

湖南雪峰地区金矿床的成因研究

彭建堂* 胡瑞忠 戴塔根 刘悟辉
(中国科学院地球化学研究所矿床 地球化学开放实验室, 贵阳) (中南工业大学资源环境与
建筑工程学院, 长沙)

提 要: 对雪峰地区金矿床的研究表明, 该区金矿主要形成于加里东期和印支-燕山期, 成矿物质来自赋矿地层, 成矿能量则由地热异常场提供。该区金矿床的成因类型为大气降水热液型矿床。其成矿机制为地热流体成矿作用。

关键词: 金矿床 成矿年代 成矿物质来源 矿床成因 雪峰地区

湖南省 80% 金矿床(点)分布于雪峰地区。关于雪峰地区金矿床的成因, 众多学者提出了许多不同的观点, 其中有岩浆期后中低温热液矿床^[1], 热卤水成因^[2], 沉积-再造成因^[3]或改造成因^[4], 变质热液成因^[5], 海底喷气(热卤水)-沉积(变质)成因^[6], 介于典型变质热液型金矿床与地下水渗滤成因的微细浸染型金矿床之间的“江南型金矿”^[7,8], 多因复成成因^[9]。其中变质热液成因的观点为众多研究者所接受^[10-13]。笔者认为, 上述成因模式分歧焦点是对该区金矿的成矿时代以及成矿物质(矿源、水源、热源)来源的不同认识, 因此, 笔者着重探讨该区金矿形成时代、成矿物质来源, 进而探讨金矿床的成因。

1 金矿地质特征

雪峰地区的金矿床主要赋存于前寒武纪地层中, 特别是元古界的冷家溪群和板溪群中, 赋矿围岩为凝灰质板岩、变质粉砂岩、碳质板岩等。矿体呈层状、似层状产于层间剥离带中或呈陡倾斜脉状产于断裂、密集节理带中, 矿体受一定地层层位和岩性控制。矿石类型主要有自然金-石英型、自然金-石英-辉锑矿型、自然金-石英-黄铁矿(毒砂)型、自然金-石英-白钨矿-辉锑矿型。矿物共生组合简单, 最常见的为石英、黄铁矿、毒砂, 次为白钨矿、辉锑矿、闪锌矿、方铅矿、方解石、绢云母等。矿石结构主要有充填结构、压碎结构、交代结构以及自形一半自形粒状结构, 常见的矿石构造为条带状构造、角砾状构造、块状构造、网状构造。围岩蚀变较弱, 主要有硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化, 次为绿泥石化、碳酸盐化。区域上岩浆活动微弱, 大多数金矿区无岩浆岩出露。

2 成矿年代

对于雪峰地区金矿床的形成时代, 大多数研究者认为主要是武陵-雪峰期成矿, 特别是雪峰期成矿^[5,10-15], 少数学者认为主成矿期应为印支-燕山期特别是燕山期^[16-19]。对湘西南地区金矿床的研究表明, 该区肖家、平茶的石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄分别为 $(435 \pm 9) \times 10^6$ a、 $(412 \pm 33) \times 10^6$ a^[20], 肖家金矿蚀变岩 Rb-Sr 法等时线年龄为 $(418 \pm 4) \times 10^6$ a。显示该区金矿床并非形成于传统认识的武陵-雪峰运动期, 而是加里东运动中晚期成矿, 成矿作用远晚于区域变质作用。结合最近发表的一批测年资料(表 1)来看, 在雪峰地区, 金矿床的成矿作用始于加里东早期以后, 主要集中于加里东期中晚期和印支-燕山期; 在湘西南地区, 主要表现为加里东期成矿; 而湘西、湘东(北)、湘中则既有加里东期成矿, 又有印支-燕山期成矿。上述成矿年代特征与该区许多金矿床定位于加里东期的 NW、NWW 向构造中和一

* 彭建堂, 男, 30岁, 博士后, 从事矿床地球化学研究。邮政编码: 550002

些矿区中新生代的脉岩为含金锑石英脉充填切割等地质现象相吻合。

表1 湖南雪峰地区金矿床的成矿年龄

地区	矿床(区)	测试对象及方法	年龄/(10^6 a)	资料来源	
湘东	黎家园	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	236 ± 14	彭渤, 1995	
	平江—浏阳	含金石英裂变径迹法	115.18 ± 17.32	胡瑞英等, 1996	
			108.22 ± 16.84		
			107.43 ± 19.49		
万古	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	70	毛景文等, 1997		
湘中	古台山	绢云母 K-Ar 法	331	孙启松, 1989	
	龙山	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	175 ± 27	史明魁等, 1993	
湘西	西安	蚀变岩 K-Ar 法	303.00	万嘉敏, 1986	
			317.40		
			412.20		
			476.40		
沃溪	沃溪	柳林钗	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	144.8 ± 11.7	史明魁等, 1993
			蚀变岩 K-Ar 法	281	罗献林, 1989
			钾长石 K-Ar 法	340	王秀璋等, 1992
湘西南	金良冲	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	350	周德忠等, 1992	
	平茶	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	435 ± 9	彭建堂等, 1998	
	肖家	含金石英流体包裹体 Rb-Sr 法	412 ± 33	本文	
	肖家	蚀变岩 Rb-Sr 法	418 ± 4		

3 成矿物质来源

对于雪峰地区金矿床的成矿物质来源, 前人开展了许多研究工作, 至今未取得共识。

3.1 矿质的来源

早期地质工作者往往以该区元古宙地层中含 Au 高为主要依据, 认为成矿物质来源于赋矿地层或下伏岩层^[5]; 最新研究发现^[18,21], 湖南元古宙地层含 Au 并不高, Au 的丰度一般低于大陆地壳中的平均含量 (3.0×10^{-9} , Taylor, 1985), 甚至低于上部大陆地壳中 Au 的平均含量 (1.8×10^{-9} , Taylor, 1985), 据此, 一些学者认为脉岩与该区金(锑)成矿关系密切, 时代较老的中基性岩或中新生代的长英质脉岩为金的主要矿源岩^[18,22]。笔者认为, 雪峰地区金矿床的成矿物质(矿质)应主要来自赋矿地层, 理由如下: ①从空间分布看, 湖南 80% 金矿床集中分布于雪峰地区, 且层控特征十分明显, 金矿几乎都产于前寒武纪地层中, 特别是冷家溪群和板溪群中, 矿体受一定地层层位和岩性控制。湖南元古宙地层对雪峰地区金矿床空间分布的这种明显的制约作用, 表明它与金矿床之间必然存在某种内在的联系。②区域地球化学研究表明, 湖南元古宙地层普遍有 Au-As-Sb-(W) 元素组合, 而赋存于其中的金矿床成矿元素组合亦以 Au-As-(Sb)-(W) 为特征, 对区域地层表现出明显的继承关系。研究发现, 金矿床的成矿元素组合随区域地层中元素含量特征的变化而变化, 两者之间具有良好的对应关系^[7,12]。③雪峰地区元古宙地层, 如黄金洞、万古、沃溪、龙山、漠滨、铲子坪等金矿区普遍存在金贫化亏损现象。研究表明, 该区金亏损现象具有分维结构特征, 可分为区域性金亏损、矿区外围金亏损和矿体上、下盘的金亏损, 它们相应地控制了金矿带、金矿床、金矿体的产出。这种贫化亏损现象的广泛存在及其分级控矿特征, 有力地说明该区金矿的成矿物质来自赋矿地层。另外, 在雪峰地区含金低的地段, 断层有明显的富金作用, 这种线型富集异常亦为该区地层中金发生活化迁移、富集成矿提供了佐证。④对湘西南金矿床的研究表明, 矿石和赋矿围岩稀土模式相似, 特征参数基本一致, 矿石同步继承了围岩的稀土元素组成特征; 金矿床中的 Au、Ag、Pt、Pd、Se、

Te等元素均来自赋矿地层而非中基性岩；矿石铅同位素组成与金矿化时赋矿地层中铅同位素组成相当吻合，矿石铅主要来自赋矿围岩；金矿床和赋矿地层中的硫具有相同的成因关系，金矿床中的硫主要由赋矿地层提供；成矿流体中的锶同位素组成与金矿化时赋矿地层中锶同位素组成相当吻合，而与中基性岩相差甚远。

3.2 成矿溶液的来源

过去大多数研究者都是根据 Taylor 等 (1979) 的 δD - $\delta^{18}O$ 图解来判断雪峰地区金矿床的成矿热液来源，得出以下不同认识：① 成矿溶液为变质热液，以变质水为主，后期部分有大气降水加入^[5,10-13]；② 主要为变质流体和建造水混合热液或主要为建造水^[7,8-23]；③ 部分矿床（如沃溪）成矿热液为变质水，部分矿床（如黄金洞）为大气降水（郑明华，1989）；④ 主要为加热大气降水或建造水^[4]；⑤ 早期为岩浆水，中晚期有大气降水加入^[19]。事实上，如果从水/岩反应同位素交换角度来考虑，这种经典的判别成矿流体来源方法的可靠性和有效性都是值得怀疑的，不同的研究者根据相同的氢氧同位素资料得出截然不同的结论，也有力地说明了这一点。从前文可知，雪峰地区的区域变质作用（武陵-雪峰期）并没有导致金成矿，成矿作用发生于加里东早期以后，滞后于区域变质作用（ $400 \sim 900$ ） $\times 10^6$ a，因此该区金矿的成矿溶液不可能为变质水。为了进一步弄清雪峰地区成矿流体的来源，笔者拟从成矿流体组成、性质以及氢氧同位素特征等方面进行探讨。

(1) 从成矿流体成分来看，大多数金矿床具有 $HCO_3^- > \Sigma S > F^- > Cl^-$ ^[7] 或 $SO_4^{2-} > Cl^- > F^-$ 的阴离子序列和 $Na^+ > K^+、Ca^{2+} > Mg^{2+}$ 的阳离子序列特征，这与湘中现代热水（李佑海，1985；彭望生，1987）很相似。湘西一带温泉水的成分特征亦与金矿成矿流体相似，具有相同的阳离子序列和富 $HCO_3^-、SO_4^{2-}$ 贫 Cl^- 的阴离子特征^[24]。雪峰地区金矿床成矿流体中普遍贫 Cl^- 而富 HCO_3^- ，表明它不可能是再循环的海水或封存的地下水（Rorbertz, 1987），而很可能为浅部地下水，其成矿流体组成特征与湘中、湘西一带热泉水十分相似也证实了这一点。

(2) 雪峰地区金矿成矿流体盐度较低（一般小于 6% NaCl），与湘中（高家坳、石峡、三德堂）、黔西南（戈塘、烂泥沟、板其、丫他、百地）微细浸染型金矿相当吻合，表明该区的成矿溶液可能为大气降水而不可能为盐度较高的深部热卤水或封存的建造水。

(3) 从氢、氧同位素组成特点看，该区金矿中石英的 $\delta^{18}O$ 值相当集中，变化于 14‰~26‰，主要集中于 15‰~17‰之间，表现出异常富集¹⁸O，这与主岩（板岩）中富¹⁸O的特点是一致的。而湘、黔地区大气降水热液成矿的汞、锑矿床（如铜仁、万山、锡矿山）亦显示出 $\delta^{18}O$ 很高的特点^[25]，雪峰地区金矿可能具有与它们相同的水/岩反应同位素交换分馏机制。且漠滨、淘金冲、渣滓溪等矿床成矿流体的 $\delta^{18}O$ 均有负值出现，也表明大气降水参与了该区的金成矿作用。

雪峰地区金矿床成矿流体的氢同位素组成 δD 值变化于 -37‰~-86‰，主要集中于 -50‰~-65‰之间，与湘西一带现代温泉水 $\delta D = -53‰ \sim -61‰$ ^[24]、黔东地区地热水 $\delta D = -54‰ \sim -63‰$ （张世丛等，1990）十分吻合，而后者显然是下渗的大气降水受热演化而成。另外沃溪、龙山两矿区的裂隙水 δD 值（-66‰、-47‰）亦可与雪峰地区金矿的成矿流体进行对比。且最新研究发现，在雪峰地区，从南到北，随着纬度升高、地理位置改变，成矿流体 δD 值有向负值方向漂移趋势，显示出某种地理位置效应。上述氢同位素特征表明，该区金矿的成矿流体应来源于大气降水。

3.3 热源

对于雪峰地区金矿床，以往的许多研究者认为成矿作用与区域变质作用在时间上相吻合，从而将雪峰运动的区域变质作用误认为是成矿能量的主要提供者^[5,7,23]。而另一些学者则认为隐伏岩体为该区金成矿提供了热源^[4,19]，但整个雪峰地区岩浆岩欠发育，大多数金矿区及其外围无岩浆岩出露，即使有岩浆岩出露的矿区也只是脉岩，规模甚小。且物探资料显示，湘西一带大部分地段重磁平缓，因此该区隐伏岩体为金矿形成提供热源的可能性亦不大。该区金矿成矿温度低、盐度小以及成矿流体成分中未有岩浆热液混

人的迹象,也说明隐伏岩体存在可能性不大。

前人的研究表明,本区金矿形成时地热梯度较大,是一个地热异常区^[23],雪峰地区金矿的形成温度随赋矿层位升高而降低亦表明这种纵向区域性地热梯度的存在。结合该区的区域构造演化来看,这种高地热梯度与加里东运动密切相关,雪峰地区在早古生代受加里东运动影响而隆升造成该区地热梯度的增加。另外雪峰地区的环形构造特别发育,而且主要集中于湘东黄金洞、湘西沃溪、湘西南漠滨一带,与该区3个金矿化集中区的空间分布相吻合。这种环形构造很可能为地热穹窿,是深部热场信息的反映,在整个地壳运动中,对矿液的活动,活化、运移、富集过程,可能起到提供高热能及特殊边界应力条件的作用(戴启伟,1988)。深部地质研究成果亦显示,该区金矿主要分布于幔隆与幔凹的过渡地带^[18],这种过渡带往往是构造薄弱处,地幔活动频繁,因此这种地热穹窿可能是深部构造热演化造成的。因此笔者认为,加里东运动使雪峰地区隆起上升,地热梯度明显增高,区域性地热异常为矿源层中金的活化、迁移提供了能量,而由深部构造热造成的局部性的地热异常场则形成地热穹窿,从而促使金矿化集中区的形成。

4 矿床成因

上述研究表明,加里东期和印支-燕山期为雪峰地区金矿床的两个主要成矿期,成矿作用远远地滞后于区域变质作用;成矿物质主要来自赋矿地层,成矿溶液来自大气降水,而成矿能量则主要由地热异常场提供,因此该区金矿为大气降水热液成矿,由于雪峰地区金矿的成矿流体体系大气降水受地热活动作用演化而成,故可称之为地热流体,并将其成矿机制称为地热流体成矿作用。

参 考 文 献

- 1 徐克勤. 矿床成因论. 北京:地质出版社,1965.
- 2 丁碧英. 湘西金矿矿物包裹体研究及矿床成因探讨. 中南矿冶学院学报,1981,12(2).
- 3 涂光炽等. 中国层控矿床地球化学(第1卷),北京:科学出版社,1984.
- 4 王秀璋,程景平等. 中国改造型金矿床地球化学. 北京:科学出版社,1992.
- 5 罗献林,易诗军,梁金城. 论湘西沃溪金锑矿床的成因,地质与勘探,1984,20(3):1~10.
- 6 张理刚. 湘西雪峰山区钨锑金矿床的稳定同位素地质. 地质与勘探,1985,21(11):24~28.
- 7 马东升,刘英俊. 江南金成矿带层控金矿的地球化学特征和成因研究. 中国科学(B辑),1991,(4):424~433.
- 8 刘英俊,孙承轅,马东升. 江南型金矿及其成矿地球化学背景. 南京:南京大学出版社,1993.
- 9 姚振凯,朱蓉斌. 湖南符竹溪金矿床多成因模式及其找矿意义. 大地构造与成矿学,1993,17(3):199~209.
- 10 黎盛斯. 湖南金矿地质概论,长沙:中南工业大学出版社,1991.
- 11 罗献林. 湖南金矿床的成矿特征与成因类型. 桂林冶金地质学院学报,1991,11(1):23~33.
- 12 罗献林等. 湖南省沃溪式层控金矿地质. 北京:地震出版社,1996.
- 13 马启波等. 中国热液型金矿床含金建造及成矿作用与找矿方向. 北京:科学出版社,1994,58~62.
- 14 罗献林. 论湖南前寒武系金矿床的形成时代. 桂林冶金地质学院学报,1989,9(1):25~34.
- 15 张景荣. 论华南地区内生金矿床的形成时代. 桂林冶金地质学院学报,1989,9(4).
- 16 刘继顺. 关于雪峰山一带金成矿区的成矿时代. 黄金,1993,14(7):7~12.
- 17 刘继顺. 雪峰地穹窿金矿床的成因模式. 大地构造与成矿学,1993,17(2):127~134.
- 18 王甫仁,权玉钰,胡能勇等. 湖南省岩金矿床形成条件及分布富集规律. 湖南地质,1993,12(3):163~170.
- 19 毛景文,李红艳. 江南古陆某些金矿床成因讨论. 地球化学,1997,26(5):71~81.
- 20 彭建堂,戴塔根. 雪峰地区金成矿时代问题的探讨. 地质与勘探,1998,34(3).
- 21 孙承轅,张干. 湘西南元古界含金地层的地球化学研究. 南京大学学报(地球科学),1992,4(3):66~75.
- 22 刘继顺. 湘中地区长英质脉岩与锑(金)成矿关系. 有色金属矿产与勘查,1996,5(6):321~326.
- 23 牛贺才,马东升. 湘西层控金矿床成因机理的研究. 矿床地质,1992,11(1):65~75.
- 24 王蔚,张景荣,胡桂兴等. 湘西北地区现代温泉地球化学. 中国科学(B辑),1995,25(4):427~433.
- 25 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用——金属活化热液成矿作用及找矿. 西安:陕西科学技术出版社,1985