

水平层状介质航空电磁响应数值模拟精度分析

西永在

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊, 065000

时间域航空电磁法 (Airborne Time-domain Electromagnetic, 简称ATEM) 具有高效、探测深度大、探测精度高等技术特点, 并且能在地面电磁法难以进入的山区、丛林、湖泊等地区开展工作, 是我国急需的快速高效的大深度矿产勘查装备技术。朴华荣^[1]等用傅里叶变换由频率域公式导出时间域响应公式, 对均匀大地的时间域电磁响应特征进行了分析; J. O. Barongo^[2]利用频率域的计算结果转换到时间域, 研究了航空瞬变电磁法一维正演问题, 分析了均匀半空间及薄层的响应特征; 罗延钟等^[3]推导了层状介质航空瞬变电磁的一维正演计算公式, 并说明其探测能力和探测条件。时间域固定翼航空电磁系统可以简化为偶极-偶极装置, 因此本文针对偶极-偶极装置模型, 对逆拉氏变换 (G-S变换) 和汉克尔变换的计算精度进行了详细分析, 保证了计算水平均匀层状介质条件下, 航空瞬变电磁法的一维正演问题时的计算精度。

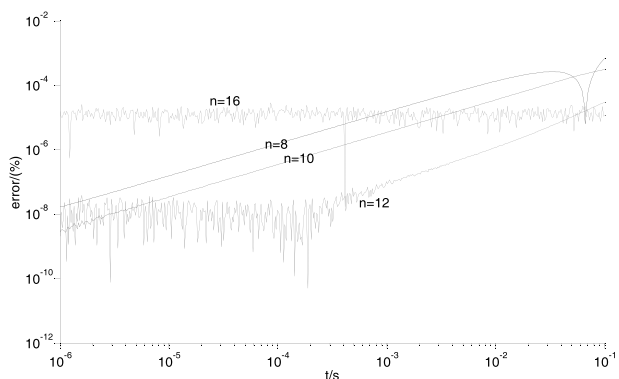


图 1 G-S 变换中 n 取不同值的误差比较 ($F(s) = 1/(1+s)$)

对 G-S 变换中 n 的取值进行了讨论验证, 当 n 的取值越大时, 解的稳定性越好, 应用的计算空间越广, 但是与解析解的误差也会越大, 因此选取 n=12 或 16 时, 能更好的保证逆拉氏变换的精度, 如图 1 所示。

采用的是Guptasarma和Singh^[7]提出的汉克尔变换系数, 对汉克尔变换系数的计算精度进行了验

证, 解析解的值较大时, 相对误差精度在 10^{-6} 数量级以下, 在理论解析值较小并且自变量也较小时, 相对误差精度也能达到 10^{-4} 数量级, 该系数适用性较好。如图 2 所示, 图中蓝色线表示解析解、红色星号线表示滤波解、黑色线为相对误差。

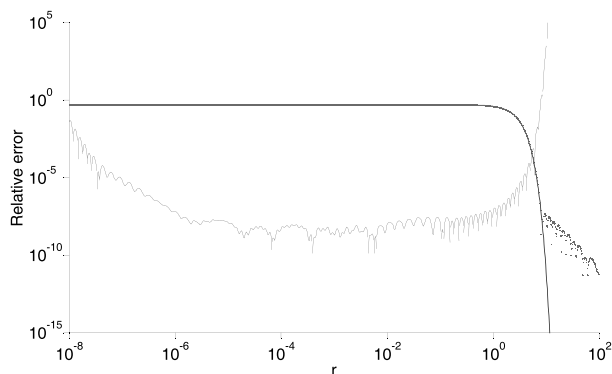


图 2 零阶贝塞尔函数求解相对误差 (120 点,

$$f(r) = \int_0^{\infty} (\lambda e^{-\lambda^2}) J_0(r\lambda) d\lambda$$

参 考 文 献 / References

- [1] 朴华荣,沙树琴,王延良.均匀大地上空的时间域电磁响应[J].地球物理学报,1980,23(2):207-218.
- [2] J. O. Barongo. Selection of an appropriate model for the interpretation of time-domain airborne electromagnetic data for geological mapping[J]. Exploration Geophysics, 1998, 29: 107-110.
- [3] 罗延钟,张胜业,王卫平.时间域航空电磁法一维正演研究[J].地球物理学报,2003,46(5):719-724.
- [4] Knight J H, Raich A P. Transient electro-magnetic calculations using the Gaver-Stehfest inverse Laplace transform method[J]. Geophysics, 1982, 47(1):47-50.
- [5] 昌彦君,张桂青.电磁场从频率域转换到时间域的几种算法比较[J].物探化探计算技术, 1995, 17(3): 25-29.
- [6] Bill Wooden, Mehdi Azari, Mohamed Soliman. Well test analysis benefits from new method of Laplace space inversion[J]. Oil&Gas Journal, 1992: 108-110.
- [7] D.Guptasarma, B. Singh. New digital linear filters for Hankel J_0 and J_1 transforms[J]. Geophysical Prospecting, 1997,45:745-762.