

# 海域天然气水合物试采研究现状及存在的问题

杜垚森, 冯起赠, 许本冲, 刘晓林, 刘家誉

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 海域天然气水合物被认为具有巨大的资源潜能, 为此一些国家都已投入到海域天然气水合物试采的研究工作中, 而且最近几年对于海域天然气水合物的试采研究工作空前活跃。本文综合介绍了国内外海域天然气水合物试采工作的研究进展与成果, 总结了目前国内外海域天然气水合物开采方式与方法存在的弊端, 指出了其对海域天然气水合物开采的制约性, 同时对实现海域天然气水合物商业化开采提出了一些看法。

**关键词:** 海域天然气水合物; 试采研究; 开采方法; 开采方式; 制约性; 商业开采

**中图分类号:** TE53    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2018)04-0006-04

**Research Status and Existing Problems in Oceanic Gas Hydrate Trial Production/**DU Yao-sen, FENG Qi-zeng, XU Ben-chong, LIU Xiao-lin, LIU Jia-yu (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** The oceanic gas hydrate is considered to have great resource potential, therefore, some countries have put into the research on the oceanic gas hydrate trial production, and this research work is very active in recent years. This paper provides a comprehensive introduction of the research progress and achievements in oceanic gas hydrate trial production and summarizes the shortcomings of present oceanic gas hydrate mining ways and methods both in China and abroad. The conditionality by these shortcomings are listed, some opinions to realize the commercial exploitation of natural gas hydrate are put forward.

**Key words:** oceanic gas hydrate; trial production research; mining method; mining way; conditionality; commercial exploitation

天然气水合物被科学家认为是一种储量丰富的清洁能源, 最近几年对于海域天然气水合物的试采研究工作空前活跃。目前世界一些开展海洋水合物勘察研究的国家全以钻井船作为平台进行水合物的试采工作, 而且开采实践证明降压开采法是一种较为稳定的开采方法之一。但是制约海域天然气水合物开采商业化的根本因素之一是开采效率及成本, 即开采效率较低、成本太高。改变钻井船和钻井平台的开采方式同时采用科学合理的开采方法是降低开采成本的重要举措。

## 1 国内外海域天然气水合物试采研究现状

### 1.1 国外海洋天然气水合物试采研究现状

目前, 国外对海域天然气水合物进行试采研究的国家主要有日本、美国、韩国、印度等, 其中日本是开展最早且研究成果最多的国家。

日本作为最早建立国家级甲烷水合物研发计划的国家之一, 对天然气水合物的关注可追溯到 20 世纪 80 年代<sup>[1]</sup>。日本天然气水合物试采以钻井船为

搭载平台即钻井和试采工作都是在钻井船上完成的, 钻井船为日本海洋研究机构的“地球号”深海钻探船, 如图 1 所示。

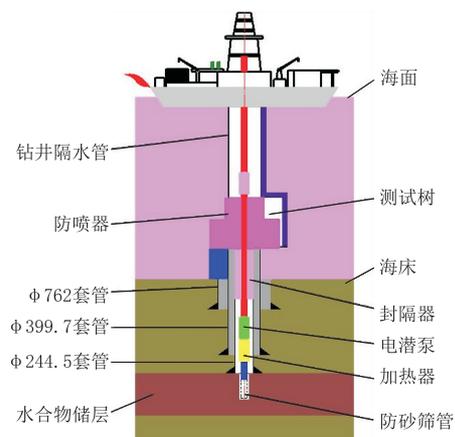


图 1 日本海洋天然气水合物试采井示意

日本于 2013 年 3 月在全球首次实现了近海甲烷水合物试采, 试采位置为南海海槽东部海域, 甲烷水合物主要以浊积层序中砂泥互层的砂层形式赋存, 生产周期为 6 d, 总产气量约 12 万 m<sup>3</sup>, 平均每天

收稿日期: 2017-11-07; 修回日期: 2018-01-02

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“陆域冻土区天然气水合物钻采技术方法集成”(编号: DD20160225)

作者简介: 杜垚森, 男, 汉族, 1986 年生, 机械工程专业, 硕士, 从事地质机械相关领域研究工作, 河北省廊坊市市金光道 77 号, yaosendu@126.com。

产气量  $2 \text{ 万 m}^3$ 。首次试采采用的是砾石充填和筛网防砂措施,由于砾石移动造成筛网破坏,出现出砂事故,导致试采工作提前终止<sup>[2]</sup>。总之,试采持续时间短、产气量有限。

由于首次试采结果不理想,日本拟进行第二次近海试采工作,日本海洋研究开发机构的“地球号”深海钻探船于 2016 年 5 月从日本清水港出发赴渥美半岛-志摩半岛近海的第二渥美海丘开展了第二次近海试采的前期钻探工作,为后续的天然气水合物试采工作奠定了基础<sup>[3]</sup>。第二次近海试采的主要目的是验证第一次近海试采中出现的技术问题的解决方法,其中

最主要的是验证防砂措施:采用两口配备有不同防砂装置的生产井,即利用贝克休斯研发的 GeoFORM 防砂系统通过预先膨胀和井下膨胀两种方式应对可能的出砂现象。下入井底前就预先膨胀的 GeoFORM 防砂系统,安装作业简单,不会发生不膨胀的风险,不会因使用活化剂污染产出水,不会在地层与防砂装置间形成可导致细砂流入堵塞防砂装置的缝隙;井底膨胀的 GeoFORM 防砂系统,安装作业略复杂,有不发生膨胀的风险,会因使用活化剂污染产出水,如果顺利膨胀则不会产生缝隙<sup>[4]</sup>。如图 2 所示。

2017 年 4 月,日本在南海海槽进行了第二次近海

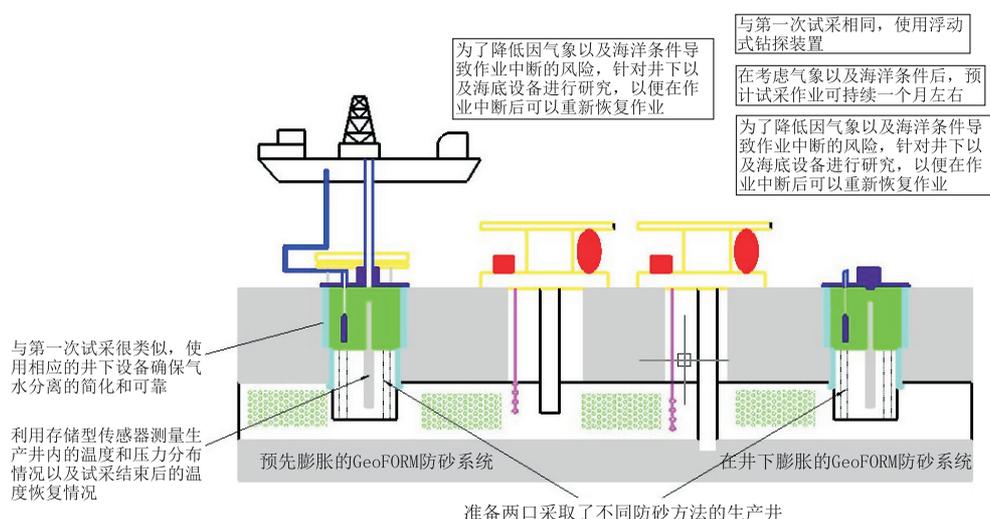


图 2 日本第二次近海试采作业方案示意

甲烷水合物试采,第一口试采井累计产气  $3.5 \text{ 万 m}^3$ , 5 月 15 日再次因出砂问题而中止产气<sup>[5]</sup>。根据日本甲烷水合物开发计划,将在第三阶段(2016—2018 财年)开发相关技术实现甲烷水合物的商业化开采,但是根据具体的试采情况可以确定这一目标不能实现,因此重新规划后计划于 2028 年实现商业化开采,开采方式是采用钻井平台开采,开采的方法是降压法<sup>[4]</sup>。

美国对天然气水合物的研究较早。2007 年 2 月 BP 勘探公司与美国能源部和美国地质调查局联合在阿拉斯加北坡成功钻探了一口研究井,收集了约  $430 \text{ ft}^3$  ( $1 \text{ ft}^3 = 0.02832 \text{ m}^3$ ) 岩心样本。美国能源部在 2012 财年计划提供 650 万美元用于大西洋海台区域的天然气水合物安全开采技术和方法研究。2013 财年,美国能源部提出了对天然气水合物后续国内研究和国际合作两个方面追加 500 万美元的预算申请<sup>[6]</sup>。美国和一些国际机构合作开展了墨西哥湾和美国外大陆架其它地区海洋甲烷水合物表征和科学评估,

包括水合物矿床的地质产出、区域条件和特征。利用科考船进行研究,该项工程的起止时间是 2014 年 10 月 1 日至 2020 年 9 月 30 日<sup>[4]</sup>。根据目前所收集的资料得知,美国还未开展海洋甲烷水合物的试采研究,只做了一些试采前的技术服务与支持研究。

韩国地球科学和矿产研究院组织实施对韩国东海郁陵盆地西南部开展了基础地质调查和研究工作,于 1998 年首次发现似海底反射。后续通过科考船采集地震数据和活塞取心样品,确定了天然气水合物的潜力、来源、气体组分及其饱和度等参数。目前,韩国已制定了天然气水合物试采计划,试采站位于韩国东海,如图 3 所示。

针对试采计划,韩国还进行了试采技术和试采流程技术的研发,以期能够提供适合本国地质条件的水合物试采技术方法。

印度制定了关于天然气水合物的 NGHP 计划,开展了针对未来天然气水合物试采项目的前期工作,

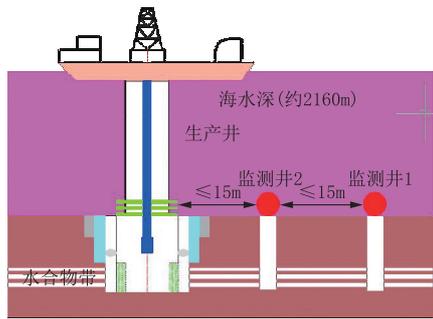


图3 韩国试采计划示意

通过保压取心技术等研究分析天然气水合物的特点以及地层特性,为试采站位提供选择依据<sup>[4]</sup>。

### 1.2 我国海域天然气水合物试采研究现状

2007年5月,我国在位于珠江口盆地南部的南海神狐海域(水深1230~1245 m处)钻获了天然气水合物实物样品。随后在神狐海域约1200 m的水深中另两个站位也采集到了天然气水合物的实物样品,这些天然气水合物赋存在泥质沉积层中<sup>[7]</sup>。2010年底,由广州海洋地质调查局完成的《南海北部神狐海域天然气水合物钻探成果报告》通过终审,科考人员在我国南海北部神狐海域钻探目标区内圈定11个可燃冰矿体,显现出良好的资源潜力。“海洋六号”入列后,再次深入南海北部区域进行新一轮精确调查,调查海域包括琼东南、西沙、神狐和东沙等海域,调查的重点是在南海北部前期勘探的基础上圈定重点勘探区域。勘探显示,南海神狐海域有11个矿体、面积128 km<sup>2</sup>,资源储量1500亿 m<sup>3</sup>,相当于1.5亿 t 石油当量,成功试采意味着这些储量都有望转化成可利用的宝贵能源。神狐海域可燃冰储量还只是我国可燃冰蕴藏量的“冰山一角”。在

西沙海槽,科考人员已初步圈出可燃冰分布面积5242 km<sup>2</sup>;在南海其他海域,同样也有天然气水合物存在的必备条件<sup>[5]</sup>。2017年5月10日起,我国搭载海上钻井平台“蓝鲸一号”在南海神狐海域水深1266 m海底以下203~277 m的天然气水合物矿藏开采出天然气,自试气点火以来,试采持续了60 d,累计产气超过30万 m<sup>3</sup>,创造了产气时长和总量的世界纪录,实现了预定目标<sup>[8]</sup>。这是我国首次海域天然气水合物试采成功,在世界海域可燃冰试采的历史中具有里程碑的意义。

## 2 天然气水合物试采的两个制约因素

### 2.1 试采方式的制约因素

根据所收集到的有关资料可知,日本进行的两次天然气水合物试采是搭载在“地球号”钻井船上进行的,而韩国计划试采的方案也是准备搭载钻井船进行,我国是搭载在“蓝鲸一号”钻井平台进行可燃冰试采的。这两种试采方式采用的设备有一个共同的特点,即钻井船或平台直井试采成本昂贵。据悉,“蓝鲸一号”钻井平台日消耗成本在500万人民币以上,从开采成本来看,难以实现商业化开采。如此看来,钻井船或平台开采设备进行试采是制约商业化开采的因素之一。

### 2.2 试采方法的制约因素

天然气水合物开采技术的改进与完善是水合物资源迈向商业化开发面临的重要问题,对天然气水合物开采技术的研究一直深受重视。各种开采方法的情况对比如表1所示<sup>[9-22]</sup>。

天然气水合物的开采方法可能有很多种,但是

表1 各种开采方法对比

名称	原理	实现方式	优点	缺点
热激发	对天然气水合物加热,使其分解	(1)注入热流体;(2)火驱加热;(3)电磁加热;(4)微波加热	可实现循环注热,作用方式快	只能局部加热,热利用率低
降压	降低储层压力使其分解	(1)采用低密度泥浆达到降压目的;(2)通过泵压抽出天然气水合物储层下方存在的游离气和其它流体	不需连续激发,适合大面积开采,成本较低	速度慢,效率低
化学试剂注入	向水合物储层注入抑制剂,改变温度和压力,促使水合物分解	可以注入盐水、甲醇、乙醇、乙二醇、丙三醇等		试剂费用高,作用缓慢,易引起环境问题
CO <sub>2</sub> 置换	向储层注入CO <sub>2</sub> 置换出甲烷气体	向天然气水合物藏中注入微乳化溶液,置换出甲烷气体	能在地下储存CO <sub>2</sub> ,缓解温室效应,减少井喷和井塌事故	置换效率低,水合物分解速率慢;可能引发气液分离新问题
固体开采(水利提升法)	利用海底集矿系统对天然气水合物原地粉碎,采集固、液、气三相混合物,提升至作业船进行分解	在原地将水合物分解为气液混合物并采集,导入作业船进行处理		目前仍在研究中

开采成本高是目前所有开采方法所面临的共同问题,这也是导致水合物在短期内难以实现商业化开

采的原因之一,同时也制约着商业化开采的进度。因此,天然气水合物开采面临的最大挑战是如何解决开采成本问题,选择科学经济的开采方法是开发利用海洋天然气水合物资源的关键所在。

### 3 总结与看法

目前我国海域天然气水合物的试采工作已经取得了成功和突破,首次试采就达到了既定目标。日本和我国都成功开采出了天然气,但是距离商业化开采还有很长的路要走,目前的开采方式及成本制约了水合物商业化开采,其最根本原因是经济因素,即开采成本很高。如何降低开采成本,也许可以从开采方式上实现突破。

目前的开采方式都是采用钻井船或钻井平台进行直井钻进、开采,当钻进到天然气水合物储层时,再进行开采。如果进入储层时,将直井改为水平井,增大与天然气水合物储层接触面积,与直井开采相比产气量会大大提高,从而降低开采成本;随着海底钻机技术的不断发展,可以研发一种适用于海域天然气水合物开发的全自动海底钻机系统,通过母船下放系统,将海底钻机下放至海床,由一根脐带缆连接母船与海底钻机,为海底钻机提供动力和数据传输通道,操作人员在甲板控制室可以实时看到并监测海底钻机的工作情况,海底钻机孔口接有输气管道与母船或采集船连接,收集并储藏天然气。如此,一艘母船可为多台海底钻机提供动力,在海底实现全自动的竖群井钻进与开采,大大降低对母船的依赖度,也许会降低开采的成本。该种开采方式的示意图如图 4 所示。

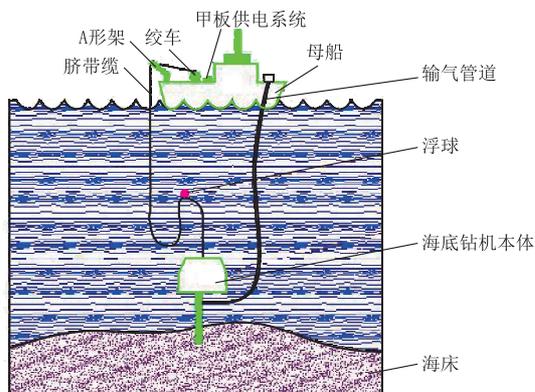


图 4 海底钻机开采方式示意

实践证明,目前比较有效的天然气水合物开采技术是降压开采法,但是降压法也存在着开采效率低的问题,深入开展开采技术研究并不断完善或者采用组

合开采方法以及更加高效的新方法,也可以提高天然气水合物的开采效率,进而降低开采成本。实现以上的构思,还需要攻克很多的技术难题,需要各相关领域的专业技术人员发挥聪明才智,不断地探索和试验研究。以上不成熟的想法及建议,仅供参考,并希望各专业人士能够提出更好的开采技术方案及见解,为加快实现天然气水合物商业化开采贡献力量。

### 参考文献:

- [1] Saeki T, Fujii T, Inamori T, et al. Extraction of methane hydrate concentrated zone for resource assessment in the eastern Nankai Trough, Japan [C]// Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, 5-8 May, 2008
- [2] Yamamoto K, Fujii T, Inamori T, et al. Operational overview of the first offshore production test of methane in the Eastern Nankai Trough, Japan [C]// Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, 5-8 May, 2014
- [3] 张炜,邵明娟,王铭喆,等.全球首次近海甲烷水合物试采:从选址到实施[J].中国矿业,2017,26(2):143-151.
- [4] “天然气水合物资源勘查与试采”专刊[J].海洋地质信息专刊,2016,(2).
- [5] 我国首次海域可燃冰试采成功[J].行业资讯,2017,18(4).
- [6] U. S. and Japan Complete Successful Field Trial of Methane Hydrate Production Technologies[EB/OL].2012-8-14.
- [7] 陈建东,孟浩.主要国家海洋天然气水合物研发现状及我国对策[J].世界科技研究与发展,2013,35(4):560-564.
- [8] 胡奥林.天然气水合物资源勘探发现现状[J].石油与天然气化工,1995,24(2):101-106.
- [9] M. D. Max.大洋甲烷水合物是一种“未勘探”的天然气资源[J].韩乃明译.海洋地质译丛,1996,(4):48-56.
- [10] 史斗,郑军卫.世界天然气水合物研究开发现状和前景[J].地球科学进展,1999,14(4):330-339.
- [11] 周怀阳,彭晓彤,叶瑛.天然气水合物勘探开发技术研究进展[J].地质与勘探,2002,38(1):70-73.
- [12] 方银霞,金翔龙,黎明碧.天然气水合物的勘探与开发技术[J].中国海洋平台,2002,17(2):11-15.
- [13] 陈会鑫.天然气水合物勘探与开发研究进展[J].当代石油石化,2003,11(8):33-36.
- [14] 李栋梁,樊栓狮.微波作用下天然气水合物分解的研究及应用[J].化工进展,2003,22(3):280-282.
- [15] 刘士鑫,郭平,杜建芬.天然气水合物气田开发技术进展[J].天然气工业,2005,25(3):121-123.
- [16] 张志杰,于兴河,郑秀娟,等.天然气水合物的开采技术及其应用[J].天然气工业,2005,25(4):128-130.
- [17] 李登伟,张烈辉,郭了萍,等.微波开采天然气水合物气藏技术[J].特种油气藏,2005,12(6):1-2,7.
- [18] Recovery from methane hydrate (production)[EB/OL].<http://www.mh21japan.gr.jp/english/mh/06seisan.html>.2002.
- [19] 吴传芝,赵克斌,孙长青,等.天然气水合物开采研究现状[J].地质科技情报,2008,27(1):47-52.
- [20] 光新军,王敏生.海洋天然气水合物试采关键技术[J].石油勘探技术,2016,44(5):45-51.
- [21] 张洋,李广雪,刘芳.天然气水合物开采技术现状[J].海洋地质前沿,2016,32(4):63-68.
- [22] 张旭辉,鲁晓兵,刘乐乐.天然气水合物开采方法研究进展[J].地球物理学进展,2014,29(2):858-869.
- [23] 左汝强,李艺.日本南海海槽天然气水合物取样调查与成功试采[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):1-20.