

中国的生物气藏及勘探方向

□ 李 明 宅

一、生物气及意义

生物气是指沉积物中的有机质在还原环境下经厌氧微生物作用所形成的富甲烷气体。过去人们认为,生物气易于浅层沉积物中生成,但也易于散失,难于大量聚集,因此没有重要的成矿意义。近 20 年的天然气勘探实践和理论研究证明,在有利的地质和地球化学条件下,可以生成大量生物气并聚集成藏。已经证实,世界上有数十个大气田或较大气田属于这种成因类型。据统计,已探明的生物气的储量占世界天然气总储量的近 1/5,而中国探明的生物气储量仅占天然气探明储量的 6%(谢秋元,1991),远远低于世界水平。预计随着研究工作的深入和新的发现,其所占比例将会有所增长。

近年来,我国的生物气勘探工作,除柴达木盆地东部、浙江钱塘江口地区外,全国其它地区并未开展系统的针对生物气的勘探工作。由于生物气埋藏浅、成本低、见效快、风险小的特点,其资源潜力不容低估,对生物气资源应专探和兼探相结合,重视这一领域的研究和评价工作。

二、生物气的成藏规律

1. 生物气分布特征

生物气分布广泛,从陆地到海洋、从地下到地表、从中纬度到高纬度均有分布,埋深一般较浅,在 2000m 以上,个别情况下可深达 4500m(意大利波河盆地)。气藏数量以第三系—第四系最多,储量则以白垩系最大。中国浅层生物气藏从第四系—白垩系均有分布,尤以第三系和第四系分布最为广泛,这与我国新生代的地质发展历史有密切联系。新生代,我国的陆地上大大小小的湖盆星罗棋布,湖盆内充填有大量的陆相沉积物,厚度可达数百米至数千米。西部柴

达木、准噶尔(南部)、西藏高原的伦坡拉等盆地都有巨厚的新第三纪和第四纪湖相沉积,东部沿海各盆地中沉积有非正常海相或海陆交互的新第三系沉积。沉积物中含有丰富的有机质,而且多数未达到成熟演化阶段。应着重指出,沉积物厚度小于几百米的众多小湖盆,可能对生成石油和热降解气不利,却可在有利的条件下生成生物气,并富集成自生自储同生气藏。因此,我国广泛分布的新生界沉积,特别是新第三系和第四系以湖泊三角洲相为主的沉积对今后寻找生物气藏有重要意义。

2. 生物气的富集成藏条件

① 咸水沉积有利于大规模生物气聚集

沉积浅表层可以生成大量生物气并形成气藏(气包),但在近地表气体聚集保存条件较差,不利于形成大规模气藏。因此大规模生物气聚集的前提是,要避免沉积有机质在近地表被大量降解。从生物气的生成条件分析,可以抑制甲烷菌在近地表大量繁殖并使有机质保存的沉积环境主要有两种:一是干旱—半干旱气候闭塞湖盆地咸水沉积和海相沉积,高矿化度和高硫酸根离子浓度以及碱性孔隙水使甲烷菌受到抑制,使有机质的生气潜力得以保存至较深处释放;二是低温环境沉积,甲烷菌在近地表环境繁殖缓慢,只有随埋深增大温度上升后才大量生气。我国近些年的研究成果表明,上述环境多出现在第三系(特别是晚第三系)和第四系的湖泊三角洲沉积地层中,如:青海湖布哈河三角洲的现代沉积、柴达木盆地第四系、莺—琼盆地的上第三系—第四系等都属于典型例子。

② 快速沉积有利于生物气的保存

在近代海洋中,生物气常发现于沉积速率

大于 50m/Ma 的地区,这是因为快速沉积减少了沉积有机质在浅表层的停留时间,从而利于较深层生物气的生成和保存。我国的勘探实践证明,生物气常聚集于近代(第三系—第四系)沉积速率较高的盆地或沉积环境中。就盆地类型来说,沉积速率较高的裂谷型断陷盆地和前陆盆地对形成大规模的生物气聚集较为有利;就沉积环境而言,具有较高沉积速率的三角洲沉积、浊流沉积和沉降较快的深湖—半深湖沉积都比较有利。

③发育良好的区域性盖层是生物气大规模聚集的必要条件

生物气大量生成于 2000m 以上的浅层,上覆沉积较薄,因此要形成大规模聚集,必须有发育良好的盖层,而且区域盖层与主生气层之间的深度间隔不能过大,否则不利于早期生物气的保存。从我国已发现的生物气藏来看,其上均有分布稳定、厚度较大的泥岩区域盖层,或者虽厚度不大但有稳定的膏盐区域盖层作保证。在储集层之上的浊流沉积体系、水进型三角洲或水下扇沉积体系都有发育良好盖层的条件,从而有利于生物气的大规模聚集和保存。

④构造活动较弱的稳定沉降期沉积有利于生物气的富集

由于生物气生成于浅层,中生代特别是新生代以来的构造运动(主要是断裂活动)对其富集保存影响尤大。生物气多聚集于盆地构造和断裂活动较弱的快速稳定沉降期形成的沉积物中,盆地的沉降和沉积补偿基本上趋于平衡,这种特点有利于有机质始终处于生物化学作用带中,如裂谷型断陷盆地的坳陷期沉积和前陆盆地远离推覆构造带的近斜坡带沉积。

三、生物气的勘探方向

生物气的勘探实践证明,一个地区的勘探远景如何,主要取决于 5 个关键因素:气源条件、圈闭条件、保存条件、生气高峰和大规模的运移时间的相互匹配。显然在生气强度高的地方和生气高峰深度段的钻探效果最好。近 20 年

的勘探在中国已发现 20 多个生物气藏(田),但勘探程度低,甚至很多地区和层位根本没有进行工作。广泛分布的第三系特别是新第三系和第四系应是我国今后勘探生物气的重点目标。

我国最早发现的生物气含气区是西北地区。大中型内陆山间或山前盆地如:柴达木、准噶尔、塔里木、吐哈、酒泉和潮水等盆地沉积有巨厚的第三系和第四系沉积,而第三纪的气候比较干燥,水体咸化,有利于所形成有机质的保存,后来比较潮湿的气候的侵入和砂泥岩的快速沉积有利于气体的生成保存。据徐旺资料(1997),柴达木盆地第四系生物气资源大于 $2000 \times 10^8 \text{m}^3$,已探明的储量大于 $500 \times 10^8 \text{m}^3$ 。近年综合研究表明,该区较深部位存在着成排成带的潜伏构造,进一步加强本区的工作有希望在 700~1500m 深度段找到新的高产生物气流(李明宅等,1995,下同)。其它盆地目前尚未有针对性地开展工作,但存在着生成生物气的源岩条件和储盖条件,应引起重视。

我国西南部西藏高原上所形成的一些新生代陆相山间盆地(如伦坡拉盆地)中,充填有厚的第三系陆相沉积物,现在它们已处于永冻层之下,这种情况类似于西西伯利亚的情形,因此,今后应注意对永冻层下的第三系加以研究,是我国在西藏地区寻找生物气的方向。

我国东部有生物气潜力的地区有松辽、渤海湾、河淮、苏北、南襄、江汉、二连、海拉尔等盆地以及鄱阳湖、洞庭湖等大型湖泊沉积区。其中,松辽、二连、海拉尔盆地的白垩系湖相沉积发育,是主要含气层系;其它盆地或地区的下第三系或第四系发育,是主要含气层系。在东部坳陷带之间的隆起带上,也有一些中、新生代地堑盆地,如河套盆地和汾渭盆地、山东的胶莱盆地、华南众多的小型盆地,它们的规模小,发育时间短,对形成生物气有一定的意义。上述这些层系和地区是今后勘探生物气的方向。

我国海域也是生物气资源的主要分布区,包括:南海、东海、南黄海、台西(下转第 22 页)

层,主体勘探的设想亦由此提出。

(2) 游离相天然气的大量产生,是形成超压的物质基础。一方面,超压确实带来麻烦:被迫采用重泥浆不仅压制了油气显示,也造成储层污染;但另一方面,由于天然气产能大体与地压系数正相关,超压表明了天然气的聚集浓度大,在合兴场地区发现浅部蓬莱镇组气藏的地压系数高达 1.96,表明了天然气的聚集作用仍大于散失作用。对超高压及多压力系统的正确分析和认识,既丰富了成藏环境研究,也为平衡钻进提供了保证。

(3) 对储集层超低孔渗这一事实应作深入具体分析:由于完成致密有一个过程,故不同地段、层位、深度和岩石,其致密化程度当有差别。回剥分析表明:川西坳陷的致密化作用大体完成于晚侏罗世,而生气高峰的晚侏罗世早期,在地

层完全致密化之前燕山中晚期的隆起带上,仍可有天然气聚集藏的条件。

除以上因素之外,能对致密储层加以改善的莫过于裂缝系统了。由于处于挤压环境中,水平的最大主应力得以有效传播而形成区域裂缝带,虽然裂缝系统使气藏形态复杂化,但其在致密气层中的作用是突出的。

(4) 对于超晚期构造提出了适时隆起和复合圈闭的认识。新场气田就是由燕山期古构造、叠加喜山期构造以及岩性、裂缝、流体等多种因素构成的复合圈闭。这种复合关系在不同部位、不同层次又各有不同,古构造因素向深部层位加重;向浅部新层位则今构造因素加重。具体井位布署时则需根据情况分别对待。总之,复合圈闭的深入研究将利于拨开超晚期构造的迷雾,使命中率大大提高。

4. 坚持研究指路的方针。

研究指路,物探先行,钻探验证,测试评价,这是多年来油气勘探中成功的重要经验。其中研究指路不仅是整个油系勘探系统中的首要环节,也贯穿在整个勘探过程中。如研究认为:在川西坳陷里天然气成藏与储集层致密化大体同步,使致密砂岩里有大量天然气被禁锢,这奠定了压裂增产措施可行的物质基础。结合这里储层具有超压、低角度微缝及大量格里菲斯裂纹的特点,测试工艺中强调复合压裂,研制了复合射孔压裂弹,改变了过去单纯水力压裂效果不佳的局面。最近通过浅部 22 口井的施工,已取得了突破性进展,增产有效率超过 90%,日增产天然气产能 $120 \times 10^4 \text{m}^3$,因此,研究指路既有其先导意义,也有全系统依靠科技进步,大力推广新技术、新方法的广泛意义。

(西南石油地质局地质大队)

(上接第 17 页)南等。预测资源量,东海有 5000 亿 m^3 ,南海北部有 12000 亿 m^3 (谢秋元, 1991)。这些地区第三系—第四系的浅海—半深海沉积厚达数千米,如南海莺—琼盆地这两套地层最大钻厚为 4400m,且有机质基本上未成熟,上覆水层为有机质的保存提供了有利场所,其所形成的水压也为生物气的富集提供了条件。同时还应注意到,沿离岸方向,海水加深,海底温度降低,地温梯度升高,海底温度和地温梯度两者相互消长的结果,使得生物气的主要气带在 400~1000m 深度段,是我们今后在海域勘探生物气的主要目标。

古长江、古黄河和古珠江下游曾多次改道,故道河湖沉积中的有机质都可生成生物气,在长江下游和珠江三角洲的第四系沉积中已发现生物气藏,这些古河流的入海三角洲是形成生物气藏的有利场所,特别是更新世的古河谷具备形成生物气藏的一切条件,可作为勘探的重点对象。

本文引用了近几年各有关单位的研究报告,在编写过程中得到张抗教授级高级工程师的热情帮助,在此一并表示衷心感谢。

参考文献(略)

(石油地质研究所)