

ICS
CCS

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

农业机械无人驾驶协同系统接口设计与数据交换 规范

Interface Design and Data Exchange Specification for Unmanned Driving
Collaborative System of Agricultural Machinery

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会

发布

目 次

目 次..... II

前 言..... III

1 范围..... 4

2 规范性引用文件..... 4

3 术语和定义、缩略语..... 4

 3.1 术语和定义..... 4

 3.2 缩略语..... 5

4 系统接口框架..... 5

 4.1 软件通讯接口介绍 6

 4.2 硬件接口介绍 6

5 软件通讯接口要求..... 7

 5.1 数据传输方式 7

 5.2 数据类型 8

 5.3 业务接口消息格式要求 8

6 硬件接口要求..... 12

 6.1 接入传感器接口要求 12

 6.2 农机底盘的通信协议 13

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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械工业协会提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：深圳市现代农业装备研究院、广东省现代农业装备研究所、广州市健坤网络科技有限公司、华南农业大学、奥比中光科技集团股份有限公司、深圳本华科技有限公司、仲恺农业工程学院、山东省农业机械科学研究院。

本文件主要起草人：李翠霞、孟祥宝、钟林忆、郑立旺、谭俭辉、陈贝章、李传祥、张泽孜、潘明、杨飞宏、温翔宇、李明军、冯骁、许星、高欣、姚华平、孙永佳。

本文件为首次发布。

农业机械 无人驾驶协同系统接口设计与数据交换规范

1 范围

本文件规定了“数-云-端”协同模式下农业机械无人驾驶系统各模块或子系统之间、外接传感器及设备的传输协议、硬件接口、数据传输与交换规范，为多模块协同无人驾驶系统的接口设计和数据交换提供一种标准化设计方案。

本文件适用于农业机械无人驾驶协同系统接口设计与交换技术规范的设计、研制、生产和应用。

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/T 39267-2020	北斗卫星导航术语
GB/T 6107-2000	使用串行二进制数据交换的数据终端设备和数据电路终接设备之间的接口
GB/T 11014-1989	平衡电压数字接口电路的电气特性
GB 15629.1101-2006	信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分：无线局域网媒体访问控制和物理层规范：5.8GHz 频段高速物理层扩展规范
GB/T 40429-2021	汽车驾驶自动化分级
ISO 11898-1:2015	道路车辆-控制器局域网（CAN）-第1部分：数据链路层和物理信令
NY/T 4062-2021	农业物联网硬件接口要求
NY/T 4374-2023	农业机械远程服务与管理平台技术要求

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 39267 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

串行异步通信 Serial Asynchronous Communication

指通信双方以一个字符（包括特定附加位）作为数据传输单位且发送方传送字符的间隔时间不一定，具有不规则数据段传送特性的串行数据传输。

3.1.2

点云数据 Point Cloud Data

激光雷达扫描采集到的三维坐标系统中点数据包的集合，每一个点数据包为一组向量，包含三维坐标和反射强度信息。

3.1.3

消息标识 Message Identification

消息通讯中的标识符，用作检验通信双方是否是对应的一方。

3.1.4

云平台 Cloud Platform

云平台是一种基于云计算技术构建的软件和服务平台，它提供了一种可靠、灵活、可扩展的方式来构建、部署和管理应用程序和服务。

3.1.5

位姿数据 Pose Data

指物体和机器人的姿态或姿势在三维空间中的位置和方向数据。

3.1.6

13 位数时间戳 13 Digit TimeStamp

1970 年 1 月 1 日零时开始所经过的毫秒数。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

RTK：实时动态测量（Real time kinematic）

USB：通用串行总线（Universal Serial Bus）

IMU：惯性传感器（Inertial Measurement Unit）

HDMI：高清多媒体接口（High Definition Multimedia Interface）

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

CAN：控制器局域网总线（Controller Area Network）

JSON：JS 对象简谱（JavaScript Object Notation）

MJPEG：是一种视频编码格式（Motion Joint Photographic Experts Group）

4 系统接口框架

本标准提出的农业机械无人驾驶协同系统由“数据、模型、算法”（下称“数”）、“云链接、云交互、云服务”（下称“云”）、“硬件终端、软件终端”（下称“端”）构成，其中端包括智能硬件终端（如监测传感器、农机作业终端等）和应用软件终端。整个系统的接口框架如图 1 所示。



图 1 系统接口框架

4.1 软件通讯接口介绍

软件通讯接口指“数-云-端”三者之间进行数据交互，完成功能定义的软件通讯接口：云平台通过功能下发接口，向农机智能驾驶终端下发功能指令，包括设置和查看农机配置，进行作业任务下发，控制农机运行和固件升级。农机智能驾驶终端可通过农机状态上报接口，向云平台上报农机位置信息和状态信息，并进行故障提示。农业机械无人驾驶协同系统属于 GB/T 40429-2021 中的 2 级自动化标准，通过通讯接口持续地执行保持对农机的控制并可以及时退出自动化操作。

4.2 硬件接口介绍

硬件接口包含了农机智能驾驶终端接入的传感器进行数据交换的物理接口和“数-云-端”三者之间的进行数据交换的物理接口。

云-数-端三者之间的物理接口如图 1 所示，云和数之间采用以太网进行数据交换，云和端采用 Wi-Fi、LoRa、4G 及 5G 等有线或者无线通信协议进行数据交换。

农机智能驾驶终端接口设计如图 2 所示，包含了 USB 接口，视频接口，网络端口，CAN 总线和支持 RS-232 和 RS-485 标准的串行通讯接口。

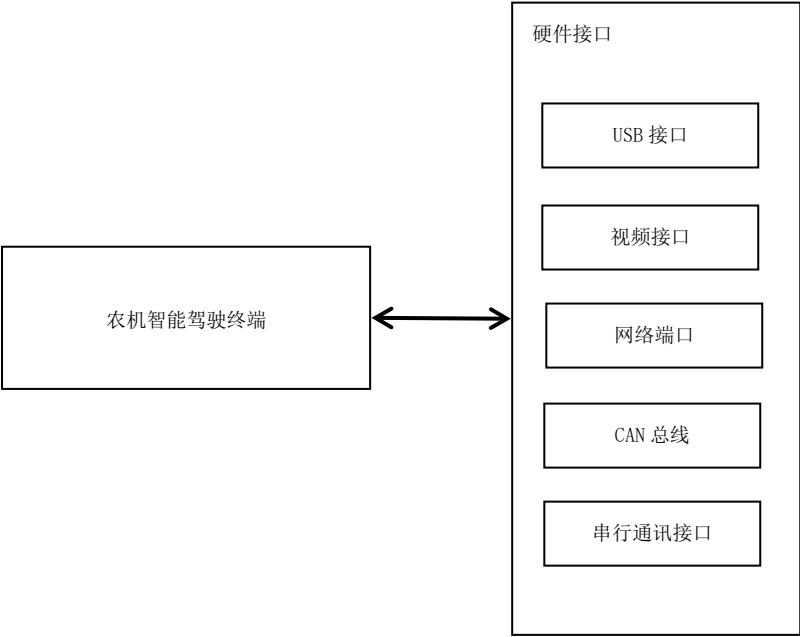


图 2 硬件接口设计图

5 软件通讯接口要求

5.1 数据传输方式

通讯接口采用 TCP/IP 网络通信协议进行传输。其交互的消息报文由五个单元数据（消息报头，消息时间，消息类型，消息标识，消息数据体）组成，具体的结构如图 3 所示。消息符合 NY/T 4374-2023 中第 4 章的一般性规范，保证农机作业远程监测数据安全。

消息报头	消息时间	消息类型	消息标识	消息数据体
------	------	------	------	-------

图 3 消息报文结构图

消息报头：每个消息都会带有具体的消息报头与接受的设备端进行匹配，确保消息收发正确。消息报头是长度为 17 个字节的字符串，生成方式为终端设备编码-出厂年份和硬件版本-出场月份和出厂批次-出厂顺序号。

示例：PYC-22A-0601-0001

消息时间：消息发送的真实时间，可用作时间校准。采用 13 位数时间戳。

示例：1704872471456

消息类型：按照消息内容规定了以下几种消息类型，占用 1 个字节，具体如表 1 所示。

表 1 消息类型表

消息类型名称	说明
0x1A	登陆
0x2A	心跳包

0x3A	获取设备状态
0x4A	设置设备状态
0x5A	获取设备日志
0x6A	设备状态上报
0xA1	获取配置
0xA2	设置配置
0xA3	紧急制停
0xA4	取消紧急制停
0xA5	升级设备程序
0xA6	复位/恢复出厂设置
0xA7	设备事件消息(具体事件依设备而定)
0xA8	调用设备功能(具体功能依设备而定)

消息标识：用作检验数据收发的标识符，保证消息通信的唯一性，是长度为 10 个字节的自定义字符串数据。

示例：20240110AA

消息数据体：消息数据体是云平台功能下发接口、作业状态及农机状态上报接口、地图数据接口和传感器数据接口所传输的具体数据信息，包括功能指令参数，状态信息，地图数据和传感器数据。根据具体的消息内容占用字节。

5.2 数据类型

消息数据体中所使用的数据类型符合 64 位操作系统要求，所占字节数见下表 2。

表 2 数据类型表

名称	描述
字节 (byte)	有符号单字节整型 (1 个字节, 8 位)
整数 (int)	有符号多字节整型 (4 个字节, 32 位)
短整数 (short)	有符号多字节整型 (2 个字节, 16 位)
长整数 (long)	有符号多字节整型 (8 个字节, 64 位)
浮点型 (float)	有符号 4 字节浮点型
浮点型 (double)	有符号 8 字节浮点型
字符串 (string)	字符串数据类型, 可包含单一字节或字符串的变数型态
数组 (array)	JSON 数组结构

5.3 业务接口消息格式要求

5.3.1 云平台功能下发接口

- a) 配置农机智能驾驶终端的工作参数和传感器的工作参数，消息类型为“0xA2”，消息数据体如表 3。

表 3 系统配置参数表

参数名称	数据类型	描述
------	------	----

农机轴距	float	农机底盘轴承之间的距离
农机轮距	float	农机两轮之间的距离
RTK 偏移角度	float	RTK 天线方向与车体的正前方向的距离

b) 启动，暂停和取消自动作业任务时，消息类型为“0xA8”，消息数据体的参数如表 4。

表 4 作业任务下发参数表

参数名称	数据类型	描述
任务号	string	当前任务对应的任务编号
任务路径	array(double)	执行任务的路径信息
任务执行速度	float	农机自动作业的行驶速度

c) 接受控制命令操作农机，包括传感器控制，车速控制，车轮转向控制，消息类型为“0xA8”，消息数据体的参数如表 5。

表 5 农机控制参数表

参数名称	数据类型	描述
速度	float	车的行驶速度
方向	float	车的行驶方向
传感器状态	byte	控制传感器的运动状态

d) 固件升级，消息类型为“0xA5”，消息数据体的参数如表 6。

表 6 固件升级参数表

参数名称	数据类型	描述
版本号	string	新固件的版本号
下载地址	string	固件下载地址
大小	float	固件大小
文件名	string	固件的文件名
验证码	string	固件包的验证码

e) 获取农机配置，消息类型为“0xA1”，消息数据体的参数如表 7。

表 7 农机终端配置参数表

参数名称	数据类型	描述
配置名	string	获取对应配置的配置名

f) 农机紧急制停，消息类型为“0xA3”，消息数据体的参数如表 8。

表 8 农机紧急制停参数表

参数名称	数据类型	描述
任务名	string	紧急制停对应的作业任务号

g) 农机取消紧急制停，消息类型为“0xA4”，消息数据体的参数如表 9。

表 9 农机取消紧急制停参数表

参数名称	数据类型	描述
任务名	string	紧急制停对应的作业任务号

h) 农机恢复出厂设置，消息类型为“0xA6”，消息数据体的参数如表 10。

表 10 恢复出厂参数表

参数名称	数据类型	描述
版本号	string	恢复出厂对应的版本号

i) 云平台主动获取传感器或外接硬件的状态信息，消息类型为“0x3A”，消息数据体的参数如表 11。

表 11 获取设备状态参数表

参数名称	数据类型	描述
状态名	string	获取对应状态的状态名

j) 云平台设置传感器或外接硬件的状态信息，消息类型为“0x4A”，消息数据体的参数如表 12。

表 12 设置设备状态参数表

参数名称	数据类型	描述
状态名	string	需要修改的状态名
状态值	short	修改对应的状态值

5.3.2 农机状态上报接口

获取农机智能驾驶终端运行状态参数和定位信息，定位信息采用 WGS-84 大地坐标系，消息类型为“0x6A”，消息数据体的参数如表 13。

表 13 系统状态参数表

参数名称	数据类型	描述
经度	double	农机的定位信息,基于 RTK 传感器获取的卫星导航数据
纬度	double	农机的定位信息,基于 RTK 传感器获取的卫星导航数据

车速	float	农机的行驶速度
RTK 状态	byte	RTK 定位状态
电量	float	农机的电池电量
任务状态	byte	是否进行自动作业任务
方向	float	农机行驶是的方位角
海拔	float	农机的海拔高度
版本号	string	系统版本信息

a) 当农机发生故障的时候，提示农机故障情况，消息类型为“0xA7”，消息数据体的参数如表 14。

表 14 故障提示参数表

参数名称	数据类型	描述
故障码	byte	故障所对应的错误码
故障原因	string	故障发生原因
时间戳	long	故障发生时间，为 13 位数的时间戳

b) 农机日志上报，消息类型为“0x5A”，消息数据体的参数如表 15。

表 15 日志上报参数表

参数名称	数据类型	描述
日志状态码	byte	0=无错误或日志信息，1=有错误或日志信息
日志内容	string	产生的日志消息内容
时间戳	long	故障发生时间，为 13 位数的时间戳

c) 农机设备登陆，消息类型为“0x1A”，消息数据体为空。

5.3.3 传感器数据接口

a) 上报给数据处理与分析的雷达数据，消息类型为“0xA7”，消息数据体的参数如表 16。

表 16 雷达点云数据参数表

参数名称	数据类型	描述
点云数据	string	雷达的单帧数据
点云生成时间	long	雷达单帧点云数据的记录时间，为 13 位数的时间戳

b) 上报给数据处理与分析的图像数据，消息类型为“0xA7”，消息数据体的参数如表 17。

表 17 图像数据参数表

参数名称	数据类型	描述
图像名	string	图像文件名称
图像编码	string	图像数据的 base64 编码
图像生成时间	long	图像的拍摄时间，为 13 位数的时间戳

5.3.4 地图数据接口

上报给云平台的地图数据，支持 mbtiles 格式的地图文件。消息数据体的参数如表 18。

表 18 图像数据参数表

参数名称	数据类型	描述
地图文件名	string	以 mbtile 为后缀的地图文件名
地图下载地址	string	地图文件存放的服务器位置，提供下载地址
地图生成时间	long	地图构建完成的时间，为 13 位数的时间戳

5.3.5 回复报文

a) 所有接口消息都需要对应的消息回复，消息类型与回复类型一致。消息数据体的参数如表 19。

表 19 消息回复参数表

参数名称	数据类型	描述
故障码	byte	0 为正常回复，不为 0 时为错误回复
故障理由	string	正常时为空，非正常时为故障理由

b) 回复心跳包。消息类型为“0x2A”，消息数据体为空。

6 硬件接口要求

6.1 接入传感器接口要求

硬件接口是农机智能驾驶终端接入传感器进行数据交互的接口，需符合 NY/T 4062-2021 第 7 章中的物理接口要求，为方便外部设备的接入，应具备以下数据接口：

a) USB 接口要求

摄像头采用 USB 接口，图像数据协议为“MJPG”。USB 接口采用 USB 3.0 协议规范，使用差分传输模式。USB3.0 采用的是四线制，分别为 Vbus 电源线，GND 地线和两根差分数据线 D+和 D-。USB 主机端硬件控制器类型采用 XHCI。

b) 网络端口要求

激光雷达接口采用网络端口的接入，并基于 UDP 网络通信协议发送雷达数据，雷达数据形式应为 XYZIRT

格式。网络端口采用 T568B 标准的 RJ45 水晶头。

c) 视频接口要求

显示器通过视频接口接入农机智能驾驶终端。视频接口采用 HDMI 接口，HDMI 采用 Type A 类型口，高度 19pin，宽度为 13.9 毫米、厚度为 4.45 毫米，符合 HDMI2.1 协议标准。

d) CAN 总线接口要求

农机底盘接口采用 CAN 总线系统。遵循 ISO 11898-1 的通信速度为 5kbps - 1Mbps 的 CAN 高速通信标准。规范中同时定义了数据链路层和高速物理层。

e) 串行通讯接口要求

其他外部传感器采用 RS-232 标准接口，输出电信号特性应符合 GB/T 6107—2000 第 2 章的规定，串行数据传输标准应符合 GB/T 11014—1989 中第 4 章的规定。数据以串行异步通信方式传送，第一位为起始位，其后是数据位，传输速率应在 4800-115200bps 之间。

f) Wi-Fi 接口要求

Wi-Fi 采用 2.4GHz 或者 5GHz 频段进行传输，通信协议应支持 802.11a、802.11b、802.11e 及以上标准。Wi-Fi 传输速率应符合 GB 15629.1101-2006 中第 6 章的要求，数据传输速率和接受数据速率对于 6Mbit/s, 12Mbit/s 和 24Mbit/s 是必备的。

g) LoRa 数据接口要求

可采用的 LoRa 频率范围：26.975MHz、26.995MHz、27.025MHz、27.045MHz、27.075MHz、27.095MHz、27.125MHz、27.145MHz、27.175MHz、27.195MHz、27.225MHz 和 27.255MHz。发射的功率应不高于 750mW，占用宽带不高于 8kHz，频率容限为 100×10^{-6} 。

6.2 农机底盘的通信协议

农机底盘的通信数据由协议头、数据包类型、数据域长度、数据域内容、CRC16 检验位和协议尾组成，通信数据结构见表 20。

表 20 农机底盘通信结构表

序号	1	2	3	4	5
内容	协议头	数据包类型	数据域长度	数据域内容	协议尾
字节数	1	1	2	N	2

- a) 协议头占用 1 个字节，采用固定格式“0x5A”表示。
- b) 数据包类型分为 4 种，采用固定格式“0xA1”，“0xA2”，“0xA3”和“0xA4”表示，其中“0xA1”代表底盘控制，“0xA2”表示遥控器数据，“0xA3”表示超声波探测数据，“0xA4”表示农机底盘数据。
- c) 数据域长度是无符号短整型，占用 2 个字节。
- d) 数据域内容是具体的内容，根据内容类型的不同具有不同的长度，其字节长度取决于内容本身，具体情况如表 21，表 22，表 23 和表 24。
- e) 协议尾占用 2 个字节，采用固定格式“0xA5 0x5B”表示。

表 21 农机控制参数表

定义	数据类型	描述
运动模式	byte	0: 手动模式 1: 自动驾驶模式
速度	float	农机运动速度, 单位 m/s
左转角度	float	左转偏移角度, 单位° /s
右转角度	float	右转偏移角度, 单位° /s

表 22 遥控器数据

定义	数据类型	描述
遥控模式	byte	0: 手动模式 1: 自动驾驶模式
示教开关	byte	0: 关闭 1: 启动
执行任务开关	byte	0: 关闭 1: 启动

表 23 超声波探测数据

定义	数据类型	描述
超声波探头 1 数据	byte	0: 手动模式 1: 自动驾驶模式
超声波探头 2 数据	float	2 号探头的探测距离, 单位: mm
超声波探头 3 数据	float	3 号探头的探测距离, 单位: mm
超声波探头 4 数据	float	4 号探头的探测距离, 单位: mm

表 24 农机底盘数据

定义	数据类型	描述
运动模式	byte	0：手动模式 1：自动驾驶模式
线速度	float	农机运动速度, 单位 m/s
角度	float	农机运动偏移角度, 单位为°
x 方向速度	float	农机 x 轴方向的运动速度, 单位 m/s
y 方向速度	float	农机 y 轴方向的运动速度, 单位 m/s
角速度	float	农机运动角速度, 单位° /s
左轮速度	float	农机左轮速度, 单位 m/s
右轮速度	float	农机右轮速度, 单位 m/s
电池电压	float	农机的电压值 单位 v
状态	byte	农机状态故障码
驱动器故障	byte	驱动器故障码
编码器故障	byte	编码器故障码
跟随开关状态	byte	跟随功能的开关状态 0：关闭 1：启动