中国科学院学部
科学与技术前沿论坛简报
第 110 次

学部工作局学术与文化处
《中国科学》杂志社 编报

2021 年 11 月 日

“声学”科学与技术前沿论坛综述

一、背景

声学是一门既古老又年轻的学科。说它古老，是因为自远古时代人类就开始关注、研究和应用声学现象与规律，并且取得了辉煌的成就。说它年轻，是因为随着人类文明的进步，特别是科学技术的不断发展，声学与其他许多科学、技术甚至艺术等不断发生着深度的交叉与融合，产生了许多新的交叉或边缘学科，反过来又促进着科学技术的发展和人类文明的进步，也使得声学这一古老的学科不断焕发着新的活力。

声学是一门以应用为导向的学科，它与其他学科等的交叉融合或紧密结合，不断满足着国家建设和人类社会发展的各种需要，应用需求和发展潜力巨大。比如，声学与电子和通讯技术的结合，满足了人们在各种场合的通话和欣赏音视频节目的需要，并且成就了巨大的电声、电话、电视等产业；声学与建筑艺术的融合，满足了人们欣赏高品质音乐、戏剧、电影等音视频节目的需要；声学与海洋学等的结合，解决了海洋中远距离水下探测和通信等难题，为人类认识和利用海洋

提供了高效而不可或缺的手段;声学与医学的结合,产生了 B 超、HIFU 等仪器，为人类疾病的诊断和治疗提供了新的有效手段，而且仍在快速发展过程中；声学和语言学以及信息技术等的融合，推动了语音识别与合成技术的发展，进而与认知科学等紧密结合，是未来人工智能领域重要而基础的发展方向之一。这也是为什么声学学科始终充满活力的原因。

当前，科学技术的发展日新月异，越来越成为支撑和推动经济社会发展的核心动力。由于声学对经济社会发展和国家安全与国防建设具有广泛而重要的支撑推动作用，所以声学也是国际科技竞争的重要领域之一，主要发达国家和相关企业投入巨资开展前沿科学研究、关键技术攻关和高技术产品研发。我国正处于全面建成小康社会、建设中国特色社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴中国梦的伟大征程上，现代化科技强国建设在国防与国家安全、信息与通讯、生命健康、资源能源、和谐社会以及生态环境等诸多方面都对声学和相关学科提出了许多新的需求，为我国声学及相关学科提供了广泛的发展机遇。组织开展声学前沿科技问题研究，就是要动员声学与相关学科领域科技工作者，不忘初心，牢记使命，满怀“创新科技，服务国家，造福人民”的激情，勇于面对机遇和挑战，加强声学与相关学科发展战略研究，进一步理清声学与相关学科领域的重大前沿科学和技术问题，明确发展方向和重点领域，并聚焦这些问题，凝聚科研力量，加强前沿基础研究与核心关键技术攻关，加强人才培养和引进，为中国特色社会主义现代化强国建设提供坚实的科技支撑。

在中国科学院学部的支持和指导下，中国声学学会和中国科学院声学研究所组织联系国内声学领域科技工作者，开展了声学领域国内外研究现状和发展趋势调研,聚焦声学科技前沿和国家发展重大需求，提出了声学及相关学科领域重大前沿科学问题和关键核心技术发展建议，主要涉及多维声镊构建及其生物效应、空间声技术及其相关问题、

人工结构对声波的调控及其应用、储层声学与技术、水声技术发展若干问题、智能声场控制技术及应用、声学智能化等。

二、论坛概况

2021 年 3 月 28 日，“声学”科学与技术前沿论坛在上海举办。本次论坛由中国科学院学部主办，中国科学院数学物理学部承办，中国声学学会、中国科学院声学研究所、《中国科学》杂志社协办。

论坛执行主席由中国科学院声学研究所张仁和院士担任。张仁和院士和中国声学学会理事长张春华分别主持会议，来自中国科学院声学研究所、南京大学、华南理工大学、北京航空航天大学、中国科学院深圳先进技术研究院、哈尔滨工程大学等单位的 10 位专家作了精彩报告。杨士莪院士、杨德森院士等国内声学领域专家学者 60 余人参加了研讨。

三、论坛报告

中国科学院声学研究所杨军研究员作了**“局部声场控制及其应用”**的主题报告。局域声场控制指采用扬声器阵列在人头附近的局部区域产生任意期望的声场。按照不同应用需求可分为局部区域有源噪声控制技术、个人音响系统以及局部区域声场重建技术。报告综述了这些领域的研究进展。（1）局部区域有源噪声控制技术作为被动噪声控制技术的重要补充，已经成为控制低频噪声的有效手段。报告回顾了有源噪声控制的基本原理，分析了影响系统最大降噪量的主要因素，介绍了在有源降噪耳机、有源头靠和车内有源噪声控制三个方向取得的进展和实际设计案例。（2）个人音响系统目的是在空间内部产生多个独立声场区域，通过调节扬声器阵列输入权向量的幅值和相位在特定区域内产生目标声场，同时压低在其他区域内的声能量，即生成声场明区暗区。取得的进展包括：提出基于声学模型的鲁棒性区域声重放设计框架，在区域声重放系统的正则化设计中引入物理内

涵；提出了一种结合声能量对比度控制和最小二乘准则的频域声场控制算法，通过设置约束参数实现了声能比和声场重现性能之间的平衡；提出了分别基于频响方差和频响差分约束的两种时域控制算法，通过避免频域算法中由因果性引入的不良影响，解决了传统分区域算法无法有效控制在非控制频率点上的声能比问题；提出了圆谐域和球谐域声能量对比度控制方法，相比传统空间域 ACC 方法在控制大范围声场方面具有明显优势，完善了多区域声重放的理论框架。报告还给出了该技术在智慧广场舞系统和车内多区域声重放系统的实际应用。（3）局部区域声场重建技术主要是利用扬声器阵列在目标区域内实现准确的期望声场重建，旨在使听音者获得“声”临其境的听音体验。该类系统具有最佳听音区域广、重放声场方位感强等优点，可以广泛应用于影院、演讲大厅和音乐会现场转播等诸多场合。报告介绍了相关团队从压缩感知的角度对空间声场录制、重建和早期房间传递函数插值等三个方面进行的深入研究。

南京大学程建春教授作了**“人工结构对声波的操控及其应用”**的主题报告，回顾了近 20 年来在声人工结构及其对声波的操控研究方面的工作。主要内容包括：（1）声波与人工带隙材料的相互作用机理研究，发现了固体声子晶体中低频等效声速的各向异性现象，阐明了低频 Bloch 弹性波与周期结构的相互作用关系，发现不同极化导致不同各向异性。阐明了 Bloch 弹性波与边界、基底、周期结构的相互作用机理，揭示了 Lamb 波人工带隙结构的存在性和存在条件；（2）人工材料中声波的单向传播研究，提出“声二极管”，率先实现器件设计与制备，首次解决了声波无法非对称传输的难题，引发了声单向传播研究热潮。实现声类量子霍尔效应及声陈数绝缘体，利用高品质谐振在低转速下产生强非互易性，实验证明了声的非对称传播；（3）非盲隐声和 PT 对称的完美声隐身研究，提出非双盲声隐身斗篷的设计理论，利用声超透镜实现完美阻抗匹配，解决了被隐身物体无法探测外

界的“双盲”问题。通过增益及损耗媒质的排布，构建了具有 PT 对称的超表面来实现完美声隐身，且可拓展到音频；（4）声超表面和基于超表面的声扩散体研究，利用折叠空间和耦合共振结构，实现了反射式和透射式超表面，可对声束进行任意操控。利用超表面实现了超薄的 Schroeder 扩散体，突破了 50 年商用扩散体经典设计；（5）声学角动量的产生与操控研究，利用人工结构打破旋转对称性，提出了操控声角动量自由度的新机理，实现了无源、超薄、平面的声角动量器件。提出基于超表面的声角动量编码/解码原理，设计制备了器件；（6）损耗型声超表面设计及精细成像研究，利用超表面的振幅和相位的解耦调控，突破传统的相控阵方法，实现了有耗系统中三维声场的精细操控和 3D 高质量声全息。报告还讨论了声人工结构和材料应用于声学不同领域存在的基本问题。

华南理工大学谢菠荪教授作了**“声场，空间听觉与声重放”**的主题报告。在可听声的频率范围，声源辐射的声波经直达和环境反射的途径传输，形成空间声场。再经头部等生理结构散射和耳道传输，到达双耳（鼓膜）。双耳声压包含了关声源和声学环境时间和空间信息。内耳将声的机械振动转换为神经脉冲，再经听觉神经传送到高层神经系统处理，最终形成各种听觉事件或感知。空间听觉是对声场空间属性或特性的主观感知，包括对单一声源的定位、多声源的合成听觉感知以及对环境反射声的空间特性感知等多个方面，是人类听觉感知的重要组成部分。空间听觉不但在人类感知机理的基础研究方面有重要意义，且在许多声学技术方面有重要的应用。空间声的目的是重放声音的空间信息，给倾听者产生特定的空间听觉感知。这是基于物理声场和双耳声压的精确或近似重构、人类空间听觉原理的一项重要前沿技术，也一直是声学的重要研究领域。近十多年，计算机、信号处理、通信技术等的发展，空间声技术成为国际上的热点，得到了较大的发展，且应用到通信、虚拟现实、各种科学研究和工程技术领域，完全

突破了传统的、大众化的娱乐应用。空间声的研究涉及物理（声学）、信号处理、听觉生理与心理，甚至音乐艺术等多个交叉学科，既涉及科学问题的基础研究，也涉及技术问题的应用研究。报告在简单回顾声场与人类空间听觉感知机理的基础上，评述了空间声的基本物理与听觉原理、近年的研究进展与应用、报告者所在课题组近年的工作。特别是在声场空间采样、物理重构与听觉近似的理论框架上，将基于不同物理和听觉原理的空间声联系起来，并特别讨论了该领域存在的问题与挑战和今后的发展方向。

北京航空航天大学孙晓峰教授作了**“流体/气动声学涉及的科学与应用发展问题”**的主题报告。气动声学作为流体力学与声学的交叉学科，从它诞生伊始就展现出了两个鲜明的特色：其一是问题的高度复杂性——与非定常流动、旋涡、多尺度、运动边界等因素相关的声波产生与耗散机制问题；其二是鲜明的应用性——以解决航空飞行器、推进装置的气动噪声控制问题为终极目标。然而，气动声学发展至今，Lighthill“声比拟”假设作为气动声学的理论基础，一方面在这一构架下取得了广泛的基础和应用成就，另一方面它的发展也遭遇了各种科学和技术瓶颈，究竟如何选择突破方向是世界上这一领域的研究工作者共同面临的问题。报告重点聚焦该学科涉及的重要应用领域——航空飞行器气动噪声问题展开，特别对大飞机、航空推进系统面临的气动声学问题的现状和未来的发展选择做了详细的阐述，对中国在这方面的重大需求做了分析对比。报告对报告人所在团队基于不同研究路径、不同学术思想所完成的三个方面的工作作了专题介绍，具体包括：（1）涡声能量转换的物理模型及应用，所发展的理论和公式被国际同行称为 JSM（Jing-Sun Model）模型，世界著名的声学软件 ACTRAN 将该模型用于其声学计算模块。英国剑桥大学和美国麻省理工学院联合设计的世界上第一架概念型静音飞机的声学设计也应用了报告人所发展的理论公式。（2）描述声传播与声源相互作用的传递单元理论，

应用该理论实现了在“穿孔板-风扇”物面边界共同作用下的“涡波-声波”耦合求解。展示了应用局域与非局域声衬干涉、声衬与声源干涉、转子屏蔽效应等所蕴含的降噪潜力，也成为建立航空发动机快速声学设计平台的基础构架。（3）测量流动声阻抗的直接提取方法，为研究涡声相互作用的耗散机制提供了迄今最精确的实验手段。该方法完全不同于美国 NASA 主导了 47 年之久的测量流动声阻抗的双传声器法和反演迭代方法。美国 NASA 团队经过严格对比上述三种方法，认为直接提取法不仅分析处理试验数据的效率更高，且精度从 5 位变成了 12 位。

中国科学院声学研究所王秀明研究员作了**“非均匀多相孔隙介质声学研究”**的主题报告。非均匀多相孔隙介质是指由一种或多种不同性质的固体和其孔隙中含有一种或多种不同性质的流体形成的多种物质组成的非均匀介质。如：孔隙中含有不相容的油、气、水的砂泥岩地层（储层）、北极冰和冻土层，速冻食品，人体组织等。非均匀多相孔隙介质声学是研究声波在非均匀多相孔隙介质中激发、传播、接收和应用的声学分支。它主要回答声波是如何在这种介质传播的，声波的速度、衰减以及整个的声场演化规律是什么？如何利用声学理论来刻画这些规律？研究这些介质的组分、性质、分布结构等对声波传播产生何种影响？研究非均匀多相孔隙介质声学的目的是为利用声波在非均匀多相孔隙介质中的传播规律来描述介质的组成成分、空间分布结构、物理性质等，为声学探测、超声检测以及声学监测等实际应用提供物理基础。例如，如何利用声学办法进行油气储层描述，估算储层孔隙度、含油气饱和度，探测天然气水合物，监测二氧化碳地下储存状况，检测速冻食品质量和成分含量，进行智能超声诊断和精准治疗等。报告的主要内容包括介绍非均匀多相孔隙介质声学的起源、发展以及理论与方法。具体地，报告从连续介质力学理论入手，阐述以连续介质力学为基础的 Lagrangian 方程，进而获得声波方程；并以

圆柱形声波导结构中的声传播研究为例，介绍流固耦合的声传播理论和方法；介绍了如何将这一理论推广到单一流体饱和的 BIOT 流-固耦合声学模型；进而推广到两固一液的多相孔隙介质声学模型。另外，还介绍了以计算声学为基础的数字岩芯声学建模，对人体生物组织的数字声学建模也有所涉及。报告指出，变尺度流-固声耦合、岩芯数字声学模型及人体组织数字声学模型的研究，对未来声波地质探测、智能超声诊断和精准治疗、声学康复等具有极其重要的作用。

中国科学院深圳先进技术研究院郑海荣研究员作了**“多维声镊构建及其生物效应”**的主题报告。光、声、电、磁是经典的物理手段，在人类探索和改造世界中发挥着重大作用，也是一大批现代高新技术的核心所在。非接触的物体操控技术在材料、化工、检测或生物医学领域中具有重大科研价值和广泛的应用前景。2018 年诺贝尔物理学奖授予了 Ashkin，表彰其利用光镊操控生物颗粒的贡献。声波作为机械波，具有力学效应，即超声辐射力，通过构建复杂声场利用超声辐射力可实现类似光镊的操控功能。相比于光镊，声镊对物体产生的捕获力更大，穿透性更强，适用性更广，成为近年来国际声学领域重大前沿热点。声镊作为一种新兴的技术，可用于捕获和移动尺寸介于数百纳米到数十微米之间的颗粒，已经成为生物医学、物理化学和材料研究领域一个重要的工具。报告介绍了报告人所在团队在超声辐射力的理论、技术以及应用研究方面取得的进展。在理论方面提出了复杂声场环境中声辐射力离散表达与计算理论，发明了高精度高通量声筛技术，为声镊发展提供了新原理、新技术和新思路。基于多维复杂声场，扩展了超声辐射力在定点给药、神经调控、分子影像、弹性成像方面的新应用，为疾病诊断、治疗提供了新方法和新工具。

中国科学院声学研究所颜永红研究员作了**“声学智能化思考与探索”**的主题报告。人工智能技术与应用在过去 10 年得到了长足的进步，并在向传统行业迅速渗透，其展现出的能力得到了越来越多的关注。

在语言声学领域，以深度学习为代表的机器学习算法正在重塑着传统的声学建模方法。报告回顾了语音识别的发展历程，重点就当前阻碍人工智能技术应用推广的三个瓶颈问题展开探讨：（1）数据缺失：在模式识别领域一直流传着“no data is like more data”，海量真实应用场景的数据是提升系统性能最直接的办法，但真实场景的数据往往难以获得，即便获得了数据，整理标注的成本对大部分从业人员来说也是个巨大的挑战，如何提升算法的能力降低对数据的依赖是现阶段研究的热点之一。（2）算力成本：虽然 GPU 的出现解决了神经网络训练的问题，但其高昂的成本限制了在智能家电等行业的应用推广，如何推动软硬件的协同发展是未来应用蓬勃发展的关键之一。（3）底层工具缺失：在各类应用雨后春笋般的出现和发展背后，一个尴尬的现实是对国外开源软件的严重依赖，其背后就是原始创新的缺失，我国在智能领域轻基础研究重应用的现象依旧如故，这一问题值得尽早关注。报告对报告人所在团队的相关工作作了重点介绍，具体包括：在弱监督和无监督学习方面的探索情况，软硬一体的系统级优化，自研底层工具。报告还介绍了智能声学技术在体音、环境音等方面的研究和应用的最新进展情况。

哈尔滨工程大学李琪教授作了**“水声目标探测前沿问题”**的主题报告。报告认为声波是目前所知唯一能够在海水中远距离传输的信息载体，所有水下探测、观测、监测及信息传输等问题都需要水声技术去实现。由于海水对电磁波几乎是不透明的，陆地和太空中应用很好的无线电和光学技术在水下远程目标探测和通信很难有用武之地。水声学的诞生与发展，与海上作战、航海安全、海洋科学、海洋资源开发、海洋环境保护密不可分，至今已有 100 多年的历史。历经两次世界大战、东西方冷战、世界多极化，时至今日，水下目标探测的需求依然强烈，但声纳装备的能力远远不能满足海上作战的需求。我国水声事业起步较晚，国家投入时断时续，存在许多体制机制问题、组织

管理问题、人才队伍问题、科学研究问题、工业基础问题、行业配套问题，等等。水声目标探测涉及目标特性、海洋环境特性、声纳基阵和信号处理四大要素，水声目标探测系统的高性能需要四大要素的完美结合，缺一不可。但是，海洋声场的超级复杂性，把目标、环境、声纳基阵和信号处理方法强耦合在一起，导致声纳的检测量无法分离目标和环境，意味着只能获得目标和环境的耦合特性而无法分别获得目标特性和环境特性，造成声纳性能对环境的强烈依赖和对目标探测的低能力。水声目标探测问题极为敏感，涉及国家安全，国外对我们也都是严密封锁，但有限范围的学术交流，对于提高我国水声科研水平和装备能力是非常重要的。报告从海洋声场的特性特点出发，分析了制约声纳性能的四大要素与海洋声场之间的关系，以期从根本上认识水声目标探测的物理本质。为进一步完善声纳设计理论与方法，将目标特性、海洋环境特性、声纳基阵设计、水声信号处理与海洋声场特性特点有机结合，使声纳具有目标特性测量能力和海洋环境特性测量能力，声纳系统就有可能有效适应复杂的海洋环境，能够探得远、分得清、能识别。

西北工业大学孙超教授作了**“浅海波导中运动孤子内波引起的声波模态强度时变特性”**的主题报告。内波是发生在流体内部的一种波动，孤子内波属于非线性内波，它多发生于浅海海域，潮流和变化的海底地形之间的相互作用是孤子内波的主要生成机制。孤子内波振幅最大可达数百米，它扰动海水中的温盐分布，使声速剖面产生明显的距离依赖性，进而影响海洋中的声传播。报告同时在时域和频域研究了运动的孤子内波导致的声波模态强度起伏规律。根据耦合简正波理论推导了孤子内波传播过程中固定位置接收器处模态强度随时间变化的表达式，理论分析表明模态强度可表示为交流成分和直流成分的叠加。运动内波引起的模态耦合效应导致了入射模态之间的干涉现象，这些模态干涉分量构成了模态强度中的交流成分。模态干涉分量的振

荡频率由入射模态的干涉长度和内波传播速度共同决定，接收模态和入射模态之间衰减系数的差异则影响振荡幅度的变化规律。模态剥离导致了时变直流分量的出现，这些直流分量组成了模态强度中的直流成分，从而在模态强度的周期性振荡上叠加了随时间变化的偏置。从各阶模态强度随距离变化的关系中还可看出在内波波形斜率较大的位置模态强度变化剧烈，而在波形变化平缓的位置模态耦合程度较小，这也印证了绝热不变性条件的预测。之后，又在若干环境快拍下计算了模态强度随距离的变化关系，发现经过内波后模态强度的大小对内波在声传播路径上所处的位置高度敏感，结合理论分析可知内波运动过程中入射模态之间相对相位的变化是导致模态强度起伏的原因。最后，仿真得到了内波在声传播路径上运动过程中接收阵位置处模态强度随时间（内波位置）的变化关系，然后对模态强度时间序列进行短时 Fourier 变换并计算其谱图，分析表明时频平面上模态干涉分量和直流成分能量的变化特性和理论推导一致。

中国科学院声学研究所王海斌研究员作了**“混沌全息水声通信理论探索”**的主题报告。报告认为声波是当前水下远距离无线通信的首选信息载体，然而水声通信的资源严重受限，可用带宽窄、多途时延长、多普勒频移严重。此外，海洋是一个复杂动态系统，各种时间和空间尺度的海洋动力过程以及界面的动态不平整等导致水声信道容量存在较大的起伏。常规通信方式为保证通信可靠性，通信速率只能受限于最恶劣时的信道情况，而在信道条件较好时，速率无法随之动态提高，通信速率与可靠性难以兼得。如何在信道严重起伏条件下实现逼近信道容量的高可靠通信，一直是本领域的一个难点问题。混沌理论为解决这一难题提供了一种思路。混沌现象是自然界中的非线性过程，初始的细小变化就会演化为天壤之别的状态，其中蕴含着丰富信息。报告人所在团队利用混沌现象，提出了一种混沌全息水声通信方法，利用混沌信号携带信息能力强的特性，将全部的信源信息混合映

射到极短时长的模拟信号片段中，称之为“混沌全息信号”。每段混沌全息信号均可独立解出全部的信源信息，亦可联合多个信号获得更强的对抗信道差错能力。这样，发信端可根据信道条件自适应地调整通信速率，接收端可通过信号累积获得足够的信道纠错能力，从而实现在起伏信道下以最优速率进行可靠通信的目标。研究发现该方法仅通过混沌映射即可直接得出模拟域发射信号，且该信号天然地具有信道纠错能力，因此，在发信端，采用本方法可省略传统通信方法的信道编码、符号交织等环节，实现了数字域信源比特到模拟域发射信号的直接映射；在收信端，根据水声信道特点，在统一的最优误比特率准则下提出了模拟域接收信号到数字域译码比特的一体化解映射技术，避免了传统方法中各分离模块间信息传递与判决所带来的误差传播与信息损失,并能更好地对抗水声信道所带来的复杂时变信道衰落。报告给出了该方法多次海上试验的结果，表明该方法在通信可靠性与通信速率上均有明显提升，证明了方法的可行性。报告认为后续需要在复杂信道参数估计跟踪、空时全息信号联合处理等方面进行深化研究。

四、共识与建议

参加论坛的专家学者对论坛涉及的声学前沿问题进行了热烈而深入的讨论，形成了以下共识和建议：

共识 1：声学对经济社会发展和国家安全与国防建设具有广泛而重要的支撑推动作用，也是国际科技竞争的重要领域之一，在建设中国特色社会主义现代化强国的过程中，声学科技大有可为，声学科技工作者要牢记初心使命，坚持“创新科技，服务国家，造福人民”的科技价值观，勇于面对机遇和挑战，围绕国家发展需求，潜心声学科学研究与核心关键技术攻关，推动声学科技繁荣发展，服务现代化强国建设。

共识 2：推动声学科技进步，满足国家发展需求，必须以应用需

求为导向，进一步加强系统性声学前沿基础研究，夯实创新性核心关键技术、系统性解决方案等的理论基础。

共识 3：目前我国在一些声学科技领域具备了参与国际科技竞争的能力，声学科技工作者要借国家创新发展大势，努力提出原创性思想、创新性理论、创新性技术和创新性解决方案，引领国际声学科技发展，服务现代化国家建设。

建议 1：推动声学科技领域的自立自强，应当加强声学科研手段和仪器设备的研发，发展具有中国特色的计算声学理论和声学计算软件，发展新型声学设计方法和设计工具（软件）等，开发新型声学试验、测试仪器设备和设施。

建议 2：声学科技日益融入经济社会发展和人类生产生活的各个领域、各个方面，新的产品、新的应用往往涉及多个学科、多种技术，因此必须加强声学与其他学科的交叉研究和跨领域合作，才能满足经济社会发展对声学科技的需求。

建议 3：声学智能化是人工智能技术应用的重要领域之一，涉及到人机交互、通讯、高性能声学传感与探测等，因此必须加强声学智能化技术研究。

建议 4：我国在声学超构材料前沿基础研究方面在国际上具有一定的“集群”领先优势，在该领域围绕国家重大需求进行顶层设计，加大投入，有可能率先提出一系列原创性的理论、概念和方法，有效突破声场人工调控核心关键技术，率先实现规模化应用，在国际上引领该领域发展，同时满足国家发展需求。

（作者：张春华，中国科学院声学研究所研究员、中国声学学会理事长）

联系方式：中国科学院学部工作局学术与文化处，010-59358366