



长春理工大学

Changchun University of Science and Technology

# 面向高端制造装备的数字化仿真与优化方案

汇报人：张云贺

邮 箱：zhangyunhe@cust.edu.cn

2024/5/23

1958.9 ~ 2002.5

长春光学精密机械学院



2002.5 ~ 至今

长春理工大学



1958~1968

1968~1971

1971~1986

1986~1988

1988~1992

1992~1999

中国科学院

国家机械工业委员会

机械电子工业部

中国兵器工业总公司

学校形成了以光电技术为特色，光、机、电、算、材相结合为优势，工、理、文、经、管、法、艺协调发展的学科布局，构建了光机电一体化、先进制造装备数字化的大体系，光、机、电、算、材主干学科均已获得一级学科博士学位授予权。

拥有1个国家重点学科、4个吉林省重中之重学科、16个吉林省特色高水平学科；9个博士后科研流动站，9个博士学位授权一级学科、37个博士学位授权学科（含自主设置二级学科），20个硕士学位授权一级学科、101个硕士学位授权学科（含自主设置二级学科）。



先进装备制造业



光电产业



健康科技产业



现代服务业

# 目录 / contents

01

**高端制造装备的结构与性能特点**

02

**基于AIFEM&AIPOD的结构仿真优化方案**

03

**项目应用验证与成果推广**



# 高端制造装备的结构与性能特点

# 高端制造装备的结构特点

■ 高端制造装备结构设计复杂，零件装配精密，应用与核心工业场景，产品性能要求高。

■ 高端制造装备的静力学、动力学特性影响着制造工艺的精度和质量，性能精度要求高。

■ 高端制造装备的试验和制造成本高，容错率小，对产品数字化研发质量和效率要求高。





# 基于AIFEM&AIPOD的结构仿真优化方案





1. 基于时变载荷及多场耦合作用下的结构仿真

2. 复杂制造装备的设计仿真一体化协同方法

3. 复杂高端制造装备结构设计智能优化算法



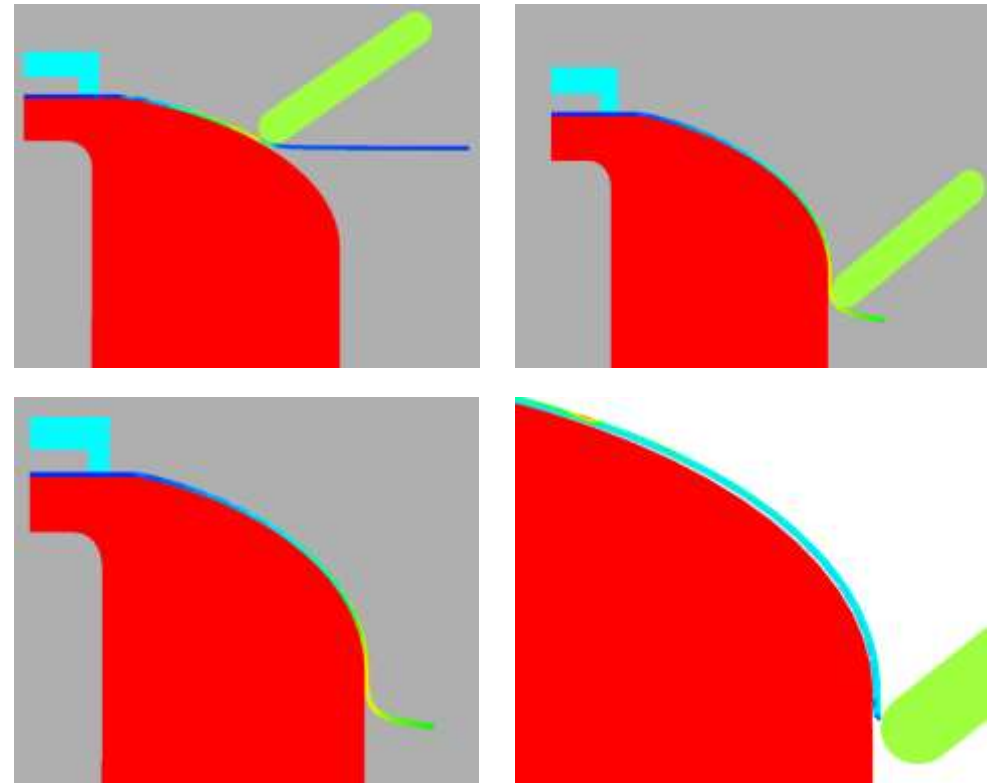
## 1.1 多物理场多学科场景的耦合建模

### ■ 统一平台

创建大型旋压机装备结构整机有限元模型，基于AIFEM实现热、力场耦合建模，同时执行热力学、静力学、动力学在同一个前处理平台，创建通用的网格、材料、工况设置，统一计算。

### ■ 耦合求解

基于AIFEM软件进一步开发热固耦合仿真功能，实现瞬态热分析与瞬态结构分析的无缝耦合，主要涉及到温度场数据与结构数据之间实时交互的问题，并且实现时域截断和互相匹配技术。



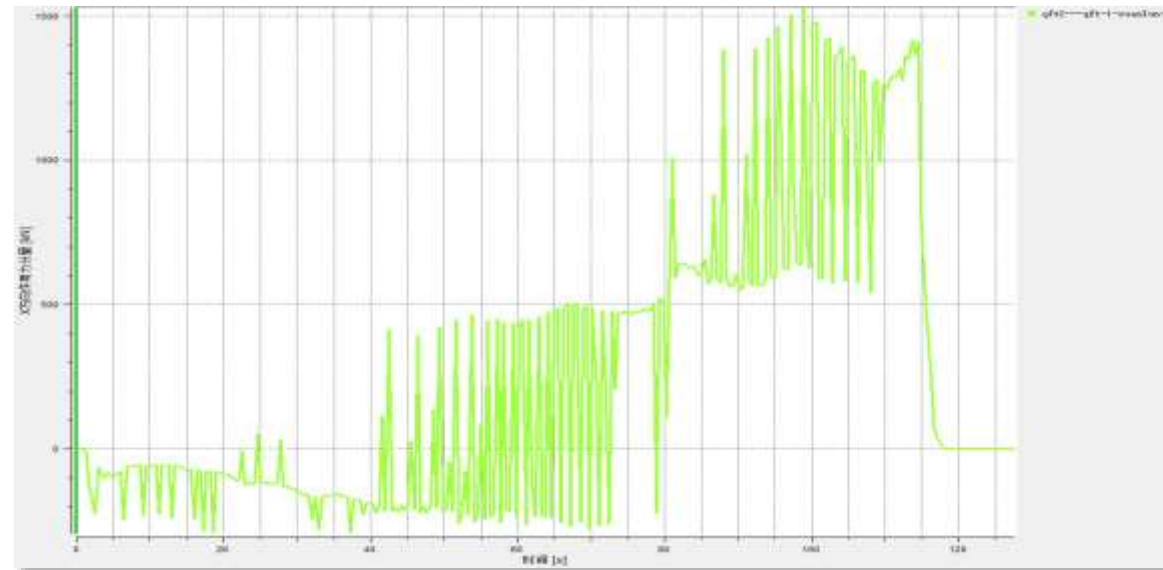
## 1.2 工艺仿真与性能仿真的联仿建模

### ■ 工艺联仿

提取基于工艺仿真软件得出的力反馈参数、运动振动特性和温度梯度等参数，施加于高端装备的结构仿真，建立基于时变载荷及多物理场耦合下的结构仿真模型。

### ■ 工艺接口

加强开发CAE软件与加工成形仿真软件之间的数据传递接口，形成一体化的结构仿真与工艺仿真工具链，得到真实的仿真数据来源，提升旋压机结构仿真的精度。



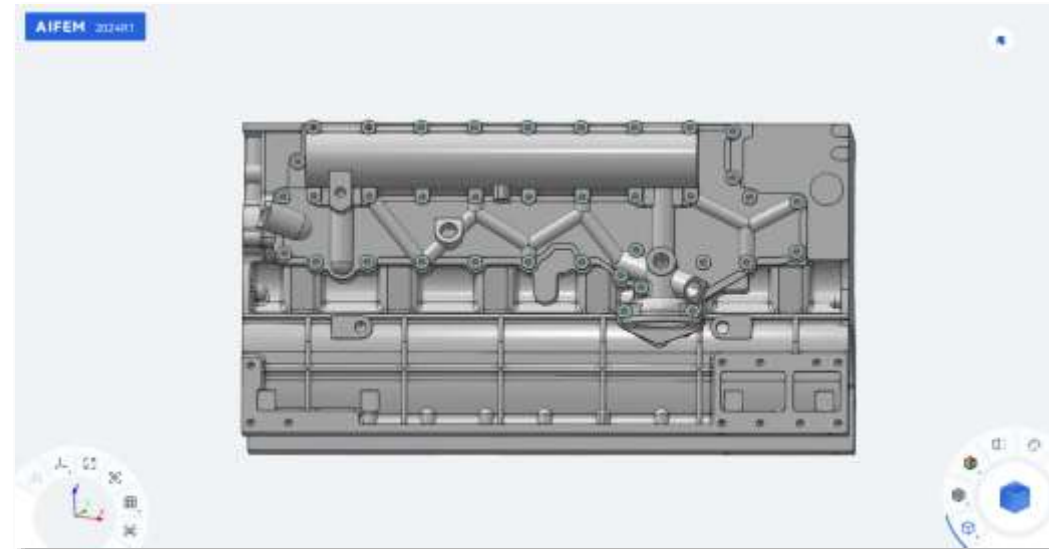
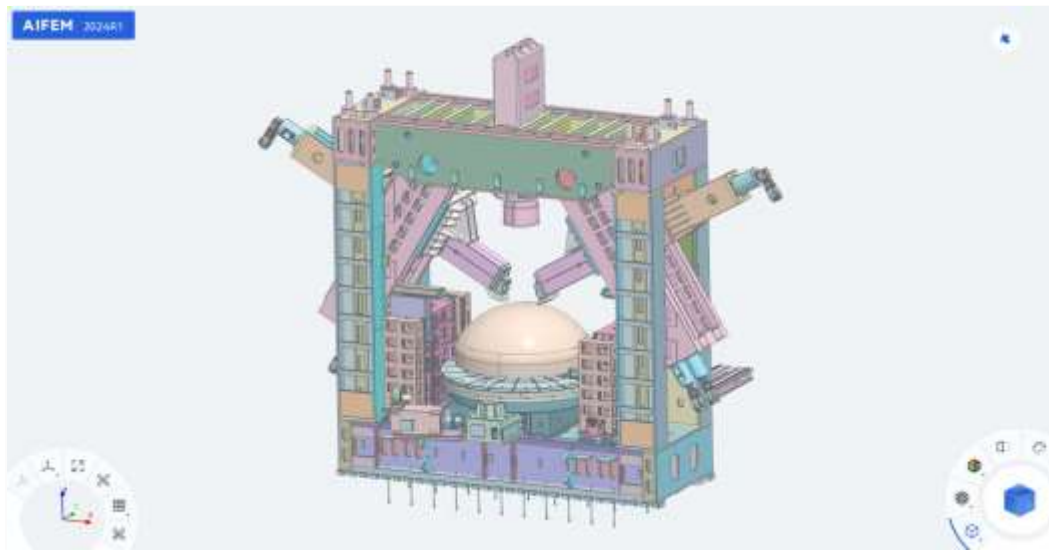
## 1.3 装备结构性能模型的高效装配

### ■ 自动清理修复

对复杂制造装备的几何进行自动化清理和修复，加强开发自定义和记忆各种类型装备的几何清理的规则，包括去除圆角、孔洞、螺纹、铭牌、键槽等细小特征。

### ■ 自动装配建模

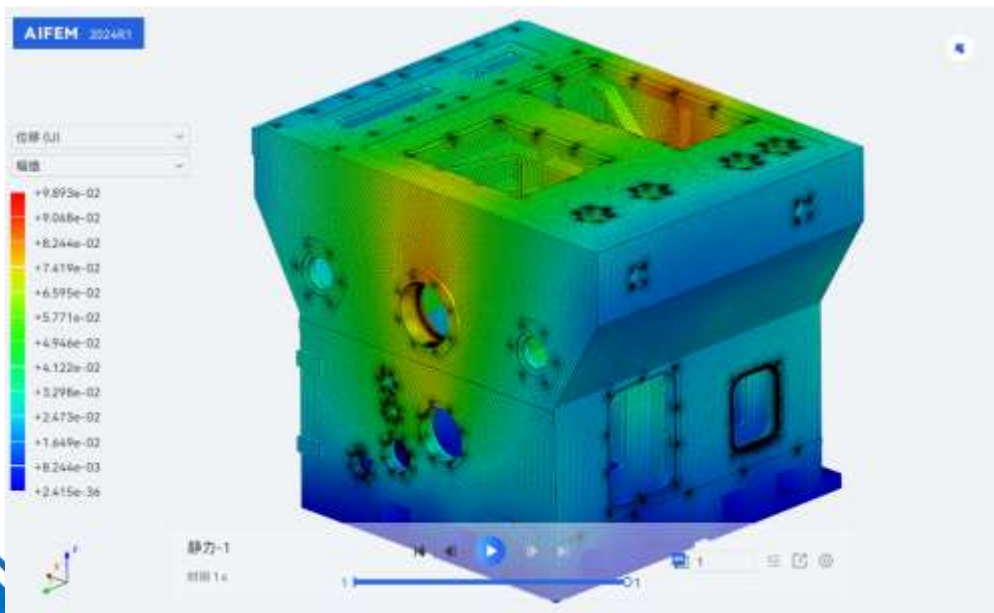
自动化创建常用的连接方式，包括质量单元、梁单元、刚性单元等连接单元，加强开发自动化、智能化的连接方式，例如焊接、粘接、铆接、螺栓等装配场景。



## 1.4 装备结构仿真后处理与安全评估

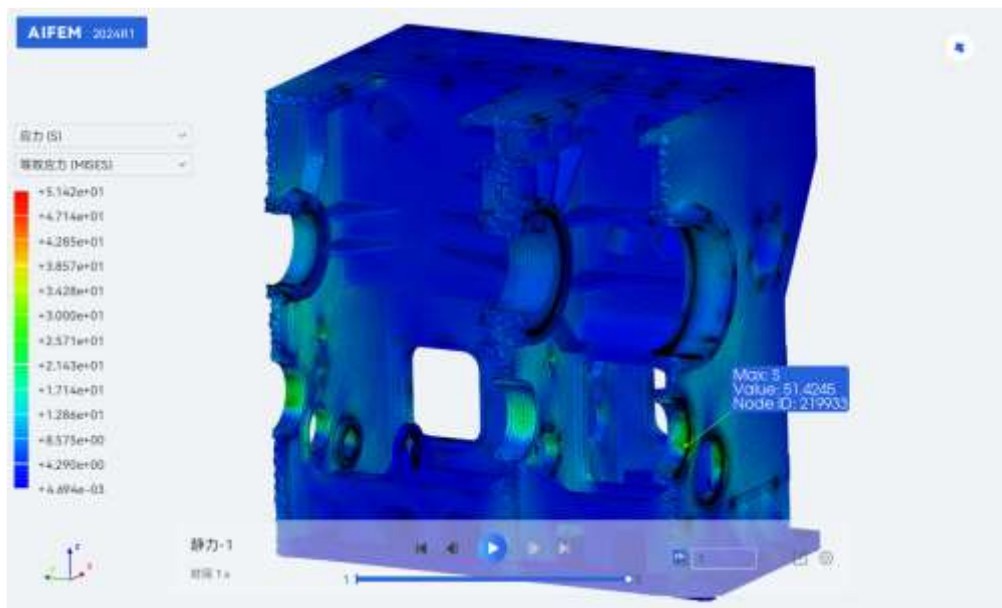
### ■ 结果生成

装备结构仿真结果包含多组件多变量的输出和显示，基于AIFEM后处理模块实现输出装备结构的应力、应变、位移、加速度、支反力、螺栓力、频率等常用变量。



### ■ 结果评估

嵌入装备结构的安全评估准则，以云图形式直观显示各个零部件的安全裕度，并且将安全裕度较低的零件自动输出到仿真报告中。





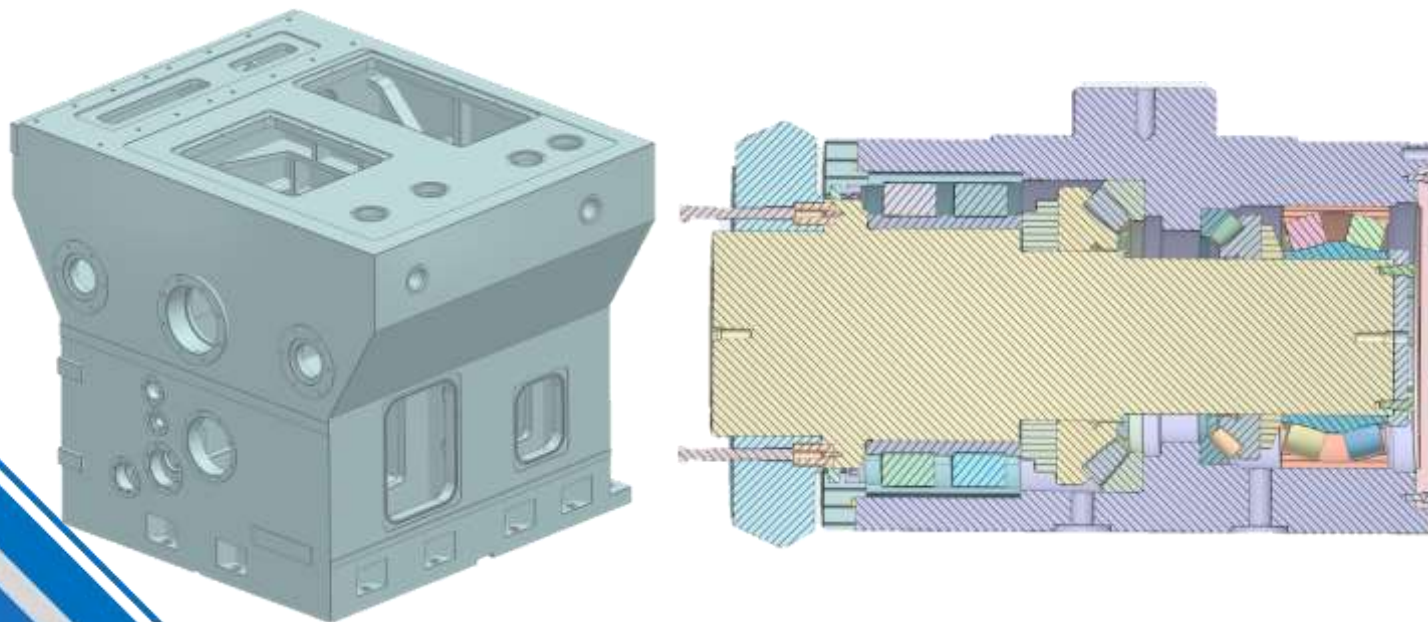
### 2.1 高端制造装备典型结构参数提取

#### ■ 参数提取

提取构件的关键尺寸，如长度、宽度、直径等参数，通过CAD软件的材料库，设置材料的物理特性和力学性能，将这些属性与构件关联，便于传递到仿真环境。

#### ■ 变量接口

开发设计变量提取数据接口，整合从CAD软件提取的结构参数数据，数据预处理包括单转换、数据格式整理等，确保数据在仿真过程中能够无缝应用。



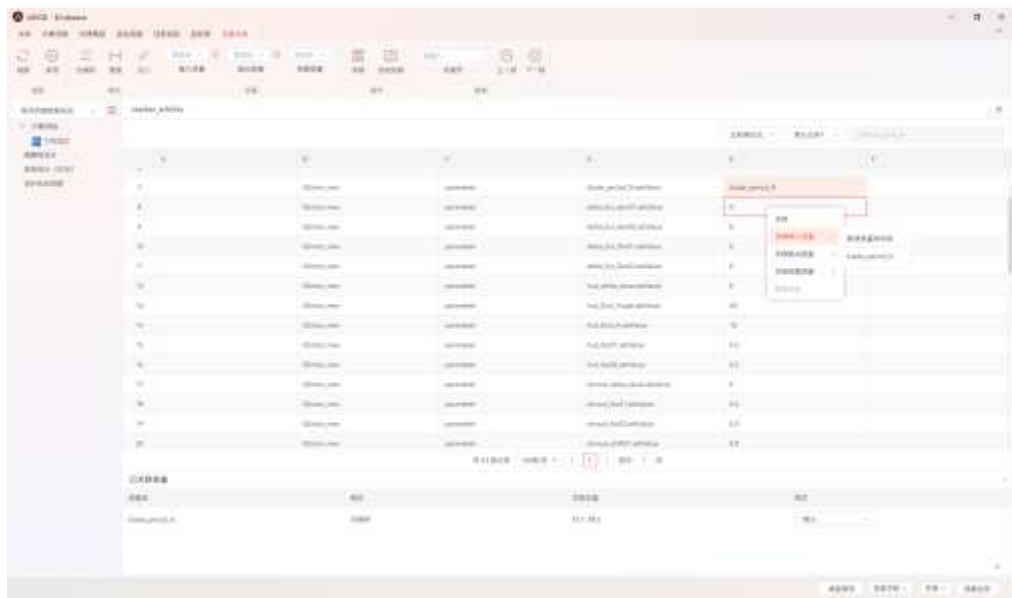
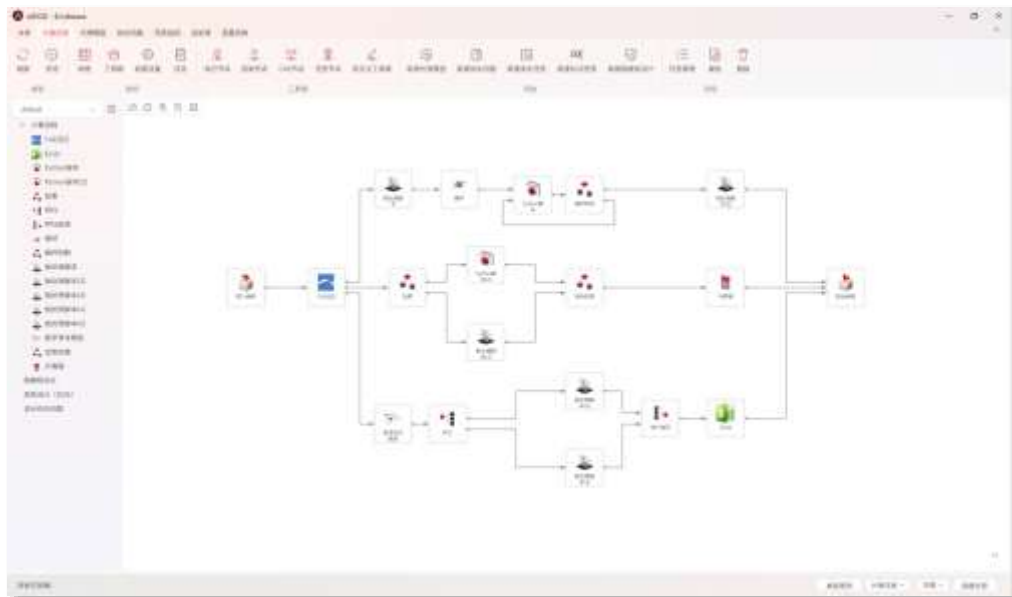
### 2.2 装备典型结构自动化仿真流程构建

#### ■ 流程自动化

利用AIPOD将AIFEM与已有CAD工具相结合，搭建数据传递、格式转换、几何准备、仿真执行以及后处理等环节的流程，并确保数据格式和单位的一致性。

#### ■ 仿真自动化

在AIFEM工具中开发配置自动化脚本或工作流程，使整个仿真过程从几何模型导入到FE分析、计算以及结果输出实现全自动化，最大程度地减少人为干预。



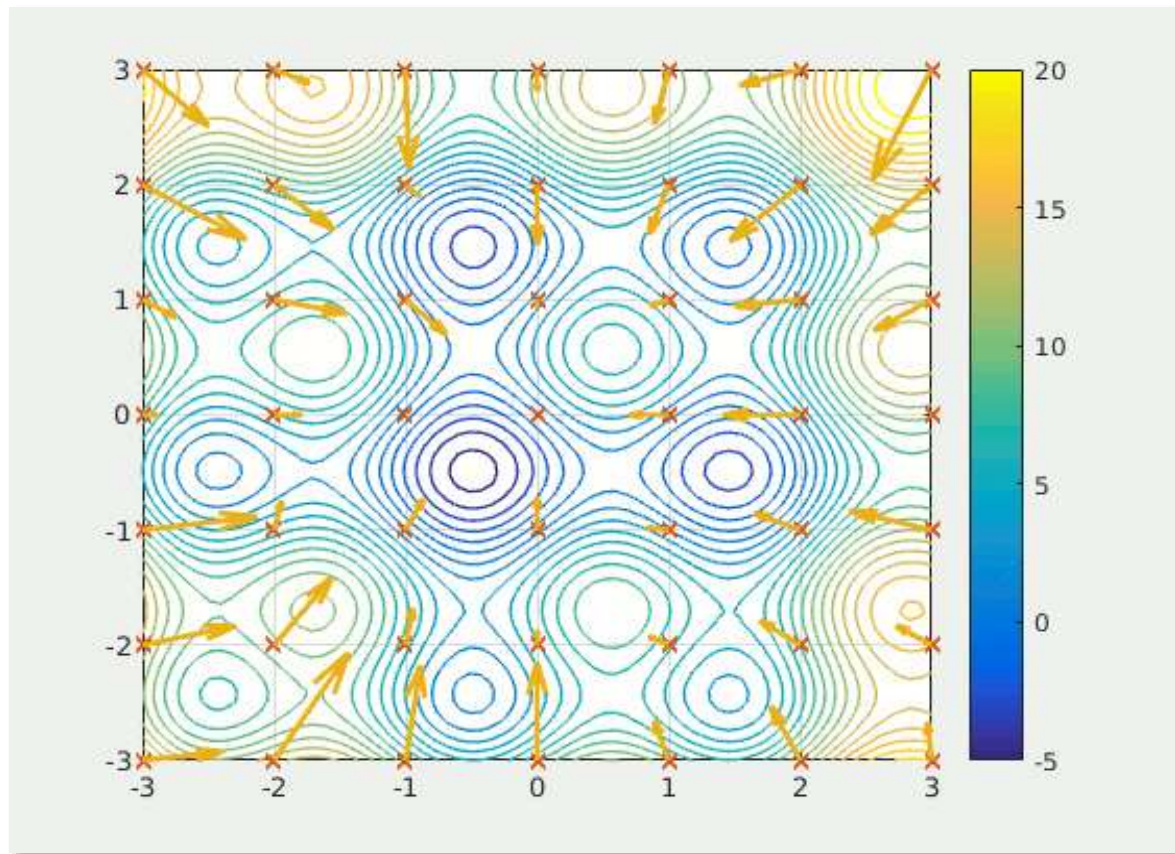
## 3.1 高端装备典型结构智能采样算法

### ■ 算法与策略

针对复杂装备的参数多、变量多的特点，基于AIPOD从多种智能采样算法中选择适合的算法并设计采样策略，确保参数的选择能够涵盖设计的多样性。

### ■ 样本生成

基于智能采样算法生成样本点，并将这些样本作为参数输入到CAD软件中的模型中。利用AIFEM仿真分析验证这些样本的性能指标并整合为一个训练集。





## 3.2 高端制造装备典型结构设计模型训练

### ■ 数据预处理

对从CAD软件中提取的结构参数和从FEM仿真流程获得的性能数据以及产品的工作性能参数进行预处理。

### ■ 模型训练

使用预处理后的数据集对选定的人工智能模型进行训练。采用反向传播等优化算法，调整模型的权重和参数，以最小化预测误差。

### ■ 模型应用与部署

将训练得到的结构设计模型应用于实际的高端制造装备设计中。将模型嵌入到设计流程中，为结构优化提供预测支持。

## 3.3 基于人工智能的高端制造装备设计流程构建

### ■ 流程集成规划

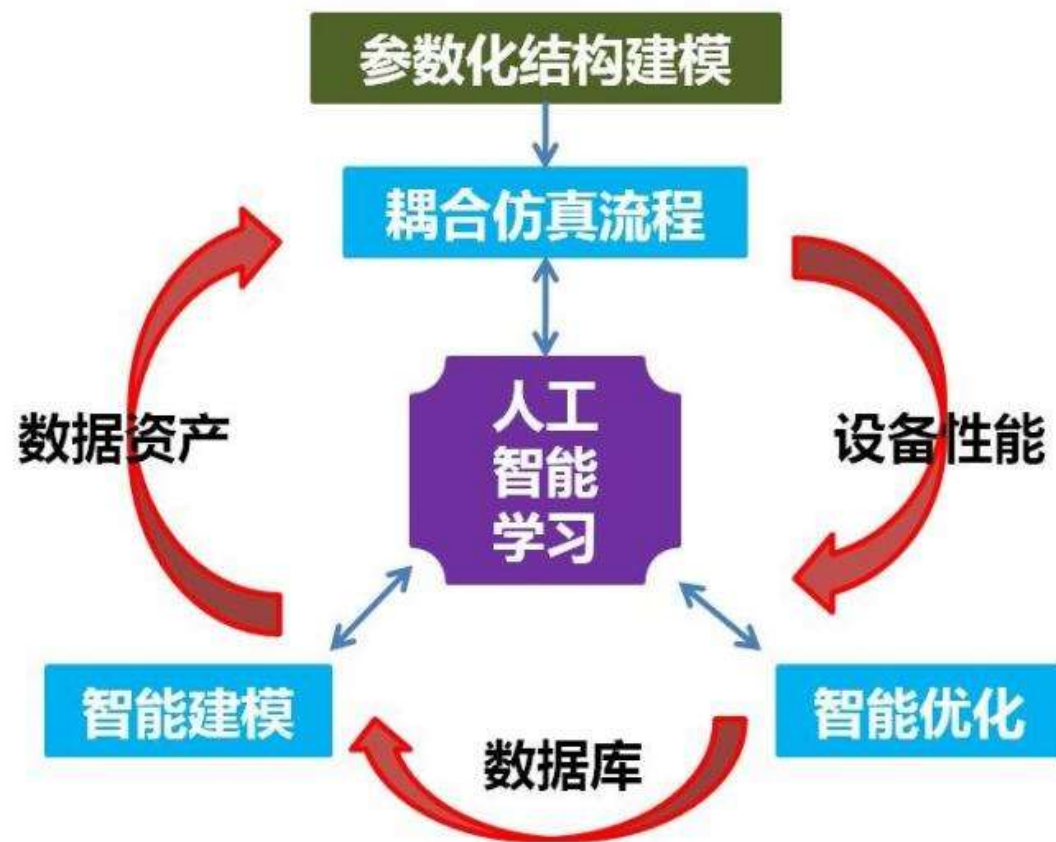
研究规划复杂装备的整个设计流程。

### ■ 数据交互接口开发

设计、FE仿真、工艺仿真、优化环节数据无缝传递。

### ■ 智能设计与模型预测

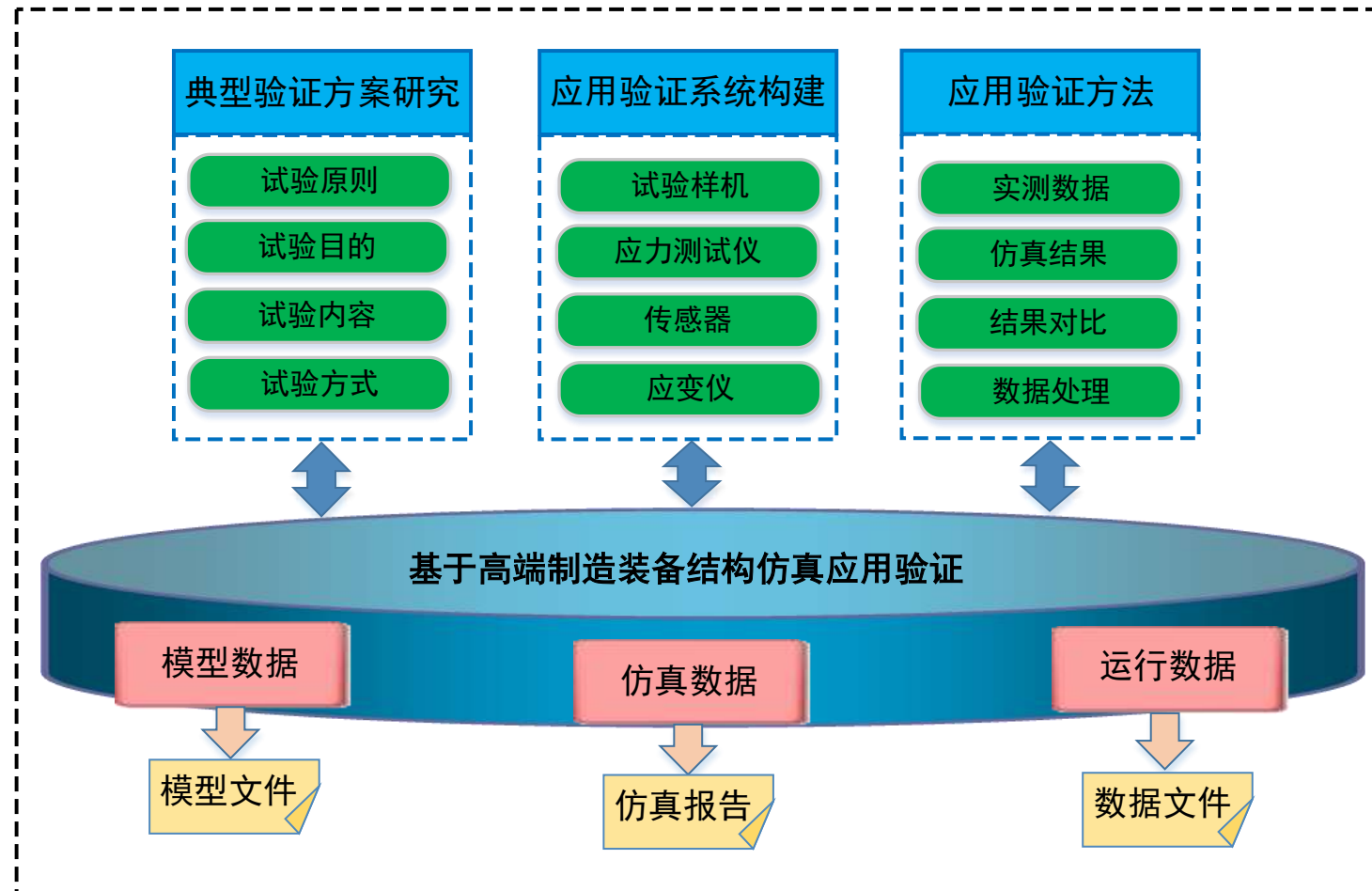
将设计数据输入预训练模型，开始进行模型预测。





# 项目应用验证与成果推广

- 针对高端制造装备新一代国产CAE软件加强研发，在上述研究的基础上，开展针对于高端制造装备结构仿真应用验证研究，主要研究内容包括针对于CAE系统的典型验证方案研究、应用验证系统构建以及应用验证方法等方面的研究。



- 基于复杂制造装备的设计、仿真、优化一体化解决方案的项目成果，目前正在兵器装备系统逐步推广。
- 可广泛应用于航空航天、核工业、船舶、兵器等国防军工领域高端装备的研发，不仅具有广阔的市场发展前景。
- 还对于解决遏制我国高端装备研发的“卡脖子”关键技术、提升国家的科技水平具有重要的战略意义。

汇报完毕

