

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.238

引用格式: 张晓星,王亮,高永宝,等. 新疆南天山孔雀沟地区团山金铜矿床地质特征与找矿标志[J]. 中国地质调查, 2024, 11(5): 46-54. (Zhang X X, Wang L, Gao Y B, et al. Geological characteristics and prospecting criteria of Tuanshan Au-Cu deposit in Kongquegou area of South Tianshan in Xinjiang[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(5): 46-54.)

# 新疆南天山孔雀沟地区团山金铜矿床 地质特征与找矿标志

张晓星<sup>1,2</sup>, 王亮<sup>1,2\*</sup>, 高永宝<sup>1,2</sup>, 华利鹏<sup>1,2</sup>, 王子龙<sup>1,2</sup>, 李晓东<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质调查局金矿勘查技术创新中心, 陕西西安 710100; 2. 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 陕西西安 710100)

**摘要:** 新疆南天山成矿带的成矿地质条件优越, 但找矿工作一直未能实现较大突破, 而团山金铜矿床是自新一轮找矿突破战略行动启动以来, 在新疆南天山孔雀沟地区新发现的具有中型远景的金铜矿床。在综合分析区域成矿规律及最新找矿进展的基础上, 总结团山金铜矿床的地质特征、矿体展布、矿石及矿床成因特征。团山金铜矿床位于 NWW 向孔雀沟断裂与晚期 NE 向断裂的构造叠加部位, 赋矿地层为上志留统孔雀沟组浅变质砂岩, 矿区共发现 15 条矿化蚀变带, 圈定 13 条金和金铜矿体, 平均厚度为 3.45 m, 金平均品位为 0.93 g/t, 铜平均品位为 0.66%。属于受断裂带控制的中—低温热液型金铜矿床。通过进一步梳理区域背景、控矿要素与地球物理、地球化学等找矿标志, 认为矿区深部存在较大的金铜找矿潜力。研究成果拓展了区域内上志留统孔雀沟组的金矿找矿新空间, 可为区域找矿工作提供参考。

**关键词:** 团山金铜矿床; 地质特征; 地化找矿标志; 成矿潜力

中图分类号: P618.43

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2024)05-0046-09

## 0 引言

新疆地处古亚洲洋与特提斯洋两大构造域的结合部位, 成矿地质条件优越, 矿产资源丰富, 是我国重要的矿产资源基地, 自新一轮找矿突破战略行动启动以来, 新疆在战略性矿产勘查和研究方面取得了一系列进展<sup>[1-5]</sup>。围绕大型资源基地建设, 新发现并评价了一批金矿床, 如蕴都卡拉金铜钴矿、鄯善县尖山金矿、梧南金矿、喜迎金矿、乌宗布拉克金矿等, 显示出极大的找矿潜力, 已成为找矿突破战略行动的主战场之一<sup>[6-7]</sup>。随着勘查与研究工作的推进, 众多学者在区域成矿规律、矿床成因、成矿过程与成矿模式等方面获得了许多新成果与新认识, 包括南天山洋闭合时限<sup>[8-13]</sup>、区域韧性剪切活动发生

时间<sup>[8-9]</sup>、金矿化类型等<sup>[14-17]</sup>。晁会霞等<sup>[17]</sup>认为梧南金矿主要受伊尔托古什布拉克韧—脆性剪切带及其不同变形期次的控制; 郎朋林等<sup>[15]</sup>认为孔雀沟金矿主要受库米什韧性剪切带控制, 区内二叠世岩浆岩表现出富硅及相似的稀土元素配分模式, 推测具有钨矿找矿潜力; 张雪冰<sup>[18]</sup>基于流体包裹体研究, 认为乌宗布拉克金矿的成矿流体经历了早期中—高温 H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl 体系流体, 以及晚期中—低温、低盐度 H<sub>2</sub>O-NaCl 体系流体的演化过程, 其属于中—浅成金矿床。上述找矿进展与研究成果有效推动了区域找矿及研究工作的科学部署和有序推进<sup>[19-23]</sup>。

2023 年以来, 中国地质调查局西安矿产资源调查中心依托“新疆孔雀沟—梧桐沟金矿重点调查区调查评价”项目, 优选金铜高背景值区域, 聚焦有利成矿靶区, 在南天山孔雀沟地区的金矿重点调查区

收稿日期: 2024-06-14; 修订日期: 2024-09-13。

基金项目: 中国地质调查局“新疆孔雀沟—梧桐沟金矿重点调查区调查评价(编号: DD20230377)”和“大兴安岭南段白音额勒布矿床萤石—银铅锌共生富集机理研究(编号: 2024JC-YBQN-0259)”项目联合资助。

第一作者简介: 张晓星(1986—), 男, 工程师, 主要从事矿产地质调查与矿产勘查工作。Email: 515903193@qq.com。

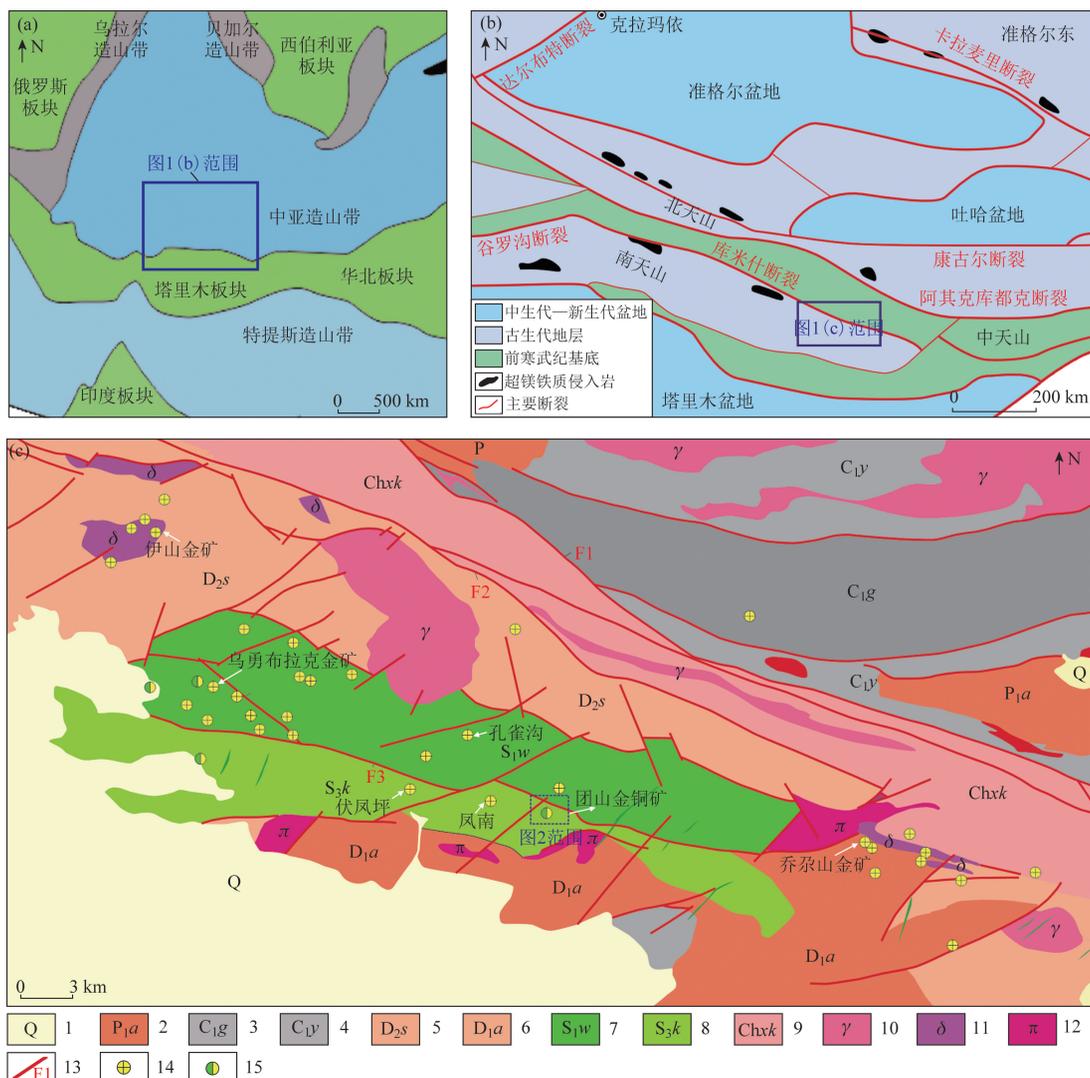
通信作者简介: 王亮(1992—), 男, 工程师, 主要从事战略性矿产资源调查与评价工作。Email: cugbwl@163.com。

开展调查评价工作,取得了金铜矿找矿新进展,有力支撑新一轮找矿突破战略行动。本文系统梳理孔雀沟地区的主要找矿成果和进展,总结区内新发现团山金铜矿床的地质特征,分析其成矿地质条件和控矿地质要素,探讨矿床成因,评价资源潜力及找矿远景,提出找矿标志,并明确下一步金铜找矿方向。研究可助力实现区域内金铜找矿的快速突破。

### 1 研究区概况

天山造山带位于中亚造山带南缘,记录了大

量古亚洲洋的构造演化信息,是中亚造山带巨型盆地构造的重要组成部分<sup>[24-25]</sup>(图1(a))。天山造山带按地貌特征可划分为西天山与东天山,或自北向南划分为北天山、中天山、南天山3个构造单元(图1(b))<sup>[26]</sup>。孔雀沟地区地处南天山东缘,区内出露地层主要包括下元古界长城系星星峡群(Chxk)、下志留统乌勇布拉克组(S<sub>1w</sub>)、上志留统孔雀沟组(S<sub>3k</sub>)、下泥盆统阿尔比什麦布拉克组(D<sub>1a</sub>)、中泥盆统阿拉塔格组(D<sub>2s</sub>)、下石炭统雅满苏组(C<sub>1y</sub>)及下石炭统甘草沟组(C<sub>1g</sub>)(图1(c))。其中,下志留统乌勇布拉克组的绿泥绢云千枚岩、



1. 第四系; 2. 下二叠统阿奇克布拉克组; 3. 下石炭统甘草沟组; 4. 下石炭统雅满苏组; 5. 中泥盆统阿拉塔格组; 6. 下泥盆统阿尔比什麦布拉克组; 7. 下志留统乌勇布拉克组; 8. 上志留统孔雀沟组; 9. 长城系星星峡群; 10. 石炭纪二长花岗岩; 11. 石炭纪石英闪长岩; 12. 泥盆纪石英斑岩; 13. 断裂及编号; 14. 金矿床(点); 15. 金铜矿床(点); F1. 阿其克库都克断裂; F2. 卡瓦布拉克断裂; F3. 孔雀沟断裂

图1 亚洲(a)与新疆北部(b)构造简图及孔雀沟地区地质简图(c) (据文献[24-25]修改)

Fig.1 Tectonic sketch of Asia (a) and North Xinjiang (b), and geological sketch of Kongquegou area (c) (modified after references[24-25])

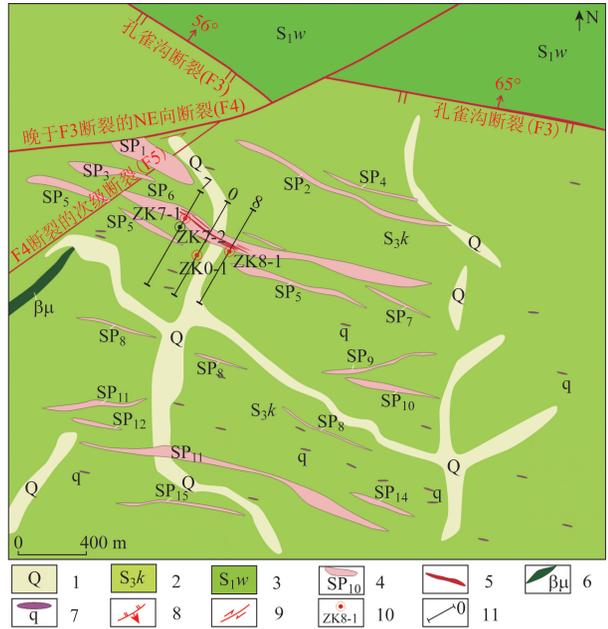
绢云母石英片岩、黑云母石英片岩、变质细粒石英砂岩与区内金成矿密切相关,是主要的赋矿地层<sup>[27]</sup>。区域主要断裂构造包括阿其克库都克断裂(F1)及卡瓦布拉克断裂(F2),总体构造线呈 NWW 向,均为逆掩断裂,是重要的边界断裂图 1(c)。断裂具有多期活动特征,并表现出由北向南的逆冲特征。主断裂及次级断裂的韧性剪切带内产有糜棱岩型金矿床、多金属矿床及石英脉型矿床,是区域性的控岩控矿构造<sup>[28]</sup>。上述断裂在重力场上显示出明显的梯级带,孔雀沟地区的次级断裂走向呈近 EW 向和 NE 向,具张性及走滑断裂特征,次级构造控矿作用显著,矿床及矿点多分布于褶皱核部和转折端,且多与次级断裂及层间破碎带关系密切<sup>[29]</sup>。受南天山洋俯冲闭合影响,区域上侵入岩较为发育,分布范围较广,主要为海西期的早、中期产物,呈岩株状、岩枝状、岩脉状和岩瘤状沿区域 NWW 向的构造线产出,岩性主要为石英斑岩、二长花岗岩和石英闪长岩,少量中酸性岩脉呈 NE 向展布(图 1(c))。

## 2 矿区地质特征

团山金铜矿床出露地层为上志留统孔雀沟组,走向为 NWW 向,南倾,倾角 40°~80°,为区内主要的金(铜)赋矿层位,与北侧的下志留统乌勇布拉克组以及孔雀沟断裂为接触界线(图 2)。矿区主要岩性为一套正常陆源碎屑沉积及区域浅变质岩,包括微晶片岩化的灰绿色变细砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩和绿泥石英片岩。地层中多见暗色基性成分,在遥感影像上呈现环状构造,可能与上志留统独秀山组次火山岩建造有关,对区内金铜成矿潜力可能存在影响。

矿区内构造以断裂为主,主要为 NWW 向的孔雀沟断裂及其次级断裂,其次为错断孔雀沟断裂的 NE 向断裂。孔雀沟断裂位走向为 195°~210°,断层面北倾,倾角 55°~70°,为逆断层,上盘为下志留统乌勇布拉克组,下盘为上志留统孔雀沟组。沿断裂多形成褐铁矿化破碎带,宽 10~50 m,局部可见断层角砾及石英脉发育。孔雀沟断裂被后期 NE 向的左行平移断裂错断,断距约 0.5~2.0 km(图 2)。

矿区南侧出露泥盆纪石英斑岩,北西侧发育呈 NE 向展布的辉绿岩脉。石英脉最为发育(图 2),



1. 第四系冲洪积物; 2. 上志留统孔雀沟组; 3. 下志留统乌勇布拉克组; 4. 蚀变带及编号; 5. 矿体; 6. 辉绿岩脉; 7. 石英脉; 8. 逆断裂及产状; 9. 平移断裂; 10. 钻孔及编号; 11. 勘探线及编号

图 2 团山金铜矿床地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Tuanshan Au - Cu deposit

多呈 NWW 向展布,偶见 EW 向、NE 向展布,石英脉中多见基性包体,镜下观察可见铬铁矿、电气石等高温矿物组合,表明石英的形成温度较高。

## 3 矿床特征

### 3.1 矿体特征

团山金铜矿床共圈定矿化蚀变带 15 条,蚀变带整体走向为 NWW 向,延伸约 120~1 350 m,宽 10~90 m,平均宽约 35 m,呈 NWW 向带状展布,南倾,倾角 56°~87°,局部呈北倾。蚀变带以蚀变岩夹石英脉为主。蚀变带内圈定金和金铜矿体 13 条,整体走向呈 NWW 向,延伸 20~330 m。矿体地表主要表现为孔雀石化石英脉,边侧石英脉多包裹围岩角砾。地表槽探及钻探工程控制矿体真厚度 0.71~8.30 m,平均厚度 3.45 m,金品位 0.33~1.71 g/t,平均 0.93 g/t,铜品位 0.59~1.24%,平均 0.66%。其中 SP<sub>6</sub> 蚀变带内圈定 4 条金矿体和 9 条金铜矿体(图 3),对主要矿体简述如下。

Au II 矿体长 330 m,矿体产状 196°~205°∠65°~81°。地表探槽控制金铜品位为 7.06 g/t(铜品位为 1.19%),真厚度 1.14 m。钻孔 ZK0-1

控制矿体的铜平均品位为 0.95%,真厚度为 0.75 m,深部金贫化。

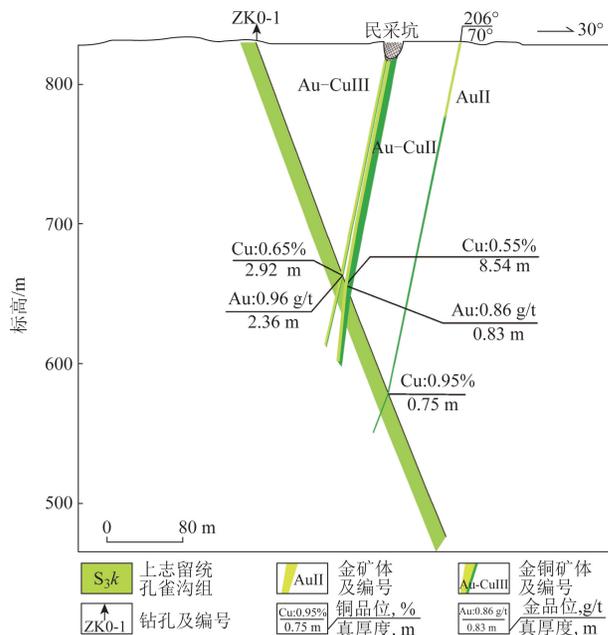


图3 团山金铜矿0号勘探线地质剖面

Fig.3 Line 0 section of Tuanshan Au - Cu deposit

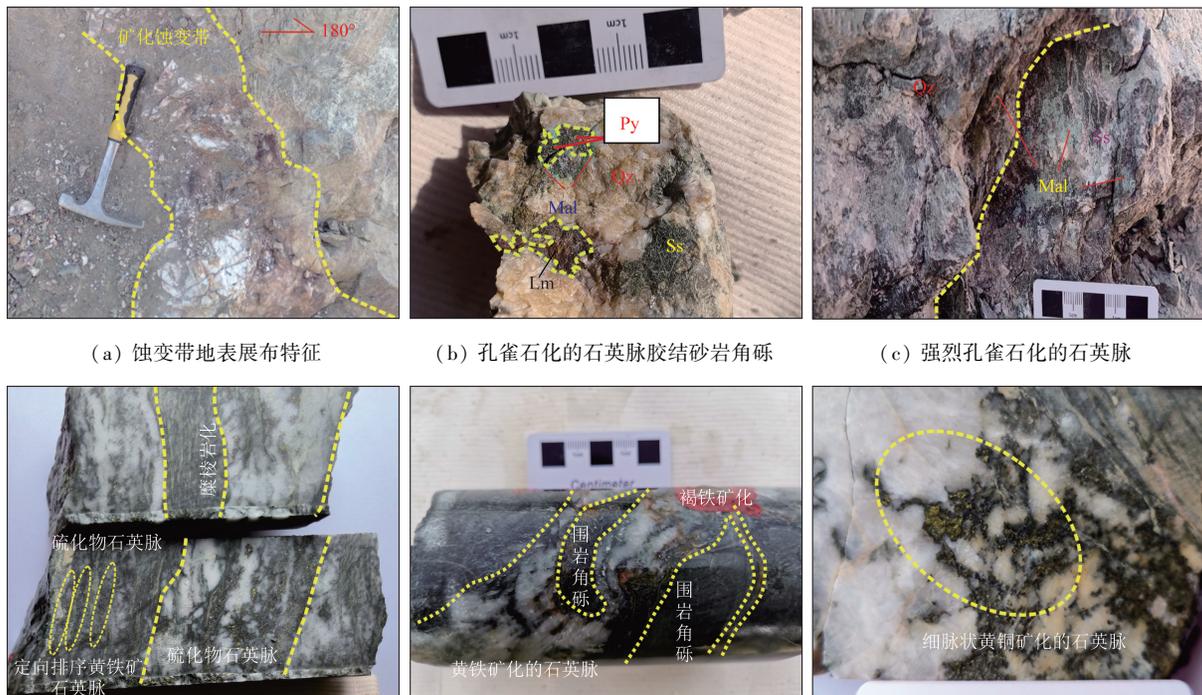
Au - Cu III 矿体由钻孔 ZK0 - 1 控制,位于标高 659.51 ~ 665.88 m。铜平均品位0.63%,矿体平均

厚度为 2.92 m; 金平均品位为 0.93 g/t,真厚度为 2.92 m。Au - Cu III 矿体的地表 10 m 以浅已被采空,推测 80 m 以浅已被地浸开采。

Au - Cu II 矿体由钻孔 ZK0 - 1 控制,位于标高 647.11 ~ 656.81 m。铜平均品位为 0.55%,真厚度为 8.54 m; 金平均品位为 0.33 g/t,真厚度为 8.3 m。

### 3.2 矿石特征

矿区矿石类型主要为构造蚀变岩型 + 石英脉型(图 4(a),(b))。矿石主要以脉状构造、块状构造、细脉透镜状构造为主,其次还有条带状构造和角砾状构造。主要结构有半自形 - 它形粒状结构、压碎结构、脉状充填结构、交代残余结构等。矿石中主要的脉石矿物有石英、白云母、铁白云石、绿泥石等(图 4(c))。矿体近地表主要为孔雀石化或褐铁矿化的石英脉,可见少量黄铁矿,粗大石英脉边缘通常包裹着围岩角砾等。钻孔 ZK0 - 1 控制深部矿体的产出特征表现为硫化物石英脉夹围岩角砾(图 4(d)),赋矿围岩多发育糜棱岩化,硫化物多为黄铜矿、黄铁矿等,黄铁矿化石英脉胶结围岩角砾,发育强烈的褐铁矿化(图 4(e))或细脉状黄铜矿化(图 4(f))。



(a) 蚀变带地表展布特征

(b) 孔雀石化的石英脉胶结砂岩角砾

(c) 强烈孔雀石化的石英脉

(d) 硫化物发育的石英脉

(e) 黄铁矿化的石英脉

(f) 细脉状黄铜矿化的石英脉

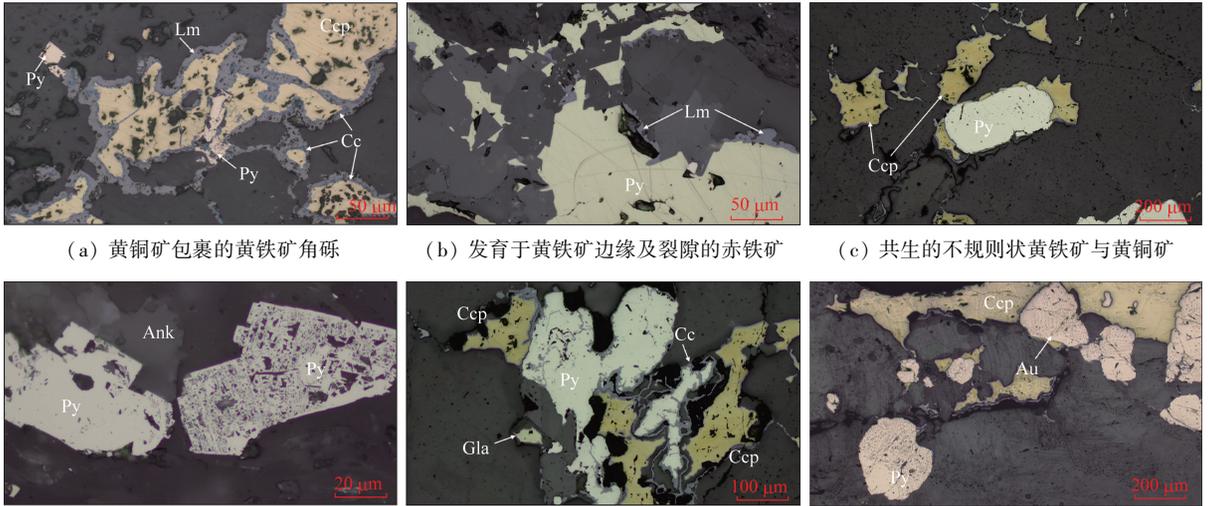
Qz. 石英; Mal. 孔雀石; Ss. 围岩; Py. 黄铁矿; Lm. 赤铁矿

图4 团山金铜矿床矿石特征照片

Fig.4 Photos of ore rocks in Tuanshan Au - Cu deposit

镜下观察显示,矿石中主要的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、磁铁矿、硫砷钴矿及银金矿等。黄铜矿表现为不规则状,矿物边部及裂隙中多发育赤铁矿(图5(a),(b))。可见多期次不同类型的黄铁矿发育,主要表现为与黄铜矿共生的椭圆状黄铁矿(图5(c))、立方体晶型黄铁矿(图5(d))、不规则黄铁矿等,部分黄铁矿边缘发育辉铜矿化(图5(e))。值得注意的是矿石组合中发

现了独立的硫砷钴矿,部分样品达到伴生品位( $> 0.02\%$ )。室内镜下观察及电子显微探针测试显示,与黄铜矿共生黄铁矿中的钴含量较高( $0.1\% \sim 3.8\%$ ,图5(e)),金主要以银金矿形式赋存于黄铁矿裂隙中(图5(f)),或以不可见金的形式赋存于黄铁矿、辉铜矿、硫砷钴矿等硫化物的矿物晶格中。矿石中铬铁矿发育,可能与研究区周围发育的次火山岩有关。



(a) 黄铜矿包裹的黄铁矿角砾 (b) 发育于黄铁矿边缘及裂隙的赤铁矿 (c) 共生的不规则状黄铁矿与黄铜矿  
(d) 发育明显生长环带的多期次黄铁矿 (e) 发育于黄铜矿与黄铁矿裂隙的硫砷钴矿 (f) 共生的椭圆状黄铁矿与不规则黄铜矿  
Py. 黄铁矿; Ccp. 黄铜矿; Cc. 辉铜矿; Lm. 赤铁矿; Gla. 硫砷钴矿; Ank. 铁白云石; Au. 金

图5 团山金铜矿床矿石显微照片

Fig. 5 Microscopic photos of ore rocks in Tuanshan Au - Cu deposit

### 3.3 矿化蚀变特征

团山金铜矿床的蚀变带在地表呈豆荚状断续延伸,钾化强烈,可见孔雀石化及褐铁矿化,偶见黄铜矿化、黄铁矿化(图4(c))。蚀变岩主要为灰绿色-褐红色-褐黄色蚀变砂岩,主要发育在石英脉边部或断裂发育部位,以硅化、褐铁矿化、黄钾铁矾化、绿泥石化等蚀变为主。矿体近矿围岩蚀变主要包括地表孔雀石化、硅化、黄钾铁矾化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化、毒砂化等。钻孔内部近矿围岩普遍发育糜棱岩化、强烈硅化及绿泥石化。石英脉型金矿的近矿围岩蚀变强烈,蚀变强度与矿化强度呈正相关关系,蚀变越强烈的地段矿化越好,因此围岩蚀变是较好的找矿标志,是找矿过程中需要考虑的重要因素。

### 3.4 矿床成因

孔雀沟地区与金铜矿化密切相关的建造主要包括(图1(c)): ①与早石炭世石英闪长岩体有关的岩浆热液型金矿(如伊山金矿),主要发育在矿区

西侧; ②与糜棱岩化石英闪长岩关系密切的金矿(如乔尔山金矿),位于矿区东侧; ③与志留系浅变质沉积岩相关,受NW向断裂控制的构造蚀变岩型金(铜)矿(如乌勇布拉克金矿、团山金铜矿等),其矿体围岩主要为志留系乌勇布拉克组灰绿色变细砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩和绿泥石英片岩,以及少量闪长岩体接触带,矿体受NWW向褐铁矿化、孔雀石化、黄钾铁矾化及硅化的蚀变破碎带控制。

基于地表及钻孔原生矿石特征,初步认为团山金铜矿床为受断裂破碎带控制的中-低温热液型金铜矿床,主要证据包括: ①团山金铜矿床位于南天山向斜褶皱带的南缘,区内构造-岩浆-热液活动发育,NWW向孔雀沟断裂及次级断裂带为该类矿体形成提供了良好的成矿构造条件; ②赋矿围岩没有明显专属性; ③研究区热液活动强烈,多期次石英脉、矿床及矿化点广泛发育; ④野外及镜下观察表明金铜矿化与破碎蚀变带、黄铁矿化石英脉等密切相关,围岩蚀变主要为黄铁矿化、孔雀石化、

硅化、黄钾铁矾化,其次为绢云母化、绿泥石化等;⑤矿物组合简单,包括金属硫化物黄铁矿、黄铜矿、银金矿、硫砷钴矿等;⑥流体包裹体显微测试显示成矿温度集中于240~320℃,盐度集中于8.2%~10.5% NaCl<sub>eqv</sub>和H-O同位素测试显示成矿流体主要来源于岩浆水与大气降水的混合流体(待发表数据)。基于上述证据,初步认为团山金铜矿床为受断裂破碎带控制的中—低温热液型金铜矿床,深部可能存在其他矿化类型,有较大的金铜找矿潜力。

## 4 控矿要素与找矿标志

### 4.1 构造控矿

在区域上阿其克库都克断裂与卡瓦布拉克断裂之间的元古宙古老陆壳中,Zn、Mo、Co等元素相对富集,分布了彩霞山大型铅锌矿、尖山铁矿等,矿床类型为矽卡岩型铁矿、细碎岩屑铅锌矿<sup>[30]</sup>。卡瓦布拉克断裂以南艾尔宾晚古生代残余盆地内的Au、Cu、Pb、Zn等元素相对富集,成矿类型众多,具有寻找矽卡岩型铁矿、矽卡岩型钨矿、韧性剪切破碎蚀变岩型金矿、火山热液型铜矿的潜力<sup>[31]</sup>。区域上金矿体或矿化体主要受NWW向区域性构造—岩浆岩带控制,区域性NWW向断裂构造带是区内金矿成矿的主要控矿构造,绝大多数金矿床(点)产于NWW向断裂构造带或其与NEE向、NE向断裂构造带的复合部位,并由此决定了研究区金矿集区的成带与成群空间展布特征。

### 4.2 地层控矿

经统计,孔雀沟地区已知金矿床(点)共计42处,其中矿体主要赋存在志留系灰绿色砂岩、粉砂岩、白云母绿泥石英微晶片岩,泥盆系灰色灰岩、深灰色角闪斜长片岩及晚石炭世石英闪长岩中。其中70%均产出于下志留统乌勇布拉克组,含矿建造为灰绿色变质中—细粒岩屑砂岩、粉砂岩、二云母石英微晶片岩、千枚岩。孔雀沟断裂南侧孔雀沟组的浅灰绿色微晶片岩化细粒岩屑砂岩、粉砂岩、白云母绿泥石英微晶片岩也是金矿化富集的有利地层,具有较好的金找矿前景。值得重视的是,在空间分布上,团山金铜矿床中的金—铜矿化产出具有密切的共生关系,钻孔ZK0-1显示金铜密切共生。电子探针分析显示:金主要以银金矿形式赋存与黄铁矿裂隙中(图5(e)),或以不可见金形式赋存

于黄铁矿、辉铜矿、硫砷钴矿等硫化物矿石晶格中(图5(f)),指示二者属同一成矿系统产物。

### 4.3 岩浆控矿

年代学分析显示矿区内存在至少两期酸性岩浆活动,产物分别为黑云母花岗岩及石英二长岩,其锆石U-Pb加权平均年龄为(309±2.5)Ma和(432.4±1.1)Ma(待发表数据),代表了区域晚石炭世—晚志留世岩浆活动。地球化学分析显示:晚石炭世黑云母花岗岩具有富硅(SiO<sub>2</sub>=68.5%~72.1%)、富铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=14.05%~14.95%)、富碱(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O=8.34%~10.03%)和富铁(Fe<sub>2</sub>O=32.27%~4.15%)的特点,属于准铝质碱性花岗岩系列,A/CNK=0.97~1.09,稀土配分曲线呈明显的右倾型,轻、重稀土元素分馏显著,具有显著的Eu负异常和Ba、Ta、Nb、Sr、P、Ti亏损,富集Rb、Th、U、K等大离子亲石元素(待发表数据)。结合区域地质背景,认为该岩体形成于巴仑台—星星峡地块的俯冲碰撞环境。

### 4.4 找矿标志

在圈定金矿找矿靶区和厘定找矿方向的研究中,通常利用区域地球化学Au-Cu-As等组合异常资料。本次工作发现区域Au异常与Cu、Pb、Zn、W等异常及已知矿化集中区或金矿化点有较好的空间分布对应关系。因此,在研究区进行金矿找矿靶区圈定和找矿方向厘定的研究中,应重点利用区域地球化学Au、Cu、Pb、Zn、W异常资料和找矿信息,特别是元素组合异常。

基于上述分析,结合区域金矿成矿地质背景、控矿地质特征与金矿成矿时空分布规律,厘定了9个区域金矿找矿方向的重要依据和主要找矿标志,如表1所示。

表1 孔雀沟地区金铜矿床找矿标志

Tab.1 Prospecting criteria of Au-Cu deposit in Kongquegou area

类型	找矿标志
区域背景	塔里木北缘古生代被动陆缘的构造背景
构造特征	区域NW—NWW向深大断裂带旁侧 区域不同方向断裂构造带叠加部位
地层岩性	晚石炭世黑云母花岗岩外接触带 下志留统乌勇布拉克组及上志留统孔雀沟组分布区
地表标识	褐黄色、红褐色褐铁矿化及硅化破碎蚀变带 红色破碎石英细网脉
地化特征	区域Au、As、Sb、W等多种元素套合较好的化探综合异常 已知金矿化集中分布区

#### 4.5 找矿潜力

孔雀沟地区构造运动、岩浆活动及变质作用强烈,具有长期叠加活动的特征,为成矿元素及其伴生元素富集提供了良好的地质-构造-地球化学条件。孔雀沟地区金铜矿资源丰富,尤其在志留系浅变质岩中聚集,并对应区域 Au、Ag、As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd 等综合异常高值<sup>[26]</sup>。该区晚古生代构造-岩浆活动强烈,控矿构造方向为 NWW 向,与区域金铜矿的主要控矿构造方向一致,具备中大型金铜矿产出的地质条件。

野外调查发现,团山金铜矿床与区内伏凤坪、凤南等金矿点均沿孔雀沟断裂南侧出露(图1),1:5万地球化学 Au 异常表现为连续的 NWW 向展布,与构造线方向一致。Au、Ag、As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd 综合异常表现为套合好、峰值高、面积大、形态不规则等特点,浓度分带和浓集中心显著。尽管伏凤坪、凤南矿点与新发现的团山金铜矿床蚀变带断续出露,但三者地质特征相似,空间关系密切,地球化学异常连续,推测为受晚期 NE 向断裂错断所致。近期团山金铜矿深部钻孔 ZK0-2 顺利终孔,控制矿体深度约 360 m,累计控制矿化厚度 60 m(品位尚未报出),矿化特征表现为含硫化物石英脉,推测深部可能存在其他类型的矿化,资源潜力巨大。团山金铜矿床深部工程验证对孔雀沟地区金铜矿化带的深部含矿性具有积极的指示作用,填补了区域内志留统孔雀沟组的铜找矿空白,拓展了上志留统孔雀沟组的金找矿新空间。

## 5 结论

(1)团山金铜矿处于 NWW 向孔雀沟断裂与晚期 NE 向断裂的构造叠加部位,出露地层主要为上志留统孔雀沟组浅变质砂岩,NWW 向孔雀沟断裂及其次级断裂与成矿关系密切。

(2)团山金铜矿共圈定 15 条矿化蚀变带,蚀变带内圈定圈定 13 条金和金铜矿体,平均厚度为 3.45 m,金平均品位为 0.93 g/t,铜平均品位为 0.66%。矿石类型以破碎蚀变岩型夹石英脉型为主,矿石发育脉状构造、块状构造及浸染状构造。

(3)初步梳理出 9 个孔雀沟地区金铜矿区域背景、构造特征、地层岩性、地表标识、地化特征方面的找矿标志。团山金铜矿为受断裂带控制的中-低温热液矿床,结合钻探工程验证,认为深部存在

较大铜金找矿潜力,并拓展了上志留统孔雀沟组的金矿找矿新空间。

#### 参考文献(References):

- [1] 李卫东.“十四五”新疆找矿成果报告[R].2024;10-35.  
Li W D. Report on Mineral Exploration Achievements in Xinjiang during the 14th Five Year Plan Period[R].2024;10-35.
- [2] 张朋,刘豹,杨晓飞,等.新疆阿尔金山西段瓦石峡南锂铍稀有金属矿成矿背景与勘查进展[J].中国地质调查,2024,11(3):17-24.  
Zhang P,Liu B,Yang X F,et al. Metallogenic background and exploration progress of the southern Waishixia lithium-beryllium rare metal deposit in the western Altyn Tagh of Xinjiang Province[J]. Geological Survey of China,2024,11(3):17-24.
- [3] 杨有星,高永进,周新桂,等.新疆地区公益性油气调查进展与主要成果[J].中国地质调查,2023,10(3):1-15.  
Yang Y X,Gao Y J,Zhou X G,et al. Progress and main achievements of public welfare oil and gas survey in Xinjiang[J]. Geological Survey of China,2023,10(3):1-15.
- [4] 王成辉,王登红,刘善宝,等.战略新兴矿产调查工程进展与主要成果[J].中国地质调查,2022,9(5):1-14.  
Wang C H,Wang D H,Liu S B,et al. Progresses and main achievements on strategic emerging minerals survey project[J]. Geological Survey of China,2022,9(5):1-14.
- [5] 李猛,胡朝斌,查显锋,等.新疆若羌县阿确墩地区1:5万红土岭等四个图幅矿产地质调查工作主要进展及成果[J].中国地质调查,2021,8(5):64-73.  
Li M,Hu C B,Zha X F,et al. Main progress and achievements of four 1:50 000 mineral geological survey sheets (Hongtulin Temple sheet and others) of Aquedun area of Ruoqiang County in Xinjiang Province[J]. Geological Survey of China,2021,8(5):64-73.
- [6] Xu L J,Liu S A. Uncovering the redox state and S species of subduction zone fluids from Zn isotope systematics of eclogites in northern Qilian and southwestern Tianshan[J]. Lithos, 2023, 436-437:106979.
- [7] Wang Y N,Zhang J,Huang X,et al. Cenozoic exhumation of the Tianshan as constrained by regional low-temperature thermochronology[J]. Earth-Science Reviews,2023,237:104325.
- [8] 闫立志,苏本勋,王静,等.板片俯冲过程中Co、Ni的分布及迁移特征——以西南天山为例[J].岩石学报,2023,39(4):1203-1216.  
Yan L Z,Su B X,Wang J,et al. Distribution and transfer of Co and Ni during slab subduction: A case study of Southwest Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica,2023,39(4):1203-1216.
- [9] 李皓东,周建波,李功宇,等.南天山—北山—索伦—长春缝合带的性质与演化[J].地质论评,2022,68(3):797-816.  
Li H D,Zhou J B,Li G Y,et al. Nature and evolution of the South Tianshan Mountains-Beishan Mountains-Solonker-Changchun Suture[J]. Geological Review,2022,68(3):797-816.

- [10] 尼加提·阿布都逊,木合塔尔·扎日,贾晓亮. 新疆南天山东段早石炭世—早二叠世花岗岩类及其对南天山洋盆闭合时间的约束[J]. 现代地质,2016,30(2):263-273.  
Nijat A, Muhtar Z, Jia X L. Geological characteristics of middle-late Paleozoic granitoid plutons in the east section of Chinese South Tianshan and its constraints to the closure time of South Tianshan Ocean[J]. Geoscience,2016,30(2):263-273.
- [11] 江拓. 南天山洋的构造属性、闭合时限及俯冲极性研究[D]. 北京:中国科学院大学,2015.  
Jiang T. The Geodynamic Setting, Closure Time and Subduction Polarity of the South Tianshan Ocean[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences,2015.
- [12] 冯乾文. 复杂造山带多尺度构造变形的观测方法——来自南天山库米什地区研究的启示[J]. 地质通报,2023,42(10):1706-1717.  
Feng Q W. Technological approach of structural investigation of complex orogenic belts on multi-scales: Insights and experiences from Kumish region, South Tianshan, NW China[J]. Geological Bulletin of China,2023,42(10):1706-1717.
- [13] 蔡志慧,许志琴,何碧竹,等. 东天山—北山造山带中大型韧性剪切带属性及形成演化时限与过程[J]. 岩石学报,2012,28(6):1875-1895.  
Cai Z H, Xu Z Q, He B Z, et al. Age and tectonic evolution of ductile shear zones in the eastern Tianshan-Beishan orogenic belt[J]. Acta Petrologica Sinica,2012,28(6):1875-1895.
- [14] 张晓星,白兆华,王斌,等. 南天山孔雀沟金矿床地质特征及找矿标志[J]. 新疆地质,2023,41(S1):27.  
Zhang X X, Bai Z H, Wang B, et al. Geological characteristics and prospecting indicators of the Kongquegou gold deposit in the southern Tianshan Mountains[J]. Xinjiang Geology, 2023, 41(S1):27.
- [15] 郎朋林,付丽娟,齐松,等. 南天山库米什地区孔雀沟岩体年代学、岩石成因及地质意义[J]. 黄金,2023,44(10):63-70.  
Lang P L, Fu L J, Qi S, et al. Geochronology, petrogenesis and geological significance of Kongquegou in Kumishi area, southern Tianshan[J]. Gold,2023,44(10):63-70.
- [16] 陈博,侯泉林,冯宏业,等. 新疆南天山阿沙哇哇金矿床的成因与找矿启示:来自流体和硫化物成分的限定[J]. 岩石学报,2019,35(7):2086-2104.  
Chen B, Hou Q L, Feng H Y, et al. Fluid and sulfide component constraints on the genesis and prospecting implications of the Ashawayi gold deposit, South Tianshan, Xinjiang, NW China[J]. Acta Petrologica Sinica,2019,35(7):2086-2104.
- [17] 晁会霞,杨兴科,姚卫华,等. 南天山东段梧南金矿区构造变形特征与成矿模式分析[C]//2017中国地球科学联合学术年会论文集(四十九)——专题102:大火成岩省与资源环境响应、专题103:矿田构造与区域成矿. 北京:中国和平音像电子出版社,2017:17-18.  
Chao H X, Yang X K, Yao W H, et al. Structural deformation characteristics and ore-forming model analysis of the Wunan gold deposit in the eastern section of the southern Tian Mountains[C]//China Earth Science Joint Academic Annual Conference. Beijing, 2017:17-18.
- [18] 张雪冰. 新疆吐鲁番市高昌区乌尊布拉克一带金多金属矿床成因与成矿规律研究[R]. 2024:15-20.  
Zhang X B. Genesis of Wuzunbulake Gold Polymetallic Deposits in the Gaochang District, Turpan City, Xinjiang[R]. 2024:15-20.
- [19] Tang H J, Deng Z, Zhong S H, et al. Geochemistry and Sr-Nd-Hf-O isotopes of ore-bearing plutons from the Yundukala Au-Cu-Co deposit, East Junggar, Xinjiang, Northwest China: Implications for petrogenesis and tectonic setting[J]. Ore Geology Reviews,2023,153:105274.
- [20] Zhao Z H, Wang Q, Xiong X L, et al. Stagnated eclogitic slab-related shoshonitic series volcanic rocks in West Tianshan, Xinjiang, China: insights from Li-B-Sr-Nd-Hf-Pb isotope and trace element compositions[J]. Lithos,2022,422-423:106724.
- [21] Cao Y T. Origin of paratacamite in the Kuqa Basin, Xinjiang, China: Defined by Cu isotope values[J]. Chemical Geology, 2022, 602:120902.
- [22] Zhang W, Leng C B, Zhang X C, et al. Petrogenesis of the Seleteguole granitoids from Jinhe county in Xinjiang (West China): implications for the tectonic transformation of Northwest Tianshan[J]. Lithos,2016,256-257:148-164.
- [23] Zhang Z C, Zhou G, Kusky T M, et al. Late Paleozoic volcanic record of the eastern Junggar terrane, Xinjiang, northwestern China: major and trace element characteristics, Sr-Nd isotopic systematics and implications for tectonic evolution[J]. Gondwana Research,2009,16(2):201-215.
- [24] Wu H X, Zhang F Q, Dilek Y, et al. Mid-Neoproterozoic collision of the Tarim Craton with the Yili-Central Tianshan Block towards the final assembly of Supercontinent Rodinia: a new model[J]. Earth-Science Reviews,2022,228:103989.
- [25] He Z Y, Wang B, Nachtergaele S, et al. Long-term topographic evolution of the Central Tianshan (NW China) constrained by low-temperature thermochronology[J]. Tectonophysics, 2021, 817:229066.
- [26] 邓小华,吴昌志,吴艳爽,等. 东天山印支期矿床地质特征、成因类型及成矿规律[J]. 地球科学与环境学报,2023,45(3):590-621.  
Deng X H, Wu C Z, Wu Y S, et al. Geological characteristics, genetic types and metallogenic regularity of Indosinian deposits in East Tianshan, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment,2023,45(3):590-621.
- [27] 张晓星,白兆华,华利鹏,等. 新疆孔雀沟—梧桐沟金矿重点调查区调查评价[R]. 2023:28-66.  
Zhang X X, Bai Z H, Hua L P, et al. Investigation and Evaluation of Key Investigation Area of Kongquegou Wutong Gold Deposit in Xinjiang[R]. 2023:28-66.
- [28] Şengör A M C, Natal'in B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia[J]. Nature,1993,364(6435):299-307.

- [29] Chen Y J, Pirajno F, Wu G, et al. Epithermal deposits in North Xinjiang, NW China[J]. *International Journal of Earth Sciences*, 2012, 101(4): 889–917.
- [30] 李志丹, 薛春纪, 吴越, 等. 南天山主要矿床成矿系列: 基本特征和时空分布[J]. *矿床地质*, 2012, 31(增刊1): 13–14.
- Li Z D, Xue C J, Wu Y, et al. Main metallogenic series of mineral deposits in the southern Tianshan Mountains: Basic characteristics and temporal and spatial distribution[J]. *Mineral Deposits*, 2012, 31(S1): 13–14.
- [31] 张连昌, 董志国, 陈博, 等. 东天山重要成矿区带、成矿系统与成矿规律[J]. *地球科学与环境学报*, 2021, 43(1): 12–35.
- Zhang L C, Dong Z G, Chen B, et al. Ore-forming system and regularity of important metallogenic belts in East Tianshan, China[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2021, 43(1): 12–35.

## Geological characteristics and prospecting criteria of Tuanshan Au – Cu deposit in Kongquegou area of South Tianshan in Xinjiang

ZHANG Xiaoxing<sup>1,2</sup>, WANG Liang<sup>1,2</sup>, GAO Yongbao<sup>1,2</sup>, HUA Lipeng<sup>1,2</sup>, WANG Zilong<sup>1,2</sup>, LI Xiaodong<sup>1,2</sup>  
 (1. *Technology Innovation Center for Gold Ore Exploration, China Geological Survey, Shaanxi Xi'an 710100, China*;  
 2. *Xi'an Center of Mineral Resources Survey, China Geology Survey, Shaanxi Xi'an 710100, China*)

**Abstract:** Although the metallogenic geological conditions are superior in South Tianshan area of Xinjiang, the prospecting work has not achieved a great breakthrough. Tuanshan Au – Cu deposit was newly developed with medium potential resources in Kongquegou area of South Tianshan since new breakthroughs in critical mineral exploration were implemented. The geological environment, orebodies distribution, ore characteristics and genetic characteristics of Tuanshan Au – Cu deposit were expounded in detail on the basis of the comprehensive regional metallogenic regularity and the latest progress of ore prospecting. Tuanshan Au – Cu deposit is located in the tectonic superposition area of NWW Kongquegou faults and NE faults in late stage, and the ore – bearing strata is low – grade metamorphism sand in Kongquegou Formation of Upper Silurian. There are 15 mineralization alteration zones, and 13 ore bodies of Au and Au – Cu. The average grade of Au is 0.93 g/t, and the average grade of Cu is 0.66%, with the average thickness of 3.54 m. The genetic type belongs to a medium – low temperature hydrothermal gold – copper deposit, and there is a great potential for copper and gold exploration in deep through sorting out regional background, ore – controlling elements, geophysical and geochemical prospecting indicators. The research results expanded a new space for gold exploration in Kongquegou Formation of Upper Silurian and could provide some references for regional mineral exploration.

**Keywords:** Tuanshan Au – Cu deposit; geological characteristics; geochemical prospecting criteria; prospecting potential

(责任编辑: 魏昊明)