

新疆阿勒泰地区金矿床成矿地质特征 及找矿方向

杨本忠

(华东冶金地质勘查研究院,合肥 230088)

摘要: 新疆阿勒泰地区处于中亚板块的核心位置,矿产资源丰富,是我国重要的金矿产地。该区金矿成矿类型多样,控矿条件复杂,矿床伴生组分多。文章对该区金成矿地质特征、主要金矿类型进行了阐述,划分了金成矿区带,对本区原生金矿的找矿方向进行分析,为阿勒泰地区的金矿勘探开发提供科学依据。

关键词: 阿勒泰地区;金矿床;矿床类型;地质特征;找矿方向;新疆

中图分类号: P612;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

新疆阿勒泰地区地处欧亚大陆腹地,位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块两大构造单元结合部位,处在阿尔泰山南麓。该区以盛产黄金闻名于世,有“七十二道沟,沟沟有金矿”之说,产有众多大中型金矿,该区金矿产量曾长期占据新疆地区一半以上,倍受国内外地质学家关注。前人在该区开展了大量勘查研究工作,对该区地壳结构、构造演化、成矿时代、古生物、火山岩地球化学特征、蚀变种类分带及成矿物理化学条件等方面展开了广泛的研究,取得了很多研究成果^[1-5]。

本文在简述阿勒泰地区金矿成矿地质背景的基础上,结合找矿勘查阐述金矿的矿床类型,划分原生金矿的主要成矿区带,并指出该区原生金矿的找矿方向,力图为该区金矿的勘查开发提供依据。

1 金矿成矿地质背景

1.1 地层

阿勒泰地区地层主要由前寒武纪结晶基底及沉

积盖层组成(图1)。

阿勒泰地区基底主要由元古宇构成,元古宇划分为古元古界克木齐岩群和中元古界苏普特岩群,基底岩系的精确同位素定年给出区域早期地壳活动的时代信息,如富蕴一带石榴石片麻岩的锆石 U-Pb 上交点年龄为 $(2\,349 \pm 226)\text{Ma}$ ^[8];最近对青河县苏普特岩群的冬格列克希里克石英岩 LA-ICPMS 法定年,其锆石 U-Pb 年龄为 $2\,600\text{Ma}$ (相当于新太古代)^[9],这是阿勒泰地区最古老的岩石年代记录,证明该区确实存在一套古老结晶基底岩系。克木齐岩群由片麻岩、变粒岩、混合岩等构成,变质程度达高角闪岩相,苏普特岩群为一套以云母石英片岩、角闪石英片岩为主的片岩建造,变质程度为低角闪岩相。区域盖层则始于震旦系喀纳斯群,为被动大陆边缘浅海沉积的绿片岩相浅变质碎屑岩建造,同位素年龄 $550 \sim 523\text{Ma}$ ^[10];奥陶系为地槽沉积的中深变质类复理石建造及部分中-酸性火山岩;志留系为变质碎屑岩夹中-酸性火山岩;泥盆系的岩相复杂,主为深海相、浅海相及海陆交互的沉积;石炭系主要为浅海相碎屑岩沉积;广泛发育的第四系为风积、冰碛、湖积、冲洪积砂砾泥质粉砂堆积。

收稿日期: 2016-04-07; 改回日期: 2016-08-22; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 杨本忠(1969—),男,高级工程师,主要从事固体矿产地质勘查及研究工作。通信地址:安徽省合肥市高新区红枫路29号,华东冶金地质勘查研究院;邮政编码:230088;E-mail:391547616@qq.com

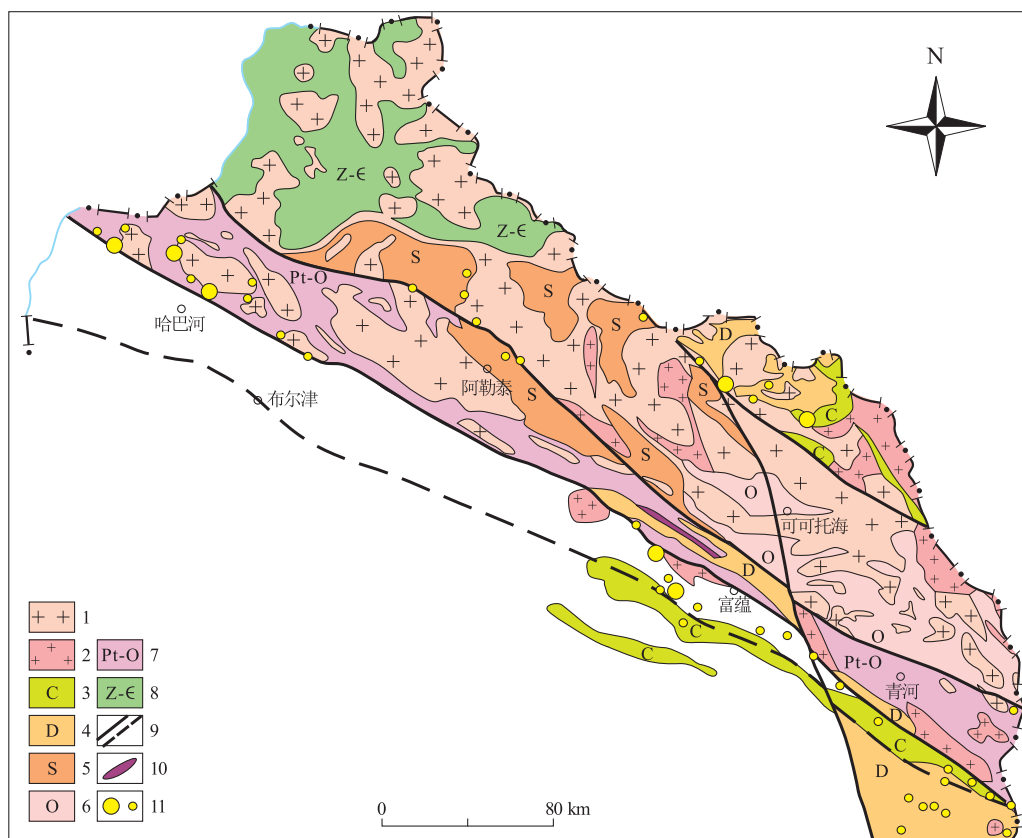


图1 新疆阿勒泰地区金矿地质图

Fig. 1 Geological map of gold deposits in Aletai area, Xinjiang

1. 早古生代花岗岩; 2. 晚古生代花岗岩; 3. 晚石炭世火山岩; 4. 泥盆纪火山岩; 5. 志留纪火山岩; 6. 奥陶纪: 片岩; 7. 元古宇—奥陶系: 片麻岩—片岩; 8. 震旦—寒武系: 变质沉积岩; 9. 断裂; 10. 蛇绿岩; 11. 金矿床(点)

1.2 岩浆岩

1.2.1 侵入岩

阿勒泰地区岩浆活动强烈, 侵入岩分布广泛, 岩性复杂, 岩石类型以花岗质岩石为主。根据同位素测年数据可将这些岩体大致分为中—晚奥陶世(470~440 Ma)、晚志留世—早泥盆世(425~390 Ma)、晚泥盆世(380~360 Ma)、早石炭世(355~318 Ma)、早二叠世(290~270 Ma)和中三叠世—早侏罗世(245~190 Ma)等6个主要侵入时期^[11]。

加里东期花岗岩主要分布于中阿尔泰单元(喀纳斯—可可托海)中, 如可可托海—库卫一带的变辉长岩等基性—超基性岩体、大青格里河一带的片麻状英云闪长岩和喀那斯湖一带的斜长花岗岩。岩体主要为钙碱性I型, 普遍遭受了后期变质作用改造, 岩石多具变质—变形特征。中—晚奥陶世侵入岩的岩石类型主要为(含角闪石)黑云母英云闪长岩、花岗闪长岩, 以富钠质为特点; 晚志留世—早泥盆世侵入岩的主要岩石类型为黑云母英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩, 伴生闪长岩、辉长岩等基性岩; 晚泥

盆世侵入岩的主要岩石类型为黑云母花岗闪长岩和二长花岗岩, 以钙碱性、高钾钙碱性I型为主, 出现少量的A型花岗岩。

华力西期花岗岩一般没有变质与变形, 主要分布于南阿尔泰单元。早石炭世岩体多为碱性花岗岩, 并与黑云母花岗岩构成岩石组合; 早二叠世岩体除了产于造山带南部外, 在造山带内部也有少量分布, 岩石类型有黑云母花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩, 并伴有同期基性岩体或岩脉, 成因类型为I型和A型, 在额尔齐斯构造带中见到少量变形的早二叠世花岗岩。

早中生代岩体未遭受变形, 呈圆形或不规则状, 具有高分异I型和S型花岗岩特征, 反映板内花岗岩的环境特点。

1.2.2 火山岩

阿勒泰地区从元古宙到新生代均有火山岩类产出, 其中最为发育的是古生代火山岩。古生代火山作用发生于晚奥陶世、中—晚志留世、早泥盆世、石炭纪和早二叠世等5个时期^[12]。

晚奥陶世火山岩:主要分布在中阿尔泰单元的西部,沿白哈巴—阿勒泰镇北一线断续分布,火山岩为安山岩-英安岩-流纹岩组合,钙碱性系列岩石,主要属于活动陆缘环境产物。

中-晚志留世火山岩:分布在中阿尔泰单元中段的库木图群中,呈夹层或透镜体产出,岩石为玄武岩-安山岩组合,后变质为角闪斜长片麻岩或黑云角闪斜长片麻岩,科依来普沟一带见有少量变质霏细斑岩流纹岩、石英斑岩等;火山岩属于钙碱性和拉斑玄武岩系列,反映活动陆缘分裂演化而成的岛弧带-边缘海环境。

泥盆纪火山岩:早泥盆世火山岩产于康布铁堡组的中下部,岩石为安山岩-英安岩-流纹岩组合及角斑岩-石英角斑岩组合;中泥盆世火山岩为玄武岩-安山岩-流纹岩组合(阿勒泰组)或安山岩-英安岩组合(忙代恰群下部)。

石炭纪火山岩:早石炭世火山岩主要分布在北阿尔泰单元下石炭统红山嘴组的中下部和哈巴河县西北区域,岩石均为安山岩-英安岩-流纹岩组合;晚石炭世火山岩仅在锡伯渡一带上石炭统拉额尔齐斯组中下部见到,为玄武岩-安山岩-流纹岩组合。

早二叠世火山岩:仅在富蕴库尔提南和青河哈拉乔拉等地有少量分布,均为陆相火山岩,岩石为玄武岩-安山岩组合。

1.3 构造

1.3.1 构造单元划分

阿勒泰地区的大地构造单元主要为西伯利亚板块西南缘的阿尔泰陆缘活动带,区域主构造线为NW-SE向,区内大地构造演化和构造单元划分的研究有多种方案,认识不尽一致,但宏观的弧-盆-山框架已经构建起来。本文暂将阿勒泰地区由北东向南西划分了4个构造单元^[13],依次为北阿尔泰单元、中阿尔泰单元、南阿尔泰单元和额尔齐斯构造带。

(1)北阿尔泰单元。位于库鲁特克断裂(即红山嘴断裂)以北,是一个晚古生代上叠式火山-沉积盆地,主要沉积了中-晚泥盆世—早石炭世火山-沉积岩;花岗岩广泛分布,岩性为晚石炭世二长花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩、闪长岩和早二叠世斑状二长花岗岩;断裂以NW向、NWW向为主,其中规模最大的库鲁特克断裂控制了盆地南界,对区内沉积作用、变质作用、岩浆活动及矿产分布具有控制作用,断裂以北广泛发育次级断裂,诺尔特地区的金、铜多金属矿化带基本上沿断裂及其两侧分布。

(2)中阿尔泰单元。呈NW向展布于喀纳斯—

可可托海一带,位于库鲁特克断裂和阿巴宫断裂之间,主要为早古生代变质岩系,出露地层主要有震旦纪—中奥陶世浅变质巨厚陆源复理石建造、晚奥陶世的火山-碎屑岩建造和中-晚志留世变质砂岩。

(3)南阿尔泰单元。位于阿巴宫断裂、克兹加尔—特斯巴汗断裂与额尔齐斯河断裂之间,主要由泥盆系的康布铁堡组和阿勒泰镇组变质火山-沉积岩系、下石炭统火山-沉积岩系和中-上志留统片岩、片麻岩、变粒岩组成;变质火山-沉积岩系分布在阿舍勒、冲乎尔、克兰和麦兹等4个盆地中;区内花岗岩类以早泥盆世侵入为主,且已变质-变形,次为晚石炭世—二叠纪岩体,另有少量奥陶纪、三叠纪和侏罗纪花岗岩体。

(4)额尔齐斯构造带。位于额尔齐斯断裂与布尔津—阿尔曼太断裂之间,主要出露:①深变质的片麻岩、混合岩及片岩等,岩石挤压变形强烈;②泥盆纪—石炭纪岛弧型火山岩、火山碎屑岩、含化石砂砾岩和石灰岩,岩石变质轻微、变形不强;③海西中晚期侵入的花岗岩小岩株和镁铁质杂岩体,由于地表出露不佳,为地质研究带来一定困难。

1.3.2 主要断裂特征

(1)库鲁特克(红山嘴)断裂。断裂总体呈NW向,在中国境内延伸230 km,两端延入蒙古国境内,走向320°,倾向NE,倾角80°~85°,具有宽为200~300 m的韧-脆性变形带。泥盆纪—早石炭世,断裂北侧的上古生界发生大规模断陷,形成诺尔特—库马苏火山-沉积盆地,火山岩层中形成了铅锌多金属矿化,并在其后叠加了断裂活动,形成金的矿化。

(2)巴寨断裂。介于中阿尔泰和南阿尔泰之间,西端起自乌齐里克他乌,东至巴寨一带,断裂走向310°~320°,倾向NE,倾角70°~80°,长度超过200 km;沿断裂带发育约200 m宽的韧性剪切带,断裂性质为逆断层,上盘中-上志留统库鲁姆提组片岩被逆冲于下泥盆统之上;巴寨断裂对麦兹火山-沉积盆地、海西晚期花岗岩具有控制作用。

(3)阿巴宫—库尔提断裂。与北部的巴寨断裂平行展布,全长160 km,走向310°~315°,倾向NE,倾角70°~80°,局部变缓;沿断裂有宽几百米的碎裂岩-糜棱岩带。断裂逆冲特点明显,上志留-下泥盆统逆冲于中泥盆统之上,上元古界逆冲到下-中泥盆统之上,兼有右行平移,属于压扭性逆断层,断裂的东段被卡拉先格尔断裂所截。

(4)克兹加尔—特斯巴汗断裂。断裂延长约200余 km,但大部分区段出露不全,走向约为300°,

倾向 NE, 倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$, 断裂中的碎裂-糜棱岩带宽 100~200 m; 北东盘的元古代片麻岩-片岩-混合岩逆冲于南西盘的片岩之上, 显示逆断层特点, 沿断裂有基性岩和酸性岩脉出露。

(5) 额尔齐斯河断裂。断裂在中国境内长度为 400 km, 其东段(卡拉先格尔断裂以东)称玛因鄂博断裂, 中段称富蕴-锡泊渡断裂, 在锡泊渡以西, 地表被第四系覆盖, 断裂的具体位置尚未确定。额尔齐斯河断裂的东段走向 $280^{\circ}\sim 310^{\circ}$, 倾向 NE, 倾角变化较大; 断裂带发育宽 80~100 m 的碎裂-糜棱岩带。电磁测深资料显示, 该断裂深度超过 100 km, 地表断裂的倾角较大($70^{\circ}\sim 80^{\circ}$), 在 20 km 深度断裂分为 2 支, 一支呈高角度向深部切穿岩石圈, 另一支以较低角度在地壳中延伸, 是阿勒泰地区的大型超壳断裂。

(6) 阿尔曼太(乌伦古河)断裂。一些文献将其称之为准噶尔板块与西伯利亚板块的拼接带断裂, 断裂总体呈 NW-SE 走向, 沿乌伦古河南侧一线展布; 该断裂在中国境内延长约 400 km, 两端分别延至哈萨克斯坦和蒙古国; 断裂走向 $290^{\circ}\sim 320^{\circ}$, 倾向 NE, 倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 破碎带宽度约 800 m; 沿断裂带出露有大量的铁镁-超铁镁质岩, 并与含放射虫硅质岩、中基性火山岩(枕状玄武岩)共同构成蛇绿混杂岩。

(7) 卡拉先格尔断裂。位于阿勒泰地区东部, 呈 NNW 向延伸, 斜切 NW 向主构造线, 为形成相对较晚的一条大型活动性断裂。断裂带走向 $345^{\circ}\sim 350^{\circ}$, 倾向 NEE, 倾角约为 80° , 延长约 170 km, 构造破碎带宽 100~500 m, 退色蚀变普遍发育。水平错距数千米, 兼具右行平移和正断的性质, 切割了早期形成的褶皱、断裂和海西期-燕山期花岗岩体。

2 金矿类型及地质特征

阿勒泰地区的金矿分为砂金矿和原生金矿两大类。原生金矿可分为与构造破碎带有关的金矿、与浅成-超浅成侵入岩体有关的金矿和与铁镁-超铁镁质岩有关的岩浆硫化物(伴生金)矿床。

2.1 砂金矿类型及地质特征

砂金矿曾是阿勒泰地区金矿开采的主要类型, 也是我国著名的砂金产区之一。阿尔泰山的独特气候环境带来了丰沛的降水, 额尔齐斯河和乌伦古河两河流域构成了多级梳状水系, 喜马拉雅期构造运

动形成多级阶地, 不同高度的山间汇水盆地、构造型谷地、构造山结及放射状水系都是砂金矿成矿的有利地貌类型; 原生金矿和赋金的基岩为砂金矿成矿提供了足量的成矿物质; 金质在断裂和裂隙中往往具有一定程度的富集, 而汇水溪流河道往往沿着构造薄弱带发育, 在河溪侵蚀切割的过程中将含金岩石破碎、分选, 金质得到解离, 在河溪适宜的部位停积、富集, 形成砂金矿。按砂金的成矿特点主要分为冲积型、残坡积型、洪积型、冰川-冰水沉积型、风积型和复合型等 6 个矿床类型, 其中以冲积型和冲洪积型砂金矿为主(约占 85%)^[14]。

(1) 残积型砂金矿。阿尔泰山在中新生代准平原化过程中, 遭受了强烈的风化, 残积作用广泛, 风化作用、重力作用和水营力作用是残积发生的主要因素。阿勒泰地区的残积砂金矿规模较小, 品位贫富不均, 矿体的形态和厚度多受地质体形态、微地貌和风化强度的控制, 说明该区的风化作用具有以化学风化为主、机械风化为辅的特点。

(2) 冲积型砂金矿。这是阿勒泰地区分布最广、占比最大(约占砂金矿总量的 48%)的砂金矿类型。在额尔齐斯河和乌伦古河两大水系中, 大部分二级水系中都发育有冲积型砂金。河水是砂金运移和分选的主要营力, 水动力的变化也是砂金富集的主要控制因素, 所以砂金矿体往往沿河呈条带状分布。砂粒多分布在砂砾层的下部、基岩裂隙或风化层中; 金粒多呈片状, 也有板状或粒状者, 成色多 > 940 ; 金的粒度大小多与物源和水动力作用有关。据砂金矿产出地貌部位的不同, 冲积砂金矿分为 2 类。①现代河谷砂金矿: 分为现代河床和河漫滩两部分, 河床相沉积物分选差, 砾石磨圆度高, 砂金含量高, 粒径多 > 0.5 mm, 河床砂金矿多产于河流的中上游; 河漫滩砂金矿常在宽阔河段与河床砂金矿伴生, 沉积分选程度较高, 砾石较小, 形成于低能水流环境, 砂金品位低, 金的粒度细; ②阶地砂金矿: 主要分布在河流中游区段, 是前期的河谷砂金矿被侵蚀的产物; 沉积特点与现代河谷砂金矿相似, 额尔齐斯河一级支流多发育 2~3 级阶地, 各级阶地的金品位不一。

(3) 洪积砂金矿。区内洪积砂金矿均为矿点, 金的富集以洪水冲积作用为主, 常与残积、坡积砂金矿伴生, 在原生赋金地质的体的附近形成砂金矿组合, 许多残积砂金矿区都有规模不等的洪积砂金矿发育。沉积物无分选, 砾石呈棱角状, 向下游方向沉积的厚度逐渐加大; 金矿层主产于洪积物下部的砂砾层及基岩裂隙中, 金呈粒状, 磨圆分选程度差, 重矿物多

为磁铁矿-钛铁矿-绿帘石-黝帘石-石榴石组合。

(4)冰川-冰水砂金矿。阿勒泰地区冰川作用极为发育,在北东部的高山区河流上游和西岔河、阿克萨拉等地都有发育。冰川作用主要为侵蚀和堆积作用,而冰水会促使砂金富集。砂金的成矿与冰蚀地貌条件紧密相关,沉积物具有冰碛特征,沉积物多位于冰川U形谷的底部,富含粉砂和黏土,碎屑的分选差,砾石为棱角或次棱角状,表层往往发育有漂砾层,砂金矿体呈长条状,连续性好,金品位较高(0.3~0.78 g/m³),金的成色较高,形态多样,粒度为中粗粒,向河流的下游方向矿体厚度有增大趋势,最大厚度可达10 m。

2.2 原生金矿类型及地质特征

阿勒泰地区虽然砂金矿分布广泛,但原生金矿的找矿勘探工作曾经长期滞后,从上世纪80年代中期发现多拉纳萨依金矿后,这种局面才得以转变。目前原生金矿资源规模和生产能力已经超过砂金矿,成为该区黄金生产的主要资源类型。

关于阿勒泰地区原生金矿的矿床类型,许多研究者提出多种金矿分类方案。如依据赋金建造特征划分金矿类型、按照成矿元素组合特征分为伴生金矿和独立金矿,按区域构造属性提出造山带金矿的意见。在对区内金矿地质特征的综合研究后认为,阿勒泰地区的金矿绝大部分属于热液型金矿,按金矿与直接围岩的关系,可分为与构造破碎带有关的金矿和与浅成-超浅成侵入体(斑岩-次火山岩-火山机构)有关的金矿。尽管这种分类似乎“缺少新意”,但从找矿勘探的角度来看,这种分类更具针对性,找矿的目标更为具体明确。

(1)与断裂破碎带有关的金矿。可以分为2种类型,即破碎带蚀变岩型金矿和石英脉型金矿。破碎带蚀变岩型金矿以托库孜巴依金矿、多拉那萨依金矿、科克萨依金矿为代表;石英脉型金矿以恰奔布拉克金矿、马勒热铁金矿为代表^[15-22](表1)。

阿尔泰山位于两大板块的碰撞带附近,经历了多期强烈的构造-岩浆作用,数条壳型、超壳型断裂平行展布,构造带中出现程度不同的变形与变质现象,形成规模不等的韧性剪切带,卷入的岩石产生局部变质作用,金矿床(点)沿韧性剪切带呈NW向展布,成矿受剪切带或破碎蚀变带的控制;金矿化主要产生于剪切带的脆性变形阶段,破碎带蚀变岩型矿化与石英脉型矿化经常在一个矿区同时出现,矿体呈脉状、透镜状、扁豆状;矿石中金属矿物相对简单,主要为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿;围岩

蚀变为硅化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化;在部分矿化集中区(带)中,金矿化与火山-沉积型铁-铜-铅-锌矿化相伴生,但金的矿化时代往往比其他金属元素具有明显的滞后性^[23-25]。

(2)与浅成-超浅成侵入体有关的金矿。代表性的矿床有哈腊苏铜金(钼)矿、老山口铁铜金矿、索尔库都克铜钼(金)矿、希勒库都克钼铜金矿、乔夏哈拉铁铜金矿等^[26-30](表2)。浅成-超浅成侵入体可以是同构造期中酸性岩体,也可能是与古生代火山活动同源的次火山侵入体及火山机构的根部侵入体;目前发现的这类斑岩体都集中分布在额尔齐斯-玛因鄂博大断裂与卡拉先格尔右行走滑断裂交汇处的附近,控矿岩体的规模通常不大,以中酸性的斑岩体为主,斑岩体的侵位均晚于火山-岩浆活动的主期;岩体周围均分布有中泥盆统或中石炭统的火山岩-火山碎屑岩建造;岩体中往往裂隙发育,或有韧性剪切构造的叠加,具有充分的容矿空间;该类矿床中Au元素往往与Cu、Mo、Fe、Pb、Zn元素伴生,尚未见到独立的斑岩型金矿床。矿石中主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿和磁铁矿,有时出现斑铜矿、辉铜矿、方铅矿和闪锌矿,矿石构造以细脉浸染状和稀疏浸染状为主;主要的围岩蚀变有夕卡岩化、硅化、绢云母化、碳酸盐化等,其中与金矿有关的蚀变为硅化、绢云母化和碳酸盐化。金的成矿晚于夕卡岩成矿阶段,主要形成于石英-硫化物阶段。

3 原生金矿成矿区(带)

(1)诺尔特金成矿带。该带相当于大地构造的北阿尔泰构造单元,呈狭长的NNW向带状展布,其东北方延入蒙古国境内,南以红山嘴大断裂为界。带中以下古生界为基底,其上叠置了上古生界,中晚泥盆世一早石炭世的火山-沉积岩产于其中。带内海西期及燕山期岩浆活动强烈,侵入了辉长岩、闪长岩和花岗岩类岩体。带中沿红山嘴-诺尔特断裂发现多处金、铅锌多金属矿化,托格尔特别金矿、塔孜比金矿、库马苏铅锌金矿均产于其中。泥盆纪和石炭纪的火山活动、强烈的韧-脆性断裂活动为金的成矿提供了很好的条件。研究表明,金矿化产于较晚形成的构造破碎带中。

(2)大罗坝-铁木里克-蒙库金成矿带。位于南阿尔泰构造单元的北带,南东延伸到卡拉先格尔断裂附近,与南阿尔泰晚古生代弧后盆地的范围大

表 1 阿勒泰地区与断裂破碎带有关的金矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of gold deposits related to the fault fracture zone in Altay region

类型	矿床名称	控矿构造	矿体围岩	矿体特征	矿石组构	主要金属矿物	围岩蚀变	形成时代/Ma
破碎带蚀变岩型	多拉纳萨依	NNE 向韧性剪切带	中泥盆统变砂岩、粉砂岩、泥岩等斜长花岗岩及中酸性岩脉	石英脉型、蚀变岩型	浸染状、网脉状、细脉状构造	黄铁矿、毒砂、硫化物	硅化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化	269±13 292.8±1
	托库孜巴依	近 EW 向韧性剪切带	中泥盆统变质杂砂岩	石英脉型、蚀变岩型	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿、硫化物	硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化	289.2±3
	萨尔布拉克	NWW 向韧性剪切带	下石炭统凝灰岩、凝灰质砂岩	脉状、透镜状蚀变岩型	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿、毒砂	硅化、钠长石化、绿泥石化、碳酸盐化	285±43
	阿希勒	NW 向韧性剪切带	闪长岩、斜长花岗岩、流纹斑岩	石英脉型、蚀变岩型	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿	硅化、黄铁矿化、绢英岩化	250~315
	萨热阔布	NW 向韧性剪切带	下泥盆统绿泥石英片岩、大理岩、变质粉砂岩	脉状、透镜状石英脉及蚀变岩型	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿、黄铜矿、毒砂	硅化、绿泥石化、碳酸盐化	Ar-Ar 年龄 213.5±2.3
	科克萨依	NWW 向韧性剪切带	下泥盆统千枚岩、绢云石英片岩、变质粉砂岩	脉状、透镜状石英脉及蚀变岩型	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿	硅化、绢云母化、绿泥石化	绢云母 Ar-Ar 年龄 275~283
	阿拉塔斯	NWW 向韧性剪切带	下泥盆统变质凝灰岩	扁豆状石英脉	浸染状、细脉浸染状构造	黄铁矿	硅化、绢云母化、绿泥石化	
	阿克提什坎	NWW 向断裂破碎带	下石炭统凝灰岩、碎斑熔岩、石英斑岩	石英脉型、蚀变岩型	浸染状、网脉状构造	毒砂、磁黄铁矿、方铅矿	硅化、冰长石化、黄铁绢英岩化	138.5±2.1
	托格尔特别	NW 向韧性剪切带	下石炭统泥质粉砂岩、火山碎屑岩	蚀变岩型、石英(细)脉型	浸染状、细脉浸染状构造	毒砂、黄铁矿	硅化、绢英岩化、钾化、碳酸盐化	中生代
	恰奔布拉克	NW 向	花岗岩	石英脉型	浸染状、块状构造	黄铁矿	硅化、绢云母化	晚古生代
石英脉型	马热勒铁	NWW 向韧性剪切带	中泥盆统凝灰岩、安山岩	脉状、透镜状石英脉型	浸染状、块状构造	钠铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿	硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化	晚古生代
	扎克特	NWW 向韧性剪切带	下石炭统粉砂岩	脉状、透镜状石英脉型	浸染状、块状构造	黄铁矿、方铅矿	硅化、绿泥石化	晚古生代

体一致,哈萨克斯坦境内称为萨克塔成矿带。带内的赋金建造主要为下泥盆统康布铁堡组的中酸性火山-沉积岩系,发育与火山作用有关的火山喷流-沉积型铅锌矿和火山沉积型铁矿,并在后期叠加了与构造破碎带有关的破碎蚀变岩型金矿化,构成阿勒泰重要的金-铁-铅锌多金属成矿带。成矿带中有矿床(点)上百处,许多铁矿和多金属矿中都伴生有金(铜)矿。已知金矿为萨热阔布金矿。在矿带西段找到大规模独立金矿的可能性很大。

(3)哈巴河金成矿带。该带位于南阿尔泰构造

单元南带的西段,额尔齐斯大断裂的北侧,向西进入哈萨克斯坦境内。区内出露古生代地层为泥盆系和下石炭统的火山岩-火山碎屑岩建造,中-酸性侵入岩十分发育,因靠近额尔齐斯构造带,不同规模的韧-脆性断裂直接控制着金矿化,金矿化有沿哈巴河花岗岩和东格勒花岗岩边部分布的趋势,但部分金矿产于岩体内破碎带中的实例则显示金矿化明显晚于花岗岩的侵位,且呈现韧性剪切带控矿的地质特征,以多拉纳萨依金矿、赛都金矿、恰奔克拉克金矿和阿希勒金矿为代表。带中的阿舍勒铜锌矿中亦含金,

表 2 阿勒泰地区与浅成-超浅成岩体有关的金矿床地质特征

Table 2 Geological characteristics of gold deposits related to the hypabyssal-ultra hypabyssal rock in Altay region

矿床类型	矿床名称	构造部位	侵入体岩性	近矿围岩	主要金属矿物	成矿元素组合	矿石组构	围岩蚀变	成矿时代/Ma
斑岩-断裂破碎带型	哈腊苏	卡拉先格尔断裂东侧	花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩	中基性熔岩、凝灰岩	黄铜矿、黄铁矿	铜-金-(钼)	稀疏浸染状、细脉浸染状	钾化、硅化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化	花岗闪长斑岩 380.8±5.7; 辉钼矿 Re-Os 378.3±5.6 钾长石 Ar-Ar 230.8±1.9
斑岩-火山热液型	老山口	卡拉先格尔附近	闪长岩、闪长玢岩	中基性火山熔岩和火山碎屑岩	磁铁矿、黄铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿和自然金	铁-铜-金	条带状、脉状、角砾岩状、浸染状、网脉状、块状构造	夕卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、硅化、方解石化	闪长玢岩 U-Pb 353.8±1.9
斑岩-夕卡岩型	索尔库都克	阿尔曼苏北深断裂西侧	辉石闪长岩-闪长玢岩	中基性安山岩、玄武岩、凝灰质砂岩	黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、闪锌矿、辉铜矿	铜-钼-(金)	稀疏浸染状	夕卡岩化	石榴石 Sm-Nd 248.3±3.9
斑岩型	希勒库都克	萨尔布拉克断裂南侧	石英斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩	中基性凝灰砂岩、凝灰粉砂岩、蚀变砂岩	辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、磁铁矿	钼-铜-(金)	细脉浸染状、稀疏浸染状	硅化、钾化、绢云母化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化	花岗斑岩 U-Pb 329.6±4.1
火山-次火山热液型	乔夏哈拉	额尔齐斯构造带与卡拉先格尔断裂交汇部位	闪长玢岩	中基性细碎屑岩、玄武安山岩	磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿	铁-铜-金	致密块状	夕卡岩化、硅化、绢云母化、碳酸盐化	闪长玢岩 U-Pb 377.6±1.4 辉钼矿 Re-Os 380.1±2.7

而铜锌矿的成矿特点更多地显示出火山沉积-喷流型矿床的特征,推测金与铜锌矿可能是不同时期形成的。

(4)萨尔克拉克—乔夏哈拉—马热勒铁金成矿带。该带为额尔齐斯构造杂岩带的东段,北界为额尔齐斯河—玛因鄂博深大断裂,南界大致为乌伦古河断裂,卡拉先格尔右行走滑断裂斜贯全区,金矿带向东延入蒙古境内。带内地层以泥盆系和石炭系为主体,其中包括中基性火山岩建造,在富蕴附近和扎河坝一带有蛇绿岩的产出,侵入岩具有种类多样、岩性复杂、期次不一的特点,岩石类型从超基性岩到酸性岩,侵入深度从深成岩到超浅成岩,形成时代从华力西期到燕山期的侵入体在本区均有见及。金矿的矿床类型也呈现多样化特点,表 1 和表 2 中的大部分矿床类型均在带中均有所见及,萨尔克拉克金矿是破碎带蚀变岩型的代表性矿床,马热勒铁金矿是石英脉型的代表性矿床;乔夏哈拉铁铜金矿、老山口铁铜金矿是斑岩-火山热液型的代表性矿床,希勒库都克钼铜(金)矿和索尔库都克铜钼金矿则是斑岩型和斑岩-夕卡岩型的代表性矿床,与铁镁-超铁镁质岩有关的喀拉通克铜镍矿床也产于该带。带中的复成因矿床都受到两个或更多成矿因素的制约,在哈

腊苏铜金矿区,加里东期、华力西期和印支期的岩浆活动和构造变形作用共同控制着叠加型铜金矿的成矿。该区构造-岩浆活动的复杂性为成矿提供了众多有利因素,区内的找矿潜力巨大。

4 原生金矿的找矿方向

(1)多组断裂或不同形式构造的交汇部位(又称“构造结点”)控矿的理论在找矿预测的实践中被证明是有效的,国内外许多重要矿产的矿集区都产于构造结点附近。阿勒泰地区最为显著的构造结点就是额尔齐斯构造带东段多条平行的 NW 向断裂与 NNW 向卡拉先格尔断裂带构成的交汇区,在这一区域中,金矿与铁铜钼多金属矿床(点)数量众多,矿床类型复杂,矿种多样,虽然目前矿床规模有限,但已经展现出矿集区的雏形。该区的金矿找矿远景广阔,具备寻找大型矿床的地质条件。同时,阿勒泰地区还有一些与主构造线相交的 NE 向、近 SN 向断裂构造带,注意分析它们与 NW 向断裂交汇部位的成矿信息,有助于今后的勘查选区工作。

(2)额尔齐斯构造带地处山前地带,地表的第四

系覆盖较为普遍,基础地质的研究程度受限,也影响了矿产勘查工作的开展。从目前掌握的信息分析,该带东段矿产发现较多,西段的勘查明显滞后。建议加强额尔齐斯构造带金矿勘查及综合研究工作,通过高层次的遥感、化探、物探与地质相结合,快速对该区的金矿找矿前景作出预测。

(3)北阿尔泰山单元位于高山地带,勘查环境相对较差。但由于工作程度较低,找矿潜力同样也会很大;由于地形高度的差别,对矿体的剥蚀程度相对较低,有利于矿体的保存,找矿深度比其他地区更大。在诺尔特地区,断裂的转折部位、断裂交汇部位、斑岩-次火山岩-火山构造产出部位,都是金矿化的有利部位。

(4)从目前阿勒泰地区金矿床的勘探深度分析,已知金矿床的勘探深度多 $<500\text{ m}$,许多矿床的工作程度还处于普查阶段,主要是对近地表和浅部的金矿化进行了地质评价。从整体上看,全区的勘查深度还是很有限的。对比东部地区目前勘查工作已经进入第二富集带,而且深部的成矿前景极为乐观的现状,阿勒泰地区应当具有很大的深部找矿潜力。

(5)综合研究阿勒泰地区金矿地质资料,发现该区金矿的成矿存在“三多”特点,即矿床伴生元素多种、矿床控矿因素多样、成矿时代多期(阶段)。在该区金矿中,多矿种(伴生)矿床的数量很大,许多矿床中金与铁、铜、钼、铅、锌、镍等相伴产出。矿床的主要控矿因素中,层位、岩浆岩、断裂可以共同作为考虑的因素,如哈腊苏铜金矿(钼)矿床的成因复杂,斑岩、剪切带和层位都对成矿有所贡献。多矿种矿床中往往存在多阶段成矿或多期成矿,如金一般生成于石英-硫化物阶段,而相应的铁矿多为喷流-沉积阶段或夕卡岩阶段形成,有些矿床明显存在华力西期、印支期、燕山期多期成矿的证据。这些特点使人们很难用单一成因模式套用于一个矿床的地质勘查工作,“三多”的成矿特点是复成因矿床的基本特征,也说明阿勒泰地区金矿成矿的多样性。

(6)阿尔泰山跨越中国、俄罗斯、蒙古国和哈萨克斯坦4国,为了更好地实施阿勒泰地区金矿找矿的目标,有必要加强阿尔泰山成矿规律的国际对比研究工作,借鉴国外的成矿规律、矿床实例的勘查经验,促进我国阿勒泰地区的金矿勘查和研究工作。

致谢:在成文过程中,阅读和参考了大量地质文献,对作者的思路开拓具有启示作用。由于篇幅所限,参考文献中列出的仅是一小部分,谨对所有文献

作者表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 张传林,董永观.新疆阿勒泰南缘地壳结构与构造演化及其对金成矿的制约[C]//中国地质学会.全国贵金属和分散元素矿床成矿理论与找矿方法学术讨论会论文集,2000.
- [2] 张晓晖,李铁胜,张福勤.新疆东准噶尔喀纳斯地区晚古生代浊积岩沉积构造环境分析[J].中国科学,2001,31(7):591-600.
- [3] 刘斌.新疆阿勒泰海相火山岩铁矿带流体成矿热力学条件的计算:流体包裹体氧逸度的限定[J].矿物学报,2009,29(S1):224-225.
- [4] 张连昌,夏斌,牛贺才,等.新疆晚古生代大陆边缘成矿系统与成矿区带初步探讨[J].岩石学报,2006,22(5):1387-1398.
- [5] 杜兴旺.新疆哈巴河县科克塔斯金矿地质特征及找矿远景分析[J].新疆有色金属,2011,34(2):30-33.
- [6] 何国琦.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,1994.
- [7] 李天德,吴柏青.中国和哈萨克斯坦阿尔泰山地质及成矿研究的新进展[C]//中国地质学会.“八五”地质科技重要成果学术交流会议论文选集,1995.
- [8] 胡鸾琴,张国新,张前锋,等.阿尔泰山造山带变质岩系时代问题的讨论[J].地质科学,2002,37(2):129-142.
- [9] 董增产,陈隽璐.新疆青河发现阿尔泰山最古老岩石[N].中国国土资源报,2016-08-18:3.
- [10] 刘源,杨家喜,胡健民,等.阿尔泰山构造带喀纳斯群时代的厘定及其意义[J].岩石学报,2012,29(3):887-898.
- [11] 王涛,童英,李舫,等.阿尔泰山带花岗岩时空演变、构造环境及地壳生长意义:以中国阿尔泰山为例[J].岩石矿物学杂志,2010,29(6):595-618.
- [12] 新疆维吾尔自治区地质矿产局.中华人民共和国地质矿产部地质专报区域地质第32号:新疆维吾尔自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.
- [13] 杨富全,刘锋,柴凤梅,等.新疆阿尔泰铁矿:地质特征、时空分布及成矿作用[J].矿床地质,2011,30(4):575-597.
- [14] 杨永强,王晋雷.阿勒泰地区砂金矿床综合信息找矿模型[J].黄金,1999,20(4):5-7.
- [15] 朱韶华.阿尔泰山山区金矿带的确定和意义[J].新疆地质,1993,11(3):215-221.
- [16] 姜俊.阿尔泰山萨热阔布金矿成矿特征及控矿因素[J].矿产与地质,2003,17(4):511-515.
- [17] 王琳琳,徐九华,孙丰月,等.新疆阿尔泰山萨热阔布-铁木尔特地区两类矿化及成因[J].世界地质,2012,31(1):100-112.
- [18] 单立华,徐九华,卫晓峰,等.新疆阿希勒金矿地质特征及成矿远景分析[J].地质与勘探,2010,46(1):24-32.
- [19] 王涛,王振东,甘长福.新疆布尔津县托乎木台地区金矿成矿研究[J].西部探矿工程,2016(6):163-166.
- [20] 董永观,芮行健,周刚,等.新疆诺尔特地区化探特征及成矿潜力分析[J].地质论评,2010,56(2):215-223.

- [21] 张科. 新疆萨尔布拉克金矿床控矿断裂特征与控矿规律研究[J]. 地质找矿论丛, 2007, 22(1): 35 - 43.
- [22] 董永观. 新疆阿尔泰金矿断裂构造控矿规律研究[J]. 火山地质与矿产, 2000, 21(1): 41 - 46.
- [23] 李强, 杨富全, 柴凤梅, 等. 新疆准噶尔北缘阿克希克铁金矿流体包裹体研究[J]. 中国地质, 2014, 41(6): 1897 - 1913.
- [24] 郑义, 李登峰, 张莉, 等. 新疆萨热阔布金矿黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及矿床成因启示[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2014, 53(4): 10 - 18.
- [25] 袁峰, 周涛发, 范裕, 等. 新疆阿尔泰诺尔特地区金矿成因[J]. 地质科技情报, 2006, 25(2): 47 - 52.
- [26] 王睿, 游军, 丁汝福, 等. 索尔库都克—哈腊苏铜钼金多金属矿集成矿规律[J]. 云南地质, 2011, 30(3): 381 - 386.
- [27] 张志欣, 杨富全, 李超, 等. 新疆准噶尔北缘乔夏哈拉铁铜金矿床成岩成矿时代[J]. 矿床地质, 2012, 31(2): 347 - 358.
- [28] 相鹏, 张连昌, 徐兴旺, 等. 新疆青河县玉勒肯哈腊苏叠加改造型斑岩铜金(钼)矿床地质特征及成因[J]. 岩石学报, 2012, 28(8): 2369 - 2380.
- [29] 王玉往, 王京彬, 王书来, 等. 新疆希勒库都克铜钼矿床地质特征和成因探讨[J]. 新疆地质, 2010, 28(4): 370 - 376.
- [30] 吕书君. 新疆青河县老山口铁铜金矿床成矿机制研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.

Aalysis on geological characteristics and prospecting direction of gold deposits in Altai area, Xinjiang

YANG Benzhong

(The East china Metallurgical Geology and Prospecting Institute, Hefei)

Abstract: Aletai area is at core of the Central Asian plate. It is rich in mineral resources and is an important gold producer in China and characterized by a variety of gold deposit types with big reserves and complex ore-control factors. In this paper geological and metallogenic characteristics and main types of the gold deposit are analyzed then division of ore belts or zones and prospecting direction are made to provide scientific evidence for development of gold in the area.

Key Words: Aletai area; gold depcsites; gold ore type; geological characteristics; prospecting direction; Xinjiang