

团 体 标 准

T/CAAMM 355—2024

谷物联合收割机含杂率和破碎率在线测 量方法

Online Detection Method of Impurity/Breakage for Grain
Combine Harvester

（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：中联农业机械股份有限公司、江苏大学、湖南中联重科智能农机有限责任公司、湖南智能农机研究院有限公司、合肥松鹤智慧农业科技有限公司。

本文件主要起草人：郭岗、霍晓峰、徐立章、黄国勇、张千、陈超华、贡军、余杨、曾小兵、付新宇、邢永利、朱延胜、项朋来、王丹、柯双喜、唐能。

本文件为首次发布。

谷物联合收割机含杂率和破碎率在线测量方法

1 范围

本文件规定了谷物联合收割机含杂率和破碎率在线测量的术语和定义、系统组成、检测步骤、技术要求、评价方法。

本文件适用于小麦、水稻、玉米等谷物联合收割机的含杂率和破碎率在线测量装置研发、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 6979.1-2005 收获机械 联合收割机及功能部件 第1部分词汇

GB/T 6979.2-2005 收获机械 联合收割机及功能部件 第2部分在词汇中定义的性能和特征评价

GB/T 8097-2008 收获机械 联合收割机 试验方法

GB 16151.12-2008 农业机械运行安全技术条件 第12部分：谷物联合收割机

GB/T 35488-2017 联合收割机监测系统

GB 19517-2023 国家电气设备安全技术规范

NY/T 2090-2011 谷物联合收割机质量评价技术规范

NY/T 498-2013 水稻联合收割机 作业质量

NY/T 2848-2015 谷物联合收割机可靠性评价方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

杂余 impurity

谷物联合收获时，收获籽粒中所含的茎秆、枝梗、颖壳、玉米芯、苞叶等非籽粒对象。

3.2

含杂率 impurity rate

谷物联合收获时，收获籽粒中所含杂余（非籽粒）质量占其总质量的百分率。

[来源：NY/T 498-2013，有修改]

3.3

破碎率 breakage rate

谷物联合收获时，因机械、自然等损伤而造成破裂、破壳(皮)的籽粒质量占所收获籽粒总质量的百分率。
[来源：NY/T 498-2013，有修改]

3.4

谷物联合收获机含杂破碎在线测量装置 online impurity/breakage detecting device for grain combine harvester

搭载在谷物联合收获机上，采用视觉原理在线监测收获机所收获籽粒的含杂率、破碎率的装置。

4 系统组成

谷物联合收割机含杂率和破碎率在线测量装置主要由外箱、相机、镜头、光源、处理器、显示器、检测窗口、高透光玻璃组成（图 1）。测量装置安装在收获机升运器外的出粮口附近。

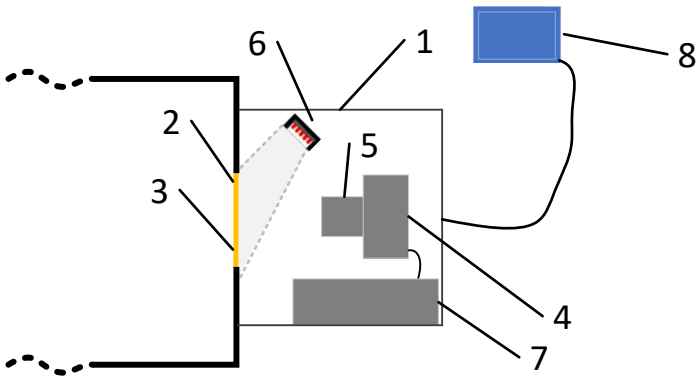


图 1 系统组成

- 1：外箱。用于将相机、镜头、光源、处理器集成为一体，整个外箱可安装在谷物联合收获机升运器顶部，通过检测窗口和高透光玻璃在线监测所收获籽粒的含杂破碎率。
- 2：检测窗口。位于谷物联合收获机升运器顶部，用于监测装置通过检测窗口监测谷物联合收获机升运器内的收获籽粒。
- 3：高透光玻璃。位于检测窗口上，用于隔离升运器内的收获籽粒和监测装置。
- 4：相机。位于外箱内部，用于配合镜头收集收获籽粒的图像，相机与处理器连接，将采集的图像数据传输至处理器进行计算。
- 5：镜头。位于外箱内部，用于配合相机收集收获籽粒的图像，镜头安装在相机外侧，用于成像。
- 6：光源。位于外箱内部，用于给监测装置提供光源，辅助成像，光源安装在检测窗口侧面。
- 7：处理器。位于外箱内部，用于处理监测装置所采集的籽粒图像，计算籽粒含杂率和破碎率。
- 8：显示器。可放置于收获机操控室，通过连接处理器，可显示监测装置信息。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 监测装置在室外温度 0℃~40℃、相对湿度小于或等于 90%的环境条件下应能正常工作。
- 5.1.2 监测装置的响应时间应和算力相关。
- 5.1.3 监测装置的接线端子应具有防水措施，防护等级 IP≥65。

5.2 性能要求

联合收割机在田间正常作业情况下，监测装置性能应符合表 1 的规定。

表 1 监测装置性能指标

序号	项目	指标
1	含杂率监测准确率	≥90%
2	破损率监测准确率	≥90%

5.3 安全要求

- 5.3.1 监测装置应符合 GB 19517-2023 的机械稳定性要求。
- 5.3.2 监测装置使用的电器元器件、电器导线、电器连线、装置安全设计应符合 GB 16151.12-2008 的整机规定。

5.4 可靠性要求

监测装置平均故障间隔时间应不小于 400 h。

6 评价方法

6.1 检测步骤

- 谷物联合收割机含杂率和破损率在线测量应按照如下步骤进行：
- 第一步 采集收获机升运器内流经检测窗口的动态籽粒图像；
 - 第二步 提取图像内的完整籽粒、破碎籽粒、杂余对应的像素面积；
 - 第三步 依据像素面积-质量关系模型计算完整籽粒、破碎籽粒、杂余的质量；
 - 第四步 计算破碎籽粒质量占总质量的比值作为破碎率，计算杂余质量占总质量的比值作为含杂率。

6.2 评价条件

- 6.2.1 评价条件应符合 GB/T 5262 和 GB/T 8097 的规定。
- 6.2.2 评价试验场地应选择在宽阔、平坦的田块上，宽度应不小于 50m，长度应不小于 100m，坡度应小于 5°。
- 6.2.3 评价试验场地的各个观测点应确保周围无显著电磁信号干扰，且点位周围环视高度角 10° 以上无障碍物。
- 6.2.4 评价试验观测数据的采集应在系统正常工作情况下进行。

6.3 图像内完整籽粒、破碎籽粒、杂余对应像素面积识别精度的测定方法

- 定义籽粒图像内目标的 n 种类别为 3 类 ($n=3$)：完整籽粒、破碎籽粒、杂余；
- 选定评价用试验田块，田块面积应不小于 5000 m²，评价条件符合 6.2 的规定；
- 谷物联合收获机在含杂破碎视觉在线监测装置正常开启下完成试验田块作业，系统自动记录并存储作业过程中的籽粒图像 ($k \geq 10$ 张) 和识别结果；
- 按式 (1) 计算 k 张图像中的每一个类的交并比的平均，作为图像内完整籽粒、破碎籽粒、杂余对应像素面积识别精度 $MIoU$ 。

$$MIoU = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n \frac{P_{ii}}{\sum_{j=0}^n P_{ij} + \sum_{j=0}^n P_{ji} - P_{ii}} \quad (1)$$

式中：

- p_{ij} ——表示将 i 类别识别为 j 类别的像素点数量；
- p_{ji} ——表示将 j 类别识别为 i 类别的像素点数量；
- p_{ii} ——表示识别结果与实际结果一致的像素点数量。

6.4 像素面积映射为质量的标定方法

在联合收获机所收获籽粒中随机抽取 5 份样品，每份不少于 50g，区分为完整籽粒、破碎籽粒、杂余三类情况。分别用像素面积统计的方式，获取其平铺的总面积，记录为 S_1 、 S_2 、 S_3 ；分别用称重的方式获取其总质量，记录为 m_1 、 m_2 、 m_3 ，即可测定单次的质量与像素面积比值：

- 1) 完整籽粒质量与像素面积比： $p_1 = m_1 / S_1$ ；
- 2) 破碎籽粒质量与像素面积比： $p_2 = m_2 / S_2$ ；
- 3) 杂余质量与像素面积比： $p_3 = m_3 / S_3$ ；

对 5 次比值数据取平均值，建立像素面积与质量的映射关系。

6.5 含杂率真实值的测定方法

在联合收获机所收获籽粒中随机抽取 5 份样品，每份不少于 2000g。用四分法分样得到 5 份各 500g 的样品。对每个样品进行清选处理，去除其中的杂余后称重，按式 (2) 计算含杂率，取平均值。

$$Z_z = \frac{m_z - m_q}{m_z} \times 100 \quad (2)$$

式中：

Z_z ——含杂率，单位为百分率（%）；

m_z ——样品质量，单位为克（g）；

m_q ——杂余清除后样品质量，单位为克（g）。

6.6 破碎率真实值的测定方法

与 6.5 条同时进行。将去除杂余的籽粒样品混合后，用四分法分样得到 5 份各 100g 的样品，挑选出其中破裂、破壳(皮)的籽粒后称量，按式（3）计算破碎率，取平均值。

$$Z_p = \frac{m_y - m_p}{m_y} \times 100 \quad (3)$$

式中：

Z_p ——破碎率，单位为百分率(%)；

m_y ——样品质量，单位为克(g)；

m_p ——破碎籽粒清除后样品质量，单位为克(g)。

6.7 含杂率和破碎率在线监测精度的测定方法

——选定评价用试验田块，田块面积应不小于 5000 m²，评价条件符合 6.2 的规定；

——试验分 10 组，每组 30 秒，试验时收获机稳定运行（收获机各部件正常运转，无异常情况），提前操作设置收获机，使其运行喂入量 > 最大喂入量的 50%，每组处于田块的不同位置；

——在输粮出口处设置接粮装置，每组从开始试验到结束的 30 秒内接粮；

——收获机试验时，含杂破碎视觉在线监测装置同时启动，识别图像内完整籽粒、破碎籽粒、杂余的对应像素，并根据检测节拍（<3s）、像素面积与质量的映射关系，计算得到 f 份含杂率和破碎率（f=30/节拍）；

——将每组所获取的 f 份含杂率和破碎率计算均值，作为本组 30 秒内收获籽粒的平均含杂率 D_{zi} 和破碎率 D_{pi} （i 表示第 i 组）；

——根据 6.5 和 6.6 的方式测定每组接粮装置内的含杂破碎的真实值 Z_{zi} 和 Z_{pi} （i 表示第 i 组）；

——按式（4）-（5）测定含杂率和破碎率在线监测精度 p_z 和 p_p 。

$$p_z = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{|Z_{zi} - D_{zi}|}{Z_{zi}} \quad (4)$$

$$p_p = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{|Z_{pi} - D_{pi}|}{Z_{pi}} \quad (5)$$

式中：

p_z ——含杂率的在线监测精度(%)；

Z_{zi} ——含杂率的真实值(%)；

D_{zi} ——含杂率的监测值(%);

p_p ——破碎率的在线监测精度(%);

Z_{pi} ——破碎率的真实值(%);

D_{pi} ——破碎率的监测值(%)。
