

海洋天然气产业的开发利用之研究

陆金男

(淮海工学院 理学院, 江苏 连云港 222005)

摘要:通过对国际国内海洋天然气的分布状况、探明情况和生产能力等最新数据的分析与比较,阐明了海洋天然气的勘探技术、生产技术及配套设施建设在开发海洋天然气中的地位与作用,尤其对开发深海天然气、非常规天然气和北冰洋天然气的优势进行了分析与研究,指出了中国加快发展海洋天然气产业的必要性、紧迫性和战略性,并且对在勘探、开发和生产海洋天然气中遇到的问题提出了具体的解决方案。

关键词:海洋天然气;勘探技术;生产技术;低温液化技术;输气管网

中图分类号:TE-9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2011)07-0021-04

众所周知,海洋是蕴育生命的摇篮,她覆盖了地球表面的 71%,有着人类取之不竭的丰富资源。但对海洋的研究,相对于陆地和太空的研究,我国当属弱者,“上天、入地、入海”一直是前辈地球物理学家梦寐以求的,如今不仅卫星游弋、飞船载人,而且正在积极作探月准备,虽然大洋钻探、大陆钻探先后在我国实现,海底深潜也已经指日可待,但与其他海洋强国相比差距仍很大,尤其对深海大洋的研究,离当今世界的颠峰水平差距甚远。比石油更清洁更高效的天然气,在同属一次性能源消费中比例只占 4%,远低于世界 24% 的平均水平,海洋深处贮藏有大量的天然气资源,它的开采和利用是海洋资源利用与开发的首要任务。

1 国际国内海洋天然气概况分析

根据国际石油天然气工艺研究所预测,世界天然气总储量为 $2.55-2.80 \times 10^{14} \text{ m}^3$,其中海洋天然气储量就高达 $1.40 \times 10^{14} \text{ m}^3$,占到全球天然气总储量的 50% 以上。但是,截至 2010 年统计,人类已探明的天然气可采储量只有 $1.8776 \times 10^{14} \text{ m}^3$,比 2009 年增长 5.7%,储采比约 60 年,已探明的海洋天然气可采储量仅为 $0.40 \times 10^{14} \text{ m}^3$,占已探明可采储量的 21.3%。2010 年全球生产天然气总量约为 $3.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中来自海洋的天然气生产总量约为 $1.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。目前世界天然气地下储量最多的国家和地区有欧佩克、俄罗斯、伊朗、卡塔尔、土库曼斯坦、美国等,生产大国有俄罗斯、美国、加拿大、伊朗、挪威、阿

尔及利亚等,而海洋天然气生产主要集中的国家有美国、英国、挪威、丹麦、马来西亚和荷兰等^[1]。

中国是天然气地下储量最丰富的国家之一,世界排名占第 8 至第 9 名,根据国土资源部、国家发改委联合组织的第三次石油天然气资源调查初步结果表明,中国天然气总储量为 $5.454 \times 10^{13} \text{ m}^3$,其中海洋天然气总储量为 $1.579 \times 10^{13} \text{ m}^3$,占到天然气总量的 29%。至 2010 年已探明的天然气可开采储量为 $3.43 \times 10^{12} \text{ m}^3$,已探明的海洋天然气可开采储量为 $0.57 \times 10^{12} \text{ m}^3$,仅占已探明可开采天然气总量的 16.6%。2009 年中国生产天然气总量为 $8.299 \times 10^{10} \text{ m}^3$,其中来自海洋天然气产量仅为 $1.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$,最新统计 2010 年中国生产天然气总量为 $9.448 \times 10^{10} \text{ m}^3$,其中来自海洋天然气产量仅为 $1.20 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。

中国近海天然气资源主要分布在南海北部大陆架西区、东海西湖凹陷及渤海海域。目前已发现了营歌海盆地、琼东南盆地、东海盆地西湖凹陷、渤海湾盆地中凹陷、珠江口盆地文昌 A 凹陷等五个含气区。中国深海天然气资源主要集中在南中国海及一些与东南亚国家有争议的南海海域和岛屿,如南沙群岛、钓鱼岛等。

从上面的一系列数据表明,海洋天然气的勘探、开发和利用任重道远,尤其在中国,已探明的海洋天然气可开采储量仅为 $0.57 \times 10^{12} \text{ m}^3$,只有总储量的 3.6%,为保证天然气的可持续开采,加大勘探力度尽

收稿日期:2011-04-21

作者简介:陆金男(1963—),男,江苏苏州人,淮海工学院理学院副教授,物理学士,研究方向:光学、光学工程、海洋光学仪器的设计和海洋能源的利用与开发。

早发现其他可开采储量刻不容缓。另外海洋天然气生产量也很低,至 2010 年也只占总量的 12.7%,所以提高海洋天然气生产能力也是当务之急^[1-2]。

2 海洋天然气相关技术

2.1 海洋天然气勘探技术

前面提到世界已探明的海洋天然气储量仅占海洋天然气总储量的 28.6%,中国更少只占 3.6%,大量的未发现的天然气等待着我们去勘探、开发和利用,如南海,与南海 $2 \times 10^6 \text{ km}^2$ 水域面积相比,中国油气勘探队只考察了 $1.6 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的海域面积,其他大量海域面积仍无涉足。海洋天然气的勘探与陆地天然气勘探相比,主要有以下几个特点:虽然在勘探方法上,陆地上的油气勘探方法与技术海洋油气勘探中都是适用的,但是受恶劣的海洋自然地理环境和海水物理化学性质的影响,许多勘探方法与技术受到了限制。目前海洋油气勘探一般分二个阶段,第一阶段为初步勘探阶段,包括盆地评价、区块评价与圈闭评价、发现油气藏等。可以用非地震方式,如海洋遥感光学仪器^[3]、海洋重力仪、核子旋进磁力仪、海洋电法勘探仪等,进一步对海底沉积物做地球化学分析。最后用地震方法,埋设震源,现在普遍使用非炸药震源如气枪震源和电火花震源等,采用建模技术、高效可控震源采集技术、四维地震采集技术、高密度与大排列采集技术等进行层析成像分析、多波多分量处理分析,全三维属性体解释及多学科一体化综合研究,进行勘探海底的油气藏分布发现油气田。第二阶段为进一步勘探阶段,主要通过进一步的钻探工作,扩大含油气面积,并计算油气田的探明储量,进行评估决定是否有商业开采价值。

在钻井工程上,海上钻井工程设备的结构要复杂得多,并且必须使用钻井平台。而且钻井过程要考虑风浪、潮汐、海流、海水、海啸、风暴潮、海岸泥沙运动等的影响,还要考虑海洋的水深、海上搬迁拖航等因素的影响,在系统配制、可靠性、自动化程度等方面都比陆地上钻机要求更苛刻,所以勘探投资大幅增加,一般是陆地勘探投资的 3—5 倍。虽然说投资高,但由于交通运输方便,海洋油气勘探具有极高的工作效率,勘探准确率较高。

海洋天然气勘探必须向深海方向进军。一般认为水深在 400m 以内,为浅海常规水深作业,在 400—1 500m 水深为深海海域作业,大于 1 500m 则称为超深水作业。首先深海天然气资源很丰富,未来油气储量的 40% 将可能在海洋深水区被发现,据统计在 2001—2010 年全世界投入的海洋油气开发项目中,

水深大于 500m 的就占了 50%,水深大于 1 200m 的超深水项目达到 25%。深海天然气的勘探与开发存在“四高”特点,即高新技术、高风险、高技能和高回报。我国在深海天然气开发方面远落后于美国、英国、法国、俄罗斯、荷兰、挪威等海洋科技发达国家,特别在整体技术上有较大差距,但个别或部分技术却已崭露头角达到了国际先进水平。值得庆幸的是我国深海勘探已成功迈出了第一步,2010 年 10 月我国首座深水半潜式钻井平台 COSLPIONEER(中海油服先锋)在山东省烟台市芝罘岛海域正式交付使用,见图 1 所示。该平台全长 104.5m,型宽 65m,型深 36.85m,作业水深 750m,钻进深度 7 500m,额定居住人员 120 人。该平台集钻修井、居住等功能于一体,其钻井设备实现了全自动钻井功能;配备的水下防喷器具备液压遥控、声呐遥控、海底机器人应急操作功能,能有效防止井涌、井喷、溢气等重大事故的发生。



图 1 我国首座深水半潜式钻井平台

未来深海天然气勘探开发的发展方向主要表现在 4 个方面:①测井采集向阵列化和集成化发展。变单点测量为阵列测量,以适应复杂储层非均质的需要;变分散项目的测量为高精度组合测量,以适应质量和效率的需要。②随钻和套管井电阻率测井系列不断完善,应用范围不断增加,以适应复杂井况探井和老井测井评价的需求。③测井评价从目前的单井解释和多井评价,发展为以测井为主导的地质认识约束下的具有多学科结合特征的油气藏测井评价技术,为油气勘探开发提供重要保障。④以 Internet 为依托的网络测井采集和评价技术将会发展,以解决复杂井的快速评价^[4]。

2.2 海洋天然气生产技术

海洋天然气的生产必须与下游的海洋天然气利用相配套,海洋天然气主要可用于工业发电、生产化

肥、化工原料、供热和用作燃料等。中国一直是天然气的进口国,每年都要向国外产气国进口约 100 亿 m^3 左右,特别是一到年关临近,各地天然气用户纷纷告急缺氧。中国沿海省份多属经济发达省份,每年天然气用量相当可观,所以海洋天然气的开采刻不容缓。

目前制约海洋天然气开采进程的关键技术有高压高温酸性气藏开采技术、天然气地面集输技术、天然气井测试系统、气井排液采气技术等。井下安全阀质量至关重要,应该整合科研团队投入科研资金,研发出带有自主知识产权的更高效更安全各种类型的安全阀产品,包括油管下入式和钢丝下入式安全阀,打破井下安全阀基本被国外厂商垄断的格局。国外很早就已经开发出一系列带有先进技术的产品如光纤传感器、分布式温度传感器、流量计等,并大量应用于各个海洋和陆地油气田的实时动态监测中,目前国内天然气开采过程的实时动态监测仪基本仍来自进口,自主产品属于空白。淘汰常规排液采气工艺,而采用非常规排液采气工艺将成为今后天然气开采作业中的主要排液方式。

未来采气工程技术装备将面临新的挑战,人工举升朝着深井、高压、长冲程、低冲次、高寿命和适应低渗低产井经济开采方向发展;完井技术向智能化、自动化、集成化方向发展,实现实时监测油气藏和井筒数据;油气井设计向集成系统发展;油气井控制从地面控制、干扰作业向井下智能控制、无干扰作业发展;注水向实时监测和控制方向发展;天然气开发向耐高温、耐高压、耐腐蚀、长寿命、高可靠性、智能化方向发展;大力推广不压井作业,可采用连续管作业机实施;海洋天然气开采主要发展趋势是深水化、大型化、设计更优化、配套更先进;数字化油气田的关键技术即遥测技术、可视化技术、智能钻井技术等突破急需转变开采方式^[3];水平井作为转变增长方式的主体技术,开采技术配套急需攻关;套损井比例居高不下,修复技术难度增大;海上气田相继投入开发,采气工程技术准备不足。

低温液化技术,简称 LNG 技术,是对天然气进行脱氢、脱硫、脱水、除酸、消除 CO_2 等净化处理后,再实施分馏、低温至 -162°C 冷凝成液体,液态天然气的体积约为气态天然气的 1/600,便于贮存和运输。纯净的液化天然气更安全、优质、清洁,热值更高,在用户前端利用 LNG 接收终端进行再气化、分销等,这方面技术如有突破将会对北极天然气的开采带来无限商机。

3 中国发展海洋天然气产业的前景

中国是产能大国同时也是耗能大国,中国的能源利用率很低,并且中国人均能源资源更低。天然气能源利用是 20 世纪下半世纪才开始被世界认识并开始大量生产,而海洋天然气的开采在中国起步更晚,在 20 世纪末 21 世纪初才开始重视而被零星开采。所以中国要大力发展天然气产业必须制订一系列长远规划并付诸实施。

3.1 中国加大开采海洋天然气的紧迫性

众所周知,在我国南海周边未发现油气资源前,越南等国多次公开承认南沙海域属中国领海,自从发现油气资源后,越南、菲律宾、印度尼西亚、文莱、马来西亚等国与中国关于海域划界和岛屿归属的争端愈发尖锐,矛盾冲突经常发生。领域之争的实质体现在资源之争上。仅在 20 世纪 90 年代末,周边国家已经在南沙海域钻井 1 000 多口,发现油气构造 200 多个和油气田 180 个,年产石油量超过 5 000 万吨,相当于一个大庆油田的产量。仅 1981 年至 2002 年越南从南沙海域的油田开采了 1 亿 t 石油,1.5 亿多 m^3 的天然气,获利 250 亿美元,南海油气业已成为越南国民经济的第一大支柱产业。^[5]

中国应对周边国家对资源的掠夺作出积极的反应:

第一、优先开采与邻国有争议的海域和岛屿。因为不及时开发很可能造成大量油气资源的严重流失,所以要加大投资力度,采用引进外资、合资或与其他国家合作共同开发的办法优先开采有争议的海域或岛屿,通过合作合资引进技术,一方面提升我国的综合国力,为以后开采内域天然气提供技术支撑,另一方面开采到了目前凭中国实力难以完成的开采任务,达到双赢。

第二、在做好现有天然气资源开采的基础上,向深海进军。再上新项目时优先考虑深海天然气的勘探与开采。深海天然气的开采虽然是高投资、高风险、高技术,但同时也是高回报。由于深海天然气的地质储量相对较高,所以单位储量勘探、开采的成本并不算高。

第三、从长远看必须通过整合科研力量,加大科研投入力度,研发自主品牌产品,生产浮动式钻井平台等,降低单位立方米产气成本。组织大企业集团走向国门,投资帮助其他国家勘探开采海上天然气以赚取外汇。北极是天然气资源极为丰富的地区之一,拥有的天然气总量为全球未发现天然气总量的 30%。可采天然气储量为 $5 \times 10^{13} \sim 8 \times 10^{13} \text{ m}^3$ 。主要集中在

在俄罗斯、南喀拉海、北巴伦盆地、南巴伦盆地以及阿拉斯加陆台。北冰洋也是世界上最浅的海洋,半数以上的大陆架水域深度不超过 50m,属国际公共海域,中国是最早一批享有北极开发权的国家之一^[5],中国天然气公司如在北极有所作为,那将是对人类社会有着特别重要意义的大事。

3.2 建设覆盖全国各主要省市的天然气输送管道

天然气能源的安全便利与高效,使得天然气产业得到了快速发展,与国际在一次性能源占 24% 相比,中国只占 4%,制约天然气产业发展除了勘察开发因素外,还与天然气得不到及时输送有关。由于天然气液化需要 -162℃ 的低温技术,成本高昂,为使天然气大面积大范围的广泛使用,与国家电网同等重要的联结气源与消费区的全国性的现代化的输气管网建设至关重要。方法有三,其一:仿效国家电网公司体制,由中央政府发行债券建立天然气输送中央干道,包括海洋天然气的开采通道和 LNG 输配网络干线管道,各省市参建联通区域网络;其二:由能源企业出资联建统一网络。其三:构建一个公用性事业公司,营建全国性输配网络,包括海洋天然气通道和 LNG 输配网络。事实上第三种方式是比较理想的模式,它可以迅速改变珠三角、长三角、环渤海的 10 个 LNG 已建、在建、拟建的接收站的单薄管网结构,使海洋天然气开采以及 LNG 项目不出现因管网输送问题受困于沿海局部地区或单点城市而难以灵活反应的局,参加全国天然气交易和配送,以形成支撑全国气源多元供应和安全运行的战略通道,经过改革开放 32 年的发展建设,以我国现在的综合国力完全有能力按第三种方法建设天然气输配管网。

目前我国油气混输技术取得新的突破,为综合利用输气输油管网,提高经济效率将产生划时代的意义,标志着中国在油气混输技术领域进入世界前列。该项技术成功应用于哈萨克斯坦肯基亚克盐下油田规模最大的油气混输工程建设,其输运量、距离、系统工艺均达到国际先进水平^[6-7]。

4 抢抓机遇,大力开发非常规天然气

非常规天然气除前面提到的深海天然气外,还包括天然气水合物、煤层气、页岩气和致密砂岩气等。天然气水合物俗称可燃冰,其主要成分是 $n\text{CH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,甲烷质量占 80%—99.9%。它的形成与海底石油、天然气密切相关,是埋于海底地层的大量有机质分解形成石油和天然气时,其中的许多天然气被包进水分子中,在海底低温与压力下形成一种类似冰的透明晶体。可直接点燃,1m³ 的可燃冰释放的能量约

与 164m³ 的天然气能量相当,燃烧后几乎不产生任何残渣,污染比煤、石油和天然气都小得多。由于世界上可燃冰矿藏中所含的有机碳的总资源相当于全球已知煤、石油、天然气的 2—3 倍,可满足人类 1 000 年的需求,所以称这种地质含量极为丰富又高效洁净的天然气水合物为继煤炭、石油、天然气之后最有希望的“第四代能源——未来能源”。我国南海海底已发现可燃冰冰带,估计能量总量相当于我国石油总量的一半,对东海的调查也得出可燃冰蕴藏量可观的结论。

目前可燃冰的开采还处于探索阶段,面临的主要难题有 3 个方面:①开采过程由于温度压力的突变,即使有先进的技术做保障,仍有大量甲烷气体向大气释放,造成对气候产生极大影响,温室效应比 CO₂ 的影响要大得多。②可燃冰经常作为沉积物的胶结物存在,它对沉积物的强度起着关键作用,它的开采极易造成海底滑坡、生物灭亡等地质灾害。③目前要进行大规模的商业开采,技术还没有过关,其最大难点是保证井底稳定,使甲烷气体不泄漏,不引发温室效应,还要能保证可控状态开采。^[2]

由此可见,技术的突破与保障是进行安全开采的首要条件。至于其他非常规天然气象煤层气、页岩气、致密砂岩气等由于与海洋产业不相关,在此不作介绍。

总之,目前陆地天然气储采比已不是很高,想大幅度提高陆地天然气产量可能性不大,海洋天然气的开采尤其是深海天然气、北冰洋天然气和非常规天然气的开采是 20 世纪末 21 世纪初才发展起来的新兴能源产业,有着巨大的发展潜力,如何加大勘探和开采海洋天然气是当今能源开发的首要任务,这将极大缓解一直困扰国民经济发展的能源短缺的重大问题。

参考文献

- [1]江怀友,钟太贤,宋新民,等. 世界天然气资源现状与展望[J]. 中国能源,2009(3):40—42.
- [2]钱伯章. 新能源技术丛书 石油和天然气技术与应用[M]. 北京:科学出版社,2010:86—124,164—168,298—309.
- [3]陆金男. 独树一帜的光学分支学科—海洋光学[J]. 现代物理知识,2010(5):24—28.
- [4]王志学. 海洋天然气勘探开发进入新时期[J]. 科协论坛,2008(2下):62.
- [5]张风久. 我国南海天然气开发前景展望[J]. 天然气工业,2009(1):17—20.
- [6]张凤成. 中国海洋油气产业发展战略研究[J]. 海洋开发与管理,2008(3):99—102.
- [7]武建东. 中国海洋天然气改革的创新战略[J]. 海洋世界,2007(2):34—39.

(下转第 67 页)

限压力以及受到创业板上市造富效应的刺激,创业投资风险资金的短期逐利性不断增强,出现针对科技初创企业的投资减少、哄抢上市前成熟期企业的趋势。这不仅抬高了投资溢价水平,影响到风险投资行业的安全运行和长期收益水平,也直接导致中小科技创新企业的融资困难,不利于全社会的创业创新和科技产业化进程。这不仅需要通过制订政策鼓励创投机构加强对初创企业的投资,也应对投资机构在成熟企业上市前的突击入股和过高市盈率进行合理限制,促进创投市场的健康运行。

2.4 加快培育高素质创投人才

加大引进外地和海外高级专业人才的力度,重点吸引那些在海外具有相应实践经验的优秀人才来杭从事创业风险投资产业。此外也可通过引入和学习海外大型风险投资机构的市场化规范的运作方法,积极培养本地创业风险投资专业人才。

2.5 持续加大政策扶持力度

在扶持力度上要加大对具有专业管理团队和持续投资能力的创投企业的政策倾斜,加快落实国家已出台的有关税收优惠的现有政策,各地可出台相关的配套政策,可考虑:①各类创业投资公司与高新技术企业享受同等税收优惠;②参与创业投资的个人、企业或其它机构,该项资本利得免征所得税;③对创业投资公司投入高新技术企业的股权转让(或交易)收入,只征收印花税,免征其他税。

参考文献

[1]王元,张晓原,梁桂. 中国创业风险投资发展报告 2010[R]. 北京:中国科学技术发展战略研究院,2009.
[2] VENTURE INVESTMENT IN CLEAN TECHNOLOGY ACCELERATES SIGNIFICANTLY IN 2008, DESPITE ECONOMIC UNCERTAINTY[R]. America: 2008.
[3] VENTURE CAPITALISTS PREDICT A DIFFICULT 2009 [R]. NVCA Annual Survey Forecasts Challenges for Venture Industry in the Coming Year,2009.

Venture Capital Investment of Hangzhou and a Comparative Analysis at Home and Abroad

LV Ke-fei, QIAN Ye

(Hangzhou Science and Technology Information Institute, Hangzhou 310001, China)

Abstract: This article is based on the investigation of Hangzhou's venture capital investment institutions and making a comparative analysis with the whole country, United States and Silicon Valley from management capital, investment intensity, investment projects' industry, stage distribution, investment exit ways and sources of income.

Key words: Hangzhou; venture capital investment; comparative analysis

(上接第 24 页)

Researches on the Development and Utilization of Marine Gas Industry

LU Jin-nan

(Dept. of Math & Physics, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang Jiangsu 222005, China)

Abstract: By means of analyzing and comparing the latest data related the distribution, the proven conditions and production capacity of marine gas at home and abroad in detail, we elucidated the exploration and production technology of marine gas as well as Supporting facilities establishment in the position and role of marine gas exploitation. Here predominance of exploitation of deep sea gas and Arctic Ocean gas were particularly analyzed and investigated, indicating the necessity, urgency and strategies of accelerating the development of marine gas industry in China. Moreover, specific solutions to problems in exploring, exploiting and producing marine gas were also proposed in this paper.

Key words: marine gas; exploration technology; production technology; low-temperature liquefaction technology; pipeline network