

ICS
CCS

T/HNSBSXH

海南省博士协会团体标准

T/HNSBSXH 06-2025

作物田间表型智能获取机器人数据采集 技术规范

Technical specification for data collection of crop field phenotyping intelligent acquisition robot

2025 年 5 月 16 日发布

2025 年 6 月 16 日实施

海南省博士协会 发布

目 录

目录..... I

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 作物田间表型智能获取机器人技术要求 1

 4.1 系统组成 1

 4.2 机器人外观和结构要求 2

 4.3 数据和接口要求 2

 4.4 电气及其控制与通信系统要求 2

 4.5 感知设备要求 3

 4.6 机器人运动性能要求 3

5 机器人传输协议 3

6 作物表型智能分析系统技术要求 3

 6.1 系统功能 3

 6.2 其他配置要求 4

 6.3 系统性能 4

7 作物表型数据采集相关要求 4

 7.1 采集场地要求 4

 7.2 天气要求 5

 7.3 采集时长 5

 7.4 采集流程 5

参 考 文 献 6

前 言

本文件按照《团体标准结构和编写指南》T/CAS 1.1-2017要求并参照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。

本文件由三亚中国农业科学院国家南繁研究院、中国农业科学院农业信息研究所提出。

本文件由海南省博士协会归口。

本文件起草单位：三亚中国农业科学院国家南繁研究院、中国农业科学院农业信息研究所。

本文件主要起草人：张建华、周国民、闫燊、申家炜、何沛桐、李瑞航、王芝奥、邵旖蕃、王健、赵晓燕、李恒博。

作物田间表型智能获取机器人数据采集技术规范

1 范围

本文规定了作物田间表型智能获取机器人数据采集技术规范的术语和定义、组成与分类、技术要求。本文件适用于大田棉花、玉米、大豆等旱地作物表型数据智能化采集。

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。

JB/T 14401-2022	户内悬挂导轨式巡检机器人系统
GB/T 43440	物联网 智慧农业数据传输技术应用指南
GB/T 32197	机器人控制器开放式通信接口规范
GB/T 18726	现代设计工程集成技术的软件接口规范
GB/T 4208	外壳防护等级（IP代码）
NY/T 4261	农业大数据安全管理指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

作物田间表型智能获取机器人 Intelligent robot for acquiring crop field phenotypes

是指由机器人底盘、拓展支撑结构、电气及其控制与通信系统、感知设备等组成的作物表型智能获取机器人（以下简称“机器人”）。具有自主行走、自动巡航、远程控制、作物表型信息智能获取等功能，可在复杂田间环境中稳定运行，智能获取作物表型数据。

[来源：JB/T 14401-2022，有修改]

3.2

作物表型智能分析系统 Crop phenotyping intelligent analysis system

是指嵌入作物表型智能分析模型的系统，可实现机器人采集的多模态信息智能分析，获取作物表型数据。

3.3

作物表型智能获取机器人数据采集 Crop phenotyping intelligent acquisition robot data collection

通过机器人安装的感知设备自动采集多模态数据，并利用无线网络传输至服务器。

4 作物田间表型智能获取机器人技术要求

4.1 系统组成

系统由机器人底盘与拓展支撑结构、数据和相关接口、电气及其控制与通信系统、感知设备组成。

4.2 机器人外观和结构要求

机器人的外观和结构需符合下列要求：

- a. 机器人结构需遵循设计合理、维修方便且操作简单原则。
- b. 机器人需设计小巧轻便，长度合适且宽度不能过宽，重量不宜过重，同时结合机器人的高度与重量务必慎重考虑机器人的重心，必要时适当增加配重确保机器人工作中运动的平稳性与可靠性。
- c. 机器人机械结构需充分考虑机器人的工作环境与功能需求，结合相关材料的理化特性，选择适当的材料进行合理的加工。
- d. 连接部分需合理选用合适的紧固件，同时确保紧固部分无松动、无打滑，适当使用垫片或弹簧垫片增加接触面积或摩擦力，同时紧固件的活动部分务必保持润滑和冷却状况良好。
- e. 机器人表面不得有裂缝、明显的凹陷和变形，漆面及镀层需均匀，无起泡、划伤、脱落和磨损等缺陷，金属零件不应有锈蚀及其他机械损伤。
- f. 机器人整机外壳及壳外各模块需不低于GB/T 4208中规定的防护等级IP55的要求，机器人在受到频率为10Hz～55Hz、振幅为0.15mm的振动时能正常工作。在表1规定的环境下使用、运输和贮存时保持正常。

表 1 机器人使用环境条件

环境调节	工作条件	贮存条件
环境温度	-20℃～50℃	-30℃～60℃
相对湿度	≤97%RH（无凝露）	
大气压力	86～106kPa	
空气	无粉尘、易燃、易爆和腐蚀性气体等	

4.3 数据和接口要求

数据传输需符合GB/T 43440的规定，数据安全需符合NY/T 4261的规定，机器人采集的图像数据格式可为mp4或mov格式，其他如深度图像数据可打包为bag格式。

通信接口需符合GB/T 32197的规定，且需具备通用性和可扩展性。

4.4 电气及其控制与通信系统要求

电气及其控制与通信系统包含机器人行走运动控制单元（以下简称VCU）、通讯模块、工控机、电源模块、紧固件和其他附件等，要求如下：

- a. VCU作为机器人行走运动方面的“大脑”，需拥有至少100MHz以上的主频，同时支持运动学解析与硬件浮点加速功能。
- b. 通讯模块负责机器人内部各部件之间信息传输的同时，还要负责机器人与控制手柄、控制、信息处理服务器之间的信息交换，因此机器人的通讯模块需兼容如CAN总线协议、IEEE 802.11ac协议、TCP/IP协议等多种通讯协议，同时务必做好多方向的信号增益，做好抗干扰与防雷击措施。
- c. 工控机负责机器人整体控制，主板搭载x86架构或ARM架构的CPU，主频不低于1GHz，安装不少于2GB的RAM内存以及不少于32GB的存储数据硬盘，可搭载Linux系统同时具备USB、以太网口等多种通讯串口。

d. 电源模块需选用容量在15AH以上的蓄电池，种类不受限制，如铅酸、磷酸铁锂、三元锂均可。电能转换模块需选择多片式多层化铝合金外壳与环氧树脂灌封、并使用有机硅胶二次封装补缝，达到GB/T 4208标准中IP67的防尘抗水防护等级的产品，保证机器人各模块供电稳定。

e. 动力电池需具备快拆功能，方便必要时快速拆装、替换备用电池。

f. 机器人需具备四转四驱差速控制，具备原地转圈、阿克曼前进/转弯模式与横移模式，保证机器人具备一定的脱困能力。

4.5 感知设备要求

感知设备主要由可见光摄像机、高光谱相机、深度相机、红外相机及各种传感器构成，要求如下：

a. 感知设备需高度与角度自由可调，同时作业中机器人需可装载多套感知设备同时不间断工作。

b. 可见光相机需选用小于2.5mm焦距的无畸变广角镜头，且分辨率至少1080P，拍摄视频帧率至少30fps，传感器感光面积1/2.7英寸以上，兼容如ONVIF、RTSP、P6S等多种通讯协议。

c. 感知设备需具备兼容多种类型传感器的能力，如兼容可见光相机、高光谱相机、深度相机、温湿度传感器等多种功能类型、各种接口。

d. 各种传感器的最小有效探测距离 $\leq 1\text{mm}$ ，最大有效探测距离 $\geq 650\text{mm}$ ，且需具备一定的可调节能力。

4.6 机器人运动性能要求

机器人支持自主导航自动行走和手动控制（调整）两种模式，并满足手动控制（调整）命令的优先级高于自主导航自动行走模式。机器人运动性能要求为：

a. 具备前进、后退、转弯等基本运动功能，具备紧急停止按钮，按钮位置安装合适。

b. 具备至少 15° 的爬坡能力与至少40mm越障本领。

c. 具备多种运动模式，差速控制模式下具备 360° 原地旋转的功能（即最小转弯半径为0）。

d. 运行速度务必连续可调，以满足不同作业的应用需求。

e. 具备四转四驱方案，可以实现差速控制下阿克曼模式的转弯与原地 360° 转圈，以及横向移动。

f. 具备至少5kg的垂直负载设计冗余。

g. 具备驻车能力，具备急刹车与缓慢制动功能。

h. 运动中机器人的加速度（急刹车除外）不宜过快。

5 机器人传输协议

机器人传输要求如下：

a. 传输过程中各个环节传输速率都需不低于240Mbps，射频功率需在26dBm及以上。

b. 机器人需配备全向天线，无线传输距离要不少于10km。

c. 机器人存储模块需具备以太网接口方便配合TCP/IP协议与无线网桥客户端部分链接。

d. 需做好多方向的信号增益。

e. 无线网桥通过IEEE 802.11ac、802.11n/b/g、TCP/IP协议实现机器人与服务器间的无线连接。

f. 机器人需具备抗干扰与防雷击措施。

6 作物表型智能分析系统技术要求

6.1 系统功能

作物表型智能分析系统应具备如下功能：

- a. 获取服务器上的多模态数据。
- b. 具备数据处理、视频抽帧、作物植株跟踪、作物器官分割、作物表型智能获取等功能模块。
- c. 具备可视化显示功能，即具有随视频中作物植株显示的检测框，同时实时显示作物植株对应的编号与分析出的作物表型信息。
- d. 具备输出作物表型数据Excel表格功能，同时能够与数据文件一同存储到数据库并做到与编号一一对应。

6.2 其他配置要求

- a. 机器人一次性采集的数据量不少于1TB（预留1TB以上的硬盘存储数据）。
- b. 机器人具备适时补光功能。
- c. 作物表型智能分析系统的作物表型参数见表2。

表 2 作物表型智能分析系统的作物表型参数

序号	作物类型	作物表型参数
1	棉花	出芽率、含水率、株高、叶形状、铃形状、铃开畅程度、果枝夹角、果枝类型、茎粗等数据信息。
2	大豆	株高、叶面积、叶片颜色深浅、抗病性、抗虫性、茎粗、豆荚数量、豆粒数等信息。
3	玉米	株高、穗位高、叶片大小、叶片颜色深浅、抗病性、抗虫性、茎粗、叶夹角、早衰情况、气生根角度、气生根层数、气生根数量。

6.3 系统性能

作物表型智能分析系统的性能要求如下：

- a. 作物植株跟踪识别准确率不低于90%。
- b. 作物器官分割准确率不低于85%。
- c. 作物表型获取准确率不低于80%。
- d. 作物表型智能分析模型计算速度不低于FPS1.8。
- e. 单次数据最大处理量不低于1GB。

7 作物表型数据采集相关要求

7.1 采集场地要求

适合于机器人运行的采集场地作物垄间距、植株间距最佳值如表3、表4所示。

表 3 作物的垄间距最佳值（单位：m）

序号	作物	田垄间距
1	棉花	0.60
2	大豆	0.45
3	玉米	0.70

表 4 作物的植株间距最佳值（单位：m）

序号	作物	植株间距
1	棉花	0.25~0.50
2	大豆	0.17~0.30
3	玉米	0.60~0.90

7.2 天气要求

- a. 在雨天机器人停止采集作业。
- b. 在夜晚机器人作业需配备补光系统。

7.3 采集时长

机器人一次性连续作业时长不低于2.5h。

7.4 采集流程

以下是采集作业的操作流程：

- a. 检查作业地方天气与环境。
- b. 检查机器人急停开关，保证急停开关处于未拍下状态。
- c. 检查机器人姿态是否处于初始状态。
- d. 检查使能开关是否正常。
- e. 上电操作，各模块进入自检程序，观察运行是否正常。
- f. 检查网络ip地址。
- g. 按下使能键后根据预设的按键组合控制机器人运动，检查机器人及其各模块的状态是否正常。
- h. 启动相应地图路线下的launch文件控制机器人自动运行。
- i. 传输采集到的多模态数据到服务器，经服务器处理并分析后生成相应的结果，标定编号后保存到数据库，同时生成分析表格，编号并存档。

参 考 文 献

- [1] GB 3100-1993 国际单位制及其应用
 - [2] JB/T 14401-2022 户内悬挂导轨式巡检机器人系统
 - [3] GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
 - [4] GB 2894-2008 安全标志及其使用导则
 - [5] GB/T 4768-2008 防霉包装
 - [6] GB/T 4879-2016 防锈包装
 - [7] GB/T 5048-2017 防潮包装
 - [8] GB/T 32197-2015 机器人控制器开放式通信接口规范
 - [9] GB/T 37283-2019 服务机器人 电磁兼容 通用标准 抗扰度要求和限值
 - [10] 20230715-T-469（征求意见稿）人工智能 算子接口 第1部分：基础数学类
 - [11] GB/T 18726-2011 现代设计工程集成技术的软件接口规范
 - [12] NY/T 4261-2022 农业大数据安全管理指南
 - [13] GB/T 43440-2023 物联网 智慧农业数据传输技术应用指南
-