

# 团 体 标 准

T/GBA XXX—20XX

## 货物牵引车自动驾驶性能要求及试验方法

Technical Requirement and Testing Method for automatic driving of  
cargo tractor

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

粤港澳大湾区标准创新联盟

发布



# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 技术要求 .....	2
5 试验方法 .....	5
附录 A（规范性） 对车辆安全相关电子电气系统的功能安全要求 .....	18
附录 B（规范性） 自动化作业技术要求及测试方法 .....	22
参考文献 .....	25



## 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。

本文件由粤港澳大湾区标准创新联盟智慧物流委员会提出。

本文件由粤港澳大湾区标准创新联盟归口。

本文件授权粤港澳大湾区标准创新联盟组织伙伴和所有成员单位使用，联盟组织伙伴需等同采用转化为自身团体标准，并在全国团体标准信息平台上公开标准基本信息。

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。

本文件起草单位：深圳顺丰泰森控股（集团）有限公司、顺丰航空有限公司、鄂州顺路物流有限公司、湖北国际物流机场有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、上研智联智能出行科技（上海）邮箱公司、蘑菇车联信息科技有限公司、威海广泰空港设备股份有限公司、北京九曜智能科技有限公司。

本文件主要起草人：毛海波、高翔、高国庆、彭俊斌、曹寅、陈彬、车树壮、尹海兵、许瑞琛、费音、邵星辰、江玥、王潇屹、邹涛、杨伟利、王雷、曹恩铭、刘志鹏。



# 货物牵引车自动驾驶性能要求及试验方法

## 1 范围

本文件规定了机场无人驾驶货运牵引车测试的术语和定义、技术要求及试验方法。  
本文件适用于在民航机场内使用的无人驾驶货运牵引车（以下简称牵引车）。  
注：牵引车包括内燃式牵引车和电动式牵引车。

## 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 34590（所有部分） 道路车辆 功能安全  
GB/T 40429 汽车驾驶自动化分级  
GB/T 40856 车载信息交互系统信息安全技术要求及试验方法  
MH/T 6048 行李/货物牵引车  
T/ITS 0051 基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求  
T/CSAE 53 合作式智能运输系统车用通信系统 应用层及应用数据交互标准（第一阶段）  
ISO FDIS 21448 道路车辆 预期功能安全  
AC-137-CA-2019-03 行李牵引车检测规范  
CCAR-331SB-R1 民用机场航空器活动区道路交通安全管理规则

## 3 术语和定义

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。

### 3.1

**无人驾驶货运牵引车 driverless cargo tractor**

在民航机场作业区域内，具备自动驾驶系统和自动化作业系统，能够无人驾驶及自动化作业，用于牵引飞机集装/散装货物拖车以及各类地面设备的机动车辆。

### 3.2

**自动驾驶系统 automated driving system, ADS**

实现自动驾驶功能的硬件和软件所共同组成的系统。

### 3.3

**自动化作业系统 automated operating system**

实现自动化作业的硬件和软件所共同组成的系统。

### 3.4

**设计运行范围 Operational Design Domain, ODD**

自动驾驶系统和自动化作业系统设计时确定的适用于其功能运行的外部环境条件。

注：典型的外部环境条件有道路、交通、天气、光照等。

### 3.5

**后援用户 fallback-ready user**

可以识别自动驾驶系统和自动化作业系统发出的介入请求，并可以识别车辆故障，立即执行现场或远程接管的用户。

3.6

**功能安全 functional safety ,FuSa**

不存在由电气/电子系统的功能异常表现引起的危害而导致不合理的风险。

3.7

**预期功能安全 safety of the intended functionality ,SOTIF**

无因预期功能或者实现的功能不充分导致的危害而产生不合理的风险。

3.8

**机坪 parking apron**

供飞机停放上下旅客或装卸货物，对飞机进行各种地面服务的区域。

3.9

**待运区 sorting area of cargo**

将要运上飞机或运往机场分拣区的货物临时存放区域。

3.10

**分拣区 waiting area of cargo**

将货物按照商品种类、货主、储位或发送地点进行分类堆放以便装车配送的区域。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 无人驾驶货运牵引车应符合 MH/T 6048-2020 中第 4 章技术要求、第 7 章标牌、标书、使用说明书的相关规定。

4.1.2 自动驾驶系统与自动化作业系统都应具有明确的设计运行范围。

4.1.3 自动驾驶系统与自动化作业系统的设计运行范围应覆盖牵引车在民航机场作业区域内（机坪、待运区、分拣区）合理可预见的所有场景。

4.1.4 自动驾驶系统与自动化作业系统允许在满足设计运行范围下激活。

4.1.5 自动驾驶系统与自动化作业系统运行过程中，设计运行范围即将不满足或已不满足，系统应设计安全保障策略。

4.1.6 自动驾驶系统与自动化作业系统应具备相应的后援用户。

4.1.7 后援用户与自动驾驶系统与自动化作业系统之间具有明确的任务分工。

4.1.8 当自动驾驶系统和自动化作业系统与后援用户决策冲突时，后援用户拥有决策控制权：

——若系统抑制后援用户操作请求，系统应记录抑制原因；

——若由于系统抑制后援用户干预导致事故，应承担抑制导致的事故责任；

——系统发生故障后，后援用户应将车辆通过远程遥控、拖拽牵引、自驾等方式驶回指定区域。

4.1.9 若自动驾驶系统和自动化作业系统具备接管/干预设计，系统应检测后援用户是否在执行接管/干预操作。

4.1.10 自动驾驶系统和自动化作业系统应保证牵引车在机场行驶和作业时符合 CCAR-331SB-R1 中对于车辆的规定要求。

- 4.1.11 自动驾驶系统和自动化作业系统应能保证在光照强度小于 50lux 条件下正常行驶并完成作业。
- 4.1.12 软件升级要求：
- 牵引车制造单位应建立企业的软件升级管理体系，以保障兼容性软件开发流程；
  - 牵引车制造单位应保存每次软件升级信息；
  - 牵引车软件升级系统应保护升级包的真实性和完整性；
  - 牵引车应具有软件识别码/软件版本集的更新和识别能力。所述软件识别码/软件版本集应可通过标准接口以标准化方式读取；
  - 应保护软件识别码/软件版本集免受未经授权的修改；
  - 牵引车软件升级方式采用本地升级；
  - 牵引车升级前应满足先决条件集合，并应在升级过程中保障车辆安全；
  - 牵引车升级失败或中断，应确保将系统恢复到以前可用版本或将车辆置于安全状态；
- 4.1.13 关键电子电器系统的功能安全要求，包括但不限于动力系统，底盘系统（制动和转向），车身系统（信号灯），智驾系统（感知，决策和控制系统），人机交互系统，远程调度系统，自动化作业系统等，可参考 GB/T 34590-2017（所有部分）《道路车辆 功能安全》或适用的功能安全标准制定，并满足附录 A 的要求。
- 4.1.14 自动驾驶系统的预期功能安全要求，应参考 ISO 21448 《道路车辆 预期功能安全》制定并满足本部分的要求。

## 4.2 自动驾驶系统要求

- 4.2.1 自动驾驶系统不应出现非预期的驾驶行为。
- 4.2.2 自动驾驶系统应能识别机场内布置的交通标志和标线，并按交通标志和标线要求执行驾驶行为。
- 4.2.3 自动驾驶系统应能合理规划车辆行驶路径、行驶速度和停靠位置。
- 4.2.4 自动驾驶系统应能识别其他车辆、航空器、道路弱势群体、常规障碍物（如锥桶、警示牌）、非常规障碍物（如纸箱、塑料瓶），并能合理避障。
- 4.2.5 车辆发生碰撞事故后，在条件允许时，自动驾驶系统应具备减速停车的能力。
- 4.2.6 车辆发生碰撞事故后，自动驾驶系统应进行自检，确认功能可用后才能被启动。

## 4.3 车路协同要求

### 4.3.1 车路协同通信时延要求

- 4.3.1.1 本节所提时延要求的面向对象不特指某一种 V2X 技术，且其工作频段需符合民航工作要求。
- 4.3.1.2 时延定义为应用层端到端时延，即：数据包从离开源节点的应用层时算起一直到抵达并被目的节点的应用层成功接收一共经历的时间长度。
- 4.3.1.3 对于支持牵引车-牵引车通信的终端，无论直接发送还是由路侧单元转发，应保证最大应用层端到端通信时延不超过 100 ms。
- 4.3.1.4 仅对于碰撞感知等特殊用例，牵引车终端间的 V2V 通信最大应用层端到端时延不超过 20ms。
- 4.3.1.5 对于牵引车-路侧单元 V2I 通信，最大应用层端到端通信时延不超过 100 ms。

### 4.3.2 车路协同信息安全要求

- 4.3.2.1 应保证通信连接时具备身份认证、抵御中间人攻击等措施。
- 4.3.2.2 应保证通信传输时，传输内容数据加密。
- 4.3.2.3 应保证通信终止，且触发身份验证失败、校验失败时能够终止该响应操作的安全。
- 4.3.2.4 应保证车路协同启动、停止服务时，数据能够按规采集的安全。
- 4.3.2.5 应保证车路协同数据传输时，数据的完整性、保密性和可用性。
- 4.3.2.6 应保证车路协同数据存储时，具有加密存储、权限限制、操作日志存储等功能。

### 4.3.3 车路协同消息发送频率要求

应用于车路协同的LTE-V2X通信技术应能够支持路侧单元和牵引车车联网终端1 Hz~10 Hz的消息发送频率。

#### 4.3.4 车路协同功能技术要求

若采用车路协同技术路线完成自动驾驶系统功能，在满足上述一般要求和自动驾驶系统要求下，不局限具体LTE-V2X通信形式。LTE-V2X通信形式为：V2V、V2I、V2N等，可任选其一或任意组合。

### 4.4 调度技术要求

#### 4.4.1 质量分级总体要求

此部分为三级调度连接质量要求，质量级别综合考虑车载设备性能、吞吐量和处理消息能力要求实现情况。

第一级是最低级别质量要求，侧重于接收调度平台消息的基本时延、基本处理能力和基本性能要求；

第二级在第一级的基础上进行增强，需要车载设备支持一定数量的消息处理能力和消息吞吐能力；

第三级是最高等级，需要与调度平台稳定的连接后，车载设备有较好的连接处理能力，同时具备较多数量消息的处理能力，且具备优秀消息吞吐能力。

#### 4.4.2 调度下行消息时延

从调度平台发消息到车载设备中间处理消息完毕所消耗时长的平均时长。

一级质量等级技术要求：调度下行消息时延 $\leq 500\text{ms}$ ；

二级质量等级技术要求：调度下行消息时延 $\leq 300\text{ms}$ ；

三级质量等级技术要求：调度下行消息时延 $\leq 100\text{ms}$ 。

#### 4.4.3 消息吞吐能力

车载设备从调度平台接收到消息且每秒消息处理能力，已建立连接调度平台单位时间内向车载设备发送定长消息（160字节），车载设备在单位时间内所能处理消息总量。

一级质量等级技术要求：单位时间内（1s）处理消息 $\geq 10$ 条；

二级质量等级技术要求：单位时间内（1s）处理消息 $\geq 20$ 条；

三级质量等级技术要求：单位时间内（1s）处理消息 $\geq 50$ 条。

#### 4.4.4 消息响应执行正确性

车载设备从调度平台接收到消息且处理消息正确率，已建立连接调度平台单位时间内向车载设备发送不定长消息，车载设备在单位时间内所能处理消息的正确率。

一级质量等级技术要求：单位时间内（10s）处理消息 $\geq 95\%$ ；

二级质量等级技术要求：单位时间内（10s）处理消息 $\geq 98\%$ ；

三级质量等级技术要求：单位时间内（10s）处理消息 $\geq 99.5\%$ 。

#### 4.4.5 消息响应执行时效性

车载设备从调度平台接收到消息至执行消息所花费的平均时间。

一级质量等级技术要求：所花费时间 $100\text{ms}$ ；

二级质量等级技术要求：所花费时间 $50\text{ms}$ ；

三级质量等级技术要求：所花费时间 $30\text{ms}$ 。

#### 4.4.6 下行消息丢包率

车载设备从调度平台接收到消息丢包率，已建立连接调度平台单位时间内向车载设备发送固定数量的定长消息（160字节），车载设备在单位时间内所能接收到消息总量。

一级质量等级技术要求：单位时间内（10s）丢包率 $\leq 0.5\%$ ；

二级质量等级技术要求：单位时间内（10s）丢包率 $\leq 0.3\%$ ；

三级质量等级技术要求：单位时间内（10s）丢包率 $\leq 0.2\%$ 。

#### 4.4.7 高优先级消息响应性

车载设备从调度平台接收到消息且较高优先级消息处理能力,已建立连接调度平台单位时间内向车载设备发送不定长消息,车载设备应优先处理较高优先级消息。

## 5 试验方法

### 5.1 试验条件

#### 5.1.1 试验场地要求

5.1.1.1 在干燥(表面上没有可见的水分)、均匀、坚实的路面上进行测试,路面的坡度一致,介于水平和1%之间。测试表面的最小峰值制动系数(PBC)为0.9。

5.1.1.2 试验道路表面必须平整,道路标线清晰。

5.1.1.3 试验道路至少包含一条车道的长直道。

5.1.1.4 试验道路上所设置的交通标志和标线,应符合GB 5768.3的要求。

5.1.1.5 室内可行驶区域内任意10m范围内,可见标识数量不少于6个。

#### 5.1.2 试验天气要求

5.1.2.1 在干燥条件下进行测试,环境温度-10°C到45°C。

5.1.2.2 无降水,地平面水平能见度应大于1km,风速应低于10m/s。

5.1.2.3 自然环境光照在测试区域均匀,白天测试光照超过2000Lux时,除了由被测车辆或目标造成的阴影外测试区域无其他明显的阴影。

5.1.2.4 试验不在朝向或背离阳光直射的方向上进行。

#### 5.1.3 试验车辆条件

##### 5.1.3.1 轮胎

使用车辆制造商指定品牌、型号、规格、速度和额定负载的全新原装轮胎进行测试。允许更换由制造商提供或者在制造商的官方代理商处购买的轮胎,但更换轮胎的品牌、型号、规格、速度和额定负载同原装轮胎完全相同。

##### 5.1.3.2 车辆载荷

车辆应在制造商和检测机构一致认可的载荷状态下进行试验。试验开始后不对车辆载荷进行任何调整。

#### 5.1.4 试验设备及数据处理要求

5.1.4.1 试验设备应能够进行动态数据的采样和存储,频率不低于100Hz。同时使用差分时间戳同步车辆实时数据。

5.1.4.2 被测车辆使用的数据测量和采集设备,取样并存储数据的精度至少为:

- 被测车辆速度精度为0.1km/h;
- 被测车辆横向和纵向位置精度为0.03m;
- 被测车辆横摆角速度精度为 $0.1^{\circ}/s$ ;
- 被测车辆纵向加速度精度为 $0.1m/s^2$ ;
- 被测车辆方向盘转向角速度精确至 $1.0^{\circ}/s$ 。

5.1.4.3 数据处理要求如下:

- 位置和速度信号不进行滤波处理而使用原始值;
- 加速度,横摆角速度,方向盘转向角速度和作用力使用截止频率为10Hz的12阶巴特沃斯滤波器滤波。

#### 5.1.5 通信条件

5.1.5.1 牵引车终端都应能够发送和接收消息。

5.1.5.2 路侧单元应能够向牵引车终端发送消息。

- 5.1.5.3 LTE/5G 系统应能够为应用服务器和路侧单元提供控制消息发送区域的方法。
- 5.1.5.4 牵引车通信距离 $\geq 150$  m。
- 5.1.5.5 牵引车消息数据更新频率：以发射终端为判断依据，OBU 交互信息 $\geq 10$  Hz，RSU 交互信息 $\geq 1$  Hz。
- 5.1.5.6 牵引车-牵引车应用层通信、牵引车-路侧单元应用层端到端通信延迟 $\leq 100$  ms。
- 5.1.5.7 室内测试场景区域，应覆盖定位基站，满足车辆定位精度要求和全域（室内、室外）时钟同步要求。

## 5.2 试验项目

### 5.2.1 自动驾驶系统测试方法

#### 5.2.1.1 交通标志和标线识别

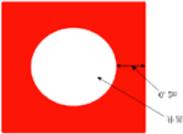
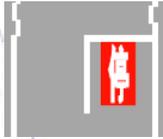
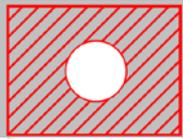
##### 5.2.1.1.1 试验场景

试验道路为空旷区域，随机在其前方摆放交通标志并画上交通标线，至少应包含表1所列出的交通标志和标线。试验车辆分别以满载和空载的状况行驶。

表1 试验须包含的交通标志和标线

名称	交通标志牌
机位指示标志	
交叉路线指示标志	
十字交叉路口标志	
T形交叉路口标志	
禁止通行标志	
禁止驶入标志	
限速标志	

表 1 试验须包含的交通标志和标线（续）

名称	交通标志牌
禁止左转标志	
禁止掉头标志	
限重标志	
机坪消防栓井标线	
道路等待位置	
廊桥活动区	

#### 5.2.1.1.2 试验方法

试验车辆应以以下两种状态进行试验：

- 在满载时，以 10km/h 的速度朝交通标志和标线方向行驶；
- 在空载时，以 25km/h 的速度朝交通标志和标线方向行驶。

#### 5.2.1.1.3 通过要求

试验车辆应满足4.2.1、4.2.2的相关要求，至少能识别出表1所示的所有交通标志和标线并做出相应动作。

#### 5.2.1.2 障碍物识别

##### 5.2.1.2.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线。在车道内依据道路养护作业的交通控制要求摆放锥形交通路标及交通标志。如图1所示。

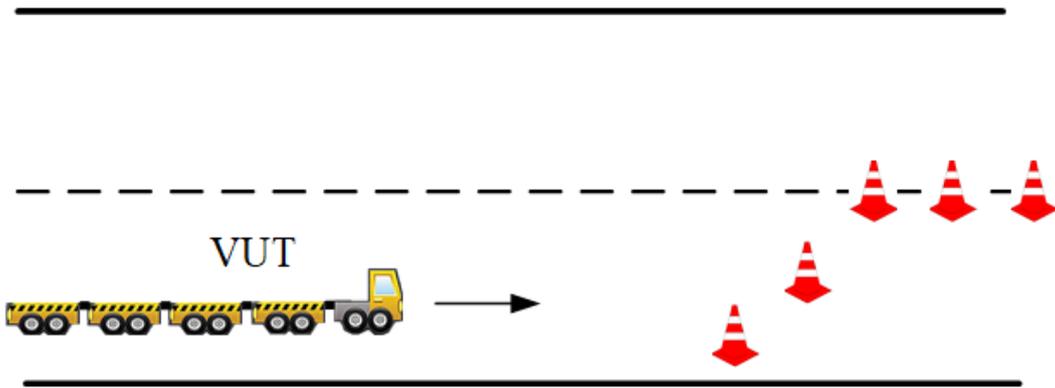


图1 障碍物场景示意图

#### 5.2.1.2.2 试验方法

试验车辆应以以下两种状态进行试验：

- 在满载时，以 10km/h 的速度在施工车道内驶向前方障碍物；
- 在空载时，以 25km/h 的速度在施工车道内驶向前方障碍物。

#### 5.2.1.2.3 通过要求

5.2.1.2.3.1 若不具备换道行驶功能，试验车辆应在行驶过程中或在车辆静止后 15s 内发出超出设计运行范围提示信息，通过制动避免与障碍物发生碰撞，停止于本车道内。

5.2.1.2.3.2 若具备换道行驶功能，试验车辆应采用变更车道绕行方式通过该场景。

5.2.1.2.3.3 试验车辆应满足 4.2.3、4.2.4 的相关要求。

#### 5.2.1.3 障碍物识别(夜间)

##### 5.2.1.3.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道的长直道且两侧车道线为实线，在车道中间分别放置水瓶、纸箱，试验车辆在光照强度小于 50lux 条件下匀速行驶，车辆与障碍物的中心线偏差不得超过 0.5m。如图 2 所示。

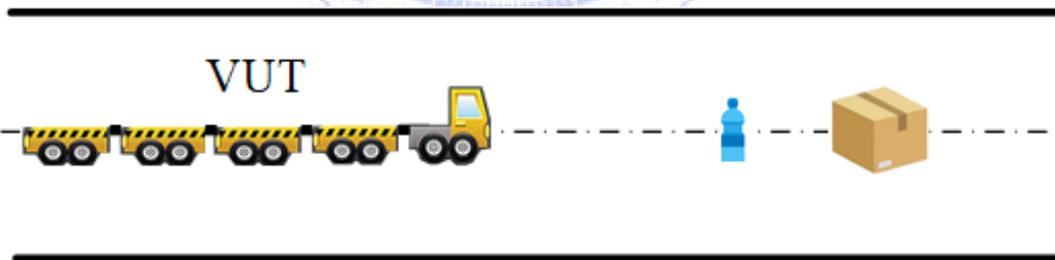


图2 障碍物识别(夜间)

##### 5.2.1.3.2 试验方法

试验车辆应以以下两种状态进行试验：

- 在满载时，以 10km/h 的速度于车道内驶向前方障碍物；
- 在空载时，以 25km/h 的速度于车道内驶向前方障碍物。

##### 5.2.1.3.3 通过要求

试验车辆应满足 4.1.11、4.2.3、4.2.4 的相关要求，能通过制动避免与上述障碍物发生碰撞。

#### 5.2.1.4 道路弱势群体识别

#### 5.2.1.4.1 试验场景

试验道路为包含两条车道的长直道，试验车辆匀速行驶，同时左侧车道外侧存在行人，行人沿直线横穿两车道，两者存在碰撞风险。如图3所示。

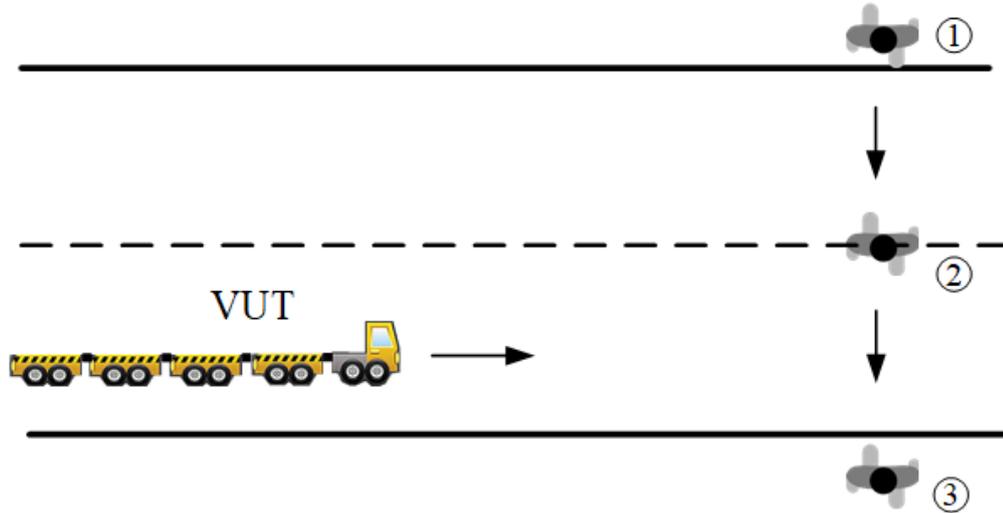


图3 道路弱势群体识别

#### 5.2.1.4.2 试验方法

行人初始位置在左侧车道外侧①位置，试验车辆在满载和空载下分别进行试验：

- 在满载时，于右侧车道内以 10km/h 的速度匀速行驶；
- 在空载时，于右侧车道内以 25km/h 的速度匀速行驶。
- 当试验车辆预碰撞时间首次达到 2.5s 至 5s 时间区间，行人于车辆左侧以 5km/h 至 6.5km/h 的速度横穿两车道。
- 三次通过本场景试验过程中，目标行人应包括成年假人和儿童假人。

#### 5.2.1.4.3 通过要求

- 5.2.1.4.3.1 试验车辆减速后驶过行人横穿线路，未发生碰撞。
- 5.2.1.4.3.2 若试验车辆在行人从②→③横穿过程中停止，待行人出右侧车道外侧后，车辆应能在 5s 内起动车辆继续行驶。
- 5.2.1.4.3.3 行人在①→②横穿过程中试验车辆不能误识别减速或停车。
- 5.2.1.4.3.4 试验车辆应满足 4.2.4 的相关要求。
- 5.2.1.4.3.5 若发生碰撞，试验车辆应满足 4.2.5、4.2.6 相关要求。

#### 5.2.1.5 夜间道路弱势群体识别

##### 5.2.1.5.1 试验场景

试验道路为包含两条车道的长直道，周围光照强度小于50lux，行人以5km/h-6.5km/h的速度于距离本车道右侧车道线内侧1m-2.5m范围内沿道路行走。如图4所示。

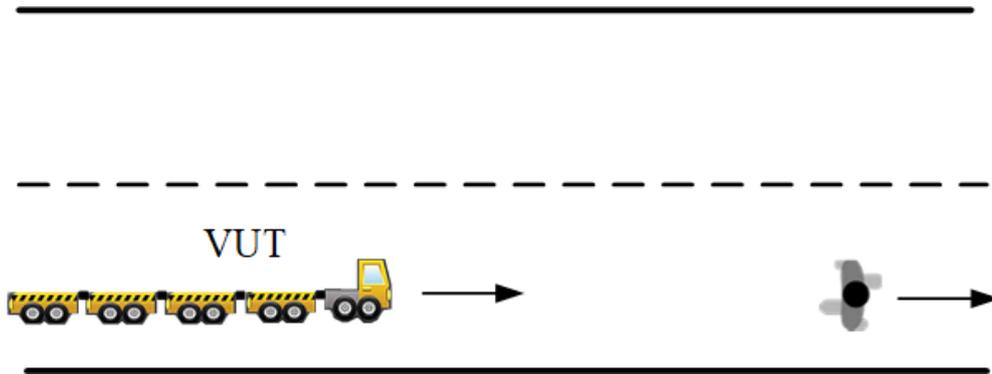


图4 道路弱势群体识别(夜间)

#### 5.2.1.5.2 试验方法

试验车辆分别以满载和空载进行试验：

- 在满载时，于右侧车道内以 10km/h 的速度驶向行人；
- 在空载时，于右侧车道内以 25km/h 的速度驶向行人；
- 若跟随行人行驶，当试验车辆速度不大于 6.5km/h 持续时间超过 5s 后，行人从车道右侧离开当前车道；
- 三次通过本场景试验过程中，目标行人应包括成年假人和儿童假人。

#### 5.2.1.5.3 通过要求

试验车辆应满足4.1.11、4.2.3、4.2.4的相关要求，采用绕行或跟随方式通过该场景。若采用跟随方式通过该场景，试验车辆应在行人离开本车道后恢复至原车速。跟随过程中，试验车辆可发出超出设计运行范围的提示信息，当发出提示信息后，试验车辆在行人离开本车道后无需恢复至原车速。

#### 5.2.1.6 前方静止航空器地面服务设备占用部分车道

##### 5.2.1.6.1 试验场景

试验道路为包含两条行车道的长直道且中间车道线为白色虚线。在左侧车道存在静止目标车辆且目标车辆占用试验车辆行驶车道1m-1.2m，目标车辆纵向轴线与中间车道线夹角不大于30°。如图5所示。

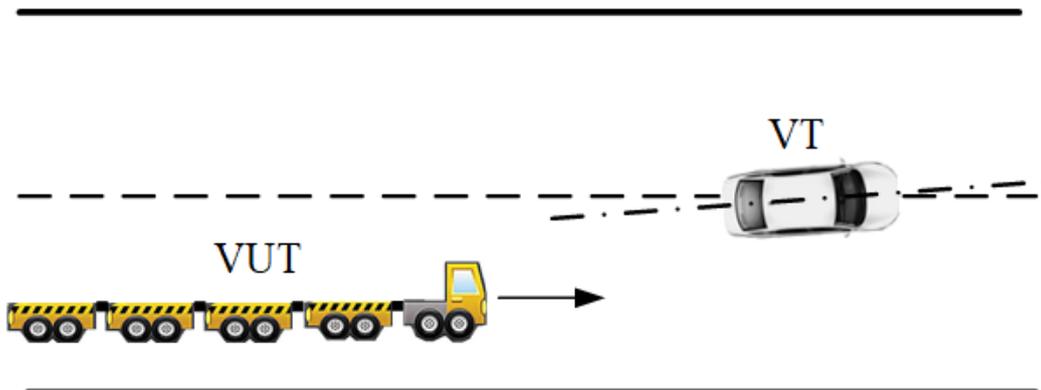


图5 前方静止航空器地面服务设备占用部分车道

##### 5.2.1.6.2 试验方法

试验车辆应以以下两种状态进行试验：

- 在满载时，于自身车道内以 10km/h 的速度驶向目标车辆方向；

——在空载时，于自身车道内以 25km/h 的速度驶向目标车辆方向。

#### 5.2.1.6.3 通过要求

试验车辆应满足4.2.3、4.2.4的相关要求，规划出新的路径超越目标车辆或停止于本车道内。若试验车辆停止于本车道内，在车辆行驶过程中或在车辆静止后15s内应发出超出设计运行范围的提示信息。

#### 5.2.1.7 前方航空器地面服务设备紧急制动

##### 5.2.1.7.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道的长直道且两侧车道线为实线，试验车辆和目标车辆以相同的的车速行驶。如图6所示。

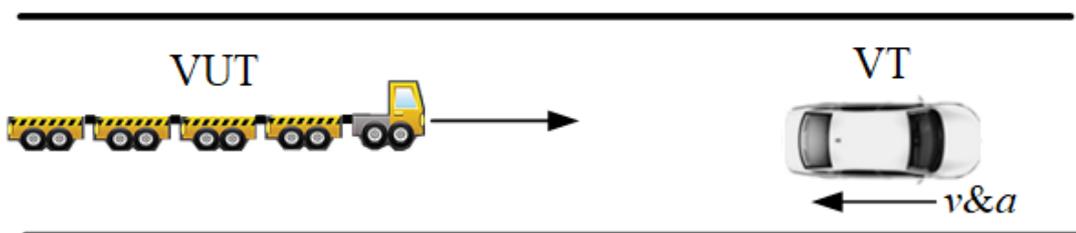


图6 前方航空器地面服务设备紧急制动

##### 5.2.1.7.2 试验方法

试验车辆分别在满载和空载状况下稳定跟随前方行驶的目标车辆：

- 当试验车辆满载时，目标车辆车速为 10km/h，稳定跟随距离为 10m；
- 当试验车辆空载时，目标车辆车速为 25km/h，稳定跟随距离为 20m。
- 目标车辆以  $4\text{m/s}^2$  的减速度刹停，刹车距离为 5m。

##### 5.2.1.7.3 通过要求

5.2.1.7.3.1 试验车辆满足 4.2.4 的相关要求，不应与目标车辆发生碰撞。

5.2.1.7.3.2 若发生碰撞，试验车辆应满足 4.2.5、4.2.6 相关要求。

#### 5.2.1.8 停车入位

##### 5.2.1.8.1 试验场景

斜向车位长度和宽度参考机场货运牵引车标准停车位。如图7所示。

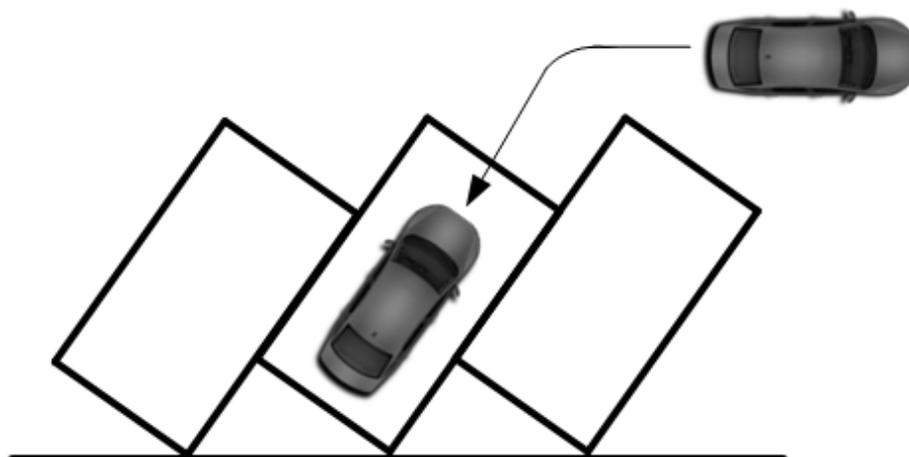


图7 停车入位

### 5.2.1.8.2 试验方法

车辆于车位旁倒入车位停车，在停稳后再驶出车位。

### 5.2.1.8.3 通过要求

试验车辆应满足4.2.3的相关要求，入位和出位过程中车轮不触轧车道边线，车身不触碰库位边线。在驶出车位前应正确开启转向灯，完成后关闭转向灯。

### 5.2.1.9 跟随(停-走功能)行驶

#### 5.2.1.9.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道的长直道，试验车辆稳定跟随目标车辆匀速行驶。如图8所示。



图8 跟随(停-走功能)行驶

#### 5.2.1.9.2 试验方法

试验车辆分别以满载和空载状态进行试验：

——在满载时，试验车辆以 10km/h 的速度稳定跟随目标车辆行驶；

——在空载时，试验车辆以 25km/h 的速度稳定跟随目标车辆行驶。

在试验车辆稳定跟随目标车辆行驶后，目标车辆以  $2\text{m/s}^2$  至  $3\text{m/s}^2$  减速度减速直至停止；若试验车辆保持跟随状态，当试验车辆车速降为  $0\text{km/h}$  后，目标车辆起步并以不低于  $2\text{m/s}^2$  的加速度达到原车速。

#### 5.2.1.9.3 通过要求

试验车辆应满足4.2.3、4.2.4的相关要求，识别目标车辆，并以稳定的车速跟随目标车辆行驶；当目标车辆制动停止后，试验车辆应能保持一定的安全距离制动并停车；当目标车辆启动后，试验车辆应在5s内启动并随后稳定跟随目标车辆行驶。

### 5.2.1.10 前方航空器地面服务设备切入

#### 5.2.1.10.1 试验场景

试验道路为包含两条车道的长直道，中间车道为白色虚线。试验车辆于右侧车道内行驶，目标车辆以预设速度匀速行驶。如图9所示。

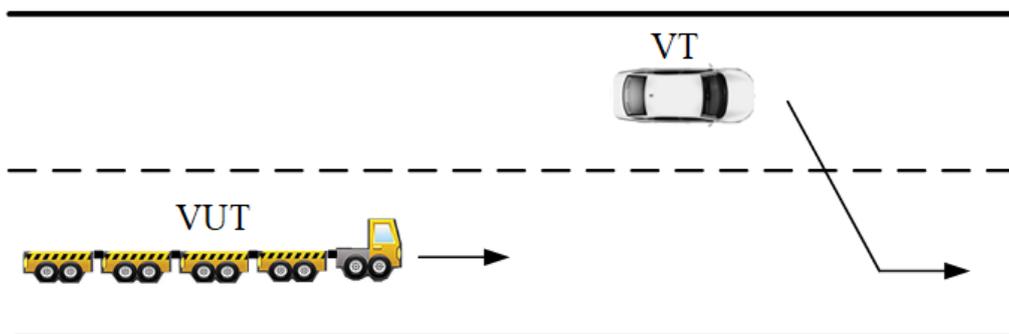


图9 前方航空器地面服务设备切入

#### 5.2.1.10.2 试验方法

当两车预碰撞时间首次达到预设时间5s-6s，目标车辆开始切入右侧车道并完成换道，完成换道时间不大于5s。试验车辆应以满载和空载两种状态进行试验：

- 在满载时，试验车辆速度为 10km/h，目标车辆在切入过程中和切入完成后其纵向速度均等于预设速度 5km/h；
- 在空载时，试验车辆速度为 25km/h，目标车辆在切入过程中和切入完成后其纵向速度均等于预设速度 10km/h。

#### 5.2.1.10.3 通过要求

试验车辆试验车辆应满足4.2.3、4.2.4的相关要求，不应与目标车辆发生碰撞。

#### 5.2.1.11 并道行驶

##### 5.2.1.11.1 试验场景

试验道路为包含两条车道的长直道，中间车道为白色虚线。试验车辆和目标车辆以相同的预设速度行驶。如图10所示。

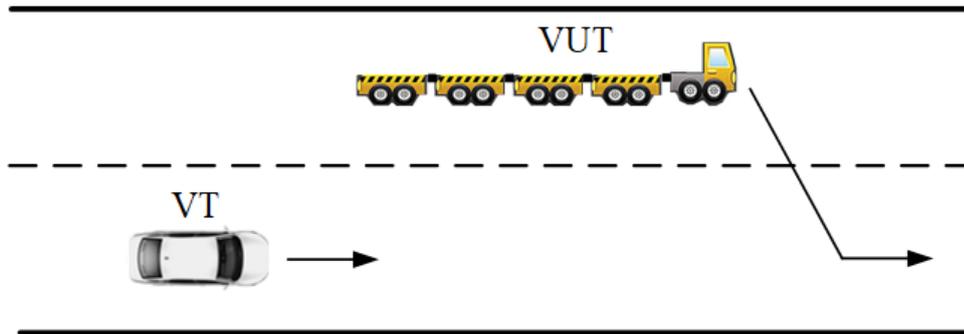


图10 并道行驶

##### 5.2.1.11.2 试验方法

试验车辆满载时，试验车辆与目标车辆分别于左侧和右侧车道内以10km/h的速度行驶；试验车辆空载时，试验车辆与目标车辆分别于左侧和右侧车道内以25km/h的速度行驶。随后给试验车辆发送并道指令，试验车辆接收到指令后开始加速切入右侧车道。

##### 5.2.1.11.3 通过要求

试验车辆应满足4.2.3、4.2.4的相关要求，安全并入目标车辆所处车道，未发生碰撞。

#### 5.2.1.12 跟车行驶前方存在车辆静止

##### 5.2.1.12.1 试验场景

试验道路为包含双向单车道的长直道，中间车道线为白色虚线。相同车道内存在试验车辆和两辆目标车辆(VT1和VT2)，其中试验车辆稳定跟随VT1在相同车道内行驶，而VT1以预设速度驶向静止状态VT2，两辆目标车辆的中心线偏差不超过0.5m。如图11所示。

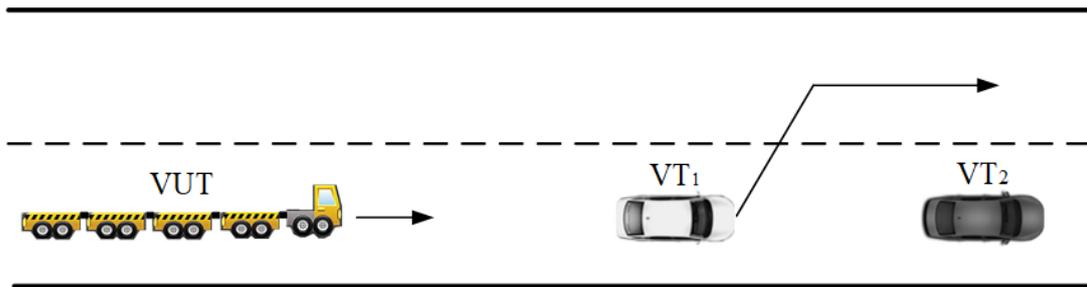


图11 跟车行驶前方存在车辆静止

#### 5.2.1.12.2 试验方法

试验车辆应以满载和空载两种状态进行试验：

——在满载时，试验车辆以 10km/h 的速度跟随 VT<sub>1</sub> 行驶，跟随距离保持在 10m；

——在空载时，试验车辆以 25km/h 的速度跟随 VT<sub>1</sub> 行驶，跟随距离保持在 20m；

当 VT<sub>1</sub> 距离 VT<sub>2</sub> 预碰撞时间首次达到 5s-6s 时执行换道动作驶入相邻车道，完成换道时间不大于 5s。

#### 5.2.1.12.3 通过要求

试验车辆应满足 4.2.3、4.2.4 的相关要求，不应与目标车辆 VT<sub>2</sub> 发生碰撞。

### 5.2.2 车路协同测试方法

#### 5.2.2.1 车路协同通信时延测试方法

车路协同通信时延测试步骤如下：

- 通过车路协同设备 log 日志，查看设备本身日志记录的应用层时间戳；
- 计算收发设备的应用层时间戳的时间差；
- 查看牵引车-牵引车、牵引车-路侧单元之间的应用层通信时延是否符合要求。

#### 5.2.2.2 车路协同信息安全测试方法

##### 5.2.2.2.1 车路协同通信连接安全测试方法

车路协同通信连接安全测试步骤如下：

- 采用自建根 CA 服务器的 OBU 检测件和车路协同中心或路侧单元进行通信；
- 若 OBU 标准件能够和车路协同中心或路侧单元成功通信，并成功解析数据内容，则牵引车终端与车路协同中心或路侧单元的通信不具备相互身份认证；
- 若 OBU 标准件无法和车路协同中心或路侧单元成功通信、不能解析数据内容，且牵引车终端可以和车路协同中心或路侧单元进行正常通信，则牵引车终端与车路协同中心或路侧单元的通信具备相互身份认证。

##### 5.2.2.2.2 车路协同通信传输安全测试方法

车路协同通信传输安全测试步骤如下：

- 采用网络数据抓包工具，进行数据抓包工作，解析数据报文内容；
- 若传输数据是明文传输，则牵引车终端与车路协同中心或路侧单元的通信传输内容没有加密；
- 若传输数据不是明文传输，则牵引车终端与车路协同中心或路侧单元的通信传输内容是加密传输。

##### 5.2.2.2.3 车路协同通信终止安全测试方法

车路协同通信终止安全测试步骤如下：

- 模拟伪造签名的数据报文，触发身份验证失败，检测系统是否终止该响应操作；

- b) 重发加密数据，触发校验失败，检测系统是否终止该响应操作。

#### 5.2.2.2.4 车路协同数据采集安全测试方法

车路协同数据采集安全测试步骤如下：

- a) 启动综测仪，监听车路协同设备传输内容；
- b) 车路协同设备启动某一项服务，使用综测仪检测是否在服务启动后才进行机场数据采集，停止服务后是否停止机场数据采集。

#### 5.2.2.2.5 车路协同通信连接安全测试方法

车路协同通信连接安全测试步骤如下：

- a) 车路协同系统发送一条正常数据报文，接收设备接收数据；
- b) 模拟中间人攻击发送同样内容的数据报文，接收设备接收数据；
- c) 对比两次数据，检测车路协同系统对于数据完整性、保密性和可用性的防护措施是否有效。

#### 5.2.2.2.6 车路协同数据存储安全测试方法

车路协同数据存储安全测试步骤如下：

- a) 读取存储包含机场敏感信息的文件，检测该类信息是否加密存储；
- b) 查看车路协同系统设计文档，检测是否有效实现重要安全参数的安全存储和运算；
- c) 使用非授权身份访问系统中存储用户数据的文件，检测是否无法访问文件信息；
- d) 检测车路协同系统是否支持数据操作日志的存储功能。

#### 5.2.2.2.7 车路协同消息发送频率测试方法

车路协同消息发送频率测试步骤如下：

- a) 远程登录发送设备，使用专用消息抓取工具查看消息的应用层频率信息；
- b) 远程登录接收设备，使用专用消息抓取工具查看消息的应用层频率信息；
- c) 对比收发设备的消息频率是否一致；
- d) 若一致，根据频率信息判断是否符合发送频率要求；
- e) 若不一致，检查问题。

#### 5.2.2.3 车路协同功能测试方法

车路协同所需的功能场景和测试方法应符合5.2.1节自动驾驶系统测试方法。

### 5.2.3 调度连接质量测试方法

#### 5.2.3.1 调度下行消息时延测试

测试步骤如下：

- a) 确认网络环境符合要求；
- b) 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的控制指令请求，并记录消息发送的时间戳  $t_1$ ；
- c) 在车载设备/模拟车载设备端记录处理消息后的时间戳  $t_2$ ，从车载数据采集设备上统计各消息达到时间，并计算时间差  $(t_2 - t_1)$ ；
- d) 重复执行 2、3 步骤直至达到测试要求时长和次数  $(n)$ ；
- e) 依据采集的时间差，计算平均值，作为测得的消息下行延迟；
- f) 通过不同测试区域、不同运营商蜂窝/宽带网络重复 1-5 步骤，计算所在测试点的评测指标；
- g) 消息发送失败的记录不予统计；
- h) 进行 100 次测试，每次测试间隔 10s，并对结果进行统计平均值。

测试评价如下：

各质量等级在该测试指标下的评价标准如下表 2 所示：

表2

质量等级	一级	二级	三级
评价标准	≤500ms	≤300ms	≤100ms

### 5.2.3.2 消息吞吐量测试

测试步骤如下：

- 确认网络环境符合要求；
- 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的控制指令请求，1s 发送 100 条控制指令，每条间隔 10ms，消息长度为固定字节。m 为评估等级二级、三级、四级中相应的吞吐量要求；
- 从车辆数据采集设备上统计被车载设备处理的实际 m 条消息，m 为评估等级一级、二级、三级中相应的吞吐量要求；
- 重复 100 次执行 2、3 步骤，每次测试间隔 10s，并对结果进行统计平均值。

测试评价：

各质量等级在该测试指标下的评价标准如下表 3 所示：

表3

质量等级	一级	二级	三级
评价标准	≥10条	≥20条	≥50条

### 5.2.3.3 消息响应执行正确性测试

测试步骤：

- 确认网络环境符合要求；
- 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的不同控制指令请求，车载设备上报解析消息，并记录消息上报的总次数 N；
- 从车载数据采集设备统计消息处理正确的次数 M；
- 计算车载设备消息响应执行的正确率  $P=100\%*M/N$ ；
- 通过不同测试区域、不同运营商蜂窝/宽带网络重复 1-5 步骤，计算所在测试点的评测指标；
- 共进行 100 次测试，每次测试间隔 1s，并统计此 100 次测试中的消息执行正确率。

测试评价：

各质量等级在该测试指标下的评价标准如下表 4 所示：

表4

质量等级	一级	二级	三级
评价标准	≥95%	≥98%	≥99.5%

### 5.2.3.4 消息响应执行时效性测试

测试步骤：

- 确认网络环境符合要求；
- 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的制动指令请求，车载设备上报解析消息时间戳；
- 从车载数据采集设备统计车载设备上报时间戳 t0 及执行消息时间戳 t1；
- 根据 t0, t1 计算车辆接收消息至执行消息响应时间 Tn (n 表示测试次数)；
- 共进行 30 次测试，每次测试间隔 1min，并记录 30 次测试，并对响应时间 Tn 进行统计平均值 Ta，Ta 为评估等级一级、二级、三级中相应的消息响应执行时效性要求。

各质量等级在该测试指标下的评价标准如下表 5 所示：

表5

质量等级	一级	二级	三级
评价标准	≤100ms	≤50ms	≤30ms

## 5.2.3.5 下行消息丢包率测试

测试步骤：

- 确认网络环境符合要求；
- 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的不同控制指令请求，总次数 N；
- 从车载数据采集设备统计接收到消息的次数 M；
- 计算下行消息丢包率  $P=100\%*M/N$ ；
- 通过不同测试区域、不同运营商蜂窝/宽带网络重复 1-5 步骤，计算所在测试点的评测指标；

各质量等级在该测试指标下的评价标准如下表所示：

表6

质量等级	一级	二级	三级
评价标准	≤0.5%	≤0.3%	≤0.2%

## 5.2.3.6 高优先级消息响应性测试

测试步骤：

- 确认网络环境符合要求；
- 通过调度平台/模拟调度平台发起指定车载设备的指令请求，每次指令发送间隔 1ms，共发送 N+1 条（N>100，为普通指令，1 条为较高优先级指令）；
- 每次从车载数据采集设备统计车载设备上报时间戳  $t_{n0}$  及执行消息时间戳  $t_{n1}$ ，记录一般消息处理时间为  $T_a = \sum_0^N (t_{n1} - t_{n0})/N$ ；
- 发送最后一条较高优先级指令，处理该消息的响应时间  $T \leq T_a$ 。

测试评价：

车辆在接收到较高优先级指令时，应及时处理该消息且响应时间  $T \leq$

## 附录 A (规范性)

### 对车辆安全相关电子电气系统的功能安全要求

#### A.1 总则

车辆安全相关的电子电气系统发生功能异常时，将会导致潜在的危害事件（例如，车辆正常行驶过程中，发生非预期的自主转向，导致车辆碰撞）。GB/T 34590-2017阐明了车辆安全相关电子电气系统在安全生命周期内应满足的功能安全的要求，应避免或降低因系统发生故障导致的风险。

本附录旨在避免因车辆电控系统故障、预期功能设计不充分导致的不合理的安全风险，使残余风险达到可接受水平，确保自动驾驶系统的运行安全。

本附录规定了自动驾驶系统在功能安全和预期功能安全方面文档、安全概念的特殊要求。

#### A.2 文档

##### A.2.1 总体要求

应具有相应的文档以说明自动驾驶系统的功能概念，包括驾驶控制策略和安全概念、安全需求、系统开发过程和方法，以证明系统：

- 在声明的 ODC 和运行边界内不会对人员造成不合理的风险。
- 满足本文件规定的功能要求。
- 开发方法和工具是适用的。

##### A.2.2 系统功能描述

A.2.2.1 制造商应描述自动驾驶系统的功能概念，包括其对应的驾驶控制策略。

A.2.2.2 在设计运行条件内执行动态驾驶任务所采取的方法以及对应的系统运行边界应进行描述。

A.2.2.3 应对自动驾驶系统车外行人的预期的交互以及人机界面进行描述。

A.2.2.4 应提供关于系统激活、干预、最低风险控制策略和系统关闭的相关说明信息，包括如何防止非预期的系统退出策略。

A.2.2.5 应提供输入和感知的变量清单，这些变量定义的工作范围，以及每个变量影响系统行为的描述。

A.2.2.6 应提供由系统控制的所有输出变量清单，并解释在每种情况下控制是直接进行还是通过另一系统进行。应定义每个变量的控制范围。

##### A.2.3 系统布局和原理图

###### A.2.3.1 系统组件清单

应基于这些组件单元提供系统布局及原理图，该图应能够清晰地展示组件分布和相互连接。布局及原理图应包括：

- 感知和目标探测（包含高精地图和定位系统）；
- 决策控制；
- 由远程监控中心提供的远程监管和远程监控（如果适用）；
- DSSAD（如果使用）；
- 远程调度与决策系统的交互方式。

###### A.2.3.2 单元功能

应概述系统各单元的功能，并展示该单元与其它单元或车辆其它系统间的信号连接。可使用带标记的框图或其它示意图说明。

### A.2.3.3 相互连接

用电路图、管路图和布置简图分别说明电子传输链、气压或液压传输链和机械连接装置在系统内部的相互连接。用电子传输链说明该系统与其他系统的发送/接收关系。

### A.2.3.4 信号流、运行数据和优先顺序

单元间的传输链与信号应有明确的对应关系。

如信号的优先顺序影响本文件所述性能或安全，应确定多元数据通道内的信号优先顺序。

### A.2.3.5 单元的认识

应能清晰明确地识别每个单元（例如，对硬件的标识、对软件内容的标识或软件输出）并提供相应的说明。

内部集成了多个功能的单个单元或单个处理器，在框图里多次出现时，为清晰和便于解释，仅用一个硬件识别标志。应利用识别标志确认所提供的装置与相应的文档一致。

识别标志应明确硬件和软件的版本，如版本变化引起本文件所述功能的改变，应对识别标志作相应地改变。

### A.2.3.6 感知系统组件的安装说明

应能清晰说明感知系统中单个组件的安装信息。

## A.2.4 危害分析和风险评估

应对自动驾驶系统的功能性故障进行分析，并归类。

应根据车辆目标使用场景及目标用户，分析潜在危害，并定义相应的安全完整性等级 (ASIL)。

应针对潜在危害，定义安全目标，并进行归类。

## A.2.5 安全概念

A.2.5.1 应声明系统在故障或者非故障条件下，对人员不存在不合理的风险。

A.2.5.2 应说明系统中软件架构概要、设计和开发过程中的逻辑，所使用的设计方法和工具。

A.2.5.3 应解释说明系统确保功能安全和运行安全的设计原则。系统可采取的设计原则如下：

- a) 使用部分系统维持运行。在某些故障条件下（例如：系统发生严重失效时）维持部分性能的运行模式，应说明这些条件（例如：严重失效的类型）并确定其效果（例如：立即启动最小风险控制），并向后援用户发出警告；
- b) 切换到独立的备用系统。如选择备用系统实现动态驾驶任务的性能，应对切换机制的原理、冗余的逻辑和层级、备用系统的状态检查机制进行说明并界定备用系统的效果；
- c) 退出自动驾驶功能。如果选择退出，过程应符合本文件要求。应禁止与该功能有关的所有输出控制信号。

A.2.5.4 应通过安全分析说明该系统如何减轻或避免可能对人员的安全产生影响的危害。安全分析包含但不限于：

- a) 整车层面的安全分析，可采用整车层面的危害和风险分析（HARA）。
- b) 系统层面的安全分析，可采用潜在失效模式与影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）、系统理论过程分析（STPA）或任何适合系统安全分析的其他类似过程。
- c) 对确认/验证计划和结果（包括合适的接受准则）进行检查，确认应基于硬件在环（HIL）测试、实车道路测试、驾驶员在环测试或其它适当的方法。

A.2.5.5 应列出系统所监测的参数，同时应针对 A.2.4 中定义的每一种故障情况，列出给予后援用户及维修人员的警告信号。

A.2.5.6 应描述对应的措施，确保系统在性能受环境条件影响时，如气候、温度、灰尘进入、进水、冰封等，不会给人员带来不合理的风险。

## A.3 验证和确认

应按照A.2相关文档的描述，进行下列试验，对系统的功能概念和功能安全概念进行验证和确认。

### A.3.1 功能概念的验证和确认

除需要按照本文件或其他标准规定的专门试验程序进行功能试验，应按照A.2.2的功能描述，执行车辆系统非失效状态下的功能试验，作为确定系统正常运行水平的方法。

### A.3.2 安全概念的验证和确认

A.3.2.1 应通过向电子电气组件或机械组件施加相应的输入，来模拟组件内部故障的影响。以检查系统单个组件发生失效的情况。

A.3.2.2 应针对 A.2.4 中的故障条件、非故障条件下的可控性和人机交互（HMI，例如：接管过程）进行验证和确认。

A.3.2.3 应检查系统的对象与事件探测和响应（OEDR）、系统决策，和人机交互（HMI）等是否符合本 标准的要求（例如：难于探测到的对象，系统到达 ODC 边界，切入/切出等交通扰动场景）。

A.3.2.4 验证和确认的结果应符合 A.2.5 的要求，说明安全概念及其实施效果，并符合本文件要求。

A.3.2.5 仿真工具和数学模型，可用于验证安全概念，特别是难于利用场地测试和实际道路测试的场景。应证明仿真工具的范围，它对涉及场景的有效性，以及仿真工具链的确认（通过物理测试的输出进行校正）。

## A.4 系统评估报告

A.4.1 评估报告应具有可追溯性，例如对所检查文档的版本进行编号并记录。本附录给出了评估报告的示例。

### A.4.1.1 基本信息

#### A.4.1.1.1 车辆信息

制造商名称： \_\_\_\_\_  
车型： \_\_\_\_\_ VIN： \_\_\_\_\_  
自动驾驶系统的识别方法： \_\_\_\_\_  
该标记的位置： \_\_\_\_\_

#### A.4.1.1.2 制造商提供的文档信息

文档编号： \_\_\_\_\_  
原始版本发布时间： \_\_\_\_\_  
最终版本发布时间： \_\_\_\_\_

#### A.4.1.2 试验车辆/系统说明

总体说明： \_\_\_\_\_  
系统的控制功能和操作方法的说明： \_\_\_\_\_  
系统内部互连的组件说明： \_\_\_\_\_  
系统与其他系统互连的说明： \_\_\_\_\_  
信号流和运行数据及其优先级的说明： \_\_\_\_\_  
感知系统组件的安装说明： \_\_\_\_\_

#### A.4.1.3 制造商的安全概念

制造商声明： 制造商 \_\_\_\_\_  
确认系统对人员没有不合理的风险  
软件架构设计及开发使用的设计方法和工具： \_\_\_\_\_  
系统安全概念说明： \_\_\_\_\_  
系统在危险或故障条件下行为的分析： \_\_\_\_\_

对不良环境条件所采取的措施的说明： \_\_\_\_\_

**A. 4. 1. 4 验证和确认**

按照A. 4. 1执行的验证试验的结果： \_\_\_\_\_

按照A. 4. 2执行的验证试验结果： \_\_\_\_\_



**附录 B**  
(规范性)  
**自动化作业技术要求及测试方法**

**B.1 总则**

本附录规定了无人驾驶货运牵引车对于自动化作业的总体要求、相关技术要求及测试方法。

**B.2 总体要求**

B.2.1 自动化作业系统分为I型系统、II型系统、III型系统。

B.2.1.1 具备I型系统的无人货运牵引车应能在机坪自动化作业。

B.2.1.2 具备II型系统的无人货运牵引车应能在待运区自动化作业。

B.2.1.3 具备III型系统的无人货运牵引车应能在分拣区自动化作业。

B.2.2 各型自动化作业系统之间应能由自动驾驶系统保证车辆机场作业区域内通行。

B.2.3 各型自动化作业系统之间相互切换应顺畅，保证各区域按要求完成作业。

**B.3 技术要求**

B.3.1 自动化作业系统应能保证牵引车作业定位横向对接精度不超过 $20 \pm 5$ cm。

B.3.2 自动化作业系统应能保证牵引车作业定位纵向对接精度不超过 $20 \pm 5$ cm。

B.3.3 自动化作业系统应能够按指令完成自适应对位运输作业、装卸机运输作业、指定板箱运输作业。

B.3.4 自动化作业系统完成指令作业效率不应低于人类作业一般水平。

B.3.5 自动化作业系统应能适应真实作业场景，避免不合理的过长时间等待以及对其他作业车辆造成干扰。

B.3.6 自动化作业系统应保证牵引车能够精准对接/脱开托盘车，并保证对接的可靠性，脱挂钩成功率不低于99%。

B.3.7 自动化作业系统应保证牵引车脱挂钩作业时间不超过3分钟。

**B.4 测试方法****B.4.1 试验区域**

表A.1

试验类型		自动化作业系统		
		I型系统	II型系统	III型系统
循迹作业	/	机坪	机坪-待运区-分拣区	分拣区
自动装卸	装机作业	机坪	/	分拣区
	卸机作业	机坪	/	分拣区
指定装卸	装机作业	机坪	/	分拣区
	卸机作业	机坪	/	分拣区
牵引车脱挂钩	脱挂钩作业	机坪	待运区	分拣区

**B.4.2 试验方法****B.4.2.1 循迹作业****B.4.2.1.1 试验方法**

试验车辆根据各型自动化作业系统选择试验方法：

- 若试验车辆具备 I 型系统或 III 型系统，试验车辆携带 4 个托盘车从规定试验区域出发，首先停在作业安全线外，在接收到指令后，货运牵引车起动进入红线安全区内并靠接作业平台。
- 若试验车辆具备 II 型系统，试验车辆首先停在作业安全线外，在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，在接收到指令后，货运牵引车起动进入待运区作业，将货物运送至待运区后自动与托盘车脱钩，最后返回指定区域。

#### B.4.2.1.2 通过要求

- a) 按照规定的各类航空器装卸机行进路线行驶，作业路线不能直接穿过飞机投影。
- b) 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。
- c) 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.1.2 中（1）、（2）完成试验。

#### B.4.2.2 自动装卸-装机作业

##### B.4.2.2.1 试验方法

货运牵引车在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，将货物运输至泊位，泊位内与作业平台自动对接。完成装机作业后驶离规定试验区域，并在指定位置自动与托盘车脱钩。

##### B.4.2.2.2 通过要求

- a) 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。
- b) 对靠平台车时，托盘车与平台车对位重复性精度要求： $20 \pm 5\text{cm}$ 。
- c) 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.2.2 中（1）、（2）完成试验。

#### B.4.2.3 自动装卸-卸机作业

##### B.4.2.3.1 试验方法

货运牵引车在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，将托盘车拉至对接泊位与作业平台对接，待作业平台将货物卸装完毕后驶离规定试验区域，并将货物运送至指定位置后自动与托盘车脱钩。

##### B.4.2.3.2 通过要求

B.4.2.3.2.1 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。

B.4.2.3.2.2 对靠平台车时，托盘车与平台车对位重复性精度要求： $20 \pm 5\text{cm}$ 。

B.4.2.3.2.3 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.3.2 中（1）、（2）完成试验。

#### B.4.2.4 指定装卸-装机作业

##### B.4.2.4.1 试验方法

货运牵引车在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，将货物运输至泊位，泊位内按指定顺序与作业平台自动对接。完成装机作业后驶离规定试验区域，并在指定位置自动与托盘车脱钩。

##### B.4.2.4.2 通过要求

B.4.2.4.2.1 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。

B.4.2.4.2.2 对靠平台车时，托盘车与平台车对位重复性精度要求： $20 \pm 5\text{cm}$ 。

B.4.2.4.2.3 驾驶货运牵引车能够按照发送的装机指令顺序完成对位。

B.4.2.4.2.4 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.4.2 中（1）、（2）、（3）完成试验。

#### B.4.2.5 指定装卸-卸机作业

##### B.4.2.5.1 试验方法

货运牵引车在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，将托盘车拉至对接泊位，按指定顺序与作业平台对接，待作业平台将货物卸装完毕后驶离规定试验区域，并将货物运送至指定位置后自动与托盘车脱钩。

#### B.4.2.5.2 通过要求

- B.4.2.5.2.1 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。
- B.4.2.5.2.2 对靠平台车时，托盘车与平台车对位重复性精度要求： $20\pm 5\text{cm}$ 。
- B.4.2.5.2.3 驾驶货运牵引车能够按照发送的卸机指令顺序完成对位。
- B.4.2.5.2.4 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.5.2 中（1）、（2）、（3）完成试验。

#### B.4.2.6 脱挂钩作业

##### B.4.2.6.1 试验方法

货运牵引车在作业安全线外的指定位置自动与托盘车挂钩，并在发出挂钩指令的时刻进行计时。在完成挂钩作业的时刻停止计时。

##### B.4.2.6.2 通过要求

- B.4.2.6.2.1 货运牵引车车头应能精准与托盘车挂钩和脱钩，并回到指定位置。
- B.4.2.6.2.2 整个作业流程时间不大于 3 分钟。
- B.4.2.6.2.3 挂钩应稳定可靠，牵引过程中不应出现脱钩、断开等情况。
- B.4.2.6.2.4 重复进行 30 次试验，都应按通过要求 B.4.2.6.2 中（1）、（2）、（3）完成试验。



### 参 考 文 献

- [1] GB/T 28222-2011 服务标准编写通则
  - [2] WB/T 1102-2020 汽车售后服务备件仓储作业规范
- 

