

中国发明协会发明创业奖

创新奖提名书

(2021) 年度

一、项目基本情况

提名者	湖南大学		
项目名称	多模动态热成像无损检测关键技术及应用		
完成人(完成单位)	1 何贇泽 (湖南大学) 2 王洪金 (湖南大学) 3 杨瑞珍 (长沙学院) 4 邓堡元 (湖南大学) 5 周中吉 (无锡双马钻探工具有限公司)		
	填写说明: 项目完成人 (完成单位) 不超过 6 人, 由系统自动生成。		
学科	农林养殖	医药卫生	国土资源
	环境水利	轻工纺织	化工
	材料冶金	机械与动力	电子信息组 <input checked="" type="checkbox"/>
	填写说明: 请在所属学科后面打 <input checked="" type="checkbox"/>		
提名意见	不超过 600 字。提名者应认真审阅提名书全文, 对技术发明点的创造性、先进性、应用效果进行概述, 并对照授奖条件, 填写提名意见和提名等级。 提名机构提名意见加盖机构公章。		
	该项目在多模动态热成像无损检测关键技术方面取得了一系列创新性发明创造成果, 突破了电磁涡流和微波激励、体加热激励下缺陷检测、联动扫描数据重构、赝热流反演、小径深比缺陷检测等难题, 填补了国内空白, 部分指标达到国际领先水平, 研究成果已实现转化应用, 为企业创造了可观的经济和社会效益。 提名该项目申报中国发明协会发明创新奖一等奖 (金奖)。		
填写说明: 第三人称表述, 本提名书均以第三人称表述, 不超过 300 字。			

二、发明创新情况

(一) 知识产权情况

序号	专利名称	专利号	附件	法律状况
1	一种基于感应光热辐射的光伏电池无损检测方法及系统	201710432513.3	专利摘要页	授权
2	一种主动式红外热成像热像图序列处理方法	201910106548.7	专利摘要页	授权
3	一种微波热声检测监测系统和方法	201710718067.2	专利摘要页	授权
4	一种高反射率材料表面缺陷的热成像检测系统和方法	201810612152.5	专利摘要页	授权
5	一种窗扫描热成像缺陷检测和层析成像方法及系统	201510034897.4	专利摘要页	授权
6	一种互相关涡流热成像缺陷检测和层析成像方法及系统	201510022666.1	专利摘要页	授权
7	一种微波锁相热成像系统及方法	201510147560.4	专利摘要页	授权
8	一种双无人机搭载主动热成像的风机叶片巡检方法	202011438051.4	专利摘要页	公开
9	一种微波阶跃热成像检测和层析成像方法及系统	201510124036.5	专利摘要页	授权
10	一种微波调频热波成像系统及方法	201510132699.1	专利摘要页	授权

填写说明：1、填写与项目相关的专利 10 个以内，按照重要程度排序；2、法律状态填写“公开”或“授权”两种；3、提供专利摘要页作为附件；4、所有完成人必须是上述专利发明人之一。

(二) 项目简介

填写说明：不超过 1200 字。应包含项目主要技术内容（技术背景、项目来源、该技术在国民经济发展和军队建设中的应用前景、创新点）、授权专利情况、技术经济指标、应用及效益情况等。创新点按照重要程度排序，不超过 3

项，客观、真实、准确的阐述项目的关键、核心技术，并对比国内外同类技术的主要参数。

人类使用的主要材料由金属快速扩展到复合材料（以下简称为复材）和半导体材料，检测对象也从金属零部件扩展到复材结构和半导体器件。以往适用于金属材料及零部件的电磁无损检测技术随之受到挑战。总体而言，新材料和新结构的无损检测技术体系是相对滞后的，由此引发了诸多质量和安全问题。近 10 年来，申请人致力于热成像新理论、新方法和新技术的研究，在电磁感应热成像、多模态热成像和动态扫描热成像等领域都取得了创新性工作。项目主要来源国家自然科学基金中英国际合作交流项目、青年基金项目、军队装备预研基金、湖南省自科基金、博士后特别资助、国家重点实验室开放基金、企业委托课题等项目 20 余项。授权专利 10 余项，发表论文 30 余篇，出版中英文专著 3 部。

创新点一：电磁感应涡流热成像

瓶颈问题：传统电磁涡流无损检测多采用人工或机械扫描成像方式，效率较低。即使采用阵列式涡流传感器，检测单元数量也只有几十个，很难实现高灵敏度的快速可视化检测。主要完成内容：以“以温度场动态成像涡流场”的思想为指导，突破热图像序列的时空域重构、瞬态热信号的解释、微缺陷特征增强等科学问题，建立了涡流热成像检测方法及系统。该方法的检测效率比传统的磁粉、涡流、漏磁等检测技术快 10 倍以上，且具备非接触特点。该方法正在湘电和湖南红太阳进行技术转化，有望成为标准化无损检测技术。

创新点二：多模态非常规热成像

共性问题：热成像检测技术的传统激励源如闪光灯、卤素灯都是表面加热方式，针对越来越复杂的复材结构，很难取得最优的检测效果。而一些激励源具有体/内加热甚至是选择性加热的特性，可以发展出新的热成像检测技术。提出体/内加热型热成像检测理论及方法，结果表明径深比为 1.5 的人工脱粘缺陷和直径小于 1mm 的表面自然缺陷可以被有效检测。提出基于选择性加热的低功耗超声热成像与非线性声结合的检测技术，CFRP 板中撞击导致的分层闭合缺陷可以被有效检测。

创新点三：动态扫描热成像

瓶颈问题：复材结构如风机叶片、飞机机体的尺寸越来越大。传统静态配置的热成像或者飞线式扫描热成像的视场固定或者受限，很难检测大尺寸复材结构。提出了联动扫描热成像新方法，研制了单机器人搭载的扫描热成像检测系统，开发了重构和自动分割算法，实现了 CFRP 板下表面径深比为 1.25 的平底孔缺陷自动检测，据文献比较，该指标达到了国际先进水平。

（三）主要发明创新

填写说明：不超 5000 字，图片不超 6 张（800*600）。该部分是提名书的核心内容，也是评价项目、处理异议的重要依据。

应围绕首创性、先进性和技术价值，客观、真实、准确地阐述项目的立项背景，技术内容中前人没有的、具有创造性的关键、核心技术，对比当前国内外同类技术的主要参数，此部分不得涉及评价内容。

技术发明点按重要程度排序。每项技术发明在阐述前应首先说明其成立的授权知识产权。核心发明点必须取得授权知识产权。

应围绕首创性、先进性和技术价值，客观、真实、准确地阐述项目的立项背景，技术内容中前人没有的、具有创造性的关键、核心技术，对比当前国内外同类技术的主要参数，此部分不得涉及评价内容。

技术发明点按重要程度排序。每项技术发明在阐述前应首先说明其成立的授权知识产权。核心发明点必须取得授权知识产权。内容所用字体为宋体，字号不小于小四号字，行距不小于 18 磅，标题和图表文字可自行设置，建议为黑体、仿宋、楷体。

3.1 电磁感应涡流动态热成像——以热图像表征电磁场参数

瓶颈问题：传统电磁涡流无损检测多采用人工或机械扫描成像方式，效率较低。即使采用阵列式涡流传感器，检测单元数量也只有几十个，很难实现高灵敏度的快速可视化检测。

主要完成内容：以“以温度场动态成像涡流场”的思想为指导，突破热图像序列的时空域重构、瞬态热信号的解释、微缺陷特征增强等科学问题，建立了动态涡流热成像检测方法及系统，如图 1a 所示。该系统可对导电材料和构件中的缺陷进行成像检测，图 1b 是钢轨踏面边缘下表面裂纹的成像检测效果，图 1c 是涂层下腐蚀的成像检测效果，图 1d-e 是光伏电池检测效果，图 1f 是 CFRP 检测效果，图 1g 是电机绕组检测效果。该方法的检测效率比传统的磁粉、涡流、漏磁等检测技术快 10 倍以上，且具备非接触特点。该方法正在湘电和湖南红太阳进行技术转化，有望成为一种标准化无损检测技术，授权专利 10 余项。发表高质量论文十余篇，ESI 高被引论文 1 篇，在国防工业出版社出版中文专著《涡流热成像检测技术》（第二作者）。

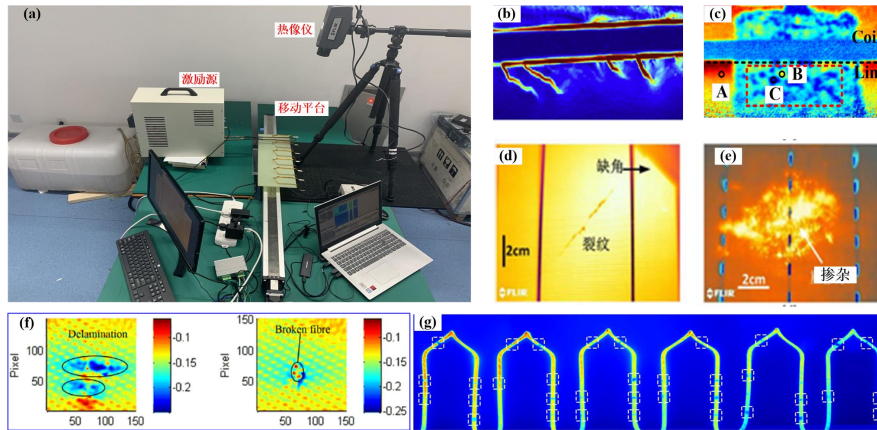


图 1. (a)动态涡流热成像检测系统；(b)钢轨踏面下表面裂纹；(c)涂层下腐蚀；(d)光伏电池裂纹；(e)光伏电池掺杂；(f) 碳纤维复材撞击损伤；(g)电机绕组破裂

1) 针对静态模式速度慢的缺点，提出了视场内飞线式涡流热成像方法和联动扫描成像方法。研究了线圈移动过程中对导体材料的加热原理，通过移动速度来控制加热时间。针对热图像原始序列（如图 2a-f 所示）存在的问题，比如缺陷分布在不同的图像上、线圈干扰缺陷的判别、无法判断缺陷的深度等信息、无法应用图像序列处理方法等，提出了温度瞬态响应重构方法，重构的图像序列如图 2g-l 所示。可见，缺陷可以集中在一副图像上，消除了线圈的干扰，可以直观显示不同深度的缺陷。

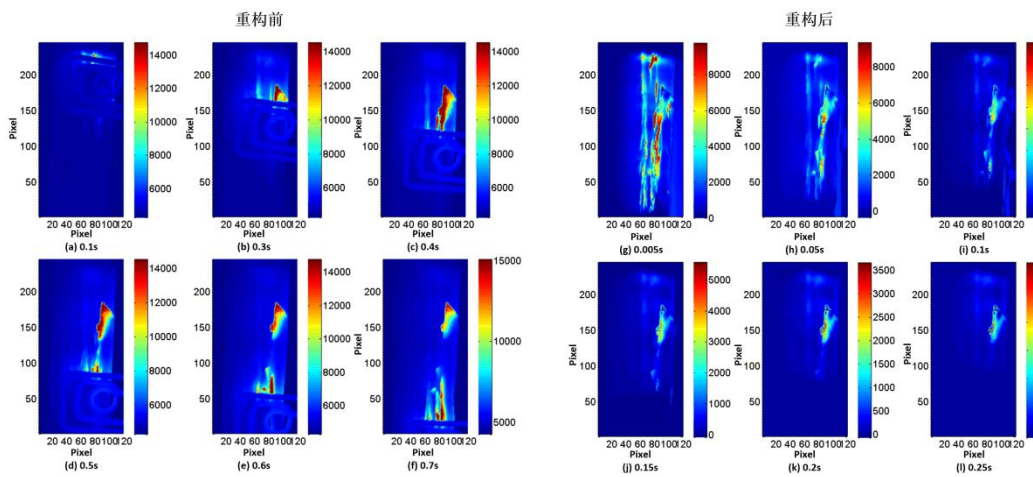


图 2. 飞线式涡流热成像。(a)-(f)原始图像序列；(g)-(l)重构之后的图像序列

2) 信号解释与处理创新。①结合涡流脉冲加热和热波信号处理，提出了涡流脉冲相位热成像检测方法。采用相位信息作为特征值进行成像，抑制了非均匀加热现象和发射率变化，改进了深层缺陷的检测效果。使用差分相位谱中的差分到零频率和最小相位频率作为特征值，对下表面和内部缺陷进行了深度定量；②提出了基于主成分分析和独立成分分析的热图像序列重构方法，有效抑制了热扩散造成的横向模糊效应，提高了微缺陷和深层缺陷的检测能力。

3) **应用创新**。研究了光伏电池中电磁感应涡流热辐射机理和缺陷对电磁热多物理场的影响规律，提出了一种完全非接触的光伏电池涡流热成像检测方法，实现了晶体硅光伏电池中热斑、裂纹、断栅、重掺杂等缺陷的可视化检测，如图 1d-e 所示。

3.2 多模非常规热成像——以热图像表征其它物理场

共性问题：热成像检测技术的传统激励源如闪光灯、卤素灯都是表面加热方式，针对越来越复杂的复材结构，很难取得最优的检测效果。而一些激励源具有体/内加热甚至是选择性加热的特性，可以发展出新的热成像检测技术。在基金委中英国际合作交流、军队预研基金等项目的资助下，提出了微波激励的体/内加热型热成像等新方法。

1) **提出体/内加热型热成像检测理论及方法**。提出了适合 CFRP 的体加热型热成像检测方法，区别于传统的表面加热型热成像，该方法可以在反射和穿透模式下对 CFRP 中的缺陷深度进行定量。针对脉冲式、阶跃式和脉冲相位式这三种经典激励形式，建立了体加热型热成像检测的方法体系)。鉴于吸波涂层特有的吸收电磁波转化为热量的特性和 CFRP 基底导电性导致的涡流效应，提出采用谐振腔微波热成像对吸波涂层 CFRP 基底结构进行检测，开发了国内第一套**谐振腔微波热成像检测系统**，如图 3a 所示。对 CFRP 基底和吸波涂层之间的脱粘缺陷进行了检测，结果如图 3b 所示，结果表明径深比为 1.5 的人工脱粘缺陷和直径小于 1mm 的表面自然缺陷可以被有效检测。

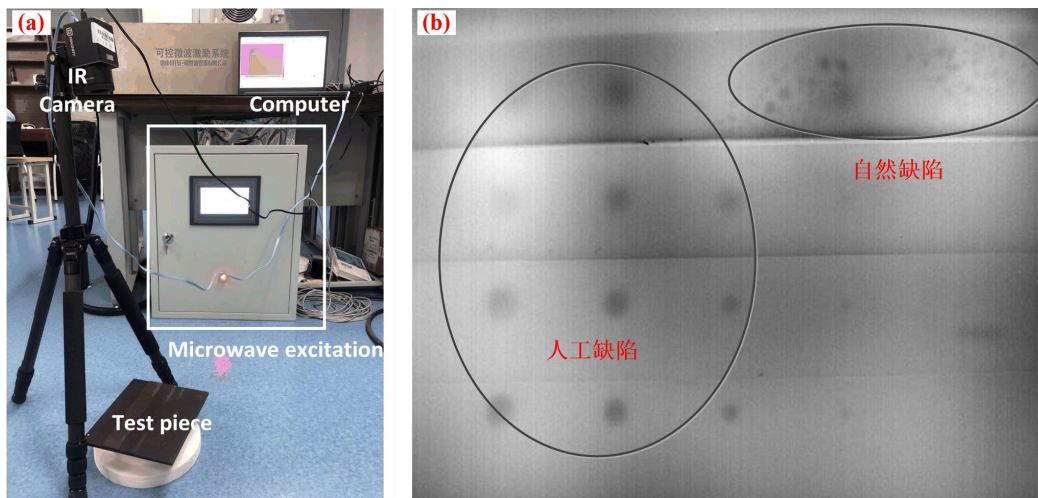


图 3. (a)谐振腔微波热成像检测系统；(b)CFRP 吸波涂层结构检测结果

2) **提出基于选择性加热的 CFRP 纤维断裂电磁热成像检测方法**，提出基于选择性加热的低功耗超声热成像与非线性声结合的检测技术。针对贴合性分层缺陷难以被检测的问题，研究了缺陷与超声共振产生的非线性特征和热特征增强现象，对 CFRP 板中 12J 和 16J 撞击导致的分层缺陷进行了检测，结果如图 4 所示。该缺陷很难被 x 射线检测，证明了超声激励热辐射和非线性声响应相结合的有效性和优越性。

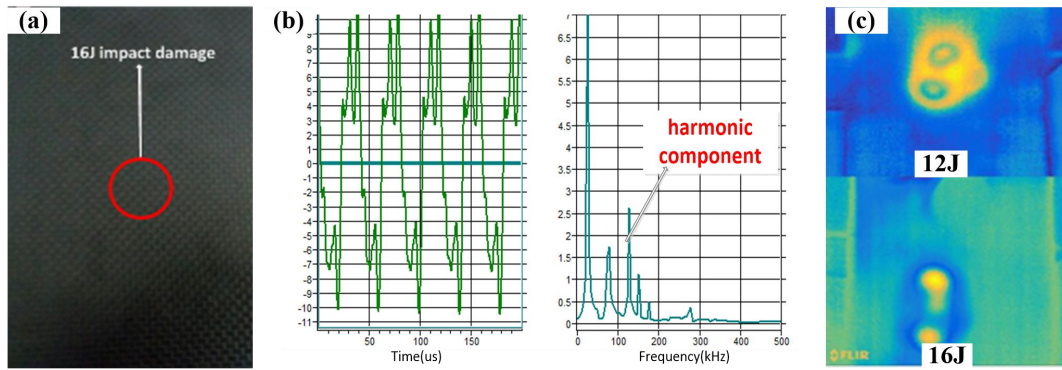


图 4. (a)碳纤维复材撞击照片；(b)非线性声的时域和频域表现；(c)超声热成像结果

3.3 动态扫描热成像——检测大面积对象的有效方法

瓶颈问题：复材结构如风机叶片、飞机机体的尺寸越来越大。传统静态配置的热成像或者飞线式扫描热成像的视场固定或者受限，很难检测大尺寸复材结构。在基金委中英国际合作交流、军队预研基金等项目的资助下，提出了联动扫描热成像等新方法，研制了单机器人搭载的扫描热成像检测系统，如图 5a 所示。开发了重构和自动分割算法，实现了 CFRP 板下表面径深比为 1.25 的平底孔缺陷自动检测，如图 5b 所示，据文献比较，该指标达到了国际先进水平。发表高质量 SCI 论文十余篇，ESI 高被引论文 1 篇，授权专利 10 余项。在 Elsevier 出版英文专著《Transient Electromagnetic Thermal Nondestructive Testing and Imaging》(第一作者)。

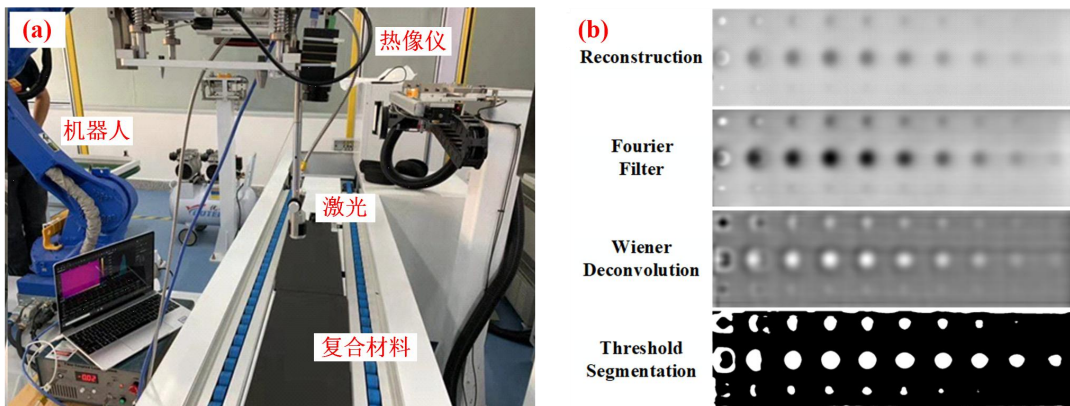


图 5. (a)单机器人搭载的扫描激光热成像检测系统；(b)CFRP 平底孔的自动检测结果

提出联动扫描热成像以连续检测大尺寸结构，建立了单机器人搭载的联动扫描激光热成像检测系统和重构算法，用以检测大面积 CFRP。针对线扫描热成像重构算法面临着帧率与扫描速度不匹配、空间畸变等问题，提出了一个非正交的线扫描热成像重构空间。在此空间中，线扫描过程中的激励运动被描述为一个时延函数，运动速度由推导的位置图估计，重构由图像配准实现。实验结果表明，该方法能准确地估计速度，使得时间对齐误差控制在一个像素以内，解决了帧率与扫描速度匹配的问题。此外，无论帧速率和扫描速度如何变化，重构结果均不会产生空间畸变。使用重建结果，复材平底孔缺陷的检出径深比极限达到 1.25，

为目前公开文献的最好结果。图 6 展示了提出的采样模型与重构算法流程

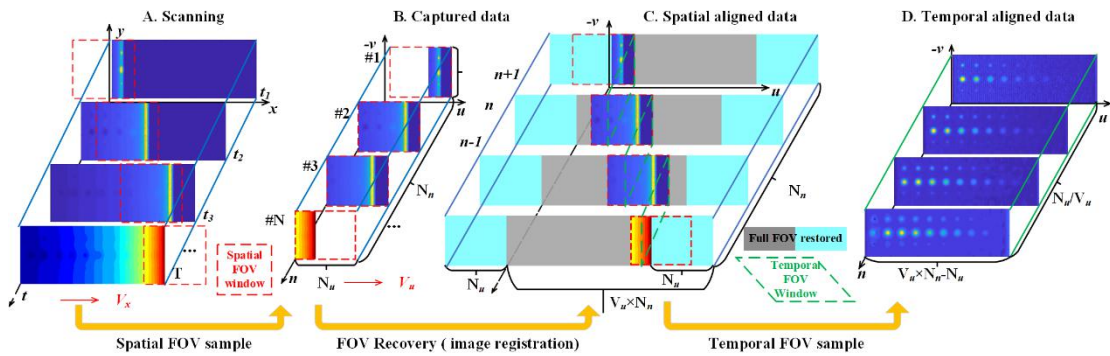


图 6. 扫描模型与重构方法。(a)扫描过程（空间视场窗采样）；(b)扫描采集得到的数据；(c)空间对齐数据（使用图像配准实现视场恢复）；(d)时间对齐数据（根据进入视场的时间）

(四) 客观评价

填写说明：不超过 600 字。围绕技术发明点的首创性、先进性和技术价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议论文集等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。

学术刊物评价：

1) 针对静态模式速度慢的缺点，提出了视场内飞线式涡流热成像方法和联动扫描成像方法。发表于 *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018, 14(12): 5610-5619。英国纽卡斯尔大学的 Wai lok Woo 评价“所提出的基于扫描的热成像方法被认为是检测大面积对象的有效方法^[1]”。

2) 结合涡流脉冲加热和热波信号处理，提出了涡流脉冲相位热成像检测方法。采用相位信息作为特征值进行成像，抑制了非均匀加热现象和发射率变化，改进了深层缺陷的检测效果。发表于 *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2015, 11(6): 1287-1297。英国巴斯大学的 Francesco Ciampa 评价“作者使用的频域相位图像可以提高 CFRP 中分层缺陷的可检测性^[2]”；

3) 提出了基于主成分分析和独立成分分析的热图像序列重构方法，有效抑制了热扩散造成的横向模糊效应，提高了微缺陷和深层缺陷的检测能力。发表于 *NDT&E International*, 52:28-36, 2012。波兰西里西亚理工大学的 Andrzej Katunin 评价“他们改进之后的方法对不同类型的损伤，如分层和冲击损伤，是很灵敏的，有望应用于更厚的夹层结构检测^[3]”。

4) 研究了光伏电池中电磁感应涡流热辐射机理和缺陷对电磁热多物理场的影响规律,提出了一种完全非接触的光伏电池涡流热成像检测方法,实现了晶体硅光伏电池中热斑、裂纹、断栅、重掺杂等缺陷的可视化检测。发表于 *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018, 14(12): 5585-5593。英国哈德斯菲尔德大学的 Mahmoud Dhimish 评价“目前还缺乏可检测太阳能电池缺陷的非接触电致热成像方法。作者提出了一种新的解决方案,使用非接触电磁感应激发红外热成像技术,能够充分检查光伏电池的裂纹、划痕、热斑和表面杂质^[4]”。英国赫尔大学的 Guiqiang Li 评价“作者提出了一种电磁感应热成像方法,可用于检测光伏电池的微缺陷和其他损伤,而这些缺陷和损伤是外场红外成像无法检测出来的^[5]”。北京工业大学何存富教授评价“作者提出涡流热成像对光伏电池和组件进行快速检测,利用所提出的先进系统,实现了热斑、微裂纹、破碎和表面杂质的可视化检测^[6]”。

5) 提出体/内加热型热成像检测理论及方法,针对脉冲式、阶跃式和脉冲相位式这三种经典激励形式,建立了体加热型热成像检测的方法体系,发表于 *International Journal of Thermal Sciences*。意大利卡利亚里大学的 Francesco Aymerich 评价“作者提出的体积加热热成像和内部加热热成像是一种新兴的无损检测方法^[7]”;

6) 提出基于选择性加热的碳纤维复合材料纤维断裂电磁热成像检测方法,发表于 *Composite Structures*。波兰西里西亚工业大学的 Andrzej Katunin 评价“作者提出的基于电磁感应的热激励方法可以用于纤维的局部生热^[8]”;

7) 提出联动扫描热成像以连续检测大尺寸结构,建立了单机器人搭载的联动扫描激光热成像检测系统和重构算法,用以检测大面积碳纤维复合材料,发表于 *IEEE sensors journal*。比利时根特大学的 Gaetan Poelman 评价本方法“激励源和热像仪同时移动的动态扫描技术被成功应用于缺陷的快速检测^[9]”。纽卡斯尔大学的 Wai lok Woo 教授评价“基于动态运动的方法为电磁感应热成像提供了增强区域和快速检测的新思路^[1]”。

参考文献:

- [1]. Ahmed J, Gao B, Woo W l. Sparse Low-Rank Tensor Decomposition for Metal Defect Detection Using Thermographic Imaging Diagnostics[J]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2021, 17(3): 1810-1820.
- [2]. Ciampa F, Mahmoodi P, Pinto F, etc. Recent Advances in Active Infrared Thermography for Non-Destructive Testing of Aerospace Components[J]. *Sensors-Basel.*, 2018, 18(2): 609.

- [3]. Katunin A. Vibration-based spatial damage identification in honeycomb-core sandwich composite structures using wavelet analysis[J]. *Compos. Struct.*, 2014, 118385-391.
- [4]. Dhimish M, Mather P. Ultrafast High-Resolution Solar Cell Cracks Detection Process[J]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2020, 16(7): 4769-4777.
- [5]. Akram M W, Li G, Jin Y, etc. Improved outdoor thermography and processing of infrared images for defect detection in PV modules[J]. *Solar Energy*, 2019, 190549-560.
- [6]. Wang N, Liu X, Zhou B, etc. Eddy current O-scan and C-scan imaging techniques for macrocrack detection in silicon solar cells[J]. *Nondestructive Testing and Evaluation*, 2019, 34(4): 389-400.
- [7]. Arhamnamazi S A, Arab N B M, Oskouei A R, etc. Accuracy Assessment of Ultrasonic C-scan and X-ray Radiography Methods for Impact Damage Detection in Glass Fiber Reinforced Polyester Composites[J]. *Journal of Applied and Computational Mechanics*, 2019, 5(2): 258-268.
- [8]. Katunin A, Wachla D. Analysis of defect detectability in polymeric composites using self-heating based vibrothermography[J]. *Compos. Struct.*, 2018, 201760-765.
- [9]. Poelman G, Hedayatrasa S, Segers J, etc. Multi-scale gapped smoothing algorithm for robust baseline-free damage detection in optical infrared thermography[J]. *NDT&E Int.*, 2020, 112102247.

科技奖励:

- [1] 2021.07 Vebleo Scientist Award, Vebleo 科学家奖;
- [2] 2021.04 **2020 Highly Cited Chinese Researchers**; 爱思唯尔 2020 中国高被引学者,
- [3] 2020.12 World's Top 2% Scientists (Career), 美国斯坦福大学; **世界前 2% 科学家 (职业生涯)** ;
- [4] 2018.03 **Royal Society-Newton Mobility Grant**, 英国皇家学会牛顿流动奖;

- [5] 2020.10 中国发明创新奖二等奖，工程结构服役期性能损伤与可靠性智能评估方法及系统，中国发明协会，排第二；
- [6] 2020.12 湖南省科学技术进步奖二等奖，工程结构损伤成像智能检测与动力可靠性评估，湖南省科学技术厅，排第八；
- [7] 2018.04 科学技术成果评价“输变电系统绝缘子检测及可靠性提升关键技术研究与应用”，国际先进，排第十一；
- [8] 2018.06 湖南省“湖湘青年英才”；

（五）应用情况和效果

不超过 600 字。应就本项目技术应用的对象（如应用的单位、产品、工艺、工程、服务等）及规模情况进行概述，并在附件中提供主要客观佐证材料的关键页或材料目录。

主要应用于：

- 1) 无锡双马钻探工具有限公司金属钻杆的裂纹检测；
- 2) 碳纤维加固竹木结构和混凝土结构的脱粘检测；
- 3) 碳纤维和玻璃纤维复合材料中脱粘缺陷的检测；
- 4) 太阳能光伏电池中裂纹、参杂等缺陷的检测；
- 5) 涂层中脱粘缺陷的检测；
- 6) 电机绕组中缺陷的检测。

三、主要完成人情况表

姓名	何赟泽	性别	男	排名	1	民族	汉
出生年月	1983年12月			出生地	山西祁县	身份证号	142430198312093138
最高学位	博士			最高学历	博士研究生	技术职称	副教授
毕业学校	国防科技大学			毕业时间	2012年12月	所学专业	仪器科学与技术
电子邮箱	yhe@vip.163.com			办公电话	0731-88822252	移动电话	13467698133
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区麓山南路湖南大学电气学院					邮政编码	410082
工作单位	湖南大学						
二级单位	电气与信息工程学院						
参加本项目的起止时间	2013年						
对本项目主要科技创新的贡献：							
<p>突破了多模动态热成像无损检测关键技术中的电磁涡流和微波激励、体加热激励下缺陷检测和联动扫描数据重构等难题。主持参与相关科研项目10余项。把热成像在金属材料 and 碳纤维复合材料检测中进行了推广应用。</p>							
曾获科学技术奖励情况：							
<p>获得爱思唯尔2020中国高被引学者、斯坦福大学世界前2%顶尖科学家（职业生涯）、英国皇家学会Newton Mobility Grant、Vebleo科学家奖等国际性奖励和荣誉；获得中国发明创新奖二等奖，湖南省科学技术进步奖二等奖等科技奖励；获得湖湘青年英才，全军优秀博士学位论文奖，湖南省优秀硕士学位论文奖，教育部博士研究生学术新人奖等奖励。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。</p>				单位（盖章） 年 月 日			
本人签名： 年 月 日							

三、主要完成人情况表

姓名	王洪金	性别	女	排名	2	民族	汉
出生年月	1986年11月			出生地	河北沧州	身份证号	130982198611047529
最高学位	博士			最高学历	博士研究生	技术职称	助理教授
毕业学校	德克萨斯农工大学（美）			毕业时间	2016.12	所学专业	机械工程
电子邮箱	hjwang_2018@hnu.edu.cn			办公电话	0731-88822252	移动电话	15387539093
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区麓山南路湖南大学电气学院					邮政编码	410082
工作单位	湖南大学						
二级单位	电气与信息工程学院						
参加本项目的起止时间	2013年						
对本项目主要科技创新的贡献：							
<p>突破了热成像无损检测中的赝热流反演、微小缺陷检测、大面积联动扫窗重构等难题。利用锁相环结合还原赝热流成功提取到碳纤板中 5mm 深的分层缺陷；主持参与相关科研项目 10 余项。把热成像在金属材料、尼龙材料和碳纤、玻璃纤维复合材料检测中进行了推广应用。</p>							
曾获科学技术奖励情况：							
<p>J. George H. Thompson Graduate Fellowship; 湖南省仪器仪表学会优秀会员奖；德州农工大学机械系 departmental scholarship.</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。</p>				单位（盖章） 年 月 日			
本人签名： 年 月 日							

三、主要完成人情况表

姓名	杨瑞珍	性别	女	排名	3	民族	汉
出生年月	1984年10月			出生地	山西祁县	身份证号	142430198410291226
最高学位	博士			最高学历	博士研究生	技术职称	副教授
毕业学校	湖南大学			毕业时间	2013年12月	所学专业	结构工程
电子邮箱	xbaiyang@163.com			办公电话	0731-84261208	移动电话	13755033650
通讯地址	湖南省长沙市开福区洪山路98号长沙学院理工楼A307					邮政编码	410022
工作单位	长沙学院						
二级单位	土木工程学院						
参加本项目的起止时间	2015年						
对本项目主要科技创新的贡献：							
<p>突破了多模动态热成像无损检测关键技术中的微波激励、动态扫描等技术难题，实现了微波激励之后的热成像和声发射的同时检测。把热成像推广应用到竹木复合材料和碳纤维加固混凝土结构的检测。</p>							
曾获科学技术奖励情况：							
<p>湖南省科学技术进步奖二等奖；长沙市杰出创新青年培养计划，湖南省普通高校青年骨干教师培养对象；博士研究生国家奖学金；教育部博士研究生学术新人奖；辽宁省优秀本科毕业生。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。</p>					单位（盖章）		
本人签名：					年 月 日		
年 月 日							

三、主要完成人情况表

姓名	邓堡元	性别	男	排名	4	民族	汉
出生年月	1996年5月			出生地	四川仪陇	身份证号	
最高学位	学士			最高学历	本科生	技术职称	
毕业学校	湖南大学			毕业时间	2018年6月	所学专业	测控技术与仪器
电子邮箱	dengbaoyuan@foxmail.com			办公电话	0731-88822252	移动电话	13142038847
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区麓山南路湖南大学电气学院					邮政编码	410082
工作单位	湖南大学						
二级单位	电气与信息工程学院						
参加本项目的起止时间	2017年						
对本项目主要科技创新的贡献：							
<p style="text-indent: 2em;">突破了多模动态热成像无损检测关键技术中的联动扫描数据重构、缺陷自动检测、三维热成像等难题。缺陷可检测径深比达到了 1.25，国际领先。</p>							
曾获科学技术奖励情况：							
<p style="text-indent: 2em;">国家奖学金，湖南大学校长奖学金，远东无损检测新技术论坛优秀学生论文奖。</p>							
<p>声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。</p>					单位（盖章） 年 月 日		
本人签名： 年 月 日							

三、主要完成人情况表

姓名	周中吉	性别	男	排名	5	民族	汉族
出生年月	1978.10		出生地	江苏无锡		身份证号	320202197810130510
最高学位	/		最高学历	中专		技术职称	/
毕业学校	无锡市交通技工学校		毕业时间	1998年6月		所学专业	汽车修理
电子邮箱	zzj@dhd.com.cn		办公电话	0510-85371107		移动电话	13812506618
通讯地址	无锡惠山经济开发区堰桥配套区堰盛路19号					邮政编码	214174
工作单位	无锡双马钻探工具有限公司						
二级单位							
参加本项目的起止时间	2016年						
对本项目主要科技创新的贡献：							
把涡流和微波激励的动态热成像无损检测技术在钻杆质量检测方面进行了转化应用。							
曾获科学技术奖励情况：							
主持或参与钻杆钻具制造生产和质量控制相关的科技项目10余项，持有专利20余件，2017年被选为无锡市人大代表。							
声明：本人同意完成人排名，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。					单位（盖章） 年 月 日		
本人签名： 年 月 日							