

# 团 体 标 准

T/CAAMM 349—2024

## 农业机械无人驾驶系统接口与数据交换 规范

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

(报批稿)

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 .....	I
前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义、缩略语 .....	3
3.1 术语和定义 .....	3
3.2 缩略语 .....	5
4 系统接口框架 .....	5
4.1 软件通讯接口概要 .....	6
4.2 硬件通讯接口概要 .....	6
5 软件通讯接口说明 .....	7
5.1 通用要求 .....	7
5.2 通讯报文结构 .....	7
5.3 报文功能说明 .....	9
6 硬件通讯接口说明 .....	13
6.1 物理接口要求 .....	13
6.2 农机底盘接入要求 .....	14
6.3 作业部件接入要求 .....	14
6.4 农机装备通信协议 .....	14

## 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。本文件的发布机构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、郑立旺、谭俭辉、钟林忆、陈贝章、潘明、熊征、温翔宇、杨飞宏、高翔、孙永佳、姚华平、冯骁、许星、高欣、邓慧财、李媛媛、鱼金革。

本文件为首次发布。

# 农业机械无人驾驶系统接口与数据交换规范

## 1 范围

本文件规定了农业机械无人驾驶系统各子系统或模块之间，以及外接传感器及设备的软件通讯接口、硬件通讯接口、数据传输与交换规范等。

本文件适用于自走式动力农业机械无人驾驶系统接口与数据交换技术的设计、开发和应用。

## 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。

GB/T 33745 物联网 术语  
GB/T 43443 物联网 智慧农业信息系统接口要求  
GB/T 6107 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 平衡电压数字接口电路的电气特性  
GB 15629.1101 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 41588.1 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  
GB/T 35381.1 农林拖拉机和机械 串行控制和通信数据网络 第 1 部分：数据通信通用标准  
GB/T 35381.2 农林拖拉机和机械 串行控制和通信数据网络 第 2 部分：物理层  
GB/T 35381.11 农林拖拉机和机械 串行控制和通信数据网络 第 11 部分：数据元字典  
NY/T 4062 农业物联网硬件接口要求  
NY/T 4374 农业机械远程服务与管理平台技术要求  
T/ITS 0218 道路交叉路口交通信息边缘采集终端通信技术规范  
T/ITS 0136.1 车路协同云控基础平台第 1 部分：通用要求

## 3 术语和定义、缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**无人驾驶控制器 unmanned driving controller**

指搭载在农机上接入并控制各类传感器、农机底盘和作业部件，连接“数”模块和云平台，进行环境及位置信息采集、装备工况及作业执行状态反馈，运行无人驾驶算法操控农机执行作业任务的软硬件

一体控制部件。

### 3.1.2

#### **路径规划 path plan**

本文指按照一定的评价标准，寻找一条从起始地到目标地的最优或次优路径。

### 3.1.3

#### **数据挖掘 data mining**

从大量的数据中通过算法搜索隐藏于其中信息的过程。

注：一般通过统计、在线分析处理、情报检索、机器学习、专家系统（依靠过去的经验法则）和模式识别等方法来实现。

[来源：GB/T 33745]

### 3.1.4

#### **通信协议 communication protocol**

规范两个实体之间进行标准通信的应用层的规约。

[来源：T/ITS 0136.1]

### 3.1.5

#### **通信接口 communication interface**

计算机系统不同功能单元之间完成数据传输和交换所共享的边界，由各种特征（如功能、物理互联、信号交换等）来定义。

[来源：T/ITS 0218]

### 3.1.6

#### **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。

### 3.1.7

#### **时间戳 time stamp**

格林威治时间 1970 年 01 月 01 日 00 时 00 分 00 秒（北京时间 1970 年 01 月 01 日 08 时 00 分 00 秒）起至现在的总秒数。

### 3.1.8

### 报文 message

网络中交换与传输的数据单元，即站点一次性要发送的数据块。

### 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）

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）

## 4 系统接口框架

本标准提出的农业机械无人驾驶系统由“存储，建模，建图”模块（下称“数”）、“部署，服务，交互”平台（下称“云”）、“感知，执行，反馈”终端（下称“端”）三大部分构成，数-云-端之间互联协作，实现环境感知、高精建图、精准定位、作业管理、智能路径规划、农机运动控制、状态监控等农业机械无人驾驶基本功能。

“数”模块接收“端”采集的环境、位置、故障信息进行数据存储、处理分析与挖掘，构建高精地图，生成无人驾驶算法模型。

“云”平台提供中台服务，进行资源综合化管理，部署“数”构建好的无人驾驶大模型，根据“端”上传的场景化特征生成无人驾驶算法决策，以应用实例的形式调度“端”实现农机无人驾驶和自主作业。

“端”指农机装备及搭载其上的无人驾驶控制器与传感器设备，进行作业环境、农机位置、装备工况、作业状态的感知与采集，并将信息传递给“数”和“云”，同时接受“云”的应用实例调度和作业任务下发，进行无人驾驶算法决策的本地化运行，控制农机实现无人驾驶自主作业。

系统内部各模块之间接口框架如图 1 所示。

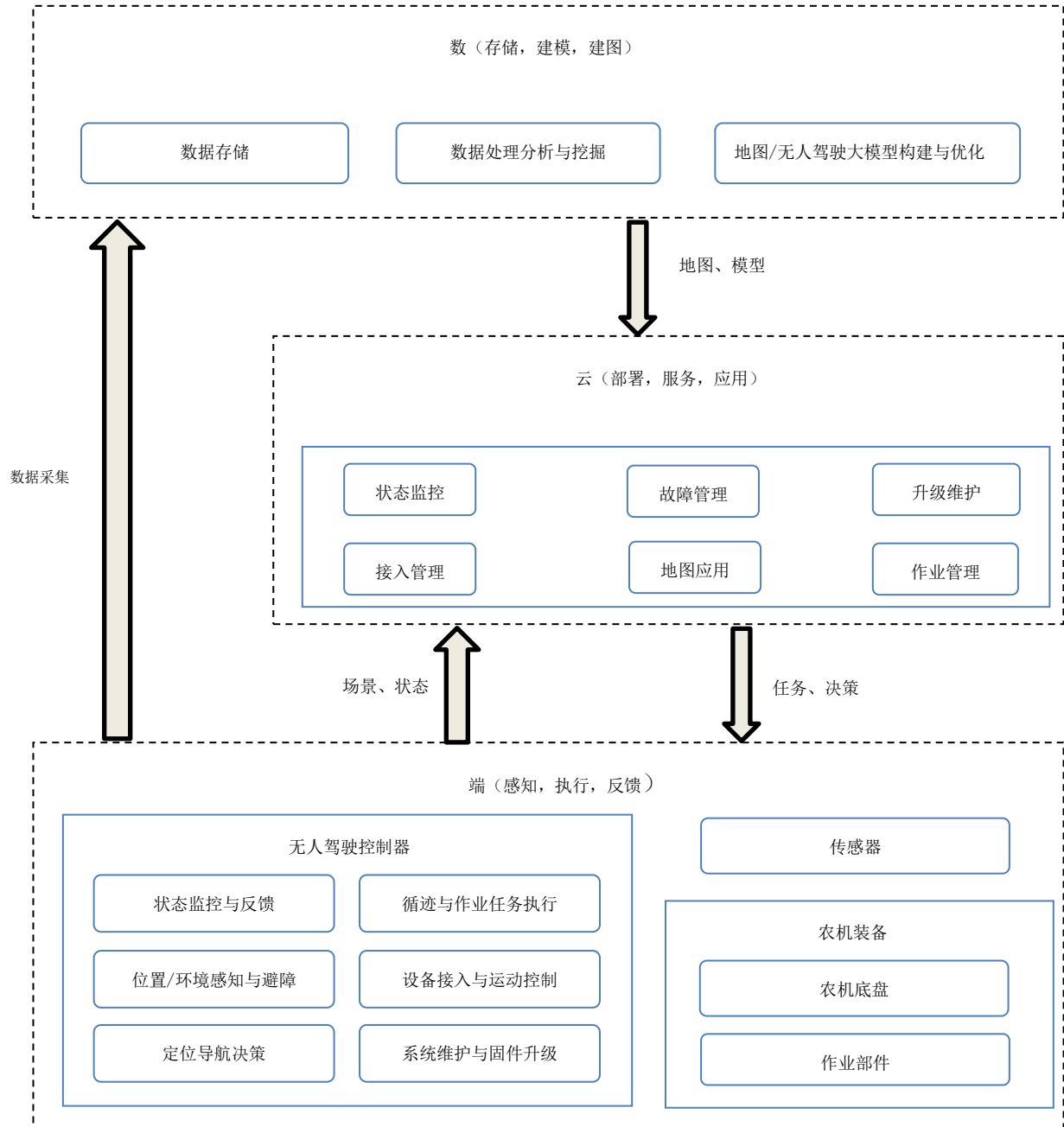


图1 “数-云-端”无人驾驶系统接口框架图

4.1 软件通讯接口概要

软件通讯接口指“数-云-端”三者之间进行数据交换的软件通信协议，包括但不限于地图/模型下发、作业任务管理、定位导航决策下发、设备接入、农机运动控制、升级维护、故障监控、农机装备状态监控、位置上报和环境信息上报等通讯接口。

4.2 硬件通讯接口概要

包括“数-云-端”三者之间的物理通讯接口，以及无人驾驶控制器和传感器、农机装备之间的物理



通讯接口。

a) “云”和“数”之间支持以太网通信或本地连接，“数”和“端”、“云”与“端”之间支持4G或5G通信模式；

b) 无人驾驶控制器和传感器、农机底盘、作业部件之间采取有线通讯方式，包含USB接口、视频接口、网络端口、CAN总线，以及支持RS-232和RS-485标准的串行通讯接口等，物理接口如图2所示。

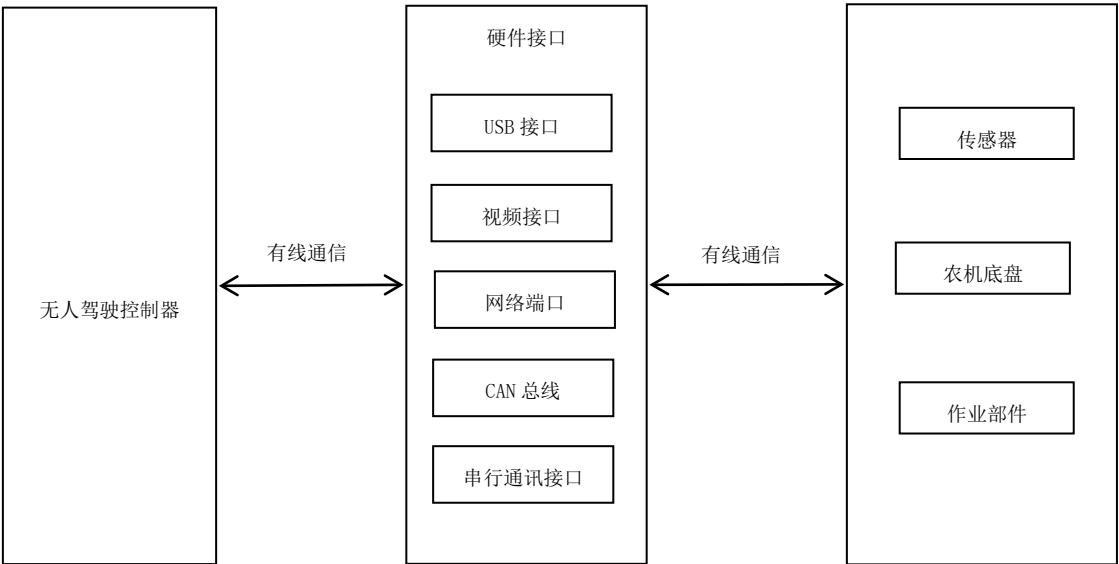


图2 “端”的硬件接口设计图

5 软件通讯接口说明

5.1 通用要求

软件通讯接口设计应符合 GB/T 43443-2023 第 6 章的相关规定：

- a) 统一采用 UTF-8 编码格式；
- b) 报文采用 JSON 格式进行组织和描述；
- c) 接口的数据基础类型符合如下要求：
  - 1) 字符类型应包含中英文文字、字母、数字、特殊符号等；
  - 2) 数值类型应包含整型、浮点型等；
  - 3) 布尔类型应以是/否、true/false 的形式表达。
- d) 支持跨操作系统、跨编程语言调用。

“数”和“云”的接入数据要求应符合 NY/T 4374-2023 第 6.1 章的相关规定，传输层使用 TCP/IP 通信协议。

5.2 通讯报文结构

通讯报文由报头、传输方向标识、设备标识号、时间戳、流水号、报文类型、数据体长度、数据体、

校验位构成，具体结构如图 3 所示。

报头	传输方向标识符	设备标识号	时间戳	流水号	报文类型	数据体长度	数据体	校验位
----	---------	-------	-----	-----	------	-------	-----	-----

图 3 通讯报文结构图

a) 报头

报头为不会和数据体内容重复的自定义固定数据，用于快速判断接收报文的合法性。

b) 传输方向标识符

用以区分报文的发送方和接收方。

示例：0 为“端”到“数”，1 为“端”到“云”，“2”为“云”到“端”，“3”为“数”到“云”。

c) 设备标识号

用于鉴别发送方为“端”时的设备身份，要能区分农机装备类型和无人驾驶控制器版本号。

示例：设备标识号为农机类型-农机出厂顺序号-无人驾驶控制器版本号，如 PYC-20240001-V1.0。

d) 时间戳

发送报文的真实时间。

示例：1719301420 代表时间 2024-6-25 15:43:40。

e) 流水号

报文流水号具有唯一性，每次发送流水号自增。接收方响应流水号与发送流水号一致，如果流水号重复进行丢包处理，防止重复接收。

f) 报文类型

报文类型和软件通信接口功能对应，表 1 为基本报文类型。

表 1 报文类型表

报文类型	说明
0x01	地图/模型下发
0x02	作业任务下发
0x03	作业任务控制
0x04	农机运动控制
0x05	定位导航决策
0x06	升级维护
0x07	设备接入
0x08	故障上报
0x09	农机工况上报
0x10	农机装备状态上报
0x11	作业执行状态上报
0x12	位置信息上报
0x13	环境感知信息上报

g) 数据体长度

记录数据体长度。

h) 数据体

数据体是报文通讯实际数据内容。

i) 校验位

CRC16 校验。

5.3 报文功能说明

本部分是报文数据体说明，报文数据体是软件通讯接口功能的体现。

5.3.1 地图/模型下发

“数”向“云”下发构建好的地图文件或算法模型文件。

表 2 地图/模型下发

数据项	数据类型	描述
文件类型	byte	文件类型,能够区分地图或不同算法模型
文件名	string	文件名称
文件地址	string	文件存放的服务器位置,提供下载地址
文件版本	string	文件的版本号

5.3.2 作业任务下发

“云”以无人驾驶应用实例的形式创建作业任务并下发给“端”。

表 3 作业任务下发

数据项	数据类型	描述
任务号	string	当前任务编号
任务路径	array	规划好的作业路径点集合
任务路径点的控制类型	byte	执行作业任务的农机类型,能够区分阿克曼、差速等不同电控底盘和油控底盘方向盘
任务路径点的控制角度	float	作业任务对农机运动控制要求,根据农机类型赋予不同含义,示例: 为阿克曼底盘时,是前轮转角角度; 为差速底盘时,是角速度; 为油控农机方向盘时,是方向盘旋转角度。单位: rad 或 rad/s
任务路径点的经度	double	路径信息里的经度信息
任务路径点的纬度	double	路径信息里的纬度信息
任务路径点的速度	float	农机自动作业的行驶速度,单位: m/s

5.3.3 作业任务控制

“云”向“端”下发作业任务控制指令。

表 4 作业任务控制

数据项	数据类型	描述
任务号	string	任务编号
任务状态	byte	任务控制指令：能够区分任务启动、任务暂停、任务取消等不同控制指令

5.3.4 农机运动控制

“云”向“端”下发的农机运动控制指令，远程操作农机运动。

表 5 农机运动控制

数据项	数据类型	描述
控制类型	byte	控制的农机类型，能够区分能够区分阿克曼、差速等不同电控底盘和油控底盘方向盘
控制角度	float	根据农机类型赋予不同运动控制含义： 为阿克曼底盘时，是前轮转角角度； 为差速底盘时，是角速度； 为方向盘时，是方向盘旋转角度。 单位：rad 或 rad/s
控制速度	float	根据不同的农机类型，此值为真实速度值或档位值

5.3.5 定位导航决策

“云”向“端”下发定位导航决策结果，使农机切换适合场景的定位导航模式。

表 6 定位导航决策

数据项	数据类型	描述
定位模式	byte	定位导航模式，能够区分 rtk 定位、激光雷达定位、视觉定位等不同定位技术

5.3.6 升级维护

“云”向“端”发送固件升级指令。

表 7 固件升级

数据项	数据类型	描述
固件名	string	新固件的文件名
固件地址	string	新固件的下载地址
固件版本	string	新固件的版本号

5.3.7 设备接入

“端”向“云”发送登录接入请求。

表 8 设备接入

数据项	数据类型	描述
农机类型	byte	登录的农机类型
验证码	string	登录验证码，用作校验是否可登录

5.3.8 故障上报

当农机装备或搭载设备发生故障，向“云”上报故障信息。

表 9 故障上报

数据项	数据类型	描述
故障类型	byte	故障来源，能区分故障发生的装备，如作业部件、农机底盘、不同传感器等
故障编号	byte	故障所对应的错误码
故障原因	string	故障发生原因
故障时间	long	故障发生时间戳

5.3.9 农机工况上报

“端”向“云”上报农机基础状态。

表 10 农机工况上报

数据项	数据类型	描述
农机状态	byte	农机运行状态，能够区分车辆运动、停止、熄火等状态
农机电压	float	农机电压，单位：V
农机速度	float	行驶速度，单位：m/s
工作时长	float	持续工作时间，单位：h
行驶距离	float	行车距离，单位：km

5.3.10 农机装备状态上报

“端”向“数”和“云”上报接入的传感器、底盘、作业部件等设备的工作状态。

表 11 农机装备状态监控

数据项	数据类型	描述
农机装备类型	byte	状态来源，能区分农机装备或搭载设备，如作业部件、农机底盘、不同传感器等
农机装备状态	byte	作业状态，能区分正常、异常工作状态

5.3.11 作业执行状态上报

“端”向“云”上报作业执行状态。

表 12 作业执行状态上报

数据项	数据类型	描述
任务号	string	任务编号
任务时长	long	作业时长
任务进度	short	作业当前执行进度
作业速度	float	执行速度
作业里程	float	农机执行当前任务时行驶的里程，单位：km

5.3.12 位置信息上报

“端”向“云”上报农机当前位置。

表 13 位置信息上报（RTK）

数据项	数据类型	描述
定位状态	byte	区分定位模式，0 为 rtk，1 为激光雷达，2 位视觉定位
经度	double	农机的定位信息，经度
纬度	double	农机的定位信息，纬度
卫星定位状态	byte	RTK 的卫星状态
方位角	float	农机行驶的方位角
海拔	float	农机的海拔高度
卫星数量	int	RTK 的卫星数量

表 14 位置信息上报（激光/视觉定位）

数据项	数据类型	描述
定位状态	byte	区分定位模式，0 为 rtk，1 为激光雷达, 2 位视觉定位
x 轴位置	float	x 方向的偏移量，单位 m
y 轴位置	float	y 方向的偏移量，单位 m
z 轴位置	float	z 方向的偏移量，单位 m
航向角	float	绕 x 轴的旋转角度，单位 rad
俯仰角	float	绕 y 轴的旋转角度，单位 rad
横滚角	float	绕 z 轴的旋转角度，单位 rad
匹配度	float	SLAM 计算匹配度，范围 0-100

5.3.13 环境感知信息上报

“端”向“数”上报采集的环境信息。

表 15 环境感知信息上报

数据项	数据类型	描述
传感器类型	byte	传感器类型，能区分激光、摄像头等不同环境传感器类型
数据类型	byte	传输数据类型，示例：0 为点云数据，1 为图像数据
传感器数据	array	传感器采集数据序列
采集时间	long	数据采集起始时间戳

6 硬件通讯接口说明

6.1 物理接口要求

硬件接口是无人驾驶控制器和传感器、农机底盘、作业部件进行数据交互的物理接口，应符合 NY/T 4062 的相关规定，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。USB 接口采用 USB 3.0 或 2.0 协议规范，使用差分传输模式。

b) 网络端口要求

激光雷达接口采用网络端口进行接入，并基于 UDP 网络通信协议发送雷达数据，网络端口符合百兆工业以太网标准。

c) 视频接口要求

显示器通过视频接口接入无人驾驶控制器。视频接口采用 HDMI 接口，符合 HDMI2.1 协议标准。

d) CAN 总线接口要求

农机底盘控制接口和挂载作业部件接口采用 CAN 总线通讯，应符合 GB/T 41588.1 的相关规定，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 的相关规定，串行数据传输标准应符合 GB/T 11014 的相关规定。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 的相关规定，数据传输速率范围在 6~54Mbit/s。

g) LoRa 数据接口要求

LoRa 通讯频率范围 470~510Mhz，发射功率不高于 50mW(e.r.p)，占用带宽不高于 200kHz，频率容限： $100 \times 10^{-6}$ 。

6.2 农机底盘接入要求

- a) 电动底盘数据通信要求应符合 GB/T 35381.1 的相关规定；
- b) 电动底盘须预留串行总线控制接口用于与无人驾驶控制器通信，具有 CAN 口和 RS485 接口；
- c) 其中 CAN 接口应符合 GB/T 41588.1 的相关规定，双绞线通讯，传输速率：5Kbit/s~1Mbit/s；
- d) 其中 RS485 接口应符合 EIA-485 的相关规定，双绞线通讯，传输速率：4800Mbps~115200Mbps；
- e) 可通过串行通信接口发送速度、转向角度等控制信号，并接收实时速度、转向角度等信息。

6.3 作业部件接入要求

- a) 作业部件通讯接口应符合 GB/T 35381.2 对机具总线快速连接器的相关规定；
- b) 机具总线接口包含 CAN 通讯接口及作业终端控制偏置电路供电接口；
- c) 作业部件与无人驾驶系统控制器的通讯协议应符合 GB/T 35381.11 的相关规定；
- d) 可通过总线接口或者数字输入输出接口，控制作业部件启停和输出调节量，并在线反馈作业部件的运行状态。

6.4 农机装备通信协议

无人驾驶控制器以有线通信方式和农机底盘、作业部件进行数据交换，通讯报文由报头、时间戳、报文类型、数据体长度、数据体、校验位组成，具体结构见图 4。

报头	时间戳	报文类型	数据体长度	数据体	校验位
----	-----	------	-------	-----	-----

图 4 农机装备报文结构图

a) 报头

报头为不会和数据体内容重复的自定义固定数据，用于快速判断接收报文的合法性。



b) 时间戳

发送报文的真实时间。

c) 报文类型

报文类型和无人驾驶控制器与农机装备通讯功能相对应，表 15 为农机装备报文类型表。

表 16 农机装备报文类型表

报文类型	说明
0xA1	农机底盘控制指令下发
0xA2	农机底盘数据上传
0xA3	作业任务控制指令下发
0xA4	作业部件数据上传

d) 数据体长度

记录数据体长度。

e) 数据体

数据体是报文通讯实际数据内容。

f) 校验位

2 字节的 CRC16 校验。

6.4.1 农机底盘控制

无人驾驶控制器向农机底盘下发运动控制指令。

表 17 农机底盘控制

数据项	数据类型	描述
运动模式	byte	农机类型，要能够区分出阿克曼、差速等不同电控底盘和油控底盘方向盘
速度	float	农机运动速度, 单位 m/s
角度	float	根据农机类型赋予不同含义，示例： 为阿克曼底盘时，是前轮转角角度； 为差速底盘时，是角速度； 为油控农机方向盘时，是方向盘旋转角度。

6.4.2 农机底盘数据上报

农机底盘向无人驾驶控制器上报运动状态信息。

表 18 农机底盘数据上报示例(阿克曼底盘)

数据项	数据类型	描述
运动模式	byte	底盘运动模式，要能够区分出遥控模式和自动驾驶模式
线速度	float	农机运动速度，单位：m/s
角度	float	农机前轮转角角度，单位：rad
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

表 19 农机底盘数据上报示例(差速底盘)

数据项	数据类型	描述
运动模式	byte	底盘运动模式，要能够区分出遥控模式和自动驾驶模式
线速度	float	农机运动的线速度，单位：m/s
角速度	float	农机运动的角速度，单位：rad/s
左轮速度	float	农机的左轮速度，单位：m/s
右轮速度	float	农机的右轮速度，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

表 20 农机底盘数据上报示例(油控底盘)

数据项	数据类型	描述
运动模式	byte	油控底盘运动模式，要能够区分出手动模式和自动驾驶模式
线速度	float	农机运动速度，单位：m/s
角度	float	方向盘旋转角度，单位：rad
油量	float	范围 0-100%
状态	byte	农机状态故障码

6.4.3 作业部件控制

无人驾驶控制器向作业部件下发控制指令。

表 21 作业部件控制示例（喷药部件）

数据项	数据类型	描述
作业开关	byte	作业部件启停
作业功率	float	根据作业部件类型确定是否为有效值，无效时为 0。作业部件的控制功率，单位：W
作业部件序号	short	对应作业部件的序号（如喷头 1，喷头 2 等）

表 22 作业部件控制示例（旋耕部件）

数据项	数据类型	描述
作业开关	byte	作业部件启停
作业功率	float	作业部件的控制功率，单位：W
作业部件序号	short	对应作业部件的序号
作业高度	float	作业部件的控制高度，单位：cm

表 23 作业部件控制示例（插秧部件）

数据项	数据类型	描述
作业开关	byte	作业部件启停
作业深度	float	插秧的深度，单位：cm
作业量	short	插秧的取秧量，单位：行数
作业幅度	float	插秧的株距，单位：cm

6.4.4 作业部件数据上报

作业部件向无人驾驶控制器上报作业状态信息。

表 24 作业部件数据上报（示例：喷药部件）

数据项	数据类型	描述
工作状态	byte	非作业、作业状态
作业功率	float	根据作业部件类型确定是否为有效值，无效时为 0。作业部件的控制功率，单位：W
作业部件序号	short	对应作业部件的序号（如喷头 1，喷头 2 等）
运行状态	byte	0：不可用 1：可用

表 25 作业部件数据上报（示例：旋耕部件）

数据项	数据类型	描述
工作状态	byte	非作业、作业状态
作业高度	float	作业部件的控制高度，单位：cm。
作业功率	float	作业部件的控制功率，单位：W
作业部件序号	short	对应作业部件的序号
运行状态	byte	0：不可用 1：可用

表 26 作业部件数据上报（示例：插秧部件）

数据项	数据类型	描述
作业开关	byte	作业部件启停
作业深度	float	插秧的深度，单位：cm
作业量	short	插秧的取秧量，单位：行数
作业幅度	float	插秧的株距，单位：cm
运行状态	byte	0：不可用 1：可用