

ICS  
CCS

# 团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

## 农业机器人 协同作业专用通信技术规范

Technical specification for special communication of agricultural robot  
cooperative operation

(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  
中国农业机械学会 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》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和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：河南科技大学、龙门实验室、第一拖拉机股份有限公司、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、河南农业大学、河南省农业科学院农业经济与信息研究中心、洛阳智能农业装备研究院有限公司。

本文件主要起草人：马湲、崔宏伟、赵凯旋、王琳、赵博、李倩文、姬江涛、金鑫、李保忠、陈永、李国强、李连豪、周利明、张开、王珂鑫、丁雨龙。

本文件为首次发布。



# 农业机器人 协同作业专用通信技术规范

## 1 范围

本标准主要规定了农业机器人协同作业专用通信技术的术语和定义、范围、一般要求、终端要求、传输要求、通信检测技术与评价标准等内容。

本标准适用于农业机器人协同作业通信。

## 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 36239-2018 特种机器人 术语

GB/T 38618-2020 信息技术 系统间远程通信和信息交换高可靠低时延的无线网络通信协议规范

GB 40050-2021 网络关键设备安全通用要求

GB/T 25069-2022 信息安全技术 术语

GB/T 15972.41-2021 光纤试验方法规范 第 41 部分：传输特性的测量方法和试验程序 带宽

GB/T 28181-2022 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 39720-2020 信息安全技术 移动智能终端安全技术要求及测试评价方法

JT/T 1458-2023 营运车辆车路/车车通信（V2X）终端性能要求和检测方法

## 3 术语和定义

GB/T 36239-2018 与 GB/T 25069-2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**农业机器人** agricultural robot

专门用于农田作业的自主或半自主机器人，用于种植、喷洒、收割等农业任务。

### 3.2

**农业机器人群体** agricultural robot colony

由农业机器人组成的用于大范围农田作业的机器人群体。

### 3.3

**协同作业** cooperative operation

指多个农业机器人在一起合作，共同完成农田作业任务的过程。

### 3.4

**通信协议** communication protocol

农业机器人之间进行数据交换和通信所遵循的规则和标准。

### 3.5

**智能传感器** smart sensor

能够感知环境信息并将其转化为数字信号，用于监测土壤、气象等条件。

### 3.6

**中央控制系统** central control system

一个用于监控、管理、和控制多个农业机器人的集中式系统。

### 3.7

**终端定位精度** terminal positioning accuracy

指定位技术测量所得位置与真实位置之间的准确程度，通常通过测量误差、精度半径、可靠性等参数来衡量，其精度高低对于导航、地图应用及移动设备定位的准确性至关重要。

### 3.8

**带宽** bandwidth

带宽数值上等于光纤的基带传递函数的幅值下降到一个特定值时对应的最小调制频率，这个特定值通常为零频率对应幅值的一半，在此用来衡量农业机器人通信的传输能力。

[来源：GB/T 15972.41-2021, 3.1, 有修改]

### 3.9

**时延** delay

指数据从发送端农业机器人传输到接收端农业机器人所需的时间。

[来源：JT/T 1458-2023, 3.7, 有修改]

### 3.10

**信噪比** signal to noise ratio

信号功率与噪声功率之比，衡量信号与噪声之间相对强度的指标，体现农业机器人通信的抗干扰能力。

### 3.11

**丢包率** packet loss rate

在农业机器人协同作业通信过程中丢失的数据包数量占总发送的数据包数量的百分比。

## 4 一般要求

**4.1** 农业机器人协同作业通信技术应保证农业机器人之间可以实时共享信息和指令，实现协调和协同作业。

**4.2** 农业机器人协同作业通信技术应保证农业机器人可以实时传输高清图像、视频流、传感器数据等信息。

**4.3** 农业机器人协同作业通信技术应保证农业机器人在户外环境下工作面临天气等不稳定因素时具备稳定的连接和可靠的数据传输。

**4.4** 农业机器人协同作业通信技术应支持农业机器人群体间的协调和任务分配，保证农业机器人在团队协同作业时可以按照预定计划执行任务。

**4.5** 农业机器人协同作业通信技术应具备可扩展性，支持农业机器人添加更多的智能传感器或农业机器人群体。

**4.6** 农业机器人协同作业通信技术应保证农业机器人数据传输和存储的隐私和安全，其安全要求应符合 GB 40050-2021 的规定。

**4.7** 农业机器人协同作业通信技术应设计合适的网络拓扑与架构，用以支持多个农业机器人之间的通信，其中需要用到点对点通信、集中式控制、分布式网络等架构。

**4.8** 农业机器人协同作业通信技术应支持远程控制和监控功能，工作人员可以远程监控和干预农业机器人的工作。

## 5 终端要求

### 5.1 终端构成要求

**5.1.1** 终端应具备无线电通信模块，接收和发送信号，农业机器人中可以搭载一个或多个无线电通信子系统。

**5.1.2** 终端应具备定位模块，包含全球导航卫星系统接收器，可以获取农业机器人的位置、速度、时间等信息。

**5.1.3** 终端应具备信号处理单元，可以处理需要发送的信号及接收到的信号。

**5.1.4** 终端应具备天线，可以实现射频信号的接收和发送。

## **5.2 终端定位性能要求**

**5.2.1** 农业机器人终端在开阔环境下，水平定位精度应不大于 2 m，高程定位精度应不大于 10 m。

**5.2.2** 农业机器人终端定位所需时间应小于 3 s。

## **5.3 终端通信性能要求**

**5.3.1** 终端应具备足够的数据传输能力，保证农业机器人可以传输传感器数据、图像、视频流和控制指令等。

**5.3.2** 终端应具备足够的数据处理能力，能够解析和处理从其他农业机器人发送的通信数据，以及从各种传感器获取的数据。

**5.3.3** 终端应具备安全性，保证农业机器人通信过程中数据的隐私和完整性，防止未经授权的访问或干扰。

**5.3.4** 终端应支持通用的通信协议和标准，保证农业机器人与其他农业机器人、智能传感器或中央控制系统的互操作性。

**5.3.5** 终端应具备实时性，保证农业机器人能够实时通信和协同作业。

## **6 传输要求**

### **6.1 网络传输协议要求**

农业机器人协同作业通信技术网络传输协议的选择应符合 GB/T 28181-2022 的相关要求。

### **6.2 媒体传输协议要求**

视频流、音频流在基于 IP 的网络上传输时应支持 RTP/RTCP 协议，其传输协议应符合 GB/T 38618-2020 的规定。

### **6.3 传输时延**

当农业机器人信息经由 IP 网络传输时，信息延迟时间（包括发送端信息采集、编码、网络传输、接收端信息解码、显示等过程所经历的时间）应满足下列要求：

- a) 农业机器人群体间的传输延迟时间应小于 2 s；
- b) 农业机器人与中央控制系统的传输延迟时间小于 2 s。

### **6.4 网络传输带宽**

农业机器人网络带宽设计应满足不同农业任务所需传输的不同类型的数据，如高清图像、视频流、传感器数据等，并留有余量。

### **6.5 网络传输质量**

农业机器人 IP 网络的传输质量（如传输时延、包丢失率、包误差率、虚假包率等）应符合如下要求：

- a) 网络时延上限值为 500 ms；
- b) 时延抖动上限值为 100 ms；
- c) 包丢失率上限值为 0.1%；
- d) 包误差率上限值为 0.01%。

## 6.6 传输的安全性

传输安全应符合下列要求：

- a) 农业机器人协同作业通信技术的安全应符合 GB/T 22239-2019 安全等级保护规定的要求；
- b) 农业机器人之间进行可信鉴别验证，建立安全通道，安全防护保障各方身份合法性和真实性；
- c) 农业机器人协同作业通信技术的数据加密应符合 GB/T 28181-2022 的相关要求；
- d) 农业机器人协同作业通信技术的数据传输安全应符合 GB/T 39720-2020 的相关要求。

## 7 通信检测技术

### 7.1 检测条件

农业机器人协同作业通信技术各指标的检测条件应符合以下要求：

- a) 应在真实或模拟的农田环境下进行，确保评估的结果能够反应实际作业情况；
- b) 应在不同的天气情况下进行；
- c) 应在测试中引入不同类型的干扰源；
- d) 应模拟多对多通信的情景；
- e) 应覆盖不同的工作负载和协同作业场景；
- f) 应涵盖不同的通信距离和位置。

### 7.2 通信性能检测

农业机器人协同作业通信技术应使农业机器人可以满足条款 4 中的要求，通信传输指标应符合条款 8.1 中相关要求，各通信指标的检测方法如下：

#### 7.2.1 带宽检测

农业机器人协同作业通信技术的带宽可以通过下载和上传大量数据来测量，带宽检测按公式(1)计算：

$$B = \frac{q}{t} \# (1)$$

式中：

B----带宽，单位为比特每秒（bps）；  
q----数据传输量，单位为比特（bit）；  
t----传输时间，单位为秒（s）。

#### 7.2.2 时延检测

农业机器人协同作业通信技术时延的测量可以通过在数据包中添加时间戳，发送端农业机器人和接收端农业机器人分别记录时间戳，从而计算出数据的传输延迟时间。时延检测按公式（2）计算：

$$\Delta t = t_1 - t_2 \# (2)$$

式中：

$\Delta t$ ----单向时延，单位为秒（s）；  
 $t_1$ ----接收时间戳，单位为秒（s）；  
 $t_2$ ----发送时间戳，单位为秒（s）。

#### 7.2.3 抗干扰性检测

通过计算信号的信噪比，来评估信号的清晰度和可靠性，较高的信噪比表示较低的干扰。信噪比检测按公式（3）计算：



$$SNR = \frac{P_1}{P_2} \times 100\% \text{ (3)}$$

式中：  
 $SNR$ ----信噪比，%；  
 $P_1$ ----信号功率，单位为瓦特（w）；  
 $P_2$ ----噪声功率，单位为瓦特（w）。

### 7.2.4 丢包率检测

农业机器人协同作业通信技术的丢包率可以通过 Ping 测试，通过发送数据包到目标农业机器人，然后接收回复，可以计算出丢包率。丢包率按公式（4）计算：

$$D = \frac{n_1}{n} \times 100\% \text{ (4)}$$

式中：  
 $D$ ----丢包率，%；  
 $n_1$ ----丢失的数据包数量，单位为个；  
 $n$ ----总发送的数据包数量，单位为个。

### 7.2.5 通信建立时间检测

在检测农业机器人协同作业通信的通信建立时间时，使用网络分析工具，捕获发送端农业机器人的通信请求数据包和接收端农业机器人的响应数据包，通过分析数据包的时间戳，以计算农业机器人的通信建立时间。

### 7.3 通信范围检测

农业机器人协同作业通信技术的通信范围应在实际使用场景中进行测试，在不同距离下进行数据传输测试，可以发送不同大小的数据包，记录传输成功率、丢包率等指标来评估数据传输的稳定性和可靠性，从而预估通信范围。当数据传输丢包率等指标满足条款 8.1 中相关规定时，则处在农业机器人协同作业通信的范围内。

### 7.4 通信安全性检测

农业机器人协同作业通信技术的安全性检测方法如下：

- a) 检测通信过程是否进行了可信鉴别认证，在通信过程中第三方应无法向农业机器人发送消息或接收农业机器人的消息。
- b) 检查数据通信过程是否采用完整性保护，将被测农业机器人连接测试平台，模拟传输信息数据通信中断等过程。农业机器人应采用完整性校验机制，信息无法被篡改或经过篡改的信息无法传输。

## 8 评价标准

### 8.1 通信性能

农业机器人协同作业通信技术的通信性能指标应符合表1的规定。

表1 通信性能指标

序号	评价内容	评价标准	检测方法对应的条款号
1	带宽	≥ 5Mbps	7.2.1
2	信息传输延迟时间	≤ 2s	7.2.2

3	信噪比	$\geq 20\text{dB}$	7.2.3
4	丢包率	$\leq 0.1\%$	7.2.4
5	通信连接建立时间	$\leq 10\text{s}$	7.2.5

8.2 覆盖范围

农业机器人协同作业通信范围需要覆盖整个农田作业区域，应大于一个大型农场的范围，达到100平方千米以上，保证农业机器人在执行农业任务时时刻处在通信范围内。

8.3 安全性

农业机器人协同作业通信技术的安全性评价标准应符合本标准条款6.6的要求。

8.4 互操作性

8.4.1 农业机器人通信技术的通信协议应相互兼容，保证不同农业机器人之间能够正确解释和解析通信的数据格式。

8.4.2 农业机器人通信技术的数据数据格式应保持一致，保证数据能够被正确的接收和处理。

8.4.3 农业机器人通信技术的接口应相互兼容，保证不同农业机器人之间能够正确的连接和交换信息。

8.5 农业机器人协同作业通信技术判定标准

按检测项目对农业机器人协同作业通信的影响程度，划分为A类和B类，检验项目分类见表2。对所有检测项目指标进行检测，若A类全部合格，B类至多1项不合格，则判定农业机器人协同作业通信技术满足要求。出现其余情况判定为不满足要求。

表2 检测项目分类表

分类		项目名称	对应条款
类别	序号		
A	1	带宽	8.1
	2	信息传输延迟时间	8.1
	3	丢包率	8.1
	4	网络时延	8.1
	5	通信连接建立时间	8.1
	6	安全性	8.3
B	7	覆盖范围	8.2
	8	互操作性	8.4