



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

---

# 基于大模型的航空航天装备制造

---

魏明强 宫丽娜

计算机科学与技术学院

---

智周万物·道济天下

---



- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

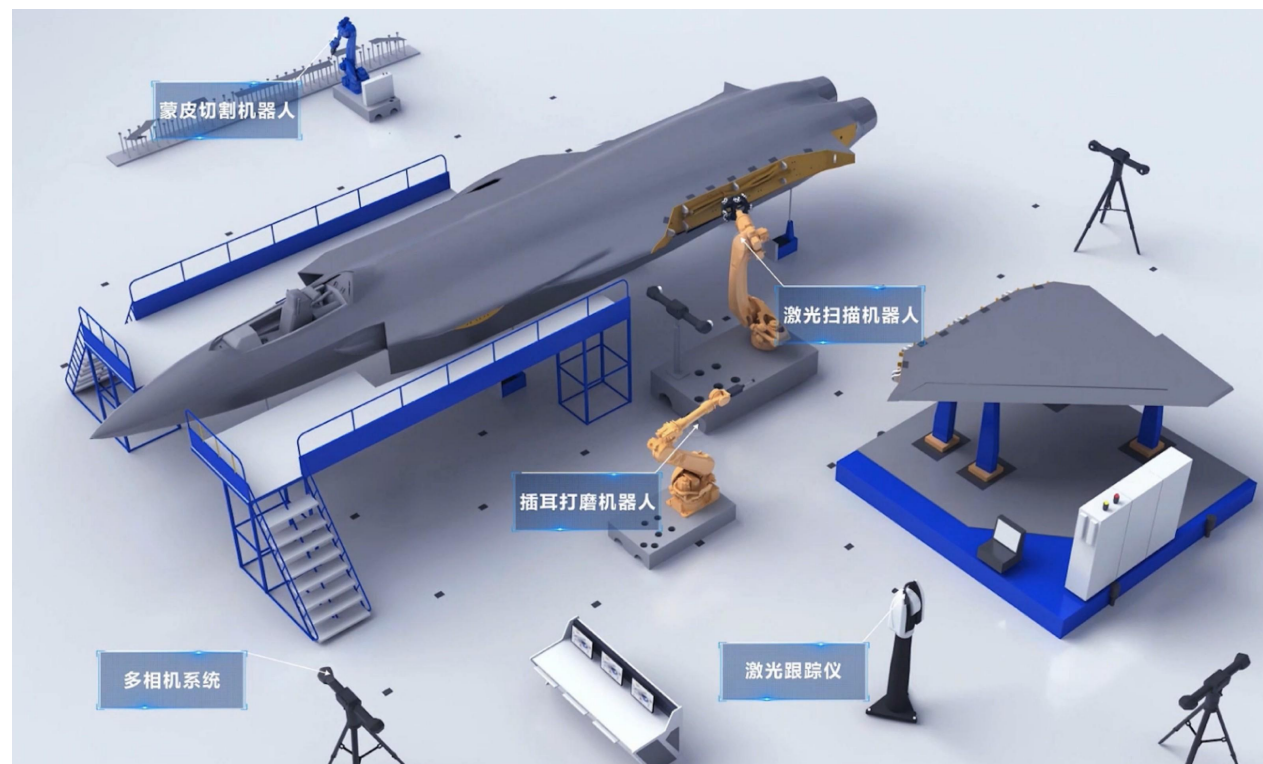
- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

# 大飞机制造概述



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

- 我国在大飞机制造方面实现了突破性进展，逐步建立起了相对完整的生产研制体系。当前C929已经进入了详细设计阶段，第六代战机（即人工智能控制的吸气式高超音速战斗机）已经进入原型机研究阶段。
- 飞机制造横跨多个关键阶段：**设计**、**材料选择**、**数字化制造**、**测试验证**、**验证**等多方面。



由于大飞机具有复杂性、可靠性、研制成本高的特征，大模型技术的融入将成为传统航空领域的典范。

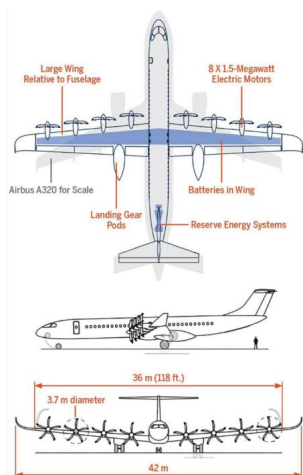
# 大飞机制造概述



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

## □ 设计阶段

- 工程师借助计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助工程（CAE）工具进行初步设计。
- 涉及结构、空气动力学、系统集成等方面复杂因素。
- 精密设计奠定了整个飞机制造过程的基础。



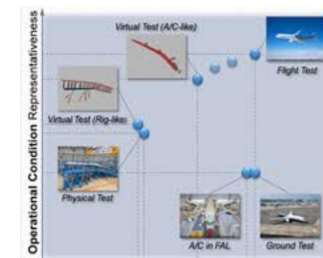
## □ 数字化制造阶段

- 包括**数字化加工**、**数字化装配**等。
- 在加工阶段。数控机床通过数字控制系统精确切削、成型金属零部件，3D打印技术以逐层堆叠的方式制造出具有复杂结构的零部件。
- 在装配阶段，C919引入机身壁板自动钻铆设备、虚拟五轴自动制孔设备、壁板类自动装配设备、机身/翼身自动对接设备等，实现部件装配/对接自动化测量、定位及数字化制造协调和检测等综合技术的应用集成。



## □ 测试验证阶段

- 包括**虚拟测试**和**实际测试**，确保飞机达到最高标准的安全性和性能。
- 虚拟测试可以通过大模型技术进行，模拟分级在各种飞行条件下的性能，降低实际测试的成本和时间。





- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考





□ **大模型赋能创成式设计:** 实现3D CAD的自主优化设计，提升Siemens Solid Edge、PTC Creo等主流CAD的设计效率。

□ 未来基于**云计算和大数据**技术，大模型将能够自动生成或优化大飞机设计方案，提高注入EDA、CAD、CAE等软件设计效率和精度。

□ Cadence公司推出了Allegro X AI technology 新一代系统芯片设计技术，利用**生成式 AI** 简化系统设计流程，将PCB 设计周转时间缩短至原来的十分之一。

大模型助力飞机设计，为工程师提供先进的工具来优化飞机的结构和空气动力学性能。

# 设计和优化中的应用



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

## 结构设计

- 通过模拟和深度分析飞机各个部件的结构，大模型使工程师能够进行精准的优化设计，旨在提高零部件的强度、降低重量，并确保整体飞机的安全性。
- 典型应用案例：**有限元分析**。通过大模型进行细致的有限元分析，工程师可以针对机翼等部件进行结构优化，从而提高整个飞机的结构强度。这种精密的结构优化不仅有助于减轻飞机的总重量，还增强了其整体性能和耐久性。

## 空气动力学优化

- 大模型技术在空气动力学优化将发挥关键作用。通过模拟飞机在不同飞行条件下的气动性能，大模型帮助工程师**优化飞机的外形**，以提高燃油效率和飞行性能。
- 典型应用案例：中国商飞上海飞机设计研究院开发了“东方·翼风”大模型，利用华为 MindSpore Flow 流体仿真套件，结合流体领域专家经验和数据，实现三维超临界机翼流体仿真。在三维机翼几何变化的情况下，全流场误差达到了万分之一，三维翼型仿真模拟时间降低为原来的千分之一，加速了飞机设计的效率。

## 大飞机整机外形检测

- 大模型技术将大飞机制造的领域知识融入到现有的深度学习网络中，更加全面高效地对大飞机外形特征进行概括分析。
- 大模型可以有效地**构建大飞机外形多模态数据集**，有足够多的样本数据支持大模型训练
- 机器学习领域最新的迁移学习、图卷积网络、注意力机制、Transformer、扩散模型等技术将能够更深入地应用到大飞机整机外形检测领域。





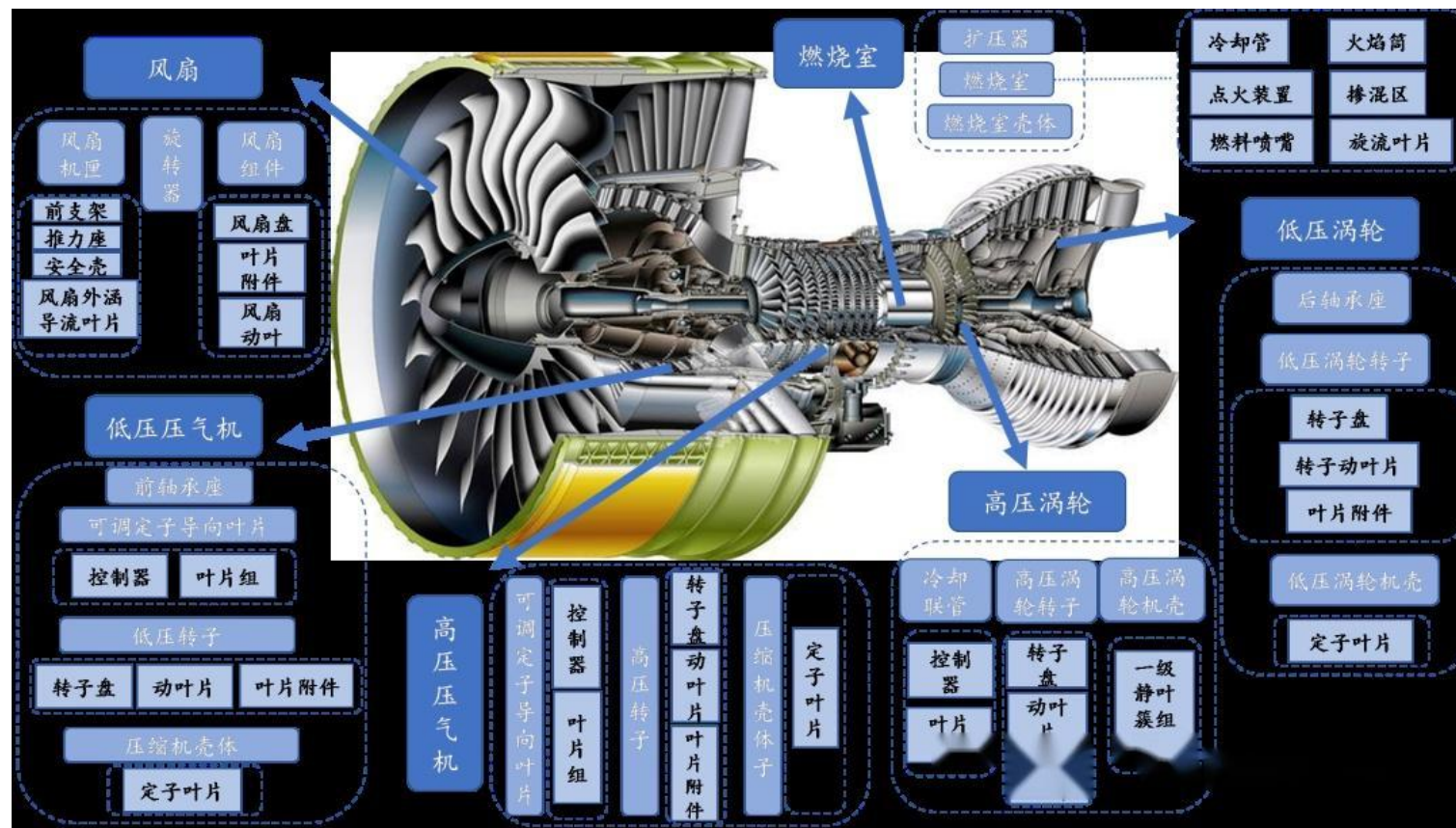
- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

# 航空发动机概述



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

□ **航空发动机产业**: 是涡扇/涡喷发动机、涡轴/涡桨发动机和传动系统以及航空活塞发动机的集**研发**、**生产**、**维修保障服务**的一体化产业集群。



航空发动机运作过程:将燃料和空气混合，经过高温高压燃烧形成强大气流，最终通过喷射口释放出的喷气推力，推动飞机飞行。



- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

# 航空发动机中的应用



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

## 燃烧室设计和优化

- 大模型技术可用于模拟和优化燃烧室的设计。通过考虑燃烧室中的流动、燃烧过程和温度分布等因素，大模型帮助工程师优化燃烧室的几何形状和燃烧过程，以提高燃烧效率、降低排放，并确保燃烧室的稳定性。
- 典型应用案例：使用大模型进行燃烧室的**数值模拟**，优化喷嘴形状和燃气流动，以实现更完善的燃烧和燃烧效率。

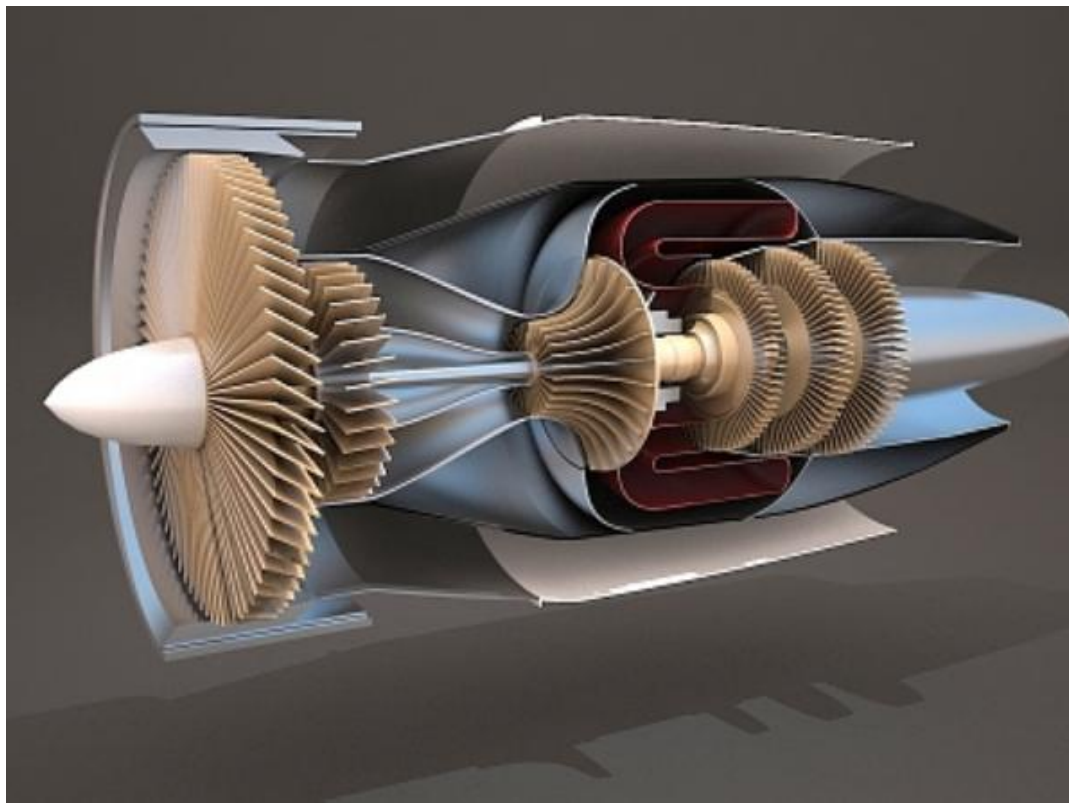
## 整机系统仿真

- 大模型技术可以用于**模拟发动机在不同飞行条件下的工作**。考虑到燃油供应、冷却和排气系统的各种因素，能够在虚拟环境中对整个系统的性能进行详尽评估。
- 典型应用案例：在高温环境中，冷却系统的效率对发动机性能有着直接而关键的影响。通过仿真，设计者可以调整冷却系统的参数，预测并改善发动机在各种气候条件下的表现。

## 材料研究和优化

- 大模型技术通过**模拟材料的热膨胀、热传导等性质**，大模型帮助选择和优化耐高温、轻量化的材料。使用大模型对不同材料的热膨胀系数、强度等进行模拟分析，以选择最适合发动机工作环境的材料。

## 涡轮机械设计



- 流体动力学优化
  - 大模型技术允许工程师对**涡轮机械内部的复杂气流进行精确模拟**。通过模型的帮助，设计者可以更好地理解气体在叶片和静子之间的流动情况。
- 温度分布模拟
  - 大模型技术使得工程师能够**模拟涡轮机械在不同工况下的温度变化**，包括考虑在高负荷、低负荷、启动和停机等各种工作状态下的温度分布，从而为涡轮机械的设计提供全面的温度数据。
- 叶片结构分析与优化
  - 大模型技术使得工程师能够**模拟涡轮机械在不同工况下的温度变化**，有助于优化冷却系统设计和材料选择。
- 实现设计迭代
  - 大模型技术使得工程师能够**实时观察不同设计参数对涡轮机械性能的影响**。通过模拟和分析，设计者可以快速了解每一次设计调整的效果。



- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考



# 航空机载设备与系统概述



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

- 航空机载设备与系统构成了飞机的智能神经系统，嵌入其中的一系列设备和系统旨在执行多种关键功能和任务。
- 包括多个系统：**导航系统、通信系统、雷达系统、飞行控制系统、电子战系统**等多个关键系统设备。



航空机制设备与系统航空机载设备与系统及配套是提高国产飞机性能、实现航空工业自主创新的重要保障。



- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

# 航空机载设备与系统中的应用



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS



## 飞机性能优化

- ☐ 气动性能优化
- ☐ 发动机性能优化
- ☐ 飞行控制系统优化
- ☐ ... ..



## 故障诊断和健康管理

- ☐ 实时监测与传感器融合
- ☐ 故障诊断和根本原因分析
- ☐ 健康指标建模
- ☐ 预测性维护
- ☐ ... ..



## 实时决策支持

- ☐ 飞行状态监测
- ☐ 紧急情况响应
- ☐ 飞行路线优化
- ☐ 交互式虚拟驾驶舱
- ☐ ...

# 目录



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

# 无人机智能集群概述



南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

- **无人机**：是一种通过无线电遥控设备或自主控制装置操纵飞行状态的飞行器。相较于有人机，无人机在作战中具备灵活性强、作战效费比高等优势。
- **无人机集群**：是由一定数量的同类或异类无人机组成，通过信息交互、反馈、激励与响应的方式，实现**相互间行为协同，适应动态环境，并共同完成特定任务**的自主式空中智能系统。



为了解决单一无人机应用的局限性，未来无人机的发展趋势将是以集群的方式进行应用。

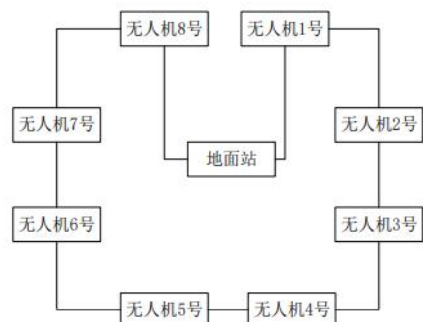


# 无人机集群的关键技术

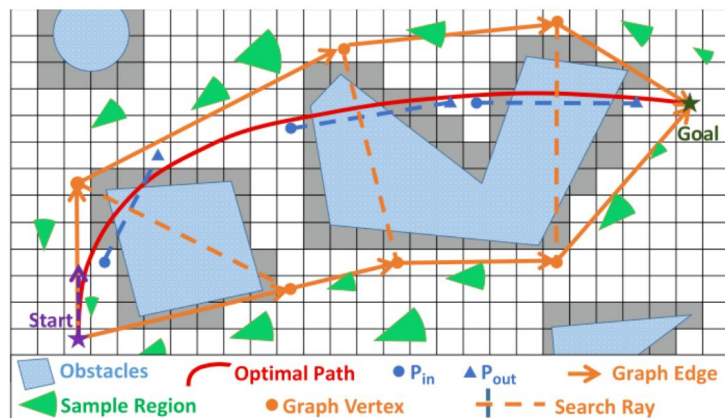
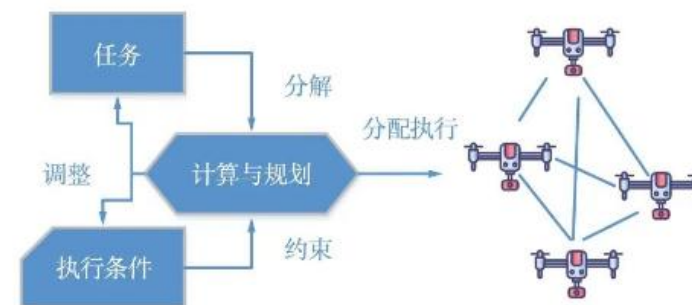


南京航空航天大学  
NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

## 集群编队控制



## 任务协同



## 路径规划



## 多模态数据融合





- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

## 智能任务决策

- 多模态大模型可以通过分析多模态数据，如图像、声音、雷达等，**对无人机所处的环境进行高效感知**，使其能够识别地形、障碍物、天气条件等关键因素。
- 基于对环境的感知，通过学习大量的飞行数据和任务需求，模型能够**识别最优的飞行路径**，考虑到风险、能源效率和任务优先级等因素，从而实现更加智能化的路径规划。
- 通过对实时数据的快速处理和分析，模型可以帮助无人机**做出智能的决策**，保证任务的顺利完成。

## 协同决策

- 无人机群体的协同决策是指在一个由多个无人机组成的系统中，各个无人机通过**相互沟通、信息共享和协调行动**，以达成一致或协调一致的意见，并**共同制定和执行决策**的过程。
- 大型模型在集群编队控制中发挥关键作用，通过**实时协同**决策，使得无人机集群更加智能、协同的执行任务，并在复杂任务中取得更出色的表现。
- 大模型通过协同无人机之间的行动，确保它们以高度协同一致的方式执行任务。这包括实时调整飞行路径、**协调动作、分配资源**等，以最大程度地提高集群的整体效率。

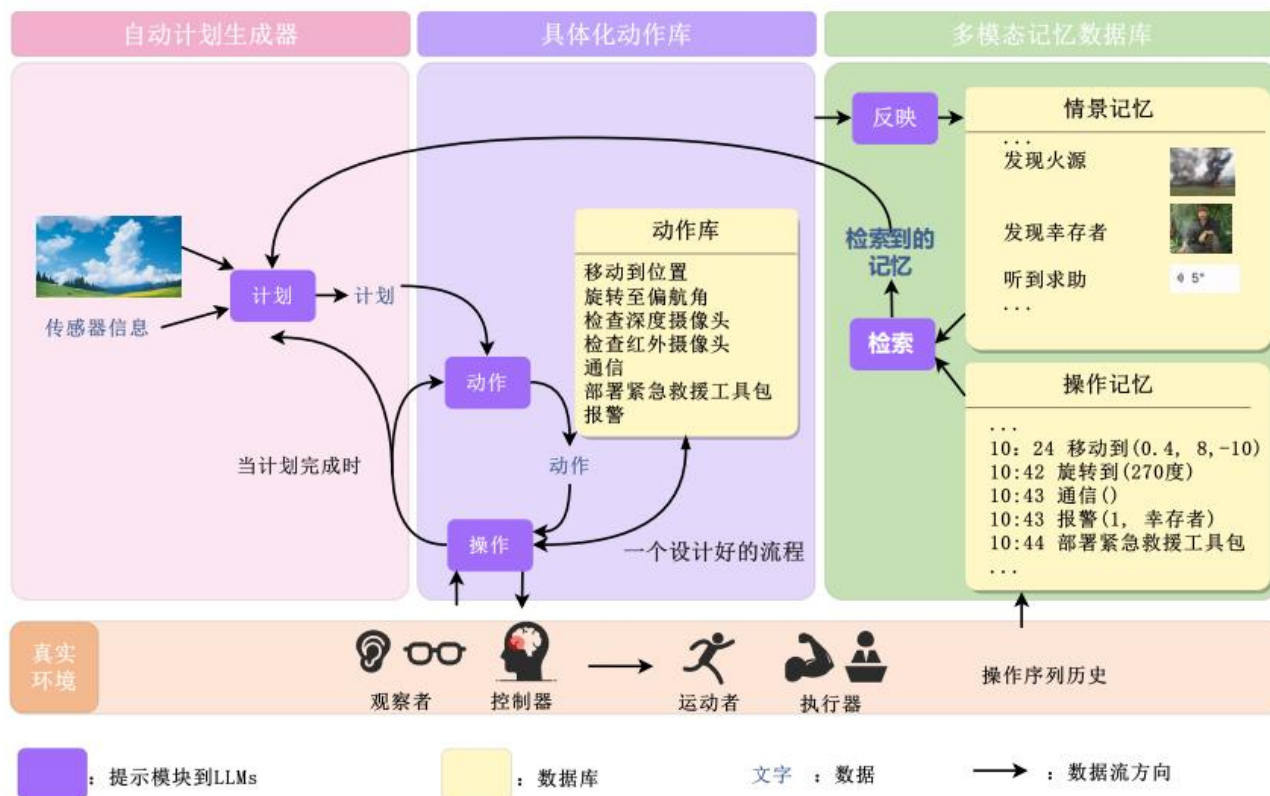
- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

## 智能体即大脑，控制器即小脑架构



北京航空航天大学智能无人机周尧明教授团队利用大模型对多模态数据（如照片、声音、传感器数据）的理解能力，提出了一种基于多模态大模型的具身智能体架构，即智能体即大脑，控制器即小脑的控制架构。

## AeroAgent 智能体



### 自动计划生成模块

- AeroAgent 智能体集成了多模态数据流和跨顺序帧的时间比较，利用多模态大模型有效地监控和处理多模态态势能力，为其决策过程提供信息，从而能够自主地产生面向任务的计划制定。

### 多模态数据记忆模块

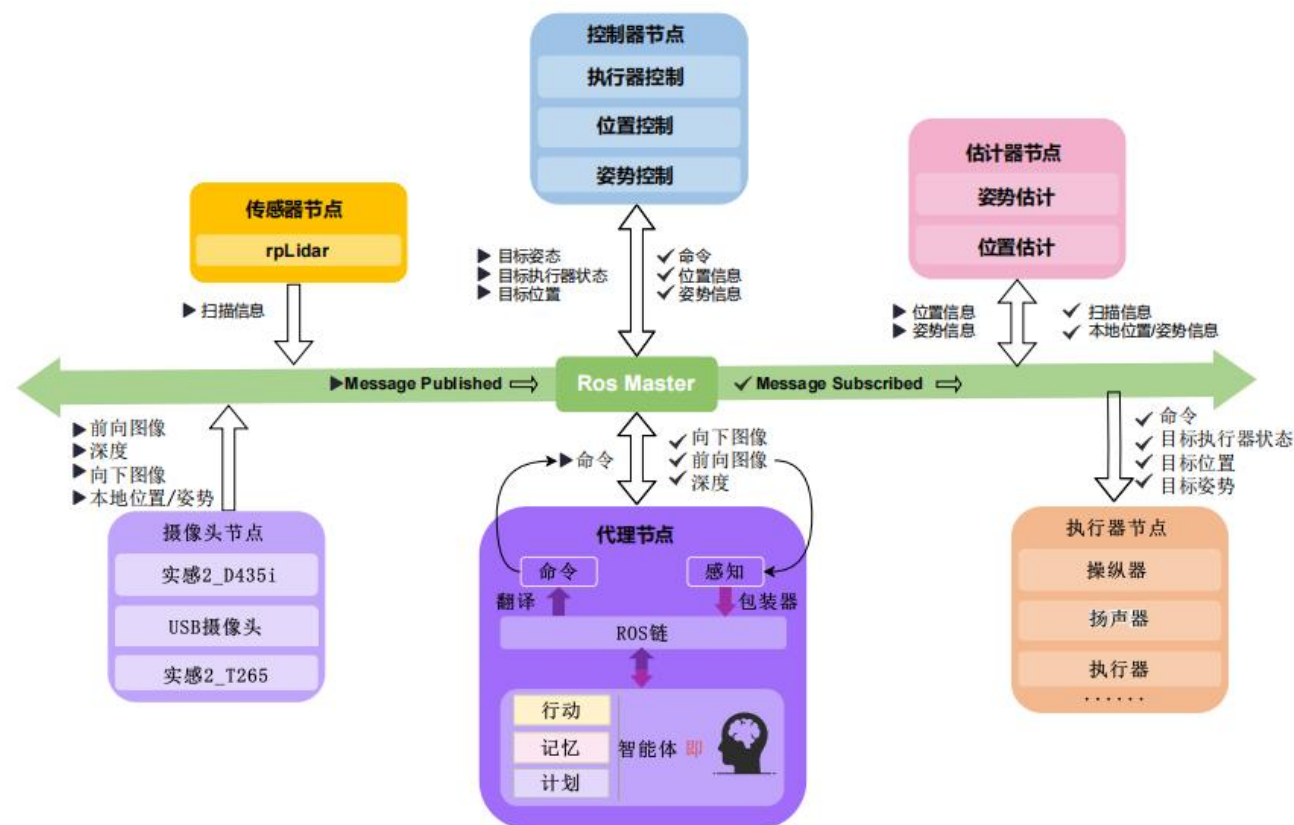
- AeroAgent 智能体集成了一个多模态记忆数据库，用于多模态记忆检索和反思，以更有效地利用多模态大模型的少样本学习潜力。

### 具身智能动作模块

- 为装备有具身智能的无人机设计的专门的动作库。该动作库是为了匹配有效负载的特定组合，描述了一套可行的动作。

作为大脑的 AeroAgent 智能体是基于多模态大模型的自主实体台历，能够感知、推理并采取行动来完成多个未计划的任务，由自动计划生成模块、多模态数据记忆模块和具身智能动作模块三部分组成。

## ROSchain 连接框架



- ROSchain 包括**系统初始化**、**参数模块**和**功能模块**核心组件。它为 AeroAgent 提供了在无人机系统上注册节点、订阅主题、发布主题和请求服务的能力。这种集成过程简化了将AeroAgent 合并到现有的无人机系统或新系统的开发中，并遵循无人机系统的标准化约定。

ROSchain 连接架构。ROSchain 通过一组专用的模块和 api，促进了多模态大模型和无人机的感官、执行和控制机制之间的通信。





- 大模型在大飞机制造中的应用
  - 大飞机制造概述
  - 设计和优化中的作用
- 大模型在航空发动机中的应用
  - 航空发动机概述
  - 航空发动机中的应用
- 大模型在航空机载设备与系统中的应用
  - 航空机载设备与系统概述
  - 航空机载设备与系统中的应用
- 大模型在无人机智能集群中的应用
  - 无人机智能集群概述
  - 无人机智能集群中的应用
  - 典型应用案例
- 思考

## □ 未来，航空航天制造技术将面临以下几个发展趋势：

- **设计优化与创新**：大模型技术可以应用于航空航天装备的设计过程中，通过对海量数据的学习和分析，提供对复杂系统的**设计优化建议**。这有助于创造更轻量、更强度、更节能的结构设计，提高整体性能。
- **生产流程优化**：大模型可以分析生产流程中的各个环节，**优化生产调度、质量控制和资源利用**。通过模拟和预测，可以减少生产中的浪费，提高生产效率，缩短交付周期。
- **质量控制与缺陷检测**：大模型在视觉识别方面的应用，可以用于**检测制造过程中的缺陷**，确保产品质量。通过对历史数据和实时数据的学习，大模型能够**识别出生产线上的异常**，并及时采取措施。
- **智能机器人应用**：大模型技术与机器人技术的结合，可以实现**智能化的装备制造**。机器人可以通过大模型进行学习，实现更加灵活、高效的装配和生产任务，提高自动化水平。
- **定制化需求的增加**：随着消费者需求的多样化，航空航天制造将更加关注满足个性化需求。通过大模型技术，行业将实现**航空产品的定制化生产**和提供**个性化服务**，以提高消费者的满意度和促进购买力。

**谢谢!**  
**Thanks!**

---

智周万物·道济天下

---