

熊耳山地区金矿成矿 地球化学特征及其找矿方向

王福贵

(河南有色地质勘查局第五队·郑州)

河南省熊耳山地区的金矿床类型以破碎带蚀变岩型为主, 爆破角砾岩筒型也占有重要地位。通过地质地球化学研究, 提出区内金矿成矿与岩浆热液有关, 不同矿化类型具有同源、同期、同成因、不同空间就位的成矿特征。指出了找矿方向。

关键词: 金矿床; 地球化学场; 破碎带蚀变岩型; 爆破角砾岩筒型

熊耳山地区位于秦岭东段北支的河南境内, 是我国重要的金矿成矿区之一。近年来, 先后发现了上官、祁雨沟、康山、嵩坪沟、虎沟等数十处大、中、小型金矿床, 初步探明黄金远景储量超过100 t, 是一个远景可观的金矿成矿区。区内金矿床类型以破碎带蚀变岩型为主, 爆破角砾岩筒型次之, 石英脉型矿化相对较弱。不同类型的金矿床, 具有相似的成矿地质及地球化学特征, 因此, 从区内金矿成矿体系的统一性角度出发, 研究已知金矿床的地球化学及其分带特征, 揭示成矿规律, 对指导找矿具有重要的理论与实际意义。

区域地质特征

熊耳山成矿区位于华北地台南缘, 华熊台隆熊耳山隆断带(图1)。

1. 地层

出露地层以太古界太华群及中元古界长城系熊耳群为主, 次为中元古界蓟县系官道口群, 中、新生界零星分布。太华群为一套中深变质的片麻岩, 以斜长角闪片麻岩和角闪斜长片麻岩为主, 混合岩化明显, 且自西向东逐渐增强, 局部见均质混合岩。熊耳群

是一套中基—中酸性火山喷发岩为主的火山岩系, 岩性以安山岩、安山玢岩、流纹斑岩、石英斑岩为主, 其下段和上段以中基性熔岩为主, 中段以酸性熔岩为主。官道口群为一套浅海相碎屑—硅镁质碳酸盐岩系。金矿床集中分布于太华群和熊耳群中。

2. 基本构造轮廓

基底受嵩阳、中条运动的影响, 分别形成近东西向同斜倒转—平卧褶皱和轴向近南北的背、向形及弧形褶皱。盖层在前加里东期及以后形成贯穿全区的近东西向龙胖—花山背斜, 伴之形成近东西向、北东向、北西向构造, 这些构造控制着该区金矿床的展布及产出部位。

3. 岩浆活动

区内岩浆活动强烈, 具长期、多阶段特征。除主要为中元古代熊耳期火山活动外, 中生代燕山期中酸性岩浆活动也占有重要地位, 区内金矿床的形成与之密切相关。

4. 金矿床分布特征

区内金矿床分布具明显的规律性。金矿产出地层为太华群(虎沟、嵩坪沟等)、熊耳群(红庄、前河等)或两套地层接触部位(祁雨沟、上官、康山等), 从宏观上看, 多

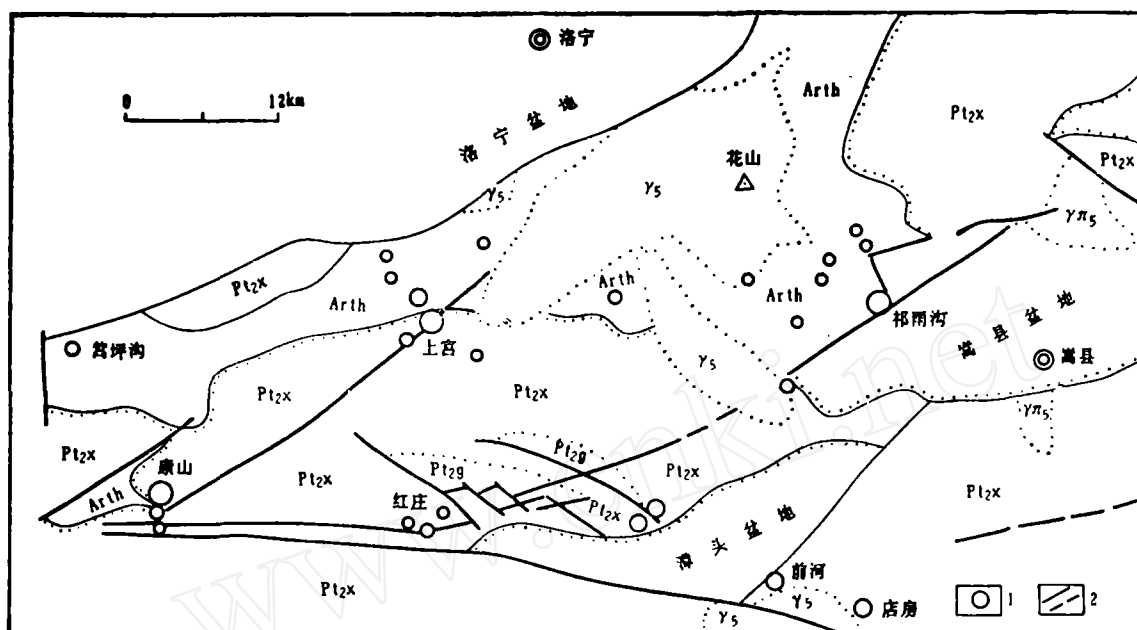


图 1 河南熊耳山地区区域地质及金矿床(点)分布图

Arth—太华群; Pt₂x—熊耳群; Pt₂g—官道口群; Y₅—燕山期花岗岩; Y_{π5}—燕山期花岗岩斑岩; 1—金矿床(点); 2—断裂

区内部分金矿床成矿温度及空间变化特征

表 1

位置	矿床	矿化类型	爆裂法(°C)			均一法(°C)			资料来源
			变化范围	$\bar{x}$	n	变化范围	$\bar{x}$	n	
东部	祁雨沟	爆破角砾岩筒型	282~366	338.2	10	240~390	334.0	3	河南省地矿厅科研所张荫树等
中部	上官	破碎带蚀变岩型	215~365	279.8	11	210~320	265.0	2	
西部	康山	破碎带蚀变岩型	186~332	276	6	170~350	238.8	3	

集中在燕山期中酸岩浆岩体(如花山花岗岩体)外围的一定范围内,或者反映隐伏岩体存在的W、Sn、Mo、Bi组合元素异常的外侧;就位空间主要为破碎带或爆破角砾岩筒;区域上,自西向东矿化集中程度逐渐增强,成矿温度有逐渐增高趋势(表1);矿床中的矿物组合及矿石伴生组份等呈有规律的变化。上述特征反映出不同类型的金矿床其成因关系密切,即各矿床是在一个基本统一的成矿地质—地球化学体系中形成的。

区域地球化学特征

1. 区域元素分布分配特征

为系统了解区内主要地质体中元素分布

分配特征,测制了近100km的地质地球化学剖面,采集了近千件新鲜基岩样品,定量分析了33个元素。

(1) 常量元素(表2) 与地壳元素丰度值对比,本区Si、K,特别是K明显偏高,在空间上自西向东Si、K含量逐渐升高,而Fe、Mg、P则逐渐降低,这与区内金矿化东部强于西部的特征对应,反映Si、K富集与金矿成矿有一定关系。

(2) 微量元素 对不同地质体的样品,均分析了Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi、As、Sb、Hg、Cr、Co、Ni、V、Ti、Cd、Be、B、Mn、F、Sr、Ba,结果表明,除Mo、Ba、Bi、Pb、Cd、

熊耳山地区区域常量元素含量(%)及空间变化规律

表 2

	剖面位置	样数	Al ₂ O ₃	TFe	SiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
太华群	东 部	46	12.31	4.60	62.34	0.97	2.41	2.18	3.42	0.12
	中 部	53	16.17	5.61	57.83	2.20	4.15	3.64	2.12	0.15
	西 部	50	15.89	7.07	54.05	2.69	3.19	3.37	1.85	0.20
熊耳群	东 部	156	12.26	6.09	66.95	0.56	0.72	1.54	4.53	0.16
	中 部	23	15.87	10.31	54.43	3.26	5.20	2.78	2.44	0.42
	西 部	86	14.01	9.01	55.60	2.59	1.94	1.54	2.97	0.28
区域剖面	东 部	321	12.95	5.27	64.71	0.86	1.60	2.11	4.01	0.14
	中 部	76	16.08	7.03	56.80	2.52	4.47	3.38	2.22	0.23
	西 部	239	11.96	6.89	51.59	2.49	3.15	1.57	2.81	0.22
	平 均 值	636	13.02	6.09	58.84	1.66	2.53	2.06	3.34	0.18
区域燕山期花岗岩		251	14.86	2.29	68.87	0.45	1.16	3.74	4.79	0.087
区域总平均值		887	13.54	5.01	61.62	1.32	2.14	2.54	3.75	0.154
地壳丰度(维氏值)			18.60	4.65	56.75	3.42	6.97	3.07	2.01	0.49

区内部分微量元素空间变化特征表

表 3

地层	位置	样 数	Au	Ag	Pb	Mo	Ba	V	Ti	Zn
区域	东部	321	0.92	0.062	27.29	3.94	1423	44.62	2744	71.95
	中部	76	0.83	0.041	14.76	0.90	977	80.44	3340	72.01
	西部	239	0.56	0.027	17.76	0.61	96	84.31	3970	94.74
太华群	东部	46	1.10	0.077	48.10	2.11	1428	63.00	2239	68.68
	中部	53	0.75	0.046	14.09	0.82	801	63.15	2894	51.03
	西部	50	0.52	0.032	11.18	0.18	559	84.53	3167	82.85
熊耳群	东部	156	1.18	0.060	21.30	4.39	1654	24.20	3145	82.41
	中部	23	1.00	0.030	16.29	1.09	1383	120.29	4368	120.34
	西部	86	0.54	0.022	15.27	0.65	1217	102.64	5576	121.45

注: Au含量单位为ppb, 其余为ppm。

B比地壳丰度值略有富集外, 其他元素均较地壳丰度值低。不同地质体元素含量对比表明, 太华群相对富Ag、Cu, (Cu是太华群的特征元素, 其30ppm的等值线与太华群的边界十分吻合); 熊耳群相对富Mo、Ba、Ti、Mn; 官道口群明显富As、Sb、Bi; 燕山期花岗岩中Au、Ag、Pb、Mo、W、Bi、Sb、F、Sr、Ba等元素高于地层含量; 部分微量元素的空间变化规律(表3)显著, 其中与金矿关系密切的元素Au、Ag、Pb、Mo、Ba等自西向东逐渐升高, 而V、Ti、Zn则逐渐降低。

2. 金的地球化学场

区域Au平均含量为0.67ppb, 明显低于地壳丰度值(4.3ppb, 维氏)。不同地质体Au含量差异较小, 但不同岩性Au含量差别较大, 如太华群黑云角闪斜长片麻岩(2.11ppb)和均质混合岩(2.00ppb) Au含量是太华群均值的4倍; 熊耳群酸性熔岩Au含量高于中性熔岩; 燕山期中、小花岗岩体Au含量(1~1.3ppb)明显高于大岩基(0.39~0.57ppb)。Au异常自西向东其规模和强度(ppb)逐渐增加(图2), 多环绕燕山期花岗岩体或W、Sn、Mo、Bi异常

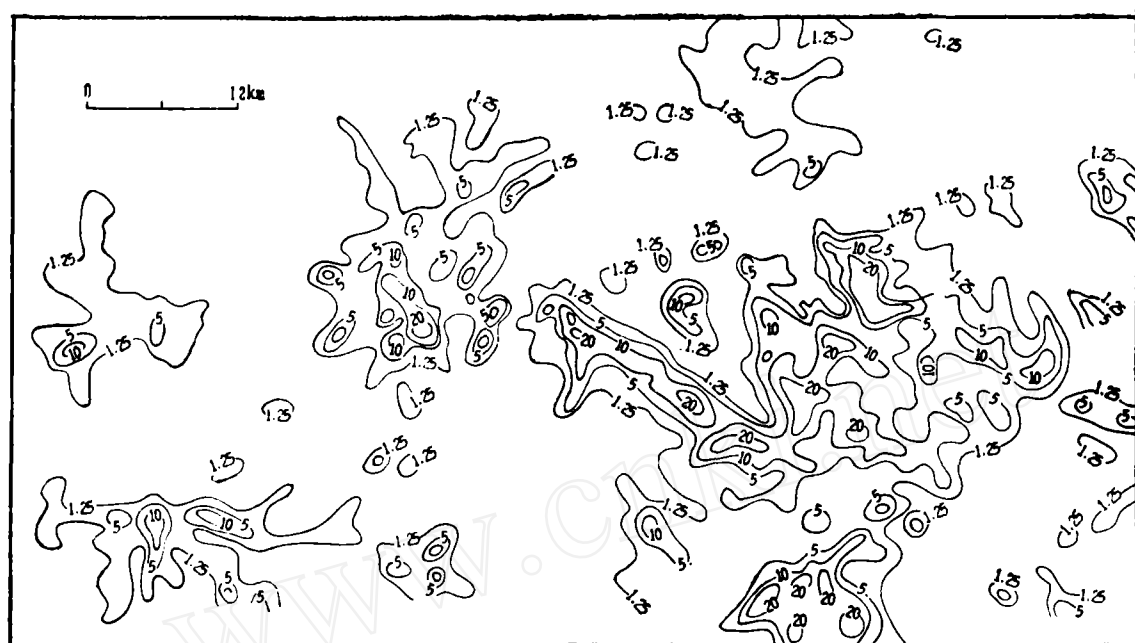


图 2 区域金元素地球化学图 (ppb)

呈环状展布。局部金异常呈线状、长条状、串珠状分布，与赋矿构造吻合良好。金及其伴生元素的地球化学场反映出东部成矿温度较高，深部热源充足，可能潜伏有一个大的热液岩浆房，且制约着区内金矿床的分布。这一认识与重磁资料和大地球电磁测深资料的推断一致。

矿床地球化学特征

1. 金矿石元素组合特征

区内几个金矿床的分析对比结果表明，不同类型金矿床矿石中的元素组合、组份浓度、元素相关性、自然金成色、Au/Ag 比值等均具有一定的相似性和空间变化规律。

表 4 列出了几个矿床矿石组份及其含量。由表 4 看出，Au、Mo、W 含量各矿床基本相似；祁雨沟矿床 Cu、Bi 含量高；上官矿床 W、As、Sb、V 含量高；蒿坪沟矿床 Ag、Pb、Hg、Mn 含量高。表明自西向东 Ag、Pb、Hg、Mn 呈明显递减趋势。

表 5 列出了 3 个矿床有关元素的相关系

部分金矿床矿石中元素含量(ppm) 表 4

矿床	祁雨沟	上官	蒿坪沟	康山
样数	32	24	8	4
Au	6.08	9.36	6.35	7.15
Ag	4.18	54.42	155.58	118
Cu	1459	273	823	12625*
Pb	425	6050	128842	24675*
Zn	80	1896	518	19500*
W	15	30.2	6.05	
Sn	9.16	4.72	5.11	61*
Bi	158.68	0.43	11.53	
Mo	7.57	7.45	4.81	12*
As	2.77	722.03	39.75	
Sb	0.62	125.16	34.28	
Hg	0.011	0.62	18.19	
Mn	899	1247	8150	
V	101.41	290.92	24.13	

* 光谱半定量分析。

数和自然金矿的某些特征值。由表 5 可以看出，自西向东：Au 与 Ag、Pb、Zn 的相关性逐渐降低；Au 与 Cu、Bi 的相关性逐渐升高；自然金含金量、成色、Au/Ag 比值逐渐升高；Ag 的含量逐渐降低。上述特征进一步

部分金矿床有关元素相关系数及自然金某些特征

表 5

	元素相关系数					自然金特征 (电子探针测定)			
	Au-Ag	Au-Pb	Au-Zn	Au-Cu	Au-Bi	Au(%)	Ag(%)	Au/Ag	金成色
祁雨沟	0.548	0.059	-0.062	0.668	0.810	92.8913	6.7490	13.76	932.27
上官	0.752	0.250	0.133	0.641	0.369	91.2018	8.1836	11.14	917.66
康山	0.735	0.464	0.441	0.240		82.6069	16.8424	4.90	830.64

* 河南地矿厅科研所

揭示了金矿成矿过程中, 元素的地球化学作用过程是有序的、相互联系的。

2. 矿床地球化学异常特征

(1) 水系沉积物地球化学异常特征

本区位于秦岭山脉东北支, 属暖温带、半湿润地区, 表生介质为中性, Au及其主要伴生元素表生富集明显。区内金矿床均能形成较好的次生地球化学异常, 且不同矿床类型元素组合基本相似。如爆破角砾岩筒型(祁雨沟、店房)和破碎带蚀变岩型(上官、康山)金矿床形成的水系沉积物异常主要元素均为Au、Ag、Pb, 次要元素为W、Zn、Cd、Mn、Bi、Cu、Sb、As、Mo、Co等。差别表现在爆破角砾岩筒型Bi、Cu异常明显, 破碎带蚀变岩型As、Sb、Hg异常发育。造成上述差别的原因可能是成矿温度和矿床侵位深度不同所致。

(2) 矿床原生地球化学异常分带特征

为确定矿床预测评价标志, 计算了不同类型金矿床的原生晕分带序列。爆破角砾岩筒型金矿床水平分带自内向外为Bi、Cu、Au→W、Ag、Pb→Zn、Mn; 垂直分带(自下而上)为Co、Mo、Sn→Bi、Cu、Au→Ag、Pb(W)→Zn、Mn。破碎带蚀变岩型金矿床水平分带(自内向外)为Mo、Cu、Bi→Au、Ag、Pb(W)→(Mn、Hg)As、Sb; 垂直分带(自下而上)为Co、Mo、Sn→Bi、Cu(W)、Au→Ag、Pb(Zn)→(Mn)As、Sb、Hg。两种类型原生分带序列近似, 基本符合岩浆热液金矿床的原生晕分带规律。二者不同之处是爆破角砾岩筒型金矿床缺失前缘晕元素As、Sb、Hg, 这与成矿温度和

侵位高度有关。

据以上分带规律, 对一些化探异常进行了评价预测。如56号水系沉积物异常具破碎带蚀变岩型金矿床异常特征, 经进一步工作在距燕山期花岗岩体1-3km处找到了金矿体, 预计其规模可达中型以上。利用此规律, 省地矿厅地调一队在洛宁寸马沟金矿(盲矿)深部发现了主矿体。

3. 矿床同位素地球化学特征

(1) 硫同位素组成特征 据河南地矿所、河北地院、长春黄金研究所、河南有色地质研究所及黎世美的资料, 区内主要金矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 值一般为 $-4\sim+6.68\%$, 变化范围窄, 偏离零值较小, 说明均一化程度高, 具深源硫特征。上官金矿主矿化期 $\delta^{34}\text{S}$ 出现较大负值(最大 -19.24%), 可能因该阶段 f_{O_2} (约 10^{-35})明显增高有关, 为金—砷化物—方铅矿、黄铁矿矿化阶段。

(2) 铅同位素组成特征 区内不同类型的金矿床铅同位素组成具有明显的相似

部分金矿床铅同位素组成(均值)特征 表 6

矿 床	祁雨沟	上官	康山	花 山 花岗岩
测定矿物	方铅矿 ^① (3)	方铅矿 ^② (8)	方铅矿 ^③ (3)	钾长石 ^④ (3)
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	17.495	17.029	17.709	17.371
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.69	15.523	15.523	15.455
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38.282	37.479	37.941	37.769
R	0.659	0.6624	0.6225	0.6404
μ 值	8.746	8.12	9.395	8.167
Th/U		4.16	4.17	4.09

①河北地院资料; ②黎世美资料; ③河南地矿所资料; 括号内为样品数。

性, 其特点是变化范围很小, 反映以正常铅

为主。区内部分金矿床的铅同位素组成(均值)列于表6,由表6可以看出,矿床方铅矿和花岗岩长石中铅同位素组成基本一致。本局科研所对区内各矿床铅同位素做模式图,其结果均落入地幔—造山带之间,据此推断矿床铅以深源铅为主。

(3) 氧同位素组成特征 据河南地矿局地质研究所、河北地院、天津地矿所及黎世美的资料,区内金矿床矿石及全岩之 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围为 $+6.65\sim+17.93\%$,和岩浆热液($\delta^{18}\text{O}=+5\sim+9\%$)及变质热液($\delta^{18}\text{O}=-16\sim+25\%$)均有相似之处,反映成矿热液具岩浆热液和变质热液叠加的特征。祁雨沟金矿床矿化晚期之方解石 $\delta^{18}\text{O}$ 出现较大负值($-20.3\sim-22.6\%$),且随标高增加有降低趋势,反映矿化晚期可能有大气循环水加入。

成矿机制及找矿方向

1. 成矿机制探讨

对区内地质、地球化学特征研究得出如下认识:不同类型的金矿床属同源、同期、同成因不同空间成矿;成矿热液以深源岩浆热液为主,有部分变质热液叠加,后期有大气循环水加入;成矿物质为壳幔混合源,即深源热液上侵携带了部分成矿组份,上壳岩(如太华群的黑云角闪斜长片麻岩、混合岩,及熊耳群中酸性熔岩)中,部分矿质被

活化转入成矿热液;成矿时代为燕山晚期,成矿温度为中低温。据此认为:在燕山岩浆活动期,产生大量以中酸性为主的岩浆热液。在岩浆侵位、分异、演化和热液聚集迁移过程中,使本身携带的成矿组份不断浓集,伴之有上壳岩中被活化的矿质(金及伴生元素)加入到成矿溶液并一起运移。当遇到有利成矿的构造空间(褶皱轴部、断裂破碎带、层间滑脱带、爆破角砾岩筒等)形成多种类型、中—低温岩浆热液金矿床。

2. 找矿方向

从岩浆热液成矿角度出发,成矿预测首先要找岩浆热液活动中心。大量资料表明,熊耳山东部是区内最主要的热液中心(深部可能隐伏一个大的岩浆房)。第二,要研究热液运移方向。我们认为,热液活动以花山为中心,运移方向以南西和南东方向为主,其前峰部位是成矿的最佳部位。再者,要寻找成矿和赋矿的有利空间,如背斜构造轴部、地层不整合面、多组构造复合部位、断裂破碎带和角砾岩筒分布区等。另外,要充分利用地球化学测量资料,在有利成矿的岩石类型、特征元素组合异常等有利地段开展成矿预测。据此,笔者认为应在花山岩体外围一定范围,具体是除洛宁南部、西南部外,嵩县西北部至宜阳县南部也十分有利,在嵩县西北部,除继续寻找爆破角砾岩筒型金矿外,应重视寻找破碎带蚀变岩型金矿。

Metallogenetical Geochemical Features of the Gold

Deposits in the Xiongershan area,

Henan and Their Ore Guides

Wang Fugui

Gold deposits in the Xiongershan area, Henan occur principally in altered rocks of fractured zones. Those occurred in explosion breccia pipes also hold an important place. Geological and geochemical studies demonstrate that the metallogensis of gold deposits are related to magmatic hydrothermal solution and mineralizations of different types are characterized by their metallogenesis with those from same source, and of same epoch and genesis deposited in place in different space. Guide for exploration is suggested.