

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2018.01.008

新疆塔吾尔别克金矿矿床地质特征 及成矿规律探讨

王长青, 祁斌年

(中国冶金地质总局新疆地质勘查院, 乌鲁木齐 830006)

摘要: 新疆塔吾尔别克金矿位于著名的阿希金矿附近, 矿床产于下石炭统大哈拉军山组第5段安山岩及安山质凝灰岩中, 矿床主要受NW—NNW向构造蚀变带的控制, 同时次火山相二长斑岩、爆破角砾岩筒(隐爆角砾岩)对成矿也具控制作用; 蚀变类型主要有黄铁绢英岩化、硅化、碳酸盐化, 热液成矿期包括石英-黄铁矿、石英-硫化物和石英-碳酸盐等3个阶段, 形成蚀变岩型、石英脉型和石英-碳酸盐脉型3种金矿化类型, 表生期形成氧化金矿。在阐述矿床地质特征基础上, 归纳出构造控矿规律、火山-次火山岩体控矿规律、中-低温成矿规律和多因复合成矿规律, 综合勘查和研究成果, 认为矿床的成因类型为与晚古生代早-中期火山热液有关、有次火山(斑岩型、爆破角砾岩筒型和隐爆角砾岩型)热液成矿作用叠加的浅成低温热液型金矿床。

关键词: 塔吾尔别克金矿; 蚀变岩型金矿; 石英脉型金矿; 石英-方解石脉型金矿; 矿床地质特征; 成矿规律; 浅成低温热液型金矿; 新疆

中图分类号: P613; P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

新疆伊宁县塔吾尔别克金矿位于伊宁县城北东方向直距28 km处, 矿区以北2.5 km即为著名的阿希金矿床。1989—1992年, 新疆区调一队在1:5万区调过程中发现了阿希金矿, 在对阿希金矿及区域进行勘探和矿床地质研究过程中又发现外围的许多金矿点^[1-8]; 中国冶金地质总局新疆地质勘查院于1996—2013年对塔吾尔别克金矿区进行了地质普查与勘探工作^{①②}, 累计查明金矿资源储量(122b)+(333)矿石量573 235 t, 金金属量1 477.80 kg, 矿石平均品位 $w(\text{Au}) = 2.57 \times 10^{-6}$ ^③。在普查勘探过程中先后发现了6处矿化地段(即独立树、西塔、阿底因迪、中塔、东塔和南塔), 鉴于部分地段的矿化规模较小, 或勘查程度不高, 本文所述金矿区范围主要以西塔—阿底因迪、中塔和

东塔3个矿段为主。塔吾尔别克金矿与阿希金矿相毗邻, 具有相似的成矿环境, 但矿床特征又不完全一致, 因此引起地质科技人员的关注, 对塔吾尔别克金矿开展了地质研究^[9-19]。目前, 矿区勘查及地质研究程度较为有限, 对矿床地质和成矿作用的认识还有待深化和不断探索。本文在阐述塔吾尔别克金矿床地质特征基础上, 对矿床的规律进行初步归纳, 旨在深化矿床成矿作用的认识, 指导今后矿床勘查工作, 为同类型金矿研究提供科学依据。

1 成矿地质环境

塔吾尔别克金矿所在区域位于哈萨克斯坦—准噶尔板块伊犁微板块北缘的博罗科努复合岛弧带西段吐拉苏断陷盆地, 盆地北侧为科古尔琴山南坡大断裂, 南侧为伊犁盆地北缘深大断裂^[9]。

吐拉苏断陷盆地以中元古界及下古生界为基

收稿日期: 2017-05-11; 改回日期: 2017-12-11; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 王长青(1965—), 男, 工程师, 学士, 从事地质找矿及矿床地质研究工作。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: 173378667@qq.com

底,上覆上古生界的盖层建造(图1)。基底根据变质程度分上、下2个构造层,下构造层为浅变质的元古宇浅海相稳定大陆边缘型碳酸盐岩-碎屑岩建造;上构造层为下古生界浅海相碳酸盐岩-硅质岩-碎屑岩及火山岩-火山碎屑岩建造。盖层的下部为下石炭统大哈拉军山组(C_1d)中酸性火山岩及碎屑岩建造;盖层的上部为下石炭统阿恰勒组(C_1a)滨海-浅海相杂砂岩-生物灰岩-碳酸盐岩建造;其中,大哈拉军山组第五段为阿希金矿和塔吾尔别克金矿的赋矿层位,金矿脉主要产于该段岩石中。

吐拉苏断陷盆地北界的科古尔琴南坡断裂和南界的伊犁盆地北缘断裂对盆地内的地层、岩浆活动和成矿作用均有明显的控制作用。受2条深大断裂的影响,矿区所在区域形成基底的近EW向复背斜和盖层的NNE向斜构造(图1);同时NW向、NE

向、近SN向等几组断裂发育,奠定了区域构造格局。塔吾尔别克金矿的蚀变矿化带主要受NW—NNW向断裂破碎带的控制。

吐拉苏盆地晚古生代岩浆活动强烈,侵入岩及火山岩广泛分布,侵入岩以中酸性岩为主,包括二长花岗岩、钾长花岗岩、闪长岩、石英二长岩和正长岩等;火山岩分为火山熔岩和火山碎屑岩,岩性有安山岩、玄武安山岩、安山质火山凝灰岩和安山质火山角砾岩等,在火山构造中及附近可见爆破角砾岩筒及隐爆角砾岩,亦见到与火山作用有关的次火山岩,在塔吾尔别克金矿区,次火山岩相的二长斑岩和隐爆角砾岩中均见到热液蚀变及金矿化。

2 矿区地质特征

2.1 矿区地层

矿区出露地层主要为下石炭统大哈拉军山组第五段和第四系。

(1)下石炭统大哈拉军山组第五段(C_1d^5),可分为4个岩性层,塔吾尔别克矿区主要出露第2岩性层(C_1d^{5-2}),为一套中性火山碎屑岩-火山熔岩的岩石组合,可分为上、下两部分^[16]。下部火山岩:主要分布于矿区的西南部西塔—阿底因迪一带,岩性以火山碎屑岩为主,主要有火山角砾岩、火山集块岩、凝灰岩、角砾凝灰岩和安山岩,西塔—阿底因迪矿段金矿体的主要围岩即为中性凝灰岩;上部火山岩:为安山岩夹火山碎屑岩段,分布于矿区的东部中塔—东塔一带,主要为气孔-杏仁状玄武安山岩、安山岩等,中塔矿段和东塔矿段的金矿体即赋存于安山岩中。

(2)第四系。主要分布于矿区中较低洼的河谷、冲沟及山坡。堆积物包括洪积、冲积及风积砾石、粗砂、风尘和黄土。

2.2 矿区构造

矿区位于基底近EW向复背斜的北翼,区内下石炭统火山岩地层为单斜构造,倾向 $30^\circ\sim 45^\circ$,倾角 $15^\circ\sim 30^\circ$ 。区内断裂构造和火山构造较为发育,断裂以NW向为主,其中NW向断裂与金矿的关系最为直接(图2);火山构造多是通过爆破角砾岩筒和隐爆角砾岩的形式呈现,也对矿区金矿化具有控制作用。

2.2.1 断裂构造

(1)NW向断裂

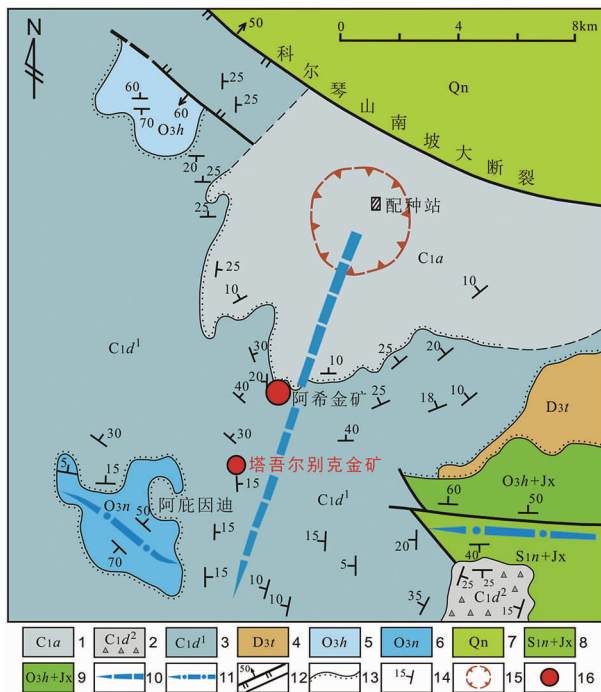


图1 塔吾尔别克金矿区域地质构造略图

(据王长青等^③,修编)

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

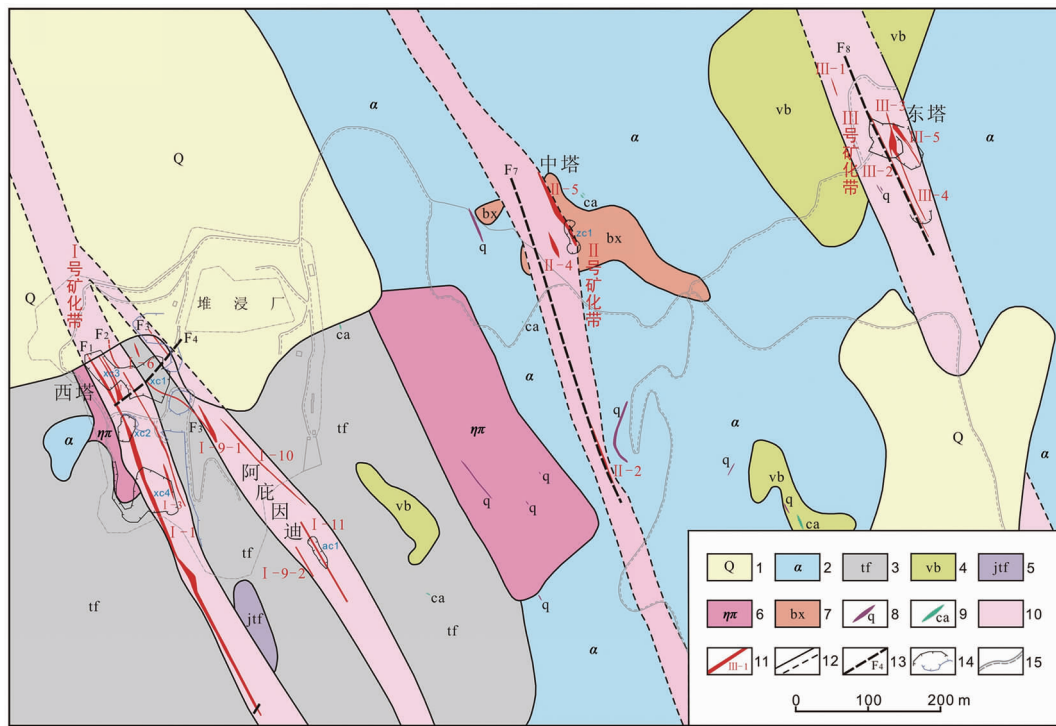


图2 塔吾尔别克金矿区地质图

(据王长青等^③,修编)

Fig. 2 Geological map of Tarwuerbieke gold deposit

1. 第四系; 2. 安山岩; 3. 安山质凝灰岩; 4. 火山角砾岩; 5. 紫红色角砾凝灰岩; 6. 二长斑岩;
7. 隐爆角砾岩; 8. 石英脉; 9. 方解石脉; 10. 构造蚀变带; 11. 金矿体及编号;
12. 实测/推测地质界线; 13. 断裂及编号; 14. 采坑及编号; 15. 矿区简易公路

F_1 断裂。位于矿区西南部, 为 I 号矿(化)带的主控断裂, 控制 I-1 号矿体, I 号矿(化)带中矿体均受该断裂及其次级断裂的控制。断裂出露长度约 650 m, 破碎带宽度 1~10 m; 断裂产状: 倾向 245°, 倾角 85°~90°; F_1 断裂性质为逆断层, 也是二长斑岩与凝灰岩的分界线。

F_2 断裂。位于 F_1 断裂以北, 并与之平行, 为 I 号矿(化)带 I-2 号和 I-4 号矿体的控矿断裂, 出露长度约 320 m, 破碎带宽 1~5 m; 断裂产状: 倾向 245°, 倾角 70°~80°; F_2 断裂性质为逆断层, 断裂附近硅化和高岭土化强烈。

F_3 断裂。位于 F_2 断裂北部, 断裂的北段走向 325°, 长约 120 m, 中部被 F_4 断裂错断; 断裂的南段走向 315°, 长约 180 m; 断裂全长约 300 m, 逆断层, 总体产状: 倾向 260°, 倾角 67°。

F_7 和 F_8 断裂。分别控制 II 号矿(化)带和 III 号矿(化)带, 走向 NNW, 宽 60~120 m, 破碎带中以碎裂岩为主, 蚀变硅化、绢云母化、高岭土化等, 但蚀变不均匀。 F_7 断裂控制 II 号矿(化)带的 II-4 和 II-5 矿体, F_8 断裂控制 III 号矿(化)带的 III-1、III-2、III-

3、III-4、III-5 矿体。

(2) NE 向断裂

F_4 断裂。位于西塔一带, 走向 40°~50°, 倾向 130°~140°, 倾角 75°~88°; 断裂长 200 m, 切错 I 号矿(化)带的 I-7 号矿体、I-8 号矿体(包括 F_3 断裂)等, 最大视水平断距 60 m。断裂属平移正断层。

NW 向断裂为矿区中主要的控矿、导矿和容矿构造。I 号矿(化)带、II 号矿(化)带和 III 号矿(化)带均受 NW 向断裂(破碎带)的控制。这些断裂均以压扭性特征为主, 但在成矿期则呈现张性特点, 显示出断裂活动的多期(阶段)性和复杂性。

2.2.2 火山构造

(1) 爆破角砾岩筒。在中塔矿段的北部见到一爆破角砾岩筒, 岩筒的直径约 200 m, 角砾岩筒的附近见有大量的岩墙状火山角砾岩, 推测为火山爆发沿火口周围裂隙充填的火山角砾岩; 爆破角砾岩筒整体均已蚀变, 蚀变类型有硅化、葡萄石化、碳酸盐化, 地表具有强烈的褐铁矿化, 褐铁矿染的蚀变岩中 $w(\text{Au}) = 0.3 \times 10^{-6}$ 。

(2) 隐爆角砾岩。主要见于南塔、中塔和东塔等

地,隐爆角砾岩具强蚀变(硅化、葡萄石化、碳酸盐化)、强褐铁矿化特点,隐爆角砾岩体周围的岩石也都有蚀变和褐铁矿染;角砾岩体周围的断裂和裂隙呈放射状、环状分布。隐爆角砾岩普遍蚀变矿化,一般含金 $w(\text{Au})=0.2\times 10^{-6}\sim 2\times 10^{-6}$,在有断裂叠加的部位金品位明显升高,地表有高品位样品可超过 10×10^{-6} 。

2.3 岩浆岩

(1)侵入岩。主要为二长斑岩,另外有少量的石英脉。①二长斑岩:主要分布在矿区中部和西部等地段,呈小岩株状侵入于下石炭统大哈拉军山组火山岩中,岩石呈浅肉红色-灰白色,块状构造,似斑状结构。斑晶(5%~10%)主要为钾长石、斜长石($An=10\sim 15$)和石英组成;斜长石呈自形-半自形板状、长柱状,长柱状斜长石发育聚片双晶;钾长石发育卡氏双晶,呈自形短柱状,粒度较小,内部包裹长石,多因高岭土化而呈混浊状;石英多呈浑圆状。基质成分与斑晶成分相似,具微晶结构;②石英脉:主要分布于凝灰岩中,多为成矿期较晚阶段贯入,呈白色,块状,结晶程度高,多受裂隙及接触带控制,长多在100 m以内,宽2~4 m,石英呈碎裂构造,具弱褐铁矿化。

(2)火山熔岩。主要分布于矿区东部,主要岩性为安山岩、辉石安山岩等。灰绿-灰黑色,斑状结构,斑晶为斜长石和角闪石(20%~30%),基质为交织结构,具块状构造、气孔构造、杏仁构造。安山岩具绿泥石化、绿帘石化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化和褐铁矿化等蚀变。

2.4 围岩蚀变

矿区的围岩蚀变按成因特点可分为两类。一类是火山岩成岩晚期的自变质作用,表现为面型分布的绿泥石化、碳酸盐化,与金矿化的关系不大;另一类是火山期后含矿热液引起的围岩蚀变作用,表现为沿断裂、裂隙带分布的带(线)状蚀变,如黄铁绢英岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化,这类蚀变与金矿成矿关系密切。

(1)蚀变类型。①绿泥石化:为早阶段的蚀变,绿泥石交代岩石中的辉石、角闪石和基质中的玻璃质成分,原岩结构构造依旧保存;②黄铁绢英矿化:产于矿体顶底盘围岩中,斜长石变为绢云母类,但矿物外形依然保留,交代过程中析出的硅质形成微粒状石英呈粒状晶或呈细脉或网脉,暗色矿物中的铁质与硫结合形成细小黄铁矿;③硅化:主要产于矿体内石英脉的两侧,与金矿化的关系最为密切,含矿热液沿构

造破碎带在向浅部迁移过程中,在适宜的环境中充填构造空间,形成厚大石英脉,同时对围岩交代,形成硅化岩石,热液中的金元素多与硅质同时沉淀,形成金矿化;④碳酸盐化:主要发生在较晚阶段,以方解石化为主,菱铁矿化和白云石化较少,与石英(硅质)一起构成大小不一的石英-碳酸盐脉,沿构造裂隙充填,多产于矿体底盘,局部沿破碎带岩石或石英的角砾间充填,形成角砾状构造;⑤钾化:仅见于西塔矿段的阿底因迪 ZK36-1 孔中,肉红色,主要为钾长石化,蚀变较弱,但与金矿化密切,可作为近矿的标志。

(2)围岩蚀变分带特征。矿区中受断裂、裂隙控制的围岩蚀变具有明显的分带特征,通常以矿(化)体为中心向两侧出现规律的对称分带:由内向外,依次为硅化带→黄铁绢英岩化带→绿泥石化带,蚀变强度由强变弱;在垂向上,具有上宽下窄、上部合并下部分支的特点。①绿泥石化带:分布于外侧,岩石呈浅灰绿色,原岩结构构造基本保留,新生矿物占20%~35%,蚀变矿物主要为绿泥石、菱铁矿和白云石;此带中的 $w(\text{FeO})$ 、 $w(\text{MgO})$ 、 $w(\text{Na}_2\text{O})$ 和 $w(\text{CaO})$ 略有偏高,金的平均含量为 $w(\text{Au})=49\times 10^{-9}$,未构成金的矿化;②黄铁绢英岩化带:分布在绿泥石化带的内侧,宽度20~150 m,沿走向宽度往往发生明显变化或分支,沿倾向在地表以下30 m范围内厚度较稳定,再向深部则会出现急剧变薄或尖灭再现的现象;岩石呈浅黄-灰白色,变余结构、显微鳞片变晶结构,残余斑状构造;矿物以石英、绢云母和黄铁矿为主,残存矿物为少量石英斑晶和斜长石残斑;此带 $w(\text{K}_2\text{O})$ (部分 Al_2O_3) 明显增加, $w(\text{Na}_2\text{O})$ 显著减少, $w(\text{Au})$ 平均值比绿泥石化带增加3倍以上,并且有上部高于下部、上盘高于下盘的现象;部分地段形成低品位金矿石;③硅化带:产于石英脉及两侧,石英脉+硅化带的宽度5~40 m,与矿化带的规模基本一致,其形态和产状受石英脉的控制,由石英脉向两侧硅化强度逐渐减弱,金矿化的强度与其共消长,即金矿体靠近中心,向外依次出现低品位矿石和金矿化;岩石呈灰白-烟灰色,具交代残余状结构,网脉状构造或块状构造,矿物成分以石英为主,其次为黄铁矿、白铁矿、毒砂及银金矿、含银矿物, SiO_2 、S 和 Au 的质量分数较高, MgO 和 Na_2O 的质量分数较低。

3 矿体地质特征

塔吾尔别克金矿区目前分为3个矿带,即西

塔—阿底因迪矿段、中塔矿段和东塔矿段。地表金矿体的长度为6~260 m不等,宽度2~22 m,矿体具有明显的分支复合特点;金品位沿倾向方向具有逐渐降低的特点,矿化强度由中心向两侧逐步减弱,局部出现小透镜状或鸡窝状的高品位地段;赋矿高程多为1 920~1 790 m,地表的氧化矿深度一般为30~50 m,最深不超过80 m。矿石呈细脉状、网脉状、树枝状构造;矿石结构多与围岩结构相似,如斑状结构(二长斑岩)、凝灰结构(凝灰岩)等。矿体严格受断裂构造的控制,不同部位矿体特征不尽相同。

3.1 矿体分布

按蚀变-矿化带的自然分布和相互关系,将矿区划分为3个矿(化)带:西塔—阿底因迪矿段编号为Ⅰ号矿化带,中塔矿段编号为Ⅱ号矿化带,东塔矿段编号Ⅲ号矿化带。

在Ⅰ号矿化带圈定了8个金矿体(图3a),矿体编号为Ⅰ-1、Ⅰ-3、Ⅰ-4、Ⅰ-6、Ⅰ-7、Ⅰ-8、Ⅰ-9-1、Ⅰ-10,其中的Ⅰ-1和Ⅰ-4为主要矿体;在Ⅱ号矿化带圈定了2个矿体,矿体编号为Ⅱ-4和Ⅱ-5(图3b);在Ⅲ号矿化带圈定了5个矿体,矿体编号为Ⅲ-1、Ⅲ-2、Ⅲ-3、Ⅲ-4和Ⅲ-5(图3c)。

3.2 矿化类型

塔吾尔别克金矿床的矿化类型可分为3种:破碎蚀变岩型金矿、石英脉型金矿和石英-碳酸盐脉型金矿。

(1)破碎蚀变岩型金矿。在3个矿段中均有产出,但矿化规模和矿石质量有所差别。赋矿岩石为细粒凝灰岩、安山质火山角砾岩,安山岩和二长斑岩

等,近地表部位往往品位很低,甚至不够工业指标,但由地表向下金品位逐步增高;破碎蚀变岩型金矿体多位于黄铁绢英岩化带内,是发育在石英脉型金矿和石英-碳酸盐脉型金矿体外侧的金矿化类型,矿体边界多受断裂控制(图4a)。金矿化较为连续,两侧多以断裂为界,矿体长度80~500 m,宽1~13 m,呈透镜状、脉状,具膨缩变化和分支复合特点,矿石品位 $w(\text{Au})=1\times 10^{-6}\sim 3\times 10^{-6}$ 。矿石呈青灰色,块状,金属矿物主要为黄铁矿,呈浸染状、细脉浸染状发育,金主要赋存于黄铁矿中。

(2)石英脉型金矿。石英脉型金矿在西塔矿段、中塔矿段和东塔矿段都有发育,金矿脉多产于破碎蚀变岩型矿体之中,产状与蚀变岩型矿体基本一致;赋矿岩石为二长斑岩、凝灰岩和安山岩,岩石均已蚀变,原生矿石为青灰色,含金石英-硫化物脉呈细脉状、网脉状沿裂隙进行充填-交代(图4b),单脉宽幅为1~2 mm,网脉带长20~80 m,宽2~15 m;石英脉型金矿的品位 $w(\text{Au})=1\times 10^{-6}\sim 15\times 10^{-6}$ 。石英多呈半自形中细粒状,与硫化物(主要是黄铁矿)共生,构成石英-黄铁矿的细脉、网脉。近地表的氧化矿石呈黄-褐黄色,近地表矿石中的黄铁矿多已变为褐铁矿。在西塔一带,石英脉型金矿体多发育在矿化蚀变带的靠下盘一侧。

(3)石英-碳酸盐脉型金矿。主要分布于西塔—阿底因迪矿段,赋矿围岩为二长斑岩和凝灰岩,矿体呈褐灰色。石英脉多呈脉状,矿体地表长20~200 m,宽2~20 m;石英为中-中细粒半自形-自形晶,石英金品位 $w(\text{Au})=1\times 10^{-6}\sim 3\times 10^{-6}$;方解石等碳

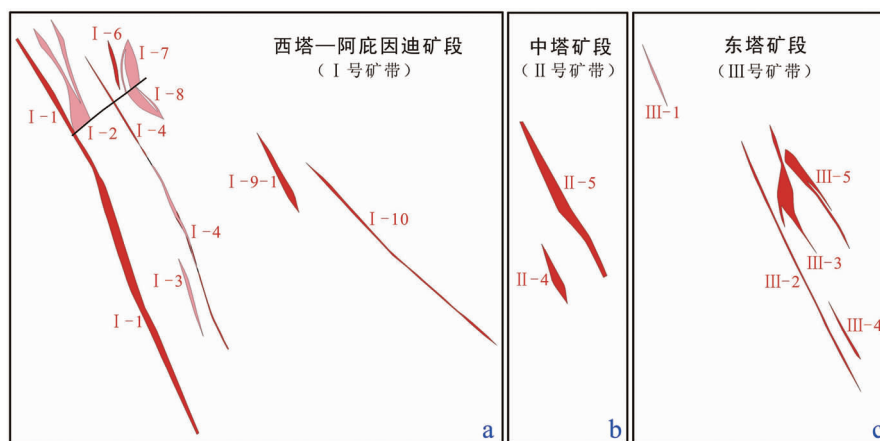


图3 塔吾尔别克金矿各矿段矿体分布简图

(据王长青等^①,修编)

Fig. 3 Map showing distribution of ore bodies in each ore domain

酸盐矿物则呈短的透镜体、浑圆状团块产于石英脉中。方解石呈自形晶,粒径3~10 mm,脉宽3~15 mm,金品位变化较大, $w(\text{Au}) = 2 \times 10^{-6} \sim 58 \times 10^{-6}$;含金矿物为石英和方解石,方解石中可见自然金。在西塔一带,石英-碳酸盐脉型金矿多产于矿化蚀变带靠上盘一侧。

3.3 矿石组分

矿石的矿物组成比较简单:金属矿物以黄铁矿为主,次要矿物为褐铁矿、自然金、银金矿、赤铁矿,微量的矿物有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿;脉石矿物主要有石英、方解石,次为高岭石、绢云母、绿泥石、白云石和重晶石^[12,15-16]。

矿石的有益组分为Au,平均品位 $w(\text{Au}) = 3.23 \times 10^{-6}$;伴生有益组分为Ag,平均品位 $w(\text{Ag}) = 1.97 \times 10^{-6} \sim 5.6 \times 10^{-6}$,个别可达 15.2×10^{-6} ;矿石中的有害元素含量甚微,为S、As和Sb。

有益组分Au主要赋存于黄铁矿、石英和赤铁矿中,地表氧化带中的Au主要赋存在褐铁矿中,亦有少量呈独立矿物存在;金矿物主要为自然金和银金矿,多为微粒金(显微金或次显微金)呈不规则粒状、树枝状、长条状赋存,分布极不均匀;嵌布形式以裂隙金和包体金为主,次为晶隙金。

3.4 矿石结构构造

矿石结构有他形-半自形晶结构、自形晶结构、熔蚀结构、假象结构、包含结构、交代残余结构等;矿石构造有浸染状构造(图4b)、枝叉状构造(图5b)、脉状构造(图5d)、网脉状构造(图5a,图5c)、块状构造、碎裂状构造(图5a)、土状构造(图4c)等。

3.5 成矿期及成矿阶段

根据矿物(组合)之间的穿插关系及矿石组分特点,将塔吾尔别克金矿分为2个成矿期,即火山-岩

浆热液成矿期和表生期;其中的热液成矿期又分为3个成矿阶段,即金-石英-黄铁矿阶段、金-石英-硫化物阶段和金-石英-碳酸盐阶段。

3.5.1 热液成矿期

(1)金-石英-黄铁矿阶段。该阶段是成矿的早期阶段;在较高的温度-压力条件下,含矿热液沿着破碎带的岩石裂隙-孔隙渗滤交代,硅化、绢云母化、黄铁矿化等蚀变矿物呈弥散状分布于各个断裂破碎带中。石英呈隐晶质-微细粒状;黄铁矿多呈立方体浸染状分布,粒径0.5~2 mm;金品位一般为 $w(\text{Au}) = 0.5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-6}$ 。该阶段的矿化范围与黄铁绢英岩化带大致吻合,其矿化特点为金矿化广泛(分布于矿区各个破碎带中)、金品位较低、矿体连续性好且具分支复合现象。

(2)金-石英-硫化物阶段。该阶段为成矿的主要阶段;在温、压条件有所下降的条件下,石英和黄铁矿呈细脉-网脉状沿早期蚀变带中的裂隙充填-交代,形成的矿石矿物主要为黄铁矿,以及少量的自然金、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿,微量的闪锌矿、赤铁矿、白铁矿等;脉石矿物主要为石英。石英呈半自形中细粒,黄铁矿为自形、半自形或他形的集合体,赤铁矿经常交代黄铁矿形成假像结构,黄铁矿边缘出现白铁矿化,并被闪锌矿交代;黄铜矿多与闪锌矿共生,或充填于黄铁矿裂隙中;金的品位 $w(\text{Au}) = 1 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$;该阶段矿化范围多与硅化蚀变带吻合,其矿化特点为规模有限,但金矿品位较高,往往是资源储量中的优质部分。

(3)金-石英-碳酸盐矿阶段。该阶段是成矿的晚期阶段,含矿溶液中与地表下降水的混合比例加大,溶液的温、压不断下降,大量的碳酸盐开始沉淀,形成方解石脉、石英-方解石脉呈细脉状、团块状贯



图4 塔吾尔别克金矿床的矿化类型

Fig. 4 Mineralization types of Tarwuerbieke gold deposit

a. 破碎蚀变岩型金矿:矿体与围岩多以断裂为界;

b. 石英脉型金矿:石英-黄铁矿脉沿裂隙充填,黄铁矿已褐铁矿化,并被稍晚阶段的构造裂隙破坏,蚀变岩中还发育浸染状黄铁矿;c. 石英-碳酸盐脉型金矿:在褐铁矿化石英脉中充填有含金方解石脉

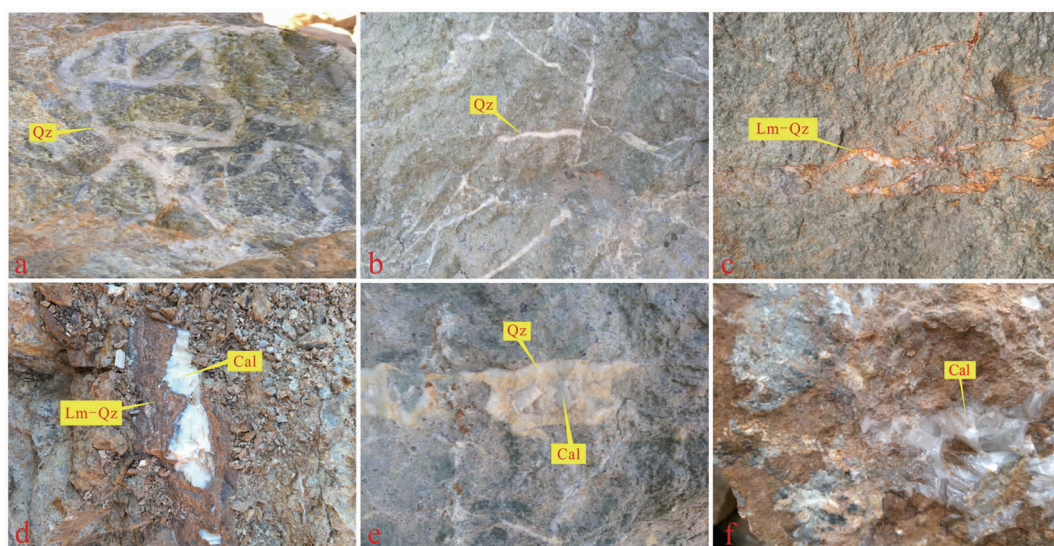


图 5 矿石结构构造照片

Fig. 5 Photo showing structure and texture of ore in Tarwuerbieke gold deposit

- a. 网脉状石英脉充填交代碎裂岩;b. 枝叉状褐铁-石英细脉沿裂隙充填交代;c. 褐铁矿化石英细脉呈网脉状充填于裂隙中;d. 白色含金方解石脉穿插于褐铁矿化硅质脉之中;
e. 粗粒方解石穿插于含金石英脉之中;f. 团块状方解石充填黄(褐)铁绢英岩;
Qz. 石英脉;Lm-Qz. 褐铁矿-石英脉;Cal. 方解石脉

入前两阶段形成的蚀变矿化带内,该阶段黄铁矿等硫化物较少,主要矿物为石英、方解石、重晶石、少量的黄铁矿、自然金、银金矿;该阶段石英为全晶质中粗粒,有时见到梳状、空洞状等低温石英的特征性构造,金品位 $w(\text{Au}) = 1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$;方解石亦呈粗大的自形晶,粒径 $3 \sim 10 \text{ mm}$,脉宽 $3 \sim 15 \text{ mm}$,金品位变化较大, $w(\text{Au}) = 2 \times 10^{-6} \sim 58 \times 10^{-6}$,显著高于其他矿化阶段,表明低温阶段仍是金的主要成矿阶段,这是塔吾尔别克金矿与阿希等浅成低温金矿床的显著区别之一。

3.5.2 表生期

原生矿体及蚀变岩长期暴露地表,产生氧化淋滤作用。黄铁矿氧化后产生褐铁矿化,部分金质析出,形成自然金,大量的硫质逸出进入岩石裂隙,使围岩发生酸化作用,使岩石变得更加破碎、疏松,有利氧化作用的进行;氧化深度受地形和构造裂隙发育程度的控制,一般为 $30 \sim 50 \text{ m}$;氧化带矿石为黄色、黄褐色或灰黄色,多孔状、蜂窝状构造,有次生金产出。

4 成矿规律及矿床成因

4.1 构造控矿规律

塔吾尔别克金矿床的蚀变-矿化与构造的关系密切,矿区中出现的构造类型包括断裂构造、火山构造和岩体构造等,多种构造活动的叠加-复合经常对成矿产生显著的控制作用,并且制约着金矿化的规模与强度。

(1)从矿区尺度看,出现金矿富集的几个地段都与 NW—NNW 向断裂破碎带有关,宽大的 NW—NNW 向破碎带为蚀变岩型矿化带的形成提供了良好的构造空间;破碎带中发育的小型断裂和密集裂隙带为稍晚阶段的石英-硫化物脉和石英-碳酸盐脉型矿化奠定了基础;目前查明的金矿体全部产于 NW—NNW 向断裂破碎带范围内(见图 2),金矿体的总体产状与破碎带产状基本一致。由此可见, NW—NNW 向断裂破碎带是矿区范围内的主要控矿断裂。

(2)NW—NNW 向构造破碎带在平面上具有分支复合的特征,在构造破碎带的分支复合部位,往往造成破碎带变宽、岩石破碎程度增强,金矿化相对集中,这是热液型脉状金矿普遍存在的规律性特征。在西塔—阿底因迪矿段, NW 向破碎带向南东方向出现分支,在分支部位附近,金矿脉密集出现,矿化带宽度显著加大,金矿体的规模也比其他部位要大。

(3)火山-次火山构造的产出多与断裂构造有关,而在构造交汇点附近则使火山构造出现的机率

增加。塔吾尔别克矿区的情况亦是如此:西塔-阿庇因迪矿段出现了次火山相的二长斑岩体,而在中塔、东塔和南塔等地则出现了爆破角砾岩筒或隐爆角砾岩,这些与火山活动有关构造的发育使断裂带中的构造情况更为复杂,岩石破碎更加强烈,为含矿热液的停积,成矿物质的析出沉淀提供了有利的空间条件。

4.2 火山-次火山岩体控矿规律

塔吾尔别克金矿的 3 个矿段中出现了次火山岩(二长斑岩)、爆破角砾岩筒和隐爆角砾岩体,显示出岩体(岩性)控矿的特点。研究表明^[21],在中浅环境中,温度-压力的骤然变化,岩浆中的挥发组分和大量热液聚集在上侵岩浆的顶部及边部,在后续岩浆的压力驱动下,气水热液还会发生沸腾-爆炸而形成隐爆角砾岩。这些次火山斑岩体、爆破角砾岩筒和隐爆角砾岩作为勾连深部的通道,会将深部热能量及含矿热液源源不断地向浅部输送,形成面形的蚀变与矿化。在塔吾尔别克矿区,尽管这种面状的蚀变和矿化表现得不是很突出,但其带来的部分热能量和成矿物质会使附近的蚀变矿化更显强烈。西塔一带出现二长斑岩的脉状浅成侵入体,在斑岩体边部的断裂破碎带中形成金矿体,斑岩体内部也发现蚀变和浸染状、细脉浸染状的金矿化^[12,14];中塔、东塔和南塔等地段有隐爆角砾岩的分布,中塔一带还发现爆破角砾岩筒,其中都有程度不同的蚀变与金矿化,在其附近的构造破碎带中形成金矿体。从勘查的情况看,在近地表的二长斑岩和角砾岩筒中并未形成工业矿体,但深部的蚀变和矿化是否有所加强,需要进一步研究。

4.3 中-低温热液成矿规律

在塔吾尔别克金矿热液成矿的 3 个阶段中,都有金的成矿,而且随着温度的逐步下降,金矿化的强度呈明显的上升趋势。石英-黄铁矿阶段,多在黄铁绢英岩化形成范围大而分散的金矿化,金矿品位较低, $w(\text{Au})=0.5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-6}$;石英-硫化物阶段,硅化蚀变带叠加于早阶段蚀变矿化带上,金矿化范围相对集中,品位明显提高, $w(\text{Au})=1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$;石英-碳酸盐阶段为热液成矿期的末期阶段,在石英-碳酸盐脉中金矿化的强度明显提高,方解石脉中的金品位为 $w(\text{Au})=2 \times 10^{-6} \sim 58 \times 10^{-6}$,尽管矿化范围往往有限,但金的矿化不仅没有减弱,反而有了明显的升高,也成为塔吾尔别克金矿床的显著特征之一。

在热液成矿期,石英结晶的程度由开始的隐晶-

微晶状态逐步向自形-半自形质中细粒、中粗粒转变,最后出现低温的梳状粗粒石英;方解石在低温阶段开始晶出,多呈晶形完好的中粗状,并有较好的含金性;中温阶段的黄铁矿多呈立方形,含量较少,中低温阶段的黄铁矿增多,并被其他金属矿物交代、充填,低温阶段的黄铁矿含量逐渐减少。

于小亮等^[17]对矿区石英-硫化物阶段的石英包裹体和石英-碳酸盐阶段的方解石包裹体进行了显微测温,结果表明,石英-硫化物脉阶段的均一温度范围为 $131 \sim 196^{\circ}\text{C}$,主要温度区间为 $150 \sim 170^{\circ}\text{C}$,平均温度为 162°C ;石英-碳酸盐阶段的均一温度范围为 $100 \sim 169^{\circ}\text{C}$,主要温度区间为 $110 \sim 130^{\circ}\text{C}$,平均温度为 125°C 。石英-黄铁矿阶段与黄铁绢英岩化基本同时,统计资料表明,与金成矿有关的黄铁绢英岩化、绢英岩化的温度为 $320 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ^[22],这个温度区间一般被认为金活化迁移、聚集成矿的起始温度。由此可以看出,塔吾尔别克金矿床的成矿温度大致在 $300 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内,与国内外浅成低温热液型金矿的成矿温度区间相一致,而与斑岩型金矿的成矿温度有明显差异^[23-24]。温度逐渐降低,金矿品位逐步升高,直到石英-碳酸盐阶段,金的成矿强度达到顶峰,这与吐拉苏火山盆地中其他金矿床(如阿希金矿)有所区别,也是值得深入研究的一个课题。

4.4 多因复合控矿规律

多种不同的成矿因素按照特定的内在联系建立关联并产生作用,被称为“多因耦合成矿”^[25],并纳入成矿系统论的研究范畴,塔吾尔别克金矿床“多因耦合成矿的特点”主要体现在以下两个方面。

(1)矿区内的火山熔岩和火山碎屑岩分布广泛,但是蚀变与矿化并不是在特定的火山岩层位或岩性中发生的,而是产于几条宽大的构造蚀变带中;蚀变带中的金矿化并不连续,较好的矿化只局限于有限的几个地段;金矿成矿既具备浅成低温热液型脉状金矿的基本特征,在特定的地段也显现出斑岩金矿的部分特点;在近地表的深度范围内,斑岩体和爆破角砾岩筒中都只有蚀变矿化,而未能形成可利用的金矿体。但是,当 NW—NNW 向构造破碎带与次火山相斑岩体、爆破角砾岩筒、隐爆角砾岩及不同方向断裂这些控矿因素叠加复合,就会出现金矿集中的区段,西塔-阿庇因迪、中塔、东塔,以及南塔等矿段均处于多因叠加复合地段,蚀变矿化的程度明显好于其他部位。

(2)在特定的控矿因素叠加复合的部位中,当不同的蚀变类型相互叠加并呈有规律的蚀变分带时,

金的品位往往会比较高,蚀变岩型金矿石的平均品位相对较低,石英脉型金矿石的平均品位有所提高,叠加其上的石英-碳酸盐型金矿石的平均品位更高。表明矿化蚀变带只有经过了多阶段的、多次叠加的水/岩交代作用,金矿化才会越来越强。而在NW—NNW向构造蚀变带之外的火山岩中也见到一些方解石脉或石英脉,均呈现规模较小、连续性差、含金甚微的特点,基本不具勘查意义。矿区中的石英脉和碳酸盐脉形成于相似的温度-压力环境,但由于其产出位置的不同,含矿热液作用的程度不一样,最终的成矿效应也会明显不同。

4.5 矿床成因

塔吾尔别克金矿床主要表现出浅成低温热液型金矿的地质特征,但与阿希等典型低硫型金矿床尚存在明显区别,如未发现冰长石化等低硫型金矿的标志性特征;矿床显示出一定的斑岩或隐爆角砾岩控矿的迹象,但在目前勘探高程内还未表现出中心型(面状)蚀变、矿化的显著特征,仍是以热液脉状的线状蚀变矿化为主;研究表明,金矿形成于中-低温、低盐度、深度浅的火山-次火山期后环境,热液来源为岩浆(火山)深部源。因此,矿床的成因类型属于与晚古生代早中期火山活动有关的浅成低温热液型金矿床,与低硫型金矿相似,有次火山(斑岩)或爆破角砾岩筒(隐爆角砾岩)型成矿作用的部分叠加。矿床深部,成矿作用可能向斑岩型金矿或角砾岩筒型金矿转化,矿种可能由单一金矿向金银-铜-多金属矿转化。

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.
- ④ 长春黄金设计院. 塔吾尔别克金矿提高资源回收选矿技术改造可行性研究报告. 长春:长春黄金设计院,2004.

参考文献:

- [1] 贾斌,毋瑞身,田昌烈,等. 西天山吐拉苏火山盆地金成矿系列成矿模式[J]. 新疆地质,2004,22(2):170-177.
- [2] 贾斌,毋瑞身,田昌烈,等. 西天山晚古生代吐拉苏火山盆地金矿成矿系列的成矿机理[J]. 地质与资源,2003,12(1):32-35.
- [3] 贾斌,金成洙. 西天山吐拉苏火山盆地金成矿系列围岩蚀变地球化学[J]. 地质与资源,2005,14(1):18-22,17.

- [4] 关瑞林. 阿希金矿控矿构造、矿体特征及成因探讨[J]. 新疆有色金属,2008(1):3-5.
- [5] 翟伟,孙晓明,苏丽薇,等. 新疆阿希金矿:古生代的低硫型浅成低温热液金矿床[J]. 地质前缘,2010,17(2):266-285.
- [6] 沙德铭,金成洙,董连慧,等. 西天山阿希金矿成矿地球化学特征研究[J]. 地质与资源,2005,14(2):118-126.
- [7] 刘占坤,毛先成,潘敏,等. 西天山阿希金矿床围岩蚀变[J]. 地质科技情报,2017,36(5):195-203.
- [8] 张作衡,毛景文,王志良,等. 新疆西天山阿希金矿床流体包裹体地球化学特征[J]. 岩石学报,2007,23(10):2403-2414.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 唐功建,王强,赵振华,等. 西天山东塔尔别克金矿区安山岩LA-ICP-MS铀 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.
- [14] 赵晓波,薛春纪,门启浩,等. 西天山塔吾尔别克金矿成矿作用:Re-Os年龄和S-Pb同位素示踪[J]. 地质前缘,2014,21(5):176-186.
- [15] 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.
- [16] 夏立献,刘成帅,刘传明. 新疆伊宁县塔吾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.
- [17] 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.
- [18] 于小亮,顾雪祥,蔡成龙,等. 新疆塔吾尔别克金矿区赋火火山岩地球化学特征与构造意义[J]. 矿物岩石,2017,37(2):74-83.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 黄定华,向树元,朱云海,等. 中浅成含矿岩浆的隐爆作用机制与两相分离流动[J]. 地球学报,1996,17(S1):130-134.
- [22] 胡受奚,赵乙英,孙景贵,等. 华北地台重要金成矿过程中的流体作用及其来源研究[J]. 南京大学学报:自然科学,2002,38(3):381-391.
- [23] 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.
- [24] 江思宏,聂凤军,张义,等. 浅成低温热液型金矿床研究最新进展[J]. 地质前缘,2004,11(2):401-411.
- [25] 翟裕生. 成矿系统论[M]. 北京:地质出版社,2010.

Geological characteristics of Tarwuerbieke gold deposit and discussion of the metallogenic law in Xinjiang

WANG Changqing, QI Binnian

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

Abstract: Tarwuerbieke gold deposit is near to the well known Axi gold deposit occurring in andesite and andesitic tuff of the 5th Member of Lower Carboniferous Dahalajunshan Formation. It is mainly controlled by NW—NNW cataclastic alteration zone and subvolcanic monzonic porphyry and crypto-blast breccia pipe. Cataclastic alteration rock type gold ore is associated with beresitization, sicification and carbonatization. The ore-forming process is divided into quartz-pyrite, quartz-sulfide, quartz-sulfate stages during which the cataclastic alteration rock type and quartz vein type and sulfate vein type of Au ore were formed and oxide ore formed by supergene process. Based on the geological characteristics and induced ore-control law of fault, volcanic-sub-volcanic rocks and meso-epithermal metallogeny and multi-control factors and synthetic prospecting results the gold deposit is considered a Late-Middle Paleozoic volcanism-related epithermal gold deposit overprinted by sub-volcanic hydrothermal fluid.

Key Words: Tarwuerbieke gold deposit; Cataclastic alteration rock type gold ore; quartz vein type gold ore; quartz-calcite vein type gold ore; geological characteristics; ore-forming law; epithermal gold deposit; Xinjiang