

文章编号:0258-7106(2005)02-0179-06

# 东昆仑地区地球物理特征与矿产资源分布\*

董英君,张德全,徐文艺,余宏全,李大新,丰成友

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

**摘要** 利用东昆仑地区的区域重磁场及深部地球物理信息,研究探讨了地球物理特征与矿产资源的关系。贯穿研究区的重力梯级带反映了地壳深部构造的深大断裂带,该梯级带与昆中断裂对应,它不仅是划分构造单元的边界,而且与地壳构造运动的性质及岩浆活动、矿产分布等密切相关。研究区航磁异常区以东西向、北西向和北东向为主,异常呈交叉及串珠状分布。沿重力梯级带及航磁异常周围形成一些具工业价值的矿床。深部地质与地球物理资料揭示了该区地壳与上地幔密度分布的不均匀性及其速度结构差异。深大断裂的发育对该地区金属成矿区带的分布起到了控制作用。

**关键词** 地球物理;地球物理特征;矿产资源;深部地质;上地幔;东昆仑

**中图分类号**: P631;P617

**文献标识码**: A

东昆仑地区位于青海省中西部,与其周边地区共同构成青藏高原北部的重要地质单元,并以其丰富的矿产资源,成为中国重要的矿产资源基地之一(图 1)。1949 年以来,在该地区进行了一系列的区域地质和矿产调查及研究工作,但区域重力和航磁测量起步较晚,工作程度很低。近年来,东昆仑地区深部地球物理工作的开展为该地区提供了大量信息,其中的格尔木-额济纳旗地学断面多学科综合调查研究及中法合作研究唐古拉山-锡铁山天然地震探测等,为该地区的深部地质背景提供了依据。本文旨在运用研究区已有的地质、地球物理信息,研究该地区的地质构造、地球物理特征及深部构造与矿产资源的关系,为进一步进行矿产资源预测提供依据。

## 1 东昆仑的重磁场特征与矿产资源

各种内生金属矿床的形成有其特殊的地质条件,而区域重磁异常的变化特征是各种地质因素的反映。研究区内有大面积的基性-酸性岩体分布,这些岩体往往产生重磁异常,并与断层分布关系密切,同时也是成矿物质及热动力的重要来源,区内大多数矿点都与这些岩体有关(见图 1)。因此,不但可以

利用区域重磁异常资料推断深部构造、地壳结构、深大断裂及隐伏或半隐伏岩体,而且还可以根据局部重磁异常了解矿化的分布规律和范围,推断异常源的形态、产状、深度和规模的大小等。所有这些对矿产预测都是极其重要的信息。因此,对区域重磁异常资料进行深入的研究也是进行矿产预测中的一个不可缺少的重要内容。

布格重力异常是由大地水准面以下的地壳、上地幔物质密度分布不均匀引起的,布格重力异常图的变化趋势和特征与深部构造分区密切相关。东昆仑地区布格重力异常与矿点分布图(图 2)给出了重力异常与矿点分布的关系。

区域性重力梯级带反映了地壳深部构造的深大断裂带,上地幔物质的埋藏深度在此带发生了剧烈的变化。因此在地壳运动中其活动性也最为强烈。从板块构造角度来看,它是板块与板块之间相互挤压碰撞的“缝合线”。从图 2 可看出,研究区明显存在一条主体呈北西西向展布的陡变重力梯级带,宽约 30~40 km,布格异常值范围为(-410~-480) $\times 10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>,梯级带两侧地壳厚度相差 7~10 km 不等。显然该梯级带为一巨大的密度分界面,其位置在本区地质构造图上基本与昆中断裂带吻合,重力异常揭示出昆中断裂带是本区一条重要构造单元

\* 本文得到中国地质调查局地质调查项目(编号:K1.1.3.1)“东昆仑地区综合找矿预测与突破”的资助  
第一作者简介 董英君,女,1951 年生,副研究员,主要从事地球物理和矿产资源勘查技术方法研究。  
收稿日期 2003-06-23;改回日期 2004-12-15。张绮玲编辑。

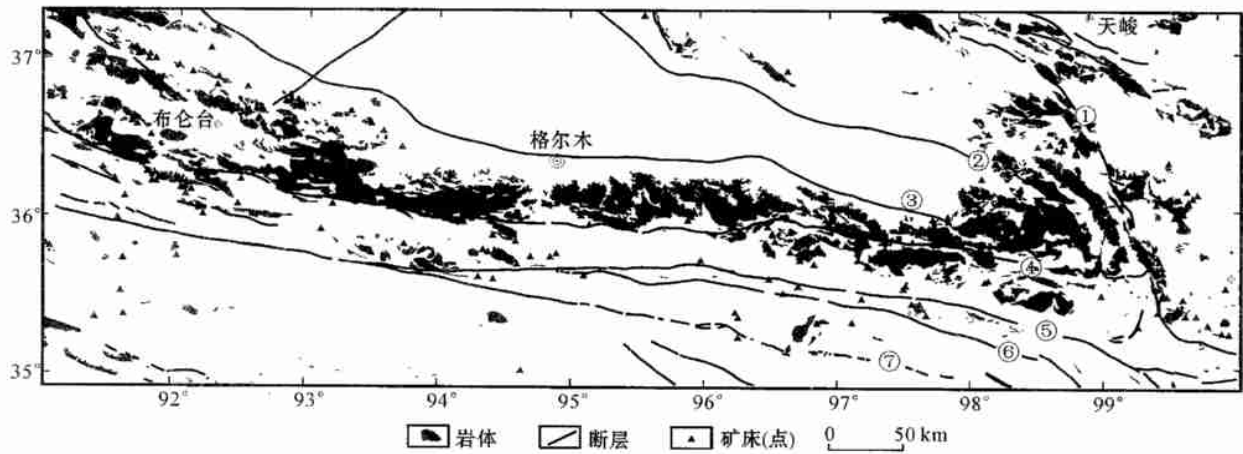


图1 东昆仑地区主要断层、岩体与矿点分布

图中断裂: ①哇洪山—鄂拉山断裂带; ②柴北缘断裂带; ③柴南缘断裂带; ④昆中断裂带; ⑤昆南断裂带; ⑥阿尼玛卿断裂带; ⑦北巴颜喀拉断裂带

Fig.1 Geological setting of major fractures, rock bodies and mineral deposits in east Kunlun area

Faults: ①Wahongshan-Elashan fault; ②Faults in the northern margin of Qaidam Basin; ③Faults in the southern margin of Qaidam Basin; ④Central Kunlun fault; ⑤South Kunlun fault; ⑥Anyimaqin fault; ⑦North Baryan Har fault

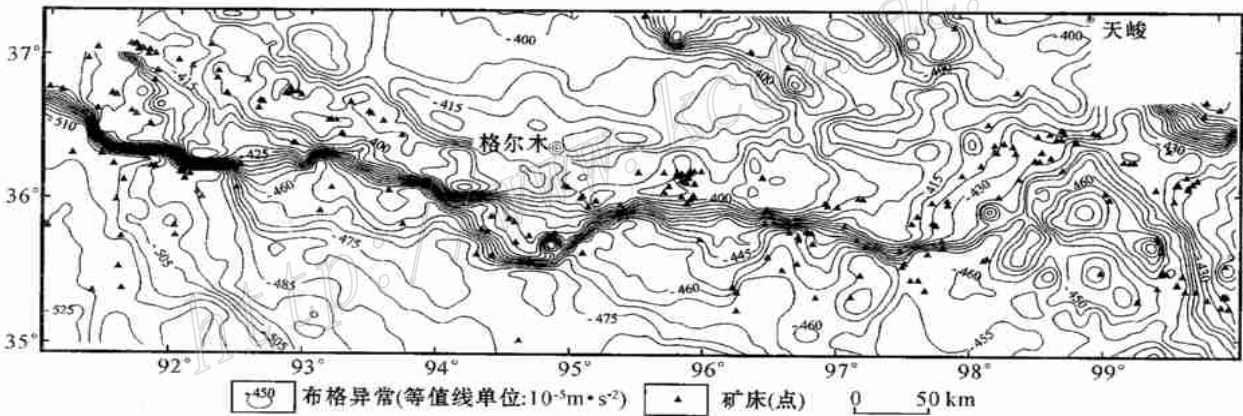


图2 东昆仑地区布格重力异常与矿点分布

Fig.2 Bouguer gravity anomalies and mineral deposits in east Kunlun area

的边界(孟令顺等,1995)。可以看出,研究区内的重力梯级带也是矿床(点)密集分布的重要地带。

图3为研究区航磁异常图<sup>①</sup>。图中显示东昆仑地区的磁异常近东西向展布,异常连续性好,强度高,正负伴生,表明东昆仑地区由多条近东西向展布的地质块体组成,各块体间以深大断裂为界,这些块体中分布有大量强磁性深变质岩或基性-超基性岩

体。在阿尼玛卿带,磁异常表现为串珠状正异常带,揭示该带基性-超基性岩体的存在,并且呈团块状分布(杨华等,1991;余钦范等,1995)。

根据重磁异常特征,笔者绘制了区域重磁特征线与矿产分布图(图4),给出了研究区内与构造方向密切相关的线性重磁异常与矿点的分布关系。图中重磁特征线的展布方向主要可分为4组:北西向、东

① 据青海物探队1991年1:100万布格重力异常图编绘。

② 据青海地质局物探队1979年1:50万航磁图编绘。

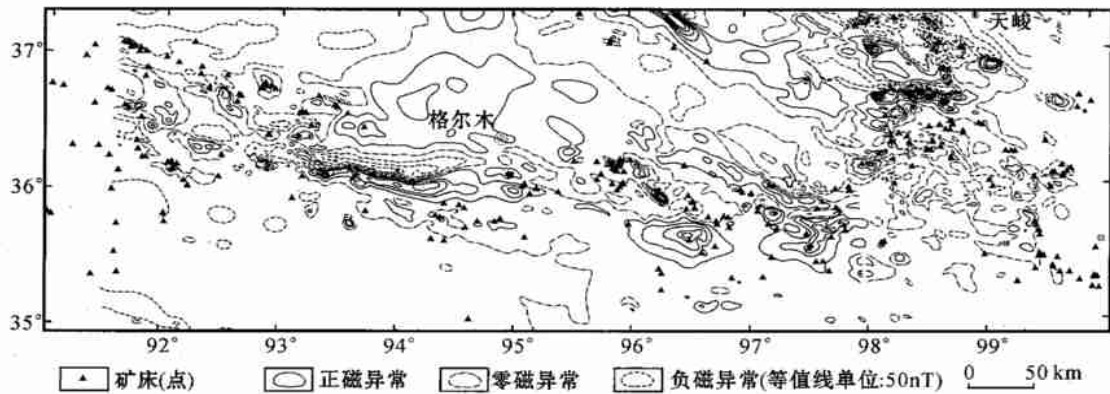


图 3 东昆仑地区航磁异常等值线与矿点分布图

Fig. 3 Aeromagnetic anomalies and mineral deposits in east Kunlun area

西向、南北向和北东向。图中的矿床(点)分布与重磁特征线密切相关。

图 4 中矿床(点)的位置明显受重磁异常特征线分布的控制。现将研究区分为 3 个异常区,对其异常分布特征及其与矿产的对应关系分述如下<sup>①</sup>。

### 1.1 东部异常区

东部异常区指经度在 97 ~ 100°范围内的异常,它们间接地反映了成矿带的分布,北西向和北东向异常带对这一地区矿床的形成有明显的控制作用。该区内的磁异常主要由近地表的、向下延伸小的、规模不大的晚华力西期—印支期中酸性侵入岩及不同时期的火山岩引起,而这些岩体或火山岩与热液型、

矽卡岩型、块状硫化物型矿床的关系极为密切。都兰至赛什塘东的断裂之间的成矿密集区内,航磁异常(图 3)显示为清晰的北东向串珠状异常带,穿插在东西向和北西向异常带中;区域内重力异常(图 2)主要反映为东南向梯级带(东西向区域重力梯级带的东部转弯处),其位置与航磁串珠状异常带重合,沿重力梯级带及航磁异常周围形成了一些具有工业价值的矿床,如铜峪沟、赛什塘等(图 4)。从图 4 中可以看出异常的交叉部位更有利于矿体的产出。

### 1.2 西部异常区

西部异常区(经度 90 ~ 93°)的异常主体呈北西向展布,其中穿插一些北东向异常。区内航磁异

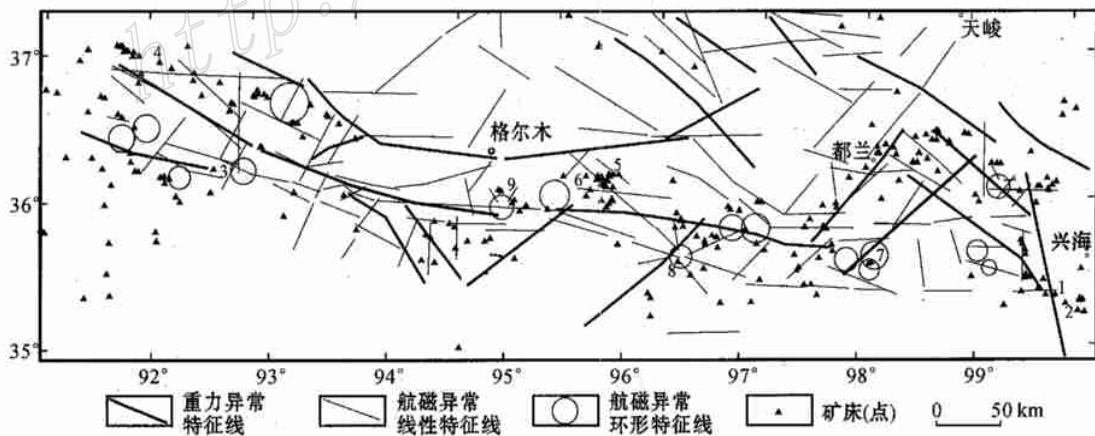


图 4 区域重磁特征线与矿产分布图

图中矿床(点): 1—铜峪沟; 2—赛什塘; 3—雪鞍山; 4—野马泉; 5—五龙沟; 6—大格勒; 7—督冷沟; 8—红云鄂博; 9—托拉沟

Fig. 4 Regional gravity and magnetic characteristic lines and mineral deposits in east Kunlun area

① 青海省地球物理勘察队, 1991. 青海省东昆仑—西秦岭构造带航磁、重力异常深化解释成果报告.

常(图3),呈大面积负异常,正航磁异常交叉其间。正航磁异常以规模小、梯度大、推断异常体向下延伸小的北西向为主,异常体的产出主要受北西向和东西向断裂控制。西部异常区北西向异常与矿床分布关系密切,昆中断裂(图1)带附近分布着雪鞍山等铜矿点,野马泉地区的铁矿则分布在北西向的断裂带之间(图4)。重力异常(图2)主要反映为东西向和北西向两条重力梯级带,其中的东西向梯级带与昆中断裂带的位置一致。

### 1.3 中部异常区

中部异常区(经度为93~97°)以东西向异常、北西向异常为主。以昆中断裂(图1)为界,其南北两侧的重磁场特征截然不同。在断裂带附近形成明显的重磁异常梯级带。磁异常形态主要反映了古元古代结晶基底的分布和起伏,而结晶基底的分布和起伏对后期地质构造的发展演化和矿体的形成起重要作用。如五龙沟、大格勒等矿床(点)(图4)。五龙沟矿区的磁异常走向北西,异常形态明显错断和扭曲,显然受北西和东西两个方向构造的控制。

另外,在各异常区中常见环形放射状线性异常,其中有些反映矿床(点)的分布,如督冷沟、红云鄂博、托拉沟等(图4),应引起足够的重视。

## 2 深部构造与成矿的关系

近年来,多条天然地震断面的研究为东昆仑地

区提供了深部地质与地球物理资料,揭示了该区地壳与上地幔密度分布的不均匀性(纵向分层,横向分块)及其速度结构差异。

地震是地壳运动的一种表现形式,是构造带活动的直接表现。强震的背景资料表明,深部构造异常,包括莫霍界面和康氏面的错断、重力梯级带和地壳厚度转变带等,与强震的发生密切相关,尤其是深断裂的存在与否,可能是判定一个地区有无发生7.5级以上地震不可忽视的条件(青海省地震局等,1999)。区内地震活动在时间和空间上都表现出明显的不均匀性,笔者将1966年至2001年记录到的东昆仑地区地震震源参数(IRIS提供),绘成该地区地震震源位置分布图(图5)。图5显示沿昆南断裂带和阿尼玛卿断裂带发生过多次5级以上的地震,甚至7级以上地震也大多沿此带分布。因此昆南断裂带—阿尼玛卿断裂带为一条明显的构造活动带。

地震震源深度的研究表明,震源面垂向分布和板块的接触边缘有关。将图5中地震震源深度(IRIS提供)沿东经95°线投影,得到青藏高原北部地震震源深度图(图6)。图中地震震源沿构造单元边界断裂分布,震源深度由北向南倾斜,东昆仑和柴北缘地区震源深度最深达100 km以上。

地震和大地电磁测深研究发现,在莫霍面形态变化强烈部位、软流圈隆起带(岩石圈地幔减薄带)、异常上地幔区(相对低速区)、壳内高导层隆起带、深断裂(岩石圈剪切带)、岩石圈/软流圈不均匀性块体

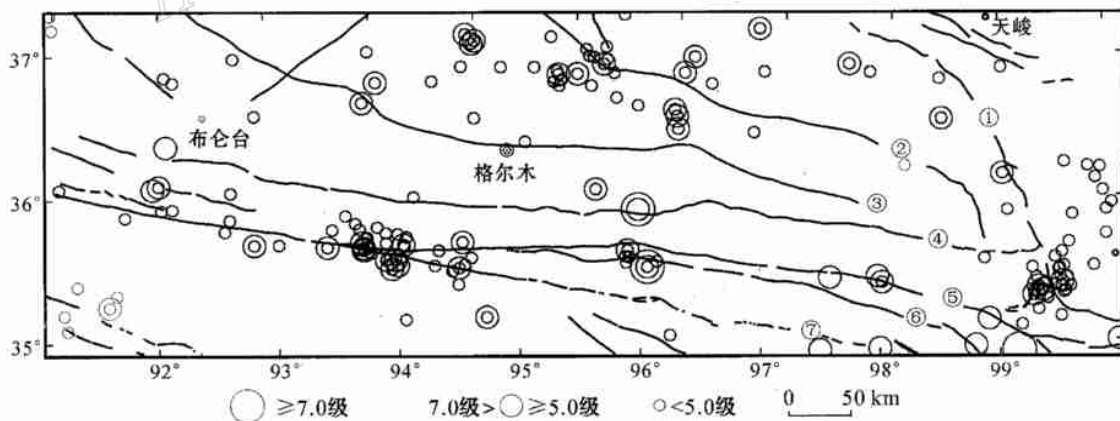


图5 东昆仑地震震源分布图位置

①哇洪山—鄂拉山断裂带;②柴北缘断裂带;③柴南缘断裂带;④昆中断裂带;⑤昆南断裂带;⑥阿尼玛卿断裂带;⑦北巴颜喀拉断裂带

Fig.5 The foci positions of earthquakes in east Kunlun area

Faults: ① Wahongshan-Elashan fault; ② Fault in the northern margin of Qaidam Basin; ③ Fault in the southern margin of Qaidam Basin; ④ Central Kunlun fault; ⑤ South Kunlun fault; ⑥ Anymaqin fault; ⑦ North Baryan Har fault

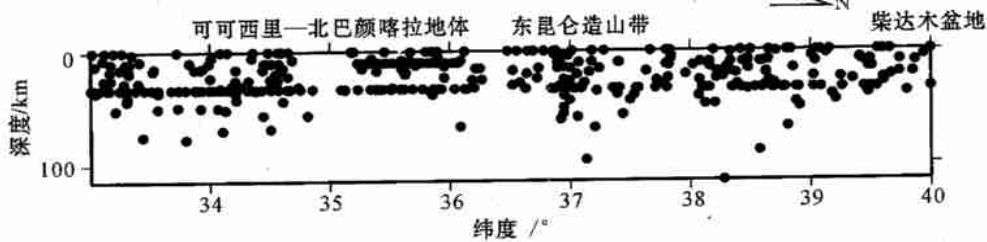


图 6 青藏高原地震震源深度分布图  
Fig.6 The foci depths in Tibet plateau

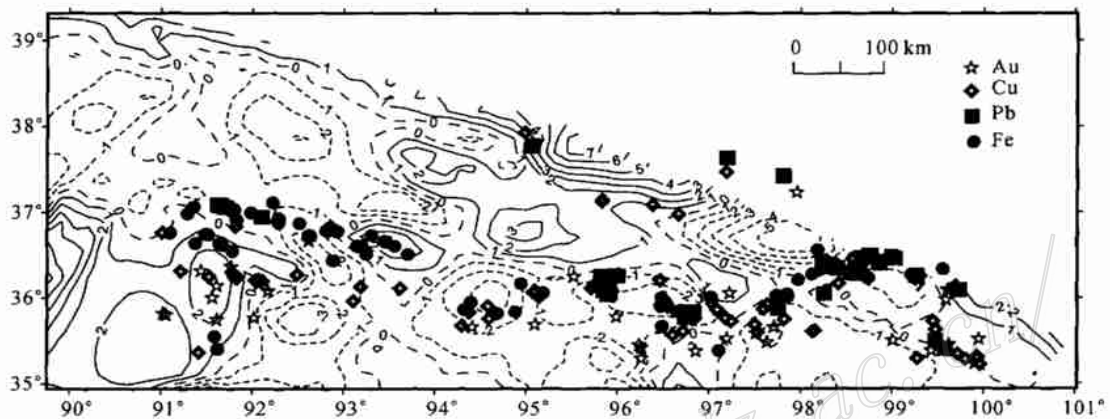


图 7 天然地震层析成像 130 ~ 180 km 平面与矿产分布图(数字为 P 波速度百分比)  
Fig.7 Tomographic imaging in horizontal layers at the depths of 130 ~ 180 km and distribution of mineral deposits  
( Figures signify P-wave velocity percentage)

的边缘等位置,均为研究区矿体的有利产出部位。

据岩石圈减薄区与增厚区的划分图(李立, 1996),本研究区位于岩石圈减薄区上。而岩石圈的减薄区大多位于活动构造带上,它与强震震中的分布带有较好的对应关系。根据地壳上地幔结构的差异划分的剪切波垂向低速带与内生金属成矿区带分布关系(陈毓川,1999),东昆仑地区位于昆仑山脉与祁连山—秦岭剪切波垂向低速带中。

图 7 为青藏高原地震层析 130 ~ 180 km 平面结果<sup>①</sup>,这一层位相当于青藏高原上地幔的深度(吕庆田等,1996;薛光琦等,2003)。从图中可以看出矿床(点)与速度分布的关系,低速带及低速带与高速带之间为矿床产出的有利部位。图中矿床(点)沿着低速带分布,形成 3 条明显的成矿带。地震波垂向低速带内一般表现为上地幔隆起,具有较高的热流值,地幔热流携带的能量促进了矿化作用,同时地幔隆起带的壳幔相互作用也提供了充足的成矿物质。这

些隆起部位对应着重力梯级带及变化剧烈的磁场,沿隆起带分布的数条深大断裂为深部壳幔物质向上运移提供了良好的通道(陈毓川,1999)。

### 3 结 论

研究区重磁异常的展布间接地反映了成矿带的分布,其中北西向、东西向、北东向异常带对这一地区矿床的形成有明显的控制作用。航磁串珠状异常带、孤立磁异常、负背景场上的正异常及重力梯级带,都是值得深入研究的异常,而重磁同源异常及异常的交叉部位更有利于矿体的产出。在重力梯级带及航磁异常周围已形成一些具工业价值的矿床。

东昆仑造山带分布大面积的火山岩,不仅磁场变化剧烈,岩层密度分布也不均匀,重力梯级带,其深部对应着地壳厚度陡变带、上地幔剪切波垂向低速带和上地幔隆起。昆中、昆南、阿尼玛卿等深大断

① 肖序常等, 2004. 青藏高原三维岩石圈结构研究报告.

裂发育,为深部壳幔物质向上运移提供了良好的通道,对该地区金属成矿区带的分布起到控制作用,火山作用与岩浆活动则为金属成矿提供了良好的环境。

### References

- Chen Y C. 1999. Mineral resources assessment of major metallogenic provinces in China[ M]. Beijing: Geol. Pub. House. 26 ~ 96 (in Chinese) .
- Li L. 1996. The geoelectrical characteristic of crust and upper mantle in the continental region of China[ M]. Acta Geophysica Sinica, 39 ( Supp. ) : 140 ~ 148( in Chinese ) .
- Lu Q T, Jiang M and Ma K Y. 1997. The deformation characteres of Qinghai- Xizang lithosphere : implication from earthquake mechanism and seismic anisotropy[ J]. Geological Review, 43( 4) : 337 ~ 346( in Chinese with English abstract ) .
- Meng L S, Guan Y, Qi L, et al. 1995. Gravity field and deep crustal structure in Golmud- Ejin Qi geoscience transect[ J]. Acta Geophysica Sinica, 18( Supp. II) : 45 ~ 56( in Chinese ) .
- The seismological Bureau of Qinghai Province and the Institute of Crustal Dynamics. 1999. Easten Kunlun active fault zone[ M]. Beijing: Seismologic Pub. House. 157 ~ 167( in Chinese ) .
- Xue G Q, Qian H, Jiang M, et al. 2003. Study on the velocity structure of crust-upper mantle beneath northeast Qinghai- Tibet plateau, China[ J]. Acta Geoscientia Sinica, 24( 1) : 19 ~ 26( in Chinese with English abstract ) .
- Yang H, Liang Y M, Wang L, et al. 1991. Aeromagnetic characteristics and their relationship with structure- mineralization belts of eastern Qinghai- Xizang plateau[ M]. Beijing: Geol. Pub. House. 40 ~ 81( in Chinese ) .
- Yu Q F, Lou H and Hu Z D. 1995. Magnetic data interpretation of the crustal structure of the geoscience transection from Golmud to Ejin Qi [ J]. Acta Geophysica Sinica, 38( Supp. II) : 70 ~ 84( in Chinese ) .

### 附中文参考文献

- 陈毓川. 1999. 中国主要成矿带矿产资源远景评价[ M]. 北京:地质出版社. 26 ~ 96 .
- 李立. 1996. 中国大陆地壳上地幔电性特征[ J]. 地球物理学报, 39 (增刊) : 130 ~ 138 .
- 吕庆田, 姜枚, 马开义, 等. 1997. 由震源机制和地震波各向异性探讨青藏高原岩石圈变形[ J]. 地质论评, 43( 4) : 337 ~ 346 .
- 孟令顺, 管焯, 齐立, 等. 1995. 格尔木-额济纳旗地学断面及其邻区重力场与深部地壳构造[ J]. 地球物理学报, 38(增刊 II) : 36 ~ 45 .
- 青海省地震局, 中国地震局地壳应力研究所. 1999. 东昆仑活动断裂带[ M]. 北京:地震出版社.
- 薛光琦, 钱辉, 姜枚, 等. 2003. 青藏高原东部天然地震探测与岩石圈深部特征[ J]. 地球学报, 24( 1) : 19 ~ 26 .
- 杨华, 梁月明, 王岚, 等. 1991. 青藏高原东部航磁特征及其与构造成矿带的关系[ M]. 北京:地质出版社.
- 余钦范, 楼海, 胡中栋. 1995. 格尔木-额济纳旗地学断面岩石圈结构的磁场分析[ J]. 地球物理学报, 38(增刊 II) : 58 ~ 70 .

## Geophysical features and distribution of ore resources in east Kunlun area

DONG Ying-jun, ZHANG De-quan, XU Wen-yi, SHE Hong-quan, LI Da-xin and FENG Cheng-you  
( Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

### Abstract

East Kunlun area is one of the key geological units in northern Tibetan plateau, and also an important base area of mineral resources. The authors deal with the relationship between geophysical features and mineral resources in the study area by analyzing regional gravity and magnetic field combined with a study of geophysical data in depth. The study reveals the domination of WE-, NW- and NE-trending gravity and magnetic anomalies in this area, which reflects not only the distribution pattern of abyssal faults but also the close tie between the anomalies and the properties of crustal tectonics, magnetism and mineral resources. The deep geophysical data imply the heterogeneity in crustal and mantle density, and difference in velocity structures. It is also suggested that, with the rich abyssal faults, the crustal-mantle materials are provided with an upward moving gateway. The abyssal faults play an important role in controlling the metallogenic zoning in the area. The volcanism and magmatism provide a good environment for metallization in the area.

**Key words:** geophysics, geophysical features, mineral resources, deep geophysics, upper mantle, east Kunlun