

华南含金建造的地球化学特征

刘英俊 马东升

(南京大学地球科学系)

提要 本文主要讨论华南含金建造中金及其有关微量元素的地球化学特征,并对含金建造类型的划分和据金成矿能量的形成与地质—地球化学环境进行金矿床类型划分的设想。

关键词 含金建造 地球化学特征 成矿能 类型划分

含金建造在金矿区域找矿中的重要性已引起国内有关研究者的普遍重视^{[1][2][3][4][5]}, (注:罗振宽等,1986,我国金矿床的分布格局,成矿地质条件及扩大找矿远景的设想。曹志敏,1986,中国板块构造和金矿床。秦鼎等,1986,我国重要金矿类型及找矿方向。)自1980年以来,我们首先对华南地区与金矿化有关的地层和华南花岗岩中金的分布进行了系统研究^[6](注:乔恩光,1981,湘西桂东一带金矿地球化学研究。)近年来,作者进一步对含金建造的类型划分,建造序列和识别标志作了研究,并重点对华南含金建造开展了工作。本文主要讨论华南含金建造中金和有关微量元素的地球化学特征,并概要提及了有关含金建造类型划分和以含金建造为基础,根据金矿的成矿能量形式,与地质—地球化学环境进行金矿床类型划分的设想,以供广大同行讨论和指正。

一、含金建造的概念及其类型划分依据

含金建造属于含矿建造的一种。它是含有一系列含金层位,即金的初步富集层位的沉积建造,是由含金层位和非含金层位共同构成的一套地层组合,并包括与该建造形成有关的,彼此共生的火成岩组合—主要是火山活动产物。在含金建造中,相当大一部分层位不一定发生金的初步富集(即非含金层位)。然而,这些非含金层位与含金层位之间有密切的时空和成因组合关系,并且前者可能含有与金矿化有关的其他成矿元素或/和矿化剂,如As、Cu、Sb、W和S等。在一定后期地质作用影响下,非含金层位和含金层位之间可发生大规模的物质交换,并可能发生相互转化。因此,它们所构成的含金建造对金和有关成矿元素来说是一个整体。在大多数情况下,含金建造本身不直接形成金矿床。但它是各种与金矿化有关的后期改造或叠加作用中成矿物质的主要来源。

含金建造中金金的初步富集主要是同生沉积或同生火山沉积的结果。然而,金是一种地球化学性质相当活泼的元素,甚至在成岩作用阶段就可能产生部分的活化转移。在弱改造作用中它也可能因活化再沉淀而形成具有后生性质的含金层位。因此,根据这一特征,按金的初步富集与主岩在形成时间上的关系,可分为同生的和后生的两种含金层位类型。

含矿建造的概念既然是在对沉积建造和元素成矿作用的研究基础上发展起来的,所以在

进行类型划分时既要考虑建造中岩石的共生组合,来源和成因,也要能反映成矿元素的来源和组合特征。根据含金建造一般岩石组合的具体情况,按建造中成岩物质来源和岩石成因可分为火山—沉积和陆源碎屑沉积。它们经常相互穿插和组合而出现在区域中同一个大型含金建造内。此外,区域地质构造特征是沉积建造形成的最重要因素,故再按建造沉积时地壳的变形情况分为活动型和稳定型两种端元动力类型。

根据含金建造中金的主要来源,可分为原始含金建造和衍生含金建造。前者金的来源应主要与上地幔有关,并通过地壳演化早期优地槽火山沉积作用在建造中形成原始的含金层位;而后者中的金来自地壳本身,成因上与附近或其底中先成含金建造的再沉积(沉淀)有关。

在许多情况下可出现多元素的综合性含矿建造。这在华南地区表现得特别明显,如湘西 W—Sb—Au (As) 组合含矿建造(冷家溪群和板溪群)和江西 W—Cu—Au 组合含矿建造(双桥山群)因此,建造的成矿元素组合特征也是类型划分中应考虑的重要因素。鉴于目前除了对钨和正在研究的金之外,对其他有关元素的含矿建造尚未进行系统的研究(尽管已有大量迹象表明,至少在华南地区,应存在 Cu、Sb、Hg 和 U 等元素组合类型划分无论在矿床成因研究还是在综合找矿勘察中都具有重要的意义,所以是一个很值得深入研究的课题。

二、华南含金建造及其分布

经七年来我系地球化学教研室师生对华南五省(湘、赣、浙、桂、粤)的集体研究表明,在这一广大区域内发育有以基底含金建造(元古界—寒武系)为主,盖层衍生含金建造为辅的多时代含金建造序列。根据它们的形成时代和所赋存的构造层,可划分为三大类:元古界活动型火山—陆源碎屑沉积含金建造,震旦—寒武系陆源碎屑—火山沉积含金建造和后加里东稳定型陆源碎屑沉积含金建造(表 1, 2 和 3)。其中,双溪坞群、陈蔡群,双桥山群、冷家溪群、板溪群、水口群、八村群和粤西震旦系,湘西震旦系为华南地区的主含金建造,它们的展布和隐伏延伸基本上控制了华南大多数重要金矿床的空间分布,并制约着晚期衍生含金建造的分布。在这些含金建造中,双溪坞群,冷家溪群和双桥山群与优地槽演化早期的火山—沉积作用密切相关,分布于江南地槽斜带内,是区域中最古老的层位,属华南地区的原始含金建造。(但冷家溪群和双桥山群中硬矿岩—复理石浊流沉积特征明显,故它们也具有一定的衍生性质。已有的研究表明,这一优地槽可能代表了当时古陆南缘的沟、弧、盆系统,变质成矿作用与古板块的碰撞挤压有成因联系。从图 1 中明显可见,含金建造的分布和金矿化主要出现地段受优地槽火山—浊流沉积带的严格控制。图中也表示出了扬子地台北缘和西缘优地槽沉积与已知金矿化区在空间上的紧密依存关系,从而显示了这一规律的普遍性,原始含金建造在对于有关金矿化和其衍生含金建造的形成方面具有特殊的意义。

华南元古界活动型火山—陆源碎屑沉积含金建造

表 1

类型	层 位	沉 积 组 合	主要分布地区	有关矿区、矿点
衍生含金建造	板溪群	含凝灰质板岩、变质砂岩、局部为火山集块岩、凝灰岩、硅质岩,有时夹碳酸盐岩	湘西北	沃溪、漠滨等矿
原始含金建造	冷家溪群 *	变质中基性火山岩、火山碎屑岩、具鲍马层序的泥砂质浊流沉积	湖南益阳、常德、浏阳等地	黄金洞、西冲、王四村等地
	双桥山群 *	凝灰质千枚岩、千枚岩、板岩、碳质千枚岩、砂质板岩、变质砂岩和镁铁质火山岩	赣北	金山等矿床和矿点
	双溪坞群	中基性火山岩、凝灰岩、沉凝灰岩	浙江绍兴附近	璜山、中岙西裘等矿

* 具有明显的衍生性质,它们是区域内时代最老的地层,故蚀源区不详

华南震旦—寒武系陆源碎屑—火山沉积含金建造

表 2

含金建造类型	沉积类型	层 位	沉积组合	主要分布地区	矿化特征
衍生含金建造	稳定型陆源碎屑沉积	江口组、南沱冰碛岩组、陡山沱组、莲沱组	基底不整合面上的砂、砾岩和古风化壳,厚度小,有时含白云岩和铁、锰层	湘西、湘西北、赣北、鄂南	龙山金矿、各地古砂金层和与不整合面有关的金矿化、白云岩中金矿化
	过渡型陆源碎屑—火山沉积	杨家桥组等	含凝灰质硅铁建造,夹碳质层,含锰层和铁质碳酸盐层,少量以中酸性为主的火山岩	赣中—湘东	与含铁层位密切伴生的小型金矿、矿化点和高金异常
	活动型—过渡型陆源碎屑沉积	八村群	变质石英砂岩、细砂岩、含菱铁矿石英细砂岩夹页岩、粉砂岩、含碳绢云母页岩、碳质粉砂岩	广东省封开—怀集	求水岭、庞西洞等金矿床和矿化点
		水口群	浅变质砂岩、页岩、硅质岩、灰岩	桂东	龙水、桃花、古袍、金顶山等矿
	活动型陆源碎屑沉积	陈蔡群	片岩、片麻岩、夹少量大理岩和变粒岩	浙江绍兴—龙泉隆起带	沼岭头等金矿和矿点
原始含金建造	活动型火山沉积—陆源碎屑沉积	震旦系	斜长角闪岩、石墨片岩、夹磁铁矿石英岩、磁铁矿层、富凝灰质和中基性变质火山岩,局部富含碳质	广东省四会—罗定	河台金矿和云开大山地区金矿化

华南后加里东稳定型陆源碎屑沉积含金建造和含金层位的可能赋存位置

表 3

层 位			沉 积 组 合	分布地区	含金特征
第四系			各种陆相和滨海相碎屑沉积	华南各省	砂金层
			红土堆积	广东、广西、江西	细粒状或块金
第三系—白垩系			陆相类磨拉石, 常位于不整合面之上	华南各省	古砂金层
侏罗系磨石山组			陆相中酸性火山熔岩—碎屑沉积	浙江八宝山	Ag—Au 矿化
三叠系	T3	上三叠统	底砾岩, 不整合于元古界变质岩之上	云南元江、红河	含金砾岩
	T2	百蓬组	砂岩、泥岩、泥质粉砂岩	广西“三林”地区 *	微细浸染型金矿化, 常含 Hg、Sb 和 As
		新苑组	粘土岩、砂岩、泥质粉砂质灰岩等	黔西南	
	T1	罗楼组			
		飞仙关组			
二叠系	P2	龙潭组	煤系底部、粘土岩、砂岩和泥灰岩	贵州册亨板其	
		合山组	P1 不整合面之上的 P2 底部硅质岩		
	P1	那棱组	粘土化凝灰岩、硅质岩、玄武岩流前缘	云南广南上堂	
		大厂层	粘土岩、页岩、泥质粉砂质灰岩等	黔西南	
石炭系	C2—3	壶天群	不整合于板溪群之上的底砾岩、砂质页岩	湖南会同	含金砾岩
	C2	黄龙组	生物灰岩、厚层结晶灰岩、白云质灰岩	广西田阳	含金方解石体
泥盆系	D3	锡矿山组	宁乡式铁矿层底部海绿石页岩	湖南益阳	含微量金
		余田桥组	灰岩、泥质灰岩、硅化灰岩	湖南衡东石峡	似层状微细浸染 Au—Hg—As 矿化
	D2	棋子桥组	下段钙质页岩	湖南省高家坳	金异常
		跳马涧组	石英砾岩、砂岩、砂质页岩夹泥灰岩		
		郁江组	砂岩、泥岩和泥质粉砂岩	广西“三林”地区 *	脉状、透镜状, 似层状 Au—Sb 矿化
	D1	莲花山组	紫红色石英砂岩及页岩、有时夹砾岩或含砾砂岩	广西大明山—昆仑关	含少量白云石的含金石英脉

* 即广西隆林—田林—西林地区。

浙江含金建造及其混合岩化产物的金银平均含量

表 4

岩 石		Au(PPb)		Ag(PPb)		Au/Ag 几何平均
		算术平均	几何平均	算术平均	几何平均	
左 溪 混 合 岩	斜长角闪岩	8.7(9)	6.6(9)	188.9(9)	147.2(9)	0.045
	混合斜长角闪岩	3.1(7)	2.9(7)	70.0(7)	59.8(7)	0.048
	片麻状石英闪长岩	2.2(3)	1.9(3)	68.3(3)	36.3(3)	0.52
	块状石英闪长岩	2.2(6)	2.1(6)	55.0(6)	49.7(6)	0.042
	蚀变片麻状石英闪长岩	11.2(3)	10.3(3)	204.3(3)	199.5(3)	0.052
	糜棱岩	2.8(8)	2.5(8)	73.8(8)	63.0(8)	0.040
	王家宅剖面平均	3.8(28)	3.0(28)	92.7(28)	65.8(28)	0.046
陈 蔡 群 衍 生 含 金 建 造	角闪片岩、片麻岩	8.3(7)	6.7(7)	140.0(7)	114.2(7)	0.059
	石英云母片岩	2.9(6)	2.8(6)	136.7(6)	55.2(6)	0.051
	变粒岩、浅粒岩	1.9(8)	1.7(8)	127.5(8)	102.6(8)	0.017
	黑云母斜长片麻岩	4.0(11)	3.2(11)	153.2(11)	99.2(11)	0.032
	蚀变片麻岩	11.8(3)	10.8(3)	1260.0(3)	572.6(3)	0.019
	第七岩性段	2.5(10)	2.1(10)	93.0(10)	85.9(10)	0.024
	第五岩性段	4.7(6)	3.0(6)	156.7(6)	140.0(6)	0.021
	第四岩性段	2.2(2)	2.2(2)	40.0(2)	40.0(2)	0.055
	第三岩性段	2.8(3)	2.8(3)	126.7(3)	84.2(3)	0.033
	第二岩性段	8.5(4)	6.9(4)	157.5(4)	121.2(4)	0.057
	第一岩性段	7.1(10)	5.6(10)	532.5(10)	145.9(10)	0.038
	陈蔡剖面平均	4.9(35)	3.5(35)	236.7(35)	108.0(35)	0.032
双 溪 坞 群 原 始 含 金 建 造	第三旋回	72.1(10)	43.1(10)	461.7(7)	409.4(7)	0.105
	第二旋回	57.4(8)	34.4(8)	321.7(6)	220.5(6)	0.156
	第一旋回	75.1(7)	31.2(7)	188.0(5)	156.9(5)	0.199
	细碧角斑质凝灰岩	62.9(18)	31.5(18)	300.8(12)	228.8(12)	0.138
	角斑岩、细碧岩	66.3(4)	52.3(4)	292.5(4)	233.2(4)	0.224
	沉凝灰岩	102.7(3)	56.5(3)	600.0(2)	287.9(2)	0.196
	平水剖面平均	68.2(25)	36.6(25)	338.9(18)	255.2(18)	0.143

注: 括号中为样品数

三、金在含金建造中的分布

大多数重要含金建造形成时代较早,而金本身又具有较大的活动性。这二个特点决定了金在含金建造中分布的复杂性。

表4的浙江各含金建造及其混合岩化产物的金银平均含量。从中可见,双溪坞群原始含金建造中岩石的金、银含量普遍较高,而其中又以沉凝灰岩含金最高。岩石学、岩石化学研究表明,双溪坞群是一套形成于元古界古板块俯冲带海沟一侧的细碧—角斑岩建造是该隆起带最老的岩石组合。陈蔡群是由分布着双溪坞群火山岩的江南古岛弧隆起提供陆源碎屑的,是少量中酸性岩脉的类复理石建造,变质较深。含金层位主要赋存在建造底部。根据原岩恢复结果和微量元素的拟合计算,陈蔡群应由50%砂岩+10%粘土岩+40%双溪坞群火山岩碎屑组成^[10]。按此模型,陈蔡群原岩含金应为17PPb左右。但目前测得的金平均含量(几何平均值)仅为3.5PPb。这种金的亏损成因上可能与较深的变质程度和建造内重要金矿床的形成过程有关。此外,中生代火山强烈活动也对金在建造中的再分布起重要作用。由双溪坞群经断裂变质、重熔形成的左溪混合石英闪长岩的金银含量远低于母岩,含金仅为3PPb左右。双溪坞群原始含金建造具有相对较高的Au/Ag比值。在混合岩化、区域变质和中生代火山活动的能量叠加下,Au/Ag比值显著降低;而其中又以受中生代火山活动强烈影响的陈蔡群Au/Ag比值降低影响最明显。

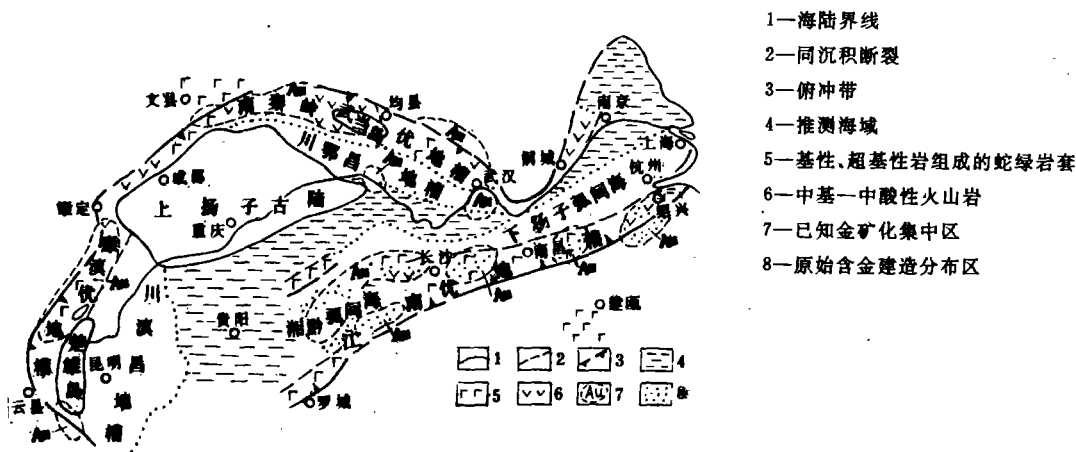


图1: 华南元古界原始含金建造和金矿化与东安期古地理区划的空间关系(古地理图据朱鸿等^[7])

表 5、6、7 和 8 分别为华南其他地区不同含金建造的金平均含量。它们大多具较高的金丰度, 最高的金含量主要出现在该地区最老的层位中, 并大多与火山活动相伴随。限于篇幅, 不再一一详述。但在此要指出的是, 类似于陈蔡群, 后期地质过程和成矿作用致使含金建造产生金

湘西北冷家溪群和板溪群含金建造的主

要成矿元素平均含量 *

表 5

含金建造层位		Au(PPb)	W(PPm)	Cu(PPm)	Bi(PPm)	Sb(PPm)	Sn(PPm)	Be(PPm)
板溪群	五强溪组	6.9(23)	6.25(65)	115.9(65)	4.17(65)	16.7(65)	8.1(65)	3.4(65)
	马底驿组	5.7(67)	8.48(95)	135(95)	3.46(95)	11.53(95)	12.0(95)	4.2(95)
冷家溪群		27(18)	10.1(93)	177(93)	7.5(93)	23.1(93)	11.4(93)	4.6(93)

* 冷家溪群 Au 平均含量据张景荣等, 1986^[3]; 板溪群金含量据罗献林等, 1984^[8]

赣北双桥山群含金建造中含金层位的金平均含量

表 6

岩性	样品数	含量范围(PPb)	平均含量(PPb)
千枚岩	14	2.7—42	11.35
基性熔岩	5	3—9.3	7.14
硅质钠长石岩	5	8.8—11.00	391.96

粤西震旦系含金建造的金含量分布

表 7

层位	样品数	平均值(PPb)	均方差	变异系数(%)
震旦系 c 组	42	13.21	6.24	47.24
震旦系 b 组	13	7.67	3.46	45.08

湘西、桂东含金建造的金含量分布

表 8

地区	层位	岩性厚度加权平均(PPb)	均方差	变异系数(%)
滕县桃花	水口群	11.7	12.1	103
贺县龙水	水口群	9.7	14.0	144
新邵龙山	江口组	7.1	7.3	102
会同漠滨	五强溪组	9.2	7.0	76

亏损的现象也在华南其他重要金矿区发现。例如沃溪附近的桥塘—官坪坳剖面中板溪群大多数样品含金仅 1.3—0.7PPb。西安矿区附近剖面金平均含量仅达 1.7PPb^[9]。罗献林报导(1984)^[8]的测金数据也显示,沃溪矿区板溪群的平均金含量反而低于区域上的板溪群。这些资料表明,该矿区域及其邻近可能发育金的负异常。笔者在研究含钨建造时也曾发现^[4],沃溪矿区区域东部锑矿化不利地段紫红色板岩中的锑含量竟比西部锑矿化区的相应岩石高一个数量级,并指出这是由于变生溶液使 Sb、Au、W 产生活化转移造成的。因此,上述极低的金含量可能与矿化造成的金亏损有关。

在含金建造中,由于非含金层位和含金层位的共存和后者的尖灭,以及诸如上述后期改造和能量叠加的结果,金的分布是极不均匀的。其中较显著的特点之一是金往往趋于在构造层底部或区域不整合面上富集(图 2)。这在华南衍生含金建造中表现得特别明显,如陈蔡群、板溪群、震旦系和属于后加里东稳定型陆源碎屑沉积的古砂金层和含金砾岩(表 3)等,均产于古风化侵蚀面之上或稍高的层位中。

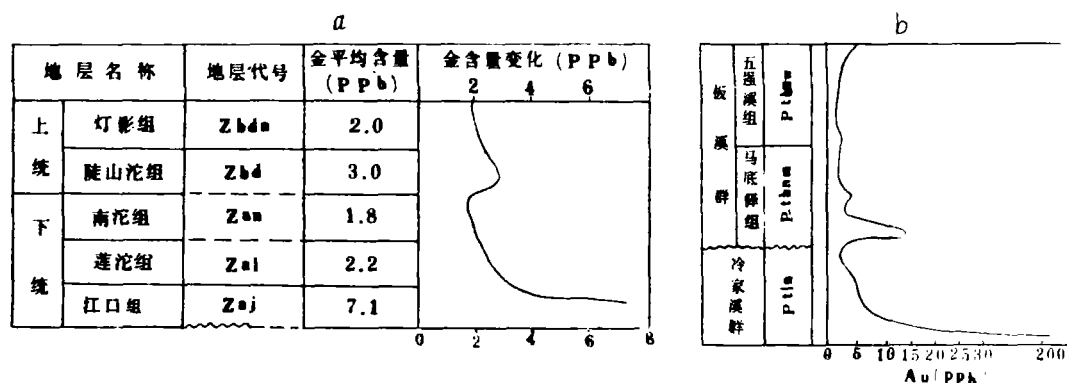


图 2,新邵龙山震旦系(a)和湘西元古界(b)地层剖面不整合面附近岩石中金分布

1981 年我们对含钨建造进行研究时发现^[1]钨的多峰分布是含钨建造的一个重要特征。

并进而指出,这一现象也是含矿建造的共同特征之一^[5],在含金建造中也同样存在^[10]。图3和图4分别为浙江和广东含金建造的实例。目前,在我国胶东群,冷家溪群,加拿大绿岩带^[11],非洲南部绿岩带和含铁化学沉积岩^[12]等重要含金建造中均已发现金的多峰分布现象,从而揭示了这一分布特征的普遍性。在大多数情况下,低含量峰代表了岩石金含量的背景样品总体集合,而高含量峰则为高值总体。后者反映了金呈易活化状态(存在于硫化物中或呈微细自然金形式)存在的比例较大,即指示了含金层位的发育。

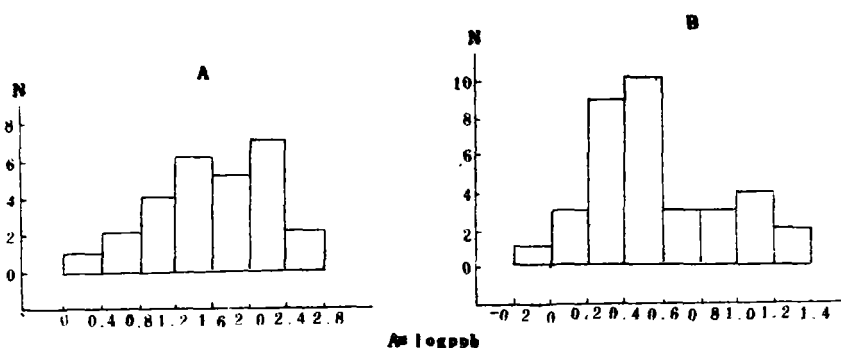


图3.浙江双溪坞群和陈蔡群含金建造中金的多峰分布 A—双溪坞群;B—陈蔡群

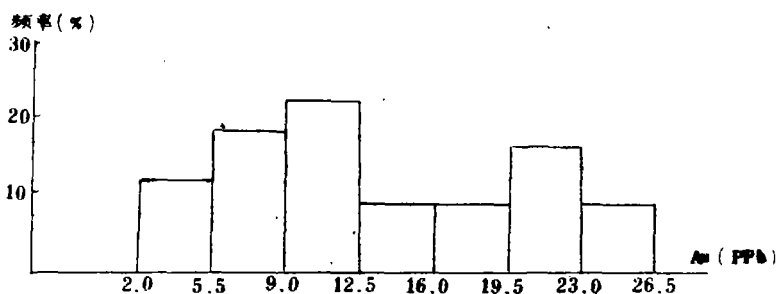


图4.广东震旦系C组含金建造中金的多峰分布(戴爱华1986)

四、含金建造的微量元素分布特征

微量元素及其组合特征的研究有助于确定含金建造的成因和物质来源以及所经历的后期变化。在此,我们仍以双溪坞群和陈蔡群为实例加以分析,然后对含金建造中微量元素的分布组合加以概括性讨论。

双溪坞群和陈蔡群的微量元素平均含量

表 9

元 素	双溪坞群原始含金建造			陈蔡群衍生含金建造		
	样品数	平均含量 (PPm)	变异系数 (%)	样品数	平均含量 (PPm)	变异系数 (%)
Ti	9	3590	35	15	5529	87
V	9	170	60	15	106	77
Cr	9	28	69	15	71	138
Mn	9	967	39	15	923	55
Co	9	15	45	15	18	73
Ni	9	19	48	15	30	67
Cu	24	92	99	35	118	226
Pb	24	34	50	35	32	54
Zn	24	168	119	35	125	80
Au	25	0.0682	100	35	0.0049	93
Ag	18	0.339	73	35	0.259	219
Li	9	25	72	15	15	45
Be	9	1.5	95	15	2.2	52
La	9	17	47	15	34	51
Ce	9	28	53	15	63	49
Y	9	16	28	15	23	59
Ga	9	6.2	34	15	15	34
Sr	9	275	84	15	179	43
Ba	9	326	60	15	593	47
Sc	9	19	42	15	17	53
As	8	2.0	40	8	1.3	146
Sb	8	0.5	96	8	0.2	83
Hg	8	0.015	83	8	0.009	38

测试结果显示(表 9),与克拉克值相比,双溪坞群含金建造富含 Au、Ag、Cu、Sc 和 V,陈蔡

群则富 Pb、Ag、Sc 和略富 Au 和 Zn, 在这些产生富集的元素中, 以双溪坞群中的 Au、Ag 和 Cu 富集度最高, 分别为地壳平均值的 26.3、4.8 和 2.2 倍。而这三种元素恰恰是该区内最重要的成矿元素。因此, 原始含金建造的元素组合特征可能是控制区域内金属矿种的一个重要因素。与原始含金建造相比, 衍生含金建造陈蔡群中的 La、Ce、Y、Ga 和 Ba 等亲石元素含量增高, 铁族元素 Ti 和 Cr 也明显增高。其中 La、Ce、Y、Ti、和 Cr 具有呈重砂矿物在沉积物中聚集的能力, 而 Ga 在表生作用的富集与云母和粘土有关。陈蔡群具有高于克拉克值的 Pb、Ag、Sc、Au 和 Zn 丰度, 这反映了它在物质来源上继承了原始含金建造富 Au、Ag、Sc 的特征。另一方面, 与双溪坞群相比, 陈蔡群的 Au、Ag、As 和 Sb 产生贫化, 而这四种元素均为陈蔡群金矿床中的特征性富集元素。这很可能是由于后期变质改造的结果。由此可见, 微量元素的分布特征能够在含金建造的成因和继承关系方面以及对后期改造叠加过程乃至成矿作用提供有益的信息。这些指示迹象与地质观察研究结果基本一致。

为了解本区含金建造中金与其他微量元素的相关关系, 进行了回归分析统计, 结果如表 10。这种相关性在一定程度上反映了金的赋存状态。在原始含金建造中, 金的独立性较强, 仅与 Ag 和 Zn 呈正相关。结合薄化和重砂研究表明金主要呈细微自然金和银金矿, 部分存在于硫化物中。在衍生含金建造陈蔡群中, 金与其他元素的相关性指出, 金应主要以三种赋存状态存在: 一种是呈细微金屑, 与粗碎屑中的重矿物伴生; 另一种则被粘土和铁氧化物等物质吸附; 如果铁以黄铁矿存在, 则金富集在黄铁矿中。金与钠的负相关性可能是因富钠长石矿物含金极低造成的。

含金建造中金与微量元素的含量相关性

表 10

岩石	回 归 式	N	R	R /R°
双溪坞群细 碧角斑岩	$Au = 0.196Ag + 23.55$	20	0.6074 *	1.38
	$Au = 3.52Zn - 273.0$	9	0.734	1.10
陈蔡群 变质岩	$Au = 5.9 \times 10^{-4}Ag + 3.13$	35	0.7381 *	2.20
	$Au = 0.015Ti - 3.03$	15	0.604	1.17
	$Au = 1.72Fe_2O_3 - 7.51$	15	0.589	1.14
	$Au = 1.24Li + 12.99$	15	0.521	1.01
	$Au = -12.3Na_2O + 27.5$	15	-0.528	1.03

注: 单位—Au, PPb, 氧化物, Wt% (Fe 全部计为 Fe_2O_3), 其他元素, Ppm; 符号—N: 统计样品数, R 相关系数, R°: 置信度为 0.05 的临界相关系数, *, 相关系数大于 R°0.01

综合已有的各地含金建造微量元素资料, 以下二十多种元素可以和金同时形成程度不同的地球化学富集, 它们是:

亲铁元素—Fe、V、Mn、Sc、Ti、Cr、Co 和 Ni; 亲铜元素—Cu、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Hg 和 Cd;

亲石元素—W、Sn、Ba 和 Tl; 非金属元素—C、S、P 和 B。

值得指出的是有将近一半的上述元素, 包括 Au 本身, 在各类火成岩中以基性岩类丰度最高, 如 Sc、Ti、V、Mn、Cu、Zn、Ag、As、Sb、Hg 和 Cd。此外, 有相当多的上述元素可以在表生作用中达

到相当程度的富集。不难看出,这些元素在地球化学性质上差别很大。这种元素组合与热液作用造成的矿体原生晕组合很不相同。就近年来我系研究所涉及的其他含金建造而言,胶东群以富含 Au、Co、和 V 为特征,粤西震旦系富含 Au、Bi、As、B、W、V 和 Sn 等,而湘西北冷水江群和板溪群则含较高的 Au、W、As、Sb、Bi、Sn、Cu、V 和 Cr,依地区不同有所差异。总的来看,华南含金建造常以富 W、Cu、Bi 和 V 为特征,有时可出现较高的 Ba 含量。

含金建造的微量元素分布常具以下特征:

(1) 亲铁和亲铜元素常形成富集,其中许多元素是基性岩的特征元素,并易于在沉积过程中富集(重砂特征元素和易吸附元素);

(2) 微量元素含量和组合主要受沉积作用,包括火山沉积作用支配和受蚀源区控制,而与元素在内生作用中的地球化学性质关系不明显;

(3) 在原始含金建造中,一般金与其他元素相关性较弱,独立性强,并且有较高的 Au/Ag 比值。在衍生含金建造中,亲石元素增高,金与其他元素(主要是重砂特征元素和易吸附元素)相关性增加。火山沉积衍生含金建造常具较低的 Au/Ag 比值;

(4) 含金建造中常出现高丰度的 C、S、P 和 B;

(5) 金常与 Fe、Cu、W、Ag、Sb、As 和 Bi 等元素形成综合性多元素含矿建造。

五、含金建造与金矿床的成因关系

含金建造是形成金矿化集中区的基础,是形成金矿床的重要物质来源。它可以通过各种中间环节,即广义的成矿媒介形成目前已知的几乎所有重要金矿类型:它可经变生溶液的活化在区域变质过程中形成各类变质热液金矿;也可经地下水或热卤水活化形成渗滤改造型金矿;它既可经混合岩化、花岗岩化和中—酸性岩浆侵入的活化形成与花岗岩类有关的金矿,也可经火山一次火山作用对基底含金建造的金活化汲取而形成与火山机构有关的金矿床;同时,在各种表生过程中也能生成重要的金矿床。因此,华南地区几乎所有重要金矿类型都是在含金建造的元素丰度和组合基础上经多种后期地质过程改造和能量叠加的结果。含金建造在全国和世界范围内的普遍存在表明了这种成因分析法对金矿找矿和科研的普适性。

基于上述的全面考虑,可按后期改造和叠加的能量强度和类型以及金矿化形成的地质—地球化学环境划分出如表 11 所列的五大类金矿床,并可能确定它们与含金建造和各种成矿媒介之间在成矿物质和成矿能量上的成因关系。

以含金建造为基础的金矿床类型划分及其主要特征

(不包括伴生金矿)

表 11

金矿床类型	主要成矿 能量来源	主要成矿 溶液来源	主要赋矿 位置或围岩	元素组合特征	Au/Ag	形成时代	典型地区 (限国内)	与含金建 造的关系
与花岗岩类 有关的金矿 床	花岗岩化、岩浆 侵入和断裂构 造	被中酸性交代 体, 侵入体释放 或驱动的热液, 来源复杂	常位于花岗岩 或混合岩外接 触带	组合复杂多变, 以 亲石亲硫元素为 主, 常出现高能成 矿元素 (W、Nb、 Ta、Sn) 等	低变化大	古生代— 中生代, 部 分前寒武 纪	胶东、华北	花岗岩侵入含金 建造, 或含金建造 本身发生花岗岩 化
与火山—火 山岩类有 关的金矿床	中酸性火山喷 发—沉积, 浅成 —超浅成岩浆 作用和断裂构 造	受火山机构控 制的地下水, 天 水或海水环流	火山喷发机构 内或其附近	组合复杂, 常与 Pb、Zn、Ag、Bi、Te 等伴生	最低, 变化 最大	以中—新 生代为主	东北、浙江	火山侵入—喷发 活动穿过基底含 金建造
与变质岩有 关的金矿床	区域变质作用 和挤压、剪切带	侧分泌的或上 升的变质热液	中—浅变质岩 中的各种扩容 空间	组合简单, 矿石元 素组合与建造元 素组合一致, 常贫 Ag、Cu、Pb、Zn	高而稳定	太古代, 古 生代, 寒武 纪	江南地背 斜带、粤、 桂、华北等 地	产于含金建造本 身之中或位于基 底含金建造的浅 变质盖层中
与地下水或 热卤水渗透 有关的金矿 床	地热异常地下 水改造和断裂 构造	地下水、天水和 建造水	化学性质较活 泼的沉积岩、沉 积岩断裂, 有时 具热液喷发机 构	组合简单, 常与高 活动性成矿元素 (Hg、Sb、As、Pb、 Zn) 伴生具明显 低温特征	高	古生代— 中、新生代	陕南、黔、 桂、湘	常出现在基底含 金建造之上的未 变质盖层中, 或本 身为衍生含金建 造
与表生作用 有关的金矿 床	各种表生风化 沉积和生物有 机过程	地表水	碎屑沉积岩和 近代沉积物	常与重砂成矿元 素, 易吸附元素和 铁、锰、碳等伴生	高, 与蚀源 区先成金 矿化类型 有关	任何时代, 以早元古 代和新生 代为高潮, 部分为中 生代晚期	各地砂金、 古砂金、风 化壳等	位于基底含金建 造之上或其附近, 常与不整合面有 关

参考文献:

- [1] 刘英俊, 李兆麟, 马东升, 1982, 华南含钨建造的地球化学研究, 中国科学, B 辑, 第 10 期。
- [2] 母瑞身, 韩仲文, 徐国庆, 1986, 我国金矿地质某些问题简述, 《金矿地质论文集》, 沈阳地质矿产研究所编, 第 1—4 页, 地质出版社。
- [3] 张景荣, 乔思光, 崔卫东, 1986, 华南内生金矿床区域成矿条件分析及找矿方向, 南京大学学报, 自然科学版, 第 1 期。
- [4] 刘英俊, 马东升, 1987《钨的地球化学》科学出版社。

- [5] 马东升, 1987, 沉积矿床和含矿建造的原生地球化学异常《勘查地球化学》, 刘英俊, 邱德同等编著, 第 117—127 页, 科学出版社。
- [6] 刘英俊, 张景荣, 乔恩光等, 1982, 华南花岗岩类中金的丰度, 地球化学, 第 3 期。
- [7] 朱鸿, 杨森楠, 1985, 扬子地台, 《中国区域大地构造学》, 地质出版社。
- [8] 罗献林等, 1984, 论湘西沃溪金锑钨矿床的成因, 地质与勘探, 第 7 期。
- [9] 万嘉敏, 1986, 湘西西安白钨矿床的地球化学研究, 地球化学, 第 2 期。
- [10] 刘英俊, 孙承轅, 沙鹏, 1987, 浙江绍兴—龙泉隆起带前中生界含金建造的地球化学, 中国科学, B 辑, 第 6 期。
- [11] Goodwin, A. M. 1984, Archaean greenstone belts and gold mineralization, Superior Province, Canada, in Gold' 82: The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits, R. P. Foster ed. p71—97, A. A. Balkema/Rotterdam
- [12] Saager, R. Meyer, M. and Muff, R. 1982, Gold distribution in supracrust rocks from Archaean greenstone belts of southern Africa and from Palaeozoic ultramafic complexes of the European Alps, metallogenetic and geochemical implications, v. 77, p1—24

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GOLD—BEARING FORMATION IN SOUTH CHINA

Liu Yingjun Ma Dongsheng

Department of Earth Science, Nanjing University

Abstract

multi — epoch gold — bearing formations have been recognized in South china. The original distribution of gold in gold — bearing formation could be characterized by higher content, heterogeneity in vertical and horizontal, and double populations — the background and the high value. The distribution and paragenesis of trace elements depends majorly on sedimentation and higher siderophile and chalcophile elements and C, S, P and B occur usually in gold — bearing formations. On the basis of gold — bearing formation and according to the form of later ore — forming energy and geological — geochemical environment of gold deposits, they could be divided into five categories; related to granitoid, volcanic — subvolcanic rocks, hypergenesis, metamorphism, and groundwater or thermal brine.