

中国汽车保修设备行业协会团体标准
《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统 设计指南》

（征求意见稿）

编 制 说 明

标准起草工作组

2025 年 12 月

目 录

一、工作简况	1
（一）任务背景及来源	1
（二）标准制定过程	2
（三）标准起草单位	3
二、标准编制原则、主要内容及确定依据	4
（一）编制原则	4
（二）标准主要内容	5
三、采用国际标准和国外先进标准情况	14
四、主要关键指标及试验验证情况	14
五、预期的经济效益和社会效益	15
六、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性	15
七、贯彻标准的要求和措施建议	16
八、废止现行相关标准的建议	16
九、其他需要说明的事项	16

一、工作简况

（一）任务背景及来源

智能感知系统作为实现自动驾驶的核心，其性能、兼容性与安全性直接关系到车辆的运行效率与道路安全。当前，该系统普遍依赖雷达、激光雷达、摄像头等多种传感器实现对环境的全面感知。然而，由于各厂商技术路线不一、接口协议互不兼容，系统集成难度大、成本高，不仅制约技术推广，更带来数据不一致、系统冲突等安全隐患。

随着智能汽车技术的迅猛发展，滑板底盘式运输类汽车作为新能源汽车的重要形态，已在物流运输与城市建设等领域展现出关键作用。据行业研究统计，2024 年全球电动汽车滑板底盘市场规模已达 96.5 亿元，预计 2030 年将增长至 3514.6 亿元，年复合增长率高达 82.06%，显示出巨大的市场潜力。滑板底盘通过高度集成化与模块化设计，有效提升了车辆开发效率与应用灵活性。

然而，与乘用车相比，滑板底盘式运输类汽车在相关标准建设方面明显滞后。作为重型运输工具，其在电池性能、动力系统及安全性等方面要求更高，但关键技术的成熟度仍显不足，导致标准制定面临更大挑战。同时，其市场规模相对有限、应用领域较为专业，也在一定程度上削弱了标准建设的紧迫性。此外，政策支持力度与标准制定机制的不完善进一步加剧了滞后局面。

为全面提升运输安全与运输效率，物流行业对于智能化车型的需求日益迫切。在此背景下，《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021-2035 年）》（交科技发〔2022〕11 号）提出“围绕促进我国交通装备运行智能化、动力清洁化、结构轻量化及核心基础零部件自立自强，实施交通运输关键核心技术攻关，加快关键专用保障装备和新型载运工具研发升级，打造中国交通装备关键核心技术和标准体系”。《质量强国建设纲要》也提出了“加快产品质量提档升级”，以促进运输类汽车技术升级与结构优化。

为贯彻落实《交通强国建设纲要》提到的“推进装备技术升级”的目标，2024 年年初中国汽车保修设备行业协会（以下简称“汽保协会”）运输装备专业委员会发出“关于征集 2024 年团体标准立项需求的通知”。中国汽车工程研究院股份有限公司（以下简称“中国汽研”）组织申报《典型场景下滑板底盘式电动重卡智能感知系统技术规范》团体标准，并于 2024 年 8 月 28 日，参加立项评审会议。根据现场评审专家围绕标准的制定需求、适用范围等方面提出的指导意见，将标准名称更改为《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统 设计指南》。经与会专家评审，《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统 设计指南》符合立项条件。2024 年 9 月 19 日，

中国汽车保修设备行业协会下发关于《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统 设计指南》等团体标准立项的公告（中汽保协字（2024）43号），本标准获批立项。

（二）标准制定过程

1) 项目立项阶段

1) 2024年3月，中国汽研成立了标准编制起草工作组，组织开展标准编制的各项预研工作。并于2024年8月提交《团体标准立项申请书》、《团体标准可行性分析报告》和《团体标准项目任务书》。

2) 2024年8月，汽保协会组织行业专家在重庆组织召开了团体标准立项评审会。

3) 2024年9月，汽保协会发出关于《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统 设计指南》等团体标准立项的公告（中汽保协字（2024）43号），正式批准通过本标准的团体标准项目任务书，并确定中国汽研为本标准编制的牵头单位。

2) 起草工作阶段

1) 2024年9月，中国汽研完成工作计划编制与大纲框架设计，明确职责分工，同步划定“调研分析、草案编制、评审修订、征求意见”等关键阶段的时间节点。

2) 2024年10月，起草工作组针对滑板底盘式运输类汽车感知系统进行了广泛的调研，系统分析了国内外相关技术标准、典型应用场景及主流感知方案。

3) 2024年11月-2024年12月，起草工作组在江苏省徐州市走访调研了徐州工程机械集团有限公司，围绕感知系统在重型车辆中的技术路线、典型工况适配性及标准需求等方面开展深入交流，并于2024年12月形成标准草案研究大纲。

4) 2025年1月18日，汽保协会运输装备专业委员会于重庆组织召开了团体标准研究大纲评审会。起草工作组就标准草案研究大纲进行了技术汇报。来自高校、整车企业、检测机构、零部件供应商等领域的多位专家参与评审，并提出针对性改进意见，并形成会议纪要。

5) 2025年2月，中国汽研组织陕西重型汽车有限公司、东南大学、襄阳达安汽车检测中心有限公司、中汽院（重庆）汽车检测有限公司等工作组成员单位召开了线上研讨会，基于团体标准研究大纲评审会专家评审意见和建议，对标准草案大纲和技术内容进行了修订。

6) 2025年3月-2025年8月，起草工作组陆续调研了陕重汽、东风柳汽、江铃汽车、北汽福田、三一重工等企业，进一步梳理了在港口码头、物流园区、城市环卫等典型场景下智能感知系统设计需关注的功能要点，细化标准技术内容。

7) 2025年9月-2025年10月，起草工作组再一次组织东南大学等工作组成员单位，针对

标准内容进行研讨，提出了相关修改意见。在此基础上对标准草案进行了修改完善，形成《滑板底盘式运输类汽车 智能感知系统设计指南》征求意见稿和编制说明。

（三）标准起草单位、主要起草人及分工

本标准起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司、交通运输部公路科学研究院、襄阳达安汽车检测中心有限公司、东南大学、陕西重型汽车有限公司、中汽院（重庆）汽车检测有限公司、东风柳州汽车有限公司。

中国汽研负责标准起草的全面工作；东南大学主要负责相关标准资料的查询、检索、筛选、分类等整理及统计分析工作；襄阳达安汽车检测中心有限公司负责标准中关于物流园区和城市环卫场景下宜考虑的特殊因素相关板块工作；交通运输部公路科学研究院、陕西重型汽车有限公司、中汽院（重庆）汽车检测有限公司、东风柳州汽车有限公司主要负责标准条款分析、技术研讨等工作。

本标准主要起草人：胡玮明、晋杰、伍泽、陈金晶、王斌、刘璐、周金应、陈瑞峰、李朝斌、刘延、李斌、陈雄、黄超智、赵红全、董轩、任春晓、张禄、李瑞洁、杨佩佩、王晓友、刘锡祥、胡锦涛超、李旭、徐启敏、刘锦秋、汪云峰、汪晓旋。

起草人员具体分工如下：

序号	姓名	单位	分工
1	胡玮明	中国汽车工程研究院股份有限公司	牵头标准整体统筹协调、技术方案论证与落实，标准内容的审定等。
2	晋杰	交通运输部公路科学研究院	开展行业调研与需求分析，为标准技术要求提供实证支撑。
3	伍泽	中国汽车工程研究院股份有限公司	负责标准核心条款规划，明确技术逻辑与结构。
4	陈金晶	中国汽车工程研究院股份有限公司	收集整理行业相关数据，完成技术内容的试验验证工作。
5	王斌	襄阳达安汽车检测中心有限公司	结合典型场景需求，确定感知系统的需考虑的通用因素和特殊因素。
6	刘璐	交通运输部公路科学研究院	负责草案的全面审核，确保标准内容符合法律法规和相关标准的要求。
7	周金应	中国汽车工程研究院股份有限公司	协调起草组内部沟通，组织技术研讨与分歧协商。
8	陈瑞峰	陕西重型汽车有限公司	结合典型场景需求，验证感知系统各指标合理性以及可实现性。
9	李朝斌	中国汽车工程研究院股份有限公司	开展标准合规性审核，确保不低于强制性标准技术要求。
10	刘延	中国汽车工程研究院股份有限公司	审核标准技术指标的可行性，验证落地应用场景适配性。

11	李斌	中国汽车工程研究院股份有限公司	负责标准数据核验与准确性校验，保障技术指标科学合理。
12	陈雄	中汽院（重庆）汽车检测有限公司	审核文稿内容及表述方式，确保表述精准规范。
13	黄超智	中汽院（重庆）汽车检测有限公司	组织调研开展市场调研工作，收集行业内相关企业和用户的需求和意见。
14	赵红全	中国汽车工程研究院股份有限公司	组织召开团体标准审查会议等事项
15	董轩	交通运输部公路科学研究院	结合典型场景需求，确定感知系统的需考虑的通用因素和特殊因素。
16	任春晓	交通运输部公路科学研究院	结合典型场景需求，确定感知系统的需考虑的通用因素和特殊因素。
17	张禄	交通运输部公路科学研究院	组织审核人员对标准的技术内容、文字表述、格式规范等进行严格审查。
18	李瑞洁	中国汽车工程研究院股份有限公司	负责标准的技术调研、资料收集、试验验证。
19	杨佩佩	中国汽车工程研究院股份有限公司	负责标准的技术调研、资料收集、试验验证。
20	王晓友	襄阳达安汽车检测中心有限公司	收集行业案例与实践经验，为标准修订提供参考依据。
21	刘锡祥	东南大学	深入研究智能感知系统的技术原理和关键性能指标。
22	胡锦涛超	东南大学	结合典型场景需求，确定感知系统的需考虑的通用因素和特殊因素。
23	李旭	东南大学	深入研究智能感知系统的技术原理和关键性能指标。
24	徐启敏	东南大学	深入研究智能感知系统的技术原理和关键性能指标。
25	刘锦秋	东风柳州汽车有限公司	结合典型场景需求，验证感知系统各指标合理性以及可实现性。
26	汪云峰	交通运输部公路科学研究院	补充标准配套说明材料，提升标准实用性与可操作性。
27	汪晓旋	襄阳达安汽车检测中心有限公司	负责标准文本的排版、格式调整和语法检查

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

本标准在结构编写与内容编排上，严格遵循 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》、GB/T 20001.7-2017《标准编写规则 第7部分：指南标准》核心规范，确保整体框架、条款表述及格式排版符合标准化文件编制要求。

本标准在制定过程中持续优化各内容条例，广泛调研高校、整车企业、检测机构、科研院所等单位意见，充分吸纳产业链各环节实践经验，统筹推进标准制定全流程，保障标准与产业实际需求深度契合。

标准制定过程中充分考量与相关标准、法规的协同衔接。标准确定的技术内容适配于行业发展现状。标准提出的智能感知系统通用设计要素及典型场景专用设计要素等条例具有明确的层次关系和清晰的内容边界，对行业有引领作用，能推动技术进步。

（二）标准主要内容

本标准的主要内容包括滑板底盘式运输类汽车智能感知系统设计指南的范围，规范性引用文件、术语和定义、总则、智能感知系统设计时需考虑的因素、港口码头场景下系统设计时需考虑的因素、物流园区场景下系统设计时需考虑的因素、城市环卫场景下系统设计时需考虑的因素。

（1）范围

本文件提供了滑板底盘式运输类汽车智能感知系统设计的总体指导和建议，并针对港口码头、物流园区、城市环卫等典型运行场景，给出了设计中需考虑的要点信息。

本文件适用于具有《汽车驾驶自动化分级》（GB/T 40429）定义的3级及以上驾驶自动化水平的滑板底盘式运输类汽车的智能感知系统。

（2）规范性引用文件

本部分内容给出了在标准过程中引用和参考了最新版的国内外相关的标准、规范等，以充分保证本标准条款的可依性和可行性。

（3）术语和定义

本部分内容参考了 GB/T 40429 和 GB/T 39263。另外，对如下术语进行了定义：

- 1) 滑板底盘式运输类汽车；
- 2) 智能感知系统；
- 3) 目标识别；
- 4) 目标跟踪；
- 5) 目标分割；
- 6) 交并比；
- 7) 有效感知范围。

（4）总则

本部分内容充分参考了 GB/T 20001.7-2017《标准编写规则 第 7 部分：指南标准》。GB/T 20001.7-2017 确立了起草指南标准的总体原则和要求，规定了指南标准的结构以及标准名称、范围、总则、需考虑的因素和附录等要素的编写和表述规则。

总则是对某主题的总体认识和把握,是经提炼总结形成的具有普适性的指导原则。根据具体情况,“总则”的标题还可为“总体原则”“总体考虑”“基本原则”等。通常,要素“总则”中的指导是编写要素“需考虑的因素”需要依据的总框架。本部分内容提出的“滑板底盘式运输类汽车智能感知系统的设计,宜兼顾通用设计原则与特定场景需求。通用层面,设计工作宜围绕安全性、准确性、实时性及可扩展性等核心原则展开。场景层面,面向港口、物流园区、城市环卫等典型运行环境,设计时需考虑场景特殊需求,重点考量全面精准的作业环境感知能力、持续稳定的系统运行效能,以及与关联系统及设备的高效协同交互能力。”,与第 5 章“智能感知系统设计时需考虑的因素”、第 6、7、8 章港口码头、物流园区、城市环卫场景下系统设计需考虑的因素等内容均具有一一对应关系。因此,本部分的总则设置、章节内容逻辑衔接均符合 GB/T 20001.7 的核心原则与规范性要求。

(5) 智能感知系统设计时需考虑的因素

编制过程中严格遵循“场景驱动、安全优先、指标量化、扩展兼容”的原则,旨在为滑板底盘式运输类汽车智能感知系统的设计、开发与验证提供全面且可操作的指导。各部分的布局与内容安排基于以下考虑:

1) 整体结构布局: 遵循“需求-指标-保障”的递进逻辑

整体内容分为考虑具备的功能因素、考虑具备的性能因素和考虑具备的其他因素三大模块,核心逻辑是从“定性约束”到“定量指标”,再到“落地保障”,形成完整的系统设计与管理闭环。该逻辑符合工程设计“先明确需考虑的需求、再量化指标”的常规逻辑,避免指标脱离实际功能需求。而其他因素模块聚焦可扩展性、安全冗余、故障诊断等,是确保功能与性能长期稳定的支撑,放在最后可形成“能力要求-保障措施”的完整链条,避免系统出现能设计、难落地、易失效等问题。

2) 功能因素模块

该模块以安全驾驶感知的本质需求为出发点,聚焦于以下三个维度:

① 安全性

首先安全驾驶感知系统的风险存在于设计、开发、测试等各阶段(如开发阶段漏洞可能导致运行时故障),需全流程贯彻安全要求。其次系统也面临信息安全、网络安全等需求,具体

宜考虑的因素直接参考引用了现行的强制性国家标准 GB 44495 和 GB 44496。而对于感知功能的安全性因素，从感知覆盖范围、危险场景识别与安全文档等方面展开。

②准确性

该项特性为感知系统核心内容之一，识别准确是避免误判的基础，将直接体现感知系统的性能优劣。本模块内容从关键目标感知、极端场景适应性等方面提出了建议，同时对可能对感知精度造成干扰影响的因素进行了考虑，例如多模态传感器时空同步、传感器硬件的清洁维护。

③实时性

驾驶场景是高度动态变化的（如前方车辆突然减速），若感知数据采集滞后、处理缓慢，会导致决策系统延迟，错过最佳应对时间（如制动时机），因此针对实时性提出宜考虑的因素。

3) 性能因素模块

该模块是功能因素模块的细化落地，通过具体数值、公式、表格明确性能最大允许误差。同理，该模块仍对应三个维度：

①安全性

对于前方 150 米感知范围的技术依据主要考虑两方面：一方面，若运输类汽车以 80km/h 速度行驶，考虑系统反应时间、车辆制动延迟和实际制动距离等方面因素，总停车距离可能超过 100 米。建宜 150 米的感知范围，为系统提供了宝贵的预警和决策缓冲时间。

另一方面，以 128 线激光雷达为例，对于 10% 反射率的物体，其最大探测距离通常可达 200 米以上。在 150 米处，激光雷达的点云密度足以对车辆这类大目标形成轮廓清晰、特征明确的点云簇，易于识别和跟踪。对于行人（假设截面宽 0.5m，高 1.7m），点云数量会减少，但依然能形成有效的点云聚类，配合先进的 AI 算法，可以实现对该类目标的稳定检测。另以视觉相机为例，假设一辆轿车的宽度为 1.8 米。若相机分辨率 1920x1080，水平视场角约 50°。在 150 米处，该车辆在图像上的像素宽度约为 11 个像素。该像素宽度足以让深度学习模型可靠地检测出汽车目标。假设行人宽度 0.5 米。在 150 米处，像素宽度约为 3 个像素。在 3 像素的宽度下，虽然难以分辨细节，但先进的检测算法依然可以将其作为一个行人目标点进行检测，但置信度会下降。因此，本标准另外补充了使用多模态传感器的感知方案建议，以提高系统安全性。

对于后方 50 米与侧方 30 米感知范围的技术依据：运输类汽车后方和侧方是巨大的视觉盲区。后方 50 米的覆盖可以确保在倒车入场、路口起步时，能感知到后方穿行的车辆和行人。

侧方 30 米的覆盖能有效监控“内轮差”区域，在转弯时防止刮碰侧方并行或盲区内的弱势交通参与者（行人、非机动车）。

②精确性

参考《BEVRefiner: Improving 3D Object Detection in Bird's-Eye-View via Dual Refinement》、《Learning multi-regularized mutation-aware correlation filter for object tracking via an adaptive hybrid model》、《OE-BevSeg: An Object Informed and Environment Aware Multimodal Framework for Bird's-eye-view Vehicle Semantic Segmentation》等科技论文，选择精确率、召回率、交并比、平均精确率、多目标跟踪准确率等计算机视觉与自动驾驶领域的通用评价指标，可直接对系统性能进行准确、全面的量化，避免自定义指标导致的测试难度增加。而对于各评价指标数值的设定，高度依托于当前主流先进算法的性能水平以及行业内的权威共识。例如在 KITTI、COCO 等权威的公开数据集中，RT-DETR、Rex-Omni、YOLOv8 及其改进型等经典算法对于车辆、行人等常规目标的检测精度已能够稳定达到 80%-90%。参考当前顶级期刊或会议论文所提出的先进检测模型，精度已能够稳定在 95%左右。在实际的工业应用中，高标准的技术指标也已被验证和采用。

目标跟踪任务比单次目标检测更为复杂，其要求系统能够在连续视频帧中维持对同一目标的身份标识，并确保 ID 不发生跳变。将跟踪阈值设定为 90%，主要基于两方面考虑：一方面，目标跟踪本身面临遮挡、目标短暂消失等挑战，因此其判定阈值通常低于常规目标识别；另一方面，对于运输类汽车等应用场景，需依据跟踪结果预测目标的运动趋势。若跟踪准确率低于 90%，系统可能频繁丢失关键目标，导致决策链路中断。将阈值保持在 90%以上，能够确保动态目标被持续、稳定地跟踪，从而满足安全决策的连续性需求。

目标分割任务同样比目标识别更为复杂，其要求实现像素级别的精细分类。因此，目标分割的判定阈值也设定得相对较低。在参考当前先进算法性能的基础上，并结合安全感知的实际需求，最终将目标分割的阈值确定为 90%。

本草案中 3D 定位及速度/距离误差采用分级阈值设计，核心原因在于目标距离越远，传感器信号衰减会愈发显著，例如激光雷达在远距离场景下易出现点云稀疏问题，因此需对应设定契合实际的精度预期。具体数值的确定，一方面综合参考了 VirConv-S、UDeerPEP、LongSF 等当前先进算法在 KITTI 公开数据集上的实测表现，上述算法模型均基于距离差异，将感知目标的难易程度划分为简单、中等、困难三类，本标准草案参考该分类逻辑，将 150 米范围内的定位场景划分为 4 个等级区间，并针对每个区间制定了差异化的最大允许误差建议值；另一方

面，起草工作组充分调研了当前工业领域的实际感知精度可达水平，确保所提指标建议值既能够满足车辆安全运行的核心需求，又具备良好的技术可实现性。

对于高精定位提出 5cm（空旷场景）、10cm（遮挡场景）的建议误差阈值，则是为了满足自动驾驶“厘米级定位”需求（如自动泊车、精准变道），避免因定位偏差导致的偏离车道、碰撞等问题。

③实时性

实时性指标的制定，均围绕一个核心：系统必须在危险发生前的关键时间窗口内，完成从感知到决策的整个闭环。对于运输类汽车，这个窗口期必须预留得更加充裕。因此，高频率的数据采集和低延迟的传输处理，是压缩“感知-决策-控制”链路延迟、保障安全的核心。不同传感器的频率设定，是基于其物理特性、数据特性的差异。

对于视觉传感器而言，30fps 是视频流畅性的标准，能保证连续帧间目标的运动位移适中，有利于进行精确的光流计算、目标跟踪和动态场景理解。低于此频率，快速移动的物体或突然出现的障碍物可能在两帧之间穿越过大的距离，增加漏检和误判风险。若帧率过高，会成倍增加计算负载和数据带宽。30fps 在当前车载计算平台能力下，是实现可靠视觉感知的性能与成本平衡点；

对于激光雷达而言，15Hz 是机械旋转式激光雷达的常见基准频率。此频率能在常规车速下，为周围环境生成密度足够、可用于实时障碍物检测和分类的点云图。同时该频率足以与 30fps 的摄像头在时间戳上形成良好的同步配合（每 2 帧图像对应 1 帧点云），满足融合感知的数据对齐需求。

对于毫米波雷达而言，20Hz 的更新率使其能对高速接近的车辆等目标实现快速的速度刷新和跟踪，为决策系统提供及时的速度信息；

对于惯性测量单元而言，摄像头、激光雷达和雷达都是外部感知传感器，存在固有的处理延迟。IMU 是内部状态传感器，100Hz 的高频更新可以在两次外部感知之间，通过积分精确推算出车辆自身的瞬时运动变化（如急转弯、颠簸），弥补其他传感器因延迟带来的姿态估算误差。

采集到数据只是第一步，如何快速、同步地处理它们更为关键。提出处理频率不小于采集频率的建议，是为了防止数据因处理不及时，导致在缓存中堆积，感知结果的输出延迟会越来越大，最终导致系统决策基于的是“过去时”的环境信息。另外，对传输时延提出 50ms 的建议值，是为了防止数据在传输过程中“变旧”。此指标涵盖了从传感器输出、数据编码、总线传输

到处理单元解码的完整链条。50ms 的延迟能够确保融合中心接收到的各传感器数据在时间上是近乎对齐的，为后续的多传感器融合算法（如相机与激光雷达的点云像素级融合）提供了精确同步的数据基础。

4) 其他因素模块

该模块聚焦功能与性能之外的隐性因素，感知系统不仅要能工作，还要长期稳定工作、能升级、出问题能应对，致力于将感知系统构建为一个开放的、可持续迭代的技术平台。具体如下：

①可扩展性因素

若无硬件接口（物理结构、电气特性、通信协议）和软件接口（数据格式、传输协议）的标准化，每家供应商都会提供私有方案。导致主机厂在更换或新增传感器时，需要重新进行复杂的适配工作，极大地增加了研发成本、测试周期和集成难度。标准化接口使得传感器可以即插即用，显著提升效率。当接口标准统一后，传感器厂商可以专注于自身核心性能（如探测距离、精度）的提升，而无需担心与不同平台的兼容性问题。这有利于催生专业化、高性能的零部件供应商，从而推动整个行业的技术进步。

将系统按功能（如目标检测、多传感器融合、跟踪预测）进行解耦，封装为独立模块。这意味着每个模块可以独立开发、测试、升级和故障排查。当算法需要改进时，只需更新特定模块，而无需改动整个系统，这大幅降低了软件的复杂度和维护成本。此外，还建议系统提供可配置参数，这使得同一套基础系统能够通过调整参数，快速适配不同场景的需求。同时强调了系统与决策系统、底盘控制系统的集成能力。模块化设计并定义清晰的输入/输出接口，确保了感知结果能够被下游系统准确、高效地理解和使用，是实现车辆智能驾驶功能的先决条件。

②安全冗余设计原则

安全冗余设计的核心目的是通过预先设计的备份和互补机制，确保在发生局部故障时，系统的核心功能不丧失，并能维持最低安全水平，从而将单点故障的风险降至最低。

首先在硬件方面，摄像头在强光、黑夜中性能骤降；激光雷达在雨、雪、雾中噪声增大；毫米波雷达分辨率低。通过在关键感知区域（如车辆正前方、侧后方盲区）采用多元传感器融合（如摄像头+激光雷达），当一种传感器因自身局限性能下降时，另一种可以进行补偿，以确保持续的环境感知能力。当某个传感器突然完全失效（如被遮挡、被击毁）时，通过同质传感器冗余（如部署多个同类型雷达覆盖同一区域），系统可以立即切换到备用传感器数据流，可能感知精度会有所下降，但不会完全失效。

然后是通信方面，若仅依赖单一通信方式（如仅 CAN 总线），一旦该链路因干扰、短路或控制器故障而中断，整个智能感知系统将陷入瘫痪。采用有线（如 CAN FD、车载以太网）与无线（如 5G-V2X、Wi-Fi）的互补协同，可以在一方失效时，立即启用备用链路传输最关键的安全数据，确保感知信息能够送达决策中心。

在数据存储方面，完整的感知数据与运行日志是进行责任界定和原因分析的唯一客观依据。配置备用存储单元（如双固态硬盘互为备份），可以防止因主存储单元故障导致数据丢失，为厘清责任提供了至关重要的技术证据。

③故障诊断与预警

故障诊断与预警机制是为确保智能感知系统具备自我感知和失效应对的能力。其建议系统不仅要有效地感知外部环境，更要清晰地认知自身状态，并在出现异常时，以可预测的方式保障车辆安全。许多硬件故障（如传感器性能衰减、电路老化）并非瞬间发生，而是伴随参数（如信号噪声增大、温度异常）的逐渐恶化。健康状态监测模块通过实时跟踪这些指标，可以在功能完全丧失前提前识别潜在故障，实现预测性维护。一旦监测到故障，系统能自动启动预设的容错机制（如切换到备用传感器、启用降级算法）或备用系统，最大限度地维持系统功能，极大地提升了系统可靠性。并且建议系统在故障发生时必须有一个明确的、安全的最终状态。这符合国际功能安全标准（如 ISO 26262）核心理念：即使系统失效，也不应导致不可控的危险局面。

另外，在发生故障后，完整的运行状态和故障日志是诊断复杂问题、复现故障的唯一线索。这些数据能清晰表明事故发生时，系统处于何种状态、输出何种结果以及做出了何种决定。并且系统故障必须被明确感知。通过光学（警报灯）、声学（蜂鸣器）、触觉（方向盘振动）等多种感官通道同时告警，可以确保在不同驾驶环境下，报信息都能被有效、及时地接收。

④数据管理平台

随着《数据安全法》《个人信息保护法》等法规的实施，对车载数据的采集、存储、传输和使用提出了严格规定。全生命周期管理是满足数据合规性的基本前提。另外，运输类汽车每天产生的数据量可达 TB 级别。若无管理，所有数据都会被无差别地长期存储，带来巨大的存储成本。通过生命周期管理，可以制定策略（如仅长期存储事故片段和异常数据，对常规数据在短期后进行聚合或销毁），实现数据价值的最大化与存储成本的最小化之间的平衡。

（6）港口码头场景下系统设计时需考虑的因素

港口码头是一个封闭/半封闭、高复杂度、高节奏、高价值的标准化作业区域。其特殊性

在于：

作业对象标准化与专业化：核心环境目标是集装箱和专业港机设备（岸桥、场桥）。这与公开道路上的目标（汽车、行人）截然不同，允许且需要利用其标准尺寸和固定作业模式作为先验知识，以提高感知精度。

交互动态复杂：是人、车、机（港机）、货四者在高频次、近距离下的协同作业。动态目标（如叉车、人员）的轨迹预测与静态设施（如隔离墩）的精确避障同等重要。

环境复杂特殊：兼具工业环境（振动、电磁干扰）和自然气候（盐雾腐蚀、沿海大风、雨雾）的双重挑战，对设备的可靠性与耐久性要求远超普通车辆。

强调度与协同需求：车辆是港口这个大系统中的一个移动单元，必须与港口管理系统、设备控制系统等进行实时数据交换，以实现效率最大化。

基于上述特点，港口码头运输类汽车的感知系统需具备全面、鲁棒的环境理解能力，具体可划分为以下四个功能维度：

1) 作业环境感知

针对集装箱目标，在复杂的光照、遮挡场景下，利用集装箱的标准尺寸这一不变特征，可以极大地纠正误检、弥补部分遮挡导致的检测框不完整，提升算法的稳定性和精度。

运输集装箱时，若遇到急刹车、转弯过急，或集装箱固定装置松动，会出现姿态偏移（如倾斜角超 10° ），轻则箱体磨损，重则集装箱掉落（港口重大安全事故类型）。在运输过程中全程监测姿态，一旦发现偏移超安全阈值，可立即触发预警，防止运输中箱体掉落。

集装箱载重跨度极大（空箱约 0.5 吨，满载重箱约 30 吨），超载会导致侧翻和制动两大风险。

明确感知作业车辆、设备、人员等动态目标，避免因遗漏某类目标（如忽略叉车）导致的误判，确保对所有动态风险源的管控。并且通过预测运动轨迹（如判断叉车将横穿路线）或作业范围（如划定岸桥吊具的危险区域），可提前 1-3 秒触发预警（如提醒集卡减速、禁止进入危险区），将被动避让转为主动防护。

系统应准确识别岸桥、隔离墩、临时堆放物等静态目标，并实时计算其与自车的安全距离，从根本上杜绝因静态目标感知不清引发的碰撞事故。

2) 系统可靠性

港口码头因重型吊装设备（如岸桥、龙门吊）持续作业，会产生持续性机械振动；同时，港口多地处沿海区域，常面临高温、高湿度及盐雾侵蚀等特殊环境条件。因此，感知系统需在

该类复杂环境中具备优异的环境耐受性，既要保障设备自身使用寿命，也要确保系统长期运行的可靠性。

同时，港口堆场货物堆垛密集，易对感知信号形成频繁遮挡；大型港机（如堆高机）、变频设备运行时还会产生强电磁噪声，双重干扰易影响感知数据的有效性。基于此，建议感知系统宜具备可靠的抗干扰与抗遮挡能力。

鉴于港口码头环境的极端复杂性，感知系统受振动、盐雾、干扰等因素叠加影响，故障发生概率相对更高。为此，系统运维需从传统被动维修模式转向预测性维护模式，保障系统状态的可控可知。

3) 交互协同

港口码头作为由多种设备构成的集成作业系统，通常由中央管理系统实现统一调度与监控。为融入该体系，滑板底盘式运输类汽车需具备与管理系统的高效交互能力，确保自身始终处于受控状态。同时，车辆还应能与其它运输单元及路侧感知设备进行数据交互，通过共享感知结果，构建协同感知网络，从而全面提升环境感知的精确性与实时性。

(7) 物流园区场景下系统设计时需考虑的因素

1) 作业环境感知

物流园区作业对象（货物、托盘、集装箱）的状态异常，是引发安全事故的主要源头之一，感知功能可提前阻断风险链。因此需要对类型、编号、外观完整性等基本信息以及货物突出、倾斜、移位、烟雾火灾等状态信息进行实时监测，并在必要时发出预警。

物流园区是一个动态性强、场景复杂且以效率与安全为核心诉求的封闭运营场域。系统需对园区内行人、叉车、运输汽车等多类动态目标，交通信号灯、指示牌、地面标线等关键交通指示信息，以及积水、油污、结冰等路面不良状况进行精准感知与实时监测。此外，车辆和装卸区的对接精度，还将影响作业效率。若对接偏差大，易导致货物磕碰、装卸中断，额外增加人工调整时间。

2) 系统可靠性

物流园区是一个集室内外、干湿区、明暗区域于一体的混合场景，系统必须能主动应对粉尘遮蔽传感器、光照剧变影响视觉、GPS 信号室内失效、以及多设备电磁干扰等一系列现实问题。因此建议系统在设计阶段就充分考虑环境鲁棒性，避免其沦为仅在理想条件下可用的“实验室系统”，从而保障在各类真实、多变甚至恶劣的工况下，其感知能力不降级、核心功能不中断。这是整套系统能够在园区内落地并创造价值的物理基础。

3) 交互协同

为防止物流园区内出现信息孤岛，将独立的感知系统融入整体的作业与管理生态。通过设备间的双向通信避免作业冲突、形成协同流水线。更进一步，将实时感知数据上升为管理决策依据，从而动态调度资源、优化路径，最终提升整个园区的运营效率和响应速度。

(8) 城市环卫场景下系统设计时需考虑的因素

1) 作业环境感知

建议实时感知垃圾体积、重量，是因为超载会导致车辆故障、路面安全风险，而体积重量数据能为路径规划（如判断是否先去处理厂再收垃圾）、作业调度（如分配收集任务）提供依据，避免资源浪费；建议检测垃圾规范装载，是针对装载环节易出现的垃圾挂壁、未入箱等问题，从源头杜绝运输中抛洒滴漏造成的路面二次污染，符合城市环保要求；建议定量检测垃圾腐败特征气体并溯源，是因为厨余等垃圾运输中易产生恶臭气体，既影响居民生活环境，也可能引发环保投诉，溯源能力还能辅助后续优化垃圾收集频次（如对腐败快的区域加密收集）。

2) 系统可靠性

城市环卫场景具有极端恶劣、强腐蚀性且要求不间断作业的独特挑战。环卫系统需要全天候在公共环境中运行，其传感器和设备直接暴露于垃圾扬起的粉尘、油污、潮湿以及垃圾本身分解产生的腐蚀性物质中。因此，建议系统能够具备抗污染、防腐蚀的特殊物理设计，以抵御长期的化学侵蚀与污物附着。同时，为确保公共服务不中断，还需强调全天候与复杂光照下的稳定作业能力。进而共同确保系统在严苛的工况下，感知精度不衰减、设备寿命不缩短，从而保障环卫作业的连续性与可靠性。

3) 交互协同

与环卫管理系统协同，旨在实现作业过程的精细化管理与资源的动态优化。通过共享任务、位置与进度信息，系统能够从单车作业升级为车队协同，从而显著提升垃圾收集、转运的全局效率与响应速度。

三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准在制定过程中未采用国际和国外标准。

四、主要关键指标及试验验证情况

首先，源于广泛的行业调研与现有标准分析。起草工作组广泛且深入地调研分析了国内主流整车企业与智能驾驶解决方案供应商的企业标准与技术规范。在此基础上，整合出滑板底盘式运输类汽车智能感知系统在安全性、准确性和实时性三个核心维度的关键指标体系。这一过

程确保了本标准既汲取了行业先行者的实践经验，又致力于形成统一、规范的行业共识。

其次，植根于严苛的安全场景驱动。指标的具体阈值，尤其是感知范围，直接由车辆运行的安全底线所决定。例如，将前方最大感知范围设定为 150 米，其核心依据是高速场景下的紧急制动安全需求。当运输类汽车以 80km/h 行驶时，综合考虑系统反应时间、车辆制动延迟与实际制动距离，总停车距离极易超过 100 米。150 米的感知距离为系统提供了近 50 米的预警与决策缓冲空间，这是避免碰撞、保障安全的临界值。同样，后方 50 米与侧方 30 米的感知范围，精准覆盖倒车、起步、转弯时的视觉盲区与“内轮差”危险区域，旨在有效保护侧后方弱势交通参与者。

然后，立足于当前传感器与算法的性能边界。每一项指标均评估了其技术可实现性。150 米的感知距离，对应了 128 线激光雷达对低反射率物体的有效探测能力，以及高分辨率视觉传感器在目标仅占 3-11 个像素时，依托先进深度学习模型仍可稳定检测的极限。精确性指标（如 mAP、跟踪精度）的数值设定，则充分参考了 KITTI、COCO 等权威数据集上主流先进算法的性能水平，以及顶级学术论文所验证的业界最优能力。

最后，该标准对于东风柳汽多品类智能化车型的研发设计和测试验证提供了有益借鉴：为港口场景下的 L4 级智能 IGV 车辆、园区场景下的乘龙 H5 智能网联电物流车的研发设计及场景化功能验证提供了专业的技术指导；同时也为高速干线物流场景中的乘龙 H7 智能驾驶牵引车、城市物流场景中的 L4 级纯电轻卡的应用落地与性能优化提供了重要参考。同样的，也为陕重汽的 H6000 智能驾驶应急电源车、X5000 高速物流辅助驾驶解决方案、M3000E 工业园区 L4 级智能驾驶整体解决方案的场景适配性优化工作，提供了重要参考。

经过广泛调研和应用验证，确保标准内技术指标可行性、适用性，使得指标既具引领性，又不脱离工程实际。

五、预期的经济效益和社会效益

在技术层面，标准通过统一智能感知系统的接口协议、性能指标与集成框架，可有效解决不同厂商技术路线不兼容导致的系统集成难度大、开发成本高的问题，避免重复研发与资源浪费。在产业生态层面，标准将加速滑板底盘与智能感知技术的规模化应用，助力企业提升产品一致性与市场竞争力，吸引更多社会资本投入，促进产业链上下游（如传感器制造商、底盘开发商、物流企业）的协同创新。此外，该标准深度呼应“交通强国”战略对装备智能化、安全化的核心需求，有效促进了智能感知系统在滑板底盘式运输类汽车领域的进一步发展。

六、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

目前国内滑板底盘式运输类汽车智能感知系统设计指南暂时缺少相关的国家标准、行业标准和团体标准，无统一的文件支撑。

七、贯彻标准的要求和措施建议

本标准作为团体标准，并非强制性要求，供中国汽车保修设备行业协会会员单位及社会自愿使用。关于滑板底盘式运输类汽车智能感知系统的设计研发、测试验证可依据该标准进行参考和借鉴。建议标准的实施日期为批准发布后 1 个月，以便于相关企业和消费者理解、消化和吸收。

标准发布后，由中国汽车保修设备行业协会组织出版，标准起草组将进行标准宣贯。

八、废止现行相关标准的建议

本标准为新标准制定，无替代标准版本。

九、其他需要说明的事项

无

标准起草工作组

2025 年 12 月