

用于诊断复合材料结构损伤的基于卷积神经网络的模型的训练和/或操作



计算机/人工智能/数据处理和信息技术

传感器

机会

复合材料因其高比强度和高耐久性，在航空航天、汽车、风能及土木工程等关键行业得到广泛应用。然而，这些材料容易发生分层、基体开裂和纤维断裂等内部损伤，这些损伤可能在表面之下萌生和扩展，而没有明显的外部迹象。这种隐蔽损伤对结构完整性和运行安全构成重大威胁，可能导致灾难性故障。传统的无损检测（NDT）和结构健康监测（SHM）方法，如超声波检测、热成像和振动分析，通常存在诸多局限。这些局限包括需要大量人工操作和专家解读、对环境噪声和复杂材料各向异性敏感、难以准确量化损伤严重程度和类型，以及对大型或复杂形状结构实现自动化检测流程存在挑战。因此，迫切需要一种智能、自动化且高精度的损伤诊断系统，能够从传感器数据中可靠地检测、定位和表征复合材料结构的内部损伤，从而实现预测性维护并提升安全性。

技术

本专利通过开发一个以卷积神经网络（CNN）模型为核心的系统和方法来解决上述挑战，该模型专门用于诊断复合材料结构的损伤。其核心创新在于利用深度学习，直接从原始或预处理后的传感器数据（如导波信号、振动响应数据或来自剪切散斑等技术获得的图像）中自动学习判别性特征。该技术涉及一个完整的流程：首先，从附着于或嵌入复合材料结构的传感器获取时间序列或空间数据。这些数据（可能被转换为时频表示，如频谱图，或其他合适格式）作为CNN模型的输入。CNN架构（可能包含卷积层、池化层和全连接层等）在包含各种损伤类型、尺寸和位置的健康及损伤状态示例的标记数据集上进行训练。通过这种训练，模型学会提取与特定损伤特征高度相关的层次化特征。在操作中，新的、未标记的传感器数据被输入到训练好的模型中，模型随后输出诊断结果。该诊断通常包括损伤检测（存在/不存在）、分类（损伤类型，如分层与裂纹）、定位（结构内的大致位置）以及可能的严重程度评估。该系统有效地自动化了对复杂信号模式的解读，这些模式对于传统算法或人类分析员常常是模糊的，从而将传感器数据转化为可操作的结构健康信息。

优势

- 高精度与高可靠性：CNN模型能够学习传感器数据中指示特定损伤场景的复杂非线性模式，从而实现卓越的诊断精度，通常优于传统的基于特征工程的方法。
- 自动化与降低人力依赖：该系统实现了从信号处理到最终评估的整个损伤诊断过程的自动化，最大限度地减少了人工检测和专家解读的需求，从而降低了主观性和劳动力成本。

备注

IDF:1501

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

发明人

刘成教授

徐雪兵

查询: kto@cityu.edu.hkDevelop
ConceptProof
Concept

Build Value

- 对噪声和可变性的鲁棒性：深度学习模型可以被训练得对环境噪声、操作可变性以及复合材料固有的材料各向异性具有鲁棒性，从而在真实世界条件下实现更一致的性能。
- 全面的损伤表征：能够在单一框架内提供包括检测、分类、定位以及有时严重性评估在内的多层面诊断，提供更完整的健康评估。
- 适应性与可扩展性：该模型可以用新数据重新训练或微调，以适应不同的复合材料、结构几何形状或新出现的损伤模式，并且可以扩展用于监测大型或网络连接的结构。

应用

- 航空航天工业：对飞机机翼、机身面板和尾翼等碳纤维复合材料部件进行在役健康监测，以防止灾难性故障。
- 风能行业：对风力涡轮机叶片进行自动化检测，以发现分层和剪切腹板脱粘等内部缺陷，实现基于状态的维护。
- 汽车与交通运输：对高性能车辆、火车和船舶中的复合材料部件进行结构完整性评估。
- 土木基础设施：监测复合材料增强或修复的结构，如桥梁、建筑物和管道，进行早期损伤检测。
- 制造质量控制：在制造过程中对复合材料部件进行实时或产后检测，在部件投入使用前识别缺陷。

