

天然气水合物开采技术的新进展*

吴西顺^{1,3)}, 张炜^{1,3)}, 张百忍^{1,3)}, 王燕东²⁾

1) 中国地质调查局地学文献中心, 北京, 100083;

2) 中国国土资源经济研究院, 廊坊 065201; 3) 中国地质图书馆, 北京, 100083

天然气水合物作为能源资源的研究已经进行了将近 50 年。1965 年, 前苏联在西西伯利亚的永久冻土带发现世界上第一处天然气水合物矿床麦索亚哈 (Messoyakha) 气田, 5 年后开始商业化开采 (Carlo Giavarini 等, 2011)。当今世界正在积极研究天然气水合物开采技术, 主要的活动和计划如图 1 所列。其中, 日本和美国分别计划于 2018 和 2019 年开始商业化开采。

(JOGMEC) 委托加拿大极光学院 (Aurora College) 于 2007 年冬和 2008 年 3 月分两个阶段在 Mallik 实施了第二次陆上水合物生产测试。其中第一阶段约 12.5 个小时的降压过程共获至少 830 立方米的天然气, 第二阶段近 6 天 (139 个小时) 的降压过程共产出天然气 1.3 万立方米。结果证实, 降压法在短期生产中有效, 但技术问题尚未解决。

1.2 美国阿拉斯加北坡计划

美国于 2012 年阿拉斯加北坡普拉德霍 (Prudhoe) 湾区的 Ignik Sikumi 现场生产测试检验了储层 CO₂-CH₄ 置换的潜力。由 DOE、美国康菲石油公司、JOGMEC 共同参与。首先在 2 月 15 日至 28 日将大约 6000 立方米含有示踪剂的 CO₂ (23%) 和 N₂ (77%) 成功注入地层。3 月 4 日重新开井开始生产混合气体, 到 4 月 11 日由于设备问题封井, 实际生产时间为 30 天。整个生产周期总产气约 28300 立方米。2014 年 11 月 6 日, 日本 JOGMEC 与美国能源部国家能源技术研究所就开发新一代能源天然气水合物在东京签署备忘录, 双方将从 2015 年到 2020 年在阿拉斯加北坡开展进一步技术合作研究, 力争实现商业化开采。

1.3 日本南海海槽计划

日本于 2013 年采用了降压法在海上采出甲烷, 成本较低, 但仍需解决技术问题。日本经济产业省自然资源与能源厅 (ANRE) 从 1 月底开始准备水合物的试采工作, 旨在通过分解海底天然气水合物从渥美半岛至志摩半岛海域开采天然气。3 月 12 日, JOGMEC 开始了世界首次海上水合物生产测试。“地球号 (Chiyu)” 深海钻探船当天就从储层中采出天然气。试采基本按预定计划展开, 但在 3 月 18

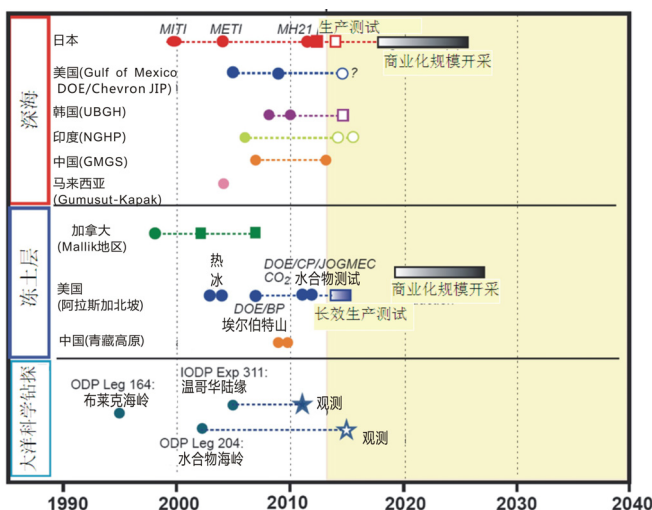


图 1 世界主要天然气水合物计划及项目

1 水合物试采计划概况

目前, 世界上最重要的水合物试采现场包括加拿大麦肯齐 (Mackenzie) 河三角洲 Mallik 地区、美国阿拉斯加北坡 Eileen 储层以及日本南海海槽。

1.1 加拿大 Mallik 计划

为了证实降压法的可持续性以及利用数据改进生产模拟的准确性, 加拿大自然资源部 (NRCan) 和日本石油天然气与金属矿产资源机构

注: 本文为国外地质文献信息集成服务与分析研究 (编号 1212011220914) 资助的成果。

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 吴西顺, 博士, 中国地质调查局地学文献中心, 中国地质图书馆, 主要从事能源地质、矿产资源评价、海洋地质等领域的研究。Email: wujing_jy@163.com。

日下午 2 点左右 ANRE 宣布停止试验, 主要出于两种考虑: ①工程原因, 抽水泵出现故障, 当天凌晨 3 点多出现产砂现象; ②天气原因, 据预报该海域将有极端恶劣天气。于是, ANRE 在完成封井和数据采集。本试采持续产气近 6 天, 累积产气近 12 万立方米, 日平均产气约 2 万立方米。

2 水合物试采关键问题

(1) 试采方法优选: 为了优选试采方法, 我们需要更多的信息: ① 储层地质; ② 储层属性与表征; ③ 实验室数据以及生产建模的量化数据; ④ 环境和经济因素。目前的现场测试和实验室观察的量化模型尚需进一步完善。如今的生产测试持续时间从 6 天至 25 天不等, 无法评价短期资源的经济可行性。

(2) 储层参数描述: 常规储层参数通常有渗透性、相对渗透率、流体分布、孔隙率和油气饱和度。水合物的存在增加了储层流动的复杂性。影响减压效果和控制水合物分解效率的关键因素包括储层的固有渗透率和相对渗透率以及储层内热传递特征。制约产量的关键参数是储层内的相对渗透率以及储层内的传导和对流 (即热量是如何传递的)。

(3) 生产测试的基本要求: 水合物测试井的初始产量往往比较低。原因是虽然水合物的饱和度一般比较高, 但在原位分解和生产的初始阶段储层的相对渗透率非常低。计算机模拟表明, 可能需要数年的时间才能达到最高产量。因此, 需要进行较长时期的测试 (持续 1~5 年的时间)。这么长的生产试验将需要靠近并利用现有的基础设施和使用设备, 以便产出的气体可被使用而不是烧掉。

3 环境影响

对于陆域水合物的风险模式, 人们总结了基本的风险类型, 即气渗出 (gas release)、气泄漏 (gas leakage) 和套管坍塌 (collapsed casing)。

海域开采水合物的影响包括: 潜在地质灾害的关系, 以及对全球气候变化的影响。其中海洋地质灾害有两种: 第一种是人为灾害 (operational geohazards), 这是由人类钻采活动引发的危害 (图 2)。钻孔或铺设海底管线可能会加热浅部储层而使水合物分解, 降低周边沉积物的强度而导致海底滑

坡。第二种是完全自然发生的地质灾害。水合物造成的最重要的两种灾害是陆坡失稳和甲烷气渗出。虽然这两个问题受到媒体的特别关注, 但是提供准确的信息比较困难, 而且关于地质条件对水合物形成、赋存和稳定性的影响, 人们的认识还在不断发展变化。

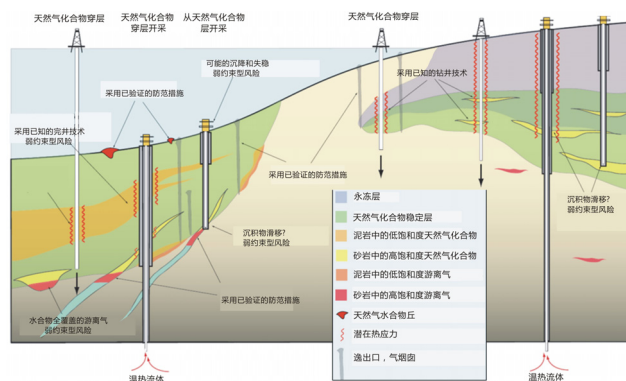


图 2 水合物钻采风险综合模式分析 (Boswell 等, 2012)

3 结论

从经济学角度来讲, 天然气水合物仍属于未来的接替能源。据日本推算, 采用减压法的开发成本相当于日本进口液化天然气 (LNG) 价格的 2 倍, 而规模经济及技术进步有望使成本减少 70% 以上。美国能源部的资料也显示, 当前平均每立方米天然气水合物的开采成本约 200 美元, 相当于每立方米天然气的成本在 1 美元以上, 远高于页岩气 (高立萍, 2014)。

因此, 作者认为, 降低水合物的开采成本必须依靠储层描述技术和工艺成熟程度。中国的水合物试采准备工作应高度重视国外的经验, 充分借鉴先进技术, 才能跻身世界一流水平。

参 考 文 献 / References

- 高立萍. 2014. 天然气水合物的国际竞赛. 第一财经日报, 2014 年 01 月 06 日, 转引自凤凰财经。
- Boswell R, Collett T S, Dallimore S, Frye M. 2012. Geohazards associated with naturally occurring gas hydrate. Fire-In-The-Ice Methane Hydrate Newsletter, National Energy Technology Laboratory, U.S. Department of Energy, 12(1): 11~15.
- Carlo Giavarini, Keith Hester. 2011. Gas Hydrates: Immense Energy Potential and Environmental Challenges. Springer-Verlag London Limited, 17.