

文章编号: 0258-7106(2007)01-0033-10

新疆额尔齐斯金矿带构造控矿规律研究*

沈远超, 申萍, 李光明, 曾庆栋, 刘铁兵

(中国科学院矿产资源研究重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要 额尔齐斯金矿带位于新疆阿尔泰山南缘。地质研究表明,发生于晚石炭世—早二叠世的金成矿作用在整个额尔齐斯金矿带中广泛发育,明显受额尔齐斯韧性剪切带及其次级断裂的控制。通过对额尔齐斯构造带及其发育的21个金矿床(点)尤其是多拉纳萨依、托库孜巴依、萨尔布拉克、科克萨依和马热勒铁等金矿床控矿构造的研究,作者提出如下新认识:额尔齐斯韧性剪切带总体上具有向东收敛、向西散开的基本形式,控矿构造具有向东单一(仅为韧性剪切构造)、向西复杂(脆韧性构造叠加于韧性构造和中酸性岩体上)的特点,由此控制的金成矿作用具有“东浅西深、东弱西强”等6条基本规律。在此基础上,结合EH4深部地球物理测量结果,指出额尔齐斯金矿带西部哈巴河地区和中部富蕴地区是形成大型金矿床的有利地区。

关键词 地质学, 金成矿作用, EH4电导率成像, 韧性剪切带, 额尔齐斯金矿带, 新疆

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

Structural ore-control regularities of Ertix gold belt in north Xinjiang

SHEN YuanChao, SHEN Ping, LI GuangMing, ZENG QingDong and LIU TieBing

(Key Lab. of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract

The Ertix gold belt lies in the Ertix ductile shear zone on the southern margin of the Altay area in northern Xinjiang. Geological researches indicate that gold mineralization was well developed along the whole Ertix gold belt in the period from Late Carboniferous to Early Permian, obviously controlled by the Ertix ductile shear zone and the secondary fault system.

Based on detailed geological and structural studies of the Ertix ductile shear zone and 21 typical gold deposits, especially the Duolanasayi, Tuokuzibayi, Sarbulake, Kekesayi and Mareletie gold deposits, the authors have reached some new conclusions: ① the Ertix ductile shear zone is broadly tapered, becoming narrower to the east, i. e., divergent to the west and convergent to the east; ② ore-control structures and gold mineralization are complex in the western and central parts of the Ertix ductile shear zone, i. e., ore-control structures are late brittle-ductile shearing superimposed on the early ductile shear zone and the original intrusive structures of granites. Mineralization types are quartz veins and disseminated altered rocks. In contrast, the eastern end of the belt is structurally simple, with mineralization being of the mylonitization type; ③ the gold mineralization controlled by the faults becomes shallower and weaker in the east and deeper and stronger in the west along the Ertix gold belt.

The authors used the Stratagem EH4 electrical conductivity image system in the Duolanasayi, Tuokuzibayi, Sarbulake and Zhakete gold deposits to verify the results of the geological study and detect the underground de-

* 本文得到中国科学院创新工程项目(KZC3-SW-137)和国家科技攻关“305”项目(2003BA612A-06-19和2001BA609A-07-08)的联合资助
第一作者简介: 沈远超,男,1943年生,研究员,博士生导师,从事成矿预测理论与技术研究工作。E-mail: shenyc430716@sina.com
收稿日期: 2006-07-31; 改回日期: 2006-12-21。李岩编辑。

tails of the ore-controlling structures. Large and deep low-resistivity anomalies were found in the Duolanasayi and Tuokuzibayi gold deposits at the western end of the belt, whereas the Zhakete gold deposit at the eastern end of the belt only has small and shallow low-resistivity anomalies. The results imply that the ore-controlling structures and/or ore bodies in gold deposits at the western end of the belt extend for a considerable distance in the dip direction.

Based on the results of detailed geological studies combined with the measurement results of the EH4 electrical conductivity image system, it is held that the western and central parts of the Ertix gold belt are most promising potential targets for finding large-scale gold deposits related to the ductile shear zone.

Key words: geology, gold mineralization, EH4 conducting image, ductile shear zone, Ertix gold belt, Xinjiang

额尔齐斯金矿带位于阿尔泰山南缘,向西与哈萨克斯坦的矿区阿尔泰的南阿尔泰构造岩浆(多金属-金-银)成矿带相连,向东延伸到蒙古的阿尔泰。在中国境内额尔齐斯金矿带由西部的哈巴河地区向东经富蕴地区延伸到东部的青河地区,长度大于600 km,宽十余公里,其中赋存有许多金矿床和一系列金矿点,是一条重要的金矿带(芮行健等,1994;王京彬等,1999;沈远超等,2001)。

长期以来,额尔齐斯金矿带的金成矿作用被认为普遍发生于额尔齐斯构造带内,在整个成矿带投入了大量的地质研究及勘探工程。笔者对额尔齐斯金矿带及其中发育的21个金矿床(点)进行了系统的研究,提出了新的认识,认为额尔齐斯成矿带金成矿作用的强度和规模沿走向方向明显不同,具有“东弱西强、东浅西深”的特点,在西部哈巴河地区和中部富蕴地区其构造发育程度和成矿作用强度均强于东部青河地区。因此,额尔齐斯金矿带的成矿作用不能视为等同,而应具体地分析控矿构造性质及其演化对成矿的控制作用,准确地揭示额尔齐斯构造带各地段金成矿作用的强度和分布规律,为整个额尔齐斯金矿带的进一步找矿勘探指明方向。

1 额尔齐斯金矿带成矿地质背景

额尔齐斯金矿带位于西伯利亚板块和哈萨克斯坦—准噶尔板块之间的过渡地带,该金矿带中众多金矿床的形成与阿尔泰山碰撞造山带的形成及演化密切相关。泥盆纪—早石炭世准噶尔洋向北俯冲,西伯利亚大陆南缘演变为活动大陆边缘,发育沟(乌仑古海沟)、弧(萨吾尔—阿尔曼太岛弧)、盆(克兰弧后盆地)体系(芮行健等,1994;秦克章等,1999;Qin et al.;2002)。晚石炭世—二叠纪萨吾尔—阿尔曼太岛弧与西伯利亚板块碰撞,发育同碰撞安山岩-流纹岩

(陆相)和花岗岩类,主要的成矿事件发生在碰撞造山期后的左行走滑及其向伸展体制发展的构造转换期,这一时期伴随有强烈的流体作用和成矿作用,形成了一系列金矿床(点),构成了额尔齐斯成矿带(图1)。本文所指的额尔齐斯成矿构造带实际上是萨吾尔—阿尔曼太岛弧和可可托海陆源深成岩浆弧之间的弧陆碰撞带,涉及受额尔齐斯深大断裂影响并派生次级构造的一定区域,包括克兰弧后盆地和萨吾尔—阿尔曼太岛弧的部分地区,以克兰弧后盆地为主体。

2 额尔齐斯金矿带矿化特征和成矿规律

2.1 额尔齐斯金矿带典型矿床主要地质特征

本文将额尔齐斯金矿带分为3个地段进行研究,即西段哈巴河地区(包括多拉纳萨依和托库孜巴依金矿床)(图2)、中段富蕴地区(萨尔布拉克金矿)和东段青河地区(包括科克萨依和马热勒铁金矿床)。各个地区典型金矿的主要地质特征见表1。

2.2 额尔齐斯金矿带构造控矿规律

额尔齐斯金矿带中金矿床的形成受额尔齐斯韧性剪切构造及其次级构造的控制,矿化类型均为蚀变岩型和石英脉型,金矿床属于韧性剪切带型金矿床。笔者对额尔齐斯构造带中的典型金矿床进行了构造控矿、岩浆活动、矿床地质、成矿流体地球化学等方面的综合研究,此外还对多拉纳萨依等6个金矿床进行了EH4连续电导率成像仪的深部地球物理探测,测线7条、总长2550 m,测点135个。在此基础上首次提出额尔齐斯金矿带具有以下6个构造控矿规律:

(1)构造控矿的普遍性:沿额尔齐斯断裂构造带长约600 km的范围内普遍发育有众多金矿床和金矿点(图1),包括多拉纳萨依、阿可萨依、布托别山、托库孜巴依、金坝、萨尔塑克、多勒纳勒、恰奔布

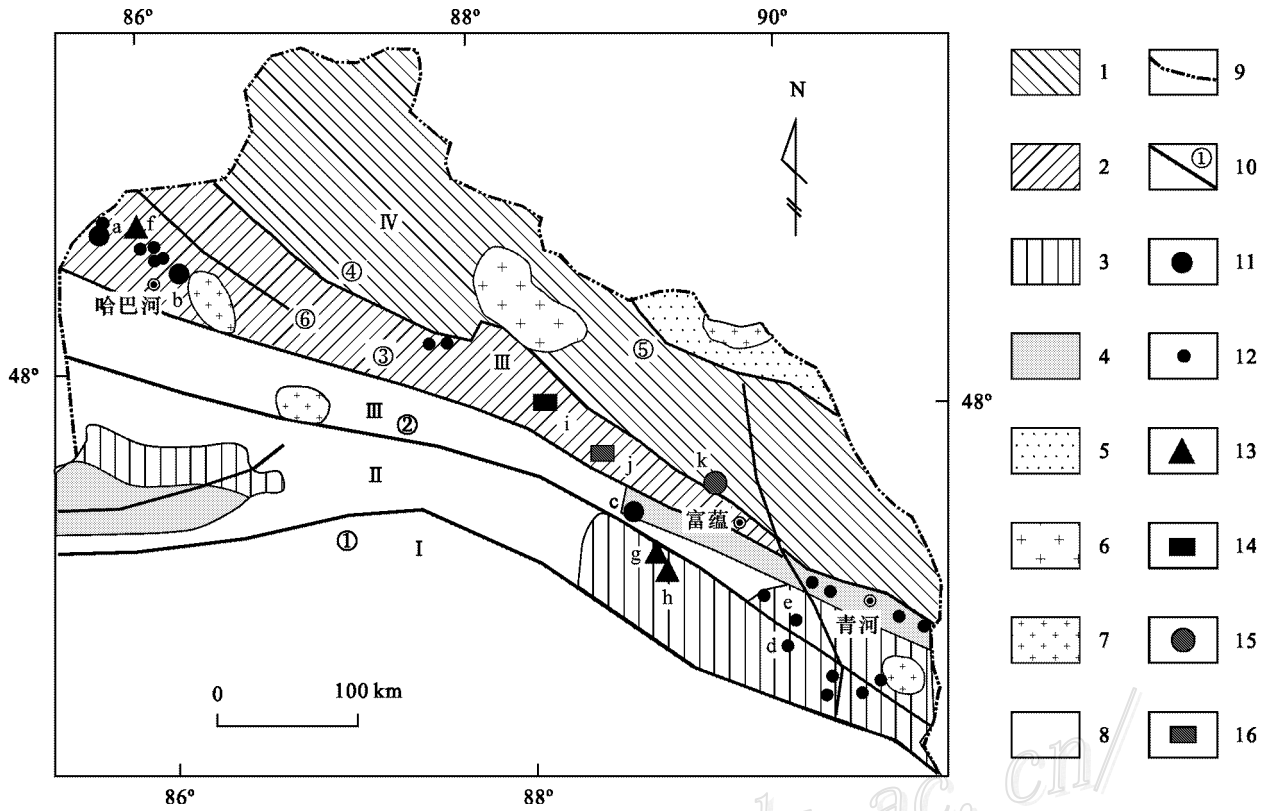


图 1 额尔齐斯金矿带地质略图及主要矿床分布图 (据肖序常等, 1992; 芮行健等, 1994; 王京彬等, 1999; Qin et al., 2002 修编)

1—寒武纪-石炭纪变质复理石建造 2—泥盆纪细碧角斑岩建造 3—泥盆纪火山岩和火山碎屑岩 4—石炭纪火山岩和火山碎屑岩 5—泥盆纪-石炭纪火山沉积岩 6—加里东期花岗岩 7—海西期花岗岩 8—第四纪沉积物 9—国界 10—断裂及编号 11—大中型金矿床 12—小型金矿床 13—铜矿床 14—铁矿床 15—稀有金属矿床 16—铅锌矿床。构造单元：I—乌仑古海沟；II—萨吾尔-阿尔曼太岛弧；III—克兰弧后盆地；IV—可可托海岩浆弧；V—诺尔体断陷盆地。断裂：①—洪古勒楞；②—额尔齐斯南；③—额尔齐斯；④—玛因鄂博；⑤—红山嘴；⑥—玛尔卡库里。主要矿床名称：a—多拉纳萨依金矿床 b—托库孜巴依金矿床 c—萨尔布拉克金矿床 d—科克萨依金矿床 e—马热勒铁金矿床 f—阿舍勒 VSM Cu-Zn 矿床 g—索尔库都克 Cu-Au 矿床 h—喀拉通克 Cu-Ni 矿床 i—蒙库铁矿 j—可可塔勒 VSM Pb-Zn 矿床 k—可可托海伟晶岩型稀有金属矿床

Fig. 1 Geological sketch map of the Ertix metallogenic belt, showing the major tectonic units and distribution of gold deposits in Xinjiang (modified after Xiao et al., 1992; Run et al., 1994; Wang et al., 1999; Qin et al., 2002)

1—Sinian-Cambrian metamorphic flysch formation; 2—Devonian spilite-ceratophyre formation; 3—Devonian volcanic and volcanoclastic rock; 4—Carboniferous volcanic and volcanoclastic rocks; 5—Caledonian granite; 6—Hercynian granite; 7—Devonian-Carboniferous volcanic-sedimentary rock; 8—Quaternary sediments; 9—National boundaries; 10—Fault and its serial number; 11—Large-size gold deposit; 12—Small-size gold deposit; 13—Rare metal deposit; 14—Pb-Zn deposit; 15—Cu deposit; 16—Fe deposit. Tectonic units: I—Wulungu trench; II—Sawur-Armantai island arc; III—Kelan back-arc basin; IV—Keketuohai magmatic arc; V—Nuoerte fault basin. Faults: ①—Hongguleleng underthrust fault; ②—South Ertix; ③—Ertix; ④—Mayinebo; ⑤—Hongshanzui; ⑥—Maerkakuli. Ore deposits: a—Duolanasayi gold deposit; b—Tuokuzibayi gold deposit; c—Serbulake gold deposit; d—Kekesayi gold deposit; e—Maerletie gold deposit; f—Ashele VSM Cu-Zn deposit; g—Suoerkuduke Cu-Au deposit; h—Kalatongke Cu-Ni deposit; i—Mengku Fe deposit; j—Keketale VSM Pb-Zn deposit; k—Keketuohai pegmatitetype rare metal deposit

拉克、杰腾别克泽勒、萨尔布拉克金矿、老山口、克拉萨依、科克萨依、阿拉塔斯、扎克特、马热勒铁、小萨尔布拉克、托克塔、托孜巴斯特、卡拉萨依、阿比金等数十个金矿床(点),容矿地层为发育于额尔齐斯构造带内的中下泥盆统和下石炭统,有的产于沿额

尔齐斯断裂带侵入的花岗岩体和脉岩中,表明额尔齐斯断裂构造带为一金成矿构造带。

(2)控矿规模的宏大性:额尔齐斯成矿带的西段和中段控矿构造规模宏大,形成的构造蚀变带沿走向延伸较大,如多拉纳萨依金矿床控矿构造带长约

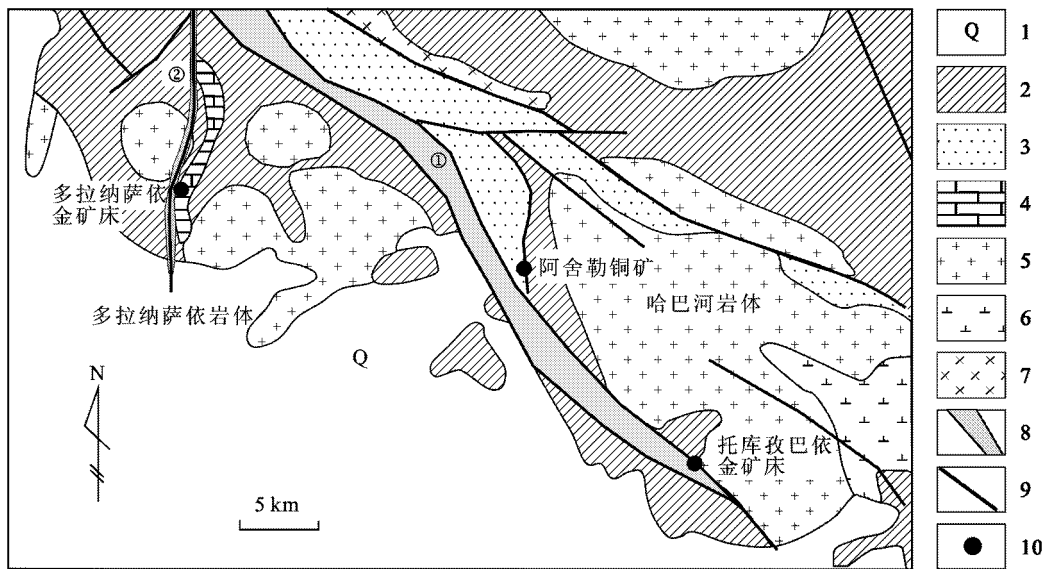


图2 额尔齐斯金矿带西段哈巴河地区典型金矿床区域地质图(据李志纯,1999修编)

1—第四纪沉积物 2—中泥盆统托克萨雷组粉砂岩、千枚岩夹灰岩 3—中上泥盆统砂岩、千枚岩及火山岩 4—中泥盆统托克萨雷组灰岩；
5—海西中期斜长花岗岩 6—海西中期闪长岩 7—海西中期辉绿岩 8—韧性剪切带 9—断层 10—铜锌/金矿床。

①马尔卡库里剪切带 ②多拉纳萨依剪切带

Fig. 2 Regional geological sketch map of typical gold deposits in the western part of the Ertix gold belt (modified after Li, 1999)

1—Quaternary sediments; 2—Siltstone, phyllite and limestone of Middle Devonian Tuokesalei Formation; 3—Middle-Upper Devonian Sandstone, phyllite and volcanic rock; 4—Limestone of Middle Devonian Tuokesalei Formation; 5—Middle Hercynian plagiogranite; 6—Middle Hercynian diorite; 7—Middle Hercynian diabase; 8—Shear zone; 9—fault; 10—Copper-zinc/gold deposit. ① Markakuli shear zone; ② Duolanasayi shear zone

表1 额尔齐斯金矿带典型矿床主要地质特征

Table 1 Geological features of typical gold deposits in the Ertix gold belt

特征	多拉纳萨依	托库孜巴依	萨尔布拉克	科克萨依	马热勒铁
容矿建造	中泥盆统托克萨雷组 陆源碎屑岩-硅质岩 -碳酸盐岩建造	中泥盆统阿勒泰组陆 源碎屑岩-碳酸盐岩 建造	下石炭统南明水组火 山岩-陆源碎屑岩- 火山碎屑岩建造	下泥盆统托让格库都 克组火山岩-火山碎 屑岩建造	中泥盆统北塔山组火 山岩-火山碎屑岩建 造
与花岗岩类的关系	斜长花岗岩体遭受剪 切变形的叠加,局部 矿化	哈巴河岩体南缘受到 剪切变形叠加,并赋 存矿体	与花岗岩类无明显关 系	与花岗岩类无明显关 系	与花岗岩类无明显关 系
矿体特征	矿带长4 km,宽200~ 500 m,控制斜深 250~400 m,由多个 大致平行的矿体组 成。沿走向和倾向 均有尖灭再现分布 特点。单矿体为脉 状,分枝复合普遍, 长70~525 m,宽2 ~5 m,延深40~ 300 m,平均品位4 ~7 g/t	矿带长4 km,宽200~ 300 m,控制斜深 250~500 m,矿体成 群展布,少量产于岩 体内,沿走向和倾向 有尖灭再现分布特 点。单矿体为透镜 状和脉状,分枝复合 普遍,长40~640 m,宽1~4 m,延深 40~450 m,平均品 位2~5 g/t	矿带长18 km,宽20~ 300 m,控制斜深 150 m,矿段在剪切 带中呈等距斜列排 布。矿体呈囊状、脉 状,具分枝复合。长 数十至数百米,宽数 米至数十米,延深数 十米。平均品位3~ 5 g/t	矿带长0.8 km,宽20 ~50 m,控制延深< 100 m。矿体呈脉 状、扁豆状产出,沿 走向有尖灭再现分 布特点。单矿体长 10~270 m,宽1~2 m,延深几十米,围 岩为糜棱岩化岩石, 平均品位为3.02~ 4.47 g/t	矿带长1 km,宽20~ 100 m,控制延深< 80 m。矿体呈尖灭 侧现或再现、分枝复 合状,单矿体长10 ~90 m,最长330 m,宽0.2~0.7 m, 延深数十米,平均品 位5~8 g/t
矿石建造	石英脉型和蚀变岩型, 以蚀变岩型为主,为 石英-黄铁矿-黄铜矿 -自然金建造	石英脉型与蚀变岩型, 以蚀变岩型为主,为 石英-黄铁矿-磁黄铁 矿-自然金建造	蚀变岩型,为石英-毒 砂-黄铁矿-自然金 建造	蚀变糜棱岩型,为黄铁 矿-毒砂-黄铜矿-石 英-自然金建造	蚀变糜棱岩型,为黄铁 矿-黄铜矿-毒砂-石 英-自然金建造

10 km, 托库孜巴依金矿床的控矿构造带长 11 km, 萨尔布拉克金矿床的控矿构造带长达 25 km(杨海英等, 2005), 只有东段的科克萨依和马热勒铁等金矿床的控矿构造蚀变带明显变小(小于 1 km)。

(3) 断裂构造力学性质的差异性: 额尔齐斯剪切带不同地段具有不同的力学性质, 包括韧性、脆韧性、韧脆性和脆性, 只有脆韧性和脆性剪切构造叠加处方能形成构造扩容空间, 控制矿床的产出。宏观上主要表现为额尔齐斯构造带的次级断裂构造产状变化部位等, 如额尔齐斯构造带西段的多拉纳萨依金矿仅在额尔齐斯断裂带的次级断裂多拉纳萨依韧性剪切带转弯处, 且与花岗岩体原生构造叠加部位产出(图 2); 托库孜巴依金矿床产在额尔齐斯断裂带的次级断裂托库孜巴依韧性剪切带的局部弯曲膨大部位(图 2); 额尔齐斯构造带中段的萨尔布拉克金矿产在额尔齐斯断裂带的次级断裂萨尔布拉克韧性剪切带走向上由窄变宽的局部膨大部位。

(4) 控矿构造的多期性: 额尔齐斯构造带及其次级构造具有多期活动的特点。早期为韧性变形, 中期为韧脆性变形, 晚期则为脆性变形, 由此控制的成矿作用也具有多期成矿的特点。早期矿化形成的石英硫化物细脉沿糜棱面理发育, 中期形成于脆-韧性剪切的减压体制下的石英硫化物网脉沿微细节理发育, 晚期形成于脆性变形阶段的碳酸盐-石英细脉常具梳状构造。其中, 中晚期韧脆性变形和脆性变形叠加于早期韧性变形之上的地段是形成工业矿体的有利部位, 这些构造扩容的有利部位具体表现为剪切带走向上由窄变宽处, 倾向上由陡变缓处和几组断裂交叉处等。

(5) 金矿化强度具有东弱西强、东浅西深的特点。额尔齐斯韧性剪切带具有向东收敛、向西散开的规律, 西段和中段的控矿因素复杂, 包括多期断裂构造以及中酸性岩体叠加的影响, 东段的控矿因素简单, 仅为单一的韧性剪切构造; 矿化类型西段复杂(主要为蚀变岩型和石英脉型矿石, 蚀变岩型金矿石包括糜棱岩化闪长岩型、蚀变千枚岩型、蚀变粉砂岩型和蚀变灰岩型等), 而东段单一(均为蚀变糜棱岩型金矿石); 成矿流体来源西段复杂(成矿流体的来源复杂, 且大气降水含量较多; 成矿流体的铅源于造山带和上地幔之间; 成矿流体的硫来自地幔), 东段单一(成矿流体的来源单一, 且大气降水含量较少; 成矿流体的铅和硫主要来自地幔)(另文发表); 由此控制的金矿床成矿作用具有东弱西强和东浅西

深的特点。

金矿床的规模由西向东逐渐变小, 中西段为大中型金矿床, 东段为小型金矿床(点)。西段多拉纳萨依和托库孜巴依金矿床的矿带长均为 4 km, 宽 200~500 m, 控制斜深达 500 m; 中段萨尔布拉克金矿床的矿带长 18 km, 宽 20~300 m, 控制斜深 150 m, 而东段科克萨依和马热勒铁金矿床的矿带均小于 1 km, 宽数十米, 控制斜深小于 100 m。

中西段金矿床单个矿体规模较大(详见表 1), 矿体形态具有复杂性、复合性特点, 在走向和倾向上均具有尖灭再现分布的特点。矿体分布具有集群性特点, 目前在多拉纳萨依金矿床垂向剖面上已探明了 3 层矿脉群, 在托库孜巴依和萨尔布拉克金矿床分别探明了 2 层矿脉群; 在东段科克萨依等金矿床, 单个矿体走向延长和倾向延深均较小。

已有的探矿工程表明, 额尔齐斯金矿带矿化下限由西向东逐渐变浅, 如多拉纳萨依和托库孜巴依矿化下限的深度为 500 m, 萨尔布拉克为 100~150 m, 科克萨依、马热勒铁矿化下限的深度为 80 m(图 3), 这已被笔者在不同矿区进行的 EH4 连续电导率成像仪深部地球物理测量结果所证实(图 4)。

笔者在额尔齐斯成矿带的西部多拉纳萨依金矿床和托库孜巴依金矿床、中部的萨尔布拉克金矿床和东部的扎克特金矿床进行了 EH4 连续电导率成像仪测量, 目的是验证地质研究的结果, 查明控矿构造在地下延深情况。测量结果表明, 在额尔齐斯成矿带西部哈巴河地区的多拉纳萨依金矿床和托库孜巴依金矿床深部具有明显的延深较大(400~500 m)的低电阻率异常, 而在额尔齐斯成矿带东部清河县的扎克特金矿床低电阻率异常明显较浅(<100 m), 说明控矿构造和(或)矿体在额尔齐斯成矿带西部比东部明显变深、变大。

(6) 控矿构造的多样性: 成矿构造带的特殊构造位置是构造扩容空间, 可造成金的沉淀, 形成矿床。构造扩容空间有以下 6 种情况(图 5): ①次级断裂网络状构造的结点处; ②“入”字型构造的交汇处; ③剪切带的波状起伏及转弯处; ④剪切带与地层走向的交汇处; ⑤构造封闭处, 在控矿构造有利成矿部位出现具屏蔽作用的沉积盖层时, 对成矿有利, 如多拉纳萨依金矿床矿体顶板为灰岩, 为不透水层; ⑥剪切带与岩体原生构造的叠加处, 如多拉纳萨依金矿床和托库孜巴依金矿床的形成受韧性剪切带的控制, 同时也受造山期后侵入岩体原生构造的控制,

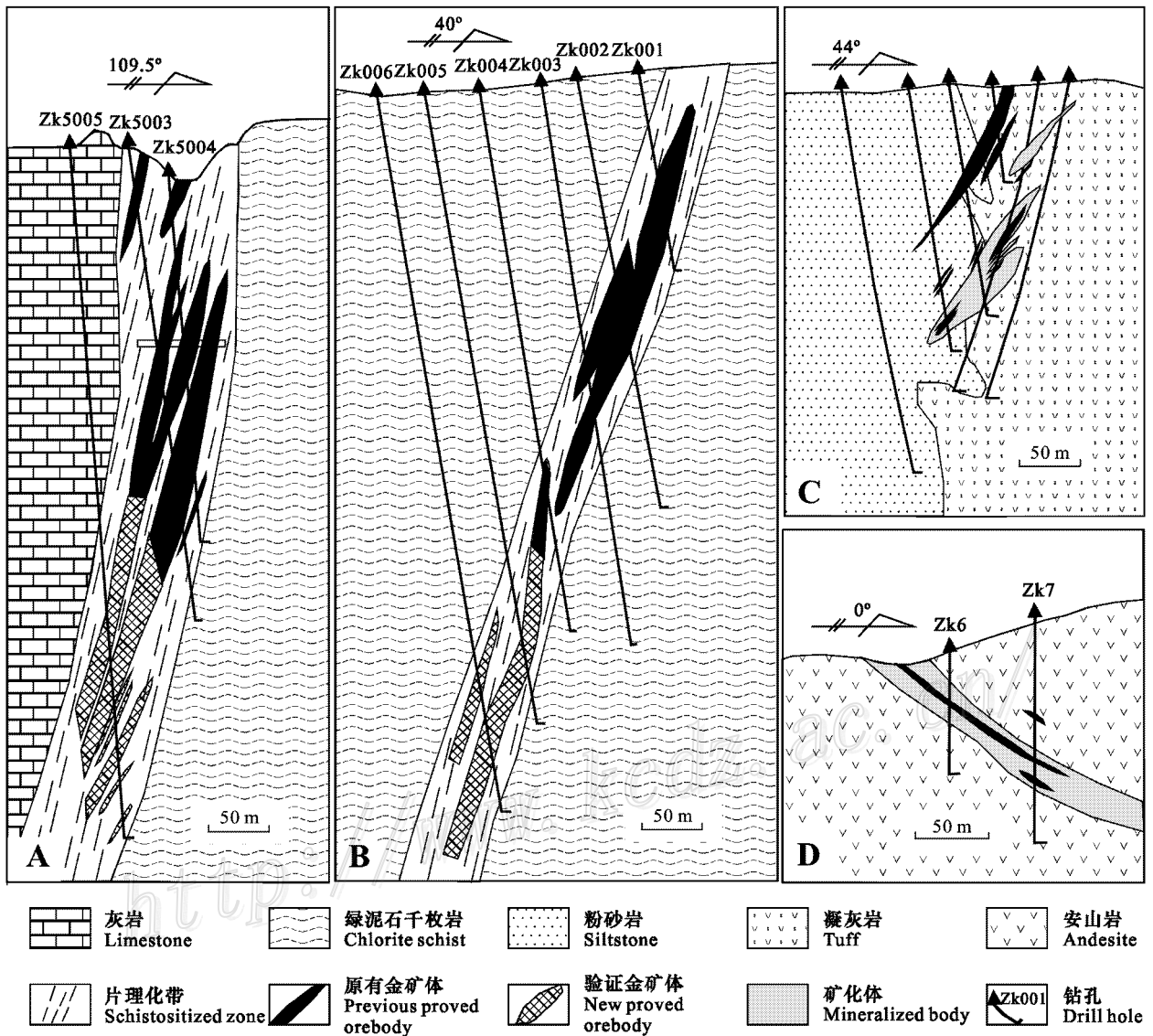


图 3 额尔齐斯构造带典型矿床勘探线剖面图(显示构造控矿及其矿体产出的不同深度)

额尔齐斯构造带西段:A.多拉纳萨依金矿床 50 号勘探线剖面图 图中显示验证钻孔剖面及见矿情况(矿化下限可达地下 500 m);B.托库孜巴依金矿区 II 号矿床 0 勘探线剖面图,图中显示验证钻孔剖面及见矿情况(矿化下限可达地下 500 m)。额尔齐斯构造带中段:C.萨尔布拉克金矿床 II 号矿床 72 勘探线剖面图(据杨海英等 2005 矿化下限为地下 100~150 m)。额尔齐斯构造带东段:D.马热勒铁金矿床 AA 勘探线剖面图(据肖惠良等 2002 矿化下限为地下 80 m)

Fig. 3 Geological section along the exploration lines in typical gold deposits within the Ertix gold belt , showing different depths of ore-controlling structures and ore bodies

The western part of the Ertix gold belt : A. Geological section along No. 50 exploration line in the Duolanasayi gold deposit , showing the location of the verified drilling hole and the mineralization depth(500 m); B. Geological section along No. 0 exploration line in the Tuokuozibayi gold deposit , showing the location of the verified drilling hole and the mineralization depth(500 m). The central part of the Ertix gold belt : C. Geological section along No. 72 exploration line in the Saerbulake gold deposit , showing the mineralization depth(100 ~ 150 m)(modified after Yang , et al . , 2005). The eastern part of the Ertix gold belt : D. Geological section along No. AA exploration line in the Mareletie gold deposit , showing the mineralization depth(80 m)(modified after Xiao et al . , 2002)

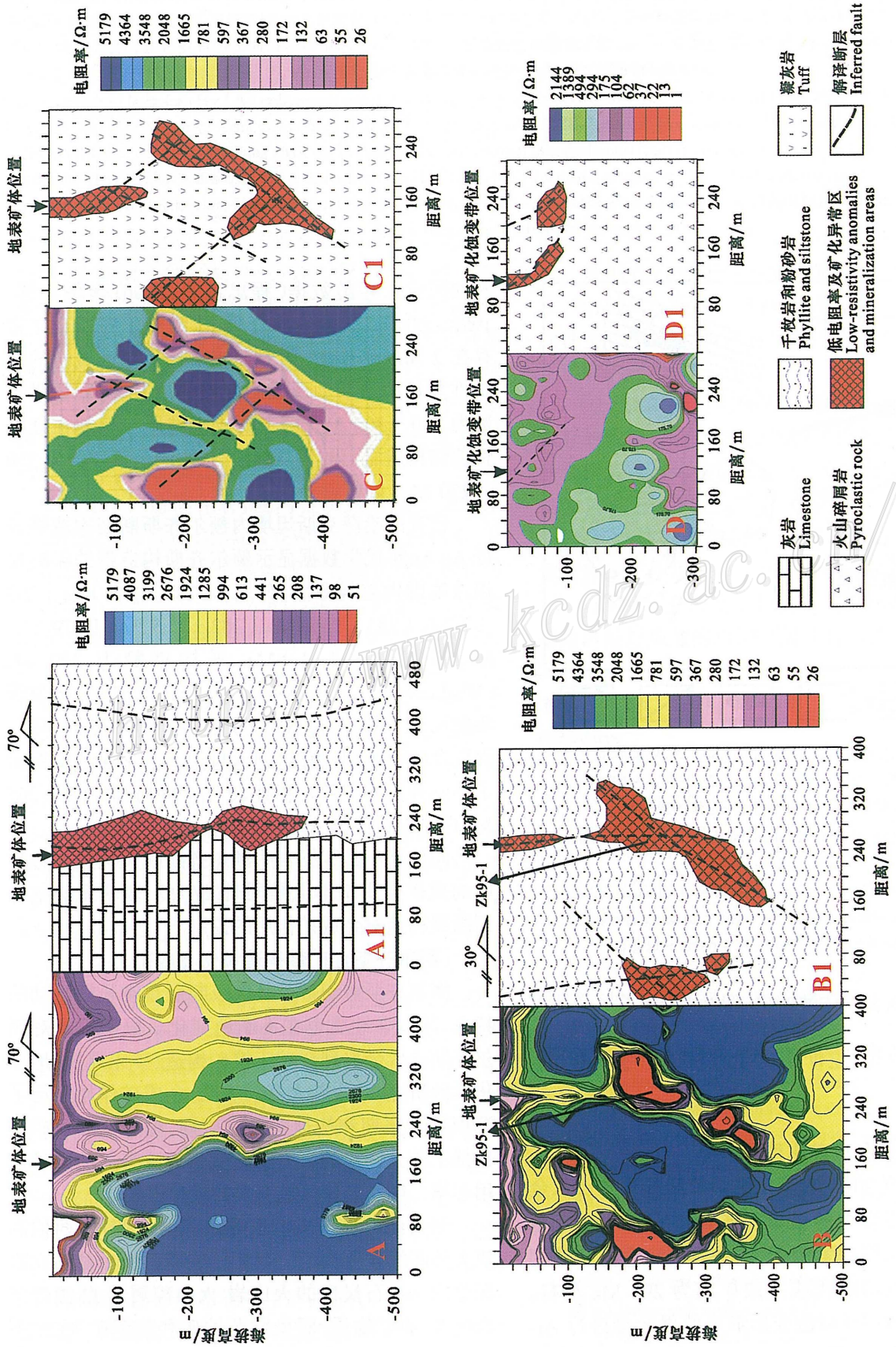


图 4 额尔齐斯构造带 EH4 测量深度-视电阻率剖面图及地质解译图。显示额尔齐斯构造带走向方向构造控矿及矿化异常深度的变化规律 (从西向东逐渐变深)。说明见下页
 Fig. 4 2D resistivity model of the EH4 conductivity image system data and geological explanation along the exploration lines in typical gold deposits within the Ertix gold belt, showing the depth of ore-controlling structures and mineralization anomalies

图4说明:额尔齐斯构造带西段:A、A1.多拉纳萨依金矿床60勘探线EH4测量深度-视电阻率剖面图(A)及地质解译图(A1),图中显示电阻率异常下限可达地下400m;B、B1.托库孜巴依金矿区II号矿床95勘探线EH4测量深度-视电阻率剖面图(B)及地质解译图(B1),图中显示电阻率异常下限可达地下400m。额尔齐斯构造带中段:C、C1.萨尔布拉克金矿床TC361剖面图EH4测量深度-视电阻率剖面图(C)及地质解译图(C1)图中显示电阻率异常下限可达地下400m。额尔齐斯构造带东段:D、D1.扎克特金矿8号勘探线EH4测量视电阻率-深度剖面图(D)及地质解译图(D1),图中显示电阻率异常下限小于80m

The western part of the Ertix gold belt :A-A1-2D Resistivity model of the EH4 conductivity image system data(A) and geological explanation (A1) along No. 60 exploration line in the Duolanasayi gold deposit ;B-B1-2D resistivity model of the EH4 conductivity image system data(B) and geological explanation (B1) along No. 95 exploration line in the Tuokuzibayi gold deposit ;**The central part of the Ertix gold belt** :C-C1-2D resistivity model of the EH4 conductivity image system data(C) and geological explanation(C1) along TC361 exploration line in the Tuokuzibayi gold deposit ;**The eastern part of the Ertix gold belt** :D-D1-2D resistivity model of the EH4 conductivity image system data(D) and geological explanation(D1) along No. 8 exploration line in the Zhakete gold deposit

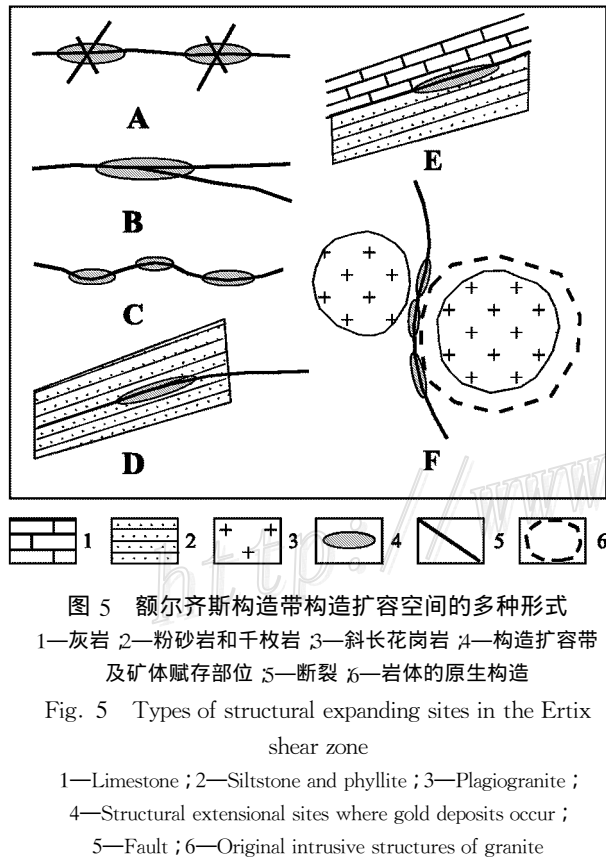


图5 额尔齐斯构造带构造扩容空间的多重形式
1—灰岩 2—粉砂岩和千枚岩 3—斜长花岗岩 4—构造扩容带及矿体赋存部位 5—断裂 6—岩体的原生构造
Fig. 5 Types of structural expanding sites in the Ertix shear zone
1—Limestone ; 2—Siltstone and phyllite ; 3—Plagiogranite ; 4—Structural extensional sites where gold deposits occur ; 5—Fault ; 6—Original intrusive structures of granite

两者联合控制金矿体的产出(图2、图5F)。

3 额尔齐斯金矿带构造演化与成矿作用

3.1 构造变形和成矿作用的年龄

闫升好等(2004)对多拉纳萨依和托库孜巴依金矿床含金蚀变岩中的云母类矿物进行了⁴⁰Ar/³⁹Ar快中子活化法同位素测年,结果表明含金剪切带韧性剪切活动的时代或主成矿期为290Ma左右。李光明等(2007)对构造变形形成的黑云母进行Ar-Ar定年,获得坪年龄为(269.94±2.54)Ma。结合已

有的同位素年龄数据(程忠富等,1996;李华芹等,1998,2004)和区域地质资料,认为额尔齐斯金矿带存在2期成矿作用:第一期成矿作用与区域性的韧性剪切构造活动形成的变质热液有关,同位素年龄为290~300Ma;第二期成矿作用与叠加在韧性剪切构造之上的岩浆热液有关,同位素年龄为250~270Ma。

已有的哈萨克斯坦境内额尔齐斯断裂构造带云母Ar-Ar年代学数据显示额尔齐斯构造带的年龄在误差范围内差异不大,分别为(281±2.4)Ma、(283±7)Ma、(283±1.6)Ma、(282±1.5)Ma、(279±7)Ma和(280±1.1)Ma,平均年龄为280Ma(Vladimirov et al., 1998)。Buslov(2004)等认为该年龄反映了额尔齐斯断裂带左行走滑的变形年龄,而变余糜棱岩和片麻岩的云母类Ar-Ar年龄则揭示了额尔齐斯构造带存在有283~276Ma和273~265Ma两幕左行走滑变形(Travin et al., 2001)。

同位素年龄数据表明额尔齐斯断裂构造与金矿床的成矿作用基本上是同时发生的,表明了额尔齐斯断裂构造对金成矿作用的控制。

3.2 额尔齐斯金矿带构造演化与成矿

额尔齐斯剪切带及其次级断裂具有长期活动的特点,其力学性质也在不断地变化。根据笔者对额尔齐斯金矿带典型金矿床控矿构造、矿床地质、地球化学的研究,结合前人资料表明,金成矿作用经历了沉积预富集期和构造变形成矿期,构造变形成矿期包括了前人确定的第一期与变质热液有关的成矿作用和第二期与岩浆热液有关的成矿作用。

泥盆纪—早石炭世准噶尔洋向北俯冲,西伯利亚大陆南缘发育沟-弧-盆体系,在克兰弧后盆地发育泥盆纪—早石炭世的火山岩-火山碎屑岩-陆源碎屑岩建造,成矿物质(浸染状黄铁矿和黄铜矿)在中下泥盆统和下石炭统地层中发生了初步富集,形成了

含矿建造,是额尔齐斯金矿带中金矿床形成的沉积预富集期。

晚石炭世—二叠纪弧陆碰撞,额尔齐斯韧性剪切构造及造山期酸性岩浆活动强烈,额尔齐斯构造带的脆韧性变形及造山晚期的走滑向伸展构造体制转换形成的脆性构造和金成矿作用密切相关,形成工业矿体,是额尔齐斯金矿带金矿床的构造变形成矿期。在此成矿期,韧性变形阶段形成沿糜棱面理发育的石英硫化物细脉,含矿差,韧性剪切带进一步发展,使其抬升到脆韧性变形域,形成一系列的剪-张裂隙,充填石英-硫化物脉,是金成矿的主要阶段;在碰撞造山晚期由于由左行走滑向伸展体制转换形成的脆韧性断裂,伴随有大量中酸性岩脉侵入,形成石英-多金属脉,含金较好,构成了金矿床的主要矿体,晚期脆性断裂发育,其中充填有白色石英-碳酸盐脉,含少量硫化物,基本不含金。

从控矿构造演化看,区内金矿床宏观上受深层次韧性剪切带控制,沿额尔齐斯构造带从西到东,几乎都发育大量呈构造透镜体或石香肠状顺片理化带产出的不含矿或含矿较差的石英脉,但金矿体主要定位于剪切带内的浅层次脆性构造中(程忠富等,1996;王京彬等,1999;李志纯,1999;刘悟辉等,1999),韧性构造和脆性构造叠加并存于同一构造带内的事实说明,成矿-控矿剪切带经历了从深部构造层次到浅部构造层次的抬升过程。额尔齐斯成矿构造带韧性剪切变形抬升到脆韧性剪切变形域可能是形成大型金矿床的必要条件之一,而东部的青河地区可能正是由于缺乏脆韧性变形和造山晚期的伸展构造叠加而使金成矿作用相对较弱。

3.3 成矿预测及验证

在上述地质和地球物理研究基础上,笔者预测在额尔齐斯成矿构造带的中段和西段是寻找大型金矿床的最有利区段,并在多拉纳萨依金矿区和托库孜巴依金矿区深部圈出了找矿靶区。2004年笔者主持和参与了多拉纳萨依和托库孜巴依金矿床的勘探设计,施工了35个钻孔的验证工作,进尺9864m,已经终孔的20个钻孔均见矿(化)体。2005年在2个矿床的部分矿段求得新增储量11t,使哈巴河地区成为大型金矿床的勘探基地。2006年在笔者预测的多拉纳萨依矿区的南矿带、西矿带,西部的布托别山和北部的额德克布置了17个钻孔,其中15个钻孔见矿,目前初步的探矿工程使得多拉纳萨依金矿区金矿储量达23t。2006年在托库孜巴依金矿区的

I矿床和III矿床进行了钻孔和坑道的探矿工程,目前托库孜巴依金矿区的金矿储量达15t。如果加大勘探力度,多拉纳萨依和托库孜巴依2个矿床的金储量有望超过50t。

4 结 论

(1)额尔齐斯金矿带金成矿作用在整个额尔齐斯构造带广泛发育,但仅在局部地段富集成金矿床。额尔齐斯剪切带不同地段具有不同的力学性质,包括韧性、脆韧性、韧脆性和脆性,只有脆韧性和脆性剪切构造叠加处方能形成构造扩容空间,有利于矿床的产出。

(2)额尔齐斯韧性剪切带具有向东收敛、向西散开的规律,西段和中段的控矿因素复杂,包括多期断裂构造及岩体叠加的影响,东段的控矿因素简单,仅为韧性剪切构造;矿化类型西段复杂,而东段单一;成矿流体来源西段复杂、东段单一,由此控制的金矿床成矿作用具有东弱西强和东浅西深的特点。

(3)额尔齐斯金矿带西段哈巴河地区和中段富蕴地区是形成与剪切带有关的大型金矿床的重要地区。

References

- Buslov M M, Watanabe T, Fujiwara Y, Iwata K, Smirnova LV, Safonova I Y, Semakov N N and Kiryanova A P. 2004. Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: Tectonic pattern and model of formation[J]. *J. Asian Earth Sci.*, 23: 655-671.
- Cheng Z F and Rui X J. 1996. Metallogenetic characteristics of Saidu gold deposit in Habahe County[J]. *Xinjiang Geol.*, 14(3): 247-254 (in Chinese).
- Li G M, Shen Y C, Liu T B, Shen P and Zhou N W. 2007. Metallogenetic evolution of Tuokuzibayi gold deposit in southern Altai, north Xinjiang: Evidence from characteristics of quartz vein systems, isotopic geochemistry and Ar-Ar chronology[J]. *Mineral Deposits*, 26(1): 15-32 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q, Xie C F and Chang H L. 1998. Study on metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in North Xinjiang, China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 26-133 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q and Chen F W. 2004. Isotopic geochronology of regional mineralization in Xinjiang, China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 19-42 (in Chinese with English abstract).
- Li Z C. 1999. Two tectono-metallogenetic types of Au deposits and their metallogenetic models in the southern Altai Mountain[J]. *Geotectoni-*

- ca et Metallogenia, 23(1): 16~28(in Chinese with English abstract).
- Liu W H, Liao Q L, Dai P G and Zhao X X. 1999. Preliminary analyses on metallogenetic characteristics of gold deposits related to ductile shear zone in southern margin area of Altay[J]. Contrib. Geol. & Mineral Resour. Res., 14(3): 42~49(in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Sun S, Chen H H and Hao J. 1999. Temporal-spatial distribution framework of metal deposits in northern Xinjiang: Guides of Paleozoic archipelago-style collision orogenic belt[A]. In: Chen H H, Hou Q L and Xiao W J, ed. Collision orogenic belts of China[C]. Beijing: China Ocean Press. 183~196(in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Sun S, Li J L, Fang T H, Wang S L and Liu W. 2002. Paleozoic epithermal Au and porphyry Cu deposits in North Xinjiang, China: Epochs, features, tectonic linkage and exploration significance[J]. Resource Geology, 52: 291~300.
- Rui X J(chief editor). 1994. Symposium on Altai gold deposits in Xinjiang[J]. Beijing: Geol. Pub. House. 259p(in Chinese).
- Shen Y C, Liu T B, Zeng Q D and Li G M. 2001. Theory and method of metallogenic prognosis on China gold deposits[M]. Beijing: Sci. Press. 1~165p(in Chinese with English abstract).
- Travin A V, Boven A, Plotnikov A V, Vladimirov V G, Theunissen K, Vladimirov A G, Melnikov A I and Titov A V. 2001. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of ductile deformation in the Irtysh shear zone(Eastern Kazakhstan) [J]. Geochem., 12: 1347~1350.
- Vladimirov A, Melnikov A, Travin A, Plotnikov A, Smirnova L and Theunissen K. 1998. The Irtysh shear zone in NE Kazakhstan: Kinematics and preliminar data on metamorphic conditions and Ar/Ar geochronology[A]. In: Active tectonic continental basin[C]. International Conference, Gent, April 30—May 2, 1998. 105p.
- Wang J B, Li B Q and Zhang J B. 1999. Metallogenetic prognosis and Cu-Au conditions of the Ertix ore belt[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 62~79(in Chinese with English abstract).
- Xiao H L, Dong Y G, Wang H N, Zhou J Y and Rui X J. 2002. Fluid mineralization and characteristics of the Mareletie gold deposit in Xinjiang[J]. Resources Survey & Environment, 23(2): 130~139(in Chinese with English abstract).
- Xiao X C, Tang Y Q, Feng Y M, Zhu B Q, Li J Y and Zhao M. 1992. Tectonic evolution of the Northern Xinjiang and its adjacent region [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~180(in Chinese with English abstract).
- Yan S H, Chen W, Wang Y T, Zhang S C and Chen B L. 2004. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating and its significance of the Ertix gold metallogenetic belt in the Altay orogen, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 4: 500~506(in Chinese with English abstract).
- Yang H Y, Wei G Z and Zhang W J. 2005. Genesis and geological characteristics of Saerbulake gold deposit in Fuyun County, Xinjiang [J]. Xinjiang Nonferrous Metal, 3: 5~9(in Chinese).

附中文参考文献

- 程忠富, 芮行健. 1996. 哈巴河县赛都金矿成矿特征[J]. 新疆地质, 14(3): 247~254.
- 李光明, 沈远超, 刘铁兵, 申萍, 周能武. 2007. 新疆阿尔泰山缘托库孜巴依金矿成矿演化: 石英脉系、同位素地球化学及其 Ar-Ar 年代学证据[J]. 矿床地质, 26(1): 15~32.
- 李志纯. 1999. 阿尔泰山缘两类构造成矿类型金矿床及其成矿模式[J]. 大地构造与成矿学, 23(1): 16~28.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社. 26~133.
- 李华芹, 陈富文. 2004. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社. 19~42. 刘悟辉, 廖启林, 戴培根, 赵晓霞. 1999. 阿尔泰山缘与韧性剪切带有关金矿床成矿特征浅析[J]. 地质找矿论丛, 14(3): 42~49.
- 刘悟辉, 廖启林, 戴培根, 赵晓霞. 1999. 阿尔泰山缘与韧性剪切带有关金矿床成矿特征浅析[J]. 地质找矿论丛, 14(3): 42~49.
- 秦克章, 孙枢, 陈海泓, 郝杰. 1999. 新疆北部金属矿床时空分布格局——古生代多岛海型碰撞造山带的标志[A]. 见: 陈海泓, 侯泉林, 肖文交, 主编. 中国碰撞造山带研究[C]. 北京: 海洋出版社. 183~196.
- 芮行健, 主编. 1994. 新疆阿尔泰山金矿床论文集[M]. 北京: 地质出版社. 259页.
- 沈远超, 刘铁兵, 曾庆栋, 李光明. 2001. 中国金矿床成矿预测的基本理论与方法[M]. 北京: 科学出版社. 1~106.
- 王京彬, 李博泉, 张积斌. 1999. 额尔齐斯聚矿带金铜成矿条件及找矿预测[M]. 北京: 冶金工业出版社. 62~79.
- 肖惠良, 董永观, 王鹤年, 周济元, 芮行健. 2002. 新疆马热勒铁金矿床特征及其流体成矿作用[J]. 资源调查与环境, 23(2): 130~139.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 朱宝清, 李锦轶, 赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社. 1~180.
- 闫升好, 陈文, 王义天, 张招崇, 陈柏林. 2004. 新疆额尔齐斯金成矿带的 Ar/Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 4: 500~506.
- 杨海英, 魏广智, 张文军. 2005. 新疆富蕴县萨尔布拉克金矿地质特征及成因探讨[J]. 新疆有色金属, 3: 5~9.