

北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX—XXXX

智能场内自动导引机器人 (AGV) 导航计量性能校准规范

Calibration Specification for Automated Guided Vehicle

Navigation Measurement Performance

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

智能场内自动导引机器人 (AGV)

导航计量性能校准规范

Calibration Specification for Automated Guided

Vehicle Navigation Measurement Performance

JJF(京) XX—XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

北京物资学院

北京市特种设备检验检测研究院

参加起草单位：北京极智嘉科技股份有限公司

本规程委托 XXX 负责解释

目 录

引言.....	(III)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量性能.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 校准用设备和标准物质.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(5)
8 校准结果表达.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 校准记录格式(推荐).....	(7)
附录 B 校准证书内页格式(推荐).....	(7)
附录 C 测量结果的不确定度评定示例.....	(9)

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定而制定，参考了 GB/T 20721-2022《自动导引车 通用技术条件》的相关内容。

本规范为首次发布。

智能场内自动导引机器人（AGV）导航计量性能校准规范

1 范围

本规范适用于仓储、产线、运输、制造业等领域的自动导引车的导航及运动性能参数校准。

2 引用文件

GB/T 20721-2022 《自动导引车 通用技术条件》

GB/T 30030-2023 《自动导引车 术语》

GB/T 42830-2023 《移动机器人 词汇》

T/SSITS 101-2020 《工业应用移动机器人 术语》

T/SSITS 401-2020 《工业应用移动机器人检测规范》

T/SSITS 505-2022 《工业应用移动机器人 叉车类 技术规范》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语

3.1 工业应用移动机器人 industrial mobile robot (IMR)

应用在工业及物流领域中的，装备有导航装置，由车载控制系统控制，以轮式移动为特征，自带动力或动力转换装置的机器人。

3.2 自动导引车 automated guided vehicle (AGV)

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。

3.3 导航 navigation

移动机器人在运行区域中通过确定位置和航向实现自动行驶的方法。

3.4 最大速度 maximum speed

移动机器人直线行驶时，能达到的最大运行速度。

3.5 路径规划 path planning

移动机器人获取从当前位置到目标位置的行驶路径的方法。

4 概述

自动导引机器人是一种装备有自动导引装置（如电磁、光学、激光、视觉等），能够沿预设路径行驶的设备，可以自动完成物料搬运等任务，被广泛应用于仓储、产线、运输、制造业等领域。

自动导引机器人主要由车体、驱动装置、执行机构、安全防护装置、控制系统、电源装置、导航装置、通信装置及人机交互系统等组成，如图 1 所示：

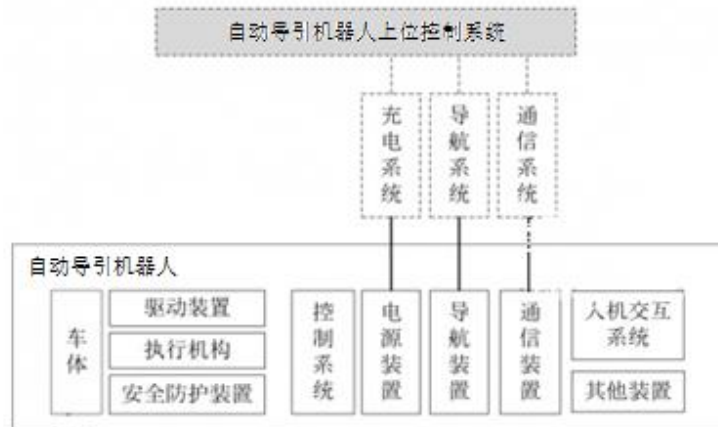


图 1 自动导引机器人系统组成

5 计量特性

仪器各项计量特性指标见表 1。

表 1 自动导引机器人计量特性指标

计量特性要求	技术指标
最大速度	MPE: $\pm 5\%$
制动距离	参照制造商声明数值
导航路径误差	参照制造商声明数值
导航时间误差	参照制造商声明数值

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20~25) °C。

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.1.3 试验场地应为平整、干燥、清洁的混凝土、沥青或等效的地面，坡度不大于 0.5%。

6.1.4 其他：周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 校准用设备

6.2.1 全站仪

- a) 测距示值误差： $\leq 1\text{mm}$ 。
- b) 测距重复性： 0.1mm 。

6.2.2 标准时钟

- a) 分辨力： 0.01s 。
- b) MPE： $\pm 0.5\text{s/d}$ 。

6.2.3 激光跟踪仪

- a) 分辨力： $\leq 3\text{cm}$ 。
- b) MPE： $\pm 5\text{cm}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目	首次校准	后续校准	使用中检查
1	外观及功能检查	+	+	+
2	最大速度	+	+	-
3	制动距离	+	+	-
4	导航路径误差	+	+	-
5	导航时间误差	+	+	-

注：校准的项目用“+”表示，不校准的项目用“-”。

7.2 校准方法

7.2.1 外观及功能检查

目测检查被校自动导引机器人的外观和结构，不应有影响其正常运行的故障和异常现象。文字、符号及标志应清晰、规范。金属件无锈蚀、损伤等缺陷。表面无凹痕、划伤、裂痕、变形及严重污染等缺陷。

7.2.2 最大速度

在试验地面上画出长约 20m 的测量区间，区间外的辅助运行距离应能保障被校设备可达到最大运行速度，使用全站仪预先标定好起点、终点及距离。

使被校设备（额定负载状态）自动行驶，保持最大速度设定值直线驶过起点和终点，

使用标准时钟记录通过标定区间所用的时间，按公式（1）计算最大速度。

往返各测定一次，取平均值作为最终的最大速度值。

$$v = \frac{l}{t} \quad (1)$$

式中：

v ——最大速度，单位 m/s；

l ——测量区间长度，单位 m；

t ——通过测量区间的时间，单位 s。

7.2.3 制动距离

在试验地面上划定直线跑道（建议不少于 20m）作为测试区间，区间外的辅助运行距离应能保障被校设备可加速至额定速度，在跑道上预先标记好制动触发点，在被校设备车体上标记好特定参考点（如车体最前端的突出点）。

使被校设备（额定负载状态）自动行驶，确保其到达制动触发点之前已稳定运行在设定的额定速度下。当车体上的特定参考点对准制动触发标记处的瞬间，发出制动指令，让被校设备自然运行直至完全停止。

使用全站仪测量从制动触发标记处到被校设备车体特定参考点之间的水平距离，得到单次制动距离。往返各测定一次，取平均值作为最终的制动距离值。

7.2.4 导航路径误差

在试验地面上划定直线跑道作为测试区间，使用全站仪预先标定好起点、终点及之间的直线距离 l_0 。使自动导引机器人在自主导航模式下从起点行驶到达终点，同时使用激光跟踪仪记录被校设备的实际行驶路程 l_i 。则实际路程与理论路程的路程差为： $\Delta l = l_i - l_0$ 。重复测量 10 次，按公式（2）计算得到导航路径误差。

$$E_l = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i - l_0)^2} \quad (2)$$

式中：

E_l ——导航路径误差，单位 m；

l_0 ——理论路程值，单位 m；

l_i ——第 i 次实际行驶路程值，单位 m。

7.2.5 导航时间误差

校准过程同 7.2.4。使用标准时钟记录设备行驶的时间。重复测量 10 次，按公式 (3) 计算得到导航时间误差。

$$E_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - t_0)^2} \quad (3)$$

式中：

E_i ——导航时间误差，单位 s；

t_0 ——设备沿直线以额定速度从起点行驶至终点所需的时间，单位 s；

t_i ——第 i 次以额定速度从起点行驶至终点实际所需的时间，单位 s。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过一年。复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用

者、仪器本身质量等因素决定，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时，应重新校准。

附录 A

校准记录格式（推荐）

记录编号：		委托单位：			
仪器名称：		型号：			
制造厂：		出厂编号：			
环境温度：	相对湿度：	校准日期：			
校准依据：					
使用的标准器：					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	设备编号	检定/校准 证书编号	有效期至

一、外观及功能检查

外观： <input type="checkbox"/> 完好 <input type="checkbox"/> 损坏
功能检查： <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常

二、最大速度

设定值	测量值	平均值	不确定度 ($k=2$)

三、制动距离

制动初速度设定值	测量值	平均值	不确定度 ($k=2$)

四、导航路径误差

理论值	测量值	路径误差	不确定度 ($k=2$)

五、导航时间误差

理论值	测量值	时间误差	不确定度 ($k=2$)

附录 B

校准证书内页格式（推荐）

1. 最大速度

设定值	测量值	不确定度 ($k=2$)

2. 制动距离

制动初速度设定值	测量值	不确定度 ($k=2$)

3. 导航路径误差

理论值	测量值	路径误差	不确定度 ($k=2$)

4. 导航时间误差

理论值	测量值	时间误差	不确定度 ($k=2$)

附录 C

测量结果的不确定度评定示例

C.1 最大速度校准不确定度评定

C.1.1 测量模型

$$v = \frac{l}{t} \quad (\text{C.1})$$

式中:

v ——最大速度, 单位 m/s;

l ——测量区间长度, 单位 m;

t ——通过测量区间的时间, 单位 s。

C.1.2 不确定度来源

长度测量设备全站仪示值误差引入的不确定度分量: u_1 ;

计时设备标准时钟引入的不确定度分量: u_2 。

表C.1 最大速度不确定度分量汇总表

不确定度来源	类型	值	分布	包含因子	标准不确定度
全站仪示值误差 u_1	B	0.0025m	矩形	$\sqrt{3}$	0.001m
标准时钟 u_2	B	0.02s	矩形	$\sqrt{3}$	0.012s

C.1.3 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 0.012\text{m/s} \quad (\text{C.2})$$

C.1.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = k \cdot u_c \approx 0.02\text{m/s} \quad (k=2) \quad (\text{C.3})$$