

文章编号 10258-7106 (2008) 05-0596-09

阿尔泰造山带南缘和准噶尔板块北缘晚古生代构造演化及多金属成矿作用*

张海祥¹, 牛贺才², 沈晓明¹, 马 林¹, 于学元²

(1 中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学与地球化学重点实验室, 广东 广州 510640;

2 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘 要 研究表明,阿尔泰南缘和准噶尔北缘晚古生代大地构造演化及成矿作用均受古亚洲洋形成与演化的控制。晚古生代该地区经历了 3 个不同性质的构造演化阶段,同时伴有不同的多金属成矿作用。早泥盆世,由于古亚洲洋板块的俯冲,在阿尔泰南缘形成了一系列陆缘断陷盆地,并伴随以铅、锌、铜、铁多金属为主的矿化;同时,俯冲的古亚洲洋板块发生部分熔融,形成了埃达克岩及与其有关的铜矿床。随着板块俯冲的继续,中泥盆世出现了前弧盆地,并形成了铜-铅-锌多金属矿床。至石炭纪,西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块发生碰撞,在额尔齐斯缝合带附近出现了由于挤压作用而形成的金矿床,同时,在缝合带北侧(阿尔泰地区),由于壳型花岗岩的广泛发育,形成了稀有金属矿床。早二叠世,在额尔齐斯缝合带附近又发生了碰撞后的板内拉张作用,从而诱发了一系列与地幔作用有关的岩浆活动,形成了以喀拉通克为代表的铜-镍矿化。因此,阿尔泰南缘和准噶尔北缘晚古生代多金属找矿远景区包括:阿勒泰南缘早泥盆世火山-沉积盆地内铅、锌、铜及铁多金属矿床和准噶尔北缘早泥盆世与埃达克岩有关的铜矿床、中泥盆世前弧盆地内的铜多金属矿床、石炭纪额尔齐斯缝合带内与碰撞有关的金矿床及稀有金属矿床、早二叠世与板内拉张有关的铜-镍多金属矿床。

关键词 地质学 构造演化 成矿作用 晚古生代 阿尔泰南缘和准噶尔北缘

中图分类号: P611

文献标志码: A

Late Paleozoic tectonic evolution and polymetallic ore-forming processes in southern Altay and northern Junggar

ZHANG HaiXiang¹, NIU HeCai², SHEN XiaoMing¹, MA Lin¹ and YU XueYuan²

(1 Key Laboratory of Isotope Geochronology and Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

Abstract

Studies show that Late Paleozoic tectonic evolution and metallogenesis of southern Altay and northern Junggar are mainly controlled by the formation and evolution of the Paleo-Asian Ocean. Tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean during Late Paleozoic might be divided into three stages. In Early Devonian, the subduction of the Paleo-Asian Ocean plate began and some rift basins were formed on the continental margin of southern Altay. The ore-forming processes of such metals as lead, zinc, copper and iron occurred contemporaneously in these basins. At the same time, adakitic magma and copper deposits were produced by partial melting of sub-

* 本文得到国家重点基础研究发展计划(2007CB411303)和国家自然科学基金(40473016,40672057)的联合资助

第一作者简介 张海祥,男,1969 年生,博士,副研究员,主要从事岩石学与地球化学研究。E-mail: zhanghx@gig.ac.cn

收稿日期 2007-10-09; 改回日期 2008-03-23。许德煊编辑。

ducted Paleo-Asian Ocaen plate. In Middle Devonian, forearc basins were formed along with continuous subduction, and copper, lead and zinc metallogenesis occurred in these basins. The collision of Siberian Plate and Kazakhstan-Junggar Plate occurred in Carboniferous. Some gold deposits and rare metal deposits were formed along the Ertixi suture zone and in southern Altay due to this extrusion. In Early Permian, extension occurred around the Ertixi suture zone and resulted in some mantle magma activities. Some copper and nickel processes represented by Kelatongke took place in this stage. According to the relationship between tectonic evolution and metallogenesis of north Xinjiang, the authors hold that polymetallic ore-forming processes and perspective areas in north Xinjiang include lead, zinc, copper and iron deposits in Early Devonian volcano-sedimentary basins of southern Altay, Early Devonian copper deposits related to adakites, copper polymetallic deposits in Middle Devonian forearc basins, gold deposits and rare metal deposits related to Carboniferous collision within Ertixi suture zone and southern Altay, and copper-nickel polymetallic deposits related to Permian extension.

Key words: geology, tectonic evolution, metallogenesis, Late Paleozoic, southern Altay and northern Junggar

中亚造山带是全球显生宙最大的陆壳增生造山带之一,也是许多大型-超大型矿床的分布区域,是当今地质研究的热点地区之一。

本文的研究区为阿尔泰造山带南缘和准噶尔板块北缘(图 1),在构造上位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块的汇聚带,是中亚造山带的重要组成部分。研究表明,该区晚古生代古亚洲洋的形成和演化不仅控制着该区的构造演化,而且也制约着该区的多金属成矿作用。因此,研究古亚洲洋的形成和演化是该区晚古生代构造与成矿研究的关键。本文拟通过对研究区晚古生代构造演化及多金属成矿作用的综合分析,查明该区多金属成矿作用与大地构造之间的联系,并探讨该区的多金属成矿潜势及找矿远景。

1 晚古生代构造演化

本文主要讨论位于阿尔泰南缘和准噶尔北缘之间的额尔齐斯缝合带两侧晚古生代的大地构造演化。该区存在大面积的晚古生代火山岩,表明其经历了 3 个不同性质的构造演化阶段,即泥盆纪古亚洲洋板块俯冲,石炭纪板块碰撞及古亚洲洋闭合,早二叠世碰撞后的板内拉张。

1.1 泥盆纪板块俯冲阶段

笔者最近的研究发现,在准噶尔板块北缘的下泥盆统托让格库都克组火山岩中分布有代表大洋板块俯冲作用的早期产物——埃达克岩和富铌玄武岩,表明在阿尔泰南缘和准噶尔北缘,古亚洲洋板块在早泥盆世就已开始俯冲(张海洋等,2004 Zhang et al., 2005)。同时,在西伯利亚板块南缘,分布有一

系列 NW 向展布的火山-沉积盆地:麦兹盆地、克朗盆地以及冲乎尔盆地等(图 1)。这些盆地中广泛发育以下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿尔泰组为代表的火山-沉积建造。研究表明,下泥盆统康布铁堡组火山岩代表了活动大陆边缘的陆缘断陷盆地环境(牛贺才等,2006),它们是在古亚洲洋板块俯冲作用过程中形成的。

中泥盆世,随着古亚洲洋板块俯冲的继续,在阿舍勒盆地和沙尔布拉克地区(图 1)均出现了反映前弧特征的富镁火山岩系(牛贺才等,1999 张海洋等,2003a)。到中-晚泥盆世,在库尔提地区还出现了具有弧后盆地特征的库尔提蛇绿岩(图 1)(许继峰等,2001 张海洋等,2003b)。这表明,在阿尔泰南缘和准噶尔北缘,古亚洲洋板块的俯冲作用一直持续到中-晚泥盆世。

根据对富蕴至阿勒泰市一带及哈巴河县城和布尔津县城以北地区的观察,李锦轶等(2006a)认为,该地区泥盆纪和石炭纪地质体形成时的构造背景具有沟-弧-盆的特征,弧后盆地内的火山-沉积岩系以富蕴县城至库尔提一带出露的泥盆系和石炭系为代表。此外,李锦轶等(2006b)经研究认为,出露在乌恰沟一带的原来被划归为元古界的变质火山-沉积岩系,很可能是奥陶纪活动陆缘的残片,而在其南侧,则发育有泥盆纪至石炭纪的沟-弧-盆体系。因此,他们认为,古亚洲洋板块的俯冲作用一直持续到石炭纪。

1.2 石炭纪板块碰撞阶段

中-晚石炭世,古亚洲洋逐渐收缩直至闭合,西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块随之发生碰撞。碰撞期的火山活动以陆相为主,活动范围大幅减小。在西准噶尔的那林喀拉一带,以中石炭统恰

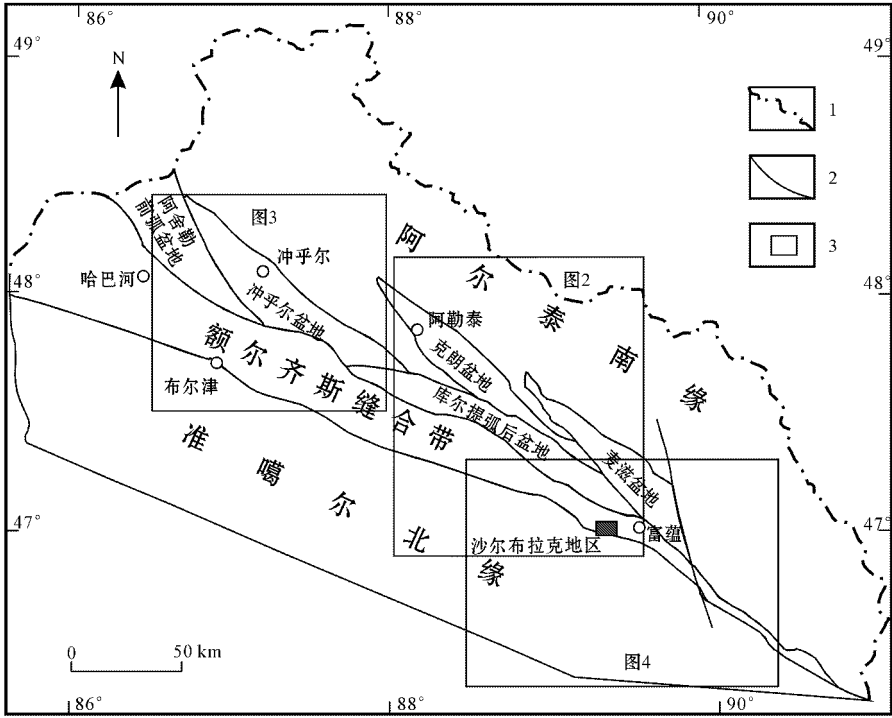


图 1 阿尔泰山南缘和准噶尔北缘晚古生代构造分区略图
1—国界；2—断裂；3—图 2、3、4 的位置

Fig. 1 Late Paleozoic tectonic sketch map of southern Altay and northern Junggar
1—National boundaries ; 2—Fault ; 3—Locations of Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4

其海组火山岩为代表,其岩性包括基性火山熔岩、火山碎屑岩和正常沉积的碎屑岩。碰撞作用不但诱发了陆相火山岩的喷发,也形成了一系列交代型花岗岩和壳型花岗岩,其中以哈巴河岩体最具代表性。由于强烈的碰撞挤压作用,在碰撞带附近还形成了一系列大型韧性剪切带和走滑断裂。

韩宝福等(2006)对准噶尔地区的晚古生代后碰撞深成岩进行了年代学研究,发现东、西准噶尔碰撞深成岩浆活动的时限基本相当,分别发生在 330~265 Ma 及 340~275 Ma。

1.3 早二叠世碰撞后的板内拉张阶段

与其他地区一样,西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块碰撞之后,又发生了板内拉张。拉张作用诱发了一系列岩浆侵入活动,其中以喀拉通克一带的辉长-苏长岩最具代表性。韩宝福等(2004)采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年方法,确定了喀拉通克 1 号岩体的形成年龄为 $(287 \pm 5) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.34$)。此外,由拉张作用诱发生成的碱性花岗岩侵入岩带,沿乌伦古河呈线状展布,断续出现,向西一直延伸到哈萨克斯坦的斋桑泊,东延至蒙古,在中国

境内长达 400 km。

同时,一些早二叠世的陆相火山岩分布在中石炭世火山岩盆地附近,但出露面积明显减小。该阶段内所形成的火山岩在化学成分上以富碱为特征,表明其为拉张环境下的产物。在该区西部,下二叠统哈尔加乌组为一套由玄武岩、粗安岩、碱性流纹岩和火山碎屑岩组成的偏碱性火山岩组合,其厚度达 2 000 m 而在该区东部,下二叠统扎河坝组的下部为火山熔岩和火山碎屑岩,其上部为煤系地层。

2 晚古生代多金属成矿作用

研究区内矿产资源十分丰富,是中国重要的贵金属、有色金属、稀有金属及宝玉石等矿产资源基地,目前已知矿种达 40 多种,其中,稀有金属、铜、镍、铅、锌、金及白云母、宝玉石等是该区的优势矿种。详细研究显示,该区晚古生代成矿作用具有明显的分带性,不同的成矿元素及组合分布在不同的构造带中,与不同大地构造演化阶段的不同类型的成矿作用密切相关(表 1)。

表 1 研究区各主要矿床(点)地质特征

Table 1 Geological characteristics of major deposits in the study area

典型矿床	类型	成矿时代	围岩	主要矿物组合	元素组合	蚀变特征	规模	成矿年龄来源
板块俯冲阶段								
可可塔勒铅锌矿床	海底火山喷流沉积改造型	D ₁	下泥盆统康布铁堡组凝灰质页岩、凝灰质粉砂岩、细砂岩和泥灰岩	黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	Fe-Zn-Pb-S	硅化、钾化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、绢云母化、似砷卡岩化、黄铁矿化	大型	康吉昌, 2003
蒙库铁矿床	喷流沉积、变质改造-岩浆热液叠加型	D ₁	下泥盆统康布铁堡组酸性火山岩、火山碎屑岩、碎屑岩、碳酸盐岩	磁铁矿	Fe	蚀变较弱, 部分地段见钙铁榴石、钙铁辉石、透闪石、透辉石等砷卡岩化蚀变	大型	杨良哲等, 2007
铁木尔特多金属矿床	VHMS 型	D ₁	下泥盆统康布铁堡组钾钠流纹岩建造的顶部含凝灰质的沉积变质岩	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿	Zn-Pb-Cu-Fe-S	沉积变质绿色片岩	大型	李嘉兴等, 2006
阿巴宫铁-磷-REE 矿床	火山热液型	385 Ma	下泥盆统康布铁堡组角砾凝灰岩夹片麻状凝灰岩、黑云母石英片岩、石英角斑质角砾熔岩	磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	Fe-P-REE-Pb-Zn	硅化、绢云母化、绿泥石化、似砷卡岩化	中型	牛贺才等, 2006
阿舍勒铜锌矿床	VMS 型	367 Ma	中泥盆统阿尔泰组细碧-角斑岩建造	黄铁矿、含铜黄铁矿、铜锌黄铁矿、重晶石	Cu-Zn-Pb-Ba-S	黄铁绢英岩化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、青磐岩化	大型	陈毓川等, 1996
板块碰撞阶段								
赛都金矿床	糜棱岩型	300 Ma	中泥盆统砂岩、粉砂岩、泥质岩、千枚岩夹泥质灰岩	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿	Fe-Cu-S	硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化	中型	程忠富等, 1996
多纳拉萨依金矿床	斑岩型	289 Ma	中泥盆统砂岩、粉砂岩、泥岩(千枚岩)、灰岩	黄铁矿、自然金、黄铜矿、磁黄铁矿、方铅矿	Fe-Au-Cu-Pb-S	硅化、黄铁矿化、绢云母化、钠长石化、碳酸盐化	中型	李华芹等, 1998
板内拉张阶段	岩浆型	281 Ma	下石炭统南明水组砾岩、凝灰质粉砂岩、泥板岩、硅质岩	磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、黄铁矿、紫硫镍矿、磁铁矿	Cu-Ni-Co-Au-S	蛇纹石化、皂石化、次闪石化、绿泥石化	大型	李华芹等, 1998

2.1 板块俯冲阶段

泥盆纪,随着古亚洲洋板块的俯冲,形成了大面积与俯冲作用有关的火山岩。伴随着火山-沉积作用,在阿尔泰南缘及准噶尔北缘形成了一系列与火山作用有关的金属矿产,包括:阿尔泰南缘由俯冲作用形成的陆缘断陷火山-沉积盆地内与下泥盆统康布铁堡组火山岩有关的可可塔勒铅-锌矿床、蒙库铁矿床、阿巴宫铁-磷-REE矿和铁木尔特多金属矿;准噶尔北缘与下泥盆统埃达克岩有关的铜多金属矿床中泥盆世阿舍勒火山-沉积盆地内的阿舍勒铜-铅-锌多金属矿床(表1)。

2.2 板块碰撞阶段

碰撞作用诱发了阿尔泰地区及北准噶尔地区又一次新的矿化高峰。在额尔齐斯缝合带附近的一些大型韧性剪切带中,形成了多纳拉萨依、赛都等金矿床(表1)。在该缝合带北侧(阿尔泰地区),由于壳型花岗岩的广泛发育,形成了一系列铍、锂、铌、钽、铷、铯、云母及宝石等矿床。该阶段矿化作用的另一个表现是,对海西早期形成的火山岩型矿床的改造。无论是可可塔勒铅-锌矿床,还是阿舍勒铜-锌矿床,均受到碰撞作用的影响,使其发生变形、变质作用,并在一定程度上扩大了金属储量。

2.3 板内拉张阶段

在该区,板内拉张作用诱发了一些与地幔作用有关的岩浆岩侵入体(苏长-辉长岩),并伴随形成了一系列与之有关的矿床,如喀拉通克铜镍硫化物矿床(表1)。在拉张环境下,也侵位了一系列中酸性侵入体(李华芹等,1998),且形成一些相关矿床(如哈图金矿等)。

因此,在阿尔泰南缘及准噶尔北缘,晚古生代大地构造演化与该区矿床的形成和定位之间,存在着密切的成因联系,这也为该区的找矿远景预测提供了理论依据。

3 晚古生代多金属成矿潜势及找矿远景

矿产是地质作用过程的产物,不同的地质演化过程造就了不同的金属矿床。在阿尔泰南缘和准噶尔北缘,分布着稀有金属、黑色金属、有色金属和贵金属等矿床。从构造分区和矿带划分上看,这些矿床的形成环境不尽相同,因此,在评估其成矿远景时所采用的限定条件也是不统一的。根据阿尔泰南缘和准噶尔北缘晚古生代大地构造演化与多金属成矿

之间的关系,笔者认为,对该区,今后要注意在下列重点地区寻找不同类型的矿床。

3.1 阿尔泰南缘早泥盆世火山-沉积盆地内的铅、锌、铁及多金属矿床

在阿尔泰南缘的克朗和麦兹陆缘断陷盆地中,已发现了可可塔勒铅-锌矿、蒙库大型铁矿、阿巴宫铁-磷-REE矿、铁木尔特多金属矿等矿床(图2)。这些矿床的形成均与康布铁堡组地层有关,具有明显的层控特征。因此,今后对这2个火山-沉积盆地,要重点注意与康布铁堡组火山岩有关的铅、锌、铁及多金属矿床。其中,麦兹盆地内的铅、锌、铜、银等元素的地球化学异常密集,范围大,强度高,浓集中心明显,具有较好的找矿前景,特别是铅、锌的找矿前景更为乐观。而克朗盆地内的铜、铅、锌、银等元素的地球化学异常显示明显,范围较大,并且有较好的浓集中心,具有很好的找矿远景;更为重要的是,近年在该盆地内已发现了具有工业价值的金矿化点(如萨热阔希金矿等)。

值得注意的是,在以往被认为与克朗和麦兹盆地具有相同成因的冲乎尔盆地内,并未发现大型的铅、锌、铁等矿床,只有一些铜、铅、锌等元素的地球化学异常点(图3)。最近的研究也表明,冲乎尔盆地与克朗及麦兹盆地之间确实存在着差异(牛贺才等,2006)。因此,对于本节所述的这个类型的铅、锌、铁及多金属矿床而言,冲乎尔盆地并非理想的远景区。

3.2 准噶尔北缘与埃达克岩有关的铜多金属矿床

在准噶尔北缘的额尔齐斯断裂带内,分布着许多铜多金属矿床(化),以前,对于这些矿床(化)的形成没有统一的认识。笔者在研究该区的埃达克岩时发现,许多铜多金属矿床(化)常与埃达克岩共生(图4),而且,也有很多其他研究者(Mungall, 2002; Reich et al., 2003; 张连昌等, 2004; Wang et al., 2006a; 2006b)发现,埃达克岩的确与许多大型铜、金矿床的形成密切相关,因此,准噶尔北缘的额尔齐斯断裂带内与埃达克岩有关的铜多金属矿是该地区今后找矿的重点。

3.3 前弧盆地内的铜多金属矿床

阿舍勒前弧盆地内分布的下-中泥盆统火山-沉积岩是理想的有色金属矿源层,对形成有色金属矿,特别是铜矿极为有利。同时,该盆地内断裂发育,岩浆活动强烈,对导矿、控矿较为有利。研究表明,该盆地内钼、铜、铅、锌等元素的地球化学异常明显,范围大、强度高、浓集中心明显。目前,已在阿舍

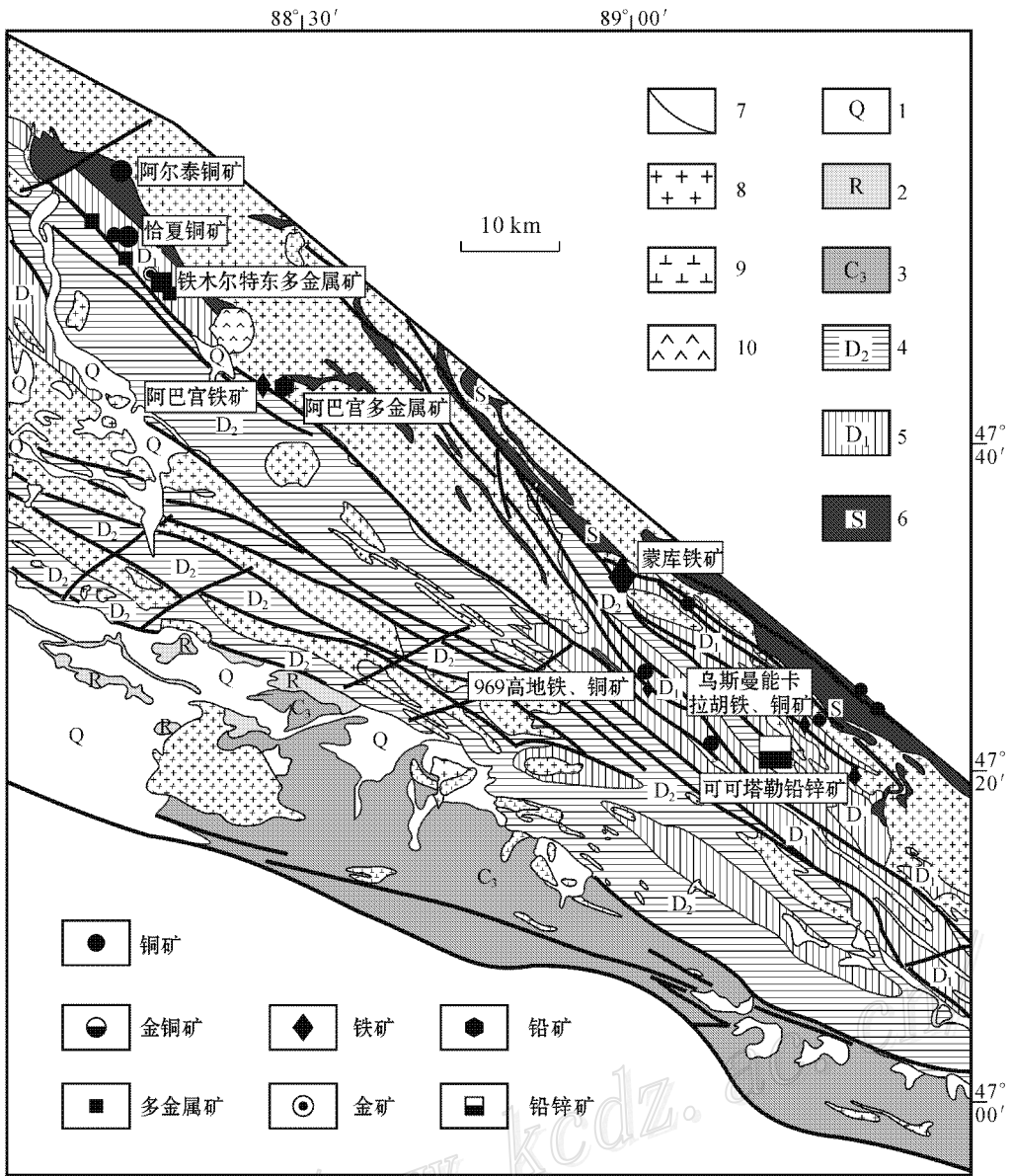


图 2 阿尔泰南缘和准噶尔北缘麦兹盆地及克朗盆地内矿床的分布

1—第四系；2—第三系；3—上石炭统；4—中泥盆统；5—下泥盆统；6—志留系；7—断层；8—燕山期花岗岩；9—海西期花岗岩；10—海西期闪长岩

Fig. 2 Distribution of ore deposits in Maizi and Kelang basins of southern Altay and northern Junggar

1—Quaternary；2—Tertiary；3—Upper Carboniferous；4—Middle Devonian；5—Lower Devonian；6—Silurian；7—Fault；8—Yanshanian granite；9—Hercynian granite；10—Hercynian diorite

勒前弧盆地内发现了北疆最大的阿舍勒铜锌矿床。此外,在阿舍勒矿床的外围又发现了如卡英德、桦树沟等新的铜、锌矿化点。这些都说明阿舍勒盆地的成矿潜力较大,是理想的找矿远景区。

沙尔布拉克地区分布有很多铜多金属矿床,包括耶森喀拉东铜矿、乔夏哈拉金铜矿、依铁克金铜矿、也克沙尔布拉克金铜矿等(图 4)。以前,对这些

矿床的成矿专属性并无明确认识,经研究发现,它们均分布在沙尔布拉克地区中泥盆统的北塔山组火山-沉积地层中(图 4),可能与沙尔布拉克中泥盆世前弧盆地有关,今后在该地区要特别注意寻找此类矿床。

3.4 额尔齐斯缝合带内与碰撞有关的金矿床

在额尔齐斯缝合带,由于强烈的碰撞挤压作用,在碰撞带附近形成了一系列大型韧性剪切带和

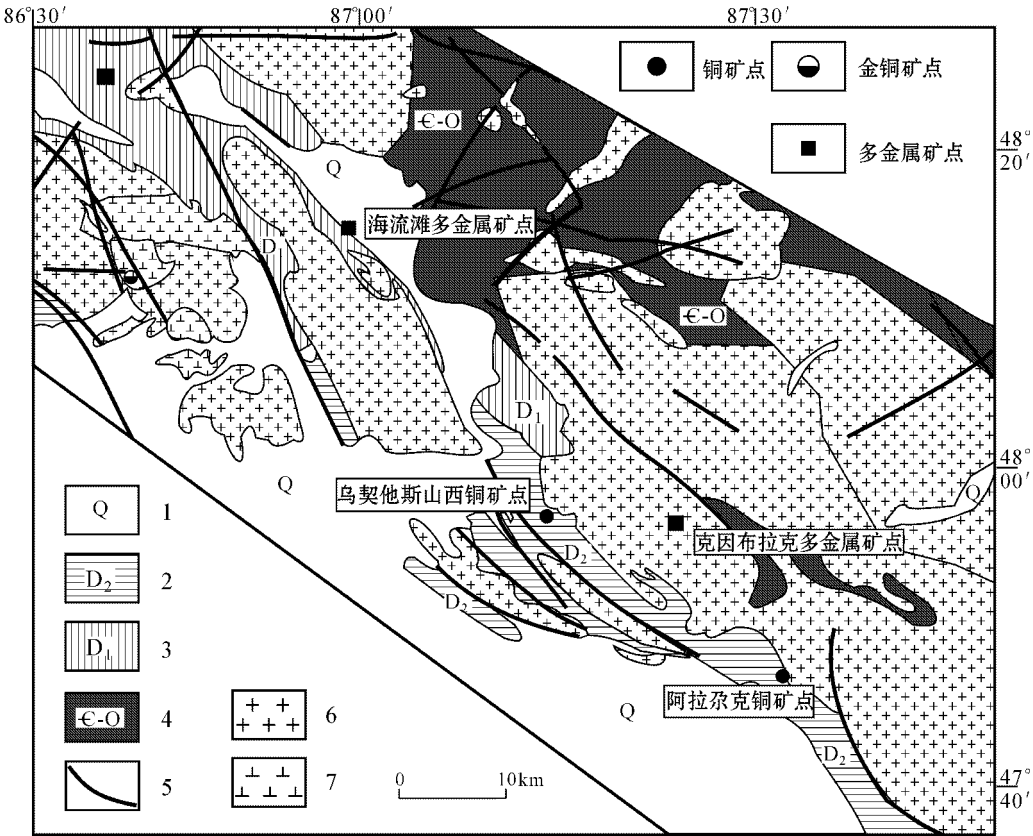


图 3 阿尔泰山南缘和准噶尔北缘冲乎尔盆地内矿点的分布

1—第四系；2—中泥盆统；3—下泥盆统；4—寒武系-奥陶系；5—断层；6—海西期花岗岩；7—海西期闪长岩

Fig. 3 Distribution of ore spots in Chonghuer basin of southern Altay and northern Junggar

1—Quaternary；2—Middle Devonian；3—Lower Devonian；4—Cambrian-Ordovician；5—Fault；6—Hercynian granite；7—Hercynian diorite

走滑断裂。同时,在 2 大构造单元的接合部位,金背景值较高的含碳质浊积岩为成矿准备了物质基础,加上区内较强烈的构造-岩浆活动为成矿物质的活化和迁移提供了丰富的热源,因此,金成矿条件优越。目前,已在该缝合带附近的一些大型韧性剪切带中发现了多纳拉萨依、赛都、沙尔布拉克等金矿床。通过更详细的地质-地球化学研究,可望在该带内取得探寻金矿的新突破。

3.5 与板内拉张有关的铜多金属矿床

在早二叠世,由于哈萨克斯坦-准噶尔板块的离散,额尔齐斯缝合带附近发生了拉张作用,诱发了一系列与地幔作用有关的岩浆活动,形成了以喀拉通克为代表的铜-镍矿化,其形成、定位与侵入岩有关,是板块聚合后重新离散过程的产物。

4 结 论

晚古生代,阿尔泰山南缘和准噶尔北缘的大地构

造经历了 3 个不同性质的构造演化阶段,同时伴有不同的多金属成矿作用。早泥盆世,由于古亚洲洋板块向西伯利亚板块的俯冲,在阿尔泰山南缘形成了一系列陆缘断陷盆地,发育了以拉张为特征的火山-沉积建造,并伴生以铅、锌、铜、铁多金属为主的矿化。同时,俯冲的古亚洲洋板块发生部分熔融,形成了埃达克岩及富铯玄武岩,并形成了与埃达克岩有关的铜矿床。随着板块俯冲的继续,在中泥盆世,出现了前弧盆地以及具有前弧特征的富镁火山岩,并形成了与这套火山岩有关的铜-铅-锌多金属矿床。至石炭纪,西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块发生碰撞,由于强烈的碰撞挤压作用,在碰撞带附近形成了一系列大型韧性剪切带和走滑断裂,在额尔齐斯缝合带附近出现了由于挤压作用而形成的金矿床。早二叠世,在额尔齐斯缝合带附近又发生了碰撞后的板内拉张作用,诱发了一系列与地幔作用有关的岩浆活动,形成了以喀拉通克为代表的铜-镍矿化。

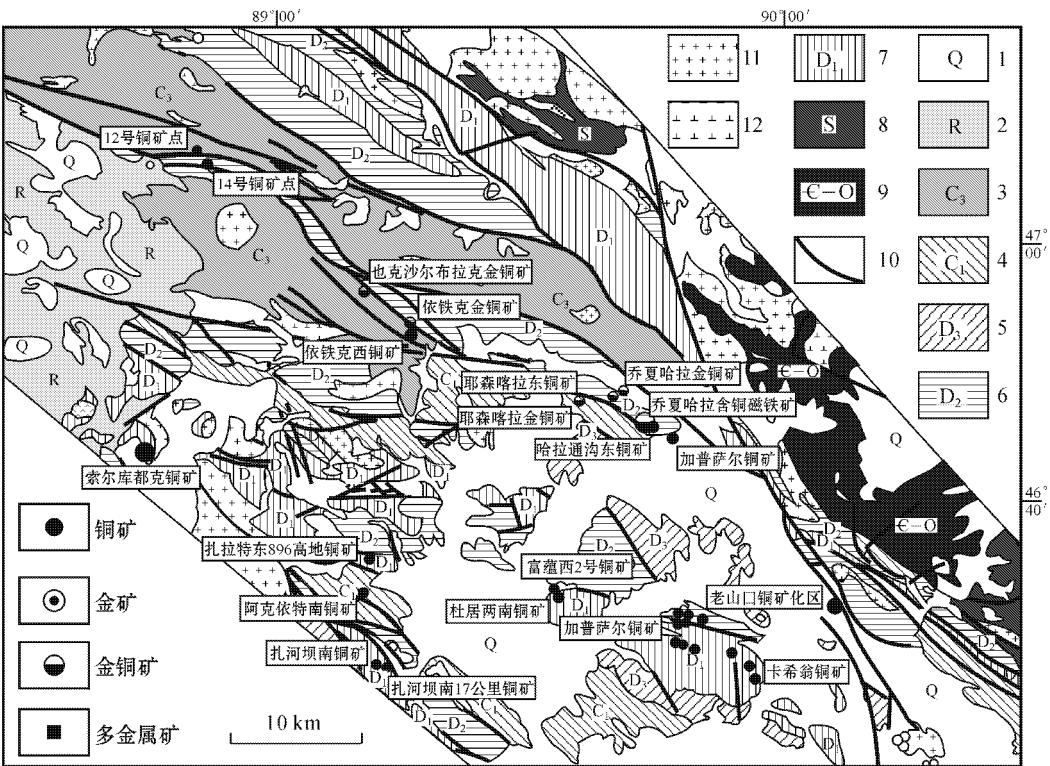


图 4 准噶尔北缘与早泥盆世埃达克岩相关的铜矿及沙尔布拉克地区与中泥盆统北塔山组相关的铜金矿的分布
1—第四系；2—第三系；3—上石炭统；4—下石炭统；5—上泥盆统；6—中泥盆统；7—下泥盆统；8—志留系；
9—寒武系-奥陶系；10—断裂；11—海西期花岗岩；12—海西期闪长岩

Fig. 4 Copper deposits related to Early Devonian adakites and copper-gold deposits related to Middle Devonian Beitashan Formation in northern Junggar

1—Quaternary；2—Tertiary；3—Upper Carboniferous；4—Lower Carboniferous；5—Upper Devonian；6—Middle Devonian；
7—Lower Devonian；8—Silurian；9—Cambrian-Ordovician；10—Fault；11—Hercynian granite；12—Hercynian diorite

因此,阿尔泰南缘和准噶尔北缘晚古生代多金属成矿潜势及找矿远景区包括:早泥盆世阿尔泰南缘火山-沉积盆地内的铅、锌、铜和铁多金属矿床及准噶尔北缘与埃达克岩有关的铜矿床;中泥盆世前弧盆地内的铜多金属矿床;石炭纪额尔齐斯缝合带内与碰撞有关的金矿床;早二叠世与板内拉张有关的铜-镍多金属矿床。

References

Chen Y C, Ye Q T and Feng J. 1996. Metallogenetic conditions and prediction of the Ashele copper and zinc metallogenetic belt [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-143 (in Chinese).
Cheng Z F and Nui X J. 1996. Minerogenetic characteristics of Saidu gold deposit in Habahe County [J]. Xinjiang Geology, 14(3): 247-254 (in Chinese with English abstract).
Han B F, Ji J Q, Song B, Chen L H and Li Z H. 2004. SHRIMP zircon U-Pb ages of Kalatongke and Huangshandong Cu-Ni-bearing mafic-

ultramafic complexes, north Xinjiang and geological implications [J]. Chinese Science Bulletin, 49(22): 2324-2328 (in Chinese).
Han B F, Ji J Q, Song B, Chen L H and Zhang L. 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism [J]. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1077-1086 (in Chinese with English abstract).
Kang J C. 2003. Geological characteristics of Kekedale lead-zinc deposit and its origin [J]. Non-ferrous Metal of Xinjiang, (4): 9-13 (in Chinese with English abstract).
Li H Q, Xie C F and Chang H L. 1998. Mineralization chronology of noble metal deposits in northern Xinjiang [M]. Beijing: Geol. Pub. House, 26-241 (in Chinese).
Li J X and Yin Y Q. 2006. Contrast between Hongdun and Tiemuerte lead-zinc deposits in the Kelan basin, Xinjiang [J]. Geology and Prospecting, 42(1): 7-11 (in Chinese with English abstract).
Li J Y, He G Q, Xu X, Li H Q, Sun G H, Yang T N, Gao L M and Zhu Z X. 2006a. Crustal tectonic framework of northern Xinjiang and adjacent regions and its formation [J]. Acta Geologica Sinica,

- 80(1):148-168 (in Chinese with English abstract).
- Li J Y, Wang K Z, Sun G H, Mo S G, Li W Q, Yang T N and Gao L M. 2006b. Paleozoic active margin slices in the southern Turfan-Hami basin: Geological records of subduction of the Paleo-Asian Ocean plate in central Asian regions [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5):1087-1100 (in Chinese with English abstract).
- Mungall J E. 2002. Roasting the mantle: Slab melting and the genesis of major Au and Au-rich Cu deposits [J]. *Geology*, 30:915-918.
- Niu H C, Xu J F, Yu X Y, Chen F R and Zheng Z P. 1999. Discovery of Mg-rich volcanic rock series in western Altay area, Xinjiang and its geologic significance [J]. *Chinese Science Bulletin*, 44:1685-1687 (in Chinese).
- Niu H C, Yu X Y, Xu J F, Shan Q, Chen F R, Zhang H X and Zheng Z P. 2006. Late Paleozoic volcanism and associated metallogenesis in the Altay area, Xinjiang, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-82 (in Chinese).
- Reich M, Parada M A, Palacios C, Dietrich A, Schultz F and Lehmann B. 2003. Adakite-like signature of Late Miocene intrusions at the Los Pelambres giant porphyry copper deposit in the Andes of central Chile: Metallogenic implications [J]. *Mineral. Deposita*, 38:876-885.
- Wang Q, Wyman D A, Xu J F, Zhao Z H, Jian P, Xiong X L, Bao Z W, Li C F and Bai Z H. 2006a. Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): Implications for geodynamics and Cu-Au mineralization [J]. *Lithos*, 89:424-446.
- Wang Q, Xu J F, Jian P, Bao Z W, Zhao Z H, Li C F, Xiong X L and Ma J L. 2006b. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting in Dexing, South China: Implications for the genesis of porphyry copper mineralization [J]. *J. Petrol.*, 47:119-144.
- Xu J F, Chen F R, Yu X Y, Niu H C and Zheng Z P. 2001. Kuerti ophiolite in Altay area of north Xinjiang: magmatism of an Ancient back-arc basin [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 20:344-35 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H X, Niu H C, Yu X Y, Hiroaki S, Junichi I and Shan Q. 2003a. The geochemical characteristics of boninites and its tectonic significance in Shaerbulake, Fuyun County, north Xinjiang [J]. *Geochimica*, 32(2):155-160 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H X, Niu H C, Kentaro T, Yu X Y, Hiroaki S and Junichi I. 2003b. Zircon SHRIMP U-Pb dating on plagiogranite from kuerti ophiolite in Altay, North Xinjiang [J]. *Chinese Science Bulletin*, 48(12):1350-1354 (in Chinese).
- Zhang H X, Niu H C, Hiroaki S, Shan Q, Yu X Y, Jun 'ich I and Zhang Q. 2004. Late Paleozoic adakite and Nb-enriched basalt from northern Xinjiang: Evidence for the southward subduction of the Paleo-Asian Ocean [J]. *Geological Journal of China Universities*, 10(1):108-117 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H X, Niu H C, Hiroaki S, Yu X Y, Shan Q, Zhang B Y, Junichi I and Takashi N. 2005. Late Paleozoic adakites and Nb-enriched basalts from northern Xinjiang, NW China: Evidence for the southward subduction of the Paleo-Asian Oceanic Plate [J]. *The Island Arc*, 14(1):55-68.
- Zhang L C, Qin K Z, Ying J F, Xia B and Shu J S. 2004. The relationship between ore-forming processes and adakitic rock in Tuwu-Yandong porphyry metallogenic belt, eastern Tianshan Mountains [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 20(2):259-268 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈毓川, 叶庆同, 冯京. 1996. 阿舍勒铜锌成矿带成矿条件和成矿预测 [M]. 北京: 地质出版社. 1-143
- 程忠富, 芮行健. 1996. 哈巴河县赛都金矿成矿特征探讨 [J]. *新疆地质*, 14(3):247-254.
- 韩宝福, 季建清, 宋彪, 陈立辉, 李宗怀. 2004. 新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁-超镁铁杂岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *科学通报*, 49(22):2324-2328.
- 韩宝福, 季建清, 宋彪, 陈立辉, 张磊. 2006. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长 (I) 后碰撞深成岩浆活动的时限 [J]. *岩石学报*, 22(5):1077-1086.
- 康吉昌. 2003. 可可塔勒铅锌矿床地质特征及成因初探 [J]. *新疆有色金属*, (4):9-13.
- 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. 26-241.
- 李嘉兴, 尹意求. 2006. 新疆克兰盆地红墩铅锌矿床与铁木尔特铅锌矿床的对比研究 [J]. *地质与勘探*, 42(1):7-11.
- 李锦轶, 何国琦, 徐新, 李华芹, 孙桂华, 杨天南, 高立明, 朱志新. 2006a. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨 [J]. *地质学报*, 80(1):148-168.
- 李锦轶, 王克卓, 孙桂华, 莫申国, 李文铅, 杨天南, 高立明. 2006b. 东天山吐哈盆地南缘古生代活动陆缘残片中亚地区古亚洲洋板块俯冲的地质记录 [J]. *岩石学报*, 22(5):1087-1102.
- 牛贺才, 许继峰, 于学元, 陈繁荣, 郑作平. 1999. 新疆西阿尔泰山地区富镁火山岩系的发现及其地质意义 [J]. *科学通报*, 44:1685-1687.
- 牛贺才, 于学元, 许继峰, 单强, 陈繁荣, 张海祥, 郑作平. 2006. 中国新疆阿尔泰山晚古生代火山作用及成矿 [M]. 北京: 地质出版社. 1-82.
- 许继峰, 陈繁荣, 于学元, 牛贺才, 郑作平. 2001. 新疆北部阿尔泰山地区库尔提蛇纹岩: 古弧后盆地系统的产物 [J]. *岩石矿物学杂志*, 20(3):344-352.
- 张海祥, 牛贺才, 于学元, Hiroaki Sato, Junichi Ito, 单强. 2003a. 新疆北部富蕴县沙尔布拉克玻安岩的地球化学特征及构造意义 [J]. *地球化学*, 32(2):155-160.
- 张海祥, 牛贺才, Kentaro Terada, 于学元, Hiroaki Sato, Junichi Ito. 2003b. 新疆北部阿尔泰山地区库尔提蛇纹岩中斜长花岗岩的 SHRIMP 年代学研究 [J]. *科学通报*, 48(12):1350-1354.
- 张海祥, 牛贺才, Hiroaki Sato, 单强, 于学元, Jun 'ich Ito, 张旗. 2004. 新疆北部晚古生代埃达克岩-富铌玄武岩组合: 古亚洲洋板块南向俯冲的证据 [J]. *高校地质学报*, 10(1):108-117.
- 张连昌, 秦克章, 英基丰, 夏斌, 舒建生. 2004. 东天山土屋-延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系 [J]. *岩石学报*, 20(2):259-268.