

金的成色在金矿找矿和研究中的作用

李 铁 公

(冶金工业部长春黄金研究所)

金的成色是金的工艺矿物学研究的重要内容之一,是自然金的一个重要标型特征。查明金的成色,对研究金矿床的成因和赋存规律,对指导找矿勘探,都具有重要的实际意义。

金的成色在找矿研究中的作用

金的成色,在一定程度上反映着金矿床形成的地质条件,成矿时代,成矿深度,矿液的温度、成分和组分浓度等特点。

1. 金的成色与成矿时代 研究资料表明,金矿床的成矿时代愈老,金的成色愈高;反之,金的成色愈低。金的成色可以作为判别金矿成矿时代的一个标志(表1)。

金的成色与成矿时代的关系 表1

成矿时代(百万年)	金的成色(‰)	平均含银量(%)
2000~1700	949~717	11.60
330~245	949~632	20.65
15~10	750~657	30.36

据朱家永,矿物的工艺标型特征研究,1982年。

一般说来,成矿时代愈老,变质作用愈强,重结晶作用愈明显,自净化作用就愈彻底。金和银的原子半径相等(1.44Å),可组成完全的类质同象系列,但银有较高的挥发性,在变质作用下易被排除,而使金的成色提高。前寒武纪金—锑—钨矿床中金的成色为985.80‰;前寒武纪沉积变质铁—金矿床中金的成色为900‰;中生代含金石英脉(山东招远)中金的成色为650~870‰;近地表第三纪火山岩中金的成色为675~750‰^①。

2. 金的成色与矿床形成深度和剥蚀深度 根据苏联远东地区91个内生金矿床的统计,51个中深成和深成金矿床金的平均成色为886.7‰,40个

浅成金矿床金的平均成色为647.3‰。世界10个中深成和深成金矿床金的平均成色为886.7‰,8个浅成金矿床金的平均成色为641.2‰。由此可见,金的成矿深度越大,金的成色越高。表2列出了国外50多个金矿床金的成色。

对同一个金矿床的考察,也存在着形成深度越大,金的成色相对越高的趋势。徐国风指出:“如一(个)矿化深度达到地面往下1457米的深成金矿床,其浅部金的成色为800‰,中部成色增加到878.7‰,深部成色继续增加到918.4‰。”^②我国玲珑式石英脉型金矿金的成色为748.26‰,往下,变为焦家式蚀变岩型金矿,金的平均成色为775.66‰。

这些例证表明,矿床的形成深度愈大,金的成色愈高;反之,金的成色愈低。由此,可根据金的成色(或金银比值)推测金矿床的形成深度、剥蚀深度,乃至矿液来源。

3. 金的成色与成矿温度、矿化期 段瑞森^③将黑龙江上游金矿床划分为6个矿化期,其中3期有金析出,按成矿温度分为高、中、低三期,金的成色分别为997.2, 938.8, 889.23‰。

吉林延边地区的五凤、刺猬沟是比较典型的低温浅成脉状金矿床,小西南岔是中高温斑岩型金铜矿床,而杜荒岭—九三沟金多金属矿床,是介于前两者之间的低—中温矿床,它们金的成色也是低温矿床成色低,高温矿床成色高(表3)。

黑龙江上游早期电气石含金磁铁矿建造中金的成色最高可达977.2‰,而晚期方铅矿—闪锌矿

① 张振儒:矿物的某些标型特征在地质学上的应用,1983年。

② 徐国风:金及相关金属矿物的成因标型特征,1981年。

③ 段瑞森:内生金矿床中自然金的研究,1980年。

国外金矿床中金的成色一览表

表 2

地 区	中—深矿床	成色区间值 (‰)	代表成色 (‰)	地 区	近地表矿床	成色区间值 (‰)	代表成色 (‰)
澳大利亚	巴 拉 特	960~980	980	哥伦比亚	的 的 黑 比	750~800	770
	宾 梯 果	940~980	940	科罗拉多	金 布—别 尔 德		740
南 非	威特瓦特斯兰德	850~920	890	马达加斯加	艾达瓦哈拉	650~765	720
	洛威尔德	940~970	960	緬 甸	秋克拉扎特		850
巴 西	莫鲁—威里	790~810	790	特兰西瓦	威尔斯玛达克	500~605	540
	寇 拉 尔	889~920	905	尼 亚	伯 克	600~700	640
不 列 颠	罗斯兰德		870	新 西 兰	科罗曼德爾	750~800	770
哥伦比亚	布里日里威尔		870				
蒙 塔 那	开布美尔因		950	阿 根 廷	戈维里安	650~750	670
委内瑞拉	艾利卡拉斯		910	尼加拉瓜			720
乔 治 亚	伯特尔布乐努	700~910	850	蒙 塔 那	莫里斯威尔		750
弗吉尼亚	皮德蒙特	850~900	890		杰 故 里	506~536	520
智 利	阿塔卡玛		870	加利福尼亚	伯 都		675
	瓜 那 阔		944		兰德斯别尔格	730~780	750
新墨西哥	伊利沙白		790		科 梅 顿		500
科罗拉多	布雷费奇日	750~900	890	内 华 达	海式奇尔		500
	吉普利克	730~870	850		哥尔德费尔德	900~990	950
蒙塔那	费林斯堡	815~866	850	内 华 达	梅 克 哈 亨	527~717	640
	艾利克霍里	850~900	890		多波拉赫	500~650	540
	狄 龙	830~865	840		东阿尔布里日		580
加利福尼亚	哥拉寨—瓦里	730~950	860	日 本	近 口 里		650
	阿列戈伦	790~869	840		西 玛 依		600
俄勒冈	新斯科亚	930~981	955	苏门答腊	门 卡 尼	500~600	535
阿拉斯加	费尔班克斯 兰 帕 特	780~906	815	洪都拉斯		550~570	560
		915~941	923	新 西 兰	铁 姆 斯	625~750	670
新几内亚	莫 罗 帕	850~930	870	斐 济	加兰加海克	645~860	720
					苏 卡 兹	910~900	950
				新几内亚	莫 罗 布	500~620	560
				昆 士 兰	克罗依顿	445~635	540

据段瑞霖,内生矿床中自然金的研究,1980年。

建造中金的成色较低,为889.23%。

澳大利亚格林—威尔斯矿床中,第一成矿期金的成色为900‰,第二成矿期金的成色为800‰。

金的成色与成矿溶液的pH值和Eh值也有一定的关系。若不同矿化期中,金析出的温度条件相近,而pH值和Eh值有较大的差别,则pH值愈高,金的成色愈低;Eh值愈高,金的成

色愈高。

鲍温(1937)指出,岩浆期后喷发初始阶段为酸性,与围岩相互作用而逐渐过渡到中性,而晚期矿化作用转为碱性。所以,也会出现早期矿化金的成色低、晚期矿化金的成色高的现象,如新几内亚、堪察加、哈萨克斯坦等地的金矿床。

4. 金的成色与变质作用程度 通常金的成色

吉林延边地区金矿床中金矿的成色特征表 表3

项 目	五凤一刺猬 沟金矿床	杜荒岭—九三沟 金多金属矿床	小西南岔 金铜矿床
金的成色 (‰)	五星山: 500~520	杜荒岭: 600~711	803~842
金银比值 (Au/Ag)	1/0.3~1.0	杜荒岭: 1/0.86~3.03 九三沟: 1/0.75~1.40	南山: 1/3.28~5.04 北山: 1/1.09
形成温度	低 温	低 — 中 温	中—高温

据汤石林等,延边地区金矿地质特征及成矿规律初探,1980年。
随变质作用程度的加强而升高。戴瑞榕等^[1]指出:
“经统计,我国变质热液型金矿床中,自然金类矿物的成色偏高,最高可达952~986‰,多在800~900‰之间。其次是混合岩化热液型金矿,最高可达900~950‰。其他类型的金矿则因所处的地质条件不同而异”。

Д. В. Фирсов (1963) 发现,苏联东北部一个矿床在靠近花岗岩部位的自然金成色较高。在上谢列姆日矿床,交代石英岩透镜体为20米厚的霏细斑岩岩墙所穿插,变质作用明显。近接触带上自然金结晶好并有较高的成色(887‰);而50米以外,下降为858‰,120米以外为838‰。

5.金的成色与金矿物的粒度、密度和搬运距离 金的成色在750~920‰时,矿物的晶胞参数最小,形成的自然金粒度最大。成色为860~920‰的自然金颗粒最常见。我国变质热液型金矿床中金的成色为824~977‰时,能见到3~5毫米的金粒,如吉林夹皮沟、头道川等金矿。苏联北部砂金矿床中,金的成色为800~870‰时,自然金的粒度最大。

金的成色与矿物的密度成正相关,苏联涅夫斯基的研究证明了这一点(表4)。通常自然金密度的波动范围在15~18克/厘米³之间。

砂金的密度与成色的关系

表4

金的成色, ‰	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500
砂金密度, g/cm ³	19.3	18.5	17.8	17.1	16.5	15.9	15.3	14.8	14.3	13.9	13.4

据[苏] О. В. 扎米亚廷等(刘和庆等译):《含金矿砂和砾岩的选矿》。

6.金的成色与原生金矿源 砂金矿床中,金的成色随矿床走向而变化:砂矿离原生矿源愈远,金的成色愈高,据此可见指示或追索原生矿床。这是由于在风化搬运过程中,水对银的溶解作用造成的。所以,一般砂金的成色比山金要高。

砂金的成色一般波动范围在650~950‰之

间,经常出现的成色为750~850‰。含金砾岩中金的成色较高,波动范围可达920~1000‰。砂金的成色与搬运距离的关系见表5。

金迁移过程中的化学作用,常导致金粒表面出现极薄的海绵状高成色的外膜。在古风化壳砂金矿中,也常见海绵状金的外膜。可见,砂金的化学成分不是恒定的。

金的成色与搬运距离的关系 表5

矿 床 实 例	金 的 成 色 (‰)		
	上 游	中 游	下 游
①河南高都川砂金矿	871.98	879.01	910.57
②黑龙江达拉河砂金矿	871.40	821.30	826.70
③黑龙江雷河气河砂金矿	768.70	769.60	800.00
④黑龙江老梧桐河砂金矿	811.10	816.70	817.30
⑤黑龙江伊里吉奇河砂金矿	781.20	877.20	890.90

①冶金部天津地质调查所分析,1983年;

②~⑤冶金部长春黄金研究所分析,1982~83年。

①戴瑞榕等:《中国内生金矿成因类型及其粒度散布特征的关系》,1983年。

我国不同类型内生金矿床中金的成色

不同成矿作用、不同成因类型矿床中金的成色也不一样。我国内生金矿床中,变质热液型金矿金的成色偏高(具体成色如前述),岩浆热液金矿床中金的成色一般为600~800‰,高者达900~950‰;沉积变质金矿床中金的成色一般为700~900‰;热水溶滤型金矿中金的成色一般为600~800‰。

不同地区、不同矿石类型中金的成色也有差异。据长春黄金研究所(1982~83年)的资料,湘

西金矿为少硫化物型矿石,金的成色为987.2‰, 陕西道岔沟金矿为硫化物型矿石,其成色为712.5‰;浙江何山金矿和陕西西潼峪金矿同属中低温热液矿床,前者为氧化矿石(成色925.5‰),后者为半氧化矿石(成色为647.1‰);河南灵湖金矿与山东三山岛金矿都属于少硫化物型矿石,

但矿床成因类型不同,前者为变质热液型(成色为881.1‰),后者为中低温热液型(成色为761.9‰)。

我国内生金矿床不同成因类型中金的成色列如表6。

中国内生金矿床金成色一览表

表6

物质来源	成矿作用	矿床类型	矿床亚类		矿床实例	矿石类型	金成色(%)	Au/Ag		
壳源	沉积—再造作用	沉积变质矿床	炭质火山碎屑岩矿床		辽宁四道沟	硫化物	780~881	4.42		
					辽宁白云岩	贫硫化物	692~905			
		沉积叠加热液矿床	碳酸盐岩中硫化物矿床		安徽马鞍山	硫化物	838.8~944.6			
					安徽铜官山	"	平均815			
	热水溶滤矿床	碳酸盐岩中石英—方解石脉矿床		广西叫蚌	贫硫化物	成色高				
				石英碳酸盐岩中浸染型矿床		陕西李家沟		贫硫化物	500~900	
	变质作用	变质热液矿床	区域变质			中深变质热液矿床	吉林夹皮沟	硫化物	平均824	1.54
				河南文峪	贫硫化物		745~952			
			中浅变质热液矿床	河南银洞坡	硫化物	694~986				
				湖南沃溪	贫硫化物	985.4~987.2				
				湖北银洞沟	"	平均800				
				广西古袍	"	800~850				
		混合岩化热液矿床	接触变质交代热液矿床		吉林二道甸子	贫硫化物	平均844			
					动力变质作用矿床		河北金厂峪		贫硫化物	平均911
			含金石英脉型矿床	山东玲珑			贫硫化物	454~950.7	0.50	
				浙江遂昌	"	545~692				
破碎带蚀变岩型矿床			山东焦家	贫硫化物	平均755					
混源	岩浆作用	岩浆热液矿床	与中小侵入体有关的矿床		湖南水口山	贫硫化物	平均914			
					与火山一次火山岩有关的斑岩型矿床		湖北鸡龙山		"	667~950
							江西德兴		贫硫化物	639~927
			与火山一次火山岩组合有关的金银矿床		黑龙江团结沟	"	642~828			
					台湾金瓜石	贫硫化物	900±		0.67	
幔源	岩浆分异矿床	含金岩浆熔离硫化物矿床		青海德尔尼	贫硫化物	500~850				

据戴瑞榕,《中国内生金矿成因类型及其粒度、嵌布特征的关系》,1983年