

海洋沉积中的天然气水合物及其在我国边缘海域的研究进展*

GAS HYDRATE IN THE OCEAN SEDIMENT AND ITS STUDY IN THE AREA OF CHINA MARGINAL SEAS

栾锡武¹ 赵一阳¹ 秦蕴珊¹ 陈左林²

(¹ 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

(² 青岛海洋大学 266003)

现代社会经济增长的基础是对能源的占有和利用。当今世界能源的80%来自化石燃料——煤、石油和天然气。随着经济的发展、人口的增长,人类对资源的需求也在逐年增大。按照传统的化石燃料理论和勘探结果,人类行将面临不可再生化石燃料资源的短缺问题。因此,寻找新型替代(或称后续)资源以解决资源短缺问题,维持经济持续发展,是世界各国共同面临的重要课题。天然气水合物自上个世纪在海底沉积物中广泛被发现以来,因其分布广、资源量大、能量高而引起科学界的高度重视,并被认为可望成为“21世纪行将枯竭的常规油气能源的后续能源”。日本科学家的最新研究结果表明,日本的天然气水合物探明储量可供日本在石油和天然气枯竭后使用140 a。这一结果足以引起我们对天然气水合物研究的高度重视。可以预计,21世纪,天然气水合物单从能源的角度来看将会扮演一个非常重要的角色。

1 天然气水合物的稳定赋存和分布

天然气水合物是一种水包气(一般是甲烷)的笼形物,外形似冰。水分子形成一个笼形格架,中间为一个气体分子。很多气体分子

的大小都适合于填充到笼形格架中形成水合物,如二氧化碳、硫化氢和一些低碳的碳氢化合物。一般地,如果笼形格架中填充了二氧化碳则称为二氧化碳水合物,如果填充了甲烷则称为甲烷水合物。研究表明,天然气水合物是在一定的温度-压力条件下才形成并稳定存在的。图1是Katz和Kvenvolden与McMenamin 1980年给出的气体水合物相图。从图上可以看出气体水合物主要形成于低温高压的环境中。温度范围一般在-10~30℃,相应的压力范围为1~100 MPa。如果温度升高相应的压力也必须升高。比如在0℃,只要压力条件大于3 MPa就可以形成气体水合物,而当温度升高到20℃时,压力必须大于20 MPa,气体水合物才能形成并稳定存在。对甲烷水合物温压区域的详细研究还表明,相界位置不仅取决于气体水合物的组合,而且还取决于水中的离子杂质。随水中离子杂质的不同,水合物的稳定曲线也有所摆动。

根据天然气水合物稳定存在的稳压范围容易推知,天然气水合物主要存在于两极低温的陆区和深海高压的沉积物中。在60年代,前苏联就在西伯利亚梅索亚哈气田发现了天然状态存在的天然气水合物,而目前,已在世界各大洋

和大陆内海确定了80多处天然气水合物远景区,其中多处已经海底钻探得到证实,如秘鲁近海、美国东部和西部海域、日本近海等。越来越多的证据表明,天然气水合物广布于浅层的地圈中,是浅地圈的一个重要组成部分。

2 天然气水合物研究的意义

2.1 巨高的甲烷含量使天然气水合物可能成为未来潜在的能源

据资料,陆地面积的27%,海域面积的90%都有天然气水合物分布。而且目前已知的绝大多数天然气水合物为甲烷水合物。甲烷水合物是甲烷气体的捕获器,在一个大气压下,分解单位体积的甲烷水合物,可以得到160体积的甲烷气。因此,在地表以下深约2000 m的浅层沉积天然气水合物内隐藏着大量的甲烷。甲烷水合物的含碳量是所有化石含碳量的两倍。这种甲烷水合物的能量通量(在标准状况下每单位体积岩石中的甲烷体

* 国家自然科学基金资助项目4000-6004号和中国科学院院长基金资助项目。

收稿日期:2000-07-10;

修回日期:2000-08-01



积) 是其他非常规气源(如煤层、黑

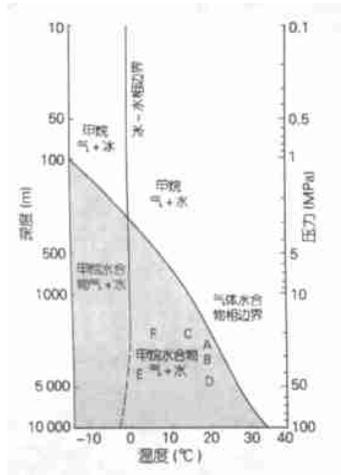


图1 甲烷气体形成水合物的温度-压力条件

(据 Kvenvolden 和 McManamin, 1980 年)

色页岩和深部含水层) 能量通量的 10 倍, 是常规天然气能量通量的 2~5 倍, 其储量大约相当于煤炭和常规石油天然气总量的 3 倍。根据美国地质学家 Mc Donald 1980 年的资料, 现代天然气水合物的总资源量为 $1 \times 10^{18} \text{ m}^3$, 据第 28 届地质大会资料, 天然气水合物的资源量可达 $28 \times 10^{13} \text{ m}^3$, 可见, 天然气水合物的储量极为丰富。有些科学家已肯定地指出天然气水合物将是 21 世纪的重要能源。

2.2 可能影响全球的气候变化并造成地质灾害

二氧化碳是一种温室气体, 但甲烷对温室效应的影响是二氧化碳的 20 倍, 天然气水合物中的甲烷含量又大大地高于大气中的甲烷含量, 因此天然气水合物的分解或形成都会影响大气中甲烷的含量, 从而可能导致气候的变化。天

然气水合物使沉积物形成胶结, 改变了沉积物的强度, 当天然气水合物分解时, 容易造成滑坡等地质灾害, 由此释放出的甲烷气体可能影响气候变化。海平面变化引起的水压变化, 会引起气体水合物的形成或分解, 导致灾害和气候变化。

3 天然气水合物的研究内容和研究手段

天然气水合物在资源、环境和地质灾害方面有重要意义, 因此天然气水合物的研究内容主要是围绕这 3 方面来展开的。其中水合物的成因、赋存、分布、水合物的海上勘探、开发、资源量估算、水合物的环境效应、地质灾害等是目前主要的研究内容。

天然气水合物是在底质取样和钻孔的岩芯中被识别出来的, 所以水合物研究最为直接的手段是底质取样和钻探取芯。但由于气体水合物的分布范围很广, 采样和取芯的能力非常有限, 所以最有效的办法是地球物理的地震勘探方法, 因为气体水合物的声波速度大约为 3.3 km/s , 差不多是沉积物的两倍, 因而天然气水合物将在地震剖面上有明显反映。由于气体水合物的存在, 温度场在很大程度上将发生扭曲, 压力场和空隙水的化学性质也会出现异常。海底沉积的物理条件研究也是天然气水合物研究的一种重要手段。概括来说, 水合物的研究是以地温、热流、位场、地质、地球化学资料为基础, 以温压场分析为先导, 以海上地震勘探为主要手段。温压场分析、海上地震勘探技术和以天然气水合物为目标的震数据处理技术构成天然

气水合物研究的关键技术。

4 国外对天然气水合物的研究

上世纪 80 年代以来, 俄、美、日、加、德、荷、印等国在海洋天然气水合物调查与开发方面给予高度重视, 从资源储备的战略高度相继制定了长远发展规划和实施计划。应该指出的是, 90 年代以来天然气水合物的研究才蓬勃发展起来。美国 1995 年在 ODP 第 164 航次中, 率先在布莱克海脊布设了 3 口勘探井, 首次有计划地取得了天然气水合物样品。1995~1999 年日本基本完成了南海海槽天然气水合物的海上地球物理调查, 3 000 m 的勘探井揭穿增生楔的天然气水合物沉积。在 1998 年 5 月, 美国参议院资源委员会一致通过“海底天然气水合物研究与资源开发计划”。本世纪大洋钻探计划(ODP21)也将海底天然气水合物的形成机理确定为主要的学术目标之一。印度针对本国能源不足的现状, 在 1996~2000 年间设立了寻找海底天然气水合物资源的专项研究, 计划投入 56×10^6 美元在孟加拉湾和阿拉伯海开展调查研究工作。

近 10 a 来, 对海底天然气水合物的产生条件、分布规律、形成机理、环境效应、勘查技术、开发工艺、经济评价与环境保护等方面的研究已取得实质性进展。

5 我国边缘海域的天然气水合物研究

我国自上世纪 90 年代初开始对海底天然气水合物研究进行学术追踪^[1]。陈宗汉, 周蒂^[2]初步探讨了我国海上存在天然气水合物的

(下转第 10 页)

(上接第 24 页)

可能性。姚伯初¹³利用已有的地震资料首次根据 BSR 特征探讨了南海北部陆缘天然气水合物存在的可能性。中国大洋矿产资源研究开发协会、中国科学院、中国海洋石油天然气总公司等都召开了以天然气水合物为主题的研讨会,强调了在我国开展天然气水合物研究的意义。并首先资助了南海海域天然气水合物的海上调查工作。目前,我国一些主要的科技项目,如国家自然科学基金项目、ODP 项目、973 项目、S 863 项目等都把天然气水合物的研究列为重点的研究内容。

我国东海及邻近的海域不仅具有丰富的地质内涵,而且具有丰富的石油天然气资源。从上世纪 60 年代开始在该区域进行的以构造演化和矿产资源(油气)评价为主要目的的地质地球物理调查,积累了大量的可资天然气水合物研究的资料。其中包括底质取样资料、海底温度资料、地壳热流资料、地温梯度资

料、折射地震资料、多道地震资料、钻井资料等。资料显示,在我国边缘海域中(东海、南海和台湾东部海域)的部分地区具备天然气水合物稳定存在的水深条件和海底温度条件。ODP184 航次在南海的钻探结果显示天然气水合物的化学异常,南海北部陆缘多处地震剖面上都识别出 BSR。专为天然气水合物研究而在南海布设的地震测量剖面上也发现有明显的 BSR 显示。最近,我国东海及邻近海域的天然气水合物研究与勘探工作正在进一步展开。

主要参考文献

- 1 史斗等.国外天然气水合物研究进展.兰州:兰州大学出版社,1992.1~17
- 2 陈宗汉,周蒂.地球科学进展,1997,12(1):37~42
- 3 姚伯初.海洋地质与第四纪地质,1998,18(4),12~18

(本文编辑:李本川)