中国卡林型金矿床金的赋存状态研究

韦龙明　刘鸾玲

（中国有色金属工业总公司矿产地质研究院·桂林·541004）

卡林型金矿的载金矿物主要为黄铁矿和粘土矿物，其次是毒砂和石英。金主要以包裹金形式存在，秦岭地区存在有单体金。金主要赋存在含砷的铁硫化物相中。氧化矿石以游离金大量出现为特征。

关键词　卡林型金矿　赋存状态　中国


岩石 矿床

我国卡林型金矿床主要分布在扬子古陆边缘的大陆裂谷带中，尤其密集分布于滇黔桂接壤区、川西北地区和秦岭地区。卡林型金矿的显著特点是：①以沉积岩为容矿岩石（主要为细碎屑岩及其浅变质岩）；②金的粒度微细，一般为显微—次显微级；③有一套中低温矿物共生组合和围岩蚀变；④矿床属浅成中低温热液（渗流热卤水）成因[1]。

矿石中常见的金属矿物有黄铁矿、毒砂、辉锑矿、雄黄、雌黄、辰砂、白铁矿、磁黄铁矿，次为闪锌矿、方铅矿、硫砷铜矿等；脉石矿物主要有石英、水云母或绢云母、方解石、（铁）白云石、重晶石、地开石、伊利石、高岭石、萤石等。最近研究表明[1]，卡林型金矿中的金矿物成色较高，主要为自然金和含银自然金，金粒度微细，其中滇黔桂接壤区和川西北地区的金矿物多为次显微金，金矿物形态多呈圆形或近圆形，而秦岭地区的金矿物以显微金为主，并见到明金，金矿物形态多样。

矿石中金含量甚微，一般为 $n\times10^{-6}$，最高达 $n\times10^{-4}$，加上金矿物粒径极细，尤其对次显微赋存状态研究相当困难，需要借助新方法、新技术。谭延松[2]、张振儒(1984)研究湖南石峡金矿和陕西二台子金矿金的赋存状态时，采用电子探针、X 射线能谱和电子衍射求得次显微金的成分和结构衍射图像，推测金的粒径只有几至几十 nm。随着微束分析新技术的运用[3,4]，人们已能直观而有效地解决次显微金的赋存特征。

1　金在主要矿物中的分配

根据资料统计（表 1），我国卡林型金矿金在矿物中的分配具有如下规律：

①通过对主要单矿物的含金量分析以及在金矿石中所占的比例得知，主要载金矿物为黄铁矿（褐铁矿）、毒砂、粘土矿物和石英，这些矿物金的总占有率多＞90%，单项金的占有率＞10%，部分矿床黄铁矿或粘土矿物金的占有率高达 52.6%～98.49%；其他载金矿物金的占有率甚小，合计不超过 7%。

②区域分布上，秦岭地区富含单体金（多数矿床高达 27.17%～49.70%），主要载金矿物为黄铁矿和石英，个别矿床还有磁黄铁矿（八卦庙金矿）和毒砂（九源金矿）；其他地区主要载金矿物以黄铁矿和粘土矿物为主，金牙金矿的毒砂金的占有率高达85.7%，联合村金矿由于容矿岩石以次火山岩为主，其

本文 994 年 7 月收到，1995 年 3 月改回，范若芬编辑。

①韦龙明，中国卡林型金矿床金矿物的一般特征（待刊）。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

单体金含量也高达83%以上。秦岭地区石英单矿物具有较高的金占有率，这与该地区石英脉在矿区内普遍发育有关。

③在氧化矿石中，主要载金矿物为粘土矿物和褐铁矿，单体金所占比例比原生矿石明显增加，甚至占绝对优势（如双王金矿达92.16%，云南革档金矿达85.8%～92%，参见表4）。这是由于原生矿石经过氧化后，黄铁矿变成了褐铁矿，同时金矿物也发生次生加大。

2 金的存在形式

金的存在形式可归纳为5种：①独立矿物（单体金或游离金，包括裂隙金和晶隙金）；②包裹金（显微包裹体）；③晶格金（呈类质同像或固溶体）；④胶体金（呈胶粒吸附态或胶体悬浮态）；⑤离子金（络阴离子等）。

表1 中国卡林型金矿床主要矿物分配情况表

矿物	项目	秦岭地区							川西北地区		
		二台子	双王Ⅰ	双王Ⅱ	八卦庙	九源	坪定	拉尔玛	东北寨	桥桥上	联合村
黄铁矿	金品位		53.35	5.66	98.15	84.27	258.65	2.8	78.48		11.7
	占有率	98.36	40.30	2.57	13.80	10.1[1]	98.49	0.32	78.86	3.86	7.0
毒砂	金品位					427.4					
	占有率					15.4[2]					
石英	金品位				2.15	4.0	<0.05	2.95			
	占有率	0.26			22.69	19.44		38.18		3.36	2.0
粘土矿物	金品位		1.6		0.6[1]			1.6	1.26		
	占有率		15.16[1]		5.35[1]			0.7	21.95[1]	79.83	3.0[1]
碳酸盐矿物	金品位		1.2	0.08	1.95[2]	0.5	<0.05				1.13
	占有率	0.76	0.44	0.91	6.86[2]	1.68				微	5.0
碳质	金品位					126		128.85			
	占有率					2.23		10.62			
雄黄、雌黄	金品位					9.2	<0.05		1.85		
	占有率						1.51		0.19		
褐铁矿	金品位		14.8	4.79		105.9					
	占有率		1.86	4.36						8.4	
单金	占有率	0.62	27.17	92.16	>33.8	49.36		49.7		3.36	>83.0
其他矿物	金品位		0.68[2]		53.31[3]	2.0[3]					
	占有率		15.07[2]		17.5[3]	1.77[3]		0.51[1]		1.68[1]	
备注			①系泥级 ②系尾矿		①绢云母 ②含铁 ③磁黄铁矿	①含褐铁矿 ②含雄黄 ③未分	地开石Au1.7×10⁻⁶ 砷铝石Au0.5×10⁻⁶	①包括汞矿物辉锑矿、重晶石	①包括其他矿物	①系包裹金	①系绢云母
资料来源		(a)	1			(b)			(c)		

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1

脉物	项目	滇黔桂地区				华南地区				皖南
		板其	丫他	戈塘Ⅱ	烂泥沟	金牙	石峡	长坑Ⅰ	长坑Ⅱ	柴山
黄铁矿	金品位	45.89	83.2		122.98	8.21		15.8		22.8
	占有率	5.03[①]	62.1[①]		67.70	7.27		8.0		17.25
毒砂	金品位	75.0	5.2		115.32	376.0				14.0
	占有率	0.3			12.37	85.7				11.74
石英	金品位	1.76	0.24	0.87	0.96	0.24		4.19	1.82	1.2
	占有率	1.55[②]	1.82	5.6	8.93	1.70		38.0		4.65
粘土矿物	金品位	75.0	5.2	1.27	2.3	0.90	5.52[①]	19.92	17.0	
	占有率	92.99	35.01	38.6	8.59	4.81	90.71[①]	31.0	11.59	
碳酸盐矿物	金品位	0.09	0.75		0	0.07			58.80	
	占有率		0.55		0	0.24				
碳质	金品位	53.6	27.32	3.2		8.0	483			
	占有率	0.99	0.48	4.65		0.23	0.67			
雄黄、雌黄	金品位				0			0.2	23.6[①]	
	占有率				0			0.06	4.34[①]	
褐铁矿	金品位			8.30			14.0		19.81	
	占有率			52.6			1.71		14.05	
单金	占有率				2.41		6.92[②]	4.0		
其他矿物	金品位					0.10[①]		0.08[①]		16.4[①]
	占有率	0.04[③]	0.015[②]			0.05[①]		0.04[①]		66.37[①]
备注		①含白铁矿 ②含碳酸盐 ③为磁铁矿、钛铁矿	①包括毒砂 ②包括辉锑矿			①为绿泥石	①包括石英 ②含金络阴离子	①系重晶石	①为臭葱石	①系硫化物和粘土的混合物
资料来源		6			8	1	2	1	7	(d)

Au品位为$\times 10^{-6}$；占有率为(%)；Ⅱ为氧化矿，Ⅰ和其他为原生矿；资料来源：(a)李盛(1981)；(b)甘肃地质三队；(c)川西北地质大队(1992)；(d)安微省地质科学研究所(1992)；(e)研究精度：双王、拉尔玛、金牙、烂泥沟等矿床平衡计算；1～8号为参考文献编号。

对卡林型金矿，特别是对次显微金的存在形式随着研究技术的改进而有所改变。最早用电子显微镜和电子探针对石峡金矿石进行微区分析时，认为90%以上的金为次显微胶体金[2]，近年微束分析技术的运用，分析精度提高了10^2～10^4倍，目前已观察到的金粒径仅(2～10)nm，证明以独立自然金存在[4]，还有多晶聚合体[3]。

通过对若干卡林型金矿主要载金矿物作溶解性试验(表2)，结果表明，残渣的含金率远远高于溶液的含金率，其中残渣内的金代表单体金，溶液中的金代表晶格金和吸附金(胶体金)，说明金主要以独立矿物存在。

由表3可知，原生矿石中既有包裹金，也

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

有单体金，其中，秦岭地区以单体金占主要比例；滇黔桂地区则以包裹金为主。氧化矿石则以裂隙金占绝对优势。

矿石的物相分析结果（表4），氧化矿石主要以游离单体金的形式存在；部分原生矿则以包裹金的形式存在，且主要赋存于（砷）铁硫化物相中。

表2 卡林型金矿床载金矿物溶解试验结果表

矿床名称		双王		八卦庙		金牙		烂泥沟
载金矿物		黄铁矿	含铁白云石	磁黄铁矿	绢云母	毒砂	黄铁矿	毒砂
残渣	含金量($\times10^{-6}$)	50.2	1.10	17.31	0.207	500.66	108.52	189.3
	占有率(%)	99.75	99.48	99.00	94.1	90.6	96.9	94.66
溶液	含金量($\times10^{-6}$)	0.126	0.006	0.18	0.013	51.95	3.47	10.7
	占有率(%)	0.25	0.52	1.00	5.9	9.4	3.1	5.34
资料来源		5		1				①

资料来源同表1。

表3 卡林型金矿床金的存在形式

矿石类型	原生矿石								氧化矿石				
矿床名称	坪定	九源	拉尔玛	李坎	双王	金牙	烂泥沟	丫他	紫木凼	革档	戈塘	高家坳	长坑
包裹金(%)	100	90	36.6	49.4	10	99.08	81.89	75	80	2.7～3.6	11.1	16.8	19.61	6.3
裂隙金(%)		1.36	50.1	12.6	90				20	96.3～97.1	88.9	83.2	80.38	93.7
晶间金(%)			13.3	38.1		0.92	18.11	25						
资料来源	①			1	5	1			①矿产地质研究院等(1992)			②	7	
地区	秦岭地区					滇黔桂接壤区						华南地区		

②高家坳矿床资料引自朱恺军(1991)；其他资料同表1。

表4 卡林型金矿床矿石物相分析结果表

矿床名称	样品编号	游离单体金		硫化物包裹金		硅酸盐包裹金		石英包裹金		碳酸盐包裹金		矿石类型	资料来源
		金含量($\times10^{-6}$)	占有率(%)	金含量($\times10^{-6}$)	占有率(%)	金含量($\times10^{-6}$)	占有率(%)	金含量($\times10^{-6}$)	占有率(%)	金含量($\times10^{-6}$)	占有率(%)		
革档	氧1	1.51	85.8	0.019	1.08	0.13	7.4	0.01	0.67	0.09	5.1	氧化矿	⑤
	氧2	4.61	92.0	0.022	0.44	0.11	2.2	0.27	5.4				
长坑	选1	6.22	95.2	0.02	0.3	0.02	0.3	0.24*	3.7*	0.03	0.5		7
	W1	7.37	92.8	0.15	1.9	0.02	0.3	0.03*	0.4*	0.13	1.6		
	W2	22.06	93.1	0.12	0.5	0.06	0.3	0.31*	1.3*	0.18	0.8		
金牙		0.37	0.92	40.92	97.41	0.10	0.24			0.62	1.48	原生矿	1
坪定				11.45	98.62	0.05	0.43			0.11	0.95		

资料来源同表1。

对具明显环带状构造黄铁矿的电子探针分析表明，外环及中环一般富含砷（2%～8%），并有金的显示；内核含砷很低或无，多无金的显示，金与砷具明显的正相关。看来黄铁矿中除少量显微金和明金产于显微裂隙中外，大部分以次显微级包裹金产在黄铁矿的

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(中)外部。

刘世荣(1991)用同步辐射加速器射线源对粘土矿物进行荧光分析,未见有金的存在,X衍射鉴定表明,粘土中含有微细粒的黄铁矿。对含金达 25.9×10^{-6} 的粘土样品溶解其中的细粒黄铁矿,滤液含金 19.9×10^{-6},残样含金 0.94×10^{-6};对粘土进行溶解,滤液含金量只有 0.17×10^{-6}。表明粘土中的微细粒黄铁矿确为主要载金矿物。对 2～10μm 的粘土样品进行透射电镜观察,发现有 0.5×0.8μm 的椭圆形自然金,以上显示粘土矿物载金形式主要为包体金,并存少量的胶体吸附金。

卡林型金矿常以富有机碳为特征。表1显示有机碳的含金量多达 27.32×10^{-6}～433.0×10^{-6}。据研究,作为有机碳主要存在形式的干酪根含金量均大于 0.1×10^{-6};尤其是金矿石中的干酪根含金量高达 37.37×10^{-6}～147.6×10^{-5},对干酪根进行X衍射分析发现含有微细粒的含砷黄铁矿和毒砂,而且干酪根含金量与硫化物(灰分)含量大致呈正相关。

3 金在矿石中的分布

秦岭地区的卡林型金矿以显微金为主,金在矿石中分布极不均匀,单体显微金常局部集中成群成带产出。例如八卦庙金矿的一块光片中找到了20余粒单体金,而在部分光片中很难见到,且明金常富集于石英细脉(宽1cm左右)内及其边部。

据李坝、八卦庙金矿研究,单体金主要在黄铁矿、绢云母和石英(八卦庙矿区还包括磁黄铁矿)的晶内裂隙或晶间空隙中,占70%～80%,部分与这些矿物连生。其中又以浸染状的半自形晶、多晶集合体黄铁矿的载金率最高,占总金量的50%以上。

金矿石的筛析分析表明,金在不同粒级中的品位及分布率的变化较复杂,但总体上与金的粒径密切相关。以显微金为主的矿床中,金主要富集于粗粒级部分,如甘肃李坝矿床,大于80目粒级含金占总金的71%以上;而以次显微金为主的矿床,金则主要富集于细粒级,如广东长坑金矿≤200目粒级含金占总金的66%以上。

由于研究难度所限,对卡林型金矿床金的赋存状态研究还很薄弱,为提高卡林型金矿的堆浸效果,促进金矿的开发、利用和研究,有必要对金的赋存状态作深入、细致和系统地工作。

本文系中国有色金属工业总公司地质科研项目的部分成果,参加课题研究工作的还有刘东升、王自潮、谭运金、王建业等同志。

参考文献

1 刘东升等.中国微细浸染型(卡林型)金矿.南京大学出版社,1994.
2 谭延松.石峡微细浸染型金矿金的赋存状态及其回收预测.地质与勘探,1990(9).
3 任炽刚等.微米 PIXE 对含金矿样的分析.科学通报,1991(16).
4 孙振亚等.用 AEM 和 EPMA 联合分析超显微金.科学通报,1993(9).
5 石准立等.陕西双王金矿床地质特征及其成因.西安:陕西科学技术出版社,1989.
6 苏欣栋.我国微细浸染型金矿某些载体矿物金的赋存状态.中南冶金地质,1991(1).
7 林毓川等.广东长坑金矿氧化矿石的物质组分及金的赋存状态.广东地质,1993(3).
8 吴秀群.烂泥沟金矿金赋存状态及工艺特征研究.黄金,1992(6).

Gold Occurrence State of Carlin-type Gold Deposits in China

Wei Longming, Liu Lanling

Golden minerals in Carlin-type gold ore are dominated by native gold and argentiferous native gold of Au-Ag series, have high fineness, and are mainly enriched in sulfide facies. Generally, the gold occurrence is closely related to ore-forming geological setting. In area where there was intensive tectonic activity, gold minerals have complicated shapes, are dominated by microscopic solitary gold. Where tectonic activity is weak, gold minerals are round in shape, are dominated by submicroscopic inclusion gold.

Key word Carlin-type gold deposit, occurrence state, China

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net