

# 塔里木盆地中部航磁异常带新解译

何碧竹<sup>1</sup> 焦存礼<sup>2</sup> 蔡志慧<sup>1</sup> 张 森<sup>1</sup> 高爱荣<sup>3</sup>

(1.大陆构造与动力学国家重点实验室,中国地质科学院地质研究所,北京 100037;2.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,北京 100083;3.中国石化中原油田分公司物探研究所,河南 濮阳 457001)

**提要:**横亘于塔里木盆地中部的纬向航磁高  $\Delta T_a$  异常带,一直是探讨盆地及深部基底的物质组成及结构构造的焦点。根据钻井及地震资料综合分析,发现满加尔坳陷中南部上奥陶统内发育大型地震反射异常体,平面上主要由 8 个地震反射异常体近东西向呈带状展布,与盆地中部航磁高  $\Delta T_a$  异常带相关。从地层发育及地震相特征分析,这些地震反射异常体应为辉绿岩-玄武岩等基性火成岩体,且与航磁  $\Delta T_a$  异常带上的磁力高相对应。异常体具有垂直向下的通道,与断裂及岩浆活动通道有关。盆地中部高航磁异常带为多期构造易活动带,反映了满加尔坳陷震旦纪与中晚奥陶世处于拉张的构造背景。

**关键词:**地震反射异常体;中部航磁异常带;构造活动;震旦纪和晚奥陶世;塔里木盆地  
**中图分类号:** P631.2\*22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)04-0961-09

## 1 前 言

横亘在塔里木盆地中部的近东西向航磁高值正异常带(图 1)<sup>[1-2]</sup>,一直是地质及地球物理学者探究的热点。不同学者从不同专业方向来阐释其特殊性,进而揭示地壳浅部、深部的地质、地球物理属性。

航磁异常主要是区域岩石磁化率各向异性矢量与地球磁场关系的综合体现,主要是由地壳内的场源引起的,包括地壳浅部岩体和磁性地层引起的局部异常,以及地壳磁性介层所引起的区域磁异常。由于航磁异常值代表了实测磁场总强度与背景场强度之差,突出了区域异常的分布特征,客观上反映了某些重要的区域构造轮廓,因此不少作者对不同尺度的航磁异常进行了解释,包括深部地质构造推断或区域构造分析<sup>[3-5]</sup>。然而,磁异常与重力异常相似均是多种地质因素引起异常的叠加异常,包含了大量的地球内部物质分布的信息,叠加异常使得重磁异常的反演具有多解性。在解释中要充分利用各种地

质、地球物理资料综合解释,并充分利用已知地质条件作为重、磁异常反演的约束条件,通过合理的变换处理、恰当的反演技术、综合的解释,可获得有关地球内部结构的可靠结果。

本文试图利用钻井地质资料、地震资料、航磁资料,综合分析满加尔坳陷中南部上奥陶统中大型地震反射异常体特征、分布与属性,解析其与盆地中部高航磁正异常的相关性,探讨其成因及构造意义。

## 2 塔里木盆地中部航磁异常的不同解释

### 2.1 塔里木盆地中部航磁异常特征

塔里木盆地航磁异常主要呈现出 4 个带(图 1),盆地中部东西向展布航磁异常带最为醒目<sup>[1]</sup>。盆地中部沿北纬 39°40' 左右存在一条呈东西向展布、由 6 个磁力高组成的正磁异常带,面积近 30000 km<sup>2</sup>;磁力高强度一般为 200~350 nT,最大达 500 nT,具有规模大、强度高的特点;该异常经  $\Delta T_a$  化极向上延拓 20 km 和 40 km 仍显示宽缓高值正异常<sup>[7]</sup>。中部

收稿日期:2011-02-16;改回日期:2011-04-29

基金项目:国土资源部行业基金项目(201011034-5)及中石化海相前瞻性项目(YPH08110)联合资助。

作者简介:何碧竹,女,1965年生,博士,研究员,主要从事盆地构造分析及油气勘探目标综合研究;E-mail:hebizhu@vip.sina.com。

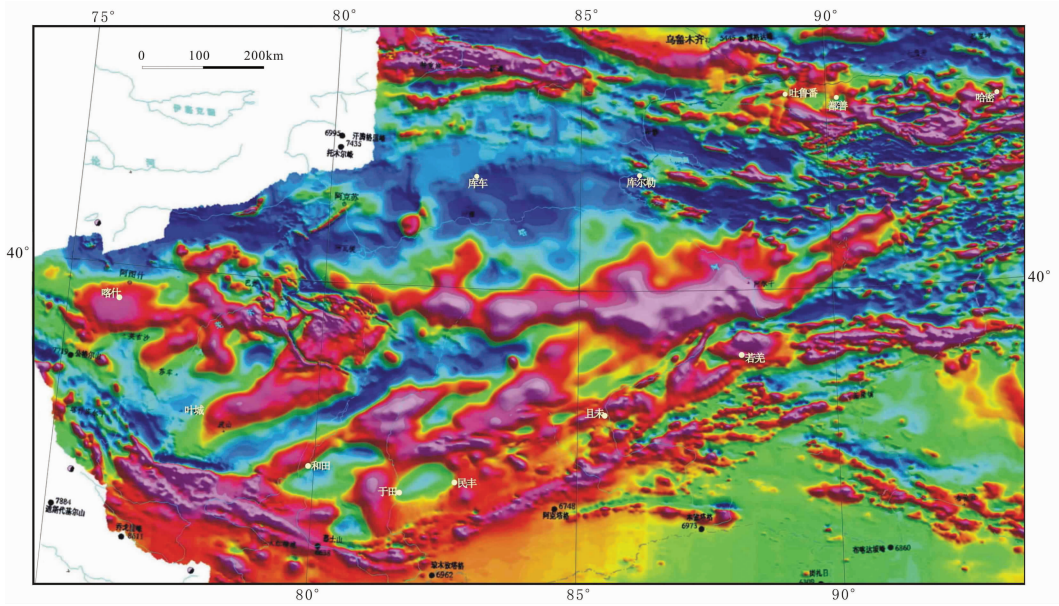


图 1 塔里木盆地中部航磁异常  $\Delta T_a$  化极图<sup>[12,6]</sup>

Fig.1 Reduction-to-the pole map of Aeromagnetic anomaly  $\Delta T_a$  in Central Tarim Basin

高航磁异常带以北为东西向延伸的、平缓的负磁异常区,强度一般为 $-200\sim-80$  nT。中部高航磁异常带西南为北东向正负相间磁异常带,正负变化频率较低,正异常带强度大致相同,为 $250\sim350$  nT,负异常强度为 $-110\sim-60$  nT;中部高航磁异常带东南为北东向变化剧烈的正负局部异常带,正异常为强度 $300\sim600$  nT,经化极向上延拓 20 km 和 40 km 换算后,异常强度明显减弱。另在巴楚地区存在变化剧烈的窄小尖峰的局部异常,北西或北西西走向成群分布,异常强度为 $-1600\sim500$  nT,异常明显受吐木克、卡拉沙依、玛扎塔格断裂控制<sup>[2,4-5]</sup>。

### 2.2 以往塔里木盆地中部航磁异常带的解释

归纳前人对塔里木盆地中部航磁异常带的地质成因解释,主要分为 3 类。

盆地中部航磁异常带代表了古元古代—新元古代裂陷期产物。许炳如<sup>[2]</sup>认为中部航磁异常高带可能是在古元古代由南北两侧的纬向深大断裂、拉张、超地壳物质上涌,沿轴部基性、超基性岩浆侵入形成的镁铁—超镁铁岩墙的体现。王宜昌等<sup>[7]</sup>通过频率域滤波的方法,消除了浅部强异常干扰,得到深部磁异常,认为纬向航磁正异常与南部北东向正、负异常带互相穿插,大体是同期产物,应视为一整体考虑;推断是由前震旦纪裂谷引起,时代可能是中元古代长城和蓟县纪。

中部航磁异常带为塔里木盆地南、北地块震旦纪前拼贴事件的响应。贾承造等认为以塔中纬向高磁异常带为界,北区与南区的基底性质存在显著差别,纬向高磁异常带可能是南、北塔里木地块在震旦纪之前拼贴事件的反映<sup>[4]</sup>。郭召杰等通过阿尔金地区蛇绿岩的研究,发现阿尔金断隆北缘红柳沟—拉配泉蛇绿岩带向西倾伏于沙漠之下,应延伸至盆地中央,可能与塔里木中央航磁异常带相连,认为中部航磁异常带是以蛇绿岩带为代表的缝合带的反映<sup>[8]</sup>,它代表了南北塔里木块体拼贴缝合的位置,沿该重磁异常带目前在阿尔金山区的红柳沟—拉配泉见到新元古代蛇绿岩,Sm-Nd 等时线年龄为  $(829 \pm 60)$  Ma<sup>[9]</sup>。吴根耀等通过对在盆地西部巴楚县瓦基里塔格晋宁期火山岩进行地球化学分析研究<sup>[10]</sup>,认为岩石形成的大地构造背景为洋岛,且可清楚地区分出洋岛碱性玄武岩和洋岛拉斑玄武岩;瓦基里塔格超基性岩样品(辉长岩, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  测年为  $(825\sim837)\text{Ma}$ <sup>[11]</sup>)显示出岛弧岩浆岩的性质,与塔里木盆地中部的塔参 1 井闪长岩( $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  坪年龄为  $1195.1\text{ Ma}$ <sup>[12]</sup>)和花岗闪长岩( $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  坪年龄为  $923.3\text{ Ma}, 891\text{ Ma}$ )应同为晋宁期岛弧的记录,认为它们可能指示一条横贯塔里木盆地中部的晋宁期古缝合线,且塔里木板块(克拉通)是由两个原先分隔的地块在晋宁运动时碰撞拼合而形成的,并成为罗迪尼亚超大陆的一部分。张

家声等根据塔南地块与华北克拉通基底北东向线性航磁异常的一致性,提出塔南地块与华北克拉通(及胶辽地块、朝鲜半岛北部的狼林地块等)曾同属一个超陆块,古元古代时因北东向断裂的伸展拆离活动使该超陆块解体,塔里木盆地中部航磁异常带为该超大陆的西北边缘<sup>[3,13]</sup>。崔军文等根据塔里木盆地的中部高磁异常带(体)和地表出露的构造岩浆岩带(岩体)存在较强对应关系,认为该带平面上主体对应其东侧的阿尔金北缘变质杂岩带,是以基性麻粒岩为代表的结晶基底、基性岩墙和花岗质类岩石,并叠加新元古—早古生代活动陆缘岩浆弧的大型东西向构造杂岩带,并根据阿尔金北缘基底的构造形态推测杂岩带以发育中等强度的等斜状褶皱为基本构造特征<sup>[6]</sup>。

盆地中部航磁异常带是后期火山活动及构造作用的反映。丁道桂等认为纬向磁异常带是结晶基底浅部岩相构造带的反映,可能是由于基性麻粒岩相变质岩引起的,是晚古生代时因受到深部热地幔流活动作用在原生的薄地壳基础上形成中基性火山岩构造带的反映<sup>[14]</sup>。吴根耀等提出震旦纪由基性岩和酸性岩组成的双峰态火山活动在中央隆起区即呈近东西向带条状展布<sup>[10]</sup>,反映了张裂活动(可能因晋宁期造山带的坍塌所致)受近东西向断裂的控制。李曰俊等根据对塔中地区断裂的研究,认为近东西向的断裂系统出现为后期多次火山喷发和岩浆侵入,提供了二叠纪—三叠纪构造—岩浆事件规模较大,形成了一条横贯盆地中部的重磁异常带<sup>[15]</sup>。

### 3 满加尔坳陷上奥陶统大型地震反射异常体

塔里木盆地寒武纪—奥陶纪处于盆地—陆棚—台地的海相沉积环境中。奥陶系可划分为下统、中统、上统,下奥陶统包括蓬莱坝组和鹰山组;中统为一间房组;上统为恰尔巴克组(卡塔克隆起上缺失)、良里塔格组和桑塔木组;上统在坳陷中为却尔却克组。其中除桑塔木组为碎屑岩沉积以外,其余各组主要为碳酸盐岩沉积。满加尔坳陷上奥陶统由却尔却克组构成,与隆起区恰尔巴克组、良里塔格组、桑塔木组的沉积时期相对应。早奥陶世满加尔坳陷与卡塔克隆起为碳酸盐岩台地弱镶边斜坡相接,与塔北隆起为局限台地—台地边缘相接;中奥陶世与晚奥陶世早期卡塔克隆起周围形成了孤立台地—台地边

缘—斜坡体系,塔北隆起为开阔台地—台地边缘—斜坡沉积体系,从早到晚台地边缘具有向隆起中部迁移的特征;晚奥陶世晚期碳酸盐岩台地继续向隆起中心收缩,桑塔木组沉积时碳酸盐岩台地淹没,广泛发育混积陆棚<sup>[16-20]</sup>。

所谓地震反射异常体,是指在一定的地震层序内部某一特定的空间区域,具有异常的或特征性的内部反射结构和外部形态的地质体<sup>[21,22]</sup>。它们往往是生物礁或滩、河道或浊积砂体、滑塌堆积或碳酸盐岩碎屑流、火成岩体或盐丘等的地震响应。通过塔里木盆地区域二维地震剖面的重新解析及钻井等资料的分析,笔者认为塔里木盆地中部航磁  $\Delta T_a$  高值正异常带与满加尔坳陷上奥陶统内部分布的大型地震反射异常体分布带密切相关;分析认为异常体可能为晚奥陶世岩浆活动形成的火成岩体;异常体与磁异常带上磁力高相对应,且异常体下部发育有正断裂及岩浆通道。

#### 3.1 满加尔坳陷上奥陶统内大型地震反射异常体特征

满加尔坳陷上奥陶统却尔却克组主要为混积陆棚—盆地相沉积,是一套近水平、厚层状、以灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩为主夹砂岩的沉积建造<sup>[16,18,19]</sup>,厚度超过 3000 m,在满加尔坳陷东南部上奥陶统还发育大量深水浊积岩<sup>[23,24]</sup>。与沉积及构造特征响应,满加尔坳陷中部中上奥陶统地震反射结构特征较简单,多为近水平层状反射(图 2);在与塔北隆起、卡塔克隆起相接处表现为上超、顶超特征,局部有削截。

然而,满加尔坳陷中南部上奥陶统较稳定的地震反射上,存在尺度较大的强地震反射异常体。地震反射异常体边缘具有强振幅、高连续、低频率的特征(图 2~3);地震反射异常体的形态多样,有上拱弧形、波状、板状、下凹形、楔状等,极不规则地贯穿、切割着层状展布的地层,突变性明显。它们与围岩沉积层的地震反射特征明显区别,具有各自相对独特的外形轮廓。地震反射异常体内部,往往有空白或杂乱反射区,厚度为 20~650 m(10~300 ms),平面分布广。有的异常体还存在深部的通道(图 2)。这些地震反射波属性及结构特征,反映地震反射异常体与围岩(砂泥岩)的波阻抗差较大,异常体的岩性应与上奥陶统泥质为主的碎屑岩差异较大。多个地震反射异常体在平面上构成了一个近东西向展布的区带,东西向长约 340 km,南北向延展较窄,只有 33~68 km,区带面积约为 15000 km<sup>2</sup>(图 4)。从现有的地震

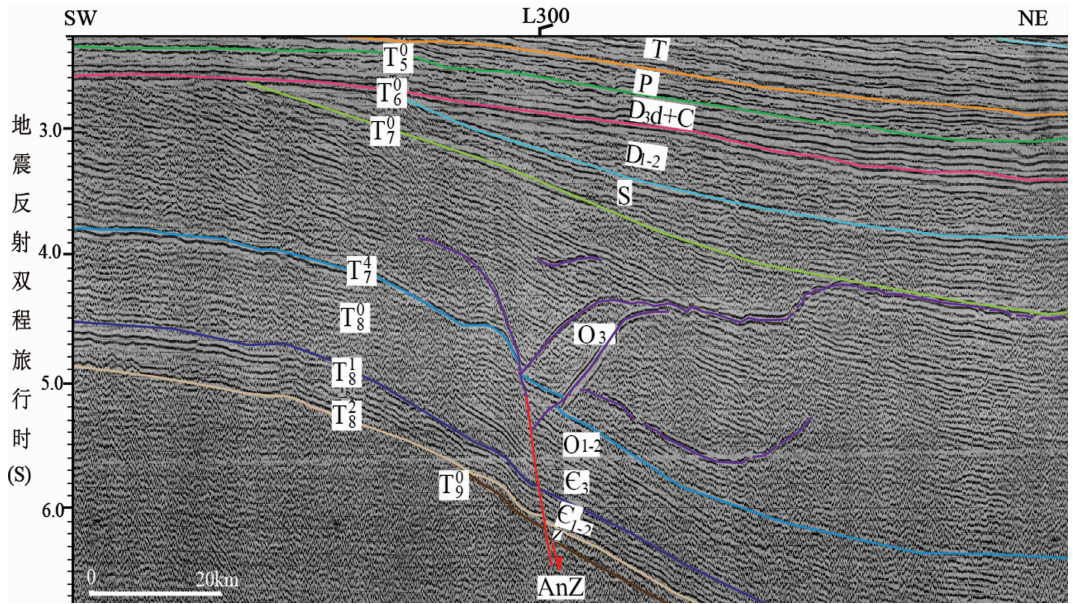


图2 塔里木盆地满加尔坳陷二维地震剖面 A 中上奥陶统地震反射异常体特征  
(紫红色线为地震反射异常体的边缘线和深部通道)

Fig.2 Seismic reflection anomaly body of Upper Ordovician on 2D seismic section A, Manjiaer Depression, Tarim basin  
(Purple lines show the border of anomaly body and deep channel)

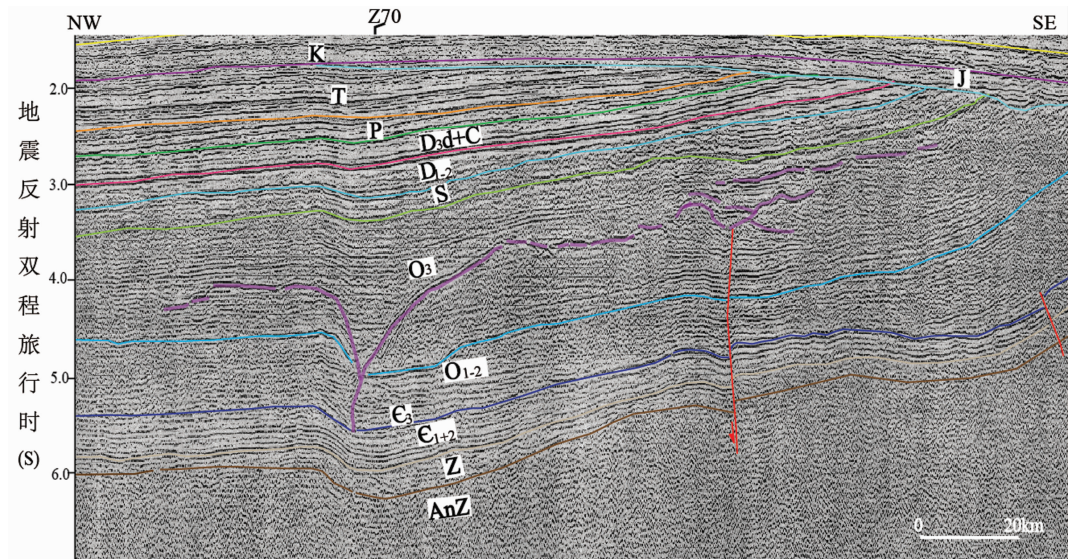


图3 满加尔坳陷二维地震剖面 B 中上奥陶统地震反射异常体特征  
(紫色线为地震反射异常体的边缘线和深部通道)

Fig.3 Seismic reflection anomaly body of Upper Ordovician on 2D seismic section B, Manjiaer Depression, Tarim basin  
(Purple lines show the border of anomaly body and deep channel)

剖面上可识别出 8 个地震反射异常体,其中 6 个可以观察到其下部具有深部断裂或通道,异常体的分布与中部航磁异常带上的磁力高有很好的对应性。

### 3.2 钻井已揭示的地震反射异常体性质

塔中 33 井是位于塔里木盆地满加尔凹陷南斜坡、卡塔克隆起东部边界断裂—塔中 1 号断裂下降

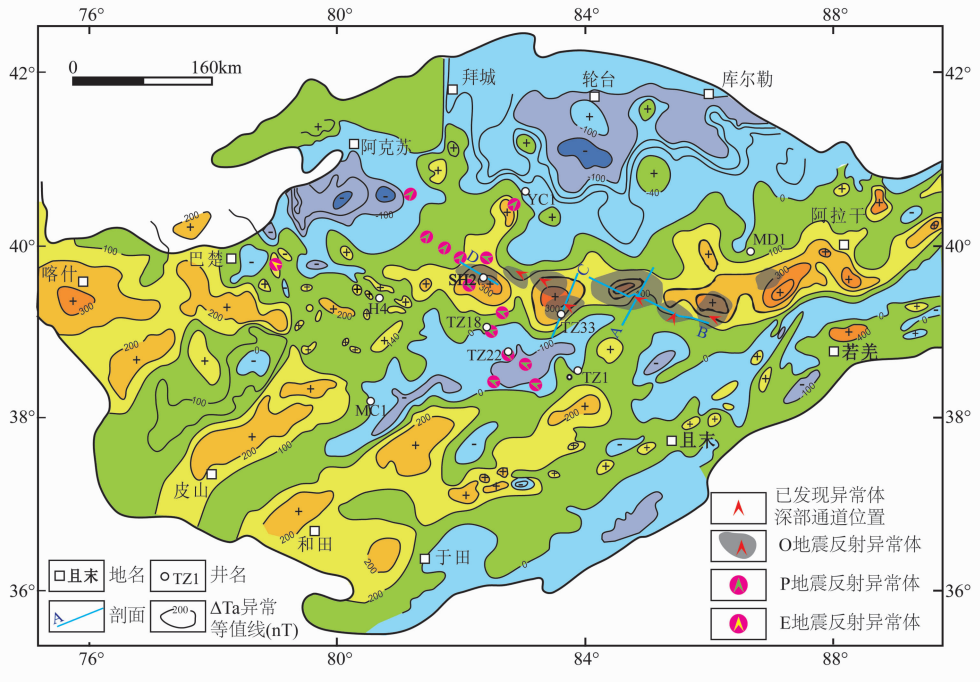


图 4 满加尔坳陷中部上奥陶统地震反射异常体分布与航磁异常叠合图

(底图据塔里木盆地航磁  $\Delta T_a$  异常等值线图<sup>[1,15]</sup>)

地震资料及钻井资料解释结果示意, E 地震反射异常体—古近系地震反射异常体位置, P 地震反射异常体—二叠系地震反射异常体位置, O 地震反射异常体—奥陶系地震反射异常体位置及范围

Fig.4 Superimposed map of distribution of seismic reflection anomaly bodies in Upper Ordovician in central Manjiaer Depression and contour of aeromagnetic anomaly, Tarim Basin

(Contour diagram of aeromagnetic anomaly in the Tarim Basin after Yuan, 1996; Li et al., 2008)

The map shows seismic reflection anomaly bodies interpreted from seismic data and borehole data, sharp-angle shows deep channels of seismic reflection anomaly bodies; E zone— Location and boundary of seismic reflection anomaly body in Paleogene; P zone—Location and boundary of seismic reflection anomaly bodies in Permian; O zone— Location and boundary of seismic reflection anomaly bodies in Ordovician

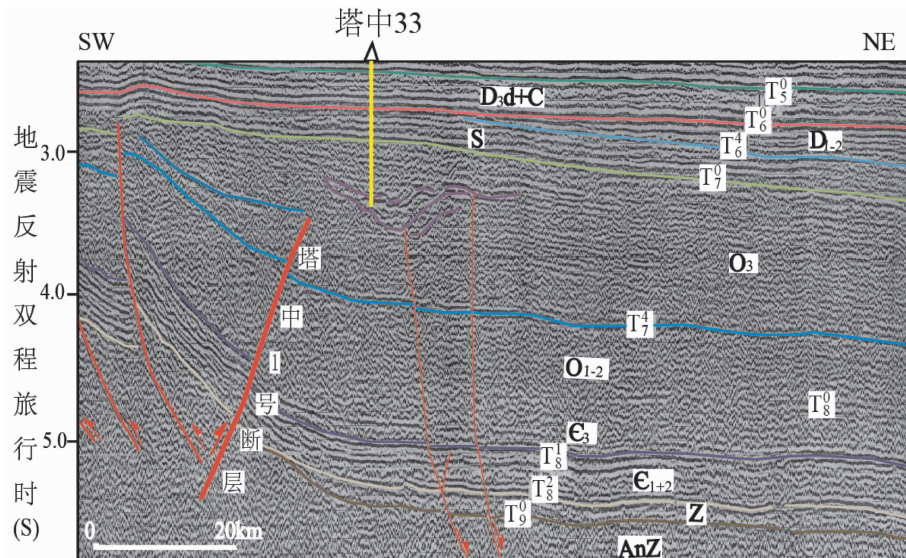


图 5 塔中 33 井上奥陶统却尔却克组地震反射异常体特征(剖面位置见图 4 中 C)

Fig.5 Characteristics of seismic reflectance anomaly body in Upper Ordovician on 2D seismic section C, Well TZ33, Manjiaer Depression, Tarim basin(for location of seismic profile C see Fig 4, purple lines show the boundary of anomaly body and deep channel)

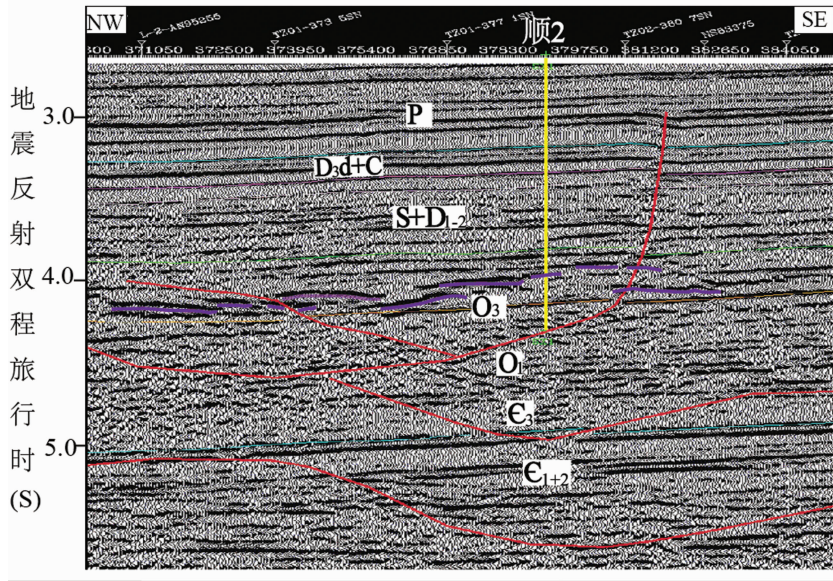


图 6 顺 2 井上奥陶统桑塔木组内地震反射异常体特征(剖面位置见图 4 中 D)

Fig.6 Characteristics of seismic reflectance anomaly body in Upper Ordovician on 2D seismic section D, Well Shun2, Katake uplift, Tarim basin

(For location of seismic profile D see Fig 4, purple lines show the boundary of anomaly body.)

盘上的一口预探井, 钻探的主要目的是揭示中上奥陶统内幕地震异常反射波组的地质属性及其内幕充填沉积体, 寻找新的找油领域。该井钻探地震反射异常体的地震反射波属性及结构与周围的中上奥陶统沉积地层水平层状的中-高频、中-弱连续、中-低振幅的地震反射特征明显不同(图 5), 主要由两个低频、连续、强振幅反射组成, 呈凹槽状, 平面上有错断现象; 地震反射异常体下部发育有小断距正断层。塔中 33 井完钻井深为 5750 m, 在上奥陶统却尔却克组地震反射异常体顶部 5535 m 钻遇一套辉石玄武岩, 厚度为 31 m, 异常体中下部以巨厚层状深灰色泥岩为主夹中-厚层状粉砂岩、泥质粉砂岩, 在火成岩下伏砂层中发现微弱气测显示。辉石玄武岩呈深灰色, 间粒结构, 主要矿物为斜长石(75%), 其次为辉石(20%), 少量的磁铁矿(5%); 斜长石呈自形板柱状, 作不规则分布, 构成三角形空隙, 其中充填粒状的辉石和磁铁矿; 岩石具有强烈的蚀变; 可能为海底扩张环境下形成。

顺 2 井是卡塔克隆起西北倾没端及满加尔坳陷南部的一口预探井, 钻探的主要目的是探索上奥陶统良里塔格组大型丘状地震反射异常体—疑似礁滩复合体的属性及含油气性。在地震剖面上该异常体

具有丘状外形(图 5), 异常体边缘为低频、强振幅反射, 内部为杂乱、层状弱反射, 平面上呈北西西向展布, 面积约 260 km<sup>2</sup>, 钻前分析可能为上奥陶统良里塔格组台地边缘相的礁滩复合体。顺 2 井完钻井深 6900 m, 钻遇的地震反射异常体为上奥陶统桑塔木组内混积陆棚相泥岩、粉砂质泥岩中夹持的火成岩体, 异常体下部的强反射为良里塔格组灰岩顶面(6712 m)。顺 2 井钻遇的上奥陶统桑塔木组内的地震反射异常体, 在井深 6165~6500 m 钻遇 4 套火成岩, 累计厚度约 180 m。顺 2 井完井报告中描述 6170~6189 m 为具有碎斑结构、残余辉绿结构的辉绿斑岩。每套火成岩与围岩(泥岩、灰质泥岩)形成了变质带, 火成岩厚度越大, 变质带的厚度也越大。6415~6503 m 井段的辉绿岩及两侧变质带中录井见到萤光条带、气测异常。新近的岩石地球化学分析表明, 该套火成岩为板内玄武岩(杨经绥等待发表)。

#### 4 塔里木盆地中部航磁异常带地质意义探讨

塔里木盆地中部航磁高正异常带主要位于满加尔坳陷内。通常隆起区及盆缘区结晶基底埋藏较浅、火山岩发育区等具有较强的重磁力异常, 重磁异常

场常有明显反应。然而,从塔里木盆地近东西向航磁  $\Delta T$  高异常带分布的区域可以看出磁异常带高正常区的主体不在中央隆起带上,而存在于中央隆起带以北阿瓦提—满加尔坳陷(阿满坳陷)的南部(图 1)。因而,该磁异常带与隆起带结晶基底关系不大,应具有其独特性。

塔里木盆地中部航磁高正常区具有低幅正重力异常,经反演后具低幅正密度扰动<sup>[25]</sup>。候遵泽等通过采用小波变换多尺度分析和密度反演方法,对塔里木盆地布格重力异常进行分解,进行盆地结构密度研究,对小波细节及 4 阶小波逼近进行了等效层密度反演,得到塔里木盆地浅层、深层密度扰动平面图,深层密度扰动平面图主要对应盆地中的古生代沉积地层,满加尔坳陷呈现环形负异常带,中南部为带状展布的低幅度正异常<sup>[26]</sup>,即航磁高正常带与周缘沉积地层相比也具有略高密度特征。

塔里木盆地中部航磁高值正异常带主体部分与满加尔坳陷上奥陶统地震反射异常体分布带(火成岩体)密切相关,航磁  $\Delta T$  正异常带上的磁力高与地震反射异常体展布相关(前已述及,见 3.1)。在剖面 A(图 2)、B 上(图 3)均可见上奥陶统内分布的地震反射异常,向下斜交汇聚在近垂直的深部通道,地震反射异常体似有“生根”的现象。这些通道多与近直立的、小断距的、正断层相关联,也有些表现为走滑断层的特征。从断裂对地层发育的影响可以看出,断裂起始活动于震旦系沉积时,在晚奥陶世再活动后结束,有的延续到志留纪早期,断裂对震旦系的沉积与分布有控制作用。反映了盆地中部航磁高值正异常带是满加尔坳陷内早期易发生构造活动的部位。另外,综合塔中 33 井及顺 2 井揭示的火成岩体的特征,表明满加尔坳陷内上奥陶统地震反射异常体应为加里东中期拉张环境下产生火成岩体的地震反射响应。

盆地中部航磁高正常、重力低幅度正异常、中上奥陶统地震反射异常体(火成岩体)等三种因素确定的区带基本上叠合在一起,其展布方向具有三段性的特点,由西向东分别为北西西、近东西、北东东,形成了一个向南突出的低缓弧形带。该带不仅与震旦纪开始发育的正断层有相关性,而且与奥陶纪的岩浆活动分布带有相关性,说明该带应为多期构造易活动带。在盆地南缘西昆仑北地体花岗闪长岩年龄为 449~474 Ma (U-Pb 锆石)<sup>[26]</sup>,表明西昆仑北地

体为早古生代碰撞造山带<sup>[27]</sup>,从奥陶纪满加尔坳陷的火山岩平面上分布呈东西带状的特点,其形成可能与西昆仑洋壳向北俯冲<sup>[27]</sup>有关。该带是否为塔里木南北板块的晋宁期缝合带<sup>[10,14,15]</sup>,还是由于 Rodiania 超大陆裂解,塔里木地块前震旦纪进入伸展构造环境中发育的裂谷<sup>[27]</sup>,还有待于进一步研究。

满加尔坳陷中部存在的上奥陶统地震反射异常体,已钻遇的多为火成岩体。火成岩顶底的泥岩、灰质粉砂岩的蚀变带(顺 2 井)、火山岩下伏的砂岩层(塔中 33 井)、火成岩与互层的粉砂岩(顺 2 井)中均见到一定的油气显示;且异常体多具有深部通道,沟通了寒武系—上奥陶统烃源岩层,表明这些地震反射异常体(火成岩体)具备一定的储集条件及油气运移的通道;加之被上奥陶统的陆棚—盆地相泥岩所围限,构成了较好的岩性圈闭条件,可以捕获寒武系—下奥陶统生成的油气。因此,在重点分析有利储层发育因素及油气运移通道基础上,满加尔坳陷南部的大规模火成岩体可成为油气勘探的方向。

## 5 结 论

塔里木盆地中部航磁高值正异常主体区位于满加尔坳陷中南部。满加尔坳陷上奥陶统内分布的大规模地震反射异常体与横亘塔里木盆地中部的航磁  $\Delta T$  高值正异常带密切相关。钻井资料证实满加尔坳陷内上奥陶统地震反射异常体为加里东中期阶段性拉张环境下产生的基性火成岩体的地震响应。地震资料反映出中部航磁异常带为塔里木盆地满加尔坳陷震旦纪正断裂及晚奥陶世岩浆活动叠置的构造易活动带,先期的断裂为晚奥陶世的岩浆活动奠基。满加尔坳陷的大规模火成岩体可成为油气勘探的重要新领域。

**致谢:** 研究过程中得到许志琴院士、杨经绥研究员、何登发教授、李海兵研究员的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

## 参考文献(References):

- [1] 袁学诚主编. 中国地球物理图集[M]. 北京:地质出版社, 1996:1-200.  
Yuan Xuecheng (eds.) Geophysical Atlas of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996:1-200(in Chinese).
- [2] 许炳如. 根据航磁解释的塔里木盆地基岩分布 [J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(6):8-11.  
Xu Bingru. Basement Rock Distribution in Talimu Basin Inferred

- from Aeromagnetic Data [J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute, 1997, 12(6):8-11(in Chinese with English abstract).
- [3] 张家声, 李燕, 黄雄南. 中国北部古元古代地壳尺度的伸展拆离和硅铝壳内活动带: 北东向线性航磁异常的地质构造解释[J]. 地质科学, 2007, 42(2):267-302.
- Zhang Jiasheng, Li Yan, Huang Xiongnan. Paleoproterozoic crust-scale transtensional shear, detachment and insialic mobile belts in north China: geologic and tectonic implications for the NE - Striking linear aeromagnetic anomaly [J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(2):267-302(in Chinese with English abstract).
- [4] 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 塔里木盆地油气勘探丛书——盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京:石油工业出版社, 1995:1-70.
- Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Oil and Gas Exploration Books in Tarim Basin——Tectonic Evolution and Regional Structural Geology [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1995:1-70(in Chinese with English abstract).
- [5] 贾承造, 孙德龙, 周新源, 等. 塔里木盆地石油地质与勘探丛书——塔里木盆地板块构造与大陆动力学[M]. 北京:石油工业出版社, 2004:1-202.
- Jia Chengzao, Sun Delong, Zhou Xinyuan, et al. Petroleum Geology and Exploration Books in Tarim Basin——Plate Tectonic and Continental Dynamics [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 2004:1-202(in Chinese with English abstract).
- [6] 崔军文, 唐哲民. 塔里木盆地构造格架和构造应力场分析 [J]. 岩石学报, 2011, 27(1):231-242.
- Cui Junwen, Tang Zhemin. Tectonic framework of the Tarim basin and its tectonic stress field analysis [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1):231-242(in Chinese with English abstract).
- [7] 王宜昌, 杨辉, 王小牧, 等. 塔克拉玛干前震旦纪古裂谷及其含油气远景[J]. 新疆石油地质, 1994, 15(3):191-200.
- Wang Yichang, Yang Hui, Wang Xiaomu, et al. Takelamakan Pre-Sinian platerift and its Petroleum potential [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1994, 15(3):191-200.
- [8] 郭召杰, 张志诚, 贾承造, 等. 塔里木克拉通前寒武纪基底构造格架[J]. 中国科学(D辑), 2000, 30(6):568-575.
- Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Jia Chengzao, et al. Tectonic framework of pre-Cambrian basement in craton of Tarim Basin[J]. Science in China (Series D), 2000, 30(6):568-575 (in Chinese).
- [9] 郭召杰, 张志诚, 王建君. 阿尔金北缘蛇绿岩带的 Sm-Nd 等时线年龄及其大地构造意义[J]. 科学通报, 1998, 43 (18):1981-1984.
- Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Wang Jianjun. Sm-Nd isochron age of ophiolite along northern margin of Altun Tagh Mountains and its tectonic significance [J]. Chinese Sci. Bull., 1998, 44 (5): 456-458(in Chinese).
- [10] 吴根耀, 李曰俊, 王国林, 等. 新疆西部巴楚地区晋宁期的洋岛火山岩[J]. 现代地质, 2006, 20 (3):361-369.
- Wu Genyao, Li Yuejun, Wang Guolin, et al. Volcanic rocks of Jinningian oceanic islands in the Bachu area, western Xinjiang[J]. Geoscience, 2006, 20 (3):361-369(in Chinese with English abstract).
- [11] 李曰俊, 贾承造, 胡世玲, 等. 塔里木盆地瓦基里塔格辉长岩  $^{40}\text{Ar}$  -  $^{39}\text{Ar}$  年龄及其意义[J]. 岩石学报, 1999, 15(4): 594 - 599.
- Li Yuejun, Jia Chengzao, Hu Shiling, et al. The  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  isotopic age of Wajilitag gabbro in Tarim basin and its geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15(4):594 - 599(in Chinese with English abstract).
- [12] 李曰俊, 孙龙德, 胡世玲, 等. 塔里木盆地塔参 1 井底部花岗岩长岩的  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  年代学研究 [J]. 岩石学报, 2003, 19 (3): 530-536.
- Li Yuejun, Sun Longde, Hu Shiling, et al.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology of the granite and diorite revealed at the bottom of Tacan 1, the deepest well in China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2003, 19 (3): 530-536(in Chinese with English abstract).
- [13] 张家声, 劳秋元, 李燕. 航磁异常的构造解释和华北—塔南—扬子超陆块演化[J]. 地学前缘, 1999, 6 (4):379-390.
- Zhang Jiasheng, Lao Qiuyuan, Li Yan. Tectonic implication of aeromagnetic anomaly and evolution of Huabei-South Tarim - Yangtze superlandmass [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6 (4): 379-390(in Chinese with English abstract).
- [14] 丁道桂, 汤良杰, 等. 塔里木盆地形成与演化[M]. 南京: 河海大学出版社, 1996:1-302.
- Ding Daogui, Tang Liangjie, et al. Formation and Evolution of Tarim basin [M]. Nanjing:Hehai University Publishing House, 1996:1-302.
- [15] 李曰俊, 吴根耀, 孟庆龙, 等. 塔里木盆地中央地区的断裂系统: 几何学、运动学和动力学背景[J]. 地质科学, 2008, 43(1):82-118.
- Li Yuejun, Wu Genyao, Meng Qinglong, et al. Fault systems in central area of the Tarim Basin: geometry, kinematics and dynamic settings [J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43 (1):82-118(in Chinese).
- [16] 陈景山, 王振宇, 代宗仰, 等. 塔中地区中上奥陶统台地镶边体系分析[J]. 古地理学报, 1999, 1(2):8-17
- Chen Jingshan, Wang Zhenyu, Dai Zongyang, et al. Study of the middle and Upper Ordovician rimmed carbonate platform system in the Tazhong area, Tarim basin [J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 1(2):8-17(in Chinese with English abstract).
- [17] 顾家裕, 张兴阳, 罗平, 等. 塔里木盆地奥陶系台地边缘生物礁、滩发育特征[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3):277-283.
- Gu Jiayu, Zhang Xingyang, Luo Ping, et al. Development characteristics of organic reef-bank complex on Ordovician carbonate platform margin in Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3):277-283 (in Chinese with English abstract).
- [18] 樊太亮, 高志前, 刘聪, 等. 塔里木盆地古生界不同成因斜坡带特征与油气成藏组合[J]. 地学前缘, 2008, 15(2):127-136.
- Fan Tailiang, Gao Zhiqian, Liu Cong, et al. The characteristics of Palaeozoic slopes with different geneses and oil/gas plays in the Tarim basin [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15 (2):127-136(in Chinese with English abstract).
- [19] 何碧竹, 焦存礼, 王生朗, 等. 塔里木盆地塔中地区上奥陶统近环带状台地边缘相带特征及勘探前景 [J]. 地质学报, 2009, 83 (7):1039-1046.



- He Bizhu, Jiao Cunli, Wang Shenglang, et al. Characteristics and exploration prospect of carbonate platform margin of Late Ordovician Lianglitage Formation in the Tazhong Area, Tarim Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(7):1039-1046(in Chinese with English abstract).
- [20] 何碧竹, 乔秀夫, 许志琴, 等. 塔里木盆地满加尔坳陷及周缘晚奥陶世古地震记录及其地质意义 [J]. *地质学报*, 2010, 84(12): 1805-1816.
- He Bizhu, Qiao Xiufu, Xu Zhiqin, et al. Late Ordovician paleo-seismic records of the Manjiaer Depression and adjacent areas in Tarim Basin, Xinjiang, and its geologic significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84 (12):1805-1816 (in Chinese with English abstract).
- [21] 李洪辉, 周东延, 丛祝安. 塔里木盆地地震反射异常体及其地质属性初探[J]. *石油勘探与开发*, 2001, 28(2):50-52.
- Li Honghui, Zhou Dongyan, Cong Zhuan. Pilot study on seismic anomaly body and its geological characteristics in Tarim basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2001, 28 (2):50-52(in Chinese with English abstract).
- [22] Ma Yubo, Wu Shiguo, Lv Fuliang, et al. Seismic characteristics and development of the Xisha carbonate platforms, northern margin of the South China Sea[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, 40: 770-783.
- [23] 赵宗举, 潘懋, 杨海军, 等. 塔里木盆地中-上奥陶统浊积岩物源分析及大地构造意义[J]. *地质科学*, 2010, 2010, 45(3):681-697.
- Zhao Zhongju, Pan Mao, Yang Haijun, et al. The source rock of turbidites of Middle-Upper Ordovician in Tarim Basin and its tectonic significance [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2010, 45(3): 681-697(in Chinese with English abstract).
- [24] 刘忠宝, 于炳松, 陈晓林, 等. 塔里木盆地塔东地区中-上奥陶统海底扇浊积岩层序地层格架及沉积特征[J]. *现代地质*, 2003, 17 (4) : 408-414.
- Liu Zhongbao, Yu Binsong, Chen Xiaolin, et al. Sequence stratigraphy and sedimentary characters of submarine fan of Middle-Upper Ordovician in Tadong area, the Tarim Basin [J]. *Geoscience*, 2003, 17(4):408-414(in Chinese with English abstract).
- [25] 侯遵泽, 杨文采. 塔里木盆地多尺度重力场反演与密度结构[J]. *中国科学(D 辑)*, 2011, 41(1): 29-39.
- Hou Zunze, Yang Wencai. Multi-scale inversion of density structure from gravity anomalies in Tarim Basin [J]. *Science in China (Series D): Earth Sciences*, 2011, 41(1):29-39(in Chinese).
- [26] Matte Ph, Tapponnier P, Arnaud N, et al. Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and the Indus [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1996, 142(3-4):311-330.
- [27] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 造山的高原—青藏高原的地体拼合、碰撞造山及隆升机制[M]. 北京: 地质出版社, 2007:1-458.
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibin, et al. Orogenic Plateau: Terrain Amalgamation, Collision and Uplift in the Qinghai-Tibet plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007:1-458 (in Chinese with English abstract).

## A new interpretation of the high aeromagnetic anomaly zone in central Tarim Basin

HE Bi-zhu<sup>1</sup>, JIAO Cun-li<sup>2</sup>, CAI Zhi-hui<sup>1</sup>, ZHANG Miao<sup>1</sup>, GAO Ai-rong<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory for Continental Tectonics and Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Exploration and Production Research Institute of Sinopec, Beijing 100083, China; 3. Geophysical Research Institute of Zhongyuan Oilfield Sub-Company, Puyang, Henan 457001, China)

**Abstract:** The  $\Delta T_a$  high aeromagnetic anomaly zone lying in the central part of Tarim Basin has been a focus in discussing the composition and structure of Tarim basin and its basement. Based on a comprehensive analysis of borehole and seismic data, the authors have found that there exist large-scale seismic reflection anomaly bodies in Middle-Upper Ordovician strata of Manjiaer depression, which are related closely to the Central High Aeromagnetic Anomalies Zone (CHAAZ) and constituted mainly by eight nearly EW-trending seismic reflection anomaly bodies. The stratigraphic and seismic facies analysis shows that these seismic anomaly bodies should be igneous rocks. The anomaly bodies have vertical downward channels in seismic profiles, which are related to faults and magmatic activity channels. The CHAAZ of the basin is a product of multi episodes tectonic activities, suggesting the development of Manjiaer depression in an extensional tectonic setting in Sinian and Late Ordovician.

**Key word:** seismic reflection anomaly bodies; aeromagnetic anomaly zone; tectonic activity; Sinian and Late Ordovician; Tarim basin

**About the first author:** He Bi-zhu, female, born in 1965, doctor, senior researcher, engages in the study of structure analysis of basin and evaluation of hydrocarbon reservoir targets; E-mail: hebizhu@vip.sina.com.