

# 团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

## 农业拖拉机 结构疲劳耐久试验方法 轮耦合试验 第二部分 田间作业模拟

Fatigue Durability Test Methods for Agricultural Tractor Structures

Wheel-Coupled Test Part 2 Field operation simulation

(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

XXXX《农业拖拉机 结构疲劳耐久试验方法 轮耦合试验》包括以下部分：

——第一部分：试验场道路模拟；

——第二部分：田间作业模拟；

本文件为 XXXX 的第二部分。

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：国创农业装备质量检验检测技术（洛阳）有限公司、XXX。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

## 目录

前 言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 一般要求.....	2
5 试验条件.....	2
6 试验过程.....	4
7 试验结果统计.....	5
8 试验报告.....	6

# 农业拖拉机 结构疲劳耐久试验方法 轮耦合试验

## 第二部分 田间作业模拟

### 1 范围

本文件规定了农业拖拉机采用轮耦合试验台进行结构疲劳耐久试验的试验方法，包含：规范性引用文件、术语和定义、一般要求、试验条件、试验过程、试验结果统计、试验报告。

本文件适用于轮式农业拖拉机支承系统、覆盖件及连接件等在轮耦合试验台上模拟田间作业运行时产生的振动、冲击条件下结构耐久可靠性的考核。

### 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。

下列文件对 本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB/T 3871.1 农业拖拉机试验规程 第 1 部分：通用要求

GB/T 3871.20 农业拖拉机 试验规程 第 20 部分：颠簸试验

GB/T 24648.2 工程农机产品可靠性考核 评定指标体系及故障分类通则

NY/T 2453 拖拉机可靠性评价方法

### 3 术语和定义

#### 3.1

**轮耦合试验** wheel-coupled test

通过对农业拖拉机轮胎进行加载的农业拖拉机道路模拟试验。

注：一般通过布置在每个车轮下的伺服作动器对车轮进行垂向激励，作动器与轮胎间不存在刚性连接。

#### 3.2

**载荷谱** load spectrum

在田间作业行驶过程中，农业拖拉机上某一位置在田间路面激励下产生的载荷、加速度、应变、相对位移等各种实时响应的统称。

#### 3.3

**目标信号** target signal

通过对载荷谱数据进行处理获得的能够在轮耦合台架上使用的目标谱信号数据。

#### 3.4

### 台架响应信号 bench response signal

在进行轮耦合模拟试验时，安装在被试农业拖拉机车轮、车身、车架等位置的传感器采集到的测量信号，包括力、力矩、应力、应变、加速度、位移等。

### 3.5

#### 传递函数 Frequency Response Function (FRF)

在台架作动器输入激励时，农业拖拉机输出响应信号，台架控制系统计算得出输入的激励与输出的响应信号的函数关系公式。

### 3.6

#### 迭代 iteration

在轮耦合模拟试验系统上，以目标谱为目标，通过对被试农业拖拉机进行循环多次的激励输入和反馈调整，使得被试农业拖拉机上测得的响应谱信号与目标谱信号误差在整体上逐步减小的过程。

### 3.7

#### 驱动文件 driver file

用于控制轮耦合试验台架液压电控系统的数字驱动文件。

## 4 一般要求

4.1 田间作业模拟一般指农业拖拉机在轮耦合试验台上模拟田间作业的振动情况，试验进行前应提前采集好载荷谱，试验时间应该按照颠簸试验时间等效转化，可根据需求适当进行加速。

4.1.1 载荷谱主要采集振动载荷谱，前、后桥的振动传感器，应分别安装在接近前、后轮轴心线铅垂面与农业拖拉机纵向对称面交线的上部接近轮轴处，作业过程中进行载荷谱采集。

#### 4.1.2 作业环节

载荷谱采集应包含农业拖拉机的全部工作环节，主要为“耕、耙、播、收、运输”五个环节。在载荷谱采集过程中，各作业环节应严格按照说明书规定进行，作业质量应符合农艺要求，并包括：作业时间和非作业时间。其中作业时间包括：纯工作时间、地头转弯空行时间、工艺服务时间（停机加油和装卸物料等时间）。非作业时间包括：调整检查时间、机具故障时间、1km 以内空行转移时间。

#### 4.1.3 载荷谱采集条件

采集过程中应考虑各作业环节的实际情况，选择多个典型的地区、作物、农机具、含水率、以及气候条件等，载荷谱采集应覆盖各作业环节并囊括全年典型作业工况。

#### 4.1.4 载荷谱采集要求

农业拖拉机振动载荷谱采集每个作业环节内至少采集 5 次载荷谱。

#### 4.1.5 负荷系数要求

采集过程中，应同步监测农业拖拉机的燃油消耗量，以此作为农业拖拉机机组作业时的负荷系数：

- “耕”作业环节中，农业拖拉机平均负荷系数应不低于 80%；
- “耙、播、收”作业环节中，农业拖拉机平均负荷系数应不低于 55%；
- “运输”过程中采用额定载荷，选择多种路况条件下采集载荷谱，不考虑负荷系数。

4.2 农业拖拉机的技术参数应符合制造厂的规定，并按制造厂的使用要求进行操作。记录机组信息，包括：农业拖拉机型号和名称、生产日期、编号、制造商名称、整车质量（含配重）、配套发动机型号、名称、功

率、转速、制造商名称、生产日期等，见附录 B。

4.3 试验前应按照 GB/T 3871.1 农业拖拉机试验规程 第 1 部分：通用要求内的第 3、4、5 章节内的要求进行准备。

5 试验条件

5.1 试验设备及仪器

试验设备及仪器见表 1，所有仪器设备应在标定的有效期内使用。

表 1 试验所用设备

序号	设备/仪器名称	功能	单位
1	轮耦合道路模拟试验系统	进行农业拖拉机的轮耦合试验	
2	数据采集系统	采集载荷谱数据	
3	加速度传感器	采集被测对象的加速度信号	m/s <sup>2</sup>
4	位移传感器	采集被测对象的位移信号	mm
5	应变片	采集被测对象的应变信号	——
6	胎压表	测量轮胎气压	kPa

5.2 试验要求

5.2.1 试验用农业拖拉机的轮胎应选用原配件要求的品牌和型号，轮胎气压应符合农业拖拉机技术条件要求。

5.2.2 试验用农业拖拉机应保持清洁，确认传感器安装位置无灰尘、油污等脏物。

5.2.3 试验台上模拟时，需保证胎压和试验场保持一致。

5.2.4 在轮式农业拖拉机轮耦合试验中，驾驶座上附加重块质量为 65kg±1kg，前后配重按说明书规定的运输状态配置；在手扶农业拖拉机颠簸试验中，每个扶手把上加重块 2kg。

5.2.5 农业拖拉机每模拟颠簸 10000 次，要进行班次检查，对连接件进行检查和紧固，检查项目按照说明书规定进行。

5.2.6 农业拖拉机轮耦合试验中，如农业拖拉机发生 GB/T24648.2 规定的严重故障或致命故障，应停止试验。

5.3 台架试验准备

5.3.1 传感器安装

轮式农业拖拉机前、后桥的振动传感器，应分别安装在接近前、后轮轴心线铅垂面与农业拖拉机纵向对称面交线的上部接近轮轴处。

5.3.2 信号调试

进行信号调试，内容如下：

a) 台架迭代过程需要的目标谱信号，其测点位置必须保持与田间作业载荷谱采集时一致，否则容易导致迭代结果无法收敛或迭代精度无法满足要求；

b) 轮耦合试验主要验证部件需要安装传感器进行信号监控，有助于提前发现结构件开裂、断裂、干涉等可靠性故障。

### 5.3.3 生成目标信号

对采集到的载荷谱信号，进行车速检查、加速度检查、时域检查、频域检查、幅值域检查、数据合理性检查后，形成一段有效的载荷谱信号。经过删除过渡载荷谱、剔除空载振动载荷谱、增加过渡时间及载荷谱数据压缩等台架加速度处理方法来得到初步的目标信号。

### 5.3.4 迭代

根据目标信号和已得出的传递函数 **FRF** 来计算初始驱动信号，并在试验台上采集相应的台架响应信号，根据台架响应信号与目标信号的误差，计算生成新的驱动信号，直到台架响应信号与目标信号的误差值在5%以内，形成最终的驱动文件来进行试验。

### 5.3.5 样机准备

#### 5.3.5.1 样车状态检查

进行样机状态检查，内容如下：

- a) 测量样车的轴轮距尺寸，并记录；
- b) 检查试验样车门、窗、锁、把手等开闭件功能是否正常；
- c) 检查试验样车主要紧固螺母、螺栓预紧力是否符合要求，并画漆线标记，必要时按照设计要求规定调整。

#### 5.3.5.2 试验前参数测量

进行试验前参数测量与调整，内容如下：

- a) 按照试验及装配技术要求，测量并调整农业拖拉机轮胎胎压；
- b) 按照农业拖拉机最高配置的整备质量参数要求，进行配载；
- c) 按照制造商车轮定位规范进行车轮定位参数测量及调整；

#### 5.3.5.2 样机其他准备

进行样机其他准备，内容如下：

- a) 清理农业拖拉机上的泥土和杂物。必要时对农业拖拉机进行清洗，清洗过程中，避免对农业拖拉机上的仪器设备与传感器造成破坏；
- b) 固定转向轮，宜用弹性带将方向盘和座椅轨道绑定；
- c) 解除农业拖拉机驻车制动并断电；
- d) 安装迭代通道和监控通道对应的传感器。

### 5.3.6 台架准备

#### 5.3.6.1 台架状态确认

进行台架状态确认，内容如下：

- a) 确认台架相关传感器在标定日期内；
- b) 确认台架安全可靠且功能正常。

#### 5.3.6.2 台架现场布置

根据测试的农业拖拉机轮距和轴距参数，调整试验台架的轮轴距系统，以适应农业拖拉机要求。

### 5.3.6.3 测试农业拖拉机安装

进行测试农业拖拉机安装，内容如下：

- a) 将测试农业拖拉机布置在试验台架；
- b) 将传感器连接至试验台架；
- c) 调节试验台架作动缸的控制参数；
- d) 布置减振器冷却系统，保证试验过程中减振器温度在正常工作温度范围内；
- e) 将农业拖拉机使用拉紧带固定在反力支撑架上或使用轮胎约束挡块对轮胎进行限位；
- f) 通过冲放氮气调节试验台架作动缸的静平衡。

## 6 试验过程

### 6.1 试验运行

#### 6.1.1 测试设置

- 6.1.1.1 移除测试中不需要的传感器和仪器。
- 6.1.1.2 在测试配置文件中，创建只包含当前安装传感器的配置文件。
- 6.1.1.3 设置试验台架保护，包括但不限于超温保护、断裂保护、目标通道监控保护等。
- 6.1.1.4 使用驱动文件，设置试验台架运行程序。

#### 6.2 测试执行

- 6.2.1 确认减振器的冷却系统工作正常，减振器温度应维持在设计使用温度范围之内。
- 6.2.2 在试验的整个过程，监测试验台架运行及试验台架硬件情况。
- 6.2.3 根据操作要求，定期对测试农业拖拉机进行检查。
- 6.2.4 记录被试农业拖拉机出现的故障和重要节点信息，必要时需要拍摄照片留存。
- 6.2.5 每天记录试验进度详细信息。

#### 6.3 测试结束

- 6.3.1 对测试农业拖拉机进行全面检查。
- 6.3.2 移除测试农业拖拉机上的所有负载。
- 6.3.3 拆除所有传感器和设备。
- 6.3.4 将被试农业拖拉机移下台架。
- 6.3.5 根据测试要求进行后处理。包括性能估算，紧固件力矩检查和拆卸工作。
- 6.3.6 对被试农业拖拉机和测试部件合理处理。
- 6.3.7 清理和检查台架。

## 7 试验结果统计

7.1 试验结束后对试验中出现的各类故障进行判别、统计，包括故障名称、分类等级、数量、故障描述、时间等。

### 7.2 故障分类

- 7.2.1 产品按照故障模式分类主要有：
  - a) 产品性能降低；
  - b) 零部件过度变形、断裂、磨损和疲劳等结构失效；



- c) 油、水、气渗漏或通道堵塞；
- d) 紧固件松动或者调整状态改变；
- e) 零部件松动、脱落、老化、腐蚀和材料变质等。

7.2.2 产品按照故障后果的危害程度分类：分为致命故障、严重故障、一般故障和轻度故障四类。其代号、分类规则见表 2。

表 2 故障分类表

类别	名称	代号	分类规则
I	致命故障	ZM	危及或导致人身伤亡，引起主要总成报废或造成重大经济损失的故障。
II	严重故障	YZ	严重影响产品功能或规定的重要性能指标恶化至规定范围以外，应停机修理、修理费用较高，在较短时间内无法排除的故障。即需要更换产品外部重要零部件或拆开机体更换内部零部件的故障。
III	一般故障	YB	明显影响产品功能，维修费用中等。在较短的有效时间内可以排除的故障，即需要更换或修理外部零部件的故障。
IV	轻度故障	QD	轻度影响产品功能，暂时不会导致工作中断，修理费用低廉的故障，或在日常检查中能用随机工具轻易排除的故障。
注 1：有效时间是指产品发生故障后停机到排除故障，恢复正常为止，包括故障诊断、检查、修理、调试、和必要的管理时间，但不包括停机时间，由于人为或自然因素耽误的时间。			

7.3 故障统计及评价 农业拖拉机采用轮耦合试验台进行结构疲劳耐久试验的试验结束后需进行被试样品的故障统计及评价。依据 NYT 2453 拖拉机可靠性评价方法内的 4.5 当量致命故障数和 5.4.2 颠簸试验可靠性考核方法进行统计和评价，并将统计结果填入表 3 中。

表 3 试验结果统计

项目	单位	试验结果	合计
试验时间	h		
致命故障数	个		
严重故障数	个		
一般故障数	个		
轻微故障数	个		
故障排除、修复时间	h		
可靠性指标	当量致命故障数 $r_{1D}$	/	

当量致命故障数 $r_{1D} < 1$ 时，农业拖拉机试验场道路模拟试验考核判定为合格；否则为不合格。详细计算方法见附录 C。

## 8 试验报告

### 8.1 试验报告应该包括：

- a) 说明试验任务的来源；
- b) 试验依据；
- c) 试验对象：注明被测样机的主要参数，并附加图形、照片及必要的说明；
- d) 试验设备及仪表：应写明主要设备及仪表的名称、厂家、型号、精度及其他基本参数，以及标定日期及测量部位；
- e) 试验条件；
- f) 试验结果：
  - 1) 对原始试验数据加以整理，尽可能用曲线表示，重要的数据可以列表；
  - 2) 可靠性评价指标计算结果；
  - 3) 故障、维修统计；
  - 4) 试验过程的调整更换记录；
  - 5) 试验测试结果。
- h) 结论与建议：
  - 1) 描述故障的模式、类型、数量；
  - 2) 描述试验评价结果；
  - 3) 必要时，根据试验结果，提出改进和补充试验的建议；
- i) 试验日期与签批。

附录 A

(规范性附录)

农业拖拉机日常检查表

农业拖拉机日常检查表					
车型		VIN			
检查地点		检查人		检查日期	
检查项目					
冷却液有无泄漏					
机油有无泄漏					
燃油有无泄漏制动液有无泄漏					
制动液有无泄漏					
样机外部有无磕碰损伤					
电气仪表系统是否完好					
各联接部位是否紧固					
发动机运转是否正常					
传动系统运转是否正常					
转向系统是否正常					
液压悬挂升降					
各联接螺栓是否松动					

附录 B

(规范性附录)

农业拖拉机试验汇总表

拖拉机型号:

制造厂:

拖拉机商标:

验收地点:

验收日期:

序号	试验样机编号	1	2	3
1	拖拉机编号/出厂日期			
2	发动机制造厂			
3	发动机型号			
4	发动机编号/出厂日期			
5	随车技术文件是否齐全			
6	各处铅封是否完整			
7	发动机标定功率/转速			
8	随机工具、附件是否齐全			
9	整机装备是否完整			
10	外部有无磕碰损伤			
11	电器仪表系统是否完好			
12	各联接部位是否紧固			
13	发动机运转是否正常			
14	传动系统运转是否正常			
15	操纵行驶是否正常			
16	液压悬挂升降是否正常			
17	磨合时间/h			
18	磨合情况			
19	轴距			
20	前轮距			
21	后轮距			
22	开闭件功能正常			
23	螺栓预紧力符合生产标准			

附录 C  
(资料性附录)  
可靠性考核评价

C.1 可靠性考核(前轴颠簸试验)采用当量致命故障数指标进行评价。

总当量故障单位按式(1)计算。

$$r_D = K_1 \times r_1 + K_2 \times r_2 + K_3 \times r_3 + K_4 \times r_4 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$r_D$  ——总当量故障单位;

$K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  ——分别为 ZM、YZ、YB、QD 类故障危害度系数,故障分为四类,即致命故障(ZM)、严重故障(YZ)、一般故障(YB)和轻度故障(QD),本标准设  $K_1 = 150$ 、 $K_2 = 30$ 、 $K_3 = 8$ 、 $K_4 = 1$ ;

$r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$  ——分别为 ZM、YZ、YB、QD 四类故障的数量。

当量致命故障数按式(2)计算。

$$r_{1D} = r_D / K_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$r_{1D}$  ——当量致命故障数。

C.2 评价指标值:当量致命故障数  $r_{1D} < 1$ 。

C.3 当量致命故障数  $r_{1D} < 1$  时,可靠性考核判定为合格;否则为不合格。