

区域重力调查在蓟县-沧州地区的应用及认识

苏永军,赵更新,张国利,刘继红,匡海阳
(中国地质调查局天津地质调查中心,天津 300170)

摘要:蓟县-沧州地区进行1/25万区域重力测量取得了初步的调查研究成果。根据区域重力场特征,在该研究区划出24条断裂和4条重要梯级带。根据断裂构造分布情况和该区地质资料,对研究区进行了构造单位的划分,共划分11个III级构造单元和19个IV级构造单元。同时,还对研究区盆地构造格局与油气田的关系、断裂构造与以往地震发生点的关系进行了分析。

关键字:区域重力调查;GPS测量;断裂;油气田;地震

中图分类号: P631.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2015)02-0129-05

区域重力调查在我国全面展开是上世纪80年代,截至目前全国中、小比例尺区域重力调查已基本全覆盖,以区域重力资料为主的综合研究取得了较好的地质效果^[1-2]。地质大调查以来区域重力调查取得了重要进展:利用小比例尺区域重力调查资料对大地构造格架的研究有了新的认识,划分出各种类型的断裂构造;中比例尺区域重力调查稳步推进,也取得了一批较好的地质成果。本文依托地质调查项目“蓟县-沧州地区1/25万基础地质调查修测”开展蓟县-沧州地区区域重力调查,笔者项目组在充分收集蓟县-沧州地区及周边地区以往地质、地球物理、地球化学和遥感调查成果资料的基础上,完成了蓟县-沧州地区1/25万区域重力调查的数据采集和数据处理,以该区域重力资料为主进行综合研究,编制了1/25万分幅区域重力调查基础图件、推断地质构造图件及其他解释推断成果图件等,为该区域地质构造、区域稳定性分析、基础地质研究及相关领域的应用和图件更新等,提供了高质量的区域重力调查基础资料,同时结合成果图件对该区油气田分布和以往地震发生点进行了初步分析。

1 地质、地球物理特征

1.1 地质矿产概述

蓟县-沧州地区属于中朝准地台,华北断拗的冀中台陷、沧县台拱、黄骅台陷和埕宁台拱内,主要断裂构造有海兴-宁津隐伏大断裂和沧州-大名隐伏深

断裂,两者平行分布,平面相距约60 km,倾向相对,共同组成中、新生代带状地堑,其间主要控制早第三纪的沉积。区内大部分被第四系覆盖,在1/25万的北京幅的西北部有少量地层出露,出露地层按不同时代归属于不同的地层(分)区,主要有太古宇、元古宇、古生界、中生界和新生界等地层。蓟县-沧州地区矿产资源较为丰富,以能源矿产为主。主要有煤炭、煤层气、石油、天然气、地热等,拥有探明储量十分丰富的铁矿和石油资源:迁安铁矿、冀东铁矿、冀东油田等是全国闻名的矿产地;有开滦煤矿、京西煤矿等;地热资源较为丰富,尤其是天津地区自上世纪七十年代就开始了大规模地热资源开发利用。

1.2 物性特征

地层(岩石)密度是重力勘探资料解释的重要参数。数十年来,伴随着华北盆地石油勘探的深入开展,对盆地地区做了大量的岩芯标本、密度测井等密度测定与研究,获得了丰富的物性资料。结合大区域范围的宏观岩石密度资料,从华北盆地岩石密度统计结果来看(表1),本区内第四系与新近系和古近系之间、新近系和古近系与中生界之间、中生界与古生界之间均有明显的岩石密度差异。经综合分析认为第四系表层和新近系为区内明显的低密度层,密度值在2.00~2.21 g/cm³之间。由于其近地表分布,当其厚度有明显变化时,可引起一定规模的局部异常;古近系、中生界为中间过渡层位,密度值在2.40~2.60 g/cm³之间,当其规模较大时,能够产生明

收稿日期:2015-04-13

资助项目:中国地质调查“蓟县-沧州地区1/25万基础地质调查修测(1212011220570)”

作者简介:苏永军(1981-),男,地球物理和地质工程双硕士研究生,从事地球物理勘查及研究工作,Email:syj95123@163.com。

表1 华北平原岩石地层密度统计表

Table 1 Statistical table of density of rock strata in North China Plain

地层	代号	主要岩性	密度
第四系	Q	亚粘土	2.00
新近系	N	砂泥岩、砂砾岩、泥岩	2.21
古近系	E	泥岩、砂岩、泥灰岩、砂泥岩	2.40
中生界	Mz	砂泥岩、砾岩、火山岩	2.44 ~ 2.60
石炭-二叠系 (C-P)		砂页岩、灰岩	2.45 ~ 2.65
奥陶系	O	灰岩	2.72
寒武系	ϵ	灰岩、页岩、砂岩	2.68
元古宇	Pt	白云岩、砂页岩	2.75
太古宇	Ar	片麻岩、变粒岩、角闪岩	2.76

注:(据郭有钊,等《全国岩石物性建库研究报告》,2003,有补充)

显的重力低,形成中新代盆地的重力低值异常,如廊坊凹陷;古生界、元古宇、太古宇密度值多在2.60~2.75 g/cm³之间,构成区内的岩石基底。地层岩石间密度差异的存在,为本区利用重力勘探解决地质问题提供了物性前提。

2 野外数据采集及处理

2.1 仪器性能试验

在野外工作开始之前,需对投入野外的CG-5重力仪和双频Trimble5800 GPS进行检定和试验,性能合格后方可投入野外进行数据采集。CG-5重力仪在每年项目开工前都进行全面检查和调试,在选定地点(场地满足仪器性能试验要求)进行重力仪的静态试验、动态试验、多台仪器间的一致性试验;在国家重力格值标定场进行了仪器格值标定。Trimble5800GPS送到测绘专业计量站检定,检定合格且在检定有效期内使用。

2.2 重力基点网和GPS控制网联测

收集工作区内及周边地区重力、测绘的成果资料,重力基点网联测采用国家2000重力基本网系统作为本次重力工作的起算点,从北京、天津重力基本点接入,将国家重力基本网系统的绝对重力值引入工区,重力二级基点网采用双程往返观测法进行引测;为了控制重力测点的点位及高程精度,严格按照规范要求完成该区GPS控制网联测^[3]。联测点选在重力梯度小、地基稳固、无干扰、联测方便、近期不被占用的地方。

2.3 野外数据采集及质量检查

本工作区采取半自由网-准规则测网布设测点,平原地区采用2.2 km×2.2 km规则网格布点,有

地形山区采用半自由网测量,每个测点平均控制面积小于6 km²;在测点布设困难区域根据情况放宽测点控制面积为5~8 km²,且基本均匀分布。重力测量每点读数时间为30 s,读数两次,两次读格差小于0.005格,重力测量起闭于重力基点,每个闭合段零点位移值不大于重力测点观测精度的3倍。GPS测量模式采用快速静态测量,观测时间不小于7分钟,每个测点GPS观测均进行详细记录。重力近区地形改正采用全仪器野外实测方法(莱卡激光测距仪或森林罗盘仪)进行地形测量确定改正值。重力、GPS测量和近区地改点地形测量质量检查工作随外业工作同步进行,在时间和空间上分布基本均匀,质量检查工作遵循“一同三不同”原则。

2.4 数据整理及预处理

数据整理主要是按照区域重力调查规范要求,按照“五统一”要求进行重力数据计算整理,地形改正分为近区、中区和远区。1/25万重力调查近区地改范围为0~50 m,近区地形改正采用全仪器测量确定地改值。中区范围为50~2000 m,采用1/5万DEM高程数据在软件GeoIPAS上进行地形改正值计算;远区(2~166.7 km)地形改正采用RGIS2006节点高程数据来进行计算。为了避免或减少数据处理方法带来的边缘损失或边界效应,在数据处理前对数据周围均进行了一定范围的扩充。为适应计算机数据处理及绘图要求,对扩充后的重力数据使用Sufer软件采用了“Kring泛克立格法”方法进行网格化,网格间距2.2 km×2.2 km。

2.5 重力位场转换

(1) 区域背景场及剩余异常的分隔

野外实测重力值经过各种改正得到布格重力异常值^[4],布格重力异常是地壳内部密度不均匀的综合反应,为了达到调查目的,需要进行场分离。重力异常的提取是重力资料处理的一项重要内容,通过数据处理求取区域场和局部剩余异常^[5],局部异常是重力调查中重要的研究对象,提取局部重力异常的方法较多,如圆环法、窗口法、滑动趋势分析法等。本次采用窗口滑动平均法求取区域背景场和剩余异常,小半径的剩余异常形态零乱、规律性差,幅值小、面积小的异常难以确定其地质意义;而半径较大的剩余异常又会使一些有地质意义的异常信息丢失,不能客观地反映研究区的地质构造的细节。通过对窗口半径分别为10 km、20 km、30 km和40 km处理

效果的对比分析,认为30 km半径的布格剩余异常效果最佳。

(2)水平方向导数求取和水平总梯度的求取

为了突出不同走向的断裂、脉岩位置和宽大地质体的边界线,采用金维软件对布格重力异常数据作水平方向导数处理。求导方向依据研究区内断裂构造方向来确定,分别按 0° 、 45° 、 90° 、 135° 四个方向的求取导数,并编制相应的重力基础图件。

重力水平总梯度是提取断裂^[6-7]弱异常信息的有效方法,对重力梯级带具有较强的突出作用,可提高对断层的分辨率。利用重力水平总梯度异常平面图能准确识别断裂,便于确定断裂的平面位置及在平面上的延伸方向,为研究断裂构造提供可靠依据。

(3)重力场解析延拓

重力异常的向上延拓^[8]是指由观测平面上已知重力异常换算得到较高平面上的重力异常。向上延拓会使不同埋深、不同尺度的密度体的异常都将衰减,但是浅源或小尺度密度体引起的异常衰减速度比深源或大尺度密度体引起的异常(区域异常)要快,因此向上延拓一定高度后能够明显压制局部异常,突出区域异常的特征。

3 工作成果与认识

3.1 确定断裂的依据

地球重力场与其它物理场相比,其独特之处在于它包含了组成地球的所有物质的密度分布信息。布格重力异常客观地包含着地球内部构造的丰富信息,不同波长的异常反映了地球内部不同层位的构造面貌。断裂不仅控制着构造和盖层的发育,而且本身就是构造单元或构造区域的分界线。利用重力资料推断断裂构造的平面位置是一种快捷高效的方法,根据不同数据处理方法计算得出的重力基础图件,可确定出走向特征明显的重力构造线。根据本区已知断裂上的重力异常反映及野外实践经验,归纳出几条针对不同重力基础图件上的重力异常,作为确定断裂构造的标志与依据。

(1)在布格重力异常平面图及剩余重力异常平面图上的标志:1)走向明显的重力梯级带;2)狭长的带状异常;3)异常带的水平错位或平移;4)异常等值线的同向扭曲;5)重力场发生明显变化的分界线;6)重力高与重力低之间的线性过渡带。

(2)在布格重力方向导数异常平面图上的标志:

1)线性排列的同号异常连线;2)走向明显的线性异常轴连线;3)线性异常的平移或错位。

(3)在重力垂向二阶导数异常平面图上,为线性异常边界的平直零值线。

3.2 断裂构造及构造分区

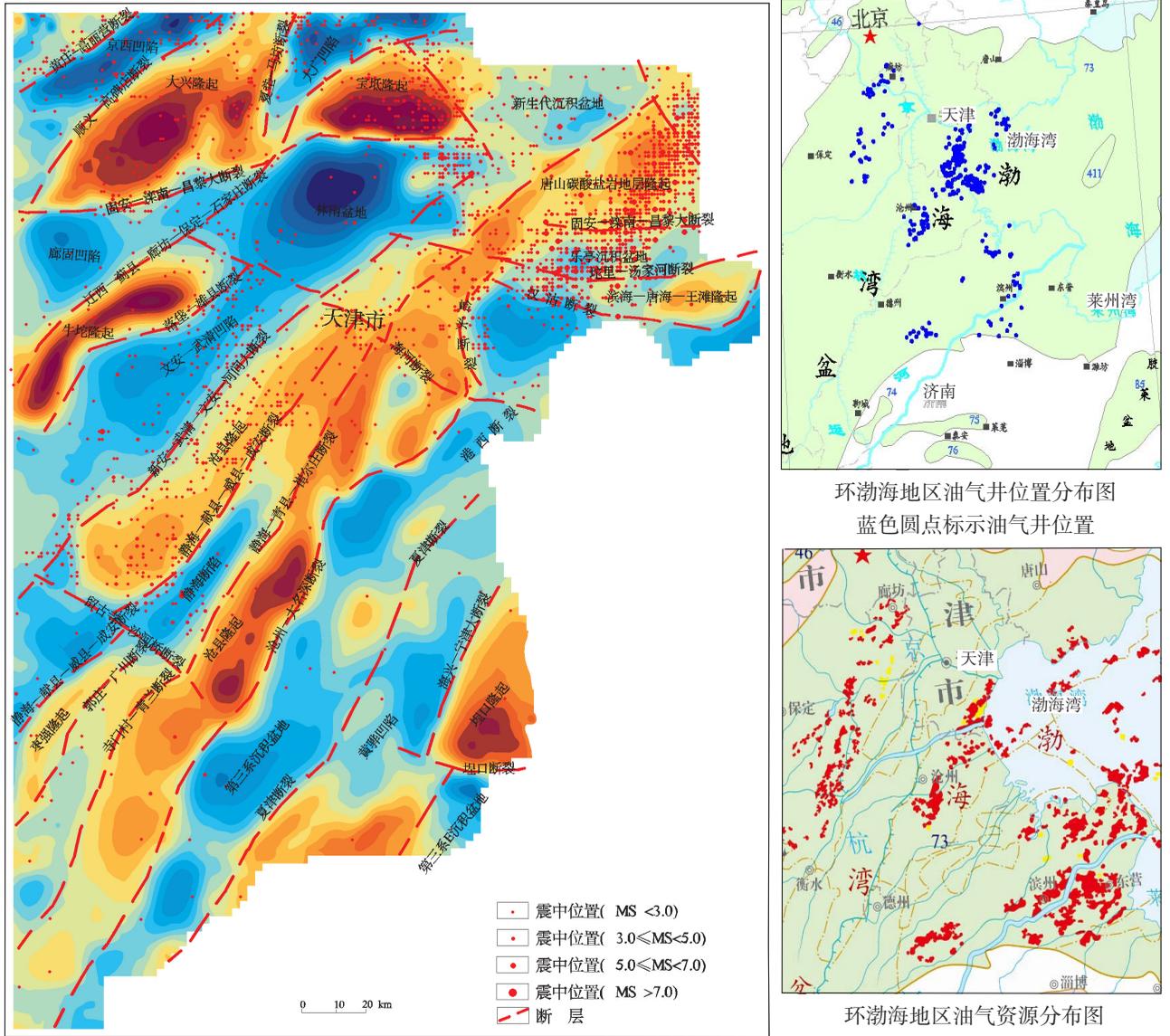
地质构造单元是地质历史长期发展演化的结果,它们在地壳构造、沉积建造、岩浆活动、构造变动、变质作用、成矿作用、地球化学、地球物理场等方面常表现出来差异,各构造单元之间常为不同级别的断裂构造^[9,10]所分隔,图1是项目组所完成的重力调查(含河北地调院工区数据)重力剩余异常图,结合工区的已有地质背景、航空磁法、断裂分布情况,对断裂构造和地质构造单元进行了初步划分(图1)。该工区属中朝准地台(I级),地处华北断坳(II级)和燕山台褶带(II级),根据完成的重力剩余异常图来看,总体表现为北东向重力高和重力低相间分布,反映了该区第四系覆盖下基底隆起与凹陷呈北东向相间分布的特征。

根据重力基础成果图件和地质资料,划出顺义-高碑店断裂、黄庄-高丽营断裂、固安-滦南-昌黎大断裂、迁西-蓟县-廊坊-保定-石家庄断裂、新安-武清-文安-河间大断裂等24条断裂。根据断裂分布情况和已有资料对该研究区进行构造单元划分,划分出大兴隆起、大广断陷、京西凹陷等11个III级构造单元,宝坻隆起、沧县隆起、黄骅凹陷等19个IV级构造单元。

从重力基础图件和重力场分布特征可以看出区内有四条最重要的梯级带,它们分别为顺义-高碑店断裂、迁西-蓟县-廊坊-保定-石家庄大断裂、武清-文安-河间大断裂和沧州-大名大断裂,四个重要断裂基本决定了本区的重力异常北东走向的格局。北京地区处于华北陆块,跨两个II级构造单元,其北部及中部属燕山断褶带中段,东南部属华北断坳西部,华北断坳(II级)和燕山断褶带(II级)之间大致以山区和平原的分界相隔,其间亦有断裂分割。从图1中可以看出天津市整个构造显示了在北西和北东向的构造格局下,成东西分带、南北分块的特征。在东西方向上由于北东向断裂的拉张形成两坳(黄骅北区、武清)一隆(沧县北段),南北方向上由于北西向断裂的控制,形成了阶梯式断陷。

3.3 盆地构造格局与油气田关系

环渤海地区中、新生代和古生代沉积盆地以及它们的复合盆地特别发育^[11],为油气田分布的主要地



区,主要的盆地包括渤海湾盆地,二连盆地、鄂尔多斯盆地、莱阳盆地等。这些盆地为石油、天然气的形成提供了良好的条件和环境。研究区地处渤海湾盆地,位于华北陆块东部,是一个发育在华北克拉通古老地块上的中、新生代和古生代沉积盆地,多个拗陷形成的二级沉积盆地,大港、冀东等众多大油田已成为目前我国油气田生产基地。从图1可看出,利用区域重力场特征划分出的凹陷和盆地与油气田有很好的对应关系,能为该地区研究油气分布提供重要依据。盆地演化和构造格局控制了油气藏的地质条件,对其研究将有助于了解、认识构造的分布与油气藏的形成条件和分布规律,从而指导油气的勘探。

4.4 断裂构造与以往地震发生点关系

笔者统计了中国地震局地震台网有关资料,公元前780年至2014年6月18日,该研究区MS <3.0级地震发生3041次(MS为地震等级),3.0≤MS<5.0级地震发生542次,5.0≤MS<7.0级地震发生42次,MS >7.0级地震发生2次,从地震发生点分布(图1)来看,小地震密集成带,主要集中在研究区的北部断裂以及次级构造单元边界断裂上,尤其是断裂的交汇处。地震的分布具有一定的规律性,地震往往孕育于特殊的构造环境^[12],震源常处于特殊的地球物理场分布带,在活动断裂带和重力异常突变带的交汇地区是地震易发地点,因此在地震区划和重大工程

选址时予以考虑,工程建筑要避开活动性断裂,特别是活动性断裂的交汇部位。

4 结论

(1)通过1/25万区域重力调查在蓟县-沧州地区的应用和初步研究,认为1/25万区域重力调查资料对区内断裂构造、沉积盆地和岩体反映较为明显,尤其是对隆起带和凹陷区的反映。研究区内基本被第四系覆盖,1/25万重力调查可以较好地对本构造格架和隐伏断裂进行划分,根据重力场特征划出24条断裂和4条重要的梯级带,再根据构造断裂分布情况和该区的地质资料进行构造单位的划分,划分11个III级构造单元和19个IV级构造单元。

(2)从收集到的油气田资料来看,根据区域重力基础图件划分出的凹陷和盆地与油气田资源分布有较好对应关系,盆地演化和构造格局是控制油气藏的主要地质条件,因此利用重力基础成果图件对油气资源进行预测和评价具有重要的指导意义。

(3)对比该区以往地震发生点的位置,地震点主要集中在研究区北部断裂以及次级构造单元边界上,尤其是断裂的交汇处。地震点的分布具有一定的规律性,地震易发在重力异常突变带和活动断裂带交汇地区,因此在地震区划和重大工程选址时应予以考虑。

参考文献:

- [1] 孙文珂.区域重力调查的进展[J].物探与化探,2007,31(5):381-385.
- [2] 孙文珂.深化解释提高区域重力调查的地质成果[J].物探与化探,1989,13(1):1-6.
- [3] 汤桦.GPS在1:20万区域重力调查中应用[J].矿产与地质,2006,20(6):686-688.
- [4] 曾华霖.重力场与重力勘探[M].北京:地质出版社,2005.
- [5] 于文涛,吴冬铭,罗长青,等.区域重力调查资料整理及数据处理[J].吉林地质,2010,29(4):83-85.
- [6] 滕菲,邢怡,张国利,等.1/20万重磁综合异常提取及地质意义—以内蒙古东乌旗地区为例[J].地质调查与研究,2014,37(2):131-135.
- [7] 马宗晋,高祥林,宋正范.中国布格重力异常水平梯度图的判读和构造解释[J].地球物理学报,2009,19(1):77-82.
- [8] 张国利,赵更新,滕菲,等.高精度重力测量在冀东铁矿整装勘查区查找隐伏铁矿中应用[J].地质调查与研究,2014,37(1):46-51.
- [9] 唐新功,陈永顺,唐哲.应用布格重力异常研究郯庐断裂构造[J].地震学报,2006,28(6):603-610.
- [10] 杜晓娟,孟令顺,张明仁.利用重力场研究东北地区断裂分布及构造分区[J].地球科学与环境学报,2009,31(2):200-206.
- [11] 李俊建,杨春亮,沈保丰,等.环渤海地区矿产资源图集[M].天津:天津科学技术出版社出版,2005.
- [12] 周志鹏,杜秋姣,梁青,等.大震与重力异常突变带、活动断裂带关系及其流变模型[J].地球科学-中国地质大学学报,2014,39(12):1887-1895.

Application and Understanding of Regional Gravity Survey in Jixian-Cangzhou Area

SU Yong-jun, ZHAO Geng-xin, ZHANG Guo-li, LIU Ji-hong, KUANG Hai-yang

(Tianjin Center, China geological survey, Tianjin, 300170, China)

Abstract:This article summarizes the entire process of regional gravity survey at the scale of 1:250 000. The process includes instrument preparation for the field, GPS net linking and gravity base-point net linking, data acquisition, data processing, interpretation of gravity anomaly and comprehensive research. Through regional gravity survey in Jixian-Cangzhou area, the project has preliminary achievement. According to the characteristics of regional gravity field, authors outline twenty four fracture lineaments and four important gradient belts; based to geological data and distribution of tectonic fractures, authors outline eleven III grade structural units and nineteen IV grade structural units; analyze the relationship between oil-gas field and basin tectonic framework, and the relationship between previous earthquake location and fault structure in the study area.

Key words: regional gravity survey; GPS measurement; fault; oil-gas field; earthquake