

# 美国国家甲烷水合物多年研发计划简介

郑军卫 编译

(中国科学院资源环境科学信息中心 兰州 730000)

**摘 要** 简要介绍了美国国家天然气水合物研究开发计划的制订及其总体目标和主要内容。

**关键词** 美国 甲烷水合物 国家计划

## 1 背景资料

甲烷水合物蕴藏着大量潜在的天然气资源。世界水合物甲烷资源量估计为 700 000 Tcf ( $1.98 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ), 是常规油气预计总量的多倍。美国国内水合物甲烷资源量预计为 100 000 ~ 300 000 Tcf ( $2.8 \times 10^{15} \sim 8.4 \times 10^{15} \text{ m}^3$ )。天然气水合物中甲烷的利用将消除对美国国内能源是否充分的考虑, 通过使用甲烷替代碳密集型燃料可以缓和全球气候变化的影响。一旦确定从水合物中安全生产甲烷是技术和经济可行的, 美国的国家经济增长将发生革命, 长期能源安全将得到保障, 环境质量将取得改善。

甲烷水合物多年来被作为重要的研究主题。早期的研究计划趋向于确定研究世界甲烷水合物的资源量和寻找从水合物中生产大量天然气的现实、安全和环境允许的方法。能源部化石能源办公室曾发起一个包括多机构、学术和工业部门参与的甲烷水合物十年(1982~1992)研究计划, 总投资约 800 万美元。但由于某种原因, 该计划被迫中断。这个计划在水合物识别和性质研究方面取得了明显地进展, 但仍存在相当大的不确定性。如在美国国内、周边和全世界甲烷水合物资源质量、数量和分布位置, 以及利用它们的明智方式方面, 遗留下许多问题亟亟研究。

美国总统科学技术顾问委员会(PCAST)在其 1997 年的 21 世纪能源研究和开发面临的挑战报告中着重提出, 由美国能源部化石能源办公室(DOE/FE)和工业、地质调查局(USGS)、矿产管理服务中心(MMS)、环境保护机构(EPA)、海军部(NRL)制定一个科学计划来了解世界范围的甲烷水合物资源潜量。PCAST 建议在初始的 1999 财政年支持经费 500 万美元, 2001 年增加到 1 100 万美元, 2003 年增加到 1 200 万美元。DOE 和其工业及学术顾问基于最后一年需要格外的知识, 一致认为要达到任务目标需要制定一个 10 年期限投资 1.5 亿~2 亿美元的研究开发计划。此外, 美国参议院和众议院分别通过 S. 330 和 H. R. 1753 议案“1999 年甲烷水合物研究和开发草案”, 促进对甲烷水合物资源的研究、识别和开发。

国家甲烷水合物多年研究发展计划是应 PCAST 的建议, 根据能源部(DOE)1998 年的甲烷水合物研究发展战略报告制定, 涉及甲烷水合物资源的确定和从水合物资源中经济商业化生产天然气。具体要求对水合物自然性质的科学理解, 包括其形成、分解、结构和性质。

该计划期望通过科学认识甲烷水合物开发,选择以安全和环境可接受的方式从甲烷水合物中生产天然气。

## 2 国家甲烷水合物研究开发计划的目标

天然气水合物计划将主要包括 DOE 与 USGS、MMS、NRL、国家科学基金会(NSF)、大洋钻探计划(ODP)、EPA、国家实验室、大学及工业机构发起的主要活动,来评价美国海岸水域和全球水域天然气水合物生产储量。对美国而言事实上其资源量非常大,是美国资源基数的 50~200 倍。另外,这项研究可能有助于以水合物形式从大气圈中分离 CO<sub>2</sub>。

天然气水合物研究的目标是评价和了解甲烷水合物藏(以使这种资源商业开采成为可能)和评价水合物在全球碳循环和海底稳定性中的作用。完成这个目标需要进行的项目有:①资源范围和资源量有效评价;②发展勘探和开发技术;③定量化研究水合物在全球碳循环中的作用;④了解水合物对近海海底沉积物和沉积过程的影响,包括沉积块体的运动。

作为甲烷水合物研究开发计划(DOE/FE 1998,8)的战略框架,这些计划项目将通过四方面努力来完成。

(1) 确定甲烷水合物沉积矿藏的位置、范围、沉积关系和物理特征,获取其作为燃料资源的国内和全球资源量;

(2) 发展必要的知识和技术,在 2015 年从海域或永久冻土带水合物体中商业生产甲烷;

(3) 开展海洋和永久冻土带水合物的动力学和分布研究,定量评价其在全球碳循环和气候变化中的角色;

(4) 开发了解近海海底沉积物和沉积过程中的水合物体系,包括沉积物块体运动和甲烷释放,从而确保烃类生产和海洋工程安全规范化程序。

## 3 研究开发计划的主要内容

研究发展计划由资源特征评价、生产、全球碳循环、安全性和海底稳定性四大技术领域构成。各领域之间共同分享资料,理论概念和研究成果。另外,每一个技术领域的研究行动不是孤立的和断续的,数据的收集、实验室研究、模拟和野外验证将在同时和促进相互合作的过程进行。重要技术的转让活动,包括建立在线数据库,将刺激研究和服务,并对其进行监测以保证质量,同时避免研究结果的重复。

### 3.1 资源特征评价

关键活动将涉及数据编辑、野外和实验室研究,建立必要的模型来了解和测量地质环境下的天然气水合物藏,获得准确的甲烷资源量预测。这项工作将提供所有研究地区的资源特征、产量、海底稳定性和环境问题等信息。

(1) 对已知水合物性质和分布地区信息的收集、组织;

(2) 实验室研究,包括对大量已有实验室仪器的改进和开发必要的水合物测试设备;

(3) 野外地球物理、地球化学和微生物研究;

(4) 根据对水合物层形成和分解的物理化学性质的实验室测量结果建立模型;

(5) 通过实验室估计和野外测试以及取样技术,进行岸上和海上精细的资源评估;

(6) 水合物生产成本将与其他能源生产成本参数进行比较,以确定从井下到市场的生

产经济性;

(7) 研制集成识别和测量水合物的地震、声纳和测井技术,研制可控的压力/温度取样仪器,开发用于海下和陆地下水合物的甲烷释放传感器和样品监测器。

### 3.2 生产

生产活动的目标是发展从海洋和永久冻土带水合物中商业性生产甲烷所必须的知识和技术。这项计划将建立水合物生产所必须的基本科学信息,进行储层的工程和经济分析,开发和测试常规采收技术并评价新采收技术。

(1) 初步生产研究(近期):使用减压法、热刺激法、溶剂注入法商业生产水合物技术的验证和野外测试。包括建立在线数据库、物理过程模拟、已知水合物沉积和储层特征;初期生产模拟和示范设计;初步商业化和新方法评价。

(2) 储层模拟和过程设计(中期):研究焦点是进行水合物和游离气带钻探准备工作,重点在改善钻井技术,建立野外测试模型,校准钻井和遥感数据。这项工作涉及采用储层工程选择井位、优化野外测试设计方案和仪器。同时开展进一步提高生产经济性的可能生产系统的详细研究。

(3) 进行生产测试,对示范井和生产方案比较和评价(长期):研究的焦点是通过有效模拟,证实和研制商业生产必须的最好技术。主要包括:过程模型的证实、示范井位潜在商业性评价、项目成果的评估。

### 3.3 全球碳循环

一方面,水合物中甲烷直接以甲烷或通过化学或生物氧化间接地以  $\text{CO}_2$  形式的自然释放增加了大气圈中的碳聚集。另一方面,使用这些资源可以提供额外的低碳燃料,可以作为降低大气圈中温室气体的水平的部分战略。这项活动寻求理解和定量化评价水合物在全球碳循环和他们与全球气候变化中的双重角色。

#### (1) 水合物分解的机理和过程(近期到中期)

这项工作寻求量化北美水合物体对全球气候扰动的敏感性,通过勘探提供全世界范围的水合物体的灵敏性估计。这项活动将结合水合物资源特征评价的信息,确定导致水合物不稳定的机制和过程。具体包括:分散水合物评价、站点监测、气候变化对水合物稳定性影响、海底稳定性和圈闭游离气释放等。

#### (2) 水合物中甲烷释放的影响(中期到长期)

通过观测和实验确定从水合物中释放甲烷的演化过程。结合这些研究结果,建立或改进大气、海洋和海一气模型。主要包括:海洋/大气圈研究、生物研究、大气圈、海洋和气候模型的应用。

#### (3) 地质记录中甲烷的释放(近期到中期)

许多模拟大气圈地质历史的实验中都未包括水合物。研究项目中将考虑地史中水合物对大气圈中温室气体含量的影响,并利用这些信息估计水合物在当前和今后引起的全球变化情况。主要涉及:现有数据资料的汇编、寻找反映水合物存在的新的标志、海洋和气候模型的应用。

#### (4) 建立集成模型(长期)

这项研究工作的结果将是合并目前各种模型提供水合物对全球碳循环更好的理解。从水合物研究和地质记录中获得准确的全球碳聚集和稀释数据资料,将其结合入集成的大气、

气候、海洋和陆地模型。

(5) 减少温室气体(近期到长期)

水合物中甲烷的利用具有降低排入大气圈中碳的潜势作用。这项活动将收到预期效益和影响。采集甲烷后,在沉积层以水合物形式固化  $\text{CO}_2$ 。同时,研究采集甲烷后对水合物稳定性的影响。

### 3.4 安全性和海底稳定性

这项活动将与资源特征评价研究同时和结合进行。初期重点是在近期解决工业中涉及的伴随常规油气勘探、开发和运输出现的天然气水合物引发的安全性和海底稳定性问题。这些初步模型将在中期结合初期阶段水合物生产模拟行动数据进行改良。

(1) 安全性和海底稳定性基础研究(近期)

包括初步确定伴随海洋沉积环境中常规油气勘探、开发和运输中天然气水合物生成的风险因素。这期间将收集用于模拟伴随水合物生产的安全性和海底稳定性数据。

(2) 先进的安全性和海底稳定性模型设计(中期)

设计先进的模型,研制特殊的技术/工艺来减缓工业生产中出现问题。

(3) 安全性和海底稳定性问题缓解技术的开发和野外示范/测试(长期)

开发和测试特殊技术/工艺,减轻常规油气勘探、开发和运输中伴随的天然气水合物的困扰以及伴随海洋环境下从水合物沉积物中生产天然气的问题。

### 主 要 参 考 文 献

- 1 U. S. Department of Energy, Office of Fossil Energy, Federal Energy Technology Center. National methane hydrate multi-year R&D program plan. 1999, 6.
- 2 Brad Tomer, Gas Exploration, Production & Storage Product Manager, Strategic Center for Natural Gas, U. S. DOE, National Energy Technology Laboratory. DOE national hydrates program overview. 2000, 8.