



地下宝藏再扩容： 美二叠纪盆地仍有大量待开发油气资源

美国地质调查局表示，根据最新评估，两个次级页岩层石油资源规模约16亿桶、天然气约28万亿立方英尺、天然气液约8亿桶



燕燕 AI制图

●赵华

美国地质调查局(USGS)近期表示，根据最新评估，二叠纪地伍德福德(Woodford)和巴奈特(Barnet)页岩层仍有大量待开发油气资源，其中石油资源规模约16亿桶、天然气约28万亿立方英尺(约合7928.7亿立方米)、天然气液(NGL)约8亿桶。这一发现突破了美国页岩油气核心产区的开发瓶颈，或将资源重估为支点，推动全球油气供应体系、技术革新路径与能源战略博弈的深度变革。

从难采禁区到开发高地的跨越

伍德福德与巴奈特页岩层20世纪90年代就已开始小规模开采，迄今产出2600万桶石油，因地质复杂，开发门槛高，长期处于价值被低估状态。此次评估是对USGS此前二叠纪盆地页岩资源量工作的延伸，解锁了这两个次级页岩层的潜力，使其成为美国能源版图的重要组成部分。

从储层特性看，两个页岩层各有优势：伍德福德有机质含量高，最大厚度约900英尺，石英含量丰富，储层稳定性极强；巴奈特最大厚度约700英尺，成分以石英和黏土为主，是石油开采的黄金区域。

次级页岩层的价值重估本质上是技术迭代催生的资源革命。此前，伍德福德与巴奈特因埋藏深、渗透率低、储层非均质性强，被视为开采禁区——单井产量低、成本高，小规模开发难以盈利。但随着页岩油气开采技术的持续突破，尤其是水平钻井、水力压裂与数字化技术的深度融合，次级页岩层开发的经济价值或将增长。数据服务商TGS近期发布报告称，伍德福德与巴奈特页岩层是沃尔夫坎普、博斯普林主力页岩层的优质替代目标。尽管历史上被认为产能较低，但含水量低，具有经济潜力。

Diamondback能源公司2025年11月曾表示，正在进行圈定评价，初期结果令人鼓舞，预计2026年将公布更多进展，并认为这两个页岩层有望成为其资产组合中的一级资源。此外，布局这两个页岩层的运营商还包括埃克森美孚、西方石油公司、IOG资源公司等。

超长水平段钻井技术升级是关键突破。当前，针对次级页岩层的钻井水平段长度普遍突破3000米，部分先进井段达到5000米，较十年前增长两倍。更长的水平段使钻井能穿透更广阔的储层区域，油气泄流面积大幅增加，单井控制储量实现质的飞跃。与此同时，精细化分段压裂技术精准破解低渗透率难题。通过动态优化压裂液配方、砂比与泵注压力，采用体积式压裂、滑溜水压裂等工艺，将储层切割成密集的“油气通道”，让禁锢在岩石缝隙中的油气顺畅流向井筒。数据显示，新一代压裂技术可使伍德福德页岩单井初始产量较5年前提升40%，生产周期延长30%。

数字化与智能化的深度赋能，使得开发更高效精准。能源企业可通过井下传感器、无人机勘探、三维地震成像等技术，构建储层“透视系统”，实现油气富集区精准定位。AI算法深度融合开发全流程：从钻井路径规划、压裂参数设计，到生产过程监控调整，均基于实时数据智能优化，单井开发周期缩短20%~30%，人力成本与资源

浪费降低25%。此外，二叠纪盆地成熟的基础设施网络也为次级页岩层的开发提供了支撑，现有管网、处理厂可直接使用，省去了巨额基建投入，可进一步压低开发成本，凸显经济优势。

为美国能源安全增加底气

次级页岩层的储量突破对美国能源安全战略有重要意义。美国凭借二叠纪盆地等核心产区的页岩油气开发，早已实现能源自给自足，并成为油气出口国，改变了全球能源格局。但近年来核心产区开发瓶颈使得美国油气产量增长承压，伍德福德与巴奈特页岩层的发现为美国能源安全增加了底气。

从产量影响看，次级页岩层规模化开发将延缓美国页岩油产量峰值的到来。当前，二叠纪盆地日均石油产量约500万桶，占美国原油总产量的40%。随着次级页岩层的开发落地，预计到2030年，仅这两大页岩层就能为美国新增石油产量30万~50万桶/日，天然气产量15亿~20亿立方英尺/日，助力美国原油产量维持在日均1300万~1400万桶的高位。

在全球市场层面，这一发现将强化美国在国际油气贸易中的主导地位。次级页岩层的天然气储量将为美国LNG出口提供充足资源保障，助力其扩大在欧洲、亚洲等消费市场的份额。美国页岩油产量稳定增长还将形成“价格缓冲器”，在地缘政治冲突等因素导致油价剧烈波动时，新增产能释放可平抑市场波动，保障全球能源市场稳定。此外，充足的国内能源供应将提升美国制造业复苏提供成本优势，降低能源价格波动对经济的冲击，提升其全球竞争力。

次级页岩层开发的可持续之道

虽然次级页岩层开发前景广阔，但要充分释放资源价值，仍面临多重挑战。成本控制是首要难题：尽管技术进步可以带来明显的降本效应，但伍德福德与巴奈特页岩层埋藏更深、储层更复杂，单井开发成本比核心区高15%~20%。项目经济性高度依赖油价，如果国际油价长期低于65美元/桶、气价低于3.5美元/百万英热单位，部分开发项目将面临盈利压力。

水资源与环保压力也不容忽视。大规模开发将加剧区域水资源紧张，如何实现水资源高效利用与循环利用，是企业必须破解的课题。同时，全球能源转型加速，环境、社会和治理(ESG)投资标准日益严格，页岩油气开发过程中的温室气体排放、废水处理等环保问题备受关注，企业需增加环保投入，采用低碳开发技术，从而满足市场与政策的双重要求。

市场竞争与技术迭代压力将持续存在。随着更多企业的涌入，优质井位竞争将日趋激烈，可能推高土地租赁与开发成本。技术快速迭代要求企业持续投入研发领域，保持技术领先，否则将面临被淘汰的风险。

未来，次级页岩层将成为二叠纪盆地乃至美国页岩油气产业的新增长引擎。随着技术进步与开发经验的积累，开发成本有望进一步下降，资源回收率或将持续提升。预计未来5~10年，伍德福德与巴奈特页岩层将进入规模化开发阶段，成为全球油气供应的重要组成部分。对于能源企业而言，把握这一机遇，不仅意味着业务扩张与利润增长，更能在能源转型浪潮中实现传统能源与新能源的协同发展。

评论

深耕次级页岩层解锁油气“隐性储量”

美国二叠纪盆地次级页岩层的重大发现，为我国油气勘探提供了深耕非主力储层的新思路。我国页岩油气资源丰富，但主力优质区开发已面临井位紧张、产量增速放缓等瓶颈，鄂尔多斯、四川、塔里木等盆地仍有大量未充分勘探的次级页岩层。借鉴美国USGS精细化评估经验，我国能源企业应加大对非主力层系的勘探投入力度，运用三维地震成像、高精度测井等技术，精细刻画储层厚度、孔隙度等关键参数，建立科学资源模型，精准解锁“隐性储量”，拓展产业发展的核心资源边界。

技术创新是次级储层从“难采”变“可采”的核心。二叠纪盆地次级页岩层的成功开发，离不开超长水平段钻井、精细化压裂与数字化技术的深度融合。我国能源企业应聚焦深层、低渗透层

开发短板，加大关键技术研发力度，推动钻井工艺优化、压裂液配方升级，同时加速AI、大数据在储层描述、开发参数动态优化中的应用，构建“勘探—开发—生产”全流程智能化体系，通过技术迭代持续降低开发成本，提升难采资源的经济可行性。

二叠纪盆地的产业协同模式为我国优化开发生态提供了重要参考。美国页岩油气开发形成了“巨头引领+中小企业协同”的格局，可依托现有设施大幅降本。我国也应推动大型石油公司牵头开展次级储层规模化开发，鼓励中小企业聚焦细分领域深耕技术与区块。搭建跨企业技术共享平台，促进储层研究、工艺优化等协同创新，利用现有管网、处理厂等设施，减少重复建设，构建低成本、高效率的产业协同生态。

绿色开发经验对我国破解生态约束意义重大。我国页岩富集区多面临水资源短缺或生态敏感问题，我国能源企业应契合绿色低碳转型趋势，大力推广低耗水、压裂液、废水循环利用等绿色工艺，研发环保型开采技术，将ESG理念贯穿全流程。建立严格的环保监管与减排标准，强化温室气体管控与生态修复，实现资源开发与生态保护协同推进。

此外，我国能源企业还应关注长期能源战略布局，建立页岩资源动态评估机制，结合技术进步跟踪次级储层可采性变化，科学规划开发时序。将次级储层纳入能源安全储备体系，作为主力储层的重要补充，平衡短期产量与长期保障。同时统筹传统油气与新能源发展，构建多能互补的协同保障体系，为能源安全筑牢根基。(赵华)

延伸阅读

钻机数量统计不再是页岩开采“晴雨表”

通过统计钻机数量来掌握开采活跃度的老方法已不适用于新时代，或许需要“非常规”方法才能更好地衡量美国当下页岩油气勘探开发的活跃度

●卢雪梅

以水平井和水力压裂为技术支撑的美国页岩气革命至今已逾20年，增产成效显著。美国能源信息署(EIA)数据显示，2025年12月中旬，美国石油产量新增40万桶/日，全年平均日产量为1360万桶；美国在产油井中80%为水平井，原油总产量中页岩油占比达到84%，为1140万桶/日；天然气总产量中页岩气占比高达97%，为每日1110亿立方英尺(约合31.43亿立方米)。开采页岩油气不仅使美国实现了能源独立，而且从进口国摇身变为出口国，并引发其一系列多米诺骨牌效应，已经并仍在进一步改写全球能源格局。

钻机数量统计一直是业界广泛用于判断油气产量增长或下降的前瞻指标，目前全球最具权威性的钻机数量统计数据由油服公司贝克休斯1944年起提供至今。

起初，贝克休斯仅统计美国和加拿大每周的钻机数量，1975年开始每月统计国际钻机数量。北美钻机数量统计于每周最后一个工作日的中午发布。2020年2月开始，贝克休斯于每月第一个工作日的最后一日发布国际钻机数量统计数据。贝克休斯钻机数量统计是钻井行业及供应商的重要商业指标，当钻机数量处于活跃状态时，意味

着石油服务和产品大量消耗，因此可作为钻井、油气生产和加工产品需求的领先指标。

值得注意的是，过去几年，在美国油气产量攀升的同时，钻机数量却逆势下降。由于美国钻机数量变化常与油气勘探活跃度挂钩，也成为不少研究机构持续跟踪的目标。美国能源信息署数据显示，美国本土48州的钻机数量从2022年12月750座的峰值降至2025年10月的517座。产量与钻机数量的背离近来常被解读为美国页岩油气开发已近强弩之末。

美国页岩油气勘探开发成本高于常规油气勘探开发成本，引发了不少负面新闻，近年来更有变本加厉之势，如美国页岩油气开采已进入平台期，剩余“甜点”稀少导致勘探难度加大，投入过高导致预算紧张且相对于油价入不敷出、基建滞后，以及油价、设备和人工成本日益攀升等。不少业内人士因此失去信心，认为页岩油气开采已达峰值。咨询公司Novi Labs预测称，到2026年底，如不采取特别措施，美国页岩油产量将减少40万桶/日。在这种声浪下，页岩油气的开发前景成为业界的关注焦点之一。

对于钻机数量与油气产量的反向变化，有分析认为，与已钻但未完井的油井数量较高有关，但这些井占比还不足以解释

此消彼长的原因。另有分析认为，这反映了美国石油开采技术的长足进步和相应工艺的持续优化。这确有不少证据支持，如水平井分支段不断增长，现在最长可达4英里，能更广泛地波及储层；分段完井工艺被进一步改良；立体开发策略的实施和压裂过程中新溶剂的使用；通过人工智能或机器学习进一步优化流程。技术进步使得部分开发老井在开辟新探区的同时能通过老井挖潜改造获得油气产量。这些都能很好地解释钻机数量不增反降的原因。这似乎也表明，通过统计钻机数量来掌握开采活跃度的老方法已不适用于新时代，或许需要“非常规”方法才能更好地衡量美国当下页岩油气勘探开发的活跃度。

另外，虽然美国页岩油气勘探开发技术和工艺都有巨大进步，但页岩油最高采收率仅为5%~12%、页岩气为10%~25%。这意味着，如果技术进一步突破，美国油气产量增长空间依然十分可观。在降本导向的勘探开发策略下，减少钻探、挖潜老区成为主流，未来的技术攻关也将以提高采收率为主要方向，包括扩展压裂波及范围、提高流体流动系统的导流性、克服储层中流体的黏附力等。如能在这些领域取得突破，美国页岩油气非但没有“过气”，反而方兴未艾，大有可为。

(作者单位：中国石化石油勘探开发研究院)

欧盟或将放宽 可持续航空燃料规定

本报讯 道达尔能源首席执行官潘彦磊日前表示，欧盟未来可能放宽对可持续航空燃料(SAF)的强制要求。这一调整将与欧盟此前撤销2035年起禁售新燃油车的决定类似。

2025年，欧盟规定机场使用的航煤中SAF掺混比例必须达到2%，2030年升至6%，2035年进一步提高到20%。潘彦磊在世界经济论坛年会清洁能源小组会议上表示：“所有航空公司都反对6%的SAF掺混要求，欧洲的SAF规定可能重现汽车行业政策调整时的情况。”

潘彦磊透露，道达尔能源已在旗下多个炼厂生产SAF，并计划扩大产能，但由于客户对购买超过欧盟规定数量的产品持谨慎态度，公司决定搁置扩大产能的投资。目前SAF的价格是石油提炼航煤的3~4倍。(王斌)

欧盟风能和太阳能发电量 首超化石燃料发电量

本报讯 能源智库Ember近期发布报告称，2025年欧盟风能和太阳能发电量占总发电量的30%，首次超过天然气和煤炭发电量。

2025年，欧盟天然气和煤炭发电量占比为29%，比2024年的28.6%略有上升。2015年~2025年，欧盟天然气和煤炭发电量占比曾在2017年达到峰值的44.1%。2025年，欧盟太阳能发电量比2024年增长20%，达到369太瓦时。与此同时，太阳能发电量过剩导致部分地区出现创纪录的负电价现象，影响了该产业的盈利能力，并导致发电装机容量增长放缓。

欧洲输电系统运营商联盟ENTSO-E数据显示，间歇性能源发电量加剧了电网的脆弱性，2025年欧盟电网出现8645次电压骤升，而2015年仅为34次。Ember报告同时指出，2025年，欧盟风能和太阳能发电量增长有效弥补了干旱导致的水电发电量减少，风能、太阳能和核能发电量合计占欧盟总发电量的71%。

然而，2026年初，太阳能发电季节性降低和碳排放许可价格下跌，导致德国煤炭发电量大幅增加。由于这些因素的共同作用，1月德国燃煤电厂已实现盈利。(李芳君)

非洲天然气消费增长3% LNG出口下降15%

本报讯 国际能源署(IEA)近期发布一季度天然气市场报告指出，全球天然气需求2024年呈稳健增长态势，2025年增速放缓，天然气消费量约4.286亿立方米。预计2026年液化天然气(LNG)供应量将持续增加，天然气消费量也将进一步攀升，有望刷新历史纪录。值得一提的是，2025年上半年曾因天然气供应紧张导致气价上涨，但下半年美国等LNG产量增长后气价有所回落。

由于工业活动扩张，2025年非洲天然气消费量增长了3%，预计2026年将增长2.5%。但从2025年全球区域消费量来看，北美和亚洲的天然气消费量较大，非洲的天然气消费量依然较低。其中，北美为1.175万亿立方米，亚太为9820亿立方米，中东为6390亿立方米，欧洲为5220亿立方米，非洲为1750亿立方米，拉美为1540亿立方米。

此外，报告还显示，2025年非洲LNG出口量下降，但出现了新出口国。其中，尼日利亚成为非洲最大LNG出口国，刚果共和国和塞内加尔新建的浮式液化天然气(FNLG)生产设施扩大了产能，毛里塔尼亚成为新LNG出口国。此外，安哥拉、莫桑比克和尼日利亚的LNG业务规模也有所扩大。

受阿尔及利亚出口下降和埃及进口增加等因素影响，2025年非洲LNG出口量下降了15%。其中，由于国内需求增加，油田设施老化和维护等原因，阿尔及利亚2025年LNG出口量比2024年下降了18%。此外，埃及天然气产量大幅下滑，但国内需求增加，导致该国2025年LNG进口量达到125亿立方米，其中约80%来自美国。埃及还通过管道从以色列进口了84亿立方米天然气。虽然莫桑比克仍然存在治安忧虑和融资不确定性等问题，但新LNG项目预计将于2028年投产。(王斌)

