

未来能源产业十大潜力技术

1 深地油气勘探开发技术

阅读提示

【现状与挑战】
深地油气是我国增储上产重大战略接替新领域。近年来,世界新增油气储量60%来自深部地层。我国深层、超深层油气资源量达671亿吨油当量,占全国油气资源总量的34%。面临的挑战主要是超深高温、高压、地质复杂多变,勘探开发风险大、成本高、难度大,对地质理论创新、井筒技术创新、开发技术创新和装备迭代升级提出极高要求。

【方向与潜力】
向地球深部进军是全球能源科技创新的重要方向。深地油气资源通常位于地质条件极为复杂的区域,未来亟须加强超深层油气富集机理与分布规律研究,攻克超深层油气安全高效钻完井关键技术、材料与装备,抢占全球深层超深层油气勘探开发战略高地。

2 深海油气勘探开发技术

【现状与挑战】
深海油气是全球油气增储上产重要战略接替领域,也是全球海洋经济的增长点。近年来,深海油气发现占全球油气新发现的一半以上,深海油气可采资源量约1560亿吨,占全球油气可采资源总量的15%以上。面临的挑战主要是深水复杂环境、特殊压力、海底低温、地下资源与地面工程设施协同等;装备制造、工程施工和运营维护等环节投入高、风险大,勘探开发成本居高不下。

【方向与潜力】
重点技术方向包括超深水FPSO(浮式生产储卸油装置)、深水FLNG(浮式液化天然气装置)、单点系泊系统、海底工厂、深远海保障基地等。随着我国海上能源开发进入多能协同开发新阶段,深海油气与深远海风电融合开发也将成为重要方向。

3 陆相页岩油气勘探开发技术

【现状与挑战】
我国陆相页岩油可采资源量30亿~60亿吨、陆相页岩气可采资源量21.8万亿~36.1万亿立方米,陆相页岩油气勘探开发正处于起步和局部破局阶段。面临的主要挑战是产层埋藏深、非均质性强,提产难度大,井下事故复杂和套变频发,建井周期长、建井成本高、开发风险大。

【方向与潜力】
陆相页岩油气有望实现规模效益开发,成为我国油气增储上产的重大战略接替领域。重点技术方向包括陆相页岩油气地质理论、二氧化碳和纳米提高采收率技术、水平井超级一趟钻配套技术、精准智能压裂、立体开发、绿电+原位改质等,突破这些技术将助推中国版“页岩革命”。

4 石油基高端新材料生产技术

【现状与挑战】
随着新能源等新兴产业迅猛崛起,化工新材料需求快速增长,炼化行业正从生产燃料为主向生产化工原料及高端新材料转型。石油基高端新材料主要包括部分高性能聚烯烃、工程塑料等合成树脂,以及合成橡胶、碳材料等,市场价值高,需求迫切。面临的主要挑战是我国新材料领域当前供需结构性矛盾突出,2023年我国消费约1600万吨聚烯烃产品,其中近1000万吨依赖进口;聚芳醚砜、高温聚酰胺、聚醚醚酮等自给率低于40%。

【方向与潜力】
石油基高端新材料生产技术将更加聚焦于满足新兴产业市场急需产品的品质、品类,从化工原料、催化剂和装备、绿色制造等方面开展技术攻关,使化工新材料全生命周期更加绿色环保。石油基高端新材料将是我国新兴产业发展的重要支撑,对石化行业转型提质增效、实现高质量可持续发展具有重要意义。

5 风光氢储规模化可持续利用技术

【现状与挑战】
风光氢储规模化可持续利用技术是一种集风能、光伏、电解水制氢、储氢和氢燃料电池等于一体的关键技术系统,目前正处于研究验证阶段。该技术旨在解决风能和太阳能发电的间歇性和不稳定性问题,通过将过剩的电能转化为氢气储存,以实现能源高效利用和电网稳定运行。面临的挑战包括技术成本高、系统效率优化、氢气安全储存和运输等。

【方向与潜力】
重点技术方向包括高效率电解水制氢、储氢材料和氢燃料电池等,未来有望实现可再生氢“制储输用”全链条一体化运营,对于推动风能、光伏、氢能、储能等多种能源协同发展,提升清洁能源综合利用效率,具有重大战略意义。



能源科技创新面临三大挑战

传统油气产业转型升级

- 勘探开发难度日益加大:万米深度、纳米尺度、百年跨度
- 炼油化工亟须转型升级:减油增特、减油增化、减油增材

新能源产业创新发展

- 间歇性和不稳定性突出、储能技术尚不完善、能量密度低等问题亟待解决
- 可再生能源废弃物激增,亟须提升资源回收与循环利用能力

数字化转型深入推进

- 信息“孤岛”问题
- 数据治理问题
- 工业软件“卡脖子”问题

能源科技发展趋势

●油气技术“四极”发展趋势日渐凸显

向极宏观拓展。油气勘探开发正突破传统区块尺度限制,向更大空间范围、更多能源类型、更高综合效益方向拓展。超级盆地勘探开发实现了巨型—大型油田规模化发现与效益开发,突破了传统单一区块开发模式。多矿带技术创新性地将常规油气、致密油气、页岩油气等多种能源统筹开发,降低了单位成本,提高了资源利用效率,开创了区域综合开发新模式。立体开发技术通过地质、工程、开发一体化设计,实现了多层次、多类型油气藏的协同开发,大幅提升了采收率。

向极微观深入。油气技术正突破传统物理手段局限,向分子纳米尺度的精准表征、量化评价和调控方向深入。DNA测序技术通过解析微生物DNA信息,实现了对储层温度、压力、有机质含量等特征的精确表征,为储层评价提供了分子水平新方法。油藏精细描述技术实现了纳米孔隙结构与流体运移规律的可视化表征,突破了传统表征手段局限。纳米驱油技术通过分子尺度设计与调控,显著提升采收率,引领油气开发迈入纳米调控新阶段。

向极端环境挺进。油气勘探开发正突破常规自然及地质环境限制,向深地、深海、极地等极端条件挺进。陆上油气勘探深度已突破万米大关(深地塔科1井),不断刷新温度(>200摄氏度)和压力(>230兆帕)纪录。海洋油气勘探开发不断刷新水深纪录(>3000米),向远海拓展。极地油气勘探开发攻克冰区勘探、冻土钻井、油气集输等技术难题,实现极寒环境安全高效开发。

向极综合交叉发力。油气技术正突破传统专业分工边界,向多学科交叉、全产业链协同和一体化方向发展。勘探开发一体化技术实现地质、工程、开发等多专业数据共享与协同决策,显著提升勘探成功率与开发效益。炼化一体化技术优化资源配置与产品结构,实现全流程经济效益最大化。智能化综合平台融合人工智能、大数据、物联网等新技术,构建智能油田、智能炼厂等新模式,推动油气全产业链智能升级。

●技术创新推动新能源产业向“四化”发展

多元化。能源种类多元化,开发利用多种可再生资源,如太阳能、风能、地热能等,有助于实现多能互补,提高能源供应的稳定性与可持续性。技术路径多元化,如制氢技术包括化石燃料制氢、工业副产氢、电解水制氢等,有利于因地制宜发展新能源产业。应用场景多元化,包括电力、交通、工业等,有利于满足不同领域需求,推动新能源产业快速发展。

高效化。新能源领域在设计、材料、系统集成等方面实现了创新和突破,从而使能源转换效率得到显著提升。从传统铅酸电池到如今的钙钛矿等新型电池,光电转换效率的世界纪录不断被刷新。晶硅钙钛矿叠层太阳能电池光电转换效率达34.6%,创世界纪录,海上风电机组最大单机容量达26兆瓦,全固态锂电池能量密度超过600瓦时/千克。

规模化。2024年全球新能源装机规模预计达到46.43亿千瓦,5年复合增速达8.94%。我国已具备完备的可再生能源产业链,可再生能源发电装机规模全球最大、发展速度全球最快。截至2024年10月底,可再生能源发电装机规模达到17.68亿千瓦,占我国总装机规模的55.4%。

低成本化。新能源技术快速发展、太阳能光电转化效率持续提升、新能源发电规模快速增长,推动新能源成本持续下降。2010年以来,我国陆上风电和太阳能光伏发电成本分别下降70%和90%。

内容源自《能源科技进展与展望报告(2024)》

6 碳捕集、利用与封存技术

【现状与挑战】

碳捕集、利用与封存(CCUS)技术是实现二氧化碳大规模减排的重要技术手段,目前整体处于商业化早期阶段。面临的挑战主要是碳捕集成本和能耗高、二氧化碳资源化利用途径有限、二氧化碳矿化封存速率困难调控等。

【方向与潜力】

重点技术方向包括化学链燃烧等低成本低能耗碳捕集、二氧化碳制绿色甲醇等化学利用、二氧化碳快速矿化及速率调控、地质体碳封存容量高效利用等。预计2030年前后,CCUS核心技术将取得突破性进展,有望大幅降低工业和能源生产过程中的碳排放,成为降碳“撒手锏”。

7 资源回收与循环利用技术

【现状与挑战】

随着全球可再生能源和电动汽车需求不断增长,废塑料、废轮胎、废旧电池等数量剧增,其资源化回收与循环利用对节约能源和保护环境尤为重要。废塑料化学循环利用是废塑料处理的路径之一,但存在热解油出油率低、杂质多、成本高等难点。退役动力电池的梯次利用能够解决回收处理问题,但面临如何确定简单、合适、可靠的分选条件等难题。此外,废旧轮胎、废催化剂及“三废”的资源化回收利用,都将对能源行业可持续发展形成挑战。

【方向与潜力】

化学循环处理技术有望突破废塑料材料化回收利用的发展瓶颈,彻底解决塑料污染问题。构建覆盖全面、运转高效、规范有序的退役动力电池高效循环利用体系,有望支撑新能源汽车产业绿色高质量发展。

8 基于合成生物学的先进生物制造技术

【现状与挑战】

基于合成生物学的先进生物制造技术是一种利用合成生物学原理和方法,通过设计和构建新的生物系统或重新设计现有生物系统,实现特定功能产品的生物制造技术,目前正处于从实验室研究向产业化应用过渡的阶段。该技术可提高生物制造效率和可持续性,替代传统化工合成路线,减少对化石能源的依赖。面临的挑战包括生物组件准确描述和应用、基因网络预测和构建、大规模基因网络建设和测试、生物系统精确控制和优化等。

【方向与潜力】

合成生物学将加速推动生物制造业变革,基于合成生物学的先进生物制造技术未来有望重塑医药、化工、能源等传统行业。预计未来10~20年,合成生物制造有望形成每年数万亿美元的市场规模。绿色生物制造将成为“双碳”目标约束下能源化工企业的重要技术选择。

9 能源智慧生产与利用技术

【现状与挑战】

能源智慧生产与利用技术是一种融合“智慧油气生产”与“AI智能决策的新能源利用系统”而形成的未来能源技术,目前仍处于萌芽阶段,主要通过AI决策、能源互联网、多能互补等方法,解决未来能源的智能化与绿色化利用问题。面临的挑战主要包括如何利用AI探索新能源多时间尺度功能场景下的油气开发机制、油气与新能源融合高效开发协同调配方法等。

【方向与潜力】

AI技术将推动传统油田生产管理智能化提升,并打造自动、高效的智慧油田运行模式。基于AI智能决策的能源互联网将集成分布式发电、储能、通信传感等智能电网技术,推动智慧油气田与光伏发电、油田地热供能等多种新能源场景融合高效开发,助力生产环节与新能源利用的协同耦合,实现多能互补与长效匹配。

10 可控核聚变技术

【现状与挑战】

可控核聚变技术是一种旨在实现轻原子核(如氢的同位素氘和氚)在极高温度和压力下聚合成重原子核(如氦)并释放巨大能量的过程,目前正处于实验阶段,需要解决如何安全高效地模拟太阳内部核聚变过程,以提供几乎无限的清洁能源。面临的挑战主要是燃料等离子体稳态自持运行、耐高温等离子轰击及高热负荷材料、氚自持等。

【方向与潜力】

亟须突破高温超导磁体等关键技术,提高等离子体的约束效率和稳定性,助力实现稳态自持运行加快推动工业示范。预计2050年前后可控核聚变将实现商业化应用,有望推动人类社会逐渐摆脱对化石能源的依赖,进入全新能源时代。