



“实验 1” (SWATH) 海洋考察船

科学背景

20世纪80年代初，随着人类对海洋的不断认识和开发，探索海洋，揭开深海的奥秘，合理开发利用占有地球表面积70%的海洋资源，是摆在科学家和海洋资源开发先驱者面前的课题。深海资源的开发利用，带动了海洋科学技术的突飞猛进，小水线面双体船（SWATH）也作为一个新的高性能船型出现在世人面前。其相比常规的单体船不同，小水线面双体船船体是由3部分组成：两个分别为流线型的水下潜体、连接水下潜体与上船体的狭片状双支柱体和高出水面的上层船体3部分组成，其兼容了潜艇、水翼船、双体船的许多优点又避开了这些船相应的缺陷，良好的特殊结构带来了常规船所没有的优秀效果。

小水线面双体船的特点：由于与水线（海面）接触的双支柱体面积比同吨位排水量常规单体船要小很多，在小水线面双体船迎浪时，波浪起伏拍击只对片状支柱起作用，不会造成整个船的排水量明显变化。因此，小水线面双体船特有的结构给船体带来的升沉、摇摆幅度都较常规

单体船小。兴波阻力小，受波浪扰动小，在大风浪中船失速率少，在零航速下具有平缓的运动响应，拥有优良的耐波性。而利用首尾鳍控制系统操控可确保小水线面双体船在波浪中具有良好的船舶平台稳定性和船舶航姿可控性，能平稳执行海上作业，有效降低晕船率，船舶利用率高，经济性好。此外，船体水下分成左右两部分，与上建相连，具有双体船甲板面积大，船复原力臂大的优良特点。其次，由于小水线面双体船主要机器大部分布置在水面以上的舱室，可使水下辐射噪声大大低于常规单体船，成为海洋声学等环境学科研究的理想平台。其缺点：水下湿面积较同等吨位的单体船大。

自20世纪70年代初至2000年末，世界上已有12个国家成功研究、开发和拥有小水线面双体船57艘。其中美国26艘，日本14艘，是开发最早、拥有量最多、技术水平最高的两个国家，在90年代末小水线面双体船开始用于海洋科学研究和军事海洋的各个领域。



● “实验1” 船



● “实验1” 船首航剪彩仪式

概述

从20世纪70年代初，中国船舶科学研究中心便开始对小水线面双体船技术的跟踪研究，对基础理论进行了广泛且有相当深度的探索。80年代中期开始向研制实用船型过渡，90年代后期开始进行200吨级实船试制，验证了小水线面双体船各项性能的优异表现，为建设更大吨位的小水线面双体船提供了理论和实船依据。

由中科院声学所联合中科院南海海洋所和中科院沈阳自动化所，根据国家中长期发展战略并结合中科院重点涉海学科的迫切需要，提出建造新型小水线面双体科考船的需求。新型综合科学考察船项目于2002年8月启动，2003年10月获中科院立项批准“实验1”船建造，2004年3月签订设计合同，2007年12月由渤海船舶重工集团公司开工建造。

2009年4月“实验1”船在渤海船舶重工集团葫芦岛渤海船厂建成交付使用，这是国内首艘入CCS船级具备“AUTO-0”机舱自动化及“DP-1”动力定位系统的小水

线面双体科学考察船。中科院声学所为新型科考船“实验1”法人单位，中科院南海海洋所为运行管理单位，沈阳自动化所为共管单位。2009年4月27日“实验1”加入“实验”系列科考船队运行管理。

2009年9月“实验1”船通过中科院组织的专家组的项



● 2011年5月白春礼院长和中国科协领导在南海舰队首长陪同下随“实验1”船到西沙永兴岛视察中科院南海所在西沙野外实验站



● “实验1”科考船在海上做水下滑翔机试验

目验收，并列入中科院重大科技基础设施科学装置。

“实验1”船全长60.9米、宽26米，排水量2 560吨，总吨位3 071吨，钢质全焊接结构，最大续航力为8 000海里，自持力40天，定员72人（其中船员27人），经济航速10节，最大航速15节。采用交流变频电力推进系统、拥有目前先进的各种通导设备、DP-I动力定位、全船机舱自动化，满足无限航区(不含冰区)航行要求。船上建有11个实验室（总面积391m²），包括海洋声学工程实验室、水下机器人（ROV）实验室、海洋气象实验室、信息处理中心、海洋物理实验室、海洋化学实验室、海洋生物实验室、海洋地质实验室、通海井实验室等涵盖涉海各专业学科的专用实验室。船的尾甲板总面积380m²，新设备安装空间大，可提供仪器设备正常所用的380伏交流、220伏交流、24伏直流电力供应。船上设有通海井，尾部设2T、3T液压回转吊机各1台，5T×7m龙门架1台，2T×4m A型门架3台，0.5T液压通用绞车2台，2T液压绞车1台，8 000米专用水文CTD绞车1台，专用声纳绞车，7 000米深水绞车1台及各种海洋科研调查设备。

新型综合科学考察船“实验1”除可独立进行各不同专业的专题调查科考外，也可同步进行多学科、大尺度的网络联合立体观测实验研究。可完成海上自动观测浮标、潜标、水下潜器、探空观测设备布放，可配合遥感、遥测海上试验并且是各种设备参数信息的海上收集监控中心。

“实验1”的船舶动力、通导设备、减震降噪、船舶自动化系统是集国内外许多先进设备和技术为一体，为海上科研调查、海上科学实验提供了一个性能优良、安全可靠和工作舒适的海上低噪声工作实验平台。

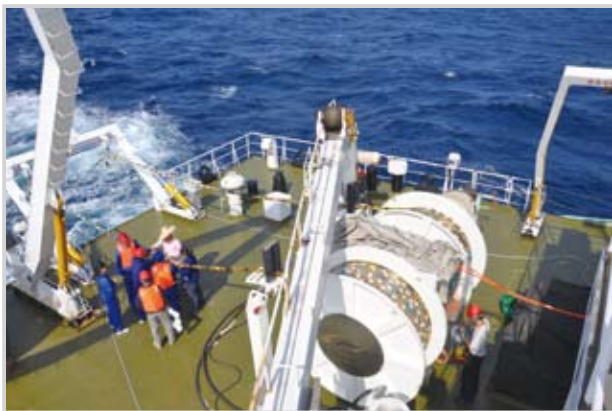
作为“实验1”船的运行管理依托单位，中科院南海海洋所科考船队拥有一套严密的、切实可行的船舶管理制度。1997年成为首家通过了ISO9000质量管理体系的论证的海洋科研单位。建立了一套严谨、科学、高效的运行管理模式，有一支团结、专业、服务意识强的船舶专业运行管理队伍，船员均通过了中国海事局国际标准安全专业技能培训，并获得相应的适岗证书。主要管理人员均毕业于高层次的专业院校，有着多年在海上工作的丰富经验，可胜任各种特殊的海上考察、科研项目实验需要。

运行

立足海域的综合海洋研究

小水线面双体新型综合科考船“实验1”自2009年4月投入使用，为我国海洋研究领域提供了一个理想的公共的基础研究平台。

2009年5月9日，中科院新型综合科学考察船——“实验1”在海南三亚举行盛大首航仪式，全国人大常委会副委员长、中科院院长路甬祥，副院长江绵恒，中国船舶重工集团公司副总经理董强及相关涉海单位领导为“实验1”号首航剪彩。当日，在三亚外海对船舶的各项性能进行了演示，其优异的耐波性、良好的安静性，低速拖曳特性、灵巧的操纵性及宽大的科考作业面得到全面的展示。作为多学科的海洋科学考察研究综合平台，将与世界先进国家同步，为海上科研活动提供坚实可靠的保障。



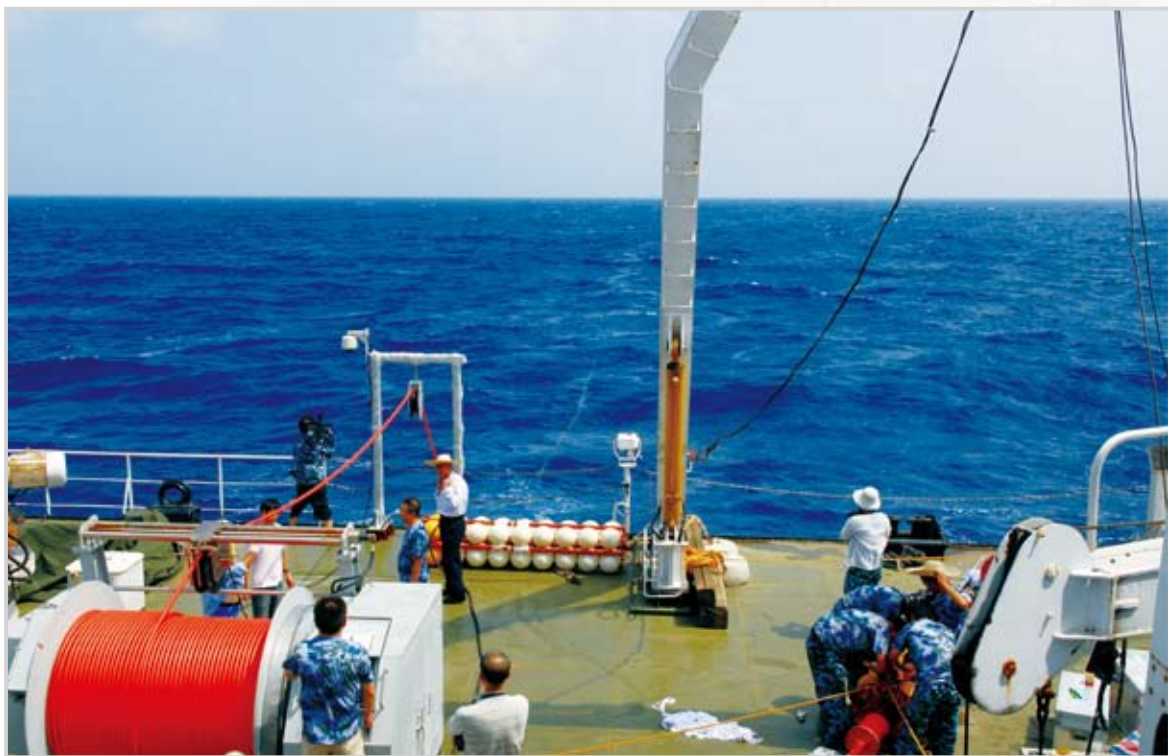
● 利用“实验1”科考船开展水声综合实验

2009年6月，由中科院声学所主持，联合中科院海洋所及南海海洋所，利用“实验1”出色的低噪声特性和良好船舶性能，在南海东沙群岛以西海域进行了海洋声学、声信息传播综合试验，投放及回收水下设备，取得了大量的第一手高质量的数据资料，为进一步的声学理论研究提供了可靠的依据，同时也形成了一系列的科研成果。

2009年6月及11月，由山东省科学院青岛海洋仪器研究所联合哈尔滨工程大学等涉海研究单位在海南岛东南部进行国家“863”课题海洋水下实验，施放海洋观察设备试验。前后进行两航次海上实验，实验取得重大成功，为该项目的进一步研究及实际应用取得了宝贵的试验数据，为产品进一步研制奠定了基础。

2009年12月及2010年6月，中科院南海海洋所在南海北部进行了两次国家“863”项目“光学观测浮标系统”的海上遥测实验，并进行同步比对实测试验，由于小水线面船具有良好的耐波性及稳定性，实验取得了预期的成果，同时也拓展了平台使用的新领域。

2010年7月，中科院声学所声场声信息国家重点实验室在南海北部进行了综合性水声基础研究海上实验，利用“实验1”船所特有的静音条件及低噪音特点，布放各类水下设备，进行声学特性海上试验比较，各项指标均取得圆满的成功。



● “实验1”船在海上作业调查

2010年9月至10月，由国家海洋局第一海洋研究所在25天时间内，利用“实验1”船进行了南海北部粤东海域至海南岛东部海域重力磁力及多道地震海洋调查。其中完成重力磁力测线3 000多公里，完成“863”课题“深水高分辨率多道浅地层探测技术”课题多道地震测线1 000多公里。对南海北部的地质地层结构、重力磁力分部进行了详细的调查。

为完成西沙群岛综合观察站的建设，2009年11月及2010年3月南海海洋所联合国家基金委、西南沙工委等单位，两次对西沙群岛及其附近海域进行科学考察调研，为建立长期连续的海洋观测站提供服务。

2011年7月为执行中科院声学所主持的“十二五”预研项目，“实验1”在南海北部大陆坡架和深水区进行了多科目的水声综合试验。

不断拓展对世界大洋的研究

“实验1”科考船从2009年4月由船厂交船入列中科院“实验”船队，6月就组织出航执行首个海上实验调查航次。至2012年11月底，“实验1”船已执行了29个航次任务，已在海上调查作业518天，安全航行6万余海里。

从2010—2012年连续3年，在中科院南海海洋所及有关科研单位组织下，“实验1”船进行了以大洋研究为目标的3次远航。对印度洋北部开展海洋多学科综合考察研究。每航次历时55天左右，每航次航程约9 000海里，“实验1”科考船凭借着良好的耐波性能，出色的稳定性，克服了印度洋西南季风带来的大风大浪不利影响。保证海上的安全航行作业，顺利完成了3次对印度洋的综合性科学考察，获取了大量的科学数据、标本及实验资料。为了解、研究印度洋提供了各种资料。

初步重要成果

水声领域应用

中科院声学研究所声场信息国家重点实验室团队于2009—2011年利用“实验1”船在南海开展了多次的水声综合实验研究，取得大量不同季节时间段、不同海区、不同底质的实验数据和水声专项工程成果。

海洋水体是一种极其复杂的非均匀声学介质，海面、海水与海底时空随机非均匀性显著影响着海洋中的声场传播、噪声、混响等。通过海上实验测试，与理论建模计算结果比对和验证，课题组对随机海洋声场的空间相干性和时间相干性进行了深入研究；解决了部分非均匀海洋环境的建模和相应的声场预报方法；对内波模型和有水面船只影响的噪声场模型进行了改进；提出了利用声学手段反演海水声速剖面 and 海底参数新方法；研究了声场时空相干的精细特性，并在此基础上进一步提出提高声场纵向相关

新方法，为低频、大孔径阵列的声纳设备实际应用和水声探测新方法提供了坚实的物理基础。

上述实验数据和专项成果支持了实验室承担的科技部海洋“863”高技术项目、国家自然科学基金重点项目以及国家重大工程任务等多项任务和课题，使研究项目获得多项关键技术突破和原理验证。其中，科技部“863”高技术项目“海洋探测研究”已顺利结题验收，并获科技部进一步支持。

在海洋工程应用方面，因“实验1”船在海上作业时，水下辐射噪声低，获取的实验数据具有较高信噪比；其船舶稳定性好，可对声阵在海上实现平稳的低速拖曳；在执行海洋“927”工程近海船载重力、磁力测量任务和“863”深水高分辨率多道浅底层探测技术实验中均取得了非常好的成果。

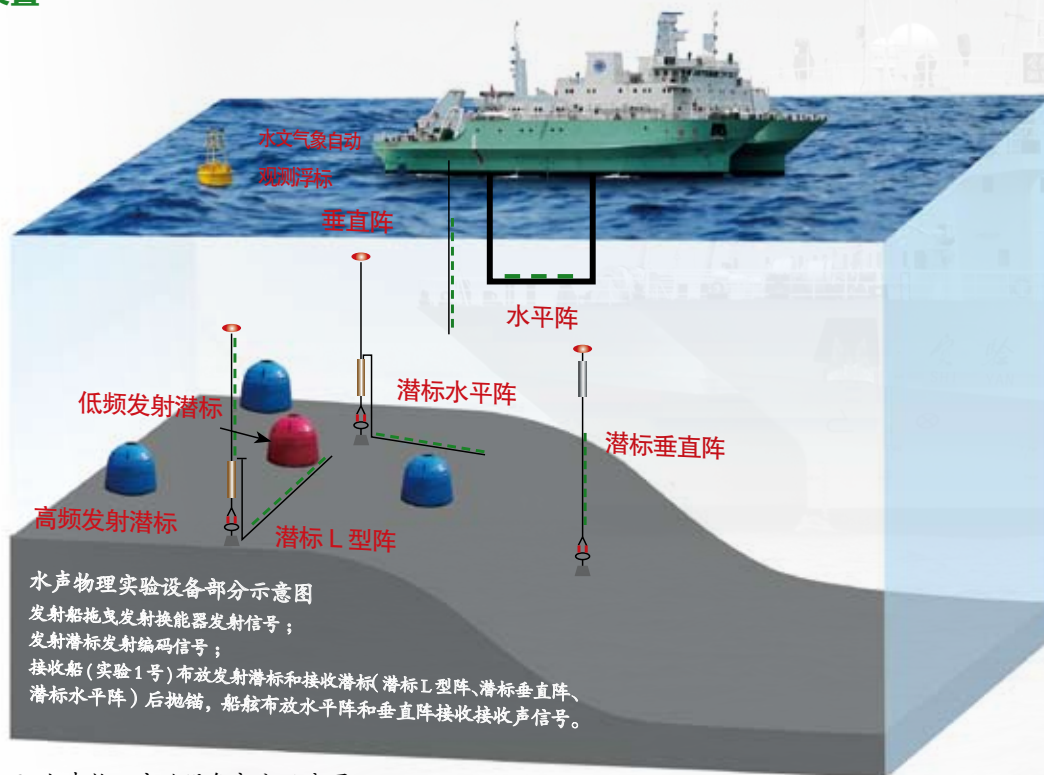
三次大洋考察

印度洋是连接亚洲、非洲、欧洲和大洋洲的交通要道，同时印度洋北部是全球季风活动最强烈的地区之一。该区域的气候变化对亚洲大陆，尤其是南亚和东亚具有重要影响。孟加拉湾和赤道东印度洋海域是南海夏季风的主要气流通道和水汽来源，对我国和东亚区域的气候变化具有重要的影响。通过海气相互作用的研究来提高亚洲季风系统的预测、预报水平是目前我国大力发展的科学方向。

从历史上来看，印度洋是最缺乏现场观测的热带大洋，尤其是我国在这方面的资料匮乏状况，影响了对季风



● “实验1”水文实验室部分设备



● 水声物理实验设备部分示意图

变异及其相关海气相互作用过程的研究。近年来, 这种状况开始得到了迅速改善, 在CLIVAR、GOOS的联合推动下, 印度洋海洋观测状况在IndOOS计划支持下正在改变, 其中的主要组成部分就是“亚-非-澳季风分析和预测浮标网络(RAMA)”。

通过两航次印度洋考察, 将有助于逐步揭示季风爆发的完整过程, 特别是认识季风爆发过程中的东印度洋海洋层化、SST、季风内震荡等过程及其关系。

从航次科考的CTD采样记录中发现, 在10°N断面、赤道断面和南纬地区水团特征差别性较大, 3个水团与南海水也存在较大的不同, 有待进一步研究。

大洋考察获得了较全面的孟加拉湾-赤道东印度洋在物理海洋、海洋生态、海洋地质及气象等方面的实测海洋数据, 对深入探讨热带印度洋海域有了初步的了解, 为今后的大洋科学研究打下坚实基础。

海洋实时观测浮标系统建设

以“实验1”船大科学装置为平台, 由中科院声学所、南海海洋所和沈阳自动化所三方共建中尺度海洋观测联合实验室。实验室以海洋环境与海洋声学连续监测为重点, 以建设西沙、南沙岛礁深海海洋环境与声学监测台站为核

心, 重点开展海洋声学技术及其监测应用、海洋遥感信息分析与应用、多源海洋监测信息资料通话与集成分析等海洋环境立体监测关键技术研究, 构建南海中尺度海洋研究观测站网系统, 为多学科海洋创新研究和高技术实验提供观测数据和技术平台。作为系统组成重要部分的观测浮标布设, 2010年由科考船“实验1”分别在3月、6月、11月及2011年5月执行海洋光学观测系统及水文气象综合观测系统台站的建设任务。

“实验1”船在指定海区投放遥测浮标, 为水文气象综合观测系统的建立实现了风速、风向、气温、相对湿度、气压、波浪、潮位、水温等观测数据的远程实时接收, 实现了海面、水下光辐射的连续实时观测。系统的建成, 充分实现了海洋环境多元化参数信息的获取, 为海洋生态与环境研究、气候变化、生物资源变动规律提供基础资料, 对海洋科学研究、海洋经济建设、国家安全建设等具有重要意义。

2012年12月14日“实验1”被科技部国家遥感中心列为“海上遥感验证工作站”。科技时代的飞跃发展, 遥感监测已经成为现代海洋及海岸带主要的监测手段和信息源。“实验1”成为国家海上遥感中心“海上遥感验证工作站”对于促进国家海洋遥感基础研究和实际应用具有非常重要的意义。

未来展望

“实验1”船作为服役3年的新型海上综合实验平台，已完成28个航次的海洋科学考察，安全航行6万多海里。其良好的综合性能和经济适用性已在实际使用中得到检验，其优越条件尚待进一步发挥运用。

作为理想公共基础研究与实验重大科技设施装置，“实验1”船可在近海及远洋开展海洋气象、水文、地质、生物、化学、声学、光学等多学科或交叉学科的综合科学考察及科学实验，特别适合开展超远程声传播、海洋混响、海洋噪声、声场时空相关特性、海洋声学层析、海洋声学探测等声学遥感基础研究和应用研究。可以探测海底地形、进行海洋动力现象的观测、进行海底地层剖面探测，以及为潜水器提供导航、避碰、海底轮廓跟踪等信息。可配合卫星观测系统对海洋的遥感、遥测观测实验。综上，“实验1”号新型综合科考船可为我国海洋学科发展由近海至深海的战略转变和相关高新技术领域的创新发展做出重要贡献。

面向全国的公共实验平台

我国涉海科研院所及科研项目众多，而目前所提供的优良海上公共实验平台却寥寥可数，“实验1”作为我国仅有的小水线面双体船——海上实验平台，以其特有的各种优良性能完全可以满足各项海上科研试验的需要，可每年组织多学科多领域的开放航次，供各种科研为目的的海上实验。通过开放航次，达到各学科的交叉与融合，实现资源的高效共享；建立我国海洋领域的长期多学科综合观测机制，以获取各方面周期性、连续性的数据资料，为海洋

环境与气候预测、海洋资源的开发利用、国家权益与地区经济发展提供技术支撑。

利用优势扩展深海研究

深海的研究与开发正越来越受世界各国重视，我国在深海领域的研究与开发起步较晚，加快发展与研究已迫在眉睫。深海机器人的装备与使用在深海研究与开发中成为不可缺少的手段，经过多年的研究与开发我国已自主研制出3 500米及6 000米等深海水下机器人，标志着我国深海技术的发展已进入一个崭新的阶段。作为中科院重点大科学装置的“实验1”综合科学考察船，其建造过程中已预留有安装水下机器人的专用控制室及实验室，并具有水下机器人作业所具备的高精度动力定位系统（DP-1），方便任何海域的水下机器人定点和航行作业。结合“实验1”科考船实际情况，配置3 500米自主无人水下机器人，作为工作母船将会扩大作为公共实验平台的使用领域。配合国家的深海发展战略，“实验1”科考船将会得到更加广泛的使用，改变我国在大洋资源勘探和科学研究发展不足的困境，同时促进我国深海技术装备的发展研究。

新型科学考察船大科学装置的运行为我国海洋科学技术领域的发展提供了公共基础平台与技术支撑，也填补了我国在小水线面双体船应用与开发的空白，极大地推动了海洋声学、海洋物理等各海洋学科的应用和发展，特别在国防建设中将发挥更显著的作用。“实验1”船大科学装置在3年多的运行时间里，已产生了极大的经济效益和社会效益，今后也将为国民经济建设、社会发展和国家安全做出更大的贡献。