

ICS 25.240.40

J 28

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXX—201X

仓储搬运机器人

201X-XX-XX 发布

201X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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	1
4 危险识别及风险评估	3
5 产品标识与分类	3
5.1 产品标识	3
5.2 产品分类	4
6 系统组成	4
7 技术要求	5
7.1 外观与结构要求	5
7.2 接口要求	6
7.3 功能要求	6
7.4 性能要求	10
7.5 电源适应性要求	11
7.6 电磁兼容性	11
7.7 环境适应性要求	12
7.8 安全性要求	14
7.9 可靠性要求	14
8 试验方法	14
8.1 试验条件	14
8.2 外观与结构试验	15
8.3 接口试验	15
8.4 功能试验方法	15
8.5 性能试验	19
8.6 电源适应能力试验	20
8.7 电磁兼容性试验	20
8.8 环境适应性试验	20
8.9 安全试验	20
8.10 可靠性试验	21
9 检验规则	21
9.1 检验分类	21
9.2 型式检验	21
9.3 例行检验	22
9.4 确认检验	22
10 标志、包装、运输和贮存	22
10.1 标志	22

10.2 包装	23
10.3 运输	23
10.4 贮存	23
附 录 A（规范性附录） 地面条件、危险区域和环境参数	25

前 言

本标准编写规则符合GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部：标准的结构和编写》的基本规定。
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这些专利的责任。

本标准由.....提出。

本标准起草单位：.....。

本标准起草人：.....。

仓储搬运机器人

1 范围

本标准规定了仅在室内使用的仓储搬运机器人的产品标识与分类、技术要求、试验方法、检验规则及标识、包装、运输、贮存。

本标准适用于不包含机械臂、不含移动机器人加装机械臂的组合结构的仓储搬运机器人（以下简称机器人）。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.55 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Eh：锤击试验

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB 5226.1-2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB 10827.1-2014 工业车辆 安全要求和验证 第1部分：自行式工业车车辆、伸缩臂式叉车和载运车

GB/T 15706-2012 机械安全设计通则风险评估与风险减小

GB/T 16855.1 机械安全控制系统有关安全部件第1部分：设计通则

GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术

GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB/T 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射

GB/T 18849-2011 机动工业车辆制动器性能和零件强度

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK代码）

GB/T 26154-2010 装配机器人 通用技术条件

GB/T 27544-2011 工业车辆电气要求

GB/T 27693-2011 工业车辆安全噪声辐射的测量方法

GB/T 32828-2016 仓储物流自动化系统功能安全规范

ISO 10218-1-2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人

ISO 13849-1-2015 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则

3 术语和定义

GB 5226.1界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

仓储搬运机器人（简称机器人） robot

应用于智能仓储和产线系统中，以电池为动力，装有非接触式导向装置的无人驾驶自动运输车。

3.2

自动方式 automatic

机器人通过网络连接，在上层软件系统的调度下，自动完成任务的执行。

3.3

手动方式 manual

机器人通过网络连接，人工通过控制客户端下发指令使机器人完成任务的执行。

3.4

离线自动方式 off-line automatic

机器人可以采用遥控器离线手动控制，进行基本的前进、转弯、后退、旋转等功能。

3.5

额定负载（kg） rated load

机器人以额定速度运输货物所提供的最大承载重量。

3.6

额定速度 rated speed

机器人运行在直线段时能够正常运行时的最大速度。

3.7

定位精度 positioning accuracy

机器人定位时实际位置与理论位置的偏差值。

3.8

公共区域 common zone

一个不专门用于机器人自动运行的区域。

3.9

危险区域 hazard zone

存在危险增加的一部分公共区域以及降低机器人防护等级的区域，例如由于留给人员的空间不足或进行负载转移操作的区域。

3.10

限制区域 restricted zone

为机器人自动运行预留的物理上分开的区域，其中只有被授权的操作人员允许进入。

3.11

eLTE-U

Enterprise Long Term Evolution Unlicensed，是一种能够满足企业数据通信要求，基于Unlicensed频谱的宽带无线网络技术。

4 危险识别及风险评估

根据 GB/T 15706-2012 对进行危险识别及减少风险提出了要求和指导，应该进行危险分析，以便确定可能出现的任何其他危险，对在危险识别中确定的危险，应该进行风险评估。这种风险评估应该对下列情况给予特别关注：

- a) 机器人的例行操作，包括设置、维护和清洁；
- b) 意外启动；
- c) 与人员共同工作的区域；
- d) 可合理预见的机器人误用或误操作；
- e) 控制系统故障的影响；
- f) 与机器人的应用有关的危险。

首先应通过设计或替代，然后再用安全防护和其他补救措施，消除或减少风险。任何遗留的风险应采用其他措施（如：警告、标记、培训）来减小。

5 产品标识与分类

5.1 产品标识

按图1对产品进行标识。

产品标识由产品类别、导航方式、负载（kg）、载具（可选）、企业标识组成。

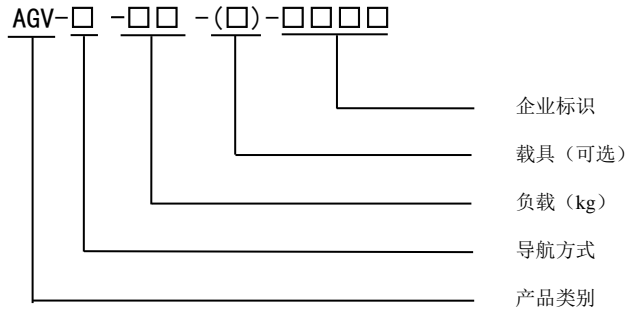
产品类别由“AGV”表示；

导航方式用大写英文字母表示，二维码用“EWM”表示，SLAM即用“SLAM”表示；

负载（kg）分为大中小型，大型用L表示，中型用M表示，小型用S表示；

载具（可选）举升型用L标识，移载型用U表示，翻盖型用R标识等；

企业标识，可自定义扩展。



示例：XX企业生产的二维码导航方式的中型仓储搬运机器人，表示为：AGV-EWM-M-XXXX。

图1 产品标识

5.2 产品分类

产品分类见表1。

表1 产品分类表-刹车距离核算

型号	额定负载
小型	<=500kg
中型	500kg~1000kg
大型	>=1000kg

6 系统组成

产品架构图见图2，系统组成及说明见表2。

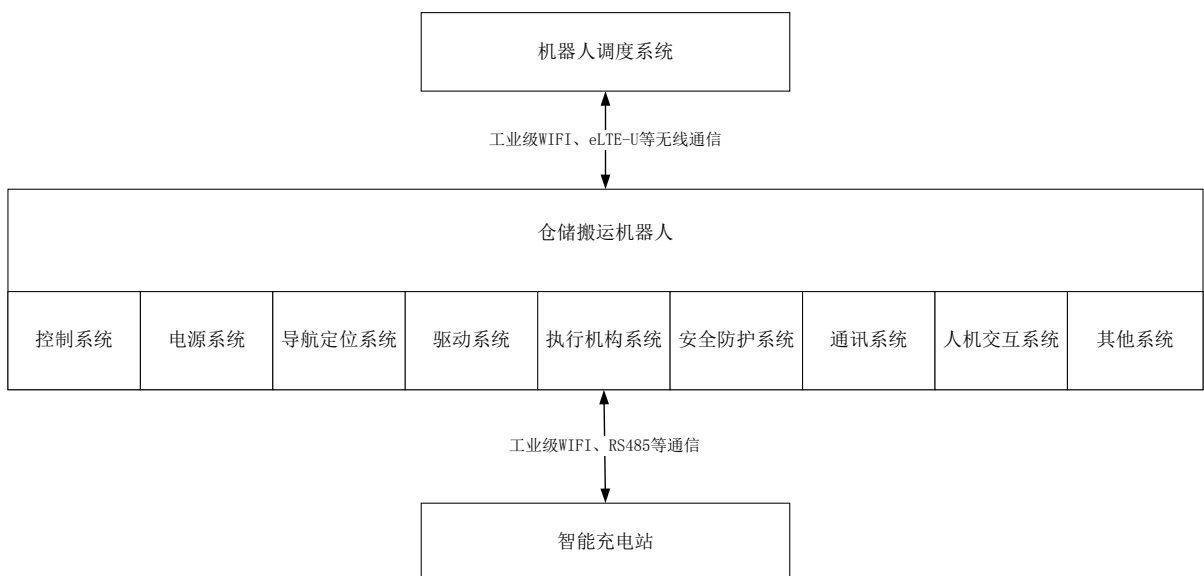


图2 产品架构图

表2 系统组成及说明

系统组成	说明
控制系统	由主控板、PLC板等控制电路组成，完成机器人的运动控制
电源系统	由蓄电池与充电装置组成
导航定位系统	由视觉采集模组、里程计、陀螺仪等组成，完成机器人的导航定位
驱动系统	由驱动电机、电机驱动器、减速器、弹簧、主动轮、脚轮、制动装置组成
执行机构系统	由旋转电机、举升机构、旋转转台、盖板组成，完成机器人的货物举升和下放
安全防护系统	由激光、超声波、视觉采集模块等传感器组成，完成机器人的安全运行
通讯系统	由车载通讯装置组成
人机交互系统	由显示屏、声光报警器等组成
其他系统	由远程升级、远程重启、异常报警等组成

7 技术要求

7.1 外观与结构要求

7.1.1 外观要求

产品外观应符合以下要求：

- 表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污渍；
- 表面应色泽均匀，不应有起泡、龟裂、脱落和磨损现象；
- 金属零部件不应有锈蚀；
- 开关、操作键、指示灯、插座等应有明确标志；
- 产品应有标牌和商标；
- 涉及安全相关的明确警示标识。

7.1.2 结构要求

产品结构应符合以下要求：

- 机器人应该按厂家规定程序批准的设计图样和工艺文件进行制造；
- 结构应完整，开关、按钮、显示报警等位置准确，操作灵活方便，连接可靠，功能正常；
- 机器人结构应布局合理，装配方便，易维修保养，造型美观；
- 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；
- 所有紧固部分应无松动，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）；
- 结构上的安全防护连接可靠，功能正常；
- 如果是液压举升机构，液压油清洁度应不大于NAS1638规定的油液的固定颗粒污染等级代号的12级；所用液压软管应能承受3倍额定工作压力1min而不破裂且不异常；
- 机器人结构应具有足够的强度，进行1.33倍超载试验后，无永久性变形和损坏；
- 不能有在正常使用过程中会造成危险的锐边或棱角。

7.1.3 外壳防护能力要求

7.1.3.1 外壳防护等级要求

整机防护等级应满足IP31；
电气部件防护等级应满足IP20。

7.1.3.2 外壳抗破坏能力要求

应符合GB/T 20138中IK07要求。

7.2 接口要求

7.2.1 电源接口

应采用动力电池内部供电，输入接口采用外部充电器充放电接口，或无线充电。

7.2.2 以太网接口

宜具备至少1个以太网接口，采用RJ45接口或M12、DB9等，支持10/100M自适应。

7.2.3 机械安全接口

应至少1个安全急停按钮，满足GB 5226.1-2008中的要求。

7.2.4 其它接口

宜具备至少1个RS 232接口、1路无线或有线遥控接口，1路数码显示或人机交互界面。

7.3 功能要求

7.3.1 控制系统

7.3.1.1 控制方式

单一机器人应具有自动方式、手动方式、离线自动方式等执行运动指令的方式。

a) 自动方式

在自动运行方式下，机器人应服从系统的管理及指令分配，按规划的路径执行任务。
自动运行模式下，保护装置需要就位后才能运行。

b) 手动方式

机器人应具备手动控制功能，在手动控制模式下，机器人应可在符合要求的地面上进行人工控制的运动，手动控制应使用机器人提供的操作面板或专用手控装置。
该模式适用于自引导车的检修和调试以及紧急状态，在该模式下不能对操作者产生风险，需要满足GB/T 15706进行风险分析。

c) 离线自动方式

机器人应提供脱离通信网络的离线自动运行方式，在该种方式下机器人以单机为运行单元，在机器人上进行简单的人工操作即可沿设定的路径执行固定的任务。
模式切换方式需要依据GB 5226.1，需要防止意外触及引发模式切换，在运行过程中，模式切换需导致停车。相关的安全回路需要至少满足PLb的要求。

7.3.1.2 运动控制

应具有启动运行、停止、急停、复位（停止后恢复运行）等控制运动的功能。

运动控制（如速度、转向等）系统的安全相关部件应符合 GB/T 16855.1 PL_c。如果机器人行进方向通过障碍物检测装置来实现安全停车时，运动控制系统应符合 GB/T 16855.1 PL_d。

转向的过程需要有可视/可听装置提供警示，制造商需要在手册中提供转向状态的描述，如：转弯半径，转弯速度等。

7.3.1.3 负载处理

负载搬运装置的设计应使得机器人在任何运行模式（包括急停和负载转移）下，不能产生因为负载移动导致的任何危险，负载系统需参照 GB 10827.1-2014 中 5.3 经过动态与静态功能验证负载处理系统的控制装置的安全相关部分应符合 GB/T 16855.1 PL_c。

7.3.2 电源系统

a) 自主充电

机器人应能自动监测电量，低于预设的阈值时，机器人应能自动发出充电申请，并能够在平台调度下自动运行到充电站完成充电。

b) 电量低自我保护

电量低于预设的阈值时，机器人停止，提示充电并报警，需要手动操作方能继续启动。

应保护人员免受由于意外接触电池驱动机器人及其充电系统的充电连接而造成的危险。自动充电系统（不包括防止人员接触的母线），应设计成充电连接只有在机器人与其连接时才能激活。

若机器人的充电连接不能通过 GB/T 27544-2011 中 6.2.3 电弧试验，则机器人应在充电机切断充电电流后才能离开。电池充电系统的安全相关部分应符合 GB/T 16855.1 PL_c。对于手动充电及更换电池等充电方式应提供保护措施。

7.3.3 导航定位系统

7.3.3.1 导航方式

宜具有视觉+惯性导航、激光导航或磁导航方式。

7.3.3.2 导航定位

a) 自主定位

设备可进行初始定位，在运行时应能实时定位，上报当前位置、方向等信息至控制平台。

b) 导航运行

设备根据定位信息，应能进行轨迹规划和运动控制。

7.3.4 驱动系统

7.3.4.1 驱动方式

宜单轮驱动、差速驱动、四驱驱动等方式。

7.3.4.2 制动方式

应具有电气制动，机械制动选配。

按照 GB/T15706-2012 进行风险评估，需要机械制动系统的机器人，其制动系统应满足下列条件：

- 在切断电源供电时制动；
- 在障碍物检测范围内应停车（考虑到负载，速度，摩擦力，坡度和磨损）；
- 在由制造商规定的最大坡度上，能够保持机器人及其最大允许负载静止；
- 在失去速度或转向控制时制动；
- 机器人的制动器应符合 GB/T 18849-2011 的性能试验的要求。

7.3.5 执行机构系统

7.3.5.1 装卸控制

设备应能够在制造商声明的规定时间内完成货物的装卸指令。

当配备有自动起升和下降功能时，可以附加传感器，例如外部的机器人定位传感器。

液压系统升/降的控制中，需要满足额定负载能力，在发生泄漏或者柔性油管脱落的情况下，其下降速度不能导致发生次生风险，液压系统需要满足如下要求：

由于泄漏其负载下降速度在10分钟内

——额定负载不超过10000 kg 下降100mm；

——额定负载超过10000 kg 下降200mm；

控制装置安全部件的安全类别应符合 GB/T 16855.1 PL_c。

7.3.6 安全防范系统

7.3.6.1 基本要求

应符合GB/T 32828-2016和ISO 13849-1-2015功能安全和机械安全要求。

7.3.6.2 障碍物检测

机器人的障碍物检测装置应符合下列要求：

1) 机器人应配备行驶路径上的障碍物检测装置（例如防撞挡板，接近传感器）。这些障碍物检测装置应符合下列要求：

- a) 在每一个行驶方向上，障碍物检测装置至少要在机器人的全部宽度上进行操作；
- b) 在仓储搬运机器人与人之间接触之前，它们应发出一个信号使机器人在指定的地板条件下，使仓储搬运机器人停车；
- c) 应至少检测 2 中的试件，并且对于接触式障碍物检测装置，应尽可能靠近地面检测障碍物；
- d) 这种装置的激活不应对人或物造成伤害。此外，在机器人预定运行的环境条件下装置施加的静态力不得超过 2 中的数值；
- e) 测试非接触式的障碍物检测装置时，试件的反射特性应与由制造商声明的代表性障碍物的反射特性一致；
- f) 若机器人（负载处理部分除外）边缘离地间隙超过 35mm，应提供安全防护措施。

2) 障碍物检测装置在主要行驶方向上与安全有关的部分应符合 GB/T 16855.1 PL_d。应用以下试件检测：

- a) 直径为 200 毫米，长度为 600 毫米的试件，安装在与车辆的路径成直角的任何位置。对于人员防护的接触式的障碍物检测装置，试件的受力不得超过 750N；对于非接触式的障碍物检测装置，产生触发信号的检测距离应满足制造商规定的要求。
- b) 直径为 70 毫米，高度为 400 毫米的试件垂直安装在车辆路径的任何位置。对于人员防护的接触式的障碍物检测装置，触发力不得超过 250N。仓储搬运机器人以最大速度和负荷压缩防撞挡板至机器人停止的过程中，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；对于非接触式的障碍物检测装置，产生触发信号的检测距离应满足制造商规定的要求。
- 3) 其他障碍物检测装置的安全相关部件（例如转弯的侧面保护）应符合 GB/T 16855.1 PL_c。
该装置应检测在车辆路径内垂直放置 2 b) 的试件。

4) 当障碍物离开机器人行驶路径时，机器人可以伴随适当的报警，且在最少延迟2 秒后自动重新开始运行。

5) 当机器人在限制区域内或在手动操作模式下工作时, 可以无需障碍物检测装置或可以停用障碍物检测装置。

6) 在机器人不能符合EN 1525-1997中5.9.5.1 a) 要求的方向上(例如装有叉臂的机器人, 接近装载货物和存放站的机器人), 被困人员无法逃离时, 该方向上的最大速度应限制在 0.3 m/s, 并应在机器人的对应端 600 mm 范围内提供停车措施。这种装置的安全相关部分应符合 GB/T 16855.1 PL_c。

7) 如果障碍物检测装置无法在可预见的工作条件下保证人与物的安全(例如机器人侧面防撞条的行程太短), 则需要其他方法(例如通过指定一个危险区)。

8) 禁用障碍物检测装置的相关安全控制部件应符合 GB/T 16855.1 PL_c。

7.3.6.3 急停按钮

急停按钮按下, 机器人将立即停止动作, 并有红灯闪烁; 急停按钮解除, 机器人不声光报警3秒后自动启动设备。

7.3.6.4 急停装置

急停装置应清晰标示和显而易见, 需要在每个操作面处都含有急停装置, 也可以根据尺寸和小车类型, 至少在运行前后面面上装有急停装置, 急停切断装置应是0类的停止, 且在急停复位后不能产生额外的风险, 急停装置的要求应满足GB 5226.1的结构要求。

7.3.6.5 声音告警

在人机协作的区域, 机器人应具备以下功能:

障碍物检测报警: 当机器人检测到远距离减速区有障碍物时, 报警提示; 当障碍物消失时, 报警取消。

转弯声音报警: 机器人执行转弯动作时, 提前发出声音报警; 转弯动作结束后, 关闭报警声音。

7.3.6.6 失速保护

当机器人的运行速度超过额定速度时, 机器人应当自动停止运行, 发出警报信息, 等待人工介入处理。

7.3.6.7 通讯失联保护

当机器人与通信网络系统失联超过一定时间时(由企业自行定义), 机器人应当自动停止运行, 发出警报信息, 等待人工介入处理。

7.3.6.8 定位丢失保护

当机器人的定位信息丢失超过自动导航运行所要求的范围时, 机器人应当自动停止运行, 发出警报信息, 等待人工介入处理。

7.3.7 通讯系统

宜采用工业级WiFi或者eLTE-U无线网络通讯。

工业级WiFi无线网络: 是基于IEEE 802.11标准的短距离无线网络接入技术, 该技术使用2.4GHz或5GHz ISM射频频段。可考虑在对移动性、稳定性、时延等网络性能要求较低的机器人应用场景采用。

eLTE-U无线网络: 通过利用Unlicensed频段的LTE空口满足企业数据通信的宽带无线网络接入技术, 该技术使用5GHz ISM免授权射频频谱, 能够提供获得更大的覆盖, 更加稳定的覆盖以及更高的移动性。适合对移动性、稳定性、时延等网络性能有较高要求的机器人应用场景。

7.3.8 人机交互系统

7.3.8.1 液晶触摸屏交互（非标配）

- a) 实时显示调度系统任务状态；
- b) 实时显示车辆运行状态；
- c) 实时显示车辆安全状态、传感器状态；
- d) 实时显示故障信息；
- e) 设备简单控制。

7.3.8.2 指示灯（标配）

- a) 指示灯绿灯常亮表示安全传感器没有检测到障碍物，灭则表示检测到障碍物；
- b) 指示灯红灯常亮表示机器人运行异常。

7.3.9 其他系统

7.3.9.1 远程升级

机器人可通过网络远程升级。

7.3.9.2 远程重启

机器人可通过网络远程重启。

7.3.9.3 异常报警

机器人处于异常状态时，应能自动向平台上报告警信息，并在自身显示屏上显示告警信息。

7.4 性能要求

7.4.1 通用性能指标

7.4.1.1 续航时间（连续工作时间）

宜满负载运行大于8小时，用户特殊要求除外。

7.4.1.2 制动距离

参考工业卡车标准ISO 6292。

7.4.2 二维码导航性能指标

7.4.2.1 定位精度

距离偏差： $\pm 10\text{mm}$ ；角度偏差： $\pm 1^\circ$ 。

7.4.2.2 行驶精度

距离偏差： $\pm 20\text{mm}$ ；角度偏差： $\pm 2^\circ$ 。

7.4.2.3 允许地面图标连续损毁或遮挡的数量

允许地面图标连续损毁或遮挡的数量应大于等于2。

7.4.3 SLAM 导航性能指标

7.4.3.1 定位精度

距离偏差：±50 mm；角度偏差：±3°。

7.4.3.2 激光可视扫描角度

应不小于 200°。

7.4.3.3 激光扫描距离

应大于等于20m。

7.4.3.4 到点精度

应具备基于额外辅助手段的精确导航到点能力，精度要求 ±5 mm/0.5°。

7.4.4 噪声

机器人应按照 GB/T 27693-2011 的测试方法对释放的噪声危害进行评定，声压不应超过 75 分贝。除非自动引导车仅被允许在限制区域内使用且被授权人员进入区域后不会长时间停留(逗留时间)。

7.5 电源适应性要求

充电站应满足GB 5226.1-2008 中4.3.2的要求。

机器人本体应满足GB 5226.1-2008 中4.3.3的要求。

7.6 电磁兼容性

机器人的电磁兼容性应符合GB/T 17799.2中规定的电磁兼容抗扰度要求和GB/T 17799.4中规定的电磁兼容发射要求。

7.6.1 电磁兼容发射

机器人在正常工作时，对外发生的电磁辐射能量应满足规定要求。

表3 电磁兼容发射试验

端口	频率范围	限值
整机 3m场	30MHz~230MHz	50dB (uV/m) 准峰值
	230MHz~1000MHz	57dB (uV/m) 准峰值
	1GHz~3GHz	76dB (uV/m) 峰值、56dB (uV/m) 平均值
	3GHz~6Hz	80dB (uV/m) 峰值、60dB (uV/m) 平均值
充电站低压交流电源	0.15MHz~0.5MHz	79dB (uV) 准峰值、66dB (uV) 平均值
	0.5MHz~30MHz	73dB (uV) 准峰值、60dB (uV) 平均值

表3 (续)

注： 测量频率上限的选择：			
——机器人的最高内部源指在机器人内部产生或使用的最高频率，或机器人工作或调谐的频率；			
——如果机器人内部的最高频率低于108MHz,则测量只进行到1GHz；			
——如果机器人内部的最高频率在108MHz~500MHz,则测量只进行到2GHz；			
——如果机器人内部的最高频率在500MHz~1GHz,则测量只进行到5GHz；			
——如果机器人内部的最高频率高于1GHz,则测量将进行到最高频率的5倍或6GHz，取两者中较小者。			

7.6.2 电磁兼容抗扰度

表4 整机抗扰度试验

环境现象		试验规范	单位	性能判据
工频磁场		50/60	Hz	A
		30	A/m	
射频调制电磁场		80~1000	MHz	A
		10	V/m	
		80	%AM (1kHz)	
静电放电	接触放电	±4	kV	B
	空气放电	±8	kV	B

表5 充电站交流电源端口抗扰度试验

环境现象		试验规范	单位	性能判据	
射频共模		0.15~80	MHz	A	
		10	V		
		80	%AM (1kHz)		
快速瞬变		±2	kV	B	
		5/50	Tr/Th ns		
		5	重复频率kHz		
浪涌 (冲击)		1.2/50 (8/20)	Tr/Th us	B	
		线-地	±2		kV
		线-线	±1		kV
电压暂降和短时中断		40%，持续10周期		B	
		70%，持续25周期		B	
		80%，持续250周期		B	
		0%，持续250周期		C	

7.7 环境适应性要求

7.7.1 气候环境适应性要求

环境温度：-10~50℃

湿度：10%~90%，无结露

空气：无粉尘、易燃、易爆和腐蚀性气体

机器人在表6环境条件使用、运输和贮存时，应能保持正常。

表6 环境气候适用性

环境条件	工作条件	运输和贮存条件
环境温度	0℃~40℃	-10℃~50℃
相对湿度	10%~90%，无结露	≤93%（40℃）
大气压力	86kPa~106kPa	
注：特殊环境机器人，其环境条件由产品标准规定。		

7.7.2 机械环境适应性要求

机器人的组件和控制装置在震动情况下，均工作应正常。

表7 振动试验要求

试验项目	实验内容	数值
初始振动响应检查	频率范围	5Hz~55Hz
	扫频速度	≤1 倍频程/min
	振幅	0.15mm
定频耐久试验	振幅	0.75mm（5Hz~25Hz 含）或 0.15mm（25~55Hz）
	持续时间 ^a	10min
		30min
扫频耐久试验	频率范围	5Hz~55Hz
	振幅	0.15mm
	扫频速度	≤1 倍频程/min
	循环次数	5 次
最后振动响应检查 ^{b c}	频率范围	5Hz~55Hz
	扫频速度	≤1 倍频程/min
	振幅	0.15mm
a 持续时间由制造商决定，选择其一 b 已做过定频耐久试验的样品需做此项试验 c 已做过扫频耐久试验的样品可将最后一次扫频试验作为最后振动响应检查		

表8 冲击要求

严酷等级		零部件	工业机器人
峰值加速度 m/s ²	持续时间 ms		
150	11	/	永久性安装于地面或由公路、铁路或空中运输的在牢固的抗冲击包装中的工业机器人
300	18	/	安装的结构强度。 在标准公路或铁路运输的工业级机器人
500	11	在可靠包装中由轮式车辆（标准公路或铁道）、亚音速或超音速运输机、商船中运输的工业机器人零部件。	在越野车的可靠位置上运输的工业机器人。 散装在标准公路或铁路车辆中作长途运输的工业机器人。 在工业区使用，并且会经受到来自机械装卸设备冲击的工业机器人。
注 1：样品不带电 注 2：冲击波形：半正弦波 注 3：冲击轴向与次数：六个方向各三次，可根据实际情况减少方向数，但是不能减少每个方向上次测试次数。采用其他量值需要在报告中说明原因。			

7.8 安全性要求

7.8.1 基本要求

应符合ISO 10218-1-2011的规定。

7.8.2 接地电阻

应满足GB/T 26154-2010中5.4.2的要求。

7.8.3 绝缘电阻

在动力电路导线和保护联结电路间，绝缘电阻不应小于1MΩ。

7.8.4 耐电强度

应满足GB/T 26154-2010中5.4.4要求。

7.9 可靠性要求

机器人的可靠性用平均故障工作时间（MTBF）和平均修复时间（MTTR）来衡量，具体数值可由制造商自行规定。一般 MTBF 不小于 5000 h，MTTR 不大于 30 min。

8 试验方法

8.1 试验条件

本标准中除特殊要求外，均在下述条件下进行：

——温度：0~40℃

——相对湿度：45%~75%

——大气压力：86~106kPa

8.1.1 试验样品要求

(1) 机器人应装备齐全，并按制造商规定充满电；

(2) 机器人系统应按制造商规定的要求组装好，所需的设备安装、调试完毕，试验应在携带典型任务设备与最大载重状态进行；

(3) 若机器人上安装测试仪器，应尽量减少对机器人的影响。

8.1.2 试验场地要求

试验场地应满足制造商规定的使用条件，若无要求，则需满足附录 A.1场地条件。

动态环境要求：

(1) 地面摩擦因数不大于制造商设计要求；

(2) 试验场地（水平部分）沿垂直于运行方向的横向坡度不大于2%，运行方向的纵向坡度不大于±0.5%；[GB/T 18849]

(3) 试验场地（坡度部分）要满足制造商要求的最大坡度或者法规要求的坡度；

(4) 场地整体长度要能满足车辆加速过程和制动过程所需的长度；

(5) 环境温湿度及大气压力要满足制造商设计要求。

8.1.3 试验人员要求

机器人操作人员应按制造商规定的操作方法操作。

8.2 外观与结构试验

8.2.1 外观试验

目测及手动检查外观质量，判断是否符合7.1.1的要求。

8.2.2 结构试验

用测量工具测量结构零件的相关尺寸及手动检查，判断是否符合7.1.2的要求。

8.2.3 外壳防护能力试验

8.2.3.1 外壳防护等级试验

按照GB/T 4208规定的外壳防护测试方法进行，判断是否符合7.1.3的要求。

8.2.3.2 外壳抗破坏能力试验

按照GB/T 2423.55的试验方法进行。

8.3 接口试验

采用目视法检查接口，应符合7.2要求。

8.4 功能试验

8.4.1 基本要求试验

下列（但不局限于）检验方法可以满足本规范的要求：

——A：检查（使用人的感官而非借助任何专门的设备来检查机器人的情况，通常在机器人不工作时进行视觉或听觉检查）；

——B：实际实验（在机器人正常或异常条件下进行实际实验，包括：功能测试（如故障诊断测试）、循环测试（如耐久性测试）、表现测试（制动表现测试）等）；

——C：测量（将测得的机器人实际值与要求限制进行比对）；

——D：在操作中观察（在机器人正常或异常条件下，在操作中使用检验方法A进行检查（如在额定负载、过载、冲击情况下进行））；

——E：分析相关设计图纸（结构化分析或大致浏览电路图设计（包括电气、气动、水动等）和相关说明）。

8.4.2 控制系统

8.4.2.1 控制方式

自动方式：机器人能接收控制调度系统的管理、指令，能按指定的路线执行任务。

手动方式：机器人脱离通讯网络时，能通过遥控器进行独立操作。

离线自动方式：机器人通过无线网络能接收客户端的手动指令，通过客户端进行人工干预，如移动、举升、充电等。

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、B、D、E。

8.4.2.2 运动控制

启动运行、停止：按下电源按钮，机器人能正常启动；再次按下电源按钮使其弹起，机器人能停止运行。

急停、复位：按下急停按钮，机器人能立即停止；拔起急停按钮，机器人能恢复运行。

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、E。

8.4.2.3 负载处理

检验方法参见 8.4.1 中 A、B、D、E。

8.4.3 电源系统

a) 自主定位

机器人能自动检测电量，低于制造商声明的阈值时能自动发出充电申请，由调度系统控制自动完成充电。

b) 电量低自我保护

当机器人电量低于制造商声明的阈值时，验证机器人是否自动关机。

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、D、E。

8.4.4 导航定位系统

二维码导航测试：

按照地图实施要求，布置二维码地图，当机器人停在码上时，能识别二维码并反馈当前的位置与方向信息，并通过二维码保持运行。

激光导航测试：

测试前置条件：在测试场地构建激光SLAM地图，以及在激光地图的基础上构建拓扑地图，包括设置运行线路及点位，并且机器人初始定位成功。

测试过程：在地图上设置机器人导航运行目标点，采用自动导航模式运行，机器人能按指定的路径准确运行到到目标点。

8.4.5 驱动系统

8.4.5.1 驱动方式

目测检查机器人驱动轮系布局，驱动方式符合设计要求。

8.4.5.2 制动方式

检验方法参见 8.4.1 中 A、B、C、D、E。

8.4.6 执行机构系统

8.4.6.1 装卸控制

通过控制调度系统向机器人发布举升或下放命令，机器人能在规定时间内（10s）内举起或下放举升机构到指定位置。

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、E。

8.4.7 安全防范系统

8.4.7.1 基本要求试验

按照GB/T 32828-2016和ISO 13849-1-2015进行试验。

8.4.7.2 障碍物检测

- a) 标准试件反射特性要与人的衣物类似；
- b) 安全等级通过风险评估表查看（主运动方向上人员/障碍物检测装置要求**Cat. 3**；其他的人员/障碍物检测装置等级要求**Cat. 2**；可移除的人员/障碍物检测装置的安全相关控制回路安全等级要求**Cat. 2**）
- c) 碰撞力测试

车辆满载，在足够远处加速至最高车速，保持最高车速驶向标准试件。

试验一：**A**试件（直径200mm长度600mm）平放在机器人运动方向上，其受到的撞击力不大于750N。

试验二：**B**试件（直径70mm，高度400mm）垂直立在机器人轨迹上，撞击力不大于250N。

注1：每个主运动方向上试验一和试验二要进行两次实验，摆放位置分别在车辆运动方向上的最左侧和最右侧。前进方向和后退方向各进行一次实验。

注2：其他的人员/障碍物检测装置只进行试验二。

注3：实验过程中确认移除试件之后要在一个明显的警示信号之后至少延迟两秒车辆才能启动。

- d) 若有可移除的人员/障碍物检测装置，安全相关控制回路安全等级通过风险评估表查看（要求**Cat.2**）

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、B、C、D、E。

8.4.7.3 急停按钮

电气原理图检查，以及实际功能检查。

8.4.7.4 急停装置

检验方法参见 8.4.1 中 A、B、C、D、E。

8.4.7.5 声音告警

障碍物检测报警声：在机器人运行过程中，在检测到远距离减速区有障碍物时，查看机器人是否有报警声提示；当障碍物排除后，查看报警声是否消失，判断是否符合7.3.6.6的要求。

转弯报警声：控制机器人进行转弯时，查看机器人是否发出报警声；转弯结束后，查看机器人是否关闭报警声，判断是否符合7.3.6.6的要求。

注：检验方法参见 8.4.1 中 A、B、C、D、E。

8.4.7.6 失速保护

模拟失速，要求车辆停止，若不会停止则需进行性能限制实验确认性能是否超过限制范围，故障期间要能正常进行手动操作。

8.4.7.7 通讯失联保护

模拟通讯信号中断，要求车辆停止。

8.4.7.8 定位丢失保护

模拟引导信号失效，要求车辆停止，若不会停止则需进行性能限制实验确认性能是否超过限制范围，故障期间要能正常进行手动操作。

8.4.8 通讯系统

机器人已通过无线网络（eLTE-U和工业级WiFi）向控制调度系统注册成功，通过控制调度系统向机器人发布运行指令，机器人能解析指令，并执行相应的动作，如前进、后退、旋转、停止等。

8.4.9 人机交互功能

8.4.9.1 液晶显示屏显示内容

按照制造商说明书的内容，检查显示屏内容是否符合要求。

8.4.9.2 指示灯

正常运行：显示绿色；

机器人处于异常状态：显示黄色；

机器人处于危险状态：显示红色。

8.4.10 其他系统

8.4.10.1 远程升级

通过客户端登录机器人，对机器人进行远程升级，模拟掉电、断网等异常情况下，机器人是否能正常升级到最新版本，升级失败能否正常启动。

8.4.10.2 远程重启

通过客户端登录机器人，点击重启按钮，查看机器人是否正常重启，启动后是否能正常运行。

8.4.10.3 异常报警

按照说明书，触发机器人不同的告警状态，通过监控客户端查看机器人是否正确上报告警信息，同时查看机器人液晶显示屏（如有）上是否正确显示告警信息（符合告警等级）。

8.5 性能试验

8.5.1 通用基本性能

8.5.1.1 续航时间（连续工作时间）

电池电量充满时，背额定负载以额定速度连续运行，记录运行时间和里程。

8.5.1.2 制动距离

测试机器人以额定速度，加额定负载，在规定直线轨迹上行进，遇到障碍物时停止的制动距离，三次测量求平均值。

8.5.2 二维码导航性能指标

8.5.2.1 定位精度

定位精度测试是测量机器人直线行进到目标点（显示二维码/遮挡住二维码）停止是的位置偏差和角度偏差，三次测量求最大值。

8.5.2.2 行驶精度

行驶精度测试是使机器人在规定直线轨迹上以额定速度行进，测量规定运行轨迹上的最大偏差距离和偏差角度，三次测量求最大值。

8.5.2.3 允许地面图标连续损毁或遮挡的数量

允许地面图标连续损毁或遮挡的最大数量测试是在直线轨迹上按最大数量遮住其中相邻的二维码，检查机器人在该段直线轨迹上行进时，是否可以正常运行。

8.5.3 SLAM 导航性能指标

8.5.3.1 定位精度

在开发商声明的激光可视距离内有3个以上固定位置的激光反射物，非全黑表面、不透光且无镜面反射，每个特征物至少在朝向激光的两个方向维度上各有30cm以上宽度。机器人从同一起点，向同一目标点自动运行10m以上（非遥控），测量最大距离偏差及角度偏差：重复三次，取最大值。

8.5.3.2 激光可视扫描角度

通过使用激光传感器的可视化管理软件或者开发上提供的可视化软件，检测整机激光可视扫描角度。

8.5.3.3 激光扫描距离

在距离机器人20m处设置反射物，通过使用激光传感器的可视化管理软件或者开发上提供的可视化软件，检测整机激光是否可准确有效探测到该反射物。

8.5.3.4 到点精度

在开发商声明的辅助定位环境下,可采用额外的辅助手段,通过指令使机器人从同一起点,向同一目标点自动运行(非遥控),测量最大距离偏差及角度偏差:重复三次,取最大值。

8.5.4 噪声

按照 GB/T 27693-2011 的测试方法进行测试。

8.6 电源适应能力试验

在额定电压的-15%~+15%范围内,机器人各运行 15 min,运行中工作应正常。
按照GB 5226.1进行试验。

8.7 电磁兼容性试验

8.7.1 电磁兼容抗扰度试验

按GB/T 17626系列标准对应抗扰度项目规定的试验方法进行。

8.7.2 电磁兼容发射试验

按GB/T 9254-2008中第9章、第10章规定的对应试验方法进行。

8.8 环境适应性试验

8.8.1 气候环境适应性试验

将受试样品放置在试验箱内并且上电正常工作,试验箱按照修改要求的试验条件(工作条件)设定,在试验过程中进行样品正常开关机测试;试验后,恢复1h,正常开机,受试样品应工作正常。

8.8.2 机械环境适应性试验

8.8.2.1 振动试验

将受试样品按照正常使用安装状态固定在振动台且上电正常工作,仪器按照7.7.2章节要求的试验条件设定,在试验过程中进行正常开关机测试;试验后,进行样品正常开关机测试,受试样品应工作正常。

8.8.2.2 冲击试验

将受试样品按照正常使用安装状态固定在振动台且上电正常工作,仪器按照7.7.2章节要求的试验条件设定,在试验过程中进行样品正常开关机测试;试验后,进行样品正常开关机测试,受试样品应工作正常。

8.9 安全试验

8.9.1 基本要求

按照ISO 10218-1-2011的规定进行试验。

8.9.2 接地电阻

按照GB 5226.1-2008中18.2进行试验。

8.9.3 绝缘电阻

按照GB 5226.1-2008中18.3进行试验，在动力电路导线和保护联结电路间施加500Vd.c的电压，测得两端的绝缘电阻不小于1MΩ。

注1：母线、汇流线、汇流排系统或汇流环装置，允许绝缘电阻不小于50kΩ。

注2：试验期间可能动作的浪涌保护器件需要拆开。

8.9.4 耐电强度

按照GB 5226.1-2008中18.4进行试验。

8.10 可靠性试验

由产品标准规定。

9 检验规则

9.1 检验分类

产品的检验分为型式检验、例行检验及确认检验三类。检验项目应符合表9的要求。

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) 新产品投产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；
- c) 正式生产时，定期或积累一定产量后，周期性进行检验；
- d) 产品进行安全认证时；
- e) 产品长期停产后，恢复生产；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- g) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求；
- h) 项目招标要求；
- i) 合同规定等；
- j) 销售地区法律法规需要；
- k) 型式检验样品应在例行检验合格的产品中随机抽取。

按表9的规定进行型式检验，若检验结果全部符合本标准要求，则判定为型式检验合格，若有任意一项不符合本标准要求，则判定为型式检验不合格。

表9 检验项目

序号	试验项目	技术要求	试验方法	型式检验	例行检验	确认检验
1	外观与结构	7.1	8.2	●	●	--
2	接口	7.2	8.3	●	--	--
3	功能	7.3	8.4	●	*	--
4	性能	7.4	8.5	●	--	--
5	电源适应性	7.5	8.6	●	--	--
6	电磁兼容性	7.6	8.7	●	--	--

表9（续）

7	环境适应性	7.7	8.8	●	--	--
8	安全性	7.8	8.9	●	--	--
9	可靠性	7.9	8.10	●	--	--
“●”表示应检验的项目；“--”表示不检验的项目；“*”表示工厂实际情况的项目。						

9.2.2 型式检验由厂家指定或委托的质量检验单位负责进行。

9.3 例行检验

9.3.1 例行检验是在生产的最终阶段对生产线上的产品进行的100%检验，通常检验后，除包装和加贴标签外，不再进一步加工。例行检验允许采用经验证的等效快速的检验方法进行。检验过程中发现的不合格品，工厂应采取标识、隔离、处置等措施，避免不合格品的非预期使用或交付。返工或返修产品需重新检验合格后方可入库。

9.3.2 例行检验由厂家生产管理部负责进行。

9.4 确认检验

9.4.1 确认检验是为验证产品持续符合标准要求进行的抽样检测，确认检验应按标准的规定进行；确认检验时，工厂若不具备测试设备，可委托有资质实验室试验。

确认检验项目见表9，产品适用的检验项目的检验周期为每两年一次，其他检验项目的检验周期为每年检验一次。

9.4.2 确认检验由厂家指定或委托的质量检验单位负责进行或生产管理部负责进行。确认检验样品在例行检验合格产品中随机抽取。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

10.1.1 产品标志

产品上应有清晰的标志，其标志应包括以下内容：

- a) 产品型号；
- b) 产品名称；
- c) 公司名称或注册商标；
- d) 产品出厂编号；
- e) 生产日期；
- f) 执行标准；
- g) 电气参数（电机功率、电池容量、额定电压、额定举升重量和自重等）；
- h) 液压参数（压力，举升高度等）；
- i) 其他参数（外形尺寸，运行速度等）。

10.1.2 包装标志

产品的外包装箱上应有清晰的标志，其标志应包括以下内容：

- a) 产品名称及型号；
- b) 产品数量；
- c) 公司名称及注册商标。

10.1.3 安全警示标识

机器人本体及其充电器及电池的外部应具有必要的安全警示标识，以告知用户安全使用。必要时，应提供使用、操纵、维护和拆卸机器人时预防措施的安全警示标识。

安全警示标识包括但不限于：

- 机器人应在其醒目位置标有“仅适用 XX 充电器”等类似警示说明；
- 机器人应有工作极端温度的高温/低温部件的警告和标志；
- 充电器铭牌应标明“仅供 XX 机器人使用”等类似警示说明；
- 机器人充电器应有接口标志和说明；
- 电池警示标识应符合相关电池产品标准的规定；
- 激光辐射安全标志；
- 电磁辐射标志；
- 适当的其他安全警示。

10.2 包装

产品的包装箱上应有符合GB/T 191的“小心轻放”、“防潮”等标志，包装箱内应有产品合格证、使用说明书、保修卡、装箱清单和包装堆码等。

10.3 运输

包装后产品在使用交通工具进行长途运输时，产品不得放在敞篷车厢，中转时不得存放在露天仓库。在运输过程中电池组应处于半荷电状态，不允许和易燃、易爆、易腐蚀的物品同车装运。应注意防雨、防尘及机械损伤。

在装卸过程中，禁止摔掷、滚翻和重压。产品储存时应存放在原包装箱内。

10.4 贮存

长期存储前应保证设备的电池组大于半荷电状态。存放的仓库应保证库内无酸、碱及腐蚀性气体、易燃易爆物品。相对湿度不大于 80%。最长存储时间与存储温度之间应满足表 10 规定的对应关系。

表10 存储时间与最长存储温度对应关系表

存储温度 t	最长存储时间
$t < -40^{\circ}\text{C}$	不允许存储
$-40^{\circ}\text{C} \leq t < -20^{\circ}\text{C}$	15 天
$-20^{\circ}\text{C} \leq t < 0^{\circ}\text{C}$	1 个月
$0^{\circ}\text{C} \leq t < 35^{\circ}\text{C}$	6 个月
$35^{\circ}\text{C} \leq t < 55^{\circ}\text{C}$	1 个月
$55^{\circ}\text{C} \leq t < 65^{\circ}\text{C}$	48 小时
$t > 65^{\circ}\text{C}$	不允许存储

储存过程中应按表 10 要求的间隔时间对电池进行一次充电，保证 SOC 大于 50%；并确保电池电源开关处于关闭状态，禁止在存储的时候有任何形式的放电行为。

荷电状态：蓄电池内存储的电量，一般以百分比显示。例如，30% SOC 即表示蓄电池目前存储了标称容量值 30%的电量，SOC 是 State Of Charge 的缩写，电池（组）荷电状态。

附 录 A
(规范性附录)
地面条件、危险区域和环境参数

A.1 地面条件

地板规格应包括机器人制造商给出的以下特征的要求：

- 平坦度；
- 强度；
- 表面光洁度（例如摩擦系数和耐磨性）；
- 地面覆盖物；
- 金属含量（若涉及地面或地下铺设导航系统，则考虑导航系统的铺设）；
- 导电性；
- 地板连接处的位置。

A.2 危险区域

若间隙区域不足或人员检测保护装置不能使用时，应当划定危险区和相应的标记，以适当的标志或最好的地板标志明确标示，避免与其他标记和标志混淆。

A.3 环境参数

表A.1 环境参数

序号	环境类型	环境参数
1	光照	1001-9999LUX（例如明亮的室内或昏暗的室外）
2	温度	16-26℃
3	湿度	31-55%
4	地面坡度	0-5°
5	风速	24kph（微风）
6	气压	标准大气压