

# 综合物探在博格达山前古牧地复杂构造中的应用

索 孝 东<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074; 2. 东方地球物理公司 综合物化探事业部, 河北 涿州 072751)

**摘要:**准噶尔盆地南缘古牧地地区具有丰富的油气勘探潜力,但由于中深层地震成像存在盲区,长期以来对古牧地构造特征认识不清,制约了油气勘探进程。笔者采用高精度重磁和电法 CEMP 综合物探技术对古牧地地区构造特征进行了研究,取得了有价值的新认识。研究成果表明,古牧地构造为博格达山前褶皱冲断带的前锋构造,受阶梯状断裂控制。古牧地构造纵向上具多层构造特征,其中浅层为紧闭型逆冲倒转背斜,中层为受阶状逆冲断层控制的屋脊状断块,深层为潜山披覆型冲断背斜。重力异常显示古牧地背斜西围斜可能是一完整的背斜构造,古牧地中深层构造和古牧地背斜西围斜评价为有利的油气勘探目标。

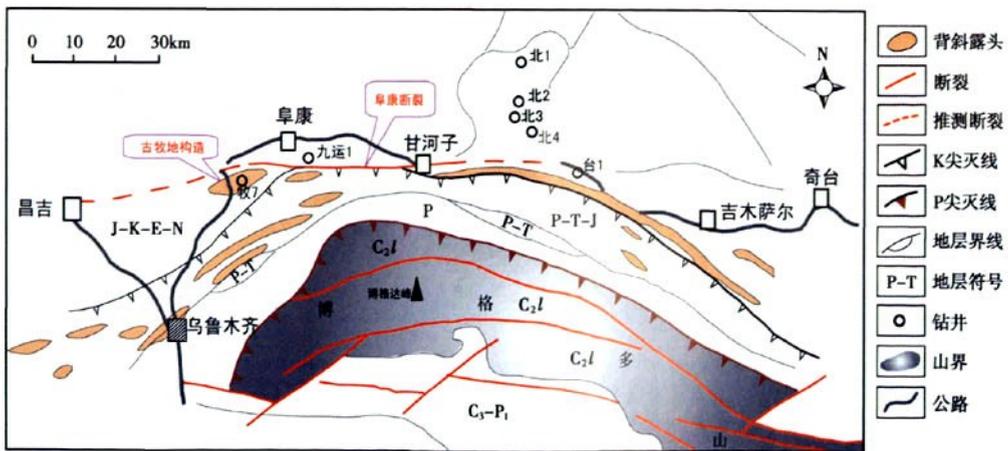
**关键词:**综合物探;构造内幕;古牧地构造;准噶尔盆地南缘

**中图分类号:** P631      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2009)06-0630-05

准南缘博格达山前古牧地地区油气勘探工作始于20世纪50年代,先后进行了地质、物探、钻井等多种方法的勘探工作,发现了多处油苗露头和一些含油构造,目前已完钻井9口(包括牧1、牧2、牧3、牧4、牧5、牧6、牧7井、阜3井和九运1井),钻揭最老地层为侏罗系三工河组。牧3井、牧4井在侏罗系头屯河组、西山窑组、三工河组多处见到油气显示,牧5井在西山窑组、牧6井在头屯河组获低产油流,揭示该地区具有丰富的油气勘探潜力<sup>[1]</sup>。但由于研究区构造变形强烈,地震资料多解性强(尤其是

逆掩推覆带下盘),造成圈闭识别难度大,落实程度低,长期以来古牧地背斜内部结构、与相邻构造横向接触关系不清。根据最新古牧地三维解释成果设计完钻的牧7井实钻分层与设计分层存在较大的误差<sup>[2]</sup>,暴露了现有地震资料对中深层的成像存在盲区,同时也制约了该区油气勘探进程。

近年来随着非地震勘探采集、处理解释技术的创新和野外采集仪器精度的提高,重、磁、电、震、地质、钻井、地球化学等资料联合应用,解决复杂地质问题的能力明显增强,应用范围日益广泛。为了尽快



C<sub>3</sub>-P<sub>1</sub>—上石炭—下二叠统; C<sub>2</sub>l—中石炭统柳树沟组; P—二叠系; T—三叠系; J—侏罗系; K—白垩系; E、N—古近系、新近系

图1 古牧地研究区构造位置

收稿日期:2009-03-09

在准噶尔盆地南缘古牧地地区获得油气勘探新的突破,为准南缘复杂山前带勘探寻找有效的方法技术,近年来开展了 1:5 万高精度重、磁力面积和电法 CEMP 剖面勘探与研究。笔者主要论述其研究成果中所取得的新认识和新发现。

研究区位于博格达北部山前褶皱带的西北翼(图 1)。

## 1 重磁电勘探的地球物理基础

### 1.1 岩石电性特征

区内沉积盖层中自上而下分布有多套高、低相间变化的特征电性标志层<sup>[3]</sup>,总体上来看,第四系电阻率值一般在  $8 \sim 35 \Omega \cdot m$ ,为一套高层阻;古近系、新近系和白垩系电阻率值一般在  $2 \sim 10 \Omega \cdot m$ ,为一套低阻层;侏罗系为一套低阻中的相对高层阻(不稳定),电阻率值变化范围较大,一般为  $3 \sim 30 \Omega \cdot m$ ,剖面电性结构和测井资料均显示在侏罗系内部电性存在高、低变化,发育一套相对高层阻;三叠系上部表现为相对低阻,而下部电阻率逐渐升高和二叠系共同组成次高层阻;石炭系电阻率较大,一般超过  $100 \Omega \cdot m$ ,为基底高层阻。上述多套高、低相间变化的电性层的存在,使得反演电性剖面具有良好的成层性,电性层在横向、纵向上的异常变化,为断裂识别、局部构造及地层发育特征研究提供了丰富的地质信息。

### 1.2 地层密度特征

根据野外露头、钻井岩心、电测井等观测统计结果<sup>[3]</sup>,区内自上而下存在三个明显密度界面,其一为中生界与新生界之间的密度界面,密度差约  $0.1 g/cm^3$ ;其二为三叠系、二叠系与侏罗系、白垩系之间的密度界面,密度差约  $0.11 g/cm^3$ ;其三为二叠系、三叠系与石炭系基底之间的密度界面,密度差约  $0.12 g/cm^3$ 。这三个密度界面在整个准南地区分布稳定,为不同深度层次重力异常的分层、研究深浅层构造的关系及其横向展布特征奠定了良好的物性基础和科学前提。

## 2 高分辨率视深度滤波

要研究古牧地背斜内幕构造特征,分离提取不同深度层位的重力异常就成为处理解释的关键,采用高分辨率视深度滤波法取得良好效果。该方法实质为解析延拓处理(图 2),基本原理为:由于重力位及其导数都是解析函数,可以从已知区解析延拓到场源以外区域而仍保持其解析性,但在场源处,函数失去解析性,使函数失去解析性的点叫奇点,因此,

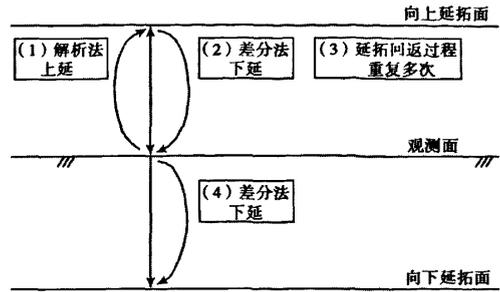


图 2 视深度滤波原理示意

可以把确定场源的问题归结为通过延拓来确定解析函数的奇点问题<sup>[4]</sup>。重力异常视深度滤波是确定场源奇点的一种方法,不需要事先给出有关场源的密度差等附加条件,就可以对地下密度不均匀体作出定性和定量解释,并可为勘探目标地质结构的解剖提供立体的、三维空间的地质信息。不同视深度层位的水平切片,为揭示古牧地构造内幕横向分布特征提供了可能。

## 3 地质结构特征

### 3.1 山前冲断带水平分带与电法识别标志

前陆褶皱冲断带显示具分带特征,刘和甫<sup>[5]</sup>将前陆褶皱冲断带从后缘造山带到前缘盆地划分出五个带(图 3):①具有强烈变形和变质的异地推覆带(O带),发育韧性剪切和叠加褶皱,劈理普遍发育;②叠瓦冲断带或双层冲断带(A带),主要为后缘叠瓦扇,冲断带前展式向盆地内部推进;③反向冲断带,主要形成背冲隆曲构造及对冲三角构造(B带);④弯滑褶皱带(C带),主要形成由冲断层引起的各种同心褶皱;⑤前缘向斜带(D带)为变形微弱的向斜盆地。费琪教授<sup>[6]</sup>将分支断层呈帚状或羽状收敛于深层同一条主干逆冲断层的逆冲推覆构造带划分成三部分:前锋、中带和根带。笔者将上述两种前陆褶皱冲断带水平分带理论联系起来,认为图 3 中的 O 带、A 带和 B 带分别构成前陆褶皱冲断带的根带、中带和锋带。

山前褶皱冲断带的根带和锋带在电法 CEMP 剖面上具有明显的识别标志,笔者曾对塔西南乌帕尔地区前陆褶皱冲断带 CEMP 剖面电性结构进行了研究,指出前陆冲断带的电性结构具有以下特点<sup>[7]</sup>。

(1)山前逆冲带前锋在电法剖面上的识别标志:基底高层阻向上隆起,是明显的高阻隆起型异常体,剖面上该高阻异常体两侧电性结构发生明显的改变,面向前陆盆地一侧,电性层横向连续性好,尤其低阻电性层起伏变化平缓,以剧烈增厚的低阻标

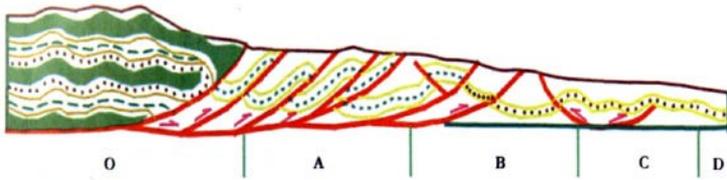


图3 前陆褶皱冲断层带的构造发育剖面示意

志层分布为特点,并可见低阻电性层向高阻隆起型异常体下方伸展(即高压压低阻的逆掩表征);面向造山带一侧(中带),电性层横向起伏较大,多见高阻电性层向上隆起,是基底叠瓦逆冲的电性表征。

(2)山前逆冲带根带在电法剖面上的识别标志:在电性剖面上其异常特征表现为古老的基底高

阻异常体整体向上强烈隆起,并逆冲于前陆盆地新地层形成的低阻电性层之上。

### 3.2 山前冲断带水平分带特征

博格达山前古牧地地区也具有明显的前陆冲断带水平分带特征,从南向北依次发育根带、中带和锋带以及前缘凹陷带(图4、图5):妖魔山断裂为根带

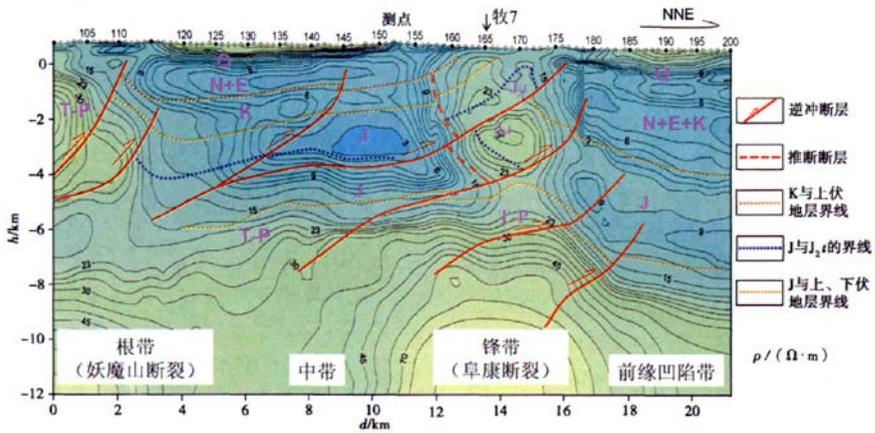


图4 古牧地地区过牧7井 CEMP 剖面电性结构与地质解释

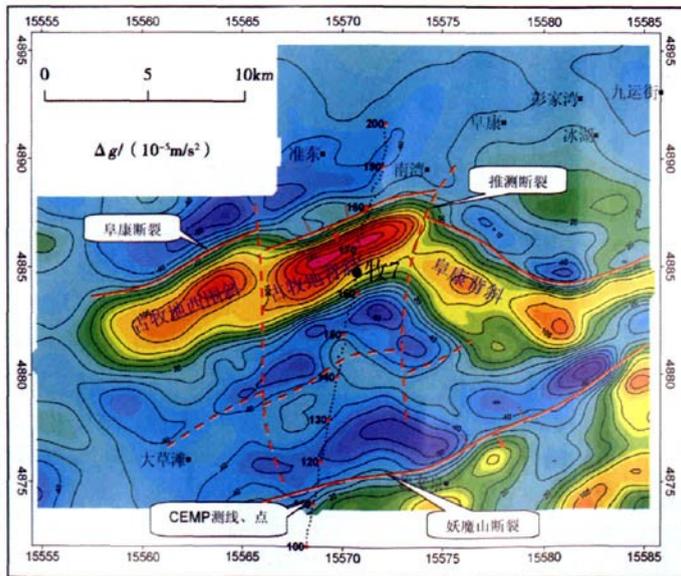


图5 古牧地地区视深度3 km 重力异常与推断解释

控制断裂,其上盘石炭—二叠系明显向地表冲起,电法 CEMP 表现为高阻隆起(100~110号测点),重力表现为明显的重力异常高;中带发育一排低幅度逆冲背斜构造或鼻状构造,受北东向展布的大草滩逆冲断裂控制,重力表现为一排北东向分布的低幅度重力高,电法 CEMP 表现为自下而上多套电性层的横向起伏(135~145号测点);而北东向展布的古牧地背斜则位于博格达山北缘前陆褶皱冲断带的前锋带,受阜康断裂带控制,古牧地背斜具有前锋背冲隆曲构造或冲起构造特征,重力表现为较高幅度的重力异常高,电法 CEMP 表现为明显隆起型高阻异常体(160~180号测点)。

### 3.3 构造内部特征

根据锋带相对高阻隆起电性异常体内部电性层的局部破碎、视电阻率等值线的局部扭曲等异常特征,推断前锋带断裂的发育纵向上具有多层次性,自上而下可推断解释出4条主要的逆冲断裂,呈阶梯状向北延展,共同构成阜-康阶梯式断裂组合。阶梯式组合断裂的发育是应力由南向北、由浅层向深层传播的结果。受阜-康断裂带阶梯式逆冲断层控制,古牧地地区自上而下发育浅、中、深三套构造层,分别具有不同的构造样式(见图4):浅层为紧闭型甚至倒转逆冲牵引背斜(即古牧地地表背斜);中层为夹持于阶状逆冲断层之间的屋脊状断块构造;而深层则为受阶状冲断层控制的隐伏背斜或堆垛式叠加背斜构造。中、深层构造,特别是中层构造主要是受到浅层逆冲推覆作用的强烈强制牵引而形成。综合分析认为,侏罗系沉积时古牧地地区可能发育水下低凸起,并随着侏罗纪的沉积逐步形成潜山披覆背斜构造,该继承性发育的潜山披覆构造,在后期(喜山期)受到了来自南部强烈的挤压应力作用,其南翼沿断层发生滑动并向地表强烈冲起,同时造成了断层下盘地层的掀斜变形。因此,现今的古牧地多层构造是早期的潜山凸起披覆构造经过后期改造而形成的。

### 3.4 西围斜构造特征

在由浅到深不同视深度滤波重力异常图上,古牧地背斜、古牧地背斜西围斜和阜康背斜都表现为完整的、彼此独立的局部重力异常高,并且相互错位或呈斜列关系。这一异常现象反映了古牧地地区可能发育两个斜列式的背斜构造,也就是说古牧地背斜可能分割为东、西两个背斜构造(见图5)。根据局部重力异常相互错位、轴线错断的异常特征推断,古牧地背斜与其西围斜、阜-康背斜之间可能都以横推断层相接触,尤以古牧地背斜与其西围斜之间的

横推错断关系明显。CEMP 剖面电性结构显示古牧地背斜西围斜和阜-康背斜纵向上具有与古牧地背斜基本类似的地质结构特征<sup>[3]</sup>。

### 3.5 有利油气勘探目标

由于侏罗系地层冲出地表,使得古牧地背斜浅层构造紧闭,地层倒转,破坏较严重,油气保存条件较差。对于中深层构造而言,由于埋深增大,封闭保存条件相对较好,且紧邻油源,断层彼此沟通,使其具有有利的成藏条件。古牧地背斜西围斜相对于古牧地背斜更远离东部博格达山前弧形冲断带应力集中的弧顶区域(见图1),因此,其构造变形更小,构造较为宽缓,无论浅层还是深层保存条件都较好,是一个新的勘探目标。重、电成果推断解释<sup>[3]</sup>:古牧地背斜西围斜构造圈闭面积约10 km<sup>2</sup>;幅度约500~800 m,侏罗系底界最小埋深约5 200 m。

## 4 结论

(1)准噶尔盆地南缘不同时代的地层之间密度、电阻率等物性特征差异明显,为非地震勘探技术的应用提供了良好的地球物理前提条件。在古牧地构造内部特征及与相邻构造横向转换关系研究中,高精度重力和电法 CEMP 勘探技术具有较好的应用效果。

(2)研究成果揭示古牧地构造纵向上具多层构造特征,横向上与其相邻构造以横推断层转换相接,而古牧地背斜西围斜则可能是另一个完整的背斜构造。在地震勘探得不到资料的盲区,特别是前陆盆地复杂山前带、盆地中深层古生界层系等勘探领域,非地震勘探技术不失为有效的辅助手段,可起到很好的补充作用。

### 参考文献:

- [1] 康竹林. 准噶尔盆地南缘油气勘探前景[J]. 勘探家, 1997(4): 31-34.
- [2] 丁清香, 吴坚, 肖立新, 等. 古牧地山地三维地震解释成果[R]. 石油物探局研究院开封分院, 2004.
- [3] 索孝东, 葛运华, 张生, 等. 准噶尔盆地南缘古牧地地区高精度重磁力、CEMP 勘探成果[R]. 东方地球物理公司综合物化探事业部, 2005.
- [4] 杨辉. 高分辨率重磁视深度滤波技术构造解析初探[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3): 26-28.
- [5] 刘和甫. 沉积盆地构造样式[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992: 30-35.
- [6] 费琪. 石油勘探构造分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990: 193-200.
- [7] 索孝东, 董卫斌, 张生, 等. 塔西南乌帕尔地区电法 CEMP 综合研究成果[R]. 东方地球物理公司综合物化探事业部, 2003.

## THE APPLICATION OF INTEGRATED GEOPHYSICAL EXPLORATION TECHNIQUE TO THE STUDY OF COMPLEX STRUCTURES IN BOGEDA PIEDMONT ANCIENT GRAZING AREA

SUO Xiao-dong<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China; 2. Department of Integrated Geophysical-Geochemical Exploration Business, Dongfang Geophysical Company Ltd., Zhuzhou 072751, China)

**Abstract:** The ancient grazing area on the southern margin of Junggar Basin has abundant oil and gas exploration potential; nevertheless, due to the existence of blind areas in medium and deep layer seismic imaging, the structural characteristics of this area remain unclear, which has restricted the oil and gas exploration process. Using high-precision gravity and magnetic and electrical CEMP integrated geophysical technique, the author studied the structural characteristics of the ancient grazing area and obtained valuable new understanding. The results show that the structure of the ancient grazing area is the front structure of Bogeda piedmont folded thrust zone. Controlled by step fault, the ancient grazing area is longitudinally characterized by multi-layer structure, in which the shallow layer is tight type thrust overturned anticline, the medium layer is ridge-shaped fault block controlled by step thrust, and the deep layer is thrust anticline covered by buried hill. Gravity anomaly has revealed that the western pericline of the ancient grazing anticline is probably a complete anticline structure. The medium and deep structure of the ancient grazing area and the western pericline seem to be favorable targets for oil and gas exploration.

**Key words:** integrated geophysical exploration; structural characteristics; ancient grazing structure; southern margin of Junggar Basin

**作者简介:** 索孝东(1965-),男,河南项城人,高级工程师。东方地球物理公司综合物化探事业部从事重磁电资料的综合研究,现为中国地质大学(武汉)石油勘探构造方向的在读博士研究生。

上接 629 页

[4] 葛良胜,邹依林,张学军,等. 西藏冈底斯—念青唐古拉褶皱带中段以金为主的综合矿产资源调查评价. 武警黄金地质研究所,2002.

[5] 叶天竺,朱裕生,夏庆霖,等. 固体矿产预测评价方法技术[M].

北京:中国大地出版社,2004:73,81,180.

[6] 夏祥标,郑来林,李军敏,谢通门色药异常区铜找矿前景浅析[J]. 沉积与特提斯地质,2008,28(1):105.

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORE SEARCH PROSPECTS OF PUCHIYA AREA IN TIBET BASED ON STREAM SEDIMENT SURVEY

XIA Xiang-biao, ZHENG Lai-lin

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** This preliminary study of the geochemical features in Puchiya area, Xaitongmoin, Tibet, was based on the 1: 50 000 stream sediment survey. It included element distribution characteristics, element anomalies, element correlation and element anomaly assemblage. The result shows that the study area might be a prospective area for Pb, Zn and Cu. It is inferred that ore deposits in Puchiya area are probably volcanic type lead-zinc polymetallic deposits and acidic intrusive-associated porphyry copper polymetallic ore deposits. The Zhanzanmubu area is expected to be a prospective area for volcanic type lead-zinc polymetallic deposits and the Seyao area is likely to have copper polymetallic ore deposits associated with intermediate-acidic intrusive rocks.

**Key words:** stream sediment survey; exploration prospect area; Puchiya area of Tibet

**作者简介:** 夏祥标(1982-),男,成都地质矿产研究所资源评价与矿床研究室工作,研究方向:地质矿产、化探。