

# 推动煤层气产业发展，助力能源强国建设



徐凤银

安全是发展的基础，也是发展的前提。党的二十大报告提出，推进国家安全体系和能力现代化，坚决维护国家安全和稳定。国家安全是民族复兴的根基，社会稳定是国家强盛的前提。

能源强国建设是中国式现代化的核心支撑。中国作为全球最大的能源生产国与消费国，油气对外依存度居高不下，安全保障与能源转型的双重压力日益凸显。2021年中央经济工作会议首次明确提出“建设能源强国”的战略目标，2025年党的二十届四中全会将“建设能源强国”纳入“十五五”规划建议，标志着我国能源发展从“量的扩张”向“质的跃升”转型进入关键阶段。在能源强国建设进程中，绿色低碳的传统化石能源开发仍然起着不可替代的重要作用。煤层气开发具有“一举三得”的多维价值，不仅有利于煤矿安全生产、减少煤矿瓦斯事故，也有利于破减排、有效减少温室效应，更有利于优化能源结构、补充清洁能源，保障国家能源安全。

近年来，煤层气产业广大技术人员依靠科技创新，突破勘探开发深度“禁区”，促使中国深部煤层气获得了颠覆性重大突破，成为全球范围内深部煤层气水平井单井日产气量超10万方的国家，也成为深部煤层气实现真正意义上效益开发的唯一国家。深部煤层气一般是指埋藏深度大于1500米煤储层中赋存的以甲烷为主的烃类气体。经过近6年的勘探评价和开发先导示范，结果已经表明，中国深部煤层气产业完全能够成为助力经济社会绿色发展、实现“双碳”目标和保障国家能源安全的重要天然气资源。

## 创新勘探开发技术，深部煤层气开发获颠覆性突破

早在1983年，中国就开展煤层气前期评价和勘探工作。历经40余年勘探开发，人们普遍认为，中国煤层气资源丰富，但产业发展进展缓慢，效果不十分理想。主要原因是，中国煤层气地质条件复杂，理论研究进展不到位，技术创新与集成不强，主攻对象一直徘徊在浅部或中浅部，钻完井、增产改造与排采等工程技术难题一直没有得到很好地解决，勘探开发过分依赖国外相关理论与技术，等等。

党的十八大以来，煤层气行业广大技

术人员全面贯彻新发展理念，深入实施创新驱动发展战略，经过10多年来的不懈努力，对煤层气科学问题的认知和探索成果层出不穷。特别是“十三五”以来，随着国家科技重大专项“大型油气田与煤层气开发”相关项目成果的突破和实践引领，实现了煤层气理论和勘探开发技术的重大创新，勘探有利区优选、地质工程一体化甜点区优选、气藏精细描述、产能评价、提高采收率、经济评价及钻压排技术等相关研究成果越来越凸显出来，取得重大效果。

最令人鼓舞的是，从2019年开始，由煤层气开发利用国家工程研究中心和中石油煤层气有限责任公司牵头，依托“十三五”国家油气科技重大专项，锚定山西大同—吉县区块太原组8号煤层深部煤层气，开展地质工程一体化思路指导下的精细研究，在大量分析测试基础上，认定深部煤储层地质条件适合从事酸化压裂、超大规模限体积压裂等创新技术，并进行多口老井的现场试验。2020年部署吉深6-7-01先导试验水平井，实施煤储层酸化压裂技术改造，在埋深2100米的煤层获得成功，最高日产气量达10.1万方，成为中国深部煤层气获得重大突破的标志井，颠覆了长期以来深部煤层气技术上难以实现高产和效益开发的世界级难题。创新界定深部煤层气概念与内涵，提出深部煤层气具有“广覆式生烃、自生自储、毯式成藏”特征，建立“微幅褶皱、单斜与水动力耦合、断层与水动力耦合、鼻状构造”等4类成藏模式。由此带领下，陕西神木—府谷、四川、新疆等地部署的一系列深部煤层气示范井相继获得成功，彻底扭转了人们对煤层“埋深大于1000米煤层气含量低”的理论和煤层气产业“经济效益和投资回报不理想”的传统认知，促使40年来煤层气勘探开发领域一直徘徊在中浅部的理念和做法迅速转向深部。截至2025年底，全国已累计提交近6000亿方深部煤层气探明地质储量，年产量近40亿方。目前，国家能源局正在组织实施鄂尔多斯盆地东缘临兴—府谷、沁水盆地和重庆南川等地区总年产量55亿方的4个国家“深部煤层气开发示范项目”，展示了深部煤层气勘探开发的广阔前景。

在依靠理论与技术创新带动产业发展的同时，组织与管理上也发生了实质性转变，认为要实现深部煤层气规模效益开发，

必须实现技术与管理的同步创新，提出“以技术创新为核心，资源、技术、人才、政策与投资五位一体、协同创新”的战略理念。技术上由“基质酸化压裂”向“体积压裂”转变，由“压得开”向“压得碎”转变，由“多造缝”向“多造有效缝”转变，形成以“超大、超密、充分支撑体积缝网”为主要内涵的深部煤储层“极限体积压裂”技术。管理上不断解放思想、深化理论研究、聚焦科技创新，通过高强度、持续联合攻关，深部煤层气基础理论、工程技术不断创新，开发成本显著降低，真正打开了煤层气产业效益开发的新局面。长期困扰煤层气单井产量与开发效益的深度问题已不再是关键，深部更不是禁区，煤层气产业发展由此进入一个新阶段，处于发展史上最有利的时期。

## 助力实现“双碳”目标，煤层气产业发展前景广阔

“双碳”目标的提出，在战略上可以统筹中华民族伟大复兴和世界百年未有之大变局的发展环境，主动担当大国责任，推动构建人类命运共同体；其现实意义是破解国内资源环境约束，推动经济结构转型和能源革命，满足人民日益增长的美好生态环境需求，促进人与自然和谐共生。深刻领会并坚决贯彻落实“双碳”目标要求，有利于引领我国有步骤实施绿色低碳转型，加强生态文明建设，推动减污降碳协同增效，促进生态环境的改善由量变走向质变，实现高质量发展。

当前，绿色化、数智化与人工智能高质量发展已成为全球共识，能源结构正在由高碳向绿色低碳转变，化石能源清洁高效、可再生能源大规模利用，构建多元化清洁能源供应体系成为践行“双碳”目标和建设能源强国的战略需要和必由路径。我国正在加快化石能源清洁高效利用，大力发展可再生能源，能源体系将由传统的煤炭、石油、天然气等化石能源为主，逐步转变为风能、太阳能、水力资源、生物质资源、地热资源等可再生能源资源为主导、多能互补新格局。目前，已经进入实现“双碳”战略的关键期，能源工作既要保障安全，也要推进绿色转型；既要立足基本国情推动结构调整优化，增强综合保障能力，也要发挥我国负责任大国的积极作用。我们必须坚持先立后破、稳妥推进，不搞“碳冲锋”“一刀切”、运动式“减碳”，有力有序有效推进“双碳”工作。国家相继出台多

项政策，全国人民共同努力，经济社会和能源发展正在经历着一场广泛而深刻的系统变革。未来一段时间内，化石能源仍将在国家经济建设中发挥重要作用，总体呈现为煤炭减量、石油放缓，天然气和非化石能源快速增加。

据研究，与浅部或中浅部煤层气相比，深部煤层气具有许多明显特点和优势，煤层气含量是2倍，压力是2.6倍，温度是1.5倍，含气饱和度是1.4倍，渗透率低2个数量级、煤层气矿化度是20倍。呈现出煤层厚度大、热演化程度高、含气饱和度高、游离气丰富、水动力条件弱、割理裂隙发育、媒体结构完整、储层压力大等有利成藏条件，整体资源条件优越，开发条件明显优于浅部或中浅部。

从本质上说，煤层气属于优质天然气和低碳清洁能源，1方煤层气释放的热值相当于1.2千克标煤；煤层气96%以上是甲烷，而甲烷温室效应是二氧化碳的20—25倍；开发利用1方煤层气，相当于减少向大气排放20—25方二氧化碳。从这个意义上说，助力实现“双碳”目标也为煤层气产业发展提供了重要契机，而加快煤层气产业发展，完全符合实现“双碳”目标要求。“双碳”目标和保障国家能源安全为煤层气产业高质量发展提供了重要的战略机遇，深部煤层气成为我国继致密气、页岩气之后又一非常规天然气勘探开发新热点，展现出广阔的发展前景。

## 依靠科技自立自强，煤层气助力能源强国建设

党的二十大报告提出，加快实施创新驱动发展战略，加快实现高水平科技自立自强。科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。在全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标新征程中，我们党将实现高水平科技自立自强置于实现中华民族伟大复兴的战略高度，擘画出高水平科技自立自强的中国方案。

建设能源强国，是党中央面对深刻变化的国内外能源格局、着眼中华民族伟大复兴战略全局所作出的一项重大战略决策，是应对大变局、筑牢国家安全屏障的战略支点，是推动经济社会发展全面绿色转型的强大引擎，是塑造未来全球竞争新优势的关键举措。当今世界不稳定、不确定因素不断增加，全球能源供应市场波动加大、能源短缺加剧，保障国家能源安全的艰巨性和复杂性前所未有。我国天然气对外依存度持续达40%以上，唯有坚持科技自立自强，才能从根本上缓解天然气供应紧张局面，保障国家能源安全。

中国深部煤炭资源丰富，其中蕴藏的煤层气资源规模大、开发前景广阔。美国、加拿大、澳大利亚等国家在煤层气商业化开发的成功实践和全球如火如荼的页岩气革命，为中国实现深部煤层气高效开发提供了重要启示和借鉴。我国深部煤层气成功实现开发先导示范，已经被证明深部煤层气是未来重要的天然气潜在资源，对推动我国实现能源转型发展、增加清洁能源供应、优化能源结构具有极其重要的现实意义。

第四次全国油气资源评价结果表明，我国埋深小于2000米煤储层中煤层气资源量约30.05万亿方。深部煤层气获得重大突破后，进一步研究发现，仅鄂尔多斯盆地深部煤层气资源量就与全国原有30万亿方煤层气资源量相当，而全国埋深大于2000米煤层气和煤系中的非常规天然气资源量可超过70万亿—80万亿方，甚至更

多。从开发效益及安全环保等因素综合考虑，深部煤层气开发前景有望超过页岩气。与美国“页岩气革命”相比较，目前正在形成的深部煤层气勘探开发新局面被称为“深部煤层气革命”。

2021年，在分析中国煤层气产业发展现状和深部煤层气资源条件的基础上，我们提出了我国煤层气产业“10年两步走”发展目标：到2025年，实现理论与技术新突破，年产量达100亿方目标，坚定产业发展信心；到2030年，不断扩大产业规模，力争实现年产量300亿方奋斗目标，提高煤层气产业地位。第一阶段目标已经在2023年提前2年实现，第二阶段目标正在加紧落实。中国工程院院士罗平亚认为，经过几代人的不懈努力，中国煤层气年产量有望向千亿方级奋斗目标迈进。

随着进一步探索研究交叉性、系统性相关学科的理论和技术战略，在进行传统意义上煤层气勘探开发理论与技术攻关的同时，尝试开展新型煤炭与煤层气融合开发技术、煤层原位气体转化及提高采收率的技术攻关，包括煤炭地下气化(UCG)、CO<sub>2</sub>捕集、利用和封存(CCUS)，以及包括微生物、热采、微波、激光、注入N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>驱替在内的生物、物理和化学开发技术等，实现深部煤炭与煤层气资源的全方位融合开发与煤炭原位气化，煤层气前景将更为广阔。目前最为重要的是，如何进一步激励和坚定技术、投资、管理等各行各业的必胜信心，需要引起全社会对煤层气产业更为广泛的关注和重视，提出和实施合理高效的保障措施。

党的二十大报告提出，“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。”我们必须开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能新优势。当前煤层气产业发展已经站到新的历史起点，必须大力提升科技创新能力，进一步系统性开展理论与技术攻关。深部煤层气理论与开发效益突破业已证明，只有实现关键核心技术的自主可控，才能真正掌握发展主动权。新征程上，既要认识到推动深部煤层气勘探开发技术自立自强任重道远，也要充分看到目前所形成的雄厚研究基础。充分发挥国家资源和国有企业动员能力，通过新型举国体制，打好关键核心技术攻坚战，进一步取得深部煤层气开发重大技术创新成果，加强原创性、引领性科技攻关。充分发挥全国重点实验室、煤层气科技领军企业和国家产业技术工程化中心作用，坚持科技创新和制度创新“双轮驱动”，以问题为导向，以需求为牵引，大力弘扬科学家创新精神，不断激发各类人才创新活力，以高端人才队伍引领深部煤层气高水平科技自立自强。

科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。我们要清醒地看到，深部煤层气产业对国家能源转型、“双碳”目标实现和经济发展的贡献将越来越凸显，随着一些“卡脖子”技术的突破，深部丰富的优质煤层气资源将带动煤层气产业走向新的辉煌。在未来深部煤层气产业发展过程中，比历史上任何时候都更加迫切需要进一步提升理论与技术的自主创新能力，必须坚定不移走中国特色煤层气勘探开发理论技术的自主创新道路。煤层气大产业必将成为端牢能源饭碗、助力实现“双碳”目标的重要组成部分，也将从根本上为保障国家能源安全做出煤层气产业更大的贡献，展现出光明的发展前景。

(作者系中国设备管理协会石油石化分会会长、成都理工大学页岩气现代产业学院特聘院长、中国石油学会会士、教授)

## 我国科研人员提出温和条件下费托合成制低碳烯烃的新策略

本报讯 近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员孙剑和葛庆杰团队在合成气制低碳烯烃方面取得重要进展。团队提出了一种基于费托合成体系的催化新策略，实现了合成气在温和条件下向低碳烯烃的高效转化。相关成果于北京时间4月1日发表在《自然》期刊上。

费托合成是以合成气(一氧化碳和氢气)为原料，制备燃料和化学品的重要工业过程，我国能源结构具有“富煤、贫油、少气”的特点，发展以合成气为中间体的转化技术，对保障能源安全和推动化工原料多元化具有重要意义。传统费托合成制烯烃过程通常需要在300摄氏度以上、压力大于2兆帕的条件下运行，能耗和成本相对较高。此外，反应体系普遍存在转化率与低碳烯烃选择性之间的权衡关系，即随着转化率的提高，低碳烯烃选择性往往显著下降。

为解决上述问题，科研团队经研究发现，在钨—钴—锰催化体系中引入特定烷基助剂，可以构建富含表面羟基的反应界面，提升一氧化碳的活化效率。在250—260摄氏度、0.1兆帕的温和条件下，该催化体系可实现80%的一氧化碳转化率、60%的低碳烯烃选择性和超过80%的总烯烃选择性，并适用于较宽的氢碳比范围。结构表征与机理研究表明，烷基助剂能够抑制催化剂的过度还原和碳化，从源头上改善一氧化碳活化过程，为理解和调控合成气转化反应提供了新的视角。

未来，团队将围绕烷基助剂调控一氧化碳/二氧化碳催化转化体系的构筑方式、催化剂活性中心结构演化及反应过程优化等关键问题，持续推进相关基础研究与应用探索，为我国煤炭清洁高效利用和低碳化工过程发展提供有力技术支撑。(王莹 胡喆)

## 安徽宿州：推进新能源产业 促进乡村全面振兴



### 图片新闻

近年来，安徽省宿州市大力推进“新能源+新农村”互补短板模式，利用荒山荒坡，建造风电发电及光伏发电项目，挖掘资源优势，延伸产业链条，培育贫困山区的造血功能。新能源项目不仅为当地带来经济收益，还促进了能源结构优化，为乡村可持续发展提供支持。

图为4月1日拍摄的宿州市埇桥区符离镇张楼村西山清水风电场及光伏发电项目。

人民图片