自相关滤波法提取弱异常方法在油气勘查中的应用

徐剑春[1)],郝兴中[2)],吴成平[1)],王鑫[1)]

1)中国自然资源航空物探遥感中心,北京,100083;

2)山东省地质调查院,济南,250014

www.geojournals.cn/georev

内容提要:在论述自相关滤波法理论的基础上,通过对各种理论模型进行实验,由实验效果分析方法的优势,并以我国某区域重力资料为例,对该区域内重力资料进行了自相关滤波计算,计算结果压制了区域场的影响,提取出油气藏相关的局部弱异常,并与布格重力异常、垂向导数以及剩余异常等资料相互验证,取得了很好的应用效果。基于该地区的计算结果,证明自相关滤波法可应用于油气勘查中,可为其他油气勘查区圈定油气藏的有利局部构造提供可靠并且准确的研究方法,从而达到辅助油气勘查的效果。

关键词:自相关滤波;重力异常;弱异常;油气勘查

利用自相关滤波法提取弱异常是重磁数据处理中非常重要的方法,国内外专家从20世纪50年代以来进行了大量的研究。Garland(1951)使用了相关系数研究重力异常的对应分析;姜枚等(1982)阐述了统计分析方法在区域重力资料解释中的应用,指出计算相关函数时延迟距离或窗口的选择的重要性;秦葆瑚(1991)使用一个滤波因子,对实测重力数据进行处理;李盛汉(1997)探讨了识别与区分油气和非油气异常,并设法从叠加场中将油气异常分离出来,以发现与油气相关的信息;韩兆红等(2010)在测线上自动寻找重力剩余局部异常最大点处的观测值做为参考模型,改造自相关滤波因子,并处理实测资料;刘展等(2014)运用趋势分析、差值切割、小波分析和细胞神经网络等识别方法提取油气重力异常信息,通过对比各种方法的优劣,形成一套基于油气成藏模式进行油气藏重力信息提取的组合技术;徐剑春等(2016)利用欧拉反褶积法对油气藏有利构造进行了反演计算,获得了场源深度等信息,确定了场源位置及边界;吴成平等学者(2022)利用自相关滤波在山东齐河—禹城地区寻找铁矿中进行了尝试。

目前该方法在识别油气藏相关的弱异常具有可行性,而相关局部构造是油气勘探的关键,通过自相关滤波法实际应用到油气勘查领域需要进一步研究,充分发挥该方法在弱异常提取中的优势。

1 理论基础

自相关滤波方法是利用自相关计算滤波函数,对重力数据采用滤波因子进行计算,压制区域场的影响,从而达到提取局部弱异常的目的。笔者等主要针对网格数据进行自相关滤波处理。

设滤波窗口半径为K(单位为点数),自相关半径的选择应根据数据条件、地质地球物理条件或者实际需要确定。

自相关计算的滤波函数ρ表达式如下:

$$\rho = \frac{\frac{1}{(K+1)!}\sum_{l=1}^{K} P(l)[Z_0 - \bar{Z}(l)]^2}{\frac{1}{(2K+1)^2}\sum_{m=-K}^{K}\sum_{n=-K}^{K}[Z(i+m,j+n) - \bar{\mu}]^2} = \frac{A^2}{\sigma^2}$$

$$i = 1,2,3,\cdots,m; j = 1,2,3,\cdots,n;$$

$$\bar{Z}(l) = \frac{1}{4}[Z(i-l,j) + Z(i+l,j) + Z(i,j-l) + Z(i,j+l)]$$

$$l = 1,2,3,\cdots,K;$$

注:本文为2023年度省级地质勘查项目(编号:鲁勘字(2023)2号)的成果。

收稿日期:2023-12-11;改回日期:2024-03-01;网络首发:2024-03-20;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2024.03.021

作者简介:徐剑春,男,1981年出生,硕士,地球探测与信息技术专业;Email:83828995@qq.com。通讯作者:郝兴中,男,1980年生,博士,研究员级高级工程师,主要从事矿产资源评价、地球物理应用及成矿规律研究与预测;Email:57820696@qq.com。

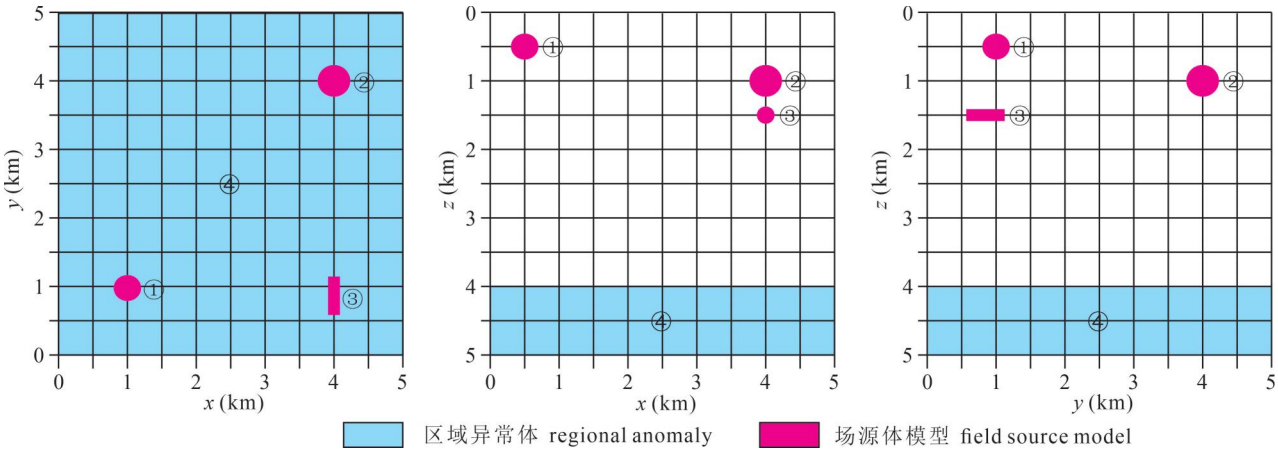


图 1 模型在 xy、xz、yz 平面上投影图

Fig. 1 xy, xz and yz plane profiles of geological model

$$\bar{\mu} = \frac{1}{(2K+1)^2}\sum_{m=-K}^{K}\cdot\sum_{n=-K}^{K}Z(i+m,j+n)$$

$$Z_{Loc}(i,j) = Z(i,j) \times \rho = Z(i,j) \times \frac{A^2}{\sigma^2}$$

式中：K 为滤波窗口的半径(即自相关半径)，m、n 表示测区大小，即测线数为 m，每条测线的测点数为 n；$P(l)$ 为以距离 l 呈反比的权系数；Z_0 为窗口中心点的数值，即计算点 $Z(i,j)$；$\bar{Z}(l)$ 是指以 l 为半径的四周测点值的平均值；$\bar{\mu}$ 则表示窗口内全部测点的平均值；A^2 表示窗口内有效异常的方差；σ^2 表示窗口内所有测点的方差；$Z_{Loc}(i,j)$ 为计算点处经过自相关滤波后的异常值。

通过移动窗口，可计算出所有测点自相关滤波后的异常值。

2 模型试验

为了验证自相关滤波法在数据处理中能否突出弱异常特征的能力，下面通过对各种模型进行实验，并通过相应的效果分析方法的优势。

为进一步研究自相关滤波处理异常的效果，能否反映强背景下不同异常的相对强度，本次设计了一个多异常体模型(图 1)。区域背景场设置成 x 轴和 y 轴方向长度均为 5 km，深度为 4~5 km，密度为 2.6 g/cm^3。模型局部场由 3 个不同密度、不同位置的异常体组成，具体参数见表 1。

多场源体在重力异常图上显示的是两个圆形的弱异常和一个鼻状弱异常，对该重力异常网格图进行自相关滤波计算，滤波窗口系数选择为 5(点距)，处理结果如图 2。图中各球体异常平面位置和形态清晰明了，基本上勾勒出了它们的边界，两个圆形的正异常对应为两个球体，位置与球体位置对应，异常图东南角呈南北走向的椭圆状异常对应为圆柱体，位置形态对应较好。

表 1 多异常体模型参数表

Table 1 Multiple anomalous body model parameter table

编号(类型)	平面位置		埋深 (m)	半径/厚度 (m)	长度 (m)	密度 (g/cm^3)
	X(m)	Y(m)				
①(球体模型)	1000	1000	500	250	/	2.75
②(球体模型)	4000	4000	1000	350	/	2.70
③(圆柱体模型)	4000	800	1500	100	500	2.72
④(区域异常体)	2500	2500	4500	1000	/	2.60

3 实测数据处理及分析

3.1 研究区地质构造特征

研究区选在南黄海海域，区内均被新进系或海水覆盖，前新生代基岩全部隐伏，基岩地层在研究区外围广泛出露。根据区内钻井资料及周边地层出露情况等表明，该区地层发育齐全，自老至新包括中元古界、新元古界、古生界、中生界和新生界等几乎所有时代的地层。

研究区位于华南板块扬子陆块之东北部——下扬子地块及其海区延伸部分，西侧和北侧分别以郯庐断裂带和苏胶—千里岩—临津造山带与中朝板块之华北地块、胶辽地块、朝鲜狼林地块毗邻，南侧和东南侧分别为江南地块和南华褶皱系及其海区延伸

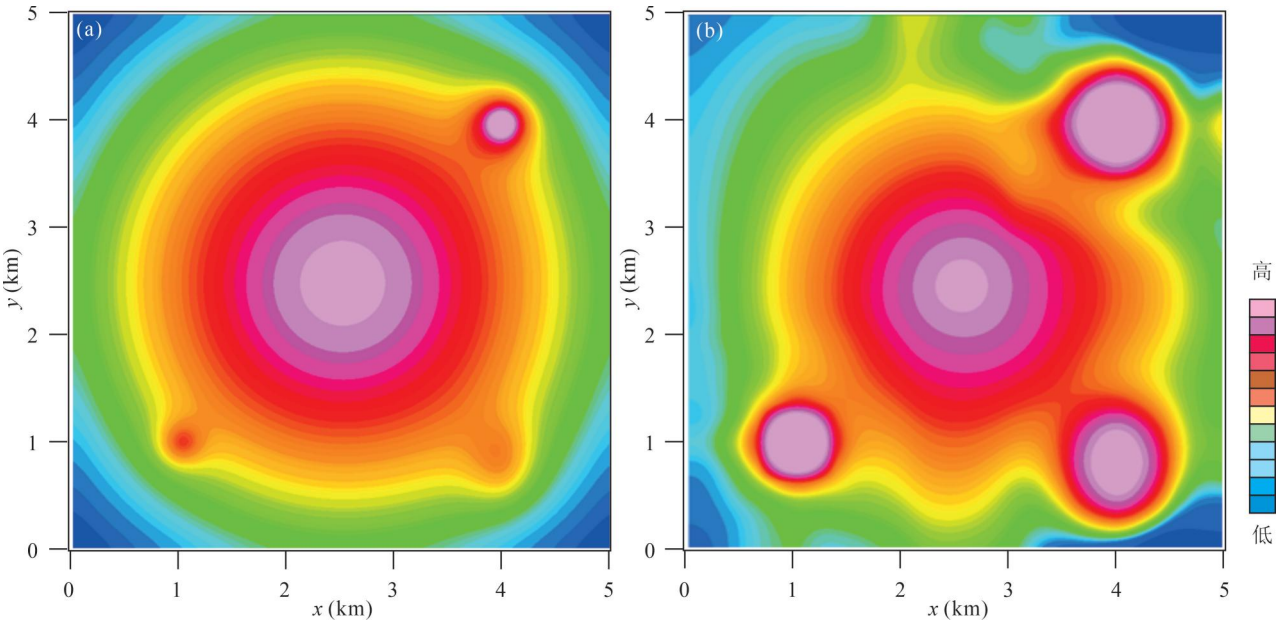
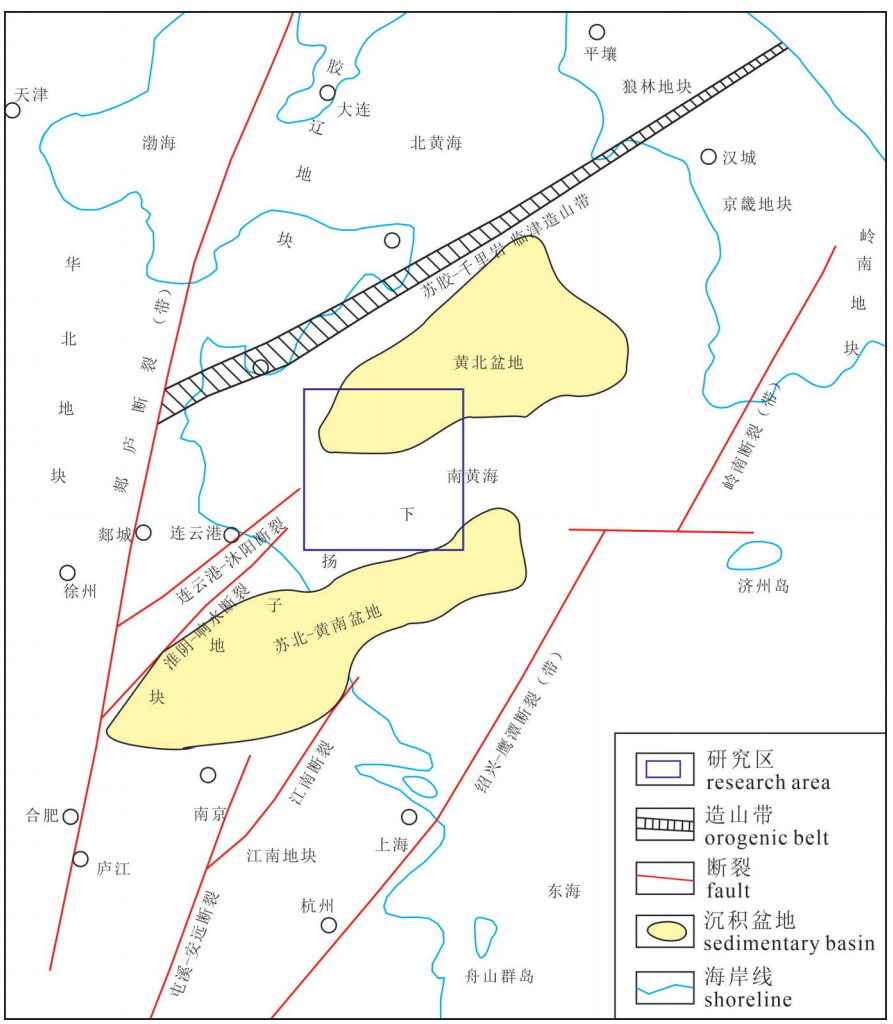


图 2 多球体重力异常图(a);自相关滤波后重力异常图(b)

Fig. 2 Gravity anomaly diagram (a); gravity anomaly map after multi-sphere autocorrelation filtering (b)



部分,东北侧为朝鲜半岛的京畿地块。从地球动力学角度看,该区处于古亚洲构造域与西太平洋构造域的叠加部位(图 3)。

研究区属于我国近海海域油气勘探程度较低的区域,具有少量的钻井和地震勘探等资料,目前区域内未见工业油气显示。

3.2　研究区重力场特征及应用效果

本次研究区航空重力异常以正值为主,负值异常居于次要地位(图 4a)。测区北部表现为总体重力高异常中镶嵌着局部重力低异常,重力低异常多为椭圆形。测区东南部亦表现为总体重力高异常中镶嵌着局

图 3 区域构造简图(据程裕淇,1994;任纪舜等,1999 修改)

Fig. 3 Schematic map of regional structure (modified from Cheng Yuqi, 1994; Ren Jishun et al., 1999)

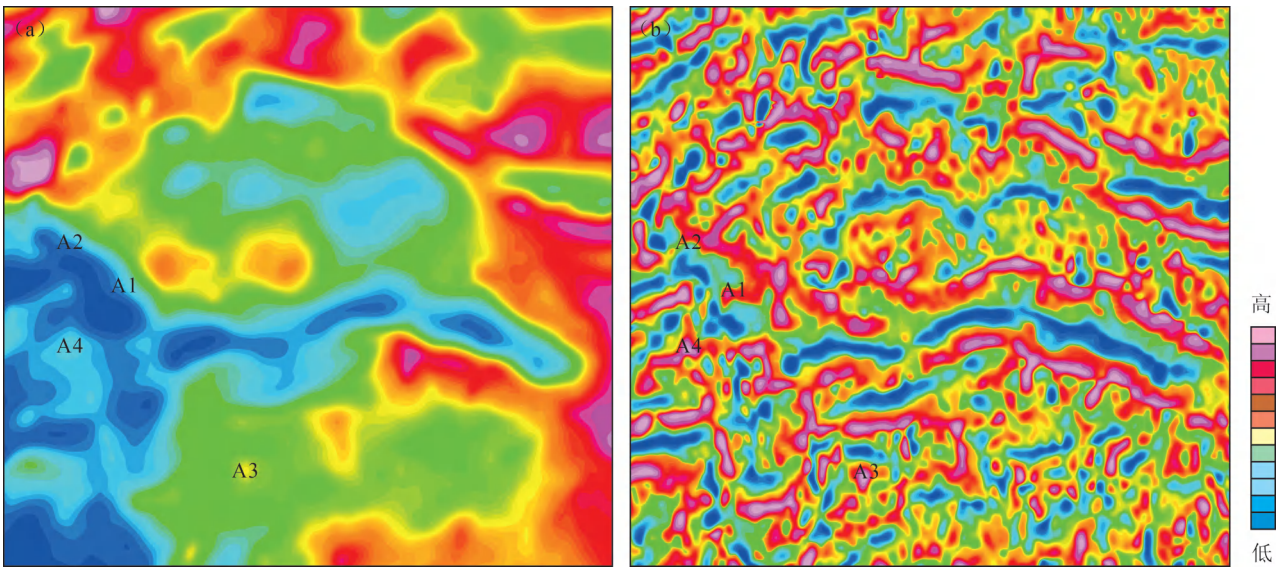


图 4 研究区航空重力异常图(a)及自相关滤波处理效果图(b)

Fig. 4 Map of airborne gravity anomalies in the study area (a) and autocorrelation filter processing renderings (b)

部重力低异常,测区中部和西南部则相反,总体表现为重力低异常中镶嵌着局部重力高异常。

利用自相关滤波法对该测区航空重力异常网格数据进行滤波计算,获得弱异常提取信息图(图 4b)。通过自相关滤波计算,该区的区域场影响已基本消除,局部异常位置和相对强度表现的较好。

以下以 A_1、A_2、A_3、A_4 等异常为例展示自相关滤波效果。

(1)局部基岩凸起:以 A_1 局部异常为例,在布格重力图上并不明显(图 5a),在布格重力布格重力垂向一导图上表现为线性梯级带旁侧的一个明显的鼻状局部高异常,并向线性梯级带重力低一侧凸出(图 5b);在二导图上表现更为明显(图 5c)。布格重力线性梯级带是断裂的反映,而 A_1 局部重力高异常则是断裂旁侧断鼻构造的响应,它是由断裂作用产生的不均匀牵引应力造成的局部基岩凸起。

对 A_1 异常进行自相关滤波计算,异常形态和相对强度得到了明显的加强(图 5d),位置与边界与布格重力垂向二导图相吻合。

(2)断鼻构造:以局部异常 A_2 为例,在布格重力表现为梯级带旁的弱异常(图 5e),在垂向一导和二导图上均表现为重力梯级带旁侧的鼻状局部高异常(图 5f、g),该异常是位于断裂旁侧的断鼻构造的响应。

对 A_2 异常进行自相关滤波计算,异常形态和相对强度得到了明显的加强(图 5h)。该类断鼻构造主要沿主断裂旁侧呈串珠状展布,是含油气盆地重要的储油构造之一,也是含油气盆地的重要局部构造类型之一,尤其是生、排烃高峰期之前形成的断鼻构造,所以对该类异常进行弱异常提取可以更为清晰的判断异常位置和边界,在以断块为主的含油气盆地中应引起关注。

(3)局部背斜:以局部异常 A_3 为例,它位于凹陷的中部,异常形态呈近椭圆形(图 5i),重力场特征主要表现为区域重力低背景之上的相对局部重力高。布格重力低异常为凹陷的反映,A_3 局部重力高是凹陷中背斜构造的响应。在布格重力垂向导数图上,更能体现在凹陷内平缓重力低背景之上的局部重力高异常,它是区域拉张与局部派生挤压后形成的局部背斜的响应(图 5j、k),对 A_3 异常进行自相关滤波计算,异常边界和形态得到了明显的加强(图 5l)。

(4)基岩潜山:局部异常 A_4 是比较典型的潜山局部异常,断裂两侧分别为中-新生界厚度较大的沉积凹陷和中—新生界厚度较小的基底凸起,其重力场的显著特点是区域重力低背景之上的局部重力高(图 5m)。A_4 位于凸起北部,平面轮廓近似三角形,布格重力剩余异常图表现为重力低背景上的相对重力高(图 5n),布格重力垂向一导异常图表现为突出的局部重力高(图 5o)。

经过自相关滤波计算,可见 A_4 异常呈北西向展布(图 5p),异常形态明显得到加强,边界更为清晰。

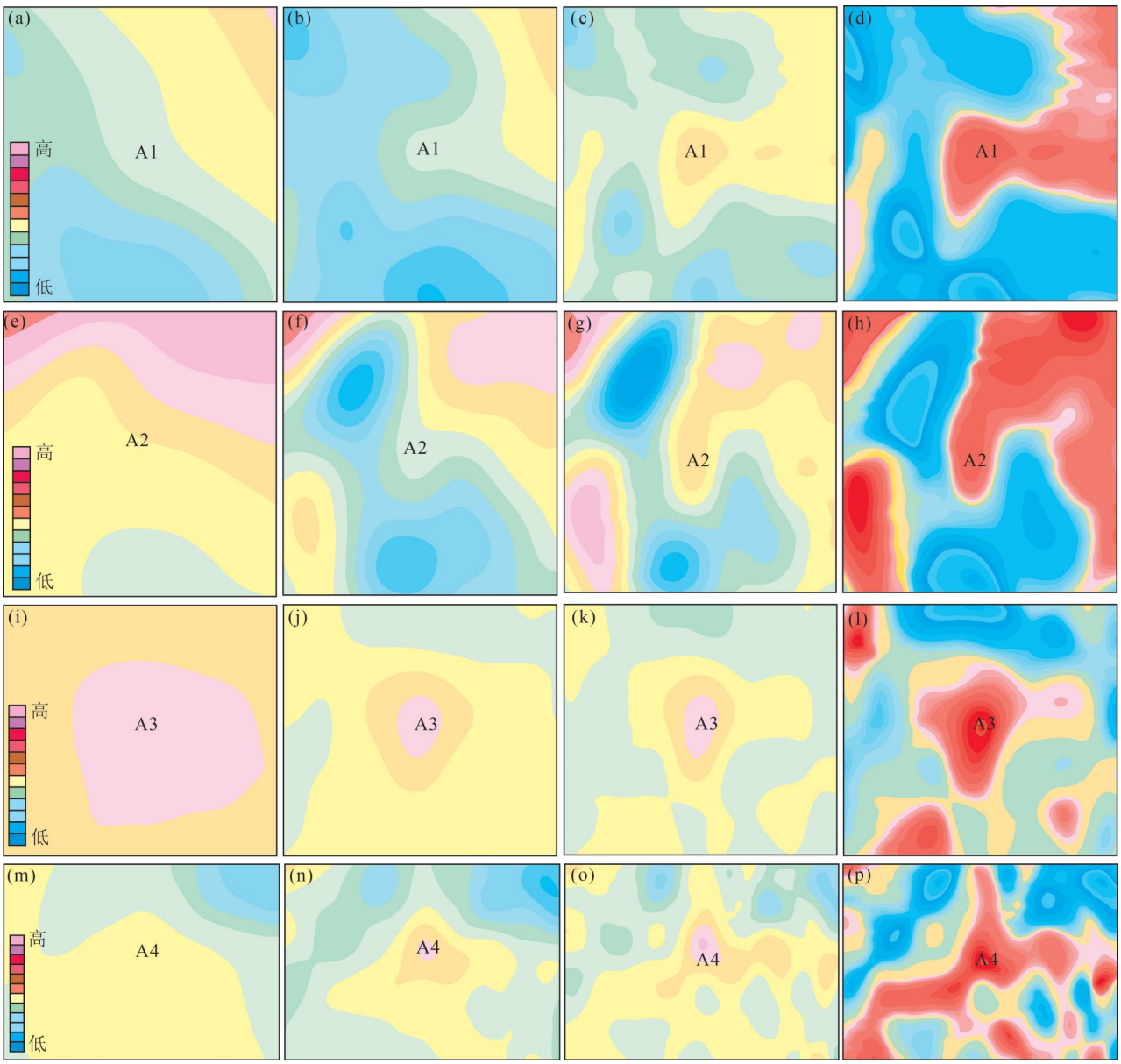


图 5 A_1~A_4 异常在布格重力图上的显示及自相关滤波计算效果图(a, e, i, m: 布格重力图;b, f, j, n: 布格重力垂向一导图;c, g, k, o: 布格重力垂向二导图;d, h, l, p: 自相关滤波计算效果图)

Fig. 5 The display of A_1 anomaly on Bouguer gravity map and autocorrelation filtering effect diagram (a, e, i, m: Bouguer gravity map; b, f, j, n: Bouguer gravity vertical first derivative diagram; c, g, k, o: Bouguer gravity vertical second derivative diagram; d, h, l, p: Autocorrelation filter calculation effect diagram)

局部构造是油气富集的场所,是油气能否成藏的关键因素。该区构造变动以断裂活动为主,断裂活动具有多期性,加之断裂伴生褶皱以及岩浆活动,导致该区局部构造比较发育,因此,不仅增加了油气勘探的希望,同时增加了油气勘探的难度。本节提到的 A_1、A_2 异常对应为典型的由断裂牵引作用伴生的断鼻构造,A_3 异常对应为挤压作用形成的基岩背斜构造,A_4 异常由基岩潜山引起的局部异常,这些局部构造规模较小,在重力异常图上通常显示为弱异常,往往被强构造背景信息所掩盖。多数与油气藏相关的弱异常都由构造、地层、岩性等多种因素控制,再加上各种起伏状态的构造基底以及其他干扰因素的影响,直观清晰的重力异常就很难直接获取,甚至采用一些处理方法也难有效地识别弱异常信息,因此,自相关滤波法为一套有效的从各类油气藏强区域构造背景下识别提取弱重力异常信息的处

理方法。

4 结论

通过自相关滤波函数原理分析和理论模型实验,并应用到实测数据中,对比分析并总结得出以下结论:

(1)应用自相关滤波方法对重力异常数据进行处理,压制了区域场的影响,突出了局部弱异常,不仅从叠加场中提取出有意义的异常,而且异常范围比原异常更接近场源体的实际边界;

(2)研究区属于我国近海油气勘探程度较低的区域,未获得工业油气藏,但接壤陆地有大量油气显示,笔者等对研究区重力数据进行了自相关滤波计算,识别出大量油气藏相关的弱异常信息,因此可为研究区进一步油气勘探提供依据。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a "&" is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a "#" is in Chinese without English abstract)

毕素萍, 潘懋, 夏朝辉, 张铭, 张文起. 2016. 南海西南部西纳土纳盆地中部走滑构造带分段性及对油气控制作用. 地质论评, 62(3): 770~778.

蔡川, 邱楠生, 刘念, 李振明, 王元杰, 鱼占文, 焦亚先. 2020. 冀中坳陷束鹿凹陷潜山不整合特征与油气运聚模式. 地质学报, 94(3): 888~904.

陈石, 张健. 2006. 重力位场谱分析方法研究综述. 地球物理学进展, 21(4): 1113~1119.

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社: 1~517.

邓俊国, 刘泽容. 1993. 油气藏成藏期构造应力场与油气聚集. 地质论评, 39(4): 336~342.

杜德莉, 曾维军, 吴能友. 1998. 南海及邻域中、新生代盆地类型与油气资源关系探讨. 地质论评, 44(6): 580~589.

高德章, 唐建, 薄玉玲. 2006. 重磁成果与东海西部凹陷带中生代沉积层展布. 海洋石油, 26(2): 1~6.

管志宁, 郝天珧, 姚长利. 2002.21 世纪重力与磁法勘探的展望. 地球物理学进展, 17(2): 237~244.

郭念发, 闫吉柱, 陈红, 张淮, 赵新华. 2002. 苏浙皖地区海相油气地质特征及勘探目标的选择. 地质论评, 48(5): 552~560.

韩兆红, 吴燕冈, 张成海, 孙鹏飞. 2010. 自相关滤波法提取重磁场中弱异常. 世界地质, 29(1): 124~129.

郝兴中, 郑金明, 刘伟, 王润生, 王巧云, 张贵丽. 2020. 山东省齐河—禹城地区矽卡岩型铁矿成矿预测. 地球学报, 41(2): 293~302.

姜枚, 张瑜才, 王德夫. 1982. 试谈统计分析方法在区域重磁资料解释中的某些应用. 物探与化探, 6(6): 321~327.

姜效典, 李巍然. 1993. 与油气相关磁异常的模糊识别法. 石油物探, 32(1): 68~73.

李盛汉. 1997. 油气重力异常的特征与分离. 石油物探, 36(4): 70~76.

廖国忠, 王桥, 杨剑, 夏时斌, 张伟, 李华, 高慧. 2023. 盐源—宁蒗及邻区重力场特征及其对油气勘探的启示. 地质学报, 97(8): 2621~2632.

刘光鼎, 陈洁. 2005. 中国前新生代残留盆地油气勘探难点分析及对策. 地球物理学进展, 20(2): 273~275.

刘海龄, 阎贫, 张伯友, 丘学林, 夏斌. 2004. 南海前新生代基底与东特提斯构造域. 海洋地质与第四纪地质, 24(1): 15~28.

刘展, 陈晓红, 张刚, 王志敏. 2014. 大型油气藏重力异常提取组合技术. 中国石油大学学报(自然科学版), 38(1): 50~56.

栾锡武, 孙钿奇, 彭学超. 2012. 南海北部陆架南北卫浅滩的成因及油气地质意义. 地质学报, 86(4): 626~640.

马国庆, 孟令顺, 杜晓娟. 2010. 多环带中值滤波法实现重力区域场与局部场的划分. 世界地质, 29(1): 113~117.

马士忠, 陈昭年, 张建宁. 2006. 一种油气圈闭组合勘探优化计算方法. 地质论评, 52(3): 423~427.

乔中坤, 袁鹏, 张宗宇, 李林玲, 张家俊, 吴彬, 林强. 2023. 基于改进变分模态分解算法的海洋绝对重力数据滤波处理. 地质论评, 69(S1): 385~388.

任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 1999. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用. 地学前缘, 6(3): 85~93.

秦葆瑚. 1991. 用自相关滤波法提取弱异常. 物探与化探, 15(3): 240~241.

邱宁, 何展翔, 昌彦君. 2007. 分析研究基于小波分析与谱分析提高重力异常的分辨能力. 地球物理学进展, 22(1): 112~120.

宋岩, 赵孟军, 柳少波, 洪峰, 秦胜飞. 2006. 中国前陆盆地油气富集规律. 地质论评, 52(1): 85~92.

汤良杰, 金之钧, 漆家福, 卢华复. 2002. 中国含油气盆地构造分析主要进展与展望. 地质论评, 48(2): 182~192.

文百红, 杨辉, 张研. 2005. 中国石油非地震勘探技术应用现状及发展趋势. 石油勘探与开发, 32(2): 68~71.

吴成平, 王卫平, 马勋表. 2017. 航磁弱异常区磁场水平调整——以黔东地区为例. 地球物理学进展, 32(4): 1496~1500.

吴成平, 于长春, 熊盛青, 徐剑春, 徐东礼, 乔春贵. 2022. 自相关滤波方法及其在山东齐河—禹城铁矿勘查应用. 物探与化探, 46(4): 940~945.

徐剑春, 李文勇, 刘燕戌. 2016. 欧拉反褶积法在航空重力勘探中的应用. 地球物理学进展, 31(1): 390~395.

许怀智, 蔡东升, 孙志鹏, 黄安敏, 陈嵘, 李春雷, 何丽娟. 2012. 琼东南盆地中央峡谷沉积充填特征及油气地质意义. 地质学报, 86(4): 641~650.

严良俊, 胡文宝, 姚长利. 2006. 重磁资料面积处理中的滤波增强技术与应用. 勘探地球物理进展, (2): 102~103+4.

杨振, 张光学, 张莉, 吴时国, 祝幼华, 强昆生, 鄢伟. 2017. 西沙海域中新世碳酸盐台地的时空分布及其油气成藏模式. 地质学报, 91(6): 1360~1373.

张永刚, 马宗晋, 王国力, 汤良杰, 周雁, 余一欣. 2007. 中国南方海相油气成藏模式分析. 地质学报, 81(2): 238~245.

赵文智, 何登发, 宋岩, 靳久强. 1999. 中国陆上主要含油气盆地石油地质基本特征. 地质论评, 45(3): 232~240.

赵宗举, 朱琰, 杨树峰, 王根海, 徐云俊, 冯加良, 邓红婴. 2002. 残留盆地油气系统研究方法——以中国南方中、古生界海相地层为例. 地质学报, 76(1): 124~137.

Bi Suping, Pan Mao, Xia Zhaohui, Zhang Ming, Zhang Wenqi. 2016&. Strike - slip structures segmentation and its control of hydrocarbon accumulation in middle part of the west natuna basin. Geological Review, 62(3): 770~778.

Cai Chuan, Qiu Nansheng, Liu Nian, Li Zhenming, Wang Yuanjie, Yu Zhanwen, Jiao Yaxian. 2020&. Unconformity characteristics, hydrocarbon migration, and the accumulation model of the buried hill in the Shulu Sag, Jizhong depression. Acta Geologica Sinica, 94(3): 888~904.

Chen Shi, Zhang Jian. 2006&. The view of the spectral analysis method of gravity potential field. Progress in Geophysics, 21(4): 1113~1119.

Cheng Yuqi. 1994&. Introduction to Regional Geology in China. Beijing: Geological Publishing House: 1~517.

Cordell L. 1992. A scattered equivalent-source method for interpolation and gridding of potential - field data in three dimensions. Geophysics, 57(4): 629~636.

Deng Junguo, Liu Zerong. 1993&. The tectonic stress field during the formation of oil and gas accumulations and the accumulation of oil and gas. Geological Review, 39(4): 336~342.

Du Deli, Zeng Weijun, Wu Nengyou. 1998&. Type and hydrocarbon potentials of meso-cenozoic basins in the South China Sea and its surrounding areas. Geological Review, 44(6): 580~589.

Fedi M, Rapolla A. 1999. 3-D inversion of gravity and magnetic data with depth resolution. Geophysics, 64(2): 452~460.

Gao Dezhang, Tang Jian, Bo Yuling. 2006&. Gravity-magnetic result and distribution of Mesozoic Era sedimentary stratum in west depression belt of the East China Sea. Offshore Oil, 26(2): 1~6.

Garland G D. 1951. Combined analysis of gravity and magnetic anomalies. Geophysics, 16(1): 51~62.

Gerard A. 1975. Automatic three - dimensional modeling for the interpretation of gravity or magnetic anomalies. Geophysics, 40(6): 1014~1034.

Guan Zhining, Hao Tianyao, Yao Changli. 2002&. Prospect of gravity and magnetic exploration in the 21st century. Progress In Geophysics, 17(2): 237~244.

Guo Nianfa, Yan Jizhu , Chen Hong, Zhang Huai, Zhao Xinhua. 2002&. Marine oil and gas geological characteristics and exploration targets in the Jiangsu, Zhejiang and Anhui Provinces. Geological Review, 48(5): 552~560.

Han Zhaohong, Wu Yangang, Zhang Chenghai, Sun Pengfei. 2010&. Extracting weak anomaly in gravity and magnetic field with self-correlation filtering method. Global Geology, 29(1): 124~129.

Hao Xingzhong, Zheng Jinming, Liu Wei, Wang Runsheng, Wang Qiaoyun, Zhang Guili. 2020&. Metallogenic prognosis of skarn-type iron ore deposits in qihe - Yucheng area, Shandong Province. Acta Geoscientica Sinica, 41(2): 293~302.

Holcombe H T. 1984. Three-dimensional terrain corrections in resistivity surveys. Geophysics, 49(4): 439.

Jiang Mei, Zhang Yucai, Wang Defu. 1982&. Some applications of statistical analysis methods in the interpretation of regional gravity and magnetic data. Geophysical and Geochemical Exploration, 6(6): 321~327.

Jiang Xiaodian, Li Weiran. 1993&. Fuzzy recognition for magnetic anomalies related to oil/gas. Geophysical Prospecting For Petrole, 32(1): 68~73.

Li Shenghan. 1997&. The feature and separation of hydrocarbon gravity anomaly. Geophysical Prospecting for Petroleum, 36(4): 70~76.

Liao Guozhong, Wang Qiao, Yang Jian, Xia Shibin, Zhang Wei, Li Hua, Gao Hui. 2023&. Characteristics of gravity field from the Yanyuan-Ninglang and adjacent area and its implications for oil and gas exploration. Acta Geologica Sinica, 97(8): 2621~2632.

Liu Guangding, Chen Jie. 2005&. Analysis of difficulties in gas-petroleum prospecting in Chinese pre-cenozoic relic basin and the corresponding solutions. Progress In Geophysics, 20(2): 273~275.

Liu Hailing, Yan Pin, Zhang Boyou, Qiu Xuelin, Xia Bin. 2004&. Pre-cenozoic basements of the South China Sea and eastern Tethyan realm. Marine Geology & Quaternary Geology, 24(1): 15~28.

Liu Zhan, Chen Xiaohong, Zhang Gang, Wang Zhimin. 2014&. Combined extraction technolog of gravity anomaly of large reservoir. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 38(1): 50~56.

Luan Xiwu, Sun Dianqi, Peng Xuechao. 2012&. Genesis of the Nanbeiwei shoal on the shelf of the northern South China Sea and its petroliferous significance. Acta Geologica Sinica, 86(4): 626~640.

Ma Guoqing, Meng Lingshun, Du Xiaojuan. 2010&. Division of regional gravity field and local gravity field by multi-ring Median filtering method. Global Geology, 29(1): 113~117.

Ma Shizhong, Chen Zhaonian, Zhang Jianning. 2006&. A computational method of exploratory optimization about hydrocarbon trapping combinations. Geological Review, 52(3): 423~427.

Parker R L. 1974. Best bounds on density and depth from gravity data. Geophysics, 39(5): 644~649.

Qiao Zhongkun, Yuan Peng, Zhang Zongyu, Li Linling, Zhang Jiajun, Wu Bin, Lin Qiang. 2023&. Filtering processing of ocean absolute gravity data based on improved variational modal decomposition algorithm. Geological Review, 69(S1): 385~388.

Qin Baohu. 1991. Extracting weak anomalies by autocorrelation filtering. Geophysical and Geochemical Exploration, 15(3): 240~241.

Qiu Ning, He Zhanxiang, Chang Yanjun. 2007&. Ability of improving gravity anomaly resolution based on Multiresolution wavelet analysis and power spectrum analysis. Progress in Geophysics, 22(1): 112~120.

Ren Jishun, Niu Baogui, Liu Zhigang. 1999&. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing. Earth Science Frontiers, 6(3): 85~93.

Song Yan, Zhao Mengjun, Liu Shaobo, Hong Feng, Qin Shengfei. 2006&. Oil and gas accumulation of foreland basins in China. Geological Review, 52(1): 85~92.

Tang Liangjie, Jin Zhijun, Qi Jiafu, Lu Huafu. 2002&. Main progress and prospects of the structural analysis of petroliferous basins in China. Geological Review, 48(2): 182~192.

Wen Baihong, Yang Hui, Zhang Yan. 2005&. Non-seismic techniques for oil and gas exploration in China. Petroleum Exploration and Development, 32(2): 68~71.

Wu Chengping, Wang Weiping, Ma Xunbiao. 2017&. Leveling aeromagnetic data for the weak magnetic field: A case study in eastern Guizhou. Progress in Geophysics, 32(4): 1496~1500.

Wu Chengping, Yu Changchun, Xiong Shengqing, Xu Jianchun, Xu Dongli, Qiao Chungui. 2022&. Application of autocorrelation filtering to iron ore prospecting in Qihe-Yucheng Area, Shandong Province. Geophysical and Geochemical Exploration, 46(4): 940~945.

Xu Huaizhi, Cai Dongsheng, Sun Zhipeng, Huang Anmin, Chen Rong, Li Chunlei, He Lijuan. 2012&. Filling characters of central submarine canyon of Qiongdongnan Basin and its significance of petroleum geology. Acta Geologica Sinica, 86(4): 641~650.

Xu Jianchun, Li Wenyong, Liu Yanxu. 2016&. Application of Euler deconvolution method in airborne gravity exploration. Progress in Geophysics, 31(1): 390~395.

Yan Liangjun, Hu Wenbao, Yao Changli. 2006&. Filtering enhancement of gravity and magnetic data in the dense ladder-like zone. Progress in Exploration Geophysics, (2): 102~103+4.

Yang Zhen, Zhang Guangxue, Zhang Li, Wu Shiguo, Zhu Youhua, Qiang Kunsheng, Yan Wei. 2017&. The spatial - temporal distribution of Miocene carbonate platform in the Xisha Sea Area and its model of hydrocarbon accumulation. Acta Geologica Sinica, 91(6): 1360~1373.

Zhang Yonggang, Ma Zongjin, Wang Guoli, Tang Liangjie, Zhou Yan, Yu Yixin. 2007&. Hydrocarbon reservoir mode of marine sedimentary rock in South China. Acta Geologica Sinica, 81(2):

238~245.

Zhao Wenzhi, He Dengfa, Song Yan, Jin Jiuqiang. 1999&. Fundamental characteristics of petroleum geology of major on-land petroleum-bearing basins in China. Geological Review, 45(3): 232~240.

Zhao Zongju, Zhu Yan, Yang Shufeng, Wang Genhai, Xu Yunjun, Feng Jialiang, Deng Hongying. 2002. Methods for the study of the petroleum system in remnant basins-a case study of Mesozoic and Paleozoic marine strata in southern China. Acta Geologica Sinica, 76(1): 124~137.

The application of auto-correlation filtering to extract weak anomaly in oil and gas exploration

XU Jianchun[1)], HAO Xingzhong[2)], WU Chengping[1)], WANG Xin[1)]

1) *China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources*, *Beijing*, 100083;

2) *Shandong Institute of Geological Survey*, *Jinan*, 250014

Objectives: The autocorrelation filtering method can be applied to oil and gas exploration, and can provide a reliable and accurate research method for the favorable local structure of oil and gas reservoirs in other oil and gas exploration areas, so as to achieve the effect of assisting oil and gas exploration.

Methods: On the basis of discussing the theory of autocorrelation filtering method, through experiments on various theoretical models, by analyzing the advantages of the experimental results of the method, and taking the gravity data of a region in China as an example, the autocorrelation filtering calculation of the gravity data in this region is carried out.

Results: The results suppress the influence of the regional field, extract the local weak anomaly related to the reservoir, and verify with the Bouguer gravity anomaly, vertical derivative and residual anomaly, and obtain good application results.

Conclusions: The autocorrelation filtering method is used to process the gravity anomaly data, suppress the influence of the regional field, highlight the local weak anomaly, not only extract the meaningful anomaly from the superposition field, but also the anomaly range is closer to the actual boundary of the source body than the original anomaly

Keywords: autocorrelation filtering; gravity anomaly; weak anomaly; petroleum exploration

Acknowlegements: The study was supported by 2023 Provincial Geological Exploration Project (No. Lu Kanzi (2023) No. 2)

First author: XU Jianchun, male, born in 1981, master, major in Earth exploration and information technology; Email: 83828995@qq.com

Corresponding author: HAO Xingzhong, male, born in 1980, Ph. D., senior engineer at researcher level, mainly engaged in mineral resource evaluation, geophysical application and metallogenic regularity research and prediction, Email: 57820696@qq.com

Manuscript received on: 2023-12-11; Accepted on: 2024-03-01; Published online on: 2024-03-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2024.03.021 **Edited by**: LIU Zhiqiang