

靠什么发现超深水油气田？

■本报记者 秦志伟

前不久,我国首个海洋天然气储量超千亿方的深水气田“深海一号”正式投产。据中国海洋石油集团有限公司(以下简称中海油)称,“深海一号”最大水深超过1500 米,其正式投产,标志着我国从装备技术到勘探开发能力全面实现从 300 米到1500 米超深水的跨越。

为实现这一跨越,我国组织各方力量不断攻关。但中海油研究总院高级工程师谢彬等人判断,我国仍落后国外10~15 年。

“由于深海油气工程具有‘四高’的基本特征,必须对深海油气勘探开发的安全高效作业模式及其技术支撑体系进行持续研究与实践。”中科院院士、中国石油大学(北京)石油与天然气工程国家重点学科负责人高德利告诉《中国科学报》,既要掌握基本的科学规律与先进的勘探开发模式,还要不断实现相关工程技术与装备支撑体系的重大创新与突破。

就在日前国家能源局组织召开 的 2021 年大力提升油气勘探开发力度工作推进会上,“全力突破油气勘探开发系列关键技术,力争再发现新的大中型油气田”成为重要共识。

由浅入深成为趋势

纵观全球,海洋油气勘探开发正从海洋浅水区迈向深水区甚至超深水区。有学者统计,近十年来,全球重大油田发现有一半以上来自深海。例如,全球 2018 年前十大油气田发现均位于巴西、圭亚那、塞浦路斯和墨西哥湾等海域,其中深水、超深水区油气发现储量占海域发现储量的 60%。

这一趋势的驱动力之一是全球各国对油气需求量的持续增长。以我国为例,我国石油和天然气对外依存度逐年攀升,2019 年分别达到 70.8%和 43%。

在业界,区别海洋油气“浅与深”有两套标准,分别是挪威标准和欧美标准。前者以 300 米为界,300 米以内为浅水区,300 至 1500 米为深水区,超过 1500 米为超深水区;后者以 500 米为界,500 米以内为浅水区,500 至 1500 米为深水区,超过 1500 米为超深水区。我国学者多采用挪威标准。

“深海一号”属于超深水区油气田。据中海油称,“深海一号”发现于 2014 年,是我国目前发现的平均水深最深和勘探开发难度最大的海洋深水油气田,后者主要体现在钻井作业面临地质结构复杂、高温高压、台风极端天气等更多挑战。

这些挑战也是海洋深水油气田勘探开发“四高”基本特征的具体表现,即高技



海洋油气勘探开发正从海洋浅水区迈向深水区甚至超深水区。 图片来源:视觉中国

术、高投入、高风险和高回报。高德利介绍,高回报吸引着世界各国及相关公司持续高强度投入和进行大规模开发。

然而,高回报往往伴随着高风险。以墨西哥湾 2010 年“深水地平线漏油事件”为例,这一事件最终导致 10 余人死亡,给海洋生态造成毁灭性破坏。10 年后的今天,影响依稀可见。与此同时,负责勘探开发的英国石油公司在后续处理上花费超 400 亿美元。

因此,实现安全环保、降本增效及提高最终采收率的安全高效开发目标,已成共识。

但高德利向《中国科学报》表示,制约深海油气田勘探开发的主客观因素纷繁复杂,相关科学研究涉及多学科领域,特别是对一些不确定性影响因素的认识,需要不断探索与实践。

认识差距是关键

在我国,深水油气勘探开发起步较晚,但进展迅速。

自然资源部油气资源战略研究中心助理研究员王陆新等人撰文介绍,我国深水油气实质性勘探始于 2005 年珠江口盆地白云深水区。截至 2018 年年底,我国在南海北部先后发现 14 个大中型深水油气田,累计探明油气地质储量约为 3.9 × 10¹² 油当量。

科学技术的不断进步也是油气勘探开发走向深海的重要驱动力。《中国科学报》获悉,以中海油为代表的企业历经十余年发展,初步具备了深水油气勘探和开发的能力。

早在 2008 年,中海油研究总院牵头,联合国内多家科研院所和高校,国家科技重大专项“海洋深水油气田开发工程技术”项目启动。项目分为 3 期,共涉及深水钻井工程技术、深水平台工程技术、水下生产技术等 7 个方向。

谢彬介绍,在“十一五”期间,项目主要开展深水工程核心技术攻关,建立深水工程相关实验手段,并具备深水油气田开发工程总体方案设计和概念设计能力;在“十二五”期间,项目持续开展深水工程核心技术攻关,具备深水油气田开发工程基本设计能力;在“十三五”期间,项目完成深水油气田开发工程应用技术攻关,基本实现深水工程关键技术体系化、设计技术标准 化、关键设备和产品国产化、科研成果工程化。

在已开发深水油气田中,最具代表性的是 2006 年发现的第一个深水大气田荔湾 3-1。该气田由中海油与加拿大相关公司联合投资 65 亿元,并于 2014 年建成投产,为我国拓展深水油气资源开发提供可借鉴范本。

但谢彬同时强调,无论在深水油气田开发工程技术还是深水工程装备方面,我国与国外先进水平相比仍存在较大差距。

“国外水下采油树最大作业水深 2934 米,国内最大作业水深仅 1480 米;国外浮式生产装置最大作业水深 2895.5 米,国内作业最大水深仅 330 米;国外气田最长回接海底管道距离 149.7 千米,国内仅 80 千米;国外有各种类型的深水浮式生产设施 300 多艘,国内在役的仅有 13 艘浮式生产

储油卸油装置和 1 艘半潜式平台……”谢彬举例说。

探索适宜的开发模式

“较之于浅水或陆地,深海天然气工程最大特点是需要浮式钻井作业、水下井口及相适应的天然气生产与集输系统等。”高德利表示,我国有必要围绕深海天然气田安全高效开发目标,优选比较适用的工程模式及配套技术与装备,同时积极探索更加先进适用的工程模式及技术支撑体系。

他进一步介绍,深海油气田开发模式一般是根据具体的约束条件进行优选或创新,主要约束条件包括欲开发的深海油气田离岸距离、海洋环境条件、油气藏类型与产能规模,以及工程建设、油气生产与集输处理、市场销售等环节的技术装备能力,力求形成“海洋—地质—工程—市场”一体化解决方案。

以“深海一号”为例。为确保气田顺利开发,中海油建立“半潜式平台 + 水下生产系统 + 海底管道”深水油气田开发工程模式。

值得一提的是,“深海一号”周边发现的多个深水气田将得到有效开发,形成气田群,有望建成万亿大气区。同时,“深海一号”气田的开发,也使环海南岛并辐射香港、广东的海上天然气管网最终成型,可将一批海上气田串联起来。据介绍,“深海一号”气田高峰年产天然气 33.9 亿立方米、凝析油 24.7 万立方米,可满足粤港澳大湾区 1/4 的民生用气需求;而且设计开采年限超 25 年,高峰稳产期 10 年。

事实上,我国是海洋大国,以 300 米水深为界,深水海域主要分布于南海九段线内及东海冲绳海槽。王陆新指出,截至 2018 年年底,我国南海海域传统疆域内深水区油气资源探明率不足 10%,未来“前景广阔”。

“根据南海中南部资源分布和地理位置,建议重点发展海上液化天然气技术装备,以应对深远海天然气开采。”王陆新说。

高德利建议,对于深海常规天然气田,应积极试验与建立“水平井或复杂结构井浮式钻井 + 水下钻井系统 + 浮式生产、集输与浮式液化天然气处理系统 + 船运外输”的开发模式及技术支撑体系;而对于邻近浅水区的深海天然气田,则可以考虑采用大位移水平井开发模式,将“水下井口”转移到浅水区固定钻井平台,从而大幅度提高综合开发效益。

“未来,应通过持续的创新驱动,不断提升深水钻井、开采及储运一体化技术体系的先进性与安全高效应用能力。同时,应高度重视环保问题。”高德利说。

“‘十四五’能源规划在中国能源转型和高质量发展中担当着承上启下、除旧布新的角色。”国家能源局原副局长吴吟表示,“十四五”作为我国开启现代化新征程的第一个五年规划,是实现“3060”目标的重要基础期和窗口期。

日前在由北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目组、绿色发展创新中心共同主办的“‘十四五’能源规划的若干建议”研讨会上,多位专家就我国“十四五”时期如何控制化石能源消费总量、如何严控煤电项目、如何提出可实施的目标与行动方案等议题展开研讨。

北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目高级顾问杨富强表示,我国能源转型的路线可以概括为“摆脱煤炭依赖,跨越油气时代、融入新能源电气化的未来”。他建议,我国“十四五”时期碳排放强度和能耗强度分别下降 20%和 15%以上,加强对化石能源消费总量的约束,将有助于我国“十四五”时期实现碳达峰。

推动煤炭消费下降

针对“十四五”能源规划,“抑制煤炭消费反弹,推动煤炭消费下降”成为专家共识。将煤炭消费占一次能源消费比重从 2020 年的 56.8%降至 2025 年的 48%,打破煤炭主体能源地位,将极大助力“3060”目标的实现。

国家发展改革委能源研究所原所长韩文潮表示,这其中严控煤电项目和散煤治理是关键。

对此,杨富强建议,“十四五”时期,应收回地方省市煤电项目的核准权,不再核准新的商用煤电机组,实现煤电装机容量、耗煤量和电力行业碳排放量 的“三达峰”,分别为 11.5 亿千瓦、13.8 亿吨标准煤和 45 亿吨二氧化碳排放。

此外,在“十三五”时期削减散煤 2 亿吨的基础上,我国应加大散煤治理力度。“十四五”时期继续削减散煤 2.5 亿吨,助力 2030 年散煤问题得到根本解决。

在工业部门,应依次对产能过剩的行业开展新一轮供给侧结构性改革,控制产能盲目扩张和产量过快增长,实现具有国际高水平的“中国制造 2025”目标;持续降低单位产品能耗和碳排放水平,增强国际竞争力。

生态环境部环境与政策策略研究中心能源环境政策研究部副主任马昭也表示,应实施工业部门和能源生产部门的信息化、数字化,提高效率,降低排放。此外,也要控制石油消费,促进石油消费于 2025 年达峰。在交通部门,加大新能源汽车对传统燃油车的替代,将政府规定的到 2025 年新能源汽车在新车市场上占比 20%的目标提升至 27%;在化工部门提质增效,从消费和生产两端入手促进塑料的减量与替代;在其他部门,针对量大面广的柴油发动机设备,制定油耗和污染物排放标准。

合理分解指标任务

杨富强建议,应将关键能

专家热议能源转型路线

■本报记者 郑金武

源规划指标和任务分解到地方一级。

目前的初步数据分析显示,碳排放已达峰的省市有 8 个,包括北京、黑龙江、河南、湖北、吉林、青海、上海、四川等;预计 11 个省份将于“十四五”中期达峰,包括浙江、湖南、陕西、贵州、甘肃、广西、福建、云南、天津、重庆、海南;全国经济总量排名前三分位的省份(广东、江苏、山东)碳排放将于 2025 年左右达峰;另外还有 8 个省份的碳排放将于“十四五”时期实现碳达峰,包括河北、内蒙古、山西、新疆、安徽、辽宁、江西、宁夏等。

杨富强表示,为实现“3060”的碳目标,地方若积极行动,碳排放达峰会比预期计划提前。广东、江苏和山东都致力于在“十四五”时期,我国应加强技术创新,加大技术研发、示范、推广过程中的资金投入和政策支持。

国家应对气候变化战略研究和国际合作中心战略规划研究部副主任陈怡指出,应促进能源、气候、环境规划的衔接与协调,促进多维政策体系的高度融合,形成合力,共同推动中国经济社会的高质量发展;推动能源管理体制改革,增加气候变化、节能减排和生态环境保护等相关部门的管理权限和资金支持,以应对双碳目标对我国公共治理、能源体制以及能源管理提出的挑战。

杨富强也建议,应制定金融、投资和财税激励政策,将化石能源外部成本内部化,降低可再生能源的绿色溢价;加强国际合作,借鉴和吸取国际上能源转型和碳减排的经验和教训,促进包容性可持续发展。

色彩要“革命” 手机成“变色龙”

■本报记者 张双虎

“太空灰”“土豪金”“玫瑰紫”……随着技术不断进步,人们对商品颜色的追求也越来越高。

电化学沉积是目前广泛应用的金属表面着色技术。金属表面氧化层的化学性质和厚度决定了商品的颜色。由于电化学沉积的氧化层厚度在形成后相对稳定,所以商品颜色也是固定的。

近日,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件物理实验室博士研究生王朋飞在导师孙永昊特聘研究员和白海洋研究员的共同指导下,与中国科学院大学、钱学森空间技术实验室和捷克 Jan Evangelista Purkyně 大学科研人员合作,制备出一种可以在自然条件下自发改变颜色的金属材料。相关研究成果已在《合金与化合物杂志》上发表。

材料的“色彩革命”

人们对金属材料表面的电化学氧化着色技术的机理已有清楚认识,工艺也比较成熟,但该技术存在污染环境、工艺复杂和颜色耐久性差等问题。

“虽然人们在实现单一颜色的金属表面着色技术上做得比较成功,但还不能实现金属表面颜色的自发且持续改变。”孙永昊对《中国科学报》说,“想要实现金属表面的自发且持续变色,就需要金属具有自发氧化的功能,通过调节自发氧化的氧化层厚度获得不断改变的颜色。”

研究人员利用梅特勒—托利多公司生产的热重分析仪(TGA2)定量分析了钽基非晶合金及其对应的晶态合金的氧化动力学行为,准确表征了非晶合金的氧化速率。实验结果表明,具有非晶结构的金属材料在氧化上具有独特优势,能展现出高热稳定性和颜色均匀明亮的特点。

“获取高质量的表面自然氧化至少需要两个条件。一是氧化可以持续且不间断进行;二是氧化层在表面要均匀生长,避免因局部快速氧化带来的锈蚀。”王朋

飞这样告诉《中国科学报》,“钽基非晶合金作为一种新型金属材料,其独特的低玻璃化转变温度和长程无序的原子结构满足了上述两个条件的要求,因此在表面自发氧化着色方面具有巨大优势。”

研究人员选择具有低玻璃化转变温度(约 85℃)的钽基非晶合金,通过掺杂一系列稀土元素,发现该体系在室温 and 空气条件下具有自发氧化和自发变色的性质。这种合金表面的颜色均匀明亮,变色范围可覆盖可见光区,且可以在表面氧化层磨损后自行修复。

“对比纯金属和晶态合金,非晶合金具有慢氧化和高热稳定性的优势。非晶合金的颜色均匀,晶态合金则颜色斑驳。”孙永昊说,“该研究提供了一种获取自变色非晶合金的方法,不仅为氧化这一基础科学研究方向提供了新思路,也为非晶合金的应用指明了新方向。”

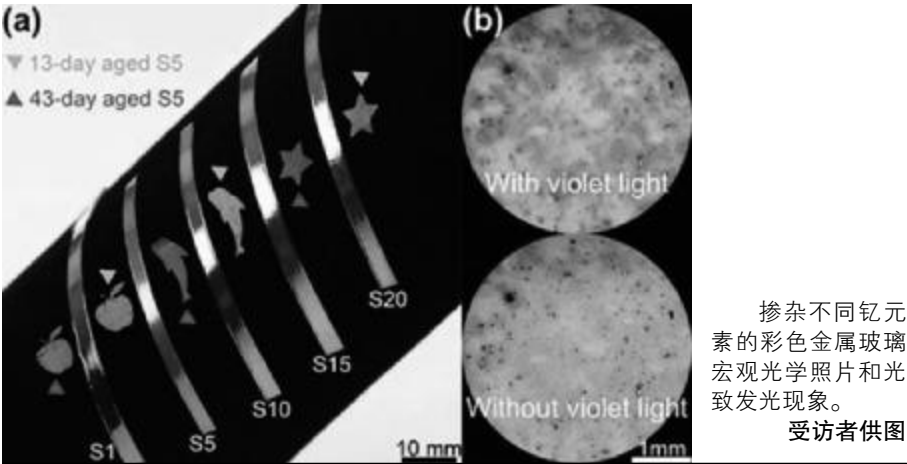
“和自由女神像一样”

“这种非晶合金的变色原理和美国纽约的自由女神像一样。”孙永昊介绍说,“人们现在看到的自由女神雕像外表呈浅绿色。实际上,它最初的颜色并非这样。”

1876 年,为纪念美国独立 100 周年,法国政府精心制作了自由女神像赠送给美国。该雕像内部由钢铁支架构成,外面包裹一层铜皮。整座雕像外皮耗费 80 吨铜。

“实际上,自由女神像最初呈棕黄色,有点金光灿灿的感觉,但随着时间的推移,铜和空气发生了氧化反应,生成了氧化铜或硫化铜之类的产物,慢慢就变成绿色了。”孙永昊说,“我们的材料变色机制和自由女神像是相同的,只不过,我们选择的合金组分和自由女神像的不同。新成分的氧化反应速度更快,让这个氧化膜‘长’得比较快,所以颜色改变就更快。”

这种非晶合金材料选用稀土元素钽作为主要组元,使该材料因稀有的化学活性而在室温下具有更高的氧化速率。



同时,非晶结构具有均匀的缺陷分布,避免了晶态合金中因缺陷局域化带来的快速氧化斑驳,让非晶合金的表面氧化层厚度均匀。

通过在钽基非晶合金中掺杂钹等其他稀土元素,研究人员加快了这种非晶合金材料在自然条件下的变色,并实现了对其变色速率的调节。

“这种材料的变色频率在开始时可以做到一周左右改变一次。”孙永昊补充说,“过一段时间后,这种材料的颜色会逐渐固定。但材料最终能固定为哪种颜色目前还不能确定。”

据介绍,该材料在经过一番变色后,最终呈现的颜色和添加的金属元素有关。“我们的实验目前进行了 400 天,有些条带稳定在金色,有些条带呈现绿色。但是 400 天后它会有什么颜色现在还不清楚。”孙永昊说,“虽然变色停止后的最终颜色目前无法预测,但我们相信材料的成分会决定最终的颜色。”

美观且实用

手机、智能手环、笔记本电脑等电子产品的彩色外壳不仅满足了人们的审美

需求,同时也提高了商品的硬度。

据介绍,这种新材料中所涉及的钽元素虽然属于稀有金属,价格却是后者中最便宜的。在生产实践中,这种金属已经广泛应用。比如,二氧化钽颗粒因为硬度合适,通常被用于汽车挡风玻璃表面的抛光;在钢铁冶炼中,人们也常使用微量的钽提高钢的清洁度。

“该材料应用于手机、个人电脑等商品的外壳还需要一个过程。除了外观需求,还需要测试其力学性能,看它在硬度和耐磨性等方面是否满足要求。”孙永昊说,“不过对于一些商标之类的需求,现在的材料是可以满足的。”

据介绍,这种氧化层的主要成分是二氧化钽。二氧化钽是一种光催化材料,在光照条件下,可以催化分解甲醛和汽车尾气里的一些有害物质。

“当然,这种二氧化钽只是金属表面的一个氧化层,效果可能没纳米颗粒好。”孙永昊补充说,“未来可以将它用作室内装饰或摆件,在室内挂一幅用这种材料制作的画,能够在带给人们审美愉悦的同时,起到净化空气的作用。”

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.160139>

资讯

河北电科院变革技术 以氮气替代温室气体

本报讯 近日,国网河北电科院技术人员完成保定产德变电站组合电器设备的带电巡检工作,对组合电器局部放电及 SF₆/N₂ 混合绝缘气体的组分、湿度进行了检测。检测数据表明设备运行情况良好。

组合电器是一种电网广泛使用的关键电力设备,使用大量的 SF₆ 作为绝缘气体。研究表明,含有少量 SF₆ 的 SF₆/N₂ 混合气体同样具有较好的绝缘性能。对此,国网河北电科院技术团队系统研究了组合电器应用

SF₆/N₂ 混合气体替代 SF₆ 气体的系列关键技术,制定了混合气体组合电器运维检修技术规范,实现了 SF₆/N₂ 混合气体在组合电器母线、隔离与接地开关等气室中的替代应用。

据介绍,随着国家电网公司加快 SF₆/N₂ 混合气体在组合电器中的推广应用,仅现有在运组合电器可减少 SF₆ 使用量 1.2 万吨,折合二氧化碳达 2.9 亿吨。此外,每年新建组合电器也可减少 1200 吨 SF₆ 使用量。

(赵广立)

西北油田“十三五”示范工程通过验收

本报讯 近日,国家科技部专项实施管理办公室通过中国石化西北油田承担的国家油气重大专项“十三五”项目“塔里木盆地碳酸盐岩油气田提高采收率关键技术示范工程”综合验收。“十三五”期间,西北油田所属塔河油田示范区实现直接经济效益 9.6 亿元。

该示范工程项目集中发展了缝洞系统结构及剩余油表征技术,实现准确识别和精准钻遇储油“溶洞”,加密完善并建产率达

91.7%。在注水增油方面,通过创建缝洞型油藏特有的空间结构井网,水驱采收率提高 1.5%。在注气增油方面,创新形成缝洞型油藏单元氮气驱替技术,注气吨油直接成本由 1400 元下降到 852 元。

在配套工艺方面,发展配套了缝洞型油藏提高采收率关键技术,靶向驱压示范推广有效率达到了 86.84%。在凝析气藏方面,完善了塔中碳酸盐岩凝析气藏提高采收率技术,气藏凝析油采收率提高 2.2 个百分点。

(赵广立)