

西准噶尔地区金矿成矿模式

陈衍景 张程宁

(南京大学地球科学系)

摘要 以碰撞型造山带的构造模式为基础,在理论上讨论了碰撞造山过程中成岩成矿作用的特征和时空演化规律,建立了碰撞造山成岩成矿模式,指出碰撞型造山带的超叠壳楔上应依次出现热液矿床带(D带)、花岗岩带(G带)和斑岩带(P带)。西准噶尔地区被认为是碰撞型造山带,其金矿化可按碰撞造山成岩成矿模式研究。模式的D带,即张贻侠等强调的达拉布特断裂北侧,应是找金矿的重点地区。

关键词 金矿 碰撞型造山带 成岩成矿模式 碰撞造山作用 新疆

现代地质的主要特点是提倡模式原则^[1](Model Theory),即用合理的模式指导基础地质研究和找矿工作。不言而喻,建立合理的模式是至关重要的。对于西准噶尔地区的地壳构造特征和金矿分布规律,也应该用一个合理的模式来解释,这样才能更好地指导该区的地质研究和找矿。令人兴奋的是,裴效渤^①已在张贻侠教授的指导下,对西准噶尔地区的地壳构造特征做了详细的研究,利用地质和地球物理方面的资料论证了该区不同深度的壳层均为向南凸的弧形,且上部壳层相对下部壳层向南逆冲;在此基础上,他们对该区金矿成因和分布特点作了探讨,大胆提出达拉布特断裂北侧应为寻找金矿的重点地区。显然,此项工作是不可多见的,无疑将对该区的进一步工作有重要的指导作用。

本文拟建立该区的成岩成矿模式,与张贻侠教授、裴效渤同志共商,不妥之处请批评指正。

1 碰撞造山成岩成矿模式

碰撞型造山带^[1]的提出,不仅是概念上的更新,而且进一步显示了板块构造理论的正确性和实用性。碰撞型造山带构造模式解释了很多长期不能解决的复杂的构造地质问题。现在的问题是,目前尚无与碰撞型造山带构造模式相配套的成岩成矿模式。因此,笔者在此试图从理论上分析碰撞造山过程中的成矿规律——碰撞造山成岩成矿模式。

如图1所示,碰撞型造山带可分为I、II、III单元。II单元是岩石破碎最强烈的地带,由I、III单元的岩片、岩块等组成,无论是成分还是组构都极为复杂,称碰撞混杂岩;II单元时宽时窄甚至有时被其它岩片掩盖。I单元沿II单元下插到III单元之下时(即A型俯冲),由于梯度增温增压的影响,I单元内的不稳定组分将依熔点降低的顺序

第一作者简介:陈衍景 男 28岁 博士研究生 已发表“绿帘角闪岩受控于花岗岩-绿帘地体的构造模式”等论文

收稿日期 1989-12-08

① 裴效渤,新疆准噶尔地壳构造特征及其与金矿形成的关系,长春地质学院研究生论文集,1986,(1):1~17

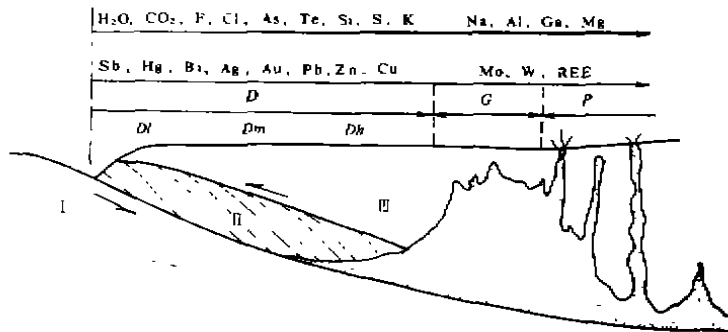


图1 碰撞造山成岩成矿模式 (据许靖华构造模式补充)

Fig.1 The diagenesis and mineralization model for collision orogeny

I-俯冲壳楔; II-混杂岩带; III-超叠壳楔; D-热液矿床带; G-花岗岩带; P-斑岩带; D1-低温热液矿床亚带; Dm-中温热液矿床亚带; Dh-高温热液矿床亚带

(Hydrothermal Deposits Zone), 记为D带。由于硫化物、砷化物等的熔点多低于 500°C , 最高不超过 600°C , 故D带形成在梯度增温达 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 以前。若以造山带地温梯度为 $5.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}^{[5]}$ (造山带地温梯度较高, 一般不低於此值) 计算, 此温度值相当于地表以下 $9.5\sim 11.5\text{km}$ 处。亦即D带发生在 11.5km 以上的范围。D带又可根据成矿温度、成矿元素组合、矿物组合及围岩蚀变类型等区分为低温、中温、高温三个热液矿床亚带。低温热液矿床亚带 (Low Temperature Hydrothermal Deposits Subzone), 记为D1, 温度范围在 $50\sim 200^{\circ}\text{C}^{[4]}$, 主要发生Hg、Sb、Ag、Au、Pb、Zn等元素矿化。中温热液矿床亚带 (Medium Temperature Hydrothermal Deposits Subzone), 记为Dm, 温度范围在 $200\sim 350^{\circ}\text{C}^{[4]}$, 主要矿化元素为Ag、Au、Pb、Zn、Cu等。高温热液矿床亚带 (High Temperature Hydrothermal Deposits Subzone), 记为Dh, 温度范围在 $350\sim 600^{\circ}\text{C}^{[4]}$, 主要矿化元素为Cu、Mo、W、Sn、REE等。三个亚带在垂向上的深度范围约分别为: $1\sim 4\text{km}$ 、 $4\sim 7\text{km}$ 、 $7\sim 11.5\text{km}$ (仍按地温梯度 5.2°C 计算)。

G带 一般认为陆壳下部基底岩石在 $10\sim 20\text{km}$ 处受热达 650°C 以上时开始局部熔融并逐渐达重熔程度 $^{[5]}$, 实验证明长英质岩石为水汽饱和时的最低重熔温度为 $640^{\circ}\text{C}^{[6]}$ 。由此可知: 在I单元俯冲增温至 640°C 以上时, K、Si、Na、Al等开始大量熔融, 形成大规模的长英质熔体和花岗质岩浆, 它们的上侵便造成了可能伴有部分长英脉岩和混合岩的花岗岩基带 (Granite Zone), 称为G带。分融之后的难熔组分则以麻粒岩的形式进入下地壳或继续下冲。垂向上花岗岩浆开始出现的深度约为 12km 左右。

P带 角闪岩与麻粒岩相的温度界线为 $700^{\circ}\text{C}^{[6]}$ 左右。当I单元下冲增温达 700°C 以上时, 即地表以下 13.5km 处时, 板片内的K、Si、Na等易熔组分早已在形成G带花岗岩时熔融出去, 故很难再形成大量的花岗岩浆。但在某些特定条件下 (如遇深断裂时或前期分熔不彻底时) 仍可形成小规模的花岗岩浆。这种岩浆因形成的围压大而可含大量挥发分, 其侵位能力极强, 可一直上升到近地表并可减压沸腾爆破, 形成一套斑岩、隐爆-爆破角砾岩及相关小岩体带, 简称斑岩带 (Porphyry Zone), 记为P带。该带常

选择熔融并向上迁移, 造成上部岩石、矿床、地球化学上的分带现象。

D带 由于地温梯度的影响, I单元下插时不断增温, 其内的 H_2O 、F、Cl、 CO_2 、As、S、Te、Sb、Hg、Ag、Au、Pb、Zn、Cu、Mo、K、Si、Na等组分首先不稳定而向上迁移, 在上部的III单元板片内形成以硫化物、砷化物、碲化物等为主要矿石矿物的多金属热液矿床带

发育斑岩型和角砾岩筒型金、铜、钼、钨、锡等矿床。应该指出的是, 该带内不排除部分斑岩或角砾岩是由G带花岗岩浆分异演化作用所形成。

模式中D、G、P三带在形成温度和垂向深度上的分带也必然反映到水平方向上, 表现为D、G、P三带距碰撞缝合线的距离依次增大。各带具体的空间范围则与俯冲角 θ 有关。若用 y 表示垂向上各带形成的深度, x 表示水平方向各带距俯冲带的距离, 则 $x = y \cdot \text{ctg}\theta$ 。当俯冲角为 45° 时, 地温梯度仍以 5.2°C 计算, 则各带距断裂(俯冲带)的距离范围是: $Dl = 1 \sim 4\text{km}$, $Dm = 4 \sim 7\text{km}$, $Dh = 7 \sim 11.5\text{km}$, $G = 12 \sim 13.5\text{km}$, $P > 13.5\text{km}$ 。由于金矿化主要发生在中低温热液矿床亚带, 与花岗岩带之间隔 Dh 带, 故金矿床主要集中在花岗岩基以外一定距离的范围(5km左右)。小秦岭金矿集中在距花岗岩体2~7km以南的区域和熊耳山地区的金矿集中在花山花岗岩基2~10km以南的范围即属此道理。

还需强调的是: ①与碰撞造山作用相配套的成岩成矿作用在宏观上划分的D、G、P三带之间是“兄弟”关系, 而不是“母子”关系, 亦即D带矿床和P带斑岩等主体上不是G带花岗岩浆的派生物。②I单元下冲过程中, 易熔组分依熔点降低的顺序分熔是总体上的规律, 不是绝对的; 分熔过程是连续的, 不是截然的。故有时在形成G带花岗岩浆时, 仍可伴有部分含金硫化物的熔融上迁, 造成花岗岩金丰度较高, 使得一些学者据此把花岗岩误认为金矿的母岩, 实则是金矿床(尤指D带)的“兄弟”。另一方面, D带矿床和G带花岗岩都来源于I单元岩片, 在S、Sr、Pb等同位素组成和元素地球化学等方面均有相似之处, 表现出同源特征, 也常因此误把花岗岩当作矿床的母岩。③G带花岗岩浆演化到后期, 可分异出少量富挥发份和成矿元素的熔浆, 其上侵能力较强, 并可在浅部发生沸腾作用, 形成斑岩型或角砾岩筒型金矿, 此种岩浆与矿床是“母子”关系。自然, 由I单元岩片在 700°C 以上分熔的熔浆形成斑岩或角砾岩型金矿时, 岩浆与矿床亦是“母子”关系。④D带矿床的成矿热液来自I单元岩片。I单元岩片下冲时, 温压的增高引起岩片内物质的调整和重新组合(即变质作用), 形成了D带的成矿热液, 此热液显然具有变质热液的特征, 矿床应属变质热液矿床, 只是这种变质热液矿床不一定产在变质岩出露区。此外, 此种高温的变质热液矿床与岩浆热液矿床(P带和G带可能的少量矿床), 在温度、成分等方面均是连续过渡的, 有时被当作岩浆热液矿床。

2 西准噶尔地区是典型的碰撞型造山带

目前的研究成果足以证明西准噶尔地区是一典型的碰撞型造山带。主要根据是:

①西准噶尔地区是天山—兴安褶皱造山带的一部分, 造山带夹持在西伯利亚和塔里木—中朝两个古大陆板块之间^[2], 在宏观上具有与阿尔卑斯—喜马拉雅、秦岭等^[1]典型碰撞型造山带相似的构造格局。只是碰撞时间略早而已。

②西准噶尔地区, 达拉布特断裂以北和阿勒泰以南的区域, 只出露海西期海相火山岩—沉积岩系, 其中部分为代表洋壳碎片的蛇绿岩套^[3]。而阿勒泰以北和达拉布特断裂以南(如唐巴勒)均有加里东期的褶皱基底^[4]或更老的岩石, 它们在海西期表现为刚性陆块(地体)的性质。所以, 在区域上具有海西运动时及其后形成碰撞型造山带的良

好的构造格架。

③区内发育一系列NE—EW向的海西期及其后的紧闭线性褶皱和一系列同期同方向的逆掩断层、推覆构造、薄皮构造等。具有与喜马拉雅、华南、秦岭等典型碰撞型造山带相似的构造样式。

④西准噶尔地区具有典型碰撞型造山带的构造演化历史。 $D-C_2$ 为海相火山岩—沉积岩系，缺失 C_3 ， P 为由海相向陆相转变且以陆相为主的磨拉石建造，此后的沉积物全属陆相。表明 C_3 时的海西运动使南北两大陆板块实现对接，此后的造山作用则必然属大陆内部的碰撞型造山作用，与现今发生在喜山地区的造山作用十分相似。

⑤形成于海西运动时的第一代山脉已准平原化^[2]。现存山脉属第二代^[2]，形成于大陆碰撞后的印支运动及其后的时期。显然，现存山脉不是安提斯型造山带^[1]，故其非阿尔卑斯型造山带即碰撞型造山带莫属。

⑥大陆碰撞后的印支运动、燕山运动、喜山运动时，该区发育了较强的褶皱构造，可见石炭系推覆到第四系之上^[2]，且该区的山脉至今仍在上升，这些现象与喜山、秦岭等地一致，是碰撞造山作用的表现，有力地证明着该区陆内碰撞造山作用的存在。

⑦沿达拉布特断裂发育有海西期超基性岩带和细碧角斑岩建造^[7]，表明达拉布特断裂可能是西伯利亚板块与准噶尔地块的缝合带。因断裂未控制海西期构造层发育，只控制了印支期及其后的地层发育，故其发育在海西运动时^[2]，与大洋消失的时间一致。

⑧地质和地球物理资料^[2]表明，达拉布特断裂是向北倾的逆掩断裂，且有左行性质，至少切割了地壳中层和深层，可作为一走滑俯冲带(A型)。据此，达拉布特断裂即为海西运动及其后碰撞型造山带I、Ⅲ单元的分界，其南侧岩片为俯冲壳楔(I单元)，其北侧岩片为超叠壳楔(Ⅲ单元)。

⑨达拉布特断裂北侧2~35km距离以北发育了与达拉布特断裂近于平行的NE向花岗岩基带，它们由庙儿沟、哈图、铁厂沟等岩体组成^[4]，花岗岩体的东南侧直到达拉布特断裂的地带，是已知金矿床的集中区。此现象与碰撞型造山带成矿模式相吻合。

3 西准噶尔金矿地质特征和成矿模式

既然西准噶尔地区是典型的碰撞型造山带，那么碰撞造山成岩成矿模式就应适合于西准噶尔地区。而西准噶尔金矿在地质特征和空间分布上也恰恰与碰撞造山成岩成矿模式相吻合，二者相互印证。具体表现在：

①空间分布上，金矿主要集中在达拉布特断裂北侧，庙儿沟、铁厂沟、哈图等岩体的东南侧。与模式的D带在空间上一致。

②矿床赋存在各时期的地层中，但以早石炭玄武岩为主。原因之一为玄武岩之较多的 Fe^{2+} 可作为金矿热液的还原剂。另一原因为早世炭玄武岩在D带发育较好，是各期地层中出露最多的岩石。

③各种矿化类型中，石英脉型为主且有工业价值，矿脉由充填作用定位^[2]。此反映出成矿热液来自深部的特征，而不是由围岩侧分泌形成。这与模式中D带矿床的性质一致。

④矿石矿物以自然金、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、辉锑矿等为主, 矿化发生在黄铁矿绢云母、黄铁矿绢云母石英、自然金石英等阶段, 常见的围岩蚀变为黄铁矿化、毒砂化、碳酸盐化、硅化、绢云母化等^[2]。与理论上分析的D带矿床(中温、低温亚带)在矿石矿物成分、成矿元素组合、热液成分等方面相一致。如I单元的去CO₂、K可分别与矿床围岩的碳酸盐化、绢云母化等联系起来。

⑤含金石英脉的成矿温度为200~360℃, 属中高温矿床范畴^[2]。相当于模式中Dm带矿床。

⑥矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 在+3.1‰~-7‰之间, 平均为0.32‰, 接近陨石硫特征^[2]。表明其均一化程度较高, 其原因可能是矿石硫主要来源于I单元的各种岩石而具有最大程度的“混合源”特征。同时, 提供成矿物质的I单元岩石主要是加里东期和海西期的海相火山岩, 故矿石硫同位素组成与陨石硫接近。

⑦与矿床关系密切的海西期钾质花岗岩的金含量较高, 6个岩体35个样品的平均值为0.0264g/t, 远高于克拉克值^[2]。具有碰撞造山成岩成矿模式之G带花岗岩的特征。

⑧含金石英脉分布于花岗岩体附近^[2], 宝贝花岗岩体附近见有花岗伟晶岩脉沿走向逐渐相变为长英质脉体, 最后过渡为含金石英脉的现象^[2]。在岩体与矿床之间出现了无矿带, 无矿带内有用组分、形成温度等方面都介于岩体和矿脉之间的长英质脉体。此与模式中G带与D带的过渡情况完全一致, 可用模式说明。

⑨重力场上, 金矿区呈闭合的椭圆状, 且NE-EW向展布, 邻近断裂一侧的等值线有明显的扭动或呈直线状^[2]。可推测金矿产于与达拉布特断裂平行的棱形楔状体内(Ⅲ单元), 此与碰撞型造山成矿模式要求的情况一致。

综上所述, 西准噶尔地区的金矿地质特征和分布规律符合碰撞造山成岩成矿模式, 可按碰撞造山模式指导该区的地质研究和找矿工作。

4 找矿方向和问题讨论

提倡模式找矿是当今世界找矿工作的特点, 对西准噶尔地区也不例外。前面已讨论了该区的成矿模式, 下面按模式分析该区的找矿方向和存在问题。

关于找矿远景区和重要矿床类型 在达拉布特断裂以北的超叠壳楔上, 庙儿沟、铁厂沟、哈图等岩体组成了模式上的花岗岩带(G带), 该带西北侧应出现P带并可伴有矿化, 故应注意在上述岩体的西北侧发现斑岩体、角砾岩筒并同时注意它们的矿化情况, 期望找到斑岩型或角砾岩筒型(祁雨沟式)金矿。G带与达拉布特断裂之间是热液金矿床集中的D带, 已知的金矿主要集中在这一带, 此处仍应作为找矿的重点地区。目前D带有工业价值的金矿全是石英脉型, 根据秦岭地区(尤其是熊耳山地区)的找矿经验, 该区D带还应有构造蚀变岩型(上宫式)矿床、矿点发育。故西准噶尔的D带找矿工作除应重视石英脉型外, 还应加强对构造蚀变岩型矿化的发现和评价。

关于隐伏矿床的深度 随地表矿的不断被发现, 隐伏矿床成了找矿重点。而隐伏矿床的深度则是找矿工作中最实际的老大难问题。按碰撞造山成矿模式, 该区D带隐伏矿床的最大深度从南向北加深。因已知矿床形成温度集中在200~360℃^[2], 推断最大可勘

深度不超过 7km。加上成矿期形成的山脉已剥蚀和准平原化,可勘深度还应缩小。可勘深度与剥蚀厚度反消长,剥蚀厚度可根据工作区出露的海西期岩层的变质程度估计:变质越深,剥蚀厚度越大,可勘深度越小;若变质达角闪岩相,则很难有隐伏矿床,可勘深度为零。影响可勘深度的另一因素是形成该区第二代山脉时碰撞造山成矿作用对矿床形成的贡献究竟如何,但目前对该区印支运动及其后成矿作用的认识还很不够,故本文亦无法讨论。

关于多条断裂超叠的意义和达拉布特断裂南侧的矿床成因 复杂的碰撞型造山带常有一系列同方向、同性质的逆掩断裂或推覆构造等,它们拥有共同的力学机制和形成模式。在西准噶尔地区,达拉布特断裂和艾比湖—玛纳斯湖断裂^[2]等即属此种断裂系。但达拉布特断裂在海西运动时及其后的活动强度、规模、切割深度、对造山和成岩成矿的贡献等方面都强于艾比湖—玛纳斯湖断裂等。尽管如此,用于分析与达拉布特断裂有关的成矿作用的碰撞造山成岩成矿模式也适于分析艾比湖—玛纳斯湖断裂等。如此以来,造山带内可出现一系列D带、G带和P带(仅是可能而言)。以艾比湖—玛纳斯湖断裂作为海西运动时准噶尔地块与北侧加里东褶皱带的碰撞俯冲带,艾比湖—玛纳斯湖断裂以北、达拉布特断裂以南的加里东期和海西期构造层的分布区即成为超叠壳楔(Ⅲ单元),此区内出现海西期花岗岩和部分金矿床(包古图等)也就不难理解。但两方面的原因使得此区的金矿化作用不及达拉布特断裂以北的地区:①为达拉布特断裂以北的金矿提供矿源的主要是分布于达拉布特断裂以南、艾比湖—玛纳斯湖断裂以北的加里东期和海西期构造层,为洋壳背景的海相火山岩—沉积岩建造(含蛇绿岩套),金丰度高,是极有利的矿源建造。而为达拉布特断裂以南的金矿提供成矿物质的是准噶尔地块的岩石,作为矿源建造可能不及前者有利。②沿达拉布特断裂向北俯冲的速度、强度和岩石量等都强于沿艾比湖—玛纳斯湖断裂向北的俯冲。

综上所述,可得出如下结论:

①理论上,碰撞造山过程中应伴有较强的成岩成矿作用,在超叠壳楔上随距碰撞缝合带距离的增加依次出现热液矿床带(D带)、花岗岩带(G带)和斑岩带(P带),三个带之间是“兄弟”关系,而不是“母子”关系。

②地质、矿产、地球物理等方面的资料表明:西准噶尔地区是形成于海西运动及其后的碰撞造山带,达拉布特断裂是最重要的碰撞缝合带,其南为俯冲壳楔,北为超叠壳楔。

③西准噶尔地区的金矿地质特征表明该区金矿形成于海西运动及其后的碰撞造山过程中,符合碰撞造山成岩成矿模式,可依模式进行地质研究和找矿。

④张贻侠等强调的达拉布特断裂以北、庙儿沟等岩体东南的地区,相当于成矿模式的热液矿床带,应作为找矿重点区。

承胡受奚、顾连兴、施央申教授的指导,谨表谢意。

(下转82页)

(上接66页)

参 考 文 献

- 1 许靖华. 中国南方大地构造的几个问题. 地质科技情报 (武汉地质学院), 1987, 6(2): 13~27
- 2 成都地质学院普通地质教研室. 动力地质学原理. 北京: 地质出版社, 1978: 28~29
- 3 胡受奚主编. 矿床学 (上册). 北京: 地质出版社, 1982: 123~128
- 4 南京大学地质系. 火成岩岩石学. 北京: 地质出版社, 1980: 6~9
- 5 贺同兴, 卢良兆, 李树勋, 兰玉奇. 变质岩岩石学. 北京: 地质出版社, 1982: 150~156
- 6 周良仁, 赵志长, 张金声. 西准噶尔地槽构造迁移特征. 西北地质, 1985, (2): 12~14
- 7 新疆地矿局. 中国新疆维吾尔自治区地质图(1:2000000), 北京: 地质出版社, 1985

THE MINERALIZATION MODEL FOR GOLD DEPOSITS IN THE WESTERN ZHUENGEER AREA

Chen Yanjing Zhang Chengning

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

Based on the tectonic model for the collision type orogenic belts, the characteristics and the spatiotemporal evolution of diagenesis and mineralization in collision orogeny are discussed by theoretical study. The diagenesis and mineralization model for collision orogeny is proposed. According to the model, hydrothermal, deposits (D) zone, granite (G) zone and porphyry (P) zone distribute in turn, as increasing of distance from the collision suture, in the overlapping crustal unit. Data from geology, metallurgy and geophysics show that the western Zhuengeer area is a typical collision type orogenic belt which developed from Hercynian movement up to now. The Dalabute fault is a collision suture. Its northern and southern sides are the overlapping and the subducting crustal units respectively. Geological characteristics and spatial distribution of the Gold deposits of the western area indicate that the gold deposits were mainly formed in the collision orogeny. Further research in geology and prospecting for the gold deposits can be directed by referring to the diagenesis and mineralization model for collision orogeny. D zone, ever emphasized as the area north to the Dalabute fault by Zhang et al (1986), should be the key place to prospect gold deposits. In D zone, the quartz vein type of gold deposits is a key type, and the metasomatite type is another key type as well. The porphyry and the breccia types of gold deposits are two key types in the P zone which is northwest to the G zone composed of Miaogou mass and the other granite plutons.

Key words western Zhuengeer, gold deposit, collision type orogenic belt, diagenesis and mineralization model for collision orogeny, collision orogeny