

团 体 标 准

T/CAAMM xx—20XX

拖拉机液压机械无级变速箱 电控系统 试验方法

Tractor hydraulic mechanical continuously variable transmission

Electronic control system Test method

(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

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：潍柴动力股份有限公司、潍柴液压传动有限公司、潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司、陕西法士特齿轮有限责任公司。

本文件主要起草人：xxx、xxx、xx、……。

本文件为首次发布。

拖拉机液压机械无极变速箱 电控系统 试验方法

1 范围

本文件规定了拖拉机液压机械无极变速箱电控系统的术语和定义，描述了试验项目、试验设备、试验前准备、接口试验、功能性试验、环境适应性试验。

本文件适用于拖拉机液压机械无极变速箱电控系统的试验，其他用途的液压机械无极变速箱电控系统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/T 3871.1 农业拖拉机 试验规程 第1部分：通用要求

GB/T 3871.10 农业拖拉机 试验规程 第10部分：低温起动

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 15370.3-2012 农业拖拉机 通用技术条件 第3部分：130kW以上轮式拖拉机

GB/T 20792 轮式拖拉机最高速度的确定方法

GB/T 28046.3-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

GB/T 28046.4-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液压机械无极变速箱 hydra-mechanical continuously variable transmission

由液压功率流和机械功率流并联的传动系统，可连续改变速比。

3.2

怠速 idle speed

发动机最低稳定转速

3.3

动力输出轴 power take-off shaft (PTO)

拖拉机向其驱动机具输出动力的轴伸。

3.4

传动比 gear ratio

输出轴转速与输入轴转速之比。

3.5

变速箱控制器单元 transmission control unit (TCU)

用于处理传感器及其他控制单元供给的信息，并发出指令给执行器的部件。

4 试验条件

4.1 试验所用设备应能满足使用要求，测试用的控制器应为合格产品；信号测量仪器和仪表准确度应不低于以下要求：

- a) 电压测量装置：±0.5% FS；
- b) 电流测量装置：±0.5% FS；
- c) 温度测量装置：±1℃；
- d) 时间测量装置：±0.1s；
- e) 距离测试装置：±0.1m。

4.2 接口试验所用试验台架能较好的模拟真实的整车环境，功能配置齐全，试验台架负载箱内使用的负载与真实变速箱一致；

4.3 功能试验被试验拖拉机的技术状态及试验通用要求均应符合 GB/T 3871.1 的有关规定；

4.4 环境适应性试验开始前进行功能性测试，确保电控系统在环境适应性试验前功能正常；环境适应性试验需考虑应力的累加效应，每个试验结束后均应进行功能测试，确认系统功能是否正常。

5 试验内容

5.1 接口试验

5.1.1 概述

变速箱电控系统的接口试验主要测试系统与外界的交互，内容包括通讯测试、刷写测试、E 方测试、传感器测试和执行器测试等，测试环境为电子试验台架。

5.1.2 通讯测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 准备测试设备和对应软件，依次连接 TCU 的通讯 CAN 和标定 CAN，控制器上电后，与测试设备建立正常通讯；
- b) 按照通讯协议的要求测试控制器通讯 CAN 上的收发报文；
- c) 测试标定 CAN 能否正常读取控制器内的变量及参数。

5.1.3 刷写测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 准备刷写设备和对应软件，与控制器建立正常连接后，可通过设备对 TCU 进行程序和数据的刷写；
- b) 当出现线路连接不良、断电等问题导致刷写失败时，可以重新进行刷写。

5.1.4 E 方测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 控制器上电后，读取 E 方内存储的变量值为 A；
- b) 改变变量的值为 B，根据不同的 E 方存储类型制造对应的存储条件，存储完成后控制器完全下电；
- c) 控制器再次上电，若读取 E 方内存储的变量值为 B，则判断 E 方数据可正常存储；
- d) 控制器完全下电前不满足存储条件，则再次上电后读取的 E 方内存储的变量值仍为 A；
- e) 进行软件刷写时，E 方数据应能根据要求实现转存或恢复默认值。

5.1.5 传感器测试

5.1.5.1 概述

传感器测试主要包括开关信号试验、压力信号试验、温度信号试验以及转速信号试验等，具体的条目可根据变速箱的实际配置进行增减。

5.1.5.2 开关信号试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器接收的开关信号及对应的控制器针脚；
- b) 使用测试设备按照操作要求依次向控制器针脚中注入不同的电压信号，控制器根据采集的不同电压值判断出开关信号的状态（0 或 1），将试验结果填入表 1；
- c) 变速箱控制器解析出与整车一致的开关信号，开或关的状态变化符合要求。

表 1 开关信号试验

序号	控制器针脚	注入电压	开关信号状态
1			
2			
3			

5.1.5.3 压力信号试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器接收的压力信号及对应的控制器针脚；
- b) 使用测试设备按照操作要求依次向控制器针脚中注入不同的电压信号，控制器采集的电压值与注入值的偏差符合要求，将试验结果填入表 2；
- c) 变速箱控制器解析出与整车一致的压力信号，压力大小变化符合要求。

表 2 压力信号试验

序号	控制器针脚	注入电压	采集电压	电压偏差
1				
2				

5.1.5.4 温度信号试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器接收的温度信号及对应的控制器针脚；
- b) 使用测试设备按照操作要求依次向控制器针脚中注入不同的电压信号，控制器采集的电压值与注入值的偏差符合要求，将试验结果填入表 3；
- c) 变速箱控制器解析出与整车一致的温度信号，温度大小变化符合要求。

表 3 温度信号试验

序号	控制器针脚	注入电压	采集电压	电压偏差	温度值
1					
2					
3					

5.1.5.5 转速信号试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器接收的转速信号及对应的控制器针脚；
- b) 使用测试设备按照操作要求依次向控制器针脚中注入不同的频率信号，控制器采集的频率信号的周期和占空比与注入值的偏差符合要求，将试验结果填入表 4；
- c) 变速箱控制器解析出与整车一致的转速信号，转速大小及方向的变化符合要求。

表 4 转速信号试验

序号	控制器针脚	注入周期	采集周期	周期偏差	注入占空比	采集占空比	占空比偏差	转速值
1								
2								
3								

5.1.6 执行器测试

5.1.6.1 概述

执行器测试主要包括开关驱动试验和电磁阀驱动试验等，具体的条目可根据变速箱的实际配置进行增减。

5.1.6.2 开关驱动试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器驱动的开关执行器及对应的控制器针脚；
- b) 台架上安装真实的开关执行器，控制器软件执行驱动，确认执行器真实的驱动状态，并用测试设备测量针脚的驱动电压，开关驱动试验的结果符合要求，将试验结果填入表 5；
- c) 当开关执行器的针脚发生短路或断路故障时，控制器应能及时准确的检测故障，对驱动状态的处理符合要求。

表 5 开关驱动试验

序号	控制器针脚	开关驱动状态	实际驱动状态	测量电压
1				
2				
3				

5.1.6.3 电磁阀驱动试验

试验按照如下步骤进行：

- a) 整理变速箱控制器驱动的电磁阀及对应的控制器针脚；
- b) 台架上安装真实的电磁阀，控制器软件执行驱动，设置不同的周期、占空比或驱动电流，确认电磁阀真实的驱动状态，并用测试设备测量针脚的周期、占空比及反馈电流，偏差符合要求，将试验结果填入表 6；
- c) 当电磁阀的针脚发生短路或断路故障时，控制器应能及时准确的检测故障，对驱动状态的处理符合要求。

表 6 转速信号试验

序号	控制器针脚	驱动周期	测量周期	周期偏差	驱动占空比	测量占空比	占空比偏差	驱动电流	测量电流	采集电流	电流偏差
1											
2											
3											

5.1.7 试验数据处理

所有接口试验测试条目完成后，统计并分析各测试条目对应的试验结果，记录试验存在的问题，并给出该项测试条目的试验结论，填入表 7。

表 7 接口试验数据处理

序号	测试条目	试验存在问题	试验结论	备注
1	通讯测试			
2	刷写测试			
3	E 方测试			
4	传感器测试			
5	执行器测试			

5.2 功能试验

5.2.1 概述

在整车上对变速箱电控系统的各功能进行测试，以验证是否满足设计要求。功能试验主要包括行车换挡测试、加载测试、冷启动测试、PTO 测试、驻车测试、四驱测试和差速锁测试等测试项，具体的条目可根据配套整车的实际配置进行增减。

5.2.2 行车换挡测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 启动发动机，进入怠速，挂挡；
- b) 通过手柄或脚油门设定需求车速，发动机转速和液压系统自动匹配计算，实现实际车速跟随需求车速；
- c) 车速增减过程中，车速和传动比变化平稳连续，挡位自动切换，换挡过程中无动力中断，离合器压力交替过程满足 GB/T 15370.3-2012 中 3.1.8 的要求；
- d) 手柄或脚油门到底后，车速能达到最大需求车速，发动机转速不超速，且发动机转速和车速无明显波动，其中最大车速的确定方法按照 GB/T 20792 中的规定执行；
- e) 车辆行进过程中可进行换向操作，实现车辆反向行驶；
- f) 设定不同的加减速旋钮开度，车辆加速或减速相应变化；
- g) 松开脚油门或撤回手柄，车速平稳降为 0km/h，发动机转速回到怠速；
- h) 在不同的油温、负荷及加减速需求下，换挡时间及冲击度均能满足要求。

5.2.3 加载测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 进入作业工况，行进过程中增加整车负载，使实际车速不能跟随需求车速，此时发动机转速快速提升，实际车速跟随上需求车速；
- b) 减小整车负载，发动机转速逐渐恢复。

5.2.4 冷启动测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 冷启动测试按照 GB/T 3871.10 的要求进行；
- b) 若变速箱装有冷启动阀，在启动过程中冷启动阀应及时打开，发动机启动成功后冷启动阀应及时关闭，系统油压、润滑油压等压力正常。

5.2.5 PTO 测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 启动发动机后，结合 PTO 离合器，对于多挡位的结合离合器前先选择挡位；
- b) 多 PTO 挡位的，在不同挡位之间进行切换，切换过程应当顺畅；
- c) 调整发动机转速，PTO 输出转速及时跟随，计算不同挡位的传动比，检查其是否满足设计需求；
- d) 完成试验后断开 PTO 离合器，PTO 挡位分离，PTO 输出轴转速迅速回 0r/min。

5.2.6 驻车测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 通过外部开关触发驻车，液压缸泄油，整车不能行驶；
- b) 通过外部开关解除驻车，液压缸充油，整车允许行驶；
- c) 手刹拉起，液压缸泄油，整车不能行驶；
- d) 手刹落下，液压缸充油，整车允许行驶；
- e) 车辆静止后，若无外部驻车措施，可进行自动驻车，以避免溜车；
- f) 自动驻车状态下，有行车需求时可及时响应。

5.2.7 四驱测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 根据设定的操作要求，在静态或动态下可通过外部开关触发功能使能，四驱结合；
- b) 根据设定的操作要求，在静态或动态下可通过外部开关触发功能关闭，四驱分离；
- c) 分别验证车速、单边制动、执行器故障状态等因素对四驱功能的影响。

5.2.8 差速锁测试

试验按照如下步骤进行：

- a) 根据设定的操作要求，在静态或动态下可通过外部开关触发功能使能，差速锁结合；
- b) 根据设定的操作要求，在静态或动态下可通过外部开关触发功能关闭，差速锁分离；
- c) 分别验证车速、单边制动、转向角度、执行器故障状态等因素对差速锁功能的影响。

5.2.9 试验数据处理

所有功能试验测试条目完成后，根据试验数据分析各测试条目对应的试验结果，记录试验存在的问题，并给出该项测试条目的试验结论，填入表 8。

表 8 功能试验数据处理

序号	测试条目	试验存在问题	试验结论	备注
1	行车换挡测试			
2	加载测试			
3	冷启动测试			
4	PTO 测试			
5	驻车测试			
6	四驱测试			
7	差速锁测试			

5.3 环境适应性试验

5.3.1 概述

环境适应性试验针对变速箱电控系统的控制器硬件进行，具体试验项目可根据电控系统的使用环境以及
与产品订购方协商进行确定，。

5.3.2 低温试验

低温试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.1.1 的规定进行。

5.3.3 高温试验

高温试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.1.2 的规定进行。

5.3.4 温度梯度试验

温度梯度试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.2 的规定进行。

5.3.5 带电温度循环试验

温度循环试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.3.1 的规定进行，循环数应不小于 100 循环。

5.3.6 温度冲击试验

温度冲击试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.3.2 的规定进行，循环数应不小于 200 循环。

5.3.7 盐雾试验

盐雾试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.5 的规定进行。

5.3.8 湿热循环试验

湿热循环试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.6 试验 2 的规定进行。

5.3.9 稳态湿热试验

稳态湿热试验按 GB/T 28046.4-2011 中 5.7 的规定进行。

5.3.10 振动试验

当控制器安装于变速箱本体时，振动试验按GB/T 28046.3-2011中4.1.2.6的规定进行，每个方向振动时间70h；当控制器安装于车架时，振动试验按GB/T 28046.3-2011中4.1.2.7的规定进行，每个方向振动时间32h。

5.3.11 机械冲击试验

机械冲击试验按 GB/T 28046.3-2011 中 4.2 的规定进行，加速度 500m/s^2 ，每个方向冲击 10 次。

5.3.12 外壳防护试验

外壳防护试验按 GB/T 4208 的规定进行，要求等级 IP69。

5.3.13 试验数据处理

所有环境适应性试验测试条目完成后，根据试验数据分析各测试条目对应的试验结果，记录试验存在的问题，并给出该项测试条目的试验结论，填入表 9。

表 9 环境适应性试验数据处理

序号	测试条目	试验存在问题	试验后接口测试结果	试验结论	备注
1	低温试验				
2	高温试验				
3	温度梯度试验				
4	带电温度循环试验				
5	温度冲击试验				
6	盐雾试验				
7	湿热循环试验				
8	稳态湿热试验				
9	振动试验				
10	机械冲击试验				
11	外壳防护试验				