



中华人民共和国国家标准

GB/T 20608—2006

智能运输系统 自适应巡航控制系统 性能要求与检测方法

Intelligent transportation systems—Adaptive cruise control systems—
Performance requirements and test procedures

2006-11-07 发布

2007-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	2
4 ACC 系统类型及状态	3
4.1 ACC 系统类型	3
4.2 ACC 系统状态	4
5 性能要求	4
5.1 基本控制策略	4
5.2 基本性能	5
5.3 基本的人机交互功能	6
5.4 操作限制	7
5.5 制动灯控制(仅适用于 ACC2 型系统)	7
5.6 故障处理	7
6 性能评价的测试方法	8
6.1 测试环境条件	8
6.2 试验目标参数	9
6.3 探测距离测试	9
6.4 目标识别能力测试	9
6.5 弯道适应能力测试	10
附录 A (规范性附录) 相关技术说明	13
参考文献	19

前 言

本标准对应于 ISO 15622:2002(E)《交通信息与控制系统 自适应巡航控制系统 性能要求与检测规程》(英文版),与 ISO 15622:2002 一致性程度为非等效。

本标准的附录 A 是规范性附录。

本标准由中华人民共和国交通部提出。

本标准由全国智能运输系统标准化技术委员会(SAC/TC 268)归口。

本标准起草单位:交通部公路科学研究院、武汉理工大学。

本标准主要起草人:李斌、吴涛、赵丽、应世杰、吴超仲、汪林、宋飞。

引言

自适应巡航控制(ACC)系统的主要功能是基于特定的信息控制车速与前方车辆运动状况相适应, 这些包括:(1)与前车间的距离;(2)本车(配备 ACC)的运动状态;(3)驾驶员的操作指令(见图 1)。基于上述信息,控制器(图 1 中称为“ACC 控制策略”)发送控制指令给执行器以执行纵向控制,同时将状态信息提供给驾驶员。

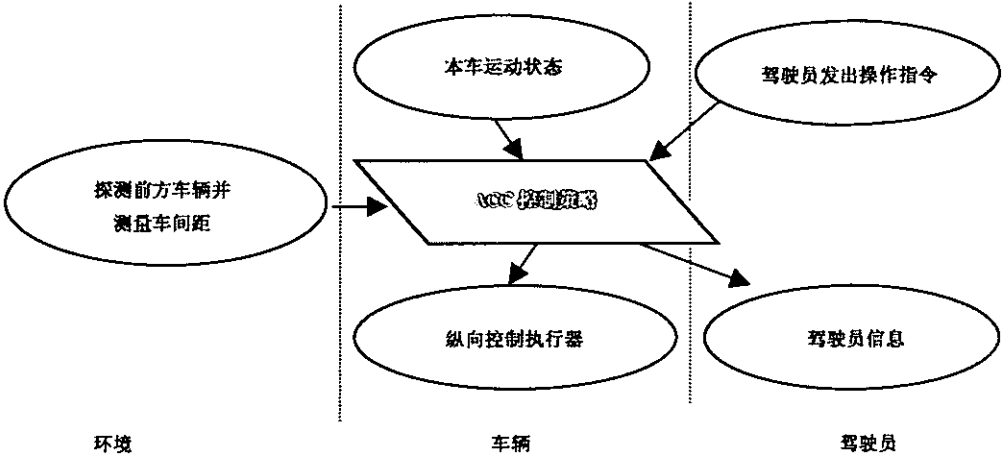


图 1 ACC 系统的工作原理

ACC 的目的是通过对车辆纵向运动进行自动控制,以减轻驾驶员的劳动强度,保障行车安全,并通过方便的方式为驾驶员提供辅助支持。

本标准可被其他标准作为基本标准采用,例如,有关探测传感器及其扩展功能等,这将有助于使 ACC 相关标准更加详尽。因此,用于协调合作解决方案的探测传感器在功能、性能及通讯方面的特殊要求将不在本标准的讨论之列。

智能运输系统 自适应巡航控制系统 性能要求与检测方法

1 范围

本标准规定了自适应巡航控制(以下简称 ACC)系统的基本控制策略、最低的功能要求、基本的人机交互界面、故障诊断及处理的最低要求以及性能检测规程。

本标准适用于 ACC 系统的性能检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4782 道路车辆 操纵件、指示器及信号装置 词汇

UN ECE-R13-H 关于核准乘用车制动性能的统一规定

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

主动制动控制 active brake control

由 ACC 系统而不是驾驶员施加的制动控制动作。

3.1.2

自适应巡航控制 adaptive cruise control (ACC)

常规巡航控制系统的提升和扩展(见 3.1.5 常规巡航控制),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。

3.1.3

制动 brake

产生阻碍车辆运动或运动趋势的力(制动力)的过程,分为以下种类:

摩擦制动——由车辆上相对运动的两部分产生的摩擦力;

电磁制动——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;

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:本标准中,传动控制装置的制动不予考虑。

3.1.4

车间距 clearance, c

前车尾部与本车头部之间的距离。

3.1.5

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系统。

3.1.6

前车 forward vehicle

与本车同向、同路,并在本车前方行驶的车辆。

3.1.7

自由流交通 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。

3.1.8

车间时距 time gap, τ

本车驶过连续车辆的车间距所需的时间间隔。

注:车间时距 τ 与车速 v 和车间距 c 相关,计算公式是 $\tau = c/v$,如图 2 所示。

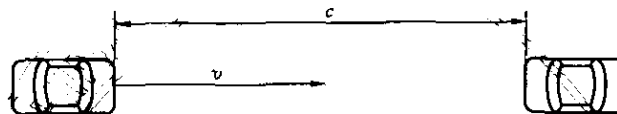


图 2 车间时距

3.1.9

设定速度 set speed

由驾驶员或由 ACC 系统以外的其他控制系统设定的期望行驶速度,亦即车辆在 ACC 系统控制下的最高期望速度。

3.1.10

稳定状态 steady state

相关参数不随时间、距离变化的车辆状态。

注:圆可以认为是具有稳定半径状态的曲线,同理,以恒定速度行驶的车辆也可认为处于稳定状态。

3.1.11

本车 subject vehicle

本标准中,特指配备有 ACC 系统的车辆。

3.2 符号

表 1 所列符号适用于本标准。

表 1 符号及说明

符 号	说 明	符 号	说 明
A	可用区域	d_1	判断是否有必要测量距离或相对速度的临界距离
A_i	受照区域	d_2	需要测量操作的距离
$a_{\text{lateral_max}}$	弯道上的最大设计横向加速度	d_A	光源与受照区域 A 之间的距离
a_{min}	最小纵向加速度,亦即最大纵向减速度	d_{max}	直道上的最大探测范围
a_{max}	最大纵向加速度	$d_{\text{max_curve}}$	弯道上的最大探测范围
a_{test}	弯道适应能力测试中所允许的最大加速度	E_i	发射光源的照度
$a_{\text{vehicle_max}}$	人工驾驶时可能采取的最大减速度	FOV	视野范围
CTT	描述测试目标的红外反射能力的参数	I_{ref}	反射光源在某一特定方向上的辐射强度
c	车间距	L	雷达测试目标(反射体)的边长
d	测试目标与传感器之间的距离	R	弯道半径
d_0	判断是否有必要探测目标车辆的临界距离		

表 1(续)

符 号	说 明	符 号	说 明
RCS	对雷达信号的散射横截面积	$v_{\text{vehicle_start}}$	测试开始时的车速
R_{circle}	弯道的实际半径	y_{max}	在 $d_{\text{max_curve}}$ 距离处,由车辆纵向中心线开始测量的视野范围宽度
R_{min}	弯道的最小半径	α	视野角度的一半
$T_{\text{brake_max}}$	达到最大减速度所用的最短时间	λ	雷达的波长
t_0	测试开始时刻	τ	车辆间的车间时距
t_1	操作开始时刻	$\tau_{\text{max}}(v)$	当给定车速 v 时,可以获得的最大的稳态车间时距
t_2	操作结束时刻	τ_{max}	可供选择的最大车间时距
t_3	测试结束时刻	$v_{\text{vehicle_end}}$	测试结束时的车速
v	本车的实际行驶速度(相对于路面)	$v_{\text{vehicle_max}}$	车辆的最高行驶速度
v_{circle}	弯道上,当给定最大横向加速度 $a_{\text{lateral_max}}$ 时的最高车速	$\tau_{\text{min}}(v)$	当给定车速 v 时,可以获得的最小的稳态车间时距
$v_{\text{circle_start}}$	车辆进入半径为 R 的弯道时的初始速度	τ_{min}	可供选择的最小车间时距
v_{low}	允许车辆自动加减速所要求的最低车速	Φ	辐射能量
v_{set}	设定车速	Ω	立体角
$v_{\text{set_max}}$	可供选择的最高设定车速	Ω_0	光源发光范围的立体角
$v_{\text{set_min}}$	可供选择的最低设定速度	Ω_1	反射源立体角
HDA	水平探测区域		
I_0	辐射强度		

4 ACC 系统类型及状态

4.1 ACC 系统类型

4.1.1 根据纵向控制执行器结构分类

ACC 系统根据纵向控制执行器结构的不同分为 4 种类型,见表 2。

表 2 ACC 系统类型

类 型	是否需要人工操纵离合器	是否有主动制动控制
ACC1a	是	无
ACC1b	否	无
ACC2a	是	有
ACC2b	否	有

ACC 系统的减速能力应在车辆用户使用手册中明确指出。

当配备离合器的车辆进行主动制动控制时(如 ACC2a 型),如果离合器无法自动分离,应将制动和发动机怠速控制间的潜在冲突及早提示给驾驶员,并为驾驶员提供一种明确而切实可行的切换方案(见 5.3.1)。

4.1.2 根据弯道行驶适应能力分类

ACC 系统根据对弯道行驶的适应能力分为 4 种类型,见表 3。

表 3 基于弯道行驶能力的 ACC 系统分类 单位为米

类 型	对弯道半径的适应能力
ACC I	没有要求
ACC II	≥ 500
ACC III	≥ 250
ACC IV	≥ 125

4.2 ACC 系统状态

ACC 系统的状态可分为 3 种:ACC 关闭状态、ACC 等待状态和 ACC 工作状态。ACC 系统的状态及其转换见图 3。

4.2.1 ACC 关闭状态

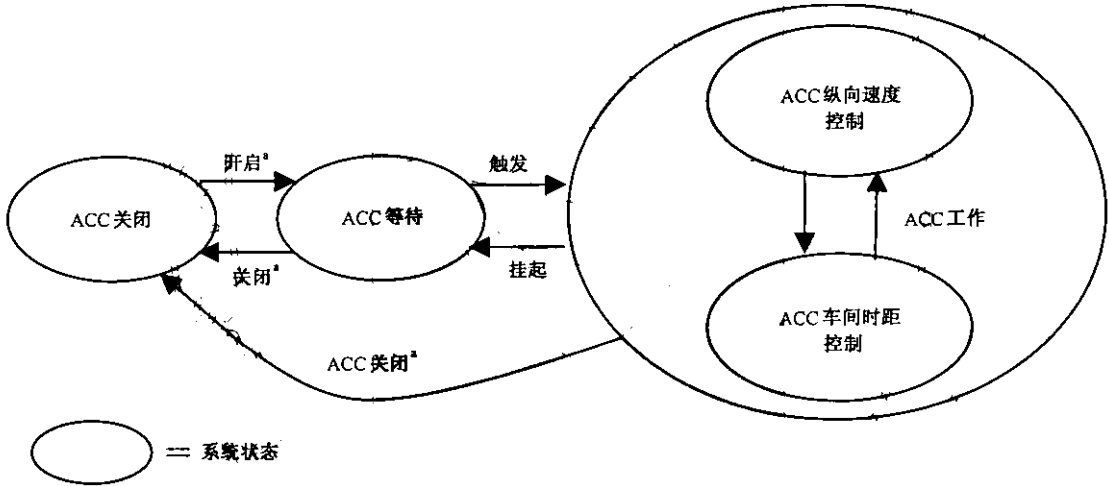
直接的操作动作均不能触发 ACC 系统。

4.2.2 ACC 等待状态

ACC 系统没有参与车辆的纵向控制,但可随时被驾驶员触发而进入工作状态。

4.2.3 ACC 工作状态

ACC 系统控制本车的速度和(或)车间时距。



^a 自检以后的手动和(或)自动操作。手动切换实现 ACC 的关闭与非关闭状态的转换,系统检测到错误后将自动关闭 ACC。

图 3 ACC 系统的状态及其转换

5 性能要求

5.1 基本控制策略

以下控制功能以及状态转换功能是对 ACC 系统的最低要求,并构成其基本的系统行为:

- 当 ACC 处于工作状态时,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 ACC 系统自动完成。
- 稳定状态的车间时距可由系统自动调节或由驾驶员调节(见 5.3.1)。
- 当本车的速度低于最低工作速度 v_{low} 时,应禁止由“ACC 等待状态”向“ACC 工作状态”的转换。此外,如果系统处于“ACC 工作状态”并且速度低于 v_{low} 时,自动加速功能应被禁止,此时 ACC 系统可由“ACC 工作状态”自动转换为“ACC 等待状态”(见 5.3.2)。
- 如果前方存在多辆车,则 ACC 系统应自动选择跟随本车道内最接近的前车(见 5.2.5.3)。

5.2 基本性能

5.2.1 控制模式

控制模式(车间时距控制和车速控制)应自行转换。

5.2.2 车间时距

τ_{\min} 为可供选择的最小的稳态车间时距,可适用于各种车速 v 下的 ACC 控制。 $\tau_{\min}(v)$ 应大于或等于 1 s,并且至少应提供一个在 1.5 s~2.2 s 区间内的车间时距 τ 。

5.2.3 本车速度

ACC 系统可以控制的本车行驶速度。

5.2.4 静止目标

对静止目标的响应不是 ACC 系统所应具备的功能。如果 ACC 系统不能对静态目标做出响应,则应在车辆的用户使用手册中予以声明。

5.2.5 跟踪

5.2.5.1 概述

在稳定状态下,ACC 系统应遵循 5.2.2 中规定的车间时距最小临界值。

过渡过程中的车间时距可能会暂时降至临界值以下,在这种情况下,系统应在一定时间内恢复到临界值以上。

ACC 系统应具备 5.2.5.2~5.2.5.4 中详细说明了探测距离、目标识别能力以及弯道适应能力。

5.2.5.2 直道的探测距离(类型 I, II, III, IV)

如果前车位于 d_1 至 d_{\max} 的距离范围内,则 ACC 系统需要测量本车与前车之间的距离(见图 4)。

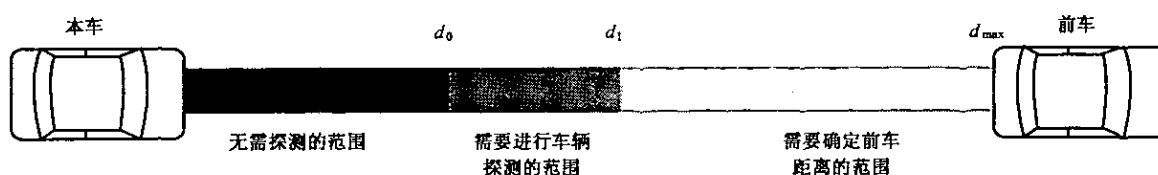


图 4 探测范围

$$d_{\max} = \tau_{\max}(v_{\text{set_max}}) \times v_{\text{set_max}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

如果前车位于 d_0 至 d_1 的距离范围内,ACC 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和相对速度,同时,ACC 系统应增加车间距和(或)禁止自动加速。

$$d_1 = \tau_{\min}(v_{\text{low}}) \times v_{\text{low}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

如果前车位于 d_0 距离以内,ACC 系统无需探测前车的存在。

$$d_0 = \text{MAX}[2, (0.25 \times v_{\text{low}})] \quad \dots\dots\dots (3)$$

5.2.5.3 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 ACC 系统属于 II 型或 III 型或 IV 型,则与本车处于同一车道的前车(见图 5)将被选作 ACC 控制的目标车,检测方法见 6.4。

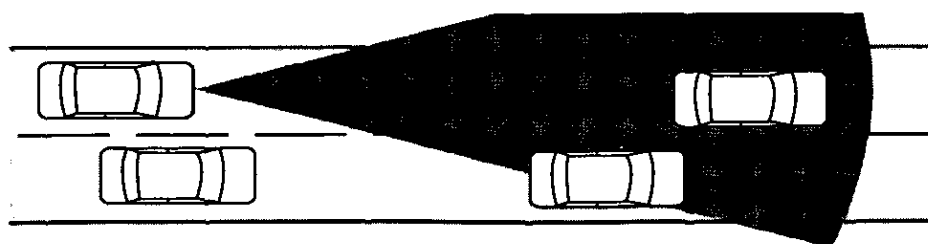


图 5 目标识别

5.2.5.4 弯道适应能力(类型Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ)

ACC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_{circle} 行驶,ACC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ACC系统对弯道半径的适应能力不同:ACCⅠ型仅适应于直道(可认为半径为无穷大);ACCⅡ型可适应的弯道最小半径为 $R_{\min,Ⅱ}=500\text{ m}$;ACCⅢ型可适应的弯道最小半径为 $R_{\min,Ⅲ}=250\text{ m}$;ACCⅣ型可适应的弯道最小半径为 $R_{\min,Ⅳ}=125\text{ m}$ 。

$$v_{\text{circle}} = \sqrt{a_{\text{lateral_max}} \times R_{\min}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

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

$a_{\text{lateral_max}}$ ——公路弯道上的最大设计横向加速度,其取值如下:

$$a_{\text{lateral_max,Ⅱ}} = 2.0\text{ m/s}^2;$$

$$a_{\text{lateral_max,Ⅲ}} = 2.3\text{ m/s}^2;$$

$$a_{\text{lateral_max,Ⅳ}} = 2.3\text{ m/s}^2。$$

$a_{\text{lateral_max}}$ 用于分析驾驶员弯道驾驶行为(95%的驾驶员),见图6。

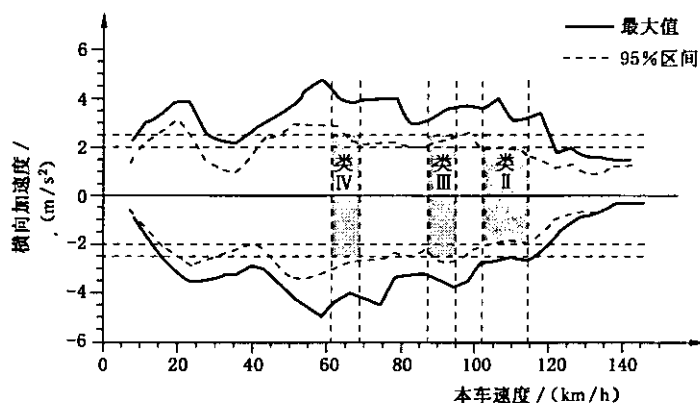


图6 一般驾驶员的横向加速度

5.3 基本的人机交互功能

ACC系统应具备下列控制和干预能力。

5.3.1 操作与系统反应

5.3.1.1 ACC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。

5.3.1.2 当驾驶员施加的制动力大于ACC系统的制动力时,驾驶员的制动行为将使ACC系统失效(切换到ACC等待状态,见图3)。ACC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)。即使在ACC系统处于自动制动的情况下,也不应明显削弱车辆对驾驶员踏板制动力的动态响应能力。

5.3.1.3 驾驶员踩下离合器踏板时,ACC1a和ACC2a型系统应暂时休眠但保持工作状态或是切换到等待状态。在踩下离合器踏板的过程中,ACC2a型系统的自动制动操作能依然有效。当释放制动踏板后,ACC系统可恢复到工作状态或切换到等待状态以便对驾驶员的离合器踏板输入做出响应。

5.3.1.4 当驾驶员与ACC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ACC系统。

如果驾驶员的制动需求高于ACC系统时,ACC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。

5.3.1.5 自动制动状态(仅适用于ACC2型系统)对车轮的抱死时间不应超过ABS的允许值。ACC

系统不干涉 ABS。

5.3.1.6 ACC 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。ACC 系统不干涉牵引力控制系统。

5.3.1.7 ACC 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。

5.3.1.8 如果 ACC 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 ACC 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 ACC 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)。

5.3.1.9 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。

5.3.2 显示

5.3.2.1 为驾驶员提供最基本的反馈信息,包括 ACC 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 ACC 系统处于工作状态时才显示设定速度信息,且应使显示不影响驾驶行为。

5.3.2.2 如果 ACC 系统关闭或者出现故障,应及时提示驾驶员,提示符号应符合 GB/T 4782 的规定。

5.3.2.3 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。

5.3.2.4 推荐采用信息“探测到车辆”来表示 ACC 系统已探测到前方有一车辆,可作为控制的参考目标。此信息不强制使用。

5.3.3 符号

如果采用符号来标识 ACC 系统的功能和故障状态,应符合 GB/T 4782 的规定。

5.4 操作限制

ACC 系统进行正向加速操作的前提是车速在最低巡航速度(v_{low})以上, $v_{low} \geq 5 \text{ m/s}^{1)}$ 。

当 ACC 系统正处于自动关闭过程中,并且车辆速度低于 v_{low} 时,不允许突然撤销制动力。

最低的设定车速(v_{set_min})应为: $v_{set_min} \geq 7 \text{ m/s}$ 且 $v_{set_min} \geq v_{low}$ 。

ACC 系统的平均减速度不应大于 3.0 m/s^2 (以 2 s 的长度按采样值求平均)。

ACC 系统的减速度的平均变化率不应大于 2.5 m/s^3 (以 1 s 的长度按采样值求平均)。

ACC 系统的自动加速度(a_{max})不大于 2.0 m/s^2 。

5.5 制动灯控制(仅适用于 ACC2 型系统)

如果 ACC 系统工作过程中进行自动制动操作,则应点亮制动灯,当 ACC 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 ACC 系统开始制动操作后的 100 ms 以内完成。为防止制动灯忽亮忽暗,在 ACC 结束制动之后可维持制动灯亮一个合理的时间。

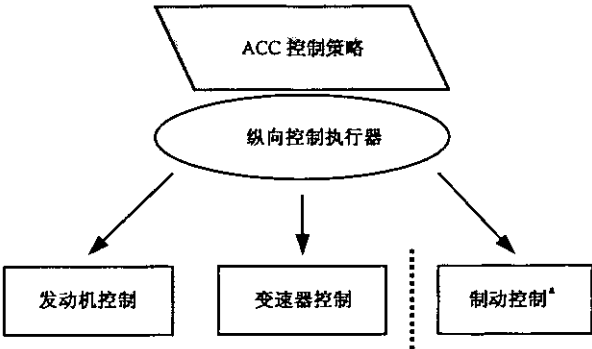
5.6 故障处理

表 4 和表 5 列举了 ACC 系统出现故障时的提示信息。

表 4 和表 5 列举的故障应立即提示驾驶员(ACC2 型系统发生的变速箱故障除外),提示信息应保持至系统关闭。

ACC 系统重新开启之前应完成系统自检,自检过程可由点火开关或 ACC 系统开关触发。

1) 现有常规巡航控制系统的最低巡航速度为 5 m/s。



^a 仅适用于 ACC2 型系统。

图 7 纵向控制执行机构

表 4 ACC1 型系统的故障处理

故障子系统	故 障 处 理	
	发生故障时 ACC 系统的工作模式	
	减速控制模式	发动机控制模式
发动机	放弃 ACC 的发动机控制模式	放弃 ACC 的发动机控制模式
变速箱	放弃 ACC 控制模式	放弃 ACC 的发动机控制模式
探测和距离传感器	保持与故障前相同的策略,保持时间至少为 $v > v_{low}$ 的时间段。 一旦驾驶员操纵制动踏板或加速踏板或 ACC 关闭开关,系统立即关闭	放弃 ACC 的发动机控制模式
ACC 控制器	放弃 ACC 控制模式	放弃 ACC 控制模式

表 5 ACC2 型系统的故障处理

故障子系统	故 障 处 理	
	发生故障时 ACC 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 ACC 的发动机控制模式
制动系统 ^a	放弃 ACC 控制模式	放弃 ACC 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 ACC 开关,系统立即关闭	放弃 ACC 的发动机控制模式
ACC 控制器	放弃 ACC 控制模式	放弃 ACC 控制模式

^a 如果变速器出现故障,制动操作应能完成减速功能。

6 性能评价的测试方法

6.1 测试环境条件

测试环境条件如下:

- a) 测试场地为平坦干燥的沥青或混凝土路面;
- b) 温度应在 0℃~40℃ 范围内;
- c) 水平能见度应大于 1 km。

6.2 试验目标参数

6.2.1 采用红外激光雷达测试时：

- 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 cm^2 ；
- 测试目标 A 属于漫反射体,其 $\text{CTT}=(2\pm 0.2)\text{m}^2/\text{sr}$ (见附录 A)；
- 测试目标 B 属于漫反射体,其 $\text{CTT}=(1\pm 0.1)\text{m}^2/\text{sr}$ 。

6.2.2 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 $50 \text{ GHz}\sim 95 \text{ GHz}$ ；
- 测试目标 A 的 RCS 应为 10 m^2 ；
- 测试目标 B 的 RCS 应为 3 m^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)。

6.3 探测距离测试

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。测试时,至少应保证使位于距离 d_{\max} 的车辆参考平面内并且具有一定的横向位置偏移的反射体被探测到(见图 8)：

- 在 d_{\max} 距离处采用测试目标 A；
- 在 d_0, d_1 和 d_2 距离处采用测试目标 B；
- d_2 特指本车前方 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。

相同距离的测试应重复 20 次,测试的持续时间最长不应超过测试目标设置后 3 s ,至少有 18 次可以探测到测试目标(即 90% 的成功率)。

单位为米

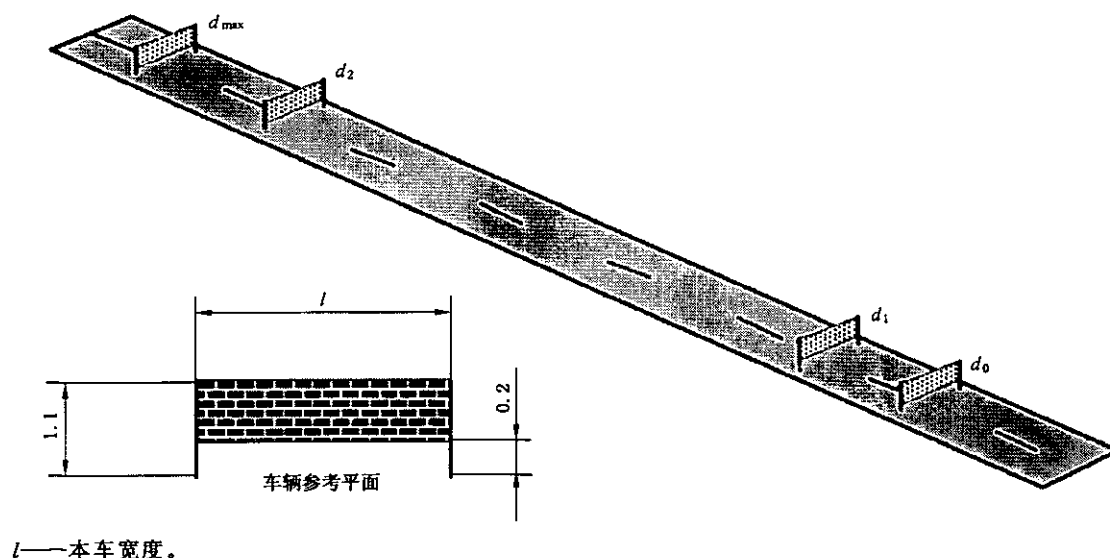


图 8 纵向探测区域

6.4 目标识别能力测试

6.4.1 初始条件

两辆同型号的车辆在本车的前方以速度 $v_{\text{vehicle_start}}$ 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 $1.4 \text{ m}\sim 2 \text{ m}$ 之间。

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 m(见图 9)。
单位为米

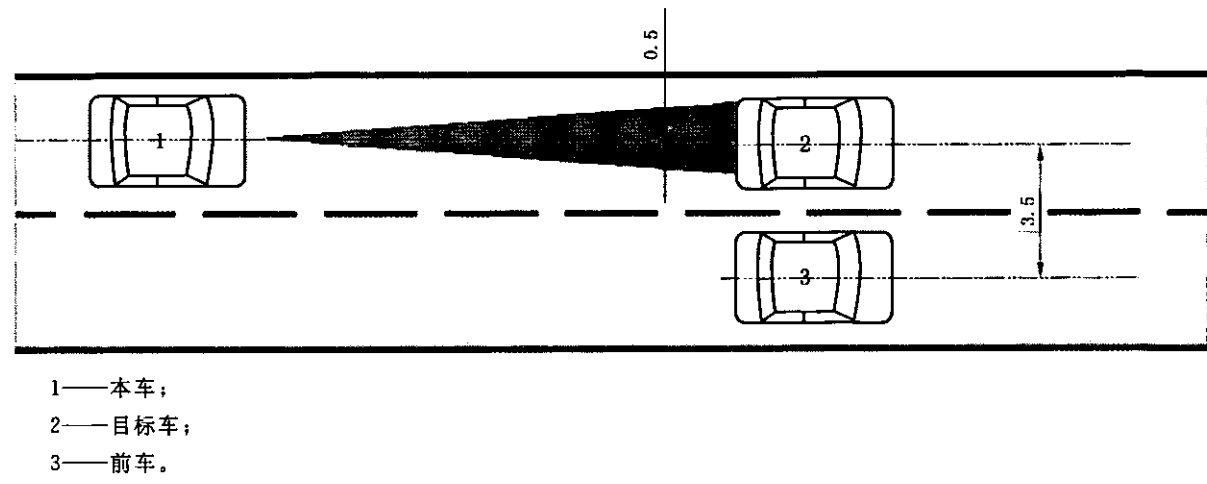


图 9 目标识别能力测试——初始条件

6.4.2 测试过程

目标车加速至 $v_{\text{vehicle_end}}$, 如果本车在 ACC 状态下超过相邻车道上的前车, 见图 10, 则测试合格。

其中:

- $v_{\text{vehicle_end}} = 27 \text{ m/s}$ (约等于 100 km/h); 如果车辆无法实现上述速度, 则采用 $v_{\text{vehicle_end}} = 22 \text{ m/s}$ (约等于 80 km/h);
- $v_{\text{vehicle_start}} = v_{\text{vehicle_end}} - 3 \text{ m/s}$ 。

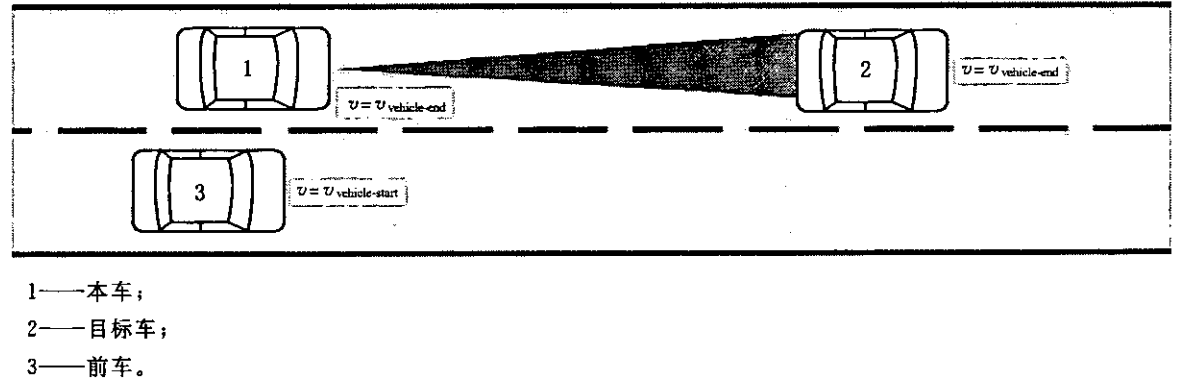


图 10 目标识别能力测试——结束条件

6.5 弯道适应能力测试

6.5.1 概述

本测试应考虑对道路几何结构参数进行预测, 同时兼顾 ACC 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。

6.5.2 测试场地

测试场地适用于 ACC II, ACC III, ACC 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 $(80\% \sim 100\%) \cdot R_{\min}$ 。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 11)。

- 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, $R_{\min, \text{IV}} = 125 \text{ m}$ 。

单位为米

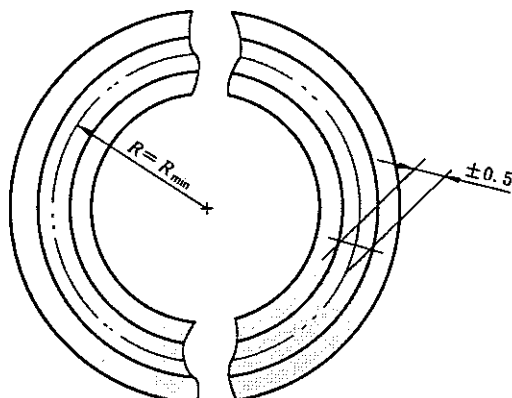


图 11 测试车道示意

6.5.3 用于弯道适应能力测试的目标车

在目标车尾部安装如 6.2 所述的测试目标 A,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 2 m^2 (移去测试目标 A 以后)或使其反射率不大于测试目标的 20%。

6.5.4 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图 9 给定的初始条件,测试过程的具体细节见表 6、表 7 和图 12。

目标车的初始速度如下:

$$v_{\text{circle_start}} = \min[(a_{\text{lateral_max}} \times R)^{1/2}, v_{\text{vehicle_max}}] \pm 1 \text{ m/s} \quad (5)$$

式中:

$a_{\text{lateral_max}}$ 的值取决于弯道半径(见附录 A):

——当 $R = R_{\text{min II}} = 500 \text{ m}$ 时, $a_{\text{lateral_max}} = 2.0 \text{ m/s}^2$;

——当 $R = R_{\text{min III}} = 250 \text{ m}$ 时, $a_{\text{lateral_max}} = 2.3 \text{ m/s}^2$;

——当 $R = R_{\text{min IV}} = 125 \text{ m}$ 时, $a_{\text{lateral_max}} = 2.3 \text{ m/s}^2$ 。

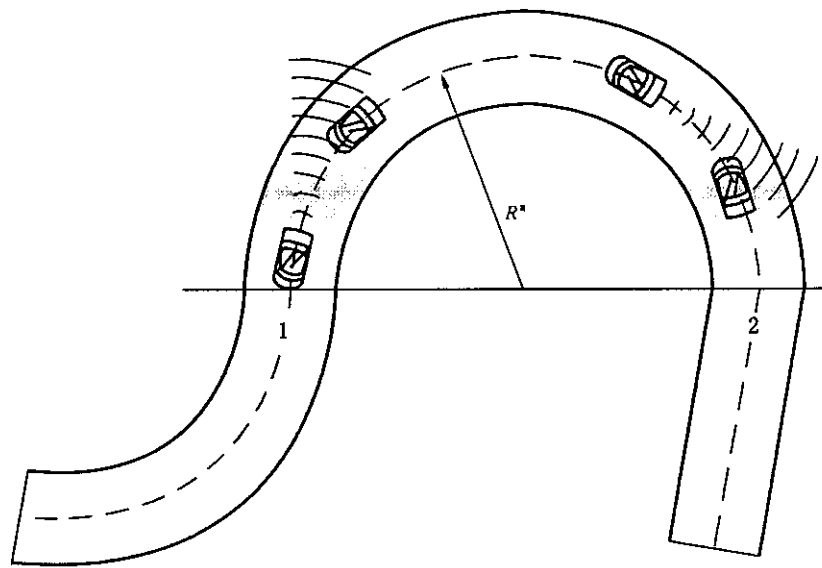
选择适当时机,使目标车减速,观察本车的反应。正常情况下,在车间时距减小至 $\frac{2}{3} \tau_{\text{max}}$ 之前,本车就会因与目标车车距减小而开始减速(见图 13)。

表 6 弯道适应能力测试条件——目标车

项 目	测试前准备	初始条件	第一测试环节	第二测试环节
速度	$v_{\text{vehicle_start}} = \text{常量}$		使车速降低 $3.5 \text{ m/s} \pm 0.5 \text{ m/s}$	$v_{\text{circle}} = \text{常量} =$ $v_{\text{vehicle_start}} - (3.5 \pm 1) \text{ m/s}$
时间	至少 10 s	时间触发 0 s	2 s	—
行驶轨迹的半径	不小于 6.5.2 中的定义值 R;可能改变	$R = \text{常量}$ (见 6.5.2)		

表 7 弯道适应能力测试条件——本车

项 目	测试前准备	初始条件	第一测试环节	第二测试环节
速度	由 ACC 系统控制			
加速度	$\leq 0.5 \text{ m/s}^2$		观测本车减速度	
行驶轨迹的半径	不小于 6.5.2 中的 定义值 R;可能改变	R=常量(见 6.5.2)		
至目标车辆的车间 时距	$\tau_{\max}(v_{\text{circle_start}}) \pm 25\%$		由 ACC 控制;观测车间时距	



- 1——测试开始时,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——当本车开始减速(正确反应)或车头时距降至 $\frac{2}{3}\tau_{max}$ 时,测试结束。

^a R 约为一常量。

图 12 测试车道设置举例

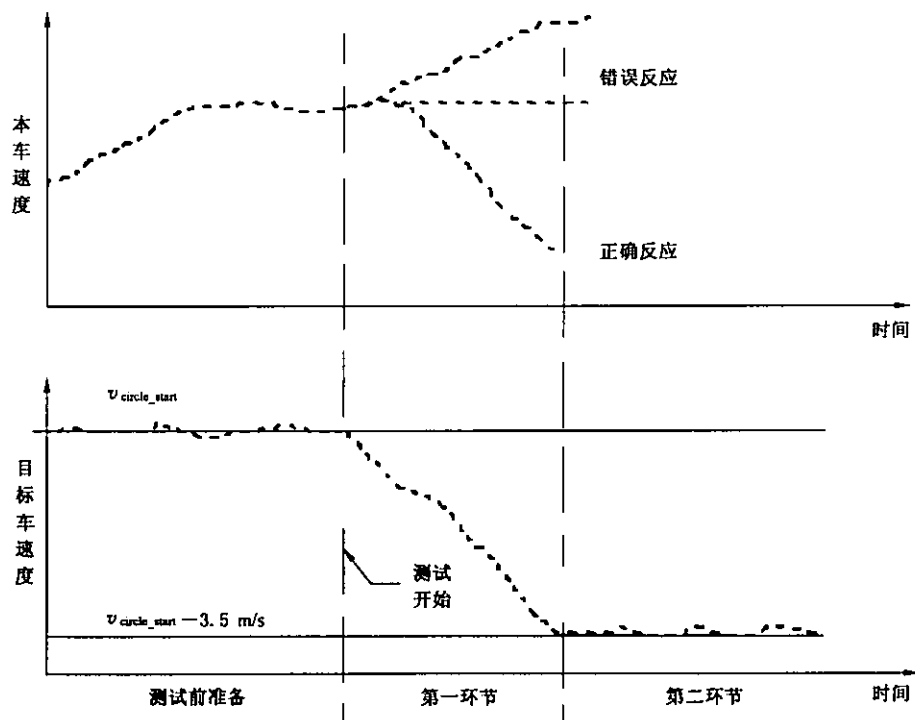


图 13 弯道适应能力测试的时间曲线

附录 A
(规范性附录)
相关技术说明

A.1 ACC II、ACC III 和 ACC IV 型系统的水平探测区域

A.1.1 概述

在设定的直道和固定半径的弯道上,探测及测距区域至少应覆盖前方最近的车辆,车道长度取决于车速,探测区域受最高车速以及横向加速度制约。

基于上述观点,水平探测区域(HDA)可以作为设计相应传感器的参考。

HDA 的定义基于以下的假设和定义(见图 A.1):

- a) 本车和前车的行驶轨迹是半径为 R 的圆;
- 注:直道可视为半径无穷大或曲率为零的圆。
- b) 半径 R 大于或等于 R_{\min} ;
- c) 为简化测试过程,本车和前车的宽度可以忽略²⁾。本车速度 v 小于或等于 $v_{\text{sel_max}}$;
- d) 车辆在弯道上以最大速度 v_{circle} 行驶时,其横向加速度的绝对值不超过 $a_{\text{lateral_max}}$;
- e) 弯道上的探测预瞄距离将大于 $\tau_{\max}(v_{\text{circle}}) \times v$;
- f) 预瞄距离受 5.2.5.2 中定义的最大探测距离 d_{\max} 的限制。

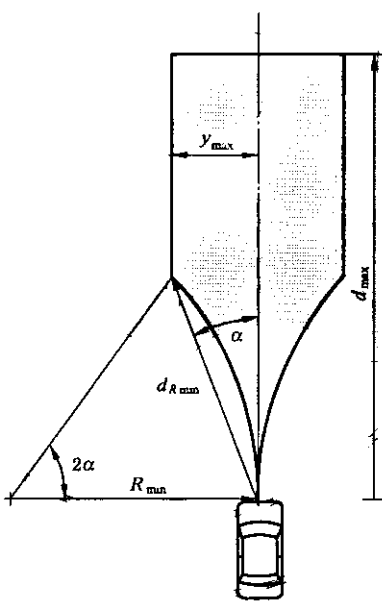


图 A.1 水平探测区域

推论:

根据上述 b)、e)、f) 假设条件,可以计算 HDA,其几何形状完全取决于以下 3 个参数:

- a) d_{\max} ;
- b) y_{\max} :

$$y_{\max} = \frac{\tau_{\max}(v_{\text{circle}})^2}{2} \times a_{\text{lateral_max}} \dots\dots\dots (A.1)$$

2) 事实上,车辆并不是在车道正中间行驶,具有横向偏移,而标准的车辆一般具有分布的反射体,可以补偿该横向偏移的影响。

c) d_{Rmin} :

$$d_{Rmin} = \tau_{\max}(v_{lateral}) \times \sqrt{a_{lateral_max} \times R_{min}} \dots\dots\dots (A.2)$$

在 HDA 区域内进行探测已经足够,但非必要。最低要求是能够探测到本车跟随行驶轨迹上的前车。

不适用于近距离的情况,见 5.2.5.2。

A.1.2 HDA 公式

A.1.2.1 基本公式

基本公式如下:

$$d_R = 2 \times \sin(\alpha) \times R \Leftrightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{d_R}{2R}\right) \dots\dots\dots (A.3)$$

$$y_{\max} = d_R \times \sin(\alpha) \Leftrightarrow R = \frac{d_R^2}{2y_{\max}} \dots\dots\dots (A.4)$$

A.1.2.2 弯道行驶速度对最大横向加速度的限制

弯道行驶速度对最大横向加速度的限制计算公式如下:

$$v_{circle} = \sqrt{a_{lateral_max} \times R} \dots\dots\dots (A.5)$$

如果预瞄时间 $[\tau_{\max}(v_{circle})]$ 为常量,则 d_R 与 v_{circle} 成正比

$$\tau_{\max}(v_{circle}) = \frac{d_R}{v_{circle}} \Rightarrow d_R = \tau_{\max}(v_{circle}) \times \sqrt{a_{lateral_max} \times R} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\Leftrightarrow \tau_{\max}(v_{circle}) = \frac{2 \times \sin(\alpha) \times R}{\sqrt{a_{lateral_max} \times R}} = 2 \times \sin(\alpha) \sqrt{\frac{R}{a_{lateral_max}}} \dots\dots\dots (A.7)$$

$$\Leftrightarrow \alpha = \arcsin\left[\frac{\tau_{\max}(v_{circle}) \times v_{circle_max}}{2R}\right] = \arcsin\left[\frac{\tau_{\max}(v_{circle})}{2} \times \sqrt{\frac{a_{lateral_max}}{R}}\right] \dots\dots (A.8)$$

$$\Leftrightarrow y_{\max} = d_R \times \frac{\tau_{\max}(v_{circle})}{2} \times \sqrt{\frac{a_{lateral_max}}{R}} = \frac{\tau_{\max}(v_{circle})^2}{2} \times a_{lateral_max} \dots\dots\dots (A.9)$$

A.1.2.3 计算举例

计算举例见表 A.1。

表 A.1 计算举例

AAC 系统类型	设计参数	系统参数	结果(最低需求)
ACC II 型系统	$\tau_{\max}(v_{set_max})=2\text{ s}$ $v_{set_max}=45\text{ m/s}(162\text{ km/h})$ $v_{low}=10\text{ m/s}$ $\tau_{\min}(v_{low})=1.6\text{ s}$	$a_{lateral_max}=2\text{ m/s}^2$ $R_{min}=500\text{ m}$	$d_0=2.5\text{ m}$ $d_1=16\text{ m}$ $d_{max}>90\text{ m}$ $v_{circle}=31.67\text{ m/s}$ $y_{\max}=4\text{ m}$ $d_{R\min}=63\text{ m}$ $\alpha=\pm 3.7^\circ$
ACC IV 型系统	$\tau_{\max}(v_{set_max})=2\text{ s}$ $v_{set_max}=50\text{ m/s}(180\text{ km/h})$ $v_{low}=5\text{ m/s}$ $\tau_{\min}(v_{low})=1.0\text{ s}$	$a_{lateral_max}=2.3\text{ m/s}^2$ $R_{min}=125\text{ m}$	$d_0=2\text{ m}$ $d_1=7\text{ m}$ $d_{max}>100\text{ m}$ $v_{circle}=16.94\text{ m/s}$ $y_{\max}=4.6\text{ m}$ $d_{R\min}=31.6\text{ m}$ $\alpha=\pm 7.8^\circ$

A.2 激光雷达——测试目标的 CTT 参数

A.2.1 立体角 Ω

立体角 Ω 为激光照射区域面积与球面半径平方的比值(见图 A.2)。

$$\Omega = \frac{A}{d_A^2} \times \Omega_0 \quad \cdots \cdots \cdots (A.10)$$

式中:

Ω ——立体角,单位为球面度(sr);

A ——可用区域面积;

d_A ——光源与可用区域 A 之间的距离;

Ω_0 ——光源发光范围的立体角(1sr)。

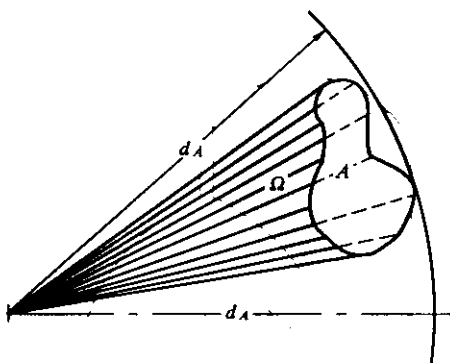


图 A.2 立体角

A.2.2 辐射强度 I

辐射强度指光源在单位立体角 Ω 内的辐射能量 Φ 。

$$I_{\text{ref}} = \frac{d\Phi_{\text{ref}}}{d\Omega_1} \quad \cdots \cdots \cdots (A.11)$$

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(W/sr);

Φ_{ref} ——来自反射源的辐射能量,单位为瓦特(W);

Ω_1 ——反射光的立体角,单位为球面度(sr)。

A.2.3 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。

$$E_t = \frac{d\Phi_t}{dA_t} \quad \cdots \cdots \cdots (A.12)$$

式中:

E_t ——照度,单位为瓦特每平方米(W/m²)。

A.2.4 测试目标的参数 CTT

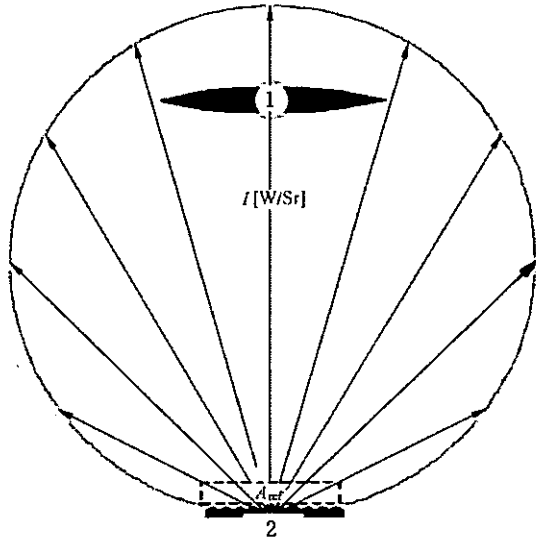
测试目标由反射体的参数定义,该参数表示一辆表面较脏并且没有安装向后反射体的轿车的反射率。

$$\text{CTT} = \frac{I_{\text{ref}}}{E_t} \quad \cdots \cdots \cdots (A.13)$$

式中:

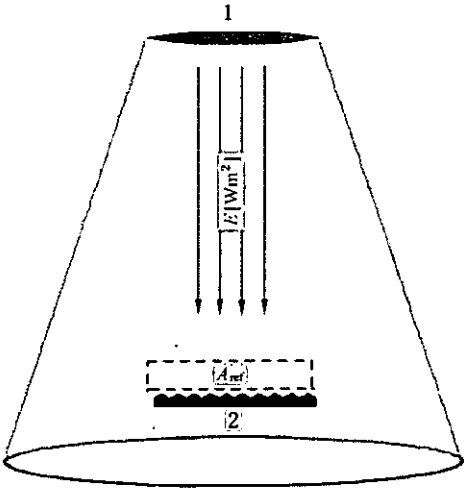
I_{ref} ——反射光源在某一特定方向上的辐射强度,在接收器前测量获取,单位为瓦特/球面度(W/sr);

E_e ——发射光源的照度,单位为瓦特每平方米(W/m^2);
CTT——测试目标的参数,单位为平方米每球面度(m^2/sr)。
具有 CTT 参数的反射体(见图 A. 3)的反射具有一定的空间分布,其立体角不小于 $8 \times 10^{-3} \text{ sr}$ 。



1——接收器;
2——反射体。

图 A. 3 接收示意图



1——发射器;
2——反射体。

图 A. 4 发射示意图

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. 4)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。

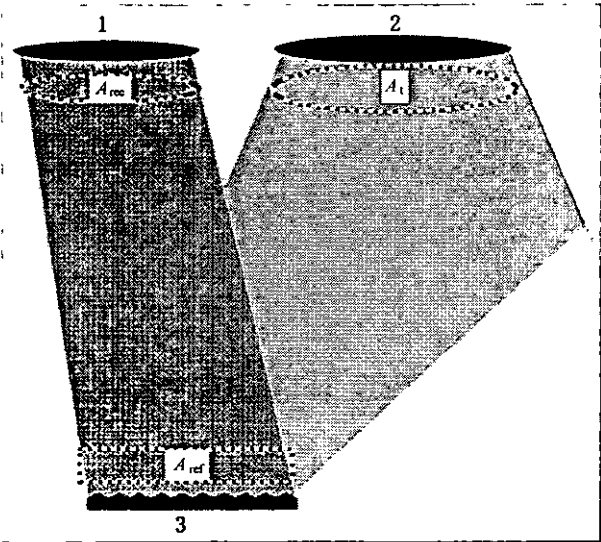
A. 2. 5 反射体尺寸

应定义反射体(见图 A. 5)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 m^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 cm^2 左右。

朗伯反射体可以反射一个球面内(见图 A. 6)的全部能量。

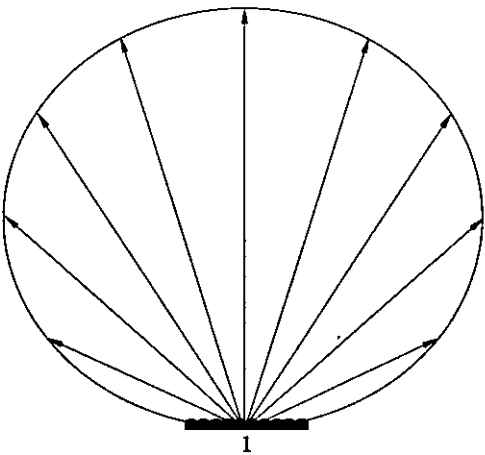
$$\Phi_{\oplus} = \pi \cdot I_0 \cdot \Omega_0 \dots\dots\dots (\text{A. 14})$$

式中：
 Φ_{\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)；
 Ω_0 ——立体角，单位为球面度(sr)。
1.7 m² 相当于一辆小型客车的反射截面。



1——接收器；
2——发射器；
3——反射体。

图 A.5 反射示意图



1——发射体。

图 A.6 朗伯反射体

A.3 锥体型测试目标的雷达信号散射截面 RCS 定义

测试目标的雷达信号散射截面定义为 $RCS = (10 \pm 3) \text{ m}^2$ 。对于目前常用的频率(如 60 GHz、77 GHz、90 GHz)，10 m² 的范围至少可以覆盖公路上 95% 的车辆。对于其他差异较大的频率范围，应先做调查研究。

测试目标的外观见图 A. 7。

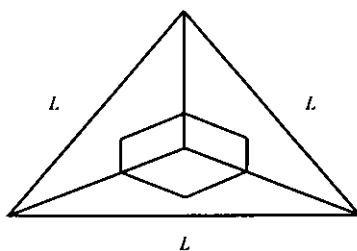


图 A.7 锥形反射体

$$\text{雷达散射截面 RCS} = (4 \times \pi \times L^4) / (3 \times \lambda^2) \quad \dots\dots\dots (\text{A.15})$$

式中:

λ 表示雷达的波长。

A.4 跟随能力

在 d_0 的计算公式中, 0.25 s 的取值主要是基于经验, 而不是数据分析。若该数值低于 0.25 s, 意味着驾驶员将立即进行干预操作, 故不必防止 ACC 系统自动加速操作(对应于低速切入的情况); 如果车间时距取值在 0.5 s 以上, 将无法确保驾驶员的及时干预, 因此系统应能探测前车并避免加速。

参 考 文 献

- [1] ISO 6161:1981 个人用护目镜 防激光辐射的滤光镜和护目镜
 - [2] IEC 60825-1 Edition 1.2—2001 激光制品的安全 第1部分:设备分类、要求和用户指南
 - [3] 公路及街道几何设计标准规范. 美国州公路及运输官员协会, 1994. ISBN 1-56051-068-4
 - [4] Richtlinien für die Anlage von Straßen—RAS. Teil: Linienführung (RAS-L) Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen—Arbeitsgruppe Strassenentwurf
 - [5] “Vermeiden querdynamisch kritischer Fahrzustände durch Fahrzustandsüberwachung”
“Avoidance of critical driving states in case of lateral acceleration by using driving state supervision” VDI Bericht 91/1991 Prof. Dr.-Ing. M. Mitschke, Dr.-Ing. H. Wallentowitz, Dr.-Ing. E. Schwartzl
-