

推荐 2024 年北京市科学技术奖候选项目公示

我单位作为“重要承载结构损伤相控阵超声检测技术及产业化”项目的完成单位，拟提名 2024 年度北京市科学技术奖，现进行公示。公示期：2024 年 8 月 1 日至 8 月 7 日，公示期内如有任何单位或个人对公示内容有异议的，请您以书面方式向中国科学院声学研究所科技发展部反映，以单位名义提出的，需加盖单位公章；以个人名义提出的，需要提供个人身份证明文件。

联系人及联系电话：谢老师 010-82547935

中国科学院声学研究所

2024 年 8 月 1 日

一、项目名称

重要承载结构损伤相控阵超声检测技术及产业化

二、候选单位（含排序）

1、中国特种设备检测研究院；2、中国科学院声学研究所；3、中广核检测技术有限公司；4、广州多浦乐电子科技股份有限公司；5、一重集团大连核电石化有限公司；6、北京市公用事业科学研究所有限公司；7、石油化工工程质量监督总站

三、候选人（含排序）

1、郑晖；2、蔡庆生；3、杨齐；4、王坤；5、刘三江；6、李明；7、原可义；8、王新光；9、郭全海；10、冯东旭；11、廉国选；12、赵泓；13、刘礼良；14、潘强华；15、东蕊

四、项目简介

航空航天、能源交通、石油化工、路桥建筑、采矿冶炼、民生日常等不同领域，普遍使用各类设备设施，其中起主体作用的均为承载结构，一旦发生损伤将直接影响设备设施的运行质量和本质安全，关乎国计民生。对重要承载结构开展损伤检测，是保证其结构完整、功能完备的重要环节。

相控阵超声检测具有图像化检测、可记录、安全、环境友好等特点，受到业界广泛关注。在多项国家科研计划支持下，项目团队对相控阵超声及相关技术进

行了系统研究，对声场控制、超大规模数据高速传输、高精度阵列成像、数据智能分析、检测系统性能测试评价等关键技术进行联合攻关，在原理、核心部件、关键技术、仪器整机、系统测评、标准体系等方面取得系列原创成果，形成了相控阵超声检测应用及产业化的成套技术，解决了多个国家重点项目和重点工程的承载结构损伤检测难题。

主要创新点：

1. 突破多通道任意波形激励、阵列探头辐射声场计算、损伤智能识别与定位等关键技术，建立相控阵超声检测技术的基础研究平台。(1) 提出了阵列超声柔性激励的声场成形方法，开发了国内首台任意波形阵列柔性激励仪器，建立了检测声场调控实验平台。(2) 开发了具有自主知识产权的声场仿真软件，计算效率提高 5 倍以上，信号预测误差小于 5%。(3) 提出了基于图像特征融合的相控阵超声检测损伤智能识别算法，缺陷识别准确率达到 97.69%。

2. 突破检测系统性能测试评价、超大规模数据高速传输、高精度阵列成像、压电复合材料精密加工等关键核心技术，确立了无损检测设备器材质量分级评价标尺，建立了高端相控阵超声检测仪器及探头的研发和产业化体系。(1) 研制国内首套超声波检测国家标准样品试块，建立相控阵超声系统性能测试与评价平台，建成我国首个“国家无损检测仪器设备器材质量检验检测中心”。(2) 研制四百万焦点实时全聚焦便携仪器，缺陷检测精度达到 0.1mm，达到国际先进水平。

(3) 产业化实现大尺寸压电复合材料制备及超声相控阵探头制造，高频探头中心频率 25MHz，阵元数 128，达到现有工艺极限。

3. 主导建立了完善的标准体系、高效的技术应用体系和行业大数据云平台，突破厚壁粗晶各向异性材料、空间曲率复杂结构、水下承压环境检测等难检对象和复杂环境的相控阵超声检测技术，解决了多个领域重要承载结构的检测难题。

项目出版专著 1 部，授权发明专利 58 项，国标 15 项、行标 18 项，高水平论文 200 余篇，其中 SCI 63 篇。近三年，经济效益 115 亿元，孵化 1 家上市公司。社会效益：线上线下培训技术人员 10 余万人次，云平台入驻企业近 300 家；检测重要承载结构近 20 万道，发现并消除安全隐患 5000 多处，在全球最大加氢装置、最大乙烯装置、我国首座示范快堆等重大工程，华龙一号、中缅石油管线等国家重大项目中成功应用，切实保障了国家能源安全和公共安全。

五、曾获科技奖励情况

获 奖 项 目 名 称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
相控阵超声检测关键技术及应用	2018.9.27	中国特种设备检验协会科学技术奖	一等奖	中国特种设备检验协会

六、主要知识产权目录

知识产 权（标 准）类别	知识产权（标准） 具体名称	国家(地区) /期刊或会 议名称	授权号 （标准 号）	授权（标准发 布/论文发 表）日期	证书编号 （标准批准 发布部门， 论文卷、期、 页码）	权利人（标准起草单 位，作者单位）	发明人（标 准起草人， 论文作者）	发明专利（标 准）有效状态	是否涉及我 院成果
专著	超声检测	中国	/	2020	ISBN 978-7-5045- 7069-7	中国特种设备检测研 究院	郑晖、林树 青等	其他有效知 识产权	是
发明专 利	基于超声波信号 特征向量的数据 处理方法及系统	中国	ZL 2021 1 0069308.1	2024.01.09	6611260	广州多浦乐电子科技 股份有限公司	蔡庆生;韩 松;李振宁	有效专利	否
发明专 利	一种基于 FPGA 实现的高帧率超 声全聚焦成像系 统	中国	ZL 2019 1 1278285.4	2022.03.08	4978376	广州多浦乐电子科技 股份有限公司	蔡庆生、李 振宁、骆琦、 韩淞	有效专利	否

发明专利	一种全聚焦成像方法及装置	中国	ZL 2020 1 0436969.6	2023.06.37	6095388	广州多浦乐电子科技有限公司	蔡庆生、韩松、骆琦、李振宁	有效专利	否
发明专利	超声波检测探头及其制作方法和工装机械装置	中国	ZL 2013 1 0097677.7	2015.04.29	1652033	广州多浦乐电子科技有限公司	骆琦,孔傲,蔡庆生,等	有效专利	否
发明专利	焊缝超声检测扫描装置	中国	ZL 2010 1 0248503.2	2012.06.27	978202	中国特种设备检测研究院	郑晖,张旭,杨齐,等	有效专利	是
发明专利	T型接管焊缝的缺陷检测方法、装置、存储介质和处理器	中国	ZL201711 362492.9	2021.07.13	4548110	中国特种设备检测研究院	郑晖、原可义、侯金刚、杨齐	有效专利	是
发明专利	一种双阵列超声成像检测方法 & 检测装置	中国	ZL 2022 1 0025094.2	2023.11.14	6485047	中国科学院声学研究所	庄泽宇, 马骥, 宋波, 桂生, 王建, 毛捷, 廉国选, 等	有效专利	否
发明专利	基于动态光弹性法的超声换能器声场的测量方法	中国	ZL 2013 1 0566400.4	2015.09.09	1782209	中国科学院声学研究所	安志武,廉国选,毛捷,等	有效专利	否
发明专利	一种超声探头频谱测试的频谱偏移补偿方法	中国	ZL 2021 1 1665459.X	2024.01.26	6649669	中国特种设备检测研究院	张驰,潘强华,郑晖,等	有效专利	是

国家标准	焊缝无损检测 超声波检测技术、检测等级和评定	中国	GB/T11345-2013	2013.09.18	国家市场监督管理总局	中国特种设备检测研究院，等	郑晖、庄志强等	其他有效知识产权	是
行业标准	承压设备无损检测第 15 部分：相控阵超声检测	中国	NB/T47013.15-2021	2021.04.26	全国锅炉压力容器标准化技术委员会	中国特种设备检测研究院，等	郑晖、阎长周、杨齐等	其他有效知识产权	是
论文	Comparison of time domain and frequency-wavenumber domain ultrasonic array imaging algorithms for non-destructive evaluation	Sensors	/	2020.9.1	20(17): 4951	中国科学院声学研究所	庄泽宇、张杰、廉国选等	其他有效知识产权	否
论文	Ultrasonic chirp-coded excitation for highly attenuating material testing	Japanese Journal of Applied Physics	/	2019.7.18	58(8): 086504	中国科学院声学研究所	王强、毛捷、廉国选等	其他有效知识产权	否
论文	基于深度学习的焊缝 PAUT 数据智能化分析方法研究	北京航空航天大学学报	/	2021.03.01	48 (03): 504-513	中国科学院声学研究所	朱甜甜,宋波,毛捷,廉国选	其他有效知识产权	否

注：专利只统计授权专利

七、主要完成单位及对本项目技术创新和应用的贡献

排序	主要完成单位	创新推广贡献
1	中国特种设备检测研究院	项目主持完成单位，负责项目的整体策划和研发实施，组织项目组成员围绕重要承载结构损伤相控阵超声检测的关键技术研究及应用的技术难点，从检测方法、系统研制、标准研制等方面，开展了系统深入的研究和应用，取得了全面突破。
2	中国科学院声学研究所	主导检测声场分析、检测数据智能判读等研发工作。
3	中广核检测技术有限公司	主导核电、海洋工程等领域专用水下相控阵检测仪器的应用实施。
4	广州多浦乐电子科技有限公司	主要参与相控阵设备开发及传感器的研制，成果产业化等。
5	一重集团大连核电石化有限公司	主要参与核电及核工业领域相控阵超声检测专用工艺开发及产业化推广。
6	北京市公用事业科学研究所有限公司	主要参与燃气管网等公共设施的相控阵超声检测专用工艺开发及产业化应用。
7	石油化工工程质量监督总站	主要参与石油化工领域相控阵超声检测专用工艺开发及产业化应用。

八、主要完成人情况

排名	姓 名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
1	郑晖	正高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责项目总体设计、研究路线制定和执行管理；负责检测方法研究，制定了相关国家标准以及行业标准；撰写专著1篇；组织成果的推广应用。
2	蔡庆生	正高级工程师	广州多浦乐电子科技有限公司	广州多浦乐电子科技有限公司	负责相控阵设备开发及传感器的研制，成果产业化工作。
3	杨齐	高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	主要负责相控阵检测方法的现场应用、检测结果分析、检测工艺改进、开发以及推广应用。
4	王坤	高级工程师	中国科学院声学研究所	中国科学院声学研究所	负责检测声学相关的电子电路理论、电子系统及成像方法等研究工作。
5	刘三江	正高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责项目总体研究路线执行管理及产业化研究。

6	李明	研究员	中广核检测技术有限公司	中广核检测技术有限公司	负责核电、海洋工程等领域专用水下相控阵检测仪器的应用实施。
7	原可义	高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	主要负责相控阵检测方法的现场应用、检测结果分析、检测工艺改进、开发以及推广应用。
8	王新光	高级工程师	石油化工工程质量监督总站	石油化工工程质量监督总站	参与石油化工领域相控阵超声检测专用工艺开发及产业化应用。
9	郭全海	高级工程师	北京市公用事业科学研究所有限公司	北京市公用事业科学研究所有限公司	参与燃气管网等公共设施的相控阵超声检测专用工艺开发及产业化应用。
10	冯东旭	高级工程师	一重集团大连核电石化有限公司	一重集团大连核电石化有限公司	参与核电及核工业领域相控阵超声检测专用工艺开发及产业化推广。
11	廉国选	研究员	中国科学院声学研究所	中国科学院声学研究所	负责检测声场分析、检测数据智能判读等研究工作。
12	赵泓	高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责仪器软硬件关键技术研发及可靠性设计研发。
13	刘礼良	高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责无损检测工艺方法研究及应用推广。
14	潘强华	高级工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	负责相控阵超声检测系统测试评价方研究及测试平台建设。
15	东蕊	工程师	中国特种设备检测研究院	中国特种设备检测研究院	参与相控阵超声检测仿真方法研究及测试平台建设。

九、推广应用情况

项目研究成果已成功应用于石油化工、核电、海洋平台、新能源等领域关键承载设备的损伤检测业务，包括大亚湾2号机组、广西防城港核电站华龙一号示范堆、渤海湾海上石油平台及海上风电管桩、万华集团、国家管网等，提高了成像检测技术水平，为保障重大设备制造质量和在役安全做出了重要贡献，经济和社会效益巨大。