ , 光源与可用区域 A 之间的距离;
- $\Omega_0$ , 光源发光范围的交体角

### A.3 辐射强度 $I$

辐射强度  $I$ , 指光源在单位立体角  $\Omega$  内的辐射能量  $\Phi$ 。

$$I_{\text{ref}} = \frac{d\Phi_{\text{ref}}}{d\Omega_1}$$

其中:

- $I_{\text{ref}}$ , 反射光源在某一特定方向上的辐射强度, 在接收器前测量获取 T 单位为瓦特/球面度 (W/sr);
- $\Phi_{\text{ref}}$ , 来自反射源的辐射能量, 单位为瓦特 (W);
- $\Omega_1$ , 反射光的立体角, 单位为球面度 (sr)

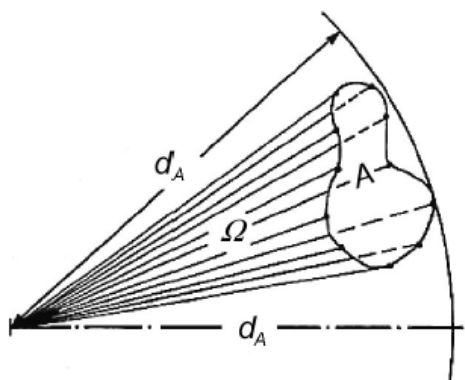


图 A.1: 立体角

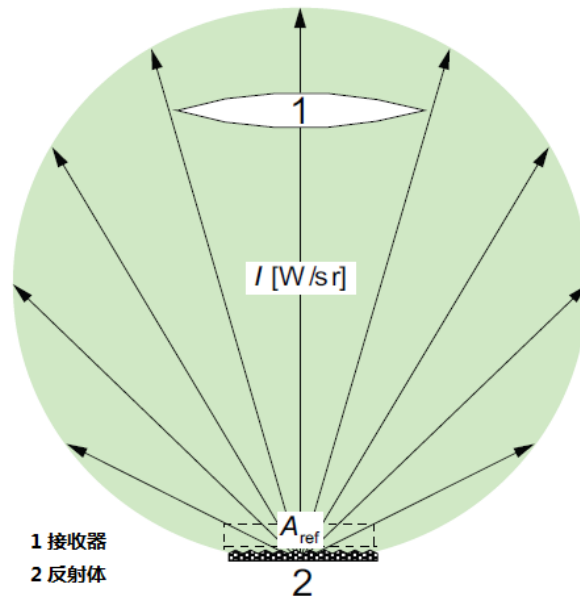


图 A.2: 接受示意图

#### A.4 照度 $E$

照度指光源辐射能量与受照面积的比值，也即照射密度。

$$E_t = \frac{d\Phi_t}{dA}$$

其中， $E_t$ ，单位为瓦特每平方米 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

#### A.5 测试目标参数 CCT

测试目标由反射体的参数定义，该参数表示一辆表面较脏并且没有安装向后反射体的轿车的反射率。

$$\text{CCT} = \frac{I_{\text{ref}}}{E_t}$$

具有 CCT 参数的反射体 (见图A.2) 的反射具有一定的空间分布，其立体角不小于  $8 \times 10^{-3} \text{sr}$ 。

测试目标的 CCT 参数仅用于描述反射体对红外的反射能力（衰减特性）作为测试方法，采用锥形反射体（即反射面缩小为一点，见图A.3）即可满足要求；当然，只要反射面的反射率不超过设定值，也可采用更大的反射面。

#### A.6 反射体尺寸

应定义反射体 (见图A.4) 的尺寸大小经验表明，在与车辆相关的应用中，朗伯反射体尺寸取值在  $1.7 \text{ cm}^2$  左右时的效果最佳。也可采用三层反射的方法，此时反射体尺寸大约为  $20 \text{ cm}^2$  左右。朗伯反射体可以反射一个球面内 (见图 A.5) 的全部能量。

$$\Phi_{\oplus} = \pi \times I_0 \times \Omega_0$$

其中，

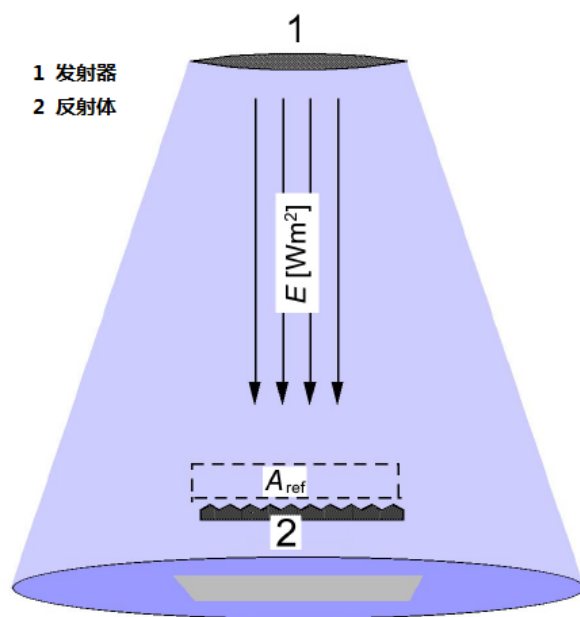


图 A.3: 发射示意图

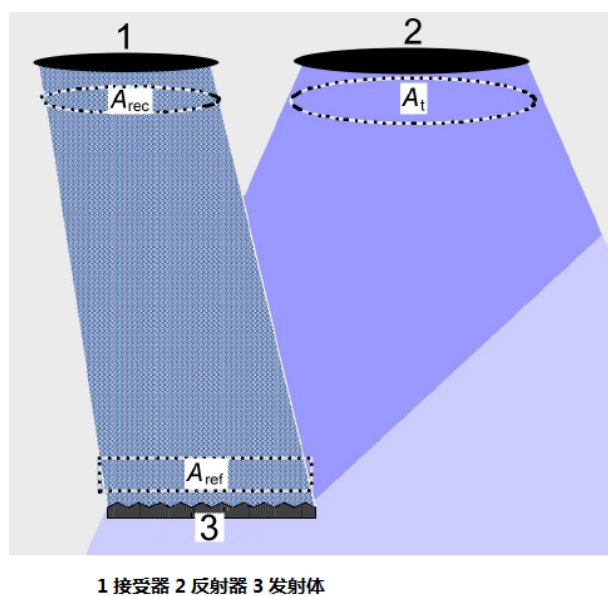


图 A.4: 发射示意图



- $\Phi_{\oplus}$ , 辐射能量, 单位为瓦特 (W);
- $I_0$ , 辐射强度, 单位为瓦特每球面度 (W/sr);
- $\Omega_0$ , 立体角, 单位为球面度 (sr)

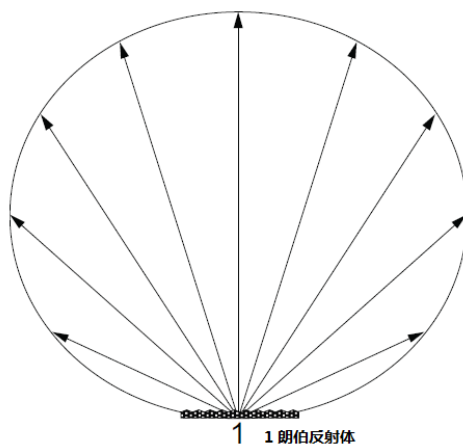


图 A.5: 朗伯反射体

### A.7 锥体型测试目标的雷达信号散射截面定义

- 测试目标的雷达信号散射截面定义为  $RCS=(10\pm3)m^2$ 。对于目前常用的频率 (如 60 GHz、77 GHz、90 GHz),  $10 m^2$  的范围至少可以覆盖公路上 95% 的车辆。
- 测试目标的外观见图 A.6。
- 雷达散射截面 (RCS) 计算公式:

$$RCS = \frac{4 \times \pi \times L^4}{3 \times \lambda^2}$$

其中,

$\lambda$ , 波长

$L$ , 雷达反射体一面的长度。

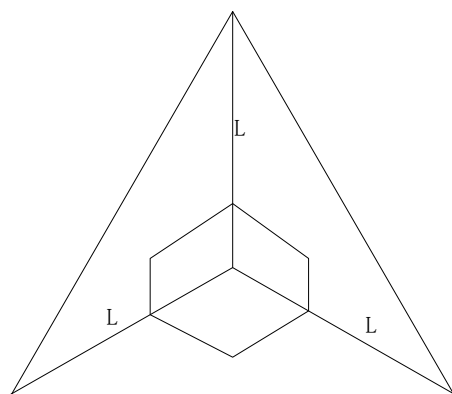


图 A.6: 立方反射体

## Bibliography

- [1] ISO 15622, *Transport information and control systems — Adaptive Cruise Control Systems — Performance requirements and test procedure.*
- [2] IEC 60825-1, *Safety of laser products — Part 1: Equipment classification and requirements.*
- [3] United Nations Economic Commission for Europe, Regulation No. 13-H (ECE-R 13-H), *Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking*