

# 新疆伊犁吐拉苏地区的线性构造及控矿特征

肖 龙<sup>1</sup>, 王方正<sup>2</sup>, Hayward Nick<sup>3</sup>, Begg Graham<sup>3</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074; 3. WMC 矿业公司勘探部, 佩斯, 澳大利亚)

**摘要:** 采用多种数值图像进行线性构造解译, 其中 DEM 和 NOAA 主要用于区域尺度, TM 用于勘探区尺度, 地面磁法数据用于靶区范围的解译分析. 研究认为该区线性构造与金矿床的空间分布关系密切, 表现为: (1) 区域尺度的一级控矿构造为 NEE、NE 和 NW 向构造的交汇部位; 吐拉苏地区的一级控矿构造为 WNW 和 NNW 及 NE 方向构造的交汇部位; (2) 吐拉苏地区的次级控矿构造为 NNE 和环形构造的交汇部位; (3) 靶区的一级控矿构造为 NE、SN 和环形构造. 线性构造异常分析结果显示, 当线性构造的优益度大于 40 时, 有较大的成矿可能性.

**关键词:** 线性构造; 金矿床; 构造控制; 找矿预测; 吐拉苏; 新疆.

**中图分类号:** P58 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2383(2003)02-0191-05

**作者简介:** 肖龙(1963—), 男, 副教授, 2000 年毕业于中国地质大学, 获博士学位, 目前主要从事岩石地球化学及矿床学研究. E-mail: longxiao@gig.ac.cn

以找矿预测和成矿作用为目的的线性构造解译和研究已成为构造、遥感和成矿作用共同关注的热点. 线性构造对金属矿床空间分布的控制及其找矿意义的研究是矿床地质学家关心的课题. 特别是一些世界级的超大型矿床, 如澳大利亚奥林匹克坝(Olympic Dam)Cu—Au—U 矿床就是在线性构造解译的基础上进行了成功的靶区预测而发现的. 近年来国内外学者已发表了不少相关论著<sup>[1~3]</sup>, 大大深化了该领域的研究.

本文选择新疆伊犁吐拉苏地区进行线性构造解译, 分析了线性构造的一般特征及分形特征、线性构造异常及其与金矿床空间分布上的耦合关系, 讨论了线性构造的控矿特征及其在找矿预测中的意义. 用于线性构造解译的数据包括 DEM、TM、NOAA 和 MSS 及地面磁测数据等. 野外工作检查了吐拉苏盆地范围内所解译的主要线性构造<sup>[4]</sup>.

## 1 地质背景

研究区位于中国新疆天山造山带西北部, 该区

发育古生代岛弧, 晚古生代晚期碰撞造山. 现存的地表线性构造主要表现为 NWW 向. 由于该地区地处天山巨型金成矿带内, 南北分别为伊犁盆地和准噶尔盆地, 西有穆龙套金矿(Muruntau)等代表的南天山成矿带. 吐拉苏地区有大型金矿(阿希金矿)和多个矿化区(图 1), 被认为是具有巨大成矿潜力的地区<sup>[5~9]</sup>①.

## 2 线性构造特征

### 2.1 基于 DEM 的解译结果

进行大范围的 DEM 构造解译, 意在了解区域线性构造轮廓. 结合大地构造演化和构造运动的阶段性<sup>[10~14]</sup>②, 对主要线性构造进行了(形成)时间上的划分(图 2). 可见, 区域线性构造主要形成于 3 个阶段, 分别是元古宙—古生代近 EW 向构造及 NE 向构造, 主要沿天山造山带和昆仑造山带展布, 反映了塔里木板块和准噶尔板块等的拼合界线. 古生代—中生代 NWW 和 NW 向构造, 主要反映此间受西

① Nick H. The endowments of the Tianshan gold province (unpublished data), 1999.

② Fu M. Regional structures of northwestern China (unpublished), 1998.

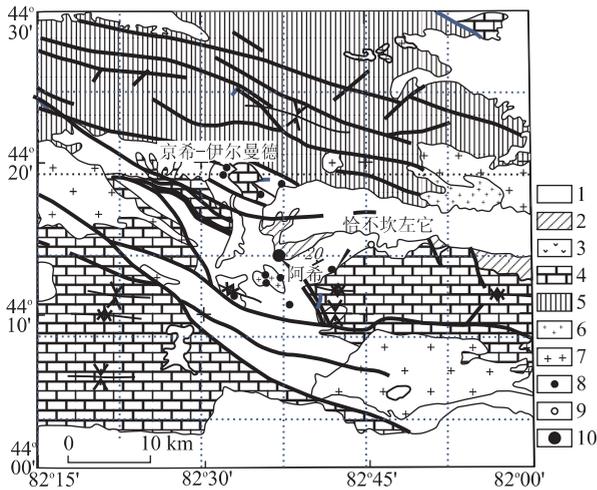


图 1 新疆吐拉苏地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Tulasu area, Xinjiang

1. 土壤覆盖; 2. 沉积盖层; 3. 石炭系火山岩; 4. 奥陶系灰岩; 5. 元古宙基底; 6. 斑岩; 7. 花岗岩; 8. 金矿; 9. 铅锌矿; 10. 阿希金矿

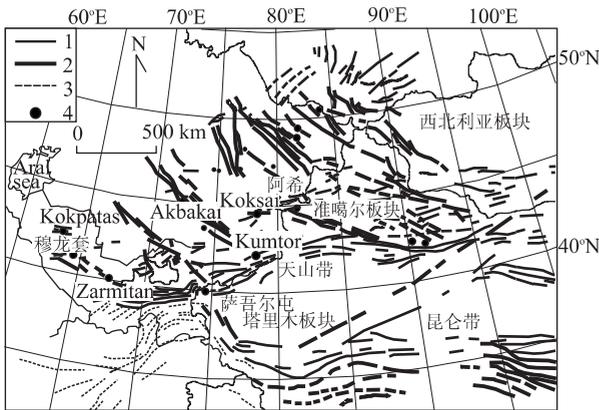


图 2 天山地区的主要线性构造<sup>②</sup>

Fig. 2 Major lineaments of the Tianshan orogen interpreted from DEM<sup>②</sup>

1. 元古代线形构造; 2. 古生代线形构造; 3. 中生代—新生代线形构造; 4. 主要金矿床

伯利亚板块向 WS 方向俯冲导致的 NW 向挤压造山痕迹。中—新生代线性构造主要分布于印度板块西北缘, 属于该板块向北挤压造山的痕迹。吐拉苏地区的主要线性构造为 NW 向, 形成于古生代。

### 2.2 TM、MSS、NOAA 及地面磁测综合解译结果

从图 3 可见, 吐拉苏地区的线性构造总体特征表现为: (1) 具有 NW、NNW、SN 和 NNE 方向的线性构造和环形构造; (2) 所有线性构造中, 以 NW 和 NNE 向构造最为密集和显著。环形构造可能与火山—侵入体有关。

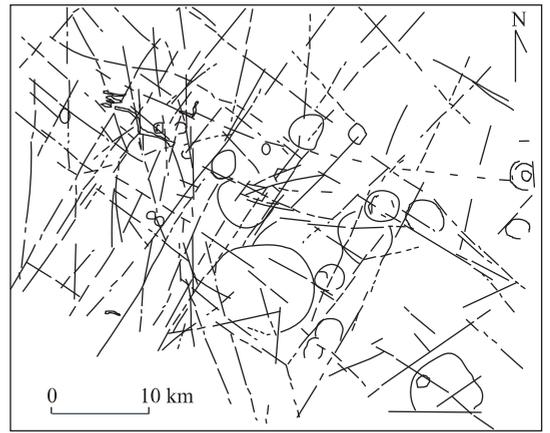


图 3 吐拉苏地区的主要线性构造

Fig. 3 Major lineaments of the Tulasu area, Xinjiang, interpreted from TM, MSS, NOAA and ground magnetic survey results

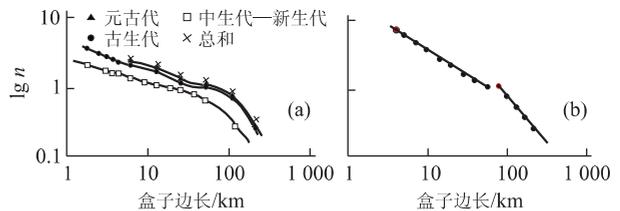


图 4 吐拉苏地区线性构造分形特征

Fig. 4 Box-counting curves for interpreted lineaments n. 含有线形体的盒子数; a. 区域范围; b. 吐拉苏地区

## 3 线性构造分形和异常特征

### 3.1 分形特征

本文采用数盒子方法<sup>[15]</sup>来分析该区线性构造的分形特征和分维数(图 4)。可见形成于不同地质时代的线性构造(DEM)均服从幂函数分布规律, 并有相同的分维数 0.34( $R=0.985$ )。吐拉苏地区的线性构造在对数坐标图中线性更好, 并表现为二段分形, 测量盒子边长为 1 km 以上时, 分维数为 0.91 ( $R=0.995$ ); 边长小于 1 km 时, 分维数为 0.86 ( $R=0.991$ )。

### 3.2 线性构造异常及控矿特征

解译出的线性构造和分形特征提供了线性构造的空间分布样式。为了获得更多的与成矿和找矿有关的信息, 本文初步研究了吐拉苏地区的线性构造异常特征。

获取线性异常的方法主要有 2 种, 一是线性构造的统计参数异常分析<sup>[2]</sup>; 另一种是线性构造结构异常分析<sup>[1]</sup>, 本文应用了第一种方法。

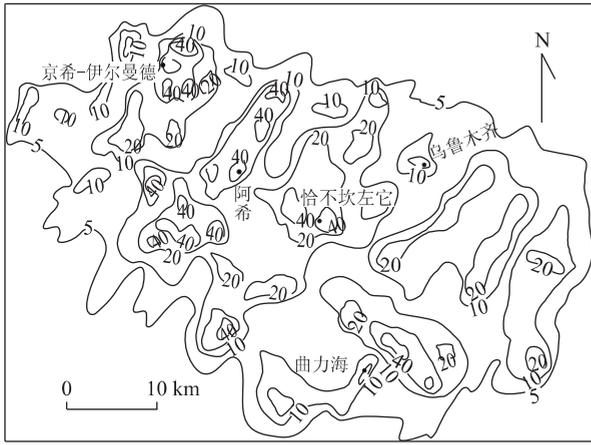


图 5 吐拉苏地区线性构造异常优益度等值线(基于图 3,  $\bar{\mu} = 0.6$ , 可信度阈值)

Fig. 5 Contour map of lineament advantageous in the Tulasu area

表 1 用于计算优益度的线性体权重

Table 1 Weights of lineaments used for advantageous calculation

线性体方位角	权重
300°~340°	0.8
30°~50°	0.8
340°~30°	0.5
环形构造	0.3
其他	0.1

描述线性构造异常的参数有 4 个<sup>[4]</sup>, 它们是等密度、对称度、失真度和优益度, 本文对本区线性构造异常的优益度进行了研究, 因为它是揭示线性异常与矿化关系最主要的参数。

优益度的数学表达式为:

$$E = l_1 \omega_1 (I + I \sin \beta_{1/2}) + \sum l_i [1 + l \sin(\alpha_i - \alpha_{i-1})_{1/2}] \omega_i.$$

式中:  $\omega_i$  是指线性体  $I$  的控矿权重;  $\alpha_i$  和  $\alpha_{i-1}$  是相邻 2 个线性体间的方位角;  $l_i$  是线性体  $I$  在盒子中的长度;  $\beta$  是首尾 2 个线性体的夹角,  $E$  为优益度。

根据本区不同方向线性构造对矿床控制作用的权重不同(详见后文的分析), 设定的权重见表 1, 计算结果见图 5。由图 5 可见, 吐拉苏地区金矿床及已发现金矿化点的空间分布情况, 均分布于优益度大于 40 的区域(参见图 1), 说明类似区域成矿的可能性较大。

## 4 线性构造的控矿特征

根据本区线性构造对金矿床空间分布控制作用的不同, 分为 3 个等级加以讨论。

### 4.1 一级控矿构造

由图 1, 3 可见, 天山造山带西部内的金矿床在空间分布上主要受控于 NEE、NE 和 NW 向构造, 超大型金矿床(如 Muruntau、Zarmitan、Kokpatas 和 Kumtor 等)构成了一个巨大的金矿成矿带, 该带同时也是上述 3 组构造的交汇地带。

吐拉苏地区的浅成低温热液型金矿化, 首先受控于与火山弧平行的 WNW 向基底构造, 在这一构造走廊内, 矿化区位于该组断裂与 NNW 和 NE 向构造斜交的部位。

(1) WNW 向断裂带: 所有区域影像资料均可清晰地识别出与北中天山缝合带平行的这组断裂, 位于伊犁盆地和赛里木地块之间的该断裂带宽约 20~25 km, 空间上正好与陡变的区域地壳梯度带对应, 该带的北侧为前寒武纪基底, 南侧为中—新生代形成的伊犁盆地。

(2) 交叉的 NNW 断裂带: 几个著名的大型金矿(如 Muruntau、阿希等)均位于或非常靠近 WNW—EW 向走滑转换挤压构造与 NNW 向左旋断层的交汇部位。在吐拉苏金矿化区, 几条 NNW 向断裂构成 NW 向断层的分支, 贯穿全区。

(3) 交叉的 NE 向转换断层带: 为另一组可能的一级控矿构造, 它北起西准噶尔, 是达尔布特断裂向南延伸的部分, 它和哈图及安其断裂共同构成准噶尔板块的一组重要转换断层。早石炭纪, 该转换断层可能被俯冲到现在的博落霍洛山(泛吐拉苏地区)之下。阿希金矿距离该断层的垂直投影点约 30 km, 可能是北天山缝合带的左旋作用造成的。在世界其他地区也已经注意到了被俯冲作用深埋的转换断层控制着大型金矿床的产出位置, 如伊朗的 Java 和秘鲁的安第斯山脉。这可能是因为地幔中的热异常通过转换断层传输到上覆的岛弧带。

### 4.2 次级控矿构造

吐拉苏地区重要的次级控矿构造为 NNE 向断裂、环形构造及 SN 断裂带。NNE 向断裂: 空间上该组断裂与金矿床(点)的关系十分密切, 主要的 NNE 向断层彼此相距 6~8 km, 一些次级平行断层除外, 它们大都切割 NW 向构造, 但未见有大的断距。SN 向断裂系统: 十分发育, 但单个断层规模均很小, 对

矿体的产状控制明显。

#### 4.3 其他线性构造

包括与破火山口有关的环形构造,可能与金矿床的形成作用有关,如阿希金矿即位于 NNE 向构造与环形构造相切的部位,与之类似的还有林场矿化区。

## 5 结论

在区域尺度上,主要的线性构造形成于 3 个阶段,分别为元古宙—古生代的近 EW 向构造、古生代为主的 EW 向构造和中生代—新生代的弧形构造,根据线性构造的规模和对金矿床控制作用的意义不同,又分为区域尺度一级控矿构造—NW、NNW、NE 向;(吐拉苏地区的)二级控矿构造—NNE 和近 SN 向构造。

在对不同方向线性构造的控矿权重进行评估后,进行线性构造异常的分异,求出异常的高优益度区域,是根据线性构造分析进行找矿预测的有效手段之一。

#### 参考文献:

- [1] 赵鹏大,陈永清,刘吉平,等.地质异常成矿预测理论与实践[M].武汉:中国地质大学出版社,1999. 138.  
ZHAO P D, CHEN Y Q, LIU J P, et al. Theory and practice of geonomaly in mineral exploration [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999. 138.
- [2] 赵不亿,秦小光.遥感构造的定量分析方法[J].地质科技情报,1998, 7(1): 127—136.  
ZHAO B Y, QIN X G. Quantitative analysis methods for remote-sensing structure [J]. Geological Science and Technology Information, 1998, 7(1): 127—136.
- [3] 刘燕君.遥感找矿的原理和方法[M].北京:地质出版社,1991.  
LIU Y J. Principle and methodology for remote-sensing exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [4] Xiao L. A study of fractal distribution of gold deposits and metallogenesis of Jinxi-Yelmend epithermal gold prospect in the Tulasu area, Xinjiang, China [D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2000.
- [5] 毋瑞身,田昌烈,杨芳林,等.西天山成矿区成矿地质条件与矿产资源综合评价研究[R].新疆:新疆 305 项目办公室,1995. 248.  
WU R S, TIAN C L, YANG F L, et al. Mineralization

patterns and targeting in flanking regions of Arxi gold deposit in Yining [R]. Xinjiang: Publication of National 305 Project Office of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China, 1995. 248.

- [6] XIAO L, WANG F Z. Epithermal gold mineralization in Chinese Tianshan gold province [J]. Journal of China University of Geosciences, 1990, 11(4): 119—124.
- [7] 曾佐勋,胡以铿,周继彬,等.陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿的关系[J].地球科学——中国地质大学学报, 2001, 25(6): 631—637.  
ZENG Z X, HU Y K, ZHOU J B, et al. Relationship between décollement-extrusion tectonics and gold deposits in adjoining area of Sichuan, Gansu and Shaanxi provinces [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2001, 25(6): 631—637.
- [8] 毛景文,杨建民,韩春明,等.东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型[J].地球科学——中国地质大学学报,2002, 27(4): 413—424.  
MAO J W, YANG J M, HAN C M, et al. Metallogenic systems of polymetallic copper and gold deposits and related metallogenic geodynamic model in eastern Tianshan, Xinjiang [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(4): 413—424.
- [9] 姚书振,丁振举,周宗桂,等.秦岭造山带金属成矿系统[J].地球科学——中国地质大学学报,2002, 27(5): 599—604.  
YAO S Z, DING Z J, ZHOU Z G, et al. Metallogenic systems of Qinling orogen [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(5): 599—604.
- [10] 新疆维吾尔自治区地质矿产局.新疆维吾尔自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993. 27, 676.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional geology of Xinjiang uygur autonomous region, Geol Mem [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 27, 676.
- [11] 肖序常,汤跃庆,冯益民,等.新疆北部及邻区大地构造[M].北京:地质出版社,1992. 169.  
XIAO X C, TANG Y Q, FENG Y M, et al. Tectonic evolution of northern Xinjiang and its adjacent regions [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992. 169.
- [12] 陈哲夫,成守德,梁云海,等.新疆开合构造与成矿[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997. 394.  
CHEN Z F, CHENG S D, LIANG Y H, et al. Opening-closing tectonics and mineralization in Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang Science Technology and Hy-

giene Publishing House, 1997. 394.

- [13] 高怀忠,张旺生. 东准噶尔强应变构造带成矿系统的特征、成矿流体和热动力条件分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(4): 369—374.

GAO H Z, ZHANG W S. Characteristics and metallogenic fluid and thermodynamic condition analysis of metallogenic system in highly strained structural belt, east Junggar [J]. Earth Science — Journal of China University Geosciences, 2000, 25(4): 369—374.

- [14] 邓军,杨立强,孙忠实,等. 构造体制转换与流体多层循环成矿动力学[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(4): 397—403.

DENG J, YANG L Q, SUN Z S, et al. Ore-forming dynamics of tectonic regime transformation and multi-layer fluid circulation [J]. Earth Science — Journal of China University Geosciences, 2000, 25(4): 397—403.

- [15] Barton C C, Larsen E. Fractal geometry of two-dimensional fracture networks at Yucca Mountain, Southwest Nevada [A]. In: Stephannson O, ed. Fundamentals of rock joints; proceedings of the international symposium on fundamentals of rock joints [C]. Sweden: Bjorkkliden, 1985. 77—84.

## Lineaments and Their Controls of Gold Mineralization in Tulasu Area, Xinjiang, China

XIAO Long<sup>1</sup>, WANG Fang-zheng<sup>2</sup>, Hayward Nick<sup>3</sup>, Begg Graham<sup>3</sup>

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;*  
2. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;* 3. *Exploration Division of WMC Resources Ltd, Perth, Australia*)

**Abstract:** On the basis of lineament interpretation of DEM, TM, NOAA and ground magnetics, this study suggests that lineaments spatially coupled with gold deposits distribution. At regional scale, the first-order structural controls are NEE, NE and NW trending structures, particularly at their intersecting sites. At project scale, the first-order structural controls are WNW, NNW and NE structures, and the second-order structures are NNE and ring structures. At prospect scale, the NE, SN and ring structures are the most important structural controls. There is great potential of gold targets when the advantageous of lineament anomaly are higher than 40 at project scale.

**Key words:** lineament interpretation; gold deposit; structural control; target-prospecting; Tulasu; Xinjiang.