

# 油储地球物理学的开拓和发展

杨文采\* 李幼铭\*\*

**【摘要】** 油储地球物理学是近年来出现的新的研究领域,对推动应用地球物理学的发展和石油开发有重要意义。本文讨论了该新学科分支的缘起、目标、研究内容和发展趋势,并对我国开展这方面研究的方针提出了建议。

## 一、油储地球物理的缘起和发展趋势

自本世纪20年代起,地震勘探一直是石油和天然气勘探最主要的方法之一。地震勘探的研究目标是地下构造和油气圈闭,到80年代已发展成为一种高技术的产业部门。然而,80年代中期世界油价暴跌到最低点,迫使西方油气勘探投资大幅度削减,同时又对提高现有的油田的采收率提出迫切的要求,油储地球物理研究就是在这种形势下迅速发展起来的。

准确的储量计算、开发方案的设计和开采过程中储层的监测乃是提高采收率的关键环节。在勘探见油之后,油气储量计算是指导油田开发的基础,而正确地设计开发方案乃是提高油藏开采能力的关键。在油藏工程中,计算机动态模拟可以用于油田开发方案的选择,以决定在何时何地使用何种合理的采油手段。然而,油藏开发的计算机模拟要求输入准确的油储参数,如孔隙度、饱和度及渗透率的空间分布的信息。在强化采油的过程中,油储内部的状态参数及流体成分都随时间和空间不断发生变化,必须不断监测这些参数的变化,及时修改开发方案,才能保证油田高产稳产。目前,地球物理方法乃是研究井孔之间储层参数的分布及其变化的一种重要的手段。

根据石油工业发展的这一新要求,油储地球物理学这一新的研究领域便在80年代中期以后逐渐发展起来。1988年8月,美国勘探地球物理协会(SEG)和欧洲勘探地球物理学家协会(EAEG)联合资助召开了第一次油储地球物理研讨会,宣告了油储地球物理学已成为从地震勘探中脱颖而出的一门新分支。油储地球物理学的研究目标是油气储集层而不是圈闭,它的主要应用对象是油藏工程,这决定了该学科是研究地球内部精细结构的新的学术分支,是应用地球物理学发展的新的层次,其意义将不限于石油开发,而将为解决地球科学中许多疑难问题产生深远影响。

油储地球物理学的缘起虽然仅有几年时间,但已经取得了相当大的进展。它集中了以往地球内部地球物理探测的精华,在仪器设备、方法理论和现场试验等各方面都取得了令人瞩目

\* 地矿部北京计算中心高级工程师

\*\* 中国科学院地球物理研究所副研究员

的成果。可以预测,在本世纪的最后10年,一个完整的油储地球物理学理论体系将逐渐建立,探测设备和方法技术将逐渐配套并商业化。而且,应用油储地球物理方法将使砂岩型储层的采收率提高5%左右。

## 二、研究领域和发展现状

目前,研究油储的主要地球物理方法有:(1)高分辨率的三维和四维反射地震;(2)基于向量地震波特性的多分量地震;(3)跨孔和环孔的地震层析成像;(4)跨孔电磁波层析成像;(5)综合地球物理测井。虽然这些方法大多数是从勘探阶段的相应方法发展起来的,但是由于研究目标和服务对象不同,研究的内容也是不同的。

为了描述储集层的孔隙率、渗透率,必须首先应用岩石物理学方法研究地层的各种地震参数(如波速、品质因数、各向异性系数等)和电磁参数(电导率、介电系数和吸收系数等)与油储参数及温度和孔隙压力的关系。目前西方对孔隙型油储已找到一些规律,对裂隙型油储参数与地震各向异性关系的研究正在加紧研究之中。

由于储集层的厚度一般远小于地面激发的地震波的波长,高分辨率的地震采集和处理乃是油储地球物理研究的重要关键。发展新地震采集方法和处理系统,突破 $1/4$ 主波长的垂直分辨率极限乃是90年代攻关的重点之一。

多种储层地震参数信息的取得是了解储层各种性质的关键,为此必须进行非均匀各向异性和非完全弹性介质中向量地震波传播的研究,并据此发展向量波场的采集和处理系统。目前,西方国家在这方面的研究已走向高潮,并在1989年8月召开了向量地震波处理的研讨会,预计经过5年左右的研究可以在油藏开发方面取得明显效益。

在西方国家,单分量跨孔地震和电磁层析成像技术已经比较成熟,并在埋藏浅的油储上进行了现场试验,估计在近年内即可用于生产。在多分量跨孔地震层析成像研究中,井中定向震源正在研制之中,近年内可望有所突破。三分量发射和三分量接收的钻孔层析成像系统是研究储层的最理想方式,估计在90年代中期可能见到现场试验的结果。

把地震信号转化为地层物理参数的空间分布图件,其核心是地震波动方程的反演理论和计算机地震层析成像技术的结合。在80年代的中后期,这一理论领域发展很快,为油储描述提供了有力的基础,结合非均匀各向异性及非完全弹性介质中地震波理论的研究,它的发展将促进油储地球物理学理论体系的建立。

虽然油田地球物理测井已经比较成熟,但是油储描述对它提出了更高的要求。近年来,地球化学测井等新的测井方法不断涌现,测井和地震等其它地球物理资料的匹配和综合反演已成为油储描述的主要手段。

综上所述,油储描述和动态监测要求进行跨学科和高层次的定向基础研究,开拓和建立油储地球物理的理论体系和方法技术,以便从地球汲取更多的能源为人类社会造福。

## 三、研究方针和建议

油储地球物理学的研究在我国尚未系统地开展。对于这一在学术上有重大推动作用,同

时对国民经济发展又有重要价值的应用基础研究项目,应不失时机地抓紧开展,并力争取得国际先进水平的研究成果。

在我国开展油储地球物理学研究有许多有利条件,首先,在社会主义制度的基础上,我国的国家自然科学基金委员会和工业、产业部门有共同的目标和利益,易于出现联合资助的局面,以弥补科研资金不足。其次,我国的科学家有高度的觉悟和良好的素质,在地球物理反演和地震层析成像方面已有坚实的理论基础和科研经验,取得了一批国际水平的理论研究成果。只要以自愿和跨部门的方式把他们组织起来,不难形成第一流的研究队伍,促进这一跨学科的研究领域的迅速发展。最后,也是最重要的方面之一是,我国石油工业的科学技术水平在改革开放的10年中发生了巨大的进步,也为进一步开展油储地球物理学研究提供了现实可能性。

开展油储地球物理学的研究,首先要注意结合我国油气田的地质地球物理条件。与西方和中东国家不同,我国目前的大多数主力油田,是陆相成因的所谓薄互层油藏。由于这类油储单层厚度多为几米,横向变化极不稳定,储层的描述极其困难。因此,我国陆相薄互层油储地球物理描述的研究触及应用科学技术的尖端,必须综合各种科学技术的最新成果,发展新的学术思想和理论方法。

由于油储地球物理研究的定向性,采取“政府(科学基金会)主导、产学结合,共同攻关”的方针是有利的。这样做不仅可以克服资金和数据采集方面的困难,而且使学术研究和生产实际两方面都得到促进。

在科研管理方面,要鼓励实行科学基金会领导下的科学家(包括产业部门技术领导)自行组织管理和资助部门行政领导共同监督的方针,充分发挥各种类型的科技人员的专长,开展国际合作,保证研究工作的高水平和尽快取得效益。

在研究路线上,要采取多层次分梯队的策略,同时开展有近期效益的技术方法和有长远潜力的理论基础研究,把学术上的进展源源不断的转化为生产力。

在解决油储描述和动态监测问题的研究过程中,理论上的创新和关键问题的解决固然非常重要,辅助性的技术和仪器设备的改进也是必不可少的。必须及早注意到新方法技术的开拓和原有技术的改进两个方面,规划和发展油储研究的系列和系统组合,才能使研究成果尽快转化为生产力,为解决能源工业的急需做出贡献。

## EXPLORING AND DEVELOPMENT OF RESERVOIR GEOPHYSICS

Yang Wencai and Li Youming

(Beijing Computer Center, The Ministry of Geology and Mineral Research)

### Abstract

Reservoir geophysics is a very significant research area newly developed in geophysics with applications mainly in petroleum production. This paper discusses its origination, objectives, research contents and progress trends, together with some guide lines proposed for carrying out the research project of reservoir geophysics in China.