

T/ITS

中国智能交通产业联盟标准

T/ITS 0045—2016

智能交通系统 低速跟车系统- 性能要求和测试规程

Intelligent transport system-Low speed following (LSF) systems-

Performance requirements and test procedures

2016-11-23 发布

2017-01-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言.....II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号和省略语..... 4

5 分类---LSF 系统的类型..... 5

6 要求..... 5

 6.1 基本控制策略..... 5

 6.2 可用的目标车辆..... 6

 6.3 功能性要求..... 9

 6.4 基本驾驶员界面和干预能力.....11

 6.5 操作限制..... 12

 6.6 刹车灯..... 14

 6.7 故障处理..... 14

 6.8 与其他系统的组合..... 14

7 性能评估的测试方法..... 15

 7.1 环境条件..... 15

 7.2 试验目标规范..... 15

 7.3 目标探测距离测试..... 15

 7.4 目标识别测试..... 16

 7.5 自动减速测试..... 18

 7.6 自动目标重选能力测试..... 19

 7.7 弯道能力测试..... 20

附录 A（规范性附录） 技术资料..... 25

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本标准于2016年11月首次发布，本次为首次发布。

本标准起草单位：上海车音网络科技有限公司、北京智行者科技有限公司。

本标准主要起草人：张林、曹力、陈博谦、张德兆、霍舒豪。

引 言

低速跟车系统 LSF 的主要功能是，通过使用探测与前车的距离、主车（安装了 LSF 的车辆）运动状态、驾驶员的命令等信息，控制车速以适应前车车速。

低速跟车系统的目标是通过对车辆半自动的纵向行驶控制，降低驾驶员的工作负荷。

本标准可以被其他标准作为系统级标准使用，这些标准将LSF扩展为更详细的标准，例如，特定的探测传感器概念，或者更高级别的功能。

所以，这里不考虑用于协同解决方案的探测传感器在功能、性能及通讯方面的特定要求。

（为使低速跟车能够按统一的标准进行说明和描述，特制定本标准）。

为了保持标准的适用性与可操作性，各使用者在采标过程中，及时将对本标准规范的意见及建议函告第一编写单位，以便修订时研用。

地址：上海市长宁区金钟路 999 号 A 栋 904，邮编：200335，邮箱：zhanglin_vcyber@vip.163.com

低速跟车系统-性能要求和测试规程

1 范围

本标准规定了低速跟车系统中性能要求和测试规程的术语和定义，基本的控制策略、最低的功能性要求、基本的驾驶员界面元素、故障诊断和故障处理的最低要求，以及低速跟车系统（LSF）的性能测试规程。

低速跟车系统 LSF 主要目的是降低驾驶员反复加速和刹车的工作负荷，这是发生在拥堵交通情况下，在没有行人和骑自行车的人阻断机动车车流，并且能在行驶道路上相对较长的时间内保持与目标车辆适当的跟车距离的路况下。低速跟车系统 LSF 通过驾驶员界面设置以及速度调节（油门控制）系统实现低速下的自动跟车。系统不提供变速系统的控制。

本标准适用于汽车厂商、汽车电子与零部件供应商、汽车自动驾驶功能检测机构以及智能交通相关企业在相关产品的设计、生产、检测以及交通服务等相关应用中使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 2575 道路车辆 操作件、指示器及信号装置（Road vehicles—Symbols for controls, indicators and tell-tales）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车间距 clearance

前车后面（车尾）到主车前面（车头）的距离。

3.2

拥堵路况 congested traffic

驾驶员在低速行驶时，反复启动跟随前车，并刹车以保持适当的跟车距离的交通路况。

3.3

移出 cutting out

目标车辆在其前方有车的情况下变换车道。

3.4

前车 forward vehicle

在相同车道上相同方向上行驶在主车前面的车辆。

3.5

驾驶操作 go operation

控制主车运动的意图传递到系统的驾驶行为。

实例：操作油门踏板和开关以启动主车。

3.6

低速跟车 low speed following LSF

允许主车在低速范围内自动跟随前车行驶的功能，例如拥堵交通状态下，通过控制发动机和或传动及刹车系统以保持适当距离。

3.7

低速自动跟车状态 LSF-following state

该模式下系统根据选定的车间时距控制与目标车辆之间的车间距。

3.8

LSF 保持状态 LSF hold state

系统控制主车保持平稳的条件。

3.9

LSF 重选目标状态 LSF retargeting state

从前一个目标车辆过渡到下一个目标车辆期间的无目标车辆状态。

3.10

最大运行速度 maximum operational speed

LSF系统在跟车控制时可以达到的最大速度。

3.11

最小运行速度 minimum operational speed

LSF系统在跟车控制时可以维持的最小速度。

3.12

低速移动物体 slow moving object

在主车行驶方向中心线前方的物体，其运动速度低于1.0米/秒，或低于主车速度的10%。

3.13

静止物体 stationary object

在主车前方的静止物体。

3.14

稳定状态 steady state

参数数值不随时间、距离变化的车辆状态。

3.15

主车 subject vehicle

配备了本标准所定义的低速跟车系统的车辆，是本标准所讨论议题的主体。

3.16

目标车辆 target vehicle

主车所跟随的车辆。

3. 17

车间时距 time gap

由车间距 c 除以车辆速度 v 得出的数值（见图1）。

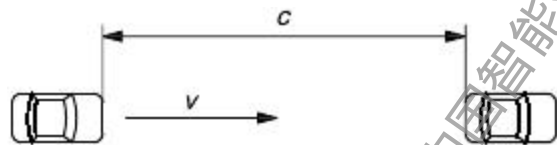


图1 车间时距

4 符号和省略语

CTT	测试目标的红外反射系数（平方米/球面度）
C	车间距（米）
C_{\min}	在低速范围（包括保持状态）内稳定状态下的最小车间距（米）
$C_{\min}(v)$	速度为 v 时的最小车间距（米）
d_{\max}	直道上的最大可探测距离（米）
d_A	光源与受照区域 A 之间的距离（米）
$d_{\text{target_limit}}$	确认目标车辆的最大临界距离（米）
d_0	判断是否有必要探测目标车辆的临界距离（米）
d_1	判断是否有必要测量距离或相对速度的临界距离（米）
l	与雷达反射器之间的距离（米）
R	弯道半径（米）
R_{\min}	最小弯道半径（米）
RCS	雷达截面积（平方米）
V	车辆相对于路面的实际速度（米/秒）
$V_{\text{circle_start}}$	车辆进入半径为 R 的弯道时的初始速度（米/秒）
V_{\max}	最高运行速度（米/秒）
V_{\min}	最低运行速度（米/秒）

$V_{\text{vehicle_end}}$	测试结束时的车速（米/秒）
$V_{\text{vehicle_start}}$	测试开始时的车速（米/秒）
A	可用区域，整体区域（平方米）
A_t	受照区域（平方米）
E_t	发射光源的照度（瓦特/平方）
I	辐射强度（瓦特/球面度）
I_{ref}	反射光源在给定方向上的辐射强度（瓦特/球面度）
λ	雷达的波长（米）
τ	车间时距（秒）
τ_{max}	可供选择的最大车间时距（秒）
$\tau_{\text{max}}(v)$	当给定车速 v 时，可以获得的最大的稳态车间时距（秒）
τ_{min}	可供选择的最小车间时距（秒）
$\tau_{\text{min}}(v)$	当给定车速 v 时，可以获得的最小稳态车间时距（秒）
Φ	辐射能量（瓦特）
Φ_{ref}	辐射功率（瓦特）
Φ_t	入射功率（瓦特）
Ω	立体角（球面度）
Ω_0	信号源的立体角（球面度）

5 分类——LSF 系统的类型

本标准着重讨论以下两种类型的 LSF 系统：

- 第一类型的低速跟车系统（LSF）在驾驶员启动跟车系统时跟随所识别的目标车辆自动行驶。
- 第二类型低速跟车系统（LSF）既能够在驾驶员启动跟车系统时跟随所识别的目标车辆自动行驶，也能够自动重新选定目标车辆直到系统关闭。

6 要求

6.1 基本控制策略

低速跟车系统至少应提供以下控制策略和状态转换（见图 2）。

以下构成了低速跟车系统（LSF）的基本行为。

- 1) 在低速跟车系统(LSF)的跟随状态，车速自动控制以保持与前车的车间距(跟车能力，见 6.3.2)。
- 2) (II 型 LSF 低速跟车系统) 在 LSF 系统的跟随状态，系统自动选择新的目标车辆(自动重选目标的能力，见 6.3.3)。
- 3) (II 型 LSF 低速跟车系统) 在 LSF 系统的重选目标状态，主车不允许加速(自动重选目标的能力，见 6.3.3)。
- 4) 主车停下后，系统应切换到保持或待机状态（失活情况，见 6.3.5)。
- 5) 在低速跟车系统的保持状态，自动刹车控制将主车保持静止状态（保持能力，见 6.3.4)。

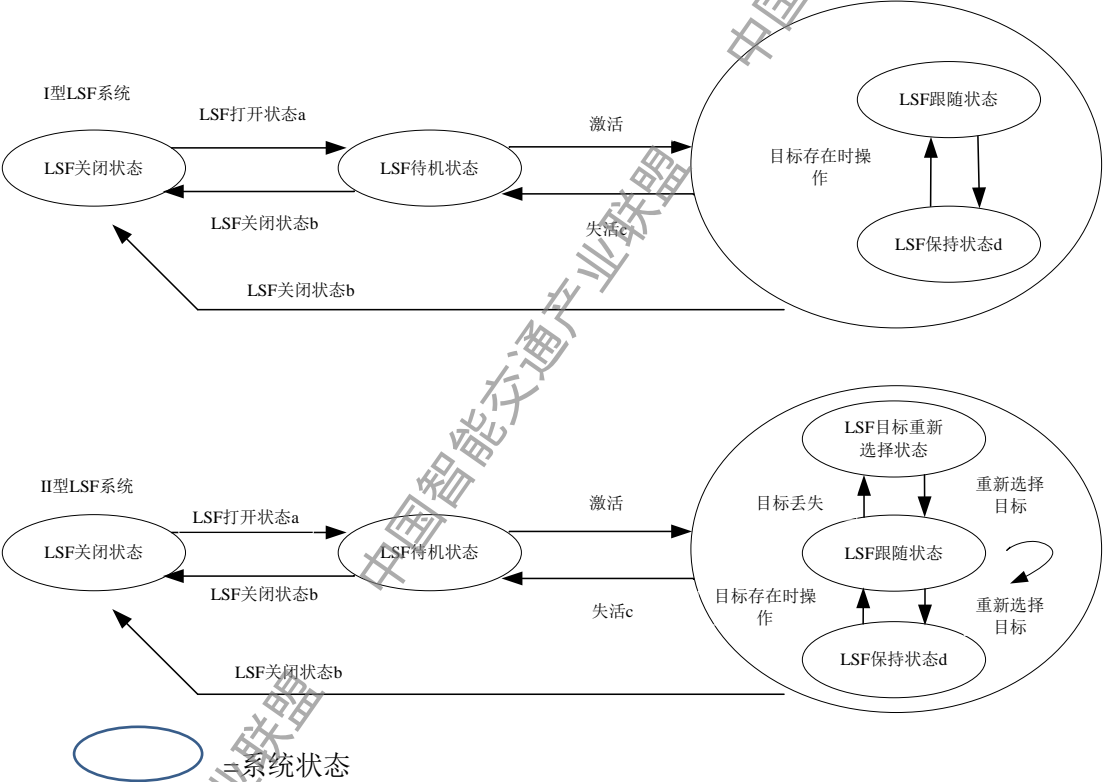


图2 低速跟车系统（LSF）的状态及切换

6.2 可用的目标车辆

6.2.1 总述

低速跟车系统应以前车作为参照，前车是指符合 6.2.2 到 6.2.4 所描述的跟随条件的可以作为目标车辆的前方车辆。

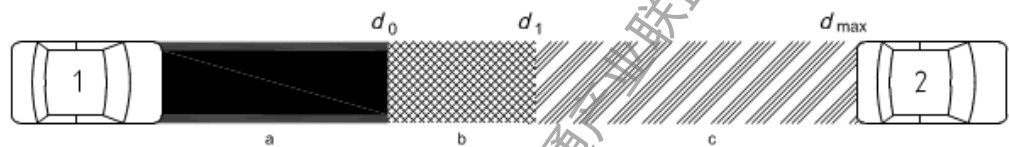
6.2.2 监测目标车辆

低速跟车系统应能够监测运动中的车辆。

低速跟车系统应把跟踪之后停下的车辆仍作为目标车辆。

可选功能是允许低速跟车系统把已经判定为目标车辆的对象在静止和低速移动时仍视为目标。如果静止的和低速移动的物体不能视为目标车辆时，应提醒驾驶员，至少应在车主提供的手册内说明。

6.2.3 直线上的探测距离



注：

- a) ---主车
- b) ---前方车辆
- c) ---不要求探测车辆的范围
- d) ---要求探测车辆的范围
- e) ---要求探测车辆并测距

图3 探测范围

如果前方车辆出现在 d_1 到 d_{max} 范围内，LSF 系统应测量前车和主车之间的距离（见图 4）。在这个范围内，至少应探测到前车与主车同宽度的横断面。

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

如果前车在 d_0 to d_1 区间范围内，低速跟车系统将探测车辆是否存在，但不要求测量到该车的距离，也不测量前车与主车之间的相对速度。如果前车被探测到在这个范围内而且未确定距离，系统应禁止自动加速。

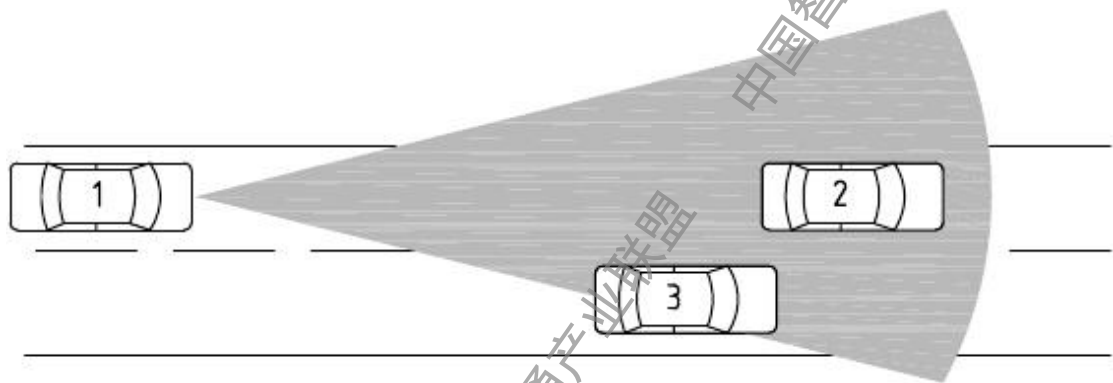
$$d_1 = c_{\min}(v_{\min})$$

如果前方车辆出现在距离不到 d_0 范围内，低速跟车系统不需要探测是否存在前车。

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

6.2.4 目标识别

如果前方直道上有多辆车，应选择在主车所在车道上最近的一辆车(见图4)用于低速跟车系统(LSF)控制，这是测试场景(目标识别测试，见 7.4)中表述的典型低速跟车场景。



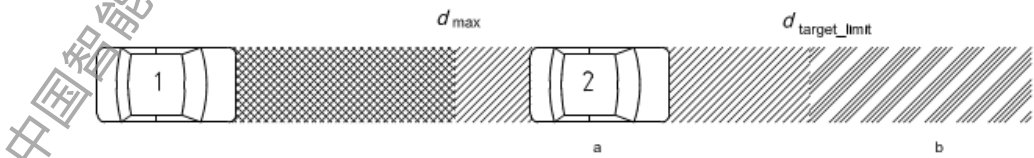
注：

- 1) ---主车
- 2) ---在主车车道上的前车
- 3) ---在相邻车道上的前车

图4 目标车辆识别

如果前方车辆的距离超过确认目标车辆的最大临界距离 ($d_{\text{target_limit}}$)，系统将不会把它视为目标车辆 (见图 5).

$$d_{\text{target_limit}} = \text{MAX}\{[\tau_{\max}(v) \times v \times 3], 36\}$$



注：

- a) ---主车

- b) ---前方车辆
- c) ---系统可以将它作为目标车辆
- d) ---系统不能将它作为目标车辆

图5 目标车辆的范围

6.3 功能性要求

6.3.1 系统启动条件

必须满足以下条件系统才能转为工作状态：

- a) 系统由驾驶员开启；
- b) 主车速度不能超过系统的上限速度；
- c) 主车已经探测到目标车辆；
- d) 关闭条件不满足；
- e) 系统未检测到任何故障。

当主车停下时，即使驾驶员正在刹车，也允许低速跟车系统（LSF）有能力切换到保持状态。

6.3.2 跟车能力

在低速跟车系统（LSF）的跟随状态下，主车速度应自动控制在 v_{min} 到 v_{max} 范围内，以保持和目标车辆之间设定的间距。

在所跟踪的车辆停下时，系统应能够以限定的减速度减速到 v_{min} 。在稳定状态条件下，系统应符合6.3.2.1定义的最小车间距。

车间距可能会某一瞬时低于设定距离。这种情况发生时，系统应自动将车间距调整到设定距离。

6.3.2.1 车间距保持能力

τ_{min} 是车速 v 在稳定跟随状态下的最小车间时距。 $\tau_{min}(v)$ 应大于或等于 $\tau_{min}=1.0\text{ s}$ 。

c_{min} 是所有车速 v 在稳定跟车状态下的最小车间距。 $c_{min}(v)$ 应该大于或等于 $c_{min}=2.0\text{ m}$ 。

在稳定状态情况下，车间距不应低于 $\text{MAX}[c_{min}, (\tau_{min} \times v)]$ 。

6.3.2.2 弯道能力

低速跟车系统（LSF）应具备使车辆在大于或者等于125米半径的弯道上，以车间时距 τ_{max} 保持稳定跟随状态的能力。

6.3.3 自动重选目标能力（只用于 II 型低速跟车系统）

II型低速跟车系统（LSF）应具备自动重选目标的能力，探测到下一个目标车辆，在下列情况下切换跟随目标：

- a) 其他车辆插入车道。
- b) 目标车辆移出车道。

低速跟车系统（LSF）的目标重选状态下应控制车速。

低速跟车系统（LSF）的重选状态不允许加速。

在切换到新的目标车辆时，低速跟车系统（LSF）应立即由重选状态变为跟随状态。

6.3.4 保持能力（可选）

下限速度为0（ $V_{\min} = 0$ ）的低速跟车系统（LSF）可以将保持能力作为选项。

当主车停下时，有保持能力的低速跟车系统（LSF）将自动切换到保持状态。

只有当主车探测到目标车辆后，才能通过驾驶员操作使系统由保持状态切换到跟随状态。

6.3.5 关闭条件

当以下情况发生时，系统由激活状态切换到待机状态：

- a) 在低速跟车系统（LSF）的跟随状态和重选目标状态，驾驶员刹车应关闭系统，至少驾驶员刹车的优先级高于低速跟车系统（LSF）刹车。
- b) 在低速跟车系统（LSF）的跟随状态和目标重选状态，当主车车速超过系统上限速度时，系统应关闭。
- c) 在低速跟车系统（LSF）的跟随状态和目标重选状态，当主车车速低于系统下限速度时，没有保持能力的系统应关闭。对于系统下限速度为零的车辆来说，主车停下三秒内系统关闭。
- d) 在低速跟车系统（LSF）的跟随状态，没有目标车辆时出现，或有车辆插入/移出车道，I型 LSF 系统应关闭。
- e) 如果目标车辆距离小于 d_0 且探测不到，I型和 II 型系统应禁止自动加速并可能连续刹车。
- f) 在低速跟车系统（LSF）的目标重选状态，如果持续时间超过 τ_{\max} 或者主车到达目标车辆丢失的位置，II 型系统应关闭。

注意： τ_{\max} 是最大可选时间间隔，即车间距除以本车速度，该速度是驾驶员通常使用的或者驾驶员重设的速度。

- g) 在低速跟车系统（LSF）的保持状态，驾驶员刹车时不需要退出跟车系统。
- h) 在低速跟车系统（LSF）的保持状态，如果系统会自动关闭，应在用户手册内说明关闭条件，而且关闭时应通知驾驶员。

6.4 基本驾驶员界面和干预能力

6.4.1 概述

系统应提供跟随控制和干预能力。

6.4.2 操作项和系统反应

6.4.2.1 即使在低速跟车系统（LSF）处于自动刹车的情况下，系统也不应减弱车辆对驾驶员刹车的瞬时响应能力。

6.4.2.2 驾驶员和低速跟车系统（LSF）动力控制要求高的一方控制发动机（节流器）。授予驾驶员的动力控制权限高于低速跟车系统（LSF）。

如果驾驶员的动力控制要求高于低速跟车系统（LSF），系统的自动刹车功能以及刹车板上的制动力应立即释放，对驾驶员控制加速踏板不应有明显的响应延迟。

6.4.2.3 自动刹车锁死车轮的时间应不大于防锁死设备 ABS 的允许值，这种情况下不需要使用 ABS 系统。

6.4.2.4 低速跟车系统（LSF）的动力自动控制不应导致车轮打滑的时间超过牵引力控制（循迹控制）允许的数值。这种情况下不需要使用牵引力控制系统（循迹控制系统）。

6.4.2.5 低速跟车系统（LSF）可代替驾驶员自动调整车间距，以适应驾驶环境的变化（如恶劣天气）。但调整后的车间距不应低于驾驶员的选定的最小值。

6.4.2.6 如果系统允许驾驶员选择期望的车间距或者车间时距，选择方法应为以下两种方法之一：

- a) 如果低速跟车系统（LSF）关闭后系统保存最后一次选定的车间距或者车间时距，则当系统再次启动时应向驾驶员显示。
- b) 如果低速跟车系统（LSF）关闭后不保存最后选定过的车间距或者车间时距，则车间距和车间时距应设置为预定义的缺省值。

6.4.3 显示单元

6.4.3.1 推荐在待机状态，使用“准备就绪（active-ready）”信号表示低速跟车系统（LSF）已经准备好从待机状态切换到启动状态。这种方式可用于控制适配。

6.4.3.2 在启动状态，II 型系统在探测到目标车辆时应有屏幕显示。

6.4.3.3 系统应在屏幕上显示启动状态。

6.4.3.4 系统在关闭或因故障不能使用时应提醒驾驶员。

6.4.3.5 系统在屏幕显示提醒的同时，可以提供语音（声音）或震动方式提醒。

6.4.4 符号

如果符号是用来标识低速跟车系统（LSF）的功能或故障，应使用与ISO 2575标准一致的标准化符号。

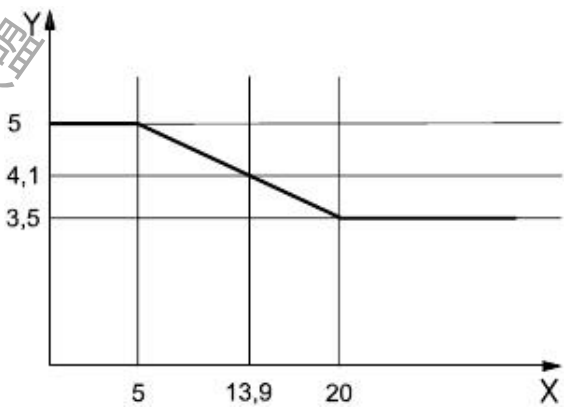
6.5 操作限制

vmax 不超过 13.9m/s（50km/h）

vmin 不超过 1.39m/s（ $0 \leq v_{min} \leq 1.39\text{m/s}$ ）

当 LSF 系统正处于自动关闭过程中，不允许突然撤销制动力。

当车速高于 20m/s 行驶时，LSF 系统的平均自动减速度不能大于 3.5 m/s^2 （2 秒间隔平均）；当车速低于 5m/s 时，减速度不能大于 5 m/s^2 （2 秒间隔平均），如图 6 所示。低速跟车系统（LSF）适用车速为 0 到 13.9m/s 之间。



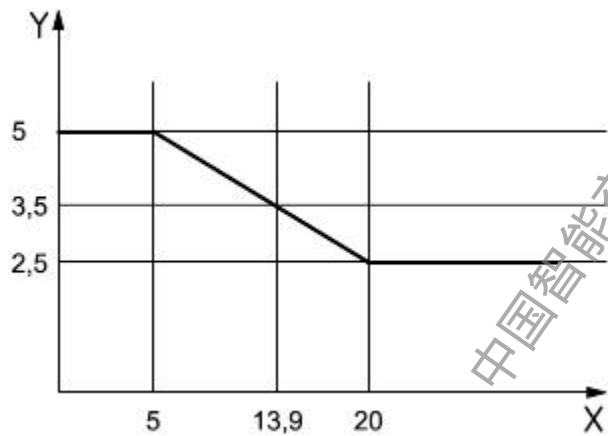
注：

X--本车速度，用 m/s 表示

Y--最大减速度，用 m/s^2 表示

图6 最大减速度

当车速超过 20m/s 行驶时，LSF 系统的自动减速度的平均变化率不能大于 2.5m/s^3 (1 秒间隔平均)；当车速低于 5m/s 时，加速度变化率不应超过 5 m/s^3 (1 秒间隔平均)，如图 7 所示。车速在 0 到 13.9m/s 之间适用于 LSF 系统。



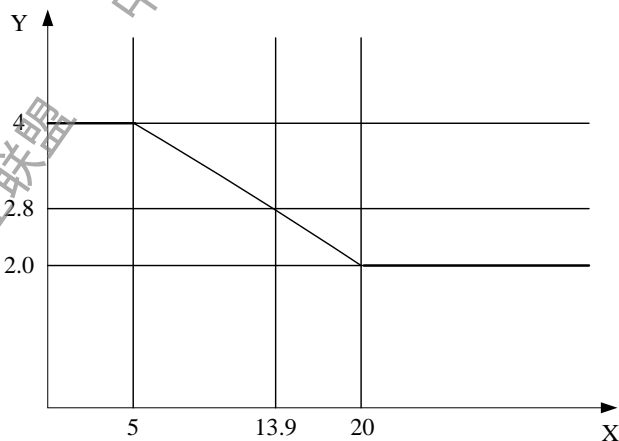
注：

X---本车速度，用 m/s 表示

Y---加速度变化率，用 m/s^3 表示

图7 加速度变化率

当车速大于 20m/s 时,LSF 系统的平均自动加速度不应超过 2m/s^2 (2 秒间隔平均)；当车速低于 5m/s 时，加速度不应超过 4 m/s^2 (2 秒间隔平均)，如图 8 所示。车速在 0 到 13.9m/s 之间适用于 LSF 系统。



注：

X---本车速度，用m/s表示

Y---自动加速度，用 m/s^2 表示

图8 自动加速度

6.6 刹车灯

如果 LSF 系统使用了自动刹车，刹车灯应该打开。当 LSF 系统执行了其他减速操作时，刹车灯也可以打开。刹车灯应该在系统开始制动操作后的 350ms 内打开。为避免刹车灯忽亮忽灭，在 LSF 结束制动之后刹车灯应保持一段合理的持续亮灯时间。

6.7 故障处理

表 1 列出了根据子系统出现的故障需要的处理方法。

- a) 表 1 描述的故障应立即提示驾驶员，提示信息应保持至系统关闭。
- b) 系统完成自检之前禁止重启动 LSF 系统。自检可由点火开关或 LSF 系统开关启动和完成。

LSF 系统故障处理，见表 1。

表1 LSF 系统故障处理

故障所在子系统		发生故障时 LSF 的工作模式	
		制动控制	发动机控制
1	发动机	至少在当前实际刹车动作中应保持制动。	放弃 LSF 的发动机控制模式
故障所在子系统		发生故障时 LSF 的工作模式	
		制动控制	发动机控制
2	制 动 系统 ^a	放弃 LSF 刹车控制模式。 刹车系统不完全失灵时， LSF 系统在放弃刹车控制之前可以完成当前刹车动作。	放弃 LSF 的发动机控制模式
3	测距传感器	应从最后一个有效的刹车命令开始启动控制器策略。这种情况下不能突然刹车。 只有驾驶员通过刹车或油门踏板或 LSF 开关控制驾驶， LSF 系统应立即关闭。	放弃 LSF 的发动机控制模式
4	LSF 控制器	放弃 LSF 刹车控制模式	放弃 LSF 的发动机控制模式
a: 如果齿轮控制器发生故障， 刹车将会处理减速功能。			

6.8 与其他系统的组合

与其他纵向驾驶辅助系统组合时 LSF 应当符合以下要求：

- a). 允许与不进行车辆控制的系统组合, 如 FVCWS (见 ISO 15623)。

- b). 如果 1 型 LSF 系统与正常驾驶状态下支持加速和减速的系统组合安装, 如 ACC (见 ISO 15622), 那么 LSF 启动状态与组合的其他系统的启动状态 (或其等价状态) 的转换只允许由驾驶员手动操作。
- c). II 型 LSF 系统与其他控制车辆加速和减速的系统组合安装时, 如 ACC 系统 (见 15622 标准), 应告知驾驶员当前启动的是哪个系统。
- d). 与避撞或减撞系统组合时, LSF 系统不能干扰该系统的应急操作。

7 性能评估的测试方法

7.1 环境条件

- a) 测试场地应为平坦、干燥、清洁的沥青或混凝土路面;
- b) 温度范围应在 -20°C 至 $+40^{\circ}\text{C}$;
- c) 水平能见度范围应为 1 公里以上。

7.2 试验目标规范

7.2.1 概述

应基于当前正在使用的技术定义测试目标。对于其他技术, 使用有代表性的测试目标。

7.2.2 红外激光雷达

红外测试目标的定义由测试目标的红外系数 CTT 和测试目标的横截面组成。

测试目标的最小横截面积是 20cm^2 。

测试目标为漫反射体, 其 $\text{CTT} = (1 \pm 0.1) \text{m}^2/\text{sr}$ 。

7.2.3 毫米波雷达

雷达测试目标由雷达截面积 (RCS) 定义。

频率范围在 $20\text{GHz} \sim 95\text{GHz}$ 时, 测试目标的 RCS 应为 3m^2 。

对于明显不同的频率范围, RCS 应重新确认和定义。

7.3 目标探测距离测试

7.3.1 概述

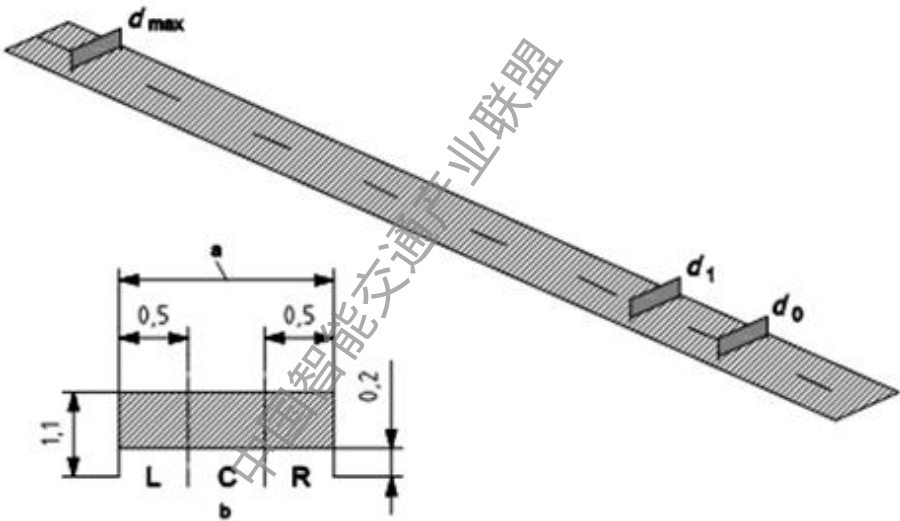
直道上的探测距离测试, 见 6.2.3。

7.3.2 d_0 , d_1 和 d_{\max} 测试规程

车辆参考面相当于一矩形，宽度与本车宽度相当，高 0.9m，离地 0.2m。此探测区域考虑了车前端不同位置的横截面，它也受轿车最小高度的限制。 d_1 和 d_{\max} 之间的基准面被分为三列，其中 L 列和 R 列的宽度都是 0.5m。在测试过程中，应探测到位于 d_1 ， d_{\max} 的车辆参考平面在 (L, C, R) 每列内的至少一个位置的反射面。在 d_0 处，只要求在整个参考面中探测到一个位置（见图 9）。

- 在 d_0, d_1, d_{\max} 位置处，采用测试目标。应使用测试目标（见 7.2）。
- 距离测试应采用动态方式，同时允许静态测试作为可选项。

目标出现后最大探测时间不应超过 2s。



注：

A——主车宽度

B——车辆参考面

图9 纵向探测区域

7.4 目标识别测试

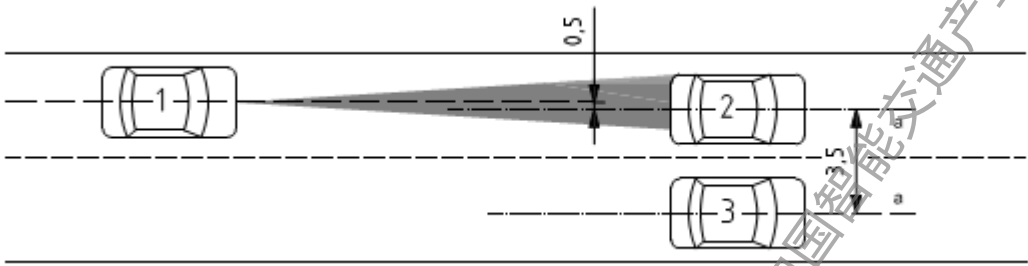
7.4.1 概述

目标识别的具体内容，见6.2.4。

7.4.2 初始条件

主车前方两辆同型号的車輛以速度 $v_{\text{vehicle_start}}$ 同向行驶。两车的纵向中心线间的距离为 $3.5\text{m} \pm 0.25\text{m}$ ，前车宽度在 1.4 至 2m 之间。

主车在稳定状态情况下跟随其中一辆前车。这辆被跟随的车即被定义为目标车辆。车间时距为 $\tau_{\text{max}}(v_{\text{vehicle_start}})$ 。主车与目标车辆纵向中心线间的横向偏差小于 0.5m（见图 10）。



注：

- 1---主车
- 2---主车车道上的前车
- 3---相邻车道上的前车
- a---每辆车的车速都是 $v_{\text{vehicle_end}}$

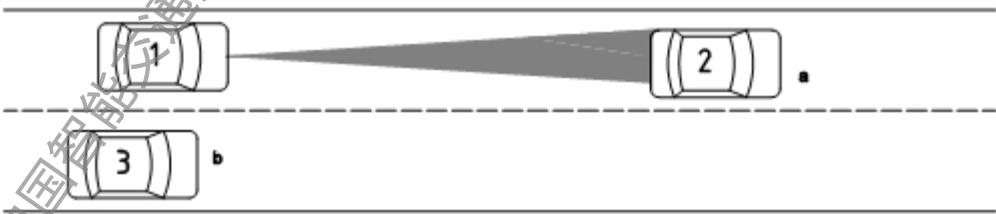
图10 识别测试（初始条件）

7.4.3 测试规程

目标车辆加速到 $v_{\text{vehicle_end}}$

如果主车在 LSF 控制下超过相邻车道上的前车（见图 11），则测试成功。

$$v_{\text{vehicle_end}} = V_{\text{ref}}$$
$$v_{\text{vehicle_start}} = v_{\text{vehicle_end}} - 3 \text{ m/s}$$



注：

- 1---主车
- 2---目标车辆

3---相邻车道上的前车

a---目标车辆车速为 $v_{\text{vehicle_end}}$

b---相邻车道上前车车速为 $v_{\text{vehicle_start}}$

图11 识别测试（结束条件）

7.5 自动减速测试

7.5.1 概述

跟车能力在 6.3.2 中定义。

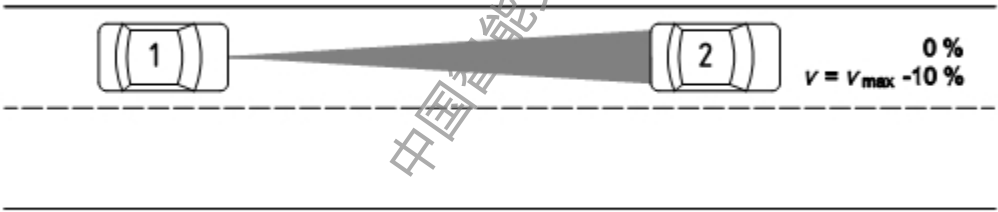
7.5.2 初始条件

前车以 $v_{\text{max}} - 10\%$ （见图 12）的速度行驶。

前车宽度应在 1.4m 到 2m 之间。

主车在稳定状态下跟随前车。

车间时距应为 $\tau_{\text{min}}(v_{\text{max}})$ 。



注：

1---主车

2---前车

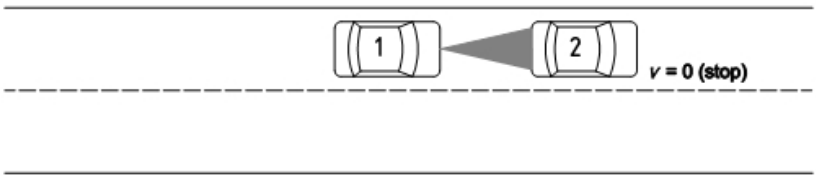
图12 自动减速测试（初始条件）

7.5.3 测试规程

目标车辆减速直到停下。

目标车辆的减速度应为 $(2.5 - 0.5) \text{ m/s}^2$

如果主车在 LSF 控制下跟随目标车辆减速到 v_{min} （见图 13），则测试成功。



注：

- 1---主车
- 2---目标车辆

图13 自动减速测试（结束条件）

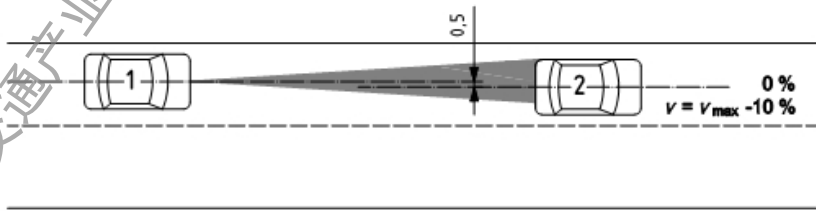
7.6 自动目标重选能力测试

7.6.1 概述

自动目标重选能力在6.3.3中定义。

7.6.2 初始条件

- 前车以 $v_{max} - 10\%$ 速度行驶。
- 前车宽度应在 1.4m 到 2m 之间。
- 主车在稳定状态下跟随前车。
- 指定主车跟随的前车为目标车辆。
- 车间时距应为 $\tau_{min}(v_{max})$ 。
- 主车与目标车辆纵向中心线间的横向偏差小于 0.5m（见图 14）。



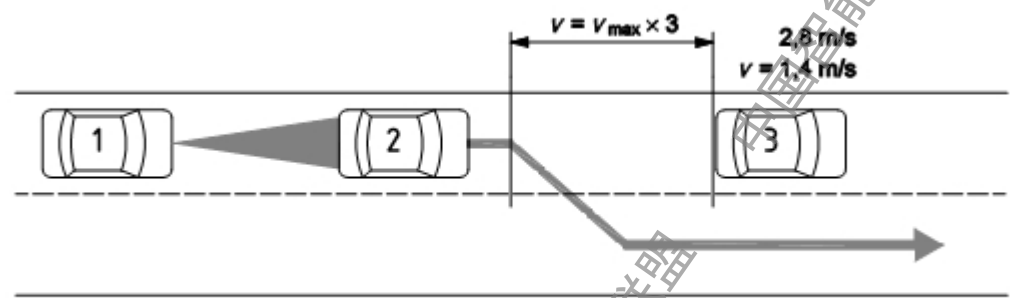
注：

- 1---主车
- 2---目标车辆

图14 自动重选目标能力（初始条件）

7.6.3 测试规程

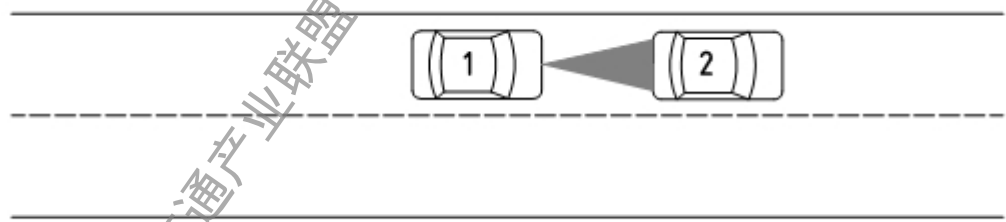
- 1) 低速行驶的车辆车速应为 1.4m/s 到 2.8m/s。
- 2) 当探测到低速行驶的车辆时，目标车辆将换道（见图 16）。
- 3) 换道的位置为 $3 \text{ 秒} \times v_{\text{max}} - 10\%$ 。
- 4) 主车与低速行驶车辆的纵向中心线间的横向偏差小于 0.5m。
- 5) 当主车在 LSF 系统控制下，以合适的车间距跟随低速行驶的车辆（见图 15），则测试成功。



注：

- 1---主车
- 2---目标车辆
- 3---低速行驶的车辆

图15 自动重选目标能力测试（换道情况下）



注：

- 1---主车
- 2---低速移动车辆

图16 自动重选目标能力测试（结束条件）

7.7 弯道能力测试

7.7.1 概述

本测试应考虑结合 LSF 系统传感器的视野范围对道路几何形状进行预测。

道路几何形状预测和车前探测的不同方法用于不同的驾驶场景需求。

7.7.2 测试场地

测试车道应包含固定半径的环形跑道或足够长的弯道路段。弯道的半径取值范围为 R_{\min} 的 80%到 100%。可以顺时针和逆时针双方向行驶。对车道标线、护栏等设施没有限制要求（见图 18）。

对于 LSF 系统，测试车道的 R_{\min} 应为 80m。

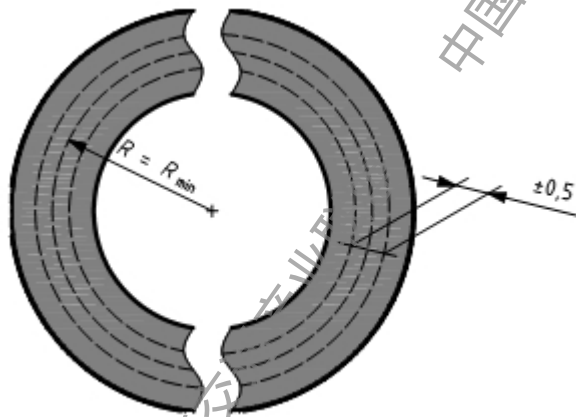


图17 测试车道示意

7.7.3 弯道选定目标车辆的能力

应按 7.2 的定义为目标车辆提供测试目标，测试目标应安装在车尾的中间，离地面高度为 (0.6 ± 0.1) m。其余暴露的表面按如下原则进行隐藏处理，使车尾部的雷达散射截面 RCS 不大于 0.6 m^2 或使其反射率不大于测试目标的 20%。

7.7.4 驾驶场景

主车在相同路径上稳态跟随目标车辆（二车纵向中心线的横向偏差在 $\pm 0.5 \text{ m}$ 之间）。测试之前，主车和目标车辆应符合图 15（对主车和目标车辆）定义的测试开始条件。测试过程的具体细节见表 2、表 3 和图 19。

目标车辆的初始速度为：

$$v_{\text{circle_start}} = v_{\text{max}} - 10\%$$

在适当的时间，目标车辆减速并观测主车的响应。主车应在与目标车辆的车间时距减小至 $2/3\tau_{\min}$ 才

开始减速（见图 20）。

目标车辆的弯道能力测试条件，见表 2。

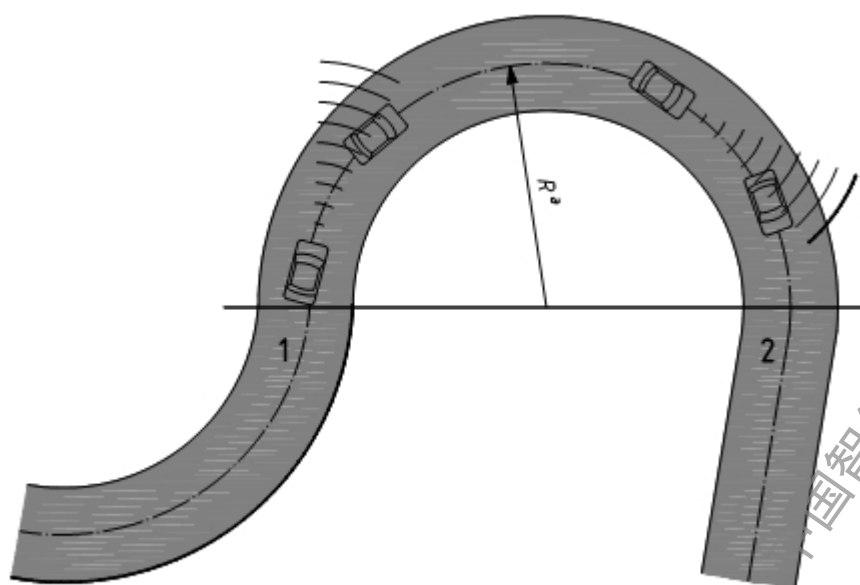
表2 弯道能力测试条件（目标车辆）

项目	测试前准备	初始条件	测试策略一	测试策略二
速度	$v_{\text{circle_start}}$ =常速		降速： $3.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$	常速= $v_{\text{circle_start}}=3.5 \pm 1\text{m/s}$
时间	至少 10s	触发时间 0s	2s	——
半径	不小于 7.7.2 中定义 值 R ；可变更	R =常量（见 7.7.2）		

主车的弯道能力测试条件，见表 3。

表3 弯道能力测试条件（主车）

项目	测试前准备	初始条件	测试策略一	测试策略二
速度	LSF 系统控制			
加速度	不大于 0,5 m/ s ²		观察本车减速度	
半径	不小于 7.7.2 中定义 值 R; 可变更	R=常量（见 7.7.2）		
与目标车辆的车 间时距	$\tau_{\max}(\text{vcircle_start}) \pm 25\%$		由 LSF 系统控制，可以检测	



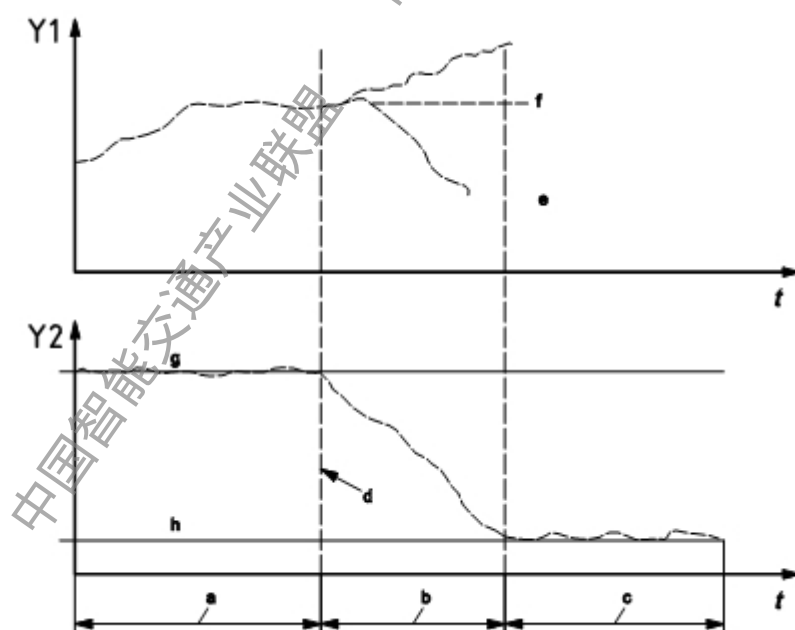
注:

1—测试开始（本车位于具有恒定半径的测试车道上，且满足其他初始条件）

2---测试结束【本车开始减速时（正确反应）或车间时距降至 $2/3 \tau_{\max}$ 时】

1 a 常量

图18 测试车道布局实例



注:

T/ITS 0045—2016

t---测试时间

Y1---本车速度

Y2---目标车速度

a---测试准备

b---第一测试环节

c---第二测试环节

d---测试开始

e---正确反应

f---错误反应

g---目标车速度为 $v_{\text{circle_start}}$

h---目标车速度为 $v_{\text{circle_start}} - 3.5\text{m/s}$

图19 弯道能力测试时间

附录 A

(规范性附录)
技术资料

A.1 激光雷达, 目标的反射系数

A.1.1 立体角 Ω

立体角 Ω , 激光照射区域面积与球面半径平方的比值。见图 A.1。

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

式中:

Ω : 立体角, 单位为球面度;

A : 可用区域面积; 单位为平方米

d_A : 光源和投影面 A 之间的距离 (单位: 米)

Ω_0 : 光源的立体角, 单位为球面度。

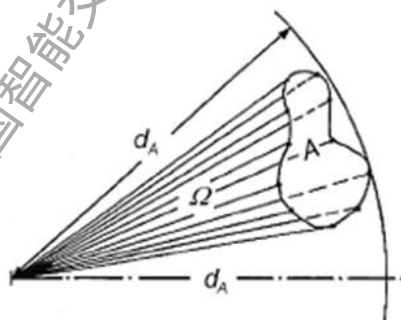


图 A 1 立交角

A.1.2 辐射强度

辐射强度 I , 由辐射能量 Φ 决定, 光源在单位立体角 Ω 上的辐射能量 Φ 。

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

式中:

I_{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, 单位为瓦特/球面度;

Φ_{ref} : 辐射能量, 单位瓦特;

Ω_1 : 反射光的立体角, 单位球面度。

A.1.3 照度 E

光源辐射能量与受照面积的比值，即照射密度。

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

式中： E_t 是照度，单位为瓦特/平方米

A.1.4 测试目标系数 CTT

测试目标由反射体的系数定义,该系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。

$$CTT = \frac{I_{ref}}{E_t}$$

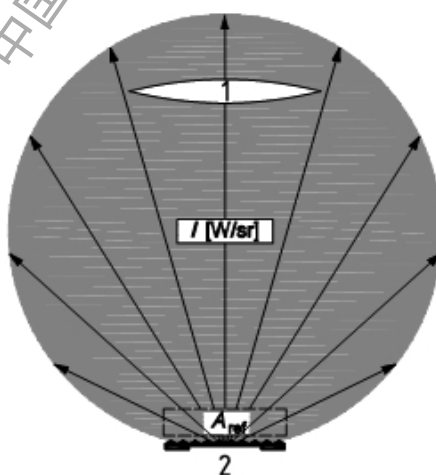
式中:

CTT: 测试目标系数, 单位平方米/球面度

I_{ref} : 反射体在某一特定方向上的辐射强度, 在接收器前测量获取, 单位瓦特/球面度。

E_t : 发射光源照度, 单位瓦特/平方米。

具有 CTT 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 $\geq 8 \times 10^{-3} \text{sr}$ 。



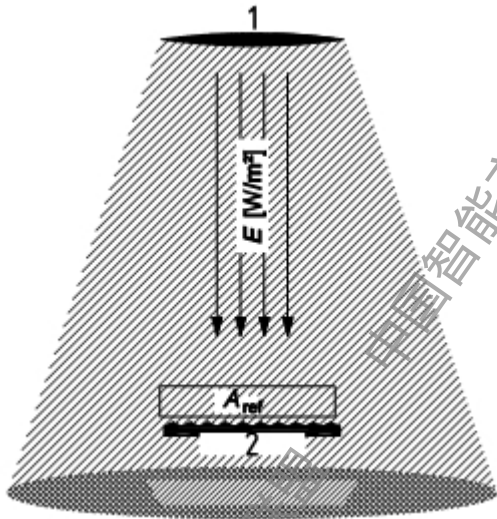
注:

1---接收器

2---反射体

图 A 2 接收器示意图

测试目标的CTT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。

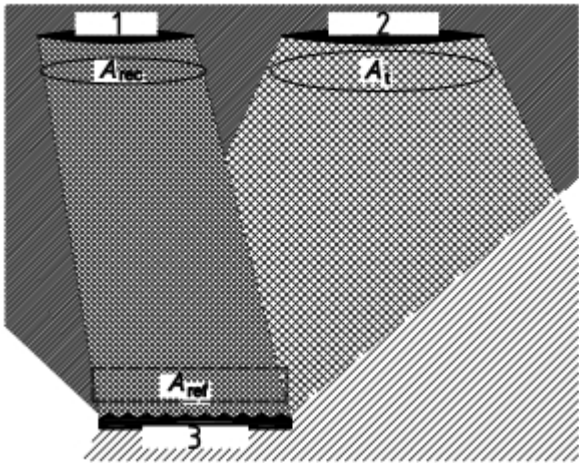


注：
1---发射机
2---反射体

图 A 3 发射机示意图

A. 1. 5 反射体尺寸

应定义反射体的大小（见图 A.4），经验表明，在与车辆相关的应用中，Lambert 反射体尺寸取值在 1.7m^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 20cm^2 左右。



注：

1---接收器

2--- 发射机

3--- 反射体

图 A 4 反射体示意图

Lambert 反射体可以反射一个球面内（见图 A.5）

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

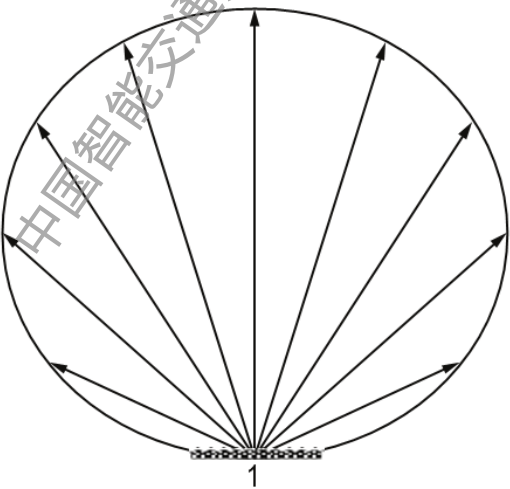
式中：

Φ_{\oplus} ：辐射能量，单位瓦特；

I_0 ：辐射强度，单位瓦特/球面度；

Ω_0 ：立体角，单位球面度。

1.7m² 相当于一辆小型车的反射截面。



注：

---反射体

图 A 5 Lambert 反射体

A. 2 锥形测试目标的RCS定义

测试目标由雷达横截面积（RCS）定义。

测试目标的外观见图A. 6

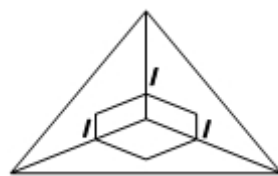


图 A 6 锥形反射体

$$RCS = \frac{(4 \times \pi \times l^4)}{(3 \times \lambda^2)}$$

式中:

l 为反射体一边的长度 (m)

λ 为雷达的波长 (m)

参考文献

- [1] ISO 15622,交通信息和控制系统——自适应巡航系统——性能要求和测试规程
 - [2] ISO 15623,交通信息和控制系统——前碰撞预警系统——性能要求和测试规程
-

中国智能交通产业联盟
标准
智能交通系统 低速跟车系统
性能要求和测试规程
T/ITS 0045-2016

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org>

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月第一次印刷