

陕西柞水地区金盆梁金矿区水系沉积物 地球化学特征与找矿方向

张嘉升¹, 潘爱芳¹, 樊会民², 崔丽男³

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省核工业地质调查院, 陕西 西安 710100;
3. 河北省地质矿产开发局第二地质大队, 河北 唐山 063000)

摘要:对陕西柞水地区金盆梁金矿区 1:50 000 水系沉积物样品中微量元素含量, 元素分布、分配、共生组合特征以及主要元素地球化学异常特征进行综合研究, 进一步确定该区找矿方向。结果表明: Au 是金盆梁金矿区内主要的成矿元素, Ag 为主要伴生元素, As、Sb 为远程指示元素; 泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段是金矿富集的有利层位; 石炭系下统二峪河组下亚组下段、泥盆系上统第四岩性段上亚段、泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段为金成矿有利岩性段; 矿区经历了至少两期热液活动, 金矿体的形成受低级区域变质作用的影响, 与岩浆热液活动有关; 以 Au 为主成矿元素圈定的 4 个综合异常区与地层展布方向一致。位于玄檀沟附近的综合异常区处在金矿富集有利层位, 次级构造发育, 指示元素异常套合较好, 浓集中心明显, Au 异常强度高且规模大, 并在异常内发现金矿体, 因此, 位于玄檀沟附近的综合异常区具有很好的找矿前景。

关键词:地球化学; 金矿; 水系沉积物; 找矿方向; 富集系数; R 型聚类分析; 异常评价; 陕西

中图分类号: P596

文献标志码: A

Geochemical Characteristics of Stream Sediment in Jinpenliang Gold Mining Area of Zhashui Area, Shaanxi and Its Prospecting Direction

ZHANG Jia-sheng¹, PAN Ai-fang¹, FAN Hui-min², CUI Li-nan³

(1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Nuclear Industry Geology Surveying Institute, Xi'an 710100, Shaanxi, China; 3. No. 2 Geological Team, Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources, Tangshan 063000, Hebei, China)

Abstract: In order to determine the further prospecting direction, the samples were collected from 1:50 000 stream sediment in Jinpenliang gold mining area of Zhashui area, Shaanxi; the contents of trace elements for the samples were measured; the characteristics of distribution, allocation and paragenetic association of elements were discussed; the characteristics of geochemical anomaly of main elements were analyzed. The results show that Au is main ore-forming element in Jinpenliang gold mining area, Ag is main associated element, and As and Sb are long-range indicator elements; the upper submember of the fifth member of Upper Devonian Tongyusi Formation is favourable for gold enrichment; the lower submember of the lower subgroup of Lower Carboniferous Eryuhe Formation, the upper submember of the fourth member of Upper Devonian and the upper submember of the fifth member of Upper Devonian Tongyusi Formation

收稿日期: 2014-08-01

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费项目(201411107-7)

作者简介: 张嘉升(1985-), 男, 陕西渭南人, 理学硕士研究生, E-mail: zhangjiasheng99@126.com。

通讯作者: 潘爱芳(1962-), 女, 河南叶县人, 教授, 理学博士, E-mail: panaifang@126.com。

are favourable for gold mineralization; there are at least two stages of hydrothermal activity in the mining area, and the formation of gold orebody is effected by the low-level regional metamorphism, relating to magmatic hydrothermal activity; the four integrated geochemical anomaly areas determined by the main ore-forming element of Au are considered in line with the strata distribution. The integrated geochemical anomaly area near Xuantangou locates in the favourable stratum for gold enrichment, and secondary structures indicate the fine element anomaly combined and clear concentration center, and the intensity and dimension of Au anomaly are large, and gold orebody exists in the anomaly area, so that the integrated geochemical anomaly area near Xuantangou is one of the most potential for prospecting.

Key words: geochemistry; gold deposit; stream sediment; prospecting direction; enrichment coefficient; R-cluster analysis; anomaly evaluation; Shaanxi

0 引言

陕西柞水地区金盆梁金矿区位于柞水—山阳晚古生代弧前盆地北缘^[1-4],夹持于商丹断裂与凤镇—山阳断裂之间,属南秦岭华力西褶皱带^[5-6]和山阳—柞水华力西期—燕山期铁—银—铅—锌—铜—金红石成矿带^[7],即曹坪异常的东部^[8]。区域上,古生界地层出露相对齐全,断裂构造发育且呈现多期活动特征,印支期—燕山期岩浆侵入作用和热接触变质作用活动强烈^[9-11]。笔者在对陕西柞水地区金盆梁金矿区多金属矿普查工作基础上,通过 1:50 000 水系沉积物地球化学测量,对分析样品中各元素含量及其地球化学特征综合研究,以期进一步认识金盆梁金矿区的成矿有利地段,进而缩小找矿范围并指明找矿方向。

1 地质背景

金盆梁金矿区位于陕西柞水地区东部,在曹坪—红岩寺复式向斜南翼,出露地层以及进一步划分的岩性段主要有泥盆系上统(未分)的第四岩性段和第五岩性段,泥盆系上统桐峪寺组第四、第五、第六岩性段以及石炭系下统二峪河组上亚组与下亚组;区内断裂发育,受 SN 向挤压,形成近 EW 向展布的构造格架,NW、NE 向走滑断裂发育,其中 NE 向断裂主要分布在矿区南侧,为左行走滑断裂,将近 EW 向的地层及断裂斜切开,断裂带两侧岩层破碎,平行断裂带的扭性节理发育,牵引褶皱指示断裂上盘朝 NE 向斜冲,是本区的主要导矿构造和容矿构造。矿区北部出露的曹坪岩体为印支期中粒角闪黑云母二长花岗岩,总体向北倾斜。区内脉岩发育,主要出露有印支期闪长玢岩脉和云斜煌斑岩脉,多呈 NWW 向、NW 向延伸(图 1、2)。

2 样品采集与测试

金盆梁金矿区的主体山脉东西纵贯,植被覆盖中等,河流切割严重,水系较为发育,为山间河谷流水侵蚀地貌,适合开展水系沉积物地球化学测量工作。本次采样点主要布置在一级水系末端及二级水系中,采样介质为淤泥和粉砂,采样部位选择在河床底部或河道边与水面接触之处、水流变缓处、水流停滞处、转石背后、河道转弯内侧以及适合水系中物质及组分沉积的部位。野外加工粒度为 0.25 mm (60 目筛),过筛后的样品质量大于 150 g。本次水系沉积物地球化学测量工作覆盖全区 17.36 km²,共采集样品 307 件,样品处理和分析由中国人民武装警察部队黄金部队第五支队化验室承担,按照行业标准 DZ/T 0130—2006《地质矿产实验室测试质量管理规范》第四部分“区域地球化学调查(1:50 000 和 1:200 000)样品化学成分分析”执行,分析测试元素为 Au、Ag、As、Sb、Bi、Cu、Pb、Zn、W 和 Mo。

3 元素分布与分配

3.1 元素含量特征

利用金盆梁金矿区内水系沉积物 307 件样品的 10 种元素含量原始数据,逐步剔除平均值加 2 倍标准差的异常数据,计算各元素背景值(C_0),并与陕西元素背景值(C_1)相比较,得出各元素富集系数(K_0)(表 1), $K_0 = C_0 / C_1$ 。矿区内 Au、As、Sb、Bi、Mo 的富集系数较大($K_0 > 1.1$),呈富集状态;W 的富集系数为 1($1.1 \geq K_0 \geq 0.9$),属正常分布;Ag、Cu、Pb、Zn 的富集系数较小($K_0 < 0.9$),相对贫化。

矿区各元素含量原始数据的变异系数(C_{v1})与背景数据的变异系数(C_{v2})(表 1)分别反映了各元素相对离散程度。 C_{v1} 反映原始数据的变异程度,是

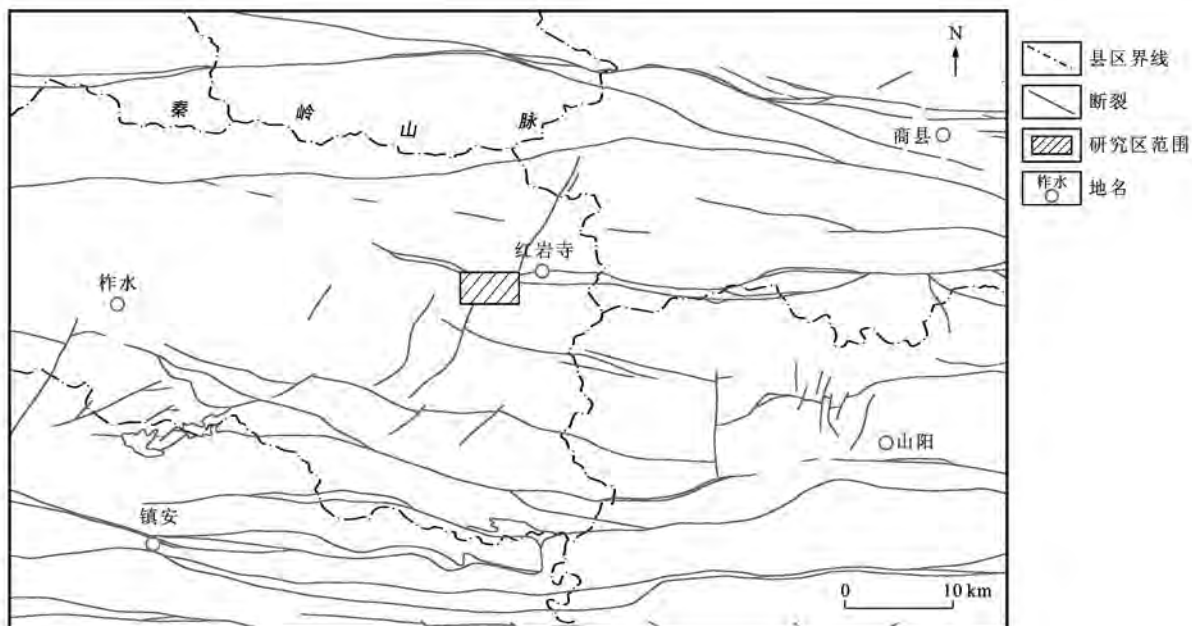
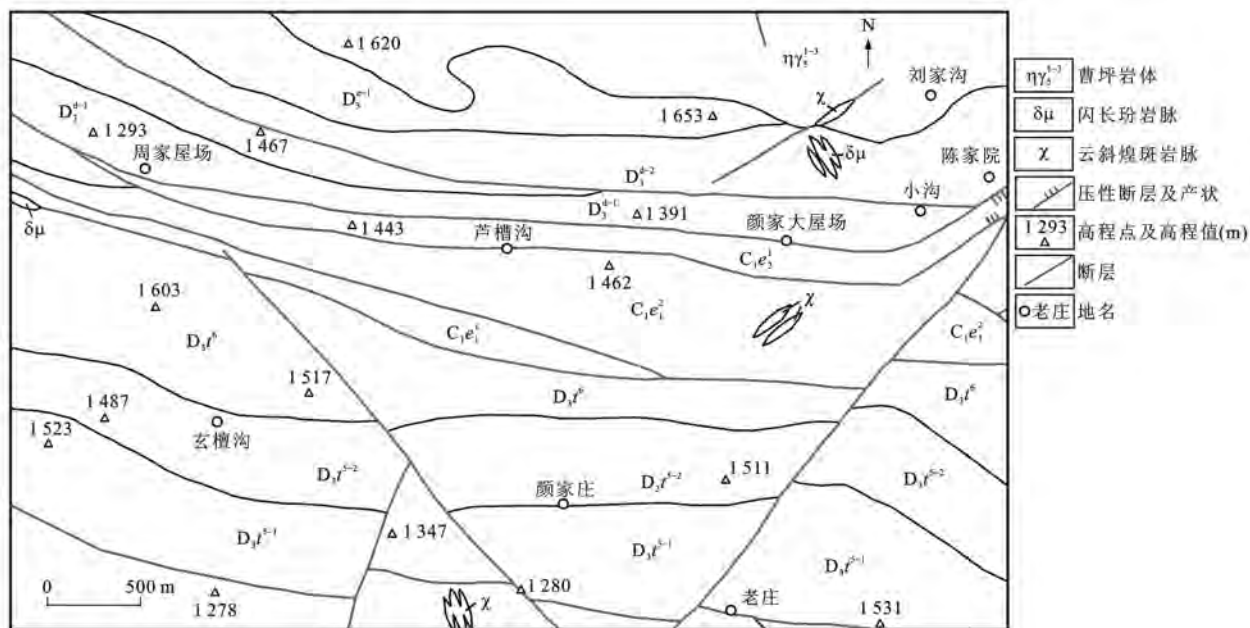


图1 金盆梁金矿区位置

Fig.1 Location of Jinpenliang Gold Mining Area



$C_1e_1^2$ 、 $C_1e_1^3$ 和 $C_1e_1^4$ 为石炭系下统二峪河组上亚组下段、下亚组上段和下亚组下段; D_1t^1 、 D_1t^2 、 D_1t^3 为泥盆系上统(未分)

第五岩性段下亚段、第四岩性段上亚段和第四岩性段下亚段; D_1t^4 、 D_1t^5 、 D_1t^6 为泥盆系上统桐峪寺组

第六岩性段、第五岩性段上亚段和第五岩性段下亚段

图2 金盆梁金矿区地质概况

Fig.2 Geological Map of Jinpenliang Gold Mining Area

评估元素空间分布、迁移富集能力和富集成矿可能性的重要参数, C_{v1}/C_{v2} 值则反映背景数据拟合处理时对离散群特高值和特低值的削平程度^[12-17]。根据这2个参数绘制元素变异系数图解(图3)。图3可以反映出该矿区元素存在以下特点: Au、Pb 含量变异程度很大(2.98~3.35), 高值数据多, 富集成矿可

能性很大; Ag、As、Sb、Zn、W、Mo 含量变异程度大(0.79~2.05), 高值数据多, 富集成矿可能性较高; Bi、Cu 含量变异程度中等(0.54~0.62), 高值数据少, 富集成矿可能性较小。

综上所述, Au 富集程度相对较高, 具备成矿物质基础, 且变异程度大, 表明Au元素存在局部富集

表 1 元素背景特征及变异系数

Tab. 1 Background Characteristics and Variation Coefficients of Elements

参数	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Mo	W
$C_1/10^{-6}$	1.43×10^{-3}	102.96×10^{-3}	8.42	1.04	0.34	28.8	38.76	103.87	0.32	2.38
$C_0/10^{-6}$	1.64×10^{-3}	70.88×10^{-3}	20.32	1.67	0.38	23.57	27.75	70.48	0.60	2.38
K_0	1.15	0.69	2.41	1.61	1.12	0.82	0.72	0.68	1.88	1.00
C_{v1}	3.53	1.45	1.89	2.05	0.62	0.54	2.98	0.79	1.01	1.15
C_{v2}	0.38	0.31	0.85	0.68	0.38	0.35	0.45	0.33	0.37	0.33

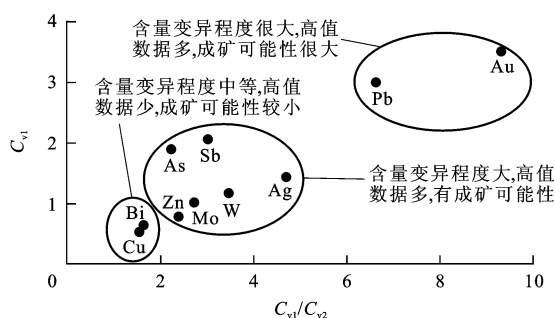


图 3 元素变异系数图解

Fig. 3 Diagram of Element Variation Coefficients

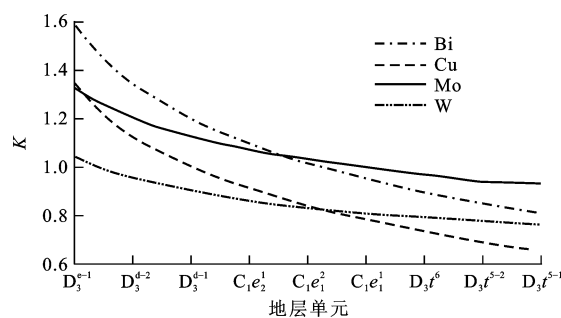
的可能性,为矿区内最主要的成矿元素。

3.2 地层单元元素分布与分配特征

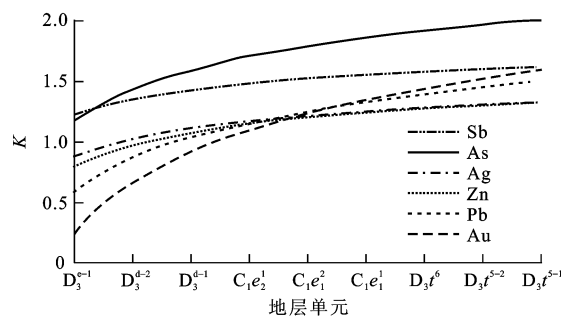
为了确定成矿指示元素在矿区出露地层中的分布与分配特征,分别计算了各地层单元元素富集系数(K)和变异系数(C_v)。富集系数为各地层元素含量平均值(C)与整个矿区元素含量平均值之比,变异系数为各地层元素含量标准差与平均值之比(表 2)。

从表 2 可以看出:石炭系下统二峪河组下亚组下段、泥盆系上统第四岩性段上亚段、泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段的 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn 元素呈富集状态;泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段中 Au 富集系数达到 3.77,变异系数为 2.67,表明 Au 在该岩性段高度富集且分布极不均匀,具有局部成矿的可能性,是寻找金矿的重要层位;泥盆系上统第五岩性段下亚段与曹坪岩体接触带中,高温元素 Cu、Bi、W、Mo 相对富集且变异系数大,分布不均匀,其余地层中各元素含量低,分布相对均匀,形成矿化(体)的可能性小。

从地层元素富集趋势图(图 4)可以看出,研究区出露地层自北向南呈现中高温元素 Bi、Cu、Mo、W 富集程度降低,中低温元素 Sb、As、Ag、Zn、Pb、Au 富集程度增高的趋势。由于曹坪岩体出露于研究区北部,不同地层单元受热动力变质作用的影响,热液中各元素在地层单元中自北向南呈现从中高温至中低温富集的变化趋势,反映出曹坪岩体侵入时热液的流动方向,进而推测各元素在不同地层单元



(a) 元素Bi、Cu、Mo和W



(b) 元素Sb、As、Ag、Zn、Pb和Au

图 4 地层元素富集趋势

Fig. 4 Diagram of Element Enrichment in Strata

的富集与北部曹坪岩体侵入有关。金矿体的形成受低级区域变质作用的影响,与岩浆热液活动有关,具有中低温热液矿床的元素分带特征。

4 元素组合特征

对金盆梁金矿区 307 件水系沉积物样品 10 种元素数据集进行 R 型聚类分析,并绘制 R 型聚类分析谱系图(图 5)。由图 5 可以看出: Au-Ag-As-Sb 元素组合的相关系数(r)大于 0.69; W-Bi-Cu-Mo-Zn 元素组合的相关系数大于 0.53。结果表明:① Au 为主成矿元素, Ag 为主要伴生元素, As、Sb 为远程指示元素,是一组中低温元素组合,也是中低温热液金矿床的典型元素组合;② 研究区存在中高温和中低温两个元素共生组合,且热液矿床尾晕元素 Cu、Bi、W、Mo、Zn 等与前缘晕和矿上晕元素 Au、Ag、As、Sb 成负相关关系,说明矿区至少经历了两期热液活动的改造,矿体及其晕的分带性较好。

表 2 不同地层元素富集系数与变异系数

Tab. 2 Enrichment and Variation Coefficients of the Elements in Different Strata

地层	参数	As	Sb	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Bi	Mo	W
D_3^{e-1}	$C/10^{-6}$	5.39	0.53	2.20×10^{-3}	67.91×10^{-3}	22.58	65.05	38.29	0.79	1.69	4.01
	K	0.18	0.16	0.56	0.68	0.54	0.78	1.54	1.87	1.53	1.34
	C_v	0.45	0.34	0.83	0.55	0.40	0.23	1.12	0.91	0.68	0.77
D_3^{d-2}	$C/10^{-6}$	7.69	0.76	2.07×10^{-3}	56.80×10^{-3}	22.97	59.29	22.30	0.35	1.30	4.80
	K	3.97	4.22	0.53	1.76	1.82	1.40	1.11	1.21	0.85	0.62
	C_v	0.79	0.71	0.64	0.14	0.38	0.25	0.65	0.46	1.18	1.82
D_3^{d-1}	$C/10^{-6}$	11.75	0.93	3.21×10^{-3}	61.50×10^{-3}	19.13	61.68	19.78	0.35	0.84	2.17
	K	0.38	0.29	0.82	0.62	0.46	0.74	0.80	0.82	0.76	0.72
	C_v	0.96	0.63	1.01	0.21	0.39	0.24	0.29	0.64	1.28	0.43
$C_1e_2^1$	$C/10^{-6}$	30.57	2.69	2.58×10^{-3}	136.01×10^{-3}	22.68	67.36	28.40	0.43	1.29	2.70
	K	1.00	0.84	0.66	1.36	0.54	0.81	1.14	1.01	1.17	0.90
	C_v	0.82	1.91	0.56	2.30	0.30	0.29	0.39	0.38	0.85	0.57
$C_1e_1^2$	$C/10^{-6}$	35.35	2.28	3.34×10^{-3}	84.55×10^{-3}	28.36	60.36	23.38	0.43	0.97	2.38
	K	1.16	0.71	0.85	0.85	0.68	0.73	0.94	1.03	0.88	0.79
	C_v	1.12	0.52	0.87	0.56	0.72	0.41	0.40	0.52	0.87	0.35
$C_1e_1^1$	$C/10^{-6}$	50.34	13.01	6.20×10^{-3}	90.27×10^{-3}	59.10	155.49	25.64	0.44	0.92	2.58
	K	1.65	4.04	1.58	0.91	1.41	1.87	1.03	1.04	0.83	0.86
	C_v	0.48	0.93	1.06	0.23	0.75	0.88	0.30	0.16	0.78	0.12
D_3t^6	$C/10^{-6}$	41.87	4.20	3.14×10^{-3}	106.67×10^{-3}	46.03	91.12	23.91	0.37	0.82	2.30
	K	1.37	1.30	0.80	1.07	1.10	1.10	0.96	0.87	0.74	0.77
	C_v	1.53	1.85	1.76	0.60	0.94	0.59	0.35	0.36	1.03	0.26
D_3t^{5-2}	$C/10^{-6}$	82.14	8.64	14.81×10^{-3}	212.42×10^{-3}	131.93	155.64	26.19	0.42	0.83	2.60
	K	2.69	2.68	3.77	2.13	3.15	1.88	1.05	1.01	0.75	0.87
	C_v	1.63	1.61	2.67	1.50	2.73	0.93	0.29	0.26	1.05	0.51
D_3t^{5-1}	$C/10^{-6}$	28.76	3.92	2.04×10^{-3}	114.18×10^{-3}	36.69	83.58	24.95	0.37	0.62	2.50
	K	0.94	1.22	0.52	1.15	0.88	1.01	1.00	0.88	0.56	0.84
	C_v	0.61	0.86	0.89	0.53	0.48	0.30	0.34	0.35	0.42	0.27

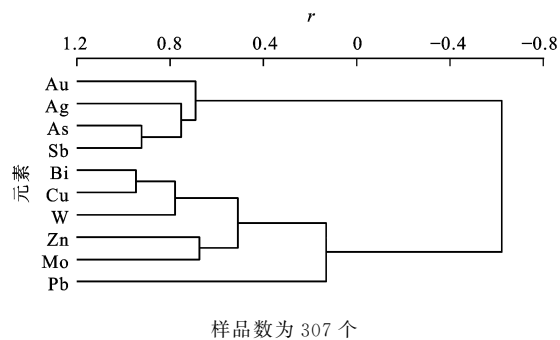


图 5 R 型聚类分析谱系图

Fig. 5 Dendrogram of R-cluster Analysis

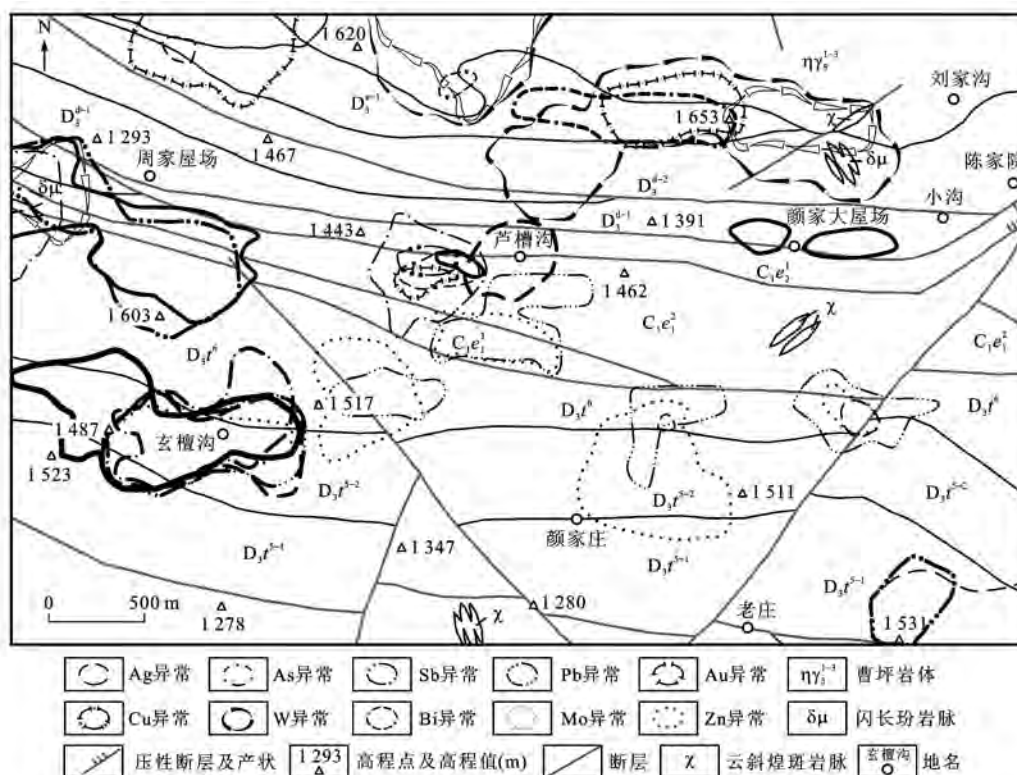
5 异常特征

5.1 主要成矿指示元素异常特征

运用 GeoMDIS 软件对各元素数据集进行处

理,得到地球化学异常图。首先,对数据集运用克里格法进行网格化处理,再用累积频率的分级方法勾绘等量线地球化学图;取与元素背景值加两倍标准差的异常下限(T)相同或相近的等量线,圈定单元素异常定为三级异常,以与 $2T$ 、 $4T$ 相近的等量线圈定二级、一级异常。矿区内共圈出 6 处 Au 异常、6 处 Ag 异常、3 处 As 异常、3 处 Sb 异常、4 处 Bi 异常、3 处 Cu 异常、5 处 Pb 异常、5 处 Zn 异常、2 处 W 异常和 3 处 Mo 异常(图 6)。

(1)Au 为区内主成矿元素,Au 异常总体上均沿 NWW、NW 向构造线展布。在周家屋场—芦槽沟村—颜家大屋场一带,二级、三级异常呈串珠状分布;一级异常位于周家屋场向南 0.25 km 处和玄檀沟,呈 NW 向展布,异常等量线值为 16.12×10^{-9} ;



各元素异常线根据线条粗细表示不同等级的异常,其中粗线表示一级异常,中等粗细表示二级异常,细线表示三级异常

图 6 Au-Ag-As-Sb-Pb-Zn-Cu-W-Bi-Mo 组合异常

Fig. 6 Au-Ag-As-Sb-Pb-Zn-Cu-W-Bi-Mo Composite Anomaly

异常峰值为 124.46×10^{-9} ,位于玄檀沟处,异常面积约为 0.54 km^2 ,与发现金矿(化)在空间上具有对应关系,是寻找金矿的重点区段。

(2)Ag 为金矿的主要伴生元素,Ag 异常主要集中在矿区中南部,总体呈 NW 向展布。芦槽沟村与玄檀沟发育一级异常。芦槽沟村异常峰值为 1274.2×10^{-9} ,面积约为 0.36 km^2 ,与 Au 异常叠合;玄檀沟处异常峰值为 1313.79×10^{-9} ,面积约为 1.89 km^2 ,其二级异常与玄檀沟 Au 一级异常套合好,是寻找金矿的主要间接指示元素。

(3)As、Sb 作为金矿的重要伴生元素,异常分布特征与 Au 异常相似,特别是在周家屋场、芦槽沟村和玄檀沟处形成的异常与 Au 异常重合,是寻找金矿的远程指示元素。

5.2 综合异常特征

在圈定区内各单元异常的基础上,结合元素地球化学分类、共生组合关系及地质特征,通过叠加不同等级的单元异常来反映元素组合异常,并进一步圈定综合异常区(图 7)。圈定的综合异常区共 4 处,按照从左向右,从上向下的顺序依次编号为 JZ-1、JZ-2、JZ-3、JZ-4,其综合异常特征见表 3。

5.2.1 JZ-1 综合异常区

JZ-1 综合异常区位于周家屋场东北方向约 0.42 km 处。出露岩性段主要为泥盆系上统第五岩性段下亚段,其次为西南部泥盆系上统第四岩性段上亚段。异常区内无断裂构造发育,在东北部有中生代侵入岩出露。异常北部不闭合,呈半圆状,面积约为 0.28 km^2 ,以 Cu-Au-Ag 为特征元素组合。但在 Cu 异常规模大且强度高,Au 异常规模小且强度低时,Au 剥蚀程度高,且无含矿有利地层,找矿意义较小。

5.2.2 JZ-2 综合异常区

JZ-2 综合异常区位于周家屋场西南方向约 0.25 km 处。出露岩性段主要为石炭系下统二峪河组下亚组下段,其富含 Au、Sb、As、Pb、Zn,其中 Au 富集系数为 1.58,变异系数为 1.06,说明该段为金矿含矿有利层位;其次为泥盆系上统第六岩性段,是低温元素 As、Sb 的富集层位。异常区受 3 条 NWW 向断裂严格控制,并在西部有少量中酸性岩脉出露。异常面积约为 0.72 km^2 ,以 Sb-Au-As-Mo-Bi 为特征元素组合,具有明显的水平分带特征;Au、Sb 二级异常与 As、Mo、Bi 三级异常叠合分布,浓集中心明显,成矿指示元素组合齐全;Au 异常强度高

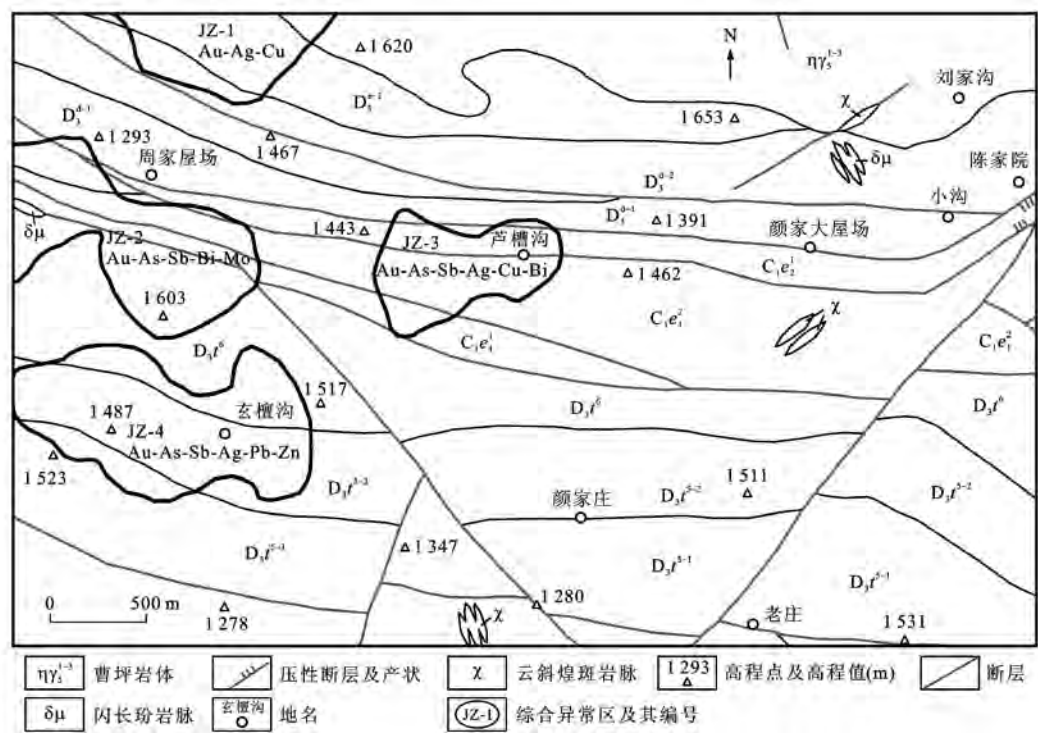


图 7 综合异常区分布

Fig.7 Distribution of Integrated Anomaly Areas

表 3 综合异常特征值

Tab.3 Integrated Anomaly Eigenvalues								
异常区编号	元素	异常级别	异常面积/km ²	异常强度	异常极值/10 ⁻⁶	异常下限/10 ⁻⁶	衬值	异常规模
JZ-1	Au	三级	0.15	7.89	7.89×10 ⁻³	4.29×10 ⁻³	1.84	0.28
	Ag	三级	0.02	197.00	197.00×10 ⁻³	131.22×10 ⁻³	1.50	0.03
	Cu	三级	0.31	60.20	179.00	39.89	1.51	0.47
JZ-2	Au	二级	0.58	11.00	20.30×10 ⁻³	6.75×10 ⁻³	1.62	0.94
	Sb	二级	0.65	14.41	29.90	6.81	2.12	1.38
	As	三级	0.15	148.00	148.00	68.40	2.16	0.32
	Bi	三级	0.02	1.09	1.09	0.84	1.30	0.02
	Mo	三级	0.16	3.19	4.87	2.50	1.28	0.2
JZ-3	Au	二级	0.02	11.00	11.00×10 ⁻³	6.75×10 ⁻³	2.56	0.05
	Sb	三级	0.04	6.15	6.61	3.96	1.55	0.06
	As	三级	0.24	94.86	233.00	68.40	1.39	0.33
	Ag	二级	0.15	1 500.00	1 500.00×10 ⁻³	253.86×10 ⁻³	5.91	0.87
	Cu	三级	0.03	50.10	50.10	39.89	1.26	0.04
	Bi	三级	0.06	0.98	1.12	0.84	1.16	0.07
JZ-4	Au	一级	0.54	47.90	167.00×10 ⁻³	16.12×10 ⁻³	2.97	1.60
	Sb	一级	0.29	25.80	50.00	16.00	1.61	0.46
	As	二级	0.37	184.60	500.00	127.68	1.45	0.53
	Ag	二级	0.39	559.72	1 582.00×10 ⁻³	253.86×10 ⁻³	2.20	0.86
	Pb	二级	0.41	573.13	1 885.00	55.49	10.33	4.23
	Zn	二级	0.29	411.38	807.50	218.33	1.88	0.55

且规模大, Sb、Au 形态相似, 且 Sb 的规模大于 Au, 表明 Au 的剥蚀程度较小。由此可见, 该异常区地质条件好, 异常强度高且规模较大, 组合元素齐全且水平分带较清楚, 具有一定的找矿意义。

5.2.3 JZ-3 综合异常区

JZ-3 综合异常区位于芦槽沟附近, 出露岩性段主要为石炭系下统二峪河组上亚组下段及下亚组下段。石炭系下统二峪河组上亚组下段富含 Ag, 富集系数为 1.36, 变异系数为 2.30; 下亚组下段富含 Au、Sb、As、Pb、Zn, 其中 Au 的富集系数为 1.58, 变异系数为 1.06, 说明该段为金矿含矿有利层位。异常区受 4 条 NWW 向断裂严格控制; 异常呈葫芦形展布, 面积约为 0.39 km², 无浓集中心, 以 Ag-As-Bi-Sb-Au-Cu 为特征元素组合, 为 Au、Ag 二级异常与 As、Sb 等三级异常叠合而成。指示元素齐全, 低、中、高温元素共生, 各异常与多条断裂在空间上有耦合关系, Au 强度和规模大小排列在 As、Bi、Sb 之后, 排列在 Cu 之前, 表明 Au 剥蚀程度较小。该异常区地质条件好, 前缘指示元素异常强度高且规模大, 矿上晕和尾晕元素异常规模小且强度低, 元素组合齐全, 表明该异常指示区域成矿可能性较大, 且矿(化)体剥蚀程度较小, 推测该区有较好的找矿前景。

5.2.4 JZ-4 综合异常区

JZ-4 综合异常区位于玄檀沟附近。出露岩性段以泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段为主, 富含 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn, 其中 Au 的富集系数为 3.77, 变异系数为 2.67, 为金矿含矿有利层位。出露岩性段其次为富含 As、Sb 的泥盆系上统桐峪寺组第六岩性段和富含 Sb 的泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段下亚段。异常区内虽无断裂构造发育, 但有受 SN 向挤压地块发生递进变形, 进而产生大量节理及剪切带等小型构造。JZ-4 综合异常区呈不规则形状, 近 EW 向展布, 面积约为 0.84 km², 以 Pb-Au-Ag-Zn-As-Sb 为特征元素组合, Au、Sb 一级异常与 Ag、As、Zn、Pb 二级异常叠合分布。指示元素齐全, 各指示元素异常套合好, 浓集中心明显, 其中 Au 异常规模最大且强度高。Au 规模在综合异常区内排第一, 其次是 As、Sb, 表明前缘晕已遭到剥蚀, 矿体已出露地表或埋藏较浅。采集两份金样品进行品位分析, 测得 Au 质量分数分别为 5.72×10^{-6} 和 4.48×10^{-6} 。该异常区地质条件好, 异常强度高且规模大, 组合元素齐全及分带明显, Au 品位超过边界品位的 5 倍, 说明该异常区为矿致异常, 因此, 该区具有很好的找矿前景。

6 结 语

(1) 陕西柞水地区金盆梁金矿区 Au 富集程度高, 变异程度大, 存在局部富集的可能性, 为矿区内主要的成矿元素。泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段是金矿富集的有利层位; 石炭系下统二峪河组下亚组下段、泥盆系上统第四岩性段上亚段、泥盆系上统桐峪寺组第五岩性段上亚段富含 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn, 是金成矿的有利岩性段。

(2) 曹坪岩体侵入时, 热液自北向南流动, 金矿体的形成受低级区域变质作用的影响, 与岩浆热液活动有关, 具有中低温热液矿床的元素分带特征。

(3) 矿区经历了至少两期热液活动的影响。Au 为主成矿元素, Ag 为主要伴生元素, As、Sb 为远程指示元素。

(4) 矿区圈定了 4 个化探综合异常区。JZ-1 综合异常区找矿意义较小; JZ-2 综合异常区具有一定的找矿意义; JZ-3 综合异常区有较好的找矿前景; JZ-4 综合异常区已发现矿体, 且品位较高, 是进一步找矿的首选靶区。

参 考 文 献 :

References :

- [1] YAN Z, WANG Z Q, YAN Q R, et al. Devonian Sedimentary Environments and Provenance of the Qinling Orogen: Constraints on Late Paleozoic Southward Accretionary Tectonics of the North China Craton[J]. International Geology Review, 2006, 48(7): 585-618.
- [2] YAN Z, WANG Z Q, YAN Q R, et al. Geochemical Constraints on the Provenance and Depositional Setting of the Devonian Liuling Group, East Qinling Mountains, Central China: Implications for the Tectonic Evolution of the Qinling Orogenic Belt[J]. Journal of Sedimentary Research, 2012, 82(1): 9-20.
- [3] 王宗起, 王 涛, 闫 臻, 等. 秦岭晚古生代弧前增生背驮型盆地体系[J]. 地质通报, 2002, 21(8/9): 456-464.
WANG Zong-qi, WANG Tao, YAN Zhen, et al. Late Paleozoic Forearc Accretionary Piggyback Type Basin System in the South Qinling, Central China[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8/9): 456-464.
- [4] 闫 臻, 王宗起, 王 涛, 等. 秦岭造山带泥盆系形成构造环境: 来自碎屑岩组成和地球化学方面的约束[J]. 岩石学报, 2007, 23(5): 1023-1042.
YAN Zhen, WANG Zong-qi, WANG Tao, et al. Tectonic Setting of Devonian Sediments in the Qinling Orogen:

- Constraints from Detrital Modes and Geochemistry of Clastic Rocks[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(5):1023-1042.
- [5] 王瑞廷,李剑斌,任涛,等.柞水—山阳多金属矿集区成矿条件及找矿潜力分析[J]. *中国地质*, 2008, 35(6):1291-1298.
- WANG Rui-ting, LI Jian-bin, REN Tao, et al. Metallogenic Conditions and Prospecting Potential of the Zhashui-Shanyang Poly-metal Ore Cluster[J]. *Geology in China*, 2008, 35(6):1291-1298.
- [6] 王瑞廷,任涛,孟德明,等.柞—山矿集区侵入岩与成矿[J]. *西北地质*, 2012, 45(增):29-33.
- WANG Rui-ting, REN Tao, MENG De-ming, et al. Intrusive Rock and Metallogeny of the Zhashui-Shanyang Ore Cluster[J]. *Northwestern Geology*, 2012, 45(S):29-33.
- [7] 宋小文,侯满堂,陈如意.陕西省成矿区(带)的划分[J]. *西北地质*, 2004, 37(3):29-42.
- SONG Xiao-wen, HOU Man-tang, CHEN Ru-yi. Division of Shaanxi Metallogenic Province (Belt) [J]. *Northwestern Geology*, 2004, 37(3):29-42.
- [8] 陈彩华,刘新会,陈力子,等.陕西曹坪—九间房一带1:50 000水系沉积物异常评价[J]. *黄金科学技术*, 2012, 20(5):34-39.
- CHEN Cai-hua, LIU Xin-hui, CHEN Li-zi, et al. Anomaly Evaluation of 1:50 000 Stream Sediment Survey in Caoping-Jiujianfang Area, Shaanxi Province [J]. *Gold Science and Technology*, 2012, 20(5):34-39.
- [9] 印纯清.陕西秦岭曹坪花岗岩的构造环境及含矿性[J]. *地球科学*, 1993, 18(1):21-27.
- YIN Chun-qing. Tectonic Environment and Ore-generating Intrusion of the Caoping Granite in Qinling [J]. *Earth Science*, 1993, 18(1):21-27.
- [10] 陈雷,闫臻,王宗起,等.陕西山阳—柞水矿集区燕山期岩体矿物学特征:对岩浆性质及成矿作用的指示[J]. *地质学报*, 2014, 88(1):109-133.
- CHEN Lei, YAN Zhen, WANG Zong-qi, et al. Mineralogical Characteristic of the Yanshanian Granitic Rocks in Shanyang-Zhashui Ore Concentration Area: An Indicator for the Magmatic Nature and Metallogenesis [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(1):109-133.
- [11] 曹东宏,朱赖民,李彝,等.陕西省柞水县王家沟卡林型金矿床地质特征及成因初探[J]. *地质与勘探*, 2009, 45(1):23-29.
- CAO Dong-hong, ZHU Lai-min, LI Ben, et al. Preliminary Study on Geological Features and Genesis of Wangjiagou Gold Deposit in Zhashui County, Shaanxi Province [J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45(1):23-29.
- [12] 刘志坚,侯明才,张琇,等.宁夏中卫卫宁北山地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. *物探与化探*, 2013, 37(4):608-614.
- LIU Zhi-jian, HOU Ming-cai, ZHANG Xiu, et al. Geochemical Characteristics of Stream Sediments and Ore Prospecting Orientation in Beishan Area of Weining, Ningxia [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2013, 37(4):608-614.
- [13] 陆顺富,曾键年,李锦伟,等.铜陵—池州地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. *物探与化探*, 2014, 38(2):227-233.
- LU Shun-fu, ZENG Jian-nian, LI Jin-wei, et al. Geochemical Characteristics and Ore-search Targeting in Tongling-Chizhou Area of Anhui Province Based on Stream Sediment Survey [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2014, 38(2):227-233.
- [14] 闫永生,李向文,聂春雨,等.黑龙江富克山地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿远景预测[J]. *物探与化探*, 2013, 37(1):23-29.
- YAN Yong-sheng, LI Xiang-wen, NIE Chun-yu, et al. Geochemical Characteristics and Metallogenic Prospective Prognosis of Fukeshan Region in Heilongjiang Province Based on Stream Sediment Survey [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2013, 37(1):23-29.
- [15] 赵荣军,张宏伟,刘亚南,等.河南省新县上棋盘地区地球化学异常特征及评价[J]. *物探与化探*, 2014, 38(5):929-935.
- ZHAO Rong-jun, ZHANG Hong-wei, LIU Ya-nan, et al. Characteristics and Evaluation of Geochemical Anomalies of Shangqipian Area in Xinxian County, Henan Province [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2014, 38(5):929-935.
- [16] 宋贺民,张辉,顾松松,等.新疆哈拉奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. *地质通报*, 2014, 33(1):71-78.
- SONG He-min, ZHANG Hui, GU Song-song, et al. Stream Sediment Geochemical Characteristics and Prospecting Direction in Karaqi Area of Xinjiang [J]. *Geological Bulletin of China*, 2014, 33(1):71-78.
- [17] 赵武强,崔森,邹先武,等.湖南禾库地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. *中国地质*, 2014, 41(2):638-647.
- ZHAO Wu-qiang, CUI Sen, ZOU Xian-wu, et al. Geochemical Characteristics of Stream Sediments and Metallogenic Prognosis of Heku Area, Hunan Province [J]. *Geology in China*, 2014, 41(2):638-647.