PSCI PHARMACEUTICAL SUPPLY CHAIN INITIATIVE
Building responsible supply chains

2026 PSCI China Supplier Conference
PSCI 中国供应商大会（深圳）

AGV/AMR全生命周期安全管理

AGV/AMR Full Lifecycle Safety Management

吴径 | 首席顾问 | 凯谛思
Jim Wu| Principal Consultant| Arcadis

嘉宾介绍 Speaker Bio

- 姓名：吴　　径
- 职位：首席顾问
- 公司：凯谛思建设工程（上海）有限公司
- 联系方式： Mail: Jim.wu@arcadis.com Tel: 13564562636



- 吴径先生，凯谛思首席机械防护专家，深耕工业风险评估、机械安全方案开发、培训及技改20余年，保障设备符合国际/本地安全标准。
- 熟稔ISO 12100:2010、ISO 13849-1、OSHA CFR1910.212、ANSI R15.06-2012、OSHA CFR29 1910.147、ANSI/ASSE Z244.1-2016等国际国内核心安全规范。
- 累计为汽车零部件、生物医药/食品/精细化工、电梯、航空、电力能源、金属加工、农矿设备、电子电气等领域数千台套设备提供机械安全/LOTO评估及安全优化设计，项目遍及中国大陆、新加坡、印度、韩国、中国台湾、印尼、泰国、马来西亚、菲律宾、中国香港、巴基斯坦、孟加拉国等国家地区。

议程 Agenda

AGV/AMR的需求与选型

如何购买一台安全合规的AGV/AMR?

AGV/AMR的主要风险

AGV/AMR的调试与部署

前言

- 随着AI人工智能、传感器等技术的快速发展， 工业移动式机器人（AGV/AMR) 将具备更高的智能化水平，包括**自主导航、环境感知、智能决策**等能力，以提高工作效率。工业移动机器人在设计、制造和使用过程中，必须充分考虑安全性能，确保机器人能够在各种复杂环境下稳定运行，并防止因技术故障引发的安全事故。



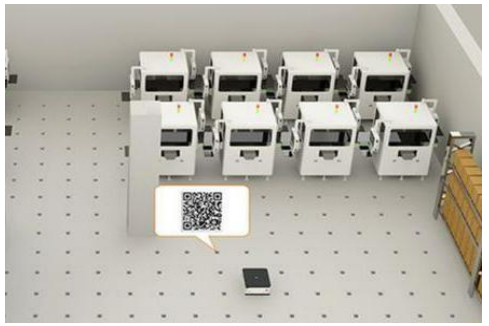
1950S 雏形诞生

- 1954年诞生的世界上第一台 AGV原型，采用地面导线循迹牵引技术。



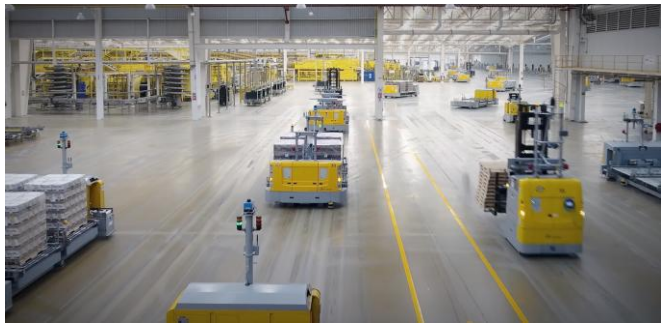
1970s-1980s 技术奠基

- 出现了具备PLC编程功能，并向叉车或单元负载式演变。



1990s-2000s 多元演进

- 激光导引技术，同时出现磁条导航、二维码导航技术，应用场景开始进入仓储物流中心。



2010s-至今 智能变革

- SLAM定位系统技术突破，AMR（自主移动机器人）登上舞台。
- 自主导航、环境感知、智能决策技术



WHAT’ S THE DIFFERENCE?

AGVs VS. AMRs的需求与选型

AGV/AMR的用途分类

- AGV（Automated Guided Vehicle) 是指装备电磁或光学导引装置，沿规定路径行驶，具备安全保护及重型移载功能，以蓄电池为动力的无人搬运车。

- AMR（Autonomous Mobile Robot）与AGV无本质区别，实现了导航功能增强（这些功能非AGV不可实现，而是受限于多数工业环境的应用条件）。

- 主要用途类型：潜伏式、叉车式、货物中转（移载）、夹抱式、牵引式等。











AGV/AMR的用途分类



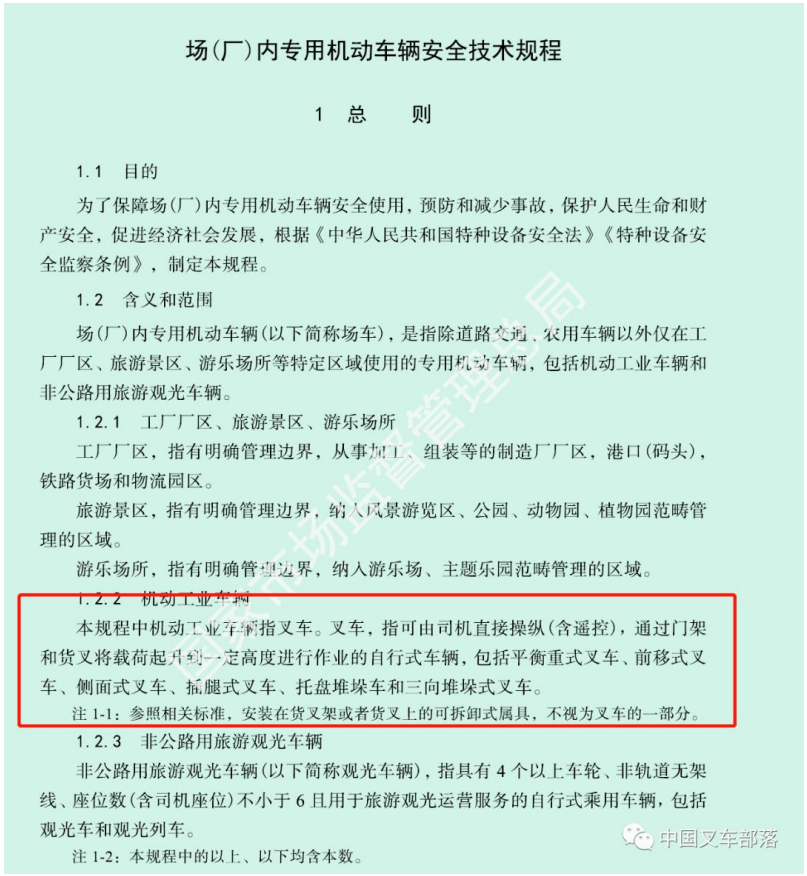
TSG 特种设备安全技术规范 TSG 81—2022

场(厂)内专用机动车辆
安全技术规程

Regulation on Safety Technology for
Special Purpose Motor Vehicles in Special Fields

国家市场监督管理总局发布
2022年8月3日

中国叉车部落



场(厂)内专用机动车辆安全技术规程

1 总 则

1.1 目的

为了保障场(厂)内专用机动车辆安全使用，预防和减少事故，保护人民生命和财产安全，促进经济社会发展，根据《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》，制定本规程。

1.2 含义和范围

场(厂)内专用机动车辆(以下简称场车)，是指除道路交通、农用车辆以外仅在工厂厂区、旅游景区、游乐场所等特定区域使用的专用机动车辆，包括机动工业车辆和非公路用旅游观光车辆。

1.2.1 工厂厂区、旅游景区、游乐场所

工厂厂区，指有明确管理边界，从事加工、组装等的制造厂厂区，港口(码头)，铁路货场和物流园区。

旅游景区，指有明确管理边界，纳入风景游览区、公园、动物园、植物园范畴管理的区域。

游乐场所，指有明确管理边界，纳入游乐场、主题乐园范畴管理的区域。

1.2.2 机动工业车辆

本规程中机动工业车辆指叉车。叉车，指可由司机直接操纵(含遥控)，通过门架和货叉将载荷起升到一定高度进行作业的自行式车辆，包括平衡重式叉车、前移式叉车、侧面式叉车、插腿式叉车、托盘堆垛车和三向堆垛式叉车。

注 1-1：参照相关标准，安装在货叉架或者货叉上的可拆卸式属具，不视为叉车的一部分。

1.2.3 非公路用旅游观光车辆

非公路用旅游观光车辆(以下简称观光车辆)，指具有4个以上车轮、非轨道无架线、座位数(含司机座位)不小于6且用于旅游观光运营服务的自行式乘用车辆，包括观光车和观光列车。

注 1-2：本规程中的以上、以下均含本数。

中国叉车部落

根据《场（厂）内专用机动车辆安全技术规程》（TGS81-2022）》在关于叉车的定义中明确，无人叉车不再列入特种设备管理，但是对无人叉车 AGV中，配置自动和人员操作“双模”模式的（例如**步驾式或乘驾式叉车AGV**），仍旧需要按照特种设备条例纳入管理。

判定关键词：起重功能 + 人工驾驶操作





叉车式AGV是否属于特种设备，需要纳入特种设备管理?

AGV/AMR主要导航方式

AGV常用的导航方式

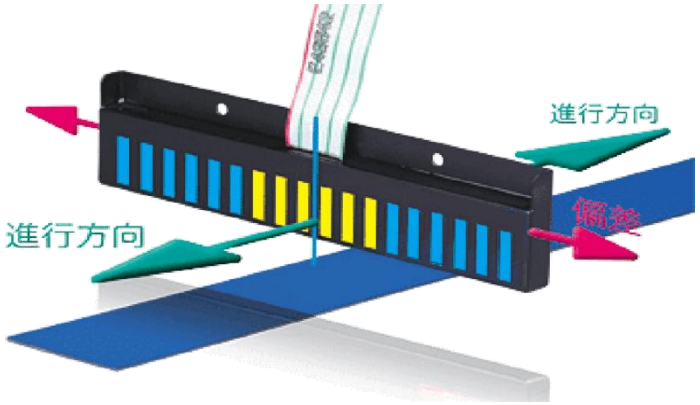
- 磁条导航 （主要厂家：华晓，嘉腾，佳顺等）
- 二维码导航（主要厂家：海康，极智嘉，快仓等）
- 激光（带反光板）导航（主要用于叉车式AGV，国自，未来，木牛流马等）

AMR常用的导航方式

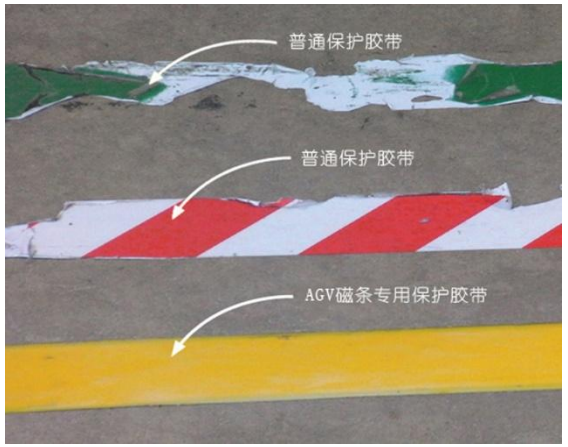
- 自然轮廓（激光Slam)导航（主要厂家：迦智，优艾智和，斯坦德等）
- 纹理（V-Slam)导航（应用场景要求较高，地面纹理要求清晰）
- 视觉级混合导航 (技术尚未成熟)

AGV导航分类

磁条导航(霍尔元件)







磁条导航系统的优点：

- AGV定位精确，路径的铺设、变更或扩充发展相对复杂的电磁导航较容易，磁条成本水平较低。

磁条导航系统的缺点：

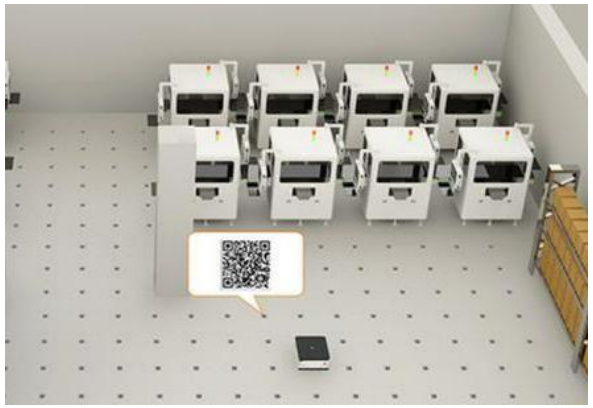
- 磁条容易断裂，需要定期维护，路径变化需要重新铺设磁条；
- AGV只能按照磁条行走，无法通过控制系统实时更改任务要求或实现智能避让。

AGV导航分类

地面二维码导航







二维码导航AGV优点：

- 定位精确，小巧灵活，铺设、改变路径也较容易，便于控制通讯，对声光无干扰。

二维码导航AGV缺点：

- 路径需要定期维护，如果场地复杂，则需要频繁更换二维码，对陀螺仪的精度及使用寿命要求严格，另外对场地平整度有一定要求，价格相对磁条导航AGV较高。

AGV导航分类

激光导航（反光板三角几何定位）


Laser triangulation





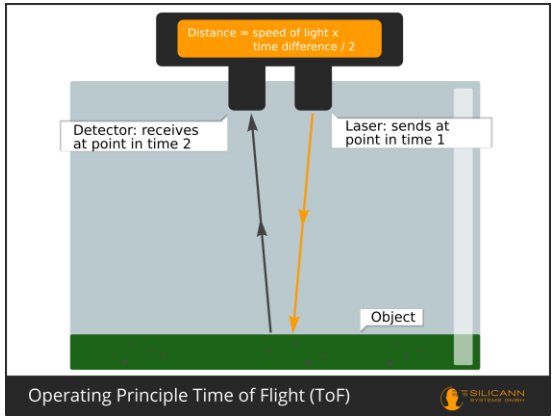
要求2M左右的反光板安装高度，比如车间立柱等，适用于叉车式AGV

激光导航的优点：

- 高精度定位、实时性强、适应性强和可靠性高等。
- 在复杂的环境中，激光导航技术能够提供准确的定位信息，使AGV能够精确地导航和定位。
- 同时，它能够实时地感知和响应环境变化，提供实时和动态的导航信息，适应不同的工作场景。
- 而且，激光导航系统适用于多种地形和环境，包括室内和室外，能够应对不同的工作场景需求。

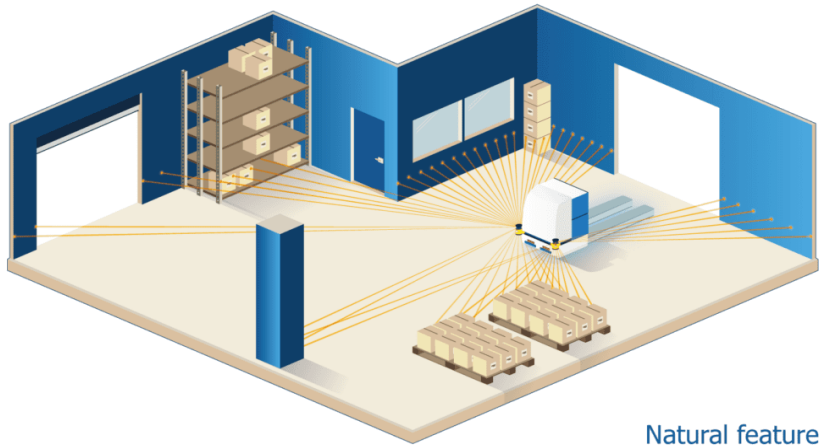
激光导航的缺点：

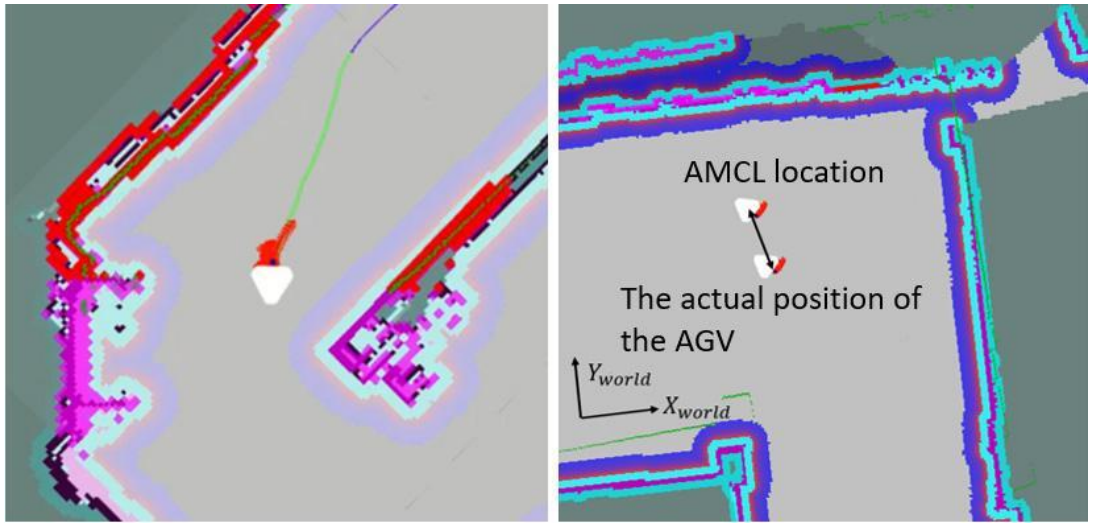
- 成本较高，设备和安装费用相对较高。
- 对环境的要求较高(可见光影响），需要有清晰的标志和参考物，同时避免光线干扰和遮挡等问题。
- 受制于地形限制，对地形的可通行性有一定要求，在极端地形或复杂环境下可能存在导航困难。



AMR导航分类

自然轮廓导航（Slam）





自然轮廓导航AMR优点：

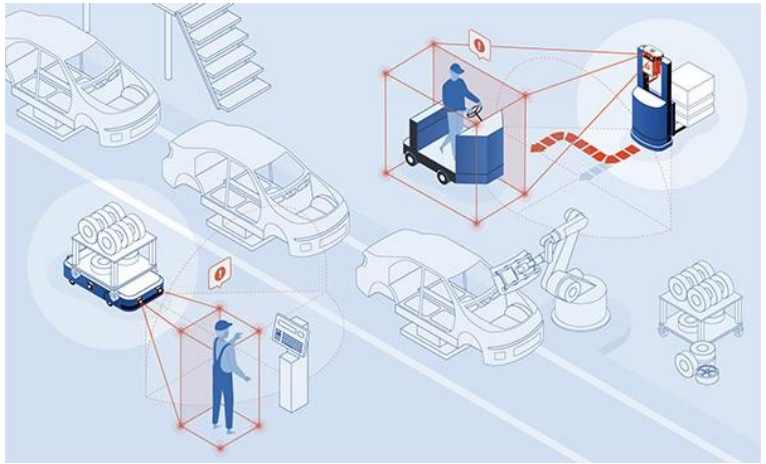
- 安装成本低，行走路线灵活

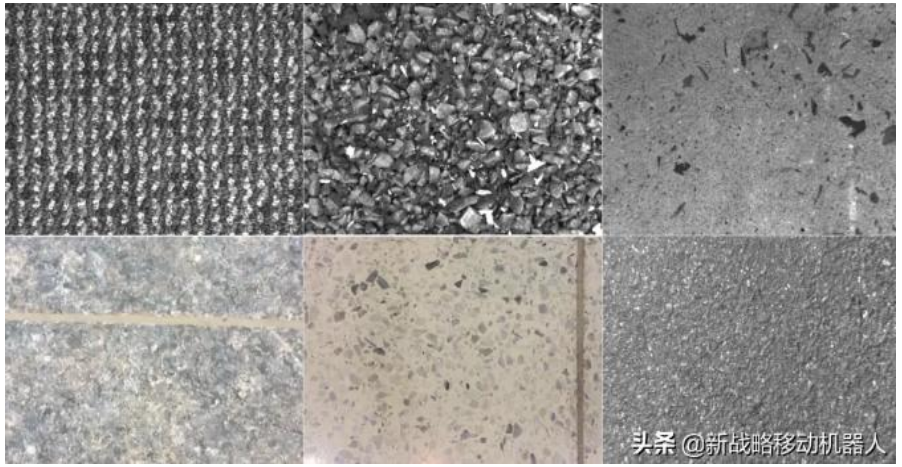
自然轮廓导航AMR的缺点：

- 成本较高，设备和安装费用相对较高。
- 受制于地形限制，对地形的可通行性有一定要求，**在极端地形或复杂环境**下可能存在导航困难。

AMR导航分类

纹理导航（V-Slam）- 技术尚不成熟







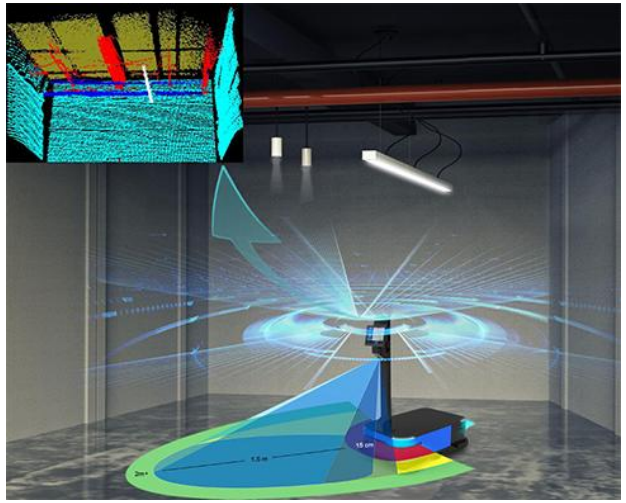
- **视觉纹理导航优点**：视觉纹理AGV导航的硬件成本较低，定位精确。

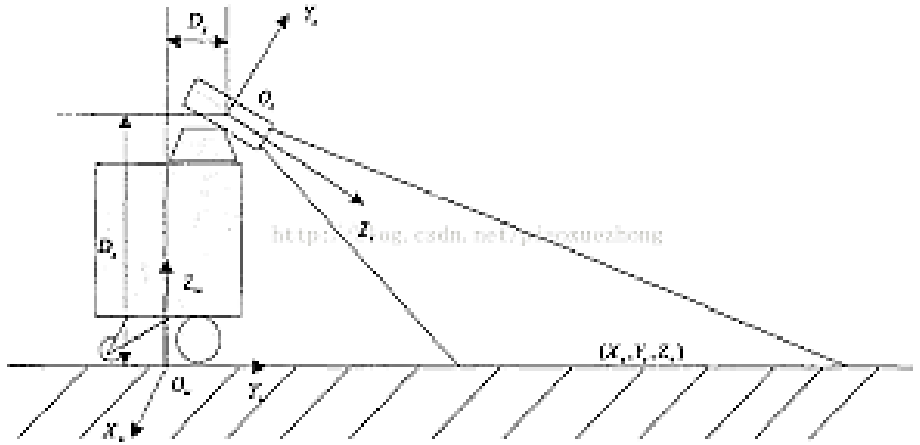
- **视觉纹理导航缺点**：

对使用环境（地面、光线等）要求较高，运行的地面需要有纹理信息，当运行场地面积较大，绘制导航地图的时间相比激光导航长，而且视觉导航技术还不够成熟。

AMR导航分类

视觉导航 - 技术不成熟



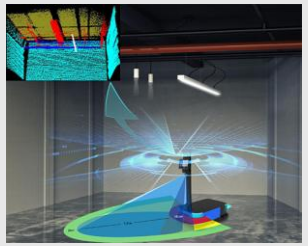




- **视觉导航优点**：图象识别技术与激光导航技术相结合将会为自动化工程提供意想不到的可能，如导航的精确性和可靠性，行驶的安全性，智能化的记忆识别等都将更加完美。

- **视觉导航缺点**：技术成熟度不够，目前较难实现商业应用。对环境要求苛刻，尤其光线要求。

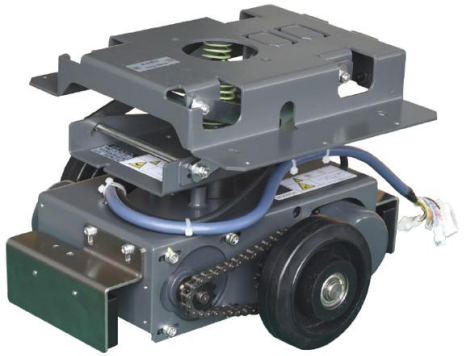
AGVAMR常见导航方式及成本比较

评价维度	导航方式对比	磁条导航	二维码导航	激光/SLAM导航
设备性能	定位精度 运行速度 导航路线 任务调度 环境改造难度 抗干扰能力	中（约10mm） 低（≤1m/s） 固定 固定（A-B） 大（贴磁条） 强 	中（约10mm） 高（≤2m/s） 灵活 实时调度 中（贴二维码） 中 	低（约20mm） 低（≤1.5m/s） 灵活 实时调度 低（环境无影响） 偏低 
使用成本	维护成本 硬件成本	大（换磁条，易损件更换） 低	低（换二维码，易损件更换） 中（避障激光+相机）	低（易损件更换） 高（激光雷达+避障）
应用柔性	美观度 柔性 环境适应性 适应场景	低（贴磁条，环境影响大） 低（磁条需重新贴，地面修改） 高 固定路线，适合循环搬运	中（贴二维码，环境影响小） 高（需调整系统，地面修改） 高（二维码材质根据环境选择） 多分枝，多环路，有交通规则复杂路线，多流程，高精度定位与接驳	高（无地面导航标识） 高（需调整系统，地面布局建立） 中（环境要求高，户外，玻璃墙不适用） 多分枝，多环路，有交通规则复杂路线，多流程，低精度定位与接驳
技术成熟度	先进性 成熟度	低 高	高 高	高 中
		价位最低	最具性价比	最具布局便利性

AGV/AMR驱动系统的分类

成本

- 差速驱动一般由两个一组的驱动轮构成，通过两轮的速度差的大小实现直线运动或者曲线运动。
- 缺点：差动轮AGV运行精度较低，无法适应对精度要求高的场合。且差速轮对地面平整度要求苛刻，负重较轻。



负载：1吨以下

<

- 舵轮驱动是指集成了驱动电机、转向电机、减速机等一体化的机械结构。
- 缺点：转向电机增加了制造成本。AGV在进行机动时经常需要两个舵轮进行差动，这为对电机和控制精度要求较高，进一步增加了开发难度和成本。



负载：1-2吨以上

<

- 麦克纳姆轮依靠各自机轮的方向和速度，这些力的最终合成在任何要求的方向上产生一个合力矢量从而保证了这个平台在最终的合力矢量的方向上能自由地移动，而不改变机轮自身的方向。
- 缺点：麦克纳姆轮属于瑞典麦克纳姆公司的专利，只能从国外进口，再加上本身运动类型的复杂性，因此价格昂贵。

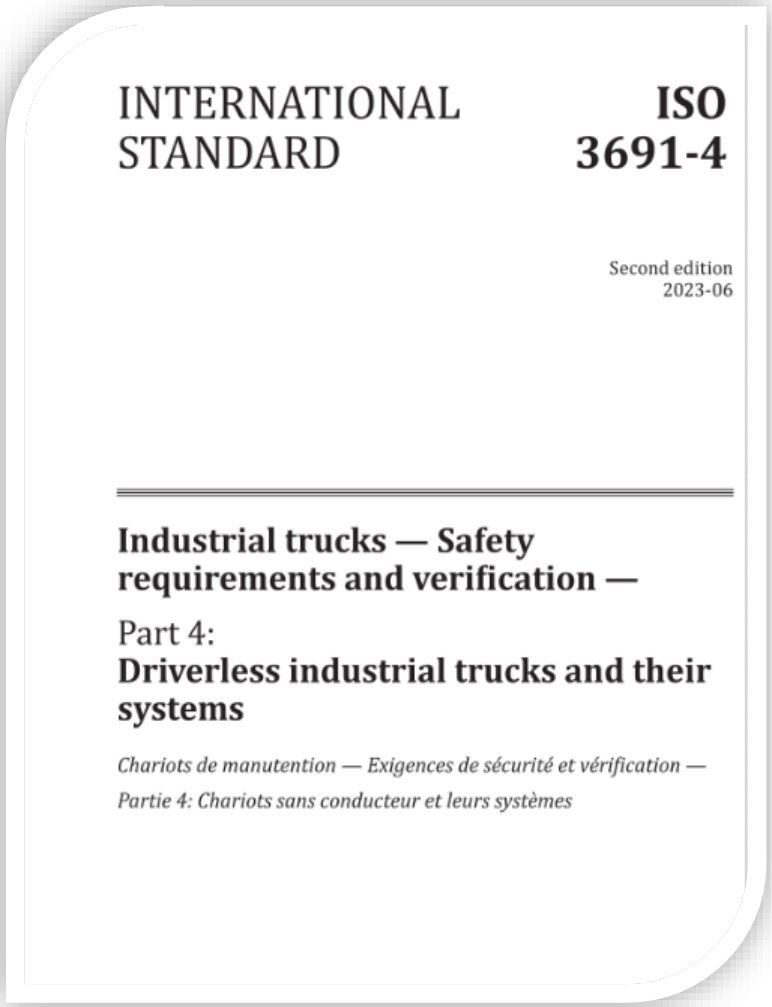


负载：10吨以上



HOW TO PURCHASE A SAFE AGV/AMR?
如何购买一台安全合规的AGV/AMR?

AGV/AMR主要安全技术标准



INTERNATIONAL STANDARD

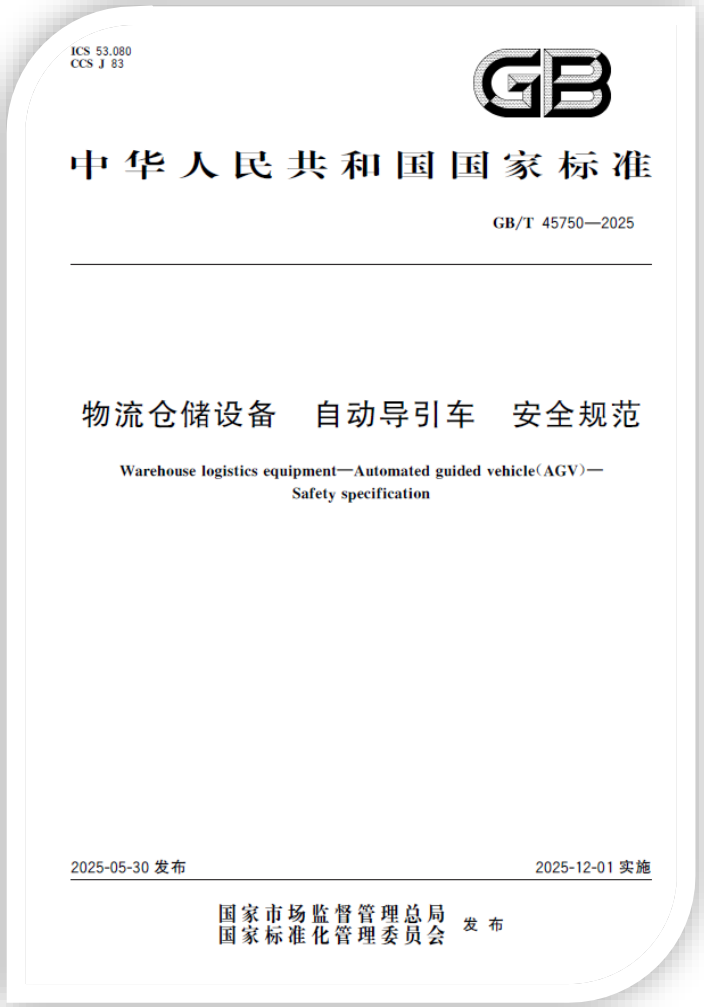
ISO 3691-4

Second edition
2023-06

Industrial trucks — Safety requirements and verification —

Part 4:
Driverless industrial trucks and their systems

Chariots de manutention — Exigences de sécurité et vérification —
Partie 4: Chariots sans conducteur et leurs systèmes



ICS 53.080
CCS J 83

GB

中华人民共和国国家标准

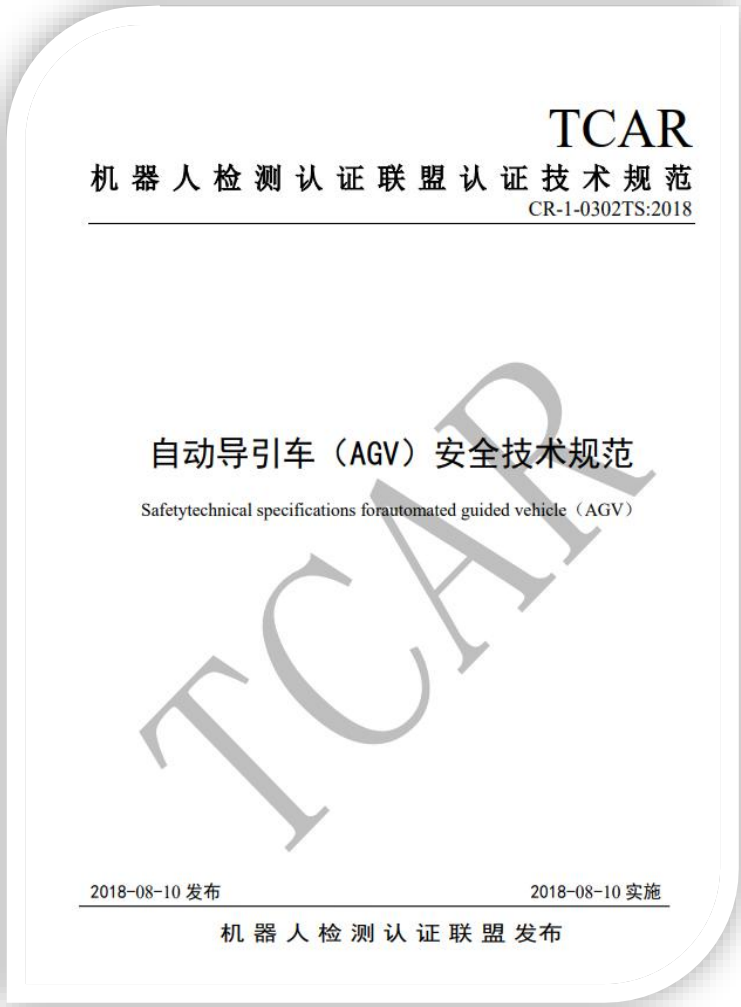
GB/T 45750—2025

物流仓储设备　自动导引车　安全规范

Warehouse logistics equipment—Automated guided vehicle(AGV)—
Safety specification

2025-05-30 发布　　2025-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布



TCAR

机器人检测认证联盟认证技术规范

CR-1-0302TS:2018

自动导引车（AGV）安全技术规范

Safetytechnical specifications forautomated guided vehicle（AGV）

TCAR

2018-08-10 发布　　2018-08-10 实施

机器人检测认证联盟发布

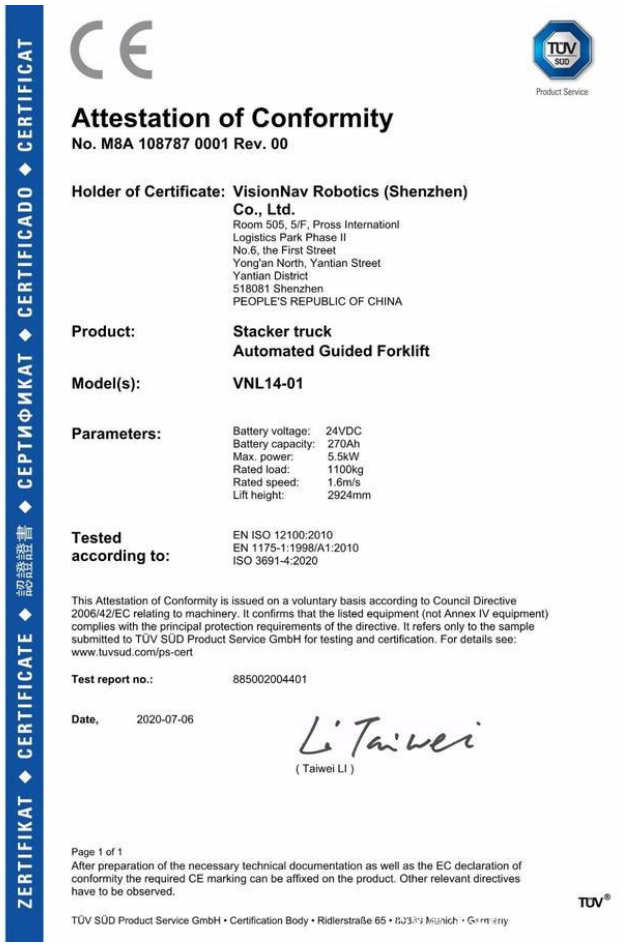
GB/T 45750-2025《物流仓储设备 自动导引车 安全规范》

GB/T 45750-2025《物流仓储设备 自动导引车 安全规范》，**2025 年 5 月 30 日发布，2025 年 12 月 1 日正式实施**，由国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会联合发布，全国物流仓储设备标准化技术委员会（SAC/TC 499）归口，中国机械工业联合会主管 。

创新的五级安全防护等级体系

等级	速度特征	运载条件	典型应用场景	安全配置要求
A 级	≤0.3 m/s	m≤1000kg	无人区	急停+接触防护或非接触防护
B 级	≤0.3 m/s	1000kg<m ≤3000kg	无人区（电子制造业洁净车间常用）	急停+接触防护或非接触防护+ 声光报警+失速保护
C 级	**> 1 m/s 0.3-1 m/s**	**m ≤1000kg 1000kg<m ≤3000kg**	**人机混行（必须 ≥C 级）**	**急停+接触防护或非接触防护+ 声光报警+紧急制动+失速保护**
D 级	**> 1 m/s 0.3-1 m/s**	**1000kg<m ≤3000kg m >3000kg**	**人机混行**	**急停+安全认证级激光雷达 + 声光报警+紧急制动+失速保护**
E 级	>1 m/s	m >3000kg	重工业高风险环境	急停+安全认证级接触防护或非接触防护+ 声光报警+紧急制动+失速保护

AGV/AMR主要安全认证（CE or CR）



ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認證證書 ◆ СЕРТИФИКАТ ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

CE

TÜV SÜD Product Service

Attestation of Conformity

No. M8A 108787 0001 Rev. 00

Holder of Certificate: VisionNav Robotics (Shenzhen) Co., Ltd.
Room 505, 5/F, Pross Internationl Logistics Park Phase II
No.6, the First Street
Yong'an North, Yantian Street
Yantian District
518081 Shenzhen
PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

Product: Stacker truck
Automated Guided Forklift

Model(s): VNL14-01

Parameters:

Battery voltage:	24VDC
Battery capacity:	270Ah
Max. power:	5.5kW
Rated load:	1100kg
Rated speed:	1.6m/s
Lift height:	2924mm

Tested according to: EN ISO 12100:2010
EN 1175-1:1998/A1:2010
ISO 3691-4:2020

This Attestation of Conformity is issued on a voluntary basis according to Council Directive 2006/42/EC relating to machinery. It confirms that the listed equipment (not Annex IV equipment) complies with the principal protection requirements of the directive. It refers only to the sample submitted to TÜV SÜD Product Service GmbH for testing and certification. For details see: www.tuvsud.com/ps-cert

Test report no.: 885002004401

Date, 2020-07-06

Li Taiwei

(Taiwei LI)

Page 1 of 1
After preparation of the necessary technical documentation as well as the EC declaration of conformity the required CE marking can be affixed on the product. Other relevant directives have to be observed.

TÜV®

TÜV SÜD Product Service GmbH • Certification Body • Ridlerstraße 65 • 80339 Munich • Germany



CCID

机器人产品认证证书

证书编号：CCIDCCZS-20170012R

申请人名称及地址：上海快仓智能科技有限公司 上海市徐汇区钦州北路1198号82号楼12F

制造商名称及地址：上海快仓智能科技有限公司 上海市徐汇区钦州北路1198号82号楼12F

生产商名称及地址：上海快仓智能科技有限公司 泰州市寺巷街道光电产业园1期8号

产品名称和规格型号：快仓第三代智能仓储机器人 M60

产品标准/技术要求：

GB5226.1-2008、GB/T20721-2006、GB/T15706-2012

认证模式：

■A：型式试验（产品序列号：QR01-102-02S）

□B：型式试验+工厂检查+获证后监督

上述产品符合产品认证实施规则CCIDCC/CR-007-2017的要求，特发此证。本证书的有效性依据发证机构的监督获得保持。

签发：胡小鹏

发证日期：2017-12-5

北京赛迪认证中心有限公司

中国·北京·海淀区紫竹院路66号赛迪大厦 100048

CR非强制性认证全称“China Robot Certification”，是在在国家发改委、认监委、工信部、国家标准委等国评中心指导委员会主要成员共同指导下进行策划、创意、设计并最终确定的一种认证，主要针对机器人产品的新认证。CR认证全称是“China Robot Certification”。



WHAT’ S THE AGVS AND AMRS MAIN RISKS?

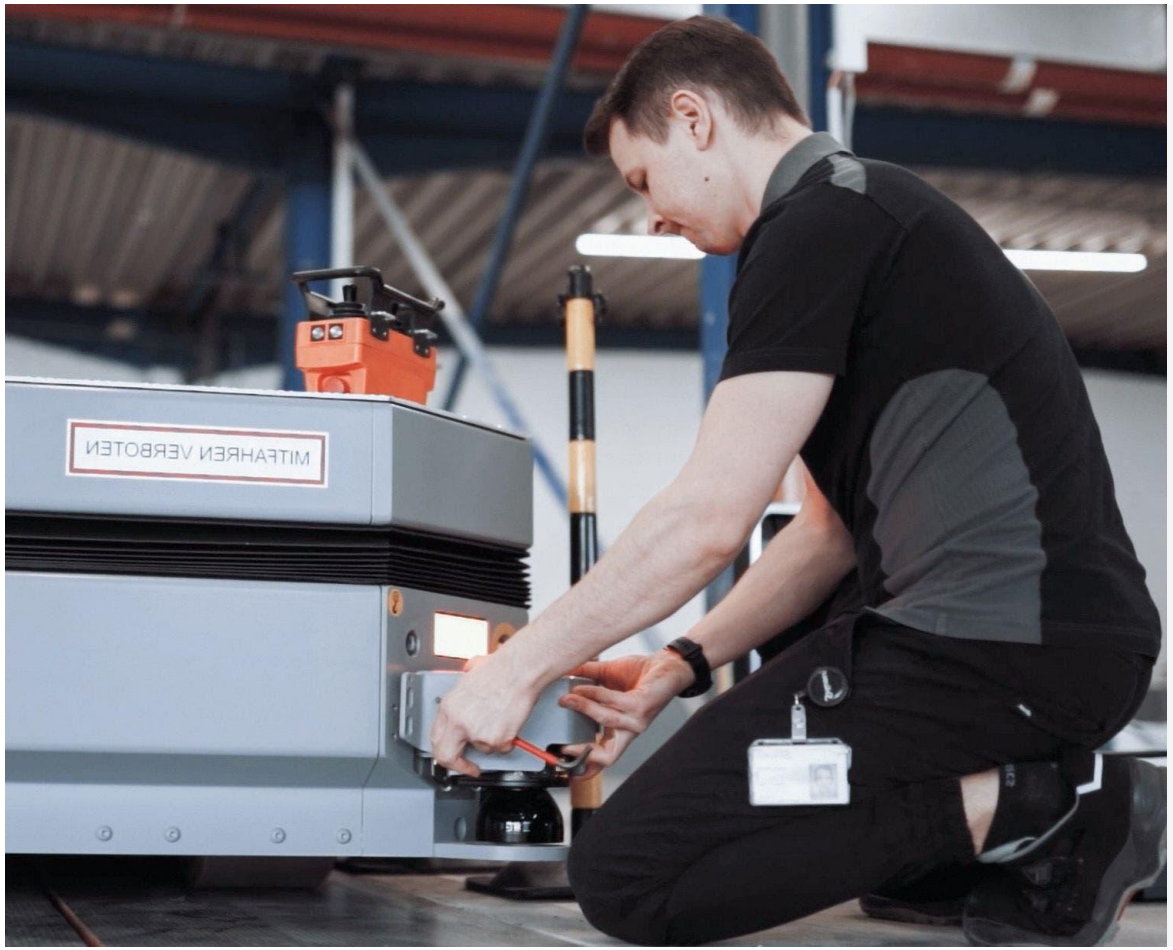
AGV/AMR的主要风险

AGV/AMR有哪些典型的物理危险?

典型危险类型	危险类型	危险事件	危险接触区	潜在后果
	机械伤害	负载过高导致倾覆； 超速引起制动失效； 负载坠落；AGV意外启动； 操作控制失效；人员误操作；行驶路径急停设置不当；缺少安全标识接触移动部件 。	公共区域、危险区域、限制区域	碾压，冲撞，割伤，剪切
	电气危险	充电连接产生电弧；缺少安全标识接触带点部件；短路；漏电；更换电池引起的短路。	公共区域、危险区域、限制区域	电击伤害
	热危险	电池爆炸；缺少安全标识接触发热部件。	公共区域、危险区域	烧伤、 着火、熔化的颗粒射出；烫伤
	AGV使用环境相关的危险	AGV对其他设备的干扰；电磁干扰导致AGV工作异常。	公共区域、危险区域、限制区域	冲撞、 碾压

GB/T45750—2025 物流仓储设备 自动导引车 安全规范

AGV/AMR有哪些典型的管理风险?



- 选型采购 / 供应商准入不严，安全配置被阉割，无功能安全认证
- 安装调试 / 手动模式安全屏障被屏蔽，速度失控，电池包无防护
- 风险评估 / 人机混行区域未识别，物理隔离缺失，盲区无警示
- 维护变更 / 电池老化无监测，固件未升级，变更管理缺失
- 运行管理 / 过充热失控，充电区无隔离，灭火剂选型错误

AGV/AMR机械伤害事故案例

- **案例 1：Frito-Lay AGV 挤压致死事故（美国，2008）**
- 时间地点：2008 年 11 月 27 日凌晨 1:40，Frito-Lay 工厂
- 事故经过：叉车操作员从手动叉车上下来取货，AGV（HK Systems Model 35/LCF-257Q）在同一区域转弯，激光避障系统未能检测到老式手动叉车，发生碰撞并将操作员夹在 AGV 与手动叉车之间，头部被挤压致死
- 关键细节：公司安全规定要求手动叉车旁放置塑料锥桶以提高 AGV 探测概率，该员工未放置锥桶
- 根本原因：① AGV检测盲区——AGV 激光避障无法识别手动叉车
- 证据来源：OSHA Accident Report ID: 201924669

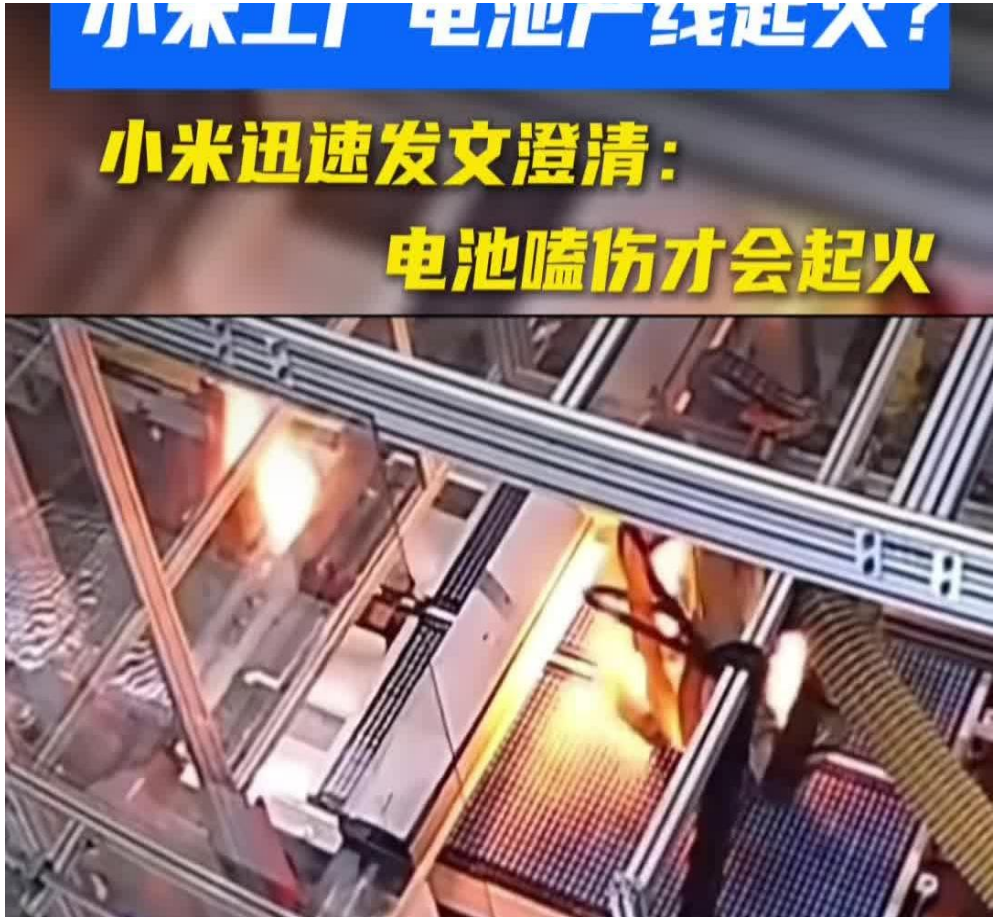


AGV/AMR 操作相关事故案例

- **案例 2：小米汽车工厂内电池产线起火（中国，2024）**

- 2024年，小米汽车工厂电池车间的生产设备，在调试优化过程中，操作人员在手动模式下调试操作失误，使得AGV(自动导引车）上托运的电池包与设备发生磕碰，电芯被划伤，从而造成该电池包短路引起明火，火情极小。

- 车间迅速启动处理预案，相关火情被迅速扑灭，未波及其他生产区域，且没有造成人员受伤。



AGV/AMR电气事故案例

- **案例3 英国 Ocado 安德沃仓库火灾（英国，2019）**

- 2019年，英国最大生鲜电商Ocado位于汉普郡的全自动立体仓库发生火灾，近200名消防队员和20多辆消防车参与救援，火灾最终造成近1.37亿美元损失。

- 事后，汉普郡消防局的报告显示，火灾起因是仓储机器人在充电过程中产生电弧引发。





AGV/AMR 电气及热伤害危险

- **锂电池充电火灾风险**

火灾特征：突发快、扑救难、高温久、易爆炸

- 本质属性：兼具可燃+引火双重属性，碰撞/挤压/过充/短路均可诱发伤亡事故
- 核心诱因：

① 过充（盲充）：电压持续过高引发内部枝晶短路，温压骤升致燃爆

② 短路：散热不良致温升过高，击穿隔膜引发短路，热量累积触发链式反应

③ 热失效：多由电子故障/物理损伤引发，初期仅产气/产汽，隐蔽性极强

- 次生风险：电池原材料燃点低，起火后内部有毒易燃物泄漏，易形成爆炸性混合物。





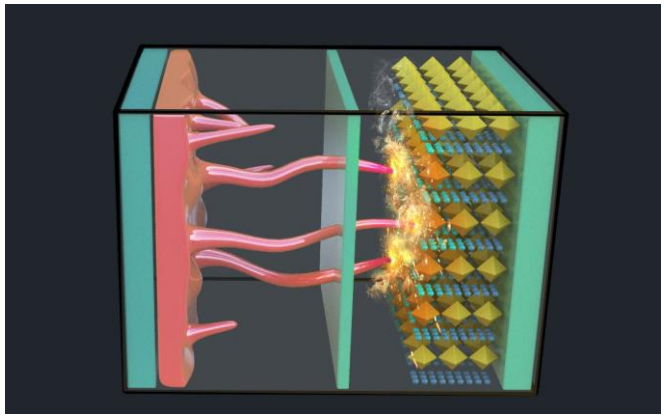


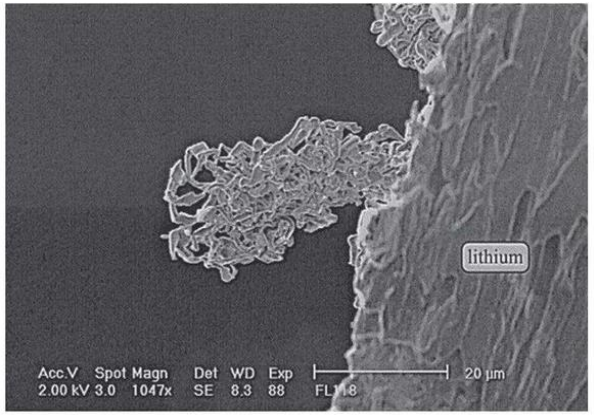
AGV/AMR 电气及热伤害危险

- **温度对锂电池充电的影响**

AGV、复杂工况场地/特种车辆（-5℃~55℃），化学电池充效随温度变化，充电要求：
常规工况：AGV应支持2C*充电
低温限制：-5~0℃禁充；0~5℃≤0.1C；5~10℃≤0.3C，电压≤4.0V
高温限制：45~55℃≤0.5C

* C 可称作“充电倍率”，即充电电流相对电芯额定容量（Ah）的倍数，用C表示。C前面的数字越大，充电速度越快。





- 锂电爆炸安全池负极在低温下会容易产生锂枝晶，锂枝晶刺穿隔膜会导致火灾和事故。

AGV/AMR 电气及热伤害危险

- **充电场所火灾风险预防7要素**

- 选址：敞开空间，远离易燃易爆品。
- 通风：保持良好通风，防热积聚。
- 分隔：设防火墙/门/卷帘，物理隔离。
- 装修：顶棚墙面采用耐火材料。
- 地面：选用非易燃材质，防火花引燃。
- 消防：配灭火设备（水基为佳），定期检查，标识醒目。
- 维保：充电设备定期巡检，消除隐患，确保运行稳定。





AGV/AMR 电气及热伤害危险

- **充电桩满足无人值守的安全功能**

- 智能识别：自动匹配AGV充电需求，实现精准对接。
- 安全防护：多重保护（过流/过热/短路），确保运行可靠。
- 高效快充：提升充电速率，缩短AGV待机时间。
- 远程监控：联网实时诊断，掌握状态，便捷运维。





SAFE COMMISSIONING AND DEPLOYMENT OF AGVs/AMRs

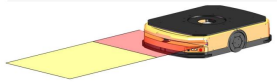
AGV/AMR的调试与部署

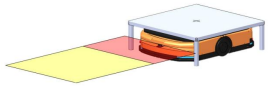
AGV/AMR基本安全防护功能

非接触式保护装置

激光导航 /
避障激光（双激光）









接触式保护装置

安全触边





防止货叉撞击
的红外传感器

紧急停止





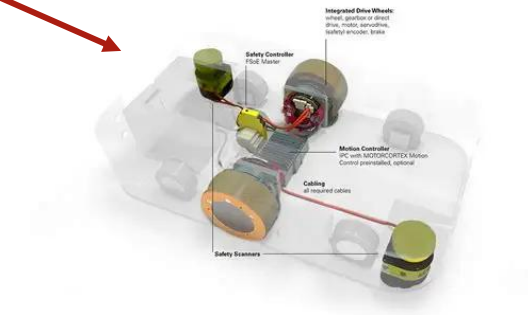
安全控制系统

架构 PLr=d

声光警示



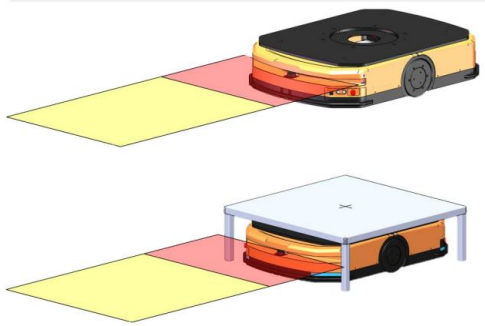
紧急制动+失速保护



AGV/AMR障碍物检测如何进行验证测试?

AGV主动防护装置：激光扫描仪和安全触边



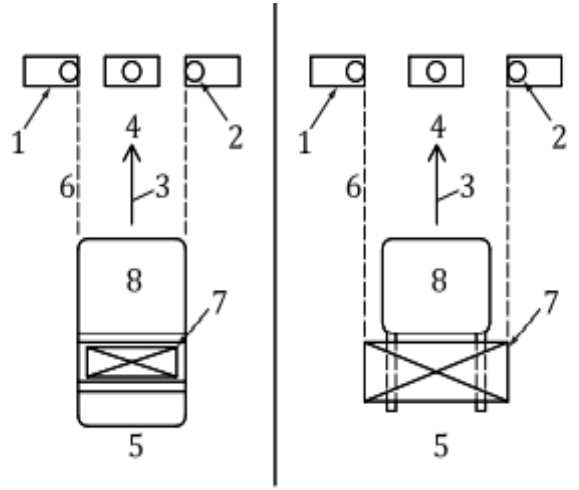


激光扫描仪的两次验证方法：

Test A：在AGV行径方向地面以左、中、右三个方向水平设置直径200mm，长600mm障碍物，障碍物摆放方式应与AGV最大通过宽度等宽。AGV以全速110%的速度经过障碍物时能够在触碰前减速并停止。**接触式防护装置障碍物的受力不低于750N(77kg)。**

Test B: 在AGV行径方向地面以左、中、右三个方向垂直设置直径70mm，长400mm障碍物，障碍物摆放方式应与AGV最大通过宽度等宽。**接触式防护装置障碍物的受力不低于250N(26kg)。**自动导引车以最大速度和 负荷压缩防撞挡板至自动导引车停止的过程中，对于人员防护的接触式障碍物检测装置受到的力不得超过 400N 。对于非接触式防护装置AGV以全速110%的速度经过障碍物时能够在触碰前减速并停止。

两次验证均应重复三次（左、中、右各一次）。

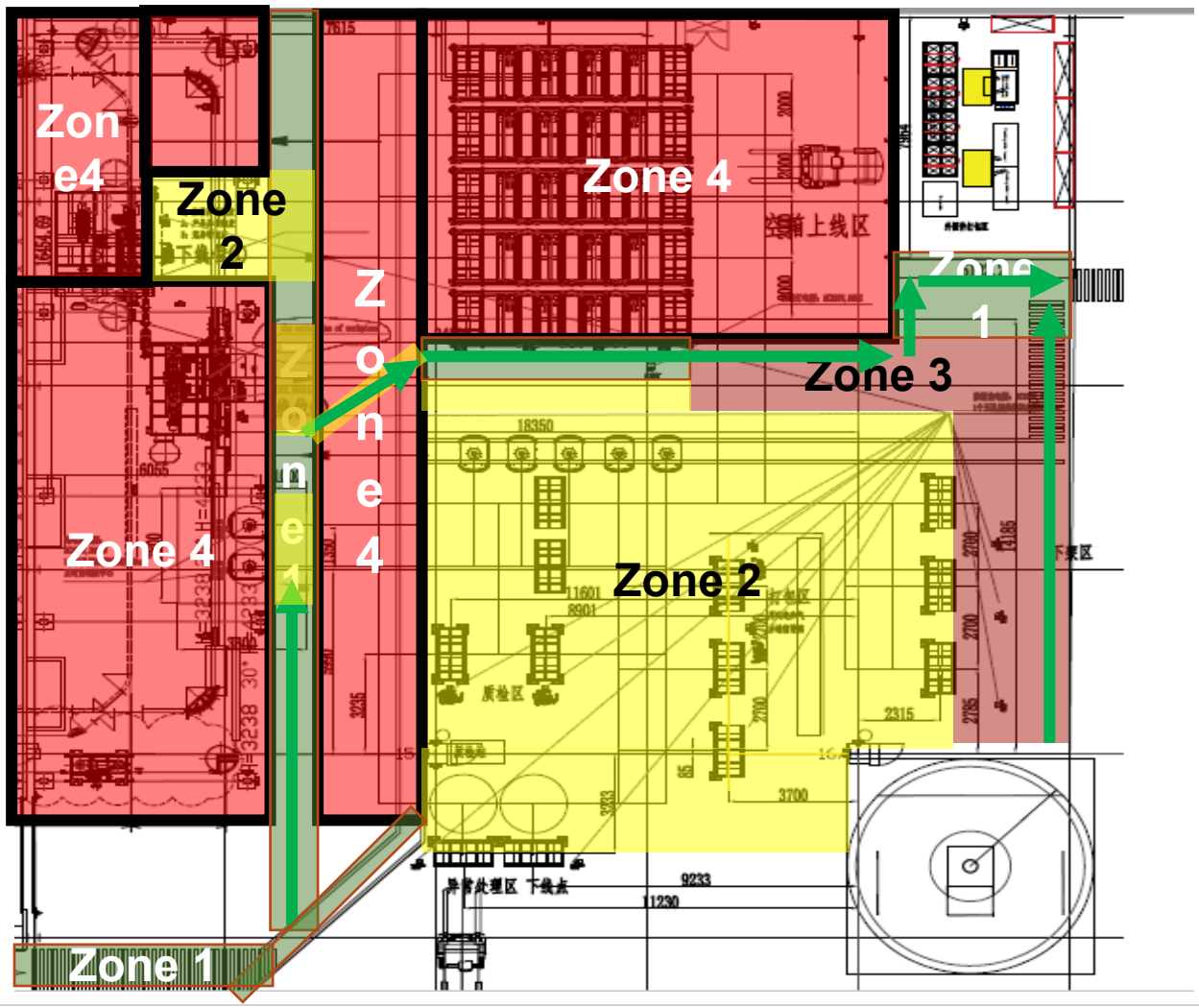


Key

1 test piece (A)
2 test piece (B)
3 direction of truck travel
4 truck path
5 rear of the truck
6 edge of truck path
7 load
8 truck

Figure 3 — Example of tests in certain direction of travel

AGV/AMR安全部署：运行区域划分



Zone1：Green

Zone2：Yellow

Zone3：Orange

Zone4：Red

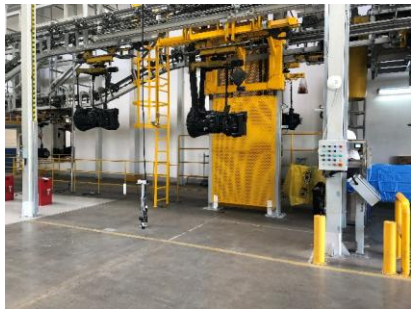
→：Proposed Pedestrian Walkway

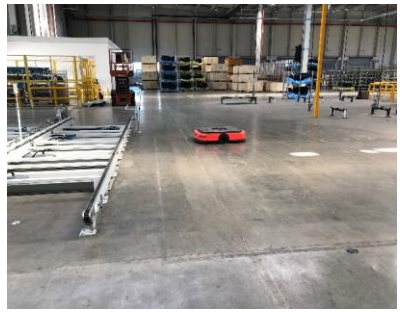
Summary of Transportation Layout Risk Assessment:

场地暂未对AGV运输通道，叉车通道及人行通道进行划分规划，存在多处人车交汇的区域，混乱的交通运输状态容易导致严重碰撞、挤压等人身伤害或者公司财产损失的事故发生。

根据场地的区域特征以不同的颜色块代表不同的人车交通区域：

- 绿色区域代表1区，即该区域只有行人，且不会和AGV，叉车的行迹路线发生交集。
- 黄色区域代表2区，即该区域存在行人和AGV的工作区域交集。
- 橙色区域代表3区，即该区域存在行人和AGV或叉车的工作区域交集。
- 红色区域代表4区，即该区域只允许喷涂下线设备，AGV或叉车工作，区域需要被隔离，任何进入该区域的工作人员需要授权或具备等效的安全控制措施。





AGV/AMR安全部署：运行区域定义

1\ Operating hazard zone （危险运行/操作区域）- AGV运行运输路线上障碍物较多的场景

AGV运行空间间隙不足的区域（见A.2.1）或无法通过人员检测手段保护的区域应指定为“运行危险区”（见表A.1和表A.2）并进行相应的标记。应使用合适的标志或最好是地板/地面标记清楚地指示操作危险区。应避免与其他标记和标志混淆。

主要保护措施：提供逃生通道（宽0.5m高2.1m),限制最高速度，声光报警，延迟屏蔽人员检测功能。



2\ Restricted zone (限制区域）- AGV与设备（货架等）相关联的应用场景

AGV运行空间间隙不足的区域（见A.2.1）和根据4.8.2.1无法通过人员检测装置进行保护的区域（例如货架，立柱，其他已知设备存在的空间）应指定为“限制区”（见表A.1和表A.2），并相应标记。

主要保护措施：限制运行速度，声光报警，区域内AGV速度大于1.2米时应视为封闭区域



3\ Confined zone (封闭区域）- 全封闭的AGV运行区域场景

可以关闭AGV人员检测装置并且允许AGV以**任何速度运行**的区域。 该区域应指定为“密闭区域”并作相应标记。

主要保护措施：进入区域依赖于人员进入检测作为主要防护措施（例如安全联锁或屏蔽功能的光幕）。



AGV/AMR在不同区域内安全设置要求

本体安全设置：

① **速度控制** - 危险区域内AGV最大允许速度设置

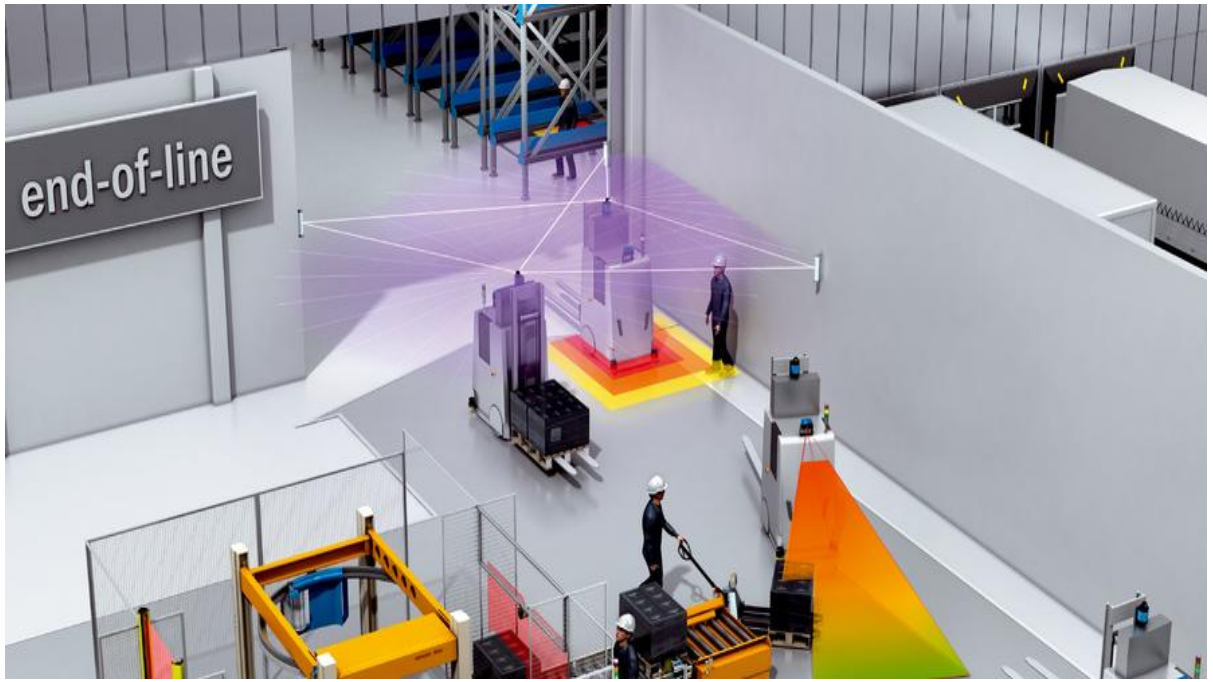
② **人员检测** - 人员检测装置的功能切换及AGV最大停止距离

③ **声光告警** – AGV在进入区域内需要发出特殊的声音或指示灯闪烁

运行区域防护：

① **地面标识**- 区分不同工作区域，明确限制要求。

② **设备联动**- 额外的防护装置，例如围栏，安全门，联锁，光幕，授权管理等等组合使用，防止人员入侵危险区域后其他设备的意外启动。

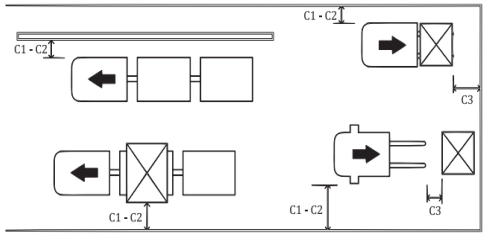


AGV/AMR在不同区域内的安全设置要求

表 A.1 — 在连续固定封闭结构的区域内需要的区域分类和考虑间隙和人员检测装置的其他要求

	AGV 与连续且固定的封闭结构的间隙		行进方向中当前位置到固定封闭结构/物体的空隙，C3（mm）	行驶方向上的障碍物检测装置（PL d）	最大速度[e]	需要的区域分类[a]	需要在600mm内完全停止功能	需要的地板/地面标记或者额外的警告	允许自动重启
	一侧的间隙，C1（mm）	另一侧的间隙 C2（mm）							
1a	> 500	> 500	> 500	触发	额定速度	操作区域	NO 不需要	NO 不需要	允许
1b				屏蔽	0.3m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	—[b]
2a	> 500	> 500	< 500	触发	0,7m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	允许
2b				屏蔽	0.3m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	—[b]
3a	> 500	< 500且 > 100	> 500	触发	1.2m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	允许
3b				屏蔽	0.3m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	—[b]
4a	> 500	< 500且 > 100	< 500	触发	0.7m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	允许
4b				屏蔽	0.3m/s	操作危险区域	NO 不需要	YES 需要	—[b]





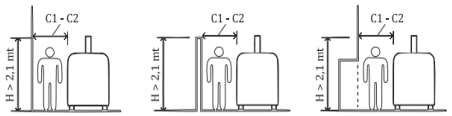
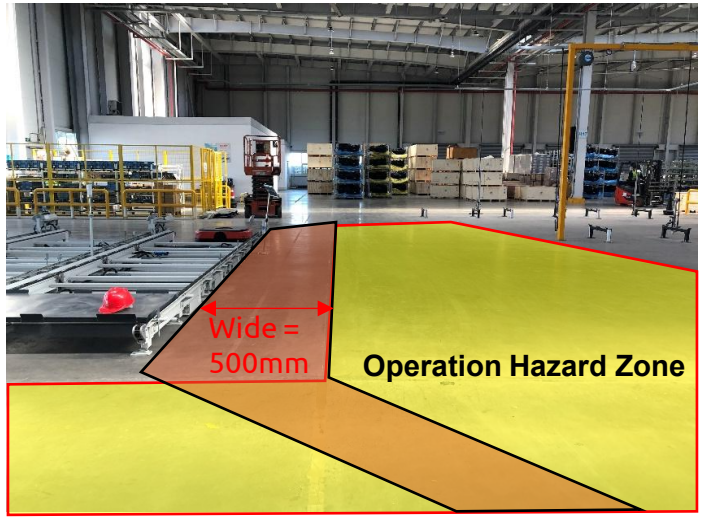


Figure A.1 — Clearance

行驶路径的三个方向净空间 | **AGV的障碍物功能以及区域内速度** | **作业区域** | **停止距离** | **地面标识** | **AGV自动重启功能**

AGV/AMR在运行危险区域的设置要求





1） 道路两侧应提供0.5m宽和净空2.1m高的最小间距。（应在AGV路径和路径沿线相邻固定结构，如墙，立柱之间进行距离测量。）

2）运行危险区应通过适当的标志或最好是在地板/地面标记清楚指示。(应避免与其他标记和标志混淆。）

3）AGV 在经过此路径时应自动减速至1.2m/s以内；在AGV转向过程中时速应控制在0.3m/s（See ISO3691-4:2020 Table A.2, 3a/3b），AGV同时应发出特殊灯光和/或声音预警。





AGV/AMR在危险限制区域的设置要求





1） 对于AGV运行空间不足的限制区域（见A.2.1）以及根据4.8.2.1无法通过人员检测手段进行保护的区域应指定为“限制域区”（见表A.1和表A.2），该区域并相应地进行标记。

限制区域应：

a） 清楚地标记标识和地板/地面标记；

b） 只有经过特定危险培训的授权人员才能进入；

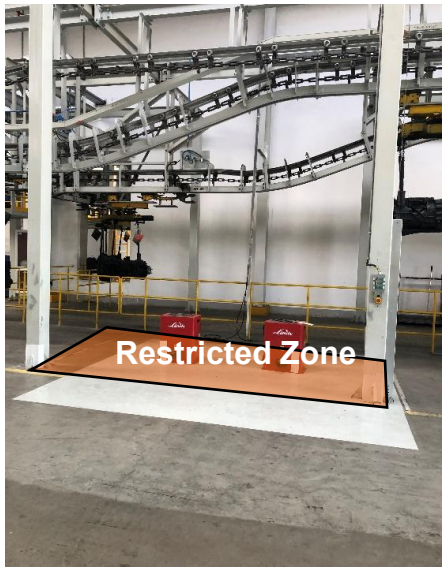
c） 该区域内不应包括任何常规工作场所；

d） 按需配备符合ISO 13857:2008表2和表4要求的区域周边固定防护装置围栏，高度至少为2.1m；

e）按需配备可移动防护装置（如安全门），以便只有授权人员进入。

2） 在限制域区内， AGV进入该区域的最大速度限制为0.7m/s，AGV转弯过程中或进入托盘架时的最大速度限制为0.3m/s (See ISO3691-4:2020 Table A.2, 4a/4b)，并且AGV 应发出额外的声音和/或灯光警告。

AGV/AMR在危险限制区域的设置要求







3） 限制区域内的可移动防护装置（如检修门）的设计应符合以下要求：

a） 由限制区域向外开放;

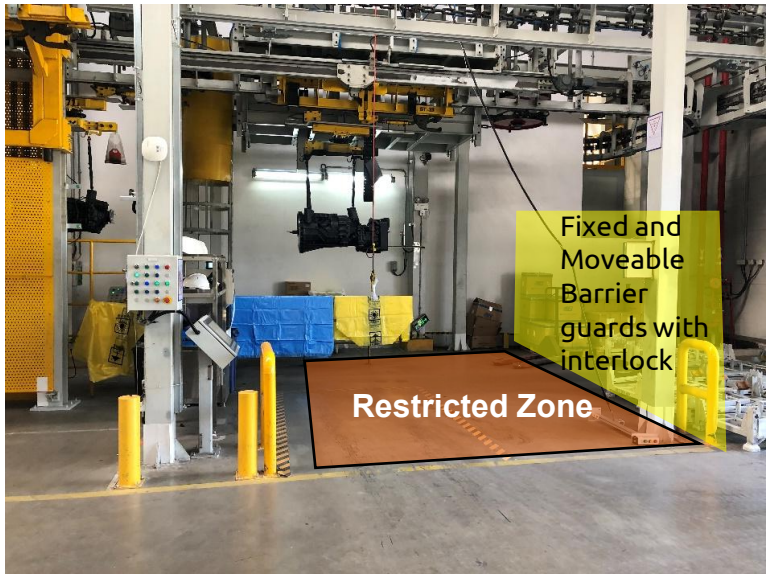
b） 除非使用钥匙或其他识别手段，否则安全门不能从外部打开；

c） 无需钥匙即可从内部打开；

d） 尺寸符合ISO 14122-2:2016第4.2.2节（门的尺寸为2.1m高，0.8m宽）。

AGV/AMR在危险限制区域的设置要求







AGV在进出限制域区的通道时应配备符合4.1.10（IEC 61496-2:2013和IEC 61496-3:2018）要求的ESPE（安全光幕），应符合以下附加要求：

a） 该系统能够识别AGV进出危险限制域区，并能够屏蔽ESPE(光幕）；

b） AGV通过后，ESPE (光幕）应重新激活；

c） ESPE检测到人员或不明物体（例如：叉车）时，应将限制区内所有AGV 运行暂停。

d） 在AGV出入口的ESPE检测到意外入侵的物体或人员进入后，只有当授权人员从危险受限域区外手动控制重新启动ESPE (光幕），并且在验证所有人员已离开禁区后区域内的AGV的重新启动才能被重置激活。

提问：酒店外卖运送小车属于哪类自动运输机器人？





思考：

- 应该具备什么安全功能？
- 应该如何更加安全的部署应用？

设计注意事项：

- 轿厢网络环境需增加AP（无线接入点）
- AGV需要在电梯外设置排队区域
- 跨地图（楼层）设置复杂
- 电梯门框间隙不能太大,AGV易卡顿或因颠簸跑偏。
- 客货两用电梯，AGV运载货进入时容易对内部站立的人员造成挤压事故。

提问环节 Q&A

