

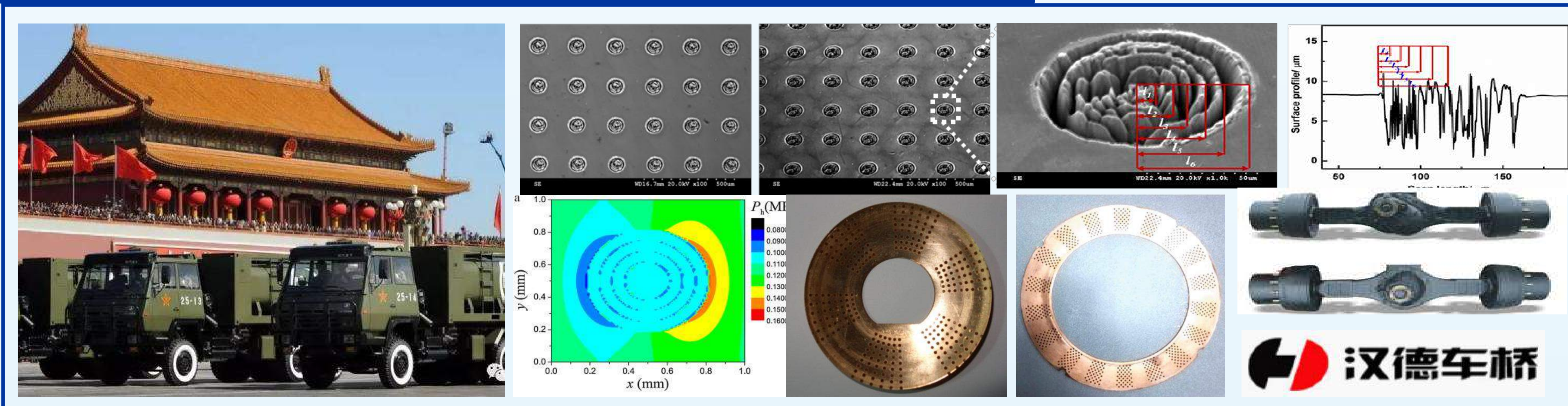


设计所

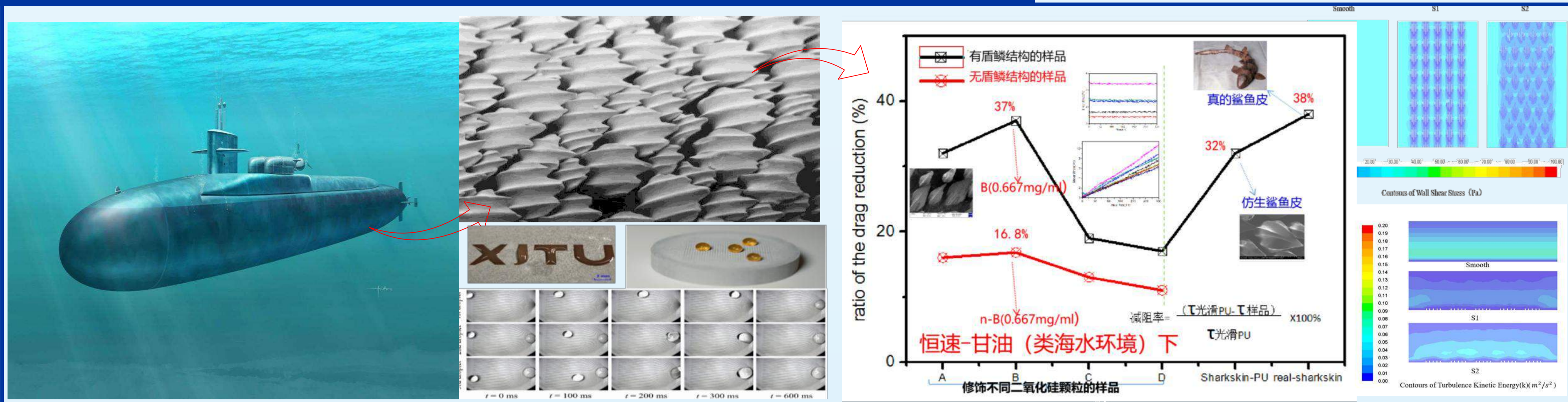


摩擦学与润滑理论研究(设计所)

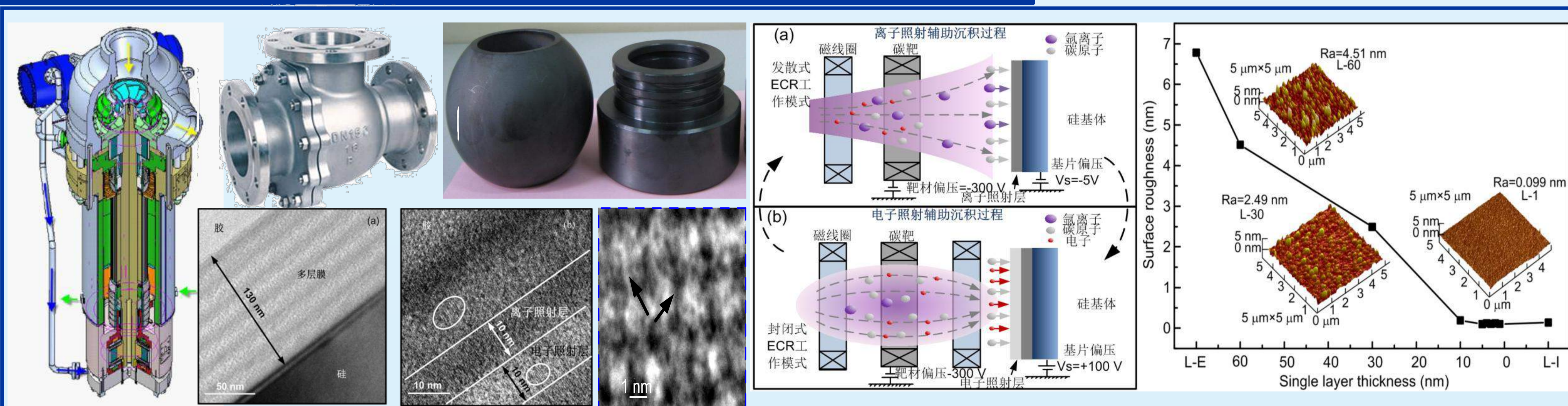
表面织构设计与制造技术



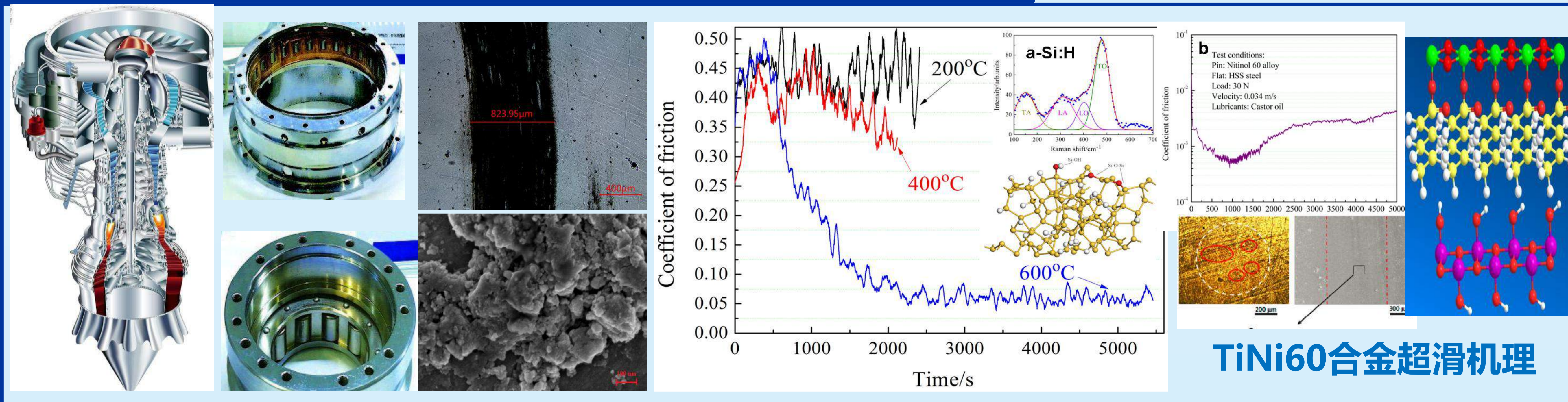
流体的定向引导与仿生减阻技术



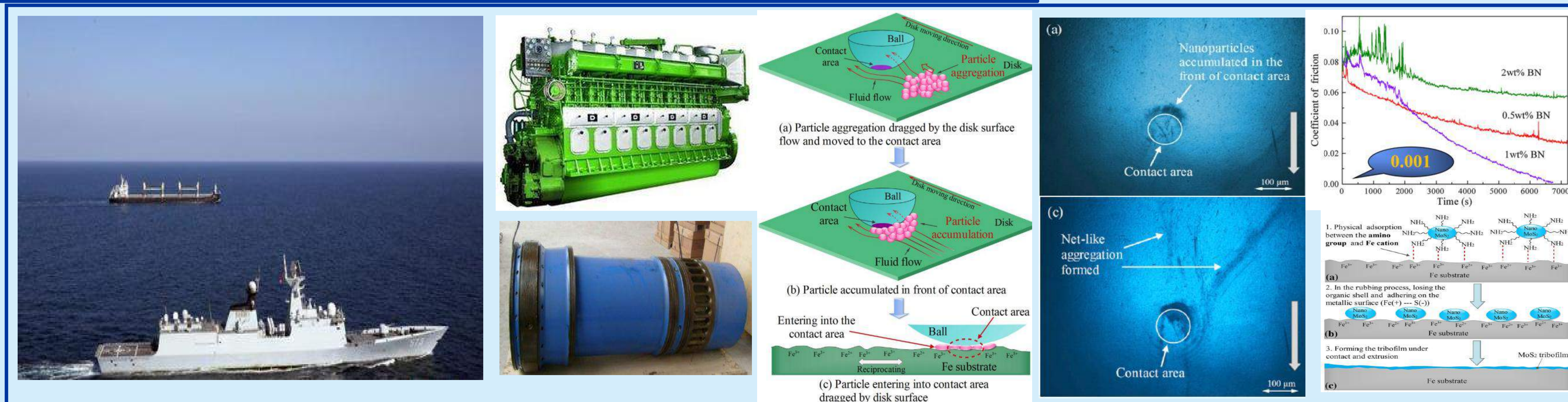
纳米碳膜润滑技术



高温超滑理论与技术



纳米颗粒油润滑技术





现代设计理论与方法(设计所)

大规模智能计算与结构拓扑优化设计

经典拓扑优化算法实现流程

边界条件 → 有限元网格划分 → 设计变量更新 → 总刚矩阵组装 → 有限元方程求解 → 灵敏度计算 → 循环迭代 → 优化结果

$$\frac{\partial J_c}{\partial \theta} = -\frac{1}{2} \mathbf{T}^T \left(\frac{\partial \mathbf{C}^T}{\partial \theta} \cdot \mathbf{K}_c \cdot \mathbf{C} + \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{K}_c \cdot \frac{\partial \mathbf{C}}{\partial \theta} \right) \cdot \mathbf{T}$$

$$\frac{\partial J_c}{\partial A} = -\frac{1}{2} \mathbf{T}^T \left(\mathbf{C}^T \cdot \frac{\partial \mathbf{K}_c}{\partial A} \cdot \mathbf{C} \right) \cdot \mathbf{T}$$

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\mathbf{K}^T \left(\frac{\partial \mathbf{C}^T}{\partial \theta} \cdot \mathbf{C} + \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{K}_c \cdot \frac{\partial \mathbf{C}}{\partial \theta} \right) \cdot \mathbf{T}(q) \right]$$

利用生成式对抗网络(GAN)转化直觉为设计:突破结构设计中的小样本限制

小样本数据进行结构生成
根据拓扑特征语义产生新的拓扑结构
普适性高,适用各种输入要素

边界条件 → 生成器: 尽可能生成“真”结构,以欺骗判别器 → 相互博弈对抗 → 判别器: 尽可能分辨输入结构的“真”和“假” → 优化结果

利用U-Net卷积神经网络转化直觉为设计:强化编码层中易丢失的边界信息

降采样目的: 提取多层次特征,降低计算复杂度,扩大卷积覆盖范围

升采样目的: 仅针对重要特征升采样

输入: 设计要素 → 降采样 → 提取多层次特征 → 降低计算复杂度 → 扩大卷积覆盖范围 → 中层次拓扑特征 → 将不同层次边界信息直接恢复 → 训练网络 → 恢复边界信息 → 升采样 → 输出: 优化结果

仿生软体机器人设计与形态学计算

通过软体生物启发分析,构建生物力学模型,揭示分布式驱动变刚度机理

软体机器人的应用前景:

- 康复医疗
- 灾难救援
- 太空应用
- 军事应用

生物动力学建模:

(a) 生物尺蠖 (b) 尺蠖体节 (c) 静水骨骼示意图 (d) 体节弯曲变形 (e) 弯曲变形 (f) 拉伸变形

软体机器人设计与应用:

- 波动与拍动软体机器鱼
- 空间物体抓取仿生尺蠖
- 软体康复机器人手套

飞机燃油箱串油特性分析与结构设计

抑制燃油晃动、加快舱室间燃油串动是保证飞行姿态稳定的关键

优化油箱隔板的串油孔拓扑布局:

- 保证气动外形
- 结构轻量化
- 抑制燃油晃动
- 飞行姿态稳定

利用光滑粒子流体动力学与GPU并行计算,保证流固耦合优化在时间层面的可行性

目标: 最小化平衡时间

Find $x = \{c, sh\}$
 $c = \{x_1, y_1, \dots, x_n, y_n\}$
 $sh = \{L_1, T_1, \theta_1, \dots, L_n, T_n, \theta_n\}$
 Min $t(x)$
 s.t. $g(x) \leq 0$
 $\sum M_{act} \leq M_{sum}$
 $x^l < x_i < x^u$
 $y^l < y_i < y^u$
 $-\pi/2 < \theta_i < \pi/2$

约束: 材料用量支撑刚度

采用形状可控的水平集拓扑优化方法驱动孔洞布局及形状趋于最优

增大比刚度平衡加快 39%

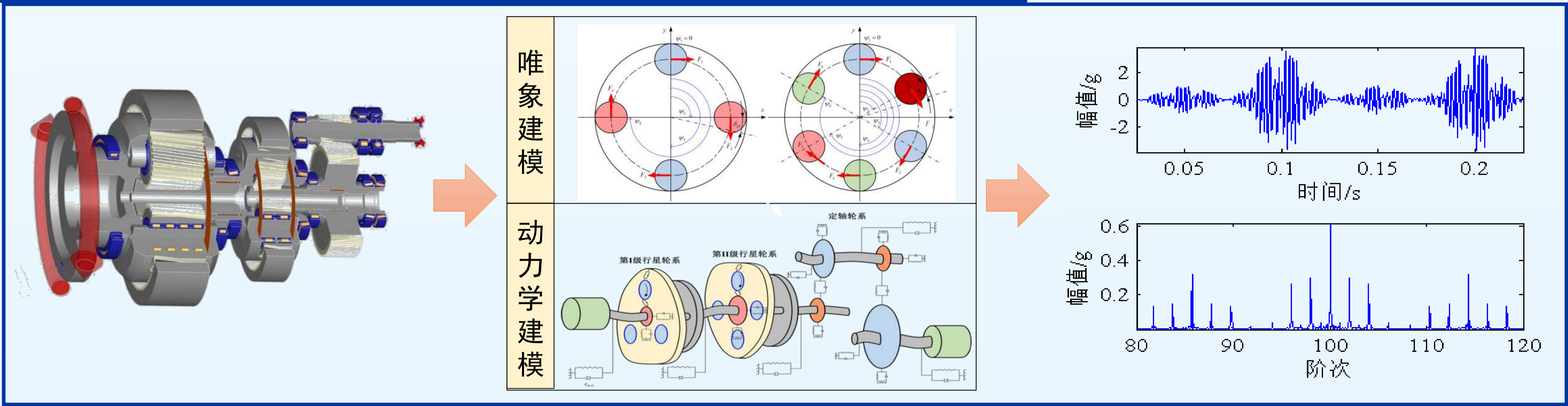
Initial design - 14.58s | Optimized design - 8.88s

Distribution of fuel is improved by 26.9% (measured by standard deviation)

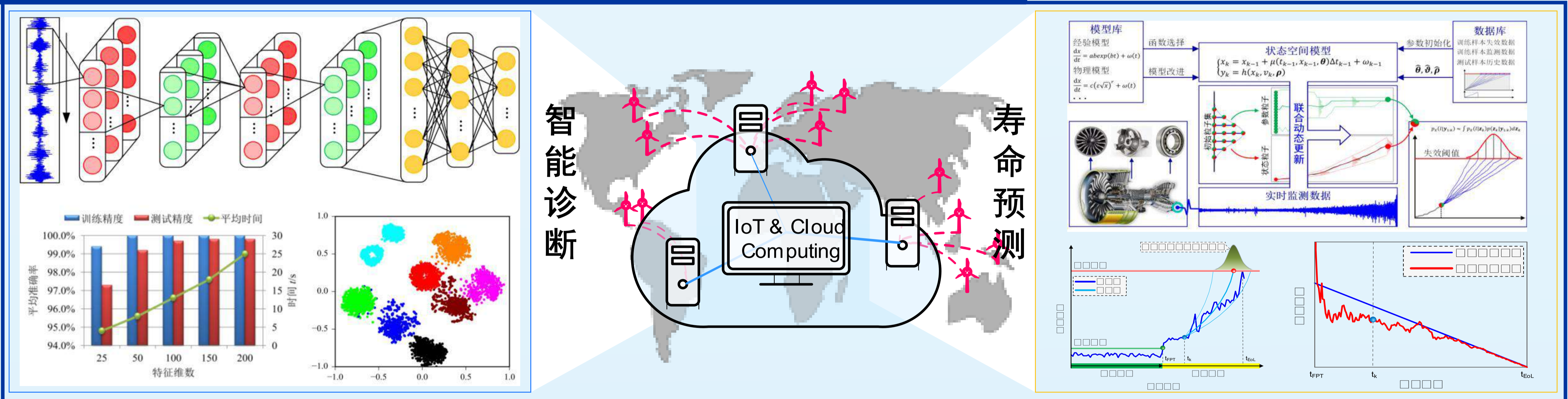


智能诊断与健康管理(设计所)

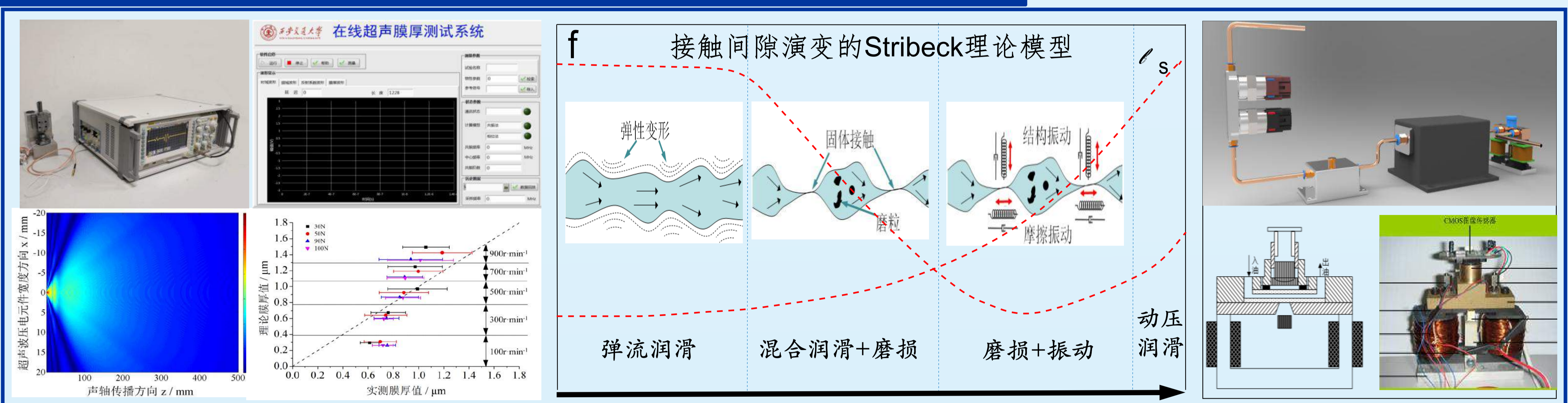
系统动态建模与信号处理新理论



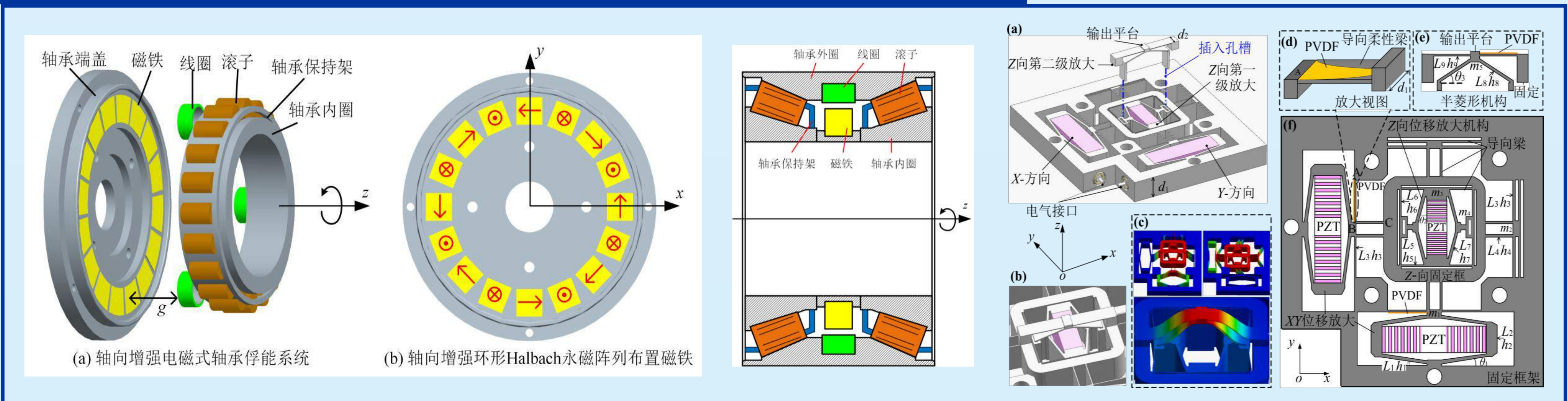
大数据智能诊断与预测新方法



润滑性能演变在线辨识新技术



嵌入式智能健康监测新装置



高端装备大数据健康管理平台





设计所



轴承-转子系统设计技术(设计所)

轴承-转子系统设计分析技术

完全动力学

轴承转子耦合

轴承转子系统分析软件

高性能滚动轴承性能测试新技术

亚微米级油膜监测技术

指标	UPR-IMIS (自主)	5073PR (国外)
脉冲电压	-100至-150V	-120至-180V
50%处脉宽	8.6 ns	6 ns
重复频率	0-100KHz	0-10KHz
放大倍数	-4.5至55dB	-40dB至39dB
通道数	2	1
噪声	250/300mVpp	200mVpp

主轴轴承动态预紧力测试技术

轴承旋转部件量子点测温技术

利用量子点材料激发的荧光光谱特质获取温度信息

测试实例

轴承-转子系统实验分析技术

高速重载滚动轴承实验台

四代核主泵轴承综合实验平台

超高速润滑实验平台

高速润滑实验台 新型润滑结构

内部润滑流场可视化

轴承-转子系统智能化技术

智能轴承技术

1 实验轴承 2 智能锁紧螺母

智能主轴技术

(a) 机床 (b) 位移传感器 (c) 智能主轴

模态测试 刚度测试

智能调控技术

基于负泊松比材料的预紧力自适应调控

基于液压的预紧力自适应调控 (李小虎)

基于润滑状态主动调控 (闫柯)



设计所



装配质量保障技术(设计所)

装配精度设计技术

杆系几何误差 铰链间隙误差 内部应力分布 误差影响下动力学响应

— 压应力 — 拉应力

★ 面向装配性能的精度设计

★ 装配误差建模与传递理论

上海宇航系统工程研究所 中国兵器工业集团 内蒙古第一机械集团有限公司

CASAC QCMIT 秦川机床工具集团

装配连接性能保障技术

装配结合面 表面形貌 粗糙度 残余应力 表面硬度 金相组织

★ 装配连接工艺优化技术

★ 装配连接界面设计理论

中国航发商用航空发动机公司 西安航天动力研究所

装配性能在线检测技术

火箭在线装配调整 空间装配姿态测量技术 表面形貌/粗糙度测量 接触刚度检测 接触面检测

★ 装配几何量/物理量检测技术

上海航天设备制造总厂 上海宇航系统工程研究所

虚拟装配与产线重构技术

虚拟场景 装配实时虚拟仿真技术 RV减速器 柔性可重构定位平台 MR眼镜 产线动态重组技术 虚实叠加场景

QCPS 秦川机床工具集团

装配自动化执行装备

装配调姿机构 速度/距离/功率和力限制 人机协同装配机器人

中国航天科工集团第二研究院 中国兵器工业集团 内蒙古第一机械集团有限公司