

三维大地电磁反演系统及验证示例

张昆¹⁾, 严加永¹⁾, 汪杰²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 东华理工大学, 南昌, 330013

大地电磁测深 (MT) 通过测量地表正交的天然电磁场分量达到研究地壳及地幔电性结构的目的, 其数据处理和反演技术自 20 世纪末得到了长足发展。

静位移效应是 MT 中常出现的数据畸变现象, 严重影响了数据处理精度。静位移通常被认为是二维或三维不均匀体边界处二次电场产生的累积电荷的产生的现象。目前, 静位移校正方法主要为以下 5 类: 空间滤波法、阻抗张量分解法、综合资料解释法、独立测量校正法和相位改正方法。但这 5 类方法均基于一维或二维 MT 理论和假设, 各有优缺点, 且不能实现完全校正。

反演是 MT 资料解释的重要环节, 目前, 三维反演已经成为国内外研究的重点, 并且发表了一系列三维反演算法, 包括: 快速松弛法、共轭梯度法、贝叶斯法和非线性共轭梯度法 (NLCG) 等。但计算效率却成为反演算法的首要制约因素。

因此, 基于前人在静位移校正和三维反演等方面的成果, 我们提出了一种新的校正方法、改进了 NLCG 算法, 并将其结合起来建立了一套三维 MT 反演系统, 最后通过典型油气构造理论模型验证系统的性能。

1 静位移校正及验证

本系统的静位移校正方法基于三维 MT 理论和实测数据, 通过视电阻率和相位参数定量分析判断是否存在静位移, 并基于反演实现完全静校正。该方法为自动处理技术, 避免了人为影响因素, 降低了工作成本。理论验证示例如图 1 所示。

图 1a-e 依次为正常模型、静位移模型、正常反

演模型、畸变 (静位移) 反演模型和静校正反演模型。可见畸变反演模型与正常反演模型差异很大, 出现假异常, 而静校正反演模型与正常结果基本一致, 对异常体的反应较准确。

2 三维反演及储油模型验证示例

本系统的三维反演基于 Newman & Alumbaugh (2000) 和 Rodi & Mackie (2001) 在 NLCG 方法上的研究成果, 改进了算法, 添加了基于频点的并行结构, 减少了内存需求, 增加了地形要素。改进后的算法能够在普通 PC 上完美运行, 而不需大型服务器的硬件要求。验证示例如图 2 所示。

图 2a-d 依次为三维储油模型、二维模型切片、三维 MT 反演模型和波形模拟模型。储油构造模型包含 5 层电性结构: 页岩 (1)、灰岩 (2)、气层 (3)、油层 (4)、水层 (5) 以及深部灰岩背景。可见, 三维反演结果对理论模型的还原度很高, 具有较高的精度, 并且能够弥补地震波形结果在多次波以及同向轴断裂上的不足。因此, 三维 MT 是有效的油气探测方法之一。

3 结论

本文构建了一个包括大地电磁场数据处理 (静位移校正) 和三维反演解释的综合系统, 该系统能够在普通 PC 上完美运行, 基本没有硬件要求, 具有很高的计算效率。通过二维和三维模型示例验证了系统的正确性和有效性。此外, 验证结果显示, 三维 MT 是一种有效的油气探测方法。

注: 本文由中央级公益性行业专项资助 (编号 K1318)。

收稿日期: 2015-01-28; 改回日期: 2015-03-03; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 张昆, 男, 1983 年生。博士, 助理研究员, 地球物理专业。Email: zhangkun1010@163.com。

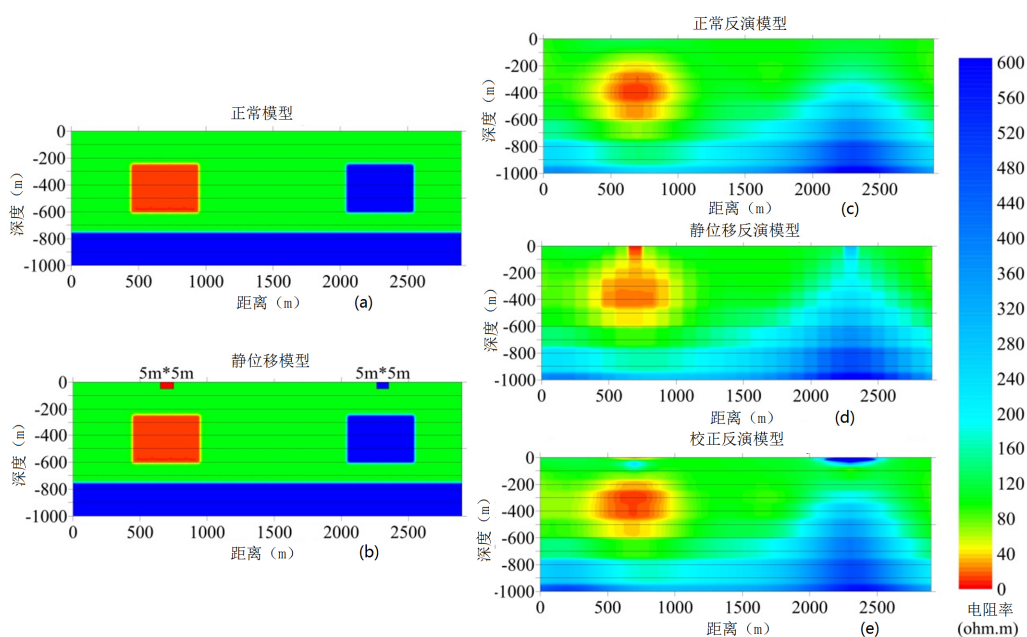


图 1 静位移校正验证示例

a—正常模型；b—静位移（不均匀体）模型；c—正常反演模型；d—畸变反演模型；e—校正反演模型

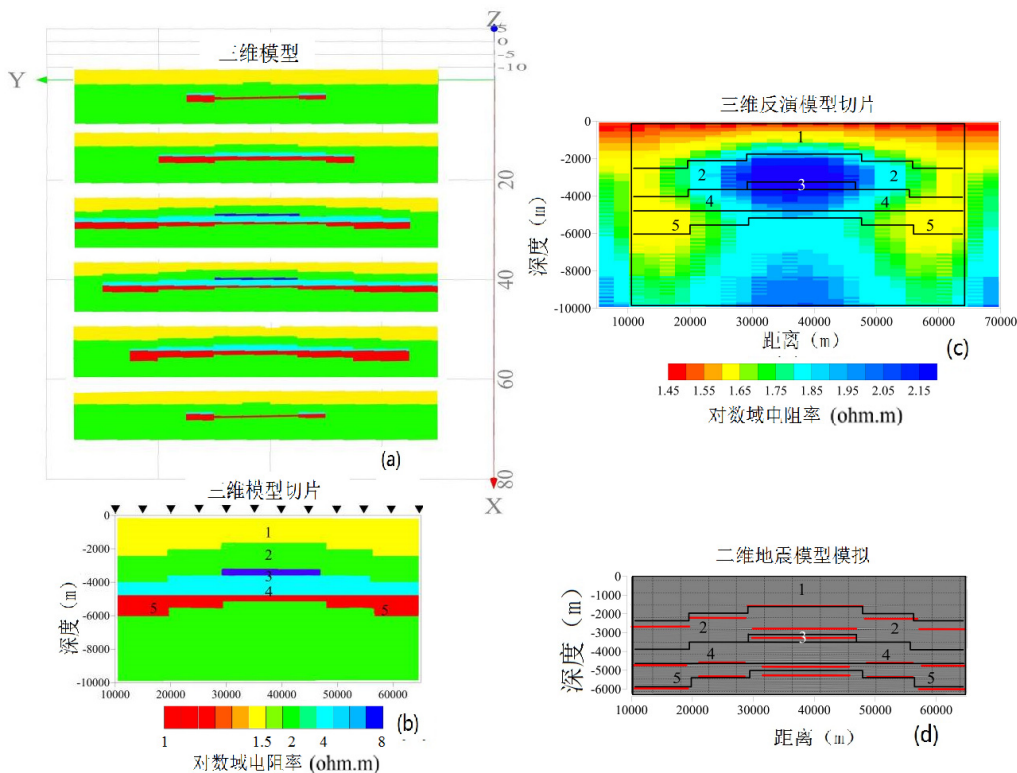


图 2 三维反演储油模型验证示例 (Zhang et al., 2014)

a—三维模型；b—三维模型切片；c—三维反演模型切片；d—二维地震模拟模型

致谢： 本文由中央级公益性行业专项“大地电磁场静位移现象理论及校正方法研究 (K1318)”提供资助。此外，感谢项目组成员及单位领导和同事给予的帮助和支持。

参 考 文 献 / References

Zhang K, Wei W B, Lu Q T, Dong H, Li Y Q. 2014. Theoretical assessment of 3-D magnetotelluric method for oil and gas exploration: Synthetic examples. *Journal of Applied Geophysics*, 106: 23~36.