



基于MATLAB/SIMULINK开发工程车辆 电池管理系统

谢木生, 三一集团工程车辆事业部通用技术研究本院车载能源所副所长



MATLAB EXPO

勇争第一
BEING THE FIRST

SANY



新能源自卸车

中国第一

- 连续2年国内市场**占有率第一**
- ✓ 2022年全年，国内新能源自卸车累计实销6136辆，同比大增189%。其中三一新能源自卸车销量1179台，占比**19.21%**
- **全族谱，多平台**，引领新能源自卸车行业发展
- ✓ 2022年发布全系6款自卸车新品，涵盖**纯电、混动、氢能、柴油**等多类车型，覆盖**八大场景**需求，，打造了**国内具有一流水平**的精品。

电动化版图

ELECTRIFICATION

核心零部件到终端运营全产业链布局，全面实现自研、自产、自配套，低成本、高效率服务客户

关重件自研自产



电池PACK



电控系统



电驱系统



换电电池框

产品端全面布局

原材料运输



电动自卸车



电动搅拌车

原材料搬运



电动矿卡



电动装载机

成品场内搬运



电动抓钢机



电动正面吊



电动堆高机

成品运输



电动牵引车

运营端完善配套



换电站建设及运营



充电桩建设及运营



电池银行

内容

- 1.工程车用大电池的介绍
- 2.工程车的BMS的功能特性
- 3.面临的问题及挑战
- 4.基于模型的方法开发BMS的流程
- 5.开发过程中我们碰到问题及解决方法
- 6.总结

1.工程车用大电池的介绍



电箱的组成图

- 电箱系统目前由各种电池包组成，不同的组合方式，最终组成各种电量的产品：
常用的有280度电，350度电，370度电，420度等各种不同的产品。

1.工程车用大电池的介绍



安装布置示意图



电箱组成图

对卡车这种巨大、复杂的车身架构，为了充分利用空间，更高效的方案是采用分布式的多电池箱设计，导致的结果就是整个电池在车身各个部分进行的安装，最终组成总的电池包。

2.工程车的BMS的功能特性



每个大模块里面包括小模型:

- 充电: 充电继电器控制, 充电主状态, GB27930充电流程, 充电时间计算等;
- 热管理模块: 加热继电器控制, 制冷与加热控制请求;
- SOC模块: SOC计算, 容量估计, 安时积累, OCV-SOC校正, CoSOC主状态等。

- BMS主要功能与乘用车功能区别在于, 高电压大电流平台, 电压平台650V, 使用工况电流可达到600A以上, 充电电流达到500A的充电或更大的电流充电
- 控制策略需要更加准确的仿真与验证: 例如此处高精度的SOC开发, 多支路情况下SOH开发, SOP的开发等

2.工程车的BMS的功能特性



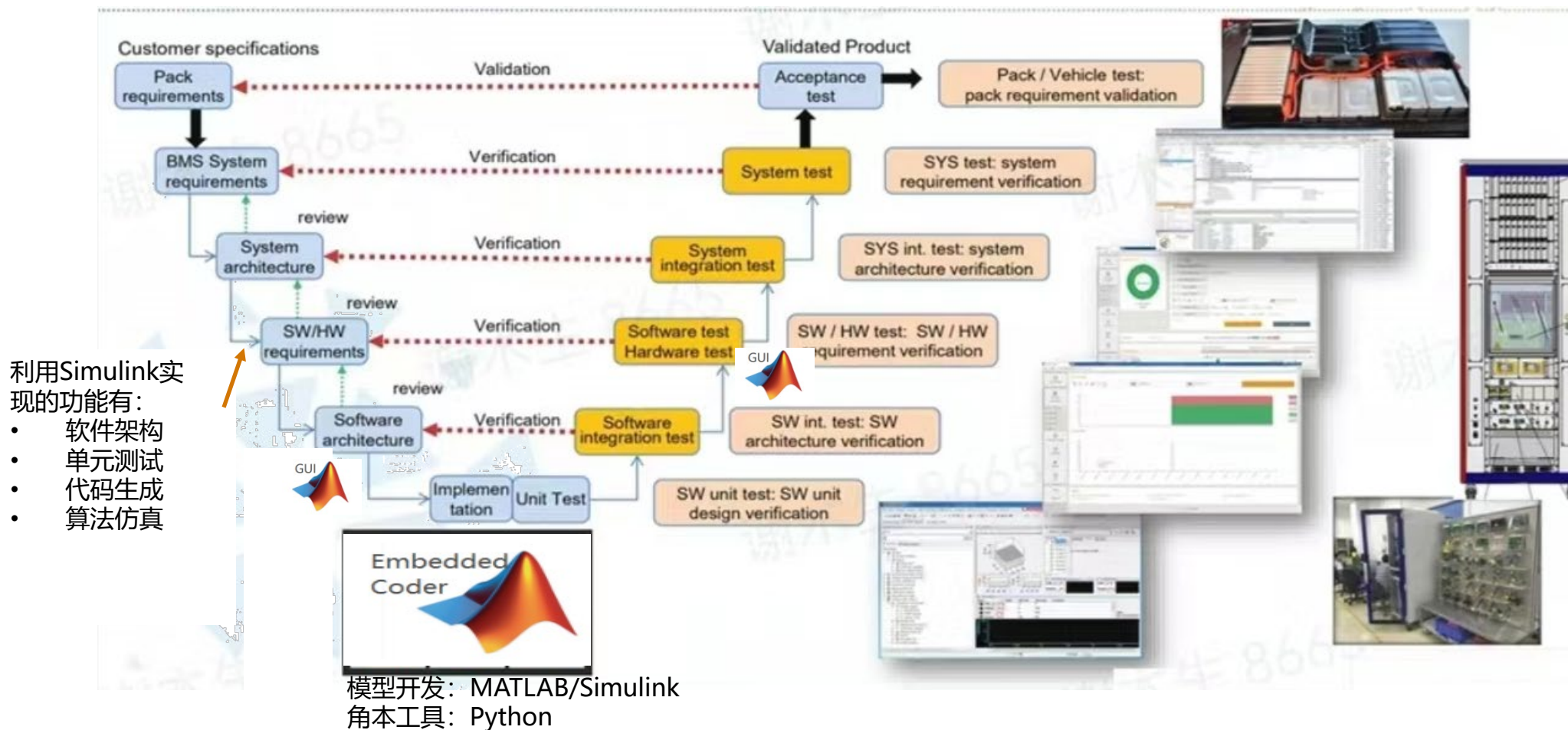
- 热管理功能：电池加热制冷策略控制
- 电池主状态：电池运行，直流充电，智能补电，交流充电，智能高压补电各功
- SOC估算：SOC修正策略，OCV计算SOC，容量计算，SOH计算，整个电量
- 功率估算：功率估算，功率超限报警，限值功率监控
- 高压监测：测量电池端的高压值，并做故障处理等
- 开路时间计算：计算开路的时间，然后校准SOC值等
- 电流监测：计算各支路电流值，并判断故障等
- 绝缘监测：绝缘故障处理等
- 高压准备：电池包高压准备，处于高压电池包不允许上电压的情况，保护高压
- 高压继电器控制：控制主负，主正，预充高压继电器模块
- 故障处理模块：处理故障情况，故障级别，故障降功率，断继电器等
- 高压互锁：判断高压连接器的连接情况，MSD的接插情况等
- 充电控制：充电继电器A，充电继电器B，GB27930流程，充电状态流程控制
- 加热继电器控制：控制加热继电器状态，及故障处理
- 电芯电压监测：电芯电压极值，及故障判断处理
- 电芯温度监测：电芯温度极值，及故障判断处理
- 均衡控制：控制均衡开启，均衡故障判断处理

3.面临的问题及挑战

面对不同的电量需求，电箱在整车上采取的是分布式布置，并且电箱有并有串，同时对于BMS的开发，要求短时间内进行交付，如何在平台BMS上快速适配新的电量，并在早期验证算法是否满足精度的要求等，成为我们亟待解决的问题。

- SOP的功率计算：温度，内阻不一样等导致的每个支路输出电流情况不一致
- SOH的计算：各支路的温度状态会有差别，
- SOC的计算：充入与放电的电流会不同，导致各支路SOC需要单独计算
- 容量的计算：温度，电流，SOC等问题会导致容量差异

4. 基于模型的方法开发BMS的流程



4.基于模型的方法开发BMS的流程

- 每个功能都是单独一个模型，集成通过模型引用，需要所有配置都一样。
- 重复利用已经有模型

模型开发与config配置

模型搭建及仿真

- 功能是否与预计的一样
- 算法精度是否达到设计要求

模型检查

单元测试

代码生成及集成
代码在硬件上运行需要符合公司的
代码管理规范

总结:

目前整个应用层开发都在MATLAB与Simulink上进行开发;

单元测试与功能测试先在Simulink上进行测试，再生成代码进行集成测试。

4.基于模型的方法开发BMS的流程

• SOX算法逻辑关系



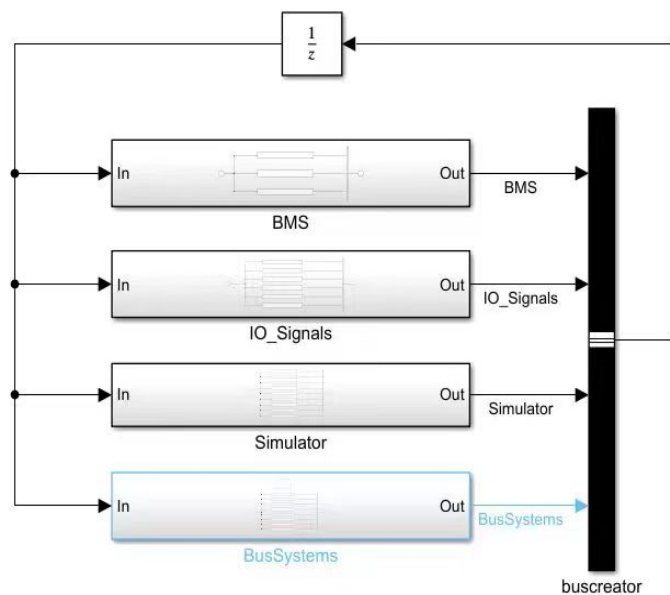
• 工作任务

序号	标题	描述	目标
任务1	OCV快速预估SOC	放电工况下静态或伪静态2min数据预估OCV	≤5%
任务2	BMS板端SOH	针对LFP电池特有性能，提升SOH计算精度	≤8%

4. 基于模型的方法开发BMS的流程

在HIL台架上进行充分的验证

控制逻辑进行了详细的测试



HIL台架搭建测试控制模型



HIL台架搭建

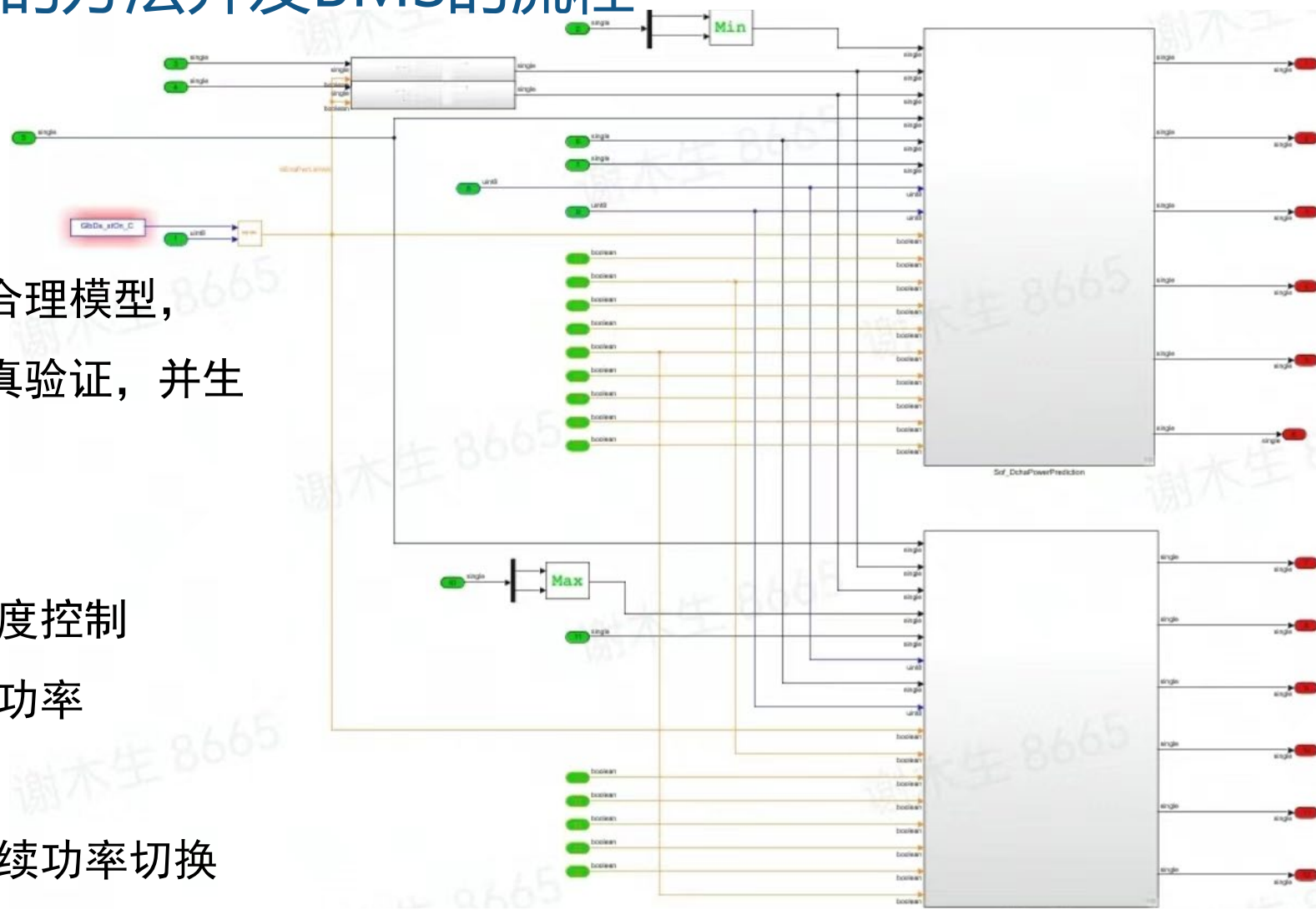
4.基于模型的方法开发BMS的流程

仿真测试

功率模型，搭建合理模型，
并对模型进行仿真验证，并生成代码

主要功能：

- 功率的变化速度控制
- 故障的触发变功率
- 跛行控制
- 峰值功率与持续功率切换



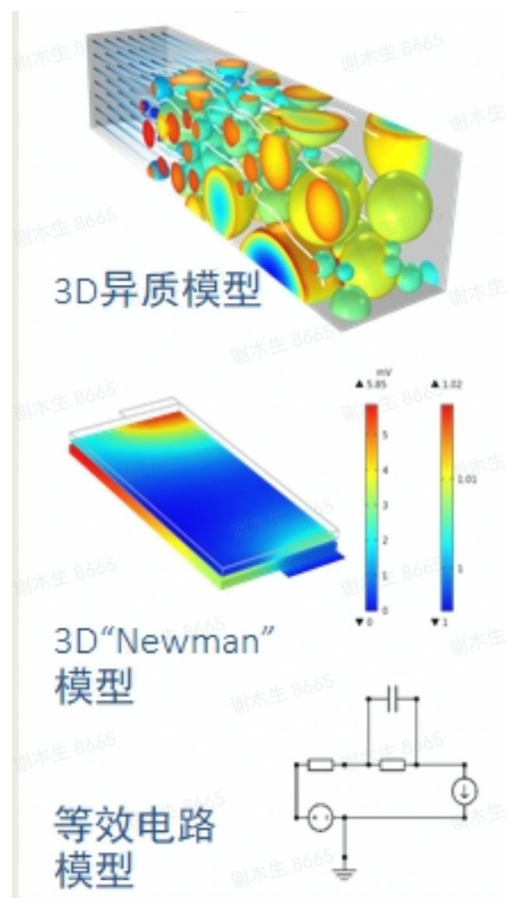
功率模块的搭建与仿真测试

4.基于模型的方法开发BMS的流程

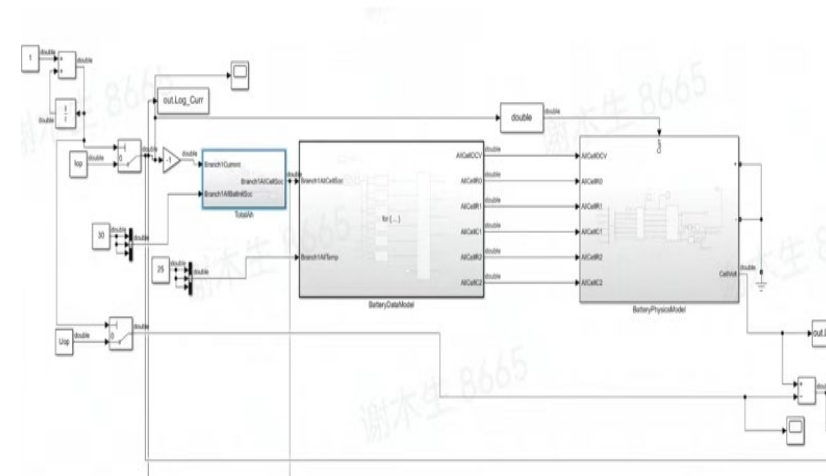
电池模型的搭建

为估算SOC精度，各支路的电流情况温度情况，需要搭建精准的电池模型

1. 前期尝试用有限元软件试着搭建电池模型，实现太复杂，模型阶数太高。
2. 在Simulink里搭建电池的二阶模型，但考虑到电池老化后的模型参数问题，只做了部分探索。

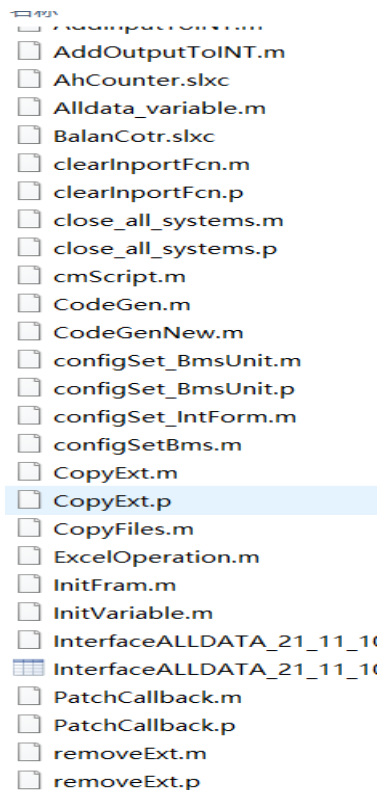


有限元软件里搭建电池模型

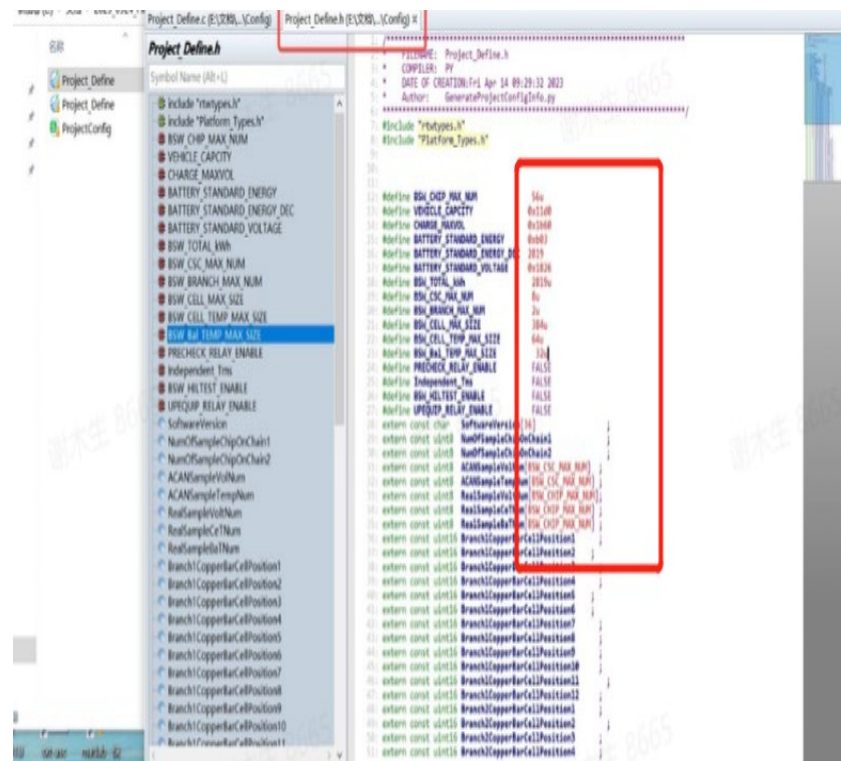


Simulink里二阶RC模型

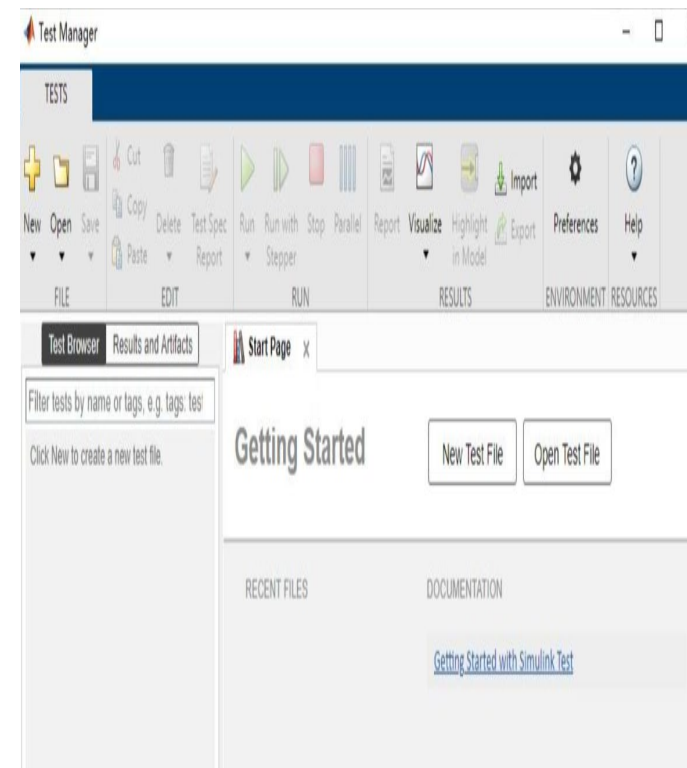
5.开发过程中我们用到的解决方法



辅助开发，编写了大量的脚本文件，解决配置与参数问题



用M文件编写所有电芯参数配置文件，保证各种电量都可自动生成对应的C代码



用Simulink test功能，快速进行了单元测试，保证了模型的功能覆盖度

总结

- 开发了大量的脚本，自动化开发过程，让没那么懂MBD流程的工程师也能很好的建模
- 开发早期就进行了模型架构的划分，单元模型开发和集成的效率都更高
- 定义了有效的模型测试流程，让模型测试环节更有高效
- 精准的电池模型还在探索中，后续寻求合适的电池模型搭建方案

MATLAB EXPO

Thank you



© 2023 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.