

·研究实例·

四川攀枝花云鹿矿区特殊类型铂族元素 成矿作用的发现

王登红¹, 李纯杰¹, 陈振宇¹, 屈文俊², 陈毓川³, 郭春丽¹, 傅德明⁴, 付小方⁴, 赵支刚⁵
WANG Denghong¹, LI Chunjie¹, CHEN Zhenyu¹, QU Wenjun², CHEN Yuchuan³,
GUO Chunli¹, FU Deming⁴, FU Xiaofang⁴, ZHAO Zhigang⁵

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 国家地质实验测试中心, 北京 100037;

3. 中国地质科学院, 北京 100037; 4. 四川省地质矿产研究所, 四川 成都 610081;

5. 四川省攀西地质大队, 四川 西昌 三岔口 615000

1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *National Research Center of Geoanalysis, Beijing, 100037, China;*

3. *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China;*

4. *Sichuan Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China;*

5. *Panxi Geological Party of Sichuan, Sanchakou 615000, Xichang, Sichuan, China*

摘要:四川攀枝花云鹿铜铂金矿区是一个新发现的比较罕见的新类型含铂族元素矿床,其特殊性至少表现为:矿化体赋存在炭质岩系中、炭质岩系中富含镁电气石(MgO含量7.68%~8.64%,平均8.15%)、表生过程中低温条件下铂族元素发生了活化转移(含铜钟乳石中含PGE 0.14×10^{-6})。铂族元素的最初富集可能与元古宙的海底喷气活动有关。此类铂族元素的矿化在国内外罕见,有可能是第一次发现,但类似的成矿地质条件在中国西南地区普遍存在,应该在今后的地质研究与找矿过程中加以注意。

关键词:四川攀枝花云鹿;铜铂金矿区;铂族元素

中图分类号:P611;P618.53

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2005)10~11-0922-05

Wang D H, Li C J, Chen Z Y, Qu W J, Chen Y C, Guo C L, Fu D M, Fu X F, Zhao Z G. Discovery of a special type of PGE mineralization in the Yunlu ore district, Panzhihua, Sichuan, China. *Geological Bulletin of China*, 2005(10-11):922-926

Abstract: A special new type of PGE (platinum-group element) deposit has been discovered recently in the Yunlu copper-platinum-gold, Panzhihua, Sichuan. Its specialty is at least manifested as follows: mineralization is hosted in Proterozoic black shale (which has been metamorphosed into carbonaceous slate), which contains rich magnesium tourmaline (with MgO contents ranging from 7.68 to 8.64%, and averaging 8.15%), and PGE remobilization (up to 0.14 g/t PGE is contained in copper-bearing stalactite) took place at low temperatures in the supergene process. The initial concentration of PGE might be related to Proterozoic submarine exhalation. Such kind of PGE deposit is infrequently found both at home and abroad and possibly the first finding. However, similar ore-forming geological conditions are common in southwestern China, to which we should pay more attention during geological study and mineral exploration in the future.

Key words: Yunlu, Panzhihua, Sichuan; Cu-PGE-Au ore district; PGE

收稿日期:2005-04-20;修订日期:2005-06-13

基金项目:国土资源部百名优秀青年科技人才计划项目《我国西南部地区铂族元素矿床成矿系列与成矿规律》、国家科技攻关计划课题《中国西部优势矿产资源潜力评价技术及示范研究》、地质调查项目《铂钯等新类型矿产资源勘查技术方法成矿规律与资源潜力评价、我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估》资助的成果。

作者简介:王登红(1967-),男,博士,研究员,从事成矿学及相关学科研究。E-mail:wangdenghong@sina.com

目前世界上的铂族元素矿床主要赋存在基性超基性岩岩体中,如南非的布什维尔德杂岩体^[1]、津巴布韦的大岩墙、加拿大的萨德贝里、俄罗斯的诺里尔斯克,中国四川的杨柳坪和云南的金宝山。尽管近年来也发现了干谷式的赋存在黑色岩系中的铂—金矿床,但在目前通用的矿床学和地球化学教科书及学术文献中,仍然把铂族元素的找矿方向局限于基性超基性岩浆岩发育的地区。中国西南地区近年来也陆续发现了一些新类型的铂族元素矿床,如四川会理大岩子等地的热液型铂族元素矿床^[2~7]和石棉的自然铂矿床^[8]。本文则报道攀西地区的又一个新发现,即攀枝花云鹿地区可能与海底喷气作用有关的铜铂金矿床。

1 地质概况

2001年四川省地质矿产勘查开发局所属的攀西地质大队在承担攀枝花炉房箐—鹿子厂铂族矿产资源富集区调查评价中,于木鼠栏坡、云鹿、硫磺厂等地多金属矿点发现其中含有铂族元素,认为这些矿点均系古、中元古界变质岩系中铜铂矿化新类型。但由于铂族元素的矿化规律未查明,加上测试技术方面等原因,勘查工作陷入进退两难的境地。笔者2003年通过对这些矿区的调查和系统分析测试,发现铂族元素并不局限在富含硫化物的样品中,在贫硫化物的黑色页岩(大部分已经变质成炭质板岩,局部地区已成为石墨矿点并由地方开采)中同样存在铂族元素,并可达到1 g/t以上的富集程度。从而又一次引发了对此类矿床进行调查研究的兴趣。目前,云鹿等矿区已经由四川三洲矿业公司登记探矿权,进一步进行勘查与勘探。

云鹿(三大湾)铜铂矿点位于攀枝花市大田乡南约5.5 km处,108国道通过矿区,交通方便。含矿岩层为古元古界河口群下段炭质板岩,其中见较多的基性、超基性岩脉侵入。铜铂矿化带自石墨厂经云鹿与木鼠栏坡铜铂矿化带连接。矿体形态为似层状,长500 m,矿体厚6~15 m,平均10.5 m。攀西地质大队调查控制的矿石平均品位为:(Pt+Pd)

0.88 g/t,Cu 1.32%。初步预测的334₂资源量(Pt+Pd)大于10 t。木鼠栏坡铜铂矿点位于云鹿的北侧,实际上已经与云鹿矿点连成一体,其中的铂矿体同样赋存于古元古界河口群下段的浅变质岩系中,但较常见云英片岩、石英纳长岩(原岩可能是海相火山碎屑岩),地层中也有基性超基性岩脉贯入。经攀西地质大队调查,脉状矿体长1000 m,厚度平均4.5 m,产状为150~155°∠72~78°;矿石品位(Pt+Pd)0.88~1.61 g/t(平均1.25 g/t);初步预测334₂资源量(Pt+Pd)大于10 t。

2 含矿围岩——电英岩的特征

古元古界河口群的炭质板岩是目前已知的主要含矿围岩。经岩矿鉴定,识别出其中存在电气石微晶石英岩,简称电英岩。此类岩石(以样品YL-3为例,图版 I-1)呈角砾状构造,砾屑主要由微晶石英集合体(微晶石英岩)构成,部分砾屑中可见微晶石英与电气石岩互成纹层状。胶结物成分以微晶石英为主。岩石中含大量炭质或炭化物,呈黑色尘土状或乳滴状充填于微晶石英或电气石颗粒间,并与金属硫化物密切共生。主要矿物有石英、电气石及微量黄铁矿、黄铜矿。石英无色透明,微晶状—细粒状半自形—他形粒状结构,在岩石中构成砾屑和胶结物成分。构成砾屑的石英粒度为0.1~0.6 mm,内含大量炭质尘状包体,使切片表面显得较脏,常见波状消光;作为胶结物的石英为微细粒状,粒径为0.01~0.1 mm,晶粒边缘为港湾状,切片表面略微干净。电气石浅黄褐色,透明板柱状,可见复三方柱的横断面,突起中度,二轴晶负光性,负延长符号,二组解理发育,多见于砾屑中。黄铁矿呈他形,微细粒状或晶屑状,亮黄白色,均质,随炭质物分布,含量极少。黄铜矿他形微细粒状,蠕虫状,浅杏黄色,多色性和非均质性不明显,随炭质物分布,含量较低。

电子探针分析结果表明(表1),3块标本3个不同光薄片中共11个电气石测试点的分析结果均显示为镁电气石,MgO含量为7.68%~8.64%,平均8.15%;FeO含量在4.69%~6.69%之间,平均5.49%。

表1 云鹿矿区电气石电子探针分析结果
Table 1 Microprobe analysis of tourmaline in the Yunlu ore district

序号	分析号	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	Total
1	YL-3-1	2.30	8.12	29.83	37.28	0.09	0.54	0.66	0.00	0.01	5.44	0.00	84.26
2	YL-3-2	2.50	8.28	30.13	37.06	0.04	0.43	0.46	0.03	0.00	4.75	0.03	83.70
3	YL-3-3	2.44	8.49	30.01	37.42	0.03	0.65	0.82	0.09	0.00	4.69	0.02	84.65
4	YL-4-Tour1	2.23	7.84	28.48	37.13	0.02	0.86	1.31	0.04	0.00	6.72	0.01	84.64
5	YL-4-Tour2	2.35	8.06	29.35	37.31	0.04	0.65	1.13	0.00	0.00	6.10	0.00	84.98
6	YL-4-Tour3	2.26	8.64	30.93	37.00	0.02	0.38	0.37	0.06	0.00	3.87	0.00	83.54
7	YL-4-Tour4	2.36	8.24	30.02	38.91	0.03	0.55	0.69	0.03	0.00	5.96	0.01	86.79
8	YL-10-Tour1	2.32	7.91	30.90	38.19	0.02	0.37	0.51	0.01	0.00	6.69	0.00	86.92
9	YL-10-Tour2	2.24	8.31	30.59	38.19	0.02	0.33	0.31	0.00	0.00	5.10	0.00	85.09
10	YL-10-Tour3	2.17	7.68	30.46	37.15	0.01	0.26	0.33	0.02	0.02	5.65	0.00	83.76
11	YL-10-Tour4	2.18	8.09	30.43	36.97	0.01	0.42	0.55	0.05	0.00	5.43	0.01	84.13
	平均	2.30	8.15	30.10	37.51	0.03	0.49	0.65	0.03	0.00	5.49	0.01	84.77

注:分析测试在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室完成;氧化物含量%

表2 云鹿矿区不同类型矿石铂族元素含量

Table 2 Platinum-group element contents of different types of ore in the Yunlu ore district, Panzihua, Sichuan

样号	采样位置及样品特点	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	合计
YL-00	地表采坑悬崖上的浅蓝色钟乳石(照片1)		0.62	7.56	77.79	26.82	27.90	140.69
YL-1	杂色氧化矿石, 附于悬崖, 孔雀石化等		0.97	11.98	0.47	14.38	12.44	40.25
YL-2	弱褐铁矿化条带状炭质板岩		0.43	1.92	0.44	780.30	250.70	1033.79
YL-3	灰色松散状电气石石英岩夹白色石英条带	0.39	0.19	0.02	0.17	4.75	8.55	14.06
YL-4	烟灰色含黄铁矿电气石石英岩	9.18	18.92	5.85	12.15	237.81	224.73	508.63
YL-7	褐色褐铁矿化硅化炭质板岩		0.11	1.23	0.07	8.60	6.76	16.76
YL-8	细网脉状黄铜矿化电气石石英岩		0.06	0.66	0.15	2.43	2.62	5.92
YL-10	黄灰白色网纹状硫磺黄铜矿电气石石英岩	0.19	0.10	0.06	0.84	0.75	6.30	8.23
YL-13	黄铜矿磁黄铁矿化炭质板岩, 表面褐铁矿化		0.74	7.13	0.40	5.34	8.79	22.39
YL-17	黄铜矿磁黄铁矿化炭质板岩, 表面褐铁矿化		0.61	7.93	0.24	6.00	6.52	21.31
GPT-3	标样实测值		5.58	14.19	1.62	10.18	5.78	37.36
GPT-3	标样推荐值	9.60	4.3	14.8	1.3	4.6	6.4	31.40
GPT-4	标样实测值		7.54	2.93	5.87	99.55	81.29	197.19
GPT-4	标样推荐值	2.40	4.7	2.5	4.3	60	58	129.50
	空白值		0.196	0.585	0.103	0.938	1.146	2.97
	球粒陨石	514	540	690	200	1020	545	3509

注:YL-3、YL-4、YL-10样品是2004年11月在国家地质实验测试中心由铈镍火试金法完成的,其余样品是2003年11月在同一实验室采用同样的方法测定的,但Os含量是用同位素稀释法单独测定的;铂族元素含量 10^{-9}

3 样品特点与分析结果

对云鹿矿区地表不同类型的样品进行了铂族元素的分析测试(表2)。其中,YL-00是倒悬于地表采坑悬崖上的钟乳石(图版 I-3),呈浅蓝色,可能含铜。分析结果显示其含铂族元素总量达0.14 g/t, 且以Rh含量高达 77.79×10^{-9} 为特点。含硫化物的氧化矿石也含有相对较高的铂族元素(如样品YL-1)。这一结果表明,铂族元素在常温地表环境下,通过地

表水在风化过程中即可以发生活化转移。含黄铜矿的炭质板岩(样品YL-13和YL-17)含铂族元素 $21.31\times 10^{-9}\sim 22.39\times 10^{-9}$,变化不大,含量不高。表面带有铁染状褐铁矿化的炭质板岩含铂族元素可达1 g/t以上,比含硫化物的样品还高。电气石石英岩中铂族元素含量变化稍大,可从小于 10×10^{-9} (样品YL-10)变化到0.5 g/t(样品YL-4)以上。

从不同样品的铂族元素配分曲线(图1)可以看出,云鹿矿区的样品总体上以相对富集Pt、Pd为特点,其中以电气石

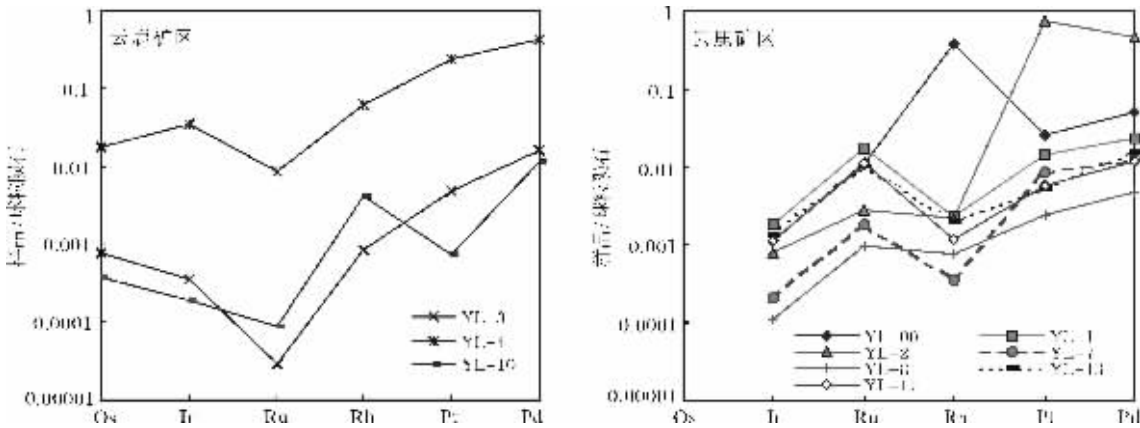


图1 云鹿矿区不同类型矿石铂族元素配分曲线

Fig.1 PGE distribution patterns for different types of ore in the Yunlu ore district

石英岩为主的样品Ru显著亏损,而其他样品Ru相对富集;在Ru相对富集的样品中,Rh则相对亏损(如YL-7、YL-17、YL-1等样品)。钟乳石样品(YL-00)与蚀变相对最弱、含硫化物相对最少的条带状炭质板岩样品(YL-2)二者之间,在配分曲线上呈“镜像”关系,即YL-00富Rh贫Pt,而YL-2恰好相反,呈富Pt贫Rh。这种关系也可能正是铂族元素发生不同程度活化的结果。

4 讨论与结论

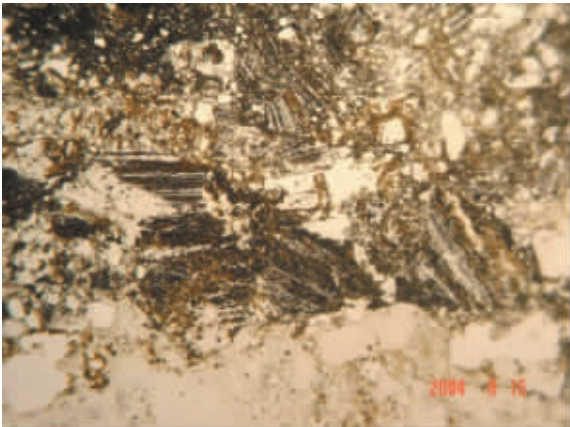
4.1 含矿围岩中电英岩的成因

微细粒结构的电气石石英岩常常形成于海底火山环境,与喷气作用有关,其中电气石以镁电气石为特点^[9]。攀枝花云鹿矿区的类镁电气石与海底火山喷气成因电英岩中的镁电气石非常相似。根据云鹿矿区电英岩已经破碎呈角砾状但磨圆度差且无定向性排列的特点(图版 I-1),结合其中的黄铁

矿出现滚圆状结构的现象(图版 I-2),有理由推测此处的电英岩也可能是海底喷气成因的产物。显微镜下还常见后期的黄铜矿、黄铁矿沿电气石颗粒的裂隙充填、交代(图版 I-3),表明电气石的形成早于硫化物。

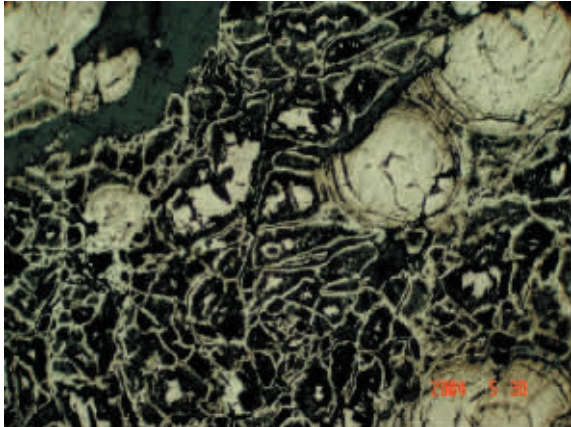
由于电气石粒度很细(仅个别可达1 mm以上),肉眼难以辨别,云鹿矿区整个河口群含矿围岩是否均为电英岩,或电英岩只是其中的一部分,目前还无法断定,需要今后通过填图、配合全面系统的岩矿鉴定来进一步查明,但为寻找新类型的铂族元素矿床提供了新的线索,也意味着在攀西地区可能存在又一种新类型的铂族元素矿化——即海底喷气沉积型铂族元素多金属矿床。如果会理硫磺厂等地赋存于元古宙地层中的铂族元素能够被进一步证明也是喷气成因的话,无疑提供了一种新的铂族元素矿床类型的实例。这种可能性是存在的,如拉拉厂火山岩型喷气矿床中铂族元素的含量也可达 88.57×10^{-9} 。

图版 I Plate I



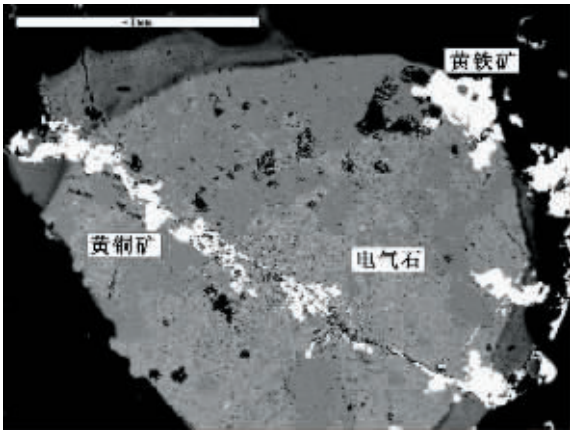
1.河口群炭质板岩中的角砾状电英岩(YL-3)

层纹状的电英岩已经破碎呈角砾状,角砾未磨圆,分布也无方向性,表明在海底喷气作用形成电英岩之后不久又发生过火山活动或喷气作用。照片底边长约2.4 mm。含PGE 14.06×10^{-9}



2.河口群炭质板岩中的滚圆状黄铁矿(YL-4)

黄铁矿呈滚圆状赋存在炭质板岩中,其中也常见镁电气石。照片底边长约2.4 mm。含PGE 508.63×10^{-9}



3.河口群电英岩中的电气石

硫化物沿裂隙充填、交代电气石(YL-10)。比例尺长1 mm



4.云鹿矿区地表悬崖上的浅蓝色石钟乳(YL-00)

可能与孔雀石成分接近,但松脆未固结。长约5 cm

4.2 铂族元素的常温活化

铂族元素一般是在高温条件下通过岩浆结晶分异作用富集成矿的,对于其在表生条件下的活动性尚未取得一致的结论,相关的文献资料也不多。实验表明,表生过程中Rh、Pd、Pt的活动性要强于Os、Ir、Ru,因而在煤灰中可富集Ru和Pt、Pd^[10]。本文获得的资料表明,云鹿矿区地表钟乳石中也可以富集Pt族元素(PGE总量达 140.69×10^{-9}),且以Rh高达 77.79×10^{-9} 为特征。这与煤灰中能够富含Rh的趋势是一致的,即表明表生条件下,Pt族元素可以发生显著的活化转移,并且以Rh的活动性最强为特征。相对新鲜的样品与钟乳石在铂族元素配分曲线上体现的“镜像”关系(图1),表明钟乳石中富集的元素恰好是原岩(炭质板岩)亏损了的元素。也就是说,表生低温或常温条件下,通过地表水的作用,可以将原岩中的某些Pt族元素活化转移出来。因此,在断裂带切割含矿岩系的部位,需要注意Pt族元素的活化转移的特点,同时也需要注意研究在哪些表生条件下可能导致Pt族元素的再次富集,以免漏掉矿体(地表风化岩石样品中的Pt族元素可能已经活化转移而贫化)。

致谢:野外工作中得到四川省地质矿产勘查开发局骆耀南、何虹、李云泉和四川三洲矿业公司李学智、王本政等的帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- [1]王登红,应汉龙,骆耀南,等.试论与布什维尔德杂岩体有关的铂族元素——铬铁矿矿床成矿系列及其对中国西南部的意义[J].地质与资源,2002,11(4):343-359.
- [2]王登红,刘凤山,楚萤石,等.四川杨柳坪热液型铂族元素矿石的发现及其意义[J].地质通报,2002,21(3):158-162.
- [3]王登红,李志伟,罗君烈,等.云南铂族元素找矿基础问题[J].云南地质,2003,22(3):250-259.
- [4]王登红,陈振宇,李建康,等.铂族元素矿床研究的某些新进展及其对四川找铂的启示[J].四川地质学报,2003,(增刊):2-8.
- [5]王登红.贵州寻找铂族元素矿床的思考[J].贵州地质,2004,20(3):127-131.
- [6]王登红,屈文俊,李纯杰,等.攀西地区铂族元素矿床研究新进展[J].地质论评,2004,50(1):文后1.
- [7]王登红,屈文俊,李纯杰,等.四川大岩子铂钨矿的地质地球化学特征及找矿前景浅析[J].地质学报,2005(待刊).
- [8]骆耀南,何虹,李云泉.四川石棉县大河坝自然铂矿床地质特征浅析[J].地球学报,2004,25(5):529-534.
- [9]Plimer L R. The association of tourmalinite with stratiform scheelite deposits[J]. Mineral Deposita, 1987,22:281-291.
- [10]刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1984.

《中国地质》2006年改为双月刊

为了满足广大作者、读者的要求,缩短发稿周期,适应期刊变化形势,更好地与国际科技期刊接轨,经有关部门批准,《中国地质》从2006年起由季刊改为双月刊,逢双月25日出刊,热忱欢迎各路地学精英踊跃投稿。

《中国地质》2006年全年每份定价150元,欢迎广大读者到当地邮局订阅,邮发代号2-112。如误时漏订,请直接与本刊编辑部联系。

联系人:张燕如 电话:010-68326446;E-mail:zhgdzh@vip.sina.com

《中国地质》编辑部

2005年6月