

ICS 43.020

T 06

# T/ITS

## 中国智能交通产业联盟标准

T/ITS 0002—2014

---

### 智能运输系统 全速自适应巡航控制 系统 性能要求和测试规程

**Intelligent Transportation Systems — Full speed range adaptive-  
cruise control systems — Performance requirements and test-  
procedures**

2014-11-24 发布

2015-01-01 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 分类 ..... 3

5 性能要求 ..... 4

6 性能评价的测试方法 ..... 10

附录 A（规范性附录）相关技术说明..... 16

## 前 言

本标准按GB/T 1.1—2009给出的规则起草。与ISO 22179:2009 (E)《智能运输系统 全速自适应巡航控制系统 性能要求和测试规程》一致性程度为非等效。

本标准由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本标准起草单位：清华大学、交通运输部公路科学研究院、重庆长安汽车股份有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、北京智华驭新汽车电子技术开发有限公司、郑州宇通客车股份有限公司。

本标准主要起草人：王建强、李克强、李斌、杜磊、张强、陈晓冰、张德兆、刘伟、赵勃。

本标准于2014年11月首次发布，本次为首次发布。

## 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全速自适应巡航控制系统并将之产品化，这一系统已开始逐步进入市场。国际标准化组织发布了ISO 22179:2009 智能运输系统 全速自适应巡航控制系统 性能要求和测试规程 (Intelligent transport systems – Full speed range adaptive cruise control (FSRA) 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，阐述了车辆全速自适应巡航控制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全速自适应巡航控制系统，可以作为其他更先进产品标准的基础。



## 智能运输系统

# 全速自适应巡航控制系统 性能要求和测试规程

### 1 范围

本标准规定了车辆全速自适应巡航控制系统（以下简称 FSRA）的基本控制策略、最低功能要求、基本的交互方法、诊断及对故障反应的最低要求和系统的性能测试方法。

FSRA系统适用于高速公路（即禁止非机动车和行人通行的道路）中的畅通和拥挤路况，为自车在行驶中提供纵向控制，工作速度范围是从零到系统可设置的最高限速。系统能在其限制范围内的减速能力下将自车停在跟踪的前车之后，并能在驾驶员给系统输入继续行驶的命令后再次启动。系统对静止或低速移动的目标（与GB/T 20608-2006中的自适应巡航控制系统标准一致）不做出反应。

### 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/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 B01-2003 公路工程技术标准

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)

ISO 22179:2009 智能运输系统 全速自适应巡航控制系统 性能要求和测试规程  
(Intelligent transport systems – Full speed range adaptive cruise control (FSRA) systems -Performance requirements and test procedures)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

主动制动控制 **active brake control**

由 FSRA 系统控制，而不是由驾驶员实施的制动。

#### 3.2

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，它可以通过控制自车发动机、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]

### 3.3

#### 制动 **brake**

产生阻碍车辆运动（或运动趋势）的力的过程。

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而产生的电磁力；

液力制动——由车辆上相对运动的两部分之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。

### 3.4

#### 车间距离 **clearance**

前车车尾到自车车头的距离。

### 3.5

#### 传统巡航控制 **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]

### 3.6

#### 前车 **forward vehicle**

位于自车行驶道路前方，且行驶方向相同的车辆。

### 3.7

#### 自由交通流 **free-flowing traffic**

包括启停和紧急制动工况的、平稳流动和繁忙的交通。

### 3.8

#### 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。

### 3.9

#### 设定速度 **set speed**

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：这个速度是车辆在FSRA系统控制下的最高期望速度。

### 3.10

#### 稳定状态 **steady state**

相关参数不随时间、距离而变化的车辆状态。

### 3.11

#### 自车 **subject vehicle**

配有本标准所定义的全速自适应巡航控制系统的车辆。

### 3.12

**系统状态 system state**

系统工作的某种阶段或状态。

1) FSRA 关闭状态 off

直接的操作动作均不能触发 FSRA 系统。

2) FSRA 等待状态 stand-by

FSRA 系统没有参与车辆的纵向控制，但可以随时被驾驶员触发而进入工作状态。

3) FSRA 激活状态 active

FSRA 系统控制自车的速度和（或）车间时距。

4) FSRA 静默状态 hold

自车静止但系统已激活时的状态。

5) FSRA 速度控制状态 speed control

FSRA 系统根据设定速度来控制自车的速度。

6) FSRA 车距控制状态 following control

FSRA 系统根据设定的车头时距来控制自车与目标车辆的车间距离。

3.13

**静止目标 stationary object**

自车前方的静止物体。

3.14

**缓慢移动目标 slow moving object**

自车前方以不超过指定最大速度（1m/s 或者自车速的 10%）低速移动的目标。

3.15

**目标车辆 target vehicle**

自车跟随行驶的车辆。

3.16

**全速自适应巡航控制 full speed range adaptive cruise control**

自适应巡航控制系统的提升与扩展，它可以通过控制自车发动机、传动系统或制动器实现与前车保持适当距离直到驻车的目的。

4 分类

FSRA 系统根据对弯道行驶的适应能力分为 4 种类型，见表 1。

表 1 基于弯道行驶能力的 FSRA 系统分类

类 型	对弯道半径的适应能力
I	趋向于无穷大
II	$\geq 500\text{m}$
III	$\geq 250\text{m}$
IV	$\geq 125\text{m}$

5 性能要求

5.1 基本控制策略

图 1 表示系统状态及转换。

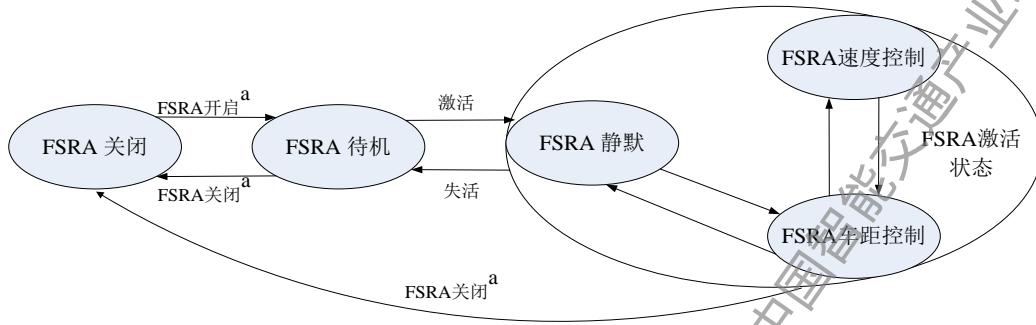


图 1 系统状态及转换

其中，椭圆表示系统状态；a 表示系统自检之后的手动和（或）自动操作。

注：手动切换实现 FSRA 的关闭和非关闭状态的转换，系统检测到错误之后将自动关闭 FSRA。

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

1) 当 FSRA 系统处于激活状态时，自车通过对速度的自动控制与前车保持一定的车头时距或预先设定的速度（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；

2) 稳定状态的车头时距可由系统自动调节或由驾驶员调节；

3) 如果前方有不止一个车辆，那么自车所跟随的那辆车将自动被选择为目标车辆；

4) 在自车停止不超过 3s 这个时间段内，系统将自动从车距控制状态转换到静默状态；

5) 在静默状态时，将使用自动驻车控制来保持自车的静止（要接管 ESP 的电子制动功能）。

5.2 功能

5.2.1 控制模式

车距控制状态和速度控制状态之间的切换应由系统自动完成。

5.2.2 静止或低速移动的目标

系统尝试在其减速能力范围内使自车能停止在目标车辆之后。对于系统是否对静止或低速移动的目标作出反应，本标准不做强制性的设计规定。如果系统对静止或低速移动的目标不作出反应，那么应在车辆的用户手册中予以声明。

5.2.3 跟车能力

车辆在稳定状态下运行时，最小的车间距应设置为  $\text{MAX}(c_{\min}, \tau_{\min} \times v)$ ；运行在瞬变条件下

时，车间距可以暂时低于最小车间距，此时，系统应具备自动调整的功能，将车间距调整到期望值。

车速高于 8m/s 时，车间时距的设置范围是： $1.5s \leq \tau \leq 2.2s$ 。[GB/T 20608-2006，定义 5.2.2]

最低要求：当目标车以减速度为  $a_{\text{stopping}}$  和行驶速度为  $v_{\text{stopping}}$  开始停车时，系统能控制自车停在目标车辆之后。

其中， $c_{\min}$  是在全速范围（包括静默状态）内，系统运行在车距控制模式下的最小稳态车间距离，且  $c_{\min} \geq 2m$ ；

$\tau_{\min}$  是可供选择的最小稳态车头时距，可用于全速范围下的 FSRA 控制， $\tau_{\min} \geq 1s$ ；

$v$  是自车车速；

$\tau$  是车头时距；

$a_{\text{stopping}} = 2.5m/s^2$ ；

$v_{\text{stopping}} = 10m/s$ 。

### 5.2.3.1 概述

下面分别介绍 FSRA 系统的探测距离、目标识别功能和弯道行驶能力。

### 5.2.3.2 直线上的探测距离（II，III，IV 型）

如果前车位于  $d_1$  与  $d_{\max}$  的距离范围内，则 FSRA 系统将会测量自车与前车之间的距离；如果前车位于  $d_0$  和  $d_1$  的距离范围内，FSRA 系统需要探测前车的存在，而不需要测量自车和前车之间的距离和相对速度；如果前车位于小于  $d_0$  的范围内，FSRA 系统无需探测前车的存在。在此纵向行驶范围内，自车测量的横向范围应至少是自车的宽度。如图 2 所示。

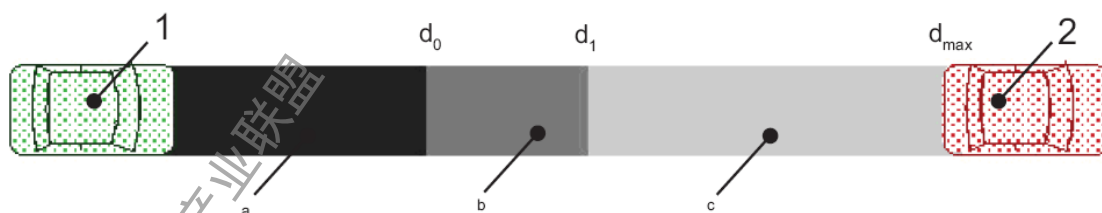


图 2 探测范围

其中，1——自车；2——前车；

a——无需探测范围；

b——需要进行车辆探测的范围；

c——需要确定前车距离的范围；

$d_{\max} = \tau_{\max}(v_{\text{set\_max}}) \times v_{\text{set\_max}}$ ， $\tau_{\max}(v_{\text{set\_max}})$  --速度  $v_{\text{set\_max}}$  下的最大静态车头时距，

$v_{\text{set\_max}}$ ——最高可设定车速；

$d_1 = 4m$ ；

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

### 5.2.3.3 目标识别

如果直道上前方存在多辆车，或者在弯道上（自车的 FSRA 系统属于 II、III 或 IV 型），则与自车处于同一车道的前车将被选作 FSRA 控制的目标车，见图 3。

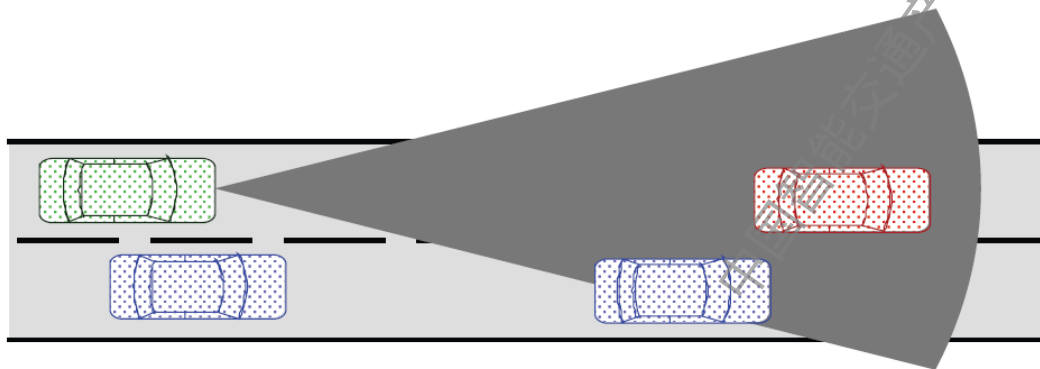


图 3 目标识别

### 5.2.3.4 弯道行驶（II，III，IV 型）

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

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

式中：

$a_{\text{lateral\_max}}$  -- 弯道上的最大允许横向加速度，其取值如下：

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

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

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

$a_{\text{lateral\_max}}$  取决于驾驶员弯道驾驶行为（95%的驾驶员），如图 4 所示，[GB/T 20608-2006，定义 5.2.5.4].

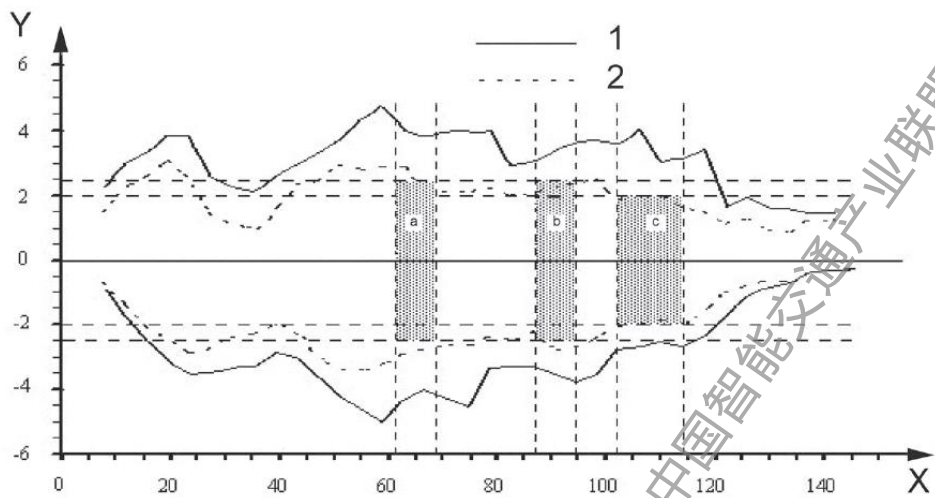


图 4 一般驾驶员的横向加速度

其中，1——最大值；2——95%区间；  
X——自车的速度（km/h）；Y——横向加速度（ $\text{m/s}^2$ ）；  
a——第 IV 类；b——第 III 类；c——第 II 类。

5.2.4 状态转换

没有驾驶员的指令，系统不能从静默状态转换到车距控制状态或者速度控制状态。

5.3 基本的人机交互功能

5.3.1 操作与系统反应

FSRA 系统应该为驾驶员提供一种用来选择并设定期望车速的方法。

当系统处于车距控制状态和车速控制状态，且驾驶员施加的制动力大于 FSRA 系统的制动力时，驾驶员的制动行为将使得 FSRA 系统失效。FSRA 系统处于静默状态时，驾驶员的制动不一定使系统失活而跳转到等待状态。

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，即使在 FSRA 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。

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。如果驾驶员的制动需求高于 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。

自动制动状态对车轮的抱死时间不应超过 ABS 的允许值。FSRA 系统不干涉 ABS 系统。

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。

FSRA 系统可适当调整车头时距以适应驾驶环境的变化（如恶劣天气），但被调整后的车

头时距不应低于驾驶员的设定值。

如果 FSRA 系统允许驾驶员选择期望的车头时距，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，则当系统被再次激活后，应将该车头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头时距值，则车头时距应被设定为默认值 ( $\geq 1.5s$ )。

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

系统可以在任意时刻被驾驶员激活，即使车辆静止或者驾驶员踩着制动踏板。

### 5.3.2 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 系统处于激活状态时才显示设定速度信息，且应使显示不影响驾驶行为；
- b) 如果 FSRA 系统出现故障不能正常工作，应及时提示驾驶员，提示符号应符合规定（见 0）；
- c) 如果 FSRA 系统自动失活，应及时提示驾驶员，提示符号应符合规定（见 0）；
- d) 如果车辆同时配备了 FSRA 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；
- e) 如果前车被锁定为目标车，应使用提示信息“探测车辆”来表示 FSRA 系统正在探测前方车辆。

### 5.3.3 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 ISO2575 的规定。

### 5.4 操作限制

为了保证舒适性，当车速低于 5m/s 时，不允许出现突然的制动力释放，例如以下情况产生的释放：

- a) 目标车辆丢失；
- b) 系统故障（而非制动器本身的故障）导致系统自动失活；

最低的设定车速应为： $v_{set\_min} \geq 7m/s$ 。

当车速高于 20m/s 时，FSRA 系统的平均减速度不应大于  $3.0m/s^2$ （以 2s 的长度按采样值求平均），[GB/T20608-2006 定义 5.4]；当车速低于 5m/s 时，FSRA 系统的平均减速度不应大于  $4.1m/s^2$ （以 2s 的长度按采样值求平均）。

当车速高于 20m/s 时，FSRA 系统的减速度的平均变化率不应大于  $2.5m/s^3$ （以 1s 的长度按采样值求平均），[GB/T20608-2006 定义 5.4]；当车速低于 5m/s 时，FSRA 系统的减速度的

平均变化率不应大于  $3\text{m/s}^3$  (以 2s 的长度按采样值求平均)。

当车速高于  $20\text{m/s}$  时, FSRA 系统的平均加速度不应大于  $2\text{m/s}^2$  (以 2s 的长度按采样值求平均), [GB/T20608-2006 定义 5.4]; 当车速低于  $5\text{m/s}$  时, FSRA 系统的平均加速度不应大于  $3.1\text{m/s}^2$  (以 2s 的长度按采样值求平均)。

如果目标车辆与自车的距离小于  $d_0$ , 且无法被探测, 那么系统应开始实施一个控制策略: 发出最近使用过的有效的制动命令, 直至以下三种情况之一发生:

- 自车停止;
- 或者系统探测到与前车的距离在  $d_1$  以内;
- 或者驾驶员踩下加速踏板。

如果系统探测到自车与前车的距离在  $d_0$  和  $d_1$  的范围内, 且距离无法具体测算, 那么系统将禁止车辆自动加速。

5.5 制动灯控制

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 350ms 以内完成。为防止制动灯忽亮忽暗, 在 FSRA 系统结束制动后可维持制动灯亮一个合理的时间。

5.6 故障处理

- a) 表 2 列举了 FSRA 子系统出现故障时的提示信息 (如图 5 所示);
- b) 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;
- c) FSRA 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 FSRA 系统开关触发。

表 2 FSRA 系统故障处理

故障子系统	FSRA 的故障处理	
	制动控制	发动机控制
发动机	应保持制动, 至少满足当前的制动操作需要	放弃 FSRA 的发动机控制
制动系统 <sup>a</sup>	应放弃 FSRA 的控制。当自动制动操作时, 制动子系统的失效不是总体瘫痪, 那么系统可以在 FSRA 彻底放弃之前, 完成当前的制动操作。	放弃 FSRA 的发动机控制
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
FSRA 控制器	放弃 FSRA 的控制	放弃 FSRA 的控制
a 如果变速器出现故障, 制动操作应能完成减速功能。		

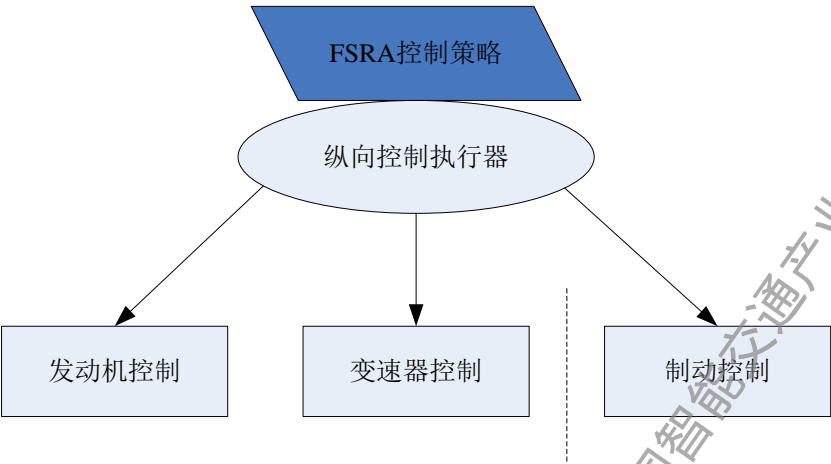


图 5 纵向控制执行机构

## 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-20℃~+40℃范围内；
- c) 水平能见度应大于 1 km。

### 6.2 试验目标参数

本标准规定的试验目标只针对当今已使用的技术。对于其他技术，应当采用已被采纳过的试验目标。

#### 6.2.1 红外激光雷达

采用红外激光雷达测试时，红外线的测试目标是由一个针对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 20cm<sup>2</sup>。

——测试目标 A 属于漫反射体，其 CTT = 2m<sup>2</sup>/sr ± 10%（见附录 A）；

——测试目标 B 属于漫反射体，其 CTT = 1m<sup>2</sup>/sr ± 10%。

注：测试目标由反射体的参数定义。

目标 A 应代表至少 95% 以上在高速公路上行驶的车辆。

目标 B 代表一辆表面较脏且没有安装向后反射体的车辆的反射率。

#### 6.2.2 毫米波雷达

测试目标由雷达信号的散射横截面 RCS 来定义，频率范围是 20GHz~95GHz。

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

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 自动停止能力测试

6.3.1 测试目标车辆

在目标车尾部安装如 0 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：移去测试目标 A 以后，使车辆尾部的雷达散射截面 RCS 不大于  $2\text{ m}^2$  或使其反射率不大于测试目标的 20%。

6.3.2 初始条件

- 目标车的行驶速度为  $v_{\text{stopping}}$  ；
- 目标车的宽度范围是：1.4m~2.2m；
- 自车运行在车距控制模式下，稳定地跟随目标车行驶；
- 在整个测试过程中，期望的车头时距值为  $\tau_{\text{min}}$ ；
- 自车纵向中心线与目标车纵向中心线之间的横向偏差小于 0.5m（见图 6）。

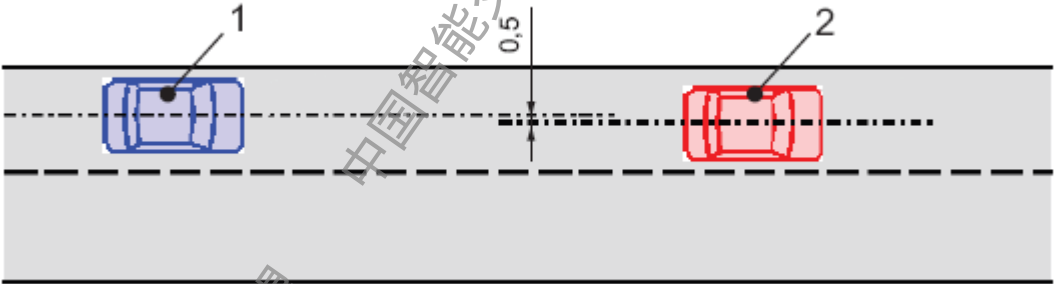


图 6 自动停止能力测试——初始条件

其中，1——自车；2——目标车。

6.3.3 测试方法

目标车以  $a_{\text{stopping}}$  为减速度开始减速直至停止，其中，减速度的范围是  $a_{\text{stopping}}-0.5\text{ m/s}^2\sim a_{\text{stopping}}$ 。

如果自车能够在系统控制下，自动停在目标车之后，则视为测试成功。

6.4 探测距离测试

测试方法以  $d_0, d_1, d_2, d_{\text{max}}$  为准。

车辆参考平面为一矩形，宽度与自车宽度相当，高 0.9m，离地 0.2m，探测区域是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。在距离  $d_1, d_2, d_{\text{max}}$  处的参考平

面被分成 3 列，其中，L 列和 R 列的宽度为 50cm。在测试目标反射物时，至少应保证探测到  $d_1$ ， $d_2$ ， $d_{\max}$  中任一位置处的车辆参考平面，包含每一列（L，C，R）。在  $d_0$  处，整个参考平面内只有一个位置能被探测到（见图 7）。

- 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；
- $d_2$  特指自车前方 75m 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。

测试的持续时间最长不应超过测试目标设置后 2s。

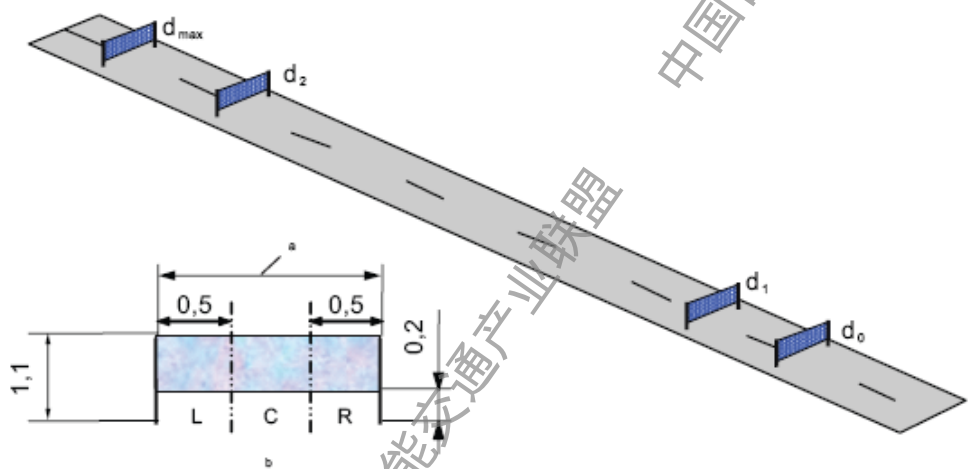


图7 纵向探测区域

其中，a——自车宽度；b——车辆参考平面。

## 6.5 目标识别能力测试

### 6.5.1 初始条件

两辆同型号的车辆在自车的前方以速度  $v_{\text{circle\_start}}$  同向行驶，两车纵向中心线之间的距离为  $3.5\text{m} \pm 0.25\text{m}$ ，车宽在  $1.4\text{m} \sim 2\text{m}$  之间。自车在车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  $\tau_{\max}(v_{\text{circle}})$ ，设定车速大于  $v_{\text{vehicle\_end}}$ ，自车纵向中心线与目标车纵向中心线之间的横向偏差小于  $0.5\text{m}$ （见图 8）。

$v_{\text{vehicle\_end}} = 27\text{m/s}$  ( $\approx 100\text{km/h}$ )

注：如果车辆达不到上述速度，则采用为： $v_{\text{vehicle\_end}} = 22\text{m/s}$  ( $\approx 80\text{km/h}$ )。

$v_{\text{circle\_start}} = v_{\text{vehicle\_end}} + 3\text{m/s}$

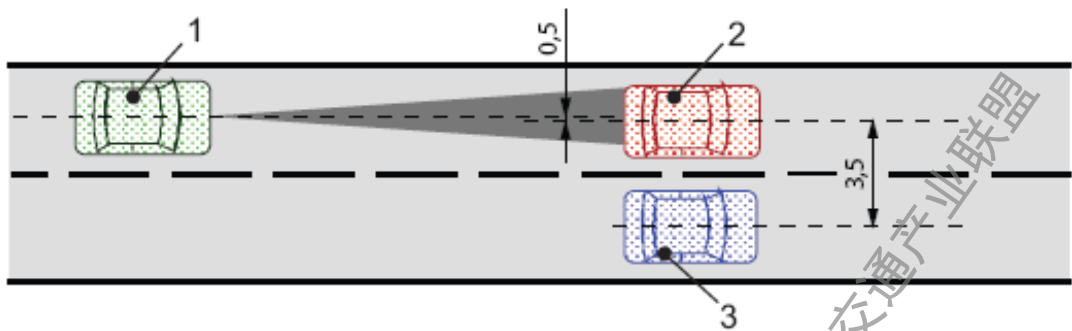


图 8 目标识别能力测试——初始条件

其中，1——自车；2——目标车；3——前车

6.5.2 测试过程

目标车加速至  $v_{\text{vehicle\_end}}$ ，如果自车在 FSRA 状态下超过相邻车道上的前车，见图 9，则测试合格。其中：

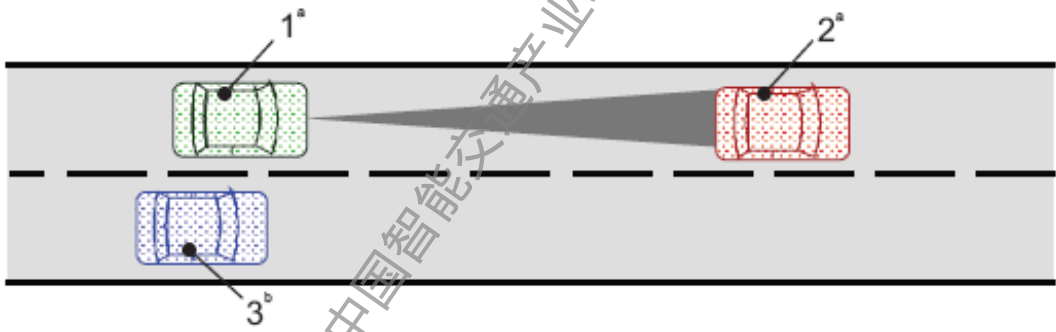


图 9 目标识别能力测试——结束条件

其中，1——自车；2——目标车；3——前车；

a ——  $v = v_{\text{vehicle\_end}}$ ； b ——  $v = v_{\text{circle\_start}}$ 。

6.6 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，故需要设计一个驾驶场景以便进行弯道适应能力测试。

6.6.1 测试场地（II，III，IV 型）

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是  $(80\% \sim 100\%) \times R_{\min}$ 。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 10）。

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

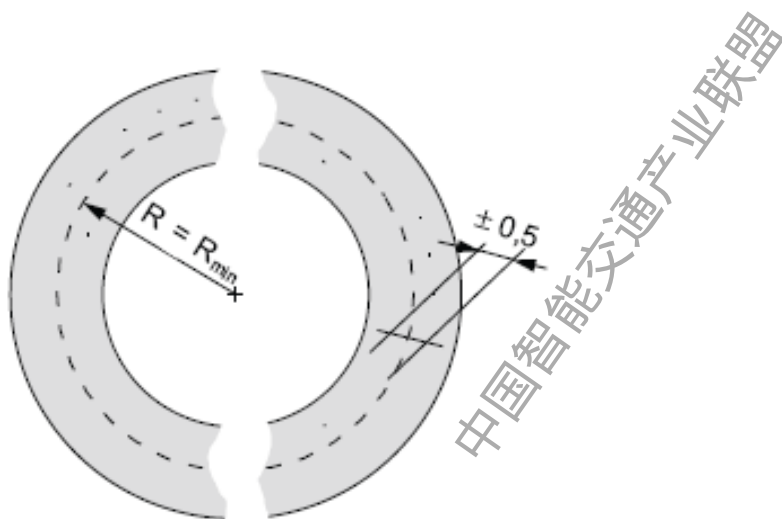


图 10 测试车道示意图

#### 6.6.2 用于弯道适应能力测试的目标车

在目标车尾部安装如 0 所述的测试目标 A，测试目标应安装在车尾部中间的位置，离地面的高度为： $0.6\text{m} \pm 0.1\text{m}$ 。

其余未被遮盖的表面按如下原则进行隐藏处理：移去测试目标 A 以后，使车辆尾部的雷达散射截面 RCS 不大于  $2\text{m}^2$  或使其反射率不大于测试目标的 20%。

#### 6.6.3 驾驶场景

自车以车距控制模式跟随同一车道上的目标车（二者纵向中心线之间的横向偏差为  $\pm 0.5\text{m}$ ）。测试之前，自车和目标车应满足图给定的初始条件，测试过程的具体细节见表 3 和图 11。

目标车的初始速度如下：

$$v_{\text{circle\_start}} = \min \left[ \sqrt{a_{\text{lateral\_max}} \times R}, v_{\text{vehicle\_max}} \right] \pm 1\text{m/s}$$

式中， $a_{\text{lateral\_max}}$  取决于弯道半径：

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

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

当  $R = R_{\min \text{ IV}}=125\text{m}$  时， $a_{\text{lateral\_max}}=2.3\text{ m/s}^2$ ；

选择适当时机，使目标车辆减速，观察自车的反应。正常情况下，在车间时距减小至  $\tau_{\max}$  的 2/3 之前，自车就会因与目标车辆车距减小而开始减速。

表 3 道适应能力测试条件

	测试准备	初始条件	第一次测试动作	第二次测试动作
目标车辆				
速度	$v_{\text{circle\_start}}=\text{常量}$		车速降低 3.5m/s±0.5m/s	$v_{\text{circle}}=\text{常量}$ $v_{\text{circle\_start}} - 3.5\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$
时间	最少 10s	时间触发 0s	2s	
半径	$\geq R(6.5.1 \text{ 中定义})$ 可能更大	$R=\text{常量}$ （见 6.5.1）		
自车				
速度	由 ACC 系统控制			
加速度	$\leq 0.5\text{m/s}^2$		观察自车减速度	
半径	$\geq R$ （7.5.1 定义）可能更大		$R=\text{常量}$	
到目标车的车 间时距	$\tau_{\text{max}}(v_{\text{circle\_start}}) \pm 25\%$		由 ACC 系统控制，观察车间时距	

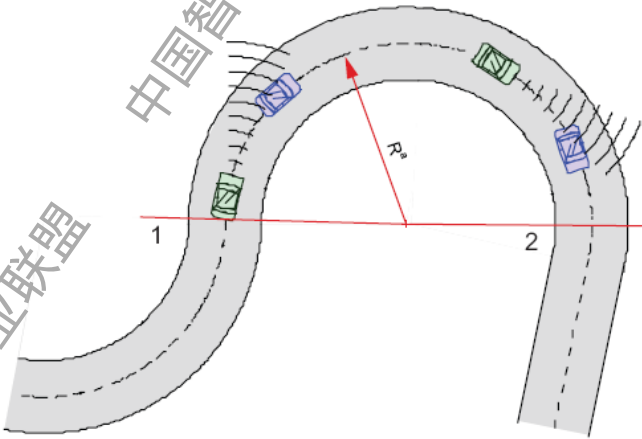


图 11 测试车道设置举例

其中，1 —— 测试开始。注：测试开始时，自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。注：当自车开始减速（正确反应）或车头时距降至  $\tau_{\text{max}}$  的 2/3 时，测试结束；  
a —— 恒定半径。

附录 A  
(规范性附录)  
相关技术说明

## A.1 激光雷达, 目标的反射系数

### A.1.1 立体角 $\Omega$

立体角  $\Omega$ , 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:

$\Omega$ : 立体角, 单位为球面度;

A: 可用区域面积;

$d_A$ : 光源和可用面积 A 之间的距离;

$\Omega_0$ : 光源的立体角, 单位为球面度。

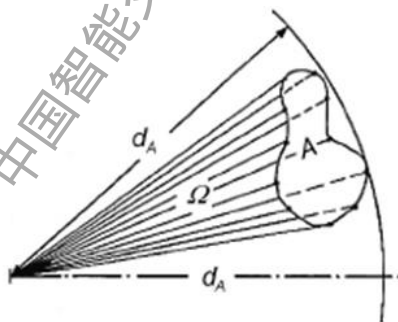


图 A.1 立体角

### A.1.2 辐射强度 $I$

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

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

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;

$\Phi_{ref}$ : 辐射能量, 单位瓦特;

$\Omega_1$ : 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。

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

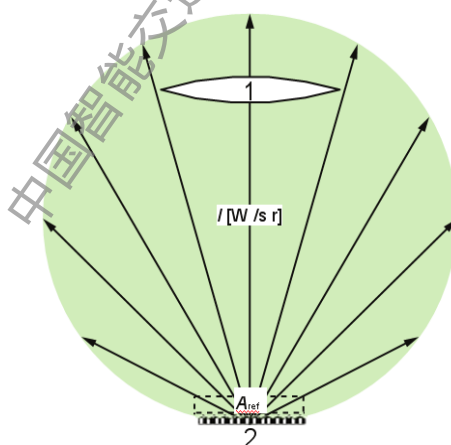
式中：

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。

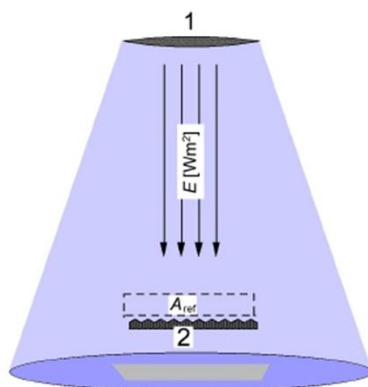
具有 CTT 参数的反射体（见图 A.2）的反射具有一定的空间分布，其立体角 $\geq 8 \times 10^{-3}$ sr。



注：

1：接收器 2：反射体

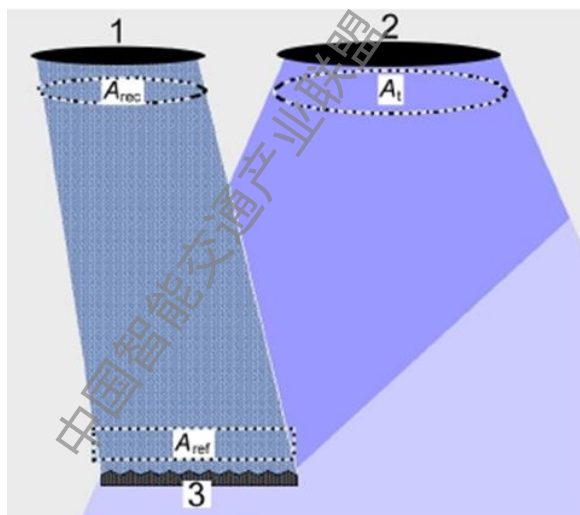
图 A.2 接收器示意图



注：

1：发射机 2：反射体

图 A.3 发射机示意图



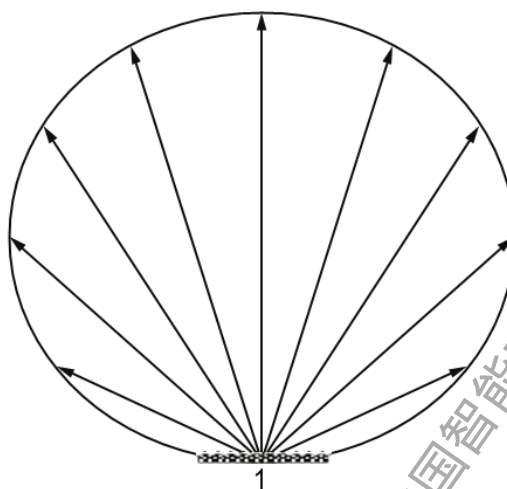
注：1：接收器 2：发射机 3：反射体

图 A.4 反射体示意图

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。

#### 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<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 左右。



注：1：反射体

图 A.5 Lambert 反射体

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：

$\Phi_{\oplus}$ ：辐射能量，单位瓦特；

$I_0$ ：辐射强度，单位瓦特/球面度；

$\Omega_0$ ：立体角，单位球面度。

1.7m<sup>2</sup> 相当于一辆小型车的反射截面。

## 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。

$$\text{RCS} = 10 \pm 3 \text{m}^2.$$

对于目前已知的频率（24GHz, 60GHz, 77GHz, 90GHz），10m<sup>2</sup> 的范围至少可以覆盖高速公路上 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.6。

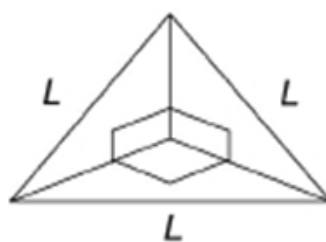


图 A.6 锥形反射体

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

式中： $\lambda$  是波长

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟



中国智能交通产业联盟  
标准  
**道路营运车辆 车载网关 通信能力技术要求**  
T/ITS 0002-2014

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>

2014 年 11 月第一版 2014 年 11 月第一次印刷