

团 体 标 准

T/NJ 1389—2022/T/CAAMM XXX—2022

香蕉采摘机器人

Banana picking robot

(征求意见稿)

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国农业机械学会
中国农业机械工业协会

发布

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。

本文件由中国农业机械学会和中国农业机械工业协会联合提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会（SAC/TC 201）归口。

本文件起草单位：仲恺农业工程学院

本文件主要起草人：姚华平、朱立学、

香蕉采摘机器人

1 范围

本文件规定了香蕉采摘机器人的术语和定义、型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于采摘香蕉的机器人（以下简称机器人）。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：接受质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划（ISO 1940 2859—1：1999，IDT）

GB/T 3871.1 农林拖拉机试验规程 第1部分：通用要求

GB/T 3871.6 农林轮式和履带拖拉机试验方法 第6部分：制动试验

GB/T 4269.1 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其他显示装置用符号 第1部分：通用符号

GB/T 4269.2 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其他显示装置用符号 第2部分：农用拖拉机和机械用符号

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9480 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编写规则

GB 9684 食品安全国家标准 不锈钢制品

GB 10395.1 农林机械 安全 第1部分：总则

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 13306 标牌

GB/T 21398—2008 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则

GB/T 37164—2018 自走式农业机械导航系统作业性能要求及评价方法

JB/T 8574 农机具产品型号编制规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

香蕉采摘机器人 banana picking robot

用于香蕉种植园内，一般由自动驾驶履带底盘、定位识别系统、机械臂、末端夹持与采摘器组成，能够实现在香蕉园内自主行走，自动识别定位，将香蕉串从香蕉树上割离输送至特定位置的智能化装置系统。

自动驾驶履带底盘在自主导航系统控制下将机器人移动至拟采摘香蕉树附近，定位识别系统和机械臂协调控制将末端夹持与采摘器移动至拟采摘的香蕉串的切割位置，末端夹持与采摘器通过定位、抓取、切割等动作将香蕉串从香蕉树上割离，并将香蕉串移动至待接位置。

3.2

香蕉串 banana skewers

生长在香蕉树上，成熟度适当，果穗中部果梳的果实饱满度为 65%-85%时待采摘的整串香蕉。

3.3

自主导航系统 autonomous navigation system

搭载高精度摄像头、激光雷达、运动控制器、卫星导航系统等装置，并融合现代通信技术，实现智能信息交换，具备环境感知、自主决策、协同控制等功能，通过控制转向、动力传动、制动等实现自主行驶的导航系统。

3.4

自动驾驶履带底盘 autonomous driving tracked chassis

装备有自主导航系统，搭载机器人装置，由自主导航系统控制能够实现前进、后退、左右转弯、调速、制动等功能的移动平台。

3.5

机械臂 robotic arm

机械臂是指具有和人手臂相似的动作功能，接收定位识别系统给出的位置信息，将末端夹持与采摘器移动至香蕉串拟采摘的位置。

3.6

定位识别系统 positioning and recognition system

能够获取香蕉树、香蕉串周围的数字化图像，利用图像处理算法识别出香蕉串果柄，确定出其具体位置，并将香蕉串果柄的具体位置信号输出给机械臂的控制系统。

3.7

末端夹持与采摘器 end grip and picker

一般由夹持机构、切割机构以及控制系统组成，实现香蕉串的固定、切割和抓取等功能的装置。

3.8

损伤香蕉 damaged banana

在香蕉采摘过程中，由于机械擦伤、碰伤、撞伤、切割等原因造成损伤的香蕉。

3.9

香蕉损伤率 banana damage rate

机器人完成香蕉采收任务后，香蕉串上损伤香蕉个数占香蕉串总香蕉个数的百分比。

3.10

香蕉采净率 banana recovery rate

机器人在田间完成一定距离的香蕉采收任务后，成功采收的香蕉串占待采收香蕉串总数的百分比。

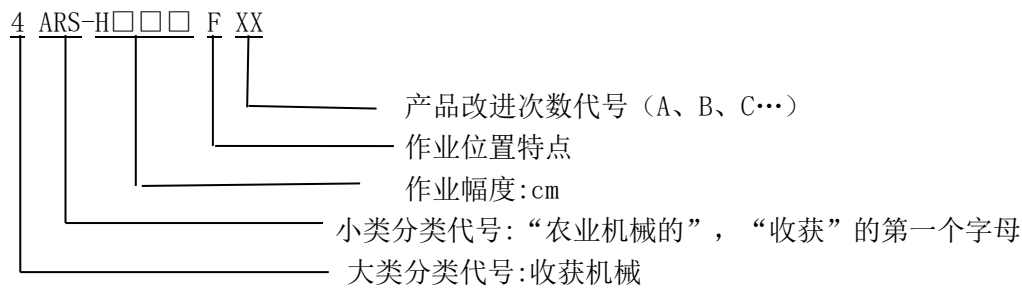
3.11

识别召回率 recognition recall

机器人在田间完成一定距离的香蕉采收任务时，对待采摘的香蕉串进行识别，识别成功的香蕉串占待识别香蕉串总数的百分比。

4 型号

机器人产品型号按照JB/T 8574的规定编制，由下列代号和主参数组成：



示例 4ARS-H100F01 表示作业幅度为 100cm, 经过一次改进的前置作业的香蕉采摘机器人。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 机器人所有零部件必须经检验合格方可进行装配。
- 5.1.2 机器人所采用的外购、外协件应符合现行有关标准或技术文件的规定, 并有产品合格证。
- 5.1.3 机器人产品表面应无凹痕、划伤、裂缝、变形、锈蚀、霉斑、灌注物溢出等缺陷。
- 5.1.4 机器人产品的涂(镀)层应无气泡、龟裂或脱落。
- 5.1.5 机器人的文字符号及标志应清晰、美观。
- 5.1.6 机器人开关操作应方便, 灵活可靠。
- 5.1.7 机器人各部件的装配应良好、紧固、无松动和无干涉, 调节应方便自如。
- 5.1.8 机器人各运动部件应转动灵活自如, 无卡滞、碰撞、摩擦等现象。
- 5.1.9 机器人所有润滑部位应加足润滑油。
- 5.1.10 机器人电气线路的连接应可靠, 电气线路的布置应避免摩擦和接触发热及运动部件。
- 5.1.11 机器人的电磁兼容性应符合 GB/T 21398—2008 中 5.2、6.1、6.2、6.3、6.7、6.8 的规定。

5.2 功能要求

5.2.1 自主导航系统的功能要求

自动驾驶系统宜具备如下功能:

- 开机初始化与自检功能;
- 系统及机组参数配置功能;
- 路径规划功能, 依据实际环境生成机器人实际行驶作业路线;
- 自动控制功能:
 - 自动驾驶系统应能自动控制机器人的转向;
 - 自动驾驶系统应能自动控制机器人的行走速度;
 - 自动驾驶系统应能自动控制机器人的制动;
 - 自动驾驶系统应能自动控制机器人的档位;
 - 自动驾驶系统应能自动控制机器人的多路阀液压输出;
 - 自动驾驶系统应能自动监测机器人的速度。
- 接收信息中心指令、向信息中心发送作业数据的通信功能;
- 系统诊断与升级维护功能。

5.2.2 定位和识别系统的功能要求

定位识别系统宜具备以下功能:

——数据传输，具备通过接口获取传感器数据的能力，接口类型：USB，HDMI，能够对香蕉串的以及香蕉串周围环境的图像进行采集，支持与机器人进行数据交换。

——智能感知，智能终端通过对传感器数据进行智能分析，具备对香蕉串果穗柄识别的能力。

——智能控制，智能终端通过对感知结果进行决策分析进而优化控制方案，具备根据感知结果控制机械臂和末端夹持采摘器到达相应的作业位置，具备错误操控及危险操警告警的能力。

——运算，能够完成智能控制、大数据分析等有关的计算机程序运算。

——存储，具备数据存储的能力。

5.3 性能要求

5.3.1 自动驾驶履带底盘性能要求

5.3.1.1 初始化时间

机器人自动驾驶系统在无遮挡的室外，初始化时间应不超过3 min。

5.3.1.2 直线行驶精度

自动驾驶履带底盘在自动驾驶模式下，在不大于GB/T 37164—2018中5.1规定的一类平整度、横向坡度不大于3°的硬质地面，以不大于高速（5 m/s±0.2 m/s）的车速直线行驶时，机器人参考点直线行驶符合度标准偏差不大于5 cm。

5.3.1.3 定位范围

当机器人移动至待采摘的香蕉树附近进行采摘动作时，机器人的位置应与香蕉串同侧。以香蕉树为圆点，香蕉串为零度点位置，机器人应定位在半径2.5米和左右60度的范围内。

5.3.1.4 自动制动性能

自动驾驶履带底盘自动制动平均减速度应不小于2.5 m/s²。

5.3.2 定位和识别系统的性能要求

5.3.2.1 图像要求

用于香蕉串识别的RGB和深度图像分辨率不低于640×480像素。

5.3.2.2 软件要求

识别定位软件运行环境应支持 x86处理器，应支持Windows10、Ubuntu等操作系统。

5.3.3 识别时间

单个香蕉串的识别时间不大于1 min。

5.3.3.4 识别召回率

田间环境下香蕉果穗柄的识别召回率不小于90%。

5.3.3 末端夹持与采摘器的性能要求

5.3.3.1 夹持位置

末端夹持装置夹持果穗柄时，夹持装置最下边的边缘与香蕉串第一梳蕉的最上端的距离要大于5mm。

5.3.3.2 切割位置

当末端夹持与采摘器切割香蕉果穗柄时，切割位置应在果穗柄中上部位置。

5.3.3.3 抓取采摘时间

当机器人定位识别完成后，夹持采摘器开始执行夹持、切割以及输送等动作完成的时间不少于2分钟。

5.3.3.4 香蕉的损伤率

机器人完成采摘动作并将香蕉串输送至待定位置后，香蕉的损伤率不大于5%。

5.3.3.5 香蕉采净率

机器人完成田间香蕉采收任务后，香蕉采净率不低于90%。

5.3.3.6 夹持位置

末端夹持装置夹持果穗柄时，夹持装置最下边的边缘与香蕉串第一梳蕉的最上端的距离要大于5mm。

5.3.3.7 切割位置

当末端夹持与采摘器切割香蕉果穗柄时，切割位置应在果穗柄中上部位置。

5.3.3.8 抓取采摘时间

当机器人定位识别完成后，夹持采摘器开始执行夹持、切割以及输送等动作完成的时间不少于2分钟。

5.3.3.9 香蕉的损伤率

机器人完成采摘动作并将香蕉串输送至待定位置后，香蕉的损伤率不大于5%。

5.3.3.10 香蕉采净率

机器人完成田间香蕉采收任务后，香蕉采净率不低于90%。

5.4 外观要求

5.4.1 机器人表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形现象，金属零部件不应有锈蚀及其他机械损伤。

5.4.2 焊接件应牢固可靠、焊缝应平整均匀，不应有虚焊、烧穿、裂纹、夹渣、氧化皮和溅粒等影响使用性能和外观质量的缺陷，外露焊缝应打磨修整光滑。

5.4.3 涂层表面应平整、均匀、光滑、不应有起皱、流挂、剥落、锈蚀和锈痕缺陷。

5.5 安全要求

5.5.1 机器人应采取 GB 10395.1 规定的适用安全要求和/或措施，并应按照 GB 10395.1 规定的设计原则，通过充分的风险减少措施达到可接受的风险水平。

5.5.2 机器人外露运动件及发热部件应有安全防护装置，防护装置应符合 GB10395.1 的规定；人上下肢触及危险区的安全距离应符合 GB/T 23821 的规定；正常操作和保养时必须外露的功能件、防护装置开口处及其他存在遗留风险的部件附近应设置符合 GB 10396 规定的安全标志，安全标志应在使用说明书中重现；使用说明书应包括提醒操作者的安全注意事项。

5.5.3 机器人的使用说明书应符合 GB/T 9480 的规定,应明确规定安全操作和维护保养的措施和方法;应明确规定机器人作业时,应配置远程操作员;应明确规定机器人禁止在公共道路上行驶。

5.5.4 机器人应具有过载、短路、触电保护功能。

5.5.5 机器人的机械电气安全应符合 GB/T 5226.1 的规定。

5.6 可靠性

机器人平均故障间隔时间应不少于120 h,有效度不少于93%。

6 试验方法

6.1 一般要求

6.1.1 对 5.1.1—5.1.6、5.1.9、5.1.10 的规定采用目测、手感和/或常规量具测量方式逐项进行检查、测定。

6.1.2 机器人运行 15 min 后,对 5.1.7、5.1.8 的规定采用目测、手感方法进行检查。

6.1.3 对 5.1.11 电磁兼容性试验按 GB/T 21398—2008 中 5.2、6.1、6.2、6.3、6.7、6.8 的规定进行。

6.2 功能要求

6.2.1 试验仪器设备

——所有试验设备性能应满足被测技术性能指标的要求。除另有规定外,其精度应优于被测指标精度一个数量级或三分之一。

——所有试验设备应经过计量校准,并在有效期内。

——跟踪传感器的测量精度应达到被测对象测量水平的 10 倍,采样率应至少为 10 Hz。

6.2.2 试验机器人

被试机器人应符合 GB/T 3871.1 的规定。机器人安装可靠,完成系统调试工作,各项指标正常。

6.2.3 试验环境条件:

——温度 0℃~40℃。

——相对湿度 25%~75%。

——大气压力 86 kPa~106 kPa。

6.2.4 试验场地条件应符合下列要求:

a) 平地试验用硬质地面,可采用混凝土或沥青路面,宽度不小于20 m,长度不小于150 m,平整度为GB/T 37164—2018中5.1规定的一类平整度,测试路线垂直方向的坡度不大于3°,沿测试路线的高度变化应不大于1m。

b) 田间平地试验用农田,应为平整的熟地,宽度不小于50 m,长度不小于150 m,平整度不大于GB/T 37164—2018中5.1规定的二类平整度,测试路线垂直方向的坡度不大于3°,沿测试路线的高度变化应不大于1m。

6.2.5 试验样机的调整应按使用说明书的要求进行,达到正常工作状态后方可进行试验,试验时观测数据的采集应在系统正常工作的情况下进行。

6.2.6 机器人试验时应按照使用说明书的规定配备操作人员,操作人员应能够熟练操控机器人,试验过程中无特殊情况不允许更换操作人员。

6.4 外观要求

采用目测、手感和/或常规量具测量方式逐项进行检查、测定。

6.5 安全检验

6.5.1 对 5.4.1~5.4.4 的规定采用目测、手感和/或常规量具测量方式进行逐项检查、测定。

6.5.2 去皮机的机械电气安全、接地电阻、绝缘电阻按 GB/T 5226.1 的规定进行检测。

6.6 可靠性检验

6.6.1 一般要求

采用定时截尾试验方法，试验样机为 2 台，每台试验样机总工作时间为 120 h，试验样机在使用说明书规定的正常工作状态下进行作业。试验期间记录每台样机的工作情况、故障情况和修复情况等。计算样机的平均故障间隔时间（*MTBF*）和有效度（*K*）。时间精确到“min”。生产试验时间的分类按照 GB/T 5667 的规定，故障分类与判断参照 GB/T 24648.2 的规定，凡在可靠性考核期间，考核样机有严重或致命故障（指发生人身伤亡事故、因质量原因造成样机不能正常工作、经济损失重大的故障）发生，平均故障间隔时间和有效度指标均不合格。

6.6.2 平均故障间隔时间

平均故障间隔时间按式（5）计算：

$$MTBF = \frac{\sum T_z}{r} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

MTBF——平均故障间隔时间，单位为小时（h）；

T_z——可靠性考核期间的班次作业时间，单位为小时（h）；

r——可靠性考核期间样机发生的一般故障和严重故障总数，轻度故障不计。

注：当 *r*=0 时，表示在生产考核期间的样机没有发生一般故障和严重故障，平均故障间隔时间大于 240 h。生产考核期间当 1 台样机没有发生一般故障和严重故障，按发生 1 次一般故障或严重故障计算，*T_z*=120 h，按照式（4）计算，*MTBF* 为大于计算值。

6.6.3 有效度

有效度按式（6）计算：

$$K = \frac{\sum T_z}{\sum T_g + \sum T_z} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

K——有效度，%；

T_g——可靠性考核期间的班次故障排除时间，单位为小时（h）。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 每台去皮机应经制造厂质量检验部门检查合格，并附有产品质量合格证方准入成品库和出厂。

7.1.2 每台去皮机出厂前应进行出厂检验，检验项目见表2，全部检验项目均应合格。

7.2 型式检验

7.2.1 有下列情况之一时，需要进行型式检验：

- 新产品定型鉴定和老产品转厂生产；
- 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- 工装、模具的磨损可能影响产品性能；
- 长期停产后，恢复生产；
- 批量生产，周期性检验（一般每3年进行一次）；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求。

7.2.2 型式检验项目按表2规定。

7.2.3 采取随机抽样，在工厂抽样时，应在制造厂近半年内生产的合格产品中随机抽取，检查批量应不少于16台，在用户和经销部门抽样不受此限，抽取样本为2台。样机抽取封存后至检验工作结束期间，除按使用说明书规定进行保养和调整外，不应再进行其他调整、修理和更换。

7.2.4 型式检验项目分类见表2，按其对产品的影响程度，分为A、B、C三类。A类为对产品质量有重大影响的项目，B类为对产品质量有较大影响的项目，C类为对产品质量影响一般的项目。

表2 检验项目分类

项目分类		检验项目		对应技术要求条款	出厂检验	型式检验
类	项					
A	1	设计和结构安全性		5.4.1	√	√
	2	机械安全	基本安全要求	5.4.2	√	√
			安全防护装置		√	√
			安全距离		√	√
			安全标志		√	√
			使用说明书中安全注意事项		√	√
	3	食品安全卫生		5.4.3	√	√
	4	过载、短路、触电保护功能		5.4.4	√	√
	5	机械电气安全		5.4.5	√	√
	6	接地装置及接地电阻		5.4.6	√	√
	7	绝缘电阻值		5.4.6	√	√
	8	去皮合格率		表1	—	√
B	1	生产率		表1	—	√
	2	噪声		表1	—	√
	3	损伤率		表1	—	√
	4	耗水率		表1	—	√
	5	耗电量		表1	—	√
	6	各零部件连接可靠性		5.1.3	—	√

表 2 检验项目分类（续）

项目分类		检验项目	对应技术要求条款	出厂检验	型式检验
类	项				
	7	各运动部件转动与响声	5.1.4	√	√
	8	可靠性	5.5	—	√
C	1	产品图样和技术文件	5.1.1	—	√
	2	零部件、外购零部件、外协零检验合格证	5.1.2	—	√
	3	操作机构	5.1.5	√	√
	4	使用说明书内容符合性	5.1.6	√	√
	5	表面与金属零部件要求	5.3.1	√	√
	6	焊接件要求	5.3.2	√	√
	7	涂层要求	5.3.3	√	√
	8	标牌、标志	8.1、8.2	√	√
注：“√”表示应检验项目，“—”表示不检验项目。					

7.2.5 抽样判定方案按表 3 的规定进行。表中接收质量限 AQL、接收数 Ac、拒收数 Re 均按计点法（即不合格项次数）计算。采用逐项考核，按类别判定的原则，若各类不合格项次小于或等于接收数 Ac 时，判定该产品合格；若不合格项次大于或等于该拒收数 Re 时，判定该产品不合格。

表 3 抽样判定方案

检验项目类别	A	B	C
检验项目数	8	7	8
样本量 n	2		
AQL	6.5	25	40
Ac Re	0 1	1 2	2 3

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 每台去皮机应在明显部位安装牢固的标牌。标牌应符合 GB/T 13306 的规定，内容至少应包括：

- 制造厂名称及地址；
- 产品型号与名称；
- 产品主要技术参数；
- 产品出厂编号和制造日期；
- 产品执行标准编号。

8.2 每台去皮机上的明显位置应标注制造厂商标或标志。

8.3 去皮机产品包装前应清理干净，涂层表面之外的外露机械加工面应涂防锈油。包装应牢固可靠、便于运输，并有防潮、防压措施，应保证在正常装运中不致碰伤和受潮，如用户有特殊要求，可由产品供需双方协商决定。包装件的外部应至少标明下列项目：

- 产品名称和型号；
- 包装件毛重、净重，单位为千克（kg）
- 总件数和编号；

- 制造厂名称和地址；
- 包装箱外廓尺寸：长×宽×高，单位为厘米（cm）；
- 符合 GB/T 191 规定的必要包装储运图示标志；
- 发运地址、收货单位。

8.4 去皮机出厂装运时，对附件、备件、工具及运输中必须拆下的零部件，应进行分类包装、标识，应保证去皮机（包括备件、附件和随机工具）在正常运输中不致发生损坏和丢失。

8.5 出厂的去皮机应按照产品技术文件的规定配齐全套备件、附件和随机工具，并随同出厂的每台去皮机至少应提供下列文件：

- a) 使用说明书；
- b) 合格证和保修单；
- c) 备件、附件和随机工具清单；
- d) 装箱单。

8.6 在贮存、运输过程中应防止直接日晒、雨雪淋袭和接触腐蚀介质，并应避免因翻倒、抛掷、振动和碰撞引致损坏。

8.7 在干燥、通风的贮存条件下，去皮机及其备件、附件和随机工具的防锈有效期为自出厂之日起 12 个月。特殊情况需露天存放时，应采取防晒、防雨和防雪等措施。