

# 团 体 标 准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ 1415—2023

---

拖拉机 液压-机械无级变速器 试验规范

Tractor — Hydro-mechanical continuously variable transmission  
— Test specifications

（公示稿）

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：潍柴液压传动有限公司、潍柴动力股份有限公司、潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司、山东大学。

本文件主要起草人：刘彬、陈岩、王东坤、孙光明、郭志敏、隋鹏超、杨飞、周明辉、亓斌、彭丽娟、于文斌

本文件为首次发布。

# 拖拉机 液压-机械无级变速器 试验规范

## 1 范围

本文件界定了拖拉机液压机械无级变速器的术语和定义，规定了试验项目、试验设备，描述了试验准备及功能试验、性能试验、可靠性试验方法。

本文件适用于拖拉机用液压机械无级变速器，其它用途的液压机械无级变速器也可参照本标准执行。

## 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/T1184 形状和位置公差 未注公差值

GB/T14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代码

## 3 术语及定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**液压机械无级变速器** Hydro-mechanical continuously variable transmission

由液压功率流与机械功率流并联的传动系统。

### 3.2

**最低工作转速** Minimum working speed

怠速与最大扭矩点转速的平均值。

### 3.3

**额定工作转速** Rated working speed

与变速器所匹配的发动机额定工作转速。

## 4 试验项目

试验项目应包含以下内容：

——功能试验

——性能试验

——可靠性试验

## 5 试验设备

## 5.1 设备功能

试验设备功能应满足如下要求：

- a) 试验设备应具备驱动、加载以及测量等功能；
- b) 驱动单元可选用电动机，其转速与扭矩应能够满足被试件边界输入要求，应具备转速和扭矩模式；
- c) 加载单元包含电动机、减速机，其转速与扭矩应能够满足被试件边界输入要求；
- d) 测量控制单元包含数据采集以及信号输出模块，还应配备上位机控制电脑、控制软件、变速器控制器等，其中控制软件应具备转速设定模式；
- e) 辅助系统包含连接工装、变速器油温控制系统、扭矩限制器等设备，并且变速器油温控制系统应具备温度无级可调功能；
- f) 性能测试与耐久测试允许使用不同试验设备进行，但试验设备应能够满足 5.1 a)至 5.1 e)的功能。

## 5.2 试验设备准确度及精度要求

试验设备控制精度应满足表 1 要求。

表 1 试验设备控制精度要求

输入转速	输出转矩	输出电压	输出电流	温度
$\geq 0.5\%$	$\geq 1\%$	$\geq 2\%$	$\geq 0.5\%$	$\pm 5^{\circ}\text{C}$

试验设备测量精度应满足表 2 要求。

表 2 试验设备控制精度要求

转矩传感器	转速传感器	温度	压力
$\geq 0.1\%\text{FS}$	$\pm 1\%\text{FS}$	$\pm 5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2\text{FS}$

## 6 试验准备

试验前应按照如下步骤进行准备：

- a) 变速器应安装到试验台上，试验台各连接件与被试件的输入轴和输出轴同轴度应满足 GB/T1184 规定的 8 级安装精度要求，或采用万向传动机构进行补偿；
- b) 变速器的安装状态应与拖拉机上安装状态一致，且具有相同的配置；
- c) 试验前需对变速器状态进行确认，被试件应为检验合格产品；
- d) 变速器试验前，对变速器进行空载跑合，变速器输入转速升高过程中需检查系统压力以及润滑压力是否满足设计需求。所加注油液应不低于被试件设计要求的最少油液加注量，利用被试件润滑系统进行清洗，直到油液清洁度满足 GB/T14039 规定的-17/14，并检查是否有油液泄漏点；
- e) 试验过程中变速器轮胎半径设定值应与整车状态保持一致，当整车存在多种型号轮胎配置时需选择整车最大轮胎。

## 7 功能试验

### 7.1 离合器压力和润滑压力试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 设定变速器油温为  $(80 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- b) 设定变速器输入转速分别为变速器的最低工作转速、常用工作转速(或额定输入转速与最大扭矩点转速平均值)、额定输入转速, 在每一个输入转速下不断提高变速器输出转速, 使被试件各档位离合器依次结合, 同时记录各档位离合器压力、润滑压力以及静液压单元补油压力值;
- c) 分别结合 PTO 离合器、差速锁离合器以及四驱离合器, 同时记录各离合器压力、润滑压力以及静液压单元补油压力值;
- d) 试验过程中被试件压力均应满足设计要求。

## 7.2 空载驱动功率试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 将驱动电机与被试件之间的连接断开, 测试驱动电机自身的功率损失。启动驱动电机, 使驱动电机转速从被试件怠速开始逐步升高至额定输入转速, 此时记录扭矩传感器  $T_1$  及转速传感器数值  $n_1$ , 驱动功率  $W_1$  的计算方法见公式 (1)。

$$W_1 = T_1 \times n_1 \times k \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$T_1$ ——变速器输入端扭矩; 单位为 N m;

$n_1$ ——变速器输入端转速; 单位为 r/min;

$W_1$ ——变速器输入端驱动功率; 单位为 kW;

$k$ ——系数。

- b) 将变速器油温升高至  $(80 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , 设定变速器输入端转速为怠速, 结合 PTO 离合器并选择 PTO 最高档位, 然后逐步升高变速器输入转速至最大设计值, 输入转速应按照等差分布且输入转速间隔为 100r/min, 等待输入转速、输入扭矩稳定后, 记录变速器输入扭矩  $T_2$ 、输入转速  $n_2$ , 驱动功率  $W_2$  的计算方法见公式 (2)。

$$W_2 = T_2 \times n_2 \times k \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$T_2$ ——变速器输入端扭矩; 单位为 N m;

$n_2$ ——变速器输入端转速; 单位为 r/min;

$W_2$ ——变速器输入端驱动功率; 单位为 kW。

$k$ ——系数。

- c) 变速器在不同转速下, 空载驱动功率  $W$  的计算方法见公式 (3)。

$$W = W_2 - W_1 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$W$ ——空载驱动功率; 单位为 kW。

## 7.3 最大车速及离合器切换试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 设定变速器油温为  $(80 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- b) 设定变速器输入转速为变速器额定输入转速, 并逐步提高变速器需求车速至设计指标, 车速稳定

不少于 1min;

- c) 记录输入转速、输入扭矩、轮边输出轴的转速、输出扭矩、离合器压力、变速器油温等参数。

#### 7.4 PTO功能及档位切换测试

试验按照如下步骤进行:

- a) 设定变速器为驻车或空档状态;
- b) 结合 PTO 离合器并在 PTO 档位之间进行切换, 其中档位切换过程应当顺畅;
- c) 记录 PTO 输出转速与输入转速, 并计算不同档位的传动比, 检查其是否满足设计需求;
- d) 完成试验后脱离开 PTO 离合器, 并记录 PTO 输出轴断开动力后停止转动的时间。

### 8 性能试验

#### 8.1 速度连续性试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 设定变速器输入转速分别为 1200r/min、1800r/min 以及变速器额定输入转速, 调整变速器车速使变速器车速能够从 0km/h 开始逐步升高至该转速下的最大车速;
- b) 车速调整过程应连续, 速度间隔 1km/h, 速度偏差不超过 2%。

#### 8.2 动力连续性试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 设定变速器输入转速为额定输入转速, 设定变速器车速为 0km/h, 并向变速器输出端进行加载, 试验载荷由最大牵引力或最大输入功率计算得出;
- b) 完成载荷设定后, 逐步提高变速器车速至 14km/h, 使变速器实现带载变速, 包括升速和降速; 输入转速宜按需设定, 但带载调速的过程中输入转速需设置成定值。

#### 8.3 最大输出扭矩试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 根据变速器设计要求设定变速器输入转速及车速, 车速应不低于 2km/h;
- b) 通过试验台加载不断提高变速器输出扭矩至最大设计值并保持 20s, 连续测试 5 次, 每次间隔 30s;
- c) 试验中需记录输入转速、输入扭矩、车速、输出扭矩、变速器油温等参数。

#### 8.4 传动效率试验

试验按照如下步骤进行:

- a) 变速器油温升高到  $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 分别测最低工作转速至额定输入转速下, 车速从 1km/h 增加至最大车速的传动效率, 输入转速应按照等差分布且间隔 100r/min, 车速应按照等差分布且车速间隔不超过 2km/h;
- b) 采用四驱进行测试时, 通过增加变速器输出扭矩的方式不断提高变速器输入功率至设定值 (试验载荷由最大牵引力设计值或最大输入功率计算得出), 各车速稳定后需保持不少于 20s 的时间, 并

记录 20s 内传动效率的算术平均值并记录参数；

- c) 采用两驱进行试验时，车速小于 14km/h 时，按照总牵引力的 75% 进行考核，车速大于 14km/h 时，按照总牵引力的 100% 进行考核。

## 8.5 倾斜试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 变速器向前倾斜 20°，并按照 7.1 进行试验；
- b) 变速器向后倾斜 20°，并按照 7.1 进行试验；
- c) 变速器向左倾斜 20°，并按照 7.1 进行试验；
- d) 变速器向右倾斜 20°，并按照 7.1 进行试验。

## 8.6 差速器性能试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 将变速器输入转速设定为怠速；
- b) 将变速器挂入空挡状态；
- c) 通过试验台向变速器输出轴输入大小相等、方向相反的力矩；
- d) 试验过程中变速器两端不应出现转动。

## 9 可靠性试验

变速器应按照如下工况进行传动系可靠性试验，可靠性试验时间不得低于1500h，各工况运行时间分布如下所示：

- a) 牵引作业下的最大牵引力工况试验，占总时长的 10%；
  - b) 典型作业速度下的满功率试验，占总时长的 70%；
  - c) 最大作业速度下的满功率试验，占总时长的 10%；
  - d) 最大车速下的满功率试验，占总时长的 5%；
  - e) 倒车模式下的车速应为前进档最大牵引力对应的车速，功率为满功率的 50%，占总时长的 5%。
-