

99, 35(1)

沉积喷流作用与金矿化的关系

p618-510.5

1-5

汪东波

(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所·北京·100012)

现代洋底多金属块状硫化物和陆上贱金属块状硫化物矿床中的含金性调查研究证实:海底沉积喷流作用不仅能形成十分重要的贱金属硫化物矿床,而且也能导致金的明显富集。通常形成于弧后或岛弧环境下的同长英质火山岩有关的块状硫化物中的金含量较高。大量的金矿床地球化学研究工作已识别出一些沉积喷流型金矿床,此外还发现即使是具有明显后生成矿特征的太古宙绿岩带中的脉状金矿床也显示出其同沉积喷流作用密切的时空关系。

关键词 沉积喷流作用, 金矿化, 块状硫化物矿床, 洋底

金矿床



地质·矿床

沉积喷流作用是当前矿床学界的研究热点,是形成海洋底部 Sedex 型块状硫化物矿床的重要成矿方式。虽然人们很早就注意到块状硫化物矿床常(共)伴生有一定数量的金,但却很少有人将研究的领域涉及到沉积喷流作用同金矿化的潜在关系。随着陆上块状硫化物矿床研究程度的提高,对现代洋底多金属块状硫化物堆积物的调查技术的改进,含铁建造中金矿床成因的研究,以及对一些产在细碎屑岩中的不整合脉状金矿床(绿岩带中的含金石英脉型金矿床、卡林型金矿床、浊积岩型金矿床等)的系统研究,人们逐渐发现沉积喷流作用同金矿化间存在着密切的关系,这一关系在后生成矿作用较强烈时已被掩盖,但在一批矿床中还保存有沉积喷流作用同金矿化的关系的地质证据。这一问题的最终解决,将有可能较为圆满地解决金矿床成矿作用过程中“成矿物质的来源”问题,并将极大地促进金矿的勘查工作。

1 现代洋底多金属块状硫化物中的金

在现代洋底所发现的多金属块状硫化物可出现在水深 1500 m ~ 3700 m 的不同的火山和构造环境中,这些矿床分布在快速、中速和低速扩张的洋中脊、近轴部和远离轴部的火山和海山中,同大陆边缘相邻的沉积裂谷和与俯冲有关的弧后环境中。上述背景下形成的块状硫化物均同张裂事件有关,其规模和分布受张裂速率控制。大多数现代洋底块状多金属硫化物沉积的规模在 1 Mt ~ 10 Mt (矿石量)间,同陆上发现的许多与火山有关的块状硫化物矿床的

规模十分相近,其中所发现的贵金属(Au、Ag)的含量也同陆上矿床中的贵金属含量范围一致。金的含量局部出现高值,部分高值样品发现在大洋中脊;弧后扩张中心背景下发现的金的高值样品特别多。对于现代洋底多金属块状硫化物矿床中金及其它元素的含量及分布 Herzig P M 和 Hannington M D (1995)^[9]进行了系统的概括和总结(见表1)。大洋中脊矿床中含金从 $< 0.2 \times 10^{-6}$ 到 2.6×10^{-6} , 平均 1.2×10^{-6} 。Dawson S (1994)^[6]指出:“黑烟囱”中随机取样,含 Au $0.11 \times 10^{-6} \sim 4.9 \times 10^{-6}$,并伴有重要的 Cu、Zn、Ag(Pb)矿化。以火山岩为主的,缺少沉积物的由 Fe-Cu 硫化物构成的高温(350℃)黑烟囱通常含金 $\leq 0.2 \times 10^{-6}$,在黑烟囱中,大多数金被转移到扩散的热液柱(hydrothermal plume)中,热液堆积物的内部和网脉带中的块状硫化物的金含量显示出同高温烟囱组合的相似性。最高的含金量(可达 6.7×10^{-6})通常出现在低温($< 300^\circ\text{C}$)、闪锌矿为主、伴生有硫盐、晚阶段重晶石和非晶质硅的组合中。局部大于 40×10^{-6} (TAG 热田)的金富集是由于热液流体通过硫化物堆积物持续喷发引起金的再活化和再富集(热液重组)。沉积的大洋中脊的裂谷(如 Guaymas 海盆)中的矿床的硫化物的含金量通常 $< 0.2 \times 10^{-6}$,此处热液流体同富含有机质的沉淀物反应引起的强烈还原环境限制了热液中能被转移的金。但是来自 Escanaba 海沟的富 Cu 硫化物是个例外,因为某些样品含有高达 10×10^{-6} 的金,且平均值为 1.5×10^{-6} ,这也许可被解释为下部沉积物有一富集金的源(区)。亚特兰蒂斯 II 号深海渊的金属泥的含金量从小于 0.5×10^{-6} 到可达 4.6×10^{-6} ,平均值接近 2×10^{-6} ,矿床(沉积物)的全部含

量经计算大约为 45 t 金。

一些弧后扩张中心的多金属硫化物已显示出特高的金的富集($3 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$)。同大陆地壳(或弧后地壳)中不成熟的海底裂谷有关的硫化物表 1 洋中脊和弧后扩张中心多金属硫化物的化学成分^[9]

	洋中脊		弧后(扩张)脊	
	火山岩中 ^①	沉积岩中 ^②	洋内 ^③	陆内 ^④
样品数(<i>n</i>)	890	57	317	28
Fe (wt%)	23.6	24.0	13.3	7.0
Zn	11.7	4.7	15.1	18.4
Cu	4.3	1.3	5.1	2.0
Pb	0.2	1.1	1.2	11.5
As	0.03	0.3	0.1	1.5
Sb	0.01	0.06	0.01	0.3
Ba	1.7	7.0	13.0	7.2
Ag(10^{-6})	143	142	195	2766
Au(10^{-6})	1.2	0.8	2.9	3.8

① 探索者洋脊, Endeavour 洋脊; 主喷口和高海隆地区; 轴部海山; ASHES 和 CASAM; Cleft 块段; N 和 S 地区; 东太平洋隆起; 11°N, 13°N, 21°N, 7°30'S, 16°45'S, 18°30'S, 21°S; Galapagos 裂谷; TAG; 活动海丘, Mir 和 Alvin 带, Snake 洼地, 大西洋中脊 24.5°N。

② Escanaba 海沟, Guaymas 海盆。

③ 马里亚纳海沟, Manus 海盆, 北富士海盆, Lau 海盆; Kings 三联点, White church, Vai Lili, Hine Hina 地区。

④ 冲绳(Okinawa)海沟。

的金显得最为丰富,这种构造背景是由钙碱性火山岩(包括安山岩、英安岩和流纹岩)居主导地位的。Lau 弧后盆地中的 Valu Fa Ridge 的多金属硫化物的含金量可达 29×10^{-6} , 平均 3.3×10^{-6} ($n = 75$)。这些样品是迄今报道的最富金的现代洋底热液沉积物的一部分,其中包括第一个已知在活动喷口的多金属硫化物中可见的原生金(可达 $18 \mu\text{m}$)的例子。在冲绳(Okinawa)海沟,富金的硫化物矿床(可高达 24×10^{-6} , 平均 3.8×10^{-6} , $n = 28$)出现在裂开的大陆壳中,且有些类似黑矿型块状硫化物。来自中 Manus 海盆的硫化物的初步分析表明其平均含金 30×10^{-6} ($n = 10$)且最高可达 50×10^{-6} 以上,东 Manus 海盆中一个烟囱的平均含金量是 15×10^{-6} (最大值 54.9×10^{-6} , $n = 26$)。在西 Woodlark 海盆中的重晶石烟囱中也发现了高达 21×10^{-6} 的金,这里的洋底扩张进入巴布亚新几内亚大陆地壳中。同 MORB 型火山岩有关的成熟弧后扩张中心的硫化物矿床仅有 $0.1 \times 10^{-6} \sim 4.3 \times 10^{-6}$ 的金,同大洋中脊硫化物矿床类似。现有初步资料说明弧后熔岩的金含量同正常的 MORB 没有明显差别,所以这些岩石并不是富集了金的源岩。但是,源岩区的地球化学环境是控制热液流体成份和其转移金的能力的重要因素。例如,洋中脊的喷流流体(vent fluids)的氧化态由于流体同岩石中含丰富的 FeO 的矿物反应而受到强烈的

缓冲。高温下低浓度的饱和喷流流体的能力是由于它们较低的氧逸度和强烈的氧化还原缓冲能力影响的结果。相反,起源于高温下海水同长英质熔岩反应的喷流流体趋向于更加氧化且具有较低的氧化还原缓冲能力,因为岩石中的含 FeO 的矿物含量低。这些较氧化的溶液能转移较多的金,而且伴随着相对少量的传导冷却、混合、或 H_2S 的氧化即可能变饱和,并可能导致金的有效沉淀。

洋底富氧海水对块状硫化物矿床的氧化可引起金局部明显富集。TAG 热液田的表生过程已引起次生硫化物中金的高含量(可达 16×10^{-6} , Hannington M D et al, 1988)。

上述沉积喷流过程中金富集的现象同时还得到陆上火山喷气作用富集金的事实佐证。F. Goff (1995)^[7]报道,在过去的热点事件中,哥伦比亚加莱拉斯火山已沉积出 Au,已固结的安山岩和岩浆挥发份含量分别在约 0.015 mg/kg 和 0.04 mg/kg (相当于 10^{-6}),据估算,加莱拉斯火山在以 0.5 kg/d 的速率向大气中排放金,在火山机构内,金可能正以大于 0.06 kg/d 的速率沉积。

2 陆上多金属块状硫化物矿床中的伴生金

从世界范围看,古代火山成因的块状硫化物矿床中含 3000 t 的金(Mosier et al, 1983,根据过去的产量和现保有储量估计),这一数值同 Bache J J (1987)^①的估算值 $> 2475 \text{ t}$ 是较为接近的。陆上块状硫化物矿床通常平均含金为 1.2×10^{-6} , 规模在 $5 \text{ Mt} \sim 10 \text{ Mt}$ 间(图 1)。大于 10×10^{-6} 的特别高的金含量通常出现在同长英质火山岩有关的块状硫化物

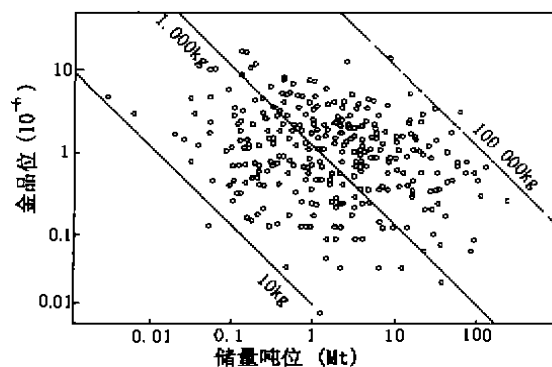


图 1 世界范围内(已往的产量和保有储量, $n = 372$)陆上火山成因块状硫化物矿床的吨位和金品位的关系^[9]

(资料来源: Mosier et al, 1983; Canadian Mines Handbook, 1987 和 Divi et al, 1980)

① Bache J J. 世界金矿床——地质分类和定量分类. 全国金地质工作领导小组办公室, 四川省地矿局, 1987。

矿床中,大多数情况下这些高金矿床形成于弧后环境或岛弧环境下,此点同现代洋底富金的块状硫化物矿床十分近似。近 30 年内,成矿理论上的进展之一即是把含黄铁矿的多金属硫化物矿床视为同生火山—沉积型矿床。鉴于这一认识,人们在加拿大进而发现,金矿床和多金属硫化物矿床两者相邻,产出于太古代同一优地槽建造的不同层位,而且多金属硫化物矿床中常伴有金,金矿床中又存在硫化物。例如,这两类矿床常与诸如碧玉岩、碳酸盐岩和含铁建造等化学沉积岩密切相关,且均可见黄铁矿和磁黄铁矿,其沉积喷气成因已获共识。表 2 给出了此类矿床的金含量。从表 2 可以看出,与钙碱性火山

表 2 陆上多金属块状硫化物矿床中的金属量、含量

矿床类型	产地	矿床	储量 (t)	含量 ($\times 10^{-6}$)
与钙碱性火山作用有关的矿床(类似岛弧与弧后环境)	加拿大诺兰达—鲁安地区	霍恩 澳尔德马克	279 69	5.2 2.1
	加拿大提敏斯地区	基德克里克	222	1.86
	加拿大弗林—弗隆地区	弗林—弗隆	180	2.09
	加拿大不列颠哥伦比亚	塞姆古斯勒 布特勒湖	34 18	0.87 2.48
	美国加利福尼亚	沙斯塔	17	1.28
	日本	黑矿	165	
	澳大利亚	摩根山 罗斯伯里	295 58.5	3.47 3.27
	瑞典	玻利登	173	14.4
	中国浙江	建德		0.47
	塞浦路斯	梅里迪亚 利姆尼	5 5	1.20 1.19
与具蛇绿岩性质基性—超基性火山岩有关矿床(类似洋中脊、扩张中心环境)	土耳其	厄加尼韦斯 摩古尔	45 15	1.80 1.0
	中国甘肃	阳坝	2.1	0.81
	澳大利亚	考巴尔	48	3.43
	美国亚利桑那	杰罗姆	48	2.0
沉积岩中的矿床	德国	梅根 拉梅尔斯堡	18 26	0.3 1.0
	中国陕西	八方山		1~2

资料来源: Bache J J (1987)^①; 张复新 (1996)^[3]; 刘家军 (1997)^[1]

作用有关的矿床其伴生金通常储量大,品位变化范围宽,同后两类比略高。与具蛇绿岩性质的基性—超基性火山岩有关的矿床和产于沉积岩中的矿床通常储量小,品位低。根据 Bache J J (1987)^① 资料,产在沉积岩中的硫化物矿床中的金含量、储量同块状硫化物中的铜含量成正比,同 Pb、Zn 的关系不如铜明显。产在钙碱性火山岩—火山碎屑岩中的块状硫化物中的金含量也同贱金属的成份有关,金主要同 Cu、Cu—Zn 型矿床有关,当贱金属中铅含量升高时,金的含量一般偏低。

3 沉积喷气成因的金矿床

除前述的现代洋底正在形成的块状硫化物堆积物中的金、古代块状硫化物矿床中的(共)伴生金同沉积喷流作用关系密切外,随着对太古宙含铁建造中金矿床、部分脉状金矿床研究工作的深化,人们已经发现一些重要的金矿床同沉积喷流作用有密切的关系。

福斯特 R P (1991)^[4]指出:关于太古宙含铁层中产金矿的事实有广泛的报道,有些矿床被认为是在早期化学沉积期间同沉积的(可能是喷气成因的)金进入而形成的。已发表的矿床实例包括津巴布韦武巴希奎矿床和巴西帕萨任马里雅纳矿床。沈保丰 (1987)^[2]认为太古宙阿尔戈马型含金的条带状含铁建造属于火山喷气沉积成因,主要分布在津巴布韦、加纳、加拿大、巴西、印度、澳大利亚等。该类含金条带状含铁建造通常同镁铁质—超镁铁质火山岩呈互层产出,含金的建造通常为硫化物相和碳酸盐相,多呈层状(如霍姆斯塔克金矿),金同毒砂和黄铁矿关系密切。美国霍姆斯塔克金矿是该类矿床的典型代表,该矿床位于美国南达科他州拉皮德市北西 60 km,矿体赋存在前寒武系霍姆斯塔克组中,矿体呈成群的“筒状脉”顺褶皱倾伏方向产出。Rye D M (1974)根据对矿床的地质及同位素组成研究,提出霍姆斯塔克矿床的成因模式是:金、砷、硫、碳和二氧化硅是由热泉带到沉积环境中,并在原始沉积层堆积时与铁、镁、碳一起沉积下来;后来同生的金、砷、硫、碳和二氧化硅在霍姆斯塔克组发生变质和褶皱作用过程中运移到这些作用所形成的扩容带中,与哈钦森 R W 等提出的加拿大一些与金矿化有关的太古宙碳酸盐相含铁的喷气—沉积模式一致。

Melcher F 和 Stumpfl E F (1994)^[11]对加纳北部古元古代 Birimian 岩石中化学沉积物和含金石英脉间的成因关系进行系统调查显示,在化学沉积物中,热液喷流溶液的物质同 2100 Ma ~ 2200 Ma 时海底拉斑火山活动期间形成的火山碎屑混合。化学沉积物由富 Mn 的岩石、硅质岩和富集 Ba、C、碳酸盐和硫化物的岩石构成,电气石岩同海底热液蚀变事件有关。富 Mn 的岩石富含贱金属 (Cu、Ni、Co、Zn) 和 Au (21×10^{-9}),硅质岩(燧石)和富 Ba 的岩石以含金量高 (140×10^{-9}) 为特征,但贱金属含量较低。在 E-

① Bache J J. 世界金矿床——地质分类和定量分类,全国金矿地质工作领导小组办公室、四川省地矿局,1987。

burnean 构造热事件(2000 Ma ~ 2100 Ma)期间,剪切带在含化学沉积物的过渡带(位于火山岩带和沉积盆地间)发育,金从原先富集的化学沉积物中被溶解经富含 CO_2 的变质流体循环,沉淀在剪切带中,除形成含自然金的石英脉和贱金属硫化物外,还形成含金大于 10^{-6} 的浸染状硫化物(含金黄铁矿和毒砂)千枚岩。

在津巴布韦绿岩带, Lotz U 和 Puchelt H (1994)^[10] 在皇家家庭矿区(Royal Family Mine)识别出两种产在变质碳酸盐沉积物中的低品位且同喷流有关的“矿胚”(Protore),几个矿胚呈透镜状产在韧性剪切带中。这两种矿胚是:①产在炭质千枚岩和页岩中的贱金属为主的浸染状硫化物矿体;②产在轻度含炭的以毒砂为主的硫化物富金条带状含铁建造(BIF)。岩石学、矿物学和稳定同位素地球化学研究表明这两种矿胚是由海底热液喷流作用形成的,第一种矿胚的形成同高盐度的富 Cl^- 的流体对流循环有关,第二种矿胚的形成同低盐度富含 S、As、Sb 的流体有关。

普伊特 G(1995)^[5] 在讨论加拿大阿比提比绿岩带中金矿的成因时指出:可以确定的最为清楚的事实是,在造山期前火山岩中存在同生矿床,金在多金属硫化物矿床中或作为次要成份出现,或者有时在含菱铁矿的黄铁矿矿床中以主要成份出现。至于喷气成因含铁建造(金有时可达到开采程度)以及介于硫化物型和浅成热液型矿床之间的萨尔拜矿床,其金的淀积发生在早期,这可以通过沉积物中存在含黄铁矿和金的矿化砾岩得以证实,而这类沉积物即相当于火山岩的侧向过渡产物。

Fehlberg B 和 Giles C W(1984)^[8] 将西澳 Spargoville 金矿床(卡尔古利南 55km)归入同火山喷流作用有关的金矿床,该矿床的矿体赋存在水下酸性火山—碎屑沉积岩中,矿体为层状和透镜状,细粒的自然金产在同富黑云母的变杂砂岩整合的含毒砂的阳起石—石英—碳酸盐条带中。矿体具有强烈的下盘蚀变和硫化物分带,从矿体中心向外蚀变为毒砂带→黄铁矿带,其中在毒砂带和黄铁矿带间矿物学、蚀变作用均为突变,界线清晰;毒砂带(金)由毒砂、磁黄铁矿、阳起石、石英、碳酸盐组成,黄铁矿带由黄铁矿、石英和绢云母组成。在喷流模式中,海水—岩石相互作用时物理化学参数的巨变以及硫化物矿物的稳定性和溶液化学的影响可说明这一特征(Large P R, 1977)。利用喷流成因的概念,同硅化、绢云母化一起的黄铁矿化带,作为蚀变晕,是在下部补给系统

中热液的流动过程中发展演化的。我们通常把毒砂带和与其有关的金矿化看作沉积在海底喷气点边部或之上的喷气岩,但它们同通常所说的喷气岩、燧石、条带状含铁建造、某些碳酸盐不同,因为它是由混合的碎屑硬砂岩组成,是化学沉积组份同可变比例的浊积硬砂岩碎屑成分的混合产生稀释了的碳酸盐—硫化物喷气物。

与喷流沉积有关的金矿床中的典型代表为马里的卢洛金矿床。该矿床产在喷流形成的电气石砂岩中,含电气石砂岩层区域延伸 150 km,厚约 10 m。在含电气石砂岩层内发育了含石英、碳酸盐和硫化物的网脉状矿脉,金呈细小的包裹体赋存在网脉状黄铁矿中^[1]。

人们通过对太古宙绿岩带中的脉状金矿床研究发现这类具有明显后生成矿特征的矿床常显示出同碧玉岩、碳酸盐岩、含铁建造等层理清晰的沉积岩层的密切关系。由二氧化硅和含铁物质形成的这些化学沉积物是火山喷气作用的产物,它们是火山宁静期形成的。例如加拿大太古宙一些矿床,金和硫化物矿体紧挨在一起,分布于优地槽序列的不同层位中,而且硫化物矿床中经常伴生有金,而金矿体中却常见有硫化物存在。例如,黄铁矿和磁黄铁矿同时都产出在上面两类矿体中。Smith C C 和 Fripp R E P (1973) 同样也强调指出,在津巴布韦的布拉瓦扬带,产于含铁建造的层状金矿床与邻近的脉型矿床存在密切的关系。Fripp R E P (1976) 曾惊奇地发现在卡姆和莫托尔(Motor)矿山,产于酸性火山岩与玄武岩之间中莫托尔群的矿体呈层状,而 3 个脉状矿体却是垂直于地层产出的。鉴于上述矿床所显示的密切关系,Ridder R H (1970)、Hutchison R W et al. (1971) 和 Hutchison R W (1975) 提出是喷气作用把金携入优地槽建造的。喷气作用伴随化学沉淀,导致形成整合的层状金矿床。脉、网脉、充填脉是通过变质作用使金活化后从矿源层带出而形成的(Boyle R W, 1955, 1979)^①。

在国内典型的喷流型金矿床尚未发现,但喷流作用同金矿化具有密切时空关系已被鉴别确认。如在秦岭造山带,与热水沉积作用有关的硫化物矿床中共伴生有金,金矿床同铅锌矿床存在空间上的联系^[3]。许多情况下两种矿化作用共同的标志是存在各种喷流岩层,包括硫化物层、重晶石层、硅质岩层、

① Bache J J. 世界金矿床——地质分类和定量分类,全国金矿地质工作领导小组办公室、四川省地矿局,1987。

钠长角砾岩层等。如庞家河、双王金矿床与热水沉积成因的钠长角砾岩关系十分密切,即说明此类矿床同沉积喷流作用具有十分明显的内在联系。

参考文献

- 1 刘家军,郑明华,顾雪祥,等.海底喷流作用对金富集成矿的意义.矿产与地质,1997,11(5):289~295
- 2 沈保丰.太古宙绿岩带中金矿床的地质特征和找矿标志.国外前寒武纪地质,1987(2):1~37
- 3 张复新.秦岭浸染状金矿床与热水沉积铅锌矿床地质地球化学共生富集关系——值得重视的成矿系列和找矿方向.西北地质,1996,17(2):13~17
- 4 福斯特 R P. 金矿预测的新进展.国外地质科技,1991(2):33~37
- 5 普伊特 G. 加拿大阿比提比绿岩带地质和成矿研究的一些进展.地质科技动态,1995(2):1~2
- 6 Dawson S. 黑烟窑大有潜力.地质科技动态,1994(8)
- 7 Goff F. 哥伦比亚加莱拉斯火山金的排气和沉积作用.地质科技动态,1995(9)
- 8 Fehlberg B, Giles C W. Archaean volcanic exhalative gold mineralization at Spargoville, Western Australia. Gold'82, the geology, geochemistry and genesis of gold deposits, Foster R P. Rotterdam, Balkema: 1984. 285~303
- 9 Herrig P M, Hannington M D. Polymetallic massive sulfides at the modern seafloor—A review. Ore Geol Rev 1995, 10:95~115
- 10 Lotz U, Puchelt H. Gold mineralization in carbonaceous metasediments of Zimbabwean greenstone belts (part A): Royal Family Mine, Filabusi district evidence for metamorphic mobilization of gold from sedimentary protore. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland, 1994. 447~512
- 11 Melcher F, Stumpff E F. Palaeoproterozoic exhalite formation in Northern Ghana: source of epigenetic gold—quartz vein mineralization? Met-allogenesis of selected gold deposits in Africa, Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland, 1994. 201~246

THE RELATION OF SEDIMENTARY - EXHALATION TO GOLD MINERALIZATION

Wang Dongbo

The investigation on the content of gold in recent submarine polymetallic massive sulfides and land-based massive base sulfide deposits demonstrate that the submarine sedimentary - exhalation not only causes accumulations of polymetallic massive sulfides, but also results in obviously enrichment of gold. The massive sulfides related to felsic volcanic rocks in the back-arc and island arc environments have higher content of gold. According to a vast amount of geochemical research works on gold deposits, some sedimentary - exhalation type gold deposits have been distinguished. In addition, the close spatial and temporal relation of sedimentary - exhalation to the Archaean lode gold deposits that have distinct characteristics of epigenetic mineralization also has been discovered.

Key words sedimentary - exhalation, gold mineralization, massive sulfide deposit, submarine



第一作者简介:

汪东波 男,1962年生。1989年毕业于中国地质大学(武汉)地球化学专业,获理学博士学位。现任中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所所长,中国地质学会矿床专业委员会副主任,教授级高级工程师。主要从事区域地球化学和矿床地质地球化学研究工作。

通讯地址:北京市安定门外北苑 中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所 邮政编码:100012

《黄金科学技术》(双月刊)1999年征订启事

《黄金科学技术》是中国黄金学会的综合性科技期刊,由中国黄金学会和中国科学院资源环境科学信息中心联合主办,《黄金科学技术》编辑委员会编辑出版,全国公开发行,国内统一刊号 CN62-1112/TF,国际标准刊号 ISSN: 1005-2518。1988年创刊,1996年入编《中国学术期刊(光盘版)》。

本刊设综述、地质、矿床、采、选、冶技术、国外动态、学会活动、分析测试、黄金经济、黄金材料、会议消息、文献资料等栏目。

《黄金科学技术》可使您了解、掌握国内外黄金工业发展,黄金地质找矿、采、选、冶新技术、新方法、新发现、新成果的最新动态和发展趋势。本刊适合黄金科研、企业、生产和管理人员、勘探和选冶工作者、黄金材料及金融工作者、大专院校有关专业师生阅读。现办理1999年的征订手续,本刊逢双月出版,每期约10万余字,每期国内定价5.00元,全年定价30.00元(含邮费),需订单位和个人请与编辑部联系。

地址:兰州市天水路342号 中国科学院资源环境科学信息中心

邮编:730000 电话:(931)8842245