

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.03.05

引用格式: 写熹,李斌,杜玉雕.安徽省宁国大龙地区土壤地球化学特征及找矿效果[J].中国地质调查,2021,8(3):40-48.
(Xie X, Li B, Du Y D. Soil geochemical characteristics and the prospecting effect of Dalong area in Ningguo City of Anhui Province [J]. Geological Survey of China, 2021, 8(3): 40-48.)

安徽省宁国大龙地区土壤地球化学特征及找矿效果

写熹, 李斌, 杜玉雕

(安徽省地质调查院, 安徽合肥 230001)

摘要: 大龙地区位于皖浙两省交界地带, 地形条件恶劣, 始终未开展过系统的地质调查工作, 找矿工作没有取得重大进展。通过在研究区开展 1:1 万土壤地球化学测量工作, 运用元素的变异系数、富集系数、富集离散特征等理论和相关技术方法, 对大龙地区土壤中 12 种微量元素的测量结果进行地球化学统计分析, 显示 Ag、W、Mo、Bi、Zn 共 5 种元素具有较大的成矿潜力。利用数理统计方法, 对 12 种元素进行了 R 型因子等相关分析, 划分出了 Mo-Ag-Cu-As-Sb-Hg、W-Bi、Pb-Zn 共 3 组主成矿元素组合。研究区共圈出土壤单元素异常 158 个、综合异常 18 个, 划分了 6 个综合异常带, 对成矿条件好的 5 个综合异常带采用槽探、钻探等手段进行了工程验证, 发现并圈定了钨、钼、铅锌矿(化)体 15 条, 取得了很好的找矿效果。

关键词: 土壤地球化学特征; 异常特征; 找矿效果; 安徽宁国

中图分类号: P632 文献标志码: A 文章编号: 2095-8706(2021)03-0040-09

0 引言

安徽省宁国大龙地区位于江南造山带的东段, 坎杭成矿带北侧^[1-2]。区域上处于扬子地块南缘与北际山大岛弧的接合部位, 皖浙赣断裂带的旁侧^[3]。前人曾在研究区及周边地区做了一些地质、矿产、化探方面的工作。2002—2004 年, 安徽省地质调查院开展了“安徽省宁国市东南部金银铅锌多金属矿”调查评价项目, 在区内开展的 1:5 万水系沉积物测量工作, 显示区内以 Ag-Cu-Mo 组合异常为主, 元素间套合较好, 呈 NW 向展布, 异常规模大, 发现了 4 个金矿化点, 初步划分出了大龙矿化集中区^[4]; 2007 年安徽省地质调查院开展了 1:5 万宁国墩幅矿产调查工作, 1:5 万水系沉积物测量发现区内有较好的 W、Mo、Ag、Cu 异常, Ag 异常面积最大, 呈 NE 到近 EW 走向^[5]。前人虽在区内做了一些工作, 但未进行详细查证, 总体研究程度较低。为进一步缩小找矿范围, 对区内的找矿潜力作

出评价, 在研究区开展 1:1 万比例尺的土壤地球化学测量工作, 在了解区内地层、构造、岩浆岩、围岩蚀变等地质特征的基础上, 运用地球化学方法总结元素的分布、富集规律, 圈定综合异常, 最后以槽探、钻探工程对异常进行验证, 为今后在该区及邻区的矿产勘查工作提供必要的线索和依据。

1 研究区地质概况

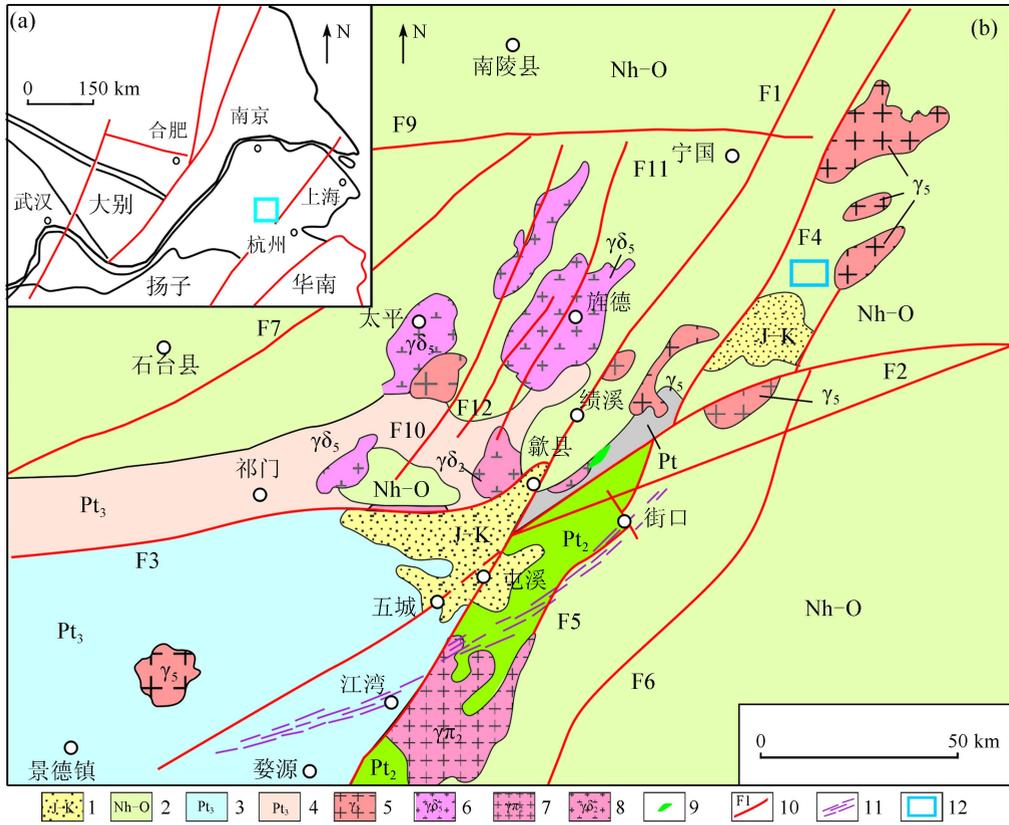
研究区位于宁国墩复背斜之杨山—大龙次级向斜南东翼, 西天目山断裂(F4)南东侧, 仙霞断裂(F6)西侧(图1)。

区内地层由东向西、由老至新依次为: ①南华系南沱组(Nh₂n), 岩性以含砾粉砂岩、含砾粉砂质泥岩、含锰白云质灰岩、含锰含钙质泥岩、粉砂质泥岩为主; ②震旦系蓝田组(Z₁l), 岩性为含锰白云质灰岩、碳质泥岩、粉砂质泥岩、含碳质微晶灰岩、肋骨状灰岩, 与下伏南沱组及上覆皮园村组均呈整合接触关系; ③震旦系皮园村组(Z₂C₁p), 主要由硅

收稿日期: 2020-06-23; 修订日期: 2021-02-26。

基金项目: 安徽省地质勘查基金“宁国市大龙金银多金属矿预查(编号: 2009-21, 2013-3-21)”项目资助。

第一作者简介: 写熹(1987—), 男, 工程师, 主要从事地质矿产调查与地球化学调查工作。Email: 674457064@qq.com。



1. 侏罗系—白垩系陆相沉积盖层; 2. 南华系—奥陶系海相沉积盖层; 3. 新元古代南部强变质基底; 4. 新元古代北部浅变质基底; 5. 白垩纪花岗岩; 6. 白垩纪花岗闪长岩; 7. 新元古代花岗斑岩; 8. 新元古代花岗闪长岩; 9. 蛇绿构造混杂岩; 10. 区域性断层及其编号; 11. 韧性剪切带; 12. 研究区;
 F1. 绩溪—宁国断裂带; F2. 三阳断裂带; F3. 祁门—潜口断裂带; F4. 西天目山断裂带; F5. 皖浙边界断裂带; F6. 浙西断裂(仙霞断裂); F7. 江南断裂带; F9. 周王断裂带; F10. 汤口断裂带; F11. 唐川—许村断裂带; F12. 箬岭头—大岭断裂

图1 大地构造位置(a)和区域地质构造简图(b)^[3]

Fig. 1 Geotectonic location (a) and regional geological sketch (b)^[3]

质岩、含碳质硅质岩组成; ④寒武系荷塘组(ϵ_1h), 为碳质硅质页岩、微晶灰岩; ⑤寒武系大陈岭组(ϵ_1d), 为含砾屑(泥屑)微晶灰岩夹深灰色中层含砾屑(泥屑)含碳质泥岩; ⑥寒武系杨柳岗组下段(ϵ_2y^1), 为硅质泥岩、碳质页岩、泥质微晶灰岩夹深灰色厚层及透镜状微晶灰岩。地层总体呈NE向展布, 倾向北西, 倾角 $20^\circ \sim 70^\circ$ 。其中蓝田组和荷塘组是研究区内重要的赋矿层位。

区内褶皱自东向西主要包括黄金塔背斜、打石坞背斜、戈家村向斜和塘埂背斜。其中黄金塔背斜、戈家村向斜、塘埂背斜为一组连续的背向斜, 以黄金塔背斜规模最大, 且层内次级小褶皱、揉皱也非常发育。

研究区内岩浆活动强烈, 侵入岩主要包括东部万方数据

的仙霞岩体、北部的小龙岩株和黄瓜岭岩株, 三者岩性一致, 均为花岗闪长斑岩, 为燕山中期岩浆活动的产物。小龙岩株和黄瓜岭岩株为仙霞岩体或者隐伏岩基在深部分支侵入形成, 其侵位受控于褶皱轴部, 仙霞岩体受断裂控制明显, 三者均属于中—浅成侵入体, 且剥蚀程度低。

区内构造和岩浆活动强烈, 受仙霞岩体、小龙岩株和黄瓜岭岩株的影响, 围岩蚀变较强, 主要有矽卡岩化、角岩化、大理岩化、硅化、褐铁矿化等, 与矿化关系密切的主要为矽卡岩化。

2 样品采集与分析

根据研究区内主体构造线方向, 确定本区土壤

地球化学测量的测线方向为 45°(NE 向),野外采样网度为 100 m × 40 m。本次土壤测量面积为 12 km²,共采集样品 3 017 件。野外利用便携式 GPS 定位仪,并辅以罗盘进行定点。样品采集部位为 B 层的残破积土层,采样深度一般为 20 ~ 30 cm,采样介质为亚黏土、亚砂土,野外所采样品质量均大于 500 g。野外样品处理流程为“日照搓揉→晒干→木槌敲打→过 60 目不锈钢筛→四角对折混匀→装入纸袋”。样品加工过程中,加工器具都经过严格认真的清刷,防止样品间的污染。样品过筛后送验质量均大于 100 g,统一编号后按顺序装箱,填好送样单,送实验室分析。

样品分析测试由安徽省地矿局 313 地质队实验室承担完成,分析项目为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、W、Mo、Bi、Sn 共计 12 种。采用电感耦合等离子体发射光谱法(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectr, ICP - OES)测定 Cu、Pb、Zn;采用原子发射光谱法(Atomic Emission Spectroscopy, AES)测定 Au、Ag、Sn;采用原子荧光光谱法(Atomic Fluorescence Spectroscopy, AFS)测定 As、Sb、Bi、Hg;催化极谱法(Polarography, POL)测定 W、Mo。样品分析测试方法的准确度、精密度、报出率等质量参数指标均优于规范要求,内检分析合格率均大于 90.91%,外检合格率均大于 95.83%,分析测试质量满足规范要求。

3 土壤地球化学特征

3.1 元素的变异系数、富集系数特征

依据分析测试结果,对各元素的平均值、标准离差、变异系数、富集系数等地球化学参数进行统计(表 1)^[6]。结果表明,各元素的富集系数均大于 1,富集系数大于 2 的元素有 Mo、Ag、Sb、Hg、Bi、Cu、As,其中 Mo 元素的富集系数最高,达到 17.16,说明这些元素在研究区土壤中相对富集。变异系数大于 2 的元素有 Zn,表明 Zn 元素分布极不均匀,呈极强分异型,成矿潜力最大;变异系数在 1 ~ 2 之间的元素有 Ag、Mo、Bi、Sb,这 4 种元素呈分异型,成矿潜力中等;变异系数在 0.5 ~ 1 之间的元素有 W、Sn、Cu、Pb、As、Hg,呈弱分异型,成矿潜力低。综上所述,研究区内 Ag、Zn、Mo、Bi、Sb 等元素存在局部相对富集成矿的可能性^[7-8]。

万方数据

表 1 微量元素地球化学参数统计

Tab. 1 Geochemical parameter statistics of the trace elements

元素	含量				变异系数	富集系数	中国土壤丰度 ^[6]
	平均值	标准离差	最大值	最小值			
As	26.60	20.04	262.00	2.60	0.75	2.66	10.00
Sb	4.20	5.11	89.10	0.40	1.21	5.26	0.80
Bi	0.80	1.02	14.90	0.10	1.22	2.80	0.30
Hg	143.30	78.09	1 042.00	28.30	0.55	3.58	40.00
W	3.10	2.88	42.50	0.30	0.95	1.69	1.80
Mo	13.70	18.71	236.00	0.70	1.36	17.16	0.80
Sn	4.20	3.14	66.00	1.70	0.75	1.67	2.50
Cu	66.40	51.67	814.00	6.60	0.78	2.77	24.00
Pb	40.90	24.23	949.00	11.70	0.59	1.78	23.00
Zn	128.80	291.90	8 314.00	20.00	2.27	1.89	68.00
Ag	698.10	1 086.56	13 960.00	25.50	1.56	8.73	80.00
Au	1.80	0.91	32.00	0.80	0.50	1.29	1.40

注: Au、Ag、Hg 含量单位为 10⁻⁹,其余元素为 10⁻⁶。

3.2 元素富集离散特征

元素的原始数据变异系数(C_{v1})和背景数据的变异系数(C_{v2})能反映 2 组数据集的离散程度^[9]。运用 C_{v1} 和 C_{v1}/C_{v2} 制作变异系数解释图(图 2),对元素的成矿性进行评价。

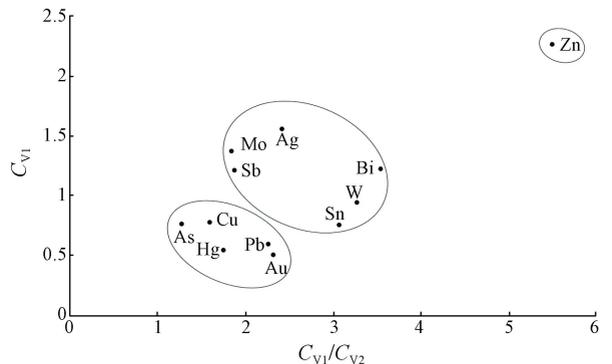


图 2 C_{v1} 和 C_{v1}/C_{v2} 图解

Fig. 2 Interpretation diagram of C_{v1} and C_{v1}/C_{v2}

从图 2 变异系数图解可以看出,Zn 高强数据多,分异程度强,变化幅度大,成矿潜力可能性大,W、Mo、Ag、Bi、Sn、Sb 高强数据较多,分异程度较强,成矿潜力可能性较大。数据表明上述 7 种元素在大龙地区土壤中的次生富集能力和富集强度较高,成矿可能性较大。Au、Cu、Pb、Hg、As 这 5 种元素高强数据较少,分异程度较弱,成矿潜力可能性较小。

3.3 元素组合特征

3.3.1 相关分析

运用 SPSS 软件对土壤原始数据进行相关分析(表 2)。研究区内各元素的相关性主要表现为

以下特征: Ag 与 Mo、Hg、As、Sb、Cu 元素间呈正相关关系,相关系数为 0.40 ~ 0.53,其中 Ag 与 Hg 相关系数最大,为 0.53; Mo 与 Ag、Cu、Hg、As、Sb 元素间呈正相关关系,相关系数为 0.48 ~ 0.57,其中 Mo 与 As、Sb、Ag 相关性较高,Mo 与 As 相关系数最大,为 0.57; W 与 Pb、Bi 元素间呈正相关关系,

与 Bi 相关系数最大,达 0.71; Zn 与 Pb 的相关系数最大,为 0.24; Au 与其他元素间相关性较低。由此可见,研究区内主攻矿种 W、Mo、Ag、Pb、Zn 间呈明显的正相关关系,Ag、Mo、Hg、As、Sb、Cu 可能是同一成矿阶段元素组合^[10],Au 成矿的可能性低。

表 2 土壤地球化学相关系数矩阵

Tab. 2 Matrix of correlation coefficients of soil geochemical data

元素	相关系数											
	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag	Au
As	1											
Sb	0.55	1										
Bi	-0.07	-0.10	1									
Hg	0.36	0.47	-0.004	1								
W	-0.11	-0.12	0.71	-0.07	1							
Mo	0.57	0.55	-0.08	0.48	-0.11	1						
Sn	-0.07	-0.03	-0.06	0.22	-0.08	-0.06	1					
Cu	0.47	0.51	0.03	0.31	-0.07	0.49	-0.04	1				
Pb	0.17	0.20	0.30	0.14	0.29	0.09	0.03	0.20	1			
Zn	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	-0.01	-0.01	0.18	0.24	1		
Ag	0.40	0.51	-0.04	0.53	-0.08	0.53	-0.03	0.41	0.19	0.05	1	
Au	0.06	0.04	-0.04	0.07	-0.03	0.06	0.03	0.13	0.000 4	0.02	0.024	1

3.3.2 因子分析

因子分析是用因子代替原始变量,能反映地质现象的内在关系的统计方法^[11]。为了进一步研究土壤中不同元素之间的关系,对测区内 12 种元素数据进行了基于主成分变量的 R 型因子分析,按照累计方差贡献值 64.06%,提取了 F₁、F₂、F₃ 和 F₄ 个因子(表 3)。F₁ 因子方差贡献率最大,为 28.38%,为区内的主因子,将每个因子载荷大于 0.4 的元素作为一个元素组合,各因子解释如下。

表 3 土壤分析元素 R 型因子分析结果

Tab. 3 R - factor analysis of soil elements

元素	因子载荷			
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
As	0.75	-0.05	0.12	-0.13
Sb	0.80	-0.04	0.08	0.02
Bi	-0.05	0.89	-0.06	-0.04
Hg	0.66	0.05	-0.03	0.50
W	-0.11	0.89	-0.10	-0.06
Mo	0.82	-0.06	-0.07	-0.03
Sn	-0.09	-0.06	0.09	0.91
Cu	0.68	0.03	0.32	-0.11
Pb	0.22	0.54	0.46	0.08
Zn	0.00	0.07	0.87	-0.09
Ag	0.75	0.03	-0.01	0.12
Au	0.06	-0.10	0.30	0.10
特征值	3.41	1.91	1.20	1.16
方差贡献率/%	28.38	15.95	10.04	9.69
累计方差贡献率/%	28.38	44.33	54.37	64.06

(1)F₁ 因子(Mo、Ag、Cu、As、Sb、Hg)。该因子主万方数据

要反映了研究区内与钨矿有关的多金属硫化物的相关信息。

(2)F₂ 因子(W、Bi)。为高温元素组合,W、Bi 主要为与花岗岩有关的热液矿床中高温热液阶段的元素组合,反映了区内的侵入体信息,该因子主要反映了区内与花岗岩岩体有关的钨多金属矿化组合信息。

(3)F₃ 因子(Zn、Pb)。Pb、Zn 都具有很强的亲硫性,主要形成硫化物,更易于在岩浆期后作用中富集,该因子反映了铅锌矿化信息。

(4)F₄ 因子(Sn)。Sn 具有亲氧、亲硫、亲铁的三重性,在不同的物理化学条件下,显示不同的地球化学亲和性,该因子反映了 Sn 未与主成矿元素同时迁移,与各元素的相关性较差。

结合元素的富集变化特征和相关性特征认为,研究区内主成矿元素为 Mo、Ag、W、Zn 和 Pb,找矿指示元素为 Cu、As、Sb、Hg 和 Bi。

4 土壤地球化学异常特征

4.1 背景值及异常下限的确定

经检验,研究区 1:1 万土壤地球化学测量各元素数据既不符合正态分布,也不符合对数正态分布,故需要对原始数据进行处理。本文以原始数据为依据,采用迭代剔除法,先将原始数据转化为以 10 为底取对数值,然后用各元素对数值的平均值加

(减)3倍标准离差,对其进行剔除,直到无特高值、特
低值存在,最后以剔除后的对数值的平均值加1.5
倍的标准差作为异常下限对数值^[12-13],并求出该对
数值的真值,结合研究区实际确定实际异常下限,
结果见表4。依据上述计算结果,采用异常下限实

际取值的1、2、4倍来确定异常的外带、中带、内带3
个浓度带,并绘制异常图。

4.2 异常特征

4.2.1 单元素异常特征

研究区共圈定单元素异常158个,其中Au异常20个,Ag异常14个,Cu异常13个,Pb异常17个,Zn异常22个,W异常12个,Mo异常11个,Sn异常8个,As异常17个,Sb异常10个,Bi异常5个,Hg异常9个(图3)。异常主要分布在研究区的北西部、北部与东南部,中部和西部不发育。

(1)Ag异常面积较大,主要分布于戈家村向斜和黄金塔背斜的荷塘组地层中,走向同背斜轴向且呈NE和NW向分布,三级异常浓度分带大多呈NW向串珠状分布于大佛地东一带。异常可能由地层的高背景引起。

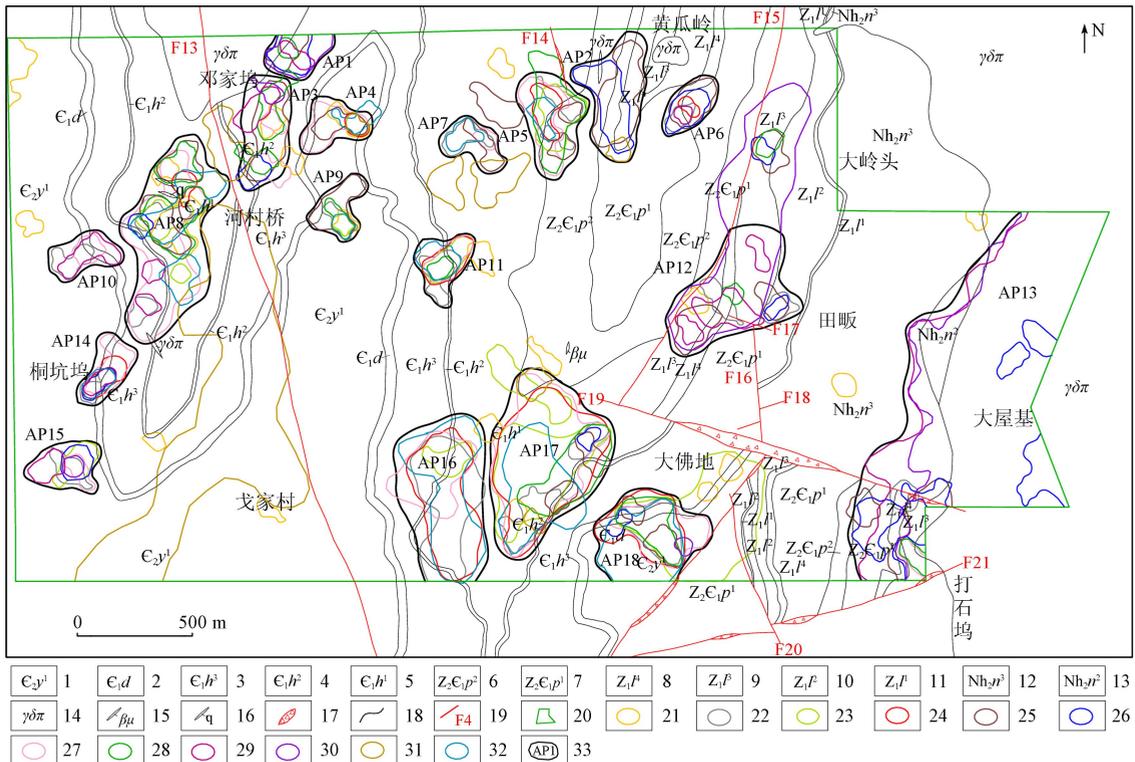
(2)Au异常在研究区分布较零散,呈NW向展布,异常较小,有5个三级异常浓度分带异常,但均为单个高点异常存在,异常最大值为 32×10^{-9} 。

(3)W、Bi异常主要位于研究区东部,异常面积

表4 剔除后元素含量特征及异常下限

Tab.4 Element content characteristics and anomaly threshold after removal

元素	样品数	平均值	标准离差	变异系数	异常下限	实际异常下限
As	2 890	23.77	14.03	0.590	51.82	50.00
Sb	2 627	2.73	1.76	0.646	6.25	10.00
Bi	2 637	0.57	0.20	0.345	0.97	1.10
Hg	2 824	127.90	39.73	0.311	207.36	215.00
W	2 705	2.33	0.67	0.289	3.68	4.00
Mo	2 429	6.55	4.86	0.741	16.27	40.00
Sn	2 800	3.58	0.88	0.246	5.34	5.50
Cu	2 787	55.42	26.99	0.487	109.41	130.00
Pb	2 919	38.69	10.18	0.263	59.04	60.00
Zn	2 709	89.07	36.75	0.413	162.56	200.00
Ag	2 544	363.81	233.80	0.643	831.41	1 600.00
Au	2 971	1.74	0.38	0.217	2.50	2.50



1. 杨柳组下段; 2. 大陈岭组; 3. 荷塘组三段; 4. 荷塘组二段; 5. 荷塘组一段; 6. 皮园村组上段; 7. 皮园村组下段; 8. 蓝田组四段; 9. 蓝田组三段; 10. 蓝田组二段; 11. 蓝田组一段; 12. 南沱组三段; 13. 南沱组二段; 14. 似斑状花岗闪长岩(仙霞岩体); 15. 辉绿斑岩岩脉; 16. 石英脉; 17. 构造破碎带; 18. 地质界线; 19. 实测断层及其编号; 20. 研究区; 21. Au异常等值线; 22. As异常等值线; 23. Sb异常等值线; 24. Hg异常等值线; 25. Zn异常等值线; 26. Pb异常等值线; 27. Ag异常等值线; 28. Cu异常等值线; 29. W异常等值线; 30. Bi异常等值线; 31. Sn异常等值线; 32. Mo异常等值线; 33. 综合异常及其编号

图3 大龙地区土壤地球化学综合异常

Fig.3 Comprehensive anomalies of soil geochemistry in Dalong area

AP7 组成,位于黄金塔背斜核部以及南西翼, F15 断层的西侧,核部出露地层为蓝田组三段、四段,北东部出露黄瓜岭岩株,呈近 EW 向展布。异常元素组合为 Pb、Zn、Cu、Ag 和 Mo,以 Pb、Zn 异常强度最高,套合较好,Zn 异常具多个三级浓度异常,规模大,异常浓集中心明显,W 异常最高值为 5.85×10^{-6} ,Zn 异常最高值为 7.445×10^{-6} ,Mo 异常最高值为 236.0×10^{-6} 。

(3) III号综合异常带。由 AP8、AP10、AP14 和 AP15 组成,位于塘埂背斜核部及西翼,核部出露地层为荷塘组,两翼出露地层为大陈岭组、杨柳岗组下段,在 F13 断层西部呈 NNE 向展布。异常元素组合为 Ag、Cu、Zn、Mo,Ag 异常在 AP8 中的强度高,规模大,具三级浓度分带,Ag 异常最高值为 9.150×10^{-6} ,W 异常最高值为 7.52×10^{-6} ,Zn 异常最高值为 2.007×10^{-6} ,Mo 异常最高值为 170.0×10^{-6} 。

(4) IV号综合异常带。由 AP12 组成,位于黄金塔背斜东部,出露地层均为蓝田组,处在 F15 与 F17 断裂构造的交汇部位。异常元素组合为 Bi、W 和 Zn,W 异常最高值为 11.8×10^{-6} ,Zn 异常最高值为 527×10^{-6} ,Bi 异常在该异常带中具有异常面积大、沿 F15 呈 NE 向展布的特点。

(5) V号综合异常带。由 AP13 组成,位于打石坞背斜核部,核部为蓝田组三段、四段,背斜西翼出露皮园村组,背斜东部为仙霞岩体,岩性为似斑状花岗闪长岩,北部还出露小面积的南沱组二段地层,区内矽卡岩化、角岩化发育强烈。异常元素组合主要为 W、Bi、Pb、Zn,Pb 异常最高值为 949×10^{-6} ,Zn 异常最高值为 1.649×10^{-6} 。

(6) VI号综合异常带。由 AP16、AP17、AP18 组成,主要出露荷塘组、大陈岭组。受西侧的 F15、北侧的 F19、东侧的 F20 断裂的夹持作用,呈近 EW 向的串珠状展布。异常元素组合主要为 Ag、Cu、Mo、Zn,Ag 异常最高值为 13.960×10^{-6} ,Zn 异常最高值为 1.492×10^{-6} 。

5 工程验证结果

根据土壤地球化学测量综合异常、构造及矿化出露情况,对研究区内的综合异常带开展槽探(剥土)和钻探工程进行验证^[14-15](图4),异常带号、矿体编号、矿体类型及与之对应的工程见表5。

万方数据

表5 矿体对应情况

Tab.5 Corresponding list of orebodies

异常带号	矿体编号	矿体类型	对应工程
I号	Ⅲ、Ⅳ	钼矿体	TC29
	V、Ⅵ	锌矿体	
	Ⅶ、Ⅷ	钨矿体	
II号	X	锌矿体	TC34
	Ⅸ、Ⅸ-1、Ⅸ-2	锌矿体	ZK01
	I	钼矿体	TC7
III号	II	钨钼矿体	TC8、BT2
	XI	钨矿体	ZK81
IV号	Ⅸ	锌矿体	
	V号	Ⅻ	铅锌多金属矿体

(1) 在 I 号异常带上施工 BT11、TC11、TC28、TC29、TC31、TC32、TC35 和 TC42 共 8 个探槽,圈定 Ⅲ、Ⅳ、V、Ⅵ共 4 条矿体,均由 TC29 控制,Ⅲ、Ⅳ为钼矿体,V、Ⅵ为锌矿体,赋存于构造破碎带中,带内褐铁矿化构造角砾岩发育,局部形成铁帽,石英脉穿插其中。矿体累计厚 10.08 m,倾向 155°,倾角 59°,钼最高品位 0.039%,锌最高品位 0.669%。

(2) 在 II 号异常带上施工 BT4、TC9、TC34 3 个探槽和 ZK01、ZK3 两个钻孔进行深部验证,圈定 Ⅶ、Ⅷ两条钨矿体及 X、Ⅸ、Ⅸ-1、Ⅸ-2 共 4 条锌矿体。钨矿体由 BT4 控制,赋存于一含矿破碎带中,该破碎带位于一条逆断层通过处,发育褐铁矿化次生石英岩、石英细网脉。Ⅶ号钨矿体厚为 1.74 m,倾向 110°,倾角 35°,平均品位为 0.091%;Ⅷ号钨矿体厚为 1.00 m,倾向 110°,倾角 35°,平均品位为 0.085%。

X 号锌矿体由 TC34 控制,赋存于含石榴子石透闪石矽卡岩中,局部有石英脉切穿,发育较强的褐铁矿化,矿体厚 1.48 m,Zn 品位为 1.43%,Pb 品位为 0.103%,并有多段 Zn 矿化,品位多为 0.1%~0.3%,矿体倾向 120°,倾角 67°。Ⅸ、Ⅸ-1、Ⅸ-2 锌矿体均由 ZK01 控制,赋存于矽卡岩化大理岩中,局部发育透闪石化。Ⅸ号矿体厚度 2.96 m,锌品位 1.065%~1.576%,平均品位 0.940%;Ⅸ-1、Ⅸ-2 号矿体位于 Ⅸ号矿体上部,厚度均为 1.07 m,品位分别为 0.91%、2.23%,倾向南西西,倾角约为 45°。

(3) 在 III 号综合异常带上施工 BT2、BT5、TC6、TC7、TC8、TC10、TC14、TC15、TC26、TC33、TC43 共 11 个探槽,发现 2 条含矿破碎带,圈定 I 号、II 号矿体。I 号矿体由 TC7 控制,为钼矿体,赋存于 NW 向的顺层硅化破碎带中,该破碎带呈铁帽状,褐铁

矿化强烈,宽约3 m,延伸约400 m,破碎带控制的矿体水平厚度1.07 m,矿体延伸约100 m,倾向240°,倾角35°,品位0.033%。II号矿体由TC8、BT2两条槽探控制,为钨钼矿体,赋存于荷塘组NE向切层破碎带中,发育石英脉,矿体硫化物含量高,多形成氧化铁帽,铁帽呈土状、蜂窝状,黄褐—褐红色,矿体倾向南东东,倾角60°~80°。II-1矿体为钨矿体,矿体水平投影长300 m,倾向延伸100 m(外推),厚1.72 m,钼品位0.047%~0.075%,平均品位为0.061%;II-2为钨矿体,矿体水平投影长300 m,倾向延伸100 m(外推),厚1.77 m,三氧化钨品位为0.062%~0.108%,平均品位0.084%。

(4)在IV号异常带上还存在M3磁异常,M3磁异常强度规模大,长度达2.5 km,宽度150 m左右,施工ZK81、ZK82两个钻孔进行深部验证,圈定了XI号矿体和IX号矿体,分别为钨矿体和钨矿体,由ZK81控制,为区内唯一的矽卡岩型矿体。钨矿体赋存于蓝田组三段(Z_1t^3)磁黄铁矿化矽卡岩化微晶灰岩夹泥质灰岩中,经交代作用形成含矿矽卡岩,矽卡岩被后期石英脉切穿成碎块,矿体厚1.05 m,倾向北西,倾角15°~45°,三氧化钨品位0.129%,矿体沿黄金塔背斜东翼次级向斜呈层状、似层状展布。钨矿体赋存于大理岩化矽卡岩中,与石英及黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物伴生,呈似脉状分布在矽卡岩中,厚1.64 m,钨品位0.529%。

(5)在V号异常带上施工DTC2和TC30两个探槽,圈定了XII号矿体,为铅锌多金属矿体,由DTC2控制。矿体受NW向构造破碎带控制,构造角砾岩带与围岩接触界线清楚,有石英脉穿插其中。矿体沿走向大多被风化剥蚀,倾向北北东,倾角75°。矿体厚2.63 m,钨平均品位为0.3%,银平均品位为177.2 g/t,铅平均品位为4.3%,锌平均品位为1.85%,铜平均品位为0.4%。

6 结论

(1)研究区土壤中Ag、Zn、Mo、Bi、Sb元素含量相对较高,变异系数大,次生富集可能性大,易形成明显的地球化学异常。

(2)在研究区内圈定了18个综合异常,6个综合异常带,在I~V号异常带中进行工程验证,发现了矿体,矿体赋存于蓝田组、荷塘组地层中,多受断裂控制,与构造破碎带有关,燕山期的岩体、岩株

提供了成矿物质。

(3)在研究区内发现矿体15条,其中钨矿体4条,钼矿体4条,钨矿体6条,铅锌矿体1条,表明土壤地球化学测量在大龙地区取得了较好的找矿效果。

参考文献(References):

- [1] 杨明桂,梅勇文. 钦-杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J]. 华南地质与矿产,1997(3):52-59.
Yang M G, Mei Y W. Characteristics of geology and metallization in the Qinzhou - Hangzhou paleo plate juncture [J]. Geol Miner Resour South China, 1997(3):52-59.
- [2] 徐德明, 蔺志永, 龙文国, 等. 钦杭成矿带的研究历史和现状[J]. 华南地质与矿产, 2012, 28(4):277-289.
Xu D M, Lin Z Y, Long W G, et al. Research history and current situation of Qinzhou - Hangzhou metallogenic belt, South China [J]. Geol Miner Resour South China, 2012, 28(4):277-289.
- [3] 余心起, 江来利, 许卫, 等. 皖浙赣断裂带的界定及其基本特征[J]. 地学前缘, 2007, 14(3):102-113.
Yu X Q, Jiang L L, Xu W, et al. Identification and basic characteristics of the Anhui - Zhejiang - Jiangxi fault zone [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(3):102-113.
- [4] 王克友, 许卫, 丁希国, 等. 安徽省宁国市东南部金、银、铅锌多金属矿调查评价报告[R]. 合肥:安徽省地质调查院, 2004:1-60.
Wang K Y, Xu W, Ding X G, et al. Investigation and Evaluation Report of Gold, Silver, Lead and Zinc Polymetallic Deposits in the Southeast of Ningguo City, Anhui Province [R]. Hefei: Geological Survey of Anhui Province, 2004:1-60.
- [5] 孙乘云, 王有生, 白茹玉, 等. 河沥溪幅、杭圩幅、宁国墩幅、仙霞幅1/5万区域矿产调查报告[R]. 合肥:安徽省地质调查院, 2009:1-25.
Sun C Y, Wang Y S, Bai R Y, et al. 1:50 000 Regional Mineral Survey in Helixi, Hangwei, Ningguodun, Xianxia Sheet [R]. Hefei: Geological Survey of Anhui Province, 2009:1-25.
- [6] 迟清华, 鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京:地质出版社, 2007:82-83.
Chi Q H, Yan M C. Handbook of Elemental Abundance for Applied Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007:82-83.
- [7] 樊玉朋, 刘树兴, 卢会婷, 等. 河北省张家口崇礼区北部地球化学特征及其找矿指示[J]. 中国地质调查, 2018, 5(5):35-40.
Fan Y P, Liu S X, Lu H T, et al. Geochemical characteristics and prospecting indicators in the north of Chongli, Hebei Province [J]. Geol Surv China, 2018, 5(5):35-40.
- [8] 张俭峰, 万太平, 李新鹏, 等. 黑龙江省碾子山地区铌、钽矿地球化学特征及评价[J]. 中国地质调查, 2020, 7(2):30-38.
Zhang J F, Wan T P, Li X P, et al. Geochemical characteristics and evaluation of Nb and Ta deposits in Nianzishan area of Hei-

- longjiang Province[J]. *Geol Surv China*, 2020, 7(2): 30–38.
- [9] 高永伟, 郭周平, 赵辛敏, 等. 青海北祁连冷龙岭地区水系沉积物元素地球化学特征及异常圈定[J]. *现代地质*, 2018, 32(3): 468–480.
- Gao Y W, Guo Z P, Zhao X M, et al. Geochemical characteristics and anomalies identification of elements in the stream sediments from the Lenglongling area of North Qilian mountains, Qinghai Province[J]. *Geoscience*, 2018, 32(3): 468–480.
- [10] 杜佰松, 申俊峰, 秦玉良, 等. 甘肃沃尔沃给楔卡金矿土壤地球化学特征及其评价[J]. *物探与化探*, 2017, 41(4): 641–647.
- Du B S, Shen J F, Qin Y L, et al. Characteristics and evaluation of soil geochemical anomalies of the Woergei gold deposit in Gansu Province[J]. *Geophys Geochem Explor*, 2017, 41(4): 641–647.
- [11] 罗先熔, 文美兰, 欧阳菲, 等. 勘查地球化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007: 36–55.
- Luo X R, Wen M L, Ouyang F, et al. *Exploration Geochemistry*[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007: 36–55.
- [12] 刘洪微. 云南省景谷帕断山矿区土壤地球化学测量效果及找矿前景[J]. *物探与化探*, 2017, 41(4): 619–626.
- Liu H W. The applying effect of geochemical soil survey at the Paduanshan mining area in Jinggu County, Yunnan Province, and prospecting potential [J]. *Geophys Geochem Explor*, 2017, 41(4): 619–626.
- [13] 孙社良, 陈士海, 李永明, 等. 土壤地球化学测量在赣东北良坑钨钼矿区勘查中的应用[J]. *华东地质*, 2017, 38(4): 279–287.
- Sun S L, Chen S H, Li Y M, et al. Application of soil geochemical survey in exploration of the Liangkeng Mo–W ore district in northeastern Jiangxi Province[J]. *Resour Surv Environ*, 2017, 38(4): 279–287.
- [14] 董一博, 焦建刚, 刘凯, 等. 土壤地球化学测量在南秦岭夏家店金矿刘家峡测区的应用[J]. *地质与勘探*, 2019, 55(5): 1202–1213.
- Dong Y B, Jiao J G, Liu K, et al. Application of soil geochemical measurement to the Liujiaxia area of the Xiajiadian gold mine in the South Qinling[J]. *Geol Explor*, 2019, 55(5): 1202–1213.
- [15] 刘珊, 陈亮, 段先哲, 等. 土壤地球化学测量在黔东八瓢达冲金矿勘查中的应用与找矿效果[J]. *物探与化探*, 2016, 40(1): 27–32.
- Liu S, Chen L, Duan X Z, et al. The application of soil geochemistry survey to prospecting in the Bapiao Dachong gold ore district of eastern Guizhou Province and its effect [J]. *Geophys Geochem Explor*, 2016, 40(1): 27–32.

Soil geochemical characteristics and the prospecting effect of Dalong area in Ningguo City of Anhui Province

XIE Xi, LI Bin, DU Yudiao

(*Geological Survey of Anhui Province, Anhui Hefei 230001, China*)

Abstract: Dalong area is located at the junction of Anhui and Zhejiang Province, with poor terrain condition. Systematic geological survey has never been carried out in this area and significant progress has not been achieved in the prospecting work. Through the 1:10 000 soil geochemical soil survey in the study area, the authors in this paper have adopted the theories and methods of the coefficient of variation, enrichment coefficient and enrichment discrete characteristics to analyze geochemistry statistics of twelve kinds of trace elements, and the results show that five elements of Ag, W, Mo, Bi and Zn have great metallogenic potential. Twelve kinds of trace elements have been analyzed with correlation and R-factor analysis and three sets of main mineralization element combinations were classified, which were Pb–Zn, W–Bi and Mo–Ag–Cu–As–Sb–Hg. A hundred and fifty-eight single element anomalies and eighteen comprehensive anomalies were identified in the study area. Besides, Six comprehensive anomaly zones were identified. Five integrated anomaly zones with good metallogenic conditions were tested through trenching and drilling methods to define 15 tungsten, molybdenum and lead zinc-ore bodies, which indicated good prospecting result.

Keywords: soil geochemical characteristics; anomaly characteristics; prospecting effect; Ningguo City of Anhui Province

(责任编辑: 常艳)