

# 基于多尺度边缘的重力异常分离方法

汪海洪<sup>1, 2</sup> 宁津生<sup>1, 2</sup> 罗志才<sup>1, 2</sup> 罗 佳<sup>1, 2</sup>

(1 武汉大学测绘学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(2 武汉大学地球空间环境与大地测量教育部重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**利用多尺度边缘分析理论,对重力异常的小波多重分解法作了改进,提出了基于多尺度边缘的重力异常分离方法。实验表明,改进方法除保留了多重分解法的优点外,还能够同时实现异常的纵向和横向分离,而且可以根据每个场源对应的多尺度边缘的分布情况确定小波分解的阶数,有利于单一异常特征的提取。利用该方法对琉球俯冲带西南端区域的船测重力资料进行了处理分析,结果与该区域的地质构造具有很好的对应关系。

**关键词:**重力异常分离;多尺度边缘;多重分解;琉球俯冲带

**中图法分类号:**P223.0

现有的重力异常分离方法大致可分为以下两类:① 传统的二分法,如滤波法<sup>[1]</sup>、趋势分析法<sup>[2]</sup>、解析延拓法<sup>[3]</sup>及窗口移动平均法等;② 基于小波变换的多重分解法<sup>[4]</sup>。二分法的特点是把观测重力异常分为区域异常和局部异常(或剩余异常)两部分,其中,区域异常对应深部或者尺度较大的场源,而局部异常对应埋深较浅或尺度较小的场源,这使得二分法具有一定的局限性。多重分解法较好地克服了二分法的局限性。但这两类方法都只讨论了重力异常的纵向分离,即只能分离位于不同深度场源产生的异常场。而在实际应用中,为了得到更为精确的反演结果,许多重力反演方法通常都需要分离出邻近场源的干扰场,得到单一目标场源产生的异常场,即需要对重力异常进行横向分离。为此,本文提出了基于多尺度边缘的重力异常分离方法,能够同时实现重力异常的纵向和横向分离。

## 1 重力异常多重分解法及其改进

### 1.1 多重分解法

小波变换具有多尺度分析功能,这一功能已广泛用于图像的分割<sup>[5]</sup>。将其用于重力异常分

离,可得到各种尺度意义下的异常分解。

设重力异常为:

$$\Delta g(x, y) = f(x, y) \in V_0^2 \subset L^2(R^2) \quad (1)$$

式中, $L^2(R^2)$ 表示二维能量有限函数空间, $V_0^2$ 是其一个子空间。根据小波多尺度分析原理<sup>[6,7]</sup>,重力异常可以分解为:

$$\Delta g(x, y) = A_J f(x, y) + \sum_{j=1}^J D_j f(x, y) \quad (2)$$

式中, $A_J f(x, y)$ 为重力异常的  $J$  阶( $J$  为不小于 2 的整数)逼近; $D_j f(x, y)$ ( $j=1, 2, \dots, J$ )为经  $J$  次分解后得到的各阶小波细节,这些量均可由小波分解算法求得。

由离散小波变换的特点可知, $D_j f(x, y)$ ( $j=1, 2, \dots, J-1$ )不会随着  $J$  的增大而改变,所不同的是小波细节的个数和  $J$  阶逼近,这一性质被称为低阶小波细节不变准则,对重力异常分解非常有利<sup>[4]</sup>。

### 1.2 改进方法

为了能够突出重力异常的横向分离,本文利用小波多尺度边缘分析对上述多重分解法进行了改进。多尺度边缘是信号的重要特征,利用多尺度边缘信息可以实现信号的重构<sup>[6]</sup>,因此,可将多尺度边缘用于特征的提取和分离<sup>[7-9]</sup>。

每个异常体都有各自相应的尺度和特征,这

数的增大,一些尺度较小、深度较浅的场源对应的多尺度边缘会逐渐消失。根据这一现象,在分离某个场源的重力异常时,可以由它的多尺度边缘分布情况准确确定小波分解的阶数,而不需通过反复实验来确定。另外,为避免边界效应产生虚假边缘,实际应用时,采用的数据范围应比研究区域大一些。

参 考 文 献

[1] 孟昭秦. 划分重力异常的最适滤波方法[J]. 石油地球物理勘探,1997,32(3):376-386

[2] 李九亮. 划分重力区域异常和局部异常的变阶滑动趋势分析法[J]. 物探化探计算技术,1998,20(1):53-61

[3] Burkhard B. Spectral Analysis and Filter Theory in Applied Geophysics[M]. Berlin:Springer,2000

[4] 杨文采,施志群,侯遵泽,等. 离散小波变换与重力异常多重分解[J]. 地球物理学报,2001,44(4):534-541

[5] 江柳,沈未名,种衍文,等. 基于多尺度空间分析的

图像阈值分割方法[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2002,27(6):582-585

[6] Mallat S. 信号处理的小波导引(2 版)[M]. 北京:机械工业出版社,2002

[7] 吴凡,祝国瑞. 基于小波分析的地貌多尺度表达与自动综合[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2001,26(2):170-176

[8] 宁津生,汪海洪,罗志才. 基于多尺度边缘约束的重力场信号的向下延拓[J]. 地球物理学报,2005,48(1):63-68

[9] Boschetti F, Therond V, Hornby P. Feature Removal and Isolation in Potential Field Data[J]. Geophys J Int, 2004, 159:833-841

[10] 陈汝勤,林斐然. 台湾附近之海洋地质[M]. 台北:台湾地质调查所,1990

[11] 高祥林. 琉球海沟的构造和运动特征[J]. 地球物理学进展,2003,18(2):293-301

第一作者简介:汪海洪,博士。主要从事物理大地测量、卫星测高技术及应用的研究。  
E-mail:hww@sgg.whu.edu.cn

Separation of Gravity Anomalies Based on Multiscale Edges

WANG Haihong<sup>1, 2</sup> NING Jinsheng<sup>1, 2</sup> LUO Zhicai<sup>1, 2</sup> LUO Jia<sup>1, 2</sup>

(1 School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)  
(2 Laboratory of Geospace Environment and Geodesy, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The wavelet approach for multiple decomposition of gravity anomalies is modified using multiscale edge analysis theory, and a separation method based on multiscale edges is proposed. The experimental results show that the new method has the same advantages of multiple decomposition method, and can be used to simultaneously perform vertical and lateral separation of anomalies. A proper degree for decomposition can be determined according to the distribution of multiscale edges of each source with respect to the scale, it is very useful to isolate single anomaly. Shipborne gravity data in southwest of Ryukyu subduction zone are analyzed. The result has good coherence with the geological tectonics in this area.

**Key words:** separation of gravity anomalies; multiscale edge; multiple decomposition; Ryukyu subduction zone

About the first author: WANG Haihong, Ph.D. His research interest is physical geodesy and satellite altimetry.  
E-mail: hww@sgg.whu.edu.cn