

ICS
A

T/SSITS

团 体 标 准

Association Standard

T/SSITS 202-2020

工业应用移动机器人 安全规范

Industrial Mobile Robot (IMR) — Safety Specification

2020-06-29 发布

2020-08-01 实施

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 安全风险识别	2
5 安全防护等级	3
6 使用环境及地面要求	4
6.1 使用环境要求	4
6.2 地面要求	4
7 机械安全要求	4
7.1 外观和结构安全要求	4
7.2 储能装置	5
7.3 外壳防护能力要求	5
7.4 安全标志	5
8 电气安全要求	6
8.1 通用电气安全要求	6
8.2 急停装置	7
8.3 防护装置	7
8.4 制动装置	8
8.5 手动控制装置	8
8.6 声光告警装置	9
8.7 停止和启动按钮	9
8.8 电池和连接器	10
9 控制安全要求	10
9.1 控制模式安全要求	10
9.2 失速保护	10
9.3 通讯中断保护	10
9.4 导航丢失保护	10
9.5 低电量保护	10
9.6 超时保护	11
9.7 稳定性	11
10 应用安全要求	11
10.1 一般要求	11
10.2 限制区域	11
10.3 危险区域	12
10.4 额外交通措施	12
10.5 可载人式移动机器人的安全要求	12
11 执行机构安全要求	12

附录 A（资料性附录） 安全标志图例	13
A.1 警告标志	13
A.2 禁止标志	14
附录 B（规范性附录） 执行机构安全要求	15
B.1 举升装置.....	15
B.2 辊道装置.....	15
B.3 牵引装置.....	15
B.4 机械臂.....	15

前 言

本标准按照 GB/T1.1 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由深圳市机器人标准检测技术学会、深圳市新产研咨询服务有限公司提出。

本标准负责起草单位：沈阳新松机器人自动化股份有限公司、云南昆船智能装备有限公司、华晓精密工业（苏州）有限公司、北京极智嘉科技有限公司、林德（中国）叉车有限公司、浙江杭叉智能科技有限公司、杭州海康机器人技术有限公司、临沂临工智能信息科技有限公司、深圳怡丰机器人科技有限公司、上海汇聚自动化科技有限公司、苏州罗伯特木牛流马物流技术有限公司、苏州艾吉威机器人有限公司、诺力智能装备股份有限公司、佛吉亚中国、山东山速机器人科技有限公司、航天智造（上海）科技有限责任公司、上海快仓智能科技有限公司。

本标准参编单位：深圳市今天国际智能机器人有限公司、深圳市佳顺智能机器人股份有限公司、广州市井源机电设备有限公司、山西东杰智能物流装备股份有限公司、苏州瑞来特思机械设备有限公司、深圳市井智高科机器人有限公司、浙江大学、安徽宇锋智能科技有限公司、杭州迦智科技有限公司、江德尚智能科技有限公司、合肥泰禾光电科技股份有限公司、浙江大华技术股份有限公司、广西智拓科技有限公司、合肥柯金自动化科技股份有限公司、知运（江苏）机器人有限公司、深圳市海柔创新科技有限公司、史陶比尔(杭州)精密机械电子有限公司、科尔摩根 NDC、名傲移动机器人(上海)有限公司、三一机器人科技有限公司、苏州牧星智能科技有限公司。

本标准主要起草人：高峰、杨文华、吴大熊、许军亮、刘镜、任海华、宋舜康、陈博、蔡颖杰、陈晓、潘永平、刘胜明、樊雨、张世海、季剑雄、陈宇、邢志伟、谢巍。

工业应用移动机器人 安全规范

1 范围

本标准规定了工业应用移动机器人（以下简称移动机器人）的危险源识别、安全防护等级及各类安全要求等。

本标准未考虑以下情况的附加要求：

- 运行环境为极端条件（如极寒环境、核辐射、强磁场及爆炸性环境等）；
- 非封闭环境人员运送。

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，其最新版本适用于本文件。

- GB/T 1.1-2009 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写
- 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（IEC 60204-1:2016, IDT）
- GB 7247.1-2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求
- GB/T 7403.1 牵引用铅酸蓄电池 第1部分：技术条件（IEC 60254-1:2005, MOD）
- 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（ISO 3691-1:2011, IDT）
- GB 11291.1 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人（ISO 10218-1:2006, IDT）
- GB/T 12265.3-1997 机械安全 避免人体各部位挤压的最小间隙(间距)
- GB/T 14039-2002 液压传动 油液固体颗粒污染等级代号（ISO 4406:1999, MOD）
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小（ISO 12100:2010, IDT）
- GB/T 16754-2008 机械安全急停设计原则（ISO 13850:2006, IDT）
- GB/T 16855.1-2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则（ISO 13849-1:2015, IDT）
- GB/T 17300 土方机械 通道装置（ISO 2867:2011, IDT）
- GB/T 17454.2-2017 机械安全 压敏保护装置 第2部分：压敏边和压敏棒的设计和试验通则（ISO 13856-2:2013, IDT）
- GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验（IEC 61000-6-2:1999, IDT）
- GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射（IEC 61000-6-4:2011, IDT）
- GB/T 19436 （所有部分）机械电气安全 电敏保护设备[IEC 61496（所有部分）]
- GB/T 26560 机动工业车辆 安全标志和危险图示 通则（ISO 15870:2000, IDT）
- GB/T 26949.1 工业车辆 稳定性验证 第1部分：总则（ISO 22915-1:2008, IDT）
- GB/T 27544-2011 工业车辆 电气要求（ISO 20898:2008, IDT）
- GB/T 31467.3 电动汽车用锂离子动力电池包和系统 第3部分：安全性要求与测试方法
- GB/T 31485 电动汽车用动力电池安全要求及试验方法
- GB 50611-2010 电子工程防静电设计规范
- HJ/T 381 环境保护产品技术要求 阻尼弹簧隔振器
- ISO 4413 液压传动 系统及其部件的一般规则和安全（Hydraulic fluid power-General rules and safety requirements for systems and their components）

ISO 4414 气动流体动力-系统及其部件的一般规则和安全要求 (Pneumatic fluid power - General rules and safety requirements for systems and their components)

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

3 术语和定义

T/SSITS101-2020 工业应用移动机器人术语中界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

手动控制装置 manual control device

一种用于人工操作、命令输入及状态反馈的装置。包括物理连接式手动控制装置和无线遥控式手动控制装置。

3.1.1

物理连接式手动控制装置 physically connected manual control device

通过线缆、操作连杆等结构与移动机器人直接连接的控制装置。

3.1.2

无线遥控式手动控制装置 wireless manual control device

通过无线电、光通信等非接触手段与移动机器人连接的控制装置。

3.2

障碍物检测装置 obstacle detection device

用于检测移动机器人导引路径上障碍物的装置，包括接触式防护装置和非接触式防护装置。

3.3

停车制动 service brake

对运行中的移动机器人进行减速或停车的制动方式。

3.4

驻车制动 parking brake

为防止处于静止状态的移动机器人，因外力或地面不平造成的位移而采取的制动方式。

3.5

紧急制动 emergency brake

移动机器人运行期间由安全装置触发，即刻切断动力电源并实现机械制动的方式。

3.6

静止力 static force

当移动机器人完成自动停止时，接触式防护装置被压缩到最大行程位置时的力。

4 安全风险识别

移动机器人的安全风险包括：对人、对物、对环境，在进行安全风险识别时，应考虑下列情况可能出现的风险：

- a) 吊装、搬运、维修；
- b) 限制区域、危险区域；
- c) 人员、物体或其他车辆可能发生的碰撞；
- d) 转运过程中的负载；
- e) 移栽过程中的负载；
- f) 充电机及电池（短路、电弧及可燃气）；
- g) 运行时产生的静电；
- h) 零部件相对运动可能产生的摩擦热或碰撞火花；
- i) 电气系统可能产生的电火花和热表面；
- j) 部分装置长时间工作可能产生的局部温度升高；
- k) 部分组件工作时产生的电磁辐射。

5 安全防护等级

安全防护等级分为A、B、C、D、E五个等级，根据移动机器人行驶速度（单位：m/s）及总质量（单位：kg）划分，见表1。各安全等级的基本配置见表2。

表1 安全防护等级表

总质量 (f), kg 速度 (v), m/s	f ≤ 1000	1000 < f ≤ 3000	f > 3000
v ≤ 0.3	A	B	C、D
0.3 < v ≤ 1	B	C	E
v > 1	C、D	D	E

表2 安全防护等级基本配置表

序号	安全防护等级	A	B	C	D	E
1	急停	有	有	有	有	有
2	接触式防护装置	可选	可选	可选	可选	有
3	非接触式防护装置	可选	可选	可选	有 (有安全认证)	有 (有安全认证)
4	运行指示灯	有	有	有	有	有
5	声音报警器	可选	有	有	有	有
6	制动器	无	可选	有	有	有
7	警示灯	可选	可选	可选	有	有
8	失速保护功能	无	有	有	有	有
9	执行机构的安全防护	无	有	有	有	有
注1：“有”为必选项；“可选”为可有也可无；“无”，为没有；						
注2：“接触式防护装置”和“非接触式防护装置”均为“可选”时，二者至少选其一。						

6 使用环境及地面要求

6.1 使用环境要求

- a) 环境温度：0℃~40℃；
- b) 环境相对湿度：10%~90%，无结露；
- c) 气压：80kPa~110kPa。
- d) 特殊环境使用的移动机器人，其环境要求由制造商和使用方协商确定。

6.2 地面要求

- a) 平面度（任意1×1m²范围）：≤6mm；
- b) 坡度：≤5%；
- c) 台阶高度：≤5mm；
- d) 沟槽宽度：≤8mm。

7 机械安全要求

7.1 外观和结构安全要求

7.1.1 一般要求

移动机器人的外观和结构应满足以下安全要求：

- a) 车体外观颜色宜采用醒目的颜色，与背景环境易于分辨，使用方有特殊要求的除外；
- b) 传动部件，例如驱动轴、联轴器、皮带传动装置等，应在人员可触及范围使用固定防护装置进行保护。

7.1.2 车体结构

移动机器人的本体结构应满足以下安全要求：

- a) 移动机器人本体应保证在正常运行时产生的扭曲和变形量不会引发功能故障和安全风险；
- b) 本体覆盖件的形状应避免可能引发的危险，同时应具有适当的强度，以防止与其他物体发生碰撞时产生功能故障。

7.1.3 驱动轮与从动轮

移动机器人的驱动轮与从动轮应满足以下安全要求：

- a) 驱动轮与从动轮应分别考虑驱动力及承载力的安全要求；
- b) 随轮运动的电缆应具有适当的安全防护，防止电缆被拉断或磨断。

7.1.4 电池仓

移动机器人的电池仓应满足以下安全要求：

- a) 电池或电池组应通过隔间或单独的外壳（如托盘和盖子）提供支撑和保护；
- b) 电池仓设计应考虑有效通风，以减少爆炸性氢、氧气体混合物积聚的可能性；
- c) 电池或电池组应提供限位装置，确保在移动机器人启动、停止和正常行驶时，电池或电池组在任何方向上的移动量不超过 15 mm；
- d) 用于制作电池或电池组隔间的外壳材料应能阻燃，并具备适当的强度。

7.1.5 电池仓盖板

电池仓盖板应满足以下安全要求：

- a) 电池仓盖板与电池裸露金属接头之间一般留有不小于 30 mm 的空间。如能够确保盖板与接头之间具有足够的绝缘性能，可以减少到 10 mm；
- b) 电池仓内表面的材质应能抵抗电解液的化学影响，应采取措施防止电解液排放到地面。

7.2 储能装置

7.2.1 一般要求

储能装置应满足以下安全要求：

- a) 储能装置及在拆卸时可能会造成危险的组件(如：液压蓄能器、弹簧制动器等)应配备释放能量的装置，在拆卸这些部件前应先进行能量释放；
- b) 承受气体或液体压力的任何部件或系统应具有适用的额定值。

7.2.2 液压系统

液压系统应满足以下安全要求：

- a) 液压系统及其部件应满足 ISO 4414 和 GB 10827.1-2014 中 4.6.4 的要求；
- b) 应设溢流阀，防止压力超限后引发危险；
- c) 在检修液压系统、液压元件、油缸、管路泄漏油时，必须停泵，并泄放至大气压力才能进行检修；
- d) 所用液压软管应能承受 3 倍额定工作压力 1 min，不破裂、无异常。

7.2.3 气动系统

气动系统应满足以下安全要求：

- a) 气动系统及其部件应满足 ISO 4413 的相关要求；
- b) 应设有安全阀，防止压力超限后引发危险。

7.3 外壳防护能力要求

移动机器人及其各功能部件外壳的防护等级取决于其预计用途及其设计使用的环境，至少应满足 T/SSITS 201-2020 中 6.1.3 的要求。

7.4 安全标志

安全标志应满足以下要求：

- a) 应在涉及安全的部件上或附近区域粘贴相关安全标志。标志应放置在明显的位置，清晰易读、不易擦除；
- b) 警告标志应符合 GB/T 26560 要求。有关危险的警告标志应贴在移动机器人的相关危险部件上或其附近。在储能装置上，应贴有警告标志和消除储能的方法，并在使用说明书中注明；
- c) 对有潜在或意外伤害风险的部件，应当进行标志，告知使用者风险。应以“小心”、“警告”或“危险”作为前缀；
- d) 应在靠近电池或电池仓的位置标记以下内容或等效内容：
 - “警告：有爆炸危险”；
 - “只能使用相同型号电池”。

- e) 如果移动机器人车体上有平坦的水平表面，可能会诱导人员尝试乘坐移动机器人，则应在移动机器人车体上标记“禁止乘坐”（载人需求除外）；
- f) 外接充电插头及电源插头处，需设置警示标志，避免触碰；
- g) 对于所有不满足 GB 7247.1-2012 附录 C 中，有关 1 类及 1M 类要求的激光器，应进行明确标志，防止激光对人眼造成伤害；
- h) 安全标志图例参见附录 A。

8 电气安全要求

8.1 通用电气安全要求

8.1.1 接地

移动机器人保护联接电路，应满足 GB 5226.1-2019 中 8.2.3 的要求。

移动机器人上宜采用导电链，导电橡胶及导电轮等方式进行接地保护。

8.1.2 绝缘

除蓄电池外的所有带电部件与车架之间的绝缘电阻，应大于等于 $1000\ \Omega$ 乘以系统标称电压，蓄电池与车架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。

8.1.3 耐电强度

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 3 所示，设备应能承受持续 1min 的耐电强度试验，无击穿、闪络和飞弧现象。

表 3 有效测试电压

标称电压 U	有效交流测试电压 (50Hz)
$U \leq 48V$	500V
$48V < U \leq 96V$	1000V
$96V < U \leq 150V$	1500V
$150V < U \leq 300V$	2500V
$300V < U \leq 600V$	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。

8.1.4 保护电路与系统安全分析

保护电路与系统安全分析应遵循以下条款：

- a) 在移动机器人设计时，应对控制部件故障或程序故障产生的潜在危险进行分析，适当增加保护电路；
- b) 移动机器人急停时的反向电动势及反向电流不应对其本身产生影响；
- c) 电池管理系统应将电池保持在其正常工作电压阈值范围内进行充电或放电，如果超过正常限值，应限制或关闭充电或放电；
- d) 对移动机器人运行环境的安全要求进行系统安全分析，选择符合的安全防护等级；
- e) 与安全防护等级相关的重要选项如下：
 - 急停按钮的数量及位置；

- 接触式防护装置；
- 非接触式防护装置；
- 警示灯；
- 声音报警器；
- 制动器；
- 失速保护；
- 执行机构的安全防护。

8.1.5 传感器和控制器

传感器和控制器应满足以下要求：

- a) 用于障碍物检测的接触式或非接触式防护装置应确保实际工况下的可靠性；
- b) 当物料超过移动机器人的宽度和/或长度，应在行进方向提供覆盖最大移动宽度和/或长度的接触式或非接触式防护装置，以防止物料与障碍物接触；
- c) 控制器应具有独立的运行安全监控设计，当控制失效时，应确保移动机器人处于停止状态；
- d) 导航传感器在失效的情况下，应确保不再采用失效位置信息。

8.1.6 电磁兼容性要求

8.1.6.1 电磁发射

电磁发射应满足GB 17799.4的要求。

8.1.6.2 抗扰度试验

电磁抗扰度应满足GB/T 17799.2的要求。

8.2 急停装置

急停装置应满足以下要求：

- a) 急停装置应符合 GB 16754-2008 规定的 0 类停止或 1 类停止；
- b) 急停装置控制系统的安全相关部件应满足 GB/T 16855.1-2018 中 3 类，PLd 等级要求；
- c) 急停装置恢复后，需要经人工确认复位，移动机器人才能重新启动并恢复急停前的状态，急停装置复位不能导致额外风险发生，急停装置的设计要求应满足 GB 16754-2008 中 4.4 的要求；
- d) 急停装置应位于操作员可触及的范围内；
- e) 应至少具备一个急停按钮并有清晰标志，宜采用红色按钮黄色背景；
- f) 生产过程中容易被操作人员误碰的急停按钮应增加保护措施；
- g) 禁止为急停按钮设计屏蔽回路。

8.3 防护装置

8.3.1 一般要求

防护装置应满足下列安全要求：

- a) 应在主要运行方向上安装防护装置；
- b) 在自动模式下，防护装置的检测范围至少要涵盖车体自身及其负载的宽度；
- c) 防护装置应保持开启状态，只有在完成安全风险评估的前提下，防护装置才允许被关闭；
- d) 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。

8.3.2 接触式防护装置

接触式防护装置应满足以下安全要求：

- a) 应符合 GB/T 17454.2 的要求；
- b) 应防止当移动机器人与人或物体发生碰撞时产生的伤害或故障，在接触式防护装置的接触面上，不允许直接使用对人有潜在危险的材料或结构；
- c) 当移动机器人与人或障碍物发生碰撞时，接触式防护装置触发力应小于 250 N；
- d) 不允许有安全死角，接触式防护装置的任何部位受到压缩性接触时，均能发出使移动机器人停止的信号。当其被压缩至极限位置时，静止力不应超过 400N；
- e) 底边缘距地面的高度不应高于车体边缘最低点，应能保证与人体正常接触，其本身不会对人体造成伤害。

8.3.3 非接触式防护装置

非接触式防护装置应满足以下安全要求：

- a) 应符合 GB/T 19436 适用部分的要求；
- b) 宜设置减速区和紧急停止区；
- c) 应确保移动机器人在与人或其它障碍物接触之前停车（不包括从侧面突然闯入紧急停止区）；
- d) 应确保对应用环境中的特征物均能可靠检测；
- e) 在安全级别达到 D 级及以上的项目中，在主要行驶方向上应使用有安全认证的产品。

8.4 制动装置

8.4.1 一般要求

制动装置应满足下列安全要求：

- a) 对安全防护等级达到 C 级及以上的移动机器人应安装制动装置；
- b) 移动机器人的制动方式包括紧急制动、停车制动和驻车制动；
- c) 一般采用断电制动方式；
- d) 在失去速度控制或失去转向控制时启动；
- e) 应确保移动机器人能够在防护装置的保护范围内停止（考虑负载、摩擦力、坡度和磨损等因素）；
- f) 在最大运行坡度上，能够使移动机器人在其额定负载状态下保持静止。

8.4.2 紧急制动

紧急制动器宜采用机械装置，并需要来自制动器外部的动力来释放。在自动运行时，由安全装置触发该制动器启动和停止，应在移动机器人与障碍物撞击之前停止移动机器人运行。

8.4.3 停车制动

停车制动用于减速或停车，可以是驻车制动器或紧急制动器的一部分或全部。

8.4.4 驻车制动

驻车制动器可以是停车制动器或紧急制动器的一部分或全部。

当移动机器人停止时，应启动驻车制动器，以防止因外力或地面坡度造成移动机器人的意外移动。

8.5 手动控制装置

8.5.1 一般要求

当移动机器人采用手动控制装置操控时，应满足下列安全要求：

- a) 手动控制装置应具备控制行驶方向和速度的功能；
- b) 当手动控制装置的行驶方向控制功能复位时，应自动触发停车功能；
- c) 手动模式下移动机器人的运行速度不宜大于 0.5 m/s；
- d) 安装在移动机器人外部的手动控制装置应安全可靠，以防意外激活。

8.5.2 物理连接式手动控制装置

物理连接式手动控制装置应满足以下安全要求：

- a) 电缆的长度和布置应能使操作者在移动机器人危险区域之外进行操作，并能够看清运行方向的道路情况；
- b) 通过舵柄进行手动操作时，只有激活安全开关后才能进行操作。

8.5.3 无线遥控式手动控制装置

无线遥控式手动控制装置应满足以下安全要求：

- a) 应满足无线电管理要求及 GB/T 5226.1-2019 中 9.2.7 的要求；
- b) 无线遥控信号的传输范围应满足操作者与移动机器人之间保持足够的安全距离，并能够看清行驶方向的道路；
- c) 当一台以上的移动机器人在同一个区域内以手动模式运行时，无线遥控不应相互干扰；
- d) 无线遥控式手动控制装置应具备连接状态显示功能；
- e) 安全级别为 D 级及以上的移动机器人，若配备无线遥控式手动控制装置，所配备的无线遥控式手动控制装置应具备急停功能。

8.6 声光告警装置

8.6.1 一般要求

声光告警装置应满足以下安全要求：

- a) 在自动模式开始运行前，声光告警装置应开启工作，提醒周围人员离开；
- b) 在正常运行、出现故障及产生安全风险时，应能发出声光告警。

8.6.2 警示灯

警示灯应满足以下要求：

- a) 应满足 GB/T 5226.1-2019 中 10.3.2 的要求；
- b) 安装位置及亮度应易于被观察到。

8.6.3 声音报警器

声音报警器应满足以下安全要求：

- a) 应定期检查声音报警器的音量，音量水平应由实际工况确定；
- b) 应考虑实际应用环境噪声，与背景噪音有明显区分。

8.6.4 指示器

在需要的场景下，移动机器人宜配置轨迹灯、示宽灯等装置。

8.7 停止和启动按钮

移动机器人如配置停止和启动按钮，应满足以下安全要求：

- a) 停止和启动按钮用于一般情况下的人工停止及放行，按钮颜色应符合 GB/T 5226.1-2019 中 10.2.1 的相关要求（使用方有特殊要求的除外）；
- b) 停止和启动按钮宜分别使用独立的按钮，停止按钮的响应不允许设置为自动恢复；
- c) 在自动方式下，若启动按钮未被激活，移动机器人及执行机构均不应有任何动作。

8.8 电池和连接器

8.8.1 电池

本标准所述的移动机器人使用的电池或电池组可参考GB/T 7403.1、GB/T 31485、GB/T 31467.3的相关要求。

8.8.2 连接器

充电连接器应满足以下安全要求：

- a) 在非充电状态时，充电连接器与电池不应导通；
- b) 若移动机器人的充电连接器不能满足 GB/T 27544-2011 中 6.2.3 的要求，则移动机器人应在充电机关闭充电输出端后才能离开；
- c) 充电连接电缆应具有与额定电压相适应的绝缘性能；
- d) 应对充电连接电缆加以保护，以避免直接接触发热部件或移动部件；
- e) 充电连接器应具备短路保护功能，以避免因短路造成的危险。

9 控制安全要求

9.1 控制模式安全要求

控制模式可分为自动模式、手动模式、半自动模式，模式切换应满足GB/T 5226.1-2019中9.2.3的要求，应防止未经授权和意外触及导致的模式切换，控制模式转换时一般在停车状态下完成。

9.2 失速保护

移动机器人的运行速度超出可控范围，即为失速状态。处于失速状态的移动机器人应能及时自动安全停止运行，发出警报信息，等待人工介入处理。

9.3 通讯中断保护

当移动机器人与通信网络系统中断通信超过一定时间（由制造商自行定义）时，移动机器人应能自动安全停止运行，发出警报信息，等待人工介入处理。

当移动机器人与无线遥控式手动控制装置通讯中断时，应具备自动停车功能。

9.4 导航丢失保护

导航丢失保护是指移动机器人在自动运行状态下，车体位置及姿态超出理论规划的最大位置偏差值，或无法检测到地标时的保护措施，最大位置偏差值由制造商根据实际工况确定。

当移动机器人在运行过程中出现导航丢失时，移动机器人应当立即停止运行，发出报警信息，等待人工介入处理。

9.5 低电量保护

以电池为主要动力的移动机器人，宜具备电池低电量保护功能，防止过放损坏电池。

9.6 超时保护

当某个动作或安全检测超出预设时间，可能会导致安全风险时，应设置超时保护。
当超时保护被激活时，移动机器人应当立即停止运行，发出报警信息，等待人工介入处理。

9.7 稳定性

9.7.1 一般要求

移动机器人应在所有操作位置以及所有装卸和行驶过程中保持稳定。

9.7.2 行驶稳定性

9.7.2.1 加速

最大加速度应与正常运行期间的负载稳定性要求相匹配。

9.7.2.2 减速

移动机器人进行减速操作应满足以下要求：

- a) 对于正常减速运行，包括安全停车时，减速度应满足负载稳定性要求；
- b) 紧急停车时，最大减速度应考虑负载稳定性要求。

9.7.2.3 转向

转向时应满足移动机器人及负载的稳定性要求。

9.7.3 载货平台的稳定性

载货平台应满足以下安全要求：

- a) 载货平台应确保移动机器人在任何运行状态（包括急停和负载转移）下，负载均保持在制造商设计的范围内，不能产生因负载移动而导致的任何风险；
- b) 当载货平台移动时，应确保负载不会发生跌落、倾覆、挤压等风险。

10 应用安全要求

10.1 一般要求

移动机器人在现场使用时应满足以下安全要求：

- a) 操作员正常操作和日常检查的位置或进出的区域内，不得有任何可能造成伤害的风险源；
- b) 危险区域和限制区域应由使用方和制造商在设计、安装和启动阶段指定，并对此类区域进行标记，由制造商在系统运行前对使用方人员进行可验证的培训；
- c) 障碍物和移动机器人（包括负载）之间宜保持 0.5 m 的最小间隙。小于此间隙的所有区域应被视为危险区域或限制区域，须清晰标记；
- d) 应设计合理的停止位置，足以保证移动机器人及其负载不会阻塞安全通道。

10.2 限制区域

在限制区域内移动机器人应满足以下安全要求：

- a) 间隙小于 0.5 m 高度小于 2.1 m 的区域可能对人员构成危险。在移动机器人进入这些区域之前，应降低速度，并启动声音警告；
- b) 人行安全通道（0.8 m 或更宽）作为步行者的专用通道，一般不允许与移动机器人的运行区域有干涉；
- c) 当通道狭窄不能有效保护步行者时，应在有安全保障的地方设置人行通道（0.5 m 宽或更大的区域）；
- d) 当 b)、c) 无法得到满足时，使用方须修订管理制度，确保该区域内的人员安全。

10.3 危险区域

危险区域应满足以下安全要求：

- a) 使用方和制造商应将无法被防护装置保护的区域以及未设计人员逃生通道的区域指定为危险区域，使用方和制造商应针对这种情况商定适当的保护措施。应由使用方采用醒目的标志（如：地板标志等）进行相应标记，避免与其他标志混淆；
- b) 移动机器人行驶至此区域时，最大行驶速度应限制在 0.2 m/s，并启动声光告警装置。

10.4 额外交通措施

由于人员视线受限原因可能造成风险时，应采取额外的交通管理措施（如：交通灯、道闸等），以降低风险。

10.5 可载人式移动机器人的安全要求

10.5.1 一般要求

可载人式移动机器人应满足以下安全要求：

- a) 在工序中经常有人员上下时，应确保最大移动速度不大于 0.3m/s；
- b) 人员搭载区应设有急停装置。

10.5.2 人员搭载区安全要求

人员搭载区应满足以下安全要求：

- a) 应设计专用的人员站立或乘坐区，确保人员身体不超出车体，并能够得到有效保护；
- b) 人员搭载区应采用防滑地板，当地板高度超过 30cm 时应设计阶梯和抓手，便于人员上下。阶梯符合 GB/T 17300 的要求；
- c) 宜配备安全带或其他辅助保护装置，确保所搭载的人员不会因为移动机器人的运动状态突然变化而带来伤害；
- d) 可载人式移动机器人的安全防护等级至少应达到 C 级。

11 执行机构安全要求

执行机构应配备紧急停止开关，用于切断执行机构的电源。该紧急停止开关可并入车体急停装置中或作为单独的急停装置提供使用。

执行机构应与车体或其他对接机构具备互锁功能。在执行机构动作的过程中任意一方的意外故障，都应通知对方并及时处理，防止发生风险。

执行机构安全要求示例，参见附录B。

附录 A
(资料性附录)
安全标志图例

A.1 警告标志

警告标志			
当心触电	当心激光	当心机械伤人	当心车辆
 当心触电 Warning, electric shock	 当心激光 Caution, laser	 当心机械伤人 Caution, mechanical injury	 当心车辆 Caution, vehicle
释放静电	当心静电	注意高温	当心爆炸
 释放静电	 当心静电	 注意高温 Caution high temperature	 当心爆炸 Caution, explosion
当心夹手	当心腐蚀	当心电池泄漏	当心吊物
 当心夹手 Caution, nip hand	 当心腐蚀 Caution, corrosion	 当心电池泄漏 Warning battery leakage	 当心吊物 Warning overhead load
当心叉车	当心弧光	当心泄漏	小心压脚



A.2 禁止标志

禁止标志			
禁止停留	禁止通行	禁止乘坐	禁止伸入
禁止停留	禁止通行	禁止坐卧	禁止伸入
禁止蹬踏			
禁止蹬踏			

附录 B
(规范性附录)
执行机构安全要求

B.1 举升装置

举升装置应满足以下安全要求：

- a) 举升行程超过 500mm 的执行机构，在机械结构或电气控制出现问题时，不应出现对人及设备造成危害的风险。
- b) 举升装置在举升和下降的过程中应确保负载平稳。

B.2 辊道装置

辊道装置应满足以下安全要求：

- a) 辊道装置的物料检测传感器应具备安全保护设计，确保在出现故障时不会引发物料掉落的风险；
- b) 移栽电机应具有制动装置和/或在辊道两侧设计挡板，防止物料掉落；
- c) 辊道执行机构上的危险点应采用固定防护装置或辊隙护罩进行保护；
- d) 辊道执行机构应在移动机器人任何移动之前停止。

B.3 牵引装置

牵引装置应满足以下安全要求：

- a) 移动机器人的牵引装置应标明最大牵引力和额定牵引力；
- b) 牵引装置应具备防脱落机构，确保在最大牵引负载拉力 2 倍以上及最大爬坡角度 2 倍以上的持续作业环境下无滑脱风险；
- c) 当进行车辆挂接拖车操作时，车辆运行最大速度不应超过 0.3 m/s。

B.4 机械臂

机械臂应满足以下安全要求：

- a) 机械臂应满足 GB 11291.1 的相关要求；
 - b) 移动机器人运行时，机械臂应收回到移动机器人平面轮廓内；
 - c) 宜采用协作型机械臂，如不能，应增加安全检测装置，确保在机械臂工作时周围人员和设备的安全；
 - d) 移动机器人和机械臂之间应具有安全互锁功能。
-