

声学进展

第一集

sheng xue jin zhan

《声学进展》编辑部 编

海洋出版社

声学进展

第一集

《声学进展》编辑部 编

海洋出版社

1984年·北京

4012882

内 容 简 介

随着科学技术的日益发展，声学技术日益深入到社会主义建设的各个领域，成为各行各业不可缺少的重要技术手段。本书收集了近年来我国声学界著名学者和有关科技人员的综述报告，反映了声学各分支学科的发展概况和动向。内容包括水声学、超声学、噪声控制与环境声学、建筑声学、电声学、语言声学、生理与心理声学、语言声学、音乐声学、非线性声学、声学仪器等方面的研究情况及成果以及声学在工农业、交通运输、环境保护、海洋开发、医药卫生、文化教育及国防建设等方面的应用。本书内容丰富、资料新颖，既可供有关科技人员、领导干部和管理人员参考，也可供广大关心声学发展的读者阅读。

声 学 进 展

第 一 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：5 $\frac{3}{4}$ 字数：151千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷

印数：2000

统一书号：13193·0393 定价：0.90元

前 言

随着我国科学技术的发展和现代化建设事业的开展，声学技术日益应用于工业、农业、交通运输、医药卫生、文化艺术、海洋开发、环境保护和国防建设以及人民日常生活的各个方面。声学这门学科也日益渗透到各个科学领域，同其它学科互相结合，产生了一系列新的分支学科和交叉学科，从而促进了声学本身的发展，也推动了整个科学技术的发展和社会进步。近年来，关心声学技术，迫切要求掌握声学技术知识的人越来越多，从事声学研究和应用的单位和人员也在不断增加。为了使广大读者更好地了解声学这门学科的发展趋势和发展概况，我们编辑了这本文集。文集收入了近年来声学界一些著名学者和科技人员编写的综述报告，供大家参考。

我们希望这本文集能对热心于声学研究和应用的广大读者有所助益。由于编者水平所限，有缺点和不当之处，欢迎广大读者及专家们提出批评指正。

今年是中国科学院声学研究所成立二十周年，特以此表示祝贺。

编 者

1984年3月

4012882

目 录

声学所水声学研究进展·····	汪德昭 (1)
西欧的声学·····	魏荣爵 张淑仪 余崇智 (15)
噪声控制与基础研究·····	马大猷 (31)
厚度模压电换能器瞬态行为的研究·····	应崇福 (40)
声学海洋学的发展·····	关定华 (46)
音乐声学的进展·····	陈 通 (65)
声信息和信号处理技术的应用·····	侯自强 (79)
功率超声振动系统的研究·····	林仲茂 (93)
超声医学的进展 ·····	周永昌 (101)
超声在农业中的应用 ·····	袁皖兰 (111)
超声在环境保护中的应用 ·····	高达治 (120)
声频工程的进展 ·····	沈 曦 (132)
语言声学研究的进展和展望 ·····	徐焕章 (143)
大气中的次声波 ·····	杨训仁 (157)
非线性声学的历史、现状和前景 ·····	王晓霞 钱祖文 (169)

声学所水声学研究进展

汪德昭

(中国科学院声学研究所)

一、引言

水声学是现代声学的重要组成部分。它对国民经济建设和国防建设具有十分重要的意义,并且已经得到广泛的应用。二十年来中国科学院声学研究所的水声学研究取得了很大进展;从无到有,发展壮大,为经济建设,国防建设解决了急需,作出了贡献(包括大型声呐工程设计中的新技术,海洋资源开发及交通运输中的民用水声设备,如:海底地貌仪、水平鱼探仪、地层剖面仪、测深仪等)。在水声物理的应用基础研究中,在某些前沿性领域有所创新,形成特色;特别是浅海声场的理论研究受到国内外同行的重视,我们发表的许多论文被“中国物理”(Chinese Physics)列选,要求全文译成英文发表。最近联邦德国的施普林格图书公司来信要求将汪德昭、尚尔昌合写的我国第一本水声学专著“水声学”出英文版。我们有许多论文已经被国外所引用,其中特别是尚尔昌、张仁和同志的一些理论研究成果多次被美国(Muir),英国(Meston),法国(Gazanhes),日本(久山),新西兰(Tindle)等水声学专家在他们正式论文(国际会议及重要刊物JASA等)中引用。参加国际学术会议的论文也都受到欢迎和

重视，去年声学代表团访法交流时，徐其昌同志的有关弯张换能器的理论分析受到法国同行的极大好评。作为一个有独创性的成果，发表之后当然会受到国外同行的引用和评论。所有这些都说明，我国的水声学研究已经进入国际讲坛，并初步形成自己的特色，得到了国外的重视，下面分别对：（1）水声物理传播理论；（2）水声信号处理及新技术；（3）水声换能器及水声材料三个方面的进展概况加以综述。并列（4）水声物理和水声新技术对我国国防建设、经济建设作出贡献的几个实例。

二、水声物理及传播理论

由于水声信道的复杂多变性，研究和掌握水声传播规律成为推动水声学发展的重要的“应用基础研究”之一。

在理论研究方面，早在六十年代初期我们就发展了“射线—简正波”理论，首先在特殊负梯度情况下得到了由海底反射损失及射线跨度所表达的“极限反转”简正波指数衰减因子，而后根据W.K.B.近似给出简正波指数衰减系数与群速的普遍公式。而国外在一九七四年以后才发表过类似的结果。浅海中的远程混响问题是目前仍未很好解决的问题，我们分别用简正波理论，射线方法，角度谱方法探讨了这一问题，并指出目前国外文献上流行的理论的缺点。对浅海信道中信号场的横向相关作了理论分析，给出依赖于海底性质的表达式并指出在一定范围内相关性随距离增加而增加，这已为实验所证实。此外分析了声场垂直相关与界面损失的关系。我们提出了边界损失的“三参数”模型，用以分析浅海平均场强结构，得出了“过渡距离”与环境参数的解析关系并指出“过渡距离”有频率关系，改进并充实了Бреховских及Weston的工作。同时也对SACLANT的实验结果作出一定的理论解释。对任意的单调反射损失模型，建立了场强与反射损失之间的映射关系。在浅海声场中，海底的声学性质是一个关键性的

影响因素。1980年在SACLANT专门召开了国际会议讨论海底的声学作用，我们对高声速海底的小掠角反射损失的机制进行了理论分析，指出反射损失的频率关系主要归因于粗糙表面的散射损失，为高声速海底小掠角反射特性的参数描述提供了理论基础，并初步对不同来源的实验进行了参数提取。发展了由全反射射线的“水平行程—传播时间”求解沉积层中声速垂直分布的计算方法，测定了黄海、南海一些海区的海底声速垂直分布和低声速层中的吸收系数。用声学方法遥测识别海底沉积层是目前国际上极活跃的研究课题，我们根据海底回波包络的相对形状及沉积物吸收系数作为分类特征，取得初步成功。对具有随机起伏表面的声道的声场也进行了理论分析。在深海声场方面，发展了一种新的广义相积分近似，提出了反转点会聚区的概念，解决了反转点会聚区声场计算问题，理论预言我国南海深海中存在着很强的反转点会聚区，1978年组织的大规模深海试验证实了理论的预见。随着计算机的发展，数值声场预报问题已进入实用阶段，目前国外的简正波数值声场程序（包括美国及SACLANT所用）均要求输入包括沉积层在内的分层结构数据。这对实际用户往往有一定困难，我们发展了一种以输入海底反射参数的简正波数值声场方法，并完成了在DJS—6机上的程序，其中关于本征函数的程序已移植于TRS—80微型机，在海上过滤简正波实验中现场使用，效果良好。我们还根据平滑平均声场的理论提出一种新的声场数值预报方法，可在小型机上以相当短的时间得到一定精度的结果。在噪声场的理论研究方面，我们得出了噪声源与场的普遍关系式，改进了Eckart的公式，在分层介质中提出了噪声场局部谱概念，并预言在浅海负梯度与负跃层条件下存在着潜在意义很大的低噪声信道。对海洋噪声场的非平稳特性也进行了研究。利用边界损失的“三参数”模型分析了浅海环境噪声场与海底类型的依赖关系，并指出著名的Piggot公式存在的问题。在舰艇辐射噪声研究中指出了双重谱的分析方法。利用Ecs噪声模型进行识

别分类效果良好。对于辐射噪声中所蕴含的节奏信息（调制）进行了较为深入的理论分析与实验结果符合很好。此外，对辐射噪声中的线谱的特征也作了分析。

在波动传播理论研究中，有一个一直被重视和关心的问题，那就是简正波场与射线场之间的关系问题，在这方面我们证明了在分层介质波导中广义射线生成函数与简正波生成函数之间严格满足傅氏变换关系。并讨论了近似的局部转换关系，改进了目前国外已有的证明。这一工作已受到国外的重视，将被邀请为1982年9月间在意大利召开的“射线--简正波混合方法”国际学术讨论会上的特邀报告。根据简正波与射线的“信息集中”程度的概念，我们提出了用过滤简正波控制近场点源干扰的方法。

在实验研究方面，从六十年代初就分别在我国的南海、东海及北海三个海区进行了多次的水声物理综合实验。对各种典型水文条件下的传播衰减，混响强度及海洋环境噪声取得了大量数据并总结出一些浅海声场的规律，此外也进行了目标反射特性和舰船辐射噪声的测量。这些结果基本上满足了声呐工程设计的需要并为一些新的信号处理技术和设备的应用提供了物理基础。从七十年代以后，我国的水声实验研究进入新的阶段，开始深入地开展了一系列的专题性研究，例如：浅海远程混响的研究；信号场空间相干性的研究；空间过滤简正波的研究；浅海内波与声场起伏的研究；低噪声信道的研究；海底沉积层声特性及声识别的研究，时变信道及匹配的研究等。通过这一系列的深入的专题性的实验研究，使我们进一步掌握和认识了浅海声场的某些规律性；发现和揭示了一些前人所未发现的新现象；检验了一些理论，并提出一些新的理论课题，概述如下：

1. 证实了浅海中的信号场横向相干性在一定距离范围内随距离增加而增加。获得了最远传播距离130公里最大间距600米的相关数数据。

2. 从大量实验中总结出负跃层传播的信号波形规律性，并

在理论上给以解释。

3. 从大量远程混响的数据中分析了海底散射的角度关系，获得了小掠角的一些散射特征；从大量远程声场的数据中提取了海底小掠角的反射参数。

4. 获得了浅海内波时-空尺度的数据，观察到浅海内波不同于深海内波：有明显的向岸传播的方向并与潮有关；观察到内波活动与声场起伏的关联性，为声学遥感内波提供了前景。

5. 对冬季均匀层情况及夏季跃层情况，实现了简正波的空间过滤；发现过滤后信号起伏很小，克服了多途场的不稳定的衰落现象，测量过滤后各号简正波的振幅可以提取海底参数。我们还首次进行了对混响的简正波过滤的研究。

6. 用脉间相关方法测量了信道的时域特征，浅海信道存在一个秒量级的随机成分和一个数分钟的随机成分迭加在一个稳定性成分之上，用解卷法可以部分改善相关性。

7. 发现了一个与跃层的存在相关联的尖锐的“选频衰减”的新现象。在夏季跃层下发收的远距离的传播衰减(TL)谱及波形谱上，在特定的频率上有一个尖锐的凹陷出现，这在同一海区的冬季传播谱中是不出现的，我们还观察到这个频率上的传播波形也不同于其他频率的波形，有强烈的时间弥散，此时空间过滤简正波的效果也变差。这一现象还未见国外报道，我们估计与内波的散射有关，还有待进一步深入研究。

除海上实验外，还在实验室及水池水槽进行了一些研究工作。用430升水圆柱形共振器进行了低频海水声吸收的研究，首次提出用选择共振器与外容器之间隔距离来减少辐射损失的方法，效果良好，混响时间可达400秒，相当于传播600公里的距离。我们与山东海洋学院合作，在该校的波浪水槽进行了过滤简正波的模拟实验，使用长圆柱换能器排阵，首次实现了在侧壁不消声的长70米的水槽中简正波的空间过滤，由于这一措施使得狭长的波浪水槽成为进行水声模拟实验的有力工具，我们观察了波

浪表面对单号筒正波的起伏影响以及抑制近场点源的效应。此外还利用小的消声水槽进行了聚焦液球目标反射及蠕波的研究。对有限柱散射也进行了实验研究。

三、水声信号处理及新技术

六十年代我所以信号处理设备为核心的声呐新技术研究为我国自行设计第一代声呐提供了新技术。主要有：

1. 极点相关及数字多波束定向技术：早在六十年代初我们即较深入地研究了极性相关器的原理性能和实现方法，随后又开展了数字多波束定向的研究。使用这些新技术我所先后研制了国防建设和国民经济建设中需要的各种设备。

2. 以时间压缩相关器为基础的脉冲压缩技术：重点研究了时间压缩的谱结构，解决了设计方法问题，先后研制成磁芯矩阵，镍延迟线，玻璃延迟线，MOS移存器等多种时间压缩相关器。进行了大量复杂波形脉冲压缩物理实验，并制成某种装备。有关技术被推广应用于其它声呐等设备中。

七十年代以来开展声呐数字信号处理和微处理机及大规模集成电路应用技术研究，为我国目前发展数字式声呐提供了技术基础。主要成果有：

1. 以数字时间压缩技术为基础，发展了多种信号处理设备。由单通道极性处理设备发展为多通道线性处理，包括：多通道时间压缩相关器；多通道动目标检测器；多波束线性波束形成器。

2. 多通道后置积累器。

3. 快速傅立叶变换设备（FFT）：在1978年研制成HA—I型FFT分析仪的基础上，今年研制成采用位片式微处理机和大规模集成电路乘法器构成的FFT信号分析仪。其1024点变换时间仅为5毫秒。这种设备目前国际上被列为“禁运”产品，用于声呐

设备可大大提高多通道实时处理能力。

4. 发展了一套基于FFT频域信号处理方法，可用于现代大型声呐设备。

5. 自适应波束形成研究：进行了较全面系统的研究，研制成ABF—I型自适应波束形成计算机，进行了电模拟，湖上模拟和海上试验，研究了在不同情况下的抗干扰能力，重点研究了抗平面波干扰的极限分辨能力。研究了声系统误差及处理设备参数对性能的影响。为设计实用声呐自适应波束形成设备提供了技术基础。

6. 自适应滤波及自适应噪声抵消研究：研制了有12个权的模拟自适应滤波器，对自适应滤波及噪声抵消进行了较全面系统的理论和实验研究并进行了应用研究，包括：超声自适应入侵报警器，连续波声呐中用自适应滤波器抵消串漏信号等。

7. 自动判决研究：提出了一种三级判决框架的处理方法，并研制了用于实验研究的自动判决。

8. 主动声呐波形选择研究。

上述多项技术成果已推广于工业部门，用以研制我国新一代全数字式声呐。

近年来国际上声呐信号处理发展有两个特点：一是将迅速发展的参量信号模型等统计信号处理技术用于声呐信号处理以提高声呐对复杂环境的适应能力，目前重点解决提高声呐在浅海多途干扰严重的环境中的性能。另一个重点是大规模集成电路和微处理机用于声呐，声呐信号处理设备向智能化、通用化、积木化方向发展。单片信号处理器的出现将改变声呐信号处理设备的面貌。为了能跟上迅速发展的形势，我们在上述两方面开展了一些工作并取得了初步成果。目前已开展研究并取得初步成果的有：

1. 统计信号处理：进行了高分辨力谱估计的研究；改进Prony算法使之应用于小信噪比及非白噪声背景；线谱增强器研

究；高精度高分辨力延时估计，用AR法提高延时估计能力；相位法延迟估计。高分辨力基阵信号处理方面，研究了预测系数约束的自适应基阵信号处理；进行了自适应滤波器、格形滤波器、递归型自适应滤波器的研究。进行了多途信道匹配方法的研究、时变信道相干部分的修正及浅海简正波过滤阵的最佳处理。

2. 通用组合式高速信号处理机研制：用芯片式微处理器和大规模集成电路乘法器构成通用高速信号处理单元，用高性能16位微型机管理多个处理单元组成系统，吞吐量可达 10^7 次每秒以上。有较大灵活性，可将今后出现的新型单片信号处理器组合进本系统。可用于声呐，雷达，通讯，图像处理各领域。

3. 通用高分辨力智能终端的研制。

上述各方面的研究将为我国声呐技术在今后十年内进入国际先进行列提供技术基础。

四、水声换能器及材料

我所在新型换能器研制，新工艺、新材料的应用，换能器基础理论及测量技术等方面都作出不少有创造性和有重大实用价值的工作。换能器直接为国民经济建设服务的项目也愈来愈多。

在新型换能器的研究方面，我们研制了凹型弯张换能器，与国际上现有的凸型弯张换能器不同，它有更高的灵敏度，体积速度，抗静压强度，特别是凹型结构能利用多模式振动达到宽频带工作。在理论上得到涉及它前五个振型所引起的水中声辐射特性。这种换能器如再配上亥姆霍兹共振器是很有前途的低频水下声源，低频水下声源研究是近十年来国际上受重视而至今未解决的问题。在国际上，多年前就提出如何使低频水听器 and 声障板能简单地结合起来的要求，但未解决。我们研制了具有声障板功能的PVDF水听器，将PVDF和声顺管结合在一起可使水听器本身就是声障板。在新型换能材料方面，我们研究了夹心式高分子一压

电陶瓷复合材料及其它水听器，和国际上的新型复合陶瓷相比，其优点是有更高的压电常数 g_h ，并解决了电极问题，因而能制成实用的高灵敏、宽带水听器。在换能器阵的研究方面，我们利用第Ⅱ类弯张换能器有强互辐射效应的特点来排阵，获得了高性能的8元试验阵，达到低频（1.5千赫）、大功率（声功率15千瓦）、宽带（1倍频程）和高效率（大于50%）的指标。还研制了一致性、可靠性很高的宽带高灵敏水听器平面阵，在宽带内阵元之间的相位差不大于 $\pm 3^\circ$ ，幅度差不大于 ± 1 分贝，灵敏度为10微伏/微帕。在低频水声换能器的研制方面，我们在1963年就开始研究低频弯曲振动换能器及其阵，1975年又研制成弯曲圆盘换能器，解决了当时石油部门的急需，并在理论上发展了R.S.Woollet的理论。此外还研制了电动式水声换能器。在气枪声源的研制中我们发展了一种新型的双腔串联结构的气枪，明显提高了辐射效率并改善了波形，为勘探沼泽地带的地下石油资源发挥了作用。我们还将高效率的小型电磁脉冲声源，成功地排阵用于海底浅地层剖面仪上。在深水换能器方面，研制了自由浸溢拼合式圆管换能器，达到3.2—8.4千赫的宽带，声功率密度达0.5瓦/厘米³·千赫，和270瓦/公斤，再运用硅橡胶慢波导技术使方向性主瓣指向管轴某一侧，适用于深海拖曳工作。还研制成水下千米工作声功率达10千瓦的发射阵，在阵元结构，功率密度，排阵方向性等方面都有特色。使用泡沫合金作为声反射板，研制了高频深井换能器，使在地下千米处形成单向发射，使我国第一台井径仪达到设计要求。

工艺技术经常是影响换能器性能特别是一致性的关键因素。我们研究了多种预应力技术，如水囊，辐条，热，纤维预应力等研制成高性能的预应力释放器声源。还研究了水密技术，胶合工艺，偶联技术，各种电极工艺，去气技术等。

新型声学材料的研制和应用往往可使换能器发生重大改革。我们已将高分子—压电陶瓷复合物材料，PVDF压电薄膜，泡沫

合金等材料成功地应用于水听器，获得良好效果，聚氨酯透声橡胶及其偶联剂的研制成功，对改善长期以来水声换能器漏水问题以及简化装配结构和提高换能器特性、降低成本方面起了大的作用，并推广应用于大气声、地声换能器中。阻尼减振材料应用于潜艇减噪，pc透声硅橡胶和包封橡胶材料用于医学超声换能器、参量阵换能器、慢波导、声透镜上均获得良好效果。在硬质泡沫塑料的声学性质研究中发现了各向异性及声速与密度的关系。我所研制的宽频带吸声橡胶应用于国内8个水池中，其声学性能和美国SOAB相仿，但安全和成本低。已研制成高温高电场下的大功率压电陶瓷材料，其性能优于以前的PZT—8型陶瓷，不但在水声换能器中应用，而且在超声喷雾制药和超声大功率加工方面已有明显效果，基本上解决了在超声大功率下陶瓷易裂问题。还研制了弱谐波 PbTiO_3 系压电陶瓷及低 Q_m 陶瓷，不但在高保真度水声换能器上，而且在窄脉冲灵敏度的超声探头方面也起着重要作用。

在换能器应用基础理论的研究方面，我们证明了任意形状压电换能器的振动位移和电场，可按自由振动模式展开的形式，提出了有普遍意义的多模式集中参数等效线路，它能对任意形状的压电换能器振动和声辐射特性进行分析，兼有有限元法和等效线路的优点。由于计算机模型与等效线路相联系对简化实际计算量是很方便的。对凹型弯张换能器和常用的复合棒换能器的分析，证明了以上优点，这一有独创性的理论工作得到法国水声权威的高度评价。我们还在理论上得到了第I，II类弯张换能器在第一对称模式起主要作用下的性能的解析表达式，这对设计这类换能器有重要实际意义。导出了扁平圆声顺管及其阵的动态特性和声反射系数的解析表达式，正确地理论上解释了美国著名水声换能器专家Toulis对声顺阵反射系数的双峰实验结果。对于阵的方向性分析，逼近或综合也进行了研究。对有限长圆管，从能量出发，得到了其等效线路和有效机电耦合系数。

在测量技术的研究方面，发展了水中振动体的全息测量技术，而且利用谱分析技术使点测的精度不少于350埃。用脉冲谱法，使原来只能校准到频率下限为4千赫的水池扩展到0.5千赫。在相位校准技术方面，前几年发展了脉冲平衡比较法测量相位的一致性，它用辅助水听器方法大大减少了由于测试距离引起的误差。近来，使用信号处理技术，将窄脉冲宽带时间信号进行拉普拉斯变换，导出了与测试距离无关的换能器相位差的测量公式，并根据同样原理导出了自由场互易校准复数灵敏度的计算公式。实际测得的换能器相位重复性为 $\pm 4^\circ$ — $\pm 5^\circ$ ，幅度响差误差在1分贝之内。发展了压电材料的压电、介电、弹性系数的整个系数矩阵（实部和虚部）的测量方法，编制了计算机程序和测量频率选择的方法。测量了在高静压（0—600大气压）和高功率密度（0.5瓦/厘米³·千赫）下压电陶瓷的非线性性能，研究了压电陶瓷圆管的实用化测量方法。此外，还建立了声管测量计算机处理方法，研制了集合式相控发射机设备。

水声换能器的研制不仅为国防建设服务，如研制了测距站、声制导、声浮标、多波束测深等换能器；而且也为民用部门作出了贡献，如石油勘探、煤炭开发、地震测报、医学超声制药、水产、海上和内河航道监测、飞机和舰船噪声控制、原子能反应堆中故障检查、爆炸成型、消声水池、激光用微位仪、气象、测振仪器等，都直接应用了我们研制的换能器、材料或测量技术。

五、水声物理和水声新技术对我国国防建设、经济建设作出贡献的几个实例

如前所述，我们在水声物理、浅海传播理论，水声信号处理，水声新技术，水声换能器材料等方面，做了大量的研究工作。应用这些科研储备，在我国国防建设和经济建设方面，做出了直接贡献。现就这两方面，举几个实例。

1. 国防建设方面：早在六十年代初，我们就较深入地研究了极性相关和数字多波束定向技术。现在这种技术已在我国被普遍采用。使用这些新技术研制的一系列设备已在国防方面起了一定作用。

水声设备中应用脉冲压缩技术，在国内是我们首先提出的。我们先后研制成磁芯矩阵，各种延迟线，进行了大量的复杂形脉冲压缩物理实验，并制成了有关设备。

2. 国民经济方面：我们利用水声新技术，就能很快的研制出对国民经济发挥作用的一些设备，例如利用水声自适应新技术，我们很快就研制成一个十分灵敏而别致的“报警器”。利用声呐技术，我们研制了761型多波束渔探仪。（已交付上海无线电22厂批量生产）。这项设备使我国海洋渔业的围网作业大幅度地提高了生产水平。这种渔探仪不仅能搜索、跟踪鱼群，并且能在显示器上直观地指示鱼群的方位、距离和鱼群大小，从而成为指挥围网作业的有力武器，收到了良好的效果。如沪渔386号轮在试用作业中，利用该渔探仪测到800米远处的大鱼群，一次网获兰圆鲹7000箱（每箱40斤），价值15万元以上；沪渔387号轮用该渔探仪测到2000米起处的特大鱼群，网获10,600箱鲈鱼，价值15万元以上；沪渔387号轮去年12月9日在起网过程中，由于该渔