

河南铁炉坪银矿床地球化学特征研究

张巧梅¹, 解庆林², 翟东兴¹, 陈德杰¹, 刘国明¹

(1. 河南省有色金属地质矿产局 第六地质大队, 河南 洛阳 471002;

2. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘要: 铁炉坪银矿床成矿溶液具中-低温、低盐度特征, 可能来自于岩浆期的热液。成矿作用受太古界太华群、燕山期岩浆活动和构造活动三要素控制, 太华群和燕山期岩浆岩可能提供了矿源。矿床原生地球化学异常具 Ag, Pb, Cu, Zn, Au, Sb, As 和 Hg 多元素组合特征, 异常分带序列自下而上为 Bi, Mo, Cu, Au Ag, Pb, Zn Hg, As, Sb。

关键词: 铁炉坪银矿床; 地球化学特征; 河南省

中图分类号: P618.52; P611 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)02-0121-06

铁炉坪银矿是熊耳山金银成矿带上一大型银矿床, 前人已开展了较多研究工作(李忠烈, 1992, 1994; 郭时然和陈德杰, 1992; 陈德杰, 1996)。由于该矿床经济价值巨大, 深入研究其地质地球化学特征对指导找矿实践具重大意义。

1 矿区地质特征

铁炉坪银矿区位于华北地台南缘熊耳山台穹西段(图1)。区域出露的地层主要为太古界太华群和中元古界熊耳群, 两者分别构成轴向 NEE 向的龙脖—花山复背斜的核部及两翼, 其北翼被 NEE 向洛宁山前断裂所切截, 矿床位于复背斜南翼的近轴部。矿区地层为太华群石板沟组, 岩性为角闪斜长片麻岩、黑云斜长角闪片麻岩夹黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩, 含超镁铁质小岩体, 并具有不同程度的蚀变。

区内断裂构造相当发育, 主要有 4 组: NNE 向、NEE—EW 向、SN 向和 NW 向, 其中以 NNE 向断裂组最为发育, 规模最大。该组断裂具有多次活动现象, 为矿液的循环和储存创造了良好的条件, 已发现的银矿体严格受 NNE 向构造蚀变带的控制。矿体形态较为复杂, 多呈脉状、透镜状、分支复合脉状产出。

矿石中金属矿物主要为方铅矿, 次为闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、黝铜矿、斑铜矿、纤锌矿、磁铁矿, 已知

银矿物有自然银、辉银矿、硫银矿、硫锑铜银矿等, 脉石矿物主要为石英和方解石。围岩蚀变发育, 近矿围岩蚀变以硅化、绢云母化为主, 并具多次硅化蚀变特征。围岩蚀变早期以硅化、绢云母化为主, 还有黄铁矿化, 晚期主要为碳酸盐化及硅化等, 氧化带发育有褐铁矿化、泥化等。当硅化强烈且具有多次硅化特征或硅化、绢云母化等同时存在时, 矿石质量较好。

矿石具半自形—他形晶粒状结构、固溶体分离结构、交代结构、交代残余结构和细脉状构造、网状构造、浸染状构造、角砾状构造, 反映了热液成因的特点。同时, 在脉石矿物石英中有环带结构, 金属矿物也具有多个世代, 说明了热液活动具有多期多阶段矿化的特点。

2 地球化学特征

2.1 区域地层岩石地球化学特征

根据地化剖面资料统计, 本区元素有如下特点:

(1) 与邻区(崮山)相比较, 太华群岩石中相对富集 SiO₂, K₂O, FeO 和 MgO, 且上述氧化物的变化系数较大。说明该区太华群由于变质作用、混合岩化作用影响, 岩石中的物质成分再分配作用明显。熊耳群岩石中相对偏基性, 富 FeO 和 MgO, 贫 CaO 和 Al₂O₃, K₂O 有升高的趋势(表1)。

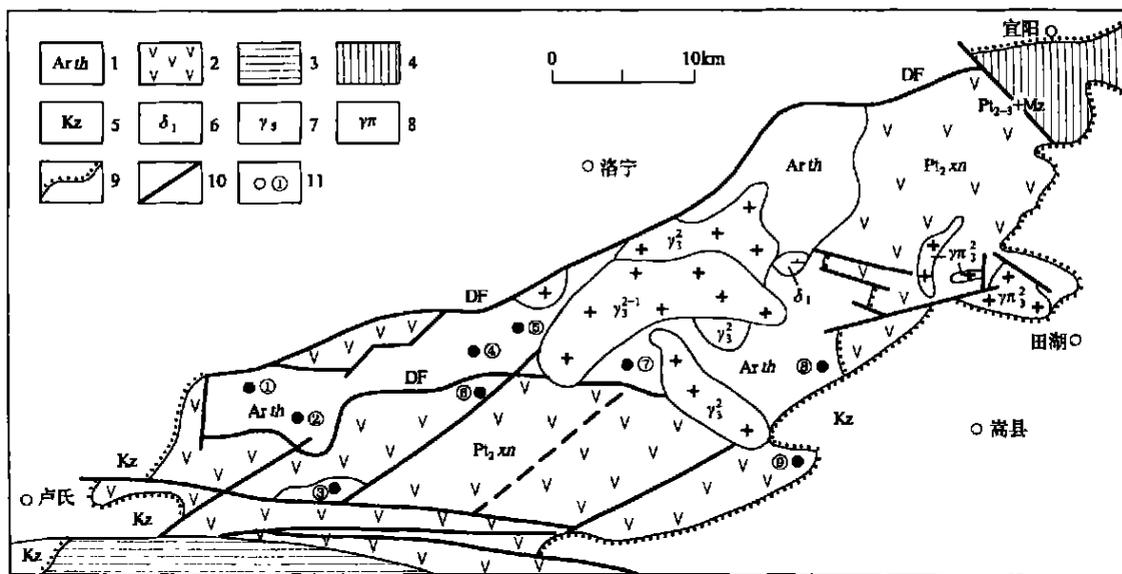


图1 熊耳山区域地质及矿产分布略图

Fig.1 Geological and mineral resource sketch of Xiong'er shan area

1. 太古界太华群 2. 中元古界熊耳群 3. 中元古界官道口群 4. 上中元古界一下古生界 5. 新生界 6. 闪长岩 7. 中生代花岗岩 8. 花岗斑岩 9. 不整合面 10. 断层 11. 矿床及编号: ①蒿坪沟(Ag-Pb-Au, 中型), ②铁炉坪(Ag-Pb, 大型), ③康山(Au, 中型), ④虎沟(Au, 中型), ⑤小池沟(Au, 中型), ⑥上官(Au, 大型), ⑦青岗坪(Au, 中型), ⑧祁雨沟(Au, 大型), ⑨瑶沟(Au, 中一大型)

表1 地层岩石化学特征

Table 1 The stratigraphic units' petrochemical characteristics

地层	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	w _B /%
崑山太华群	58.05	15.22	7.47	3.7	3.55	3.34	2.27	0.22	
熊耳山太华群	64.20	14.30	4.97	1.9	3.5	2.9	3.98	0.10	
下熊耳群	55.96	15.05	10.30	5.2	4.6	3.04	2.40	0.36	
中熊耳群	63.90	13.10	8.50	1.6	1.8	2.8	4.8	0.37	
上熊耳群	57.20	14.60	11.30	3.7	4.2	2.7	3.5	0.40	
普通安山岩(戴里)	59.59	17.31	6.46	2.75	5.8	3.53	2.03	0.26	

(2) 与地壳丰度相比, 区内岩石中微量元素质量分数普遍较低(表2)。不同地层对比, 太华群地层相

对富 Au, Ag, Cu, W, Sn, As; 熊耳群地层相对富 Zn, 花岗岩相对富 Mo, Bi, F。

表2 岩石微量元素特征

Table 1 Micro-element analysis of rocks in the mine area

地层/岩石	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	F
太华群	0.0010	0.06	25	21	68	2.2	2.8	1.1	0.13	2.8	517
下熊耳群	0.0006	0.02	14	14	114	0.1		0.66	0.21	1.1	645
花岗岩	0.0007	0.06	10	15	47	0.82	1.04	1.53	0.99	0.76	760
地壳丰度(维氏)	0.0043	0.07	47	16	83	1.3	2.5	1.1	0.009	1.7	660

2.2 矿石的化学成分特征

(1) 矿石的化学成分主要为 Ag ($w(\text{Ag}) = 230.68 \times 10^{-6}$), Pb ($w(\text{Pb}) = 2.39\%$), Fe ($w(\text{Fe}) = 7.18\%$), S ($w(\text{S}) = 0.45\%$), Cu ($w(\text{Cu}) = 0.072\%$), SiO₂ ($w(\text{SiO}_2) = 47.08\%$), Al₂O₃ ($w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1.96\%$) 等。

素相关分析(表3)表明, 区内主要成矿元素 Ag, Pb, Zn, Cu 的相关性较为明显 ($\gamma > 0.5$), 但据部分样品分析结果可知, 铅、锌含量高时, 银含量较低, 这说明银除以类质同象赋存在方铅矿、闪锌矿等矿物中外, 还以独立矿物形式在矿石中赋存, 如: 辉银矿、硫银矿、角银矿等。从表3还可以看出, 各成矿元素组合中成矿晕元素(Ag, Pb, Zn, Cu)之间和前缘晕元素

(2) 据95个矿石样品分析结果, 矿石中10个元

(Sb, As) 之间的相关性较强, 而和尾矿晕元素(W, Bi, Mo) 之间相关性则较弱。据此, 可推测该矿区矿体的剥蚀程度为中—浅程度。

表 3 铁炉坪矿区各元素相关系数矩阵表

Table 3 Correlative matrix of ore elements

元素	Zn	Cu	Pb	As	Bi	Sb	W	Mo	Au	Ag
Zn	1.000	0.823	0.501	0.432	-0.017	0.738	0.141	0.033	0.033	0.857
Cu		1.000	0.666	0.347	0.017	0.697	0.072	-0.018	0.027	0.818
Pb			1.000	0.188	-0.024	0.452	0.040	-0.024	0.031	0.506
As				1.000	-0.020	0.857	0.140	0.025	0.042	0.866
Bi					1.000	-0.017	0.076	0.588	0.059	0.006
Sb						1.000	0.087	0.018	0.047	0.689
W							1.000	0.487	-0.011	0.226
Mo								1.000	0.077	0.048
Au									1.000	0.036
Ag										1.000

2.3 岩石中微量元素的变化特征

矿区围岩蚀变发育, 统计矿区内各种蚀变岩和原岩中微量元素变化(表 4)可以看出, 在各种蚀变岩中, 成矿元素 Ag, Pb, Zn, Cu 均有不同程度的富集, 其中硅化、黄铁矿化蚀变岩的富集程度较好, 因此, 硅化、黄铁矿化又可作为一种找矿标志。

2.4 地球化学异常特征

铁炉坪 1:5 万水系沉积物测量, 圈定 Ag 异常

面积 29 km², 元素组合以 Ag, Pb, Bi, Sb 为主, 伴生 Cu, Au, W, Sn, Mo, As, Zn, Cr, Ni, Ti, Mn, Hg。以 Ag 异常面积大、强度高、浓集中心明显为特征, w(Ag) 最大值为 15.81 × 10⁻⁶, w(Pb) 最大值 1768 × 10⁻⁶(图 2)。1:1 万比例尺次生晕异常与含矿构造破碎带一致, 呈 NE 向长条状展布。

在矿床原生晕剖面中(图 3), 在矿体上方出现 Ag, Pb, Cu, Zn, Au, Sb, As, Hg 多元素组合异常。从

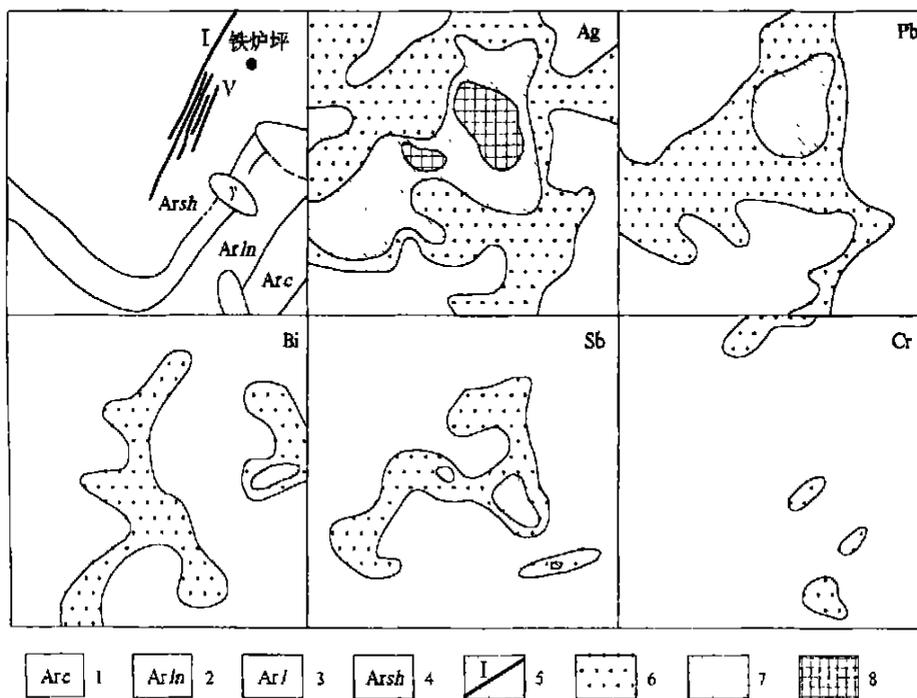


图 2 铁炉坪银矿床分散流异常剖析图

Fig. 2 Stream sediment anomaly map of Tieluping Ag deposit

1. 太华群草沟组 2. 太华群龙门店组 3. 太华群龙潭沟组 4. 太华群石板沟组 5. 银铅矿体及编号 6. Ag= 0.1~0.4, Pb= 50~200, Bi= 1~4, Sb= 2~4, Cr= 150~300 7. Ag= 0.4~1.6, Pb= 200, Bi= 4~16, Sb= 4~8 8. Ag> 1.6(w_B/10⁻⁶)

表4 铁炉坪矿区各种岩石微量元素特征

Table 4 Variation of micro-elements in the rocks in the mine area

岩石名称	样品数	平均值 ($w_B/10^{-6}$)									
		Ag	Pb	Zn	Cu	Au	As	Sb	Bi	W	Mo
黑云斜长片麻岩	11	0.67	336	114	99	0.025	22.8	1.3	0.8	39.4	0.6
黑云斜长角闪片麻岩											
斜长角闪片麻岩											
硅化碎裂岩	3	7.1	1147	371	98	0.019	5	2.2	1.0	7.4	0.9
硅化蚀变岩											
黄铁矿化蚀变岩	8	4.7	1599	408	164	0.015	2.1	1.7	0.7	10.5	1.6
绿泥石化蚀变岩	5	0.9	318	200	64	0.187	5.5	1.2	1.4	38	1.24
蚀变碎裂岩											

表5 铁炉坪银矿地表、坑道矿石(矿化)元素特征

Table 5 Ore element analysis of samples collected from ore and mineralization at surface and adits

位置	n	$w_B/10^{-6}$					
		Au	As	Bi	Sb	Hg	Ag
地表	10	0.00543	2.62	0.27	12.63	0.07	16.65
坑道	10	0.05463	22.55	4.74	92.50	0.133	224.71
位置	W	Sn	Cd	Zn	Be	Cu	Ti
地表	20.1	4.66	4.61	1069	3.69	56.2	4603
位置	13.55	5.66	3.68	933.5	1.77	611.9	1666.4
位置	Mn	Co	Ni	Pb	Mo	Cr	V
地表	17361	23.6	26.2	8021.4	5.69	53	99.5
坑道	8408.8	11.1	11.2	76001	9.98	7.6	27.6

地表与坑道垂向对比, Ag, Pb, Cu, Bi, Sb, As, Au, Mo 向深部有富集趋势, 而 W, Be, Mn, Ti, V 在地表富集明显(表5)。通过综合对比, 该矿床元素分带序列(自下而上)为 Bi, Mo, Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Hg, As, Sb。

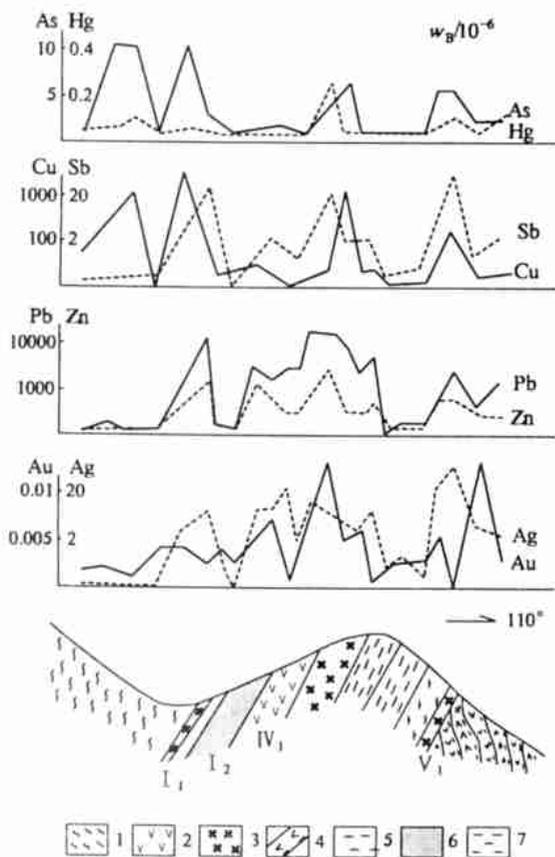


图3 铁炉坪银矿11线剖面地球化学异常图

Fig. 3 Geochemical anomaly diagram along No. 11 line

1. 蚀变混合岩 2. 蚀变角砾岩 3. 蚀变辉绿岩 4. 绿泥石化角闪岩 5. 闪长细晶岩脉 6. 矿体及编号 7. 片理化带

3 成矿物质来源探讨

3.1 矿物包体特征

矿物包体测温结果表明, 均一温度在 150 ~ 244 , 包体分析结果表明(表6): 成矿溶液以低盐度 ($w(\text{NaCl}) = 0.5\% \sim 9.52\%$), 富 CO_2 为特征。 K^+ / Na^+ 为 1.203, F^- / Cl^- 为 0.913, $w(\text{CO}_2) / w(\text{H}_2\text{O})$ 为 0.096, 属 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{H}_2\text{O}$ 体系。 $w(\text{CO}_2) / w(\text{H}_2\text{O})$, K^+ / Na^+ 值与燕山期花岗岩期后热液的性质相近, 反映了从岩浆热液向成矿热液的演化同属一演化序列。

3.2 同位素组成特征

铁炉坪银矿方铅矿的硫同位素样品测定结果(表7)表明, $\delta(^{34}\text{S})$ 值的变化范围为 $-1.4 \times 10^{-3} \sim -6.4 \times 10^{-3}$, 平均值为 -4.3×10^{-3} 。硫同位素组成稍富轻 ^{32}S , 变化范围小, 说明成矿热液硫源主要来自岩浆热液。

表 6 铁炉坪银矿床矿物包体成分分析结果

Table 6 Chemical analysis of fluid inclusion of Tieluping Ag deposit

 $w_p/10^{-6}$

产地	样数	CO ₂	CO	H ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
铁炉坪	4	216.90	3.25	2255	16.14	13.41	1.77	1.40	8.64	9.46	7.11
花山岩体	3	220.90	2.74	2226	19.27	10.76	1.68	1.99	2.54	13.33	16.79

方铅矿的铅同位素组成(表 8)显示,铅同位素的 $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 比值在 17.444 ~ 17.824 之间,平均值为 17.676; $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 比值为 15.368 ~ 15.546 之间,平均值为 15.460; $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 比值在 37.711 ~ 38.274 之间,平均值为 38.025。具放射成因铅的特征。在铀铅图解上多数样品都落在地幔铅平均演化曲线之上、造山带铅平均演化曲线之下,与该区太华群和花山岩体样品投影点交汇区位一致。表明了铁炉坪银矿床矿质可能来自于太华

群地层与燕山期岩体。

表 7 铁炉坪银矿床硫同位素组成特征

Table 7 S-isotope composition of Tieluping Ag deposit

序号	1	2	3	4
采样位置	LD ₁₀	PD ₄	LD ₉	LD ₉
测试矿物	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿
$\delta(^{34}\text{S})/10^{-3}$	-4.5	-4.5	-6.4	-1.4

据李忠烈(1994)。

表 8 铁炉坪银矿床铅同位素组成特征

Table 8 Pb-isotope composition of Tieluping Ag deposit

序号	产地	样数	$w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	
1	太华群	7	17.07	15.40	37.66	
2	熊耳群	4	16.78	15.35	36.76	
3	花山岩体	11	17.56	15.45	37.83	
方铅矿-1			17.697	15.440	37.995	
方-2			17.728	15.464	38.028	
方-3	铁 炉 坪		17.444	15.368	37.711	
方-4			17.824	15.546	38.274	
方-5			17.789	15.515	38.227	
方-6			17.541	15.422	37.876	
方-7			17.718	15.468	38.062	
平均值				17.676	15.460	38.025

据李忠烈(1994)和陈德杰(1996)资料综合。

4 成矿地球化学模式

综上所述,铁炉坪银矿床具有如下地球化学特征

(1) 太华群地层相对富集 SiO₂, K₂O, FeO 和 MgO; 但变化系数较大,而包括 Ag 在内的多种微量元素均低于地壳,太华群为发育于太古代晚期的裂谷型花岗绿岩建造,成岩后经受多次强烈的区域变质、混合岩化及构造变形作用之改造,使成矿元素活化迁移。现有太华群的元素含量很可能是成矿作用淋滤后残留含量。

(2) 燕山期花岗岩(花山岩体)中成矿元素含量也较低,结合铅、硫同位素等地球化学证据,岩体也

可能部分地提供成矿物质。

(3) 成矿溶液中—低温,低盐度,富水。据氢氧同位素特征,其水源可能来自于岩浆期后热液。

(4) 矿床原生地球化学异常是 Ag, Pb, Cu, Zn, Au, Sb, As, Hg 多元素组合特征,矿床分带序列(自下而上)为: Bi, Mo, Cu, Au Ag, Pb, Zn Hg, As, Sb。

(5) 矿床形成受到太古界太华群地层、燕山期岩浆活动和中生代构造活动控制。基底太古界太华群变质岩系是成矿物质的初始来源,经早期变质、变形作用的改造,其中的成矿金属元素迁移,并在一定深度上初步富集形成衍生矿源层。然后,伴随着陆内俯冲构造运动,局部温-压梯度增高,造成太华群地层重熔形成花岗质岩浆,上升侵位形成花山等大岩体,岩浆期后含矿热液运移至构造系统中。根据元素地球化学理论(刘英俊等,1987),银呈 $\text{Ag}(\text{HS})_2^-$ 络合

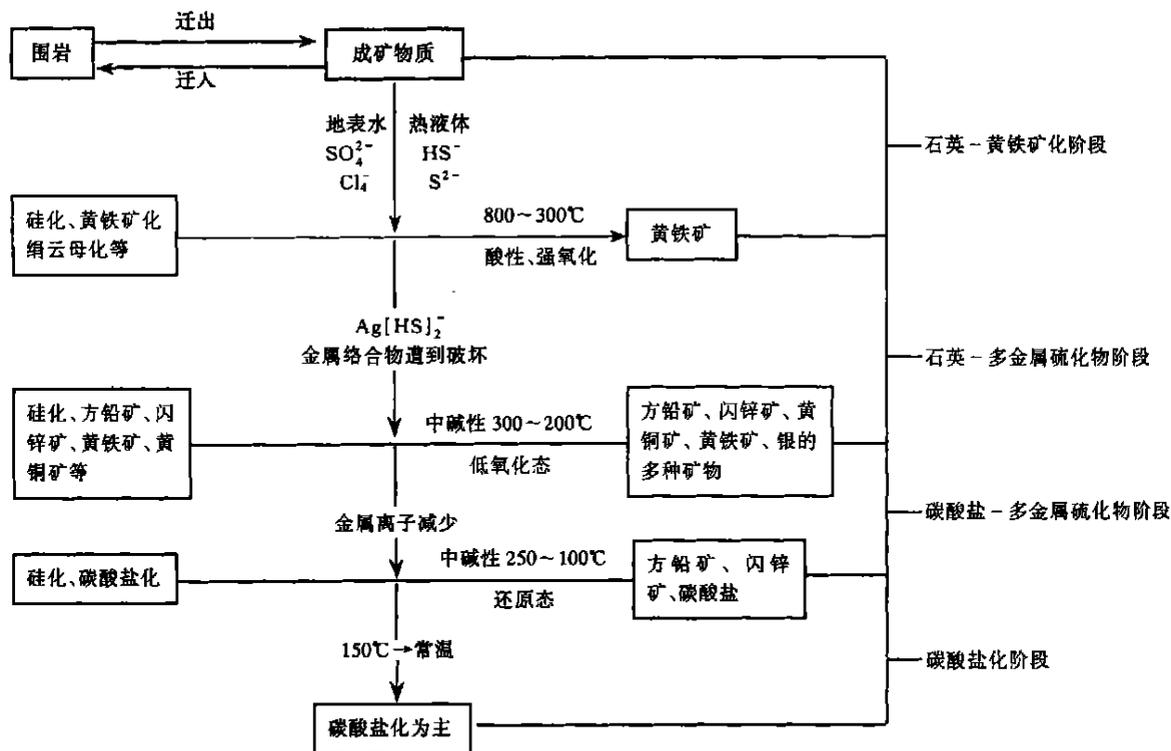


图4 铁炉坪银矿成矿模式

Fig. 4 Metallogenic model of Tieluping Ag deposit

物等形式迁移,成矿溶液经历早期高温酸性强氧化状态,尔后物化环境变化,成矿溶液呈中碱性中温低氧化状态,后期中—低温、还原状态,在此过程中形成银的多种矿物和黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等大量硫化物以及石英和方解石等脉石矿物。综合成矿模式如图4。

河南有色金属地质, 1992, 22(2): 40-46.

[2] 郭时然, 陈德杰. 河南铁炉坪银铅矿床银的富集规律初探[J]. 河南有色金属地质, 1991, 22(2): 19-26.
 [3] 刘英俊, 曹励明. 元素地球化学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 150-155.
 [4] 陈德杰. 豫西熊耳山地区金银成矿带区域成矿模式研究[J]. 河南地质, 1996, 14(3): 169-175.
 [5] 李忠烈. 河南洛宁铁炉坪银矿床方铅矿研究[J]. 河南地质, 1994, 12(1): 5-10.

参考文献:

[1] 李忠烈. 洛宁县铁炉坪银铅矿床微量元素特征及地质意义[J].

STUDY ON THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TIELUPING SILVER DEPOSIT, HENAN

ZHANG Qiao-mei¹, XIE Qing-lin², ZHAI Dong-xing¹, CHEN De-jie¹, LIU Guo-ming¹

(1. Team 6, Geological and Mineral Resources Bureau of Nonferrous Metal of Henan, Luoyang 471002, China;

2. Guilin Institute of Technology Department of Natural Resources & Environment Engineering, Guilin 541004, China)

Abstract: The ore fluid of Tieluping silver deposit is characterized by medium-low temperature and low (下转第 139 页)

蚀变异常、圈定成矿远景区,为常规找矿方法指明找矿方向,缩小工作范围。通过研究,总结出西昆仑地区遥感找矿异常提取的工作程序:遥感矿化异常圈定的机理分析 数据类型选择 基础图像制作 区内典型蚀变类型的确定 最佳异常圈定方法的选择 遥感矿化蚀变异常圈定 影像解译 异常图的编制 成矿远景区的划分。

参考文献:

[1] 郑威,陈述彭.资源遥感纲要[M].北京:中国科学技术出版社,

1995.

- [2] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等.遥感影像地学理解与分析[M].北京:科学出版社,1999.
- [3] 赵鹏大,陈永清,刘吉平,等.地质异常成矿预测理论与实践[M].武汉:中国地质大学出版社,1999.
- [4] 薛重生,楼性满,徐成彦,等.地矿部“七五”科技攻关项目研究成果报告:1-5万区调中遥感方法技术研究[R].武汉:中国地质大学(武汉),1990.
- [5] 张振飞,卢登蓉,姜常义,等.昆盖山北坡—布伦口地区矿产资源综合找矿评价(研究报告)[R].南京:南京地质矿产所,2001.
- [6] 肖克炎,朱裕生,张晓华,等.矿产资源评价中的成矿信息提取与综合技术[J].矿床地质,1999,18(4):379-384.
- [7] 张佩民,黄林日,鲍巨才,等.辽西肖家营子地区金矿遥感信息提取及成矿预测[J].国土资源遥感,2000,45(3):31-37.

STUDY ON INFORMATION EXTRACTION OF REMOTE SENSING MINERALIZING ALTERATION ANOMALY IN TASHKUERGAN AREA OF WEST KUNLUN MOUNTAIN

WANG Xiao-peng, XIE Zhi-qing, WU Yue-zhong

(Remote sensing Application institute of Aerophotogrammetry & Remote Sensing of China Coal, Xi'an 710054, China)

Abstract: Using ETM space image data as the information source, we did some information extraction study on remote sensing mineralizing anomaly in Tashkuergan area of West Kunlun mountain. We tested some mineralizing abnormal information extraction and classification method based on spectral signature and texture characteristics, accessed the best remote sensing mineralizing anomaly Extraction program. We extract the three types of mineralizing alteration related with copper in studing aera, then different color given and superimposed tegather as a remote sensing map of mineralizing alteration. Based on the procession and the map and the regional mineralizing geological conditions, we recognize four prospecting area in this region. At last, we sum up a set of working process on extraction of remote sensing mineralizing alteration anornaly.

Key words: Mineral survey with remote sensing method; Mineralizing alteration anomaly; Information extraction; Tashkuergan; the west kunlun area; Xinjiang

(上接第 126 页)

salinity. It was probably derived from the deuteric hydrothermal fluid. The mineralisation was related to the strata of Taihua group, magma and structural activity of Yanshanian period. The primary anomalies of the deposit are of multi-element assembly. The zoning sequence of anomaly from up to down is Bi, Mo, Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Hg, As, Sb.

Key words: Tieluping silver deposit; geochemical features; Henan province