

替代石油的能源——天然气水合物

罗艳托 朱建华 陈光进
(中国石油大学·北京)

罗艳托等.替代石油的能源——天然气水合物.天然气工业,2005;25(8):28~30

摘 要 天然气水合物作为巨大的潜在能源,其形成演化的研究引人注目。目前科学估算的天然气水合物含甲烷资源占全球化石燃料(煤、石油、天然气)甲烷总资源的 53%。但是,由于其独特的性质和赋存环境,天然气水合物对未来世界能源需求的贡献将取决于开采技术的进步和巨大经费的投入。为此文章对天然气水合物在全球的储量及分布情况、国内外研究动态进行了分析研究,并介绍了几种可能的开采方法,提出了值得注意的问题与对策。

主题词 天然气水合物 能源 开采技术 储量 分布

随着石油从燃料资源向材料资源利用的逐渐扩大,21 世纪将有可能成为天然气水合物的时代^[1~3]。

一、储量及其分布

据 80 年代国际天然气潜力委员会(PGC)的统计,世界各大洋中,天然气水合物的总量换算为甲烷气体,高达 $2 \times 10^{16} \text{ m}^3$,其含碳量比迄今世界上所有已知石油、天然气、煤炭矿产大 2 倍,约占化石燃料(煤、石油、天然气)的 53%,图 1 给出了地球上的有机碳分布^[4]。这个储量相当于标准状态下,大约 40 m 厚甲烷气覆盖在地球表面;而天然气水合物的能量密度(标准状态下单位体积沉积物中的甲烷量)是

其它非传统能源资源的 10 倍,是常规天然气能量密度的 2~5 倍^[5]。

天然气水合物地域分布广泛。图 2 是世界范围内已发现天然气水合物的分布图^[6]。

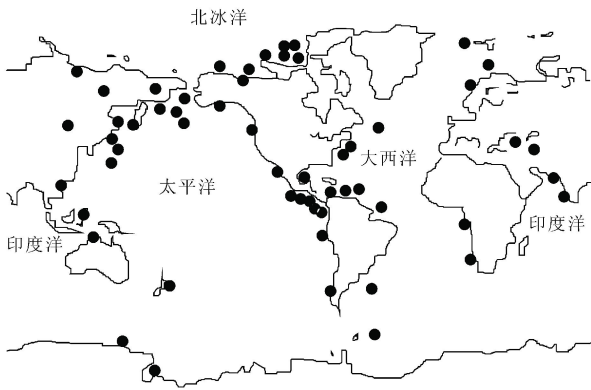


图 2 已发现的气体水合物分布图
(据 Kvenvolden 等,1993)

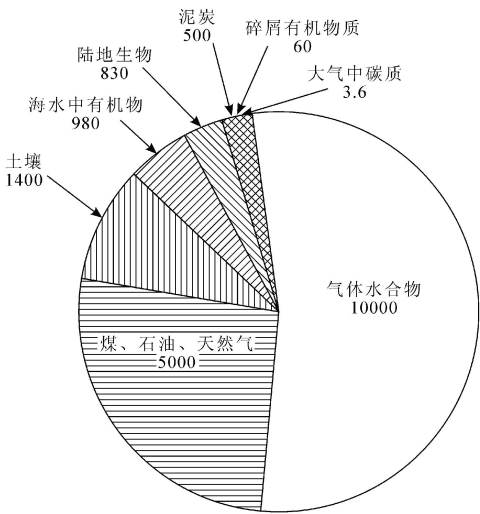
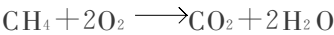
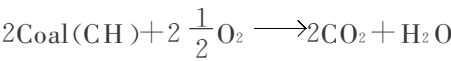


图 1 有机碳燃料结构分布图
单位: 10^{15} g 碳 (Kvenvolden, 1988)

从天然气水合物得到的甲烷气体(或由其他能源得到)与煤和石油相比,碳比例小,燃烧产生同样热量时放出的地球暖化气体 CO_2 少,是一种洁净的能源^[7]。



因此,利用天然气水合物中的甲烷对全球气候变化的影响较小。

作者简介:罗艳托,女,1978 年生,中国石油大学(北京)博士研究生;主要从事天然气水合物方面的研究。地址:(102249)北京市昌平区中国石油大学化工学院博 03,231 号房。电话:(010)89734601。E-mail:luoyantuo@sohu.com

二、国内外研究动态

自20世纪80年代以来,在世界范围内形成了一个天然气水合物研究的热潮^[8]。

人们依据地球物理测井、地震及钻井取心资料查明,环绕北美洲有11个巨大的天然气水合物区,资源量超过 $580 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。俄罗斯天然气水合物资源也十分丰富,资源量约 $3050 \times 10^{12} \text{ m}^3$,主要分布在黑海、巴伦支海、鄂霍茨克海等海域。日本、印度等国的天然气水合物资源量也较为可观。我国的天然气水合物资源量虽未完全探明,但已经研究发现,我国领海及专属经济区具备天然气水合物形成的地质构造条件和物源条件,具备良好的找矿前景,并已表明我国南海北部大陆边缘等海域有存在天然气水合物矿藏的可能。鉴于天然气水合物的巨大潜力,世界各国尤其是美、日等发达国家都加强了对天然气水合物资源的开采及储运技术研究。美国计划在10年内投入2亿美元,美国能源部提出,希望在2015年提供天然气水合物工业开发所需的技术并投入试生产,2030年投入商业生产。日本则于1995年专门成立了天然气水合物开发促进委员会,并制定了研究开发的五年计划(1995~1999年),在5年内投入了150亿日元,可望在短时期内取得重大突破。发展中国家印度也在政府五年计划(1996~2000年)中投入5600万美元,在其东、西部近海开展天然气水合物的调查研究工作。我国1992年开始进行天然气水合物信息与资料检索,1996年开展了“西太平洋气体水合物找矿前景与勘查方法”调研,评价了西太平洋海域的找矿前景,认为西太平洋岛弧系中段、西南太平洋等4个区域为有利的找矿远景区^[8~12]。

三、水合物开采技术

天然气水合物对世界能源需求的贡献取决于开采技术和开采费用的大小。在这些方面科学界仍然有很大的争议。上述关于天然气水合物巨大甲烷含量的估计不代表可开采的能源资源。不过,即使其中的一小部分是可开采的,其资源量也是非常可观的。因此,重要的是要采用合理的开采技术。

从天然气水合物中开采天然气需要把水合物分解成气体和水。天然气水合物的分解是与其相平衡为基础的,通过破坏相平衡,促使天然气水合物分解。具体的分解方法有热刺激法、减压法、矿泥浆开采法、加盐法(促进分解、抑制生成)、置换法或混合的方法^[13],简介如下。

1. 热刺激法

恒压下注入热量,当达到分解温度后系统温度升高,水合物继续分解。在分解温度,所有加入的热量都用来水合物分解。水合物分解需要的热量为 50 kJ/mol (甲烷,273 K)~ 130 kJ/mol (丙烷,273 K)。这个方法的问题是热量损失在周围的岩石和分解后的水中。如果没有热量损失,注入能量约为开采热的10%。没有热量损失,注入能量将超过气体的热值。由于有热量损失,这个方法是昂贵的。

2. 减压法

通过降低水合物周围区域的压力来降低水合物矿藏的压力,当达到分解压力时,表面的水合物分解成气体和水。这个方法已经应用于西伯利亚西部的麦索亚哈气田。

3. 矿泥浆开采法

这种方法还没有深入研究过,不过可以想象通过摩擦从海底开采出固体水合物泥浆,水合物泥浆在上升过程中有望分解。

4. 加盐法

由水合物生产的气体又有可能在输送管线中重新生成水合物。有4种方法可以阻止水合物重新生成:①除去水,这样可以降低露点;②保持系统的温度比水合物生成温度高;③保持系统的压力比水合物生成压力低;④加盐法(用抑制剂)。抑制剂有两类:热力学抑制剂和动态抑制剂。一般认为热力学抑制剂最直接的表现就是使水的活度系数降低,破坏水合物的氢键,使水合物生成需要更高的压力或者更低的温度,从而达到抑制水合物生成的目的;动态抑制剂通过降低水合物成核速率,推迟成核和生长时间,干扰水合物晶体优先生长的方向和水合物晶体定向排列等方式阻止水合物晶粒长大,甚至完全阻止水合物临界核的形成,从而抑制水合物的生成。

5. 置换法

最近,在研究用二氧化碳水合物置换自然生成的天然气水合物。因为天然气水合物稳定存在需要的压力比二氧化碳水合物需要的压力高。在某个压力下,天然气水合物不能稳定存在,而二氧化碳水合物能稳定存在,把二氧化碳注入天然气水合物气田,它和水生成水合物时放出的热量被用来天然气水合物的分解。然而,复杂的相行为将会导致这个过程非常困难。

四、开采应该注意的问题

除了作为一种潜在的、巨大的非传统能源资源

外,天然气水合物还可能导致沉积物物理性质(如剪切强度和流变性等)、地球物理性质(如地震波速和电导性)以及地球化学性质(如孔隙流体成分)的明显变化。物理性质的进一步变化可能引起海底滑塌和产生“温室效应”气体的排放。当今大气圈中甲烷组分的含量大约是 $4.9 \times 10^{15} \text{ g}$,与二氧化碳一样,甲烷是一种“温室”气体,而且,其温室效应是等质量二氧化碳气体的20倍。圈闭在大陆和海洋的天然气水合物中的甲烷量大约是大气圈中的3000倍^[14],天然气水合物中甲烷的释放将对大气圈的组分构成巨大的影响,从而会导致全球气候变化。所以在研究水合物开采技术的同时应该同时注意下列问题的研究^[5]。

(1)需要精确地确定自然状态下天然气水合物的产状、分布和聚集。对大多数天然气水合物资源的估算是通过局部地区推测的天然气水合物浓度参数大体估算外推而来的。因而在许多海域盆地中和冻土带地区对天然气水合物储量的估算是很不精确的。如果不能更精确地了解体积、分布、地质背景和控制过程,那么要合理开采天然气水合物资源几乎不可能。

(2)天然气水合物的探测。天然气水合物的研究对于传统的地质采样技术是一个挑战。因为环境的变化导致使用传统的技术方法采集到的天然气水合物的物理和化学状态会发生极大的变化。在采集的样品上测量获得的性质可能不同于自然状态下的性质。

(3)对天然状态下水合物控制因素的研究。天然气水合物是一个处于动态平衡的物质系统。在未来的研究中需要调查天然气水合物系统的动力学,即甲烷在哪里、怎样从沉积物中脱离出来形成聚集。一旦我们能定量确定控制动态水合物体系的均衡流出量,那么就可以估算这一动态系统对外界扰动(如商业生产、构造事件或气候变化)的响应。这就要求了解与天然气水合物有关的一些重要的物理、化学和生物过程及其演化速率。

五、研究战略及对策

目前,我国石油进口依赖程度为40%,今后我国对进口石油的依赖程度还会逐年增加。从我国能源结构来看(1997年),在一次性能源消费结构中,75%来自煤炭,油气仅占19.3%(其他5.7%),而美国煤炭仅占24.3%,油气占66.1%(其他9.6%),属于污染型能源结构,而且后备能源资源严重不足。相对

煤及石油而言,天然气水合物的能量密度高、杂质少,是一种洁净型能源资源。开发天然气水合物,增加天然气产量,可以逐步改变我国能源结构不合理的现状,同时也可以减少大量燃煤造成的环境污染。

一些国家对于天然气水合物的研究已经走在了前面,对于这一极具潜力的能源,应该进行全面系统的研究;以查明我国天然气水合物的分布和资源潜力,了解我国自身的家底;开展相关的基础性研究,发展相关的技术方法,做好理论和技术知识储备;着手研究天然气水合物影响全球气候和造成海底灾害的环境效应等重要工作。这些对于制定国家未来能源战略都具有重要意义。

参 考 文 献

- 1 金翔龙等. 关于开展中国天然气水合物研究的建议. 地球科学进展, 2002; 17(3): 465~466
- 2 高寿柏. 国外天然气水合物资源研究动态. 世界石油工业, 1999; 5(1)
- 3 Hight M A 著, 刘毅等译. 水化物形成技术状况综述. 国外油田工程, 1998; (5)
- 4 Kvenvolden K A. International Conference on Natural Gas Hydrate. Acad. Sci, 1994; 715: 232~246
- 5 张俊霞等. 天然气水合物研究中的几个重要问题. 地质科技情报, 2001; 20(1): 44~48
- 6 Kvenvolden K A, Chem. Geol, 1988; 71: 431
- 7 张红梅译. 天然气水合物的钻井和开采技术. 国外油田工程, 1986; (6): 31~33
- 8 李常茂等. 关于天然气水合物钻探的思考. 探矿工程, 2000; (3): 5~8
- 9 Ginsburg G D, Soloviev V A. On quantitative Evaluation of Suber-marine Gas Hydrates, Geology and Mineral Resources of the World Ocean. St. Petersburg VNIIOK Eangelolgia, 1995
- 10 Claypool G E, Presley B J, Kaplan L R. In Initial Report of the Deep Sea Drilling Project. Government Printing Office, Washington, U S, 1973: 19
- 11 Kvenvolden K A. Worldwide Distribution of Subaquatic Gas Hydrate, Geo-Marine letters, V B, 1993: 21~40
- 12 姚伯初. 南海北部陆缘天然气水合物初探. 海洋地质与第四纪地质, 1998; 18(4)
- 13 Sang-Yong Lee, Gerald D. Methane hydrates potential as a future energy source. Fuel Processing Technology, 2001; 71: 181~186
- 14 Macdonald G T. Role of methane Clathrates in past and future climates. Clim Change, 1990; 16: 247~281