

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2023.01.002

引用格式:翁望飞,罗家元,许振宇. 皖南外桐坑金矿床地质、地球化学特征及找矿模型[J]. 华东地质, 2023, 44(1): 13-27.  
(WENG W F, LUO J Y, XU Z Y. Geological and geochemical characteristics and prospecting model of the Waitongkeng gold deposit in southern Anhui Province[J]. East China Geology, 2023, 44(1): 13-27.)

# 皖南外桐坑金矿床地质、地球化学特征及找矿模型

翁望飞, 罗家元, 许振宇

(安徽省地质矿产勘查局 332 地质队, 安徽 黄山 245000)

**摘要:** 外桐坑金矿位于江南造山带东北缘太平断裂褶皱带, 是受断裂控制的热液蚀变型金矿床。为进一步分析该矿床的成矿规律, 明确找矿方向, 提高找矿效果, 在开展野外地质调查的基础上, 采用土壤地球化学测量、岩石地球化学剖面测量等技术手段开展了地质、地球化学特征及找矿模型研究。土壤地球化学测量结果显示, Au、As 异常显著, 主要沿 NE 向次级断裂分布; 岩石地球化学剖面测量结果显示, 矿区 NE 向张性次级断裂显著富集 Au、As、Ag、Sb, 可有效指示金矿化的分布特征。金矿体赋存于志留纪霞乡组中, 成矿物质及热源主要来自于燕山期花岗岩岩浆热液, 成矿构造为 NE 向榔桥—里东坑张性断裂, 含矿构造为主断裂上盘 NE 向硅化、毒砂矿化、黄铁矿化、绢云母化蚀变破碎带。依据成矿规律, 构建了外桐坑金矿“构造-岩浆岩”成矿体系地质-地球化学找矿预测模型, 明确次级断裂破碎带、金矿地球化学异常、绢云母化蚀变等可作为外桐坑外围金矿找矿标志, 指出矿区内破碎蚀变带、矿区深部以及外围沿榔桥—里东坑断裂分布的水系沉积物 Au 异常区具有较好的找矿前景。

**关键词:** 外桐坑金矿; 地质地球化学特征; 控矿因素; 找矿模型; 皖南

**中图分类号:** P595; P618.51

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2023)01-013-15

安徽南部地区位于长江中下游成矿带东段、钦杭成矿带北亚带, 区域上金异常、金矿化点分布广泛, 金矿类型复杂多样<sup>[1]</sup>, 其中受断裂控制的中低温热液蚀变型金矿床较常见。近十年来, 在安徽南部沿江前陆盆地、江南过渡带、太平断裂褶皱带等盖层分布区部署了地质勘查工作, 陆续发现了一批独立金矿床, 如池州抛刀岭—渚湖岭金矿床<sup>[2-4]</sup>、东至赵家岭金矿床<sup>[5]</sup>和牛头高家金矿床<sup>[6]</sup>、南陵吕山金矿床<sup>[7]</sup>、泾县乌溪金矿床<sup>[8]</sup>、宁国石口金矿床<sup>[9-10]</sup>等, 显示该区具有良好的金矿找矿潜力。

外桐坑金矿位于皖南黄山区谭家桥北约 10 km 处, 矿床赋存于志留纪霞乡组中, 受里东坑—榔桥区域断裂及其次级构造控制, 金矿体呈脉状产于该断裂上盘构造破碎带内, 属热液蚀变型金矿床。通过工程控制, F3 含矿构造带已获得推断金资源量

2.16 t, Au 平均品位 1.74 g/t。但是整体看, 外桐坑金矿的研究程度相对较低, 目前尚未开展过系统的成矿作用研究。本文在矿床地质、土壤及岩石地球化学、矿体地质特征研究的基础上, 探讨了外桐坑金矿的成矿规律, 构建了地质-地球化学找矿模型, 总结找矿标志及找矿方向, 为今后矿区勘查及外围同类型矿床勘查提供基础资料。

## 1 区域地质背景

沿祁门东源—黄山区汤口—绩溪伏岭一线, 皖南地区地层分为南部变质基底区和北部盖层区(图 1)。南部变质基底区, 主要出露浅变质火山岩-海相碎屑沉积岩, 受区域构造影响大而变形变质较强, Au 异常背景值高、变化系数大, 有利于富集成矿<sup>[11]</sup>。北部盖层区, 南华纪—震旦纪形成了早期海相沉积旋回, 其

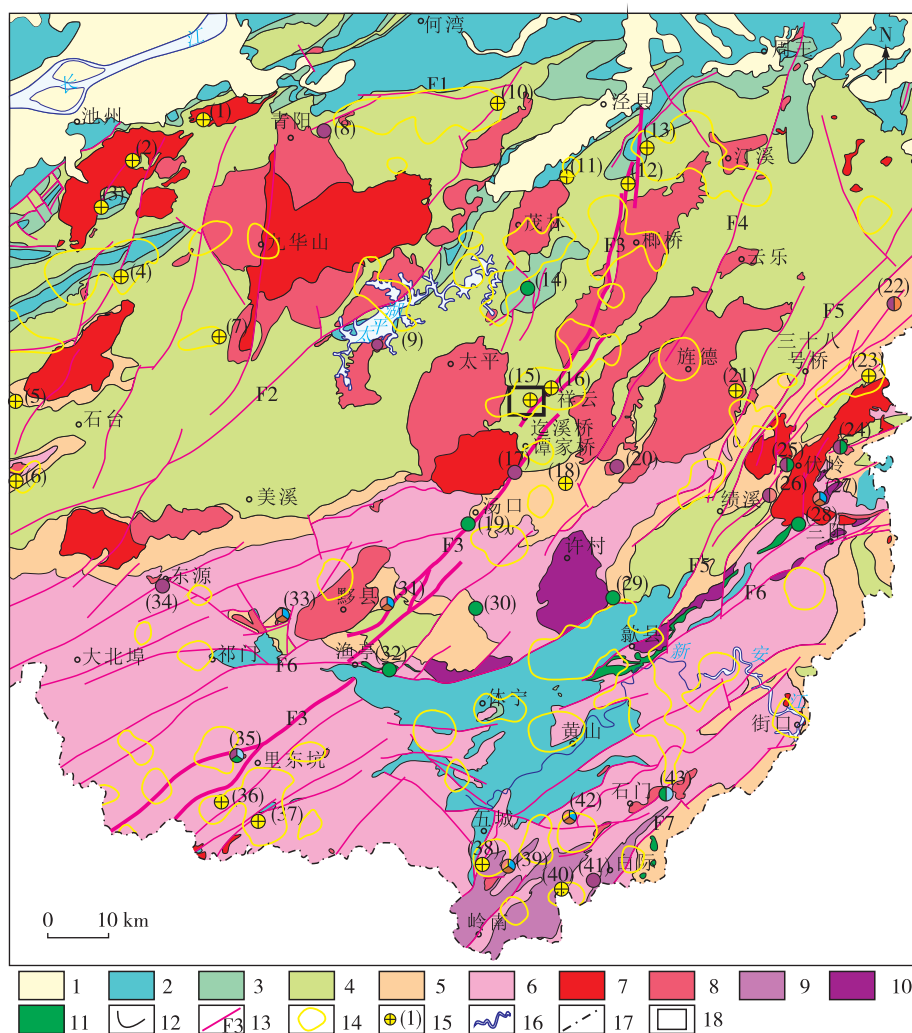
\* 收稿日期: 2022-02-17 修订日期: 2022-06-13 责任编辑: 谭桂丽

**基金项目:** 中国地质调查局“安徽省休宁县—歙县金多金属整装勘查区矿产地质调查与找矿预测(编号: DD20190159-20)”、安徽省自然资源科技项目“皖南地区钨相关战略性矿产分布类型、成矿机制及找矿前景研究(编号: 2021-K-9)”、安徽省公益性地质工作项目“皖南障公山地区金锑矿资源调查评价(编号: 2021-g-2-10)”、“皖南黄土岭—水竹坑铜铅钨矿资源调查评价(编号: 2022-g-1-7)”项目联合资助。

**第一作者简介:** 翁望飞, 1980 年生, 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事地质调查与矿产勘查工作。Email: fiyan@163.com。

中早震旦世蓝田组是区域重要的赋矿层位,常发育砂卡岩型金属矿床<sup>[12-18]</sup>。寒武系—志留系为厚层海相前陆坳陷盆地沉积,其中寒武系、奥陶系广泛发育黑色岩系,是皖南微细浸染型金矿的主要矿源层<sup>[19-21]</sup>,

志留系是重要的含金层位,已发现铜陵舒家店金矿<sup>[22]</sup>、泾县乌溪金矿及外桐坑金矿等。泥盆纪—早三叠世,该区为浅表海相碎屑岩沉积;晚三叠世—白垩纪,该区为陆相沉积,夹火山岩和火山碎屑岩。



1.新生界;2.中生界;3.晚古生界;4.早古生界;5.新元古界;6.新元古代变质基底;7.白垩纪中晚期花岗岩;8.晚侏罗世—早白垩世花岗岩;9.新元古代晚期花岗岩;10.新元古代早期花岗岩;11.基性-超基性岩;12.地质界线;13.断层;14.水系沉积物金异常;15.矿床(点);16.水系;17.省界;18.研究区。断层:F1.周王断裂;F2.江南断裂;F3.榔桥—里东坑断裂;F4.旌德断裂;F5.绩溪—宁国断裂;F6.祁门—三阳断裂;F7.皖浙赣断裂。矿床(点):(1).青阳云山金矿;(2).青阳渚湖岭金矿;(3).贵池抛刀岭金矿;(4).贵池来龙山金矿;(5).东至牛头高家金矿;(6).东至赵家岭金矿;(7).池州金鸡山金矿;(8).青阳百丈岩钨矿;(9).黄山萌坑钨矿;(10).南陵吕山金矿;(11).泾县南大山金矿;(12).泾县乌溪金矿;(13).泾县茶冲金矿;(14).泾县铜山铜矿;(15).黄山区外桐坑金矿;(16).旌德祥云金矿;(17).黄山黄狮党钨矿;(18).黄山簪岭金矿;(19).歙县寨西铜矿;(20).旌德上金山钨矿;(21).绩溪校头金矿;(22).宁国西坞口钨锡矿;(23).绩溪和阳金矿;(24).绩溪逍遥钨矿;(25).绩溪际下钨铜矿;(26).绩溪巧川钨银矿;(27).绩溪岭脚铅锌矿;(28).歙县水坑坑铜矿;(29).歙县金谷山铜矿;(30).歙县金上铜矿;(31).黟县西坑银铅矿;(32).休宁黄土岭铜矿;(33).祁门三堡铅锌矿;(34).祁门东源钨矿;(35).休宁里东坑钨矿;(36).休宁大丘田金矿;(37).休宁小连口金矿;(38).休宁天井山金矿;(39).休宁小贺铅锌矿;(40).休宁横尖金矿;(41).休宁长岭尖钨钼矿;(42).休宁九亩丘银铅锌矿;(43).歙县古祝铜钨矿

图 1 皖南地区区域地质矿产简图

Fig. 1 Sketch map of regional geology and mineral deposits in southern Anhui Province

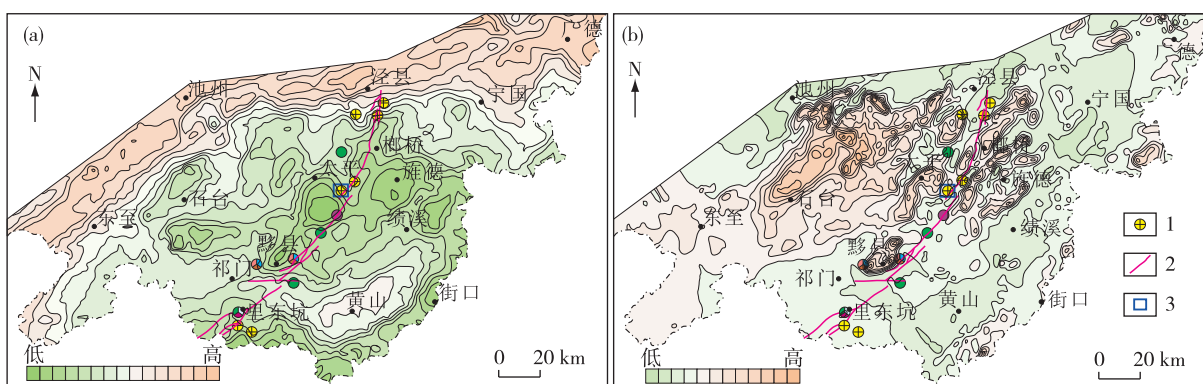
研究区大地构造上位于江南造山带东段太平断裂褶皱带,主构造线以 NE 向断裂为主<sup>[23]</sup>,其次为近 EW 向断裂及 NW 向断裂。多组断裂的交汇部位以及深大断裂的侧向次级断裂是该区重要的成矿成矿结构面,控制了岩浆岩及金属矿产的分布。其中 NE 向榔桥—里东坑断裂(F3)是外桐坑金矿的控矿断裂。

区域上,该区主要发育晋宁期岩浆岩<sup>[24-27]</sup>和燕山期岩浆岩,其中燕山期花岗岩类是皖南地区重要的多金属矿成矿地质体<sup>[28]</sup>,大致可划分 2 个侵入幕次<sup>[29-30]</sup>:一是晚侏罗世—早白垩世早期(150~135 Ma),以花岗闪长(斑)岩为主;二是早白垩世中期及晚期(135~120 Ma),以花岗岩为主。研究区

即位于燕山期太平岩体、旌德岩体、榔桥岩体及黄山岩体所围的盖层区,成矿热液来源充足。

## 2 区域地球物理、地球化学特征

皖南地区以东至一泾县—宁国为界,北部沿江褶皱带和南部屯溪断陷盆地为相对重力高与低磁异常区,中部石台—旌德燕山期花岗岩区和皖浙构造带为重力相对低与高磁异常区。榔桥—里东坑断裂具有明显的梯度带,研究区正处于由相对重力低至重力高(图 2(a))和相对正磁异常—负磁异常的“凹”形梯度带上(图 2(b)),表明外桐坑金矿处于有利于成矿的地球物理场背景中。



1.矿床(点);2.榔桥—里东坑断裂;3.研究区

图2 皖南地区布格重力异常(a)及航磁  $\Delta T$  异常(b)分布图

Fig. 2 Bouguer gravity anomaly (a) and aeromagnetic  $\Delta T$  anomaly (b) in southern Anhui Province

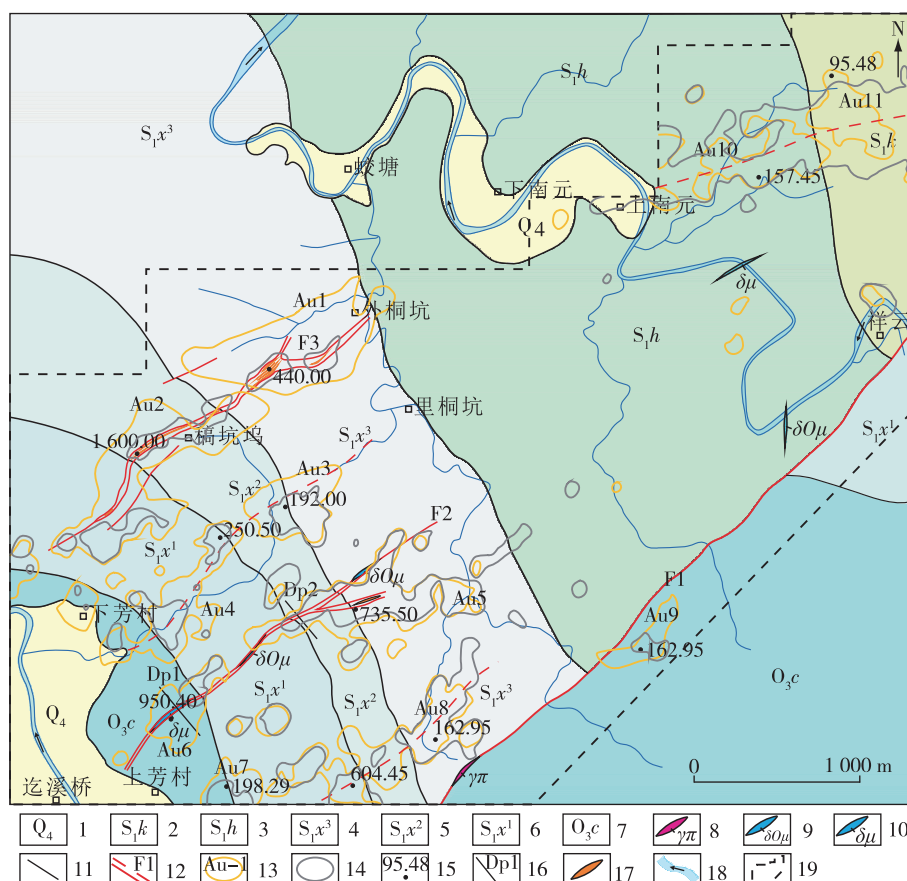
1:20 万水系沉积物测量成果(图 1)显示,该区可圈定出 4 个较大面积的金矿找矿远景区,分别为:① 石台—池州金找矿远景区;② 谭家桥—榔桥金找矿远景区;③ 里东坑—大北埠金找矿远景区;④ 岭南—石门金找矿远景区。外桐坑金矿位于谭家桥—榔桥金找矿远景区,该区金异常明显受榔桥—里东坑断裂控制,呈 NE 向串珠状展布。在外桐坑地区圈定了长条带状金异常,面积为 45 km<sup>2</sup>, Au 最高含量为  $133.2 \times 10^{-9}$ ,平均含量为  $29.6 \times 10^{-9}$ ,异常衬度 8.46,规模 380.7,且套合 As、Sb、Ag 等元素,为找矿前景较好的甲类异常<sup>[31]</sup>。

## 3 矿区地质特征

外桐坑矿区自南西向东北依次出露早奥陶世长坞组( $O_3c$ ),晚志留世霞乡组( $S_1x$ )、河沥溪组

( $S_1h$ )、康山组( $S_1k$ )(图 3),岩性主要为海相碎屑岩。霞乡组在矿区呈 NW 向-SE 向分布,是矿区的赋矿地层。根据岩石组合特征,可进一步划分为下、中、上 3 个岩性段:下段为灰色、深灰色中厚层粉砂岩夹薄层灰黑色碳质页岩;中段为暗灰色-青灰色厚层状细砂岩夹中厚-厚层状黄绿色粉砂岩、粉砂质页岩;上段为灰色、灰绿色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,夹薄层灰黑色含碳质泥岩、青灰色中层状细砂岩。

矿区位于太平复向斜三峰庵次级背斜南东翼,为单斜构造,地层总体走向 NW,倾向  $5^\circ \sim 60^\circ$ ,倾角  $11^\circ \sim 50^\circ$ 。矿区断裂发育,表现为区域性断裂及其侧向呈羽列状分布的次级断裂,目前已勘查确定了 3 条 NE 向断裂,其中 F1 断裂为榔桥—里东坑断裂(图 1),延伸可达 220 km,具多次活动特征,早期以



1.第四系;2.早志留世康山组;3.早志留世河沥溪组;4.早志留世霞乡组上段;5.早志留世霞乡组中段;6.早志留世霞乡组下段;7.晚奥陶世长坞组;8.花岗斑岩脉;9.石英闪长玢岩脉;10.闪长玢岩脉;11.地质界线;12.(推测)断层及编号;13.1:1万土壤测量 Au 异常及编号;14.1:1万土壤测量 As 异常;15.Au 高值异常点及峰值/ $10^{-9}$ ;16.岩石地球化学剖面;17.金矿体;18.水系及水流方向;19.1:1万土壤测量范围

图3 外桐坑金矿区地质构造及土壤测量异常图

Fig. 3 Geological structure and anomaly of soil survey in the Waitongkeng gold deposit

压剪性(左行)作用形成挤压片理带为特征,晚期以张性断裂活动为特征,控制了北侧乌溪金矿和南侧里东坑钼矿、大丘田金矿。外桐坑金矿位于 F1 断裂中部,呈 NE  $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$  方向展布,倾向 NW。断裂切割盖层,断距约 3 km,宽度几米至几十米,由碎裂岩、角砾岩及片理化岩石组成,角砾大小 1~2 cm,多呈棱角状,硅质胶结。F3 断裂及 F2 断裂为 F1 断裂的次级断裂(图 1),平行分布于 F1 断裂的北西侧,呈 NE  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$  方向展布,倾向 NW,倾角  $55^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,长约 2 km,破碎带宽 10~80 m,主体发育于霞乡组中,与地层走向大角度斜交。沿断裂局部有中酸性岩脉充填,主要由碎裂岩、角砾岩及石英细脉组成,带内岩石具硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化,发育金矿化。根据工程揭露情况,断裂局部见

残留的片理化现象,显示断裂具多期活动特征。

外桐坑金矿处于燕山期黄山岩体、太平岩体、榔桥岩体、旌德岩体所围的狭窄空间,矿区距各大岩体直线距离为 3~6 km,地表未见岩浆岩体出露,在探槽、钻孔等工程中见(石英)闪长玢岩脉沿断裂贯入充填,其产状与破碎带一致,但规模小,一般长 50~100 m,宽 1~5 m。(石英)闪长玢岩呈灰色,风化后呈灰黄绿色,具变余斑状结构,轻微碎裂结构,块状构造;斑晶主要为斜长石(10%~35%),角闪石(5%~10%),少量石英( $\leq 1\%$ ),粒径 0.6~1.8 mm;基质(45%~55%)具隐晶质结构,含斜长石、石英、黑云母及角闪石等暗色矿物、金属矿物及其氧化物等,其中斜长石呈板状半自形,多已绢云母化。(石英)闪长玢岩脉蚀变较强,见绢英岩化、



硅化、黄铁矿化、碳酸盐化等。

在矿区探槽及钻孔中采集 48 个(石英)闪长玢岩岩脉样品,分析显示 Au 含量为 $(0.02\sim 1.53)\times 10^{-6}$ ,平均值为 $0.21\times 10^{-6}$ ,显示脉体含金。(石英)闪长玢岩的蚀变特征与破碎带内(泥、砂质)岩石蚀变特征基本一致,判断区内(石英)闪长玢岩脉应为成矿前或成矿期侵入,局部构成矿体,或局部成为矿体的夹石与近矿围岩。

矿区围岩蚀变强烈,蚀变沿断裂破碎带分布,以条带状蚀变为主,主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化、碳酸盐化等,地表见金属矿物氧化后形成的铁帽。围岩蚀变具有一定的分带性,断裂带中部发育黄铁绢英岩化,两侧蚀变减弱。采样分析结果显示,蚀变与金矿化呈正相关,蚀变越强,矿化越强。

## 4 矿区地球化学特征

### 4.1 土壤地球化学特征

#### 4.1.1 地球化学参数

为快速确定勘查靶区,部署实施了 1:1 万土壤地球化学测量,面积为 12.5 km<sup>2</sup>,测量网度为 100 m×40 m,测线方位 130°,共采集样品 3 133 件。采用平

均值( $X$ )、最大值( $W_{\max}$ )、中位数( $M$ )、标准离差( $S$ )、变异系数( $C_v$ )、浓集系数( $K$ )等参数讨论地球化学特征及相关规律。其中,变异系数( $C_v$ )为元素标准离差( $S$ )与平均值( $X$ )的比值;浓集系数  $K_1$  为矿区土壤地球化学测量各元素背景值与安徽省土壤地球化学测量各元素背景值的比值;浓集系数  $K_2$  为矿区土壤地球化学测量各元素背景值与皖南地区土壤地球化学测量各元素背景值的比值;浓集系数  $K_3$  是矿区土壤地球化学测量各元素背景值与太平断裂褶皱带土壤地球化学测量各元素背景值的比值。矿区土壤地球化学测量各元素背景值即为剔除高值、低值后的元素平均值,通过平均值加减 3 倍标准离差 4 次循环剔除高值、低值后算术求得。

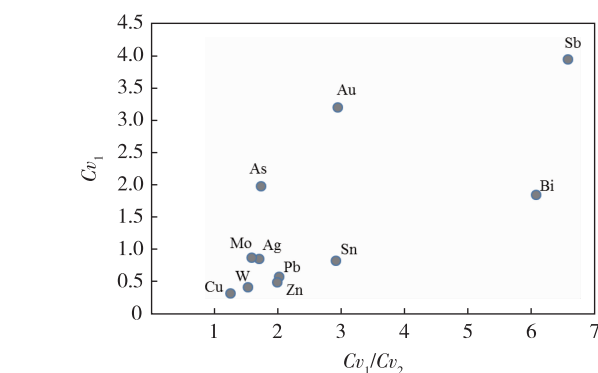
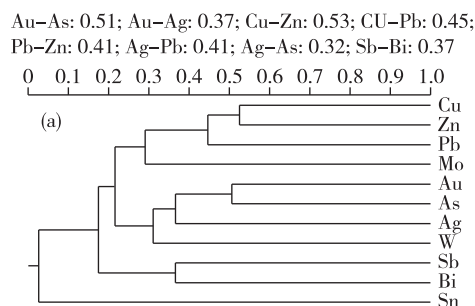
外桐坑金矿区土壤测量地球化学参数统计结果见表 1。从元素区域浓集系数看,除 Cu 外,矿区其他元素的浓集系数均高于安徽省各元素含量的平均值<sup>[32]</sup>;除 Cu、Zn、Sn、W 外,其余元素均高于皖南和太平断裂褶皱带各元素的背景值;Au、As、Sb 不同区域尺度的浓集系数为 2.14~4.46,具有局部强富集的特点。从元素含量平均值与中位数的关系看,所有元素含量的平均值大于中位数,Au、As 平均值/中位数分别为 4.47 和 4.25,富集程度高。Au、As、Sb、Bi 的变

表 1 外桐坑金矿区土壤测量地球化学参数统计结果  
Table 1 Geochemical parameters of soil survey in the Waitongkeng gold deposit area

参数类别	Au/ $10^{-9}$	Ag/ $10^{-9}$	As/ $10^{-6}$	Cu/ $10^{-6}$	Pb/ $10^{-6}$	Zn/ $10^{-6}$	Sb/ $10^{-6}$	Bi/ $10^{-6}$	W/ $10^{-6}$	Mo/ $10^{-6}$	Sn/ $10^{-6}$
样品数( $N$ )	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133	3 133
平均值( $X$ )	11.58	132.01	86.19	22.19	41.97	95.85	4.26	0.69	3.59	1.77	5.16
原始值 最大值( $W_{\max}$ )	1 600.00	2 988.00	1 990.02	90.34	478.43	870.00	790.30	45.00	40.59	25.76	99.70
中位数( $M$ )	2.59	108.00	20.30	21.01	37.29	88.29	2.19	0.60	3.29	1.24	4.50
标准离差( $S$ )	37.04	112.22	170.33	7.19	24.03	47.35	16.80	1.27	1.48	1.54	4.26
变化系数( $C_v$ )	3.20	0.85	1.98	0.32	0.57	0.49	3.94	1.84	0.41	0.87	0.83
样品数( $N$ )	2 803	3 020	2 757	3 042	3 001	2 967	2 900	3 027	3 003	2 951	2 986
平均值( $X$ )	4.13	118.62	35.02	21.44	38.48	88.39	2.54	0.61	3.41	1.49	4.59
最大值( $W_{\max}$ )	23.67	293.00	196.91	37.90	71.84	157.30	8.16	1.18	6.22	4.02	8.60
中位数( $M$ )	2.31	104.00	16.90	20.74	36.74	86.87	2.04	0.59	3.25	1.19	4.45
标准离差( $S$ )	4.47	58.93	39.89	5.55	10.92	21.90	1.52	0.18	0.92	0.82	1.30
变化系数( $C_v$ )	1.08	0.50	1.14	0.26	0.28	0.25	0.60	0.30	0.27	0.55	0.28
浓集系数( $K_1$ )	2.47	1.30	4.33	0.92	1.50	1.21	4.46	2.18	1.62	2.30	1.19
浓集系数( $K_2$ )	2.14	1.07	2.93	0.73	1.24	0.89	3.26	1.56	1.04	1.84	0.71
浓集系数( $K_3$ )	2.26	1.04	3.31	0.78	1.23	0.91	3.63	1.17	0.93	1.49	0.80
异常下限	18	295	155	38	71	154	7	1	6	4	8

化系数较大,显示这些元素富集成矿程度高,研究区土壤测量成矿元素离散程度图(图 4)也反映了这一特征。通过上述土壤元素地球化学特征,结合区域成矿地质背景,认为 Au 是该区主要的可富集成矿元素,而 As、Sb 是其配套伴生元素。

采用 R 型聚类分析谱系图(图 5)进行元素的相关性研究,分析元素组合与地质构造背景的相互关系。根据元素相关系数对成矿元素分类,相关性较好的元素可分为两类:第一类为 Au-As 组合,相关性系数为 0.51,结合构造地质背景,代表了低温成矿元素组合;第二类为 Cu-Pb-Zn 组合,Cu-Pb 相关性系数为 0.45,Cu-Zn 相关性系数为 0.53,Pb-Zn 相关性系数为 0.41,代表了中温成矿元素组合。其他元素在全区无规律分布,且相关性较差。



$Cv_1$ ,原始数据变化系数; $Cv_2$ ,剔除高值和低值后数据变化系数

图 4 外桐坑金矿土壤测量成矿元素离散程度图

Fig. 4 Variation coefficients of ore-forming elements of soil survey in the Waitongkeng gold deposit

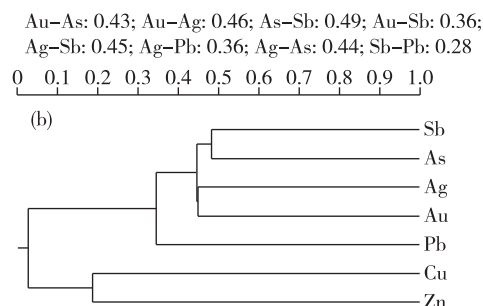


图 5 外桐坑金矿土壤测量(a)及岩石剖面测量(b)元素 R 型聚类分析谱系图

Fig. 5 R-cluster analysis diagrams of elements between soil survey(a) and rock geochemical profile(b) in Waitongkeng gold deposit

#### 4.1.2 金异常

多次迭代循环剔除高值、低值后,利用公式求理论异常下限( $T$ ),公式为

$$T = X + KS, \quad (1)$$

式中: $X$  为平均值; $K$  为置信系数,取值 3; $S$  为标准离差。

为了方便异常圈定,在结合地质背景、成矿地质条件、矿化信息等综合因素的基础上,将理论异常下限取整。Au 异常下限为  $18 \times 10^{-9}$ ,按  $T$ 、 $2T$ 、 $4T$  为外、中、内带圈定主要 Au 异常 11 个(图 3,表 2),全区 Au 异常面积达  $2.508 \text{ km}^2$ ,异常与 As 套合良好。

11 个 Au 异常呈 NE 向长条状展布,分成 5 列近平行排列。除 Au9 外,其余 Au 异常均位于榔桥—里东坑断裂北西侧上盘。其中,Au1 和 Au2 异常面积分别为  $0.445 \text{ km}^2$  和  $0.430 \text{ km}^2$ ,异常处

于霞乡组上段,Au 含量最高达  $1600.00 \times 10^{-9}$ 。Au1 和 Au2 异常位于北西侧,受控于 F3 断裂,产出该矿区的主要金矿体。Au3-Au11 异常尚未进行系统勘查,少量地表工作显示异常由构造破碎带控制。

#### 4.2 岩石地球化学特征

了解矿区岩石原生晕特征,快速圈定金矿化带,测制了 12 条岩石地球化学剖面,共采集岩石样品 475 件。岩石剖面总体走向  $135^\circ$ ,垂直并通过 Au 异常与断裂构造带。测量结果显示:Au、As、Sb、Ag 异常与断裂构造带关系密切,构造带发育部位出现上述元素的显著异常(图 6)。正常围岩与构造带内蚀变岩石元素分析测试统计结果(表 3)显示,断裂蚀变岩的 Au、As、Sb、Ag 平均值明显高于正常围岩,其中构造带中 Au 的平均值为  $52.46 \times 10^{-9}$ ,砂岩中 Au 的平均值为  $5.85 \times 10^{-9}$ ,显示断裂带对上

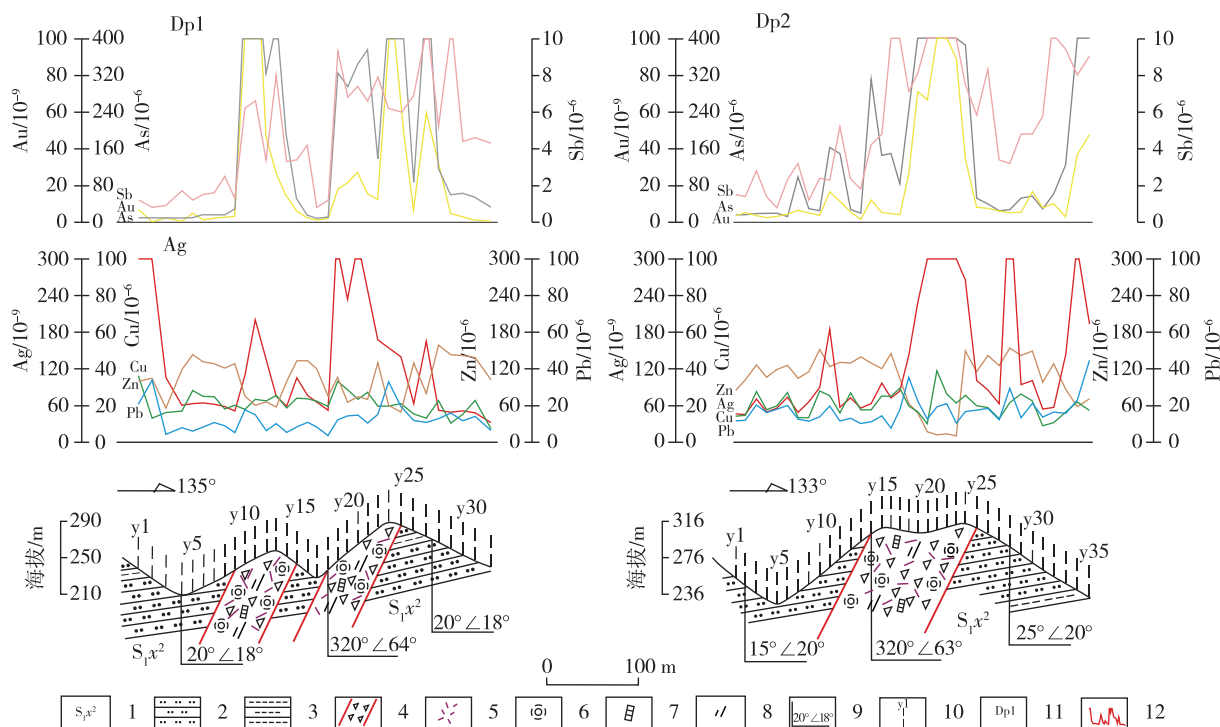
述 4 个元素具有明显的富集作用。Cu、Pb、Zn 曲线 的富集作用。岩石样品元素 R 型聚类分析图(图 5 没有明显起伏,显示断裂构造对这 3 个元素无明显 (b))也反映了这一特征。

表 2 外桐坑金矿土壤测量 Au 异常参数统计结果  
Table 2 Statistical results of gold anomaly parameters of soil survey in Waitongkeng gold deposit

异常 编号	面积/ km <sup>2</sup>	形状	最高值/ 10 <sup>-9</sup>	平均值/ 10 <sup>-9</sup>	衬度	规模	异常概况	异常解译
Au1	0.445	长条状	440.00	71	2.84	1.26	异常处于霞乡组上段,有 F3 断裂通过	异常由含金破碎带引起,工程揭露金矿体
Au2	0.430	长条状	1600.00	84	3.36	1.44	异常处于霞乡组中、下段,有 F3 断裂通过	异常由含金破碎带引起,工程揭露金矿体
Au3	0.185	板状	192.00	53.91	2.70	0.25	异常处于霞乡组中、上段,有石英细脉分布,推测有断裂通过	异常由含金石英脉引起
Au4	0.222	不规则云状	250.50	64.34	3.22	0.72	异常主体处于霞乡组下段,少量位于长坞组,推测有断裂通过	推测异常由分散矿化引起
Au5	0.341	不规则云状	735.50	96.14	4.81	1.64	异常主体处于霞乡组中、上段,少量位于霞乡组下段,有 F2 断裂通过	异常由含金破碎带引起,工程揭露金矿体
Au6	0.128	长条状	950.40	119.09	5.95	0.76	异常处于霞乡组下段及长坞组,有 F2 断裂通过	异常由含金破碎带引起
Au7	0.076	半圆状	198.29	78.80	3.94	0.30	异常处于霞乡组下段及长坞组,推测有断裂通过	异常由破碎带引起
Au8	0.293	不规则云状	604.45	82.38	4.12	1.21	异常处于霞乡组内,推测有断裂通过	异常由破碎带引起
Au9	0.069	长条状	162.95	63.76	3.19	0.22	异常处于长坞组,有 F1 断裂通过	异常由断裂破碎带引起
Au10	0.183	似云状	157.45	50.60	2.53	0.46	异常处于河沥溪组,推测有断裂通过	异常由石英脉引起
Au11	0.136	似云状	95.48	37.65	1.88	0.26	异常处于康山组,推测有断裂通过	异常由石英脉引起

表 3 外桐坑金矿正常围岩与构造带内蚀变岩石元素分析测试统计结果  
Table 3 Element analysis statistics of normal surrounding rock and altered rock in structural belt of Waitongkeng gold deposit

岩石(数量/件)	参数取值	Au/10 <sup>-9</sup>	Ag/10 <sup>-9</sup>	Cu/10 <sup>-6</sup>	Pb/10 <sup>-6</sup>	Zn/10 <sup>-6</sup>	Sb/10 <sup>-6</sup>	As/10 <sup>-6</sup>
	最小值	0.10	18.00	1.30	1.40	11.90	0.40	3.30
全区岩石(475)	最大值	549.30	678.00	92.10	804.60	411.70	100.00	500.00
	平均值	20.76	90.00	22.33	22.52	106.67	9.59	173.10
砂岩(323)	平均值	5.85	67.64	21.96	17.36	119.76	5.20	90.87
构造蚀变岩(152)	平均值	52.46	137.51	23.12	33.48	78.86	18.90	347.84



1.早志留世霞乡组中段;2.细砂岩;3.泥岩;4.构造碎裂岩;5.石英细网脉;6.硅化;7.硫化物;8.绢云母化;9.产状;10.采样位置及样品编号;11.剖面编号;12.岩石地球化学曲线

图6 外桐坑金矿岩石地球化学剖面图

Fig. 6 Geochemical profiles of rocks in Waitongkeng gold deposit

## 5 矿体地质特征

### 5.1 矿体特征

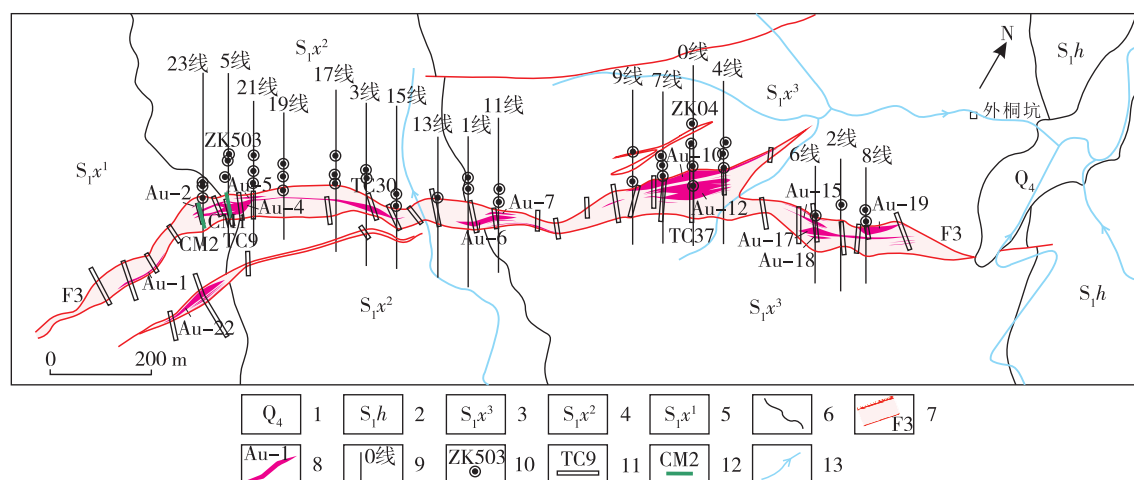
目前,仅对外桐坑矿区 F3 断裂 Au1 异常和 Au2 异常进行了工程控制(图 7),显示金矿体主要赋存在 NE 向断裂破碎带中。共圈出金矿体 31 个,其中以 4 号、5 号、10 号、12 号矿体为主要矿体,特征如下。

(1)4 号矿体。4 号矿体为现阶段发现的最大的金矿体,位于 F3 断裂带西段。矿体赋存于断裂破碎带中间部位,产状较稳定,赋矿岩石为硅化碎裂粉砂质泥岩、硅化粉砂质、泥质碎裂岩-角砾岩等。矿体呈不规则状展布,产状  $300^{\circ}\sim 345^{\circ}/60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ,长约 410 m,延深 20~140 m,以地质剖面 5 线延深(148 m)最大(图 8),4 号矿体平均厚 5.86 m,厚度变化系数为 73.83%,属于厚度稳定的矿体。矿体 Au 品位为  $(0.50\sim 4.73)\times 10^{-6}$ ,平均品位为  $1.78\times 10^{-6}$ ,品位变化系数为 43.20%,属于有用组分分布均匀的矿体。

(2)5 号矿体。5 号矿体位于 F3 断裂带西段,赋存于 4 号矿体上部,是在地质剖面 21 线、19 线、3 线之间发育的一个厚大金矿体(图 7)。赋矿岩石为硅化碎裂粉砂质泥岩、硅化碎裂岩-角砾岩以及少量的蚀变(石英)闪长玢岩。矿体呈透镜体状,连续性较好,延伸达 300 m,与构造走向大致平行,产状为  $320^{\circ}/68^{\circ}$ ,深部沿走向形成中间厚大、两侧尖灭的透镜体。矿体平均厚 4.27 m,厚度变化系数为 80.72%,属于厚度较稳定的矿体。矿体 Au 品位为  $(0.62\sim 5.45)\times 10^{-6}$ ,平均品位为  $2.41\times 10^{-6}$ ,品位变化系数为 71.59%,属于有用组分分布均匀的矿体。

(3)10 号矿体。10 号矿体位于 F3 断裂带东段地质剖面 9 线—4 线之间,矿体赋存于断裂带上部(图 8),赋矿岩石为硅化碎裂粉砂质泥岩、硅化粉砂质泥质碎裂岩-角砾岩。矿体呈似脉状产出,长约 320 m,走向延伸稳定,向北东具分叉现象,产状为  $325^{\circ}\sim 336^{\circ}/55^{\circ}\sim 67^{\circ}$ ,以地质剖面 0 线延深最大。矿体厚 0.84~24.12 m,平均厚 7.06 m,厚度变化系数为 102%,属于厚度较稳定的矿体。Au 品位为





1.第四系;2.早志留世河沥溪组;3.早志留世霞乡组上段;4.早志留世霞乡组中段;5.早志留世霞乡组下段;6.地质界线;7.断裂构造带;8.金矿体;9.地质剖面线;10.钻孔及编号;11.探槽及编号;12.穿脉及编号;13.水系及流向

图7 外桐坑金矿 F3 断裂矿体地质图

Fig. 7 Geological map of ore body in F3 fault of Waitongkeng gold deposit

$(0.55 \sim 3.49) \times 10^{-6}$ , 平均品位为  $1.35 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 51.52%, 属于有用组分分布均匀的矿体。

(4)12号矿体。12号矿体位于F3断裂带东段地质剖面9线—4线之间, 赋存于断裂带中部(图8), 赋矿岩石为硅化碎裂粉砂质泥岩、硅化泥砂质碎裂岩-角砾岩以及少量石英闪长玢岩。矿体呈似脉状, 在地质剖面9线(矿体隐伏)和0线呈复合状产出, 地质剖面7线和4线上表现为分支状, 产状为  $325^\circ \sim 336^\circ \angle 55^\circ \sim 67^\circ$ , 走向延伸约 175 m, 倾向最大延深 215 m, 矿体厚 0.84~25.64 m, 平均厚 8.74 m, 厚度变化系数为 93.25%, 属于厚度较稳定的矿体。矿体 Au 品位为  $(0.59 \sim 6.06) \times 10^{-6}$ , 矿体平均品位为  $1.44 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 77.90%, 属于有用组分分布均匀的矿体。

## 5.2 矿石特征

根据光片、薄片(图9)及人工重砂鉴定结果, 矿区矿石金属矿物主要为自然金、黄铁矿、毒砂, 偶见闪锌矿、白铁矿、白钛矿、方铅矿、黄铜矿、辉钼矿等。非金属矿物主要为石英、绢云母、方解石、石墨等。矿物结构主要为自形-半自形粒状, 矿石构造主要为块状、浸染状、细脉浸染状及细脉状。金主要以自然金赋存, 呈金黄色, 以粒状为主, 其次为片状、三角片状、条片状等, 棱角较明显, 表面粗糙, 部分表面见凹坑。以细粒金为主, 自然金粒度多为

0.01~0.05 mm, 偶见极少量的中粒及粗粒金。

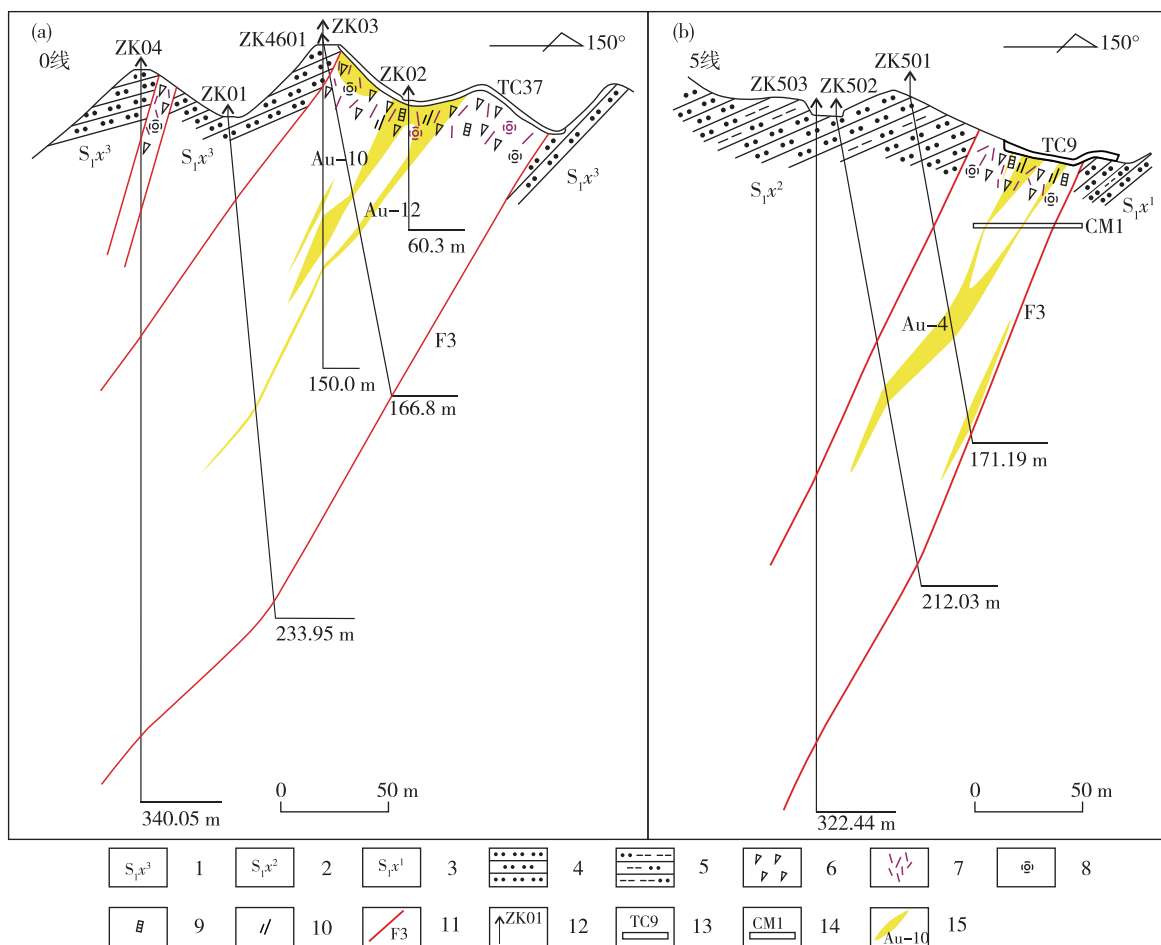
结合镜下观察结果及矿化蚀变特征, 初步得出矿区矿石一般矿物生成顺序为: 黄铁矿(早期)—黄铁矿、毒砂、自然金—黄铜矿、方铅矿、闪锌矿—胶黄铁矿、白铁矿—褐铁矿。

## 6 找矿模型及找矿方向

### 6.1 地质-地球化学找矿预测模型

该区金赋矿地层为早志留世霞乡组, 是一套海相碎屑岩沉积。对霞乡组各组段细砂岩及粉砂岩进行采样分析(107件), 发现 Au 含量为  $(0.8 \sim 8.4) \times 10^{-9}$ , 平均含量  $2.34 \times 10^{-9}$ , 小于陆壳 Au 的平均含量  $(3.4 \times 10^{-9})$ <sup>[33]</sup>, 不足以提供足够的成矿矿源。矿区西南侧、东南侧出露寒武系、奥陶系, 距矿区 2~8 km, 该套地层中发育广泛的黑色岩系, 包括含碳质泥页岩、硅质岩、厚层灰岩等, 初始富集 Au、As、Sb、Mo、Cu、Pb、Zn 等元素, 其中奥陶系 Au 平均丰度为  $4.05 \times 10^{-9}$ <sup>[19]</sup>, 略高于陆壳 Au 的平均丰度, 经后期岩浆热液叠加改造、淋滤迁移, 可形成微细浸染型金矿<sup>[19]</sup>。因此, 推测寒武系、奥陶系可能为该区金矿来源之一。

矿区构造破碎带发育的(石英)闪长玢岩脉部分为金矿体, Au 品位  $(0.02 \sim 1.53) \times 10^{-6}$ , 平均值  $0.21 \times 10^{-6}$ 。矿区及邻区未见海西期、印支期岩浆活动, 推测该期(石英)闪长玢岩应为燕山期岩浆活动的产物, 属于同成矿期或略早于成矿期侵入岩,



1.早志留世霞乡组上段;2.早志留世霞乡组中段;3.早志留世霞乡组下段;4.粉砂岩;5.粉砂质泥岩;6.碎裂岩;7.石英细网脉;8.硅化;9.硫铁矿化;10.绢云母化;11.构造带及编号;12.钻孔及编号;13.探槽及编号;14.穿脉及编号;15.金矿体及编号

图8 外桐坑金矿0线(a)和5线(b)地质剖面图

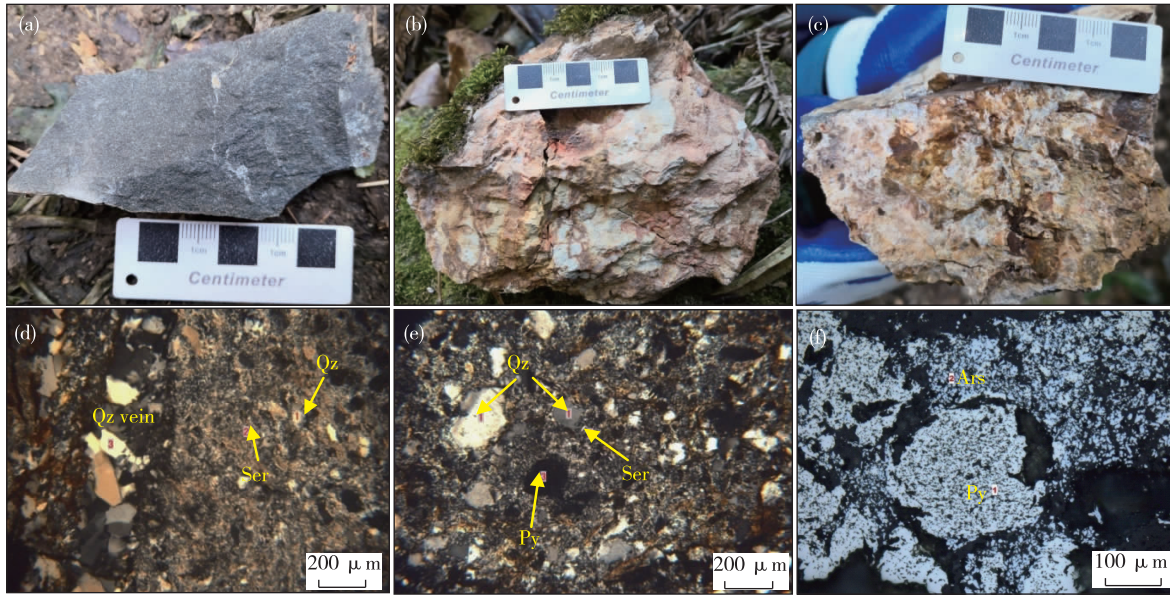
Fig. 8 Geological profile of Line 0(a) and Line 5(b) in Waitongkeng gold deposit

热液流体发生充填蚀变的成矿作用应与脉岩同期或略晚于脉岩,该特征与泾县乌溪金矿类似。泾县乌溪金矿位于榔桥岩体北端,同样赋存于志留系中,并受控于榔桥—里东坑断裂。乌溪金矿深部已发现斑岩型矿体,含矿花岗斑岩形成时代为137.3~139.6 Ma<sup>[8]</sup>,属于早白垩世早期,与榔桥岩体同期。综上所述,认为外桐坑金矿的主要成矿地质体为燕山期花岗岩类和下古生界黑色岩系,前者提供了主要的矿源及热流,寒武纪、奥陶纪黑色岩系可能提供了次要的矿源。

断裂是外桐坑金矿的主要成矿构造,榔桥—里东坑断裂是导岩、导矿构造,上盘发育的次级断裂是矿液运移、矿体定位和聚矿储矿的最佳空间。外桐坑金矿体均受F3次级断裂控制,断裂增宽及转

向部位是矿化富集有利部位。因此,主断裂上盘的次级断裂破碎带是外桐坑金矿的主要成矿结构面。

矿区金矿体呈条带状、脉状、透镜状展布,成矿方式以充填交代蚀变为主,矿体沿走向、倾向具有尖灭再现、侧列再现、分支复合等特征。矿石结构主要为自形-半自形粒状结构,具浸染状、细网脉状构造。金属矿物以硫化物为主,脉石矿物主要为石英、绢云母等。构造带蚀变表现为硅化、黄铁矿化、毒砂矿化、绢云母化、碳酸盐化等。根据矿物组合,大致可划分3个成矿阶段:一是早阶段石英-绢云母-黄铁矿阶段;二是主阶段石英-多金属硫化物阶段;三是碳酸盐-石英晚阶段。主阶段是金富集成矿的主要时期,矿物组合主要为石英-毒砂-黄铁矿、石



(a).霞乡组砂岩(正常岩性);(b).含微细石英脉碎裂岩(矿石);(c).含黄铁矿、毒砂硅化碎裂岩(矿石);(d).微细石英脉,变余含粉砂泥质结构,偏光显微镜;(e).变余细砂结构,绢云母化蚀变(偏光显微镜);(f).自形-半自形粒状结构(偏光显微镜);Ser.绢云母;Qz.石英;Qz vein.微细石英脉;Py.黄铁矿;Ars.毒砂

图 9 外桐坑金矿区野外照片及显微镜下特征

Fig. 9 Field and microscopic photos of Waitongkeng gold deposit

英-绢云母-黄铁矿。

结合区域成矿地质背景及岩石地球化学信息,构建了外桐坑金矿地质-地球化学找矿预测模型(图 10)。金矿受燕山期花岗岩及榔桥—里东坑断裂控制,深部含矿岩浆热液沿主断裂带渗流充填于张性次级断裂构中,形成蚀变岩型金矿体,为岩浆热液蚀变岩型金矿床。根据找矿模型,该区今后找矿应重视的信息为“断裂+蚀变+异常”。

## 6.2 找矿标志与找矿方向

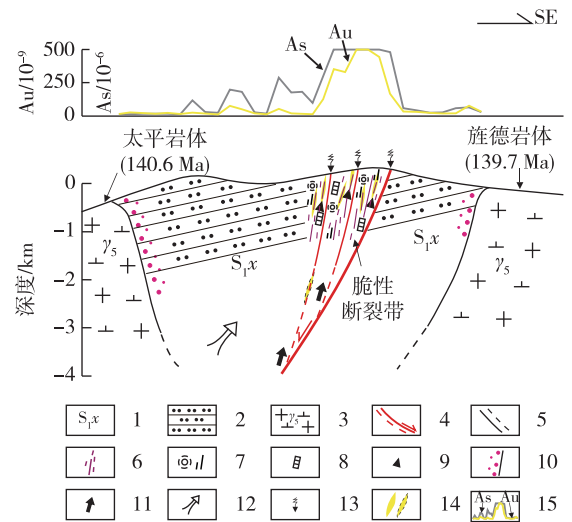
### 6.2.1 找矿标志

(1)构造标志。断裂构造是破碎带热液蚀变岩型金矿的主要找矿标志,该区控矿断裂为 NE 向榔桥—里东坑断裂,赋矿构造是与主断裂平行的次级断裂,这些构造晚期表现为张性,产状较陡。

(2)矿化蚀变标志。硅化-毒砂-黄铁矿化-绢云母化组合蚀变是寻找破碎带热液蚀变型金矿的特征标志,黄铁绢英岩化带是主要的含矿蚀变带,金矿化与蚀变强度呈正比。

(3)铁帽标志。地表见红褐色-黄褐色铁帽、蜂窝状硅化岩石,是直观找矿标志。

(4)地球化学标志。矿区土壤测量和岩石地化



1.早志留世霞乡组;2.细砂岩、粉砂岩;3.花岗岩;4.(推测)张性断裂;5.(推测)地质界线;6.石英细网脉;7.硅化和绢云母化;8.硫化物;9.构造碎裂岩;10.角岩化;11.含矿岩浆热液;12.寒武系—奥陶系含矿地层建造;13.大气降水;14.(推测)金矿体;15.Au、As 地球化学曲线

图 10 外桐坑金矿地质-地球化学找矿模型

Fig. 10 Geological-geochemical prospecting model of Waitongkeng gold deposit



剖面测量显示, Au、As、Sb、Ag 等异常展布受断裂控制明显, 是该区找金的主要指示异常元素。

#### 6.2.2 找矿方向

(1) 因矿区内工作程度较低, 未对所有含矿构造及金异常进行系统评价, 目前仅对 F3 次级断裂进行了工程控制, 其余断裂及土壤测量组合异常均未进行勘查。

(2) 目前, 仅对浅地表破碎带内的矿体进行了初步控制, 根据泾县乌溪金矿深部发现斑岩型金矿的经验, 今后应加强地球物理勘查, 寻找深部斑岩型金矿。

(3) 区域上金矿普查程度较低, 金矿所处的甲级水系沉积物异常尚未进行覆盖评价, 西南侧的迄溪桥、北东侧的祥云等地区尚有较大的找矿潜力。此外, 在榔桥一里东坑断裂上还有数个水系沉积物金异常, 具有金矿找矿潜力。

## 7 结论

(1) 外桐坑金矿区土壤测量异常以 Au、As 为主, 元素套合好, 组合异常面积大, 浓集中心突出, 且均具内带、中带、外带特征, 异常沿 NE 向次级断裂展布。岩石地球化学测量显示, 断裂破碎带富集 Au、As、Sb、Ag, 各元素曲线峰值变化明显, 能有效指示矿化带的圈定。

(2) 外桐坑金矿成因类型为断裂控制的热液蚀变型金矿床, 成矿物质及热源主要来自于燕山期花岗质岩浆热液, 控矿构造为 NE 向榔桥一里东坑断裂, 成矿结构面为 NE 向硅化、毒砂矿化、黄铁矿化、绢云母化蚀变破碎带。

(3) 构建了外桐坑金矿地质-地球化学找矿预测模型, 次级断裂破碎带、Au-As 地球化学组合异常、绢英岩化蚀变等可作为金矿找矿标志。矿区内破碎蚀变带、矿区深部以及外围沿榔桥一里东坑断裂分布的水系沉积物 Au 异常区具有较好的找矿前景。

## 参考文献

- [1] 储国正. 安徽金矿主要特征及找矿方向[J]. 安徽地质, 2010, 20(4): 255-259.  
CHU G Z. Major features of gold ore deposits and the prospecting direction in Anhui[J]. Geology of Anhui, 2010, 20(4): 255-259.
- [2] 段留安, 杨晓勇, 汪方跃, 等. 长江中下游成矿带贵池抛刀岭金矿含矿岩体年代学及地球化学研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(10): 3241-3254.  
DUAN L A, YANG X Y, WANG F Y, et al. Geochemistry and zircon U-Pb age of ore-bearing porphyry in the Paodaoling gold deposit in Guichi, Middle-Lower Yangtze metallogenic belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(10): 3241-3254.
- [3] 段留安, 杨晓勇, 汪方跃. 长江中下游成矿带抛刀岭大型斑岩型金矿特征及找矿前景[J]. 地球科学与环境学报, 2014, 36(1): 161-170.  
DUAN L A, YANG X Y, WANG F Y. Characteristics and prospects of Paodaoling large porphyry gold deposit in the middle-lower Yangtze river metallogenic belt [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2014, 36(1): 161-170.
- [4] 段留安, 杨晓勇, 魏有峰, 等. 安徽南部地区金矿控矿条件及其成矿规律研究[J]. 岩石学报, 2020, 36(1): 225-244.  
DUAN L A, YANG X Y, WEI Y F, et al. Studies on ore-controlling conditions and metallogenic regularity of gold deposits in southern Anhui [J]. Acta Petrologica Sinica, 2020, 36(1): 225-244.
- [5] 杨敬明, 石磊, 聂张星, 等. 安徽东至县赵家岭金矿床岩浆岩石学特征及意义[J]. 安徽地质, 2015, 25(4): 268-273.  
YANG J M, SHI L, NIE Z X, et al. Petrological features and significance of magmatic rocks of the Zhaojialing gold ore deposit, Dongzhi county, Anhui[J]. Geology of Anhui, 2015, 25(4): 268-273.
- [6] 石磊, 聂张星, 钱祥, 等. 安徽省东至县牛头高家金矿硫铅同位素示踪性浅析[J]. 矿产与地质, 2016, 30(2): 284-288.  
SHI L, NIE Z X, QIAN X, et al. Sulfur and lead isotopic tracer of Niutougaojia gold deposit in Dongzhi of Anhui[J]. Mineral Resources and Geology, 2016, 30(2): 284-288.
- [7] 谢祖军. 安徽省南陵县吕山金矿床地质特征及找矿方向探讨[J]. 安徽地质, 2011, 21(3): 180-185.  
XIE Z J. Geological features and ore-prospecting direction for the lvshan gold deposit, Nanling County, Anhui Province[J]. Geology of Anhui, 2011, 21(3): 180-185.
- [8] 李双, 孙赛军, 杨晓勇, 等. 皖南乌溪斑岩型金矿床赋矿侵入岩体的岩石地球化学及年代学研究[J]. 大地构造与成矿学, 2015, 39(1): 153-166.  
LI S, SUN S J, YANG X Y, et al. Petrological Geo-

- chemistry and Chronology of Ore-bearing Intrusion in Wuxi porphyry gold deposit, in south Anhui Province [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2015, 39 (1): 153-166.
- [9] 肖万峰,洪大军,张旭,等. 安徽宁国石口金矿找矿前景——来自Ⅲ矿化带地球化学原生晕的证据[J]. *华东地质*, 2021, 42(3): 330-338.
- XIAO W F, HONG D J, ZHANG X, et al. Prospecting potential of the Shikou gold deposit in Ningguo city, Anhui province: evident from primary dispersion halo characteristics of the ore section Ⅲ [J]. *East China Geology*, 2021, 42(3): 330-338.
- [10] 肖万峰,洪大军,雷丁尔,等. 安徽宁国石口金矿地质特征及控矿因素[J]. *华东地质*, 2020, 41 (3): 265-270.
- XIAO W F, HONG D J, LEI D E, et al. Geological characteristics and ore-controlling factors of the Shikou gold deposit in Ningguo city, Anhui province[J]. *East China Geology*, 2020, 41(3): 265-270.
- [11] 付怀林,辛厚勤. 皖南白际岭地区金的地球化学特征及找矿预测[J]. *桂林工学院学报*, 2004, 24 (1): 14-18.
- FU H L, XIN H Q. Gold geochemical characteristics and exploration prediction in Baijilin area, southern Anhui[J]. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 2004, 24(1): 14-18.
- [12] 陈雪霏,汪应庚,孙卫东,等. 皖南宁国竹溪岭地区花岗岩锆石 U-Pb 年代学及地球化学及其成因研究[J]. *地质学报*, 2013, 87(11): 1662-1678.
- CHEN X F, WANG Y G, SUN W D, et al. Zircon U-Pb chronology geochemistry and genesis of the Zhuxiling granite in Ningguo, southern Anhui [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2013, 87(11): 1662-1678.
- [13] 孔志岗,梁婷,毛景文,等. 皖南竹溪岭钨多金属矿床花岗闪长岩成因、成矿时代及成岩成矿背景研究[J]. *岩石学报*, 2018, 34(9): 2632-2656.
- KONG Z G, LIANG T, MAO J W, et al. Study on perogenesis of granodiorite, metallogenic epoch and petrogenetic-metallogenetic setting in the Zhuxiling tungsten polymetallic deposit, southern Anhui Province, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2018, 34 (9): 2632-2656.
- [14] 黄马,徐晓春,谢巧勤,等. 皖南宁国竹溪岭钨银矿床及相关岩体的同位素地质年龄[J]. *大地构造与成矿学*, 2018, 42(2): 279-290.
- HUANG M, XU X C, XIE Q Q, et al. Isotopic Ages of the Zhuxiling W-Ag ore deposit and related plutons in Ningguo, southern Anhui [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2018, 42(2): 279-290.
- [15] 杜玉雕,刘家军,余心起,等. 安徽逍遥钨多金属矿床成矿物质来源与成矿:碳、硫和铅同位素证据[J]. *中国地质*, 2014, 40(2): 566-579.
- DU Y D, LIU J J, YU X Q, et al. The sources of metallogenic materials and mineralization of the Xiaoyao W-polymetallic deposit in Anhui Province: Evidence from carbon, sulfur and lead isotopes [J]. *Geology in China*, 2014, 40(2): 566-579.
- [16] 施珂,张达玉,丁宁,等. 皖南逍遥岩体的年代学、地球化学特征及其成因分析[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2017, 47(6): 1746-1762.
- SHI K, ZHANG D Y, DING N, et al. Geochronology, geochemistry and formation of Xiaoyao rock in southern Anhui Province [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2017, 47(6): 1746-1762.
- [17] 唐科远,汤诚. 皖南上金山钨钼银矿床地质特征及找矿标志[J]. *地质找矿论丛*, 2014, 29(2): 179-184.
- TANG K Y, TANG C. The geological characteristics and the prospecting marks of Shangjinshan tungsten-molybdenum-silver deposit in the south Anhui Province[J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2014, 29(2): 179-184.
- [18] 毕大超,冯杰. 安徽上金山钨钼矿化探异常特征及找矿潜力分析[J]. *安徽地质*, 2021, 31(3): 201-206.
- BI D C, FENG J. Features of geochemical anomalies and analysis of mineral exploration potential of the Shangjinshan tungsten-molybdenum deposit in Anhui Province [J]. *Geology of Anhui*, 2021, 31 (3): 201-206.
- [19] 盛忠烈,嵇福元,李音平,等. 皖南地区微细浸染型金矿地层与构造控制因素[J]. *河北地质学院学报*, 1991, 11(2): 131-143.
- SHENG Z L, JI F Y, LI Y P, et al. Stratigraphical and structural controlling factors of impregnated gold deposits in southern Anhui Province [J]. *Journal of Hebei College of Geology*, 1991, 11(2): 131-143.
- [20] 嵇福元,李音平,周栗,等. 皖南地区微细浸染型金矿地质地球化学特征[J]. *江苏地质*, 1991(3): 137-143.
- JI F Y, LI Y P, ZHOU L, et al. The geological and geochemical characteristics of impregnated gold deposits in southern Anhui[J]. *Geology of Jiangsu*, 1991(3): 137-143.
- [21] 嵇福元,李音平,周栗,等. 皖南地区微细浸染型金矿地质特征[J]. *华东地质学院学报*, 1991, 14 (2): 106-116.



- J I F Y, LI Y P, ZHOU L, et al. Geological characteristics of fine disseminated gold deposits in southern Anhui[J]. Journal of East China College of Geology, 1991, 14(2): 106-116.
- [22] 段留安, 杨晓勇, 刘晓明, 等. 铜陵舒家店地区志留纪地层中金矿的发现及其意义[J]. 大地构造与成矿学, 2013, 37(2): 333-339.
- DUAN L A, YANG X Y, LIU X M, et al. Discovery of gold deposit in the Silurian System in Shujiadian, Tongling ore cluster region and its significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2013, 37(2): 333-339.
- [23] 翁望飞, 王德恩, 胡召齐, 等. 安徽省休宁—歙县整装勘查区晚侏罗世逆冲推覆构造特征及其与成矿作用关系[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2020, 50(5): 1518-1538.
- WENG W F, WANG D E, HU Z Q, et al. Characteristics of thrust-nappe structure and its relationship with mineralization in Xiuning-Shexian integrated exploration area, Anhui Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2020, 50(5): 1518-1538.
- [24] 邢凤鸣, 徐祥, 李应运, 等. 皖南晋宁早期花岗闪长岩带的确定及其岩石学特征[J]. 岩石学报, 1989(4): 34-44.
- XING F M, XU X, LI Y Y, et al. The determination of a granodiorite zone and its petrologic characteristics at the early Jinning period in southern Anhui Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 1989(4): 34-44.
- [25] 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 皖南新元古代花岗闪长岩体锆石 U-Pb 定年以及元素和氧同位素地球化学研究[J]. 岩石学报, 2005, 21(3): 587-606.
- WU R X, ZHENG Y F, WU Y B. Zircon U-Pb age, element and oxygen isotope geochemistry of Neoproterozoic granodiorites in south Anhui [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(3): 587-606.
- [26] 翁望飞, 支利庚, 蔡连友, 等. 皖南新元古代花岗闪长岩地球化学特征及构造环境[J]. 资源调查与环境, 2012, 33(2): 86-95.
- WENG W F, ZHI L G, CAI L Y, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of Neoproterozoic granodiorites in south Anhui Province [J]. Resources Survey & Environment, 2012, 33(2): 86-95.
- [27] 王阳阳, 宋传中, 李加好, 等. 江南造山带石耳山新元古代花岗岩的构造变形、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2019, 65(1): 85-102.
- WANG Y Y, SONG C Z, LI J H, et al. Deformational characteristics and LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of granites at Shiershan in the Jiangnan Orogen and their geological significance [J]. Geological Review, 2019, 65(1): 85-102.
- [28] 闫峻, 后田结, 王爱国, 等. 皖南中生代早期成矿和晚期非成矿花岗岩成因对比[J]. 中国科学: 地球科学, 2017, 47(11): 1269-1291.
- YAN J, HOU T J, WANG A G, et al. Petrogenetic contrastive studies on the Mesozoic early stage ore-bearing and late stage ore-barren granites from the southern Anhui Province [J]. Science China Earth Sciences, 2017, 47(11): 1269-1291.
- [29] 翁望飞, 支利庚, 蔡连友, 等. 皖南及邻区燕山期两个类型花岗岩地球化学对比与岩石成因[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2011, 30(4): 433-448.
- WENG W F, ZHI L G, CAI L Y, et al. Petrogenesis and geochemical comparison of two types of Yanshanian granite in south Anhui and its surrounding area [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2011, 30(4): 433-448.
- [30] 翁望飞, 曹诚, 支利庚, 等. 皖南燕山期高钾钙碱性埃达克岩厘定及岩石成因[J]. 地质与探勘, 2011, 47(6): 967-981.
- WENG W F, CAO C, ZHI L G, et al. Geochemical characteristics and petrogenesis of high-K calc-alkaline adakite of the Yanshanian epoch in south Anhui [J]. Geology and Exploration, 2011, 47(6): 967-981.
- [31] 阚文清. 旌德幅(H-50-17)水系沉积物地球化学图说明书[R]. 合肥: 安徽省地质矿产局区域地质调查队, 1991: 1-48.
- KAN W Q. Description of geochemical map of stream sediments in Jingde (H-50-17) [R]. Hefei: Regional Geological Survey Team of Anhui Bureau of Geology and Mineral Resources, 1991: 1-48.
- [32] 唐永成, 曹静平, 支利庚, 等. 皖东南区域地质矿产评价[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 1-220.
- TANG Y C, CAO J P, ZHI L G, et al. Regional geological and mineral evaluation in South Anhui [M]. Beijing: Geological Publishing House Press, 2010: 1-220.
- [33] 黎彤, 袁怀雨. 大洋岩石圈和大陆岩石圈的元素丰度[J]. 地球化学, 2011, 40(1): 1-5.
- LI T, YUAN H Y. Element abundance in the oceanic and the continental lithospheres [J]. Geochimica, 2011, 40(1): 1-5.

## Geological and geochemical characteristics and prospecting model of the Waitongkeng gold deposit in southern Anhui Province

WENG Wangfei, LUO Jiayuan, XU Zhenyu

(NO.332 Geological Team, Anhui Bureau of Geology and Mining, Huangshan, 245000, Anhui, China)

**Abstract:** The Waitongkeng gold deposit is located in the Taiping fault fold belt on the northeast margin of the Jiangnan Orogenic Belt, belonging to a hydrothermal altered gold deposit controlled by fault. On the basis of field investigation, the authors carried out soil geochemical survey, rock geochemical profile measurement and other technical means to analyze the metallogenic regularity of the mining area, clarified the ore-prospecting direction and improved the prospecting effect. Soil geochemical survey results show significant gold and arsenic anomaly in the soil distributing along the NE-trending secondary faults. The rock profile measurement results reveal that gold, arsenic, silver and antimony are enriched in the NE-trending extensional secondary fault, which effectively indicate the occurrence and mineralization of gold. The gold ore body is hosted in Silurian Xiaxiang Formation, and the ore-forming material and heat source mainly came from the magmatic hydrothermal fluid of Yanshanian granite. The metallogenic structure of the mining area is the NE-trending Langqiao-Lidongkeng tensional fault, and the main ore-bearing structure is the NE-trending fracture zone with silicification, arsenopyrite, pyrite and sericitization on the hanging wall of the fault. This paper proposed a geological-geochemical prospecting prediction model of “tectonic-magmatic rock” metallogenic system of the Waitongkeng gold deposit according to the metallogenic law. It is considered that the secondary fault fracture zone, gold and arsenic geochemical anomaly as well as silicification-sericitization alteration can be used as prospecting indicators for the surrounding areas of the Waitongkeng gold deposit. The fractured alteration zone, the deep mining area and Au anomalies of stream sediments distributing along the Langqiao-Lidongkeng fault have good prospecting prospects.

**Key words:** Waitongkeng gold deposit; geological and geochemical characteristics; ore controlling factors; prospecting model; southern Anhui Province