

南黄海西部地区浅层气成因^{*}

顾兆峰¹ 刘怀山² 李刚¹ 张志珣¹

1. 青岛海洋地质研究所 2. 中国海洋大学

顾兆峰等. 南黄海西部地区浅层气成因. 天然气工业, 2009, 29(1): 26-29.

摘 要 通过研究近年来获取的浅地层剖面发现, 南黄海浅层气主要存在于南黄海东经 123°以西的地区, 为此进行了该区浅层气成因分析, 以探索其来源。将根据南黄海西部地区逾 6 000 km 的浅地层剖面解释成果得到的南黄海西部地区浅层气分布概况, 与该地区的有机质分布状况进行了对比分析, 认为南黄海西部晚更新世末期的泥炭分布与浅层气分布具有较好的一致性, 表明晚更新世末期的泥炭是该地区浅层气生成的重要物质基础。3 个声学空白区的浅层气可能来自中深部地层。苏北浅滩西北部的大型塌陷坑可能由浅部断层活动引起的浅层气在该处多点喷发形成的塌陷坑复合而成, 表明该处中深部地层中可能存在天然气。南黄海中部声学扰动区内浅层气不断自海底逸出, 该处断层较多, 中深部地层具备生气能力, 推测该地区浅层气可能是深部油气泄露的气苗。

关键词 南黄海 西部地区 浅层气 气藏形成 机理 勘探区

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.01.006

一般认为浅层气是在海底下 1 000 m 以内地层中的气体, 主要为生物成因和热成因两类, 两者都来源于有机质。生物成因浅层气依靠细菌的活动, 生成于海底表层几米至数百米的地层中。热成因浅层气的生成须具备一定的温度和压力条件, 由埋深超过 1 000 m 地层中的有机质在高温、高压条件下生成, 之后向上运移并在浅部地层中聚集而成。

由近年来获取的浅地层剖面发现, 南黄海浅层气主要存在于南黄海 123°E 以西的地区^[1], 据此进行了该地区浅层气成因分析探讨, 以探索浅层气的来源。

1 南黄海有机质分布特征

有机质在南黄海主要以两种形式存在: 零散分布的有机质和有机质富集的泥炭。

1.1 现代海相沉积物中的有机质

根据黄海中部进行的有机质调查^[2]表明: 海底表层沉积物中有机碳含量范围为 0.18%~1.42%, 平均为 0.78%, 有机碳含量分布符合“粒度控制律”, 即有机碳含量随沉积物中细颗粒物(0.001 mm)增加而增多, 两者呈线性关系。

1.2 泥炭在南黄海的分布

泥炭是一种陆相沉积物, 从海底泥炭的组成来

看, 都是陆生和湖沼水生植物。这说明海底泥炭层形成于陆地环境, 如潟湖、滨海沼泽等地区^[3]。

1.2.1 南黄海西部地区泥炭发育规律

第四纪以来南黄海西部大部分地区属于海陆过渡带, 有利于泥炭的发育。南黄海西部地区的地质钻孔均发现了泥炭层的存在^[4]。QC1 孔揭示了第四纪全新世—早更新世的地层, 钻孔揭示了泥炭纹层和泥炭细脉。泥炭厚度薄, 成层性差, 多呈团块状、小透镜状、纹状, 主要见于陆相层中, 由于被搬运植物碎屑的富集, 有时也见于海相层中。QC2 孔揭示了第四纪全新世—早更新世的地层, 钻孔中见泥炭纹层、泥炭脉、泥炭透镜体、泥炭条纹、泥炭团块, 成层性差, 呈脉状、条纹状、小透镜状, 多分布于侵蚀间断面上。QC3 孔揭示了距今 70 000 a 的晚更新世晚期以来的地层, 以海相沉积地层为主, 间夹薄层陆相沉积, 海相地层中见泥炭层、泥炭纹层各一。废黄河三角洲的柱状样中晚更新世陆相沉积也常见泥炭细脉。

综上所述, 泥炭在南黄海西部主要呈纹层、脉状、小透镜状、团块状, 主要存在于陆相地层、陆相层与海相层接触的侵蚀间断面上, 在海相地层中仅少量分布。

^{*} 本文为国土资源大调查项目“1:100 万南通幅海洋区域地质调查示范”(项目编号 200211000001)部分成果。

作者简介 顾兆峰, 1969 年生, 副研究员; 现在“国土资源部海洋油气与环境地质重点实验室”从事海洋地球物理调查与研究工作。地址: (266071) 山东省青岛市福州南路 62 号。电话: (0532) 80778320。E-mail: qdgzhaofeng@cgs.gov.cn

1.2.2 南黄海西部晚更新世末期泥炭分布区与浅层气分布区的对比

有关研究^[5]表明:距今 12 000 a 时,渤海、黄海、东海及邻近地区形成了类似于今日黑龙江一带的气候环境,出现大面积的黑土与沼泽分布区,在沼泽环境过湿、缺氧的条件下,微生物活动很弱,未完全分解的植物残体经过长期聚集而形成泥炭。黄海、渤海及附近地区的泥炭大多数在距今 12 000~11 000 a 之间形成,主要分布于沿海地区附近。

将晚更新世末期泥炭分布图^[5]与南黄海浅层气分布图^[1]对比可看出,两者在南黄海西部大部分重叠,具有较好的一致性。表明晚更新世末期的泥炭是形成当今南黄海西部地区浅层气的主要物质基础。

2 南黄海浅层气成因分析探讨

2.1 晚更新世末期泥炭分布区的浅层气成因

2.1.1 浅部陆相、海陆过渡相地层中有机质生成的浅层气

泥炭形成、分布主要受地带性气候制约,直接受地貌控制^[6]。在海陆过渡带,水文条件优越,成为主要的泥炭沼泽发育地带;河流地区泥炭分布较广泛,规模一般为中等或较大,在高河漫滩、低阶地、废河道及堤外洼地区最为常见;湖滨属水陆过渡带,有利于泥炭沼泽发育;洪流作用形成的沟谷底部和扇洼地的地下水溢出带,有利于泥炭沼泽化,其分布较广、规模小、零星分布。而风力作用为主的干旱地区极不利于泥炭沼泽发育。

根据南黄海西部地区浅层气的赋存背景看^[7]:埋藏古河道、埋藏古三角洲、埋藏古湖泊、埋藏古潮沟等晚更新世末期陆相地层中的地质体及晚更新世末期—全新世初期的海陆过渡相地层是浅层气的主要赋存地质体。以现代海相沉积为代表的海相地层中有机质含量有限,泥炭较少且易氧化,不利于浅层气的生成、保存。因此浅地层剖面揭示的大多数浅层气应是晚更新世末期—全新初期的陆相、海陆过渡相地层中有机质生成的。

2.1.2 来源于中深部地层的浅层气

浅层气声学空白区是由于地层中含气浓度高而形成的,其浓度高于其他类型的浅层气反射。由于声学空白区完全屏蔽了地层,无法在浅地层剖面上对浅层气区内部进行分析研究。形成声学屏蔽的气囊状浅层气区被认为极可能是深部天然气沿孔隙、裂隙、断层面上升到海底浅层^[8-9]。根据动平衡原理^[10],气藏的形成存在两个同时发生的过程:源岩中

生成的天然气通过运移进入圈闭,同时聚集在圈闭内的天然气因扩散等原因不断通过盖层逸散。由于研究区内海底浅层的粉砂、细砂松散且孔隙度较高,逸散现象相对较强,需要有较多的浅层气补充。小规模声学空白区仅需补充较少的气体即可维持其状态,而大规模的声学空白区则需要相对多的气体不断补充才能维持其状态。浅部小规模有机质难以提供大量气体,所以大规模声学空白区中浅层气更可能来自中深部地层。故 3 个范围较大的声学空白区中浅层气可能来自中深部地层。

另外,在苏北浅滩区西北部发现的大型塌陷坑^[1]可能是中深部浅层气逸出形成的,分析如下:

1)该大型塌陷坑与潮沟形态不同。该区潮流沙脊与潮沟外形较圆滑,坡度较小,沙脊顶部间的距离一般大于 5 km,而该大型塌陷坑内起伏不平,两侧斜坡极不对称,斜坡坡度较大,发育塌陷凹坑,宽度(2.5 km)较小。据该区域实测水深地形图^[1]等资料显示:该塌陷坑位于某大型潮流沙脊的西翼上,坑底水深达 28.1 m,而其周围水深仅 10~15 m,远小于该坑坑底的水深,即使苏北浅滩外缘的水深也只有 20 m 左右。因此该塌陷坑应为范围较小的局部地形,潮沟成因的可能性极小。

2)浅层气引起的塌陷迹象明显。坑内的小型塌陷坑为麻坑状局部塌陷,塌陷坑坑壁发育有滑塌迹象的错动层理、坑底沉积物为杂乱堆积、海底地形呈起伏状,上方海水中隐约可见点线状气泡反射。坑中塌陷部位与地层中浅层气扰动反射、海水中微弱气泡反射的位置上下对应,显示了塌陷坑与浅层气有成因关系。

3)大型塌陷坑及其附近地区仅在晚更新世末次冰期晚期埋藏古河道内出现小型杂乱反射,气体较少,所以埋藏古河道内有机质等生成的浅层气不足以产生如此大规模的塌陷坑。但该处位于苏北—南黄海南部盆地内,盆地内存在生油地层,深部地层具备生成大量天然气的能力(该盆地的陆区发现了黄桥、刘庄等一批气田)。

4)基于以下原因:①浅地层剖面显示,多组断层在该处将晚更新世玉木间冰期的海相地层错断,形成多个地堑—地垒,断层自下而上延伸到晚更新世末次冰期晚期陆相地层中,表明该塌陷坑位于新构造运动断层带上;②塌陷坑下方的两条断层 F1、F2 分别位于该大型塌陷坑的两端下方,且断层附近的

声学扰动反射显示断层附近有少量气体存在;③左侧近乎垂直的坑壁与其二级阶地上光滑平整的形态,表明该处大型塌陷坑为近期形成;④在土耳其曾观察到地震引起海岸及海底滑塌、海底浅层气反射增强、载气区顶界面向上移动、气体逸出增多的现象^[11]。据此推断:该处近期曾发生断层活动,造成中深部天然气气向上运移到浅部地层中。

综上所述,可能由于断层在近期的活动将大型塌陷坑下方埋藏较深的气体通过断层运移到了海底表层地层中,大量浅层气喷发形成了该大型塌陷坑(有待进一步的资料验证)。

2.2 晚更新世末期泥炭分布区以外的浅层气特征及成因探讨

晚更新世末期泥炭分布区外的南黄海中部,有大片的低浓度浅层气反射,位于南黄海北部盆地范围内。图 1 是该浅层气分布区南部 C 线上的一段浅地层剖面,地层中沿 C 线存在长度 100 km 左右的声学扰动区,以斑点状反射为主,也存在点划线反射、局部地层相位下拉形成的锯齿状反射、地层相位被竖向切断等反射,点划线状反射最长达 1.5 m。这些扰动反射自记录底部贯穿整个地层,该区大部分海水中也存在大片云状、点划线状逸出气泡反射,显示该区有大量浅层气不断自海底逸出。箭头所指地层中存在数十米宽上下贯通的地层相位中断,形似烟道。图 2 为 C 线北端一段浅地层剖面,图中箭头所指海底可见两处浅层气逸出形成的凹陷地形,凹陷下方地层中可见浅层气形成的地层相位下拉、相位中断,形似烟道。图 2 左侧断层的右侧有一条沿

断层分布、较窄的烟道状浅层气分布带。由该区浅层气的声学特征可推断,该区内地层中浅层气含量有限,且气体逸散较多。

浅地层剖面揭示的断层一般为新构造运动形成的浅部断层或深大断层的次生断层,一般贯通了浅层剖面仪揭露的浅部地层,其规模较小。由浅地层剖面发现,南黄海南部盆地、北部盆地范围内断层较多,分布密集,盆地周围隆起区内浅部断层断点仅零星分布(图 3),表明盆地内新构造运动比较活跃。该区单道地震、多道地震资料也显示南黄海北部盆地内中深部断层较多。因此盆地内较深或深部地层中的气体有条件通过该区浅部地层中密布的断层、裂隙运移至地表。

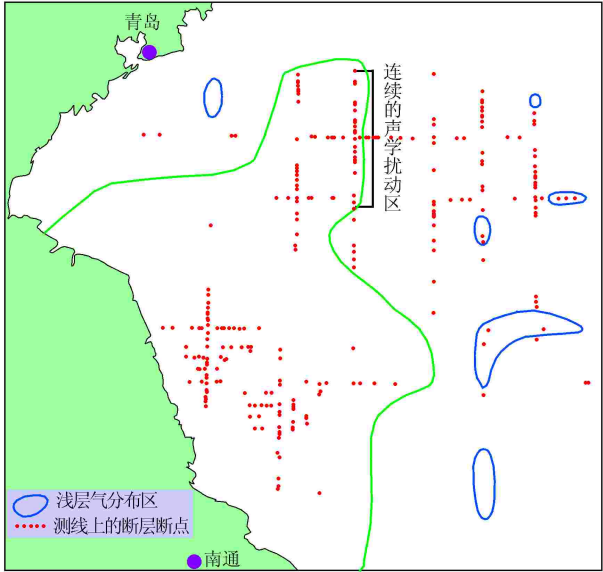


图 3 浅地层剖面揭示的浅层气与断层断点分布图

南黄海西部泥炭分布区内揭示的晚更新世陆相地层中浅层气一般零散分布,气体总量有限,说明晚更新世末期泥炭难以形成南黄海中部的大面积低浓度浅层气声学扰动区。由于该区内浅层气不断逸出到海水中且在地层中有大片较连续的浅层气声学扰动区存在,在浅部地层内未发现浅层气大量生成的情况下,应该有较深或深部地层中的气体不断向上运移到浅部地层中。同时 C 线浅层气分布区恰好处在南黄海北部盆地范围内,其边界也基本与盆地的南北边界吻合,且该盆地内古近系阜宁组以泥岩为主夹生油层^[12],深部二叠系大龙组、龙潭组为有生油能力的地层^[13],具备生成甲烷等气体的条件。因此认为该地区浅层气极可能是深部地层中的油气泄漏、运移至浅部地层所形成的。

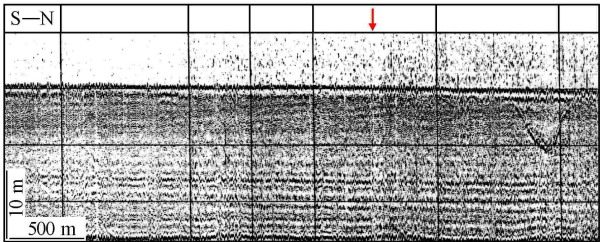


图 1 C 线浅层气声学扰动区南端的浅地层剖面图

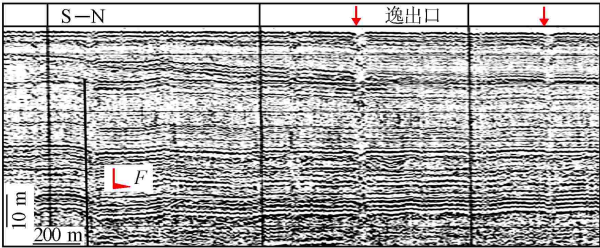


图 2 C 线浅层气声学扰动区北端的浅地层剖面图

3 结 论

1)南黄海西部的晚更新世末期泥炭分布与该区浅层气分布基本一致,表明晚更新世末期泥炭层是该地区浅层气生成的重要物质基础。

2)3 个声学空白区的浅层气可能来自深部。苏北浅滩西北部的大型塌陷坑可能由近期的断层活动将深部地层中的气体运移到浅部、大量浅层气喷发而形成,表明该处的中深部地层可能生成了大量的气体。

3)晚更新世末期泥炭分布区以外的南黄海中部低浓度浅层气分布区内,浅层气大量存在且自海底不断逸出,地震剖面揭示该地区断层较多,中深层地层具备生气能力。因此中深部地层中的气体有条件逸出。推测该地区浅层气可能为深部地层中的油气泄露形成的气苗。

刘锡清研究员、李凡研究员对本文提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

[1] 顾兆峰,张志珣,刘怀山.南黄海西部地区浅层气地震特征[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(3):65-74.
[2] 秦蕴珊,赵一阳,陈丽蓉,等.黄海地质[M].北京:海洋出版社,1989:172.
[3] 刘敏厚,吴世迎,王永吉.黄海晚第四纪沉积[M].北京:海洋出版社,1989:178-185,318-325.

[4] 郑光膺.南黄海第四纪层型地层对比[M].北京:科学出版社,1989:9-32.
[5] 韩德亮,于洪军.晚更新世末期东亚季风活动与陆架区沉积环境变迁[J].青岛海洋大学学报,2001,31(6):911-916.
[6] 高凤岐.中国泥炭矿床的分类和成矿预测[M]//梁名胜,张吉林编.中国海陆第四纪对比研究.北京:科学出版社,1991:208-214.
[7] 顾兆峰,张志珣,刘怀山,等.南黄海西部地区浅层气的浅部埋藏地质背景[J].海洋科学,2008,32(7):46-51.
[8] 李凡,张秀荣,唐宝珏.黄海埋藏古河道及灾害地质图集[M].济南:济南出版社,1998:123.
[9] 叶银灿,陈俊仁,潘国富,等.海底浅层气的成因、赋存特征及其对工程的危害[J].东海海洋,2003,21(1):27-36.
[10] 郝石生,黄志龙,杨家崎.天然气运聚动平衡及其应用[M].北京:石油工业出版社,1994:54-55.
[11] İSMAIL KUSCU, MAKOTO OKAMURA, HIROMI MATSUOKA, et al. Seafloor gas seeps and sediment failures triggered by the August 17, 1999 earthquake in the Eastern part of the gulf of İzmit, Sea of Marmara, NW Turkey[J]. Marine Geology, 2005, 215: 193-214.
[12] 戴春山,李刚,蔡峰,等.黄海前第三系及油气勘探方向[J].中国海上油气:地质,2003,17(4):225-231.
[13] 郑光膺.黄海第四纪地质[M].北京:科学出版社,1991:14-18.

(修改回稿日期 2008-12-01 编辑 居维清)