【石油观察家】我国天然气水合物勘探开发行业现状、挑战与对策

文 |  皮光林，王敏生，光新军，董秀成

**摘**

**要**

我国天然气水合物勘探开发尚处于起步阶段，系统总结行业现状和面临的挑战，对于我国天然气水合物行业发展意义重大。文章梳理了我国天然气水合物勘探开发、政策规划等方面的工作进展，从短期和中长期剖析了天然气水合物勘探开发面临的资源潜力、技术创新、生产成本、非常规油气发展、监管体系、技术扩散、环境问题、地质灾害等方面的挑战因素，最后提出了加大天然气水合物资源调查力度；加强天然气水合物勘探开发技术攻关；尽快制定天然气水合物支持政策；积极开展天然气水合物国际合作；建立天然气价格预测机制，努力把握非常规油气市场走势等方面的对策建议。

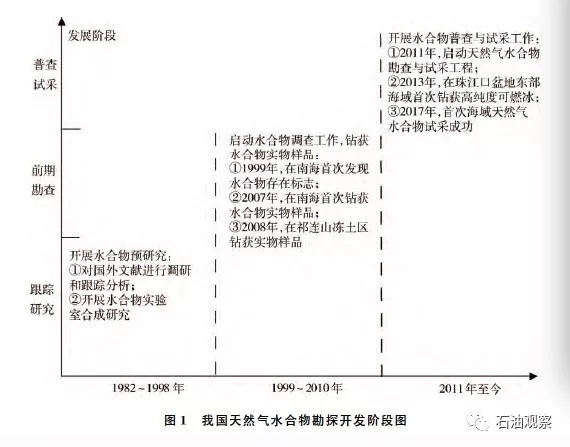
**关键词**：LNG 资源引进 商务模式 市场 资源

天然气水合物（俗称“可燃冰”）是水和天然气在低温和高压条件下形成的一种固态可燃物质。作为一种新型清洁和重要后续能源，天然气水合物逐渐成为各国关注的热点。为增加天然气供应、保障能源供应安全，我国自20世纪80年代初开始对天然气水合物进行前期研究及相关勘查工作。2017年5月，我国首次海域天然气水合物试采成功，标志着我国在天然气水合物勘查开发理论、技术、工程、装备方面取得历史性突破。但我国天然气水合物资源勘查与开发仍处在起步阶段，要真正实现商业开采仍面临着诸多的障碍。因此，有必要深入探讨我国天然气水合物勘探开发在短期、中长期面临的挑战，并提出相应的对策建议，以推动我国天然气水合物勘探开发行业进一步发展。

**我国天然气水合物勘探开发行业现状**

**1.1我国天然气水合物勘探开发进展**

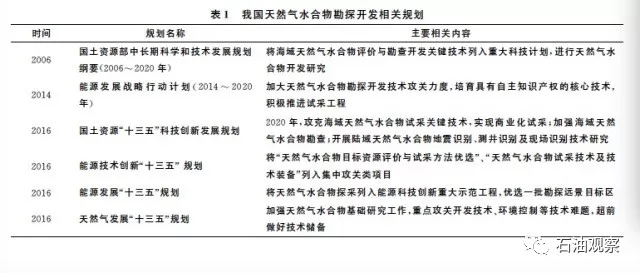
我国对天然气水合物室内研究和资源调查起步较晚。从20世纪80年代初至今，大致经历了三个阶段：跟踪研究阶段（1982～1998年）、前期勘查阶段（1999～2010年）、普查与试采阶段（2011年至今）（图１）。



2011年，我国启动国家科技重大专项“天然气水合物资源勘查与试采工程”，提出10年内将完成中国管辖海域天然气水合物的普查规划，也正式开启了我国天然气水合物试采工作。经过近20年的调查活动，初步证实我国天然气水合物资源丰富。2016年，中国地质调查局发布的《中国能源矿产地质调查报告》显示，我国天然气水合物预测远景资源量超1000亿t油当量，主要分布在南海、东海和青藏高原、东北漠河冻土区等。

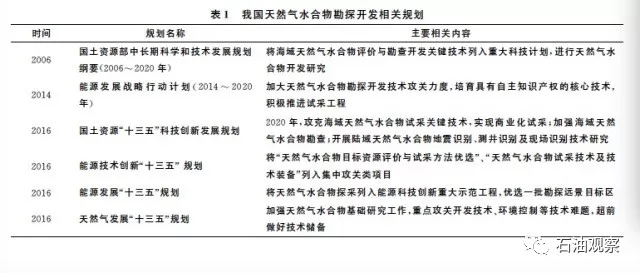
**1.2我国天然气水合物勘探开发政策规划**

我国政府已将发展天然气水合物纳入能源供给革命内容之中。当前，尽管国家没有出台天然气水合物专项政策和规划，但在《能源发展战略行动计划（2014～2020年）》《能源发展“十三五”规划》等相关规划中均提到要积极推进天然气水合物的勘探开发（表1）。由表１可知，在“十三五”期间，政府针对天然气水合物主要将开展两方面工作：加强海域和陆域天然气水合物的勘查工作，加大天然气水合物勘探开发技术攻关力度。



**我国天然气水合物勘探开发行业面临的挑战**

中国天然气水合物勘探开发取得了较大的进展，但要实现大规模开采，仍面临着诸多的挑战。为了推动我国天然气水合物勘探开发行业进一步发展，本文将这些制约因素分为两个部分，并对其进行了详细分析。图２为影响我国天然气水合物勘探开发行业发展的因素：内部正方形里面的因素（资源潜力、技术创新、生产成本、非常规油气）为制约天然气水合物勘探开发行业的短期因素；两个正方形之间的因素（监管体系、技术扩散、环境问题、地质灾害）为可能影响天然气水合物行业发展的中长期因素。



**2.1短期制约因素**

**2.1.1资源潜力不清**

天然气水合物资源潜力是发展该产业的基础条件。我国天然气水合物资源调查正式起步于1999年，先后实施了《我国海域天然气水合物资源调查与评价》《天然气水合物资源勘查与试采工程》等国家专项。但总体上看，我国天然气水合物资源战略调查工作仍处于起步阶段，勘探程度较低、资源潜力和分布不清。近年来，有不少学者和机构对中国天然气水合物资源量进行了预测，但由于缺乏实际勘探数据支撑，评价精度有待进一步提高。当前，官方的数据是2016年底中国地质调查局公布的1000亿ｔ天然气水合物预测远景资源量，其资源等级非常低。对勘探生产具有实际指导意义的是探明储量，远景资源量最终能转化为多少探明储量，需要大量的地质调查工作，资金投入大、实施周期长。

**2.1.2技术尚不成熟**

在发展初期，我国天然气水合物勘探开发行业会面临技术创新方面的挑战。２０１７年５月进行的南海神狐海域天然气水合物试采活动，实现了六大技术体系（防砂技术、储层改造技术、钻完井技术、勘查技术、测试与模拟实验技术、环境监测技术）、七项重大技术装备的自主创新，标志着我国天然气水合物技术取得较大程度的突破。但正如中共中央、国务院在贺电里所说“海域天然气水合物试采成功只是万里长征迈出的关键一步”，我国天然气水合物技术创新还面临着艰难的挑战。具体表现如下：试采活动使用降压法开采天然气水合物，其生产效率并不高，电加热辅助降压法、CO２－CH４置换法等其他类型的开采方法有待探索；出砂问题是制约水合物资源有效开采的关键因素，试采活动虽然实现了防砂技术的创新，但毕竟试采时间短，能否解决长期开采防砂，需要进一步研究；井底气水快速分离技术、环境监测与评价技术等主要技术仍需重点攻关；我国天然气试采的储层类型是泥质粉砂型储层，其他类型（块状型、裂缝型储层等）的天然气水合物开采技术有待突破等。

**2.1.3生产成本较高**

生产成本较高是制约日本、韩国等国家天然气

水合物行业发展的重要原因，也是影响我国水合物经济开采的主要因素。天然气水合物的生产成本主要包括：钻井工程成本、采气工程成本以及地面工程成本等。当前，天然气水合物主要开采方法有注热法、降压法、化学抑制剂法等,上述方法普遍存在着生产效率较低、钻采成本较高的问题。此外，由于我国天然气水合物资源多分布于南海海域、东海海域和青藏高原冻土区，开采上来的天然气还面临着加工、储存、运输等难题，这会进一步加剧地面工程成本。据Matthew Ｒ．Ｗalsh等估算，从海上常规天然气田生产1m³天然气将比从海上天然气水合物中生产同样数量的天然气节省0.10～0.11美元；日本国有石油、天然气和金属开采公司公布的数据也显示，从海底天然气水合物中采出天然气的成本高达2.8～10.8元／m³。而当前，中国页岩气开采的单位成本为1.8元／m³左右，常规天然气的开采成本则更低。

**2.1.4其他非常规油气产业制约**

天然气水合物是一种非常规天然气资源，在发

展初期将受到其他非常规油气产业的影响。当前，国际非常规油气产业发展非常迅速，尤其是美国页岩油气技术和产量突破，使得国际油气市场进入了供需相对宽松的时期。国际油气价格持续低迷，这将在一定程度上影响我国企业开采天然气水合物的经济性和积极性。原本非常积极的美国放缓发展天然气水合物正是考虑到本国页岩油气资源的发展。此外，我国开发天然气资源一直遵循着常规天然气－致密砂岩气－煤层气－页岩气－天然气水合物的基本路径。当前，我国政府高度重视页岩气资源的发展，出台了大量的产业政策和规划。相比于天然气水合物，我国国有企业更加重视页岩气产业的发展，也确实取得了较大的突破，这将影响对天然气水合物的科研和开发投入。

**2.2中长期潜在制约因素**

**2.2.1监管体系尚不健全**

天然气水合物勘探开发初期，我国现有油气监管体制还不是主要的制约因素。但随着天然气水合物相关企业以及勘探开发项目的增加，油气监管体制不健全将逐渐成为天然气水合物发展的重要阻碍，主要表现为监管法律法规不完善、监管标准缺失、监管人员不足等。在监管法律法规方面，现有《环境保护法》《海洋环境保护法》《大气污染防治法》等法律法规并不能自动适用于天然气水合物的环境监管。例如，2016年1月1日起实施的新《大气污染防治法》并未把天然气水合物开发活动产生的主要温室气体———甲烷纳入监管范畴。在监管标准方面，国家尚未开始制定涵盖天然气水合物勘探、开发、运输等全产业链的技术标准体系。2017年5月，中共中央、国务院印发了《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》，提出要加强油气开发利用全过程安全监管。而天然气水合物全产业链监管标准的缺失，将不利于这一目标的实现。最后，与油气监管相关的职能部门人员，国家能源局和国土资源部加在一起不足100人，这显然无力行使有效的环境监管、全过程监管以及矿权监管。

**2.2.2技术扩散存在阻碍**

美国页岩气技术发展经历了两个阶段：技术创新阶段和技术扩散阶段。作为一种非常规天然气资源，我国天然气水合物同样会经历这两个阶段。由于天然气水合物产业前期投资高、勘探开发风险大，且国有石油公司在国内油气工程技术服务市场占据绝对的主导地位，因此，我国天然气水合物技术创新过程将主要由国有石油公司完成。随着我国油气产业改革的推进，在未来，国有石油公司在天然气水合物行业将面临着其他社会资本竞争。届时，如果政府没有出台相应的激励政策，天然气水合物勘采技术由国有石油公司向社会资本扩散时将面临潜在的阻碍。

**2.2.3环境风险较为突出**

当前，在我国天然气水合物勘采行业，主要是中国地质调查局、国有石油企业等进行技术研发与资源勘查试采工作。由于对环境保护的高度重视以及勘采工作的范围较小，在短期内出现大规模环境污染问题的概率较低。2017年5月，南海神狐海域进行的天然气水合物试采活动，经监测并没有出现相关的环境问题。随着国家扶持政策的陆续出台以及天然气水合物技术的突破，可以预见在中长期，将会有大量资本进入天然气水合物行业，届时可能因为监管不力而出现较为严重的环境问题。在我国海域开采天然气水合物，可能出现的环境风险有：开采过程中泄露的甲烷将加剧全球气候变暖；泄露到海水中的甲烷将消耗氧气，破坏海洋生态平衡；生产用水对海洋环境造成不利影响。在陆域开采天然气水合物，可能出现冻土层和高寒草甸破坏、陆地生态失衡等环境问题。

**2.2.4地质灾害难以预料**

随着天然气水合物的大规模开发，在中长期可能存在着海底塌方、滑坡等地质灾害风险。天然气水合物开采过程中会产生大量的气体和水，导致海底地层孔隙压力的升高，同时改变海底沉积物的物理性质，使得含气地层的抗剪切强度和承载能力大为降低，由此可能引发海底滑坡，并带动岩层流动或崩塌，发生地质灾害。在陆域冻土区，同样存在着因开采天然气水合物而引起的塌方、地陷等地质灾害问题。

当然，本文所分析的影响天然气水合物勘探开发行业发展的短期因素和中长期潜在因素并非绝对的。一方面，如果政府没有采取有效的措施应对短期阻碍因素，那么这些因素可能长期地制约我国天然气水合物勘探开发行业的发展。另一方面，如果政府未雨绸缪，在短期内就致力于这些中长期制约因素的解决，那么这些潜在因素就可能不会束缚我国天然气水合物行业的未来发展。但就遵循产业发展规律而言，当前政府的主要精力仍应着力于应对短期阻碍因素，即采取有效措施取得天然气水合物储量突破，掌握勘探开发核心技术体系，降低生产成本等。

**我国天然气水合物勘探开发行业对策建议**

**3.1加大天然气水合物资源调查力度**

尽管天然气水合物勘探开发面临着诸多的挑

战，但从长远来看，积极推动天然气水合物行业发展符合我国能源转型基本方向。当前的战略重点是积极开展天然气水合物资源调查工作，从而为未来天然气水合物开采奠定资源基础。要分层次、有重点地开展海域和陆域冻土区天然气水合物资源调查评价，尽快确定我国天然气水合物的资源潜力和分布情况。尤其要注重加强对重点目标区的详查工作，争取达到储量水平。此外，应加强对天然气水合物成藏理论、资源评价理论等研究工作，建立我国天然气水合物调查评价标准体系，规范水合物地质调查和勘查开采工作。

**3.2加强天然气水合物勘探开发技术攻关**

天然气水合物勘探开发技术是影响水合物产业发展的关键因素。为推动天然气水合物技术进步，美国出台了甲烷水合物研发法案，制定了国家级甲烷水合物研发计划，统一协调研发工作；韩国集结优秀科研资源，成立了统一的国家天然气水合物研究机构，明确了未来发展技术路线图；日本将天然气水合物上升到国家战略，并制定了详细的技术发展规划。当前，我国天然气水合物研发力量比较分散、缺乏明确的技术发展规划。为此，建议充分发挥国土资源部、国家能源局等政府部门的组织协调作用，适时成立专门的国家级水合物研究机构，以协调科研院所、高校、石油公司之间的科研资源，系统开展天然气水合物技术研究。其次，要制定天然气水合物国家级技术研发计划和详细的技术路线图，明确重点攻关方向。再次，要进一步开展不同类型特点的天然气水合物试采活动，通过试采工作掌握完善的钻完井技术（主要是控压钻井技术、低温钻完井流体体系、防砂完井技术、井下气水分离技术）、开采技术（包括电加热辅助降压法、CO2－CH4置换法等）、环境效应评估及控制技术等。

**3.3尽快制定天然气水合物支持政策**

天然气水合物作为新兴行业，在发展初期需要政府制定相关政策进行引导与扶持。首先，政府应结合天然气水合物发展状况，尽快制定我国天然气水合物未来发展规划，明确各个阶段发展重点。其次，要出台相应的财政补贴政策，积极鼓励天然气水合物勘探，而不是开发。最后，要建立符合我国天然气水合物产业未来发展的金融支持体系，积极推广PPP融资模式（Pubic－Private－Partnership，公共私营合作制），引入各类资本参与天然气水合物勘采活动。

**3.4积极开展天然气水合物国际合作**

作为一种新型清洁的非常规天然气资源，天然气水合物自20世纪60年代以来就已成为美国、加拿大、日本、印度、韩国等国家的重点研究对象。截至目前，在阿拉斯加北坡、加拿大马更些三角洲、日本南海海槽均开展了天然气水合物试采活动。尽管没有一个国家能实现对天然气水合物的商业开采，但上述国家开展天然气水合物研究的经验仍值得借鉴。为此，建议我国积极参与国际天然气水合物有关项目，加强与相关政府、科研机构、国际能源公司之间的技术交流与合作，深入探讨天然气水合物基础理论与勘探开发技术，建立国际合作常态机制，为早日实现天然气水合物商业开发积累经验。

**3.5建立天然气价格预测机制，努力把握非常规油气市场走势**

价格是市场变化的“晴雨表”，建立天然气价格预测机制有利于应对天然气水合物开发的经济风险。当前，我国天然气水合物资源开发除了受制于自身产业因素以外，也与其他非常规油气产业息息相关。因此，应积极关注全球能源地缘政治、经济形势变化，努力把握未来全球非常规油气市场供需格局，建立起天然气价格预测系统，实时跟踪、监测、分析和判断天然气价格走势，以确定天然气水合物开发的经济性。

（本文摘自：《中国矿业》第27卷第４期）