

ICS 65.060.99
CCS B90

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

植物工厂转运机器人

Transfer mobile robot for plant factory

(公示稿)

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、刘霓红、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。

植物工厂转运机器人

1 范围

本文件规定了植物工厂转运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、包装、运输和贮存。

本标准适用于植物工厂转运用机器人（以下简称转运机器人）。温室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 10396 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 安全标志和危险图形 总则

GB/T 20721 自动导引车 通用技术条件

GB/T 36239 特种机器人 术语

GB/T 36321 特种机器人 分类、符号、标志

T/CAMA 52-2021 连栋温室 运输机器人

3 术语和定义

GB/T 36239、T/CAMA 52-2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

平均故障修复时间 Mean time to repair, MTTR

转运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。故障修复时间为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和修理故障的时间的总和。

3.2

连续工作时间 Continuous working time

在充满电的条件下，转运机器人能够连续工作的最长时间。

3.3

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。

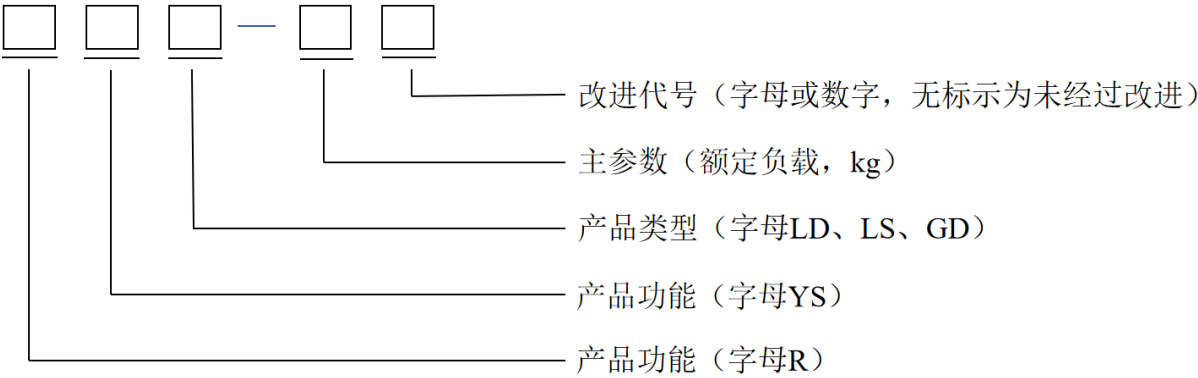
3.4

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 产品型号

转运机器人产品型号应按照 GB/T 36321 编制，由产品类别、产品功能、产品类型、主参数和改进型号（可选）五部分组成。标记如下图所示。其中产品类别用“R”（机器人）表示，产品功能用“YS”（运输）表示，产品类型包括履带式（代号：LD）、轮式（代号：LS）、轨道式（代号：GD），主参数以产品额定负载表示，改进代号可选。



示例：RYSGD-300 表示轨道式运输机器人，额定负载 300kg。

5 系统组成

转运机器人系统组成包括:上位控制系统、转运机器人、充电/供电系统、导航系统、通讯系统及外部交互装置。

6 性能要求

6.1 定位精度

转运机器人的最低定位精度:± 20mm。

6.2 移动速度

转运机器人的移动速度为 0m/s~2m/s。

6.3 连续工作时间

转运机器人的连续满负荷工作时间应不少于 8h。

6.4 额定负载

转运机器人额定负载应不低于 80kg。

6.5 运行噪音

转运机器人空载运行时的噪音不应超过 75dB (A)。

6.6 系统可靠性

转运机器人系统可靠性比例不应低于 0.95。

6.7 生产节拍

转运机器人系统应满足植物工厂主线运行的节拍数。

6.8 工作制度

转运机器人系统应满足植物工厂生产单班、双班和三班工作制度的要求。

6.9 平均故障修复时间 MTTR

每个故障等级所对应的平均故障修复时间应符合附录 A 的规定。

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) 零部件表面无钙蚀;
- b) 漆膜光滑、平整、洁净、无多余物;
- c) 应有安全警示标识;
- d) 按钮等操作装置应有明确标识;
- e) 植物工厂转运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, 关键紧固部位应有防松标识;
- f) 安全防护装置结构连接可靠, 失效时应能起到安全保护功能;
- g) 润滑部位不应有润滑油渗漏的情况, 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, 转运机器人应安装机械制动装置;
- b) 在失去速度控制或失去转向控制时启用;
- c) 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 安全性能要求

转运机器人安全应满足 GB/T 20721 的要求，并满足以下要求：

7.4.1 警报装置与安全标志

转运机器人运动系统的底盘（除车轮、履带外）应有遮挡，并在车体周围安装探测传感器和警报装置，并应在遗留风险附近明显位置处设置安全标志，安全标志应符合 GB 10396 的规定。

7.4.2 防撞功能

转运机器人工作时，车体周围的探测传感器应能探测到车体前后方 2m 以内障碍物后自动停车报警障碍物尺寸不小于 500 mm（高）×200 mm（宽），障碍物移除后应能自主恢复行走。

7.4.3 紧急停车功能

转运机器人应在操作面板醒目位置设置急停按钮，并优先于转运机器人其他所有功能。急停按钮未经手动复位前应不能自动恢复。

7.5 导航装置

7.5.1 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。

7.5.2 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) 具备连续导航功使；
- 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。

7.6 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。

7.7 人机交互系统

人机交互系统应满足以下要求:

- a) 具备明显的标识指示功能;
- 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转运机器人手动操作。

7.8 上位控制系统及外部交互装置

7.8.1 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) 可通过外部交互装置的信息, 调度转运机器人;
- c) 具备接收和分配植物工厂转运信息管理系统任务、转运机器人调度、监控报警及数据统计等功能。

7.8.2 上位控制系统接口

上位控制系统应具备与植物工厂转运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。

7.8.3 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。

7.9 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。

7.10 充电/供电系统

7.10.1 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, 转运机器人端电极应带有清扫毛刷;
- e) 无线充电的地面区域应设置足够的线圈, 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。

7.10.2 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) 有隔离开关, 用于分断电源进线端;
- b) 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

转运机器人工作地面坡度应不大于 3%。

8.1.2 沟缝宽度

转运机器人工作地面沟缝宽应不大于 5mm。

8.1.3 台阶高度

转运机器人工作地面台阶高度应不大于 5mm。

8.1.4 地面平整度

转运机器人工作地面任意 1x1m²范围内不平度应不大于 5mm。

8.1.5 环境工况

转运机器人工作环境温度：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 周围范围内、非接触供电电缆周围 200mm 范围内，不能有铁磁性物质。

8.2 应用安全

转运机器人应用于植物工厂转运，应满足以下安全要求：

- a) 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) 在转运机器人经过的门口或交叉路口，附近显著位置安装合适的声光报警装置用以提示；
- c) 设计合适的停止位置，保证转运机器人及其负载不会阻挡防火门及消防通道；
- d) 障碍物和转运机器人（包括载荷）之间保持 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) 在转运机器人进入人员限制区域之前，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) 转运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转运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，转运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，用于对转运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

应按 T/CAMA 52-2021 中 6.2.1 的规定进行测试。

9.1.2 移动速度

应按 T/CAMA 52-2021 中 6.2.2 的规定进行测试。

9.1.3 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。

9.1.4 系统可靠性试验

转运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，转运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 ——表示转运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）。

9.1.5 运行噪声

按 T/SSITS 401-2020 附录 C 的规定进行测试。

9.1.6 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，测试转运机器人运动控制（例如：启动、停止、急停、加减速等）、执行机构动作等。

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

9.2 安全试验

9.2.1 警报装置性能试验

警报装置性能是在正常作业状态下，确认下列各种警报装置工作性能：

- 自动运行指示灯；
- 启动报警；
- 运动报警；
- 异常报警。

9.2.2 防碰撞功能试验

在转运机器人的运行路线上设置障碍物（高 500 mm×宽 200 mm），使转运机器人按照预定路线行走，观察转运机器人行走过程中遇到障碍物是否停止，将障碍物移除后，观察转运机器人是否自主恢复行走。

9.2.3 紧急停车性能试验

紧急停车性能测试是以规定速度自主运行的转运机器人在直线轨迹上预先标志的地点按下急停按钮后，转运机器人紧急停车，测试从标志位置到停车位置的距离。

10 检验规则

10.1 出厂检验

转运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。

10.2 型式试验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新开发的转运机器人定型鉴定时；
- b) 正式生产后，结构、原理、重要部件有较大改变的改进设计时；
- c) 正式生产后，每满五年时；
- d) 产品停产六个月后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验时。

11 标志、包装、运输和贮存

11.1 标志

转运机器人在外表面的易见部位上应有能永久保持的标志，标志字迹应易于辨识。标志至少应包括以下内容：

- a) 产品名称及型号；
- b) 主要参数；
- c) 生产地址；
- d) 执行的产品标准编号。

11.2 包装

转运机器人的包装应坚固、外包装箱上应有清晰的标志，标志至少应包括以下内容：

- 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。

11.3 运输和贮存

转运机器人的装运应保证其在正常运输中不致发生损坏或/和丢失现象。

转运机器人存放仓库环境应保持 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$,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。

转运机器人不应露天存放。存放仓库应干燥, 环境稳定范围为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于 93%, 无凝露。室内无酸、碱及腐蚀性气体。

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