

文章编号:0258-7106(2003)03-0234-12

蒙甘新相邻(北山)地区金铜矿床时空分布特征及成矿作用*

聂凤军¹ 江思宏¹ 白大明¹ 刘妍¹ 张义¹ 赵月明²
安存杰² 王新亮² 苏新旭²

(1 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037; 2 内蒙古地质调查院,内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要 文章首次对蒙甘新相邻(北山)地区各类金、铜和铜-镍矿床(点)地质特征、成因类型和空间分布特点进行了系统总结,论证了金、铜和铜-镍成矿作用与古生代岩浆活动的关系,对区域地壳演化过程中金、铜和铜-镍成矿的动力学机制进行了深入讨论。研究表明,该区的金矿床(点)大体可划分为变质岩型、火山岩型、斑岩型和深成侵入岩型;铜矿床(点)有斑岩型、夕卡岩型和铜-镍硫化物型。金和铜矿床(点)大都沿古板块汇聚带分布,与海西期火成岩具密切的时空分布关系,它们是古板块对接碰撞期和碰撞期后大规模构造-岩浆活动的产物。

关键词 地质学 金矿床 铜矿床 海西期岩浆活动 成矿作用 蒙甘新相邻(北山)地区

中图分类号:P618.51; P618.41

文献标识码:A

蒙甘新相邻(北山)地区呈东西向延伸,西与东天山相连,东于弱水被巴丹吉林沙漠掩盖,南至敦煌盆地北缘,北与蒙古国戈壁天山毗邻,东西长 520 km,南北宽 254 km,面积约为 13 万平方公里(聂凤军等,2000;刘雪亚等,1995)。从大地构造位置上看,该区地处塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚和华北 4 大古板块汇聚地带(图 1)。区内的前寒武纪和古生代地层出露广泛,深大断裂纵横交错,各类岩浆岩十分发育,金、铜和铜镍矿床(点)星罗棋布,是我国最重要的贵金属和有色金属矿化集中区之一。

本区系统的区域地质调查和找矿勘查工作始于 20 世纪 50 年代末期。迄今为止,中小比例尺(1:20 万和 1:50 万)区域地质调查和物化探测量工作已全部完成。同时,关键地区 1:5 万区域地质调查和相应的金属矿产资源评价工作也获重要进展。通过上述工作,先后发现金、铜和铜-镍矿床(点)百余处,其中代表性金矿床有南金山、马庄山、金窝子、拾金坡、老金厂、新金厂和小西弓;铜矿床有公婆泉、白山堂和辉铜山;铜-镍矿床有黄山、黄山东、土墩和葫芦。

需要指出的是,近 4 年来,随着国家矿产资源地质调查项目的实施,在该区范围内又获得了一大批新数据和成果,进一步深化了对贵重和有色金属成矿作用的认识^①(聂凤军等,2002a;2003)。

1 成矿地质环境

蒙甘新相邻(北山)地区的主体是哈萨克斯坦板块的东延部分(为叙述方便,以下简称为哈东板块),其北界位于北纬 42° 以北的骆驼山—红石山—黑鹰山一线,南界位于柳园—大奇山一带(图 1)。该板块的北侧为西伯利亚板块,南部和东南侧分别为塔里木和华北板块。哈东板块自南向北大体可划分为 3 部分,即南部陆缘活动带、马鬃山中间地块和北部陆缘活动带(聂凤军等,2002b;刘雪亚等,1995)。南部陆缘活动带由花牛山地体和柳园—大奇山地体组成,出露的地层主要为奥陶系-泥盆系和石炭系-二叠系海陆交互沉积岩和中酸性火山岩,其内见有不连续分布的蛇绿岩体。马鬃山中间地块是哈东板块

* 本文得到国家自然科学基金(编号:40073015)和国土资源大调查项目(编号:K1.3.32)的联合资助

第一作者简介 聂凤军,男,1956 年生,研究员,博士生导师。主要从事岩石学和矿床地球化学研究。通讯地址:北京百万庄大街 26 号。

E-mail: nfej@mx.cei.gov.cn

收稿日期 2002-02-19;改回日期 2003-03-10。李岩编辑。

① 聂凤军,江思宏,白大明,等. 2000. 蒙甘新相邻(北山)地区综合找矿预测与评价. 中国地质科学院地质调查项目技术报告. 1~14.

的主体,基底岩层主要为长城系白湖群、蓟县系平头山群和青白口系大豁落山群变质沉积岩,其上不整合覆盖有古生代火山-沉积岩,它们的成岩环境、岩性组合和变形变质特征均可与研究区西部的伊犁、哈密及卡瓦布拉克中间地块相对比(周济元等,1996;刘雪亚等,1995)。北部陆缘活动带位于马鬃山中间地块北侧,由公婆泉-月牙山地体和红石山-黑鹰山地体组成,出露的地层与南部陆缘活动带相似,主要为奥陶系-志留系碎屑岩和石炭系中酸性火山岩,局部地段分布有蛇绿岩。在本区的最北侧分布有西伯利亚板块的乌珠尔嘎顺和雀儿山地体,这两个地体主要由奥陶系咸水湖组和罗雅楚山组碎屑岩、中酸性火山岩和灰岩构成,局部地段见有志留系和泥盆系火山碎屑岩和砂砾岩。与此相比,研究区最南侧分布有敦煌地块(属塔里木板块)安北-旧寺墩构造带,该构造带主要由前寒武纪混合岩、片麻岩、片岩和大理岩组成(又称北山杂岩),其岩相学和构造特征可与敦煌群相对比(甘肃省地质矿产局,1989)。

研究区西北一隅的大地构造样式较为复杂,对该地段构造-地层单元的划分存在较大的分歧,争论的焦点是它们究竟属塔里木板块、哈萨克斯坦板块?还是西伯利亚板块?各板块边界在何处?尽管对上述问题尚未形成统一的认识,但是均承认东疆的康古尔塔格断裂带已延伸至本区,并且将其视为塔里木板块与哈萨克斯坦板块的分界线(周济元等,1996)。该断裂两侧晚古生代硅质岩、碳酸盐、蛇绿混杂岩和镁铁-超镁铁质侵入岩分布广泛,其中后者与铜镍硫化物矿床具密切的空间分布关系。

区内不同规模和各种走向的断裂构造极为发育,骆驼山-红石山-黑鹰山断裂、明水-石板井-小黄山和柳园-大奇山深大断裂不仅是前述古板块的碰撞、对接和俯冲带,同时也是岩浆和热液流体上升运移的通道,断裂带两侧星罗棋布的铜、镍矿床以及各类镁铁-超镁铁质火成岩即是很好的佐证。需要提及的是,由于受且末-星星峡北东向断裂活动的影响,研究区西北地域的构造-地层单元可产生一定规模的位移,位错距离为几十到百余公里(图1)。另外,区内不同类型和各种规模的侵入岩十分发育,如在哈东板块北部陆缘活动带,花岗岩类岩体约占全部岩层(体)出露面积的28%。在所有前寒武纪、古生代和中生代侵入岩中,以海西期花岗岩类最为发育,并且与众多金、铜和铜-镍矿床(点)具

密切的空间分布关系。

2 金、铜和铜-镍矿床时空分布特征与类型划分

本区是一个以金和铁为主,同时又有铜、镍、铅-锌-银和钼金属矿化的矿化集中区。同其他类型金属矿床(点)一样,本区金、铜和铜-镍矿床无论在产出环境上,还是在地质与地球化学特征方面均不同于我国西北地区其他成矿带内的同类矿床,究其原因,很可能与本地区独特的区域元素地球化学背景、成矿地质条件和独特的地壳演化过程有关。

2.1 金、铜和铜-镍矿床时空分布特征

区内金、铜和铜-镍矿床(点)多呈群、带或片在一个有限的空间范围内产出,它们既可呈孤岛状存在,也可彼此相连构成规模较大的矿化集中区(图1)。根据金属矿床(点)容矿围岩、空间分布、形成时代和元素组合特点,可将本区划分为4个金矿化集中区、2个铜矿化集中区和1个铜-镍矿化集中区。金矿化集中区包括460-狼娃山(A1)、南金山-金窝子(A2)、新金厂-拾金坡(A3)和小西弓-小宛南山(A4);铜矿化集中区有公婆泉(B1)和白山堂(B2);铜-镍矿化集中区为黄山-葫芦(C)(图1)。如若从大尺度地理范围角度看,各金、铜和铜镍矿化集中区可组成若干东西向延伸的条带,并且以研究区为中心,向西与东天山铜和金成矿带相连进入新疆腹地,向东跨越巴丹吉林沙漠延伸到阿拉善地块(聂凤军等,2002b)。

小西弓-小宛南山(A4)和新金厂-拾金坡金矿化集中区(A3)分别位于本区最南部的敦煌地块和哈东板块南部陆缘活动带内(图1),区内各种类型和不同规模的金矿床(点)星罗棋布,为西北地区金矿化分布最密集的地段(聂凤军等,2000;2002a;2002b;崔惠文等,1996;陈祖伊等,1993)。西起金滩子,东到金庙井,在这一东西长约480 km,南北宽15~45 km的地带内,产出有中型金矿床6处,小型金矿床和金矿化点24处。除小西弓和小宛南山金矿床位于柳园-大奇山深大断裂带南侧敦煌地块内外,其余金矿床(点)大都在哈东板块柳园-大奇山地体和花牛山地体(属南部陆缘活动带)海西期富碱火山岩和侵入岩体内产出,代表性矿床有新金厂、老金厂和拾金坡金矿床。需要提及的是,该区铜矿化相对较弱,辉铜山是迄今为止找到的唯一一处具有工业价

值的铜矿床。

白山堂铜矿化集中区和南金山—金窝子金矿化集中区分别位于马鬃山中间地块东西两侧(图 1),铜和金矿床(点)大都在其边缘裂陷盆地或断裂带内产出,并且同海西期富碱火山岩和花岗岩类侵入岩具密切的空间分布关系,代表性矿床有马庄山、南金山、金窝子和 210 金矿床以及地块东南边缘裂陷槽内的白山堂铜(铅)矿床。

460—狼娃山金矿化集中区(A1)和公婆泉铜矿化集中区(B1)位于研究区北部,除部分金矿床(点)沿西伯利亚板块和哈东板块汇聚带分布外,其余铜和金矿床(点)均在哈东板块北部陆缘活动带内产出(图 1)。该活动带主要由公婆泉地体和红石山—黑鹰山地体构成。金矿化多沿各不同构造-地层单元分界线分布,并且与海西期富碱火山岩或花岗岩类侵入岩体具密切的时空分布关系。代表性矿床有 460、扫子山和霍勒扎德盖东金矿床。与金矿床(点)相比,铜矿化多集中分布在公婆泉地体的公婆泉岛弧带内,与志留系中酸性火山-侵入杂岩体有关,代表性矿床为公婆泉铜矿床、大口子铜矿点、红柳沟铜矿点、贾不泉铜矿点和红星山铜铁矿点(王大为等,1995)。另外,本区最北部的西伯利亚板块乌珠尔嘎顺和雀儿山地体内也产出有一系列金铜矿点,具有良好的找矿前景,如小甜水井金矿预查区、乌珠尔嘎顺和额勒根乌兰乌拉铜矿预查区(聂凤军等,2002b)。

黄山—葫芦铜-镍矿化集中区(C)位于研究区西北角(图 1),铜镍矿化沿康古尔塔格深大断裂东段南北两侧产出,并且同海西期镁铁-超镁铁质侵入杂岩体具密切的时空分布关系,代表性矿床有黄山、黄山东、土墩和葫芦铜镍硫化物矿床(黄崇轲等,2001)。

2.2 金、铜和铜-镍矿床类型

研究区范围内金、铜和铜-镍矿床(点)的产出特点可概述为分布广泛、类型繁多、成矿时代相对集中和容矿围岩复杂。另外,在所有收集到的 82 处金、铜和铜-镍矿床(点)的数据中,产于海西期各类侵入岩内的矿床(点)为 44 处,约占全部矿床(点)数的 54%,石炭-二叠系长英质火山岩地层内的矿床(点)为 25 处,约占总数的 30%。尽管尚有 16%的矿床(点)在变质岩和沉积岩地层内产出,但是它们的旁侧或深部常常存在海西期深成侵入岩或火山岩,暗

示了火成岩与金、铜和铜-镍矿床(点)的密切空间分布关系。就本区金属矿床(点)的形成时代(聂凤军等,2002a;2002b)而言,前寒武纪和早古生代形成的矿床(点)数量较少,而海西期则是大规模成矿作用的“爆发期”,即金、铜和铜-镍元素富集的高峰期(毛景文等,2002;Qin et al.,2002;聂凤军等,2002a;2002b;崔惠文等,1996;陈祖伊等,1993)。根据容矿围岩的性质和成矿作用的特点,金矿床大体可划分为以下 4 种类型:①变质岩型;②火山岩型;③斑岩型和④深成侵入岩型(聂凤军等,2002b;2000)。铜矿床可划分为:①斑岩型;②夕卡岩型和③与镁铁-超镁铁质侵入杂岩体有关的铜-镍硫化物型。

3 金矿床地质特征

3.1 变质岩型金矿床(点)

此类矿床(点)大都在研究区中南部前寒武纪变质岩地层内产出,赋矿围岩有片岩、板岩、大理岩、混合岩和斜长角闪岩。代表性矿床有小西弓、小宛南山和老铜沟金矿床。有资料^①(聂凤军等,2002a;2003)表明,在上述所有矿床(点)中,小西弓以规模大、埋藏浅、品位高和开采历史久而称著于世。该矿床位于研究区最南部,地处敦煌地块安北—旧寺墩构造带北缘,其北侧 10 km 处即是塔里木与哈东板块的汇聚边界(图 1)。矿区范围内出露的地层主要有前长城系西尖山群长英质片岩和硅质岩,侵入岩为海西期石英闪长岩和钾长花岗岩(聂凤军等,2002a)。区内各种类型和不同规模的断裂构造发育,其中 NW 向断裂破碎带与金矿体具密切的空间分布关系。金矿床由 3 个矿带和 24 个矿体组成,金矿化大多呈脉状、网脉状和细脉浸染状在蚀变破碎长英质片岩和钾长花岗岩内产出。矿化带长 0.5~3.5 km,宽 0.6~6 m,最宽处 20 m,其分布范围与前述 NW 向构造破碎带相吻合。矿石中金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、自然金、银金矿和黑铋矿;脉石矿物为石英、绢云母、绿泥石、绿帘石和方解石。金品位为 $2 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$,平均值 4×10^{-6} 。围岩热液蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,其中硅化与金矿化具密切的时空分布关系(聂凤军等,2002a)。

① 聂凤军,江思宏,白大明,等. 2000. 蒙甘新相邻(北山)地区综合找矿预测与评价. 中国地质科学院地质调查项目技术报告. 1~14.

3.2 火山岩型金矿床

此类矿床大都在哈东板块马鬃山中间地块南北两侧各类断陷盆地内产出,容矿围岩主要是石炭纪或二叠纪安山岩、英安岩、流纹英安岩、凝灰岩和火山角砾岩。代表性矿床有新金厂、老金厂、210和南金山金矿床,在所有上述矿床(点)中,新金厂、老金厂和南金山为同类矿床中规模最大和品位最高者,而且都是正在开采中的矿山(聂凤军等,2000;2002a;2002b;曾长华等,1997;崔惠文等,1996;陈祖伊等,1993)。

新、老金厂金矿床位于马鬃山中间地块南侧,地处柳园—大奇山地体与安北—旧寺墩构造带接合部位(图1)。区内出露的地层主要为下二叠统哲斯群安山岩、英安岩和流纹岩,其中英安质火山岩与金矿床(点)具密切的空间关系。就侵入岩来讲,除了金矿床北部和西南一隅出露有石英闪长岩和花岗岩株外,矿区范围内主要产出有一系列辉绿岩、辉绿玢岩、闪长玢岩和花岗岩类岩脉^①(聂凤军等,2003)。另外,受北侧柳园—大奇山深大断裂影响,区内近EW向和NE向压扭性断裂以及NW-NW向张扭性破碎带分布广泛,其中NW向与近EW向断裂交切处常常是金矿体所在部位。

金矿床由2个矿段和68条矿体组成,西部新金厂与东部老金厂矿段相距15 km,分别拥有49条和19条矿体。在新金厂矿段,金矿化多呈石英细脉和网脉在英安岩和辉绿岩脉内产出,局部地段呈细脉浸染状分布在火山角砾岩带内。金矿体为似板状和透镜状,长约40~480 m,宽0.1~11 m,沿倾向延伸50~400 m。同样,在老金厂矿段,金矿化亦呈石英脉和网脉在英安岩和辉绿岩内产出,矿体多为脉状和透镜状,长50~450 m,宽0.9~8.8 m,倾斜延伸60~350 m,顶部常存在含金次生氧化富集带,主要由褐铁矿和碳酸盐矿物所组成。新、老金厂两矿段的矿石矿物组合和金含量及热液蚀变类型大体相似,其中金属矿物有黄铁矿、方铅矿、毒砂、磁铁矿、钛铁矿、闪锌矿、黄铜矿和自然金,脉石矿物有石英、长石、绿泥石、绢云母和方解石。金含量变化范围为 $1.5 \times 10^{-6} \sim 6.8 \times 10^{-6}$,平均值 3.5×10^{-6} ,局部地段高达 56×10^{-6} 。热液蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和铁碳酸盐化,其中硅化和绢云母化与金矿化具密切的空间分布关系^①(聂凤军等,2003)。

南金山金矿床位于马鬃山中间地块与公婆泉—月牙山地体的交接部位,矿区南北两侧分别为石板井—小黄山和星星峡断裂带。区内出露的地层为下石炭统白山组英安质凝灰岩、流纹英安质熔岩、火山角砾岩、沉凝灰岩、凝灰质砂岩、板岩和灰岩,其中硅化凝灰质碎屑岩为金矿体的直接容矿围岩。除了在南金山北侧2 km处出露有印支期花岗闪长岩基[(218±0.5) Ma](聂凤军等,2003)外,矿区范围内仅分布有一些闪长岩和闪长玢岩脉。受矿区南北两侧深大断裂多期次活动的影响,区内EW、NE、NNE向和近NS向断裂构造十分发育,其中近EW向和NE向压扭性断层破碎带与金矿体具密切的空间关系。

金矿床主要由2条矿化带和118个矿体组成,金矿化呈脉状、网脉状和细脉浸染状在硅化凝灰岩和凝灰质砂岩以及次生石英岩内产出。矿体多为透镜状、囊状和不规则团块状,长40~150 m,最长740 m,宽0.5~10 m,最宽为30 m,倾斜延深300~500 m。矿石中金属矿物为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、毒砂、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、银金矿、角银矿和自然银;脉石矿物有石英、绢云母、叶腊石、方解石、绿泥石、斜长石、重晶石和明矾石。热液蚀变为次生石英岩化、绢云母-绿泥石化和叶腊石化,其中次生石英岩化与金矿化具密切的空间分布关系。

3.3 斑岩型金矿床(点)

斑岩型金矿床(点)多集中分布在马鬃山中间地块北部的公婆泉岛弧带和狼娃山—金巴山岛弧带内,金矿化主要发生在海西期中酸性火山-侵入杂岩体内,与浅成-超浅成侵入岩株或岩脉群具密切的空间关系。尽管本区斑岩型金矿化分布广泛,矿化点较多,但是迄今为止仅发现和圈定了一处具工业价值的金矿床——马庄山金矿床。

马庄山金矿床位于南金山西南方向25 km处,其所处的大地构造环境与南金山金矿床基本相同。区内出露的地层主要是下石炭统白山组英安岩、流纹英安岩和流纹岩。石英斑岩和流纹斑岩呈椭球状岩株(1.5 km×1.0 km)侵位于前述火山岩地层中,并且同金矿床具密切的空间分布关系。此外,闪长玢岩和花岗岩脉常可见及。受马庄山南北两侧深大断裂多期次活动的影响,区内NW、EW和NS向断层破碎带发育,其中EW向压扭性断裂带直接控制

① 聂凤军,江思宏,白大明,等.2000.蒙甘新相邻(北山)地区综合找矿预测与评价.中国地质科学院地质调查项目技术报告.1~14.

着金矿体的展布形态,为重要的控矿构造(曾长华等,1997)。

金矿床由 3 条矿化带和近百个矿体所组成,金矿化多呈现脉状和细脉浸染状在石英斑岩和流纹斑岩以及旁侧的流纹质凝灰熔岩内产出。脉状和透镜状矿体长 300~500 m,宽 1~6.5 m,最宽可达 14 m,倾斜延深 150~350 m。矿石中金属矿物有黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和磁黄铁矿;金、银矿物为自然金、银金矿和自然银;脉石矿物以石英为主,次为绢云母、叶腊石和方解石。矿石中 w_{Au} 变化范围为 $2 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$,平均值为 6×10^{-6} 。围岩热液蚀变有次生石英岩化、绢云母化、碳酸盐化、叶腊石化和高岭石化,其中次生石英岩化与金矿化具密切的空间分布关系(曾长华等,1997)。

3.4 深成侵入岩型金矿床

此类矿床(点)大都在古生代花岗岩类侵入体内部及其与围岩的接触带上产出,赋矿围岩主要有海西期或印支期石英闪长岩、黑云母花岗闪长岩和似斑状花岗岩。代表性矿床有金窝子、460、照壁山和拾金坡金矿床,其中金窝子矿床以规模大、品位高、埋藏浅和易采选为特点(陈富文等,1999;席小平,1997)。

该矿床位于马鬃山中间地块西北侧金窝子裂陷盆地内,区内出露的地层主要有上泥盆统金窝子组凝灰岩、碳质板岩、粉砂质页岩、砂岩和灰岩。金窝子黑云母花岗闪长岩呈岩株状沿 NE 向断裂侵入于上述火山-沉积岩地层中,长约 6 km,宽 0.5~0.7 km,面积 4 km²。该岩体全岩 Rb-Sr 等时线年龄和锆石 U-Pb 年龄分别为(362±12) Ma 和 358 Ma,属海西期构造-岩浆活动产物(陈富文等,1999;崔惠文等,1996)。受矿区北侧金窝子深大断裂多期次活动的影响,NE-NEE 向和 SN-NNE 向断层破碎带分布广泛,并且对金矿体的空间分布形态具明显的控制作用。

该矿床主要由 200 余条含金石英脉构成,金矿化多呈石英大脉和网脉在黑云母花岗闪长岩破碎带内产出。脉状和透镜状矿体长 25~40 m,厚 0.2~2.4 m,倾斜延深 30~250 m。矿石中金属矿物有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金和银金矿;脉石矿物有石英、方解石、绿泥石和绢云母。 w_{Au} 变化范围为 $2 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$,平均值 4×10^{-6} ,最高 318×10^{-6} 。围岩热液蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,其中绢云母化与金矿化具密切的

空间关系。需要提及的是,该矿床石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素等时线年龄为(228±22) Ma 和(230±5.7) Ma(李华芹等,1998),与其所在岩体的同位素年龄相差 24~26 Ma,据此,陈富文等(1999)认为,金的成矿作用与海西期金窝子黑云母花岗闪长岩不存在任何因果关系,很可能是印支期构造-岩浆活动的产物。

4 铜矿床地质特征

4.1 斑岩型铜矿床

铜矿床(点)主要在中酸性火山-侵入杂岩体内部及旁侧围岩中产出,与海西期浅成-超浅成侵入岩株或岩脉群具密切的时空分布关系。代表性矿床有公婆泉铜多金属矿床和白山堂铜(铅)矿床以及额勒根乌兰乌拉和乌珠尔嘎顺铜矿预查区,其中公婆泉和白山堂均是我国西北地区最重要的斑岩型铜多金属矿床(黄崇轲等,2001;王伏泉,1996)。

公婆泉铜多金属矿床 该矿床地处研究区中部,位于哈东板块公婆泉-月牙山地体公婆泉岛弧带内(刘雪亚等,1995)。区内出露的地层主要有中上志留统公婆泉群安山岩、安山质凝灰熔岩、集块岩、英安岩和大理岩透镜体。侵入岩有海西中期辉长岩、辉绿玢岩、石英闪长玢岩[(372±16) Ma, K-Ar 法]、花岗闪长斑岩(336~340 Ma, K-Ar 法)和海西晚期二长花岗岩(288 Ma, K-Ar 法)(聂凤军等,2002a;王大为等,1995)。需要指出的是,区内除分布有一系列 NWW、NE 和 NNW 向断裂外,还可圈定出 1 个破火山口机构和 4 个裂隙式火山机构。有资料表明,这些火山口机构被含矿火山岩和浅成侵入岩所充填,是本区最重要的导矿与控矿构造(王大为等,1995)。

公婆泉是一处以铜为主,并且伴生有银、镓、铂和金的中型多金属矿床,其矿化类型大体可划分为斑岩型(约占总储量的 85%)、黄铜矿-黄铁矿-石英脉型(10%)和夕卡岩型(4%)。铜多金属矿化呈脉状、网脉状、条带状和细脉浸染状在各类浅成侵入岩、火山岩和夕卡岩内产出。在公婆泉东西长 16 km,南北宽 5 km 的范围内先后发现和圈定了各类铜多金属矿体 154 条,其中石英闪长玢岩为容矿围岩的有 50 条,花岗闪长斑岩为容矿围岩的有 77 条,英安斑岩为容矿围岩的为 27 条。这些陡倾斜的板状、透镜状和不规则状矿体长几十至百余米,最长

达 400 m,厚几米至几十米,最厚 35 m,倾斜延深可达 1 000 m。矿石中的金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿和斑铜矿,次为辉铜矿、方铅矿、闪锌矿和辉钼矿;脉石矿物主要有石英、钾长石和斜长石,次为黑云母、绿泥石、绢云母、白云母、伊利石、电气石、绿帘石和方解石,其中白云母的 K-Ar 同位素年龄为 365 Ma,与石英闪长玢岩形成时间[(372±16) Ma]大体相同(王大为等,1995)。 w_{Cu} 变化范围为 0.25%~2.5%,平均值 0.69%,最高可达 10%。就围岩热液蚀变来讲,自矿体中心向外分别为绢云母-次生石英岩化带,黑云母-石英-钾长石化带和青磐岩化带,局部地段见有角岩化、石英-钠长石化和夕卡岩化带。研究表明,公婆泉矿床为岛弧环境中钙-碱性深源岩浆分异演化的产物,属斑岩型铜多金属矿床(王大为等,1995)。

白山堂铜(铅)矿床 该矿床位于马鬃山中间地块东南端,大红山—老虎山—石板泉断裂北侧。区内出露的地层主要有蓟县系平头山群片岩和石英岩,局部地段见有二叠系菊石滩组中酸性火山岩。侵入岩主要为一半环形次火山-侵入杂岩体,出露面积 0.35 km²,岩性组合为流纹斑岩、英安斑岩、斜长花岗斑岩、石英粗面岩和角砾熔岩,其中流纹斑岩和斜长花岗斑岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄分别为(333±7) Ma 和(275±8) Ma,属海西期构造-岩浆活动产物(王伏泉,1996)。

铜矿化大都在次火山-侵入杂岩体下盘及其围岩中产出,脉状和透镜状铜(铅)矿体与围岩呈渐变接触关系。迄今为止,在十余平方公里的范围内,先后圈定和发现铜矿体 50 处,铜-铅矿体 8 处和铅-锌矿体 1 处。单个矿体长约 44~220 m,最长 1 230 m,厚 0.9~5.5 m,最厚 13 m,倾斜延深 50~205 m,最深 740 m。围岩热液蚀变为硅化、次生石英岩化、绢云母化、阳起石化、透辉石化和绿泥石化。矿石中金属矿物有黄铜矿和黄铁矿,次为磁黄铁矿、方铅矿和毒砂;微量矿物有闪锌矿、铁硫砷钴矿、辉铜矿、辉铋矿、镍黄铁矿和白铁矿;脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石、石墨和方解石。 w_{Cu} 为 0.84%~1.26%,平均值 1.07%; w_{Pb} 为 1.36%~2.94%,平均值 2.22%。研究表明,白山堂矿床属与浅成侵入岩有关的斑岩型铜(铅)矿床(黄崇轲等,2001;王伏泉,1996)。

4.2 夕卡岩型铜矿床

此类矿床(点)大都沿海西期或印支期花岗岩类侵入岩与古生代碳酸盐岩地层接触带分布。铜矿化

常与铁、铅、锌、银和金矿化伴生,容矿围岩主要是一些由钙硅、钙铁和钙镁质矿物组成的夕卡岩。代表性矿床有辉铜山铜矿床,乌珠尔嘎顺铜(铁)矿床和梭梭井铜(铁)矿床,其中辉铜山以规模大和品位高为特征,其成矿环境和地质特征为国内外学者所关注(聂凤军等,2002b)。

辉铜山铜矿床位于柳园—大奇山地体五峰山岛弧带内(刘雪亚等,1995)。区内出露的地层主要是中-下奥陶统花牛山群大理岩、云母石英片岩和石英岩。侵入岩为海西期辉长岩、辉石岩和钾长花岗岩,其中后者与夕卡岩型铜矿床具密切的空间分布关系。受近 EW 向区域性深大断裂构造活动的影响,区内 NNW 向挤压破碎带和 NEE 向张扭性断层十分发育,并且对矿体的空间展布形态具明显的控制作用。

该矿床由东西两个矿带和 12 个矿体组成,铜矿化多呈条带状和细脉浸染状在夕卡岩化大理岩内产出。透镜状和似层状矿体长 18~340 m,厚 2~10 m,最厚 15 m,倾斜延深为 50~500 m。矿石中金属矿物有辉铜矿、黝铜矿、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿和毒砂,局部地段见有方铅矿和闪锌矿;脉石矿物有石榴石、绿帘石、透辉石、透闪石、硅灰石、方解石和石英。 w_{Cu} 变化范围为 0.36%~1.81%,局部地段高达 10%; w_{As} 为 2%~15%; w_{Ag} 为 1×10^{-6} ~ 10×10^{-6} ,最高达 200×10^{-6} ; w_{Bi} 为 0.1%~0.3%,最高达 1.5%。围岩热液蚀变主要有石榴石化、绿帘石化、透辉石化、透闪石化和碳酸盐化,在距矿体较远的地段,还可观察到角岩化和蛇纹石化。在所有上述热液蚀变带中,绿帘石化与铜矿化具密切的空间分布关系。研究表明,铜矿体多赋存在钾长花岗岩“舌”状凸出部位之两侧的碳酸盐地层中,铜矿化与夕卡岩具密切的空间分布关系,属典型的钙夕卡岩型铜矿床(聂凤军等,2002a)。

4.3 铜-镍硫化物矿床

此类矿床大都在研究区西北部,沿康古尔塔格深大断裂带产出。铜镍矿化在海西期镁铁和超镁铁质侵入杂岩体内产出,赋矿围岩主要为辉长闪长岩、二辉橄榄岩、辉石岩、橄榄岩和辉橄岩。代表性矿床有黄山、黄山东、土墩和葫芦铜镍硫化物矿床,其中黄山矿床以规模大、埋藏浅和品位高为特征(黄崇轲等,2001)。

黄山矿床地处康古尔塔格深大断裂南侧,区内出露的地层主要为上石炭统干墩组细碧岩、角斑岩、

砂岩和灰岩。镁铁和超镁铁质侵入岩体分布广泛,主要有辉长闪长岩、橄辉岩、辉石岩、苏长岩、辉长岩和橄榄岩。全岩 Sm-Nd 同位素等时线年龄值为 (320 ± 38) Ma 和 (314 ± 14) Ma,全岩(矿石) Rb-Sr 等时线年龄和锆石 U-Pb 年龄分别为 285 Ma 和 (286 ± 1.2) Ma,属晚石炭世-早二叠世构造-岩浆活动产物(毛景文等,2002; Qin et al., 2002; 李华芹等,1998)。受康古尔塔格断裂多期次活动影响,区内近 EW 向、NE 向和 NW 向断裂构造十分发育,并且对矿体的空间分布形态具明显的控制作用,矿体大都位于 EW 向与 NW 向断裂的交汇部位(黄崇轲等,2001)。

该矿床主要由 4 条地表矿体和 4 条隐伏矿体所构成,铜镍矿化多呈水滴状、稀疏或稠密浸染状、斑杂状、块状和角砾状在辉长闪长岩、橄榄岩和辉橄岩中产出。似层状和透镜状矿体东西长 250 ~ 600 m,宽 1 ~ 5.7 m,最宽 12 m,倾斜延深约 300 ~ 600 m。矿石中的金属矿物主要有磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿,次为辉钴镍矿、辉钴矿、马基诺矿、紫硫镍铁矿、磁铁矿、铬尖晶石、钛铁矿和白铁矿。矿石中的脉石矿物与镁铁和超镁铁质侵入岩主要造岩矿物组合相似,此外,尚见有蛇纹石、滑石、纤闪石和绿泥石。 w_{Ni} 为 0.45% ~ 1.65%,平均值 0.49%; w_{Cu} 为 0.23% ~ 0.99%,平均值 0.31%; w_{Co} 为 0.02% ~ 0.04%,平均值 0.032%。受表生风化淋滤作用影响,原生矿体顶部硫化物常为一椭圆状铁帽所覆盖,主要由黄钾铁矾、孔雀石、褐铁矿和铜蓝所组成,为明显的地表找矿标志之一。研究结果表明,黄山矿床为海西期幔源镁铁和超镁铁质岩浆多期次分异和熔离以及上侵贯入的产物(黄崇轲等,2001)。

5 区域地壳演化与金、铜和铜-镍成矿作用

蒙甘新相邻(北山)地区金、铜和铜-镍矿床(点)时空分布特征表明,金、铜和铜-镍成矿作用均与古板块碰撞、对接和消减过程所诱发的构造-岩浆活动密切相关^①(聂凤军等,2002a; 2002b; 2003)。矿床(点)的成因类型、空间类型、空间几何分布形态、形成时间和地质地球化学特征,从某种程度上讲,就是板块运动中某种机制在地质体上的具体反映

(Groves et al., 1998; Robert, 1998),因此,本区金、铜和铜-镍矿床(点)的全方位研究可为重溯蒙甘新相邻(北山)地区区域地壳演化过程提供理论依据。

中新元古代时,塔里木与哈东板块应为同一整体,同属非稳定性古陆块,北与中亚-蒙古洋和西伯利亚陆块(板块)相对峙(聂凤军等,2002b; 刘雪亚等,1995)。在古大陆内部,受深大断裂活动影响,各类构造形迹、岩浆岩和变质岩分布广泛,并且为后续的金、铜和铜-镍矿床的形成奠定了物质基础和创造了有利条件。一般来讲,地质流体在上侵定位过程中不断地对围岩中的有用组分(如金、铜、硫等)进行淋滤与萃取,进而形成含矿溶液,并且在构造有利部位沉淀形成金和铜的矿源层或矿胚^②(聂凤军等,2003),小西弓、老铜沟和小宛南山金矿区内含变质火山-沉积岩地层中的部分金矿体就是这种流体活动的产物(聂凤军等,2002a)。另外,受区域变形变质作用和岩浆活动的影响,部分含金镁铁质侵入岩中的金和铜元素将不可避免地产生与热动力作用相关的“再就位富集”效应,这包括金和铜的萃取、运移、沉淀和预富集全过程,小西弓和小宛南山地区镁铁质火成岩变形变质作用发生前后,金、铜和铜-镍丰度的明显差异即是对上述推测的最好注释^③。

奥陶纪到志留纪时,古亚洲-蒙古洋壳分别沿骆驼山-红石山-黑鹰山和明水-石板井-小黄山断裂与北侧的西伯利亚板块和南侧的塔里木古大陆发生双向俯冲作用,进而导致古大陆板块裂解和哈东板块马鬃山中间地块的形成(图 2)。在志留纪,洋壳对陆块的持续俯冲作用,分别在马鬃山地块北、南两侧形成公婆泉-月牙山地体和花牛山地体。公婆泉和白山堂铜矿化集中区范围内一些早期含铜的中基性侵入岩体即是此期构造-岩浆活动的产物(王大为等,1997)。此外,洋-陆壳的相互作用还在西伯利亚板块的最南缘形成雀儿山地体(刘雪亚等,1995)。研究结果表明,雀儿山-乌珠尔嘎顺俯冲带向西可与东疆境内的克拉麦里-莫钦乌拉沟-弧体系相衔接,同为西伯利亚与哈东板块的分界线(聂凤军等,2002a; 周济元等,1996)。在马鬃山中间地块北缘的俯冲带上,一系列镁铁-超镁铁质岩体和混杂岩体构造侵位于早古生代火山-沉积岩地层中,并且在俯冲带中东段形成一个南倾的“高重、高磁、高阻和高速”综合性异常带,暗示了地幔隆起带或洋壳残留体

① 聂凤军,江思宏,白大明,等. 2000. 蒙甘新相邻(北山)地区综合找矿预测与评价. 中国地质科学院地质调查项目技术报告. 1~14.

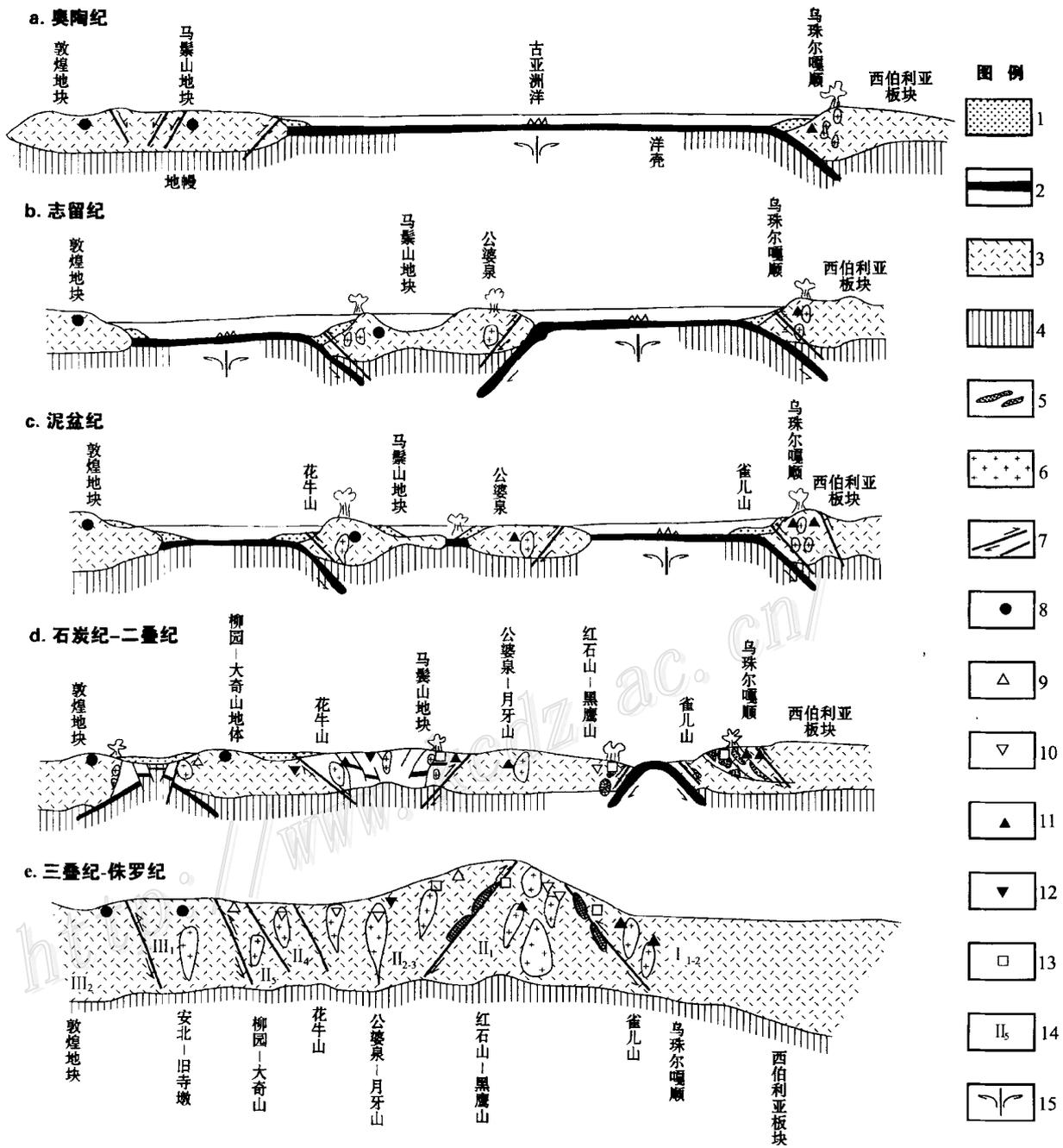


图2 蒙甘新相邻(北山)地区区域地壳演化与成矿模式图

以刘雪亚等(1995)提出的北山地区构造演化图为基础,结合近几年来最新基础地质和矿产资料编绘(聂凤军等,2002a;2002b)。图例说明:1—陆缘沉积物;2—洋壳;3—大陆壳;4—上地幔;5—镁铁-超镁铁质侵入岩;6—花岗岩类侵入岩;7—断裂;8—变质岩型金属矿床(点);9—火山岩型金属矿床(点);10—与花岗岩类侵入岩有关的金属矿床(点);11—斑岩型金属矿床(点);12—夕卡岩型金属矿床(点);13—与镁铁-超镁铁质侵入岩有关的金属矿床(点);14—大地构造单元及编号(同图1中构造单元编号);15—岩浆上涌通道

Fig.2 Paleozoic regional geological evolution and metallogenic model of the Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang Border (Beishan) Region

On the basis of the tectonic evolutionary model of the Beishan district proposed by Liu et al. (1995) in combination with recently obtained geological and geochronologic data, a simplified metallogenic dynamic evolutionary model has been drawn. **Legends:** 1—Sediments on the continental margin; 2—Oceanic crust; 3—Continental crust; 4—Upper mantle; 5—Mafic-ultra mafic intrusions; 6—Granitoid intrusions; 7—Fractures; 8—Metamorphic type deposit (ore spot); 9—Volcanogenic type deposit (ore spot); 10—Deposit (ore spot) related to granitoid intrusion; 11—Porphyry type deposit (ore spot); 12—Skarn type deposit (ore spot); 13—Deposit (or ore spot) related to mafic-ultra mafic intrusion; 14—Tectonic unit and its serial number (Same as for Figure 1); 15—Channel for upward migration of magma

的存在(聂凤军等,2002b)。另外,这一镁铁-超镁铁质侵入岩带向西延伸至东疆境内,可与康古尔塔格深大断裂带相连。需要提及的是,受大规模右旋走滑断裂活动影响,康古尔塔格与柳园-大奇山断裂在甘肃与新疆交界处发生明显位移(位错距离达几十到百余公里)。与前述两俯冲带相比,在马鬃山中间地块南侧的辉铜山、花牛山至五峰山一带,古洋壳向北俯冲所诱发的构造-岩浆活动不仅形成大面积分布的中酸性火山岩,而且产生了一系列不同规模的逆冲与推覆断裂,此种构造活动一直持续到泥盆纪。

泥盆纪时,本区主要由 2 个大洋盆地和 3 个古陆块(板块)所组成(图 2)。敦煌地块和马鬃山中间陆块的北缘均为稳定的被动陆缘带。相比之下,南部的大洋盆地沿黑山-碱泉子断裂一线继续向北消减,进而形成 3 个井群和墩墩山群岛弧型火山岩建造,与此同时,北部的洋盆也继续向西伯利亚板块发生俯冲,进而形成泥盆系雀儿山群岛弧型火山岩系。受后期板块构造活动影响,迄今尚未找到与这次构造事件相对应的金铜矿床(点)。

石炭纪是该区大地构造演化与金铜成矿作用的鼎盛时期。在研究区北部的骆驼山-红石山-黑鹰山和明水-石板井-小黄山一线,古大洋盆地继续进行双向俯冲活动,并且在马鬃山中间地块北侧形成红石山-黑鹰山海沟带和狼娃山-金巴山岛弧带。与此同时,西伯利亚板块南侧的乌珠尔嘎顺和雀儿山地体再次发生活化,并且形成大面积分布的花岗岩类侵入岩。另外,强烈的中酸性岩浆活动亦为火山岩型、斑岩型和深成侵入岩型金和铜矿床(点)的形成提供了动力和物质来源,南金山、马庄山、460 和狼娃山金矿床、乌珠尔嘎顺和额勒根乌兰拉铜矿预查区即是此期构造-岩浆活动的产物。在研究区的南部地区,古大洋盆地在柳园-大奇山一线与北侧的马鬃山中间地块和南侧的敦煌地块发生双向俯冲作用,进而形成安北-旧寺墩构造带、红柳园海沟带和音凹峡-野马井岛弧带。板块双向俯冲作用所诱发的构造-岩浆活动可导致大规模花岗岩浆上侵定位,局部地段形成金矿床(点),金窝子和拾金坡深成侵入岩型金矿床就是最好的例证(聂凤军等,2002a;2002b)。

石炭纪末期至早二叠纪世,研究区各大洋盆先后闭合,先是西伯利亚板块与马鬃山中间地块碰撞对接,继而是塔里木板块与马鬃山中间地块拼合为

一体。随着马鬃山中间地块南北两侧大洋盆地的闭合,安北-旧寺墩构造带与柳园-大奇山地体的碰撞对接可导致陆内大规模火山喷发,并且在新、老金厂地区形成一整套火山-沉积岩地层,其内产出有一系列火山岩型金矿床(点)。同样,在西伯利亚板块乌珠尔嘎顺和雀儿山地体与哈东板块红石山-黑鹰山地体发生碰撞对接的同时,大规模镁铁质-超镁铁质岩浆沿板块缝合线侵位于晚古生代火山-沉积岩地层中,并且形成一系列规模不等的铜-镍硫化物矿床(点),黄山、黄山东、土墩和葫芦铜镍硫化物矿床的成矿作用均与此期构造-岩浆活动有关。

二叠纪末期,随着古洋盆的完全消失和各古大陆板块的拼合,整个研究区进入到统一的板块内部构造演化阶段。三叠纪中晚期(印支期),受区域性深大断裂再次活动的影响,本区的陆壳又开始出现明显的活化迹象,主要表现在中、晚三叠世和早侏罗世磨拉石建造分布广泛,另外,古大陆内部印支期碱性和钙碱性岩浆活动频繁,与之相关的热液流体活动对早期形成的金、铜和铜-镍矿床产生明显的叠加改造作用,局部地段形成高品位的铜或金矿石。

6 结 论

(1) 根据容矿围岩性质和成矿作用特征,本区金矿床(点)大体可划分为 4 种类型,即变质岩型、火山岩型、斑岩型和深成侵入岩型。铜矿床可划分为斑岩型、夕卡岩型和与镁铁-超镁铁质侵入岩有关的铜镍硫化物型;

(2) 根据金、铜和铜-镍矿床(点)分布特点,本区大体可划分为 2 个铜矿化集中区,1 个铜镍矿化集中区和 4 个金矿化集中区,它们分别产在板块构造的不同部位,与特定的构造-岩浆活动有关;

(3) 金、铜和铜-镍矿化的强度不仅表现在空间上,同时也反映在时间上,大规模成矿作用主要发生在海西期,并且与本区主要的构造-岩浆活动高峰期相吻合,因此,可以认为金、铜和铜-镍矿床(点)是板块对接碰撞期和碰撞期后大规模构造-岩浆活动的产物。

References

- Chen F W, Li H Q, Cai H, et al. 1999. The origin of the Jinwozi gold deposit in eastern Xinjiang—evidence from isotope geochronology

- [J]. *Geol. Rev.*, 45(3): 247 ~ 254 (in Chinese with English abstract).
- Chen Z Y, Zhang X Q, Zhang Z M, et al. 1993. The geological development and regional metallogenic model for gold of the Beishan area [J]. *Uranium Geol.*, 9(2): 65 ~ 75 (in Chinese with English abstract).
- Cui H W and Chen Z Y. 1996. Geology of gold deposits in Beishan region [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 104 (in Chinese with English abstract).
- Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources (GBGMR). 1989. Regional geology of Gansu Province [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 692 (in Chinese with English abstract).
- Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, et al. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types [J]. *Ore Geol. Rev.*, 13: 7 ~ 27.
- Huang C K, Bai Y, Zhu Y S, et al. 2001. Copper deposit of China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 153 ~ 157 (in Chinese).
- Li H Q, Xie C F and Chang H L. 1998. Metallogenic geochronology of nonferrous and precious metal deposits of northern Xinjiang [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 256 (in Chinese with English abstract).
- Liu X Y and Wang Q. 1995. Tectonics of the orogenic belts in Beishan Mt. Western China and their evolution [J]. *Geol. Research (Dixueyanjiu)*, 28: 37 ~ 48 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Yang J M, Qu W J, et al. 2002. Re-Os dating of Cu-Ni sulfide ores from Huangshandong deposit in Xinjiang and its geodynamic significance [J]. *Mineral Deposits*, 21(4): 323 ~ 330 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Zhao X M, et al. 2000. Type and evolution of the gold deposits in the Beishan region [J]. *J. Changchun University of Science and Technology*, 31(Special Issue on Gold Deposits): 21 ~ 26 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M, et al. 2002a. Temporal-spatial distribution and metallogenic dynamic processes of gold deposits occurring in the southern part of the Beishan, northwestern China [A]. In: Chen Y C, ed. Academic papers of 80th anniversary of the Geological Society of China [C]. Beijing: Geol. Pub. House. 293 ~ 299 (in Chinese).
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M, et al. 2002b. Metallogeny and ore-prospecting of ore deposits occurring within the conjunction area of Inner Mongolia, Gansu and Xinjiang (Beishan Mt.), northwest China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 499 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M, et al. 2003. Type and temporal-spatial distribution of metal deposits in the Beishan mountains, Inner Mongolia, and its neighboring region [J]. *Acta Geologica Sinica*, 77(3): 367 ~ 377 (in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Sun S, Li J L, et al. 2002. Paleozoic epithermal Au and porphyry Cu deposits in North Xinjiang, China: epochs, features, tectonic linkage and exploration significance [J]. *Resource Geology*, 52(4): 291 ~ 300.
- Robert F. 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types [J]. *Ore Geol. Rev.*, 13: 7 ~ 17.
- Wang D W, Zou Z P and Li S X. 1995. On the ore-forming geological features and ore deposit genesis of the Gongpoquan copper deposit, Gansu Province [J]. *Northwest Geoscience*, 16(1): 115 ~ 122 (in Chinese with English abstract).
- Wang F Q. 1996. Rb-Sr isochron ages and the characteristics of REE distribution patterns of two stages of intrusive bodies correlated with Baishantang copper ore deposits [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 15(3): 187 ~ 190 (in Chinese with English abstract).
- Xi X P. 1997. Geology and gold prospecting target of the Jinwozi rock body [J]. *Xinjiang Geol.*, 15(1): 76 ~ 83 (in Chinese with English abstract).
- Zeng C H, Chen J M and Li X C. 1997. Controlling factors and ore genesis of the Mazhuangshan gold deposits, Xinjiang [J]. *Gold Geol.*, 3(4): 55 ~ 63 (in Chinese with English abstract).
- Zhou J Y, Zhang B, Zhang C W, et al. 1996. Geology of silver, rhenium-molybdenum, gold and copper deposits occurring within the eastern Tianshan ancient continent and along its margin [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 191 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈富文, 李华芹, 蔡红, 等. 1999. 新疆东部金窝子金矿床成因讨论——同位素地质年代学证据 [J]. *地质论评*, 45(3): 247 ~ 254.
- 陈祖伊, 张学权, 张昭明, 等. 1993. 北山区域地质发展史和金矿区域成矿模式 [J]. *铀矿地质*, 9(2): 65 ~ 75.
- 崔惠文, 陈祖伊. 1996. 甘肃北山地区金矿地质 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 104.
- 甘肃省地质矿产局. 1989. 甘肃省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 692.
- 黄崇轲, 白冶, 朱裕生, 等. 2001. 中国铜矿床 (上册) [M]. 北京: 地质出版社. 153 ~ 157.
- 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. 1 ~ 256.
- 刘雪亚, 王荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化 [J]. *地学研究*, 28: 37 ~ 48.
- 毛景文, 杨建民, 屈文俊, 等. 2002. 新疆黄山东铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素测定及其地球动力学意义 [J]. *矿床地质*, 21(4): 323 ~ 330.
- 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 等. 2000. 北山地区金矿床类型和生成演化 [J]. *长春科技大学学报*, 31(金矿专辑): 21 ~ 26.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2002a. 中国西北部北山南带金矿床时空分布特征和成矿动力学过程 [A]. 见: 陈毓川, 主编. 中国地质学会 80 周年学术文集 [C]. 北京: 地质出版社. 293 ~ 299.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2002b. 北山地区金属矿床成矿规律

- 及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社. 1~499.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2003. 内蒙古北山及邻区金属矿床类型及其时空分布[J]. 地质学报, 77(3): 367~377.
- 王大为, 邹治平, 李绍雄. 1995. 甘肃公婆泉铜矿成矿地质特征及矿床成因[J]. 西北地质科学, 16(1): 115~122.
- 王伏泉. 1996. 白山堂铜矿床两期有关岩体的 Rb-Sr 等时线年龄及其稀土配分特征[J]. 矿物岩石地球化学通报, 15(3): 187~190.
- 席小平. 1997. 金窝子岩体的地质特征及找金方向[J]. 新疆地质, 15(1): 76~83.
- 曾长华, 陈建满, 李晓晨. 1997. 新疆马庄山金矿控矿地质条件及其成因浅析[J]. 黄金地质, 3(4): 55~63.
- 周济元, 张斌, 张朝文, 等. 1996. 东天山古大陆及其边缘银、铋、钼、金和铜矿地质[M]. 北京: 地质出版社. 1~191.

Temporal-Spatial Distribution and Metallogenic Processes of Gold and Copper Deposits in Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang Border (Beishan) Region

Nie Fengjun¹, Jiang Sihong¹, Bai Daming¹, Liu Yan¹, Zhang Yi¹, Zhao Yue ming²,
An Cunjie², Wang Xinliang² and Su Xinxu²

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Inner Mongolian Geological Survey, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China)

Abstract

The Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang border (Beishan) region, located at the convergence belt of the Siberia, Kazakhstan, Tarim and North China paleo-plates, is one of the most important metallogenic provinces in China. Deep-seated faults, Paleozoic igneous rocks, gold, copper and copper-nickel deposits (ore spots) are well developed in the region thanks to the multiphase Paleozoic orogenic events. The gold deposits (ore spots) can be classified into four types in term of their host rocks: (1) gold deposits hosted by Precambrian metamorphic rocks; (2) those occurring within volcanic or volcanoclastic rocks; (3) porphyry type ones and (4) those hosted by or related to granitoid plutons. In contrast to gold deposits (ore spots), three types of copper deposits (ore spots) are also identified: (1) porphyry type; (2) skarn type and (3) copper-nickel sulfide deposits (ore spots) hosted by or related to mafic-ultramafic intrusions. The relationship between the crust evolution and the gold, copper and copper-nickel metallogeny can be summarized as follows: (1) pre-orogenic stage: rift-faulting resulted in the formation of quartz vein type gold deposits within the Precambrian continent; (2) collision and orogenic stage: a number of porphyry gold and copper as well as skarn Cu deposits were formed; (3) post-orogenic stage: gold, copper and copper-nickel deposits were genetically related to the emplacement or eruption of mantle- or crust-derived magma. Systematic geological investigations into the gold, copper and copper-nickel resources of the region indicate that although the wall rocks of these deposits (ore spots) vary from place to place, most of them show an intimate relationship with the Hercynian tectonism and magmatism. Outstanding geological and geochemical features of these deposits have aroused interest among geologists both in China and abroad. An integrated analysis of the geological setting and geological as well as geochemical features of the gold, copper and copper-nickel deposits (ore spots) will greatly upgrade the understanding of the ore-forming processes of these deposits. Meanwhile, the genetic models and mineral exploration criteria of these gold, copper and copper-nickel deposits (ore spots) can also be used in the comprehensive evaluation of the concealed gold, copper and copper-nickel deposits in the Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang border (Beishan) region.

Key words: geology, gold deposits, copper deposits, Hercynian igneous activity, metallogenic process, Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang border (Beishan) region