
科研人员提出机器学习辅助的“材料—结构—功能”协同设计新策略

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41878.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！

科研人员提出机器学习辅助的“材料—结构—功能”协同设计新策略

。近期，中国科学院合肥物质科学研究院在多功能电磁波吸收超结构研究方面取得进展。团队提出机器学习辅助的“材料—结构—功能”协同设计策略，采用熔融沉积成型3D打印技术，将聚酰胺6/碳纤维复合材料（PACF）吸波单元、低损耗纯聚酰胺6（N-PA）间隔层和激光诱导PACF（LI-PACF）功能背板集成一体，构筑具有多级谐振梯度阻抗的超结构，实现了2至40GHz宽频、宽角微波吸收，兼具结构承载和电热除冰能力。

该研究以三级PACF截锥单元的三个顶径和三个高度为变量，基于729组仿真数据，建立随机森林、XGBoost、CatBoost和多层感知机四类代理模型。四类模型在独立测试集上的决定系数均大于0.95，平均绝对误差均低于1。研究综合吸收带宽、角度稳定性、结构高度和质量等指标，确定多层感知机为优化方案，并揭示不同层级几何参数对宽频吸收、深度吸收和大角度稳定性的主导作用，增强了模型的物理可解释性。

在材料与结构方面，PACF中的碳纤维网络及其与PA6基体形成的异质界面提供传导损耗、偶极极化和界面弛豫；N-PA间隔层调节阻抗过渡和层间耦合。经CO₂激光处理后，PACF表面碳纤维进一步暴露并形成富碳、非均匀界面，增强介电耗散、损耗反射和面内导电能力，还赋予背板稳定的焦耳热响应。三级截锥分别响应不同频段，相邻频段重叠形成多级谐振互补；逐级收缩的结构与N-PA间隔层共同构建梯度阻抗，利于电磁波进入并在结构内部持续耗散。

研究显示，优化后结构总厚度为14.7mm。该结构在宽频段内具备优异吸波性能，垂直入射下有效吸收带宽覆盖范围广，大角度斜入射及不同极化条件下仍可保持高效吸收能力。同时，该结构具有优异的雷达散射抑制和工程实用性。在2至40GHz范围内，可缩减雷达散射截面；共形加载于飞行器模型后，11.8GHz下俯视和前视区域的平均雷达散射截面出现下降。在力学性能方面，该结构具备良好的压缩强度与承载能力。此外，LI-PACF背板在25V下可升温至约48℃并稳定运行900s，在约0℃环境中可于60s内完全融化厚度为3mm冰层。

这项研究将机器学习优化、多材料介电损耗设计、梯度阻抗匹配、多级谐振与激光界面工程相结合，为复杂服役环境下多功能隐身结构的设计与开发提供了可解释的技术路径。

相关研究成果发表在《化学工程杂志》（*Chemical Engineering Journal*）上。研究工作得到国家自然科学基金和国家重点研发计划的支持。

[论文链接](#)

基于多机器学习代理模型的吸波结构优化流程

研究团队单位：合肥物质科学研究院

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](https://www.iikx.com)转发