

横山岭—蛇形坪铅锌矿床伴生 银(金)的赋存规律^①

周吉昌 唐新孝 周建普 周殿铭

(长沙工业高等专科学校)

摘 要

用多元统计分析法研究了湖南柿竹园横山岭—蛇形坪铅锌矿床的赋存规律和相关性,并对伴生银(金)的富集地段作了初步评价。

关键词: 铅锌矿床 伴生银(金) 赋存规律 多元统计分析

湖南柿竹园多金属矿横山岭—蛇形坪矿床是一个高、中温热液充填、交代型富银铅锌矿床。本文将在前人研究的基础上,以大量样品分析数据和多元统计分析方法,研究其伴生银(金)的赋存规律及与主元素的相关性。

1 矿床地质简况

矿床位于湘南加里东—印支褶皱带郴—耒拗陷东南部的东坡—月梅复式向斜北段扬起部位,其东北部有千里山花岗岩体出露,其核部由上泥盆统锡矿山组构成,两翼分别有上泥盆统余田桥组和中泥盆统棋梓桥组出露。铅锌矿体主要赋存于棋梓桥组白云质灰岩和余田桥组泥质灰岩中。区内断裂构造发育,以北东向断裂为主,北西和近东西向断裂次之。区内岩浆活动频繁,千里山花岗岩体和矿区内的花岗斑岩、石英斑岩、辉绿岩、煌斑岩等构成明显的同源间歇多次活动性特征。

矿体以数量多、规模小和形态较复杂为特征(表1),且多与先扭后张的北东向断裂有关,在近东西向断裂的局部地段也有矿脉充

填。

有用元素为Pb、Zn、S,伴生的有用元素为Cu、Ag、Au、Cd等。主要金属矿物是方铅矿、闪锌矿、铁闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿;次要金属矿物是黄铜矿、白铁矿、毒砂等。脉石矿物有方解石、白云石、石英等。

常见的矿石结构有半自形、他形晶粒状结构,其次有自形晶粒状结构、固溶体分离结构、交代溶蚀结构、包含结构等。矿石构造有块状、浸染状、团块状和条带状等。

根据矿石中的矿物共生组合和含量,以及在实际工作中便于圈定的需要,我们将矿石划分为:(1)磁铁磁黄铁铅锌矿型;(2)黄铁铅锌矿型;(3)铅锌矿型;(4)复合型四类。其中复合型矿石系由铅锌矿矿石组成的矿脉穿插于黄铁铅锌矿矿石的矿体中形成的,各类矿石的特征见表2。

在矿区范围内,随着距千里山花岗岩体的远近不同,矿石的矿物共生组合表现出明显的分带现象。在蛇形坪矿区东北部(距岩体0.4~1.2 km),矿石成分复杂,金属矿物除方铅矿、

^①于1992年5月9日收到

闪锌矿、黄铁矿外，还有磁黄铁矿、磁铁矿和毒砂、锡石等；脉石矿物中还有一定数量的矽卡岩类矿物，具有高温热液的特征；矿石类型主要是磁铁磁黄铁铅锌矿矿石。在蛇形坪矿区西南部(距岩体 1.6~2.0 km)，矿石成分简

单，金属矿物为方铅矿、闪锌矿和少量黄铁矿；脉石矿物为方解石、石英等，具有中温和中低温热液的特征；矿石类型主要是铅锌矿矿石。在矿区中部和西南部，则为黄铁铅锌矿矿石。在横山岭矿区也有类似的分带现象。

表1 横山岭-蛇形坪铅锌矿床主要矿体产出特征一览表

矿区	矿体号	赋矿围岩	矿体形状	矿体长度 /m	平均厚度 /m	出露标高 /m	矿体产状(°)			备注
							走向	倾向	倾角	
横山岭	H00	棋梓桥组和余田桥组	似层状,局部有分支复合	152	2.5	670	75-80	170	75-80	
	HO4	棋梓桥组	较规则的似层状	162	3.72	670	南部 35-40 中东部 90	SE N	80 65	
	HO8	棋梓桥组和余田桥组	极不规则的条带状	120	4	640	NE	SE	65-70	矿体受后期构造错动
	H35	棋梓桥组和余田桥组	形态复杂,断续分布	115	1.17	630	20	SE	70	
蛇形坪	S19	棋梓桥组	不规则脉状	90	2.75	730	30	120	70~80	
	S32	棋梓桥组	不规则脉状,有分支复合	72	1.34	720	40	130	70~80	
	S36-1~ S36-11	棋梓桥组	不规则脉状,断续分布	647	0.9~ 2.49	800	37	127	65	
	S36-12	棋梓桥组	脉状,似层状	195.8	3~4	780	50	140	70~80	
	S48	棋梓桥组	脉状、似层状,断续分布	112	1.4	860	60	150	70~80	
S64	棋梓桥组	脉状,断续	120		718	50	140	70~80		

表2 横山岭-蛇形坪铅锌矿床矿石类型一览表

矿石类型	代号	金属矿物		非金属矿物		矿石结构构造	矿石分布(矿体号)
		主要	次要	主要	次要		
磁铁磁黄铁铅锌矿矿石	A	磁铁矿 磁黄铁矿 黄铁矿	方铅矿 铁闪锌矿 黄铜矿 毒砂 锡石	白云母 绢云母 镁铝榴石	透辉石、透闪石、金云母、绿帘石、石英、方解石、磷灰石、蔷薇辉石	中细粒交代结构,浸染状、条带状、团块状构造	S36-12, S36支, -S48, S53, S60, S64, S64支, S68, S72, S96
黄铁铅锌矿矿石	B	黄铁矿 方铅矿 铁闪锌矿	磁黄铁矿 磁铁矿 黄铜矿 毒砂	方解石 白云石	绿泥石、水镁石、石英、镁铝榴石、电气石	中粒、细粒半自形-他形晶结构,浸染状、条带状、团块状构造	H04, H05, H35, H36, S06, S11, S13, S14, S17, S18, S19, S30, -S36-2至S36-10, S43, S59, S67
铅锌矿矿石	C	方铅矿 闪锌矿 铁闪锌矿	黄铁矿 黄铜矿 黝铜矿 辉铜矿 白铁矿	方解石 白云石 石英	绿泥石 白云母 绢云母 水镁石 萤石	中粒自形晶结构,中细粒半自形-他形晶结构,块状、浸染状构造	H12, H13, H28, H33, H53, H54, H55, S28, S32, S32支, S33, S35, S36-1, S37, B1, B2, B11
复合型矿石	D	方铅矿 闪锌矿 铁闪锌矿 黄铁矿	黄铜矿 白铁矿 磁黄铁矿	方解石 白云石 石英	绿泥石、萤石、白云母、绢云母、水镁石、镁铝榴石	中粒、细粒结构,浸染状、条带状、块状、角砾状构造	H00, H08, H10, H15, H43, H51, H59

2 银(金)的赋存规律

2.1 银(金)的赋存状态

据前人资料^{①②}，本区的金以独立矿物相产出，主要形成金银矿和含金自然银。金的载体矿物主要是黄铁矿、闪锌矿和磁铁矿等。

矿石中的银大多以银的硫化物形式存在(占总银量的 86.67%²)，少量银以机械混入物或呈分散相存在。银矿物有十多种，主要是银黝铜矿(包括黝锑银矿在内，约占各种银矿物总量的 90%左右)，其次为淡红银矿、深红银矿、自然银、锑银矿、辉银矿、硫锑铜银矿。

银的载体矿物主要是方铅矿、闪锌矿、黄铁矿和磁铁矿，银矿物主要呈细小颗粒包裹于方铅矿中，其次是包裹于闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿等矿物中，或分布于这些矿物的边缘和粒间。还有少量银矿物，特别是自然银和含金自然银，常浸染于脉石矿物的粒间或与之连生。

2.2 银(金)的分布规律

我们在全区铅锌矿石中共获得 214 组金的分析数据和 1 820 组银的分析数据，以及相应的铅、锌和一部分硫的分析数据。经过计算机处理，得到全区金的平均品位为 0.09 g/t。最高品位为 0.6 g/t，各级品位出现的频率见图 1。银的平均品位为 110 g/t，最高品位为 8 500 g/t，各级品位出现的频率见图 2。这表明，本区大多数矿石属贫金富银的铅锌矿石，金的分散性大，难以富集成矿，而银的高品位矿石出现机率较大，在成矿有利地段有可能找到富银矿体。

从金、银在不同矿区的分布情况来看，以横山岭矿区的含量较高，其金和银的平均品位分别为 0.1 和 136 g/t。从矿体的金、银品位分析，以 H35、H36 矿体的含金量较高；

H35、H36、H04、H12 和 S19 矿体的含银量较高，其平均银品位均在 120 g/t 以上。值得注意的是 H35 和 H36 矿体，其金、银的品位均高，前者金、银的平均品位是 0.21 g/t 和 198 g/t，后者金、银的平均品位是 0.18 和 159 g/t，其局部地段可能有金、银的富矿段。

从不同标高所获得的分析数据来看，金、银在垂深方向的分布也存在一定的规律性(图 3)。即中部(670~550 m)的品位较高，尤以

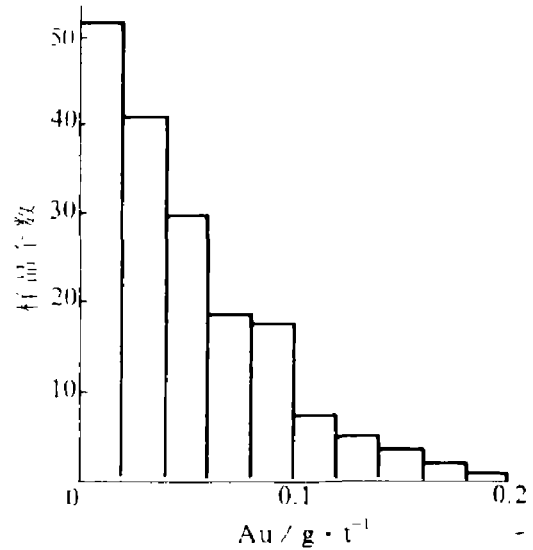


图 1 Au 的各级品位频率(据 214 个样品)

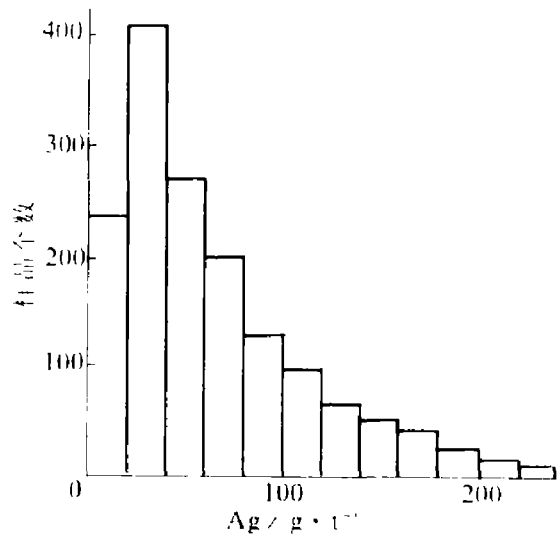
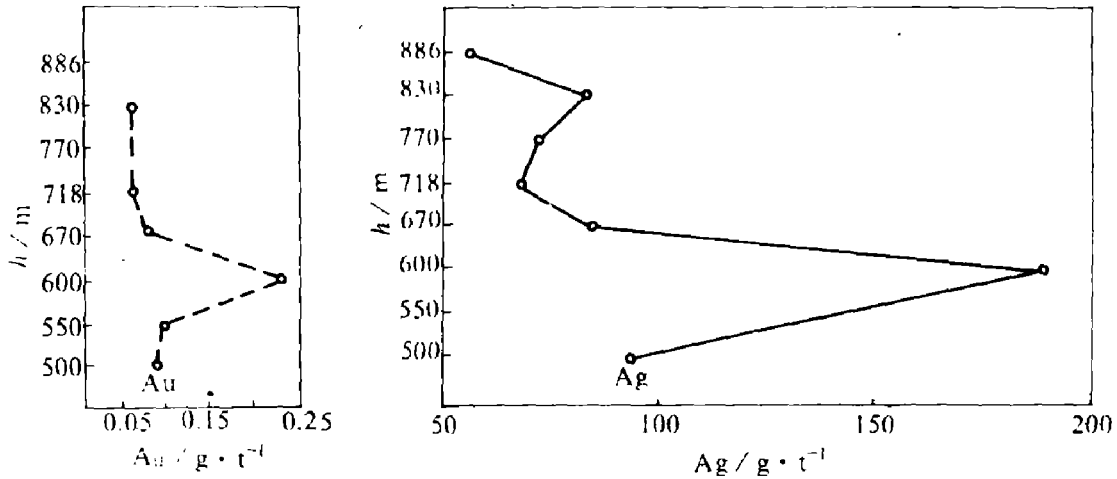


图 2 Ag 的各级品位频率(据 1820 个样品)

①梁有彬等，中国有色金属工业总公司矿产地质研究院，内部资料，1989年；②胡莹，湖南有色金属研究所，内部资料，1987年。

图3 不同标高 h 的金、银品位变化

(据 198 个金样品 / 1820 个银样品的分析结果)

600 m 为最, 该处的金、银品位分别为 0.23 和 188 g/t, 相当于 886~718 m 标高金、银平均品位的 3~4 倍, 而且全区金、银品位最高的样品也都在这个地段。从 550 m 向下, 金银的品位则有下降的趋势。

从金、银在各种类型矿石中的分布情况来看(表 3), 以黄铁铅锌矿矿石(B)中的含量最高, 金、银的品位为 0.60 和 142 g/t, 而且全区金、银最高的样品均属黄铁铅锌矿矿石。这表明, 金、银的富集主要是在黄铁铅锌矿矿石中。而磁铁磁黄铁铅锌矿矿石(A)的金、银含量最低, 只相当于黄铁铅锌矿矿石金、银含量的二分之一左右。铅锌矿石(C)和复合型矿石(D)中金、银含量则介于 A 类和 B 类矿石之间。

表 3 不同矿石类型中的 Au、Ag 品位分布(g/t)

矿石类型	样品个数	最高品位	最低品位	平均品位
Au				
A	87	0.43	0.01	0.06
B	68	0.60	0.01	0.13
C	21	0.41	0.01	0.09
D	22	0.36	0.02	0.08
合计	198	0.60	0.01	0.09
Ag				
A	904	1.715	2.00	89
B	591	8.500	1.00	142
C	187	1.079	1.00	110
D	138	2.350	6.00	116
合计	1820	8.500	1.00	110

前已述及, 四种矿石类型在空间上有明显的水平分带, 随着距千里山花岗岩体由近到远, 先后出现 A、B 和 C(D)矿石类型, 这也

反映出金、银在水平方向上的分布规律。以蛇形坪矿区为例, 在矿区东北部(距岩体 0.4~1.2 km), 矿石(A)中的金、银含量最低; 在矿区中部(距岩体 1.2~2.0 km), 矿石(B)中金、银含量最高; 在矿区西南部, 矿石(C)中金、银含量介于以上两者之间。在横山岭矿区, 也可见到类似的现象。这种空间上的分布规律, 反映了成矿作用与千里山花岗岩体在成因上的密切联系。

3 金、银与各元素的相关性

3.1 金与各元素的相关性

根据 198 组样品中金与银、铅、锌的分析结果, 用逐步回归法计算了它们的相关系数, 见表 4。由表可见: (1)金与诸元素的相关性在横山岭矿区要比蛇形坪矿区明显, 且都以黄铁铅锌矿矿石(B)较为明显, 这是因为金的分配率在黄铁矿中最高(35.38%); (2)金与各元素的相关性都有 $R_{Au, Ag} > R_{Au, Pb} > R_{Au, Zn}$ 的规律。金与银的相关系数最高达 0.748, 呈明显的正相关, 这是因为本区的金以独立的金银矿物和含金自然银存在, 两个矿物都存在着金与银的密切关系。金与铅的相关性次之, 其相关系数最大为 0.540, 呈较明显的正相关。而金与锌的相关性最不明显, 其相关系数在 0.306

以下。由此可见, 伴生金矿化最有利的矿物组合是黄铁矿-方铅矿组合。

表4 不同矿石类型中的 Au、Ag 品位分布(g/t)

矿区	矿石类型	样品个数	$R_{Au, Ag}$	$R_{Au, Pb}$	$R_{Au, Zn}$
横山岭	B	21	0.748	0.540	0.306
	C	14	0.710	0.133	0.125
	D	22	0.183	0.099	0.139
矿区综合		57	0.668	0.357	0.158
蛇形坪	A	87	0.306	0.035	0.218
	B	45	0.359	0.254	-0.049
矿区综合		139	0.393	0.173	0.109
全区综合		198	0.487	0.212	0.118

3.2 银与各元素的相关性

根据 1 820 组样品的多元统计分析, 本区银与诸元素的相关性处于较高的水平上(表 5)。其中以银与铅的相关性最密切, 其 $R_{Ag, Pb}$ 在 0.656 至 0.889 之间, 呈明显的正相关。这是因为本区金银矿物大多包裹于方铅矿中或其边缘, 方铅矿是银的主要载体矿物, 含银量达 1 600 g/t。银与铅之间存在明显的线性关系, 利用其回归方程可以预测银的含量变化, 寻找富银矿段。

表5 银与各元素的相关系数 R

矿区	矿石类型	样品个数	$R_{Ag, Pb}$	$R_{Ag, Zn}$	$R_{Ag, S}$
横山岭	B	116	0.678	0.391	
	C	89	0.729	0.138	
	D	138	0.740	0.266	
百步梯	BS*	19	0.888	0.795	0.543
	DS*	27	0.811	0.559	0.816
蛇形坪	C	85	0.885	0.021	
	CS*	74	0.889	-0.004	0.506
均	A	904	0.712	0.196	
	B	389	0.713	0.162	
	C	98	0.858	0.381	
均	AS*	676	0.754	0.717	0.303
	BS*	192	0.656	0.495	0.349

注: S 表示样品中有硫的分析数据

银与锌的相关系数最大不超过 0.391, 呈不明显的正相关。而银与硫的相关系数最大为 0.816、最小为 0.303, 呈较明显的正相关, 这是因为本区方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等硫化矿物均为银的载体矿物。

为了进一步查明银与各元素相关性的分布规律, 我们将蛇形坪矿区的样品数据按矿体和矿石类型分别处理, 其结果列于表 6。从表中可以看出, 银与铅的相关系数 $R_{Ag, Pb}$ 随着与岩体距离的增大而变大。这说明, 距岩体愈近, 成矿温度高, 矿石成分复杂, 银的赋存状态也复杂, 银与铅的相关性就较差; 距岩体愈远, 成矿温度低, 矿石成分简单, 银的赋存状态相对简单, 银与铅的相关性就较明显。

表6 蛇形坪矿区各矿体银的相关系数 R

矿体	矿石类型	样数	Ag/ g·t ⁻¹	$R_{Ag, Pb}$	$R_{Ag, Zn}$	与岩体的 距离 / m
S64,	A	205	67	0.613	0.280	400~700
S64 支						
S48	A	242	63	0.621	0.347	700~800
S36	A	134	70	0.744	0.200	800~1200
S68,	A	53	51	0.817	0.126	1 100~1 200
S72						
S96	A	79	75	0.837	0.084	1 100~1 200
S53	A	137	163	0.850	0.213	1 800~1 900
S19	B	65	128	0.905	0.826	1 800~1 900
S59	B	51	325	0.839	0.090	1 800~2 000
S18	B	23	143	0.901	0.140	1 900~2 000
A 类矿石综合平均值			88	0.712	0.196	
B 类矿石综合平均值			173	0.763	0.177	

4 结语

(1) 横山岭-蛇形坪铅锌矿床中金和银的平均品位分别为 0.09 和 110 g/t, 属贫金富银的铅锌矿石, 在成矿有利地段有可能找到富银矿体;

(2) 在磁铁磁黄铁铅锌矿、黄铁铅锌矿、铅锌矿和复合型四类矿石中, 以黄铁铅锌矿的含金(平均 0.13 g/t)含银(142 g/t)量最高, 是伴生银(金)的富集地段;

(3) 横山岭矿区, 尤其是 H35、H36 两矿的金、银含量最高; 从垂深方向来看, 则以 600 m 中段最高。上述部位无疑是伴生银(金)的富集部位;

(下转 P14)

3 结论

(1) 等延续时间条件下, 不同应力波形加载岩样的实验结果表明: 加载波形的差异能导致用于有效破岩的岩石吸能的较大差异, 在我们的实验范围内: 当入射能增加到能足够充分破碎岩石时, 等入射能条件下指数形波加载的岩石吸能值均低于方波加载和钟形波加载, 钟形波加载的岩石吸能值最高;

(2) 无论何种加载波形, 用 SHPB 法测定的单位体积岩石吸能与破碎后的岩块粒度关系的离散性均较小, 并可近似地用统一的线性关系表示, 岩石吸能的高低反映了破碎效果的好坏。因此, 在表征不同加载条件下的动态破碎效果时, 采用以 W_R 作为指标的这种应力波加载耗能实验是可行的;

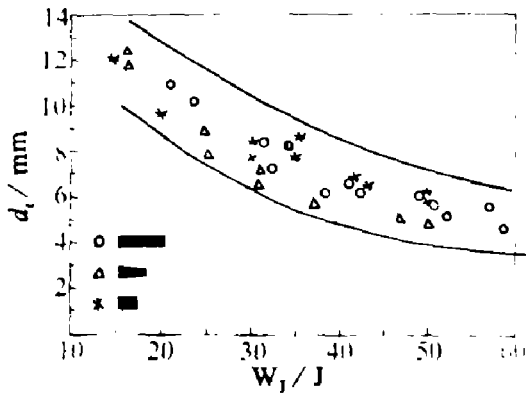


图 11 花岗岩在不同加载条件下入射能(W_i)与平均粒度(d_i)的关系散点图

(3) 由于岩石吸能率的大小不同, 在等入射能条件下, 不同加载波形造成的岩石破碎程

(上接 P5)

(4) 多元统计分析表明, 本区银与诸元素的相关性处于较高的水平, 且以银与铅的相关性最为明显, 银与硫的相关性也较明显。而有利的伴生银矿化矿物组合是黄铁矿-方铅矿组合, 距岩体 1.2~2.0 km 的中温热液黄铁铅锌矿脉是银的富集部位。

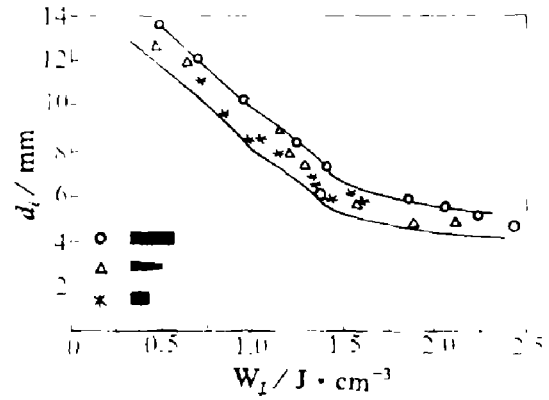


图 12 花岗岩的吸能(W_R)与平均粒度(d_i)关系散点图

度也存在明显的差异, 但无论何种加载波形, 破碎程度均随入射能的增加而增大, 而且粒度组成也从以粗粒为主向细而均发展;

(4) 岩石吸能值随入射能的增大而增加, 但最大的岩石吸能也难于超过入射能的一半。

参考文献

- 1 Hakalehto K O. The Behaviour of Rock Under Impulse Loads, Doctor Thesis, Univ. of Otaniemi-Helsinki, 1969.
- 2 Lundberg B. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr, 1976, 13: 187-197.
- 3 Olsson W A. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr, 1991, 28: 115-118.
- 4 李夕兵, 赖海辉, 中南矿冶学院学报, 1989, 20(6): 595-604.
- 5 Fairhurst C. Mine Quarry Engng., 1961, 27: 327-328.
- 6 Lundberg B. Some Basic Problems in Percussive Rock Destruction, Dissertation, Chalmers Univ. of Technology, Gothenburg, 1971.

本专题得到柿竹园矿林巨成等人的大力支持与帮助, 本校地质教研室的同志参加了部分工作, 谨向他们致以衷心的感谢。

参考文献

- 1 李 艺, 梁有彬. 地质与勘探, 1991年, 27(8):21-25.