

新疆东准地区成岩、成矿与构造演化时空耦合*

Spatial-temporal coupling of rock-forming and ore-forming processes and tectonic evolution in eastern Junggar Basin, Xinjiang

路彦明^{1,3}, 张 栋¹, 范俊杰^{1,3}, 张玉杰¹ 章文忠², 赵 军²,

马 承², 杨观德²

(1 中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000; 2 中国人民武装警察部队黄金第八支队, 新疆 乌鲁木齐 830057; 3 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

LU YanMing^{1,3}, ZHANG Dong¹, FAN JunJie^{1,3}, ZHANG WenZhong², ZHAO Jun²,
MA Cheng² and YANG GuanDe²

(1 Gold Geological Institute, Chinese People's Armed Police Force, Langfang 065000, Hebei, China; 2 No.8 Detachment of General Gold Party, Chinese People's Armed Police Force, Urumqi 610036, Xinjiang, China; 3 Geoscience and Resource Academy, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

摘 要 东准噶尔位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块两大板块的接合部位, 晚古生代是该区最重要构造岩浆活动期, 并形成一系列的金(多金属)矿产。与此期构造—岩浆活动有关的金属矿床主要有金、铜、锡。金矿类型为与韧脆剪切构造有关的金矿、和中酸性岩浆活动有关的岩浆热液型, 铜矿类型有与钙碱性岩浆岩有关的斑岩型(岩浆热液型)、与基性、超基性岩有关的岩浆熔离型矿床, 锡矿类型有与富碱性岩有关的岩浆热液型。金属矿床成矿时代、中酸性岩浆岩成岩时代均集中在石炭纪、二叠纪, 与该区晚古生代洋—陆转换、构造体制转折演化阶段密切相关, 三者和时间域、空间域相伴发生。区域金属矿产找矿方向方面, 金矿以沿大型剪切构造带、铜矿以钙碱性岩浆岩出露区、锡矿以中酸性富碱岩浆岩出露区为找矿远景区。

关键词 金属矿床; 成矿; 成岩; 构造演化; 东准噶尔

东准噶尔地区以往地质工作程度较低, 但随着近几年国家地质工作战略西移, 在该区实施完成了一批重要的区域地质调查、找矿、科研等地质项目, 发现了一批重要的金属矿产, 也积累了众多的成果资料, 这为开展该区区域成矿规律研究提供了基础工作。在前人工作的基础上, 结合作者 3 年来在东准地区承担地质科研项目所取得的一些认识, 本文拟从区域地质构造—岩浆演化、区域金属成矿等方面, 来探讨东准地区区域金属矿产的成矿与找矿问题, 以期对该区今后的地质找矿工作有所帮助。

1 大地构造背景

东准噶尔作为中亚成矿域的重要组成部分, 构造上位于哈萨克斯坦—准噶尔板块北缘古生代陆源活动带。该区是一个地质构造和地史演化十分复杂的地区, 经历了自前寒武纪以来长期而复杂的构造演化运动

* 本研究得到新疆东准噶尔成矿带多金属矿评价项目(1212010781069)和武警黄金指挥部地质专项资金项目(Hj05-06)的共同资助

第一作者简介 路彦明, 男, 1971 年生, 高级工程师, 硕士, 主要从事金矿成矿与勘查找矿研究。

史。晚古生代是该区最重要的板块(陆块)碰撞造山时期,是东准噶尔乃至中亚地区地质构造最为活跃的时期,伴随有大规模的构造岩浆活动和成矿作用。众多的成矿年代学资料表明晚生代是该区金属矿产主要形成时代。

1.1 古板块构造格局

古生代是东准地区重要的构造-岩浆演化和金属成矿时期,基于古生代东准噶尔地区大地构造格局,该区可划分为2个三级构造单元和7个四级构造单元(图1):

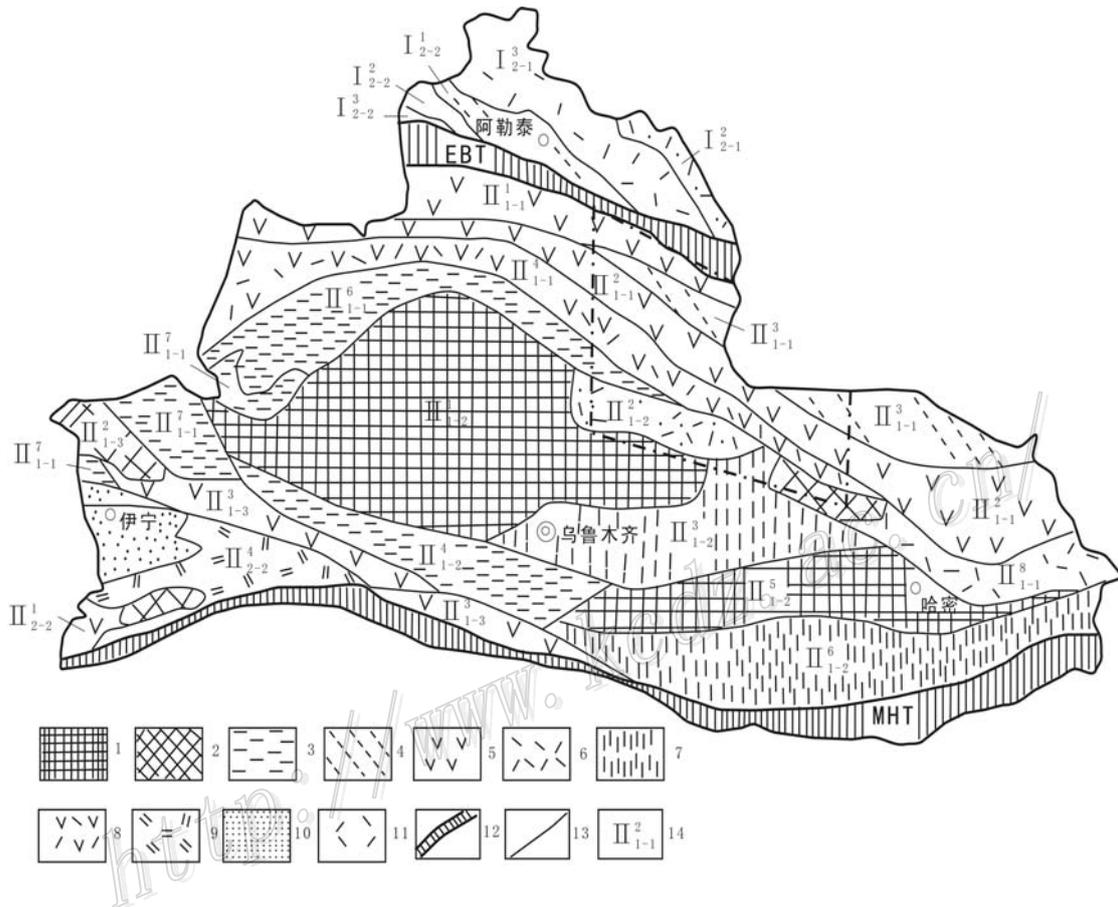


图1 东准及邻区大地构造单元示意图(据何国琦等, 2004)

1—中-新生界覆盖区的地块; 2—具有古生界盖层的地块; 3—泥盆-石炭纪残余洋盆或边缘海; 4—弧前、弧后盆地; 5—岛弧; 6—岩浆弧; 7—裂陷槽; 8—陆缘火山岩带; 9—裂谷; 10—第四纪覆盖区; 11—上叠火山沉积盆地; 12—板块缝合带; 13—次级构造单元界线; 14—构造单元编号。图中虚线框为东准地区大致范围。II_{1,1}¹—萨吾尔晚古生代岛弧; II_{1,1}²—阿尔曼泰早古生代岛弧; II_{1,1}³—三塘湖晚古生代弧间盆地; II_{1,1}⁴—库兰卡孜干泥盆纪陆缘火山岩带; II_{1,1}⁶—卡拉麦里泥盆纪-石炭纪残余海盆; II_{1,2}¹—巴塔玛依内山石炭纪上叠火山沉积盆地; II_{1,2}²—准噶尔中央地块

东准北侧以额尔齐斯-布尔根板块结合带为界与西伯利亚南缘的南阿尔泰晚古生代陆缘相接。

1.2 地壳演化

据现有资料(肖序常等, 1992; 李春昱等, 1982; 胡霭琴等, 1997), 东准噶尔地区构造演化大致可分为3个阶段: ①前寒武纪构造演化——古克拉通阶段; ②古生代构造演化——洋-陆开合转化碰撞造山阶段; ③中-新生代构造演化——板内盆山体系演化阶段。其中, 古生代洋-陆开合转化碰撞造山阶段是东准噶尔地区最重要的构造演化时期。在这一时期, 东准噶尔地区主要经历了3次大的拉张聚合运动。

第1次拉张大约在志留纪, 区内莫钦乌拉野马泉一带出露的奥陶系—志留系荒漠草坡群、库布苏和索尔

巴斯它乌群海相火山-沉积地层，表明该区当时处于边缘海盆环境。加里东晚期花岗岩侵入于奥陶系-志留系火山-沉积地层中，以及下泥盆统磨拉石建造不整合盖在这套火山沉积建造之上等地质事实表明，边缘海盆大约在志留纪末发生了闭合。

第 2 次拉张是在早泥盆世-早石炭世早期，形成了区内最年轻的蛇绿岩——阿尔曼泰蛇绿岩和卡拉麦里蛇绿岩，表明该区这一时期存在洋盆。洋盆大约在早石炭世早期至中晚期发生闭合并演化成为陆间残余海盆，区域沉积环境逐渐由海相过渡到陆相，开始出现陆相火山岩。早石炭世中期至二叠纪，西伯利亚板块与哈萨克斯坦准噶尔板块在东准噶尔强烈碰撞，东准噶尔发生了大规模的陆内挤压-伸展造山，形成了一系列自北而南的叠瓦式逆冲断裂，广泛发育多种多样的花岗岩类和安山质-英安质陆相火山喷溢-喷发岩，形成了与此有关的多种类型金属矿床，它们和卡拉麦里蛇绿岩、阿尔曼泰蛇绿岩等一起共同构成了两大板块之间的巨型缝合带，也称东准噶尔碰撞造山带。

第 3 次拉张是在晚石炭世末至二叠纪，由于碰撞造山后伸展作用深入地幔（陈衍景，1996；韩宝福，1999），在阿尔泰南缘、东准噶尔北部形成了喀拉通克裂隙陷槽（板内裂谷），以喀拉通克基性岩带和布尔根非造山型碱性花岗岩带的形成为标志。二叠纪以后，整个东准地区进入了板内盆山体系形成演化阶段。

研究表明（喻亨祥等，2000；韩宝福等，1999），东准噶尔碰撞造山带是在早石炭世中期后至二叠纪，由于西伯利亚板块与哈萨克斯坦准噶尔板块强烈碰撞和随后发生的陆内俯冲推覆造山运动而逐步形成的。

2 变形变质与金属成矿

东准地区变形变质作用主要发生在加里东、华力西两个构造旋回期。前者波及泥盆系以前的地层，以一套中深变质的角闪岩相变质作用为主，后者以线（或带）状的韧-脆性变形为主，与本区变质碎屑岩型金矿（与韧-脆性剪切构造有关的金矿）成矿关系密切。

华力西期构造变形变质作用的断裂构造包括两类，一为火山机构断裂系统，二为与挤压劈理配套的 NW 向高角度逆冲断裂。该期区域变质作用不强，一般仅达到葡萄石-绿纤石相，最高可达低绿片岩相。在断裂带附近，动力变质现象明显，常见重结晶的变质矿物。

华力西期呈带状的构造变质变形带，形成与碰撞造山的挤压构造环境。在区内可识别出 5 个此类构造变形带，由北至南分别为：①玛因鄂博带；②布尔根带；③阿尔曼泰带；④库布苏带；⑤卡拉麦里带。

华力西期呈带状的构造变质变形带是不同级别板块俯冲、碰撞作用的产物，控制着该区大部分内生金矿的分布，并构成了该区最重要的金成矿系统。在洋壳俯冲和洋盆闭合阶段陆缘火山岩浆弧、残余海盆和俯冲带上形成的陆缘火山碎屑沉积相、含碳质沉积相及混杂蛇绿岩块等是金丰度较高的地质体，构成了成矿系统潜在的矿源层（体）。构造运动产生的和深部上升的热能是成矿系统中岩石强烈变形变质和 Au 活化的能源，构造带内由于应力的差异，驱动成矿流体从强烈挤压地段向相对低压的伸展区迁移，使金矿床（点）集中分布于二者过渡带附近，矿体及矿脉则形成于构造带较晚阶段形成的次级断裂及裂隙中。强构造变质变形带对金矿成矿的控制作用，也得到了年代学的佐证。杨学昌（1993）、李华芹等（2004）分别通过测试蚀变火山岩石，得到了 290 Ma、265 Ma 两个时代的地质热事件。

受华力西期强构造变质变形带控制的与韧-脆性剪切构造有关的金矿是东准地区最主要的金矿床类型之一，包括双泉、库布苏、野马泉、清水、苏吉泉、科克萨依、萨尔布拉克（阿尔泰地区）等众多的金矿床（点）。

3 岩浆活动与成矿

东准地区与成矿关系密切的岩浆活动主要发生在古生代，尤其晚古生代。晚古生代岩浆活动形成的火山沉积岩系和各类侵入岩体与金属矿产具有密切的成因联系。

3.1 火山作用与成矿

晚古生代泥盆系、石炭系、二叠系火山沉积地层岩相由海相逐渐过渡到陆相,反映了本区构造背景由大洋逐渐转换为大陆。其中,泥盆系、石炭系是区内铁、铜、锡、金等金属矿产的主要赋矿层位。铜矿化与泥盆系火山碎屑岩和碳酸盐岩夹层关系密切,金矿化与下石炭统南明水组及其相当层位关系最为密切,双泉及其外围的金矿赋矿围岩多为南明水组地层。该期火山活动形成的一些火山机构本身就是极好的成矿构造,如产于下石炭统巴塔玛依内山组(C_{1b})双峰山金矿、清水48号金矿、金山沟金矿即为此类金矿的代表。

3.2 岩浆侵入作用与成矿

研究区岩浆侵入活动强烈,超基性、基性、中性、酸性及碱性岩均有发育,其中以花岗岩类分布最广。岩浆活动是区内成矿作用的重要控制因素,不同岩性、不同成因类型的岩浆侵入活动控制着不同类型矿床的成矿。

3.2.1 超镁铁质岩与成矿 区内超镁铁质侵入岩分为两种类型,一是与蛇绿岩套有关的镁铁—超镁铁岩类,主要沿卡拉麦里、阿尔曼泰两条缝合带分布,这类侵入岩是区内铬铁矿(点)的空间分布。卡拉麦里地区红柳沟发现的铬铁矿化点即受控于类侵入岩。

二是陆内拉张背景侵位的镁铁—超镁铁岩类,集中分布于额尔齐斯—布尔根晚古生代缝合带南侧喀拉通克一带,喀拉通克矿区铜镍矿体产于这类岩体中。

与超镁铁质岩有关的铬铁矿、铜镍矿在成因上均为岩浆融离型矿床,矿化局限于岩体内,矿体形态与岩体基本一致,成矿与成岩时代基本一致。

3.2.2 花岗岩类与成矿

(1) 花岗岩空间分布特征

在空间上,东准地区花岗岩存在3个北西向的花岗岩带,卡拉麦里岩带(南带)、乌伦古岩带(中带)、布尔根岩带(北带)。

卡拉麦里岩带位于卡拉麦里断裂以北、阿尔曼泰断裂以南地区,在卡拉麦里断裂与库布苏—哈萨芬坎断裂之间地区集中分布,岩石类型复杂,其中钙碱性属I型,个别为M型(如清水地区与蛇绿岩共生的斜长花岗岩和石英闪长岩),偏碱性属S型,碱性岩型属A型,不同岩石类型呈现出从钙碱性(I型)—偏碱性(S型)—碱性岩型(A型)的演化趋势。

乌伦古岩带在空间上与沿阿尔曼泰断裂分布的蛇绿岩带伴生,多呈岩株或小岩基产出,本带花岗岩成分单一,属较典型的造山带I型或同熔型,主要岩石系列为二长闪长岩—石英二长闪长岩—二长花岗岩—正长花岗岩—碱性花岗岩类,呈连续演化系列。

布尔根岩带额尔齐斯断裂以南、阿尔曼泰断裂以北的狭长地带。岩石类型既有钙碱性(卡拉先格尔),也有偏碱性、碱性岩(布尔根—塔克什肯口岸一带),成因类型有I型(以钙碱性为主)、S型(以偏碱性为主)、A型(碱性)。

(2) 形成时代

东准地区花岗岩形成时代以华力西中晚期为主,在此之前或之后,岩浆活动较弱。在同一个花岗岩演化系列中,从早到晚有M型—I型—S型—A型的演变趋势,这与该区大地构造演化相一致。

收集该区已有的花岗岩同位素年代学资料进行统计(图略)发现,岩浆活动主要发生于晚古生代的石炭纪、二叠纪,泥盆纪、三叠纪次之,而泥盆纪之前、三叠纪之后的岩浆活动微弱。

(3) 成岩与成矿

根据区内花岗岩与成矿的关系,可分为2个系列:钙碱性花岗岩系列和富碱性花岗岩系列(包括偏碱性和碱性岩)。前者与金、铜成矿关系密切,后者与锡成矿关系密切。

钙碱性花岗岩系列是和金矿关系密切的一类中酸性侵入岩,主要是一套中性—中酸性的浅成—超浅成侵入岩或次火山岩,岩石类型有辉石闪长岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩及其浅成岩相。这类岩体的分布多受深断裂及区域性大断裂的控制,沿断裂的两侧分布。岩体的侵入部位常是多组不同方向次级断裂

构造交汇的部位。如区内卡拉先格尔铜矿带分布有众多闪长质-花岗闪长质含矿岩体，多定位于 NE 向或 NEE 向断裂与 NW 向断裂的交汇处。东准地区含矿钙碱性花岗岩成因属造山后陆内断裂深熔型，成岩物质属壳幔混合源，成岩时代属华力西中晚期、华力西晚期。与钙碱性花岗岩有关的铜、金成矿系列矿床类型有斑岩型、矽卡岩型、破碎带碎裂岩型及石英脉型。

区内富碱花岗岩在空间上可分为卡拉麦里（南带）、乌伦古（中带）和布尔根（北带）3 个富碱花岗岩带（刘家远等，1996）。可以将其分为形成环境和物质来源明显不同的 2 类（刘家远，1999）：A1 型具大洋岛弧玄武岩的性质，形成于大陆裂谷或裂陷环境，或在板内岩浆作用下侵入；A2 型具从大陆壳到岛弧玄武岩的过渡性特征，岩浆直接起源于经历了陆-陆碰撞或岛弧岩浆作用的陆壳或板下地壳。

华力西晚期富碱花岗岩主要分布于卡拉麦里断裂带与阿尔曼泰断裂带之间（同位素年龄为 320~290 Ma），均属 A2 型碱性花岗岩，其岩浆直接起源于经历了陆-陆碰撞或岛弧岩浆作用的陆壳或板下地壳，形成于造山运动刚刚结束或行将结束的拉张、松弛构造环境，属造山后碱性花岗岩，它具有非造山的特征，但它又不属于非造山花岗岩。

华力西晚期富碱花岗岩则分布于布尔根带（同位素年龄为 280~250 Ma），并集中发育于该带东段，属 A1 型碱性花岗岩，具深源特征，代表着与洋岛岩浆、板内岩浆和裂谷带岩浆物质来源相同的地幔分异产物，形成于造山运动早已逝去的非造山的板内裂谷或裂陷环境，属典型的非造山花岗岩。

含锡花岗岩在成因上属 A 型（黄羊山、萨北碱性花岗岩）和 S 型（老鸦泉、贝勒库都克、苏吉泉等偏碱性黑云母花岗岩），一般是同源岩浆多次侵入所构成的分异演化较充分、彻底的杂岩体（超单元），多为岩枝状小岩体。具有中浅-浅成相特点。与富碱花岗岩有关的锡矿化主要集中在南带，中北带仅有零星矿化，矿床类型以石英脉锡矿型为主，同时包括有云英岩型锡矿和蚀变花岗岩型，它们构成了一个锡成系列。

4 主要金属矿产类型及成矿时代

东准地区已发现的矿床以金矿床为主，另有少量的铜（镍）、锡、铬等矿产。综合区内有关成矿年代学资料发现，本区成矿主要集中在晚古生代。

4.1 金 矿

目前，新疆北部金矿地质研究工作仍处于一个初级阶段，绝大多数矿床和矿点的研究程度较低，还不具备按成因进行分类的条件。以成矿地质背景为主线，以控矿构造、含矿建造性质为依据，结合成矿作用，把该地区金（铜）矿床分为 4 个主要类型（表 1）：与中酸性侵入岩有关的 Au(Cu)矿床、与陆相火山岩有关的 Au(Cu)矿床、与韧-脆性剪切构造有关的 Au 矿床。

表 1 东准噶尔地区主要金矿类型

矿床类型	含矿建造及产出部位	成因类型	找矿指示元素	代表性矿床
与中酸性侵入岩有关的 Au 矿床	火山碎屑岩、斑岩、碳酸盐岩、碱长花岗岩、花岗闪长岩及岩体顶部、接触带	岩浆热液型、斑岩型、矽卡岩型	Au、Ag、Cu、Fe、Mo、Ag	金山、苇子峡、绿石沟、艾南、老山口、乔夏哈拉、托让岗、乌伦布拉克
与陆相火山岩有关的 Au 矿床	基性、中酸性熔岩、火山碎屑岩和火山机构	角砾岩筒型、火山岩型	Au、Cu、Hg、Ag	金山沟、双峰山、索尔巴斯套、清水 4 8 号、马热勒铁
与韧-脆性剪切构造有关的 Au 矿床	浅变质火山沉积建造 强应变构造带	变质（或混合）热液型	Au	萨尔布拉克、南明水 1 号和 4 号、清水 4 8 号、野马泉、库布苏、艾盖巴依、黑山、六棵树、白山包、双泉、阿克塔斯、柯克萨依、小红山

与韧-脆性剪切构造有关的 Au 矿床是本文提出的一种矿床类型，以往此类金矿被归属于浅变质碎屑岩型和破碎蚀变岩型。近年来在东准发现的双泉金矿及周边的黄南、苏吉泉、南明水、苏吉泉东、红柳沟南等矿床（点）和萨尔布拉克等金矿即为此类金矿的代表。此类金矿空间上，金矿床（点）均位于剪切构造体系中，时间上，金矿形成于韧性变形期后的脆性变形阶段。区域上金成矿与韧-脆性剪切构造密切相关，

韧性剪切变形形成的德尔剪切构造系统中的各类裂隙，是后期脆性变形阶段再次发生变形的部位，也是金矿集中产出的有利构造空间。

4.2 铜、镍、锡、铬等矿产

铜（镍）矿床 近年来东准地区铜矿找矿成果较显著，已发现的铜矿主要有两种类型，一为钙碱性的斑岩型（和中酸性岩浆热液型）铜矿，往往伴生有金等的矿化，这是东准地区最有找矿前景的类型，代表性矿床有卡拉先格尔铜矿、老山口铜矿等；二为与镁铁-超镁铁质岩有关的铜-镍矿床，这类矿床在喀拉通克一带有较大找矿潜力。

锡矿 主要是与富碱性花岗岩有关的岩浆热液型锡矿床，空间上主要分布在卡拉麦里断裂与库布苏-哈萨坎断裂间的富碱性花岗岩带中。矿床类型以石英脉型锡矿为主，同时有云英岩型锡矿和蚀变花岗岩型。

铬铁矿 区内没有成型的矿床，仅在卡拉麦里蛇绿岩带中存在一些与镁铁-超镁铁质岩有关的铬铁矿化，成因类型为岩浆熔离型。

4.3 成矿时代

东准地区主要矿床成矿年龄见表 2。由表可以看出，研究区成矿作用主要发生在晚古生代，中生代次之。出现了 3 个年龄集中区间：330~280 Ma、270~260 Ma、230~220 Ma。

表 2 东准地区金属矿（或岩体）同位素年龄表

矿床名称	年龄/Ma、测试方法、资料来源
老山口金铜矿	266±26 (斑岩全岩 Rb-Sr 等时线, 杨文平, 2005)
可可塔勒铅锌矿	373±31 (闪锌矿 Sm-Nd 等时线, 李华芹等, 2004)、274±19 (Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
可可托海稀有金属矿	148±1、115±4 (长石 Ar-Ar 坪年龄和等时线年龄, 李华芹等, 2004)
双泉金矿	260~270 (2 个石英、2 个绢云母, Ar-Ar 激光显微探针, 本文)
库布苏金矿	269±11 (烟灰色石英流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
野马泉金矿	300±36 (含金石英流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004); 401±22 (闪长玢岩 Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004); 302±11 (石英钠长斑岩 Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
科克萨依金矿	227±24 (含金石英流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
喀拉通克铜镍矿	298±33 (1 号岩体黑云角闪橄榄苏长岩, 全岩 Sm-Nd 等时线年龄, 李华芹等, 2004); 296±18.5 (2 号岩体黑云角闪橄榄苏长岩, 全岩 Rb-Sr 等时线年龄, 王润生等, 1987); 290±23.5 (3 号岩体黑云角闪橄榄苏长岩, 全岩 Rb-Sr 等时线年龄, 李华芹等, 2004); 281.4±11.9 (矿石的 Sm-Nd 等时线年龄, 李华芹等, 1998)
萨尔布拉克金矿	271±30 (含金石英 Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004), 304.1±7.4
清水 48 号金矿	311±46 (灰白色石英脉流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
双峰山金矿	226±44 (含矿次生石英岩脉流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004); 226±21 (蚀变石英钠长斑岩, 全岩 Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
索尔库都克铜钼矿	284±8.9 (含矿夕卡岩中石榴子石和绿帘石 Sm-Nd 等时线年龄, 李华芹等, 2004)
萨热什克锡矿	263.6±3 (含锡石英脉中锆石 U-Pb 年龄, 卢秋霞等, 1989) 290±11
卡姆斯特锡矿	291±1 (含锡花岗岩锆石 U-Pb 年龄, 卢秋霞等, 1989); 228±3 (云英岩脉中锆石 U-Pb 年龄, 卢秋霞等, 1989)
贝勒库都克锡矿	313±18 (花岗岩锆石 Pb-Pb, 沈湘元, 1988)
黄羊山锡矿	317.7 (花岗岩锆石 U-Pb, 王型珍, 1988)
索尔巴斯套金矿	268±8.3 (灰白色石英脉)、265±6.7Ma (硅化、黄铁矿化蚀变岩, 全岩 Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
干梁子锡矿	305±25 (锡石-石英脉流体包裹体, Rb-Sr 等时线, 李华芹等, 2004)
清水 16 号铬铁矿	510±51 (辉长岩, 全岩 Sm-Nd 等时线年龄, 李华芹等, 2004)

5 区域成矿的时空演化规律

新疆东准地区晚古生代早期为多岛洋的构造格局，晚古生代中期（350 Ma）各有限洋盆演化成为残余海盆，并陆续闭合，至石炭纪末期（300 Ma）东准噶尔板块与西伯利亚板块聚合成一体，在整个新疆北部地区，265 Ma 前后经历了一次大范围强烈的伸展构造，开始了陆内盆山演化。其中，晚古生代中、晚期是区内最重要的构造、岩浆活动和区域成矿阶段，图 2 表示了本区构造演化与成矿的时空关系。

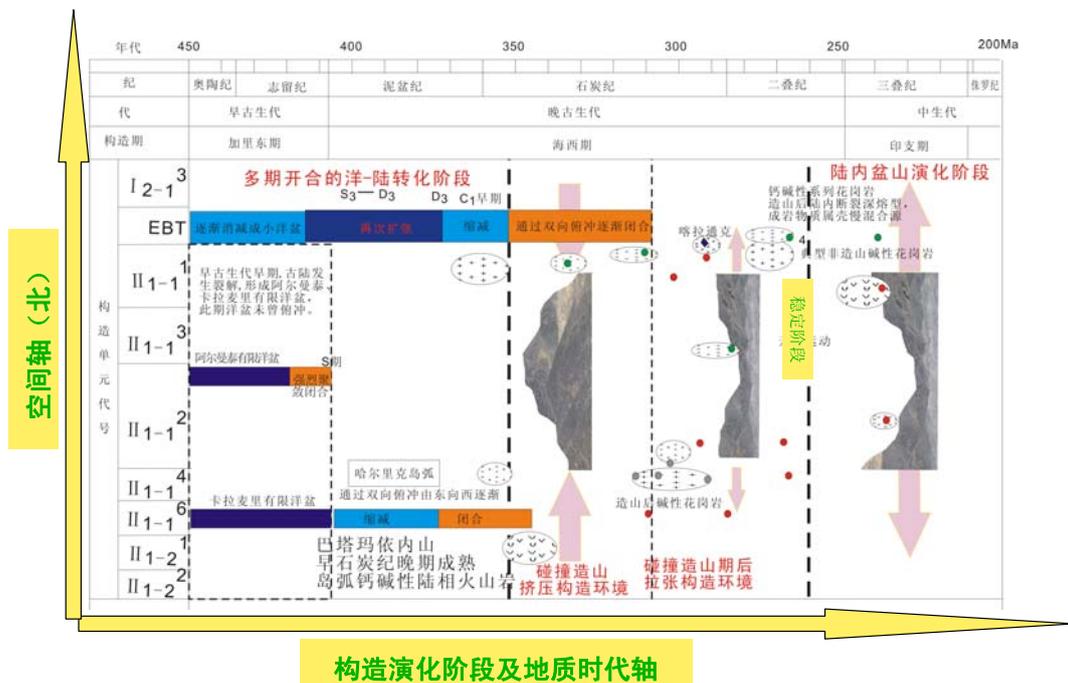


图 2 东准地区构造演化、成岩成矿二维体系图

早石炭世中期 (340 Ma 左右), 东准噶尔洋壳闭合, 造成卡拉麦里和扎河坝—阿尔曼泰一带的蛇绿混杂堆积; 而额尔齐斯断裂带南缘, 在陆缘岩浆弧基础上进一步引张, 发育浊积岩建造, 为本区变质岩系有关的金矿床提供了物质基础, 即为金矿源层。

早石炭世晚期 (325 Ma 左右), 海盆全部闭合, 地壳强烈褶皱造山, 伴随有广泛中酸性岩浆侵入活动和喷发活动。因而形成了区内与中酸性岩浆作用有关的矽卡岩、斑岩型矿床, 以索尔库都克、老山口铜金矿带最为典型。此外, 伴随造山运动, 区域岩石普遍遭受区域变质作用, 从而使矿源层中金进一步富集。

中晚石炭世 (295 Ma 左右) 强烈造山隆起后, 地壳呈现松弛引张状态, 上地幔上隆。区内出现大规模的偏碱性花岗岩的侵入 (285 Ma 左右), 标志着稳定陆壳的形成。喀拉通克裂陷槽环境发生广泛基性杂岩体的侵入, 形成铜镍硫化物矿床 (308~285 Ma); 卡拉麦里一带偏碱性花岗岩的大面积侵入, 形成了与之有关的锡金矿化; 同时促使区内岩石遭受较强热事件影响。

前述早、中石炭纪陆陆碰撞造山作用, 致使在卡拉麦里及喀拉通克—萨尔布拉克等形成强烈的韧性剪切带和构造破碎带, 并发育动力变质岩, 从而形成了与强应变构造有关的变质热液型 Au 矿床。

二叠纪时期 (255 Ma 左右), 新疆北部进入大陆地壳和陆内山链演化阶段, 东准噶尔造山带发生大规模逆掩运动。金山一带及其以东地区, 由于在缝合带基础上叠加了北天山拉张洋盆闭合后的造山运动, 广泛发育小岩体, 形成了与闪长岩类有关的岩浆热液矿床, 以金山金矿为代表。金山沟一带则由于天水的长期作用, 最终形成浅成低温热液矿床。矿化年龄大约为 267~244 Ma。

华力西中晚期大约 350~300 Ma 间是西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔和塔里木三大板块拼贴为一个新统一大陆的时期。其中卡拉麦里带在中石炭世约 330 Ma 洋盆完全闭合, 由此开始了西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔两大板块的陆-陆碰撞。这一时期, 在近南北向挤压下背景下, 沿原来的俯冲—缝合带、深断裂产生由北而南的大规模推覆和一定程度的右行剪切, 形成了具有韧性剪切特征的卡拉麦里高应变构造带。来自古地磁学和玄武岩⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄的研究成果表明, 至早二叠世, 包括本区在内的整个新疆北部地区普遍受到拉张作用。上述表明本区碰撞造山作用遵循碰撞造山作用的一般规律, 在 *p-T-t* 轨迹上自然也呈先压后张的特征。在 330~265 Ma 期间, 在陆-陆碰撞的体制下, 早期经历了挤压环境下的以陆内推覆兼具右行特点的剪切构造变形, 形成了本区以韧性剪切变形为主、发育从宏观到微观的一套里德尔剪切构造系统。晚期经过挤压伸展体制的转换, 沿先存里德尔剪切构造系统中的各类剪裂面或裂隙, 发生了以脆性变形为主

的构造变形。与韧-脆性剪切构造有关的Au矿床的典型代表—双泉及周边的金矿位于卡拉麦里板块结合带的中段，作为卡拉麦里强应变带的主体，在中石炭世至早二叠世的陆-陆碰撞过程中，在陆内俯冲体制下，受近SN向挤压的影响，形成了以由北至南推覆为主，兼具右行走滑的NWW向韧-脆性剪切构造体系-韧-脆性剪切带。该区已发现的众多金矿床（点）与韧-脆性剪切构造的性质及形成、演化具有密切的时空关系。在东准格噶尔地区发育有5条与本区类似的强应变构造带——大型韧-脆性剪切带，卡拉麦里剪切构造体系即为其中之一。卡拉麦里剪切构造体系的形成始于330 Ma的陆-陆碰撞造山运动，止于在挤压到伸展的转换阶段。在整个新疆北部地区，265 Ma前后经历了一次大范围强烈的伸展构造，双泉金矿成矿时间为260~270 Ma，形成于区域性挤压到伸展的转换阶段。

6 区域金属矿产勘查找矿方向

前述工作区区域成矿地质背景、成矿地质条件、区域金多金属矿床成矿规律分析表明：金、铜、锡为本区今后勘查找矿的主攻矿种，并兼顾铁、镍、铅、锌、铬等多金属矿床。

其中金矿主攻矿床类型有与韧脆剪切构造有关的金矿，次为陆相火山-次火山热液型（及和中酸性岩浆活动有关的伴生金矿）；铜矿主攻矿床类型有与钙碱性岩浆岩有关的斑岩型、接触带型等，次为与基性、超基性岩有关的岩浆熔离型矿床；锡矿主攻矿床类型有与富碱性岩有关的岩浆热液型（包括石英脉型、云英岩型、蚀变花岗岩型）。而兼顾的铁、镍、铅、锌、铬等多金属矿床，少见独立矿床，多以伴生组分出现。

据前述有关分析，并结合区域地球化学异常和已有的找矿成果，对本区主攻矿种金、铜、锡的找矿方向进行了初步分析，圈定出金的找矿重点远景区8个、铜6个、锡5个（图3）。

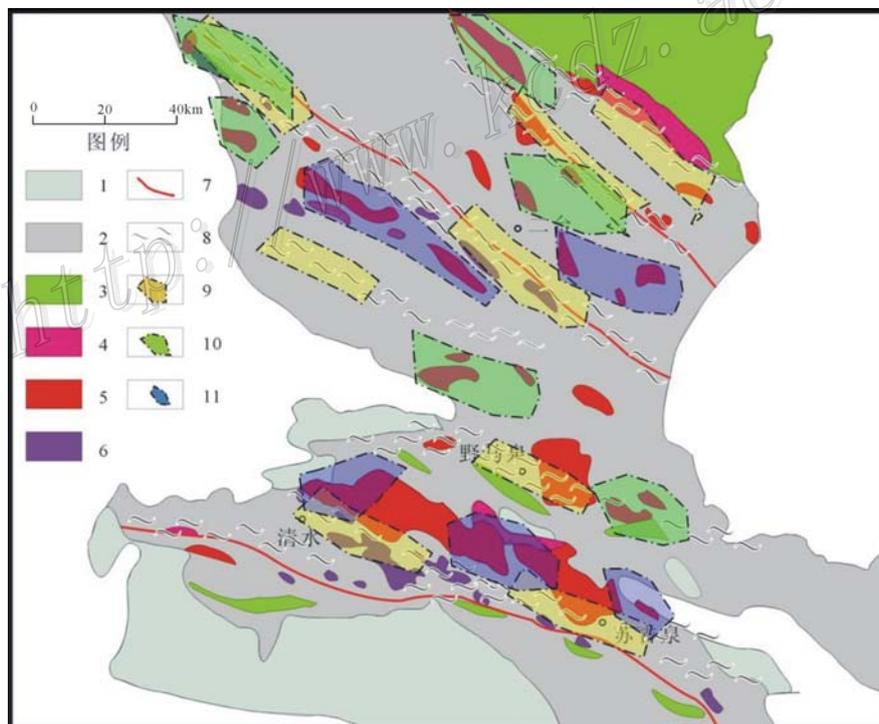


图3 东准地区金、铜、锡找矿远景区

1—J-T地层；2—P-D地层；3—O-S地层；4—钙碱性花岗岩类；5—富碱性花岗岩类；6—蛇绿岩、基性超基性岩类；7—超岩石圈断裂；

8—大型构造剪切变形带；9—金找矿重点区；10—铜重点找矿区；11—锡重点找矿区

参 考 文 献

- 陈仁义. 1995. 新疆东准噶尔铜金矿床类型及其时空分布[J]. 矿床地质, 14(3): 228-234.
- 陈衍景. 1996. 准噶尔造山带碰撞体制的成矿作用及金等矿床分布规律[J]. 地质学报, 70(3): 253-261.
- 高怀忠, 张旺生, 孙华山. 2000a. 板块碰撞产物——强应变构造带对东准噶尔金矿的控制[J]. 地质与勘探, 36(3): 15-21.
- 高怀忠, 张旺生. 2000b. 东准噶尔强应变构造带成矿系统的特征、成矿流体和热动力条件分析[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 25(4): 369-374.
- 郭召杰, 马瑞士, 郭令智, 等. 1993. 新疆北部蛇绿岩及其大地构造意义[J]. 地质论评, 39(2): 234-247
- 韩宝福, 何国琦, 王式光. 1999. 后碰撞慢源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底的性质[J]. 中国科学, 29(1): 17-21.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社; 香港: 香港文化教育出版社.
- 何国琦, 成守德, 徐新, 李锦轶, 郝杰. 2004. 中国新疆及邻区大地构造图(1:250万)[M]. 北京: 地质出版社.
- 胡霭琴, 王中刚, 涂光炽. 1997. 新疆北部地壳演化及成岩成矿规律[M]. 北京: 科学出版社.
- 李春昱, 王荃. 1982. 亚洲大地构造图说明书[M]. 北京: 地图出版社.
- 李华芹, 陈富文. 2004. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社.
- 刘家远, 袁奎荣, 吴郭泉. 1997. 新疆北部卡拉麦里富碱花岗岩带的碱性花岗岩与锡[J]. 有色金属矿产与勘查, 6(3):129-135.
- 刘家远, 夏佐锋. 2000. 新疆东准噶尔陆相火山作用与金、铜成矿[J]. 桂林工学院学报, 20(1): 1-4.
- 涂光炽. 1993. 新疆北部地质演化和成岩成矿作用的若干特点[A]. 见: 涂光炽, 新疆北部固体地球科学新进展[C]. 北京: 科学出版社.
- 王元龙, 张旗, 王强, 刘红涛, 王焰. 2003. 埃达克质岩与 Cu-An 成矿作用关系的初步探讨[J]. 岩石学报, 19(3): 543-550.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 朱宝清, 李锦轶, 赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社.
- 杨文平, 张招崇, 周刚, 闰升好, 何立新, 陈柏林. 2005. 阿尔泰铜矿带南缘希勒克特哈腊苏斑岩铜矿的发现及其意义[J]. 中国地质, 2005, 32(1): 107-114.
- 喻亨祥, 夏斌, 刘家远, 吴郭泉. 2000. 东准噶尔碰撞造山作用与花岗岩类及有关金属成矿系列[J]. 桂林工学院学报, 20(3): 213-219.
- 张旗, 秦克章, 王元龙, 张福勤, 刘红涛, 王焰. 2004. 加强埃达克岩研究——开创中国 Cu、Au 等找矿工作的新局面[J]. 岩石学报, 20(2): 195-204.

<http://www.kdiz.ac.cn/>