

新疆西准噶尔哈西金矿矿石矿物特征及金赋存状态研究

蒋磊^{1,2}, 汪滢^{2,3}, 曾祥武², 聂晓勇²

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质调查局乌鲁木齐自然资源综合调查中心, 新疆 乌鲁木齐 830057; 3. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 哈西金矿位于新疆托里县哈图金矿的西南部,是近期发现的一个具有较大成矿潜力的金矿。矿体受北东向安齐断裂控制,长短不一,厚度为0.10~3.42 m, Au品位为0.17~64.60 g/t,主要赋存在石炭系太勒古拉组中,且与玄武岩关系密切。原生矿石可分为蚀变岩型及石英脉型两种,矿石矿物主要有黄铁矿、毒砂、黄铜矿、辉砷镍矿和自然金等。根据矿物共生组合规律,可将金矿形成的过程划分为2个成矿期次(热液期、表生期)和4个成矿阶段(石英-硫化物阶段、石英-硫化物-自然金阶段、碳酸盐阶段、氧化阶段)。自然金主要赋存形式为裂隙金、包裹金和粒间金,其成色平均为954.19‰,粒径主要集中在20~50 μm之间,属于显微金。

关键词: 自然金;赋存状态;哈西金矿;新疆

中图分类号: P578.1⁺1; P575

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2019)04-0498-09

Ore mineral characteristics and modes of occurrence of gold in the Haxi gold deposit of Western Junggar, Xinjiang

JIANG Lei^{1,2}, WANG Ying^{2,3}, ZENG Xiang-wu² and NIE Xiao-yong²

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Urumqi Center of Natural Resources Comprehensive Survey, CGS, Urumqi 830057, China; 3. Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China)

Abstract: Located in the southwest of the Hatu gold deposit in Tuoli County of Xinjiang, the Haxi gold deposit is a relatively large metallogenic potential deposit discovered in recent years. The orebody is controlled by the NE-trending Anqi fault and its thickness is 0.10~3.42 m, with gold grade being 0.17~64.60 g/t. It mainly occurs in the strata of Carboniferous Telegula Formation and is closely related to basalt. The primary ore of the Haxi gold deposit is divided into two types: altered rock type and quartz vein type. The main ore minerals include pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, gersdorffite, pyrrhotite and native gold. According to the mineral assemblage, the metallogenic process can be divided into two periods, i. e., hydrothermal period and supergene period, and four stages, namely, quartz-sulfide stage, quartz-sulfide-native gold stage, carbonate stage, and oxidation stage. The modes of occurrence of native gold are mainly fissure gold, inclusion gold and intergranular gold with an average gold content of 954.19‰. The particle sizes of native gold are mainly concentrated in 20~50 μm, thus belonging to the microscopic gold.

Key words: native gold; modes of occurrence; Haxi gold deposit; Xinjiang

Fund support: Project of China Geological Survey (12120115041301)

收稿日期: 2018-12-18; 接受日期: 2019-06-11; 编辑: 尹淑苹

基金项目: 中国地质调查局资助项目(12120115041301)

作者简介: 蒋磊(1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事多金属勘查和区域地质矿产调查工作, E-mail: 394465421@qq.com;

通讯作者: 汪滢(1987-), 女, 工程师, 硕士研究生, 长期在新疆从事大地构造研究和多金属勘察工作, E-mail: 521147387@qq.com。

金的赋存状态研究是金矿床研究领域的热点方向之一,其结果可以为金矿床的“源、运、储”研究提供直接或间接的证据。比如郑仲(2016)相关研究发现,从载金矿物类型来看,不论何种金矿,主要载金矿物均为含硫矿物,次要载金矿物在造山型金矿床中主要为硅酸盐岩类,在卡林型金矿床中主要为碳酸盐岩类;从金的赋存形式来看,造山型金矿以裂隙金、包裹金为主,低温热液型金矿以粒间金为主,卡林型金矿则以晶格金为主。鉴于此,对金的赋存状态开展研究,对揭示金矿床的成因将有积极意义。

哈西金矿位于新疆维吾尔自治区的西北部,行政区划属于新疆塔城地区托里县,交通较为便利,东南距克拉玛依市 90 km,西距托里县城 50 km,均有公路通行,是该区具有较大成矿潜力的金矿之一,目前已达到中型规模并开采生产。由于发现较晚,前人对该金矿研究较少,主要有王治华等(2008)提出了该金矿的成矿规律及找矿标志,王长青(2011)探讨了金矿的成矿地质特征及成因,而对该金矿矿石

矿物特征及金的赋存状态还没有开展过系统研究,从而制约了对该金矿的进一步认识。本文基于详细的野外地质调查和室内研究工作,通过镜下鉴定、电子探针、扫描电镜能谱分析等测试方法,研究该金矿的矿物组合及金的赋存状态,旨在进一步了解矿石特征及矿物组成,为下一步的地质勘查和开采选冶工作提供依据。

1 区域地质背景

研究区位于准噶尔盆地的西北缘(图1),总体为西准噶尔界山和准噶尔盆地的过渡地带,二者呈北东向展布,以达尔布特断裂为界,其西北隅为准噶尔界山区,东南部为准噶尔盆地范围,界线较为清楚(兰廷计,1986;于爱军等,2006;庞振甲,2008;第鹏飞,2010)。从区域上来讲,该区主要由晚古生代褶皱山系组成,西南部出露少量早古生代中晚期褶皱带(李春昱等,1983;冯益民,1987;朱宝清等,

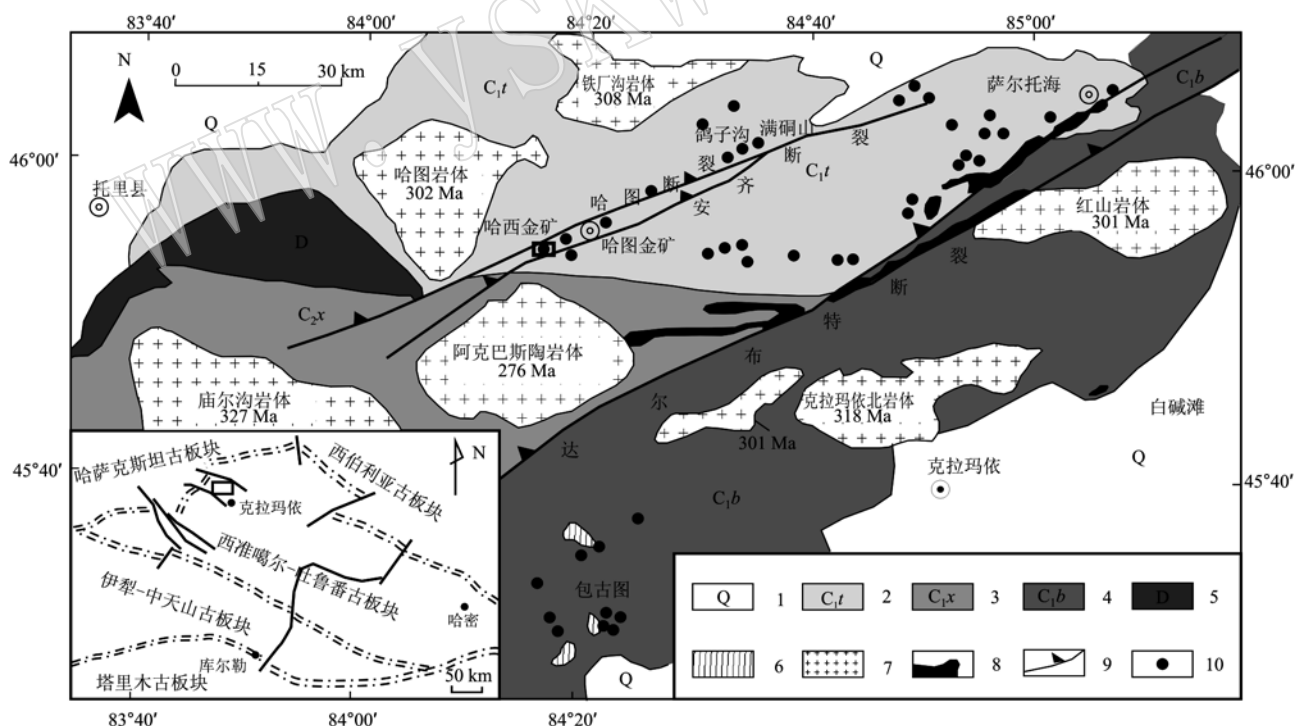


图1 西准噶尔区域地质简图[据王瑞等(2007)修改;花岗岩年龄据韩宝福等(2006)]

Fig. 1 Regional geological map of Western Junggar (modified after Wang Rui *et al.*, 2007; ages after Han Baofu *et al.*, 2006)

1—第四系; 2—石炭系太勒古拉组; 3—石炭系希贝库拉斯组; 4—石炭系包古图组; 5—泥盆系; 6—闪长岩; 7—花岗岩; 8—蛇绿岩;

9—断裂; 10—金矿点

1—Quaternary; 2—Carboniferous Telegula Formation; 3—Carboniferous Xibeikulasi Formation; 4—Carboniferous Baogutu Formation;

5—Devonian; 6—diabase; 7—granite; 8—ophiolite; 9—fault; 10—gold deposit

1994)。其中西准噶尔褶皱带形成于古生代,属于典型的增生造山带,是由板块经聚合-俯冲-增生作用所形成(陈宣华等, 2011; 吴延之, 2012)。区域总体地质特征是:地层主要组成为古生界一套厚度巨大的浅海相细-极细的火山碎屑岩-陆源碎屑沉积岩(阎士俊, 1988; 王逸群等, 2013);北东向断裂构造极为发育,岩浆活动非常频繁(徐瑞松, 1988; 黄琴等, 2012);达尔布特深大断裂从本区通过,沿该断裂有基性、超基性岩分布,并形成蛇绿岩套(安芳等, 2007; 刘建平等, 2009)。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质

哈西金矿区出露地层主要为石炭系太勒古拉组(C_1t)和包古图组(C_1b)(图2)。安齐断裂以北为太勒古拉组地层,主要由凝灰岩、凝灰质粉砂岩及少量凝灰质长石石英砂岩、长石石英细砂岩、硅质岩、角砾熔岩、集块岩等组成;以南为包古图组地层,其岩性以凝灰质砂岩、凝灰质泥质砂岩为主,夹透镜状凝

灰质硅质粉砂岩、凝灰质长石石英细砂岩等。

区内构造非常发育,以北东向为主,其次为北西向。其中,安齐断裂是区域性的大断裂,也是控矿断裂和赋矿构造,对成矿起到至关重要的作用;北西向断裂是矿区成矿后形成的断裂,对矿体具有明显的破坏作用,主、支干断裂构造构成矿区构造格架,与矿区内金矿的形成密切相关。

矿区出露的岩浆岩为玄武岩和蚀变玄武岩,属于基性火山岩,主要分布于东、西矿段内安齐断裂的上盘,是主要赋矿围岩。其在地表呈北东向条带状或孤岛状分布,局部被硅质粉砂岩所分隔并夹杂硅质岩等。

矿区处于哈图断裂与安齐断裂之间的区域动力变质岩带中,受区域变质作用明显。变质的地质体以葡萄石-绿纤石相为特征,特征变质矿物有葡萄石、绿纤石、绿泥石。这一变质特征主要体现在东矿段的安齐断裂的上盘与玄武岩中间区段出现一条片理化带,为片理化硅质粉砂岩,其变质程度局部可达到片岩,地表出露明显,界线清楚。

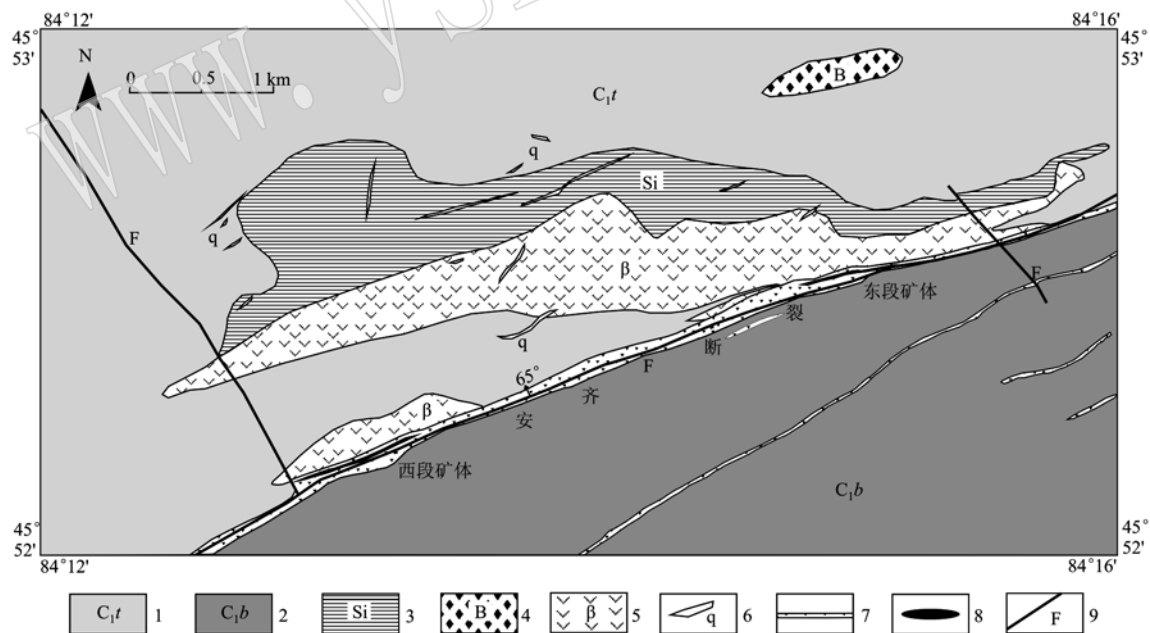


图2 哈西金矿矿区地质简图[据武警黄金第八支队(2013)^①修编]

Fig. 2 Geological map of the Haxi gold deposit (after No. 8 Gold Party of Chinese Armed Police, 2013^①)

1—石炭系太勒古拉组; 2—石炭系包古图组; 3—硅质岩; 4—火山角砾岩; 5—玄武岩; 6—石英脉; 7—构造蚀变带; 8—金矿体;
9—断层

1— Carboniferous Telegula Formation; 2— Carboniferous Baogutu Formation; 3—siliceous rocks; 4—volcanic breccias; 5—basalt; 6—quartz vein;
7—structural alteration zone; 8—gold orebody; 9—fault

① 武警黄金第八支队. 2013. 新疆托里县哈西金矿区地质详查报告(内部资料).

2.2 矿体特征

哈西金矿的矿体主要赋存在安齐断裂的上盘, 该矿带长 9 km, 包含 7 条矿体, 其长短不一, 呈中间宽两端窄的不规则似透镜体, 地表为分枝状, 到地下又复合为一条板状矿体。可分为东、西两段(图 2), 主要特征如下:

哈西金矿东段矿体: 主要有 4 条, 即 I-1、I-2、I-3、I-4 号, 其中 I-4 号为主要矿体, 控制长 371 m, 平均厚 3.54 m, 产状 $355^{\circ} \angle 85^{\circ}$, 金属量 4 392 kg, 平均金品位为 6.70 g/t。

哈西金矿西段矿体: 主要有 3 条, 即 I-5、I-6、I-7 号, 其中 I-5、I-7 号为主要矿体。I-5 号矿体控制长 493 m, 平均厚 1.32 m, 产状 $10^{\circ} \angle 85^{\circ}$, 金属量 713 kg, 平均金品位为 11.40 g/t; I-7 号矿体控制长 253 m, 平均厚 1.50 m, 产状 $10^{\circ} \angle 85^{\circ}$, 金属量 205 kg, 平均金品位为 3.32 g/t。

3 样品及分析方法

本次研究的岩、矿石样品均采自哈西金矿 I 号矿带西段地表及斜井中, 矿石中可见自然金, 并制备

成光薄片。然后利用光学显微镜进行镜下观察, 优选出重要探针片, 并对重点现象进行标记。

岩矿光学显微镜鉴定在在中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成, 采用仪器为 LEICA DMLP 偏光显微镜, 图片处理系统为 ArtCam Measure 2.0。

电子探针分析在核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成, 采用仪器为 JXA-8100 型电子探针分析仪, 工作条件: 加速电压 20 kV, 通过样品的电流为 15 nA, 束射直径为 2 μm 。

能谱分析测试在核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成, 扫描电镜型号为日本日立公司(HITACHI) S-3500N, 能谱为英国牛津公司(OXFORD INCA) X-射线能谱仪, 工作条件: 加速电压 20 kV, 测试温度 21 $^{\circ}\text{C}$, 湿度 35%。

4 分析结果

4.1 矿石矿物组成

根据不同氧化程度, 可将哈西金矿的矿石划分为原生矿石和氧化矿石两类(图 3a、3b、3c)。地表矿

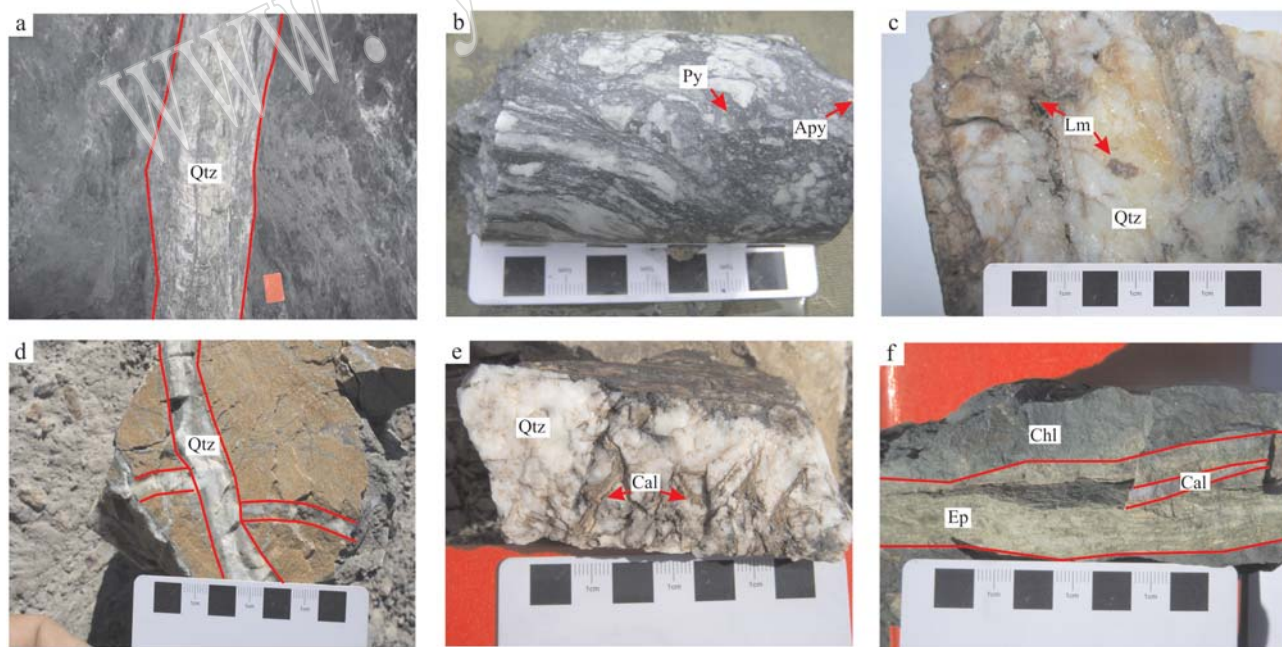


图 3 哈西金矿主要矿石及围岩

Fig. 3 The main ore and wall rock of the Haxi gold deposit

a—石英脉型金矿石; b—蚀变岩型金矿石; c—氧化矿石; d—早期石英脉被中期含矿石英脉穿切; e—晚期碳酸盐-石英脉;
f—蚀变矿体围岩; Qtz—石英; Apy—毒砂; Py—黄铁矿; Lm—褐铁矿; Cal—方解石; Chl—绿泥石; Ep—绿帘石
a—quartz vein type gold ore; b—altered rock type gold ore; c—oxidized gold ore; d—early quartz veins cut by middle quartz veins; e—late
carbonate-quartz veins; f—altered wall rock; Qtz—quartz; Apy—arsenopyrite; Py—pyrite; Lm—limonite; Cal—calcite; Chl—chlorite;
Ep—epidote

石由于风化作用,黄铁矿氧化成褐铁矿,形成黄褐色氧化矿石,5~10 m以下则逐渐过渡为原生矿。根据原生矿石产状及矿物组合特征,又可分为蚀变岩型及石英脉型两种(图3a、3b),或者呈二者的过渡型。

镜下鉴定及能谱分析结果显示,哈西金矿矿石

矿物主要为黄铁矿、毒砂,次为黄铜矿、辉砷镍矿、自然金等。其中大多数黄铁矿呈自形-半自形结构、斑状压碎结构或与毒砂共生构成显微纹层状构造(图4b、4h);毒砂多为自形-半自形结构并包含少量黄铜矿,呈散粒状分布在石英中,或与黄铁矿呈共生边结构(图4a、4f、4g)。

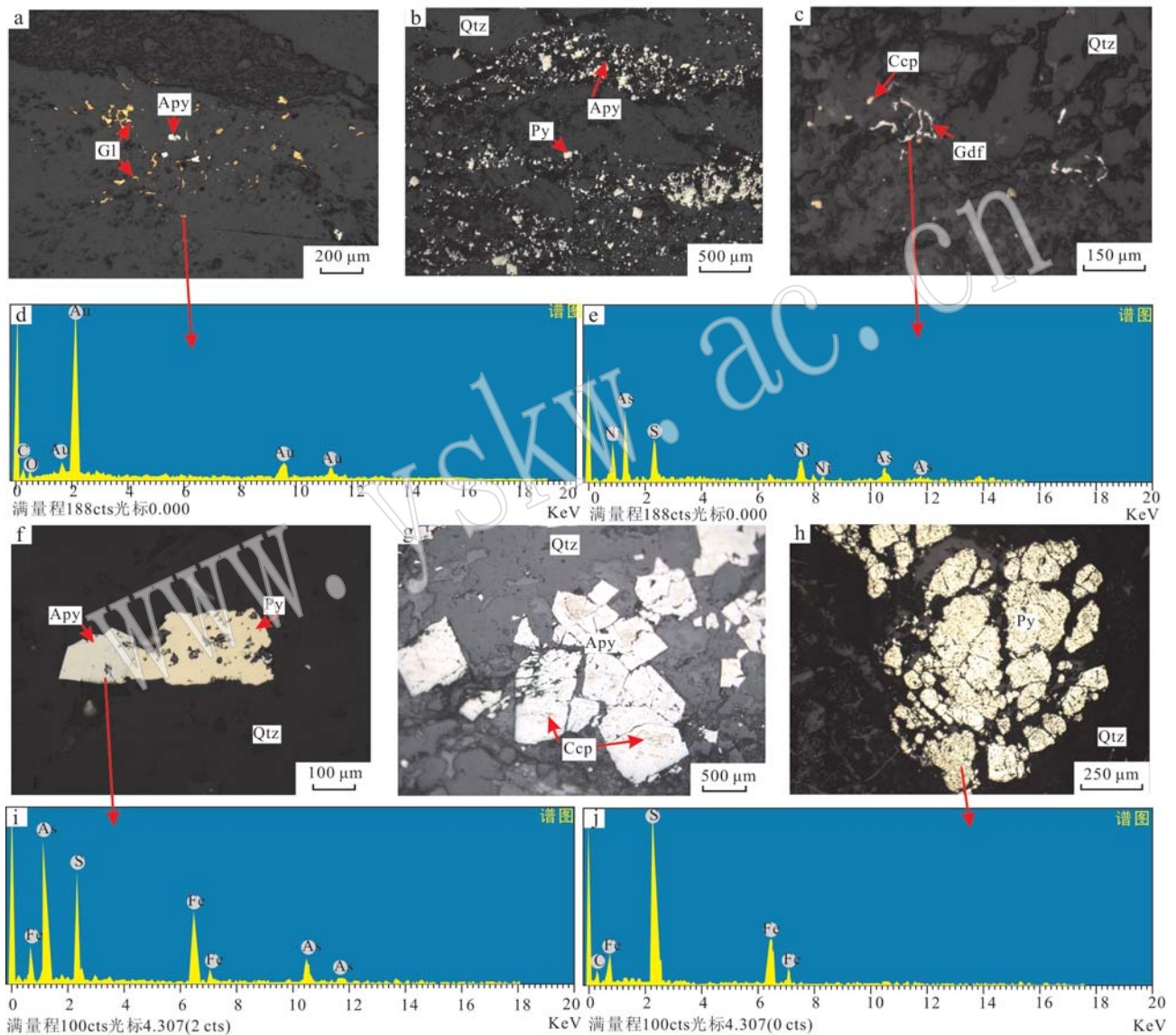


图4 哈西金矿主要矿石矿物组成(反射光)及其能谱图

Fig. 4 Main ore minerals (reflected light) and their EDS spectra of the Haxi gold deposit

a—自然金及毒砂呈散粒状分布在石英中; b—毒砂与黄铁矿共生构成显微纹层状构造; c—辉砷镍矿呈胶状构造; d—自然金能谱图; e—辉砷镍矿能谱图; f—黄铁矿与毒砂呈共生边结构; g—金矿石中自形-半自形结构的毒砂, 包含少量黄铜矿; h—黄铁矿呈斑状压碎结构; i—毒砂能谱图; j—黄铁矿能谱图; Apy—毒砂; Py—黄铁矿; Ccp—黄铜矿; Gdf—辉砷镍矿; Gl—自然金; Qtz—石英
a—gold and arsenopyrite dispersed in quartz; b—arsenopyrite and pyrite constituting micro-lamination structures; c—gersdorffite exhibiting colloform structure; d—EDS spectra of gold; e—EDS spectra of gersdorffite; f—pyrite associated with arsenopyrite; g—arsenopyrite including a little chalcopyrite in idiomorphic or hypidiomorphic structure in gold ore; h—pyrite exhibiting porphyritic and cataclastic textures; i—EDS spectra of arsenopyrite; j—EDS spectra of pyrite; Apy—arsenopyrite; Py—pyrite; Ccp—chalcopyrite; Gdf—gersdorffite; Gl—gold; Qtz—quartz

脉石矿物主要有石英、方解石、斜长石、绿泥石等。其中黄铁矿、毒砂为主要载金矿物,石英、方解石及其他硫化物矿物次之。矿石结构主要有包含结构、自形粒状结构、半自形粒状结构、填隙结构、压碎结构;矿石构造主要有脉(网脉)状构造、条带状构造、角砾状构造、浸染状构造。

4.2 成矿期次与阶段

由于断裂构造的多期性、继承性,成矿热液多次上升,致使石英网脉出现重叠、穿插,形成了明显的多期次特点,为热液期的金矿生成阶段的划分提供了重要的依据。根据矿物共生组合规律,可将金矿形成的过程划分为2个成矿期次,4个成矿阶段(图5)。

成矿期 生成 顺序	热液期			表生期
	I	II	III	IV
石英	—	—	—	
黄铁矿	—	—	—	
磁黄铁矿	—	—		
毒砂	—	—		
辉砷镍矿	—	—		
自然金	—	—	—	
黄铜矿		—		
闪锌矿		—		
方解石			—	
绢云母	—	—		
绿泥石	—	—	—	
铁白云母		—	—	
辉铜矿				
软锰矿				—
铜蓝				—
褐铁矿				—

图5 哈西金矿主要矿物生成顺序图

Fig. 5 The sequence of major mineral formation in the Haxi gold deposit

(1) 热液期

可进一步分成3个成矿阶段:

早期石英-硫化物阶段(I): 主要为早期石英生成阶段(图3d), 含金差, 有少量粗粒黄铁矿、毒砂生成(图4g、4h)。此阶段以黄铁绢英岩化蚀变交代作用及玄武岩退色为特征。黄铁矿以星点状稀疏浸染状为主, 金矿化微弱, 在蚀变带广泛分布。

中期石英-硫化物-自然金阶段(II): 为中期石英生成阶段(图3a、3d), 有大量的黄铁矿、毒砂、黄铜矿等金属硫化物生成, 自然金在本阶段生成、富集

(图4a、4b), 为金矿主要成矿阶段。

碳酸盐阶段(III): 为晚期碳酸盐脉、石英脉形成阶段(图3e、3f), 有少量硫化物, 局部有少量自然金生成。

(2) 表生期

主要为氧化阶段(IV): 地表产出的氧化矿石品位高, 可见次生金沿石英裂隙及褐铁矿周围分布(图3c), 并有少量铜蓝、软锰矿等次生矿物富集。

4.3 金的赋存状态

据镜下观察, 哈西金矿床中的金矿物主要为自然金, 多呈树枝状、散粒状及鳞片状(图6a、6b、6c), 粒径为10~100 μm, 主要集中在20~50 μm之间, 其中裂隙金粒径范围多集中在40~100 μm, 相对含量为58%; 包裹金粒径范围多集中在10~30 μm, 相对含量为26%; 粒间金粒径范围多集中在30~60 μm, 相对含量为16%。按照姚敬劬(1982)金矿物粒度划分原则, 可见金粒径>100 μm、显微金粒径100~0.2 μm、次显微金粒径0.2~0.02 μm, 哈西金矿自然金应属于显微金。

自然金在矿石中主要有裂隙金、包裹金和粒间金等赋存形式(图6d、6e、6f), 其中80%以上为裂隙金和包裹金, 与造山型金矿中金的赋存状态相似(郑仲, 2016)。裂隙金多充填在石英的小裂隙和破碎带中, 而包裹金和粒间金多赋存在黄铁矿和毒砂等硫化物中。其粒度一般较为粗大, 常沿石英、硫化物等矿物碎裂的裂隙(纹理)或者孔洞呈(微)细脉状、片状、树枝状分布。包裹金多呈(椭)圆状、楔形粒状等, 包含在脉石矿物及毒砂、黄铁矿等金属硫化物中。粒间金常见叶片状、粒状、纺锤状等, 形态不一, 其主要随充填空间形态的变化而变化。

对矿石中自然金进行电子探针分析, 结果显示(表1), 裂隙金中Au平均含量为97.52%, Ag平均含量3.33%, 并含有少量的Bi、Co、Cd; 包裹金中Au平均含量为96.03%, Ag平均含量3.12%, 并含有少量的Bi、Fe、As、Zn、Co; 粒间金中Au平均含量为95.95%, Ag平均含量3.42%, 并含有少量的Bi、Fe、Ni、Cd。根据化学成分所计算, 自然金的平均成色为954.19‰, 其中, 裂隙金的平均成色为957.96‰, 包裹金的平均成色为950.22‰, 粒间金的平均成色为954.38‰。总体可见自然金的成分相对较纯, 属于自然金系列, 且裂隙金成色>粒间金成色>包裹金成色, 表明自然金以独立矿物呈现时要比包裹体形式呈现时纯度高。

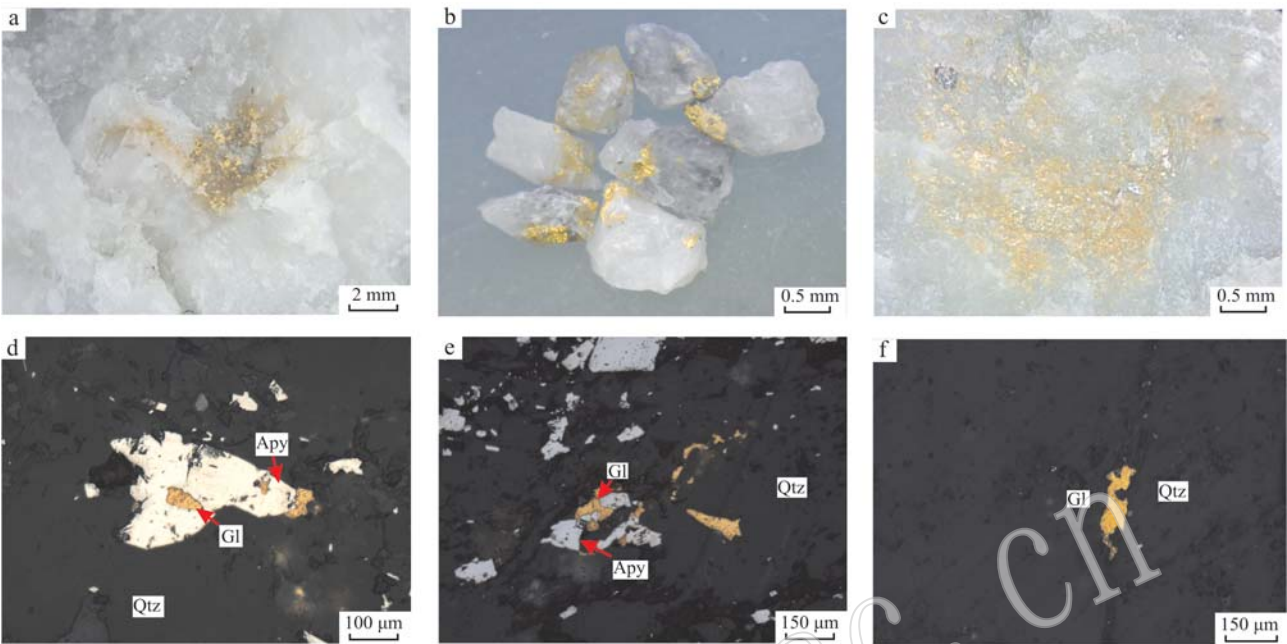


图 6 哈西金矿矿石中金的赋存状态(d、e、f 为反射光)

Fig. 6 Modes of occurrence of natural gold in the ore of the Haxi gold deposit(d, e, f in reflected light)

a—自然金呈树枝状分布在石英中; b—自然金呈粒状分布在石英中; c—自然金呈鳞片状分布在石英中; d—自然金包含在毒砂中;
e—自然金沿毒砂颗粒间中产出; f—自然金沿石英裂隙产出; Apy—毒砂; Gl—自然金; Qtz—石英
a—gold exhibiting arborescence distribute in quartz; b—gold exhibiting granular distribution in quartz; c—gold exhibiting scaly distribution in quartz;
d—gold included in arsenopyrite; e—gold produced along the arsenopyrite; f—gold produced along quartz fissures; Apy—arsenopyrite; Gl—gold;
Qtz—quartz

表 1 哈西金矿矿石中自然金电子探针分析数据
Table 1 EPMA analyses for natural gold in the Haxi gold deposit

矿物	As	Fe	Ag	Zn	Au	Co	Ni	Bi	Cd	总量	成色/% _o
包裹金	0.13	1.54	2.69		95.24			0.66		100.26	949.93
包裹金		0.63	3.55	0.13	96.83	0.04		0.69		101.87	950.52
裂隙金			3.23		97.76	0.06		0.90	0.04	101.99	958.52
裂隙金			3.43		97.28	0.05		0.85		101.61	957.39
粒间金		0.23	3.34		96.83		0.07	0.69	0.06	101.22	956.63
粒间金		0.34	3.50		95.08			0.94		99.86	952.13
平均值			3.29		96.50						954.19

据前人研究表明,成矿流体中金相对含量与金成色呈正相关(程先富等, 1999; 王莉娟等, 2004, 2005; 李晶等, 2016),哈西金矿中自然金成色较高,平均为 954.19‰,可以说明该金矿成矿流体中 Au 含量高,在热液中沉淀后主要以独立矿物形式充填在石英及蚀变围岩的裂隙中,或以显微包裹体、固溶体形式赋存于黄铁矿、毒砂等硫化物中。

5 结论

(1) 哈西金矿的矿体主要赋存在安齐断裂上盘的蚀变玄武岩中,原生矿石可分为蚀变岩型及石英

脉型两种。

(2) 矿石中主要金属矿物有黄铁矿、毒砂、黄铜矿、磁黄铁矿、辉砷镍矿、自然金等;矿石结构主要有包含结构、自形粒状结构、半自形粒状结构、填隙结构、压碎结构;矿石构造主要有脉(网脉)状构造、条带状构造、角砾状构造、浸染状构造。

(3) 根据矿物共生组合规律,可将金矿形成的过程划分为热液期和表生期两个成矿期次,包括早期石英-硫化物阶段、中期石英-硫化物-自然金阶段、碳酸盐阶段和氧化阶段 4 个成矿阶段。

(4) 金的矿物属性为自然金,成色高,平均为 954.19‰,且裂隙金成色 > 粒间金成色 > 包裹金成

色;其形态多呈树枝状、散粒状及鳞片状,赋存形式主要为裂隙金、包裹金和粒间金;自然金粒径主要集中在20~50 μm 之间,属于显微金。

致谢 感谢中国地质大学(北京)刘家军老师在论文撰写中的指导;野外样品采集得到武警黄金第八支队程军峰、缪鸿飞、刘林等的帮助;匿名审稿专家为本文的修改和完善提出了大量建设性意见,编辑老师为稿件的完善付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心感谢!

References

- An Fang and Zhu Yongfeng. 2007. Studies on geology and geochemistry of alteration-type ore in Hatu gold deposit[J]. *Xinjiang Mineral Deposits*, 26(6): 621~633(in Chinese with English abstract).
- Chen Xuanhua, Yang Nong, Ye Baoying, *et al.* 2011. Tectonic system and its control on metallogenesis in Western Junggar as part of the Central Asia multi-core metallogenic system[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 35(3): 325~338(in Chinese with English abstract).
- Cheng Xianfu and Li Tong. 1999. Mineralization sequence of elements and its significance for prospecting in the crust of north Xinjiang[J]. *Geology and Exploration*, 35(6): 23~25(in Chinese with English abstract).
- Di Pengfei. 2010. The Preliminary Study of the Geochemistry and Tectonic Significance of Late Paleozoic Granitoids in West Junggar[D]. Gansu: Lanzhou University(in Chinese with English abstract).
- Feng Yimin. 1987. Characteristics of ancient plate tectonics in west Junggar[J]. *Northwest Geoscience*, 18(4): 141~161(in Chinese with English abstract).
- Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao, *et al.* 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China(Part I): Timing of post-collisional plutonism[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1077~1086(in Chinese with English abstract).
- Huang Qin and Zhu Yongfeng. 2012. Study on geology of Huilüshan gold deposit in Western Junggar, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 30(4): 411~412(in Chinese with English abstract).
- Lan Tingji. 1986. The nappe of western Junggar and its evolution[J]. *Xinjiang Geology*, 4(3): 35~43(in Chinese with English abstract).
- Li Chunyu and Tang Yaoqing. 1983. Some problems on subdivision of palaeo-plates in Asia[J]. *Acta Geologica Sinica*, 57(1): 1~10(in Chinese with English abstract).
- Li Jing, Xu Yingxia, Shen Ping, *et al.* 2016. Ore-forming fluid composition, sulfur isotope analysis and genesis of the Hatu gold metallogenic belt in Xinjiang[J]. *Geology and Exploration*, 52(2): 199~208(in Chinese with English abstract).
- Liu Jianping, Wang He, Gong Guilun, *et al.* 2009. Geological features and deep prognostication of Jaertasi porphyry copper deposit in Western Junggar, Xinjiang[J]. *Geology and Exploration*, 45(1): 7~12(in Chinese with English abstract).
- Pang Zhenjia. 2008. The study of Akebasitao Granite Body in West Junggar, Xinjiang[D]. Shaanxi: Chang'an University(in Chinese with English abstract).
- Wang Changqing. 2011. The discussion of the geological characteristics and causes of Haxi gold deposit in Tuoli County[J]. *Nonferrous Metals of Xinjiang*, 34(4): 27~29(in Chinese with English abstract).
- Wang Lijuan, Wang Jingbin, Wang Yuwang, *et al.* 2004. REE geochemistry of ore-forming fluids of gold deposits in Junggar area, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 20(4): 977~987(in Chinese with English abstract).
- Wang Lijuan and Wang Yuwang. 2005. Geochemistry of ore-forming fluid and metallogenesis prognosis of Hatu gold deposits in jungar basin, Xinjiang, China[J]. *Geology and Exploration*, 41(6): 21~26(in Chinese with English abstract).
- Wang Rui and Zhu Yongfeng. 2007. Geology of the Baobei fold deposit in Western Junggar and zircon SHRIMP age of its wall-rocks, Western Junggar (Xinjiang, NW China)[J]. *Geological Journal of China Universities*, 13(3): 590~602(in Chinese with English abstract).
- Wang Yiqun, Zhao Haibin and Wei Dingjun. 2013. Ore-control factors and prospecting mark of the Xiabate gold deposit in Xinjiang[J]. *Gold Science and Technology*, 21(3): 27~31(in Chinese with English abstract).
- Wang Zhihua, Yu Wanqiang, Wang Keqiang, *et al.* 2008. Geological characteristics and ore genesis of Haxi Gold Deposit in Tuoli County, Xinjiang[J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 28(3): 307~311(in Chinese with English abstract).
- Wu Yanzhi. 2012. Characteristics of ore-controlling structures and prospective analysis of Hatu-Saertuohai gold belt in Western Junggar, Xinjiang[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 22(3): 854~862(in Chinese with English abstract).
- Xu Ruisong. 1988. Signatures of spectra and narrow band infrared scanning images of altered rocks in the Hatu Gold Mine, Xinjiang[J].

- Geology and Exploration, 24(12): 30~36(in Chinese with English abstract).
- Yan Shijun. 1988. Geological features and genesis of the No. II gold deposit, Qiyiqiu, Xinjiang autonomous region[J]. Geology and Exploration, 24(11): 18~24(in Chinese with English abstract).
- Yao Jingqu. 1982. About colloidal gold[J]. Geology and Prospecting, 8: 30~33(in Chinese with English abstract).
- Yu Aijun, Huang Hui, Xu Deli, *et al.* 2006. Application of integrated geophysical exploration to find concealed ores in the Haxi gold mining area[J]. Geology and Exploration, 42(6): 57~61(in Chinese with English abstract).
- Zheng Zhong. 2016. Research progress of the occurrence state of gold in the gold deposits[J]. Huabei Land and Resources, 75(6): 111~114(in Chinese with English abstract).
- Zhu Baoqing and Feng Yimin. 1994. Plate tectonics and evolution in west junggar of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 12(2): 91~105(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 安芳, 朱永峰. 2007. 新疆哈图金矿蚀变岩型矿体地质和地球化学研究[J]. 矿床地质, 26(6): 621~633.
- 陈宣华, 杨农, 叶宝莹, 等. 2011. 中亚成矿域多核成矿系统西准噶尔成矿带构造体系特征及其对成矿作用的控制[J]. 大地构造与成矿学, 35(3): 325~338.
- 程先富, 黎彤. 1999. 新疆北部地壳元素致矿序列及其找矿意义[J]. 地质与勘探, 35(6): 23~25.
- 郑鹏飞. 2010. 西准噶尔晚古生代花岗岩地球化学特征及构造意义的初步研究[D]. 甘肃: 兰州大学.
- 冯益民. 1987. 西准噶尔古板块构造特征[J]. 西北地质科学, 18(4): 141~161.
- 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 2006. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)——后碰撞深成岩浆活动的时限[J]. 岩石学报, 22(5): 1077~1086.
- 黄琴, 朱永峰. 2012. 新疆西准噶尔灰绿山金矿地质特征初步研究[J]. 新疆地质, 30(4): 411~412.
- 兰廷计. 1986. 西准噶尔推覆体及其演化[J]. 新疆地质, 4(3): 35~43.
- 李春昱, 汤耀庆. 1983. 亚洲古板块划分以及有关问题[J]. 地质学报, 57(1): 1~10.
- 李晶, 许英霞, 申萍, 等. 2016. 哈图金矿带成矿流体组分、硫同位素分析及矿床成因[J]. 地质与勘探, 52(2): 199~208.
- 刘建平, 王核, 龚贵伦, 等. 2009. 新疆西准噶尔地区加尔塔斯斑岩型铜矿地质特征与深部预测[J]. 地质与勘探, 45(1): 7~12.
- 庞振甲. 2008. 新疆西准噶尔阿克巴斯陶花岗岩研究[D]. 陕西: 长安大学.
- 王长青. 2011. 托里县哈西金矿成矿地质特征及成因探讨[J]. 新疆有色金属, 34(4): 27~29.
- 王莉娟, 王京彬, 王玉往, 等. 2004. 新疆准噶尔地区金矿床成矿流体稀土元素地球化学特征[J]. 岩石学报, 20(4): 977~987.
- 王莉娟, 王玉往. 2005. 新疆准噶尔盆地哈图金矿成矿流体的某些物理化学特征及与成矿关系[J]. 地质与勘探, 41(6): 21~26.
- 王瑞, 朱永峰. 2007. 西准噶尔宝贝金矿地质与容矿火山岩的锆石 SHRIMP 年龄[J]. 高校地质学报, 13(3): 590~602.
- 王逸群, 赵海滨, 韦定君. 2013. 新疆下巴特金矿床控矿因素及找矿标志[J]. 黄金科学技术, 21(3): 27~31.
- 王治华, 喻万强, 王科强, 等. 2008. 新疆托里县哈西金矿床地质特征及矿床成因[J]. 桂林工学院学报, 28(3): 307~311.
- 吴延之. 2012. 新疆西准噶尔哈图-萨尔托海金矿带控矿构造特征及找矿前景分析[J]. 中国有色金属学报, 22(3): 854~862.
- 徐瑞松. 1988. 新疆哈图金矿蚀变岩石的光谱、窄带红外扫描影像特征及探矿应用研究[J]. 地质与勘探, 24(12): 30~36.
- 阎士俊. 1988. 新疆齐依尔Ⅱ号金矿床地质特征及成因[J]. 地质与勘探, 24(11): 18~24.
- 姚敬勋. 1982. 关于胶体分散金[J]. 地质与勘探, 8: 30~33.
- 于爱军, 黄辉, 徐德利, 等. 2006. 综合电法在新疆哈西金矿区寻找隐伏矿的应用[J]. 地质与勘探, 42(6): 57~61.
- 郑仲. 2016. 金矿床中金的赋存状态研究进展[J]. 华北国土资源, 75(6): 111~114.
- 朱宝清, 冯益民. 1994. 新疆西准噶尔板块构造及演化[J]. 新疆地质, 12(2): 91~105.