地 质 科 学
2009 年 1 月 CHINESE JOURNAL OF GEOLOGY 44(1):128—136

新疆阿拉套山成矿作用：区域背景、矿源和模式*

倪守斌 满发胜 陈江峰 孙盼盼
(中国科学技术大学地球和空间科学学院 合肥 230026)

摘 要 本文研究了新疆阿拉套山地区成矿作用的区域地质背景、成矿物质来源、成矿的物理化学条件和矿质的迁移富集，据此建立了该区的成矿模式，提供了一个在较小范围内研究和对比两类花岗岩对应两套成矿系列的典型范例。

关键词 成矿作用 区域背景 物质来源 成矿模式 新疆阿拉套山
中图分类号:P618 **文献标识码**: A **文章编号**: 0563-5020(2009)01-128-09

阿拉套山位于新疆西北边缘博尔塔拉蒙古自治州境内，山脉走向北东东，西高东低。本文讨论阿拉套山南坡约 5 000 km^2 内的金属矿产(W-Sn-Fe-Cu-Au-Ag)的成矿作用。成矿类型有云英岩—石英脉型和绿泥石型锡石矿床，石英脉型和云英岩型黑钨矿床，夕卡岩型 Fe-Cu(伴生 Au-Ag)矿床。其中 W-Sn 矿(以 W 矿为主)可达中型规模，Fe-Cu 多为小型矿床和矿化点。本区以两条北西向右行平移断层为界，划分为西、中、东 3 个小区(图 1)。W-Sn 矿分布在西区，夕卡岩矿床分布在中区和东区。成矿时代为海西中-晚期，与花岗岩浆活动期大致相当。两类不同成因的花岗岩控制了两种不同类型的成矿系列，花岗岩是主要的成矿物质来源，构造是成矿的重要条件。

1 成矿的区域背景

本区各类矿床的形成，与地层、岩浆活动和构造等因素有密切的联系。

1)地层与成矿的关系 W-Sn 矿床仅赋存于西区泥盆系砂岩、板岩与花岗岩的外接触带中。夕卡岩型 Fe-Cu 矿均赋存于石炭纪灰岩与中-酸性小岩体接触带处，大多出露于中区和东区。泥盆系中成矿元素含量平均值未超出地壳元素丰度值范围；石炭系中的成矿元素含量与地壳平均值相当，表明本区地层与成矿物质来源方面无依从关系。但作为赋矿围岩，石炭系灰岩有利于夕卡岩矿床的形成，泥盆纪板岩和砂页岩则有利于热液脉型 W-Sn 矿床的形成，说明地层的岩石物理化学性质是决定矿化类型的必要条件。

2)岩浆岩与成矿的关系 K-Ar 法、^{39}Ar-^{40}Ar 法和 Rb-Sr 法定年确证本区花岗岩类均系海西旋回的产物，侵入时代为距今 307 ~ 270 Ma，具有多次侵入特征(周泰禧等，1996a)。海西期花岗岩类可划分为 3 个阶段，它们有不同的空间分布和成矿特征。

第一阶段(307 ~ 304 Ma)的岩体分布在中区和东区，代表性岩体有孔吾萨依岩体和

* 国家重点基础研究课题(编号:2001CB409806)和国家科技攻关新疆“305”(编号:85-902-06-16)资助项目。
倪守斌，男，1953 年 8 月生，副教授，地球化学专业。e-mail:nisb@ustc.edu.cn
2007-10-29 收稿，2008-07-30 改回。

万方数据

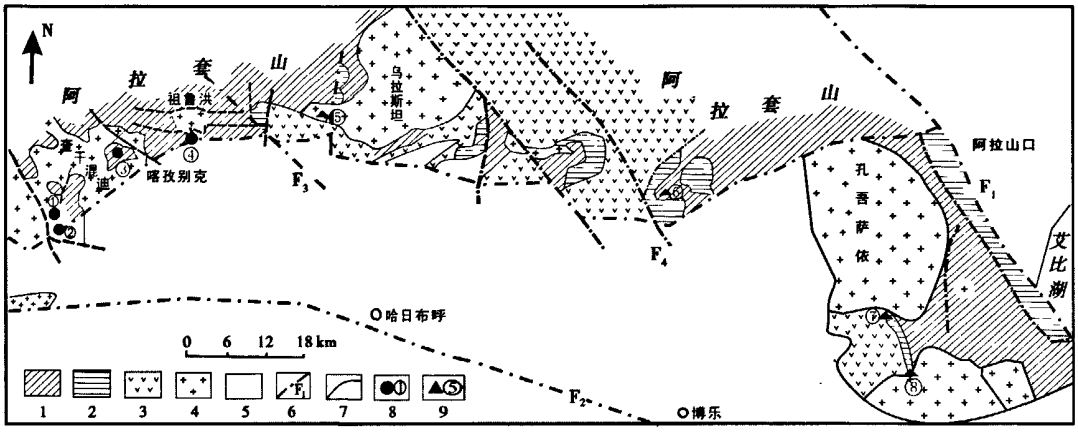

图 1　阿拉套山南坡区域地质略图

1. 泥盆系板岩、碎屑岩; 2. 石炭系碳酸盐岩、钙质泥岩; 3. 中-酸性火山岩; 4. 海西期花岗岩; 5. 新生界碎屑岩; 6. 断层及编号: F_1. 艾比湖断裂, F_2. 博尔塔拉深断裂, F_3. 米尔其克断裂, F_4. 保尔德苏断裂; 7. 地层接触界线; 8. W-Sn矿及编号:①. 查干浑迪矿床, ②. 查干浑迪东矿床, ③. 喀孜别克锡矿田, ④. 祖鲁洪钨矿床; 9. 夕卡岩型 Fe-Cu 矿及编号:⑤. 阿尔夏特铁(铜)矿床, ⑥. 阿克萨依铜(金)矿床, ⑦. 吐孜萨依铁矿点, ⑧. 卡桑布拉克铁矿点

Fig. 1　Geological sketch of south slope of the Alataw Mountains

乌拉斯坦岩体(图 1),为花岗岩和花岗闪长岩,与石炭纪灰岩的接触带形成夕卡岩型 Fe-Cu 矿化。

第二阶段(300 ~ 290 Ma)的岩体集中分布在西区,岩性上具有超酸、富碱、贫 Fe-Mg-Ca 和分异指数高等特征,岩石类型为二长花岗岩,代表性岩体是喀孜别克岩体、查干浑迪岩体和祖鲁洪岩体(图 1)。本区 W-Sn 矿床均分布在该阶段岩体与围岩的内、外接触带中。

第三阶段(270 Ma ±)的岩体仅见于最西区,以库克托木岩体为代表,与查干浑迪岩体呈侵入接触关系,岩性上为本区酸度最高的富石英二长花岗岩,未见有任何矿化现象,是本区酸性岩浆活动的尾声。

花岗岩类的含矿性,祖鲁洪岩体的 W 含量 4.2×10^{-6}, Cu 含量 39.5×10^{-6}; 查干浑迪岩体的 W 含量 4.8×10^{-6}, Sn 含量 9.11×10^{-6}; 喀孜别克岩体的 Sn 含量 11×10^{-6}。岩体成矿元素含量均超出地壳酸性岩(黎彤等,1990)的 2 ~ 3.7 倍,可见成矿物质来源与花岗岩类岩石有密切联系。

3)构造与成矿的关系　本区大地构造位置处于西准噶尔褶皱带与北天山褶皱带的复合部位,地质构造复杂,常伴有深断裂,有利于陆壳在不同深度上的部分熔融和连续不断的岩浆侵入活动。花岗岩体及与之有关的矿床在时间上与空间上都明显受构造控制。

与形成岩体和成矿有关的褶皱和断裂最早形成于海西期伊犁地块与准噶尔地块的碰撞后期。当时主应力场为东西向挤压,形成一系列轴向南北的褶皱和相配套的断裂,控制着花岗岩体与矿体的形成和空间展布。总体上海西期褶皱,中部为向斜,保存有较厚的石炭系; 东部和西部为背斜,泥盆系广泛分布。

海西期断裂普遍受到燕山期以来构造运动的改造。断裂展布的方向以北西向、东西

万方数据

向和近南北向为主,据其规模、性质和深度可分成Ⅲ级。Ⅰ级断裂包括艾比湖断裂和博尔塔拉深断裂(图1),是次级单元的分界断裂,深达莫霍面,控制岩体的分布,是本区的控岩构造。Ⅱ级硅铝层断裂是一组北西向断裂,初步认为是阿拉套山整体推覆过程中差异性水平运动的结果,显示明显的右行剪切性质。其中,米尔其克断裂和保尔德苏断裂于海西期形成后一直持续活动,形成前述的具有地层、岩浆岩和矿化类型完全不同的西、中、东3个小区。海西期南北向断裂与东西向张性断裂分别控制着岩基与岩株产出的位置和火山岩分布的范围,使岩基长轴近南北向,岩株、岩脉呈东西向。除上述断裂外均属Ⅲ级盖层断裂,主要形成于燕山期南北向挤压和喜马拉雅期差异性升降运动过程中,其特点是规模不大(延伸长度仅几千米至几十千米),深度不大,对W-Sn矿脉及含矿岩体的空间分布起改造作用。

北西向断裂是控矿构造,控制着不同矿种、矿田的边界。中区保存有较厚的石炭系,当中-酸性小岩体侵入到灰岩地层时,往往在接触带处形成夕卡岩Fe-Cu矿床。西区花岗岩与泥盆系侵入接触时,往往形成W-Sn矿床。空间上,矿田、矿体均产于近南北向或北北东向断裂与东西向断裂交汇处的旁侧;此处矿区还常显示低阻高激化率异常,矿物包裹体温度最高,但交汇处断层内并无矿体,充分说明两组断裂交汇处是含矿热液的良好通道(导矿构造)。

含矿热液沉淀场所决定于容矿构造,后者受控于围岩的岩石力学性质。当岩体顶盖围岩裂隙不发育,屏蔽作用使矿液在相当长时间内保持封闭条件,充分分异演化,强烈的蚀变交代作用使成矿元素在内接触带与接触带处富集沉淀成矿。如喀孜别克锡矿床的脉体或脉体群产于围岩裂隙不发育的花岗岩体顶部的原生裂隙中;查干浑迪钨矿床的脉体或脉体群是充填于北西西向张剪裂隙中的一系列大小不等的石英脉和云英岩脉,宏观上呈南北向雁行排列。当岩体围岩裂隙发育时,含矿热液往往在外接触带成矿。如祖鲁洪钨矿床,含矿石英脉充填于泥盆系砂岩和板岩的北西西向张剪性节理中,空间上亦呈南北向雁行排列。简言之,走向290°~310°、倾角55°~70°的一组张剪性节理是W-Sn矿脉的容矿构造。

2 成矿物质来源

本区的夕卡岩型Fe-Cu矿床和热液脉型W-Sn矿床两个成矿系列受两类花岗岩的直接控制。这两类花岗岩在成因分类上相当于Chappell and White(1974)的S型花岗岩和I型花岗岩,或者相当于徐克勤等(1982)的改造型花岗岩和同熔型花岗岩。

(1)两类花岗岩

周泰禧等(1995a,1995b,1996b)已研究了本区花岗岩的岩石组合、矿物学、稀土及微量元素和同位素组成,发现本区岩体分属于S型花岗岩和I型花岗岩。全区15个代表性岩体近100个样品在A-C-F图解上落入S型花岗岩和I型花岗岩区域内(图2)。

S型花岗岩以西区的祖鲁洪、喀孜别克和查干浑迪3个岩体为代表。岩体与围岩呈侵入接触,一般岩相分带不明显,岩体都见有冷却边,围岩具有角岩化、硅化等蚀变现象。岩体剥蚀深度不大,随处可见围岩残留顶盖的存在。该类岩石为灰白色,中-粗粒似斑状结构,块状构造,由石英(>35%)、碱性长石(>35%)、斜长石(25%~30%)和少量黑云

万方数据

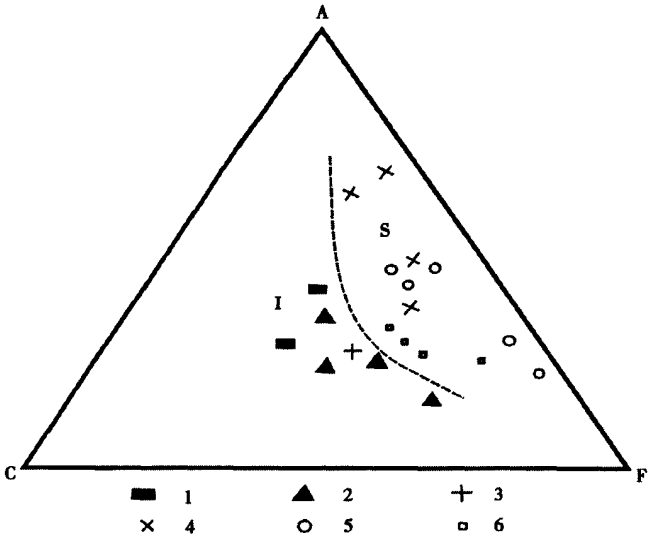

图2　S型和I型花岗岩A-C-F图解(仿 Ohmoto,1972)

1.乌拉斯坦岩体;2.阿尔夏特岩体;3.卡桑布拉克和吐孜萨依岩体;

4.查干浑迪岩体;5.喀孜别克岩体;6.祖鲁洪岩体

Fig. 2　Triangular diagram of A-C-F of the granites in the Alataw Mountains

母(<5%)组成。副矿物含量少(<1%),种类也少(仅有不到30种),为磷灰石-锆石-榍石-钛铁矿型组合,常见气成矿物电气石,偶见石榴石。电子探针研究表明其造岩矿物的黑云母为铁黑云母,斜长石多数为钠长石和更长石。在花岗岩类分类与命名图解中落入3b—二长花岗岩区域内,其化学特征为:高硅(SiO_2 >75%)、富碱($K_2O + Na_2O$ >7%,K_2O > Na_2O)、铝过饱和(Al_2O_3 > $K_2O + Na_2O + CaO$),出现标准矿物刚玉(>1%),MgO、FeO和CaO含量低,里特曼指数≤3,属于钙碱性系列,分异指数高(DI>92)。

I型花岗岩以乌拉斯坦、阿尔夏特和阿克萨依岩体为代表。岩石由钾长石(12%~29%)、斜长石(28%~46%)、石英(24%~30%)、黑云母(4%~15%)、角闪石(3%~11%)和辉石(4%±)组成。副矿物主要有榍石、磁铁矿和磷灰石。该类岩石斜长石含量较高,常具环带结构,以更长石和中长石为主。阿尔夏特二长闪长岩体中黑云母含量高,黑云母含MgO和TiO_2高(MgO>13.5%,TiO_2>3%),含ΣFeO低。在花岗岩分类与命名图解中大多落在4区,少数落入9和8′区,岩石化学性质表现为MgO、CaO和FeO高,SiO_2低(<64.97%),碱低($K_2O + Na_2O$ <7%,Na_2O > K_2O),不出现标准矿物刚玉,属于铝正常系列。岩石分异指数低(DI平均值为60.6)。全区两类花岗岩共83个样品的稀土及微量元素分析结果表明:S型花岗岩含稀土元素总量偏低(低于100×10^{-6}),轻、重稀土比值小(ΣCe/ΣY<2),负Eu异常明显(δEu<0.3),稀土模式呈近于对称的"V"形平滑曲线,Sm/Nd<0.3。微量元素含量与世界酸性岩元素丰度(黎彤等,1990)相比,成矿元素W、Sn和Cu高,与W-Sn成矿相关的F、B、Be、Li和Mo高,但均未达到高出一个数量级的水平。I型花岗岩含稀土总量也偏低,为$(66.93 \sim 173.07) \times 10^{-6}$,轻、重稀土比值在2.06

万方数据

~4.72,Eu 异常不明显,δEu 平均值为 0.74,稀土模式为略右倾的平滑曲线。微量元素中含 Cl、Sr 和 Ba 较高,Rr/Sr < 0.2,与 I 型花岗岩特征一致。

3 个 S 型花岗岩代表岩体测定结果,$^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值大于 0.710。其中,祖鲁洪岩体 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值为 0.706 4,可能有幔源物质加入。I 型花岗岩体测得 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值都低于 0.706,乌拉斯坦岩体的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值只有 0.704 2。

分析两类花岗岩共 5 个岩体的 Nd 同位素组成,$^{143}Nd/^{144}Nd$ = 0.512 643 ~ 0.512 732。根据年龄扣除了放射成因 Nd,求得 Nd 同位素初始比值 $^{143}Nd/^{144}Nd$ (t) 为 0.512 347 ~ 0.551 246 8,用 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 表示为 +1.9 ~ +4.2,表明有幔源物质存在。

共分析 8 个岩体中石英的 O 同位素组成,发现 $\delta^{18}O$ 有两组值:一组 $\delta^{18}O > +10‰$,变化在(+11.56 ~ +13.79)‰;另一组 $\delta^{18}O < 10‰$,变化在(7.07 ~ 7.53)‰。祖鲁洪岩体石英的 $\delta^{18}O > +10‰$。变化在(+12.73 ~ +13.78)‰,长石 $\delta^{18}O > +10‰$,变化在(+10.57 ~ +12.24)‰。S 型花岗岩与 I 型花岗岩的 O 同位素分界值是 $\delta^{18}O = +10‰$。这再次证实本区存在两类不同成因的花岗岩,S 型花岗岩与华南含钨锡花岗岩的 O 同位素特征相同。

(2)成矿地球化学

前已述及:成矿物质主要来源于花岗岩,成矿作用是在岩浆期后热液阶段进行的,成矿热液来自再平衡岩浆水,成矿温度在 200 ~ 450 ℃,具有多阶段成矿的特征。

S 同位素地球化学研究表明:喀孜别克矿床中黄铜与黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值为(+2.52 ~ +3.05)‰;祖鲁洪矿床中两个毒砂的 $\delta^{34}S$ 值分别为 +1.24‰和 +3.24 ‰,3 个黄铜矿的 $\delta^{34}S$ 值分别为 +0.59‰、+0.67‰和 +0.8‰。它们靠近零值,显示硫的深成来源。根据大本模式(Ohmoto,1972)计算出喀孜别克矿床成矿热液中 $\delta^{34}S\Sigma S$ 值为(+1.55 ~ +2.72)‰。Ohmoto(1972)认为酸性岩平均 $\delta^{34}S$ 为 ±3‰,由其熔浆可产生 $\delta^{34}S$ 值为(-3 ~ +7)‰的流体,说明成矿热液中 S 来源于酸性岩。阿尔夏特矿床中黄铜矿与磁黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值分别为 +1.85‰和 +1.84‰。据大本模式计算出成矿热液中 $\delta^{34}S$ 值为 +1.54‰和 +2.65‰,表明本区 I 型花岗岩成矿热液中的 S 也来自酸性岩。

H、O 同位素地球化学可以祖鲁洪矿床为例说明。含矿石英脉 $\delta^{18}O$ 值为(+11.58 ~ +13.98)‰,与华南钨锡矿床脉石英 $\delta^{18}O$ 值相近(西华山为 +10.83‰ ~ +13.44‰,张理刚,1985),与祖鲁洪岩体石英 $\delta^{18}O$ 值(+12.9‰)也接近。矿脉石英 $\delta^{18}O$ 值随成矿温度降低而增加,与张理刚(1985)在华南的研究结果一致,说明祖鲁洪矿床的成矿热液来自再平衡岩浆水。按 Matthews and Beckinsale(1979)石英—水分馏方程计算出与石英呈平衡矿液的 $\delta^{18}O$ 值为(+5.7 ~ +9.75)‰,主要成矿阶段矿液的 $\delta^{18}O$ 值为(+5.8 ~ 6.72)‰,与华南同类型钨锡矿床矿液 $\delta^{18}O$ 值(+5.2‰ ~ +8.86‰,张理刚,1985)相同。对比 Taylor(1968)和张理刚(1985)的结论可以看出:祖鲁洪矿床矿化流体的 $\delta^{18}O$ 值与华南含钨锡花岗岩再平衡岩浆水 $\delta^{18}O$ 基本一致,表明矿化流体来自再平衡岩浆水,而且没有雨水加入。矿脉石英包裹体水的 δD 值为-85‰,岩体中石英原生包裹体水的 δD 值为 -72‰,均落在正常初始岩浆水(-90 ~ -40)‰范围之内,表明矿化热液来源于岩浆水。黑钨矿的 $\delta^{18}O$ 值为(+3.76 ~ +5.91)‰,平均值为 +4.98‰,与华南地区钨矿床石英脉中黑钨矿 $\delta^{18}O$ 值非常接近;祖鲁洪矿床中不同成矿温度下黑钨矿 $\delta^{18}O$ 值无明显变化,表明黑钨矿由

万方数据

再平衡岩浆水形成,而且基本上未受大气降水的影响。此外,查干浑迪矿床和阿尔夏特矿床O同位素研究结果均表明成矿热液来自再平衡岩浆水,基本上未受大气降水的影响。在喀孜别克矿床研究中提出锡石在云英岩阶段成矿溶液中大气降水与岩浆水的比例为5:95。

作了喀孜别克矿床2个矿石和3个矿区花岗岩的稀土元素分析,表明总稀土(ΣREE)含量分别为84.28×10^{-6}和115.62×10^{-6},轻、重稀土比值(ΣCe/ΣY)分别为3.21和0.81,δEu值分别为0.13和0.39,Sm/Nd值分别为0.17和0.32,与矿区花岗岩稀土元素分析结果相一致,稀土配分模式也相似,呈明显负Eu异常,近于对称V形,显示成矿热液来自矿区花岗岩。

在祖鲁洪矿床,黑钨矿与矿区花岗岩稀土元素分析结果基本一致,显示了成矿热液与花岗岩的成因关系。此外,黑钨矿和稀土组成有两个显著特点:一是Y含量特高,约占稀土总量(316.52×10^{-6})的一半(146.63×10^{-6});二是强烈负Eu异常,δEu=0.095。

在阿尔夏特矿床,磁铁矿与矿区二长闪长岩和二长花岗岩稀土元素组成相似,稀土配分模式也极相似。只是矿石稀土分配模式中Eu有不明显的正异常显示。根据溶液中Cl^-的摩尔浓度与稀土元素分配系数的关系和Flynn and Burnham(1978)的实验,由矿区花岗岩中的Cl^-的摩尔浓度和稀土元素组成,求得平衡溶液中的稀土元素含量并制成配分模型。结果表明花岗岩岩浆平衡溶液中的稀土元素组成与矿石稀土元素组成极为相似,具正Eu异常,表明成矿热液来自岩浆。

3　成矿作用

(1)成矿物理化学条件

成矿温度、压力与深度　喀孜别克锡矿的矿物包裹体均一温度测定表明:锡石在石英阶段成矿温度为340 ℃±,锡石在硫化物—绿泥石阶段成矿温度为265 ℃±。该矿体产于岩体顶部或接触带附近,可以认为成矿与成岩深度相近。由此估计其成矿深度在4 km±,对应压力为1.1 kbar,相当于中-深成矿环境。祖鲁洪钨矿床矿物包裹体测温获得均一法与爆裂法一致的结果,主要成矿阶段的温度为300~370 ℃。其中黑钨矿石英脉的形成温度高于含黄铜矿石英脉的形成温度。利用$NaCl-H_2O$体系中包裹体的盐度、密度与压力的关系,求出最大成矿压力为450 bar±。由此估算成矿深度为1.8 km±。属于中-深偏浅的成矿环境。查干浑迪钨矿床,均一法和爆裂法测定黑钨矿温度分别为300 ℃和330 ℃。以O同位素矿物对(石英与黑钨矿)温度为温度参数,求出最大成矿压力为900 bar±,估算成矿深度为3.6 km±。这表明W-Sn成矿时的压力与深度是相近的。阿尔夏特夕卡岩型Fe-Cu矿床磁黄铁矿爆裂温度测定为310 ℃,代表共生矿物黄铜矿的热液阶段成矿温度;而夕卡岩阶段形成的磁铁矿的成矿温度应更高些。

成矿热液的硫逸度和氧逸度　根据一定的金属硫化物共生组合代表的硫逸度值大小与平衡温度的函数关系,求得喀孜别克锡石—硫化物—绿泥石阶段(成矿温度为250 ℃条件下)成矿热液的硫逸度为$10^{-13}\sim10^{-11.5}$ atm,进而利用矿物共生组合及上述确定的硫逸度值,确定成矿热液的氧逸度为$10^{-40}\sim10^{-36}$ atm。据阿尔夏特矿床中金属硫化物共生组合所代表的硫逸度值大小与平衡温度的函数关系,求出硫化物阶段的硫逸度值为

万方数据

10^{-20} ~ 10^{-12} atm。利用 Fe-Cu-O-S 体系的相平衡关系作出 lgf_{S_2} 对 lgf_{O_2} 关系图，圈定出硫化物阶段的氧逸度小于 10^{-40} atm。从上述资料看出：成矿热液随着温度下降，其氧逸度降低，硫逸度升高，有利于硫化矿物的形成。

成矿热液的 pH 值　利用不同矿化阶段矿物共生组合关系求得喀孜别克锡矿床锡石—硫化物—绿泥石阶段成矿热液 pH 值为 5.1，锡石—云英岩阶段成矿热液 pH 值上限是 4.5，下限为 3.1。查干浑迪钨矿床黑钨矿化学成份含量中，Nb_2O_5 和 Ta_2O_5 含量高，尤其 Nb_2O_5 含量较高。在有 Nb、Ta 的条件下，碱性溶液中形成的黑钨矿富含 Nb，氧化环境有利于黑钨矿富含 Nb、Ta。由此可知：黑钨矿形成于弱碱性的氧化环境。阿尔夏特夕卡岩型 Fe-Cu 矿床，含矿热液在 400 ℃时偏酸性，形成磁铁矿夕卡岩；当温度降至 300 ℃时，pH 值为 5.6，硫化物矿物形成。

(2)成矿物质的迁移与沉淀

热液中成矿物质的迁移　现普遍认为溶解度极小的金属元素在汽水溶液中以络合物的形式迁移。本区成矿物质 Sn、W、Fe 等均以络合物形式在热液中存在与迁移。Sn 在热液中以 Sn-Cl、Sn-F 和 Sn-OH 络合物形式迁移。早期矿化阶段热液中 Sn 的迁移形式是 $[SnCl_3^-]$ 和 $[SnCl_2^0]$，次为 [SnF] 和 [SnCl]；晚期矿化阶段热液中 Sn 的迁移形式仍以 Sn-Cl 络合物为主。W 在热液中可能主要以 $[WO_2F_4]^{2-}$ 和 $[WO_2(HCO_3)_4]^{2-}$ 络合物形式迁移；Fe 以氯的络合物形式迁移。热液中成矿物质的沉淀热液中成矿物质以络合物与易溶化合物形式存在，在迁移过程中，热液的温度、压力与溶液性质的变化，特别是 pH 值的变化，是矿物质沉淀的重要原因。如喀孜别克锡矿，花岗岩体钾长石的云英岩化和绢云母的绿泥石化过程，都将消耗热液中的 H^+，从而使热液的 pH 值升高，引起络合物分解和锡石沉淀。再如阿尔夏特夕卡岩型铁矿，Fe 在热液中以氯的络合物形式存在与迁移，当含矿热液与碳酸盐岩发生交代反应时，引起热液的 pH 值升高，于是铁矿物便沉淀出来。本区广泛发育围岩蚀变，对热液中成矿物质起着明显的迁移与沉淀作用。

4　区域成矿模式

综合上述，建立了阿拉套山南坡区域成矿模式(图 3)，即两类不同成因的花岗岩控制了两套不同类型的成矿系列。

模式的要点如下。1)不同深度的源岩，经部分熔融形成岩性与含矿性完全不同的两类原始花岗岩浆。2)海西运动晚期(约距今 310 Ma)，随褶皱断裂的形成发生岩浆的侵入活动；中区与东区岩浆为中-酸性，西区则为酸性岩浆。3)岩浆在侵入过程中，不断地进行着结晶、分异和冷凝定位，成矿元素不断地被析出集中于流体中。这种流体富含挥发性组份，有极强的活动能量，即岩浆期后阶段形成的汽水热液，对成矿物质起着活化、迁移和富集作用。热液自身不断演化，尤其与围岩发生交代作用时，可使成矿物质析出、迁移并富集成矿。4)构造决定着矿床矿体的空间分布。所有矿床均产在近东西向与近南北向断裂的交汇处，部分则与紧闭褶皱的背斜轴部吻合。北西西向张剪性裂隙是钨锡矿脉的容矿构造，在全区具有普遍意义。5)地层对矿化类型有重要影响。石炭系灰岩的存在是夕卡岩矿化产生的必要条件，泥盆系板岩作为岩体的顶盖则是 W-Sn 矿化产生的必要条件。

万方数据

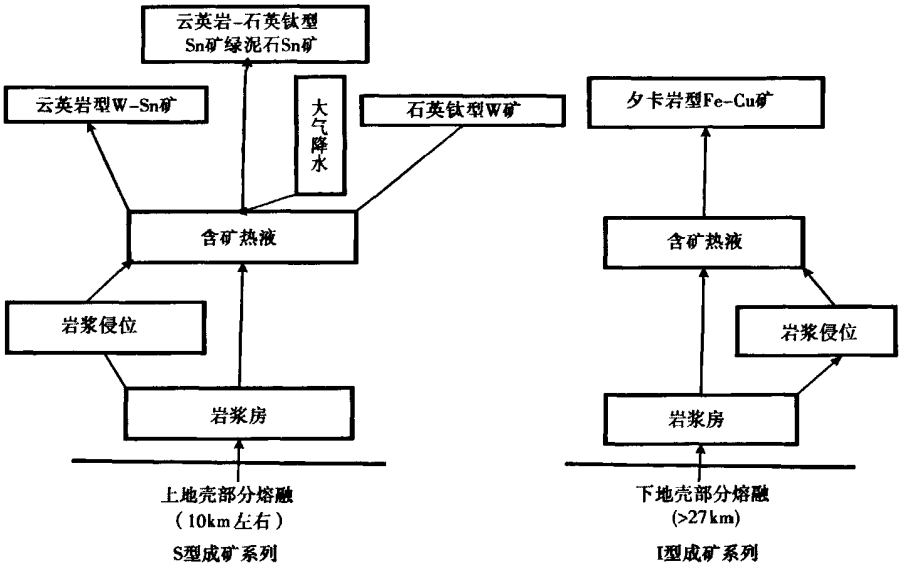

图 3　阿拉套山区成矿模式

Fig. 3　A model for ore-forming in area of the Alataw mountains

参　考　文　献

黎　彤,倪守斌. 1990. 地球地壳的化学元素丰度. 北京:地质出版社. 1—138.

Li Tong and Ni Shoubin. 1990. The Abundances of Chemical Elements in the Earth and Its Crust. Beijing: Geological Publ. House. 1—138.

徐克勤,孙　鼐,王德滋,胡受奚,刘英俊,季寿元. 1982. 华南花岗岩成因与成矿. 南京:江苏科学技术出版社. 1—20.

Xu Keqin, Sun Nai, Wang Dezi, Hu Shouxi, Liu Yingjun and Ji Shouyuan. 1982. On the Origin and Metallogeny of the Granites in South China. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. 1—20.

张理刚. 1985. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安:陕西科学技术出版社. 152—185.

Zhang Ligang. 1985. Geological Application for the Stable Isotopes. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press. 152—185.

周泰禧,陈江峰,陈道公,李学明. 1995a. 新疆阿拉套山花岗岩类的特征及成因研究. 地球化学,**24**(1):32—42.

Zhou Taixi, Chen Jiangfeng, Chen Daogong and Li Xueming. 1995a. Geochemical characteristics and genesis of granitoids from Alataw mountain, Xinjiang, China. *Geochimica*, **24**(1):32—42.

周泰禧,陈江峰,李学明. 1995b. 新疆阿拉套山花岗岩带的主要特征及形成构造环境. 岩石学报,**11**(4):386—396.

Zhou Taixi, Chen Jiangfeng and Li Xueming. 1995b. Tectonic environment and origin of granitoids from Alatao Mountain, Xinjiang, China. *Acta Petrologica Sinica*, **11**(4):386—396.

周泰禧,陈江峰,张　巽. 1996a. 新疆阿拉山口地区玄武岩的 Nd,Sr 同位素研究. 科学通报,**41**:959—960.

Zhou Taixi, Chen Jiangfeng and Zhang Xun. 1996a. A study on Nd and Sr isotopes of the basalt from Ala Pass in Xinjiang. *Chinese Sci. Bull.*, **41**:959—960.

周泰禧,陈江峰,李学明. 1996b. 新疆阿拉套山花岗岩类高 ε_{Nd} 值的成因探讨. 地质科学,**31**(1):71—79.

Zhou Taixi, Chen Jiangfeng and Li Xueming. 1996b. Origin of high $\varepsilon_{Nd}(t)$ granites from Alatao Mountain, Xinjiang. *Chinese Jour. Geol.* (formerly, *Scientia Geologica Sinica*), **31**(1):71—79.

Chappell B W and White A J R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, **4**:173—174.

万方数据

Flynn R T and Burnham C W. 1978. An experimental determination of rare earth partition coefficients between a chloride containing vapor phase and silicate melts. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**: 685—701.

Matthews A and Beckinsale R D. 1979. Oxygen isotope equilibration systematics between quarts and water. *Amer. Mineral.*, **64**: 232—240.

Ohmoto H. 1972. Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits. *Econ. Geol.*, **67**(5): 551—578.

Taylor H P. 1968. $^{18}O/^{16}O$ ratios co-existing minerals in glancophane-bearing metamorphic rock. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **79**: 1727—1756.

Metallization of the Alataw mountains in Xinjiang: Regional setting, source and model

Ni Shoubin Man Fasheng Chen Jiangfeng Sun Panpan

(*School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei* 230026)

Abstract

The paper studied mineralization of the Alataw mountains in Xinjiang, including regional geological setting, sources, physical-chemical conditions, migration and enrichment of ore-forming materials, and presented a model for metallization in the area. The paper supported an example of studying and contracting between two mineralizing series and two kinds of granites, namely, the igneous and sedimentary granites, in a small area.

Key Words Metallization, Regional setting, Source, Ore-forming model, The Alataw mountains in Xinjiang

广而告之

"地质科学"2000 年进入中国科学院创新基地以后，用 3 年时间(2000 ~ 2002 年)走出低谷，2003 ~ 2005 年为稳定上升期。2006 年进入高峰发展期，2007 年影响因子已跃居为中国科技期刊之首(见下表；据"中国学术期刊综合引证报告"，2007 年的影响因子为 3.470，居全国自然科学类期刊之首，总被引频次 1805，他引率 0.76)，说明"地质科学"不但是在国内外学术界有重要影响的刊物，而且正在成为开创地学前缘、引导学术潮流的刊物。本刊编辑部对广大作者和读者的厚爱深表谢意，也企盼着诸位同仁的进一步支持和呵护。据"中国科技期刊引证报告"(核心版)，"地质科学"近年的影响因子、总被引频次和他引率列于下表。

	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
影响因子	0.513	0.693	0.791	0.689	1.254	1.689	2.008	2.212	4.359
总排序位列				108	34	17	8	10	1
总被引频次	393	458	441	518	742	1086	1124	1287	1771
他引率				0.95	0.93	0.85	0.82	0.77	0.64
载文量	57	60	60	58(+18)	60	60	58	59	61

万方数据

新疆阿拉套山成矿作用:区域背景、矿源和模式

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 倪守斌， 满发胜， 陈江峰， 孙盼盼， Ni Shoubin， Man Fasheng， Chen Jiangfeng， Sun Panpan

作者单位： 中国科学技术大学地球和空间科学学院,合肥,230026

刊名： 地质科学 ISTIC PKU

英文刊名： CHINESE JOURNAL OF GEOLOGY

年，卷(期)： 2009,44(1)

参考文献(12条)

1. 黎彤;倪守斌 地球地壳的化学元素丰度 1990

2. 徐克勤;孙肇;王德滋;胡受奚,刘英俊,季寿元 华南花岗岩成因与成矿 1982

3. 张理刚 稳定同位素在地质科学中的应用 1985

4. 周泰禧;陈江峰;陈道公;李学明 新疆阿拉套山花岗岩类的特征及成因研究[期刊论文]-地球化学 1995(01)

5. 周泰禧;陈江峰;李学明 新疆阿拉套山花岗岩带的主要特征及形成构造环境[期刊论文]-岩石学报 1995(04)

6. 周泰禧;陈江峰;张巽 新疆阿拉山口地区玄武岩的Nd,Sr同位索研究[期刊论文]-科学通报 1996(10)

7. 周泰禧;陈江峰;李学明 新疆阿拉套山花岗岩类高εNd值的成因探讨 1996(01)

8. Chappell B W;White A J R Two contrasting granite types 1974

9. Flynn R T;Burnham C W An experimental determination of rare earth partition coefficients between a chloride containing vapor phase and silicate melts 1978

10. Matthews A;Beekinsale R D Oxygen isotope equilibration systematics between quarts and water 1979

11. Ohmoto H Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits[外文期刊] 1972(05)

12. Taylor H P 18o/160 ratios CO-existing minerals in glancophane-beanng metamorphic rock[外文期刊] 1968

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzkx200901011.aspx