文章编号:文章编号:1008-0244 (2002) 02-0015-04

广西凭祥地区金矿床地质地球化学特征研究

顾尚义[1,2] ,毛健全[2] ,张启厚[2]
(1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室 ,贵州 贵阳 550002 ;
2. 贵州工业大学 ,贵州 贵阳 550003)

摘 要:凭祥地区金矿床受断层构造与酸性火山岩的双重控制。围岩蚀变为黄铁矿化、绢云母化、硅化等。矿床的形成经历了两个成矿期:热液成矿期与表生氧化期。热液成矿期金由热液迁移至围岩,被黄铁矿与毒砂吸附。表生氧化期黄铁矿与毒砂氧化形成氧化铁矿物,金被吸附到氧化铁矿物之上得到富集。对矿化岩石与围岩的微量元素与稀土元素分析结果表明,本区金矿以 Au-As-Sb-Hg 组合为特征,As 是金的找矿指示元素。根据金矿床的矿物组合与微量元素特征以及矿床地质条件推测,本区金矿床属低温热液矿床,形成时代为燕山期。

关键词:金矿床;地质地球化学特征;凭祥
中图分类号:P618.5101 **文献标识码**:A

凭祥地区早三叠世火山岩是 1989 年广西第二水文队进行 1∶20 万区域化探扫面时发现的新含金层位,1993～1996 年广西南宁地勘院与广西地矿局第四地质队等在凭祥的龙塘、板布、更土、下蒙及龙州的八角等地发现了金矿,其中板布和龙塘矿床探明储量已达中型。

1 区域地质特征

凭祥地区地处我国西南边陲,西南部与越南人民共和国接壤。大地构造位置上位于南华准地台右江再生地槽和钦州残余地槽交汇部位,两大地构造单元以凭祥—东门断裂作为分界线。凭祥—东门大断裂呈 NEE 向横贯研究区中部,为一条多期活动断层,控制了本区岩浆岩的发育。加里东构造旋回奠定了本区区域格架,然后经历了泥盆纪至中三叠世准地台和陆缘活动两个阶段,沉积建造复杂多变,海进海退频繁,岩浆活动频繁而强烈。出露岩浆岩有早二叠世晚期四大寨组玄武岩、晚二叠世的单辉橄榄岩、辉长辉绿岩、辉绿岩、早三叠世的海相中酸性火山岩以及中三叠世的花岗闪长岩、黑云母花斑岩和黑云母花岗岩。在早三叠世海相酸性火山岩浆喷发的间隙沉积有多层海相灰岩。燕山运动第五幕使本区白垩纪以前的地层发生强烈的褶皱和断裂作用,表现为第三系角度不整合于侏罗系及伏波山花岗岩体之上。

2 矿床地质特征

金矿均产于断裂带内,含矿围岩为早三叠世北泗组酸性火山岩(图 1)。其中八角金矿与龙塘金矿床的围岩为流纹岩,而更土金矿与板布金矿为英安岩。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化,金矿化与围岩蚀变关系极为密切。硫化物矿物绝大部分为黄铁矿,少量毒砂,其它硫化物未发现。黄铁矿主要呈细脉浸染状分布,少数呈星点状分布于脉石矿物之中,主要为自形和半自形的立方体,五角十二面体少见,粒径多为 0.1～0.5 mm,含量4～7 %。脉石矿物以石英、高岭石和绢云母为主,其次为玉髓和微量的方解石、石膏、针铁矿和斜长石、正长石。一部分石英为流纹岩的残留物,如石英斑晶,自形程度较高,原岩的熔蚀港湾仍然保持,但内部裂纹较发育,反映了构造挤压特征。基质中石英受严重挤压后已出现重结晶现象。另一部分石英呈石英细脉的形式产出。高岭石与绢云母由长石矿物蚀变而成,但长石颗粒形状依然保留。玉髓呈球粒状,粒径 0.02～0.07 mm。根据对更土与龙塘这两个正在开采的矿山露天采场采样分析结果,蚀变岩样品中金的含量为(45～950) $\times 10^{-9}$,平均为 178 $\times 10^{-9}$,尚未达到金矿品位要求,因此我们称之为矿化岩石。电子探针分析(表 1)表明,矿化岩石中

收稿日期:2001-06-11;改回日期:2001-09-20
基金项目:武警黄金部队"广西凭祥地区红土型金矿找矿靶区研究"
第一作者简介:顾尚义(1969 -),男,博士研究生,地球化学专业。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

金分布于黄铁矿与毒砂之中,但分布极不均匀,例如,同样是含砷黄铁矿,1 号点 As 含量为 5.87 %,但没有 Au 检出,而 3 号点 As 含量为 7.33 %,Au 含量为 0.21 %;4 号点毒砂中 Au 含量为 0.17 %,而 5 号点却没有 Au 检出。从测试数据看出,Au 在矿物中的分布没有选择性。总体而言,在不含砷的黄铁矿、含砷黄铁矿与毒砂之中均有 Au 检出,Au 与 As 含量并无相关性,因此 Au 很有可能是在热液成矿过程中吸附于这三种矿物之上。

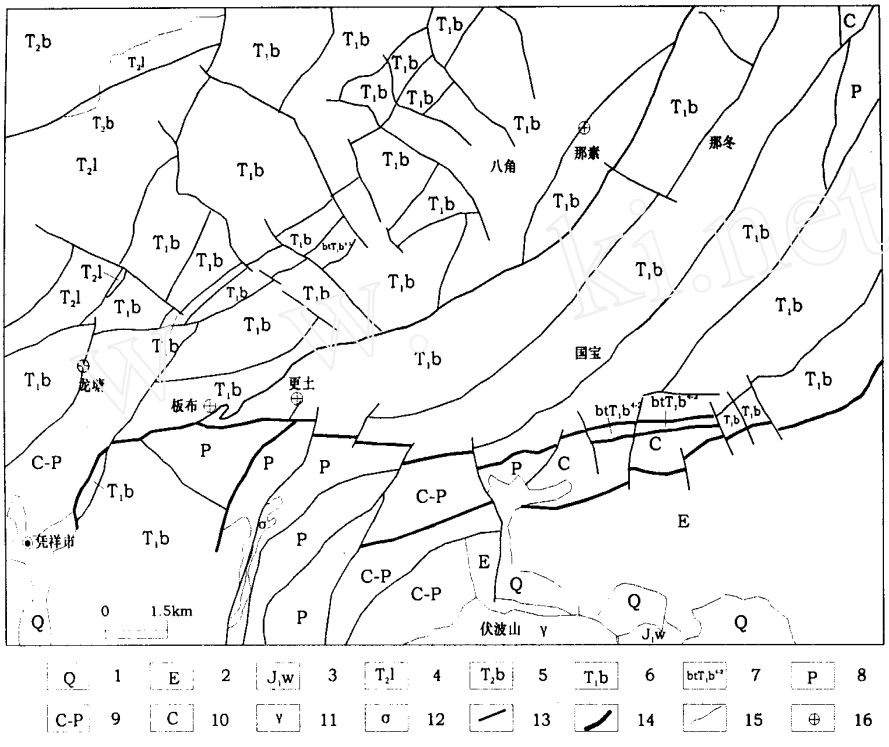


图 1 凭祥地区金矿床区域地质图(据 1∶5 万幅区调报告修改)

Fig. 1. Regional geological map of gold deposits in the Pingxiang area.

1. 第四系冲积、洪积物;2. 第三系河湖相沉积;3. 侏罗系汪门组泥岩夹砂岩;4. 中二叠统兰木组泥岩、粉砂岩和细砂岩;5. 中三叠统板纳组泥岩、粉砂岩、细砂夹灰岩;6. 下三叠北泗组英安岩、流纹岩、火山碎屑岩夹灰岩;7. 火山沉积碎屑岩;8. 二叠系灰岩偶夹玄武岩、辉绿岩;9. 二叠系 - 石炭系合并;10. 石炭系马平组灰岩与白云岩;11. 印支期黑云母花斑岩;12. 单辉橄榄岩;13. 一般断层;14. 凭祥 —东门大断层;15. 地层界线;16. 金矿床(点)

表 1 龙塘与更土金矿黄铁矿与毒砂 Au、As、S、Fe 电子探针分析结果(%)

Table 1. Electron microprobe analyses of Au, As, S and Fe in pyrite and arsenopyrite from the Longtang and Gengtu gold deposits(%)

矿床	点号	Au	As	Fe	S	合计	备注
龙塘	1	0.00	5.87	46.85	41.09	93.80	含砷黄铁矿
	2	0.00	5.01	47.25	47.94	100.20	含砷黄铁矿
	3	0.21	7.33	48.46	42.97	98.97	含砷黄铁矿
	4	0.17	42.29	39.62	18.66	100.75	毒砂
	5	0.00	43.92	37.45	17.89	99.26	毒砂
	6	0.00	45.58	37.78	17.15	100.51	毒砂
	7	0.15	0.05	47.35	41.42	88.97	黄铁矿
	8	0.00	0.00	45.51	54.35	99.86	黄铁矿
	9	0.33	7.43	45.82	40.66	94.24	含砷黄铁矿
	10	0.34	4.53	45.05	50.47	100.39	含砷黄铁矿
	11	0.00	0.00	40.09	38.47	78.56	黄铁矿
	12	0.22	0.00	48.96	45.53	94.72	黄铁矿
更土	1	0.29	7.31	44.36	38.39	90.35	含砷黄铁矿
	2	0.00	2.22	48.10	37.92	88.24	含砷黄铁矿
	3	0.05	1.38	50.28	39.51	91.22	含砷黄铁矿
	4	0.00	43.88	36.81	19.12	99.81	毒砂
	5	0.23	2.80	47.54	46.08	96.64	毒砂
	6	0.08	0.00	45.74	42.82	88.64	黄铁矿
	7	0.01	3.49	47.04	45.54	96.07	含砷黄铁矿
	8	0.09	0.00	48.80	46.28	95.16	黄铁矿
	9	0.00	0.26	48.17	39.98	88.41	含砷黄铁矿
	10	0.08	1.09	48.36	43.21	92.74	含砷黄铁矿

测试单位:中国科学院地球化学研究所;测试者:王明再;仪器型号:日本电子 JCXA - 733 型电子探针;实验条件:加速电压 20 kV,探针电流 2.2×10^{-8} A。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

金矿化岩石经表生氧化后形成金矿体,位于氧化界面之上,界面距地表几米至几十米。金品位为(0.36～5.85) ×10⁻⁶,平均为 2.55 ×10⁻⁶。矿石呈黄褐色与褐色,矿体呈不规则透镜状。组成矿物为石英、绢云母、玉髓、蒙脱石、赤铁矿、针铁矿及其他非晶质氧化铁矿物。根据矿山开采情况,金矿体与氧化铁矿物关系密切。

由以上观察可知,金的成矿作用经历了两个成矿期,即热液成矿期和表生成矿期。热液成矿期形成了金的初步富集,表生成矿期赋金矿物黄铁矿与毒砂氧化,形成氧化铁矿物,而金则可能吸附在氧化铁矿物之上。

3　矿床地球化学特征

3.1　微量元素地球化学特征

对龙塘与更土金矿床中 9 种微量元素(Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Hg、As、Sb、Ag)测试(结果见表 1)可以看出,围岩蚀变过程中,最显著的特征就是 As 的高度富集。在龙塘金矿化流纹岩中,As 的平均含量为 4 814 ×10⁻⁶,比流纹岩(6.3 ×10⁻⁶)富集 764 倍。在更土金矿化英安岩中,As 的丰度平均为 4 748 ×10⁻⁶,比围岩英安岩(6.07 ×10⁻⁶)富集 782 倍。表 1 电子探针分析结果表明,As 在矿化岩石中绝大部分赋存在含砷黄铁矿与毒砂之中,黄铁矿与毒砂中 As 与 Au 的含量没有相关关系,部分不含砷的黄铁矿中也有金的显示。另一种较为富集的元素为 Sb,在龙塘与更土矿化岩石中富集系数分别为 55 与 38,这是由于热液蚀变过程中 As 和 Sb 地球化学性质相近。Hg 元素也有所富集,在龙塘与更土金矿化岩石中的富集系数分别为 4 和 31。其它元素或亏损,或富集,程度不高。从以上这些元素含量特征可以看出,本区金矿化岩石具有 Au-As-Sb-Hg 的元素组合,与产于沉积岩中的卡林型金矿具有相似之处,而与我国东部地区中生代酸性火山岩中的金矿床具有很大的差别。

对龙塘、更土两矿床氧化剖面 As 元素分析表明,表层土壤中 As 的含量分别为 533 ×10⁻⁶和 873 ×10⁻⁶,而不含矿的流纹岩与英安岩风化壳表层土壤中 As 含量只有 15.3 ×10⁻⁶和 25.6 ×10⁻⁶,说明 As 可以作为金找矿的指示元素。

表 2　更土与龙塘金矿化岩石与原岩微量元素组成(×10⁻⁶)

Table 2. The trace element concentrations of mineralized rocks and primary rocks in the Gengtu and Longtang gold deposits(×10⁻⁶)

名　称	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Hg	Pb
英安岩①	12	45.9	22.8	153.4	6.07	0.064	0.91	0.02	18.6
更土矿化英安岩	11.6	5.2	61.5	40	4 748	0.05	280	0.61	13
流纹岩①	9.2	31.4	17.4	87.4	6.3	0.065	0.85	0.04	12.2
龙塘矿化流纹岩	19.6	21	22	91	4 814	0.2	46.6	0.148	20

测试单位:中国科学院地球化学研究所;测试方法:除 As 采用 DDTC - Ag 比色法外,其余用 ICP - MS 法测试

3.2　稀土元素地球化学特征

通过测试更土与龙塘两矿床矿化岩石与原岩的稀土元素组成(表 3)可知,龙塘与更土金矿化岩石的稀土元素总量分别为 278.8 ×10⁻⁶和 295.8 ×10⁻⁶,高于流纹岩与英安岩的稀土总量 180.4 ×10⁻⁶和 178.6 ×10⁻⁶,说明成矿过程中热液带入了稀土元素。

表 3　龙塘与更土金矿化岩石与原岩稀土元素组成(×10⁻⁶)

Table 3. REE concentrations of mineralized rocks and host rocks of the Longtang and Gengtu gold deposits(×10⁻⁶)

样　品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
龙塘矿化岩石(3)	57.8	112.1	13.2	48.1	9.6	1.6	8.9	1.6	9.7	2.0	6.3	1.0	6.2	0.9
更土矿化岩石(3)	55.0	111.9	14.0	55.2	12.2	2.1	13.5	2.2	12.6	2.5	6.9	1.0	6.0	0.8
流纹岩(4) ①	40.7 *	68.4	9.4	31.0	7.0	1.2	6.1	1.0	6.1	1.3	3.7	0.5	3.4	0.5
英安岩(9) ①	34.4	64.3	8.7	32.6	8.0	1.3	7.8	1.3	7.7	1.7	4.7	0.7	4.7	0.7

注:由武汉岩矿测试中心采用 ICP - MS 法测定;括号内数字为样品个数。

从矿化岩石与围岩的稀土元素配分曲线(图 2)可以看出,它们的稀土配分曲线非常相似:曲线均为右倾型,无 Ce 异常(龙塘金矿化岩石与围岩 δCe 分别为 0.98 和 0.84,更土分别为 0.97 和 0.89),中等程度的 Eu 异常(龙塘金矿化岩石与原岩 δEu 分别为 0.52 和 0.55,更土分别为 0.50 和 0.50)。龙塘金矿化流纹岩与未蚀变流纹岩的 $(La/Yb)_N$ 值分别为 5.67 和 5.99,更土为 3.87 和 3.98,二者之间非常相近。龙塘金矿化流纹岩石与未蚀变流纹岩的 $(La/Sm)_N$ 为 3.80 和 3.68,更

① 广西壮族自治区地质矿产局. 1∶5 万凭祥幅区域地质调查报告. 1995.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

土为 2.85 和 2.70。

以上这些特征均表明热液成矿作用过程中,稀土元素并未发生明显的分异。由于矿化岩石与原岩中均无 Ce 异常发现,推测成矿溶液处于弱还原状态。

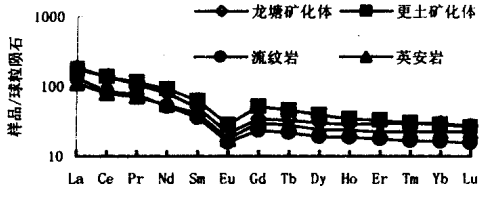


图 2 龙塘与更土金矿化岩石与围岩稀土配分曲线图

Fig. 2. The chondrite-normalized REE patterns of mineralized rocks and wall rocks from the Longtang and Gengtu gold deposits.

4 矿床成因探讨

根据前述矿床地质与地球化学特征,推测矿床形成于低温条件。由于矿床受断裂构造的控制,因此矿床的初始富集时间应晚于区内酸性岩浆的海底喷发时间早三叠世[1],而且矿床并不受火山机构的控制,因此有别于火山热液矿床。根据区域构造分析,本区构造成型于燕山期,因此成矿时代应该是燕山期。

根据 Au、As 在黄铁矿与毒砂之中的探针分析,并结合国内外文献,热液成矿期金有可能是吸附于黄铁矿与毒砂之上[2,3,4,5]。在表生成矿期,含金黄铁矿与毒砂氧化形成氧化铁矿物,吸附金而富集成矿。

参 考 文 献

[1] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1985. 340.

[2] Bakken B M, Hochella M F, Jr., Marshall A F, et al. High resolution microscopy of gold in unoxidized ore from the Carlin mine, Nevada[J]. *Econ. Geol.*, 1989, 84: 171～179.

[3] Hyland M M, Bancroft G M. An XPS study of gold deposition at low temperatures on sulfide minerals: Reducing agents[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1989, 53: 367～372.

[4] Starling A, Gilligan J M, Carter A H C, et al. High temperature hydrothermal precipitation of precious metals on the surface of pyrite[J]. *Nature*, 1989, 340: 298～300.

[5] 张世柏,吴大清,谢先德. 不同类型黄铁矿对金的吸附实验[J]. 地球化学,1996, 25(1):84～91.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GOLD DEPOSITS IN PINGXIANG AREA, GUANGXI

Gu Shangyi[1,2], Mao Jianquan[2], Zhang Qihou[2]

(1 The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002;
2 Guizhou University of Technology, Guiyang 550003)

Abstract

Gold deposits in the Pingxiang area are controlled by faults and hosted in acid volcanics. The alteration of acid volcanics is characterized by pyritization, sericitization, and silicification. The deposits were formed in two stages, namely hydrothermal mineralization stage and supergene enrichment mineralization stage. Gold migrated into host rocks and adsorbed onto pyrite and arsenopyrite during the hydrothermal mineralization stage. In the supergene mineralization stage, pyrite and arsenopyrite were oxidized to iron (hydr) oxide minerals and gold was enriched by adsorption onto the iron (hydro) oxide minerals. Analytical results for trace elements and rare earth elements of the mineralized rocks and host rocks show that the element association is Au-As-Sb-Hg and As can be used as indicator element for gold prospecting in the area. Based on their mineral assemblage, element association and geological characteristics, the gold deposits are designated to low-temperature hydrothermal ones and were formed during the Yanshanian period.

Key words: gold deposit; geological and geochemical characteristics; Pingxiang

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net