

文章编号: 1000-0550(1999)03-0493-06

# 天然气水合物研究现状与未来挑战

雷怀彦 王先彬 房玄 郑艳红

(中国科学院兰州地质研究所, 气体地球化学国家重点实验室 兰州 730000)

**摘要** 人类在 21 世纪后时期面临着油气资源枯竭, 寻求洁净高效的新能源成为科学界追求的目标。为此, 近三十年来, 世界各国相继投入了大量的资金和人力开展新能源研究。目前, 人们在一种重要的新能源——气水合物的基础研究、地质调查、勘探开发等领域取得了较大的进展; 但尚存在许多急待解决的重大理论问题, 如天然气水合物形成与分解的动力学过程和地质条件, 气水合物资源量计算办法, 经济型天然气水合物开采、开发模式, 气水合物对全球气候的影响等。天然气水合物作为化石燃料, 具有巨大潜力; 作为甲烷碳库, 是海底地质灾害的诱因; 作为温室气体, 对全球气候变化有着重要的影响作用。天然气水合物研究未来面临挑战。

**关键词** 天然气水合物 化石燃料 温室气体 全球变化 研究现状 未来挑战

**第一作者简介** 雷怀彦 男 1960 年出生 研究员(博士) 矿物学、沉积学

**中图分类号** P618.1 **文献标识码** A

## 1 天然气水合物研究现状

### 1.1 天然气水合物的概念和性质

天然气水合物(Natural Gas Hydrates)是在一定条件下由气体或挥发性液体与水相互作用过程中形成的白色固态结晶物质(可燃冰), 它是一种非化学计量笼形物(图 1), 为超分子结构, 具有很强的吸附(浓缩)气体能力, 单位体积的水合物可含 164 倍同单位的气体, 分子量小, 成分不稳定, 除以甲烷气体为主外, 还含有乙、丙、丁烷多种气体。目前人们研究认为<sup>[1,2]</sup>水合物的结构是似冰状、立方笼型格子, 构型分为: I 型结构: 笼架以体心堆积, 只容纳小分子烃, 如甲烷、乙烷及 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 等(直径小于 12 Å); II 型结构: 笼架以菱形堆积, 不仅能容纳小分子烃, 而且可容纳 C<sub>4</sub>、iC<sub>4</sub> 等大分子(直径 17.5 Å); H 型结构: 可直接包容直径超过 iC<sub>4</sub> 的大分子。

### 1.2 天然气水合物研究现状

#### 1.2.1 气水合物实验合成与发现

Davy 于 1810 年首次在伦敦皇家研究院实验室成功地合成了氯气水合物<sup>[3]</sup>, 引起了化学家们的极大关注, 如法国 Berthelot 和 Villard, 美国 Pauling 等化学家在科学辩论的同时还进行了各种水合物合成实验, 成功地合成了系列气水合物。本世纪初期 30 年代, 人们发现输气管道内形成白色冰状固体堆积

物, 并给天然气输送带来很大麻烦, 石油地质学家和化学家便把主要的精力放在如何消除气水合物堵塞管道方面。直到 60 年代苏联在开发麦索亚哈气田时, 首次在地层中发现了气水合物藏<sup>[4]</sup>, 人们才开始把气体水合物作为一种燃能研究。此后不久, 在西伯利亚、马更些三角洲、北斯洛普、墨西哥湾、日本海、印度湾、中南海北坡等地相继发现了气水合物, 这使人们意识到气水合物是一种全球性的物理—地质作用现象, 便掀起了 70 年代以来空前的水合物研究热潮。

#### 1.2.2 气水合物热力学稳定性及形成条件研究

##### (1) 气水合物热力学稳定性研究

Robinson、Song、Englezos<sup>[5]</sup>等先后进行了甲醇、乙二醇、丙三醇对甲烷、乙烷和二氧化碳混合气水合物生成条件的抑制作用研究, 认为醇类对水合物生成有明显的抑制作用。Bishnoi 等开展了气体在电解质水溶液中生成水合物的平衡条件研究。<sup>[6]</sup>测定了 CO<sub>2</sub> 水合物+液态 CO<sub>2</sub>+气相+KCl+NaCl 水溶液的四相平衡条件。这些研究结果表明, 天然气水合物稳定存在的范围不仅仅受温度、压力的影响, 而且还受电解质中的气体组分、CO<sub>2</sub>、盐度和孔隙度等因素的影响。如 Sloan 等人 1991 年研究了甲烷水合物稳定存在的温压边界条件(图 2)。从中可以看出水中含有 NaCl 时, 相界向左漂移, 甲烷中

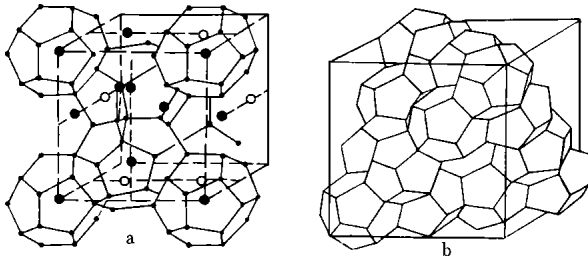


图 1 水合物立方笼型结构图

Fig. 1 Clathrate hydrate structures: (a) Structure I with 12 Å to a side and (b) Structure II with 17.3 Å to a side.

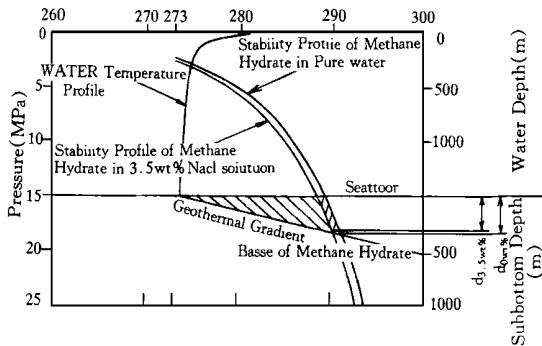


图 2 气体水合物稳定存在相界图

Fig. 2 Phase diagram of stable gas hydrates

混有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$  气体时,相界向右漂移,水合物稳定存在的范围会随之增大,说明盐度和天然气的组分会影响水合物存在的温度、压力条件。显然,自然界天然气的组分要比目前所进行的这些合成实验复杂的多。

我国从八十年代末才开展天然气水合物的部分基础研究,如徐毅祖等人与莫斯科大学 K. JI. 列别琴科博士在 1990 年合成了甲烷水合物<sup>[7]</sup>,合成试验采用甲烷气体和蒸馏水为原料,恒温恒压条件下在高压容器中进行,用核磁共振测定合成物在不同负温条件下的固液比,认为在压力被释放的条件下,当温度低于  $-10^\circ\text{C}$  时合成物中基本不含液态水,随着负温升高,其中的未冰水逐渐增多,温度为  $1^\circ\text{C}$  时完全融化。廖健、梅东海等人开展了水合物相平衡方面的实验研究,认为含盐体系可抑制水合物的生成,为防止水合物生成的天然气固化技术做了有意义的探索。

## (2) 气水合物形成条件研究

Claypool 和 Kaplan<sup>[8]</sup> 认为在理想状态下,甲烷水合物稳定存在的温压条件为  $12\sim 20^\circ\text{C}$ 、 $200\sim 600\text{Pa}$ 、水深为  $300\sim 600\text{m}$ 。但在自然界,天然气水合物的存在主要受气源、组分、温度、压力、盐度等

介质条件的控制,即具有丰富的气、水物源,足够低的温度和足够大的地层压力。

从气体水合物相边界图来看,甲烷水合物存在于沉积物中的深度下限主要取决于地温梯度,在甲烷水合物的温压范围内,水合物气体相的界限位置不仅取决于气体混合物的组成,还取决于水介质中的离子杂质。因此 Hyndman<sup>[9]</sup> 认为自然界水合物形成与其 BSR 层发育可能为两种模式。第一是:假定甲烷是由气体水合物稳定带内的有机质经微生物作用生成,气体水合物的形成与沉积作用同时发生,如有合适的运移通道,游离气则能运移到上覆的气体水合物稳定带中。第二是:由于甲烷随着孔隙流体由上而下进入气体水合物带,该模式推论甲烷大都是在稳定带以下的深部经微生物作用生成的,而不是在足以形成热成因甲烷的深部生成。Collet<sup>[10]</sup> 认为较低温度 ( $-10^\circ\text{C}\sim -20^\circ\text{C}$ ) 和较高的压力条件下有利于天然气水合物稳定存在,而且需要足够的生长空间和充足的甲烷和水。

从上述分析可知有关天然气水合物的分子结构、物理化学性质、形成和分解条件等基础研究方面还存在很多问题,含盐储层水合物的多元体系模拟研究目前在国际上开展尚少,该方面研究将是今后的重要研究方向<sup>[11]</sup>

## 1.2.3 天然气水合物资源分布

天然气水合物的资源量到底有多少?目前世界还没有一个精确的计算方法,根据 Kvenvolden<sup>[12]</sup> 计算,天然气水合物中的有机碳占全球有机碳的 53.3%,而煤、石油和天然气三者总和才占到 26.6%。分布在陆地上气水合物最大地质储量为  $5.3\times 10^{11}$  吨(表 1),其主要存在于永久冻土带。分布于海洋中的水合物最大地质储量为  $1.61\times 10^{14}$  吨,其主要分布在大陆架斜坡带、洋中脊、海沟和海岭等。

从已发现气体水合物藏的地质特征来看,沟盆体系、陆坡体系,边缘海盆陆缘等环境形成的构造热动力学过程是有利于形成天然气水合物,如和西太平洋具有相似构造成矿带的阿留申海盆、日本海盆、千岛海盆、四国海盆、冲绳海槽、菲律宾海盆、玛利亚纳海槽以及我国的南海海盆具有气体水合物形成的地质条件,在我国海域还有属于陆坡体系的东海大陆架斜坡、东海诸岛。从已发现的海上油气、油气苗看,这些地方很可能赋存有天然气水合物,还有南海北部大陆坡,也是寻找天然气水合物最有利的远景区,广州海洋地质调查局已在地震剖面上识别出了

可能存在水合物的BSR层。

#### 1.2.4 天然气水合物勘探与开采方法

天然气水合物的勘探和开采方法大致与常规油气相同。如陆地上天然气水合物藏的勘探与开采主要依靠发现异常、寻找特殊标志,根据电测井、声波测井判断产层界面,根据气水合物形成过程岩面会发生坍塌现象来进行井径测量以发现水合物。在海域,用地震声波速度异常和海底模拟反射层(BSR)来预测天然气水合物的存在与否,如 Miller 1991 年从壳牌公司的马斯恰彼分公司(STPM)获得了两条异常地震测线,在此两条测线的地震剖面处理过程中显示出强烈的天然气水合物带基底模拟反射层界面(BSR)。陆地虽然已经发现了很多的天然气水合物藏,但仅有原苏联麦索亚哈气田进行工业性开采。该气田主要向气水合物层加压并输入甲醇来促进水合物分解,并使游离天然气层的厚度增加。用甲醇分解水合物无疑增加了开采投入,于是人们想到用热水交换使水合物发生分解,即让热水依靠压差从深层上升到含天然气水合物层,热量就会向气水合物层扩散并使之分解<sup>[13]</sup>,达到用常规方法开采天然

表1 地球可燃矿产资源

Table 1 Combustible mineral resources in the earth

| 可燃矿物   | 可产储量(10亿吨计) | 最大地质储量(10亿吨计) |
|--------|-------------|---------------|
| 煤和褐煤   | 9000        | 15800         |
| 常规天然气藏 | 280         | 330           |
| 常规石油藏  | 415         | 1180          |
| 石油     | ---         | 39500         |
| 陆上水合物藏 | 53          | 530           |
| 海洋水合物藏 | 11300       | 161000        |
| 漂浮气能   | 500         | -----         |

气水合物。迄今为止,人们还在不断寻求既经济又简便的天然气水合物勘探与开采新方法。

#### 1.2.5 世界各国对气水合物的研究

美国、加拿大、俄罗斯、日本等十几个国家联合实施了大洋钻探(ODP)和深海钻探(DSDP)计划,相继在鄂霍茨克海、墨西哥湾、大西洋和太平洋北美沿岸、南海海槽等14处采集到了水合物样品,迄今为止,已在世界有60多个地区发现气水合物显示。表2是太平洋大陆边缘、墨西哥滨海带、中美洲海槽等几十个地区发现冰状固体水合物藏的情况。

90年代,美国地调所和能源部开展了全美海洋水合物研究计划,对阿拉斯加和北卡罗滨岸带进行

了水合物勘探和评价;1994年,俄罗斯与欧盟联合调查了鄂霍茨克海深海事件,俄罗斯并对勘察加半岛南部和千岛群岛北段进行了水合物详查;1995年印度为了改变高价格、长距离从国外进口石油和天然气的局面,几个部门和专家委员会联合向政府提出印度国家天然气水合物研究开发5年计划,政府大力支持,并预投资5600万美元启动这一计划;1996年日本政府设立专项计划,拟投资150亿日元(1.5亿美元),于1999年试钻探、开采日本南海海槽的甲烷气体水合物资源;挪威也在1996年底对挪威海槽北部大陆斜坡的7个海洋深水区气体水合物进行了地质调查和勘探。这一系列活动表明,气体水合物的研究、勘探、开发工作正在步步走向深入。

## 2 天然气水合物未来挑战

### 2.1 开展天然气水合物研究的重要性和必要性

#### 2.1.1 开展气体水合物研究的重要性

人类对未来能源的需求不仅要求在技术和蕴藏量上能够满足经济发展的需要,更要满足人类与大自然协调发展对环境的要求。为此,各国油气地质工作者以空前的热情投入到冰状气水合物研究、勘探开发的热潮中,同时各国政府也给予了极大的关注和支持。

面对油气资源严重不足的现实,寻求油气勘探新领域已成为各国油气地质学家追求的目标,寻求新一代洁净高效的优质能源成为未来发展的趋势。气水合物藏是巨大的有机碳库,它将在下个世纪后期会成为提供给人类最重要的能源,气水合物作为一种潜在能源具有广阔的前景和发展空间,对缓解人类所面临的能源枯竭意义非凡。

#### 2.1.2 开展气体水合物研究的必要性

从全球发展的角度,结合我国国情,我国未来能源的选择与发展战略应是分层次开展超前的基础理论和技术研究,逐步过渡到开发利用。显然,开展天然气水合物在储集岩中的稳定存在范围、在沉积岩层中的赋存条件研究,对我国天然气水合物形成的区域和资源量等基础理论研究很有必要。

#### 2.1.3 我国未来开展气水合物研究的可能性

我国拥有绵长的海岸和滨海大陆架斜坡带、海岭、海沟、海槽和广泛分布的永久冻土带,具有形成天然气水合物有利的地质地理环境。随着经济发展,油气资源日益匮乏,中国已步入石油进口大国行列。油气地质学家一直关注着气水合物国际研究动

表 2 深海钻探与大洋钻探所采天然气水合物的气体组成

Table 2 Compositions of gas hydrates sampled from deepsea and ocean drilling

| 线点  | 水深<br>m/ | SD<br>/ mbsf | 气体中<br>C <sub>1</sub> / % | 气体中<br>C <sub>2</sub> / % | 气体中<br>C <sub>3</sub> / % | 气态烃中<br>甲烷/ % | R     | δ <sup>13</sup> C<br>/ ‰ | CO <sub>2</sub><br>/ % | 水合物<br>存在状态 | 资料来源      | 钻探 |
|-----|----------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|-------|--------------------------|------------------------|-------------|-----------|----|
| 66  | 490 1761 | 104          | 76.8                      | na                        | na                        | 99. ?         | Na    | na                       | 23                     | 冰状包体        | 太平洋大陆边缘   |    |
|     | 492 1935 | 141          | 99.6                      | 0.18                      | 0.0050                    | 99.8          | 540   | na                       | 0.2                    | 胶结火山灰       | 南墨西哥滨海带   |    |
|     | 492 1935 | 170          | 99.7                      | 0.08                      | 0.0037                    | 99.9          | 1200  | na                       | 0.2                    | 胶结火山灰       | 中美洲海槽     |    |
| 67  | 497 2347 | 368          | 90.4                      | 0.0501                    | nd                        | 99.9          | 1800  | na                       | 0.1                    | 冰状固体        | 太平洋大陆边缘   |    |
|     | 498 5478 | 310          | 83.0                      | 0.1990                    | 0.00042                   | 99.8          | 420   | na                       | 0.2                    | 胶结玻璃质砂      | 危地马拉滨海带   |    |
| 76  | 533 3191 | 238          | 36                        | 0.0123                    | 0.0002                    | 99.9          | 2900  | -68.0                    | 0.5                    | 白色席状晶体      | 中美洲海槽     |    |
|     |          |              |                           |                           |                           |               |       |                          |                        | 太平洋大陆边缘     |           |    |
| 84  | 565 3099 | 319          | 89                        | 0.0440                    | 0.0005                    | 99.9          | 2000  | na                       | 0.03                   | 泡沫冰状固体      | 布莱克外海岭    |    |
|     |          |              |                           |                           |                           |               |       |                          |                        | 美国东南滨海带     |           |    |
|     | 568 2010 | 404          | 64                        | 0.2200                    | 0.00003                   | 99.8          | 530   | na                       | 0.1                    | 凝灰岩中冰状      |           |    |
|     | 570 1698 | 192          | 44                        | 0.0390                    | 0.00009                   | 99.9          | 1100  | na                       | 0.3                    | 火山灰中纹层      | 太平洋大陆边缘   |    |
|     | 570 1698 | 249          | 58                        | 0.2600                    | 0.0079                    | 99.5          | 220   | na                       | 0.3                    | 白云岩裂隙       | 中美滨海带     |    |
|     | 570 1698 | -263         | 75                        | 0.0890                    | 0.0011                    | 99.9          | 840   | na                       | 0.2                    | 泥岩裂隙        | 中美洲海槽     |    |
|     | 570 1698 | 249          | 93.9                      | 0.2300                    | na                        | 99.7          | 410   | -41.4                    | 0.3                    | 块状水合物       |           |    |
|     | 570 1698 | 249          | 61.3                      | 0.1400                    | 0.0040                    | 99.8          | 430   | -42.9                    | 0.3                    | 块状水合物       |           |    |
| 96  | 618 2412 | 27           | 39.5                      | 0.13                      | 0.11                      | 99.4          | 159   | -71.3                    | 0.09                   | 白色分散晶体      | 海湾沿岸大陆架   |    |
| 112 | 685 5070 | 166          | 95                        | 0.0039                    | 0.0028                    | 99.9          | 14200 | -65.0                    | nd                     | 冰状固体        |           |    |
|     | 688 3820 | 141          | 91.5                      | 0.0022                    | nd                        | 99.9          | 42000 | -59.6                    | nd                     | 胶结的泥        |           |    |
| 127 | 796 2571 | 90           | -33                       | 0.0115                    | na                        | 99.9          | 2900  | na                       | nd                     | 冰状的砂        | 日本奥尼海岭东侧  |    |
| 131 | 808 4684 | 90-140       | na                        | na                        | na                        | na            | na    | na                       | nd                     | 胶结的砂        | 太平洋、日本滨海  |    |
| 146 | 892 670  | 2-20         | 42.5                      | 0.02                      | na                        | 99.9          | 2100  | -64.5                    | 0.06                   | 薄层板状        | 太平洋、美国西海岸 |    |

态, 国家和政府对新型油气资源勘探和开发活动非常支持。

## 2.2 天然气水合物资源开发与环境

### 2.2.1 天然气水合物研究与环境、灾害

天然气水合物是一个巨大的有机碳库, 其中蕴藏着非常大的甲烷气体, 水合物的快速分解, 将会造成地质灾害, 如“百幕大”事件和“尼斯湖”事件, 大量甲烷气体向大气释放会形成明显地温室气体效应, 影响全球气候变化。因此世界各国对气体水合物的研究开发持以非常谨慎的态度, 在研究它的资源前景同时, 研究它的地质灾害, 并利用这一地质灾害造福于人类。如日本的一位专家设想把大气中的多余的 CO<sub>2</sub> 制成气体水合物状进行储存, 一方面缓解 CO<sub>2</sub> 气体温室效应, 一方面将 CO<sub>2</sub> 用于工农业生产。天然气水合物不仅能为人类提供了巨大能源, 而且它也是地壳物质的重要组成部分, 它脆弱、敏感的赋存状态对全球气候、生态环境又形成严重威胁。因此, 对全球天然气水合物的调查、研究得到许多国家政府的关注和支持。

自然界大部分气体水合物存在接近其自身稳定边界条件的环境中, 压力和温度的微小变化均会引起水合物的分解, 随之而释放大量的气体, 包括 N<sub>2</sub> 和硫化物, 这是一个不可逆的释放过程。该过程中气体向大气中释放, 所产生的温室效应将是 CO<sub>2</sub> 的 21 倍, 导致全球增温 10 倍, 乃至数百倍。全球增温又将促进气体水合物的大量分解, 不难想象, 天然气水合物作为能源将给人类带来福音, 作为温室气体, 也将会给人类带来灾难。

### 2.2.2 天然气水合物与天然气管道传输、固化技术

天然气工业迅猛发展, 世界各国天然气管道传输量愈来愈大, 我国预计在 2000 年从俄罗斯新西伯利亚进口大量的天然气, 长达几千公里的输气管线成为主要的天然气传输主要工具, 然而愈来愈多的管道水合物堵塞给天然气运输带来很大麻烦, 造成输气不畅甚至引起更大危害。如何消除和防治管道水合物生成已引起了世界各国的足够重视, 从而成为天然气传输中亟待解决的关键技术问题。

要解决这些问题, 就必须深入分析天然气水合

物的物理化学性质, 进行水合物复杂系统相平衡研究, 分析天然气水合物主要物理化学性质(稳定性、结构、生成的热焓、热容、导热率等)详细研究水合物各相平衡, 探索水合物形成和分解的动力学条件, 寻求防止水合物形成的抑制剂和阻化技术; 提出油—气—水系统中水合物生成的模拟方法, 建立预报水合物生成的预警系统, 探索管道水合物生成防治和天然气固化技术。

### 2.2.3 天然气水合物资源潜势与开采方法

天然气水合物层是一个非常特殊的地质单元体, 与下部游离气体层相比, 它具有较大密度和较高的声波速度, 具低的地层温度和高的地层压力, 特殊的地温梯度, 特定的地球化学环境, 各种电测井对天然气水合物层也会有相应的特征响应, 声波传播速度的差异会形成似海底模拟反射层。因此, 通过地质地球化学特征研究、各种电测井曲线类型、组合形态等来综合判识气体水合物层的存在与否。进一步开发高分辨率地震反演处理技术, 以便准确有效地从地震剖面上判识甲烷水合物海底模拟反射层(BSR), 并进行天然气水合物资源量的估算, 这将是未来开展研究的一个重要内容。

通过沉积史、成岩史、热演化史研究, 对我国南海、南海北部斜坡, 东海大陆架的地质特征和地球化学特征进行分析, 分析其可能形成的天然气水合物地质地球化学条件, 阐明天然气水合物可能分布的区域; 通过地震分析处理寻找气体水合物可能存在的海底模拟反射 BSR 层, 以便有效的确定水合物存在的地层深度, 分布范围大小和资源前景。结合我国的地质实际和国情提出未来有计划有步骤合理开发天然气水合物方案及相关技术。

气体水合物是未来 21 世纪非常重要的战略资源。自 80 年代以来, 世界各国都投入了相当的资金和人力进行天然气水合物的地质调查、勘探、开采等基础理论研究。在气体水合物合成、稳定存在条件和相平衡方面获得了很大的成绩, 尤其是在防止天然气水合物生成预报的阻化技术方面取得长足进展。但也存在许多尚待解决的问题和需要开展的研究工作; 缺乏更精确的热动力学定量模型来描述天

然气水合物形成与分解的稳定存在范围研究; 需开展地质环境背景下气水合物形成的模拟实验; 需进一步探索有效的天然气水合物开采新技术、新方法和提高地震数据采集和处理分辨率, 在地震剖面上有效利用 BSR 层识别天然气水合物; 需寻求适合于天然气水合物资源量的计算方法; 需进一步查明天然气水合物对全球气候的影响机制, 由此可见, 天然气水合物研究的未来面临着挑战。

### 参 考 文 献

- 1 Sloan Jr E D. Clathrate Hydrate of Natural Gases[ M]. Marcel Dekker, New York, 1990 286~386
- 2 Sloan Jr E D. Natural gas hydrate phase equilibria and kinetics: understanding the state-of-the-art[ J] Rev. Inst. Fr. 1990b, 45: 245~266
- 3 Davy H. The Bakerian Lecture. On some of the Combination of Oxymuriatic Gas and Oxygen, and on the chemical relations of these Principles to Inflammable bodies[ J]. Philos. Trans. R. Soc. London, 1811, 101. (Part 1): 1~35
- 4 Makogon Yu F. Hydrate of Nature Gas[ M]. Pennwell, Tulsa Okla., 1981. 237
- 5 Englezos P, B Shnio P R. Fluid Phase Equilib AICHE J. 1988b, 42: 129
- 6 Diamond L W. Stability of CO<sub>2</sub> clathrate + CO<sub>2</sub> liquid + CO<sub>2</sub> vapour + aqueous KCl—NaCl solutions[ J]. Geochim. Cosmochim. Acta 1992 56: 273~280.
- 7 徐学祖. 固体天然气水合物的成功合成[ J]. 地球科学进展, 1990, 6: 87
- 8 Claypool G E, Kaplan I R. The origin and distribution of methane in marine sediments. In: Kaplan I R, ed. Natural Gases in the Marine Sediments[ C]. Plenum, New York, 1974. 99~139
- 9 Hyndman R D, Davis E E. A mechanism for the formation of methane hydrate and seafloor bottom-simulating reflectors by vertical fluid expulsion[ J]. J. Geophys. Res., 1992. 97: 7025~7041
- 10 Collet T S, Kvenvolden K A. Exploration for Gas Hydrates[ J]. Геол. Жхрн, 1990, 1: 8~14
- 11 雷怀彦, 师育新. 铝硅酸盐矿物溶解作用铝活性研究[ J]. 沉积学报, 1996, 14(3): 151~154
- 12 Kevnenvolden K A. Methane hydrate—A major reservoir of carbon in the shallow geosphere? [ J]. Chem. Geol., 1988, 71: 41~51
- 13 史斗. 气水合物是一种新的烃类资源, 国外天然气水合物研究进展[ C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1992. 17~25
- 14 Kevnenvolden K A. Gas hydrate—Geological perspective and global change[ J]. Rev. Geophys. 1993, 31: 173~187

## Current Situation of Gas Hydrates Resarch and Challenges for Future

LEI Huai-yan WANG Xian-bin FANG Xuan ZHENG Yan-hong

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, State Key Laboratory of Gas Geochemistry, Lanzhou 730000)

### Abstract

Natural gas hydrate as a potential natural fuel resource, which occur worldwide in the polar regions, mostly associated with onshore and offshore permafrost, and in sediment of out continental and insular margins will provide human enormous energy in the coming 21 century.

Three aspects of gas hydrates are important; their fossil fuel resource potential, their role as a submarine geologic hazard and their effects on global climate change. Gas hydrates have become the focus of intense international interest over the past few years because of their abundance and their potential role as a fuel, which could mitigate global climate change. Natural gas hydrate future face to challenges.

**Key words** natural gas hydrate potential fuel resource global climate change geological hazard current situation future challenges