

基于航磁解译构造法的哀牢山地区 金多金属远景预测

李世超^{1,2} 路来君² 刘光胜³ 吴 军⁴

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;
3. 吉林大学综合信息矿产预测研究所, 吉林 长春 130025; 4. 长春黄金研究院, 吉林 长春 130012)

摘要: 哀牢山地区是中国重要的金、多金属成矿带, 构造成为该区最重要的控矿因素之一。在利用 1:20 万航磁数据解译该区深部构造时, 考虑到该区地壳厚度, 对航磁分别进行上延 40 km、20 km、10 km、5 km 位场处理。同时结合现有地质资料及该区重要矿种金、铜、铅、锌、锡的矿床分布特点, 探讨了矿床与深部解译构造的关系, 得出哀牢山地区航磁解译构造中的几种有利成矿部位, 总结归纳了一套利用航磁解译构造圈定找矿远景区的方法, 圈定了哀牢山地区 10 个潜在的找矿远景区, 进一步探讨了新的找矿方向。

关键词: 哀牢山; 航磁解译; 解译构造; 远景预测

中图分类号: P318.6⁺3, P612 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)03-0728-08

哀牢山地区位于印支和扬子地块间(图 1), 是印度板块与欧亚大陆碰撞的东南边界, 也是青藏高原东南缘应力释放和地壳缩短量的主要场所^[1-3]。该区基底哀牢山岩群形成于古元古代。从晚二叠世开始在被动大陆边缘裂谷环境的基础上, 经过印支及喜马拉雅期两次造山作用, 陆壳增生、裂谷活动、裂谷夭折、陆内造山 4 个地质作用阶段的改造, 发展成为一条内陆造山带, 成为扬子陆块西南缘的一条重要构造边界^[4]。研究表明, 古新世以来该区经历了三期左行走滑分别与青藏高原的三次变形历史相对应^[5], 同时该地区岩浆岩发育、岩层具多向层架构造^[6]。该区地质条件的复杂性, 导致该区成矿机制一直为研究热点^[7-13]。

众所周知, 矿床的产出受基底的构造形态及老基底、岩浆岩侵入体与盖层接触关系的控制。大量资料表明, 哀牢山地区主干断裂贯穿整个基底, 是深切下地壳乃至上地幔的深大断裂, 为含矿物质向上运移提供了导矿通道, 这些主干断裂对哀牢山地区金及多金属矿床的空间分布具有明显的控制作用。因

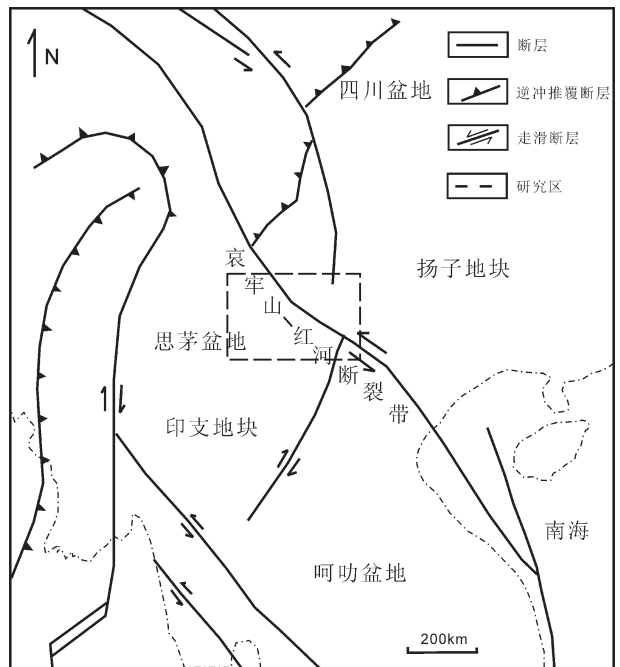


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

收稿日期: 2009-04-02; 改回日期: 2009-05-26

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAB01B10)资助。

作者简介: 李世超, 男, 1980 年生, 博士生, 主要从事构造与成矿研究; E-mail: Li@geology.com.cn。

此根据该区地壳厚度为 40~46 km 的特点^[14,15],通过对航磁数据向上延拓 40 km、20 km、10 km、5 km 来分析不同深度的线性解译构造、环形解译构造与矿床空间分布的关系,从构造的角度探讨和利用深部解译构造圈定找矿远景区的方法,对陆内造山型成矿带深部找矿,具有重要的理论和实践意义。

1 哀牢山地区深部环形解译构造

通过对航磁数据化极、向上解译延拓、求取垂向二阶导数 0 值线等一系列计算处理,得到哀牢山地区 4 幅不同相对深度的环形解译构造图,圈定出磁性岩体的隐伏边界,展示了环形解译构造线与已知矿床的空间位置关系^[16,17](图 2~5)。

相对深度为 40 km、20 km 的环形解译构造线控制了该区金、铜、铅锌、锡矿床的整体分布,但多数金、铜矿床以构造线为中心,分布于两侧;铅锌、锡矿床则多分布于构造线方向陡变“港湾”带(图 2~3);相对深度为 10 km、5 km 的构造线更为复杂且具有更多拐点,封闭区面积减少,体现了岩体在接近地表过程中逐渐缩小的过程。研究区内东西两部分特点截然不同,西部矿床位置与构造线有较好的“压线”现象,而东部则以“港湾”位置产出居多。但个旧及思茅地区矿床分布与构造线之间关系规律性不强(图 4~5)。

4 组不同相对深度的环形解译构造线叠加后可以看出,该区金、多金属矿床受隐伏岩体控制明显,一般位于隐伏岩体的边缘及其接触带、隐伏岩体扬

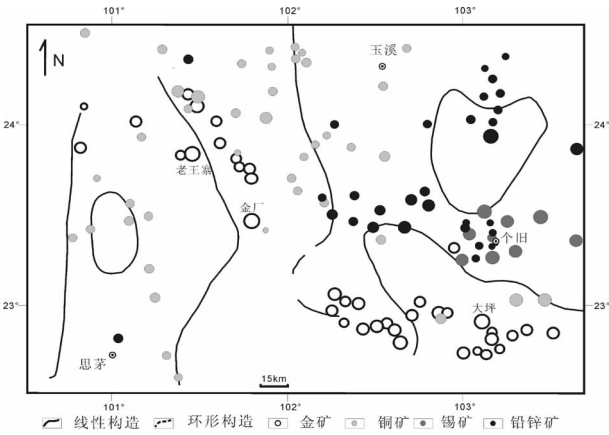


图 2 40 km 相对深度的环形构造线

Fig.2 Interpretation of circular structures at a relative depth of 40 km

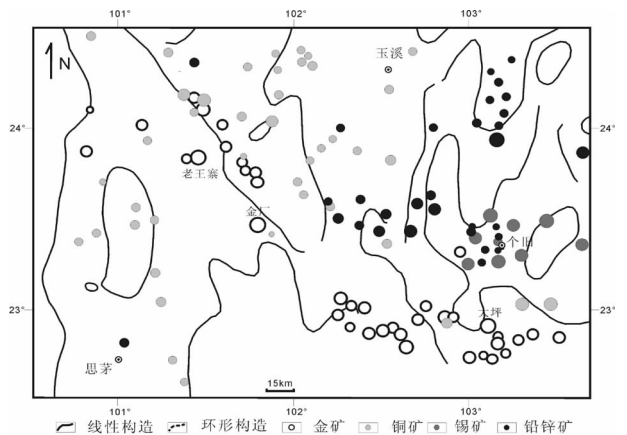


图 3 20 km 相对深度的环形构造线

Fig.3 Interpretation of circular structures at a relative depth of 20 km

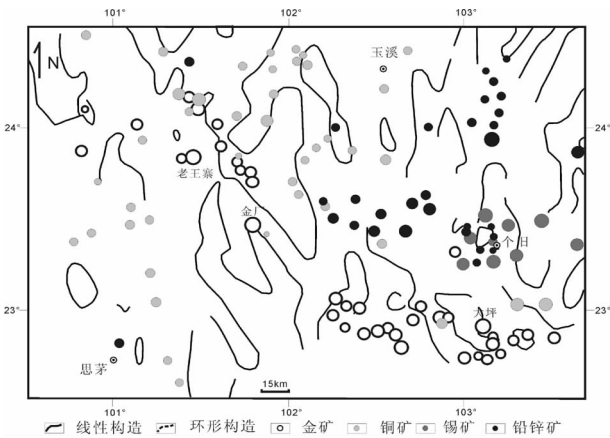


图 4 10 km 相对深度的环形构造线

Fig.4 Interpretation of circular structures at a relative depth of 10 km

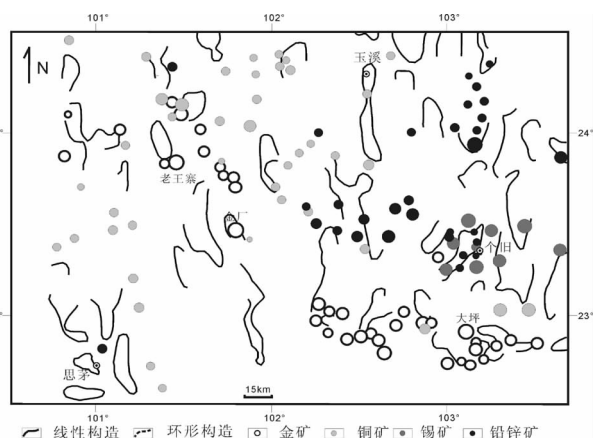


图 5 5 km 相对深度的环形构造线

Fig.5 Interpretation of circular structures at a relative depth of 5 km

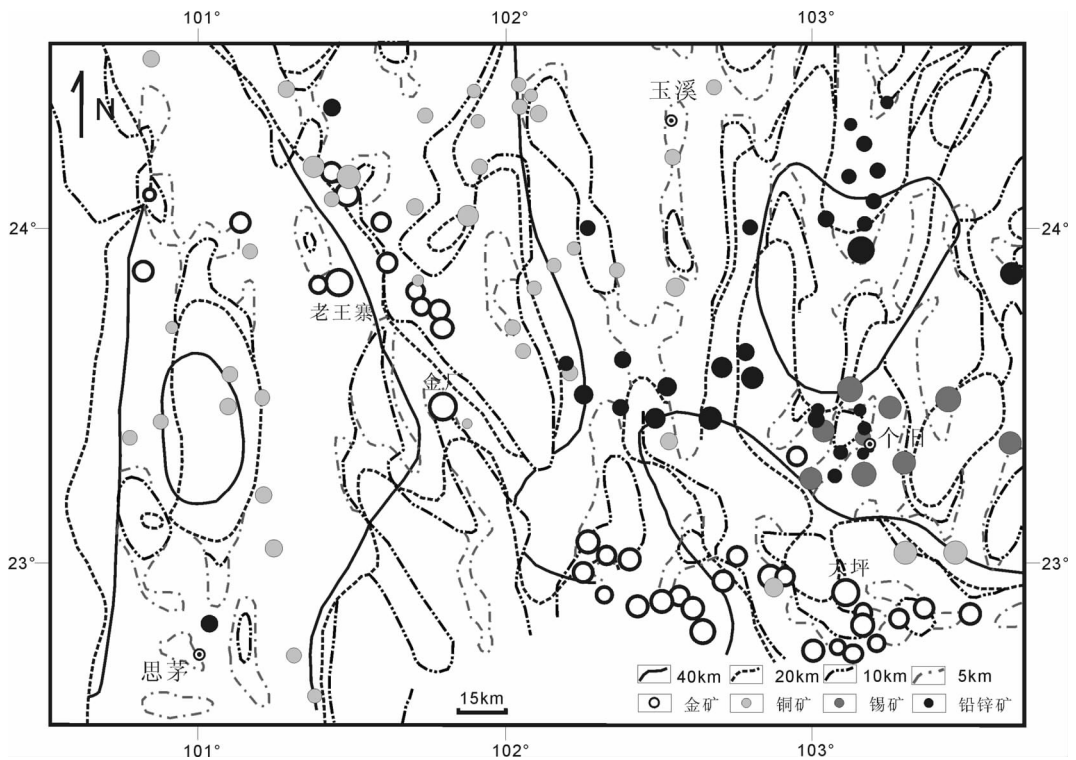


图6 环形构造叠合图

Fig.6 Interpretation of circular structures with different relative depths

起端(即环形解译构造尖端由深变浅延伸处)。从叠加图上可以看出个旧及思茅地区矿床产出多在隐伏岩体扬起端,地表或近地表处。另外,同一相对深度的两组或多组相邻环形解译构造线尖端之间同样为成矿有利带,如老王寨、个旧等(图6)。

2 哀牢山地区深部线性解译构造

线性解译构造即解译断裂,作为不同地质体之间的分界线,在各种物理化学属性上往往有别于相邻稳定地质体,通常会引起区域磁场显著的梯度变化,其变化梯度与断裂带深度成正比^[9]。通过向上延拓区域磁场不同高度(40 km、20 km、10 km、5 km)以突出不同深度地质体的磁性场特征,同时对不同延拓高度磁性异常分别进行4个方向(0°、45°、90°、135°)的水平一阶导数计算,生成研究区的一系列解译断裂分布图(图7~10)。该图系可反映不同方向、不同深度的断裂分布,同时根据同一条断裂不同深度之间的水平位移来判断断裂的倾向,根据两端深度不同可判断断裂的倾覆端、扬起端,根据控制磁场的断裂形成在先,破坏磁场的断裂形成在后的准则,

推断断裂形成的先后顺序。

根据断裂切割原理可判断该区断裂形成的先后顺序为:EW、SN、NE、NW。从图中可以看出,深部(图7)东西向断裂对该区矿床分布的总体展布方向起着控制作用,重要矿床产出位置多在中深部多组构造交汇处(图7和图8)。金矿床受北西向断裂控制明显,铜矿床受北东向断裂控制明显。

从不同相对深度的解译断裂叠合图(图11)中可以看出东西向构造贯穿全区,也是研究区最早的构造线,是控制研究区矿床总体分布的主要因素之一。矿床的产出位置通常在多组构造,尤其是多组不同方向、不同深度的解译断裂交汇处。另外,同一组解译断裂在深度变换部位往往成矿,如研究区最主要的SN向构造与EW向构造交汇处正是两条解译断裂的深度变换部位,该部位有大量金矿床产出,著名的老王寨、冬瓜林金矿床即在此处。

3 哀牢山地区深部综合解译构造

综合不同深度、不同方向的环形解译构造、线性解译构造后不难发现,除了前文述及特点外,环形解

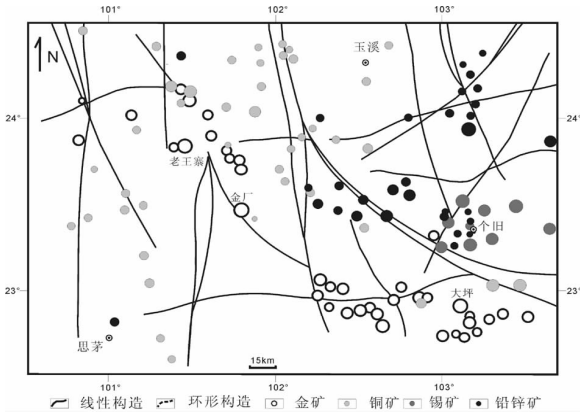


图 7 40 km 相对深度的线形构造线

Fig.7 Interpretation of linear structure at a relative depth of 40 km

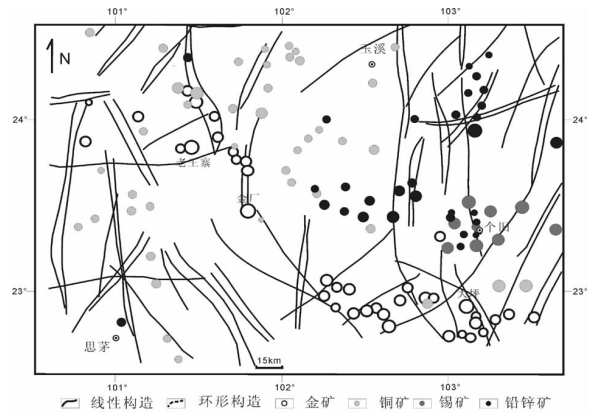


图 8 20 km 相对深度的线形构造线

Fig.8 Interpretation of linear structures at a relative depth of 20 km

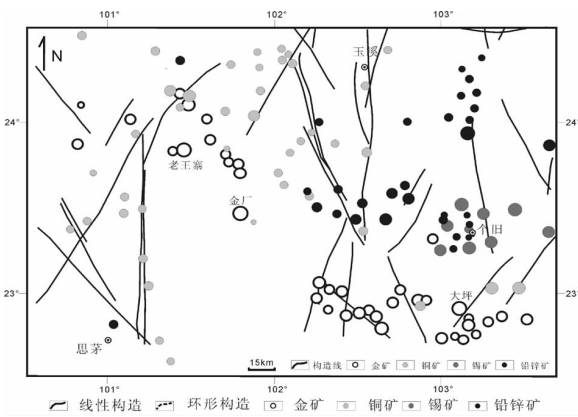


图 9 10km 相对深度的线形构造线

Fig.9 Interpretation of linear structure at a relative depth of 10 km

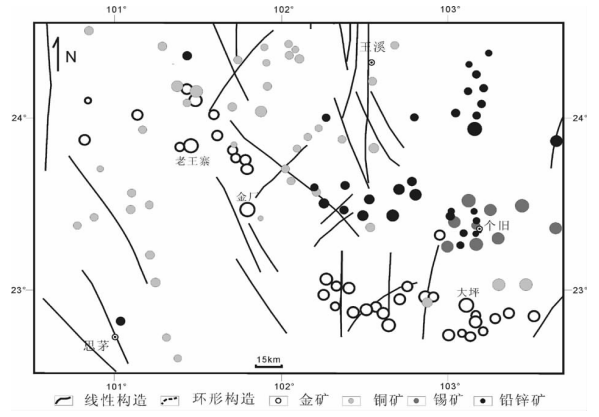


图 10 5km 相对深度的线形构造线

Fig.10 Interpretation of linear structure at a relative depth of 5 km

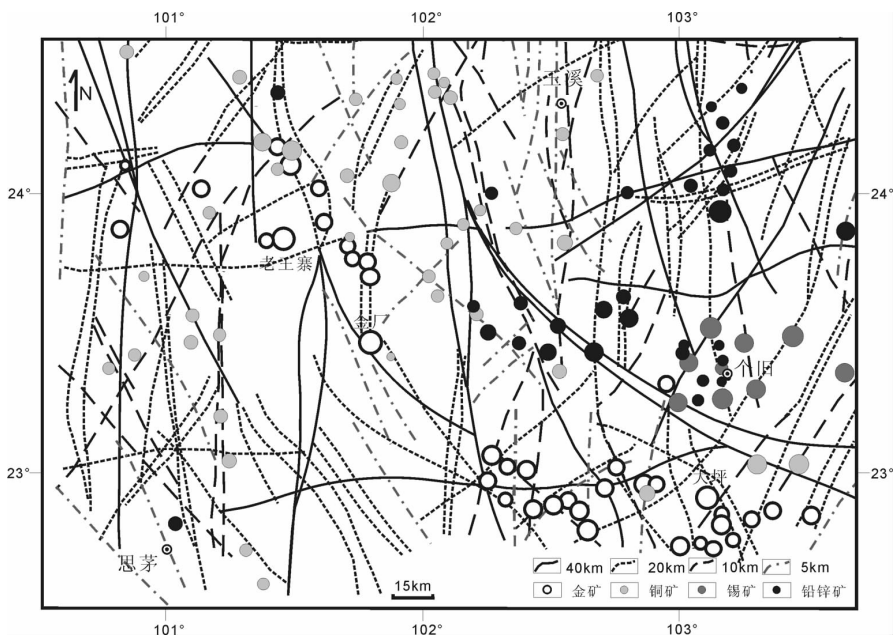


图 11 不同相对深度的线形解译构造叠合图

Fig.11 Interpretation of linear structure with different relative depths

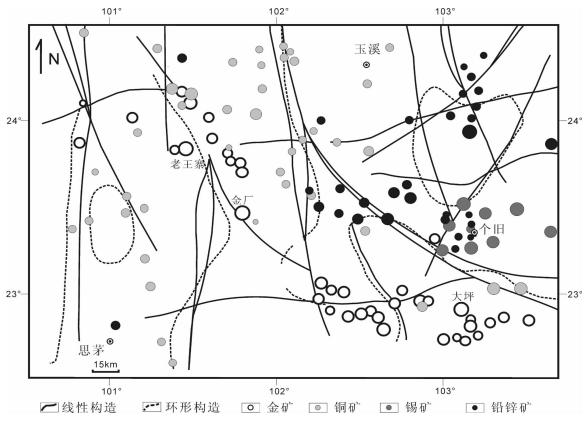


图12 40 km 相对深度的构造线

Fig.12 Interpretation of structure at a relative depth of 40 km

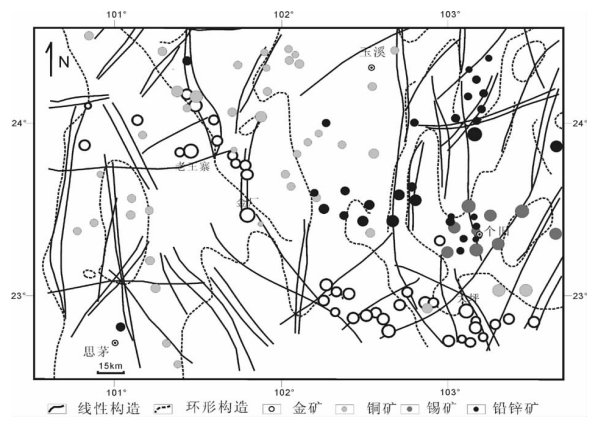


图 13 20km 相对深度的构造线

Fig.13 Interpretation of structure at a relative depth of 20 km

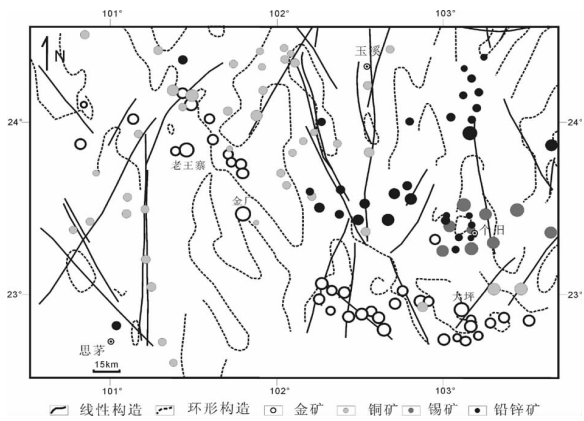


图 14 10km 相对深度的构造线

Fig.14 Interpretation of structure at a relative depth of 10 km

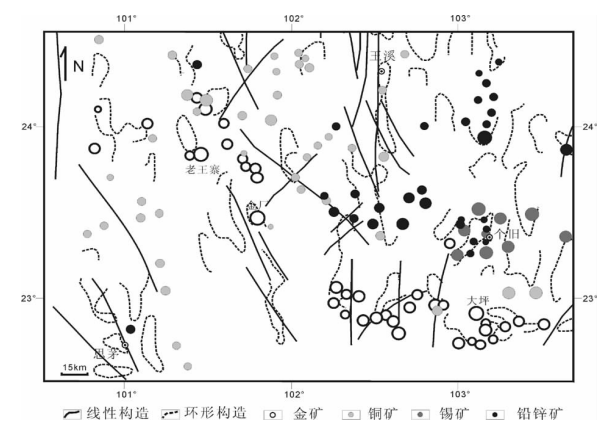


图 15 5 km 相对深度的构造线

Fig.15 Interpretation of structure at a relative depth of 5 km

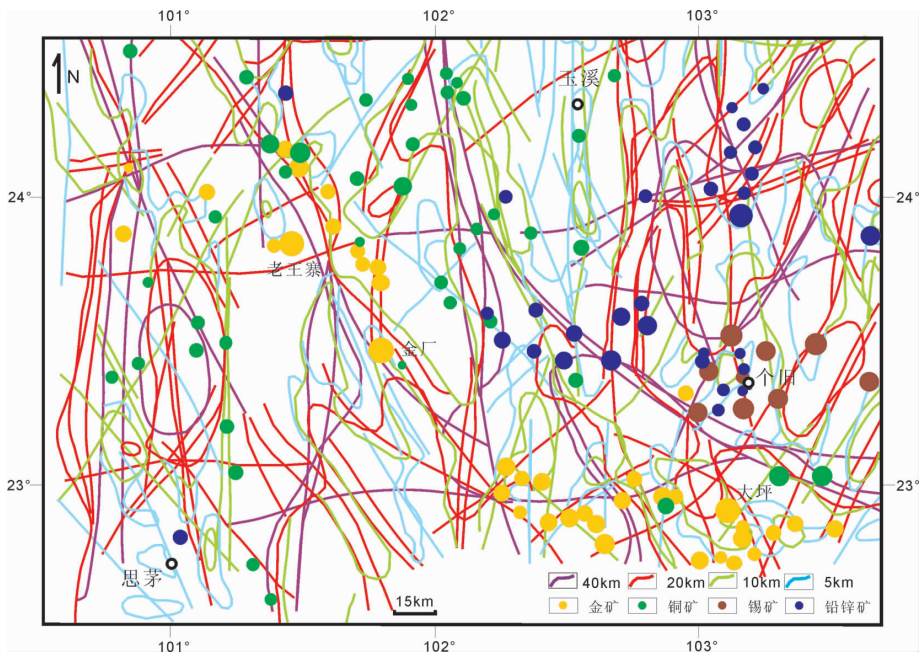


图 16 不同相对深度的环、线形解译构造叠合图

Fig.16 Interpretation of structures with different relative depths

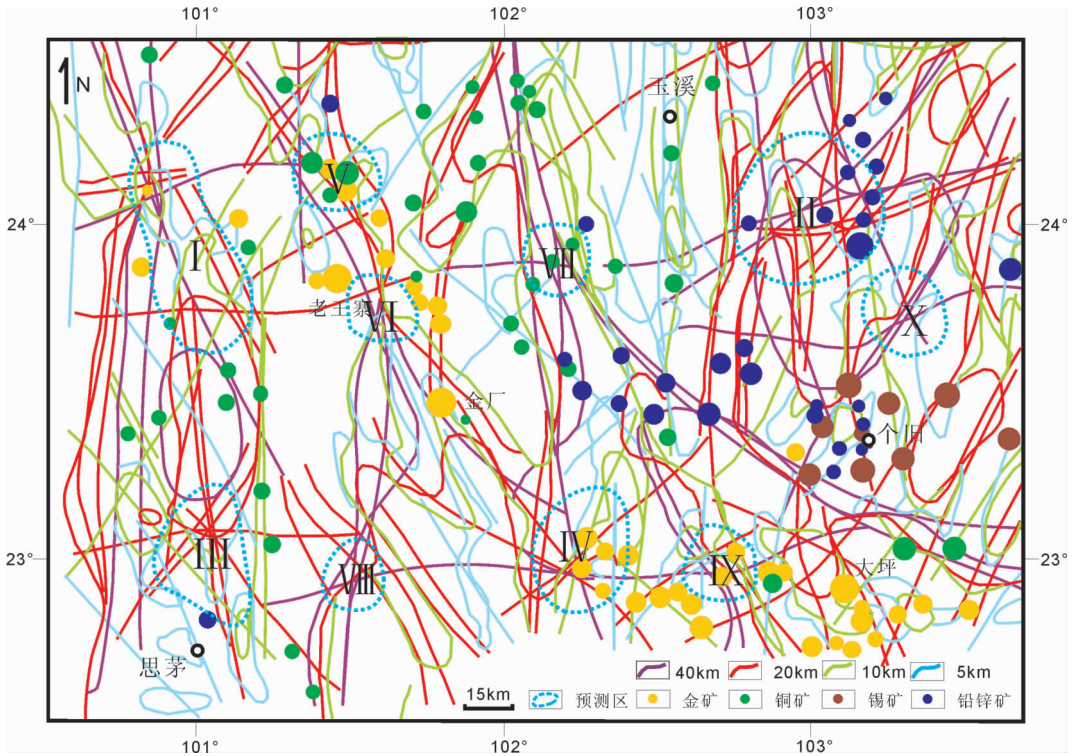


图 17 远景区预测

Fig.17 Perspective prognosis in Ailao Mountain area

译构造与线性解译构造相切或相交部位同样为成矿的有利部位,研究区内重要金、铜、铅锌、锡矿床均产出于此类部位。个旧及思茅地区矿床同样具有此类特点(图 12~16)。

4 结论与讨论

(1)对于岩石圈的深部构造形态,至今尚无可行性方法进行彻底了解,在要求精度相对较低的情况下,航磁数据解译是一种比较廉价的了解现今深部地质体及断裂的方法^[9]。该方法可以解决深部基底的空间展布形态,了解基底与岩浆岩、基底与盖层之间的关系,这是解决深部找矿至关重要的问题,也是圈定找矿远景区的重要依据。

(2)研究表明,哀牢山地区断裂发育顺序为东西、南北、北东、北西向,部分地区出现构造构造活化现象。东西向断裂为发育于基底的早期断裂,是控矿的重要因素之一。金矿床受隐伏岩体及北西向断裂控制明显,铅锌、锡矿床受隐伏岩体边缘与断裂交汇控制明显,铜矿床受隐伏岩体与近地表断裂交汇控制明显。

(3)航磁解译构造中,成矿有利部位为:①多组

断裂(线性解译构造)交汇处,尤其是不同方向、不同深度的断裂交汇处;②环形解译构造与线性解译构造相切或相交处,该部位多发生由隐伏岩体外侧向内侧的破坏,形成本文中提及的“港湾”处;③同一组断裂深度变换处;④隐伏岩体(环形解译构造)扬起端,即隐伏岩体尖端由深变浅延伸处。

(4)基于以上几点认识,综合考虑已知矿床分布特征、化探异常分布特征及与航磁解译构造的空间关系,在研究区内圈定出 10 个金及多金属矿床找矿远景区(图 17)。其中 I、VII、VIII 号为铜矿远景区;IV、VI、IX 号为金矿远景区;II 号为铅锌矿远景区;X 号为锡矿远景区;III 号为铜、铅锌远景区;V 号为金、铜远景区。

致谢:本文成文过程中得到王世称教授、耿树方研究员、刘永江教授、袁四化博士研究生的帮助与指点,在此深表感谢。

参考文献(References):

[1] Peltzer G, Tapponnier P. Formation and evolution of strike slip faults, rifts, and basins during the India-Asia collision: An experimental approach[J]. Journal of Geophysical Research, 1988, 93(12):1508-

- 15117.
- [2] Tapponnier P, Lacassin R, et al. The Ailao Shan/red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China[J]. *Nature*, 1990, 343:431-437.
- [3] Schärer U, Tapponnier P, Lacassin R, et al, Intraplate tectonics in Asia: a precise age for large-scale Miocene movement along the Ailao Shan-Red River shear zone, China[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1990, 97:65-77.
- [4] 张志斌, 刘发刚, 包佳凤. 哀牢山造山带构造演化 [J]. *云南地质*, 2005, 24(2):137-141.
Zhang Zhibin, Liu Fagang, Bao Jiafeng. The structural evolution of Ailaoshan orogen [J]. *Yunnan Geology*, 2005, 24 (2):137-141(in Chinese with English abstract).
- [5] 张进江, 钟大赉, 桑海清, 等. 哀牢山—红河构造带古新世以来多期活动的构造和年代学证据[J]. *地质科学*, 2006, 41(2):291-310.
Zhang Jinjiang, Zhong Dalai, Sang Haiqing, et al. Structural and geochronological evidence for multiple episodes of Tertiary deformation along the Ailaoshan -Red River Shear Zone, southeastern Asia, since the Paleocene [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2006, 41(2):291-310(in Chinese with English abstract).
- [6] 钟大赉, 丁林, 刘福田, 等. 造山带岩石层多向层架构造及其对新生代岩浆活动制约—以三江及邻区为例 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 2000, 30(S1):1-8.
Zhong Dalai, Ding Lin, Liu Futian, et al. Multi-oriented and layered structures of lithosphere in orogenic belt and their effects on Cenozoic magmatism—A case study of western Yunnan and Sichuan, China[J]. *Science in China(Series D)*, 2000, 30(S1):1-8(in Chinese with English abstract).
- [7] 沈上越, 魏启荣, 程惠兰, 等. 云南哀牢山金矿带成因类型探讨[J]. *沉积与特提斯地质*, 1997, 21:73-84.
Shen Shangyue, Wei Qirong, Cheng Huilan, et al. An approach to genetic types of the gold deposit in the Ailaoshan (Ailao Mt.) gold ore belt, Yunnan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 1997, 21:73-84(in Chinese with English abstract).
- [8] 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 哀牢山金矿带的成矿时代及其成矿机制探讨[J]. *地质地球化学*, 1996, 1:94-97.
Bi Xianwu, Hu Ruizhong, He Mingyou. Metallogenic epoch of the Ailaoshan gold ore zone and discussion on its metallogenic mechanism [J]. *Geology and Geochemistry*, 1996, 1:94-97 (in Chinese with English abstract).
- [9] 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 哀牢山金矿带 ESR 年龄及其地质意义 [J]. *科学通报*, 1996, 41(14): 1301-1303.
Bi Xianwu, Hu Ruizhong, He Mingyou. Age determination of Ailaoshan gold metallogenic belt by ESR method and its geological significance[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(14): 1301-1303 (in Chinese with English abstract).
- [10] 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 哀牢山金矿带主要金矿床成矿流体特征[J]. *矿物学报*, 1997, 4:435-441.
Bi Xianwu, Hu Ruizhong, He Mingyou. The characteristics of ore forming fluid of three gold deposits in Ailaoshan gold mineralisation belt[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 1997, 4:435-441(in Chinese with English abstract).
- [11] 胡瑞忠, 毕献武, 何明友, 等. 哀牢山金矿带矿化剂对金矿的制约[J]. *中国科学(D 辑)*, 1998, 28(s1):24-30.
Hu Ruizhong, Bi Xianwu, He Mingyou. Mineralizer constraint on gold mineralization of Ailaoshan gold belt [J]. *Science in China (Series D)*, 1998, 28(s1):24-30(in Chinese with English abstract).
- [12] 谢桂青, 胡瑞忠, 毛景文, 等. 云南省墨江金矿床成矿时代探讨[J]. *矿床地质*, 2004, 23(2):253-260.
Xie Guiqing, Hu Ruizhong, Mao Jingwen, et al. Discussion on metallogenic ages of Mojiang gold deposit in Yunnan Province[J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(2):253-260(in Chinese).
- [13] 李永森, 陈炳蔚. 怒江、澜沧江、金沙江地区构造与成矿作用[J]. *矿床地质*, 1991, 10(4):289-299.
Li Yongsen, Chen Bingwei. Tectonism and metallogenesis of the Nujiang -Lancangjiang -Jinshajiang region (Sanjiang region) [J]. *Mineral Deposits*, 1991, 10(4):289-299(in Chinese).
- [14] 胡鸿翔, 陆涵行, 王椿镛, 等. 滇西地区地壳结构的爆破地震研究[J]. *地球物理学报*, 1986, 02:133-143.
Hu Hongxiang, Lu Hanxing, Wang Chunyong, et al. Explosion investigation of the crustal structure in western Yunnan province[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 1986, 02:133-143(in Chinese with English abstract).
- [15] 林中洋, 胡鸿翔, 张文彬, 等. 滇西地区地壳上地幔速度结构特征的研究[J]. *地震学报*, 1993, 15(4):427-440.
Lin Zhongyang, Hu Hongxiang, Zhang Wenbin, et al. The preliminary interpretation of deep seismic sounding in western Yunnan [J]. *Acta Seismologica Sinica*, 1993, 15 (4):427-440 (in Chinese with English abstract).
- [16] 王世称, 成秋明, 范继璋. 金矿综合信息找矿模型[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 1989, 3:311-316.
Wang Shicheng, Cheng Qiuming, Fan Jizhang. Modelling of gold deposit prospecting [J]. *Journal of Jiling University (Earth Science Edition)*, 1989, 03:311-316(in Chinese with English abstract).
- [17] 王世称, 陈永清. 综合信息成矿系列预测图编制的基本原则[J]. *中国地质*, 1994, 21(3):25-27.
Wang Shicheng, Chen Yongqing. The basic principles of compiling comprehensive minerogenetic series prognostic map [J]. *Chinese Geology*, 1994, 21(3):25-27(in Chinese with English abstract).
- [18] 陈永清, 王世称. 综合信息成矿系列预测的基本原理和方法[J]. *山东地质*, 1995, 11(1):55-62.
Chen Yongqing, Wang Shicheng. The basic principles and methods ore forming series prognosis of comprehensive information [J]. *Geology of Shandong*, 1995, 11 (1):55-62 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王有学, 姜枚, 熊盛青, 等. 西昆仑岩石圈的拆沉作用及其深部构造含义——地震层析成像及航磁异常证据[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 299-308.
Wang Youxue, Jiang Mei, Xiong Shengqing, et al. Delamination

of the lithosphere below the West Kunlun and its tectonic implications—evidence from seismic tomographic images and

aeromagnetic anomalies [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (2):299–308 (in Chinese with English abstract).

Perspective prognosis of gold–polymetallic ore deposits in Ailao Mountain area based on aeromagnetic structural interpretation

LI Shi–chao^{1,2}, LU Lai–jun², LIU Guang–sheng³, WU Jun⁴

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 2. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*; 3. *Institute of Integrated Information & Mineral Forecast, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China*; 4. *Changchun Gold Research Institute, Changchun 130012, Jilin, China*)

Abstract: Ailao Mountain area is an important gold–polymetallic ore–forming belt in China, and structure is one of the most important ore–controlling factors in this area. Considering the crustal thickness, the authors processed potential fields with upward continuations of 40 km, 20 km, 10 km and 5 km when using the 1:200000 aeromagnetic data to interpret the deep structure in this area. Meanwhile, the relationship between the ore deposits and the interpretation of structure was studied in combination with the available geological data and the distribution features of such elements in the main deposits as Au, Cu, Pb, Zn and Sn. Several favorable ore–forming places are detected, a set of methods for delineating prospective areas are summarized and ten promising potential areas are delineated. In addition, the new orientation for ore prospecting are tentatively discussed.

Key words: Ailao Mountain; aeromagnetic interpretation; interpretation of structure; perspective prognosis

About the first author: LI Shi–chao, male, born in 1980, assistant engineer, doctor candidate, specializes in structural geology and metallogenic prognosis; E–mail: Li@geology.com.cn.