



客户端:青岛观 客户端:观海新闻

青岛日报 聚焦

主编 赵波 美编 李飞 审读 姜胜保 排版 韩婷

问道“可燃冰”:二十载“冰与火”的探索

启动研究项目、获批技术专利、出版理论书籍……一系列可燃冰方面的部署正在青加速推进

□青岛日报/观海新闻记者 李勋祥

从实验室到海上证实可燃冰存在

可燃冰是世界上公认的一种清洁高效能源,约97%分布在海洋中,3%分布在陆地冻土带,预测资源量相当于已发现煤、石油、天然气等化石能源的两倍以上。在低温高压及气体浓度大于其溶解度的条件下,可燃冰在海底可呈肉眼可见的结晶状。但当地势再稍往下,它们就随着海底温度的升高转化成微小的结晶甚至气态,隐藏在泥土沙砾里。

早在20世纪60年代,国际上已经陆续对可燃冰开展勘探调查。20世纪80年代,美国、日本等国家纷纷将可燃冰资源勘查和开发利用纳入国家能源中长期发展规划。自20世纪90年代开始,我国逐渐关注到西方国家在可燃冰领域的相关研究,当时国内也存在一些讨论,集中在中国有没有可燃冰和可燃冰有没有利用价值等问题。

“这主要是我国可燃冰调查研究起步较晚的缘故。”青岛海洋地质研究所水合物地质室副主任胡高伟研究员介绍,作为以海洋地质研究为主要特色的研究所,他们当时认为,如果能够在实验室里模拟海底低温高压的环境并人工合成可燃冰,就可以佐证可燃冰的存在及其作为清洁能源的意义,加快我国勘查开发进程。

带着这种想法,青岛海洋地质研究所开启了研究可燃冰的征程。当时,还没有天然气水合物创新团队,对于可燃冰的研究,实际上是业渝光研究员带领的一个课题组在进行。2000年,他们开始筹建天然气水合物实验室;2001年,建成我国第一个拥有自主知识产权的海洋天然气水合物模拟实验室;同年11月,国内首次在模拟实验室中合成可燃冰并成功点燃。

“实验的成功,提振了业界信心。2002年,我国开展了天然气水合物资源调查与评价专项,正式拉开了大规模、多学科、多手段开展海域天然气水合物资源调查评价的大幕。”胡高伟说,包括青岛海洋地质研究所在内,我国各单位合力调查取样,有力证实了我国海域可燃冰的存在。

在参与从海底找可燃冰的过程中,青岛海洋地质研究所也不断系统部署海洋可燃冰基础性、成藏机制、开采理论方法、环境效应4大研究方向,研究可燃冰的队伍越来越壮大,并于2012年被正式批准建设国土资源部(现自然资源部)天然气水合物重点实验室。

全方位保障我国南海可燃冰试采

2017年,中国地质调查局组织实施了我国首次海域天然气水合物试采,试采持续60天,累计产气超过30万方,创下了产气时长和总量的世界纪录。作为可燃冰试采团队中的一员,青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队李彦龙副研究员全程参与,负责开采储层出砂与防砂管控方面工作。

要明白李彦龙及其团队当时所做的工作,首先需要了解可燃冰开采的基本步骤。一般而言,可燃冰开采可以分为三步:第一是基础理论与室内模拟研究,主要是认清可燃冰的理化性质,据此推断其可能存在的区域和开发的可行性;第二是资源勘探与评价,主要是找到可燃冰的富集区,为实际开采提供优良靶点;第三是开采技术的研发,主要解决开采过程中安全持续产气、提高产气规模、降低产气成本等问题,最终实现可燃冰开采产业化。

常规可燃冰开采时,需要在海上平台和海底可燃冰地层之间建立一条开采通道(开采井),这其中有两个安全问题最为关键。首先,海底可燃冰是以固态的形式存在于海底地层中,而开采时是通过一定方式将其分解为气和水产出。开采过程中,海底地层可能因可燃冰分解而出现松软垮塌等情况,必须有技术方法应对这些地质风险。其次,可燃冰开采时,泥砂也会随气和水通过管道流出,而开采井井孔又较为狭小,因此必须防止泥砂堵塞问题,确保可燃冰正常生产。

“我国首次可燃冰试采时,开采井的井孔直径只有约20~30厘米,其中还要容纳大量的开采机械设备,所以剩余空间实际上非常有限。可以想象,如果开采时泥砂在短期内大量产出,那就存在整个井眼被埋的风险。”李彦龙说,因此,他需要对流入到井中的泥砂进行直径、浓度的实时监测预警,随时用技术手段加以控制。这是一个很重要的工作,在此之前,加拿大、日本等国家也对可燃冰进行过试采,但却因为没有解决好出砂防砂问题,导致开采井被泥砂埋没,不得不提前终止试采。

李彦龙所在的团队在可燃冰试采前也做出了很多努力。依托天然气水合物重点实验室,他们建立了国际领先的可燃冰实验测试和模拟实验技术体系,结合数值模拟与实验模拟,获取了可燃冰形成分解的微观机理,论证了开发的可行性;通过揭示南海等典型地区可燃冰成藏过程,为可燃冰试采目标优选提供了科学依据;通过实验模拟与理论分析,提出了可燃冰降压开采储层出砂的基本模式和出砂机理,研制了开采行为调控等关键技术,为试采降压方案制定提供了支撑。

“可以说,在可燃冰开采的各个步骤中,我们团队全方位参与,不仅支撑了试采靶区准确圈定,而且指导了试采实施方案的科学制订,为我国海域前两轮可燃冰试采重大工程的突破起到了重要的支撑作用。”李彦龙表示,也正是形成了以降压调控、出砂调控为代表的可燃冰开采调控关键技术,打破了国外技术垄断,助力我国可燃冰试采,他们牵头完成的“海洋天然气水合物开采仿真模拟与调控关键技术及应用”项目在今年6月获得了2021年度山东省科学技术进步一等奖。

为我国可燃冰开采产业化做准备

一般认为,要实现可燃冰开采产业化,大致可分为理

在海底的一些地层中,纯净的天然气水合物像奶酪一样好看,它们外观结构像冰,但遇火可以燃烧,因此被俗称为“可燃冰”。自1810年英国科学家在实验室首次发现可燃冰以来,这块由水与气体分子(以甲烷为主)形成的“冰火”就一直吸引着人类展开研究和探索。

近年来,我国研究可燃冰的单位越来越多,但能够从基础性、资源勘查、开发利用、环境效应评价等方面开展系统性工作的并不多,而这其中的代表是自然资源部中国地质调查局青岛海洋地质研究所。

启动可燃冰研究项目、获批可燃冰技术专利、出版可燃冰理论书籍……今年上半年以来,一系列可燃冰方面的部署进展,彰显着青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队的活力。近日,青岛海洋地质研究所启动新一轮可燃冰调查航次,研究所天然气水合物创新团队继续开展可燃冰资源勘查之旅。自21世纪以来,他们探寻、研究可燃冰已有20余年,如今加快走在探索创新的路上。



■青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队相关技术助力我国海域首次可燃冰试采。



■李彦龙参与我国首次可燃冰试采。



■青岛海洋地质研究所获取的我国海域可燃冰实物样品。



■青岛海洋地质研究所自主研发小道距高分辨率地震探测技术应用于可燃冰资源勘查。



■“海洋地质九号”船开展可燃冰资源勘查。

论研究与模拟试验、探索性试采、试验性试采、生产性试采、商业开采5个阶段。2017年,我国海域首次可燃冰试采是探索性试采,回答了我们具备技术可采性的问题;2020年,我国海域第二轮可燃冰试采是试验性试采,创造了试采1个月“产气总量86.14万立方米,日均产气量2.87万立方米”两项新的世界纪录,回答了具备开采价值的问题;接下来将是生产性试采、商业开采,回答开采出的天然气能否用于民生的问题。目前,青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队正在为我国可燃冰开采产业化做准备。

“有研究认为,日均产气量达到10万立方米且能连续稳定生产十年以上,可燃冰方可具备商业开采价值,也有人认为日均产气量要达到50万立方米才行,其实这个数据并不固定。因为是否具备商业开采价值,受到日均产气量和日均开采成本共同的影响,当开采成本降低后,即便产气量较低企业也可能盈利,从而推动商业开采。”李彦龙分析,用这个眼光来看待我国将来要开展的生产性试采、商业开采,最重要的还是要在保证安全试采的前提下,进一步提高产能、降低成本。

安全试采的问题,我国已有较好的应对方案。但是,必须认识到后续任务的复杂性和严峻性。“现有的技术都是针对短期试采量身定制的,这些技术、方法能在多大程度上用于未来的产业化开发,还有待论证,其中最关键的一个挑战就是要回答可燃冰产业化开发的地质承载力上限,防止荷载作用下地层变形对开采生产造成破坏性影响,而这也是我们目前和未来一段时间着力攻关的方向。”李彦龙说。

在提高产能方面,青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队近年来研发了一系列新的技术、提出了一系列新的方案,最大的目的就是让海底可燃冰分解速度更快、分解范围更广、分解后产生的水气流速更快,从而提高日均产气量。“这其中涉及的原理相对简单,但技术比较复杂。”胡高伟举例说,不同于海底常规的石油天然气,海底可燃冰分布范围小、不连续性强,因此需要通过技术手段,将海底地层中不连续的可燃冰串联起来,这样在开采时就增加了分解面积。类似的技术不一而足。今年以来,团队又获批8项可燃冰专利。截至目前,团队拥有可燃冰研究专利超100项,可燃冰开采出砂管控知识产权集群初步形成,正从技术、方法上为可燃冰开采产业化提供支撑和有效保障。

在降低成本方面,可能更需要开采方不断突破。“目前我们试采海底可燃冰基本上使用的是开采深海油气的装备,但相对深海油气,海底可燃冰所在地层温度、压力都相对较低,从理论上讲,这种高端装备的使用无形中增加了开采成本。”李彦龙相信,随着开采技术、开采装备的不断演进,我国可燃冰开采的产业化将不再遥远。

推进可燃冰研究的自主化体系化

20多年前,青岛海洋地质研究所自主设计研发了我国第一套水合物模拟实验装置,在国内率先人工合成了可燃冰。在这之后,研究所逐步加大在可燃冰研究领域的装备布局,自然资源部天然气水合物重点实验室现已拥有大型仪器设备约90台套,成为可燃冰研究原始创新、科技突破的主要策源地。

“在实验室日益完备的同时,我们也在扪心自问,实验室里有哪些装备是国产的?带着这个问题意识,我们近年来全力推进关键仪器设备的国产化。”胡高伟说。关键仪器设备既包括硬件设备,比如CT仪,可以从微观层面研究可燃冰的成核、聚集与成藏受何因素控制等,胡高伟表示他们下一套CT仪一定会具有“自主研发、国产化”的标签,也包括软件设备,因为海上开采可燃冰的成本很高,因此国际上通常采用数字模拟的方法,通过仿真模拟开采场景,优选最佳开采方案,推动产出最大化。一直以来,可燃冰数字模拟软件一直被西方国家主导。鉴于此,海洋地质研究所天然气水合物创新团队历经四年努力,开发了一套具有自主知识产权的同类软件,而且功能更加完善。

在实验室之外,青岛海洋地质研究所日臻完备的海上“移动设备”,也在助力我国可燃冰调查研究自主化。2017年12月,“海洋地质九号”船正式在青入列。今年5月,6000米级ARV(自主/遥控水下机器人)列装“海洋地质九号”船。该科考船及系列科考装备都在服务于勘探海底可燃冰资源工作。此外,另一艘顶尖科考船正加快建设,入列后将进一步促进我国可燃冰勘查开采产业化进程。

“在自然资源部天然气水合物重点实验室基础上,我们正在筹备申请国家重点实验室。”李彦龙说,未来,团队将继续为勘探海底可燃冰资源做好技术支撑,摸清我国海域可燃冰“家底”;加强对可燃冰模拟实验与测试、成藏过程与演化、资源勘查与评价等技术与机理的研究,助力可燃冰勘探开发;围绕防砂、储层改造、环境监测等关键环节,集中攻关,研究适应不同类型特点的试采工艺和技术装备,形成从开采到储存到运输的全环节技术体系。

回顾可燃冰研究历程,青岛海洋地质研究所天然气水合物创新团队已经持续了20余年。在以往的研究基础上,他们还在继续承接重大项目,不断拓展可燃冰研究范畴。今年4月,启动“西太平洋天然气水合物资源与环境效应及智能探测技术”项目,以西太平洋典型水合物系统为研究对象,提升我国在天然气水合物资源环境领域内的竞争力。

与此同时,团队加快建立可燃冰开采学科体系。今年5月,《海洋天然气水合物开采热力学参数评价及应用》《海洋天然气水合物开采出砂管控理论与技术》出版发行,这两本书属于“海洋天然气水合物开采基础理论与技术丛书”系列,预计今年全套丛书共6册将全部出版发行。届时,可燃冰开采的理论、技术将初步形成体系,推动学科的发展和人才的培养。

“等到我们国家真正实现了可燃冰商业化开采,那个时候就该企业‘唱戏’了。”胡高伟表示,为了这一天早点到来,他们必须步履不停,还需要走很长的路。