

21 世纪重力与磁法勘探的展望

管志宁 郝天珧 姚长利

(1. 中国地质大学 北京 100083 ; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100101)

[摘 要] 对 21 世纪重力与磁法勘探的仪器、数据处理技术、解释理论与方法、应用领域等方面的发展方向进行了分析与展望. 发展航空标量、矢量、梯度重力测量和航空全梯度磁力测量、三分量磁力测量, 提高综合信息采集能力; 开展卫星重磁测量, 综合卫星、航空、地面重磁测量资料研究地球结构与构造; 发展高精度数据处理技术, 重磁异常弱信号的提取、不同深度重磁异常的划分、低纬度变倾角化磁极以及位场曲面延拓; 发展复杂条件下三维重磁场多参数综合反演可视化技术以及快速自动反演技术, 探索磁性多参数的应用新领域; 充分发挥磁法在环境污染调查中的作用并开拓应用新领域.

[关键词] 重力磁法勘探, 重磁测量仪器, 数据处理, 三维反演与可视化, 磁性多参数

[中图分类号] P631 [文献标识码] A [文章编号] 1004-2903(2002)02-0237-08

0 引 言

20 世纪 30 年代, 重力、磁法勘探开始应用于我国的地质找矿试验工作, 此后随着地质工作的不断深入开展以及现代数学物理理论与计算机科学的迅速发展, 促使重磁勘探在仪器、方法技术、解释理论以及实际应用等各方面得到了全面系统的发展, 已成为现代地球物理方法中的重要方面军. 基于重磁方法能在地面、海洋、空中以及卫星获取大量观测数据, 可以提供莫霍面以上深部构造的大量信息, 从而为大地构造分区、矿产资源的勘查以及基础地质研究提供重要的地球物理依据, 特别是海洋条带状磁异常与古地磁研究为海底扩张、大陆漂移提供了地球物理依据. 在矿产勘查中应用磁法直接寻找磁铁矿及其共生的磁性矿产工作起到了其它方法不可替代的作用. 这些成就充分显示了重磁方法在区域地球物理工作中的先导作用和直接寻找磁铁矿的主导作用. 本文在分析当前重磁方法进展的基础上, 从现代数理理论与计算机科学的发展和新的需求角度, 对重磁方法从仪器、数据处理技术、解释理论与应用等方面进行了评估与展望.

1 发展高精度多参数重磁测量仪器, 提高综合信息采集能力

1.1 发展航空标量、矢量、梯度重力测量

20 世纪 90 年代以来, GPS 及高灵敏度、高稳定航空重力仪的应用导致航空重力测量的研究取得了突破性的进展, 使航空重力测量技术进入实用化阶段, 预期本世纪将得到广泛的应用.

由于航空重力在大地测量方面的特殊作用, 国际上许多国家多个研究机构开展了航空重力测量的研究, 国际大地测量协会(IAG)也设立特别研究组对重力测量仪器、原理和数据处理方法等进行专门研究, 从而使传统航空重力仪的精度和性能得到显著改善. Lacoste &

RomergeS 型海洋/航空重力仪、ZLS 重力仪及 Bell BGM-5 重力仪已被广泛应用于航空重力测量系统,发展了多种航空测量系统,航空重力标量测量技术已进入实用化阶段。

(1) 航空标量重力测量

将重力仪安装在陀螺稳定平台上测量垂向加速度的航空重力测量系统属于标量重力测量,实际上测重力加速度的一个分量,这方面重力测量的精度一般达到 2 mGal,分辨率为 10 ~ 15 km。加拿大正在研制一种以三加速度仪为基础的旋转不变式标量重力测量(RISG)系统,该系统的实现可望航空重力测量系统不需要定向平台。

(2) 航空矢量重力测量

硬架式惯性测量系统是矢量重力测量,它通过正交的三个加速度计测量 b 参照系中的加速度矢量(重力与运动产生的加速度之和),通过 GPS 及测高计等测量并计算飞机运动的速度及加速度,经一系列计算校正处理求出三分量重力异常。美国在航空重力矢量测量研究方面作了较多工作,将航空重力测量结果与地面重力数据作比较,表明航空重力矢量测量的水平分量精度可达 7 ~ 8 mGal,垂直分量的精度为 3 mGal。挪威、丹麦、德国和葡萄牙合作实施了联合航空测量系统和测高系统的研究,发展了一种航空大地水准面测量系统,应用于沿海海洋学的研究。

(3) 航空重力梯度测量

近年,美、加、澳等国地球物理公司已进行航空重力梯度测量研究试验工作,由于该测量技术属西方国家限制出口的尖端技术,尚不能引进,只能予以密切关注。

A. 航空全张量重力梯度测量

美、加等国三个公司联合进行全张量重力梯度仪的可行性实验,测量系统有 12 个加速计安装在三个圆盘上,其中一个为垂直,其余两个为水平,每个圆盘上安装两对加速度计,全部灵敏元件安装在防震平台上,试验区选择在包括金伯利岩、磁性镍硫化矿和斑岩地区。美国 Bell Geospace 公司研制了三维全张量梯度测量系统,并与海军一起在墨西哥湾导航试验船为油气勘探取得 200 块段数据,完成了地震与全张量梯度测量综合研究,结果表明利用重力梯度测量可以优化地震解释结果,两者综合可以得到“梯度优化的地震数据”,可以用来确定盐丘的大小、形状及厚度与结构。实际资料表明在深度为 1000 ~ 1500 m 深度范围内的密度差分分辨率可达 0.05 g/cm^3 。

B. 部分张量梯度测量系统

澳大利 BHP 公司的测量系统,包括 8 个加速度计安装在一个水平圆盘上,只测量水平梯度 U_{xx} 、 U_{yy} 、 U_{zz} 可以通过前两者计算得到。该系统已用于澳大利亚的银、铅、锌矿及加拿大的金刚石矿的探测工作,已发现一处可能含金刚石的矿藏。

上述测量系统一般与磁力测量组成重磁测量系统进行。

2 发展磁力多参数测量、实现 GPS 一体化

在磁测同时收录测点位置数据,如 Geometries 公司的便携式地面磁力仪 G822L、G858 已 GPS 化,澳大利亚的 Geo Instruments Pty 公司将 GPS 天线放在直升机磁测系统的吊舱上,实时测出传感器的位置^[1],可以预计在 21 世纪重磁仪器都将与 GPS 一体化。

磁力仪在测总磁场异常时同时观测其水平及垂直梯度(全梯度),进行多参数综合解释,

可以提高探测效果.如 G858 地面铯磁力仪(灵敏度 0.01 nT)可同时测量 ΔT 其水平、垂直梯度,并配有 GPS 系统,这种多参数测量并与 GPS 一体化的仪器将是 21 世纪发展的方向,特别是在以下两方面需要重点发展.

2.1 航空全梯度磁力测量

20 世纪 80 年代美国、加拿大分别开展了航空水平磁梯度与垂直磁梯度测量仪的研制,并使其进入实用阶段.我国引进航空垂直磁梯度测量仪并在冀东及长江中下游开展了 $1:5$ 万的面积性航磁垂直梯度测量,提高了地质填图的质量,细划了地层、岩体、地质构造的界线.我国同时开展了航空水平磁梯度仪的研制,已完成实验样机并在湖南典型区试飞取得了预期结果,尚需进一步完善.鉴于全梯度(水平与垂直三轴向梯度)测量可以获取梯度综合信息更有利于解释,这是 21 世纪航空磁测的一个重要发展方向.

2.2 航空(地面)三分量磁力测量

目前虽然已有将磁场转换为磁场三分量的方法,但由于假条件与影响因素等原因,还不能精确地代替实测结果,而获取磁场三分量将能提供更多参数而有助于提高解释地质效果.地面、航空磁场三分量测量的关键在于提高精度,如何研制出高精度三分量磁力仪是 21 世纪需要解决的一个重要课题.

3 深入开展卫星重磁测量,综合卫星、航空(海洋)与地面重磁资料研究地球结构与构造

利用卫星磁测与各年代地磁场测量资料,研究地磁起源与大陆磁场漂移有关核、幔的地球动力学问题.利用地球重力场模型的球谐系数计算不同阶数的重力异常,并通过流体运动方程计算岩石层底部不同尺度地幔流引力场,用于解释大尺度构造及动力学问题^[2].

应用海洋密轨道间距卫星测高数据换算重力异常已成为海洋地质和地球物理研究的一项重要技术,在海洋构造研究和油气勘探中有应用前景.研究应用轨道重力梯度测量获取陆地重力异常和应用双卫星获得陆地重力异常的新技术将是快速、高密度测量的一项重要措施.

综合利用地球空间不同高度层次的重磁资料,分析对比归一化综合解释壳幔构造.

4 发展与高精度重磁测量相匹配的数据处理技术,提高测量结果的可靠性

目前一般磁力仪精度可达 0.01 nT ,重力测量达到 μGal 级,为了充分发挥高精度重磁信息的作用,必需发展与此相适应的高精度处理技术,避免处理精度不够对有用信息的损失.

4.1 研究重磁异常弱信号提取技术,增强异常分辨能力

在利用重磁异常进行地质填图或资源勘查中经常会遇到有用异常被干扰所淹没而难于分辨,所以弱异常的提取在重磁异常解释中具有十分重要的意义.由于有用异常经常与干扰频率相近,所以采用统计方法可能更合适.如采用最佳检测系统与自调节滤波提取弱信号^[3]等,但这方面的工作尚未深入开展,需要加强.

4.2 航磁低纬度化极与变磁倾角化极

为解决低磁纬度化极的不稳定性问题,人们研究了许多方法,综合起来可分为两类:一类是频率域方法;另一类是空间域方法.比较起来,频率域方法计算速度较快,但化极精度不

够高.空间域方法精度较高,但由于涉及求解大型方程组问题,只能处理小面积数据,实用性差.近年来对空间域方法作了进一步改进,但在提高速度的同时也降低了精度,总的来说这类方法速度提高很有限.对于频率域方法提出了各种改进措施,这些方法在一定程度上使低纬度化极效果得到改善,但其精度仍有待提高,所以研究简便高精度的低纬度化极方法仍是今后需要解决的问题^[4].

当航磁测区南北方向跨度大时,全区按一个磁倾角处理就会产生较大误差,所以必须考虑按实际地磁倾角变化的变磁倾角化极.目前在频率域解决此问题的途径有二:一是把全区磁化倾角变化作统一处理的全变倾角化极;二是把测区划分为若干条带的小区,小区内地磁倾角取平均值,然后依次用每一小区的磁倾角对全测区数据作化极,最后将各带的处理结果拼接起来的分带变倾角化极.由于全变倾角化极中对倾角变化规律的简化和分带化极的拼接处理等仍然影响结果的精度,进一步研究高精度实用的变倾角化极方法仍是十分必要的.

4.3 重磁异常曲面延拓

位场曲面延拓,对中高山区重磁场的解释特别重要.国内外专家已提出过多种基于等效源层(空间域)曲面位场延拓方法.实际工作中由于磁测数据量大,特别是航磁在处理大数据量时常要花费大量计算机时与分块处理拼图造成的不够精确等问题,因此这些方法还不便在生产实际中推广应用.在频率中研究快速实用的曲化平方法是一个有前景的方向,将位场表示为泰勒级数谱,采用迭代法逐次逼近求出平面上的场值,平面可以通过起伏面,但只有当延拓高度较小时才适用.为此研究采用等效源原理适用范围更宽的频率域曲化平与曲化曲方法,重要的发展方向,有应用前景,需进一步加强这方面的研究.

4.4 不同深度重磁场的划分

为了提高重磁场的垂向分辨率,研究沿深度的分场方法具有十分重要意义.虽然目前已有匹配滤波、正则化滤波、补偿圆滑滤波等多种方法,但所得结果还不能与深度有定量的对应关系,所以进一步研究有效的深度滤波方法仍然是一个艰巨任务.深入研究适合位场特点的小波变换方法以及深度滤波方法可能是有效的途径.

5 发展复杂条件下重磁场多参数综合三维反演可视化解释技术

复杂地质、地形条件下重磁三维反演可视化解释是重磁学科发展的一个重点.

5.1 发展反演物性(重磁)结构的“层析”成像技术

近年国内外专家分别采用线性反演、约束最优化反演和拟 BP 网络反演等方法使密度、磁性层析成像技术得到较大发展.如对三维密度体采用改进的马奎特技术反演分层密度未知数达千余个,采用易于给定的约束条件,如限定密度值和密度差的变化量,求得了与已知地质结构可比的结果;采用模型目标函数和数据的拟合组成的目标函数的极小来获得特定问题的解,通过一个或多个加权矩阵将有关磁化率的先验信息加入目标函数,用某一子空间逼近法实现极小化,即可获得使模型目标函数达到极小的三维磁率分布,把 BP 算法与位场理论结合,并对物性单元的分割和学习步长的合理确定进行研究的拟 BP 算法^[5]等.但这些方法各有不足和局限性,因此如何进一步提高层析成像的精度和减少多解性仍是需要深入研究的课题.

5.2 提高反演三维场源几何参数的能力,发展三维场源空间定位技术

在均匀三维场源情况下,当形体复杂时需要反演众多的源体几何参数才能较细致地勾划出源体的轮廓,解决这一问题的途径有二:一是应用在多参数反演时能收敛于全局极值的优化方法,二是采用高精度空间延拓逼近场源大致圈定源体范围的方法。对于第一方面问题,提出将模式搜索法同单纯形法有机结合直接解多参数非线性最优化问题的方法,由于该算法计算量大,收敛速度慢等原因未能形成实用的方法。对于第二方面问题,采用球坐标下位场球谐表达式,由已知位场求解球谐系数,然后计算全空间位场向场源逐步逼近的方法,方法决定于逼近场源位场的精度,要获得可靠的近场源位场是困难的,所以进一步完善提高这些方法技术仍是需要研究的课题。

5.3 采用人机交互实时三维可视化技术,实现三维场源屏幕正反演解释

重磁三维正反演人机交互解释一直是国内外重磁勘探研究的重点,但由于三维形体可视化的复杂性以及三维反演方法的不成熟等因素至今还未形成实用方法。目前多数的工作是着重在三维复杂形体的正演,采用计算机上的“橡胶膜技术”灵活构制三度体,采用二度半体逼近三度体的校正迭代反演技术与实时正演拟合技术。随着计算机技术的发展,微机性能的极大提高,为重磁正反演可视化提供了坚实基础。在可视化环境下直接反演,直观操作三维源体,实时观察位场变化,这将是重磁正反演解释的发展方向^[6]。

5.4 研究有机结合的多参数组合反演方法,形成以 GIS 为平台的多功能综合解释系统

由于三维反演的复杂性,需要对位场及其各分量与各梯度的合理组合采用分阶段反演的策略,根据各种反演方法的特点进行顺序反演,例如采用空间延拓大致确定源体的位置和范围,然后采用随机搜索法等进一步勾划源体的轮廓,以此为约束进行层析成像反演确定源体的物性分布,最后采用人机交互三维反演精确修正解释结果,这种分层次的正反演解释将会提供较为合理的地质结果,可以提高立体地质填图和矿体空间定位的效果。在此基础上把重磁反演结果在 GIS 平台上进一步与地质、其它地球物理解释结果综合解释。

6 发展简便快速的自动反演方法,提高普查填图与快速深度评价效果

由于地面、航空重力磁力仪已能高精度测量场及其水平、垂直梯度,因此综合利用这些参数快速反演场源深度及其产状将是一个重要发展方向^[7]。

6.1 发展综合场及其梯度的自动反演技术,提高快速反演精度

欧拉法利用总场及其梯度,依据欧拉齐次方程组确定场源的位置和深度,并可以得出一种构造指数对地质体进行识别,方法具有较强的适应性和灵活性。但由于欧拉法采用窗口滑动计算,可以得到一系列深度点,在众多的深度点中如何分辨和确定有效的深度点是提高欧拉法反演效果的关键。虽有人提出一种消除劣质与虚假解,保留稳健(优质)解的拉普拉斯欧拉方法,使反演的深度点可靠性得到一定程度提高,但其精度和应用的局限性尚需进一步提高和扩展。

6.2 研究总梯度模、梯度张量反演方法,充分发挥梯度信息的作用

由于总梯度模具有不受(二维)或少受磁化方向影响和较好反映浅部磁性体边界的特性,研究利用总梯度模确定磁源深度,产状和进行地质填图的工作已受到人们的重视^[8]。重力归一化总梯度方法在找油方面已取得一定效果。磁梯度张量开始于海军确定潜艇位置的研究,尚未受到人们的注意,随着梯度磁力重力测量成为可能,预期这方面的解释研究工作

将会加强。

7 加强磁性多参数的基础研究,探索磁性多参数的应用新领域

磁性参数包括磁化率、磁化率各向异性、剩余磁化强度以及磁滞回线的特征参数等,不但作为磁异常起因的基础研究受到重视,而且通过这些参数在地学各领域的应用已日益显示其潜在的科学意义。

7.1 基于磁组构(磁化率各向异性)与岩石组构相一致与应力应变有关可作为引力指示器和磁组构可以提供古流向和磁化率可以作为流体动力示踪等规律,把这些规律应用于岩浆岩相带、岩体类型的划分、岩体形成深度和断裂、褶皱、盆地分析等方面的研究。

7.2 基于油气田烃类渗漏逸出的烃类物质与硫酸盐还原细菌的作用和生物降解作用形成自生磁铁矿,原油的微生物氧化和硫酸盐还原形成自生磁黄铁矿,烃类、微生物、化学热力等的复合过程形成自生磁铁矿等机理成因规律,为油气田土壤磁性分析和高精度磁测找油提供了依据^[9],加强磁亮点找油技术的研究,有可能扩大磁法在找油中的作用^[10]。

7.3 利用地壳断面岩石磁性参数(磁化率、天然剩磁及饱和等温剩磁)的测定结果与岩石的矿物、化学成份及非磁地球物理参数(密度、波速及电导率等)相结合,探讨地壳断面磁性结构与岩石学特征之间的相互关系,可以为地壳的深部地质过程提供佐证,为通过岩石磁性研究探讨大陆地壳结构开辟了途径。

8 开拓重磁应用新领域,充分发挥磁法在环境污染调查中的作用

西方国家特别是美国近年来采用以磁法为主的物探方法,调查密集和分散的废弃物容器(钢桶)、废弃油井的套管头、去向不明的放射性矿石加工设备,以及战争遗留下来的炸弹等,取得了良好效果。

8.1 采用高密度磁法对早期垃圾埋场地进行定量探测的应用

美国桑迪(sandia)国家实验室对墨西哥城附近科特兰(Kirtland)空军基地的垃圾掩埋场地进行了二次不同网度(3×3 m, 0.5×0.16 m)的磁测,第二次采用多探头排列深测系统(MTADS)进行磁测,该系统在二米宽的拖车上装有7个Geometrics822 铯蒸气磁力仪,磁力仪距地面高0.53 m,由一磁性很弱时速为11 km的越野车牵引,采用全球定位系统(GPS)作实时定位,经定量解释后给出了12个目标物的位置、埋深、几何尺寸与铁磁性物体的重量。

8.2 磁梯度测量在探测战争遗留炸弹分布中的应用

希腊Patra大学地球物理实验室研究人员,在Grete工地进行二战炸弹搜寻工作,在10公顷范围内采用FM36磁梯度仪进行 1×1 m网格的垂直梯度测量,探头高度为0.5 m,测量结果采用“Euler反褶积”方法和二维半模拟解释,给出了炸弹分布位置,埋深在1—2 m,根据解释结果开挖出几十枚埋藏炸弹。

8.3 高精度航磁在有害废弃物环境调查和污染源探查中的应用

美国奥克蓝山地国家实验室环境科学部与加拿大Acrodat公司1994年在田纳西州奥克蓝山地研究所附近的几个垃圾处理区进行了高分辨率航空磁测,为提高分辨率,在安全范围内尽量降低飞行高度达30—20 m,磁测结果圈定了三个异常,经正演模拟大致圈定了废弃物的边界,美国奥斯汀德克萨斯大学地球物理研究所于1994年在WILSON及其邻区为环境

灾害调查进行了 14500 km 测线的航磁测量,采用氦光泵磁力仪(灵敏度 0.01 nT)和 GPS 系统(± 2 m),飞行高度普查 100 m,详查 30 m. 普查磁测结果经滤波处理后清楚地显示了与环境灾害有关的短波异常,油气管网,特别是采用阴极保护的地下管线以及油气井口密集区能引起 50 nT 异常,单井引起 20 nT 异常. 经换算得出的垂直梯度异常清楚地显示了浅部铁磁物体的位置. 磁测详查结果确定了有记录的全部 10 口油井的位置(目前地面已无痕迹),圈定了幅度仅为 10 nT 异常的化学垃圾区(废弃的铀矿加工厂和废矿坑). 以上结果表明航磁高精度测量能清楚地分辨地面的废钢桶群和长度超过 100m 残留套管的废油气井口.

随着环境调查问题日益被人们重视,为解决这个问题的高精度、高密度、高分辨磁测及其精细解释已提到议事日程,为此而进行的专门性研究工作必将受到人们的关注.

8.4 发展微重力测量技术,扩大重力应用领域

由于微伽重力仪的应用,各项改正方法的完善和精密的观测方法,重力异常精度达到 30×10^{-8} m/s² 以上,使得探测小尺度物体引起的微弱异常成为可能. 随着微重力测量技术的发展,必将扩大重力的应用范围^[1]:在溶洞和墓穴探测、滑坡体检测、油气检测和小构造探测等方面有良好的应用前景.

9 发展核磁共振找水方法技术

核磁共振找水由于其与埋藏地下水直接相关的原理而受到人们的重视. 但目前由于其探测深度的限制以及受外界电磁干扰影响大、探测条件苛刻等大大限制其应用范围. 因此需要研究加大探测深度与抗干扰能力的软硬件与方法技术,这对于水资源的规划利用有十分重要的意义.

10 广泛的社会需求与不断拓宽的应用领域

国外航空重力测量方法技术已基本成熟,已用于商业地质勘探. 测量精度已达 $1 \sim 2$ mGal,已能满足百万分之一和二十万分之一区域重力测量要求,在一些地区甚至可达十万分之一较大比例尺的要求. 我国青藏高原、新疆天山地区存在近二百万平方公里的空白区. 在其它沙漠、沼泽、森林复盖及海陆交互地区还存在许多盲区,迫切需要在这些地区开展航空重力测量工作填补这方面的空白.

在我国西部中高山区开展航空磁测工作已成为当前的急需,与它配套的中高山区航空磁测特殊的测量、处理与解释技术研究更为突出,这方面将有广阔的社会需求.

在矿产资源勘查中,重磁测量仍是不可缺少的重要方法,高精度多参数重磁测量及与其配套的处理解释方法技将有广阔的应用前景.

在油气勘查中,除继续发挥重磁在油气勘查中解决区域构造的作用外,开展土壤磁性分析与高精度磁测和重力归一化总梯度方法与磁亮点找油技术的研究工作也是一个重要发展方向.

在环境污染中利用密测点、高精度多参数磁测方法探测埋藏污染源、废弃物、垃圾场与战争军用品爆炸物等也有较大需求,为了军事目的进行的潜艇探测定位也有应用前景.

综合利用卫星航空重磁、地磁地重等资料研究全球、洲际与区域地质构造将具有重要的科学价值与学术意义.

参 考 文 献

- [1] 管志宁. 中国磁法勘探的研究与发展[J]. 地球物理学报, 1997, 40(增刊): 299 ~ 307.
- [2] 王懋基, 蔡鑫, 承林. 中国重力勘探的发展与展望[J]. 地球物理学报, 1997, 40(增刊): 292 ~ 298.
- [3] 王懋基. 重磁解释方法的新进展[J]. 物探化探译丛, 1992, 4(5): 56 ~ 64.
- [4] 管志宁. 磁法勘探的发展趋势[A]. 见: 徐文耀主编, 地磁大气空间研究及应用文集[C]. 北京: 地震出版社, 1996, 52 ~ 58.
- [5] 管志宁, 侯俊胜, 姚长利, 等. 重磁异常反演的拟 BP 神经网络方法及其应用[J]. 地球物理学报, 1998, 41: 243 ~ 251.
- [6] 田黔宁, 吴文鹏, 管志宁. 任意形状重磁异常三度体人机联作反演[J]. 物探化探计算技术, 2001, 23: 125 ~ 129.
- [7] 管志宁, 侯俊胜, 姚长利. 航磁梯度资料在金矿地质填图和成矿预测中的应用[J]. 现代地质, 1996, 10: 239 ~ 249.
- [8] 管志宁, 姚长利. 倾斜板体磁异常总梯度模反演方法[J]. 地球科学, 1997, 22: 81 ~ 85.
- [9] 年宗元. 我国勘查地球物理的若干进展[J]. 物探与化探[J], 1996, 20: 401 ~ 418.
- [10] 郝天珧, 江为为, 宋海斌, 等. 渤海地区油气藏烃渗漏蚀变带的地球物理检测[J]. 中国地球物理学会年刊 2001, 2001: 208.
- [11] 王谦身, 张赤军. 微重力测量[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

Prospect of Gravity and Magnetic Exploration in the 21st Century

GUAN Zhi-ning HAO Tian-yao YAO Chang-li

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

[Abstract] The analysis and prospect on development trends of instrument, technique of data processing, theory and method, applications of gravity and magnetic prospecting in the 21st century are discussed here. In order to improve capability of data acquisition, airborne gravity scalar, vector and gradient surveys, airborne full gradient magnetic surveys, three-component magnetic surveys will be carried out. The satellite gravity and magnetic surveys will be carried out, so satellite data will be used for combined airborne and ground surveys data to study Earth's structure and tectonics. The technique for high precision data processing will be developed, such as the extraction of weak signal, the determination of anomalies resulted from sources at different depths, the reduction to the pole at low-latitude with varying magnetic inclinations, the continuation of potential field to curved surface. The techniques of multi-parameter 3D inversion and its visualization in complicated conditions and rapid auto-inversion will be studied. The multi-parameters of magnetic properties will find their new applications. The full use of magnetic prospecting will be made in environment pollution investigations, and its new applications will be open up.

[Keywords] Gravity and magnetic prospecting; Gravity and magnetic instruments; Data processing; 3D inversion and visualization; Multi-parameters of magnetic properties

21世纪重力与磁法勘探的展望

作者: [管志宁](#), [郝天珧](#), [姚长利](#)
作者单位: [中国地质大学, 北京, 100083](#); [中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100101](#)
刊名: [地球物理学进展](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [PROGRESS IN GEOPHYSICS](#)
年, 卷(期): 2002, 17 (2)
被引用次数: 36次

参考文献(11条)

1. [管志宁](#) [我国磁法勘探的研究与进展](#) [期刊论文] - [地球物理学报](#) 1997 (z1)
2. [王懋基](#). [蔡鑫](#). [承林](#) [中国重力勘探的发展与展望](#) [期刊论文] - [地球物理学报](#) 1997 (z1)
3. [王懋基](#) [重磁解释方法的新进展](#) 1992 (05)
4. [管志宁](#) [磁法勘探的发展趋势](#) 1996
5. [管志宁](#). [侯俊胜](#). [姚长利](#) [重磁异常反演的拟BP神经网络方法及其应用](#) [期刊论文] - [地球物理学报](#) 1998 (02)
6. [田黔宁](#). [吴文鹂](#). [管志宁](#) [任意形状重磁异常三度体人机联作反演](#) [期刊论文] - [物探化探计算技术](#) 2001 (02)
7. [管志宁](#). [侯俊胜](#). [姚长利](#) [航磁梯度资料在金矿地质填图和成矿预测中的应用](#) [期刊论文] - [现代地质](#) 1996 (02)
8. [管志宁](#). [姚长利](#) [倾斜板体磁异常总梯度模反演方法](#) 1997 (01)
9. [年宗元](#) [我国勘查地球物理的若干进展—1995年](#) [期刊论文] - [物探与化探](#) 1996 (06)
10. [郝天珧](#). [江为为](#). [宋海斌](#) [渤海地区油气藏烃渗漏蚀变带的地球物理检测](#) 2001
11. [王谦身](#). [张赤军](#) [微重力测量](#) 1996

引证文献(34条)

1. [西永在](#). [王传雷](#). [刘江平](#). [周常委](#). [李兆峰](#) [地面三分量磁测的观测误差分析](#) [期刊论文] - [工程地球物理学报](#) 2009 (6)
2. [刘凤鸣](#). [赵琳](#). [王建敏](#) [基于加速度计重力梯度仪分析与设计](#) [期刊论文] - [地球物理学进展](#) 2009 (6)
3. [王林松](#). [王传雷](#). [西永在](#). [周常委](#). [李兆峰](#) [球体磁力异常三分量数据空间成像](#) [期刊论文] - [工程地球物理学报](#) 2009 (4)
4. [金钢变](#). [胡祥云](#). [超敬来](#). [南明根](#). [康正男](#). [金敬七](#). [刘慧](#) [复杂形体重磁异常的等参数有限元积分算法研究](#) [期刊论文] - [石油地球物理勘探](#) 2009 (2)
5. [朱琳](#). [刘怀山](#). [张维冈](#). [张进](#). [李高林](#) [解析延拓法在桃村磁法处理中的应用](#) [期刊论文] - [工程地球物理学报](#) 2008 (6)
6. [刘雁春](#). [边刚](#). [肖付民](#). [于波](#). [卞光浪](#) [海洋磁力测量现状与发展趋势](#) [期刊论文] - [海军大连舰艇学院学报](#) 2008 (4)

7. 骆遥 [两种新的长方体重力场正演表达式及其理论推导](#)[期刊论文]-[工程地球物理学报](#) 2008(2)
8. 姜德波, 宋国玺, 李楠, 丁建华, 阴江宁, 邹伟 [磁法在我国矿产预测中的应用](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2008(1)
9. 赵玉岩, 吴燕冈, 郝立波, 陆继龙, 赵洪振 [利用航磁数据识别浅覆盖区地质体的方法研究](#)[期刊论文]-[物探化探计算技术](#) 2008(2)
10. 刘云祥 [重磁弱异常处理研究与应用](#)[期刊论文]-[勘探地球物理进展](#) 2007(6)
11. 刘云祥 [重磁弱异常评价与提取技术](#)[期刊论文]-[应用地球物理 \(英文版\)](#) 2007(4)
12. 舒晴, 周坚鑫, 尹航 [航空重力梯度仪研究现状及发展趋势](#)[期刊论文]-[物探与化探](#) 2007(6)
13. 陈洁 [潮汕坳陷地球物理特征及油气勘探潜力](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2007(1)
14. 骆燕, 李晓禄, 蔡文良, 龚继龄 [潮水地区航磁梯度初步分析](#)[期刊论文]-[东华理工学院学报](#) 2007(2)
15. 彭富清, 霍立业 [海洋地球物理导航](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2007(3)
16. 赵百民, 郝天珹, 徐亚, 周立宏, 高嘉瑞, 袁淑琴 [反演磁性地层界面的逐步剥离磁场法](#)[期刊论文]-[地球物理学报](#) 2007(2)
17. 张永明, 张贵宾, 盛君 [航空重力梯度测量技术及应用](#)[期刊论文]-[工程地球物理学报](#) 2006(5)
18. 张永明, 张贵宾, 盛君 [航空重力梯度测量的基本理论及应用](#)[期刊论文]-[地质装备](#) 2006(6)
19. 钱建复, 郑永春, 沈春霞 [磁法探测地下核爆炸初探](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2006(4)
20. 陈石, 张健 [重力位场谱分析方法研究综述](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2006(4)
21. 赵希刚 [多源信息处理及其在线环构造识别和多种能源矿藏 \(床\) 找矿中的应用—以鄂尔多斯盆地为例](#)[学位论文]博士 2006
22. 魏密, 戴王征 [应用高精度磁法测定灵武某煤田自燃区范围](#)[期刊论文]-[灾害学](#) 2005(2)
23. 裴彦良, 梁瑞才, 刘晨光, 韩国忠, 李正光 [海洋磁力仪的原理与技术指标对比分析](#)[期刊论文]-[海洋科学](#) 2005(12)
24. 裴彦良, 刘保华, 张桂恩, 梁瑞才, 李西双 [磁法勘察在海洋工程中的应用](#)[期刊论文]-[海洋科学进展](#) 2005(1)
25. 张昌达 [航空重力测量和航空重力梯度测量问题](#)[期刊论文]-[工程地球物理学报](#) 2005(4)
26. 吉治平 [渤海残留盆地油气地球物理研究综述](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2005(4)
27. 李云平 [东营凹陷深层构造综合地球物理联合反演](#)[学位论文]博士 2005
28. 吉治平 [辽东湾地区综合地球物理研究](#)[学位论文]博士 2005
29. 金翔龙 [海洋地球物理技术的发展](#)[期刊论文]-[东华理工学院学报](#) 2004(1)
30. 王想, 李桐林 [Tilt梯度及其水平导数提取重磁源边界位置](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2004(3)
31. 孙中苗, 夏哲仁, 石磐 [航空重力测量研究进展](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2004(3)
32. 陈洁 [济阳地区深部结构与含油气性讨论](#)[学位论文]博士 2004

33. [刘光鼎, 祝靛谊](#) [近期油气勘探地球物理的一些新进展](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2003(3)
34. [祝靛谊](#) [油气勘探综合地球物理研究方法综述](#)[期刊论文]-[地球物理学进展](#) 2003(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dqwlxjz200202008.aspx

授权使用: 中国科技大学(wfzykjdx), 授权号: fe85bff2-95db-4d59-b549-9e3c00deef8f

下载时间: 2010年11月28日