



九 海洋地质调查

2016年总体进展顺利，取得了一系列丰硕成果。1：25万海洋区域地质调查为三亚新机场建设提供重要地质依据；高取心率钻孔精细厘定东海外陆架晚第四纪地层框架；海陆统筹综合地质调查助推海岸带协同发展；围绕舟山绿色石化基地等重大工程，开展浅层气相关地质灾害影响评估；海岸带综合地质调查提高了重大工程建设保障能力；建成多个海岸带地质环境监测示范区；南黄海科学钻探CSDP-2井揭示前新生代海相地层并发现油气显示；圈定东沙中生代13个有利圈闭构造及

西沙海槽盆地5个重点构造；神狐海域新发现高饱和度、高渗透率水合物储层；冷泉探测发现目前我国海域发现规模最大的冷泉羽流；发现“海马”冷泉生态系统复杂，历史甲烷泄漏量大；“高富强”地震勘查新技术落实了调查参数井井位；创新形成了天然气水合物试采技术体系；初步建成天然气水合物数据集成及共享服务平台；整合推出海洋地质新数据并提供服务；海洋地质数据成果三维展示提升海洋地质信息服务水平。

(一) 海洋基础地质调查

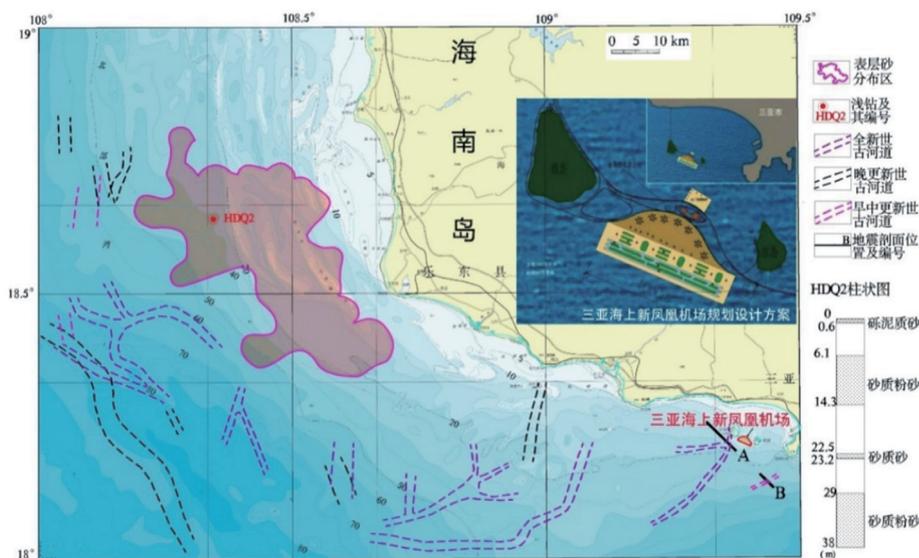
1 : 25 万海洋区域地质调查 为三亚新机场建设提供重要 地质依据

1 : 25 万乐东幅海洋区域地质调查开展了以多波束水深测量、单道地震、浅层剖面、侧扫声呐、重力、磁力、地质取样、地质浅钻等为主的综合地质与地球物理调查, 初步查明图幅海底地形地貌、底质类型、地层结构、地质构造和地质灾害等特征, 调查成果为“21 世纪海上丝绸之路”海上合作战略支点之一的三亚新机场选址建设提供了关键地质依据, 该成果正在提交给海南省人民政府。

发现大面积砂质沉积物。多波束调查显示, 区内 45m 以浅区域海底表层沉积物主要为松散砂, 由岸向外沉积物粒度变细, 发育潮流冲刷槽、潮流沙脊和海底沙坡三种地貌类型。圈定表层砂质沉积物 2429km², 位于新机场选址西北方向 80km。通过 HDQ2 钻孔发现, 纵向上发育四层砂, 初步判断该砂质沉积物能满足新机场填海用砂需求。

新机场选址附近海域发育古河道。调查发现, 在三亚新机场建址附近有两条古河道: 全新世古河道 A, 距离机场建址 1.8km, 宽度约 1.8km、深约 14m; 早中更新世古河道 B: 距离机场建址 8km, 宽度约 0.8km、深约 10m。

古河道中以粗碎屑沉积物为主, 孔隙度大、有较强的渗透性, 与古河道以外的沉积物具有较大的物性差异。在上覆荷载下容易形成局部塌陷, 在外力作用下容易引起层间滑动, 造成基底不稳定, 从而对机场所在的海床稳定性具有较大的安全隐患。



1 : 25 万乐东幅海洋区域地质

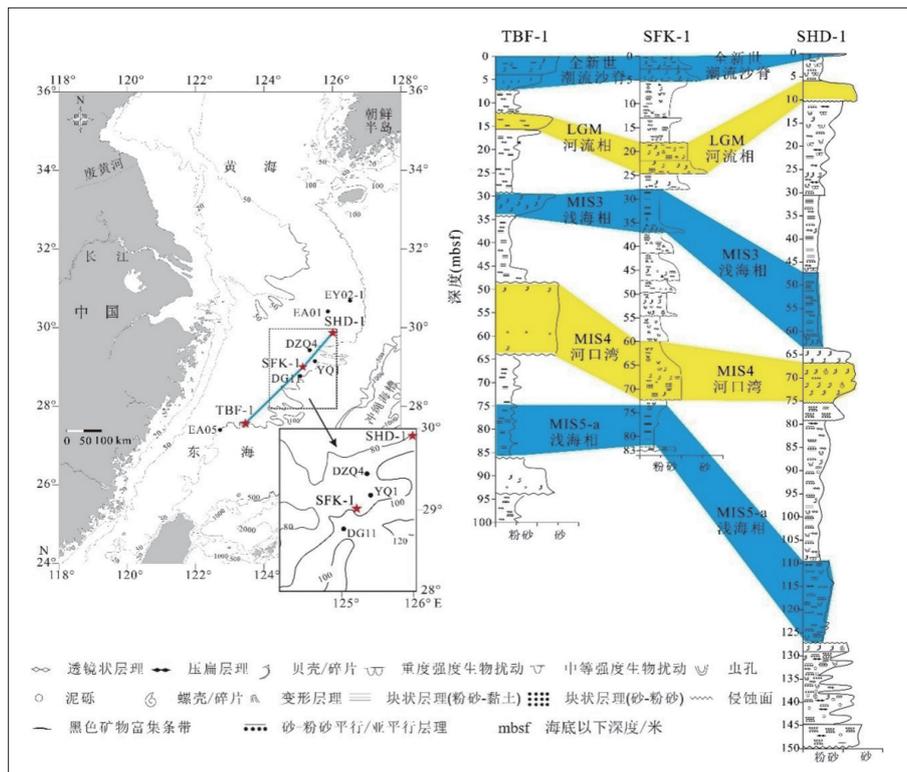
高取心率钻孔精细厘定东海 外陆架晚第四纪地层框架

通过对东海外陆架 3 个高取心率地质钻孔的年代地层学、生物地层学、层序地层学和沉积相分析，厘定了 MIS5（深海氧同位素 5 期）以来的地层，重建了古环境。

MIS5 中晚期（100 ~ 74ka）。相对低海平面期，之后海平面缓慢下降，发育高位体系域浅海—前三角洲细粒沉积。此后海平面缓慢上升，发育以细砂—粉砂质砂为主的潮流沉积，形成海侵体系域沉积，有明显侵蚀面。末次冰期亚冰期 MIS4（60 ~ 74ka），早期持续海退，发育近河口潮坪沉积。中后期形成近滨潮坪沉积和黑色贝壳砂。MIS3（25 ~ 60ka），海平面缓慢下降，发育大面积的浅海—三角洲体系，

形成高位体系域浅海沉积。晚期海平面持续下降，发育泥沙互层的海陆过渡相沉积，在中内陆架形成过路沉积。末次冰盛期（18 ~ 22ka）。海平面大幅下降，在平缓陆架上形成河流、近岸河口及滨海沉积，对应低位体系域沉积。随后冰消期，海平面缓慢上升，在潮流作用下，发育潮坪沉积，即早期海侵体系域。全新世海在 7ka 左右达到最高海平面并相对稳定，外陆架在较强的太平洋潮波系统作用下，发育大范围海侵潮流沙脊，形成分选程度相对较高的灰黑色中细砂沉积，对应海侵体系域晚期。

东海外陆架晚第四纪地层框架的厘定，对于促进我国东部边缘海晚第四纪沉积研究、精细分析冰期古河道的分布和演化、中国大陆碎屑物质在东海及冲绳海槽的分布等研究及海域划界应用具有重要极意义。



东海外陆架晚第四纪地层框架

(二) 海岸带综合地质调查

海陆统筹综合地质调查 助推莱州湾海岸带协同发展

截至 2016 年, 莱州湾海岸带大、中比例尺综合地质调查已完成 16 幅 1 : 10 万 ~ 1 : 25 万海陆统筹地质图件, 包括 12 幅基础性图件和 4 幅应用性图件, 基本查明莱州湾海岸带地区工程地质、环境地质、水文地质条件和卤水等矿产资源赋存特征, 为莱州湾海岸带经济建设与可持续协同发展提供了科学依据。

以 1 : 25 万莱州湾工程地质分区图为例: 陆域划分 3 大工程地质区, 即鲁西北平原工程地质区 (I)、鲁中南山低山丘陵工程地质区 (II)、鲁东低山丘陵工程地质区 (III), 在此基础上, 划分了 8 个工程地质亚区。海域划分 3 个大区, 即鲁东滨海平原工程地质区 (IV)、西部黄泛平原及滨海平原工程地质区 (V)、莱州湾中部堆积平原工程地质区 (VI), 在此基础上, 划分了 6 个亚区。针对每个地质分区提出具体工程地质问题和建议。例如黄河三角洲冲积海积层稳定—较不稳定亚区,

其主要工程地质问题为淤泥类土、盐渍土、饱和粉细砂及粉土易震动液化层广泛分布, 影响基础稳定性, 地下水存在中—强结晶性侵蚀, 在工程建设时应采取相应措施; 龙口—蓬莱变质岩侵入岩较不稳定亚区, 其主要工程地质问题为岩溶区水库存在渗漏, 建筑需防震。这些问题和建议为莱州湾海岸带国土资源规划、开发、管理以及重大工程开发建设地质风险评价等提供了基础性、先导性地质工作支撑和服务。



1 : 25 万莱州湾工程地质分区图

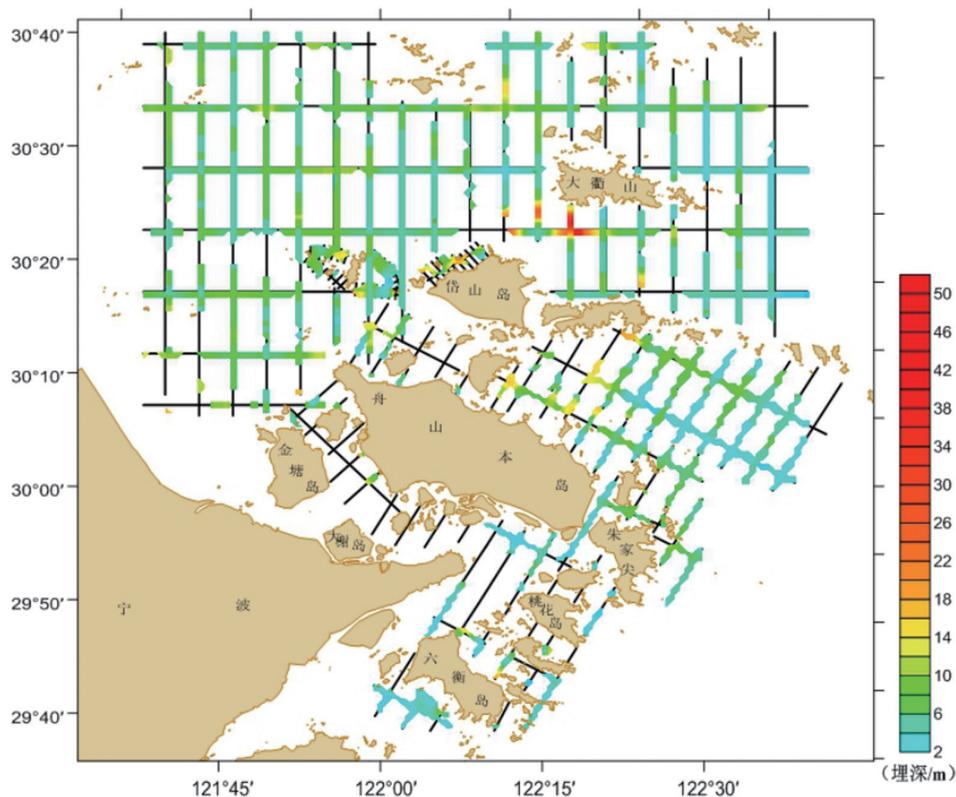
◆ 宁波—舟山海域海底浅层气调查 服务重大工程建设

利用浅地层剖面测量、地形测量、地质钻探、钻孔试气、沉积物和孔隙水地球化学分析等综合技术方法，围绕舟山绿色石化基地等重大工程，开展浅层气相关地质灾害影响评估。海岸带综合地质调查提高了重大工程建设保障能力。

通过浅地层剖面解译，圈定埋藏浅层气的平面分布范围和含气层顶界埋深。埋藏浅层气在研究区海域普遍分布；地震剖面常见声学空白、声学幕和声学扰动现象，海底常见麻坑、泥火山等特殊微地貌，并观测到近底海水中甲烷含量异常现象。地震剖面和地质浅钻揭示主要的含气层是上更新统和下全新统的滨海相—

河流相砂质粉砂、黏土质粉砂和粉砂地层，上覆的上全新统泥质沉积层为封堵盖层。含气层顶界埋深变化较大，以4~10m为主，局部埋深达20m。海上钻孔取气试验，现场测得最大气体压力0.06MPa，海底浅层气具有多层性。钻孔孔隙水和沉积物顶空气分析表明，浅层气气体主要成分为甲烷，含量90.3%~97.9%，主要为生物成因气。

实验模拟结果反映埋藏浅层气降低沉积层土力学强度，破坏土质原始稳定性，减小基底支撑力，在外载荷重下，含气沉积物发生蠕变或突变，产生不均匀沉降或液化失稳，破坏石化基地的构筑物、管道和海堤稳定。同时，施工中存在高压埋藏气扰动喷发、溢出闪爆等火灾风险，严重威胁石化基地安全。



宁波—舟山海域海底浅层气分布和埋深示意图

(三) 海洋油气资源调查

◆ 南黄海科学钻探 CSDP-2 井 揭示前新生代海相地层 并发现油气显示

南黄海陆架施工科学钻探 CSDP-2 井于 2015 年底完成 2000m 全取心钻探, 2016 年计划加深至 2800m, 目前钻至 2700m。该科学钻探的目标之一是探查南黄海中部隆起前新生代海相地层时代, 揭示南黄海前新生代海相地层沉积演化过程, 为油气突破进一步奠定基础。

CSDP-2 井岩心显示, 0 ~ 596m 岩心为新近纪以来沉积的松散 / 未固结沉积物。596 ~ 2700m 岩心为中—古生代岩石。根据古生物化石和区域对比, 确定三叠系、二叠系、石炭系为海相和海陆过渡相地层为主, 泥盆系

为海陆交互相地层, 岩性为灰岩—泥岩或砂岩。推断 CSDP-2 井 2700m 处的地层为泥盆系五通群, 是迄今为止南黄海钻遇的最古老地层。在 CSDP-2 井在下三叠统分别钻遇 3 段好的油气显示, 分别为 866 ~ 876m (三叠系青龙组)、885 ~ 889m (三叠系青龙组或大隆组) 和 1151 ~ 1162m (二叠系龙潭组)。沿灰岩裂隙或细砂岩的方解石脉发现油迹, 对应的气测录井显示全烃百分含量最大值分别达到 0.30%、0.37% 和 0.45%。在裂隙处取得的样品经荧光分析显示为“油迹—油浸层”特征。龙潭组视厚度 350m 左右, 灰黑色泥岩含量约 40%, 累计泥岩厚度约 100m, 推测为较好的烃源岩, 烃源岩的类型为 II 到 III 型, II 型为主, 为海陆过渡环境。



CSDP-2 井二叠系龙潭组沿细砂岩的方解石脉显示油迹

CSDP-2 井为南黄海中部隆起上的首钻, 该隆起油气显示是南黄海中、古生界碳酸盐岩中的首次发现。海相地层的发现将极大促进南黄海盆地, 尤其是中部隆起的基础地质和油气勘查工作, 并将推动南黄海层序标定和古沉积和构造环境等前沿科学问题的研究。

南海北部油气资源调查 锁定有利圈闭构造 18 处

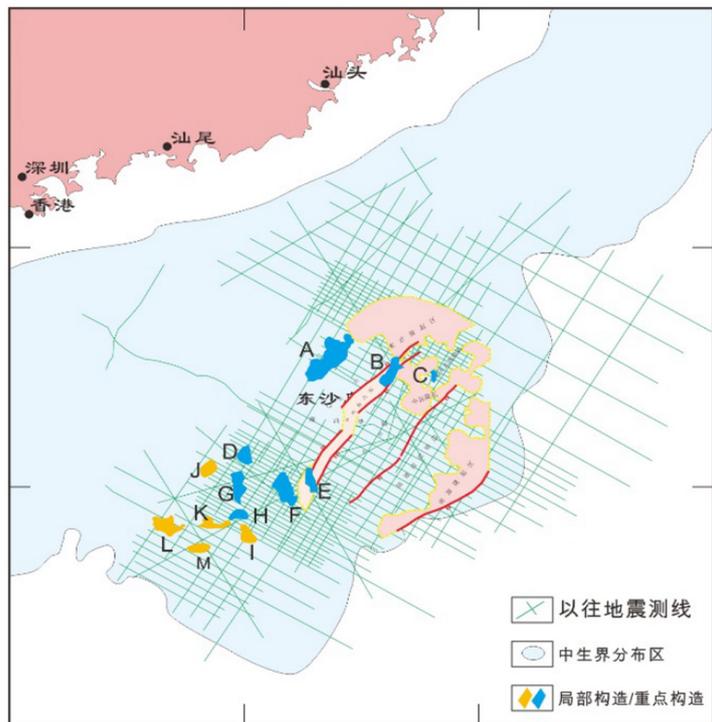
南海北部东沙海域油气资源调查，采用三维成像的叠前深度偏移处理技术，取得了单元单缆地震资料采集三维成像技术的突破。以此为基础，初步圈定东沙中生代 13 个有利圈闭构造及西沙海槽盆地 5 个重点构造。

通过本次调查，圈定南海北部中生界分布面积约 $6.7 \times 10^4 \text{km}^2$ ，主要分布在珠江口盆地东沙隆起两侧的潮汕坳陷、韩江坳陷及台西南盆地等区域，总体呈现南厚北薄的特征，其中潮汕坳陷中生界残留厚度 3000 ~ 5000m。发育有背斜、断鼻、断块和复合圈闭及岩性尖灭圈闭，初步解释的主要构造有 13 个，主要分布在潮汕坳陷斜坡带，闭合幅度介于 500 ~ 1500m，圈闭面积均大于 100km^2 。

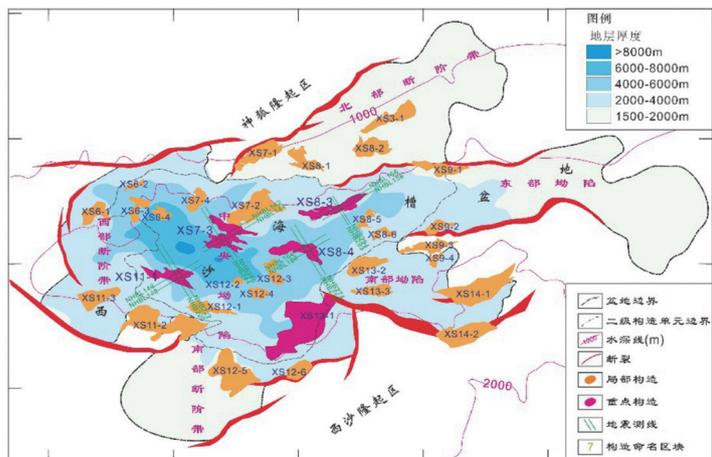
西沙海槽盆地最大沉积厚度超过 8000m。盆地自下而上发育岭头组、崖城组、陵水组、三亚组、梅山组、黄流组、莺歌海组、乐东组。综合分析局部构造的油气地质条件，优选 5 个重点构造，圈闭面积均大于 100km^2 、单层圈闭闭合幅度 200 ~ 700m、离富生烃凹陷距离小于 10km，储层发

育、圈排关系好、具有一定的油气显示或地化异常。

这些重点构造的进一步落实将加快海相中生界油气勘探进程，有助于形成并完善海相中生界油气成藏理论，实现海域新层位的油气资源战略突破。



东沙海域 13 个中生代有利构造分布图



西沙海槽盆地 5 个重点构造分布图

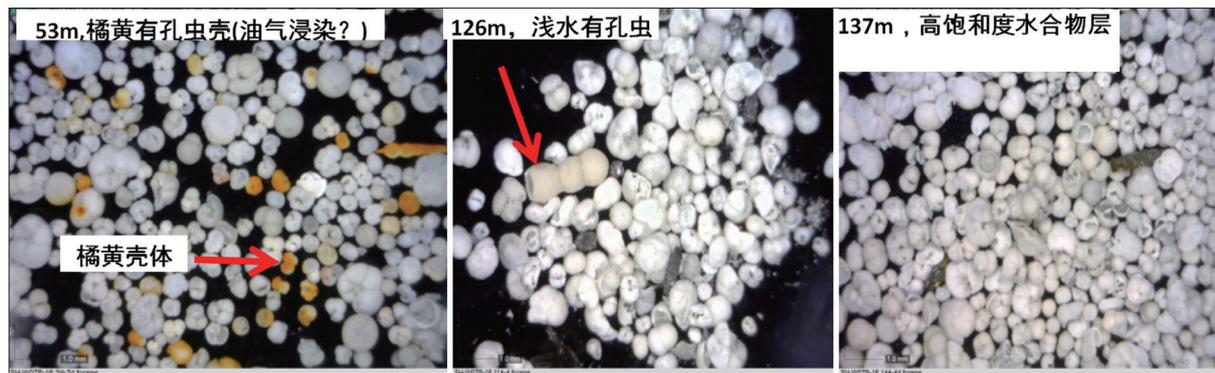
(四) 天然气水合物资源调查

◆ 神狐海域 2016 年 新发现高饱和度、高渗透率 水合物储层

2016 年在神狐海域实施第四次天然气水合物钻探 (GMGS-4 航次) 开展 11 个站位先导孔随钻测井, 其中 SH-W07-16 站位在 121 ~ 153m 发现异常高的声波速度和电阻率值。声波速度超过 2500m/s, 电阻率异常值达 12 Ω .m。分别在 10 个层段对该站位进行取心, 53m 层段有孔虫含量丰富, 发现疑似油气浸染的橘黄色有孔虫壳体; 110m 层段黄铁矿发育;

物最大饱和度 75%。该站位含水合物层厚 30m, 水合物最大饱和度约 75%, 渗透率可达 40mD, 矿体面积约 12km²。

通过工作, 系统获取了水合物试采目标储层地质参数。对 3 个水合物试采目标井位进行了保压和非保压取心作业, 以及原位地层温压和原位渗透率测试, 现场对非保压取心样品进行了红外扫描、微生物取样、裂隙气及顶空气取样、孔隙水取样, 对保压样品进行了 CT 扫描、三轴岩土应力实验、渗透率实验、阶段释气测试, 系统获取了试采目标井位水合物储层的沉积物显微结构、储层原位渗透率、水合物饱和



SH-W07-16 站位取芯情况

126m 层段有孔虫主要为浅水有孔虫, 该层段对应随钻测井上的高伽马层, 原位渗透率测试 30mD; 137m 层段为高饱和度水合物层, 水合

度、气体组分、保压样品三轴岩土应力等方面详实数据, 为水合物试采顺利实施提供了重要支持。

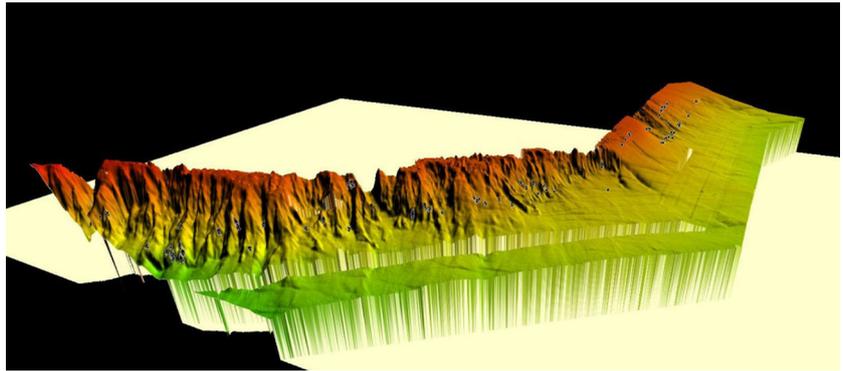
冷泉探测发现我国海域迄今规模最大的冷泉羽流

通过多波束水体影像资料处理，共识别出 300 余个气泡羽流。所有羽流均喷出海底 100m 以上，最大达 578m，是目前我国海域发现的规模最大的冷泉羽流。一系列原位调查确认该最大羽流发源于海底泥火山的冷泉泄漏，而其余羽流也均与麻坑、泥火山等地貌有密切关系。

经地质拖网原位取样，发现了形态多样的冷泉碳酸盐岩出露区，对碳酸盐岩进行实验室分析，碳同位素负异常明显， $\delta^{13}\text{CPDB}$ 值 $-22.68\text{‰} \sim 53.99\text{‰}$ (平均值 -39.74‰ , $n=43$)，和世界各地的冷泉碳酸盐岩在同位素组成和矿物学成分方面能很好对比。同时，对水体中的甲烷进行了随船甲板测试，发现了 10 余处水体剖面中的甲烷含量异常点。综合调查表明，气泡羽流、冷泉碳酸盐岩和甲烷异常均位于陆架斜坡

区，在平面上呈狭长带状分布，初步推断这些冷泉的形成可能受控于水深、地形、地貌或底水温度等因素。

该项成果将会进一步推动海底冷泉、热液两个极端环境系统耦合机制的研究，改变以往两个极端系统彼此隔绝独立的认识；拓展了研究全球气候变化的工作空间，热盆内发育冷泉泄漏的地质事实否定了热盆不大可能发育冷泉的传统观点，热液羽流与冷泉羽流两种系统潜



某海域多波束测深图及冷泉羽流泄漏点分布区（黑色圆点代表冷泉羽流）

在作用的评估将对全球气候变化研究有更全面认识。两种羽流活动，预示着该盆地内赋存着两种甚至多种有价值的经济矿产。

南海北部“海马冷泉”生物具多样性，历史甲烷渗漏量大

2016 年 3 月，“海洋六号”调查船利用 ROV“海马”号 ROV 及生物拖网调查手段，对南海北部水合物区“海马冷泉”进行了海底观测、地质调查及生物取样，发现“海马冷

泉”生态系统分布有多种化能合成生物组成的冷泉群落：①以宽型深海偏顶蛤 (*Bathymodiolus platifrons*) 为优势类群贻贝床群落，主要附生在硬底自生碳酸盐上，其它生物类群包括铠甲虾 (*Munidopsis* sp.)、螺类 (*Buccinum* sp.; *Provanna* sp.)、蛇尾 (*Ophiacantha* sp.)、海葵等；②以伴溢蛤 (*Calypptogena* sp.) 为主囊

蛤群落；③以西伯加虫科种类 (*Paraescarpia* sp.) 为主的管虫群落，囊蛤类和管虫个体大，囊蛤类体长超过 11cm，管虫体长超过 23cm，显示冷泉生态系统发育时间较长。其次对环境中的 ¹⁶SrRNA 分子的高通量测序，发现在“海马冷泉”区沉积物中，特别是甲烷-硫酸盐转化带 (SMTZ) 含有丰富的甲烷厌氧氧化古菌 (ANME)，在底部的甲烷产生带 (methanogenesis) 除了已知的产甲烷古菌，还发现大量的未培养且功能未知的古菌 (如 MBGB 等)。

自生碳酸盐岩 δ¹³C 值 -43.0‰ ~ -27.5‰，指示其为甲烷缺氧氧化形成的冷泉碳酸盐岩；δ¹⁸O 值 2.5‰ ~ 5.8‰，显示 ¹⁸O 富集；含壳体的碳酸盐岩结壳以文石为主、无 Ba 富集和相对于 Mo 更加富集 U 元素，表明它们形成于紧靠海底的开放环境中。相反，碳酸盐岩结核、烟囱及无胶结壳体的碳酸盐岩结壳中出现 Ba 和 Mo 的富集，说明它们形成于更加缺氧的环境中，很可能反映了过去大量天然气水合物的分

解释。

此次对“海马冷泉”的调查研究，为水合物试采或开采期间针对性监测提供珍贵的资料，并且有助于将来对我国南海北部冷泉生态系统的进一步研究及保护。



海马冷泉区生物群落

(五) 数字海洋地质

◆ 一大批新的海洋地质数据公开发布

2016 年，整合推出了一大批新的、可供上线的海洋地质数据，并提供服务 (见下表)，加

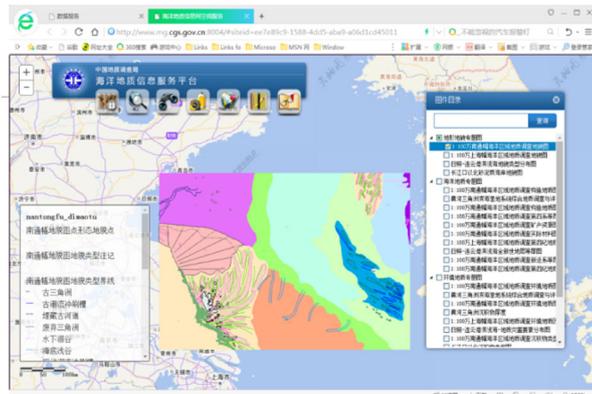
大海洋地质信息服务力度。同时，为促进海洋地质数据资源共享，充分发挥海洋地质数据资源的保障和支撑作用，推进海洋地质信息网建设，遵循互联网公共协议和 ODATA 数据开发协议，构建基于 REST 风格 API 的轻量级 Web

服务，以此为基础搭建海洋地质数据共享平台。优化完善了网站空间数据服务等功能模块；完成了网站安全等级测评和安全保护及网站全部

上线数据的保密审查；保证数据持续更新和服务；完成网站手机移动版 APP 应用研发，创新网站使用新模式。

2016 年公开发布的新数据

类别	内容	数量	发布形式
调查数据	地质取样	7703 个	目录信息
	海水取样	646 个	
	低层大气	1029 个	
	CTD	397 个	
	单道地震	54506.21km	
	多道地震	19686.7015km	
	侧扫声呐	42309.06km	
	浅层剖面	58339.6km	
调查数据	多波束测量	53004.3km	目录信息
	单波束测深	65503.61km	
	海流测量	定 53 个；6173.32 km	
	工程钻探	24 口 2112.34m	
	水工环样	555 个	
	水文地质钻探	441.84m	
	第四纪地质钻探	626.7m	
成果图件	地质浅钻	147 口，6148.43 m	矢量文件
	53 个项目成果图件	133 幅	
调查报告	54 个项目调查报告	64 个	Pdf 文件



海洋地质信息网——空间数据服务



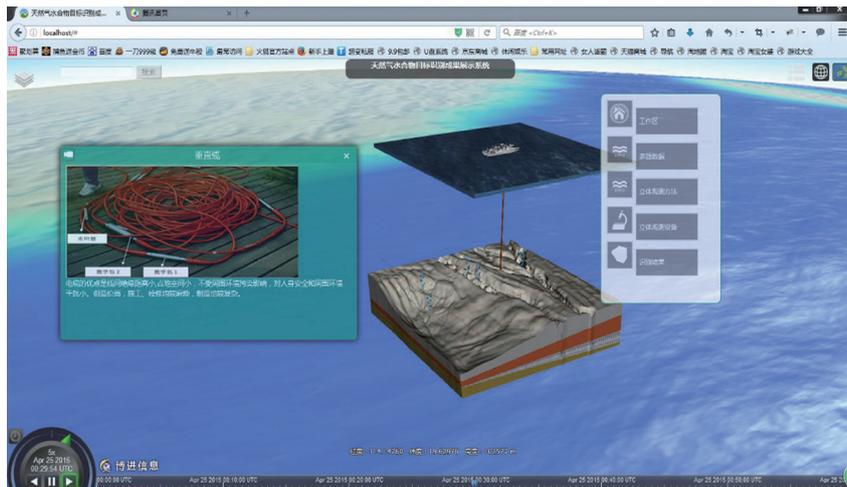
海洋地质信息网移动 APP

◆ 天然气水合物数据集成及共享服务平台初步建成

对 2016 年以前获取的天然气水合物野外勘查数据进行了系统性的检查入库工作，并制作了相应图件，为天然气水合物试采、勘查提供数据支撑。天然气水合物数据涵盖野外勘查实测数据、研究成果数据等。数据专业种类包括：地球物理、地球化学、现场测试分析、钻井数据等等。其中重点核对整理了地震数据、多波束数据、取样站位数据、钻井数据、ROV 数据等。目前，收集管理原始数据及备份数据总量约 50T，其中，取样站位信息 2521 个站位，钻

井信息 37 个钻孔，多道地震信息 115582km，摄像观测信息 531 个站位。建立了一整套天然气水合物数据入库规则及方法，设计了原始数据与数据库数据的转换接口，自行编制相应程序解读国外仪器设备获取的原始数据。为水合物数据管理奠定了扎实基础，实现了数据方便、快捷、安全入库。

初步建成天然气水合物数据集成及共享服务平台，为“一站式”数据共享服务奠定了基础，提高数据共享服务水平，为勘查试采提供实时、全方位的数据支持。在此基础上，编制了相应调查程度图，提供研究及部署人员及时了解我国南海天然气水合物调查程度。



天然气水合物共享服务平台

◆ 海洋地质数据成果三维展示提升海洋地质信息服务水平

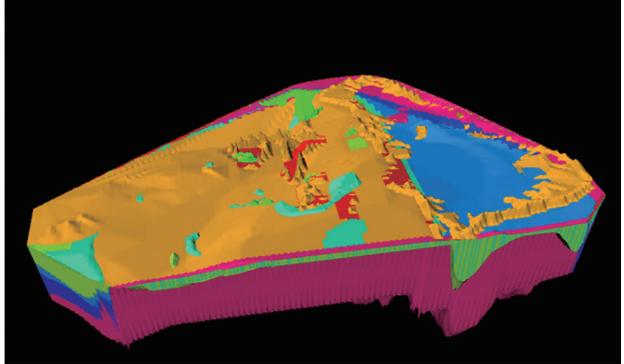
立足于海洋地质资料与数据成果海量多源的实际特点，结合海洋地质调查业务部门的展示

应用需求，采用国内外先进的三维展示开发与平台，在海岸带地质调查与海洋油气资源调查数据三维展示与应用方面取得了显著进展。

基于 SkyLine 平台基本建成了我国北方海岸带区域三维场景，开发了三维海底展示、



重点海岸带区域海水淹没模拟



重点油气勘查区域三维地质建模

立体量测、水淹分析等功能模块，可实现球体模型上海洋地质调查数据与成果的综合展示，提高了成果展示与应用水平。基于 Open Inventor 平台初步建成了我国油气勘探重点海域地质体三维模型，开发了三维地质体模型可视化展示组件，实现了海洋油气地质调查地震解释剖面图、构造区划图、等深度构造图、断

裂分布图以及钻井资料等资料管理与展示。

应用三维技术推动了海洋地质调查成果由传统的平面展示向三维立体展示的转变，为地质专业人员开展业务领域研究提供了有力的分析工具，提高了海洋地质调查与科研的信息化水平，促进了海洋地质调查数据与成果的转化应用与网络化服务。

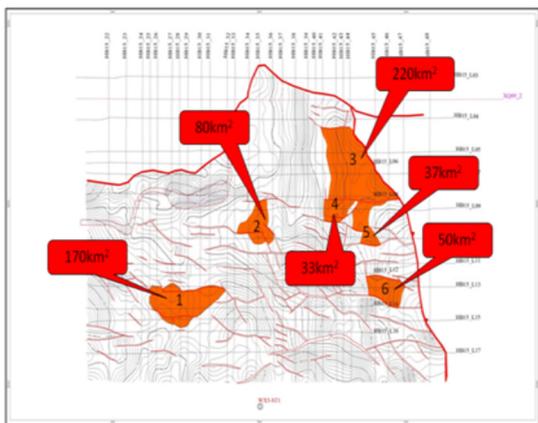
（六）海洋资源调查关键技术研发

● 南黄海“高富强”地震勘查新技术锁定油气钻探目标

在南黄海崂山隆起实施新的地震勘查技术，提出并完善了调查参数井井位建议，为落实下古生界烃源岩、建立早古生代地层层序，并最终实现南黄海油气新层系油气发现和突破奠定基础。

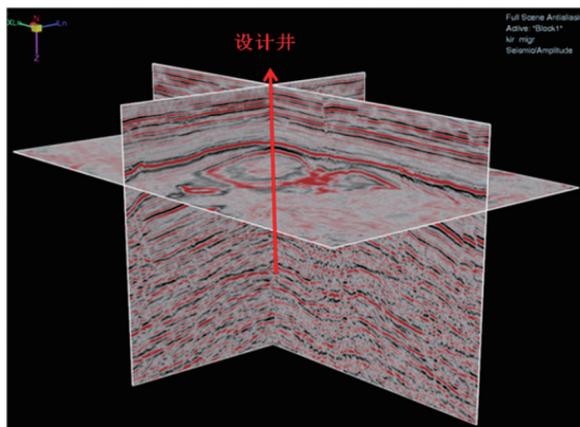
通过工作，形成了适用于崂山隆起地震地质

条件的“高富强”（高覆盖次数、富低频、强震源）地震勘查技术，该技术覆盖次数 96 次，富含 5 ~ 25Hz 的强能量低频成分，震源容量 6390 立方英寸，最大探测深度超过 15000m。通过地震资料攻关处理、新老地震资料联片解释和海陆对比，建立了南黄海崂山隆起完整的海相地层地震层序。地震资料精细解释，确定了崂山隆起中部是海相中—古生界的重点目标区，面积约 6000km²。该区发育 6 个



南黄海崂山隆起 T10 反射层圈闭分布 (图中标注了各圈闭编号及其面积)

主要圈闭构造, 地层发育齐全、地质构造相对简单, 总面积达 590km²。通过地震资料特殊处理和油气地质条件分析, 认为 1 号和 3 号构造石油地质条件优越, 其中 3 号是首选钻探靶区。运用该技术获得了较高品质的海相中 - 古生界反射资料, 为区内油气调查与勘探的突破



3 号圈闭构造的井位设计方案

提供了技术支撑。

已有研究表明南黄海盆地海相新层系油气远景好, 但目前勘探程度低、商业投入难以下决心, 亟待调查参数井破解难题。调查参数井井位的落实将为下扬子区及海域海相新层系的油气突破奠定基础, 具有重要意义。

◆ 海域天然气水合物钻探取样装备完成优化试制

完成了海域天然气水合物保温保压取样钻具的优化与样机试制。保温保压取样器是取样工作效率和质量的关键, 通过对保温保压取样的密封机构进行改进优化, 提高了密封翻板机构的可靠性, 对压入式保温保压取样钻具的稳定性进行了优化, 同时针对坚硬地层条件完成了回转式长筒保温保压取样钻具的首轮样机试制, 同时开展了保温真空管、取样钻头、取样管鞋及打捞器的优化。通过进行室内试验显示,

采用补压装置的前提下, 压力保持在 90% 以上, 可满足天然气水合物保压需要。真空双层保温内筒失温速率在 5℃ /h 以内。针对海上试验要求, 完成了钻具海试前的准备工作。

针对海域钻探的特点, 对海洋钻探冲洗液进行了优化和正交试验。初步确定了采用抗盐共聚物、聚丙烯酰胺等处理剂的低温环保冲洗液配方, 通过室内试验验证后其冰点可达 -15℃。

完成了优化后取样适配装备——取样基盘和取样绞车样机的室内模拟试验。取样基盘可在保温保压取样的过程中为取样钻具提供水下

井口和钻杆夹持功能，通过室内模拟工况试验验证，经过优化后的取样基盘可适应水深 3000m 工况下 30MPa 压力要求，取样绞车可提供 $\pm 3\text{m}$ 海浪的升沉补偿功能，避免样品扰动。

已经初步完成了海域天然气水合物取样技术装备的自主化，基本形成以保温保压取样钻具为核心的具备自主知识产权的取样技术体系。



保温保压取样钻具