

自动驾驶货运车辆极寒冰雪公路测试场景 应用技术规程 (征求意见稿)

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
3.1 冰雪环境 ice and snow environment	3
3.2 结冰路面 icy road surface	3
3.3 黑冰路面 black ice road surface	4
3.4 积雪压实路面 compacted snow road surface	4
3.5 极寒环境 extremely cold environment	4
3.6 风吹雪路段 wind-blown snow section	4
3.7 车载单元 on-board unit; OBU	4
3.8 路侧单元 road side unit; RSU	4
3.9 载重量 load capacity	4
4 功能要求	4
4.1 通用环境适应性要求	4
4.2 环境感知系统要求	4
4.3 决策规划与控制执行要求	5
4.4 故障诊断与失效防护要求	5
4.5 数据记录与传输要求	6
4.6 人机交互要求	6
5 安全技术要求	6
6 测试要求	7
6.1 测试场地要求	7
6.2 测试设施设备要求	7
6.3 测试车辆要求	7
7 测试场景要求	8
7.1 一般规定	8
7.2 基础功能测试场景	8
7.3 冰雪路面动态驾驶测试场景	8
7.4 极端环境适应性测试场景	9
7.5 车路协同测试场景	9
7.6 应急处置与接管测试场景	10

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。

本文件结合黑龙江省寒区地理气候特征、冬季公路冰雪运营环境特点，针对自动驾驶货运车辆的极寒环境适应性、冰雪路面行驶安全、运营管理、测试验证等核心需求制定，填补了黑龙江省自动驾驶货运车辆极寒冰雪公路测试场景应用技术规程的空白。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：黑龙江省交投智能网联汽车产业创新有限公司、黑龙江省交投信息科技有限公司

本文件主要起草人：宋先睿、李云峰、于丽、于昊玄、唐福军、杨洪伟、于建国、王洁明、王东浩、袁猛、张倩琳、代双超、孙佳、赵春丽、姜博瀚、张鑫、唐天一

本文件为首次发布。

自动驾驶货运车辆极寒冰雪公路测试场景应用技术规程

1 范围

本文件规定了寒区公路自动驾驶货运车辆的术语和定义、功能要求、安全保障、测试要求、测试场景要求、实施与监督等全流程技术与管理规范。

本文件适用于黑龙江省境内，在-40℃极寒及冰雪覆盖环境下，具备L2级及以上自动驾驶功能的N类货运汽车的测试、运营与管理，其他类型货运车辆可参照执行。

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 5768 道路交通标志和标线
- GB 7258 机动车运行安全技术条件
- GB 18565 道路运输车辆综合性能要求和检验方法
- GB/T 18384 电动汽车安全要求
- GB/T 19056 汽车行驶记录仪
- GB/T 28029 电动汽车远程服务与管理系统技术规范
- GB/T 28046.3 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 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 33577 智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统性能要求和测试规程
- GB/T 39220 智能网联汽车 自动驾驶功能试验方法
- GB/T 39901 智能网联汽车 自动紧急制动系统（AEB）性能要求和试验方法
- JT/T 794 道路运输车辆卫星定位系统 车载终端技术要求
- JT/T 1078 道路运输车辆卫星定位系统 视频监控平台技术要求
- T/CSAE 091-2022 智能网联汽车特殊环境自动驾驶功能场地试验方法及要求
《道路运输车辆动态监督管理办法》（交通运输部令 2022 年第 10 号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 冰雪环境 ice and snow environment

包含降雪以及由降雪引起的道路表面结冰、积雪、湿滑工况和特殊目标物的总称，覆盖黑龙江省冬季常见的结冰、积雪压实、浮雪、融雪湿滑等全类型路面工况。。

3.2 结冰路面 icy road surface

道路表面形成的透明薄冰层，肉眼难以与路面区分，路面附着系数 ≤ 0.15 ，是寒区冬季高风险路面工况。

3.3 黑冰路面 black ice road surface

道路表面形成的黑色薄冰层，肉眼难以与路面区分，路面附着系数 ≤ 0.15 ，是寒区冬季高风险路面工况。

3.4 积雪压实路面 compacted snow road surface

道路表面被车辆压实的积雪覆盖，路面附着系数为 0.2~0.3 的寒区冬季典型路面工况。

3.5 极寒环境 extremely cold environment

环境空气温度持续 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 的气候环境，为黑龙江省冬季北部地区常见工况。

3.6 风吹雪路段 wind-blown snow section

受地形和气象影响，积雪被气流搬运堆积在公路路面、路肩，易造成能见度骤降、路面积雪阻断的路段，为黑龙江省冬季公路高发风险路段。

3.7 车载单元 on-board unit; OBU

安装在车辆上，可实现C-V2X通信，支持车路协同应用，满足 -40°C 低温工作要求的硬件单元。

3.8 路侧单元 road side unit; RSU

安装在测试场地及运营道路路侧，可实现C-V2X通信，支持车路协同应用，满足寒区低温、风雪环境工作要求的硬件单元。

3.9 载重量 load capacity

货运汽车额定载重重量，测试与运营需覆盖空载、半载、满载三种工况。

4 功能要求

4.1 通用环境适应性要求

自动驾驶货运车辆及车载自动驾驶系统、核心部件，宜在黑龙江省寒区冰雪、极低温环境下满足以下适应性要求：

1. 车辆及车载自动驾驶系统、传感器、电气设备、控制器等核心部件，宜满足 $-40^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 的全气候工作温度范围；在 -40°C 极端低温环境静置 12h 后，冷启动时间宜 $\leq 30\text{s}$ ，系统上电后 1min 内全部功能宜正常启动运行。
2. 纯电动货运车辆宜具备电池低温预热、主动保温、余热回收功能，行驶过程中电池工作温度宜稳定维持在 $0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 区间； -30°C 环境下，电池续航衰减率宜不高于标称值的 35%。
3. 车载传感器、OBU、域控制器等核心部件外壳防护等级宜不低于 IP67；激光雷达、摄像头、毫米波雷达的镜头 / 天线罩宜具备电加热自动除冰、除雪、除雾功能， -30°C 环境下，表面结霜 / 结冰厚度 1mm 时，除冰除霜完成时间宜 $\leq 120\text{s}$ ，恢复正常感知能力。
4. 车辆制动、转向、动力系统宜满足低温工作要求， -40°C 环境下宜无卡滞、失效、响应延迟等问题，制动液、转向液、润滑油等宜适配极寒环境使用标准。

4.2 环境感知系统要求

寒区环境下，自动驾驶货运车辆车载环境感知系统的感知、识别及车路协同能力应符合下列要求：

1. 应采用摄像头、毫米波雷达、激光雷达、红外热成像等多传感器融合感知方案，适配暴雪、逆光、夜间低温、低能见度等寒区典型交通场景；红外热成像设备应满足 -40°C 极寒环境持续工作要求，可识别道路范围内 100m 内的行人、野生动物等交通干扰目标。
2. 应具备寒区全类型冰雪路面工况识别能力，可精准辨识结冰、黑冰、积雪压实、浮雪、融雪湿滑等路面状态，实时监测并反馈路面附着系数，识别准确率 $\geq 95\%$ 。
3. 应适配寒区冬季道路标志标线积雪覆盖场景，道路标线 70% 面积、交通标志 50% 面积被积雪覆盖时，识别准确率 $\geq 90\%$ ；对寒区冬季专用交通标志、清雪作业警示标志的识别准确率 $\geq 95\%$ 。
4. 在风吹雪导致的能见度 50m~200m 工况下，对道路内机动车、非机动车、行人等交通参与者的识别准确率 $\geq 90\%$ ；可识别 150m 外的清雪作业车辆、防滑沙堆、路面积雪堆、融雪剂抛洒物、倒伏防护栏等寒区道路常见通行障碍，识别准确率 $\geq 95\%$ 。
5. 车路协同功能应接入辖区车路协同交通管理体系，车载 OBU 与路侧 RSU 的稳定通信距离 $\geq 1000\text{m}$ ，低温、吹雪环境下通信丢包率 $\leq 1\%$ ，可实时接收路侧交通管理设备推送的路面结冰、积雪厚度、能见度、清雪作业、道路阻断等交通管控预警信息。

4.3 决策规划与控制执行要求

车载自动驾驶决策规划与控制系统，宜在寒区冰雪路面环境下具备以下动态控制与策略调整能力：

1. 宜能根据实时识别的路面附着系数、积雪厚度、环境温度、能见度等寒区环境参数，动态调整车辆行驶策略，包括最高行驶速度、跟车距离、制动策略、转向策略等，不宜超出设计运行条件行驶。
2. 冰雪路面跟车距离宜满足以下要求：
 - 结冰路面（附着系数 0.1~0.2）：跟车距离不低于同速度下干燥路面的 4 倍；
 - 积雪压实路面（附着系数 0.2~0.3）：跟车距离不低于同速度下干燥路面的 3 倍；
 - 浮雪 / 融雪湿滑路面：跟车距离不低于同速度下干燥路面的 2 倍。
3. 制动控制宜具备 ABS、ESC 与自动驾驶系统的联动控制功能，结冰路面紧急制动时，制动距离偏差宜不超过理论计算值的 10%，无侧滑、甩尾、跑偏、失控现象；可提前识别路面结冰制动风险，采取预防性降速、点刹措施。
4. 转向控制宜具备冰雪路面防侧滑、防过度转向功能，冰雪路面弯道行驶时，横向控制偏差宜 $\leq 0.5\text{m}$ ，无侧滑、冲出车道现象；长下坡结冰路段宜具备发动机制动、缓速器联动控制功能，车速控制偏差宜 $\leq \pm 5\text{km/h}$ ，无制动热衰退、失速风险。
5. 宜具备清雪作业场景专项应对能力，可提前 150m 识别清雪作业车辆及警示标志，主动减速、规范避让，按照现场交通信号行驶；可应对风吹雪路面突变、积雪阻断道路场景，及时采取减速、安全停车、风险预警措施。

4.4 故障诊断与失效防护要求

车载自动驾驶系统宜具备全系统实时故障诊断与分级失效防护能力，满足以下要求：

1. 宜具备全系统实时故障诊断功能，覆盖感知、决策、控制、通信、动力、制动、转向等子系统，以及传感器加热、电池热管理等寒区专属系统，故障诊断响应时间宜 $\leq 100\text{ms}$ 。
2. 宜按故障风险等级，分级执行失效防护措施：
 - 一级故障（致命故障）：自动驾驶系统完全失效、制动 / 转向系统失效、核心冗余系统失效，宜立即执行紧急制动，开启危险报警闪光灯，同步向运营平台、安全员发送一级预警，车辆停稳后自动激活驻车制动，锁定非人工接管模式；
 - 二级故障（严重故障）：单个核心传感器失效、车路协同通信中断、电池热管理系统故障、感知系统加热功能失效，宜立即执行平稳减速，在就近安全区域停车，开启危险报警闪光灯，向运营平台、安全员发送二级预警，提示人工接管，接管前保持最低风险行驶状态；

- 三级故障（一般故障）：非核心传感器失效、人机交互局部故障、辅助加热功能异常，宜向安全员、运营平台发送分级预警，提示在最近安全站点停车检修，期间保持自动驾驶功能正常运行，持续监测故障升级风险。
3. 核心系统（制动、转向、供电、感知、决策）宜满足全冗余设计，-40℃极端低温环境下，单一部件故障时，冗余系统无缝切换时间宜 $\leq 50\text{ms}$ ，无功能中断、车辆失控风险。

4.5 数据记录与传输要求

自动驾驶货运车辆车载数据记录与传输系统，宜满足寒区环境下的以下技术要求：

1. 车载数据记录单元宜满足 - 40℃低温工作要求，断电后数据至少保存 180 天，事故 / 失效事件数据存储期限不低于 3 年，数据不可篡改、不可删除。
2. 宜实时记录并存储车辆全量运行数据，运动状态参数采样频率宜不低于 50Hz，数据至少包含：
 - 车辆基础信息：车架号、号牌、载重量、自动驾驶等级、控制模式；
 - 寒区环境参数：环境温度、路面温度、能见度、积雪厚度、路面附着系数、降雪 / 气象预警信息；
 - 车辆运动状态：速度、加速度、减速度、转向角度、制动力度、行驶方向、车道位置；
 - 系统状态：自动驾驶各子系统工作状态、传感器加热 / 热管理系统运行参数、故障与预警信息；
 - 感知决策、V2X 通信、远程控制指令、车内外 360° 音视频监控、安全员人机交互记录等全量数据。
3. 车辆发生交通事故、自动驾驶功能失效、紧急接管事件时，宜自动记录并存储事发前至少 90s、事发后至少 30s 的全量数据。
4. 宜具备寒区网络波动环境下的实时数据传输与断点续传功能，向运营监控平台实时传输关键运行数据，传输延迟宜 $\leq 1\text{s}$ ，网络恢复后自动补传缺失数据；数据存储、传输宜采用国密算法加密，保障数据安全。

4.6 人机交互要求

自动驾驶货运车辆人机交互系统，宜满足寒区低温环境下的以下技术要求：

1. 人机交互触控屏宜满足 - 30℃低温环境正常触控操作要求，响应时间宜 $\leq 100\text{ms}$ ，无卡顿、失灵；界面可清晰显示车辆自动驾驶状态、寒区环境参数、系统故障、预警信息、路径规划等核心内容，低温逆光环境下清晰可辨。
2. 宜具备视觉、听觉、触觉（方向盘 / 座椅震动）多模态分级预警功能，冰雪路面风险、系统故障、人工接管等场景下，预警信息清晰无歧义，人工接管提示提前量宜 $\geq 3\text{s}$ 。
3. 自动驾驶模式开启、关闭、紧急接管宜具备物理按键 + 触控操作双模式，人工接管优先级最高，安全员通过踩踏制动踏板、转动方向盘、按下紧急接管按键，可立即接管车辆控制权，接管响应时间宜 $\leq 50\text{ms}$ ，接管过程无冲击、无失控。
4. 宜具备 - 30℃低温环境下高准确率语音交互功能，语音识别准确率宜 $\geq 95\%$ ，支持安全员通过语音指令完成系统操作、预警确认、信息查询等功能；可完整记录安全员人机交互、接管操作行为，记录保存期限宜不低于 180 天。

5 安全技术要求

1. 自动驾驶货运车辆核心制动、转向、动力、自动驾驶决策系统宜采用冗余设计，单一部件发生故障时，冗余系统可无缝接管，保障车辆行驶安全。
2. 车辆宜具备寒区冰雪路面紧急避险技术功能，可针对突发障碍物、路面附着系数骤降、侧滑风险等场景，自动执行减速、制动、稳向等最低风险处置措施。

3. 车辆车身宜设置反光材质的自动驾驶标识，配备低温环境下可正常工作的警示装置，低能见度环境下 100m 外可清晰识别。
4. 车辆宜配备寒区专属应急安全技术配置，包括低温应急供电、驻车制动自动锁定、故障状态自动预警等功能，保障极端环境下的基础安全能力。

6 测试要求

6.1 测试场地要求

自动驾驶货运车辆寒区测试场地分为封闭场地测试和开放道路测试，宜满足寒区冰雪环境测试技术要求，贴合黑龙江省冬季气候与道路特征：

1. 封闭测试场地宜满足以下技术要求：
 - 具备标准沥青 / 混凝土路面，可模拟结冰路面、黑冰路面、积雪压实路面、浮雪路面等全类型寒区路面工况，可精准控制路面附着系数与积雪厚度；
 - 可模拟极寒环境、风吹雪低能见度环境、背阴结冰路段、长下坡结冰路段等寒区典型道路场景；
 - 可模拟积雪覆盖交通标志、标线的测试场景，标志标线符合 GB 5768 要求；
 - 具备 C-V2X 车路协同测试环境，部署符合要求的 RSU、边缘计算设备、气象监测设备；
 - 配套低温车库、车辆维护车间、数据监控中心、应急保障设施，满足 -40°C 环境下测试保障需求；
 - 实行封闭管理，具备完善的安全防护设施，防范无关人员、车辆进入。
2. 开放道路测试场地宜满足以下技术要求：
 - 选择黑龙江省境内具备寒区冰雪环境特征的高速公路、国省干线、农村公路，覆盖长下坡结冰路段、风吹雪路段、山区积雪路段等典型场景；
 - 具备完善的交通安全设施、移动通信网络覆盖、车路协同基础设施，沿线配套应急救援与清雪保障力量。

6.2 测试设施设备要求

1. 测试仪器设备宜满足 -40°C 低温工作要求，测量精度符合测试标准，在检定 / 校准有效期内使用。
2. 测试设备核心参数宜满足以下要求：
 - 车辆运动状态采样设备：采样频率不低于 100Hz，速度采集精度 $\geq 0.1\text{km/h}$ ，横向 / 纵向位置采集精度 $\geq 0.1\text{m}$ ，加速度采集精度 $\geq 0.1\text{m/s}^2$ ，转向角度采集精度 $\geq 0.1^{\circ}$ ；
 - 视频采集设备：分辨率不低于 1920×1080 像素，帧率不低于 30fps， -30°C 环境下正常工作，低照度环境成像清晰，具备防雾防结冰功能；
 - 环境参数采集设备：可采集环境温度、路面温度、能见度、积雪厚度、路面附着系数等参数，温度采集范围 $-50^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，精度 $\geq 0.2^{\circ}\text{C}$ ，积雪厚度采集精度 $\geq 1\text{mm}$ ，路面附着系数采集精度 ≥ 0.02 ；
 - 数据记录设备：采样频率不低于 100Hz， -40°C 环境下数据不丢失，具备加密防篡改功能；
 - 目标物设备：目标车辆、假人、非机动车目标物符合相关国家标准，低温环境下稳定工作，目标车辆速度控制精度 $\pm 2\text{km/h}$ ，目标假人速度控制精度 $\pm 0.5\text{km/h}$ ，时间触发控制精度 $\pm 0.5\text{s}$ ；
 - 车路协同测试设备：通信距离 $\geq 1000\text{m}$ ，低温吹雪环境下通信丢包率 $\leq 1\%$ ，时延 $\leq 50\text{ms}$ 。
3. 测试前宜对所有设备进行低温环境校准与功能检查，合格后方可投入使用。

6.3 测试车辆要求

用于寒区测试的自动驾驶货运车辆，宜满足以下技术要求：

1. 测试车辆宜为 N 类货运车辆，具备 L2 级及以上自动驾驶功能，符合 GB 7258 等机动车安全技术要求，通过国家强制性产品认证，手续齐全合法。
2. 测试车辆宜完成寒区适应性改装与验证，具备传感器自动除冰除雪系统、电池低温热管理系统、低温冗余供电系统等，改装不影响车辆安全性能。
3. 测试车辆宜先完成封闭场地寒区基础测试，各项功能符合本指南要求后，方可进入开放道路测试。
4. 测试车辆宜配备完善的安全防护设施与寒区应急物资，测试前完成全面安全检查与功能校准，状态合格后方可开展测试。

7 测试场景要求

7.1 一般规定

1. 所有测试场景宜在黑龙江省寒区冰雪环境下开展，覆盖极寒低温、冰雪路面、低能见度、风吹雪等典型工况，分为基础功能、冰雪路面动态驾驶、极端环境适应性、车路协同、应急处置与接管五大类测试场景。
2. 测试宜覆盖车辆额定载重量的空载、半载、满载三种工况，满载工况测试占比宜不低于 50%。
3. 每个测试场景宜至少重复测试 5 次，成功率 100% 为合格；高风险场景宜先在封闭场地测试合格后，方可在开放道路开展验证。

7.2 基础功能测试场景

1. 交通信号识别及响应测试

测试内容：车辆对交通信号灯、交通标志、标线的识别与响应，含积雪覆盖的标志、标线；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，晴天 / 小雪 / 中雪天气，标志 / 标线积雪覆盖度 0%~70%；

评价指标：识别准确率宜≥95%，响应及时率 100%，无违反交通信号行为。

2. 道路基础设施与障碍物识别及响应测试

测试内容：车辆对寒区道路常见障碍物的识别、避让与响应，含路面积雪堆、防滑沙堆、清雪作业车辆、倒伏防护栏等；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，冰雪路面，能见度≥100m；

评价指标：障碍物识别距离宜≥150m，识别准确率宜≥95%，避让成功率 100%，无碰撞刮蹭。

3. 行人与非机动车识别及响应测试

测试内容：车辆对冬季厚重衣物行人、非机动车的识别避让，含横穿马路、鬼探头、夜间 / 吹雪低能见度场景；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，冰雪路面，能见度 50m~200m，白天 / 夜间；

评价指标：目标识别距离宜≥100m，识别准确率宜≥95%，避让成功率 100%，无碰撞风险。

4. 周边车辆行驶状态识别及响应测试

测试内容：车辆对周边车辆跟车、超车、会车、紧急制动、侧滑等状态的识别与响应；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，结冰 / 积雪路面，能见度≥100m；

评价指标：目标识别准确率宜≥98%，跟车距离符合本指南要求，避让成功率 100%，无碰撞风险。

7.3 冰雪路面动态驾驶测试场景

1. 冰雪路面直线行驶与车道保持测试

测试内容：不同附着系数冰雪路面的直线行驶、车道保持能力；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ ，路面附着系数 $0.1\sim0.3$ ，车速 $30\text{km/h}\sim60\text{km/h}$ ，车道线积雪覆盖度 $0\%\sim70\%$ ；

评价指标：车道保持横向偏差宜 $\leq 0.5\text{m}$ ，无压线、驶出车道现象。

2. 冰雪路面转向与弯道行驶测试

测试内容：冰雪路面弯道行驶、转向控制能力，含背阴结冰急弯路段；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ ，路面附着系数 $0.1\sim0.3$ ，车速 $20\text{km/h}\sim50\text{km/h}$ ；

评价指标：横向控制偏差宜 $\leq 0.5\text{m}$ ，无侧滑、甩尾、冲出车道现象。

3. 冰雪路面制动与紧急制动测试

测试内容：冰雪路面常规制动、紧急制动能力，含防抱死、防侧滑控制；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ ，路面附着系数 $0.1\sim0.3$ ，初始车速 $30\text{km/h}\sim60\text{km/h}$ ；

评价指标：制动距离偏差宜 \leq 理论计算值的 10% ，无侧滑、甩尾、失控现象。

4. 长下坡结冰路段行驶测试

测试内容：长下坡结冰路段车速控制、制动热衰退防护能力；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ ，坡度 $3\%\sim6\%$ ，坡长 $\geq 1\text{km}$ ，路面结冰，附着系数 $0.1\sim0.2$ ；

评价指标：车速控制偏差宜 $\leq \pm 5\text{km/h}$ ，无制动热衰退、失速、侧滑现象。

7.4 极端环境适应性测试场景

1. 极寒低温环境适应性测试

测试内容： $-30^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ 极端低温环境下的冷启动、系统运行、连续行驶稳定性；

测试条件：环境温度 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ ，车辆低温静置 $\geq 12\text{h}$ ，冰雪路面；

评价指标：冷启动时间宜 $\leq 30\text{s}$ ，系统 1min 内全功能正常运行，连续行驶 $\geq 4\text{h}$ 无故障，电池续航衰减率宜 $\leq 35\%$ 。

2. 风吹雪低能见度环境测试

测试内容：风吹雪低能见度环境下的感知、决策、稳定行驶能力；

测试条件：环境温度 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ ，能见度 $50\text{m}\sim 200\text{m}$ ，风吹雪工况；

评价指标：目标识别准确率宜 $\geq 90\%$ ，车道保持稳定，无碰撞、驶出车道现象。

3. 降雪天气行驶测试

测试内容：降雪天气下感知系统抗干扰能力、行驶稳定性；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-30^{\circ}\text{C}$ ，小雪 / 中雪 / 大雪天气，能见度 $100\text{m}\sim 300\text{m}$ ；

评价指标：传感器除冰除雪功能正常，目标识别准确率宜 $\geq 92\%$ ，无功能失效。

4. 传感器结冰/结霜工况测试

测试内容：传感器结冰 / 结霜后，除冰除霜功能、感知能力恢复情况；

测试条件：环境温度 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ ，传感器表面结冰 / 结霜厚度 $\geq 1\text{mm}$ ；

评价指标：除冰除霜时间宜 $\leq 120\text{s}$ ，感知功能完全恢复，无永久性损坏。

7.5 车路协同测试场景

1. 路侧冰雪路面状态信息接收与响应测试

测试内容：车辆接收路侧路面结冰、积雪、能见度信息，提前调整行驶策略；

测试条件：环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ ，冰雪路面，通信距离 $500\text{m}\sim 1000\text{m}$ ；

评价指标：信息接收成功率宜 $\geq 99\%$ ，响应及时率 100% ，行驶策略调整合理。

2. 路侧交通事件预警接收与响应测试

测试内容：车辆接收清雪作业、交通事故、道路阻断等预警信息的处置能力；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，通信距离 500m~1000m；

评价指标：预警接收成功率宜 $\geq 99\%$ ，处置措施合理，无二次事故风险。

7.6 应急处置与接管测试场景

1. 系统故障分级应急处置测试

测试内容：不同等级系统故障下的分级应急处置能力；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，冰雪路面，车速 30km/h~60km/h，模拟各级故障；

评价指标：故障诊断响应时间宜 $\leq 100\text{ms}$ ，处置措施符合本指南要求，无失控风险。

2. 人工紧急接管测试

测试内容：冰雪路面紧急场景下，人工接管车辆的响应能力与稳定性；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，结冰路面，车速 30km/h~60km/h；

评价指标：接管响应时间宜 $\leq 50\text{ms}$ ，接管过程无冲击、无失控，控制权无缝切换。

3. 冰雪路面紧急避险测试

测试内容：冰雪路面突发风险场景下的自动紧急避险能力；

测试条件：环境温度 - 10℃~-40℃，结冰路面，车速 30km/h~60km/h；

评价指标：紧急避险响应时间宜 $\leq 200\text{ms}$ ，避险成功率 100%，无碰撞失控。