

ICS 25.040.30

CCS J28

T/SDZDH

团体标准

T/SDZDH 002—2024

自动导引车视觉导航系统 总体要求（草案）

General Requirements for Visual Navigation System
of Automated Guided Vehicle

2025-01- 发布

2025-01- 实施

山东省自动化学会 发布

目 次

1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
3.1 自动导引车 automated guided vehicle	3
3.2 自动导引车系统 automated guided vehicle system	3
3.3 导航 navigation	3
3.4 视觉导航 visual navigation	3
3.5 视觉单元 vision unit	3
3.6 视觉传感器 vision sensor	3
3.7 定位 localization	3
3.8 路径规划 path planning	3
3.9 避障 obstacle avoidance.....	4
3.10 感知精度 perception accuracy.....	4
3.11 定位精度 positioning accuracy	4
3.12 导航精度 navigation accuracy.....	4
3.13 环境适应性 environmental adaptability	4
3.14 实时性与稳定性 realtime and stability	4
4 缩略语	4
5 系统总体架构	5
5.1 硬件层.....	5
5.2 数据处理层.....	6
5.3 通信交互层.....	7
5.4 应用层.....	7
6 系统功能要求	8
6.1 环境感知功能.....	8
6.2 定位导航功能.....	8
6.3 智能决策功能.....	9
6.4 避障安全功能.....	10
6.5 通信交互功能.....	10
7 系统性能要求	11
7.1 感知精度要求.....	11
7.2 定位精度要求.....	11
7.3 导航精度要求.....	11
7.4 环境适应性要求.....	12
7.5 实时性与稳定性要求.....	12

前 言

本标准按照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。

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。

本标准由山东省自动化学会提出并归口。

本标准起草单位：潍坊学院、山东华力机电有限公司、山东交通学院、山东开泰抛丸机械有限公司、山东山森数控技术有限公司、曲阜师范大学、山东奇妙智能科技有限公司、济南雷森科技有限公司、山东大学、山东大世自动化科技有限公司、山东宏科水电设备有限公司、山东新锐机器人有限公司、潍坊紫光物联科技有限公司、北京蜂窝在线信息技术有限责任公司、潍坊科技学院、北京卓翼智能科技有限公司、河南丰昌智能科技有限公司。

本标准主要起草人：王文成、郭东进、何为凯、张肖、孙强、李伦、殷宝鑫、兰晓伟、张朝阳、李磊、吴小进、杜广凯、王吉中、刘洪涛、陈振学、郑飞、田学刚、高远、张秀梅、台流臣、王婷、郭学宝、李东锋、蔡洪福、阮清锋、袁媛、李志敏、黄超。

自动导引车视觉导航系统总体要求

1 范围

本标准规定了自动导引车视觉导航系统的术语和定义、总体系统架构、系统功能要求和系统性能要求。

本标准适用于使用视觉传感器进行导航的自动导引车，未考虑以下情况的附加要求：

——运行环境为极端条件（如冷库、强磁场等）；

——在符合特殊标准的环境条件下工作（如危爆环境下）；

——乘客运送；

——携带负载时，载荷的性质可能导致危险情况发生（如熔融金属、酸/碱、放射性材料）。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 30030-2023 自动导引车 术语

GB/T 30029-2023 自动导引车 设计通则

GB/T 38834.2-2023 机器人 服务机器人性能规范及其试验方法 第2部分：导航

GB/T 20721-2022 自动导引车 通用技术条件

GB/T 41784-2022 信息技术 实时定位 视觉定位系统数据接口

GB/T 40659-2021 智能制造 机器视觉在线检测系统 通用要求

GB/T 39005-2020 工业机器人视觉集成系统通用技术要求

YD/T 4182-2023 低速无人系统导航定位通用指标及测试方法

TCESA 1139-2021 智能工厂 自动导引车 通用技术要求

T/AIIA 001-2020 移动机器人定位导航性能评估规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 自动导引车 **automated guided vehicle**

具备物料搬运能力或操作能力，以轮式（含履带）移动为特征，基于环境标记物或外部引导信号，沿预设线路自主移动的设备

3.2 自动导引车系统 **automated guided vehicle system**

由自动导引车、上位控制系统、导航系统、通信系统和充供电系统等构成的系统。

3.3 导航 **navigation**

自动导引车在运行区域中通过确定自身位置和航向实现自动行驶的方法。

3.4 视觉导航 **visual navigation**

在自动导引车的运行区域内，通过车载视觉传感器获取运行区域周围环境的图像信息实现的导航。

3.5 视觉单元 **vision unit**

用于采集目标环境的图像，并对之分析处理以获取目标物相关信息（如几何参数、位置姿态、表面形状及对象质量等）的软硬件系统。

3.6 视觉传感器 **vision sensor**

利用光电传感器件来获取物体图像的设备，能够将物体图像转化为数字信号，并且可以对图像进行处理和分析。

3.7 定位 **localization**

在环境地图上识别或分辨自动导引车的位姿。

3.8 路径规划 **path planning**

根据具体任务，解算并生成自动导引车位姿的时间序列，形成相应的行进路径。

3.9 避障 **obstacle avoidance**

自动导引车在行进过程中，中断原有轨迹规划，主动避让障碍物，完成避让后，记性按照原轨迹规划运动。

3.10 感知精度 **perception accuracy**

自动导引车通过摄像头或其他传感器对周围环境进行感知时所能达到的精确程度。

3.11 定位精度 **positioning accuracy**

自动导引车到达目标位置定位时，实际位置与理论位置的偏差值。

3.12 导航精度 **navigation accuracy**

导航系统在引导自动导引车沿预定路径行驶时所能达到的精确程度。

3.13 环境适应性 **environmental adaptability**

自动导引车视觉导航系统在不同环境条件下能够保持正常、稳定、高效运行的能力。

3.14 实时性与稳定性 **realtime and stability**

视觉导航系统在规定的时间内对环境变化做出响应调整自动导引车的行驶路径和速度，并在长时间运行过程中保持稳定的能力。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

AGV: 自动导引车 (Automated Guided Vehicle)

SLAM: 同步定位与建图技术 (Simultaneous Localization and Mapping)

IMU: 惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit)

CNN: 卷积神经网络 (Convolutional Neural Networks)

PID: 比例积分微分控制 (Proportional-Integral-Derivative Control)

RS: 推荐标准 (Recommended Standard)

TCP/IP: 传输控制协议/网际协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

lx: 照度单位 (lux)

EMC：电磁兼容测试（Electromagnetic Compatibility）

5 系统总体架构

自动导引车视觉导航系统通常采用多层架构设计，总体架构如图1所示，包括硬件层、数据处理层、通信交互层和应用层。

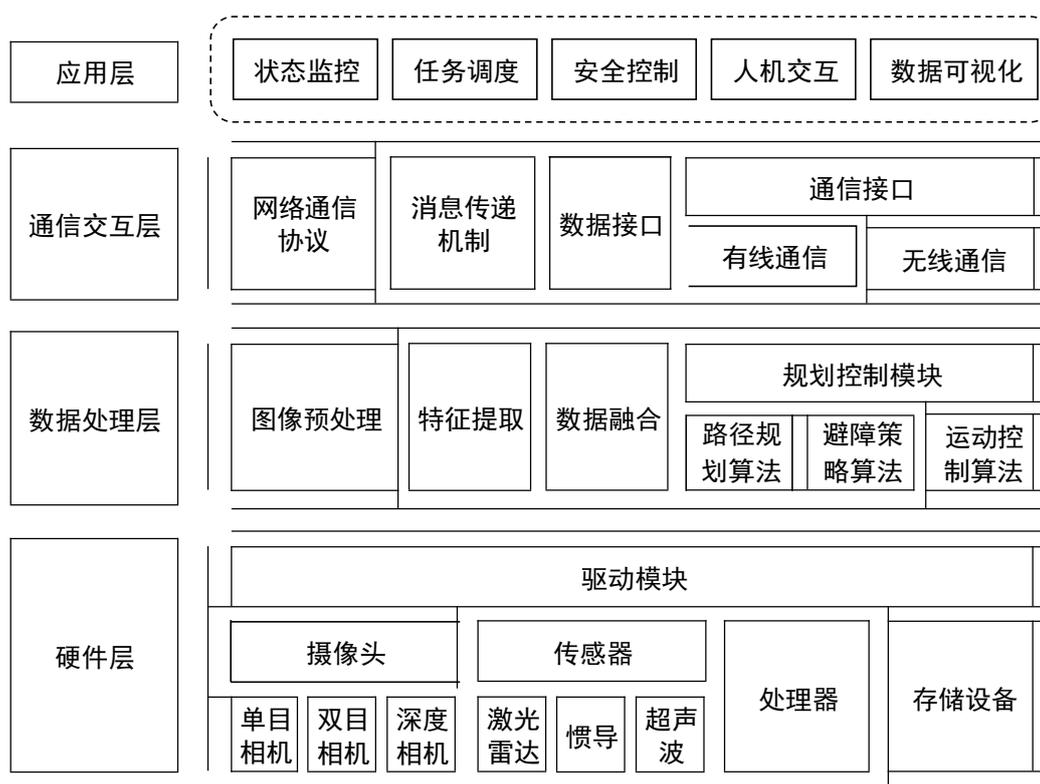


图 1 自动导引车视觉导航系统总体架构

5.1 硬件层

AGV视觉导航系统硬件层负责对周围环境感知和数据采集，主要包括摄像头、传感器、处理器、存储设备、驱动模块等。

a) 摄像头用于采集AGV周围环境的图像信息可以安装在AGV的适当位置，以确保能够捕捉到足够的信息用于导航。根据需求，可采用单目摄像头、双目摄像头（立体视觉）或多目摄像头系统以获取二维或三维的环境信息，红外摄像头、深度摄像头（如基于结构光或ToF技术的摄像头）等则用于在特定光照条件下或需要深度信息时增强视觉感知能力。

b) 传感器如激光雷达、IMU传感器、超声波传感器、红外传感器等在视觉导航系统中也常被用作辅助传感器，提供高精度的距离测量和环境建模能力，并用于增强系统的安全性和可靠性。

c) 处理器负责接收来自摄像头和传感器捕捉到的图像数据，并运行图像处理和导航算法以确保系统的处理速度和精度。

d) 存储设备用于存储图像数据、深度学习模型、路径规划算法等关键信息，通常采用固态硬盘（SSD）或机械硬盘（HDD），根据存储容量和读写速度的需求进行选择。

e) 驱动模块用于接收来自处理单元的指令，并精确控制电机、驱动器、减速器等动作，确保AGV能够按照预定的轨迹进行移动。

5.2 数据处理层

数据处理层负责对硬件层采集的原始数据进行处理和分析，提取出有用的环境信息，主要包括图像预处理、特征提取、数据融合和规划控制模块。

a) 图像预处理主要对摄像头采集的原始图像进行去噪、增强对比度等处理，以提高图像质量，为后续算法提供可靠的输入。

b) 特征提取主要利用深度学习算法（如CNN）对预处理后的图像数据进行特征提取，识别出图像中的关键信息，如边缘检测、角点检测等用于后续的路径规划和决策。

c) 数据融合主要是将从图像中提取的特征与其他传感器（如激光雷达、惯性导航系统等）提供的数据进行融合，以提高导航系统的精度和可靠性。数据融合算法需要考虑不同传感器数据的特性和精度，以确保融合结果的准确性，常用的融合方法包括卡尔曼滤波、粒子滤波等。

d) 规划控制模块负责根据环境信息、任务需求和AGV的当前状态，生成合适的行驶路径和控制指令，主要包括路径规划算法、避障策略算法和运动控制算法。

1) 路径规划算法主要基于提取的特征和环境模型，生成从起点到终点的最优路径，常用的路径规划算法包括A*算法、Dijkstra算法等。

2) 避障策略算法主要根据实时检测的障碍物信息，动态调整路径以避免碰撞，常用的避障策略包括基于规则的避障、基于学习的避障等。

3) 运动控制算法主要用于控制AGV的驱动器和执行器，使其按照规划的路径行驶，常用的运动控制算法包括PID控制算法、轨迹跟踪控制算法和模型预测控制算法等。

5.3 通信交互层

通信交互层负责将各个模块（如图像采集模块、图像处理模块、路径规划模块、控制模块等）之间的数据进行传输和交换，确保整个系统能够协同工作，主要包括网络通信协议、消息传递机制，数据接口和通信接口。

a) 网络通信协议主要处理数据的封装、传输、接收和确认等过程，确保数据的完整性和准确性，如TCP/IP协议。

b) 消息传递机制主要通过消息队列、消息中间件等技术确保各个模块之间的数据能够及时传递和处理。

c) 数据接口确保不同设备之间的数据能够准确、高效地传输。

d) 通信接口用于与中央控制系统或其他AGV进行通信，实现任务调度、状态监控等功能，主要包括有线通信接口和无线通信接口。

1) 有线通信接口主要用于与上位调度系统或其他周边设备进行数据交换和指令传递，如RS-232、RS-485、Ethernet等。

2) 无线通信接口主要用于实现与中央管理系统或其他AGV的无线通信，实现任务分配、状态报告和协同作业，如Wi-Fi、Zigbee、蓝牙等。

5.4 应用层

应用层是AGV视觉导航系统的最上层，负责实现各种导航任务的相关功能应用，主要包括状态监控、任务调度、安全控制、人机交互和数据可视化。

a) 状态监控主要与AGV管理系统进行交互，接收任务指令并反馈AGV的当前状态，包括AGV的位置、速度、电量、任务完成情况等信息，同时发现并处理AGV的异常情况，确保系统的稳定运行。

b) 任务调度主要通过调度算法优化AGV的工作流程，提高整体运行效率。

c) 安全控制主要通过状态监控进行超速预警、紧急停车等操作，以确保AGV在复杂环境中的安全运行。

d) 人机交互主要提供用户交互界面，使用户能够直观地了解AGV的运行状态和任务完成情况，包括地图显示、任务列表、状态指示灯等功能。

e) 数据可视化主要将AGV的运行数据以图表、报告等形式展示出来，以便于用户进行分析和决策。

6 系统功能要求

AGV视觉导航系统总体功能要求包括环境感知、定位导航、智能决策、避障安全和通信交互，以确保AGV能够在复杂多变的环境中实现自主导航，提高导航效率和准确性，同时保障运行安全，方便操作人员进行远程监控和控制。

6.1 环境感知功能

环境感知功能通过集成的高分辨率摄像头或其他传感器，实时捕捉并分析AGV运行环境中的图像信息，从而为AGV的导航和决策提供支持，具体要求包括：

a) 高清图像捕捉：系统应能够实时捕捉高清图像，确保图像清晰度和分辨率满足导航需求。

b) 多传感器协同：系统应具备多传感器协同工作的能力，能够充分利用各种传感器的优势，提高感知的效率和准确性。

c) 数据融合：系统应能够将视觉传感器、激光雷达、超声波传感器等的数据进行融合处理，以提高感知的准确性和可靠性。

d) 快速图像处理：系统应具备高速图像处理能力，能够实时分析捕捉到的图像，提取有用信息，如障碍物、路径标记等。

e) 障碍物检测：系统应能够准确检测环境中的障碍物，包括静态障碍物（如墙壁、柱子等）和动态障碍物（如行人、其他车辆等）。

f) 路径标记识别：系统应能够识别地面上的路径标记，如线条、箭头、二维码等，以辅助AGV进行导航。

g) 导航辅助信息提取：系统应能够从识别的路径标记中提取导航辅助信息，如路径方向、距离等，为AGV提供准确的导航指引。

6.2 定位导航功能

定位导航功能通过使用视觉信息和预加载的地图数据，实现AGV的精确自我定位，并根据目标位置和当前环境实时规划出最优的行进路线，具体要求包括：

a) 实时定位：系统应能够结合图像识别结果和可能的其他传感器数据，使用SLAM或基于已知地图的匹配算法，实时估计AGV的位置。

b) 地图构建：系统应具备地图构建能力，能够在未知环境中实时捕捉环境图像，并通过图像处理算法提取环境特征，构建出准确的环境模型。

c) 地图更新：系统应能够根据环境变化实时更新地图，包括新增障碍物、路径变化等情况，确保AGV在复杂多变的环境中能够保持导航的准确性。

d) 全局路径规划：系统应能够根据目标位置和当前环境信息，规划出AGV的可行行驶路径，并综合考虑环境因素、障碍物分布、路径长度等因素，选择出最优的行驶路径。

e) 局部路径规划：在动态环境中，系统应能够根据实时感知的环境信息，动态调整行驶路径，确保AGV在遇到障碍物或路径变化时能够迅速做出反应。

f) 导航控制：系统应能够根据规划好的路径，对AGV进行精确的导航控制，包括控制AGV的行驶速度、方向、加速度等参数，确保AGV能够按照规划路径稳定行驶。

6.3 智能决策功能

AGV视觉导航系统的智能决策功能是其自主导航能力的核心体现，使AGV能够在复杂多变的环境中做出合理、高效的决策以完成各种任务，具体要求包括：

a) 行为决策：基于环境感知和路径规划结果，系统应能够进行智能决策，选择合适的行为来应对当前环境。行为选择应包括但不限于加速、减速、转向、停车、绕行障碍物等，以确保AGV能够安全、高效地完成任务。

b) 行为预测：系统应具备预测环境中动态变化的能力，如人员移动、新障碍物的出现等，并基于预测结果提前制定应对策略，减少因环境变化导致的路径调整。

c) 任务调度：在多任务环境下，系统应能够根据任务的紧急程度和重要性，对多个任务进行优先级排序。

d) 优先级管理：系统应能够确保高优先级任务得到优先执行，提高整体任务执行效率。并在任务执行过程中能够根据实际情况动态调整任务优先级，确保高优先级任务得到优先执行。

e) 自主学习与优化：系统应通过机器学习等技术，不断从运行数据中学习并优化路径规划和决策策略，并减少人为干预。

6.4 避障安全功能

AGV视觉导航系统的避障安全功能是其实现自主导航和安全运行的重要组成部分，具体要求包括：

a) 避障策略：当AGV遇到障碍物时，系统应能够迅速识别障碍物的类型、大小、位置等信息，并制定出合适的避障策略如绕行、减速、停止等待等，确保AGV安全地绕过障碍物，避免碰撞或卡壳。

b) 动态避障：在AGV行驶过程中，系统应能够实时感知并识别环境中的障碍物，并根据障碍物的类型、大小、位置等信息迅速制定避障策略。

c) 安全距离保持：系统应能够计算并保持AGV与障碍物之间的安全距离，确保在行驶过程中不会因距离过近而发生碰撞。

d) 紧急制动：AGV视觉导航系统应配备紧急停车按钮、碰撞传感器等安全装置，确保在紧急情况下能够迅速停车并避免事故。

e) 故障检测与报警：系统应能够自动检测传感器的故障，并在发现故障时及时报警，以便操作人员能够迅速了解故障情况并采取相应的措施。

6.5 通信交互功能

AGV视觉导航系统中的通信交互功能实现了与中央控制系统、其他AGV及操作人员之间的信息传输与指令交互，具体要求包括：

a) 通信协议：系统应采用标准化的通信协议，以确保与中央控制系统、其他AGV以及周边设备之间的兼容性和互操作性。

b) 多样化接口：系统应提供多样化的通信接口，如无线网络接口、有线网络接口、串口通信接口等，以满足不同场景下的通信需求。

c) 状态数据采集：系统应能够实时采集AGV的运行状态数据，包括位置信息、速度信息、电池电量、载荷情况等。

d) 安全通信机制：系统应采用安全通信机制，如SSL/TLS加密协议，以确保通信过程中的数据安全和完整性。

e) 用户界面：系统提供直观、易用的操作界面，方便用户进行参数设置、任务下发、状态监控等操作。

7 系统性能要求

7.1 感知精度要求

感知精度主要性能指标包括目标识别精度、识别准确率、识别速度和识别范围。

a) 目标识别精度：评估 AGV 视觉导航系统对目标物体的识别能力，包括目标物体的位置、形状、大小等信息的准确性，包括位置精度、形状精度和角度精度。

1) 位置精度：系统识别目标物体水平方向和垂直方向的位置误差小于 $\pm 10\text{mm}$ 。

2) 形状精度：系统识别目标物体的形状，包括轮廓、尺寸等信息误差小于 $\pm 5\%$ 。

3) 角度精度：对于需要识别目标物体方向或角度的应用场景，系统识别目标物体的方向或角度信息误差小于 $\pm 1^\circ$ 。

b) 识别准确率：系统正确识别目标物体、路径或障碍物等信息准确率达到 99%以上，以确保 AGV 能够准确、可靠地完成导航任务。

c) 识别速度：系统从捕获图像到完成识别并输出控制指令的时间间隔不超过 100ms。

d) 识别范围：系统能够识别的环境范围应覆盖 AGV 行驶所需的所有区域，包括狭窄通道、复杂地形等，具体数值由系统配置和传感器性能决定。

7.2 定位精度要求

定位精度是 AGV 在视觉导航系统的引导下，其实际位置与导航系统计算出的位置之间偏差的精度要求，主要性能指标包括绝对定位精度、相对定位精度和重复定位精度。

a) 绝对定位精度：AGV 实际位置与全局坐标系中计算出的位置之间的偏差小于 $\pm 50\text{mm}$ 。

b) 相对定位精度：AGV 在移动过程中实际走过的距离与导航系统计算的距离之间偏差小于 $\pm 1\%$ （以实际行走距离为基础）。

c) 重复定位精度：在相同条件下，AGV 多次到达同一位置时的位置误差小于 $\pm 5\text{mm}$ ，以确保 AGV 在重复执行相同任务时能够保持一致的定位性能。

7.3 导航精度要求

导航精度要求主要包括路径规划精度、路径跟踪精度、转向精度和避障精度。

a) 路径规划精度：AGV 在面临多个可选路径时，能够根据当前环境和任务需求选择最优路径，要求 AGV 能够综合考虑路径长度、障碍物分布、交通状况等因素，选择出最

优路径。

b) 路径跟踪精度: AGV 在沿预定路径行驶时, 其实际行驶轨迹与预定路径之间的偏差小于 $\pm 5\text{cm}$ 。

c) 转向精度: AGV 在导航过程中进行转向操作时, 其实际转向角度与视觉导航系统所提供的转向角度之间的偏差小于 $\pm 3^\circ$ 。

d) 避障精度: AGV 在行驶过程中检测到障碍物时能够及时减速或停止, 并保持安全距离不小于 5cm 。

7.4 环境适应性要求

环境适应性要求主要包括光照适应性、地面适应性、温湿度适应性和电磁兼容性。

a) 光照适应性: 系统能在 $0\text{-}10000\text{ lx}$ 的光照强度范围内正常工作, 但具体数值可能因系统设计和应用场景而异。

在强光环境下 (如直射阳光), 导航系统应能保持导航准确性, 误差不应超过 $\pm 10\text{cm}$ 。

在弱光或暗光环境下 (如室内低光照条件), 导航系统应能识别至少 5m 范围内的障碍物, 并保持导航稳定性。

b) 地面适应性: 在平坦、无障碍的地面 (如瓷砖、混凝土) 上, 导航系统应能保持导航准确性, 误差不应超过 $\pm 5\text{cm}$ 。

在有坡度或不平整的地面 (如斜坡、坑洼) 上, 导航系统应能识别并适应地面变化, 保持导航稳定性, 且不应出现明显的偏离或停顿。

c) 温度湿度适应性: 系统能在 -10°C 至 50°C 的温度范围内正常工作, 但具体数值可能因系统设计和应用场景而异。

d) 电磁兼容性: 系统应能抵抗电磁干扰, 确保稳定运行, 无具体数值标准, 但系统应能通过相关 EMC 测试。

7.5 实时性与稳定性要求

实时性与稳定性要求是 AGV 视觉导航系统能够在规定的时间内对环境变化做出响应调整 AGV 的行驶路径和速度, 并在长时间运行过程中保持稳定的性能。主要包括响应时间。

a) 响应时间: 从 AGV 视觉导航系统接收到导航指令到开始执行该指令所需的时间, 包括感知响应时间、决策执行时间、动态障碍物检测响应时间。

1) 感知响应时间：从系统接收到环境图像到完成图像分析、识别出关键信息（如路径标识、障碍物等）所需的时间不超过 100ms。

2) 决策执行时间：从系统识别出关键信息到完成路径规划或调整决策，并发出执行指令所需的时间不超过 200ms。

3) 动态障碍物检测响应时间：系统检测到动态障碍物并发出避障指令所需的时间不超过 50ms。

b) 更新频率：系统实时更新导航信息（如位置、速度、障碍物等）的频率不低于 10Hz，以确保 AGV 能够实时获取导航信息并作出相应调整。

c) 系统稳定性：AGV 视觉导航系统在长时间运行过程中保持稳定性和可靠性，系统崩溃率低于 0.1%，故障率低于 1%。

d) 抗干扰能力：AGV 视觉导航系统在受到外部干扰（如光线变化、电磁干扰等）时，系统应能在 1 秒内恢复稳定导航，且导航精度不应超过 $\pm 10\text{cm}$ 。