



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 33577—2017

## 智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程

Intelligent transportation systems—Forward vehicle collision warning systems—  
Performance requirements and test procedures

(ISO 15623:2013, Transport information and control systems—  
Forward vehicle collision warning systems—  
Performance requirements and test procedures, NEQ)

2017-05-12 发布

2017-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 功能与要求 .....	4
5 性能测试方法 .....	11
附录 A (规范性附录) 碰撞报警的考虑因素 .....	18
附录 B (规范性附录) 弯道上的障碍物检测范围要求 .....	23
附录 C (规范性附录) 传感器的性能要求及测试目标要求 .....	25
参考文献 .....	26

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准与 ISO 15623:2013(E)《交通信息和控制系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程》一致性程度为非等效。

本标准由全国智能运输系统标准化技术委员会(SAC/TC 268)和全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准起草单位:清华大学、北京中交国通智能交通系统技术有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、浙江吉利汽车研究院有限公司、交通运输部公路科学研究院、重庆长安汽车股份有限公司、北京智华驭新汽车电子技术开发有限公司。

本标准主要起草人:王建强、李克强、李斌、张春雨、陈音、丁洁云、陈晓冰、张德兆、刘卫国、李振华、宋向辉、黄源水、李博、张强。

## 引 言

目前,世界范围内的汽车制造厂商及零部件供应商都已开始大力发展车辆前向碰撞预警系统并将之产品化,这一系统已开始逐步进入市场。相应地,国际标准化组织发布了 ISO 15623:2013《交通信息和控制系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程》(Transport information and control systems—Forward vehicle collision warning systems—Performance requirements and test procedures),全国智能运输系统标准化委员会发布了 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》。本标准采用了以上标准中的内容,并对部分技术参数进行了修改,阐述了车辆前向碰撞预警系统的基本性能要求和测试规程,所规定的性能要求及测试规程适用于中国市场的车辆前向碰撞预警系统,可以作为其他更先进产品标准的基础。

# 智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程

## 1 范围

本标准规定了车辆前向碰撞预警系统(以下简称 FVCWS)的性能要求和测试规程。

本标准适用于曲率半径大于 125 m 的道路和机动车辆,包括轿车,卡车,客车与摩托车。

注:车辆的安全驾驶责任仍为驾驶人本人。

## 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。

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第 1 部分:设备分类、要求

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

JTG B01—2014 公路工程技术标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**碰撞报警 collision warning**

系统向驾驶人发出需进行紧急避撞提醒的信息。

注:该报警于危险较为紧急的情况下发出,用于警告驾驶人需紧急刹车、换道或采取其他措施以避免碰撞。

### 3.2

**预备碰撞报警 preliminary collision warning**

系统向驾驶人提醒的报警信息,告知前方存在障碍车辆。

注:该报警于危险境况初期发出,通常是在驾驶人注意力不集中,或者行驶中的前车行驶状态突然改变而可能导致碰撞的时候。

### 3.3

**自车 subject vehicle;SV**

配有本标准所定义的车辆前向碰撞预警系统的车辆。

### 3.4

**前车 forward vehicle**

位于自车行驶道路前方,且行驶方向相同的车辆。

### 3.5

**车辆前向碰撞预警系统 forward vehicle collision warning system**

能够提醒驾驶人与前车存在潜在追尾碰撞危险的系统。

### 3.6

**障碍车辆 obstacle vehicle**

被系统检测为潜在危险物的车辆,包括行驶中的车辆与静止车辆。

## GB/T 33577—2017

注：本标准中的车辆仅包含机动车辆(轿车,卡车,客车与摩托车)。

## 3.7

**目标车辆 target vehicle; TV**

在自车前方行驶轨迹线上,距离自车最近的前车,它是车辆前向碰撞预警系统工作时所针对的对象。

## 3.8

**车间距离 clearance**

自车车头到目标车辆车尾的距离。

## 3.9

**车头时距 time headway; THW**

用时间表示在同一路径上行驶的两车之间的距离,通过两车的车间距离除以自车速度计算。

## 3.10

**相对速度 relative velocity**

自车与目标车辆的纵向车速之差,见式(1)。

$$v_r(t) = v_{TV}(t) - v_{SV}(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$v_r(t)$  —— 相对速度;

$v_{TV}(t)$  —— 目标车辆的车速;

$v_{SV}(t)$  —— 自车车速。

相对速度的值相当于两车的车间距离的变化率。其正值代表目标车辆比自车车速更高,车间距离随着时间增大。

## 3.11

**距离碰撞时间 time to collision; TTC**

当相对速度不为零时,可以通过式(2)计算在同一路径上行驶的两车,假定相对速度保持不变时距离碰撞发生的时间。其值可以通过自车与目标车辆的车间距离除以相对速度来估算。当不满足计算条件或 TTC 的计算结果为负值时,表明在上述假定条件下,碰撞不可能发生。

$$TTC = -\frac{x_c(t)}{v_r(t)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$x_c(t)$  —— 车间距离。

## 3.12

**强化距离碰撞时间 enhanced time to collision; ETTC**

当自车与目标车辆的加速度不等,且其车速、加速度及车间距离满足  $(v_{TV} - v_{SV})^2 - 2 \times (a_{TV} - a_{SV}) \times x_c > 0$  的条件时,可以通过式(3)计算强化距离碰撞时间,强化距离碰撞时间为考虑自车与目标车辆的加速度,并假定该加速度保持不变时距离碰撞发生的时间。当不满足计算条件,或 ETTC 的计算结果为负时,表明在上述假定条件下,碰撞不可能发生。

$$ETTC = \frac{[-(v_{TV} - v_{SV}) - \sqrt{(v_{TV} - v_{SV})^2 - 2 \times (a_{TV} - a_{SV}) \times x_c}]}{(a_{TV} - a_{SV})} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$a_{TV}$  —— 目标车辆的加速度;

$a_{sv}$ ——自车加速度。

### 3.13

**报警距离 warning distance**

系统检测到与前车存在潜在碰撞危险时发出报警时刻的两车间距。

### 3.14

**能见度 visibility**

色温为 2 700 K 的白炽灯发出的非扩散光束的照度减少到初始值 5% 时所通过的路径长度。

### 3.15

**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。

[GB/T 20608—2006, 定义 3.1.5]

### 3.16

**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 3.15 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。

[GB/T 20608—2006, 定义 3.1.2]

### 3.17

**相邻车道 adjacent lane**

自车行驶车道的邻车道, 与自车行驶车道共用一根车道线, 该车道的行驶方向与自车行驶的方向相同。

### 3.18

**切入车辆 cut-in vehicle**

具有横向运动分量向自车行驶轨迹靠拢的前方相邻车辆。

### 3.19

**急动度 jerk**

加速度的变化率, 是加速度对时间的一阶导数, 可以作为车辆运动平顺性的一种度量方法。

### 3.20

**最低车速 minimum velocity**

系统可操作时自车的最低车速, 在此车速下, 车辆前向碰撞预警系统应能够启动报警功能。

### 3.21

**追尾碰撞 rear-end collision**

自车头部撞击到前车尾部的碰撞。

### 3.22

**要求减速度 required deceleration**

能够使自车恰好达到与目标车辆相等的车速, 且不发生碰撞所需要的最小减速度, 见式(4)。

$$a_{\text{req}} = a_{\text{TV}} + \frac{v_r^2(t)}{2 \times [x_c(t) - x_r(t)]} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$a_{\text{req}}$  ——要求减速度;

$x_r(t)$  ——由驾驶人对报警的反应时间而造成的车间距离减少量的总和。

### 3.23

**制动报警 braking warning**

车辆前向碰撞预警系统在检测到可能发生追尾碰撞后, 在短时间内自动施加制动力的方式发出

GB/T 33577—2017

报警。

3.24

车辆前向碰撞预警系统报警形式 FVCWS warning modalities

车辆前向碰撞预警系统向驾驶人传递不同预警信息的形式,包括视觉、听觉与/或触觉。

3.25

横向偏移量 lateral offset

自车与目标车辆的纵向中心线之间的横向距离,以相对于自车宽度的百分比作为度量单位。当自车与目标车辆中心线平齐时,横向偏移量为零。

4 功能与要求

4.1 系统功能

车辆前向碰撞预警系统的主要功能是自车与前车存在潜在冲突危险时,向驾驶人发出报警。系统功能通过判断以下信息来实现:

- a) 自车与前车的相对距离;
- b) 自车与前车的相对速度;
- c) 前车是否位于自车的前方运动轨迹上。

基于上述信息,控制器(图 1 中称为“车辆前向碰撞预警系统目标挑选及预警决策”)根据行车危险程度向驾驶人发出报警。

车辆前向碰撞预警系统的主要目的是自车与前车存在潜在追尾碰撞危险时,通过向驾驶员提供及时的报警以辅助驾驶人避免碰撞或降低碰撞严重程度。报警时机应选择适当,使之既要及早,又不会造成干扰或误警。

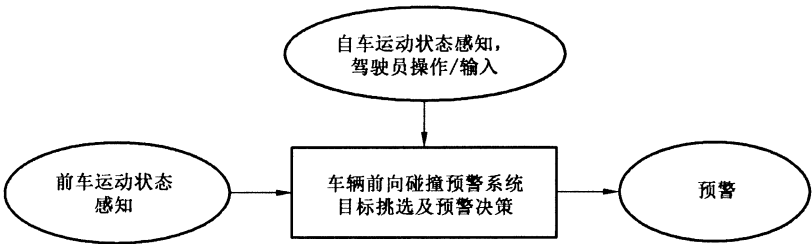


图 1 车辆前向碰撞预警系统的工作原理

4.2 必要功能

配有车辆前向碰撞预警系统的车辆应能实现以下功能:

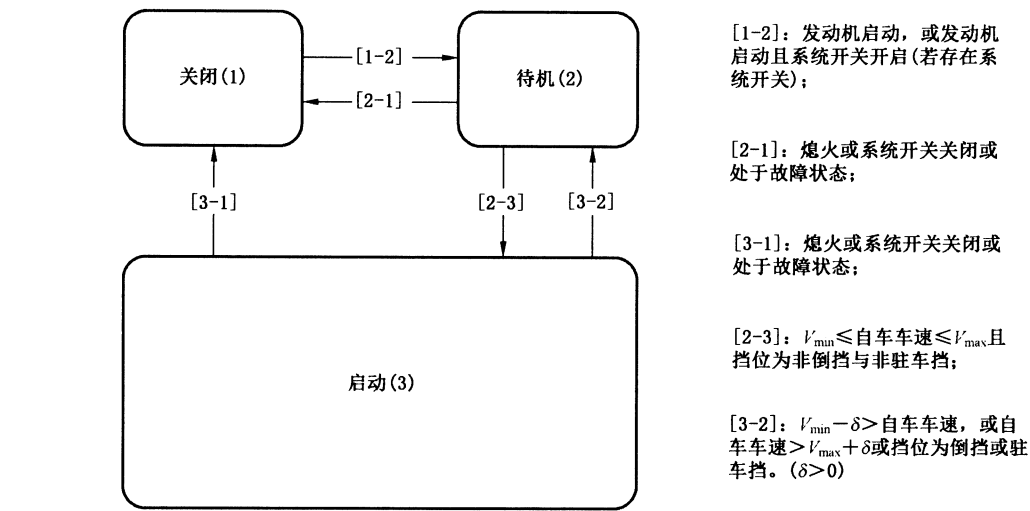
- a) 检测到前车的存在;
- b) 确定探测到的前车相对于自车的相对位置及位置的动态特性;
- c) 确定自车的车速;
- d) 估计自车的运动轨迹(Ⅱ型系统与Ⅲ型系统,分类方式见 4.6);
- e) 根据车辆前向碰撞预警系统的功能及要求向驾驶人发出报警。

4.3 工作模式

4.3.1 状态切换过程

车辆前向碰撞预警系统在工作过程中的状态切换过程见图 2。





说明:

$V_{\min}$  ——系统工作时的最低车速,单位为米每秒(m/s);

$V_{\max}$  ——系统工作时的最高车速,单位为米每秒(m/s);

$\delta$  ——车速变化的迟滞量,单位为米每秒(m/s)。

图 2 车辆前向碰撞预警系统状态切换示意

#### 4.3.2 状态描述

状态功能描述定义了系统在每个工作状态下所执行的功能:

##### ● 系统关闭(1)

当车辆前向碰撞预警系统处于关闭状态,将不会进行报警。在这个状态下,可以向驾驶人提供一个除了打开点火开关以外的启动系统的其他途径(如,设置一个系统开启/关闭的开关)。

当点火开关被置于关的挡位时,车辆前向碰撞预警系统切换到系统关闭状态。当系统故障检测单元检测到系统不能正常工作时,系统进入故障模式,系统被切换到关闭状态。

##### ● 系统待机(2)

当车辆前向碰撞预警系统处于待机状态,将不会进行报警。在这个状态下,系统检测自车的车速及挡位状态。如果自车车速在系统工作的车速范围内,且挡位选在前进挡(除了倒挡及驻车挡以外的其他挡位),系统将从待机状态切换到启动状态。当点火周期完成,发动机开始工作之后,或当发动机正在工作,驾驶人手动启动了系统开关,系统将从关闭状态切换到待机状态。当自车车速不在车辆前向碰撞预警系统的工作速度范围(考虑了车速变化的迟滞量  $\delta$ )内,或驾驶人将挡位切换到倒挡、驻车挡时,系统将从启动状态退出,进入待机状态。

##### ● 系统启动(3)

当车辆前向碰撞预警系统处于启动状态,如果报警条件满足,则系统将发出报警命令。只要车辆挡位处于任意前进挡,且车速在系统的工作范围以内,车辆前向碰撞预警系统将进入此状态。

#### 4.3.3 工作限制条件

系统工作时的最低车速  $V_{\min}$  应不高于 11.2 m/s。系统工作时的最高车速  $V_{\max}$  应不低于 27.8 m/s 或车辆能够达到的最高车速。相对车速的最小值应不高于 4.2 m/s,最大值应不低于 20 m/s。

## GB/T 33577—2017

## 4.4 报警功能

## 4.4.1 报警目标对象

车辆前向碰撞预警系统针对运动的障碍车辆(包括“曾被检测到在运动,但当时停止”)应能够提供报警,而针对静止的障碍车辆则是可选择的。

## 4.4.2 检测自车与障碍车辆间的距离及相对速度

前方障碍车辆的相关信息可由障碍探测装置(如光学雷达、无线电波雷达及摄像头等)检测。

## 4.4.3 判断距离碰撞时间

根据自车的速度,与障碍车辆之间的距离及相对速度可以预估出距离碰撞时间。如果系统同时检测到多辆障碍车辆,则系统应自动选择自车行驶轨迹上将最快追上的障碍车辆。

## 4.4.4 预备碰撞报警及碰撞报警

车辆前向碰撞预警系统可以提供两种不同报警内容:预备碰撞报警及碰撞报警。预备碰撞报警的目的是告知其前方存在障碍车辆。在这种情况下驾驶人应准备采取必要措施避免碰撞。碰撞报警是告知驾驶人应采取必要措施避免碰撞。

报警方式可选择单独或综合使用视觉、听觉和/或触觉方式。碰撞报警中,在使用视觉的同时,必须使用听觉和/或触觉报警方式告知驾驶人。

报警应由以下因素决定:自车和障碍车辆之间的相对速度、车间距离及自车车速、驾驶人对报警的反应时间及自车与障碍车辆可能存在的制动减速度。

当自车正在接近障碍车辆时,报警的距离应由特定参数的阈值决定(如距离碰撞时间 TTC)。

碰撞报警的考虑因素见附录 A。

## 4.4.5 故障指示

在系统启动或操作过程中检测到故障时,驾驶人应被告知。

## 4.5 报警因素要求

## 4.5.1 系统输出

车辆前向碰撞预警系统应能向驾驶人发出碰撞报警,另外可以发出预备碰撞报警。

## 4.5.2 报警形式

车辆前向碰撞预警系统的报警形式应满足以下要求:

- 碰撞报警应包含一种视觉报警及一种听觉与/或触觉报警,其中触觉报警可以采用安全带预警的方式实现;
- 预备碰撞报警应包含视觉或听觉或两者组合的报警形式,可以选择触觉形式作为补充;
- 如果自车驾驶人正在采取制动操作,建议不要采取制动报警的形式向驾驶人报警;
- 如果自车正在自动施加制动力,碰撞报警及预备碰撞报警中可以采取制动报警的形式;
- 制动报警的持续时间应不超过 1 s,所产生的减速度应不超过 0.5 g,该报警过程中所产生的车速下降范围应不超过 2 m/s。同时,为保证制动报警的有效性,应满足平均减速度不低于 0.1 g,持续时间不低于 100 ms 的要求;
- 听觉报警提示音量应选择合理,清晰可辨,应可以区分与前撞危险不相关的其他报警(如横向

危险报警)。

#### 4.5.3 要求减速度的阈值

车辆前向碰撞预警系统涉及的要求减速度的阈值应满足如下要求：

- 若要求减速度  $a_{\text{req}}$  超过其阈值范围，车辆前向碰撞预警系统应发出碰撞报警；在干燥路面及温暖气候条件下， $a_{\text{req}}$  阈值应不超过  $0.68\text{ g}$  (考虑了 4.5.4 的响应时间值)；
- 若车辆前向碰撞预警系统的报警时机可以由驾驶人进行调整，则至少其中应有一种设置能够满足上一种关于要求减速度  $a_{\text{req}}$  的阈值要求；
- 当要求减速度的阈值较低时，车辆前向碰撞预警系统可以发出预备碰撞报警；
- 碰撞报警及预备碰撞报警的要求减速度的阈值可以根据道路条件、环境、驾驶人状态、驾驶人特性及不同的驾驶场景调整。

#### 4.5.4 响应时间

车辆前向碰撞预警系统涉及的响应时间的取值应满足如下要求：

- 在报警范围的计算中，应考虑驾驶人对报警的反应时间  $T_{\text{resp}}$ ，该值不小于  $0.8\text{ s}$ ；
- 在要求减速度  $a_{\text{req}}$  的计算中，应考虑制动系统响应时间  $T_{\text{b}}$ ，制动系统响应时间由系统设计者选择；
- 若自车驾驶人正在制动，驾驶人对报警的反应时间  $T_{\text{resp}}$  及制动系统响应时间  $T_{\text{b}}$  应被设置为 0。

#### 4.5.5 不报警条件

车辆前向碰撞预警系统应在如下条件下抑制或延迟报警：

- 若自车减速度大于等于要求减速度  $a_{\text{req}}$  的阈值，车辆前向碰撞预警系统不应发出任何报警；
- 在满足表 1 中定义的曲率半径的道路上，车辆前向碰撞预警系统不对不在自车车道内的前车发出任何报警；
- 若前车切入自车前方并车速高于自车，建议车辆前向碰撞预警系统不发出任何报警；
- 若自车驾驶人正在制动，车辆前向碰撞预警系统可以抑制或延迟报警；
- 若距离碰撞时间 TTC 大于  $4.0\text{ s}$ ，车辆前向碰撞预警系统可以抑制或延迟报警；
- 若自车正在进行换道或高动态的操纵行为，或者若自车驾驶人正在通过加大油门来抑制车辆的驾驶辅助系统主动施加的制动力，或者若自适应巡航系统正在施加最大的制动报警，车辆前向碰撞预警系统可以抑制或延迟报警；
- 若驾驶工况不满足 4.3.3 所定义的工作限制条件，车辆前向碰撞预警系统可以抑制或延迟报警。

#### 4.5.6 报警距离范围计算示例

最短的期望报警距离可以使用式(5)计算，可以假定驾驶人对报警的反应时间  $T_{\text{resp}} = 0.8\text{ s}$ ，如 3.22 中所定义的要求减速度  $a_{\text{req}} = 6.67\text{ m/s}^2$ 。

$$X_{\text{c\_min\_Warning}} = \frac{v_r^2}{2 \times (6.67 - a_{\text{TV}})} + 0.8 \times v_r \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$X_{\text{c\_min\_Warning}}$  —— 最短报警距离；

$a_{\text{TV}}$  —— 目标车辆的减速度；

$v_r$  —— 相对速度。

4.5.7 其他报警触发方式

对于使用其他报警触发方式(如 TTC,或 ETTC)的系统,报警触发时机需要满足 4.5.3、4.5.4 与 4.5.5 节中的要求。

4.6 系统分类

根据适用的道路曲率半径对系统进行分类,见表 1。

表 1 系统分类

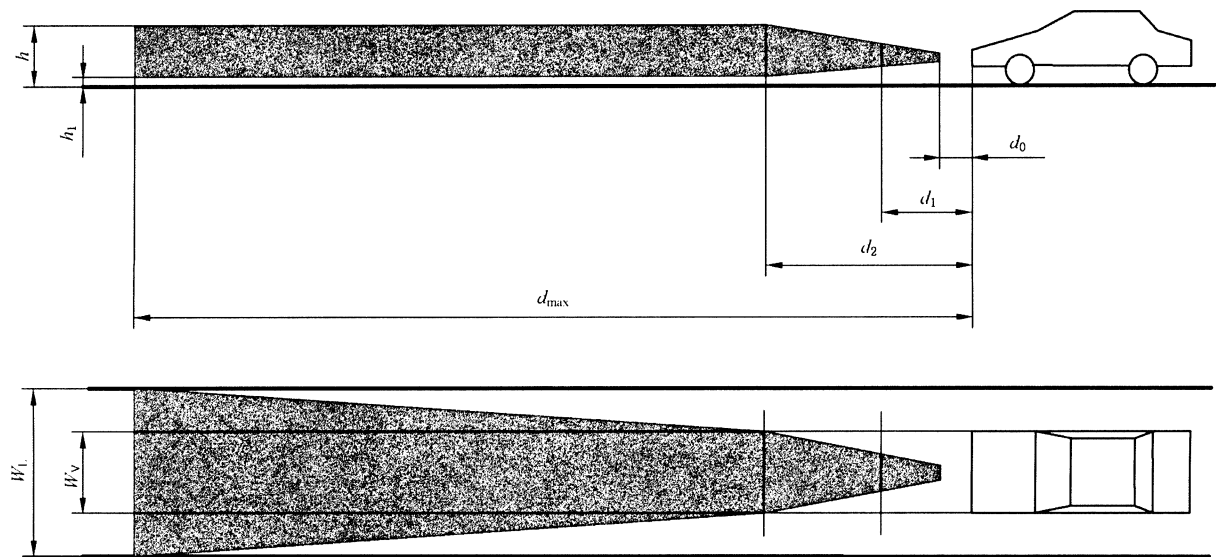
分类	水平方向曲率半径	说 明
I 型系统	$\geq 500\text{ m}$	具有在曲率半径不低于 500 m 的道路上检测到前车的能力
II 型系统	$\geq 250\text{ m}$	具有在曲率半径不低于 250 m 的道路上检测到前车的能力
III 型系统	$\geq 125\text{ m}$	具有在曲率半径不低于 125 m 的道路上检测到前车的能力

4.7 障碍车辆检测区域及性能要求

4.7.1 障碍车辆检测区域

4.7.1.1 最小检测区域

系统的最小检测区域见图 3。



说明:

$d_0$  ——不具备距离测量能力时的最小可检测距离,单位为米(m);

$d_1$  ——具备距离测量能力时的最小可检测距离,单位为米(m);

$d_2$  ——对切入车辆的最小检测距离,单位为米(m);

$d_{\max}$  ——最大可检测距离,单位为米(m);

$h$  ——最高可检测离地高度,单位为米(m);

$h_1$  ——最低可检测离地高度,单位为米(m);

$W_L$  ——车道宽度,单位为米(m);

$W_v$  ——自车宽度,单位为米(m)。

图 3 系统最小检测区域示意

4.7.1.2 检测距离

系统的检测距离要求细则见表 2。

表 2 检测距离要求

距离	公式或值	含义
$d_{\max}$	$V_{\max\_rel} \times T_{\max} + V_{\max\_rel}^2 / 2a_{\min}$	最大可检测距离
$d_2$	I 型系统: $\leq 10\text{ m}$ ; II 型系统: $\leq 7.5\text{ m}$ ; III 型系统: $\leq 5\text{ m}$	对具有 20% 横向偏移量的前车的最小检测距离
$d_1$	$T_{\min} \times V_{\min}$	系统具备距离测量能力时的最小检测距离
$d_0$	$\leq 2\text{ m}$	最小可检测距离
<p>注 1: <math>V_{\max\_rel}</math> 系统工作时的最大相对车速,单位是米每秒(m/s)。</p> <p>注 2: <math>V_{\min}</math> 系统工作时的最低车速,单位是米每秒(m/s)。</p> <p>注 3: <math>T_{\max}</math> 报警后驾驶人的最长制动反应时间,单位为秒(s)。</p> <p>注 4: <math>T_{\min}</math> 报警后驾驶人的最短制动反应时间,单位为秒(s)。</p> <p>注 5: <math>a_{\min}</math> 自车满载充分制动时所能达到减速度的最低标准,单位为米每二次方秒(<math>\text{m/s}^2</math>)。</p> <p>注 6: <math>V_{\max\_rel}</math>、<math>V_{\min}</math>、<math>T_{\max}</math>、<math>T_{\min}</math> 与 <math>a_{\min}</math> 为系统的设计参数,由车辆制造商进行设计。</p> <p>注 7: 附录 A 给出了部分参数的典型值。这些设计参数所规定的目标探测区域需满足 5.5.2 与 5.5.3 的要求。</p>		

4.7.1.3 检测宽度和高度

系统的检测宽度与高度的要求细则见表 3。

表 3 检测宽度和高度要求

距离	最小检测宽度	最小检测高度
$d_{\max}$	$W_L/\text{m}$	$h_1=0.2\text{ m}, h=1.1\text{ m}$
$d_2$	$W_V/\text{m}$	$h_1=0.2\text{ m}, h=1.1\text{ m}$
$d_1$	无特定要求	无特定要求
$d_0$	无特定要求	无特定要求

4.7.1.4 水平弯道上的检测范围要求

水平弯道上的检测范围要求根据弯道半径而定,见附录 B。

4.7.2 报警距离精度

非自适应系统的报警距离的误差应当在  $\pm 2\text{ m}$  或  $\pm 15\%$  范围之内。对这一条件的重复性试验需要保证同样的初始测试条件,避免可能出现的系统性能偏差。自适应的车辆前向碰撞预警系统是指,系统的报警时机不仅取决于自车及目标车辆的相对运动状态,还受到其他参数的影响。其他参数包括:道路条件、环境、驾驶人状态、驾驶人特性及驾驶场景等。由于工作原理的不同,自适应系统的性能可以满足该项对报警距离精度的要求。

### 4.7.3 目标辨识能力

#### 4.7.3.1 纵向辨识能力

如果自车前方检测区域内(即距离  $d_1$  到  $d_{\max}$  内)有两辆或者更多障碍车辆,系统应有能力选择位于自车行驶路径上且将最快追上的车辆并进行报警。

#### 4.7.3.2 侧向辨识能力

如果自车行驶路径上或相邻车道上有两辆或者更多障碍车辆,系统应有能力选择位于自车行驶路径上的车辆进行报警。

#### 4.7.3.3 邻近区域干扰物辨识能力

如果道路上方、下方或路侧存在干扰辨识的障碍物,比如架空交通标志、道路井盖、减速带、建筑物等,系统应有能力排除此类障碍物,不进行报警。

### 4.8 弯道性能要求

属于Ⅰ型系统的车辆前向碰撞预警系统应能对半径大于或等于 500 m 的弯道上存在的障碍车辆进行报警,属于Ⅱ型系统的车辆前向碰撞预警系统应能对半径大于或等于 250 m 的弯道上存在的障碍车辆进行报警,属于Ⅲ型系统的车辆前向碰撞预警系统应能对半径大于或等于 125 m 的弯道上存在的障碍车辆进行报警。

### 4.9 用户安全需求

应根据系统使用的传感器类型满足不同的安全需求,见附录 C。

### 4.10 用户界面需求

#### 4.10.1 报警方式

报警方式中,视觉、听觉方式的报警特征见表 4。

表 4 报警特征

报警类型	视觉报警	听觉报警
碰撞报警	颜色:红色 位置:主视方向 亮度:高亮 间歇:建议使用短间隔式间歇	音量:应高于车内其他所有听觉报警 音调:应容易听到且与车内其他不相关的报警容易区分 间歇:建议使用短间隔式间歇
预备碰撞报警	颜色:黄色或者黄褐色 亮度:日间足够亮,夜晚不刺眼 间歇:持续报警或长间隔式间歇	音量:应超过背景杂音 音调:应不使人厌烦 间歇:建议持续报警,长间隔式间歇,单一声音,或语音提醒

#### 4.10.2 干扰报警要求

如果自车同时安装有车辆前向碰撞预警系统和其他报警系统(如后方或侧面的障碍报警),则驾驶人应能清楚辨别车辆前向碰撞预警系统所发出的报警。

### 4.10.3 工作状态显示

#### 4.10.3.1 概述

应提供下述可清楚反映系统工作状态的指示。

#### 4.10.3.2 系统工作指示

应提供告知驾驶人系统工作的指示(如带指示灯的电源开关)。

#### 4.10.3.3 系统故障指示

应提供告知驾驶人系统故障的指示(如仪表板上的故障指示)。

### 4.11 系统局限性告知

应通过用户手册或警告标签等适当方式告知驾驶人系统局限性。

本系统中无效情况包括正面碰撞报警、交叉路径碰撞报警、超出传感器有效范围(包括小弯道半径等)及超出系统工作速度范围等。

## 5 性能测试方法

### 5.1 测试目标要求

应根据传感器类型选择满足不同要求的测试目标,见附录 C。

### 5.2 环境条件

测试环境应满足以下要求:

- a) 测试应在干燥、平坦的沥青路面或者水泥混凝土路面上进行;
- b) 温度应为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 水平能见度应大于 $1\text{ km}$ ;
- d) 测试可在日光条件下进行。

### 5.3 检测区域的测试方法

检测区域的理想测试方法为动态测试,但静态测试方法可作为一种选择。测试按以下要求进行:

- a) 系统应检测位于 $d_0$ 和 $d_1$ 间任意位置的测试目标, $d_0$ 和 $d_1$ 相对于自车的位置见图4。 $d_0$ 和 $d_1$ 间不需要进行距离测量。
- b) 系统应检测位于 $d_1$ 和 $d_2$ 间任意位置的测试目标, $d_1$ 和 $d_2$ 相对于自车的位置见图4。 $d_1$ 和 $d_2$ 间需要进行距离测量。
- c) 系统应检测分别位于 $d_2$ 和 $d_{\max}$ 处的两个测试目标, $d_2$ 和 $d_{\max}$ 相对于自车的位置见图4。测试过程依次进行。

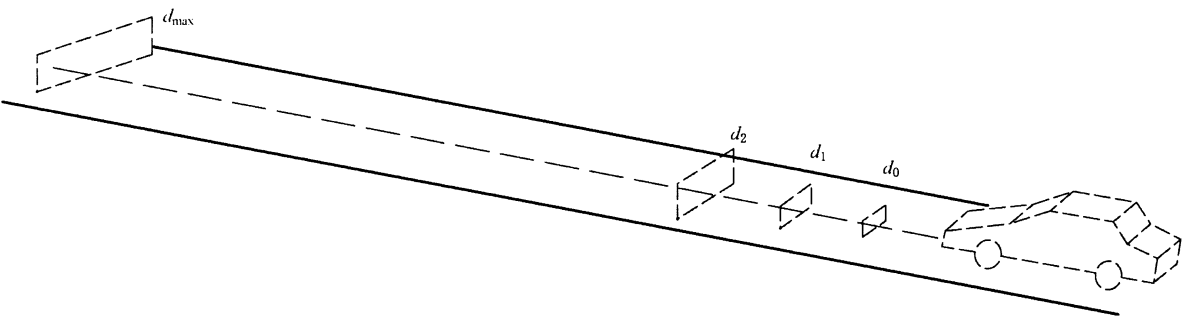


图 4 检测区域测试方法

5.4 报警距离范围及精度的测试方法

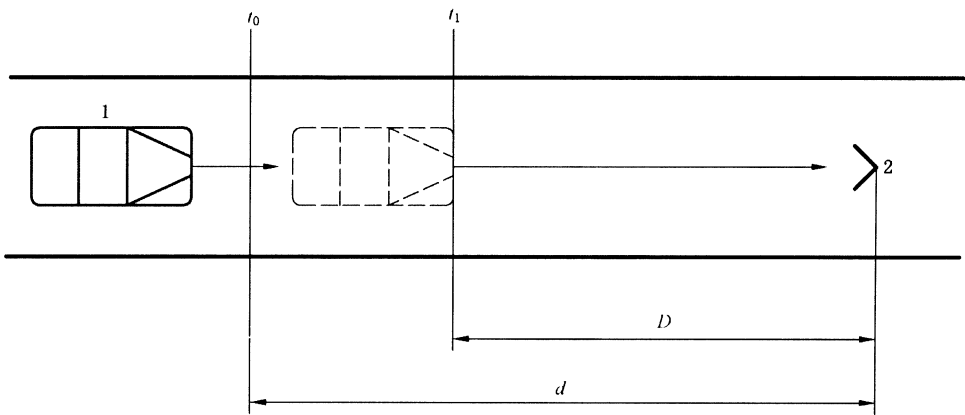
5.4.1 报警距离范围测试

目标车辆与自车在同一直线车道上行驶，目标车辆车速控制在 $(8 \pm 1) \text{ m/s}$ ，自车车速控制在 $(20 \pm 2) \text{ m/s}$ 。发出报警时的车距应大于等于 4.5.6 中的计算值。

5.4.2 报警距离精度测试

该测试需在车辆行驶过程中进行，目标车辆需在检测区域内。当自车以速度  $V=20 \text{ m/s}$  朝目标车辆行驶时，需按以下步骤测量报警距离。

需测量两个时刻，如图 5 所示，第一个时刻为自车和目标车辆的车间距离为  $d$  的时刻  $t_0$ 。第二个为报警时刻  $t_1$ 。故报警距离的计算公式为  $D = d - V \times (t_1 - t_0)$ 。用该计算结果与制造商所设定的报警距离进行比较，在重复性测试中，报警距离精度需在 70% 以上次数的测试中达到 4.7.2 的规定。



说明：  
1 —— 自车；  
2 —— 目标车辆；  
 $t_0$  —— 参考时刻；  
 $t_1$  —— 报警时刻。

图 5 报警距离精度测试方法



## 5.5 目标辨识能力的测试方法

### 5.5.1 概述

测试需在车辆行驶过程中进行。当自车发出报警时测试结束。该测试还应测试出系统能够避免发生误报警的能力。

### 5.5.2 纵向目标辨识能力

#### 5.5.2.1 纵向单目标工况下的辨识能力

##### 5.5.2.1.1 纵向静止前车辨识能力测试

该试验用以评估系统对单一前车的辨识能力。测试工况如图 6 所示,前车(中型轿车或车辆模型)停在车道中心,纵轴方向与道路边缘平行,且前车与自车朝向一致,自车向前车尾部接近。自车以额定速度 20 m/s 在车道中心朝前车行驶,系统应能够在 TTC 最小为 2.1 s 时发出报警。当自车距离前车 150 m 时试验开始,下面任意一种情况发生时,试验结束:(a)系统发出报警;(b)TTC 降至小于系统报警最小允许值的 90%时(如,  $TTC=1.9$  s)。试验后自车应转向(推荐使用)和/或制动以避免自车撞上前车。

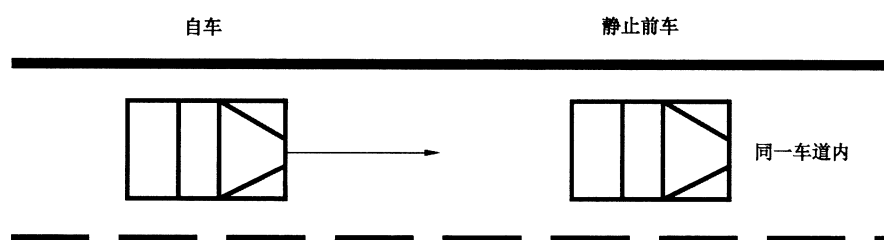


图 6 识别静止前车测试

##### 5.5.2.1.2 纵向减速行驶前车辨识能力测试

测试工况如图 7 所示,该试验中自车和前车以 20 m/s 的恒定速度在平直车道中间行驶。在前车开始制动前,自车与前车间距离保持在 30 m。前车以 0.3 g 的恒定减速度进行制动,系统应能够在 TTC 最小为 2.4 s 时发出报警。当下面任意一种情况发生时试验结束:(a)系统发出报警;(b)TTC 降至小于系统报警最小允许值的 90%时(如,  $TTC=2.2$  s)。试验后自车应转向(推荐使用)和/或制动以避免自车撞上前车。

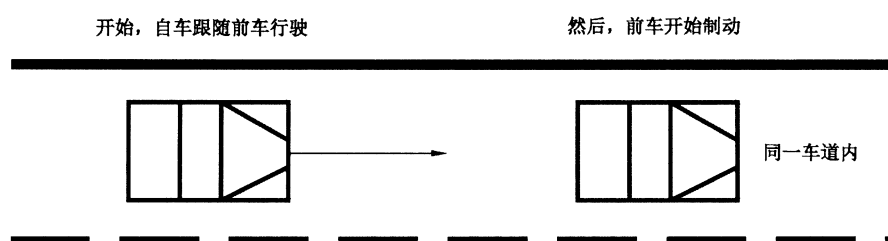


图 7 识别减速行驶前车测试

5.5.2.1.3 纵向低速行驶前车辨识能力测试

测试工况如图 8 所示,前车以 9 m/s 的恒定速度沿车道中心行驶,自车以 20 m/s 的恒定速度在车道中心朝低速行驶的前车行驶,系统应能够在 TTC 最小为 2 s 时发出报警。当自车距离前车 150 m 时试验开始,下面任意一种情况发生时试验结束:(a)系统发出报警;(b)TTC 降至小于系统报警最小允许值的 90%时(如,TTC=1.8 s)。试验后自车应转向(推荐使用)和/或制动以避免自车撞上前车。

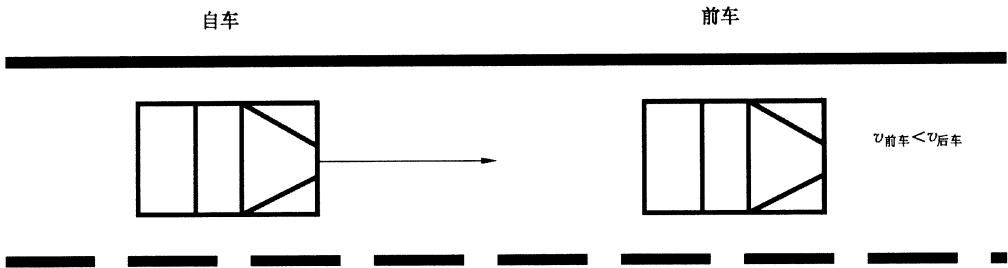
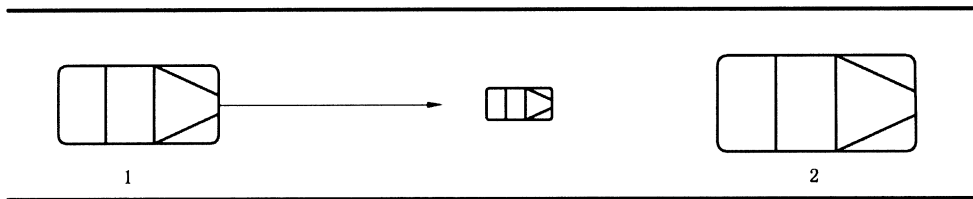


图 8 识别低速行驶前车测试

5.5.2.2 纵向多目标工况下的辨识能力

测试工况如图 9 所示,两辆前车在检测区域以相同速度 20 m/s 行驶,自车以 20 m/s 的车速在正后方尾随行驶。两辆目标车的车头时距应为  $T_{min}(0.6\text{ s}\pm0.1\text{ s})$ ,且距离自车较近的目标车辆不能遮挡距离较远的障碍车辆。自车和距离较近的目标车辆的车头时距应大于  $T_{max}(1.5\text{ s})$ 。自车加速至系统发出碰撞报警,然后自车开始减速使两车车头时距大于 1.5 s,再次以相同的车速跟随目标车辆,以该速度保持匀速行驶。几秒之后,距离较近的目标车辆开始减速,使自车可以再次发出碰撞报警。自车开始报警时测试结束。



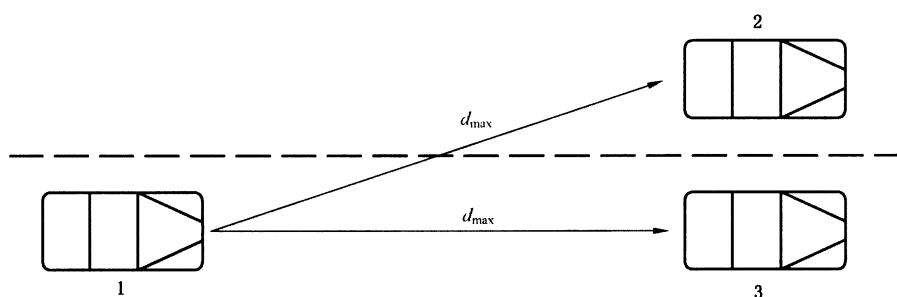
说明:  
1——自车;  
2——前方障碍车辆。

图 9 纵向多目标工况下的辨识能力测试

5.5.3 侧向目标辨识能力测试

5.5.3.1 直道侧向目标辨识能力测试

该测试应采用动态测试方法。测试工况如图 10 所示,自车和目标车辆以相同的速度 20 m/s 行驶,且车间距离不会触发报警。一辆前车以相同速度在目标车辆相邻车道行驶。前车与目标车辆的纵轴间距为  $3.5\text{ m}\pm0.25\text{ m}$ ,车宽应为 1.4 m~2 m。自车纵轴相对于目标车辆纵轴横向位移应小于 0.5 m。几秒种后,相邻车道的前车减速至明显低于自车与目标车辆的速度,在自车超过相邻车道前车时系统不应发出报警。然后目标车辆减速至系统能发出预备碰撞报警的速度。当自车开始报警时测试结束。



说明:

- 1——自车;
- 2——邻车道前车;
- 3——目标车辆。

图 10 直道侧向目标辨识能力测试

### 5.5.3.2 弯道侧向目标辨识能力测试

该测试需在弯道上进行。测试场地需足够长,且对Ⅰ型系统需包括半径 $\leq 500$  m的弯道,对Ⅱ型系统需包括半径 $\leq 250$  m的弯道,对Ⅲ型系统需包括半径 $\leq 125$  m的弯道。此测试必须动态进行。测试工况如图 11 所示,自车和目标车辆以相同速度在同一车道内同向行驶,且车间距离不会触发报警。测试开始时测试车辆的初始速度见式(6)。

$$V_{\text{circle\_start}} = \min [(a_{\text{lateral\_max}} \times R)^{1/2}, V_{\text{max}}] \pm 1 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

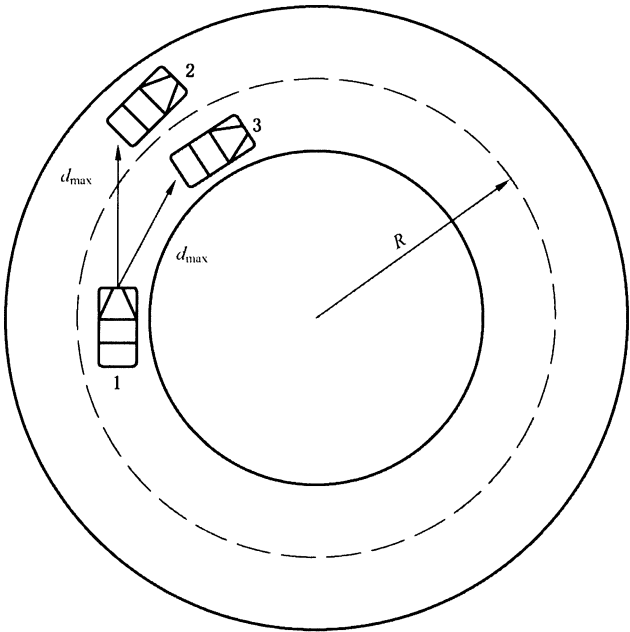
$V_{\text{circle\_start}}$ ——弯道目标检测能力测试开始时车辆的速度,单位为米每秒(m/s);

$a_{\text{lateral\_max}}$ ——弯道上允许的最大侧向加速度,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ );

Ⅰ型系统取  $a_{\text{lateral\_max}} = 2 \text{ m/s}^2$ ;

Ⅱ型系统和Ⅲ型系统取  $a_{\text{lateral\_max}} = 2.3 \text{ m/s}^2$ 。

在目标车辆外侧车道内有一辆前车正在行驶。几秒钟后,邻车道前车减速至明显低于自车和目标车辆的速度。在自车超过它的过程中系统不应报警。然后目标车辆减速至自车能发出碰撞报警的速度。当自车开始报警时测试结束。



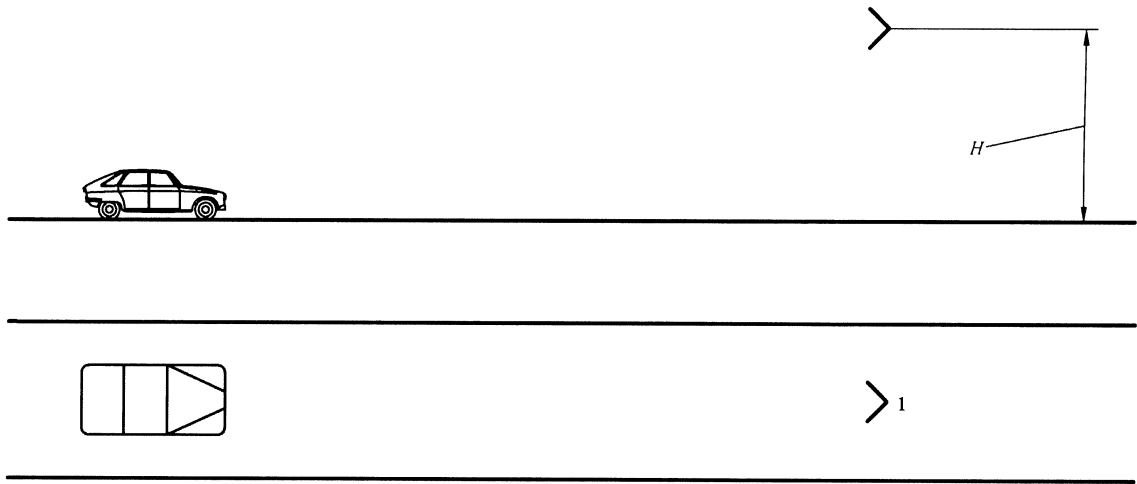
说明：  
1——自车；  
2——邻车道前车；  
3——目标车辆。

图 11 弯道侧向目标辨识能力测试

5.5.4 邻近区域干扰物辨识能力

5.5.4.1 上方目标辨识能力

该测试应采用动态测试方法。测试工况如图 12 所示，设置可能引起误报警的测试目标。自车朝测试目标行驶，并从目标下驶过。若自车上的系统未发出报警则测试结束。根据 JTG B01—2014 的 2.0.7 中对道路净空高度的规定，测试目标的高度设计为四级公路的净空高度 4.5 m。

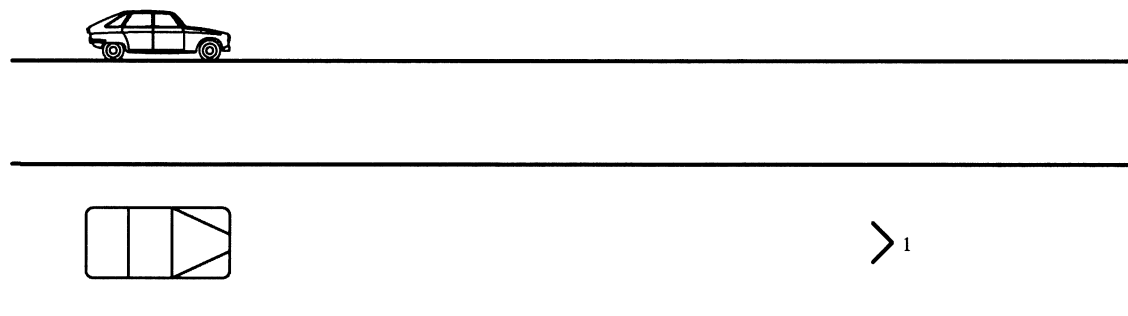


说明：  
1 —— 测试目标；  
 $H$ ——测试目标的高度 4.5 m。

图 12 上方目标辨识能力测试

### 5.5.4.2 下方目标辨别能力

该测试应采用动态测试方法。测试工况如图 13 所示,设置可能引起误报警的测试目标,如减速带、井盖,干扰障碍物高度设计为 5 cm。自车朝测试目标行驶,并从目标上方驶过。若自车上的系统未发出报警则测试结束。



说明:

1——测试目标。

图 13 下方目标辨别能力测试

### 5.5.4.3 路侧目标辨别能力

该测试应采用动态测试方法。设置一测试路段,道路两侧有房屋、阴影区、道路指示标志这些可能引起系统误报警的路侧目标。自车以系统工作范围内的车速匀速行驶通过该路段,若自车上的系统未发出报警则测试结束。

附 录 A  
(规范性附录)  
碰撞报警的考虑因素

### A.1 基本公式

基本的报警算法是基于前车和自车车速计算出报警距离,计算原理如图 A.1 所示,得到如式(A.1)的报警距离,并与测量到的实际距离对比,如果报警距离超过了实际距离就向驾驶人报警。预备碰撞报警和碰撞报警的报警距离可根据驾驶人对报警的反应时间及车辆的减速度进行调整。

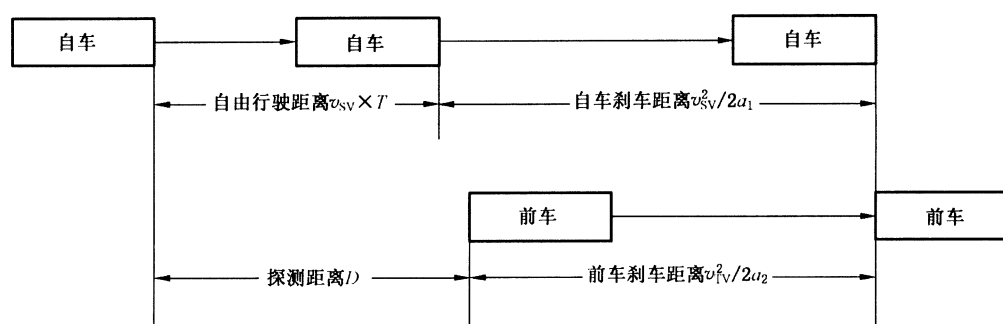


图 A.1 报警距离的计算原理

$$D = v_{SV} \times T + (v_{SV}^2 / 2a_1 - v_{TV}^2 / 2a_2) \quad \cdots \cdots (A.1)$$

式中:

$D$  ——车间距离;

$v_{SV}$  ——自车车速;

$v_{TV}$  ——前车车速;

$T$  ——驾驶人对报警的反应时间;

$a_1$  ——自车减速度;

$a_2$  ——前车减速度。

### A.2 触发报警工况

#### A.2.1 概述

系统的实际工作过程中可能触发报警的情景较多,以下为一些典型的报警工况。

#### A.2.2 前车与自车车速相等

报警距离由式(A.2)计算。

$$D_1 = v_{SV} \times T \quad \cdots \cdots (A.2)$$

### A.2.3 前车静止

报警距离由式(A.3)计算。

$$D_2 = v_r \times T + v_r^2 / 2a_1 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

### A.2.4 前车减速

假设前车与自车的减速度相等,  $a = a_1 = a_2$ 。

报警距离由式(A.4)计算。

$$D_2 = (T + v_r/a) \times v_{sv} - v_r^2 / 2a \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

## A.3 驾驶人对报警的反应时间 $T$ 及制动减速度 $a$ 的评估结果

### A.3.1 驾驶人对报警的反应时间 $T$

驾驶人对报警的反应时间  $T$  的值参考相关的研究报告,见参考文献[1]。

驾驶人对报警的反应时间  $T$  的测试值分布在 0.3 s 到 2 s 之间,如图 A.2 所示。平均值是 0.66 s。该测试的测试对象有 321 人,测试其听到发出的声音报警信息之后采取刹车的延迟时间。该值的分布范围较大,98%的测试者在 1.5 s 以内。

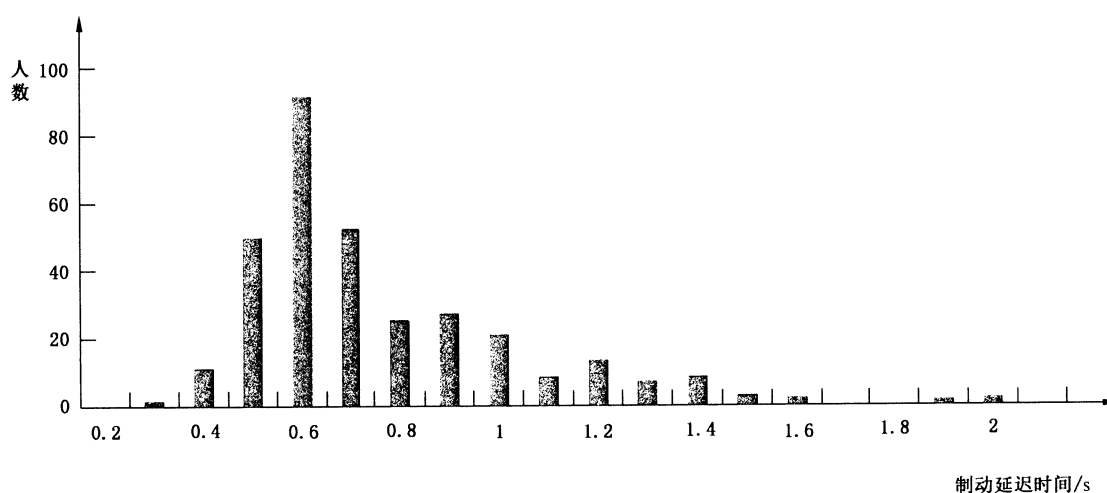


图 A.2 驾驶人对报警的反应时间  $T$  分布

### A.3.2 制动减速度 $a$

制动减速度  $a$  的值通过在干燥平坦的路面上评估紧急刹车性能测出,见参考文献[2]。

结果显示驾驶人的制动减速度分布在  $3.6 \text{ m/s}^2 \sim 7.9 \text{ m/s}^2$  之间,如图 A.3 所示。轿车的平均制动减速度值为  $7 \text{ m/s}^2$ ,商用车的平均制动减速度值为  $5.3 \text{ m/s}^2$ 。该值的分布范围较大,影响因素有车型、载重量及驾驶人的反应特性。

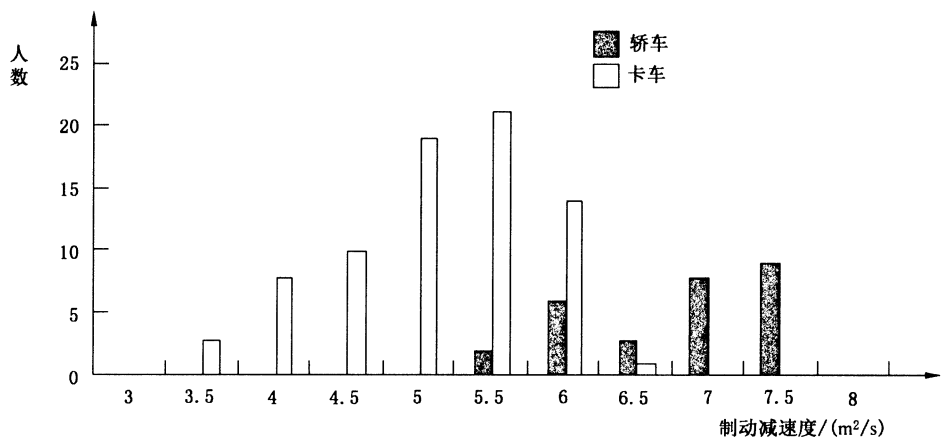
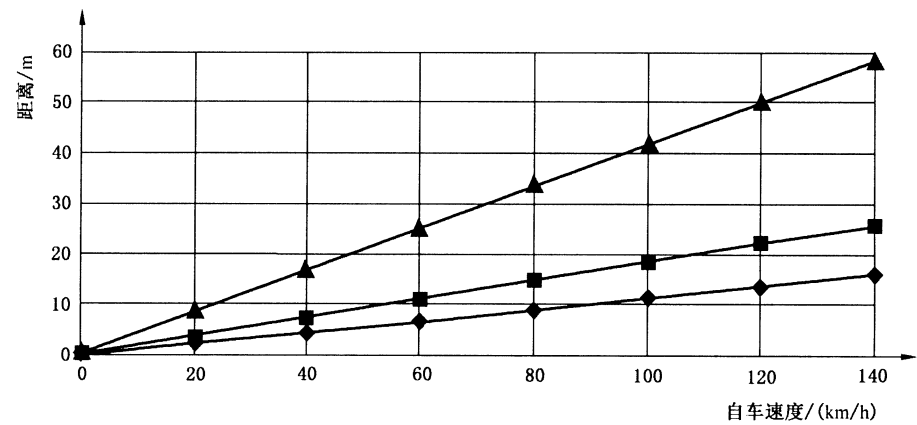


图 A.3 减速度  $a$  的分布

A.4 报警距离计算实例

A.4.1 前车匀速行驶

自车以恒定车速行进,速度略微高于前车,分别假设驾驶人对报警的反应时间为 1.5 s,0.66 s,0.4 s,报警距离由式(A.2)计算,如图 A.4 所示。



说明:

	$T/s$	$a/(m/s^2)$
—◆—	0.40	7.0
—■—	0.66	5.3
—▲—	1.50	3.6

图 A.4 前车匀速行驶时自车速度与报警距离的关系

A.4.2 前车静止

自车遇到静止的前车,假设驾驶人对报警的反应时间分别为 1.5 s,0.66 s,0.4 s,车辆的制动减速度分别为 3.6 m/s<sup>2</sup>,5.3 m/s<sup>2</sup>,7 m/s<sup>2</sup>,则自车车速与报警距离之间的关系如图 A.5 所示。



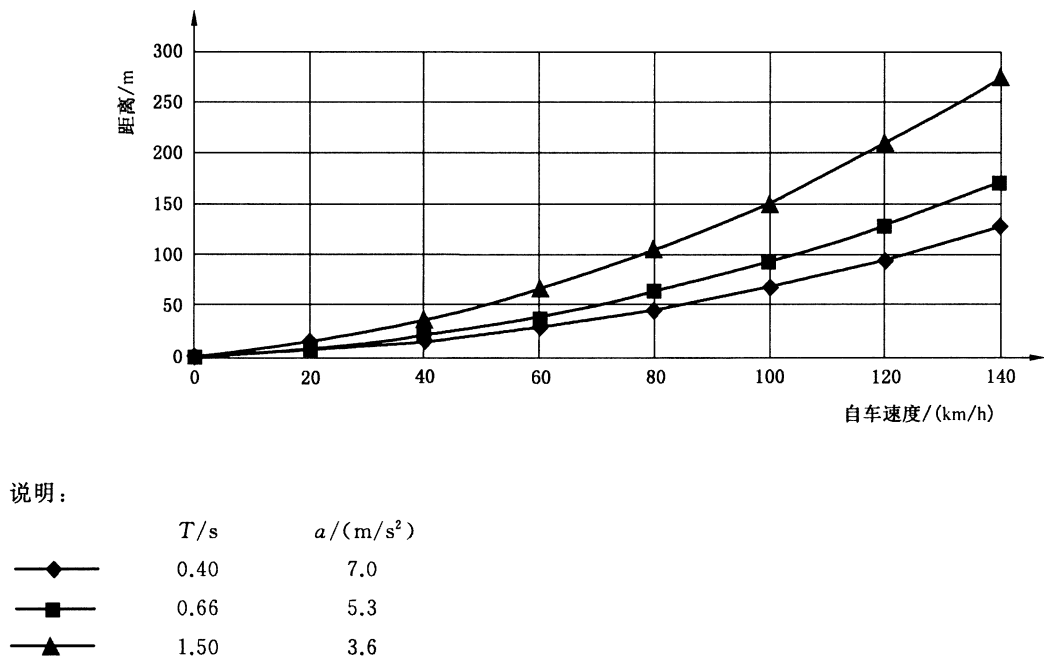


图 A.5 前车静止时自车速度与报警距离之间的关系

A.4.3 前车减速

根据式(A.4)可得相对速度和报警距离之间的关系,如图 A.6 所示。假设自车速度为 100 km/h,驾驶人对报警的反应时间分别为 1.5 s,0.66 s,0.4 s,制动减速度为 3.6 m/s<sup>2</sup>,5.3 m/s<sup>2</sup>,7 m/s<sup>2</sup>。

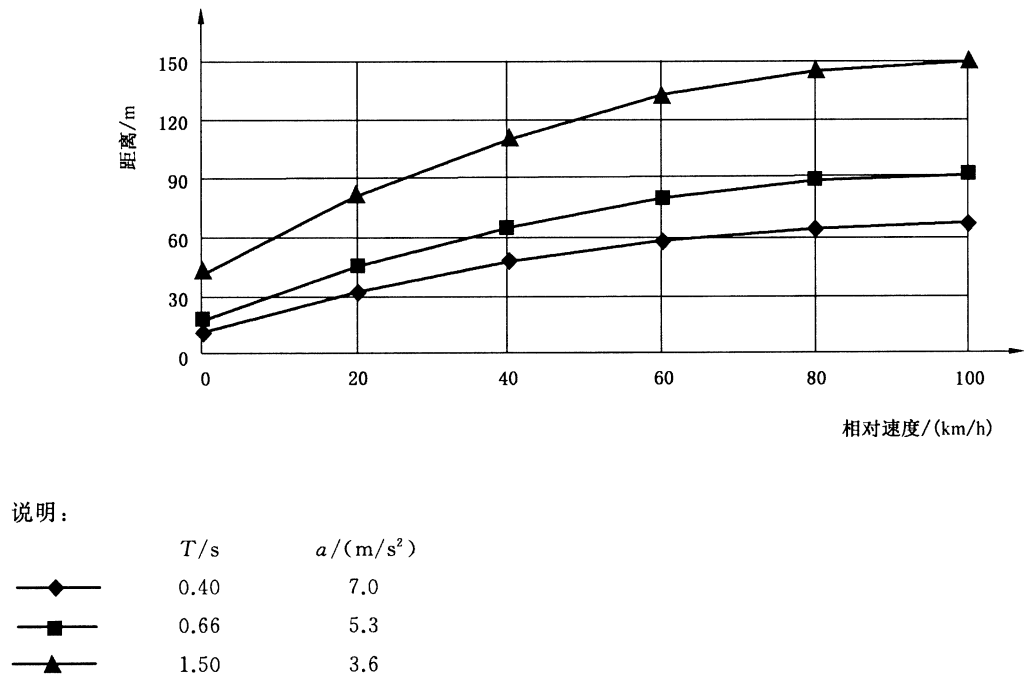


图 A.6 相对速度和报警距离之间的关系

## A.5 系统设计参数

进行系统参数设计时,使用以下参数计算  $D_{\max}$  与  $d_1$  :

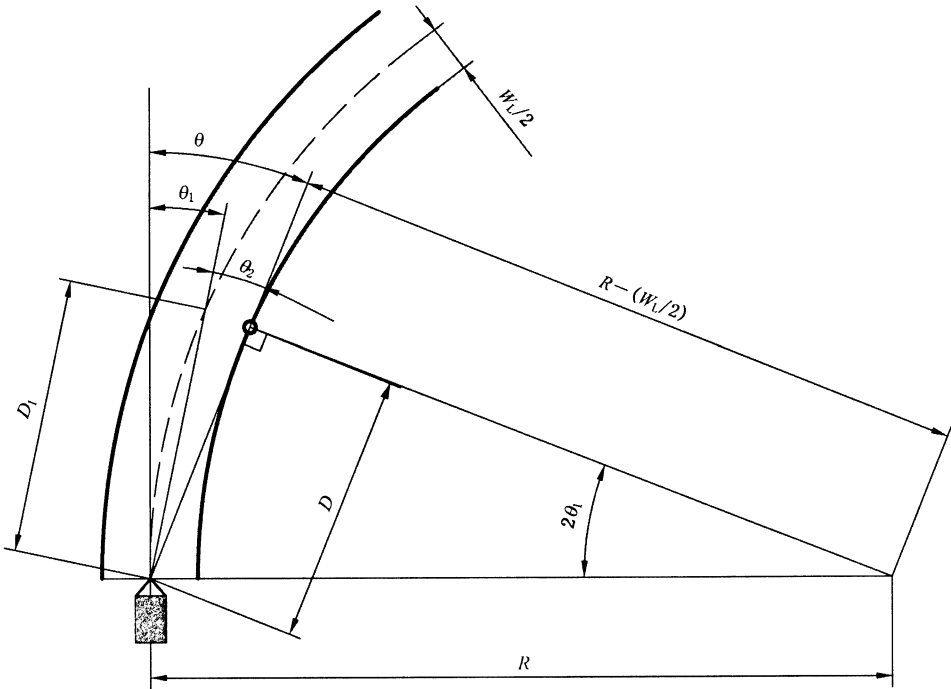
$$T_{\max}=1.5\text{ s};$$

$$T_{\min}=0.4\text{ s};$$

$$a_{\min}=3.6\text{ m/s}^2。$$

附录 B  
(规范性附录)  
弯道上的障碍物检测范围要求

能够进行弯道障碍物识别的系统在弯道上障碍物检测范围如图 B.1 所示。



说明：  
 $R$  ——道路曲率半径，单位为米(m)；  
 $D$  ——障碍物距离，单位为米(m)；  
 $\theta$  ——检测角度，单位为度(°)；  
 $W_L$  ——车道宽度，单位为米(m)。

图 B.1 系统在弯道上的检测范围

从图 B.1 可以得到距离  $D$ ，见式(B.1)。

$$D = (R \times W_L - W_L^2/4)^{0.5} \dots\dots\dots (B.1)$$

故得到辅助计算量  $D_1$  与  $\theta_1$ ，见式(B.2)与式(B.3)。

$$D_1 = (D^2 + W_L^2/4)^{0.5} \dots\dots\dots (B.2)$$

$$\theta_1 = 90 \times D_1 / (\pi R) \dots\dots\dots (B.3)$$

从图 B.1 可以得到  $\theta_2$  见式(B.4)。

$$\theta_2 = \tan^{-1}(W_L/2D) \dots\dots\dots (B.4)$$

最大检测角度范围  $\theta$  由式(B.5)计算：

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 \dots\dots\dots (B.5)$$

从而得到不同曲率半径下对应的检测角度范围见表 B.1。

表 B.1 检测角度范围  $\theta$  与弯道曲率半径的对应关系

检测参数	弯道曲率半径/m						
	100	200	300	400	500	600	700
检测距离要求 $D$	19.27	27.32	33.49	38.68	43.26	47.40	51.20
$D_1/\text{m}$	19.36	27.39	33.54	38.73	43.30	47.43	51.23
$\theta_1/(^{\circ})$	5.55	3.92	3.20	2.78	2.48	2.27	2.10
$\theta_2/(^{\circ})$	5.56	3.93	3.21	2.78	2.48	2.27	2.10
$\theta/(^{\circ})$	11.11	7.85	6.41	5.55	4.97	4.53	4.20

## 附 录 C

(规范性附录)

## 传感器的性能要求及测试目标要求

## C.1 概述

车辆前向碰撞预警系统需要通过传感器获知前车的信息(如相对距离、相对车速等),当采用不同的传感器时,需要满足一定的安全性能要求,且对于使用不同类型传感器的系统,在性能测试时对测试目标也有一定的要求。

## C.2 传感器的安全性能

## C.2.1 光学雷达

光学雷达应按照 GB 7247.1—2012 中第一类激光的规定。

## C.2.2 无线电波雷达

无线电波雷达应符合工信部发布的〔2005〕423 号文件车辆测距雷达的规定<sup>[3]</sup>。

## C.3 测试目标要求

## C.3.1 光学雷达

C.3.1.1 测试目标需根据表示车辆的反射率的 CTT(测试目标系数)而定。CTT 应为  $2 \text{ m}^2/\text{sr}$ 。

C.3.1.2 CTT 描述了反射物的性能。测试过程中需要一个角形反射器(将一个平面减小到一点)。也可使用大平面反射器,只要其反射率不超过 C.3.1.1 规定的值。

## C.3.2 无线电波雷达

测试目标由机动车一般的雷达截面积(RCS)决定。RCS 值为  $3 \text{ m}^2$ 。

注:实际使用过程中,在散射体上得到平面波比较困难。实际使用中雷达截面积由测量值决定。

## C.3.3 视觉传感器

测试目标需要具有代表性的乘用车辆或客运车辆的物理尺寸,形状和表面轮廓。

参 考 文 献

- [1] Johansson G,Rumar K.Driver's Brake Reaction Times.Human Factors,1971,B(1):23-27.
  - [2] 美国高速公路交通安全管理局 NHTSA 在 2008 年公布的前向碰撞预警系统验证试验 (FORWARD COLLISION WARNING SYSTEM CONFIRMATION TEST)
  - [3] 信部无[2005]423 号 微功率(短距离)无线电设备的技术要求
-