

ICS
CCS

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X

混合动力拖拉机传动系统测试规程

Test code for transmission system of hybrid electric tractors

(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：河南科技大学、中国农业机械化科学研究院、农业农村部南京农业机械化研究所、南通富来威农业装备有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

混合动力拖拉机传动系统测试规程

1 范围

本文件规定了混合动力拖拉机传动系统测试相关的术语和定义、范围、测试技术条件、试验仪器设备、试验内容和方法、检验规则和评价等内容。

本文件适用于混合动力拖拉机传动系统测试，混合动力拖拉机范围包括串联式(电耦合)混合动力拖拉机、并联式(机械耦合)混合动力拖拉机、混联式(机械、电耦合)混合动力拖拉机三种。

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。

GB19517 国家电气设备安全技术规范

GB5226.1 机械安全 机械电子设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 2423.38 环境试验 第2部分：试验方法 试验 R：水试验方法和导则

GB/T 3871-1993 农业轮式和履带式拖拉机试验方法

JB/T 9837-1999 拖拉机圆柱齿轮承载能力计算方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

混合动力拖拉机 Hybrid tractor

混合动力拖拉机是在传统拖拉机的基础上增加电传动系统，以满足行驶和作业过程中动力需求，同时降低整车能耗和排放。

3.2

串联式(电耦合)混合动力拖拉机 Series (electrically coupled) hybrid tractor

串联式混合动力拖拉机由发动机、发电机、电动机、蓄电池、控制系统及驱动系统(变速装置、后桥至后轮)等组成，发动机-发电机组和电动机之间采用“串联”的方式构成串联式混合动力系统。该动力系统的发动机与后面的驱动系统没有直接机械连接，发动机仅直接驱动发电机发电，电能存储在蓄电池中；蓄电池为电动机提供驱动电能，电动机与后端传动系统直接机械连接，电动机动力最终传至车轮。

3.3

并联式(机械耦合)混合动力拖拉机 Parallel (mechanically coupled) hybrid tractor

并联式混合动力拖拉机由发动机、电动/发电机或驱动电机、动力耦合机构、蓄电池、控制系统及驱动系统(变速装置、后桥至后轮)等组成。并联式混合动力系统的发动机和电动/发电机或驱动电机之间为“并联”方式连接，发动机、电机各自的输出动力经过动力耦合机构的耦合叠加后经传动系统传递至车轮；发动机和电动机为相互独立的两套驱动系统，可分别独立地给车辆提供动力，既可以共同驱动又可以单独驱动车辆；在不同工况下，电机可以作电动机或作发电机使用。

3.4

混联式(机械、电耦合)混合动力拖拉机 Hybrid (mechanical, electrically coupled) hybrid tractor

混联式混合动力拖拉机主要由发动机、电动/发电机、驱动电机、蓄电池及驱动系统等组成，兼顾了串联式和并联式混合动力系统的优点，也克服了两动力系统的不足。与串联式相比，它增加了发动机直接驱动车辆的“并联式”机械驱动模式；与并联式相比，增加了“串联式”的发动机-发电机组的发电模式。

3.5

混合动力拖拉机工作模式 Hybrid tractor operating mode

依据混合动力拖拉机传动系统方案结构及拖拉机不同作业工况特点，混合动力拖拉机动力传动系统主要有纯电机驱动、发动机单独驱动、联合驱动、行车充电、制动/减速能量回收、停车充电等六种基本工作模式。各个模式的主要特点如表 1 所示。

表1 混合动力拖拉机工作模式

工作模式	发动机	电机	适应工况
纯电机驱动	关闭	作为电动机启动	牵引阻力较小，如起步、倒车及公路运输作业等
发动机单独驱动	启动	关闭	牵引阻力一般的正常作业，如开沟，移栽
联合驱动	启动	作为电动机启动	牵引阻力较大或变化较大，如犁耕工况
行车充电	启动	电机进入发电模式	牵引阻力一般且蓄电池电量不足
制动/减速能量回收	关闭	电机进入发电模式	整机处于减速或制动工况
停车充电	启动	电机进入发电模式	停机不工作且蓄电池电量不足

3.6

动力耦合机构 Power coupling mechanism

实现混合动力拖拉机两/多动力源输出动力的合成、彼此动力输出互不干涉、可根据作业工况需求实现动力系统动力分解和能量反馈、必要时可实现如拖拉机倒车等辅助功能。

3.7

使用工况 Operating conditions

混合动力拖拉机作业时，外界的负荷和牵引阻力随着农具的型式、土壤的坚实程度及农艺的要求不同存在较大变化情况。

3.8

技术经济性 Technical economy

混合动力拖拉机的技术经济性主要用生产率和经济性来表示，而后者可用油耗、折旧率、维修费等衡量，折旧、维修费等又与可靠性和耐用性有关。

3.9

动力耦合机构输出特性 Output characteristics of dynamic coupling mechanism

混合动力拖拉机的动力耦合机构输出特性指动力耦合机构输出端的转速、转矩和功率输出特性，为发动机和电机输出的转速、转矩和功率经不同类型动力耦合机构实现耦合之后的综合输出外特性。

4 试验测试方法

4.1 试验测试样品及项目

试验测试所用混合动力拖拉机传动系统应是按照规定程序批准的产品图样和技术文件制造的合格样品，新设计获重大改进后的试制样品。

试验按下列传动系统进行：

- a) 主传动系，包括串联、并联、混联混合动力拖拉机动力系统全部构件及动力耦合机构，包括但不限于变速箱、分动箱、中央传动、最终传动、前驱动桥。
- b) 动力输出轴传动系。

4.2 试验测试条件

4.2.1 试验在开式、闭式或转鼓试验台上进行，其加载机构的加载负荷波动量不超过 5%，平均值变化不大于 1%。

4.2.2 测试用转矩仪的精度不低于 0.5%。

4.2.3 测试用转速仪的精度不低于 5%。

4.2.4 测试用温度计的精度不低于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.5 被试件及试验台刚性联接时，与转矩仪或转矩、转速仪的两端的同轴度不大于 $\phi 0.05\text{mm}$ ，与输入轴和驱动轮轴的同轴度不大于 $\phi 0.10\text{mm}$ 。

4.2.6 试验用润滑油按产品使用说明书规定。

4.2.7 试验油温按产品使用说明书规定，使用说明书未作规定时，则试验油温不超过 85°C 。允许采取外

部冷却措施，但润滑条件必须与使用一致。

4.2.8 主传动系试验时，左、右驱动轴的转矩值允许相差 5%。

4.3 试验载荷

4.3.1 主传动系试验载荷

a) 对于后轮驱动式混合动力拖拉机，根据混合动力拖拉机动力耦合方式不同，采用不同方式计算动力耦合后标定转矩 T_b ，依据标定转矩按式(1.1)计算驱动轮转矩 T_{bQ} 与按拖拉机轮胎(履带)规定的承载能力式(1.2)计算的附着转矩 T_ϕ 相比较，取其中较小值作为试验载荷，其公式如下：

$$T_{bQ} = T_b i_Q \eta_Q \quad (1.1)$$

$$T_\phi = 2Gr_d\phi \quad (1.2)$$

式中： i_Q ——从发动机至驱动轮的传动比；

η_Q ——从发动机传至驱动轮的传动效率（有关取值见 JB/T9837，下同）

G ——每个驱动轮胎承载能力或每边履带对地面的垂直作用力，N；

r_d ——驱动轮动力半径或履带驱动轮节圆半径，m；

ϕ ——附着系数。

b) 对于四轮驱动拖拉机，按混合动力拖拉机动力耦合方式不同，采用不同方式计算动力耦合后的标定转矩和按前、后驱动轮承载能力比例关系计算前、后驱动轮转矩 T_F 、 T_R ，作为试验载荷。理论速度低于 7 km/h 的各挡，试验载荷按最接近 7 km/h 挡计算。其公式见 JB/T9837 中的式(12)和式(13)。

c) 倒挡的试验载荷按上述计算值的 50%。

d) 不同动力耦合方式情况下标定转矩如表 2 所示计算。

表2 不同耦合方式下标定转矩计算

耦合方式	发动机 转矩	电机转矩	耦合标定转矩
串联式	T_1	T_2	$T_{bc} = \max(T_1 k_1 \eta_1, T_2 k_2 \eta_2)$
并联式	T_1	T_2	$T_{bb} = T_1 k_1 \eta_1 + T_2 k_2 \eta_2$
混联式	T_1	T_2	T_{bh} 依据传动形式不同，介于两者之间

注：表中 k 代表各传动路径传动比， η 为各传动路径综合传动效率

4.3.2 动力输出轴传动系试验载荷

a) 动力输出轴的输入转速和转矩，按动力输出轴标准转速及其相应的从动力系统获得的转矩。

b) 动力输出轴与加载机构的传动轴中心线应成 10° 倾斜角。

4.4 试验时间分配

4.4.1 主传动系每 100h 为一循环,按设计分配的各档工作时间比例,从低档至高档(不包括爬行档)进行试验,直至试验所规定的小时数。倒档试验可在完成前进档试验后进行。

4.4.2 动力输出传动系每 100h 为一个循环,两个转速的动力输出和变转速的动力输出轴,按设计分配的工作时间比例,从低转速至高转速进行试验,直至试验完所规定的小时数。

4.5 试验前的准备

4.5.1 试验样品为整套传动系(包括动力输出轴),但可拆除与试验结果无关的零、部件。

4.5.2 测量主要运动副(磨损件)的尺寸及锥齿轮齿侧间隙,并作好标记和记录。

4.5.3 按产品使用说明书规定,检查和调整有关要求、尺寸,加注润滑油。

4.6 试验前的磨合

4.6.1 主传动系的磨合按 GB 3871,磨合完毕放油清洗并更换新油。

4.6.2 动力输出轴传动系的磨合,输入转速按动力输出轴标准转速,输入转矩按匹配发动机标定转矩的 25%、75%各运转 2h。

4.7 试验要求

4.7.1 主传动系和动力输出轴传动系试验过程中每 4h 记录一次转矩、转速、油温和有关情况,并定期检查被试件的状况。

4.7.2 主传动系和动力输出轴传动系试验过程中,如有零、部件损坏,则允许更换零、部件继续进行试验至规定时间。主传动系和动力输出轴传动系试验完毕后应拆检全部零、部件情况和磨损量,必要时应拍照片。

5 当量系数

按上述要求进行的主传动系和动力输出轴传动系耐久性试验小时数与田间试验小时数的当量系数为 3.3(1:3.3)。

6 试验结果评定

6.1 可靠性评估

主传动系和动力输出轴传动系所有零、部件应能通过规定时间的试验,不得损坏,磨损量不超过工厂规定值。其中,齿轮不得产生轮齿断裂、齿面严重点蚀(任一蚀点面积达 4mm^2 、深达 0.5mm),轴承不得产生能影响齿轮正常传动的磨损、烧伤或点蚀。
