DOI:10.19948/j.12-1353/P.2021.01.07

溧水火山岩盆地地球物理场特征及火山机构圈定

张宝松,邸兵叶,黄宁,朱红兵,陈基炜,张俊
(中国地质调查局南京地质调查中心,南京 210016)

摘　要:溧水火山岩盆地位于长江中下游成矿带东部,与庐枞、宁芜等火山盆地具有较好的成矿条件、成矿作用与火山构造相关,研究火山构造对于研究成矿条件具有十分重要意义。本次在最新的1/5万重力调查基础上,分析研究了溧水火山岩盆地区重磁场分布特征,详细剖析溧水地区火山机构。研究结果表明:依据地质资料,综合利用重力剩余异常特征线、垂向导数、水平总梯度模等信息,可有效地识别火山机构,最终推断火山构造18处。

关键词:溧水火山盆地;火山机构;重磁场;重力调查
中图分类号:P588.1　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1672-4135(2021)01-0039-07

自1979年开始,区域重力调查列入中国地质调查计划,至今已有40余载[1]。在此期间,实现了全国除台湾省外陆域1/100万区域重力调查全覆盖(除高山雪线以上等地区),编制了全国重力图,还完成了重要成矿带和经济发达区1/20~1/25万区域重力调查约620万km^2。重力调查是测量与围岩有密度差异的地质体引起的重力异常,以确定这些地质体存在的空间位置、大小和形状的地球物理调查方法。重力调查应用范围广,适用于大地构造分区[2-4]、地壳与上地幔深部构造[5]、区域地质调查[6]等大尺度勘查,也是成矿带地球物理调查断裂[4,7-9]、火山岩分布及成矿预测的重要方法[10-12]。

2010年以来,中国地质调查局部署了成矿带地球物理调查工作,开展1/5万重力调查项目,并在重力勘查技术中的近区地改[13,14]、中区地改[15,16]和高程转换[16-19]三个关键问题做了系统研究,大大提高了重力调查精度,取得一系列重要成果[20-24]。

江苏1/5万溧水县幅等区域地质调查项目实施了重力调查,分析了区域场及分区特征,圈定解释了132个重力异常;推断了35条断裂构造,划分了一级、二级构造单元;识别火山构造18处,推断了51个岩体;研究了典型矿床与重磁场关系,划分了8处成矿远景区,并圈定了8个找矿靶区及查证工作;研究了宁芜盆地、溧水盆地、茅山推覆体、茅东凹陷、上黄断隆电性特征以及区域深部构造与盆地基底特征,探讨了区域基底形态、深部构造分布特征等。

一般火山构造面貌受后期地质作用的破坏、改造或掩盖,致使常规地质调查工作很难识别。常规地质调查主要采用火山岩相构造填图及地层、岩相的研究,辅以遥感地貌分析,但仍无法较好划定火山机构边界范围。

本文是在江苏溧水地区1/5万重力调查项目成果基础上,以溧水火山岩盆地为例,说明1/5万重力调查在圈定火山机构方面的作用。

1 溧水火山活动基本地质特征

溧水盆地是长江中下游断裂拗陷带中许多继承性火山岩盆地之一[25-29],中生代陆相火山岩系广泛分布,其出露面积约占全部出露地层的一半左右,它们与本区锶、铁、铜、金及膨润土等矿产的形成也有十分密切的关系。

溧水火山岩盆地,以马鞍山-朗溪断裂、南京-溧阳断裂为南北界,茅东断裂、方山-小丹阳断裂为东西边界(图1)。

中生代火山活动强烈,火山岩种类繁多,可分三个火山活动旋回。晚侏罗世出现了第一次较大规模的火山活动—龙王山旋回,形成了一套基性-中性火山岩。随后到早白垩世早期出现了第二次较大规模的火山活动—大王山旋回,形成了一套中偏碱性的火山岩。早白垩世晚期火山活动有所减弱,局部地

收稿日期:2020-11-16
资助项目:中国地质调查局项目"江苏1/5万柘塘镇、天王寺、薛埠镇、博望镇、溧水县、竹箦桥幅综合地质调查(DD20160272)"
作者简介:张宝松(1981-),男,高级工程师,硕士,毕业东华理工大学,主要从事能源、矿产、水工环、基础地质调查方面的应用地球物理调查研究工作,E-mail:zbs06@163.com。

万方数据

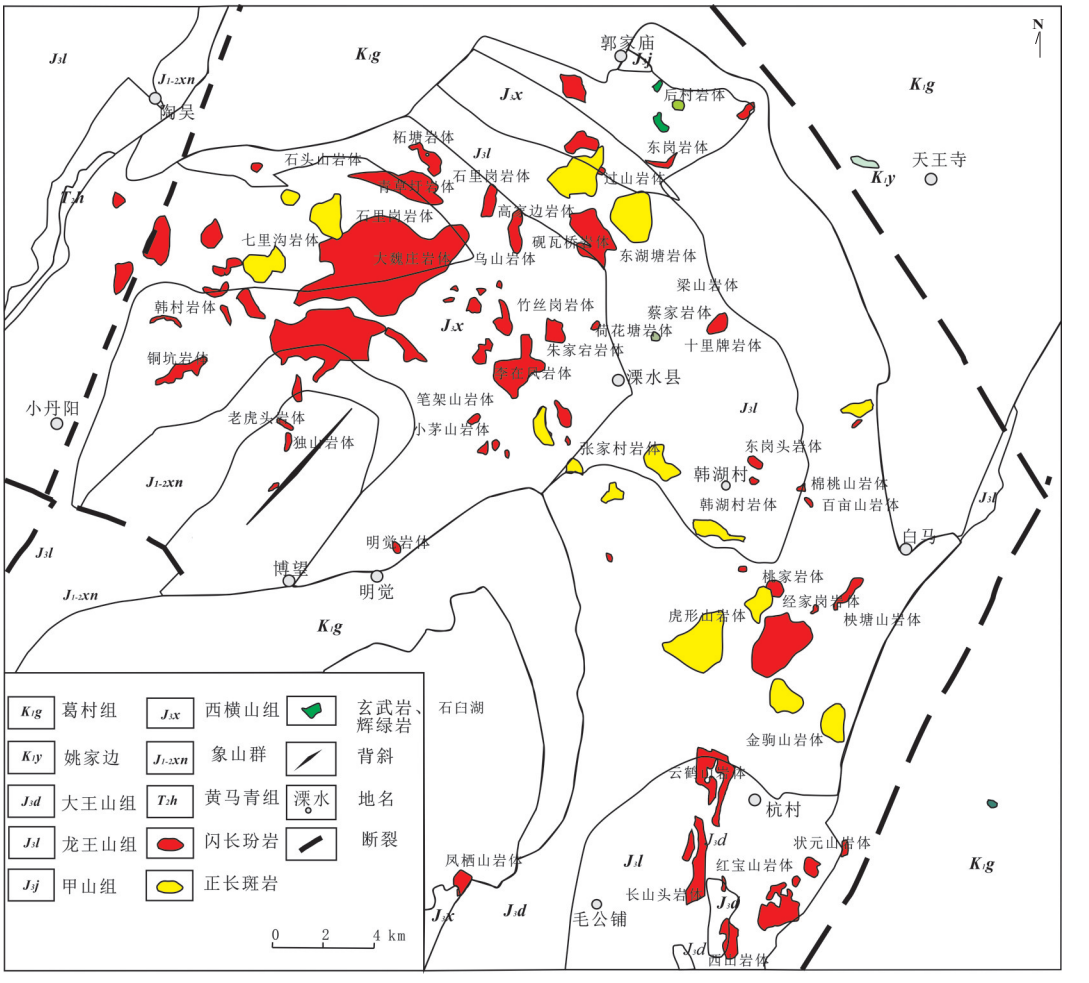

图1 溧水火山岩区地质简图[30-31]

Fig.1 Geological sketch map of the Lishui volcanic basin

区出现第三次火山活动—葛村旋回。总的来看,溧水火山活动具有自西向东逐渐迁移的规律,各类火山岩自西向东半环状迁移分布的特征明显,岩性则由中基性向酸性方向演化。

龙王山旋回主要分布于盆地中、北部,呈北西向带状分布,其周边东岗、杭村也有出露。岩性:上部辉石安山岩、玄武岩、安山质含集块角砾岩、角砾凝灰岩夹沉凝灰岩,下部安山质角砾凝灰岩、火山角砾岩、角闪安山岩。

大王山旋回沿夏家边-东芦山-观山-双尖山呈环带状分布。岩性:上部石英粗面岩,粗面质(集块)火山角砾岩和沉凝灰岩;中部粗安岩、粗安质熔结凝灰岩、角砾凝灰岩;下部沉凝灰岩、凝灰质砂岩、泥岩,含植物及丰富的孢粉,代表一次较大的喷发间歇。

葛村旋回伴有两次较大规模的由中偏碱性至酸性的火山喷发活动,相应出现上党火山岩带及甲山火山岩锥。

2溧水岩矿石物性特征

区域岩(矿)石的物性参数特征为:

磁铁矿(K为163 551~775 788×10^{-6} SI,Jr为252 888~666 752×10^{-3}A/m,密度为3.07~3.37 g/cm^3,极化率为17.7%)为强磁性、高密度、高极化率特征;黄铜矿、赤铁矿、镜铁矿、铅锌矿等(K为0~100×10^{-6} SI,Jr为0~10×10^{-3}A/m,密度为3.68~3.94 g/cm^3,极化率为8.3%~34.0%)为低磁、高密度、高极化特征;天青石(锶矿)(K为0~100×10^{-6} SI,Jr为0~10×10^{-3}A/m,密度为3.85 g/cm^3,极化率为0~1.2%)为低磁、高密度、高电阻率,低极化率特征。

侵入岩具有一定磁性,其中闪长玢岩类磁性较强,如辉长闪长玢岩、辉石闪长玢岩、石英闪长玢岩、闪长玢岩等K值一般为8 500~3 550×10^{-6}4πSI,Jr值一般为1 043~335×10^{-3}A/m,其它侵入岩磁性较低,K值一般为n×10^2×10^{-6}4πSI,Jr值一般为n×10^2×10^{-3}

万方数据

A/m,Q值一般小于1,总体随酸度的增加磁性逐渐下降,密度减小,即由辉长闪长玢岩→辉石闪长玢岩→闪长玢岩→粗安斑岩→石英斑岩,磁性K值由 $n\times10^{3}\times10^{-5}$SI,Jr值由 $n\times10^{3}\times10^{-3}$A/m降至无磁,中酸侵入岩在埋深不大时可引起数百或数千nT较为规则的磁异常。

火山岩类具有较强的磁性,磁性变化范围较大,其中玄武岩类磁性较强,K值一般为 $2\,768\times10^{-6}4\pi$SI,Jr值一般为 $2\,358\times10^{-3}$A/m,其它磁性较低,安山岩、粗安岩、流纹岩和凝灰岩K值一般为 $n\times10^{2}\times10^{-6}4\pi$SI,剩余磁化强度一般为 $n\times(10^{2}\sim10^{3})\times10^{-3}$A/m,Q值绝大部分大于1,明显以剩磁为主,且磁化方向杂乱,一般产生正负杂乱跳跃的磁异常,出露地表时,尤为强烈,密度和视电阻率均较侵入岩稍低。

正常沉积岩无磁、低极化,地球物理场以平缓负磁场、无极化率异常为特征。

3 溧水火山盆地重磁场特征

3.1 重力场特征

溧水火山盆地位于北北东向句容–溧水–高淳相对重力高值带上,整体为"西北重力低、中部重力高、东北重力低"(图2)。

布格重力低值区主要有西北湖熟镇–陶吴镇重力低(北东向)、南东有上沛重力低(北东向)、西南有石臼湖重力低(北东向);布格重力高值区主要有卧龙山、老虎头、韩湖村、别桥重力高,均为北东向。

区内比较醒目的重力梯级带主要有方山–小丹阳梯级带、茅东重力梯级带、南渡–金坛梯级带,均为区域性深断裂的反映。呈北东、北北东向展布的异常带在走向上往往发生等值线或梯级带拐折、扭曲或被切断、错位等现象,相邻异常扭曲的连线构成北西向异常扭曲带,为后期断裂构造的反映。重力异常梯级带、扭曲带所反映的区域性断裂构成了本区区域断裂构造格架,控制了区内隆、凹成带、成块出现的地质构造特征。

3.2 磁场特征

在区域航磁△T化极异常图上,北东向磁异常带非常清晰,强度中等,说明区内岩浆活动强烈。区内磁异常强度及变化趋势与重力场有类似特征,主要存在句容平静磁场区、柘塘–溧水杂乱磁场区、茅山磁异常带。

上述区域重磁场特征与本区的地质背景关系密切:重力低值区、平静磁场区与凹陷区相对应,为一套低密度,无–弱磁性的沉积区;重力高值区,杂乱磁异常区与隆起区相对应;为局部基底隆起,侵入岩、次火山岩类高密度体的叠加,以及磁性不均匀的火

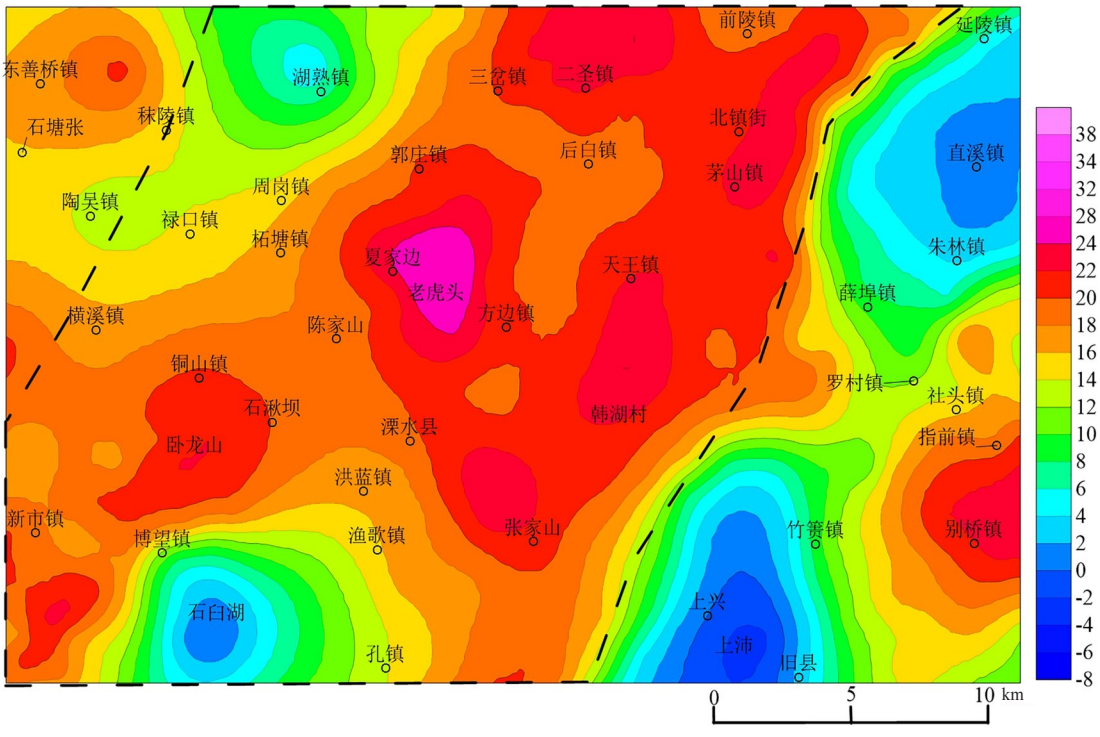

图2 溧水火山岩盆地区布格重力异常图

Fig.2 Bouguer gravity anomaly map of Lishui volcanic basin

万方数据

山岩覆盖区;重力梯级带,次异常带主要为第二密度界面的反映。

4 火山机构推断依据

溧水地区火山活动始于上侏罗世西横山期,在晚侏罗世–早白垩世出现大规模火山活动(分为龙王山旋回、大王山旋回、姚家边旋回、甲山旋回),新生代方山旋回火山活动仅发生局部地区、零星分布。前期火山构造面貌受后期地质作用的破坏、改造或掩盖,导致火山岩自西向东递进发育和叠加覆盖,大多数已很难恢复,致使地表难以识别,因此区内一致公认火山机构较少。在结合1/5万区域地质调查基础上,本文从重磁场特征研究区内火山穹隆、破火山口等分布及范围。

火山穹隆构造为岩浆上隆作用,将上覆岩层顶成穹形或拱形的构造,这种穹隆往往由同喷发旋回的熔岩和次火山岩体组成。由于本区次火山岩体如辉山闪长玢岩密度高,其在重力场会引起等轴状剩余高异常,如韩湖村火山穹隆(见图2中韩湖村重力高)。

破火山口构造是由破火口及周围的火山喷发物组成的火山构造。在地貌上呈周边地势高,内部地势低洼特点。如砚瓦桥破火山口及通道充填大王山闪长斑岩等岩脉;东岗头火山口破火山口构造外围为溢流相熔岩,通道为辉石闪长玢岩,后期塌陷形成。以上破火山口构造在重力场上多呈封闭的“负心”构造,会引起等轴状剩余负异常,它常常被剩余正异常环绕,这种环状特征在地貌和遥感图像上更为清晰。

在常规地质调查已发现或疑似火山机构地区,综合分析研究重力、磁测资料可推断火山穹隆、破火山口等[3,11]分布范围。本次推测火山穹隆、破火山构造主要依据剩余重力特征线、垂向导数、水平总梯度模等参数,航磁等资料进行圈定。

5 典型火山机构剖析

5.1 砚瓦桥火山机构

砚瓦桥破火山口位于溧水隆起北部,属龙王山早亚旋回角闪安山质火山岩喷发期所形成的火山机构。因剥蚀较深,火山机构外貌已难恢复。推测砚瓦桥一带为主要火山口,近火山口由爆发相粗碎屑岩组成。火山口相为约3 km²的闪长玢岩体–砚瓦桥岩体,北北西向近椭圆状,岩体中心相为石英闪长斑岩,属于龙王山早亚旋回晚期分异的残余岩浆填充在火山口中的产物。火山活动中心外围分布一系列玄武玢岩、辉长闪长玢岩、辉石闪长岩、闪长玢岩、花岗闪长玢岩等龙王山晚亚旋回岩脉,充填在叠加区域构造应力场特征的构造裂隙中。

砚瓦桥破火山口在布格重力图上显示负异常,剩余重力异常大致能反映出破火山口形态;航磁显示火山口外围存在多处磁高异常,与剩余磁异常反

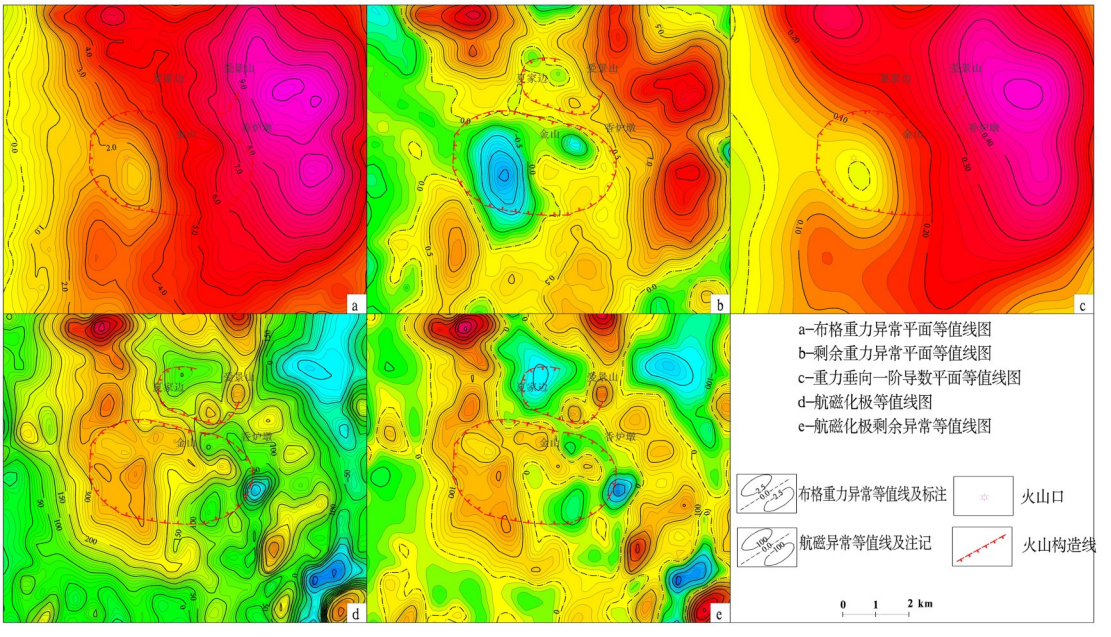

图3 砚瓦桥破火山与重磁异常剖析图

Fig.3 Analysis map of Yanwaqiao caldera and gravity–magnetic anomalies

万方数据

映一致。砚瓦桥破火山口大致可依据剩余重力异常“-0.2”等值线圈定。

5.2 甲山破火山口

甲山地区甲山旋回流纹岩分布呈东西长2.2 km,南北最宽1.1 km的椭圆状,主要为溢流相熔岩,底部局部发育少量爆发相碎屑熔岩。其上下都为葛村组湖盆相红层,甲山旋回属葛村早期局部火山活动的产物。甲山流纹岩基本上属裂隙-中心式火山喷发,主要受北西西向断裂控制,在中段局部见陡流理的瘤状流纹岩为主要喷发口,在北西西延长方向上有同成分岩床侵入于龙王山组火山岩中。

甲山破火山内主要充填了低密度酸性流纹岩,因此在布格重力图上显示梯级带局部陡变部位,重力剩余异常大致能反映出破火山口形态;航磁及剩余异常均显示其火山口外围存在2处磁高异常。最终,甲山破火山口大致可依据剩余重力异常“-0.5”等值线圈定。

6 火山机构解释成果

本次调查包括了二级火山机构溧水火山构造洼地区,依据地质资料,结合重磁场异常特征,共推断了火山机构18处,包括破火山、火山穹窿等,其中破火山16处、火山穹窿2处。

在本次火山机构推断解释中,重力调查、航磁资

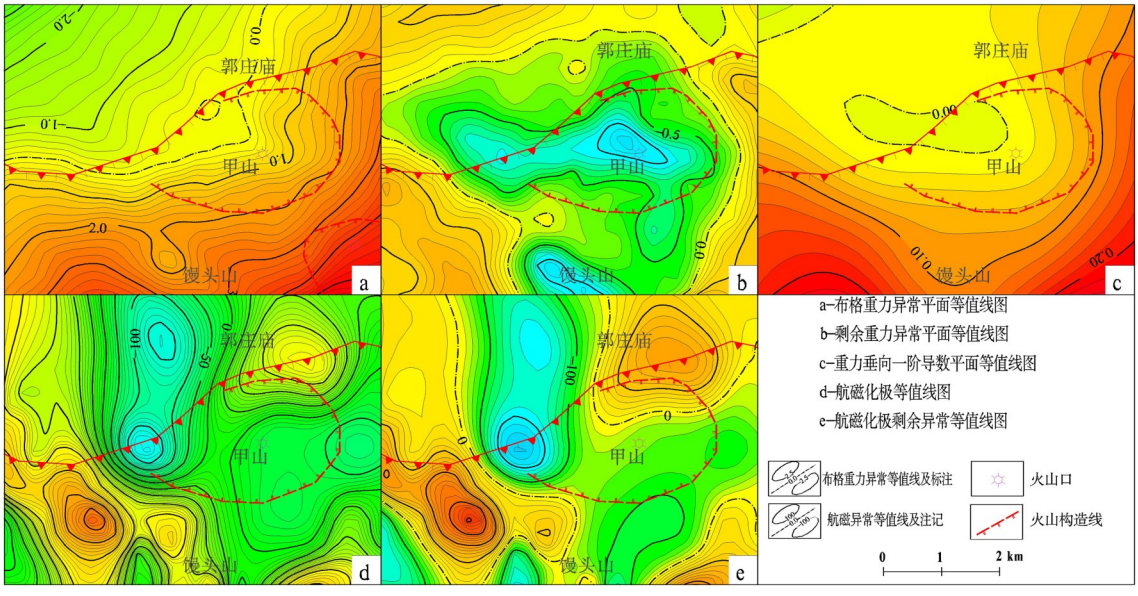

图4 甲山火山口与重磁异常剖析图

Fig.4 Analysis map of Jiashan caldera and gravity-magnetic anomalies

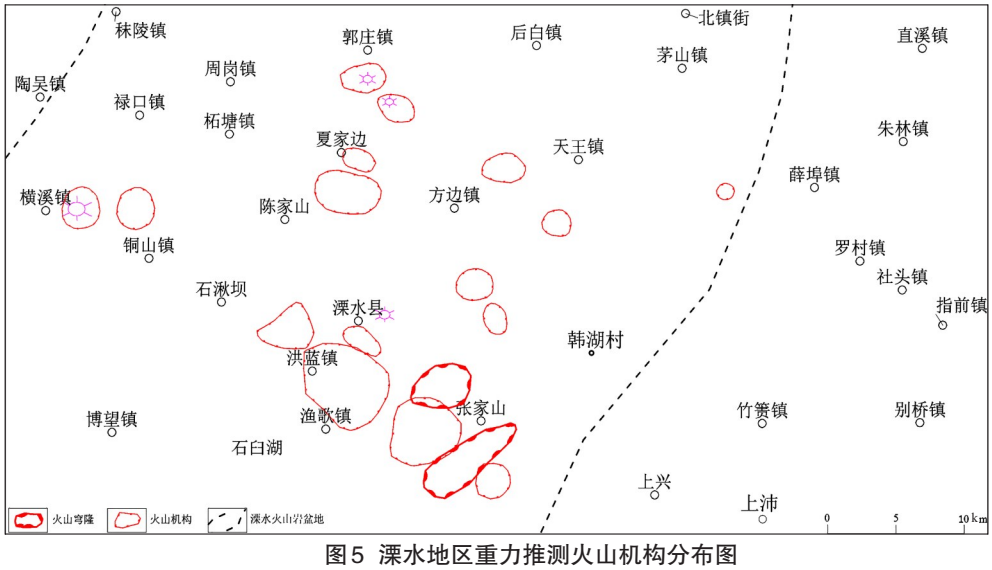

图5 溧水地区重力推测火山机构分布图

Fig.5 Distribution map of gravity-magnetic inferred volcanic structures in Lishui area

万方数据

料较好地圈定了火山机构边界，这与地表地质、遥感调查有区别，主要表现重磁圈定范围略大一些，整体环形结构更加完善，常规地表调查、遥感影像无法做到。单以重磁异常直接推断火山机构也是不可行的，必须具有火山构造的地质前提下，利用重磁资料进行火山机构推断解释，为地质构造研究和资源预测提供有用信息。

7 结语

（1）利用1/5万重力调查资料研究区域构造与断裂研究表明，区域重磁场反映出基底起伏形态，深大断裂具有较宽梯级带异常，隐伏断裂一般也有较明显异常。

（2）研究典型火山机构与重磁场关系与形成机理，为解决重力调查圈定火山机构提供了技术路线。

（3）利用地质调查与重磁资料相结合方法，依据重力剩余异常、垂向导数、水平总梯度模等，可有效地推断火山机构，为今后重力调查研究火山机构提供了很好的案例。

参考文献：

[1] 孙文珂，籍同冰，雷受旻，等. 中国区域重力调查40年回顾[M]. 北京:地质出版社，2019.

[2] G C Brown，张爱城. 安山岩火山构造的演化—哥斯达黎加重力研究提出的新证据[J]. 国外火山地质，1989(01):23-33.

[3] H. Rymer，武传真. 火山构造的重力场和解释:地质判别和时间演化[J]. 地球物理学进展，1986(02):104.

[4] 白勇，张省举，董义国，等. 青藏高原定日-木孜塔格峰地区重力场特征与断裂构造[J]. 地质论评，2012，58(02):237-249.

[5] 耿涛. 青藏高原狮泉河—康西瓦地区1/100万区域重力调查成果[J]. 物探与化探，2007，(05):391-398.

[6] 张省举，董义国. 青藏高原中东部1/100万区域重力调查成果与进展[J]. 沉积与特提斯地质，2005(Z1):148-152.

[7] 高伊航，沈军辉，苏永军，等. 重力调查在潍坊滨海区划分断裂和构造单元中的应用[J]. 地质调查与研究，2019，42(01):72-76.

[8] 张新民，刘晓兰. 区域重力调查在雅安地区划分断裂构造中的应用[J]. 河南科技，2013(13):193-194.

[9] 地调局武汉地质调查中心. 广东省雪山嶂重力调查助推深部找矿[J]. 地质装备，2016，17(06):8.

[10] 兰学毅，杜建国，严加永，等. 基于先验信息约束的重磁三维交互反演建模技术—以铜陵矿集区为例[J]. 地球物理学报，2015，(12):4436-4449.

[11] 兰学毅，周存亭，汤正江，等. 利用重力资料识别火山机构—以庐枞盆地为例[J]. 安徽地质，2012，(03):161-167.

[12] 兰学毅，周存亭，张宝松. 皖南花岗岩重磁场特征及其圈定方法[J]. 资源调查与环境，2012，(03):158-162.

[13] 高智超，王晨阳，李玉涛. 使用1/1万数字地形图进行重力近区地形改正方法试验研究[J]. 物探化探计算技术，2015，37(01):61-64.

[14] 范祥发. 区域重力调查近区地形改正快速计算[J]. 工程地球物理学报，2007，(06):560-562.

[15] 冯治汉. 区域重力调查中的中区地形改正方法及精度[J]. 物探与化探，2007，(05):455-458.

[16] 张俊，张宝松，邸兵叶，等. 高程数据网格间距对重力中区地形改正精度的影响[J]. 物探与化探，2014，(01):157-161.

[17] 吕华，关健，杨永贺. 物化探测地工作采用GPS定位时进行高程异常改正的研究探讨[J]. 吉林地质，1999，(04):49-54.

[18] 秦学虎，李志成，张震. GPS高程控制网在1/5万重力调查高程异常改正问题中的应用[J]. 吉林地质，2015，34(04):91-94.

[19] 杜好强，吕华，秦学虎，等. 提高1/50 000重力调查中测地工作精度的几种方法[J]. 测绘与空间地理信息，2012，35(06):77-79.

[20] 黄立勇，朱国强. 1/5万重力调查研究治岭头地区火山构造与矿产分布关系[J]. 物探与化探，2004，(06):489-492.

[21] 季一江，朱丽莉. 1/5万重力调查治岭头火山构造与矿产分布关系[J]. 西部探矿工程，2008，(11):125-127.

[22] 赖发腾，郭信，周月，等. 南方复杂地形条件下1/5万重力调查成果分析—以江西甲路幅为例[J]. 华东地质，2017，38(04):255-263.

[23] 秦学虎，李志成，张震. GPS高程控制网在1/5万重力调查高程异常改正问题中的应用[J]. 吉林地质，2015，34(04):91-94.

[24] 苏永军，赵更新，张国利，等. 区域重力调查在蓟县-沧州地区的应用及认识[J]. 地质调查与研究，2015，38(02):129-133.

[25] 贺绍英，唐震，许同春. 溧水火山岩岩石磁性组构的综合分析[J]. 地球物理学报，1994，37(A02):334-341.

[26] 刘俊，彭芳. 江苏溧水火山岩盆地观山旋回岩石学特征[J]. 昆明工学院学报，1991，16(1):12-20.

[27] 夏嘉生. 江苏溧水火山岩盆地内生金属矿床定位模式及找矿思路[J]. 江苏地质，1995，(01):5-11.

[28] 夏嘉生. 江苏溧水火山岩盆地内生金属矿床定位模式及找矿思路[J]. 江苏地质，1995，19(1):5-11.

[29] 张勇，匡福祥，王冲. 溧水火山岩盆地爱景山锶矿成矿机制[A]. 第八届全国成矿理论与找矿方法学术讨论会论文摘要文集[C]. 贵州:《矿物学报》，2017，(1):645

[30] 张少琴，王丽娟，杨颖鹤. 长江中下游溧水盆地火山岩的时代、地球化学特征及其地质意义[J]. 高校地质学报，2015，(01):15-30.

[31] 王丽娟，黄建平，于津海，等. 长江中下游溧水盆地中基性次火山岩-侵入岩的锆石U-Pb定年和Lu-Hf同位素[J]. 科学通报，2014(14):1305-1317.

万方数据

[15] 范强，冉志杰，周月玲，等.桐柏断裂地震勘探资料研究[J].地震工程学报，2017，39(增刊):25-34.
[16] 孟立朋，彭远黔，冉志杰，等.浅层人工地震探测揭示的夏垫断裂西南段特征[J].地震工程学报，2019，41(1):155-161.
[17] 武艳强，黄立人，陈长云，等.1976年唐山MS7.8地震同震及现今形变特征[J].地震学报，2016，38(4):609-617.
[18] 闫成国，王志胜，陈宇坤，等.天津汉沽断裂准确位置及活动性的综合探测研究[J].中国地震，2014，30(004):501-513.
[19] 杜晨晓，谢富仁，张扬，等.1976年M_S7.8唐山地震断层动态破裂及近断层强地面运动特征[J].地球物理学报，2010，53(002):290-304.
[20] 陈宇坤，李振海，邵永新，等.天津地区第四纪年代地层剖面研究[J].地震地质，2008，30(2):383-399.
[21] 肖震.唐山沿海地面沉降与地质环境因素分析[J].地下水，2014，36(3):76-77.

Pseudo-random source exploration for the Ninghe fault

REN Zheng-wei, GUO Shu-jun, XIE Xing-long, YU Lei

(*Centre for Hydrogeology and Environmental Geology, China Geological Survey, Baoding Hebei* 071051,*China*)

Abstract: The Ninghe Fault is located in the north of Ninghe District, Tianjin City.. The fault runs nearly to the EW and tends to the south, with a total length of about 26 km. It is found that there are a series of concealed Fault zones in the shallow part of the Ninghe Fault. It is necessary to find out the spatial distribution characteristics of the shallow part of the Ninghe fault. There are obvious differences in wave impedance among upper Pleistocene, middle Pleistocene, lower Pleistocene in Quaternary internal strata and tertiary geological interfaces, which provides the prerequisites of pseudo-random seismic exploration.Pseudo-random source(wacker for short) can accurately, quickly and effectively detect the shallow strata structure, hidden fault structure spatial distribution characteristics.The field seismic wave velocity test was carried out. The seismic P-wave velocity of Quaternary unconsolidated sedimentary strata is 1 300~1 500 m/s. The wave velocity of bedrock exceeds 2 000 m/s.The key techniques of pseudo- random source combination, real- time Noise suppression and F- K filtering have successfully solved the difficult problems of seismic exploration in high interference environment.The Ninghe Fault is composed of five normal faults, and the fault zone is parallel to the east-west direction. Drilling revealed that the upper break point of the Ninghe Fault had broken to the interior of the upper pleistocene, 66.9 m from the surface.

Key words: pseudo-random source; real-time Noise; F-K filtering

Characteristics of geophysical field and delineation of volcanic structures in Lishui volcanic basin area

ZHANG Bao-song, DI Bing-ye, HUANG Ning, ZHU Hong-bing, CHEN Ji-wei, ZHANG Jun

(*Nanjing Center, CGS, Nanjing* 210016, *China*)

Abstract:The Lishui volcanic basin is located in the eastern of the middle and lower reaches of the Yangtze River metallogenic belt. It possesses good metallogenic conditions with volcanic basins such as Luzong, Ningwu and other volcanic basins. Therefore, the study of volcanic structure is of great significance for ore prospecting breakthrough. On the basis of the latest gravity survey of 1/50 000 in the Lishui volcanic basin, not only the gravity and magnetic field distribution characteristics, and the relationship between typical volcanic structures and gravity- magnetic fields were analyzed and studied, but aslo the volcanic structures in Lishui area was identified.The results show that based on geological data, comprehensive use of information such as residual gravity anomaly, vertical derivative, and total horizontal gradient modes can effectively identify volcanic structures.Ultimately 18 volcanic structures were inferred.

Key words：volcanic apparatus; gravity and magnetic field; gravity survey

万方数据