



复杂产品是指研发成本高、规模大、技术含量高、单件或小批量定制化、集成度高的的大型产品、系统或基础设施。它包括大型通讯系统、航空航天系统、大型船只、电力网络控制系统、高速列车、大型武器装备等。



- 强不确定
- 非线性
- 不断演化
- 涌现性





覆盖**全流程**

涉及**多学科**

气动

动力

弹道

控制

结构

电气

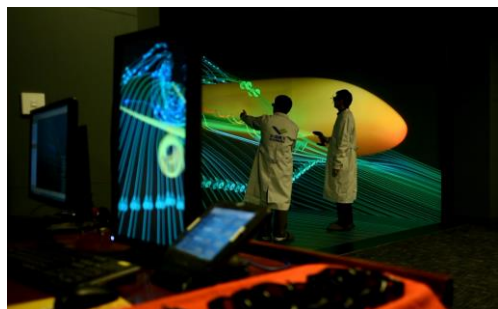
需求

设计

制造

实验

运维



系统

子系统

设备

组件

零部件

贯穿**全系统**

全系统由十多个骨干厂所，数百家协作单位承担

支持**多主体**



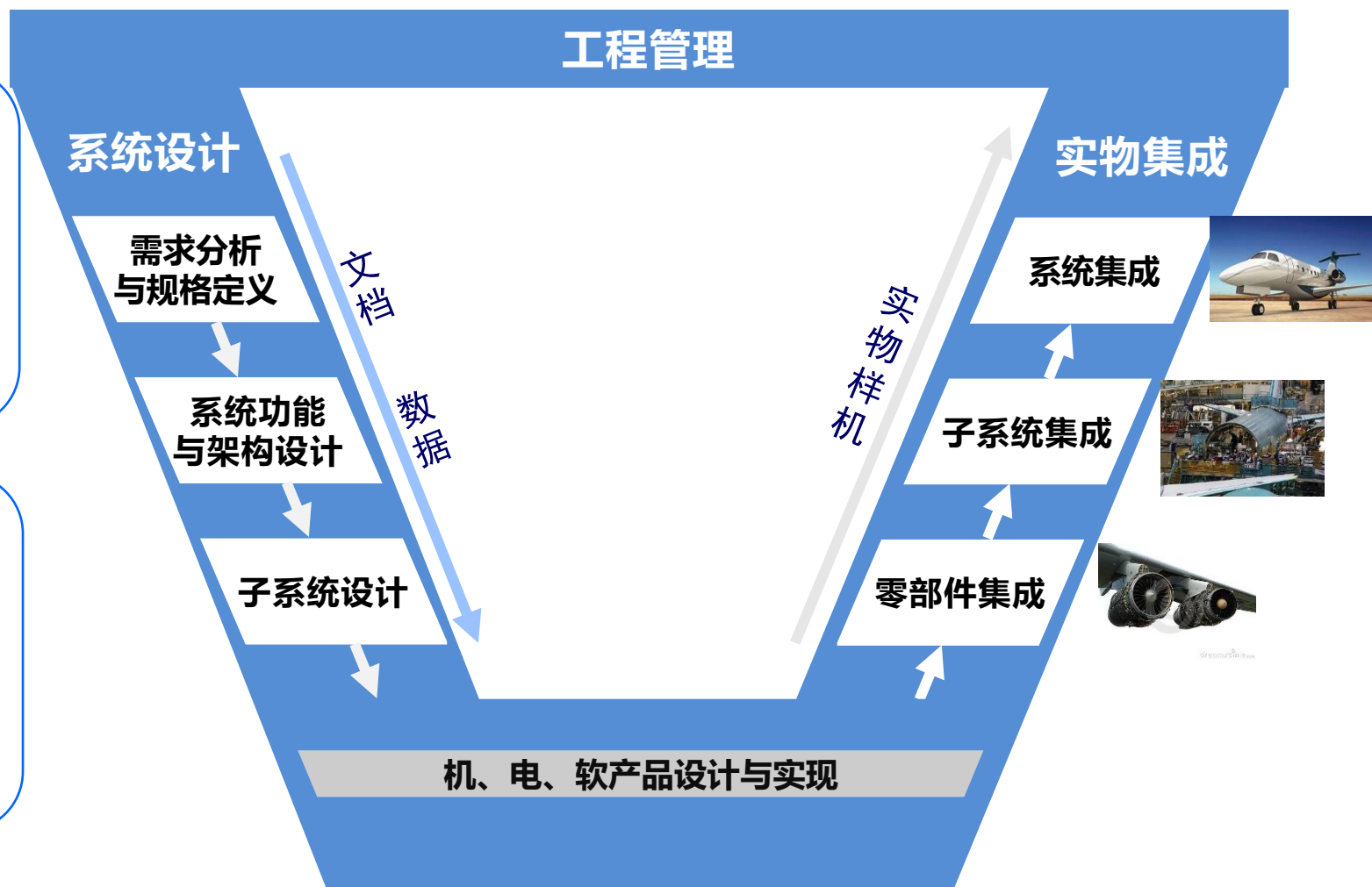
DBSE--基于文档的系统工程

系统设计阶段

各部门各阶段信息交换载体主要是**文档**。交换的信息大多是**非结构化、无统一标准、语法语义模糊甚至歧义**的。各种设计文档采用**不同开发环境与工具**导致**一致性**和**可回溯性**差。

系统集成阶段

物理系统的组装集成**成本高、周期长**、难以进行反复试错。





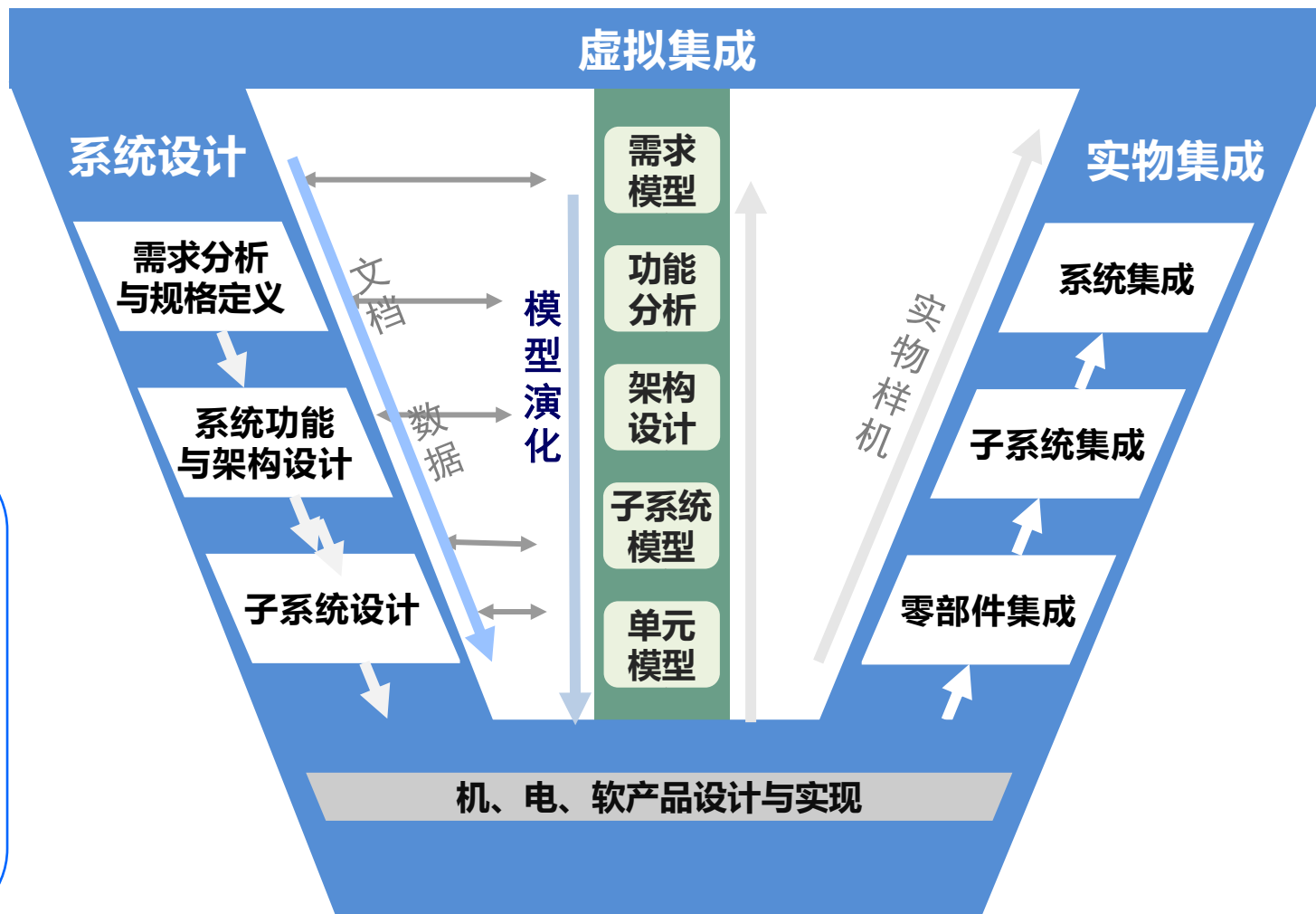
MBSE--基于模型的系统工程

MBSE

- 基于模型使系统开发**形式化、规范化**
- 为系统开发提供**全生命周期**支持

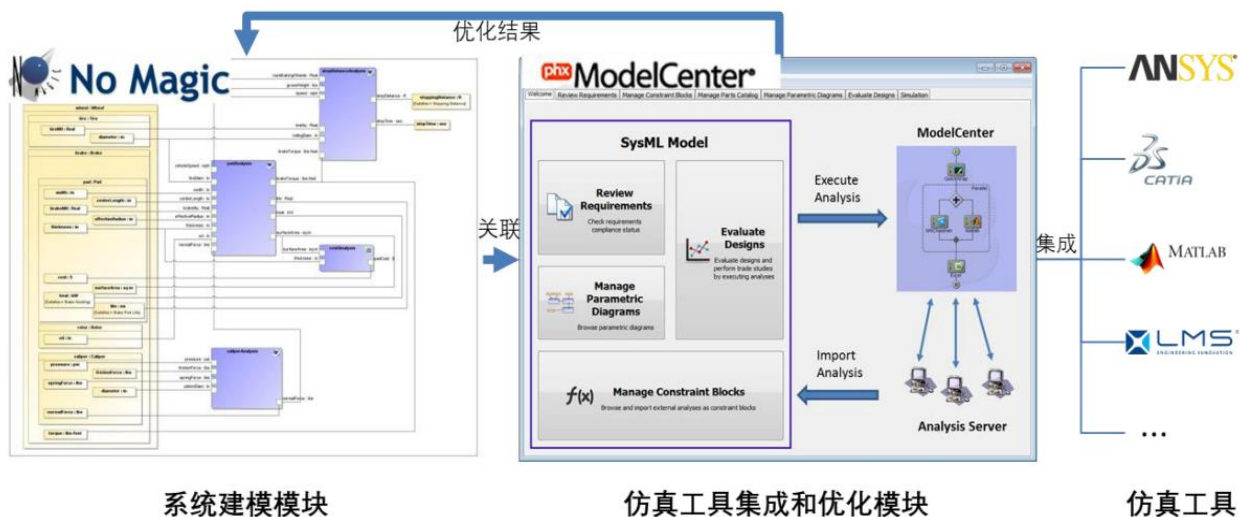
支撑MBSE建模语言--SysML

INCOSE联合OMG在统一建模语言（Unified Modeling Language, UML）的基础上，开发出了适用于描述工程系统的系统建模语言的（System Modeling Language, SysML），一些大型软件供应商开发了相应的SysML工具，为MBSE的具体实施提供支持。





MBSE当前实现模式—存在的问题



MBSE当前主流实现模式

01

系统层级的设计软件不支持仿真验证，无法得知设计是否合理

02

物理层及的仿真软件难以进行系统设计

03

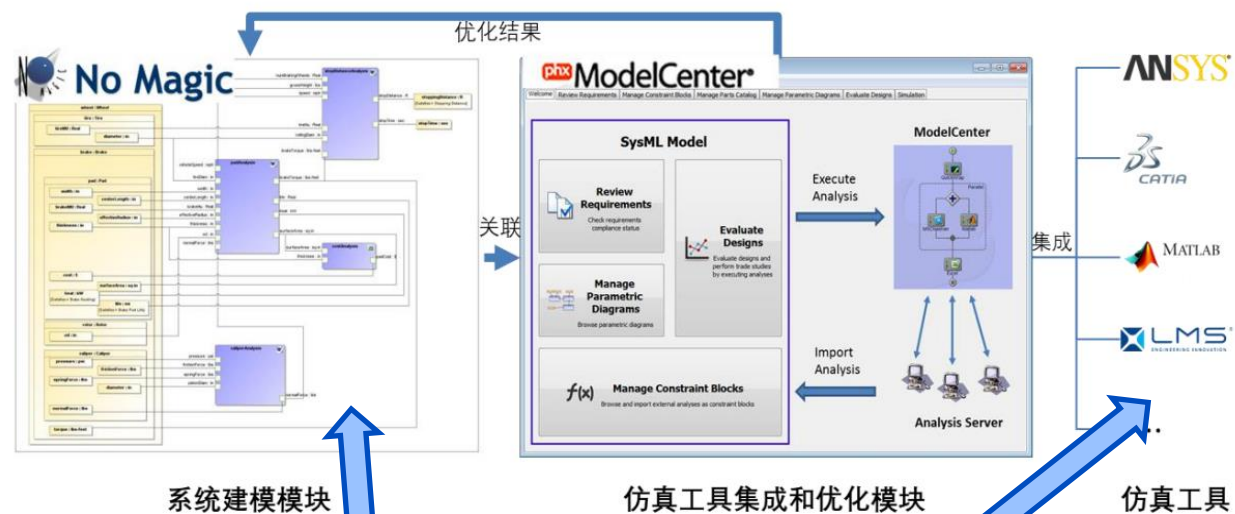
如果要从上到下设计仿真，必须借助各种接口与平台；设计模型和仿真模型的可回溯行差；异构建模语言可能导致模型的二义性

04

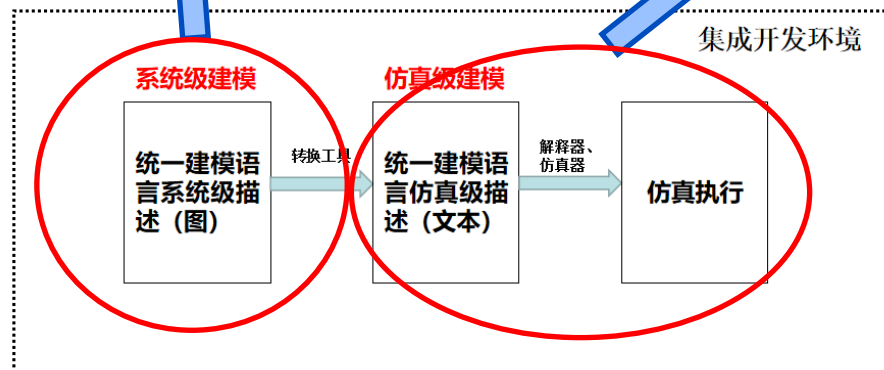
工业复杂产品：领域众多，系统级别各子系统关系复杂，接口众多，系统设计到协同仿真困难重重，研究人员的大部分精力放在了接口的实现上

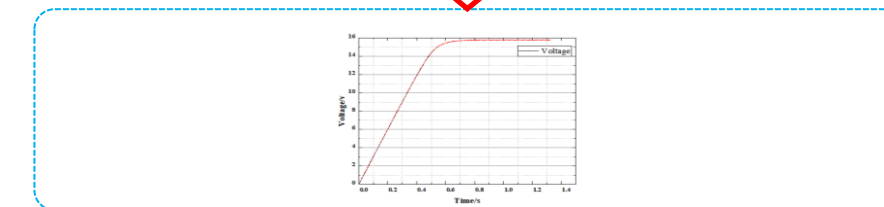
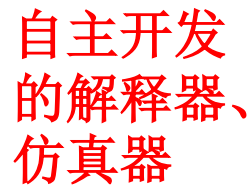
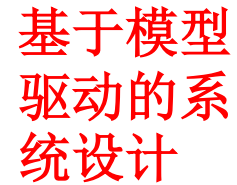


MBSE新的实现模式—X语言（建模仿真工具）



X语言集成开发环境:

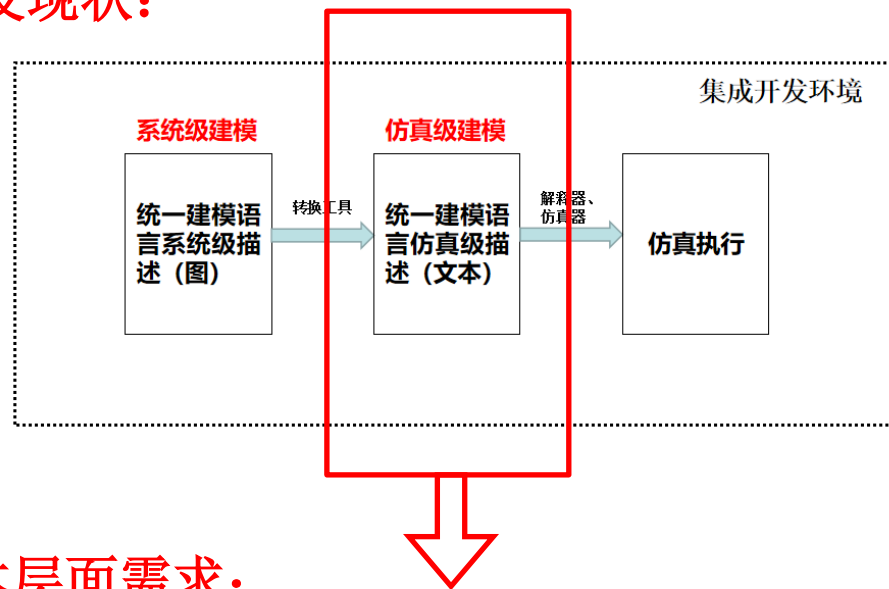




结果反馈



X开发现状:



X文本层面需求:

急需大量X语言来描述物理模型验证其X语言描述物理模型的完备性、并完善X语言

急需大量X语言来描述物理模型完善解释器仿真器

构筑X语言物理模型库：机械模型库、电力模型库、流体模型库、力学模型库