

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

气体水合物及其研究现状

李岩 祝有海

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京,100037)

通讯
·
资料

气体水合物是一种新近发现的能源矿产类型,由于它们的潜在价值极大^[1],加之由此引发的地质灾害和全球气候问题,各国学者、政府及部分国际性组织均高度重视对其的调查和研究。

气体水合物是由气体分子与水组成的白色结晶状物质,外形如冰雪状,故也被称作“气冰”。其中的气体分子以甲烷为主,故也称甲烷水合物,其次有二氧化碳、乙烷、丙烷等。天然的气体水合物主要有3种产出方式,一是产于海底沉积物中;二是产于高纬度区的永久冻土带;三是产于高寒地区的输油(气)管道中。

气体水合物是一种笼状包合物。水分子在某些条件下可形成一些多面体结构(笼状结构),其多面体内部是空的,当遇到小于0.9 μm的客体气体分子,如甲烷、乙烷等分子时,就可包笼它们,形成甲烷或乙烷包合物。这种气体包合物不同于一般的化合物,它不具备严格的理论化学式,在化学上常表示成M·nH₂O,其中M为水合物中的气体分子^[2]。

要形成气体水合物,必须有充足的物源和合适的温压条件。海底沉积物中赋存有大量的水分子,它们可为水合物提供水源;而气体分子,则来自周围沉积物中有机质的分解,或来自下部油气藏及深部流体的补给。气体水合物形成于高压(>10 MPa)低温(0~10 ℃)环境,当水深大于300~600 m时,即可满足这一条件。

早在200多年前,化学家们就在实验室中发现了气体水合物。自然界中的气体水合物首见于本世纪30年代的天然气管道中,1965年于西伯利亚的永久冻土带中发现了天然产出的气体水合物^[3]。1971年在美国东海岸大陆边缘的地震反射剖面中发现模拟海底反射层(BSR),并认为它们与气体水合物有关^[4]。直至1979年,人们才在大西洋和太平洋中发现海底气体水合物。

进入80年代以来,对气体水合物的调查研究进入了一个新阶段。美国、俄罗斯、日本、德国、加拿大、英国、挪威等国及国际性的深海钻探计划(DSDP)和大洋钻探计划(ODP)都对其进行了调查工作,并相继在世界各地直接或间接地发现了60余处气体水合物矿床或矿点,其中海底55处,陆上8处。目前的研究重点为其能源意义、地质找矿与勘查技术。

对这一具有巨大潜力的能源,科学家们及一些国际组织已对其资源量进行了估算。如Kvenvolden和Claypool(1988)估算海底水合物中的甲烷碳含量为 2.1×10^{19} g或者为 4×10^{16} m³甲烷气体^[5],MacDonald(1990)估算其资源量为 1.1×10^{19} g甲烷碳或 2.1×10^{21} m³甲烷气体^[6],Kvenvolden(1988)给出了另一个相对保守的估算值,即全球气体水合物的甲烷碳为 1×10^{19} g或 2×10^{21} m³的甲烷气体^[1]。最近Dickens等(1997)则认为目前海洋气体水合物中甲烷含碳量

为 1.1×10^{18} g^[7]。即使按较谨慎的估算,气体水合物的资源量也相当于全世界已知煤、石油和天然气等化石燃料总资源量的两倍。因此,西方学者将之称为“未来能源”或“21世纪能源”。与传统油气田相比,不仅全球的气体水合物资源量极为巨大,而且单个海域的资源量也甚为许多海域的甲烷量可达数十万亿至数百万亿立方米。例如,布莱克海岭的甲烷资源量高达 1×10^{10} t,可满足全美国105年的天然气需求;日本海东北部和南海海槽中的水合物可供全日本100年的能源消费;环北冰洋的海底水合物中的甲烷量约 5.3×10^{17} g;白令海区的阿留申盆地和鲍尔斯盆地海底水合物中含 26×10^{12} m³的甲烷气体。

气体水合物不仅分布广,而且能量密度也大。在理想情况下,甲烷水合物中气体体积与水分子体积之比为164:1,即每立方米的固体水合物包容有180 m³的甲烷气体。这意味着气体水合物的能量密度是煤和黑色页岩的10倍,是传统天然气的2~5倍。

以往对气体水合物的研究主要侧重于地质找矿和能源意义方面,现正逐渐转向对其的开发利用、环境意义以及成因、成藏机制等方面上来。如何开发利用这种能源矿产是一个极为迫切的问题,现已提出的开采方法有热解法、释压法和试剂法。但这些方法目前还处于实验室研究阶段,技术尚不够完善,商业成本也高,相应的环境问题也未能解决,因此尚未对气体水合物进行工业性开采。据了解,日本将与加拿大合作,在最近对加拿大北部进行气体水合物的试采实验。美国参议院最近(1998年5月)通过了关于气体水合物研究的第1418号议案,争取在2015年,将水合物投入商业开采。

气体水合物只能稳定存在于高压低温条件下,当这些条件改变时,它们将发生分解并释放出甲烷气体。海底水合物多赋存于大陆架和大陆坡中的沉积物孔隙中,并作为胶结物对沉积物起固结作用。当由于自然原因或人为原因使其发生分解后,势必降低沉积物的强度,导致海底泥石流、塌陷和滑坡等地质灾害^[8]。水合物分解后所释出的甲烷气体有一部分可能在海洋中氧化,导致海水缺氧,从而引起生物大量死亡,甚至生物灭绝事件。水合物瞬间的大规模分解,大量气体突然进入海水,有可能使水体比重发生改变,如可形成密度为0.1 g/cm³的水气混合物,并可在水面上形成强大的涡流、气旋等,从而导致沉船等海难事故发生。最近,部分西方国家就开展了旨在预防潜在地质灾害的水合物调查。

甲烷是大气中一种重要的微量组分,现在每年还在以1.0%的速率增加。甲烷是一种活动性极强的温室气体,其温室效应要比同当量的二氧化碳高20倍,且甲烷被氧化成二氧化碳后仍继续产生温室效应。在过去100年间甲烷对全球变暖的潜在影响要比二氧化碳大20倍。封存在陆地和海洋中气体水合物内的甲烷量是

(下转第275页)

(上接第 334 页)

大气中的 3000 倍^[9],如果这些水合物发生分解,并有部分甲烷进入大气,那么对全球气候将带来灾难性的后果。过去我们往往强调二氧化碳对全球气候变化的影响,对甲烷的影响并没有给予足够的重视。因此,气体水合物及其甲烷对全球气候变化的影响将是有待我们深入研究的课题,这也是当前全球气候变化研究中的一个前沿课题。

参 考 文 献

- 1 Kvenvolden V A. Methane hydrate—a major reservoir of carbon in the shallow geosphere? *Chem. Geol.*, 1988, 71: 41~51.
- 2 祝有海. 气体水合物的晶体结构和成因动力学. *矿床地质*, 1998, 17(增刊): 499~502.
- 3 Sloan E D. Conference overview. In: Sloan E D, Happel J, Hnatow M A. ed. *Natural Gas Hydrates*, Annals of the New York Academy of Sciences. New York, 1994. 1~23.
- 4 Stoll R D, Ewing J, Bryan G M. Anomalous wave velocities in sediments containing gas hydrates. *J. Geophys. Res.*, 1971, 76: 2090~2094.
- 5 Kvenvolden K A, Claypool G E. Gas hydrates in oceanic sediments. *U. S. Geol. Surv. Open—file Rep.*, 1988. 88~216; 50.
- 6 MacDonald G T. The future of methane as an energy resource. *Ann. Rev. Energy.*, 1990, 15: 53~83.
- 7 Dickens G R, Paull C K, Wallace P, et. al. Direct measurement of in situ methane quantities in a large gas—hydrate reservoir. *Nature*, 1997, 385(5): 426~428.
- 8 Kvenvolden K A. Methane hydrates and global climate. *Global Biogeochem. Cycles*, 1988, 2: 221~229.
- 9 Kvenvolden K A. Gas hydrate—geological perspective and global change. *Reviews of Geophysics*, 1993, 31: 173~187.

(周健 编辑)