

中国科学院文献情报系统先进能源情报网

天然气水合物监测快报

2017年第2期 (总第2期)



主管：中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组

主办：中国科学院广州能源研究所

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升，进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分先后)	合肥物质科学研究所 大连化学物理研究所 青岛生物能源与过程研究所 广州能源研究所
成员单位(排名不分先后)	上海高等研究院 山西煤炭化学研究所 上海应用物理研究所 兰州近代物理研究所 广州地球化学研究所 过程工程研究所 电工研究所 工程热物理研究所

编辑出版：中国科学院广州能源研究所

联系地址：广东省广州市天河区五山能源路2号

联系电话：(020) 87057486

联系人：李家成 陈春霞

电子邮箱：zls@ms.giec.ac.cn

目 录

武汉岩土所天然气水合物开采利用研究获进展.....	2
（北极海）烃类水合物组分和分布.....	5
考虑水合物赋存习性的含天然气水合物沉积物本构模型.....	6
祁连山天然气水合物控矿因素研究取得重要进展.....	7
台湾的天然气水合物开采计划.....	9
新专利信息.....	11

武汉岩土所天然气水合物开采利用研究获进展

天然气水合物俗称“可燃冰”，是一种储量巨大的高效清洁能源。勘探资料显示，我国沿海海底含有丰富的天然气水合物资源，仅南海海域的天然气水合物资源量就达 700 亿吨，相当于我国已探明的天然气总资源量的二分之一。我国于 2017 年 5 月首次海域天然气水合物（可燃冰）试采成功，这标志我国的天然气水合物开发利用走在世界前列，但相关技术方法目前尚不能满足商业开采的需要。

近年来，中国科学院武汉岩土力学研究所研究员韦昌富科研团队围绕天然气水合物开采中的相关岩土力学与工程中的关键科学与技术问题，开展了含天然气水合物土的力学与工程特性方面的研究，取得了系列研究成果：

(1) 通过自行研制含天然气水合物相平衡关系测试仪、含气体水合物沉积物模拟装置、含天然气水合物土高压三轴仪、含天然气水合物沉积物核磁共振系统等实验仪器设备，率先在国内建立了具有自主知识产权的含天然气水合物沉积物物理力学特性实验与测试平台；

(2) 实验方法技术方面，基于气体在溶液中的超饱和原理，采用低温超饱和水循环方式，解决了模拟海底扩散模式含水合物沉积物的室内快速形成制样的关键问题。利用核磁共振方法对土样孔隙中四氢呋喃、二氧化碳水合物相变过程进行了系统实验，初步掌握与探索出沉积物中水合物含量的核磁共振测试方法与技术，实现了对水合物生成和分解过程中孔隙水赋存状态的精细探测；

(3) 在实验与理论研究方面，通过测得了纯二氧化碳水合物与不同干密度为粉土中 CO_2 水合物的相平衡条件，分析研究了不同干密度粉土对水合物相平衡条件影响特征，探明了沉积物对水合物相变影响特征。进一步地在传统的 van der Waals-Platteeuw 相平衡模型基础上，提出了能考虑沉积物孔隙大小及其分布特征的相平衡模型，从而将传统的水合物相平衡的二维 P-T 曲线，延伸至表征温度、压力与水合物饱和度的三维曲线。

(4) 开展了含天然气水合物土试样的三轴剪切实验，揭示了含水合物土试样应力-应变关系特征，探索了水合物对沉积物强度指标的影响特征，并建立了基于损伤力学的含天然气水合物土的本构模型；

(5) 提出了开采扰动下含水合物地层多场耦合问题的全耦合数值分析方法，开发了相关的计算分析程序，并对水合物开采过程进行模拟。

研究成果对于提升水合物开发利用技术水平具有重要的理论与工程意义。以上工作得到了国家自然科学基金重点项目、面上以及青年基金，中科院知识创新重要方向项目、中科院青年创新促进会以及岩土力学与工程国家重点实验室的资助，已获国家发明专利授权 6 项，相关研究成果发表在 *Applied Magnetic Resonance*, *Cold Regions Science and Technology*, *Journal of Petroleum Science & Engineering*, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 《岩土力学》、《岩土工程学报》等国内外期刊。



图 1. 含天然气水合物土的三轴测试系统



图 2. 含天然气水合物土核磁共振测试分析系统

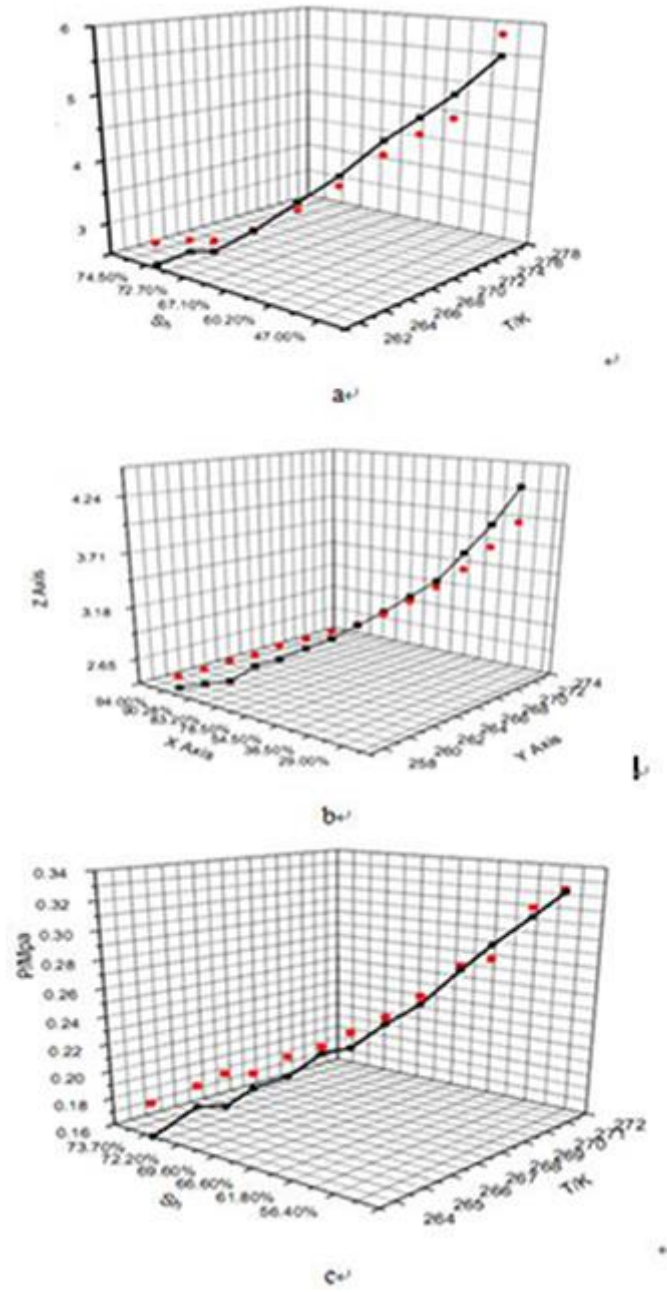


图 3. 不同沉积物中水合物 P-T- S_h 三维相平衡曲线

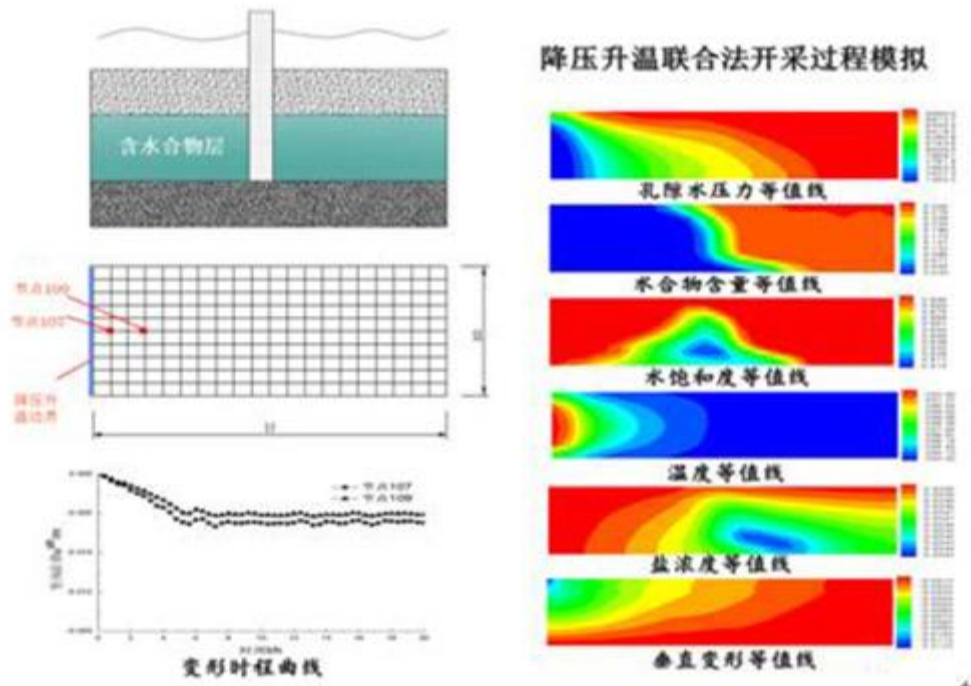


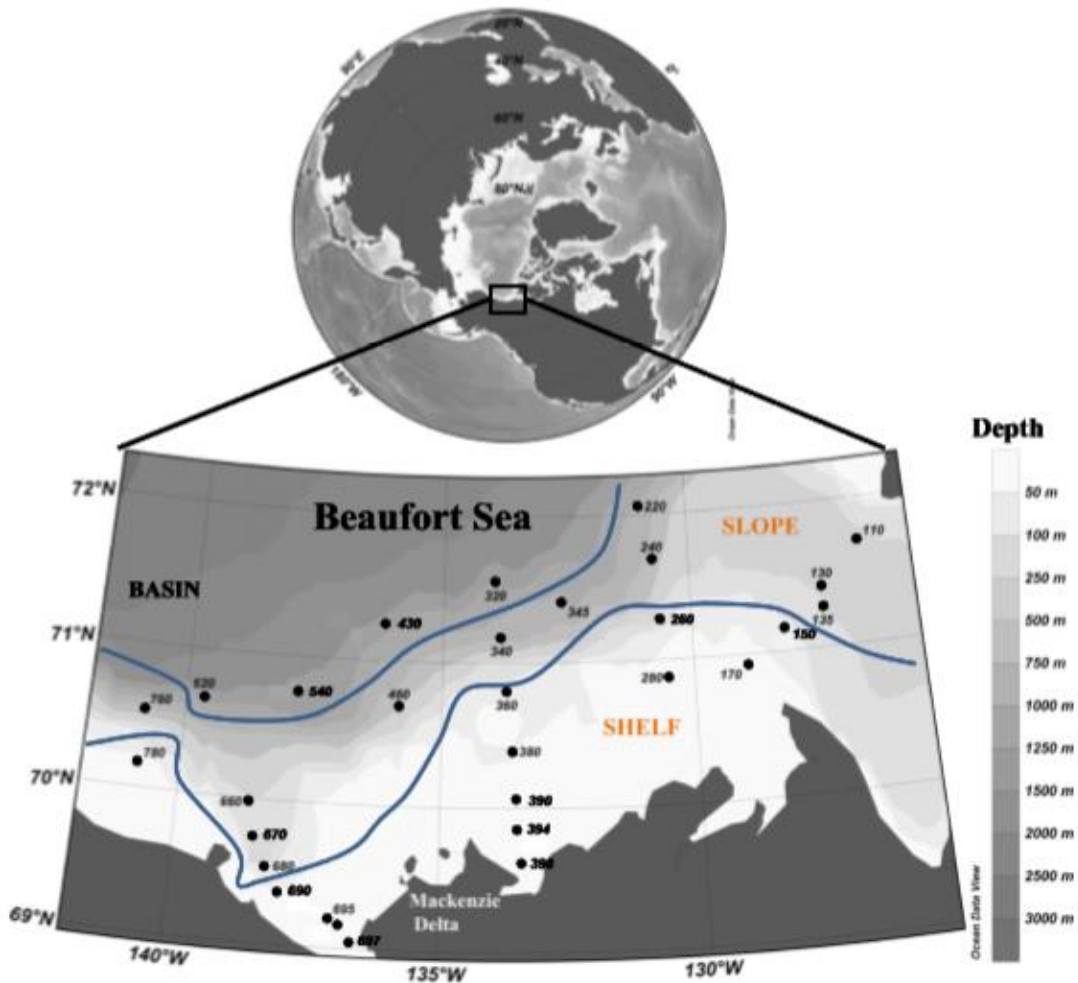
图 4. 水合物开采过程数值模拟

http://www.cas.cn/zkyzs/2017/06/106/kyjz/201706/t20170619_4605580.shtml

(北极海) 烃类水合物组分和分布

2009 年起作为 MALINA 项目的一部分，在 Mackenzie Margin 地区研究了碳水化合物中可溶解的有机物质 (DOM)。在 Mackenzie margin 地区的陆架 (底部深度 ≤ 100 m)，斜坡 (底部深度 ≤ 1000 m) 和盆地 (底部深度 >1000 m)。我们的研究显示：糖类浓度与 DOM 模式不一致，DOC 从陆架至盆地边缘减少而糖类保持较高的浓度，这表明地表水 (0-80m) 中烃类的聚集。TDCHO 浓度值较高，特别是西经 130 至 135° W，表明他们在广阔地区分布的差异和可能的多种来源。TDCHO 代表着陆架和盆地地区 DOC 值分别为 $6 \pm 2\%$ 和 $8 \pm 3\%$ 。DOC 地震估算斜坡带和盆地地区 DOC 值分别为 10-40% 和 20-50%，而且与 TDCHO/DOC 值上方的值吻合的很好，这表明沿海至海上地区烃类水合物 freshness 梯度。陆架地区地表水中记录到的海藻糖+鼠李糖较高的相对丰度和较高的 C/N 比例是 Mackenzie 河带来的土壤中的物质，可能也有大量来自陆生裸子植物的物质。高葡萄糖含量表明 Mackenzie Margin 地区 DOM 的有机水合物组分明显来自海洋，特别是陆架地区。

总之，这些结果表明该地区均一的 TDCHO 分布和部分低浓度的补充。



<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304420314001522>

刘杰

考虑水合物赋存习性的含天然气水合物沉积物本构模型

了解含天然气水合物沉积物的力学行为对于开发天然气水合物资源至关重要。本文提出了一种弹塑性本构模型，用于描述含天然气水合物土壤（GHBS）的力学行为。为了体现水合物赋存习性对力学性能的影响，引入了水合物饱和度有效度的概念，并重新定义了有效应力，来描述含水合物沉积物土壤（GHBS）的力学响应。在此基础上，考虑到水合物粘结效应，建立了屈服或加载函数，因此，该屈服函数可以扩展或收缩来表示水合物的形成和分解。为了更真实地描述含水合物沉积物土壤（GHBS）的力学性能，提出了一种非关联流法则，该法则

假设剪胀性是粘结应力，吸应力和应力比的函数。将该模型用于分析具有不同赋存习性的含水合物沉积物土壤（GHBS）在不同环境荷载下的力学响应。结果证明，该模型可以很好的捕捉含水合物沉积物土壤（GHBS）的主要力学行为特征，包括水合物诱导增强的刚度、强度和剪胀性、不饱和度相关特性以及水合物赋存习性依赖程度，表明提出的模型能够描述由于水合物分解或其他环境荷载下的含水合物沉积物土壤（GHBS）的力学行为。研究成果发表在《INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMECHANICS》

<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29GM.1943-5622.0000914>

Constitutive Model for Gas Hydrate - Bearing Soils Considering Hydrate Occurrence Habits[J]. International Journal of Geomechanics, 2017, 17 (8) .

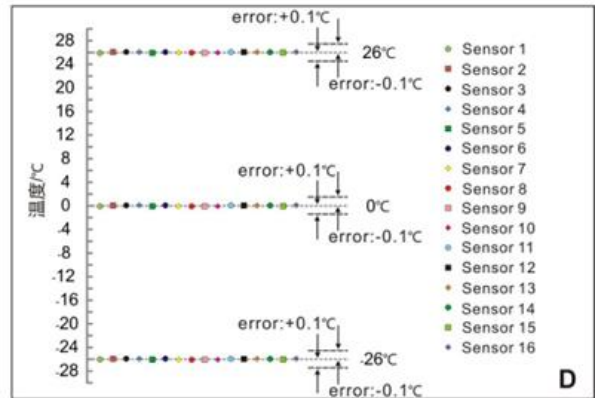
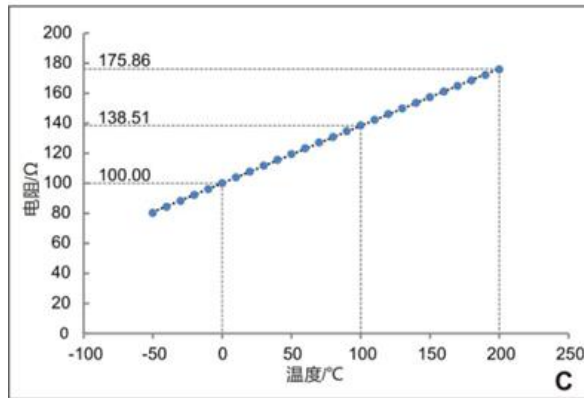
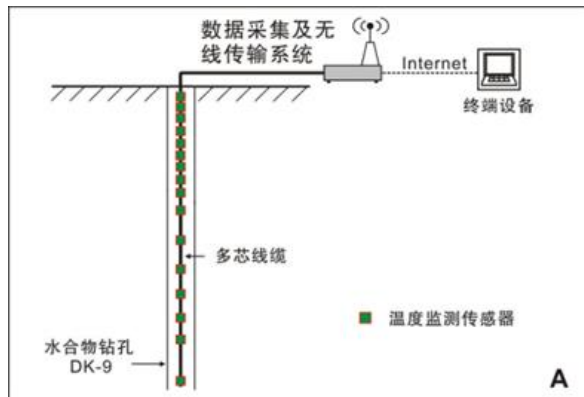
黄国恒

祁连山天然气水合物控矿因素研究取得重要进展

近日，由地质力学研究所承担的“陆域天然气水合物分布特征及资源潜力评价”项目通过中国地质调查局组织的成果评审并获优秀。项目组自主研发了地温实时监测系统，并对祁连山木里 DK-9 孔进行了 510 m 深度范围的温度连续观测，确定木里聚呼更矿区冻土层厚达 160 m，冻土层和冻土层下地温梯度分别为 1.38°C/100m 和 4.85°C /100m，由天然气水合物稳定相图估算的天然气水合物稳定带底界深为 510-617 m。项目组通过对祁连山地区烃源岩展布、生烃潜力评价、生烃史分析及木里盆地钻遇油砂的油源对比分析，认为该区烃源岩主要分在上三叠统尕勒得寺组和侏罗系窑街组，是天然气水合物最有利的气源岩。陆域天然气水合物的勘查是一项探索性极强的工作，特别是在新构造活动强烈的青藏高原地区挑战性更大。项目组通过 4 年的基于构造-冻土-气源岩等主控因素的综合调查研究，形成了陆域新构造活动区天然气水合物调查技术方法体系，建立了祁连山天然气水合物的成藏过程与成藏模式。这些探索和总结，对青藏高原多年冻土区天然气水合物调查具有重要的借鉴和指导意义。“陆域天然气水合物分布特征及资源潜力评价”项目隶属于中国地质调查局“天然气水合物资源勘查与试采”及“国家海洋地质专项”专项，执行周期为 2012-2015 年。

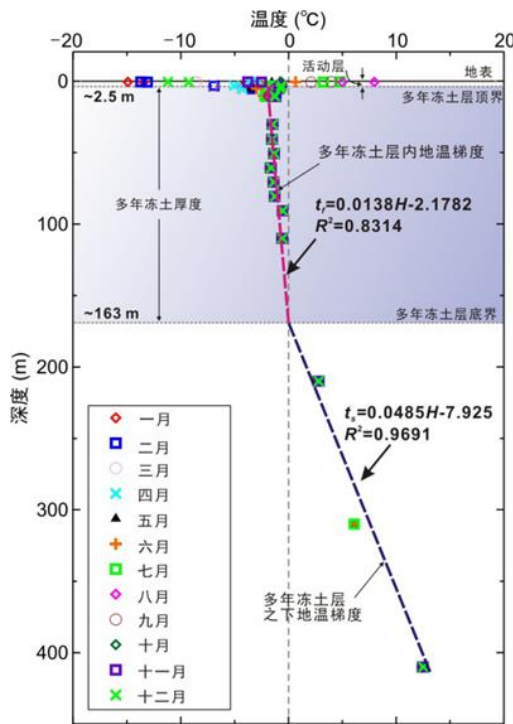


祁连山 DK-9 孔温度监测站部分监测设备

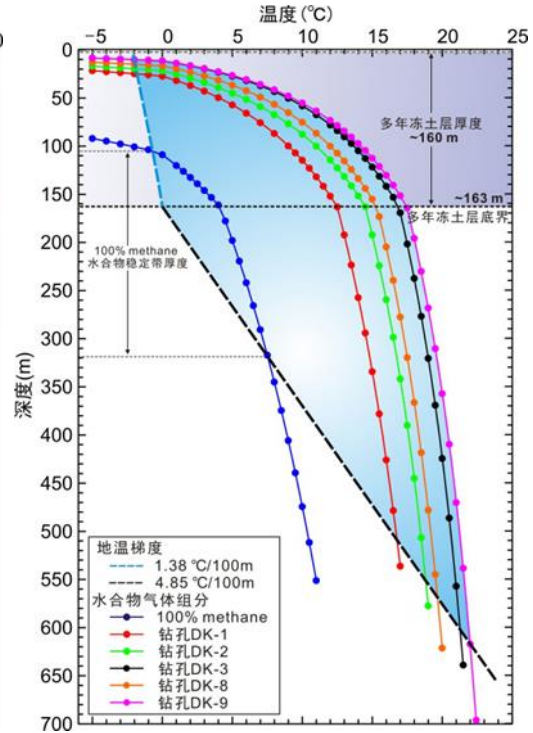


DK-9 监测孔温度传感器

(A) DK-9 孔温度监测系统示意图；(B) DK-9 孔温度监测传感器铂热电阻传感器；
 (C) 铂热电阻传感器的电阻值和测量温度线性关系特征；(D) 传感器的标定试验结果，试验误差 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$



DK-9 孔冻土层和冻土层以下地温梯度



水合物相平衡曲线和稳定带范围

<http://www.geomech.ac.cn/cgkx/7029.htm>

孙甜甜

台湾的天然气水合物开采计划

台湾的气体水合物调查研究始于 2004 年，研究的主要目标区域为台湾西南部近海海域。台湾中央地质调查所根据在台湾西南海域的海洋地球物理勘探数据发现天然气水合物赋存指标“海底模拟反射”（BSR）分布广泛，通过估算其水合物储量为 $5-27 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。2012 年起天然气水合物资源的勘探被正式纳入台湾“能源国家型科技计划”中，进行系统调查研究，以期达到最终生成开发目标。2014 年起，又将天然气水合物资源开发纳入其 5 年期的第二期“能源国家型科技计划”，并成立了地热及天然气水合物中心，为了更好地支持和协调台湾的天然气水合物资源调查开发。

台湾第二期“能源国家型科技计划”的天然气水合物资源研究主要目标包括：

- (1) 评估台湾专属经济海域内天然气水合物的资源特征；

- (2) 天然气水合物资源开发生产等关键技术的研发；
- (3) 研究天然气水合物对海底斜坡稳定性及地球环境系统的影响，并提出评估模型及防治对策；
- (4) 研发基于天然气水合物应用的节能减碳新技术及储运天然气新技术，促进相关产业的节能减排。

近中长期设定的目标为：

近期目标（第 1-4 年）：

- (1) 对台南-屏東海域天然气水合物赋存区的具体调查及科学钻探井位的规划与评估；
- (2) 建立基本海域地质相关资料；
- (3) 实施天然气水合物科学钻探调查，了解天然气水合物地质系统，评估天然气水合物资源潜力；
- (4) 了解天然气水合物赋存区甲烷流体通量及其对于生态与地质环境的影响；
- (5) 天然气水合物海域相关生成技术的研发及评估；
- (6) 引进吸收相关海洋非生物资源探测设备及技术，提升相关科技研发实力。

中期目标（第 5-9 年）：

- (1) 确认台湾海洋专属经济内的天然气水合物的赋存位置及分布；
- (2) 规划与设立长期监测系统，并收集深海环境基础资料；
- (3) 了解天然气水合物与赋存地层沉积物之间的相互作用及其对赋存区地层的力学特性影响；
- (4) 建立综合天然气水合物实验研究中心，作为勘探开采开发、环境冲击及产业应用等技术研发的后盾；
- (5) 开展第一次及第二次开采井钻探，开发天然气水合物开采技术；
- (6) 开发水合物应用技术。

长期目标（第 10-15 年）：

- (1) 实施天然气水合物钻井试采测试及经济可行性评估；

- (2) 天然气水合物资源的商业化量产技术的国际合作研发或引进；
- (3) 深海油气资源安全开发及海床稳定性等问题的技术研发；
- (4) 评估天然气水合物自然演化对地球环境系统的影响；
- (5) 水合物应用科学的技术转移及推广应用。

——Shu-Yao Wu et al., The gas hydrate master program of national energy program-phase II in Taiwan. Proceedings of the 9th International Conference on Gas Hydrates (ICGH9-2017), Denver, Colorado USA, June 25-30, 2017.

<http://www.nepii.tw/language/zh/主軸中心/地熱及天然氣水合物主軸中心/>

阮徐可

新专利信息

一种海域天然气水合物储层改造开采的方法

申请公布号: CN106761589A 申请公布日: 2017.05.31

申请号: 2017100016215 申请日: 2017.01.03

申请人: 中国石油大学(北京) 发明人: 孙长宇 等

摘要: 本发明提供了一种海域天然气水合物储层改造开采的方法。该方法包括: 在天然气水合物储层部署生产井, 在天然气水合物储层的上部盖层部署注入井; 向注入井中注入 CO₂, 当 CO₂ 覆盖天然气水合物储层的上部盖层时, 停止注入 CO₂; 当上部盖层沉积物内 CO₂ 水合物生长停止, 或当 CO₂ 水合物平均饱和度大于 30% 后, 采用降压开采方式进行开采; 当采出气体组成中 CO₂ 摩尔含量大于 90% 时, 停止开采, 关闭生产井, 完成对海域天然气水合物储层的改造开采。该方法可以防止天然气非可控逸散以及开采过程中海水对储层的侵淹, 降低水束缚效应, 提高产气率, 同时维持地层力学稳定性。

一种倾斜井海洋天然气水合物开采方法

申请公布号: CN106703780A 申请公布日: 2017.05.24

申请号: 2017100053680 申请日: 2017.01.05

申请人: 大连理工大学 发明人: 宋永臣 等

摘要: 本发明属于海洋天然气水合物开采技术领域, 提供了一种倾斜井海洋天然气水合物开采方法。确定钻井位置后, 采用半潜式钻井平台进行钻井, 进行水合物开采井的构建; 在水合物开采井中下防水套管, 防水套筒为三层管壁; 在垂直井和倾斜井的防水套筒前端外注水泥固定; 通过降压和注热结合的方式进行天然气水合物开采, 通过注热管道注入热盐水破坏天然气水合物相平衡使天然气水合物分解; 冷却后的液体通过回流管道抽出后收集起来重复利用; 利用气液混输泵从采气管道中将天然气水合物分解生成的游离气和水抽离, 天然气水合物进一步降压分解; 输送到地面的气液混合物进行气液分离后用高压气罐将分离后的天然气储存起来。

一种天然气水合物降压开采模拟实验装置及工作方法

申请公布号：CN106593370A 申请公布日：2017.04.26
申请号：2017100315113 申请日：2017.01.17
申请人：中国石油大学（华东） 发明人：闫传梁 等

摘要：一种天然气水合物降压开采模拟实验装置，包括反应釜、与所述反应釜相连的围压泵系统、供气系统、排放系统和数据采集系统；在所述反应釜内设置有用固定实验岩心的上压头和下压头，在所述实验岩心的周围设置有隔油套，进而形成井筒。利用本发明解决了天然气水合物降压开采的室内模拟问题，可以准确反映水合物开采过程中的分解情况和出砂情况，对水合物资源的开采具有指导意义。

一种支撑海洋天然气水合物增产裂缝的装置及方法

申请公布号：CN106545325A 申请公布日：2017.03.29
申请号：2017100524922 申请日：2017.01.24
申请人：吉林大学 发明人：陈晨 等

摘要：本发明公开了一种支撑海洋天然气水合物增产裂缝的装置及方法，所述装置包括裂缝监测段、填料预制段、加注段、上部接头与下部接头，上部接头、裂缝监测段、填料预制段、加注段和下部接头从上至下依次连接在一起，上部接头与上部钻柱连接，定位器安装在裂缝监测段外周；本发明在裂缝中构建三维网络状骨架结构，延展支撑裂缝并改善裂缝渗流能力，提高了开采过程传热传质效率、提供分解产物的渗流通道、解决近井地带的沉积物堵塞问题。本发明减少了因开采能量与分解产物产生两向流动的能量损耗，避免了传统压裂液大量流入水合物地层，达到稳定增产裂缝结构、提高开采工程速率与开采持续时间的目的，实现海洋水合物的大规模商业化开采。