

The Gravity Field and Petroleum Geology Characteristics in Shangdu Depression, Jining Basin

Yuan Bingqiang¹

School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065

Abstract: The characteristics of gravity field were studied with the 1:100000 high precision gravity data, synthesized some geological and geophysical research achievements concerned. The faulted structures were derived and the main geological genesis of the gravity anomaly were fitted and analyzed. The faults in NEE and in near EW direction are primary fault in the study area and most of the faults are regional fault, which controlled the distributions of Mesozoic and the belt of magmatic rock. The Meiguiyingzi, Gaowusuo, Liangmianjing and Danjinghe depressions are downfaulted basins in Mesozoic. The Jurassic in depressions are thick in west and thin in east, vice versa in Cretaceous. The depressions formed in Cretaceous were not the successions for Jurassic, more sedimentary centers are in the depression. The Meiguiyingzi, Gaowusuo and Liangmianjing depression are furthersome depression for oil and gas and the small structures developed near the center of the depressions should be the significant exploration areas.

Keywords: Shangdu depression; Gravity field; Petroleum geological characteristics

集宁盆地商都坳陷重力场与石油地质特征

袁炳强

1. 西安石油大学油气资源学院, 西安, 710065

摘要: 以集宁盆地商都坳陷实测的 1:10 万高精度重力资料为基础, 综合有关地质、地球物理研究成果, 对研究区的重力场特征进行了研究, 推断了研究区的断裂构造, 拟合分析了重力异常的成因。研究表明, 北东东向或近东西向断裂为研究区的主要断裂, 它们多为区域性大断裂, 不仅控制了中生界的分布, 也控制了岩浆岩带的展布; 研究区发育的玫瑰营子、高勿素、两面井、单井河等 4 个凹陷属中生代断陷盆地, 凹陷内发育较厚的白垩系和侏罗系, 侏罗系西厚东薄, 白垩系西薄东厚, 白垩纪时期形成的凹陷并不继承侏罗纪时期的凹陷, 凹陷内为多沉积中心; 玫瑰营子、高勿素、两面井凹陷为找油气的有利凹陷, 凹陷内沉积中心附近发育的小构造应为重点勘探的有利靶区。

关键词: 商都坳陷; 重力场; 石油地质特征

1 引言

为深入研究集宁盆地商都坳陷的石油地质特征, 包括坳陷形态、坳陷内主要沉积地层的分布、构造格架及基底起伏, 预测勘探油气靶区等, 实施了测网为 $1000\text{m} \times 1000\text{m}$, 布格重力异常精度为 $\pm 0.062 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$, 面积为 12666 km^2 的高精度重力测量。利用获取的重力资料及前人石油地质研究成果, 以重力资料为基础对研究区的重力场特征进行了综合研究, 确定了研究区的断裂构造体系。根据实测物性结果及区域地质背景, 选择多条剖面定量拟合分析了研究区主要沉积层发育特征。高精度重力测量解释研究成果, 为研究区

的构造特征、凹陷的形成与发展、沉积盖层的分布规律以及油气勘探前景奠定了基础。

2 地质地球物理背景

研究区区域构造位置位于华北地台北缘内蒙古台隆区, 为集宁盆地最东边的次级构造单元商都坳陷^[1]。

研究区经历了太古代—古元古代地台基底的形成阶段, 中元古代—三叠纪的地台盖层发展阶段, 中、新生代地台“活化”阶段。每一阶段都出现不同的沉积建造、岩浆组合、构造变动等^[2]。

研究区属断陷盆地, 出露地层主要是太古代、中上元古界、中生界 (侏罗系、白垩系)、新生界 (古近

系、新近系)。古生界(石炭系)仅在研究区外围西南部及北部有零星出露;新生界在研究区广泛分布,其变形小,褶皱不甚发育;中生界及其老地层受多次构造运动影响变形强烈,褶皱发育,以短轴背斜为主,其轴向有东西向、南北向、北西—南东向,以东西向居多。

为获取准确的物性(密度)资料,提高重力资料处理解释的精度及可靠性,在实施高精度重力测量的同时,对研究区出露的地层均采集了密度标本,共采集 679 块密度标本,其测定结果表明,研究区岩石的密度与磁性有如下特征:①太古代变质岩、海西期闪长岩具有较高的密度;②研究区各时代的沉积岩,其密度是地层由新到老,密度值由小变大;③研究区的地层密度测定结果显示几个密度差比较大的分界面:古近系和新近系与白垩系,上白垩统与下白垩统,

下白垩统与侏罗系,侏罗系与前古生界。

3 重力场特征

研究区完成的高精度重力测量布格重力异常平面等值线图形态复杂(图 1),重力异常值均为负值。布格重力异常总体变化特征为:研究区南部异常值高,变化范围为 $(-88 \sim -120) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,中北部异常值低,变化范围为 $(-109 \sim -144) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,东西方向上异常值差异较小,变化不大。布格重力异常平面等值线走向总体上以东西-北东东向为主,等值线扭曲方向主要呈北西向和北东向。研究区布格重力异常显示出由相互分割、范围大小不等,平面上等值线呈圈闭形态的高值异常区(重力高)和低值异常区(重力低)组成,重力高与重力低的过渡带均为水平梯度较大的重力梯级带。

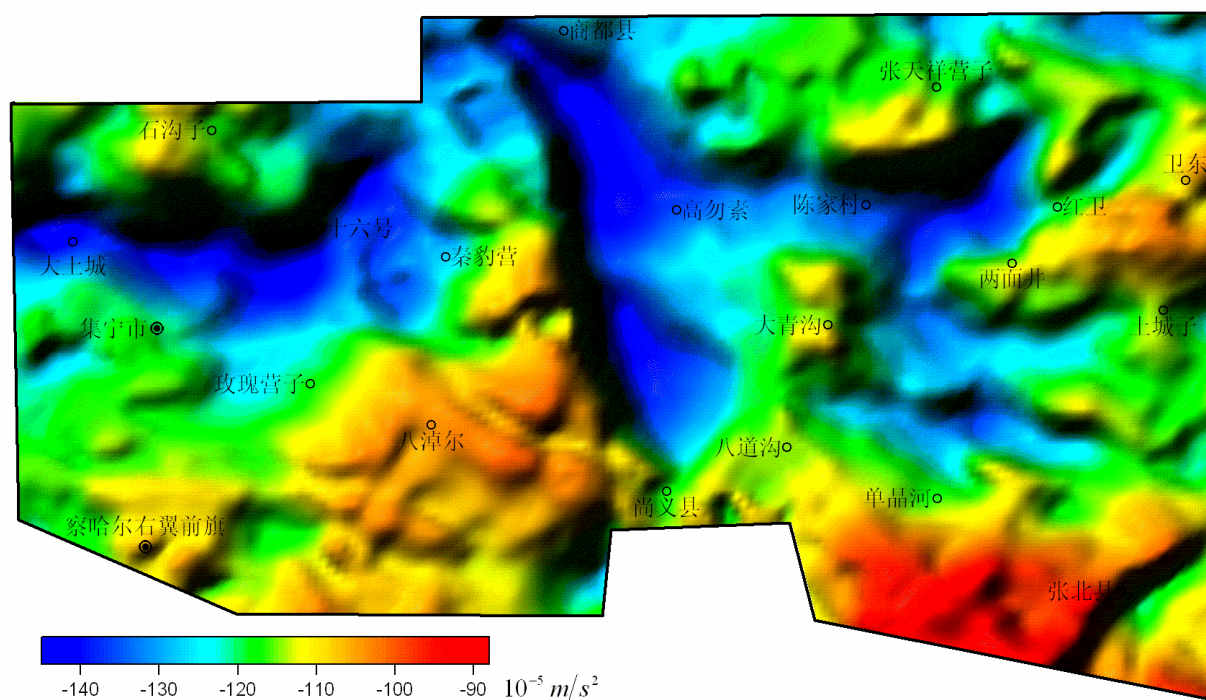


Figure 1. Bouguer gravity anomaly of Shangdu depression, Jining basin (isogal: 10^{-5}m/s^2)

图 1. 集宁盆地商都坳陷布格重力异常图(等值线单位为 10^{-5}m/s^2)

由重力场值南部高、中北部低的特征分析研究区基底为南浅北深;由布格重力异常等值线圈闭的众多重力高、重力低推测研究区基底起伏较大,隆起与凹陷发育;由密集布格重力异常等值线反映的重力梯级带判断研究区构造复杂,断裂发育。

4 石油地质特征

应用布格重力异常图及其转换参数(方向梯度、褶积滤波、高次导数等)所反映的各种明显变化特

征,综合分析地质背景以及在研究区完成的部分地震探测成果,推断出了研究区的断裂构造(图 2)。

研究区断裂按走向可划分为近东西(包括东西、北东东、北西西)向,北东(包括北北东)向,北

西（包括北北西）向和南北向 4 组。研究区内断裂纵横交错形成了以近东西向为主干，北东、北西向斜交分布的构造体系。断裂构造的复杂性，显示了

研究区经历了多期构造活动的特点。

自太古代以来的各期构造活动，造成断裂变形

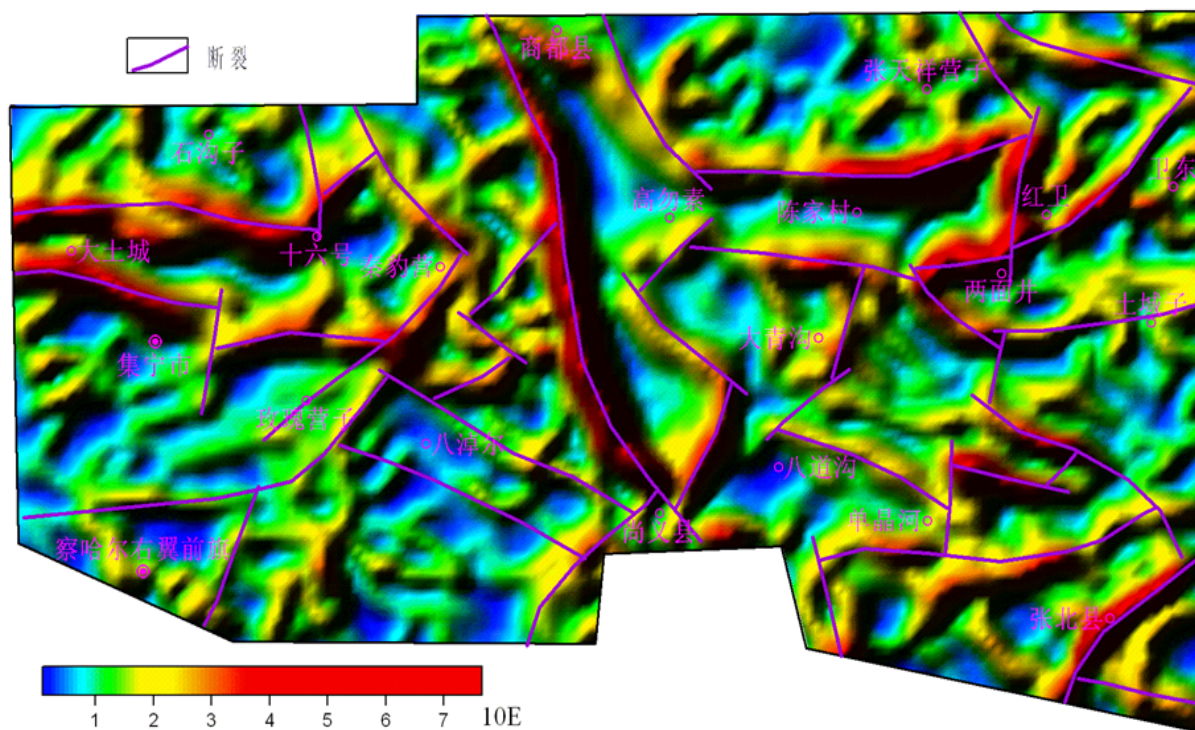


Figure 2. The fault distribution map with total horizontal gradient anomaly in Shangdu depression

图 2. 集宁盆地商都坳陷断裂分布与重力水平总梯度图

的压应力方向有所不同。中生代以前，压应力主要来自北方，即自北向南推挤，使得内蒙地轴一直处于隆升状态，长期遭受剥蚀，保持了正向构造特征。同时，在强大的压应力作用下，刚性的太古界结晶基底不易变形形成褶皱，而主要表现为断裂特征，形成了支离破碎的棱形断块，在应力的正面，形成了近东西—北东东向具压性特征的断裂，其后形成北东和北西向成“X”形状的具压扭性特征的两组断裂。中生代期间，研究区受东南方向侧压应力的影响，断裂复活继续活动，尤其是近东西向断裂和北西向断裂。此阶段表现为张裂、断陷，同时由于北方的压应力尚未全部消除，故断裂常具有扭性特点。

由断裂的空间分布特征可以看出，研究区近东西向断裂发育较早，而北东、北西向较晚。其表现是近东西向断裂被北东、北西向断裂切断而发生位移。东西—北东东向断裂多为区域性大断裂，为研

究区的主要断裂，它们不仅是主要构造单元的分界，而且也控制了岩浆岩带的空间展布。北东、北西向断裂属小断裂，这两组断裂将基底切割成小断块。断裂在元古代之后的强烈活动时期主要有海西期和燕山期，海西期主要表现为岩浆侵入活动及对岩体分布的控制作用，燕山期主要表现为断陷活动。对在研究区寻找油气有重要意义的是侏罗纪末形成的一些断陷，这些断陷控制了具有一定生烃能力的白垩系沉积。

以研究区已有钻井成果、二维地震测量成果、区域地质研究成果以及物性测量成果作为重力资料定量正反演的约束条件^[4-5]，选择多条剖面对重力异常进行了定量拟合，拟合结果表明，研究区内凹陷的基底属太古代变质岩系，虽然研究区北部出露有元古界，但仅分布于临河—集宁大断裂以北。太古代以来，研究区总体上升剥蚀，局部地段沉积了石炭系、二叠系，但其遭受剥蚀已残存无几，因而，

研究区侏罗纪沉积层直接覆盖于太古界基底之上。

研究区内凹陷生成受控于基底断裂, 凹陷的三维形态因控制的基底断裂性质、方向的不同而有所差别(图 3)。依据凹陷的成因和形态研究区内凹陷可分为两种类型: ①双断型或断陷式凹陷。该类凹陷受近东西向断裂带控制, 凹陷呈长条形, 长轴方向与所挟持的两旁断裂方向一致, 两侧以断裂与周边分界。由于东北向和北西向次级断裂将边界主断裂切割错位, 致使边界弯曲, 凹陷宽窄不一。从垂直凹陷长轴的剖面看凹陷呈地堑式, 可见基底因次级断块差异活动, 交替呈现地垒、地堑, 基底凸凹不平, 形成了“盆岭”构造, 基底抬拱与凸起引起盖层弯曲形成有利油气聚集的背斜、断鼻等构造。控制凹陷断裂以外见有侏罗系分布, 白垩系局限于边界断裂内。研究区的玫瑰营子凹陷、两面井凹陷、单晶河凹陷即属于此类凹陷; ②单断型或断超式凹陷。该类凹陷受北西向大断裂控制, 沿断裂断块陷落, 平面形态沿断裂一侧平直, 另一侧呈弧形外凸(研究区内高勿素凹陷)。垂直长轴剖面凹陷呈不对称的“箕形”, 沿断裂一侧陡倾, 另一侧基底缓坡翘起, 地层超覆沉积, 盖层沉积由中心向外变薄。单断型凹陷因北西向断裂平直陡倾, 次级断裂不发育, 因而, 这类凹陷内部小构造不如东西向凹陷发育。

研究区发育的几个主要凹陷玫瑰营子凹陷、高勿素凹陷、两面井凹陷、单井河凹陷内侏罗系西厚东薄, 白垩系西薄东厚, 白垩纪时期形成的凹陷并不继承侏罗纪时期的凹陷, 沉积中心侏罗纪之后向东迁移。侏罗系分布范围大, 白垩系仅局限在边界断裂之内, 白垩系属断陷洼地沉积。断陷发育时期主要在侏罗纪之后。

根据研究区断裂的分布及凹陷内地层的特征, 推测研究区凹陷的发展与演化历经了 4 个阶段(图 3)。

①断坳期(侏罗纪)。在太古界基底之上, 大范围沉降坳陷, 沉积了侏罗系含煤建造, 基底断裂虽有活动, 但未出现明显的断凹。

②挤压断块期(侏罗期末)。在挤压力的作用下, 基底断块差异活动增强, 研究区凹、凸构造格局定形。

③断陷期(白垩纪)。因裂陷断块快速下陷, 形成了双断型地堑式和单断型箕型凹陷, 接受数千米厚的白垩系沉积。裂陷活动主要沿着基底长期发育

的大断裂进行。

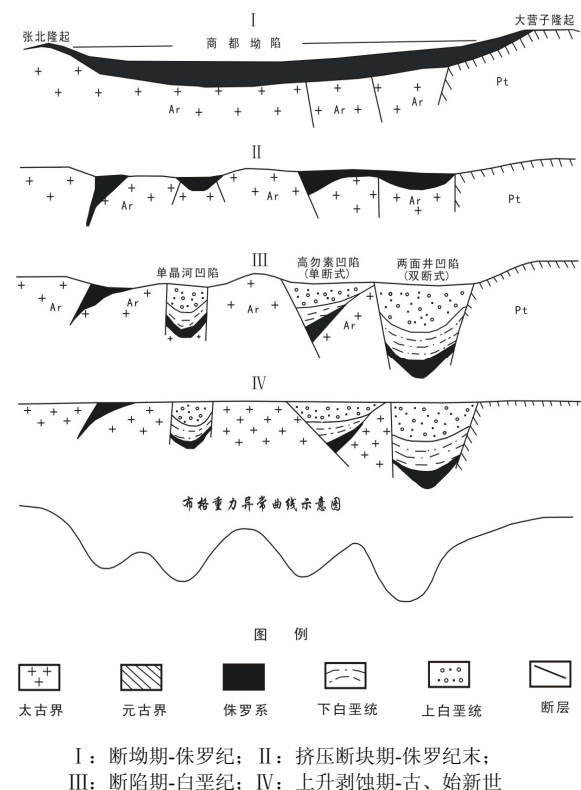


Figure 3. Diagram showing the evolution of the Shangdu depression

图 3. 商都坳陷发展演化示意图

④上升剥蚀期(古-始新世)。断陷沉积终止, 大面积上隆遭受剥蚀。

古近纪渐新世之后, 研究区又开始下降接受沉积, 本期沉积具有一定继承性, 在凹陷区沉积厚度略大于其它地段。但沉积厚度不大, 多在 200-300 米。

研究区发育的玫瑰营子、高勿素、两面井凹陷面积较大; 这 3 个凹陷内发育的白垩系厚度较大, 最大厚度均大于 2500 米, 尤其在玫瑰营子凹陷内, 不仅沉积较厚的白垩系, 也沉积 1300-1500 米的侏罗系; 由重力局部异常解释成果, 这 3 个凹陷内的小构造发育, 其形态多为背斜和断鼻构造, 其形成时间与沉积层同步生成与发展, 空间上, 这些构造大多位于沉积中心附近。因此, 研究区发育的玫瑰营子、高勿素、两面井凹陷为找油气的有利凹陷, 凹陷内沉积中心附近的小构造应为重点勘探的有利靶区。

5 结论

(1) 研究区重力场形态复杂, 反映出研究区复杂的构造特征。研究区发育的断裂构造主要可分为 3 组: 北东东向或近东西向、北西向、北东向。北东东向或近东西向断裂属主要断裂, 它们多为区域性大断裂, 不仅是主要构造单元的边界, 也控制了岩浆岩带的空间展布; 北西向、北东向断裂属小断裂, 其发育晚于北东东向或近东西向断裂, 它们切断扭动控凹的主断裂, 致使研究区内凹陷走向方向宽窄不一。

(2) 研究区内发育的凹陷属中生代断陷盆地, 可分为双断型或断陷式、单断型或断超式两类; 白垩纪时期形成的凹陷与侏罗纪时期形成的凹陷为非继承性构造, 侏罗系与白垩系厚度在凹内分布并不均匀, 沉积中心侏罗纪之后向东迁移, 凹陷内为多沉积中心, 凹陷的基底属太古代变质岩系。

(3) 研究区凹陷的发展与演化历经了断坳期(侏罗纪)、挤压断块期(侏罗纪末)、断陷期(白垩纪)及上升剥蚀期(古-始新世)等 4 个阶段。

(4) 玫瑰营子、高勿素、两面井凹陷为找油气

的有利凹陷, 凹陷内沉积中心附近的小构造应为重点勘探的有利靶区。

References(参考文献)

- [1] Bureau of geological and mineral resources, Inner Mongolia, The regional geology, Inner Mongolia, [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991,1-725.
内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991,1-725.
- [2] Yang Sennan, Yang Weiran, China regional geotectonics[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985,1-341.
杨森楠,杨巍然. 中国区域大地构造学[M]. 北京:地质出版社,1985,1-341.
- [3] Gu Gongxu, The foundation of geophysical exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990,1-386.
顾功叙. 地球物理勘探基础[M]. 北京:地质出版社,1990,1-386.
- [4] Li Qing, Liu Heping, Yu Wenjun, The analysis for Petroleum geology characteristic in Shangdu depression[J]. Ancient Buried Hill, 1996(4): 6-12.
李清,刘和平,于文军. 商都坳陷石油地质基本特征初步分析[J]. 古潜山,1996,4:6-12.
- [5] LI Yanxia, Zhong Ningning, Zhang Zhihuan, et al. Discovery of a New Stratum of the Albian-Turonian Stage in the Jining Basin, Inner Mongolia[J]. GEOLOGICAL REVIEW, 2005(1): 77-85.
李艳霞,钟宁宁,张枝焕,等. 内蒙古集宁盆地阿尔布期—土伦期地层的发现[J]. 地质论评, 2005, 51(1): 77-85.