

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.01.015

新疆尉犁县双峰岭金矿床特征及资源潜力分析

张红英¹, 赵玉社², 张彬²

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 中国冶金地质总局西北地质勘查院, 陕西 西安 710119)

摘 要:双峰岭金矿床处于塔里木板块东北缘的库鲁克塔格陆缘地块, 北邻艾尔宾晚古生代残余盆地, 南为塔里木中央地块; 金矿体严格受地层岩性、韧性剪切带、脉岩三重控制。矿石类型有石英脉型和石英脉蚀变岩复合型; 蚀变主要有绿泥石化、褐铁矿化、黄钾铁矾化、绢云母化、碳化和碳酸盐化、硅化等。金矿成矿物质主要来自变质热液, 由于矿体受断裂构造控制, 断裂构造的多期活动为其提供了有利的运移通道和容矿空间, 来自深部的成矿物质沿其通道上升、运移, 由于热液作用, 使 Au 元素进一步活化迁移并携带围岩中的 Au 元素在构造有利部位沉淀富集形成金矿; 笔者详细描述了双峰岭金矿的地质特征及控矿因素, 总结出含 Au 石英脉标志、矿物标志、断裂构造标志、围岩蚀变标志、地球化学标志 5 个方面的找矿标志。最后结合双峰岭金矿区 3 个矿段矿体特征, 初步预测了整个矿区的资源潜力。

关键词:双峰岭金矿床; 变质-热液构造叠加型; 库鲁克塔格陆缘地块; 资源潜力; 新疆

中图分类号:P618.51

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2022)01-0190-12

Analysis of the Characteristics and Resource Potential of Shuangfengling Gold Deposit in Yuli County, Xinjiang Province

ZHANG Hongying¹, ZHAO Yushe², ZHANG Bin²

(1. Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Northwest Geological Research Institute, Bureau of Metallurgy Geology Exploration and Engineering, Xi'an 710119, Shaanxi, China)

Abstract: Shuangfengling gold deposit is located in the Kuluqtag continental block of the north-eastern margin of Tarim plate, adjacent to the Ailbin late Paleozoic residual basin to the north, and central Tarim block to the south. The gold orebody is strictly controlled by stratigraphic lithology, ductile shear zone and vein rock. The ore types include quartz vein type and compound quartz vein-altered rock type. The alteration mainly includes chloritization, limonitization, jarosite, sericite, carbonization, carbonation, and silicification, etc. The metallogenic material of gold mainly comes from metamorphic hydrothermal. The ore bodies are controlled by fracture structure, and the mutiperiodic activities of fracture structure provided the ore with favorable migration and space so as the metallogenic material can rise and migrate along the channel. The hydrothermal process makes the gold element further migrate and carry gold element to favorable

收稿日期:2020-12-04;修回日期:2021-06-22;网络发表日期:2021-12-06;责任编辑:曹佰迪,吕鹏瑞

基金项目:中国地质调查局项目“东天山昌吉—双沟山地区区域地质调查”(DD20190065),企业风险勘查项目“新疆尉犁县双峰岭金矿普查”。

作者简介:张红英(1967-),女,研究馆员,主要从事地质信息与矿产研究。E-mail:422746543@qq.com。

areas, thus forming gold mine. This paper describes in details the geological characteristics and ore-controlling factors of Shuangfengling gold deposit, and summarizes five prospecting indicators of prospecting, i. e. gold-bearing quartz vein, mineral, fault structure, surrounding rock alteration and geochemistry. Finally, combined with the characteristics of three ore sections in Shuangfengling gold mine area, the authors predict preliminarily the resource potential of this area.

Keywords: Shuangfengling gold deposit; metamorphic hydrothermal superposition type; Kuluqtag continental block; resource potential; Xinjiang

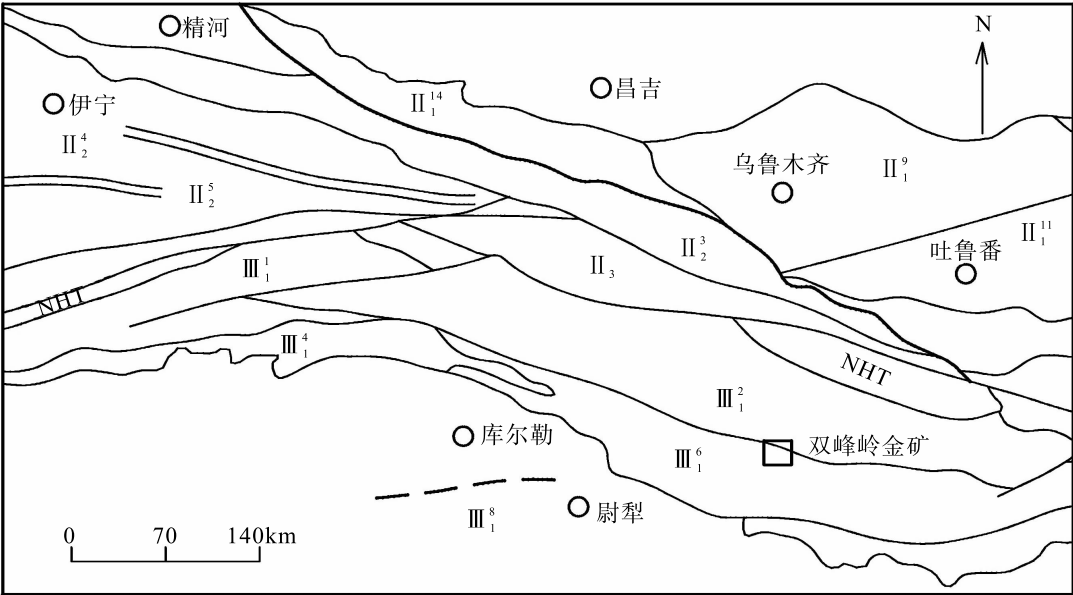
双峰岭金矿位于辛格尔大断裂以南。杨合群等(2017)总结其属于塔里木陆块北缘隆起成矿带(Ⅲ-13)双峰岭式金矿床,矿产地实例已经列出金沟金矿点、双峰岭金矿点等。前人曾对该矿田金矿进行过研究(王建业,2007;李明,2018;雷早田等,2008;王江涛,2003),但描述都比较简单。笔者有幸参加双峰岭金矿床后期勘查报告的编制,在此基础上重点讨论该矿床地质特征、成矿要素、找矿标志及资源潜力。自 2017 年后,该矿区未曾投入地质勘查工作,无论是地表还是深部控制程度都较低,同时由于 3 个矿段的矿体大部分延伸到矿区以外,致使整个矿区总体工程控制程度和综合研究程度十分薄弱,不

能够深层次探讨。双峰岭金矿是该区最大的金矿,是双峰岭式金矿的典型矿床。

1 成矿地质背景

1.1 大地构造位置

双峰岭金矿床位于塔里木板块东北缘库鲁克塔格陆缘地块,北邻艾尔宾晚古生代残余盆地,南为塔里木中央地块(图 1)(李明,2018)。库鲁克塔格陆缘地块构造位置十分关键,其受到多期次构造运动的叠加影响,使得该地区岩浆活动频繁,侵入岩分布广泛。



Ⅱ₁⁹. 博格达晚古生代弧后裂陷盆地; Ⅱ₁¹¹. 吐哈地块; Ⅱ₁¹⁴. 依连哈儿尔杂晚古生代沟弧带; Ⅱ₃³. 博罗科努古生代复合岛弧带; Ⅱ₂⁴. 阿吾拉勒晚古生代裂谷系; Ⅱ₂⁵. 伊宁中央地块; Ⅱ₃. 巴仑台-星星峡离散地体; Ⅲ₁¹. 东阿莱-哈尔克古生代复合沟弧带; Ⅲ₁². 艾尔宾旬古生代残余盆地; Ⅲ₁⁴. 虎拉山晚古生代裂陷槽; Ⅲ₁⁶. 库鲁克塔格陆缘地块; Ⅲ₁⁸. 塔里木中央地块; NHT. 板块缝合带

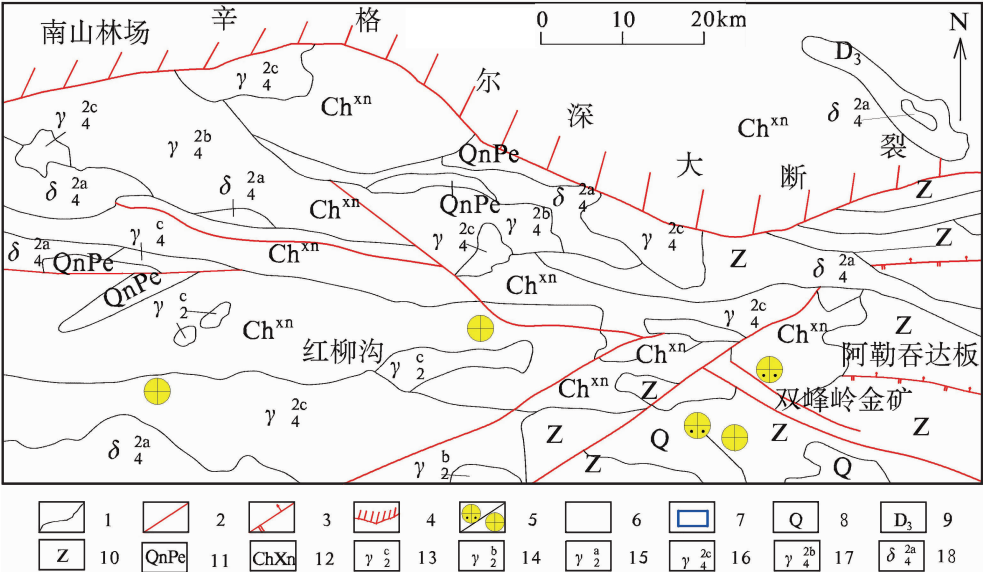
图 1 双峰岭金矿构造位置图

Fig. 1 Tectonic location map of Shuangfengling gold deposit

1.2 控矿地层

本区属于库鲁克塔格地区,主要由前震旦系(AnZ)和下震旦统贝义西组、照壁山组、阿勒通沟组、特瑞爱肯组并层(Z_1b-t);另有零星出露的寒武

系西大山组(ϵ_1x)和莫合尔山组(ϵ_2m)及寒武—奥陶系突尔沙克塔格组(ϵ_3-O_1t)等;第四系少量分布。与金矿关系最密切的为前震旦系(AnZ),系一套中-深变质岩系(图 2)(雷早田等,2008)。



1. 地质界线;2. 性质不明断层;3. 逆断层;4. 辛格爾深大斷裂;5. 矿金/岩金;6. 岩金矿;7. 大小金矿矿区;8. 第四系;9. 上泥盆统;10. 震旦系;11. 帕爾崗塔格群;12. 興地塔格群;13. 元古代花崗岩;14. 元古代石英正長花崗岩;15. 元古代片麻狀花崗岩;16. 華力西中期似斑狀黑雲母花崗岩;17. 華力西中期黑雲母花崗岩;18. 華力西中期閃長岩

图 2 双峰岭金矿区域地质矿产图

Fig. 2 Regional geological and mineral map of Shuangfengling gold deposit

矿区主要出露前震旦系和震旦系照壁山组,另有少量第四系沿沟谷及山涧凹地分布。与金矿关系最密切的为前震旦系(AnZ)。

前震旦系(AnZ)分布于工作区的大部分地区,属工作区最古老的基底岩石,是一套中-深变质岩系,且主要为副变质岩系,是山潭金矿体的直接围岩。其岩性主要由石榴子石黑云母片麻岩、黑云母斜长片麻岩、石榴子石斜长片麻岩和石榴子石斜长变粒岩、斜长石石英变粒岩和斑点状变粒岩等组成。在这些岩石中零星可见混合花岗岩呈透镜状或不规则状夹于片麻岩和变粒岩中。该层为山潭金矿带、沙棘果沟金矿带和双峰岭金矿带的围岩。前震旦系(AnZ)为金矿化的主要矿源层,为金矿化的富集提供了主要物质来源(图 3)。

1.3 控矿构造

区域为一复式背斜,工作区属区域复式背斜的南翼,为一单斜层。地层总体走向北东东,倾向南

东,倾角为 $50^{\circ}\sim78^{\circ}$,仅在工作区北部 Z_1b-t 地层中形成一个不对称的小向斜。

区域内断裂较为发育,除多条较大断裂外,小断裂也处处可见。断裂大致可分 3 组:北东向、北西向和近东西向。其中,北东向和近东西向 2 组断裂与金矿化关系密切。断裂大多为逆断层和推覆断层,多为南或南东倾向,少数向北或北西倾斜。

1.3.1 褶皱

工作区位于复式背斜构造的南翼,区内地层为一单斜构造,岩层走向北东东,倾向南东,倾角为 $50^{\circ}\sim78^{\circ}$ 。

1.3.2 断层

工作区内断裂发育,按走向大致可分 3 组:即北东、北北西和近东西向。近北东断裂包括 F8,北北西断裂包括 F1、F5、F6,东西断裂包括 F2、F3、F4、F7。其中,北东向 F8 和近东西 F2、F4 与金矿化关系密切,区内大部分含 Au 石英脉大多充填于这几

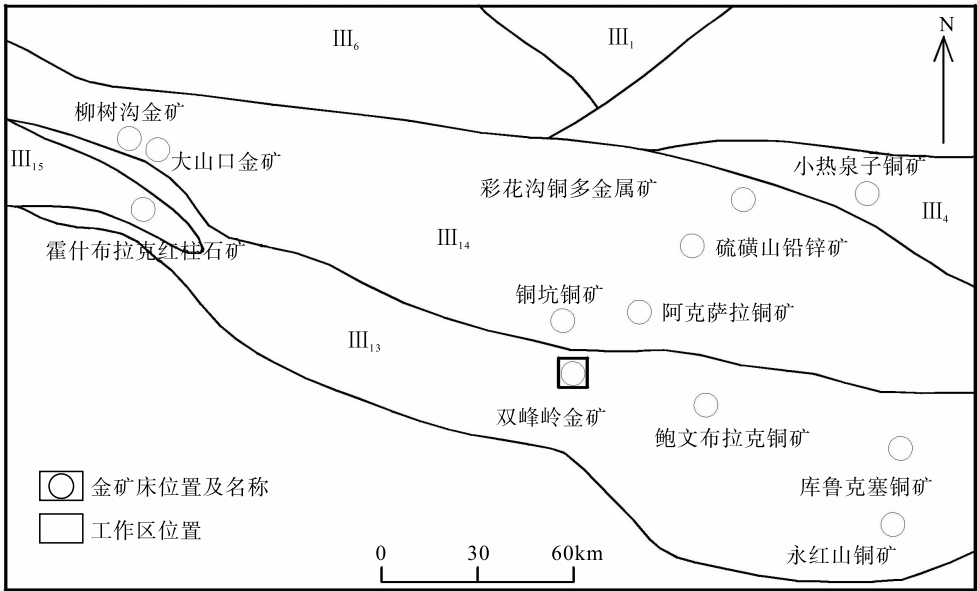
个断裂中(图 4、表 1)。

F8 断裂控制山潭金矿带,断裂总长度大于 4 km,在矿区内长 1.8 km,宽 0.1~3 m,总体走向 70°,南倾,倾角为 60°~70°;F8 断裂特征明显,断裂面呈舒缓波状,表面光滑,可见清晰的擦痕、阶步及断层泥,具压扭性逆冲断层特征;断裂带内为碎裂变粒岩、断层泥、碳化、构造片理化带、石英大脉、石英细脉及石英团块等充填;沿断裂带两侧可见有断续的褪色、褐铁矿化、绿泥石化、绢云母化等蚀变。

F4 断裂控制沙棘果沟金矿带,为区内最大的一条断裂。断裂总长度大于 4 km,在矿区长 1.7 km,宽为 10~30 m,总体走向为 85°,北倾,倾角为 70°~80°;

断裂带在地形上表现为一开阔的大沟,沟内普遍见有含石英细脉构造蚀变现象。通过系统的探槽揭露,圈定近平行的蚀变破碎带 5 条,蚀变破碎带内主要为碎裂状、粉末状碎裂岩、断层泥、石英团块(碎块);蚀变主要有绿泥石化、绢云母化、褐铁矿化、碳化等。

F2 断裂控制双峰岭金矿带,含矿断裂在矿区内长为 1.8 km,宽为 5~15 m,总体走向为 95°,北倾,倾角为 64°~70°。断裂带在地形上表现为小沟,沟内普遍见含石英扁豆、石英碎块蚀变变粒岩;断裂带南部主要为混合岩化花岗岩,北部为变粒岩;带内为断层泥、褪色、高岭土化、弱褐铁矿化、绢云母化、石墨矿化、构造片理化含石英扁豆(碎块)碎裂/碎粉变粒岩。



III₁. 博格达铜金铁(钛钒)锰硼成矿带; III₄. 大南湖铜镍金钼成矿带; III₆. 依连哈比尔尕金铜铬(玉石、滑石)成矿带; III₁₃. 库鲁克塔格铜、镍、铅锌、稀土金属、磷、蛭石成矿带; III₁₄. 艾尔宾-帕尔岗铁锰铜金多金属成矿带; III₁₅. 南天山金铜铋锡多金属成矿带

图 3 双峰岭金矿成矿单元划分图

Fig. 3 Metallogenic unit division of Shuangfengling gold deposit

表 1 双峰岭金矿区主要断裂构造一览表

Tab. 1 List of main fault structures in Shuangfengling gold mining area

编号	规模(m)		产 状(°)		性质及充填物	矿体
	长	宽	走向	倾角		
F2	>2 500	5~15	95	64~70	充填含石英扁豆、石英碎块蚀变变粒岩	双峰岭金矿带
F4	>4 000	10~30	85	70~80	充填碎裂状、粉末状碎裂岩、断层泥、石英团块(碎块)	沙棘果沟金矿带
F8	>4 000	0.1~3	70	60~70	为压扭性逆冲断层。充填碎裂变粒岩、断层泥、碳化、构造片理化带、石英大脉、石英细脉、石英团块	山潭金矿带

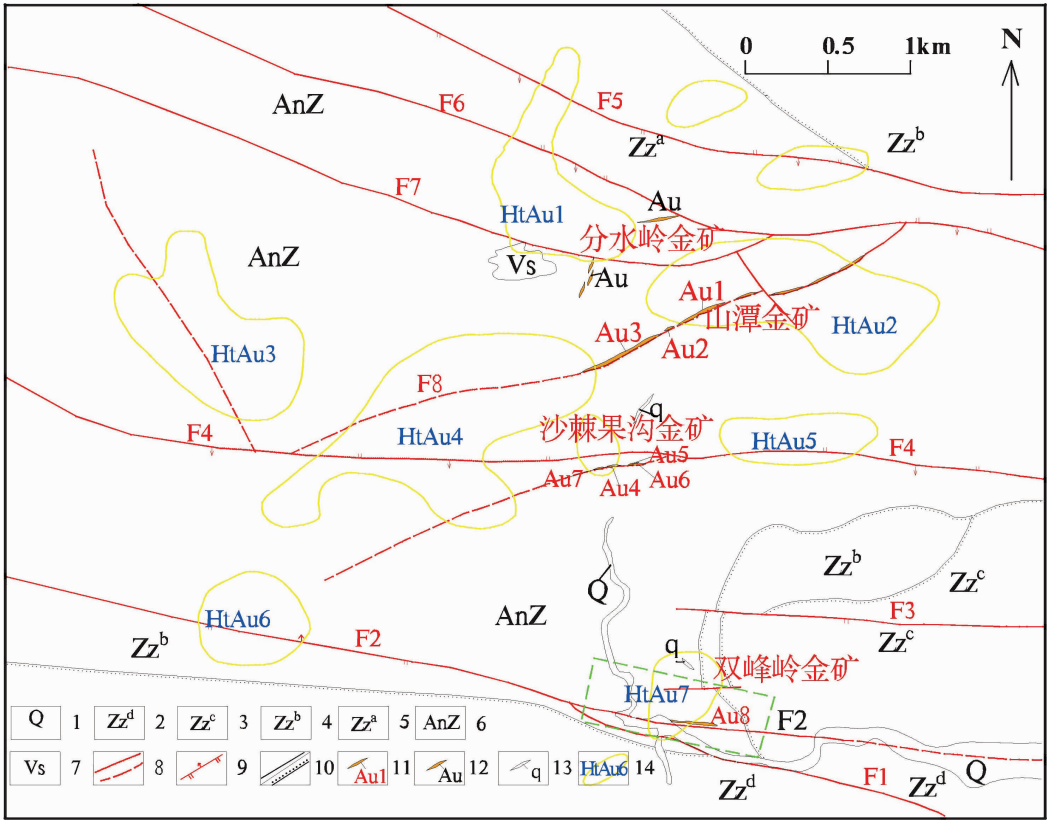


图 4 双峰岭金矿区综合地质图

Fig. 4 Comprehensive geological map of Shangfengling gold mining area

区内的断裂以金矿化富集成矿为主要控制因素,不同期次的变质热液、岩浆热液及混合地下水热液均沿断裂构造带活动强烈,形成矿区内多条金矿化带。断裂对山潭金矿的控制作用更加明显,主要有以下几个特征。

(1)山潭金矿体产于北东东向断层构造带中,其形态、产状严格受断层构造控制,断层带的扩容空间的变化控制着矿体的膨大、缩小和尖灭、再现。同时矿体上、下盘可见 3 组构造活动痕迹,说明成矿过程至少经历了 3 次以上的构造活动,而这些构造交汇叠加部位往往是 Au 的富集部位。

(2)矿石条带状构造发育,条带厚 2~5 cm,条带间有很薄的绢云母化、绿泥石和石墨。且矿石较破碎,表明矿体在形成过程中经历了多次热液作用和构造活动。

(3)本区各变质岩已达角闪岩相,局部地段已达混合岩化程度。随变质作用的增强,Au 活化迁出量增多,Au 活化是在高绿片岩相条件下混合岩化过程中使 Au 继续从原岩中带出。因此,变质作用是本区金矿形成的重要作用。

(4)金赋存于石英脉中,部分赋存于石英脉中的硫化物集合体边部。矿体形态较为规则,连续性较好,且延深较大(已控制延深大于 80 m),因此成矿物质可能来自变质热及构造深源。

断裂对双峰岭金矿带、沙棘果沟金矿带同样有明显的控制作用。

1.4 岩浆活动

区内岩浆岩以华力西期中酸性侵入岩为主。主要岩性有红色花岗岩、片麻状花岗岩、灰绿色石英闪长岩等。岩体展布方向与近东西向区域构造线方向

大体一致。

矿区岩浆岩分布较少,主要为蚀变辉长岩及混合岩化花岗岩。矿区北部 F7 断裂南侧见有小范围的蚀变辉长岩体出露,岩石已发生混合岩化,岩石中的普通辉石已蚀变为纤闪石,斜长石已有不同程度的钠黝帘石化。矿区南侧 F1、F2 断裂之间见有含石榴石、蓝石英混合岩化花岗岩体出露。另外,区内多处见有极小范围混合岩化花岗岩脉出露;岩体呈似层状、不规则透镜状,其产状与变质围岩一致,花岗岩与围岩接触界线不清,呈渐变过渡关系,过渡带内均有宽窄不等的条带状混合岩分布。

本区含蓝石英花岗岩是在区域变质作用、构造变形作用和变质源岩重熔交代作用发展演化过程中形成的,该期岩浆活动与本区金矿化富集作用关系密切。

1.5 脉岩

山潭金矿带内石英脉沿走向、倾向呈透镜体状,具尖灭再现特征,为后期挤压构造形成。通过对金矿带东段内石英脉的详细追索统计,沿走向地表石英扁豆体长 17~136 m,多为尖灭后立即再现,再现间距为 0~32 m,控制约 1 050 m 矿化带内无石英脉段仅为 180 m,所以脉体基本连续。

石英脉明显具 3 期充填特征。早期乳白色石英脉基本不含 Au;二期次烟灰色条带状石英脉含 Au 不高,品位一般为 $1.28 \times 10^{-6} \sim 4.90 \times 10^{-6}$;而晚期次含方铅矿肉红色条带状石英脉含 Au 高,品位一般为 $5.04 \times 10^{-6} \sim 49.06 \times 10^{-6}$,最高达 79.23×10^{-6} ,但一般厚度较小,多在 0.20~0.40 m,最厚为 0.80 m,并且以富含方铅矿为显著特征。凡石英脉中含方铅矿者,其石英脉也一定含 Au,方铅矿含量高者则 Au 品位也高。三期石英脉多共生形成复脉体,并且晚期次富 Au 石英脉多侵位于断裂面下盘部位,多呈小脉体或小扁豆体产出,形成小而富的矿体(图 4)。

沙棘果沟金矿带内金矿体为石英脉蚀变岩复合型,含 Au 石英脉多呈烟灰色、灰白色,为石英大脉、石英复脉、石英团块分布于蚀变破碎带中。通过对蚀变破碎带及石英脉分别取样分析证实,含 Au 地质体主要为石英脉、石英复脉、石英团块,蚀变岩石中亦有矿化指示。石英脉以充填方式分布于 F4 断裂构造控制的蚀变破碎带内,组成了蚀变破碎带内的金矿体。

双峰岭金矿带内含 Au 地质体为含石英扁豆(角砾)变粒岩。通过分别采样,挑选的石英扁豆(角砾)样品 Au 品位较高,而基本不含石英的变粒岩中基本无金矿化。含石英扁豆(角砾)变粒岩 Au 含量沿走向厚度变化极大,矿化受石英扁豆(角砾)和原石英脉中 Au 品位所控制,金矿化极不均匀。在 F1 与 F2 之间构造裂隙极为发育,见有雁列式平行产出的多条石英脉,通过追索检查采集刻线样品,在 165 m 长范围内,断续见有斜厚 0.1~1.0 m、Au 品位为 $1.22 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 的石英脉、石英脉角砾、石英扁豆。含 Au 地质体之间连续性极差,无法圈连矿体。

1.6 地球化学特征

1:50 万及 1:20 万化探异常成果显示,本区具有形成钨、钼、铋、金、铜多金属矿产以及钒钛磁铁矿、稀有、放射性等矿产的地球化学条件。

矿区圈定 1:2.5 万水系沉积物综合异常 7 个,以 Au 为主,编号为 HtAu1—HtAu7。其中,HtAu2、HtAu7 分别与已知的山潭金矿化体和双峰岭金矿化体对应;HtAu3、HtAu4、HtAu5 位于测区中部 F4 断层以北;HtAu6、HtAu7 位于 F2 断层上,HtAu6 为单 Au 异常;HtAu2 分布于 F8 断层上;HtAu1 位于 F5 与 F7 之间,分水岭含 Au 石英脉位于该异常东侧。区内各异常严格受断裂构造控制。各异常地球化学特征见图 4、表 2。

2 双峰岭金矿床地质特征

2003~2015 年,对双峰岭金矿进行了普查,仅对山潭金矿带内 Au1、Au2、Au3 进行了资源量估算,获得(333+334)金资源量为 2 268.17 kg(宋志程等,2013)。

矿区内已发现 3 个具有规模的金矿化带,分别为山潭金矿带(北带)、沙棘果沟金矿带(中带)和双峰岭金矿带(南带),共圈定金矿体 8 条,矿体形态以似层状为主(图 4、表 3)。

2.1 各矿体规模、形态、产状

2.1.1 山潭金矿带(北矿带)特征

山潭金矿带是双峰岭式金矿的最主要代表矿体,金矿带受 F8 挤压断裂构造控制,地表总体长度大于 4 km,东西两端都延伸到探矿权区以外,特别是西端约 2 km 在探矿权区外未控制。探矿权区地

表 2 各异常地质、地球化学特征表

Tab. 2 Geological and geochemical characteristics of each anomaly

异常编号	元素组合	平均值	极大值	衬度值	地 质 概 况
HtAu1	Au	18. 1	70. 6	3. 6	分布于 F5、F7 断裂带上,区内岩石为混合片麻岩
HtAu2	Au	116. 5	845	23. 3	异常与已知的山潭金矿对应,位于区内的 F8 次级断裂带上,为石英脉型金矿
HtAu3	Au	62. 8	305	12. 5	分布测区中部 F4 断裂带的北侧,异常区内主要岩石为前震旦系混合片麻岩、混合岩化变粒岩、斑点状混合变粒岩和混合花岗岩等
HtAu4	Au	26. 4	111	5. 3	
HtAu5	Au	54. 58	194	10. 9	
HtAu6	Au	27. 5	67	5. 5	异常分布于 F1 与 F2 断裂带交汇部位,出露主要岩石有混合岩、石英砂岩及凝灰质砂砾岩
HtAu7	Au	32. 5	47. 7	6. 5	异常分布于 F1 与 F2 断裂带交汇部位,出露主要岩石有混合岩、石英砂岩及凝灰质砂砾岩,Au7 异常与双峰岭金矿对应

注:Au 含量为 10^{-6} ,本数据由冶金西北局第五实验室提供,2013。

表 3 双峰岭金矿区金矿特征表

Tab. 3 Characteristics of gold deposits in Shuangfengling gold deposit

矿带名称	矿体 编号	矿体规模(m)			品位(10^{-6})		异常 编号	控 矿 构 造	矿化 类型
		长	真厚度	延深	区 间	平均			
山潭金矿带	Au1	210	0. 24~1. 76	>90	1. 88~29. 11	6. 30	HtAu2	F8	石英 脉型
	Au2	100	0. 72~0. 9		1. 02~13. 24	6. 32	HtAu2		
	Au3	450	0. 3~2. 80	>380	2. 08~26. 77	6. 71	HtAu4		
沙棘果沟 金矿带	Au4	70	0. 61~0. 72		4. 02~5. 9	5. 05		F4	石英 脉型
	Au5	未知	0. 49		1. 51	1. 51			
	Au6	70	0. 8		2. 48	2. 48			
	Au7	40	0. 46~0. 69		1. 06~8. 16	2. 83			
双峰岭金矿带	Au8	110	0. 95~2. 35		2. 48~8. 82	5. 47	HtAu7	F1、F2 交 汇部位	蚀变 岩型

表控制矿带长>1. 7 km,宽为 0. 1~3 m,总体走向为 70°左右,倾向南东,倾角为 43°~78°。山潭金矿带地表出露标高为 2 124(TC12-1)~2 296 m(TC11-1),深部控制最深处标高为 1 760 m(ZK41-1),控制标高差为 536 m。金矿带上沿倾向最大斜深达 540 m(TC41-1~ZK41-1),延深基本稳定,显示其为延深较大的金矿带。

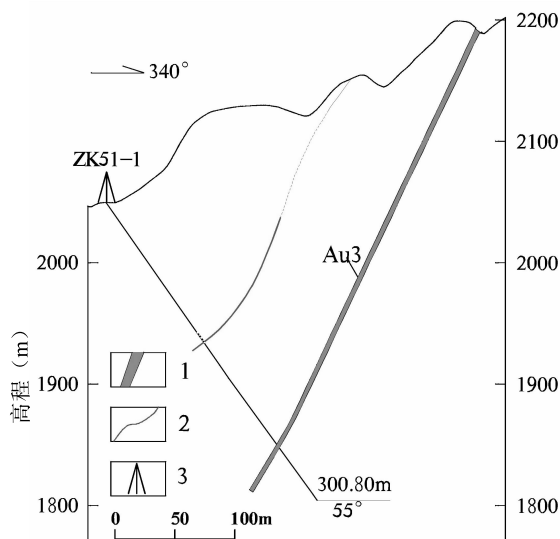
山潭金矿带内共圈定 Au1、Au2、Au3 金矿体 3 条(图 5),金矿体呈脉状、透镜状、扁豆状,总体走向约 70°,南倾,倾角为 60°~70°。金矿体主要由含 Au 石英脉组成,其产出严格受断裂构造控制,具多期充填特征。石英脉的含 Au 性及品位变化较大。

Au1 矿体位于山潭金矿带的东段 3 线~6 线之

间,长约 210 m,厚为 0. 24~1. 76 m,平均厚度为 0. 82 m,Au 品位为 $1. 88\times 10^{-6}\sim 29. 11\times 10^{-6}$,平均品位为 $6. 30\times 10^{-6}$;走向为 61°~90°,总体走向约 70°,倾向南东,倾角为 46°~72°,总体倾角为 60°;地表面工程矿体厚度为 0. 24~1. 76 m,单工程平均品位为 $2. 41\times 10^{-6}\sim 29. 11\times 10^{-6}$;深部单工程矿体厚度为 0. 26~1. 47 m,单工程平均品位为 $1. 88\times 10^{-6}\sim 13. 68\times 10^{-6}$,控制矿体最大斜深约 90 m。

Au2 矿体位于山潭金矿带的中段 27 线~23 线之间,长约 100 m,厚为 0. 72~0. 90 m,平均厚度为 0. 79 m;Au 品位为 $1. 02\times 10^{-6}\sim 13. 24\times 10^{-6}$,平均品位为 $6. 32\times 10^{-6}$;走向为 60°~88°,总体走向约 70°,倾向南东,倾角为 63°~75°,总体倾角为 70°;

矿体地表单工程矿体厚度为 0.72~0.90 m, Au 品位为 $1.02 \times 10^{-6} \sim 13.24 \times 10^{-6}$ 。



1. 金矿体及编号; 2. 断层; 3. 钻孔位置及编号

图 5 山潭金矿带 51 勘查线综合剖面图

Fig. 5 Comprehensive profile of exploration line 51 of The Shantan gold deposit

Au3 矿体位于山潭金矿带的西段 61 线~41 线之间, 长约 450 m, 厚为 0.35~2.80 m, 平均厚度为 1.08 m; Au 品位为 $2.08 \times 10^{-6} \sim 26.77 \times 10^{-6}$, 平均品位为 6.71×10^{-6} ; 走向为 $55^\circ \sim 95^\circ$, 走向约 70° , 倾向南东, 倾角为 $59^\circ \sim 78^\circ$, 总体倾角为 65° ; 矿体地表单工程矿体厚度为 0.35~1.79 m, Au 品位为 $1.41 \times 10^{-6} \sim 26.77 \times 10^{-6}$; 矿体深部由 ZK51-1 控制, 控制矿体最大斜深达 380 m, 深部单工程矿体厚度为 2.80 m, Au 品位为 2.08×10^{-6} 。

2.1.2 沙棘果沟金矿带(中带)特征

沙棘果沟金矿带长大于 4 km, 东西两端都延伸到探矿权区以外。探矿权区地表控制长度约 1.6 km, 宽为 10~30 m, 走向为 80° , 北倾, 倾角为 $70^\circ \sim 80^\circ$, 金矿带严格受 F4 断裂构造控制, 整个金矿带由 5 条近平行的蚀变破碎带组成。沙棘果沟金矿带次级断裂构造控制的蚀变带走向控制长度约 120 m, 宽为 4~12 m, 向西延伸不明显, 向东与 F4 主构造相交。蚀变带蚀变主要为褐铁矿化(黄铁矿化)、碳化、绢云母化、绿泥石化等。蚀变带西段(STC9 西~STC7)充填有含 Au 石英大脉, 宽为 0.60~1.20 m, 东段(STC6~STC2)为石英复脉。

在沙棘果沟金矿带蚀变破碎带内圈定出金矿体 3 条, 分别为 Au4、Au5、Au6。在其次级构造蚀变带内圈定 Au7 矿体 1 条。

Au4 矿体位于沙棘果沟金矿带的中段 0 线~3 线之间, 长约 70 m, 厚为 0.72~0.61 m, 平均厚度为 0.67 m; Au 品位为 $4.02 \times 10^{-6} \sim 5.90 \times 10^{-6}$, 平均品位为 5.05×10^{-6} ; 走向为 $45^\circ \sim 55^\circ$, 总体走向约为 50° , 北倾, 倾角为 $75^\circ \sim 85^\circ$, 总体倾角约为 80° ; 矿体地表单工程矿体厚度为 0.67 m, Au 品位为 $4.02 \times 10^{-6} \sim 5.90 \times 10^{-6}$; 矿体由含 Au 石英大脉组成, STC0-1 中含 Au 石英脉中见少量的细粒方铅矿分布; 矿体深部由 ZK0-1、ZK0-2 两排钻探工程控制, 均未见矿。

Au5 矿体位于沙棘果沟金矿带的东段 12 线位置, 长未知, 厚度为 0.49 m; 品位为 1.51×10^{-6} , 走向为 70° , 北倾, 倾角为 75° ; 矿体地表由 TC12-1 单工程控制; 矿体由含 Au 石英大脉组成。

Au6 矿体位于沙棘果沟金矿带的东段 16 线位置, 长约 70 m, 厚度为 0.80 m; 品位为 2.48×10^{-6} , 走向为 70° , 北倾, 倾角为 71° 。矿体地表由 TC16-1 单工程控制; 矿体由含 Au 石英细脉、石英团块的碳化蚀变岩组成。

Au7 矿体位于沙棘果沟金矿带次级构造中, 走向控制断续长度约 40 m, 厚为 0.46~0.69, 平均厚度为 0.63 m; Au 品位为 $1.06 \times 10^{-6} \sim 8.16 \times 10^{-6}$, 平均品位为 2.83×10^{-6} , 走向为 $30^\circ \sim 50^\circ$, 总体走向约 45° , 南倾, 倾角为 $60^\circ \sim 70^\circ$, 总体倾角约为 65° ; 矿体由含 Au 石英大脉、石英复脉组成。

2.1.3 双峰岭金矿带(南带)地质特征

双峰岭金矿带产于前震旦系片麻岩与石榴子石花岗岩内外接触带内, 接触带内的 F2 断裂控制着双峰岭金矿带。金矿带长度约 1.8 km, 宽为 5~15 m, 总体走向 95° , 北倾, 倾角为 $64^\circ \sim 70^\circ$ 。

在双峰岭金矿带内圈定金矿体 Au8 矿体 1 条, 矿体走向长约 110 m, 厚为 0.95~2.35 m, 平均厚度为 1.39 m; Au 品位为 $2.48 \times 10^{-6} \sim 8.82 \times 10^{-6}$, 平均品位为 5.47×10^{-6} ; 走向为 $90^\circ \sim 110^\circ$, 总体走向约为 100° , 北倾, 倾角为 $70^\circ \sim 80^\circ$, 总体倾角 75° ; 金矿体由构造带内石英角砾、石英扁豆组成。

2.2 矿石特征

(1) 矿石组构。石英脉型金矿石结构构造: 矿石呈乳白、烟灰、肉红色, 具自形-半自形粒状结构;

黄铁矿经氧化成为褐铁矿,保留黄铁矿假像;石英颗粒受力作用发生脆性碎裂而形成压碎结构,局部碳酸盐沿碎裂石英充填交代形成次生边结构;矿石构造主要为块状和条带状,也见孔洞状、蜂窝状。其条带由石英和很薄的绢云母、绿泥石、石墨等组成,二者互成条带相间产出,条带一般厚为 0.5~3 cm,最厚为 10 cm。

石英脉蚀变岩复合型金矿石:矿石呈烟灰-灰红褐色,碎裂结构,其中的石英细脉呈半自形假象隐晶集合体结构,矿石构造主要为块状、孔洞状、蜂窝状构造等。

(2)矿石成分。矿石矿物、矿物组合:矿石矿物较简单,金属矿物主要为自然金、银金矿、方铅矿、黄铁矿、辉锑矿等;脉石矿物主要为石英、绢云母、绿泥石、石墨等。

金赋存状态:主要以裂隙金、粒间金赋存于石英裂隙、石英粒间及方铅矿、黄铁矿集合体边部。金以中-粗粒为主,巨粒金多见,而微粒金相对较少。

主要矿物特征:自然金-银金矿呈金黄色,主要以裂隙金、粒间金形式产出,多赋存于石英脉内部裂隙或者条带“层”间中,少量分布于方铅矿或黄铁矿集合体边部,偶见自然金包裹于方铅矿中。金多以明金形式出现,颗粒较大,呈浑圆状、角粒状、角尖粒状、枝杈状、板片状等,粒径一般为 0.05~0.1 mm,大者可达 5 mm 以上,也有甚者其树枝状金达几厘米之长。

方铅矿:主要见于富矿石中,呈铅灰色,以粒状或粒状集合体分布于石英脉中,粒径为 0.5~1.5 mm,分布不均匀,偶见金嵌布于其颗粒中或围绕其颗粒边部分布。

黄铁矿:在矿石内分布较普遍,含量较少,分布不均匀,呈黄白色,自形立方体粒状,粒径为 0.02~0.5 mm,近地表处多已褐铁矿化,局部有残留,并形成蜂窝状孔洞,偶见金嵌布于黄铁矿颗粒中心及孔洞内。

辉锑矿:微晶条柱状、针状,呈不规则集合体,粒度为 0.08 mm×0.04 mm~0.01 mm×0.05 mm。

褐铁矿:隐晶胶状,呈脉状、不规则状和粉末状分布于石英脉裂隙和断层泥中,局部褐铁矿呈黄铁矿假像。

石英:白-灰白-青灰色,他形细粒状集合体,粒径为 0.02~0.15 mm,受应力作用发生脆性碎裂和

塑性变形,石英边缘呈锯齿状、缝合线状。

方解石:呈脉状充填于碎裂石英中间和裂隙中。

绢云母:呈鳞片状,多分布于石英条带间和裂隙中。

石墨:为黑色,呈鳞片状,多分布于石英条带间和裂隙中。

含 Au 矿物特征:矿石中 useful 组分为 Au,品位变化较大,一是不同脉之间有较大差异;二是同一脉不同地段变化也较大。据分析结果表明,矿石单样含 Au 为 $1.00 \times 10^{-6} \sim 6.00 \times 10^{-6}$,最高达 79.23×10^{-6} ,最低为 0.51×10^{-6} ,表现在早期石英脉不含 Au;中期石英脉含 Au,而晚期石英脉富含 Au。

矿石中其他元素组分含量均未达到综合利用的指标。

2.3 围岩蚀变

工作区内金矿化均产于断裂构造带内,伴随区域性长期、多期次构造活动、变质作用和热液作用,围岩蚀变较为发育。在控矿断裂构造带和含 Au 石英脉上、下盘部位常发育绿泥石化、褐铁矿化、黄钾铁矾化、绢云母化、碳化和碳酸盐化、硅化等。其中绢云母化、碳化、绿泥石化与金矿化密切相关,是一种中-低温变质热液褪蚀变。各矿化带的蚀变特征如下。

山潭金矿带受 F8 挤压断裂构造控制,沿走向膨胀、紧缩特征明显,具雁列状断续特征,沿倾向亦有膨胀、紧缩特征。金矿带内为碎裂变粒岩、断层泥、碳化片理带、石英大脉、石英细脉、石英团块等充填,沿断裂两侧可见有断续的褪色、褐铁矿化等蚀变。

控矿断裂面呈舒缓波状,表面光滑,可见清晰的擦痕、阶步及断层泥,具压扭性逆冲断层特征。同时矿体上、下盘明显可见 3 组构造活动痕迹,说明成矿过程至少经历了 3 次以上的构造活动。其断层带扩容空间的变化控制着矿(化)体的膨大和收缩,而构造叠加、交汇部位往往是金的富集场所。

沙棘果沟蚀变破碎带蚀变类型主要为褐铁矿化(黄铁矿化)、碳化、绢云母化、绿泥石化等,部分蚀变破碎带含石英脉、石英细脉、石英团块。蚀变破碎带内含石英脉、石英团块为含 Au 矿地质体。通过深部钻探工程验证,矿化带向深部有变薄尖灭的趋势,且深部未见有矿化指示。

双峰岭矿化带蚀变主要为褪色、高岭土化、弱褐

铁矿化、绢云母化、石墨矿化碎裂/碎粉变粒岩及少量花岗岩;北部为含石英角砾(扁豆)绿泥石化、绢云母化、石墨矿化、劈理化变粒岩。

3 成矿要素及矿床成因类型

3.1 成矿要素分析

(1)金矿体赋存于前震旦系变质岩中,Au 元素高于区域丰度,由此推断该区变质岩是金矿化的矿源层。

(2)金矿体产于北东、东西向断裂构造带中,且金矿体形态、产状严格受断层构造控制,断层带的扩容空间的变化控制着矿体的膨大、缩小和尖灭、再现,同时为金矿体提供了容矿空间。研究发现山潭金矿带中含 Au 石英脉由 3 期石英脉组成,说明成矿过程至少经历了 3 期热液活动,热液活动在构造有利部位富集形成金矿体。

(3)矿石条带状构造发育,条带厚 2~5 cm,条带间为很薄的绢云母化、绿泥石和石墨。特别是矿石较破碎,说明岩石经过了多次的挤压破碎,表明矿体在形成过程中经历了多次热液作用和构造活动。

(4)本区各变质岩已达角闪岩相,局部地段已达混合岩化程度。随变质作用的增强,Au 活化迁出的量增多;Au 活化是在绿片岩相的条件下,混合岩化过程中使 Au 继续从原岩中带出,说明区域变质作用是金矿形成的重要成矿作用。

(5)Au 均赋存于石英脉中,特别是石英脉中的硫化物集合体边部有富集现象,同时矿体形态较为规则,连续性较好,且延深较大(已控制延深大于 380 m),因此成矿物质应该来自于变质热液及构造深源。

(6)热液成矿的标志较为清楚,矿体呈脉状,说明是热液充填为主,成矿元素组合为 Au-Ag-Pb-Sb-Hg 热液组合,矿石具典型的热液型特征,不同程度的发育着围岩蚀变等均说明了矿床是热液成因。

3.2 矿床成因类型

综上所述,区内金矿成因应属变质-热液构造叠加型。以前震旦系变质岩系为控矿层位,变质岩系中的断裂破碎带为控矿构造,区域构造运动提供热力;同时变质及混合岩化热液活化了地层中的矿

质,运移到有利的构造裂隙中,最终富集成矿。即在区域变质-混合岩化阶段形成的变质热液萃取了原岩中的 Au 元素,伴随动力变质作用在有利的构造部位形成矿化,并经多期次成矿作用使 Au 元素达到富集。(杨合群等,2017)

4 找矿标志

(1)含 Au 石英脉标志:含 Au 石英脉多为青灰色、烟灰色,多呈细脉、复脉状充填于压扭性断层构造中。早期脉往往形成乳白色宽脉,不含 Au 或含 Au 很低;中期石英脉含 Au 品位较低;只有后期的石英脉才形成富矿,但三者经常共存,在同一构造空间内形成复脉体,应注意区分。

(2)矿物标志:方铅矿、黄铁矿是金矿化的直接标志,凡在石英脉中见到此二种矿物,石英脉必含 Au。

(3)断裂构造标志:矿区容矿构造为北东和近东西向断裂,一般为先张后扭,矿化发生在主干断裂的次级断裂中,特别是构造转弯部位和次级细小裂隙往往形成富矿脉。

(4)围岩蚀变标志:经野外观察和样品鉴定,与矿化有关的围岩蚀变属中-低温热液蚀变,主要是绿泥石化、碳化、绢云母化。有的金矿化产于石英脉中的绢云母、碳化、绿泥石条带中。

(5)地球化学标志:该矿区地球化学异常具典型的多元素组合特征,含 Au 石英脉元素组合主要为 Au、Sb、Ag、As、Pb、Cu,是寻找金矿的重要地球化学标志。

5 资源潜力分析

(1)双峰岭金矿区内金矿化的形成受深部含矿热液和断裂、裂隙构造控制,区内金矿化主要产于区域大断裂的次级断裂及其断裂交汇部位。

(2)矿区处于Ⅲ₁₈库鲁克塔格铜、镍、铅锌、稀土金属、磷、蛭石成矿带,与元古代(前震旦、震旦系)变质岩有关的金矿化在其附近大、小金沟等山间沟谷中的砂金矿众多,显示了该区金矿化具有良好的找矿前景。

(3)矿区 3 条成矿带规模较大,矿体品位高,但工作程度低,特别是山潭金矿带、沙棘果沟金矿带东

西两端多处已经发现金矿体或金矿化体,由于处在探矿权区外,目前尚未控制,同时分水岭金矿带和双峰岭金矿带未估算资源量,相信投入相应的工作,资源潜力有望达到 10 t,达到中型金矿(表 4)。

表 4 双峰岭金矿区各成矿带资源潜力预测表
Tab. 4 Resource potential prediction table of each metallogenic belt in Shuangfengling gold deposit

矿带 名称	矿带规模(m)				平均品位(10^{-6})	资源量(t)		
	总长度	控制长度	推深	宽度		已提交	预测	合计
山潭金矿带	>4 000	1 700	400	0.1~2.8	6.44	2.27	10	
沙棘果沟金矿带	>4 000	1 600	200	0.49~0.72	2.97	0	4	16
双峰岭金矿带	1 800	1 800	200	0.95~2.35	5.47	0	2	

6 结论

综上所述,结合成矿物质来源、热动力条件、构造条件等成矿地质特征,认为双峰岭金矿床成因类型为:变质-热液构造叠加型。

矿区成矿、构造、化探异常条件优良,矿化带规模大,矿体品位高,工作程度极低,如果能合理运用上述找矿成果及规律,投入相应地质工作,有望找到中-大型金矿。

参考文献(References):

宋志程,全孝勤. 新疆尉犁县双峰岭金矿普查报告[R]. 西安:中国冶金地质总局西北地质勘查院,2013.

杨合群,姜寒冰,谭文娟,等. 西北地区重要矿产概论 [M]. 武汉:中国地质大学出版社,2017,119.

郭瑞清,秦切,邹明煜,等. 新疆库鲁克塔格西段辉长岩脉年代学、岩石地球化学特征及构造意义[J]. 西北地质, 2018,51(4):70-81.

GUO Ruiqing, QIN Qie, ZOU Mingyu et al. Geochronology, Petrogeochemical Characteristics and Tectonic Significance of Gabbro Dike from Western Quruqtagh in Xinjiang[J]. Northwestern Geology,2018,51(4):70-81.

邓俊,刘传朋,葛跃进,等. 新疆库鲁克塔格地区特瑞爱背冰期下限及沉积物源分析[J]. 地质论评, 2020, 66(2): 324-336.

DENG Jun, LIU Chuanpeng ,GE Yuejin, et al. The lower limit and provenance analysis of the Neoproterozoic Ter-eeken glaciation in Quruqtagh area, Xinjiang[J]. Geological Review, 2020,66(2):324-336.

张志诚,郭召杰,刘树文. 新疆库鲁克塔格地区基性岩墙群的形成时代及其大地构造意义[J]. 地质学报,1998,72

(1);93-94.

ZHANG Zhicheng, GUO Zhaojie, LIU Shuwen. The formation age and tectonic significance of the basic rock wall group in Kuruktag area, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 1998,72(1):93-94.

王祥东,吕新彪. 新疆库鲁克塔格地区 BIF 铁矿地球化学特征及其指示意义[J]. 矿床地质,2014,33:457-459.

WANG Xiangdong, LÜ Xingbiao. Geochemical characteristics and indicative significance of THE BIF iron mine in Kuruktag area, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 2014, 33:457-459.

吕新彪,曹晓峰,高翔,等. 新疆库鲁克塔格地块成矿带地质特征、主要矿床类型和成矿系列[J]. 矿床地质,2012, 31:23-24.

LÜ Xinbiao, CAO Xiaofeng, GAO Xiang, et al. Geological characteristics, main deposit types and metallogenic series of the Kulutag block metallogenic belt in Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 2012,31:23-24.

曹晓峰,王祥东,吕新彪,等. 新疆库鲁克塔格成矿带主要矿床类型及成矿系列划分[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2015,40(6):1018-1033.

CAO Xiaofeng, WANG Xiangdong, LÜ Xinbiao, et al. The classification of main deposit types and metallogenic series in Kuluctag metallogenic belt xinjiang[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences. 2015,40(6):1018-1033.

雷早田,全孝勤. 新疆和硕县双峰岭金矿地质特征及找矿标志[J]. 地质找矿论丛,2008,23(10):76-78.

LEI Zao Tian, QUAN Xiaoqin. Geological characteristics and prospecting criteria of Shuangfengling gold deposit, Heshu County, Xinjiang[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008,23(10):76-78.

王江涛. 新疆大小金沟金矿成矿地质条件及找矿方向[J]. 新疆地质,2003,21(2):257-258.

- WANG Jiangtao. Ore-forming geological conditions and prospecting direction of The Xiaojingou gold deposit in Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2003, 21(2): 257-258.
- 鲍庆中. 大山口穆龙套型金矿床及其找矿意义[D]. 长春: 东北大学, 2004.
- BAO Qingzhong. The Dashankou Muruntau-Type Gold Deposit and its Prospecting Significance in Southern Tianshan[D]. Changchun: Northeastern University, 2004.
- 李明. 大小金沟金矿成矿地质特征及找矿探讨[J]. 世界有色金属, 2018, 1002(21): 63-65.
- LI Ming. Discussion on metallogenic geological characteristics and prospecting of Jingjin gold deposit[J]. World Nonferrous Metal, 2018, 1002(21): 63-65.
- 杨鑫朋, 余心起, 周翔, 等. 西天山成矿带热液型金矿成矿地质条件及成矿物质来源对比[J]. 大地构造与成矿学, 2015, 39(8): 633-646.
- YANG Xinpeng, YU Xinqi, ZHOU Xiang, et al. Comparative Study on Ore-forming Conditions and Sources of the Hydrothermal Gold Deposits in the Chinese Western Tianshan[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2015, 39(8): 633-646.
- 王路昕. 浅论新疆西天山大地构造背景及潜在矿产预测[J]. 地球, 2016, 1000(5): 104.
- WANG Luxin. The tectonic setting and the prediction of potential mineral resources in The West Tianshan Mountains of Xinjiang are discussed[J]. The Earth, 2016, 1000(5): 104.
- 林乐, 李通, 侯鹏. 西天山金矿成矿类型探讨[J]. 矿产资源, 2018, 11(08): 31-32.
- LIN Le, LI Tong, HOU Peng. Study on metallogenic types of Xitianshan gold deposit[J]. Mineral Resources, 2018, 11(08): 31-32.
- 薛春纪, 赵晓波, 张国震, 等. 西天山金铜多金属重要成矿类型、成矿环境及找矿潜力[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 381-410.
- XUE Chunji, ZHAO Xiaobo, ZHANG Guozhen, et al. Metallogenic environments, ore-forming types and prospecting potential of Au-Cu-Zn-Pb resources in Western Tianshan Mountains[J]. Geology in China, 2015, 42(3): 381-410.
- 鲍庆中, 王宏, 沙德铭, 等. 新疆和静县大山口金矿床成矿流体地球化学特征研究[J]. 西北地质, 2003, 36(2): 43-49.
- BAO Qingzhong, WANG Hong, SHA Deming, et al. Study on the geochemical characteristics of ore-forming fluid inclusion of Dashankou gold deposit in Xinjiang[J]. Northwestern Geology, 2003, 36(2): 43-49.
- 鲍庆中, 王宏, 沙德铭, 等. 新疆和静县大山口金矿床地质特征及其与穆龙套金矿床对比[J]. 贵金属地质, 2000, 9(04): 200-204.
- BAO Qingzhong, WANG Hong, SHA Deming, et al. The geological characteristics of Dashankou gold deposit in Hejing County Xinjiang and its comparison with Muluntao gold deposit[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2000, 9(04): 200-204.
- 董新丰, 薛春纪, 石福品. 新疆西天山大山口金矿地质及成矿流体包裹体地球化学[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 172-181.
- DONG Xinfeng, XUE Chunji, SHI Fupin. Geological characteristics and the geochemistry of ore forming fluid inclusions in Dashankou gold deposit, Western Tien Shan, Xinjiang[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(5): 172-181.
- 周毅, 杨振. 新疆西天山金矿成矿条件分析及找矿远景[J]. 世界有色金属, 2020, 1002(03): 85-87.
- ZHOU Yi, YANG Zhen. Analysis of metallogenic conditions and prospecting prospect of gold deposits in Western Tianshan, Xinjiang[J]. World Nonferrous Metals, 2020, 1002(03): 85-87.