

西天山阿希型金成矿系列及其成因

姜晓玮¹ 王永江²

(1.中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640 2.国土资源部航空物探遥感中心,北京 100083)

提要 西天山吐拉苏断陷盆地中广泛发育有多种类型与火山岩有关的金矿床,根据成矿特征、控矿因素和产出地质环境等可分为3种基本类型,即低硫浅成热液型金矿、斑岩型金矿和层控浅成热液改造型金矿。该3种类型的金矿是在相同的地质构造背景下和统一的流体场中形成的系列金矿组合——阿希型金成矿系列。次一级的流体场和具体的构造环境决定了具体金矿类型的产出,其成矿时间和产出部位均表现出相应的规律性。低硫浅成热液型金矿形成于早石炭世,产出于火山机构的边缘断裂中;斑岩型和层控热液改造型金矿形成于中晚石炭世,分别产出于酸性斑岩体内部及其边缘断裂裂隙系统中和大哈拉军山组第二岩性段中。

关 键 词 西天山 阿希型金成矿系列 低硫浅成热液型金矿 斑岩型金矿 层控浅成热液改造型金矿

中图分类号 P618.51 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3657(2002)02-0203-05

1 区域地质背景

工作区位于西天山西段,博罗克努早古生代岛弧带南缘的吐拉苏断陷盆地中。区域上出露的地层可分上、下两部分。下部包括震旦系库松木切克群、中奥陶统奈楞格勒达板组、下志留统千里克组、尼勒克河组和中志留统基夫克组,构成了盆地的基底。上部主要由上泥盆统吐乎拉苏组、下石炭统大哈拉军山组和阿恰勒河组组成,构成了盆地的盖层。其中大哈拉军山组为一套火山岩地层,具有区域控矿意义,盆地内几乎所有的金矿均产于该组火山岩中。大哈拉军山组火山岩自下而上可分为5个岩性段,分别是:①灰色砾岩段;②酸性凝灰岩段;③下安山岩段;④火山碎屑岩段;⑤上安山岩段。

基底构造格架以北西西向的深大断裂及其复式褶皱构造组合为特点。吐拉苏断陷盆地南、北两侧边界的近北西西向的科古琴山南坡深大断裂和伊犁盆地北缘深大断裂不仅控制了断陷盆地的发生和演化,对盖层的构造演化及其成矿作用有其深远的影响。盖层褶皱构造相对简单,地层产状平缓,以开阔平缓的短轴褶皱为特征。盖层中断裂构造以“反天山

构造”(Anti-Tianshan Structural)最为重要。反天山构造又称“非天山构造”,或“穿透性构造”,是指与天山构造方向无关的断裂系统^[1~3],包括近南北向、北西向和北东向3组构造。该断裂系统受基底构造的影响,控制了岩浆热事件的分布,表现出“穿透”效应,构造地貌结点往往是穿透带结点,同时也是重要的成矿结点。反天山构造两侧,尤其是构造结点附近,发育有次一级的断裂及裂隙系统,是重要的容矿构造。盖层中另一种非常醒目的构造是环形构造,主要由火山机构组成。

2 阿希型金成矿系列

发育在吐拉苏火山断陷盆地中的各类型金矿是我国乃至世界上保存相对完好的古生代火山岩型金矿系列组合。它们的成矿特征各异,但成因和时空演化等诸方面有着密切的联系,一起构成了该地区火山岩型金成矿系列——阿希型金成矿系列。

该型金成矿系列根据成矿特征、控矿因素和产出地质环境等可分为3种基本类型的金矿,分别是:以阿希金矿为代表的低硫浅成热液型金矿;以阿底因迪金矿和塔吾尔别克金矿为代表的斑岩型金矿,以

恰布坎卓它金矿和伊尔曼德金矿为代表的层控浅成热液改造型金矿。这些金矿错落分布在吐拉苏火山断陷盆地中，构成一个醒目的以阿希金矿为中心的与火山岩有关的金成矿带(图1)。

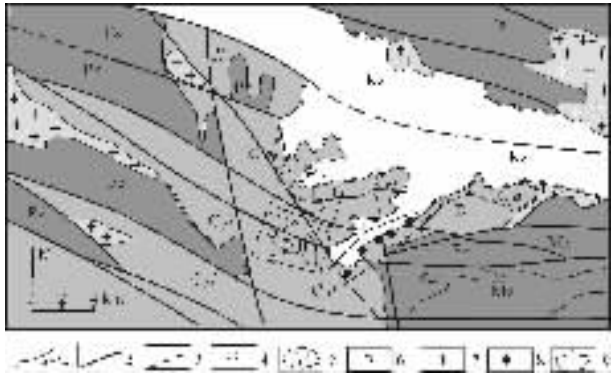


图1 阿希地区地质矿产略图(据漆树基等改编)

Fig. 1 Sketch map of the geology and mineral resources of the Axi area (modified from Qi Shu-ji et al)

- 1—地质界线和不整合界线 2—断裂 3—推测断裂 4—环状断裂；
- 5—酸性次火山岩体 6—低硫浅成热液型金矿 7—斑岩型金矿；
- 8—层控热液改造型金矿 9—矿化区及编号
- Kz—新生界地层 Mz—中生界地层 Pz—下古生界基底；
- D—泥盆系地层 C₁a—阿恰勒河组 C₁d—大哈拉军山组

2.1 浅成低温热液型金矿

浅成低温热液型金矿床是在地壳浅部、较低温度和较低压力条件下形成的热液金矿床，是目前研究最透彻、最成熟的金矿类型之一。其成矿深度一般小于1.5 km；成矿温度一般不超过300℃；成矿压力一般为 $n \times 10^6 \text{Pa}$ ^[4-5]。根据形成条件、特征矿物或金属元素组合不同，浅成低温热液金矿床可进一步划分为：低硫、高硫和富碲浅成热液型3个亚类。其中低硫、高硫不是指硫化物含量的高低，而是指硫化物中硫的价位高低。低硫浅成热液型金矿以出现大量冰长石和绢云母为特征，所以又称石英—冰长石—绢云母型。高硫浅成热液型金矿以出现大量明矾石和高岭石为特征，所以又称石英—明矾石—高岭石型^[6]。高硫浅成热液型金矿由于硫酸溶液与围岩相互作用，以形成大量明矾石和其他高级泥化蚀变为特征，所以又被称为酸性硫酸盐型金矿。低硫浅成热液型金矿，其容矿围岩不固定，既可受破火山口控制，也可受远离火山口的复合断裂—裂隙系统控制，在区域上常与Hg—Sb和Pb—Zn矿共生。

母瑞身等^[7]认为本区阿希金矿与日本著名的冰长石—绢云母型金矿，即菱刈金矿相似，因而他们将阿希金矿划归为冰长石—绢云母型金矿。沈远超等^①认为阿希金矿的成因“是以海底火山沉积为主，后期火山热液叠加和改造为辅”，因而称之为火山沉积—热液再改造型金矿。刘洪林等^[8]认为“阿希金矿应属中—低温火山期后热液型金矿”。

冰长石—绢云母型金矿是根据蚀变矿物组合特征而划分的，其中的冰长石是该类型金矿的标志矿物，但冰长石在成矿之后常易转化为钾长石、钾白云母或绢云母类的矿物，所以在较老的或经过后期改造的金矿，不一定能找到冰长石。因此，以冰长石出现数量的多少来划分浅成热液型金矿的类型，对于新生代该类型金矿可以适用；但用来划分较老的该类型金矿，则常因找不到足够数量的冰长石而使人感到困惑。考虑到这种实际情况，以目前国际上“低硫热液型”这一名称应用得更广泛一些的事实，本次工作将其划归低硫浅成热液型金矿。

2.2 斑岩型金矿

斑岩型金矿是指形成工业矿床时，矿体定位于次火山岩体或超浅成侵入相的岩体中。斑岩型金矿的概念一直在演变，其范围有不断拓宽的趋势。这是因为斑岩型矿床的矿种，经历了由铜矿拓宽到钼矿、钨矿、锡矿、铅锌矿、铀矿和金矿等的一个较为漫长的过程；也是因为对斑岩型矿床的认识在不断加深的结果。虽然斑岩矿床与具有“斑状结构”的岩体相关性最强，但是并不总是与具有“斑状结构”的岩体有关，基于上述客观现实，一些学者在工作实践中已抛弃“斑岩矿床”这一习称，而改称“斑岩型矿床”，强调的是与小岩体有关，矿体主要产于其中及其与围岩的接触带中，而淡化了相关岩体必须是“斑状结构”的框框，对金矿而言尤其如此^[9]。

我国的“斑岩型金矿”是谢家荣^[10]于20世纪60年代提出的，随后，由于世界上多个斑岩铜矿模式的建立，以及我国对斑岩铜矿研究的日益深入和成熟，发现金仅为其伴生元素，斑岩型金矿一度被放弃，而被统称为火山热液型金矿。随着对火山岩地区的浅成低温热液型金矿的深入研究，发现一些与次火山岩有关的金矿床的成矿特点并不与火山热液型金矿一致。因此，一些研究者又将其与火山热液型金矿区别

① 沈远超,等.新疆金矿成矿规律及找矿方向研究(新疆305项目报告),1996.

开来,并将其内涵扩大,再次使用斑岩型金矿这一名称^[1,11]。但目前对该类型金矿的认识和研究程度远不及其他类型的金矿。沈远超等^①认为本区的阿底因迪金矿、塔吾尔别克金矿为火山晚期热液型金矿。笔者认为,这两个金矿产在火山期后酸性次火山岩体及其围岩接触带的构造裂隙中,特征明确,因而将其划归为斑岩型金矿类型。

2.3 层控浅成热液改造型金矿

本区产在大哈拉军山组火山沉积岩中的金矿(点)数量较多,重要的有伊尔曼德金矿床、京希布拉克金矿床、恰布坎卓它金矿床、吐拉苏西南金矿床等。母瑞身等^[8-13]认为该类金矿总观与日本的南萨型金矿,即硅质岩型非常相似,故称之为硅质岩型金矿;翟伟等^[14]认为伊尔曼德金矿为热泉型金矿;沈远超等^①认为火山化学沉积型。笔者认为,该类型金矿主要产在大哈拉军山组第二岩性段酸性凝灰岩中,其赋矿围岩是主要矿源层,而且不是同生的。该类型金矿是在矿源层的基础上,由于火山期后次火山岩体侵入活动产生的局部流体场的交代蚀变作用而形成的。该类金矿实际上经过了两个成矿阶段,首先是成矿前统一流体场在大哈拉军山组第二岩性段中产生了金的预富集,形成了吐拉苏盆地中各类型金矿主要的矿源层,而后,经后期局部流体场对矿源层的作用而最终成矿^[12]。根据上述事实,本次工作称该类金矿床为层控浅成热液改造型金矿。

这里需要指出的是,矿区内位于阿恰勒河组底部的角砾状金矿,前人对其成因有两种认识;一种意见认为其属于古风化壳残坡积型或沉积砾岩型金矿^[7-8];另一种意见认为经热液交代充填形成的复合成因角砾岩型金矿^[15],与阿希金矿具有相同的成因。我们同意后者的意见,即阿恰勒河组底部的角砾状金矿体是与阿希金矿同时形成的,是在沉积底砾岩形成的基础上,受含矿流体循环体系的影响而成矿,同属低硫浅成热液型金矿。

3 阿希型金成矿系列的成因(图2)

该型金成矿系列的主要矿源层为大哈拉军山组第二岩性段——酸性凝灰岩段^[16],其中的金元素含量平均值为 $110.600\ 0\times 10^{-9}$,超过克拉克值28倍,也超过另外4个岩性段两个数量级。这表明,在阿希型金

成矿系列形成之前,伴随大哈拉军山组火山岩的活动,吐拉苏盆地中就已经存在一个统一的流体场,其范围可能远远超出矿区的范围。其直接的效应是在大哈拉军山组火山岩系中,特别是裂隙较发育、孔隙度较高的第二岩性段——凝灰岩性段形成了金的预富集,使之成为阿希型金成矿系列主要的矿源层。阿希型金成矿系列各类型金矿正是在此基础上,由于火山期后的岩浆活动的影响,受局部流体场和断裂—裂隙体系的控制而成矿的^[12]。

3.1 低硫浅成热液型金矿的成因

大哈拉军山组火山爆发期后,岩浆房向下萎缩,在其顶部分异出的岩浆热液沿火山机构断裂系统向上运移到扩容带时发生沸腾作用,这时大部分 H_2O 和 H_2S 将进入共存气相中。当这个气相冷却并加入大气降水时,可能重新形成低盐度、富含 H_2S 的岩浆—大气混合水,这种混合水具有很高的溶解和活化金($Au(HS)_2$)的能力,继续向上部迁移最终形成浅成低温热液金矿床。低品位的含金预富集带可以被较晚的循环地下水活化和浓集。这种较晚的流体循环于富黄铁矿的围岩中,可以在冷却和上升期间保持较高的 H_2S 浓度,从而使形成储量大、品位高的浅成低温金矿床的可能性增加。同时在氧化作用下 H_2S 等形成酸对围岩的广泛淋滤作用,产生围岩蚀变。主构造可使下渗的地下水到达热源,并为成矿流体提供向上运移的通道和沉淀金的场所,形成金矿化。岩浆蒸汽爆发作用,可促使火山通道发生爆发,形成火山通道角砾岩,同时也为岩浆热液水与大气降水相混合形成含矿热液流体提供场所^[17]。

3.2 斑岩型金矿的成因

大哈拉军山组火山活动期后,岩浆房继续向下萎缩,在远离爆发中心的地区,形成一系列酸性次火山岩侵入体。高层位的斑岩侵入体,一般与矿体具有空间共生关系,可成为坚硬的容矿岩石。模拟计算表明,从深部侵入体(浅成斑岩体)演化出来的流体离开溶体将易于沸腾^[18]。大多数溶解金将与硫化物、氯化物一起进入流体。这种富金的流体由于密度大,将下降在母岩体周围重新流动,在沸腾时,进入共存气相的 H_2O 、 H_2S 冷却后与大气水相混合重新形成低盐度、富含 H_2S 的流体,从矿源区萃取的金在斑岩体四周适当的构造部位沉淀矿化,形成斑岩型金矿,并伴

① 沈远超,等.新疆金矿成矿规律及找矿方向研究(新疆305项目报告),1996.

生有碳酸盐化和Pb、Zn等贱金属矿化。从斑岩到浅成低温热液环境,存在着时间和空间的演化过程。一般与斑岩有关的伴生有碳酸盐—贱金属矿化的矿脉晚于低温热液石英硫化物矿脉的形成时间,这取决于该种系列的形成深度^[18]。很多情况下,浅成低温和斑岩环境常常叠加在一起,这也是为什么斑岩型金矿总是产在低硫浅成热液型金矿附近的原因。Sillitoe^[19]在研究巴布亚—新几内亚的波格拉(Porgera)金矿时就强调了这种现象的存在;菲律宾吕宋岛北部曼开岩地区的栗盘头高硫浅成低温热液Cu—Au矿床和远东南斑岩Cu—Au矿体之间的叠加关系,是这种现象

的最典型代表^[20]。在我国这样的实例也见有报道^[5]。

3.3 层控热液改造型金矿的成因

关于火山沉积岩中金矿床的沉淀机制,主要有两种机制:混合—冷却—硫化作用机制和沸腾—氧化—氧化作用机制^[19]。前者即岩浆热液流体或大气水、原生水深部循环流体在上升到浅部时与下渗的地表水相遇产生混合作用,高盐度、高温、还原的含矿流体受到冷的低盐度、低矿质的流体影响冷却和稀释,发生沉淀成矿。后一种机制即高温高压的含矿流体在上升到浅部时,由于遇到构造扩容带或由于流体压力大于岩石静压力发生水力压碎作用,从而使压力骤然减小,导致成矿流体的沸腾作用,产生矿质沉淀。在同一个矿区内这两种机制常常是共存的,或在不同的深度以其中一种机制为主。本区层控热液改造型金矿的金沉淀以后一种机制为主。统一的流体场形成了预富集的矿源层,随着火山活动的减弱,在火山活动的周围地带,形成一系列酸性次火山侵入岩体,来源于侵入体的岩浆热液上升到扩容带,产生沸腾作用,形成热爆角砾岩,并与下渗的大气水相混合,引起金的沉淀。成矿前的侵入角砾岩以粉碎状为特征,液化或泥化的基质可以充填扩张原已存在的裂隙,并为后期的成矿流体提供通道系统。热液的沸腾作用使大量的CO₂、H₂S等气体排出,引起矿质沉淀。被排出的CO₂、H₂S等气体冷却后与地下水相混合加入晚期的循环被带往别处,在适当的环境和氧化条件下对围岩进行了淋滤作用,产生围岩蚀变。本区层控热液改造型金矿矿石多为各种硅化角砾岩,以及少见氧化条件下的硫酸盐矿物组合,应是这一成矿机制的反映。

3.4 成因模型

阿希型金成矿系列形成的基本条件包括:(1)相同的大地构造及热事件背景。(2)统一的流体场,形成金的预富集。(3)相似的矿质来源。(4)成矿体系下部存在一个侵入体为流体循环提供热源。侵入体与成矿部位可以相通(斑岩型、层控热液改造型金矿化Ⅳ区),也可以不直接相通(低硫浅成热液型金矿和层控浅成热液改造型金矿化Ⅲ区)(图1)。(5)有大量的成矿流体和成矿物质来源。(6)存在有利于流体循环的脆性断裂带。

结论 大哈拉军山组火山活动形成统一的区域流体场,产生金的预富集,形成统一的金矿源层。随着火山活动的减弱,岩浆房向下萎缩,在其上部

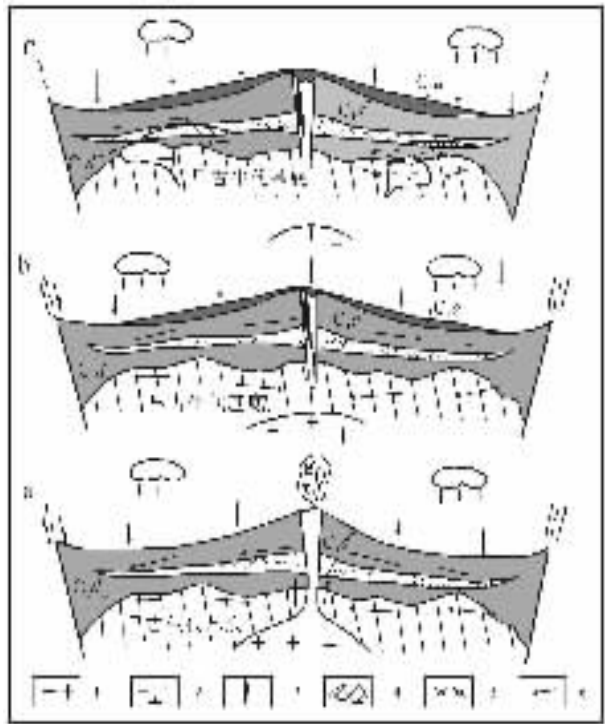


图2 阿希型金成矿系列成因模型

Fig. 2 Genetic model of the Axi type gold minerogenetic series

- C_{1a}—早石炭世阿恰勒河组 C_{1d}—早石炭世大哈拉军山组;
C_{1d}²—早石炭世大哈拉军山组第二岩性段; 1—岩浆房;
2—酸性斑岩体 3—低硫浅成热液型金矿体 4—层控浅成热液改造型金矿体 5—斑岩型金矿体 6—流体方向
a. 早石炭世:盆地断陷,火山爆发,统一流体场形成,在大哈拉军山组第二岩性段中产金的预富集,形成矿源层
b. 早石炭世—中石炭世:统一流体场随岩浆房向下萎缩规模减小,热液沿火山机构断裂向上运动,在火山管道壁断裂中形成低硫浅成热液型金矿
c. 中石炭世—晚石炭世:岩浆房继续向下萎缩,统一流体场消失,酸性次火山岩体侵入导致局部流体场形成斑岩型金矿和层控热液改造型金矿

形成成矿热液流体场,在阿希火山机构边缘断裂部位形成低硫浅成热液型金矿,时代为340~300 Ma之间^[15]。之后,岩浆房进一步向下萎缩和演化分异,形成一系列酸性次火山侵入体,次火山侵入体上部形成局部的流体场,在侵入体内及其围岩的断裂—裂隙系统中形成斑岩型金矿,在第二岩性段空隙度、裂隙度较高的部位形成层控浅成热液改造型金矿,时代大约为中晚石炭世^[7~15]。因此,上述3种类型的金矿是与晚古生代火山岩—次火山岩系有关的浅成低温热液型金矿,具有相同的大地构造背景,统一且稳定的矿质来源,在成因和时空演化等诸方面有着密切的联系,构成了该地区与火山岩有关的金成矿系列——阿希型金成矿系列。

本文在写作过程中得到了杨巍然教授,翟裕生院士的热情指导,在此深表感谢!

参考文献:

- [1] 孙培基,韦永福.当代中国金矿地质[M].北京:地震出版社,1996.
- [2] 王学潮,何国琦,李茂松,等.浅论反天山构造带[J].新疆地质,1996,14(3):193~203.
- [3] 田培仁.非天山方向构造与区域控矿讨论[J].地质与勘探,1993,37(9):29~32.
- [4] 林宝钦.中国东部冰长石—绢云母型低温浅成热液金矿[J].贵金属地质,1992,(4):199~206.
- [5] 应汉龙.浅成低温热液金矿床的全球背景[J].贵金属地质,1999,8(4):241~250.
- [6] Berger B R, Henley R W. Advances in the understanding of epithermal gold-silver deposits, with special reference to the Western United State[J]. Econ. Geol., 1998, Monograph 6, 405~423.
- [7] 母瑞身,田昌烈,杨芳林,等.新疆阿希地区金矿概论[J].贵金属地质,1996,5(1):6~21.
- [8] 刘洪林,董连慧.阿希金矿地质特征及成因初探[J].新疆地质,1992,10(2):110~119.
- [9] 李颖,刘连登,胡春生.斑岩型金矿的概念及相关问题的讨论[J].世界地质,1999,18(1):16~20.
- [10] 母瑞身,田昌烈,黄明扬,等.西天山金、铜矿地质特征[J].贵金属地质,1998,7(1):1~18.
- [11] 李兆群,等.火山岩、火山作用及有关矿床[M].北京:地质出版社,1993.
- [12] 姜晓玮,王永江,程博.西天山阿希型金成矿系列的成矿流体特征[J].地学前缘,2001,8(4):277~280.
- [13] 漆树基,张桂林.伊宁吐拉苏地区硅化岩金矿特征及成因[J].新疆地质,2000,18(1):42~50.
- [14] 翟伟,杨荣勇,漆树基.新疆伊宁县伊尔曼德热泉型金矿床地质特征及成因[J].矿床地质,1999,18(1):47~54.
- [15] 李华芹,谢才富,常海亮,等.新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学[M].北京:地质出版社,1998.100~126.
- [16] 漆树基,李长河.新疆阿希地区大哈拉军山组火山岩金元素地球化学特征及其成矿关系[J].新疆地质,1994,12(2):139~145.
- [17] Sillitoe R H, and Bonham H F Jr. Sediment-hosted gold deposits: Distal products of magmatic-hydrothermal systems[J]. Geology, 1990, 18: 157~161.
- [18] Gammons G H, Whillams-Jones A E. Chemical mobility of gold in the porphyry-epithermal environment[J]. Econ. Geol., 1997, 92: 45~59.
- [19] Hofstra A.H. 通过流体混合和硫化作用形成的赋存于沉积岩中的浸染状金矿床的成因——矿石沉淀作用的化学反应途径模型实验在内华达州杰里特峡谷区得到证实[J].地质科技动态,1991.(21~22):8~16.

Characteristics and genesis of the minerogenetic series of the Axi type gold deposits in the West Tianshan

JIANG Xiao-wei¹, WANG Yong-jiang²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center of China Land and Resources, Beijing 100083; China)

Abstract Several types of volcanics-related gold deposits are found in the Tulasu basin of the West Tianshan. According to their mineralization features, ore-controlling factors and geological environment, three basic types may be distinguished: low-sulfur epithermal type, porphyry type and stratabound epithermally modified type. They are an association of gold deposits formed in the same tectonic setting and in a unifying hydrothermal fluid field, i.e. the Axi type gold minerogenetic series. Secondary fluid fields and specific tectonic environments determined the certain regularities: the low-sulfur epithermal type formed in the Early Carboniferous and occurs in marginal faults of volcanic edifices; the porphyry and stratabound epithermally modified types formed in the Middle-Late Carboniferous and occur respectively in the fracture systems inside acid porphyries and their margins and in the Second Member of the Dahalajun Formation.

Key words: West Tianshan; Tulasu basin; Axi type gold minerogenetic series; low-sulfur epithermal gold deposit; porphyry gold deposit; stratabound epithermally modified gold deposit