

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.02.011

新疆伊宁县塔吾尔别克金矿区资源潜力分析及找矿靶区预测

王战华, 祁丙年, 刘秀德

(中国冶金地质总局新疆地质勘查院, 乌鲁木齐 830063)

摘要: 新疆塔吾尔别克金矿床位于西天山吐拉苏金-多金属矿集区, 北距阿希金矿仅 2.5 km; 金矿产于下石炭统大哈拉军山组上部的安山质熔岩和火山碎屑岩中, 金矿化分别产于 5 条构造蚀变带内, 宏观上受 NW 向构造破碎带的控制, 同时还受到爆破角砾岩、隐爆角砾岩和次火山岩相斑岩体的联合制约; 在金矿形成过程中, 与早石炭世火山活动有关的地层、构造(火山机构和断裂构造)、次火山相斑岩和围岩蚀变对成矿具有程度不同的控制作用。文章认为, 在进一步的找矿工作中, 需要从找矿的广度和深度两方面拓展找矿范围, 总结多类型(浅成低温热液型、斑岩型和角砾岩型)金矿床的复合成矿规律, 探索矿体深部由金向铜(多金属)的矿化分带规律, 深入挖掘矿床的成矿潜力; 根据矿区成矿潜力的分析结果, 预测了 7 处可供进一步找矿的勘查靶区。

关键词: 塔吾尔别克金矿; 控矿因素; 资源潜力; 找矿靶区; 新疆

中图分类号: P612; P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

塔吾尔别克金矿床位于新疆西天山吐拉苏金-多金属矿集区的中部, 北与阿希金矿相毗邻。20 世纪 90 年代以来, 中国冶金地质总局新疆地质勘查院对塔吾尔别克金矿进行了普查和勘探工作^{①-③}, 地质院校和科研单位也相继开展了金矿床的地质研究工作^[1-11]。由于以往的勘查工作主要是针对矿区浅表范围的氧化金矿开展的, 经过多年的开发利用, 塔吾尔别克金矿目前的资源保有量严重不足, 矿山的接替资源已成为急待解决的问题。本文在综合梳理已有地质勘查和研究成果基础上, 阐述了矿集区成矿地质背景和塔吾尔别克金矿控矿因素, 分析了矿床的金矿资源潜力, 预测了进一步矿产勘查的靶区。

1 成矿地质背景

塔吾尔别克金矿所在区域位于博罗科努早古生

代岛弧带西段的吐拉苏晚古生代上叠式火山盆地中部, 岛弧带的北部以科古尔琴山南坡断裂与赛里木地块相邻, 其南部与伊犁晚古生代裂谷带以伊犁盆地北缘断裂相隔^[12]。吐拉苏火山盆地是在新元古代基底和早古生代褶皱带的基础上发展起来的以拉伸活动为主要特征的早石炭世火山盆地, 并形成了吐拉苏金-多金属矿集区(图 1)。

1.1 地层

吐拉苏火山岩盆地南北宽超过 20 km, 东西长大于 50 km。盆地中主要发育下石炭统大哈拉军山组(C_1d)火山岩系, 局部产出下石炭统阿恰勒河组(C_1a)碎屑沉积岩, 二者呈不整合接触关系。吐拉苏盆地的大哈拉军山组自下而上大致分为 2 个亚组 5 个岩性段。下亚组包括: ①灰色砾岩段; ②中酸性火山碎屑岩段; ③安山岩(下安山岩)段。上亚组包括: ④安山质火山碎屑岩段; ⑤安山岩夹玄武岩(上安山岩)段。由于大哈拉军山组火山岩主要形成于陆相-海陆交互环境^[13-15], 同时代火山机构相和次火山岩相与喷发(喷溢)相火山岩混杂于同一空间, 区域

收稿日期: 2018-01-08; 改回日期: 2018-04-10; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 王战华(1965—), 男, 高级工程师, 从事区域地质调查和金属矿产研究。通信地址: 新疆乌鲁木齐市南湖南路 66 号水清木华

A0 座 12 层, 中国冶金地质总局新疆地质勘查院; 邮政编码: 830063; E-mail: 359483239@qq.com

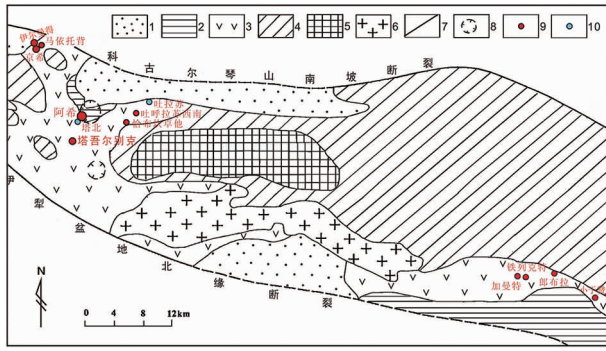


图1 吐拉苏—也里莫墩火山岩带地质构造图

(据董连慧^[12],修改)

Fig. 1 Geological and structural map of Tulasu-Yelimodun volcanic rock belt

1. 新生代拗陷; 2. 下石炭统阿恰勒河组;
3. 下石炭统大哈拉军山组; 4. 早古生代褶皱带;
5. 中元古代变质基底; 6. 二长花岗岩;
7. 断裂; 8. 火山机构; 9. 金矿床; 10. 铅锌矿床

不同地段火山岩系岩相的急剧变化,造成区域地层对比上的复杂性。大哈拉军山组火山岩是阿希金—多金属矿集区的主要赋矿岩系。

在吐拉苏盆地两侧,发育有中元古界—下古生界,主要的地层单元有:中元古界蓟县系库松木切克群(JxKs)大理岩、变质砂岩;下古生界中奥陶统奈楞格勒达坂组(O₂n)海相灰岩,夹硅质岩、泥灰岩、泥质粉砂岩;上奥陶统呼独克达坂组(O₃h)厚层灰岩,夹钙质粉砂岩;下志留统尼勒克河组(S₁n)灰岩、大理岩,夹少量凝灰质粉砂岩;上泥盆统托斯库尔他乌组(D₃ts)海陆交互相泥质粉砂岩夹石英安山岩。在靠近科古尔琴山南坡断裂和伊犁盆地北缘断裂的新生代拗陷中沉积了新近系和第四系。

1.2 岩浆岩

区域的岩浆活动非常发育,时代以泥盆纪—石炭纪为主,中酸性的侵入岩体、火山熔岩及火山碎屑岩广泛出露^[16]。侵入岩主要有二长花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩、二长闪长岩、花岗岩和花岗闪长斑岩等,呈复合的岩基、岩株及岩枝状构成 NW 向花岗岩带,与区域构造线方向相一致;在阿希—塔吾尔别克金矿田中侵入岩多以火山管道相、次火山岩相、岩脉状等形式产出,岩性以中酸性为主,与大哈拉军山组火山岩具有同时、同空间的特点。喷出岩以吐拉苏盆地中的下石炭统大哈拉军山组中的火山岩系为代表,为中性—中酸性火山熔岩和火山碎屑岩构成,火山熔岩以安山岩为主,有少量的玄武安山岩、玄武岩、英安岩及流纹岩;火山碎屑岩包括安山

质—流纹质火山集块岩、火山角砾岩或熔结凝灰岩等。区内的阿希金矿、塔吾尔别克金矿和塔北铅锌矿与大哈拉军山组火山岩、次火山相—火山管道相侵入岩具有成因联系。

1.3 构造

吐拉苏金—多金属矿集区位于博罗科努早古生代岛弧带的西段,区域的主体构造线为 NW 向。吐拉苏石炭纪火山岩盆地是叠覆于元古宙变质基底和早古生代岛弧带之上的晚古生代上叠式盆地,该盆地的基底显示双层结构的特点,变质基底和早古生代岛弧带的主体构造线呈 NW 向,而石炭纪火山岩盆地的延展趋势既受到基底构造的控制,同时表现出地壳拉伸的特点,火山—岩浆活动明显受 NW-NNW 向和 NE-NNE 向断裂的控制。在阿希金—多金属矿田中,在基底岩系 NW 向复式褶皱的基础上,叠加了早石炭世轴向为 NNE 向的宽缓型向斜(形)构造(图 2),矿田中的控矿构造主要为 NW 向(阿希、塔吾尔别克)和 NE-NNE 向(恰布坎卓他、塔北等)断裂,在塔吾尔别克金矿区, NW 向断

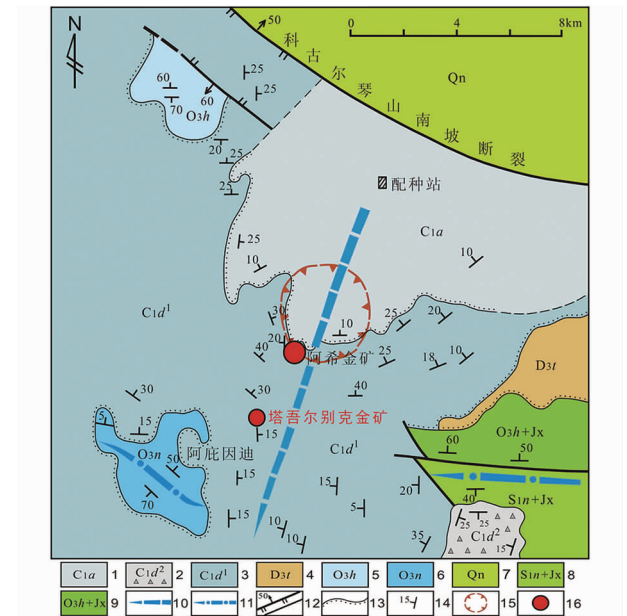


图2 塔吾尔别克金矿区域地质构造略图

(据王长青等^③,修编)

Fig. 2 Structural sketch of Tarwuerbieke gold deposit

1. 下石炭统阿恰勒河组; 2. 下石炭统大哈拉军山组;
3. 上泥盆统托斯库尔他乌组; 4. 上奥陶统呼独克达坂组;
5. 中奥陶统奈楞格勒达坂组; 6. 青白口系开尔塔斯群;
7. 下志留统泥勒克河组+蓟县系库松木切克群;
8. 上奥陶统呼独克达坂组+蓟县系库松木切克群;
9. 石炭纪向斜轴; 10. 基底背斜轴; 11. 逆断层; 12. 断裂;
13. 角度不整合; 14. 地层产状; 15. 火山机构; 16. 金矿床

裂还对次火山岩体及角砾岩筒具有明显的控制作用(图3)。

2 矿区地质特征

塔吾尔别克金矿位于吐拉苏火山岩盆地的中部,矿区中心距阿希金矿约 2.5 km。地貌上呈中心凸起的不规则圆丘状,四周环形及放射状水系发育。矿区东西长约 5.5 km,南北宽约 4.2 km,面积 23.1 km²。

2.1 矿区地层

矿区出露的地层为下石炭统大哈拉军山组上亚组(C_1d^b)和第四系(Q)。下石炭统大哈拉军山组上亚组出露广泛,地层为中性火山碎屑岩-熔岩组合。矿区范围内由南西向北东、自下而上可划分为 2 个岩性段,大致可与区域上大哈拉军山组的第四岩性段和第五岩性段相对比。

(1)大哈拉军山组上亚组第一岩性段(C_1d^{b-1}):主要分布于矿区西南部的西塔-阿庇因迪一带,为安山岩夹火山碎屑岩段,主要岩性有安山岩、火山角砾岩、凝灰岩、角砾凝灰岩等。西塔矿段的金矿体即赋存于第一岩性段上部的安山质火山角砾岩中。

(2)大哈拉军山组上亚组第二岩性段(C_1d^{b-2}):

主要分布于西塔-阿庇因迪矿段以东的大部地段,该段岩性为安山岩夹火山碎屑岩组合,主要有安山岩、安山质火山角砾岩、凝灰岩等。中塔、东塔矿段的金矿体就赋存于该岩性段中下部的安山岩中;南塔矿段的矿体赋存于该岩性段中部的隐爆角砾岩中。

区内大哈拉军山组岩层的倾向主要为 NE 向,倾角为 25°~30°。

2.2 矿区构造

矿区位于 NWW 向早古生代复背斜的北翼;晚古生代早石炭世形成的 NNE 向宽缓向斜(形)构造叠加于早古生代复背斜之上,矿区处在向斜(形)近轴部的偏西一侧,岩层呈单斜产出,地层倾向 30°~45°,倾角 15°~40°。矿区断裂构造发育,不同方向的断裂构成了矿区的构造格架。按其方向有 NW 向、近 SN 向、NE 向和近 EW 向 4 组断裂,其中以 NW 向及 NE 向断裂为主。NW 向断裂不仅控制着矿区次火山岩体和角砾岩筒的产出,而且也对金矿成矿具有明显的控制作用,并在成矿期具有多次活动的特点,具有重要控岩、控矿意义;NE 向断裂在成矿后仍有活动,有将金矿体截切错动的现象。

2.3 矿区火山岩及火山构造

区内早石炭世火山岩发育,以陆相火山活动

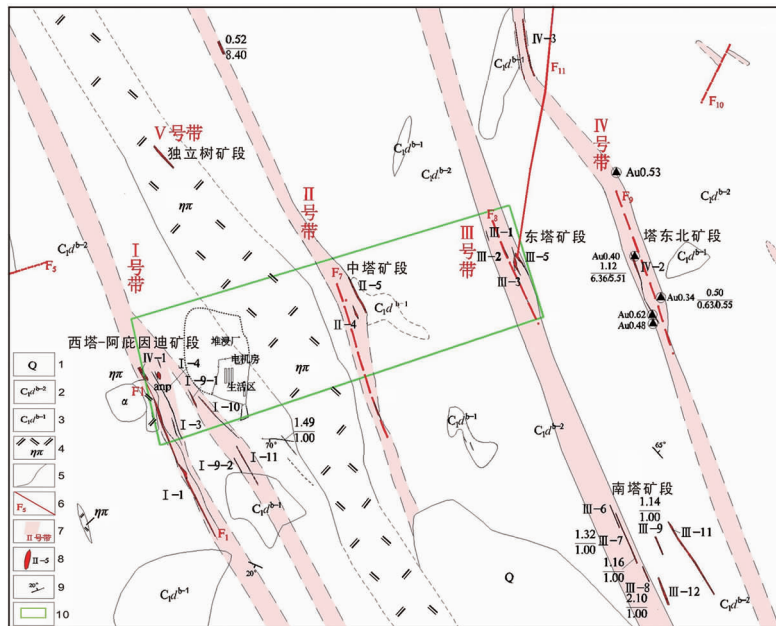


图3 新疆塔吾尔别克金矿地质图

Fig.3 Geological map of Tarwuerbieke gold deposit in Xinjiang

1. 第四系; 2. 下石炭统大哈拉军山组上亚组第二岩段;
3. 下石炭统大哈拉军山组上亚组第一岩段; 4. 二长斑岩; 5. 地质界线; 6. 断裂及编号;
7. 矿化蚀变带及编号; 8. 金矿体及编号; 9. 岩层产状; 10. 采矿权区范围

为主要特征^[15]。火山岩岩石类型上可分为火山熔岩、火山碎屑岩、隐爆角砾岩和次火山岩等4大类,火山熔岩和火山角砾岩属于喷溢相岩石,而隐爆角砾岩和次火山岩则属于火山机构相或超浅成侵入相岩石。

矿区及周边地区早石炭世火山活动以中心式喷发为主,塔吾尔别克金矿区产于阿希金矿的外围,据前人研究^[17],阿希金矿处在一个大型火山机构的控制范围内,塔吾尔别克矿区则处于这个火山机构的外缘地带。矿区内已经发现了一些与火山活动有关的隐爆角砾岩和爆破角砾岩筒^①^[11],在中塔、东塔和南塔等矿段,角砾岩筒中充填有中酸性或中基性(次)火山岩,并且发生热液蚀变和金矿化现象,在西塔—阿庇因迪矿段,超浅成侵入的二长斑岩也具有明显的蚀变矿化,说明火山构造和次火山岩与金矿成矿具有成因联系。

2.4 矿区侵入岩

矿区侵入岩主要为二长斑岩,局部地段见有辉绿玢岩及闪长岩。

二长斑岩主要分布在矿区中部和西塔一带,呈宽度不等的岩脉状或透镜状,岩体长轴方向为NW向,矿区中部的二长斑岩长大于600 m,宽度超过100 m岩脉的南、北两端均被第四系掩盖;西塔一带的二长斑岩长250 m,宽约10 m。岩石呈肉红色、浅灰色,斑状—似斑状结构,块状构造;斑晶为钾长石、斜长石和少量石英,基质呈细粒结构或微晶结构,矿物成分为钾长石、斜长石和少量黑云母。岩石多已蚀变,以硅化、绢云母化、高岭土化和绿泥石化为主;二长斑岩中金的含量较高($w(\text{Au})=0.5\times 10^{-6}\sim 0.96\times 10^{-6}$),西塔一带二长斑岩中的金品位中达 3.0×10^{-6} 。

辉绿玢岩及闪长岩脉仅在中塔矿段附近出露,岩脉宽十几米,两端皆被第四系覆盖。

3 金矿体地质特征

经过多年的地质勘查工作,塔吾尔别克金矿区的蚀变矿化宏观上受NW向断裂控制,基本划分出5条断裂蚀变矿化带,即:I号蚀变矿化带(西塔—阿庇因迪矿段);II号蚀变矿化带(中塔矿段);III号蚀变矿化带(东塔矿段和南塔矿段);IV号蚀变矿化带(塔东北矿段);V号蚀变矿化带(独立树矿段)。另外还有部分蚀变矿化带因规模较小、矿化较弱尚

未编号(图3)。矿区目前共圈定矿(化)体35个,大部分都产于5条矿化蚀变带中。

3.1 矿体特征

(1) I号蚀变矿化带(西塔—阿庇因迪矿段):位于矿区西部,受 F_1 断裂及下盘的平行次级断裂控制。蚀变带地表出露长度约1 100 m,宽60~150 m,走向 $310^\circ\sim 320^\circ$,倾向SW,倾角 $65^\circ\sim 70^\circ$ 。带内的主要蚀变类型为硅化、黄铁矿化;主要赋矿岩石为蚀变的安山质火山碎屑岩、凝灰岩、安山岩及二长斑岩。蚀变矿化带中共圈定12个金矿体。

(2) II号蚀变矿化带(中塔矿段):位于矿区的中部,北段沿陡峭的山崖出露。产于矿区主要二长斑岩体的东侧,受 F_2 断裂控制。地表出露长度2 500 m,宽50~100 m,走向 340° ,倾向NE,倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$ 。共圈定5个金矿体。在矿化带的北端也发现金矿化,地表控制宽8.40 m,平均金品位 1.52×10^{-6} ,矿化带的南段被第四系覆盖。

(3) III号蚀变矿化带(东塔矿段和南塔矿段):位于矿区的东部,受 F_3 断裂控制。矿化带在地表断续出露,长度2 300 m,宽50~200 m,矿化带走向 $330^\circ\sim 340^\circ$,倾向NE,倾角 $70^\circ\sim 80^\circ$ 。蚀变以硅化、黄铁矿化、高岭土化为主。共圈定15个金矿体,矿体产于压扭性和张性断裂带中,并有含金石英脉沿压扭性断裂产出,围岩主要为硅化、黄铁矿化的安山岩。

(4) IV号蚀变矿化带(塔东北矿段):位于III号蚀变矿化带东部的塔东北一带,受 F_4 断裂控制,北端似与阿希金矿的南矿段相接。矿化带在地表多被第四系覆盖,只在沟谷、山脊处有断续的出露,断续长度1 800 m,宽50~80 m,矿化带走向 $330^\circ\sim 340^\circ$,倾向NE,倾角 70° 。蚀变以硅化、黄铁矿化为主,有2个金矿体产于该蚀变带中。

(5) V号蚀变矿化带(独立树矿段):矿(化)体赋存于 F_5 断裂带中,地表槽探控制长度可达500 m,带宽50~70 m,走向 315° ,倾向SW,倾角 $40^\circ\sim 65^\circ$,在石英脉及破碎的硅化褐铁矿化晶屑凝灰岩中赋存有1个金矿体。

3.2 矿石特征

矿区矿石矿物成分较简单。金属矿物主要有自然金、黄铁矿、褐铁矿,还有少量的黄铜矿、钛铁矿、磁铁矿、斑铜矿、黝铜矿、毒砂及方铅矿等。

矿石的自然类型分为2类:构造角砾岩型金矿石和含金蚀变型金矿石。

(1)构造角砾岩型金矿石:主要分布在断裂带的上、下盘,构造角砾保留着原岩的基本特征,基质粒

度细小,多为细粒或微晶,分布于破裂带内。一些构造角砾岩(常常有金矿化叠加)被后期热液物质胶结,在构造带风化破碎过程中,构造角砾岩中的金质被氧化分解并产生一定的迁移,在风化带下部形成金的局部富集。

(2)含金蚀变岩型金矿石:是矿区的主要金矿化类型,黄铁矿化、绢云母化、泥化蚀变较强。赋矿岩石主要有火山角砾岩、安山质凝灰岩,岩石破碎,裂隙发育,裂隙中充填有石英细脉及金属硫化物。

金矿石中黄铁矿的平均含量为 0.025%,硫含量为 0.45%,矿石的工业类型为贫硫型含金矿石。

3.3 围岩蚀变

矿区中的围岩蚀变按形成的特点分为 2 大类,一是与火山岩喷发堆积时出现的自变质作用,表现为呈面积性分布的绿泥石化、碳酸盐化等,这类蚀变与金矿化关系不大;二是与火山岩形成后的热液成矿期出现的近矿围岩蚀变作用,表现为呈线性(带状)分布、沿断裂产出的黄铁绢英岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化,蚀变空间与金矿化密切相伴,蚀变越强,金矿化越为富集,硅化往往也是与金矿体出现的部位。

成矿期的围岩蚀变主要受控于 NW 向展布的断裂破碎带,其蚀变类型和强度,均以矿(化)体为中心向两侧呈现有规律的对称分带现象。由内向外依次为硅化带、黄铁绢英岩化带、绿泥石化带,蚀变强度由强逐渐变弱,在剖面上具有上盘宽下盘窄、上部宽下部出现分支的变化特点。

4 金矿控矿因素

根据研究,关于塔吾尔别克金矿的成因,有浅成低温热液型和斑岩型两种主要的观点。在金矿形成过程中,与早石炭世火山活动有关的地层、构造、岩浆岩和围岩蚀变对成矿具有程度不同的控制作用。

4.1 地层(岩性)的控矿作用

塔吾尔别克金矿的矿体围岩均为下石炭统大哈拉军山组火山岩,采自东塔矿段大哈拉军山组安山岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $347.2 \text{ Ma} \pm 1.6 \text{ Ma}^{[3]}$,西塔矿段同组安山岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $361 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}^{[4]}$,显示火山岩的形成时代为晚泥盆世—早石炭世。矿区的金矿体并非产在特定的层位中,赋矿围岩的岩性既有安山岩,也有安山质火山角砾岩或凝灰岩,对具体的层位或岩石

类型没有选择性。吐拉苏盆地中的阿希、京希—伊尔曼得等金矿的围岩也均为大哈拉军山组火山岩,但赋矿的具体层位和岩性各不相同,这一特点表明,作为一个地层单元的下石炭统大哈拉军山组火山岩系对区域成矿具有控制作用,而该组中的具体层位和岩石类型不具有控矿性。

杨金中^[13]对 250 件样品的测试数据统计表明,大哈拉军山组火山岩的金丰度平均值为 $w(\text{Au}) = 1.7 \times 10^{-9}$;张耀选^[18]对 317 件样品的统计显示,区域大哈拉军山组的金丰度值为 $w(\text{Au}) = 2.27 \times 10^{-9}$ 。这些数据说明大哈拉军山组火山岩系的金丰度并未显示富集的特点。据此认为,在区域金成矿的过程中,大哈拉军山组火山岩有可能为金的来源之一,但不构成“矿源层”的条件。大哈拉军山组火山岩系之所以对金矿具有控制作用,主要在于火山岩系提供了大量岩浆热与流体,有力地促进了水/岩交换;另外强烈的火山活动造成了地壳的不稳定,出现一系列联通地壳深部的通道,使深部含矿气液快速地向浅部运移,并在近地表部位聚集成矿。

4.2 构造的控矿作用

遥感地质研究显示,塔吾尔别克金矿宏观上处于阿希环形构造的西南部外围,矿区构造属于阿希环形构造系统的一部分,都是早石炭统火山活动的产物。区内的构造分为两大类,一是与火山喷发相关的火山机构,二是与火山活动有关的断裂构造,二者之间具有紧密的联系,有的断裂呈现出控制火山构造的迹象,有些断裂则显示出早期裂隙式火山喷发的特点,这两类构造共同控制了区内金矿的产出空间。

4.2.1 火山机构的控矿作用

由于长期的地质侵蚀作用,早石炭世火山活动时的火山口构造基本已被剥蚀,目前矿区地表可以见及的只有原火山机构中下部的角砾岩筒构造、火山颈或喷发管道根部的充填物(次火山岩),以及当时浅表部位因气液沸腾爆炸形成的隐爆角砾岩体。

①爆破角砾岩:在中塔矿段以北见有爆破角砾岩筒,岩筒的直径大约 200 m;在角砾岩筒附近有许多岩墙状爆破火山角砾,这种爆破角砾岩在中塔矿段的南部也有见及,应属火山活动期间沿裂隙贯入的角砾岩体;爆破角砾岩已经发生蚀变,蚀变类型为硅化、黄铁矿化、葡萄石化和碳酸盐化,地表黄铁矿氧化成褐铁矿,蚀变角砾岩金含量多为 $w(\text{Au}) = 0.3 \times 10^{-6}$;

②隐爆角砾岩:主要分布在南塔矿段、中塔矿段和东塔矿段,角砾岩体周围的断裂、裂隙呈放射

状、环状分布;隐爆角砾岩中及周边岩石中均发育强烈的硅化、黄铁矿化、葡萄石化和碳酸盐化蚀变,地表的黄铁矿已经氧化成褐铁矿;角砾岩中全岩矿化,尤其在与断裂叠加复合的部位金品位明显增高,地表样品中 $w(\text{Au}) > 10 \times 10^{-6}$ 者,一般金品位为 $0.2 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 。

4.2.2 断裂构造的控矿作用

研究表明,塔吾尔别克金矿区的金矿化均产于 NW 向构造破碎蚀变带中,数条 NW 向断裂破碎带大致平行展布,局部具波状弯曲。西部(西塔—阿底因迪矿段和独立树矿段)的 NW 向断裂倾向 SW,倾角相对较缓($60^\circ \sim 70^\circ$);而东部(中塔、东塔、南塔和东北塔矿段)的 NW 向断裂带呈 NE 倾向,倾角相对较陡($70^\circ \sim 80^\circ$)。形成于早石炭世火山活动晚期,大部分断裂都具有压扭性和张(扭)性复杂的多阶段活动历史。NW 向断裂还控制着二长斑岩的产出空间,矿区的二长斑岩多数呈 NW 向延展,体现出 NW 向断裂的控岩特点;NW 向断裂还对一些隐爆角砾岩体和爆破角砾岩筒构造具有控制作用。矿区的金矿体受到 NW 向断裂不同序次的结构面、裂隙带或沿充填其中的石英脉、碳酸盐脉的控制。区内还有部分 NE 向、NNE 向的断裂构造,虽然这些断裂具有切错 NW 向断裂和金矿体的特点,但其活动历史及控矿性尚需深入研究。

4.3 侵入岩(次火山岩)的控矿作用

矿区二长斑岩对金矿的形成具有一定的作用。矿区中部的二长斑岩长轴呈 NW 向,在二长斑岩处接触带的 NE 侧出现大致平行延伸的 II 号蚀变矿化带,在其南西侧则出现 I 号蚀变矿化带,在二长斑岩北段凝灰岩的断裂中有独立树矿化蚀变带,二长斑岩本身也程度不同地出现硅化、绢云母化等蚀变现象,在岩体裂隙发育部位还有较弱的金矿化现象,从而表现出二长斑岩对矿区中西部金成矿的控制作用。在 I 号蚀变矿化带的西塔区段,见有脉状二长斑岩产生破碎,并出现全岩蚀变矿化,形成二长斑岩型金矿石。在西塔南部的安山岩中发现二长斑岩、闪长岩包体,包体有绢云母化、碳酸盐化和黄铁矿化蚀变,并含有自然金^[6]。矿区中西部出现的这些与次火山岩(二长斑岩)相关的蚀变矿化现象都显示出斑岩型金矿的成矿特点,说明次火山岩对矿区成矿具有重要的控制作用。

4.4 热液蚀变的控矿作用

在塔吾尔别克金矿区,岩浆热液期围岩蚀变非常发育,主要蚀变类型有硅化、黄铁绢英岩化、绢云

母化、绿泥石化、碳酸盐化,局部还见有高岭土化和钾化等。热液蚀变主要沿着断裂破碎带呈带状(线性)分布,区内共有 5 条较具规模的蚀变带,呈 NW 向展布,金矿体(化)都受这几条蚀变带的控制。热液蚀变具有明显的分带现象,一般以硅化为中心,向两侧依次出现绢英岩化(绢云母化)、绿泥石化,蚀变的类型基本上对称出现,但蚀变的宽度不尽相同。金矿化通常都处在蚀变较强的部位,亦即在硅化带中。

5 金矿成矿潜力分析

塔吾尔别克金矿床经过 20 余年的勘查与开发,目前地表金矿资源(主要是氧化矿)已近枯竭,接替资源的找寻成为急需解决的问题。综合分析前人的勘查资料和研究文献认为,该矿床的勘查工作仍有许多未曾涉及的地段,对于一些矿床地质问题的认知有待进一步深化,找矿的深度与广度仍需进一步开拓,这对深入挖掘矿床的成矿潜力极为重要。

5.1 从找矿广度和深度上拓展找矿范围

塔吾尔别克金矿区从 20 世纪 90 年代发现以来勘查工作主要围绕着地表氧化带金矿的评价工作开展,在矿区的地质调查范围和勘查深度上均受到一定的限制,因此今后要从找矿的广度和深度两个维度上拓展找矿范围,扩大金矿资源潜力。

(1)塔吾尔别克金矿区的地表高程大约为 1 900 m,目前西塔—阿底因迪矿段金矿体的控制底界高程大约为 1 700 m,勘查深度仅为 200 m 左右,其他矿段的勘查深度更浅,多为 100 m 左右;而矿区以北的阿希金矿 24 线地表矿体出露高程约为 1 600 m,目前控制的矿体底界高程为 1 100 m;塔北铅锌矿的矿体赋存高程为 1 440~1 300 m。也就是说,阿希金矿的地表高程比塔吾尔别克矿区要低近 300 m。对阿希金矿原生晕的研究表明,元素组合总体上呈现“矿头晕”和“矿中晕”的特点,尚未见到“矿尾晕”,深部矿体还有继续延伸的潜力。塔吾尔别克矿区与阿希金矿的成矿特点相似,矿床的矿物组合和成矿温度均显示出中-低温的特点,深部存在更大的找矿空间,原生金矿的找矿潜力极为可观。

(2)塔吾尔别克矿区已划分出 5 个 NW 向蚀变矿化带,在以往的勘查工作中,矿体评价工作主要是在局部地段进行,这些蚀变带的大部分地段还未进行系统的揭露和控制,若干局部成矿地段之间多呈

空白区。同时,对于已经发现的金矿体沿走向的变化特点还有待进一步的查证与研究。

5.2 总结多类型金矿床的复合成矿规律

塔吾尔别克金矿位于阿希金矿南侧 2.5~3.0 km 的范围内,是阿希金矿田的南延部分,与阿希金矿属于同一个成矿系统。地质研究表明,目前矿区划定的 5 条蚀变矿化带,宏观上受 NW 向构造破碎控制,同时亦显示出火山隐爆角砾岩体、爆破角砾岩筒和次火山岩侵入体复合控矿的特点。从阿希金矿向南到塔吾尔别克金矿,各矿床(段)的主控因素有依次变化的趋势:由环形构造+古火山管道相角砾岩筒控矿(阿希)→断裂+小型角砾岩筒+隐爆角砾岩控矿(东塔、南塔、中塔)→断裂+次火山岩相(火山根部相)斑岩体控矿(西塔—阿庇因迪、独立树)。

(1)斑岩型金矿。矿区中部和西塔一带有二长斑岩侵入体,岩体中岩石普遍发生蚀变,并出现金矿化,局部形成金矿体,有研究者认为在矿区西部(西塔—阿庇因迪矿段)存在斑岩型金矿成矿的可能性。在西塔一带的安山岩中见到二长斑岩和细晶闪长岩的岩块呈包体状产于安山岩中,二者的边界线清晰,包裹岩块的安山岩还可见到“冷凝边”现象^[6];值得注意的是,不管是安山岩,还是二长斑岩或细晶闪长岩,均程度不同地发生绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化等蚀变矿化,并在黄铁矿中发现有自然金产出。研究表明,二长斑岩和安山岩等的同位素年龄值相似,具有相似的岩石地球化学特征,形成相同的构造环境中,表明它们是同源、同时、异相的产物,安山岩在向地壳浅部运移的过程中携裹着一些围岩(推测是火山机构下部)的岩块喷溢到地表,并在稍后发生热液蚀变和矿化。从上述线索可以推测:①从目前的勘查效果看,矿区西部的西塔—阿庇因迪矿段是二长斑岩体最为发育的地段,也是金矿成矿最佳地段,表明二长斑岩等次火山岩对金矿成矿的控制作用确实很明显;②矿区深部(推测为火山构造的下部)确有二长斑岩、细晶闪长岩等岩体存在;③安山岩和这些岩块都发生了蚀变与金矿化,这些岩块中的矿化蚀变与矿区的蚀变成矿应为同一过程,目前尚无充分证据说明是不同成矿期(阶段)蚀变矿化的产物。

(2)角砾岩型金矿。在塔吾尔别克矿区的东部,如中塔、东塔和南塔等矿段,都能见到爆破角砾岩或隐爆角砾岩,这些角砾岩体主要受 NW 向断裂破碎带的控制,它们与喷发地表形成的火山角砾岩尽管外貌非常近似而不易区分,但二者具有不同的成因

和产状特征,它们主要产于火山机构或火山通道中,或者产于近地表气液因骤然减压沸腾爆炸形成的隐爆角砾岩体中。矿区东部的金矿化富集区段大多可以见到隐爆角砾岩或爆破角砾岩筒,二者在空间上的紧密跟随关系显示出它们在成因方面的某种关联性。地质调查发现,在矿区中部二长斑岩脉的南段见有黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绿帘石化和绢云母化的蚀变带,蚀变带附近可见呈“层状”产出的火山弹角砾岩,角砾的成分复杂(主要为安山质—英安质角砾)、大小差异极大,角砾中的长石斑晶具有定向性,可能为火山通道相的产物,是寻找该角砾岩型矿床的重要线索。

尽管在塔吾尔别克金矿区出现了一些斑岩型和角砾岩型矿床的部分成矿特点,但是将其归结为斑岩型或角砾岩型矿床还为时尚早。这是因为矿区地表并未出现斑岩型矿床通常具有的面型蚀变和矿化特点,也未出现与火山管道或隐爆角砾岩相匹配的热液蚀变—矿化体系,而是以构造破碎蚀变带作为蚀变矿化的主线,所谓的斑岩型矿化和角砾岩型矿化目前只停留于“间接”控矿的层次上,金矿床表现出多因素复合控矿的特点更为强烈,在找矿的工作中,以构造破碎蚀变带为主要找矿区段,同时有意识地收集和分析斑岩型和角砾岩型矿床成矿线索,适时布置相应的勘查工程:①有针对性地采用陆相火山岩岩相地质填图方法,查清火山岩岩相特征,恢复古火山机构、次火山岩和各类角砾岩体的分布位置、产出形式及与蚀变矿化的关系;②在西塔一带(16 号勘探线附近)寻找侵位于安山岩层之下的隐伏斑岩体;对矿区中部二长斑岩脉南段开展热液蚀变填图,查明蚀变分带特征和蚀变中心,寻找斑岩型蚀变与矿化;③对中塔、东塔和南塔等矿段出现的角砾岩筒构造、隐爆角砾岩体进行三维模型构建,分析其与断裂构造、蚀变矿化的关系,对角砾岩型金矿类型出现的可能性作出判断。

5.3 探索矿床的成矿元素矿化分带规律

在岩浆热液矿床中经常会出现成矿元素矿化分带现象^[19],在浅成低温热液矿床和斑岩型矿床中这种特点非常明显^[20],国内外也不乏有运用这一规律“就矿找矿”、“从小矿变大矿”的成功案例。在吐拉苏早石炭世盆地塔北铅锌矿和吐拉苏铅锌矿中都伴生有黄铜矿等含铜矿物;盆地以北的克峡希晚古生代岩体接触带中有铜矿化;更为直接的线索是,在塔吾尔别克矿区的 ZK 28-1 钻孔中,发现玄武安山岩中含铜品位较高,铜的品位为 0.21% 和 0.35%,这

说明塔吾尔别克金矿区具有形成铜矿或铜(金)矿床的条件。因此在下一步的找矿勘查中,应当注意浅成低温热液矿床的矿化分带规律。

6 金矿勘查靶区预测

通过对塔吾尔别克金矿区成矿条件、成矿作用、控矿因素的综合研究,结合地质测量和探矿工程等综合找矿信息,确定了可供进一步勘查的7个靶区。

(1)中塔矿段0线—80线找矿靶区:位于Ⅱ号蚀变矿化带(中塔矿段)的南段,受 F_7 断裂的控制,处在二长斑岩与安山岩的接触外带,矿化蚀变带长约1 000 m,宽50~100 m,走向 340° ,倾向NE,倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$;中塔Ⅱ-1、Ⅱ-2、Ⅱ-3、Ⅱ-4、Ⅱ-5号等金矿体即产于该蚀变带中。该矿靶区整体勘查程度较低,以往工作仅在7线—8线间Ⅱ-1、Ⅱ-2号矿体开展工作,2015年新发现Ⅱ-3、Ⅱ-4、Ⅱ-5号金矿体,该靶区进一步找矿潜力很大。

(2)东塔—南塔矿段24线—120线找矿靶区:位于Ⅲ号蚀变矿化带(东塔矿段—南塔矿段)的中段,受 F_8 断裂的控制,地貌上呈长垣状地形,矿化带长度950 m,宽50~200 m,走向 $330^\circ\sim 340^\circ$,倾向NE,倾角 $70^\circ\sim 80^\circ$ 。矿化带围岩为安山岩和安山质火山角砾岩,蚀变矿化露头较少,多为第四系覆盖,蚀变以硅化、黄铁矿化、高岭土化为主。东塔矿段的Ⅲ-1、Ⅲ-2、Ⅲ-3号金矿体和南塔矿段的Ⅲ-6、Ⅲ-7、Ⅲ-8号金矿体都产于Ⅲ号蚀变带中。该找矿靶区整体勘查程度较低,以往工作仅在0—4线、120—160线间开展工作,该靶区具有较大的找矿潜力。

(3)塔东北矿段71线—56线找矿靶区:位于Ⅳ号蚀变矿化带(塔东北矿段)的北段,受 F_9 断裂控制,靶区内分布有火山通道相安山质火山角砾岩,向北有与阿希金矿南矿段相连趋势,靶区多为深沟陡坡,地表多为第四系覆盖,只在沟壁、山脊处有断续出露。蚀变矿化带长1 300 m,宽50~80 m,走向 $330^\circ\sim 340^\circ$,倾向NE,倾角 70° 。靶区内蚀变以硅化、黄铁矿化为主。塔东北Ⅳ-1、Ⅳ-2号金矿体产于该蚀变带中;该找矿靶区整体勘查程度较低,只是在2015年于16线—52线布置勘查工程,因该矿化带地形变化太大,施工难度较大,影响了勘查进程。

(4)中塔矿段0线—111线找矿靶区:位于Ⅱ号蚀变矿化带(中塔矿段)的北段,受 F_7 断裂的控制,位于二长斑岩与安山岩的接触外带。矿化蚀变带长

约1 150 m,宽50~100 m,走向 340° ,倾向NE,倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$ 。Ⅱ号蚀变矿化带(中塔矿段)的北段整体勘查程度较低,大部分区段未进行地表和深部工程施工,以往仅在7线—8线间对Ⅱ-1、Ⅱ-2号矿体开展工作。在矿脉的北端经地表露头采样,控制矿脉宽8.40 m,平均金品位 $w(\text{Au})=1.52\times 10^{-6}$ 。该靶区具有进一步找矿价值。

(5)西塔区段深部找矿靶区:位于Ⅰ号蚀变矿化带(西塔—阿庇因迪矿段)的西塔区段,受 F_1 断裂及下盘的平行次级断裂控制,地表断续出露长度约1 000 m,宽60~150 m,走向 $310^\circ\sim 320^\circ$,倾向SW,倾角 $65^\circ\sim 70^\circ$ 。蚀变带中主要岩性为硅化黄铁矿化的凝灰岩、二长斑岩和安山岩等。西塔Ⅰ-1、Ⅰ-2、Ⅰ-3、Ⅰ-4号金矿体产于该蚀变带中。该矿段已历近20年的露天开采,其深部具有较大的找矿潜力。

(6)阿庇因迪区段深部找矿靶区:位于Ⅰ号蚀变矿化带(西塔—阿庇因迪矿段)的阿庇因迪区段,为Ⅰ号蚀变矿化带的分支。蚀变矿化带长480 m,宽30~50 m,矿体为碳酸盐石英脉+蚀变岩型金矿床,该区段内有Ⅰ-9、Ⅰ-10、Ⅰ-11等金矿体,地表矿体已开采殆尽,其深部尚具有较大的找矿潜力。

(7)独立树找矿靶区:位于Ⅴ号蚀变矿化带(独立树矿段)的北部,矿体受NW向断裂的控制,地表槽探控制长度可达500 m,宽50~70 m,走向 315° ,倾向SW,倾角 $40^\circ\sim 65^\circ$,矿化带围岩为石英脉及褐铁矿化硅化碎裂状晶屑凝灰岩组成。带中有3个金矿体(Ⅴ-1、Ⅴ-2和Ⅴ-3)。矿化带位于二长斑岩体的外接触带,矿石类型为碳酸盐石英脉型+蚀变岩型金矿石,矿化带有少量槽探和2个钻孔控制,工作程度较低,具有进一步工作价值。

注释:

- ① 中国冶金地质总局新疆地质勘查院. 新疆伊宁县塔吾尔别克金矿床地质普查报告. 乌鲁木齐:中国冶金地质总局新疆地质勘查院,1997.
- ② 李晓钟. 新疆伊宁县塔吾尔别克金矿矿产资源储量分割核实报告. 乌鲁木齐:中国冶金地质总局新疆地质勘查院,2006.
- ③ 王长青,祁斌年,唐小东,等. 新疆伊宁县塔吾尔别克金矿资源储量核实报告. 乌鲁木齐:中国冶金地质总局新疆地质勘查院,2016.

参考文献:

- [1] 贾斌,毋瑞身,田昌烈,等. 塔吾尔别克—阿庇因迪斑岩型金矿特征[J]. 地质与资源,2001,10(3):139-145.
- [2] 何英,邹存海,张江. 新疆伊宁县塔吾尔别克金矿地质特征及成因分析[J]. 地质找矿论丛,2015,30(2):221-227.
- [3] 唐功建,王强,赵振华,等. 西天山塔尔别克金矿区安山岩

- LA-ICP-MS 锆 U-Pb 年代学、元素地球化学与岩石成因[J]. 岩石学报, 2009, 25(6): 1341-1352.
- [4] 赵晓波, 薛春纪, 门启浩, 等. 西天山塔乌尔别克金矿成矿作用: Re-Os 年龄和 S-Pb 同位素示踪[J]. 地学前缘, 2014, 21(5): 176-186.
- [5] 彭义伟, 顾雪祥, 程文斌, 等. 西天山吐拉苏盆地塔吾尔别克金矿成因探讨: 来自同位素年代学和稳定同位素证据[J]. 岩石学报, 2016, 32(5): 1361-1378.
- [6] 赵晓波, 薛春纪, 张招崇, 等. 西天山吐拉苏盆地安山岩中发现岩石包体及地质找矿意义[J]. 地质学报, 2012, 86(11): 1781-1791.
- [7] 夏立献, 刘成帅, 刘传明. 新疆伊宁县塔乌尔别克金矿地质特征及找矿标志[J]. 山东国土资源, 2011, 27(6): 6-9.
- [8] 于小亮, 蔡成龙, 顾雪祥, 等. 新疆伊宁县塔吾尔别克金矿床流体包裹体特征研究及矿床成因[J]. 岩石矿物学杂志, 2016, 35(6): 1055-1067.
- [9] 徐伯骏, 曹志新, 魏佳林, 等. 新疆伊犁阿希-塔吾尔别克-阿庇因迪成矿区金-铅锌成矿系列和成矿模型研究[J]. 地质找矿论丛, 2014, 29(4): 495-505.
- [10] 关瑞林. 伊宁县塔吾尔别克金矿区成矿地质特征及进一步找矿远景浅析[J]. 新疆地质, 2013(S1): 91-94.
- [11] 王长青, 祁斌年. 新疆塔吾尔别克金矿床地质特征及成矿规律探讨[J]. 地质找矿论丛, 2018, 33(1): 60-69.
- [12] 董连慧, 田昌烈. 西天山吐拉苏—也里莫墩金成矿带简述[J]. 新疆地质, 2001, 10(2): 85-91.
- [13] 杨金中, 赵玉灵, 王永江, 等. 新疆西天山大哈拉军山组的沉积环境及其与成矿的关系[J]. 地质与勘探, 2003, 39(2): 1-5.
- [14] 夏换, 陈根文, 刘群, 等. 西天山吐拉苏盆地大哈拉军山组火山岩地球化学特征及构造意义[J]. 大地构造与成矿学, 2011, 35(3): 429-438.
- [15] 漆树基. 伊宁吐拉苏火山盆地构造与金成矿关系[J]. 新疆地质, 1999, 17(2): 121-128.
- [16] 顾雪祥, 董连慧, 彭义伟, 等. 新疆西天山吐拉苏火山岩盆地浅成低温热液-斑岩型金多金属成矿系统的形成与演化[J]. 岩石学报, 2016, 32(5): 1283-1300.
- [17] 马润则, 王润民. 新疆阿希金矿区古火山机体及其控矿作用[J]. 新疆地质, 2000, 18(3): 229-235.
- [18] 张耀选. 吐拉苏盆地西北部金矿床成因研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2009.
- [20] 毛光武, 曹亮, 严卸平, 等. 浅成低温热液型金矿研究综述[J]. 地质找矿论丛, 2015, 30(1): 121-132.
- [25] 翟裕生. 成矿系统论[M]. 北京: 地质出版社, 2010.

Mineral resource potential analysis and prospecting target prediction of Tarwuerbieke Au ore district, Yining county, Xinjiang

WANG Zhanhua, QI Bingnian, LIU Xiude

(Xinjiang Geological Institute of China Metallurgical Geology Bureau, Wulumuqi 830006, China)

Abstract: Tarwuerbieke Au deposit is located at Tulasu Au-polymetallic deposit-clustered area. Arxi Au deposit is 25km to the north. Au ore occurs in the upper andesitic tuff and clastic rock of Dahalajunshan formation of Lower Carboniferous Series. Au mineralization occurs in five cataclastic alteration zones and is controlled by NW cataclastic zone in macro scale and constrained by combination of explosive, crypto-explosive breccia and sub-volcanic porphyry. Strata associated with Early Carboniferous volcanism, structure (volcanic apparatus) and sub-volcanic rock variably controlled the metallogenesis. In the future prospecting the prospecting range should be extended to depth and surroundings and the complex metallogenic law of multi-type Au ore (epithermal, porphyry and breccia types) summarized to explore zoning of ore body and transformation from Au mineralization to Cu (poly-metallic mineralization) to depth so as to expand the resource potential. 7 targets are predicted for further prospecting.

Key Words: Tarwuerbieke Au deposit; ore-controlling factors; resource potential; prospecting target; Tulasu volcanic basin; Xinjiang