

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/HNAFQ

河南省质量协会团体标准

T/HNAFQ XXXX—XXXX

智能叉车自动驾驶系统通用技术要求

General technical requirements for automated driving system of
intelligent forklift truck

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

河南省质量协会 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 自动化等级划分	3
5 设计运行条件（ODC）	4
6 自动驾驶系统技术要求	4
7 功能安全要求	9
8 整车安全要求	11
9 信息安全要求	12
10 试验方法	13
11 检验规则	15
附录 A（资料性） 自动驾驶系统架构	17
附录 B（资料性） 风险评估流程	18
附录 C（资料性） 与 ISO 3691-4 条款对照	19
附录 D（规范性） 型式试验项目	20
附录 E（资料性） 安全完整性等级计算示例	21
附录 F（资料性） 一致性检验规则	22
附录 G（资料性） 标准编制说明	23

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。

本文件由河南省特种设备检验技术研究院提出。

本文件由河南省质量协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

智能叉车自动驾驶系统通用技术要求

1 范围

本文件规定了智能叉车自动驾驶系统的术语和定义、自动化等级划分、自动驾驶等级划分、设计运行条件、技术要求、安全要求、试验方法及检验规则。

本文件适用于在仓储物流中心、制造工厂及配送中心等封闭或半封闭固定作业区域中运行的智能叉车自动驾驶系统。

本文件不适用于社会公共道路运行车辆，亦不适用于无固定作业区域的移动式智能搬运设备。

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 26949 工业车辆术语
GB/T 10827 工业车辆安全要求和验证
GB/T 22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
GB/T 40429 智能网联汽车术语和定义
GB/T 40430 智能网联汽车自动驾驶系统设计运行条件
GB/T 40431 智能网联汽车自动驾驶系统通用技术要求
ISO 3691-4:2020 Driverless industrial trucks
ISO 13849-1:2023 Safety-related parts of control systems

3 术语和定义

GB/T 26949、GB/T 40429 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能叉车 intelligent forklift

具备环境感知、定位导航、决策规划及自主控制能力，在限定设计运行条件下安全、精准、自动完成物料搬运、堆垛等作业任务的工业车辆。

3.2

自动驾驶系统 automated driving system

执行全部或部分动态驾驶任务，由硬件、软件及接口组成的软件与硬件系统组合。

3.3

动态驾驶任务 dynamic driving task

包括车辆纵向速度控制、横向路径控制及周边环境实时监测与状态判断等任务。

3.4

设计运行条件 operational design condition

自动驾驶系统设计时确定其能够安全运行的全部条件，包括环境、地理、交通、任务等要素。

3.5

最小风险状态 minimal risk condition

系统在故障、异常或突发状况下，通过主动控制将车辆置于风险最低、无二次危害的运行模式。

3.6

感知系统 perception system

用于采集和处理环境信息的传感器及相关处理模块。

3.7

定位系统 localization system

用于精准确定车辆在作业区域内的位置、姿态及运动轨迹的系统。

3.8

决策系统 decision system

根据环境信息生成车辆行为策略的系统。

3.9

运动控制系统 motion control system

执行车辆运动控制指令的系统。

3.10

协同调度系统 fleet management system

用于多台智能叉车任务分配与交通管理的系统。

3.11

电子围栏 geofence

通过软件定义的车辆运行区域限制。

3.12

路径规划 path planning

根据作业任务及环境信息，以最优、安全的方式生成车辆行驶轨迹的过程。

3.13

动态避障 dynamic obstacle avoidance

车辆在运行过程中对移动障碍物进行实时检测、判断与避让的能力。

3.14

安全完整性等级 safety integrity level

安全功能可靠性等级指标。

3.15

危险失效率 dangerous failure rate

导致危险事件发生的系统失效率。

3.16

紧急制动 emergency braking

系统在紧急情况下自动触发快速制动功能。

3.17

人员检测 pedestrian detection

系统对人员进行识别和定位的能力。

3.18

托盘识别 pallet detection

系统识别托盘位置和姿态的能力。

3.19

自动叉取 automatic fork operation

叉车自动完成叉取和放置托盘的过程。

3.20

路径跟踪误差 path tracking error

车辆实际轨迹与规划轨迹之间的偏差。

4 自动化等级划分

4.1 自动化等级分类

智能叉车自动驾驶系统按自动化能力分为四个等级，具体要求见表1。

表1 智能叉车自动驾驶等级分类

等级	名称	系统能力
1级	辅助驾驶	为人工操作提供部分自动控制辅助，核心操作由人工完成
2级	部分自动驾驶	系统执行部分驾驶任务，人工需实时监控并随时接管
3级	有条件自动驾驶	系统在预设的ODC 内执行全部驾驶任务，人工可在限定条件下接管
4级	高度自动驾驶	系统在限定场景全时段、无人工干预完全自动运行，可应对场景内各类常规状况

4.2 自动驾驶任务能力

3级及以上系统应具备以下能力：

- a) 环境感知；
- b) 定位导航；
- c) 路径规划；
- d) 动态避障；
- e) 车辆控制；
- f) 最小风险状态管理。

4.3 自动驾驶系统组成

智能叉车自动驾驶系统为一体化集成系统，通常至少包括以下子系统，各子系统间应实现数据互通、协同工作：

- 1) 感知系统；
- 2) 定位系统；
- 3) 决策规划系统；
- 4) 运动控制系统；
- 5) 安全监控系统；
- 6) 调度管理系统。

5 设计运行条件（ODC）

5.1 环境条件

智能叉车自动驾驶系统在以下环境条件下应能持续、安全运行，具体要求见表2。

表2 环境条件要求

项目	技术要求
工作温度	-10 ℃~45 ℃
相对湿度	≤ 95 %
海拔	≤ 2000 m

5.2 场景条件

系统适用于以下无外部干扰的典型封闭或半封闭作业场景，场景内应无固定障碍物随意变动：

- a) 仓储物流中心；
- b) 制造工厂车间；
- c) 自动化立体仓库；
- d) 物流配送中心。

5.3 地面条件

作业区域地面应满足以下要求，保证车辆行驶及作业稳定性，具体见表3。

表3 地面条件要求

项目	要求
地面平整度	≤ 10mm/2m
坡度	≤ 5%
地面摩擦系数	≥ 0.5

5.4 光照条件

作业区域光照应满足系统视觉识别及运行要求，无强光直射或明暗突变区域，具体见表4。

表4 光照条件要求

项目	要求
最低照度	≥ 100 lx
视觉识别照度	≥ 150 lx

6 自动驾驶系统技术要求

6.1 感知系统

6.1.1 基本要求

自动驾驶系统应配置多种环境感知传感器，用于检测车辆周围环境信息。

感知系统可采用以下传感器组合：

- 激光雷达
- 视觉摄像头
- 超声波传感器

- 毫米波雷达

6.1.2 性能要求

感知系统总体性能应满足表5要求，激光雷达、视觉系统及障碍物检测能力分别满足表6、表7、表8要求。

表5 感知系统总体性能

指标	要求
检测距离	≥ 15 m
水平视场角	$\geq 270^\circ$
行人识别率	≥ 99 %
检测延迟	≤ 150 ms

表6 激光雷达性能

指标	要求
扫描频率	≥ 10 Hz
测距精度	± 50 mm
距离分辨率	≤ 30 mm

表7 视觉系统性能

指标	要求
分辨率	$\geq 1920 \times 1080$
帧率	≥ 25 fps
最低照度	≥ 100 lx

表8 障碍物检测能力

障碍物类型	最小检测距离
行人	≥ 10 m
托盘	≥ 8 m
货架	≥ 12 m

6.2 定位系统

定位系统用于精准确定车辆位置及姿态，应具备多技术融合定位能力，在作业区域内无定位失效区域。

定位系统用于确定车辆位置及姿态。

定位技术可包括：

- 激光SLAM
- 视觉SLAM
- 二维码定位
- 磁导航

定位系统的定位精度、姿态精度及建图性能分别满足表9、表10、表11要求。

表9 定位精度

项目	技术要求
静态定位精度	$\leq \pm 20 \text{ mm}$
动态定位误差率	$\leq \pm 30 \text{ mm}$

表10 姿态精度

项目	要求
角度误差	$\leq 0.5^\circ$
航向误差	$\leq 0.3^\circ$

表11 建图性能

指标	要求
建图误差	$\leq 2 \%$
地图更新周期	$\leq 1 \text{ s}$

6.3 决策规划系统

决策规划系统负责生成车辆运行策略和路径。

系统应具备以下功能：

路径规划：生成安全、高效的行驶及作业路径；动态避障：根据障碍物信息实时调整路径；路径重规划：环境或任务变化时快速重新规划路径。

路径规划性能及避障性能分别满足表12、表13要求。

表12 路径规划性能

指标	要求
重规划时间	$\leq 500 \text{ ms}$
路径平滑度	$\geq 95 \%$

表13 避障性能

指标	要求
避障响应时间	$\leq 200 \text{ ms}$
最小安全距离	$\geq 0.5 \text{ m}$

6.4 运动控制系统

运动控制系统负责精准、快速执行车辆运动控制指令，与决策规划系统实时联动，控制过程平稳、无冲击。

运动控制性能及制动性能分别满足表14、表15要求。

表14 运动控制性能

指标	要求
最大运行速度	$\leq 1.5 \text{ m/s}$
最小转弯半径	$\leq 2.0 \text{ m}$

表15 制动性能

指标	要求
制动响应时间	≤ 200 ms
制动距离	≤ 1.8 m

6.5 叉取控制

叉取控制模块应与运动控制系统协同工作，精准、平稳完成货物叉取、提升、放置等作业，叉取精度满足表16要求。

表16 叉取精度

项目	要求
水平误差	$\leq \pm 15$ mm
垂直误差	$\leq \pm 10$ mm

6.6 通信系统

通信系统负责各子系统间及与调度系统的数据传输，应具备高可靠性、低延迟特性，通信性能满足表17要求。

表17 通信性能

指标	要求
通信协议	CAN / Ethernet
数据延迟	≤ 50 ms

6.7 电气安全

自动驾驶系统电气部分应符合GB/T 10827的安全要求，电气安全参数满足表18要求。

表18 电气安全参数

项目	要求
防护等级	\geq IP54
绝缘电阻	≥ 1 M Ω

6.8 系统可靠性

自动驾驶系统应具备高可靠性，满足长时间连续作业要求，系统可靠性指标满足表19要求。

表19 系统可靠性

指标	要求
MTBF	≥ 3000 h
连续运行	≥ 24 h

6.9 人机交互

系统应具备清晰、便捷的人机交互界面，报警信息直观、可识别，人机交互性能满足表20要求。

表20 人机交互

项目	要求
报警声级	65-85 dB
显示刷新率	≥ 10 Hz

6.10 数据记录

系统应具备全程、完整的数据记录能力，记录信息可追溯、可导出，数据记录要求满足表21要求。

表21 数据记录

项目	要求
存储时间	≥ 180 天
数据类型	轨迹/故障

6.11 网络安全

系统网络安全应符合GB/T 22239的等级保护要求，网络安全参数满足表22要求。

表22 网络安全参数

项目	要求
加密协议	TLS1.2+
身份认证	多级认证

6.12 冗余设计

系统关键安全部件应具备冗余设计，避免单点故障导致安全事故，系统冗余要求满足表23要求。

表23 系统冗余

项目	要求
制动系统	双通道
感知系统	异构冗余

6.13 故障恢复

系统应具备自动、快速的故障恢复能力，故障排除后可快速恢复正常作业，故障恢复能力满足表24要求。

表24 故障恢复能力

指标	要求
自动重启时间	≤ 30 s
故障恢复时间	≤ 60 s

7 功能安全要求

7.1 总体要求

智能叉车自动驾驶系统的安全相关控制部分应严格按照 ISO 13849-1 的功能安全原则进行设计、验证和确认，满足对应性能等级要求。系统设计应全面、严格满足以下要求：

- b) 在系统发生故障、异常时能够快速、无延迟进入最小风险状态；
- c) 安全相关功能应具有实时、准确的故障检测能力，可主动预警；
- d) 关键安全功能应具有物理隔离的冗余设计，避免单点故障；
- e) 系统应具备全时段自诊断能力，诊断结果可显示、可记录。

7.2 安全功能识别

自动驾驶系统应全面识别并可靠实现以下基本安全功能，各功能应独立触发、互不干扰：

- a) 紧急制动功能：突发状况下快速制动；
- b) 人员检测停车功能：检测到人员进入危险区域自动停车；
- c) 障碍物避让功能：检测到障碍物及时避让或停车；
- d) 超速保护功能：超过设定速度自动减速或制动；
- e) 通信中断保护功能：通信中断时立即进入最小风险状态；
- f) 定位丢失保护功能：定位失效时立即停止行驶。

7.3 风险评估

系统设计阶段应按照 ISO 3691-4 要求进行全面、系统的风险评估，根据评估结果确定各安全功能的安全等级及防护措施。

风险评估应严格包括以下步骤，评估过程形成完整文档：

- a) 危险识别：识别系统全生命周期内的所有潜在危险；
- b) 风险分析：分析危险发生的可能性、后果及影响因素；
- c) 风险等级评估：根据风险参数确定风险等级；
- d) 安全措施制定：针对不同风险等级制定对应的安全措施；
- e) 安全验证：验证安全措施的有效性和可靠性。

7.4 风险参数定义

风险评估统一采用以下三个参数，各参数分级应清晰、可量化：

S —— 危险严重度

F —— 暴露频率

P —— 危险可避免性

危险严重度、暴露频率、可避免性的分级分别满足表25、表26、表27要求。

表25 严重度等级

等级	描述
S1	轻微伤害
S2	严重伤害
S3	致命伤害

表26 暴露频率

等级	描述
F1	很少发生

F2	偶尔发生
F3	经常发生
F4	持续发生

表27 可避免性

等级	描述
P1	容易避免
P2	难以避免

7.5 风险优先数计算

风险优先数 R 按以下公式计算：

$$R=S \times F \times P$$

其中：

S——严重度

F——暴露频率

P——可避免性

7.6 危险失效率计算

危险失效率计算公式如下：

$$\lambda_d = \lambda_{total} \times (1 - DC)$$

其中：

λ_{total} ——系统总失效率

DC——诊断覆盖率

系统危险概率PFHd可按下式计算：

$$PFHd = \lambda_d \times T$$

其中：

T为系统任务时间。

7.7 冗余设计

关键安全系统应具备冗余设计。

冗余方式包括：

- a) 传感器冗余；
- b) 控制器冗余；
- c) 制动系统冗余。

例如：

- 激光雷达+视觉融合
- 双回路制动系统

7.8 故障处理

当系统检测到以下故障时，应进入最小风险状态：

- a) 传感器失效；
- b) 定位系统失效；
- c) 控制系统异常；
- d) 通信中断。

最小风险状态通常包括：

- 减速

- 停车
- 发出报警

8 整车安全要求

8.1 总体要求

智能叉车配备自动驾驶系统后，整车安全应符合 GB/T 10827 的全部要求，实现自动驾驶系统与整车的安全融合，整车安全至少包括：

- 机械安全：车体结构、运动部件的安全防护；
- 电气安全：电气系统、线路的安全防护；
- 控制安全：整车控制与自动驾驶系统的协同安全。

8.2 结构安全

车辆结构应结合自动驾驶作业特点进行优化设计，满足高强度、高稳定性要求，具体要求：

- 车体边缘应设置防撞、缓冲的防撞结构；
- 车体边角应采用圆角过渡设计，圆角半径 $\geq 20\text{mm}$ ；
- 车体应具备符合设计要求的防倾翻结构，满足堆垛作业稳定性；
- 自动驾驶系统部件应设置牢固的防护外壳，避免碰撞损坏。

8.3 防撞保护

车辆周身应设置防撞缓冲装置，缓冲装置应牢固、耐磨、可更换，防撞保护参数满足表 28 要求。

表28 防撞保护参数

项目	要求述
防撞条厚度	$\geq 20\text{mm}$
缓冲材料	弹性材料

8.4 紧急停止装置

车辆应配备紧急停止按钮。

紧急停止装置应满足：

- 易于操作
- 明显标识
- 可立即切断动力

8.5 电气安全

电气系统应具备以下保护功能：

- 过流保护
- 过压保护
- 短路保护

电气安全指标满足表29要求

表29 电气安全指标

项目	要求
绝缘电阻	$\geq 1\text{M}\Omega$
接地电阻	$\leq 0.1\Omega$

8.6 电池安全

电池系统应具备以下保护功能：

- 过充保护
- 过放保护
- 过温保护

电池安全参数满足表30要求。

表30 电池安全参数

项目	要求
电池温度范围	0-45℃
过温保护	≥ 60℃

9 信息安全要求

9.1 总体要求

智能叉车自动驾驶系统应具备基本信息安全防护能力。
系统信息安全应符合GB/T 22239网络安全等级保护要求。

9.2 身份认证

系统应具备身份认证机制。

认证方式包括：

- 用户账号认证
- 权限管理
- 操作日志记录

9.3 数据安全

系统数据在采集、传输、存储及使用全过程应具备安全保护能力，防止数据泄露、篡改或丢失，数据安全要求满足表31 要求。

表31 数据安全要求

项目	要求
加密协议	TLS1.2+
数据完整性	CRC校验

9.4 网络隔离

工业控制网络应与办公网络隔离。

隔离方式包括：

- 物理隔离
- VLAN隔离
- 防火墙控制

9.5 数据记录与追溯

系统应记录运行数据。

记录内容包括：

- 车辆轨迹
- 控制指令
- 故障信息

数据记录要求满足表32要求。

表32 数据记录要求

项目	要求
数据保存时间	≥180 天
日志记录周期	≤1 s

10 试验方法

10.1 总则

智能叉车自动驾驶系统应通过试验验证其技术性能与安全能力。
试验应在符合设计运行条件（ODC）的测试场地或实验室环境中进行。
试验应包含：

- 环境适应性试验
- 感知性能试验
- 定位精度试验
- 自动驾驶功能试验
- 安全功能试验
- 长期运行可靠性试验

10.2 环境适应性试验

10.2.1 高温试验

试验目的：
验证系统在高温环境下的运行稳定性。
试验步骤：

- 1) 将叉车置于恒温试验箱内；
- 2) 设定环境温度为 45 °C；
- 3) 保持设备静置 2 h；
- 4) 启动自动驾驶系统执行标准任务；
- 5) 持续运行 4 h。

判定准则：
系统运行稳定，无自动驾驶功能失效。

10.2.2 低温试验

试验温度：-10 °C
试验方法与高温试验相同。

10.2.3 高湿试验

环境湿度：95 %RH
系统应正常运行。

10.3 感知系统试验

10.3.1 行人识别试验

试验目的：

验证系统对行人的识别能力。

试验步骤：

- 1) 在测试场地设置行人模拟目标；
- 2) 叉车以 1 m/s 速度运行；
- 3) 行人进入检测区域；
- 4) 记录系统识别时间。

判定准则：

识别率 $\geq 99\%$ 。

10.3.2 障碍物检测试验

试验对象：

- 托盘
- 货架
- 箱体

最小检测距离应满足表1要求。

10.4 定位精度试验

试验目的：

验证定位系统精度。

试验步骤：

- 1) 在测试场地布置标定点点。
- 2) 车辆按规划路径运行。
- 3) 采集定位数据。
- 4) 计算误差。

计算公式：

$$\text{RMS} = \sqrt{(\sum (x_i - x_{\text{ref}})^2 / n)}$$

判定准则：

定位误差 $\leq 30 \text{ mm}$ 。

10.5 自动驾驶功能试验

10.5.1 路径跟踪试验

车辆按照规划路径运行。

记录实际轨迹。

计算路径误差：

$\Delta d \leq 50 \text{ mm}$ 。

10.5.2 动态避障试验

试验方法：

在车辆运行路径中设置移动障碍物。

车辆应完成：

- 减速
- 绕行
- 或停车

10.5.3 自动装卸试验

试验目的：

验证自动叉取能力。

试验步骤:

- 1) 设置标准托盘。
- 2) 车辆执行自动叉取。
- 3) 记录叉取误差。

判定准则:

误差 ≤ 15 mm。

10.6 安全功能试验

10.6.1 紧急制动试验

车辆速度:

1.5 m/s

测试:

制动距离

判定准则:

≤ 1.8 m。

10.6.2 人员检测停车试验

试验步骤:

- 1) 行人进入车辆前方区域。
- 2) 系统应触发停车。

反应时间:

≤ 200 ms。

10.7 连续运行试验

试验时间:

24 h

试验要求:

系统连续运行无故障。

11 检验规则

11.1 检验分类

产品检验分为:

- a) 型式试验;
- b) 出厂检验;
- c) 一致性检验。

11.2 型式试验

在以下情况下应进行型式试验:

- 1) 新产品定型;
- 2) 关键部件变更;
- 3) 停产一年以上恢复生产。

型式试验应覆盖本标准全部技术项目。

11.3 出厂检验

每台设备出厂前应进行以下检测:

- 急停功能测试
- 制动功能测试
- 感知系统自检

- 定位系统校准
全部合格方可出厂。

11.4 一致性检验

抽样方法

抽样数量按下式确定：

$$n = \sqrt{N} + 1$$

其中：

N 为批量数量。

附录 A
(资料性)
自动驾驶系统架构

智能叉车自动驾驶系统通常包括以下层级：

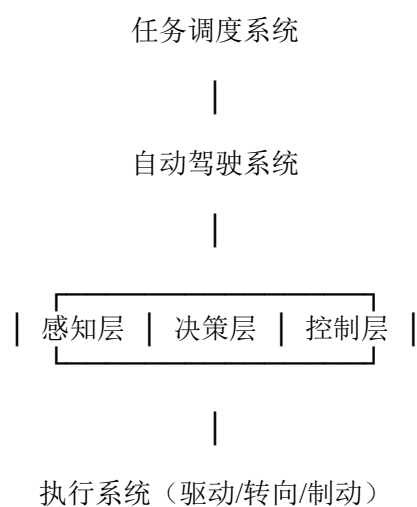
感知层

决策层

控制层

执行层

系统结构示意图：



附 录 B
(资料性)
风险评估流程

风险评估步骤如下：



附录 C
(资料性)
与 ISO 3691-4 条款对照

本标准条款	ISO3691-4 条款	对应内容
6 技术要求	Clause 4	Safety requirements
7 功能安全	Clause 5	Control system safety
8 整车安全	Clause 6	Protective measures
10 试验方法	Clause 7	Verification

附 录 D
(规范性)
型式试验项目

型式试验项目包括：

- 1) 环境试验；
- 2) 定位精度试验；
- 3) 行人识别试验；
- 4) 避障试验；
- 5) 紧急制动试验；
- 6) 连续运行试验。

附 录 E
(资料性)
安全完整性等级计算示例

风险优先数:

$$R = S \times F \times P$$

S —— 严重度

F —— 暴露频率

P —— 可避免性

根据风险矩阵确定 PL 等级。

附录 F
(资料性)
一致性检验规则

抽样数量:

$$n = \sqrt{N} + 1$$

若不合格数 ≤ 1 ，则判定合格。

附 录 G
(资料性)
标准编制说明

本标准针对智能叉车自动驾驶系统缺乏统一技术规范的问题制定。
通过规定自动驾驶系统技术要求、安全等级及试验方法，为行业提供统一技术依据。
