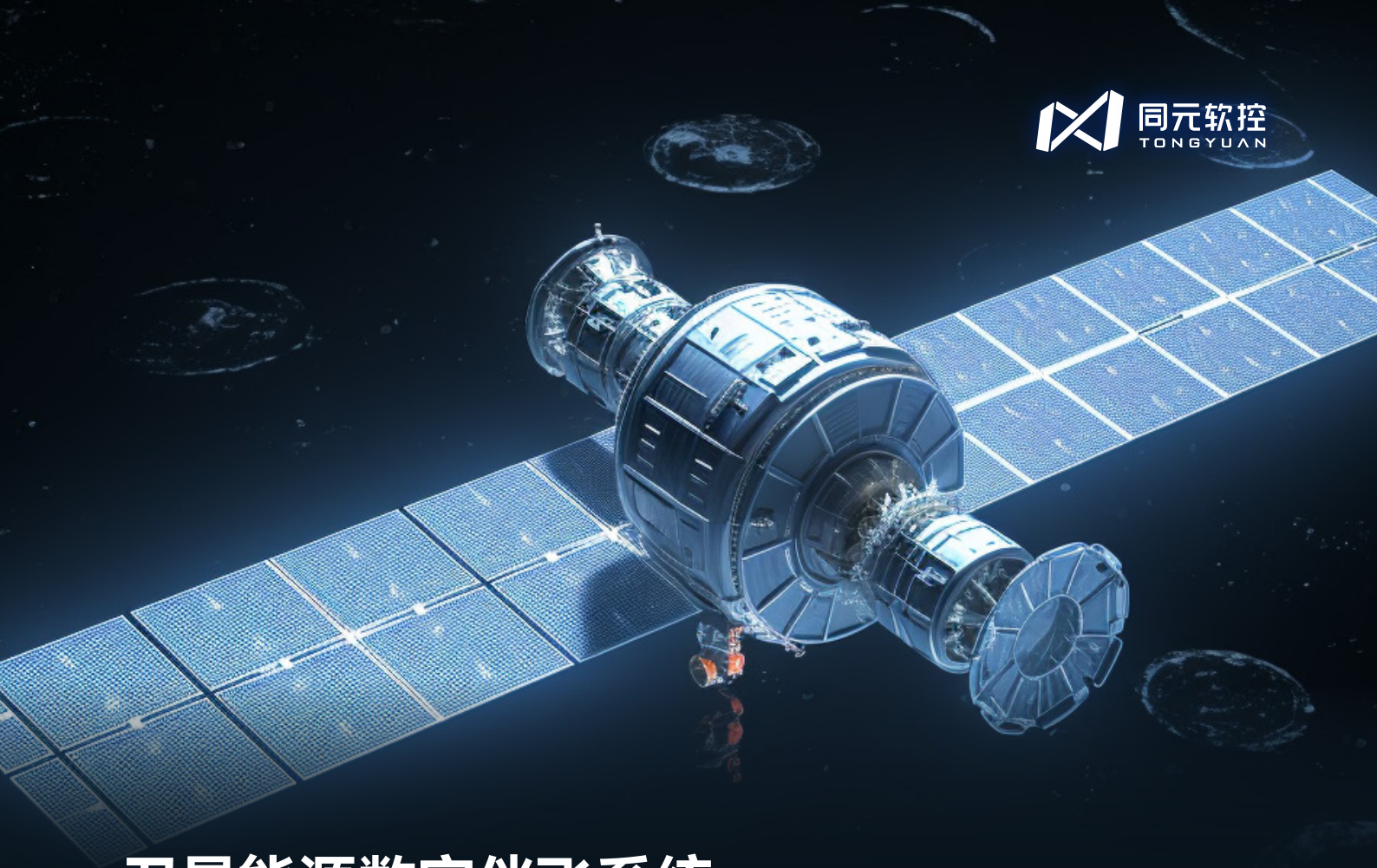


卫星能源数字伴飞系统

挑战

飞行任务、空间环境、电气接口的复杂性对航天器供配电系统的在轨运行状态的管理带来了巨大的挑战。结合在轨运行管理常用的手段，有以下几个方面待提升：

- 单一地通过遥测参数分析运行状态，对地面测试数据、仿真数据等多维度数据，缺乏综合评估与健康状态分析；
- 受测控弧段、测控资源的限制，地面工作人员较长时间不能接收到遥测数据，无法准确掌握供配电系统的在轨工作状态；
- 对于变轨、姿态调整、载荷开机等重要指令，需要结合当前在轨状态，快速定量计算预测特定飞行任务下的能源流工作状态等。

方案

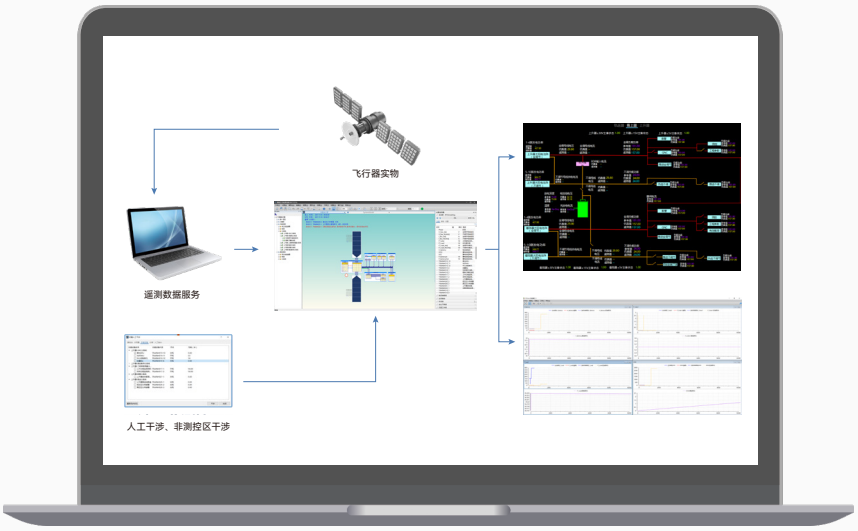
建立系统仿真模型与遥测遥控数据的双向映射，实现仿真步进与物理同步并进行数据交互。基于航天器飞行任务程序，采用在线与离线仿真相结合的技术手段，基于超实时高效仿真，结合在轨遥测、在线仿真、离线仿真的数值结果实时对比分析，评估航天器电气系统在轨飞行健康状态，并对后续的飞行状态进行预示。

价值

- 将航天器数字模型与物理实物相关联，以模型化、自动化、可视化的方式，有效提升了对地面测试及在轨飞控过程的管理能力；
- 提供仿真与遥测双重数据参考，对航天器在轨运行状态进行全任务、全时段监控，解决非测控弧段缺失遥测数据而带来的状态监控盲区问题，快速仿真推演、预测未来系统运行状态，为在轨飞控决策提供有力支撑。

成果展示

以在轨遥测数据、飞行程序为输入，结合高可信数字伴飞模型，进行能量平衡在轨计算、重要指标监测与报警、系统运行状态监控、非测控弧段状态判断、飞行状态快速预示等，实现地面数字模型与实际航天器同步运行，进行全任务、全时段的数字伴飞。



数字伴飞系统运行过程

能源流工作状态全方位掌握

基于高可信供配电系统仿真模型，以飞行程序、空间环境参数为输入，对各飞行阶段的能源流在轨工作状态进行仿真分析，全面掌握各飞行阶段的能源流工作状态。以拓扑图、表格、曲线等形式对关键指标的仿真值、遥测值进行实时比对，并结合数据判读知识库，有效甄别非预期状态变化并报警。

非测控弧段状态判断

基于飞行程序，在非测控弧段进行连续融合仿真计算，解决非测控弧段缺失遥测数据而带来的状态监控盲区问题，并在进入测控区时对载荷开关机的仿真、遥测值进行比对，掌握非测控弧段是否出现非预期飞行事件。

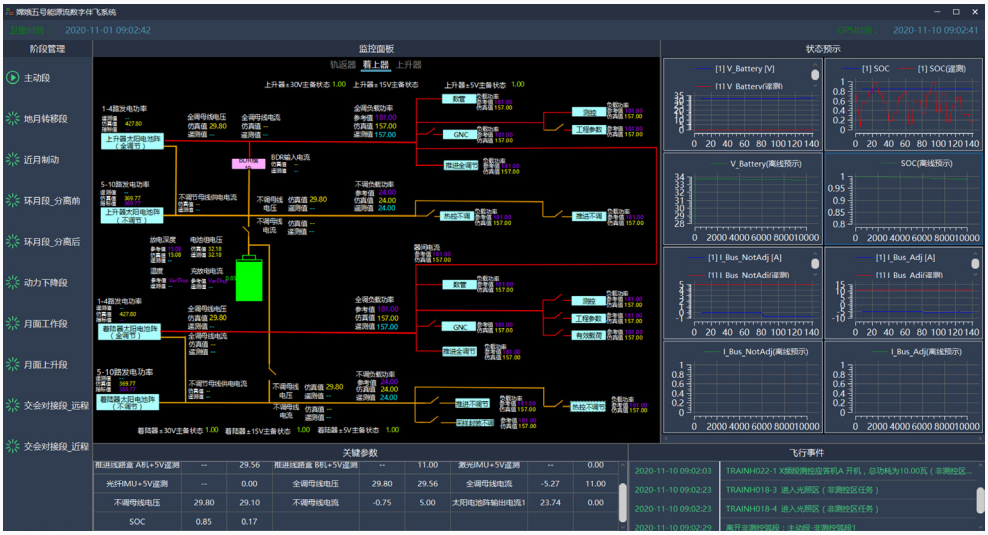
采用“测控区校准模型参数，非测控区用模”思路，对于热控、GNC自主控制的设备，在当前飞行阶段中及时在线调整模型参数值，为后续飞行阶段在能源紧张情况下精准分析供配电系统运行状态提供基础。

飞行状态快速仿真预示

以航天器所处的在轨飞行状态为基准，对姿态调整、轨道变化、载荷开关机等指令执行情况及影响进行快速仿真，推演太阳阵输出功率、负载功率、蓄电池放电深度等变化，预测未来的供配电系统运行状态，为在轨飞控预案决策提供有力的数据支撑。

嫦娥五号能源流数字伴飞

卫星能源数字伴飞系统在嫦娥五号进行了数字伴飞型号应用，构建了高可信、虚实融合、可运行、可交互的Modelica数字伴飞模型，在地面测试、热实验、无线联试、在轨飞行中进行应用。在轨全任务期间，供配电系统关键指标仿真结果值与遥测值误差约5%以内，全面掌握主动段、地月转移段、近月制动段、环月段、动力下降段、月面工作段、月面上升段、交会对接段等飞行阶段的能源流工作状态，为嫦娥五号飞控技术状态判读和在轨飞控决策提供强有力支撑，其成功应用为航天器技术状态掌控和在轨运维提供了新的模式。



嫦娥五号能源流数字伴飞应用效果示意

苏州同元软控信息技术有限公司

0512-62720715/18115503283

marketing@tongyuan.cc

苏州工业园区淞北路333号D1幢

www.tongyuan.cc

关注同元软控 精彩内容不错过

关注MWORKS 精彩内容不错过