



吉林白山刘家堡子-狼洞沟金银矿床 地球化学特征及成因探讨

吴明刚¹, 王胜炬², 王贤孝³

(1. 烟台黄金职业学院, 山东 烟台 265401; 2. 辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 辽宁 鞍山 114038; 3. 青海省柴达木综合地质矿产勘查院, 青海 格尔木 816000)

摘要:通过对刘家堡子-狼洞沟金银矿床地质、成矿元素和同位素地球化学特征的分析研究,发现矿区内近 EW 向和 NE 向断裂构造是主要容矿构造;最佳找矿元素前缘晕组合为 As-Sb-Zn, 矿上晕元素组合为 Au-Ag-Pb-Hg, 尾晕元素组合为 Ni-Cu-Co;成矿作用中,古老基底中元古宙老岭群变质岩系为成矿提供了丰富的物质来源,而燕山期构造岩浆活动在提供成矿物质的同时还提供了热动力。刘家堡子-狼洞沟金银矿床应划属为与燕山晚期超浅成中性岩浆岩有关的中低温热液构造裂隙充填型金银矿床。

关键词:老岭群变质岩系;刘家堡子-狼洞沟金银矿床;多金属硫化物;吉林白山

中图分类号:P595 **文献标识码:**A

引文格式:吴明刚,王胜炬,王贤孝.吉林白山刘家堡子-狼洞沟金银矿床地球化学特征及成因探讨[J].山东国土资源,2016,32(4):17-21. WU Minggang, WANG Shengju, WANG Xianxiao. Geochemical Characteristics and Genesis of Liujiapuzi-Langdonggou Gold and Silver Deposit in Baishan Area of Jilin Province[J]. Shandong Land and Resources, 2016,32(4):17-21.

1957 年发现的小型矽卡岩型六道江铜矿,主要产于燕山期石英闪长斑岩体与灰岩的接触带,1984 年在对其矿石进行综合查定中发现有自然金存在,进而开展普查找矿工作于 1999 年发现刘家堡子-狼洞沟金银矿床,该矿床的发现对白山市其他地区乃至国内的其他多金属矿床具有重要的参考意义^[1-2],经过半个多世纪的开采和利用,矿区资源形式严峻,查明该矿床的区域构造演化、地质控矿规律、地球化学特征以及成矿作用,对该矿床深部和外围的探矿增储以及国内其他多金属矿床的研究意义重大^[3-7]。

1 成矿地质背景

刘家堡子-狼洞沟金银矿床行政区划属白山市六道江镇及八道江区市郊乡七道江村管辖,大地构造位置处于中朝准地台(I)辽东台隆(II)太子河-

浑江陷褶断束(III)浑江向斜(IV)近轴部之北冀^[8],其基底为太古代龙岗群和中元古代老岭群变质岩系,盖层为寒武系及奥陶纪石灰岩及砂页岩,中生代以来,燕山期强烈岩浆活动形成了从浅成到深成的一系列岩浆岩,形成了刘家堡子-狼洞沟金多金属矿化集中区。

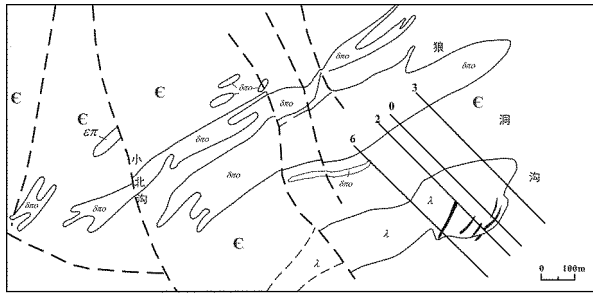
矿区范围内出露地层主要有新元古界白口系、新元古代震旦系、晚古生代寒武系和奥陶系,其中寒武系为矿区主要含矿层位,分布于中部,主要包括馒头组、毛庄组紫红色页岩、粉砂岩夹灰岩,徐庄、张夏组紫色页岩、鲕粒灰岩,崮山组、长山组、凤山组紫色页岩、竹叶状灰岩(图 1)。

矿区位于浑江向斜北冀近轴部,总体上为一单斜构造,岩层总体产状走向 NE、SE 倾,倾角 30°~50°左右,主单断裂有 3 组:①NE 向构造在断裂区内发育广泛、走向 30°~40°,倾向 SE,倾角 30°~40°,是沿单斜构造的层间滑动构造演变而成,属压扭性质,

收稿日期:2016-01-04;修订日期:2016-02-17;编辑:陶卫卫

基金项目:国土资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室资助项目(编号:2013007)

作者简介:吴明刚(1989—),男,山东烟台人,助教,主要从事金矿床成矿规律和成矿预测研究;Email:neu_wmg@163.com



1—寒武纪砂页岩;2—夹灰岩次流纹斑岩;3—石英闪长斑岩;
4—长石斑岩;5—金银矿(化)体;6—实测及推测断层;7—实
测及推测地质界线

图1 刘家堡子-狼洞沟金银矿地质平面示意图

局部见 Au, Ag, Cu, Pb, Zn 矿化;②近 EW 向构造较发育,一般呈破碎蚀变带形式出现, F1, F2 两条主断裂总体上控制着矿床及物、化探异常分布,走向 70°~90°, N—NW 倾, 倾角 70°~80°, 为压扭性质, 断裂面较平直、稳定, 是区内导矿和赋矿构造, 具多期活动特点;③NW 向构造呈剪切性质, 破坏前 2 组构造及地层的连续性, 断距较大, 目前该组断裂中没有发现工业矿体, 为成矿期后断裂。

区内岩浆活动主要为燕山中晚期, 表现形式为先喷发后侵入, 主要分布在测区中西部沿江一带, 以凝灰岩及溶结凝灰岩类为主, 产出时代大体上为上

侏罗世-下白垩世以裂隙喷发堆积为主, 但也有超浅成侵入体, 呈脉状岩墙穿插于寒武、奥陶纪地层中, 与金银多金属矿化关系密切。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

刘家堡子-狼洞沟金银矿床在长 5 km, 宽 1 km 的范围内, 从西至东划分为刘家堡子矿段、东甸矿段、狼洞沟矿段, 目前共发现金银矿(化)体 12 条, 主要分布在工作程度相对较高的刘家堡子及狼洞沟矿段。区内现已发现的矿(化)体, 多呈似脉状、偶见囊状, 延长十几米至数百米, 主矿体延深大于 300 m, 矿体总体分布受 F1、F2 两条近 EW 向压扭性断裂组控制, 其产状大向近 EW, 向 N 倾。倾角陡, 在 60°以上, 个别矿体呈 NE 向展布, 规模较小; 总体看来, 主矿体产状稳定, 受构造控制明显, 与围岩界线清晰, 各组分含量变化不大, 矿床内主要矿体特征详见表 1。

2.2 矿石特征

2.2.1 矿石矿物成分

矿床内矿石中除自然金、银金矿外, 金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和少量黄铜矿、蓝铜矿、

表1 刘家堡子-狼洞沟金银矿床矿(化)体特征

矿段	矿体号	起止线	规模(m)				产状(°)			矿石类型	品位($\times 10^{-6}$)				
			控制长度		幅宽		走向	倾向	倾角		最大		平均		
			延长	延深	最大	平均					Au	Ag	Au	Ag	
刘家堡子	1	8~15	486	320	4.73	1.77	90	360	70	含 硫 化 物 金 银 矿 石	55.44	1053.15	9.53	349.78	
	2	4~19	480	280	3.25	2.53	90	360	70		18.57	620.24	8.21	285.31	
	3	3~5				1.56	85	350	60					6.58	213.40
	4	9~11				1.45	45	315	60					9.10	203.70
	5	6~4				1.30	50	320	55					7.75	195.80
东甸	3-1		110		2.96		125	35	65		19.38	376.93	7.14	189.52	
	3-2				1.00		140	50	50		0.70	11.58	0.70	11.58	
狼洞沟	1-4	0~4				0.83	20	110	30				10.95	448.29	
	1-5	2~0				1.50	45	135	60				10.25	147.92	
	1-7	0~8	120	145	3.00	1.72	45	135	65		16.78	486.20	7.39	241.37	
	2-1	4				1.10	45	135	55				0.97	11.81	
	2-2	4				1.40	45	135	55				0.88	13.56	

黝铜矿、银黝铜矿等, 金属矿物含量 10%~15%, 次生矿物有孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿, 非金属矿物主要有石英、方解石、透辉石、绿帘石、黄晶石等。

2.2.2 矿石结构构造

矿石结构主要包括: ①自形晶-半自形晶粒状结构: 黄铁矿、方铅矿、闪锌矿呈自形晶-半自形晶粒

状分布于矿石中; ②乳滴状结构: 黄铜矿在闪锌矿中, 碲银矿在方铅矿中呈乳滴状分布; ③交代溶蚀结构: 黄铜矿交代黄铁矿、方铅矿, 闪锌矿交代溶蚀黄铁矿以及银碲矿交代方铅矿、闪锌矿等; ④包含结构: 方铅矿包含黄铜矿, 黄铁矿包含方铅矿分布于矿石中。

矿石构造主要包括:①浸染状构造:黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿呈细粒浸染状分布于矿石中;②致密块状构造:以黄铁矿为主,或以方铅矿、闪锌矿为主,或有二者组合而成;③细脉穿插构造:黄铁矿及多金属硫化物呈细脉状分布在矿体中形成脉状或网脉状矿石。

2.2.3 矿石类型

根据矿石结构构造和矿物组合可将刘家堡子-狼洞沟金银矿床的矿石类型划分为 2 类:①团块状含黄铁、铅锌金银矿石;②细脉浸染状含黄铁、黄铜、铅锌金矿石。

2.2.4 金矿物赋存状态

矿石中金矿物呈自然金和银金矿形式存在,与成矿后期的方铅矿、闪锌矿及碲银矿、碲铅矿组合紧密伴生,裂隙金和粒间金占 91.51%,含少量包裹金,除个别直接充填在方铅矿的解理外,大多数以不规则的角粒状、蠕虫状或乳滴状分布在碲银矿的边缘或在其晶体中,粒度粗细不均,一般多分布在 0.1~

0.053 mm,以中粗粒为主^[5]。

2.3 围岩蚀变

矿体围岩主要为寒武纪灰岩及燕山晚期的石英闪长斑岩、次流纹斑岩;矿体与围岩界线清楚,一般无夹石。矿床内围岩蚀变以硅化、碳酸盐化、绿泥石化、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿化为主,其次为高岭土化、角岩化、钾化、绿帘石化、萤石化、叶腊石化等。其中硅化与金银矿化关系密切,一般来硅化越强,金银品位就越高。

3 地球化学特征

3.1 成矿元素组合特征

为确定刘家堡子-狼洞沟金银矿床不同元素组合特征及与成矿作用相关性,本文选取刘家堡子矿段 10 个不同矿石矿物的成矿元素含量进行了多元统计分析(表 2)^[9]。

表 2 不同金属矿物的元素含量

编号	矿物名称	Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn
1	黄铁矿	12.93	404	150	704	2.5	2.00	0.513	0.090	0.0004	0.0027	0.0017	0.000
2	闪锌矿	19.64	898	310	625	2.5	14.50	1.571	53.74	0.1518	0.0057	0.0000	0.6227
3	黄铁矿	1.38	42.8	350	1362	2.5	2.00	0.605	1.669	0.0073	0.0049	0.0043	0.0240
4	黄铁矿	1.06	45.4	198	253	2.5	1.00	0.245	0.0031	0.0063	0.0037	0.0045	0.0170
5	黄铁矿	1.48	103	25	160	2.5	4.00	1.960	51.68	0.2753	0.0010	0.0000	0.5487
6	方铅矿	44.94	1616	8	525	32.5	23.50	70.976	1.123	0.0076	0.0039	0.0000	0.0711
7	方铅矿	20.16	1422	2	555	2.5	0.50	72.140	3.525	0.0156	0.0004	0.0000	0.0933
8	黄铁矿	1.44	8.4	2	121	2.5	0.75	0.313	0.050	0.1106	0.0049	0.0484	0.0010
9	黄铁矿	6.64	117	78	45	2.5	1.50	2.100	1.725	0.0374	0.0042	0.0072	0.0471
10	黄铁矿	2.31	16.9	5	711	2.5	0.75	0.275	0.480	0.9912	0.0053	0.0224	0.0059

注: Au, Ag, As, Sb, Bi, Hg 含量单位为 10^{-6} ; 其他元素为重量%。

3.1.1 R 型聚类分析

从图 2 聚类分析中可以看出, 矿区内 12 个元素主要可以分为 Zn - Mn - As - Sb, Au - Ag - Pb - Bi - Hg 和 Ni - Co - Cu 3 个元素组合, 其中 Au 和 Ag 伴生关系明显, Au, Ag 和 Pb 等成矿元素与热液指示元素 Bi 关系密切, 表明矿床成因与热液作用密切相关, 且 Au - Ag - Pb - Hg 可作为矿上晕元素组合; 同时, As 和 Ab 作为一个低温元素组合, 与成矿元素 Zn 关系密切, 可作为前缘晕元素指示组合; Ni, Co, Cu 关系密切, 在该区成矿活动中, 可能作为一个单独高温成矿阶段出现。

3.1.2 因子分析

从刘家堡子-狼洞沟金银矿床成矿元素的 4 组

分图解表(表 3)和 3 主因子三维图解(图 3)可以看出, 主因子 1 代表成矿元素组合(Au - Ag - Pb - Bi - Hg), 主因子 2 代表前缘晕组合(As - Sb), 主因子 3 代表尾晕元素组合(Ni - Cu - Co)。通过对刘家堡子-狼洞沟金银矿床成矿元素的 R 型聚类分析和因子分析, 认为该区最佳找矿元素前缘晕组合为 As - Sb - Zn, 矿上晕元素组合为 Au - Ag - Pb - Hg, 尾晕元素组合为 Ni - Cu - Co。

3.2 同位素特征

选取 6 个黄铁矿、2 个闪锌矿、2 个方铅矿进行硫同位素进行研究, 从硫同位素组成表(表 4)和频数图(图 3)可以看出, 该矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 同位素分布范围 $(0.80 \sim 2.93) \times 10^{-3}$, 均值 1.785×10^{-3} , 极差 2.13×10^{-3} ,

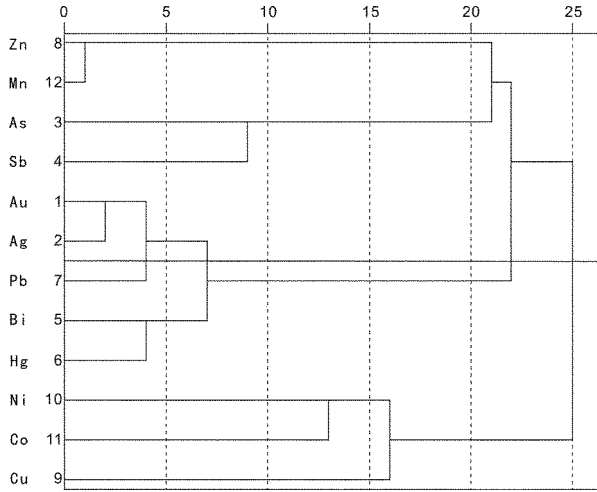


图 2 刘家堡子-狼洞沟金银矿床成矿元素 R 型聚类分析

表 3 刘家堡子-狼洞沟金银矿床成矿元素因子分析成分

元素	成分			
	1	2	3	4
Au	0.967	-0.061	0.116	0.133
Ag	0.944	-0.020	-0.024	-0.060
Pb	0.861	-0.342	-0.124	-0.168
Bi	0.827	-0.249	0.182	0.316
Hg	0.818	0.250	0.202	0.441
Co	-0.517	-0.512	-0.038	0.493
Zn	0.075	0.881	-0.391	0.222
Mn	0.161	0.875	-0.381	0.217
Sb	0.053	0.179	0.758	-0.233
Ni	-0.277	0.065	0.672	0.627
As	-0.185	0.641	0.670	-0.262
Cu	-0.361	-0.079	-0.114	0.579

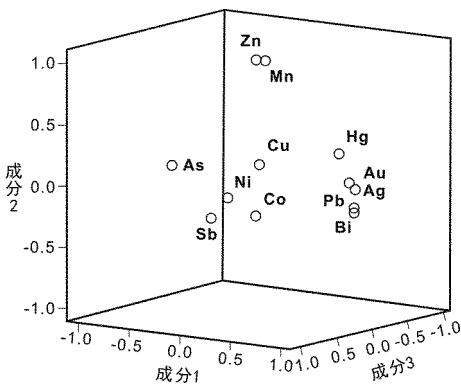


图 3 刘家堡子-狼洞沟金银矿床成矿元素因子分析图

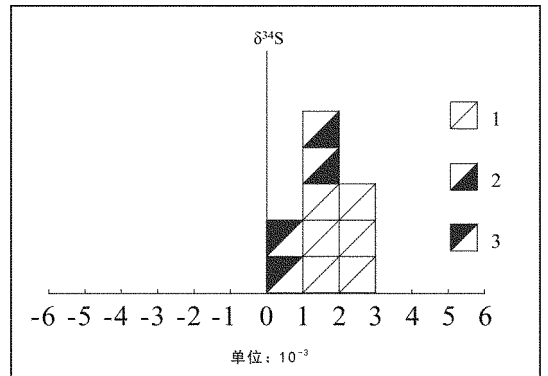
分布范围较窄,塔式效应明显,且都在零值附近,接近陨硫硫的特征,表明他们来源较深,有岩浆热液成矿特征;且从硫同位素频数图上可以看出,总体上早期生成的黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值大于晚期闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,

而闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值又大于方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值,表明成矿作用过程中,结晶分异作用明显,具有岩浆热液矿床的一般特征。

表 4 刘家堡子-狼洞沟金银矿床硫同位素组成

样品	矿物	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	均值	极差
2-1	黄铁矿	+2.74	1.785	2.13
9-1	闪锌矿	+1.82		
9-2	黄铁矿	+2.93		
9-3	黄铁矿	+2.43		
9-4	闪锌矿	+1.18		
9-5	方铅矿	+0.95		
9-6	方铅矿	+0.80		
C-1	黄铁矿	+1.77		
10-1	黄铁矿	+1.83		
$\gamma\delta-1$	黄铁矿	+1.40		

资料来源:吴尚全,1991年;王兴昌等,2010年。



1—黄铁矿;2—闪锌矿;3—方铅矿

图 3 刘家堡子-狼洞沟金银矿床硫同位素频数图

针对刘家堡子-狼洞沟金银矿床铅同位素特征,吴尚全和王兴昌等人分别进行过部分研究(表 5)^[9-10],计算分析发现,该矿床铅同位素年龄 1 398.9 ~ 1 634.6Ma,皆属于古老正常铅,表明成矿物质来源较深,可能来源于该地区的古老基底中的中元古界老岭群变质岩系^[11]

表 5 刘家堡子-狼洞沟金银矿床铅同位素组成

序号	矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	年龄/Ma
1	方铅矿	16.5442	15.8076	38.6374	1634.6
2	方铅矿	16.1837	15.2773	36.8684	1398.9
3	方铅矿	16.4475	15.5508	37.8073	1474.8

资料来源:吴尚全,1991年;王兴昌等,2010年。

4 结论

(1)近 EW 向和 NE 向断裂构造是矿区主要容矿构造,刘家堡子矿段主矿体赋存在近 EW 向断裂组中,狼洞沟矿段矿体均产于 NE 向断裂中,近

EW 向构造破碎蚀变带是矿床主要控矿构造。

(2) 刘家堡子-狼洞沟金银矿床的最佳找矿元素前缘晕组合为 As - Sb - Zn, 矿上晕元素组合为 Au - Ag - Pb - Hg, 尾晕元素组合为 Ni - Cu - Co。

(3) 在成矿作用中, 古老基底中元古宙老岭群变质岩系为成矿提供了丰富的 Cu, Pb, Zn, Au, Ag 等物质来源, 而燕山期构造岩浆活动在提供成矿物质的同时还提供了热动力。

(4) 成矿过程中, 石英闪长斑岩侵入, 首先与围岩石灰岩形成了接触交代矽卡岩铜矿——六道江铜矿, 后期由于热液叠加, 岩浆晚期中低温富含金银多金属热液以裂隙充填方式就位到近 EW 向断裂带和 NE 向层间断裂带中, 形成含多金属硫化物金银矿脉, 形成含金银铜矿(化)体。

(5) 刘家堡子-狼洞沟金银矿床应划属为与燕山晚期超浅成中酸性岩浆岩有关的中低温热液构造裂隙充填型金银矿床。

参考文献:

[1] 王可勇, 卿敏, 孙丰月, 等. 吉林小西南盆金-铜矿床成矿流体地

球化学特征及矿床成因研究[J]. 岩石学报, 2010, 26(12): 3727 - 3734.

[2] 赵宏光. 延边中生代浅成热液铜金矿床的成矿模式研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.

[3] 张玉生, 王森, 董国振, 等. 吉林省白山市六道江铜(金)矿床地质特征及找矿方向探讨[J]. 西部探矿工程, 2013, (12): 104 - 106.

[4] 肖丙建. 莱芜市铁铜金矿地质特征及其成因探讨[J]. 山东国土资源, 2015, 31(1): 1 - 7.

[5] 李孝文, 李景光, 王嵩莉, 等. 白山市二马驹沟一小横路岭金矿地质特征及找矿意义[J]. 吉林地质, 2010, (2): 41 - 44.

[6] 张建泽. 吉林省白山市板庙子金矿床地质、地球化学特征及成因研究[D]. 吉林大学, 2015.

[7] 湛剑, 英基丰. 烟台金斗山金矿方铅矿的成因矿物学研究[J]. 山东国土资源, 2005, 21(10): 44 - 47.

[8] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 515 - 533.

[9] 吴尚全. 吉林刘家堡子金矿床成矿地质特征[J]. 吉林地质, 1993, 12(2): 38 - 44, 56.

[10] 王兴昌, 冷青林, 苗迪, 等. 吉林省白山市狼洞沟金银矿床地质特征及成因探讨[J]. 吉林地质, 2010, 29(3): 20 - 23, 28.

[11] 王集源, 吴家弘. 吉林省元古宙老岭群的同位素地质年代学研究[J]. 吉林地质, 1984, (1): 11 - 21.

Geochemical Characteristics and Genesis of Liujiapuzi - Langdonggou Gold and Silver Deposit in Baishan Area of Jilin Province

WU Minggang¹, WANG Shengju², WANG Xianxiao³

(1. Yantai Gold Vocational College, Shandong Yantai 265401, China; 2. Geological Exploration Research Institute of Metallurgical Geology Exploration Bureau of Liaoning Province, Liaoning Anshan 114038, China; 3. Qaidam Integrated Geological Exploration Institute of Qinghai Province, Qinghai Golmud 816000, China)

Abstract: Through analysis and study on geology, ore-forming elements and isotopes geochemical characteristics of Liujiapuzi - Langdonggou gold and silver deposit, it is found that the faults with the trend of EW and NE were main ore-bearing structures, the best prospecting elements combination of front halo was As - Sb - Zn, superore halo was Au - Ag - Pb - Hg, and tail halo was Ni - Cu - Co. Metamorphic rock series of Proterozoic Laoling group in the ancient base provided rich material sources for mineralization, and Yanshanian tectonic magmatic activities provided ore-forming materials as well as thermodynamic. Liujiapuzi - Langdonggou gold and silver deposit should be classified into mid-lowed hydrothermal and structural fissure filling type gold and silver deposit associated with super hypabyssal intermediate - acidic magmatic rocks in late Yanshanian.

Key words: Metamorphic rocks of Laoling group; Liujiapuzi - Langdonggou gold and silver deposit; polymetallic sulfide; Baishan area in Jilin province