



北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY

# 北航高性能计算平台运行实践

霍建同

2023年6月27日 湖北·恩施 开放科学计算联盟年会



- 01 **平台基本情况介绍**
- 02 **人才培养支撑与探索**
- 03 **科教协同创新平台建设**



# 高性能计算中心

## 北京航空航天大学机构编制工作委员会

### 会议纪要

机构编制工作委员会

2020年7月7日

#### 第48次机构编制工作委员会会议纪要

会议建议，将高性能计算平台、智能微纳公共创新中心和风洞实验室作为校级平台统筹考虑机构的设置和人员编制问题。为便于高性能计算平台开展工作，会议同意，高性能计算平台增加管理人员编制1人，增加实验系列教师编制2人，增加聘用制人员2人。高性能计算平台建设初期由信息化办公室负责管理。

## 中共北京航空航天大学委员会文件

北航党字〔2023〕1号

### 关于印发《北京航空航天大学党政机关和服务支撑机构改革方案》的通知

中共北京航空航天大学委员会

2023年1月6日

设立高性能计算中心，为校设非独立建制二级单位，由网络信息中心管理。

(7) 高性能计算中心负责校级高性能计算平台的统筹规划和运维管理；



# 平台管理

## ➤ 建章立制，规范管理

- 《北京航空航天大学高性能计算平台**管理办法**》
- 《北京航空航天大学高性能计算平台**收费细则**》
- 《北京航空航天大学高性能计算平台**奖励细则**》

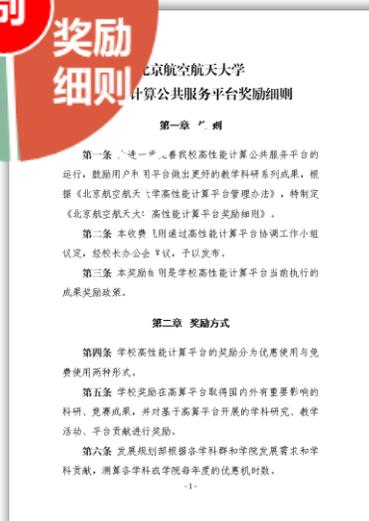
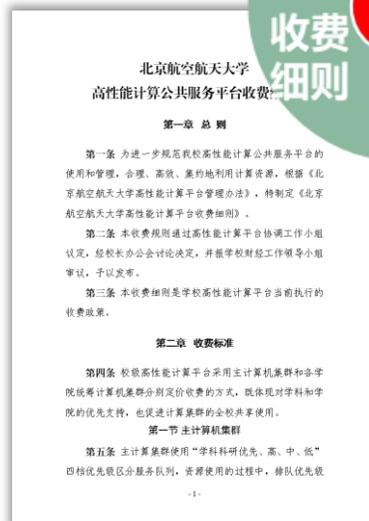
## ➤ 队伍建设，保障运行

- 平台现有**实验系列教师2名**，**管理岗教师1名**，**项聘技术运维人员2名**



管理办法 **1个**

实施细则 **2个**





# 平台软硬件

- 平台经过**3期**（19年-21年）建设，理论计算峰值达到**2050万亿次**
- **328个CPU节点，共12768核；16个GPU节点，共128卡**

	教学实践集群 50万亿次计算能力	科研计算集群一期 750万亿次计算能力	科研计算集群二期 500万亿次计算能力	科研计算集群三期 800万亿次计算能力
CPU	40个节点 (1120核)	160个节点，其中，每个节点配置为2颗Intel Golden 6240系列CPU，共36物理核 (5760核)	100个节点，其中，每个节点配置为2颗Intel Golden 6240系列CPU，共36物理核 (3744核)	68个节点，其中，每个节点配置为2颗Intel Xeon Golden 6240R系列CPU，共48物理核 (3264核)
GPU	3个节点 (3卡)	4个节点，其中，每个节点配置为8个 NVIDIA V100 GPU 卡 (32卡)	6个节点，其中，每个节点配置为8个 NVIDIA V100 GPU 卡 (48卡)	2个DGX-A100; 2个Nvlink-A100节点; 2个PCIE-A100节点 每个节点均配置为8块 NVIDIA A100 (48卡)
计算网络	56G IB高速网络	100G IB高速网络	100G IB高速网络	100G IB高速网络 (其中DGX-A100为200G)
集群存储	160T	1.8PB	1.8PB	1.8PB



# 平台软件

- **操作系统：CentOS 7.6**
- **作业调度系统：Slurm 19.04**
- **存储系统：DDN并行文件系统，共计1.8PB**
- **编译环境：GNU、Intel编译环境、CUDA等**
- **应用软件：Gromacs、Lammps、R、VASP、OpenFoam、Ansys、Fluent、CFX、Moose**
- **其他工具软件：Anaconda、CAFFE、HDF5、QT、PyTorch等**

```
EasyBuild/3.9.2      autotools          cuda/11.4          hwloc/2.0.3        matlab/R2019b
OpenFOAM/OpenFOAM-6  cmake/3.14.3       gnu/5.3.0          intel/18.0.3.222   petsc/3.11.4
anaconda2/2019.10    cuda/8.0           gnu7/7.3.0        intel/19.0.5.281 (D) pmix/2.2.2
anaconda3/2019.10    cuda/9.0           gnu8/8.3.0        jdk/1.8.0_201      prun/1.3
ansys/v192           cuda/10.1          gromacs/2019.4    lammps/20191030    valgrind/3.15.0
```



# 平台技术支持

The screenshot displays the website for the High Performance Computing Center (Center for High Performance Computing) at Beijing University of Aeronautics and Astronautics. The page features a blue header with the center's logo and name, and a navigation menu with links for '平台概况' (Platform Overview), '平台资源' (Platform Resources), '使用指南' (User Guide), '常见问题' (FAQ), and '成果展示' (Achievements). A search bar is located in the top right corner. The main content area has a large blue banner with the center's name and logo. Below the banner, a blue button labeled '使用指南' (User Guide) is highlighted. To the right, a breadcrumb trail shows '当前位置: 首页 -> 使用指南'. A list of user guides is displayed, including '堡垒机使用简介' (Introduction to Bastion Host Usage) dated 2022-05-11, '北航校级计算平台-用户手册 (正式版V2.1)' (BUAA School-level Computing Platform - User Manual (Official Version V2.1)) dated 2022-05-06, '高算用户申请' (High Performance Computing User Application) dated 2022-05-06, and '缴费流程' (Payment Process) dated 2022-05-06.

- 上线了高性能计算中心网站
- 提供了北航校级计算平台用户手册、常见问题解答以及其他相关流程说明



# 平台技术支持

## 在线指导全校学生高算的使用:

- 建立多个高算微信交流群
- 为师生线上解决45类大的技术问题
- 全年365天中每天实时为师生提供技术支持

群聊

北航校级高算平台用户服务四群 (47)

北航校级高算平台用户服务一群 (500)

北航校级高算平台用户服务三群 (499)

北航校级高算平台用户服务二群 (500)

北航校级高算平台用户服务一群 (491)

请问算例报错, out文件显示license manager error应该怎么解决呢, 是需要重装软件吗?

吴超  
是使用什么软件报的错

4系-硕士生-夏晨希  
cfx

吴超  
报错截图我看看

2021年5月10日 16:37

@医工院-林绪波 林老师, 可以了, 您再试一下

医工院-林绪波  
好的, 马上试

北航校级高算平台用户... (499)

5月18日 00:20

Dexter  
请问深度学习基于tensorflow的模型平台能跑吗

高算平台-王文昊  
能的, 自己装好环境就行

Dexter  
好 有平台的最新的详细使用教程嘛 能否发一下呀

Dexter  
是需要重新配置环境嘛

高算平台-王文昊: 能的, 自己装好环境就行

高算平台-王文昊  
装 tensorflow 参考这个

高算平台-王文昊



# 平台技术支持

## 培训机制

- 每周举办高算相关知识培训
- 涉及软件安装、GPU使用技巧、常见问题答疑
- 覆盖各个学院，涉及材料、化学、航空、宇航、物理、生物专业等





# 科研教学支撑

## 现有用户

**3300**余个

## 支撑学科

**五**大学科群

## 人才培养

本研课程**5**门

## 支撑科研

科研项目**130**余项  
(80%为国家级项目)

## 成果产出

在SCI 1区期刊发表论文**100**余篇,  
包含**4**篇Science、**3**篇Nature子刊

## 资源利用率

CPU利用率**80%**以上  
GPU利用率**90%**以上



- 01 平台基本情况介绍
- 02 **人才培养支撑与探索**
- 03 科教协同创新平台建设



# 工程的重要性：联合国教科文组织的最新认识

- 2015 年，联合国签署《**变革我们的世界：2030 年可持续发展议程**》
- 《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》提出了 **17 项可持续发展目标**
  - 这是解决全球发展问题的一项共同行动计划





# 工程的重要性：联合国教科文组织的最新认识（续）

## ➤ 2021年，联合国教科文组织《**工程——支持可持续发展**》

- 1) 强调了工程在实现联合国 17 项可持续发展目标中的关键作用，并表明所有人机会均等是确保包容、性别平等的职业发展之关键
- 2) 简述了塑造当今世界的**工程创新**，特别是**大数据**、**人工智能**等新兴技术，这些技术对于应对人类和地球所面临的紧迫挑战来说至关重要
- 3) 分析了在**第四次工业革命**来临之际，**工程教育和能力建设**所发生的**变革**，这将有助于工程师应对未来的挑战
- 4) 本报告强调了解决具体地区差异所需的全球努力，同时总结了世界不同地区的工程趋势



——摘自《工程——支持可持续发展》报告的简要概述

联合国17项可持续发展目标：对工程师的职责与技术社会环境提出了新挑战

联合国教科文组织《工程——支持可持续发展》：给出了工程及工程教育的回应



# 卓越工程师培养



2022年9月27日，教育部、国务院国资委在北京航空航天大学召开卓越工程师培养工作推进会，同时举行首届卓越工程师培养高峰论坛。来自清华大学、北京航空航天大学、浙江大学、中国航空工业集团公司等单位的教育、产业、政策领域顶尖专家围绕卓越工程师教育培养探讨。

18家国家卓越工程师学院建设单位联合发布《卓越工程师培养北京宣言》。



# 计算的重要性：四次工业革命

	第一次工业革命 (工业1.0)	第二次工业革命 (工业2.0)	第三次工业革命 (工业3.0)	第四次工业革命 (工业4.0)
历史断代	蒸汽时代	电气时代	信息时代	智能化时代
时间范围	17-18世纪	19-20世纪	20世纪50年代	2010以来
关键技术	蒸汽机/纺织机	电力/传送带	计算机	CPS/3D打印/纳米技术/ 量子/基因工程/人工智 能/大数据
生产方式	机器取代人力	电力驱动、生产线	自动化生产	智能制造
工业特征	机械化	电气化/规模化	信息化	智能化/个性化/定制化
社会变化	大规模工厂化生产取 代个体工场手工生产	逐渐形成全球化的国 际政治、经济体系	全球信息和资源交流，全 球化进程加速，世界政治 经济格局进一步确立	全球价值链，全球范围 实现虚拟和实体生产体 系的协作， <b>全球数字化 转型</b>

每一次工业革命，都对人类社会生产生活方式带来的巨大而深刻的影响



# 计算的重要性：新产品、新模式、新业态、新平台不断涌现

## 新产品



工业机器人



无人驾驶汽车



无人机

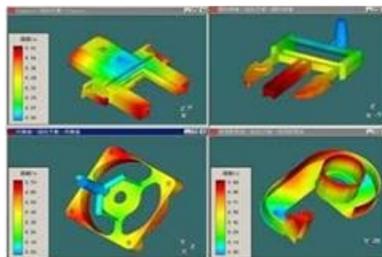


VR设备

## 新模式



电子商务



数字化设计



个性化定制



众包

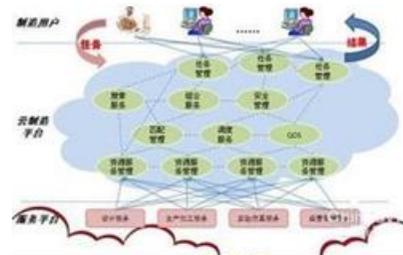
## 新业态



共享经济



服务型制造



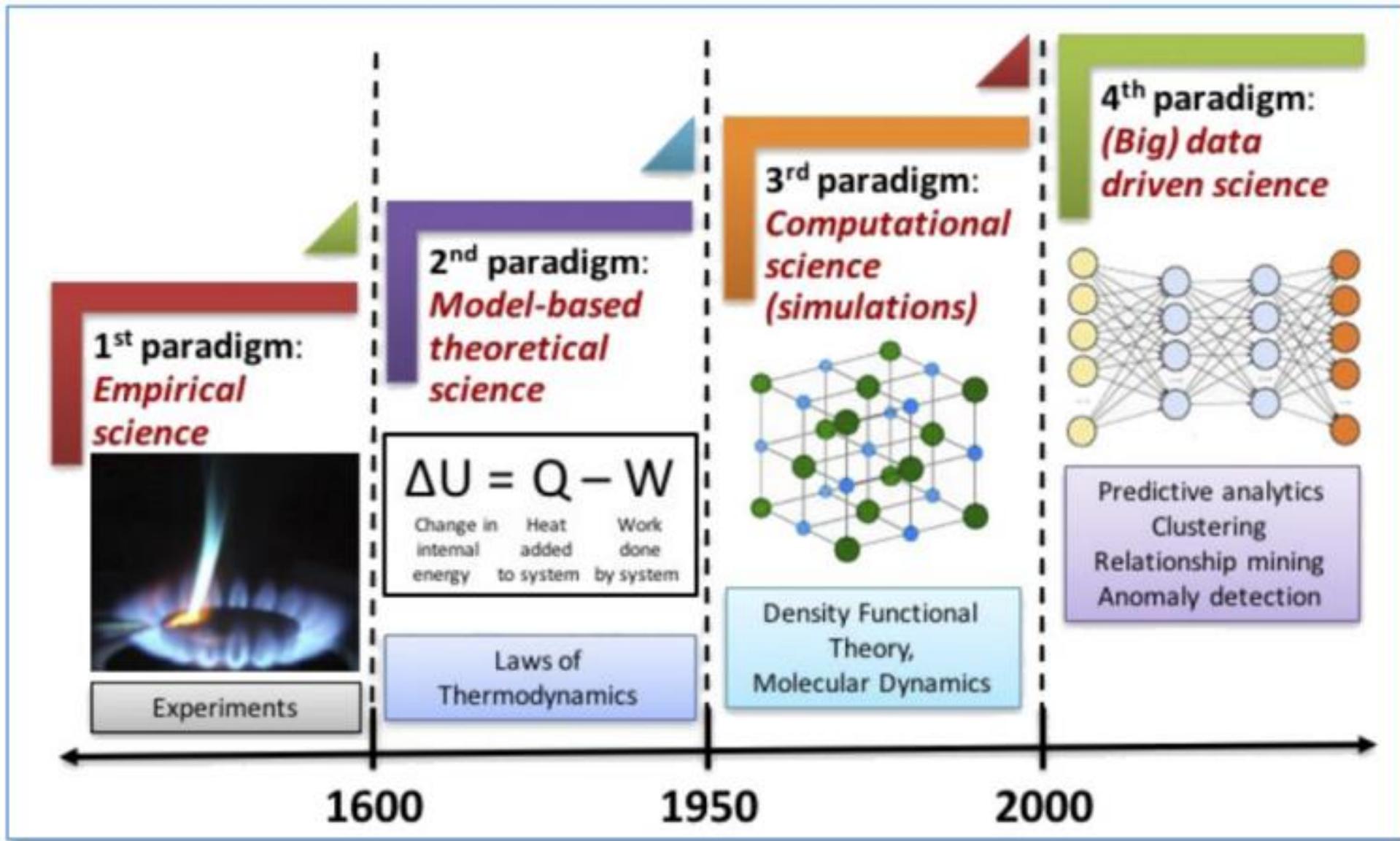
云制造



互联网金融



# 计算的重要性：科学范式的演变





# 计算的重要性：科学范式的演变（续）

## ➤ 第三、第四范式：都要求必须具备计算机知识

	第一范式 实验(经验)科学	第二范式 理论科学	第三范式 计算科学	第四范式 数据密集型科学
特点	观察自然现象，归纳总结自然规律	简化模型并通过数学/逻辑演算得到结论	利用计算机对科学实验进行模拟仿真	通过海量数据分析，发掘暗含的相关性，获得新知识
手段	科学实验	数学模型	计算机仿真	数据挖掘、机器学习、大数据
范例	经典力学/生物/化学	相对论/量子力学/黑洞、大陆漂移、全球暖化、微观经济学	工艺和制造模拟、气候预测、地质勘探、核爆模拟、材料模拟	AlphaGo、医疗、电商、金融、智慧城市、生物基因、餐饮、娱乐、工业互联网



# 现代工程对计算的要求：更高

## 领域解决方案

### 无人/远控

- 遥控行车
- 远控加渣
- 喷涂打标

### AI预测预防

- 故障诊断
- 健康评估
- 生命周期

### AI机器视觉

- 原料定级
- 产品表检
- 产线检测
- 作业跟踪

### AI大数据

- 定制报表
- 备件优化
- 能耗优化
- 设备管理

### XR协作

- 远程协作
- 作业引导
- 虚拟集控
- AR点检

## 大数据/AI

数据接入

数据治理

数据特征  
工程计算

人工智能

## 云计算

分布式/并行

数据存储

虚拟化

## 新一代网络

5G网络



网络设备



通信终端



## 前端设备

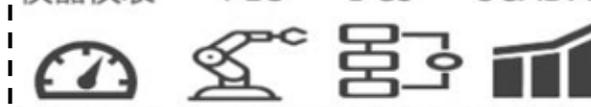
振动 转速 温度 电流/电压 油压/液位



视频监控



仪器仪表 PLC DCS SCADA



典型现代工业应用的计算技术框架体系



# 现代工程对计算的要求：华盛顿协议2021版

## 2013版：现代工程的重要特征

系统复杂，设计约束多，要素间冲突激烈

以信息物理融合系统(CPS)为基础，多种技术交叉与集成

工程规模日趋庞大，需要多学科团队协同

计算机与传统领域（机械/土木/财经/生物/化学...）结合日趋紧密

高度数字化、网络化、自组织

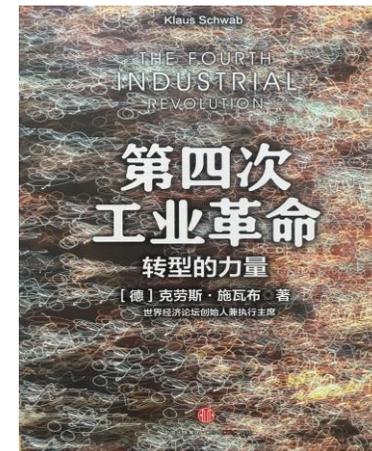
技术与社会、法律、道德、环境的关系愈发紧密

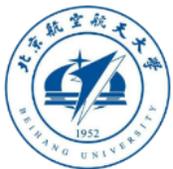
## 2021版：国际工程联盟（IEA）-世界工程组织联合会（WFEO）工作组修订

2021年06月21-26日国际工程联盟大会通过

要求各成员国3年内按此修订完成

我国承诺**2年内**完成修订





## 现代工程对计算的要求：华盛顿协议2021版（续）

	2013版	2021版
知识与态度	WK2：基于概念的数学、数值分析、统计学以及计算机和信息科学的形式方面，以支持本学科的细致分析和建模	WK2：基于概念的数学、数值分析和 <b>数据分析</b> 、统计学以及 <b>计算机</b> 和信息科学的形式方面，以支持本学科的细致分析和建模。
毕业要求	WA1工程知识：将数学、自然科学、工程基础知识和工程专业知识WK1至WK4分别应用于解决复杂工程问题	WA1工程知识：运用数学、自然科学、 <b>计算机</b> 和工程基础知识以及WK1至WK4中规定的工程专业知识，制定复杂工程问题的解决方案
	WA5使用现代工具：针对复杂工程问题，开发、选择和应用适当的技术、资源以及现代工程和IT工具，包括预测和建模，并理解其局限性（WK6）	WA5使用工具：针对复杂工程问题，开发、选择、应用适当的技术、资源以及现代工程工具和信息技术工具，包括 <b>预测和建模</b> ，并理解其局限性（WK2和WK6）



# 非计算机专业课程的问题分析

非计算机专业的主要课程：《大学计算机基础》、《程序设计》

《大学计算机基础》：以**计算思维**为主

《程序设计》：以C/Python**程序设计**为主

➤ **问题1：已有课程难以有效培养基于程序计算的基本能力**

- 侧重在程序设计语言相关内容，较少涉及数据结构和算法等更高级内容
- 学生编程能解决的问题规模过小

➤ **问题2：缺乏站在应用视角讲授**运用**成熟计算软件（特别是并行计算软件）的课程**

- 目前与并行相关课程，均聚焦在并行算法或并行计算机体系结构
- 教学内容适合计算机专业，但不适合非计算机专业

**突出表现：难以有效满足通过程序计算解决实际问题的现实需求**



# 打造“计算+”通识课程群

- 建设“计算+”新型通识课程群
- 提升非计算机专业运用计算技术解决领域问题的能力

- 课程建设：3门

- ✓ 高级语言程序设计：必修
- ✓ 数据结构与算法基础：必修
- ✓ **并行计算应用：选修**

- 教材出版：1本

- 《高性能计算实战：从0到1》**

- 数字化教材，高等教育出版社

- 2023年底



# 课程建设：高级语言程序设计

## ➤ 教学定位

- 快速入门：避免教学伊始就陷入大量的枯燥乏味、不知所云的语言细节
- 建立信心：通过趣味性/实用性的项目，让学生获得**成就感**，进而建立信心、雄心

## ➤ 教学目标

- 理解计算机实现计算的基本思路
- 掌握程序的基本概念与结构
- 具备**程序开发**的基本能力（包括工程、调试、部署、运行）

## ➤ 教学内容

- 降低入门门槛（例如先讲授Scratch，建立程序设计的**内核**，然后快速过渡到C/Python）
- 提高语言抽象级别（例如Python），从而具备能在初级阶段就具备构建大项目的能力



# 课程建设：数据结构与算法基础

## ➤ 教学定位

- 侧重运用：让学生通过典型案例理解数据结构/算法与具体应用之间的对应关系
- 避免深入：避免大而全，避免过度深入数据结构与算法的内部
- 提高认识：让学生明白必须首先建立数学模型，然后选择与之对应的计算模型/方法

## ➤ 教学目标

- 掌握若干典型的数据结构及其应用场景
- 掌握若干典型的算法及其应用场景
- 具备程序计算的基本能力（根据数学模型选择对应的数据结构和算法）

## ➤ 教学内容

- 讲解若干典型数据结构
- 讲解若干典型算法的典型应用场景与注意事项
- 讲解数学模型到数据结构的转换过程



# 课程建设：并行应用基础

## ➤ 教学定位

- 高效解决问题：基于成熟计算软件（包括其上的二次开发）与高性能计算平台，解决工程性问题

## ➤ 教学目标

- 理解高性能计算平台的宏观结构与基本特性
- 熟悉若干典型高性能应用软件（包括开源软件）
- 具备高性能计算的基本能力（基于成熟软件的领域建模、二次开发、参数调优等）

## ➤ 教学内容

- 讲解若干典型计算平台（CPU集群、GPU集群等）
- 讲解若干典型应用领域及其工具软件的具体使用方法



# 教材实践：《高性能计算实战：从0到1》

高性能计算实战——从0到1

## 第1章 引言

- 1.1 计算思维与新工科
- 1.2 高性能计算价值与意义
- 1.3 高性能计算发展态势

## 第2章 高性能计算概述

- 2.1 高性能计算是什么
  - 2.1.1 典型超算系统简介
  - 2.1.2 TOP500及其他排行榜
  - 2.1.3 常见应用领域
- 2.2 中国高性能计算发展现状
  - 2.2.1 国家超级计算中心建设
  - 2.2.2 高性能计算应用研发
  - 2.2.3 E级超级计算规划
- 2.3 高性能计算的组成
  - 2.3.1 硬件：处理器与加速器、服务器、高速互连网络、存储系统
  - 2.3.2 基础软件：操作系统、编译器、数学库、MPI
  - 2.3.3 集群管理软件：作业调度、集群管理、性能评估

## 第3章 高性能计算实验平台

- 3.1 实验平台整体架构

➤ 案例驱动

➤ 只讲如何用好

➤ 不讲内部细节

➤ 数字化教材

➤ 配套MOOC

➤ 在线学习

3.2 实验平台软件环境

3.3 第一个高性能计算应用

## 第4章 天文学应用之脉冲星搜索 PRESTO

- 4.1 概述
  - 4.1.1 脉冲星搜索背景与意义
  - 4.1.2 脉冲星搜索技术
  - 4.1.3 FAST射电望远镜观测数据
- 4.2 脉冲星搜索应用 PRESTO
  - <https://github.com/scotttransom/presto>
- 4.3 PRESTO在X86上的配置和运行
  - 4.3.1 单节点
  - 4.3.2 集群
  - 4.3.3 优化
- 4.4 PRESTO脉冲星搜索案例展示

## 第5章 气象学应用之天气预报 WRF

- 5.1 概述
- 5.2 天气预报应用 WRF
  - [https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get\\_sources.html](https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_sources.html)
- 5.3 WRF在X86上的配置和运行
- 5.4 WRF天气预报案例展示

## 第6章 生物学应用之分子动力学模拟 NAMD

6.1 概述

- 6.2 分子动力学模拟应用 NAMD
- 6.3 NAMD在X86上的配置和运行
- 6.4 NAMD分子动力学模拟案例展示

## 第7章 流体力学应用之OpenFoam

- 7.1 概述
- 7.2 流体力学应用 OpenFoam
- 7.3 OpenFoam在X86上的配置和运行
- 7.4 OpenFoam案例展示

## 第8章 第一性原理计算之CP2K

- 8.1 概述
- 8.2 第一性原理计算软件 CP2K
- 8.3 CP2K在X86上的配置和运行
- 8.4 CP2K案例展示

## 第9章 3D场景建模之NeRF

- 9.1 概述
- 9.2 三维重建软件 NeRF
- 9.3 NeRF在X86上的配置和运行
- 9.4 NeRF案例展示

➤ 进展

➤ 10余人团队

➤ 10个案例

➤ 高等教育出版社

➤ 李云春等

➤ 预计2023年底



- 01 平台基本情况介绍
- 02 人才培养支撑与探索
- 03 **科教协同创新平台建设**



## 科教协同背景：坚守空天报国信念，共建数字飞机

★北京1号：全校1500余名师生、10个专业设计组齐上阵，100天奋战

□ 航线：北京→青岛→上海→北京



周总理与机组人员合影

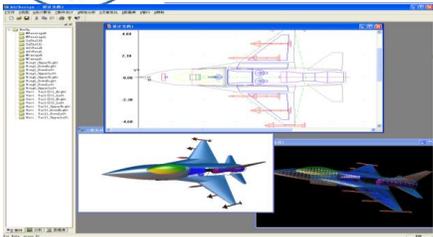


航空馆的“北京一号”

当年的北航师生共同研制一架实体飞机



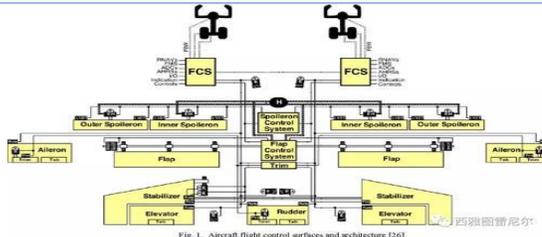
# 科教协同背景：坚守空天报国信念，共建数字飞机（续）



**数字总体**  
(航空学院、宇航学院)



**数字航电**  
(电子信息工程学院)



**数字飞控**  
(自动化学院)

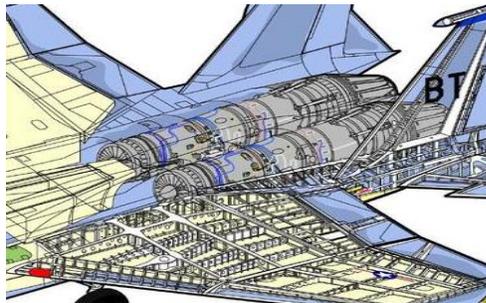


**数字发动机**  
(能源与动力工程学院)

## 面向国家重大战略需求的未来“数字飞行器”



**虚拟现实评估与验证**  
(计算机学院)



**数字结构**  
(机械学院)



**3D打印模型与验证**  
(材料科学与工程学院)

# 今天的北航师生共同建造一架数字飞机



## 国外发展现状及趋势：洛克希德马丁协同创新中心

- 建有**超过4600平米的可重构数字化实验室空间**，是**真实和虚拟环境中的多域集成、实验、兵棋推演、桌面练习、建模和模拟以及决策分析的中心**，在**F-35等机型的研制过程中扮演了重要角色**





## 国内发展现状及趋势：沈阳飞机设计所

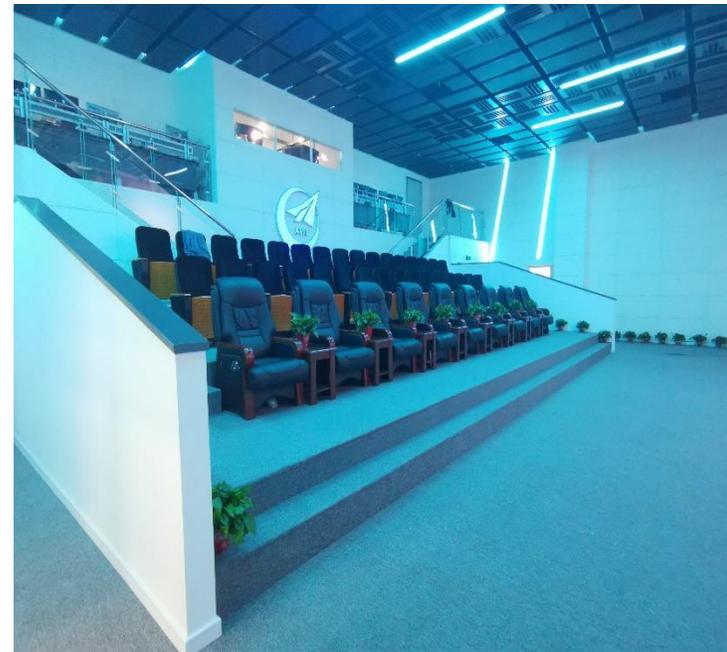
- 沈阳飞机设计研究所（601所）构建了体系化数字化协同设计软硬件环境，占地1600余平方米，投资超过1.5亿元



体系化数字化协同设计



半物理模拟与仿真



多学科协同决策

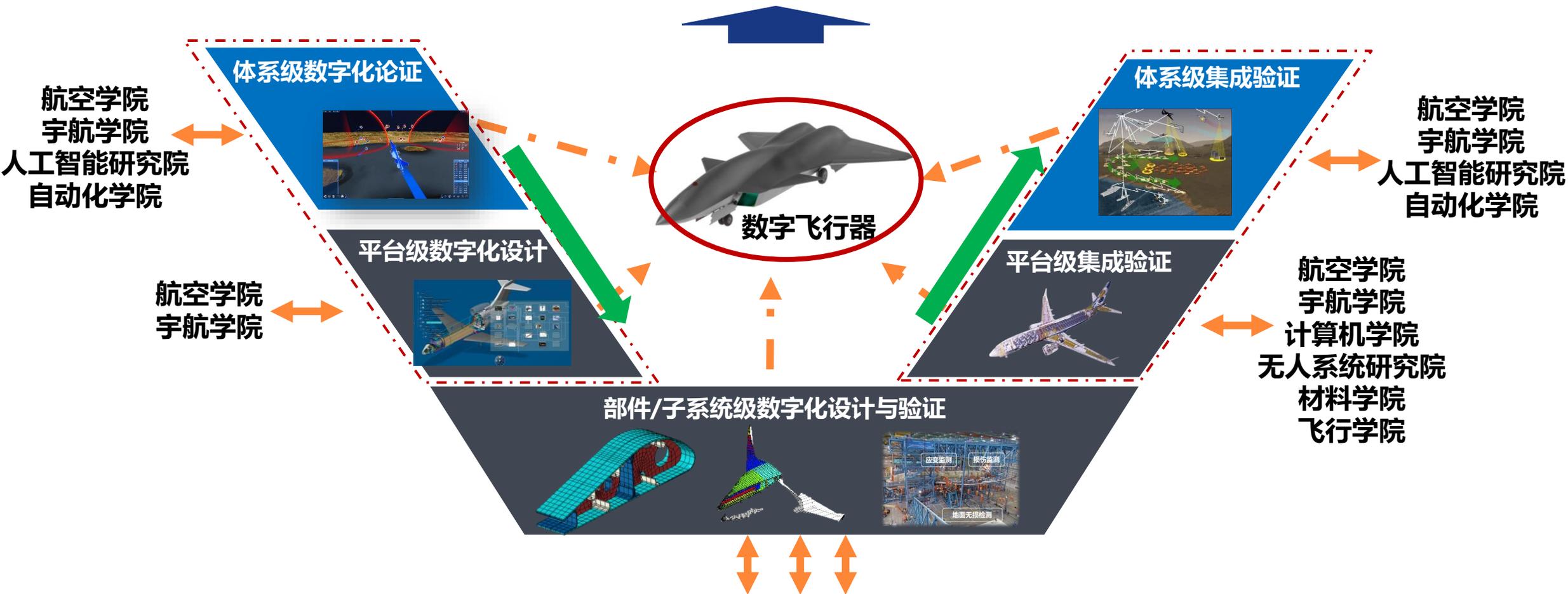
我国飞行器设计已经转变为全数字化协同设计模式



# 总体方案

## 培养高素质航空航天领军领导人才

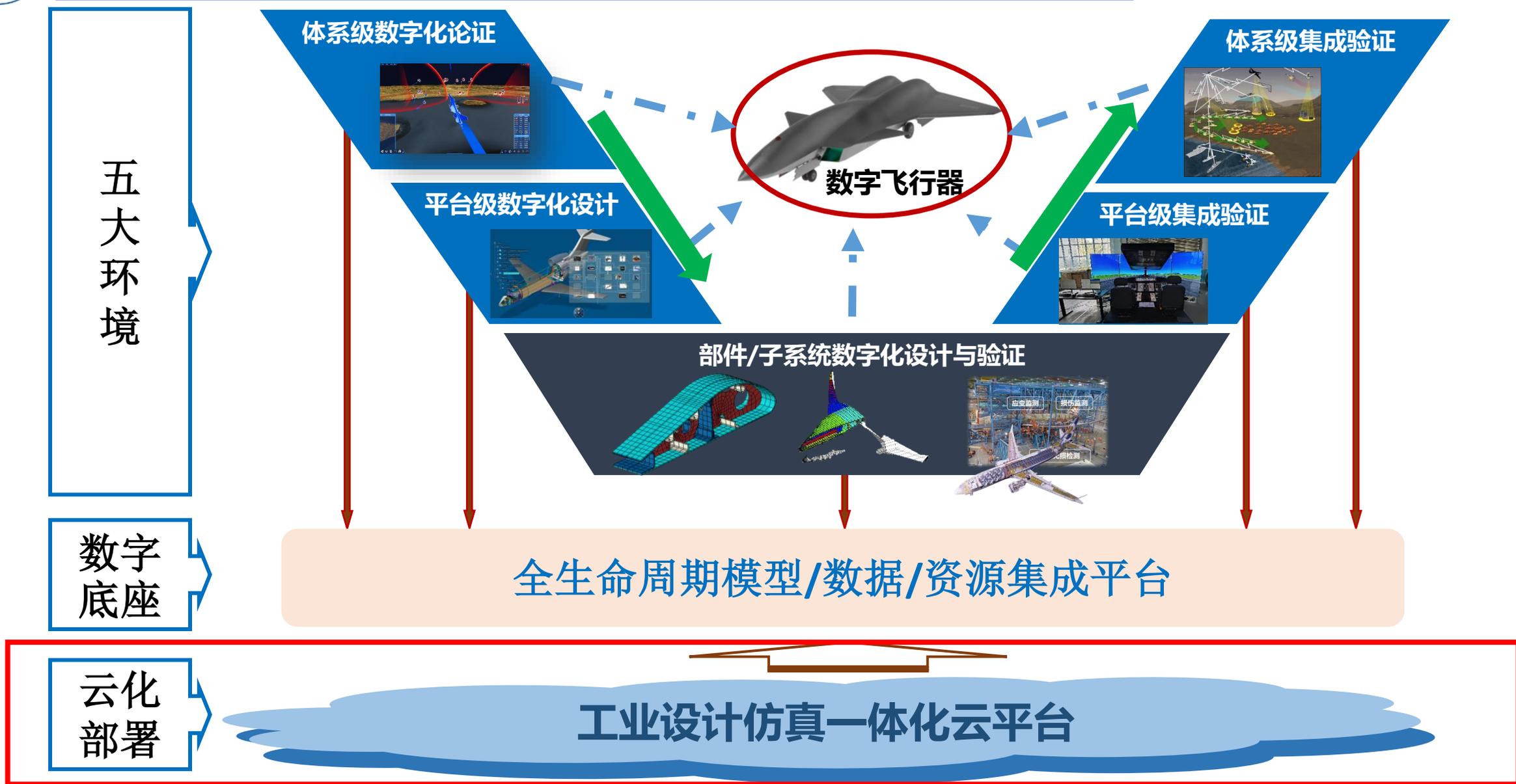
全校各学科/专业学院/研究院/未来空天技术学院...



材料学院/电子学院/自动化学院/动力学院/航空学院/宇航学院/计算机学院/机械学院/人工智能研究院/可靠性学院

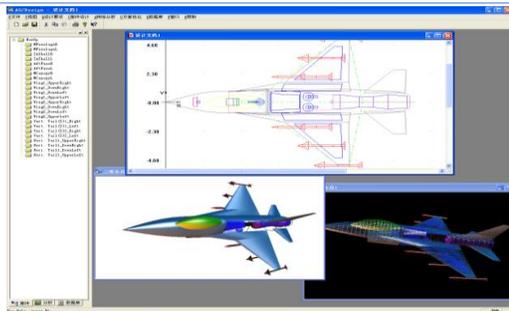


# 一套数字平台，两大核心能力，N个协同机制

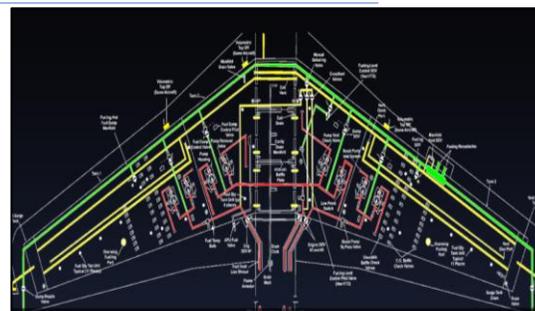




# 核心能力1：全数字化模拟与仿真



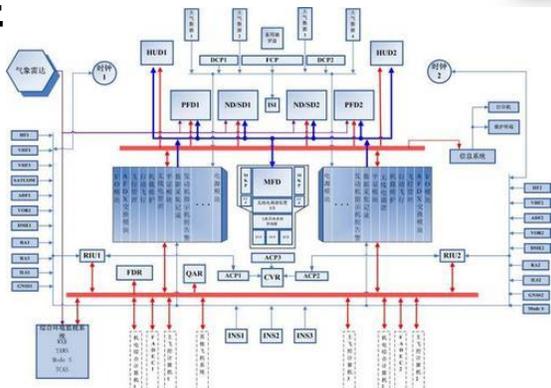
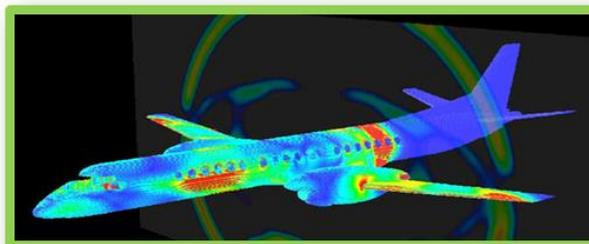
**总体设计**  
(航空学院、宇航学院)



**机电系统建模仿真**  
(航空学院、自动化学院)



**虚拟现实评估与验证**  
(计算机学院)



**航电系统建模仿真**  
(电子信息工程学院)

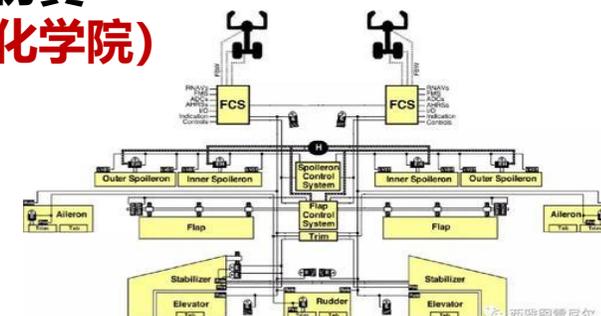


Fig. 1. Aircraft flight control surfaces and architecture [26]

**飞控系统建模仿真**  
(自动化学院)



# 核心能力2：半实物化验证与评估



航电系统半物理验证  
(电子信息工程学院)



数字化飞行模拟验证  
(航空学院、自动化学院)



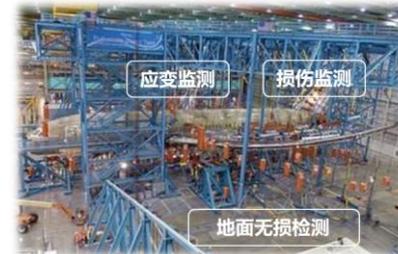
飞发一体半物理验证  
(能源与动力工程学院)



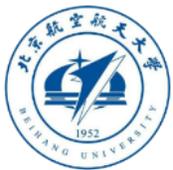
3D打印与布局评估  
(材料学院)



风洞试验与气动验证  
(航空学院)



结构系统半物理验证  
(航空学院、宇航学院)



# 以共研一架飞机为牵引的创新型人才培养探索与实践



■ **智能协同无人机（忠诚僚机）**  
(齐飞1号)



■ **超音速客机**  
(齐飞2号)



# 项目总体过程

## 筹划期

2022/11/5

发布“齐飞总师”招募令  
开始组建师生团队  
交流方案初始情况

## 平稳期

2023/2/28

首次线下例会  
进行学科交叉**专题研讨**

## 攻关期

定期例会各学院汇报进展  
持续开展专题研讨

## 收尾期

2023/5/25

各学院陆续开展论文答辩

2022/12/27 & 2023/1/4

第一次全体会议  
确定学科分工和论文题目  
部署开题前相关工作

梳理学科接口文档  
云平台、超算上线  
提供软硬件设计资源支持

~2023/5/13

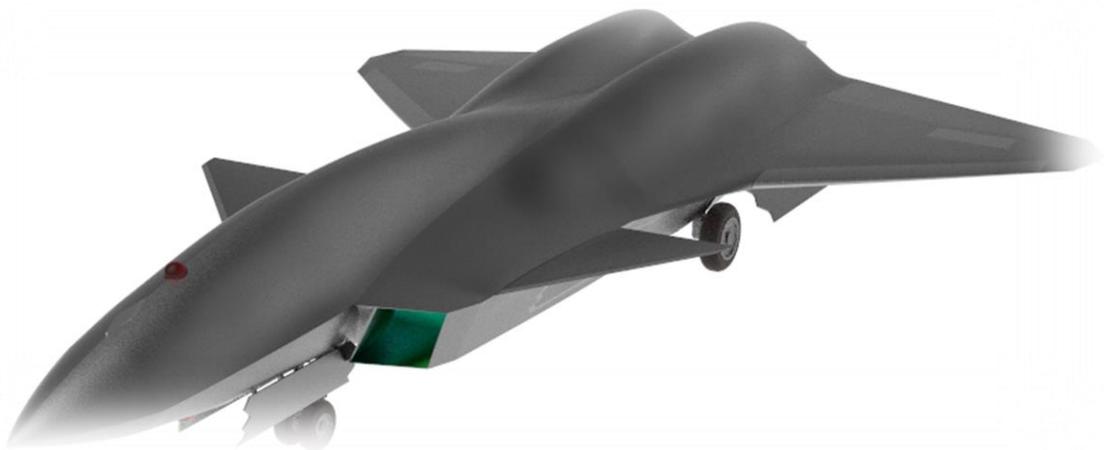
各自编写毕设论文  
准备毕设答辩

2023/6/15

整理设计成果  
团队毕设总结汇报



# 设计成果：“齐飞一号”



**有效载荷:** 400kg  
2枚中距弹

**巡航速度:** Ma 0.8

**着陆滑跑距离:** 700m

**最大飞行速度:** Ma 1.5

**作战半径:** 1500km

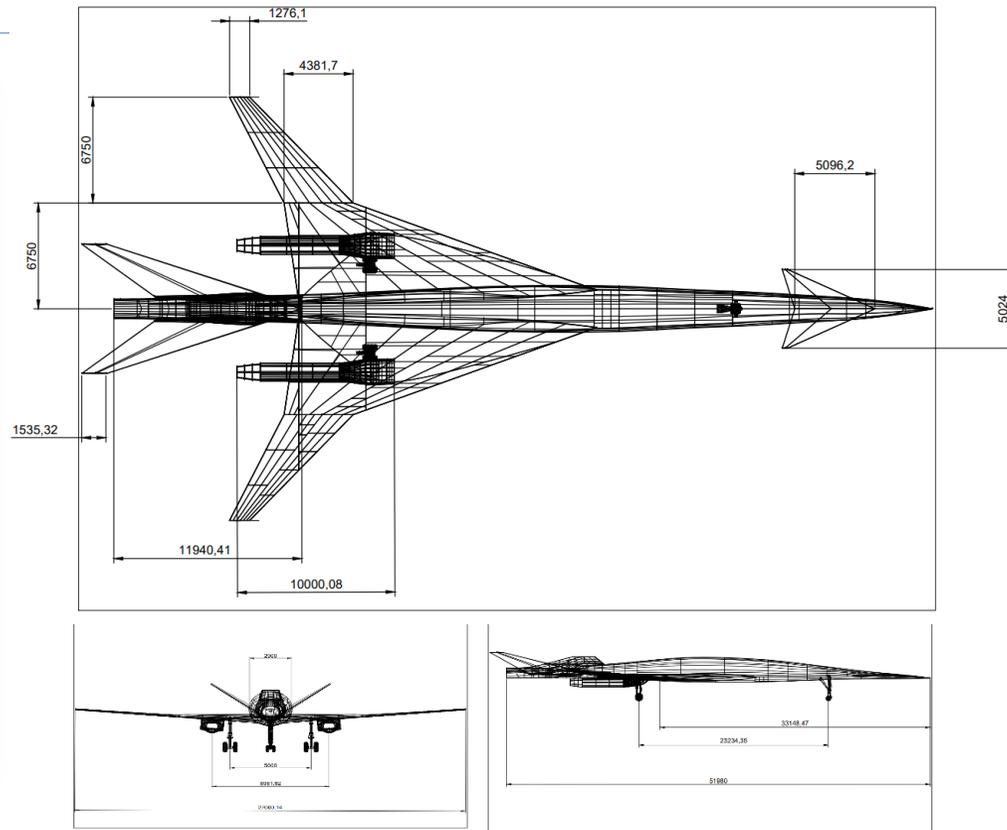
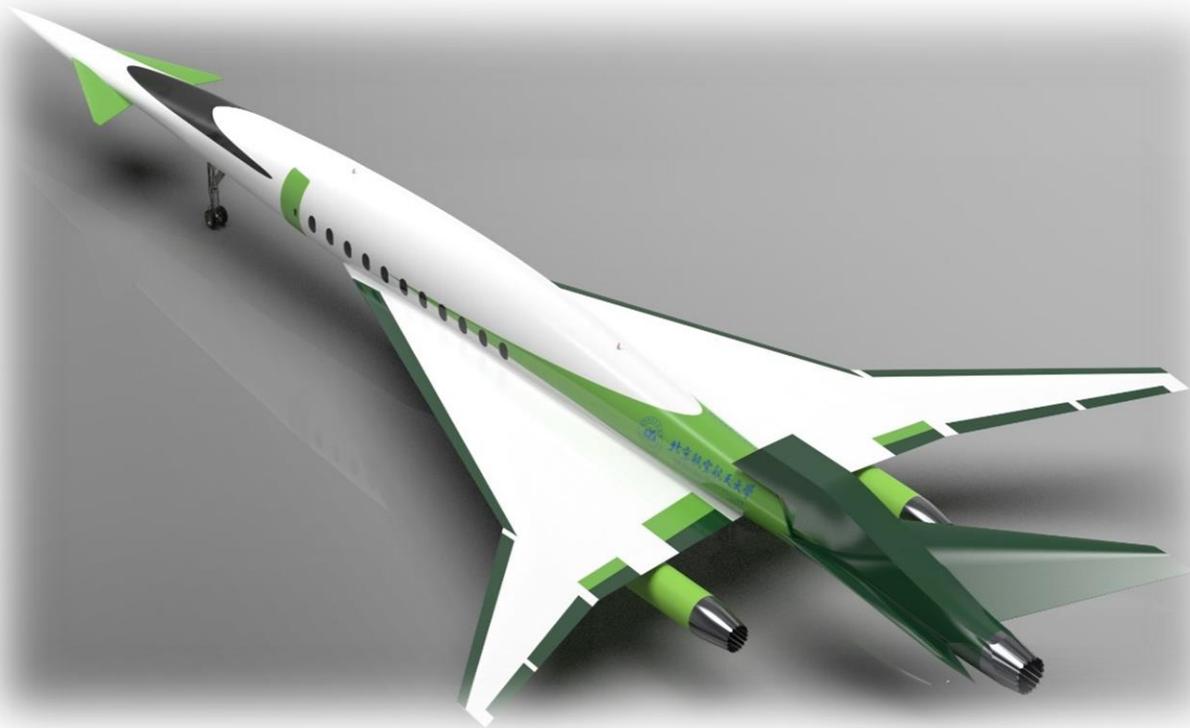
**失速速度:** 60m/s

**最大使用过载:** 9.0g

**起飞滑跑距离:** 400m



# 设计成果：“齐飞二号”



**座级：20~30**

**典型巡航速度：Ma 2.0**

**最大使用速度：Ma 2.04**

**最大起飞重量：80000kg**

**航程：8000km**

**跨声速巡航速度：Ma 0.9**

**最大使用高度：59000ft**



# 机制成果：软硬件设计资源支持

- 飞行器协同设计仿真一体化云平台，提供工业软件**44款**，提供高性能计算算力资源，支持同学设计仿真工作
- 统筹建设，云平台应用到**发动机设计**和**航空应急救援演练**科教协同创新平台
- 探索**国产化软件替代**，强度、系统建模等国产化软件支持

2023团队毕设-001  
Windows 10 Education, 64-bit  
运行

2023团队毕设-002  
Windows 10 Education, 64-bit  
运行

2023团队毕设-003  
Windows 10 Education, 64-bit  
运行  
内存: 16 G | 利用率: 18.43%  
CPU: 8 核 | 利用率: 41.71%  
IP: 10.212.74.157  
MAC: 0C:DA:41:1D:9D:3D

2023团队毕设-004  
Windows 10 Education, 64-bit  
运行  
内存: 16 G | 利用率: 7.17%  
CPU: 8 核 | 利用率: 0%  
IP: 10.212.75.56  
MAC: 0C:DA:41:1D:82:CB

### ■ 仿真软件平台—SABRE软件

历时数年研发全新的SABRE (Structural Analysis BReezing) 软件，具备通用分析、专用分析功能和数据库等功能，SABRE 新版本 在2022年7月2日第七届强度论坛发布。

SABRE	通用分析功能群	专用软件工具链	国产数据资源池
30+ 先进数值算法	前处理处理	飞机结构动力学分析软件SABRE/ALGDAS	材料库
60+ 专用特色功能	线性静力分析	疲劳分析软件 SABRE/AFAS	模型库
10万+ 优化设计变量	线性屈曲分析	数值处理	组件模型库
亿级 自由单元网格求解	振动分析	强度校核	试验实时监控...
百T级 强度验证数据	优化设计	内流元模型检查 复合材料强度优化	
	热分析		
	非线性分析		
	气动弹性分析		
	开放式接口		

全机应力云图

全机位移云图

关注区域

- 中央翼上壁板
- 中央翼1号展向梁
- 中央翼2号展向梁
- 翼身连接球头

**谢 谢!**