

天然气水合物——未来的新能源

金庆焕

(国土资源部广州海洋地质调查局, 广州 510075)

[摘要] 现有资料表明, 全球石油和天然气的后备资源还能维持40余年, 因此科技专家将天然气水合物列为未来的新能源。在世界各海域目前已发现天然气水合物矿区82处, 据地质学家估算, 各海区天然气水合物中甲烷的碳总量是全球所有石油、天然气和煤的碳总量的2倍。

广州海洋地质局对南海北部陆坡区开展了天然气水合物的调查, 高分辨率地震调查资料显示, 在南海北部陆坡区存在天然气水合物明显的地球物理标志。

[关键词] 天然气水合物; 新能源; 南海北部陆坡

石油和天然气是目前世界各国的主要能源, 在整个能源结构中占有重要的位置, 但石油和天然气作为不可再生资源已经历了近100年的开发, 如按目前保存的储量及消耗水平, 只能再维持几十年(有些专家测算, 至多能满足40~50年的需求)。若按美国的人均消耗石油约3t的标准, 世界石油储量只能满足8年的需求。近20年来, 许多国家已把目光投向一种鲜为人知的新型能源——天然气水合物的调查和开发利用的研究。

1 天然气水合物简介

1.1 什么是天然气水合物

天然气水合物又称固态甲烷, 它是由天然气与水所组成, 呈固体状态, 其外貌极象冰雪或固体酒精, 点火即可燃烧, 因此有人称其为“可燃冰”、“气冰”、“固体瓦斯”。天然气水合物的结晶格架主要是由水分子所构成, 在不同的低温高压条件下, 水分子结晶形成不同类型的多面笼形结构。

水合物的笼形包合物结构, 是1936年由前苏联科学院院士尼基丁首次提出的, 并被沿用至今(图1)。在水合物的笼形结构中间普遍存在空腔或孔穴, 其间充填甲烷等气体。水合物的分子式为

MnH_2O , 式中M表示甲烷等气体, n为水分子数。

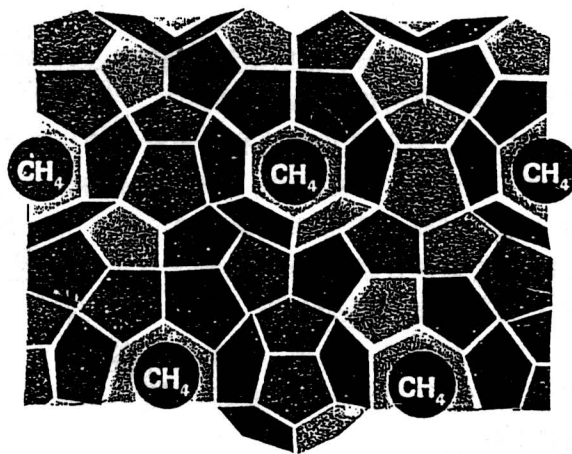


图1 天然气水合物结晶构造

Fig.1 Crystalline structure of gas-hydrate

天然气水合物的结构类型有I型、II型和H型。

I型天然气水合物为立方晶体结构, 只能容纳甲烷、乙烷小分子及 N_2 、 CO_2 和 H_2S 等非烃分子。其理论分子式为 $CH_4 \cdot 5.75H_2O$, 即在8个 CH_4 分子和46个 H_2O 分子组成的甲烷水合物立方晶体结

构中, 甲烷分子充填在其中的8个空格中。

II型结构的水合物为菱形晶体结构, 除了能容纳甲烷、乙烷外, 还能容纳丙烷和异丁烷。

H型结构的水合物为六方晶体结构, 除能容纳II型结构水合物所能容纳的烃类分子外, 还能容纳异戊烷和其它直径较大的分子。

I型天然气水合物在自然界分布最广, 而II型和H型水合物更为稳定。

由于甲烷在水合物中处于高压并冻结成固态, 每 1 m^3 的天然气水合物可释放出 164 m^3 甲烷气和 0.8 m^3 的水, 说明天然气水合物具有很高的能量密度。

1.2 天然气水合物的发现及调查

1.2.1 早期发现及陆地水合物调查 早在1778年, 英国化学家在实验室发现了二氧化硫的水合物, 后来Davey又发现了含氯气的水合物。

1934年, 美国科学家首次在输气管道中发现天然气水合物, 它堵塞了管道, 影响了气体的输送。为预防和研制疏通堵塞管道的方法, 从此加强了对水合物结构和形成条件的研究。20世纪60年代开始, 荷兰、美国、德国、前苏联等国家还开展了大量有关水合物热力学研究。

1965年, 前苏联在西伯利亚麦索亚哈气区首次发现了天然气水合物矿藏, 并开始引起各国科学界的注意。1966年前苏联出版了第一本有关水合物的论著, 对调查原则、勘探、资源评价方法, 以及矿产开发提出了初步设想。

1972~1974年, 美国、加拿大也在阿拉斯加北坡、马更些三角洲冻土带相继发现了大规模的水合物矿藏。

1.2.2 海底沉积物中水合物调查 70年代初, 美国地调所的科学家在美国东海岸大陆边缘进行的地震探测中发现了“似海底反射层”(Bottom Simulating Reflector, 简称BSR)。1974年在布莱克海台的深海钻探岩芯中获得天然气水合物样品, 从岩芯中释放出大量甲烷, 证实了“似海底反射”与天然气水合物有关。

1979年深海钻探计划(DSDP)第66、67航次在中美洲海槽的钻孔岩芯中发现天然气水合物^[3], 此后水合物研究便成为依托于美国科学基金会的深海钻探计划(DSDP)和后继的大洋钻探计划(ODP)的一项重要任务。积极参加这项工作的还有英国、加拿大、挪威、日本、德国、法国等。

1974年前苏联科学家在黑海1950 m水深处发现了冰状天然气水合物晶体的样品。从80年代以来, 他们利用海底取样和地震调查先后在里海、贝加尔湖、鄂霍茨克海等地区发现了水合物, 并进行了资源预测和评估。

德国从80年代后期还曾利用“太阳号”调查船与其他国家合作, 先后对东太平洋的俄勒冈海域以及西南太平洋和白令海海域进行了水合物的调查, 在南沙海槽、苏拉威西海、白令海等地都发现了与水合物有关的地震标志并获取水合物的样品。

在世界各国科学家的努力下, 海底天然气水合物矿点的发现与日俱增。如果说1980年仅发现9处水合物矿区, 那么到1982年就增加到18处, 1983年为23处, 1990年36处, 到目前共已发现82处, 其中1/4矿点获取天然气水合物样品(表1及彩色插页)。

1.2.3 水合物的专项调查 从1995年开始水合物进入了专项调查和研究阶段。

1995年冬, 为更深入和全面了解布莱克海台水合物矿床的特征, ODP专门组织了为期3个月的164航次调查, 并完成一系列深海钻孔, 证明了水合物矿层分布的广泛性和连续性, 肯定其具有商业开发的可能; 同时还指出在水合物矿层之下游离气体也具有经济意义。布莱克海台天然气水合物调查概况见图2。经初步估算, 该区水合物天然气资源量可以满足美国105年的天然气消耗。在水合物取得一系列研究成果的基础上, 美国地质学会主席莫尔斯于1996年把天然气水合物的发现作为六大成就之一。

鉴于布莱克海台天然气水合物中甲烷资源的巨大潜力, 美国参议院能源委员会于1998年5月通过了一个为期10a的天然气水合物研究与资源开发计划。其内容包括资源详查, 生产开发技术, 开发水合物引起的全球气候变化、安全及海底稳定性等五方面的问题, 拟每年投入资金 2×10^7 美元, 要求2010年达到计划目标, 2015年投入工业生产。这是迄今为止最有勇气和最为宏伟的一项计划。

东北亚海域是天然气水合物又一重要的富集区(图3)。80年代末ODP127、131航次在日本周缘海域进行钻探, 获得了天然气水合物及BSR异常广布的重要发现^[4]。这一发现引起了日本通产省、科技界及企业界的高度重视, 并认识到水合物有可

表 1 世界各海区已知海底天然气水合物分布

Table 1 Known distribution of the seabed gas-hydrate in the sea area all of the world

编号	位置	取样/证据	编号	位置	取样/证据
太平洋					
P1	巴拿马	BSR、样品	A2	巴西 (亚马逊海扇)	BSR
P2	哥斯达黎加 (中美海沟)	>CI BSR、样品	A3	巴巴多斯 (巴巴多斯海岭)	BSR
P3	尼加拉瓜 (中美海沟)	BSR、样品	A4	南加勒比海	BSR
P4	危地马拉 (中美海沟)	BSR、样品	A5	巴拿马—哥伦比亚 (哥伦比亚盆地)	BSR
P5	墨西哥 (中美海沟)	BSR、样品	A6	墨西哥 (西墨西哥湾)	BSR
P6	墨西哥 (加利福尼亚海湾、瓜伊马斯盆地)	BSR	A7	美国南部 (西墨西哥湾)	BSR、样品、<CI
P7	美国加利福尼亚 (伊尔河盆地)	BSR	A8	美国东南部 (布莱克海台)	样品
P8	美国俄勒冈 (卡斯凯迪亚盆地)	BSR	A9	美国东部 (卡罗来纳海槽)	BSR
P9	加拿大温哥华岛 (卡斯凯迪亚盆地)	BSR	A10	美国东部 (陆隆)	BSR
P10	阿拉斯加 (东阿留申海沟)	BSR	A11	加拿大纽芬兰 (拉布拉多陆架)	BSR
P11	阿拉斯加 (中阿留申海沟)	BSR、<CI	A12	挪威 (陆坡)	BSR、气体、<CI
P12	阿拉斯加 (白令海)	VAMPs	A13	乌克兰克里米亚 (黑海)	样品
P13	美国与俄罗斯 (白令海陆缘)	BSR	A14	俄罗斯高加索 (黑海)	BSR
P14	俄罗斯 (希尔绍夫海岭)	BSR	印度洋		
P15	幌筵岛 (鄂霍茨克海)	样品	I1	阿曼 (阿曼湾、莫克兰陆缘)	BSR
P16	日本 (日本海)	样品	北极		
P17	日本 (日本海沟)	<CI	N1	阿拉斯加 (波弗特海)	BSR
P18	日本 (南海海槽)	BSR、样品	N2	加拿大 (波弗特海)	测井
P19	新西兰 (希库朗伊海槽)	BSR	N3	加拿大 (斯弗德鲁普盆地)	测井
P20	智利 (秘鲁—智利海沟)	BSR	N4	挪威 (巴伦支海)	BSR
P21	秘鲁 (秘鲁—智利海沟)	BSR、样品	N5	斯瓦尔巴德 (弗拉姆)	BSR
P22	俄罗斯萨哈林岛 (鄂霍茨克海)	样品	南极		
P23	西沙海槽	BSR	S1	威尔斯克地陆缘	BSR
P24	东沙东海区	BSR	S2	罗斯海	气体
P25	南沙海槽	BSR	S3	威德尔海	BSR
P26	苏拉威西海	BSR	其它		
大西洋 (包括黑海)					
A1	阿根廷 (中阿根廷盆地)	BSR	O1	里海、阿塞拜疆	样品
			O2	贝加尔湖	

BSR—海底反射层；<CI—孔隙水氯化物含量低；VAMPs—波速
能成为该国 21 世纪最重要的能源，进而制定了从 1995~1999 年宏伟的天然气水合物研究计划，投资 6.4×10^7 美元，计划内容包括水合物的物理化学基础研究，重点海域的地质地球物理靶区调查，并在远景区进行实验钻探。1999 年日本石油公团已在日本的南海海槽完成两口钻井。根据初步调查评价，日本周缘气体水合物资源量可满足该国 100 年的能源消耗。

印度在 1995 年全国地质地球物理年会上统一了认识，认为天然气水合物已成为现今地质工作的主题。在印度科学和工业委员会领导下制定了全国天然气水合物研究计划，投资 5.6×10^7 美元。迄今为止，印度已在其中东海域发现多处标志天然气水合物的地球物理异常，显示出良好的找矿前景。

1.3 天然气水合物形成的地质条件

天然气水合物形成的最主要条件是，必须有充足的烃类气体来源，适当的温压条件和地质构造环

境。

水合物中的烃类气体主要为有机成因。有机成因的烃类气体又可分成生物气和热解气。前者是指沉积物在堆积成岩早期，有机质在细菌的生物化学作用下转化形成的气体；后者是指沉积物在埋深加大，温度进一步升高的条件下，有机质受热演化作用形成的热解气。

通过对取自 17 个站位 (美国东南近海、秘鲁—智利海沟的秘鲁近海、墨西哥的加利福尼亚近海、中美海沟的危地马拉近海和黑海、里海) 的水合物样品中甲烷的碳同位素进行分析，发现以 ^{12}C (即较高的 $\delta^{13}\text{C}$ 为主) 表明是生物来源。

根据水合物中甲烷的碳同位素组成，甲烷与乙烷和丙烷总量之比例关系，可判断生物气和热解气。若甲烷的 $\delta^{13}\text{C}$ 小于 -0.6% ， $\text{CH}_4 / (\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8)$ 之比大于 1 000，则为生物气；反之，则为热解气^[5]。

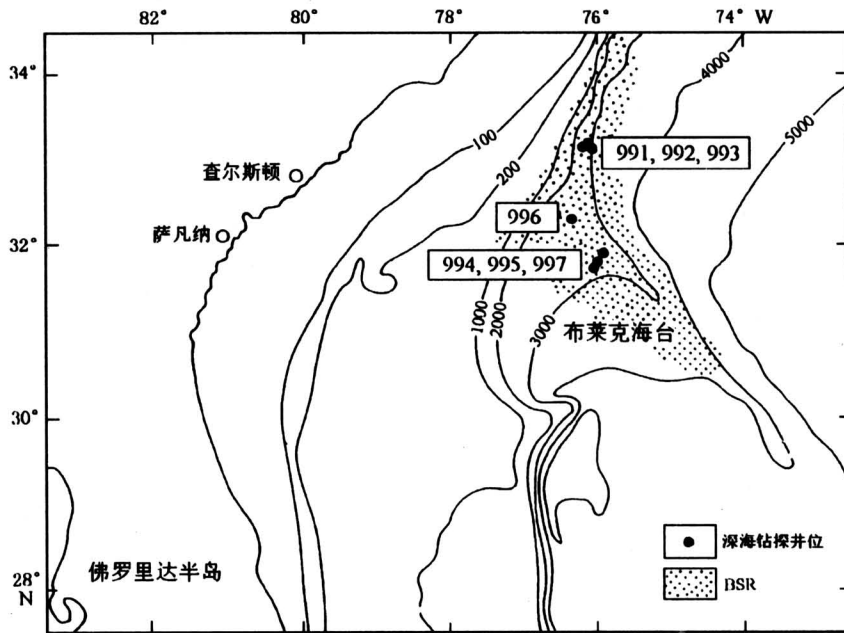


图2 布莱克海台 BSR 分布图

Fig.2 The distribution area of BSR of Black oceanic plateau

研究表明,天然气水合物的形成严格受温度、压力、水、气组分相互关系的制约。一般说,水合物形成的最佳温度是 $0\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力则应大于 $101\times 10^5\text{ Pa}$ 。但具体到高纬度地区和海洋中情况是不同的,而且不同学者的看法也存在差异。比较普遍的看法是:在极地,因其温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,水合物形成的压力无需太高,如阿拉斯加、加拿大和俄罗斯北部陆地的永久冻土带与陆架海区均可出现水合物,在永久冻土带水合物的成藏深度可达 150 m ;在海洋中,因为水层的存在使压力相应增加,导致水合物可形成于稍高的温度条件下。通常是在水深 $500\sim 4\ 000\text{ m}$ 处(约 $5\times 10^6\sim 4\times 10^7\text{ Pa}$),相应温度 $15\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,水合物仍然可以形成并稳定存在,成藏上限为海底面,下限为海底下 650 m ,甚至更深达 $1\ 000\text{ m}$ 。世界上的许多大陆坡及海底高原就具有这类环境,在其中的许多地方已经找到了水合物或可证明水合物存在的物化探异常。

海底天然气水合物主要产于新生代地层中,其中又以新第三系的上新统和第四系为主。水合物矿层厚度数十厘米、数米至上百米,分布面积数千至数万平方公里;水合物储集层为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、砂岩及砂砾岩,储集层中的水合物含量最高可达 95% ;水合物广泛分布于内陆海和边缘海的大陆架(限于高纬度海域)、大陆坡、

岛坡、水下高原,尤其是那些与泥火山、盐(泥)底辟及大型构造断裂有关的海盆中。此外,大陆上的大型湖泊,如贝加尔湖,由于水深且有气体来源,温压条件适合,同样可以生成天然气水合物。

1.4 世界海域天然气水合物中甲烷的资源量

自80年代以来,据前苏联和美国的专家估算,在全世界的边缘海、深海槽区及大洋盆地中有利形成水合物的海区面积约为 $189\times 10^7\text{ km}^2$,但水合物形成带只占其中的 30% 。假定含水合物沉积层的厚度为 500 m ,沉积物孔隙度为 50% ,而水合物占据这些孔隙的 10% 。经计算,海底水合物的甲烷总资源量为 $4\times 10^{16}\text{ m}^3$ 。根据国际天然气潜力委员会80年代的统计,世界各大洋中天然气水合物的甲烷总资源量约为 $1.8\times 10^{16}\sim 2.1\times 10^{16}\text{ m}^3$ 。

90年代,科学家又重新进行估算,假定含水合物沉积层的平均厚度仍为 500 m ,在水深 $200\sim 300\text{ m}$ 间的海底能形成水合物的沉积物总体积为 $125\times 10^4\text{ km}^3$,水合物中 90% 为甲烷水合物,经计算后,海底水合物中的甲烷资源量为 $2.1\times 10^{16}\text{ m}^3$,这里还不包括水深超过 $3\ 000\text{ m}$ 的沉积物也有天然气水合物。即使按较保守的数字估算,天然气水合物中甲烷的碳总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2倍。需要指出的是,以上的估算都还不包含天然气水合物层下的

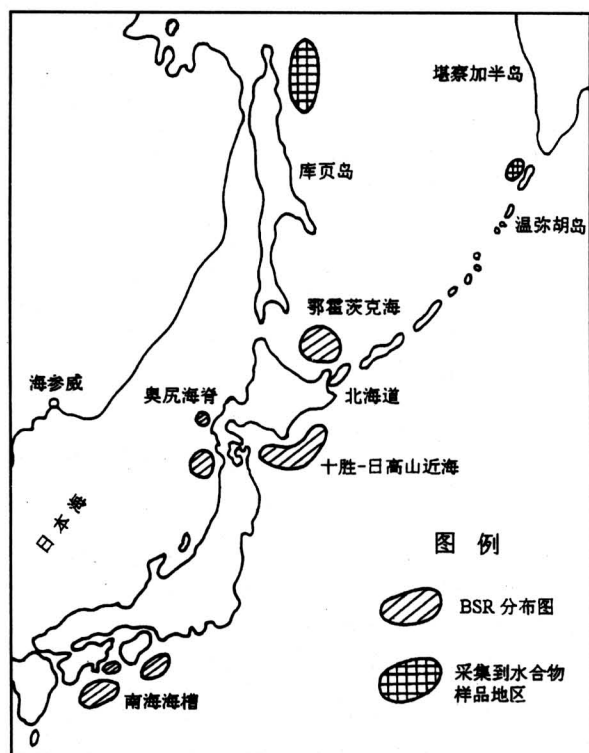


图 3 东北亚海域天然气水合物分布图

Fig.3 The distribution map of gas-hydrate in sea area of North East Asia

游离气体。

美国是开展天然气水合物较早的国家之一。经地震调查、大洋钻探和地球化学勘探已初步查明美国附近海域天然气水合物的分布状况及资源量，其中布莱克海台似海底反射层分布面积约 24 000 km²，水合物中甲烷资源量 35×10^{12} m³；阿留申和鲍尔斯盆地水合物中甲烷资源量 25×10^{12} m³；阿拉斯加普拉德霍湾似海底反射层分布面积 1 643 km²，水合物中甲烷资源量 $(1.0 \sim 1.2) \times 10^{12}$ m³；俄勒冈海域似海底反射层分布面积大于 3 000 km²。

2 我国天然气水合物的研究和调查状况

我国在这一领域的研究和调查起步较晚，大致可分为前期资料收集和近期调查试点两个阶段。

2.1 前期的资料收集阶段

金庆焕于 1985 年在文献 [1] 中首次向国内同行介绍了固态甲烷是未来重要能源的有关资料，并指出在占全球陆地面积 13% 的冻土带中均有固态

甲烷产出，其地质储量约 1×10^{15} m³，预测海底的固态甲烷的资源量比大陆冻土带多 100 倍。

1990 年，中国科学院兰州冻土研究所冻土工程国家重点实验室研究人员与莫斯科大学列别琴科博士进行合作研究，率先在国内开展了天然气水合物的室内人工合成实验。合成实验采用甲烷气和蒸馏水，将其放入高压容器并在恒温、恒压条件下进行实验。合成后的水合物与自然界取得的水合物样品在外观、挥发性和可燃性等方面具有完全相同的特点。

1992 年中国科学院兰州分院的史斗等人翻译出版了《国外天然气水合物研究进展》一书，这是较系统介绍到国内的一本早期文献。

中国地质科学院矿床研究所吴必豪等从 1992 年开始对天然气水合物进行研究、技术追踪和资料收集，多次与国外专家进行相应的学术交流。

1995~1997 年，中国科学院矿床所与中国地质矿产信息研究院的杨廷槐等人合作，完成了中国大洋协会下达的“西太平洋天然气水合物找矿前景与方法的调研”课题。该课题对天然气水合物在各大洋中的分布、形成模式及找矿方法进行了初步的分区评价，1998 年中国科学院兰州地质所徐永昌、史斗和中国地质科学院李岩等又分别编译了有关天然气水合物的专辑。

2.2 南海北部陆坡区水合物

我国地质界从 1984 年开始，对国外有关水合物的调查状况及其巨大的资源潜力进行了较系统的信息汇集，并了解地震勘探特别是高分辨率的地震调查，是寻找天然气水合物的最有效方法。

近几年来，广州海洋地质调查局的科技人员对 80 年代早、中期在南海北部陆坡完成的 2 万多公里的地震资料进行复查时，发现在南海北部陆坡区有似海底反射的显示^[6]。鉴此，我们将南海北部陆坡区作为开展天然气水合物的调查试点区，根据国土资源部中国地质调查局的安排，广州海洋地质调查局于 1999 年 10~11 月首次在西沙海槽区开展水合物的试点调查，完成三条高分辨率地震测线共计 543.3 km。高分辨率地震资料的处理和地质解释表明，调查区存在天然气水合物。其依据如下：

2.2.1 似海底反射层清晰 在 XS-3 和 XS-4 二条地震测线上，均见到较连续的似海底反射 (BSR)，BSR 的产状与海底反射平行 (见彩色插图)。地质学家通常将海底反射层和似海底反射层

分别作为天然气水合物的顶底界,这已被地质取样和钻探所证实。西沙海槽调查试点区的BSR底界的深度大致为海底以下200~700m。

2.2.2 BSR与下伏地层呈斜交 通过瞬时相位处理的资料可明显看出,BSR与下伏不含水合物沉积层反射呈斜交(见彩色插页图)。这是由于水合物的形成是受温度和压力的制约,而温度和压力仅与深度有关,与沉积层的倾角无关引起的。

似海底反射层的存在及其与地层反射斜交,是寻找天然气水合物十分重要的,且经钻探证实的地球物理标志。

2.2.3 BSR与海底地震反射的极性相反 BSR与海底地震反射的极性相反,这是海底与BSR间存在天然气水合物的又一重要标志。

地震波通过海水(其波速为1500 m/s)进入含天然气水合物冻结的固相沉积层(其波速为3300~3800 m/s),而BSR面以下不含天然气水合物(其孔隙中充填流体)沉积层的波速为1600~2000 m/s。地震波传播由高速介质进入低速介质区时,形成明显的波阻抗差异(负的反射系数),这是形成BSR地震反射极性变化的根本原因。

在调查区XS-3和XS-4两条测线的海底地震反射层和BSR面上均见到明显的地震波极性反转。

2.2.4 地震振幅空白带普遍存在 国外的调查研究表明,在海底沉积层中的水合物一般呈层状(矿层厚几十厘米至几米)、厚层一块状(矿层厚几米至近百米)。

调查资料表明,在XS-4线的中段和北段,XS-3线中段和南段存在连续的振幅空白带。地震振幅空白带的分布往往与块状水合物大面积分布相联系,这已被国外的钻探所证实。连片的块状水合物作为一个介质的“均质体”,由于水合物的冻结作用,含水合物矿层内部无法形成明显的反射,而产生振幅空白。因此在某种意义上说,根据高分辨率地震剖面上振幅空白带的发育程度可表示水合物的丰富程度,并可据此来计算水合物的百分含量。

2.2.5 似海底反射层的分布范围 通过对调查资料的地质解释得出,在XS-3线和XS-4线上BSR的横向分布范围约100 km。通过近期对西沙海槽试点区的加密调查,可望圈定数千平方公里BSR分布区。

根据BSR出现的深度以及“振幅空白带”厚度,大体可测算出西沙海槽调查试点区天然气水合物的底界深度在海底之下200~700 m,天然气水合物的稳定带厚度大约在100~300 m之间。

另外,根据我国台湾大学海洋研究所的调查资料,在东沙东南海域亦发现BSR。

南海水深大于400 m的陆坡和陆隆区的面积约 90×10^4 km²。根据区域地质资料,这一地区在晚中新世之后已进入区域沉降阶段,构造活动微弱,沉积了厚达1000~5000 m的地层,有机质比较丰富,可为天然气水合物的形成提供气源。

综上所述,南海广阔的陆坡区及东海部分陆坡区具有形成天然气水合物的地质条件,建议尽快开展这两个海区的天然气水合物调查,为我国国民经济可持续发展提供新的能源。

参考文献

- [1] 金庆焕,海洋油气勘探概况及石油地质学动向[J].海洋地质译丛,1985,(1)
- [2] Hammersernid E G. Formation of gas hydrates in natural gas transmission lines [J]. industrial Engineering Chemistry, 1934, 26: 851~855
- [3] Shipley T H, Didyk B M. Occurrence of methane hydrates offshore southern mexico. Init Repts DSDP, 1982, 66: 547~555
- [4] Krason J. Abst, Of 29th IGC Kyoto, Japan, 1992
- [5] Kvenvolden K A. Aprimer on the geological occurrence of gas hydrate, Gas hydrates relevance to world margin stability and climatic change. abstracts book. Belgium first master workshop, Hct Pand, Gent. 1996
- [6] 姚伯初. 南海北部陆坡天然气水合物初探 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, (4)

(下转第77页)

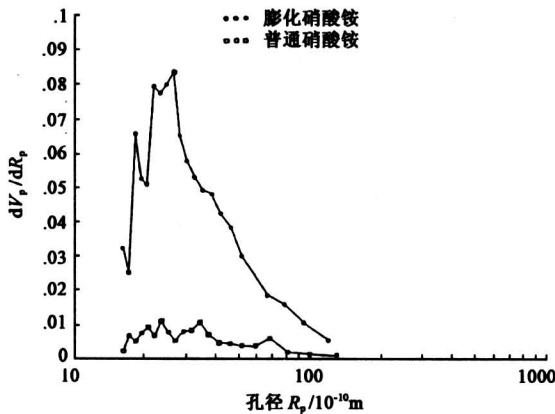


图 5 膨化硝酸铵与普通硝酸铵微孔分布状态比较图

Fig.5 Comparison between expanded AN and common AN for micro pore size distribution state

$10 \times 10^{-10} \text{m}$ 以上微孔的总体积为 $0.00568 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ ，而膨胀珍珠微孔在 $10 \times 10^{-10} \text{m}$ 以上的微孔约占总孔数的 90% 左右，其总体积约为 $0.00331 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ ，显然，膨化硝酸铵的微孔数及有效微孔体积高于膨胀珍珠岩。

参考文献

[1] 丁芸. 表面活性剂对硝酸铵改性的影响 [D]. 南京: 华东工学院, 1990

[2] 吕春绪. 表面活性理论与技术 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991

[3] 惠君明, 刘祖亮, 吕春绪. 粉状硝酸铵炸药及其制法 [P]. CN91107051.1991

[4] 刘祖亮, 惠君明, 吕春绪, 等. 轻质硝酸铵及 HF 型硝酸铵炸药 [J]. 爆破器材, 1991 (5): 5

[5] 陈天云. 硝酸铵表面特性研究 [D]. 南京: 华东工学院, 1992

[6] 陆明. 膨化硝酸铵炸药研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 1999

[7] 叶志文. 硝酸铵膨化机理研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 1995

[8] 吕春绪. 膨化硝酸铵表面化学研究 [J]. 南京大学学报, 1995 (31): 286

[9] 陈天云, 吕春绪, 叶志文. 改性硝酸铵性能研究 [J]. 含能材料, 1996 (4): 169

Research on Self-sensitization Theory of Expanded Ammonium Nitrate

Lü Chunxu

(Institute of Industrial Explosive Materials, Nanjing 210094, China)

[Abstract] Self-sensitization theory of expanded ammonium nitrate (AN) is the key point of the present innovation. On the basis of heat points initiating mechanism of explosion, micro air bubble is embedded in explosive of expanded AN. the theoretical basis of self-sensitization is provided through calculation of critical heat point temperature of micro air bubble. Comparing expanded AN with common AN and pearlstone, the micro air bubble distribution and its regularity in expanded AN are given which provide powerful basis assurance for its success of self-sensitization.

[Key words] expanded AN; self-sensitization theory; micro air bubble

* * * * *

(Cont. from p.34)

Gas Hydrate: A New Future Energy

Jin Qinghuan

(Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry of Land & Resources, Guangzhou 510075, China)

[Abstract] After nearly 30 years investigation, 82 gas hydrate mineral fields have been discovered in different oceans in the world. It is estimated by the geo-scientists that the bearing amount of carbon in methane in gas hydrate is twice of that in all cruel oil, natural gas and coal in the world. The reserve resources of petroleum and natural gas, may exist at most several decades in the future. Thus the scientists have regard gas hydrate as a new future energy. According to the result of the investigation by high-resolution seismic methods, the continental slope area in northern South China Sea demonstrates obvious geophysical mark of bearing gas hydrate.

[Key words] gas hydrate; future energy; Slope in Northern South China Sea