

新疆东天山铜及其多金属矿床成矿系列 和成矿谱系特征

韩春明¹⁾ 毛景文^{2,3)} 杨建民²⁾ 王志良^{2,3)} 崔 彬³⁾

(1) 中国科学院高能物理研究所 ,北京 ,100039 ; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所 ,北京 ,100037 ;
3) 中国地质大学 ,北京 ,100083)

摘 要 成矿系列是研究成矿作用在四维空间中的规律 ,探索在地球发展过程中成矿的时、空、物质的演化及其分布规律 ;研究矿床成矿系列可以提高人们对全球地质规律的认识 ,并且有效地指导找矿预测工作 ,促进矿产资源勘查工作的开展。根据对东天山地区铜及其多金属矿床的野外地质调查研究 ,在整理和吸收前人大量研究成果的基础之上 ,应用成矿系列理论 ,将该区初步划分为 5 个成矿亚系列 ,建立了该区内生金属矿床成矿演化谱系 ,为东天山大型铜及其多金属矿床富集区的战略靶区优选提供理论依据。

关键词 成矿系列 矿床富集区 东天山

Research on Metallogenic Series of Copper Deposits in East Tian Shan , Xinjiang

HAN Chunming¹⁾ MAO Jingwen^{2,3)} YANG Jianmin²⁾ WANG Zhiliang^{2,3)} CUI Bin³⁾

(1) *Institute of High Energy Physics ,CAS ,Beijing ,100039 ; 2) Institute of Mineral Deposits ,CAGS ,Beijing ,100037 ;*
3) *China University of Geoscience ,Beijing ,100083)*

Abstract With the elapse of time , the tectonic-magmatic evolution went on from south to north , which resulted in regular production and spatial distribution of ore resources , correspondingly forming East Tianshan copper , gold , nickel , iron and silver clucters of mineral deposits.

In the light of the concept of metallogenic series by Cheng Yuqi , Chen Yuchuan et al. , the copper , gold , iron , nickel and silver deposits might be assigned to five metallogenic series : I -The metallogenic subseries of iron , copper and zinc deposits related to early Carboniferous basic-intermediate-acid volcanic-intrusive rocks ; II -The metallogenic subseries of copper , molybdenum , gold and silver deposits related to Late Devonian-Early Carboniferous basic-intermediate-acid hypabyssal intrusive-eruptive rocks ; III -The metallogenic subseries of copper , silver and iron deposits related to Middle-Late Carboniferous basic-intermediate-acid volcanic-intrusive rocks ; IV -The metallogenic subseries of copper , nickel and platinum group deposits related to Late Carboniferous-Early Permian basic-ultrabasic rocks ; V -The metallogenic subseries of gold , copper , lead and zinc deposits related to Late Carboniferous-Early Permian basic-ultrabasic rocks.

Key words metallogenic series metallogenic subseries clucters of mineral deposits East Tian Shan

广义的东天山地区包括吐-哈盆地南缘、库鲁克塔格和北山北麓及觉罗塔格山-南湖戈壁等 ,构造上处于西伯利亚、哈萨克斯坦、准噶尔和塔里木三大板块的交汇部位 ,其间分别以卡拉麦里-麦钦乌拉深大断裂和康古尔塔格-黄山深大断裂作为板块缝合带。本文所指的东天山地区 ,地理坐标为东经 89°00′~96°00′、北纬 41°40′~42°40′ ,面积 6 万多平方公里。

东天山地区以盛产铁矿(雅满苏、天湖、磁海)而

著称 ,区内大规模地质工作始于 20 世纪 70 年代的铁矿会战。80 年代以来 ,新疆地质矿产局、新疆有色金属矿产局、国家“305”项目和中国地质调查局先后在该区开展地质工作 ,取得了金、铜、铜镍、煤、石油等矿产方面的重大突破 ,土屋-延东斑岩型铜矿的发现是中国近年来取得的最重要找矿成果之一 ,它的发现已经受到国内外地质学家和矿业界的广泛关注(王福同 2001)。而后相继在土屋(东)铜矿床外

围发现了卡拉塔格铜矿、延东铜矿、灵龙铜矿、小铺铜矿、鸭子泉铜矿,构成了从东向西分布的延东、土屋、土屋东、灵龙、赤湖、小铺、三岔口、三岔口东、鸭子泉的斑岩型成矿带,构成一个EW向展布的产于大南湖-头苏泉岛弧带的斑岩型铜、钼、金、银矿产富集区,其中土屋、土屋东、延东已构成大型以上规模,而且在其成矿带南部又不断有新的铜矿床发现,如维权夕卡岩型银铜矿(现在已经开采)、黑尖山火山岩型铜铁矿、路白山火山岩型铜矿、双庆夕卡岩型铜矿和吉源夕卡岩型多金属矿床,显示了东天山地区具有很好的找矿潜力。

1 区域成矿系列地质特征

1.1 与被动陆源海相火山活动有关的多金属矿床成矿亚系列

早石炭世阿齐山-雅满苏与被动陆源海相火山活动有关的Fe、Cu、Au、Ag多金属矿床成矿亚系列,自西向东主要矿床有尖山三号、尖山五号、梧桐沟、尖山一号、尖山二号、红云滩、阿齐山、铁岭、百灵山、多头山、红铁山、赤龙峰、库母塔格、雅满苏、沙垄东、1161高地、沙泉子和坡子泉等铁矿床和铁铜矿床,矿床属于火山成因类型,但由于后期构造运动和变

质作用对该成矿亚系列的矿床均有不同程度的改造作用。

(1) 矿体呈似层状、透镜状,与围岩产状一致,表明矿体与围岩同时形成,矿石呈层状构造和条纹状构造。

(2) 主要围岩蚀变有钠长石化、绿泥-绿帘石化、夕卡岩化、黄铁矿化、高岭土化和碳酸盐化等多种蚀变类型,但近矿围岩蚀变为前三者。

(3) 矿床形成的物理化学条件为温度300~400℃,中温细粒黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于-0.3‰~-2.9‰之间,低温粗粒或致密状黄铁矿呈脉状产于石榴石带顶部 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于-22‰~-25‰之间。根据赤铁矿和穆赤铁矿平衡反应热力学计算,氧逸度 f_{O_2} 为 $(-32.32\sim 34.13)\times 10^5\text{ Pa}$,在220℃和150℃两种温度条件下,成矿溶液中的总硫值分别为1.1‰和8.52‰(何国琦等,1994)。

(4) 气液比较高,流体中的主要阴离子为 F^- 、 Cl^- ,pH及 E_h 值属于弱酸性、弱氧化环境。铁矿石的氢氧同位素 δD 为-68.94‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$ 为6.32‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 为12.99‰~14.74‰,大多位于岩浆水与变质地下水之间,表明矿浆中的氧主要来自于岩浆水和地下水,可能有变质水混合并有与围岩交换的结

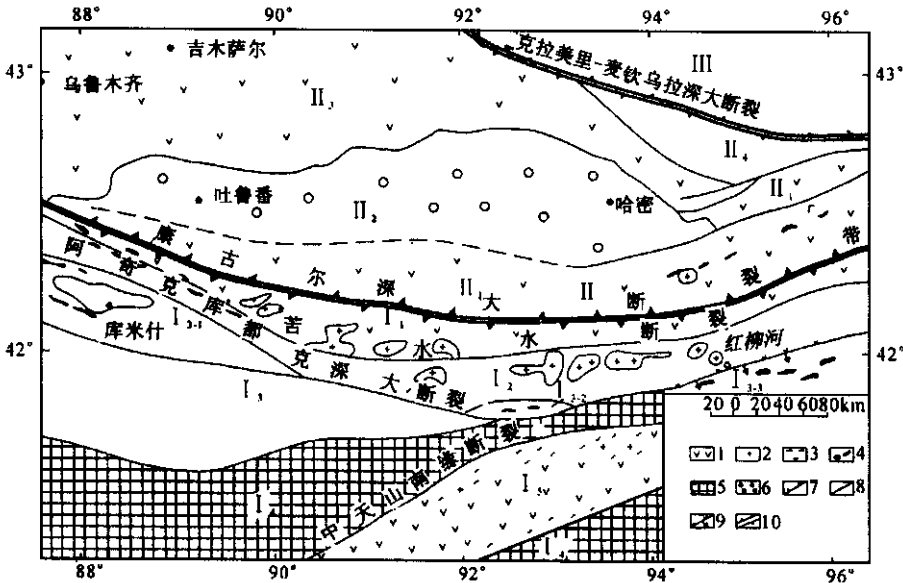


图 1 东天山板块构造单元划分略图(据姬金生等,1994)

Fig. 1 Distribution of tectonic units in the eastern Tian Shan(after Ji Jinsheng et al., 1994)

1-晚古生代裂谷-岛弧火山岩 2-华里西中期花岗岩类 3-中元古代角闪岩相变质岩 4-华里西期蛇绿岩套及镁铁-超镁铁岩或构造混杂岩 5-克拉通 6-新生代沉积物 7-俯冲带 8-断层 9-逆掩断层 10-缝合线;I-塔里木大陆:I₁-阿齐山-雅满苏晚古生代岛弧带;I₂-中天山早古生代岛弧带;I₃-大陆斜坡带;I₃₋₁-库米什弧后盆地;I₃₋₂-塞里克沙依弧后盆地;I₃₋₃-红柳河-玉石山弧后盆地;I₄-塔里木古陆;I₅-北山裂陷槽;II-准噶尔-哈萨克斯坦板块:II₁-康古尔泥盆纪-石炭纪火山弧;II₂-吐鲁番-哈密晚古生代弧间盆地;II₃-博格达-哈尔里克晚古生代火山弧;II₄-哈尔里克弧前盆地;III-西伯利亚大陆活动大陆边缘带

果(刘德权等,1996)。

1.2 与中酸性岩浆侵入活动有关的成矿亚系列

晚泥盆世—早石炭世延东-土屋-三岔口与中酸性岩浆侵入活动有关的 Cu、Mo、Au 矿床成矿亚系列,自西向东分布矿床主要有延东、土屋、土屋东、灵龙、赤湖、三岔口、三岔口东、鸭子泉等铜钼矿床(点),其中土屋、延东 2 个矿床已具有大型规模。

(1) 含矿斜长花岗斑岩稀土元素总量为 $24.87 \sim 40.71 \mu\text{g/g}$,与不含矿斜长花岗斑岩稀土元素总量($45.29 \sim 74.438 \mu\text{g/g}$)相比略低。斜长花岗斑岩 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 介于 $-1.4 \sim +9.4$ 之间, $\epsilon\text{Sr}(t)$ 介于 $-17.5 \sim -11.2$ 之间(芮宗瑶等,2001);在 $\epsilon\text{Nd}(t) - \epsilon\text{Sr}(t)$ 图解上落于大洋中脊玄武岩附近;在 $R_1 - R_2$ 图解上,则落于地幔斜长花岗岩区域,可以认为斜长花岗斑岩为幔源岩浆演化产物。

(2) 围岩蚀变为硅化、绢云母化、绿泥石化、黑云母化和碳酸盐化,局部见到有电气石化、萤石化。上述蚀变未见到有明显的蚀变分带现象,只是在局部地段发育有绢英岩化带、绿泥石-黑云母化带和青盘岩化带。

(3) 土屋铜矿床在各种矿石中含食盐子晶的高盐度流体包裹体随处可见,这表明有独立流体相参与成矿流体,石英流体包裹体均一温度为 $101 \sim 409^\circ\text{C}$,平均温度为 168.83°C ,盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 $0.35\% \sim 42.68\%$,平均为 7.72% 。

(4) 土屋铜矿床硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-0.9\permil \sim +1.3\permil$ 之间,平均为 $0.336\permil$,与陨硫硫很接近,反映了硫的深部来源特征。

(5) 土屋斑岩型铜矿床 3 件含矿石英样品 $\delta^{18}\text{O}$ 变化于 $10.0\permil \sim 11.0\permil$ 之间,平均 $10.43\permil$,5 件长石样品 $\delta^{18}\text{O}$ 变化于 $8.3\permil \sim 9.70\permil$ 之间,平均 $8.66\permil$,表明岩石在形成过程中受到富 $\delta^{18}\text{O}$ 上地壳岩石的一定混染。根据芮宗瑶测定矿石中石英、绿泥石、绿帘石等矿物 $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}(\permil)$ 变化于 $-69\permil \sim -44\permil$, $\delta^{18}\text{O}$ 矿物变化于 $7.0\permil \sim 9.7\permil$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 变化于 $-7.09\permil \sim 1.611\permil$,表明成矿流体以天水为主。

(6) 矿石中除 Cu 外,还含有 Mo、Au、Ag 等有用组分。

1.3 与石炭世岩浆作用有关的成矿亚系列

中石炭世与岩浆作用有关的 Cu、Fe、Ag、Au 矿床成矿亚系列位于研究区南部雅满苏断裂至阿齐克库都克断裂之间,分布着与中石炭世汇聚阶段中酸性火山岩-深成岩有关的维权铜银矿床(夕卡岩型)、黑尖山铜铁矿床(火山岩型)、路白山铜矿(火山岩

型)、沙泉子铁铜矿(夕卡岩型)、阿齐山五矿(热液型)、坡子泉铁矿(火山岩型)等,组成一个与中石炭世钙碱系列火山-深成岩建造有关的复杂成矿亚系列。

(1) 汇聚阶段主要形成复理石夹有中酸性或基性-中性-酸性连续分异系列火山岩建造,赋矿地层为沙泉子组和土古土布拉克组,两组 Cu、Zn、Sb、Mo 等丰度高于新疆北部的平均值,具有汇聚阶段 Cu、Pb、Zn、Mo 成矿化学条件。

(2) 矿床主要成因类型较为复杂,有夕卡岩型(维权铜银矿床、沙泉子铜铁矿床、吉源多金属矿床)、火山岩型(黑尖山铁铜矿床、路白山铜矿)和火山热液型(阿齐山铁矿)。

(3) 围岩蚀变为夕卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化、黄钾铁矾化、赭石化、黄铁矿化、钠长石化和硅化等,前二者与成矿最为密切。

(4) 不同矿床之间的成矿元素组合不完全相同,维权以 Cu-Ag 为主,沙泉子以 Cu-Fe 为主,黑尖山以 Fe-Cu 为主,路白山以 Cu 为主,吉源为 Cu-Pb-Zn-Au-Ag 组合。尽管上述这些矿床在元素组合上有所不同,但是这些矿床明显地受研究区中石炭世汇聚阶段的钙碱性岩浆作用制约,可以归为一个成矿亚系列。

1.4 与幔源基性-超基性岩有关的成矿亚系列

晚石炭世—早二叠世与幔源基性-超基性岩有关的 Cu、Ni、PGE 矿床成矿亚系列,其矿床自西向东分布有土墩、二红洼、黄山、黄山东、黄山南、香山、黄山西、镜儿泉、葫芦等一系列岩体,其中黄山、黄山东为大型矿床。

(1) 基性-超基性杂岩体,都是些高度分异的凸镜状、漏斗状侵入岩体。岩体通常都有同心带状分异,各相带之间为急变过渡或侵入接触。生成次序一般酸性端员(闪长岩)在先,后形成基性、超基性端员(辉石岩、橄辉岩)。以黄山铜镍矿床为例,可以分为 4 个侵入阶段、10 个侵入岩相。第 1 侵入阶段形成角闪橄辉岩相,第 2 侵入阶段形成角闪岩相、角闪辉长岩相、辉长苏长岩相、角闪二辉辉石岩相、角闪二辉橄辉岩相及角闪辉石岩相等;第 3 侵入阶段形成隐伏的主含矿岩体,为辉橄岩相;第 4 阶段形成辉长闪长岩相。成矿母岩的同位素年龄为 $308.9 \pm 10.7 \text{ Ma}$,岩石及铜镍矿石铀初始比值为 $0.70366 \sim 0.70468$ (李华芹等,1998)。

(2) 产于超镁铁岩中的矿体富含 Ni 和 Co,而产于镁铁岩中的矿体则富含 Co 和 Ni,而整个岩体

$\text{Ni} > \text{Cu}$ ($\text{Cu}/\text{Ni} = 0.66$), 并且伴有 Au、Pt、Pd (李华芹等, 1998; 何国琦等, 1994)。

(3) 成矿作用经历了 3 个主要阶段: ①含矿岩浆结晶分异阶段; ②岩浆房分异形成的岩浆沿构造通道依次贯入阶段; ③表生氧化阶段(何国琦等, 1994)。

(4) 岩体成岩温度范围为 $1\ 600 \sim 900\ ^\circ\text{C}$ (橄榄石液相线温度为 $1\ 350 \sim 1\ 600\ ^\circ\text{C}$; 斜辉石结晶温度为 $1\ 160 \sim 1\ 075\ ^\circ\text{C}$; 角闪石结晶温度为 $960 \sim 940\ ^\circ\text{C}$)。六方磁黄铁矿形成温度下限为 $325\ ^\circ\text{C}$, 黄铜矿形成温度为 $365 \sim 290\ ^\circ\text{C}$, 粗粒较大的镍黄铁矿形成较早, 估计在 $600\ ^\circ\text{C}$ 左右, 黄铜矿大量晶出在 $400\ ^\circ\text{C}$ 以下; 热液阶段($350 \sim 300\ ^\circ\text{C}$)形成黄铁矿、黄铜矿和少量磁黄铁矿以及一些热液蚀变矿物。

(5) 矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-0.20\text{‰} \sim 0.86\text{‰}$ 之间, 平均为 0.30‰ , 极差 1.06‰ , 具有幔源硫特征(李华芹等, 1998; 何国琦等, 1994)。

(6) 黄山矿石 Sm-Nd 等时线年龄为 $305.4 \pm 2.4\ \text{Ma}$, 黄山东矿石 Sm-Nd 等时线年龄为 $314 \pm 14\ \text{Ma}$, 而 Re-Os 等时线年龄为 $282 \pm 8\ \text{Ma}$ (李华芹等, 1998)。

1.5 与构造-岩浆活动有关的金矿床成矿亚系列

海西中晚期造山过程中与构造-岩浆活动有关的金矿床成矿亚系列, 自西向东分布的主要矿床有哈尔拉、环耳山、麻黄沟、康西、康古尔、马头滩、元宝山、元宝山南、企鹅山、翠岭、白干湖、胡杨沟、148、梧桐窝子南、镜尔泉、葫芦北、白山东等众多金矿床, 构成了东天山地区规模宏大的金矿产富集区, 而且在该带中不断有新的金矿床发现, 显示了该地区具有很好的找矿远景。

(1) 在康古尔塔格-黄山强应变构造带中, 主要赋矿地层为石炭系阿齐山组和二叠系阿齐克布拉克组。前者为一套海相-海陆交互相中酸性熔岩和火山碎屑岩, 是康古尔塔格等造山型金矿的赋矿围岩, 后者为中酸性火山岩、火山碎屑岩是浅成低温热液型金矿的直接围岩。

(2) 康古尔塔格金矿床位于区域强应变构造带的次级脆性-韧性剪切带中。石英滩金矿床明显地受到 NE 向和 NW 向两组断裂构造所控制, 明显地切割了地层和含石英英脉体(姬金生等, 1994)。

(3) 康古尔塔格金矿床围岩蚀变类型为青盘岩化、黄铁绢英岩化、绿泥石化和硅化; 石英滩金矿围岩蚀变类型为绢英岩化、硅化、绿泥石化、叶蜡石化和碳酸盐化等。

(4) 康古尔塔格金矿床矿化类型为破碎带蚀变岩型为主, 而石英滩金矿床金矿化则与石英脉密切伴生。

(5) 康古尔塔格金矿床呈板状和透镜状, 石英滩金矿床地表形态呈弧形脉状体。

(6) 康古尔塔格金矿床主要金属矿物为黄铁矿、磁铁矿, 次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿和赤铁矿, 含金矿物为自然金和银金矿; 石英滩金矿床主要金属矿物组合为黄铁矿、黄铜矿、毒砂和自然金等。

(7) 金矿化往往具有多阶段成矿特点, 康古尔塔格金矿床成矿阶段分为黄铁绢英岩化阶段、黄铁矿-磁铁矿-绿泥石-石英阶段、黄铁矿石英脉阶段、多金属硫化物石英脉阶段和方解石石英脉阶段, 金矿化主要与前 4 个阶段密切相关; 石英滩金矿床依据矿物共生组合, 可以将石英脉分为 4 期, ①烟灰色致密块状隐晶质石英脉; ②灰白色隐晶-细晶条带状石英脉; ③灰白色板条状石英脉; ④青灰色隐晶质石英脉。

(8) 康古尔塔格金矿床与金矿化有关的石英含有较多的包裹体, 以气、液两相为主, 偶见有含 NaCl 子晶的多相包裹体; 包裹体均一温度为 $137 \sim 259\ ^\circ\text{C}$; 主成矿阶段流体的盐度为 $\omega(\text{NaCl}_{\text{eq}}) = 12.18\% \sim 17.10\%$, 呈板状和透镜状; 石英滩金矿床流体包裹体以液相成分中, 阳离子以 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 为主, 且 K^+/Na^+ 为 $1.5 \sim 7.5$, 阴离子主要以 Cl^- 、 F^- 为主; 气相成分中, 除了 H_2 外, 以 CO_2 为主, 还有少量的 CO 和 CH_4 , 反映成矿流体处于还原环境; 石英流体包裹体均一温度为 $108.5 \sim 190.5\ ^\circ\text{C}$, 平均为 $149.90\ ^\circ\text{C}$; $\omega(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 $9.18\% \sim 19.24\%$ (姬金生等, 1994)。

(9) 康古尔塔格金矿床矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-0.9\text{‰} \sim +3.3\text{‰}$, 平均 0.77‰ ; $\delta^{18}\text{O}$ 为 $11.3\text{‰} \sim 3.2\text{‰}$, 平均 11.5‰ ; 成矿流体锶初始比值为 $0.7077 \sim 0.7101$; δD 平均值为 $-55\text{‰} \sim -66\text{‰}$, 成矿介质为岩浆水和变质水混合流体。石英滩金矿床矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $0.61\text{‰} \sim 1.33\text{‰}$, δD 为 $-119\text{‰} \sim -90\text{‰}$, δO 为 $+4.7\text{‰} \sim +8.5\text{‰}$, 表明成矿流体主要来自于大气降水, 含金石英脉锶初始比值为 $0.7490 \sim 0.7059$ (姬金生等, 1994)。

(10) 康古尔塔格金矿床含石英英脉和中晚期含金石英脉流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 $282.34 \pm 5\ \text{Ma}$, $258 \pm 21 \sim 254 \pm 7\ \text{Ma}$; 主成矿阶段矿石矿物(磁铁矿、黄铁矿) Sm-Nd 等时线年龄为 $290.4 \pm$

7.20 Ma(李华芹,1998)。石英滩金矿床含矿隐爆角砾岩 Rb-Sr 等时线年龄为 261.6 ± 7 Ma,3 条含金石英脉 Rb-Sr 等时线年龄为 288 ± 7 Ma、 276 ± 7 Ma 和 244 ± 9 Ma(李华芹,1998)。

2 海西旋回成矿谱系的建立

研究区位于塔里木地块北侧,前寒武纪基底陆壳。晚古生代时,在较短时间内($322 \sim 250$ Ma)完成了从开始拉张→洋壳→汇聚→固结的全过程,其成矿作用动力学过程可以概括为板块边缘早期过渡壳拉张阶段形成的矿床→板块汇聚边缘晚期阶段挤压陆缘环境形成的矿床→强应变构造带造山期后伸展和走滑剪切阶段形成矿床。其成矿谱系归纳如下:

(1)海西构造旋回中期(360 Ma)塔里木板块北缘裂解拉张,在裂陷带内发生双峰式火山活动和成矿作用,形成了第 1 成矿亚系列——火山岩型铁铜矿床和块状硫化物铜铅锌矿床组合。

(2)海西旋回中期 $360 \sim 310$ Ma 挤压阶段,由于板块汇聚,在觉罗塔格北部-大南湖至头苏泉岛弧带发生大规模的钙碱性岩浆活动,并且伴随有斑岩型 Cu-Mo-Au-Ag 矿床成矿亚系列。

(3)海西旋回中晚期(C_2-C_3),汇聚作用继续进行,觉罗塔格南部堆积有复理石夹基性-中性-酸性火山岩建造,并伴随有大规模钙碱系列花岗岩类侵入,相应形成了火山岩型铁铜矿床和夕卡岩型铜银矿床成矿亚系列。

(4)海西旋回中晚期($300 \sim 280$ Ma),为研究区内碰撞期后弛张阶段,沿着碰撞带形成深大断裂,地幔熔浆上侵,形成与基性-超基性岩有关的 Cu-Ni-PGE 矿床成矿亚系列和与强应变构造带有关的 Au-Cu-Pb-Zn 矿床成矿亚系列。

(5)海西旋回中晚期($300 \sim 250$ Ma),形成与强

应变构造带有关的 Au-Cu-Pb-Zn 矿床成矿亚系列。

3 结语

成矿作用在地质历史中分布十分不均一,整体上呈幕式分布,而且不同元素及其组合在不同时期具有不同的分布规律;大规模成矿作用(或称大爆发成矿作用),是在地质历史演化过程中在很短时间内形成于区域性地质构造单元内部成矿元素大面积高强度富集成矿(毛景文等,1999)。作为中亚晚古生代板块构造演化的一部分,东天山华里西期经历了一个完整的拉张→俯冲→碰撞造山→后碰撞演化阶段,在每个阶段都伴随有一套金属矿床成矿系列及其金属元素的大规模堆积,形成了内生金属成矿作用高峰。在较短时间内,多种构造演化与成矿作用叠置在一个地区,构成了一个大型内生金属矿产富集区。

致谢 笔者在野外工作期间曾经得到新疆地质调查院的大力帮助;就东天山许多问题与芮宗瑶研究员进行了讨论,受益匪浅;本文承蒙丰成友博士仔细审阅,提出了许多宝贵的意见。在此,笔者表示衷心的感谢!

参 考 文 献

王福同,冯京,胡建卫等.2001.新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义.中国地质,28(1):36~39.
何国琦,李茂松,刘德权等.1994.中国新疆古生代地壳演化及成矿.乌鲁木齐:新疆人民出版社:1~437.
芮宗瑶,王福同,李恒海等.2001.新疆东天山斑岩铜矿带的新进展.中国地质,28(2):16~23.
李华芹,谢才富,常海亮等.1998.新疆北部有色金属贵金属矿床成矿作用年代学.北京:地质出版社:202~220.
姬金生,陶宏祥,杨兴科等.1994.东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿.北京:地质出版社:1~20.
毛景文,华仁民,李晓波.1999.浅议大规模成矿作用与大型矿集区.矿床地质,18(4):291~299.