第36卷 第1期

2015 年 3 月

Vol. 36 No. 1 Mar. 2015

**文章编号:**1671-4814(2015)01-049-08

# 江苏茅山断裂带中段重力异常多尺度分析 及其构造识别<sup>\*</sup>

# 滕 龙,邸兵叶,张 俊

(中国地质调查局南京地质调查中心,南京 210016)

摘要:采用小波变换多尺度分析,将茅山断裂带中段的重力数据分解为不同尺度的重力异常,用于研究该区的 地质构造特征。小波变换多尺度分析可以将重力数据分解为不同深度的局部异常和区域异常,局部异常解释为浅 部地质体引起,区域异常解释为深部地质体引起。基于此种地质解释,分析了不同深度地质体与重力异常的对应 关系,并对产生异常的原因进行解释,推断出该区的主要断裂构造,并对已有研究成果进行修正。研究结果表明, 断裂带中段的构造形式与重力异常之间有较好的对应关系。

**关键词:**重力异常;小波变换多尺度分析;茅山断裂带 中图分类号:P631 **文献标识码**:A

茅山断裂带位于江苏南部,总体呈北东走向,由 茅山东西两侧断裂组成,东侧称茅东断裂,西侧称茅 西断裂<sup>[1]</sup>。断裂带向南延伸至安徽南陵盆地,向北 至江都县宜陵镇。现普遍认为茅山地区是一个由一 系列外来岩片组成的推覆构造带,并伴有二次正断 层作用控制着上白垩统和下第三系的沉积<sup>[2]</sup>。该区 为多组断裂交汇的地区,地质构造复杂,曾于1974 年和1979年分别发生5.5级和6.0级中强地震,造 成大量的人员伤亡和经济损失<sup>[3]</sup>。茅山中段已经发 现了一些铁、铜、黄铁矿矿床及钨、钼矿化,茅山东侧 前陆地带的逆断层和横断层是次火山岩的铜、金矿 的控矿构造。因此,研究茅山地区的构造对区域地 质、矿产勘探和开发、现代地震研究都具有重要意 义。

前人研究茅山断裂带采用了地质、航磁、遥感等 手段<sup>[4+6]</sup>。此外,重力勘探也是研究地质构造的有效 地球物理方法,可以较直观地反映断裂构造走向、规 模等信息。重力勘探具有成本低、速度快的优点,已 经成为解决地质问题最好的地球物理方法之一。它 通过测量与围岩有密度差异的地质体在其周围引起 的重力异常,确定这些地质体的空间位置和形态。 在构造研究中经过几十年的发展,重力勘探的应用 范围越来越广泛,既可以用于区域地质调查大尺度 研究,也适合探测古墓、溶洞等小尺度目标体<sup>[7]</sup>。区 域重力调查是研究区域地质构造不可或缺的基础性 地球物理工作,已经被广泛用于深大断裂的走向、延 伸、地质体密度界面、划分大地构造单元等方面的研 究<sup>[8-10]</sup>。若能在地质认识的基础上,结合区域地球 物理资料,将有助于提高构造推断的准确性。

重力勘探的结果反映了从地表到深部所有密度 不均匀引起的叠加重力效应,反映了岩石圈的不不 均匀性。要研究单个目标体,需要从叠加的综合重 力效应中提取出该目标体引起的剩余重力异常,进 行异常分离,这是重力定量解释中十分重要的环节。 重力异常分离的方法有趋势分析法<sup>[11,12]</sup>、高阶导数 法和解析延拓法<sup>[13-15]</sup>、小波变换法<sup>[16,17]</sup>及频率域滤 波法<sup>[18,19]</sup>。其中小波变换法是近几年发展起来的 数据分析方法,在信号处理、故障监控、图像分析等 多个领域取得广泛应用,更多应用到重力数据处理 方面<sup>[20-22]</sup>。由于小波变换具有多尺度功能,断裂分 析更加准确可靠,在识别构造方面更具优势<sup>[23,24]</sup>。

本文采用小波变换多尺度分解技术,对茅山中

<sup>\*</sup> 收稿日期:2014-02-28 改回日期:2014-03-24 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局地质调查项目"江苏1:5万长乐、上沛埠、高淳县、东坝幅重力调查项目"(项目编号:1212011087041)资助。 第一作者简介:滕龙,1980年生,男,工程师,从事地球物理勘探工作。

段采集的重力数据进行分解,得到不同阶次的重力 异常小波变换细节信息,用于揭示本区构造不同深 度的重力场特征。

# 1 区域地质构造及岩石密度特征

#### 1.1 区域地质构造特征

茅山可分为北段(宝埝湖到丫鬟山)、中段(瓦屋山到高淳花山)和南延部分(安徽境内)<sup>[25]</sup>。本文研究区位于狸桥-高淳一带,属于茅山中段。关于茅山构造带的研究已经开展了很多年,先后提出了宁镇反射弧脊柱<sup>[26]</sup>、推覆构造<sup>[2,25,27]</sup>、伸展薄皮构造<sup>[28]</sup>、 叠覆造山<sup>[29]</sup>等多种观点。研究区经历了多次地壳运动,岩石普遍发生了强烈的变形,遗留下错综复杂的构造迹象。主要构造特征主要为两凹夹一隆,西部为蒲塘桥-石臼湖断陷,东部为茅东凹陷区(也称桠溪凹陷),中间为茅山断裂带隆起。

茅东凹陷区主要指桠溪凹陷,也称直溪桥-桠溪 港凹陷,为中新生代的断陷盆地;始于燕山晚期,古 茅山大幅度向西逆掩,当与根部脱离后,推覆体后缘 形成张性凹陷。东界断裂破碎带拉张,形成北北东 向分布狭槽状凹陷盆地,沉积了巨厚的浦口组和阜 宁群,厚度>3000 m<sup>[2]</sup>。

茅山隆起为茅山上推覆体,呈北东向延伸,一般 宽度为 2~3 km,两侧分别为茅西断裂和茅东断裂。 茅西断裂在茅山中北段的具体位置、性质尚存争议, 有人认为出露于茅山中段山脉西侧坡下<sup>[30]</sup>。茅东 断裂是一条连续性好的多期活动断裂带,其位置已 较准确圈出<sup>[1]</sup>。涉及到较老的地层为志留系,其次 是泥盆系,最新的地层为三叠系。两侧均较密集地 出露走向断层,垂直走向的横切断层也较发育。

#### 1.2 岩石密度特征

本区主要存在四个密度层<sup>●</sup>:第一密度层由第 四系组成,平均密度值 2.00×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> 左右;第二 密度层由第三系泥岩、细砂岩等组成,平均密度值 2.35×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> 左右;第三密度层由白垩系、 侏罗系及中、上三叠系组成,平均密度值 2.51×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> 左右;第四密度层由下三叠系青龙组至下元 古界浅变质岩系组成,该层内部不同时代地层岩性 间密度值变化较大,但当其呈垂向叠置时,如龙潭 组、茅山组等的低密度特征,往往被总体高密度效应 掩盖,该层密度平均值在 2.68×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup> 以上,为 地壳浅部的高密度标志层。

# 2 数据及处理方法

重力数据采集按网度 500 m(线距)×250 m(点

距)开展,测线方位 125°。重力仪使用美制 LCR-G 型和一台加拿大制 CG-5 型全自动重力仪。测点定 位采用高精度差分 GPS-Trimble 5800。以 RTK 和 JSCORS 两种模式相结合,实时获得重力测点的高 精度三维坐标(北京 1954 坐标系和 1985 年国家高 程基准)。由于研究区横跨江苏和安徽两省,江苏省 已经实现 CORS 网全覆盖(JSCORS), 而安徽省当 时并未覆盖 CORS 信号。故江苏省内的区域采用 JSCORS 以提高工作效率;涉及到安徽省的区域则 采用传统的 RTK 模式。因此布设了 GPS 控制网, 其平面均方误差和高程均方误差分别为 0.069 m 和 0.017 m。通过比较 JSCORS 与 RTK 测量结 果,二者误差非常小,可实现无缝结合。由于重力勘 探对高程要求较高,我们采用江苏省似大地水准面 精化,获得区内任意点的高精度高程值。中区地形 改正采用的高程 DEM 数据,远区地形改正采用 RGIS2006 包含的高程数据。经过各项改正,获得 研究区的重力布格异常(图1)。

从图1可以看出凹-隆相间的构造特征。东边 桠溪、上沛一带为大范围北东向展布的重力低异常, 与茅东凹陷位置相对应。由于存在巨厚的晚白垩世 浦口组-第三系沉积,相对于基底密度低,因此重力 异常低十分明显,较清晰地显示了凹陷的轮廓。凹 陷内呈南低北高趋势,日向北东未封闭,说明茅东凹 陷继续向北东延伸。茅东凹陷西侧为一变化较剧烈 的重力梯级带,同为北东走向,与茅东断裂位置对 应。茅东断裂西侧的重力异常高对应茅山隆起<sup>[1]</sup>。 图1中茅西断裂的位置并不明显,而是掩盖在一片 重力高异常过渡带之中。由于该过渡带的存在,茅 西断裂西侧的蒲塘桥-石臼湖凹陷区在过渡带的位 置也表现为重力异常高,直至石臼湖南侧才表现为 重力异常低。茅山隆起带西南有一大片重力高异 常,且向南未封闭,主要由深部寒武纪-奥陶纪灰岩 地层引起,出露的高家边组砂页岩、坟头群、茅山组 和五通组地层也对该重力高异常有贡献。总体看 来,重力观测数据质量良好。

图 1 的重力异常是一种体效应,在处理解释时 需要对重力异常进行分离,划分出对应地质体的有 意义的剩余异常。本文采用二维小波变换多尺度分 析对图 1 的重力异常进行分离,获得不同尺度的剩 余重力异常。小波变换多尺度分析可以分解出埋藏 较浅的小尺度地质体和埋藏较深的大尺度地质体, 对应重力场的表现是获得小波变换细节和小波变换



图 1 江苏茅山断裂带中段布格异常图

Fig. 1 Map of bouguer gravity anomalies in the middle segment of the Maoshan faulted zone in Jiangsu Province

逼近<sup>[23]</sup>。数据处理软件采用中国地质大学(武汉) 开发的 GMS4.0 重磁勘探软件系统。该软件为固 体矿产勘探而开发的数据处理软件,具有多个处理 模块,可用于重力、磁法勘探。

# 3 茅山中段多尺度重力异常特征

对本区重力布格异常进行 1~5 阶小波变换多 尺度分解,得到不同阶次的小波变换逼近和小波变 换细节。小波变换逼近主要体现深部场源引起的较 大规模的重力异常信息;而小波变换细节体现的是 浅部场源引起的较小规模的重力异常信息,以高频 信息为主。分析各阶小波变换细节信息(图 2),获 得不同场源深度地质体的重力异常特征,对比本区 的构造纲要图<sup>●</sup>,观察茅山断裂带不同尺度的重力 场响应。

### 3.1 一阶小波变换细节

据一阶小波变换细节可以看出, 茅山隆起的位 置为一条串珠状重力异常高值带, 而两侧的蒲塘桥-石臼湖凹陷和茅东凹陷均表现为平稳重力场, 布格 异常等值线变化比较平缓, 说明在该深度位置, 凹陷 区的密度变化差异不大, 茅山隆起的密度明显大于 凹陷区, 且隆起带内局部变化较大。由于茅山隆起 带内各个时代、各种类型的岩体密度差异较大,且在 近地表的规模也不一样,导致茅山隆起带内重力布 格异常的变化。在两侧凹陷区,由于地表沉积层的 覆盖,一阶小波变换细节重力异常变化并不明显。 在研究区北东上沛附近有一明显高重力异常圈闭, 其直径约1km,与该点采石场位置相吻合。通过实 地踏勘,采石场以新近纪玄武岩为主,平均密度高达 2.92×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>。因此该异常为由地表出露的玄 武岩引起,且有一定的规模。研究区西南狸桥东侧 有多条串珠状高重力异常带,延伸方向并不一致,为 北东向断裂和北西向断裂切割造成的隆起,因一阶 小波变换细节反映的场源较浅,故未能完全反映出 该隆起,但可初步看出隆起浅部的不均匀。

#### 3.2 二阶小波变换细节

对比二阶小波变换细节和一阶小波变换细节, 发现茅山隆起带范围变得更宽,北部呈条带状,南部 呈串珠状,表明在底部地质体密度变化更大。上沛 玄武岩区圈闭异常变得更宽,但幅值变小,说明此深 度内玄武岩相对于周围地质体的密度差异变小。茅 东凹陷区内出现多处异常不均匀变化,可能是第四 系沉积厚度和新近纪阜宁群厚度不均所致。西侧蒲 塘桥-石臼湖凹陷亦有此特征,但石臼湖正下方出现



图 2 茅山断裂带中段小波变换细节及构造纲要图

Fig. 2 Maps showing details of the wavelet transforms and tectonic outline in the middle segment of the Maoshan faulted zone

万方数据

53

了一个串珠状重力高,其走向与茅山隆起平行。南 京地质调查中心相关专家曾在此发现局部出露凝灰 岩,由于第四系覆盖,未能实现追踪。结合密度资料 分析,本区凝灰岩的密度为 2.52×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>,高于 第三系沉积物(2.35×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>)和第四系沉积物 (2.00×10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>),故推测该重力高值带由凝灰岩 和其它火山碎屑岩的混杂体引起。狸桥东侧多条串 珠状重力高异常已经变为一条重力高异常带,且范 围变大,推断该异常为北东向和北西西向两组断裂 交错切割造成隆起<sup>●</sup>,可看出隆起的初步形态和规 模。

#### 3.3 三阶小波变换细节

通过三阶小波变换细节图可见,上沛玄武岩异 常已经消失,说明玄武岩的延伸深度与二阶小波变 换反映的场源深度一致。三阶小波变换细节异常圈 闭空间逐渐扩大,说明此时岩性密度差异现象更加 显著。重力异常高最明显的是茅山隆起带和火山碎 屑岩混杂岩带。茅山隆带重力异常高的范围基本反 映了隆起带的宽度变化。其西侧重力高异常带比二 阶细节范围更大,说明火山碎屑岩混杂岩带埋藏的 深度比较大,或者深部比浅部规模更大。

#### 3.4 四阶小波变换细节

四阶小波变换细节使得之前出现的小异常圈闭 被合并,转变为更大的异常圈闭。茅山隆起表现为 比较直的高异常带,两侧凹陷区也表现为高、低相间 的圈闭异常。茅东凹陷内的异常变化应当与江南深 断裂有关<sup>[2]</sup>。狸桥两侧的高重力异常区变为椭圆形 圈闭,西侧高异常主要由深部相对隆起的寒武纪-奥 陶纪灰岩地层引起。蒲塘桥-石臼湖凹陷内的火山 碎屑混杂岩带在4阶细节仍表现明显的重力高异常 带,预示这条混杂岩带延深较大。

#### 3.5 五阶小波变换细节

当进行到第5阶小波变换时,其小波变换细节 清晰的反映了研究区"两凹夹一隆"的构造特征,与 布格异常表现十分相似。茅山隆起的东界(茅东断 裂)为一重力梯级带,而西界(茅西断裂)掩盖在一片 高异常的过渡带之中。此时茅山隆起的形态已不明 显。石臼湖凹陷内的火山混杂岩带引起的异常消 失,可能是混杂岩带下延未达此深度;抑或在此深 度,场源的密度差异很小,掩盖了异常的存在。 此时茅东凹陷边界形态清晰,反映了白垩纪浦口组 和葛村组的规模。茅东凹陷南西和北东各形成一个 圈闭重力低异常,推测中部相对隆起或存在北西向 断裂。

# 4 主要断裂构造

根据1至5阶小波变换细节分析,结合已有研 究成果,推断出8条主要断裂(图3,表1)。推断依 据是在已有成果的基础上,根据重力异常等值线的 疏密变化、异常错断或突变、狭长的串珠状异常、等 值线有规模的扭曲等标志,提取区内的断裂构造。 茅山地区构造十分复杂,本次重力资料的精度尚不 能达到全部分辨的精度,仅推断出部分规模较大的 断裂,并在全区覆盖重力资料的基础上对它们的局 部位置进行了修正。

茅西断裂(F1)和茅东断裂(F2)位于重力异常 等值线变化较为剧烈的梯级带上,北东近平行走向, 二者之间为茅山断裂带隆起。茅山隆起表现为重力 异常高,具有南西向窄、中间变宽、至北东又逐渐变 窄的特征,这也反映出了茅西断裂和茅东断裂的展 布形态。茅西断裂某些位置在重力场上表现不甚明 显,是因为志留系-三叠系的地层及侏罗系的火山杂 岩系逆冲到前陆白垩系下统葛村组红层之上<sup>[2]</sup>,导 致断裂两侧的密度差异相对较小。而茅东断裂西侧 为茅山隆起,东侧为桠溪凹陷,密度差异明显,断裂 位置清晰。

下坝-上兴断裂(F3)的推断依据是桠溪凹陷内 部重力异常等值线扭曲或错动。该断裂在一阶和二 阶小波变换细节基本没有反应,三阶小波变换细节 之后才出现重力异常等值线扭曲,说明本断裂可能 较深。据前人研究成果,江南深断裂穿过桠溪凹陷, 隐伏在数千米的白垩世浦口组和第三系阜宁群之 下,属于基底断裂<sup>[2]</sup>。因此,下坝-上兴断裂应该是 江南深断裂穿过的位置。

石臼湖-狮树断裂(F4)位于线性重力异常梯级 带上,西侧为新近系阜宁群,东侧为白垩系葛村组。 可能是由火山混杂岩带引起,也可能是溧水火山构 造洼地中某一火山机构的放射状断裂之一。在小波 4 阶细节和 5 阶细节均表现为变化较为剧烈的重力 梯级带。考虑到阶数比较高时才出现,推测本条断 裂较深。

北西向的断裂在重力场上总体没有北东向表现 明显,马鞍山-郎溪断裂(F5)、石臼湖-殷桥断裂 (F6)、博望-桠溪断裂(F7)、陶吴-上沛-横涧断裂 (F8)均穿过茅山断裂带,重力异常等值线出现不同 程度的错动扭曲。F7处茅山断裂带错动尤为明显, 在区域性右行扭动作用下,形成南段和北段的"S" 型构造<sup>[2]</sup>。F5 与北东向的 F2、F3 交互切割,造成 狸桥东侧的隆起(重力异常高)。



图 3 研究区推断的主要断裂构造 Fig. 3 Inferred main faults in the studied area F1-茅西断裂;F2-茅东断裂;F3-下坝-上兴断裂;F4-石臼湖-狮树断裂;F5-马鞍山-郎溪断裂; F6-石臼湖-殷桥断裂;F7-博望-桠溪断裂;F8-陶吴-上沛-横涧断裂

表 1 茅山中段主要断裂地质地球物理特征

Table. 1 Geologocal-geophysical characteristics of the main faults in the middle segment of the Maoshan faulted zone

编号	断裂名称	走向	区内长度(km)	推断依据
F1	茅西断裂	北东	50	一阶至三阶小波变换细节十分明显的重力异 常梯级带,断裂东侧的正异常过渡到西侧的负 异常。
F2	茅东断裂	北东	53	布格重力异常和各阶小波变换细节均表现为 明显梯级带,断裂构造识别标志明显。
F3	下坝-上兴断裂	北东	44	位于茅东凹陷区内,三阶至五阶小波变换细节 的重力异常扭曲,推断为基底断裂。
F4	石臼湖-狮树断裂	北东	22	重力梯级带,两侧异常明显不同。
F5	马鞍山一郎溪断裂	北西	48	重力梯级带扭曲,与茅山隆起交汇处其梯级带 向 SE 扭折,北西段重力异常扭曲变化。
F6	石臼湖-殷桥断裂	北西	45	重力异常扭曲或截断,形态发生变化。
F7	博望-桠溪断裂	北西	34	重力异常扭曲或错动,与茅山断裂带交汇处, 异常错动尤为明显。
F8	陶吴-上沛-横涧断裂	北西	18	二阶至三阶小波变换细节的重力异常错动。

# 5 结论

利用小波变换多尺度分析,对江苏茅山断裂带 中段的重力场进行分离,得到反映不同场源深度的 重力异常信息。根据各阶小波变换细节分析,提取 研究区的主要断裂构造。 (1)江苏茅山断裂带中段的典型重力场特征是 凹-隆相间。西侧蒲塘桥-石臼湖凹陷和东侧的茅东 凹陷(桠溪凹陷)为重力低,两凹陷之间的重力高为 茅山断裂带隆起。由于志留系-三叠系的地层及侏 罗系的火山杂岩系逆冲到前陆白垩系下统葛村组红 层之上,蒲塘桥-石臼湖凹陷区在石臼湖与茅西断裂 之间形成重力高异常过渡带。

(2)小波变换多尺度分析不同阶次的结果能有 效反映不同场源深度的地质体信息。本文中1~5 阶小波变换细节反映了从浅到深的场源信息,据此 可以观察到以茅山断裂带为主的各地质体在不同深 度的形态。1~3 阶小波变换细节较好的反映出茅 山断裂带的延伸特征,4~5 阶小波变换细节则包含 了更多深部的信息。

(3)在前人研究基础上,结合各阶小波变换细节 分析的结果,推断了研究区8条主要断裂。受茅山 断裂带和江南深断裂控制,北东向断裂在重力场上 表现更为明确。这些断裂重力场反映与地质推断吻 合,某些位置根据重力场进行了修正。

(4) 茅山断裂带构造十分复杂,本文虽已取得了 一定进展,但仍有待进一步深化。下一步将对更多 的次一级断裂加以推断和解释。

致谢:本文写作过程中,地质解释方面得到了南 京地质调查中心胡存礼老师的大力协助,在此表示 感谢。

#### 注释

●南京地质调查中心. 江苏 1:5 万长乐、上沛埠、高淳县、东坝幅重力调查总体设计[内部资料]. 2010.

●江苏省地质调查研究院.常州市幅 1:25 万区域地质调查报告[内部资料].2001.

●安徽省地质矿产局 322 地质队.安徽省宣城县里桥工区区 域重力调查报告[内部资料].1987.

# 参考文献

- [1] 胡连英,徐学思.茅东断裂带运动与溧阳地震成因机理 研究新进展[J]. 国际地震动态,1992,(6):5-8.
- [2] 黄润生,曹建忠. 江苏茅山推覆构造带的分析与研究 [J]. 地质学刊,2010,34(1):6-9.
- [3] 李起形, 竺清良, 胡连英. 江苏茅山地质和地震研究述 评[J]. 地震学刊, 1983, (2):63-71.
- [4] 陈文凯,张景发,姜文亮,等. 基于 TM 和 DEM 的茅山 地区断裂构造解译[J]. 地壳构造与地壳应力文集, 2007,(19):67-75.
- [5] 胡连英.茅山断裂带新构造与现代构造运动特征[J]. 地震学刊,1989,(3):34-40.
- [6] 贾红焱,钱建平,傅雪海. 茅山断裂带北延及其对煤炭 资源赋存的影响[J]. 江苏煤炭,1999,(1):17-18.
- [7] NABIGHIAN M N, ANDER M E, GRAUCH V S, et al. 75th anniversary historical development of the gravity method in exploration [J]. GEOPHYSICS ,

2005, 70(6):63-89.

- [8] BABU H R. Basement structure of the Cuddapah Basin from gravity anomalies[J]. Tectonophysics, 1993, 223(3-4); 411-422.
- [9] 柏冠军,吴汉宁,赵希刚,等.重力资料识别鄂尔多斯盆
  地线性构造方法研究[J].地球物理学进展,2007,22
  (5):1386-1392.
- [10] 江为为,郝天珧,胥颐,等.中国中南地区综合地质地球 物理研究[J].地球物理学报,2007,50(1):171-183.
- [11] SILVA J C, TEIXEIRA W A, BARBOSA V F. Gravity data as a tool for landfill study[J]. Environmental Geology, 2008, 57(4): 749 - 757.
- [12] SALCHER B C, MEURERS B, SMIT J, et al. Strike-slip tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin fault system inferred from Bouguer gravity derivatives[J]. Tectonics, 2012, 31(3): TC300 T-TC3004.
- [13] HENDERSON R G. A comprehensive system of automatic computation in magnetic and gravity interpretation[J]. Geophysics, 1960, 25(3):569-585.
- [14] LE J D, MENEZES P L, BELTR J F, et al. Gravity inversion of basement relief constrained by the knowledge of depth at isolated points[J]. Geophysics, 1996, 61(6):1171-1702.
- [15] KARNER G D, STUDINGER M, BELL R E. Gravity anomalies of sedimentary basins and their mechanical implications: Application to the Ross Sea basins, West Antarctica[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2005, 235(3-4): 577 - 596.
- [16] 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):534-542.
- [17] 杨长保,刘津怿,吴燕冈,等.二维多尺度离散小波/小 波包分析进行重力区域场和局部异常分离的模型分析 [J].地球物理学进展,2010,25(3):1007-1014.
- [18] Parker R L. The rapid calculation of potential anomalies [J]. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 1973, 31(4): 447-455.
- [19] Oldenburg D W. The inversion and interpretation of gravity anomalies[J]. Geophysics, 1974, 39(4): 526-536.
- [20] 侯遵泽,杨文采.中国重力异常的小波变换与多尺度分 析[J].地球物理学报,1997,40(1):85-95.
- [21] 侯遵泽,杨文采,刘家琦.中国大陆重力场小波变换与 油气勘查愿景规划[J].黑龙江大学自然科学学报, 2011,28(3):281-284.
- [22] 武粤,孟小红,刘国峰. 南海北部缘重力异常的多尺度 分析及其构造讨论[J]. 现代地质,2012,26(6):1162-1167.
- [23] 杨宇山,李媛媛,刘天佑,等.小波变换细节的微分特征

及其在重力场断裂分析中的应用[J].地质与勘探, 2003,39(1):41-44.

- [24] 姜文亮,张景发,焦孟梅,等.基于布格重力异常小波多 尺度分析方法研究首都圈地区构造特征[J].地质学 报,2010,84(4):457-465.
- [25] 韩克从,陈玉忠,陈思松,等.茅山地区的推覆构造及其 地质意义[J].大地构造与成矿学,1985,9(1):57-68, 99.
- [26] 翁臻培. 茅山地区第四纪沉积与新构造运动表现的初步观察[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),1959,

(4):22-37.

- [27] 孙竞雄, 韦国钧. 江苏西南部茅山推覆构造的基本特征 [J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1985, 6(3): 80-87.
- [28] 徐学思,胡连英.茅山山脉方山伸展薄皮构造[J]. 江苏 地质,1992,16(1):1-8.
- [29] 徐学思,胡连英. 一种新的造山类型-江苏南部茅山叠 覆造山[J]. 江苏地质,1996,20(4):211-216.
- [30] 李端璐,赵为民. 江苏句容磨盘山地区茅西断裂的新认 识[J]. 江苏地质,2006,30(1):21-23.

# Multi-scale analysis of gravity anomalies and its discernment of structures in the middle segment of the Maoshan faulted zone

TENG Long, DI Bing-Ye, ZHANG Jun

(Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China)

Abstract: By using the multi-scale analysis of wavelet transforms, the gravimetric data of the middle segment of the Maoshan faulted zone in Jiangsu Province are resolved into different-scale gravity anomalies in order to study the geological-structural characteristics of the studied area. The gravimetric data may be resolved into local anomalies and regional anomalies at different depths, using the multi-scale analysis of wavelet transforms, the result shows that the local anomalies are caused by shallow geological bodies while the regional anomalies are caused by deep geological bodies. Basing on such geological interpretation, the correspondence relationship between geological bodies at different depths and gravity anomalies is analyzed, the causes of anomalies are interpreted, the main faulted structures in the area are inferred and the obtained research results have been corrected. The results show that there is a reliable correspondence relationship between structural patterns and gravity anomalies for the middle segment of the Maoshan faulted zone.

Key words: gravity anomaly, multi-scale wavelet analysis, Maoshan faulted zone