

seismic sedimentology

揭开地震沉积学的 神秘外衣

■ 激扬

石油天然气的勘探开发是技术密集型领域，随着勘探开发难度的提高，催生了大批新技术，尤其是边缘学科的发展与应用，融合了地震科学与沉积学的“地震沉积学”就是其中之一。一提起地震沉积学，很多人感觉十分神秘，其实不然。下面，我们不妨揭开她的神秘外衣，简单了解一下。

什么是地震沉积学

简单地讲，地震沉积学是应用地震信息研究沉积岩及其形成过程的学科，是继地震地层学、层序地层学之后的又一门新的边缘交叉学科。其研究内容、方法和技术与地震地层学、层序地层学和沉积学等其他学科都有所不同，地震沉积学最大的理论突破在于对地震同相轴穿时性的重新认识。但它是沉积学的发展而不是替代，地震沉积学研究要以地质研究为基础，在沉积学规律的指导下进行。90° 相位转换、地层切片和分频解释是地震沉积学中的三项关键技术。相位转换使地震相位具有了地层意义，可以用于高频层序地层的地震解释；地层切片是沿两个等时界面间按比例

内插出的一系列层面进行切片来研究沉积体系和沉积相平面展布的技术。基于不同频率地震资料反映地质信息的不同，采用分频解释的方法，使得地震解释结果的地质意义更加明确。

为了更好的发挥地震沉积学的优势，系统的沉积地质研究和精细的单井/剖面沉积相解释是前提，充分发挥测井曲线（尤其是声波与自然伽马曲线）的桥梁作用，井-震联合（well-seism combination）的层位划分与解释互动是关键，钻井地质信息的校验是保障，以井为骨架，靠地震展开的细分层序平面沉积相图为最终成果。

地震沉积学：千呼万唤始出来

地震沉积学讨论的是运用地震资料研究沉积岩及其形成过程的研究思路与方法，它包括地震岩石学和地震地貌学两个组成部分。地震岩石学主要依据地震属性与岩石特征之间的关系，进行储层岩性预测等研究；地震地貌学则主要依据年代地层框架模型，进行参考等时界面的拉平，从而研究区域的古地貌特征。地震沉积学研究强调地震同相轴并不一定是等时的，由于它以90° 相位转换、地层切

片和分频解释为主要研究手段，结合其他地球物理技术进行等时地层格架下的沉积微相研究。

随着地球物理技术的发展及其在石油地质研究中的广泛应用，出现了一种新的分支学科——地震沉积学，地震沉积学在国内外的地震地质综合研究中得到了广泛的应用，也取得了较好的应用效果。目前，地震沉积学的应用多是从几个关键技术的应用角度出发，比如，通过90° 相位转换技术来解决地层岩性估计问题、通过地层切片技术来解决地层的等时性分析问题、采用分频解释的方法使得地震解释结果的地质意义更加明确，因此常常将这三种技术称为地震沉积学的关键技术。

利用地震资料进行沉积研究和岩性识别在地震沉积学出现之前就已经得到了广泛的使用。早在1981年，Brown等就提出了基于三维地震水平切片进行沉积相解释的理论。中国访美学者曾洪流等1996年在《根据三维地震资料进行相成图》一文中指出，沿着或平行于追踪地震同相轴所得的层位进行沿层切片，更具有实际的地质意义和地球物理意义。1998年，它提出了“地震沉积学”这个概念。2000年Schlager指出，地震沉积学将作为沉积学的一个新兴的分支学科而发展。2001年，Posamentier提出了地震地貌学的概念。2001年，曾洪流教授连续发表了几篇关于地震沉积学的文章，从此，越来越多的人开始认识地震沉积学。2004年，曾洪流教授等提出了地震沉积学的详细定义，指出地震沉积学是用地震资料研究沉积岩及其作用的一门学科，在当前条件下体现为地震岩石学和地震地貌学的综合。2005年2月，地震沉积学国际会议在休斯敦召开，标志着这门新学科

的发展进入了一个新的阶段。2011年6月,曾洪流教授发表文章对地震沉积学进行了回顾和展望,并指出了陆相沉积盆地地震沉积学的发展方向。

适用于中国陆相断陷盆地 地震沉积学关键技术

针对陆相断陷盆地地震沉积学研究的特点,首先进行了陆相断陷盆地地震沉积学关键技术的开发,形成了相应的专利技术和自主软件产品。

到目前为止,S变换技术在地震勘探中得到了广泛的应用,但主要是用于地震信号的谱分解方面,中国的石油科技人员主要使用的有VVA软件、SpecMAN软件等,这种谱分解方法与分频技术还是有一定区别的,可以说,目前能够用于对地震信号进行分频处理的方法软件还相对缺乏。S变换分频技术相对于傅立叶变换分频技术来说,在对非平稳的信号进行分频处理时,就显得十分的灵活。

在我国陆相地层的油气勘探中,还采用了岩性估计技术。岩性估计技术通过对地震子波的精确估计,结合贝叶斯参数估计理论来进一步消除子波的影响,可以较好地识别薄层以及岩性,由于该方法充分考虑了地震数据中的相位信息,因此估计结果更加

准确可靠。该技术对于任意相位子波的地震资料都适用,因此可以作为90°相位转换的替代技术。与地震正演记录相比,90°相位转换结果并没有发生很大的改变,它只是将地震波形延迟了90°,因此对于0.1秒处的楔形体、0.5秒左右的浊积岩以及层序的边界无法有效的识别;与之相反,岩性估计方法对于楔形体、浊积岩以及层序的识别有比较好的效果。

非线性地层切片可以进行更为精细的等时分析。非线性地层切片技术是对传统的地层切片技术的一种扩展,传统的地层切片技术只是考虑了沉积速率随等时参考面的变化,比时间切片和沿层切片更加合理而且更接近于等时沉积界面,而非线性地层切片技术不仅考虑了沉积速率随等时参考面的变化,而且还考虑了等时参考面终止位置变化对地层切片的影响,因此能够更好地实现等时切片的拾取。

目前已有软件能够实现二维的非线性地层切片技术,但是由于地球物理技术水平的局限性,还无法有效的实现三维上的非线性地层切片技术,从而也使得这种方法从目前的角度来说更多的具有理论上意义。国外已有专家学者尝试如何进一步改善地层切

片方法,但是还未能在实际过程中进行有效的应用。

我国地震沉积学科科研人员将陆相断陷盆地地震沉积学关键技术应用于典型的陆相沉积东营三角洲的地震沉积学研究中,他们首先应用地震Wheeler转换技术、高分辨率时频分析技术辅助建立精细的等时地层格架;其次通过S变换分频技术提高地震资料的分辨率,最大程度上保持地震同相轴的等时性;然后应用岩性估计技术对东营三角洲地层的岩性进行估计,进而得到地层岩性体;最后对地层岩性体进行非线性地层切片分析,并辅助以地震属性分析技术,最终实现了东营三角洲的更为精细的地震沉积学分析。

地震沉积学视为与地震地层学平行的学科,主要研究用地震资料预测沉积体系中沉积岩分布和沉积作用,目前,地震沉积学在国内外的地震地质综合研究中已经得到了广泛的应用,并取得了较好的应用效果。针对我国油气区由陆相沉积地层往往具有横向上相变快、纵向上相带窄的特点,使得地震沉积学关键技术的直接套用会出现很多问题,因此需要发展适用于陆相沉积盆地的地震沉积学理论和方法。

(上接第11页)喜欢看、看得明白,就必须写得通俗易懂、引人入胜,这就是通俗性。为此,我们要在读者定位、内容定位、语言定位上下功夫。

科普读物是针对性比较强的图书,读者对象不同,其内容选取、语言表述就大不相同。面向社会高中以上文化程度人群的石油科普书籍和面向中小学文化程度的青少年

的读物,在取材与写法上有很大的不同,因此,首先要读者定位,然后站在读者的角度,换位思考,才能达到预期的效果。

在内容的定位和选取上,既要从事石油天然气基本知识出发,又要考虑读者关心和感兴趣的问题。找出两者的结合点,写出的东西才能受到读者欢迎。

在读者、内容确定之后,怎样

用科普的语言文字表述出来是一个很重要的问题,也是一部作品成败的关键。科普作者既需要有坚实的专业理论知识,也需要有非常扎实的文字功底,能用读者看得懂、喜欢看的文字语言把要普及的石油知识表述出来。通俗化、故事化、趣味化的手法,以及恰当的比喻、活泼的语言、生动的插图等都尽量加以应用。