

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

新疆西天山金属矿床、成矿系列 及形成演化规律

隗合明 吴文奎 薛春纪

(西安工程学院, 710054)

内容提要 笔者根据对西天山北部大量矿床和矿点研究,在对西天山成矿类型及成矿控制因素分析的基础上,将该区金属矿床主要划分为3个成矿系列类型,即:①与中酸性、酸性花岗岩类有关的Cu-Fe-Au-Mo-W-Sn-Pb-Zn成矿系列类型;②与基性—中性—酸性火山岩建造有关的Cu-Fe-Au成矿系列类型;③与沉积岩、热水沉积岩有关的层控Cu-Pb-Zn成矿系列类型。每个成矿系列类型具有不同的成矿特征和成矿背景。成矿系列的划分和研究,揭示出区域上矿床时空分布的一些本质性规律,对于成矿预测有十分重要的意义。

关键词 西天山北部 成矿带 成矿系列 成矿演化

西天山是中国最著名的成矿带之一,矿产种类与矿床类型繁多,以有色金属和贵金属为主,黑色金属也十分丰富^[1]。

应用成矿系列理论进行矿床学研究是中国地质学家于70年代末期至80年代初期开始的^[2~4]。此后,不少学者对一些地区金属矿床的分布规律从成矿系列的角度进行了深入的研究^[5~16],深化了对区域成矿规律的认识,促进了成矿系列理论的发展。近年来还有人探讨了非金属矿床成矿系列、沉积矿床成矿系列及成矿系列的一般问题^[17~20]。

对于西天山北部十分丰富的金属矿产,以往一些研究者对它们的成矿区域与成矿时代进行了一定的研究,但对矿床共生的内在规律尚未提出较系统的认识。笔者近年来研究并收集了该区大量的矿床资料,依据矿床形成地质背景、容矿岩建造及成矿作用方式,将研究区的金属矿床归并为3个主要成矿系列类型,并分析了各类型的基本特点和形成演化规律。

1 新疆西天山金属矿床分布特点

本文研究范围北起阿拉套山和依连哈比尔尕山,南至伊什基里克山和那拉提山,西达中—哈边境,东到独山子以南,范围约6万平方千米。根据地质构造单元特征、区域地质和地球化学背景及成矿作用特点,西天山明显可分为3个成矿区,即准噶尔南缘成矿区、博罗霍洛—伊犁成矿区和塔里木北缘成矿区(图1)。准噶尔南缘成矿区(I)的地质地球化学特征与基性—超基性杂岩体和中酸性侵入体有关,反映了低温高压带及深源元素成岩成矿特征。金属矿床主要为岩浆型铬铁矿和岩浆热液型钨—锡矿、铜—铅—锌—多金属矿。

博罗霍洛—伊犁成矿区(II)为西天山北部主要成矿区,而其北部(博罗霍洛地区)与南部(伊犁地区)的成矿背景又有较大差异。博罗霍洛地区(II₁)地质地球化学背景与海西期的中酸

注:本文为国家“八五”科技攻关305项目902-03课题资助。

本文1997年12月收到,1999年4月改回。章雨旭编辑。

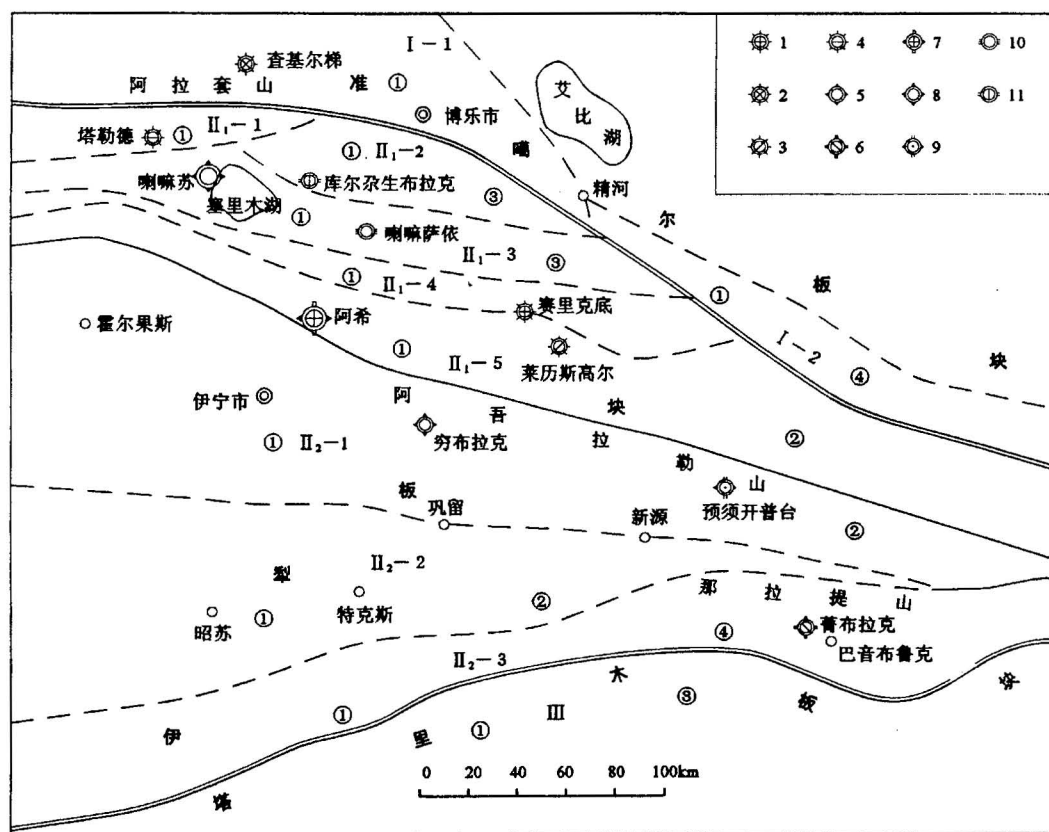


图1 新疆西天山成矿区划分图

Fig.1 Metallogenic division in Western Tianshan, Xinjiang, China

I—准噶尔南缘成矿区：I-1—阿拉套 W-Sn-Mo-Cu 成矿带；I-2—依连哈比尔尕 Cu-Cr 成矿带；II—博罗霍洛—伊犁成矿区：II₁—博罗霍洛成矿亚区；II₂—伊犁成矿亚区；II₁₋₁—温泉—别珍套 Cu-Nb-Ta 成矿带；II₁₋₂—汗吉尕 Pb-Zn-Cu 成矿带；II₁₋₃—赛里木 Cu-Pb-Zn-Au 成矿带；II₁₋₄—科古琴 Cu-Fe-Pb-Zn 成矿带；II₁₋₅—博罗霍洛 Au-Mo-Cu-Pb-Zn 成矿带；II₂₋₁—阿吾拉勒 Cu-Fe 成矿带；II₂₋₂—伊什基里克 Cu-Mo-Pb-Zn 成矿带；II₂₋₃—那拉提 Cu-Ni 成矿带；III—塔里木北缘成矿区。①—与花岗岩类有关的成矿系列；②—与火山岩有关的成矿系列；③—与沉积岩、热水沉积岩有关的成矿系列；④—与基性—超基性侵入岩有关的成矿系列。矿床类型：1—岩浆热液型金矿；2—岩浆热液型钨矿；3—岩浆热液型钼—铜矿；4—岩浆热液型铌钽矿；5—斑岩—夕卡岩型铜矿；6—岩浆热液型铜镍矿；7—海相火山热液型金矿；8—陆相火山热液型铜矿；9—火山—沉积型铁矿；10—热水沉积型铜矿；11—沉积改造型铅锌矿

I—South margin metallogenetic area of Junggar；I-1—Alatau W-Sn-Mo-Cu metallogenetic zone；I-2—Erenhabirga Cu-Cr metallogenetic zone；II—Bolhuoluo—ILI metallogenetic area；II₁—Bolhuoluo metallogenetic sub-area；II₂—ILI metallogenetic sub-area；II₁₋₁—Wenquan—Bigjintaw Cu-Nb-Ta metallogenetic zone；II₁₋₂—Hanjiaga Pb-Zn-Cu metallogenetic zone；II₁₋₃—Sayram Cu-Pb-Zn-Au metallogenetic zone；II₁₋₄—Kokirgin Cu-Fe-Pb-Zn metallogenetic zone；II₁₋₅—Bolhuoluo Au-Mo-Cu-Pb-Zn metallogenetic zone；II₂₋₁—Awulal Cu-Fe metallogenetic zone；II₂₋₂—Yisijik Cu-Mo-Pb-Zn metallogenetic zone；II₂₋₃—Narat Cu-Ni metallogenetic zone；III—North margin metallogenetic area of Tarim. ①—metallogenetic series associated with granites；②—metallogenetic series associated with volcanic rocks；③—metallogenetic series associated with sedimentary and hydrothermal sedimentary rocks；④—metallogenetic series associated with basic—ultrabasic intrusives. Type of ore deposits：1—magmatic hydrothermal gold deposit；2—magmatic hydrothermal tungsten deposit；3—magmatic hydrothermal molybdenum-copper deposit；4—magmatic hydrothermal niobium-tantalum deposit；5—porphyry-skarn copper deposit；6—magmatic copper-nickel deposit；7—marine volcanogenic hydrothermal gold deposit；8—continental volcanogenic hydrothermal copper deposit；9—volcano-sedimentary iron deposit；10—sedimentary-hydrothermal copper deposit；11—sedimentary-reformed lead-zinc deposit

性岩浆活动及中元古代和早古生代的含矿沉积建造有关,形成了众多的夕卡岩型、斑岩型、岩浆热液型和层控型 Cu、Pb-Zn、Au、Fe、Mo-Cu 矿床。伊犁地区(I_2)广泛发育海西期火山岩及浅成—超浅成侵入岩,形成了大量的与火山岩和潜火山岩有关的 Cu、Fe 矿床。

塔里木北缘成矿区位于西天山南部(南天山),其成矿背景以中酸性侵入岩及早古生代含矿沉积建造为特征,形成的金属矿床主要有沉积或火山沉积型 Mn 矿、Fe-Mn 矿、层控型 Pb-Zn 矿、Hg-Sb 矿及含 Cu 砂岩,此外还有夕卡岩型 Fe 矿、Fe-Cu 矿等。沉积与层控矿床在该区占重要地位,与西天山北部有明显差别。

研究表明,西天山北部金属矿床空间分布的主要特点是:

(1)与3个大的地质构造单元相吻合的3个成矿区均有金属矿床形成,但主要集中在博罗霍洛—伊犁成矿区。3个成矿区的成矿作用特点有较明显不同。

(2)成矿区内矿床呈带状分布,各成矿带的成矿类型组合均有所不同(见图1)。

(3)成矿带受控于区域上的构造—岩浆活动带,一定的成矿带与一定的构造—岩浆活动带相对应。二者均呈东西方向展布。

(4)许多成矿带都是沿东西向的深大断裂展布,亦即成矿带的一侧或两侧有深大断裂存在,而且金属矿床多分布于深大断裂附近。

2 西天山北部金属矿床成矿系列的确定

2.1 与中酸性、酸性花岗岩类有关的成矿系列类型(I)

本成矿系列类型在西天山分布最广,北起准噶尔南缘的阿拉套和依连哈比尔尕,向南经赛里木、科古琴山、博罗科努山直至阿吾拉勒山,其中科古琴—博罗科努地区分布最为集中。根据构造—岩浆—成矿演化的特点、矿床形成的构造环境及矿石建造的差异,该成矿系列类型可进一步划分为3个成矿亚系列。

2.1.1 与酸性花岗岩有关的夕卡岩—岩浆热液型 W-Sn-Cu-Mo-Au-Nb-Ta 成矿亚系列

该亚系列的矿床集中分布于阿拉套,其次为赛里木和科古琴。矿床类型主要有岩浆热液型 W 矿、Sn 矿、W-Sn 矿、Au 矿、Cu-Au 矿、Cu-Mo 矿,其次为夕卡岩型 Cu 矿等。代表性的矿床有卡兹别克云英岩型 Sn 矿、查基尔梯石英脉型 W 矿、赛里克底石英脉型 Cu-Au 矿、阿沙勒破碎蚀变岩型 Au 矿、阿合峡特夕卡岩型 Cu 矿等。与成矿有关的岩体主要为海西中期、中晚期钾长花岗岩、二长花岗岩和黑云花岗岩等酸性花岗岩类。岩浆热液型矿床的矿体可以产在花岗岩体内及其边缘(Sn、W、Cu-Au、Cu-Mo 矿)或花岗岩脉中(Nb-Ta 矿),也可以产在岩体附近围岩中(脉状 Au、Cu 矿)。

2.1.2 与中酸性花岗闪长(斑)岩有关的斑岩—夕卡岩型 Cu-Mo-Pb-Zn-Au 成矿亚系列

该亚系列的矿床类型有斑岩—夕卡岩复合型 Cu 矿(喇嘛苏)、斑岩型 Mo-Cu 矿(莱历斯高尔)、夕卡岩型 Cu-Mo 矿(肯登高尔)、夕卡岩型 Pb-Zn-Cu 多金属矿(东图津)等。

矿床主要分布于科古琴、博罗科努和赛里木成矿带,其次为阿吾拉勒成矿带。与成矿有关的岩体为加里东晚期—海西中期的花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗(斑)岩、黑云花岗闪长岩等。斑岩型矿床的矿体主要产于花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩岩体的边部,少数产在岩体附近的围岩中,明显受岩体与围岩的构造裂隙控制。

2.1.3 与中酸性花岗闪长岩、闪长岩类有关的夕卡岩—岩浆热液型 Fe-Cu 成矿亚系列

该亚系列的矿床主要分布于科古琴和博罗霍洛成矿带。矿床类型主要为夕卡岩型 Cu-Fe

矿、Fe-Cu 矿和 Fe 矿,而岩浆热液型 Cu-Fe 矿较少。

2.2 与基性—中性—酸性火山岩有关的 Cu-Fe-Au 成矿系列类型(Ⅱ)

该成矿系列类型在西天山北部集中分布于阿吾拉勒成矿带,次为博罗霍洛成矿带。成矿系列内主要为 Cu 矿,占矿床(点)总数的 90%以上。这些矿床的成矿物质主要来自海西中、晚期的火山喷溢(喷气)和火山期后、火山间歇期的热液,有的矿床有部分围岩物质加入。

根据成矿环境、成矿作用方式及其与侵入岩的关系该成矿系列类型可进一步分为 3 个成矿亚系列。

2.2.1 与陆相中基性火山岩有关的 Cu(Fe)成矿亚系列

成矿类型包括陆相火山热液型 Cu(Fe)矿、陆相火山热液—潜火山热液复合型 Cu 矿和热液充填脉型 Cu 矿。

陆相火山热液型 Cu(Fe)矿以穷布拉克 Cu 矿床为代表。矿床范围内有大面积分布的火山岩,主要为下二叠统塔尔得套组陆相火山喷溢的中基性火山熔岩,并伴有爆发相的火山角砾熔岩和火山角砾岩。矿体主要产于杏仁状玄武岩与角砾熔岩的接触部位及其两侧,铜矿化主要发育于角砾熔岩中。陆相火山热液—潜火山热液复合型 Cu 矿以木斯铜矿床为代表。铜矿化分布于闪长玢岩岩体内外接触带,主要发育于外接触带的玄武安山岩及角砾熔岩中,其次在闪长玢岩内,受火山岩及岩体边缘的裂隙构造控制。热液充填脉型铜矿以奴拉赛等铜矿床为代表。矿体主要产于斜长花岗斑岩岩体外接触带的火山岩或砂砾岩中,并明显受次级断裂和裂隙带控制,形态呈脉状。围岩蚀变不发育,仅限于含矿脉体内。

2.2.2 与海相中酸性、酸性和中性火山岩、火山-沉积岩有关的 Fe-Cu-Au 成矿亚系列

该成矿亚系列主要有海底火山喷气—沉积型铁(铜)矿、海底火山岩浆喷溢型铁矿、海相火山热液沉积块状硫化物型铜矿和海相火山热液型金矿。海底火山喷气—沉积型铁(铜)矿以预须开普台矿床为代表。含矿建造为中石炭统则克台组海相火山-沉积岩系。铁(铜)矿体主要呈似层状和透镜状产于绢云片岩中,与围岩产状一致。矿体中常夹多层中酸性凝灰岩,并在铁(铜)矿层顶、底板及夹层中发育较多红碧玉和层纹状镜铁矿重晶石等火山喷气岩,与镜铁山等火山喷气成因矿床^[21]相似。

海相火山热液沉积块状硫化物型铜矿以式可布台和可可乃克等铜矿床为代表。矿床产于早古生代浅变质的石英角斑岩或中石炭世的细碧角斑岩中。矿体形态为层状、透镜状,赋存层位稳定。矿石多呈块状构造,其次为条带状、层纹状,沉积特征明显。

海相火山热液型金矿是西天山最重要的金矿类型。矿床规模大,成群分布,以阿希等大型金矿床为代表。矿床产于博罗科努早古生代弧前盆地之吐拉苏断陷火山盆地中,明显受古火山机构及与之有关的断裂控制。火山机构由下石炭统大哈拉军山组火山岩组成,矿体主要赋存于受上述古火山机构活动影响形成的弧形断裂破碎带中。根据硅质矿石与黄铁绢英岩型矿石中有残留的被交代的英安岩团块分析,矿床是由富硅的火山热液交代形成的。

2.2.3 与陆相火山岩—潜火山岩—斑岩有关的 Cu 成矿亚系列

该成矿亚系列包括潜火山热液型铜矿和斑岩型铜矿。

潜火山热液型铜矿以群吉萨依铜矿床为代表。矿区地层主要为下二叠统乌郎组和塔尔得套组,均由一套中基性火山熔岩与凝灰质细砂岩等组成。矿体主要赋存于石英钠长斑岩等潜火山岩相的小岩体内,仅有少数产于附近围岩(玄武岩)及围岩与岩体接触带。

2.3 与沉积岩、热水沉积岩有关的层控 Cu-Pb-Zn 成矿系列类型(Ⅲ)

该成矿系列类型在西天山北部主要分布于赛里木成矿带与汗吉尕成矿带,成矿类型有热水沉积型铜矿、热水沉积型硫铁矿、沉积改造型 Pb-Zn 矿等,与宋天锐^[19]划分的海相 Fe-Mn-Pb-Zn-Cu 等沉积并受岩浆热水气富集的成矿系列相当。

热水沉积型铜矿以喇嘛萨依铜矿床为代表。矿床产于蓟县系库西木契克群碳酸盐岩岩系中。矿体主要呈层状、似层状与围岩整合产出。容矿岩石以钾长石岩、硅质岩、透辉石岩等热水沉积岩及其角砾岩为典型特征。根据对热水沉积岩及矿石的化学成分、微量元素、稀土元素、氧同位素、硫同位素、矿物包裹体等测定结果,成矿物质主要来自地下热(卤)水循环所流经的地层和岩石,成矿流体为大气降水^[22,23]。

在西天山北部,除上述3个金属矿床的成矿系列类型外,还有与基性—超基性杂岩体有关的 Cr-Cu-Ni-Co-Pt 成矿系列类型(N),代表性的矿床有菁布拉克 Cu-Ni 矿等。由于该成矿系列的成矿范围与成矿规模都比较小,且研究程度很低,所以在本文中未作重点论述。

3 西天山北部金属矿床成矿系列的形成演化规律

3.1 大地构造环境及演化与成矿系列的形成

天山造山带是欧亚大陆内部西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块与塔里木板块之间,经不同时期多方式的造山作用,由不同性质的大陆边缘形成的复杂的构造带。中国新疆天山西段的形成与演化,即与准噶尔板块、伊犁板块、塔里木板块之间的相互作用及其大陆边缘的活动性质密切相关。因此,天山西段在地质历史中的构造环境及其演化是非常复杂的。

对西天山北部的地质与成矿的深入研究表明,大地构造环境及其演化不仅基本控制了该区金属矿床成矿系列的形成,而且决定了成矿系列形成的复杂性(表1)。

(1)前寒武本区处于相对比较稳定的发展时期。温泉群的沉积特征表明,古元古代时本区北部已属于准噶尔大陆块的稳定大陆边缘。古元古代末期的辛格尔运动(吕梁运动)形成了哈萨克斯坦—伊犁古陆板块和塔里木古陆板块,蓟县纪和青白口纪的浅海陆棚相沉积即反映了本区中、新元古代处于较稳定的古陆板块边缘环境。上述表明,西天山北部在前寒武总体上是古陆壳形成的稳定时期,因此没有大规模形成与岩浆侵入及其火山活动有关的成矿系列,主要形成沉积型、热水沉积型矿床,如喇嘛萨依铜矿床^[23,24]。

(2)加里东期在博罗霍洛地区经过震旦纪至寒武纪的稳定发展之后,进入大陆裂谷发育时期,形成地堑、地垒相间的裂陷槽地,浅海相碳酸盐岩、碎屑岩中夹大量中酸性和中基性火山岩。裂谷主要发生于博罗科努与科古琴一带,是准噶尔与塔里木两板块分离的结果。由于沿裂谷带岩浆活动频繁而强烈,形成了与中酸性岩体有关的 Cu-Mo-Au-Fe-Pb-Zn 等成矿系列及与中酸性火山活动有关的 Cu-Au 成矿系列,如阿恰勒夕卡岩型铁铜矿床、可可乃克黄铁矿型铜矿等。

(3)海西期是西天山北部构造活动最强烈、影响范围最广的时期。早期准噶尔板块南缘继续强烈拉张形成裂陷槽,并发生转换断层活动^[25],沿转换断层形成蛇绿岩带。由于准噶尔板块向南俯冲,依连哈比尔尕一带形成北西西—南东东向的海沟俯冲带,发育基性、超基性侵入岩及基性火山岩。此后,博罗霍洛地区随着准噶尔板块与伊犁板块碰撞,在温泉—别珍套、赛里木、科古琴、博罗科努形成弧前盆地、岛弧和弧后盆地等活动大陆边缘构造环境。石炭纪是博罗霍洛岛弧带的主要形成时期,岩浆侵入活动与火山活动都达到了最高峰。阿吾拉勒地区在古陆基底上于海西早期发生张裂形成裂谷并发育为火山岛弧,石炭系—二叠系主要由中酸性—中

基性火山熔岩组成,夹火山碎屑岩和少量碎屑岩,并有大量中酸性岩体及辉长岩等侵入。伊什基里克地区与阿吾拉勒的构造环境相同。那拉提地区为岛弧构造并有裂谷形成,其南缘断裂带为古板块碰撞缝合带^[26],该区除有大量中酸性、酸性侵入体(占 40%~50%面积)外,还有基性—超基性杂岩带形成。

以上表明,海西期西天山北部的构造活动特征之一是拉张构造环境,由拉张作用形成裂谷带、裂隙槽带,沿裂谷两侧的断裂带多有基性、超基性岩和中酸性岩侵入,并发生基性—中酸性火山喷发作用。在这种构造背景下形成了与中酸性岩浆侵入有关的 W-Sn 及 Pb-Zn-Cu-Mo-Fe-Au 成矿系列类型,与火山活动有关的 Fe-Cu-Au 成矿系列类型和与基性—超基性侵入岩有关的 Cu-Ni-Co-Cr 成矿系列类型,如卡兹别克云英岩型锡矿、莱历斯高尔斑岩型钼矿和阿希火山热液型金矿等。W、Sn 矿化是典型的裂谷产物,与大陆地壳裂开前的高热流或热点有关^[27,28]。海西期构造活动特征之二是由板块俯冲、板块碰撞和板内挤压作用形成挤压构造环境。古板块俯冲带是北天山依连哈比尔尕海沟俯冲带,经过早古生代陆壳初始分裂扩张、至晚古生代早、中期陆壳强烈扩张后就不断地发生俯冲造山作用,除了有中酸性岩浆侵入和喷发外,并有大量基性、超基性岩构造侵位,从而形成与基性—超基性侵入岩有关的 Cr-Ni-Co 成矿系列类型和与中酸性侵入岩有关的 Cu-Pb-Zn-Au 成矿系列类型。板块碰撞带在赛里木岛弧一带。在依连哈比尔尕俯冲造山的后期,随着古洋壳的最后消减,使准噶尔板块南缘古陆壳与伊犁板块北缘发生碰撞对接。由于碰撞作用产生强大的动热能,导致地壳物质发生部分重熔,在赛里木—博罗霍洛岛弧构造带形成大量重熔型花岗岩及与之有关的 Cu-Mo-Pb-Zn-Fe-Au 成矿系列。

海西末期以后由于准噶尔板块向塔里木板块碰撞挤压,两个板块连为一体,并使整个天山褶皱隆起,由此西天山北部主要形成内陆盆地型的煤、石油、膏盐等沉积矿床。

3.2 岩浆演化与成矿类型分布

西天山北部的岩浆岩非常发育,其时空分布与规模反映了区域上岩浆活动频繁而强烈(见表 1)。岩浆侵入活动始于古元古代晚期,海西期规模最大。岩性从超基性到酸性均有,但主要为中深成相的花岗岩类。较强烈的火山活动发生于加里东期和海西期,以早、中石炭世和早二叠世的火山岩最为发育。岩性以中酸性为主,中基性次之。

研究表明,西天山北部金属矿床成矿类型及其分布特点与岩浆活动特征有密切联系。总的来讲,寒武纪以前岩浆活动很弱,主要形成沉积型、热水沉积型和沉积变质型矿床。加里东晚期主要在科古琴一带有二长花岗岩、花岗闪长岩等,多为 I 型,主要形成了一些夕卡岩型 Fe-Cu 矿。此外,局部地区有基性—超基性侵入岩及其有关的 Cu-Ni 矿形成。

海西期的侵入岩早期以花岗闪长岩及其浅成—超浅成的花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩为主,主要形成夕卡岩型 Cu 矿、Cu-Fe 矿和斑岩型 Cu 矿、Cu-Mo 矿等。此外,在局部地区有基性—超基性岩侵入,形成了岩浆型的 Cr 矿和 Cu-Ni 矿,如奎河西铬铁矿、菁布拉克铜镍矿。海西中期侵入岩类型多,既有石英闪长岩和花岗闪长岩及其浅成—超浅成的花岗闪长斑岩,还有偏酸性的钾长花岗岩、花岗斑岩等,形成了夕卡岩型 Cu 矿、Cu-Mo 矿和岩浆热液脉型 Au 矿、Pb-Zn 矿及沉积改造型 Pb-Zn 矿。此外,海西中期在博罗霍洛和阿吾拉勒地区火山活动强烈,还形成了大量与火山作用有关的 Cu-Fe 矿和 Au 矿。海西晚期的岩浆活动减弱,侵入岩主要为钾长花岗岩和花岗斑岩,主要形成高温岩浆热液型 W-Sn-Mo 矿和斑岩型 Cu-Mo 矿。火山岩以中酸性岩为主,在阿吾拉勒与伊什基里克地区形成了与之有关的 Cu 矿。

表 1 西天山北部金属成矿系列与构造—岩浆活动的关系

Table 1 The relationship between the metallogenetic series and the tectonomagmatic activities in north part of eastern Tianshan

编号 ^①	成矿带	构造位置	构造环境	岩浆活动性质	岩浆岩组合及期次	成矿元素	成矿类型	成矿系列
I-1	阿拉套	准噶尔板块南缘	古生代裂陷槽	壳源为主	海西晚期酸性花岗岩 早古生代中基性—中酸性火山岩	W、Sn Mo、Cu	岩浆热液型 夕卡岩型	I
I-2	依连哈比尔尕	准噶尔板块南缘	晚古生代海沟俯冲带	幔源 壳幔混源	海西早期基性—超基性侵入岩 海西早期中酸性花岗岩	Cr、Ni、Cu Cu、Pb、Zn	岩浆型 岩浆热液型	IV I
II-2	温泉—别珍套	伊犁板块北缘	古生代弧前盆地	壳源	吕梁期花岗岩、钾长花岗岩 海西早期中酸性花岗岩	Cu 多金属 Nb、Ta	夕卡岩型 岩浆热液型	I
II-2	汗吉尕	伊犁板块北缘	早古生代弧前盆地 晚古生代裂谷	壳源为主 壳幔混源为次	海西早、中期英安斑岩、花岗斑岩 海西早期基性—酸性火山岩	Pb、Zn Cu	沉积改造型 岩浆或火山热液型	III I
II-3	赛里木	伊犁板块内	早古生代岛弧 晚古生代弧前盆地	壳源为主	海西早、中期花岗闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩	Cu Pb、Zn Au	斑岩型、夕卡岩型 热水沉积型 夕卡岩型 岩浆热液型	I III
II-4	科古琴	伊犁板块内	早古生代裂谷 晚古生代岛弧	壳幔混源为主, 壳源为次	加里东晚期二长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩;海西早、中期花岗闪长(斑)岩、二长花岗岩;加里东晚期基性火山岩	Cu、Fe、Mo Pb、Zn Au-Cu	夕卡岩型、斑岩型 夕卡岩型 岩浆热液型	I
II-5	博罗霍洛	伊犁板块内	早古生代裂谷 晚古生代岛弧、弧后盆地	壳幔混源为主, 壳源为次	海西早、中期二长花岗岩、花岗闪长岩;海西早期基性—中酸性火山岩	Cu、Pb、Zn Au	岩浆热液型 夕卡岩型 火山热液型	I II
II-2-1	阿吾拉勒	伊犁板块内	晚古生代裂谷	壳幔混源为主, 幔源、壳源为次	海西期基性—中性—酸性火山岩 海西中、晚期花岗斑岩、石英钠长斑岩	Cu、Fe Cu	火山热液型 火山喷气—沉积型 斑岩型、夕卡岩型	II I
II-2-2	伊什基里克	伊犁板块内	晚古生代裂谷	壳幔混源为主, 幔源、壳源为次	海西期基性—中性—酸性火山岩 海西中、晚期花岗斑岩、石英钠长斑岩	Cu、Pb、Zn Au Cu、Mo	火山热液型 斑岩型	II I
II-2-3	那拉提	伊犁板块南缘	晚古生代裂谷、岛弧、古板块碰撞带	幔源 壳幔混源	加里东期、海西早期基性—超基性岩 海西中期酸性花岗岩	Cu、Ni Au	岩浆型 岩浆热液型	IV I

注:① 编号同图 1;成矿系列:I—与花岗岩有关的成矿系列;II—与火山岩有关的成矿系列;III—与沉积岩、热水沉积岩有关的成矿系列;IV—与基性—超基性侵入岩有关的成矿系列

研究表明,在海西期花岗岩中,主要是 I 型与成矿关系密切。

综上所述,本区岩浆演化的总趋势是自加里东晚期→海西晚期由基性、超基性侵入岩、闪长岩和花岗闪长岩→花岗闪长岩、花岗闪长斑岩→钾长花岗岩、花岗斑岩。随着岩浆的演化,金属矿产类型由 Cu-Ni、Fe-Cu、Cr→Cu-Pb-Zn、Au→Cu-Mo→Cu-W-Sn。矿床成因类型由岩浆型、夕卡岩型→岩浆型、夕卡岩型、斑岩型→夕卡岩型、岩浆热液型、火山型→高温岩浆热液型、斑岩型、火山型。岩浆演化特征基本控制了本区成矿系列中的成矿类型及其分布。

3.3 地球化学场与成矿元素组合

从根本上讲,成矿系列中的成矿元素组合是与区域地球化学场有关。根据区域地球化学异常分布特征,西天山北部明显分为准噶尔南缘 Cr-Ni-Cu-Au-W-Sn 地球化学区和伊犁 Cu-Fe-Au-Pb-Zn-Ag-Mo 地球化学区,自北而南还可进一步分为 8 条不同的成矿元素地球化学带。在成矿元素地球化学带中,一些元素共生组合形成区域地球化学场,主要有 Cu-Ag-Pb-Zn 元素地球化学场、Au-As-Sb-Hg 元素地球化学场、W-Sn-Bi-Mo 元素地球化学场和 Cr-Ni-Co 元素地球化学场。不同的元素地球化学场及其叠加,就形成了不同元素组合的成矿系列或矿床类型。

Cu、Ag、Pb、Zn 在区域的异常场展布有较好的一致性,但 Ag、Pb、Zn 异常较 Cu 异常要小得多,而 Cu 以其高的异常分布频率,成为本区最有优势的成矿指示元素。

首先,Cu 不仅在各期的花岗岩、基性—超基性侵入岩和各类火山岩中都有富集趋势,而且在前寒武纪和古生代的沉积地层中的含量亦很高。

其次,在空间上,由本区最北部的阿拉套至最南部的那拉提,Cu 在各成矿带中都有广泛分布并形成明显异常。

第三,Cu 不仅与 Ag、Pb、Zn 一起形成地球化学场,而且可分别与 Mo、Au、Ni、Fe 等共生。因此,本区各成矿系列、亚系列中几乎都有 Cu,在不同的地质条件下其与不同的元素组合形成不同的成矿系列或矿床类型。

Au、As、Sb、Hg 异常多数情况下相伴出现。就整个区域而言,Au 为贫乏元素,但在地质体中变异系数较大,有较强的活化转移富集能力。As、Sb、Hg 在区域内主要为背景场展布,异常场分布局限。因此,在本区的成矿系列中,Au 多是单一组合的矿床类型。

W、Sn、Bi、Mo 异常场多与中高温偏酸性岩体有直接的成因联系,主要分布在阿拉套花岗岩带和博罗霍洛花岗岩带,分布局限。在一些情况下(火山、潜火山热液叠加),W、Mo、Bi 元素异常场被 Cu、Pb、Zn、Ag 元素异常场叠加,可以形成 Cu-Mo 组合的斑岩型、潜火山热液型和夕卡岩型矿床。更多的情况下 W、Sn、Mo、Bi 元素异常场与 Cu、Pb、Zn、Ag 元素异常场空间上明显分离,形成不同的成矿系列或亚系列。

3.4 成矿系列与构造—岩浆—热液活动的依存关系

上述 3 个主要的成矿系列类型以及分布局限、规模亦小的与超基性—基性侵入岩有关的 Cu-Ni-Cr-Co 成矿系列类型,都是区域构造、岩浆和热液活动综合作用的产物,它们的分布明显受大地构造环境、深大断裂带、岩浆岩带和热液蚀变带的控制。虽然与沉积岩、热水沉积岩有关的 Cu-Pb-Zn 成矿系列主要是由沉积作用形成的,但它们或是在沉积后遭受地下热卤水及岩浆(火山)热液改造才最后富集成矿,或是直接由地下含矿热(卤)水在海底沉积形成,而含矿热(卤)水的形成与运移、喷出无不与构造、岩浆活动有关。因此,本区的几个金属成矿系列类型是在一个统一的地球内部热动力条件下,由各种地质因素相互作用的结果。不仅同一成矿系列内的矿床成因联系密切,而且不同成矿系列之间亦有一定的成因联系。

不同成矿系列的矿床成矿物质具有一定同源性。对本区海西期主要花岗岩的岩石化学、微量元素和稀土元素组成的研究^[29]表明,花岗岩具有 I 型和 S 型不同的成因。I 型花岗岩稀土丰度较低而 Sm/Nd 比值较高,源岩主要来自下地壳并有贫钾幔源部分熔融的岩浆产物。S 型花岗岩稀土丰度较高而 Sm/Nd 比值较低,为陆壳(上地壳)来源。此外,对喇嘛苏、五台、赛里克底、莱历斯高尔等与花岗岩类有关的矿床的硫、铅、氢氧同位素及微量元素的研究表明,成矿物

质主要来自壳源或壳幔混源的岩浆和岩浆热液,成矿流体以岩浆水为主。因此,与花岗岩类有关的成矿系列的矿床,成矿物质为壳源或壳幔混源。

对西天山北部海西期主要火山岩的岩石化学的研究^[30]表明,多数中基性火山岩属碱性系列,酸性火山岩和少量中性火山岩属钙碱性系列。对阿吾拉勒地区火山岩型 Cu(Fe)矿床的地球化学研究表明,铅同位素组成特征介于地幔铅与造山带铅之间, $\delta^{34}\text{S}$ 主要在 $-1.5\text{‰} \sim +2.5\text{‰}$ 之间, $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 在 $-68.9\text{‰} \sim -104.3\text{‰}$ 之间,在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 关系图上,样品点主要落在岩浆水范围及其附近与大气降水之间^①。因此,本区与火山岩有关的矿床的成矿物质,主要来源于深部岩浆,包括上地幔和下部地壳物质,即以壳幔混源或壳源为主。

对与沉积岩和热水沉积岩有关的矿床的硫、铅同位素及微量元素的研究^[22,23]表明,这些矿床的成矿物质主要来自深部热液(地下水为主)流经的地层和岩石,即深部地壳,很少来自陆壳表层。

综上所述,西天山北部3个成矿系列的矿床成矿物质来源有较密切的联系,它们或是壳源为主,或是壳幔混源为主,主要通过岩浆上侵或喷发及其有关热液活动、其次是通过地下热水将成矿物质从深部带到地壳浅部或表层成矿。成矿系列内及不同成矿系列之间成矿物质的一定同源性,说明了中元古代—晚古生代时西天山北部形成了统一的金属成矿系统。

各成矿系列的矿床空间分布不仅具有分带性,而且具有共存性。如表1所示,由北而南从温泉至博罗霍洛主要形成第Ⅰ成矿系列类型,阿吾拉勒和伊什基里克主要形成第Ⅱ成矿系列类型,依连哈比尔尕和那拉提主要形成第Ⅳ成矿系列类型,而第Ⅲ成矿系列类型主要在汗吉尕带与赛里木带。这种分带性主要与区域上大地构造环境及岩浆活动性质的差异性有关。前已述及,海西期是西天山主要的成矿时期。这一时期,在温泉—别珍套、汗吉尕、赛里木、科古琴和博罗霍洛主要为岛弧、弧前盆地等活动大陆边缘环境,中酸性岩浆侵入活动最为强烈。阿吾拉勒和伊什基里克主要为裂谷环境,岩浆活动以火山喷发为主。依连哈比尔尕为海沟俯冲带,而那拉提南缘是重要的古板块缝合带^[26],岩浆活动主要是基性—超基性岩浆侵入。不难看出,控制上述各带成矿作用的构造与岩浆活动性质的差异,造成了不同成矿系列类型呈带状分布的特点。成矿系列的共存性亦较明显,多数成矿带都有2个成矿系列共生。共存性反映了两个或多个成矿系列在成矿背景近似、但又不完全相同的条件下同时产生的。如阿吾拉勒等成矿带都有第Ⅰ与第Ⅱ成矿系列共生(见表1),主要由于它们均可在拉张的大地构造条件下形成,但与花岗岩有关的成矿系列主要产于该条件下相对隆起区,而与火山岩有关的成矿系列则产在断陷火山盆地中。因此从大区域(一个成矿带)来看,二者有空间上的共存或伴生关系。此外,成矿系列的共存性还与同一区域构造环境的演化有关。如那拉提成矿带,在加里东期和海西早期发育裂谷,伴随基性—超基性岩侵入和喷发并形成与之有关的 Cu-Ni 成矿系列。海西中、晚期后塔里木板块运动使南天山洋盆向北俯冲,进而塔里木与伊犁两板块发生碰撞,形成板块边缘活动带,伴随重熔型花岗岩侵入并再形成与之有关的另一成矿系列类型。

西天山北部的成矿作用还表现出多旋回性。首先是矿种的出现具有多旋回性,如 Cu,从前寒武纪到中生代各期都有 Cu 矿形成,成矿类型可以相同或不同。其次是矿床类型的多旋回性,如从古元古代→加里东期→海西早期→海西中期都有夕卡岩型矿床形成,而形成的矿种由 Cu→Fe-Cu→Cu-Fe-Pb-Zn→Cu-Mo-W。最后,有的成矿系列亦表现出明显的多旋回性。上述成

① 黄明杨,吴文奎等.新疆阿吾拉勒山 Cu 矿带成矿规律与重点靶区评价研究. 1994.

矿多旋回特征主要决定于多旋回的板块构造活动以及由此导致的多旋回的火山活动及岩浆侵入作用。

在一个成矿系列中,形成时间有先后的不同矿床类型可产于同一空间范围,彼此互相重叠^[8]。而在一个具体界线划定的地体内,亦可出现不同成矿系列之间的叠加与复合^[18]。在西天山北部的某些成矿带,既存在不同地质时期形成的矿床(化)的叠加,亦有不同成矿系列之间的复合。如喇嘛苏 Cu 矿,在蓟县纪形成了沉积型矿化,在海西早期浅成—超浅成中酸性小岩体群侵入后又叠加了斑岩型和夕卡岩型矿化,并使沉积型矿化受到改造,从而形成以夕卡岩型矿化为主的大型复合成因 Cu 矿床。再如科古琴成矿带中,在恰依特奇等花岗闪长斑岩小岩体(群)内形成了莱历斯高尔、可斯卡塞等斑岩型 Mo-Cu 矿床,而在岩体与围岩接触带又形成了东图津等夕卡岩型 Cu-Pb-Zn 多金属矿床,并表现出由岩体向外的 Mo-Cu-Pb-Zn 元素的分带性,与云南腾冲地区锡多金属矿床成矿系列的特征相同^[15]。又如阿吾拉勒成矿带,主要形成与火山岩有关的 Cu-Fe 矿床,但在这些矿床附近的火山岩中常有海西中、晚期的黑云母花岗岩、花岗闪长斑岩等侵入,并形成了与之有关的斑岩型、夕卡岩型和岩浆热液型 Cu 矿床,从而造成了两个不同成矿系列之间明显的复合关系。以上表明,本区同一成矿系列内不同矿床类型的叠加和不同成矿系列的复合与构造、岩浆活动的演化特点有关,同一区域导致成矿的构造和岩浆活动条件以相同或不同的方式多次出现,是造成成矿带中成矿系列重叠性的根本原因。

4 讨论

(1) 本次研究表明,西天山北部金属成矿是在一个统一的成矿系统下的,这个成矿系统包括成矿构造和成矿热液两部分,它们始终处于不断活动和不停演化的开放状态。不同成矿系列的形成正是二者在不同地区有机配合的结果。

(2) 本区铜矿化广泛,已发现矿床、矿点 100 多处,铜的原生和次生地球化学异常遍布全区,但尚未见大型、特大型铜矿。

(3) 在哈萨克斯坦的北滨巴尔喀什—伊犁成矿带已发现科克赛大型斑岩铜矿和阿尔哈雷大型火山热液型金矿,阿吾拉勒成矿带与之相连,属同一大地构造单元,应寻找类似矿床。

(4) 本区火山—喷气沉积型铁矿规模较大,但很少铜矿。据郭介人等研究^[21],这类矿床往往具有上铁下铜的双层状复合成矿模式,侧向也有不同程度的分带,应注意在该类铁矿的深部和外围找寻铜矿体。

(5) 本区还具备形成穆龙套型金矿和卡林型金矿的条件。

5 结论

(1) 西天山是以铜、金等为主的多金属成矿集中区,矿床成东西向带状分布,成矿带与区域构造岩浆活动带一致,以内生成矿为主。

(2) 依据矿床形成地质环境和成矿作用特点可将西天山地区内生金属矿床分成 4 个成矿系列类型、6 个成矿亚系列和若干矿床成因类型。

(3) 成矿系列的形成主要受大地构造环境控制。在拉张背景下形成与中酸性岩浆侵入有关的 W-Sn-Pb-Zn-Cu-Mo-Fe-Au 成矿系列和与火山作用有关的 Cu-Fe-Au 成矿系列。挤压背景下则形成与基性—超基性岩有关的 Cr-Ni-Cu-Co 成矿系列和与重熔型花岗岩有关的 Cu-Mo-Pb-Zn-Au 成矿系列。在相对稳定的构造发展期,形成与沉积岩、热水沉积岩有关的 Cu-Pb-

Zn 成矿系列。

(4) 与金属成矿有关的花岗岩主要是海西期和加里东期。

(5) 不同成矿系列之间仍有一定成因联系,不同成矿系列可以彼此复合。

(6) 综上所述,西天山北部金属矿床成矿系列的同源性、空间分布上的分带性与共存性、成矿作用的多旋回性以及叠加性,充分表明本区成矿系列与构造—岩浆—热液活动的依存关系,这是本区金属成矿最主要的规律。

本文是在“七五”、“八五”期间国家攻关 305 项目的关于新疆西天山的两个专题研究的部分成果的基础上写成的,在此对给予这两个专题研究以大力支持的国家 305 项目办公室、原新疆地质矿产局、原有色新疆地质勘查局及一起工作的王崇礼、于凤池、王全庆、植起汉、朱谷昌、宁晰春和曾宪仁等一并以诚挚的感谢。

参 考 文 献

- 1 刘兰笙,谢良珍,李永森,章雨旭等. 中国黑色有色金属矿产图集. 北京:地质出版社,1996. 5~12; 105~108.
- 2 程裕祺,陈毓川,赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报,1979,(1):33~58.
- 3 程裕祺,陈毓川,赵一鸣,宋天锐. 再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报,1983,(6):1~33.
- 4 程裕祺,陈毓川,赵一鸣,宋天锐. 再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列. 地质论评,1983,29(2):127~139.
- 5 翟裕生,熊永良. 关于成矿系列的结构. 地球科学,1987,(4):375~380.
- 6 翟裕生,秦长兴. 关于成矿系列和成矿模式. 北京:地质出版社,1987.
- 7 翟裕生. 成矿系列问题. 现代地质,1992,6(3):301~308.
- 8 翟裕生,姚书振,崔彬,程小久,秦长兴,金伟. 成矿系列研究. 武汉:中国地质大学出版社,1996.
- 9 陈毓川. 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列. 矿床地质,1983,2(2):15~24.
- 10 陈毓川,黄民智,徐珏,艾永德,李祥明,唐绍华,孟令库. 大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列. 地质学报,1985,59(3):228~240.
- 11 陈毓川,毛景文,王平安. 桂北地区锡多金属矿床成矿系列和成矿历史演化程式. 地质学报,1994,68(4):324~338.
- 12 陈毓川,毛景文. 桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹. 南宁:广西科学技术出版社,1995.
- 13 毛景文. 桂北九万大山—元宝山地区锡多金属矿床的地质特征和成矿系列. 矿床地质,1987,6(4):22~32.
- 14 毛景文,宋叔和,陈毓川. 桂北地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列. 北京科学技术出版社,1988.
- 15 毛景文. 云南腾冲地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列. 地质学报,1988,62(4):342~352.
- 16 刘德权,唐延龄,周汝洪. 新疆北部古生代地壳演化及成矿系列. 矿床地质,1992,11(4):307~314.
- 17 陶维屏. 中国非金属矿床的成矿系列. 地质学报,1989,63(4):324~327.
- 18 章少华,蔡克勤. 成矿系列研究若干问题讨论. 地质论评,1993,39(5):404~411.
- 19 宋天锐. 沉积成矿系列研究的新进展. 地质论评,1996,42(4):357~363.
- 20 陈从喜,蔡克勤,沈宝琳. 矿床成矿系列研究的若干问题与方向——兼论非金属矿床成矿系列研究的有关问题. 地质论评,1998,44(6):596~602.
- 21 郭介人,任秉琛,黄玉春,朱美珠,赵统,于浦生. 西北海相火山岩地区块状硫化物矿床. 武汉:中国地质大学出版社,1994.
- 22 隗合明,王崇礼,于凤池,王全庆,孙继东. 西天山元古界的热液沉积岩及其与成矿的关系. 矿物岩石,1992,12(3):46~55.
- 23 隗合明,王全庆,王崇礼,于凤池,孙继东. 西天山喇嘛萨依铜矿地质特征及成因. 西安地质学院学报,1992,14(1):14~20.
- 24 杨军臣,崔彬,李天福. 新疆博乐喇嘛苏铜矿床地质特征和成因研究. 地质论评,1998,44(1):23~30.
- 25 王作勋,邹继易,吕喜朝,刘成德,张经国. 天山多旋回构造演化及成矿. 北京:科学出版社,1990.
- 26 李向东,李茂松. 中国西天山地质构造与西邻区的对比研究. 地质论评,1996,42(2):107~115.
- 27 Lowell G R. Tin mineralization and mantle hot spot activity in south-eastern Missouri. Nature, 1976, 261: 482~483.
- 28 Sillitoe R H. Tin mineralization above mantle hot spots. Nature, 1974, 248:497~499.
- 29 王崇礼,隗合明,孙继东,王全庆,于凤池. 博罗霍洛北坡海西期控矿花岗岩成因类型. 西安地质学院学报,1993,15(4):74~79.

- 30 姜常义, 吴文奎, 谢广成, 李伍平. 西天山北部石炭纪火山岩特征与沟弧盆体系. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(3): 224~231.

Metallogenic Serieses and Their Formation and Evolution in Western Tianshan, Xinjiang

Wei Heming, Wu Wenkui and Xue Chunji

(*Xi'an Engineering University, Xi'an, Shaanxi, 710054*)

Abstract

Western Tianshan is one of the most famous metallogenic belt in China, where there are many useful mineral resources, especially the nonferrous and noble metals, and also rich in ferrous metal. The metallogenic series (or minerogenetic series) of western Tianshan has been studied in this paper based on an analysis of the main metallogenic types and factors. According to lots of material about the ore deposits and occurrences in the western Tianshan, there metallogenic series in the area has been recognized, ①Cu-Fe-Au-Mo-W-Sn-Pb-Zn metallogenic series related to intermediate-acid—acid granite; ②Fe-Cu-Au metallogenic series related to basic—intermediate—acid volcanic formation; ③Stratbound Cu-Pb-Zn metallogenic series related to the sedimentary rocks and hydrothermal sedimentary rocks. Each series shows its own metallogenic features and background. The division and study of the metallogenic series have revealed some regional time-space distribution characteristics of the ore deposits, which are important for the metallogenic prognosis.

Key words: Western Tianshan; metallogenic belt, metallogenic series, metallogenic evolution

作者简介

隗合明, 1946年生。1969年毕业于北京地质学院, 1982年在中国地质大学(北京)获理学硕士学位。现任西安工程学院教授, 长期从事矿床学和沉积学方面的教学与科研工作。通讯地址: 710054, 西安市雁塔路6号, 西安工程学院资源与材料工程系。