
5.7.5.5 农机防护装置试验台方案

一、试验台适用范围

GB/T 19498 《农林拖拉机防护装置 静态试验方法和验收技术条件》

GB/T 21956.1 《农林拖拉机 窄轮距轮式拖拉机翻滚防护装置 第1部分：前置式》

GB/T 21956.2 《农林拖拉机 窄轮距轮式拖拉机翻滚防护装置 第2部分：后置式》

GB 18447 《拖拉机安全技术规范》

二、测试范围

不带配置质量不小于 400KG，质量比不超过 1.75，至少有两根轴的配充气轮胎的轮式拖拉机或履带式拖拉机，以下称为样机

1、检测项目

样机驾驶室纵向加载试验

样机驾驶室压垮试验

样机驾驶室侧向加载试验

样机驾驶室超载试验

三、试验台主要技术参数

1、工作环境

环境温度：-5° C~50° C

相对湿度：<90%

电源：交流/单相 AC/220V±10%/50Hz±1Hz

2、检测装置性能参数

垂直加载行程（mm） 800

水平加载行程（mm） 800

垂直加载力（KN） 10~320

水平加载力（KN） 10~200

力测量精度 ±0.5%F.S

位移传感器量程（mm） 800

位移传感器精度 ±1%F.S

电源频率（HZ） 50

电源功率（kW） ≥2.5

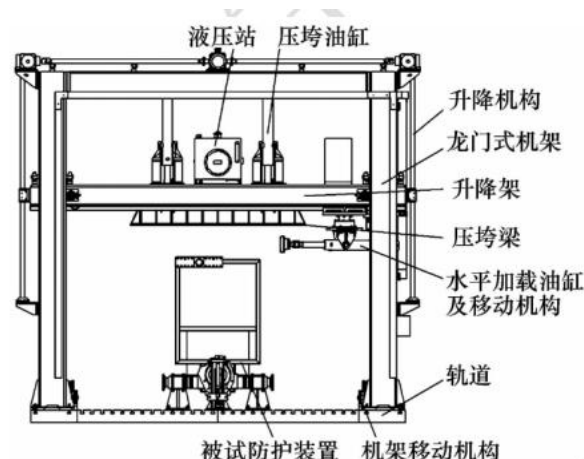
四、试验台技术方案

1、概述

本试验台主要依据以下 3 个标准：GB/T 19498《农林拖拉机防护

装置 静态试验方法和验收技术条件》；GB/T 21956.1《农林拖拉机 窄轮距轮式拖拉机翻滚防护装置 第1部分：前置式》；GB/T 21956.2《农林拖拉机 窄轮距轮式拖拉机翻滚防护装置 第2部分：后置式》。

本试验台可按标准规定的防护装置的试验项目及顺序为纵向加载试验、第一次压垮试验、侧向加载试验、第二次压垮试验对样机驾驶室实施相应加载试验；其中，设备可沿防护装置垂直方向施加加载力以满足压垮试验的需求，也可沿防护装置水平方向施加加载力。同时防护装置垂直方向承受的压垮载荷不小于被试拖拉机进行强度试验时 20 倍的参考质量。



试验台整体采用龙门式机械结构设计，纵向加载、侧向加载和压垮加载 3 个加载装置集成在 1 个龙门架内，机架整体可由机架移动机构驱动在轨道上前后平滑移动，升降机构工作时带动升降梁上下移动，压垮油缸动作带动压垮梁上下移动，液压站、压垮油缸、压垮梁等固定在升降梁上。

水平加载油缸固定在升降梁下方，其移动机构可驱动水平加载油缸在升降梁下方左右平滑移动，同时水平加载油缸可 180° 旋转以实

现纵向加载和侧向加载。

水平加载油缸前端安装有力传感器，实时测量试验时水平方向的加载力大小；水平加载油缸尾端安装有位移传感器，实时测量试验时水平方向的被试件变形量；压垮油缸与压垮梁之间安装有力传感器，实时测量试验时垂直方向的加载力大小。

2、试验台液压系统

试验台液压系统为专用液压系统，由泵、电机、过滤器、调压阀、泄压阀、液控锁等组成。

由调压、换向、闭锁等多功能液压基本回路组成。可完成试验台要求力下的加载、保压、泄压及复位功能。具有运动平稳、锁止可靠、调整方便等特点。系统具有的特别优良的低速稳定性，使液压系统的运动学参数和动力学参数满足动态及静态测量的精度要求。

液压系统采用集成与叠加相结合的连接方式，工作可靠、性能稳定、结构先进、美观大方。系统采用油液精密过滤，寿命长、可靠性高。液压系统采用特制专用液压缸，满足试验加载力及行程的需求。

3、电控系统

1.防护加力装置电控系统是以控制电脑为中心的测量控制系统，测控系统硬件部分主要包括主控制电脑、高速采集卡、显示屏等，遥控系统组成。软件控制系统由 LabVIEW 编程实现，通过以太网路由器和 分布式采集模块实现相互通讯。试验软件根据试验标准要求，能够满足普通轮距、窄轮距、双向行驶拖拉机驾驶室、前置式防翻架及 OECD 相关规定的各种类型试验工况要求。

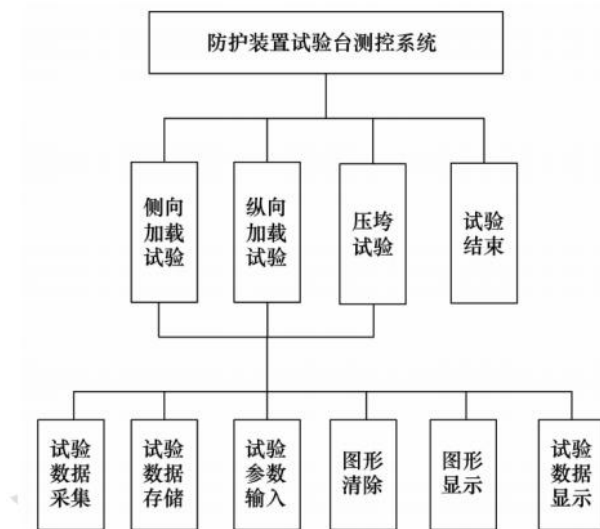
2.电源进线

三相相五线制，AC380V+N+地线。 总功率：约 5KW。

3.配电电路的控制按下电源开按钮，白色的电源开指示灯亮，总电源接通。按下电源关按钮，白色的电源关指示灯熄灭，总电源切断。

五、软件系统

本软件为防护检测装置的配套软件。在进行试验时，用户需将该软件与机械装置配套使用，能够方便用户对整个试验过程进行监控。该软件能够对试验时的数据（如位移变化量，加载力等）进行实时显示并根据要求和设置对用户进行提示；能够保存试验数据，并生成试验报表，根据用户的需要能将试验报表保存到 EXCEL 文档或直接进行打印，提供试验数据的查询和管理功能。系统采用 Windows 操作平台，具备良好的人机界面。



1) 数据采集：配备高速采集卡，实现加载力、位移等数据的高速采集，以便后续数据处理和图形显示。

2) 数据存储：配备数据存储模块，将采集到的数据存储至指定文档内，便于后期数据管理、分析和查询。

3) 图形显示和清除：试验时，试验界面实时显示加载力和位移

的关系曲线图；进行下一个试验时，可将上一个试验的图形清除，以便后续试验图形显示。

4) 试验参数输入：开始试验前，需要将被试件试验的各项信息输入，如试验编号、被试件型号、被试件厂家等信息。

5) 试验数据显示：试验时，加载力、位移等试验数据可在试验界面实时显示。

试验软件的采样频率、采样点数、控制输出速度等均与加载系统设计参数匹配。如此既保证了试验结果的准确性，又使试验数据量控制在一定范围内。试验软件达到了加载过程全自动控制，自动加载、卸载，自动控制加载时间。

5.7.5.6 轻型农机负载车方案

一、概述

设备是一种基于电驱动系统的农业车辆牵引负载车。负载车以最大加载牵引力 70kN，采用集成发动机—电动桥的电驱动系统为核心单元，使用转向牵引架实现前桥平台的自动跟随转向。在 LabVIEW 架构基础上，通过 FPGA 搭建高算力、高性能的测控系统，实现对电驱动系统电流、电压、被试车辆牵引力、油耗等多种信息的采集、无线传输与存储，并使用模糊自适应 PID 控制算法对牵引力加载进行闭环控制。负载车具备良好的牵引负载加载性能，其测控系统可实现被试车辆牵引性能多参数的实时准确监测，能够完成对农业车辆牵引性能的全面评估。

牵引负载车是装载有动力吸收装置、加载控制系统、试验数据采

集分析处理系统的车辆道路试验设备。农业车辆牵引负载车主要满足各种农业和非道路车辆的试验需要,通过模拟被试车辆的各种行驶负载,进行整车行驶下热平衡、热管理、牵引性能等方面的试验,以全面评价被试车辆的牵引性能和经济性。

本负载车有以下几个特点:

这款牵引负载车是基于电驱动系统的农业车辆牵引负载车。

负载车以最大加载牵引力 70kN,可覆盖重型拖拉机的相关负载试验。

用集成发动机—电动桥的电驱动系统为核心单元,使用转向牵引架实现前桥平台的自动跟随转向。

负载车具备良好的牵引负载加载性能

5) 负载车装载有动力吸收装置、加载控制系统

二、负载车适用范围

2.1.该检测装置可执行的试验标准

GB/T 3871.9 农业拖拉机 试验规程第 9 部分:牵引功率试验

GB/T 12537 汽车牵引性能试验方法

GB/T 12542 汽车热平衡能力道路试验方法

2.2.测试范围

农业拖拉机和非道路汽车,以下统称样机

2.3.相关试验项目

样机牵引性能试验,牵引力,牵引功率

样机速度、滑转率

样机热平衡试验

爬坡模拟试验等

样机油耗测试

三、设备结构

3.1 整机主要结构设计

本设计选定牵引负载车的最大加载牵引力为 70kN。负载车以电驱动桥总成作为安装基体，在驱动桥体上方安装车架，将控制器集成盒、电阻器、发电机组等设备固定在车架上。负载车整体布局如图 1 所示。

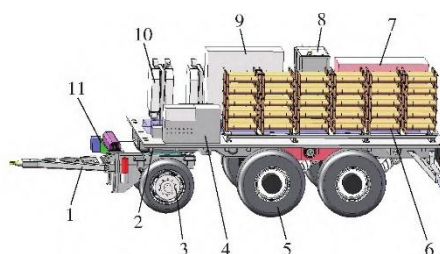


图 1 负载车整体布局

1. 转向牵引架 2. 转向轴承 3. 转向桥 4. 控制器集成盒 5. 电驱动桥总成
6. 电阻器 7. 发电机组 8. 油箱焊合总成 9. 强电柜 10. 变频器 11. 调节电机

负载车采用重型专用底盘，承载能力可达 40t。转向机构使用半挂车式设计，转向牵引架通过转向轴承与负载车车架相连。牵引试验时，试验人员首先通过调节电机对转向牵引架进行上下调节以适应不同被试车辆的牵引点高度。被试车辆转弯时带动转向桥转动，转向桥上的转向轴承再带动车架转向，从而实现牵引负载车的随动转向。

大功率电阻箱并联组成负载车能耗系统，将负载车的牵引能量转换为热能散发至空气中。冷却系统分为电机冷却、变频器冷却及电阻器冷 3 部分。电机及变频器采用集成式水泵散热器进行液冷散热。电阻器则使用三相风扇强制风冷散热，保证试验过程中负载车整体温度

在合理范围内。牵引负载车整机主要设计指标见表 1。

表 1 负载车主要设计指标

参数	数值/规格
动力类型	2X2 电驱动桥
底盘承载能力/t	≥ 20
底盘过载余量/%	150
最大牵引力/KN	70
能耗系统额定功率/Kw	300
风冷系统总功率/kW	1.5

3.2 电驱动系统

电驱动系统主要由发电机组、变频器和电驱动桥组成。其中电驱动桥集成 1 个驱动电机，电机分别搭配 2 个减速器驱动两侧车轮转动，其结构如图 2 所示

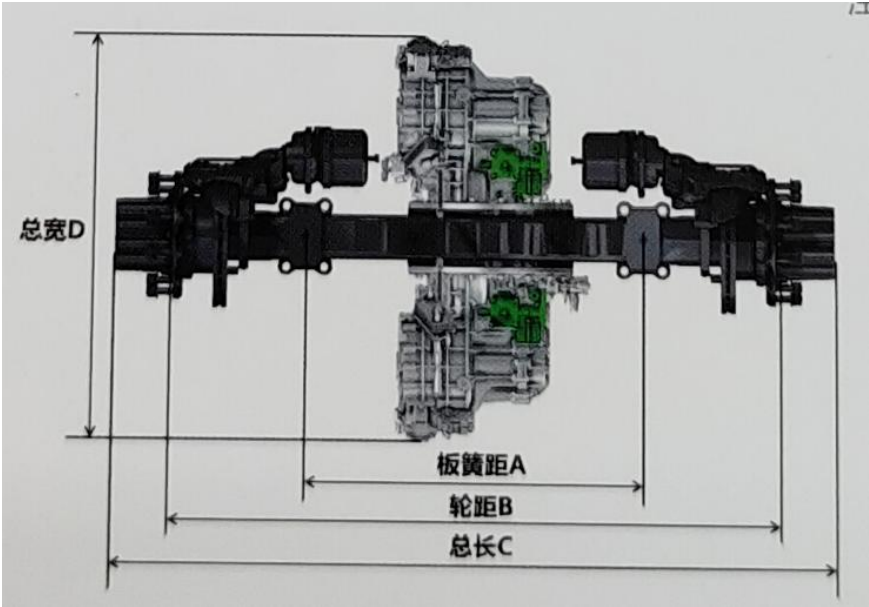


图 2 电驱动桥结构图

试验人员通过测控系统发出加载指令后，发电机组接收该指令后产生相应大小的交流电传输到变频器。变频器接收发电机组产生的交流电，调节其电压与频率并发送至左、右 2 个驱动电机，驱动电机将电能转换为转矩，然后通过减速器将转矩增大传递到驱动轮，电驱动

系统驱动过程见图 3。

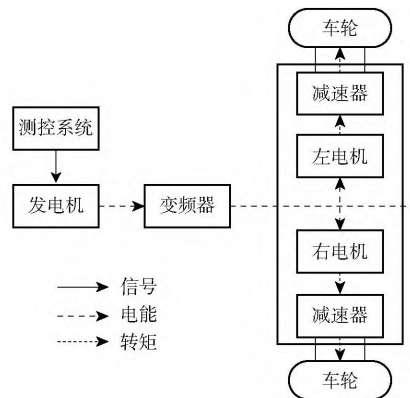


图 3 电驱动系统驱动过程

根据计算数据、输出扭矩、功率与转速，选定 2 台持续功率 150kW 驱动电机，匹配多级减速器，构成持续总功率 300kW 的电驱动系统，峰值功率可达 370kW。电机额定扭矩 265N·m，额定转速 5400r/min。电机技术参数见表 2。

表 2 驱动电机技术参数

参数	数值
额定功率/kW	150
最大功率/Kw	185
额定转矩/（N•m）	265
额定转速/（r•min-1）	5400
效率/%	90

四、测控系统

测控系统硬件部分由车载检测仪、传感器模块、无线通讯模块和以太网交换机等组成;软件部分包括控制器软件与上位机软件，控制器软件负责各传感器数据的采集，上位机软件则接收无线传输的数据并实时显示试验测量数据、牵引力加载曲线等，同时在上位机软件中搭建加载控制模块，实现对牵引力加载的闭环控制。

4.1 测控系统硬件

车载采集仪选用分布式数据采集控制单元作为控制器，其具有多路模拟量输入输出、多路脉冲信号量输入以及多路串口、总线通讯等通道。控制器配备模拟量输入模块、模拟量输出模块和脉冲模块实现牵引力传感器、GNSS 组合导航、电驱动系统电流电压等模拟信号的采集、第三方仪器如油耗仪脉冲计数与频率测量、电驱动系统控制等。

车载采集仪控制器将采集的传感器数据发送至以太网交换机，负载车通过以太网协议实现控制器与无线传输模块之间的互联互通。无线通讯模块接收以太网交换机的数据信息然后传输到上位机软件，同时，控制器也接收试验人员通过上位机软件发送的控制指令，无线通讯模块使用 Lora 通讯技术，以保证高可靠性和较远的传输距离。

牵引力的闭环控制具备实时准确的牵引力作为控制系统的反馈量，选用柱型高精度牵引力传感器对被试车辆牵引力进行实时测量。

4.2 测控系统软件

使用 LabVIEW 设计部署硬件控制器软件，对各传感器数据进行实时读取、传输、储存，软件利用控制器的多线程工作优势，分别通过独立的 While 循环实现各传感器信息的数据采集，如图 4 所示：

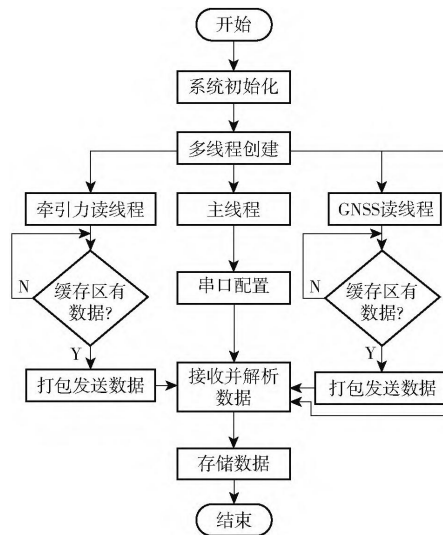


图 4 多线程采集流程图

上位机软件基于 NI LabVIEW 开发，利用其虚拟化、图形化、模块化、通用性等特点，对试验数据进行无线传输、解析计算与存储，实时显示测量数据、牵引力加载曲线以提高牵引试验的可操作性，并通过加载控制器实现对电机加载的闭环控制。上位机软件主要包括 4 部分功能:软件设置模块、无线传输模块、加载控制模块、数据处理模块。上位机软件功能框图如图 5 所示。

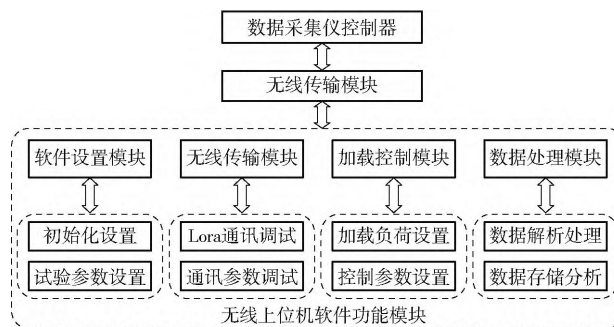


图 5 上位机软件功能框图

试验过程中，上位机软件通过无线通讯模块与测控系统控制器进行通讯，接收控制器发送的传感器数据并进行处理，根据 FPGA 时间同步各传感器数据，将得到的电驱动系统电流电压、被试车辆滑转率、

行驶速度与生成的牵引力功率曲线等信息实时显示在软件界面上，同时，上位机软件程序逻辑中设置人工、自动等多种触发方式实现数据记录，将试验数据保存为 **xlsx** 格式，可借助 **Excel** 直接打开。

上位机软件主界面，控制命令输入通过菜单栏和快捷键方式，界面简洁、控制简单，并可以实时监测电驱动系统工作状态、被试车牵引力、滑转率等数据信息。

4.3 加载控制模块

上位机软件中包含了加载控制模块，该模块主要实现负载车牵引力加载的闭环控制。试验人员通过上位机软件发出牵引力控制指令，指令经无线传输模块发送至控制器，控制器调节电驱动系统加载输出牵引负载。牵引力传感器将被试车辆实际输出的牵引力输入到上位机软件中的加载控制模块，形成闭环控制。

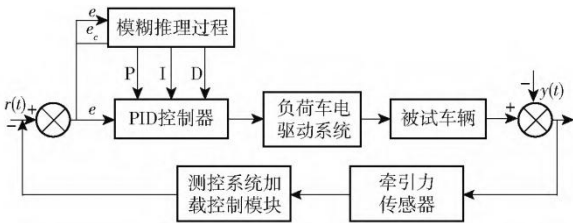


图 6 牵引力模糊自适应 PID 系统控制模型框图

5.7.5.7 重型农机负载车方案

一、概述

设备是一种基于电驱动系统的农业车辆牵引负载车。负载车以最大加载牵引力 150kN，采用集成发动机—电动桥的电驱动系统为核心单元，使用转向牵引架实现前桥平台的自动跟随转向。在 **LabVIEW** 架构基础上，通过 **FPGA** 搭建高算力、高性能的测控系统，实现对

电驱动系统电流、电压、被试车辆牵引力、油耗等多种信息的采集、无线传输与存储,并使用模糊自适应 PID 控制算法对牵引力加载进行闭环控制。负载车具备良好的牵引负载加载性能,其测控系统可实现被试车辆牵引性能多参数的实时准确监测,能够完成对农业车辆牵引性能的全面评估。

牵引负载车是装载有动力吸收装置、加载控制系统、试验数据采集分析处理系统的车辆道路试验设备。农业车辆牵引负载车主要满足各种农业和非道路车辆的试验需要,通过模拟被试车辆的各种行驶负载,进行整车行驶下热平衡、热管理、牵引性能等方面的试验,以全面评价被试车辆的牵引性能和经济性。

本负载车有以下几个特点:

- 1) 这款牵引负载车是基于电驱动系统的农业车辆牵引负载车。
- 2) 负载车以最大加载牵引力 150kN,可覆盖重型拖拉机的相关负载试验。
- 3) 用集成发动机—电动桥的电驱动系统为核心单元,使用转向牵引架实现前桥平台的自动跟随转向。
- 4) 负载车具备良好的牵引负载加载性能
- 5) 负载车装载有动力吸收装置、加载控制系统

二、负载车适用范围

2.1.该检测装置可执行的试验标准

GB/T 3871.9 农业拖拉机 试验规程第 9 部分:牵引功率试验

GB/T 12537 汽车牵引性能试验方法

GB/T 12542 汽车热平衡能力道路试验方法

2.2.测试范围

农业拖拉机和非道路汽车，以下统称样机

2.3.相关试验项目

样机牵引性能试验，牵引力，牵引功率

样机速度、滑转率

样机热平衡试验

爬坡模拟试验等

样机油耗测试

三、设备结构

3.1 整机主要结构设计

本设计选定牵引负载车的最大加载牵引力为 150kN。负载车以电驱动桥总成作为安装基体，在驱动桥体上方安装车架，将控制器集成盒、电阻器、发电机组等设备固定在车架上。负载车整体布局如图 1 所示。

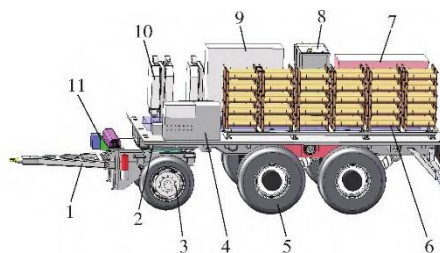


图 1 负载车整体布局

1. 转向牵引架 2. 转向轴承 3. 转向桥 4. 控制器集成盒 5. 电驱动桥总成
6. 电阻器 7. 发电机组 8. 油箱焊合总成 9. 强电柜 10. 变频器 11. 调节电机

负载车采用重型专用底盘，承载能力可达 40t。转向机构使用半挂车式设计，转向牵引架通过转向轴承与负载车车架相连。牵引试验时，试验人员首先通过调节电机对转向牵引架进行上下调节以适应不

同被试车辆的牵引点高度。被试车辆转弯时带动转向桥转动，转向桥上的转向轴承再带动车架转向，从而实现牵引负载车的随动转向。

大功率电阻箱并联组成负载车能耗系统，将负载车的牵引能量转换为热能散发至空气中。冷却系统分为电机冷却、变频器冷却及电阻器冷 3 部分。电机及变频器采用集成式水泵散热器进行液冷散热。电阻器则使用三相风扇强制风冷散热，保证试验过程中负载车整体温度在合理范围内。牵引负载车整机主要设计指标见表 1。

表 1 负载车主要设计指标

参数	数值/规格
动力类型	4X4 电驱动桥
底盘承载能力/t	≥40
底盘过载余量/%	150
最大牵引力/KN	150
能耗系统额定功率/Kw	600
风冷系统总功率/kW	2

3.2 电驱动系统

电驱动系统主要由发电机组、变频器和电驱动桥组成。其中电驱动桥集成 2 个驱动电机，电机分别搭配 2 个减速器驱动两侧车轮转动，其结构如图 2 所示

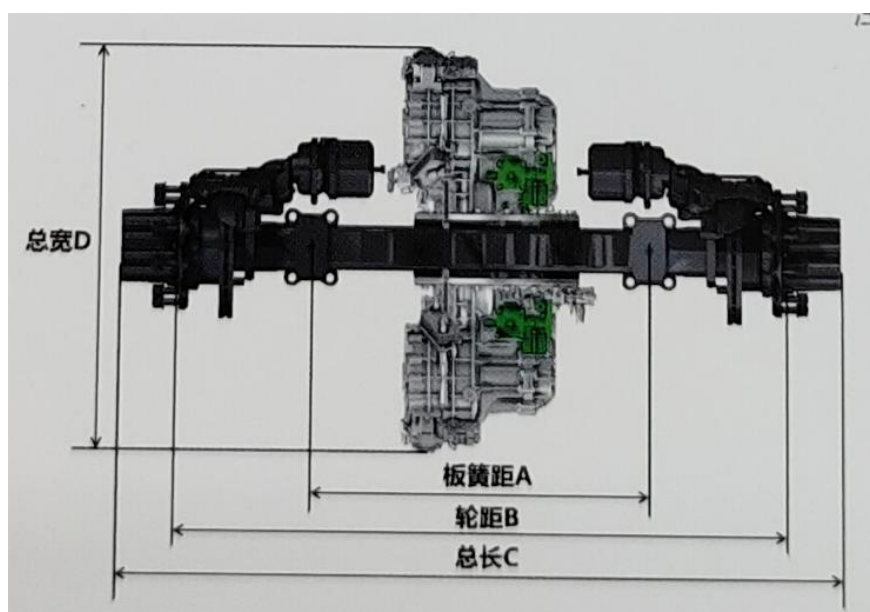


图 2 电驱动桥结构图

试验人员通过测控系统发出加载指令后，发电机组接收该指令后产生相应大小的交流电传输到变频器。变频器接收发电机组产生的交流电，调节其电压与频率并发送至左、右 2 个驱动电机，驱动电机将电能转换为转矩，然后通过减速器将转矩增大传递到驱动轮，电驱动系统驱动过程见图 3。

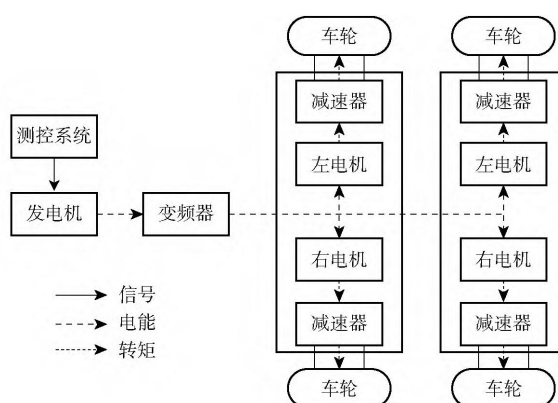


图 3 电驱动系统驱动过程

根据计算数据、输出扭矩、功率与转速，选定 4 台持续功率 150kW 驱动电机，匹配多级减速器，构成持续总功率 600kW 的电驱动系统，峰值功率可达 740kW。电机额定扭矩 265N·m，额定转速 5400r/min。

电机技术参数见表 2。

表 2 驱动电机技术参数

参数	数值
额定功率/kW	150
最大功率/Kw	185
额定转矩/（N•m）	265
额定转速/（r•min ⁻¹ ）	5400
效率/%	90

四、测控系统

测控系统硬件部分由车载检测仪、传感器模块、无线通讯模块和以太网交换机等组成;软件部分包括控制器软件与上位机软件，控制器软件负责各传感器数据的采集，上位机软件则接收无线传输的数据并实时显示试验测量数据、牵引力加载曲线等，同时在上位机软件中搭建加载控制模块，实现对牵引力加载的闭环控制。

4.1 测控系统硬件

车载采集仪选用分布式数据采集控制单元作为控制器，其具有多路模拟量输入输出、多路脉冲信号量输入以及多路串口、总线通讯等通道。控制器配备模拟量输入模块、模拟量输出模块和脉冲模块实现牵引力传感器、GNSS 组合导航、电驱动系统电流电压等模拟信号的采集、第三方仪器如油耗仪脉冲计数与频率测量、电驱动系统控制等。

车载采集仪控制器将采集的传感器数据发送至以太网交换机，负载车通过以太网协议实现控制器与无线传输模块之间的互联互通。无线通讯模块接收以太网交换机的数据信息然后传输到上位机软件，同

时，控制器也接收试验人员通过上位机软件发送的控制指令，无线通讯模块使用 Lora 通讯技术，以保证高可靠性和较远的传输距离。

牵引力的闭环控制具备实时准确的牵引力作为控制系统的反馈量，选用柱型高精度牵引力传感器对被试车辆牵引力进行实时测量。

4.2 测控系统软件

使用 LabVIEW 设计部署硬件控制器软件，对各传感器数据进行实时读取、传输、储存，软件利用控制器的多线程工作优势，分别通过独立的 While 循环实现各传感器信息的数据采集，如图 4 所示：

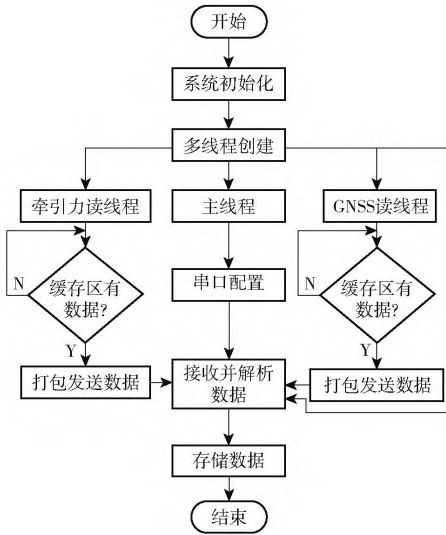


图 4 多线程采集流程图

上位机软件基于 NI LabVIEW 开发，利用其虚拟化、图形化、模块化、通用性等特点，对试验数据进行无线传输、解析计算与存储，实时显示测量数据、牵引力加载曲线以提高牵引试验的可操作性，并通过加载控制器实现对电机加载的闭环控制。上位机软件主要包括 4 部分功能:软件设置模块、无线传输模块、加载控制模块、数据处理模块。上位机软件功能框图如图 5 所示。

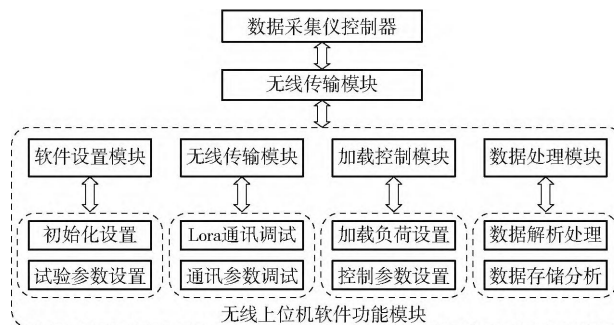


图 5 上位机软件功能框图

试验过程中，上位机软件通过无线通讯模块与测控系统控制器进行通讯，接收控制器发送的传感器数据并进行处理，根据 FPGA 时间同步各传感器数据，将得到的电驱动系统电流电压、被试车辆滑转率、行驶速度与生成的牵引力功率曲线等信息实时显示在软件界面上，同时，上位机软件程序逻辑中设置人工、自动等多种触发方式实现数据记录，将试验数据保存为 xlsx 格式，可借助 Excel 直接打开。

上位机软件主界面，控制命令输入通过菜单栏和快捷键方式，界面简洁、控制简单，并可以实时监测电驱动系统工作状态、被试车牵引力、滑转率等数据信息。

4.3 加载控制模块

上位机软件中包含了加载控制模块，该模块主要实现负载车牵引力加载的闭环控制。试验人员通过上位机软件发出牵引力控制指令，指令经无线传输模块发送至控制器，控制器调节电驱动系统加载输出牵引负载。牵引力传感器将被试车辆实际输出的牵引力输入到上位机软件中的加载控制模块，形成闭环控制。