

东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型

毛景文^{1,2}, 杨建民², 韩春明^{1,2}, 王志良^{1,2}

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要: 近年来, 在东天山地区地质找矿不断取得突破, 一系列大型、中型铜金矿床先后被发现. 绝大多数铜金矿床在空间上密集分布于黄山—康古尔缝合—剪切带两侧的岛弧带内, 时间上集中在石炭纪—二叠纪. 金矿床包括造山型、石英脉型和浅成低温热液型, 铜矿床包括斑岩型、夕卡岩型和热液脉型及铜镍硫化物型. 金、铜和铜镍矿化各自成系统产出, 为板块俯冲晚期和碰撞期后大规模镁铁质—超镁铁质和中酸性—酸性花岗岩岩浆侵位—喷发事件的产物.

关键词: 金矿床; 铜矿床; 成矿系统; 地球动力学; 东天山.

中图分类号: P618.41; P618.51; P611.5 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)04-0413-12

作者简介: 毛景文(1956—), 男, 研究员, 博士生导师, 从事矿床地质和地球化学研究.

E-mail: jingwenmao@263.net

在 20 世纪 70~80 年代, 新疆地质局和有色地勘局在东天山发现了一大批铜镍硫化物矿床、火山岩型铁矿床及个别铜铅矿床. 自 20 世纪 80 年代末以来, 新疆地质矿产勘查开发局先后发现并探明了一批金矿床和铜矿床. 与此同时, 大量的科学技术研究全面展开, 尤其是国家 305 项目的实施, 内地不少学者与当地地质工作者联合工作, 取得了一系列新数据、新成果和新认识, 从板块的角度探索了东天山构造演化历史^[1~6]、构造演化与成矿关系^[7~13]、成岩成矿年代测定^[14~17]、成岩成矿地球化学^[18~22]、典型矿床解剖^[23~27]、矿田构造特征与成矿控制^[13, 28, 29]、姬金生等^[8, 30]、芮宗瑶等^[31]和韩春明等^[32]初步总结了成矿基本特点、成矿系列和成矿的地球动力学过程. 本文基于前人的工作基础, 通过野外地质调查和对一些关键问题的测试研究, 初步探讨区内金铜矿床分布规律和成矿地球动力学模型.

1 成矿地质背景

东天山位于乌鲁木齐—库尔勒公路以东, 土哈

盆地以南的天山地区. 地质构造单元主要有北天山晚古生代造山带及中天山地块和南部塔里木板块北缘和哈萨克斯坦—准噶尔板块南缘(图 1). 尽管最近新疆地质勘查局第一地质队在中天山也发现了双庆夕卡岩型铜矿点, 但绝大多数金铜矿都分布于晚古生代造山带.

1.1 北天山古生代双岛弧和板块对接带

最近 10 年的研究, 尤其是 1:5 万地质调查的完成, 基本查明康古尔大断裂—雅满苏大断裂之间的强韧性剪切带代表着西伯利亚地块与塔里木地块之间在晚石炭纪闭合的北天山有限洋盆, 古亚洲大洋的一部分^{[33]①②}. 张良臣^③述及以艾比湖—康古尔—居延海—西拉木仑为界, 北面属于北型冷水动物群和安加拉植物群的西伯利亚生物区系, 南面属于南型暖水动物群和华夏植物群的古特提斯生物区系. 在剪切带(康古尔塔格剪切带或缝合带)内的石炭系干墩组为一套深海相岩石组合, 底部为 100 m 左右

① 姜立丰, 李凤明, 胡长安, 等. 哈密县 885 至 846 高地八幅 1:5 万区调填图及遥感图像资料在 1:5 万区调填图中的应用. 新疆地调院内部报告, 1997.

② 姬金生, 杨兴科, 刘光海, 觉罗塔格金、铜成矿带成矿系列分布规律研究与矿床定位预测. 新疆国家 305 项目办公室内部报告, 2000.

③ 张良臣. 在东天山现场交流会议上的讲话, 2001.

收稿日期: 2001-11-12

基金项目: 国家重点基础规划项目(G19990432016); 国土资源部地质大调查项目(DKD99002001).

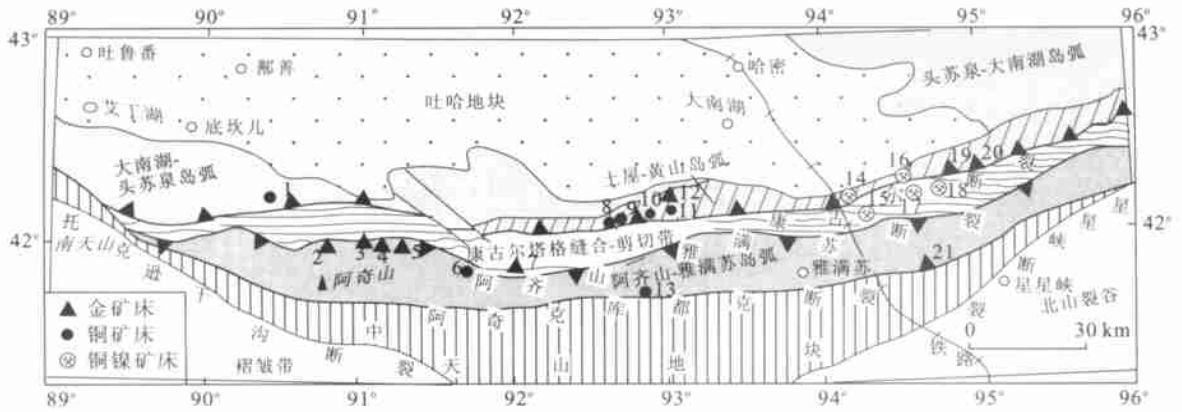


图 1 东天山大地构造单元与铜金矿床分布

Fig. 1 Distribution of tectonic units and gold-copper deposits in eastern Tianshan

基于杨兴科等^[9]和芮宗瑶等^[31]构造与成矿图基础上改编而成。根据芮宗瑶等^[34]和秦克章^④放射性同位素测年资料,土屋—黄山岛弧成于晚泥盆世;李锦轶(与笔者讨论)初步研究证明小热泉一带原下石炭统为泥盆纪的岩层,因此都属于大南湖—头苏泉岛弧的一部分。

1. 小热泉子铜矿; 2. 石英滩金矿; 3. 康西金矿; 4. 康古尔金矿; 5. 马头滩金矿; 6. 维权铜矿; 7. 夹白山金矿; 8. 延东铜矿; 9. 土屋铜矿; 10. 灵龙铜矿; 11. 赤湖铜矿; 12. 小红山金矿; 13. 路白山铜矿; 14. 土墩铜镍矿; 15. 二红洼铜镍矿; 16. 香山铜镍矿; 17. 黄山铜镍矿; 18. 黄山东铜镍矿; 19. 148 金矿; 20. 梧桐窝子南金矿; 21. 白石沟金矿

由细砂岩、泥质岩石与碳酸盐岩组成的复理式建造,其余为数 km 厚的浊积岩系。

北部的岛弧带(土屋—黄山岛弧带)位于康古尔大断裂与大草滩大断裂之间,为一套下石炭统以基性火山岩为主,夹有安山质火山岩和一些碳酸盐岩及钙质泥岩,局部可以见到保存不完整的火山机构。在七克台—康古尔路以东地区,这套岩石称之为企鹅山组;在七克台—康古尔路以西地区,称之为小热泉子组。小热泉子组岩石出露面积大,而且总体上以安山质火山岩为主,从下部到上部安山质火山岩增多,由下部玄武质火山岩夹安山岩变化到中上部安山岩夹少量玄武质火山岩和碳酸盐岩及顶部厚层碎屑岩;在其上是一套中石炭系碳酸盐岩。最近,芮宗瑶等^[34]使用单颗粒锆石方法测得企鹅山群火山岩的成岩年龄为(443±25)~393 Ma,证明其为泥盆纪火山活动的产物,与新疆地质勘查局进行 1:5 万地质调查时所获得的化石时代大相径庭。

南部的岛弧带(雅满苏—阿齐山岛弧带)位于雅满苏大断裂与阿齐克库都克大断裂之间,上部岩石组合(雅满苏组)与北部岛弧带中的企鹅山组相似。以玄武质火山岩为主,夹有一些安山质火山岩,但不同的是有大量碳酸盐岩夹层。下部(土古土布拉克组)为一套碎屑岩和安山质为主的火山岩。上下部之

间为不整合接触,姜立丰等^①认为土古土布拉克组是弧后盆地的产物。

在南北两条岛弧带内有大量二叠纪花岗岩石侵入。但是,最近测年工作表明北部岛弧内一些岩体可能形成于早石炭世,甚至晚泥盆世。秦克章^④使用单颗粒锆石方法测得土屋和延东铜矿区斜长花岗斑岩的锆石的²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄统计权重平均值分别为(361±8) Ma 和(356±8) Ma。芮宗瑶等^[34]利用 Rb—Sr 等时线方法也测得土屋—延东—铜矿区的斜长斑岩的年龄为(369±69) Ma。与土屋—延东斑岩铜矿有关的斑岩体形成于泥盆纪。在缝合带内很少有花岗岩体出现,尽管在马头滩北部见有二叠纪火山机构。

1.2 中天山早古生代地块

中天山早古生代地块被夹持在阿齐克库都克大断裂与中天山南缘大断裂之间,出露的主要地层为中元古代长城系石英岩、片岩、硅化大理岩、变质流纹岩;蓟县系变质碎屑岩、碳酸盐岩夹碎屑岩及硅质岩。向西出现一些志留系—泥盆系碳酸盐岩、硅质岩夹基性火山岩。据马瑞士等^[4]报道在研究区以西的库什米发育有典型的奥陶纪岛弧火山岩。该带也是一套重要的花岗岩带,除了少量元古宙花岗岩外,绝大多数为二叠纪。

1.3 准噶尔—土哈地块

准噶尔—土哈地块为西伯利亚板块的一部分,在研究区的北部,即大草滩断裂(或土哈盆地南缘大

④秦克章. 新疆北部中亚型造山与成矿作用. 中国科学院地质与地球物理研究所博士后研究报告, 2000.

断裂) 以北仅出露泥盆纪盖层, 为一套玄武岩及少量安山岩和同成分的凝灰岩和火山角砾岩, 局部夹有碳酸盐岩和碎屑岩^④。

2 金铜矿化组合和成矿系统

在东天山, 金铜矿床在时空上与晚石炭—早二叠世岩浆侵位—火山活动有着密切关系, 矿化组合可分为金矿成矿系统、铜多金属矿成矿系统和铜镍硫化物矿成矿系统, 这3大成矿系统在时空和成因方面既有差别又有联系。

2.1 金矿成矿系统

区内金矿床按照成矿作用方式, 可以分为造山型、石英脉型和浅成低温热液型。在空间上, 金矿床类型分布具有分带性, 从西向东为浅成低温热液型、韧性剪切带型和石英脉型。

石英滩金矿位于研究区的西部(图1), 是区内唯一的浅成低温热液矿床。在矿区及其周围发育安山质—英安质火山岩、火山角砾岩和相应成分的次火山岩。姜立丰等^①在实施1:5万地质填图时提出在石英滩一带存在一个二叠纪火山机构, 李华芹等^[15]利用Rb—Sr等时线方法测定区内杏仁状安山岩和中细粒英云闪长岩分别为(285±12) Ma和(293±1) Ma, 与成矿时代(288±7) Ma和(276±7) Ma基本吻合。矿体分布基本上受到火山机构断裂系统和区域断裂的双重控制, 大致沿一组近NW向张性断裂产出, 形成一组以石英脉为主体的矿脉群, 但各矿体产状变化比较大。成矿作用可分为3个阶段: 微晶石英脉阶段(第一阶段), 含少许硫化物, 金品位低, 达不到工业品位。但是, 此阶段矿化构成了绝大多数矿体的基本轮廓; 玉髓—方解石阶段为主要矿化阶段(第二阶段), 沿微晶石英脉内裂隙充填, 在强破碎处构成富矿体。矿石属于低硫化物型, 与同一带内位于西天山的阿西浅成低温热液金矿床相似。按矿物组合可以分为玉髓—方解石—黄铁矿—银金矿—自然金和石英—黄铁矿—绢云母—自然金两类矿石。在矿石中存在的少量绢云母、冰长石、浊沸石和高岭石等作为确定低硫型浅成低温热液矿床的标型矿物, 也见到由方解石与微晶石英或玉髓构成的骨架—板条构造。陈晓钟在研究腾冲地热流体作用时将此类构造论证为溶液沸腾的结果; 第三阶段为比较纯的方解石脉, 叠加在前两个成矿阶段形成的脉体之上, 不像包括阿西在内的典型浅成低

温热液金矿床, 在石英滩金矿区围岩蚀变比较弱, 未见大面积的围岩蚀变分带现象。

在研究区内, 造山型金矿化广泛出现, 是一种最重要而且找矿前景最佳的成矿类型。造山型金矿主要发育在研究区的中部地区, 沿雅满苏大断裂分布。康古尔—马头滩大型金矿是造山型金矿的代表, 两者出现在东西长4 km, 宽几百 m 范围内, 实际上为同一个矿床。最近, 在该矿床西30 km处又发现前景较好的康西金矿, 与前者受同一剪切构造带的控制。赋矿围岩为雅满苏组基性火山岩类, 成矿分两个阶段, 即富硫化物石英脉阶段和石英碳酸盐脉或碳酸盐脉阶段。在主矿化阶段, 富硫化物石英脉抑或成大脉群产出, 抑或成微细网脉出现于破碎带内而构成破碎蚀变岩型矿化。无论是石英脉还是破碎蚀变岩型矿化, 其两侧都出现几十 cm 厚的围岩蚀变带, 包括石英绢云母化和绿泥石化; 在康古尔 L6 号金矿脉两侧出现1~2 m 宽的磁铁矿绿泥石化, 向外为石英绢云母化带。矿体中的硫化物除了广泛出现的硫化物外, 在马头滩有大量的黄铜矿; 在康古尔有大量的方铅矿和闪锌矿, 铜铅锌可以构成工业矿体, 作为重要伴生组分回收。康古尔—马头滩—康西是一个高品位金矿区, $w(\text{Au})$ 在 $3 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$ 之间, 平均 $8 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。目前已经探明金属储量40余 t, 仍然有很好的找矿前景, 可望成为世界级矿床。第二阶段的石英碳酸盐和碳酸盐脉虽然有零星的黄铁矿, 但不含金。李华芹等^[15]的测年研究表明康古尔金矿主成矿阶段的形成时代为(290.4±7.2)~(282.3±5) Ma, 而晚阶段石英碳酸盐脉为(254±7) Ma。这组年龄与康古尔金矿区正长斑岩的 Rb—Sr 等时线年龄(282±16) Ma 相吻合。

东部的夹白山(或西凤山)、白干湖、赤湖和大南湖金矿, 规模都较小。尽管正在开采, 但多数未进行过比较详细的地质勘探。这些矿床既可以分布于土屋—黄山岛弧带(大南湖), 也可以出现于雅满苏—阿齐山岛弧带(白干湖)和康古尔塔格缝合带(夹白山)。后者也是康古尔塔格缝合带内极少的几个矿床之一。这组矿化的特点是矿体为含硫化物石英大脉, 硫化物以黄铁矿及毒砂为主, 还有黄铜矿、黝铜矿、方铅矿和闪锌矿等。总体来讲, 矿石中硫化物含量越高金品位越高。成矿围岩大都是花岗质岩体, 在矿脉两侧有强烈的围岩蚀变, 其宽度与矿脉厚度成正比。围岩蚀变类型以硅化和石英绢云母化为主。白干湖金矿是唯一的例外, 含石英脉的围岩不仅有石英

斑岩和石英钠长斑岩,而且延伸到石炭系雅满苏组火山沉积岩和火山岩中.在成矿末期不含矿的石英碳酸盐脉和碳酸盐脉叠加在矿脉及其周围.此类矿床大多数受一组 NNE-NE 向张性断裂的控制,仅西凤山矿区的主要矿脉呈左列雁行状近 EW 向分布,另外两组矿脉产状为 NW 和 NE 向.石英型矿床虽然规模较小,但品位都比较高,平均 $10 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$.姬金生等^[2]对西凤山区内花岗斑岩和矿石中石英流体包裹体进行 Rb-Sr 等时线测年,获得 (284 ± 13) Ma 和 (272 ± 3) Ma 数据.

从上述可知,金矿成矿系统中的几个类型矿床在空间上有明显的分带性,成矿时间在 290~272 Ma 之间,可能是同一地质成矿事件的产物.浅成低温热液金矿床与火山岩和次火山岩共生,因而形成的深度较小,一般在近地表几百 m 范围内.石英滩金矿床流体包裹体测温表明其形成温度在 150~200 °C 之间.造山带型金矿床形成温度和深度都有比较大的变化范围^[35],薛春纪等^[36]测得以康古尔为代表的剪切带型金矿床主成矿阶段的形成温度为 230~300 °C,成矿压力大约为 600×10^5 Pa,相当于 2.1 km 深度.石英脉型金矿化主要产于岩体内部,成矿深度大约在 3.5 km 左右.由此可知,在金矿成矿系统中矿化组合分布与成矿类型受到成矿深度的明显制约(图 2),从石英脉型、造山型到浅成低温热液型,成矿流体由岩浆热液为主逐渐变为以大气降水为主^[20~22,30,36].硫同位素测试结果剪切带型金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-0.3 \times 10^{-3} \sim +0.2 \times 10^{-3}$ ^[19],浅成低温热液的值为 $+0.1 \times 10^{-3} \sim +2.32 \times 10^{-3}$ ^[26],表明成矿系统中硫主要来自地幔或地球深部.

2.2 铜多金属矿成矿系统

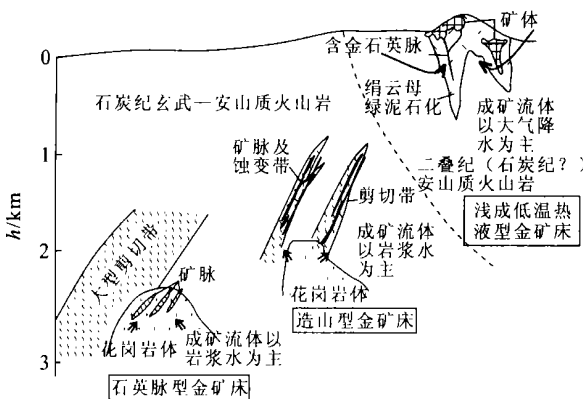


图 2 东天山金矿成矿系统模式

Fig. 2 Metallogenic system model of gold deposits in eastern Tianshan

在研究区内已经发现 3 种类型铜矿及铜多金属矿床,即土屋、延东、赤湖、灵龙和三岔口斑岩型铜矿、小热泉子热液脉型铜矿、维权和路白山夕卡岩型铜多金属矿.前两类分布于土屋—黄山岛弧带,后一类分布于雅满苏—阿齐山岛弧带.

土屋和延东是新疆地质勘查局最近几年新发现的斑岩型铜矿,王福同等^[37,38]、芮宗瑶等^[39]已经进行了报道.经过初步评价和部分勘查,已获得控制铜储量 700 万 t,平均品位 0.5%~0.7%,预测通过进一步工作可能获得 1 000 t 以上铜金属储量.土屋与延东相距 8 km,随着更多工程的控制,两者之间的距离将不断缩短.在土屋和延东矿区有闪长玢岩和斜长花岗斑岩,两者往往相伴产出,后者明显切割前者.闪长玢岩和斜长花岗斑岩在土屋出露面积分别为 0.58 km² 和 100 m²,在延东矿区更小.铜矿化出现在闪长玢岩和斜长花岗斑岩体内,而且在两者接触部位矿化变富.在企鹅山组火山岩中无明显矿化.矿体在土屋矿区形似一个葫芦,上小下大,地表厚度 40m 左右,下部最厚达 136 m.在延东矿区,矿体形态与土屋相似,在深部变厚.目前在两个矿区钻孔控制深度已达 600~700 m,尚未见到底部.矿化在地表及浅表主要表现为孔雀石化,原生矿石为细脉浸染状,未见次生富集矿体和比较富的块状矿石.原生矿石的金属矿物为黄铜矿和黄铁矿,偶见少量斑铜矿、铜兰和辉钼矿.脉石矿物以石英和绢云母为主,还有少量的绿泥石、绿帘石、钾长石、黑云母和碳酸盐类.王福同等^[38]、刘德权等^[40]和朱裕生^[41]描述在土屋矿区围绕矿体有围岩蚀变分带现象,即中心向外为黑云母化,石英绢云母化和青盘岩化或高岭石化.但这种分带一般不明显,只是局部发育.

位于土屋东 15 km 和 30 km 的灵龙和赤湖及最东部的三岔口也属于斑岩型铜矿床,成矿特点与土屋—延东基本相似.值得指出的是最近野外调查在灵龙铜矿区发现有大量积铬云母化,由热水溶液沿裂隙交代玄武质火山岩而形成,呈一系列平行不规则脉状产出.对比俄罗斯乌拉尔岛弧内的 Bere-zovsky 超大型金矿(累计金储量 700 t)^[42]和科迪勒拉花岗岩浆弧一些斑岩铜矿中大量出现铬云母,推测灵龙矿区深部可能存在巨大的找矿潜力.

以小热泉子为代表的热液矿床位于土屋—黄山岛弧的西端.由于部分矿体成层状产出及富矿石往往含有大量的有机质碳,因而过去被论证为海底喷流作用形成的 VHMS 矿床^[25,27].目前 3 个露天采

场和井下开采使人们有机会全面了解和认识该矿床的基本特点和成因类型。成矿围岩为下石炭统上部的细砂岩和泥质岩石,其下为一套安山质火山岩,其上有一层玄武质凝灰岩。在矿区有花岗斑岩和石英闪长玢岩成岩墙产出,未见岩体出露。铜矿化明显受一条NE向断裂及其两侧次一级断裂的控制,虽然在主断裂中也有矿化,但主要矿体出现在两侧次一级断裂中。岩性对于成矿也有明显的制约,尽管矿体的主岩都是沉积岩类,但物质组分有区别。大而富的矿体几乎毫不例外地出现在中部的碳质岩系中,矿化既有断裂控制,局部也显示出交代地层之现象,因此出现了层状矿体和矿石具有类似层纹状构造。层纹状构造是由于在交代过程中地层内碳质组分不受影响而得以保留的结果。在主矿层位之下,成矿围岩是一套紫色和灰色细砂岩,仅见沿与主断裂平行的小裂隙有石英黄铜矿脉充填,两侧的矿化比较弱或基本上无明显矿化。在主矿层之上,成矿围岩主要是一套灰色和黑灰色的细砂岩和泥岩,最上层是绿色玄武质凝灰岩。无论是主断裂还是两侧的次级断裂中都有矿化,但厚度小,强度弱,在地表和近地表为氧化带。

维权和路白山是新疆地质勘查开发局近2年来在研究区新发现的铜矿床类型,两个都位于雅满苏—阿齐山岛弧带。维权在中西部,路白山在中东部。维权是一个铜银铅锌铜多金属矿床,具有很好的找矿远景。其成矿围岩为中石炭统土古土布拉克组,从下到上岩性有中酸性、中性和基性火山碎屑岩,普遍夹有灰岩透镜体。因此,在岩体周围有钙质夕卡岩化发育,局部构成工业化矿体。矿区出露一系列闪长岩墙,在矿区南部2~3 km以南,有一个大面积晚石炭世—早二叠世黑云母花岗岩体,在岩体内有大量NW向辉绿岩墙群。钙质夕卡岩由热水溶液交代地层内灰岩夹层和钙质砂岩而形成,原生夕卡岩由钙铁榴石、透辉石、符山石和绿帘石组成,而且以钙铁榴石为主,退化蚀变岩矿物组合为阳起石、绿泥石和萤石等。地表和近地表为氧化矿体,以孔雀石、蓝铜矿和黄钾铁矾出现为标志,地表圈定矿体长250 m,宽0.4~24 m。初步钻孔控制表明矿化具有分带现象,银铅锌矿体在上,铜矿体在下。氧化矿铜品位变化在 $0.2 \times 10^{-2} \sim 36.7 \times 10^{-2}$ 之间,原生矿在 $0.2 \times 10^{-2} \sim 4.1 \times 10^{-2}$ 之间,银品位平均 466×10^{-6} ,铅和锌平均品位 2.7×10^{-2} (新疆地勘局第一地质大队,2001)。原生矿石的金属矿物有黄铜矿、斑铜矿、

磁铁矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉银矿和辉钼矿等,脉石矿物为夕卡岩矿物及其蚀变矿物及石英和方解石。

放射性同位素测年表明这些不同类型的铜矿形成时代有一定的差异。李华芹等^[15]利用Rb—Sr等时线方法测得小热泉子铜矿的主成矿期为290~310 Ma。芮宗瑶^[34]对土屋—延东斑岩铜矿中辉钼矿进行Re—Os同位素等时线测年,获得数据为 (322.7 ± 2.3) Ma。对于新发现的维权夕卡岩型铜多金属矿尚未取得年龄资料,但相关的花岗质岩石于晚石炭世—二叠纪侵位。

在研究区内,形成斑岩铜矿的成矿流体为中低温,均一化测温为 $150 \sim 280$ °C,虽然也有高盐度, $w(\text{NaCl})$ 为25%~40%,但大多数流体仍然为中盐度, $w(\text{NaCl})$ 为9%~12%^[31]。矿石的硫同位素在不同矿区有一定的差异,三岔口铜矿的黄铁矿和黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-2 \times 10^{-3} \sim +3 \times 10^{-3}$ ^②,土屋—延东铜矿的硫同位素值为 $0.2 \times 10^{-3} \sim 8.0 \times 10^{-3}$ ^[31]。这些资料都表明硫来自地球深部,而且有一定的均一化程度。成矿流体的 $\delta(\text{D})$ 为 $-69 \times 10^{-3} \sim -44 \times 10^{-3}$, $\delta^{18}\text{O}$ 水为 $0.3 \times 10^{-3} \sim 8 \times 10^{-3}$,也表明以岩浆流体为主,混合有大气降水。根据成矿温度和流体密度,可以推测出这套斑岩铜矿的形成深度为5~6 km。小热泉子铜矿的硫同位素值变化比较大,在 $1.5 \times 10^{-3} \sim 11.1 \times 10^{-3}$ 之间^[27],但大部分在 $3 \times 10^{-3} \sim 9 \times 10^{-3}$ 之间,也有比较清楚的高均一化程度。这组资料似乎表明来自深源硫在成矿时与地层中的硫发生了不同程度的混合作用。另外,矿石中的氧和氢同位素资料也证明成矿流体为岩浆流体与大气降水的混合产物;惰性气体同位素和硅同位素一致反映出成矿物质具有壳幔混合的特征^[27]。虽然在维权和双庆铜银铅锌矿尚未取得更多测试资料,但以夕卡岩为主体的矿化组合已经表明成矿与花岗质岩石的亲缘性。一般来讲,夕卡岩型矿化形成的深度大于斑岩型和石英脉型。

从上述资料可以看出这3组铜矿在空间上与钙碱性花岗质岩石有着密切联系,由于围岩岩性和成矿深度的差异,形成了不同的矿化类型。无论这些矿化组合形成于同一时代与否,都属于同一或类似的矿化系统(图3)。

2.3 铜镍矿成矿系统

铜镍硫化物矿床在时空和成因上与镁铁质—超镁铁质岩密切相关,在康古尔断裂北部的黄山—土

屋岛弧带和康古尔塔格缝合带东部发育有一系列镁 铁质—超镁铁质小岩体, 从东到西有: 土墩、M 102、

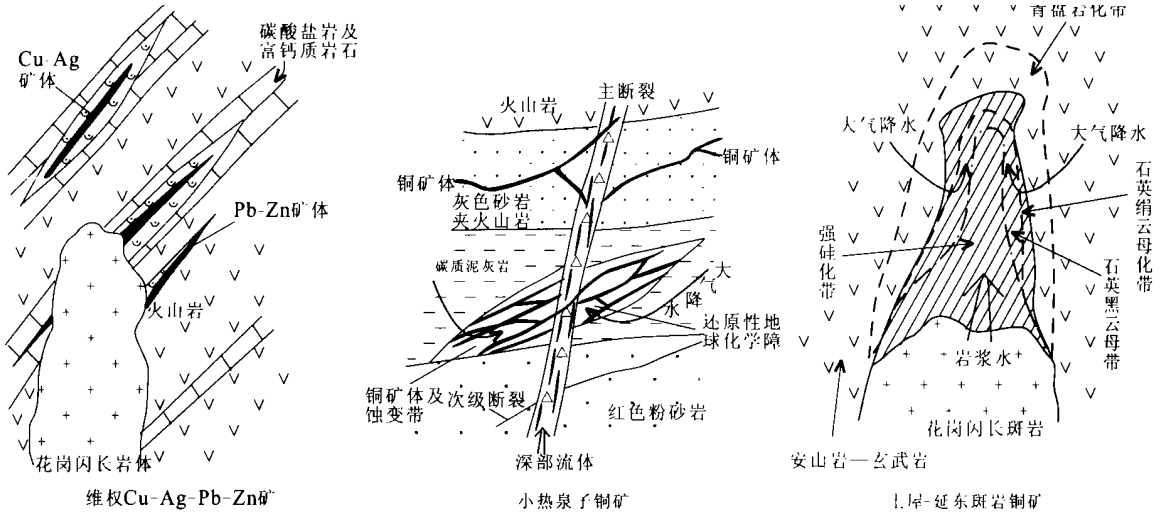


图 3 东天山铜矿成矿系统模式

Fig. 3 Metallogenic system model of copper deposits in eastern Tianshan

二红洼、香山、黄山南、黄山东以及镜儿泉地区的红石岗、黑石梁、葫芦东、串珠、马碛等十多个岩体。已经查明黄山东、黄山、香山、土墩和葫芦岩体伴随着工业矿体, 其它岩体也有不同程度的铜镍矿化。岩体在地表露头都比较小, 但侵入通常呈现多阶段或同一岩浆分异出岩性差异比较明显的岩相。一般可分为橄榄岩、二辉橄榄岩、辉石岩、辉长岩和闪长岩。在地貌上, 闪长岩往往形成突起的山包, 而超镁铁质岩为负地形, 辉长岩介于两者之间。岩相之间多为逐渐过渡关系, 局部似乎也呈现出侵入接触。大多数矿体分布于岩体的底部, 赋矿围岩均为超镁铁质岩体, 以二辉橄榄岩和辉石岩为主。倪志耀^[43]研究表明这套与矿化有关的岩石组合为同源岩浆经深部分异作用形成的复式岩体。其岩浆源为上地幔榴石二辉橄榄岩经部分熔融形成的拉斑玄武岩浆系列, 以富镁、贫碱、低钙为特征^[44]。各类岩石的稀土配分型式类似, 曲线比较平坦, 类似于典型的拉斑玄武岩。王润民等^[45]研究表明岩体成岩压力不超过 $(4 \sim 5) \times 10^5$ kPa, $p(\text{H}_2\text{O}) \approx (4 \sim 5) \times 10^5$ kPa, $f(\text{O}_2) = 10^{-10.9}$ 。

矿体形态为透镜状, 似层状和条带状, 大多数矿体以悬浮状产于岩体的中下部或下部, 与岩体的相带基本一致^[45, 46]。偶尔也见有脉状出现, 但不具明显的工业意义。矿石具浸染状构造、品位普遍比较低, Cu 加 Ni 为 0.5% ~ 1%。矿石矿物以磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿为主, 还有铬铁矿、磁铁矿、钛磁铁矿、三方硫镍矿、紫硫镍铁矿、红砷镍矿、方黄铜矿、辉钴矿、硫镍钴矿、辉砷镍钴矿、锑硫镍矿、叶砷

砷矿、白铁矿、斑铜矿、闪锌矿等。与矿化有关的围岩蚀变有纤闪石化、蛇纹石化、电气石化、绿泥石化和滑石化。在成矿期间, 金属硫化物熔体在岩浆中发生熔离的温度为 $1690 \sim 1141$ °C, 矿化最终结晶温度大约在 $300 \sim 400$ °C 之间。矿石硫同位素组成的 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $-2.15 \times 10^{-3} \sim +1.45 \times 10^{-3}$ 之间, 与赋矿围岩橄榄辉长岩的锶初始值 $0.7045 \sim 0.7046$, 一致表明为典型的地幔硫源。

关于这套岩体的成岩时代已经有比较多的测年数据, 李先梓等^[47]获得 Rb—Sr 等时线年龄 285 Ma; 李华芹等^[15]测得全岩 Sm—Nd 等时线年龄 (320 ± 38) Ma, 而矿石的 Sm—Nd 等时线年龄 (314 ± 14) Ma; 秦克章^[4]对香山岩体进行了单颗粒锆石年龄精测, 获得 (286 ± 1.2) Ma 数据。这说明铜镍矿及其镁铁质—超镁铁质岩石形成于石炭纪中晚期。

前人已经对黄山东等铜镍硫化物矿床进行过不少研究, 一般认为在深部岩浆房或在浅部岩浆房未曾经充分结晶分异作用和熔离作用^[48]。但是, 有两个现象应该注意: 其一无论是岩浆在深部充分分异后再多次侵位还是在浅部岩浆房的结晶分异而形成清楚的岩相, 都表明岩浆经历了程度比较高的结晶分异作用; 其二是岩浆侵位虽然早于大型剪切带, 但热液脉状矿化很少, 说明该动力学过程并未或明显引起物质的再分配。因此, 这一地区贫铜镍硫化物矿化可能与源区成矿物质不充足有关。正是足够时间的结晶分异作用, 才导致金属硫化物熔离和堆积成在岩浆房下部呈悬浮式矿体产出。

3 地球动力学演化与成矿

东天山作为古亚洲造山带或泛阿尔泰造山带^[49]的一部分, 其动力地球学演化与相邻地区密切相联. 就我国境内与中亚地区的天山而论, 阿其克库都克断裂与吉尔吉斯坦的 Nikolaev 断裂^[50,51]相衔接, 代表了志留纪末期的缝合带, 马瑞士等^[4]也在库米什一带发现有蛇绿岩套. 这条缝合带向北经哈萨克斯坦延伸到乌拉尔西部^[52]. 在吉尔吉斯坦一侧, 中天山南界的 Atibashi-Inylchek 断裂被认为是石炭纪末—二叠纪的缝合带, 但在我国一侧这条断裂被论证为石炭—二叠纪缝合带还没有足够的证据. 在我国的北天山与准噶尔地块之间的断裂带被认为是石炭纪末期的缝合线^[53], 向西可以延伸至哈

萨克斯坦, 可能与乌拉尔东部连接. 这一缝合带向东至经度大约 89° 时出现分叉, 北边与卡拉麦里大断裂连接, 南边与康古尔大断裂衔接. 由于沿卡拉麦里大断裂发现混杂堆积岩, 马瑞士等^[4,6]将其论证为缝合带. 周济元等^[33]的工作证明准噶尔南缘断裂—土哈盆地南缘的康古尔断裂为古生代生物的分界限, 北部为西伯利亚古生物群, 南部为华夏古生物群. 这一界限可能与华北克拉通北缘深大断裂连接. 由此以来, 可以推断在东天山石炭纪末期的缝合线可能位于康古尔断裂带, 博格达—哈达里克为哈萨克—准噶尔板块内部的一个晚古生代裂谷带, 后转为岛弧带.

在康古尔断裂与雅满苏断裂之间的干墩组为一套残留深海—半深海相沉积岩, 碰撞对接后转化为

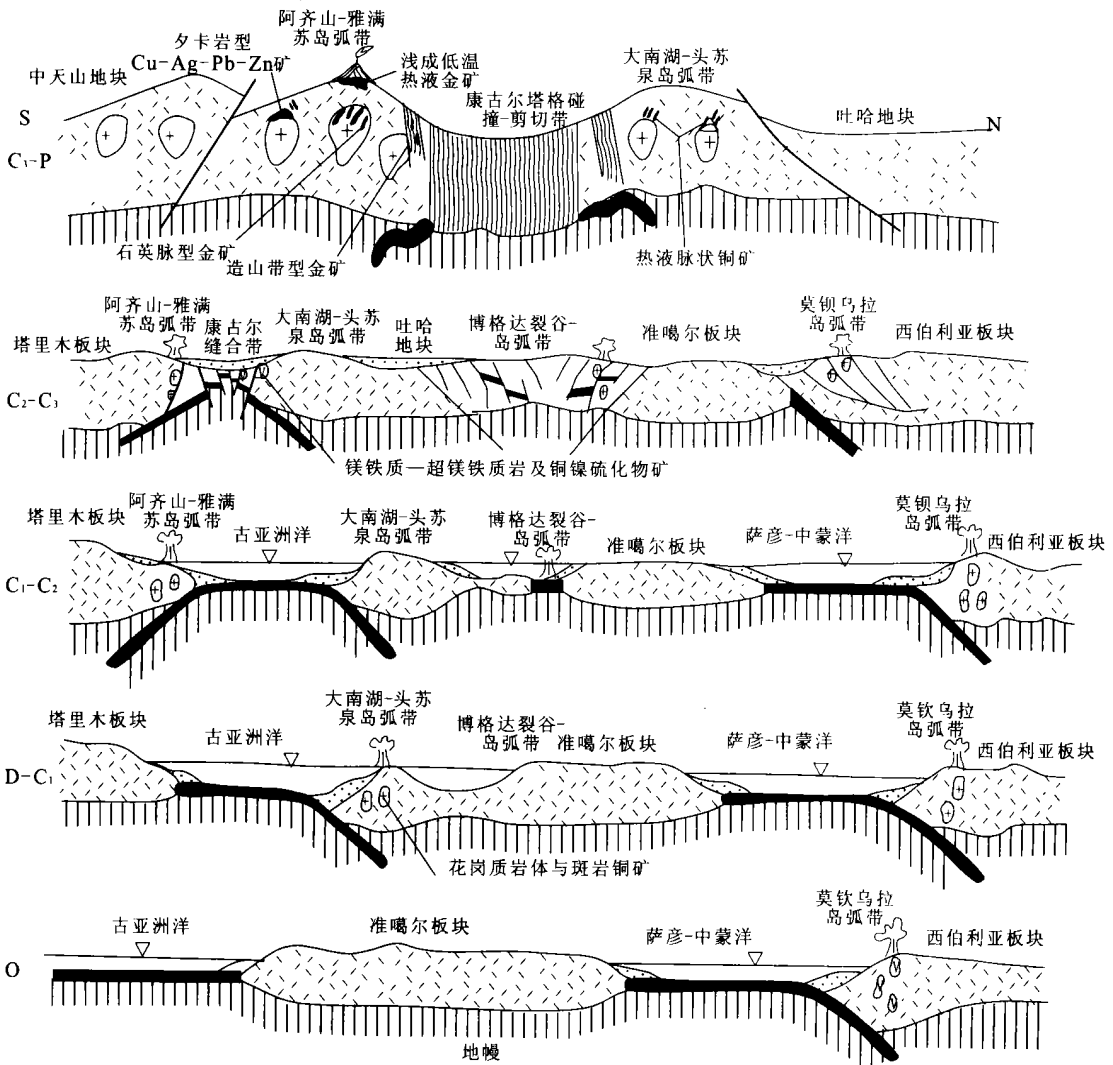


图4 东天山晚古生代地球动力学演化与成矿模式

Fig. 4 Geodynamic evolution and metallogenic model of Late Paleozoic in eastern Tianshan

大型韧性剪切带.在康古尔断裂和大草滩之间的小热泉子组、企鹅山组和梧桐窝子组长期被认为是石炭纪的岛弧,因此,它与雅满苏断裂以南的岛弧成为俯冲带之间的对称岛弧带.正是这种地体分布格局,周济元等^[33]、杨兴科等^[8]、张良臣等^[1]和姜立丰等^①认为是板块双向俯冲的结果.芮宗瑶等^[34]和秦克章^④的最新测年资料表明康古尔断裂以北的火山岩系为泥盆纪的产物,与大草滩断裂北侧或土哈盆地南缘大南湖—头苏泉很可能为同一套火山岩组合,侵入其内的花岗质岩石为中晚泥盆世至早石炭世的产物.这些组合代表了晚古生代早期大洋板块向北俯冲而形成的岛弧或活动大陆边缘及岩浆活动带^[33](图4).而小热泉一带的安山岩—流纹岩和碎屑岩可能为一个弧后拉张盆地.土屋—延东斑岩岩浆在板块俯冲时沿岛弧侵位和相关的斑岩铜矿系统相伴产出,也可能由于隐伏岩体的作用,至少作为驱动流体运移的能源,导致小热泉热液铜矿形成于弧后盆地.从区域上看,向北俯冲事件仅仅出现在土哈盆地南缘,CHEN等^[53]研究表明石炭纪哈萨克斯坦—准噶尔板块沿准噶尔盆地南缘大断裂向塔里木板块俯冲的大陆边缘.在东天山地区,雅满苏—阿齐山正是早石炭世岛弧带的一部分,向西连续分布(图4).位于其南侧的土古土布拉克流纹岩—安山岩及其碎屑岩和碳酸盐岩可能为弧后盆地的产物.晚古生代海洋在俯冲末期经过深海槽演化阶段后逐渐闭合,洋壳被掩埋于深处.在碰撞的同时,由于受力面非相互垂直而出现大型走滑.直到石炭纪—二叠纪期间开始伸展,尽管侧向走滑仍然存在,因此有黄山等一系列镁铁质—超镁铁质岩浆的侵位,并伴随出现铜镍硫化物矿化.从野外观察,镁铁质—超镁铁质岩体形成之后,也受到剪切作用.在构造演化晚期,大量花岗质岩浆侵位,引致一系列金矿化,包括石英脉型、造山型和浅成低温热液型金矿和夕卡岩型银铜铅锌矿化的形成(图4).

致谢:在野外和室内工作期间,王福同、董连慧、李锦轶、姜立丰、杨兴科、姬厚贵、王磊给予支持和帮助,并对不少有关问题进行了讨论,受益匪浅,在此一并致以谢意.

参考文献:

[1] 张良臣,吴乃元.天山地质构造及演化史[J].新疆地质, 1985, 3(3): 1—14.

ZHANG L C, WU N Y. Geological structures and evolu-

tion history of Tianshan Mts [J]. Xinjiang Geology, 1985, 3(3): 1—14.

[2] 阎文元.天山东段早石炭世岛弧火山岩特征及其矿产[J].新疆地质, 1985, 3(2): 49—58.

YAN W Y. Characteristics of Early Carboniferous volcanic and minerals product in eastern Tianshan Mts [J]. Xinjiang Geology, 1985, 3(2): 49—58.

[3] 张德润.新疆东部地区大地构造问题探讨[J].新疆地质, 1990, 8(2): 99—103.

ZHANG D R. A preliminary study on geo-tectonics of eastern Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1990, 8(2): 99—103.

[4] 马瑞士,王赐银,叶尚夫,等.东天山构造格架及地壳演化[M].南京:南京大学出版社,1993.

MA R S, WANG C Y, YE S F, et al. Tectonic framework and crust evolution of eastern Tianshan Mts [M]. Nanjing: Nanjing University Publishing House, 1993.

[5] 杨兴科,陶洪祥,罗桂昌,等.东天山板块构造基本特征[J].新疆地质,1996, 14(4): 221—227.

YANG X K, TAO H X, LUO G C, et al. Basic features of plate tectonics in east Tianshan of China [J]. Xinjiang Geology, 1996, 14(4): 221—227.

[6] 马瑞士,舒良树,孙家齐.东天山构造演化与成矿[M].北京:地质出版社,1997.

MA R S, SHU L S, SUN J Q. Tectonic evolution and mineralization of eastern Tianshan Mts [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.

[7] 姬金生,陶洪祥,曾章仁,等.东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿[M].北京:地质出版社,1994. 1—20.

JI J S, TAO H X, ZENG Z R, et al. Geological characteristics and mineralization of Kangguertage deposit zone in eastern Tianshan Mts [J]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 1—20.

[8] 姬金生,杨兴科,苏生瑞.东天山康古尔塔格金矿带成矿条件分析[J].地质找矿论丛,1994, 9(4): 49—56.

JI J S, YANG X K, SU S R. Analysis of the metallogenic conditions and division of the mineralizing subbelt in the region of Kangguertage of eastern Tianshan [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1994, 9(4): 49—56.

[9] 杨兴科,姬金生,罗桂昌,等.东天山板块构造与金属矿产成矿规律[J].西安地质学院学报,1997, 19(3): 34—42.

YANG X K, JI J S, LUO G C, et al. Plate tectonic and forming law of the metallic ore deposits in eastern Tianshan [J]. Journal of Xi'an Geology College, 1997, 19(3): 34—42.

[10] 杨兴科,张连昌,姬金生,等.东天山秋明塔什—黄山韧

- 性剪切变性特征分析[J]. 西安工程学院学报, 1998, 20(3): 11—18.
- YANG X K, ZHANG L C, JI J S, et al. Analysis of deformation features of Qiugemingtashi-Huangshan ductile shear zone, eastern Tianshan [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 1998, 20(3): 11—18.
- [11] 杨兴科, 姬金生, 陈强. 东天山区域韧性剪切带特征[J]. 新疆地质, 1999, 17(1): 55—64.
- YANG X K, JI J S, CHEN Q. Characteristics of regional ductile shear zone in the eastern Tianshan [J]. Xinjiang Geology, 1999, 17(1): 55—64.
- [12] 张连昌, 姬金生. 康古尔金矿区次火山岩同位素年代学及其意义[J]. 地质论评, 1999, (增刊): 1095—1098.
- ZHANG L C, JI J S. Isotopic chronology and significance of subvolcanics in Kangguer district of east Tianshan gold deposit, Xinjiang [J]. Geological Review, 1999, (Suppl): 1095—1098.
- [13] 张连昌, 姬金生, 曾章仁, 等. 康古尔金矿成矿反应体系及动力学分析[J]. 西安工程学院学报, 1998, 20(2): 10—14.
- ZHANG L C, JI J S, ZENG Z R, et al. Analysis to the ore-forming reactive system and dynamics of Kangguertage gold deposit, Xinjiang [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 1998, 20(2): 10—14.
- [14] 张连昌, 姬金生. 新疆康古尔金矿成矿阶段及其年代学[J]. 新疆地质, 1997, 15(3): 203—210.
- ZHANG L C, JI J S. Metallogenic stage and chronology of the Kangguer gold deposit in Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 1997, 15(3): 203—210.
- [15] 李华芹, 谢才富, 常海亮. 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, 1998.
- LI H Q, XIE C F, CHANG H L. Study on metallogenic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in northern Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998.
- [16] 姬金生, 张连昌, 曾章仁, 等. 东天山康古尔塔格金矿带年代学研究[J]. 地质科学, 1996, 32(1): 80—89.
- JI J S, ZHANG L C, ZENG Z R, et al. Study on gold deposit belt chronology of Kangguer in east Tianshan [J]. Geological Science, 1996, 32(1): 80—89.
- [17] 姬金生, 李华芹, 张连昌, 等. 东天山晚古生代火山岩区磁铁矿绿泥石建造金矿床 Sm—Nd 和 Rb—Sr 同位素年龄[J]. 科学通报, 1999, 44(4): 1801—1804.
- JI J S, LI H Q, ZHANG L C, et al. Sm—Nd and Rb—Sr isotopic ages of magnetite-chlorite formation gold deposits in the volcanic rock area of Late Palaeozoic Era, east Tianshan [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(4): 1801—1804.
- [18] 张连昌, 曾章仁, 韩兆信. 新疆康古尔金矿地球化学研究[J]. 地质找矿论丛, 1994, 9(4): 12—21.
- ZHANG L C, ZENG Z R, HAN Z X. Study on geochemistry of Kangguer gold deposit in Xinjiang [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1994, 9(4): 12—21.
- [19] 张连昌, 姬金生, 曾章仁, 等. 东天山康古尔金矿成矿物质的同位素地球化学特征[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 380—387.
- ZHANG L C, JI J S, ZENG Z R, et al. Studies of isotope geochemistry for ore-forming material origin of Kangguer deposit, east Tianshan [J]. Geoscience, 1998, 12(3): 380—387.
- [20] 张连昌, 姬金生. 西滩浅成低温热液金矿成矿地质地球化学动力学[J]. 西安工程学院学报, 1999, 21(2): 13—18.
- ZHANG L C, JI J S. Geological-geochemical dynamical of ore-formation of epithermal gold deposit Xitan of eastern Tianshan [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 1999, 21(2): 13—18.
- [21] 张连昌, 姬金生, 曾章仁. 东天山康古尔金矿成矿流体地球化学特征及其来源[J]. 地球化学, 1999, 21(1): 18—25.
- ZHANG L C, JI J S, ZENG Z R. Geochemical characteristics and source of mineralizing fluid of Kangguer gold deposit, eastern Tianshan [J]. Geochimica, 1999, 21(1): 18—25.
- [22] 张连昌, 姬金生, 李华芹, 等. 东天山康古尔塔格金矿带两类成矿流体地球化学特征及流体来源[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 535—541.
- ZHANG L C, JI J S, LI H Q, et al. Geochemical characteristics and source of two-type ore-forming fluids in Kangguertage gold ore belt, east Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(4): 535—541.
- [23] 张连昌, 姬金生, 杨兴科, 等. 新疆马头滩韧性剪切带型金矿地质特征及成因[J]. 西安工程学院学报, 1998, 20(4): 15—19.
- ZHANG L C, JI J S, YANG X K, et al. Geological characteristics and genesis of the ductile shear zone type gold deposit in Matoutan eastern Tianshan [J]. Journal of Xi'an Engineering University, 1998, 20(4): 15—19.
- [24] 杨建国, 姬金生, 卢登蓉. 东天山西滩金矿床地质特征与成矿条件[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 349—352.
- YANG J G, JI J S, LU D R. Geological characteristics and mineralogical condition of Xitan gold deposit, east

- Tianshan [J] . Mineral Deposit, 1998, 17(Suppl): 349—352.
- [25] 徐新煌, 温春齐, 茅燕石, 等. 新疆小热泉子铜矿矿石类型及成因意义[J] . 矿床地质, 1998, 17(增刊): 679—682.
XU X W, WEN C Q, MAO Y S, et al. Ore types and genesis significance of Xiaorequanzi copper deposit, Xinjiang [J] . Mineral Deposit, 1998, 17(Suppl): 679—682.
- [26] 丰成友, 姬金生, 薛春纪, 等. 东天山西滩浅成低温热液金矿床地质及其成因分析[J] . 新疆地质, 1999, 17(1): 1—7.
FENG C Y, JI J S, XUE C J, et al. Geological characteristics and genetic analysis of Xitan epithermal gold deposit, eastern Tianshan [J] . Xinjiang Geology, 1999, 17(1): 1—7.
- [27] 陈文明. 新疆小热泉子铜(锌) 矿床同位素研究[J] . 地球学报, 1999, 20(4): 349—356.
CHEN W M. A study of the isotopic composition of the Xiaorequanzi copper and zinc deposit in Xinjiang, China [J] . Acta Geocientia Sinica, 1999, 20(4): 349—356.
- [28] 曾章仁, 张连昌, 韩兆信. 新疆康古尔糜棱岩带蚀变岩型金矿床地质及成因[J] . 矿床地质, 1994, 13(2): 97—105.
ZENG Z R, ZHANG L C, HAN Z X. Geological character and genesis of the altered rock type gold deposit in Kangguer mylonite zone, Xinjiang [J] . Mineral Deposit, 1994, 13(2): 97—105.
- [29] 马天林, 孙立倩, 徐兴旺. 新疆东天山康古尔金矿控矿构造地质特征[J] . 地质力学学报, 1998, 4(2): 45—52.
MA T L, SUN L Q, XU X W. Structures of Kangguer gold deposit in the eastern Tianshan Mts, Xinjiang [J] . Journal of Geochemics, 1998, 4(2): 45—52.
- [30] 姬金生, 薛春纪, 曾章仁, 等. 新疆东天山康古尔塔格金矿带研究[J] . 地质论评, 1997, 43(1): 69—77.
JI J S, XUE C J, ZENG Z R, et al. Study on the Kangguertage gold zone in the east Tianshan Mts [J] . Geological Review, 1997, 43(1): 69—77.
- [31] 芮宗瑶, 刘玉琳, 王龙生, 等. 新疆东天山斑岩铜矿带及其大地构造格局[J] . 地质学报, 2002, 76(1): 83—94.
RUI Z Y, LIU Y L, WANG L S, et al. The porphyry copper belt and its tectonic framework of eastern Tianshan, Xinjiang [J] . Acta Geologica Sinica, 2002, 76(1): 83—94.
- [32] 韩春明, 毛景文, 杨建民, 等. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律[J] . 地质学报, 2002, 76(2): 222—234.
HAN C M, MAO J W, YANG J M, et al. Metallogenic type of Late Palaeozoic endogenic metal deposits and related geodynamical evolution in the east Tianshan [J] . Acta Geologica Sinica, 2002, 76(2): 222—234.
- [33] 周济元, 茅燕石, 黄志勋, 等. 东天山古大陆边缘火山地质[M] . 成都: 成都科技大学出版社, 1994. 1—280.
ZHOU J Y, MAO Y S, HUANG Z X, et al. Volcanic geology of palaeocontinental margin in east Tianshan Mts [M] . Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1994. 1—280.
- [34] 芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 等. 东天山土屋和延东铜矿时代讨论[J] . 矿床地质, 2002, 21(1): 16—22.
RUI Z Y, WANG L S, WANG Y T, et al. Discussion on the minerogenetic epoch of the Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in eastern Tianshan, Xinjiang [J] . Mineral Deposit, 2002, 21(1): 16—22.
- [35] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, et al. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship on other deposits [J] . Ore Geology Reviews, 1998, 13: 7—27.
- [36] 薛春纪, 姬金生, 曾章仁. 东天山康古尔金矿带金矿床基本类型及成矿规律[J] . 西北地质, 1995, 16(4): 30—36.
XUE C J, JI J S, ZENG Z R, et al. Gold deposit basic types and mineralization law of Kangguer gold belt in eastern Tianshan [J] . Northwestern Geology, 1995, 16(4): 30—36.
- [37] 王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J] . 中国地质, 2001, 28(1): 36—39.
WANG F T, FENG J, HU J W, et al. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang [J] . Chinese Geology, 2001, 28(1): 36—39.
- [38] 王福同, 庄道泽, 胡建卫, 等. 物探在新疆土屋地区铜矿床找矿中的应用[J] . 中国地质, 2001, 28(3): 40—46.
WANG F T, ZHUANG D Z, HU J W, et al. Application of geophysical exploration method in the Tuwu porphyry copper deposits [J] . Chinese Geology, 2001, 28(3): 40—46.
- [39] 芮宗瑶, 王福同, 李恒海, 等. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展[J] . 中国地质, 2001, 28(2): 11—16.
RUI Z Y, WANG F T, LI H H, et al. Advance of the porphyry copper belt of the east Tianshan Mts, Xinjiang [J] . Chinese Geology, 2001, 28(2): 11—16.
- [40] 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 新疆斑岩铜矿的成矿条件和远景[J] . 新疆地质, 2001, 19(1): 42—48.
LIU D Q, TANG Y L, ZHOU R H. The metallogenic environment and potential of the porphyry copper in Xinjiang [J] . Xinjiang Geology, 2001, 19(1): 42—48.

- [41] 朱裕生. 新疆东天山土屋式斑岩铜钼伴生银矿床[J] . 矿床地质, 2002(在印刷中) .
ZHU Y S. Porphyry copper and molybdenum accompanying silver of Tuwu types in eastern Tianshan, Xinjiang [J] . Mineral Deposit, 2002 (in press) .
- [42] Sazonov V, Laskovenkov A, Katkov A. The Shatah granitic pluton and Berezovsky gold deposit [A] . In: Seltmann R, Koroteev V, Fershtater G, et al, eds. The eroded Uralian Paleozoic ocean to continent transition zone: granitoids and related ore deposits (Excursion guidebook) [C] . Russia: International Field Conference in the Urals, 2000. 20—31.
- [43] 倪志耀. 新疆哈密黄山东镁铁—超镁铁杂岩体成因探讨[J] . 西北地质, 1992, 13(2): 9—16.
NI Z Y. Origin of mafic-ultramafic complex: around Huangshan in Hami, Xinjiang [J] . North western Geology, 1992, 13(2): 9—16.
- [44] 钟应先. 黄山东杂岩体的地球化学特征及其意义[A] . 新疆地质科学[C] . 第1辑. 北京: 地质出版社, 1990. 127—138.
ZHONG Y X. The geochemical properties of the Huangshan complex and its significance, Xinjiang [A] . In: Geoscience of Xinjiang [C] . No. 1. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 127—138
- [45] 王润民, 李思楚. 新疆哈密黄山东铜镍硫化物矿床成岩成矿物理化学条件[J] . 成都地质学院学报, 1987, 14(3): 1—10.
WANG R M, LI S C. Copper and nickel sulfide deposits of diagenetic and minerogenetic physical and chemical evolution in Hami, Xinjiang [J] . Journal of Chengdu Geology University, 1987, 14(3): 1—10.
- [46] 王志辉, 王润民, 李思楚, 等. 黄山东铜镍硫化物矿床矿石物质组分的研究[J] . 矿物岩石, 1986, 6(3): 88—101.
WANG Z H, WANG R M, LI S C, et al. Study on components of copper and nickel sulfide deposits in east Huangshan [J] . J Mineral Petrol, 1986, 6(3): 88—101.
- [47] 李先梓, 李行, 洛启义, 等. 新疆铂族元素成矿地质条件及找矿方向[J] . 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1991, (33): 1—93.
LI X Z, LI H, LUO Q Y, et al. A research about mineralizing conditions and prospecting target of PGE in Xinjiang [J] . Bulletin of the Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, 1991, (33): 1—93.
- [48] 李文渊. 中国铜镍硫化物矿床成矿系列与地球化学[M] . 西安: 西安地图出版社, 1996.
LI W Y. Copper and nickel sulfide deposits minerogenetic series and geochemistry [M] . Xi'an: Xi'an Map Publishing House, 1996.
- [49] Yakubchuk A, Seltmann R, Shatov V, et al. The altaids: tectonic evolution and metallogeny [J] . SEG Letter, 2001, (46): 1, 7—13.
- [50] Kiselev V V, Maksumova R A. Geology of the northern and middle Tien Shan: principal and outlines [A] . In: Seltmann R, Jenchuraeva S J, eds. Paleozoic geodynamics and gold deposits in the Kyrgyz Tien Shan [C] . [s. l.] : [s. n.] , 2001. 21—28.
- [51] Jenchuraeva R J. Paleozoic geodynamics, magmatism, and metallogeny of the Tien Shan [A] . In: Seltmann R, Jenchuraeva S J, eds. Paleozoic geodynamics and gold deposits in the Kyrgyz Tien Shan [C] . [s. l.] : [s. n.] , 2001. 29—70.
- [52] Cole A. Gold mineralization in the southern Tien Shan, Central Asia: tectonic setting, characteristics, exploration criteria [A] . In: Seltmann R, Jenchuraeva S J, eds. Paleozoic geodynamics and gold deposit in the Kyrgyz Tien Shan [C] . [s. l.] : [s. n.] , 2001. 71—81.
- [53] CHEN C, LU H, JIA D, et al. Closing history of the southern Tianshan oceanic basin, western China: an oblique collisional orogeny [J] . Tectonophysics, 1999, 302: 23—40.

Metallogenic Systems of Polymetallic Copper and Gold Deposits and Related Metallogenic Geodynamic Model in Eastern Tianshan, Xinjiang

MAO Jing-wen^{1,2}, YANG Jian-min², HAN Chun-ming^{1,2}, WANG Zhi-liang^{1,2}

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: In the past several years, a number of copper, gold and Cu-Ag-Pb-Zn deposits have been discovered and explored in the eastern Tianshan area, Xinjiang. All of the metallic deposits are spatially and densely distributed within the Devonian-Late Carboniferous island arc in the north and Carboniferous island arc in the south along the Kangguer-Huangshan Carboniferous-Permian suture-large-scale shear zone. These deposits, formed temporally in Carboniferous-Permian, can be grouped into gold deposit system comprising epithermal, orogenic and quartz vein types, copper deposit system, porphyry, skarn and hydrothermal vein types, and Cu-Ni sulfide system. The three metallogenic systems are genetically associated with the emplacements and eruptions of mafic-ultramafic or intermediate-felsic magmas during the subduction and extension of post-collision of the plates.

Key words: gold deposit; copper deposit; metallogenic system; geodynamics; eastern Tianshan.

《地球科学——中国地质大学学报》 2002 年 第 27 卷 第 5 期 要目预告

地质系统的复杂性——地质科学的基本问题	於崇文
华北克拉通绿岩带型金成矿系统初析	翟裕生等
关于提高金刚石钻进效果的试验研究	汤凤林等
桐柏—大别—苏鲁超高压和高压变质带的结构及流变学演化	索书田等
大别山英山和熊店榴辉岩单颗粒锆石 SHRIMP U—Pb 年代学研究	高山等
沉积盆地超压系统演化与深层油气成藏条件	赫芳等