

文章编号 10258-7106 ( 2007 ) 01-0128-11

# 阿尔泰山南缘麦兹泥盆纪火山-沉积盆地成矿特点及其 铅、锌、铁、金找矿潜力分析\*

郭正林<sup>1,2</sup>, 郭旭吉<sup>2</sup>, 王书来<sup>3</sup>, 秦克章<sup>1</sup>

( 1 中国科学院矿产资源重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029 ; 2 新疆有色地勘局 706 队, 新疆 阿勒泰 839000 ; 3 北京矿产地质研究院, 北京 100012 )

**摘 要** 麦兹盆地位于西伯利亚板块南缘阿尔泰山陆缘活动带中, 是一个重要的铅、锌、铁矿化集中区, 其中著名的有蒙库大型铁矿床、可可塔勒大型铅锌矿床, 是阿尔泰山南缘多金属成矿带中最重要的成矿盆地之一。盆地内矿床、矿点多为火山喷流热水沉积成因, 层控特征明显, 具有规模大、形态规则、厚度及有用组分稳定等特点。铁矿成矿与早泥盆世早期细碧角闪斑岩作用相伴, 而铅锌成矿则与早泥盆世晚期长英质火山喷流沉积作用相伴。通过对麦兹盆地成矿地质特征和典型矿床中矿体分布变化规律的研究, 认为北西向同生断裂、火山沉积洼地、火山喷发中心(火山机构)共同控制铅锌矿的产出, 矿体还受到后期褶皱、变质作用的改造。根据有利层位、火山岩相、喷流沉积岩、热液蚀变、矿化组合、铁帽、控矿构造和地球化学异常等综合找矿评价标志, 分析了可可塔勒矿区深部、什根特、铁热克萨依、H-48 号异常的铅锌找矿潜力, 并探讨了盆地内铁、金的找矿潜力, 指出了进一步找矿的方向与有利地段。

**关键词** 地质学; 火山沉积盆地; 喷流沉积成矿; 铅、锌、铁、金矿; 麦兹盆地; 阿尔泰山南缘

中图分类号: P612

文献标识码: A

## Characteristics and Pb-Zn, Fe and Au exploration potentials of Maize Devonian volcano-sedimentary basin on southern margin of Altay

GUO ZhengLin<sup>1,2</sup>, GUO XuJi<sup>2</sup>, WANG ShuLai<sup>3</sup> and QIN KeZhang<sup>1</sup>

( 1 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2 No. 706 Geological Party, Xinjiang Geoexploration Bureau for Nonferrous Metals, Altay 839000, Xinjiang, China; 3 Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100029, China )

### Abstract

Lying in the active belt of Altay paleo-continental margin along the southern rim of Siberia plate, Maize basin is an important Pb-Zn and Fe metallogenic center and possesses such important deposits as the Mengku large-scale Fe deposit and the Keketale large-scale Pb-Zn deposit. The known deposits and ore spots are of volcanic sedimentary-exhalative type characterized by stratabound formation, large size, regular mode of occurrence, stable thickness and useful compositions. All this makes the Maize basin one of the most important metallogenic basins in the polymetallic belt on the southern margin of the Altay orogen. This paper has dealt in detail with the ore-controlling process of the spread continental margin, fractures and volcanic sequences, volcano-sedimentary centers, favorable ore-convergent depressions and sedimentary formation associations. Geological fea-

\* 本文得到中央专项资金项目新疆富蕴县可可塔勒铅锌矿及外围预普查( Zyzxc2006-11 )和中国科学院知识创新工程重要方向项目( KZCXZ-YW-107 )资助

第一作者简介 郭正林, 男, 1969 年生, 高级工程师, 在读博士生, 从事矿产地质勘查工作。E-mail: gygn1@tom.com

收稿日期 2006-7-31 ; 改回日期 2006-12-20。张绮玲编辑。

tures and distribution of typical deposits show that the formation of Pb-Zn deposits is controlled by NW-trending contemporaneous faults, volcano-sedimentary basins and eruption centers, and that the volcanic eruption centers and corresponding volcano-sedimentary basins are mostly locations of VHMS polymetallic deposits. Based on comprehensive criteria for mineral prospecting and assessment such as favorable ore-bearing horizons, gossans, volcanic facies, hydrothermal alterations, exhalative sedimentary rocks, mineralization associations and geochemical anomalies, this paper has discussed the prospecting potential at the depth of the Keketale deposit as well as the ore-seeking vista of regional Shigente, Tierkesayi and H-48 anomalies for Pb-Zn mineralization. In addition, the prospects in search for Au and Fe deposits are also discussed.

**Key words:** geology, volcano-sedimentary basin, volcano-exhalative sedimentary process, Pb-Zn-Fe-Au mineralization, Maize basin, southern margin of Altay

阿尔泰山南缘等间距斜列着 3 个早泥盆世火山沉积盆地,从北西向南东依次为冲乎尔盆地、克朗盆地和麦兹盆地(秦克章等,1998a;王京彬等,1998)。冲乎尔盆地以铜、锌矿化为主,但是由于盆地基底受花岗岩体的侵蚀,矿体也遭到了破坏,地层和矿体延深均不大(据生产资料),到目前为止还没发现具工业价值的矿体(王京彬等,1998;王登红等,2002)。克朗盆地是 3 个盆地中矿化种类最多的一个盆地,分布有金矿、铜矿、铅锌矿和铁矿等,但矿体规模均不大,多为中小型(王京彬等,1998;尹意求等,2005)。麦兹盆地则为 3 个盆地中矿化最集中、矿床规模最大的一个盆地,为本文的研究重点。

麦兹盆地位于西伯利亚板块南缘阿尔泰陆缘活动带中,是一个重要的铅、锌、铁矿化集中区,其中较著名的有蒙库大型铁矿床、可可塔勒超大型铅锌矿床。盆地内矿床、矿点多为火山喷流热水沉积成因,层控特征明显,具有规模大、形态规则、厚度及有用组分稳定等特点,是阿尔泰山南缘多金属成矿带中最重要的成矿盆地之一(秦克章等,1998a;王京彬等,1998;王书来等,2005;郭正林等,2006)。麦兹地区最重要的矿产以蒙库铁矿和可可塔勒铅锌矿为代表,此外还有阿克哈仁、大桥、铁热克萨依等铁、铅、锌矿床(点)(图 1)。它们的共同特点是具有明显的层控性,与区内早泥盆世火山活动造成不同阶段的火山喷流作用有关。

蒙库铁矿由新疆冶金地质 706 队发现于 20 世纪 70 年代(张建中等,1987),近年来随着勘查投入的增加,铁矿规模和潜力有了大幅度的增加(郭正林等,2006)。可可塔勒铅锌矿自 80 年代中期发现以来,已经工作多年,但工作程度仍然较低,只有部分地段浅部进行了详查(王京彬等,1998)。随着地质找矿工作的不断进行,越来越多的信息显示主矿体

可能在深部反倾,其深部存在很大的找矿潜力,如果能得到证实,将是一个重大的找矿突破。长期以来,对盆地内其他异常、矿点投入工作较少,因此,还存在较大的找矿空间。由于找矿难度在不断增大,需要加强这一重要成矿带的成矿规律综合研究,开拓新的思路,以切实推动找矿工作。在多年工作基础上,笔者通过近几年的勘查实践,根据麦兹盆地成矿地质特征和典型矿床中矿体分布变化规律,提出北西向同生断裂、火山沉积洼地、火山喷发中心(火山机构)共同控制铅锌矿的产出,火山喷发中心及其相应的火山-沉积洼地往往是火山沉积块状硫化物型铅锌铜多金属矿床的主要定位部位。本文还分析了盆地内铅、锌、铁、金的找矿潜力,探讨了进一步找矿的方向和有利部位。

## 1 麦兹盆地火山沉积构造演化与成矿关系

麦兹泥盆纪火山盆地是在西伯利亚古板块南缘基底上发展起来的,为基底裂隙、基底断裂走滑扭张形成(王京彬等,1998)。其火山沉积构造演化主要发生在早泥盆世,可以分为早、晚两个时期。

### 1.1 早泥盆世早期火山沉积构造演化与成矿关系

早泥盆世早期火山沉积主要发育于蒙库铁矿一带,其主成矿元素为铁,形成一系列铁矿。该盆地北以巴寨大断裂的北分枝断裂为界(即麦兹泥盆纪火山沉积盆地北界),南以可依洛甫大断裂为界(图 2)。

早期石英角斑质火山沉积阶段:以酸性火山岩、火山碎屑岩为主,夹基性、中性火山岩和火山碎屑岩,岩石变质程度高。出现磁铁矿透镜体,但未形成矿体。形成了下泥盆统康布铁堡组下亚组第一岩性段地层特有的一套浅灰白色的石英角斑岩建造。它

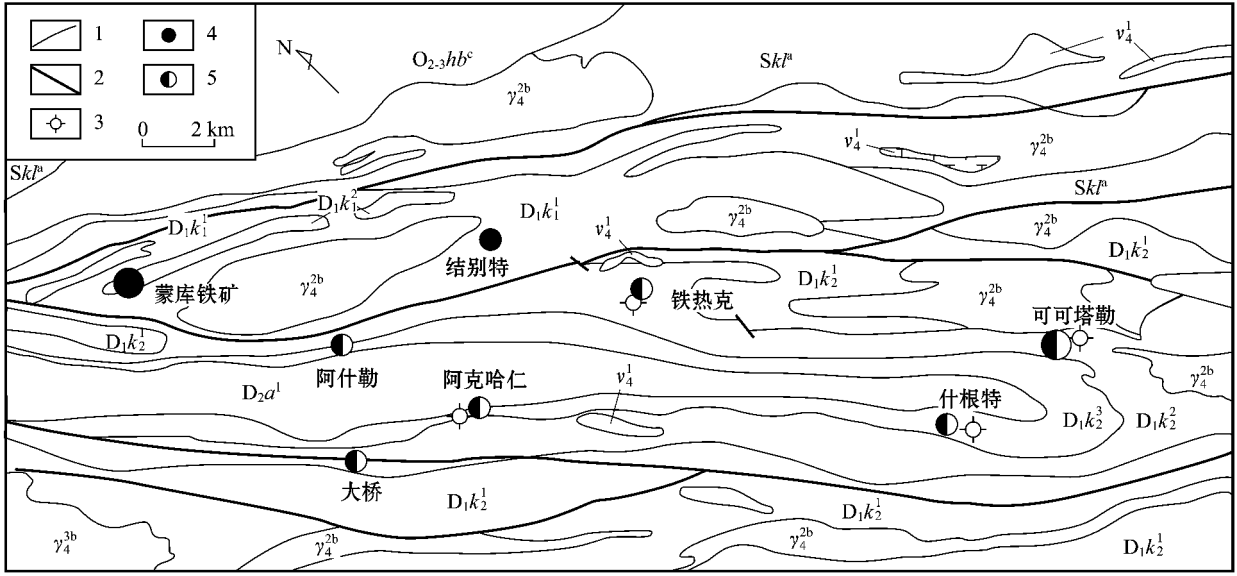


图 1 麦兹地区地质矿产略图(原图据姜齐节,1992 和王书来 2004 修改)

$D_2a^1$ —中泥盆统阿勒泰组大理岩、变砂岩及底部十字矽线石石榴云英片岩; $D_1k_3^2$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段; $D_1k_2^2$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段(重要含矿层位); $D_1k_1^1$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第一岩性段; $D_1k_1^2$ —下泥盆统康布铁堡组下亚组第一岩性段; $D_1k_2^1$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段; $D_1k_1^1$ —下泥盆统康布铁堡组下亚组第一岩性段; $Skl^a$ —库鲁木提群片麻岩-混合岩-变砂岩; $O_{2-3}hb^c$ —哈巴河群变砂岩-板岩-千枚岩-片麻岩-混合岩; $\gamma_4^{3a}$ —华力西晚期黑云母花岗岩; $\gamma_4^{2b}$ —华力西中期黑云母花岗岩; $\omega_4^1$ —华力西早期角闪岩;1—地层界线 2—断裂 3—火山活动中心 4—铁矿床 5—铅锌矿床(点)

Fig. 1 Geological sketch map of the Maizi area(modified after Jiang et al., 1992 and Wang, 2004)

$D_2a^1$ —Middle Devonian Altay Formation: marble and metasandstone with staurolite-sillimanite-garnet stülpnolite at the bottom; $D_1k_3^2$ —3rd Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation(important ore-bearing horizon); $D_1k_2^2$ —2nd Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; $D_1k_1^1$ —First Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian kangbutiebao Formation; $D_1k_1^2$ —2nd Member of Lower Subformation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; $D_1k_1^1$ —First Member of Lower Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; $Skl^a$ —Gneiss, migmatite and metasandstone of Silurian Kulumuti Group; $O_{2-3}hb^c$ —Metasandstone, slate, phyllite, gneiss, migmatite and metagraywacke of Middle Ordovician Habahe Group; $\gamma_4^{3a}$ —Upper Hercynian biotite granite; $\gamma_4^{2b}$ —Middle Hercynian biotite granite; $\omega_4^1$ —Lower Hercynian amphibolite; 1—Stratigraphic boundary; 2—Fault; 3—Volcanic center; 4—Volcanogenic Fe deposit; 5—Massive sulfide Pb-Zn deposit

们在野外的醒目特征为“浅色岩系”,并分布于铁木下尔滚向斜的翼部,其主要岩性为钠长浅粒岩、含白云母浅粒岩、含磁铁矿浅粒岩、含黑云母浅粒岩、含斑浅粒岩、含二云母浅粒岩等,厚 130~600 m。

晚期细碧-角斑质火山沉积阶段:在以石英角斑质火山作用为标志的第一个火山沉积旋回结束之后,盆地进入了一个短暂的火山间歇期。这时在蒙库盆地,形成了 2 个次级盆地——铁木下尔滚次级盆地和结别特次级盆地。随着蒙库盆地从挤压环境向拉张环境的构造演化,其火山作用也相应地由早期偏酸性的石英角斑岩建造演化为晚期偏基性的细碧-角斑岩建造(张建中等,1987;郭正林等,2006),同时产生了以铁矿成矿为主的海底喷流沉积成矿作用,并形成了蒙库特大型铁矿床。

1.2 早泥盆世晚期火山沉积构造演化与成矿关系  
早泥盆世晚期共有 3 次火山活动。

第一次火山活动相当于下泥盆统康布铁堡组上亚组第一岩性段( $D_1k_1^1$ );为酸性火山岩、火山碎屑岩组合,火山岩相为远火山相,以火山喷发岩为主,偶见溢流相熔岩,其晚期为正常浅海相陆源碎屑沉积和碳酸盐沉积。形成含硫化物磁铁矿矿层,为含星点状及条纹状方铅矿和闪锌矿的层状磁铁矿,如阿什勒萨依铁铅锌矿点、结别特铁铅锌矿点等。

第二次火山活动相当于下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段( $D_1k_2^1$ );为酸性火山岩、火山碎屑岩组合,主要岩性有熔岩、火山角砾岩或集块岩、凝灰岩、热水沉积岩,近火山口部位有 3~5 个喷发次,远火山口相 1~2 个喷发次,喷发次间隙期形成正常碎

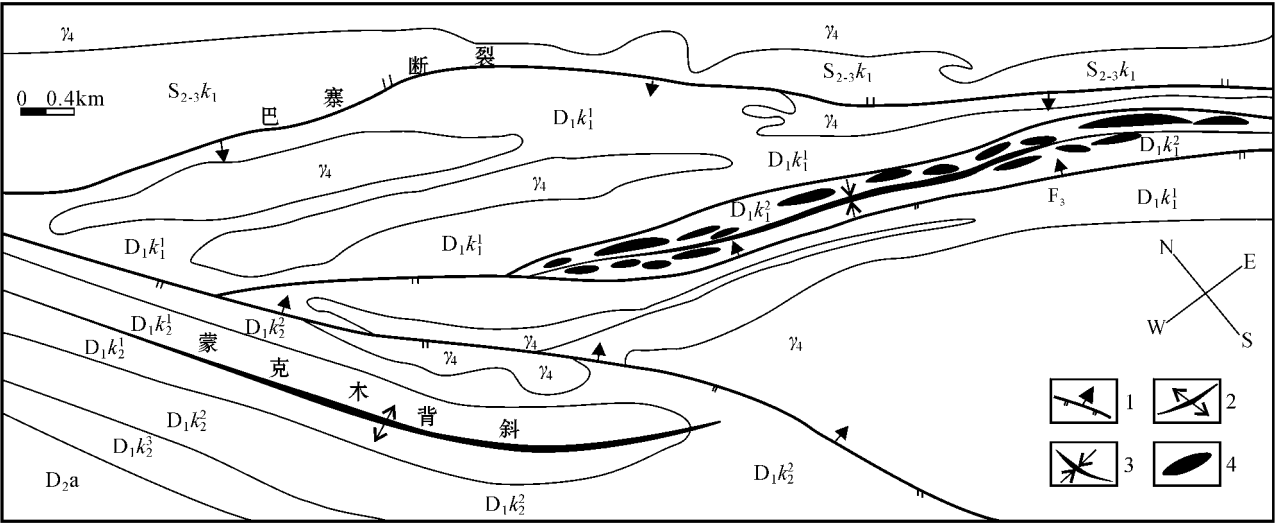


图 2 蒙库早泥盆世火山沉积盆地的地质简图

1—断层及其编号 2—背斜轴 3—铁木下尔袞向斜轴 4—铁矿体  $D_{2a}$ —中泥盆统阿勒泰镇组  $D_{1k_3}$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段  $D_{1k_2}$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段  $D_{1k_2^1}$ —下泥盆统康布铁堡组上亚组第一岩性段  $D_{1k_2^2}$ —下泥盆统康布铁堡组下亚组第二岩性段  $D_{1k_1^1}$ —下泥盆统康布铁堡组下亚组第一岩性段  $S_{2-3k_1}$ —中上志留统库鲁木提群片麻岩-混合岩-变砂岩  $\gamma_4$ —海西期花岗岩

Fig. 2 Geological map of the Mengku Early Devonian volcano-sedimentary basin

1—Fault and its serial number ; 2—Axis of anticline ; 3—Axis of Tiemuxiargun syncline ; 4—Iron ore body ;  $D_{2a}$ —Middle Devonian Altay Town Formation ;  $D_{1k_3}$ —3rd Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation ;  $D_{1k_2}$ —2nd Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation ;  $D_{1k_2^1}$ —1st Member of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation ;  $D_{1k_2^2}$ —2nd Member of Lower Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation ;  $D_{1k_1^1}$ —1st Member of Lower Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation  $S_{2-3k_1}$ —Gneiss , migmatite and metasandstone of Silurian Kulumuti Group ;  $\gamma_4$ —Variscan granite

屑沉积和碳酸盐沉积,各喷发次均有前期喷发空落、后期溢流之特征,前 1~2 个喷发次火山活动强烈、波及范围大,后 1~2 个喷发次火山活动弱、范围较小。形成喷流沉积改造型块状硫化物型铅锌矿床和似矽卡岩型磁铁硫化物型铅锌矿化。后者矿化岩石为似矽卡岩,以透镜状含硫化物磁铁矿矿体的形式产出,硫化物(方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铜矿)呈条纹状、条带状分布于磁铁矿中,矿石中铅、锌、铜、品位较高,该含矿层的代表性矿点有大桥铅锌铜矿点。在该火山活动时期,麦兹盆地发育两个较大的次级洼地(下泥盆统上亚组地层膨大明显),即可可塔勒和铁热克萨依,之中分别为火山活动中心(秦克章等,1998a;王京彬等,1998),形成了可可塔勒大型铅锌矿床和铁热克萨依铅锌矿点(该矿点目前工作程度较低,但已发现较好找矿线索)。由于后期褶皱翘起,可可塔勒铅锌矿中东段被剥蚀出露。

第三次火山活动相当于下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段( $D_{1k_2^3}$ ):为酸性(流纹质)中酸性(英安质)火山岩、火山碎屑岩组合,局部见基性次火

山岩,有 4~7 个喷发次,间歇性的各喷发次间均存在正常碎屑沉积或碳酸盐沉积。火山岩有熔岩、火山角砾岩和凝灰岩等。形成喷气沉积重晶石-萤石纹层大理岩型和气液交代重晶石-萤石脉型铅锌银金矿化,代表性矿点有阿克哈仁铅锌矿和什根特铅锌矿。该次火山活动在什根特和阿克哈仁各形成一个火山活动中心(王京彬等,1998)。这两个火山活动中心均分布于古沉积洼地中。

中泥盆世仅在前期有弱火山活动,存在薄层状流纹质晶屑凝灰岩,火山岩分布范围小,厚度薄。未形成与火山岩有关的矿产。

2 典型矿床特征

2.1 可可塔勒铅锌矿特征

2.1.1 矿体特征

可可塔勒铅锌矿床可分为 3 段。

东段 范围为 0 线至 40 线区间,地表有 1、2、3、4 号矿体,因矿体产于褶皱转折端部位,矿体的膨大缩

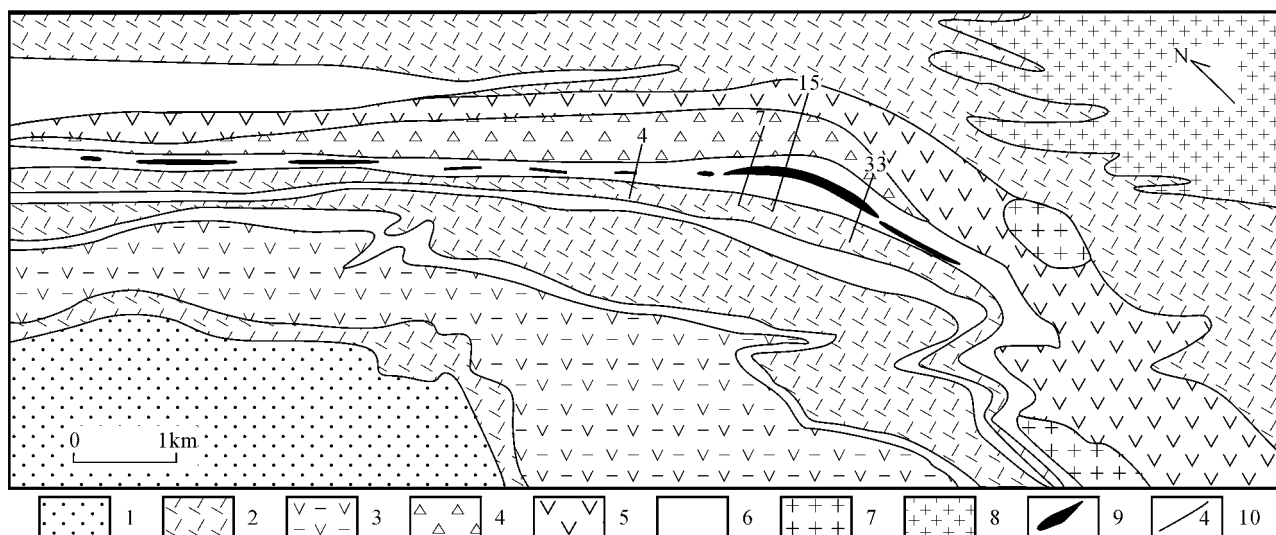


图3 可可塔勒矿区地质略图

1—中泥盆统阿勒泰组片岩、大理岩 2—下泥盆统康布铁堡上亚组变角砾晶屑凝灰岩 3—下泥盆统康布铁堡上亚组变晶屑凝灰岩 4—下泥盆统康布铁堡上亚组变角砾集块熔岩 5—下泥盆统康布铁堡上亚组酸性熔岩 6—下泥盆统康布铁堡上亚组片岩、变粉砂岩、大理岩 7—次火山岩(花岗斑岩、石英斑岩) 8—海西期花岗岩 9—铅锌矿体 10—勘探线及编号

Fig. 3 Sketch geological map of the Keketale Pb-Zn deposit

1—Schist and marble of Middle Devonian Altay Town Formation; 2—Metamorphosed breccia crystalloclastic tuff of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; 3—Metamorphosed crystalloclastic tuff of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; 4—Metamorphosed breccia agglomerate lava of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; 5—Metamorphosed acidic lava of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; 6—Schist, meta-siltstone and marble of Upper Sub-formation of Lower Devonian Kangbutiebao Formation; 7—Sub-volcanic rocks (granitic porphyry and quartz porphyry); 8—Variscan granite; 9—Pb-Zn ore body; 10—Exploration line and its serial number

小现象明显。

中段 范围包括 0~63 线区间,其间 0~19 线因为区内火山洼地的核心部位,因而出现多层矿体,而单个矿体沿走向和倾向也具分枝复合现象,矿体规模大、品位较富,19~63 线多为单层矿体或两层矿体,矿体向深部变厚变富。0~63 线区间分布有 6、7、8、9、11 号矿体,矿体走向长 120~1 000 m,矿体厚度 0.80~87.78 m,沿倾向延深 200~750 m,最大延深大于 800 m。

西段 范围包括 63~135 线区间,主要分布有 10 号矿体。

主矿体为 7 号和 9 号矿体。

7 号矿体长大于 1 000 m,矿体厚度介于 2.97~87.78 m,矿体品位 Pb 0.04~9.98%,Zn 0.01~16.50%,伴生组分 Ag 1.67~436.45g/t,平均 18.69g/t,矿体产状与地层产状大致相同,0 线以西总体产状  $54^{\circ}\sim 71^{\circ}/50^{\circ}\sim 87^{\circ}$ ,0 线以东  $233^{\circ}\sim 252^{\circ}/50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ,两边矿体倾向相反的原因为:矿床位于麦兹复向斜北东倒转翼近南东转折端部位,0~1 线

地段正位于地层及矿层正常与倒转的临界部位,其西北部地层发生了倒转,其南东保持了正常的地层层序,这也从另一个角度说明了矿体产状与地层的一致性。矿体形态较复杂,无论在平面上还是剖面上均有分枝复合、局部膨大(7~3 线间)的特征。

9 号矿体长大于 1 000 m,厚 1.44~41.65 m。矿体品位: Pb 0.03%~6.77%,Zn 0.03%~11.08%,伴生组分 Ag 2.64~123.82 g/t。矿体与地层产状大致相同,总体产状  $40^{\circ}\sim 52^{\circ}/59^{\circ}\sim 87^{\circ}$ 。矿体在地表及各中段平面上形态均较简单,呈似层状,在剖面上深部矿体厚大部位有分枝现象。

### 2.1.2 矿床成因类型

层控与时控 矿床内矿体严格产于早泥盆世中期的火山-沉积碎屑岩地层内,含矿层是一套由火山岩、火山沉积碎屑岩、火山喷气作用形成的喷流岩、化学沉积岩等组成的复杂岩性段。矿体产状与地层产状一致,是较典型的层控矿床。铅同位素模式年龄 314~547 Ma,大部分 367~427 Ma,矿床成矿时代为早泥盆世(张进红等,2000),与赋矿层位一致。

受古火山机构及古地理环境控制 矿床产于古火山隆起(熔岩丘)旁侧的火山斜坡-洼地位置,0~15线间含矿的火山-沉积碎屑岩-海相化学沉积岩厚度大,层数多,岩性复杂,显然是一个火山洼地部位,形成了富、厚、多层的矿体。其东、西两侧为斜坡部位,矿体渐渐过渡为单层、较薄的矿体,向深部,在19~33线间,沿倾向可能过渡为另一个火山洼地。本区硫化物硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值差值为27.5‰(王京彬等,1998),笔者认为硫化物是在有细菌作用参与还原海水硫酸盐的条件下形成。

火山作用后期的喷流沉积作用 7~15线,在火山岩及其上部的含矿层中发育有较强的绿泥石化、绢云母化、黄铁绢英岩化等热液蚀变,在0~11线间形成了薄层状的条带状磁铁变粒岩、黄铁硅质岩等“喷流岩”,这说明上述地段在成矿时期火山喷流作用十分强烈,恰在这些地段形成了矿床内规模最大、矿石质量最好的矿体,可见火山后期喷流沉积作用是成矿的最重要控制因素之一。

后期褶皱及变质作用 后期褶皱及变质作用对矿床的形成不起决定作用,但对矿体最后空间定位、矿体产状及矿石质量提高有一定的作用。

矿床成因类型为火山喷流沉积叠加后期变质改造型(秦克章等,1998b;王京彬等,1998)。

## 2.2 蒙库铁矿特征

### 2.2.1 矿体特征

蒙库铁矿床长约5 km,宽约400 m,面积约2 km<sup>2</sup>(图2)。在构造上处于铁木下尔衮向斜的核部,出露地层是康布铁堡组下亚组第二岩性段角闪斜长片麻岩类、大理岩、黑云母角闪片岩、磁铁变粒岩和钙铁辉石岩等(张建中等,1987;李嘉兴等,2003)。

矿床中矿体主要分布在铁木下尔衮向斜的北东翼部,有1、2、5、6、6-1、6-2、7、9、11、12、18、21、22、盲1、盲2、盲3、盲4号等矿体,规模较大,呈不规则大透镜状、似层状和准脉状,其后期改造特征明显;南西翼部有3、4、4-1、6-3、7-1、8、10、10-1、14、16、17、19、20号矿体等,为层状、脉状较薄矿体,厚度小而长度大,显示出受层位控制的沉积特征。从钻孔、物探磁测井资料和矿体产出的构造环境分析,两侧矿体围绕铁木下尔衮向斜轴对称分布,并在深部汇合。

矿体在平面上呈平行、交互斜列、尖灭再现等形态展布。矿体长100~1200 m,厚1~94 m。矿体产状基本与围岩产状一致,走向290~300°,向南西或北东陡倾斜。

矿体围岩主要是角闪斜长片麻岩类,少量大理岩、角闪变粒岩、黑云母变粒岩和磁铁变粒岩,矿体与围岩界线明显,矿体中常见围岩夹层。

18号矿体位于铁木下尔衮向斜南东段北东翼,产于康布铁堡组下亚组第二岩性段角闪斜长片麻岩层中,地表出露于191~205线之间,长700 m,深部控制长600 m,控制斜深大于300 m。矿体平均水平厚度57.35 m,矿体倾向南西,倾角70~80°,其产状在不同地段、不同高程有一定的变化。矿体形态为不规则膨胀体,矿石类型主要为浸染状石榴石磁铁矿和浸染状钙铁辉石磁铁矿,少量块状磁铁矿,由地表向深部石榴石磁铁矿逐渐转变为钙铁辉石磁铁矿,且矿体有变厚、变富的趋势。矿体与围岩呈不整合接触,其南东端可见围岩捕虏体,捕虏体形态呈似透镜状,棱角分明,围岩岩性主要为角闪斜长片麻岩。矿体平均品位35.87%,矿体矿石量约4 000万吨。

### 2.2.2 矿床成因

#### (1) 喷流沉积成矿作用

蒙库铁矿床产于麦兹晚古生代陆内张裂盆地,严格受下泥盆统康布铁堡组下亚组的第二岩性段层位控制,赋矿岩性主要为角闪更长片麻岩。含矿岩系为海相石英角斑岩-角斑岩-碳酸盐岩建造。

矿体成群顺层产出,与围岩界线清楚,常见围岩夹层,矿体边界线与围岩片麻理同步褶皱,分枝矿脉大多数顺层穿插,可见微层理构造。

F<sub>3</sub>生长断层北分支控制蒙库铁矿床的北东边界,南分支控制蒙库铁矿床的南西边界,四条同生角砾岩带可代表成矿流体活动的通道或喷流口,而该生长断裂的南、北两分支所挟持的海底洼地是早泥盆世海底喷流沉积成矿作用的中心。

#### (2) 变质改造成矿作用

矿石中代表变质相的角闪石、黑云母、斜长石等脉石矿物与围岩中的变质矿物成分完全一致,同属中压型角闪岩相区域变质作用的产物。

近矿围岩蚀变主要表现为矽卡岩化作用,出现了石榴子石、绿帘石、钙铁辉石、透闪石等矽卡岩矿物,其矽卡岩矿物组合与铁矿石完全一致。这种产于矿体顶部或边部的矽卡岩可能与中压型角闪岩相区域变质作用有着密切关系。

从矿体顶部至底部,依次出现细粒钙铁榴石、细粒钙铁辉石、细粒磁铁矿“三位一体”的垂向分带现象,这明显不同于与喷流沉积成矿作用有关的产于

矿体底部的层状砂卡岩。所以,它可能是区域变质作用形成的含矿变质热液改造作用的产物(郭正林等,2006)。

### (3) 岩浆热液叠加富集成矿作用

在铁矿体中发育有粗粒磁铁矿细脉、粗粒钙铁辉石磁铁矿细脉及硫化物细脉等,在个别矿体局部可见斜交穿插现象和围岩捕虏体等不协调的变化关系。这些都反映后生成矿作用的特征。

粗粒磁铁矿(粒度为 0.2~2 mm)仅分布在矿石裂隙及其附近,自形程度较好,其形成时间与粗粒钙铁辉石、粗粒钙铁榴石、硫化物相同,相对较晚,常呈脉状、角砾状、浸染状产出。这种与第二世代矿化和砂卡岩化有关的成矿热液可能来源于花岗岩。

蒙库铁矿床与海西期花岗岩相距较近,在矿区内可见多条北西-南东向的花岗岩脉(图 2),它们与铁矿体有着空间和成因上的联系。

蒙库铁矿成因类型为喷流沉积成矿受变质改造以及后期岩浆热液叠加富集成矿。

## 3 找矿潜力分析

到目前为止,麦兹盆地内除已发现的可可塔勒超大型铅锌矿和蒙库特大型铁矿外,应该还有较大的找矿潜力。

### 3.1 铅锌找矿潜力分析

研究表明在麦兹火山沉积盆地中北西向同生断裂、火山沉积洼地、火山喷发中心(火山机构)共同控制铅锌矿的产出,火山喷发中心及其相应的火山-沉积洼地往往是火山沉积块状硫化物型铅锌铜多金属矿床的主要定位部位。

#### 3.1.1 可可塔勒铅锌矿深部找矿潜力分析

可可塔勒铅锌矿自发现以来,经过近 20 年的工作,虽已求得 332+333+334 级铅锌资源量约 300 万吨,但仍有较大的找矿潜力,证据如下。

(1)根据地层中成矿元素的亏损,对矿质迁出量作一推算,其中铅的迁出量为 281 万吨,锌的迁出量为 536 万吨,铅锌合计迁出 817 万吨,比已求获的资源量要多得多(王京彬等,1998;秦克章等,1998b)。

(2)可可塔勒 7 号、9 号矿体深部存在较大找矿空间。可可塔勒铅锌矿位于麦兹向斜北东翼近南东转折端处,矿体和地层产状存在褶皱现象,通过已施工的钻孔剖面,并结合地表产状的变化大致可以确

定出其褶反面来,以褶反面为界,其上、下地层和矿体为反倾关系。

可可塔勒铅锌矿总体向北西倾伏,向南东翘起,因此,南东剥蚀程度较高。27 线在 400 m 标高逐渐变为分散细条(9 号矿体)。7 线在 750 m 标高以上矿体厚大(7 号矿体),在 750 m 标高附近逐渐变为分散细矿条,这应是扭裂时形成的虚脱部位。3 线在 950 m 标高以上倾向北东,950 m 标高处矿体逐渐分散为细矿条。0 线在 1 200 m 处矿体近于直立,向下则倾向南西,扭裂面已被剥蚀掉。4 线至 32 线矿体均为南东倾向。由此可见 7 号、9 号主矿体在一定深度存在反倾矿体,这是可可塔勒铅锌矿存在的巨大找矿空间。

2003 年在 0 线施工的钻孔中见到了 7 号矿体,证明 7 号矿体在深部与 1 号矿体为同一矿体,而 1 号矿体在深部是南西倾的,因此,可以推断 7 号矿体在一定深度主体也向南西倾。也就是说在 7 号矿体倾向上存在一个倾斜的褶反面,同样,9 号矿体也存在类似现象。

(3)7 号矿体在 7 线一带指示赋矿部位的  $\text{Na}_2\text{O}$  亏损带向下继续扩展,同时  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TFe}$ 、 $\text{Mn}$  均有变富趋势,主成矿元素  $\text{Pb}$ 、 $\text{Zn}$  和伴生元素  $\text{Ag}$  以及前缘元素  $\text{As}$ 、 $\text{Sb}$  等在下部的强度和规模没有降低的趋势(王京彬等,1998),这意味着下部存在盲矿体的希望较大。若就单个矿体而言,矿体是北倾的,但就整个矿体群和一系列元素的原生晕来看,中上部近于直立,而到下部则有南倾的趋势, $\text{Na}_2\text{O}$  亏损带向深部有向南西延深的趋势。

(4)地球物理 TEM、CSAMT 异常的强度、形态变化及规模等推测 7 线向下仍有较厚的块状硫化物层存在,有较好的找矿前景。

(5)位于麦兹盆地北东翼近北西转折端的蒙库铁矿,在近两年的地质找矿工作中,通过深部反向钻孔的施工发现了富矿体,可可塔勒铅锌矿与其所处构造部位相同,所以,类比蒙库铁矿深部找矿经验,可推测可可塔勒铅锌矿深部也应存在反倾矿体。

综上,在可可塔勒铅锌矿深部应存在较大的找矿潜力,条件允许时应对其进行验证。

#### 3.1.2 什根特铅锌矿点(B13)找矿潜力分析

什根特铅锌矿位于麦兹盆地南西翼,与北东翼的可可塔勒铅锌矿遥相对应,含矿地层与可可塔勒大型铅锌矿床一致,为可可塔勒大型铅锌矿床含矿层位的走向延伸。含矿层在该处膨大,表明区内为

一个火山洼地,与可可塔勒大型铅、锌矿床的沉积古地理环境一致,少量的深部工程证实,含矿层向深部更加膨大,说明沉积洼地的中心距地表有一定深度。火山活动中心的存在(秦克章等,1998b;王京彬等,1998),更进一步增加了其找矿潜力。

什根特铅、锌矿由两个矿化带(铁帽)组成,含矿岩性为黑云母变粒岩、铁锰大理岩。矿化地段为黑色、褐色磁铁硫化物铁帽,铅、锌矿体产于磁铁矿体内。①号铁帽长大于600 m,厚度2~20 m,两端尖灭,中间膨大,围岩为黑云母变粒岩,①号矿体呈分支复合状产于其膨大部位。②号铁帽长300 m,厚2~15 m,呈似层状、分枝复合状产出,两端尖灭,中间膨大,含矿围岩为铁锰大理岩,②号矿体呈似层状产于其膨大部位。

什根特磁铁-铅、锌矿床产于下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段的一套火山碎屑沉积-陆源碎屑沉积-碳酸盐岩沉积的浅变质岩组合中,受古火山洼地、火山活动中心及其旁侧的含矿层控制,因此,其矿床成因类型应同属海相火山喷流沉积改造型磁铁-铅、锌矿床。

该区矿床的控矿因素有以下4个方面。

a. 矿床明显受层位控制。含矿地层为康布铁堡组上亚组第二岩性段( $D_1k_2^2$ )中部含酸性火山碎屑岩、砂泥质沉积和碳酸盐岩的浅变质岩。含矿层内以铁锰大理岩、不纯大理岩和变钙质砂岩等碳酸盐岩的赋矿性最好。

b. 古沉积洼地控制含矿层范围,及含矿层的厚度。当含矿层厚大,且碳酸盐沉积层较为厚大时,出现平行排列的多层厚大矿体,含矿层变薄时,出现单层的薄矿体,表明火山沉积洼地的中心部位对铅、锌成矿有利。

c. 矿体受火山岩控制明显。含矿层形成于近火山口相的火山洼地之中,形成于两次火山喷发间隙中,其上、下盘均有较为致密的酸性火山岩层存在。

d. 麦兹向斜及其次级褶皱,控制了含矿层展布形态,并对矿体形态产生一定的影响。

通过近年来的工作,在什根特铅、锌矿点深部已发现了较富厚的铅、锌矿体,因此,什根特铅、锌矿也应存在较大的找矿潜力。

### 3.1.3 铁热克萨依(B7异常)找矿潜力分析

铁热克萨依铅、锌矿点位于巴寨断裂的南分枝断裂的上盘,产于康布铁堡组上亚组第二岩性段的变质凝灰质砂岩、铁锰质大理岩中。含矿层的岩性稳

定,厚度较大,约300 m,表明火山喷发的间隙期相对较长,并可能为古火山洼地,具有形成大型铅、锌矿床的喷流沉积成矿的岩相古地理环境。含矿层的北东侧地层为康布铁堡组下亚组巨厚的富钠质流纹岩,其南西侧地层为康布铁堡组上亚组巨厚的富钾质流纹岩,这为大型铅、锌矿床的形成提供了充分的成矿物质基础。由于巴寨断裂的南分枝断裂是麦兹泥盆纪火山沉积盆地中铁(铜)矿化带与铅、锌矿化带之间的分界线,同时也是与盆地海底喷流沉积成矿作用密切相关的生长断裂,它控制了麦兹盆地北缘的铅、锌成矿作用,而含矿层正好处于麦兹盆地中期扩展阶段铅、锌成矿期的生长断裂的上盘,因此该矿点具有形成大型铅、锌矿床的地质条件。在含矿层中发育有喷流成矿作用后期的黑云母花岗岩岩株,这对于含矿层进一步改造富集成矿也是十分有利的。此外,在该地区已发现多个喷流活动中心,其宏观地质特征表现为:角砾成分为流纹岩,胶结物为磁铁矿;角砾岩呈北西—南东向线性展布,倾向北东,在中心部位的角砾岩中,角砾相对较小,呈浑圆形,并发生明显的蚀变作用,胶结物较多。往两侧角砾逐渐增大,呈棱角状,具有一定的可拼性(图4),其蚀变作用相应减弱,胶结物也逐渐减少,且上盘相对发育,最外侧表现为网脉状磁铁矿细脉。

铁热克萨依铅、锌矿含矿层位相当于可可塔勒铅、锌含矿层位的西延,在该处厚10~80 m,产于下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段两次火山活动间歇期的海相沉积层中,有两个铅、锌矿化带,北东矿化带分布于康布铁堡组中下部,南西矿化带分布于中上部。

北东带:走向北西-南东,长大于2 km,共有3条蚀变体矿化,矿化蚀变类型相同,主要为褐铁矿化和碳酸盐化,在地表均为褐色蚀变体,在空间上基本平行分布,走向290~315°,倾向以南西为主,局部倾向北东,倾角50~80°。矿化岩石为变钙质砂岩、变钙质粉砂岩和不纯大理岩,可见浸染状细粒黄铁矿、细粒方铅矿和细脉状方铅矿,局部见棕色闪锌矿、孔雀石及萤石方铅矿脉。

南西带:长约2 km,宽30~80 m,走向130~310°,倾向北东,倾角50~70°。该带工作程度较低,地表槽探揭露少,矿体为单工程控制。矿化岩石为褐铁矿化变砂岩、变钙质砂岩,见有较多的条带状、浸染状褐铁矿,偶见星点状方铅矿,局部见薄膜状孔雀石、萤石方铅矿脉。



图 4 铁热克萨依铅锌矿点流纹质角砾集块熔岩

Fig. 4 Rhyolitic breccia agglomerate lava in the Tierekesai Pb-Zn ore spot

铁热克萨依铅锌矿赋存于两个火山喷发(喷溢)岩之间的正常海相沉积层内,受次级火山活动中心及沉积洼地所控制,为典型的层控矿床,是海底喷流-沉积叠加改造型铅锌矿化。

找矿标志 ①矿化严格受地层岩性控制,赋存于下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段中的褐铁矿化变钙质砂岩、变钙质粉砂岩、不纯大理岩中。②矿化分布在火山活动中心附近正常沉积的变质岩中,与碳酸盐岩关系密切。

因此,铁热克萨依铅锌矿点存在较大的铅锌找矿潜力。

#### 3.1.4 H-48 异常区铅锌找矿潜力分析

H-48 水系沉积物异常区处于麦兹多金属矿田近北西转折端南西翼,区内泥盆系下统康布铁堡组上亚组第二岩性段含矿层分布完整,厚度较大,含矿层位形成于两次火山活动间隙期的喷流沉积阶段,成矿物质来源丰富;含矿层中与铅锌成矿关系密切的大理岩和由钙泥质粉砂岩变质而成的变粒岩等十分厚大,且火山岩在区内突然膨大,站在远处看该处的火山岩就象手臂末端的手掌一样,说明该区古地

理环境为一洼地;同时在区内发现了较大规模的火山角砾集块岩,显示该区存在火山活动中心,因此,H-48 异常区具备形成较大规模铅锌多金属矿的条件。

H-48 异常区与可可塔勒铅锌矿床分布位置对称,位于麦兹复式向斜的北西转折端一带,分布于麦兹盆地南西缘北西段近转折端处,可可塔勒铅锌矿分布于麦兹盆地北东缘南东段近转折端处。在复式向斜转折端,含矿层回环转折,形成虚脱部位,有利于铅锌含矿层在沉积主成矿期后的变质作用改造成矿期更进一步富集,形成富铅锌矿体。

H-48 异常区水系沉积物异常经 1:2 万沟系土壤地球化学测量检查,显示存在连续的高峰值、大范围铅锌银综合异常,沟系土壤地球化学 Pb、Zn、Ag 异常呈北西—南东展布,Pb 异常峰值  $200 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$  以上,Zn 异常峰值  $800 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$  以上,异常主体分布于泥盆系康布铁堡组上亚组第二岩性段主含矿层中,与地质特征相吻合。

在 H-48 异常进行路线地质调查时发现了较好的铜铅锌矿化,拣块样铜、铅、锌品位分别为 1.86%,

0.79%和2.33%,并且已发现了块状方铅矿矿体。

总之,H-48异常从成矿环境、成矿条件及找矿线索方面,都存在着寻找大型火山喷流沉积型铅锌矿的潜力。相信随着工作程度的不断加深,该区将成为麦兹盆地内一个新的亮点。

### 3.2 金的找矿潜力分析

麦兹盆地是一个大型的多金属成矿盆地,目前盆地中发现的成型矿床以铅、锌、铁矿为主,在金的找矿方面还未取得进展,但历年的工作也获得了不少信息。其他地方也有在铅锌矿上部层位找到金矿的实例,因此,在麦兹盆地开展金的找矿工作,必定会取得突破性成果。

近年来的工作表明,找金最有可能获得突破的是阿克哈仁地区,那里存在较强的金矿化,不仅地表有多条金矿化体存在,在钻孔中也见到了多层金矿化,其中金最高品位达到 $1.88 \times 10^{-6}$ 。该区次火山岩的存在也提供了热液活动充足的证据,为金的迁移、富集提供了载体。

另外,在大桥铅锌矿区也存在较普遍的金矿化,在铅锌含矿层中金的矿化情况为(厚度/品位,单位是 $\text{m}/10^{-6}$ ):2/0.23,2/0.33,2/0.23,1.5/0.33和2/0.41,以上均为刻槽样品。在铅锌矿上、下岩层中共取6件捡块样分析金,其品位均在 $0.23 \times 10^{-6}$ 左右。

### 3.3 铁的找矿潜力分析

铁的找矿主要应沿两个方面进行,一方面是在蒙库铁矿床深部开展找矿工作,通过近几年的工作,在一些矿体深部发现了富厚的盲矿体,如果对所有矿体都系统地开展深部找矿,将大大增加矿床的资源量。

另一方面是在结别特盆地中加大铁矿找矿力度,结别特盆地与蒙库铁矿所在的铁木下尔衮盆地同时发育形成,因此,也存在较大的铁矿找矿潜力。前人在该带上发现了多条铁矿体,但认为其成因类型不好,规模不大而没有进行深入系统的工作。目前在这个带内已有多条矿体被开采利用,因此具有找矿前景。

在麦兹盆地寻找铅锌矿、铁矿和金矿,均存在较大找矿空间和找矿潜力,对其开展进一步工作必将有所发现。

## References

- Guo Z L, Kang J C, Qiu Y J, Jiang J, Hu X P and Yin Y Q. 2006. Volcanic sedimentary structure evolution and mineralization of Mengku basin at south margin of Altai mountain, Xinjiang[J]. Mineral Resources and Geology, 20(4~5): 348~352 (in Chinese).
- Li J X, Jiang J, Hu X P, Kang J C and Yin Y Q. 2003. Geological features and genesis of the Mengku iron deposit in Fuyun, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 21(3): 307~311 (in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Wang J B, Zhang J H and Deng J N. 1998a. Metatogenic conditions for the Keketale-style large-scale Pb-Zn deposit on the southern margin of southern margin of Altai, Xinjiang[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 7(2): 65~74 (in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Zhang J H, Wang J B and Li S Q. 1998b. Prospecting criteria for the large-scale Pb-Zn deposit in the Keketale multimetal ore belt, Altai[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 7(3): 136~141 (in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Chen Y C and Xu Z G. 2002. Minerogenic series and metallogenetic regularity of the Altai metallogenic province, Xinjiang, China[M]. Beijing: Atomic Energy Press. 1~493 (in Chinese).
- Wang J B, Qin K Z, Wu Z L, Deng J N and Hu J H. 1998. Volcanic-Exhalative-Sedimentary lead zinc deposits in the southern margin of the Altai, Xinjiang[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~210 (in Chinese with English abstract).
- Wang S L, Guo Z L, Wang Y W and Mao Z L. 2005. Geological characteristics of Pb-Zn deposits in Devonian volcanic-sedimentary basins in the south margin of Altai mountain: case study of Keketale Pb-Zn deposit, Xinjiang, China[J]. Geology and Prospecting, 41(6): 27~33 (in Chinese with English abstract).
- Yin Y Q, Yang Y M, Li J X. 2005. Sediment-structural evolution and lead-zinc mineralization in the Devonian volcano-sedimentary Kelan basin in southern Altai, Xinjiang[J]. Geotectonica et Metallogenia, 29(4): 475~481 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J H, Feng B H, Jin H J, Liu B, Luo Y P, Jin Z M, Zhu M Z and Chen S Z. 1987. The genetic relationship between marine volcanic rocks and iron deposits at Abagong-Mengku area, Altai and ore-forming geological features[J]. Bulletin of Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, 20: 89~180 (in Chinese).
- Zhang J H, Wang J B and Ding R F. 2002. Characteristics and U-Pb ages of zircon in metavolcanics from the Kangbutiebao Formation in the Altai orogen, Xinjiang[J]. Regional Geology of China, 19(3): 281~287 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 郭正林,康吉昌,仇银江,姜俊,胡兴平,尹意求. 2006. 新疆阿尔泰山南缘蒙库盆地火山沉积构造演化与成矿[J]. 矿产与地质, 20(4-5): 348~352.
- 李嘉兴,姜俊,胡兴平,康吉昌,尹意求. 2003. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析[J]. 新疆地质, 21(3): 307~311.
- 秦克章,王京彬,张进红,邓吉牛. 1998a. 阿尔泰山南缘可可塔勒式大型铅锌矿床的成矿条件分析[J]. 有色金属矿产与勘查, 7(2): 65~74.
- 秦克章,张进红,王京彬,李思强. 1998b. 阿尔泰可可塔勒多金属矿带大型矿床的找矿评价标志[J]. 有色金属矿产与勘查, 7(3): 136~142.
- 王登红,陈毓川,徐志刚,等. 2002. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成

矿规律[M]. 北京: 原子能出版社. 1~493.

- 王京彬,秦克章,吴志亮,邓吉牛,胡剑辉. 1998. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1~210.
- 王书来,郭正林,王玉往,毛政利. 2005. 新疆阿尔泰山南缘产于泥盆纪火山-沉积盆地铅锌矿床地质特征-以可可塔勒铅锌矿床为例[J]. 地质与勘探, 41(6): 27~33.
- 尹意求,杨有明,李嘉兴. 2005. 新疆阿尔泰山南缘克兰盆地沉积构造演化与铅锌成矿[J]. 大地构造与成矿学, 29(4): 475~481.
- 张建中,冯秉襄,金浩甲,刘斌,罗玉鹏,金志明,朱美珠,陈书章. 1987. 新疆阿尔泰阿巴宫-蒙库海相火山岩与铁矿的生成系统及成矿地质特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 20: 89~180.
- 张进红,王京彬,丁汝福. 2000. 阿尔泰造山带康布铁堡组变质火山岩锆石特征和铀-铅年龄[J]. 中国区域地质, 19(3): 281~287.

<http://www.kcdz.ac.cn/>