

ICS xx. xx

CCS x xx

团 体 标 准

T/CAAMM xxxx—20xx

钉齿滚筒脱粒装置 脱粒力 试验方法

Test Method for Threshing Force of Spike-Tooth Cylinder

Threshing Device

(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

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测量原理	2
5 试验设备与条件	2
6 标定与校准	3
7 试样与试验条件	4
8 试验步骤	4
9 判定规则	5
10 试验报告	5

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：龙门实验室、河南科技大学、郑州中联收获机械有限公司、河南巨隆科技有限公司、国创农业装备质量检验检测技术（洛阳）有限公司、洛阳福格森机械装备有限公司。

本文件主要起草人：王升升、郭浩、吴千、金鑫、贺智涛、杜哲、解文东、刘浩、赵越云、李保忠、华广田、曹军、陈中瀚、王冰倩、赵帅祥。

本文件为首次发布。

钉齿滚筒脱粒装置 脱粒力 试验方法

1 范围

本文件规定了钉齿滚筒脱粒装置 脱粒力试验方法的术语和定义、测量原理、试验设备与条件、标定与校准、试样与试验条件、试验步骤、判定规则和试验报告等内容。

本文件适用于钉齿滚筒脱粒装置，其他齿杆类滚筒脱粒装置可参照使用。

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 5982-2017 脱粒机 试验方法

GB/T 5262-2008 农业机械试验条件 测定方法的一般规定

GB/T 5667-2008 农业机械 生产试验方法

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 8097-2025 收获机械 联合收割机 测试程序和性能评价

GB 10395.1 农林机械安全 第1部分 总则

JB/T 13425-2018 脱粒机 可靠性评定试验方法

NY 2801-2015 机动脱粒机 安全操作规程

3 术语和定义

下列术语定义适用于本标准。

3.1 钉齿滚筒脱粒装置 spike-tooth cylinder threshing device

一种通过旋转滚筒上的钉齿对作物（如谷物、豆类等）进行冲击、揉搓和摩擦作用，使籽粒与植株分离的机械装置。

3.2 脱粒力 threshing force

钉齿滚筒脱粒过程中，由钉齿与作物相互作用产生并由本文件规定的测量方法获取的测点等效载荷（总载荷），单位为牛顿（N）。

3.3 测点 measuring point

布置传感元件并输出力信号的钉齿齿杆末端或等效结构位置。

3.4 标定系数 calibration coefficient

将传感器输出（电压/应变/数字量）换算为脱粒力（总载荷）的比例系数或函数关系。

3.5 稳态段 steady-state segment

在试验工况（转速、喂入量等）满足稳定判据的条件下，用于统计计算脱粒力指标的有效数据时间段。

3.6 变异系数 coefficient of variation

稳态段内脱粒力数据的相对离散程度，定义为稳态段脱粒力的标准差与其平均值之比，通常用百分数表示。

4 测量原理

测点在脱粒过程中受到作物作用产生载荷，经传感系统输出信号。通过标定建立“输出一力”的对应关系，将采集到的信号转换为脱粒力时间序列。在满足稳态判据的数据段内对脱粒力进行统计，得到稳态段脱粒力平均值、稳态段脱粒力峰值和变异系数等指标，用于描述脱粒力水平与波动特性。

5 试验设备与条件

5.1 钉齿滚筒

5.1.1 应具备可调转速功能，能够覆盖被测滚筒的试验转速范围；

5.1.2 转速控制稳定性：稳态段内转速波动宜不超过设定值的 $\pm 2\%$ ；

5.1.3 滚筒安装应牢固，旋转部件应设置防护罩，满足安全要求；

5.1.4 宜具备喂入装置或可控供料方式，能够实现稳定喂入。

5.2 传感与测量系统

5.2.1 传感器量程：不小于预计最大脱粒力峰值的 1.5 倍；

5.2.2 综合测量误差（含传感器、调理、采集）：宜不大于 $\pm 2\%FS$ ；

5.2.3 过载能力：宜不小于 $120\%FS$ ；

5.2.4 温漂：宜具备温度补偿措施或在报告中给出温漂影响控制方法。

5.3 数据采集系统

5.3.1 采样频率 f_s 不应低于 1000 Hz ；当脱粒齿冲击频率 f_z 较高时，宜满足 $f_s \geq 20 f_z$ ；

5.3.2 A/D 分辨率宜不低于 16 bit ；

5.3.3 应保证采集数据与工况参数（转速、喂入量）时间同步或可对齐；

5.3.4 应具备数据存储与导出功能。

5.4 传感器安装与防护

5.4.1 测点位置应选择在能反映脱粒受力且不易损坏的结构处，如靠近齿杆固定端的钉齿根部附近；

5.4.2 采用应变测量时，宜采用成对粘贴以实现温度补偿；粘贴、固化、引线固定应符合应变测试工艺要求；

5.4.3 引线应采取防甩动、防磨损措施；传感元件与引线外表面应采取密封防护（防潮、防泥水冲刷）；

5.4.3 传感系统安装完成后，应进行电阻/绝缘/零点检查，确认无短路、断路与明显漂移。

5.5 环境条件

5.5.1 室内试验环境温度宜为 5℃~35℃；

5.5.2 应避免强电磁干扰；必要时采取屏蔽与单点接地；

5.5.3 台架应具备减振条件，避免非脱粒冲击引入虚假峰值。

6 标定与校准

6.1 标定原则

6.1.1 标定应覆盖预期工作力范围的 10%~100%（至少 5 个加载点）；

6.1.2 标定应包含加载与卸载过程，用于评估回程误差；

6.1.3 标定应在试验前进行，若试验时长较长或环境变化明显，试验后宜复核零点与标定点。

6.2 静态标定方法

6.2.1 在测点结构上施加已知载荷（砝码、标准力传感器、杠杆加载等）；

6.2.2 每个载荷点保持 5s~10s，记录输出稳定值；

6.2.3 每个载荷点重复不少于3次；

6.2.4 采用线性拟合或分段拟合建立标定关系

$$F = K \cdot S + b \cdots \cdots \cdots (1)$$

其中， K 为标定系数；
 S 为传感器输出（电压/应变/数字量）
 b 为常量。

6.3 标定有效性判据

6.3.1 线性拟合决定系数 R^2 宜不小于 0.95；

6.3.2 最大残差占满量程比例宜不大于 2%FS；

6.3.3 回程误差宜不大于 2%FS；

6.3.4 零点漂移：空载状态下 1 min 内漂移宜不超过 1%FS。若不满足判据，应检查粘贴工艺/桥路平衡/接线屏蔽/安装刚度等，并重新标定。

7 试样与试验条件

7.1 作物试样

7.1.1 应记录作物种类、品种、含水率等；

7.1.2 试样应均匀混合，避免局部水分差异，试样在试验环境中平衡不少于 2 h；

7.1.3 如试样含水率变化明显，应重新测定并记录。

7.2 试验工况

7.2.1 应规定滚筒转速 n (r/min)，并给出允差（建议 $\pm 2\%$ ）；

7.2.2 应规定喂入量 q (kg/s)，并给出允差（建议 $\pm 5\%$ ）；

7.2.3 若涉及凹板间隙、包角等结构参数，应记录其设定值；

7.2.4 每一工况重复试验次数不应少于 3 次。

8 试验步骤

8.1 试验前准备

8.1.1 检查滚筒、传感器、引线、防护罩安装牢固；

8.1.2 开启采集系统，完成桥路平衡/零点清零；

8.1.3 记录环境温度与湿度；

8.1.4 确认标定系数/标定曲线已加载到处理程序或记录表。

8.2 空载运行

8.2.1 在设定转速下空载运行 30 s~60 s；

8.2.2 采集空载信号并检查噪声水平、是否饱和、是否存在周期性异常冲击；

8.2.3 若空载信号异常，应排查机械碰撞、线缆甩动与电气干扰。

8.3 数据采集与信号处理

8.3.1 按设定喂入量供料；

8.3.2 从喂入物料开始计时，剔除过渡段（建议 10 s~20 s，或直到转速与喂入量满足稳态判据）。

8.3.3 稳态段时长不应少于 20 s，同步记录转速与喂入量，若出现堵塞、断料、明显转速跌落等情况，应标记并重新试验。

8.3.4 停止喂入物料，空载运行 10 s~20 s 后停机；保存原始数据与试验记录。

8.3.5 以空载基线均值作为零点，进行偏置扣除。采用低通滤波方法抑制高频噪声；截止频率应覆盖主要受力变化频率，推荐按齿通过频率的 2~5 倍选取，并在报告中注明滤波参数；对断线、饱和、突跳等非物理信号段进行剔除或重测。

8.3.6 指标计算

稳态段内共有 $N = f_s \cdot T$ 个采样点，脱粒力序列为 F_i ($i=1 \cdots N$)

脱粒力平均值:

$$\overline{F} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_i \dots\dots\dots (2)$$

脱粒力峰值:

$$F_{\max} = \max F_i \dots\dots\dots (3)$$

变异系数:

$$CV = \frac{\sigma_F}{F} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

其中, σ_F 为稳态段的标准差。

9 判定规则

9.1 数据有效性判定

出现下列任一情况, 该次试验数据应判为无效并重测:

- 9.1.1 采集信号出现饱和、断线或明显漂移 (超出 1%FS/min) ;
- 9.1.2 稳态段内转速跌落超过设定值的 5% 或发生明显堵塞/断料;
- 9.1.3 传感器防护失效导致信号受泥水/碰撞影响明显。

9.2 重复性要求

同一工况下, 3 次有效试验的平均值变异系数应小于10%, 否则, 应检查物料喂入稳定性、试样均匀性、安装形式、滤波系数与稳态段截取的一致性。

10 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 试验依据;
- b) 被测脱粒装置信息: 滚筒结构、钉齿数量与布置、关键尺寸、凹板配置;
- c) 测点信息: 测点数量、位置描述、安装方式、传感器型号与量程;
- d) 采集系统: 采样频率、分辨率、滤波参数、同步方式;
- e) 标定信息: 标定方法、标定曲线/系数、 R^2 、残差、日期;
- f) 试样信息: 作物种类/品种、含水率、试样预处理;
- g) 工况参数: 转速、喂入量、持续时间、重复次数;
- h) 数据处理: 稳态段截取规则、异常剔除规则;
- i) 结果: 脱粒力平均值、峰值与变异系数的单次与重复统计;
- j) 异常情况与说明 (堵塞、断料、剧烈波动等)。

附录1 标定记录表

A.1 标定信息

标定日期:

环境温度/湿度:

传感器/测点编号:

标定方法: 砝码/标准力传感器/杠杆加载 (勾选)

标定范围: ____ N~____ N

A.2 标定数据表

载荷点序号	标准载荷/N	输出值S (第1次)	输出值S (第2次)	输出值S (第3次)	平均S	备注
1						
2						
...						

A.3 拟合结果

模型: $F = K \cdot S + b$

$K = \underline{\hspace{2cm}}$, $b = \underline{\hspace{2cm}}$

$R^2 = \underline{\hspace{2cm}}$

最大残差 ____ N (____ %FS)

回程误差 = ____ %FS

附录2 试验记录表

项目	内容
试验日期/地点	
作物种类/品种	
含水率/%	
试样质量/kg	
转速设定/实测（r/min）	
喂入量设定/实测	
稳态段截取方式	固定剔除 / 判据截取
采样频率（Hz）	
滤波器类型/截止频率	
试验次数（≥3）	
异常情况	