

虚拟仿真
实验教学



电动拖拉机电机性能评估 与故障分析虚拟仿真实验

Try To Design A Better Motor Of Electrical Tractor

江苏大学
电气信息工程学院
2021.5

date
2021

实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

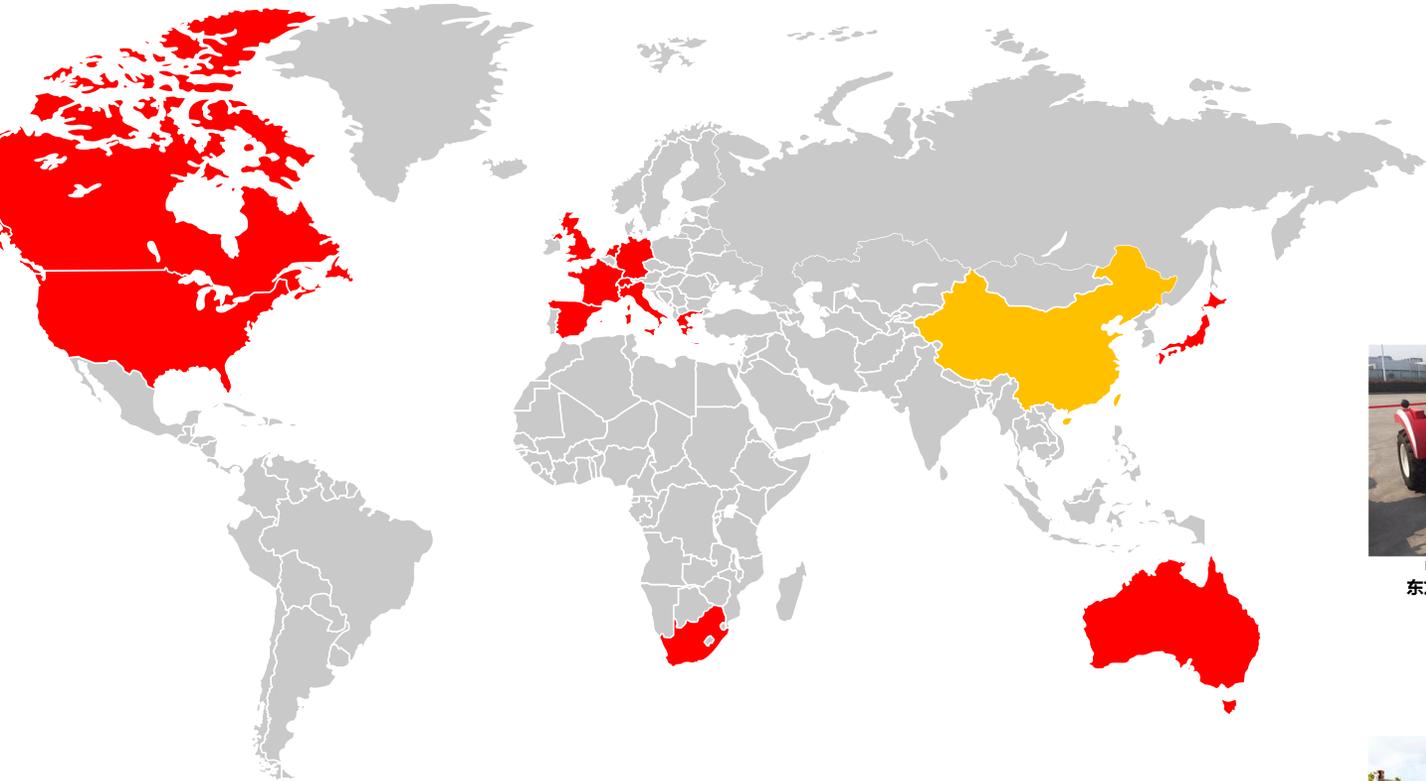
实验流程

总结与展望

实验背景

- 近年来，农业生产过程的电气化与智能化成为我国促进农业发展、保障粮食安全的重要举措。总书记在中央农村工作会议上指出，“要坚持农业科技自立自强，加快推进农业关键核心技术攻关”。
- 以清洁电力为能源、以电机为驱动核心、结合智能控制技术的电动拖拉机技术迅速发展并逐步应用于国内现代农业生产中。电机、电池、电控是电动拖拉机等电力动力装备的核心关键技术，其中尤以驱动电机产业快速发展，人才紧缺。
- 电动拖拉机的电机驱动系统转速高、功率大，此类电机的设计周期长（电机加工制造必须委托电机加工公司，耗时常在半年以上），电机测试条件苛刻。而高压、大电流、高速的测试条件对电机测试台架的要求高，不同工况负载试验需要专门的昂贵的试验设备（电磁场分析和系统仿真软件、功率分析仪、500MHz高速数字存储示波器、dSPACE开发系统等软硬件设备500万元以上）。相关实验长周期、高危险、高费用，并且由于需要专业测试人员进行操作，学生的参与度低。

虚拟仿真 实验教学



中国一拖集团有限公司
东方红ET1400-1电动拖拉机



国家农机装备创新中心
ET1004-W电动拖拉机



江苏悦达智能农业装备有限公司
YL254ET电动拖拉机



帝王(Monarch Tractor)
电动拖拉机



芬特(Fendt)
电动拖拉机



约翰迪尔(John Deere)
电动拖拉机

预习电机设计的方法和相关公式，针对电动拖拉机驱动电机的需求，先行设计和计算电机的相关参数。

1) 拖拉机参数

整车质量：5600kg

电机功率：120kW

电机转矩：250N·M

2) 电机性能需求

基速：3000rpm

转速范围：0-5000rpm

额定功率：120kW

峰值功率：300kW

额定转矩：200N·M

峰值转矩：500N·M

3) 固定参数

定子铁心内径：150mm

槽数：48

槽深：29.5mm

齿宽：7.95mm

槽口宽：1.93mm

轭宽度：20mm

转子内径：42mm

极数：8

转子结构：内置V字型

实验目的

- 1) 熟悉电动拖拉机总体结构及运行原理，践行课程思政，引导学生投身智能农业发展与新农村建设，为国家增强培养学生精益求精的大国工匠精神。
- 2) 熟练掌握电机的拓扑结构与工作原理；
- 3) 掌握电动拖拉机电机基本设计方法；
- 4) 熟练掌握电机关键结构参数的改变对电机转矩性能的影响；
- 5) 掌握电机台架测试与评估流程，测试数据分析处理方法以及电机故障状态现象与电机设计关键参数映射关系；
- 6) 掌握电机装机后的转矩性能与拖拉机作业质量之间的关系，并能自主分析在不同工况下，电动拖拉机电机故障特征及其性能改进方法。

虚拟仿真

实验教学

实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

实验流程

总结与展望

- 1) 电动拖拉机认识：通过分解结构图，了解电动拖拉机结构各组成部分，并通过细节展示各部分的主要功能和特性需求。
- 2) 电机认识：通过分解结构图，了解电驱动系统中的核心——电机结构的组成部分，使学生建立直观认识。
- 3) 故障认知：介绍电机的典型故障（永磁体退磁、永磁体脱落、绕组匝间短路、相绕组断路）的原因、特征和判断方法。
- 4) 电机参数设计，通过在界面上输入或选择基本电机参数，通过参数化建模的方式产生电机。
- 5) 在上一模块生产成型的电机，按照实际测试要求，在电机测试台架上进行测试。若达标则进行大田测试，若不达标则重新回到上一个模块，重新设计参数。
- 6) 电机通过台架测试后，安装到电动拖拉机上，进行大田测试。按照实际测试情景，测试多工况下的作业情况，以测试评估设计电机的实际性能。
- 7) 故障分析。根据四台故障的电动拖拉机故障特征，判断故障的类型，分析故障的原因。

配置需求

【处理器】

Intel (R) Core (TM) i5

【主频】

2.4GHz

【内存】

8GB

【显卡】

NVIDIA GeForce GTX GT740 2G

虚拟仿真 实验教学

【自主学习】

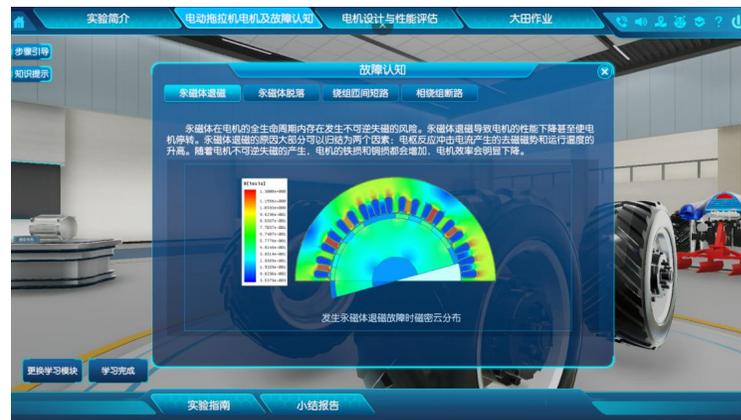
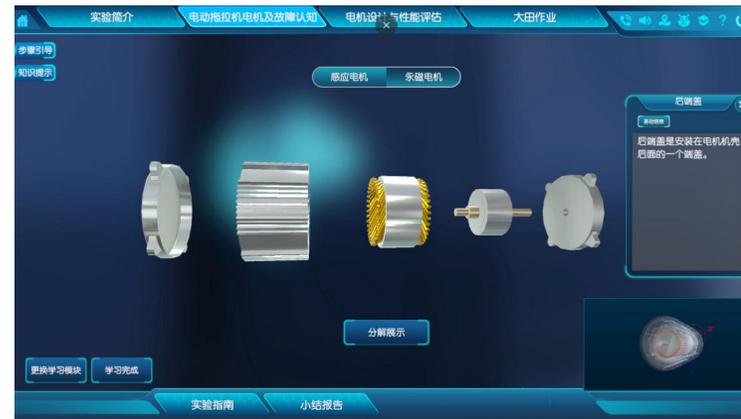
实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

实验流程

总结与展望



【综合设计】

实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

实验流程

总结与展望



槽满率以及相关参数的填写



台架测试实验室

电机在实际设计时，需要使用专用设计软件进行电机参数计算，本实验中，通过虚拟仿真的形式模拟仿真过程。图20是电机设计界面，左侧是为了简化电机模型而事先进行固定好的电机参数，右边则是需要填写的参数。其中，【槽满率】、【转子叠片长度】、【转子外径】是通过其他参数的填写计算出来的。而【定子叠片长度】、【匝数】、【并绕根数】、【线径】、【气隙大小】、【永磁体宽度】、【永磁体长度】是需要自主填写的。

实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

实验流程

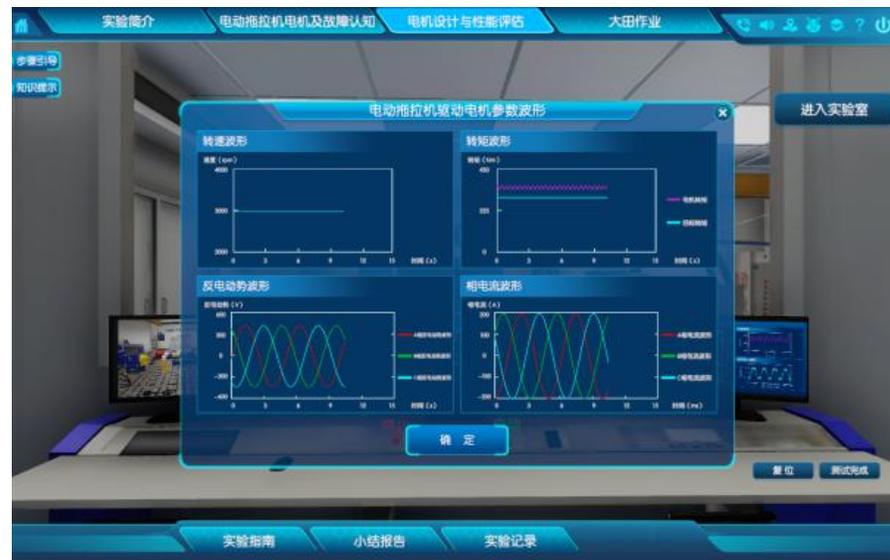
总结与展望

【测试评估】

按照电机性能的一般测试流程，在完成电机轻载试验后，还需继续进行电机额定功率的试验。【电机额定试验】的操作过程与【电机轻载试验】操作过程类似，主要目的都是为了读取电机测试数据，并通过专业的试验，观察电机在不同工况下的运行状态，评估电机的性能。



(a) 实验数据



(a) 实验波形

额定试验的实验数据与实验波形

【改进与探究】

➤ 电机作业性能测试

学生选择一台拖拉机，将上一环节设计的电机安装到电动拖拉机上，进行测试。

➤ 大田作业测试故障分析

某农场有四台电动拖拉机在作业过程中出现了故障，需要同学分析故障的中、故障产生的原因以及解决方法。

➤ 完成实验，生成实验报告

如图49，在完成四台故障拖拉机电机故障分析后，点击【完成故障分析】，结束本模块实验，故障分析结果自动在实验报告中生成。



故障排查



生成实验报告

虚拟仿真

实验教学

实验背景

前置知识与实
验目的

实验内容

实验流程

思考与总结

- 1) 电动拖拉机是怎么实现能量转换的?
- 2) 电机参数对电机转矩的影响分别是什么?
- 3) 槽满率过大或者过小对电机有什么影响?
- 4) 当电机发生永磁体退磁故障时, 电机会出现什么现象?

