

# 内蒙古河套断陷带及其邻区 地壳磁性构造特征

张先 贺为民 沈京秀 赵丽 李长法

(国家地震局地球物理勘探大队, 郑州 450003)

**摘要** 本文依据航磁资料和频率域磁性单界面反演方法, 计算了河套断陷带及其邻区的基底磁性界面的埋深; 依据三维磁性层反演方法求取了该区磁性层下界面, 即居里界面的埋深; 分析了磁性层上下界面的定量特征, 并结合重力、地热、地形变诸方面的研究成果, 讨论了该区的地壳结构特征及地震成因。

**关键词:** 内蒙古河套地堑系 地壳结构 居里等温面

## 1 引言

河套断陷带西起磴口、五原, 东到托克托、呼和浩特, 东西长约 440 km, 南北宽约 40—80 km, 总体走向近东西。其地表为全新世沉积覆盖物, 基底为太古界变质岩系, 上覆下白垩统, 新生界古新统和始新统缺失, 渐新统及其以上地层连续发育, 厚度巨大, 岩相、厚度变化较大。该区构造复杂, 构造活动比较强烈, 自 1929 年以来曾发生 4  $\frac{3}{4}$  级以上地震 7 次, 其中 6—6  $\frac{3}{4}$  级地震 3 次。因此, 研究该地区地壳深部构造及物性特征进而探讨地震成因对于今后该地区潜在震源区划分及防震抗震工作是十分重要的。据测定, 太古界变质岩系的各种岩石大多都具有明显的磁性, 而上覆中生界、新生界地层均无磁性, 因此, 本文拟利用航磁资料求取该区磁性层上下界面的定量特征, 探讨该区的地壳结构特征和地震成因机制。

## 2 河套断陷带及邻区磁场特征

从河套断陷带及其邻区航磁  $\Delta T_a$  平面图(图 1)可见, 从临河、杭锦后旗向东直至集宁、和林格尔, 沿东西向展布着宽缓条带状正负异常带, 它们反映了河套断陷带基底岩石的磁性和构造特征, 具体可以划分为几个次级异常:

(1) 杭锦后旗—五原负异常区。这一磁场区呈东西向条带状分布, 负异常强度大, 变化稳定, 最大值为 -450 nT。这一异常区恰好与河套断陷带中最大的断陷盆地——临河凹陷相对应, 它反映了临河凹陷基底以上中生代以来的巨厚沉积。

(2) 位于呼和浩特—包头—乌拉特前旗一带有一高正异常带, 异常带从包头向西分成南北两支, 呈东西向分布, 长约 200 km, 宽约 13 km, 磁场强度一般为 0—300 nT, 最大值为 750 nT。磁异常宽而稳, 十分明显。包头至呼和浩特段的正磁异常可能是大青山磁性基岩的反映。大青山基岩岩系由太古界桑干群、元古界五台群和渣尔泰群组成, 其盖层由震旦系什那干群、寒武系、奥陶系、上石炭统、侏罗系和白垩系组成。其中只有太古界桑干群变质岩系具

有明显磁性,其余元古界、古生界及中生界盖层均无磁性。包头以西的正磁异常由乌拉山及乌拉山潜山凸起中的磁性岩石引起,乌拉山由太古界片麻岩和印支期花岗岩组成,其中太古界片麻岩具有强磁性。

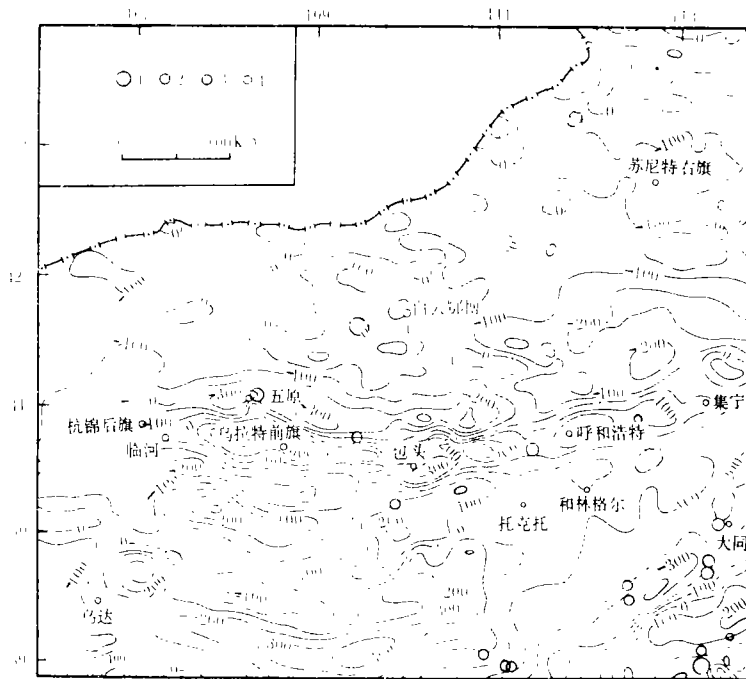


图1 内蒙河套断陷带及其邻区航磁异常平面图

1.  $M_s \geq 7.0$ ; 2.  $M_s = 6.0-6.9$ ; 3.  $M_s = 5.0-5.9$ ;

4.  $M_s = 4.0-4.9$

Fig. 1 Plane diagram of aero-magnetic anomaly in Hetao rift zone and its vicinity, Inner Mongolia.

(3)在上述包头以西两支东西向正异常带中间,有一宽缓的负磁异常带,亦呈东西向展布,负磁场强度较五原负异常区弱,且负场区内存在有小的局部正异常,与河套断陷带内的另一次级凹陷——白彦花凹陷相对应,并反映了凹陷内发生过的火成岩侵入活动。

(4)位于呼和浩特以南的和林格尔—托克托一带的负异常区呈片状分布,走向转为北东向,磁场强度一般为 $-100-0$  nT,相对比较稳定,它反映了河套断陷带的东部呼和凹陷的基底岩石磁性和构造特征以及盆地内部酸性及中酸性岩的分布。

### 3 结果分析

根据以上磁场特征分析及岩石磁性参数和该区视磁化率图,我们确定了研究区内各异常区基底岩石磁化强度的平面分布。

研究区内岩浆岩比较发育,考虑到一些磁性岩浆岩体侵入到基底以上的盖层中,对基底磁性界面的反演造成了一些高频干扰,我们在对航磁异常进行化极、消除斜磁化影响的基础

上,设计了正则化低通滤波算子,滤掉了水平尺度小于 50 km 的磁性岩浆岩体造成的高频干扰。参考人工地壳测深结果和石油钻井资料,选择了基底磁性界面的平均深度,并提取了界面场。根据频率域磁性单界面反演的原理和方法,计算出了内蒙河套断陷带及其邻区基底磁性变质岩体和大于 50km 的磁性岩浆岩体构成的地壳基底磁性界面(图 2),然后根据频率域三维磁性层反演的原理和方法<sup>(1,2)</sup>反演计算了该区的磁性下界面(图 3)。

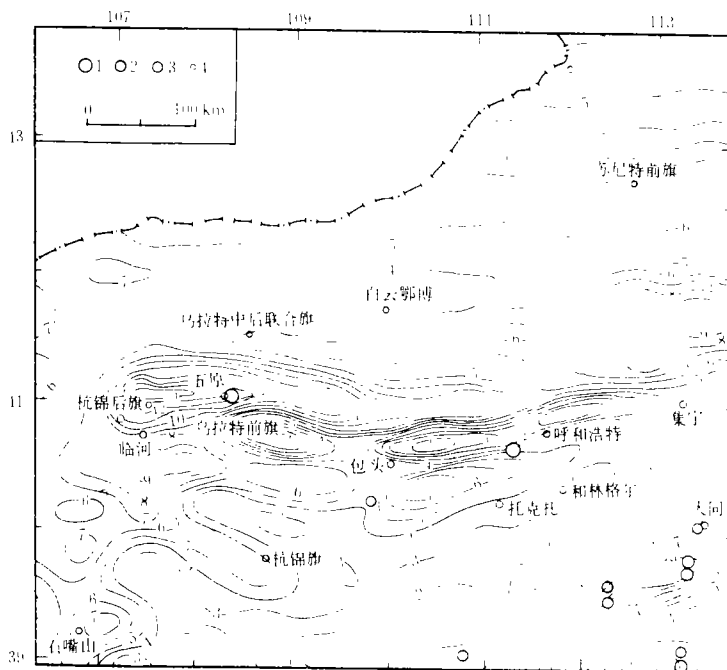


图 2 内蒙河套断陷带及其邻区基底磁性界面埋深图

1. Ms ≥ 7.0; 2. Ms = 6.0-6.9; 3. Ms = 5.0-5.9; 4. Ms = 4.0-4.9

Fig. 2 Buried depth of basement magnetism boundary in Hetao rift zone and its vicinity of Inner Mongolia.

从图 2 可以看出,从磴口、杭锦后旗、五原向东至集宁一带磁性界面等深线呈密集条带状向东西向展布,这可能反映了河套断陷带磁性基底的构造特征。由此可以发现,东西向的河套断陷带内部并非单一的地堑,而是由三个次级拗陷和二个子级隆起组成。杭锦后旗至五原的深拗陷反映了河套断陷中最大的次级断陷——临河盆地的构造特征。反演结果清楚表明,临河盆地磁性基底西部深,东部浅,最深处约为 14 km 左右。五原 6 级和 6 ¼ 级地震发生在临河拗陷磁性基底东部的边缘上。从航磁 ΔTa 平面图上看,这里恰巧是航磁异常的负场中心,但图 2 表明该地并非临河盆地的拗陷中心,故负场反映出临河盆地东部岩石磁化强度较西部弱,五原附近最弱,所以五原 6 级及 6 ¼ 级地震不仅与临河盆地东部基底边缘断裂有关,而且与五原附近基底以下岩石的弱磁性介质有一定的关系。

临河盆地的东部乌拉特前旗一带,其磁性界面为一隆起,与西山咀凸起对应,位于乌拉山向西延伸的方向,它应当属于乌拉山隆起构造的一部分,潜伏于盆地中。该磁性界面埋深

为1 km,推测该隆起可能由乌拉山太古界片麻岩组成。

西山咀凸起的南部存在一凹陷,磁性界面埋深约6 km,与河套断陷带的另一个次级凹陷——白彦花凹陷相对应。在西山咀凸起以东,包头—土默特右旗—呼和浩特以北存在一北东向的凸起,与乌拉山—大青山隆起构造相对应,磁性界面埋深为0—1 km,反映了乌拉山、大青山山体磁性基岩的埋深。包头至呼和浩特以南地区为一北东向拗陷,拗陷中心在土默特右旗以南地区,磁性界面埋深为7 km,它反映了河套断陷带的另一次级拗陷——呼和拗陷的磁性基底构造。

在上述河套断陷带南北地区,磁性界面等深线平缓稀疏,构造形态也明显不同,它基本反映了内蒙地槽和鄂尔多斯隆起北端的磁性基底的构造特征。

图3是根据前述三维磁性层反演的基本原理和方法,计算出的内蒙河套断陷带及其邻区的居里界面埋深图。从图中可以清楚地看到,沿河套地区居里界面向上隆起,界面埋深均小于22 km,而南北两侧界面深度逐渐加大。在河套地区有两个隆起中心,一是杭锦后旗至五原一带,基本上位于临河拗陷地区,居里界面深度约为20 km,五原6级及6¼级地震即发生在这一隆起的边缘上。另一隆起中心位于呼和凹陷地区,界面埋深亦为20 km左右,毕克齐6级地震即发生在这一隆起边缘。

根据地温梯度资料,鄂尔多斯块体以北地区,地温梯度一般在2.0—2.5℃/100m,其中河套盆地的临河、包头—呼和浩特之间有一条窄长的大于2.5℃/100 m的梯度分布区<sup>[3]</sup>,范围与居里界面的两个隆起中心相对应。说明利用航磁资料反演出的居里界面反映了地壳温度场的特征。同时利用重力资料的反演结果亦表明,在河套断陷莫霍界面为一东西向隆起带,临河拗陷、呼和浩特—包头拗陷底部为两个隆起中心。值得注意的是,地形变测量结果表明在这些地壳深部上隆最明显的地区,地表沉降速度最大,五原、包头、呼和浩特地区地表沉降速率分别为3.6、7.0和5.9毫米/年,而其余地区下降速率一般以2—3毫米/年居多。文献[4]根据地震形变张量分析研究认为,河套断陷带中的水平拉张变

形优于水平压缩变形,其中呼和浩特—包头盆地尤为突出。水平拉张变形主轴方向和河套断陷延伸方向近于直交,趋于南北向<sup>[4]</sup>。

综上所述,地震之所以频繁发生在河套断陷带上,其原因可能在于上地幔沿河套地区上隆,使得下地壳底部发生熔融,温度高而具有一定粘性的下地壳,在受到上地幔垂直向上的作用下和上部巨大的压力情况下,向河套断陷的两侧产生水平流动,造成断陷水平扩张,盆地上部不断下沉。在以上水平力和垂直力的作用下,中、上地壳内部的断裂活动加剧,应力在

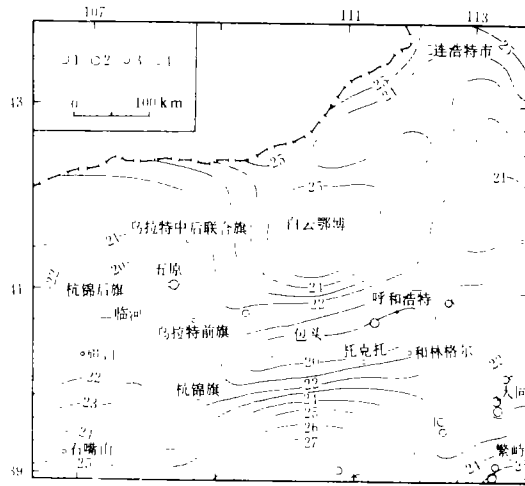


图3 内蒙河套断陷带及其邻区居里界面埋深图  
1. Ms ≥ 7.0; 2. Ms = 6.0—6.9; 3. Ms = 5.0—5.9;  
4. Ms = 4.0—4.9

Fig. 3 Buried depth of Curie surface in Hetao rift zone and its vicinity of Inner Mongolia.

不同力学性质的地壳块体之间积累、调整和释放,孕育和产生了地震。河套断陷带邻区的大同附近地震所以频繁发生,也与上部地壳的凹陷、莫霍界面、居里界面的上隆、断裂发育及弱磁性介质有关。确认这些地壳深部构造及物性特征将对我们今后划分潜在地震危险区有着重要的指导意义。

(本文1994年4月10日收到)

### 参考文献

- 1 管志宁,等. 频率域磁性单界面反演方法. 地球物理学报,1984,27(2):190—202
- 2 安玉林,等. 三维磁性层反演方法. 地球物理学报,1990,33(Supp. III):265—277
- 3 王钧,等. 中国地温分布的基本特征. 北京:地震出版社,1990. 39—71,170—212
- 4 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系. 北京:地震出版社,1988. 120—130

## CRUSTAL MAGNETIC STRUCTURE CHARACTERS IN HETAO RIFT ZONE AND ITS VICINITY, INNER MONGOLIA

Zhang Xian, He Weimin, Shen Jingxiu, Zhao Li and Li Changfa

(*Geophysical Prospecting Brigade, SSB, Zhengzhou 450003*)

### Abstract

The buried depth of basement magnetism interface in Hetao rift zone and its adjacent area, Inner Mongolia, is calculated by using inversion method for aeromagnetic data and single magnetic boundary in the frequency domain. The buried depth of lower boundary of magnetic layer, i. e. Curie surface, is also calculated in terms of inversion theory for 3-D magnetic stratum. Quantitative features of the upper and lower boundaries of the magnetic stratum are analysed and the crustal structure characteristics and seismogenesis of this area are discussed based on the research results for gravity, geotherm and ground deformation.

**Subject words:** Inner Mongolia, Hetao trough system, Crustal structure, Curie isothermal surface