

# 声学进展

第二集

sheng xue jin zhan

《声学进展》编辑部 编

海洋出版社

2050 57

# 声学进展

第二集

《声学进展》编辑部 编

赠阅  
声学进展编辑部

海洋出版社

1984年 北京

4012883

## 内 容 介 绍

随着科学技术的发展,声学技术已广泛应用于国民经济建设和人民生活的各个领域。本书收集了七篇反映国外声学研究发展情况的综合性文章,分别介绍了苏、美、英、法、日本、澳大利亚、联邦德国等各国在声学的各分支学科,如水声学、超声学、噪声控制、建筑声学、电声学、语言声学、生理与心理声学的研究概况,以及声学在工业、农业、交通、医药、海洋开发、文化教育等各方面的应用。本书内容广泛,资料新颖,适合有关科技人员、管理干部、高等学校师生等读者阅读。

## 声 学 进 展

### 第 二 集

《声学进展》编辑部 编

---

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街)

新华书店北京发行所发行 草桥印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张:  $6\frac{1}{8}$  字数: 200千字

1984年6月第一版

1984年6月第一次印刷

印数: 2000

---

统一书号: 13193·0408 定价: 0.90元



## 前 言

《声学进展》文集就要和大家见面了。这本文集共分两册，第一集着重介绍了声学各分支学科的发展动向；第二集介绍了苏、美、英、法、日本、澳大利亚、联邦德国各国声学发展概况。在本书的编辑过程中我们得到了声学界许多专家和科技人员的热心支持和指导。在此谨向他们表示感谢。由于我们水平有限，书中难免有不当之处，诚恳希望大家批评指正。

编者

1984年4月



4012883

## 目 录

苏联声学发展概况.....	潘未星 ( 1 )
美国声学发展概况.....	徐为方 ( 23 )
英国的声学研究.....	顾保缺 ( 76 )
法国声学研究进展概况.....	赵克勇 ( 94 )
日本声学研究概况.....	王余君 ( 121 )
澳大利亚声学研究活动概况.....	刘良泉 ( 149 )
联邦德国的声学研究发展概况.....	于永源 ( 161 )

# 苏联声学发展概况

潘 天 星

## 一、苏联声学的一般情况

十月革命前，苏联没有专门的声学机构，十月革命后，苏联在声学研究方面得到较快的发展。目前，苏联有关声学的重要研究机构约有二百多个，并已形成以苏联声学所为中心的，包括大专院校，工业部门、军事部门，地方和中央相结合的全苏声学科科研机构网。其主要学术机关有：苏联科学院综合科学委员会的声学物理与技术委员会，苏联科学院声学科学委员会，苏联科学院超声科学委员会及其他声学专业学术会议。

目前，苏联对声学的研究范围很广，包括声学的各个分支，并渗透到其他科学领域，强调理论研究和应用研究并重；强调理论和实际结合；主要研究内容包括：水声学、生物声学、信息声学、生理声学和心理声学、语言声学、噪声振动对人的影响、声音识别、音乐声学、电声学、声信号处理、声传播与绕射，非线性声学、海洋声学，流体动力声学、量子声学、分子声学、超声应用和物理基础、医学声学、建筑声学、噪声与振动……等。

反映苏联在声学研究方面的主要刊物是声学杂志，在全世界发行。这个刊物是苏联在声学方面的主要喉舌，还有大量的声学文章发表于各有关边缘学科的杂志、报告集、会议录……。声学的情报刊物，文摘杂志主要由全苏情报所和科研、企业单位承担，另外还出版有价值的丛书、专著等。

苏联声学的主要学术会议是全苏声学大会，苏联科学院声学

物理与技术委员会,声学委员会,超声委员会及其它声学分支专业会议。七十年代以来,历届的全苏声学大会代表达二千多人,并邀请国外学者参加,学术活动频繁,但更为广泛的学术会议是一年一度的声学分支学科会议,如水声学术会议,超声学术会议,信息声学会议……各种声学会议。出版大量的报告集,会议录。反映了苏联声学的研究成果、现状和发展动向。苏联声学界还特别重视国际学术交流,积极参加各种国际声学会议。从中吸取国外经验。交流国际间的声学情报信息。

苏联声学科科研人员主要来自各大专院校的大学生和研究生。目前这支队伍已相当大,估计达万人以上。

苏联声学体制、布局、方向、任务政策,随着全苏科研体制的改革也有所变化。六十年代以来,苏联研究体制强调科学、技术,生产联合体制,强调加速科研成果物化,为国民经济服务,为民造福,大大加强科研与应用的结合。加强了企业部门,应用部门、科研部门和教育部门之间的联系。从而形成了科研、生产、应用、教育的新体系。有力的促进了声学科学的发展。

## 二、苏联声学发展简史

苏联的声学研究工作主要是十月革命后发展起来的。1918年列宁起草了科学技术的奠基文献——《科学技术工作草案》。这个文献对于发展苏联科学技术起了重要作用。列宁强调,科学技术国有化和为社会主义建设服务的科技政策。为了实现列宁关于发展科学技术的思想,一方面,需要建立强大的中央科研机构,另一方面需要组织广泛的地方科研机构网。为此,必须充分利用苏联当时的科研机构和科研干部。办法之一是迅速发展地方科研机构网并在全苏主要高等院校建立科研机构。这个措施使苏联的科研面貌为之一新。

1918年开始建立全苏科学研究机构网。同年秋在彼得格勒国

立X射线和无线电研究所组建了物理技术分部。在最高经委会成立了物理技术实验室。1919年在彼得格勒综合工学院建立了物理数学系。同年在彼得格勒大学物理数学系开始培训物理研究人员，并在全苏各大城市组建了物理技术研究所，如莫斯科物理所、莫斯科大学的科研机构等。苏联国内战争时期、科技发展遇到了巨大困难。这个时期的苏联科技工作主要由俄罗斯科学院承担。该院1925年改名为苏联科学院。

列宁关于组建无线电实验室的指示对发展苏联无线电技术和电声广播事业具有重要意义。这个实验室首次建立了无线电接收系统。彼得格勒电声研究室和红星工厂开始生产电话设备。在庫拉科夫工厂实验室的基础上建立了中央无线电实验室，并在该室组建了声学实验室，承担电声广播器材的研制任务。1928年中央无线电声学研究室独立并成为组建无线电和声学研究所的基础。这就是现在列宁格勒的波波夫科研所。

中央无线电实验室是主要的科研机构之一。它从事电声器材的理论和技术的研究，包括大气声学，水声和声学测量等研究工作。1921年在列宁的帮助下，建立了莫斯科国立实验电工所。这个所是一座综合的研究机构。1923年该所的斯·恩·尔热夫斯基组建了专业化声学实验室。这是苏联第一个专业化声学实验室。

1925年在莫斯科国立电工所的基础上建立了莫斯科全苏电工所。声学实验室是该所通讯部的组成部分。该室从事电声广播器材的研究和设计。在最高经委会物理技术实验室和彼得格勒国立X射线无线电研究所的基础上，建立了物理技术研究所。1926年恩·恩·安德列耶夫在最高经委会物理技术实验室组建了声学分部。该部包括广泛的声学研究范围，是最高经委会物理技术室的继续并成为国立物理技术所的组成部分，研究了压电，非线性声学，开展了电声器材理论研究和研制了一些具体模型，研究消声器材和进行大气声实验。1923年物理技术室和无线电所合



并，组成国立物理技术所，首先研究建声，电声，声学测量并开始研究音乐声学。1931年科学院成立国立物理技术所，物理技术实验室和列宁格勒电工物理所，也进行声学研究工作。

莫斯科音乐声学的研究起始于1925年的国立音乐科研所，接着成立莫斯科国立音乐学院的声学实验室。1936年在列宁格勒音乐声学研究所重建了音乐工业科研所。在国立音乐科研所和音乐工业科研所的基础上建立了莫斯科音乐技术所。战后该所停办。现在的有关乐器的研究由莫斯科乐器实验工厂承担。随后苏联许多高校都建立了声学实验室。如斯·雅·李夫旋茨组建了莫斯科建筑学院的声学教研室，1939年斯·雅索柯洛夫组建了列宁格勒电子学院的声学教研组，并建立了声学实验室。1925年斯·恩·尔热夫斯基在莫斯科国立大学物理系首次建立了电声专业。列宁格勒综合工学院也建立了声学教研室。1930—1932在很多学院建立电声教研室。军事电工学院、建筑学院、海军学院等都建立了声学实验室。

1929年开始了电影技术的研究。最先研究的有：莫斯科的电影科研所、电影胶片研究所和列宁格勒有线通讯中央实验室等。在电影胶片研究所建立了声学实验室，现在进行建声、电声和电影声学的研究。

1932年在一些高等院校建立了声学教研室、声学实验室如乌克兰电影学院和列宁格勒电影工程学院等，同时还建立苏联电影制片厂并研究电声技术问题。

建筑声的研究开始于1920—1922年的莫斯科建筑研究所，1929年人民邮电委员会科技管理局的声学研究室开展了设计工作的研究，继之人民通讯委员会的中央通讯研究所也开展了这项工作。1930年从事建声研究的有列宁格勒电工所、中央无线电实验室，电影科研所，国立物理所及许多电影制片厂和基辅电影工程所等。1934—1939年工业建筑中心科研所着重研究工艺及吸声材料，进一步的研究工作由1956年新建的建筑物物理所进行。

1937年声学研究开始和会议宫的设计发生联系。在苏联科学院声学委员会恩·恩·安德列耶夫的帮助下，这些研究首次被纳入中央通讯科研所。1938年在会议宫建筑局组建了声学分部，其领导人是勒·德·罗津别尔格。建筑局声学分部对吸收，振动结构进行了广泛研究。同时还研究了声学计量、隔声、录声和放声等。为模拟会议宫大礼堂的声学装置，建立了专用声学实验场。战后会议宫建筑局没恢复。这些工作由录声所和声学所继承。

录声所的前身是录声宫，由伊·耶·托罗诺夫组建。1938—1945年为完善录放声方法、声学材料、电声器材和电影声学等而进行了广泛研究。现在该所主要从事立体声、唱机、磁带录音机的放录声方法的研究。1953—1955年根据华沙科学宫和莫斯科克里姆林宫建筑局的设计，在苏联完成了大型的综合设计研究工作。声学所的主要研究方向之一是研究超声对物质的作用，特别是工艺研究、超声清洗方法、超声加工等。非线性声学的研究取得了实质性进展。国立莫斯科大学物理声学室也研究了声在自然波导的传播特性，包括理论和实验两个方面。

声学的物理研究在许多科研机构都取得了广泛的进展并利用超声方法研究物质结构。莫斯科国立大学在三十年代便开始研究声在气体和液体中的传播。进行声学物理研究的还有：物理所，列宁格勒国立大学，列宁格勒电工所，列宁格勒物理技术所、声学所，莫斯科市立师范学院，苏联科学院物理研究所等。

声在固体中的传播的研究获得巨大进展。列宁格勒电工所，列宁格勒物理技术所，苏联科学院冶金所，基辅国立大学、土库曼国立大学、列宁格勒大学、科院物理所等都开展了超声物理的研究方法。立陶宛的卡马纳斯基综合工学院进行了超声精密测量的研究。超声的物质作用的研究还有：奥尔洛夫斯基师范学院、苏科院物理所、应用地球物理所、物化所、电工所实验室及奥杰谢夫斯基综合所等。

超声技术应用也取得了广泛发展。1936年苏联学者索柯洛夫

提出了超声显微镜设想并取得了专利，成为这一领域的鼻祖。超声检测和控制的方法的研究开始于1927年，斯·雅·索柯洛夫首次提出了超声检测方法。进一步研究超声技术应用的有电工所实验室、物理所声学室、苏科院声学所、金属切削车床实验科研所、钢铁所、工艺和机器制造科研所、莫斯科市立师范学院、莫斯科有色金属所、莫斯科电影胶片所、哈萨克科学院、全苏化学机器制造科研所、橡胶工艺科研所等。

语言和听觉的研究在声学领域中占有重要的位置。苏联的很多科研机构都有这方面的研究。1919年普·普·拉扎列维开始了这种研究。进一步研究的有：苏科院巴夫洛夫生理所，列宁格勒国立大学进化论生理化学所，声学所等。1943年开始研究语言自动化识别方法。生物声学与生理，心理，语言声学等研究有着密切的联系，……

声学的物理研究的深入发展，要求不断地研究声学测量方法及其声学特性的度量学的研究，上述科研机构都进行这类研究，主要的有全苏度量学科研究所和全苏物理电工测量科研所。

1933—1934年在莫斯科建筑计划局研究城市噪声和噪声控制方法。为此组建了专门的声学实验室。列宁格勒和莫斯科的劳保所研究了工业噪声，振动和测量仪器。此外，莫斯科普·恩·列别杰夫物理所也开展了声学研究。1935年在此基础上组建了苏联科学院声学所。现在声学所是世界上大型的声学研究机关。科学院物理所声学实验室的创始人是斯·恩·尔热夫斯基和恩·恩·安德列耶夫。

二次世界大战后科学院物理所声学实验室开始研究声在自然波导的传播理论和实验，主要是水声方面的研究。1946—1947年关于海水混响的理论研究，1946—1949年关于大洋和深海声传播条件的研究，1951—1956年对各水层声传播特性的研究，其深度小于或大于声波长。这个方面的实质性成果就是1946年发现了水声的超远程传播和对这种现象的理论说明。当然，这类研究还应

同时对海水表面和海底地质的综合研究，如大洋水下地质声学特性的研究及非均匀表面声散射和反射特性的研究。为了进行天然和半天然条件下的实验，建立了伏尔加科学站和苏联科学院物理所苏呼米科学站。科学院物理所声学室的主要工作方向是研究声的接收和发射方法。该室最先采用钛酸钡陶瓷电机换能器，新型的酒石酸钾钠换能器，钛酸钡陶瓷电声器件。科学院物理所声学室首先研究声信号的最佳接收方法，广泛开展噪声振动研究的相关法，还利用高频超声研究超声接收发射和聚焦系统。这些研究工作在后来的科学院声学所有了进一步发展。而大海和大洋声学的研究有了更大的发展，包括理论和实验的研究。为进行大洋水声研究建造了大型的研究船队。声信号处理方法和声接收发射方法的研究都取得进一步的进展。研究了统计力学、振动和噪声控制方法等。

在水声技术方面，1905年在波罗的海造船厂开始制造第一批水声设备。1910年该厂建立了水听器车间，研制哨型和钟型水下信号发声器。1913年试验了第一个水听器站，配备了接收机，可以在二海里内提供可靠的水下通讯及在两舰之间发收电报。1921年根据列宁的倡议，俄共（布）十大提出了关于武装和巩固红军及其进一步建设问题。根据苏联最高经委会科技分部的决定，在莫斯科国家物理技术所，建立声学实验室。1923年革命军事委员会批准了《关于统一科学中心的章程》，命名为海军科技委员会，其中设有通讯和航海部。根据海军科委会的章程，这个部门的业务范围是：舰上通讯，岸上勤务通信，水声和大气声，可见通讯和观察，红外信号的产生和导航等任务。

从1924年起，水声研究工作划归最高经委会科技部军用发明特别技术局。这个局是根据列宁的指示，于1921年在彼得格勒创立的。在这里研制出岸用和舰用噪声定位站。并于1927年安装于舍彼列夫斯基灯塔和奥斯基海峡以及彼得格勒舰队的5号潜艇上。

1929—1931年特别局制造并试验了多元水听器远程水声侦察

机。这个系统由5-10个水听器组成并装有选择仪,可以用来接通任一水听器。据称这个装置是世界上第一个栅栏型水声探测线阵。

1930年在电工学院成立了电声教研室,1932年海军通讯学校为海军培训了一批水声指挥专家。到卫国战争初期,共培养了五期。1933年在海军学院开设了水声课程,并于1939年成立了水声专业教研室。1932年在特别局的航海通讯部基础上成立了海军通讯研究所。

1934—1940年在该所军事专家的参加下,工业部门制造了一批水声设备:

(1) 岸用噪声定位站“水星”线阵和“上星”圆阵;

(2) 椭圆阵噪声定位站“火星—8”“火星-12”和“火星-16”,用来装备大、中、小型潜艇,其中数目字表示声基阵接收机的数量;

(3) 水下通讯站有:“维加”,“天狼星”,用来装备潜艇;“大角星”用来装备水面舰艇的战斗舰,巡洋舰和驱逐舰;

(4) 轻型水声通讯站“英仙星”用来装备小型水面舰艇;

(5) 便携式噪声定位站“仙王星”用来装备水面舰艇;

(6) 最简单的机械噪声定位站“海神”用来装备反潜快艇。

1932—1938年期间积累了经验,在海军通讯研究所专家的参加下,水声工厂开始统一水声仪器的标准化,同时提高其效率。1939年“火星”噪声定位站得到了完善。荣获红旗勋章的波罗的海舰队在苏芬战争的实战经验证明了水声设备的重要性。

三十年代中期,在研制噪声仪和水声通仪器的同时,开始研制舰用水下观察站,命名为“塔米尔”声纳,用来装备猎潜舰。在“塔米尔”完成之前,就进行了一系列样机实验:如水下超声通讯站“猎户星”,水下通讯和观察站“阿尔比翁”,“大火星-1”“大火星-2”,“大火星-3”。后者的发射接收机与“猎户星”之不同点是采用磁致伸缩而不是石英的。

“塔米尔”声纳研制了38个月。实验样机经国家检验,装备于

波罗的海红旗舰队“莫-521”的小型猎潜舰上。1940年11月20—21日的试验表明，其结果良好，并投入批量生产，是反潜战的主要苏式声呐。

苏联卫国战争的经验证明，军事水声学的发展和舰用噪声站及声呐设备的研制保证海战的胜利。在战争期间，装备声呐站的舰艇跟踪探测敌舰并击沉了332只水面舰和25%的法西斯潜艇。战争初期有176只潜艇装备了“火星”噪声站。配备了180多个水声通讯站，声呐和岸用噪声站。并对小型水面舰艇装备了265套“海神”和“仙王星”噪声站。

1941-1942年苏联北方舰队利用噪声站探出目标并击沉了数只敌舰。1942年利用“火星”声呐探出12海里的敌方巡洋舰。

1942年C-101潜艇在喀拉海的热兰尼海峡基地上利用噪声站确定了目标，击沉了敌潜艇U-693 MM-176击沉了敌潜艇U-702。1944年潜艇C-56在20米深处跟踪探测出敌潜艇。1945年K-52潜艇利用声学数据击沉敌舰“酒神”号。

战争期间，水声学发挥了很大作用，能够准确地分辨噪声，确定舰艇级，识别用蒸气机、汽轮机和柴油机工作的舰艇。

1941—1942年北方舰队的水面舰艇对敌方潜艇。进行49次攻击，利用水声探测仪5次。但是1943年舰队装备了更多的现代化水声站，直到战争结束，对敌潜艇攻击的次数急增了304次，利用水声探测达165次。

1944—1945年红旗波罗的海舰队的小型猎潜舰利用声呐站探测并消灭法西斯潜艇U-250和U-697，北海舰队水面舰艇利用声呐站跟踪探出德国潜艇U-362，U-344，和U-286并用深水炸弹击沉之。在战争期间用水声设备武装舰艇数目增加近10倍。到1945年5月制造了各种用途的水声站167套。

战后苏联水声学发生根本的变化。研制并装备了现代化水声设备。提供了远程探测和长时间的目标跟踪及对敌攻击声呐。

### 三、苏联声学的现状

苏联声学在国民经济发展过程中起了重要作用。它不仅解决了基础研究的任务，而且顺利地研制了生产，生活的声学技术。现代声学本身和其他科技领域有着广泛和紧密的联系，是一个包罗万象的科学技术。但是这里只介绍主要的和最重大的方面。

**物理声学** 物理声学是声学学科的主要分支之一，属于探索性和基础性研究。其主要任务：研究物质的声学特性及其各种物理特性之间的相互联系。声学的实验研究是获得各种物质结构的信息的有力工具，包括气态、液态和固态物质以及称之为第四态的等离子体物质。

广泛研究了分子之间相互作用的细微过程及其动力学，研究声子与电子的互相作用和热声子与自旋系统的相互作用等，使分子声学获得了新的进展。声学电子学、声学-光学、量子声学、物理声学-流体动力学现象和非线性声学都获得实质性进展。

最近苏联物理声学最出色的成果是对声在固体中的传播研究，对玻璃固体和一般聚合物的类似研究，超声波形变的研究特别富有效果。如，声子-声子的互相作用，超声的筛式衰减，铁电和反铁电的磁致伸缩作用，晶格变形和损伤及电子自旋的声顺磁共振的研究等。利用体波和表面波研究晶体的弹性特性具有重要意义。对声学-电子学，包括对半导体的声-电特性的研究也有很大的贡献。特别是对光敏压电半导体中电子-声子的互相作用的研究及其有关的弛豫吸收和超声放大的实验研究，对压电半导体的载流子和变形表面波相互作用的研究等。这方面的成果，1974年曾向伊·阿·维克托罗夫，尤·夫·古里雅耶夫，夫·勤·左列维奇，夫·伊·普斯托沃依特等科学家颁发了苏联国家奖金。

声核磁共振和电子顺磁共振的实验研究也取得巨大进展。这些研究补充了一般射电光谱学的方法，可以用它研究自旋系统的

动力学、核子自旋和电子自旋与晶格振荡的相互作用的机理以及晶格的损伤等。对核的四极自旋与声学关系的研究表明，对于大多数晶体，核自旋和晶格振荡的相互作用是主要的（由于存在损伤点），这就可以利用声核共振来探测和研究晶体中的杂质。

铁磁和铁电的声核共振的研究，首次取得了核自旋-声学的组合回波，及顺磁共振的磁声自旋回波。苏联物理学者在压电中发现了特殊声回波。不久前苏联声学家发现激励三脉冲的声子回波具有理论和实际意义。

苏联声学家近来积极开展对晶体声学新方向的研究，其波段为  $10^{11}$ — $10^{12}$  赫。这个新方向与受热脉冲激励的声子光检波有关。1974年向该作者颁发了国家奖金。

最近成功地扩大了分子声学频率波段的研究，不仅是纵波而且还有液态的纵波，研究了光散射频谱运动弛豫，创立了运动粘滞弹性、动态二次折射和去极化光散射理论。它涉及液态内参数弛豫的声光研究，其主要方向是研究液晶，这些研究的重大意义和实际意义是液晶物质在现代信息系统中得到了越来越广泛的应用。此外，液晶和非对称分子的液态统计理论也得到发展。

除动态弛豫的新研究外，还研究了粘性液态弛豫的体积结构对液态和固态玻璃特性的声学方法的研究也取得有意义的成果。它可以得到玻璃结构特征的有价值信息。玻璃声速温度的异常现象证明存在着细微不均匀性。弛豫介质中光散射的理论研究表明，可以得到关于低频过程的信息。

扩大了液态超声波段的研究，研究它的动态粘滞弹性特性，它对聚合物溶液的研究特别有效。实验表明，适应这种溶液声学弛豫的机理特性是很复杂的，新的实验数据可以更深入的了解聚合物的变化特性。

近来可以把测量吸收混响的方法所取得的成果推进到低频范围并得到有益的结果。实验声学频率波段上限边界的提高，使得高频振荡弛豫的新研究可能取得成果。



苏联声学家还以巨大的注意力研究一般的液态声学特性——液化气体，液化金属。对此，现代统计理论可以给出大量成果。

关于方法的研究，如对液态、气态、及其混合物的超声吸收和速度的精密测量方法的研究。研制了非常灵敏的测量装置，可以在甚低压和高频的条件下测量。

**非线性声学** 近年来，苏联学者对非线性声学也取得巨大成果。其所以发展很快，是由于它是现代非线性波理论的重要部分。它还涉及等离子体的非线性波，非线性光学和电子动力学，非线性流体力学等等，而且还具有巨大的实际意义。

近年来，非线性声波理论的发展取得了新的成果。如有限声束在非线性介质中的传播，同时还发现了绕射和非线性效应，并得到了非线性偏微分二次方程的精确解。

苏联学者还研究非线性声学的新方向，被称之为统计非线性声学，包括如下非线性统计任务：非线性介质强噪声传播，小振幅声衰减等。非线性声学的理论成果如上述。而其他方面的成果如奥·夫·鲁坚柯和斯·伊·萨鲁杨纳所著的《非线性声学的理论基础》所述。

非线性声学第三个大方向是固态非线性声学，对这方面的研究也取了重要成果。晶体非线性声学，包括半导体晶体在内。固态非线性声学的突出成果，如非线性压电效应，纵波谐波的极化特性，半导体晶体的声-电效应，纵波统计理论，压电晶体相移的非线性现象以及许多其他现象等。应该指出，含晶液态非线性声学也取得实质性结果，如液态的空化气泡动力学，液态氢和氦的量子空化等。历届的非线性声学国际会议和第九届国际非线性声学会议等都体现了非线性声学的巨大成果。

**噪声控制** 最近广泛开展对经典声学和物理流体力学等边缘学科的研究，推动了探索噪声控制有效方法的研究。噪声控制的重要性是非常明显的。它严重影响周围环境和人的健康。大功率声波影响高速飞行器和船的空气流体力学特性，强大的声流体