

地震成像技术进步助力深层油气勘探

20世纪20年代，Amerada石油公司与美国的卡氏地球物理研究公司（Karcher's Geophysical Research Corporation）合作，利用地震反射数据，在美国的俄克拉何马州塞米诺尔（Seminole）获得了首个埋深达4 000 ft的石油发现。为纪念地震反射勘探技术的发明人J. Clarence Karcher，国际勘探地球物理学家学会（SEG）每年评选并颁发以其命名的杰出青年奖，以奖励在地震反射勘探领域作出突出贡献的年轻学者。受其激励，一代又一代的学者接力，推动着地震反射成像技术软硬件的发展。基于不断优化的信号获取和处理技术，人类勘探深度在不断增加。1949年，全球油井平均深度为3 600 ft，到2008年时已增至6 000 ft。随着全球石油和天然气消费量的持续增长，钻探深度也随之不断加大。目前世界上最深的油井位于俄罗斯，深达49 000 ft，而不断加深的钻探反过来又对地震勘探提出了新的要求。对于石油公司而言，针对现有产层或复杂地层之下接近地球物理分辨率极限的深层目标开展勘探至关重要。如何获取优质数据、改善成像质量也随之成为当代地球物理勘探面临的主要挑战。

深层地球物理勘探针对不同的地质背景所采取的应对之策也各异。陆上深层勘探常常面临复杂的近地表地质条件，需要不断增强信噪比，才能实现深部目标的准确成像。深海勘探则需要在地震数据采集方法和算法上不断创新。海上地震勘探技术的重大进展之一是海底节点（ocean-bottom nodes）数据采集，该项技术可实现宽方位角覆盖、更高的信噪比、多分量数据采集和4D监测。20世纪90年代，业界在欧洲北海完成了第一个2D海底节点地震测量项目。2004年，具有里程碑意义的首个3D海底节点地震测量项目在墨西哥湾实施。

如今，更多尖端技术的引入，不断拓展着地震勘探的边界。海底节点和全波形反演（FWI）的结合已经广泛地应用于墨西哥湾深部构造的数据采集和解释。如何将二者有机地结合从而生成高质量的反演结果成为当前的研究趋势之一，而同时震源最优采集设计和多源地震数据分离技术则被视为解决方案。

机器学习也已成为深层地球物理勘探的得力工具，不仅能够协助开展地震数据的处理、成像和解释，还能就研究对象提出有价值的认识。分布式声波传感技术（DAS）的应用代表着垂直地震剖面（VSP）分辨率的一次重大飞跃，极大地提高了数据采集和分析的效率。在中东沙漠深处开展的双井DAS VSP walkaway资料采集和高效处理项目，成功地获得了15 m的高垂直分辨率，并展现了DAS VSP与传统VSP方法相比在成本和数据质量方面的巨大优势。此外，先进的井下测井技术也改善了地层评价质量，进一步降低了深层勘探项目中的不确定性。

硬件和设备的推陈出新，数据采集、算法开发、计算和数字技术的快速发展正不断提高海上和陆上油气勘探成功率，同时也在逐步增强人们对极具挑战性的深层油气进行高效勘探和生产的能力。

（供稿 卢雪梅）

《石油与天然气地质》来稿须知

1 《石油与天然气地质》主要以记录石油地质领域的重大科研成果、反映石油地质学科最新科技动态、促进国内外学术交流、提高石油地质研究和实践水平为办刊宗旨，是一份面向国内外公开发行的综合性学术期刊，为大 16 开、双月刊，主要栏目有“专家论坛”“油气地质”“勘探开发”“技术方法”等。

2 来稿要求

1) 欢迎作者登陆《石油与天然气地质》门户网站 (<http://ogg.pepris.com>) 进行网上投稿。文稿一律以 word 统一进行排版，页面设为 A4 幅面。

2) 来稿力求主题突出、观点明确、短小精练、简明扼要，以 10 000 字为限（包括图表所占的位置）。文稿应包含题名（限 25 字以内）、作者姓名（以 8 个为限）、作者单位（含通信地址）、中文摘要（以 300 ~ 500 字为宜）、关键词（按《汉语主题词表》和《石油化工汉语叙词表》等专业词表标引 3 ~ 8 个）、中国图书资料分类法分类号、英文摘要（含题名、作者汉语拼音名、作者单位、摘要及关键词）、第一作者简介（包括姓名、出生年份、性别、职称或学历、所从事专业或研究方向）、正文及参考文献（中、英对照）。

来稿若属省部级以上的基金资助项目，请在首页底脚处注明，并注明项目编号。

3) 文中图、表随文出现，图以 6 幅为限、彩图，要有中、英文对照的图、表名称。图中若涉及到国界，请附相应正规出版的地理底图。各图形要求符合规范（图幅尺寸为：分栏图宽度不超过 8 cm，通栏图不超过 16 cm），需提供 cdr, eps 或 ai 等格式的可编辑的图件；照片要求反差好、层次分明、彩色。文中表格一律使用三线表。

4) 文稿正文（含图表）中的物理量和计量单位应符合国家标准或国际标准。对外文字母、单位、符号的大小写、正斜体、上下角标及易混淆的字母应书写清楚。文中首次使用的符号应标明其中文含义。

5) 文稿章节编号采用三级标题。一级标题形如 1, 2, 3, ……；二级标题形如 1.1, 1.2, 1.3, ……，2.1, 2.2, 2.3, ……；三级标题形如 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, ……，2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, ……。引言或前言不排序。

6) 文中引用的参考文献应一一按序标注。未公开发表的资料可用脚注标注。参考文献序号应与其在文中出现的先后顺序一致。参考文献著录的内容应符合国家标准。

参考文献著录主要格式如下。

专 著：[序号] 著者.书名[M].版本（初版不写）.出版地：出版者，出版年：起止页码。

期 刊：[序号] 著者.篇名[J].刊名，出版年，卷次（期次）：起止页码。

论 文 集：[序号] 著者.篇名[C]//编者.论文集名.出版地：出版者，出版年：起止页码。

科技报告：[序号] 著者.题名[R].出版地：出版者，出版年：起止页码。

学位论文：[序号] 著者.题名[D].保存地点：保存单位，年份。

专利文献：[序号] 专利申请者.题名：国别，专利号[P].公告日期。

电子文献：[序号] 著者.题名[DB/OL].出版地：出版者，出版年[引用日期].获取或访问路径。

著者姓名采用姓在前、名在后的写法。姓名用汉字的著者，用全姓名，不缩写。姓名用西文的著者，姓全部大写，姓与名之间空一字符；名用缩写（首字母大写），不加缩写点。如著者不多于 3 人，则全部著录；如为 3 人以上者，只著录 3 人，后面中文加“等”、英文加“et al”。著者间加“，”，最后两者之间一律不加“和”、“and”等连词。起始页码与终止页码之间用半字线“-”连接。

3 编辑部对来稿文字、形式有修改权，若不同意，可事先声明。

4 来稿一经刊用，编辑部即自动默认论文作者自愿将其拥有的对该论文的汇编权（论文的部分或全部）、翻译权、印刷版和电子版的复制权、网络传播权和发行权转让给编辑部。编辑部将按规定付酬（稿酬含电子版与网络版），并赠送样刊 2 册。

通信地址：北京市昌平区百沙路 197 号院中国石化科学技术研究中心 7 号楼 201 室《石油与天然气地质》编辑部

邮政编码：102206

电 话：010-56607717 010-56608309

网 址：<http://ogg.pepris.com>

电子信箱：ogg.syky@sinopec.com

联 系 人：张亚雄 张玉银

《石油与天然气地质》编辑部