

## 航空发动机研究所简介

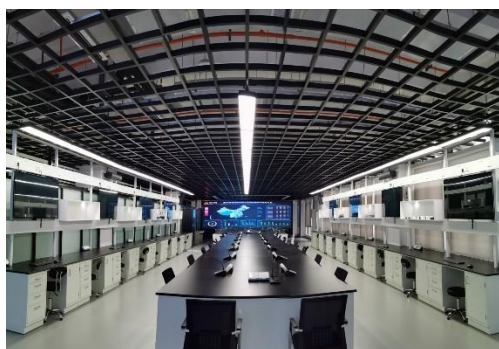
研究所现有教职工 40 余人，中国科学院院士 2 人、中国工程院院士 1 人、杰青、卓青、万人领军 6 人次，国家四青人才 5 人。教授（博导）11 人，研究员 1 人，副研究员 2 人，副教授 6 人，助理教授 7 人，高级工程师 2 人，工程师 2 人，每年可招收硕士研究生 100 余人，博士生 50 余人，目前在读博士生和硕士生 300 余人。

### 研究方向如下：

- ▷ 新概念发动机与容错控制：包括新概念发动机原理与设计、发动机智能控制、发动机健康管理和空天组合动力等。
- ▷ 抗疲劳制造与制造系统：包括激光冲击强化、激光制造与加工、智能决策与预测运营、健康监测与智能运维、振动噪声综合评估治理等。
- ▷ 健康管理动力学：包括航空发动机数字孪生与健康管理、复合材料冲击损伤分析、航空发动机叶端定时检测等。
- ▷ 健康管理系统：包括航空发动机故障诊断与健康管理、航空发动机检测机器人、高端装备（直升机、高铁等）振动主动控制与健康管理等。



装备运行安全与智能监控国家地方联合工程研究中心实验室



制造大数据与智能制造研究中心

航空发动机研究所: <http://iafe.xjtu.edu.cn/jgyjs/hkfdjy.js.htm>

### 团队人员

| 姓名                  | 团队名称           | 邮箱                          | 职称    | 备注    |
|---------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|
| <a href="#">曹宏瑞</a> | 航空发动机健康管理动力学团队 | chr@mail.xjtu.edu.cn        | 教授    | 团队带头人 |
| 王华明                 | 航空发动机健康管理动力学团队 | qiaol224@xjtu.edu.cn        | 教授    |       |
| <a href="#">李兵</a>  | 航空发动机健康管理动力学团队 | bli@mail.xjtu.edu.cn        | 教授    |       |
| <a href="#">杨志勃</a> | 航空发动机健康管理动力学团队 | phdapple@mail.xjtu.edu.cn   | 教授    |       |
| <a href="#">乔百杰</a> | 航空发动机健康管理动力学团队 | qiaol224@xjtu.edu.cn        | 副教授   |       |
| 史江海                 | 航空发动机健康管理动力学团队 | shijiang@xjtu.edu.cn        | 助理教授  |       |
| <a href="#">温广瑞</a> | 抗疲劳制造与制造系统团队   | grwen@mail.xjtu.edu.cn      | 教授    | 团队带头人 |
| <a href="#">何卫锋</a> | 抗疲劳制造与制造系统团队   | hehe_coco@163.com           | 教授    |       |
| <a href="#">成玮</a>  | 抗疲劳制造与制造系统团队   | chengw@xjtu.edu.cn          | 教授    |       |
| <a href="#">臧顺来</a> | 抗疲劳制造与制造系统团队   | shawn@mail.xjtu.edu.cn      | 副教授   |       |
| <a href="#">张志芬</a> | 抗疲劳制造与制造系统团队   | zzf919@xjtu.edu.cn          | 副教授   |       |
| 何光宇                 | 抗疲劳制造与制造系统团队   | hegy_22@126.com             | 副教授   |       |
| <a href="#">聂祥樊</a> | 抗疲劳制造与制造系统团队   | niexiangfan@xjtu.edu.cn     | 副教授   |       |
| 周留成                 | 抗疲劳制造与制造系统团队   | happyzlch@163.com           | 副教授   |       |
| <a href="#">杜洋</a>  | 抗疲劳制造与制造系统团队   | yangdu@mail.xjtu.edu.cn     | 助理教授  |       |
| <a href="#">陈雪峰</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | chenxf@xjtu.edu.cn          | 教授    | 团队带头人 |
| <a href="#">王诗彬</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | wangshibin2008@xjtu.edu.cn  | 教授    |       |
| <a href="#">张兴武</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | xwzhang@xjtu.edu.cn         | 教授    |       |
| <a href="#">孙闯</a>  | 空天装备大数据健康管理团队  | ch.sun@xjtu.edu.cn          | 副教授   |       |
| 刘一龙                 | 空天装备大数据健康管理团队  | yilong@xjtu.edu.cn          | 副研究员  |       |
| <a href="#">田绍华</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | tianshaohua2015@xjtu.edu.cn | 高级工程师 |       |
| <a href="#">杨来浩</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | yanglaihao@xjtu.edu.cn      | 助理教授  |       |
| <a href="#">赵志斌</a> | 空天装备大数据健康管理团队  | zhaozhibin@xjtu.edu.cn      | 助理教授  |       |
| 丁宝庆                 | 空天装备大数据健康管理团队  | dingbq@xjtu.edu.cn          | 助理教授  |       |
| <a href="#">宋志平</a> | 新概念发动机与容错控制团队  | zhaozhougou@xjtu.edu.cn     | 研究员   | 团队带头人 |
| 李应红                 | 新概念发动机与容错控制团队  | niexiangfan@xjtu.edu.cn     | 教授    |       |
| <a href="#">吴云</a>  | 新概念发动机与容错控制团队  | wuyun1223@126.com           | 教授    |       |
| 李明                  | 新概念发动机与容错控制团队  | limingmec@xjtu.edu.cn       | 高级工程师 |       |
| <a href="#">耿佳</a>  | 新概念发动机与容错控制团队  | xygengjia@xjtu.edu.cn       | 副研究员  |       |

### 招生方向

| 学位类型          | 招生方向                    | 导师                                                                            |
|---------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 学术型硕博<br>招生方向 | (全日制)深度学习与智能制造          | 陈雪峰、曹宏瑞、王诗彬、成玮、张志芬、孙闯、赵志斌                                                     |
|               | (全日制)新一代人工智能与传感         | 王诗彬                                                                           |
|               | (全日制)航空发动机机器人检测技术       | 杨志勃、孙闯、刘金鑫                                                                    |
|               | (全日制)新型航空发动机原理与技术       | 李应红、宋志平、吴云、何卫锋、何光宇、周留成                                                        |
|               | (全日制)航空发动机先进控制与容错控制     | 李应红、宋志平、吴云、张志芬                                                                |
|               | (全日制)航空发动机数字孪生与健康管      | 曹宏瑞、宋志平、杨志勃、李兵、乔百杰、孙闯                                                         |
|               | (全日制)重大装备振动主动控制         | 陈雪峰、张兴武、刘金鑫、赵志斌                                                               |
|               | (全日制)航空发动机与航天器先进传感及健康管理 | 陈雪峰、曹宏瑞、温广瑞、杨志勃、张兴武、王诗彬、乔百杰、孙闯、赵志斌                                            |
|               | (全日制)机电装备故障智能预示与运行安全保障  | 李兵、温广瑞、曹宏瑞、成玮、王诗彬                                                             |
|               | (全日制)机械系统动态建模、运行监控与寿命预测 | 李兵、乔百杰、周留成                                                                    |
|               | (全日制)高端装备动力学与控制         | 乔百杰                                                                           |
|               | (全日制)智能检测、诊断与控制技术       | 李兵                                                                            |
|               | (全日制)新一代核电深度感知与智能运维     | 张志芬、成玮                                                                        |
| 专业型硕博<br>招生方向 | (全日制)高端/智能制造装备与系统       | 曹宏瑞、陈雪峰、何卫锋、李兵、乔百杰、温广瑞、杨志勃、臧顺来、张兴武、成玮、孙闯、张志芬、聂祥樊、何光宇、吴云、耿佳、杨来浩、刘一龙、周留成、赵志斌、杜洋 |
|               | (全日制)重大装备运行性能与智能维护      | 王华明、曹宏瑞、陈雪峰、宋志平、成玮、李兵、乔百杰、温广瑞、杨志勃、张兴武、吴云、王诗彬、孙闯、何光宇、刘一龙、                      |

|  |                 |                   |
|--|-----------------|-------------------|
|  |                 | 耿佳、杨来浩、周留成、赵志斌、杜洋 |
|  | (全日制) 先进成形与车辆工程 | 何卫锋、臧顺来           |
|  | (全日制) 仪器仪表工程    | 杨来浩               |

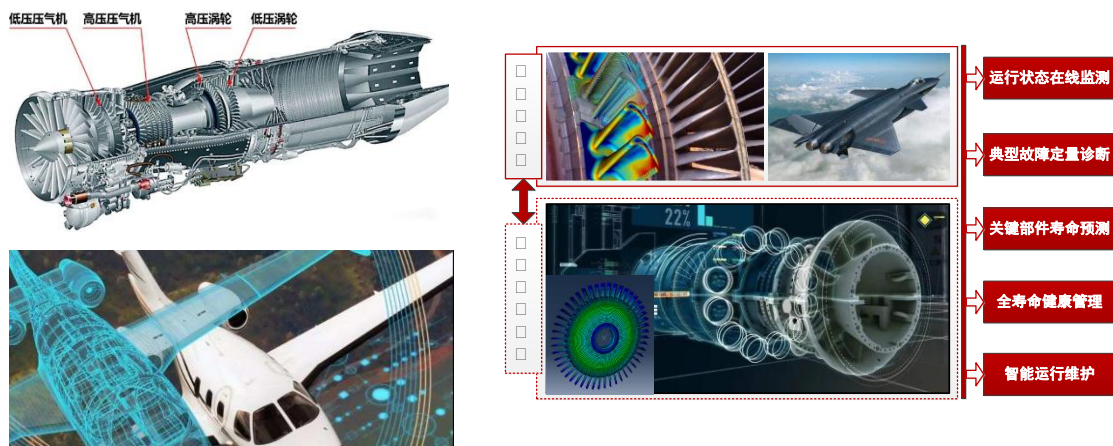
## 航空发动机数字孪生与智能运维

### 研究背景：

数字孪生(Digital Twin)是一种集成多物理、多尺度、多学科属性，具有实时同步、忠实映射、高保真度特性，能够实现物理实体与虚拟模型交互与融合的技术手段，是目前全球十大战略科技发展趋势之一，被美国空军实验室、NASA、GE、洛克希德·马丁公司等机构列为航空航天、国防等领域突破性技术，在航空发动机健康管理与运行维护领域表现出巨大的潜力和诱人的应用前景。

### 研究方向：

本团队面向国家重大需求，聚焦于航空发动机涡轮盘、叶片、主轴承以及直升机、坦克装甲车传动系统等，研究数字孪生驱动的健康管理与智能运维新模式。研究方向包括航空发动机全生命周期数字孪生建模、高速旋转叶片健康监测、发动机核心部件故障预测与剩余寿命预测、直升机尾传动系统内源激励识别、坦克装甲车综合传动系统建模等，将改变传统的“定期检修、人工检测”维护手段，实现航空发动机核心零部件全生命周期“预知维修”，提升我国航空发动机运行安全保障能力，培养从事该领域前沿科学研究的高端人才。



### 支撑项目：

| 编号 | 项目名称 | 项目支撑 | 时间 |
|----|------|------|----|
|----|------|------|----|



|   |                            |                 |                 |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 机械系统动态监测、诊断与维护             | 国家自然科学基金优秀青年基金  | 2020.01-2022.12 |
| 2 | 数字孪生驱动的航空发动机转子叶片健康监测       | 国家自然科学基金面上项目    | 2021.01-2024.12 |
| 3 | 高转速叶片激励识别与在线诊断技术           | 军委装备发展部装备预研领域基金 | 2018.12-2021.12 |
| 4 | 基于非接触式测量的航空发动机转子叶片动力重构技术研究 | 中国航发商发          | 2020.11-2021.06 |

### 团队联系人:

| 团队成员                                                                                | 个人简介                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 联系方式                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>曹宏瑞, 领军教授, 国家优秀青年科学基金获得者、陕西省青年科技新星、德国洪堡学者。主要研究方向: 航空发动机数字孪生与健康管理、大数据下新一代人工智能故障诊断与预测方法、智能主轴关键技术等。担任中国振动工程学会转子动力学专业委员会常务理事、故障诊断专业委员会理事、陕西省振动工程学会常务理事,《振动工程学报》、《机械科学与技术》青年编委,国际期刊 International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems 和 Machines 编委。主持国家重点研发计划项目 1 项,国家自然科学基金、总装预研等项目 10 余项,共发表期刊和会议论文 80 余篇,其中 SCI 收录 50 余篇,SCI 他引 2300 余次,4 篇入选 ESI 高被引论文。获陕西省高等学校科学技术一等奖、Int J Mach Tool Manu 期刊最佳论文奖等奖励多项。</p> | <p><a href="mailto:chr@mail.xjtu.edu.cn">chr@mail.xjtu.edu.cn</a></p> <p><a href="#">Welcome - 曹宏瑞 - 教师个人主页</a><br/>(<a href="http://xjtu.edu.cn">xjtu.edu.cn</a>)</p>                                         |
|  | <p>李兵, 教授, 教育部新世纪优秀人才支持计划, 获第二届中国振动工程学会青年科技奖, 曾任美国 ANSYS 公司高级工程师。主要研究领域为机械动态设计与故障诊断。主持 3 项国家自然科学基金项目。主持中船集团、航天四院、中国石油、陕鼓动力等二十多个企业委托课题。出版《小波有限元理论及其工程应用》、《有限元方法及其工程案例》、《ANSYS Workbench 设计、仿真与优化(第 3 版)》和《ANSYS 工程应用》等论著 4 本。以第一或通讯作者发表论文 50 余篇,其中 SCI 收录 28 篇,1 篇论文入选 ESI 高被引论文。授权国家专利 20 项,研究成果“大型回转机械结构裂纹的动态定量诊断技术与应用”获 2009 年国家技术发明二等奖(排名四)、“风电装备变转速稀疏诊断技术”获 2018 年国家技术发明二等奖(排名四)。</p>                                      | <p><a href="mailto:bli@xjtu.edu.cn">bli@xjtu.edu.cn</a></p> <p><a href="#">李兵个人简介 - 李兵 - 教师个人主页</a><br/>(<a href="http://xjtu.edu.cn">xjtu.edu.cn</a>)</p>                                                     |
|  | <p>杨志勃, 教授, 陕西省优博、陕西省青年科技新星, 主要研究领域为叶端定时测量、超声导波、故障诊断。在 Mech. Syst. Signal Pr., J. Sound Vib., Comps. Part B, Comps. Struc., IEEE Trans. Instrum. Meas. 等期刊以一作及通讯作者身份发表 SCI 论文 60 余篇,以第一作者出版学术专著《小波有限元方法及其在结构健康监测中的应用》(40 万字), 授权国家发明专利 30 余项。研究成果获得或支撑获得陕西省高等学校科学技术奖一等奖 1 项、教育部技术发明一等奖 1 项、国家技术发明二等奖 1 项、陕西省技术发明一等奖 1 项。</p>                                                                                                   | <p><a href="mailto:phdapple@mail.xjtu.edu.cn">phdapple@mail.xjtu.edu.cn</a></p> <p><a href="#">个人简介 - 志勃</a><br/><a href="#">Zhi-Bo Yang 杨 - 教师个人主页</a><br/>(<a href="http://xjtu.edu.cn">xjtu.edu.cn</a>)</p> |

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>乔百杰，副教授，航空发动机健康管理与容错控制教育部重点实验室副主任，陕西省优秀博士论文获得者，研究领域为航空发动机叶片健康监测与智能诊断，主持国家自然科学基金项目 3 项、JKW 基础加强课题、装发预研领域基金、航空动力基金、中国航发涡轮院稳定支撑课题 3 项、中国航发商发合作课题 2 项、热工院合作课题、博士后特等资助、博士后一等资助等 18 个项目。申请发明专利 60 余项，国际专利 4 项，已授权 30 项，软件著作权 7 项。发表学术论文 70 余篇，第一作者/通讯 SCI/EI 论文 36 篇，SCI 他引 700 余次。部分研究成果在直升机 HUMS、发动机地面试车中得到实际工程应用，荣获 2020 年陕西省技术发明一等奖、2019 年度陕西高等学校科学技术奖励一等奖、中国航发涡轮院科技成果奖 2 项。</p>                                   | <p>1</p> <p><a href="mailto:qiao1224@xjtu.edu.cn">qiao1224@xjtu.edu.cn</a></p> <p><a href="#">基本信息 - 百杰 Baijie Qiao 乔 - 教师个人主页</a><br/>(<a href="http://xjtu.edu.cn">xjtu.edu.cn</a>)</p> <p>1</p> |
|  | <p>史江海，助理教授。研究方向为超精密空气静压主轴动力学建模及微铣削加工稳定性研究，主持了两项企业横向课题“电主轴 MSD80-ISO20-24K 优化设计”和“轴承智能诊断系统技术开发合同”。参与了国家重点研发计划项目，国家自然科学基金优秀项目，国家自然科学基金面上项目等多项国家级项目。已发表学术论文 12 篇，一作学术论文 10 篇，其中一作 SCI 论文 6 篇，均发表于 Mechanical Systems and Signal Processing、Tribology International、Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of the ASME 等国际权威期刊，其中 1 篇 SCI 论文获得“第九届 NSK 机械工程学优秀论文成果奖”。申请国家发明专利 15 项，已授权 2 项。</p> | <p><a href="mailto:shijiang@xjtu.edu.cn">shijiang@xjtu.edu.cn</a></p> <p>1</p>                                                                                                                     |

## 人工智能与智能机器人检测

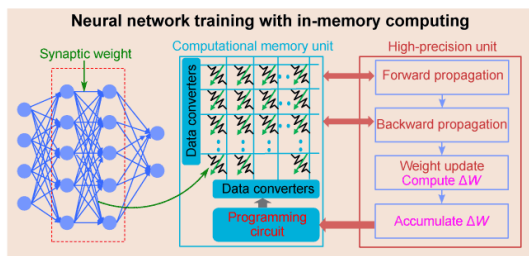
### 研究背景：

随着大数据、物联网、机器人等技术的发展，人工智能成为当代的主题。人脸识别、智能语音、深度挖掘，也渐渐走入了人们的生活，成为了炙手可热的消费品。高端工业装备如何在新一代人工智能的框架下发展，赶上时代发展的快车是我们需要思考的问题。以航空发动机这种高端工业产品为例，英国发动机巨头罗罗公司率先提出“机器人+自主智能”的发动机检测维护模式，这将成为引领未来的发展方向。

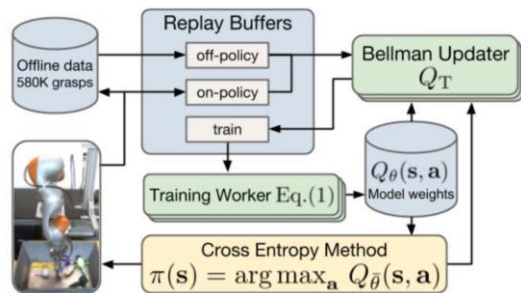
### 研究内容：

本方向围绕人工智能驱动的结构设计、检测维护与控制规划方法，以机器人为载体研究多模态作业的智能化终端系统。包括类脑智能与可解释深度学习方法、强化学习智能控制与规划方法、复杂环境下多模态作业软体机器人技术、微小空间仿生爬行机器人技术 etc 方向，为航空航天等高端工业装备检测维护提供高效、共融、友好的智能化终端，促进未来高端装备检测维护模式的颠覆性变革，培养

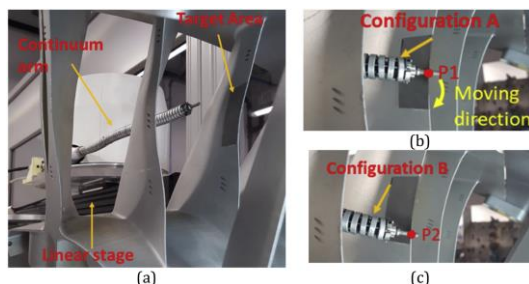
一批从事该领域前沿科学研究的人才。



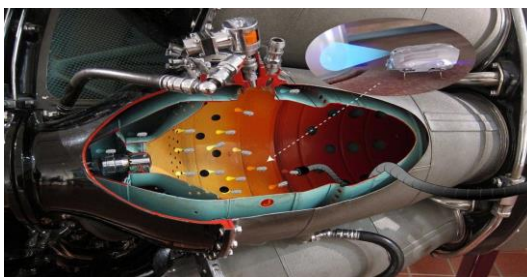
类脑智能与可解释深度学习



强化学习智能控制规划



复杂深腔探入式检测机器人



仿生微型爬行检测机器人

**支撑项目：**本方向受到国家重大计划、装备预研、基金等支持，总经费超 2000 万。

**团队联系人：**陈雪峰教授 ([chenxf@xjtu.edu.cn](mailto:chenxf@xjtu.edu.cn))，刘金鑫教授 ([jinxin.liu@xjtu.edu.cn](mailto:jinxin.liu@xjtu.edu.cn))，刘一龙副研究员 ([yilong@xjtu.edu.cn](mailto:yilong@xjtu.edu.cn))，孙闯副教授 ([ch.sun@xjtu.edu.cn](mailto:ch.sun@xjtu.edu.cn))，杨来浩助理教授 ([yanglaihao@xjtu.edu.cn](mailto:yanglaihao@xjtu.edu.cn))

## 航空发动机抗疲劳制造与智能系统

### 研究背景：

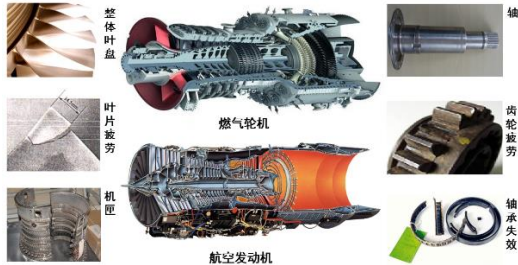
航空发动机和燃气轮机长期在高转速、重载等条件下工作，部件疲劳问题十分突出，例如，统计数据表明疲劳失效占喷气发动机全部构件损伤的 50%左右。开展抗疲劳制造及智能运维管理技术研究，是提高装备安全性和可靠性、延长使用寿命的迫切需要。当前，由美国空军牵头的“高周疲劳科学与技术研究”计划，其部件设计已向 10<sup>12</sup> 循环超长寿命发展。

### 研究内容：

本方向将围绕金属材料抗疲劳制造、制造缺陷检测及质量保障、健康监测与智能运维、智能车间建模与生产规划决策等方向开展研究工作，聚焦三代机自主



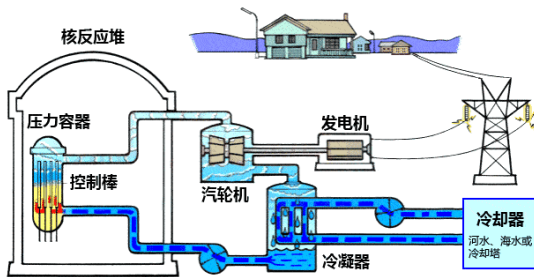
保障和四代机自主研制，夯实技术基础，提升自主创新能力，形成抗疲劳及智能运维管理技术体系。提升我国航空发动机的设计水平，培养从事该领域前沿科学研究的高端人才。



航空发动机和燃气轮机疲劳失效及激光强化



舰载燃气轮机振动噪声传递机制与溯源



核电机组智能决策与预测运



高端装备全寿期健康管理

支撑项目：

| 编号 | 项目名称                    | 项目支撑           | 时间              |
|----|-------------------------|----------------|-----------------|
| 1  | ***抗疲劳机理                | 航空发动机与燃气轮机重大专项 | 2018.08-2022.08 |
| 2  | 大型转子系统服役状态在线检测监测关键技术研究  | 国家重点研发计划       | 2017.07-2020.06 |
| 3  | 数据驱动的制造企业智能决策与预测运营技术    | 国家重点研发计划       | 2020.01-2022.12 |
| 4  | ***健康监测与智能运维技术研究        | 中核领创项目         | 2019.12-2022.12 |
| 5  | XXXX 叶片缺陷和残余应力检测与表征技术研究 | 航空发动机与燃气轮机重大专项 | 2020.01-2024.12 |
| 6  | *****表面辐射噪声预测与传递路径分析技术  | 航空发动机与燃气轮机重大专项 | 2021.01-2024.12 |

团队联系人：温广瑞教授（[grwen@mail.xjtu.edu.cn](mailto:grwen@mail.xjtu.edu.cn)），何卫锋教授（[hehe\\_coco@163.com](mailto:hehe_coco@163.com)），成玮教授（[chengw@xjtu.edu.cn](mailto:chengw@xjtu.edu.cn)），张志芬副教授（[zzf919@xjtu.edu.cn](mailto:zzf919@xjtu.edu.cn)）



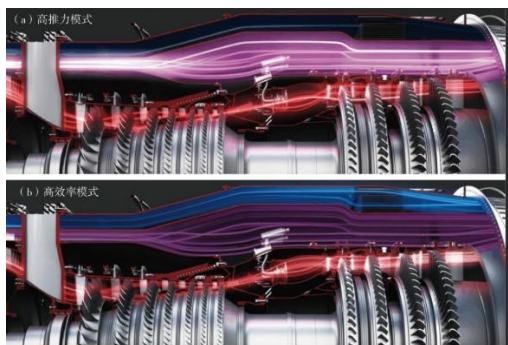
## 新概念航空发动机与容错控制

### 研究背景：

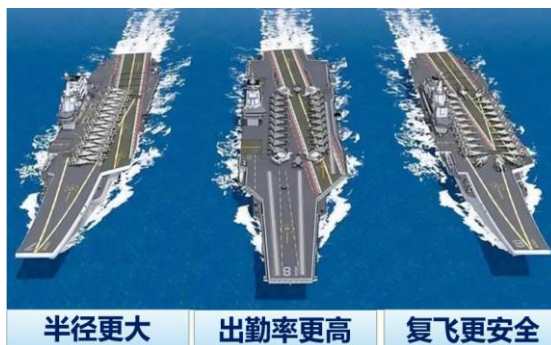
航空发动机是国之重器、工业皇冠上的明珠，代表一个国家工业发展的最高水平，其安全性、高效性、智能化是世界永恒的主题。旋转爆震、变循环、自适应等新概念发动机是满足未来航空动力高效性的发展方向，发动机容错控制、故障诊断、健康管理是满足未来航空动力高安全性和智能化的发展方向。

### 研究内容：

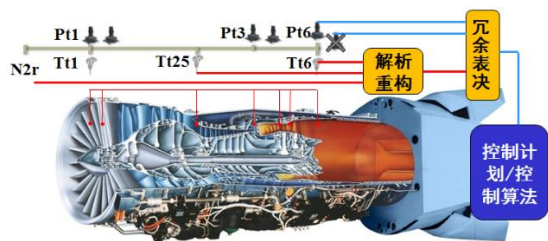
本方向主要围绕旋转爆震发动机、变循环发动机、自适应发动机进行前沿探索研究，在高速燃烧机理、数字孪生建模、大数据挖掘、先进控制和健康管理等方面开展理论和应用验证研究，预计为我国民用大飞机发动机、未来超音速客机和多种类型空中装备发展提供技术支撑，推进航空发动机容错控制 2.0 向纵深发展。从而提升我国航空发动机控制技术水平，并培养一批从事该领域前沿科学研究的人才。



新概念发动机原理及其总体设计



航空发动机智能控制与健康管理



航空发动机控制孪生建模与容错控制



航空发动机控制大数据挖掘

**支撑项目：**本方向受到国家重大科技计划、基金等支持，累计经费超过 8000 万。

**团队联系人：**宋志平研究员（[zhaozhougou@xjtu.edu.cn](mailto:zhaozhougou@xjtu.edu.cn)），吴云教授（[wuyun1223@126.com](mailto:wuyun1223@126.com)），耿佳副研究员（[xygengjia@xjtu.edu.cn](mailto:xygengjia@xjtu.edu.cn)），李明高级工

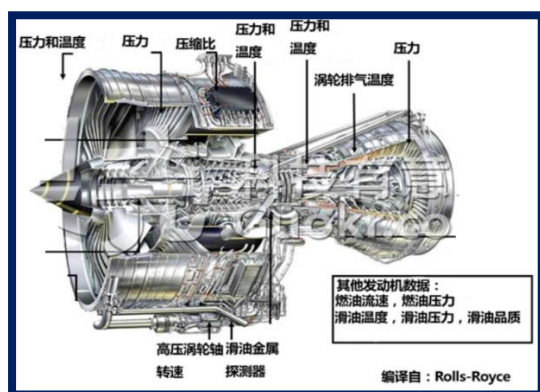
## 重大装备运行安全保障与智能运维

### 研究背景:

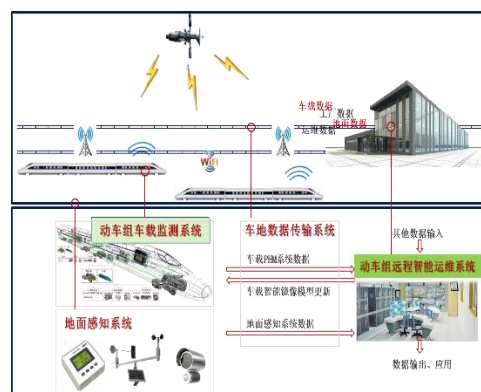
基于大数据构建重大装备智能运维中心, 研发数据采集硬件系统、故障诊断工业软件, 被列为国家中长期发展规划重要方向, 是国家新型基础建设的重要组成部分。如航空发动机健康监测系统, 高铁预测性维护系统, 风电健康管理系统, 核电智能运维系统。

### 研究内容:

- ◆ 研究航空发动机轴承及传动系统故障诊断方法, 构建稀疏、时频等诊断新方法
- ◆ 研究航空发动机叶片间隙与裂纹监测诊断方法, 实现微小裂纹的在线监测识别
- ◆ 研究直升机大数据智能诊断方法, 构建新一代深度学习智能诊断新方法
- ◆ 研究高铁智能运维管理方法, 构建高铁运行安全的智能运维系统与体系
- ◆ 研究风电大数据诊断分析方法, 构建大数据多维异构数据的分析诊断系统与体系
- ◆ 研究核电运行安全保障方法, 构建核电大部件运行安全保障分析方法与系统



Trent 900 发动机监测参数



高铁智能运维系统框架

### 支撑项目:

| 编号 | 项目名称 | 项目支撑 | 时间 |
|----|------|------|----|
|----|------|------|----|



|   |                          |                   |                 |
|---|--------------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | ***重大专项                  | 工信部               | 2018.01-2022.12 |
| 2 | 智能运维闭环反馈的重大装备制造服务融合技术与平台 | 科技部重点研发           | 2019.01-2022.12 |
| 3 | 航空发动机主轴承及传动系统故障智能诊断研究    | 国家自然科学基金委<br>重大集成 | 2021.01-2024.12 |

团队联系人: 陈雪峰([chenxf@xjtu.edu.cn](mailto:chenxf@xjtu.edu.cn)), 张兴武教授([xwzhang@xjtu.edu.cn](mailto:xwzhang@xjtu.edu.cn)),  
王诗彬教授([wangshibin2008@xjtu.edu.cn](mailto:wangshibin2008@xjtu.edu.cn)), 赵志斌助理教授([zhaozhibin@xjtu.edu.cn](mailto:zhaozhibin@xjtu.edu.cn)), 丁宝庆助理教授([dingbq@xjtu.edu.cn](mailto:dingbq@xjtu.edu.cn))