

微观世界下，看陆相页岩如何“榨油”

□ 孙龙德



上溯千年，有一位叫沈括的人称，石油必将大行于世。沈括所言，800年后成为现实——石油实现工业化发展，首次成为第一大能源，以不可或缺的角色、基础性的作用参与到工业文明，推动着19世纪以来人类文明的加速向前。

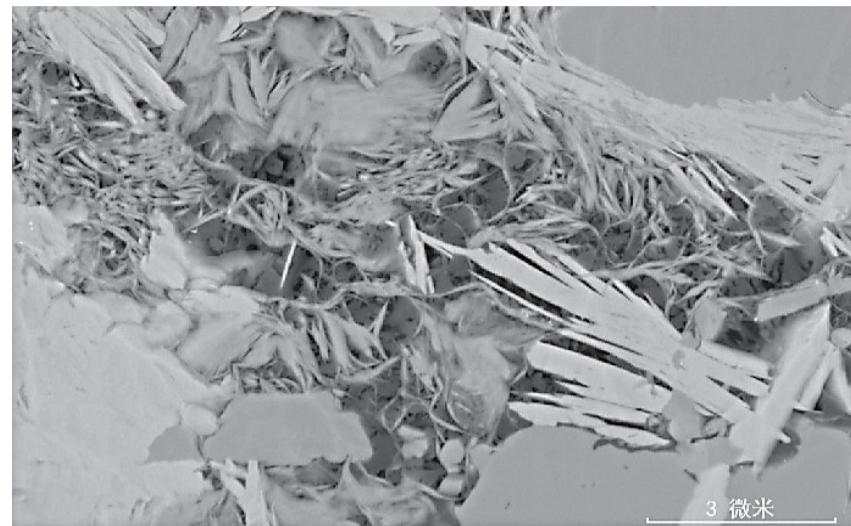
上溯百年，又有一位叫谢家荣的人称，页岩油将成为石油的替代者。谢家荣所言，80年后成为现实——美国页岩油首次超过传统石油，并由此改变世界能源的版图。

这是一场海相页岩的革命，它指的是发生在海相地质过程中的“革命”。那陆相页岩油“革命”会成功吗？回答这个问题，我们需要将目光投到太平洋的西岸——曾被判为陆相贫油的中国。这里正掀起一场以陆相为主的页岩油革命。

古龙页岩油实现从资源量到产量的突破

在这场新近的陆相页岩油革命中，位于我国东北部松辽盆地的大庆古龙页岩油堪称代表。古龙页岩油所处的盆地单元——古龙凹陷，因地处古龙镇而得名，地质层位为白垩系，究其研究历史已达百年。

与古龙页岩油相关的地质基础研究肇始于20世纪20年代。此阶段，地质学家通过野外地质调查确定了地层层位。1923年，我国培养的第一代地质学家代表谭锡畴(chóu)曾到黑龙江地区进行矿业地质调查研究，与后来者王恒升一起厘定了白垩系地层，定名了嫩江组，再后来斯行健、周志炎等对青山口组进行厘定，时间一直延续到20世纪50年代后期。自此，这些沉睡亿年的“石头”，才有了自己的名字——嫩江组和青山口组。



图为扫描电镜放大倍数为3万倍时拍摄的页岩微观照片。(作者供图)

自20世纪50年代末到70年代，随着国家石油勘探战略东移，我国在松辽盆地发现和开发了大庆油田，彻底改变了中国石油工业落后的面貌，创立了与“两弹一星”相提并论影响世界的陆相生油理论。

20世纪80年代至2010年，是以泥岩裂缝油层为目标的探索时期。在1983年至1991年期间，大庆油田建立了英12井泥岩裂缝油层试验区，先后钻探了5口井。1998年，该油田开展水平井开发的初步探索，古平1井获得低产油流。

2011年至2017年，我国在古龙凹陷页岩层系中的薄砂层发现了非常规油气藏致密油藏。2011年，结合致密油勘探理念与开发技术，我国对薄砂层进行了开发，其中齐平2水平井获得高产，4个开发实验区实现了开发，这也是非常规油气阶段的开始。

2018年，古龙页岩油实现了专业意义上的突破。采用高分辨率电镜技术，将2000米以下钻取的岩芯放在实验室电镜下观察分析，科研人员发现了页岩纳米孔中存在油气。研究发现，越往凹

陷深部，页岩含油气性越好，这颠覆了传统的认识。以此为指导，我们确定了探索井——古页油平1井，该井位于松辽盆地中央坳陷区古龙凹陷中心深部位，获得日产油30.5吨、日气产13032立方米的高产工业油气流。古页油平1井高产，标志着纯页岩型页岩油获得重要突破，展现了陆相页岩油广阔的资源前景，具有重大战略转折意义。

大庆油田从第一口发现井钻探至今，七十余载厚积薄发，从常规找砂岩油藏到非常规在源岩中找页岩油转变，古龙页岩油实现从资源量到储量再到产量的突破，终在量变的临界点实现质的飞跃。

从纳米尺度认识古龙页岩油

常规油气一般存在于毫米至微米级的地下岩层空隙缝洞中，古龙页岩油则主要存在于纳米尺度的页岩层中。认识古龙页岩油，需要我们突破常规的视觉界限，深潜至纳米的世界。

纳米技术的应用，为储层精细表征赋予了新的视角和手段。例如，通过纳米级场发射电镜、激光共聚焦、二维核

磁共振和CT扫描等表征方法，科研人员可获取页岩中纳米空间中的油气赋存方式、油水定量分布、储层三维结构展布等关键信息。石油工业由此开辟了一个全新的领域。

在古龙页岩研究中，利用分辨率0.8纳米场发射电镜，我们首次发现了页岩中新的纳米级储油孔隙——有机黏土复合孔。电镜观察发现，其内部可见大量发育的呈海绵状、网状分布的小孔隙，孔隙形态呈方形、长方形、菱形、板状等，直径为5~100纳米。页岩有机黏土复合孔隙形成演化，决定青山口组页岩随埋深增大孔隙度增加的规律，颠覆了岩石随埋深增加孔隙度减少的传统认识。

综合场发射电镜、氮气吸附、二维核磁共振和CT扫描等表征方法，研究揭示古龙页岩油孔隙直径均以纳米级为主，并发现了其规律性和特征——页岩孔隙直径随页岩埋深增加不断减小。埋藏较浅时页岩孔隙直径一般小于500纳米，埋深较大时页岩孔隙直径为8~100纳米，喉道直径一般小于10纳米。

二维核磁分析测定，纳米空间中页岩油的流动能力不同，反映纳米限域空间影响油气赋存相态。纳米限域效应导致纳米孔隙中的油气临界压力和温度降低。在地层温压条件下，小孔径中的油气呈气态或凝析态，而大孔隙中的油气为液相或气液两相，油气的可动性更好。

以上系统、创新性的研究与发现，向人们揭示了一个从未认识的纳米油气世界，为其被改造利用创造了先决条件。

陆相页岩油勘探开发理论技术难题更大、瓶颈更多，很多都属于“从0到1”的范畴。我们只有不断创新，以高水平科技自立自强创造适合中国陆相页岩油特征的地质理论，才能实现陆相页岩从生油到产油的突破，闯出一条适合中国陆相页岩油的特色技术路径，实现陆相页岩油的绿色规模效益开发。

(作者系中国工程院院士、天然气开发工程与石油地质专家)

剧本杀也可破谣言

□ 科普时报记者 张英贤

本杀可以让参与者主动阅读和学习。这也是我们认为做科普剧本杀比较有意义和创新的地方。我们希望通过这种方式，激发公众对健康知识的兴趣。”

《谣言迷宫》剧本杀讲了什么故事，故事情节是否会被各个年龄段的受众接受，这会直接影响到健康科普效果。

打开《谣言迷宫》剧本，我们可以看到企业高管、医生、未婚夫妻、父子、母女等8个设定人物，他们都因长期不良的生活习惯而病入膏肓。在弥留之际，“健康仙子”打算给他们一次自我救赎的机会，通过剧本提供的一些线索，来判断自己的病情。如果疾病被治愈，设定人物就可以获得重生。剧本中不仅有疾病和大众健康的科普知识，还涉及患者就医流程方面的知识点。

齐璐璐告诉记者，剧本里的角色覆盖不同的职业、年龄，每个人或多或少都能在这些角色中产生共鸣。

剧本将从医院走向社会

科普传播效果取决于科普的专业

性。在《谣言迷宫》剧本中，医生等专业人员在内容生产中扮演了什么角色呢？

“医生等专业人员是剧本专业性、科学性的保证。”齐璐璐告诉记者，剧本里的健康知识都来自中山医院的科普知识库。在剧本创作过程中，很多专家、医生积极参与进来，提出了诸多专业建议，让剧本的科学性得到了保障。

《谣言迷宫》剧本杀一经推出便走红。其实，为了让剧本兼具科学性和趣味性，中山医院花了一些心思。比如，《谣言迷宫》剧本打磨了一年之久，从剧情到人物设置，再到如何植入科普知识点，中山医院尝试了不同的呈现方式。该院还组织了医院的内测活动，邀请各个科室的医生体验、研讨，进一步完善和优化剧本里的科普知识点。今年3月，该剧本在结束最后一轮内测后，第一次面向公众开放。

“这个剧本是一个公益项目。未来，我们希望剧本能够逐步从医院走向社会，让更多的人有机会体验和尝试。”齐璐璐说。

25国学者研讨农业可持续发展模式

科普时报讯(记者张英贤)近日，农业模型比较与改进项目(Ag-MIP-wheat)框架下的“2024未来农业技术模型改进与比较国际论坛”在中国农业大学举行。

来自美国、德国、中国等25个国家的专家学者重点针对全球气候变暖与极端气候事件背景下，农业可持续发展等国际共性问题和需求进行了研讨，在未来模型模拟能力的强化、农业与人工智能的有机融合等方面达成共识。

会议期间，国内外专家参观了中国农业大学上庄实验站以及八达岭长城、北京民俗博物馆等基地。

本次论坛由中国农业大学资源环境学院气象系、中国未来研究会、中国致公党丰台区工委、系统模拟与软件技术实验室、气候变化对农业影响与适应高水平创新团队等联合主办。农业模型比较与改进项目自2010年成立以来，与全球千余名科学家合作取得了许多重要成果，已成为全球影响力较大的国际化农业科研与创新平台。

科普经验一线谈

“现在，所有人开始判断自己的病情，然后抓紧时间去诊室！”“失忆”的众人耳旁传来“健康仙子”的声音。在“健康仙子”指引下，众人回忆起自己的身份，以及之前所做的有害身体健康的事情。“这些人到底看了多少不靠谱的养生广告，脑袋里才能存下这么多谣言？”“健康仙子”摇头叹气……

这是复旦大学附属中山医院(简称中山医院)原创医学科普剧本杀《谣言迷宫》的故事背景设定。

科普传播上的一次创新

《谣言迷宫》剧本杀由中山医院宣传部策划，部长齐璐璐是这部剧本杀从无到有的见证者。“早在几年前，我们就关注到剧本杀这种形式。它可以让年轻人连续四五个小时甚至更长时间，拿着剧本认真阅读。”齐璐璐告诉科普时报记者，“传统意义上的科普形式是单向地输出知识点，大众被动接受；而剧