

T/GARIRPA

广西农业农村产业振兴促进会团体标准

T/GARIRPA XXXX—2025

桑叶采摘机器人设计规范

Specification for the design of mulberry leaf picking robot

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

广西农业农村产业振兴促进会 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。

本文件由河池学院提出、归口并宣贯。

本文件起草单位：河池学院、广西林胜堂蚕具有限公司、复旦大学、广西农投时宜农业科技有限公司、河池恒晟农业科技有限公司、广西嘉联丝绸股份有限公司。

本文件主要起草人：彭建盛、杨程钧、徐咏、商慧亮、周令、黄浩磊、付奎、陈国民、韦绍全、韦永科、王卓、宋华宁、李睿蛟、赵炫、周令、覃勇、何奇文、王波、邹健初、韦绍坚、魏晓亮、郑瀚、杨灵敏。

桑叶采摘机器人设计规范

1 范围

本文件界定了桑叶采摘机器人设计涉及的术语和定义，规定了设计要求和证实方法。
本文件适用于桑叶采摘机器人（以下简称机器人）的设计、研发。

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 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理
GB/T 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 11291.1 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人
GB/T 12642 工业机器人 性能规范及其试验方法
GB/T 12643 机器人 词汇
GB/T 21398 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则
GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
GB/T 30819 机器人用谐波齿轮减速器
GB/T 36008 机器人与机器人装备 协作机器人
JB/T 6268 自走式收获机械 噪声测定方法
SJ/T 11364 电器电子产品有害物质限制使用标识要求

3 术语和定义

GB/T 12643界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桑叶采摘机器人 mulberry leaf picking robot

用于桑叶采摘的，具有机器人视觉识别与定位系统、模块化行走系统、多自由度机械臂及其控制系统、柔性采摘执行系统和收集传输系统组成的智能化桑叶采摘设备。

3.2

机械臂 mechanical arm

是一个多关节、多自由度的可编程机械连杆系统，配备末端执行器，用于在三维空间中自动化执行精确的运动和操作任务。

4 设计要求

4.1 正常工作条件

4.1.1 机器人应能在下列环境条件正常工作：

- 环境温度-10℃～45℃（无冷凝）；
- 平均相对湿度≤95%（+25℃）；
- 存储温度-20℃～60℃；
- 坡度≤15°。

4.1.2 桑园应符合机器人采摘要求：

- 树势健壮、无缺株断行、发芽整齐、生长势强、种性较纯的桑园；

- 桑园中应无杂草和异物；
- 桑园应有改土培肥、合理治理桑树病虫害等管理措施。

4.2 基本要求

- 4.2.1 应按照 GB/T 36008、GB 11291.1 中的有关规定来设计机器人。
- 4.2.2 机器人设计应考虑其行走宽度与桑树行间距的匹配，以及行走路径对枝叶伸展空间的避让。
- 4.2.3 机器人设计应保证其能源系统（供能方式和续航能力）与正常班次作业的用能需求相匹配。
- 4.2.4 机器人行走方式宜为四轮驱动、原地平移旋转移动底盘方式。
- 4.2.5 在最大负载和最大工作范围的工况下，机器人应保持整体稳定。
- 4.2.6 单一部件故障不应引发安全功能失效。
- 4.2.7 机器人设计文档应包括但不限于设计说明书、原理图、装配图、零部件清单和安全手册等组成部分。
- 4.2.8 关键零部件（如伺服电机、减速器、传感器）应提供合格证明及可靠性测试报告。
- 4.2.9 机器人各功能单元（如机械臂、控制柜、末端执行器）应实现模块化，便于更换和维护。
- 4.2.10 机器人设计应考虑预留检修空间，确保关键部件易于拆卸，且故障诊断接口应支持远程监控功能。
- 4.2.11 机器人本体及部件应有清晰的型号、参数、安全警示标识，符合 GB11291.1 的有关规定。

4.3 性能

机器人性能包括但不限于表1中列出的内容。

表1 机器人性能

组成机构	性能
3D视觉识别和导航定位系统	识别成功率
	重复定位精度
	分辨率
	误判率
行走系统	行走速度
	爬坡能力
	避障能力
	垮沟能力
	转弯半径
	遥控距离
	制动距离
	载重
机械臂及控制系统	自由度
	升降机构
	动作成功率
	位置稳定时间
	轨迹速度
	轨迹精准度和重复性
	位姿精准度和重复性
采摘和收集系统	采摘范围
	收集系统容量
	采摘成功率
整机本体	续航能力
	温升
	单次采摘动作时间
	漏切率
	切割破头及枝条损伤率
	采摘含杂率
	工作噪声
	纯工作小时生产率

4.4 控制功能设计

机器人应具备但不限于以下功能：

- 安全保护功能（主动避障、异常报警、碰撞保护、保护性停止和独立急停等功能）；
- 导航与定位控制功能；
- 路径搜索及确定功能；
- 视觉伺服引导控制功能；
- 手动运动控制和自动运动控制功能；
- 速度限制功能；
- 作业编辑、地图编辑功能；
- 远程控制、信息采集和交互功能；
- 冗余协同控制功能；
- 故障处理功能。

4.5 人机交互界面

4.5.1 原则

- 4.5.1.1 易用性：确保操作简便高效。
- 4.5.1.2 直观性：信息呈现清晰易懂，操作逻辑符合用户预期。
- 4.5.1.3 安全性：设计应优先保障操作人员安全，防止误操作。

4.5.2 软件界面要求

界面应简洁、直观，应支持中文显示。核心功能模块应包含且清晰区分状态监控、参数设置、故障报警。

4.5.3 硬件交互要求

- 4.5.3.1 按键布局应符合人体工程学原理，便于操作者使用。
- 4.5.3.2 急停装置的位置应醒目、易于识别且易于触及和操作，紧急按钮类型宜使用红色。

4.6 接口设计

4.6.1 接口功能设计

- 4.6.1.1 机器人末端执行器安装法兰的尺寸设计应符合 GB/T 30819 的有关规定。
- 4.6.1.2 机器人电源接口与信号接口应配置防误插设计，其引脚定义应符合 GB/T 5226.1 的有关规定，且连接器防护等级应不低于机器人本体防护等级。
- 4.6.1.3 应提供基于标准协议的机器人控制接口。
- 4.6.1.4 机器人的脚本语言扩展库应覆盖全部控制功能。

4.6.2 状态和指示设计

指令装置的操作状态应始终清晰可辨。在远程控制时，每个装置应清晰标明其控制的机器人部件。远程控制系统的设计与制造应针对并适配特定的机器人部件及其功能。

4.6.3 连接和断开设计

- 4.6.3.1 机器人通信接口应支持以太网、RS-485、CAN 等接口，协议兼容性可通过第三方测试。
- 4.6.3.2 保护性停止触发条件：在发生任何指令装置的连接、断开、重连接和发生连接故障，且继续运行将导致不可接受的风险（依据风险评估确定）时，机器人应启动保护性停止。
- 4.6.3.3 远程控制信号响应：在远程控制模式下，机器人应设计为仅响应来自预定且经过授权的控制单元的信号。

4.6.4 接口使用权限

远程访问时，应采取措施以避免未经授权的控制或参数改变。

4.7 安全设计

- 4.7.1 机器人外壳应具备足够的机械强度和刚度。外壳的防护等级应不低于 GB/T 4208 规定的 IP5X 等级。
- 4.7.2 机器人元器件及外壳的表面温升应控制在干扰其正常运行的范围内。
- 4.7.3 机器人中构成危险因素的电气、液压等部件,其固定防护罩或外壳在正常运行期间应保持闭合。仅在需要时方可打开,且应使用工具进行操作。
- 4.7.4 机器人各关节的机械连接方式应避免引入额外风险,连接机构应采用平滑过渡的设计,确保外观结构无直接突出部分。
- 4.7.5 机器人在人机协作或与周边设备交互时,直接接触区域应消除潜在的危险机械结构。
- 4.7.6 因机器人机械结构设计可能导致发生危险的部位应有明显的安全警示标识,并在使用手册上明确指出。
- 4.7.7 机器人协同操作区域内的裸露带电部件,其工作电压不应超过安全特低电压 (SELV) 限值。
- 4.7.8 机器人电气部件应符合 GB/T 5226.1 的有关规定,金属外壳应可接地,接地端子标识清晰。
- 4.7.9 机器人应具备防静电及防意外触电的安全防护设计。

4.8 电磁兼容性

机器人的电磁兼容性应考虑的内容应符合GB/T 21398的有关规定。

4.9 机械设计

- 4.9.1 关键承载部件(机械臂、底座等)的设计应通过有限元分析进行验证,其额定负载工况下的变形量应 $\leq 0.1\%$,工作应力不应超过材料屈服强度的80%。
- 4.9.2 传动部件(减速器、齿轮、丝杠等)应选用高精度等级产品,并配备有效润滑系统或使用自润滑材料。
- 4.9.3 所有关节部位应安装防尘罩及密封圈,以隔绝异物;暴露的高速运动部件应配备防护栏或张贴清晰的安全警示标识。
- 4.9.4 螺栓、销轴等连接件应满足抗疲劳设计要求;关键部位连接应采用防松装置。
- 4.9.5 结构件应优先选用高强度轻量化材料,并具备足够刚度和耐腐蚀性;接触液体或腐蚀性气体的部件应进行表面防护处理。

4.10 可靠性设计

机器人的设计与制造应确保其在正常工况下的稳定运行,满足平均无故障工作时间(MTBF)和平均修复时间(MTTR)等可靠性指标。同时,在最大负载及最大工作范围条件下,机器人整体结构应保持稳定,不发生失衡。

4.11 排放要求

机器人能量供应涉及排放时,其排放限值应符合GB/T 26572、SJ/T 11364的有关规定。

5 证实方法

5.1 总则

机器人制造商应按照本文件第4章的要求,提供对机器人设计与构造的验证和确认。

5.2 正常工作条件

宜使用红外测温仪、电子温湿度记录仪、温度记录仪、坡度尺等工具进行。

5.3 基本要求

采用目测、手感的方式进行。

5.4 性能

按照GB/T 12642、JB/T 6268的有关规定进行。

5.5 控制功能设计

机器人试运行操作，按照产品说明书中规定的操作方法进行。

5.6 人机交互界面

采用试运行的方法进行。

5.7 接口设计

采用试运行的方法进行。

5.8 安全设计

按照GB/T 4208和GB/T 5226.1的有关规定进行。

5.9 电磁兼容性

按照GB/T 21398的有关规定进行。

5.10 机械设计

采用目测、手感、试运行操作的方式进行。

5.11 可靠性设计

按照GB/T 5080.1的有关规定进行。

5.12 排放要求

按照GB/T 26572和SJ/T 11364的有关规定进行。
