

T/SSITS

团体标准

T/SSITS 505—2022

工业应用移动机器人 叉车类 技术规范

Technical specification for Forklift type mobile robot of Industrial mobile robot

2022-12-21 发布

2023-1-1 实施

移动机器人 (AGV/AMR) 产业联盟
深圳市机器人标准检测技术学会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 组成	3
5 分类	3
5.1 按导航方式	3
5.2 按驱动方式	3
5.3 按叉车类型	3
5.4 按起升高度	4
6 基本参数和性能指标	4
6.1 基本参数	4
6.2 性能指标	4
7 技术要求	5
7.1 地面适应性要求	5
7.2 环境适应性要求	5
7.3 总体要求	5
8 试验方法	11
8.1 试验前的准备工作	11
8.2 一般试验条件	11
8.3 目测检查	11
8.4 主要结构尺寸的测定	11
8.5 功能验证	11
8.6 主要技术性能参数的测定	11
8.7 稳定性试验	13
8.8 结构强度试验	13
8.9 电磁兼容试验	13
8.10 能耗试验	13
8.11 电气控制系统试验	13
8.12 强化试验	13
8.13 外壳防护等级试验	13
8.14 外壳抗破坏能力试验	13
8.15 制动性能试验	13
9 检验规则	14
9.1 出厂检验	14
9.2 型式检验	14
10 标志、包装、运输和贮存	15

10.1 标志	15
10.2 包装	16
10.3 贮存	16
附录 A (规范性) 叉车类工业应用移动机器人强化试验方法	17
A.1 试验方法	17
A.2 故障判断	17
A.3 指标计算	18
A.4 性能参数复测	18

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。

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。

本文件由深圳市机器人标准检测技术学会、移动机器人（AGV/AMR）产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：浙江杭叉智能科技有限公司、云南昆船智能装备有限公司、未来机器人（深圳）有限公司、浙江中力机械股份有限公司、机科发展科技股份有限公司、杭州蓝芯科技有限公司、励微机器人科技（深圳）有限公司、安徽合力股份有限公司、深圳市镭神智能系统有限公司、长春市大众物流装备有限责任公司、杭州迦智科技有限公司、浙江华又智能装备有限公司、合肥搬易通科技发展有限公司、深圳市今天国际智能机器人有限公司、浙江华睿科技股份有限公司、苏州艾吉威机器人有限公司、珠海格力智能装备有限公司、重庆凯瑞机器人技术有限公司、临沂临工智能信息科技有限公司、合肥井松智能科技股份有限公司、北京特种机械研究所、金华市蓝海光电技术有限公司、江苏金陵智造研究院有限公司、苏州先锋物流装备科技有限公司、深圳市新产研咨询服务有限公司。

本文件参编单位：三一机器人科技有限公司、苏州佳顺智能机器人股份有限公司、华晓精密工业（苏州）有限公司、上海汇聚自动化科技有限公司、深圳艾灵网络有限公司、深圳鹏鲲智科技术有限公司、法睿兰达科技（武汉）有限公司、安徽宇锋智能科技有限公司、上海仙工智能科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、浙江国自机器人技术股份有限公司、苏州海豚之星智能科技有限公司、共享智能装备有限公司、合肥哈工库讯智能科技有限公司、江西丹巴赫机器人股份有限公司、湖北三丰机器人有限公司、深圳市井智高科机器人有限公司、上海快仓智能科技有限公司、杭州联核科技有限公司、浙江欣奕华智能科技有限公司、坤厚智能物流装备（苏州）有限公司、上海木蚁机器人科技有限公司、重庆长安民生物流股份有限公司、东莞沃德检测有限公司、国以贤智能科技（上海）股份有限公司、北京因泰立科技有限公司、苏州罗伯特木牛流马物流技术有限公司、杭州昱透实业有限公司、浙江尤恩叉车股份有限公司

本文件主要起草人：王志杰、赵立、方牧、邱方长、刘洋、金伟华、刘冰、张曦、雷祖芳、赵雄威、孙逸超、朱晓婧、任飞、邹杨波、张月、刘胜明、文辉、冉坤、陈博、姚志坚、李明、陈肯、顾亚飞、潘小军、王瀚森、杨文华。

本文件的历次版本发布情况为：

——2022年12月首次发布。

工业应用移动机器人叉车类 技术规范

1 范围

本文件规定了叉车类工业应用移动机器人（以下简称“移动机器人”）的术语和定义、产品分类、系统组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。

本文件适用于叉车类工业应用移动机器人的设计、制造、检验。

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 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5182 叉车 货叉 技术要求和试验方法
- GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
- GB/T 9286—2021 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10827.1—2014 工业车辆 安全要求和验证第1部分:自行式工业车辆(除无人驾驶车辆、伸缩臂式叉车和载运车)
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则
- GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
- GB/T 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
- GB/T 18849 机动工业车辆 制动器性能和零件强度
- GB/T 26560 机动工业车辆 安全标志和危险图示 通则
- GB/T 26949.1 工业车辆 稳定性验证 第1部分:总则
- GB/T 26949.2 工业车辆 稳定性验证 第2部分:平衡重式叉车
- GB/T 26949.3 工业车辆 稳定性验证 第3部分:前移式和插腿式叉车
- GB/T 26949.4 工业车辆 稳定性验证 第4部分:托盘堆垛车、双层堆垛车和操作者位置起升高
度不大于1200mm的拣选车
- GB/T 26949.5 工业车辆 稳定性验证 第5部分:侧面式叉车(单侧)
- GB/T 26949.8 工业车辆 稳定性验证 第8部分:在门架前倾和载荷起升条件下堆垛作业的附加
稳定性试验
- GB/T 27542 蓄电池托盘搬运车
- GB/T 27544—2011 工业车辆 电气要求
- GB/T 27693 工业车辆安全 噪声辐射的测量方法
- GB 28526 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全
- GB/T 38893 工业车辆 安全监控管理系统
- JB/T 2391 500 kg~10 000 kg乘驾式平衡重式叉车
- JB/T 3244 蓄电池前移式叉车
- JB/T 3340 插腿式叉车
- JB/T 3341 托盘堆垛车
- JB/T 9012 侧面式叉车
- T/SSITS 101—2020 工业应用移动机器人 术语
- T/SSITS 201—2020 工业应用移动机器人 通用技术条件

T/SSITS 401—2020 工业应用移动机器人 检测规范

T/SSITS 501—2021 汽车产线用移动机器人 技术规范

T/SSITS 802—2020 传导式充电装置技术规范

ISO 23308-2 Energy efficiency of industrial trucks — Test methods — Part 2: Operator controlled self propelled trucks, towing and burden carrier trucks

ISO 3691-4 工业车辆 工业车辆 安全要求和验证 第4部分：无人驾驶工业车辆及其系统 (Industrial trucks—Safety requirements and verification—Part 4: Driverless industrial trucks and their systems)

3 术语和定义

T/SSITS 101-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

叉车类工业应用移动机器人 forklifttype industrial mobile robot

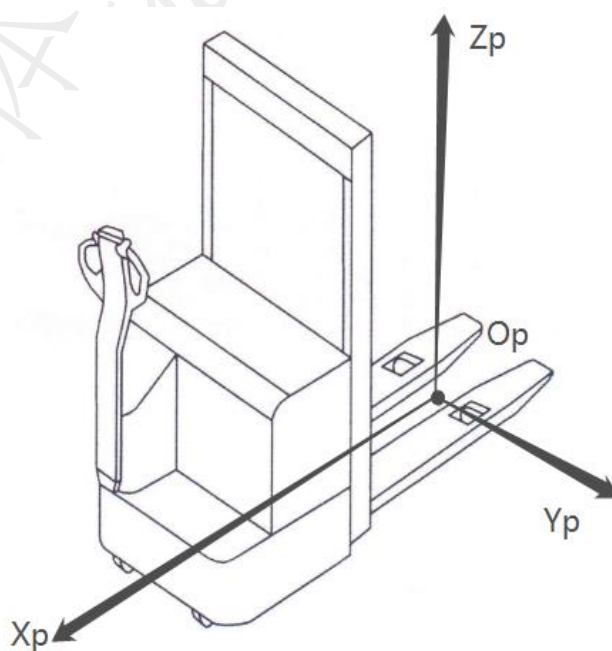
作业安全性不取决于操作者，可自动行驶的叉车(包括平衡重式、前移式、插腿式、托盘堆垛式、托盘搬运式、侧面叉式)。

3.2

车辆坐标系 coordinate system of the truck

坐标系 ($O_p-X_p-Y_p-Z_p$) 参照车辆运动的组件之一。见图1。

注：图1移动平台坐标系 ($O_p-X_p-Y_p-Z_p$)。移动平台坐标系 O_p 的原点是移动平台原点。 $+X_p$ 轴通常为沿移动平台的正向方向。 $+Z_p$ 轴通常为移动平台的向上方向。



说明：

O_p ——参考原点。

图1 车辆坐标系

4 组成

移动机器人组成，见图2。

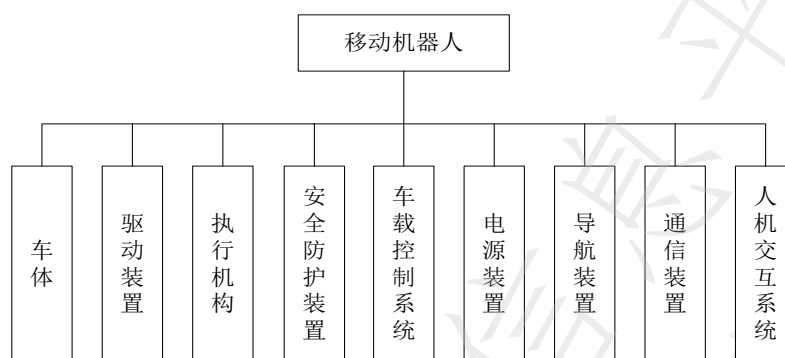


图2 移动机器人组成

5 分类

5.1 按导航方式

移动机器人按导航方式一般可分为以下类型：

- a) 电磁导航；
- b) 磁导航（包括磁带导航和磁钉导航）；
- c) 光学导航；
- d) 二维码导航；
- e) 激光导航；
- f) 视觉导航；
- g) 惯性导航；
- h) 基站导航；
- i) RFID导航；
- j) 复合导航。

5.2 按驱动方式

移动机器人按驱动方式一般可分为以下类型：

- a) 单轮驱动；
- b) 双轮驱动；
- c) 多轮驱动。

5.3 按叉车类型

移动机器人按叉车类型一般可分为以下类型：

- a) 平衡重式；
- b) 前移式；
- c) 插腿式；
- d) 托盘堆垛式；
- e) 托盘搬运式；
- f) 侧面叉式。

5.4 按起升高度

移动机器人按最大起升高度一般可分为表1的类型：

表1 高度类别

类别	高度分类 h(m)	
起升高度	低起升高度	$h \leq 250 \text{ mm}$
	中起升高度	$250 \text{ mm} < h \leq 4500 \text{ mm}$
	高起升高度	$4500 \text{ mm} < h \leq 9000 \text{ mm}$
	超高起升高度	$9000 \text{ mm} < h$
注：货叉、侧移、抱夹、串杆、翻转等叉车属具起升高度按最低属具载货面		

6 基本参数和性能指标

6.1 基本参数

移动机器人的基本参数宜优先选用表2规定的数值。

表2 基本参数

参数名称	优先选用值
额定起重量 Q/kg	500, 1 000, 1 200, 1 400, 1500, 1 600, 1 800, 2 000, 2 500, 3 000, 4 000, 5 000, 6 000, 8000, 10000, 16000
标准载荷中心距 D/mm	400, 500, 600
最大起升高度 h_s/mm	250, 1 000, 1500, 2 000, 2 500, 2 700, 3 000, 3 300, 3 600, 4 000, 4 500, 4 800, 5 000, 5 500, 6 000, 7 000, 8 000, 9000, 10 000, 10 500, 11000, 12000, 12500, 15 000
货叉长度 l/mm	800, 920, 1070, 1220, 1370, 1500

6.2 性能指标

移动机器人的宜优先选用表3规定的数值。

表3 移动机器人主要性能指标的要求

性能指标		要求
最大起升速度	无载 v_1	$v_1 \pm 10\% v_1$
	满载 v_1'	$v_1' \pm 10\% v_1'$
最大下降速度	无载 v_2	$v_2 \pm 10\% v_2$
	满载 v_2'	$\leq 600 \text{ mm/s}$
最大运行速度	无载 v_3	$v_3 \pm 10\% v_3$
	满载 v_3'	$v_3' \pm 10\% v_3'$
最小外侧转弯半径	W_a	$\leq 105\% W_a$
自重（无载，含蓄电池）	G_0	$G_0 \pm 5\% G_0$

移动机器人定位等级及其精度见表4。更高的定位精度，可通过辅助定位或二次定位实现。

表4 等级与定位精度

等级	定位精度 σ (mm)
I	$\sigma \leq 5$
II	$5 < \sigma \leq 10$

III	$10 < \sigma \leq 20$
IV	$\sigma > 20$

移动机器人执行机构起升定位等级及其精度见表5。更高的起升精度，可通过辅助定位或二次定位实现。

表5 起升定位精度与等级

等级	定位精度 σ (mm)
I	$\sigma \leq 2$
II	$2 < \sigma \leq 5$
III	$5 < \sigma \leq 10$

移动机器人的额定起重量应满足制造商规定的数值。使用满足精度的测重仪器对移动机器人的起重量进行测量，测量后，移动机器人应能搭载负载正常工作，且不出现外壳破裂、失控等危险情况。

移动机器人的最大运行速度宜满足以下要求：

公共区域或有其他物流移动机器人的环境，额定速度： $\leq 1\text{m/s}$ ；

限制区域或有其他物流移动机器人的环境，额定速度： $\leq 1.5\text{m/s}$ ；

户外厂区内环境，额定速度： $\leq 2\text{m/s}$ 。

移动机器人可靠性的有效工作率应不小于95%。

7 技术要求

7.1 地面适应性要求

移动机器人至少应能在满足以下要求的地面上运行：

- 平面度（任意 $1 \times 1\text{m}^2$ 范围）： $\leq 5\text{mm}$ ；
- 坡度： $\leq 5\%$ ；
- 台阶高度： $\leq 5\text{mm}$ ；
- 沟槽宽度： $\leq 8\text{mm}$ 。

7.2 环境适应性要求

移动机器人至少应能在满足以下条件的环境中运行：

- 环境温度： $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 环境相对湿度： $10\% \sim 90\%$ ，无结露；
- 海拔不大于 $2\ 000\ \text{m}$ 。
- 空气：无易燃、易爆及腐蚀性气体，无粉尘。

注：使用环境条件超出上述范围时，由用户与制造商协商确定。

7.3 总体要求

7.3.1 稳定性

移动机器人的稳定性应符合：

- 平衡重式移动机器人应符合 GB/T 26949.1 和 GB/T 26949.2 的规定；
- 前移式移动机器人和插腿式移动机器人应符合 GB/T 26949.1 和 GB/T 26949.3 的规定；
- 托盘堆垛式移动机器人应符合 GB/T 26949.1 和 GB/T 26949.4 的规定；
- 侧面叉式移动机器人应符合 GB/T 26949.1 和 GB/T 26949.5 的规定。
- 带有可倾斜门架移动机器人的稳定性还应符合 GB/T 26949.8 的规定。

7.3.2 结构强度

移动机器人及其附件的结构部件需承受静载荷的 1.33 倍的 Q1 和 15 分钟的 1.33 倍 Q2。

- a) Q1 是根据铭牌上在标准举升高度和标准载荷中心距离下的额定起重量；
- b) Q2 是根据铭牌上在最大提升高度处的实际起重量。

车辆应在符合 7.1 要求的地面上，门架处于垂直的状态，并可以适当固定以防止倾翻。可以通过在车辆中相应的高度上施加负载。该测试不得导致任何永久型的变形或损坏。

7.3.3 电磁兼容

7.3.3.1 电磁发射应符合 GB/T 17799.4 的要求。

7.3.3.2 电磁抗扰度应符合 GB/T 17799.2 的要求。

7.3.4 能耗

移动机器人的能耗应符合设计要求。

7.3.5 电气控制系统

移动机器人的电气控制系统应符合 GB/T 27544 的规定。

7.3.6 强化试验

移动机器人经 200 h 强化试验，平均无故障工作时间不少于 50 h，有效度不应低于 85%；且主要受力结构件不应出现损坏、折断等严重故障，电气、液压系统不应出现失控及其他异常现象。试验后主要性能指标的变化值应符合表 5 的规定。

表 6 强化试验后移动机器人主要性能指标变化

性能指标名称	试验前测量值	试验后复测值的允许变化量
满载最大起升速度变化值	v_1'	± 20 mm/s
满载最大运行速度变化值	v_2'	± 1 km/h
货叉自然下滑量变化值	—	≤ 15 mm/10 min

7.3.7 车体

7.3.7.1 外观要求

移动机器人外观应符合以下要求：

- a) 表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污渍；
- b) 表面应色泽均匀，不应有起泡、龟裂、脱落和磨损现象。漆膜附着力不应低于 GB/T 9286—2021 中规定的 2 级质量要求。
- c) 金属零部件不应有锈蚀；
- d) 开关、操作键、指示灯、插座等应有明确标志；
- e) 产品应有标牌和商标；
- f) 涉及安全相关的明确警示标识。

7.3.7.2 结构要求

移动机器人结构应符合以下要求：

- a) 应按照厂家规定程序批准的设计图样和工艺文件进行制造；
- b) 主要结构尺寸如图 3 所示，制造要求应符合表 6 的规定；
- c) 应布局合理，装配方便，易于维修保养；
- d) 零件之间配合牢固可靠，内部走线整洁、固定可靠，接插件搭接良好可靠；
- e) 紧固部分应无松动，关键紧固部位做好划线标识，活动部分润滑和运转状况良好，减震部分可靠，液压部分连接可靠（如有）；
- f) 安全防护装置应连接可靠，功能正常；

- g) 不能有造成危险的锐边或棱角；
h) 开关、按钮、手柄等装置的位置合理、操作方便。

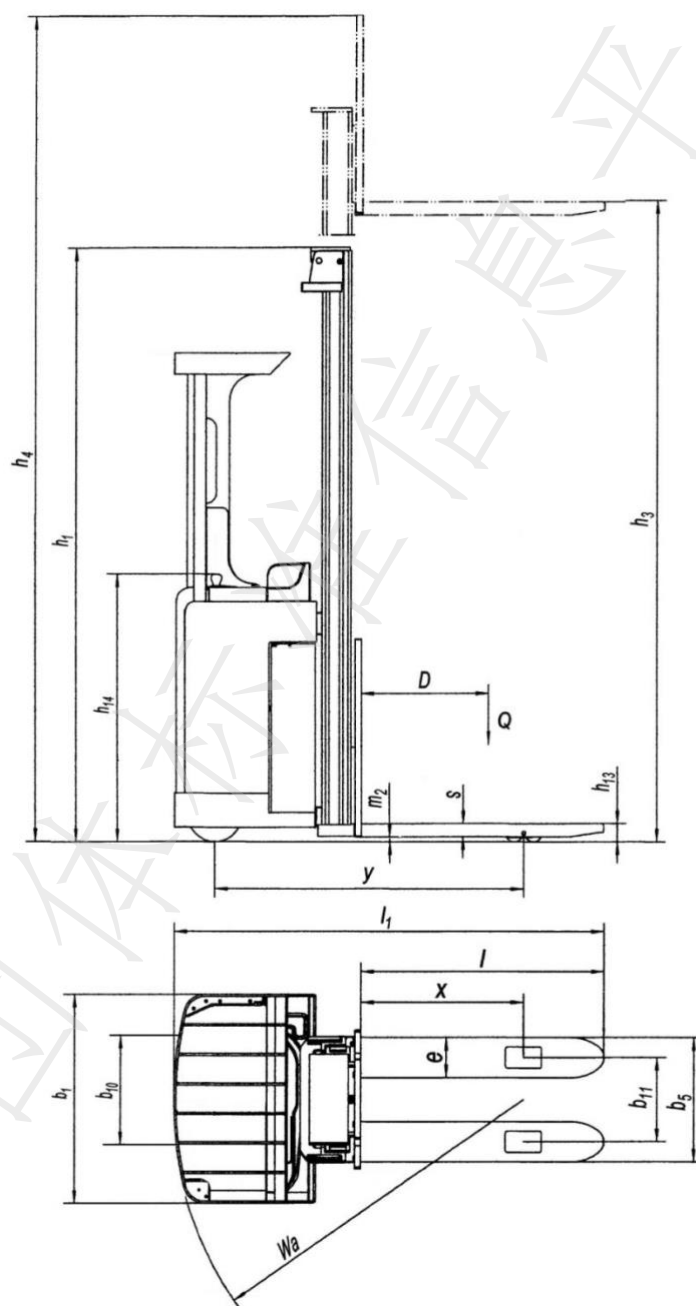


图3 移动机器人结构尺寸图

表7 移动机器人主要结构尺寸的制造要求

主要结构尺寸	要求
总长 l_1	$l_1 \pm 1\% l_1$
总宽 b_1	$b_1 \pm 1\% b_1$
门架缩回时高度 h_1	$h_1 \pm 1\% h_1$
货叉最低高度 h_{13}	$\leq h_{13}$

最大起升高度 h_3	$\geq h_3$
运行时最低舵柄高度 h_{14}	$h_{14} \pm 1\% h_{14}$
轴距中心处离地间隙 m_2	$\geq 95\% m_2$
轴距 y	$y \pm 2\% y$
货叉垂直段前表面至承载轮中心线间的水平距离 x	$x \pm 2\% x$
货叉最大外侧间距 b_5	$b_5 \pm 3 \text{ mm}$

7.3.7.3 外壳防护能力要求

7.3.7.3.1 外壳防护等级要求

应符合GB/T 4208的要求，室内型整机防护等级要求应不低于IP3X，室外型整机防护等级要求应不低于IP54。

7.3.7.3.2 外壳抗破坏能力要求

非金属外壳应符合GB/T 20138中IK03要求。

7.3.8 驱动装置

7.3.8.1 驱动方式

宜采用5.2中所述的驱动方式。

7.3.8.2 制动方式

宜采用电气制动、液压制动、机械制动等方式，并符合GB/T18849的规定。

7.3.8.3 电动机

移动机器人用电动机应满足如下要求：

- 行走电动机应采用S2 60 min工作制；
- 转向电动机宜采用S2 60 min工作制；
- 电动机防护等级不应低于GB/T 4208—2017规定的IP20，绝缘等级不应低于F级。

移动机器人的转向装置宜采用助力转向或电动转向；若采用电动转向，其性能等级应符合GB/T 16855.1的规定。

7.3.9 执行机构

7.3.9.1 一般要求

移动机器人的应符合以下要求：

- 移动机器人执行机构应考虑处理对象的属性（重量、尺寸、材质等）；
- 移动机器人作业时起升和下降应动作平稳，不应产生爬行、振颤和冲击；
- 起升电动机应采用S3工作制，负载持续率宜采用15%；
- 液压提升机构：起升速度 $\leq 0.4\text{m/s}$ ，下降速度 $\leq 0.6\text{m/s}$ ；
- 电动提升机构：起升速度 $\leq 0.4\text{m/s}$ ，下降速度 $\leq 0.3\text{m/s}$ ；
- 空载门架垂直度 $\leq 3\%$ ，满载门架垂直度 $\leq 7\%$ 。

7.3.9.2 液压系统

移动机器人液压系统应符合以下要求：

- 在液压油处于正常工作温度、门架垂直、满载的情况下，前10 min内由于内部泄漏造成的载荷下降不应超过100 mm。
- 使用的软管、硬管和接头应至少能承受液压回路3倍的额定工作压力1 min而不破裂，且无异常现象。
- 应装有防止油管爆裂而产生危害的防爆阀；

- d) 应装有防止过载的安全阀或其他装置；
- e) 应采取措施防止杂质堵塞液压阀和液压泵。

7.3.9.3 货叉

移动机器人用货叉应满足如下要求：

- a) 焊接式货叉应无缺件、漏焊、虚焊、表面裂纹和异常变形；且货叉经整车结构试验和强化试验后，应无裂纹或永久变形；
- b) 实心截面货叉应符合 GB/T 5182 的规定。

7.3.10 安全防护装置

7.3.10.1 一般要求

安全防护装置应满足以下要求：

- a) 应在运行方向上安装防护装置；
- b) 安全防护装置在自动模式下不应被关闭；
- c) 在手动模式时，只有在完成安全风险评估的前提下才允许被关闭，且应有经过培训的人员操作；
- d) 安全防护装置的相关安全控制部件应满足 GB/T 16855.1-2018 2 类 PLc 的要求。

7.3.10.2 急停装置

移动机器人的失控会对周围人或环境造成伤害时，应设置一个手动启动的急停功能。该急停功能应满足以下要求：

- a) 优先于移动机器人的其他控制；
- b) 中止所有的危险；
- c) 切断移动机器人驱动器的驱动源；
- d) 消除可由车辆控制的任何其他危险；
- e) 保持有效直至复位；
- f) 只能手动复位，复位后不会自动重启；
- g) 应依据 GB/T 5226.1—2019 选择类别 0、类别 1、类别 2 的停止功能；
- h) 急停输出信号在撤除移动机器人动力后应一直有效。

7.3.10.3 保护性停止装置

应满足以下要求：

- a) 危险评估应确定移动机器人的安全相关的速度范围，超出这个范围可能对移动机器人或周围人员造成伤害；
- b) 应在移动机器人可接触的移动部分进行速度监测，只有有权限的人可调节允许最大速度值。控制移动机器人的速度以确保其移动速度不超过安全相关的速度限制；
- c) 设计安全相关的速度控制以避免发生故障，应有超速报警。

7.3.10.4 传导式充电装置

传导式充电装置应符合 T/SSITS 802—2020 第 4 章的要求。

7.3.10.5 警示装置

移动机器人应至少配备下列警示装置：

- a) 启动报警装置；
- b) 自动运行指示灯；
- c) 异常报警装置；
- d) 运行报警装置；
- e) 转向指示灯；

f) 障碍物报警装置。

7.3.11 车载控制系统

7.3.11.1 控制模式

引用T/SSITS 201—2020中6.5.1条的控制模式。

7.3.11.2 运动控制

应具有启动、停止、急停、复位（停止后恢复运行）等运动控制功能。

7.3.11.3 电气要求

应考虑以下功能及安全要求：

- a) 电源电压范围；
- b) 接地电阻应小于等于 $4\ \Omega$ ；
- c) 除电池外的所有带电部件与车体之间的绝缘电阻，应大于等于 $1000\ \Omega$ 乘以系统标称电压值，电池与车体之间的绝缘电阻应大于等于 $50\ \Omega$ （超过直流 120V 时为 $500\ \Omega$ ）乘以系统标称电压值；
- d) 根据移动机器人的标称电压等级，进行相应的耐电强度测试。如表 7 所示，移动机器人应能承受持续 1min 的耐电强度试验，无击穿、闪络和飞弧现象。

表8 有效测试电压

标称电压 U	有效交流测试电压/50Hz
$U \leq 48\text{V}$	500V
$48\text{V} < U \leq 96\text{V}$	1000V
$96\text{V} < U \leq 150\text{V}$	1500V
$150\text{V} < U \leq 300\text{V}$	2500V
$300\text{V} < U \leq 600\text{V}$	4000V

注：在测试电压下，可能导致损坏的电路、半导体或类似元器件允许旁路或断开。

- e) 宜采用导电链，导电橡胶及导电轮等方式进行接地保护；
- f) 出现失速时，应及时安全停车；
- g) 出现通信中断时，应发出报警信息，并根据使用条件判断是否要及时自动停车；
- h) 出现导航信息丢失时，应及时安全停车；
- i) 执行机构出现动作异常时，应及时发出报警信息，并根据使用条件判断是否要安全停车；
- j) 应考虑软件和硬件的容错机制，以防止出现非正常操作；
- k) 电控系统保护措施和电气安全应符合 GB 50054 的要求。
- l) 应符合 GB/T 3797、GB/T 4025、GB/T 6995（所有部分）中的相关要求，并应符合 GB/T 27544—2011 中 5.1.8 的要求；

7.3.12 导航装置

7.3.12.1 导航方式

宜具有 5.1 中所述的导航方式。

7.3.12.2 导航定位

与控制系统结合，应满足以下要求：

- a) 具备初始定位功能；
- b) 具备连续导航运行功能；
- c) 具备导航丢失及地标丢失保护功能。

7.3.12.3 导航装置安装

- a) 激光传感器装置：发射面安装高度需 2.2 m 以上避免对人眼伤害，设有防护装置，起到一定防护作用，防止激光运输、使用过程中损坏。
- b) 二维码识别传感器装置：距离检测对象高度小于 150 mm, 靠近二维码中心，设有防护装置。

7.3.13 通信装置

宜采用工业级 WiFi 无线网络通信、蜂窝移动无线通信、其他工业无线通信、红外光通信等。

7.3.14 人机交互系统

人机交互系统应满足以下要求：

- a) 应满足 T/SSITS 201-2020 中 6.9 的要求；
- b) 具备明确的提示功能，避免人工误操作；
- c) 人机交互系统故障不能影响移动机器人手动操作。

8 试验方法

8.1 试验前的准备工作

- 8.1.1 试验样机应配备设计规定的全部装置、蓄电池按规定充足电量，并加足规定的蓄电池液、液压油、润滑油等，且整机具备正常的技术状态。
- 8.1.2 试验仪器应在试验前进行校对和检定达到规定的测量精度（有效期内可不重复检定）。
- 8.1.3 进行载荷试验前，应先无载做各运动部件的循环动作，使其初步磨合。

8.2 一般试验条件

- 8.2.1 环境工作温度应为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 8.2.2 风速不超过 5 m/s。
- 8.2.3 海拔不应大于 2 000 m。
- 8.2.4 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%。
- 8.2.5 试验载荷的误差为 $\pm 1\%$ ，边长等于 2 倍标准载荷中心距 D 。
- 8.2.6 试验时，试验载荷应均匀分布在货叉的上表面。
- 8.2.7 移动机器人的试验状态为：
 - a) 标准无载状态：移动机器人无载，且门架垂直，货叉水平段上表面距离地面 300 mm；
 - b) 标准无载运行状态：在标准无载状态下，门架最大后倾的条件下运行；
 - c) 标准载荷状态：在标准无载状态下，货叉上装有试验载荷（试验载荷重心相对于门架左右对称），且门架垂直，货叉水平段上表面距离地面 300 mm；
 - d) 标准载荷运行状态：在标准载荷状态下，门架最大后倾的条件下运行。

8.3 目测检查

目测检查所有重要部件的规格和/或状态是否符合要求。
目测检查一般情况下不需要进行拆卸。

8.4 主要结构尺寸的测定

移动机器人在标准无载状态下，将货叉下降至最低位置，测定总长 l_1 、总宽 b_1 、门架缩回时高度 h_1 、货叉最低高度 h_{13} 、轴距中心处离地间隙 m_2 、轴距 y_1 、货叉垂直段前表面至承载轮中心线间的水平距离 x_1 、货叉外侧间距 b_5 ；再将货叉起升至最高位置，测定最大起升高度 h_3 。

8.5 功能验证

功能验证按 T/SSITS 401—2020 工业应用移动机器人 检测规范 表1的规定进行。

8.6 主要技术性能参数的测定

8.6.1 最大起升速度

在液压油温为40℃~50℃时，移动机器人分别呈标准无载状态和标准载荷状态（试验载荷为在最大起升高度时的实际起重量），起升电动机处于全电压工作状态、液压分配阀全开时，测定货叉从最低位置起升至最高位置所需的时间，同时监测起升电动机的电流。

最大起升速度按式（1）计算：

$$v_1 = \frac{H}{t} \dots \dots \dots (1.)$$

式中：

v_1 ——最大起升速度（无载 v_1 ，满载 v_1' ），单位为毫米每秒（mm/s）；

H ——无载（满载）时起升的行程，单位为毫米（mm）；

t ——对应 H 的起升时间，单位为秒（s）。

无载、满载各测定三次，分别取平均值。

8.6.2 最大下降速度

在液压油温为40℃~50℃时，移动机器人分别呈标准无载状态和标准载荷状态（试验载荷为在最大起升高度时的实际起重量），液压分配阀全开（不含落地缓冲段）时，测定货叉从最高位置下降至最低位置所需的时间。

最大下降速度按式（2）计算：

$$v_2 = \frac{H}{t} \dots \dots \dots (2.)$$

式中：

v_2 ——最大下降速度（无载 v_2 ，满载 v_2' ），单位为毫米每秒（mm/s）；

H ——无载（满载）时下降的行程，单位为毫米（mm）；

t ——对应 H 的下降时间，单位为秒（s）。

测定三次，取平均值。

8.6.3 最大运行速度

测量区段为30 m，辅助运行距离应保证移动机器人达到最大运行速度。移动机器人分别呈标准无载运行状态和标准载荷运行状态（试验载荷为在标准起升高度和标准载荷中心距时的额定起重量），测定移动机器人以最大运行速度直线通过测量区段的时间，同时监测移动机器人行走电动机的电流。

最大运行速度按式（3）计算：

$$v_3 = 3.6 \frac{L}{t} \dots \dots \dots (3.)$$

式中：

v_3 ——最大运行速度（无载 v_3 ，满载 v_3' ），单位为千米小时（km/h）；

L ——测量区段长度，单位为米（m）；

t ——通过测量区段的时间，单位为秒（s）。

无载、满载往返各测定两次，分别取其平均值。

8.6.4 最小外侧转弯半径

移动机器人呈标准无载运行状态，转动驱动轮与移动机器人的纵轴线呈90°角（最大转角达不到90°的，按最大转角），方向盘（或舵柄应处于运行区域）保持不动，以最小稳定运行速度，分别前左、前右及后左、后右各转一圈，测绘出车体最外侧的转弯半径轨迹，取最大半径值。分别测定两次，取其平均值。

8.6.5 自重测定

使用地磅秤或车轮负荷计等设备来称量自重，设备精度不低于0.3%。

移动机器人呈标准无载运行状态，先从一个方向驶上秤台，使移动机器人停在秤台中心部位。测量时，移动机器人停稳，切断电源。然后移动机器人调转180°，再测量一次，取平均值。

8.6.6 定位精度测试

按T/SSITS 401-2020第6.4.1.1的规定方法进行。

8.6.7 执行机构起升定位精度测试

执行机构起升定位的精度应具有表5的特性，按T/SSITS 401-2020第6.4.1.1的规定方法进行。

8.6.8 额定起重量测试

按T/SSITS 401-2020第6.4.1.1的规定方法进行。

8.6.9 最大运行速度测试

按T/SSITS 401-2020第6.4.1.1的规定方法进行。

8.6.10 可靠性试验

可靠性试验应按照T/SSITS 501-2021中9.1.6条规定的方法进行。

8.7 稳定性试验

稳定性试验应按GB/T 26949.2、GB/T 26949.3、GB/T 26949.4或GB/T 26949.8规定的方法进行。

8.8 结构强度试验

移动机器人呈标准无载状态，货叉分别起升到标准起升高度和最大起升高度，将 $1.33Q_1$ 和 $1.33Q_2$ 载荷分别放置在货叉上，门架垂直，保持15 min。检查移动机器人是否有永久性变形和损坏。

注1： Q_1 ——在标准起升高度和标准载荷中心距时的额定起重量。

Q_2 ——在最大起升高度时的实际起重量。

8.9 电磁兼容试验

电磁发射试验按GB/T 17799.4-2003的规定进行。

电磁抗扰度试验按GB/T 17799.2-2012的规定进行。

8.10 能耗试验

能耗试验应按ISO 23308-2规定的方法进行。

8.11 电气控制系统试验

电气控制系统试验应按GB/T 27544规定的方法进行。

8.12 强化试验

强化试验方法按照附录A的规定进行。

8.13 外壳防护等级试验

按T/SSITS 401-2020第6.1.1.3的规定方法进行。

8.14 外壳抗破坏能力试验

按T/SSITS 401-2020第6.1.1.4的规定方法进行。

8.15 制动性能试验

制动性能试验应按照GB/T 18849规定的方法进行。

9 检验规则

9.1 出厂检验

9.1.1 移动机器人出厂前应逐台检验，产品经检验合格后才能出厂。

9.1.2 出厂检验项目应符合表 9 的规定。

9.2 型式检验

9.2.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产达一年以上后恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时；
- e) 相关方提出进行型式检验要求时。

9.2.2 型式检验项目见表 9。

表 9 检验项目

序号	检验项目		出厂检验	型式检验	技术要求	检验方法			
1	性能指标	最大起升速度	√	√	6.2	8.6.1			
2		最大下降速度	√	√		8.6.2			
3		最大运行速度	√	√		8.6.3			
4		最小外侧转弯半径	—	√		8.6.4			
5		自重（无载，含蓄电池）	√	√		8.6.5			
6		定位等级及其精度	—	√		8.6.6			
7		执行机构起升定位精度	—	√		8.6.7			
8		额定起重量	√	√		8.6.8			
9		最大运行速度	√	√		8.6.9			
10		可靠性	—	√		8.6.10			
11	总体要求	稳定性	—	√	7.3.1	8.7			
12		结构强度	—	√	7.3.2	8.8			
13		电磁兼容	—	√	7.3.3	8.9			
14		能耗	—	√	7.3.4	8.10			
15		电气控制系统	—	√	7.3.5	8.11			
16		强化试验	—	√	7.3.6	8.12			
17		车体	外观要求		√	7.3.7.1	8.3		
18			结构要求		√	√	7.3.7.2	8.4	
19			外壳防护能力要求	外壳防护等级		—	√	7.3.7.3.1	8.13
20				外壳抗破坏力		—	√	7.3.7.3.2	8.14

序号	检验项目		出厂检验	型式检验	技术要求	检验方法
21	驱动装置	驱动方式	√	√	7.3.8.1	8.3
22		制动方式	—	√	7.3.8.2	8.15
23		电动机	—	√	7.3.8.3	8.3
24	执行机构	一般要求	—	√	7.3.9.1	8.3
25		液压系统	—	√	7.3.9.2	
26		货叉	—	√	7.3.9.3	
27	安全防护装置	一般要求	√	√	7.3.10.1	8.5
28		急停装置	√	√	7.3.10.2	
29		保护性停止装置	√	√	7.3.10.3	
30		传导式充电装置	√	√	7.3.10.4	
31		警示装置	√	√	7.3.10.5	
36	车载控制系统	控制模式	√	√	7.3.11.1	8.5
37		运动控制	√	√	7.3.11.2	
38		电气要求	—	√	7.3.11.3	
39	导航装置	导航方式	√	√	7.3.12.1	8.5
40		导航定位	√	√	7.3.12.2	
41		导航装置安装	√	√	7.3.12.3	
42	通信装置		√	√	7.3.13	8.3
43	人机交互系统		√	√	7.3.14	8.5

注：“√”表示要检验的项目，“—”表示可以不检验的项目。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

10.1.1 在移动机器人明显而又不易碰坏的位置固定产品标牌，安全及警示标志；在移动机器人作业区域设置安全及警示标识。产品标牌、安全及警示标志和标识的尺寸及技术要求应符合 GB/T 13306 的规定。

10.1.2 产品标牌上应至少包含下列内容：

- 产品名称、型号；
- 负载能力；
- 移动机器人电气系统中蓄电池的额定电压；
- 移动机器人的空载质量（不包含可拆卸属具的质量，但包含货叉或整体式属具的质量）；
- 制造日期或产品编号；
- 制造商名称。

10.1.3 蓄电池标牌上应至少包含下列内容：

- a) 产品名称、型号；
 - b) 额定电压；
 - c) 5 h 放电率时的容量；
 - d) 质量(包括可拆卸容器)；
 - e) 产品编号或制造日期；
 - f) 制造商名称。
- 10.1.4 移动机器人应具有充电过程中禁止车辆运行的功能。
- 10.1.5 移动机器人的安全标志和危险图示应符合 GB/T 26560 的规定

10.2 包装

- 10.2.1 移动机器人的包装应符合 GB/T 13384 的规定；
- 10.2.2 包装箱上应有符合 GB/T 191 的“小心轻放”、“防潮”等标志。
- 10.2.3 移动机器人出厂应至少附带下列随行文件：
- a) 产品合格证；
 - b) 使用说明书；
 - c) 装箱单。

10.3 贮存

移动机器人应存放在干燥通风、无腐蚀、不结冰的非露天场所。

附录 A
(规范性)
叉车类工业应用移动机器人强化试验方法

A.1 试验方法

如图4所示, 移动机器人从原始位置A沿路线1运行, 从低货位B上装上试验载荷, 沿路线2运行至位置C, 再沿路线3快速运行至终点D卸载, 再沿路线4快速返回原始位置A, 完成半个循环。再按原相反方向沿路线4快速运行至终点D, 装上试验载荷, 再沿路线3快速运行至位置C, 沿路线2运行至低货位B, 放下试验载荷, 再沿路线1返回原始位置A, 则完成一个循环(行程约68m)。D处起升到允许的最大起升高度。

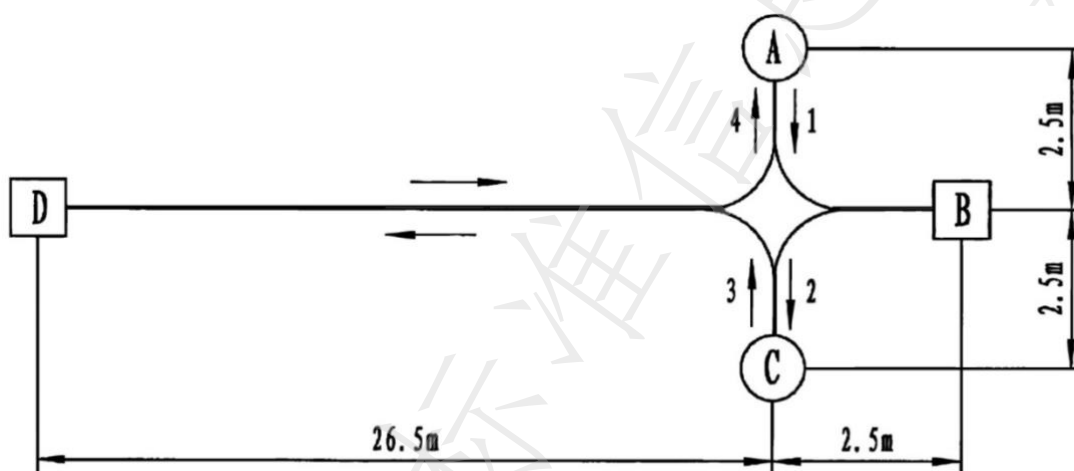


图4 强化试验路线图

第1次循环, 试验载荷为在标准起升高度和标准载荷中心距时的额定起重量。

第2次循环, 试验载荷为在标准起升高度和标准载荷中心距时的额定起重量。

第3次循环, 为空载。

完成以上三次循环为一个循环组。

试验要求: 直线段以快速运行, 每天连续运行作业不少于8 h (因天气原因维修时配件不能及时送达维修人员无法及时就位的情况除外)。除按产品说明书进行保养外, 不应更换零部件。

A.2 故障判断

按故障原因和影响移动机器人正常工作的严重性及故障的关联性, 将移动机器人故障分为四级, 即致命故障、重大故障、一般故障、轻微故障。它们之间的当量关系是: 1次致命故障相当于10次一般故障; 1次重大故障相当于5次一般故障。

故障判断原则见表A.1。

表A.1 故障判断原则

故障类别	故障当量数	划分原则	故障举例
致命故障	10	危及人身及货物安全或导致主要部件总成报废的故障	(1) 货叉断落、链条断裂 (2) 电控严重烧毁 (3) 制动系统严重损坏
重大故障	5	导致主要零部件总成严重损坏或严重影响移动机器人正常作业, 一般无危及人身及货物安全或在2 h之内不能排除的故障	(1) 电动机严重损坏 (2) 传动系统齿轮损坏 (3) 电控失控, 不能紧急断电

一般故障	1	使移动机器人停机或性能下降,但一般不导致主要零部件总成严重损坏,用随车工具在 15 min内不能排除的故障	(1) 密封圈损坏,螺栓断裂 (2) 仪表、开关损坏(换1件,算1次) (3) 漏油,车轮早期损坏(200h内) (4) 接触器触头烧坏,电气失控(能紧急断电)
轻微故障	—	一般不会使性能下降,不需要更换零件,对移动机器人正常作业略有影响,用随车工具轻易(15 min内)排除的故障	(1) 非主要位置螺栓松动 (2) 各密封结合面及管接头渗油(发现1处算1次) (3) 各种电气线拉头松脱,接触不良,灯泡损坏 (4) 蓄电池接线柱打火粘连

注:移动机器人发生的故障不限于表中的故障示例。

A.3 指标计算

——平均无故障工作时间按式(5)进行计算:

$$MTBF = \frac{T}{r+1} \dots\dots\dots (4.)$$

式中:

T ——强化试验时间,单位为小时(h);

r ——当量故障总数,按式(6)计算:

$$r = k_1 r_1 + k_2 r_2 + r_3 \dots\dots\dots (5.)$$

式中:

k_1 ——致命故障系数;

r_1 ——致命故障总数;

k_2 ——重大故障系数;

r_2 ——重大故障总数;

r_3 ——一般故障总数;

注1:同时发生有关联的各种故障时,故障类别就高不就低,故障按1次计算;若故障之间毫无关联,故障次数分别计算,时间按1次记录。

试验中出现的轻微故障不计入 r (当量故障总数)中。

——有效度按式(7)进行计算:

$$A = \frac{T}{T+T_1} \times 100\% \dots\dots\dots (6.)$$

式中:

A ——有效度,数值以%表示;

T_1 ——纯排除故障和保养时间总和,单位为小时(h)。

注1:轻微故障造成的停机及维修调整、保养时间计入 T_1 。

注2:需要调整的部件,允许连续调整3次,时间计入 T_1 ,若调整3次无效,则按故障处理。

注3:整个强化试验时间,试验样机进行的正常保养所需时间均计入 T_1 。

A.4 性能参数复测

强化试验后,对以下性能参数进行复测:

——满载最大起升速度;

——满载最大运行速度;

——货叉自然下滑量。