

# 团体标准

T/CAAMM 351—2024

## 联合收割机 产量光电传感监测系统

Combine harvester—Yield photoelectric sensing detection system

(报批公示稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会 发布



## 前 言

本文件是按照 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：潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司、山东省农业机械科学研究院、北京市农林科学院智能装备技术研究中心、南京农业机械化研究所。

本文件主要起草人：郑月男、窦刚、吴涛、刘峥、王远、朱永丰、张明辉、魏文胜、丁建宏、王公仆、张鹏、杨光玉、张文贤、张继伟。

本文件为首次发布。

# 联合收割机 产量光电传感监测系统

## 1 范围

本文件规定了联合收割机产量光电传感监测系统的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于联合收割机 产量光电传感监测系统（以下简称“产量监测系统”）。

## 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 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 5262 农业机械试验条件 测定方法的一般规定

GB/T 8097 收获机械 联合收割机 试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 18655 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 21398 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则

GB/T 35381-7 农林拖拉机和机械 串行控制和通信数据网络 第7部分：机具消息应用层

JB/T 6287 谷物联合收割机 可靠性评定试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**产量光电监测系统** yield photoelectric sensing detection system

能自动完成收获作业过程中作物产量监测、显示等功能的系统。具备作物种类设置功能，可进行自主标定，以适应不同作物的检测。一般由产量监测传感器、水分检测传感器、作业行进速度传感器、计算处理单元、显示终端、数据通讯模块等组成。

### 3.2

**产量监测传感器** yield detection sensor

安装在籽粒升运器侧壁上检测作物体积的光电传感装置。

### 3.3

**水分检测传感器** moisture detection sensor

检测籽粒水分的感应装置。该装置能实时检测作物的水分。

### 3.4

### 计算处理单元 counting & processing unit

承载产量监测系统软件的核心硬件单元。该装置通过产量监测传感器感知的产量数据、车辆行进速度、预设的作业幅宽、作物种类以及水分检测传感器检测到的作物含水率，计算作物产量并实时传输到显示器显示，同时结合当前位置信息，综合信息通过数据通讯模块发送到信息平台。

### 3.5

#### 割台高度传感器 header height sensor

实时获取割台离地高度的感应装置。

### 3.6

#### 显示终端 display terminal

实时显示基于单位作业面积产量的检测信息，以数字等直观方式实时显示收获产量变化。该装置应具有一定的人机交互功能，可对系统检测的粮食容重等参数进行设置/调整，可对产量监测系统进行空载占空比标定。

### 3.7

#### 数据通讯模块 telematic box

远距离通讯和信息处理单元，具有联合收割机运行数据采集、远程查询和控制等功能，可将实时产量数据上传至远程运维平台、生成历史记录。

### 3.8

#### 产量图 weight map

单位面积内的产量和作业位置数据结合，通过数据通讯模块发送到信息平台。信息平台根据产量信息和位置信息生成产量图，对不同产量进行不同颜色的标注，形成关于产量的地理信息图。

## 4 技术要求

### 4.1 一般要求

#### 4.1.1 产品文件

产量监测系统应符合本文件的要求，并按规定程序批准的图样和技术文件制造。

#### 4.1.2 作物容重参数配置

收获作业时，产量监测系统通过设置不同的作物容重配置以匹配不同作物收获的产量监测需求，不同作物的容重可根据实际作物进行设置。

#### 4.1.3 常态工作环境条件

在下述大气环境条件下，产品应保证能正常工作：

- a) 温度：0℃～40℃；
- b) 相对湿度：25%～75%；
- c) 气压：86 kPa～106 kPa。

#### 4.1.4 安装位置及安装方法

光电传感器安装在籽粒升运器侧壁上，采用对射型检测方式。

#### 4.1.5 产量计算原理

产量监测光电传感器装配在升运器侧壁两端，装配示意图如图 1 所示。产量检测装配图如图 1 所示。根据产量监测识别搭建作物识别模型，如图 2 所示，在该模型中  $d$ 、 $e$  所在的几何形状为升运器链条所占的体积，占空比测量传感器安装在  $b$  边的中点处。构建的数学模型（简化后）见公式 1：

$$\text{Volum} = (a \times b - d \times e) \times l \times PWM - \frac{1}{2} \times b \times d \times e \times \tan(20^\circ + \beta) + \frac{1}{2} \times a \times (d \times e - a \times b) \times$$

$\tan |\gamma| \dots \dots \dots (1)$

式中：

- 三个重要参数： $PWM$  - 占空比； $\beta$  - 前后倾角； $\gamma$  - 左右倾角；
- 模型中，收获机下坡时， $\beta$ 角为正；
- 公式中  $20^\circ$  为车辆水平状态下，刮板的倾斜角度，根据车辆不同可调整。

备注： $PWM$  占空比的计算，是通过控制器接收光电传感器的信号实现的。在光电传感器检测到有物体时输出高电平信号，在没有物体时输出低电平，控制器分别计算每次接收到的高电平输出时间  $t_1$  和低电平信号的输出时间  $t_2$ ，计算出  $PWM = t_1 / (t_1 + t_2)$ 。

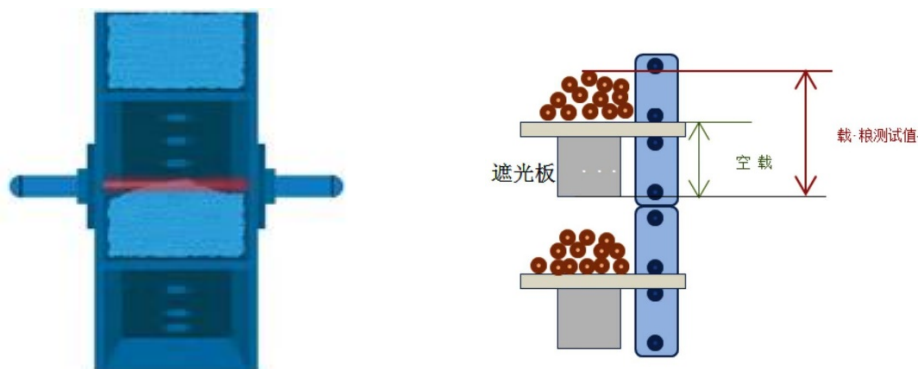


图 1 产量监测装配示意图

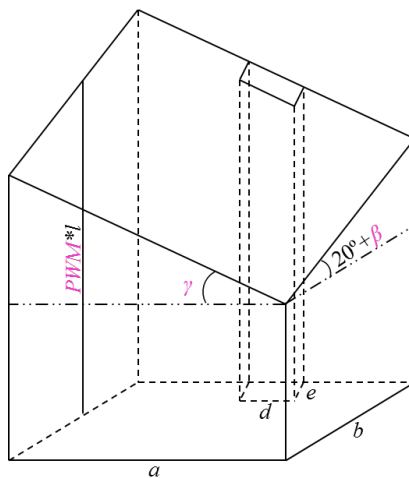


图 2 谷物的几何模型

## 4.2 性能要求

### 4.2.1 系统检测精度

4.2.1.1 产量监测系统应能对作物亩产量增减趋势及时做出反应。当亩产量发生变化时，系统应及时将检测结果通过显示器显示出来；且作物总产量随着作业面积的积累呈持续增长趋势，检测系统应能及时将检测结果通过显示器显示出来。

4.2.1.2 检测系统按 5.3.6 的规定进行试验时，收获作业实际产量与检测产量误差应不大于 8%。

### 4.2.2 产量图精度

4.2.2.1 产量监测系统应能将作物亩产量与数据通讯模块发出的位置信息进行整合，并发送到信息平台或显示终端上，在平台上生成关于亩产量的产量图。产量图中不同的产量可用不同的颜色进行标识。数据通讯模块的位置信息精度为米级，产量图标注区域与实际位置精确度应不低于 92%。

4.2.2.2 检测系统按 5.3.6 的规定进行试验时，产量图标注区域与实际位置的误差应不大于 8%。

### 4.2.3 通信要求

产量监测系统应至少支持一种标准现场总线协议，如 GB/T 35381 规定协议，以实现多源作业检测传感器与控制单元之间的数据传输。传感器数据应采用主动定时上传方式。

## 4.3 功能要求

### 4.3.1 作业感知功能

配备产量传感器，可动态检测联合收获机田间作业过程中的产量关键信息；具备联合收获机车载物理数据传输链路，可通过某种数据格式将产量监测传感器、水分检测传感器数据传输至控制计算处理单元，实现产量数据在控制计算处理单元上的汇聚、融合和转发。

### 4.3.2 数据采集功能

支持传感器数据的自动采集、本地处理、参数显示功能；支持检测数据的本地存储功能。

### 4.3.3 远程传输功能

支持作业检测数据的数据重组、数据缓存和数据上传功能；具备车载终端与远程运维平台的数据传输功能。

### 4.3.4 数据显示功能

支持作业检测数据在显示终端以数字等方式实时显示，并能实现一定的人机交互功能。可通过显示终端设置作业幅宽和数据通讯模块的安装位置于整机中心位置的偏移量。

### 4.3.5 上传远程平台功能

支持无线传输方式发送至服务器，无线传输技术应不受传输距离限制，支持多检测终端同时传输。在平台端能根据亩产量和位置信息生成产量图。

## 4.4 防护性能

4.4.1 露天安装的系统硬件（如传感器电气本体、控制器等）外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP67。

4.4.2 非露天安装的系统硬件外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP65。

4.5 电磁兼容性能

4.5.1 车载产量监测系统无线电骚扰特性应符合GB/T 18655的规定。

4.5.2 车载产量监测系统电磁兼容特性应符合GB/T 21398的规定。

4.6 耐振动冲击性能

产量监测系统进行GB/T 2423.10规定的振动、GB/T 2423.5规定的冲击等机械环境试验后，应无永久性结构变形、无零部件损坏、无电气故障、无紧固部件松脱、无试验前存储信息丢失，以及无插头、通信接口等接插件脱落或接触不良现象，各项功能均应保持正常，且符合4.2规定的要求。

扫频振动试验、冲击试验参数见表1、表2。

表 1 扫频振动试验参数

产品安装位置	频率 Hz	振幅 mm	加速度 m/s <sup>2</sup>	扫频速率 oct/min	每个方向试验时间 h
其他部位（非发动机上）	10~25	1.2	—	1	8
	25~500	—	50		

表 2 冲击试验参数

产品安装位置	加速度 m/s <sup>2</sup>	冲击次数 次
其他部分（非发动机上）	100	10000

4.7 可靠性

产量监测系统的平均无故障间隔时间（MTBF）应不小于500 h。故障分类按JB/T 6287的规定。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验条件应符合 GB/T 5262 和 GB/T 8097 的规定。

5.1.2 试验场地应选择在宽阔、平坦的田地上，宽度应不小于 50 m，长度应不小于 200 m，倾斜度应小于 5°。

5.1.3 应确保试验场地的各个观测点周围无显著电磁信号干扰，且观测点周围环视高度角 10° 以上无障碍物。

5.1.4 除非特别规定，联合收割（获）机产量监测系统试验均应在 4.1.2 规定的常态工作环境条件下进行。温度偏差试验方法中未特别说明时，宜采用±2℃。

5.1.5 试验用文件应按 4.1.1 规定，一般应有产品技术条件和产品总图（或外形图）。



5.1.6 试验时观测数据的采集应在系统正常工作的情况下进行。

## 5.2 外观检验

尺寸用通用或专用量具检测，外观和标志用目测法检查。

## 5.3 性能试验

### 5.3.1 产量计算原理

### 5.3.2 产量计算方法

#### 5.3.2.1 产量计算公式

粮食产量 = 粮食体积 × 粮食容重。

#### 5.3.2.2 粮食产量计算公式

粮食产量计算见公式（2）

$$\text{Grain\_Y} = k_{\text{ton}} \times 666.7 \times [(\text{Volum} \times V_{\text{W}}) \times G_{\text{Pi}}] / 1000 / (V \times L) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Grain\_Y——粮食亩产，单位为千克/亩；

$k_{\text{ton}}$ ——产量校准系数；

Volum——每刮板粮食体积，单位为升（L）；

$V_{\text{W}}$ ——容重，单位克每升（g/L）；

V——车辆作业速度，单位为米每秒（m/s）；

L——作业幅宽，单位为米（m）。

#### 5.3.2.3 粮食总质量计算公式

粮食总质量计算见公式（3）

$$\text{Sum\_KG} = \text{Sum\_KG1} + k_{\text{ton}} \times \text{Volum} \times G_{\text{Pi}} \times V_{\text{W}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Sum\_KG——粮食总质量，单位为千克（kg）；

Sum\_KG1——上一计算周期的粮食总质量，单位为千克（kg）；

第一个周期为  $\text{Sum\_KG1}=0$ ，第二个周期时  $\text{Sum\_KG1} = \text{Sum\_KG}$ ；

$k_{\text{ton}}$ ——产量校准系数；

$G_{\text{Pi}}$ ——刮板频率，单位为赫兹（Hz）；

Volum——每刮板粮食体积，单位为升（L）；

$V_{\text{W}}$ ——容重，单位为克每升（g/L）。

### 5.3.3 产量计算系数标定

#### 5.3.3.1 空载标定

空载标定如下：

a) 车辆发动机调整至工作转速，工作部件调整至工作转速；

b) 记录空载时测得的刮板数据 PWM\_E。

### 5.3.3.2 产量数据标定

产量数据标定如下：

- a) 记录当前作物种类；
- b) 计算单位面积内的产量计算数据 Sum\_KG；
- c) 称量在单位面积内收获的作物质量 M；
- d) 产量校准系数  $k_{\text{ton}} = M / \text{Sum\_KG}$ 。

### 5.3.4 作物容重调整试验

#### 5.3.4.1 待收获作物的准备

按作物种类，分别准备好相应的待收获成熟作物地块。

#### 5.3.4.2 容重调整

根据不同品种、不同种类的作物，容重可能不相同，针对不同的作物对检测系统的容重进行调整。在不同的地块，为保证数据的准确性，可按照 5.3.5 进行容重检测试验，并设置到车辆控制器。

### 5.3.5 容重检测试验

#### 5.3.5.1 试验前准备

测试设备准备：准备一个 1L 的量筒，一个电子秤。

测试作物准备：饱满籽粒（小粒型、中粒型、大粒型）各 3 袋，含水率 12%~25%，每袋质量 2 kg。

#### 5.3.5.2 试验

试验步骤如下：

- a) 将空量筒放置在电子秤上，记录电子秤数据  $x_0$ ，单位为克（g）；
- b) 向量筒内倒入籽粒，并记录电子秤数据  $x_1$ ，单位为克（g），之后清空量筒；
- c) 小粒型、中粒型、大粒型籽粒各称量三次，分别记录每种籽粒释放时系统检测到的数值： $x_n$ ， $y_n$ ， $z_n$ ，其中  $n=1, 2, 3$ ，单位为克（g）；
- d) 按公式（4）~（6）计算不同作物传感器检测精度  $\delta_n$ ， $n=1, 2, 3$ ；
- e) 按公式（7）计算粮食容重。

$$\delta_1 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 - 3x_0}{3} \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta_2 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 - 3x_0}{3} \dots\dots\dots (5)$$

$$\delta_3 = \frac{z_1 + z_2 + z_3 - 3x_0}{3} \dots\dots\dots (6)$$

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $\delta$  ——粮食容重, 单位为克每升 (g/L);
- $\delta_1$  ——测量小粒型籽粒时的粮食容重, 单位为克每升 (g/L);
- $\delta_2$  ——测量中粒型籽粒时的粮食容重, 单位为克每升 (g/L);
- $\delta_3$  ——测量大粒型籽粒时的粮食容重, 单位为克每升 (g/L)。

### 5.3.6 系统检测精度试验

#### 5.3.6.1 试验前准备

测试设备准备: 1 台安装产量监测系统的联合收割(获)机, 该产量监测系统包含: 传感器、计算处理器、显示终端、数据通讯模块、线束。试验用联合收获机需配置割台高度传感器、作业行进速度传感器和脱粒滚筒转速传感器。

试验地准备: 相应作物待收获地块, 地块长度不小于 200 m, 宽度不小于 50 m, 地块内作物长势良好并处于成熟待收割状态。

#### 5.3.6.2 试验

5.3.6.2.1 联合收割(获)机结合工作离合, 发动机转速提升至工作转速, 脱粒滚筒转速调整到作业转速。

5.3.6.2.2 在空载情况下, 通过控制器读取空载时产量监测传感器获取的占空比 PWM\_E。

5.3.6.2.3 试验地块分为预留区 100m, 稳定收割区 100m, 数据采集在稳定收割区进行。

5.3.6.2.4 联合收割(获)机结合工作离合, 发动机转速提升至工作转速, 脱粒滚筒转速调整到作业转速, 割台高度传感器指示割台降低至作业高度, 以正常作业行进速度 ( $V$ )、作业幅度 ( $L$ ) 进行收割作业, 此时产量监测系统显示产量处于浮动稳定状态, 总产量处于稳定增长状态。

5.3.6.2.5 产量监测数据在显示终端上显示, 同时监控平台可接收到的产量数据, 同时结合位置信息生成产量图。

5.3.6.2.6 停止作业后, 称量粮仓内的粮食质量  $M$ , 和产量监测系统计算得到的总产量进行对比, 计算总产量的检测精度。通过粮食质量和作业面积计算出亩产量, 和产量监测系统计算得到的亩产量进行对比, 计算出亩产量的检测精度。

5.3.6.2.7 停止作业后, 对作业区域进行测量, 与平台上生成的产量图区域进行对比, 通过对比区域的长度与面积, 计算出产量图标注区域与实际位置的误差。首先, 在整个作业区域内进行采集, 在平台上绘制出地图; 第二步, 在距离地边 10m 的位置进行作业, 作业区域为 10m\*10m, 同时监控实时亩产发送到平台; 第三步, 作业完成后测量粮食质量  $M$ , 计算出该区域的亩产  $A = M * 666 / 100$ ; 第四步, 在平台绘制的地图上找到距离地边 10m 位置对应的区域, 查看平台上获取的亩产  $A_1$ , 计算出产量图精度  $= A_1 / A$ 。

### 5.4 功能要求

通过实际称量确定产量监测系统是否具有 4.3 规定的各项功能, 部分项目可与 5.3.6 规定的系统检测精度试验结合进行。

### 5.5 防护性能

产量监测系统外壳防护等级按 GB/T 4208 的规定进行测定。

### 5.6 耐振动冲击性能试验

产量监测系统按照耐振动性能试验 GB/T 2423.10 和耐冲击性能试验 GB/T 2423.5 中的有关规定进行试验。

5.7 可靠性

将产量监测系统安装在联合收割（获）机上，参照JB/T 6287中的规定进行可靠性评定试验。

6 检验规则

6.1 出厂检验

6.1.1 每台产量监测系统应经制造厂质量检验部门检查合格，并附有产品质量合格证方可准入成品库和出厂。

6.1.2 每台产量监测系统出厂前应进行出厂检验，检验项目见表 4。全部检验项目均应合格。如有不合格项目允许修复、调整，并重新复检，复检仍不合格则判定该产品不合格。

6.2 型式检验

6.2.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定或老产品转厂生产；
- b) 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 工装、模具的磨损可能影响产品性能；
- d) 长期停产后，恢复生产；
- e) 批量生产，周期性检验（一般每 2 年进行一次）；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。

6.2.2 型式检验项目按表 3 规定。

6.2.3 采取随机抽样，应在制造厂 6 个月内生产的合格产品中随机抽样，检查批量应不少于 16 个，在用户和经销部门抽样不受此限，抽样为 2 个。样机抽取封存至检验工作结束，除按使用说明书规定进行保养和调整外，不应再进行其他调整、修理和更换。

6.2.4 型式检验项目分类见表 4。按其对产品质量的影响程度，分为 A、B 两类。A 类为对产品质量有较重大影响的项目，B 类为对产品质量有较一般影响的项目。

表 3 检验项目分类

项目分类		检验项目	要求条款	出厂检验	型式检验
类	项				
A	1	防护性能	4.4	—	√
	2	容重检测	4.2.2	—	√
	3	系统检测精度	4.2.3	—	√
B	1	温度范围	7.1	—	√
	2	外观	4.1.1	√	√
	3	系统组成	3.1	√	√
	4	通信要求	4.2.5	√	√

	5	功能要求	4.3	√ <sup>a</sup>	√
	6	耐振动冲击性能	4.5	—	√
	7	可靠性	4.6	—	√
	8	标牌	7.2	√	√
注：“√”表示应检验项目，“—”表示不检验项目。					
<sup>a</sup> 仅对出厂检验条件下可实施的检验项目进行检测。					

6.2.5 抽样判定方案按表4的规定进行。表中接收质量限 AQL、接收数 Ac 拒收数 Re 均按计点法（即不合格项次数）计算。采用逐项考核，按类别判定的原则，若各类不合格项次小于或等于接收数 Ac 时，判定该产品合格；若不合格项次大于或等于该拒收数 Re 时，判定该产品不合格。

表 4 抽样判定方案

检验项目类别	A	B
检验项目数	4	10
样本量 <i>n</i>	2	
AQL	6.5	40
Ac Re	0 1	2 3

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 产量监测系统的工作温度、贮存温度范围按表5规定。

表 5 产量监测系统工作温度、贮存温度范围

下限工作温度	上限工作温度	下限贮存温度	上限贮存温度
-30℃	65℃	-40℃	75℃

7.2 产量监测系统出厂装运时，对附件、备件、工具及运输中需要拆下的零部件，应进行分类包装、标识。包装应牢固，产品在箱内不应窜动，保证产量监测系统（包括备件、附件和工具）在正常运输中不致发生损坏和丢失；包装箱外部应有必要的防雨、防潮、防震、防尘和适应运输及装卸的标志。

7.3 产量监测系统的运输应符合公路、铁路、水路运输的规定。在运输、装卸过程中应可靠固定，防止翻倒、碰撞、重压，并采取防雨、防潮措施。

7.4 产量监测系统应贮存在干燥、通风和无腐蚀物质的室内。在干燥、通风的贮存条件下，产量监测系统及其备件、附件和工具的储存期通常为 2 年（从制造厂入库日算起）。在储存期满 2 年时，产品仍应符合本文件。