

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.04.01

引用格式: 莫杰,王文海,彭娜娜,等.我国海洋地质调查研究新进展[J].中国地质调查,2017,4(4):1-8.

我国海洋地质调查研究新进展

莫杰¹,王文海²,彭娜娜³,徐承德²,张德玉²

(1. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071; 2. 国家海洋局第一海洋研究所,青岛 266061; 3. 中国科学院海洋研究所,青岛 266071)

摘要:近10年来,我国海洋地质工作在海岸带、近海与管辖海域、大陆架边缘海和深海大洋开展了地质构造、矿产资源、环境灾害和探查技术及仪器设备等方面的调查研究和研发,取得一系列重要成果。如历时8年的“我国近海海洋综合调查与评价”专项(908专项),完成了1:100万管辖海域的16个图幅、1:25万13个图幅的综合调查和9个区块海砂资源评价;在南海北部琼东南盆地发现了3个大气田;开展了海岸带环境地质调查评价与图集(1:400万)编制;“南海深海过程演变”专项研究与南黄海陆架区科学钻探均有新发现;海底石油勘探与开发技术(“海洋石油981”钻井平台)、南海北部海域天然气水合物探测技术及发现(Ⅱ型天然气水合物、可燃冰冷泉)、南海天然气水合物试采成功,以及海底探测技术与采样设备的研发等等取得了实质性进展或突破。这些重要成果极大地提高了我国海洋地质调查的程度、研究水平和综合实力。

关键词:海洋地学;调查研究;新进展;新成果

中图分类号: P736; P744; P71

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)04-0001-08

0 引言

海洋地质调查研究成果,在支撑建设海洋强国战略中具有重要价值。进入新世纪,尤其近10a来,我国海洋地质工作紧密围绕国家战略发展需求,在海岸带、近海与管辖海域、大陆架边缘海和深海大洋开展海洋地质构造、矿产资源、环境灾害、工程地质、探查技术和与仪器设备等方面开展调查、研究和研发,并取得一系列的新进展、新突破和新成果。本文综合概述了2010—2016年的主要成果。

1 管辖海域综合调查

1.1 我国近海海洋综合调查与评价

“我国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908专项”),在历时8a的调查和综合评价中,完成了水体调查面积约102万km²,海底调查面积约64万km²,海岛海岸带卫星遥感调查面积约

152万km²,航空遥感调查面积约9万km²。实地调查了2310个海岛,卫星遥感调查了9273个海岛,航空遥感调查了重要海岛和海岸带;海岸实地调查完成全部大陆海岸线修测。建成了国家和沿海省(市、区)标准统一的数字海洋数据库,构建了我国第一个数字海洋原型系统,形成了海洋信息综合应用与决策支持的服务能力。主要成果概述如下^[1-9]。

该专项实现了对我国近海约60万km²的全覆盖观测,基本摸清了近海环境和资源家底。获取了我国大陆岸线长度和海岛数量,查明了我国近海可再生资源数量为15.08亿kW,调查海砂资源面积约30.3万km²,估算资源量约4749亿m³,已探明具有工业储量的滨海砂矿产地91处;全面更新了我国近海海底环境基础数据和资料,系统开展了海洋地质、地球物理和地形地貌调查研究,覆盖了我国内水、领海和部分管辖海域;编制了近海大比例尺沉积物类型图,详细阐明了沉积物的分布规律、控制因素及古环境演化特征,初步阐明了悬浮体变化规律和重金属元素的分布变异规律,为海域使用

管理、海底工程建设和海洋减灾防灾等提供了基础数据和科学依据。

系统编撰了一批集中反映我国最新海洋调查研究成果的系列图书、专著及大型工具书,如《中国近海海洋图集》22 册、《中国近海海洋》27 册、《中国区域海洋学》8 册、《中国海洋本草》9 册、《中国海志》11 卷共 21 册、《中国海洋物种和图集》上下卷 4 册等;创新建设了体现当前海洋信息水平的中国数字海洋信息基础框架。

1.2 1:100 万海洋区域地质调查

自 2008 年实施“海洋地质保障工程”专项以来,至 2015 年 9 月已全部完成我国管辖海域 16 个图幅的调查任务^[10],首次实现了我国管辖海域约 300 万 km² 的区域地质调查全覆盖(图 1)。海上调查以高新技术为支撑,采用高精度综合探测技术,即多波束测深、侧扫声呐、浅地层剖面、单道/多道

地震、重力、磁力、地质取样、海底钻探和热流等,开展了浅—中—深全方位的综合调查,采集了大量的基础地质数据,对海底地形地貌、地球化学场、地球物理场、断裂构造及岩浆活动、环境地质要素和矿产资源等方面开展了调查研究,探讨了区域构造演化、大陆边缘性质、海盆形成和地壳结构等关键性科学问题。

1:100 万海洋区域地质调查,调查了海底地形、地貌、第四纪沉积、区域构造、矿产资源、磁力场和重力场等综合地质要素并编制相关图件,整体成果质量达到国际先进水平。首次发现并命名一批新的海底地理实体,宣示了国家海洋主权;厘清 38 个主要沉积盆地分布范围和海洋固体矿产分布状况。发现我国海域油气勘探新区域、新层位,圈定了一批油气资源远景区,引领和带动了我国海洋油气勘探和开发工作;利用水深、地质和热流等最新调查数据,全面预测了我国海域天然气水合物资源的有利赋存区,推动了海域天然气水合物资源勘查工作。获取的最新综合调查资料和成果,极大提高了我国海域地质调查程度,对快速提升我国海洋地质研究水平具有重要价值。

1.3 1:25 万海洋区域地质调查

我国首个中比例尺海洋区域地质调查的示范图幅 1:25 万青岛幅海洋区域地质调查取得了系列重要成果:获取了一批高精度的实测资料,查明了区内海底地形、地貌、沉积物类型、地层结构及其分布规律、环境地质因素分布特征、重要潮流通道海洋动力学特征、矿产资源类型和分布状况等基础地理和地质信息,并探索了我国 1:25 万海洋区域地质调查的方法与思路,编制了 1:25 万海洋区域地质调查规范,为全面、系统、规范实施中比例尺海洋区域地质调查奠定了基础。

当前,1:25 万海洋区域地质调查主要部署在沿海主要城市经济开发区,从 2009 年起至今,除已完成青岛示范图幅外,目前完成外业调查的有:锦西—营口幅、日照—连云港幅、霞浦县幅、钓鱼岛幅、福州幅、莆田幅、泉州幅、厦门幅、乐东幅和三沙市幅^[5]。调查成果包括:海底地形地貌、沉积物类型、地质构造、矿产资源、地球物理、地球化学、海洋环境、潜在地质灾害和编制的系列专业性图件。这些调查资料数据和研究成果,对沿海各省(区、市)海洋开发规划和发展海洋产业经济提供了重要的科学依据。

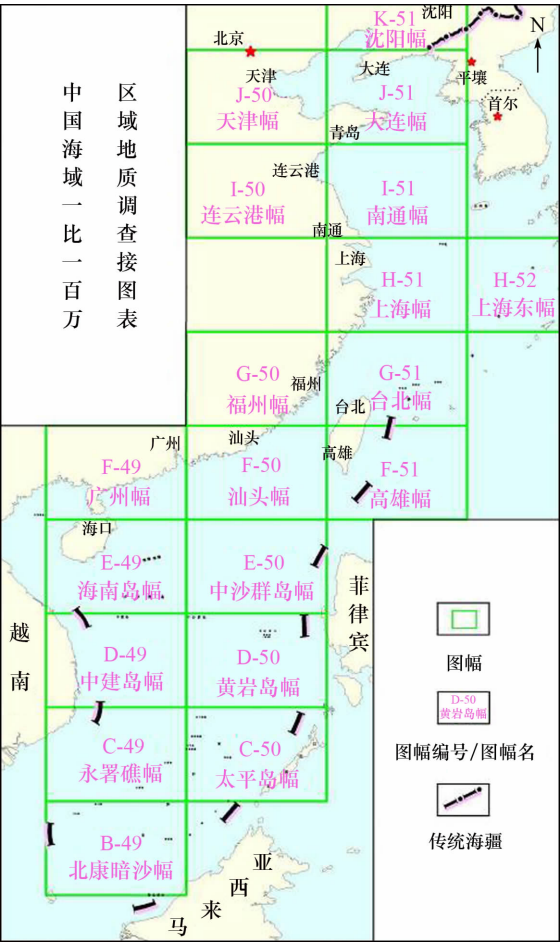


图 1 我国管辖海域 1:100 万国际分幅
Fig.1 1:1 000 000 international sheet in
territorial sea area of China

1.4 海砂与相关资源潜力调查评价

从2005年起至今,开展了“近海海砂与相关资源潜力调查评价”项目,共9个调查区块,包括渤海辽东湾、黄海成山头、青岛—日照、东海舟山、莆田—温州、南海碣石湾—南澳岛、珠江口—东平、雷州湾—海陵岛和东方区块,总面积16.642万km²,获总资源量33.284万m³(资源量按2m厚度计算)。

编写了全国1:200万近海海砂资源规划报告及图件,为国土资源部门在浙江舟山进行海砂开采规划试点提供了基础资料,及时解决了港珠澳大桥人工岛填筑等重大工程对海砂资源的需求。

1.5 海洋油气资源勘查

截至2015年7月,在南黄海盆地共完成二维多道地震调查2.81万km、地球化学探测601个站位。在中—新生代陆相地层之下发现了巨厚的古生代海相地层,其沉积建造与上扬子四川盆地可类比,具备形成大型油气田的物质基础,预测崂山隆起是海相古生界的首选远景区。同年9月,青岛海洋地质研究所在该隆起西部实施了一口大陆架科学探井(CSDP-02),首次在区内下三叠统灰岩中见到了油气显示,展现了该区良好的油气远景。

2014年,中海油深水钻井平台“海洋石油981”,在南海琼东南盆地深水区的陵水凹陷,陵水17-2-1井测试获得高产油气流。2014—2015年,中海油在南海北部琼东南盆地发现探明陵水17-2、陵水18-1为大中型气田,同年投产南海深水荔湾3-1大气田。2015年,中海油在琼东南盆地乐东凹陷东北部发现井陵水25-1-1井共钻遇73m厚的油气层,完钻井深约4000m。经测试,平均日产气约100万m³、原油约54t。陵水25-1是继陵水17-2、18-1后获得的又一个自营深水中型以上天然气发现,展现了琼东南盆地深水区良好的勘探前景。

1.6 重点海岸带地质环境

从2001年开始,实施了“我国重点海岸带滨海环境地质调查与评价”项目,在沿海11个重点海岸带开展了包括重点海岸带地区1:25万环境地质调查和评价、1:10万和1:20万海洋工程地质与灾害地质调查、滨海湿地环境地质调查和1:25万多目标地球化学调查。调查的海岸线总长3250km,约占全国大陆岸线总长度的18%,获取了海岸带地形地貌、底质沉积物类型、地质灾害、近10万a以来

地层结构与环境演变、海底工程地质环境等方面的基础地质数据,揭示了海岸线变迁历史与趋势。

在调查评价的基础上,编制了《中国海岸带国土资源与环境图集》(1:400万)。此外,还分别选择我国北方和南方2个典型海岸带湿地系统——黄河三角洲滨海湿地和华南西部滨海湿地,开展了滨海湿地系统的综合地质调查与生态环境评价,为开发利用和保护湿地提供了基础地质资料。

1.7 南海深海过程演变

该项目中的“海底天然地震台阵观测实验”海底地震仪(ocean bottom seismometer, OBS)探测海底地壳及上地幔结构并进行3D成像,探索了南海地质构造演化及海底深部结构。在南海中央海盆的黄岩—珍贝海山链两侧布放18台OBS(成功回收11台),这是在我国海域进行较大规模的被动源海底观测实验,不仅记录了南海中央海山区地震频率,还对海山链下面的地质构造进行了探测和摸底,其中多半设备都记录到了6~7次震级>6.0级的中强震,还发现地震记录和海洋活动(如台风、洋流)之间存在很大的相关性。首次运用了深拖磁测系统,在接近南海海底的深度进行高分辨率磁异常测量,在南海中央与西南海盆4条测线成功获得1220km的深拖磁异常记录,确定了海盆扩张的时间和过程。

2014年3月,作为国际大洋发现计划(IODP)新10a首个航次(IODP349),在南海4000多m的深海进行了钻探,采获当年形成的南海大洋地壳的岩样,确定了南海最终形成的年龄为距今1600多万a前,确认南海东部海盆生成于3300万a前,消亡于1500万a前;西南部海盆生成于2360万a前,消亡于1600万a前^[5]。“南海深海过程演变”专项把深海浅钻和载人深潜观测相结合,2012年“蛟龙”号下潜至3000m深海的破裂火山口,发现多金属结核密集分布区,为确定深海火山形成后的沉积覆盖历史提供了新的线索。

1.8 南黄海陆架区科学钻探

“大陆架科学钻探工程项目(CGS-CSDP)”,完成了南黄海陆架区科学钻探CSDP-01孔的海上钻探作业,总进尺超过300.1m,总取心率达到80%以上。这是迄今为止中国东部陆架区最深的全取心科学钻孔,也是陆架区所获取的第四系全岩心的首钻,它不仅为近海海域第四系全取心地质深孔施工积累了宝贵经验,更重要的是为实现我国陆

架海第四纪科学研究的新突破提供了珍贵样品。对探讨我国(亚洲地区)新生代地质演化历史中的构造运动和地貌演化、陆架沉积物从源到汇、亚洲季风形成与演化、海陆变迁及其环境效应等具有里程碑式的科学意义。

2015 年 9 月,由山东省第三地质矿产勘察院“探海一号”钻井平台(图 2)在黄海中部隆起钻探的 CSDP-02 孔,终孔孔深 2 843.18 m,创下全球大陆架科学钻探全取岩心孔深最高纪录。CSDP-02 井是南黄海中部隆起的全取岩心钻孔,先后钻遇新近系、三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系和奥陶系等多套地层(注:此前在 CZ12-1-1 井揭示最老地层为下石炭统),钻遇 2 次好的油气显示,发现大量具备时间和环境指示意义的化石和大套烃源岩。该井于 866 m 处见油气显示,气测异常最高达到 0.37%,荧光分析结果显示为“油迹—油侵层”特征,显示长度超过 10 m^[5]。这是在南黄海中—古生界碳酸盐岩中首次发现油气显示,证实了南黄海中—古生界海相地层油气资源的存在。这一新发现将极大促进南黄海尤其是中部隆起的油气勘查工作。



图 2 由“探海一号”钻井平台实施大陆架科学钻探

Fig. 2 Continental scientific drilling of the drilling platform Tanhai NO. 1

1.9 海陆地质地球物理系列编图

该专项完成了《中国海陆地质地球物理系列图》8 种专题图件的编制。该套系列图件比例尺为 1:500 万,包括地质图、大地构造格架图、大地构造演化图、莫霍面深度图、空间重力异常图、布格重力异常图、磁力异常图和地震层析成像图。

编图过程中,利用叠置法和透视法编制了海域地质图,此方法可以在一张地质图上较充分地表现海区新近纪以下的盆地沉积地质内容。根据已有

的资料和最新的研究成果,将编图范围内块体构造单元划分出 26 个块体、13 条结合带、12 条缝合带(俯冲带和对冲带),利用古地磁数据恢复了中国主要块体的古纬度,并探讨了中国大陆概要的构造演化过程。按照计划,项目组还将继续编制中国海域及邻域(1:100 万)和中国各海区(1:50 万)各类系列图件。

2 海底勘探与开发技术

2.1 海洋油气勘探技术

我国首座自主设计、建造并拥有知识产权的第六代深水半潜式钻井平台“海洋石油 981”(图 3),于 2012 年 5 月 9 日在南海北部海域进行深水油气勘探作业,先后钻井 17 口、完井 4 口,特别是 2014 年 8 月 18 日该平台在南海勘探的大型气田南海陵水 17-2 测得高产油气流,标志着我国海洋石油工业的深水战略迈出了实质性的一步。



图 3 “海洋石油 981”在南海勘探作业

Fig. 3 Offshore Oil 981 drilling platform in South China Sea

钻井平台长 114 m、宽 79 m,自重 30 670 t,承重 12.5 万 t,电缆总长度 800 km,相当于北京四环路的 10 圈,它可起降我国目前最大的“Sikorsky S-92 型”直升机。作为一座兼具勘探、钻井、完井和修井等作业功能的钻井平台,水深 <1 500 m 可以用锚链定位,水深 >1 500 m 采用 DP3 动力定位。其最大作业水深 3 000 m,最大钻井深度可达 10 000 m。

“海洋石油 981”具有 9 项创新^[10-11]: ①极端复杂海洋环境共同作用下的半潜式钻井平台设计方法; ②半潜式钻井平台 DP3 和锚泊组合定位设计; ③基于海洋环境与钻井工况耦合作用下的隔

水管理与实验技术;④发现深水管柱的“三分之一效应”与“上下边界效应”;⑤深水钻井隔水管安全控制理论与技术;⑥本质安全型海底防喷器控制技术及应用;⑦创建超高强度 R5 海洋工程系泊链标准及制造技术;⑧半潜式钻井平台抗风多浮体混合带缆系泊技术;⑨半潜式钻井平台防腐数值模拟设计建造技术。该项成果实现了我国深水大型工程高端装备零的突破。其平台部分设计技术、深水隔水管安全控制技术和本质安全型海底防喷器技术达到世界领先水平。并且,该钻井平台的设计与建造也带动了海洋工程、船舶和机电制造业等行业的技术进步和产业升级,建立起我国深海海洋工程高端装备及配套技术研发基地,使我国成为继美国、挪威之后第3个具备超深水半潜式钻井平台设计、建造、调试、使用一体化综合能力的国家。

2.2 天然气水合物探测技术及发现

2.2.1 海洋天然气水合物综合探测技术

海洋天然气水合物综合探测技术主要成果^[12]有5个方面。

(1)研制了海底高频地震仪(HF-OBS)、多路OBS精密计时器及配套设备,突破了3D地震与HF-OBS联合同步采集、高密度速度提取、3D速度体及矿体速度结构分析、矿体3D可视化及定量评价等多项核心技术,形成一套适合我国海域天然气水合物矿体目标探测的技术体系。研发技术首次应用于南海北部神狐海域天然气水合物矿体目标探测,成功获得了首幅“天然气水合物矿体的外形及内部结构特征”图像。

(2)热流原位探测技术。研制了剑鱼I型海底热流原位探测系统、飞鱼I型微型温度测量仪和海底热流原位立体探测系统,开发了热流数据处理软件,建立了适用于天然气水合物勘探区的海底热流资料解释分析流程,形成了集海底热流原位探测的采集、处理和解释于一体的系列技术。

(3)流体地球化学现场快速探测技术。研发了孔隙原位采集系统,攻克了深海高压下沉积物原位孔隙水采集的泥水分离过滤技术等多个技术难点;研制了世界上第一套沉积物孔隙水分层原位采集系统,实现了在短时间内同时获取深海多层位、气密性、无污染的原位孔隙水样品;研发了海水分层气密采样系统,将压力自适应平衡技术成功运用于海水分层气密采样系统;研制了一套能够对不同

类型水体中烃类气体等地球化学指标进行现场快速检测的船载平台系统。

(4)海底沉积物声学原位探测的动力学方法及技术研究。针对国内外现有海底沉积物声学原位探测技术存在的问题,研究海底沉积物声学原位探测的动力学方法和相关技术,研制一套适合浅海的高精度、实用、可靠的“海底沉积物声学原位探测技术系统”,为我国海底沉积物声学性质调查和研究提供高技术支撑。研发了一套海底沉积物声学原位探测系统设备,经过多次海上试验验证,系统工作正常,相关技术指标达到设计要求。应用该设备已经在南黄海海域开展了2个航次的海底沉积声学原位调查,累计完成测量站位103站,获得沉积声学原位测量数据数百组。形成一套新设备(基于液压驱动贯入的海底沉积物声学特性原位探测系统)。

(5)天然气水合物的热流原位立体探测技术。通过对基于热脉冲的双探针热导率测量原理与技术、高精度高保真的温度检测与热激励控制技术以及海底热流原位立体探测系统的机械结构设计的等方面的研究,总体目标是形成具有自主知识产权的海底热流立体探测技术以及相应的设备,缩短我国和国外相关专业之间的差距,达到国际先进水平,为我国海域天然气水合物勘查和评价提供新的技术支撑。自主研发成功了微型热流原位探测器,并据此配装成为热流原位立体探测系统,经过多次海上试验验证,系统工作正常,相关技术指标达到设计要求。最终研发了一套海底热流原位立体探测新设备(包括微型热流原位探测器及配套支撑架各9件套)。

2.2.2 海底孔隙水原位采样技术

我国自主研发的海底孔隙水原位采样系统于2009年5月18日,在海洋四号“HY4-2009-2”航次海试中,在南海4000多m水深海域成功地获取了原位气密孔隙水样品,实现我国海底孔隙水原位采样技术的重大突破。该系统最大工作水深超过4000m,沉积物采样深度大于5m,可同时采集11个层位的孔隙水,每个层位采水量不少于100ml。在孔隙水原位采样装置中,涉及的“保气技术”、“采水过滤技术”、“进水阀门控制技术”和“钢制件表面抗腐蚀陶瓷类膜技术”等关键技术均为我国自主研发。海底沉积物孔隙水的原位采集及现场分析技术,可快速探测孔隙水中 CH_4 、 H_2S 等气体和

Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子的异常及其分布特征,避免了信息损失,为天然气水合物探查提供快速、高效的地球化学证据,同时还可广泛应用于海洋油气和海洋环境调查中。

2.2.3 首次发现Ⅱ型天然气水合物

在南海北部神狐探区实施了“南海天然气水合物资源钻探”项目研究取得突破性进展,首次发现Ⅱ型天然气水合物^[5,12]。此次发现完钻深度在海底以下 242.37 m,从钻探结果看,海底以下深度 135~138 m 之间的天然气水合物饱和度最高,现场样品分析显示钻探区内以结构Ⅰ型天然气水合物为主,兼有Ⅱ型天然气水合物存在。

自然界主要存在 3 种天然气水合物类型,分别为Ⅰ型(气体以甲烷、乙烷等小分子烃为主)、Ⅱ型(气体可以有丙烷、异丁烷等较大分子数的烃类气体分子)和Ⅲ型(气体分子可以容纳分子数更大的原油分子)。纯甲烷只能形成Ⅰ型天然气水合物,而当乙烷及其它高阶碳氢化合物比例较高时可能

形成Ⅱ型天然气水合物。自然界中Ⅰ型分布最为广泛,Ⅱ型次之,Ⅲ型极少。

尽管在自然界发现Ⅱ型天然气水合物的报道并不少见,但在我国南海海域发现Ⅱ型天然气水合物尚属首次。该项成果不仅对该海域天然气水合物矿藏研究具有重要的科学意义,也为资源潜力的评价提供了依据,为后续的天然气水合物勘探开发奠定了基础。

2.2.4 珠江口发现可燃冰“冷泉”

2015 年 3 月,广州海洋地质调查局“海洋四号”船使用我国自主研发的“海马”号 4 500 m 级非载人遥控潜水器,首次发现了海底巨型活动性“冷泉”,并命名为“海马冷泉”。目前,已基本查明了该冷泉的分布范围、地形地貌、生物群落、自生碳酸盐岩及流体活动等特征。该“冷泉”位于珠江口盆地西部海域,总体呈 EW 向条带状展布,水深为 1 350~1 430 m,面积约 618 km²,其中已探查发现有冷泉活动的区域约 350 km²。

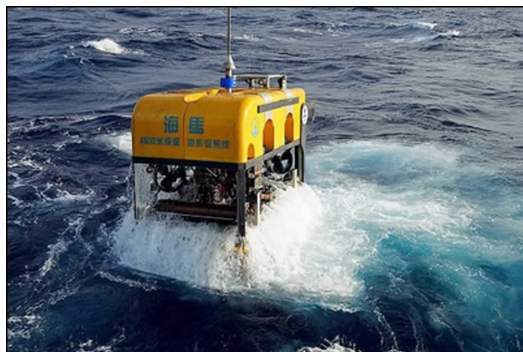


图4 海底冷泉活动区

Fig. 4 Active area of the cold spring in seabed

该冷泉具有 3 大特点^[5]。

(1)浅表层富含天然气水合物。通过重力柱状取样器获得了天然气水合物实物样品,埋藏深度一般仅海底以下数米,最浅的埋藏深度仅 0.15 m。

(2)自生碳酸盐岩大量出露。在“海马冷泉”海底出露大量不同形貌特征的自生碳酸盐岩,主要呈结核状、结壳状和层状;部分区域因较强烈的甲烷气体渗漏,碳酸盐岩胶结了大量贻贝壳体。

(3)冷泉生物群体广泛发育。有管状蠕虫、蛤类及贻贝等多种冷泉生物共生,其中贻贝分布最为广泛,不同种类和不同生长期生物在空间上交互分布。

“海马冷泉”的发现是我国继南海北部陆坡神狐海域(2007 年)和珠江口盆地东部海域(2013

年)之后,再次在新海域勘查天然气水合物矿藏的重大发现。

2.2.5 南海天然气水合物试采成功

由国土资源部中国地质调查局组织实施的我国南海北部神狐海域天然气水合物试采取得圆满成功。这标志着中国成为全球第一个实现了在海域可燃冰试采中获得长时间连续稳定产气的国家(图 5)。

从 2017 年 5 月 10 日—7 月 9 日,连续试气点火 60 d,累计产气 30.9 万 m³,平均日产气 5 151 m³,最高产量达 3.5 万 m³/d,甲烷含量最高达 99.5%。获取科学试验数据 647 万组,为后续科学研究积累了大量翔实可靠的数据资料。实现了勘查开发理论、



图5 “蓝鲸一号”钻井平台试采现场

Fig.5 Gas extraction of "Lan Jing yi hao" drilling platform in site

技术、工程和装备自主创新:一是3项重大理论;二是6大技术体系20项关键技术;三是3项重大工程管理系统;四是7项重大技术,创多项世界记录。

3 海底探测与采样技术

3.1 “海牛”号海底60 m 多用钻机

“海牛”号海底60 m 多用途钻机是我国首台自主研发的海底重要装备,在南海深海区试验成功。“海牛”号直径10 m,重8.3 t,配备24根钻杆,每根长2.5 m,排列在钻机圆盘上,随圆盘旋转机械手取杆按装、钻进,然后再接下一根钻杆,钻杆接卸时间只有2分50多秒。钻头分3种类型,由金刚石和硬质合金制成,以钻进不同类型地层。该钻机自动化程度高、体重轻、功能多,可原位探测岩石电阻率、孔隙率及给孔内周边岩石拍照;适用软硬各种底质;效率高,打60 m深钻仅需20多小时,价格比进口设备降低一半多。

3.2 深海热液样品保压采样器技术

深海水体序列保真采样技术通过国际合作,成功研制热液保真采样器CGT(China Gas-tight),为我国自主勘探与深入研究热液资源提供了关键技术支撑。自2008年参加大西洋洋中脊深海热液科学考察,对Rainbow、Lucky Strike、Lost City和TAG 4个热液区进行10多次成功采样,获取了大量高品质保压热液样品之后,2010年5月,热液采样器又在台湾龟山岛热液区成功进行了自动触发采样,并获得了品质较好的热液样品。此外,热液采样器还在我国自主研制的“蛟龙号”载人潜水器上进行了成功应用,成功采集了3 700多m深处的保压水样。

万方数据

3.3 原位保压取样技术

2015年8月,由中国地质调查局、北京采矿研究所、中海油深圳分公司等单位,在南海陵水区块成功完成TKP-1原位保压取样器深水保压性能的海试。该样品可在内径为104.8 mm的钻杆内获取长1 m、直径50 mm以上的保温保压原地层样品,该指标达到国际同类器具的先进水平,尤其适用于海底天然气水合物的勘查取样。

4 结语

本文主要根据作者参与《海洋科学学科发展报告(2014—2015)》编写,总结概述近10 a来我国海洋地学领域在区域地质调查、矿产资源勘查评价、海岸带环境地质和探查技术研发等方面的主要成果,并介绍了2017年在我国南海取得天然气水合物试采成功的重大突破进展。这些成果表明,我国海洋地质调查程度和研究水平获得显著的提高,并跻身国际先进行列。

参考文献:

- [1] 蔡锋,曹超,周兴华,等.中国近海海洋——海底地形地貌[M].北京:海洋出版社,2013.
- [2] 李家彪.中国区域海洋学——海洋地质学[M].北京:海洋出版社,2012.
- [3] 石学法.中国近海海洋——海洋地质[M].北京:海洋出版社,2014.
- [4] 王颖.中国区域海洋学——海洋地貌学[M].北京:海洋出版社,2012.
- [5] 莫杰,肖菲.深海探测技术的发展[J].科学,2012,64(5):11-15.
- [6] 杨胜雄.南海天然气水合物富集规律与开采基础研究专集[M].北京:地质出版社,2013.
- [7] 莫杰.深海资源开发利用研究[J].科学,2013,65(1):31-35.

[8] 王蛟,莫杰. 高新技术促进海洋地学科技发展[J]. 海洋技术学报,2015,34(2):118-126.

[9] 莫杰. 深海大洋地质与矿产资源调查研究新进展[J]. 海洋信息科学与技术,2015,1(2):41-53.

[10] 中国科学技术协会. 海洋科学学科发展报告(2014—2015)[M]. 北京:中国科学技术出版社,2016.

[11] 张玄杰,张婉,范子梁,等. 南黄海北部航空重力场特征及主要地质认识[J]. 中国地质调查,2017,4(1):50-56.

[12] 林晓星,陈斌,张玄杰,等. 天津周边海-陆过渡地区航空重力调查及主要成果[J]. 中国地质调查,2016,3(6):57-62.

New progresses on marine geological survey-research in China

MO Jie¹, WANG Wenhai², PENG Nana³, XU Chengde², ZHANG Deyu²

(1. Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China; 2. The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China; 3. The Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: In recent decades, marine geological work in China has focused on geological structure, mineral resources, environmental disaster and probing technology in the coastal zone, offshore and jurisdictional sea area, edge sea of continental shelf and deep sea. A series of important achievements have been obtained. In the eight-year project named *Marine comprehensive survey and evaluation in Chinese coastal waters*, the following important achievements were obtained, such as 16 comprehensive survey sheets in the jurisdictional sea (scale: 1:1 000 000), 13 comprehensive survey sheets (scale: 1:250 000) and sea-sand resources evaluation of 9 blocks; the new discoveries of 3 large gas fields in Southeast Hainan Basin of the north of South China Sea, resources and environment atlas of the coastal region (scale: 1:4 000 000); the new discovery of the topic named *Process evolution of the South China Sea Deep*; the new discovery of science drilling in continental shelf of South Yellow Sea, technology for exploration-exploit the nature gas field (Offshore Oil 981 drilling platform); probing technology and discovery for hydrate in the north of South China Sea (II – hydrate and cold spring of hydrate), and research progresses for probing technology and sample-collecting equipment in seabed. The important achievements above have greatly improved the degree, research level and comprehensive power of marine geological survey in China.

Key words: marine geoscience; survey; new progresses; new achievements

(责任编辑: 常艳)