



波现象与智能反演成像研究组



勘探地震学面临的挑战和应对措施

报告人：王华忠

波现象与智能反演成像研究组 (WPI)

同济大学海洋与地球科学学院，上海

2023年03月02日

目录

- ◆ **一、概述**
 - ◆ **二、勘探地震学面对的新挑战**
 - ◆ **三、导引出的新问题**
 - ◆ **四、可能的应对措施及可以研究的问题**
 - ◆ **五、总结与讨论**
- 

◆一、概述

◆油气地震勘探最终目的：

◆精确地描述油气藏，进行准确的含油气性分析，做出最佳的钻井决策，得到最高的油气勘探效益。

◆油气地震勘探核心问题：

◆由叠前地震数据及其它相关的先验信息，进行宽波数带的弹性参数估计（或称广义的高精度地震波成像），与岩石物理知识结合，进行精确的油气藏描述和准确的含油气性评价。

◆一、概述

◆宽波数带的弹性参数估计问题：

- ◆基于叠前地震数据和待估计参数的先验信息，基于地震波理论和波动方程（及其各种简化形式），基于Bayes参数估计理论，一个信息不足情形下的（强）非线性反问题（系统参数反演问题）。

◆油藏描述问题：

- ◆宽波数带的弹性参数估计+井数据+油气地质学+岩石物理学  油藏描述+含油气性评价
- ◆一个基于信息综合的最佳决策问题。

◆一、概述

- ◆勘探地震学作为一个学科，一定会沿着自身的发展方向不断地深化下去。
- ◆但是，新能源的出现把勘探地震学的发展舞台（油气工业）逐渐地拆解了，尽管这个拆解过程还需要一定的时间。
 - ◆譬如本世纪末彻底拆解掉？
 - ◆没有宽广应用场景的应用学科不可能再有辉煌的时刻。

◆一、概述

- ◆事实上，不仅仅是勘探地震学，很多应用学科都存在发展转型的问题，譬如土木工程。社会不断发展，旧的应用场景在转变或消失，新的应用场景在出现。
- ◆对应的服务于新场景的应用学科会出现。譬如与互联网、网路安全、云计算等等相关的新的应用学科。
- ◆问题是人人都要不断地调整自己的认知、调整自己的知识结构、调整自己的能力体系，以适应这种变化。

目录

- ◆一、概述
 - ◆二、勘探地震学面对的新挑战
 - ◆三、导引出的新问题
 - ◆四、可能的应对措施及可以研究的问题
 - ◆五、总结与讨论
- 

◆二、勘探地震学面对的新挑战

◆我认为：勘探地震学面对的根本挑战就是新能源的出现把勘探地震学的发展舞台（油气工业）逐渐地拆解所导致的。

- ◆这种根本挑战逼迫研究人员关注：碳捕捉和碳封存问题、地震灾害问题、星球地震勘探问题、医学人体勘探问题、军事声探测问题、近地表工程问题等等。这种根本挑战逼迫研究人员拓展新的研究疆域。
- ◆但这些研究问题相对地比较零散、应用舞台比较小。
- ◆大部分人都希望在自己熟知的环境中生长和发展，但是，这个环境逐渐地会变化、消失。

◆二、勘探地震学面对的新挑战

◆其他的新挑战可以认为是：**当前勘探地震学面对的应用场景或领域的拓展引起的。**

- ◆**新应用场景或领域包括：复杂地表、复杂构造、复杂储层（复杂岩性）、非常规油气、深层（包括深水）。**
- ◆**这些新挑战逼迫研究人员深化、提升、完善原有的理论、方法与技术。**
- ◆**我认为：当前或今后较长一段时间（譬如2050年前），勘探地震学的核心工作还是会集中在这些方面。**
 - ◆**SEG年会改名为IMAGE，但绝大部分的论文依然围绕油气勘探中遇到的问题。可以看出，一个学科彻底改变自己的服务对象是非常不容易的、很艰难的过程。**

目录

- ◆一、概述
 - ◆二、勘探地震学面对的新挑战
 - ◆三、导引出的新问题
 - ◆四、可能的应对措施及可以研究的问题
 - ◆五、总结与讨论
- 

◆三、导引出的新问题

- ◆我不打算分析根本挑战导引出的新问题。因为我觉得这个根本挑战还没有到马上应对的时间点。
- ◆碳捕捉和碳封存问题、地震灾害问题、星球地震勘探问题、医学人体勘探问题、军事声探测问题、近地表工程问题等等领域中值得研究的问题的罗列需要花大量时间调研。最近，我没有时间，也没有动力做这件事。

◆三、导引出的新问题

◆新应用场景或领域，包括：复杂地表、复杂构造、复杂储层（复杂岩性）、非常规、深层（包括深水），导引出的新问题是当前必须要应对的。

◆抽象地总结后，我认为导引出的新问题具备如下的特征：

- ◆研究对象尺度越来越小，期望成像分辨率越来越高；
- ◆越来越不清楚正问题是否真的能预测实际观测结果；
- ◆波场特征越来越复杂，叠前数据（包括成像道集）中同相轴的稀疏性越来越弱；
- ◆声介质假设越来越偏离实际复杂介质情况；
- ◆叠前数据体远不能满足深层超深层高精度成像需求；
- ◆.....

目录

- ◆ 一、概述
 - ◆ 二、勘探地震学面对的新挑战
 - ◆ 三、导引出的新问题
 - ◆ 四、可能的应对措施及可以研究的问题
 - ◆ 五、总结与讨论
- 

◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆根据新问题具备如下的特征，我们可以归纳出新问题的本质：

- ◆1、新问题的核心目标依然是对地下介质的参数估计；
- ◆2、参数估计的高精度或高分辨率或小尺度或宽频带使得问题的非线性性更强。
 - ◆估计细尺度或高波数参数扰动显然是更非线性的参数估计问题。
- ◆3、叠前地震数据提供的信息越来越不满足高分辨率或小尺度或宽频带参数估计的要求。
 - ◆信息来源、信息可靠性评估、信息提取、信息量化表达、信息融合、多信息约束下非线性反演成为解决新问题时必须具有的思想逻辑。
- ◆4、参数估计结果的量化要求越来越迫切。
 - ◆数学上，参数估计量化看起来是必然的。但是，正问题的误差和实际数据振幅值的复杂影响使得实际地震波反演成像结果很难达到量化。

◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆根据新问题具备如下的特征，我们可以归纳出新问题的本质：

◆5、粗框架下的地震波成像问题的研究逐渐过去了。

◆线性化反演成像理论框架已经很成熟了。

◆但是，复杂的具体问题依然没有解决。

◆解决具体的、实际的问题，比在既定框架下开展规范式的研究困难得多。

◆解决具体的、实际的问题没有固定范式，必须自己构建方案，并选择可行的方法。

◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆值得开展的研究议题：

◆一、问题层次的研究议题

◆1、复杂近地表（包括复杂海水体）引起的问题

- ◆复杂近地表波现象分析与认识，包括数值模拟
- ◆复杂近地表波现象的剥离或噪音压制
- ◆复杂水体波现象分析与认识，包括数值模拟
- ◆复杂水体波现象的剥离或噪音压制

◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆值得开展的研究议题：

◆一、问题层次的研究议题

◆2、复杂构造建模问题

- ◆地质构造框架的自动识别、特征反射波层析成像及在复杂构造建模中的应用
- ◆基于地质知识、成像剖面 and 测井信息的地震相/岩相表达及在复杂构造建模中的应用

◆3、定量的高波数参数扰动量估计问题

- ◆笛卡尔坐标系与角度坐标系中波场表达及角度道集成像
- ◆基于ML算法的最佳照明优选
- ◆FWI_Imaging的具体实现（迭代LS_RTM中的梯度处理）
- ◆震源子波对高波数参数扰动量定量估计结果的影响



◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆值得开展的研究议题：

◆一、问题层次的研究议题

◆4、多次波存在时的非线性地震波成像问题

- ◆ 水体模型的层析成像估计与建立
- ◆ 水体模型驱动的水体相关多次波压制
- ◆ 考虑近海底介质影响的水体相关多次波压制
- ◆ 存在稀疏的特征反射层的多次波成像
- ◆ 一般意义下层间多次波成像

◆四、可能的应对措施及可以研究的问题

◆值得开展的研究议题：

◆二、算法层次的研究议题

◆1、强噪声弱同相轴情形下信号预测问题

◆各种各样的算法(张量分解、字典学习等等), 应用于初至识别、去噪、数据规则化等等问题中

◆2、多约束非线性优化数值求解方法

◆投影算子方法: Split-Bregman算法、LASSO算法

◆ADMM算法

◆3、无监督学习算法及在图像识别中的应用

◆SOM

◆无监督分类算法

◆R_PCA/CCA/ICA

◆LLE, ISOMAP

目录

- ◆一、概述
 - ◆二、勘探地震学面对的新挑战
 - ◆三、导引出的新问题
 - ◆四、可能的应对措施及可以研究的问题
 - ◆五、总结与讨论
- 

◆五、总结与讨论

- ◆世界在变化、应用场景在变化、勘探地震学研究对象在变，要解决的重点问题在变。
- ◆适应变化是必须的。
- ◆总体知识框架及内涵并没有太多的变化。只有扎实的知识基础和应变能力才是以不变应万变的法宝。
- ◆ChatGPT的出现就惊出人一身冷汗。更凸显了获取扎实的知识基础和应变能力的重要性。
- ◆培养出成心智成熟的、独挡一面的研究人员是WPI的真正目标。



谢谢
欢迎批评指正