

神狐海域水合物调查研究区天然气水合物烃类气体来源研究

——与邻区 LW3-1-1 井烃类气体地球化学特征对比研究

黄霞, 祝有海

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

神狐海域水合物调查研究区位于南海北部陆坡中段神狐暗沙东南海域附近, 即西沙海槽与东沙群岛之间的海域。本文研究的重点位于珠江口盆地南部的珠二坳陷白云凹陷内。到目前为止, 在白云凹陷已经发现了 LH19-1、PY30-1、PY34-1、PY29-1 和 PY35-1 和 LW3-1 等一大批油气田(朱俊章等, 2005; 傅宁等, 2007)。研究区内的 LW3-1-1 井是我国第一口深水钻井, 钻遇大量热解天然气, 初步估算天然气资源超过 1000 亿 m^3 , 印证该区域深部烃源岩具有充足的热解气源。本文通过对神狐海域水合物调查研究区与邻区 LW3-1-1 井烃类气体地球化学特征的对比研究, 探讨神狐海域水合物调查研究区天然气水合物烃类气体来源。

1 地质背景

白云凹陷位于珠江口盆地南部坳陷带, 面积约 25 500 km^2 , 水深 200~2 000 m, 地壳厚度从 28 000 m 变化到 18 000 m, 新生界沉积总厚逾 12 000 m, 其中古近系陆相裂陷沉积厚达 8 500 m, 上覆裂后新近系海相沉积为 3 500 m。白云凹陷主要发育 3 套有效烃源岩系, 其烃源供给系统主要由其下伏的古近系始新统文昌组中深湖相泥岩和下渐新统恩平组煤系泥岩, 及部分上渐新统珠海组浅海相泥岩生成的烃类所构成的。白云凹陷深部恩平组和文昌组两套烃源岩层热演化程度较高, 现今处在生、排烃高峰期, 巨厚的泥质烃源岩为本区流体活动提供了强大的物质基础。神狐海域水合物调查研究区深部具有充足的烃源岩热解气源。此外, 根据盆地模拟结果, 珠江口盆地东部生物气生成量约为 $661.5 \times 10^8 \text{ t}$, 生物气总资源量可达 $4.63 \times 10^8 \text{ t}$, 可见生物气也具有一定的物质基础。

神狐海域海底地形起伏较大, 其下伏地层中的断裂较为发育, 很多断层切穿较新的沉积层延伸至海底附近, 为水合物稳定域下伏生物成因气和深部热解气气源向浅部水合物稳定域运移提供了良好的通道。海底滑塌体以及断层—褶皱体系非常发育, 易于捕获天然气, 在气源和水合物稳定域的时空匹配得当, 在合适地质构造条件下便可形成水合物。

2 气体地球化学特征

气体组分和同位素特征是研究气体成因、来源和进行气-源对比等非常重要的地球化学指标之一(Stahl, 1974; Schoell, 1983)。本文分析对比的样品分别为: ① 神狐海域水合物调查研究区水合物分解后的气体样品(SH2B-12R、SH3B-13P)和顶空气样品(SH3B-7P、SH5C-11R)的气体组分和碳氢同位素组成; ② 朱俊章等(2008 年)研究的 LW3-1-1 井珠江组和珠海组共 4 个气层(气层 1 到气层 4)的天然气样品的气体组分和碳氢同位素组成。

2.1 气体组分特征

天然气的组分通常分为烃类组分和非烃组分, 烃类组分主要为甲烷、乙烷及乙烷以上的重烃组分。神狐海域水合物调查研究区气体组分主体上以烃类丰度高, 含少量非烃气体为特征。烃类气体以甲烷为主, 相对含量高达 99%以上, 含微量重烃, 气体组分测试结果显示为干气。LW3-1-1 井珠江组和珠海组天然气藏中烃类含量大于 96%, 无机气体含量低, 为纯烃气藏, 且为湿气。

2.2 甲烷碳氢同位素组成

烃类气体碳、氢同位素组成可以反映母质类型、沉积环境和演化环境, 是气体类型划分、运移特征的重要参数。神狐海

域水合物调查研究区气体样品甲烷的碳同位素值 $\delta^{13}\text{C}_1$ 为-54.1‰~-62.2‰ (PDB 标准, 下同), 氢同位素值 $\delta\text{D}_{\text{CH}_4}$ 为-180‰~-255‰ (VSMOW 标准, 下同) (表 1)。LW3-1-1 井天然气甲烷碳同位素值 $\delta^{13}\text{C}_1$ 分布在-36.6‰~-37.1‰之间, 氢同位素值 $\delta\text{D}_{\text{CH}_4}$ 介于-158.1‰~-175.6‰之间。

表 1 神狐海域水合物调查研究区及 LW3-1-1 井甲烷碳氢同位素数据表

编号	站位	深度/m	$\delta^{13}\text{C}_1/\text{‰}$	$\delta\text{D}_{\text{CH}_4}/\text{‰}$	来源	气层	井号	深度/m	$\delta^{13}\text{C}_1/\text{‰}$	$\delta\text{D}_{\text{CH}_4}/\text{‰}$	来源
12R	SH2B	197.5~197.95	-56.7	-199	神狐水合	气层 1	LW3-1-1Sa	3070	-37.1	-158.1	
7P	SH3B	123~123.85	-62.2	-225	物调查研	气层 2	LW3-1-1	3144.5	-36.6	-158.4	LW3-1-1
13P	SH3B	190.5~191.35	-60.9	-191	究区	气层 3	LW3-1-1Sa	3189.5	-36.8	-155.8	(文献 ^[5])
11R	SH5C	114~114.93	-54.1	-180	(实测)	气层 4	LW3-1-1	3499.5	-36.6	-175.6	

3 烃类气体成因与来源

利用神狐海域水合物调查研究区气体样品甲烷的碳同位素值 ($\delta^{13}\text{C}_1$) 和 $\text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$ 关系图 (图1) 来判别不同成因的水合物, 结果显示为微生物气或以微生物气为主的混合气。甲烷的碳、氢同位素值关系图 (图2) 结果显示其应是 CO_2 还原型甲烷。主要的气源应是来自于附近的微生物气, 并有部分深部热解气的混合。

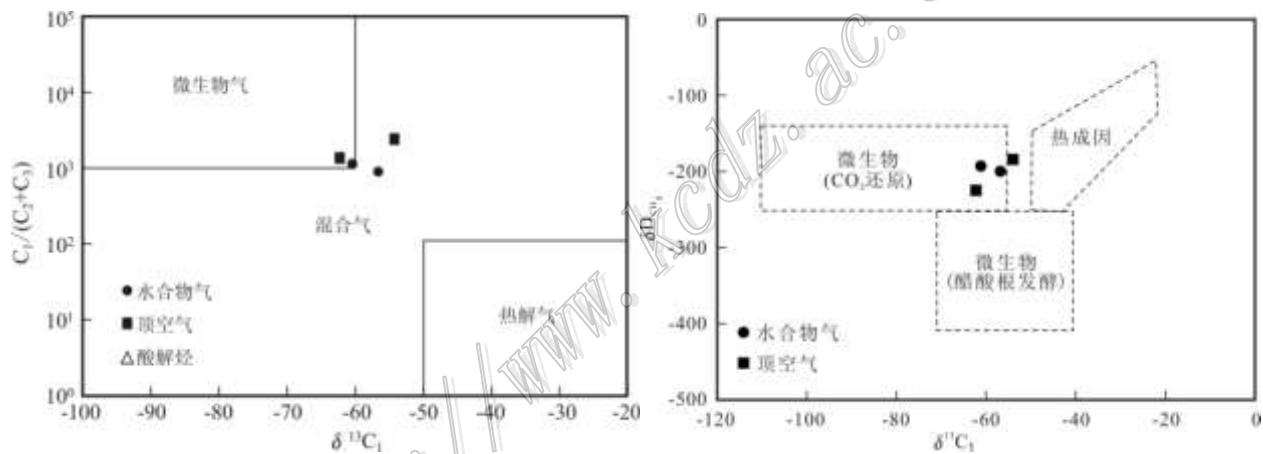


图1 神狐海域水合物调查研究区天然气水合物 ($\delta^{13}\text{C}_1$) 与 $\text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$ 投点图(a)碳和氢同位素值投点图(b)

朱俊章等 (2008) 对 LW3-1-1 井珠江组和珠海组共 4 个气层 (气层 1 到气层 4) 的天然气样品研究结果显示, LW3-1-1 井天然气主要为干酪根裂解气, 与恩平组及珠海组烃源岩具有成因联系, 且恩平组烃源岩的贡献大于珠海组的贡献。

4 结 论

盆地内巨厚的第三系烃源岩以及第四纪富有机质沉积岩可生产大量的热成因气和细菌成因生物气, 为天然气水合物的形成提供了大量的气源, 且盆地内断裂和底辟构造发育, 热解气沿着这些通道运移至水合物稳定带底部, 与浅层的生物成因气汇合, 在一定的温压条件下聚集形成天然气水合物藏。神狐海域既有生物成因气的产出, 也有深部热解气的运移聚集, 本文初步认为神狐海域天然气水合物成藏类型为混合成因型, 天然气水合物的成藏与常规的深部油气藏有密切的关系。但热解气源对水合物贡献到底有多少仍是下一步的工作研究重点。