

以水合物油气系统理论分析神狐海域南北部 天然气水合物赋存条件的异同

杨睿¹⁾, 吴能友¹⁾, 苏明¹⁾, 乔少华¹⁾, 刘杰¹⁾, 丛晓荣¹⁾, 梁金强²⁾,
郭攀³⁾, 霍元媛⁴⁾

1) 中国科学院天然气水合物重点实验室, 中国科学院广州能源研究所, 广州, 510640;

2) 广州海洋地质调查局, 广州, 510075;

3) 陕西天地地质有限责任公司, 西安, 510075;

4) 中石化华北分公司勘探开发研究院, 郑州, 450000

1 水合物油气系统理论

海域水深超过 300 m, 其海底的温压场都可以满足水合物成藏, 这反映出水合物在全球海域可能普遍、大面积赋存的事实 (Kvenvolden, 1995)。然而, 实际的钻探结果却与理论分布情况存在较大差异, 水合物藏的实际分布往往是不均匀的。2009 年, 美国地质调查局水合物专家 Collett 等 (2009) 通过对典型水合物富集区的地质、地球物理等特征系统的归纳和总结, 提出了“水合物油气系统”(Gas Hydrate Petroleum System) 的概念, 他们认为: 水合物油气系统涉及到 6 个方面的主要内容: 水合物稳定条件、气体来源、水源、含气流体运移、适宜的储集体以及合理的成藏时间。

这六大因素构成了水合物形成和赋存的物质保障以及成藏模式, 系统全面的描述了水合物在区域内成藏的系统性和复杂性, 不但考虑了水合物形成所需的必要物理条件(温度、压力), 又融入了水合物能够稳定赋存成矿的地质背景(构造、沉积、演化时间)。其诞生之初, 层饱受争议, 但现在, 已经获得了越来越多的认同, 尤其是其在越来越多的水合物矿区快速评价中起到的积极作用, 更说明了水合物油气系统理论具有相当的科学性和实证性。

2 神狐钻探区南北部水合物赋存条件一致性分析

2.1 良好的水合物稳定条件

神狐海域面积约 150km², 位于南海北部陆缘, 珠江口盆地白云凹陷以南区域。这一区域位于陆架到深海的过渡位置, 水深最浅处约为 900m, 最深不超过 1500m 通过这些实测数据绘制的神狐钻探区水合物热力学相平衡曲线显示, 神狐钻探区内都存在水合物稳定带。

2.2 气源条件可视为均一分布

神狐海域构造上位于珠江口盆地珠 II 凹陷。晚中新世以来, 研究区处于珠江口盆地构造演化的裂后期加速沉降阶段, 主要表现为少量的断裂活动和异常高值的构造沉降速率 (Sun et al., 2012; 于兴河等, 2012)。源自深部文昌组和恩平组石油烃类的热解成因气和生物成因气充足, 以底辟(气烟囱)和断裂为代表的含气流体运移通道发育良好, 整个研究区满足天然气水合物形成所需要的物理、化学和地质条件 (张树林等, 2007; 吴时国等, 2008; 苏丕波等, 2011; Wu et al., 2011)。

3. 神狐钻探区南北部水合物赋存条件差异性分析

3.1 南北部流体运移差异

神狐海域的含气流体通道主要发育于陆架陆

注: 本文为国家高技术研究发展计划“863”项目 (编号 2013AA0925010202) 和国家自然科学基金项目 (编号 41206047) 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: 杨睿, 男, 1980 年生。博士, 助理研究员, 海洋地质专业。Email: yangrui@ms.giec.ac.cn。

坡底部,垂向上的范围最大可达 8 km,且多呈连片分布的特征。区内存在两种不同类型的流体运移通道在分布上,具有明显的南北差异性。在神狐钻探区北部,主要分布的是花冠状运移通道。这一特殊反射体周围分布有丰富的断层或裂隙与之相通,影响范围大;其顶部散开,具有显著的气囊状地震反射特征,为水合物形成提供了充分的气源保障;通道顶与 BSRs 在空间上保持一段间隔,但通过顶部的微裂隙相通,为水合物提供充足甲烷的同时不对水合物稳定带内的优质储层形成干扰;与高饱和度水合物具有良好的正相关性。在神狐钻探区南部,主要分布的是穹顶状运移通道,其影响范围有限,收敛于穹顶边界;侧翼附近伴生少量断层或裂隙,但不相沟通;其顶部具有气体充注的地震反射特征,但仅限于穹顶内部;通道顶部与 BSR 重叠或形成突破,是否对水合物储层形成影响,尚需进一步研究。钻探结果显示,这些模糊反射带顶部大多数情况下不存在水合物或仅存在低饱和度的水合物。

3.2 南北部构造差异

神狐钻探区南部地势相比北部较低,水合物稳定带底界面以上地层厚度明显减薄,气体运移通道向上突破的高度相对变高。海底表层第四纪地层主要为滑移体,它们在地震剖面上具有中等振幅和连续性好的特征,从剖面中可以看到,发育少量的滑脱断层和大量的沉积物波。值得注意的是,这些断裂均沟通海底,在反演剖面上均有明显的流体反应。

第四纪地层充填可以视为较为均一的致密层。含气流体沿着通道自下而上发生垂向运移,受“致密层”的遮挡,向上迁移必然受阻,而地层又恰处于水合物稳定带内,游离气向上运移在此受到地层的封堵,理应更有利于水合物形成,但从剖面可以

看出,与运移通道相连通的断裂却可以形成“优势运移通道”,含气流体将沿着滑移体中的这些断裂继续向上运移,由于这些断裂大部分贯穿整个第四纪的滑移体,且与海底相通,一些流体也可能会沿着滑脱断层逃逸至海底。因此,神狐海域第四纪滑移体中的断裂可能更多地形成含气流体的逃逸通道,这也是神狐钻探区南部未钻遇水合物的可能原因之一

4. 结论

本研究首先总结了水合物油气系统理论的内容,然后对神狐海域南北部水合物赋存条件进行了一致性和差异性对比研究:考察发现,神狐钻探区在温压、气源供给条件方面的均一性,即在钻探区内,温压、气源供给可视为均一条件;而流体运移类型、沉积、构造三方面存在的差异。分析认为控制水合物分布的因素应重点考虑流体运移及构造沉积因素,而不应仅停留在温压及气源条件上。

参 考 文 献 / References

- 于兴河,梁金强,方竞男,等.2012.珠江口盆地深水区晚中新世以来构造沉降与似海底反射(BSR)分布的关系. *古地理学报*, 14(6): 787~800.
- Collett T S, et al. 2009. Natural gas hydrates: a review. In: Collett T, Johnson A, Knapp C, Boswell R, eds. *Natural Gas Hydrates—Energy Resource Potential and Associated Geologic Hazards*. AAPG Memoir 89, 146~219.
- Kvenvolden K A. 1995. A review of the geochemistry of methane in natural gas hydrate. *Organic Geochemistry*, 23(11-12): 997~1008.
- Sun Y, Wu S, Dong D, et al. 2012. Gas hydrates associated with gas chimneys in fine-grained sediments of the northern South China Sea. *Marine Geology*, 311~314(0): 32~40.