
FME 多尺度结构的多目标并发等几何拓扑优化

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33789.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FME 多尺度结构的多目标并发等几何拓扑优化。论文标题：Multi-objective concurrent isogeometric topology optimization of multiscale structures

期刊：Frontiers of Mechanical Engineering

作者：Jianli LIU, Hongshuo FAN, Tao NIE, Haobo ZHANG, Jingui YU, Shuting WANG, Zhaohui XIA

发表时间：15 Feb 2025

DOI：10.1007/s11465-024-0819-x

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

Front. Mech. Eng. >> 2025, Vol. 20 >> Issue (1) : 4. DOI: 10.1007/s11465-024-0819-x

Structural Topology Optimization - RESEARCH ARTICLE

Multi-objective concurrent isogeometric topology optimization of multiscale structures

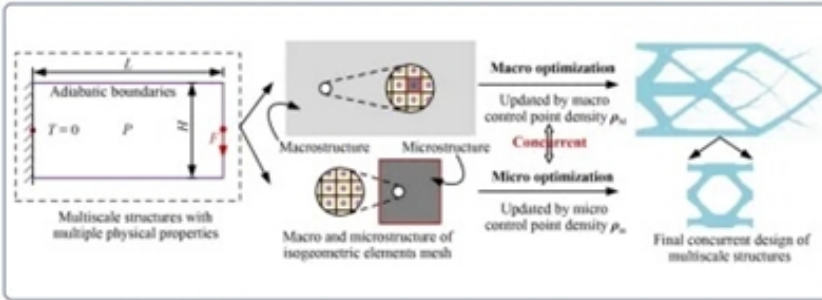
Jianli LIU¹, Hongshuo FAN¹, Tao NIE¹, Haobo ZHANG¹, Jingui YU², Shuting WANG¹, Zhaohui XIA¹✉

多尺度结构在复杂工程应用中展现出独特物理属性，多目标优化可设计出具备多种性能的多尺度结构。拓扑优化作为结构优化领域的研究热点，能有效节省材料并提升结构性能。传统的拓扑优化方法很难保证离散模型在弯曲边界上的平滑性，将等几何分析（IGA）方法与拓扑优化相结合有望解决传统方法的不足。

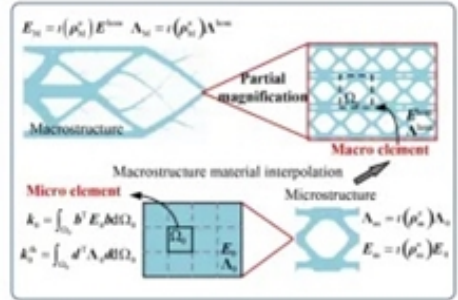
《Frontiers of Mechanical Engineering》2025年第20卷第1期一篇题为Multi-objective concurrent isogeometric topology optimization of multiscale structures的研究论文，提出了一种并发等几何拓扑优化方法，用于设计具有高导热性和低机械顺应性的多尺度结构。

Multi objective concurrent isogeometric topology optimization of multiscale structures

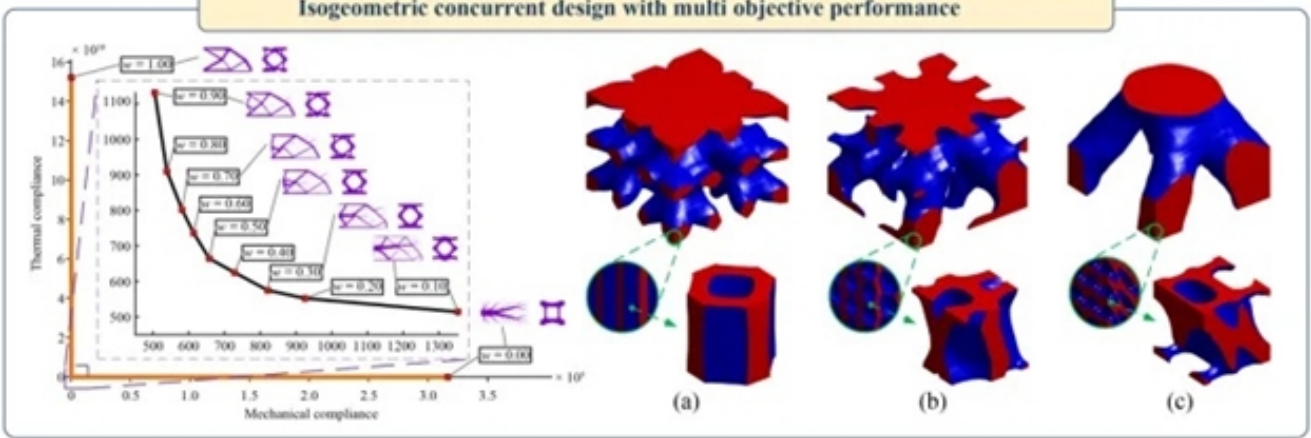
Concurrent isogeometric topology optimization method



Material interpolation scheme



Isogeometric concurrent design with multi objective performance



研究详细描述了多目标驱动等几何拓扑优化 (Isogeometric Topology Optimization, ITO) 框架，基于高阶连续的NURBS几何表征体系，通过Cox-de Boor递归算法构造B样条基函数，并引入权重参数构建精确几何描述。同时，将物理场数值计算与设计变量统一为控制点密度，并采用NURBS滤波器计算目标函数对控制点密度的敏感度。研究构建了融合宏观-微观双尺度耦合的均匀化分析体系，基于渐近展开理论，建立微观构型与宏观等效弹性张量、热传导率张量的数学映射关系。

文章构建了同时考虑结构力学响应与导热特性的多目标优化模型，采用线性加权和法实现结构刚度最大化与热导率最大化的协同优化。通过改进型SIMP方法构建跨尺度材料插值模型，实现弹性/热传导张量的宏-微观耦合。此外，通过推导目标函数对设计变量的一阶导数建立解耦灵敏度分析方案，结合OC启发式更新策略，实现宏微观拓扑构型的同步优化，提高计算效率。

研究提供了三个数值示例，来验证多目标并发ITO方法的可行性和优势。示例1以经典悬臂梁为载体，在不同目标权重下自动演化宏观树状分岔结构及微观材料分布；当优化偏向热导率时，宏观结构呈现树状分叉，微观材料集中于通道拐角；偏重力学性能时，则生成高密度致密骨架，微观材料呈非对称分布。其Pareto前沿曲线验证了多目标优化的性能优势。示例2在Michell型宏观结构上同步寻优宏、微观体积分数，深入探讨两级尺度材料配比对刚度与导热的协同影响；结果表明增大微观体积分数可显著提升热传导率，而结构刚度趋向减弱，与传统单尺度设计相比，多尺度结构在相同材料下展现出更优的多目标性能，并能在边界条件变化时自适应重构微观通道布局。示例3将方法拓展至三维支撑构件，优化后结构呈现宏观尺度分支支撑与微观尺度热通道的有机协同，充分印证了方法的适用性。

所提出的多目标并发ITO方法可行且具有优势：通过协同调控宏观结构与微观拓扑，显著降低了多尺度结构的机械与热柔度。展望未来，为进一步强化算法的全局收敛性与求解效率，亟待改进现有的加权和形式，并提高解耦方法在敏感度分析中的效率。

关键词

等几何拓扑优化；多尺度结构；多目标优化；导热系数；机械柔度

引用

Jianli LIU (刘健力), Hongshuo FAN (范洪硕), Tao NIE (聂涛), Haobo ZHANG (张昊博), Jingui YU (余金桂), Shuting WANG (王书亭), Zhaohui XIA (夏兆辉). Multi-objective concurrent isogeometric topology optimization of multiscale structures. *Front. Mech. Eng.*, 2025, 20(1): 4
<https://doi.org/10.1007/s11465-024-0819-x>



扫描二维码阅读原文

通讯作者



夏兆辉，华中科技大学机械科学与工程学院副教授，博士生导师，国家重点研发计划青年科学家项目首席，湖北省高层次海外人才，华中卓越学者。长期致力于CAD/CAE设计分析优化一体化方法与面向增材制造的结构智能设计方法等研究，围绕航空航天、武器与汽车等重点领域关键产品设计需求，开展自主可控CAD/CAE一体化软件技术研究。2016年在华中科技大学机械科学与工程学院（国家CAD支撑软件工程技术研究中心）获得博士学位，2016年至2020年在美国伦斯勒理工学院与哈佛大学BIDMC从事医工交叉领域的研究工作。近年来，主持和承担国家重点研发计划、国家自然科学基金（面上、青年）与工信部高质量专项等项目10余项，在结构最优化设计、AI辅助结构设计、CAD/CAE设计分析一体化、工业软件等领域取得一系列创新成果，发表SCI论文40余篇。目前兼任中国机械工程学会机械设计分会青年委员、中国图学学会微观几何设计与制造专委会委员、《机械设计》青年编委，以及Comput. Meth. Appl. Mech. Eng., Int. J. Mech. Sci.等多个SCI权威期刊审稿人。

精彩推荐

1. FME文章荐读 有限阶积分法：一种面向并联机械手正运动学分析的原创方法
2. FME文章荐读 微铣削中弥散无氧铜的材料去除机理与切屑形成研究
3. FME文章荐读 噪声信号下旋转机械故障诊断的自适应调整图表示学习方法
4. FME文章速览 基于接触面积响应一致性的气囊抛光仿真模型优化

5. FME文章荐读 基于参数化水平集方法的曲线纤维增强复合材料结构屈曲优化



来源：Frontiers of Mechanical Engineering

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发