

复杂工程系统建模仿真 APP (Modelook)

一、企业简介

北京索为系统技术股份有限公司是国内工业技术软件化理念的领导者，知识自动化技术的践行者，致力于工业互联网平台建设、运营、服务，为制造业行业领先者提供以知识自动化为驱动的工业互联网、工业安卓平台及工业互联网 APP 开发运营服务，是国内领先的工业互联网 APP 赋能的工业互联网平台提供商。公司成立于 2006 年 6 月，注册资本 6156.7164 万元，总部位于北京，在雄安、上海、西安、杭州、武汉、成都等地设有分支机构。

自成立以来，索为系统始终坚持自主创新，其研发的中国自主的工业操作平台 SYSWARE，通过“知识自动化”手段，推动中国工业互联网平台的发展，持续帮助制造业企业，将基础共性、行业通用及企业特有的工业技术、知识、经验封装成易操作、易推广的工业互联网 APP，赋予知识工作者广阔的创新与开拓的空间，提高企业研发与设计效能，助力企业智能化转型。

在过去十余年，索为公司以知识自动化的理念，推进了工业技术软件化在航空、航天、船舶、兵器、电子、核工业等国防军工行业，和汽车、重型机械、动力装备等高端装备制造业的复杂产品研制设计、试验制造及过程管理领域的落地，并在多个重大型号中进行了应用，取得显著成效，为大规模推广打下了良好基础。

二、工业 APP 简介

(一)、问题定位

随着技术的进步，工程系统的复杂度呈指数级增加，系统一般都包含多个子系统，涉及多个学科专业。传统的以文档，画图为主的设计方式，存在以下问题：

1. 基于文档的设计方式，文字之间隐含的设计关联性无法保证，设计、变更等协同无法实现，错误难以发现，给后期进一步的研制工作带来潜在隐患。

2. 需求与设计的追溯管理难以实现，因为需求覆盖不到位而发生的设计缺陷很难避免。

3. 基于文档的设计方式缺少早期方案验证手段，设计错误一般都在集成验证阶段发现，增加修改错误的时间和成本。

在机械、结构、电气、电子、液压、控制、软件等专业设计阶段已经具备比较成熟的模型但是缺少系统级模型，因此在系统研发过程中会面临以下问题。

1. 各专业模型缺少统一的输入，碎片化严重，缺少模型一致性保证。

2. 专业模型使用分散，无法在早期有效的联合起来进行仿真验证，建模的收益大打折扣。

Modelook 基于国外先进的模型驱动工程（MDE）和基于模型的系统工程（MBSE）理论、方法和实践成果为复杂工程系统（的系统级研发提供基于模型的建模仿真解决方案，用户可以在系统设计阶段基于 SysML 模型进行需求分析、架构设计、仿真分析，改变原有的基于文

档的设计范式，有效的提高系统研发效率。

(二)、创新点

Modelook 作为国产自主可控的 MBSE 建模仿真软件，对比国外同类软件有如下创新点：

1. 作为国产软件，不只是软件操作界面的中文化，更对 SysML 标准模型进行了中文翻译，并且支持中英文切换，满足不同用户的使用需求，易用性强。

2. 自主研发，相对于基于国外工具进行二次开发具备支持根据用户需求深度定制的特点，不仅支持软件功能的定制扩展，而且还支持模型的领域扩展及方法论定制等。

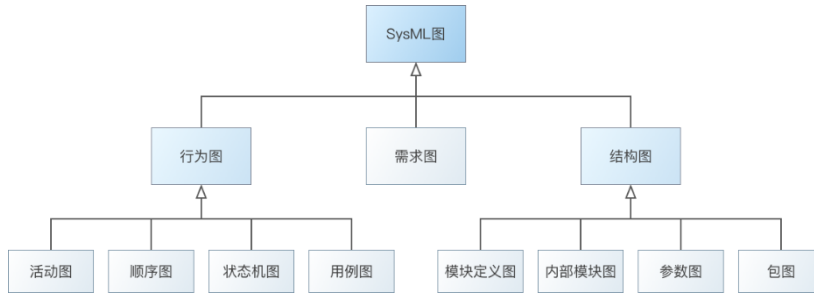
3. 针对国内用户的使用需求，提供模型库建模机制，解决用户的模型复用难题，减少重复“造轮子”，并通过模型复用降低了建模难度和工作量。

针对国内用户的业务需求，集成常用的仿真工具接口（例如 MATLAB、STK 等），提供成熟易用的建模仿真工具链。

(三)、功能介绍

1. 系统架构设计建模

Modelook 支持以 SysML 元模型，及图、表格、矩阵、关系图等不同视图方式对系统需求、功能、行为、架构、接口、参数等元素进行建模和展示。如下图所示为 SysML 核心 9 类图，是系统建模的最核心功能。

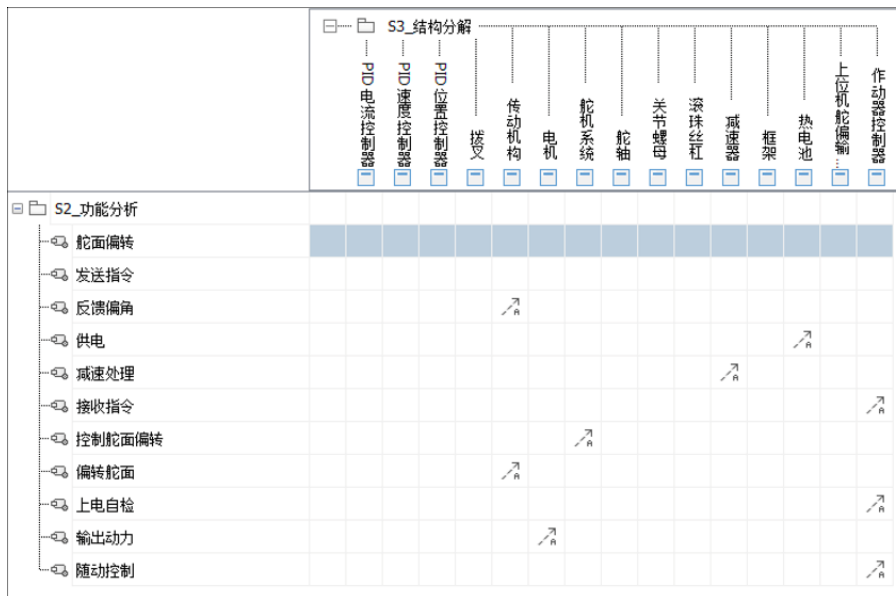


SysML 图

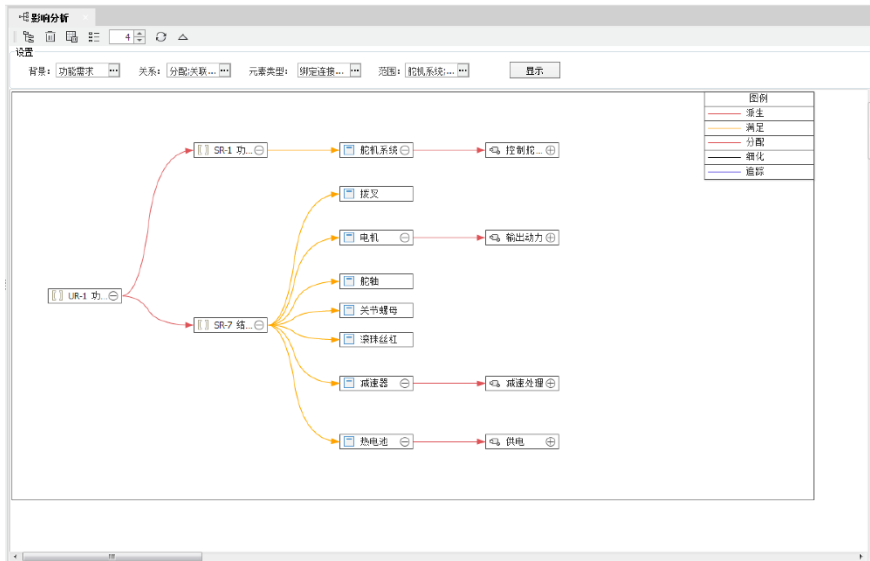
除上述 SysML9 类图外，Modelook 还支持以表格、矩阵及关系图的等不同方式表达系统模型。例如表格，相较于图的形式，表格的方式更适合管理和查看条目化的需求，同理，矩阵和关系图各有其适合的应用场合。

序号	名称	ID	文本	分类
1	识别车牌号	UR1	系统应能识别车辆的车牌号	功能需求
2	检测时间	UR2	不大于2s	性能需求
3	手动控制	UR3	岗亭人员可以手动控制出口设备的开启关闭	功能需求
4	区分内部车辆	UR4	通过车牌号，区分出内部车辆	功能需求
5	设置停车信息	UR5	管理员能够设置车位数量、停车收费信息	功能需求
6	重量	UR6	不超过50KG	性能需求

需求条目管理



系统模型关联关系矩阵



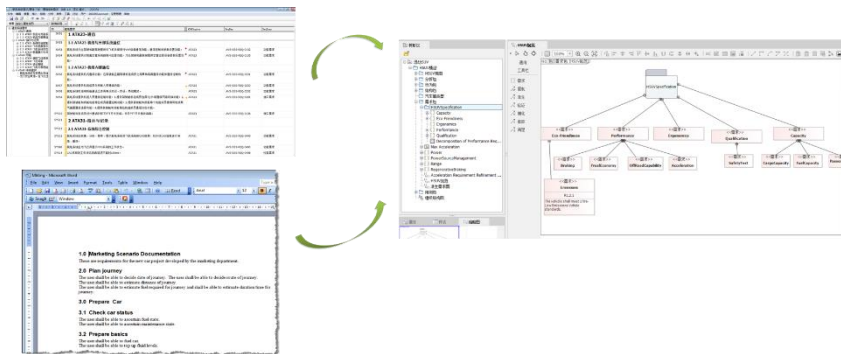
需求追溯关系地图

2. 领域模型扩展

Modelook 支持基于概要文件及构造型机制针对不同领域的业务特点进行领域扩展，同时支持领域模型标准的扩展。

3. 模型中继

Modelook 的模型中继功能支持异构模型的导入导出，例如支持从 DOORS 需求管理工具及 word 文档导入需求数据模型，支持导入 Rhapsody 的 SysML 模型数据以及基于 SysML 模型导出生成 modelica 模型等。

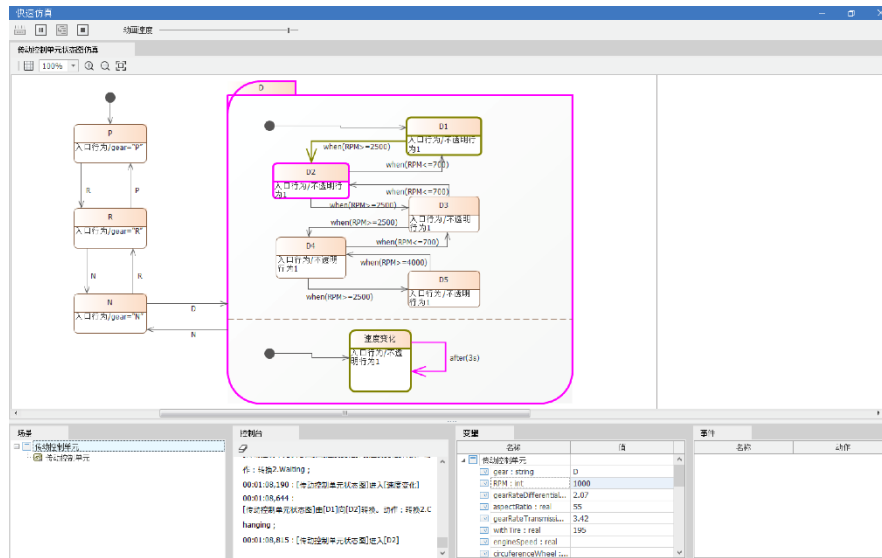


导入需求示意

4. 系统仿真分析

a) 功能逻辑仿真

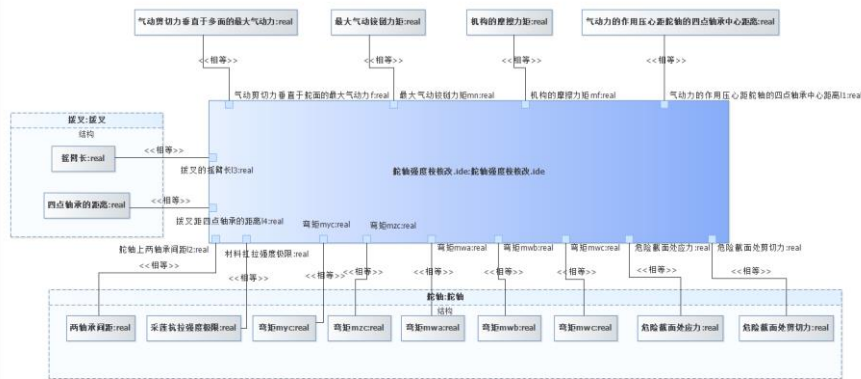
Modelook 支持基于 SCXML 标准的状态图仿真和基于 fUML 标准的活动图仿真，借助活动图和状态图可以实现系统逻辑的仿真验证。如下图案例，以状态图和不透明行为描述汽车传动系统的功能逻辑，通过执行模型验证传动系统的功能运行逻辑。



状态图仿真示意

b) 参数图仿真解算

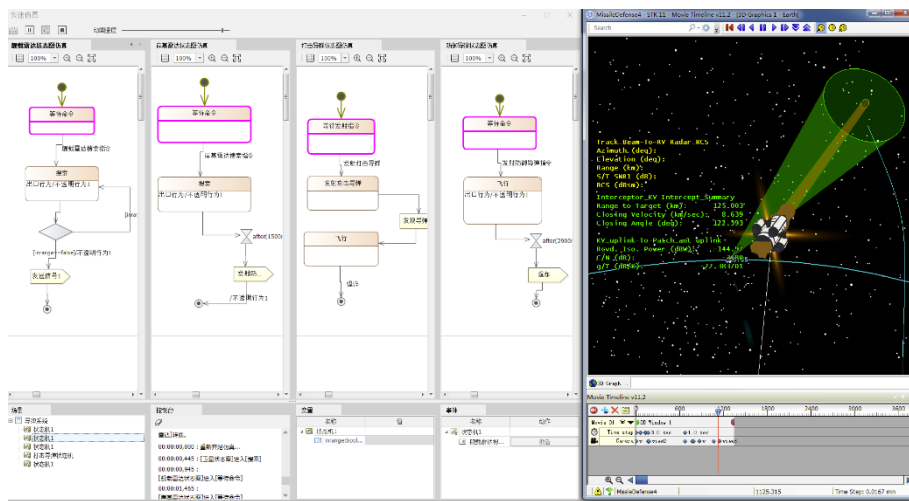
Modelook 支持 SysML 参数图解算，借助内置解算器或 MATLAB 等外部解算器对创建的参数图进行解算可以实现系统的性能需求验证及架构选优。如下图案例所示，参数图描述舵轴强度估算模型，Modelook 通过参数图仿真引擎调用外部解算器，计算返回结果，验证此系统设计方案的舵轴强度是否满足相应的系统指标。



参数图解算示意

c) 多模型联合仿真

Modelook 支持 SysML 模型与其它专业模型的联合仿真，例如行为模型与 STK 模型的联合仿真，参数模型与 modelica 等数学模型的联合仿真等。如下图案例所示，从 STK 模型中获取三维位置约束模型数据，以此提升系统功能逻辑仿真的保真度。



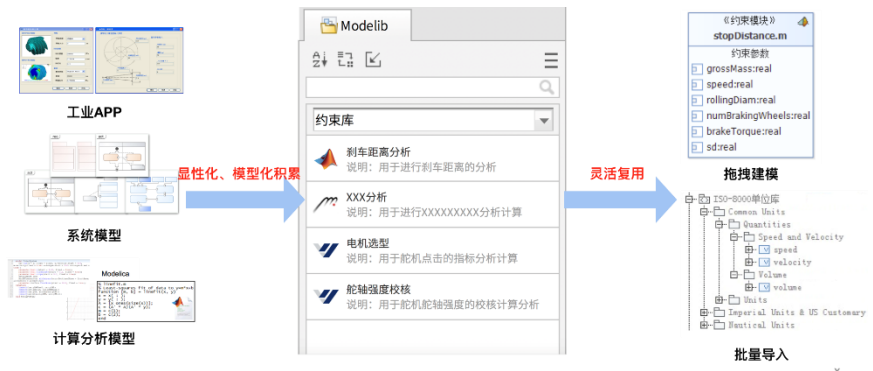
STK 模型联合仿真

5. 异构模型关联管理

Modelook 通过集成专业模型数据，实现以系统模型为核心，衔接其它多维度模型的 MDE（模型驱动工程）研发环境，确保复杂工程系统从系统级模型到各专业模型的模型一致性。

6. 模型库

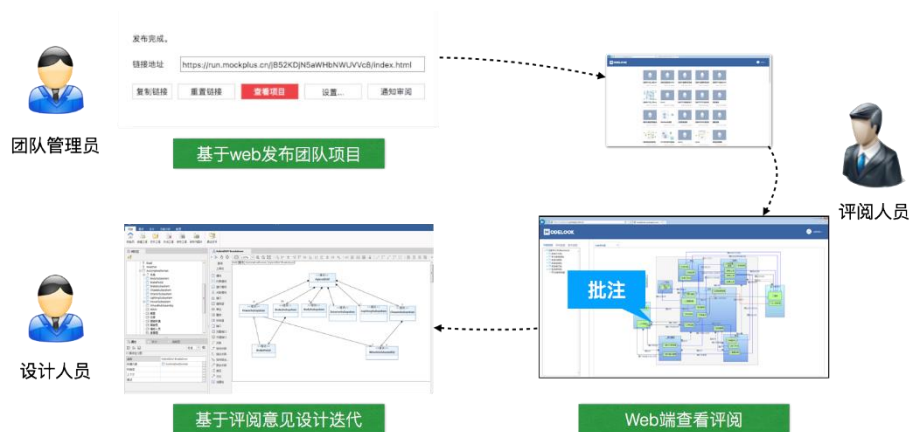
Modelook 基于 Modelib 插件支持模型库创建及复用功能，能够支持用户将系统设计阶段需要的系统级模型、专业算法、工业设计类 APP 等模型封装为模型库中的内容进行积累和复用建模。



基于模型库的建模示意

7. 协同建模

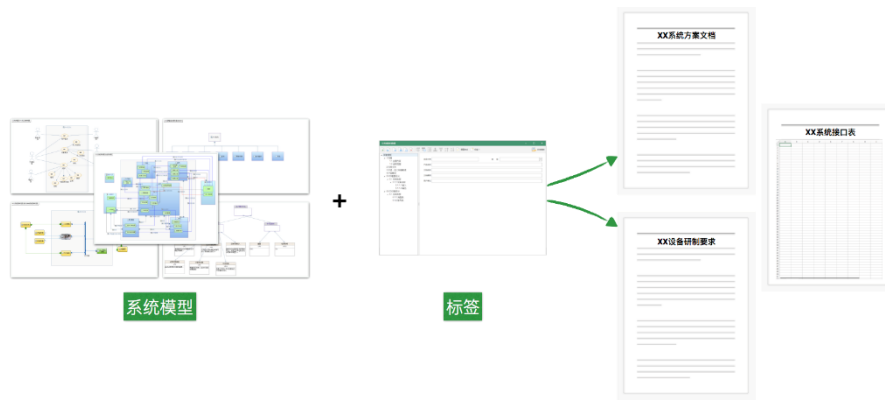
Modelook 通过协同服务器为用户提供 C/S 架构部署形式，实现基于统一模型数据源的团队协作功能，可以支持用户进行团队协作建模、基于 WEB 的发布评审等。



基于 web 的发布评审

8. 文档自动生成

Modelook 支持创建文档模板，通过对文档模板中的指定位置添加标签，并为书签建立与模型数据的关联关系，从而最终实现基于标签+模型数据的设计文档自动生成功能，较少设计师的重复工作量。



基于模型数据的文档生成

(四)、功能和技术指标优势

指标 1: 支持 SysML 建模, 相关描述: 完整支持 SysML1.6 标准中定义的元模型及 9 张图, 并支持构造性扩展机制。

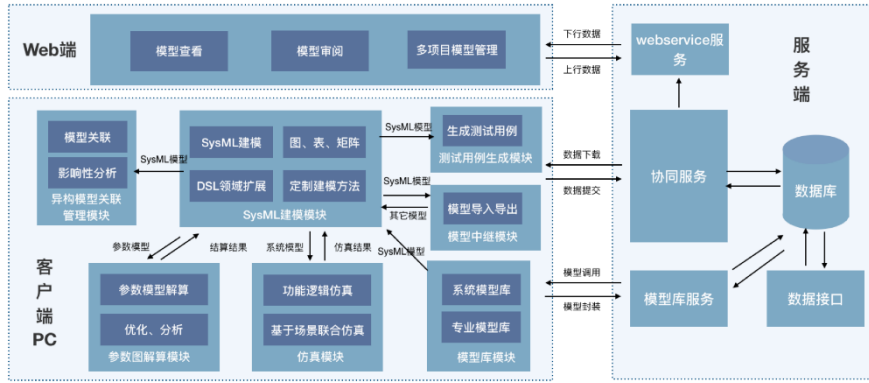
指标 2: 支持模型仿真, 相关描述: 支持基于 fUML 标准的活动图仿真、支持基于 SCXML 标准的状态图仿真和 SysML 参数图解算。

指标 3: 第三方工具集成, 相关描述: 集成常用的 DOORS、Matlab、IDE、WORD 等工具。

三、技术方案说明

(一)、工业 APP 架构

Modelook 由不同模块组成, 功能架构如下图所示。



Modelook 架构

SysML 建模模块：支持 SysML 建模、图表矩阵建模、基于概要文件的方法论定制及领域模型扩展功能。

仿真模块：支持活动图/状态图仿真及与多模型的联合仿真。

参数图解算模块：支持调用内置解算器或 MATLAB 等专业工具作为解算器进行参数图仿真。

测试用例生成模块：支持基于 SysML 模型生成测试用例用于测试。

模型中继模块：支持基于 SysML 导出生成 modelica 模型。支持导入 DOORS 需求模型等。

异构模型关联管理模块：支持以 SysML 模型为核心创建与需求、结构、仿真等其它异构模型间的关联关系，并进行影响性分析。

模型库模块：支持系统级知识的模型化积累及复用。

协同模块：由服务端和 web 端组成，支持基于 WEB 的模型查看、模型审阅及模型数据管理，支持基于统一数据源的协同建模。

(二)、工业 APP 关键技术

1. 图形化建模技术

支持图形化拖拽建模，通过模型视图与数据的解耦支持模型在不

同视图的复用并确保不同视图间模型的一致性。为用户提供简洁快速的建模操作方式，提高建模效率。

2. 模型仿真技术

基于模型语义实现模型仿真，构建状态图仿真引擎、活动图仿真引擎和参数图解算器，将模型转换为引擎可识别的语义并驱动模型仿真。

3. 模型集成技术

通过模型集成技术，实现需求模型、Matlab 模型、Modelica 模型及 FMU 等常见模型的集成，支持 SysML 模型与其他模型间的转换和关联。

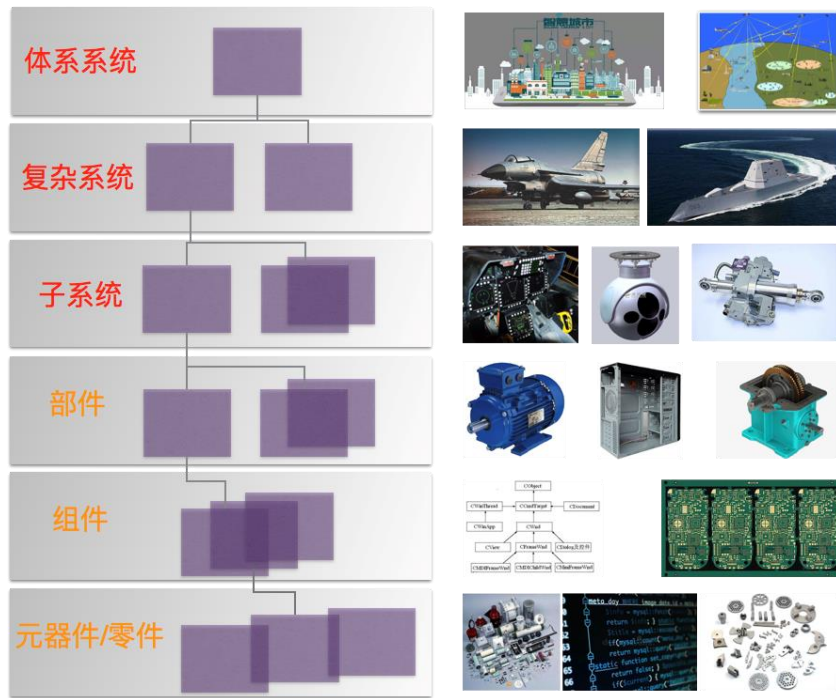
4. 文档生成技术

通过模型标签+模型数据的方式，实现基于模型导出生成 word 文档。

四、应用情况描述

(一)、应用场景描述

对于复杂产品来说，从纵向维度上解耦一般可分为六层，常见复杂工程系统为第 5 层，例如飞机、航母、坦克等。由众多复杂系统进一步构成为具备某维度能力可称之为体系系统，常见如反导拦截系统，航空运输系统等。复杂系统往往是由各个专业子系统构成、例如航空电子系统、控制系统等。由子系统往下依次可分为部件级、组件级和元器件/零件级。再往下就是由各种物理材料，一般不具备传统意义上的功能。从上述可以看出，随着层级越高，其功能的复杂程度越高，Modelook 等类 MBSE 工具就越适用。

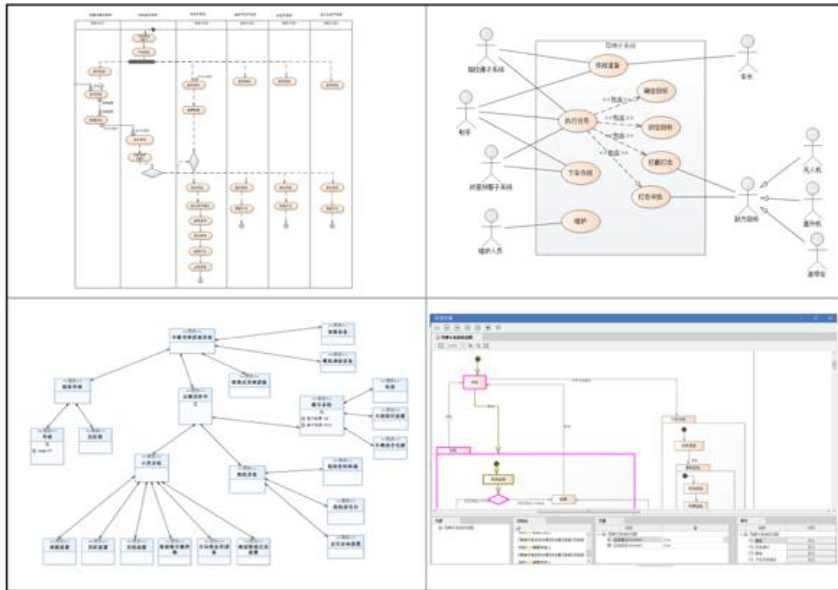


复杂产品层级

总的来说，针对国内装备工业来说，Modelook 主要适用于航空、航天、电子、船舶等几大军工领域中的复杂武器装备系统级、子系统研制单位，用于总体专业或系统专业的工程师，在装备论证及系统方案设计阶段使用。

(二)、商业化情况

在某航天研究所外贸项目中，使用 Modelook 完成面向导弹发射车的体系级建模，图形化展示该装备在整个作战场景中的应用。随后完成装备的系统级建模，准确的描述了系统的需求、功能及架构，并通过功能逻辑仿真的手段对系统的运行逻辑进行演示。改进基于文档的形式无法对装备进行直观展示的状况，提升和外方的沟通效率。



案例示意