中国专利奖申报书

（发明/实用新型）

专 利 号：ZL 201510852380.6

专利名称：基于超声导波的双向时间反演损伤

成像方法

申报单位：华南理工大学、广东汕头超声电子

股份有限公司

推荐单位：中国电子仪器行业协会

二〇二〇年 十 月 二十八 日

国家知识产权局制

**一、申报项目基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **专利号** | ZL 201510852380.6 | | |
| **专利名称** | 基于超声导波的双向时间反演损伤成像方法 | | |
| **专利权人** | 华南理工大学、广东汕头超声电子股份有限公司 | | |
| **发明人** | 洪晓斌、周建熹 | | |
| **IPC主分类号** | G01N29/06 | | |
| **通讯地址**  **/邮编** | 广东省广州市天河区五山路华南理工大学 510641 | | |
| **联系人1** | 洪晓斌 | **手机1** | 13711229472 |
| **办公电话1** | 020-87110568 | **电子邮箱1** | mexbhong@scut.edu.cn |
| **联系人2** | 许培杰 | **手机2** | 13502950716 |
| **办公电话2** | 0754-88250577 | **电子邮箱2** | pjxu@st-ndt.com |
| **推荐单位** | 中国电子仪器行业协会 | | |

**二、专利质量评价材料**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **评价“三性”和“文本质量”,说明参评专利质量的优秀程度**  **（一）新颖性和创造性**：  超声无损检测作为非破坏性检测的方法，对产品、设施质量及使用安全把控具有不可或缺关键作用。随着超声无损检测等技术竞争提升到国家经济与战略安全层面，对复杂化结构超声高分辨率可视化快速成像检测要求极高。现有技术传统超声成像检测技术仍存在无法检测盲区、检测效率偏低、成像不够直观及设备难以轻量型模块化等不足，尤其关乎国家安全重大工程（航天航空、高铁、海工船舶、核电能源等）领域中关键核心结构存在“微损伤”检不了、检不出、检不准的卡脖子难题。  本发明首创基于超声导波的双向时间反演损伤成像方法，突破传统超声一维、二维损伤成像检测，率先实现超声检测实时动态三维全聚焦成像设备产业化，并且支持超声导波无损云检测新模式，研发出目前业界最小工业超声导波云检测模块；超声导波阵列检测三维成像范围达2m以上，可实现0.5毫米级损伤进行准确成像，图像刷新率可达50fps（附件7）。本发明充分发挥了仪器的检测性能，在保证结构损伤识别准确度的同时,并能对结构损伤位置和大小进行实时三维成像,使得抽象结果更加具体化，大幅提高了检测成像效率。  本专利权利要求1要求保护一种基于超声导波的双向时间反演损伤聚焦成像方法，权利要求2～6为从属权利要求。  本专利的新颖性和创造性经广州中新知识产权服务有限公司(国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心直属企业)作专利新颖性和创造性检索（附件2），检索到与本发明较相关的现有技术主要如下：  对比文件1（“板状金属结构健康监测的非线性超声理论与关键技术研究”，胡海峰，中国学位论文全文数据库），公开了一种基于VAM-TR的信号聚焦和增强成像方法。针对板状金属结构，研究基于振动声调制（VAM）特征的疲劳损伤检测和合成损伤图像方法，并引入时间反转（TR）用于解决测量信号散焦、成像精度不高的问题，提高损伤成像的精度。  对比文件2（“基于透射、反射系数的结构不连续定位方法”，CN102495141 A，公开日2012.06.13）公开了一种基于透射、反射系数的结构不连续定位方法。通过测量波导动力学信号并计算其散射系数；最后通过结构不连续处的测量散射系数与预计散射系数模型对波导结构不连续进行识别定位。  本发明权利要求1和对比文件1存在以下区别技术特征：  区别技术特征①（步骤A）采用调制的激励信号对损伤实物进行主动应力波探测，在被测区域的透射端与反射端两端阵列上同步采集信号；所述损伤实物的形状为长状实心结构；  区别技术特征②（步骤B、C）对采集到的信号进行频散补偿分离，分离出纵向模态导波和弯曲模态导波，并对两端纵向模态导波进行时间反演；  区别技术特征③（步骤D）将两端反演信号双向同步导入有限元模型中进行仿真反演，提取模型中所有点云所有时刻的位移值，进行时间聚焦处理，得到振动云图；  区别技术特征④（步骤E）定义空间曲线将振动云图转为三维彩色云图，以三维彩色点云形式进行损伤成像。  本发明权利要求1与对比文件2存在以下区别技术特征：  步骤B-E。  **【新颖性】**  由上可知，对比文件1-2与本发明权利要求1的技术方案存在较大区别，均未公开本发明权利要求1的技术方案，且与本发明解决的技术问题不同，达到的技术效果也不同，因此，本申请权利要求1具备专利法第二十二条第二款规定的新颖性；而权利要求2～6是权利要求1的从属权利要求，因此，**权利要求2～6也具备新颖性**（见检索报告附件2）。  **【创造性】**  上述现有技术中，将对比文件1、2作为本专利最接近的现有技术评述本发明的创造性。本专利与对比文件1、2的区别技术特征对比如表1 所示。  表1 本专利与对比文件1、2的区别技术特征对比   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 区别技术特征 | 技术点 | 本专利 | 对比文件1 | 对比文件2 | | ① | 激励信号类型 | 低频调制信号 | 振动声调制信号 | / | | 信号采集 | 反射端和透射端 | 反射端或透射端 | 反射端和透射端 | | ② | 信号处理方式 | 频散补偿、分离；  两端信号时间反演 | 截取非线性分量；  一端信号时间反演 | 计算散射系数 | | 提取的信号特征 | 线性时域信号的相位 | 非线性频域信号的幅值 | / | | ③ | 损伤聚焦方法 | 双向反演信号同时聚焦 | 单侧阵列反演信号聚焦 | / | | ④ | 成像方式 | 三维彩色点云式 | 二维 | / |   由表1可见，对比文件1采用布置单向稀疏传感器阵列的时间反演二维成像技术，分别验证了透射信号与反射信号检测损伤的有效性，两个信号之间是独立的，本质上是利用信号频域的幅值进行损伤检测，属于非线性超声导波检测的范畴，且存在单向时反聚焦对传感器阵列布置方案要求高、二维成像结果不够立体直观不足。对比文件2仅通过计算散射系数（透射系数、散射系数）判断损伤位置，未涉及缺陷的聚焦及成像方法。与对比文件1、2相比，本专利最主要的区别特征在于超声导波的双向时间反演损伤聚焦成像技术，尤其表现为上述区别技术特征③的双向时间反演聚焦技术、区别技术特征④的三维彩色点云损伤成像技术。对于区别技术特征③，对比文件1-2均没有教导中利用信号时域相位对透射端以及反射端接收的信号进行缺陷进行定位检测的技术手段；对于区别技术特征④，对比文件1公开的成像方法为损伤二维成像，对比文件1-2均没有教导通过定义空间曲线将振动云图转为三维彩色云图，以三维彩色点云形式进行损伤成像的技术手段；且上述技术特征并非为本领域的公知常识。  此外，区别技术特征③通过同时激励双向时间反演信号进行自适应损伤聚焦，具有损伤区域高能量、高分辨力的损伤检测优势，显著提高了检测的信噪比，可实现对微损伤进行0.5毫米级精确成像；区别技术特征④通过振动云图进行成像的三维彩色点云损伤成像技术，突破传统超声导波一维、二维损伤成像检测局限，填补了当前传统超声三维成像检测领域空白。由此可见，权利要求1记载的技术方案具有突出的实质性特点和显著的进步。  因此，**权利要求1具备创造性。**权利要求2-6是权利要求1的从属权利要求，因此，**权利要求2-6也具备创造性**（见检索报告附件2）。  **（二）实用性**：结合实施情况，说明参评专利的技术方案能够制造或使用，并已产生了积极的效果。  与现有技术相比，本发明技术方案带来了较为明显的有益效果。本发明将传统的超声导波透射法、反射法与时间反演法相结合，有效补偿非均匀复杂环境、媒质引起的信号衰减，及长状结构传感阵列聚焦困难等问题，且具备一定的抗干扰和抗噪声性能等优点。故此，在初步识别的基础上，实现长型结构的高精度和高准确率的损伤检测，也是各类复杂长状类结构损伤检测方法今后非常重要的研究方向。  本专利说明书给出了技术方案、具体实施方式、附图八张，本领域普通技术人员根据以上该描述即可实施并实现上述的技术效果，2016年先后在广东汕头超声电子股份有限公司（汕超公司）、巨轮智能装备股份有限公司（巨轮公司）、广船国际有限公司（广船公司）开始进行实施应用并实现产业化。基于本专利成果申报和承担多项国家级及省部级项目（附件8-1至8-7），本专利损伤检测技术已在轨道交通、智能制造、航天航空、电力行业、海工装备、特种专用车、建筑水利、特种设备及军工舰载机等领域取得了广泛应用（附件5-1至5-14、附件6）。  由此可见，本专利技术是可以被实际利用的，具有很好的实用性，而且已经产生了显著的社会经济效益。  **（三）文本质量**：请详细说明：  1.说明书已清楚、完整地公开发明的内容，并使所属技术领域的技术人员能够理解和实施。  该授权专利的说明书已经清楚、完整地公开发明的内容，使得所属技术领域的技术人员根据该授权专利的说明书公开的内容，完全能够理解和实施其该授权专利的发明内容。具体如下：  技术领域：本发明涉及无损检测技术领域，尤其涉及一种基于超声导波的长状结构的双向时间反演损伤成像方法。  背景技术：超声导波检测损伤成像检测已经成为未来发展趋势，通过超声导波检测双向时间反演聚焦成像实现检测产品设备的高精度和高准确率损伤检测，是本专利的主要解决的技术问题。  发明内容：主动激励调制信号并同时采集透射信号和反射信号；频散补偿分离出纵向模态导波进行同步双向时间反演处理；反演信号导入有限元模型进行时空聚焦处理，得到振动云图；根据振动云图进行三维彩色点云式损伤成像。  技术效果：本发明将能有效地增强信号幅度，提高信噪比，实现对长状结构的长距离检测；实现对结构中损伤目标的聚焦检测，提高了损伤目标检测的分辨率与准确性；检测结果三维成像更加直观清晰。  实施方式：本发明配合八个实施例和附图对本发明的技术方案和技术效果进行了详细的描述，本领域技术人员可以根据实施例的描述再现本发明，取得本发明的技术效果。  附图：配有8张。  2.权利要求书清楚、简要。  本发明权利要求做到了即简略扼要，又清楚了包含了实施本发明的所有必须内容，按照保护范围从大到小分层保护，保护主题明确，技术措施清楚、简要。  权利要求1作为主要权利要求，限定了基于超声导波的双向时间反演损伤成像方法。权利要求2～6，对权利要求1步骤A-E进行了进一步说明和限定，引用关系清楚，技术措施清楚、简要。  3.权利要求以说明书为依据，保护范围合理。  本发明专利主权利要求与从属权利要求保护范围均得到了实施例的充分支持,保护范围真实、合理。权利要求均以说明书发明内容、具体实施例和附图为依据。  本专利权利要求通过对说明书内容进行合理的抽象概括，是以说明书记载的实施例为依据，清楚、简要地限定要求专利保护的范围；专利权利要求1-6既做到了对核心内容的重点保护，也没有将本发明内容进行不合理扩展，实现了专利权人利益与社会公共利益的很好平衡。 |

**三、技术先进性评价材料**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **（一）技术原创性及重要性：**1.结合技术要点，说明参评专利属于基础型的专利或改进型专利，并解释是否解决了本领域关键性、共性的技术难题。2.说明在围绕本单位相关产品或技术布局的系列专利申请中，该参评专利是否属于核心专利。如果系列专利申请中曾有专利获得过中国专利奖，请详细说明本参评专利与之的区别。  **1.基础型专利的原理性创新**  本专利属于基础型的专利，尤其属于应用基础研究型专利。针对大型、长状、包覆区等复杂结构损伤难以检测的问题，提出基于超声导波的双向时间反演成像方法，将超声导波透射法、反射法、时间反演技术、全聚焦阵列技术等相结合，解决长期制约行业难检测、难成像等共性难题，提高结构损伤检测目标分辨力与准确性。本专利关键技术前期研究已获得国家重点研发计划项目(2019YFB1804200，附件8-1)、国家自然科学基金(51975220、51305141，附件8-2、8-3)、广东省杰出青年基金(2019B151502057，附件8-4)、广东省重点领域研发计划项目(2019B010154002，附件8-5)、广东省自然资源厅重大专项(GDOE[2019]A13，附件8-6)、广州市产业技术重大攻关计划项目(201802020021，附件8-7) 等多个重大项目资助。  本发明专利主要原理性的创新有：  1）**首创基于超声导波的同步双向时间反演损伤聚焦技术。**通过对透射信号、反射信号同步进行时间反演处理后，通过有限元技术进行双向时间反演信号损伤聚焦，形成新型损伤新聚焦方式，有效增强信号幅度，提高信噪比，并实现超声导波在被测结构中全覆盖传播及损伤自适应全聚焦，顺应在役超声无损云检测技术趋势，可构建形成超声检测模块化云检测能力。  2）**首创基于匹配追踪的主动式超声导波信号频散补偿分离技术**。通过建立新型超声导波过完备原子库，自适应最优匹配超声导波多模态混合信号波形，对复杂信号进行分解和去噪；再基于理论频散传递函数提取模态成分及该模态时域信号，实现难以接触、大型、长状等复杂结构导波模态的分离。  3）**首创基于有限元模型的超声导波全聚焦3D彩色云图成像技术**。通过全聚焦阵列采集实际信号及双向时间反演算法处理，聚焦算出损伤的振动云图并转化为三维彩色点云图输出；实现损伤实时三维成像，使检测结果更加立体化，大幅提高了检测效率。  **2.解决的核心问题**  **1）解决传统超声导波单向反演难聚焦问难题。**传统时间反演技术要求信号从损伤到接收阵列单元之间的路径较短且不尽相同，且需要布置较多的接收阵列单元数量。本专利双向时间反演技术，通过在待测结构的两端布置全聚焦传感器阵列，使用同步双向时间反演技术，使导波在损伤处的透射向、反射向信号高度聚焦，实现了损伤自适应聚焦。  **2）解决传统超声导波信号混叠多模态难题。**超声导波在大型、长状、难以接触等复杂结构中传播由于频散及端面反射等原因具有多模态特性，本专利提出的基于频散补偿多模态信号分离技术可以有效抑制干扰模态信号，分离导波模态并提取所需的最优模态成分，充分提升了信号的抗干扰性和可靠性。  **3）解决传统结构损伤超声导波检测3D成像难题。**传统超声导波成像技术为多一维或二维成像，本专利提出的基于有限元技术的双向时间反演损伤聚焦3D成像技术将结构损伤信息以三维彩色点云图的形式进行显示，使损伤成像更加立体直观。  **3.技术重要性的客观评价情况**  本专利技术已实现产业化，在国内率先开创了超声产品3D成像及超声无损云检测模式的先河，并推广应用至航空航天、铁路、海洋工程、电力、核工业、机械装备、建筑、石油天然气、化工、冶金等不同行业及军工企业的损伤检测，有效避免安全事故的发生（附件3、附件5、附件6）。  基于专利核心原理发表“An imaging method for the covered damage region of strand wire based on dual time reversal using piezoceramic transducers”(中科院1区Top论文)，获得国内外同行的一致肯定。如美国休斯顿大学机械工程学院的Gangbing Song教授(休斯顿大学智能材料与结构实验室创始人及主任、千人计划、国家杰青、长江学者)高度肯定了该专利技术采用双向时间反演成像方法对复杂结构损伤检测领域瓶颈难题的突破；大连理工大学李宏男教授(国家杰青、长江学者)高度肯定了该专利技术在抗噪声方面的鲁棒性，在结构健康监测方面的应用前沿性，该技术有利于促进我国在国际超声无损检测行业中的技术与产业优势等。  此外，本专利技术还促进了高端超声无损技术的行业变革，促进本领域超声导波检测激励接收信号技术手段从单点向多路的方向发展，如清华大学2017年采用在损伤周围布置N个传感阵列，通过激发全向超声导波的技术方案对金属板缺陷进行成像（CN106872576A）；厦门大学2019年采用在监测区域两端布置传感阵列从而获得多条激励-传感路径的技术方案，实现对结构的覆冰区域及厚度定量化监测（CN107219304B）。同时，还促进本领域损伤成像方法从一维、二维向三维的方向发展。如北京工业大学2020年提出少量阵元同步激励所有阵元接收回波信号的技术方案，通过将切片数据根据空间位置进行排列得到三维成像结果（CN111521683A）；深圳英美达医疗技术有限公司2020年研发360度全景超声波成孔三维成像检测仪（CN111419285A）。  综上所述，相关技术成果已在国内超声检测相关企业进行技术应用及产业化推广，具有显著的经济效益。以上成果反映出本专利技术具有显著的原创性和重要性。  **4．核心专利及系列专利获奖情况**  为对本专利首创的基于超声导波的双向时间反演损伤聚焦方法进行有效保护，华南理工大学和广东汕头超声电子股份有限公司以本专利技术为核心专利技术，申请了包括技术延伸的相关检测方式、识别及评估技术、相关传感器及仪器设备技术方案、辅助结构及运行平台技术方案的80多件外围专利知识产权，逐步形成了新型超声检测核心技术专利池，从而加强对专利的保护。本系列专利申请中未有专利获得过中国专利奖。  **（二）技术优势：**１.对比若干个当前（参加评奖时）的同类技术，详细说明参评专利在提高效率、降低成本、节能减排、改善性能、提升品质等方面的技术优势和不足。２.结合实施情况，相对于公开的技术方案，说明参评专利技术实施效果的确定性。  **1. 技术优势**  本专利技术的主要技术优势在于：  **1)** **构建三维成像模式更加完整，显著提高检测效率和成像质量品质**。传统检测仪器成像技术为一维、二维成像，本专利技术率先实现结构损伤超声实时动态三维全聚焦成像新模式，真正意义上实现了3D全聚焦成像技术，显示效果更加直观，三维成像可长达2m以上范围，大大提高检测效率和成像质量品质。图1所示为本专利技术所开发产品与常规相控阵和2D全聚焦相控阵成像对比。    a)常规相控阵紧固螺栓检测 b)2D全聚焦紧固螺栓检测 c)3D全聚焦紧固螺栓检测  图1本专利技术所开发产品测连接销钉的应用实例  **2)** **提高损伤成像检测精度，大幅改善产品性能，附加产值高**。本专利技术开发的PA322T等3D全聚焦超声导波检测仪具有全并行通道配置，图像聚焦精度及检测精度更高，可解决常规超声设备不易解决的微小缺陷特征(缺陷类型、缺陷方向、缺陷大小等)，三维成像检测缺陷尺寸可突破0.5mm，代表本领域量产级前沿技术。表2为本专利技术所开发产品与其它超声检测方法对比结果。图2所示为本专利技术所开发产品微损伤应用实例。  表2 为本专利技术所开发产品与国际产品对比   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **对比方法** | **数据采集** | **聚焦方式** | **成像检测精度** | | 3D全聚焦 | 全矩阵数据 | 三维立体聚焦 | 突破0.5mm | | 常规相控阵 | 接收阵列数据 | 平面聚焦 | 1mm以上 | | 传统超声 | 回波数据 | -- | 无成像检测 |     图2 3D全聚焦阵列对接焊缝检测结果  **3)** **突破传统超声局部检测限制，解决检测盲区痛点，显著提高结构安全性保障，大大减少漏检风险**。传统超声存在无法检测包覆结构区域(如过墙管道、绞线结点结构等)的局限。本专利技术采用全区域聚焦模式，利用新型双向时反超声导波的时空聚焦特性，只需在被测结构未被包覆的表面上取两个位置，可实现包覆结构区域检测，突破传统超声仅局部检测技术限制。如图3所示为包覆区长状结构双向时反超声导波检测的应用实例。   |  |  | | --- | --- | |  |  | | a) 绞线包覆区结构 | b)双向时间反演损伤聚焦成像 | | 图3包覆区长状结构双向时反超声导波检测 | |   **4)** **形成超声检测模块化云检测，实现设备轻量化，提高检测人员安全保障，降低检测成本**。与传统超声检测仪器相比，本专利技术率先构建超声导波检测模块化新模式，通过云平台后处理模式，对被测结构进行准确高效的智能化监测，极大轻量化现场检测设备，如图4所示。表3为本专利技术所开发模块化云检测代表产品PA22S与传统产品对比。同时提供多种检测及成像模式结合云端决策模式，容易实现单一方法对不同部位的检测合成，如图5所示。未来在云平台大数据的支持下，可以实现整体评估结构损伤并惊醒损伤预测评估。   |  |  | | --- | --- | |  |  | | 图4 超声导波无损云检测平台系统交互 | 图5 大型结构的云检测合成 |   表3 为本专利技术所开发重点产品与传统产品对比   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 对比设备 | PXUT-920 | RAM-5000 | PA22S | | 厂家 | 南通友联 | 美国RITEC,Inc. | 汕超公司 | | 检测模式 | 集成式人工检测 | 集成式人工检测 | 分布式智能监测 | | 处理能力 | 机载芯片 | 机载芯片 | 现场传感终端+云平台 | | 现场设备重量 | 2.95 kg（含电池） | 18kg（含电池） | 500g (智能探头) |   **2. 技术不足**  现有技术由于检测对象主要针对长状结构，存在3D成像计算量大、对设备运算能力要求较高的局限性。针对该问题，专利权人通过开发相关辅助结构扩展扫描检测功能，实现对长状类多种结构的应用；并通过提高运行平台技术已经克服3D成像运算问题。  **3. 技术实施效果的确定性**  本专利技术已在汕超公司成功产业化，先后开发CTS-PA2、PA322T、GT-2+、GT-20等系列检测设备品牌及其探头产品，系列检测设备已广泛应用于航空航天、铁路轨道交通、海洋工程、电力、特种专用车、建筑、石油天然气、化工、冶金、核工业等不同行业取得了应用(附件5-1至附件5-14)，并应用于军工领域舰载机阻拦系统的检测（附件6）。巨轮公司应用本专利技术检测轮胎活络模具的生产质量及疲劳裂纹等损伤，确保组装成品质量，提升售后检修服务，促进轮胎模具的销售。广船公司应用本专利技术检测船舶管道检测，提高检修效率，大大降低维护成本，有效避免安全事故发生。  自本专利实施以来，已累计创造新增产值45495.39万元，新增利润4148.34万元（附件3）。其中尤其3D超声全聚焦成像仪器市场率从0增长到70%左右；不同行业应用上如轨道交通检测仪器市场占有率从40%提升到60%，高教培训系统市场占有率从20%提升到40%等。  **（三）技术通用性：**1.介绍参评专利目前已应用的领域和范围；2.说明该专利技术还可以应用的其他领域和范围。  本发明技术已经在如下领域取得了应用:  1) **新型超声检测仪器研发领域**：可提高现有设备检测精度、距离范围及复杂区域结构检测能力等，研制出包括实施单位旗下GT-2+、GT-20、CTS-PA22(A\B\S\T)、PA322T等系列检测设备品牌。  2) **轨道交通领域：**主要应用在高速铁路\地铁\城际铁路钢轨、接触网、承力索、机车轮辋及车轴检测等安全检测，目前产品已进入我国11个铁路局应用以及青岛、武汉、深圳等城市地铁(附件5-1至5-4)。  3) **智能制造领域：**主要应用在轮胎活络模具、高铁铜导条的生产质量检测及售后检修服务(附件3-2)。  3) **航天航空领域**：专利技术可集成应用于机器人自动化设备，可实现包括对大型飞机机翼新型碳钎维复合材料等结构安全检测提供保障(附件5-5)。  4) **电力行业领域**：主要应用在电力高压输电线路电缆、变电站母线、绝缘子相关复杂长状结构安全检测提供保障(附件5-6)。  5) **海工装备领域**：主要应用在大型船舶、新型无人艇船体结构及管道、海上风电电缆等相关设备制造和使用进行安全检测(附件3-3、附件5-7、5-8)。  6) **特种专用车领域**：重点应用在包括特种专用罐车罐体、高空作业车线缆、起重车线缆、重型运输专用车等，促进超声模块化云检测技术发展，实现大型结构全方位在线监测(附件5-9)。  7) **建筑水利领域**：主要应用在钢丝绳、钢筋混凝土、紧固螺栓、建筑铆线等结构的安全在役检测(附件5-10)。  8) **特种设备等领域：**主要应用在压力管道、电梯曳引钢丝绳、客运索道、客运索道、大厚度加氢管线等相关结构安全检测提供保障(附件5-11、5-12、5-13、5-14)。  **9) 军工领域：**主要应用在歼-XX系列舰载机及其拦阻系统的核心零部件产品检测(附件6)。  此外，还可拓展应用到如下领域：  1)天然气管道领域；  2)高层建筑幕墙领域；  3)医疗仪器领域等。 |

**四、运用及保护措施和成效评价材料（一）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **（一）专利运用：**说明专利权人为促进专利价值实现，在加快专利的有效实施、与企业研发和营销的有机结合、提升市场竞争力等方面所采取的运用措施及成效，包括但不仅限于自行实施（生产）、许可、出资、融资等情况。  **一. 专利运用措施**  1、自行实施  专利权人华南理工大学和汕超公司紧密合作，实现专利技术的实施应用和产业化，双方签订华工-汕超长期合作关系的框架协议，建立联合实验室，成立广东省院士专家企业工作站，设立博士后科研企业工作站及系列联合攻关科研项目(附件4-3)。以本专利技术为核心的专利同族技术成功应用至公司多个系列产品中（CTS-PA22(A\B\S\T)、PA322T、GT-2+、GT-20等系列检测设备和相应检测探头），以专利技术提升产品附加值，使得成本、功能均获得有效的提升。相关系列产品已广泛应用于航空航天、轨道交通、海洋工程、电力、核工业、机械装备、建筑、石油天然气、化工、冶金等不同行业（附件5-1至5-14）。  2、专利许可  巨轮公司于2016年10月与专利权人就本专利签订实施许可合同，并应用该专利技术检测公司轮胎模具生产质量，并加入已售产品售后服务中。   1. **专利运用成效**   **1.专利核心技术助力粤企业登顶**  专利权人为促进专利价值实现，2016年6月开始给予汕超公司理论指导和协助，实现了三维超声导波相控阵检测仪等系列产品从无到有，再到规模化生产，在高铁、航空航天、海工、电力、核工业、石油化工等重要行业的国内市场与国际市场获得广泛应用。以本专利技术为基础开发系列产品综合市场占有率20%以上，其中尤其3D超声全聚焦成像仪器市场率从0增长到70%左右；不同行业应用上如轨道交通检测仪器市场占有率从40%提升到60%，高教培训系统市场占有率从20%提升到40%等。GT-2+、CTS-PA22A及CTS-PA22X等产品已获得广东省高新技术产品称号，PA22T荣获2019年之江优胜杯无损检测擂台赛“锐器”奖。大大强化了品牌知名度，有助于确立广东省超声电子仪器龙头企业的技术优势地位，同时为企业后续继续向行业纵深发展奠定基础，实现向高附加值领域升级。  巨轮公司自实施本专利技术以来，应用该专利技术于检测轮胎模具各组件的生产质量，大大提高了轮套模具的成品质量。并应用该专利技术售后服务中，定期为客户检修已售轮套模具。广船国际有限公司应用本专利技术于液货船、客船、半潜船及特种船的管道检测，提高检修效率，大大降低维护成本，有效避免安全事故发生。  自专利实施以来，已累计创造新增产值45495.39万元，新增利润4148.34万元（附件3-1、3-2、3-3）。  **2.****促进军工相关领域行业核心技术发展**  我国军工行业是国家战略性产业，产业装备的关键结构质量是各种军工装备性能的基础。新型铜合金等是歼-XX系列舰载机及其拦阻系统关键件，为了保障产品质量，针对上述新材料系列核心零部件产品检测要求，应用本专利技术，可实现对“微损伤”结构进行0.5毫米级精确成像(图像刷新率可达50fps)，有效预防了上述系列关键部件结构存在的安全隐患难题，改进了系列核心部件加工工艺(附件6)。  **3.引领超声检测行业及技术向无损云检测方向拓展**  本专利技术重建超声检测平台架构，促进从单一仪器集成向平台化发展，可极大简化现场检测设备，减少对现场作业人员的技术要求，降低恶劣环境作业危险性。结合三维模型可实现对不同部位的检测合成，未来在云平台大数据的支持下，可以横向整合各个部件检测数据，整体评估结构损伤，可以纵向整合历史检测数据，做损伤预测评估。  **4.**[**拓宽人才培养途径，提升**](https://www.baidu.com/link?url=lYiPI_t0eiiQNzdFrDrf0oisMGdYtOtvdfXM8eZZBVY-1bPa45g1j1i3UD-wuZWT-GaL8LeOhU8q2ZM7mohpC_&wd=&eqid=ccc058ad00006cdc000000035f98cbef)**人才队伍建设**  产学研结合方式实现了“人才－知识”的迁移，很好地优化整合了企业与高校的资源。一方面产学研结合方式有效地解决企业人才培养与科技创新的双重问题，项目实施过程中充分利用了高等学校资源，包括科技人员、重要设备、实验平台等；另一方面，高等教育充分利用企业的实际应用工程资源，包括专业的研究设备、经验丰富的一线工作人员、真实的工作场景等，大大提高工科人才培养和队伍建设的质量。  **（二）专利保护：**说明专利权人为获得市场竞争优势，在专利保护方面所采取的措施及成效，包括但不仅限于：专利维权、国际申请、系列专利申请等情况。  为对专利技术进行有效保护，专利权人以本专利技术为核心基础，申请了80多件外围专利知识产权，逐步形成了新型超声检测核心技术专利池，有效保障了本专利权利要求。主要外围专利具体分布如下：  (1) 面向本专利基础技术框架，对可能延伸相关的检测方式、识别技术、评估技术等方法申请系列专利，形成了以本专利为核心的方法技术专利池，已申请发明专利18项（授权15项），见表4所示。  表4 参评专利外围相关方法   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 知识产权名称 | 授权专利号 | 专利类型 | | 1 | 一种基于超声导波的复杂结构损伤协同识别方法 | ZL201510593758.5 | 发明专利 | | 2 | 基于合成时反的结构损伤迭代聚焦成像监测方法 | ZL201410201131.6 | 发明专利 | | 3 | 基于时反聚焦峰值的结构损伤多峰值回归评估方法 | ZL201410310982.4 | 发明专利 | | 4 | 基于主动声发射的长形金属结构损伤检测系统及方法 | ZL201310016837.0 | 发明专利 | | 5 | 一种基于PZT在固体结构中的多点通信系统及方法 | ZL201410038332.9 | 发明专利 | | 6 | 一种薄板工件相控阵超声导波成像检测系统及其检测方法 | ZL201510015585.9 | 发明专利 | | 7 | 一种手持式超声导波结构损伤检测装置及其检测方法 | ZL201511033637.1 | 发明专利 | | 8 | 一种面向绞线结构损伤针状式超声导波检测装置及方法 | ZL201610237900.7 | 发明专利 | | 9 | 一种基于多轴飞行器的激光超声检测系统与方法 | ZL201610508518.5 | 发明专利 | | 10 | 一种基于Golay互补卷积码的多元调制超声编码单次激励方法 | ZL201610407512.9 | 发明专利 | | 11 | 一种应用补码方法的正余弦CORDIC算法在FPGA实现的方法 | ZL201410012830.6 | 发明专利 | | 12 | 一种CIC多相内插滤波超声相控阵波束延时方法 | ZL201610107254.2 | 发明专利 | | 13 | 一种无线智能传感器即插即用的实现方法 | ZL201110108398.7 | 发明专利 | | 14 | 一种集成传感器RFID系统及该系统混合模式接口性能测试方法 | ZL20110373363.6 | 发明专利 | | 15 | 轴压装部位的超声TOFD检测成像方法 | ZL2012103909695.X | 发明专利 | | 16 | 一种基于深度卷积特征的超声导波检测方法 | CN201910801019.9 | 发明专利 | | 17 | 一种基于管道爬行器的内窥涡流检测系统与方法 | CN201710130970.7 | 发明专利 | | 18 | 一种金属合金结合面缺陷检测方法 | CN201510202334.1 | 发明专利 |   (2) 基于本专利技术方法，对可能形成的相关传感器、仪器等设备技术方案申请系列专利，已申请发明专利5项（授权3项），授权实用新型专利12项，见表5所示。  表5 参评专利外围相关检测设备   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 知识产权名称 | 授权专利号 | 专利类型 | | 1 | 一种子午线轮胎模具皮下缺陷无损检测装置及系统 | ZL201410334897.1 | 发明专利 | | 2 | 一种电动双轨轮式探伤车 | ZL201510042376.3 | 发明专利 | | 3 | 基于RFID自供能的车联网轮载式传感系统及方法 | ZL201110373363.6 | 发明专利 | | 4 | 一种集成多传感器的管道爬行智能检测设备 | CN201610146355.0 | 发明专利 | | 5 | 一种基于Hadoop的钢结构无损云检测系统 | CN2017113898628 | 发明专利 | | 6 | 一种超声导波信号激励集成模块 | ZL201521030075.0 | 实用新型 | | 7 | 一种手持式超声导波结构损伤检测装置 | ZL201521141731.4 | 实用新型 | | 8 | 一种面向绞线结构损伤针状式超声导波检测装置 | ZL201620317525.2 | 实用新型 | | 9 | 相控阵超声导波探头 | ZL201520020371.6 | 实用新型 | | 10 | 一种集成多传感器的管道爬行智能检测设备 | ZL201620199332.1 | 实用新型 | | 11 | 基于多轴飞行器的激光超声检测系统 | ZL201620682687.6 | 实用新型 | | 12 | 一种基于管道爬行器的内窥涡流检测系统 | ZL 201720214890.5 | 实用新型 | | 13 | 一种电动双轨探伤车 | ZL 201720913512.6 | 实用新型 | | 14 | 一种路轨轮式探头 | ZL201720863555.8 | 实用新型 | | 15 | 一种用于钢轨焊缝超声波成像检测的阵列探头 | ZL 201620971722.6 | 实用新型 | | 16 | 一种基于双阵列探头的钢轨焊缝超声波成像检测系统 | ZL 201620970974.7 | 实用新型 | | 17 | 超声相控阵轮式探测装置 | ZL201620344259.2 | 实用新型 |   (3) 基于本专利技术系统，专利权人和实施单位在不同行业的推广应用也提前做了战略布局。结合不同应用行业特点，对可能形成的系统相关辅助结构、运行平台等技术方案申请系列专利，形成了检测设备辅助平台方面的核心技术专利池，已授权实用新型专利17项，见表6所示。  表6 参评专利外围相关辅助结构   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 知识产权名称 | 授权专利号 | 专利类型 | | 1 | 一种钢轨探伤车的自动驻车制动装置 | ZL201821141437.7 | 实用新型 | | 2 | 一种便携可快拆装架及电动双轨探伤车架 | ZL201821142119.2 | 实用新型 | | 3 | 一种钢轨探伤车上可拆装的防倾覆装置及钢轨探伤车车架 | ZL201820753264.8 | 实用新型 | | 4 | 一种用于钢轨探伤车的可快速拆装的轮式探头架 | ZL201821443246.6 | 实用新型 | | 5 | 一种电动钢轨超声波探伤车的驱动桥 | ZL201720913937.7- | 实用新型 | | 6 | 一种钢轨探伤车上模块化的电子驻车制动装置 | ZL201820418395.0 | 实用新型 | | 7 | 一种应用于双轨探伤车的从动桥架 | ZL201720797957.2 | 实用新型 | | 8 | 一种便携式可拆装的电动双轨探伤车架 | ZL201720914772.5 | 实用新型 | | 9 | 一种应用于双轨自行走钢轨探伤车的轮式探头架 | ZL201621442574.5 | 实用新型 | | 10 | 一种便携式可拆卸的钢轨探伤车车架 | ZL201720001720.9 | 实用新型 | | 11 | 一种适用于钢轨探伤的K型扫查器 | ZL201720038729.7 | 实用新型 | | 12 | 一种应用于轮式探头架的轨行小轮快速更换装置 | ZL201720560502.9 | 实用新型 | | 13 | 一种用于钢轨焊缝超声检测的视频采集系统 | ZL201720600583.0 | 实用新型 | | 14 | 一种应用于轮式探头架的多自由度调节横移架 | ZL201720653422.8 | 实用新型 | | 15 | 一种自对中轮式探头架 | ZL201721170453.4 | 实用新型 | | 16 | 一种自对中轮式探头架 | ZL201721170453.4 | 实用新型 | | 17 | 一种小型楔块超声扫查架 | ZL201721552542.5 | 实用新型 |   (4) 为了提高专利技术的国际竞争力，争取使专利技术处于国际领先地位，专利权人亦开展了国际布局工作，已对5件外围专利申请PCT，见表7所示。  表7 参评专利外围国际专利   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 知识产权名称 | PCT申请号 | PCT申请日 | 国外申请号 | 国外申请日 | | 1 | An adjustable touch force ultrasonic guided wave damage detection system | PCT/CN2019/  087794 | 2019.05.21 | (ZAF)  2020/05455 | 2020.09.01 | | 2 | A detection method of nonlinear ultrasonic guided wave with carrier modulation | PCT/CN2019/  088043 | 2019.05.23 | (USA)  17040490 | 2020.09.22 | | 3 | Multi-source sensing method and system for marine unmanned equipment | PCT/CN2019/  089748 | 2019.06.03 | (MN)  10-2020-0006624 | 2020.09.22 | | 4 | An active infrared thermal wave detection method and system for the damage detection of glass curtain wall bonding structure | PCT/CN2019/  085513 | 2019.05.05 | (KH)  QQP-CN/  2020100158 | 2020.10.07 | | 5 | A real-time two-dimensional imaging method and system for side scan sonar | PCT/CN2019/  091563 | 2019.12.05 |  |  |   **（三）制度建设及条件保障和执行情况**：详细说明专利权人在专利运用及保护方面的制度建设情况、条件保障措施和执行情况，以及知识产权管理标准化建设情况等。描述发明人在促进本专利实施运用中的贡献，以及对发明人所采取的有关激励措施。  **1．从制度、机构、人员上为保护知识产权提供保障**  专利权人华南理工大学是首批“国家知识产权示范高校”、“全国专利工作试点示范高校”和“全国企事业知识产权示范单位”，学校从制度、机构、人员上为保护知识产权提供保障，形成了统一、高效的组织管理：1）设立知识产权领导小组及学校专利事务中心，分别负责学校知识产权决策和具体业务工作；2）先后制定《华南理工大学知识产权管理办法》等办法，涉及知识产权管理制度、保密制度、奖惩制度等；3）设立了专利发展基金，用于专利维权调查、专利实施应用。  汕超公司、巨轮公司设置有知识产权管理部门，建立了公司知识产权管理规范体系，详细规定了知识产权管理组织机构、职责分工、产权归属、知识产权申请程序、专利奖励等方面内容。  **2．建立专利库与专利池防范和避免侵权**  学校购买重要专利库、组建了特定技术领域专利库，对申请专利进行充分检索，避免侵权。鼓励围绕核心专利申请系列外围专利形成专利池，对核心专利进行全方位保护。  **3．通过许可实施和互利合作化解纠纷、避免诉讼**  华南理工大学为保护学校和合作单位的合法权益，提供知识产权条款，明确知识产权归属及其收益分配原则，鼓励和促进专利成果转化。  **4．实施专利战略**  华南理工大学聚焦产业热点和企业需求，培育高价值专利；定期组织召开PCT和国外专利布局培训会，提升科研成果和专利技术的国际影响力；通过专利许可收益再研发，实现专利群保护；通过与企业合作专利申请，专利出资入股等措施，加强并促进了专利成果的产业化。  **5. 发明人在促进本专利实施运用中的贡献**  发明人为促进专利价值实现，对本专利及专利池进行了积极推广，与汕超公司、巨轮公司从专利技术创意的形成、专利确权、专利运用、专利保护等全过程进行深度合作。在本专利技术应用初期，发明人与专利实施公司密切合作，就本专利技术应用于不同具体检测对象时产生的问题，进行技术调试和优化，使本专利技术在实际工程应用中达到可靠的检测效果。学校根据有关奖励办法对各类知识产权的发明人予以奖励，并促进知识产权成果转化贡献作为考核和职称评定的内容。 |

**运用及保护措施和成效评价材料（二）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **（四）经济效益** | | | | | | |
| **自行实施情况** | | | | | | |
| 时 间  项 目 | 实施日至2019年底 | | | 2018年初至2019年底 | | |
| 产量 | 设备4564台；探头25.56万套；检测印制板35.3万平方米、覆铜板1942.61万张；检测轮胎模具37560套；检测船舶管道42068米。 | | | 设备2830台；探头14.31万套；检测印制板20.15万平方米、覆铜板1096.71万张；检测轮胎模具27149套；检测船舶管道16359米。 | | |
| 新增销售额（万元） | 45495.39 | | | 27285.31 | | |
| 新增利润（万元） | 4148.34 | | | 2390.79 | | |
| 新增出口额（万元） | 694.86 | | | 491.14 | | |
| 经济效益说明（或列表）：（500字以内）  汕超公司应用本专利技术开发GT-2+、PA322T等系列超声探伤仪及探头，并应用于对印制线路板、覆铜板的损伤检测。自专利技术实施以来，共新增销售检测设备4000余台及探头24余万套，检测印制线路板35.3万平方米、覆铜板1942.61万张，由本专利技术产生的新增销售额36222.57万元（详见表8，包括超声探伤仪及探头销售额和印制线路板、覆铜板的检测产生销售额）；新增利润2892.38万元；出口额275.8万元，产品出口包括英国、瑞士、澳洲、新加坡等国家。经济效益数据来源于我司2016年至2019年年度报告，经济效益证明及计算说明见附件3-1。  表8. 汕超公司2016年至2019年专利实施专项销售额   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | | | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | | 超声探伤仪  及探头 | 销售量 | 超声探伤仪（台） | 623 | 1172 | 1266 | 1429 | | 探头（只） | 56204 | 57251 | 61764 | 71013 | | 销售额（万元） | | **1963.45** | **4511.37** | **5003.60** | **5912.58** | | 印制线路板检测 | 检测量（万平方米） | | 4.57 | 10.41 | 10.64 | 9.51 | | 印制线路板销售额（万元） | | 91192.61 | 230997.25 | 246542.90 | 231594.99 | | 专利产生销售额（万元） | | **2126.86** | **3973.15** | **4240.54** | **3983.43** | | 覆铜板检测 | 检测量（万张） | | 252.05 | 558.73 | 537.62 | 559.09 | | 覆铜板销售额（万元） | | 24985.26 | 763208.08 | 81171.34 | 77179.93 | | 专利产生销售额（万元） | | **582.73** | **1191.36** | **1160.51** | **1572.99** | | 专利产生的新增销售额合计（万元） | | | **4673.04** | **9675.88** | **10404.65** | **11469.00** |   \*专利产生销售额=销售额\*本专利技术所产生经济效益占总经济效益的比例，其中2016年本专利技术所产生经济效益占总经济效益的比例为2.33%（技术应用初期），2017年至2019年为1.68%）。  巨轮公司应用本专利技术于检测轮胎模具的生产质量。自专利实施以来，共检测新生产的轮胎模具12402台（套），本专利技术所产生经济效益占总经济效益7.9%，由专利技术实施产生的新增销售额7169.40万元；新增利润790.55万元；出口额419.02 | | | | | | |
| 万美元，产品出口包括印度、日本、德国等国家（详见表9），应用本专利技术减少了产品的废品率，提高产品使用寿命，保证产品高质量，增加产品销售量。经济效益证明见附件3-2。  表9. 巨轮公司2017年至2019年专利实施经济效益详细情况   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  | 2017年 | 2018年 | 2019年 | | 销售额（万元） | 33869.14 | 32587.02 | 24296.06 | | 专利产生的销售额（万元） | **2675.66** | **2574.37** | **1919.39** | | 利润（万元） | 4684.95 | 3676.88 | 1645.36 | | 专利产生利润（万元） | **370.11** | **290.47** | **129.98** | | 出口额（万美元） | 1661.03 | 2037.60 | 1605.91 | | 专利产生的出口额（万美元） | **131.22** | **160.97** | **126.87** |   \*专利产生销售额/利润/出口额=销售额/利润/出口额\*本专利技术所产生经济效益占总经济效益的比例  广船公司与华工联合申报和承当重大专题项目，就本专利技术的开发和应用出资240万元（附件8-6、8-7），并应用本专利技术于液货船、客船、半潜船及特种船的管道检测，提高检修效率，大大降低维护成本，有效避免安全事故发生。自专利技术实施以来，共检测船舶管道等结构焊缝42068米，新增销售额2103.4万元，新增利税465.4万元。经济效益证明见附件3-3。  注：应写明经济效益计算过程，并附经济效益证明材料。可提供有资质的会计师事务所出具的参评专利经济效益专项审计报告等作为经济效益相关证明材料。 | | | | | | |
| **专利许可情况**（可加行） | | | | | | |
| 被许可单位 | | 许可金额  （万元） | 至2019年底许可收入（万元） | | 许可种类[[1]](#footnote-1) | 是否进行许可合同备案 |
| 广东汕头超声电子股份有限公司 | | 85 |  | | 普通许可 | 是 |
| 巨轮智能装备股份有限公司 | | 20 |  | | 普通许可 | 是 |
|  | |  |  | |  |  |
| 许可合计（万元） | | 105 |  | |  |  |
| **专利出资情况**（可加行） | | | | | | |
| 单位名称 | | | 出资金额（万元） | | | |
| 广船国际有限公司 | | | 240 | | | |
| 出资合计（万元） | | | 240 | | | |
| **专利融资情况**（可加行） | | | | | | |
| 单位名称 | | | 融资金额（万元） | | | |
|  | | |  | | | |
| 融资合计（万元） | | |  | | | |

**五、社会效益及发展前景评价材料**

|  |
| --- |
| **（一）社会效益状况**：详细说明参评项目对促进技术进步、提高科学管理水平、保护自然资源与生态环境、消除公害污染、安全生产、改善劳动条件、医疗保健、保障国家和公共安全、提高人民物质文化生活水平、引领消费习惯等方面所起的作用。如能采取定量方法说明的均需有具体数字。  本专利对各个方面所起的作用如下：  **1.促进军工相关领域行业核心技术发展，保障国家海军舰载机起降安全。**我国军工行业是国家战略性产业，产业装备的关键结构质量是各种军工装备性能的基础。歼-XX系列舰载机及其拦阻系统关键件应用本专利技术进行损伤检测，可实现对“微损伤”结构进行0.5毫米级精确成像，有效预防了上述系列关键部件结构存在的安全隐患难题，保障舰载机起降安全（附件6）。面对当前国际紧张形势，有利于保障海军舰队维护祖国领土完整行动安全，对维护国家安全具有重大意义。  **2.有利于推动新型超声无损检测技术的发展，保障国家大型工程和装备的制造使用安全。**我国无损检测行业存在关键领域“核心技术空心化”现象，高端无损检测已成为我国的卡脖子技术。本专利有利于改造传统产业和发展高新技术产业，并能代替昂贵的进口无损检测设备，打破国外产品垄断，保障轨道交通、航天航空、电力、海工、特种专用车、建筑水利、特种设备、石化冶金、核电等国家重大行业装备及基础工程建设安全。  **3.可进一步降低大型空间结构健康无损检测漏检概率和漏检风险，提高行业科学管理水平**。本专利技术大幅提高了检测效率，改善传统检测方法存在检测盲区难题，可更加全面对检测对象进行整体扫查，降低大型空间结构健康无损检测漏检概率和漏检风险。  **4.降低对大型空间结构无损检测现场操作人员专业素质要求，提高工作安全性。**本专利技术检测最终结果可交由云平台自动生成，可降低检测人员的技能要求并有效提高检测效率及准确率，改善高空高压等恶劣环境的检测安全性。  **5.可减少大型空间结构无损检测时间，改善劳动条件。**本专利技术中检测所采集数据可以直接传输到云服务端，可简化复杂现场作业流程，大为减少无损检测全流程时间，避免长时间在复杂环境中工作，同时可更加保证检测结果的可信度。  **6.技术有利于引导企业加快技术升级换代的节奏,助力国家新型基础建设战略快速发展。**本专利通过向其他领域及传统产业融合渗透，可带动形成一批新的围绕无损检测产业领域的高新技术产业群体，完善产业链并能促使传统产业升级换代的领域，助力包括城际高速铁路和城市轨道交通、特高压、大数据中心、人工智能等国家新型基础建设战略推进发展。  **（二）行业影响力状况**：详细说明参评项目实施对行业发展及技术趋势的影响。  **1.专利技术引领行业前沿技术趋势发展**  本专利技术的推广应用有利于超声导波无损检测技术水平提升，促进了行业前沿技术的发展。本专利提出基于超声导波的双向时间反演成像方法，其利用双向时反信号进行聚焦以及超声导波三维成像的核心思想，促进了本领域超声导波检测技术手段逐渐从“单向激励-接收”向“多路激励-接收”方向发展，以及促进损伤成像方法逐渐从一维、二维向三维方向发展。前处理的多维处理进一步提高检测精度及准确率，后处理的多维使得枯燥的检测结果从单一、静态、抽象向立体、动态发展，降低从业人员的门槛，提高检测效率。同时可将已有的检测结果与被检对象的状态条件通过云平台进行大数据整合，对同样的潜在被检对象进行损伤情况预测，并进行及时的检测，减少潜在大型结构失效导致的人员财产经济损失。  **2.专利技术实施带领产业发展**  本专利技术的双向时间反演损伤聚焦成像和三维成像，进一步提高检测精度及准确率，尤其是对“微损伤”的检测能力，促进检测产业进一步向“微损伤”结构健康检测发展，有助于建立更加完善可靠的检测体系，有效避免安全事故的发生。本专利技术相关产品打破了进口产品的垄断，成功进入航天航空、高速铁路、电力、海工、核电、建筑、石化、冶金、特种设备等髙端装备制造业。本专利技术的推广应用将有利于国内本土的无损检测技术水平提升，促进所在产业的发展，改变经济増长模式，提高产业附加值，且能够锻炼和培养高端装备开发人才。  **3.推动产业结构调整**  本专利技术代表当前行业最新技术，产品面世即来获得市场的高度关注，打破以往国内超声产业原创技术少、同质化设计严重、产品附加值低和企业良莠不齐的局面，引导行业往高端发展，形成以创新为基础的市场竞争环境。  本专利技术的研发成功和顺利产业化实施，不仅有利于改造传统产业，大幅度减低操作工在严酷环境下的劳动强度、降低检测设施的建设投入，提高劳动生产效率，有利于增强我省我国的高档次无损检测装备在国内外市场的竞争能力。  **4.上下游产业带动效益明显**  应用本专利技术的产品应用领域已经覆盖包括航天航空、铁路、建筑、电力、海工、石油、化工、钢结构、冶金等行业，进一步提升上游新材料等技术发展及下游应用产业的加工能力，促进其结构规模的升级。在国际市场，产品已出口到包括欧洲、非洲、大洋洲、中东以及东南亚在内的多个国家和地区，有效带动区域经济增长。  **（三）政策适应性**：详细说明参评项目属于国家政策明确鼓励、支持的，还是限制、禁止类别，或无明确导向，并具体说明原因。  **1.属于国家发展战略规划优先支持方向**  本专利技术属于先进智能制造领域，尤其是属于制造工程智能化检测及仪器领域，是“中国制造2025”五大工程之一。在当前“中国制造2025”、“一带一路”、“新型基础建设”等国家重大战略背景下，检测设备进一步受到国家政策的大力支持。“中国制造2025”指出建设一批促进制造业协同创新的公共服务平台，规范服务标准，开展技术硬性、检验检测、质量认证、技术评价等专业化服务，促进科技成果转化和推广应用。国家“十三五”规划指出将加强相关计量测试、检验检测、认证认可、知识和数据中心等公共服务平台建设列为重点任务之一。“战略性新兴产业重点产品和服务指导目录（2016年）”将在线无损探伤仪器列为高端装备制造产业重点产品，并在“战略性新兴产业分类（2018年）”将检验检测认证服务列入战略性新兴产业之一。  **2.切合国家和地方的重大战略需求**  近年来，我国检测行业蓬勃发展，市场规模不断扩大。目前，我国检测仪器行业存在规模小、专业分散、基础较弱的不足，在整体技术水平和产品质量方面与国外先进水平存在较大差距。赛默飞、岛津、安捷伦等知名外资企业长期占领我国检测仪器的中高端市场，在高端制造领域采用的先进检测仪器非常依赖进口。高端装备制造及重大工程结构的安全运行都迫切需要先进的无损探伤检测技术及设备，本专利技术的“基于超声导波的双向时间反演损伤成像方法”符合推动产品高质量发展的重要战略导向和规划，且下游应用范围广泛，涉及国民经济各个行业，包括航空航天、铁路、电力、海洋工程、建筑、核工业、石油化工、汽车等领域结构损伤检测，切合国家和地方的重大战略需求，可有效带动相关产业转型升级。  **3.符合粤港澳大湾区发展规划**  打造粤港澳大湾区世界级城市群，有利于深入推进供给侧结构性改革、进一步深化改革、扩大开放、建立与国际接轨的开放型经济新体制，为我国经济创新力和竞争力不断增强提供支撑。中共中央、国务院2019年印发了“粤港澳大湾区发展规划纲要”，鼓励粤港澳三地企业合作开展绿地投资，带动大湾区产品、设备、技术、标准、检验检测认证和管理服务等走出去，因此本专利技术属于国家发展战略规划优先支持方向  **4.本参评专利技术符合产业标准**  华南理工大学是广东省无损检测分会、广东省无损检测标准化技术委员会理事长单位和中国仪器仪表学会常务理事单位。汕超公司是中国仪器仪表协会理事单位、广东省无损检测标准化技术委员会常务理事单位。双方积极参与相关产品的行业标准编制。该专利技术研发多个型号检测设备已获得广东省高新技术产品称号，产品均符合国家3C标准。双方已经参与制修订超声检测相关的国家及行业标准3件。 |

**六、获奖情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **获奖情况**：简要列出参评专利何时何地获何种等级的奖励及其颁奖单位等情况，按奖项重要程度排序（500字以内）。   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 奖励名称 | 奖励等级 | 时间、地点 | 颁奖部门 | | 1 | 面向车联网多源信息智能感知终端关键技术研究与产业化 | 广东省科学技术进步二等奖(附件10-1) | 2018、  广州市 | 广东省人民政府 | | 2 | 一种面向绞线结构损伤监测新型超声导波传感器与系统 | 中国(国际)传感器创新创业大赛全国二等奖(附件10-2) | 2018、  北京市 | 中国仪器仪表学会 | | 3 | 承力索锚结线夹绞线区域损伤超声导波监测传感器 | 中国(国际)传感器创新创业大赛华南赛区二等奖(附件10-3) | 2016、  广州市 | 中国仪器仪表学会 | | 4 | GT-2+数字化钢轨超声探伤仪 | 广东省高新技术产品(附件10-4) | 2017、  广州市 | 广东省高新技术企业协会 | | 5 | CTS-PA22A便携式超声检测仪 | 广东省高新技术产品(附件10-5) | 2017、  广州市 | 广东省高新技术企业协会 | | 6 | CTS-PA22X高端相控阵检测设备 | 广东省高新技术产品(附件10-6) | 2017、  广州市 | 广东省高新技术企业协会 | | 7 | CTS-PA22T便携式超声检测仪 | “锐器”奖(附件10-7) | 2019、  青岛市 | 远东论坛组委会 | |

1. 许可种类填写独占许可、排他许可、普通许可等。 [↑](#footnote-ref-1)