doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2024.04.004

# 南秦岭武当隆起三台子地区土壤地球化学异常 特征及金找矿潜力分析

张维峰',崔培龙2\*,谢国刚',李 堃',徐大良',谭满堂',马 筱',李 岩'

ZHANG Wei-Feng<sup>1</sup>, CUI Pei-Long<sup>2\*</sup>, XIE Guo-Gang<sup>1</sup>, LI Kun<sup>1</sup>, XU Da-Liang<sup>1</sup>, TAN Man-Tang<sup>1</sup>, MA Xiao<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>

中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心),湖北武汉 430205;
2.湖北省地质局第八地质大队,湖北 襄阳 441000

Wuhan Center, China Geological Survey (Geosciences Innovation Center of Central South China), Wuhan 430205, Hubei, China;
No. 8th Geological Team of Hubei Geological Bureau, Xiangyang 441000, Hubei, China

摘要: 三台子地区位于南秦岭武当隆起区内德胜-鲍峡金银多金属成矿带, 区内成矿地质条件优越, 通过开展1:1万土壤地球化 学剖面测量, 共圈定出2处Au异常高值区, 部分异常区显示出规模大、强度高以及连续性和组合性好的特征; 进一步的探槽工 程揭露情况显示, 三台子地区金矿化赋存于武当群片岩中, 与区域构造活动密切相关。综合考虑地球化学异常特征、区域成矿 地质背景和矿区地质特征, 本文认为三台子地区具备很好的金找矿潜力。

关键词:地球化学异常;土壤地球化学剖面;找矿潜力;金矿;三台子地区;武当隆起

中图分类号: P681.51; P632

#### 文献标识码: A

文章编号: 2097-0013(2024)-04-0646-09

# Zhang W F, Cui P L, Xie G G, Li K, Xu D L, Tan M T, Ma X and Li Y. 2024. Soil Geochemical Anomalies and Gold Prospecting of the Santaizi Area in the Wudang Uplift, South Qinling Mountains. *South China Geology*, 40(4): 646–654.

**Abstract:** The Santaizi Area is located in the Desheng-Baoxia Au-Ag polymetallic metallogenic belt of the Wudang uplift, South Qinling Mountains, where the geological conditions for mineralization are favorable. Based on 1 : 10,000 soil geochemical profile surveys, two Au anomalous high-value zones have been determined. Some anomalies are characterized by large scale, high intensity, good continuity and combination. Further trenching exposures revealed that the Santaizi gold ore bodies occur in the schists of the Wudang Group and are closely related to regional tectonic activities. Integrating the geochemical anomalies, regional metallogenic setting and geological features of the ore deposit, this paper proposed that the Santaizi area has great potential for gold prospecting.

**Key words:** geochemical anomalies; geochemical profile of soil; prospecting potential; gold deposit; the Santaizi area; Wudang Uplift

第一作者:张维峰(1985—),男,博士,副研究员,从事热液矿床成因机理和成因矿物学研究, Email: didazhweifeng@163.com

收稿日期: 2024-11-03;修回日期: 2024-12-06

基金项目:中国地质调查局项目(DD20240036、DD20242643、DD20243425、DD20230280、DD20230030)

通讯作者:崔培龙(1985—),男,博士,高级工程师,从事热液矿床成因机理研究和找矿勘查工作,Email: 570598797@qq.com

金除了具有货币职能外,还被广泛应用于电 子和医疗等高新技术领域,是一种十分重要的战 略矿产资源(蒋少涌和马盈, 2024; 毛景文等, 2024)。造山型金矿为世界提供了 30% 以上的黄 金储量,是全球重要的金矿成因类型(胡鹏等, 2022),形成于汇聚板块边缘挤压或压扭的构造环 境中(Goldfarb et al., 2005)。自晚古生代以来,南 秦岭武当地区先后经历了近南北向的伸展滑脱和 自北而南的逆冲推覆挤压剪切变形(雷世和和唐 桂英,1996:李金发等,2003:林长谦等,2006)。强 烈的构造运动促使矿质活化迁移并在有利部位富 集成矿,形成了解家坪、银洞沟、许家坡、六斗、 白岩沟、佘家院、张家沟和李家湾等一系列金和 金银多金属矿床(李金发等, 2003; 林长谦等, 2006)。不少学者从矿床地质特征、成矿年代学、 成矿流体来源和矿物沉淀机制等方面对这些矿床 开展了研究工作(岳素伟等, 2013; 贾少华, 2015; 赵欣, 2021), 为厘定区域成矿规律奠定了良好的 基础。然而,以往的工作主要侧重于成矿机理等 方面的研究,有关矿区及其外围的调查评价工作 则较少。

三台子地区位于南秦岭武当隆起的西缘,与 银洞沟、许家坡和李家湾等矿床同属于北北东向 展布的德胜-鲍峡金银多金属成矿带。1987— 1989年,原湖北省区调所曾在该区开展了1:5 万水系沉积物测量,共圈定出4处以Au为主的 异常(湖北省区调所,1989)。这些异常规模大、强 度高、连续性好,且具有内、中、外三级浓度分带 的特点。为了分析三台子地区的金找矿潜力,本 次调查研究在前人1:5万水系沉积物异常的基 础上,开展了1:1万土壤地球化学剖面测量和元 素异常特征分析,并以此为依托进行了少量的异 常查证工作,揭露了部分矿(化)体。本文旨在通 过全面分析区域成矿地质背景、矿区地质特征和 地球化学测量结果,为该区进一步的找矿勘查提 供参考。

### 1区域地质背景

南秦岭构造单元南北分别以襄樊-广济断裂 和商-丹断裂为界与扬子板块北缘和北秦岭相邻, 向东至新城-黄陂断裂与大别造山带相接(张全 亮,2020;孔令耀等,2022;图1a)。作为南秦岭前 寒武纪基底揭露最为广泛的区域,武当隆起出露 面积约8000 km<sup>2</sup>,其区域地质特征为典型的隆升 构造,即:武当群出露于穹隆的核部,四周被新元 古代成冰-埃迪卡拉纪和显生宙地层环绕(Ling W L et al.,2008;张维峰等,2018;图1b)。其中,武当 群形成于埃迪卡拉纪早期,主要为一套变酸性火 山碎屑岩-沉积岩组合(张全亮,2020);埃迪卡拉



图 1 秦岭-桐柏-大别构造简图(a)和武当隆起大地构造位置图(b)

Fig. 1 Schematic geological map of the Qinling-Tongbai-Dabie orogenic belt (a) and Geologic map of Wudang Uplift (b)

a.图据吴元保和郑永飞(2013)修改; b.图据 Ling W L et al.(2008)修改

纪中-晚期地层以耀岭河组为代表,岩性以变玄武 质火山碎屑沉积岩为主,夹少量变酸性火山岩和 变泥质岩,形成于 680~650 Ma(凌文黎等,2010; Zhu X Y et al., 2014);成冰纪地层包括江西沟组 和霍河组底部灰岩;显生宙地层则包括霍河组顶 部岩层、杨家堡组、庄子沟组和竹山组等(张维峰 等,2024)。

武当地区岩浆活动强烈,形成时代主要集中 于新元古代,岩性从基性到酸性均有发育,如桃源 辉长岩、泰山庙闪长岩、蒿坪粗面岩、五里坪和牌 楼 A<sub>1</sub>型花岗岩等(Ling W L et al., 2008; Wang R R et al., 2016; 张维峰等, 2018)。岩石地球化学特 征表明,这些岩石主要来源于岩石圈地幔的部分 熔融,形成于俯冲板片断裂的后碰撞伸展环境 (Wang R R et al., 2016; 张维峰等, 2018)。此外, 区内还发育有少量的奥陶纪和三叠纪辉绿岩脉, 分别与南秦岭洋的开启和闭合有关(Nie H et al., 2016)。由于经历了古生代伸展及印支期的陆-陆 碰撞等多阶段的变形作用,武当地区广泛发育北 东向和北北西向两组断裂-褶皱构造(胡健民等, 2002),并分布有大量的三叠纪造山型金矿和金-银多金属矿床,如银洞沟、许家坡、铺子门、佘 家院和六斗等(李金发等,2003;岳素伟等,2013; Yue S W et al., 2014; 贾少华, 2015; 赵欣, 2021;

#### 图 1b)。

## 2 矿化区地质特征

三台子地区位于武当隆起的西段,距离十堰 市鲍峡镇 SE 方向约 9 km。区内出露的地层主要 为埃迪卡拉纪武当群双台组白云钠长片岩和浅粒 岩类(图 2)。白云钠长片岩广泛出露于矿区内, 以灰白色为主,鳞片粒状变晶结构、片状构造,常 见的组成矿物为钠长石、石英和白云母等(图 3a); 浅粒岩类主要发育于调查区的东北角,呈灰白色、 中-细粒结构、块状构造,主要组成矿物为钠长石 和石英,含少量白云母和黑云母(图 3b、图 3c)。 侵入岩在区内分布广泛,但岩性较为单一,主要为 辉长岩类(图 3d),呈带状沿北西向或北东向延 伸。尽管本次调查研究未能厘定成岩年龄,但是, 综合考虑区域上这些基性岩类全部侵位于武当群 而非耀岭河组及成冰纪地层,我们推测这些辉长 岩是新元古代成冰纪岩浆活动的产物。矿区内断 裂构造较发育,主要为一组 NW 向断裂,倾向 NE,并在矿区东部逐渐过渡为 NEE 向展布(图 2)。 根据武当群片岩和浅粒岩中发育的褶皱构造 (图 3a、图 3c)判断, 矿区内构造活动与印支期自 北往南的逆冲推覆构造密切相关。



Fig. 2 Geologic map of the Santaizi area



图 3 三台子地区野外及显微镜下照片



探矿工程 TC01 揭露出三台子地区的金矿 (化)体赋存于武当群双台组片岩中,与地层产状 一致,倾向为 195°、倾角为 80°(图 3e)。该矿体厚 度为 0.95 m,金平均品位为 1.16×10<sup>-6</sup>。矿石主要 为浸染状构造,金属矿物主要为黄铁矿,脉石矿物 主要有石英、绢云母、绿帘石、绿泥石和方解石等 (图 3f)。围岩蚀变多发育在韧-脆性剪切强应变 地段,主要为硅化、绢云母化和黄铁矿化,其次为 碳酸盐化和绿泥石化,地表可见褐铁矿化和黄钾 铁钒化。其中,硅化、绢云母化和黄铁矿化与金矿 化关系密切,而碳酸盐化和绿泥石化则是交代、穿 插早期的绢云母化(图 3f)等。

# 3样品采集与测试方法

#### 3.1 样品采集

1987—1989年原湖北省区调所在研究区内 共圈定了4处1:5万水系沉积物异常,异常形态 呈不规则带状沿北西-南东向展布,面积约为 16km<sup>2</sup>。异常主元素为Au,元素峰值为38.9×10<sup>-9</sup>, 平均值为7.3×10<sup>-9</sup>,具有内中外三级浓度分带特 点。为了进一步缩小异常源,本次调查根据 1:5万水系沉积物异常分布特征和三台子地区 地质概况共布设1:1万土壤剖面11条(图2)。 除矿区东部的3条土壤地球化学剖面外,其余测 线均垂直并穿过1:5万水系沉积物异常内带和 中带,测线方向为0°,线间距为100~200 m不 等。由于地质体产状发生变化,Z8004、Z8005和 Z9005剖面按照320°方向布设,间距100 m(图2)。 土壤地球化学样品一般采集接近基岩面上的残坡 积层土壤,点距20 m,共采集样品346件。

探槽工程 TC01 则是围绕土壤地球化学异常 而布设的。刻槽样品在探槽中刻取,断面规格为 10×3 cm,刻槽方向基本垂直地质体走向,且保持 连续刻槽。按岩性分段布置刻槽样,样长 0.4~ 0.8 m,共采集样品 18 件。

#### 3.2 样品测试方法

本次1:1万土壤地球化学测量工作共测试 样品346件,由自然资源部中南矿产资源检测中 心完成,测试Au、Ag和As3个元素。测试前先 将样品放在50℃恒温干燥箱内充分烘干,经混匀 后分取70~80g土壤样品采用无污染的磨样机 进行细碎加工至80目。测试中,金采用泡沫塑料 富集一石墨炉原子吸收光谱法,测试仪器为AAS nov300型原子吸收分光光度仪;银和砷采用氢化 物发生原子荧光光谱法,测试仪器为AFS-230E 全自动原子荧光分光光度计。

18件刻槽样品的金和银元素含量分析在自 然资源部中南矿产资源检测中心测试完成,样品 经烘干后用颚式破碎机破碎至 20 目,用不锈钢筛 过筛后,经过混匀缩分后取 200 g样品用于测 试。金采用矿石化学分析方法,测试仪器为 AAS nov300 型原子吸收分光光度仪;银采用交流电弧-发射光谱法,测试仪器为 WHYK。

# 4 土壤地球化学异常特征

### 4.1 背景值及异常下限值的提取

分析测试结果显示,346件土壤样品原始的 Au含量为 0.42×10<sup>-9</sup> ~ 38.6×10<sup>-9</sup>, As和 Ag含量 分别介于 2.31×10<sup>-6</sup> ~ 36.7×10<sup>-6</sup> 和 0.02×10<sup>-6</sup> ~ 1.14× 10<sup>-6</sup> 之间(图 4)。样品的 Au、As和 Ag含量的算 术平均值 X<sub>0</sub>分别为 3.51×10<sup>-9</sup>、9.14×10<sup>-6</sup> 和 0.13× 10<sup>-6</sup>,标准偏差 S<sub>0</sub>分别为 4.83、3.90 和 0.10,变异 系数 CV<sub>0</sub>分别为 1.38、0.43 和 0.80 (表 1)。研究 表明,变异系数(CV)反映了化学元素在区域分布 的均匀或变异程度,具体的量化标准为: CV< 0.5为均匀型,0.5 < CV < 1.0为弱变异型、1.0 < CV < 1.5为变异型、CV > 1.5为强变异型(葛绍山 等,2022)。根据原始地球化学参数可以看出,研 究区的 Au 分布为变异型,As 分布为均匀型, Ag 分布为弱变异型。这一特征与德胜-鲍峡成矿 带内主要发育金矿或金-银多金属矿床相符。



异常背景值、下限值和负异常上限的提取是 在通过算术平均法计算全部样品中元素含量平均 值 X<sub>0</sub>和标准偏差 S<sub>0</sub>的基础上, 剔除高值点后重 新计算平均值 X<sub>1</sub>和标准偏差 S<sub>1</sub>,反复迭代剔除高 值点,直至所有的高值点全部剔除后,计算剩余样 品中各元素含量的平均值 X 和标准偏差 S。其 中,平均值 X 用来度量区域成矿元素背景值;异 常下限值T则是通过平均值X加两倍的标准偏 差 S 来确定, 即: T=X+2S; 负异常上限值 M 采用 平均值 X 减标准偏差 S 来计算, 即: M=X-S。计 算结果表明, 剔除高值点之后三台子地区 Au、 As 和 Ag 含量的算术平均值 X 分别为 2.27×10<sup>-9</sup>、 8.78×10<sup>-6</sup> 和 0.11×10<sup>-6</sup>,标准偏差 S 分别为 1.59、 3.14 和 0.05, 异常下限值分别为 5.46×10-9、15.05× 10<sup>-6</sup>和 0.20×10<sup>-6</sup>, 负异常上限值 M 分别为 0.67× 10<sup>-9</sup>、5.65×10<sup>-6</sup>和 0.06×10<sup>-6</sup>(表 1)。一般来说, 矿 体或矿化体对应元素的正异常,而负异常则是由 元素淋滤迁移之后形成的。由于地势、压力和浓 度差等因素影响,流体会向着断裂、构造破碎带或 地势低的区段迁移富集(彭立华等,2012)。本次 计算所得的研究区土壤样品 Au、As 和 Ag 的负 异常分布杂乱无章,并未显示出随着地势降低向 异常高值点富集的规律,因此该参数可能不具备 应用价值,后续将不再探讨。

### 4.2 元素异常特征

基于土壤地球化学参数分析,本次围绕三台 子地区水系沉积物异常区布设的11条土壤地球 化学剖面共圈定出两处金异常高值区,集中分布 于矿区的西部和中部,分别编号为HS20和HS21。 由于两处金异常高值区间隔约1.5 km,且两者之 间缺乏有效的地球化学剖面控制,因此本文分别 对其开展浓度分带研究(图 5)。单元素异常的外 带、中带和内带的圈定分别选取异常下限的 1倍、2倍和4倍。各异常区分述如下:

(1)HS20(AuAgAs)综合异常(图 5a、图 5b、 图 5c)。该异常区位于研究区西部,由 Z6003、 Z8001和 Z7004土壤剖面圈定(图 2),异常面积 约 0.4 km<sup>2</sup>。虽然异常总体形态不规则,但异常的 中带和内带却显示出北西-南东向展布的特征,与 构造延伸方向一致。异常以 Au 元素为主,伴生 有 Ag 和 As,元素套合性较好。除 As 元素外, Au

表 1 三台子地区各元素土壤地球化学参数 Table 1 Soil geochemical parameters of elements in the Santaizi area

		原始数据地球化学参数							剔除高值点后地球化学参数			
元素	样品数	最大值	最小值	平均值	标准偏差	变异系数	样品数	平均值	标准偏差	异常下限	负异常	
	(件)			$\mathbf{X}_{0}$	$\mathbf{S}_0$	$\mathrm{CV}_0$	(件)	Х	S	值T	上限值M	
Au(×10 <sup>-9</sup> )	346	38.60	0.42	3.51	4.83	1.38	315	2.27	1.59	5.49	0.67	
$As(\times 10^{-6})$	346	36.70	2.31	9.14	3.90	0.43	337	8.78	3.14	15.05	5.65	
$Ag(\times 10^{-6})$	346	1.14	0.02	0.13	0.10	0.80	321	0.11	0.05	0.20	0.06	



图 5 三台子地区土壤地球化学异常浓度分带图

Fig. 5 Concentration zonation diagram of soil geochemical anomalies in the Santaizi area

和 Ag 元素异常均具有三级浓度分带特点, 规模 大、强度高。其中, Au、Ag 和 As 元素含量峰值分 别为 34.1×10<sup>-9</sup>、1.14×10<sup>-6</sup> 和 36.7×10<sup>-6</sup>。异常区 介于 F<sub>3</sub>和 F<sub>5</sub>两条北西向断裂之间, 出露的地质体 为埃迪卡拉纪武当群双台组片岩和辉长岩。目 前, 该异常未采用工程揭露, 有待进一步验证。

(2)HS21(Au)异常(图 5d、图 5e、图 5f)。该 异常区位于研究区中部,由Z8003、Z9001和Z9004 土壤剖面圈定(图 2),西侧未封闭,异常面积约 0.3 km<sup>2</sup>。异常以 Au 元素为主,Ag 和 As 异常呈 零星点状分布。Au 异常呈不规则形态,外-中两 级浓度分带发育,浓度内带仅见于单件土壤样品, 元素峰值为23.6×10<sup>-9</sup>。异常区介于 F<sub>3</sub>和 F<sub>4</sub> 两条 北西向断裂之间,出露的地质体为埃迪卡拉纪武 当群双台组片岩和辉长岩。该异常已通过 TC01 工程揭露出 Au 矿化体一条,证实为矿致异常。

#### 4.3 异常成因浅析

如图 2 所示,研究区的两处异常高值区内出 露的地质体均为武当群片岩和辉长岩。然而,基 于以下几点我们认为这些异常的产生可能与辉长 岩并无太大的成因联系:① TC01 中两件辉长岩 捡块样测试结果显示,辉长岩的 Au 含量分别为 4.33×10<sup>-9</sup> 和 7.21×10<sup>-9</sup>, 低于或略高于研究区 Au 元素异常下限值; ② HS20Au 和 Ag 异常所夹的 凹陷区域出露的地质体为变辉长岩(图 5a、 图 5b);③原1:5万水系沉积物异常区之外也广 泛发育有同时代的辉长岩类。三台子金矿化体和 化探异常高值点都赋存于武当群片岩中,其北侧 发育有 NW 向展布的 F, 断裂。相较而言, 其它断 裂附近则未见有明显的高值异常出露,暗示区域 矿化可能与F,密切相关。此外,矿区内还广泛发 育从 NE 往 SW 方向的逆冲推覆构造(图 3a、图 3c)。 强烈的构造挤压作用会释放出大量的变质流体, 这些流体往往会活化出地层中的成矿元素并迁移 至有利部位富集成矿(Goldfarb et al., 2005; 陈衍 景等,2007)。基于上述分析,我们推测三台子地 区的土壤地球化学异常成因机理如下:NE往 SW 的逆冲推覆构造产生的变质流体淋滤出武当 群中的 Au 元素,这些含矿热液沿着断裂 F,迁移 并在断裂下盘沉淀富集。

# 5 工程验证及找矿潜力分析

#### 5.1 工程验证

根据研究区1:1万土壤地球化学测量工作 成果,在异常查证的基础上,选择对 Z8003 地化剖 面的 Au 异常进行浅表探矿工程验证。探槽 TC01 揭露该异常带内发育的地层主要为武当群 双台组片岩,大量的辉长岩类侵入到地层中。野 外地质产状测量结果显示,该工程揭露的地质体 内发育有背斜构造,轴面近东西向,南北两翼的倾 向分别介于 162°~195°和 346°~359°之间(图 6)。 带内硅化、黄铁矿化和绢云母化强烈,其中硅化和 绢云母化沿着片岩的片理展布,而黄铁矿化则呈 星点状、浸染状(图 3e、图 3f)产出。金矿化体产 出于三台子背斜转折端的南翼,赋存于武当群片 岩中,与围岩无明显接触界线。矿体平均品位为 1.15×10<sup>-6</sup>, 真厚度为 0.95 m, 与土壤地球化学剖面 圈定的异常位置较为吻合。由于该矿化体目前仅 有单工程揭露,其沿走向上的规模尚未得到有效 控制。

#### 5.2 找矿潜力分析

已有的调查研究表明,南秦岭武当西缘发育 有大量的造山型金和金-银多金属矿床,如银洞 沟、许家坡、李家湾、铺子门、佘家院和六斗等 (李金发等, 2003; 林长谦等, 2006; 岳素伟等, 2013; 贾少华, 2015)。这些中-小型矿床在区域尺 度上构成了一条北北东向的德胜-鲍峡成矿带(雷 世和和唐桂英, 1996; 李金发等, 2003)。详细的勘 查资料显示,上述矿床的金-银矿体均赋存于武当 群变火山碎屑岩中,且矿体的形态和产状严格受 断裂或褶皱构造的控制(李金发等, 2003; 岳素伟 等, 2013; Yue S W et al., 2014)。如: 六斗矿床的 矿体呈似层状或透镜状分布于近 EW 向和 NW 向断层带内,银洞沟银金矿呈脉状或薄板状产出 于近 EW 向的银洞岩背斜轴部, 而许家坡矿床的 矿体则是呈似层状和透镜状赋存于 NNE 向背斜 和 EW 向向斜的叠加部位(李金发等, 2003; 岳素 伟等, 2013; 贾少华, 2015)。岩相学特征显示, 与 矿化蚀变相关的围岩蚀变类型主要为硅化、绢云



Fig. 6 The NO.1 exploratory trench of the Santaizi gold deposit

母化和黄铁矿化等(李金发等,2003;岳素伟等, 2013; 贾少华, 2015)。此外, 大量的流体包裹体 和 H-O 同位素测试结果证实这些矿床的成矿流 体主要来源于中-低温、低盐度富 CO<sub>2</sub>的变质水, 暗示成矿作用与区域构造活动密切相关(Yue S W et al., 2014; 贾少华, 2015; 赵欣, 2021)。这一推论 也得到了构造解析和成矿年代学的佐证。由于印 支期古特提斯洋的剪刀式闭合,扬子板块向华北 陆内俯冲并与之强烈碰撞,导致秦岭褶皱系的地 质体逆冲推覆至扬子板块之上,并形成了大量的 近 EW 向和 NW 向断裂-褶皱构造,为金的活化迁 移提供了热源和大量的导矿-容矿空间(雷世和和 唐桂英, 1996)。绢云母和黑云母<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 坪年龄 显示,银洞沟和许家坡矿床形成年龄分别为 231±2 Ma 和 224 Ma, 正处于挤压向伸展转换的复 杂构造体制下(李金发等, 2003;朱峰等, 2017)。

三台子地区位于金-银多金属德胜-鲍峡成矿 带内,矿区内广泛发育 NW 和 NEE 向断裂-褶皱 构造(图 2、图 3)。TC01 工程揭露三台子金矿化 体产出于三台子背斜转折端南翼的武当群片岩中 (图 6),并且蚀变类型主要为硅化、黄铁矿化和绢 云母化(图 3e、图 3f),均与已知的银洞沟和许家 坡矿床等成矿地质特征相似,具备较大的找矿潜 力。另一方面,与前人1:5万水系沉积物异常相 比,本次1:1万土壤地球化学测量异常重现性较 好。尤其是位于矿区西部的HS20异常,不仅异 常规模大、强度高、连续性好、元素套合性强(图 5a、图 5b、图 5c),而且异常的内-中带呈北西-南 东向展布,与区域构造延伸方向一致(图 2),具备 进一步工作的价值。综合区域成矿地质条件、矿 床地质特征、土壤地球化学剖面及已有探槽工程 所揭露的矿体情况,我们认为三台子地区是寻找 金矿的理想区域,并建议围绕土壤地球化学剖面 异常区补充槽探工作,着眼于寻找深部矿体。

### 6 结论

(1)1:1万土壤剖面地球化学测量结果显示,南秦岭武当隆起三台子地区Au、Ag和As元 素异常套合好、规模大、强度高、连续性好。

(2)研究区共圈定 Au 异常高值区 2 处,并通 过浅表探槽工程揭露金矿(化)体 1 处;

(3)综合区域成矿地质条件、矿床地质特征和 土壤地球化学异常,认为三台子地区是寻找金矿 的理想区域。

衷心感谢武汉地质调查中心彭练红和魏运许

教授级高级工程师及吴一笑博士在野外工作中的 大力帮助。非常感谢两位匿名审稿专家的宝贵修 改意见。

### 参考文献:

- 陈衍景,倪培,范宏瑞,F Pirajno,赖勇,苏文超,张辉.2007.不 同类型热液金矿系统的流体包裹体特征 [J]. 岩石学 报,23(9):2085-2108.
- 葛绍山,章中九,于炎炎. 2022. 安徽萧县圣泉乡地区化探异 常特征及找矿潜力分析 [J]. 安徽地质,32(1):23-28.
- 湖北省区调所. 1989.1:5万鲍家店幅门楼幅区域地质调 查报告 [R].
- 胡 鹏,姜军胜,张海坤,曾国平,程 湘,向 鹏,向文帅.2022.西 非克拉通优势金属矿产地质特征、成矿作用及开发 现状 [J]. 华南地质,38(4):614-625.
- 胡健民,孟庆任,白武明,赵国春.2002.南秦岭构造带中—— 晚古生代伸展构造作用 [J]. 地质通报,21(8-9):471-477.
- 贾少华. 2015. 武当西缘六斗金矿及银洞沟银多金属矿床 成因研究 [D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 蒋少涌,马 盈.2024.华夏地块造山型金矿床:时空分布规 律、地质-地球化学特征、成矿机制与动力学背景 [J].地质学报,98(3):920-940.
- 孔令耀,杨 成,李琳静,周 峰,郭 盼,陈 超.2022.扬子北缘南 华系武当群锆石 U-Pb 年龄:对扬子北缘南华纪裂解 模式的启示 [J]. 地质通报,41(12):2224-2243.
- 雷世和,唐桂英.1996.南秦岭造山带武当地区构造变形及 构造复合 [J].河北地质学院学报,19(3-4):278-284.
- 李金发,张业明,罗玉祖.2003.鄂西北许家坡金银矿床地质 地球化学特征及成因分析 [J]. 地质科技情 报,22(4):75-79.
- 凌文黎,段瑞春,柳小明,程健萍,毛新武,彭练红,刘早学,杨 红梅,任邦方.2010.南秦岭武当山群碎屑锆石 U-Pb 年 代学及其地质意义 [J]. 科学通报,55(12):1153-1161.
- 林长谦,胡明,何洪涛.2006.湖北武当地区银金多金属矿控 矿条件及找矿方向[J]. 地质找矿论丛,21(2):104-108.
- 毛景文,刘敏,姚佛军,谢桂青,袁顺达.2024.当前中国找矿 勘查值得关注的问题与发展方向 [J]. 矿床地 质,43(6):1-12.
- 彭立华,王会锋,闫江涛.2012.区域化探负异常特征及其应 用初探 [J]. 科技风,(17):176-177.
- 吴元保,郑永飞.2013.华北陆块古生代南向增生与秦岭-桐 柏-红安造山带构造演化 [J]. 科学通报,58(23):2246-2250.
- 岳素伟,翟淯阳,邓小华,余吉庭,杨林.2013.湖北竹山县银

洞沟矿床成矿流体特征及矿床成因 [J]. 岩石学 报,29(1):27-45.

- 赵 欣. 2021. 湖北银洞沟银矿床银的赋存状态及成矿机理 [D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 张全亮. 2020. 鄂西北地区武当群杨坪组沉积特征、物源 分析及其构造背景 [D]. 中国地质大学(北京)硕士学 位论文.
- 张维峰,徐大良,彭练红,邓新,刘浩,金鑫镖,谭靖.2018.武 当隆起西段牌楼新元古代A<sub>1</sub>型花岗岩的发现及其地 质意义[J].地球科学,43(7):2389-2403.
- 张维峰,张利国,谢国刚,李 堃,马 筱,李 岩,王祥东. 2024. 南 秦岭武当地区蒿坪脉石英型高纯石英矿成因机理及 其找矿潜力评价 [J/OL]. 中国地质. https://link.cnki. net/urlid/11.1167.P.20240815.1311.004.
- 朱峰,李文博,胡传胜.2017.南秦岭银洞沟银金矿床矿相学 与成矿时代 [J]. 矿物学报,37(4):386-394.
- Goldfarb R J, Baker T, Dube B, Groves D I, Hart C J R, Gosselin P. 2005. Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes[J]. Economic Geology, 100th Anniversary Volume: 407-450.
- Ling W L, Ren B F, Duan R C, Liu X M, Mao X W, Peng L H, Liu Z X, Cheng J P, Yang H M. 2008. Timing of the Wudangshan, Yaolinghe volcanic sequences and mafic sills in South Qinling: U-Pb zircon geochronology and tectonic implication[J]. Chinese Science Bulletin, 53(14): 2193-2206.
- Nie H, Wan X, Zhang H, He J F, Hou Z H, Siebel W, Chen F K. 2016. Ordovician and Triassic mafic dykes in the Wudang terrane: Evidence for opening and closure of the South Qinling ocean basin, Central China[J]. Lithos, 266: 1-15.
- Wang R R, Xu Z Q, Santosh M, Yao Y, Gao L E, Liu C H. 2016. Late Neoproterozoic magmatism in South Qinling, Central China: Geochemistry, zircon U-Pb-Lu-Hf isotopes and tectonic implications[J]. Tectonophysics, 683(1): 43-61.
- Yue S W, Deng X H, Bagas L. 2014. Geology, isotope geochemistry, and ore genesis of the Yindonggou Ag-Au (-Pb-Zn) deposit, Hubei Province, China[J]. Geological Journal, 49(4-5): 442-462.
- Zhu X Y, Chen F K, Nie H, Siebel W, Yang Y Z, Xue Y Y, Zhai M G. 2014. Neoproterozoic tectonic evolution of South Qinling, China: evidence from zircon ages and geochemistry of the Yaolinghe volcanic rocks[J]. Precambrian Research, 245: 115-130.