



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互
系统技术要求

Technical Requirements of Vehicular Communication System based on LTE-V2X
Direct Communication

工作组讨论稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义、符号和缩略语..... 2

 3.1 术语和定义..... 2

 3.2 符号和缩略语..... 3

4 系统描述..... 4

 4.1 系统简介..... 4

 4.2 工作模式..... 4

5 一般要求..... 4

 5.1 功能等级划分..... 5

 5.2 电气性能..... 5

 5.3 环境耐候性..... 6

 5.4 外壳防护..... 7

 5.5 机械性能..... 7

 5.6 耐久性..... 7

 5.7 电磁兼容要求..... 7

6 系统功能要求..... 8

 6.1 接入层要求..... 8

 6.2 网络层要求..... 9

 6.3 应用层要求..... 10

 6.4 通信安全要求..... 38

7 通信性能要求..... 40

 7.1 射频性能要求..... 40

 7.2 天线增益..... 41

 7.3 车辆近水平面辐射功率..... 41

 7.4 车辆近水平面接收灵敏度..... 41

8 定位定时要求..... 42

 8.1 定位要求..... 42

 8.2 定位增强要求..... 42

8.3 坐标系统与定位参考点要求..... 42

8.4 系统时间要求..... 43

9 试验 43

9.1 一般要求试验方法..... 43

9.2 功能试验方法..... 49

9.3 通信性能试验..... 58

附录 A（规范性） 车辆历史轨迹参数说明 65

附录 B（资料性） 车辆历史轨迹参考设计 66

B.1 Path History 参考设计..... 66

B.2 PATH PREDICTION 参考设计 75

附录 C（资料性） 事件触发 BSM 消息发送 80

附录 D（资料性） 拥塞控制机制 81

D.1 概述..... 81

D.2 基于 CBR 的拥塞控制..... 81

D.3 基于车辆密度的拥塞控制..... 81

附录 E（规范性） 基本车辆类型 86

附录 F（资料性） 三维球坐标系 88

F.1 三维球坐标系..... 88

F.2 被测车辆天线坐标位置..... 88

F.3 车辆方位区域..... 89

附录 G（资料性） 耐久性试验 90

G.1 耐久性试验..... 90

G.2 耐久性试验计算模型..... 90

附录 H（资料性） 车辆天线性能测试场地要求 92

H.1 一般要求..... 92

H.2 开阔场要求..... 92

H.3 全电波暗室要求..... 92

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC 114）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求

1 范围

本文件规定了基于长期演进的车用无线通信技术（LTE-V2X）支持直连通信的车载信息交互系统的一般要求、系统功能要求、通信性能要求、定位定时要求以及试验方法等内容。

本文件适用于M类、N类汽车使用的基于LTE-V2X直连通信方式的车载信息交互系统（以下简称系统），其他类型车辆使用的系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 18655-2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 19951-2019 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的实验方法

GB/T 21437.2-2008 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分：沿电源线的电瞬态传导

GB/T 21437.3-2012 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

GB 26149-2017 乘用车轮胎气压监测系统的性能要求和试验方法

GB/T 28046.1-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定

GB/T 28046.2-2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

GB/T 28046.3-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

GB/T 28046.4-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷

GB/T 28046.5-2013 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第5部分：化学负荷

GB/T 30038-2013 道路车辆 电气电子设备防护等级（IP代码）

GB/T 33014.9-2020 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性能试验方法 第9部分：便携式发射机模拟法

GB 34660-2017 道路车辆 电磁兼容性能要求和试验方法

YD/T 3340-2018 基于LTE的车联网无线通信技术 空中接口技术要求

YD/T 3707-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 网络层技术要求

YD/T 3709-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求

YD/T 3756-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的车载终端设备技术要求

YD/T xxxx-xxxx 基于LTE的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求

YD/T 3348-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 支持LTE-V2X PC5直连通信的车载终端设备测试方法

BD 410004—2015 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机导航定位数据输出格式（Navigation and positioning data output format forBeiDou/Global Navigation

Satellite Satellite System(GNSS) receiver)

3GPP TS 36.508 f40 第三代合作伙伴计划;技术规范组无线接入网络;演进的通用陆地无线接入(E-UTRA)和演进的分组核心(EPC);用户设备(UE)一致性测试的通用测试环境(第15版)(3rd Generation Partnership Project;Technical Specification Group Radio Access Network;Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC);Common test environments for User Equipment (UE) conformance testing(Release 15))

3GPP TS 36.521-1 f40 第三代合作伙伴计划;技术规范组无线电接入网络;演进的通用陆地无线电接入(E-UTRA);用户设备(UE)一致性规范;无线电发射和接收;第1部分:一致性测试(第15版)(3rd Generation Partnership Project;Technical Specification Group Radio Access Network;Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA);User Equipment (UE) conformance specification;Radio transmission and reception;Part 1: Conformance Testing(Release 15))

3 术语和定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

基于长期演进的车用无线通信技术 long term evolution vehicle to everything; LTE-V2X

包括蜂窝网络通信方式(Uu接口)和终端直连通信方式(PC5接口),可用于车载单元与其他设备通信,包括但不限于车辆与车辆通信(V2V),车辆与基础设施通信(V2I),车辆与行人通信(V2P),车辆与网络通信(V2N)。

3.1.2

直连通信 direct communication

无线电设备通过无线电传输方式直接进行通信和信息交换。

注:本文件指通过LTE-V2X PC5接口实现车载信息交互系统与其他设备之间信息交换的通信方式。

3.1.3

试验电压 test voltage

在试验期间施加到被测设备上的电压。

[来源: GB/T 28046.1-2011, 3.5]

3.1.4

关键事件条件 key event condition

关键事件标志被置位所需的事件条件。

3.1.5

紧急制动 hard braking

车辆以至少4 m/s²减速度开始减速。

[来源: GB/T 38186-2019, 3.7]

3.1.6

主车 host vehicles

搭载系统的指定车辆。

3.1.7

远车 remote vehicles

搭载系统且正在与主车进行通信的车辆。

3.2 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

ABS	制动防抱死系统	Antilock Brake System
AID	应用标识	ApplicationIdentifier
ASN.1	抽象语法标记	Abstract Syntax Notation One
BLER	块差错率	Block Error Rate
BSM	车辆基本安全消息	Basic Safety Message
CAN	控制器局域网络	Controller Area Network
CBR	信道忙碌率	Channel Busy Ratio
DE	数据元素	Data Element
DF	数据帧	Data Frame
DSM	专用短程通信短消息	Dedicated Short Message
DSMP	专用短消息协议	Dedicated Short Message Protocol
DUT	被测装置	Device Under Test
EIRP	等效全向辐射功率	Equivalent Isotropically Radiated Power
EIS	等效全向灵敏度	Effective Isotropic Sensitivity
E-UTRA	演进型通用陆地无线接入	Evolved Universal Terrestrial Radio Access
ESP	车身电子稳定系统	Electronic Stability Program
GNSS	全球导航卫星系统	Global Navigation Satellite System
ID	身份标识号码	Identity
LIN	局域互联网络	Local Interconnect Network
LTE	长期演进技术	Long Term Evolution
LTE-V2X	LTE车用无线通信技术	LTE Vehicle to Everything
MAC	媒体访问控制地址	Media Access Control Address
PDCP	分组数据汇聚协议	Packet Data Convergence Protocol
PGK	临近服务群组密钥	ProSe Group Key
PH	历史轨迹	Path History
PPPP	通信数据分组优先级	ProSe Per-Packet Priority
PTK	临近服务业务密钥	ProSe Traffic Key
QPSK	正交相移键控	Quadrature Phase Shift Keying
RLC	无线链路控制	Radio Link Control
RTK	载波相位差分技术	Real-time Kinematic
SDU	业务数据单元	Service Data Unit
SPDU	会话层协议数据单元	Session Protocol Data Unit
UM	无确认模式	Unacknowledged Mode
UPER	非对齐压缩编码规则	Unaligned Packet Encoding Rules
USB	通用串行总线	Universal Serial Bus
U_t	试验电压	Test Voltage
UTC	世界标准时间	Coordinated Universal Time

V2V	车辆与车辆通信	Vehicle to Vehicle
TCS	牵引力控制系统	Traction Control System
T _{min}	最低工作温度	Minimum Operating Temperature
T _{max}	最高工作温度	Maximum Operating Temperature
T _{RT}	常温工作温度	Room Operating Temperature
Us _{max}	最高工作电压	Supply Voltage Maximum
Us _{min}	最低工作电压	Supply Voltage Minimum

4 系统描述

4.1 系统简介

系统主要包括以下功能模块：

- a) 无线通信子系统：接收和发送空中无线信号，用于与其他车载信息交互系统、基础设施、行人等进行通信；
- b) 定位子系统：应同时支持定位和授时；
- c) 车载设备处理单元：运行程序生成需要发送的空中信号，处理接收的空中信号；
- d) 天线：向空间辐射或从空间接收无线电波。

系统与车内其他电子控制单元相连，将处理好的空中信号发送给车内其他电子控制单元，并通过车内其他电子控制单元接收车内总线或其他数据来源上传的车辆信息。系统功能模块示意图见图1。

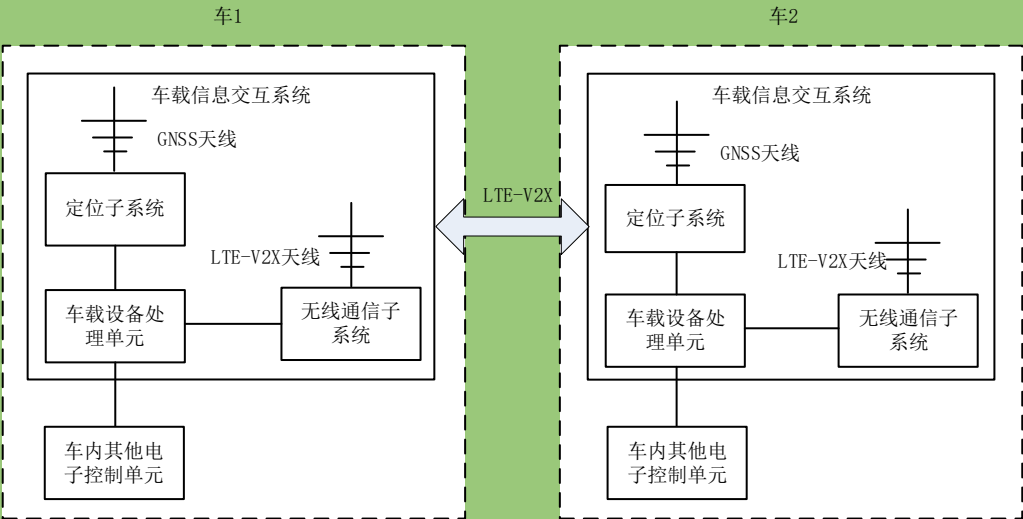


图 1 系统功能模块示意图

4.2 工作模式

按照工作条件，将系统的工作模式分为5种，见表1。

表1 系统工作模式定义

工作模式	工作条件
工作模式1	具备LTE-V2X直连通信功能的最小功能模块不上电

工作模式2	具备LTE-V2X直连通信功能的最小功能模块上电且处于正常通信状态
工作模式3	车辆不上电，系统不工作
工作模式4	车辆上电，系统处于正常通信状态
工作模式5	车辆正常运转，系统处于正常通信状态

5 一般要求

5.1 功能等级划分

系统的功能等级分为5级：

- a) 等级 A：试验中和试验后系统所有功能满足设计要求；
- b) 等级 B：试验中系统所有功能满足设计要求，但允许一个或多个超出规定允差，试验后所有功能自动恢复到规定限值，存储功能符合 A 级；
- c) 等级 C：试验中系统一个或多个功能不满足设计要求，但试验后所有功能自动恢复正常运行；
- d) 等级 D：试验中系统一个或多个功能不满足设计要求，且试验后不能自动恢复正常运行，需对系统进行简单操作重新激活；
- e) 等级 E：试验中系统一个或多个功能不满足设计要求，且试验后不能自动恢复正常运行，需对系统进行维修或更换。

注：此处的“功能”是指系统的PC5 BSM必选数据发送功能。

5.2 电气性能

5.2.1 直流供电电压

系统的直流供电电压范围见错误!未找到引用源。，在 $U_{Smin} \sim U_{Smax}$ 范围内，按照9.1.2.1进行试验，系统功能状态应满足5.1 等级A要求。

表2 直流供电电压范围

单位为伏特

额定电压	电压范围		
	U_{Smin}	U_{Smax}	蓄电池供电电压
12	9	16	12 ± 0.2
24	16	32	24 ± 0.2

5.2.2 过电压

5.2.2.1 ($T_{max}-20^{\circ}\text{C}$) 条件

按照9.1.2.2进行试验，系统功能状态应满足5.1等级A的要求。

注：对于具有过压保护功能的系统，可在试验后检查功能。

5.2.2.2 室温条件

按照9.1.2.2进行试验，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

注：对于具有过压保护功能的系统，可在试验后检查功能。

5.2.3 供电电压缓降和缓升

按照9.1.2.3进行试验，当电压在 $U_{Smin} \sim U_{Smax}$ 内时，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

5.2.4 叠加交流电压

按照9.1.2.4进行试验，系统功能状态应满足5.1等级A的要求。

5.2.5 反向电压

按照9.1.2.5进行试验，试验后，系统功能状态应满足5.1 等级C的要求。

5.2.6 供电电压瞬态变化

5.2.6.1 供电电压瞬时下降

按照9.1.2.6进行试验，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

5.2.6.2 复位特性

按照9.1.2.6进行试验，电压恢复到 U_{Smin} 后，系统功能状态应满足5.1等级A的要求。

5.2.6.3 启动特性

按照9.1.2.6进行试验，系统功能状态应满足5.1等级A的要求。

5.2.7 参考接地和供电偏移

按照9.1.2.7进行试验，对于多点接地的系统，系统功能状态应满足5.1等级A的要求。

5.2.8 抛负载

按照9.1.2.8进行试验，系统功能状态应满足5.1等级C的要求。

5.2.9 开路

按照9.1.2.9进行试验，系统功能状态满足5.1中等级C的要求。

5.2.10 短路保护

按照9.1.2.10进行试验，系统功能状态满足5.1中等级C的要求。

5.2.11 绝缘电阻

按照9.1.2.11进行试验，系统绝缘电阻应大于10 MΩ。

5.3 环境耐候性

5.3.1 温湿度范围

系统的贮存环境温湿度范围和工作环境温湿度范围应符合表3的规定。

表3 温湿度范围

汽车上安装位置	贮存环境温度 ℃	工作环境温度 ($T_{min} \sim T_{max}$) ℃	工作环境相对湿度 %
乘客舱内太阳直射处	-40~95	-40~90	25~75
无特殊要求	-40~85	-40~80	25~75

5.3.2 低温贮存

按照9.1.3.1进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级C的要求。

5.3.3 低温工作

按照9.1.1.5 进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

5.3.4 高温贮存

按照9.1.3.3 进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级C的要求。

5.3.5 高温工作

按照9.1.3.4进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

5.3.6 温度梯度

按照9.1.3.5进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级A的要求。

5.3.7 规定转换时间的温度快速变化

按照9.1.3.6进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足5.1 等级C的要求。

5.3.8 规定变化率的温度循环

按照 9.1.3.7 进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足 5.1 等级 A 的要求。

5.3.9 湿热循环

按照 9.1.3.4 进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足 5.1 等级 A 的要求。

5.3.10 稳态湿热

按照 9.1.3.9 进行试验，不允许损坏，系统功能状态应满足 5.1 5.1 等级 A 的要求。

5.3.11 耐盐雾

按照 9.1.3.10 进行试验，检查系统外观，系统应密封完好，标志和标签应清晰可见，系统功能状态应满足 5.1 等级 C 的要求。

5.4 外壳防护

按照 GB/T 28046.4-2011 表 A.1 的要求，按照 9.1.4 进行试验，系统功能应满足 5.1 等级 C 的要求。

5.5 机械性能

5.5.1 机械振动

按照 9.1.3.6 进行试验,不允许损坏,系统功能状态应满足 5.1 5.1 等级 A 的要求。

5.5.2 机械冲击

按照 9.1.5.2 进行试验,不允许损坏,系统功能状态应满足 5.1 5.1 等级 A 的要求。

5.5.3 自由跌落

按照 9.1.5.3 进行试验,不允许有隐形损坏,在不影响系统性能的情况下允许外壳有微小损坏,系统功能状态应满足 5.1 中等级 C 的要求。

5.6 耐久性

系统耐久性要求参见附录 G.1,耐久性计算模型参见附录 G.2。

5.7 电磁兼容要求

5.7.1 传导发射

按照 9.1.7.1 进行试验,系统应符合 GB/T 18655-2018 中表 5 和表 6 等级 3 的要求。

5.7.2 辐射发射

按照 9.1.7.2 进行试验,系统应符合 GB/T 18655-2018 中表 7 等级 3 要求。

5.7.3 对电磁辐射的抗扰

按照 9.1.7.3 进行试验,系统应达到 5.1 等级 A 的要求。

5.7.4 对便携式发射机的抗扰

按照 9.1.7.4 进行试验,系统应达到 5.1 等级 A 的要求。

5.7.5 沿电源线的瞬态传导抗扰

按照 9.1.7.5 进行试验,系统应达到 5.1 等级 A 的要求。

5.7.6 除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态抗扰

按照 9.1.7.6 进行试验,系统应达到 5.1 等级 A 的要求。

5.7.7 对静电放电产生的电骚扰抗扰

5.7.7.1 系统不通电

按照 9.1.7.7.1 进行试验,试验后所有功能应正常。

5.7.7.2 系统通电

按照9.1.7.7.2进行试验,系统应达到5.1等级A的要求。

6 系统功能要求

6.1 接入层要求

6.1.1 PC5 接口通用要求

6.1.1.1 总体要求

系统应符合 YD/T 3340-2018 及 YD/T 3756-2020 所规定的直连通信相关要求。

6.1.1.2 时间同步源

当 GNSS 可用时，系统进行直连通信的时间同步源应使用 GNSS；若 GNSS 不可用，则应根据 YD/T 3756-2020 中 9.5.3 规定的要求选择其他同步源。

6.1.1.3 初始预配置参数和映射关系

在初次使用前，系统至少应预配置或存储 YD/T 3756-2020 附录 A 所规定的初始预配置参数和映射关系，并将初始参数值设置为 YD/T 3756-2020 附录 A 所规定的相应取值。

在未从可信来源处获得参数更新的情况下，系统应将该初始预配置参数作为当前有效的预配置参数。其中，涉及与其他直连通信设备互联互通的相关参数不得进行更新。

系统若被预配置了 syncOffsetIndicator1-r14、syncOffsetIndicator2-r14 或 syncOffsetIndicator3-r14，该三个参数不应生效。

注：预配置参数指的是在没有网络辅助的情况下，PC5无线通信子系统通信所需要的参数。

6.1.1.4 拥塞控制

系统的接入层可提供向上层递交拥塞控制相关测量参数的功能。对于支持该功能的系统，应基于 YD/T 3756-2020 表 A.1 和表 A.4 向上层递交下列两种信息中的至少一种：

- a) 当前的CBR测量值；
- b) 当前满足CR limit要求的Max data rate建议值。

6.1.2 PC5 接口发送端要求

6.1.2.1 系统应采用广播发送方式发送业务数据。

6.1.2.2 系统应支持采用传输模式 4 进行数据发送。在发送业务数据时，宜采用感知加半持续调度的资源选择方式。

注：传输模式4指终端（用户设备）自主资源选择，终端通过侦听的方式感知占用PC5资源。

6.1.2.3 PDCP 头的 3-bit SDU 类型应设为 011，应采用 16-bit 的 PDCP SN。PGK 标识、PTK 标识和 PDCP SN 应设为 0。

6.1.2.4 系统在使用 PC5 发送业务数据时应采用 RLC UM，并采用 5-bit 的 RLC SN。

6.1.2.5 MAC 头的 4-bit V 域应设为 0011。

6.1.2.6 系统在使用预配置参数进行直连通信时，应支持接入层拥塞控制，且拥塞控制参数应符合 YD/T 3756-2020 表 A.4 要求。

6.2 网络层要求

6.2.1 PC5 接口通用要求

系统的网络层应符合 YD/T 3707-2020 所规定的直连通信相关要求。

6.2.2 PC5 接口发送端要求

数据包发送行为应符合如下要求。

- a) DSMP 版本填写为 0，预留域填写为全 0。
- b) 适配层在[0x010001, 0xFFFFFE]范围内随机产生并维持 24 比特 Source_Layer-2 ID。若 ADAPTATION-LAYER.request 中出现 Application layer ID changed 参数，适配层在[0x010001,0xFFFFFE]范围内重新随机产生并维持 24 比特 Source_Layer-2 ID。适配层在数据包发送时将维持的 24 比特 Source_Layer-2 ID 指示给接入层。
- c) 适配层按照 错误!未找到引用源。4 将应用标识 AID 参数映射为 24 比特 Destination_Layer-2 ID 并指示给接入层。
- d) 适配层根据 YD/T 3756-2020 表 A.2，将发送数据包的 Priority 参数映射为 PPPP 并指示给接入层。
- e) 当上层提供 Traffic Period 参数时，网络层将其指示给接入层。

表4 AID 与 Destination_Layer-2 ID 映射表

ApplicationIdentifier参数取值（p-encoding 的十六进制）	Destination_Layer-2 ID参数取值（十六进制）
0p6f	0x000001
0p70	0x000002
0p71	0x000003
0p72	0x000004

6.2.3 PC5 接口接收端要求

数据包接收行为应满足如下要求：

- a) 适配层根据 YD/T 3756-2020 表 A.3，将接收数据包的 PPPP 映射为 Priority 并指示给上层；
- b) 当下层提供 CBR 或 Max data rate 参数时，网络层将其指示给上层。

6.3 应用层要求

6.3.1 BSM 消息发送要求

6.3.1.1 消息内容

应用层消息集应使用ASN.1进行定义，遵循“消息集-数据帧-数据元素”层层嵌套的逻辑，数据结构及编码应符合YD/T 3709-2020。消息集由帧格式和帧中打包的消息体组成。

BSM发送内容如 错误!未找到引用源。5，消息定义见6.3.2。

表5 系统发送 BSM 消息内容

BSM 消息内容	定义
DF_AccelerationSet4Way	车辆四轴加速度
DF_BrakeSystemStatus	车辆制动系统状态
DF_MotionConfidenceSet	定义车辆运行状态的精确程度
DF_Position3D	车辆位置(经度、纬度和高程)

DF_PositionAccuracy	定位系统自身的精度
DF_PositionConfidenceSet	车辆位置(经度、纬度和高程)的综合精确程度
DF_VehicleClassification	车辆的基本类型及其扩展类型
DF_VehicleEmergencyExtensions	定义紧急车辆当前状态的集合
DF_VehicleSafetyExtensions	定义车辆安全辅助信息集合
DF_VehicleSize	车辆尺寸
DE_Dsecond	时间
DE_Heading	车辆航向角
DE_MsgCount	消息编号
DE_Speed	车速大小
DE_SteeringWheelAngle	车辆方向盘转角
DE_TimeConfidence	时间戳精确程度
DE_TransmissionState	车辆档位状态
id	车辆临时 ID 号
BSM 消息内容	定义
<p>注1：DF_AccelerationSet4Way包含车辆加速度（纵向）（DE_Acceleration（Longitudinal））、车辆加速度（侧向）（DE_Acceleration（Lateral））、车辆加速度（垂直）（DE_Acceleration（Vertical））和车辆横摆角速度（DE_YawRate）。</p> <p>注2：DF_Position3D包含经度数值（DE_Latitude）、纬度数值（DE_Longitude）和海拔高度（DE_Elevation）。</p> <p>注3：DF_VehicleEmergencyExtensions包含紧急车辆行驶状态或驾驶行为（DE_ResponseType）、警笛状态（DE_SirenInUse）和警示灯状态（DE_LightBarInUse）。</p> <p>注4：DF_VehicleSafetyExtensions包含车辆历史轨迹（DF_PathHistory）、车辆预测路线（DF_PathPrediction）、车身周围的车灯状态（DE_ExteriorLights）和车辆事件标志（DE_VehicleEventFlags）。</p> <p>注5：DF_VehicleSize包含车辆车身宽度（DE_VehicleWidth）、车辆车身长度（DE_VehicleLength）和车辆车身高度（DE_VehicleHeight）。</p>	

6.3.1.2 数据发送最小准则

当满足**错误!未找到引用源。**6 定义的 BSM 发送最小要求时，系统应发送 BSM 消息；否则系统应停止发送 BSM 消息，直到系统重新满足表 6 定义的 BSM 发送最小要求为止。
最小发送要求包含三种数据单元类型：

- 必选：必须进行发送；
- 条件性必选：当条件满足时必须发送，具体条件见 6.3.2；
- 可选：自主选择是否发送。

表6 数据发送最小要求

数据单元/字段	数据单元类型必选/可选	内容所在章节
DF_AccelerationSet4Way（必选）		
>DE_Acceleration(纵向)	必选	6.3.2.2
>DE_Acceleration（横向）	必选	6.3.2.2

>DE_VerticalAcceleration	必选	6.3.2.2
>DE_YawRate	必选	6.3.2.2
DF_BrakeSystemStatus (条件性必选)		
>DE_BrakePedalStatus	必选	6.3.2.3
>DE_BrakeAppliedStatus	必选	6.3.2.3
>DE_TractionControlStatus	必选	6.3.2.3
>DE_AntiLockBrakeStatus	可选	6.3.2.3
>DE_StabilityControlStatus	可选	6.3.2.3
>DE_BrakeBoostApplied	可选	6.3.2.3
>DE_AuxiliaryBrakeStatus	可选	6.3.2.3
DF_MotionConfidenceSet (可选)		
>DE_SpeedConfidence	可选	6.3.2.4
>DE_HeadingConfidence	可选	6.3.2.4
>DE_SteeringWheelAngleConfidence	可选	6.3.2.4
DF_Position3D (必选)		
>DE_Latitude	必选	6.3.2.5
>DE_Longitude	必选	6.3.2.5
>DE_Elevation	可选	6.3.2.5
DF_PositionalAccuracy (必选)		
>DE_SemiMajorAxisAccuracy	必选	6.3.2.6
>DE_SemiMinorAxisAccuracy	必选	6.3.2.6
>DE_SemiMajorAxisOrientation	必选	6.3.2.6
DF_PositionConfidenceSet (必选)		
>DE_PositionConfidence	必选	6.3.2.7
>DE_ElevationConfidence	可选	6.3.2.7
DF_VehicleClassification (必选)		
>DE_BasicVehicleClass	必选	6.3.2.8
DF_VehicleEmergencyExtensions (条件性必选)		
>DE_ResponseType	条件性必选	6.3.2.9
>DE_SirenInUse	条件性必选	6.3.2.9
>DE_LightBarInUse	条件性必选	6.3.2.9
DF_VehicleSafetyExtensions (必选)		
>DE_VehicleEventFlags	条件性必选	6.3.2.11
>DF_PathHistory	条件性必选	6.3.2.12
>>DE_GNSSstatus	可选	6.3.2.12
>>DF_PathHistoryPointList	必选	6.3.2.12
>>>DF_PathHistoryPoint	必选	6.3.2.12
>>>>DE_TimeOffset	必选	6.3.2.12
>>>>DF_PositionOffsetLLV	必选	6.3.2.12
>>>>>DF_PositionOffsetLL	必选	6.3.2.12
>>>>>DF_VerticalOffset	可选	6.3.2.12

>DF_PathPrediction	必选	6.3.2.13
>>DE_RadiusOfCurvature	必选	6.3.2.13
>>DE_Confidence	必选	6.3.2.13
>DE_ExteriorLights	条件性必选	6.3.2.11
DF_VehicleSize(必选)		
>DE_VehicleWidth	必选	6.3.2.14
>DE_VehicleLength	必选	6.3.2.14
>DE_VehicleHeight	可选	6.3.2.14
DE_DSecond	必选	6.3.2.15
DE_Heading	必选	6.3.2.16
DE_MsgCount	必选	6.3.2.17
DE_Speed	必选	6.3.2.18
DE_SteeringWheelAngle	必选	6.3.2.19
DE_TimeConfidence	可选	6.3.2.20
DE_TransmissionState	必选	6.3.2.21
id	必选	6.3.2.22
注：“>”表示处于BSM消息中的第一个层级，“>>”表示处于BSM消息中的第二个层级，依此类推。		

6.3.2 数据单元

6.3.2.1 概述

系统应从车辆数据总线或其他数据源获取：车辆速度（DE_Speed）、档位信息（DE_TransmissionState）、车辆方向盘转角（DE_SteeringWheelAngle）、车身周围的车灯状态（DE_Exteriorlights）、车辆事件标志（DE_VehicleEventFlags）、车辆四轴加速度（DF_AccelerationSet4Way）、车辆制动系统状态（DF_BrakeSystemStatus）。

Open Sky：开阔测试环境，用来描述从设备出发能够遇到最小阻碍的情况下观测到天空，应同时满足以下条件。

- a) 从参考设备以及测试设备的 GNSS 天线相位中心开始，从水平平面开始 5°。在包含天线的所有方向上，没有车辆可以看到外部的遮挡物。
- b) 参考设备所使用的 GNSS 卫星数量大于等于 7。
- c) 参考设备从 GNSS 卫星所测得的 HDOP 值小于等于 1.5，同时 VDOP 值小于等于 3。

6.3.2.2 车辆四轴加速度（DF_AccelerationSet4Way）

此数据帧的纵向加速度和横向加速度都应当分别在Open Sky测试条件和平坦道路测试条件(坡度小于0.2% ，横断面坡度小于2%)下，在68%以上的测试中相对实际的车辆纵向加速度和横向加速度的差距在0.3 m/s²之内。

此数据帧的垂直加速度应当在Open Sky测试条件和平坦道路测试条件(坡度小于0.2% ，横断面坡度小于2%)下，在68%以上的测试测量中相对实际的车辆垂直加速度的差距在1 m/s²之内。

此数据帧的车辆横摆角速度应当在Open Sky测试条件和平坦道路测试条件(坡度 < 0.2% ，横断面坡度小于2%)下，在68%以上的测试测量中相对实际的车辆横摆角速度的差距在0.5° /s之内。

此数据帧的各数据单元描述见表7～表10。

表7 车辆纵向加速度数据单元

数据单元	DE_Acceleration(纵向)
字段定义	定义车辆纵向加速度
填充方法	必选
取值范围	[-2000, 2001]
填充要求	车头方向为正，反向为负 加速度超过 20 m/s ² ，将其值置为 2000 加速度小于-20 m/s ² ，将其值置为-2000
数值分辨率	0.01 m/s ²
精度要求	见 6.3.2.2 第 1 段文字描述
是否可以设为无效值	是
无效值	2001
无效值填充条件	无法取得信号、系统启动、通信异常、未安装等情况

表8 车辆横向加速度数据单元

数据单元	DE_Acceleration（横向）
字段定义	定义车辆横向加速度
填充方法	必选
取值范围	[-2000, 2001]
填充要求	向右加速为正，反向为负 加速度超过 20 m/s ² ，将其值置为 2000 加速度小于-20 m/s ² ，将其值置为-2000
数值分辨率	0.01 m/s ²
精度要求	见 6.3.2.2 第 1 段文字描述
是否可以设为无效值	是
无效值	2001
无效值填充条件	可填写无效值

表9 车辆垂直方向加速度数据单元

数据单元	DE_VerticalAcceleration
字段定义	定义垂直方向的加速度大小
填充方法	可选
取值范围	[-127, 127]
填充要求	Z 轴方向竖直向下，沿着 Z 轴方向为正 加速度大于等于 25.4 m/s ² ，将其值置为 127 加速度小于等于-25.2 m/s ² ，将其值置为-126
数值分辨率	0.2 m/s ²
精度要求	—

是否可以设为无效值	是
无效值	-127
无效值填充条件	可填写无效值

表10 车辆横摆角速度数据单元

数据单元	DE_YawRate
字段定义	车辆横摆角速度
填充方法	必选
取值范围	[-32767, 32767]
填充要求	指汽车绕垂直轴的偏转，顺时针旋转为正，逆时针为负
数值分辨率	0.01° /s
精度要求	6.3.2.2 第3段文字描述
是否可以设为无效值	否
无效值	无法发送该数据单元时，应停止 BSM 发送
无效值填充条件	—

6.3.2.3 车辆制动系统状态（DF_BrakeSystemStatus）

当可以获得自车刹车系统状态时，系统应将车辆总线用作DF_BrakeSystemStatus的数据来源。数据帧DF_BrakeSystemStatus的各个数据单元描述见表11～表17。

对于 DF_BrakeSystemStatus 中的数据元素 DE_BrakeAppliedStatus，其填充规则应满足如下要求：

- a) 当各个车轮的刹车状态可用时，系统基于相应车轮的刹车状态将 WheelBrake 域的各个 bit 设置为 1 (= true) 或 0 (= false), 并将 wheelBrakeunavailable 对应 bit 设置为 0 (=false) ；
- b) 如果仅车辆制动状态指示可用（单个车轮状态不可用），系统基于车辆的制动状态将 WheelBrake 域中四个车轮对应 bit 统一设置为 1 (= true) 或 0 (= false)，并将 wheelBrakeunavailable 对应 bit 设置为 0 (=false) ；
- c) 当无可用的刹车状态时，系统将 unavailable 对应 bit 设置为 1 (= true)。

表11 刹车踏板状态数据单元

数据单元	DE_BrakePedalStatus
字段定义	指示刹车踏板状态是否处在被踩下状态
填充方法	必选
取值范围	数值 0、1、2
填充要求	(0)：未装备/未知/不可用 (1)：刹车踏板未踩下 (2)：刹车踏板踩下
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否

无效值	—
无效值填充条件	—

表12 四轮分别的刹车状态数据单元

数据单元	DE_BrakeAppliedStatus
字段定义	四轮分别的刹车状态
填充方法	必选
取值范围	5 位字符串
填充要求	6.3.1.2.3 第二段描述。将车辆的轮胎分为左前、右前、左后、右后四组。当车辆进行刹车时，该数值分别指示了四组轮胎的刹车情况。当车辆某一组轮胎由多个组成时，其状态将等效为一个数值。以 5 位字符串表示四组轮状态 (0)：未装备/未知/不可用 (1)：左前轮 (2)：左后轮 (3)：右前轮 (4)：右后轮
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表13 TCS 实时状态数据单元

数据单元	DE_TractionControlStatus
字段定义	定义 TCS 实时状态
填充方法	必选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11
填充要求	(0) B' 00：系统未装备或不可用 (1) B' 01：系统处于关闭状态 (2) B' 10：系统处于开启状态，但未触发 (3) B' 11：系统被触发，处于作用状态
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表14 ABS 状态数据单元

数据单元	DE_AntiLockBrakeStatus
字段定义	定义 ABS 状态
填充方法	可选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11
填充要求	(0) B' 00: 系统未装备或不可用 (1) B' 01: 系统处于关闭状态 (2) B' 10: 系统处于开启状态, 但未触发 (3) B' 11: 系统被触发, 处于作用状态
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表15 车辆动态稳定控制系统状态数据单元

数据单元	DE_StabilityControlStatus
字段定义	定义车辆动态稳定控制系统状态
填充方法	可选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11
填充要求	(0) B' 00: 系统未装备或不可用 (1) B' 01: 系统处于关闭状态 (2) B' 10: 系统处于开启状态, 但未触发 (3) B' 11: 系统被触发, 处于作用状态
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表16 车辆紧急刹车状态数据单元

数据单元	DE_BrakeBoostApplied
字段定义	通过刹车辅助系统的状态, 指示车辆紧急刹车状态
填充方法	可选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11
填充要求	(0) B' 00: 未装备/未知/不可用

	(1) B' 01: 刹车辅助系统关闭 (2) B' 10: 刹车辅助系统开启
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表17 刹车辅助系统状态数据单元

数据单元	DE_AuxiliaryBrakeStatus
字段定义	指示刹车辅助系统状态（通常为手刹）
填充方法	可选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11
填充要求	(0) B' 00: 未装备/未知/不可用 (1) B' 01: 刹车辅助系统关闭 (2) B' 10: 刹车辅助系统开启 (3) B' 11: 保留位
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.4 车辆运行状态的精度（DF_MotionConfidenceSet）

包括车速精度（DE_SpeedConfidence）、航向精度（DE_HeadingConfidence）和方向盘转角精度（DE_SteeringWheelAngleConfidence）。数据帧DF_MotionConfidenceSet的各个数据单元描述见表18～表20。

表18 车速精度数据单元

数据单元	DE_SpeedConfidence
字段定义	数值描述了 95%置信水平的车速精度
填充方法	可选
取值范围	3 位数值 B' 000 到 B' 111
填充要求	该精度理论上只考虑了当前车速传感器的误差。但当系统能够自动检测错误并修正时，相应的精度数值也应该提高。 (0) B' 000: 未装备/未知/不可用 (1) B' 001: 100 m/s (2) B' 010: 10 m/s

	(3) B' 011: 5 m/s (4) B' 100: 1 m/s (5) B' 101: 0.1 m/s
填充要求	(6) B' 110: 0.05 m/s (7) B' 111: 0.01 m/s
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表19 车辆航向精度数据单元

数据单元	DE_HeadingConfidence
字段定义	数值描述了 95%置信水平的车辆航向精度
填充方法	可选
取值范围	3 位数值 B' 000 到 B' 111
填充要求	该精度理论上只考虑了当前航向传感器的误差。但当系统能够自动检测错误并修正时，相应的精度数值也应该提高。 (0) B' 000: 未装备/未知/不可用 (1) B' 001: 10° (2) B' 010: 5° (3) B' 011: 1° (4) B' 100: 0.1° (5) B' 101: 0.05° (6) B' 110: 0.01° (7) B' 111: 0.0125°
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表20 方向盘转角精度数据单元

数据单元	DE_SteeringWheelAngleConfidence
字段定义	数值描述了 95%置信水平的方向盘转角精度
填充方法	可选
取值范围	2 位数值 B' 00 到 B' 11

填充要求	该精度理论上只考虑了当前方向盘转角传感器的误差,但当系统能够自动检测错误并修正时,相应的精度数值也应该提高
填充要求	(0) B' 00: 未装备/未知/不可用 (1) B' 01: 2° (2) B' 10: 1° (3) B' 11: 0.02°
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.5 车辆位置 (DF_Position3D)

系统应将车辆纬度 (DE_Latitude) 和经度 (DE_Longitude) 设置为GCJ-02坐标系中与其对应的2D水平位置参照。

发送BSM的系统的位置应当在Open Sky条件下, 68%的测试测量中相对车辆的实际2D水平位置参照的差距在1.5 m之内。

数据帧DF_Position3D的各个数据单元描述见表21~表23。

注：精度要求是假设典型的最小道路宽度为3 m。

表21 车辆纬度数据单元

数据单元	DE_Latitude
字段定义	定义纬度数值, 北纬为正, 南纬为负
填充方法	必选
取值范围	[-900000000, 900000000]
填充要求	提供正负 90° 范围
数值分辨率	10 ⁻⁷
精度要求	6.3.2.5 第 1, 2 段文字描述
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表22 车辆经度数据单元

数据单元	DE_Longitude
字段定义	定义经度数值。东经为正, 西经为负
填充方法	必选
取值范围	[-1799999999, 1800000000]
填充要求	提供正负 180° 范围
数值分辨率	10 ⁻⁷
精度要求	6.3.2.5 第 1, 2 段文字描述

是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表23 车辆高程数据单元

数据单元	DE_Elevation
字段定义	车辆海拔高程
填充方法	可选
取值范围	[-4096, 61439]
填充要求	预留
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.6 定位系统精度（DF_PositionalAccuracy）

系统应使用DF_PositionalAccuracy来表示车辆位置的实际精度。

DF_PositionalAccuracy 应能提供如下三个数据元素：

- DE_SemiMajorAxisAccuracy
- DE_SemiMinorAxisAccuracy
- DE_SemiMajorAxisOrientation

上述3个DE的具体描述见表24～表26，且应从GNSS接收机输出的NMEA0183中的GST消息中获得。GST消息应符合BD 410004-2015中第4章的要求。

表24 定位系统精度（误差椭圆的长半轴）数据单元

数据单元/字段	DE_SemiMajorAxisAccuracy
字段定义	定位系统精度，表示误差椭圆的长半轴
填充方法	必选
取值范围	[0, 255]
填充要求	表示范围 0 m 至 12.7 m 数值等于或大于 12.7 m，应填写为 254
数值分辨率	0.05 m
精度要求	—
是否可以设为无效值	是
无效值	255
无效值填充条件	无法取得信号、系统启动、通信异常、未安装等情况

表25 定位系统精度（误差椭圆的短半轴）数据单元

数据单元/字段	DE_SemiMinorAxisAccuracy
---------	--------------------------

字段定义	定位系统精度，表示误差椭圆的短半轴
填充要求	必选
取值范围	[0, 255]
数值定义	表示范围 0 至 12.7 m
数值分辨率	数值等于或大于 12.7 m，应填写为 254
精度要求	0.05 m
是否可以设为无效值	—
无效值	是
无效值填充条件	255

表26 定位系统精度（误差椭圆的长轴和正北方向的夹角）数据单元

数据单元	DE_SemiMajorAxisOrientation
字段定义	定位系统精度，表示误差椭圆的长轴和正北方向的夹角
填充方法	必选
取值范围	[0, 65535]
填充要求	表示相对正北方向，0 至 359.9945078786° 数值 0 表示 0° 数值 1 表示 0.0054932479° 数值 65534 表示 359.9945078786°
数值分辨率	0.0054932479°
精度要求	—
是否可以设为无效值	是
无效值	65535
无效值填充条件	无法取得信号、系统启动、通信异常、未安装等情况

6.3.2.7 车辆位置数据综合精度（DF_PositionConfidenceSet）

系统应以综合定位精度描述定位置信区间与定位能力，同时，也应以综合定位精度指示插件类型。数据帧DF_PositionConfidenceSet的各个数据单元描述见表27和表28。

表27 车辆位置精度

数据单元	DE_PositionConfidence
字段定义	车辆位置综合精度、定位插件类型
填充方法	必选
取值范围	4 位数值 B' 0000 到 B' 1111
填充要求	(0) B' 0000: 普通插件 (1) B' 0001: 其他插件 (2) - (15) 预留
数值分辨率	—
精度要求	—

是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表28 车辆高程精度数据单元

数据单元	DE_ElevationConfidence
字段定义	其数值描述了 95%置信水平的车辆高程精度。该精度理论上只考虑了当前高程传感器的误差。但当系统能够自动检测错误并修正时，相应的精度数值也应提高。
填充方法	可选
取值范围	4 位数值 B' 0000 到 B' 1111
填充要求	(0) 未装备/未知/不可用 (1) B' 0001: 500 m (2) B' 0010: 200 m (3) B' 0011: 100 m (4) B' 0100: 50 m (5) B' 0101: 20 m (6) B' 0110: 10 m (7) B' 0111: 5 m (8) B' 1000: 2 m (9) B' 1001: 1 m (10) B' 1010: 0.5 m (11) B' 1011: 0.2 m (12) B' 1100: 0.1 m (13) B' 1101: 0.05 m (14) B' 1110: 0.02 m (15) B' 1111: 0.01 m
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.8 车辆的基本类型及其扩展类型(DF_VehicleClassification)

定义车辆分类，包含车辆基本类型，数据单元描述见表29，车辆基本类型及编号应符合附录E的规定。

表29 车辆基本类型数据单元

数据单元	DE_BasicVehicleClass
字段定义	定义车辆基本类型

填充方法	必选
取值范围	[0, 255]
填充要求	发送对应车辆类型编号，“0”表示未装备/未知/不可用
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.9 紧急车辆当前状态的集合（DF_VehicleEmergencyExtensions）

安装在紧急车辆上的系统，应满足以下要求：

- a) 当该车辆的警笛或任何专用发声装置工作时，将 DF_VehicleEmergencyExtensions 中的 SirenInUse 设置为 inUse(2)；
- b) 当该车辆的警示灯或外置专用显示设备工作时，将 DF_VehicleEmergencyExtensions 中的 LightbarInUse 设置为 inUse(2)；
- c) 当满足以上两种条件至少其一时，将 DF_VehicleEmergencyExtensions 中的 ResponseType 设置为 emergency (1)。

注：紧急车辆包括法规定义的警车、消防车、救护车、工程救险车等紧急车辆。紧急车辆类型见附录 E。

数据帧DF_VehicleEmergencyExtensions的各个数据单元描述见表30～表32。

表30 紧急车辆或特殊车辆当前的行驶状态或驾驶行为数据单元

数据单元	DE_ResponseType
字段定义	紧急车辆或特殊车辆当前的行驶状态或驾驶行为
填充方法	条件性必选
取值范围	数值 0、1、2、3、4
填充要求	(0)：未装备/不可用 (1)：紧急状态——紧急情况服务中 (2)：非紧急状态——可用于紧急情况结束后 (3)：追逐——不稳定的驾驶行为 (4)：静止——不移动，停止在路边
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表31 车辆或特殊车辆的警笛或任何专用发声装置的状态数据单元

数据单元	DE_SirenInUse
------	---------------

字段定义	紧急车辆或特殊车辆的警笛或任何专用发声装置的状态
填充方法	条件性必选
取值范围	数值 0、1、2、3
填充要求	(0)：不可用 (1)：未使用 (2)：正在使用 (3)：保留
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表32 紧急车辆或特殊车辆的警示灯或外置专用显示设备的工作状态数据单元

数据单元	DE_LightBarInUse
字段定义	紧急车辆或特殊车辆的警示灯或外置专用显示设备的工作状态。(4)未定义。
填充方法	条件性必选
取值范围	数值 0、1、2、3、4、5、6、7
填充要求	(0)：不可用 (1)：未使用 (2)：正在使用 (3)：黄色警示灯 (5)：箭头指示方向运动 (6)：慢行车辆 (7)：频繁停止
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.10 车辆安全辅助信息集合（DF_VehicleSafetyExtensions）

车辆安全辅助信息集合是 BSM 消息中基础安全数据的补充，包括车辆特殊事件（DE_VehicleEventFlags）、车辆历史轨迹（DF_PathHistory）、车辆预测路线（DF_PathHistory）、车身灯光状态（DE_ExteriorLights）。

车身灯光状态数据单元描述见表 33。

表33 车身灯光状态数据单元

数据单元	DE_ExteriorLights
------	-------------------

字段定义	定义车身周围的车灯状态
填充方法	条件性必选
取值范围	9 位字符串
填充要求	车身周围车灯关闭时不置位，仅 5 置位可不发送该数据单元，全为 0 不发送该数据单元。 (0)：近光灯 (1)：远光灯 (2)：左转信号灯 (3)：右转信号灯 (4)：危险信号灯 (5)：自动大灯功能 (6)：日间行车灯 (7)：雾灯 (8)：停车灯
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.11 车辆事件标志位 (DE_VehicleEventFlags)

关键事件条件刚被满足的时刻与生成包含对应的 DE_VehicleEventFlags bit 集合的第一条 BSM 的时刻之间的时间差应小于 *vEventDetectLatency* (250 ms)。当有另一个关键事件正在进行时，该要求应仍然成立。

当紧急制动关键事件条件被满足时，系统应设置该事件标志。如果信息可用，系统在相应的关键事件条件发生时设置 ABS、Traction Control 以及 Stability Control 关键事件标志，且系统能支持其它事件标志。

车辆事件标志数据单元具体描述如表 34。

表34 车辆事件标志数据单元

数据单元	DE_VehicleEventFlags
字段定义	定义了一系列车辆的特殊状态
填充方法	条件性必选
取值范围	13 位字符串
填充要求	如果数据某一位被置 1，表示车辆处于该位对应的状态。当至少有一种对应状态被激活或者从激活状态恢复，该标志数值才应被设置和交互。 (1)、(5)、(6)、(8)、(9)可以不发送。 (0) Hazard Lights: 车辆警示灯亮起 (1) StopLineViolation: 车辆在到达路口前预测自己可能会来不及刹车而越过停止线
填充要求	(2) ABS: ABS 系统被触发并超过 100 ms

	(3) Traction Control: 电子系统控制牵引力被触发并超过 100 ms (4) Stability Control: 车身稳定控制被触发并超过 100 ms (5) Hazardous Materials: 危险品运输车 (6) Reserved1: 保留位 (7) Hard Braking: 车辆急刹车, 并且减速度大于 4 m/s ² (8) Lights Changed: 过去 2 s 内, 车灯状态改变 (9) Wipers Changed: 过去 2 s 内, 车辆雨刷 (前窗或后窗) 状态改变 (10) Flat tire: 单个或多个轮胎欠压报警。欠压报警应符合 GB 26149-2017 中 5.3、5.4 要求 (11) Disabled Vehicle: 除上述所列的导致车辆无法正常行驶的安全故障 (12) Air Bag Deployment: 至少 1 个安全气囊弹出
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.12 车辆历史轨迹 (DF_PathHistory)

系统应按如下所述填充BSM中DF_VehicleSafetyExtensions数据帧中的DF_PathHistory:
crumbData: DF_PathHistoryPointList

在DF_PathHistoryPointList中, 填充DF_PathHistoryPoint数据帧, 应按照YD/T 3709-2020中5.2.3.45的描述, 按照实际需发数据的尺度选择相应的数据帧大小进行发送, 不得使用较大数据帧 (例如64b) 发送较短尺度 (例如偏差值小于22.63 m) 的数据。

当假名证书改变时, 系统应清空历史轨迹数据相应的存储区。DF_PathHistory和DF_PathHistoryPoint不应包含BSM中已经存在的信息。车辆历史轨迹, 按照附录A填充参数。

系统应以PH点填充DF_PathHistory, 使得所表示的PH距离 (即沿车辆轨迹的第一个和最后一个PH点之间的距离) 至少为*vMinPHistDistance* 且不超过*vMaxPHistDistance*。下列情况下, PH距离可以小于*vMinPHistDistance* :

- a) 车辆使用当前假名证书所行驶的物理距离小于 *vMinPHistDistance* (例如初始态或假名证书改变);
- b) 位置不可用, PH 小于 *vMinPHistDistance*;
- c) 携带的 PH 点的数目超过 *vMaxPHistPoints*, 但是车辆行驶的物理距离小于 *vMinPHistDistance*。

注1: 基于广泛的测试, DF_PathHistory以91.3%的概率包含5个点或更少 (在UPER编码之前小于等于 40 bytes)。

系统应维护一条车辆轨迹以表征车辆近期在相应距离上的运动, 该轨迹由定位子系统推导出的数据元素组成, 可按周期性时间间隔 (典型情况为与 BSM 发送速率相同) 采样。

系统应以 PH 点填充 DF_PathHistory, 使得车辆轨迹上任意一点, 到其相邻两 PH 点连线的垂直距离小于 *vPathPerpendicularDist*, 参见附录 B。如果一个 PH 点与车辆发送 BSM

消息的当前位置点相邻，则该 PH 点的相邻 PH 点与 BSM 消息的当前位置点的连线，到该 PH 点的垂直距离亦应小于 $vPathPerpendicularDist$ 。

系统应从可用的车辆轨迹位置数据中选择一个子集，以最少数目的 PH 点填充 DF_PathHistory，以满足上述 $vPathPerpendicularDist$ 和 $vMinPHistDistance$ 相关的要求。

系统应以按照时间排序的 PH 点填充 DF_PathHistory，其中第一个 PH 点在时间上与当前的 UTC 时间最接近。

注2：时间排序的PH点不要求在时间上等间隔。

如果满足本节前述要求所需的 PH 点数目超过了 $vMaxPHistPoints$ ，系统应以计算出的点集内不超过 $vMaxPHistPoints$ 数目的点填充 DF_PathHistory，其中每一个 PH 点的偏移值应以车辆发送 BSM 消息的当前位置为基准。

数据帧 DF_PathHistory 的具体描述见表 35。数据帧 DF_PathHistory 的各个数据单元的具体描述见表 36～表 42。

表35 车辆历史轨迹数据单元

数据单元	DF_PathHistory
字段定义	定义车辆 PH。利用一个参考轨迹点信息，以及一系列基于该参考信息的 PH 点，给出车辆一段 PH。车辆 PH 能够真实地反映其在当时的行驶状态，且从侧面反映当时其所在的道路和交通环境。数据单元中的参考轨迹点信息在时间上比所有轨迹点都要靠后（时间较晚）。
填充方法	条件性必选
取值范围	—
填充要求	PH 应降频发送，PathHistory 的默认发送间隔为 500 ms。距离上一次发送 PH 信息 500 ms 后的第一个 BSM 应包含 PathHistory。
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表36 GNSS 系统工作状态数据单元

数据单元	DE_GNSSstatus
字段定义	定义 GNSS 系统工作状态。包括设备工作状态、锁星情况和修正信息等。GNSS 系统可以是 GPS、北斗等相关系统和设备
填充方法	可选
取值范围	9 位字符串
填充要求	—
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表37 PH 点集合数据单元

数据单元	DF_PathHistoryPointList
字段定义	PH 点的集合，定义车辆的历史轨迹
填充方法	必选
取值范围	—
填充要求	—
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表38 车辆历史轨迹点数据单元

数据单元	DF_PathHistoryPoint
字段定义	定义车辆的历史轨迹点
填充方法	必选
取值范围	—
填充要求	—
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

表39 车辆历史轨迹点表达数据单元

数据单元	DE_TimeOffset
字段定义	用于车辆历史轨迹点的表达
填充方法	必选
取值范围	[1, 65535]
填充要求	以 10 ms 为单位，定义当前描述时刻（较早）相对于参考时间点（较晚）的偏差。 表述范围：0.01 s 至 10 min55.34 s 时间偏差大于等于 655.34 s，将值置为 65534
数值分辨率	10 ms
精度要求	—
是否可以设为无效值	是
无效值	65535 表示无效数据
无效值填充条件	无法取得信号、系统启动、通信异常、未安装等情况

表40 车辆三维相对位置

数据单元	DF_PositionOffsetLLV
字段定义	定义车辆三维相对位置（相对经度、相对纬度和相对高度）。偏差值等于真实值减去参考值。
填充方法	必选
取值范围	—
填充要求	见 6.3.2.12 文字描述部分
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表41 车辆经纬度偏差数据单元

数据单元	DF_PositionOffsetLL
字段定义	经纬度偏差，描述一个坐标点的相对位置
填充方法	必选
取值范围	DF_Position-LL-24B DF_Position-LL-28B DF_Position-LL-32B
填充要求	偏差值等于真实值减去参考值。提供了 3 种尺度的描述方式
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表42 车辆垂直方向位置偏差数据单元

数据单元	DF_VerticalOffset
字段定义	定义垂直方向位置偏差
填充方法	可选
取值范围	—
填充要求	—
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.13 车辆预测路线 (DF_PathPrediction)

系统应按如下所述填充 BSM 中 DF_VehicleSafetyExtensions 数据帧中的 DF_PathPrediction:

- DE_RadiusOfCurvature
- DE_Confidence

车辆处于从 *vMinCurveRadius* 到 *vMaxCurveRadius* 范围内的稳态条件下, 系统应以计算的半径填充 DF_PathPrediction, 该半径相对实际半径的差距小于 *vPPredRadiusError*。

注: 出于轨迹预测的目的, 当车辆行驶于有恒定半径的曲线时视为稳态条件。稳态时横摆角加速度的绝对值的平均值小于 $0.5^{\circ}/s^2$ 。

在从恒定曲率半径 R_1 过渡到恒定曲率半径 R_2 之后, 系统应在 *vPPredTransitionTime* 时间内重新填充 DF_PathPrediction, 且适用前一条要求所定义的最大允许误差。

当发送的车辆速度小于 *vStationarySpeedThresh* 时, 系统应报告“直线轨迹”, 其半径值为 32767, 置信度值为 100% (对应数据元素的值为 200)。

数据帧 DF_PathPrediction 的具体描述见表 43。数据单元 DE_RadiusOfCurvature 的具体描述见表 44, 数据单元 DE_Confidence 的具体描述见表 45。

表43 车辆预测路线数据单元

数据单元	DF_PathPrediction
字段定义	定义车辆的预测路线
填充方法	必选
取值范围	—
填充要求	6.3.2.13 上方文字描述
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表44 车辆预测自身前方行驶轨迹的曲率半径数据单元

数据单元	DE_RadiusOfCurvature
字段定义	表示车辆预测自身前方行驶轨迹的曲率半径。数值可能来源于地图数据、曲率传感器、视觉传感器、定位系统等。
填充方法	必选
取值范围	$[-32767, 32767]$
填充要求	轨迹曲线向右偏转 (圆心在车辆行驶方向右侧) 数值为正, 向左为负。数值 32767 表示直线行驶。
数值分辨率	10 cm
精度要求	—
是否可以设为无效值	否

无效值	—
无效值填充条件	—

表45 车辆预测路线置信度数据单元

数据单元	DE_Confidence
字段定义	表示车辆预测路线置信度
填充方法	必选
取值范围	[0, 200]
填充要求	用 0 至 200 之间的整数值表示 0 至 100 的置信度
数值分辨率	0.5
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.14 车辆尺寸（DF_VehicleSize）

数据帧DF_VehicleSize的各个数据单元描述见表46～表48。

表46 车辆车身宽度数据单元

数据单元	DE_VehicleWidth
字段定义	定义车辆车身宽度
填充方法	必选
取值范围	[0, 1023]
填充要求	可描述的最大车身宽度为 10.23 m
数值分辨率	0.01 m
精度要求	0.2 m
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

表47 车辆车身长度数据单元

数据单元	DE_VehicleLength
字段定义	定义车辆车身长度
填充方法	必选
取值范围	[0, 4095]
填充要求	可描述的最长车身长度为 40.95 m
数值分辨率	0.01 m
精度要求	0.2 m
是否可以设为无效值	否

无效值	—
无效值填充条件	—

表48 车辆车身高度数据单元

数据单元	DE_VehicleHeight
字段定义	定义车辆车身高度
填充方法	可选
取值范围	[0, 127]
填充要求	可描述的车身最高高度为 6.35 m
数值分辨率	0.05 m
精度要求	0.2 m
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.15 时间（DE_DSecond）

系统应采用UTC作为参考时间设置DE_DSecond。

DE_DSecond的数值所表示的时间，来源于系统确定BSM中所包含的车辆位置数据时所参考的时钟。DE_DSecond的具体描述见表49。

DE_DSecond的数值所表示的时间与生成BSM的UTC之间的偏差应小于150 ms。

注：上述要求使得BSM不包含早于生成该BSM的UTC减去150 ms时间点的信息。

表49 时间数据单元

数据单元	DE_DSecond
字段定义	定义 1 min 内的毫秒级时刻
填充方法	必选
取值范围	[0, 59999]
填充要求	6.3.2.15 上方文字描述
数值分辨率	1ms
精度要求	6.3.2.15 第三段文字描述
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.16 车辆航向角（DE_Heading）

DE_Heading描述车头朝向，其值以正北方向为0° 按顺时针方向增加，具体描述见表50。车辆航向角应满足以下要求：

- a) 当车速不超过 45 km/h 时，DE_Heading 在 Open Sky 测试条件下，68%的测试测量中相对车辆的实际航向角的差距在 3° 之内；

- b) 当车速超过 45 km/h 时，DE_Heading 在 Open Sky 测试条件下，68%的测试测量中相对车辆的实际航向角的差距在 2° 之内；
- c) 当车速下降至低于 4 km/h 时，系统将 DE_Heading 的值锁存为当车速高于 4 km/h 时的上一个已知的航向角值；
- d) 当车速高于 5 km/h 时，系统将 DE_Heading 的值解除锁存；
- e) 在系统设备关闭时，系统将最后一个已知的车辆航向角值存储在非易失性存储器中。在系统设备启动时，系统将从持久存储器中读取车辆航向角值。

表50 车辆航向角数据单元

数据单元	DE_Heading
字段定义	车辆航向角
填充方法	必选
取值范围	[0, 28800)
填充要求	车头方向与正北方向的顺时针夹角，表示范围 0° 到 359.9875°
数值分辨率	0.0125°
精度要求	6.3.2.16 描述部分
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.17 消息编号（DE_MsgCount）

当系统设备启动后发送第一条BSM时，系统应将DE_MsgCount初始化为一个随机整数，其范围为[0, 127]，DE_MsgCount的具体描述见表51。

如果用于签名BSM的证书自从发送最近一条BSM之后有变化，则系统在发送下一条BSM之前应将DE_MsgCount重新初始化为一个随机整数，其范围为[0, 127]。

如果用于签名BSM的证书自从发送最近一条BSM之后无变化，则系统应将DE_MsgCount设置为发送前一条BSM所用的值加1，若编号达到127，则下一个BSM中的MsgCount值回到0。

表51 消息编号数据单元

数据单元	DE_MsgCount
字段定义	消息编号
填充方法	必选
取值范围	[0, 127]
填充要求	发送方为自己发送的同类消息依次进行编号
数值分辨率	1
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.18 车辆速度（DE_Speed）

系统中BSM发出的速度信息应与输入系统的速度信息保持一致，允许误差为±0.28 m/s以内。车辆速度数据单元具体描述见表52。

表52 车辆速度数据单元

数据单元	DE_Speed
字段定义	车辆速度
填充方法	必选
取值范围	[0, 8191]
填充要求	表示车速大小，单位 m/s
数值分辨率	0.02 m/s
精度要求	±0.28 m/s
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.19 车辆方向盘转角（DE_SteeringWheelAngle）

方向盘转角在-189° 到189°，该字段数值的1.5倍，对应方向盘实际转动角度。

表53 车辆方向盘转角数据单元

数据单元	DE_SteeringWheelAngle
字段定义	车辆方向盘转角
填充方法	必选
取值范围	[-126, 127]
填充要求	方向盘转角。向右为正，向左为负。表示范围 -189° 到 189° 方向盘超过 189°，将其值置为 126 方向盘小于-189°，将其值置为-126
数值分辨率	1.5°
精度要求	—
是否可以设为无效值	是
无效值	127
无效值填充条件	无法取得信号、系统启动、通信异常、未安装等情况

6.3.2.20 时间置信度（DE_TimeConfidence）

如果 DF_VehicleSafetyExtensions 数据帧包含 DE_TimeConfidence，系统应将 DE_TimeConfidence设置为与DE_Dsecond所表示的时间相对应的精确度估计值。

表54 时间置信度数据单元

数据单元	DE_TimeConfidence
------	-------------------

字段定义	时间置信度
填充方法	可选
取值范围	数值，0 到 39
填充要求	数值描述了 95%置信水平的时间精度
数值分辨率	—
精度要求	6.3.2.20 文字描述
是否可以设为无效值	—
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.21 车辆档位信息（DE_TransmissionState）

DE_TransmissionState应能正确反映车辆的挡位状态。
前进挡（forwardGears）包含自动挡车辆前进挡、手动档车辆用于前进的各挡位等。
注：无效值（unavailable）指无法取得信号的情况（例如启动瞬间、通信异常等）设置为无效值。

表55 车辆档位信息数据单元

数据单元	DE_TransmissionState
字段定义	车辆档位信息
填充方法	必选
取值范围	数值 0、1、2、3、4、5、6、7
填充要求	(0)Neutral：空档 (1)Park：停止档 (2)ForwardGears：前进档 (3)ReverseGears：倒档 (4) ～ (6)为保留位 (7)Unavailable：无效值
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	是
无效值	7
无效值填充条件	无法取得信号的情况（例如启动瞬间、通信异常等）设置为无效值

6.3.2.22 车辆临时 ID 号（id）

对于系统设备启动后生成的第一条BSM,系统应将id初始化为8bit字符串类型的随机值。
如果用于签名BSM的证书自从发送最近一条BSM之后有变化，则系统在发送下一条BSM之前应将id重新初始化为一个8bit字符串类型的随机值。
如果证书无变化，则系统不应改变id。
注：当消息证书有变化时，DE_MsgCount、id、Source_Layer-2 ID均被随机初始化。

表56 车辆临时 ID 号数据单元

数据单元	id
字段定义	车辆临时 ID 号
填充方法	必选
取值范围	8 位字符串
填充要求	6.3.2.22 文字描述
数值分辨率	—
精度要求	—
是否可以设为无效值	否
无效值	—
无效值填充条件	—

6.3.2.23 额外的数据元素

系统不应在发送的BSM中包含超出本标准所要求的任何额外的数据元素或数据帧。
当系统接收消息时，系统应能够忽略不使用的数据元素或数据帧。
注：本要求确保车辆安全通信不因过大的消息规模导致信道拥塞。

6.3.3 关键事件信息

事件触发类BSM消息对应的关键事件如表57所示。当表57中关键事件触发且车辆能获取此项事件对应的触发信号时，应发送对应事件触发消息，发送规则见6.3.4。

表57 事件触发类 BSM 消息的关键事件列表

事件触发类信元	归属的DE	关键事件
Hazard Lights	VehicleEventFlags	当车辆的危险警告信号被开启时
eventABSactivated		ABS系统被触发并超过100 ms
eventTractionControlLoss		电子系统控制牵引力被触发并超过100 ms
eventStabilityControlactivated		车身稳定控制被触发并超过100 ms
eventHardBraking		车辆紧急制动
eventFlatTire		单个或多个轮胎欠压报警（参考：GB 26149-2017）
eventDisabledVehicle		由上述之外的行车安全故障导致的无法正常行驶
eventAirBagDeployment		触发条件：至少1个安全气囊从正常状态变为弹出状态 截止条件：系统掉电（即：从表1定义的工作模式3切换为其他工作模式）

6.3.4 拥塞控制与消息生成周期

系统发送的 BSM 消息分为两类，一类为常规 BSM 消息（即不携带**错误!未找到引用源。**57 列举的关键事件标志），另一类为事件触发 BSM 消息（即携带**错误!未找到引用源。**57 列举的关键事件标志）。

常规 BSM 消息应为周期性生成，开机后常规 BSM 消息的默认生成周期应为 100 ms。对于开机后发送的第一个常规 BSM 消息，应在满足数据发送最小准则后的 0 ms~100 ms 随机选择生成时刻。

事件触发 BSM 消息应在某个触发条件首次满足后立刻生成，并取消原 BSM 消息的发送，该条 BSM 消息应包含截止到数据封装时刻的所有有效关键事件标志。在触发条件有效期内，应以上述首个事件触发 BSM 消息的生成时刻为起点，持续按照 100 ms 的默认生成周期生成事件触发 BSM 消息。在一个具体触发条件无效后，应取消 BSM 消息中携带的相应关键事件标志。

注：事件触发BSM消息的发送示例参照附录C。

系统的应用层应支持对常规 BSM 消息进行拥塞控制，拥塞控制方案可参照附录 D。

6.3.5 优先级（PPPP）设置

当发送常规 BSM 消息（即不携带关键事件标志）时，系统应将 BSM 消息的 Priority 设置为 112。

当发送事件触发BSM消息（即携带关键事件标志）时，系统应将BSM消息的Priority设置为208。

注：根据YD/T 3707-2020表D.1，当发送端的Priority取值为112时，对应的PPPP为5；当发送端的Priority取值为208时，对应的PPPP为2。

6.3.6 包延迟预算（PDB）设置

对于常规 BSM 消息的传输，PDB 宜设置为 100 ms；对于事件触发 BSM 消息的传输，PDB 宜设置为 50 ms。

6.3.7 调用底层传输服务

系统应调用网络层 DSM.request 原语发送 BSM 消息，并满足如下要求：

- a) 应使用广播方式发送；
- b) 应按照**错误!未找到引用源。**条件设置 AID 参数；
- c) 应设置 Network ProtocolType 参数为 4；
- d) 应按照 05 设置 Priority 参数；
- e) 可设置 Traffic Period 参数为应用层当前的 BSM 消息生成周期；
- f) 按照 6.4.2.6 .2 要求更换消息证书时，应设置 Application layer ID changed 参数。

表58 AID 取值及条件

ApplicationIdentifier参数 值（p-encoding的十六进 制）	ApplicationIdentifier参数值 （十进制）	条件
0p6f	111	普通车辆发送的常规BSM消息
0p70	112	普通车辆发送的关键事件触发BSM 消息

0p71	113	当紧急车辆满足6.3.2.9 c) 时发送的常规BSM消息
0p72	114	当紧急车辆满足6.3.2.9 c) 时发送的关键事件触发BSM消息

6.4 通信安全要求

6.4.1 安全层消息发送要求

6.4.1.1 数据格式要求

系统发送消息时使用的数字证书、SPDU及编码格式，应符合YD/T XXXX-XXXX《基于LTE的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求》中6.3、6.4、6.5的相关要求。

6.4.1.2 数据发送要求

安全层数据发送应满足如下要求：

- a) 根据 YD/T XXXX-XXXX《基于 LTE 的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求》6.1.9.3 消息签名过程中证书一致性检查的要求，当不存在能够通过一致性检查的假名证书时，不发送 BSM 消息；
- b) 系统构造 SPDU 进行安全层消息发送，SPDU 的字段填充要求满足表 59 。

表59 SPDU 的字段填充要求

SPDU（V2XSecData 数据结构）						字段填充要求
protocolVersion						应按照 6.4.2.1 进行填充
content	signedData	hashId				应按照 6.4.2.2 进行填充
			payload	data	protocolVersion	应按照 6.4.2.3 进行填充
				content		
				extDataHash		
			headerInfo	aid		应按照 6.4.2.4 进行填充
				generationTime		
				expiryTime		
				generationLocation		
				p2pcdLearningRequest		
				missingCrlIdentifier		
				encryptionKey		
				inlineP2pcdRequest		
				requestedCertificate		
				pduFunctionalType		
		signer	digest		应按照 6.4.2.5 进行填充	
certificate						

			self	
			x509	
		signature	sm2Signature	应按照 6.4.2.6 进行填充

6.4.2 SPDU 数据单元

6.4.2.1 安全层消息（V2XSecData）

protocolVersion字段应填充为3；content字段应选择为signedData。

6.4.2.2 密码杂凑算法（hashId）

hashId字段应选择为sm3，表示签名时对消息进行杂凑运算采用SM3密码杂凑算法。

6.4.2.3 数据载荷（payload）

protocolVersion字段应填充为3；content字段应选择为unsecuredData，unsecuredData字段应填充为BSM的消息帧（MessageFrame）；extDataHash字段应不填充。

6.4.2.4 消息安全头（headerInfo）

aid字段应按照6.3.7中表58填充十进制编码的应用标识值；generationTime字段应填充SPDU的生成时间；字段expiryTime、generationLocation、p2pcdLearningRequest、missingCrlIdentifier、encryptionKey、inlineP2pcdRequest、requestedCertificate、pduFunctionalType应不填充。

6.4.2.5 签名者（signer）

signer字段应选择为digest或certificate，不应选择self或x509，表示为发送的每条BSM消息附加用于生成该消息签名所对应的假名证书（certificate）或其摘要（digest），具体应满足以下要求：

- a) 选择 certificate 时 SEQUENCE 的 SIZE 为 1，即不附加证书链中的其他 CA 证书；
- b) 在以下情况中附加完整的假名证书（选择 certificate），在其它情况中附加假名证书的摘要（选择 digest）：
 - 1) 启动/重启操作后发送的第一条 BSM；
 - 2) 使用的假名证书发生改变后发送的第一条 BSM；
 - 3) 本条 BSM 距离上一条附加了完整假名证书的 BSM 消息，其时间间隔等于或大于 vMaxCertDigestInterval（450 ms）；
 - 4) BSM 消息中 DE_VehicleEventFlags 中的关键事件消息（见 6.3.3），某一位或某几位被置 1。

6.4.2.6 签名值（signature）

signature字段应选择为sm2Signature,使用SM2椭圆曲线公钥密码算法对生成的消息进行签名,密码算法的输入与输出应符合YD/T XXXX-XXXX《基于LTE的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求》B.2的要求。

6.4.3 隐私保护要求

6.4.3.1 标识随机化

系统应对发送的BSM消息中的相关标识进行随机化处理,具体包括:

- a) 启动/重启操作后,发送的第一条BSM消息的24比特Source Layer-2 ID随机初始化,随机化具体要求见6.2;
- b) 本条BSM消息与上一条BSM消息所使用的假名证书不同时,本条BSM消息的24比特Source Layer-2 ID随机变化,随机化具体要求见6.2;
- c) 本条BSM消息与上一条BSM消息所使用的假名证书不同时,本条BSM消息的DE_MsgCount、id随机变化,随机化具体要求见0和0。

6.4.3.2 假名证书改变

当正在使用的假名证书过期时,系统应立即随机使用其他有效的假名证书。

系统每次进行启动/重启操作后,发送第一条BSM消息时,应从所有有效的假名证书中随机选取一张用于该消息签名,且该假名证书的连续使用时长应重新计时。

系统每次进行启动/重启操作后,假名证书的连续使用时长应重新计时。

为保护隐私,同一个假名证书的连续使用时长不应超过 $vCertChangeInterval(300\text{ s})$,但有以下任一情形除外:

- a) 系统当前位置距离上一次假名证书改变时所处的位置小于 $vCertChangeDistance(2\text{ km})$,此时系统应继续使用现有假名证书;
- b) 基于6.3.3定义的关键事件标志位DE_VehicleEventFlags中至少1个处于置位状态,此时系统应继续使用现有假名证书直至上述关键事件标志位全部被复位。

6.4.3.3 车辆历史轨迹隐私要求

当假名证书改变时,系统应清空历史轨迹数据相应的存储区。隐私保护具体要求见6.3.2.12。

6.4.4 系统安全要求

系统应保护私钥运算的安全性,具备环境失效保护能力,具备对抗非入侵式攻击的能力。

7 通信性能要求

7.1 射频性能要求

7.1.1 信道划分

按照9.3.1进行试验,系统信道划分应满足YD/T 3756-2020中9.1的要求。

7.1.2 发射机指标

按照9.3.1进行试验,系统发射机指标应满足YD/T 3756-2020中9.2的要求。

7.1.3 接收机指标

按照 9.3.1 进行试验，系统接收机指标应满足 YD/T 3756-2020 中 9.3 的要求。

7.2 天线增益

按照 9.3.2 进行试验，车辆天线线性平均增益测量结果应符合表 60 的规定。车辆方位区域划分参见附录 F。

表60 线性平均增益限值要求

方位区域 (ϕ)	线性平均增益/dBi			70%覆盖/dBi
	俯仰区域 (θ) (89° ~91°)	俯仰区域 (θ) (84° ~90°)	俯仰区域 (θ) (90° ~96°)	俯仰区域 (θ) (89° ~91°)
0° ~60° 和300° ~360°	≥ -8	≥ -11	≥ -11	≥ -11
60° ~120°	≥ -14	≥ -17	≥ -17	≥ -17
240° ~300°	≥ -14	≥ -17	≥ -17	≥ -17
120° ~ 240°	≥ -8	≥ -11	≥ -11	≥ -11
注：70%覆盖是指测量结果中70%的值满足要求。				

7.3 车辆近水平面辐射功率

按照 9.3.3 进行试验，车辆近水平面辐射功率应符合表 61 规定。车辆方位区域划分参见附录 F。

表61 车辆近水平面辐射功率限值要求

方位区域 (ϕ)	线性平均辐射功率/dBm			70%覆盖/dBm
	俯仰区域 (θ) (89° ~91°)	俯仰区域 (θ) (84° ~90°)	俯仰区域 (θ) (90° ~96°)	俯仰区域 (θ) (89° ~91°)
0° ~60° 和300° ~360°	≥ 15	≥ 12	≥ 12	≥ 12
60° ~120°	≥ 9	≥ 6	≥ 6	≥ 6
240° ~300°	≥ 9	≥ 6	≥ 6	≥ 6
120° ~240°	≥ 15	≥ 12	≥ 12	≥ 12
注：70%覆盖是指测量结果中70%的值满足要求。				

7.4 车辆近水平面接收灵敏度

按照9.3.4进行试验，车辆近水平面接收灵敏度应符合表62规定。

表62 车辆近水平面接收灵敏度限值要求

方位区域(ϕ)	线性平均接收灵敏度/dBm			70%覆盖/dBm
	俯仰区域(θ) (89° ~91°)	俯仰区域(θ) (84° ~90°)	俯仰区域(θ) (90° ~96°)	俯仰区域(θ) (89° ~91°)
0° ~60° 和300° ~360°	≤-79.5	≤-76.5	≤-76.5	≤-76.5
60° ~120°	≤-73.5	≤-70.5	≤-70.5	≤-70.5
240° ~300°	≤-73.5	≤-70.5	≤-70.5	≤-70.5
120° ~240°	≤-79.5	≤-76.5	≤-76.5	≤-76.5
注：70%覆盖是指测量结果中70%的值满足要求。				

8 定位定时要求

8.1 定位要求

车载定位子系统至少应包含一个独立的 GNSS 接收终端，能支持北斗或 GPS 卫星定位系统；也可同时支持 Galileo/GLONASS 等卫星定位系统，以及公开接口标准的定位增强系统。

该子系统应以一个预设的频率 $vPosDetRate$ （10 Hz）输出符合 8.3 所定义的车位置坐标，且应提供确认该坐标时的 UTC 时间。位置坐标和时间应符合 6.3.2.6 所定义的精度要求。

8.2 定位增强要求

如果 GNSS 定位精度不足以支持系统精度要求（见 6.3.2.6），车载定位子系统可支持惯导与 GNSS 定位的融合，或者同时可支持定位增强系统的接入，包括统一接口标准的地基增强系统和/或星基增强系统。

注：进一步的，定位子系统可支持其他传感器的融合定位技术来进一步提高定位精度（例如基于视觉特征匹配和高精度地图的融合定位、接收路侧智能感知设备的定位信息等手段）。

8.3 坐标系统与定位参考点要求

BSM 中所报告的车辆位置（位置参照）应为以 GCJ-02 坐标系为参考坐标系，车辆投影至路表（道路平面）的一个点（纬度，经度和海拔高度）。该点为道路平面上车辆的包络矩形的中心，此矩形覆盖车辆的最远前端和后端，以及侧边到侧边的点，包含外部后视镜等原始设备，如图 2 所示。

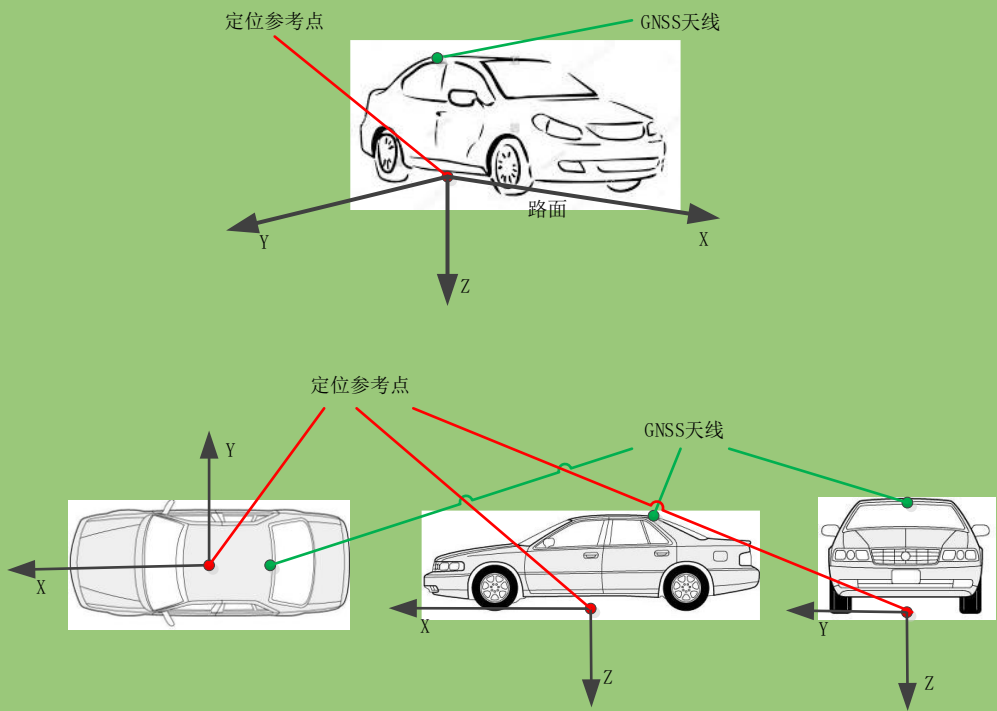


图 2 BSM 消息中的车辆位置参考点

8.4 系统时间要求

系统中应包含一个符合 UTC 的参考时钟，满足设定的精度值 $vTimeAccuracy$ (1 ms)。系统每次输出位置信息时应同时包含当前时刻的 UTC 时间。

注：系统有同步至UTC的时间 (DE_DSecond) 以支持位置和时间的推算以及安全要求。系统可以采用GNSS接收器配合相应的每秒一次脉冲以实现参考时钟。

9 试验

9.1 一般要求试验方法

9.1.1 试验条件

9.1.1.1 试验对象

试验对象为具备LTE-V2X直连通信功能的系统。系统至少应包含无线通信子系统。

9.1.1.2 试验环境条件

如无其他规定，试验环境条件应符合错误!未找到引用源。3的规定。

表63 试验环境条件

温度 ℃	相对湿度 %	气压 kPa
23±5	25~75	86~106

9.1.1.3 试验电压条件

如无其他规定，试验电压条件应符合表64的规定。

表64 试验电压条件

单位为伏特

额定电压	试验电压 (U_t)
12	14 ± 0.2
24	28 ± 0.2

9.1.1.4 试验环境的构建

9.1.1.4.1 通用要求

天线一体式DUT进行空口试验，除9.1.1.4.2外，应按照**错误!未找到引用源。** a)要求构建试验环境。其中，V2X PC5消息解析仪表天线应与DUT天线正对且间距为1 m，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。

天线分体式DUT可进行空口试验或直连试验。进行空口试验时，除9.1.1.4.2外，应按照**错误!未找到引用源。** a)要求构建试验环境；进行直连试验时，除9.1.1.4.2外，应按照**错误!未找到引用源。** b)要求构建试验环境。V2X PC5消息解析仪表天线与DUT天线正对且间距为1 m，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。

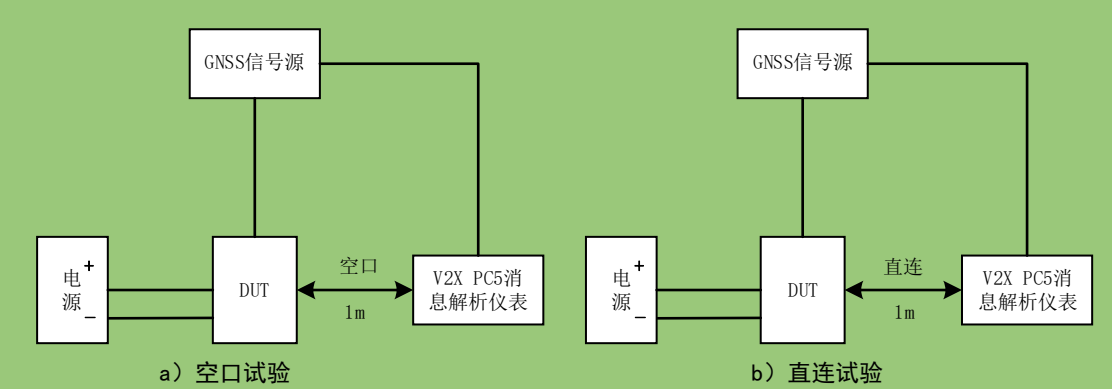


图3 环境试验通用要求示意图

9.1.1.4.2 特殊要求

在进行9.1.2.2 a)、9.1.3.2、9.1.3.4、9.1.3.5、9.1.3.7、9.1.3.8、9.1.3.9试验时，天线一体式系统进行空口试验，应按照**错误!未找到引用源。** a)要求构建试验环境。其中，V2X PC5消息解析仪表天线应与DUT天线正对且间距为1 m，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。

在进行9.1.2.2 a)、9.1.3.2、9.1.3.4、9.1.3.5、9.1.3.7、9.1.3.8、9.1.3.9试验时，天线分体式系统可进行空口试验或直连试验。进行空口试验时，应按照**错误!未找到引用源。** a)要求构建试验环境；进行直连试验时，应按照**错误!未找到引用源。** b)要求构建试验环境。其中，V2X PC5消息解析仪表天线应与DUT天线正对且间距为1 m，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。

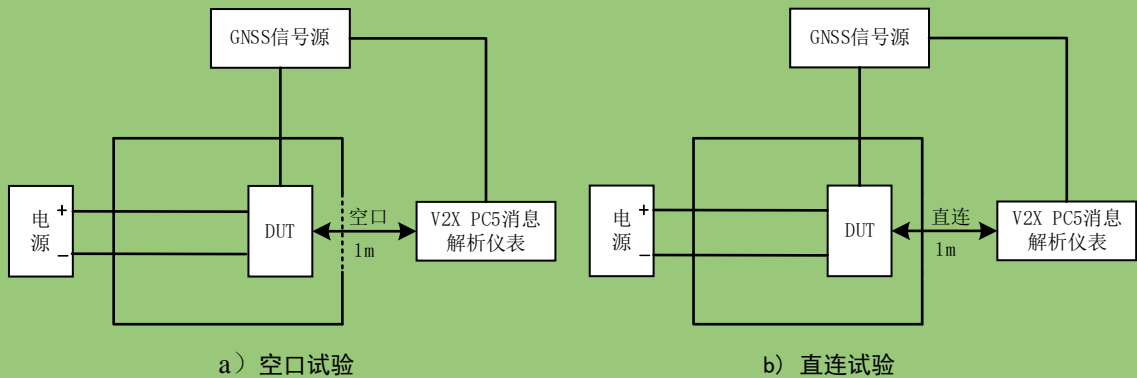


图4 环境试验特殊要求示意图

9.1.1.5 试验评价

按照100 ms间隔周期性发送BSM数据包。在时长 t 秒的连续测试时间内，当测试仪表接收到的必选数据元素均正确的BSM数据包的数量不低于 $\text{round}(t \times 10 \times 95\%)$ 时，则视为功能正常。
注：round表示取整数。

9.1.2 电气性能试验

9.1.2.1 直流供电试验

DUT以表1中工作模式2，先将直流稳压电源电压调至 U_i ，然后逐渐将电压调至 U_{Smin} 稳定10 min，再逐渐将电压调至 U_{Smax} 稳定10 min。

9.1.2.2 过电压试验

12 V系统在 $(T_{max}-20\text{ }^{\circ}\text{C})$ 及室温条件下进行试验，24 V系统在 $(T_{max}-20\text{ }^{\circ}\text{C})$ 条件下进行试验。

a) $(T_{max}-20\text{ }^{\circ}\text{C})$ 条件下

DUT以表1中的工作模式2，按照GB/T 28046.2—2019中4.3.1.1.2和4.3.2.2的方法进行试验。

b) 室温条件下

DUT以表1中的工作模式2，按照GB/T 28046.2—2019中4.3.1.2.2的方法进行试验。

9.1.2.3 供电电压缓降和缓升试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2—2019中4.5.2的方法进行试验。

9.1.2.4 叠加交流电压试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2—2019中4.4.2严酷度1和2的方法进行试验。

9.1.2.5 反向电压试验

DUT以表1中工作模式2，按照表65的方法进行试验。

表65 反向电压试验

序号	名称	试验参数	
1	U_i	12 V	24 V
2	试验电压（电源输入接口正负极反接）	-14 V	-28 V
3	试验时间	(60 ± 6) s	
4	试验循环次数	1 次	

9.1.2.6 供电电压瞬态变化试验

供电电压瞬态变化试验包括以下3项：

- a) 供电电压瞬时下降试验
DUT 以表 1 中工作模式 2，按照 GB/T 28046.2-2019 中 4.6.1 的方法进行试验。
- b) 复位特性试验
DUT 以表 1 中工作模式 2，按照 GB/T 28046.2-2019 中 4.6.2 的方法进行试验。
- c) 启动特性试验
DUT 以表 1 中工作模式 2，按照 GB/T 28046.2-2019 中 4.6.3.2 等级 II 的方法进行试验。

9.1.2.7 参考接地和供电偏移试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2-2019中4.8.2的方法进行试验。

9.1.2.8 抛负载试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2-2019中4.6.4.2的方法进行试验。

9.1.2.9 开路试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2-2019中4.9.1.2及4.9.2.2的方法分别进行试验。

9.1.2.10 短路保护试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.2-2019中的4.10.2.1及4.10.3.1的方法分别进行试验。

9.1.2.11 绝缘电阻试验

DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 28046.2-2019中4.12.2的方法分别进行试验。

9.1.3 环境耐候性试验

9.1.3.1 低温贮存试验

DUT以表3中贮存环境温度下限和表1中工作模式1，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.1.1.2的方法进行试验。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.2 低温工作试验

DUT以表3中工作环境温度下限 T_{min} 和表1中工作模式2，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.1.2.2的方法进行试验，试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工

作模式2对DUT进行10 min的功能检查。试验后至少静置1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.3 高温贮存试验

DUT以表3中贮存温度上限和表1中工作模式1，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.2.1.2的方法进行试验。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.4 高温工作试验

DUT以表3中工作环境温度上限 T_{max} 和表1中工作模式2，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.2.2.2的方法进行试验，试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工作模式2对DUT进行10 min的功能检查。试验后静置至少1 h以恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.5 温度梯度试验

DUT在表3中工作环境温度 $T_{min} \sim T_{max}$ 范围内，以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.4-2011中5.2.2的方法进行试验。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.6 规定转换时间的温度快速变化试验

DUT在表3中工作环境温度 $T_{min} \sim T_{max}$ 范围内，按照GB/T 28046.4-2011中5.3.2.2的方法进行试验。试验后静置至少1 h恢复常温，以错误!未找到引用源。中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.7 规定变化率的温度循环试验

DUT在表3中工作环境温度 $T_{min} \sim T_{max}$ 范围内，按照GB/T 28046.4-2011中5.3.1.2的方法进行试验，试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工作模式2进行10 min的功能检查。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.8 湿热循环试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.4-2011中5.6.2.2的方法进行试验。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.9 稳态湿热试验

DUT以表1中工作模式2（试验最后1 h以表1中工作模式3），按照GB/T 28046.4-2011中5.7.2的方法进行试验，试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工作模式2进行10 min的功能检查。试验后静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.3.10 耐盐雾试验

DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 28046.4-2011中5.5.1.2（严酷等级3）的方法进行试验，试验后以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.4 外壳防护试验

防尘试验：DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 30038-2013中8.3.3.2的方法进行试验，试验后以表1中工作模式2进行功能验证试验。

防水试验：DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 30038-2013中8.4.3的方法进行试验，试验后以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.5 机械性能试验

9.1.5.1 机械振动试验

DUT模拟在车辆上的安装方式在振动台上安装固定，以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.3-2011中4.1.2.4.2（乘用车弹性体（车身））或4.1.2.7.2（商用车弹性体）的方法进行试验。试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工作模式2进行10 min的功能检查。

9.1.5.2 机械冲击试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 28046.3-2011中4.2.2.2的方法进行试验。试验期间在试验持续时间的25%、50%、75%处，分别以表1中工作模式2进行10 min的功能检查。

9.1.5.3 自由跌落试验

DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 28046.3-2011中4.3.2的方法进行试验。试验后以表1中工作模式2进行功能验证试验。

9.1.6 耐久性试验

DUT耐久性试验参见附录G.1，耐久性计算模型参见附录G.2。

9.1.7 电磁兼容性试验

9.1.7.1 传导发射试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 18655-2018中6.3和6.4的方法进行试验。

9.1.7.2 辐射发射试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 18655-2018中6.5的方法进行试验。

9.1.7.3 对电磁辐射的抗扰试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB 34660—2017中4.7的电波暗室法、大电流注入法的抗扰试验强度和5.7的方法进行试验。

9.1.7.4 对便携式发射机的抗扰试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 33014.9中6.3的模拟便携式发射机法和表A.1要求以及第8章的方法进行试验。

9.1.7.5 沿电源线的瞬态传导抗扰试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 21437.2-2008中表B.1、B.2的等级III要求以及GB 34660-2017中5.8的方法和GB/T 21437.2-2008中的脉冲5a/5b的方法进行试验。

9.1.7.6 除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态抗扰试验

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 21437.3—2012表B.1、B.2等级Ⅲ的要求和3.4.2的方法进行试验。

9.1.7.7 对静电放电产生的电骚扰抗扰试验

9.1.7.7.1 系统不通电

DUT以表1中工作模式1，按照GB/T 19951—2019中表C.1、C.2的类别1试验严酷等级不低于L3的试验电压要求和GB/T 19951—2019中9规定的方法进行试验。试验后以表1中工作模式2进行试验。

9.1.7.7.2 系统通电

DUT以表1中工作模式2，按照GB/T 19951—2019中表C.1、C.2、C.3的类别1试验严酷等级不低于L3的测试电压要求和第8章规定的方法进行试验。

9.2 功能试验方法

9.2.1 最小测试集

功能试验主要针对第6章中系统功能要求进行试验，最小测试集试验内容及试验方法如表66。表66～表69中的相关字母及符号解释见表70。

表66 最小测试集试验内容及试验方法

试验项		章节号	试验方法
接入层	PC5 接口通用要求		
	总体要求	6.1.1.1	×
	时间同步源	6.1.1.2	×
	初始预配置参数和映射关系	6.1.1.3	×
	拥塞控制	6.1.1.4	×
	PC5 接口发送端要求		
	发送方式	6.1.2.1	A
	传输模式和资源选择方式	6.1.2.2	A
	PDCP	6.1.2.3	A
	RLC	6.1.2.4	A
	MAC	6.1.2.5	A
	拥塞控制	6.1.2.6	×
网络层	PC5 接口通用要求	6.2.1	A
	PC5 接口发送端要求		
	DSMP 版本	6.2.2	A
	Source_Layer-2 ID	6.2.2	表 69
	AID	6.2.2	表 69
	PPPP	6.2.2	表 69
	Traffic Period	6.2.2	×

	PC5 接口接收端要求		
	PPPP 映射 Priority 参数	6.2.3	×
	CBR 或 Max data rate 参数（可选）	6.2.3	×
应用层	BSM 消息发送要求	6.3.1	表 67
	数据单元	6.3.2	表 67
	关键事件信息	6.3.3	表 67
	拥塞控制	6.3.4	×
	消息生成周期	6.3.4	C
	优先级（PPPP）设置	6.3.5	表 69
	调用底层传输服务	6.3.6	×
通信安全	安全层消息发送要求		
	数据格式要求	6.4.1.1	表 68
	数据发送要求	6.4.1.2	表 68
	SPDU 数据单元	6.4.2	表 68
	隐私保护要求		
	标识随机化	6.4.3.1	表 69
	假名证书改变	6.4.3.2	表 69
	车辆历史轨迹隐私要求	6.4.3.3	表 69
	系统安全要求		
	系统安全	6.4.4	×

应用层BSM发送要求试验方法如表67所示。

表67 最小测试集-应用层 BSM 发送要求试验方法

试验项	定性试验方法		定量试验方法			本文件对应章节号
	填充方法	取值范围	填充要求	精度要求	无效值要求	
DF_AccelerationSet4Way	B	—	—	—	—	6.3.2.2
>DE_Acceleration（纵向）	B	B	D	D	B	6.3.2.2
>DE_Acceleration（横向）	B	B	×	×	×	6.3.2.2
>DE_VerticalAcceleration	B	B	×	—	×	6.3.2.2
>DE_YawRate	B	B	D	D	—	6.3.2.2
DF_BrakeSystemStatus	B	—	—	—	—	6.3.2.3
>DE_BrakePedalStatus	B	B	B	—	—	6.3.2.3
>DE_BrakeAppliedStatus	B	B	B	—	—	6.3.2.3
>DE_TractionControlStatus	C	C	C	—	—	6.3.2.3
>DE_AntiLockBrakeStatus	A	A	×	—	—	6.3.2.3

>DE_StabilityControlStatus	A	A	×	—	—	6.3.2.3
>DE_BrakeBoostApplied	A	A	×	—	—	6.3.2.3
>DE_AuxiliaryBrakeStatus	A	A	×	—	—	6.3.2.3
DF_MotionConfidenceSet	A	—	—	—	—	6.3.2.4
>DE_SpeedConfidence	A	A	×	—	—	6.3.2.4
>DE_HeadingConfidence	A	A	×	—	—	6.3.2.4
>DE_SteeringWheelAngleConfidence	A	A	×	—	—	6.3.2.4
DF_Position3D	B	—	—	—	—	6.3.2.5
>DE_Latitude	B	B	×	×	—	6.3.2.5
>DE_Longitude	B	B	×	×	—	6.3.2.5
>DE_Elevation	A	A	—	—	—	6.3.2.5
DF_PositionAccuracy	B	—	—	—	—	6.3.2.6
>DE_SemiMajorAxisAccuracy	B	B	×	—	B	6.3.2.6
>DE_SemiMinorAxisAccuracy	B	B	×	—	B	6.3.2.6
>DE_SemiMajorAxisOrientation	B	B	×	—	B	6.3.2.6
DF_PositionConfidenceSet	A	—	—	—	—	6.3.2.7
>DE_PositionConfidence	A	A	A	—	—	6.3.2.7
>DE_ElevationConfidence	A	A	×	—	—	6.3.2.7
DF_VehicleClassification	A	—	—	—	—	6.3.2.8
>DE_BasicVehicleClass	A	A	A	—	—	6.3.2.8
DF_VehicleEmergencyExtensions	C	—	—	—	—	6.3.2.9
>DE_ResponseType	C	C	C	—	—	6.3.2.9
>DE_SirenInUse	C	C	C	—	—	6.3.2.9
>DE_LightBarInUse	C	C	C	—	—	6.3.2.9
DF_VehicleSafetyExtensions	B/C	—	—	—	—	6.3.2.10
>DE_VehicleEventFlags	C	C	C	—	—	6.3.2.11 6.3.3
>DF_PathHistory	B	—	表 69	—	—	6.3.2.12
>>DE_GNSSstatus	B	B	—	—	—	6.3.2.12
>>DF_PathHistoryPointList	B	—	—	—	—	6.3.2.12
>>>DF_PathHistoryPoint	B	—	—	—	—	6.3.2.12
>>>>DE_TimeOffset	B	B	B	—	B	6.3.2.12
>>>>DF_PositionOffsetLLV	B	—	—	—	—	6.3.2.12
>>>>>DF_PositionOffsetLL	B	B	B	—	—	6.3.2.12
>>>>>DF_VerticalOffset	B	—	—	—	—	6.3.2.12
>DF_PathPrediction	B	—	—	—	—	6.3.2.13
>>DE_RadiusOfCurvature	B	B	B	—	—	6.3.2.13
>>DE_Confidence	B	B	B	—	—	6.3.2.13
>DE_ExteriorLights	C	C	C	—	—	6.3.2.10
DF_VehicleSize	A	—	—	—	—	6.3.2.14
>DE_VehicleWidth	A	A	A	A	—	6.3.2.14

>DE_VehicleLength	A	A	A	A	—	6.3.2.14
>DE_VehicleHeight	A	A	A	A	—	6.3.2.14
DE_DSecond	A	A	A	×	—	6.3.2.15
DE_Heading	B	B	D	D	—	6.3.2.16
DE_MsgCount	A	A	表 69	—	—	6.3.2.17
DE_Speed	B	B	D	D	—	6.3.2.18
DE_SteeringWheelAngle	B	B	B	—	B	6.3.2.19
DE_TimeConfidence	A	A	×	×	—	6.3.2.20
DE_TransmissionState	B	B	B	—	B	6.3.2.21
id	A	A	表 69	—	—	6.3.2.22
额外的数据元素	A	—	—	—	—	6.3.2.23
<p>正常试验中不应出现无效值填充。未安装、可填写无效值情况除外。</p> <p>注1：定性试验是对6.3.2数据单元中的填充方法和取值范围进行测试。</p> <p>注2：定量试验是对6.3.2数据单元中的填充要求、数值分辨率、精度要求、无效值要求（包含是否可以设为无效值、无效值取值、无效值填充条件）进行测试。</p>						

安全层SPDU发送要求试验方法如表68。

表68 最小测试集-安全层 SPDU 发送要求试验方法

试验项						试验方法	本文件对应章节号
数据格式要求						E	6.4.1.1
数据发送要求						E	6.4.1.2
SPDU 数据单元							
protocolVersion						E	6.4.2.1
content	signedData	hashId -> sm3				E	6.4.2.2
		tbsData	payload	data	protocolVersion	E	6.4.2.3
					content	E	6.4.2.3
				extDataHash		E	6.4.2.3
			headerInfo	aid		表 69	6.4.2.4
				generationTime		E	6.4.2.4
				expiryTime		E	6.4.2.4
				generationLocation		E	6.4.2.4
				p2pcdLearningRequest		E	6.4.2.4
				missingCrlIdentifier		E	6.4.2.4
				encryptionKey		E	6.4.2.4
				inlineP2pcdRequest		E	6.4.2.4
				requestedCertificate		E	6.4.2.4
				pduFunctionalType		E	6.4.2.4
		signer	digest		表 69	6.4.2.5	
			certificate		表 69	6.4.2.5	
			self		E	6.4.2.5	
			x509		E	6.4.2.5	
		signature	sm2Signature				E

关于系统启动、时间相关性、位置改变、关键事件及紧急车辆相关的消息优先级、隐私保护等的发送要求的试验方法如表69所示。

表69 最小测试集-消息优先级、隐私保护等的发送要求试验方法

策略类型	试验项	试验方法				
		启动 试 验	时间 试验	位置改变 试验	关键事件 试验	紧急车辆 试验
应用标识填充策略	AID	—	—	—	C	C
消息优先级策略	PPPP	—	—	—	C	—
证书与证书摘要切换策略	digest	E	E	F	G	—
	certificate	E	E	F	G	—
假名证书改变策略	certificate	E	E	F	G	—
标识随机化策略	Source_Layer-2 ID	A	E	F	G	—
	DE_MsgCount	A	E	F	G	—
	id	A	E	F	G	—
车辆历史轨迹隐私要求	DF_PathHistory	—	E	F	G	—

表70 最小测试集-相关字母及符号解释

标号	标号说明		
	试验类别	试验方法	章节号
A	数据一致性试验	暗室静态试验	9.2.3.1
B	数据一致性试验	暗室动态试验	9.2.3.2
C	数据一致性试验	暗室事件触发试验	9.2.3.3
D	数据一致性试验	道路试验	9.2.3.4
E	通信安全试验	暗室静态试验	9.2.4.1
F	通信安全试验	暗室动态试验	9.2.4.2
G	通信安全试验	暗室事件触发试验	9.2.4.3
×	第6章中有技术要求，本章中无对应试验方法		
—	第6章中没有技术要求		

9.2.2 试验条件

9.2.2.1 试验对象

试验对象为具备LTE-V2X直连通信功能的车辆。

9.2.2.2 试验环境要求

9.2.2.2.1 试验室试验环境

试验室试验环境为配备了转毂的全电波暗室，具备GNSS模拟器和V2X PC5消息接收仪

表。

将 V2X PC5 消息接收仪表和 GNSS 模拟器分别连接到暗室内的测试天线端口和 GNSS 天线端口上，如图 5 所示。水平方向上测试天线端口中心距离被测车辆中心 5 m，测试天线端口中心高度为被测车辆 LTE-V2X 天线中心高度，如图 7 所示。

被测车辆固定于转台和转毂上。转台可带动被测车辆在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 水平范围内旋转，转毂可使被测车辆在暗室内原地运转。

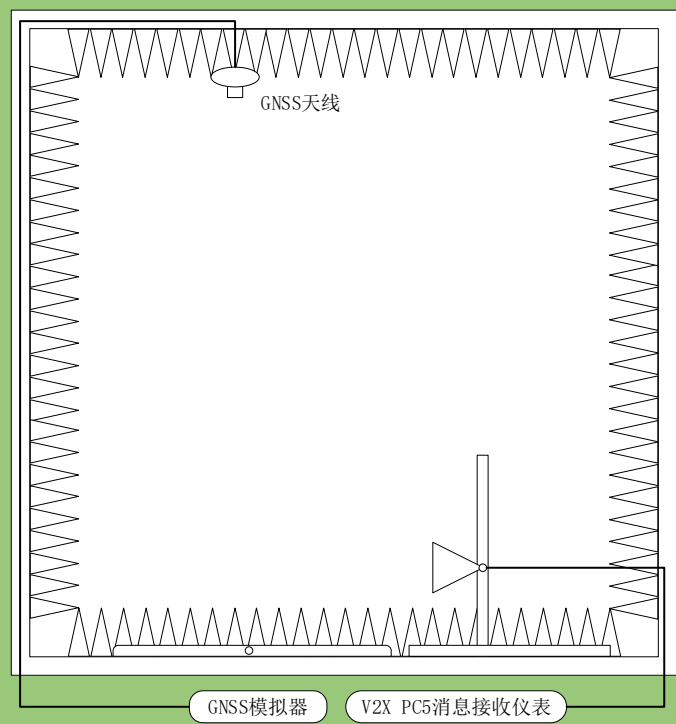


图5 功能试验测试系统连接图

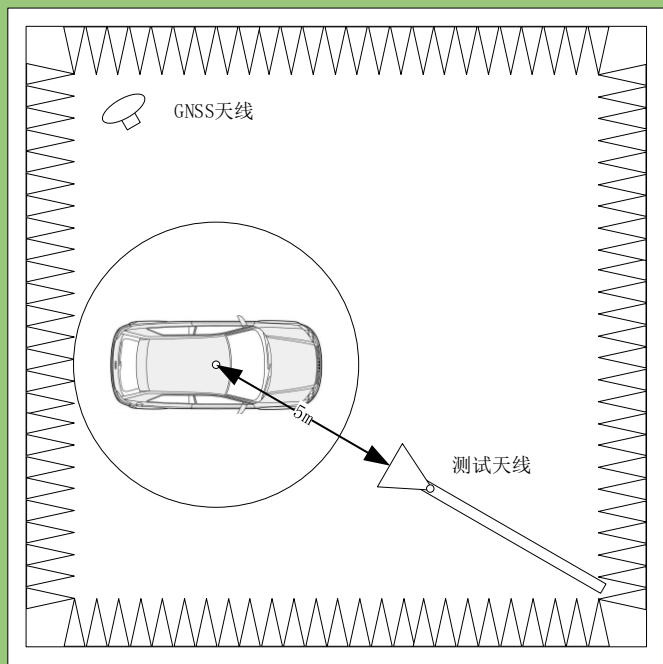


图6 功能试验测试系统俯视图

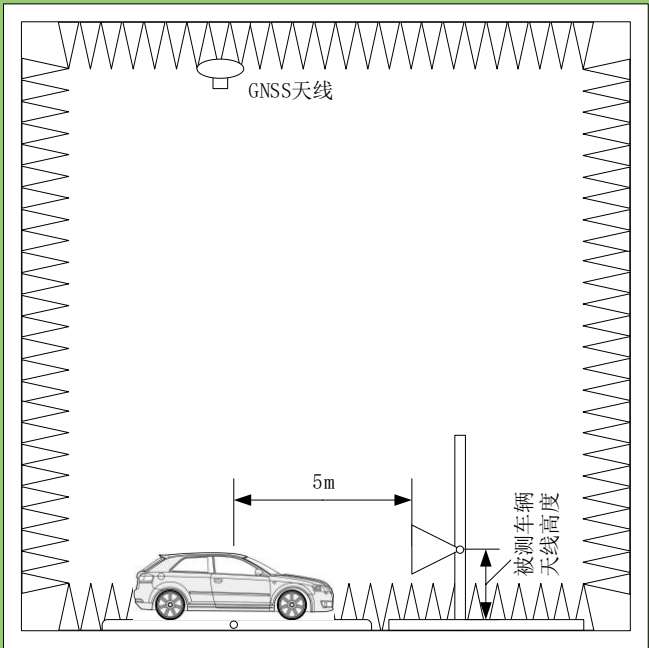


图7 功能试验测试系统侧视图

9.2.2.2.2 道路试验环境

试验环境为开阔环境，可满足被测车辆正常定位需求，试验环境内无其它开启V2X功能的车辆或V2X系统。

在试验道路上由车辆数据采集单元采集被测车辆真实数据时，需确保所采集的数据精度高于6.3.1.2中所规定的各项精度要求。

如错误!未找到引用源。所示，将V2X PC5消息接收仪表固定于被测车辆内，并与固定于被测车辆车体上的且可稳定接收被测车辆发送的BSM消息的测试天线相连接。

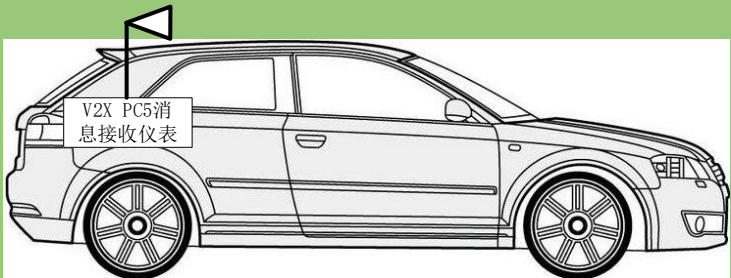


图8 道路试验环境布置图

9.2.3 数据一致性试验

9.2.3.1 暗室静态试验

暗室静态试验方法为：

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台，摆正被测车辆位置，将被测车辆固定在转台上，熄火准备；

- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表,使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统,并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容;
- c) 启动被测车辆,同时启动 GNSS 模拟器,发送预设的 GNSS 固定位置数据,确保被测车辆可正常发送 BSM 消息;
- d) 重新启动被测车辆,使其能够重新开始发送 BSM 消息,V2X PC5 消息接收仪表持续记录收到的所有 BSM 消息内容,测试有效时长不小于 400 s;
- e) 重复多次(例如 3 次)步骤 d);
- f) 在以上测试过程中,直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息,验证 9.2.1 中表 66~表 69 采用试验方法 A 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.3.2 暗室动态试验

暗室动态试验方法为:

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台,摆正车辆位置,使前后车轮分别停放在转台前后两组转毂上,将被测车辆固定在转台上,熄火准备;
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表,使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统,并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容;
- c) 启动被测车辆,同时启动 GNSS 模拟器发送预设的 GNSS 轨迹数据,确保被测车辆可正常发送 BSM 消息;
- d) 语音引导车辆驾驶员执行相应的驾驶动作,包括换挡、踩刹车、转动方向盘等,记录动作命令顺序、时间、次数等信息,以对应 BSM 中档位、制动系统、方向盘转角相关参数值的测试;
- e) 语音引导车辆驾驶员驾驶被测车辆,使转毂滚动线速度与 GNSS 轨迹中速度误差在 ± 1 km/h 以内,对应 BSM 中车速、轨迹相关参数值的测试;控制转台转动被测车辆航向角,使被测车辆航向角与 GNSS 轨迹中方向数据一致;
- f) 测试有效时长不小于 400 s,测试轨迹包括但不限于:
 - 某个固定地理位置;
 - 四段“确定的直线行驶轨迹”,轨迹速度为低速(4 km/h),方向分别为正北、正东、正南、正西;
 - 四段“确定的直线行驶轨迹”,轨迹速度为中速(45 km/h),方向分别为正北、正东、正南、正西;
 - 四段“确定的直线行驶轨迹”,轨迹速度为高速(120 km/h),方向分别为正北、正东、正南、正西。
- g) 在以上测试过程中,直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息,验证 9.2.1 中表 66~表 69 采用试验方法 B 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.3.3 暗室事件触发试验

暗室事件触发试验方法为:

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台,摆正被测车辆位置,使前后车轮分别停放在转台前后两组转毂上,将被测车辆固定在转台上,熄火准备;
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表,使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统,并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容;
- c) 启动被测车辆,同时启动 GNSS 模拟器发送预设的 GNSS 轨迹数据,确保被测车辆可正常发送 BSM 消息;

- d) 语音引导被测车辆驾驶员触发相应的事件，包括制动系统状态触发（ABS、TCS、ESP 等）、紧急车辆事件（紧急状态、警笛状态、警灯状态等）、车辆关键事件（危险警告信号、急刹车、轮胎欠压、安全气囊弹出等，可以模拟触发）、车身周围的车灯（转向灯、近光灯、停车灯等）等，记录动作命令顺序、时间、次数等信息，以对应 BSM 中制动系统状态、紧急车辆、关键事件、辅助车灯相关参数值的测试；
- e) 语音引导被测车辆驾驶员驾驶被测车辆，使转毂滚动线速度与 GNSS 轨迹中速度误差在 $\pm 1 \text{ km/h}$ 以内；控制转台转动被测车辆航向角，使被测车辆航向角与 GNSS 轨迹中方向数据一致；
- f) 测试有效时长不小于 400 s；
- g) 在以上测试过程中，直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息，验证 9.2.1 中表 66～表 69 采用试验方法 C 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.3.4 道路试验

道路试验方法为：

- a) 被测车辆驶入试验道路的准备点，停车准备；
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表，使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统，并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容；
- c) 启动被测车辆，确保被测车辆可正常发送 BSM 消息；
- d) 被测车辆按照一定的行驶轨迹行驶，测试有效时长不小于 400 s；
- e) 被测车辆测试行驶轨迹为（但不限于）：一段方向确定的路段。车辆加速行驶到目标车速（包括低速、中速、高速），保持匀速沿车道线驶过起始点，通过终点后减速停车，车辆数据采集单元采集被测车辆速度、航向角等数据；
- f) 在以上测试过程中，直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息，验证 9.2.1 中表 66～表 69 采用试验方法 D 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.4 通信安全试验

9.2.4.1 暗室静态试验

暗室静态试验方法为：

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台，摆正被测车辆位置，将被测车辆固定在转台上，熄火准备；
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表，使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统，并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容；
- c) 启动被测车辆，同时启动 GNSS 模拟器发送预设的 GNSS 固定位置数据，确保被测车辆可正常发送 BSM 消息；
- d) 启动 V2X PC5 消息接收仪表，使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统，并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容，测试有效时长不小于 400 s；
- e) 重复多次（例如 3 次）步骤 d)；
- f) 在以上测试过程中，直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息，验证 9.2.1 中表 66～表 69 采用试验方法 E 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.4.2 暗室动态试验

暗室动态试验方法为：

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台，摆正被测车辆位置，使前后车轮分别停放在转台前后两组转毂上，将被测车辆固定在转台上，熄火准备；
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表，使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统，并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容，包括被测车辆位置信息、假名证书信息、接收该条 BSM 消息的时间等；
- c) 启动被测车辆，同时启动 GNSS 模拟器发送预设的轨迹数据，确保被测车辆可正常发送 BSM 消息；
- d) 语音引导被测车辆驾驶员驾驶被测车辆，使转毂滚动线速度与 GNSS 轨迹中速度误差在 ± 1 km/h 以内；控制转台转动被测车辆航向角，使被测车辆航向角与 GNSS 轨迹中方向数据一致；
- e) 测试有效时长不小于 400 s，测试轨迹及操作包括但不限于：
 - 1) 一段确定的直线轨迹，轨迹变化速度为 40 km/h（约 11.11 m/s，300 s 约行驶 3.3 km）；
 - 2) 一段确定的直线轨迹，轨迹变化速度为 20 km/h（约 5.6 m/s，300 s 约行驶 1.68 km）。
- f) 在以上测试过程中，直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息，验证 9.2.1 中表 66～表 69 采用试验方法 F 的试验项是否符合 6.1、6.2、6.3 对应的技术要求。

9.2.4.3 暗室事件触发试验

暗室事件触发试验方法为：

- a) 被测车辆驶入暗室并驶上转台，摆正被测车辆位置，使前后车轮分别停放在转台前后两组转毂上，将被测车辆固定在转台上，熄火准备；
- b) 启动 V2X PC5 消息接收仪表，使其能够将收到的 BSM 消息转发给测试系统，并记录收到的第一条至最后一条 BSM 消息内容；
- c) 启动被测车辆，同时启动 GNSS 模拟器发送预设的轨迹数据，确保被测车辆可正常发送 BSM 消息；
- d) 语音引导被测车辆驾驶员触发相应的被测车辆关键事件（包括危险警告信号、急刹车、轮胎欠压、安全气囊弹出等，可模拟触发）。记录动作命令顺序、时间、次数等信息；
- e) 语音引导被测车辆驾驶员驾驶被测车辆，使转毂滚动线速度与 GNSS 轨迹中速度误差在 ± 1 km/h 以内；控制转台转动被测车辆航向角，使被测车辆航向角与 GNSS 轨迹中方向数据一致；
- f) 测试有效时长不小于 400 s，测试轨迹及操作包括但不限于：
 - 1) 一段确定的直线轨迹，轨迹变化速度为 40 km/h（约 11.11 m/s，300 s 约行驶 3.3 km），距测试系统接收到车辆发送的第一条 BSM 消息 400 s 后，语音提示驾驶员取消触发关键事件；
 - 2) 一段确定的直线轨迹，轨迹变化速度为 20 km/h（约 5.6 m/s，300 s 约行驶 1.68 km），距测试系统接收到被测车辆发送的第一条 BSM 消息 400 s 后，语音提示驾驶员停止触发关键事件。
- g) 在以上测试过程中，直接读取并记录测试系统接收的 V2X 消息，验证 9.2.1 最小测试集采用试验方法 G 的试验项是否符合 6.4 对应的技术要求。

9.3 通信性能试验

9.3.1 射频性能试验

9.3.1.1 试验条件

9.3.1.1.1 试验对象

试验对象为具备LTE-V2X直连通信功能的系统，系统至少应包含无线通信子系统。

9.3.1.1.2 通用条件

DUT应满足如下条件：

- a) 射频接口：进行传导试验的 DUT 需预留 LTE-V2X 天线和 GNSS 天线接口。
- b) 确保可通过相关工具（如串口或者 USB 口）获取 DUT 的底层信息（如统计 BLER 结果等）。同时相关工具还应能通过指令或命令调整发射机参数（如功率、发包周期、发包大小、发送数量、优先级、source ID、destination ID 等）。
- c) DUT 应支持 GNSS 同步和定位。同时可通过工具或指示灯确定 GNSS 卫星锁定及定位。
- d) DUT PC5 参数预配置要求如下：
 - 1) 通信频段为 BAND47，频率为 5905 MHz～5925 MHz，带宽为 20 MHz；
 - 2) 共 10 个子带，每个子带有 10 个资源块，资源块起始位置为 0。

9.3.1.1.3 试验系统

试验系统由 GNSS 模拟器和 LTE-V2X PC5 射频测试仪表组成，如图 9 所示。GNSS 模拟器应能产生 BD、GPS、GALILEO、GLONASS 四种制式卫星信号，并能够同时产生多种卫星制式的混合卫星信号（例如 BD+GPS），且每种卫星制式至少能产生 4 颗卫星信号。LTE-V2X PC5 射频测试仪表用于测试 LTE-V2X PC5 的射频指标。

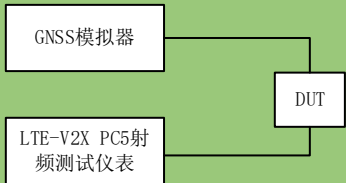


图9 射频传导试验连接图

9.3.1.2 试验用例

按照 YD/T 3848-2020 中第 6 章的测试例进行试验。

9.3.2 天线增益试验

9.3.2.1 试验条件

9.3.2.1.1 试验对象

试验对象为具备LTE-V2X直连通信功能的车辆。

9.3.2.1.2 试验环境条件

试验场地宜采用全电波暗室。也可采用其他场地，但试验结果应排除外界因素影响。场地性能要求参见附录H。

试验环境应符合如下要求：

- 环境温度：（23±5）℃；
- 相对湿度：20%～60%。

测试系统应符合如下要求：

- 方位角度范围：不小于0°～360°；
- 方位角度精度：不大于0.5°；
- 俯仰角度范围：不小于0°～96°；
- 俯仰角度精度：不大于0.5°。

9.3.2.1.3 试验布置

将被测车辆停置于转台上，被测车辆前进方向定义为 $\phi=0^\circ$ 方位角，测试天线与被测车辆LTE-V2X天线相同高度定义为 $\theta=90^\circ$ 俯仰角。被测车辆LTE-V2X天线相位中心宜与转台中心对齐；若测试系统包含偏心修正功能，则允许被测车辆的LTE-V2X天线中心偏离转台中心。

在测试之前，需在DUT的射频端口处断开LTE-V2X天线的连接线束，采用同轴线缆将被测车辆连接束与测试仪表网络分析仪连接，被测车辆LTE-V2X天线试验布置见图10。

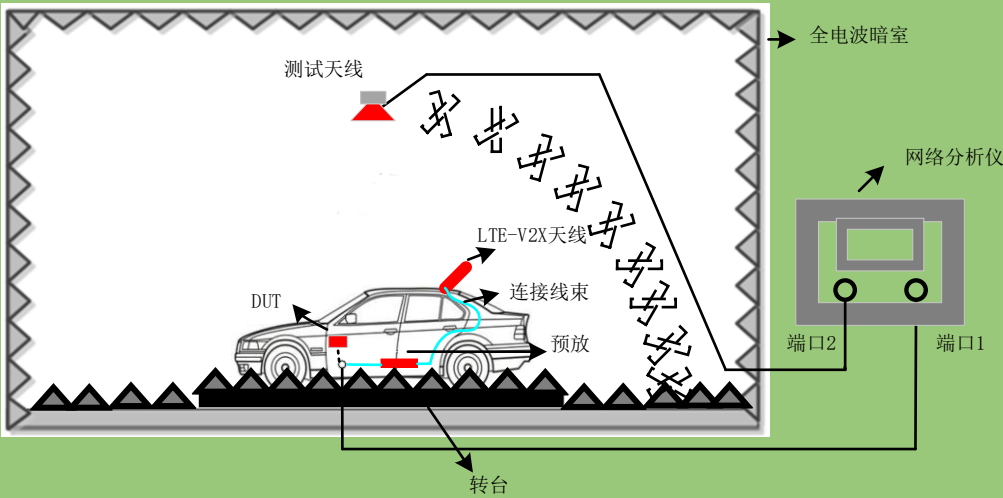


图10 被测车辆 LTE-V2X 天线试验布置示意图

如图11中的测试点示意图所示，若LTE-V2X天线系统包括放大器，则需要额外增加偏置电源保证放大器正常工作。在被测车辆LTE-V2X天线的输出端或测试线缆中间增加衰减器。

如果被测车辆的LTE-V2X天线系统包含多个同一通信方式的天线，则需要增加合路器保证多路天线信号合成一路。

除被测天线系统以外，其他天线应当连接负载匹配阻抗，阻值应与对应类型的天线匹配。

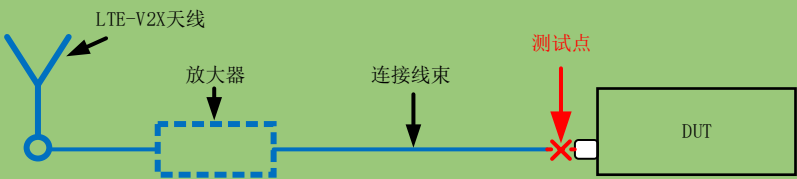


图11 LTE-V2X 天线系统测试点示意图

9.3.2.1.4 参数配置

表71 网络分析仪参数配置见表 71。网络分析仪配置参数

输出功率	0 dBm
测试频率	5905 MHz， 5910 MHz， 5915 MHz， 5920 MHz， 5925 MHz

9.3.2.2 试验方法

当测试被测车辆的LTE-V2X天线时，测试天线与网络分析仪或信号源连接作为发射天线；被测车辆LTE-V2X天线系统与网络分析仪或频谱仪连接作为接收天线。当测试被测车辆的LTE-V2X天线时，测量探头与网络分析仪或频谱仪连接作为接收天线；被测车辆LTE-V2X天线系统与网络分析仪或信号源连接作为发射天线。具体测试方法如下：

- a) 设置转台位置为 $\phi=0^\circ$ ，测量天线位置为 $\theta=0^\circ$ ；
- b) 按照不同测试频率进行测试，记录水平和垂直极化接收电平及相位；
- c) 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 方位角范围内以最大 1° 间隔进行不同频率测试，记录角度位置和水平、垂直极化的幅值及相位；
- d) 在 $0^\circ \sim 96^\circ$ 俯仰角范围内以最大 1° 间隔移动，在每个俯仰位置按照步骤 c) 进行测试；
- e) 对测试结果进行近远场变换, 获得远场试验结果；
- f) 根据标准天线的场地校准数据，计算获得被测车辆 LTE-V2X 天线系统的远场增益 G (dBi)，并绘制相应方向图。

9.3.2.3 数据处理

9.3.2.3.1 线性平均增益

线性平均增益计算方法为：

- a) 将对数表示的天线增益 $G(\theta, \phi, f)$ 转化成线性表示 $g(\theta, \phi, f)$ ；

$$g(\theta, \phi, f) = 10^{G(\theta, \phi, f) / 10} \dots\dots\dots (1)$$

- b) 按照7.2的角度区域，计算规定区域的天线增益平均值 g_{ave} ；

$$g_{ave} = \frac{1}{m+n+5} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^5 g(\theta_i, \phi_j, f_k) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- m ——规定区域方位角个数；
- i ——方位角顺序；
- n ——规定区域俯仰角个数；
- j ——俯仰角顺序；
- k ——测试频率顺序。

- c) 将计算后的平均值转换为对数形式 G_{ave} 。

$$G_{ave} = 10 \log_{10}(g_{ave}) \dots\dots\dots (3)$$

9.3.2.3.2 70%覆盖增益

70%覆盖增益是指：在规定俯仰角和方位角度范围内，线性平均增益按数值大小由大到小排序，取排序在 70%处的增益大小。

9.3.3 车辆近水平面辐射功率试验

9.3.3.1 近场试验

9.3.3.1.1 试验对象

试验对象为具备 LTE-V2X 直连通信功能的车辆。

9.3.3.1.2 试验条件

系统试验参数配置如表 72 所示。

表72 试验参数配置表

初始条件		
测试频率		5910 MHz
测试带宽		10 MHz
V2X 发射机配置		
带宽	调制方式	资源块分配
10 MHz	正交相移键控（QPSK）	48

试验准备工作如下：

- a) 将 LTE-V2X PC5 射频测试仪表和 GNSS 模拟器连接到暗室内的测试天线和 GNSS 天线端口上，如图 5 连接图所示；水平方向测试天线端口中心距离车辆中心 5 m，如图 7 所示。在近场中进行测试；
- b) 按照 3GPP TS 36.508 f40 4.10.1 中的配置参数预先设置系统的 PC5 传输参数；
- c) 按照 3GPP TS 36.508 f40 表 4.11.2-2 配置 GNSS 模拟器的位置为场景#1；
- d) 开启 GNSS 模拟器产生场景#1 GNSS 信号；启动被测车辆，使其处于表 1 工作模式 4，并通过系统的定位状态判断是否时钟同步；
- e) 传播条件按 3GPP TS 36.521-1 f40 附录 B.0 设置；
- f) 根据 3GPP TS 36.508 f40 4.5.9 规定，确保系统在传输模式下处于 5A-V2X 状态。

9.3.3.1.3 试验方法

试验方法为：

- a) 配置被测车辆，使其处于 LTE-V2X PC5 常发模式，并设置其为最大发射功率状态；
- b) 根据表 72 进行测试配置，测量每个测试点信道带宽中的平均功率；
- c) 设置转台位置为 $\phi=0^{\circ}$ ，测量天线位置为 $\theta=0^{\circ}$ ；
- d) 在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 方位角范围内以最大 1° 间隔进行测试，记录角度位置和水平、垂直极化的功率值；
- e) 在 $84^{\circ} \sim 96^{\circ}$ 俯仰角范围内以最大 1° 间隔移动，在每个俯仰位置按照步骤 d) 进行测试；
- f) 对被测车辆近场条件下的近水平面辐射功率数据进行统计，验证测试结果是否满足 7.3 要求。

9.3.3.2 叠加试验

根据 9.3.1 的最大发射功率和 9.3.2 的线性平均增益的试验结果，按照公式（4）获得等效辐射功率。具体计算公式如下：

$$EIRP = G_{ave_Tx} + T_x \dots\dots\dots (4)$$

式中：
EIRP——等效辐射功率；
G_{ave_Tx}——发射天线系统的自由空间远场增益；
T_x——发射机传导下的最大发射功率。

9.3.4 车辆近水平面接收灵敏度试验

9.3.4.1 近场试验

9.3.4.1.1 试验对象

试验对象为具备 LTE-V2X 直连通信功能的车辆。

9.3.4.1.2 V2X 通信适用的参考灵敏度级别

最低一致性要求：当被测车辆配置为E-UTRA V2X工作频段的上行链路传输非并发接收方式时，需参考3GPP TS 36.521-1 f40表5.2G-1。

参考灵敏度：E-UTRA上行资源块应尽可能靠近E-UTRA V2X工作频段，但仅限于通道带宽的传输带宽配置。E-UTRA工作频段的上行配置在3GPP TS 36.521-1 f40表7.3G.0-3和3GPP TS 36.521-1 f40表7.3G0-4中指定。

9.3.4.1.3 试验条件

试验条件为：

- a) 将 LTE-V2X PC5 射频测试仪表和 GNSS 模拟器连接到暗室内的测试天线和 GNSS 天线端口上，如图 5 所示；水平方向测试天线端口中心距离被测车辆中心 5 m，如图 7 所示。在近场中进行测试；
- b) 根据 3GPP TS 36.508 f40 4.10.1 预配置 V2X PC5 链路传输参数。根据 3GPP TS 36.521-1 f40 7.3 G.1.4.3 定义消息内容异常；
- c) 根据表 3GPP TS 36.521-1 f40 7.3G 中表 1.4.1-1 设置 V2X 参考测量通道；
- d) 根据 3GPP TS 36.508 f40 表 4.11.2-2 配置 GNSS 模拟器位置为场景#1；
- e) 传播条件根据 3GPP TS 36.521-1 f40 附录 B.0 设定；
- f) 根据 3GPP TS 36.508 f40 4.5.9，确保被测车辆处于接收模式下的 5A-V2X 状态；
- g) 开启 GNSS 模拟器产生场景#1 GNSS 信号。启动被测车辆，使其处于表 1 工作模式 4，并通过被测车辆的定位状态判断是否时钟同步成功。

9.3.4.1.4 消息配置

消息内容根据3GPP TS 36.508 f40 4.10配置。

9.3.4.1.5 试验方法

试验方法为：

- a) 配置被测车辆，使其处于 LTE-V2X PC5 正常工作模式。其中 V2X 的参考测量信道按照表 72 进行配置；
- b) 将 LTE-V2X PC5 射频测试仪表的信号电平设置为 3GPP TS 36.521-1 f40 7.3G 表 G.0-1 中定义的适当的参考灵敏度功率电平值，并发送一定数量（例如 1000 个）的 PC5 波形文件信号给被测车辆；
- c) 被测车辆在一个测试角度上接收信号，并在接收完成后，上报从开始接收到结束接收时间段内的收包数（通过 Lan 或 USB 模拟串口等方式上报给测试系统）。如果丢包率小于等于 5%，降低 LTE-V2X PC5 射频测试仪表的信号电平 1 dB，重复步骤 a)、b)、c)，直至丢包率大于 5%。该测试角度上接收灵敏度为丢包率小于等于 5%时的 V2X PC5 射频测试仪表信号最低电平值；
- d) 设置转台位置为 $\phi=0^\circ$ ，测量天线位置为 $\theta=0^\circ$ ；
- e) 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 方位角范围内以最大 2° 间隔进行测试，记录角度位置和接收灵敏度值；
- f) 在 $84^\circ \sim 96^\circ$ 俯仰角范围内以最大 2° 间隔移动，在每个俯仰位置按照步骤 e) 进行测试；
- g) 对被测车辆近场条件下的近水平面接收灵敏度数据进行统计，验证测试结果是否满足 7.4 要求。

9.3.4.2 叠加试验

根据9.3.1的最小接收灵敏度和9.3.2的线性平均增益的试验结果，按照公式（5）获得接收灵敏度。具体计算方法如下：

$$EIS = G_{ave_Rx} + R_x \dots\dots\dots (5)$$

式中：
EIS ——接收灵敏度；
G_{ave_Rx} ——接收天线系统的自由空间远场增益；
R_x ——接收机传导下的最小接收灵敏度。

附录 A
(规范性)
车辆历史轨迹参数说明

表A. 1给出了车辆历史轨迹（DF_PathHistory）参数说明。

表A. 1 车辆历史轨迹参数说明

内容	数值	说明
vMinPHistDistance	200 m	沿车辆轨迹的第一个和最后一个 PH 点之间的最小距离
vMaxPHistDistance	300 m	沿车辆轨迹的第一个和最后一个 PH 点之间的最大距离
vPathPerpendicularDistance	1 m	车辆轨迹上任意一点到连接与其相邻的 2 个 PH 点的直线的垂直距离
vMaxPHistPoints	15	所需的 PH 点数目
vMinCurveRadius	100 m	最小计算半径
vMaxCurveRadius	2500 m	最大计算半径
vPPredRadiusError	2%	计算半径相对实际半径误差
vPPredTransitionTime	4 s	恒定曲率半径过度时间
vStationarySpeedThreshold	1 m/s	车辆速度阈值

附录 B
(资料性)
车辆历史轨迹参考设计

B.1 Path History 参考设计

B.1.1 介绍

- 主车的PH功能模块包含以下基本信息：
- 在一个特定行驶距离中保持一定数量的现有定位和传感器数据的缓冲；
 - 在允许的位置偏差中计算实际轨迹的简洁表征轨迹；
 - 周期性的更新并输出 PH 简洁表征轨迹，以供其他系统使用。

主车向外发出其轨迹的简洁表征，用来表征主车的行驶轨迹，并作为其他车辆预测道路几何形状、进行目标车辆位置分类的依据。

B.1.2 Path History需求

- PH功能模组的功能描述如下。
- PH 使用一系列简洁的数据来表征主车的真实路径。简洁的数据本质是真实数据的采样子集。如图 B.1 所示，橙色的路径点表示采样之后的简洁路径点，连接连续两点的弦表示车辆真实路径的近似。
 - 简洁数据点采样的原则是任何真实路径上的点到两点之间的弦长（真实路径的简洁表征点）的垂直距离小于 $PH_ActualError$ ，如图 B.1 所示。
 - 包含简洁数据的缓冲区的大小是自适应的，所计算出来的路径表征至少能满足校准参数 $K_PHDISTANCE_M$ (m) 所定义的值。参考图 B.1，包含所有弦长的距离至少满足 $K_PHDISTANCE_M$ (m) 所定义的值。

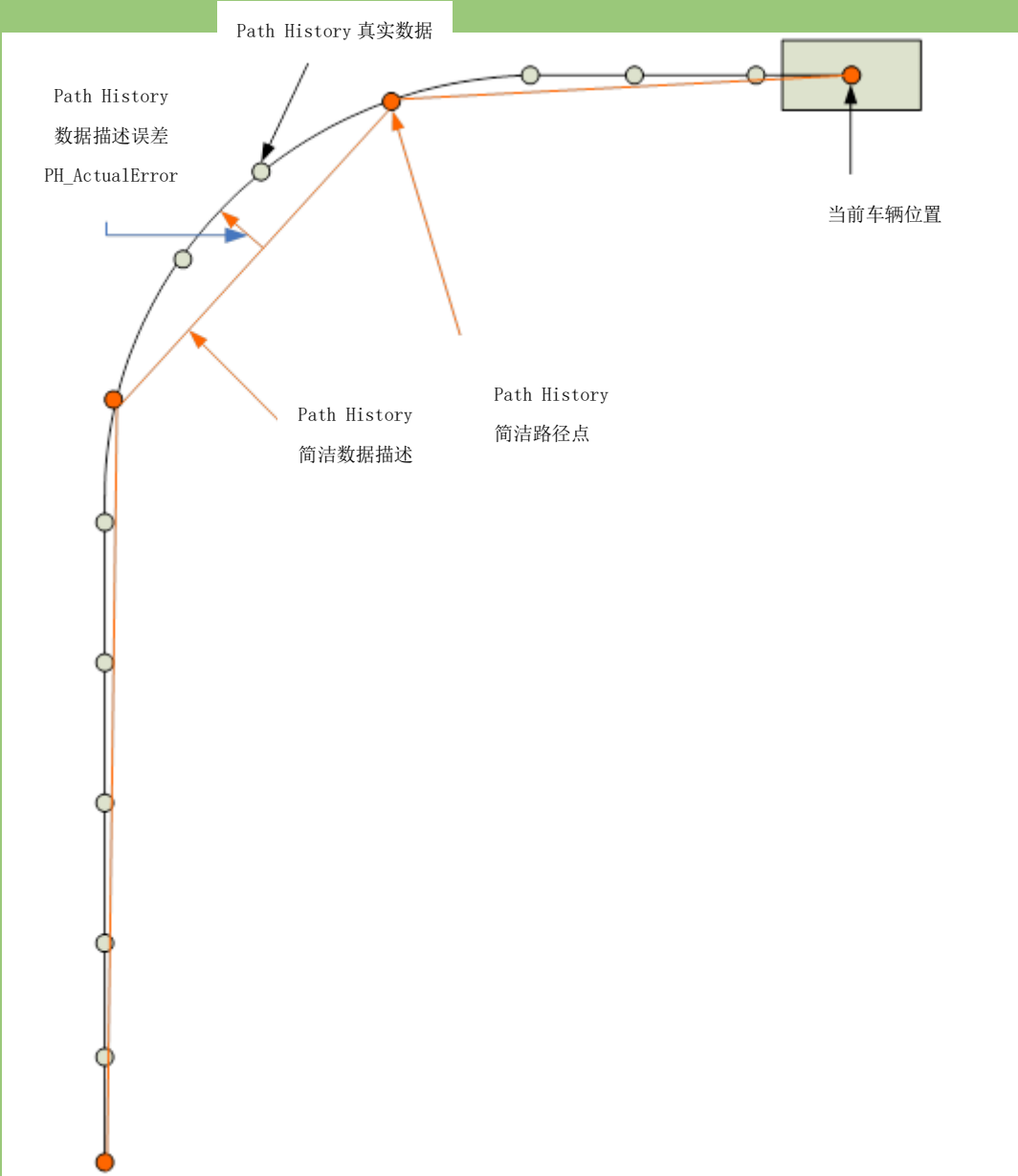


图 B.1 简洁路径和实际路径表述

B.1.3 Path History设计

本文件给出了 PH 的三种设计方式。基本设计前提如下：

- a) 假设车辆的路径由直线部分和弧线部分组成；
- b) $PH_ActualError$ 定义为车辆实际路径上任意一点和连接两个简洁表征点组成的弦之间的垂直距离。根据所用算法的不同，实际路径上的某些采样点会成为简洁表述的特征点，图 B.2 解释了 $PH_ActualError$ ，以及实际路径和简洁路径表述的数据点。
- c) 图 B.2 展示了弧形车辆轨迹上的三个点 (P_1 、 P_2 、 P_3)， $PH_ActualError$ 的值随着其在弧形轨迹上选点的不同而不同。
- a) 如图 B.3，圆上的点 P_1 、 P_2 以及圆心连线所夹的角 $\Delta \theta$ ，可近似为 $\Delta \theta = H_2 - H_1$ ，其中 H_1 和 H_2 为车辆在 P_1 和 P_2 点的 GNSS 方向角 (Heading)。
- b) 如图 B.2 所示，定义两个 PH 车辆轨迹定位点之间的弦长为 $PH_ActualChordLength$ 。 $PH_ActualChordLength$ 为两个由自身经纬度定义的 GNSS 数据点之间的距离。

- c) 定义 P_1 的纬度为 lat_1 , 经度为 $long_1$, 单位为弧度。定义地球半径 (m) 在子午线处的长度为 $REarthMeridian$ 。所推导出的实际弦长距离公式为:

$$PH_ActualChordLength = REarthMeridian \cos^{-1} [\cos(lat_1) \cos(lat_2) \cos(long_1 - long_2) + \sin(lat_1) \sin(lat_2)] \quad \dots\dots (B.1)$$

- d) 参数 $PH_EstimatedR$ 代表连接两个 PH GNSS 数据点之间的圆弧曲率半径。

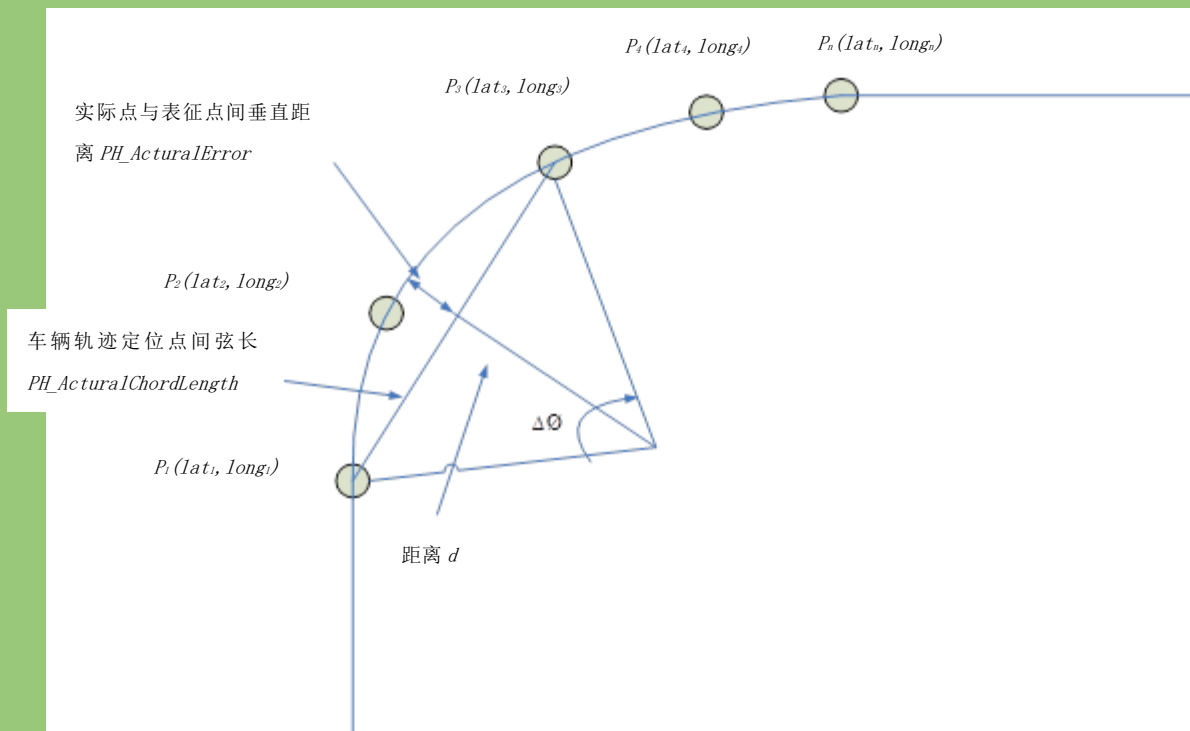


图 B.2 误差表征

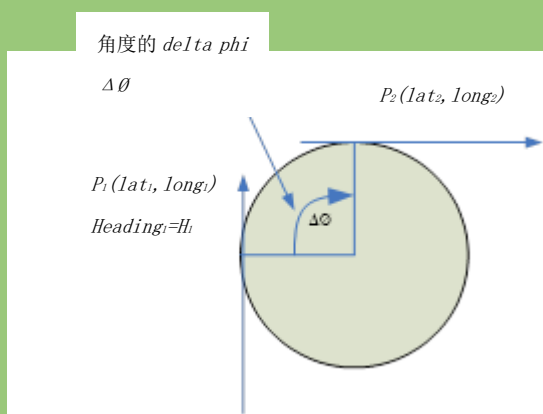


图 B.3 $\Delta\phi$ 角表示

设计方法一：使用伪代码形式，表征车辆路径历史轨迹，具体步骤如下。

步骤一：假设对沿着环形运动车辆的实际 GNSS 路径点进行采样。最少需要采样三个数据点。这些点的初始化状态如图 B.2 所示。

$$i = 3$$

$$\text{Starting Point, } P_{starting} = P_{i-2}$$

$$\text{Previous Point, } P_{previous} = P_{i-1}$$

Next Point, $P_{next} = P_i$
 $elementPos = 0$
 $totalDist = 0$
 $incrementDist = 0$

将 $P_{starting}$ 的 GNSS 定位值包含到简洁表征的数据缓冲区，并将 $elementPos$ 增加 1，进行如下操作：

$PH_ConciseDataBuffer[elementPos] = P_{starting}$
 $elementPos++$

步骤二：计算起始点 $P_{starting}$ 和下一个点 P_{next} 之间的真实弦长 $PH_ActualChordLength$ (m)，如图 B.2 和方程 (B.1) 所示。检查这个值是否比阈值大，进行如下操作：

If $PH_ActualChordLength > K_PH_CHORDLENGTHTHRESHOLD$,
 Set $PH_ActualError$ to $K_PHALLOWABLEERROR_M + 1$,
 Go to Step Seven,
 Otherwise Continue.

步骤三：计算 $P_{starting}$ 和 P_{next} 与圆心连线所夹的角度 $\Delta\theta$ 的值（弧度）：

$$\Delta\theta = H_2 - H_1 \quad \dots\dots (B.2)$$

式中：

H_1 —— $P_{starting}$ 所在的车辆位置的 GNSS 定位方向角 (heading)，如图 B.2。

H_2 —— P_{next} 所在的车辆位置的 GNSS 定位方向角 (heading)，如图 B.2。

步骤四：利用步骤二中计算出来的 $PH_ActualChordLength$ 以及步骤三计算出来的 $\Delta\theta$ ，计算 $P_{starting}$ 和 P_{next} 两点之间的近似曲率半径 $PH_EstimatedR$ (m)：

$$PH_EstimatedR = PH_ActualChordLength / (2 * \sin(\Delta\theta/2)) \quad \dots\dots (B.3)$$

以上步骤中需要注意的是，如果 $\Delta\theta$ 非常小或者近似为 0（例如一条直线路径），那么 $PH_EstimatedR$ 将是一个非常大的数字。为了识别这种情况，需将 $\Delta\theta$ 和一个校准参数 $K_PHSMALLDELTA\phi_R$ 进行比较，如果 $\Delta\theta$ 小于校准参数，那么说明半径非常大。这种情况下半径被限制在 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$ ，并且把 $PH_ActualError$ 设置为 0，进行如下操作：

If $\Delta\theta < K_PHSMALLDELTA\phi_R$,
 Set $PH_ActualError$ to zero,
 Set $PH_EstimatedR$ to $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$,
 Go to Step Eight,
 Otherwise Continue.

步骤五：计算距离 d 的值， d 是图 B.2 中连接 $P_{starting}$ 和 P_{next} 两点之间的圆弧的中间点到实际弦的垂直距离。

$$d = PH_EstimatedR * \cos(\Delta\theta/2) \quad \dots\dots (B.4)$$

式中：

$PH_EstimatedR$ ——连接两个 PH GNSS 数据点之间的圆弧曲率半径

$\Delta\theta$ ——圆上两点以及圆心连线所夹的角

步骤六：计算实际最大误差 $PH_ActualError$ 。

$$PH_ActualError = PH_EstimatedR - d \quad \dots\dots (B.5)$$

步骤七：如果 $PH_ActualError$ 比允许的 PH 误差 $K_PHALLOWABLEERROR_M$ 大，则将之前的点 $P_{previous}$ 加入到数据缓冲中，进行如下操作：

If $PH_ActualError > K_PHALLOWABLEERROR_M$

$$PH_ConciseDataBuffer[elementPos] = P_{previous} \\ elementPos++$$

重新定义三个数据点分别为起始点（Starting Point）、前序点（Previous Point）和后续点（Next Point）：

$$P_{starting} = P_{i-1} \\ P_{next} = P_{i+1} \\ P_{previous} = P_i \\ i = i + 1 \\ \text{Go to Step Nine.}$$

步骤八：如果 $PH_ActualError \leq K_PHALLOWABLEERROR_M$ ，重新定义前序点（Previous Point）和后续点（Next Point）：

$$P_{next} = P_{i+1} \\ P_{previous} = P_i \\ i = i + 1 \\ \text{Go to Step Two.}$$

根据新的 Starting Point、Previous Point 和 Next Point 循环计算，直到 $PH_ActualError$ 超出偏差值。

步骤九：计算简洁缓冲区 $PH_ConciseDataBuffer$ 中连续的 PH GNSS 定位数据点的实际距离：

$$totalDist = totalDist + incrementDist \quad \dots\dots (B.6)$$

式中：

$totalDist$ —— 简洁表征缓冲区 $PH_ConciseDataBuffer$ 中距离。

$incrementDist$ —— 最近加入简洁数据缓冲区的两个 PH GNSS 数据点之间的距离。

如果总距离大于等于 $K_PHDISTANCE_M$ ，则继续从缓冲区底部删除旧数据，直到总距离正好能够保持最小值 $K_PHDISTANCE_M$ 为止，并输出最近 2 个选择的简洁数据点之间的曲率半径 $PH_EstimatedSumR$ 。若简洁数据缓冲区中的数据超过最大允许的数量（15），则继续删除最老的数据点，直到缓冲区中只剩下 15 个点。

回到步骤二

设计方法二：具体步骤如下。

方法二使用车辆速度和横摆角速度来计算曲率半径，且曲率半径 $PH_EstimatedR$ 是方法一中曲率半径 $PH_EstimatedR$ 的平均值。

步骤一：同方法一的步骤一。

步骤二：同方法一的步骤二。

步骤三：同方法一的步骤三。

图 B.4 中，假设存在 n 个 GNSS 点 $P_1 \cdots P_n$ ，把 P_1 作为起始点 Starting Point，把 P_n 作为下一个点 Next Point。定义 $P_2 \cdots P_{n-1}$ 为中间点。通过下式计算半径的动态平均值：

$$Radius = v/w \quad \dots\dots (B.7)$$

式中：

v —— 车辆的速度，单位是米每秒（m/s）；

w —— 车辆的横摆角速度，单位为弧度每秒（°/s）。

如图 B.4 所示，定义 R_{2i} 为根据方法二在 i 点计算的半径，其中 $i = 1, \cdots, n-1$ 。有如下的半径定义：

$$R_{21} = v_1/w_1 \quad \dots\dots (B.8)$$

$$R_{22} = v_2/w_2 \quad \dots\dots (B.8)$$

$$R_{23} = v_3 / w_3 \quad \dots\dots (B.8)$$

$$R_{2(n-1)} = v_{n-1} / w_{n-1} \quad \dots\dots (B.8)$$

如果计算出的半径大于阈值，则将其设置为最大值 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$ 并忽略原来计算出的半径值，并将其从半径缓冲区中删除，且不将其包含到步骤四所计算的动态平均值中。

步骤四：执行方法一中的步骤四。定义公式 (B.3) 中的半径为 $PH_EstimatedR_i$ 。步骤三中的半径缓冲区中保存的动态平均半径 $PH_EstimatedR_2$ 计算方法如下：

$$PH_EstimatedR_2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} R_{2i} / n - 1 \quad \dots\dots (B.9)$$

式中：

n ——给定的 GNSS 坐标点序号

R ——Radius 为 v/w ，其中 v 表示车辆速度 (m/s)， w 表示车辆横摆角速度 ($^{\circ}$ /s)

近似估计的曲率半径 $PH_EstimatedR$ 的计算方式为：

$$\begin{aligned} PH_EstimatedR = & K_PH_RADIUSWEIGHTONE \times PH_EstimatedR_i \\ & + K_PH_RADIUSWEIGHTTWO \times PH_EstimatedR_2, \quad \dots \\ & (B.10) \end{aligned}$$

式中：

$K_PH_RADIUSWEIGHTONE$ ——权重系数 1；

$K_PH_RADIUSWEIGHTTWO$ ——权重系数 2， $K_PH_RADIUSWEIGHTONE$ 与 $K_PH_RADIUSWEIGHTTWO$ 的和为 1。

如果由于所有的缓冲区中的半径都为最大值 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$ 导致动态平均半径估计被设置为 0，那么设置 $K_PH_RADIUSWEIGHTONE = 1$ ， $K_PH_RADIUSWEIGHTTWO = 0$ 。

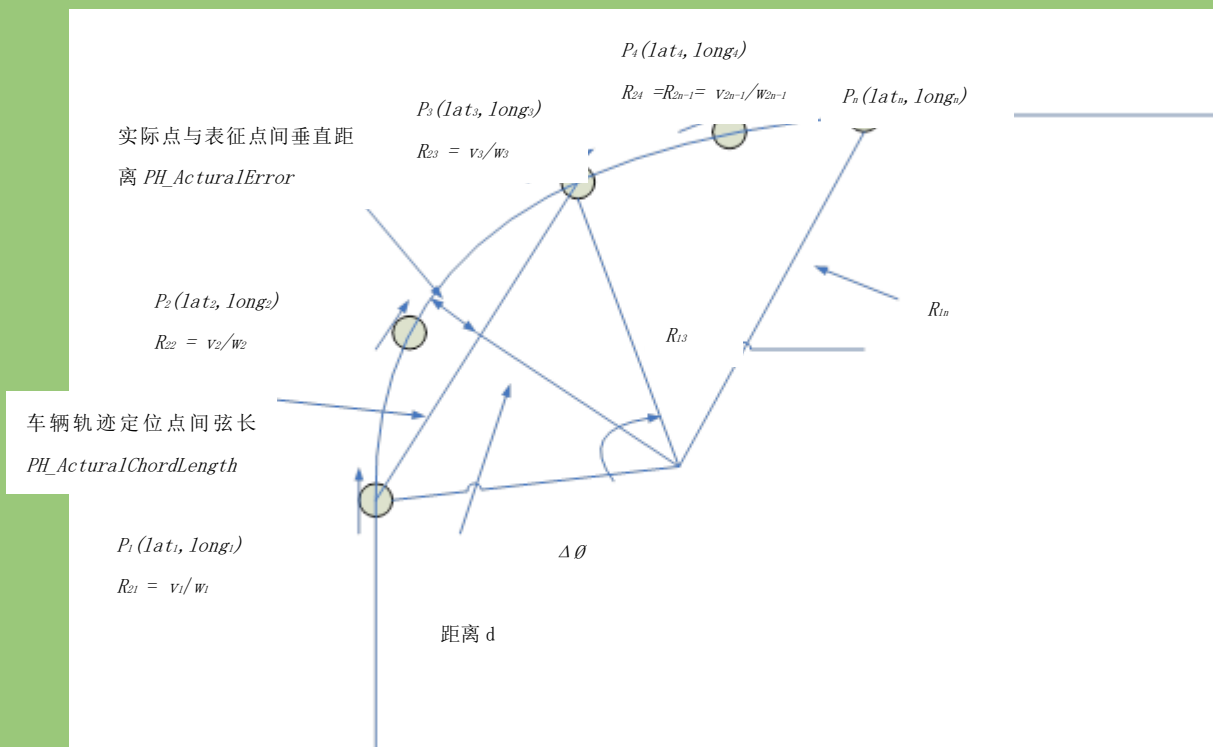


图 B.4 近似半径计算

步骤五：同方法一的步骤五。

步骤六：同方法一的步骤六。

步骤七：同方法一的步骤七。

应根据以下情况对动态平均值 $PH_EstimatedR_2$ 进行调整。

如果新的点 $P_{starting}$ 和 P_{next} 的半径都等于 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$, 那么根据方程(B.9), $PH_EstimatedR_2$ 将会成为动态平均半径。如果新的 P_{next} 不等于 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$, 那么 $PH_EstimatedR_2$ 将会被设置成这个计算值。如果新的点 $P_{starting}$ 不等于 $K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS$, 那么 $PH_EstimatedR_2$ 将会被设置为这个半径值。如果不满足上述任一种情况, 那么 $PH_EstimatedR_2$ 将会被设置为 0。

步骤八：同方法一的步骤八。

步骤九：同方法一的步骤九。

设计方法三：在此设计方法中, $PH_ActualError$ 是真实车辆路径的 PH 数据元素和连接简洁 PH 点的弦之间的最大垂直距离。

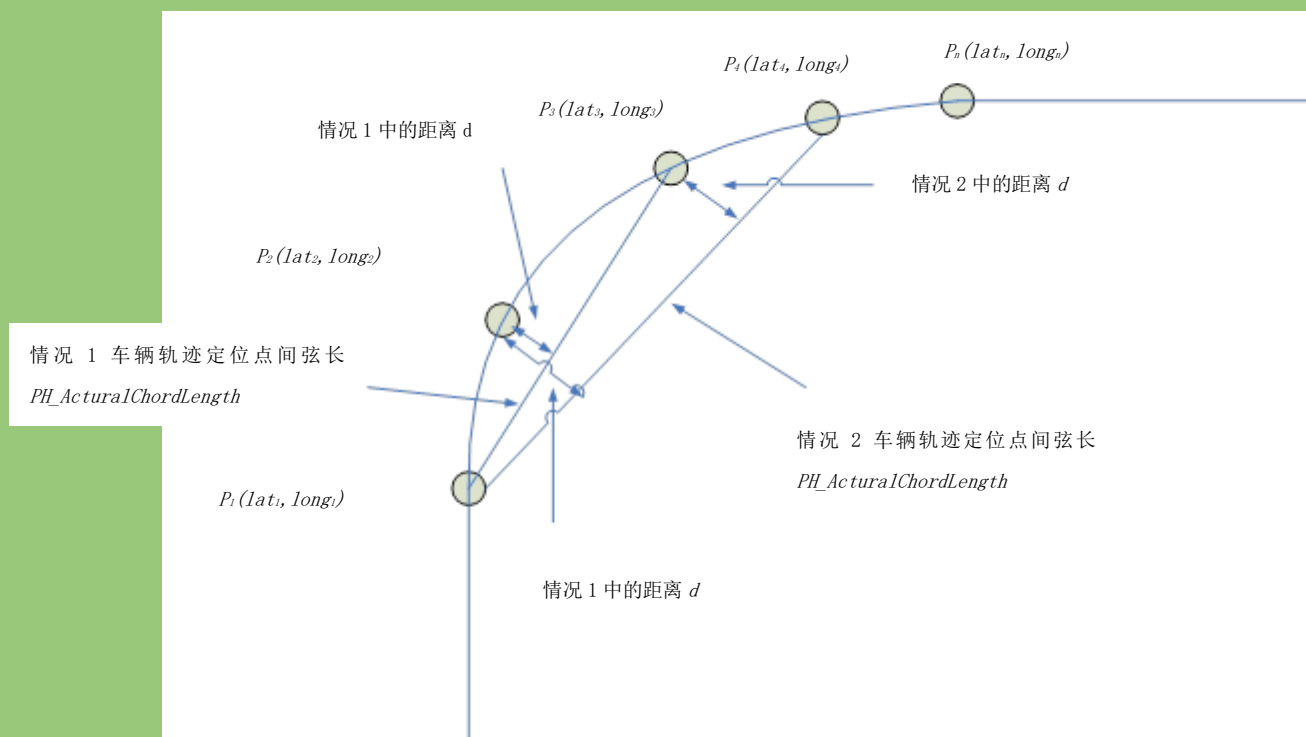


图 B.5 方法三的 PH Error 计算方法示意图

方法三使用如下伪代码来表示车辆历史轨迹。

步骤一：同方法一的步骤一。

步骤二：根据公式 B.1 计算图 B.2 中的起始点 $P_{starting}$ 和下一个点 P_{next} 之间的弦长 $PH_ActualChordLength$ (m)：

```
If  $PH\_ActualChordLength > K\_PH\_CHORDLENGTHTHRESHOLD$ ,
Set  $PH\_ActualError$  to  $K\_PHALLOWABLEERROR\_M + 1$ 
Go to Step Six.
```

步骤三：同方法一的步骤三。

步骤四：同方法一的步骤四。

步骤五：计算 $PH_ActualError$ 方法：

图 B.5 中定义 P_1 为起始点， P_n 为下一个点，中间点为 P_2 到 P_{n-1}

$$PH_ActualError = MAX(D_i) \quad \dots\dots (B.11)$$

式中：

i ——中间点序号，取值为 2 到 $n-1$ 。

计算 D_i 之前需将 GNSS 坐标中的点转换成北-东坐标系中的点。图 B.6 提供了寻找点到直线或者点到线段最短距离的方法。

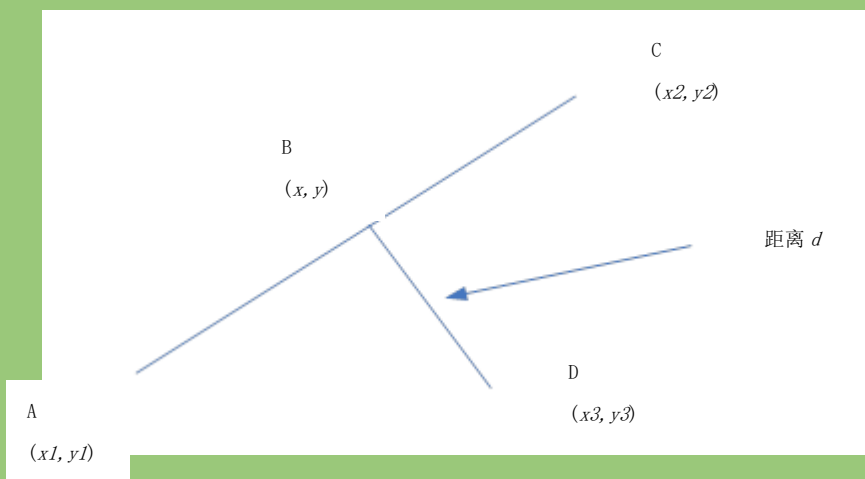


图 B.6 点到直线或线段的最短距离

直线方程由两点 A $(x1, y1)$ 和 C $(x2, y2)$ 来决定：

$$B = A + u (C - A) \quad \dots\dots (B.12)$$

式中：

u ——0 到 1 之间的值。

线段 AC 上的点 B (x, y) 是最靠近 D 的点，并且满足下面关系：

$$(D - B) \text{ dot } (C - A) = 0 \quad \dots\dots (B.13)$$

式中：

dot——向量点乘。

将式中的 B 由公式 (B.12) 来替代：

$$[D - A - u(C - A)] \text{ dot } (C - A) = 0 \quad \dots\dots (B.14)$$

求解 u ：

$$u = ((x3-x1)(x2-x1) + (y3-y1)(y2-y1)) / ||C - A||^2 \quad \dots\dots (B.15)$$

带入直线方程，求出交叉点 B (x, y) ：

$$x = x1 + u(x2 - x1) \quad \dots\dots (B.16)$$

$$y = y1 + u(y2 - y1) \quad \dots\dots (B.17)$$

点 D 和直线 (x, y) 的欧几里得距离为：

$$d = \text{sqrt}((x3-x)^2 + (y3-y)^2) \quad \dots\dots (B.18)$$

注：在计算点到线段距离前，有必要先检查一次 u 是否在 0 到 1 之间。

步骤六：同方法一的步骤七。

步骤七：同方法一的步骤八。

步骤八：同方法一的步骤九。

B.1.4 PH功能模块信号接口描述

PH 输入：

——Coordinated Universal Time (UTC) time UTC 时间；

——Latitude 纬度；

——Longitude 经度；

——Altitude (elevation) 海拔高度；

——Speed 速度；

——Heading 车辆航向角；

——Yaw rate 横摆角速度；

校准参数:

- K_PHDISTANCE_M: 200 (meters)
- K_PHDATAPOINTSSAMPLETIME_S: 100 (ms)
- K_PHALLOWABLEERROR_M: 1 (meters)
- K_PHSMALLDELTAPHI_R: 0.02 (radians)
- K_PH_RADIUSWEIGHTONE: 0.5 (unitless)
- K_PH_RADIUSWEIGHTTWO: 0.5 (unitless)
- K_PH_CHORDLENGTHTHRESHOLD: 210 (meters)
- K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS: 7FFFFFF (meters)

输出在简洁 PH 数据结构缓冲区里, 是 PH 的数据元素。PH 的输出为:

PH 简洁表述的数据元素数量
PH_CONCISE_DATA_ELEMENT_1,
...
...
PH_CONCISE_DATA_ELEMENT_N,

其中, PH_CONCISE_DATA_ELEMENT 由 PH_UTCTime、PH_Latitude、PH_Longitude、PH_Altitude、PH_Speed、PH_Heading、PH_YawRate、PH_EstimatedSumR 所组成。

注: 如果 PH_EstimatedSumR 比 K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS 大, 那么把 PH_EstimatedSumR 设置为 K_PH_MAXESTIMATEDRADIUS。

B.2 PATH PREDICTION参考设计

B.2.1 简介

PP 是使用车辆的动态信息来估算驾驶员未来驾驶意图轨迹的一种算法。PP 采取如下基本操作:

- 采集车辆动态信息;
- 通过使用动态信息来计算路径半径, 从而表征驾驶员的未来轨迹意图;
- 半径等于曲率的倒数;
- 通过车辆动态数据变化率计算预测估计的置信度, 从而推断瞬态情况(例如非稳定状态情况)。

B.2.2 PP设计方法

PP 算法采用车辆的动态信息来计算车辆预估轨迹的连续曲率半径。即使用车辆的速度和方向角的变化率(横摆角速度)计算曲率。该曲率可以用来推断车辆的未来路径, 如图 B.7。

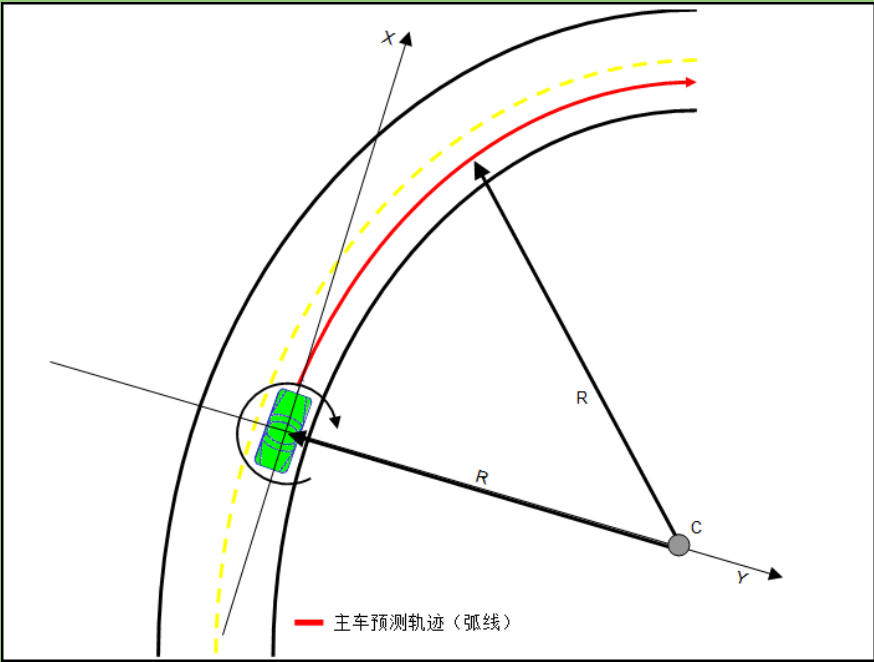


图 B.7 车辆预测路径

PP 功能模块需用到以下输入信号：

- 车辆速度 (m/s) ；
- 横摆角速度 (° /s) 。

开发者应注意分母为零的情况，并采用适当的方法防止数据溢出。在车辆速度接近于 0 的时候尤为重要。

B.2.3 半径计算

为了避免半径在正负无穷大震荡时造成滤波器输入信号的较大不连贯性，在计算 PP 半径时采用半径的倒数。计算出曲率后，对信号进行滤波，以衰减不必要的高频噪声。

PP 功能模块使用二阶低通滤波器消除横摆角速度信号中不需要的成分。如图 B.8 所示。

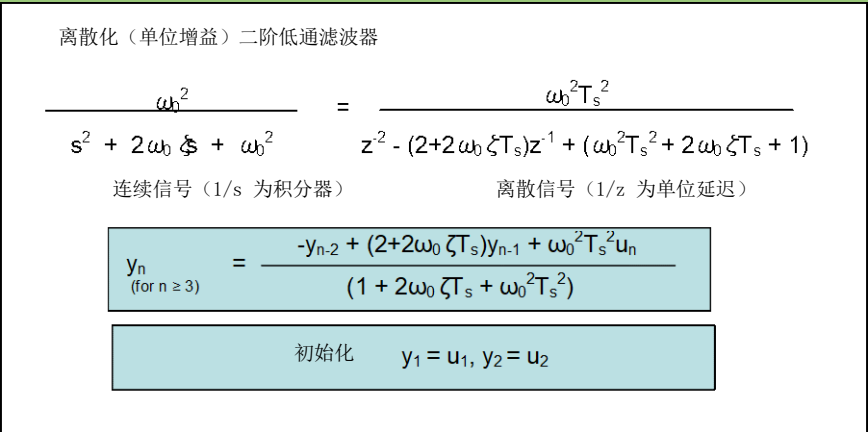


图 B.8 离散二阶低通滤波器

在图 B.8 中， $\omega_0 = 2 \pi f_0$ ， f_0 是截止频率， ζ 是阻尼系数， T_s 是采样时间。

注： $\zeta = 1$ （默认）为高阻尼系统。

基本的车辆半径计算方程如下：

$$R = V/w \quad \dots\dots (B. 19)$$

式中:

R ——半径，单位为米（m）。

V ——车辆速度，单位为米每秒（m/s）；

ω ——车辆横摆角速度，单位为弧度每秒 ($^{\circ}/\text{s}$)。

在计算半径时，横摆角速度从度每秒转化为弧度每秒。为了防止车辆静止时被 0 除，并消除滤波器输入信号的不连续性，计算半径倒数提供曲率输入。

$$\rho = w/V \quad \dots\dots (B.20)$$

在计算曲率时,信号通过离散二阶低通滤波器,且滤波器已经被校准到合适的截止频率、阻尼参数以及采样频率。当曲率为 0 或者接近于 0 的时候,应注意防止半径计算溢出。根据如下旋转方向确定半径正负,即沿车头方向的顺时针旋转为正,逆时针旋转为负。

最后对下列两种情况做逻辑检查:

- 车辆速度小于校准阈值;

- 半径计算结果大于校准阈值。

若出现上述情况之一，则过滤之后的半径输出将被设置为定义的缺省值（32767m）。

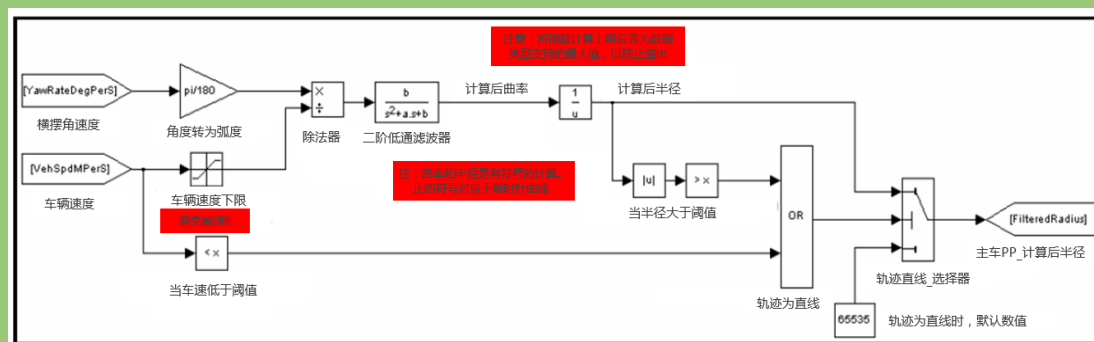


图 B.9 车辆路径半径计算

图 B.9 表示了主车路径半径计算逻辑流程图。

B.2.4 置信度计算

当路径预估中出现不准确的情况时，需有一种方法来区分并将动态情况告知其他车辆。通过在差分并经过滤的横摆角速度信号之间插入置信度信息来鉴别稳定状态。当车辆横摆角速度在短时间内发生很大变化时，置信度指示器将会发出低置信度报告。这些状态可能包含以下一种或多种：

- 变换车道；
- 弯曲道路的出入口；
- 弯曲道路过渡点；
- 避障以及其他高动态驾驶情况。

在 PP 功能模块中，使用差分离散二阶低通滤波器通过转向输入来识别车辆是否在稳定模式下。图 B.10 展示了滤波器的设计。

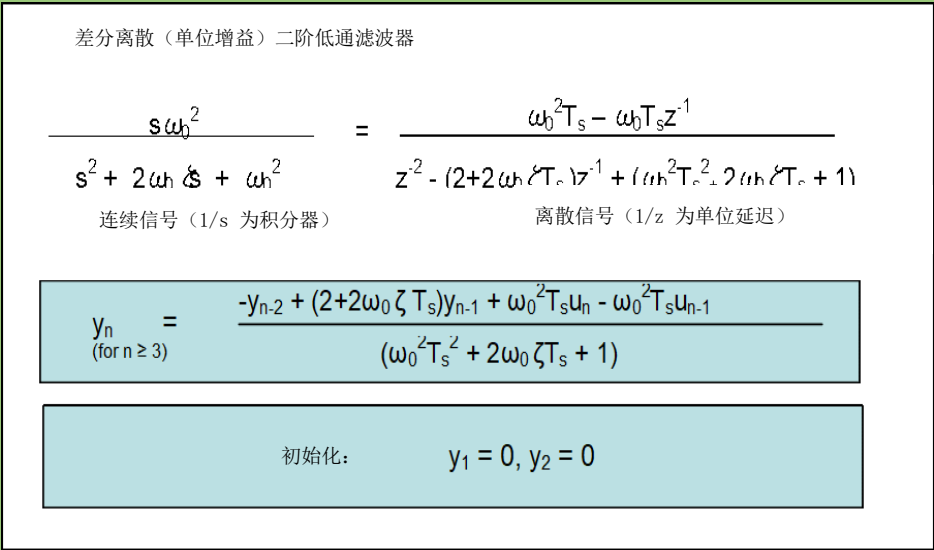


图 B.10 差分离散二阶低通滤波器

其中， $\omega_0 = 2\pi f_0$ ， f_0 为截止频率， ζ 为阻尼系数， T_s 为采样时间。
注： $\zeta = 1$ （默认值）为高阻尼系统。

车辆应处于或接近稳定状态，从而使PP功能模块能够提供高精度的未来路径估计。通过对横摆角速度信号输入的二次计算来确定车辆是否处于稳定状态。PP功能模块通过监视车辆横摆角速度变化率来确定车辆的稳定状态是否即将结束，此功能通过图B.10中的差分离散二阶低通滤波器来实现。为使指示器能够在动态驾驶环境下主导半径计算，将置信度滤波器调制成高截止频率。

在过滤和差分横摆角速度信号之后，将处理之后的信号应用到一份可调的置信度查找表中，该查找表提供0%~100%区间的置信度。

图B.11展示了主车稳定状态置信度计算的逻辑流程图。

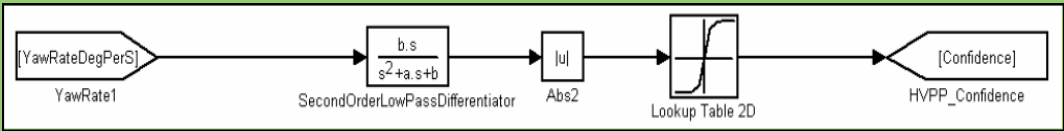


图 B.11 车辆预测行驶轨迹置信度计算

B.2.5 校准

表 B.1 为 PP 校准参数表，包含了其他默认、最小、最大配置参数等。表 B.2 为置信度查找表。

表 B.1 PP 校准参数表

校准参数	描述	缺省值	最小值	最大值
曲率截止频率	曲率低通滤波器的截止频率	0.33 Hz	0.32 Hz	0.34 Hz
曲率阻尼参数	曲率滤波器阻尼参数	1	0	2

校准参数	描述	缺省值	最小值	最大值
曲率采样周期	离散曲率滤波器采样时间	100 ms	100 ms	400 ms
最小车辆速度	曲率计算所用的车速下限	1 m/s	0 m/s (仅直线行驶)	2 m/s
最大半径	超过这个半径值，路径将会被视为直线	2,500 m	2,000 m	5,000 m
直线路径	当半径比最大半径大时，半径将被设置为这个值并输出来表明为直线	32,767	32,767	32,767
置信度截止频率	置信度滤波器低通截止频率	1 Hz	0.33 Hz	1 Hz
置信度阻尼参数	置信度滤波器阻尼参数	1	0	2
置信度滤波器采样周期	离散置信度滤波器采样时间	100 ms	100 ms	400 ms
置信度	用滤波和差分之后的横摆角速度来查找的二维查找表	见表 B.2 的值		

表 B.2 置信度查找表

输入：过滤差分横摆角速度(° /s²)	25	20	15	10	5	2.5	2	1.5	1	0.5	0
输出：置信度 (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

附录 C
(资料性)
事件触发 BSM 消息发送

场景1：事件触发BSM消息替代原常规BSM消息进行发送。

假设系统在30 ms时刻发送第一个常规BSM消息，并将130 ms时刻设置为下一个常规BSM消息的发送时刻。但在发送完第一个常规BSM消息后车辆发生急刹车事件，则系统会取消130 ms时刻常规BSM消息的发送，并且立刻生成一个携带eventHardBraking指示的事件触发BSM消息。假定该事件触发BSM消息在70 ms时刻发送，则系统后续会按照100ms的间隔在170 ms、270 ms等时刻发送后续事件触发BSM消息。

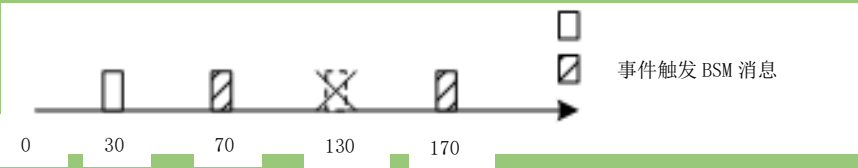


图 C. 1 场景 1 消息发送时刻示意图

场景2：新增事件触发BSM消息替代原事件触发BSM消息进行发送。

系统在30 ms时刻发送第一个事件触发BSM消息用以指示车辆发生急刹车，并将130 ms时刻设置为下一个事件触发BSM消息的发送时刻。但在发送完第一个事件触发BSM消息后车辆发生爆胎，系统针对这个新增事件立刻生成一个新的事件触发BSM消息并取消原计划在130 ms时刻发送的原事件触发BSM消息。在新的事件触发BSM消息中，系统会同时包含eventHardBraking和eventFlatTire两个数据用于指示车辆发生急刹车和爆胎事件。假定该事件触发BSM消息在70ms时刻发送，则系统后续会按照100 ms的间隔在170 ms、270 ms等时刻发送后续事件触发BSM消息。

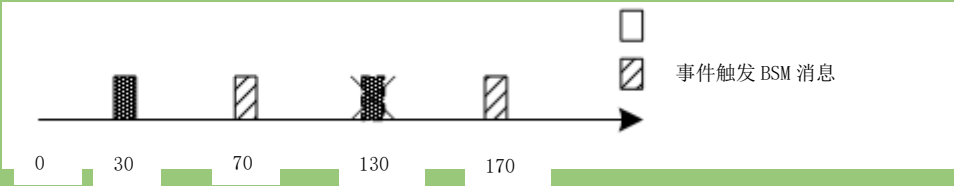


图 C. 2 场景 2 消息发送时刻示意图

附录 D
(资料性)
拥塞控制机制

D.1 概述

对于常规 BSM 消息的拥塞控制，可以采用 D.2 或 D.3 方式中的任一种方式。

D.2 基于CBR的拥塞控制

对于使用CBR值进行拥塞控制的方式，在执行拥塞控制的时间段内，应用层应根据底层递交的CBR值及表D.1调整常规BSM消息的生成周期。

当常规BSM消息的生成周期按照表D.1规则发生变化时，至少应维持当前消息生成周期生成10次消息。

表 D.1 应用层拥塞控制

	车速范围			
CBR 范围	0 km/h~5 km/h	5 km/h~10 km/h	10 km/h~25 km	>25 km/h
	BSM 消息生成周期			
$0 \leq \text{CBR} \leq 0.3$	100 ms	100 ms	100 ms	100 ms
$0.3 < \text{CBR} \leq 0.6$	100 ms	100 ms	100 ms	100 ms
$0.6 < \text{CBR} \leq 0.80$	1000 ms	500 ms	200 ms	100 ms
$0.8 < \text{CBR} \leq 1$	1000 ms	500 ms	400 ms	100 ms

D.3 基于车辆密度的拥塞控制

D.3.1 概述

用于 PER 计算的子区间 $vPERSubInterval(1000\text{ ms})$ 、用于 PER 计算的区间 $vPERInterval(5000\text{ ms})$ 和拥塞控制计算间隔 $vTxRateCtrlInt(100\text{ ms})$ 之间的关系如图 D.1 所示。

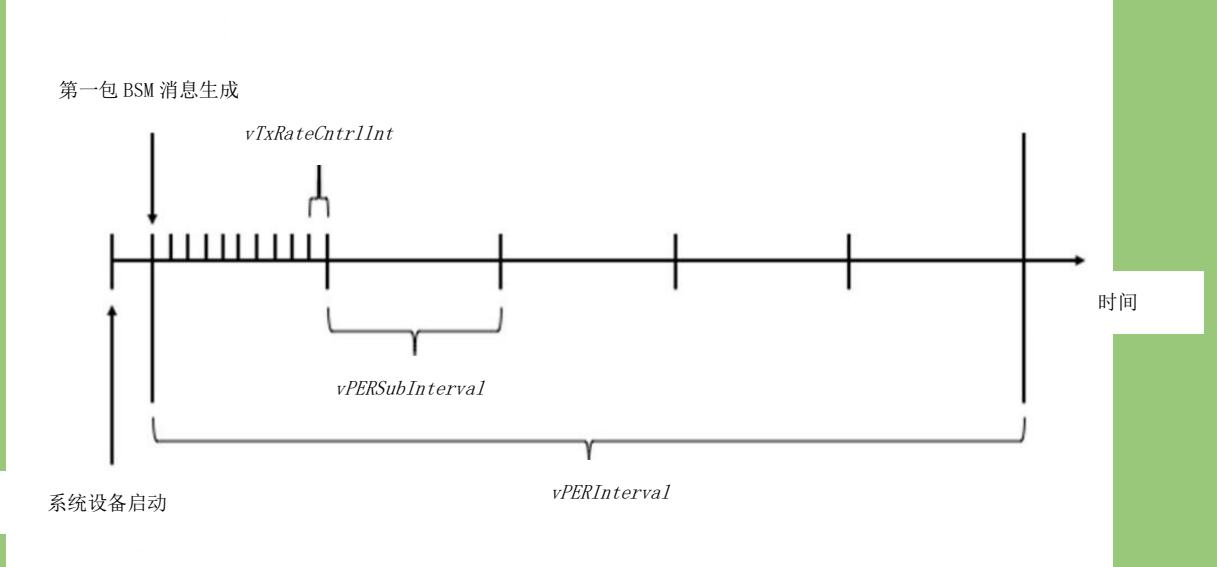


图 D.1 参数 $vPERSubInterval$ 、 $vPERInterval$ 和 $vTxRateCntrlInt$ 之间的关系

D.3.2 消息生成周期

基于车辆密度进行拥塞控制，采用如下步骤进行常规BSM消息生成周期控制。

系统应按照本小节定义的周期生成常规BSM消息。系统对 $vPERRange$ (100 m) 范围内车辆的数目 $N(k)$ 进行平滑计算：

$$N_s(k) = \lambda \times N(k) + (1 - \lambda) \times N_s(k - 1) \quad \dots\dots (D.1)$$

式中：

$N(k)$ ——在第 k 个 $vTxRateCntrlInt$ (100 ms) 间隔的最后，主车计算的在 $vPERRange$ (100 m) 范围内的远车总数量（按照 BSM 消息内的 id 标示区分远车），即在第 k 个 $vPERInterval$ 间隔内接收到的某个远车最后一个 BSM 消息内包括的 2D 位置信息位于主车最近获取的 2D 位置信息 $vPERRange$ (100 m) 范围内；

λ ——平滑加权因子 $vDensityWeightFactor$ (0.05)；

$N_s(k)$ ——当前平滑后的车辆密度。

系统采用如下公式计算常规 BSM 消息生成周期 $Max_ITT(k)$ ：

$$Max_ITT(k) = \begin{cases} 100 & N_s(k) \leq B \\ \text{round}(100 \times \frac{N_s(k)}{B}) & B < N_s(k) < \frac{vMax_ITT}{100} \times B \\ vMax_ITT & \frac{vMax_ITT}{100} \times B \leq N_s(k) \end{cases} \quad \dots\dots (D.2)$$

式中：

$\text{round}()$ ——对 100 ms 取整，其输出结果为 100 ms 的整数倍。取整方法宜采用四舍五入，以得到最接近的周期值。

$Max_ITT(k)$ ——消息生成间隔，单位为毫秒 (ms)；

B ——密度系数 $vDensityCoefficient$ (25)；

$vMax_ITT$ ——上述计算中的最大门限 (600 ms)。

系统调度下一个生成常规 BSM 的时间为：

$$NextScheduledMsgTime = LastTxTime + Max_ITT \quad \dots\dots (D.3)$$

$LastTxTime$ ——上次 BSM 生成的时间。

D.3.3 跟踪误差

在 D.3.2 周期生成常规 BSM 的基础上, 如果车辆位置发生较大变化, 则需要考虑将常规 BSM 消息生成的时间提前, 从而将主车的实时位置告知其他交通参与方。在第 k 个 $vTxRateCntrlInt$ (100 ms) 结束时, 系统计算发送概率 $p(k)$:

$$p(k) = \begin{cases} 1 - \exp(-\alpha \times |e(k) - T|^2) & \text{if } T \leq e(k) < S \\ 1 & \text{if } e(k) \geq S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots (D.4)$$

式中:

T ——通信导致的最小跟踪误差 (tracking error) 门限 $vTrackingErrMin$ (0.2 m);

α ——误差灵敏度 $vErrSensitivity$ (75);

S ——通信导致的 tracking error 饱和上限 $vTrackingErrMax$ (0.5 m);

$e(k)$ ——tracking error, 是由于远车接收主车的运动状态数据时, 传输时延和数据包丢失造成的时延所导致的, 该误差不同于定位子系统的定位精确度误差, 可通过如下方法计算得到。

系统在第 k 个 $vTxRateCntrlInt$ 结束时, 依次进行如下操作:

(a) 本车进行自身位置估计 (HV Local Estimate)。

假设 T 时刻是最近一次主车获知自身位置信息的时刻, T' 时刻为当前时刻。如果 $T' - T < vHVLocalPosEstIntMin$ (50 ms), 则估计出来的新的位置 (New_Latitude_Local, New_Longitude_Local) 即为最近一次本车获知的位置信息, 无需做估计; 如果 $T' - T > vHVLocalPosEstIntMax$ (150 ms), 则认为主车的位置信息在其他交通参与方侧已长时间未更新, $e(k) = 0$; 如果 $vHVLocalPosEstIntMin < T' - T < vHVLocalPosEstIntMax$, 则计算在 $T' - T$ 时间间隔内车辆朝向不变时, 其往前移动的距离 D , 然后依据移动距离 D 通过平面坐标系到地球经纬度坐标系的转换得到估计出来的新的车辆位置 (New_Latitude_Local, New_Longitude_Local)。

(b) 主车进行远车在其他车辆的位置信息估计 (HV Remote Estimate)。

方法与主车进行自身位置估计一致, 区别在于 T 时刻主车的位置信息在其他车辆处的状态是依据信道质量和主车最近一次发送的BSM消息包含的位置信息估计出来的, 具体估计方法见C.3.3.1。类似的, T' 时刻为当前时刻。如果 $T' - T < vHVRemotePosEstIntMin$ (50 ms), 则估计出来的新的位置 (New_Latitude_Remote, New_Longitude_Remote) 即为主车的位置信息在其他车辆处依据信道质量和主车最近一次发送的BSM消息包含的位置信息估计出来的最新信息, 无需做额外的位置估计; 如果 $T' - T > vHVRemotePosEstIntMax$ (3000 ms), 则认为本车辆的位置信息在别的车辆和其他车辆处已经很长时间没有更新, $e(k) = 0$; 如果 $vHVRemotePosEstIntMin < T' - T < vHVRemotePosEstIntMax$, 则计算在 $T' - T$ 时间间隔内车辆朝向不变时, 其往前移动的距离 D , 然后依据移动距离 D 通过平面坐标系到地球经纬度坐标系的转换得到估计出来的新的车辆位置 (New_Latitude_Remote, New_Longitude_Remote)。

(c) 计算 tracking error $e(k)$, 方法为求 (a) 步骤中计算出的 HV Local Estimate 和 (b) 步骤中 HV Remote Estimate 之间的 2D 距离。

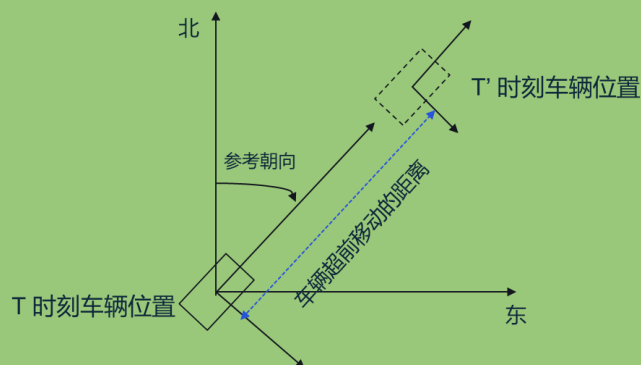


图 D.2 车辆朝前移动距离

(d) 在第 k 个 $vTxRateCtrlInt$ 结束时, 系统使用 tracking error $e(k)$, 计算由于跟踪误差 tracking error 导致生成 BSM 消息的概率 $p(k)$:

$$p(k) = \begin{cases} 1 - \exp(-\alpha \times |e(k) - T|^2) & \text{if } T \leq e(k) < S \\ 1 & \text{if } e(k) \geq S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots (D.5)$$

式中:

T ——通信导致的最小 tracking error 门限 $vTrackingErrMin$ (0.2 m);

α ——误差灵敏度 $vErrSensitivity$ (75);

S ——通信导致的 tracking error 饱和上限 $vTrackingErrMax$ (0.5 m)。

注: 上述公式的设计原则是, 当tracking error未超过门限 T 时, 主车不会因为tracking error广播BSM消息; 当tracking error超过此门限时, 则tracking error越大, 发送概率越大, 当tracking error超过门限 S 时, 则会因为tracking error导致发送BSM。因为主车的tracking error各不相同, 它们会以不同的概率广播BSM消息。

基于Vehicle Dynamics的发送 (也就是基于上述tracking error), 通过伯努利试验 $\text{rand}()$ 取一个在0到1之间均匀分布的随机数, 如果通过伯努利试验为真且下次调度BSM消息的时间大于等于 $vRescheduleTh$, 调度BSM消息生成, 同时取消已有的BSM消息生成调度, 分配 $LastTxTime = CurrentTime$ 。

(e) 信道质量估计

需已知整体的信道状况, 然后依据信道平均质量来估计主车发送的信息在其他车辆处被正确接收的概率, 从而可估计在特定时刻其他车辆处主车的位置信息状态 (是最消息新, 还是若干次之前发送的信息)。平均信道质量指示 (Π) 可通过如下方法得到:

在第 k 个 $vPERSubInterval$ (1 s) 结束时刻计算 PER (误包率, 在一对主车和远车之间进行计算)。

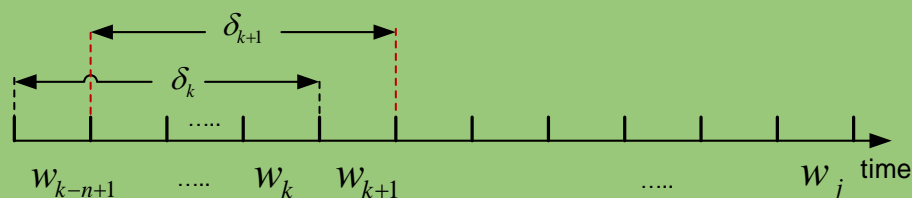
——系统采用如下计算方法, $vPERInterval$ 内采用滑动窗计算第 k 个 $vPERSubinterval$ 时刻的 PER:

在每个 w_k 结束时, 针对每个远车, 按照如下公式, 计算在 δ_k 间隔内, 预期接收到的BSM消息数量以及未接收到的BSM消息数量:

$$PER_i(k) = \frac{\text{在 } [w_{k-n+1}, w_k] \text{ 期间, 从 } RV_i \text{ 未收到的 BSM 消息数量}}{\text{在 } [w_{k-n+1}, w_k] \text{ 期间, 从 } RV_i \text{ 预期接收到的 BSM 消息总数}} \quad \dots\dots (D.5)$$

式中:

- i ——第 i 辆远车；
 k ——第 k 个 $vPERSubInterval$ (1 s)
 n ——在 δ_k 内子间隔的个数， δ_k 的长度是 w_k 的 n 倍
 w_k ——第 k 个 $vPERSubInterval$ (1 s) 时间段



说明：

- δ_k ——第 k 个 $vPERInterval$ (5 s)
 w_k ——第 k 个 $vPERSubInterval$

图 D.3 滑动计算窗

在 δ_k 内对每个接收到 2 个或多个 BSM 消息的远车，采用 BSM 消息中的 $DE_MsgCount$ 数据单元计算 PER，其中预期接收到的 BSM 消息数量为在 δ_k 内接收到的最后一个 BSM 和第一个 BSM 中的 $DE_MsgCount$ 之差加 1；而未接收到 BSM 消息数量为：在 δ_k 内预期接收到的 BSM 消息数量与实际接收到的消息数量之差。当计算特定远车预期和未接收到的 BSM 消息数量时，需要考虑 $DE_MsgCount$ 数据单元达到最大值后会归零的特性。如果在 δ_k 间隔内，某个远车只收到了一个数据包，不用于在 δ_k 间隔内计算这个远车的 PER。

——信道质量指示 (Π)：在 w_k 间隔最后计算 $\Pi(k)$ ，其为在 $vPERRange$ (100 m) 内所有远车的 PER (k) 的平均值，并且满足如下限制：

$$\begin{aligned} & \text{If } (\Pi(k) > vPERMax) \\ & \Pi(k) = vPERMax \end{aligned} \quad \dots\dots (D.6)$$

基于信道质量指示 $\Pi(k)$ ，在每次主车发送 BSM 消息之后，均估计该消息是否被其他车辆接收到。对 $\Pi(k)$ 进行伯努利试验，如果试验的结果为真，则认为主车发送的 BSM 消息被其他远车正确接收到，主车采用本次 BSM 里面的位置信息更新其位置在其他车辆处的位置状态；否则，则认为消息未被其他车辆收到，主车不更新其位置在其他车辆处的状态。如果连续 $vMaxSuccessiveFail$ (3) 次试验均为假，则认为其他车辆接收到最新的 BSM 消息，同时主车采用最新的 BSM 里面的位置信息更新其位置在其他车辆处的位置状态。

附 录 E

(规范性)

基本车辆类型

基本车辆类型如表E. 1所示。

表 E. 1 基本车辆类型

车辆类型	对应编号	车辆类型描述		参考 GB/T 3730.1-2001
特殊用途	1	特殊车辆基本车辆类型	专用客车 special bus	2.1.2.1.8
			专用乘用车 special purpose passenger car	2.1.2.1.11
			旅居车 motor caravan	2.1.2.1.11.1
			防弹车 armoured passenger car	2.1.2.1.11.2
			殡仪车 hearse	2.1.2.1.11.4
			专用作业车 special goods vehicle	2.1.2.3.5
			专用货车 specialized goods vehicle	2.1.2.3.6
乘用车	10	乘用车基本车辆类型，未知类别	普通乘用车 saloon (sedan)	2.1.1.1
			活顶乘用车 convertible saloon	2.1.1.2
			高级乘用车 pullman saloon (pullman sedan) (executive limousine)	2.1.1.3
			小型乘用车 coupe	2.1.1.4
			敞篷车 convertible (open tourer) (roadster) (spider)	2.1.1.5
			仓背乘用车 hatchback	2.1.1.6
			旅行车 station wagon	2.1.1.7

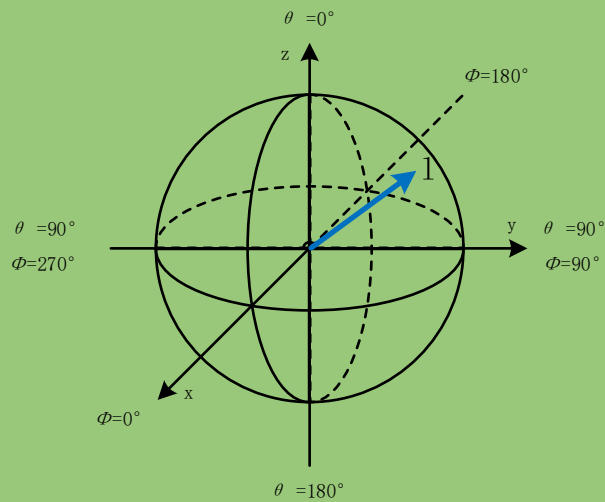
表 E.1 （续）

车辆类型	对应编号	车辆类型描述		汽车和挂车类型的术语和定义 (GB/T 3730.1-2001)
			多用途乘用车 multipurpose passenger car	2.1.1.8
			短头乘用车 forward control passenger car	2.1.1.9
			越野乘用车 off-road passenger car	2.1.1.10
货车	20	轻型卡车基本车辆类型，未知类型	货车 goods vehicle	2.1.2.3
	25	卡车基本车辆类型，未知类型	半挂牵引车 semi-trailer towing vehicle	2.1.2.2
客车	50	客车基本车辆类型，未知类型	小型客车 minibus	2.1.2.1.1
			城市客车 city-bus	2.1.2.1.2
			长途客车 interurban coach	2.1.2.1.3
			旅游客车 touring coach	2.1.2.1.4
			铰接客车 articulated bus	2.1.2.1.5
			无轨电车 trolley bus	2.1.2.1.6
			越野客车 off-road bus	2.1.2.1.7
紧急车辆类型	62	消防轻型车	消防轻型车	
	63	消防重型车	消防重型车	
	64	消防护理车	（未使用）	
	65	急救车	急救车	
	66	公安轻型车	公安轻型车	
	67	公安重型车	公安重型车	
	68	其他应急响应车辆	工程抢险车	

附录 F
(资料性)
三维球坐标系

F.1 三维球坐标系

三维球坐标系见图F.1，俯仰角 θ 和方位角 ϕ 的数值表示矢量在球面的角向位置。



说明：
 I ——参数矢量；
 θ ——矢量与+z 轴之间的夹角；
 ϕ ——矢量在 xy 平面上的投影与+x 轴之间的夹角。

图 F.1 三维球坐标系

F.2 被测车辆天线坐标位置

车辆天线与测试坐标系位置关系示意图见图F.2， $\theta=0^\circ$ 表示车辆的正上方， $\phi=0^\circ$ 表示车辆的正前方，A点为车辆天线的几何中心。

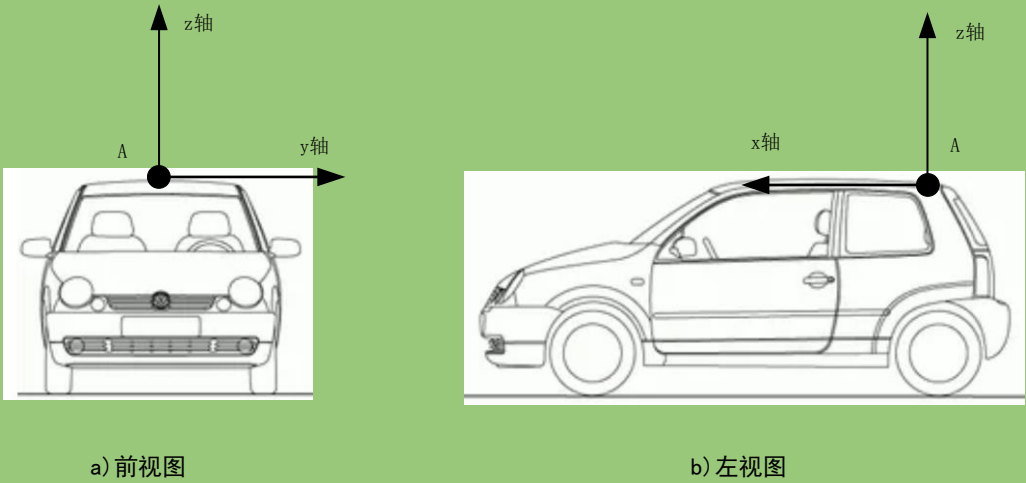


图 F.2 车辆天线与测试坐标系位置关系示意图

F.3 车辆方位区域

车辆前侧、后侧、左侧和右侧的方位角范围见图F.3。

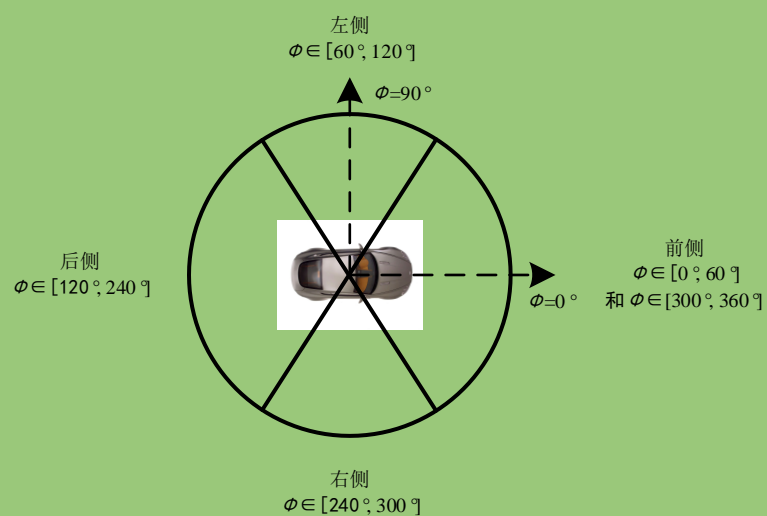


图 F.3 车辆角度示意图

附录 G (资料性) 耐久性试验

G.1 耐久性试验

本试验用于较快速地验证DUT的寿命是否满足要求。试验时，DUT工作模式应为表1中工作模式2。试验期间按照试验持续时间的25%、50%、75%以表1中工作模式2进行检查。试验后，静置至少1 h恢复常温，以表1中工作模式2进行功能验证试验。温度曲线如图G.1所示。最高、最低试验温度分别为 T_{max} 、 T_{min} 。温度梯度为4℃/min。DUT在达到最高、最低工作温度时需要保持的时间为10 min。试验循环次数及时间按照G.2描述进行计算。

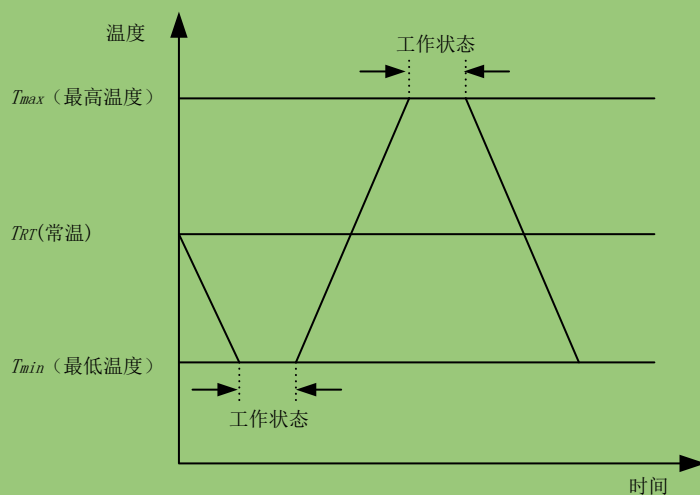


图 G.1 耐久寿命试验温度曲线

G.2 耐久性试验计算模型

试验采用Coffin-Manson加速模型。为了计算耐久性寿命试验的试验持续时间，需要考虑DUT安装位置平均温度变化 ΔT_{Feld} 和寿命期间的温度循环系数 $N_{TempZyklusFeld}$ 。DUT安装位置平均温度变化 ΔT_{Feld} 参见GB/T 38892-2020附录B1.1。

按式（G.1）计算Coffin-Manson模型的加速度系数与场地平均温度变化的关系：

$$A_{CM} = \left(\frac{\Delta T_{Test}}{\Delta T_{Feld}} \right)^c \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

A_{CM} ——Coffin-Manson模型的加速度系数；

ΔT_{Test} ——在一次试验循环期间的温差（ $\Delta T_{Test} = T_{min} - T_{max}$ ）；

ΔT_{Feld} ——在场地使用寿命期间的平均温差；

c ——Coffin-Manson模型参数，在本部分中 c 固定设置为2.5。

按照式（G.2）计算试验循环的总次数：

$$N_{Pruf} = \frac{N_{TempZyklusFeld}}{A_{CM}} \dots\dots\dots (G.2)$$

式中：

N_{Pruf} ——试验循环不可或缺的次数；

$N_{TempZyklusFeld}$ ——（场地温度循环）场地使用寿命期间的温度循环次数；

A_{CM} ——按式（G.1）Coffin-Manson模型计算的加速度系数。

附录 H
(资料性)
车辆天线性能测试场地要求

H.1 一般要求

- 车辆天线性能测试场地应满足以下要求：
- a) 净空间尺寸应满足测量设备和被测车辆天线安装架设和扫描采样的空间需求；
 - b) 确保来自外部物体的反射不影响测量结果。

H.2 开阔场要求

开阔场满足以下要求：

- a) 测量场地应是一个没有电磁波反射物的空旷场地，应避开建筑物、电力线、篱笆和树木等，并应远离地下线缆、管道等；
- b) 若测量场地采用气候保护罩，则气候保护罩应能保护包括被测天线及系统在内的整个试验场地，所用材料应具有射频透明性，以避免造成不必要的反射；
- c) 宜使用金属接地平板的测量场地，可使用时域法消除地面反射，测量设施和测量人员都应在无障碍区之外；
- d) 对于旋转组件位于接地平板下的转台，旋转表面应与接地平板齐平，并将其与接地平板导电连接。

注：测量区域顶部没有反射特性的防护罩。

H.3 全电波暗室要求

全电波暗室应满足表 H.1 所示全电波暗室场地性能要求。

表 H.1 全电波暗室场地性能要求

序号	性能指标	具体要求
1	屏蔽效能	在 700 MHz～6 GHz 频率范围内，屏蔽效能应大于 100 dB
2	场地静区性能	静区尺寸大于被测天线系统辐射体的直径
		在 700 MHz-1.710 GHz 频率范围内，静区反射电平应小于-40 dB；在 1.710 GHz-6 GHz 频率范围内，静区反射电平应小于-43 dB
3	辐射性能测试	增益的测试误差应小于 0.5 dB
	要求	增益的测试稳定度应小于 0.25 dB
注：增益的测试误差包含标准增益天线不确定性在内的所有系统测试误差		

