新疆东天山铜及其多金属矿床成矿系列研究*

Research on Metallogenic Series of Copper-polymetallic Deposits in East Tianshan Mountains

韩春明[1,2,3] 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）

Han Chunming[1,2,3], Mao Jingwen[2,3], Yang Jianmin[2], Wang Zhiliang[2,3], Cui Bin[3]

(1 Institute of High Energy Physics of CAS, Beijing 100029, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 China University of Geoscience, Beijing 100083, China)

摘 要 该文立足于东天山地区铜及其多金属矿床的野外地质调查研究，从充分整理和吸收消化前人大量研究成果的基础之上，应用成矿系列理论，将该区划分为 5 个成矿亚系列，建立了该区内生金属矿床成矿谱系，为东天山大型铜矿富集区的战略靶区优选提供理论依据。

关键词 成矿系列 成矿谱系 东天山

本文主要以东天山地区铜矿床为研究对象，在前人的工作基础之上，结合课题组 3 年来的野外和室内工作成果，按照成矿系列的学术思想，比较全面地阐述了东天山地区构造演化与铜成矿作用的关系，合理地划分了成矿系列，建立了区域成矿谱系。

1 区域成矿系列地质特征概述

1.1 晚泥盆—早石炭世延东—土屋—三岔口与中酸性岩浆侵入活动有关的铜、锰、金矿床成矿亚系列

（1）含矿斜长花岗斑岩稀土元素总量为 24.87～40.71 μg/g, 与不含矿斜长花岗斑岩稀土元素总量（45.29～74.438 μg/g）相比略低。斜长花岗斑岩 $\varepsilon_{Nd}(t)$介于－1.4～＋9.4 之间，$\varepsilon_{Sr}(t)$介于－17.5～－11.2 之间(芮宗瑶等，2001)；在 $\varepsilon_{Nd}(t)$- $\varepsilon_{Sr}(t)$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-黑云母化带和青磐岩化带。

（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 101～409℃，平均值为 168.83℃,盐度 $w(NaCl_{eq})$为 0.35%~42.68%, 平均为 7.72 %.

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

（5）土屋铜矿床 3 件含矿石英样品 $\delta^{18}O$ 变化于 10.0‰～11.0‰之间，平均为 10.43‰，5 件长石样品

* 本文为东天山金铜成矿作用研究项目（DKD9902001）和国家重点基础发展规划项目（G1999043200）的部分成果
第一作者简介 韩春明，男，1968 年生，博士研究生，矿床学专业。

$\delta^{18}O$ 变化于 8.3‰ ～ 9.7‰ 之间，平均为 8.66 ‰，表明岩石在形成过程中受到了富 $\delta^{18}O$ 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、绿帘石等矿物的 δD_{SMOW} 变化于－69‰～ －44‰，$\delta^{18}O_{矿物}$变化于 7.0‰～9.7‰，$\delta^{18}O_{水}$变化于－7.1‰～2.6‰之间，表明成矿流体以岩浆水为主，天水和岩浆水的混合仅为少量。

（6）矿石中除 Cu 外，还含有 Mo、Au、Ag 等有用组分。

1.2 早石炭世阿齐山－雅满苏与岛弧海相火山活动有关的铁、铜、金、银多金属矿床成矿亚系列

（1）矿体呈似层状、透镜状，与围岩产状一致，即矿体与围岩同时形成。矿石有层状和条纹状构造。

（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、高龄土化和碳酸盐化等多种蚀变类型，但近矿围岩蚀变主要为前 3 者。

（3）矿床形成的物理化学条件为 300～400℃，中温细粒黄铁矿 $\delta^{34}S$ 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，$\delta^{34}S$ 变化于－22.0‰～－25.0‰之间。根据赤铁矿和穆赤铁矿平衡反应热力学计算，氧逸度 fo_2=－32.32×10^5～34.13×10^5Pa，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‰。

（4）根据周济元等（1994）研究，阿齐山一号铁铜矿含矿溶液为富含 CO_2、CO、F、CH_4、H_2S 等气体的流体相。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，据 CO_2 含量计算的成矿压力为 300×10^5Pa。铁矿石的氢氧同位素（δD 为－69‰，$\delta^{18}O_{矿物}$为 6.3‰，$\delta^{18}O_{水}$为 13.0‰～14.7‰），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果。

1.3 中石炭世与岩浆作用有关的铜、铁、银、金矿床成矿亚系列

该成矿亚系列特点可以概括如下。

（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）、火山岩型（黑尖山铁铜矿床、路白山铜矿）和火山热液型（阿齐山五矿）。

（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。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 晚石炭世－早二叠世与幔源基性-超基性岩有关的铜、镍、铂族矿床成矿亚系列

（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、橄榄岩）。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。第一侵入阶段形成角闪橄榄岩相；第二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、角闪二辉橄榄岩相及角闪辉石岩相等；第三侵入阶段形成隐伏的主含矿岩体，为辉橄岩相；第四阶段形成辉长闪长岩相。成矿母岩的同位素年龄为（308.9±10.7）Ma；岩石及铜镍矿石锶初始比值为 0.70366～0.70468 (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 Ni>Cu（Cu/ Ni=0.66），并且伴有 Au、Pt、Pd。

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

(4)岩体成岩温度范围为 1600～900℃(橄榄石液相线温度为 1350～1600℃ ,斜辉石结晶温度为 1160～

1075℃；角闪石结晶温度为 960～940℃)。六方磁黄铁矿形成温度下限为 325℃；黄铜矿形成温度为 365～290℃；粗粒较大的镍黄铁矿形成较早，估计在 600℃左右；黄铜矿大量晶出在 400℃以下；热液阶段（350～300℃）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 $\delta^{34}S$（‰）变化于－0.20～0.86 之间，平均为 0.30，极差 1.06, 具有幔源硫特征。

（6）黄山矿石 Sm-Nd 等时线年龄为（305.4±2.4）Ma；黄山东矿石 Sm-Nd 等时线年龄为（314±14）Ma，而 Re-Os 等时线年龄为（282±8）Ma。

2　海西旋回成矿谱系的建立

可以将研究区内的成矿谱系归纳如下：

（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 360～310 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一带发生大规模的钙碱性岩浆活动，并且伴随有斑岩型铜-钼-金-银矿床——第二成矿亚系列；

（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，构成了研究区内海西期第 3 个成矿亚系列；

（4）海西旋回中晚期（320～280 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-超基性岩有关的铜-镍-铂族矿床成矿亚系列。

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（或者称大爆发成矿作用），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分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。

参　考　文　献

程裕淇，陈毓川，赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报，总第 1 号，32～58.

李华芹，谢才富，常海亮. 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.

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.

毛景文，杨建民，韩春明，等. 2002. 东天山金铜成矿系统和成矿动力学研究. 地球科学,（待刊）.

秦克章，方同辉，王书来，等. 2001. 东天山古生代板块构造分区、演化与成矿规律研究及勘查应用. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议. 68～72.

秦克章，孙枢，陈海泓. 1999. 新疆北部金属矿床时空分布格局—古生代多岛海型碰撞造山带的标志. 见陈海泓主编：中国碰撞造山带研究. 北京：地质出版社. 183～196.

秦克章. 2000. 新疆中亚型造山带与成矿作用 .中国科学院地质与地球物理研究所所刊. 71～157.

任秉琛, 杨兴科，李文明，等. 2001. 土屋超大型斑岩铜矿成矿地质特征与矿床对比. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议. 99～102.

芮宗瑶，王福同，李恒海. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展. 中国地质，28（2)：16～23.

芮宗瑶，王龙生，王义天，等. 2002. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论. 矿床地质， 21（1)：16～22.

芮宗瑶，王龙生，王义天. 2001. 东天山大地构造格局与成矿动力学探讨. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议. 3～4.

薛春纪，陈毓川，姬金生，等. 2001. 东天山矿床成矿系列和分布规律. 东天山铜多金属矿床成矿过程和成矿动力学及找矿预测新技术新方法会议. 60～62.

杨兴科, 陈强, 姬金生，等. 2000. 康古尔塔格含金剪切带的厘定及其地质找矿意义. 西安工程学院学报, 22(3):1～4.

张连昌，曾章仁，韩照信. 1994. 新疆鄯善县康古尔金矿地球化学研究. 地质找矿论丛， 9（4)：12～21.

张连昌，曾章仁，杨兴科，等. 1997. 康古尔韧性剪切带型金矿构造地球化学特征。贵金属地质， 6：13～21.