

# 氢动科技

——面向数字化试飞的燃料电池无人机  
动力系统半实物仿真平台

绿色节能、安全稳定、经济高效

## 军用领域:



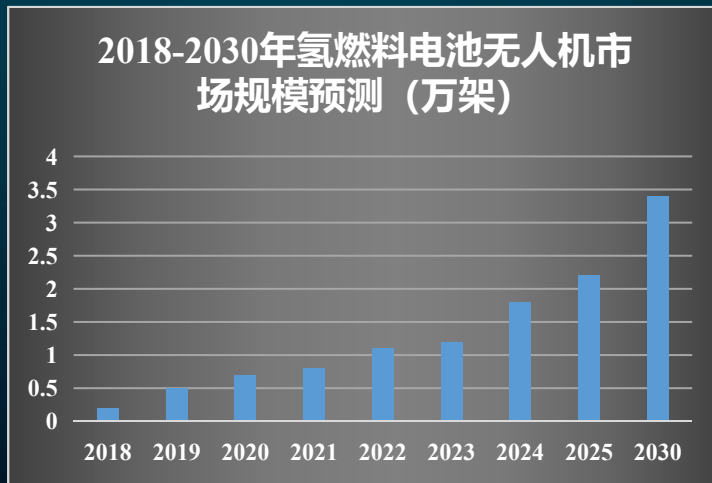
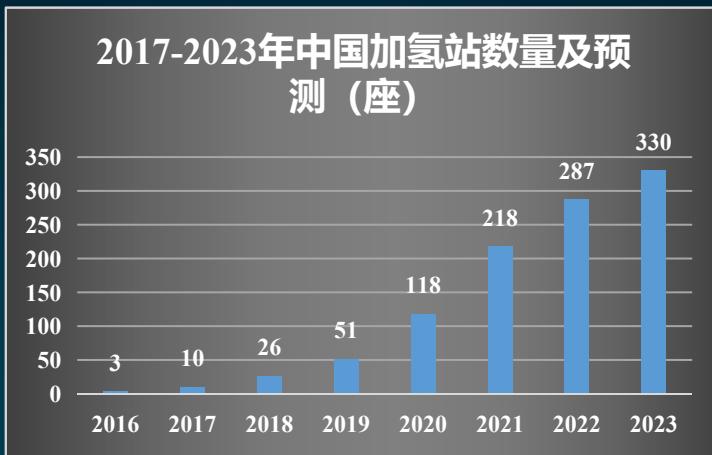
国防部在解放军报中指出：  
国家军委装备发展部已公开征集燃料  
电池无人机的军用解决方案

## 民用领域:



围绕民用**无人机动力系统**开展关键  
技术攻关，支持**新能源航空器**  
等技术产业化发展

## 市场现状



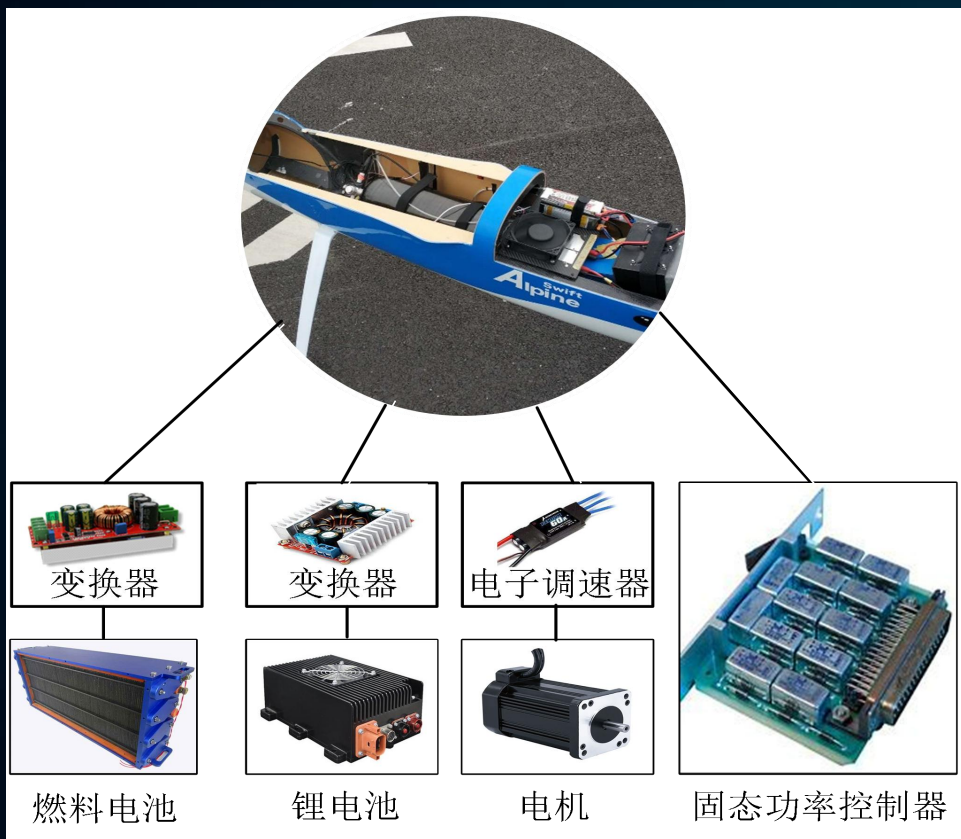
## 市场瓶颈

研发周期长

试飞成本高

稳定性需要  
提高

## ！ 子系统选取



子系统之间**耦合性强**，难以对其**进行单独选取设计**。

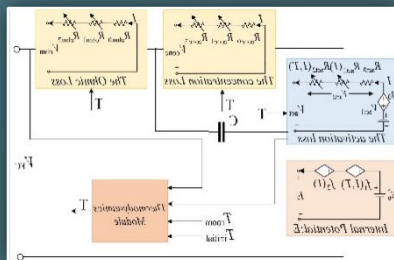
## ！ 快速变载下的动力系统老化



无人机复杂的飞行工况

- 燃料电池 **动态响应慢**，**寿命成本**受到影响。
- 蓄电池寿命受到 **充放电次数** **约束**。

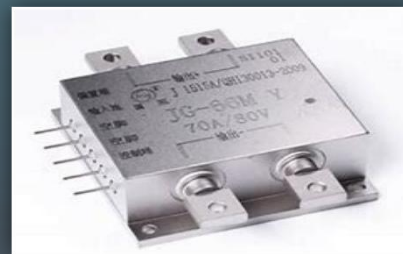
## ！ 等效电路模型参数难以测量



燃料电池等效电路

- 极化电容等参数 **变化波动大**，且**无法得到有效测量**。
- 如何 **准确估计系统内部损耗**，延缓使用寿命。

## ！ 系统故障检测与隔离



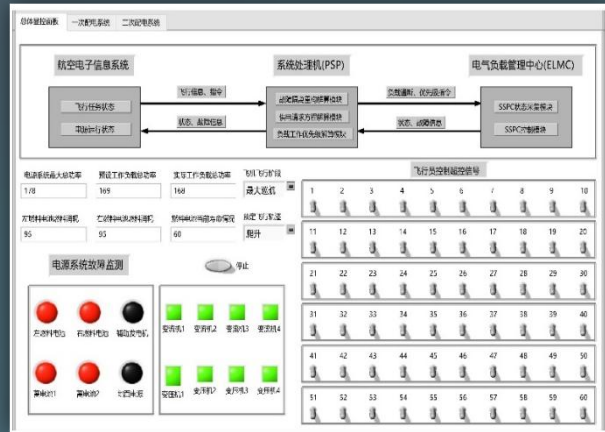
动力系统负载

- 如何 **实时监测**、判断故障类型并**精准执行切除故障任务**。
- 不受负载突变引起母线电压电流波动而**误触发**。

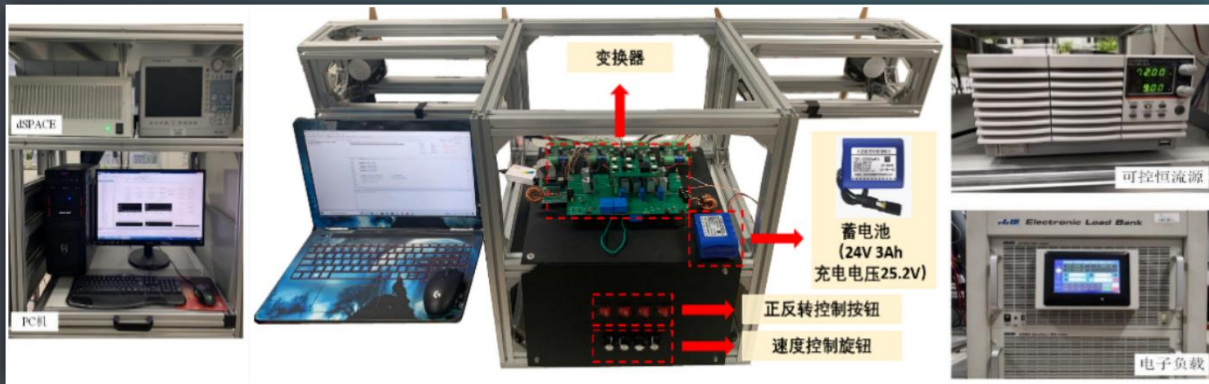
## 动力系统测试平台



RT-Lab实时仿真平台

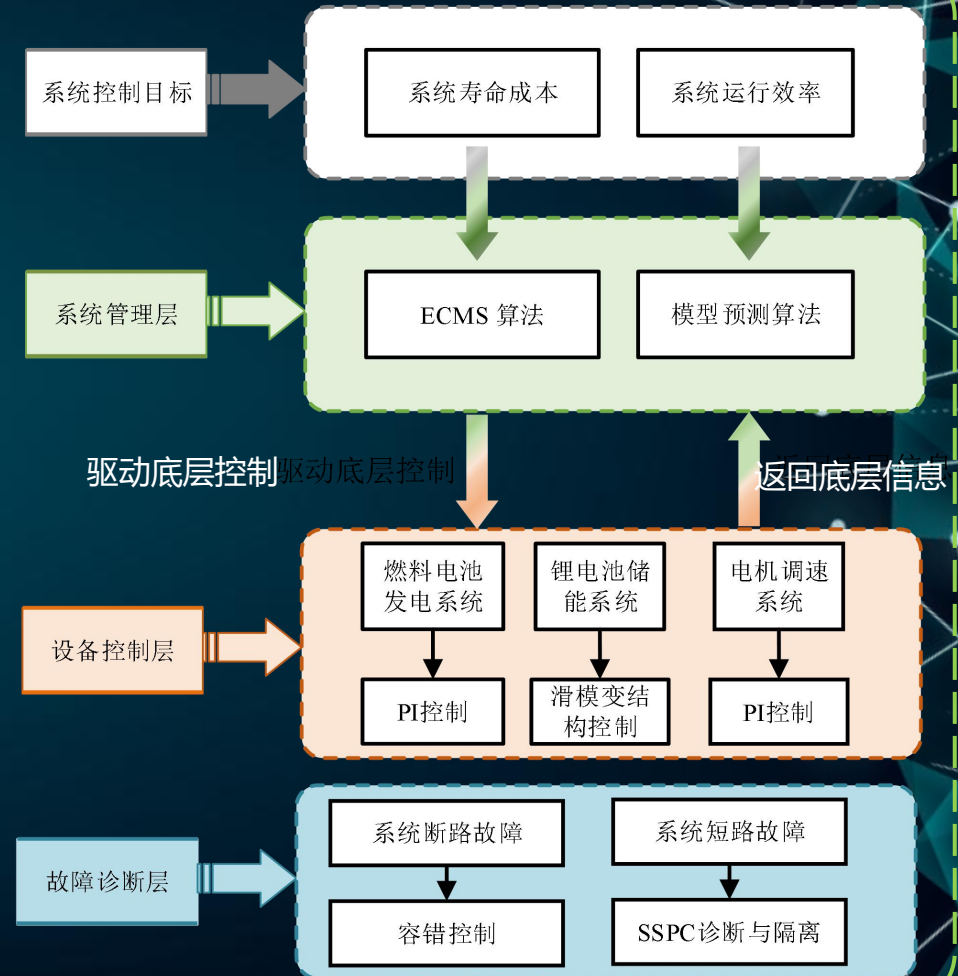


LabVIEW实时显示界面



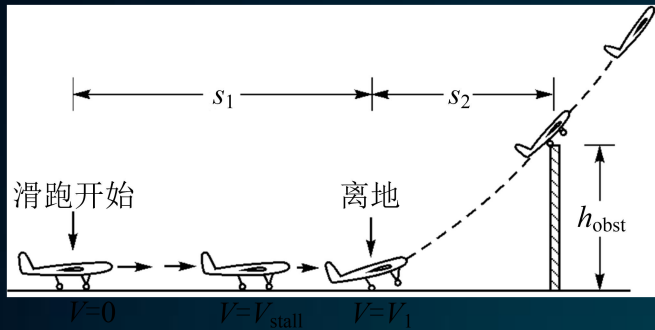
动力系统平台

## 系统控制结构

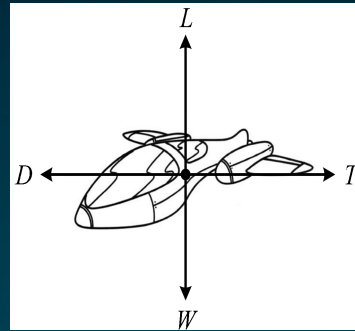


## 飞行工况动力学建模

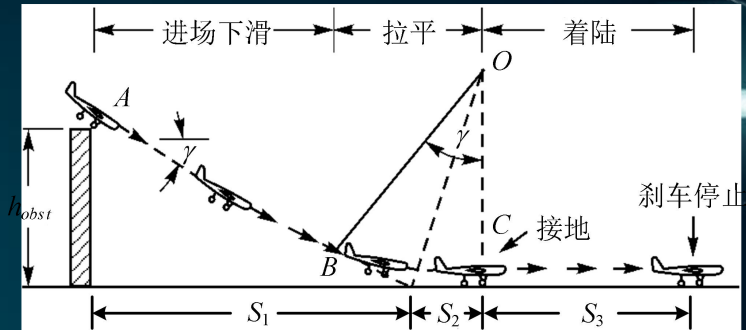
### 起飞模式



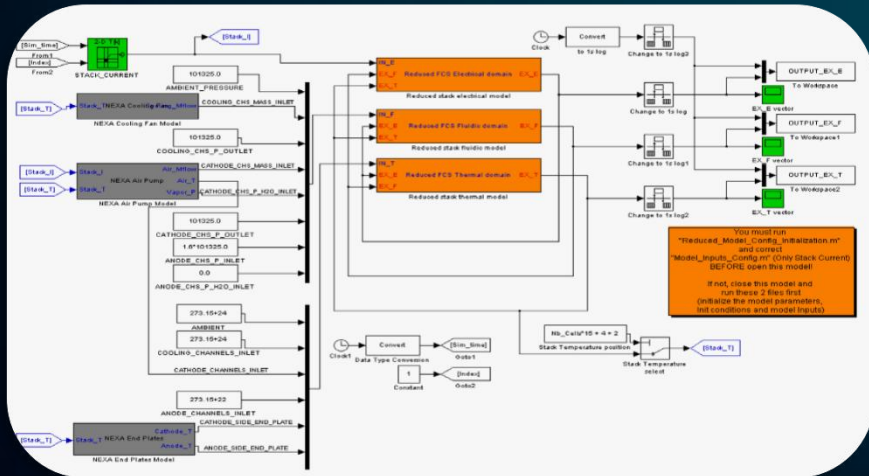
### 巡航模式



### 降落模式



## 飞行姿态与负载功率求解

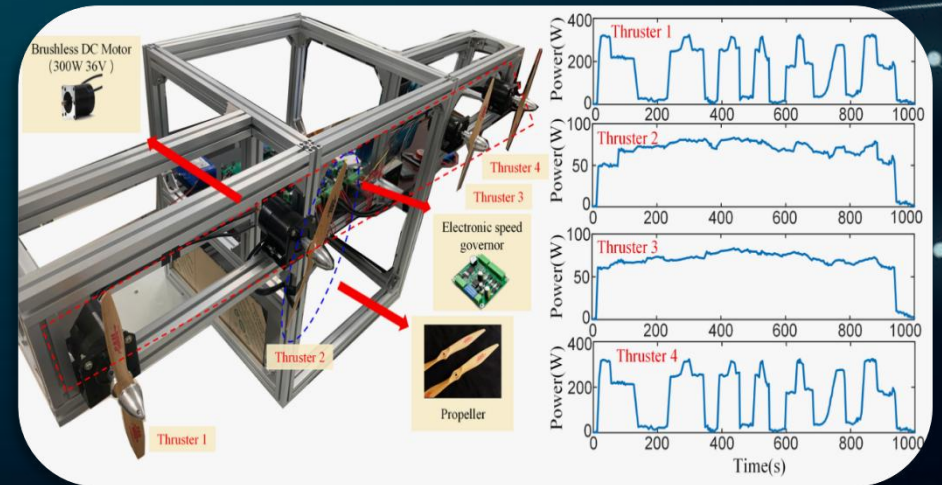


无人机动力学模型

### 转速等相关信号



通过RT-lab实时仿真求解

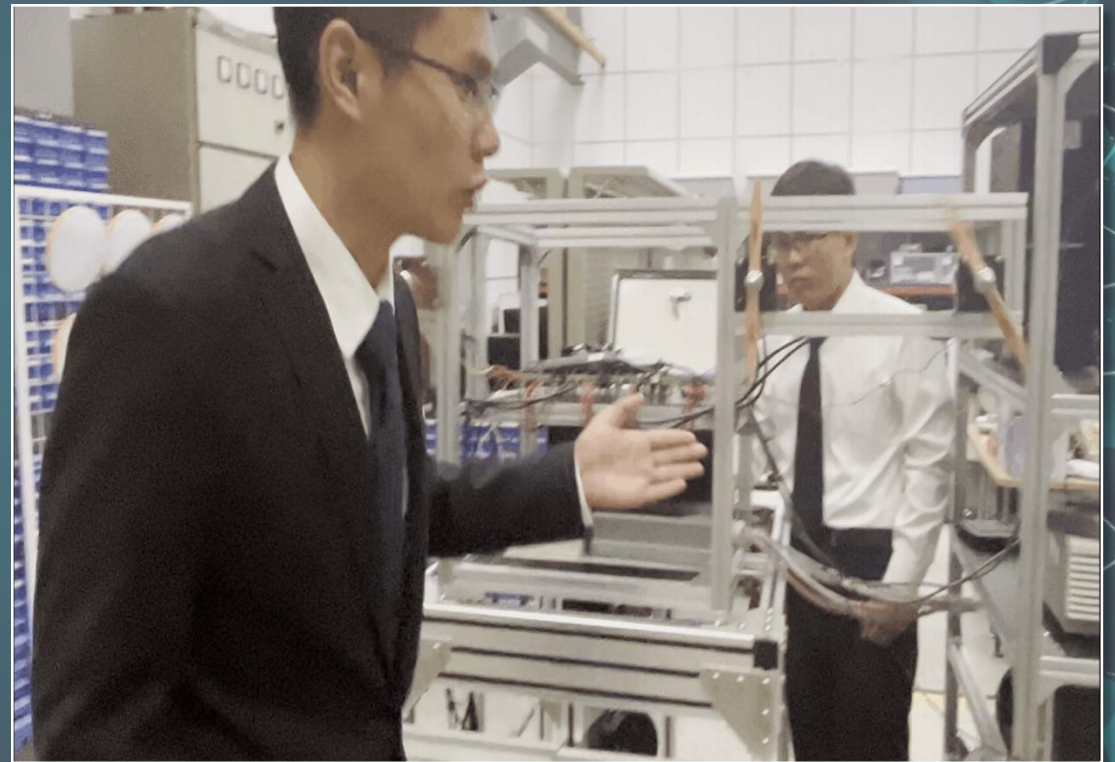


无人机测试台架

## 动力系统实际工作演示

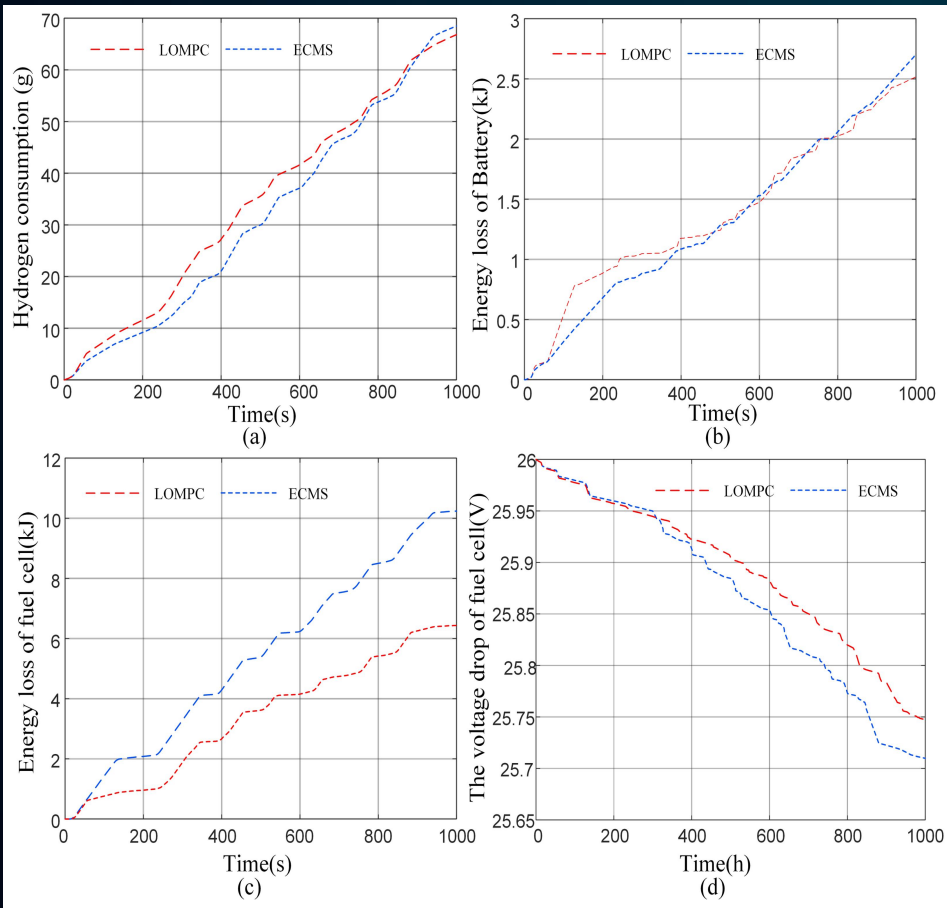


## 系统实时监测结果



## 实验结果

### ➤ 燃料消耗与寿命优化结果



## 测试数据

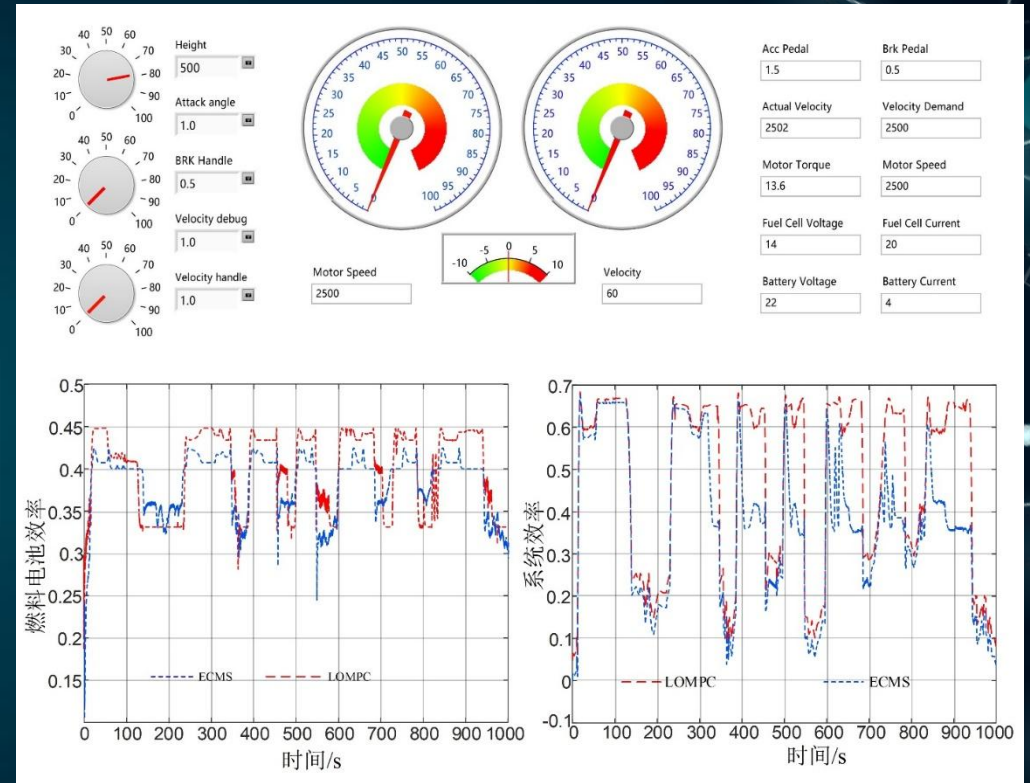
### ➤ 对比结果

测试性能	ECMS	LOMPC	优化效果
氢耗 /g	6.81	6.63	2.6%
锂电池内部损耗/kJ	2.7	2.5	7.4%
燃料电池内部损耗/ kJ	10.14	6.41	36.8%
燃料电池压降/V	0.25	0.28	12%

## 实时系统监测



## 数据显示结果



- 实现源-网-荷**模块化**，模拟负载工况；
- 缩短研发周期的**五分之一**；
- 最高**长达10000h**实验数据记录；
- 系统**微秒级(20μs)**变换器**纳秒级(5ns)**

测试性能	ECMS	LOMPC	优化效果
燃料电池效率	12.43	5.15	58.6%
动力系统效率	17.39	11.33	34.8%



## 1 核心技术1

### 实时硬件仿真系统



- 可**硬件在环仿真**
- 与上位机**实时通讯**
- 通过LabVIEW**展示其相关节能性数据**

### 子系统控制



- 嵌入系统开路**故障诊断与容错控制**
- 一种新型控制方法**提高稳定性**
- **缩短**了整机动力系统控制和能量管理策略的**研发时间**

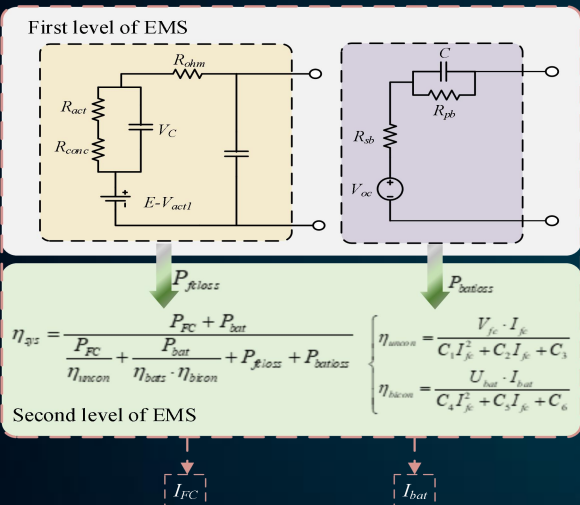
### 转化成果



✓ **发明专利四篇，学生一作**

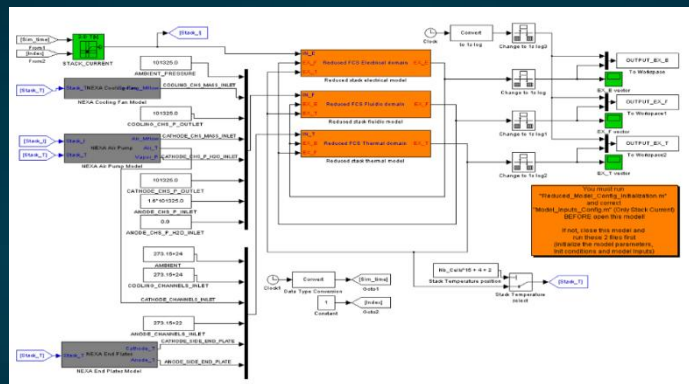
## 2 核心技术2

### 考虑等效电路内部损耗



- 考虑等效电路中**电容电压**在实际中的**不可观测性**
- 提出**新的计算方法**模拟蓄电池在充放电模式下的内部损耗。

### 无人机动力系统动力学模型



- 分析飞机在不同任务模式下的**动力学特性和功率流动**
- 减少系统**能量损耗**

### 转化成果

A PMP Energy Management Strategy based on state switching for a fuel cell UAV

A novel energy management strategy based on minimum internal loss for a fuel cell UAV

计及飞行任务与能耗分析的航空燃料电池-推进系统能量管理策略

Adaptive Model Predictive Control of an Interleaved DC-DC Boost Converter Using Real-time Updated Model

✓ 国内外顶刊四篇，学生一作

## 3 核心技术3

### 动力系统能量管控

高功率



燃料电池

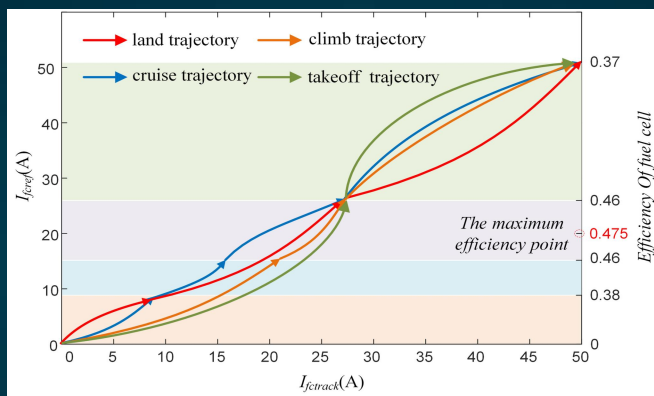
大容量



锂电池



### 能量运行轨迹



### 转化成果

✓ 国际顶刊一篇，学生一作



论文名称：  
《Lifetime-optimized Energy Management Strategy for Fuel Cell Unmanned Aircraft Vehicle Hybrid Power System》

✓ 发明专利一项，学生一作

专利名称：《一种针对分布式动力系统的寿命优化方法》

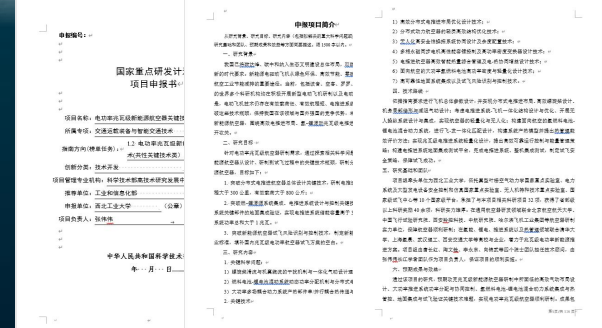
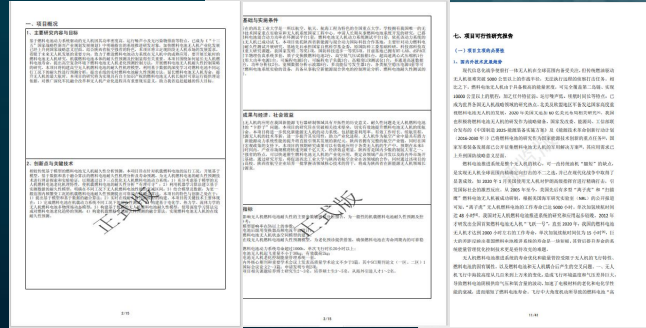
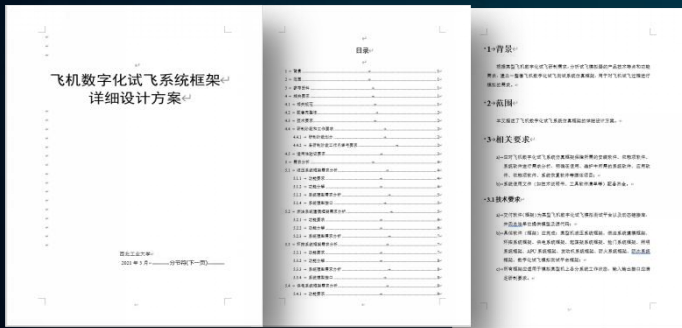
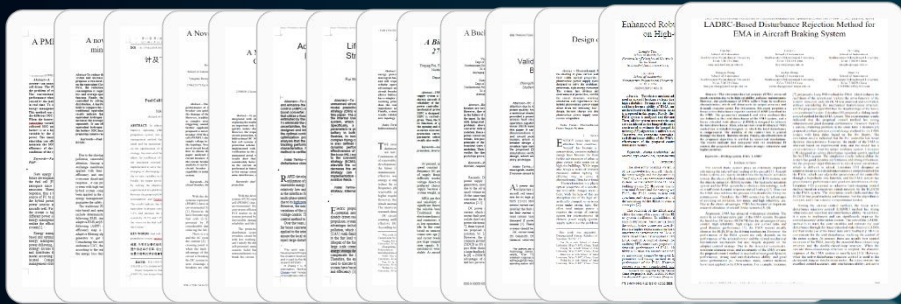
- 电热耦合层+ 时间尺度层 + 工况影响层
- 变工况多时间尺度航空燃料电池系统电热能量管控

- 针对无人机的不同飞行模式，提出一种燃料电池系统的能量运行轨迹。
- 进一步提升燃料电池的安全性能与系统寿命。

## 5 累计项目转化成果

➤ 已发表高水平期刊论文 **8篇**，高水平会议论文 **10余篇**

➤ 已公开发明专利 **8项**，在投发明专利 **6项**，均为 **学生一作**。



**试飞院**  
✓ 关于飞机数字化试飞系统框架设计方案

**631所**  
✓ 航空科学基金重点实验室联合项目

**国家科技部**  
✓ 国家重点研发计划项目

## 5 累计项目转化成果

参与科研竞赛获取国家级与省部级奖项 **10项**，其中一等奖 **7项**。

### ➤ 项目累计科研竞赛获奖

- ✓ 第十七届中国研究生电子设计竞赛国家**一等奖**（国家级，最佳路演奖）
- ✓ 第十四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**一等奖**（国家级）
- ✓ 2021年中国航空创新创业大赛创新组**30强**（等同于国家级二等奖）
- ✓ 2021年iCAN全国大学生创新创业大赛三等奖（国家级）
- ✓ 第十三届“挑战杯”陕西省大学生课外学术科技作品竞赛校企联合赛**一等奖**（全校顺位第1）
- ✓ 2021年iCAN全国大学生创新创业大赛西北赛区选拔赛**一等奖**（省级，总排名第4）
- ✓ 第十七届中国研究生电子设计竞赛西北赛区选拔赛**一等奖**（省级）
- ✓ 2022年中美青年创客大赛西安赛区**第5名**
- ✓ 第十三届“挑战杯”陕西省大学生课外学术科技作品竞赛**二等奖**（省级）



## 实验室资源

陕西省新能源与混合动力国际科技合作基地

法国国家科学研究中心  
燃料电池实验室



法国国家科学研究中心  
燃料电池实验室

## 高校合作资源

清华大学信息科学技术学院电气工程系

西南交通大学电气工程学院实验室



## 企业合作资源

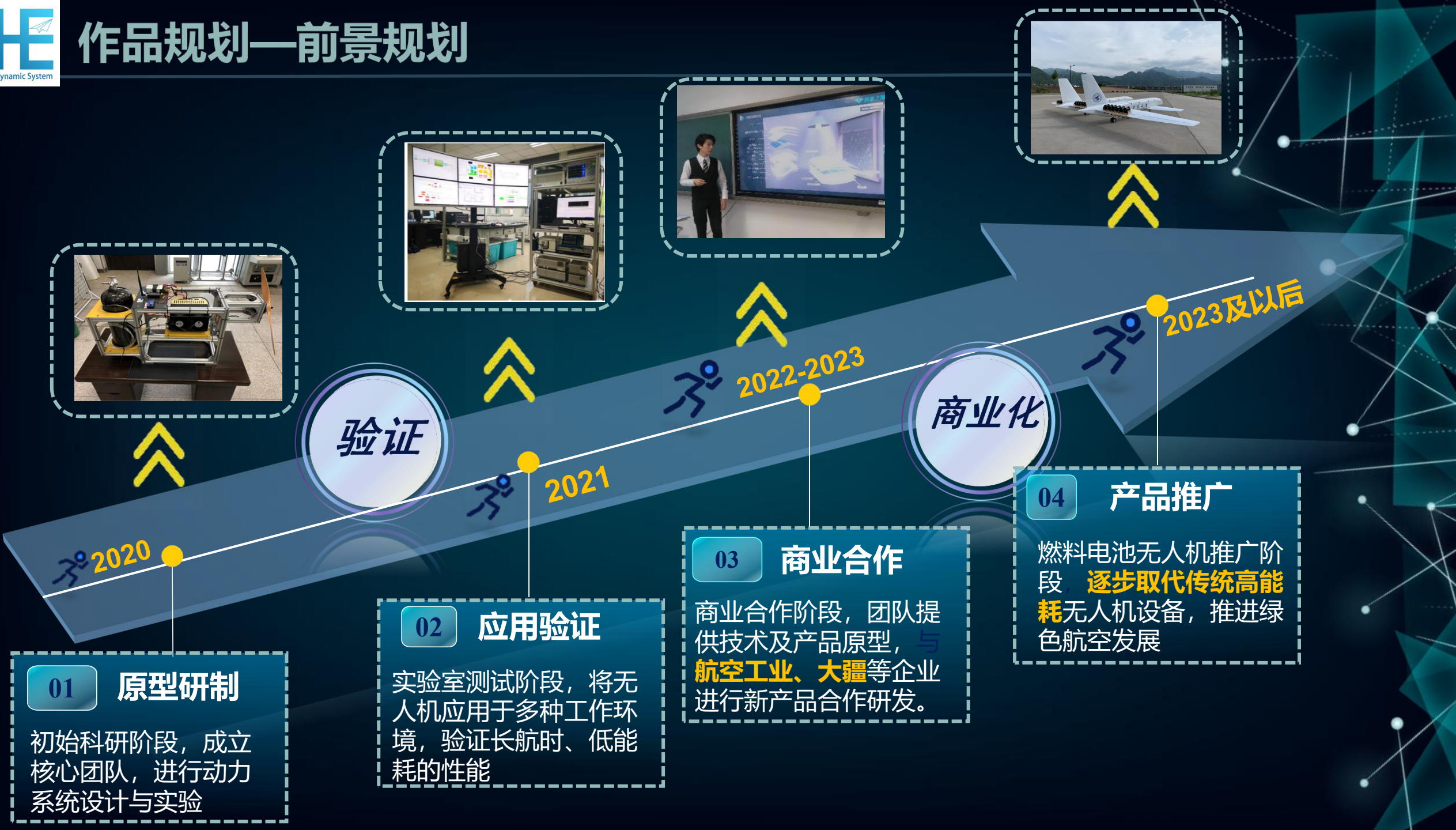
中航工业第一飞机设计制造研究院

西安航空计算技术研究所

团队与一飞院、试飞院，631所等有相关技术交流，参与关于相关项目研发。



# 作品规划—前景规划





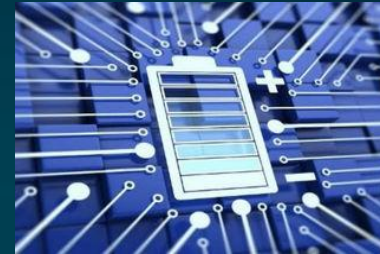
## 助力绿色航空

- “零污染，零排放”，助力**国家双碳战略**
- 高效的动力系统减少燃料消耗，逐步取代高能耗设备，**推进民用航空绿色发展**



## 助力高端就业

- 预计直接带动就业**100人**
- 预计间接带动上下游就业**上千人**



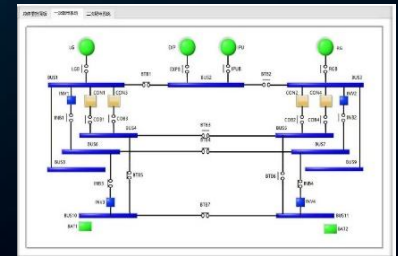
## 助力现代国防

- 红外特征弱、运行噪声低，**增强察打一体无人机的隐身性能**
- 续航时间长、航程远，**拓宽军用无人机的作战半径**



## 助力高效研发

- 无人机半实物仿真平台的研发适用于**无人机的数字化试飞，加快研究进程**
- **减少无人机研制成本**





# 氢动科技

## ——碳中和背景下

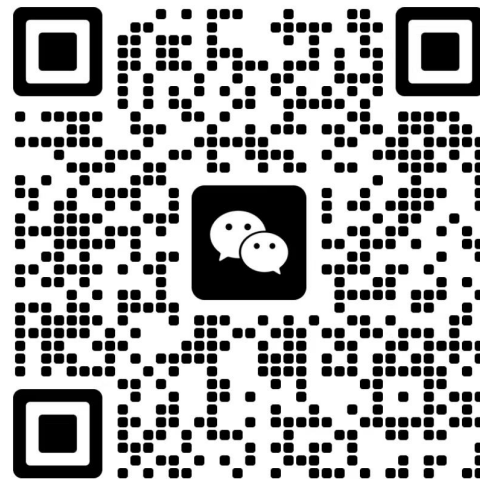
## 面向数字化试飞的燃料电池无人机动力系统 半实物仿真平台

### 项目愿景：

拥有**多能源混合动力系统控制与寿命优化**的核心技术产权，填补国内**燃料电池无人机**的市场空白，引领绿色出行，助力“**碳达峰、碳中和**”。



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。