



研究生微专业课程教学大纲

课程名称 (中英文)	AI+空天动力热管理与冷却技术 AI+ Thermal Management and Cooling Technology for Aerospace Power				
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	郜鸿宇		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	郜鸿宇、黄典贵、杨斌				
课程思政设计	将课程思政融入专业教学全过程，引导学生关注国家空天动力发展战略，了解我国燃气轮机和火箭发动机热防护核心技术的“卡脖子”问题。通过介绍空天动力领域的国家重大科技需求与攻关历程，培养学生的家国情怀、科学精神和工程使命感。结合人工智能技术的快速发展，引导学生正确认识科技创新与伦理责任的关系，树立技术服务于国家战略需求的价值观。课程中穿插中国航空发动机集团、航天科技集团等单位的代表性成果与科学家精神案例，激发学生科技报国之志。				
课程简介					
本课程系统讲授空天动力领域热管理与冷却技术的基本理论、前沿方法和工程应用，重点涵盖燃气轮机气膜冷却、内部冷却（冲击冷却与通道冷却）、发汗冷却以及火箭发动机液膜冷却等核心技术。同时，课程融入人工智能前沿方法，包括深度学习在冷却性能预测与优化中的应用、自组织拓扑优化在冷却结构设计中的应用等，培养学生运用 AI 技术解决					

空天动力热管理工程问题的能力。课程包含丰富的 AI 赋能教学实践环节，学生在掌握冷却技术原理的同时，通过 Python 编程实践深度学习建模与拓扑优化设计，实现理论与 AI 技术的深度融合。AI 赋能教学实践内容：（1）基于 PyTorch 框架的深度学习建模实践：学生动手搭建卷积神经网络（CNN）模型，对气膜冷却效率场进行数据驱动预测；（2）基于自组织拓扑优化算法的冷却通道构型生成实践：学生使用 Python 实现 SIMP 方法与密度过滤，完成冷却通道拓扑优化设计；（3）基于 LSTM/Transformer 的液膜冷却性能时序分析与参数优化实践；（4）基于深度强化学习（DRL）的冷却系统多目标优化实践：学生搭建 DRL 环境进行冷却参数自动寻优；（5）综合课程项目：学生自选课题，运用所学 AI 方法解决空天动力冷却设计问题，完成项目报告与汇报；邀请企业专家参与项目评审。

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	绪论：空天动力热管理与冷却技术概述 空天动力系统热环境特征，燃气轮机与火箭发动机热管理需求，冷却技术发展历程与前沿趋势，AI 技术在空天动力领域的应用前景	1	1	0	0
2	燃气轮机热防护基础与传热学原理 高温部件热负荷分析，对流传热基础，辐射传热基础，涡轮叶片材料与温度限制，热防护策略分类	1	1	0	0
3	气膜冷却原理、流动特征与设计方法 气膜冷却基本原理，圆柱形孔、扇形孔与扩散孔流动特征，吹风比与密度比影响，气膜冷却效率评价方法	1	1	0	0
4	气膜冷却的数值模拟与实验方法 CFD 数值模拟方法（RANS/LES/DNS），气膜冷却实验技术（热膜法、红外热像、PIV），模拟与实验结果对比分析，实践：气膜冷却 CFD 算例操作	1	1	0	0
5	深度学习基础与 PyTorch 框架入门 人工神经网络基本原理，前馈网络与反向传播，卷积神经网络（CNN）原理，PyTorch 框架基础，实践：搭建第一个神经网络模型	1	0	1	0

6	基于深度学习的气膜冷却性能预测 数据驱动的冷却效率预测方法，CNN/UNet 在流场预测中的应用，Physics-Informed Neural Networks (PINN)，实践：训练气膜冷却效率预测模型	1	0	1	0
7	内部冷却技术：冲击冷却与通道冷却 冲击射流冷却原理与传热特性，带肋通道冷却与旋转效应，-pin-fin 翅片冷却，内部冷却组合方案设计	1	1	0	0
8	发汗冷却技术原理与多孔介质传热 发汗冷却基本原理与工作机制，多孔介质内部流动与传热理论，冷却剂选择与供应系统设计，发汗冷却效率影响因素分析	1	1	0	0
9	AI 赋能的发汗冷却结构优化设计 基于深度学习的多孔介质参数优化，生成对抗网络 (GAN) 在微结构设计中的应用，多物理场耦合下的 AI 优化方法，实践：发汗冷却 AI 优化设计	1	0	1	0
10	火箭发动机热环境分析与液膜冷却概述 液体火箭发动机推力室热环境特征，液膜冷却基本原理与发展历史，液膜冷却与前室/身部冷却方案对比，再生冷却与液膜冷却组合设计	1	1	0	0
11	液膜冷却流动与传热机理 液膜喷射方式与液膜形成机制，气液两相流动与传热模型，液膜稳定性与破裂准则，液膜冷却效率影响因素分析	1	1	0	0
12	基于深度学习的液膜冷却性能分析与优化 液膜冷却性能的 AI 预测方法，基于 LSTM/Transformer 的瞬态热分析，参数敏感性分析与多参数优化，实践：液膜冷却 AI 分析模型构建	1	0	1	0
13	拓扑优化基础理论与算法 结构优化问题分类，SIMP 方法与密度惩罚模型，水平集方法，过滤方法与网格独	1	0	1	0

	立性，多目标拓扑优化方法				
14	自组织拓扑优化在冷却结构设计中的应用 传热拓扑优化问题建模，冷却通道拓扑优化设计，自组织神经网络（SOM）在流道构型生成中的应用，多材料/多尺度拓扑优化，实践：冷却通道拓扑优化编程	1	0	1	0
15	AI+冷却技术前沿：多目标优化与数字孪生 基于代理模型的多目标优化，深度强化学习在冷却设计中的应用，数字孪生技术与实时热管理，空天动力热管理技术发展趋势	2	0	1	1
16	课程项目汇报与综合讨论 学生分组进行课程项目成果汇报，AI 方法在冷却设计中的应用经验分享，课程知识体系总结与前沿展望	2	0	1	1
合计		18	8	8	2

教材及教学资源

使用教材	1. 朱惠人. 高温透平叶片的传热与冷却[M]. 西安交通大学出版社, 2017. 2. 王治军. 液体火箭发动机推力室设计[M]. 国防工业出版社, 2014. 3. GOODFELLOW I. 深度学习[M]. 北京:人民邮电出版社.
课程网站	上海理工大学研究生课程平台
参考书目	1. Sigmund O, Maute K. Topology optimization approaches: A comparative review. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2013, 48(6): 1031-1055. 2. Incropera F P, DeWitt D P, Bergman T L, et al. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th ed. Wiley, 2015.
实践单位	上海秩热能源科技有限公司

课程负责人签名：

郝鸿宇

2022 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。