

主要国家海洋天然气水合物研发现状及我国对策^{*}

陈建东^{**} 孟 浩

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要:本文概述了若干主要国家海洋天然气水合物研发近况。在回顾我国研发现状和国情分析的基础上,有针对性地提出了进一步加强顶层设计、构建研发体系、加大试采研究、促进成果转化力度、探索商业化运作模式及加强国际合作六个方面的推动性政策建议,供决策部门参考。

关键词:海洋;天然气水合物;新能源;海洋战略;气候变化;风险;前景;对策

中图分类号:P618.13、P67、TE122 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1006-6055.2013.04.032

Marine Gas Hydrate Research and Development Status of Main Countries and Countermeasures of Our Country^{*}

CHEN Jiandong^{**} MENG Hao

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Marine natural gas hydrate research and development status of several main countries are summarized. Meanwhile the research status and analysis of the situation of our country are reviewed. Six countermeasures for decision-making departments for reference at last are proposed, such as strengthening top institution design, building R&D system, increasing pilot production research, promoting achievements transforming, exploring commercial operation models and enhancing international cooperation.

Key words: marine; natural gas hydrate; new energy; marine strategy; climate change; risk; prospect; countermeasures

1 引言

随着全球能源短缺与气候变暖的日益严重,国际油价的日益高涨,世界各国加强了对海洋资源的开发、争夺和控制,其中美国的环太平洋战略,凸显了向深海进军的重要意图。目前,深水和超深水海域的油气资源,正成为美国、英国、挪威、巴西等国竞相开发的热点。“蓝海战略”的资源争夺,将对未来全球经济秩序政治格局、军事战略和国际关系产生深刻影响。海洋天然气水合物是重要的海洋能源之一,其资源开发利用受到包括中国在内的世界各国的普遍重视与日益关切。

近来,我国东海和南海等在内的近海局势日益复杂,而在南海已探明具有丰富的天然气水合物资源储量,我国正面临着前所未有的机遇和挑战^[1]。本文为此提出一些初步思考 and 对策建议,供有关决策参考。

2 若干国家海洋天然气水合物研发近况

早在 19 世纪早期,化学家 H. Davy 就在实验室发现了气体水合物,并于 1811 年著书首次提出“天然气水合物”一词^[2]。而后在 1934 年,美国科学家首次在高压输气管道中发现天然气水合物堵塞问题,所以天然气水合物引起了石油专家的注意。专家们的注意力主要集中在天然气水合物结构和形成的物化条件上,国外开展天然气水合物研究也是旨在预报天然气水合物在输气管道中的形成和消除堵塞管道的水合物的问题上^[3]。1965 年,前苏联在西西伯利亚北部的麦索亚哈(Messoyaha)气田中发现了面积和厚度都十分可观的水合物气藏,次年前苏联出版了第一本关于天然气水合

物的勘探、评价、开采的著作。随后,美国、荷兰、德国等国家都开展了大量有关天然气水合物的研究工作。

20 世纪 70 年代后,美国在深海钻探计划中不断发现海底天然气水合物的实物,证明海底同样存在天然气水合物^[4]。自 20 世纪 80 年代实施深海钻探计划和后继的大洋钻探计划以来,有关天然气水合物的实验研究、普查勘探和开采试验以及发现天然气水合物的报道几乎遍及世界各地。目前范围的海域内有 88 处直接或间接发现了天然气水合物,其中 26 处岩芯见到天然气水合物,62 处见到有天然气水合物地震标志的似海底反射(BSR),许多地方见有生物及碳酸盐结壳标志。尤其近年来,日本在该方面的研发进展神速。

2.1 美国

美国在 1998 年 5 月通过了一个投资 2 亿、为期 10 年的天然气水合物研究与资源开发计划,目的是为了研究布莱克海台天然气水合物中甲烷资源的巨大潜力。2007 年 2 月, BP 勘探(阿拉斯加)公司与美国能源部和美国地质调查局联合在阿拉斯加北坡成功钻探了一口研究井,收集了约 430 立方英尺核心样本。作为对阿拉斯加北坡天然气水合物个别钻井成功开采的项目支持,美国能源部在 2012 财年计划提供 650 万美元用于诸如大西洋海台区域的天然气水合物安全性开采技术和方法研究;另外,作为 2013 财年总统财政预算的一部分,能源部提出了对天然气水合物后续国内研究和国际合作两个方面追加 500 万美元的预算申请^[5]。

2.2 日本

日本对于天然气水合物,尤其是海底的天然气水合物研究表现出了异乎寻常的热情,在 1995 年专门成立了甲烷水合物开发促进委员会,并制定了 5 年的研究开发计划,在 5 年间投入了 150 亿日元,而且全世界天然气水合物的 3 口探井中,就有 2 口是以日本石油公司为首的多国石油公司钻探

^{*} 国家软科学重点课题:新能源研发态势及对我国能源战略的影响(2010GXSIK087)资助

^{**} E-mail: jdcchen@istic.ac.cn

的。日本计划于 2009 年开始太平洋海底甲烷水合物的试勘探,并希望能在 2017 年开始商业生产。2012 年 2 月初,名为“地球号”的深海探测船从静冈县清水港出发。“地球号”搭载巨大的深海钻头,排水量超过 5 万吨,能从深海底部向地层内部钻探 7 000 m 深度。“地球号”的任务目标,是对分布在爱知县沿岸日本南海海沟中的甲烷水合物进行开采试验。目前在海底挖出数个深井进行监控和试验,这些都是为了 2013 年 1 月开始的正式开采做准备。该开采试验不仅是为了采集样本,而且将计划实施世界首次在海底开展的连续生产^[6]。另据日媒称,如果钓鱼岛周边的石油、天然气等海底资源是座宝库,应尽快开发。但是一直惟美国马首是瞻的日本政府,顾忌美国的大型石油公司,不敢独自开发石油、天然气等^[7]。

2013 年 3 月 12 日,日本经济产业省宣布,从距日本海岸约 80 km 处的海上,成功将天然气从冰冻的甲烷水合物(俗称“可燃冰”)中提取出来^[8]。据日本媒体报道,日本官方表示,这是全球首次通过分解海底水合物获得天然气。由此,日本对可燃冰这种新兴能源的开发又进了一步。日本方面甚至表示,对于能源匮乏的日本来说,可燃冰大有希望成为其新一代的“国产燃料”,可满足日本 100 年天然气需求。据悉,这次日本的“地球”号深海探测船用特殊钻头在约 1 000 m 深的海底钻孔约 300 m 深后竖起钻井,通过降低地层压力的方法将混合着沙粒以固体形态存在的可燃冰分解为水和甲烷气体,并取出甲烷气体。

尽管后来宣布“因天然气设备出故障”而中止开采海底可燃冰尝试,但是这次试验性提取,即在海底成功分离出甲烷气体,无疑为海底天然气水合物即将成为未来能源的有力替代迈出了重要而坚实的一步。实际上,日本的动向值得进一步高度关注,其计划将一方面检修设备,一方面在 2014 财年前往其它地点尝试开采。

2.3 其它国家

德国一方面靠国际合作,一方面在国家项目支持上,主要针对大陆斜坡力学稳定性的问题,研究因甲烷水合物的失稳作用引发的脱气过程^[9]。

加拿大麦肯其(Mackenzie)三角洲冻土地区已经完成了天然气水合物的实验性开采,了解了天然气水合物的形成,解决在冻土区钻井技术和造成的环境问题,开发和试验最佳的天然气水合物钻井和采收工具与方法,确定天然气水合物储层的天然气采收率和产量^[10]。近年来,加拿大加强了北极天然气水合物研究。

俄罗斯是最早发现 and 全方位开展天然气水合物资源调评价的国家之一,它拥有全球唯一正在从天然气水合物中开采天然气的西西伯利亚麦索亚哈气田,并对黑海的天然气水合物进行了前景分析和资源评价^[11-13]。俄罗斯科学院西伯利亚分院伊尔库茨克科学中心湖沼研究所实验室负责人阿列克·赫雷斯多夫曾表示,俄湖沼研究所工作人员曾计划 2009 年联合日本科学家进行天然气水合物的科研实验^[14]。

印度也在政府的五年计划中投入 5600 万美元用于调查其东、西部近海天然气水合物。2006 年 5 月 3 日,受雇于印度政府的科学研究钻探船“JOIDES Resolution”号从孟买出

发,沿着康坎(Konkan)西海岸、克里希纳戈达瓦里海底盆地(Krishna Godavari Basin)、默哈纳迪(Mahanadi)、安达曼(Andaman)周边地区进行天然气水合物远景区调查。并开始在印度沿岸进行深海天然气水合物资源勘探,在印度洋的几个站位进行钻探、取芯和测井作业。美国地质调查局的 Collett 博士是该勘探团队的首席科学家。刚果、巴基斯坦、韩国等国对天然气水合物均有不同程度的调查和研究。

另外,国际天然气水合物会议迄今已举办七届:1993 年第一届国际天然气水合物会议(ICGH-1)在美国新帕尔茨举行;1996 年第二届国际天然气水合物会议(ICGH-2)在法国图卢兹举行;1999 年第三届国际天然气水合物会议(ICGH-3)在美国盐湖城举行;2002 年第四届国际天然气水合物会议(ICGH-4)在日本大阪举行;2005 年第五届国际水合物会议(ICGH-5)在挪威特隆赫姆(Trondheim)举行;2008 年第六届国际天然气水合物会议(ICGH-6)在加拿大温哥华举行;2011 年第七届国际天然气水合物会议(ICGH-7)在英国爱丁堡举行。而第八届国际天然气水合物会议(ICGH-8)将于 2014 年在中国北京举行。

3 我国海洋天然气水合物研发现状

我国海洋天然气水合物取样钻探及施工专用设备方面尽管取得一定进展,但与先进国家相比,我国对海底天然气水合物的研究还处于调查评价的前期阶段,虽已初步掌握其研究方法并取得一些重要进展,但研究程度还较低,技术上还有较大差距。

3.1 国家宏观政策与规划

按照《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》明确的重点领域和方向,现阶段高端装备制造业发展的其中一个重点方向就是海洋工程装备。其中涉及到海洋天然气水合物开采技术和产业的主要方面有:重点突破 3 000 m 深水装备的关键技术,积极培育海洋天然气水合物开发装备相关产业,积极开展天然气水合物开发装备的前期研究和技术储备,为培育相关产业奠定基础^[15]。

另外,根据《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》、《战略性新兴产业“十二五”发展规划》和《高端装备制造业“十二五”发展规划》,2012 年工信部会同发改委、科技部、国资委、国家海洋局又制定并发布了《海洋工程装备制造业中长期发展规划》^[16],规划期为 2011 ~ 2020 年。该规划明确指出,未来我国海洋可再生能源、天然气水合物开发装备及部分海底矿产资源开发装备的产业化技术要实现突破。要着眼长远,增强储备。把握海洋资源开发装备领域科技发展的新方向,加强包括天然气水合物在内的海洋矿产资源、海洋与极地生物基因资源和极地空间资源等领域相关装备的前期研究和技术储备,抢占未来发展先机。

3.2 相关科技计划及进展

早在 2002 年,我国就已批准设立了水合物专项“我国海域天然气水合物资源勘探与评价”。“十一五”期间,“863”计划海洋技术领域又设立了“天然气水合物勘探开发关键技术”重大项目。国家科学技术部制定的《国家重点基础研究发展计划(“973”计划)“十一五”发展纲要》中,大规模新能

源——天然气水合物的探索研究被列为能源领域重点研究方向^[17]。可见国家对水合物资源调查和勘探工作非常重视。这也说明天然气水合物研究、开发及利用符合国家的重大、长远需求。作为一种潜力巨大、未被开发的能源资源,针对它的科学研究与技术开发也必然是长期的。一旦开发成功,将对我国能源结构、气候变化及环境保护产生重大作用。

国家基金委、中国科学院等部门也进行了水合物天然气的前期研究,对天然气水合物已有所认识^[18]。未来亟待集中攻克的研究内容如下:1)做好天然气水合物勘探开发关键技术研究;2)开展天然气水合物的环境效应研究;3)研究天然气水合物的形成与分解机理;4)充分利用我国自主研制的深潜器作为更有效探测手段;5)遥感技术寻找天然气水合物的理论基础研究;6)输气管线中的水合物堵塞机理及控制技术研究;7)天然气水合物对环境影响的地球化学记录和机理研究。

目前,我国在钻探取心技术、勘查技术、开采技术等诸多方面取得新进展。如,中国石油大学已然建立起国内规模最大、功能最齐全的水合物科学研究和技术开发实验室,在水合物热力学、动力学等基础研究方面形成了一系列创新性成果,在国际期刊上发表的 SCI 收录论文在 50 篇以上,在国内外形成了良好的学术影响力^[19]。2009 年 10 月,我国具有完全自主知识产权,也是目前世界上第一艘配置较完善的综合地质地球物理调查船——“海洋六号”在广州下水,它可用于对我国海域的天然气水合物进行进一步的勘探。又如,徐海良教授领衔的研究团队已经提出了一种全新的绞吸式天然气水合物开采方法,在理论上证明了该方法适合于海底天然气水合物的开采^[20]。然而,由于天然气水合物赋存形状复杂,暂时对其原位状态掌握不足,开发难度很大,故我国尚未进行天然气水合物的商业开采^[21]。

2012 年,我国首座深水钻井平台“海洋石油 981”在南海首钻成功,标志着我国海洋石油深水战略迈出实质性步伐^[22]。“海洋石油 981”是中国首次自主设计、建造的第六代 3 000 m 深水半潜式钻井平台,代表了当今世界海洋石油钻井平台技术的最高水平,堪称海工装备里的“航空母舰”。该平台具有勘探、钻井、完井与修井作业等多种功能,最大作业水深 3 000 m,最大钻井深度可达 12 000 m。平台的成功建造不仅填补了我国在深水钻井特大型装备项目上的空白,而且对于加速我国进军世界级海洋工程装备开发、设计和制造领域,提升我国深水作业能力,具有重要的战略意义。

其中尤其值得一提的是,研究利用载人深潜器获取与海洋天然气水合物(亦称“可燃冰”)的有关数据指日可待。据悉,我国最新研制的“蛟龙”号载人深潜器主要执行 6 项科学考察任务^[23],其中包括:1)沉积物、浮游生物定点取样;2)矿产钻芯取样;3)海水温度测量;4)绘制高精度地形地貌图;5)沉船照相和摄像;6)深海管道和电缆等维护与检查等。可以说,利用载人深潜器潜入深海,能更直观地了解海底环境,发现研究目标物。另外,利用载人深潜器携带海底钻机等各种仪器下潜到海底,能够获取珍贵的样品和数据。

2007 年 5 月,我国在位于珠江口盆地南部的南海神狐海域(水深 1 230 至 1 245 m 处)钻获了天然气水合物实物样品。

该水合物样品采自于海底以下 183 至 225 m 处,呈分散浸染状分布,含水合物层段厚 18 至 34 m,水合物饱和度为 20% 至 43%,释放出的气体中甲烷含量达 99.7% 至 99.8%。随后,在神狐海域约 1 200 m 的水深中的另两个站位也采集到了天然气水合物的实物样品,这些天然气水合物在泥质沉积层中呈浸染状产出,其中白色部分即为天然气水合物。据预测,我国天然气水合物资源量至少为 2 000 亿吨油当量,其中南海海域约为 650 亿吨,青藏高原和黑龙江的冻土带则有 1 400 多亿吨,我国冻土带的可燃冰储量可能大大超过南海等海域。

2012 年 6 月 24 日,位于马里亚纳海沟,我国“蛟龙”号载人深潜器已成功创造了 7 062 m 海底下潜纪录^[24],将可以覆盖全球 99.9% 以上的海洋。除个别海沟外,“蛟龙”号将可以无所不至。丰富而未知的深海资源从此将触手可及。中国著名海洋地质学家、中科院院士汪品先此前向媒体透露,其正在主持的“南海深部过程演变研究计划”将率先利用“蛟龙”号在南海进行海底“可燃冰”的勘探工作。2012 年进行的“蛟龙”号首次科考任务瞄准了深海一种叫做“冷泉碳酸盐岩”的物质,它是能源界广泛关注的“可燃冰”的伴生物,了解其形成机理和分布,将大大有助于人类对重要的潜在未来资源“可燃冰”的开发利用。

为了推进我国海洋及陆地天然气水合物调查评价的进程,我国除了完善和优化现有取样钻具和施工技术外,还要加速天然气水合物钻探施工设备的开发研究,首先要加速陆地永久冻土带天然气水合物地质探测和识别技术的研究,为布置钻探取样施工验证提供更准确信息,要加速天然气水合物钻探井技术的研究,目前我国还没有专门水合物测井技术手段。要开展水合物分布特征及异常标志研究、资源量计算方法的研究。为了未来开发利用,要加强水合物开采方法及环境监测和保护技术的研究^[25]。

对于天然气水合物的研究开发,我国虽然启动了“863”、“973”计划,也取得了显著成就,但仍缺乏系统的路线图,缺乏总体规划,研究较为分散^[26]。顶层设计和部署力度都亟待进一步加强。另外,我国对天然气水合物研发的立体式多层次研发体系网络尚未构建成型。应用研究和试采研究是天然气水合物走向商业开采的关键环节,但是目前为止该方面的研究进展仍较为迟缓。

4 政策建议

笔者在对前人先期研究成果总结和借鉴基础上,提出下述六个方面的思考性建议。

4.1 加强顶层设计

要进一步明确提出有关天然气水合物的研发战略,为我国天然气水合物钻探与开采技术的最终实现制定出路线图。进而制定出适合我国实情的天然气水合物短期和长期研究开发计划,科学规划天然气水合物研究进程。

笔者在此呼吁提出我国天然气水合物研发战略顶层设计上的 4 个关键点:1)主动性,即战略主动,理论先行,立体思考,指导实践;2)先进性,即高精技术,交叉科学,海陆互动,统筹兼顾;3)合作性,即联合国际,取长补短,为我所用,

军民结合;4)扩展性,即循序渐进,由地入海,由近及远,由浅到深。

也要逐步加大对天然气水合物研发方面的部署力度。其中必须遵循的战略思维方向 3 个原则是:1)从理论研究到应用研究(其中包含国际技术借鉴应用);2)从小型试采到中间试采再到规模化开采;3)从陆地试采到近海试采再延伸到深远海试采。

同时应当明确区分短期和长期目标,我国天然气水合物研究的 3 个短期目标:1)天然气水合物的动力学机制研究;2)天然气水合物的地质、地球物理勘查技术;3)天然气水合物资源评价技术。长期目标:天然气水合物钻井和开采技术。

4.2 构建多层次研发体系

笔者建议,专门设立国家级的天然气水合物研究总平台,来实施天然气水合物的重点研究。要构建企业、高校和研究机构共同参与的多层次研发体系,即在立体式多层次研发体系的基础上,明确而尽快地制定出统一的研发进度路线图。

其中要突出寻找并解决关键问题,比如像深海开采天然气水合物,除了开采技术外,还面临运输问题。可以说,研究开发天然气水合物资源必将遇到许多经济和技术难题的挑战。天然气水合物的勘探开采技术是集天然气地质学、冻土区工程地质学、深海地质学和深海钻探技术等多学科、多门类技术于一体的综合性的天然气水合物工业,是当今地质界的前沿课题之一。所以油气地质研究和勘探开发工作涉及若干系统、许多部门和单位,更需要各方面的密切配合。

我国应在正确的战略思维方向和符合顶层设计原则的总路线图指引下,成立国家天然气水合物研究开发指导委员会,作为一个统一指导和协调机构,以调配专家、支配经费、制订计划、分解任务、汇编资料、提供咨询、编制报告。协调机构应首先组织专业对口的、对天然气水合物已做过初步研究并有一定成绩的单位 and 专家参加项目内的工作。切忌一哄而上,低水平重复。

4.3 加强试采研究

建议进一步推动应用研究和试采研究。试采研究是天然气水合物走向商业开采的关键环节。笔者认为,要突出重视以企业为主体,产学研结合,加强试采研究。要在已有理论研究基础上进一步推动海底天然气水合物的试验性开采。可以进一步研究该种方法的小规模试验开采,从而推动我国海底天然气水合物的实际规模开采。

4.4 加速成果转化

在明确的“海洋科技战略”原则指导下考虑海洋天然气水合物的开采程序,即在海洋战略中一定要奉行科技先行战略,并要在战略科学和技术方面有所突破和创新。这就必须在诸如海洋天然气水合物等“现在还没有用”的领域中进行创新和开拓。

追求先进的技术和方法应当是海洋天然气水合物资源勘探和开发的最可靠的途径。拥有自主知识产权和自主创新的相关技术积累和技术优势,将为未来能在海洋天然气水合物开采的各种跨国国际合作领域中保持领先和优越位置,也将

为未来我国走向“技术立国”打下牢固基础。应当组织国内研究机构和相关企业,集中优势科研力量,加强基础理论研究,联合开展技术攻关,加快研发适合我国海洋天然气储层特点的勘探开发技术,最终实现规模有效开发。在研究攻关的基础上,争取有所突破,超前形成技术储备。也应当在此基础上,进一步加大已有创新性科研成果的实用转化。

4.5 探索产业化模式

要形成国家一整套的配套政策支持,如风险成本支持、财税支持、吸纳国外先进技术拥有者合作等。确保不断推进中国的各主要能源企业开展天然气水合物的产业化(商业化)研究,鼓励民间资本和民营企业参与进来,加快培养海洋天然气水合物的研发人才并创立研究团队,力争不断创造国际领先成果。

4.6 加强国际科技合作

应积极推动海洋天然气水合物试采研究方面的国际合作。例如 2002 年,在麦肯其三角洲地区实施了一项天然气水合物试采研究。该项目由加拿大地质调查局、日本石油公团、德国地球科学研究所、美国地质调查局、美国能源部、印度燃气供给公司、印度石油与天然气公司等 5 个国家 9 个机构共同参与投资,是该区有史以来的首次天然气水合物开采试验,也是世界上首次这样大规模对天然气水合物进行的国际性合作试采研究^[27]。另外,美国、加拿大、俄罗斯和日本等国的许多跨国石油公司和技术服务公司拥有先进的技术和成功的经验^[28],可以采取与其合作的方式推动我国海洋天然气水合物资源的研究进展,以期达到事半功倍。为此建议,应由国家科技部、中国科学院、国土资源部、国家海洋局共同设立中国天然气水合物年度国际论坛,促进天然气水合物研究的国际交流。可以认为,加强该领域的国际交流与科技合作,也是打破特定高端技术封锁的最重要手段之一。

参考文献

- [1] 利用海洋能源需正确策略 [EB/OL]. 2011-5-9. <http://www.zhongsou.net/%E6%96%B0%E8%83%BD%E6%BA%90%E7%BD%91/news/9868021.html>.
- [2] 姜辉,于兴河,徐文世. 天然气水合物研究进展[J]. 海洋地质动态,2005,21(12):20-25.
- [3] 陈作义,杨晓西,叶国兴,等. 新世纪的新能源——天然气水合物[J]. 辽宁化工,2001,30(10):422-425.
- [4] 宋岩,夏新宇. 天然气水合物研究和勘探现状[J]. 天然气地球科学,2002,12(1):3-10.
- [5] U. S. and Japan Complete Successful Field Trial of Methane Hydrate Production Technologies [EB/OL]. 2012-8-14. <http://energy.gov/articles/us-and-japan-complete-successful-field-trial-methane-hydrate-production-technologies>.
- [6] 日刊:日本能够成为“资源大国”[EB/OL]. 2012-7-19. <http://world.people.com.cn/n/2012/0718/c157278-18540293.html>.
- [7] 张珏,译. 日媒:日须提前 10-20 年准备才能与中国开战[EB/OL]. 2012-10-29. <http://mil.news.sina.com.cn/2012-10-28/0939705056.html>.
- [8] 李慧. 可燃冰技术突破让日本激动[N]. 中国能源报,2013-3-18(7).
- [9] 龙学渊,袁宗明,倪杰. 国外天然气水合物研究进展及我国的对策

- 建议[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(3): 170-182.
- [10] 何拥军, 陈建文, 曾繁彩, 等. 世界天然气水合物调查研究进展[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(6): 43-46.
- [11] 许红, 黄君权, 夏斌, 等. 最新国际天然气水合物研究现状与资源潜力评估(上)[J]. 天然气工业, 2005, 25(5): 21-25.
- [12] 许红, 黄君权, 夏斌, 等. 最新国际天然气水合物研究现状与资源潜力评估(下)[J]. 天然气工业, 2005, 25(6): 18-23.
- [13] 许红, 刘守全, 王建桥, 等. 国际天然气水合物调查研究现状及其主要技术构成[J]. 中国地质, 2001, 1(3): 1-4.
- [14] 俄罗斯研究天然气水合物开采技术[EB/OL]. 2012-8-13. <http://info.china.alibaba.com/news/detail/v0-d1021472119.html>.
- [15] 高端装备制造业“十二五”发展规划发布[EB/OL]. 2012-5-8. <http://www.istic.ac.cn/TechInfoArticalShow.aspx?ArticleID=92700>.
- [16] 海洋工程装备制造业中长期发展规划(全文)[EB/OL]. 2012-6-29. http://www.china.com.cn/policy/txt/2012-03/22/content_24958675.htm.
- [17] 石油技术: 中国重视天然气水合物研究[EB/OL]. 2012-4-5. <http://info.china.alibaba.com/news/detail/v0-d1024670082.html>.
- [18] 陈多福, 姚伯初, 徐文新. 美国天然气水合物研究概况及我国的研究对策[J]. 海洋地质, 2002, (2): 1-6.
- [19] 石油技术: 中国重视天然气水合物研究[EB/OL]. 2012-4-5. [tp://info.china.alibaba.com/news/detail/v0-d1024670082.html](http://info.china.alibaba.com/news/detail/v0-d1024670082.html).
- [20] 徐海良, 林良程, 吴万荣, 等. 海底天然气水合物绞吸式开采方法研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2011, 50(3): 48-52.
- [21] 刘刚, 李朝玮. 天然气水合物研究现状及应用前景[J]. 北京石油化工学院学报, 2011, 19(3): 60-64.
- [22] 我国首座深水钻井平台“海洋石油 981”首钻成功[EB/OL]. 2012-5-9. http://www.fujian.gov.cn/ywzgyw/201205/t20120509_471409.htm.
- [23] 探秘中国载人深潜器“蛟龙”号 专家揭秘技术突破[EB/OL]. 2011-9-9. <http://www.chinanews.com/gn/2011/08-15/3257255.shtml>.
- [24] 赵建东. 7062 米的传奇——记 7000 米级载人潜水器重大专项研发试验之路[N]. 中国海洋报, 2012-7-18(A3).
- [25] 张永勤. 国外天然气水合物勘探现状及我国水合物勘探进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10): 1-8.
- [26] 樊拴狮, 陈玉娟, 郎雪梅, 等. 韩国天然气水合物研究开发思路及对我国的启示[J]. 中外能源, 2009, 14(10): 20-25.
- [27] 吴传芝, 赵克斌, 孙长青, 等. 天然气水合物开采研究现状[J]. 地质科技情报, 2008, 27(1): 47-52.
- [28] 李兴武. 勘探开发天然气水合物的思考[J]. 新能源研究与利用, 2004, (3): 41-42.

(上接第 551 页)

- [12] MILLER C, WELLS F S. Balancing security and privacy in the digital workplace[J]. Journal of Change Management, 2010, 7(3): 315-28.
- [13] 汪金龙. 基于和谐组织的员工隐私权保护[J]. 中国人力资源开发, 2006, (7): 84-86.
- [14] 李震山. 论个人资料之保护[M]. 台湾: 台湾五南图书出版社, 2000.
- [15] ALGE B J. Effects of computer surveillance on perceptions of privacy and procedural justice[J]. Journal of Applied Psychology, 2001, 86(4): 797-804.
- [16] 赵耀. 员工工作时雇主该不该用电子设备来监视[J]. 中国人力资源开发, 2005, (5): 72-74.
- [17] JAI Y S, SUNG S K. Internet users' information privacy-protective responses: a taxonomy and a nomological model[J]. MIS Quarterly, 2008, 32(3): 503-529.
- [18] EPIC. Workplace Privacy[EB/OL]. <http://epic.org/privacy/workplace>.
- [19] SEE, JARED A. FAVOLE. Ex-Bristol-Myers Employee Charged with Stealing Trade Secrets[EB/OL]. <http://www.barclays.com>.
- [20] JEFFREY A M. Social media, employee privacy and concerted activity: brave new world or big brother? [J]. Labor Law Journal, 2012, 63(3): 165-173.
- [21] COREY A C. The Eavesdropping Employer: A Twenty-First Century Framework for Employee Monitoring [J]. American Business Law Journal, 2011, 48(2): 285-369.
- [22] 贾石红. 我国网络隐私权的法律保护[J]. 西北大学学报, 2005, 35(6): 107-111.
- [23] 李莉雅. 办公室里该不该装摄像头[N]. 石家庄日报, 2011-07-26.
- [24] MARY J C. Information Privacy Concerns, Procedural Fairness, and Impersonal Trust: An Empirical Investigation [J]. Organization Science, 1999, 10(1): 104-115.
- [25] 马民虎, 祁荷香. 美国企业电子监控法鉴评[J]. 网络安全技术与应用, 2004, (4): 48-51.
- [26] NICOLA L. Electronic privacy in the workplace: Transparency and responsibility[J]. International Review of Law, 2010, 24(2): 163-173.
- [27] MARY J C, CYNTHIA C W. How ethics can enhance organizational privacy: lessons from the Choicepoint and TJX data breaches [J], MIS Quarterly, 2009, 33(4): 73-87.
- [28] WEAVER, TREVINO L K, COCHRAN. Corporate Ethics Programs as Control Systems: Influences of Executive Commitment and Environmental Factors [J]. Academy of Management Journal, 1999, 42(1): 41-57.
- [29] 齐爱民. 个人信息保护法研究[J]. 河北法学, 2008, 26(4): 15-33.
- [30] WARREN S D, BRANDIES L D. The right to privacy[J]. Harvard Law Review, 1890, 4(5): 193-220.
- [31] 叶六奇. 个人信息保护的理论基础[J]. 情报理论与实践, 2010, 33(3): 34-36.
- [32] 林欣荣. 企业商业秘密保护与员工基本权利保护的调和[D]. 上海: 复旦大学法学院, 2010.
- [33] 张倩. 劳动者隐私权研究[D]. 吉林: 吉林大学法学院, 2007.
- [34] 翁国民, 汪成红. 论隐私权与知情权的冲突[J]. 浙江大学学报, 2002, 32(2): 33-39.