

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/TXXXXX—XXXX

田间作物表型智能获取机器人数据采集技术规范

Technical Specifications for Data Collection of Crop Phenotyping Intelligent Acquisition Robot

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

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。

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中华人民共和国农业农村部 发布

目 录

前 言	II
引 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 作物表型智能获取机器人技术要求	4
4.1 系统组成	4
4.2 机器人外观和结构要求	4
4.3 数据和接口要求	5
4.4 电气及其控制与通信系统要求	5
4.5 感知设备要求	6
4.6 机器人性能要求	6
5 作物表型智能获取机器人传输协议	6
6 作物表型智能分析系统技术要求	7
6.1 系统功能	7
6.2 其他配置要求	7
6.3 系统性能	8
7 作物表型数据采集相关要求	8
7.1 采集场地要求	8
7.2 天气要求	9
7.3 采集时长与频率	9
7.4 采集流程	9
参 考 文 献	10

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。

本文件由农业农村部市场与信息化司提出。

本文件由农业农村部数据标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

（本文件历次版本发布情况）

引 言

田间作物表型智能获取机器人及数据采集技术能够解决传统农业生产中的关键问题，提高作物表型采集效率和资源利用效率。田间作物表型智能采集机器人及数据采集技术规范的提出，能够标准化促进作物表型智能采集，推动作物育种的自动化和智能化升级。

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。

本文件由农业农村部市场与信息化司提出并组织实施。

本文件由农业农村部数据标准化技术委员会归口。

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

本文件主要起草人：

田间作物表型智能获取机器人数据采集技术规范

1 范围

本文规定了田间作物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的规范。

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 43440-2023 物联网 智慧农业数据传输技术应用指南
GB/T 32197-2015 机器人控制器开放式通信接口规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

作物表型智能获取机器人 Crop phenotype intelligent acquisition robot

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、作物表型智能获取等功能，可在复杂旱地田间环境中稳定运行，智能获取棉花、玉米、大豆等旱地作物表型数据。

3.2

作物表型智能分析系统 Crop Phenotyping System

是指用于田间作物表型数据的智能分析系统，可实现机器人获取的视频图像信息智能分析，从而得到作物表型数据。

3.3

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

运行机器人在田间行走，使用机器人上感知设备自动获取视频图像信息，并利用作物表型分析系统分析出田间作物表型信息。

4 作物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、拓展支撑结构、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. 机器人结构应遵循设计合理、维修方便且操作简单原则；
- b. 机器人应设计小巧轻便，长度合适且宽度不能过宽（宽度不超过0.43m），重量不宜过重（重量不超过50kg），同时结合小车高度与重量应当慎重考虑小车的重心，必要时适当增加配重确保小车工作中运动的平稳性与可靠性；
- c. 机器人机械结构应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. 连接部分应当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应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，漆面及镀层应均匀，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应不低于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，应能正常工作。在表1规定的环境下使用、运输和贮存时应保持正常。

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

数据传输应符合GB/T 43440的规定，数据安全应符合NY/T 4261的规定，软件接口应符合GB/T 18726的规定，通信接口应符合GB/T 32197的规定，且应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VCU控制单元、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控制单元作为整车运动方面的“大脑”，应拥有至少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应当兼容如CAN总线协议、IEEE 802.11ac协议、TCP/IP协议等多种通讯协议，同时应当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，安装至少2GB的RAM内存条与至少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. 电源模块应选用容量在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，但建议尽量选择能量密度高且有较高输出电压的电池种类。电能转换模块应当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，保证整个巡检机器人各模块供电稳定。
- e. 动力电池应具备快拆功能，方便必要时快速拆装、替换备用电池。

f. 根据实际使用要求，机器人应当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. 为适应不同环境、不同作物及其生长周期内巡检需求，感知设备需高度与角度自由可调，同时巡检作业中一台机器人应可装载多套感知设备同时不间断工作；
- b. 可见光相机应该选用小于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. 为适应机器人在不同作物种类、采集不同种类信息的需求，感知设备应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. 各种传感器的有效探测范围最小值不大于1mm，最大不小于650mm，应具备一定的可调节能力。

4.6 机器人性能要求

机器人应支持自主导航自动巡检和手动控制（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巡检模式，以满足必要时候手动干预巡检（测试）的设计需求。

机器人运动性能指标应满足以下要求：

- 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，差速控制模式下应具备360°原地旋转的功能（即最小转弯半径为0）；
- d. 机器人在水平硬质非光滑地面上最大运行速度应不大于4km/h；
- e. 机器人运行速度应连续可调，以满足不同作业的应用需求；
- f. 机器人应具备四转四驱方案，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；
- g. 在完全装配的情况下，机器人仍应具备至少5kg的垂直负载设计冗余；
- h. 机器人应具备一定的驻车能力，具备急刹车与缓慢制动功能；
- i. 运动中机器人的加速度（急刹车除外）不宜过快；
- j. 机器人应具备至少15°的爬坡能力与至少40mm越障本领。

5 作物表型智能获取机器人传输协议

机器人搭载的各种传感器采集到数据后，应通过USB、CAN总线协议、TCP/IP协议或其他方式传输，经编码后存入系统自带的硬盘中，硬盘数据自动覆盖循环存储，同时数据可以通过可移动存储设备（如U盘、移动硬盘等）拷贝出来。

机器人应具备无线传输、可移动存储设备等多种传输方式。

无线传输流程中，机器人存储模块应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，再通过IEEE 802.11ac协议与无线网桥AP基站端实现无线连接，无线网桥AP基站端通过TCP/IP协议或IEEE 802.11ac、802.11n/b/g等多种协议，通过以太网双绞线或WiFi的形式与控制服务器链接，实现数据的远程实时传输，或直接使用CDMA蜂窝移动网络（4G、5G等）替代上述中无线网桥部分实现更大尺度的远程数据传输。无线传输流程应当分为实时传输与非实时传输两种形式，其中实时传输模式下，机器人存储模块实时存储采集到的各种数据，同时通过上述传输通道实时传输录像画面预览图与当前传感

器数据状态到监视主机，供操作人员实时查看画面，同时每间隔5-10分钟自动针对各种数据分别进行一次文件打包整理工作，打包后的数据文件经上述传输协议与流程发送给服务器中，服务器对收到的数据文件进行处理分析后，再将这些文件拼接到一起与输出的文档表格一齐存储到数据库中。

非实时传输模式下，机器人存储模块同样实时存储采集到的各种数据到硬盘中，结束采集后存储模块将采集到数据分别打包到对应的文件中，再经由上述传输协议流程传输到服务器中，服务器重复处理、分析与输出步骤。

可移动存储设备传输流程是在机器人存储模块实时存储采集到的各种数据到硬盘中，结束采集之后，存储模块将采集到数据分别打包到对应的文件中，经操作人员手动通过连接可移动存储设备，操作存储模块进行拷贝。因此系统应额外具备至少两套USB接口用以离线备份数据至U盘，至少兼容USB3.0、雷电3及以上版本传输协议，至少具备USB-A、USB Type-C两种物理接口。

上述传输过程中，无论哪一个环节传输速率都应不低于240Mbps，射频功率应在26sBm及以上，同时客户端（机器人侧）应配备全向天线，AP基站端应搭配固定三角支架使用，网桥传输距离不少于10km，同时应当做好多方向的信号增益，做好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. 自动接收机器人获取到的视频图像及其他信息；
- b. 存储接收到的信息；
- c. 具备视频抽帧、作物植株跟踪、图像分割、作物表型评估等功能模块；
- d. 检测中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，同时应当实时显示作物植株对应的编号与检测出的信息；
- e. 能够输出作物表型数据Excel表格，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。

其中上述过程中，作物表型评估详细的过程是在机器人采集到的数据传输至服务器端后进行进一步识别，使用深度学习的方法，对每一株单独的作物进行检测和测量，并进行跟踪、定位到每个植株。同时应当对整个模型进行轻量化优化，比如使用mobileNet网络替换了原有模型的特征提取模块，并且增加了注意力机制使其能够适应大田复杂环境。

作物表型智能分析系统支持主流的浏览器访问，同时对外提供接口，可用于与其他第三方应用调用。主要业务功能要求具备如下：

- a. 视频上传：提供用户上传视频的功能。
- b. 表型分析：对作物表型数据进行分析的模块。
- c. 文件导出：允许用户将数据和分析结果导出为文件。
- d. 系统日志：记录系统操作和事件的日志功能。可用于定位系统异常。

数据存储包含多种类型，有文本数据、文件数据、缓存等多种形式，存储了作物表型、系统监控、审计等信息。在部署上建议使用Docker部署，不同组件实现环境分离，保证系统稳定运行。

6.2 其他配置要求

a. 作物表型智能获取机器人采集到的数据包括图像或视频等信息，一次性最多能够采集的数据量应不少于1TB（预留1TB以上的硬盘存储数据）；

b. 机器人应该根据实际环境与检测需求，搭载合适的传感器，具备适时补光功能，通过相应的机械、电气和软硬件接口搭载相应的检测模块，并通过相应的通信接口与后台监控系统进行指令和数据交互，实现监测数据的采集、处理和分析与评估功能，并根据最终的检测结果输出相应的Excel表格；

- c. 机器人搭载的感知设备应当符合相关标准；
- d. 机器人常用的感知功能见表2，其他应用场景可以参照执行。

表2 机器人感知设备功能

序号	场景	功能
1	大田棉花	棉花植株的出芽率、株高、叶面积、叶片状况、茎粗等数据信息。
2	大田大豆	大豆植株的出芽率、株高、茎粗、豆荚数量与长度等信息。
3	大田玉米	玉米植株的出芽率、株高、茎粗、叶面积、叶片状况等数据。

6.3 系统性能

作物表型智能分析系统的性能要求如下：

- a. 跟踪识别准确率MOTA应在80%以上；
- b. 分割mAP@0.5维持在87%以上；
- c. 测量估计误差率应保持低于10%；
- d. 模型对视频图像处理的计算速度不低于FPS1.8；
- e. 单次数据最大处理量不低于1GB；
- f. UI界面能够实时显示所测表型数据如植株高度、茎粗、叶面积等信息。

7 作物表型数据采集相关要求

7.1 采集场地要求

为保证机器人顺利进行作业，对场地作如下要求：

- a. 机器人可在旱地作业，不可用于水田作业；
- b. 作业前不宜浇过多水（以机器人轮子不被陷入土中为准）；
- c. 若场地是土地，则应尽量保证土地的平整，对凸凹不平的土地削高填低，地块起伏度不超过0.2m；
- d. 待检作物的垄距应结合机器人宽度与作物生理特性，保证机器人在作业过程中不会发生压苗等事故，每垄种两列作物，机器人可在田垄之间行走作业，距离以作物植株成熟后主干与机器人间隔0.4m为宜，不同作物的垄间距建议最佳值如表3所示；

表3 不同作物的垄间距建议最佳值（单位：m）

序号	作物	田垄间距
1	棉花	0.6
2	大豆	0.45
3	玉米	0.7
4	叶菜	0.45

- e. 不同作物的植株间距建议最佳值如表4所示。

表4 不同作物的植株间距建议最佳值（单位：m）

序号	作物	植株间距
1	棉花	0.25-0.5

序号	作物	植株间距
2	大豆	0.17-0.3
3	玉米	0.6-0.9
4	叶菜	0.04-0.15

7.2 天气要求

- 检测场地光照不宜过强，不推荐在晴朗的中午采集数据，以免造成图像数据过曝或系统过热；
- 雨天应停止采集作业；
- 如果有需要，夜晚采集作业应配合补光系统使用。

7.3 采集时长与频率

机器人在充满电的情况下，一次性进行数据采集连续作业时长不低于2.5h。
根据不同作物生育期表型特点，确定机器人数据采集频率。

7.4 采集流程

以下是采集作业的操作流程：

- 打开控制电脑、服务器，连接无线网桥AP基站端的电源，检查信号是否正常，检查作业环境、天气等条件是否符合设计要求；
- 检查机器人急停开关与传感器分开关，保证急停开关处于未拍下状态，传感器分开关处于断开状态；
- 检查控制电脑/遥控器各开关/拨杆是否处于初始状态，若不是需调至初始状态；
- 打开控制电脑/遥控器，打开机器人电源启动机器人，机器人进入自检，检查电量；
- 闭合传感器分开关；
- 修改控制电脑的网络ip地址为符合连接设定需求，此时控制电脑/上位机/遥控器控制电脑/上位机/遥控器应与机器人自动连接；
- 按下使能键后根据预设的按键（组合）控制机器人运动；
- 启动相应地图路线下的launch文件控制机器人自动运行；
- 设备同步采集图像、视频等数据存储到机器人搭载的硬盘中；
- 按照第5章中所述方法流程选择合适的途径传输数据到服务器中，服务器处理并分析相关数据后生成相应的文件标定编号后保存到数据库，同时生成可视化界面与分析表格，并将表格编号后存档，分析表格样式如表5所示（以棉花为例）：

表5 表型分析系统数据输出文件示例（单位：mm）

id	height	height2	diameter1	diameter2	area
棉花编号	株高（单位：mm）	第一个分叉高度 （单位：mm）	从下到上第一茎粗 （单位：mm）	从下到上第二茎 粗	叶面积指数
1（示例）	685	27	3.6	3.5	0.3

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
-