

ICS 65.060.30
CCS B90

团体标准

T/CAAMM 044—2022/T/NJ 1400—2022

植物工厂转运移动机器人

Transfer mobile robot for plant factory

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会
中国农业机械学

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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械工业协会和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：河南科技大学、龙门实验室、华南农业大学、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、河南中原智信科技股份有限公司、广东弘科农业机械研究开发有限公司、珠海益品农业科技有限公司、洛阳履坦智能科技有限公司。

本文件主要起草人：解晓琳、王焕昆、马义东、金鑫、辜松、张超、赵博、夏红梅、杨意、周利明、牛康、刘霓虹、贺毅、乐权、张志红、杜哲、刘国维、欧娟爱、程飞飞、徐蔓。

本文件为首次发布。

植物工厂转运移动机器人

1 范围

本文件规定了植物工厂转运移动机器人的术语和定义、产品分类、系统组成、性能要求、技术要求、环境与应用安全、试验方法、检测规则、标志和贮存。

本标准适用于植物工厂转运移动机器人，温室转运移动机器人可参照使用。

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，仅该日期的对应版本适用于本文件；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 16855.1-2018 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分 设计通则

T/SSITS 201-2020 工业应用移动机器人 通用技术条件

T/SSITS 202-2020 工业应用移动机器人 安全规范

T/SSITS 401-2020 工业应用移动机器人 检测规范。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生产节拍 Step

同一生产线上，同类产品相邻工位完工的时间间隔。

3.2

平均故障修复时间 Mean time to repair, MTTR

移动机器人系统由故障状态转为工作状态时修理时间的平均值。

3.3

连续工作时间 Continuous working time

在充满电的条件下，移动机器人能够连续工作的最长时间。

3.4

工作制度 Work schedule

植物工厂转运每天的生产班次及每班工作时长。

3.5

植物工厂转运信息管理系统 Plant factory transfer information management system

植物工厂转运中用于统计生产信息、物流数据及设备运行状态的系统。

4 产品分类

引用 T/SSITS 201-2020 第 4 章的分类方法。

5 系统组成

5.1 移动机器人组成

引用 T/SSITS 201-2020 第 5 章系统组成。

5.2 移动机器人系统组成

植物工厂转运移动机器人系统组成包括:上位控制系统,移动机器人,充电/供电系统,导航系统,通讯系统及外部交互装置。示例:

6 性能要求

6.1 基本参数

6.1.1 定位精度

定位精度:± 10mm (有定位精度要求时);

如需更高的定位精度,可通过辅助定位或二次定位实现。

6.1.2 额定速度

额定速度: $0\text{m/s} \leq v \leq 2\text{m/s}$;

6.1.3 连续工作时间

移动机器人的连续工作时间应考虑:

- a) 植物工厂的工作制;
- b) 电池的容量;
- c) 电池的寿命;
- d) 充电因素。

6.1.4 系统可靠性

移动机器人系统的有效作业率不应低于 95%。

6.1.5 运行噪音

空载运行时的噪音不应超过 75dB (A)。

6.2 结合生产工艺的性能要求

6.2.1 生产节拍

移动机器人系统应满足植物工厂主线运行的节拍数。

6.2.2 工作制度

移动机器人系统应满足植物工厂生产工作制度的要求,包含以下工作制度:

- a) 单班工作制;
- b) 双班工作制;
- c) 三班工作制。

6.2.3 平均故障修复时间 MTTR

平均故障修复时间包括以下时间:

MTTR=维修人员到达现场时间+现场故障诊断时间+获得修复备件的时间+修理故障的时间。

平均故障修复时间对应的故障等级符合附录 A。

7 技术要求

7.1 车体

7.1.1 外观要求

车体外观应满足以下要求:

- a) 零部件表面不应有钙蚀;
- b) 漆膜光滑、平整、洁净、无多余物;
- c) 应有与安全相关的警示标识;
- d) 按钮等操作装置应有明确标识;
- e) 外观应无缺陷, 外壳应实用且附着牢固;
- f) 植物工厂转运移动机器人编号应清晰可见。

7.1.2 结构要求

车体结构应满足以下要求:

- a) 应有足够的强度, 运行平稳, 灵活可靠;
- b) 正常使用所产生的扭曲和变形, 不应影响车体的稳定运行;
- c) 布局合理装配方便, 应有检修的空间, 便于日常检查及维护;
- d) 不能有易造成危险的锐边或棱角;
- e) 零部件配合可靠, 关键紧固部位做防松标识;
- f) 安全防护装置结构连接可靠, 失效时也能够起到安全保护功能;
- g) 需要润滑的部位不应有润滑油滴漏的情况, 液压部件应有接油盘;
- h) 开关、按钮、手柄等装置的位置合理, 操作方便。

7.1.3 外壳防护能力要求

室内型整机防护能力等级应不低于 IP4X。

7.2 驱动装置

7.2.1 驱动结构

驱动结构包括:

- a) 差速结构;
- b) 舵轮结构;
- c) 麦克纳姆轮结构;
- d) 履带结构;
- e) 车桥结构。

7.2.2 制动装置

制动装置应满足以下要求:

- a) 在有人的环境中, 移动机器人应安装机械制动装置;
- b) 一般采用断电制动方式;

- c) 在失去速度控制或失去转向控制时启用;
- d) 如有手动强制释放功能, 应与手动操作连锁。

7.3 执行机构

执行机构应考虑负载的重量、尺寸、材质等特征。

7.4 安全防护装置

7.4.1 一般要求

防护装置应满足下列安全要求:

- a) 应在运行方向上安装防护装置;
- b) 防护装置在自动运行模式下不应被关闭;
- 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, 且应由经过培训的人员操作;
- d) 防护装置的相关安全部件由至少满足 GB/T16855.1-2018 2 类 PL_c 等级要求。

7.4.2 急停装置

急停装置应满足以下要求:

- a) 急停装置应位于操作员可触及的范围内;
- b) 在移动机器人运行方向上的每个急停按钮原则上只保证左右各 1000mm 长度的操作范围, 即在移动机器人的前后急停按钮间距原则上不超过 2000mm。

7.4.3 接触式防护装置

接触式防护装置应满足以下要求:

- a) 接触式防护装置的表面材料, 应确保在与人员接触时不会造成伤害, 即在接触式防护装置的接触面上不允许使用硬金属或存在尖角等对人有危险的结构。
- b) 接触式防护装置应接入安全控制回路。

7.4.4 非接触式防护装置

应满足 T/SSITS 202-2020 中 8.3.3 的要求, 且非接触式防护装置检测面距地面高度应小于 150mm。

7.4.5 声光告警装置

应满足 T/SSITS 202-2020 中 8.6 的要求, 且对于人工无法及时判断移动机器人运动方向时, 可以在移动机器人上增加示廓灯。

7.5 控制系统

7.5.1 控制模式

引用 T/SSITS 201-2020 中 6.5.1 条的控制模式。

7.5.2 控制系统保护功能

控制系统应具备以下保护功能:

- a) 具备通讯超时保护功能;
- b) 具备导航丢失保护功能;
- c) 具备失速保护功能;
- d) 执行机构动作异常保护;
- e) 具备低电量保护;
- f) 具备软件失效保护功能。

7.5.3 手动控制

手动控制装置应满足 T/SSITS 202-2020 中 8.5 的要求。

7.6 电源装置

电源装置应满足以下要求：

- a) 应满足 T/SSITS 201-2020 中 6.6 的要求；
- b) 具备短路保护功能；
- c) 供电系统应具备安全保护功能，防止因使用不当造成燃烧或爆炸的风险。

7.7 导航装置

7.7.1 导航方式

导航方式包括：

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

7.7.2 导航定位功能

与控制系统结合，应满足以下要求：

- a) 具备初始定位功能；
- b) 具备连续导航功能；
- c) 具备一定的导航信号容错功能；
- d) 具备导航丢失及地标丢失保护功能。

7.8 通信系统

通信系统应满足以下要求：

- a) 通信系统宜采用工业级产品；
- b) 通信系统应稳定、安全。

7.9 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) 具备明显的标识指示功能；
- c) 具备明确的提示功能，避免人工误操作；
- d) 人机交互系统故障不能影响移动机器人手动操作。

7.10 上位控制系统及外部交互装置

7.10.1 上位控制系统

上位控制系统应满足以下要求:

- a) 应采用上位控制系统集中控制的方式;
- b) 上位控制系统可通过外部交互装置的信息, 调度移动机器人;
- c) 上位控制系统应具备任务的接收和分配、移动机器人调度、监控报警及数据统计等功能。

7.10.2 上位控制系统接口

上位控制系统应具备与植物工厂信息管理系统的通信接口, 接口包括但不限于:

- a) 通过 PLC 的通讯及通过 PLC 以 OPC 协议通讯;
- b) 通过工控机的通讯, 需要将数据汇总到中间表或视图中;
- c) 通过 WebService 或者 Http 接口通讯。

7.10.3 外部交互装置

外部交互装置应具备稳定、可靠、易操作和防误触的特点。

外部交互装置包括:显示屏、PAD、PDA 等人工操作终端、操作手柄、呼叫及放行装置、交通管理装置和安全门等。

7.11 导航系统

导航系统包括:定位传感器、导航介质、地图及导航控制算法等。

导航介质包括通电导线、磁带/条、磁钉、RFID、二维码、色带、反光板和无线电信号等。

布设于地面的磁带、磁钉、二维码、RFID、色带等应具备一定的荷载碾压能力, 如经常处于叉车等自动引导车碾压的区域, 应采取必要的保护措施。

7.12 充电/供电系统

7.12.1 充电系统

充电系统分为 AGV 接触式充电系统和 AGV 无线充电。应满足以下要求:

- a) 接触式充电的充电装置应有隔离开关, 用于分断电源进线端;
- b) 充电装置应具有电池连接安全检测保护功能和输出短路检测保护功能;
- c) 接触式充电的充电连接器的充电触头安装板应采用绝缘材料, 充电触头在未充电状态下应不带电;
- d) 接触式充电时若采用充电连接器电极朝上的底充方式, 移动机器人端电极应带有清扫毛刷;
- e) 无线充电的地面区域应该设置足够的线圈, 保证磁耦合结构的性能;
- f) 如有安全风险, 自动充电系统周围需要安装必要的保护围栏。

7.12.2 供电系统

供电系统包括供电装置、供电线类和补偿电容等, 应满足以下要求:

- a) 供电装置应有隔离开关, 用于分断电源进线端;
- b) 供电装置应具有短路和过流保护功能。

8 环境与应用安全

8.1 环境适应性要求

8.1.1 坡度

坡度不大于 3%。

8.1.2 沟缝宽度

沟缝宽不大于 5mm。

8.1.3 台阶高度

台阶高度不大于 5mm。

8.1.4 地面平整度

任意 1X1m² 范围内不大于 5mm。

8.1.5 环境工况

环境温度：0℃~40℃。

环境相对湿度：10%~90%，无结露。

8.1.6 地面要求

地面应满足 T/SSITS 201-2020 中 7.1 的要求，并考虑以下因素：

- a) 摩擦系数；
- b) 承载力；
- c) 清洁度。

8.1.7 地面构造

预埋在地下的导引线 100mm 范围内、非接触供电线缆周围 200mm 范围内，不能有铁磁性物质。

8.2 应用安全

移动机器人应用于植物工厂运转，应满足以下安全要求：

- a) 应在运行区域地面进行明确标记且能够与人工驾驶车辆进行区分，包括：运行轨迹、运行方向、转弯或自旋包络范围、停靠点、充电点、避让点等；
- b) 在移动机器人经过的门口或交叉路口，如与人工驾驶车辆路线有交叉的，应在附近显著位置安装合适的声光报警装置用以提示；
- c) 应设计合适的停止位置，保证移动机器人及其负载不会阻挡防火门及消防通道；
- d) 障碍物和移动机器人（包括载荷）之间应保持 0.5m 的最小间隙。小于此间隙的所有区域应设置为人员限制区域，并用标志，条纹，灯光或其他标记清楚标明；
- e) 在移动机器人进入人员限制区域之前，应降低速度，并启动声光警告；
- f) 危险区域和限制区域应由制造商在初始运行前对使用方人员进行可验证的培训，并由使用方在系统验收后持续进行；
- g) 移动机器人运行路径不应穿过人员通行的门口，除非门开口宽度足以满足移动机器人及人员同时通过；
- h) 使用方和制造商应将无法被障碍物检测装置保护的区域，指定为危险区域。并使用合适的标志或地面标记标示出，移动机器人行驶至此区域时，最大行驶速度应该限制在 0.2m/s，并启动声光警告装置；
- i) 应设置独立的维修区，用于对移动机器人进行点检和维修，维修区四周应设置栏杆或进行隔断封闭，维修区入口处应设立显著标识或灯光警示。

9 试验方法

9.1 性能试验

9.1.1 定位精度

应满足 T/SSITS 401-2020 附录 B 的要求。

9.1.2 额定速度

应满足 T/SSITS 401-2020 第 6.4 条的要求。

9.1.3 额定负载

静态测试:加载 1.25 倍额定负载,测试时间 15min。

动态测试:按要求加载额定负载,测试移动机器人运动控制(例如:启动、停止、急停、加减速等)、执行机构动作等。

移动机器人本体和执行机构无永久性变形和损坏,移动机器人运行正常,执行机构操作正常、安全防护功能正常。

9.1.4 连续工作时间

电池电量充满时,以额定负载和额定速度连续运行直至低电量报警,记录运行时间。

9.1.5 运行噪声

满足 T/SSITS 401-2020 附录 C 的要求。

9.1.6 系统可靠性

移动机器人系统的可靠性应按以下方式统计:

$$R(t)=(t_1-t_2)/t_1\cdots\cdots\cdots(1)$$

式中:

$R(t)$ 表示系统可靠性比例;

t_1 表示每个单班工作制,移动机器人系统开动时间(单位:s);

t_2 表示系统故障停机时间(单位:s)。

$$t_1=t_3+t_4+t_5\cdots\cdots\cdots(2)$$

式中:

t_3 表示充电时间(单位:s);

t_4 表示任务等待时间(单位:s);

t_5 表示运行时间(单位:s)。

$$t_2=t_6+t_7+t_8+t_9+t_{10}\cdots\cdots\cdots(3)$$

式中:

t_6 表示移动机器人影响系统开动的的时间(单位:s);

t_7 表示充电装置影响系统开动的的时间(单位:s);

t_8 表示上位控制系统影响系统开动的的时间(单位:s);

t_9 表示无线通讯系统影响系统开动的的时间(单位:s);

t_{10} 表示外部交互装置影响系统开动的的时间(单位:s)。

9.2 安全试验

9.2.1 急停

移动机器人在运动过程中,按下车体上的任意急停按钮,移动机器人应立即停车,并伴随声光报警。急停按钮恢复后,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,急停按钮复位不能导致额外风险发生。

应对移动机器人上的所有急停按钮分别进行一次测试,测试时应选择移动机器人的启动过程、匀速运动过程、转弯及后退等过程。

9.2.2 非接触式障碍物检测装置

应满足 T/SSITS 401-2020 中 6.3.1.3 a) 的要求。

9.2.3 接触式障碍物检测装置

应满足 T/SSITS 401-2020 中 6.3.1.3 b) 的要求。

10 检验规则

10.1 出厂检验

10.1.1

移动机器人出厂前应逐台检验。由检验部门检查合格后方可出厂，出厂时应附有证明产品质量合格的文件。

10.1.2

出厂检验项目符合 T/SSITS 401-2020 第 5.4 条的要求。

10.2 型式试验

只有国家质量监督机构提出进行型式检验要求时，方进行型式检验。检验结果全部符合 T/SSITS 401-2020 的要求后，为合格。

11 标志和贮存

11.1 标志

产品的外包装箱上应有清晰的标志，应包括以下内容：

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

11.2 贮存

产品存放仓库环境应保持-10℃ ~ 50℃ ,相对湿度不大于 93%，无凝露。室内无酸、碱及腐蚀性气体，贮存处应有防雨、雪和水浸措施，不应露天存放。

附录 A

(规范性)

表 A.1 故障等级与平均故障修复时间的关系

故障等级	平均故障修复时间	等级描述
1	MTTR<5min	简单操作可以修复的故障
2	MTTR<15min	更换易损件可以修复的故障
3	MTTR<30min	更换部件可以修复的故障
4	MTTR>30min	需要大修或严重的故障