桂西北中三叠统板纳组金及其相关

元素的地球化学

刘金钟

(中国科学院地球化学研究所广州分部)

摘 要 桂西北板纳组的 Au 丰度在区域上分为原始区、贫化区及富集区。S, As, Sb, Hg 均低于沉积岩中平均丰度, 但其变异 系 数 明 显 高于其他微量元素。地层和微细浸染型金矿矿石中 Au 和 Li 呈正相关, 矿石中 Cd 明显富集。 主题词 金, 锑, 砷, 地球化学, 三叠系, 广西 分类号 P 595, P 596

1 地质背景

中三叠统板纳组浊积岩在桂西北广泛分布(约占总面积的60%以上),目前已发现的微粒 金矿床(矿点)绝大多数分布于板纳组中。板纳组厚度一般150~3000 m,岩性自下而上分为 薄层泥 岩段($T_2^{b_1}$),中厚层砂岩夹薄层泥岩 段($T_2^{b_2^a}$),中层砂岩与泥 岩互层段($T_2^{b_3^a}$)和 中薄层泥岩夹泥灰岩 段($T_2^{b_4}$)。岩石组分主要为中酸性火山岩、花岗岩及 再 旋 回 的沉积 岩。物源区板块构造背景为大陆岛弧^[1,2]。

考虑到不同的沉积相区、物源区及平面分布的均匀性,对11个地层剖面进行地球化学研究,各剖面的基本特征与位置见表1及图1。

2 金的区域分布

对11个剖面的 220 个岩石样品进行了金丰度的分析。分析方法为王水溶解,聚氨酯泡沫 塑料吸附、硫脲解脱、原子吸收光谱测定。原子吸收仪器为日 立 E-8000 型,绝对灵敏度不 低于0.1×10⁻⁹,分析误差小于10%。

结果表明,金在不同剖面中的丰度差别较大,其分布型式也有一定的区别。根据金丰度 的主要参数平均值及变异系数,可将上述11个剖面的含金性分为6种类型(表2)。

表 2 中除强烈亏损型剖面外,其它剖面中金丰度基本符合对数正态分布,JY 剖面是金 牙微细浸染型金矿床矿体外围剖面。据表 2 可知,地层中的金发生强烈地亏损,这种矿体外 围成矿元素的负异常,反映出成矿物质来源于地层本身^[3,4,5]。

根据单剖面中金丰度及分布特征,可把本区分为平行于沉积区北侧边缘的三个带(图

¹⁹⁹¹年6月28日收稿, 12月16日改回, 罗献林编辑。

9**4**94

各研究剖面的沉积学特征

and the second	Table 1	Sedimentary characteristics	of studied profiles
剖面名称	代号	沉积环境	主要物源区
那坡剖面	NP	斜坡碎屑流,浊积内扇	越北古陆
百康剖面	BK	浊积中扇	越北古陆一云开古陆
潞城剖面	LC	浊积中一外扇	越北古陆一云开古陆
标屯剖面	BT	浊积中一外扇	越北古陆一云开古陆
利周剖面	LΖ	浊积中一外扇	越北古陆、云开古陆、江南古陆
石炮剖面	SP	浊积中一外扇	越北古陆、云开古陆、江南古陆
高龙剖面	GL	局部水下台地斜坡	越北古陆、云开古陆、江南古陆
金牙剖面	JY	局部水下台地斜坡	越北古陆、云开古陆、江南古陆
者保剖面	ZB	局部水下台地斜坡	越北古陆、云开古陆、江南古陆
下甲剖面	ХJ	局部水下台地斜坡	越北古陆、云开古陆、江南古值
南丹剖面	ND	浊积中一外扇	云开古陆、江南古陆、越北古陆

表1



图 1 板纳组含金性分区示意图 Fig. 1 Sketch of locations of studied profiles and district classification on distribution of gold in Banna Formation 1一剖面位置(代号与表1同); 2一含金性分区界线

1), I带为金的富集带,金平均丰度高,变异系数大,此带北侧黔南部分相应地层新宛组 平均金丰度达29×10⁻⁹^[6]。根据本区的沉积特点,认为较高的金丰度是多种物源提供。 其中北侧的峨眉玄武岩的风化淋滤使一部分金转入碎屑沉积物中^[6],东北侧外围的江南古 陆的碎屑物可能也提供了一部分金的来源^[1]。在黔南地区,金的富集带控制了大部分金矿 床(点)的分布; I带为金的贫化带,其中各剖面均发生不同程度金的贫化,但其贫化的程 度及机理不同,其中不均匀贫化及强烈贫化的剖面中,金的贫化是由不均匀的地质改造作用 所致,部分的金发生垂向或侧向上的活化迁移及再分配,在有利的条件下可形成矿床。事实 上,桂西北大部分的微细浸染型矿床(点)均位于此带中; II带为金丰度的原始区,区内 金丰度高于亏损区,变异系数较小,岩石所受的流体蚀变作用相对较轻,金未发生明显地活

	Table 2 P	robability typ	es of gold distributio	on in studied	profiles	
anna an an an an Arlandian an Ar	internet for an and the second se	Ŧ	损 型		富 集	型
类型	原始型	轻度均匀 亏损型	中度不均 勾亏损型	强烈 亏损型	轻度不均 匀富集型	中度不均 匀富集型
代表剖面	NP, BK	GL, XJ	LC, BT, LZ, SP	JY	ZB	ND
平均值(×10 ⁻⁰) 变异系数	3.4 ~3.7 0.34~0.51	$2.1 \sim 2.4$ $0.16 \sim 0.41$	$\begin{array}{c} 1.2 \ \sim 1.7 \\ 0.70 \ \sim 0.84 \end{array}$	0.6 0.93	4.6 0.93	43.1 2.67
概率分布曲线	双峰	单峰	双峰	单峰	单峰	双峰

	表之 工作剖面的金羊度概率分布型式	
Table 2	Probability types of gold distribution in studied profil	es

Au由中国科学院地质研究所分析, 1989~1990年。

化迁移,故形成矿床的可能性较小。朱为方等173认为,由东南向西北方向倾伏的大明山隐 伏岩体造成了黔西南一桂西北金矿床成矿类型的分区性,此岩体可能也是造成桂西北板纳组 地区金分带性的因素之一。

硫砷锑汞的丰度及其与金的相关性 3

对前述11个剖面中39个有代表性的样品进行了 S, As, Sb, Hg 分析(表3), 板纳组中 平均 S, As, Sb 含量低于世界砂岩、页岩的平均含量 ^[8]。其丰度虽然较低,但变异系数明显 高于其它微量元素,说明硫、砷、锑在地层中分布的不均匀性。这种不均匀性是其本身地球 化学性质的活泼性,易于受到地质作用的改造而发生重分布,并在有利的条件下富集形成矿。

金与硫的相关性受到的干扰因素较多。表3中所有样品的金与硫的对数值呈微弱的正相 关(图2)。但是如不考虑金丰度高于20×10⁻°的样品,剔除个别受强烈后期蚀变作用的样 品,并对不同的岩石分别计算金和硫的相关性,则Au-S呈较明显的正相关(r>0.62);而 富金(Au>20×10⁻⁹)的样品中,金与硫不相关。由此说明,在金的背景含量岩石中,金 主要赋存在黄铁矿等硫化物内,而在富集金的岩石中,金的赋存状态比较复杂,除一部分赋 存在黄铁矿中外,还与其它因素如富有机质泥质吸附及自然金颗粒等。表4为用人工重砂方 法所得的碎屑岩各组分中金的丰度,据表4可知,富有机质的泥质及黄铁矿中金丰度分别比

	والمراجع والمراجع والمحادث							-) F - 1000				
岩 性	砂	岩		粉	砂岩		泥	岩		钙质泥	岩及泥灰	岩
样数		11			8			12			7	
参数	含量范围	平均值	变异 系数	含量 范围	平均值	变异 系数	含量 范围	平均值	变异 系数	含量 范围	平均值	变异 系数
S	10~200	71.25	0.87	10~390	103,25	1,16	10~230	64.00	1.03	20~2100	392.9	1.92
As	0.6~4.7	2,13	0,63	0.1~ 11.3	2,76	1.37	0.1~ 55.3	2.66	1.45	0.1~ 13.7	3.30	1.58
Sb	0.07~ 3.68	0.81	1.38	0.05~ 0.74	0.28	0,91	<0.05 ~1.95	0.25	0.94	$0.05 \\ \sim 0.82$	0,22	0.30
Hg	${}^{<0.05}_{\sim0.06}$	<0.05		<0.05 ~0.23	<0.05		$< 0.05 \\ \sim 0.55$	<0.05		$< 0.05 \\ \sim 0.25$	<0.05	
Au	0.0022 ~0.30	0,0066	1,49	$0.0009 \\ \sim 0.0212$	0.0081	1.03	0.497	0.0031	1.05	0.0009 ~0.0555	0.0032	1.03

表3 板纳组不同岩石中元素含量(10-°) Table 3 Mean values of S. As. Sh and Hg in different type rocks of Banna Formation

Au的平均含量及变异系数的计算, 剔除个别Au含量>20×10-9的样品。

全岩中金丰度高30及7700倍。岩石的人工 重砂分选过程中,有3个岩样发现了自然 金,1公斤岩样中含金3至数10颗,形态 呈片状、不规则状及粒状,粒径0.02~ 0.5mm。据电子探针分析,其中含有一定数 量的银和铜(表5)。这些自然金颗粒可能 是随碎屑物由物源区搬运而来。

金与砷的相关性和金 与 硫 的 相关性类 似,即在金未富集的样品 中, Au-As 具 正 相关(r>0.68),在 Au 富 集 的样品中, Au 与 As 不具相关性。

砂岩 与粉 砂岩 Sb-Au 呈正相关(r= 0.59~0.90), 泥岩、泥灰岩中 Au-Sb 相关 性较差。而在富金样品中, Au-Sb关系密切 (r=0.87), 与硫、砷与金的 相关性不同。

表4 背景岩石中金在各岩石组分中的丰度 Table 4 Gold concentrations in different components of background rocks

样品名称	全岩	泥质杂基	富有机质的泥质	黄铁矿
Au(×10 ⁻⁹)	4.7	31,3	1320	36290
中国科学网	完地质研	究所分析,	1990	

4 锂镉与金的相关性及其地质 意义





Fig. 2 Correlation between concentration of Au and S

表.	5 自	然	金颗粒的	电子打	采针分析	r (%)
	Table	5	Electron	probe	analysis	data	

of nature gold grains

样号	1			2
Au	86,51	86.58	93.52	92.64
Ag	13.47	15.12	5,56	5,58
Cu	未测出	0.26	0.73	1.55
Σ	99.98	99,96	99.90	99.99

中国地质科学院矿床研究所分析, 1990

据表6可知,除S,As,Sb,Hg,Au外,主要的亲铁、亲铜元素在区域地层、矿石及 围岩中的丰度差别不大。而值得注意的是Li,Cd与金的相关性。区域地层中Li丰度接近沉 积岩平均丰度^[8],矿体围岩中Li丰度低于区域地层,矿石中的Li为区域地层中Li丰度的4 倍,反映出Li由围岩向矿石中迁移的趋势。矿石和地层中Au与Li有一定程度的正相关(图 3)。区域地层及矿体围岩中Cd略高于沉积岩平均值^[8],矿石中Cd比区域地层中Cd丰 度高30倍。

至今未见关于微粒浸染型金矿床中 Li, Cd 与金矿化关系的报道。Li 是 典型的亲石元 素, 而 Cd 为亲铁元素, 二者 的地球化学性质差别很大。此二种元素在矿化过程中富集的原 因是值得进一步研究的。由于Li在区域地层中与金有一定程度的正相关,故 Li 与 Au的相关 性可能在沉积时期即已形成,即富金的碎屑物可能同时也富 Li,在成矿期由于热水溶液 的作用使围岩中的 Li 向矿石中 迁移,而使Li和Au在矿石中进一步富集。地层中Cd-Au 不 相关。

Li, Cd 与金 矿化的相关性为金矿成矿机理研究提供了一个线索, 同时还可能作为金的 示踪元素而为金的地球化学探矿等提供帮助。

1992年

名称	त्रो [*]	石(金牙金矿	`)	矿	体 外	围 围	岩	本区地层(T2b) (未矿化)
样号	JD11	JD14	JD20	平均值	J¥40	JY64	JY33	JY68	平均值
Co	13.60	6,72	11,38	10.39	11,69	13,15	2,69	3,82	12.03
Cr	61.08	30,52	49.58	47.06	52,56	98.05	120,5	15.88	88,46
Cu	37,08	13.73	28.99	26,6	77,74	69.44	80.5	23.25	62,55
Ga	21,95	7.83	17.82	15,87	18.89	19,24	10,52	5.00	18.02
Li	392.20	271.80	184.50	282.8	49.57	32.23	43.78	6.52	77,94
Ni	29,60	12.25	22.20	21.35	24.89	23.74	29.24	15.57	26,91
Рb	25.26	13,00	18.72	18,99	20.27	20,47	19.27	21.32	24.98
v	108.20	61,17	100.2	89.86	94.79	11.40	70.53	43.56	92.2
Zn	78.39	33.51	55,56	55,82	109.9	84.10	46.22	51,97	93,80
Cđ	65,71	38,77	78,66	61.05	2,12	1.64	3,23	2,15	2,12
S	32400	6500	19900	19600	80	230	210	2100	70 土
As	9800	5200	10200	252	1.2	3.0	13.7	7.4	2.0土
Sb	6,59	4.13	5,56	5,43	<0.05	0.40	0.24	0.82	0.5±
Hg	0.56	0.42	0.34	1,32	<0.05	<0.05	0.23	0.25	<0.05
Au	18,61	11.6	14.01	14.74	0	1.44	0.0089	0.0011	$0.003 \pm$

表6 板纳组岩矿石中微量元素的丰度(×10⁻⁶)

中国地质科学院分析测试研究所分析, 1990



5 讨 论

中三叠世初期,桂西北地区在二叠纪与 早三叠世强烈的裂谷活动及伴随的火山活动 基本停止,裂谷区开始较快速的下沉。此时 的古地理格局是:西南部有一规模不大的越 北古陆,东南有呈弧形展布的云开古岛弧, 东北部为江南古陆西南端的延伸部分,这三 个剥蚀区供给桂西北浊流盆地的物质来源。

浊流沉积物主要由中酸性火山岩岩屑及 再旋迥的沉积岩、浅变质岩构成,其中含有 一定量的金。近年来的统计资料说明,大 陆壳金的平均丰度比以往提出的要低,仅 1.5×10⁻⁹~1.8×10⁻⁹。本区浊积岩金未 强烈亏损区域,金的丰度较大陆壳金的平 均丰度高1.5~2倍,相对属较富金的地 层。而在沉积、成岩的各个阶段,不同因素 造成了地层中金的贫化、富集的分异现象。 东北物源区碎屑物的原始金含量较高,可 能是本区北侧金富集带形成的一个重要原

因。碎屑物在搬运过程中,由于海水中 Cl⁻络合作用而使碎屑物的金发生部分迁移,成岩作

用过程中,由于泥质的压实作用,使高盐度的水从粒间逸出,亦同时使部分的金活化迁移。 成岩期的碳酸盐化、绿泥石化等交代了碎屑物,亦使其中的金进入岩层溶液系统。另一方面, 由于沉积物中的物理化学条件的差异,如有 机 质 对 金的吸附作用,有机质对硫的还原作用 及相伴随的金在黄铁矿中的聚集等因素,均使沉积体中金的丰度发生轻度的富集。沉积期后 由于各地区所受的区域构造作用类型、强度不同,使区域地层中本 来 较 均 一的金的分布发 生明显的相对贫化及富集。区域内金与硫、砷、锂等元素的相关性从一个侧面说明板纳组可 能是成矿物质的主要来源。该区大部分金矿床(点)均位于金富集带及贫化带内,而在金原 始带中发现微细浸染型金矿床的可能性较小。此外,某些金含量特 别 低(<0.5×10⁻⁹)的 地区,其外围或中心可能有微细浸染型金矿床存在,在普查找矿时应引起足够的注意。

致谢:中国科学院地质研究所范德廉研究员的指导;广西地矿局地研所吴诒、方道年、 李德清高工,广西地质二队李甫安、王国田高工的帮助。

参考文献

- 1 刘宝兰、张锦泉、叶红专.黔西南中三叠世陆棚一斜坡沉积特征.沉积学报,1987,5(2):1~4
- 2 Bhatia R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones, The Journal of Geology, 1983, 91 (2): 198~220
- 3 郑明华,刘建明. 论浙江治岭头金银矿床的成矿物质来源. 矿床地质, 1986, 5 (1): 39~52
- 4 局俊发.论地球化学负异常及其找矿意义、浙江地质,1987,3(7):20~25
- 5 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
- 6 李文亢. 黔西南徽细金矿床地质特征及成矿作用. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集, 黔西南地质分册, 北京: 地质出版社, 1989. 1~18
- 7 朱为方,杨科佑等,前景巨大的"右江幔隆金成矿带",地质地球化学,1990(2):68~69
- 8 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984. 331, 336~337, 466~467

GEOCHEMISTRY OF GOLD AND RELALED ELEMENTS IN BANNA FORMATION OF MIDDLE TRIASSIC IN NORTHWESTERN GUANGXI

Liu Jinzhong

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Wushan, Guangzhou)

Abstrat

Gold distribution district in Banna Formation is classified into original area, deficit area and enriched area. Concentration of S, As, Sb is lower than the mean value of sediment rocks in the world, but variation coefficiencies of S, As and Sb are much higher than those of other elements. Gold concentration is directly correlated with concentration of Li in background strata and in the ores of fine-disseminated gold ore deposits. Cd is strongly enriched in the ores.

Key words antimony; arsenic; geochemistry; Middle Triassic; Guangxi

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net