



研究生微专业课程教学大纲

课程名称 (中英文)	空天动力气动声学智能计算 AI-Empowered Intelligent Computational Aeroacoustics for Aerospace Propulsion				
学时	18	学分	1	授课语言	中文
课程编号	无	课程类别	研究生微专业课程	课程性质	必修
开课学院	能源与动力工程学院		开课学期	学术科研周 + 暑期/秋季学期	
课程负责人	阳 君		开课对象	动力工程及工程热物理、低空技术与工程、能源动力、机械、计算机等相关专业硕士、博士研究生	
教学团队	阳君副教授，顾青青博士；拟邀请空天动力、计算流体力学、气动声学 与人工智能应用方向行业/科研院所专家参与专题讲授和实践指导。				
课程思政设计	本课程面向航空航天动力装备和风能装备低噪声、绿色化、高可靠性发展的实际需求，以风扇、风力机和旋翼流动中的气动噪声预测与控制为主要教学内容，结合智能计算方法开展案例教学。通过典型噪声预测、数据处理和低噪声优化案例，引导学生理解噪声控制对飞行器安全运行、风能装备环境适应性和人因舒适性的影响。在建模计算、数据使用和结果分析过程中，注重培养学生的工程伦理意识、科研诚信意识、数据安全意识和规范使用人工智能的能力，强化严谨建模和团队协作的基本素养。				
课程简介					
本课程面向空天动力系统和风能装备中风扇、风力机、旋翼等旋转流动气动声学问题，讲授旋转叶片流动噪声产生机理、计算气动声学基本方程、湍流声源模拟、声类比与 FW-H 远场预测、格子 Boltzmann 方法、低耗散数值算法、声学数据处理及智能降噪设计方法。课					

程结合教师在复杂旋转流动、气动噪声预测、LBM/LES/FW-H 耦合计算和数据驱动建模方面的研究基础，采用理论讲授与上机实践深度融合的紧凑化教学模式（18 学时/1 学分），开展案例式与项目式教学，并引入 Ansys LES 配合 FW-H 声类比构建的多学科高保真数值引擎，针对无人机螺旋桨小尺寸高转速特征生成包含厚度噪声、载荷噪声和四极子噪声的高质量 Ground Truth 数据集，为 AI 代理模型训练提供物理真值。AI 赋能教学涵盖基于 Python 的声学信号处理与特征提取、POD/DMD/SPOD 流声数据降维、机器学习代理模型与物理约束学习、以及低噪声叶片构型多目标优化。学生完成课程后应能识别主要噪声源、选择数值模型与声学后处理方法、构建 AI 辅助预测模型，并完成气动声学智能计算项目。考核采用过程化评价：平时作业 30%、实践项目 50%、汇报答辩 20%。

教学进度					
序号	章节及内容	学时	学时分配		
			理论教学	校内实践教学	校外实践教学
1	空天动力气动声学概论与声学基础： 课程目标与 AI 赋能计算流程总体介绍； 风扇/风力机/旋翼噪声问题概述；波动方程、声压级/声功率级、频谱、指向性与传播效应	1	1	0	0
2	流动噪声源机理与计算气动声学基础： 涡声理论、Lighthill 声类比、湍流脉动与壁面压力脉动；控制方程、离散误差、低耗散格式、边界条件和数值稳定性	1	1	0	0
3	高保真流场模拟与格子 Boltzmann 方法： URANS/LES/DES 方法及网格/时间步要求，无人机螺旋桨 LES 细密非结构化网格策略与桨尖溢流、尾缘脱落涡捕捉技术；低马赫数 LBM 碰撞模型与声波传播算例	2	1	1	0
4	声类比 FW-H 方法与风扇/旋翼噪声机理： 单极子/偶极子/四极子噪声分量物理来源、FW-H 积分面选取与声学校核；叶尖涡、尾迹与叶片干涉、旋转及宽频噪声的物理机制与算例分析	2	1	1	0
5	风力机气动声学智能计算与声学数据处理： 水平轴/垂直轴风力机噪声来源、动态失	2	1	1	0

	速与尾迹干涉、叶片非光滑结构声学效应与低噪声设计；FFT/PSD/OASPL 分析、信号相干性、时频特征提取与声源定位实践				
6	流声模态识别与 AI 方法基础： POD/DMD/SPOD 分析识别主要涡结构与特征频率；以 LES+FW-H 高保真数值引擎生成的多分量噪声数据集构建物理可解释的神经网络声学代理模型	2	1	1	0
7	代理模型、物理约束学习与智能低噪声优化： 高斯过程/PINN/神经算子、误差预测与不确定度分析；参数化建模、贝叶斯优化、多目标优化，结合气动性能与结构安全等工程约束的优化案例分析	2	1	1	0
8	综合实践项目：基于给定风扇/风力机或旋翼流场及声学数据，完成噪声源识别、AI 预测模型训练与低噪声方案比较；增设无人机螺旋桨智能气动声学计算专题，利用 LES+FW-H 噪声分量数据完成从高保真 CFD 到 AI 代理模型的完整工程闭环	3	0	3	0
9	项目汇报与课程总结：围绕风扇/风力机/旋翼噪声分析实践，汇报计算流程与主要结果，讨论结果可靠性及后续改进方向，完成课程总结与学习反思	3	0	3	0
合计		18	7	11	0
教材及教学资源					
使用教材	自编研究生讲义：《空天动力气动声学智能计算》；配套 Python 实践材料，风扇、风力机和旋翼典型 CFD/CAA 算例数据，以及英文文献阅读材料。				

课程网站	上海理工大学一网畅学平台；课程资料、代码模板、数据集和实践任务均通过课程平台发布。
参考书目	[1] Lighthill, M. J. On sound generated aerodynamically. I. General theory. Proceedings of the Royal Society A, 1952, 211(1107): 564–587. DOI: 10.1098/rspa.1952.0060. [2] Ffowcs Williams, J. E., and Hawkings, D. L. Sound generation by turbulence and surfaces in arbitrary motion. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Sciences, 1969, 264(1151): 321–342. DOI: 10.1098/rsta.1969.0031. [3] Tam, C. K. W. Computational Aeroacoustics: A Wave Number Approach. Cambridge University Press, 2012. ISBN: 9780521806787. [4] Wang, M., Freund, J. B., and Lele, S. K. Computational prediction of flow-generated sound. Annual Review of Fluid Mechanics, 2006, 38: 483-512. DOI: 10.1146/annurev.fluid.38.050304.092036. [5] Colonius, T., and Lele, S. K. Computational aeroacoustics: progress on nonlinear problems of sound generation. Progress in Aerospace Sciences, 2004, 40(6): 345-416. DOI: 10.1016/j.paerosci.2004.09.001. [6] Brooks, T. F., Pope, D. S., and Marcolini, M. A. Airfoil Self-Noise and Prediction. NASA Reference Publication 1218, 1989. [7] Brentner, K. S., and Farassat, F. Modeling aerodynamically generated sound of helicopter rotors. Progress in Aerospace Sciences, 2003, 39(2-3): 83-120. DOI: 10.1016/S0376-0421(02)00068-4. [8] Oerlemans, S., Sijtsma, P., and Méndez López, B. Location and quantification of noise sources on a wind turbine. Journal of Sound and Vibration, 2007, 299(4-5): 869-883. DOI: 10.1016/j.jsv.2006.07.032. [9] Brunton, S. L., and Kutz, J. N. Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009089517. [10] Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A. Deep Learning. The MIT Press, 2016. ISBN: 9780262035613. [11] Barry, K., Naseer, M. R., Kanjere, K., Trascinelli, L., Poole, D., Jones, D., and Azarpeyvand, M. Numerical Investigation of Rotor Aeroacoustics in Non-Axial Inflow Conditions using the Lattice Boltzmann Method. 32nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 2026, AIAA 2026-3253. DOI: 10.2514/6.2026-3253. [12] Langford, M. D., Jain, U. A., K. M., Figueroa-Ibrahim, Sutliff, D. L., & Morris, S. Lattice-Boltzmann Simulation Framework for Open Rotor Aeroacoustics with Atmospheric Turbulence Ingestion. 32nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 2026, AIAA 2026-3425. DOI: 10.2514/6.2026-3425. [13] Raissi, M., Perdikaris, P., and Karniadakis, G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational

	Physics, 2019, 378: 686-707.
实践单位	空天动力研究所、校内高性能计算平台；根据微专业建设情况联合企业或科研院所提供案例数据与专题实践指导。
课程负责人签名：  2026 年 6 月 20 日	
学院负责人审批意见： 签名（盖章）： 年 月 日	
研究生院（卓越工程师学院）审批意见： 签名（盖章）： 年 月 日	

注：1、章节和学时分配：学时分配填写相应章节的教学方式，其中实践教学不少于 50%；

2、本表一式两份，课程负责人填写后，最迟于正式开课两周前交学院研究生教学秘书。学院留存一

份，提交研究生院（卓越工程师学院）一份。