

攀西水系沉积物铂、钯异常及对找寻铂、钯矿的启示

包凤琴¹, 李佑国¹, 杨武年², 任光明²

(1. 成都理工大学 核技术与自动化工程学院 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学 地球科学学院 四川 成都 610059)

摘 要 利用攀枝花幅(永仁幅)、会理幅、盐边幅、米易幅、盐源幅和西昌幅共 6 个 1:20 万图幅的区域铂、钯地球化学资料,运用了数据滤波处理方法圈定铂族元素异常,讨论了水系沉积物中铂、钯地球化学背景和异常与峨眉山玄武岩、基性-超基性岩等地质体的空间关系,并做了该地区铂族矿产的找矿远景预测。

关键词 铂族元素;水系沉积物;数据滤波;攀西地区

攀西地区以良好的铂族元素(PGE)成矿地质背景而成为我国铂族元素找矿热点地区之一^[1~8]。大量研究工作表明,Pt、Pd 可以作为铂族元素矿化的直接指示元素^[9],但矿化类型不同,其异常元素组合也不同^[10]。因此,在西南暗色岩套分布较多的攀西地区,利用 Pt、Pd 异常来找铂族矿床应当是最有效的手段,容易发现新的找矿方向和靶区。按照谢学锦等人的地球化学块体理论,川滇铂族元素地球化学省有可能孕育大型-超大型的铂族元素矿床^[11]。换句话说,攀西地区如果出现大型铂族元素矿床则极可能与西南暗色岩套有关。

研究区范围介于东经 101°~103°,北纬 26°~28°,包括四川省西昌市、盐源县、会理县、攀枝花市等地区。研究区的大地构造位置属于扬子地台西缘,区内断裂构造十分发育,主要有菁河断裂带、攀枝花断裂带、绿汁江断裂带、安宁河断裂带、则木河断裂带、黑水河断裂带以及小江断裂带等。

1 研究区的地球化学特征

1.1 岩石类型

主要岩石类型为玄武岩,次为粗面玄武岩和玄武安山岩。超基性系列岩石主要见于西部,其中盐源-丽江岩区出现苦橄岩、苦橄质玄武岩和少量碱玄岩。攀西岩区可见碱玄岩,还见有粗面岩和流纹岩,显示出较为明显的双峰式特点。响岩质碱玄岩仅见于贵州岩区。

1.2 微量元素

镜下观察发现苦橄岩具明显的堆晶结构,为深部岩浆房分离结晶产物。峨眉山玄武岩具有不相容元素富集程度相对偏低,非常突出的 Pb 正异常、弱 Hf 和 Th 负异常,Rb、Nb 含量低的特点;盐源-丽江岩区由云南宾川、永宁向丽江和四川盐源方向,微量元素富集程度有依次降低趋势。

1.3 岩浆演化

岩浆分离结晶作用主要表现在玄武岩斑晶成分、常量元素和微量元素成分的变化方面。SiO₂、Al₂O₃、CaO 与 MgO 的关系显示出峨眉山玄武岩的演化完全符合分离结晶趋势;同时盐源-丽江岩区玄武岩主要经历了早期分离结晶作用,而攀西岩区和贵州高原岩区玄武岩则是更为强烈的结晶分离作用的产物。

2 研究区水系沉积物 Pt、Pd 异常

研究区 Au、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Ni、Ti、V、Zn、Pt、Pd 等元素的分析数据(1:20 万区域化探之网格化原始数据,每个数据代表 4 km² 范围组合样的分析值或多个单点样的算术平均值)由四川省地质勘查开发局提供,1:20 万水系沉积物样品的采样粒度为 40 目以下的部分。其中,Pt、Pd 为 1:20 万化探保存的副样于 2001~2003 年补充测试铂、钯而获得。

国外研究资料表明,在水系沉积物中,Pt 趋向于在碎屑颗粒中富集(主要集中在 20~40 目粒级),Pd 的高含量多数集中在 40 目以下的粒级中^[12]。据此认为,研究区 Pd 的丰度值可以反映水系中 Pd 的地球化学分

布,但有可能漏掉一些 Pt 的高值点。

在攀西地区,分别用 3×10^{-9} 和 4×10^{-9} 的异常下限圈出 Pt、Pd 区域地球化学异常(图 1)。铂和钯的地球化学异常总体上呈近南北向的带状分布,其浓集中心主要位于盐源县和布拖县等地区,除了通安镇地区与较多的基性、超基性岩体相对应外,铂和钯的异常基本上与峨眉山玄武岩的分布区吻合。图 1 表明,峨眉山玄武岩的铂族元素丰度值普遍偏高,导致传统方法圈定的铂族元素异常,很难获取铂族元素矿化的有效信息。

经统计,水系沉积物中 Pt、Pd 元素丰度与岩浆岩类型和地层的时代密切有关,而与大地构造分区的关系不明显。作者将攀枝花—西昌地区出露的地层按系、岩浆岩按大类进行统计,专门提取以不同地层单元(地质体)为基岩的水系沉积物样品的分析数据,统计结果列于表 1 中。

经统计,基岩为泥盆系、石炭系、三叠系以及基性—超基性岩,其水系沉积物的铂、钯含量服从对数正态分布,其他地层单元的水系沉积物,往往具有多重母体分布的统计特征。以峨眉山玄武岩为基岩的水系沉积物,其 Pt、Pd 频率直方图(图略)的样品点主要集中在高含量区,表明峨眉山玄武岩的丰度值较高,是一种正

常的高背景现象。

由于大多数地层单元(地质体)中的水系沉积物的 Pt、Pd 含量不服从对数正态分布,本文采用了数据滤波处理方法圈定铂族元素异常。

数据滤波处理化探数据是把地球化学背景面看成是一个连续起伏变化的曲面,不同子区采用不同的异常下限,一般用窗口代子区,以小窗口为局部异常或噪音,以大窗口为局部背景来拟合地球化学背景的变化趋势,用衬值来圈定异常。衬值滤波是数字滤波技术中的一种,用它来识别化探异常,特别是弱小异常则更为有效^[13~15]。

从图 2 和表 1 可知,水系沉积物中 Pt、Pd 背景值呈现出规律性的变化,古元古界、震旦系、寒武系、奥陶系的铂族元素背景值(中位数)较低,大约为 1×10^{-9} 。从志留纪开始,地层中铂族元素含量逐渐增高,直到中二叠世晚期喷发的峨眉山玄武岩中 Pt、Pd 达到最大值,其背景值分别为 4.4×10^{-9} 和 5.4×10^{-9} ,表明在志留纪至二叠纪期间,沉积岩物源中铂族元素含量有逐渐增加的趋势,可能暗示攀西裂谷在晚古生代的强烈活动造成亲地幔的铂族元素逐渐进入地壳沉积物中。

用衬值圈定的 Pt、Pd 异常,主要分布在峨眉山玄武岩的外围地区(图 3), $Pt_{衬值} = Pt_{含量} / Pt_{异常下限}$, $Pd_{衬值} =$

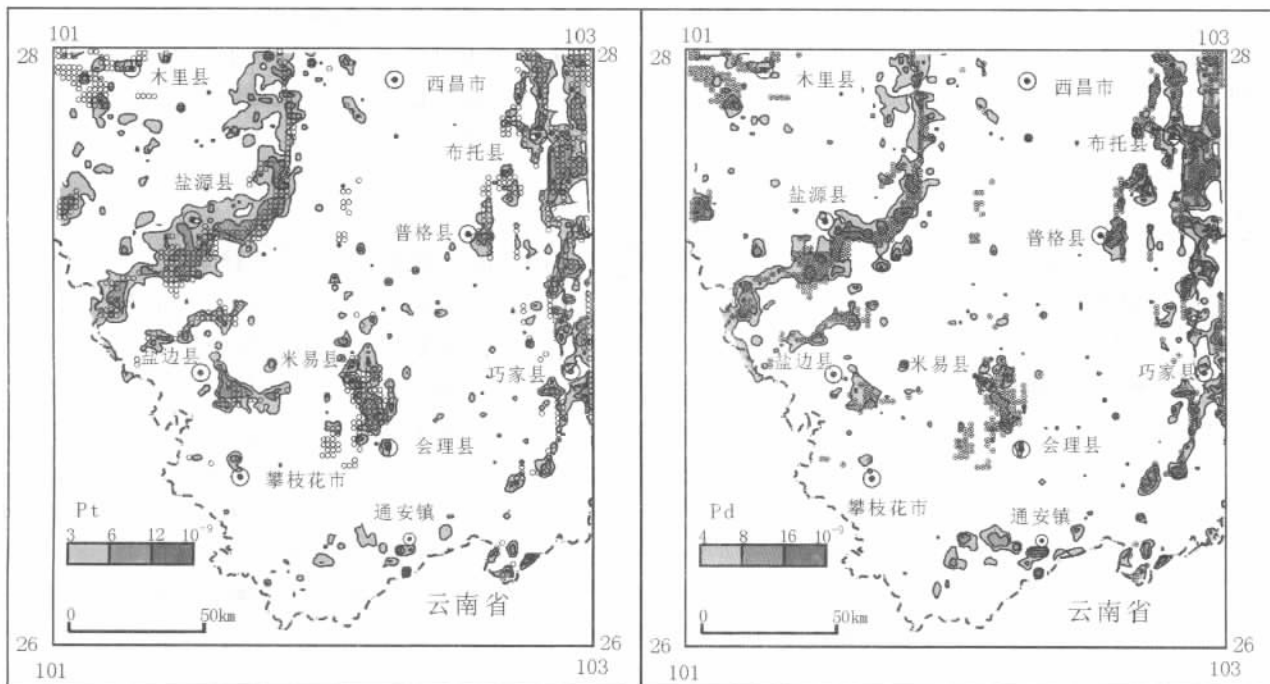


图 1 攀西地区水系沉积物中铂和钯的地球化学异常图

Fig. 1 Geochemical anomalies of Pt and Pd in stream sediments in Panzhihua-Xichang area

· 峨眉山玄武岩分布区的采样位置(sampling position in Emeishan basalt)

表 1 攀西地区各地层单元中水系沉积物的铂、钯含量统计表

Table 1 Statistics of Pt and Pd contents in stream sediments of different strata in Panzhuhua-Xichang area

样品基岩环境	基岩代号	样品数	Pd						Pt					
			最小值	最大值	平均值	几何平均值	中位数	上异点	最小值	最大值	平均值	几何平均值	中位数	上异点
第四系	Q	576	0.11	14.6	2.075	1.279	1.02	4.63	0.31	13.4	1.87	1.252	1.01	4.38
第三系	E	178	0.213	6.8	1.538	1.254	1.12	3.83	0.32	10.1	1.815	1.379	1.19	4.38
白垩系	K	518	0.2	9.908	1.158	0.981	0.91	1.99	0.2	9.846	1.072	0.938	0.9	1.95
侏罗系	J	1562	0.127	20.5	1.182	0.934	0.88	2.18	0.14	11.3	1.045	0.87	0.81	1.89
三叠系	T	1296	0.101	16.9	2.206	1.663	1.63	5.39	0.127	15.8	2.181	1.691	1.64	5.41
峨眉山玄武岩	Pe	811	0.19	21.4	5.785	4.246	5.4	16.7	0.22	15.8	4.69	3.571	4.4	13.36
二叠系	P	246	0.27	16.7	3.93	2.743	3.1	12.95	0.146	20.9	3.022	2.18	2.28	9.03
石炭系	C	68	0.269	10.8	3.931	2.915	2.87	13.72	0.45	11.9	3.251	2.454	2.39	8.29
泥盆系	D	95	0.24	11.5	2.965	2.142	2.28	8.03	0.3	9.846	1.992	1.494	1.43	4.91
志留系	S	185	0.19	18	2.572	1.672	1.57	6.5	0.35	13.1	1.822	1.256	1.05	3.85
奥陶系	O	300	0.15	9.908	1.375	1.046	0.97	3.02	0.25	6	1.18	0.964	0.86	2.65
寒武系	Є	356	0.22	17.8	1.538	1.054	0.9	2.7	0.15	10.3	1.33	0.962	0.85	2.49
震旦系	Z	899	0.11	21.962	1.693	1.132	1.03	3.64	0.1	13.2	1.34	0.998	0.89	2.76
古元古界	Pt ₁	850	0.1	48	1.922	1.261	1.16	3.61	0.1	18.7	1.349	1.062	0.98	2.36
基性超基性岩	B	125	0.201	15.1	2.253	1.407	1.22	5.22	0.22	7.9	1.861	1.41	1.3	4.59
中酸性岩	A	596	0.11	11.1	0.962	0.759	0.72	1.98	0.15	10.4	1.04	0.876	0.84	1.95
碱性岩	Alk	91	0.26	8.8	1.772	1.35	1.45	4.15	0.5	10.2	2.136	1.633	1.52	4.4
全部样品		8752	0.1	48	2.124	1.351	1.14	4.72	0.1	20.9	1.82	1.259	1.05	3.89

注：上异点 = 25 × 上四分点 - 1.5 × 下四分点，含量单位：10⁻⁹。

Pd 含量/Pd 异常下限，异常下限采用表 1 中的上异点值）。Pt 异常主要分布在通安镇、盐边县东、佑君镇北、宁南县东等地区，Pd 异常主要分布在通安镇、树河镇、佑君镇北、布拖县、宁南县、铅锌镇等地区。Pt 异常和 Pd 异常在空间上往往重叠在一起，而在树河镇、盐边县东等地区表现出明显的分离现象。

米易新街铂矿床、会理大岩子以及会理清水河铂矿床均存在较好的 Pt 和 Pd 衬值异常，异常面积 4 ~ 12 km²，异常强度中等或较强，表明水系沉积物 Pt、Pd 衬

值异常可以指示铂族矿床的存在。

3 结论

由于水系沉积物中 Pt、Pd 分离现象的存在，导致 Pt、Pd 单个元素的衬值异常不一定很好地反映铂族元素矿化的信息，作者使用铂族元素综合衬值异常来进行找矿远景区筛选。研究发现，铂族元素综合衬值（PGE 衬值）大于 1，表明具有 Pt、Pd 综合正异常。根据铂族元素综合衬值的大小、异常面积、异常浓集中心、

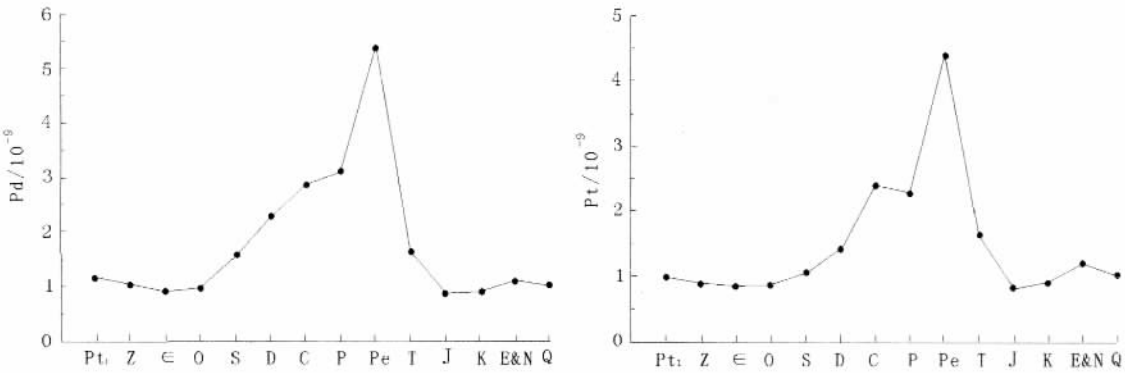


图 2 攀西地区不同时代地层的水系沉积物中铂、钯背景值变化图
Fig. 2 Variation of Pt and Pd background values in stream sediments of different strata

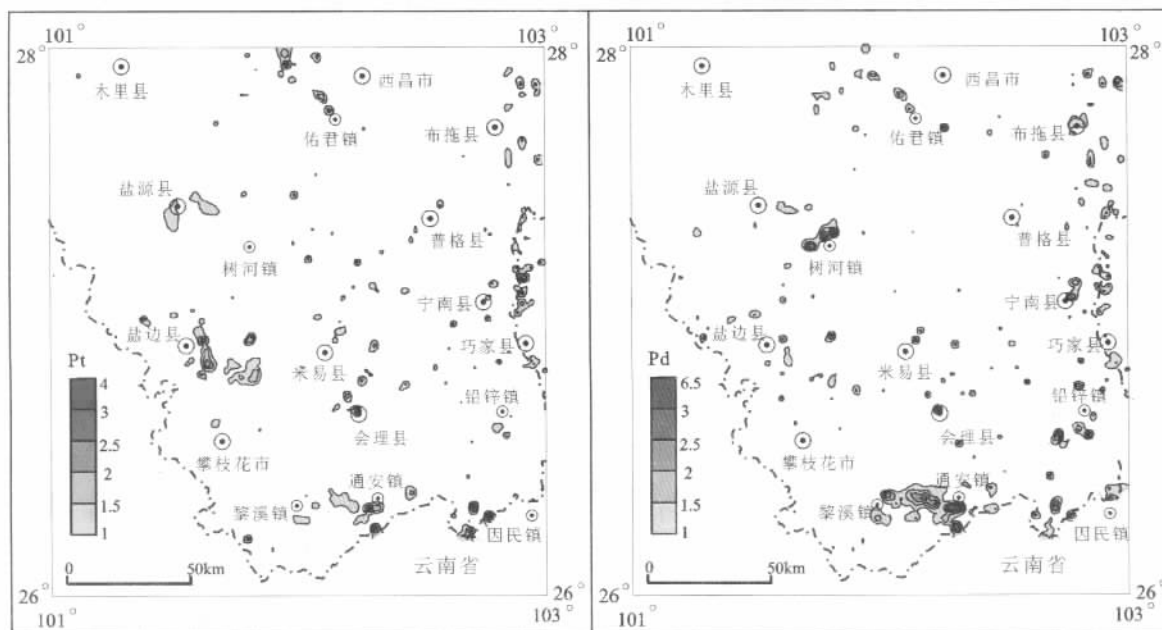


图3 攀西地区水系沉积物中铂和钯的衬值异常图

Fig. 3 Anomaly contrast values of Pt and Pd in stream sediments in Panzhihua-Xichang area

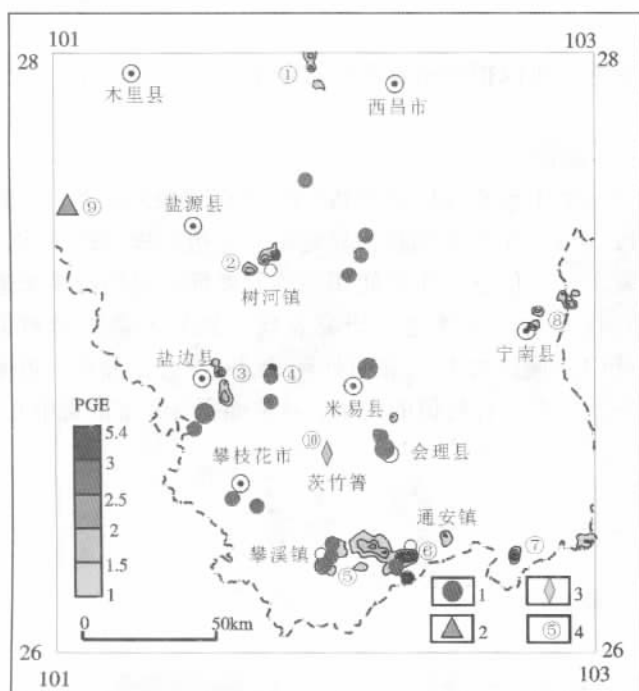


图4 攀西地区铂族元素找矿远景区预测图

Fig. 4 Prospecting targets for PGE in Panzhihua-Xichang area
 1—铂族矿或铜镍铂矿 (PGE or Cu-Ni-Pt deposit); 2—峨眉山玄武岩分布区铂族元素异常 (PGE anomaly in Emeishan basalt); 3—峨眉山玄武岩分布区铂族元素负异常 (negative anomaly of PGE in Emeishan basalt);
 4—铂族元素找矿远景区编号 (prospecting targets for PGE)

异常点数、地质条件、与其他成矿元素的关系和异常成因分析的基础上,作者筛选出8个铂族元素异常区作为铂族矿产的成矿远景区:①大桥远景区;②树河镇远景区;③盐源县远景区;④大槽远景区;⑤黎溪镇远景区;⑥通安镇远景区;⑦鹿鹤村远景区;⑧宁南县远景区(图4)。初步显示出铂族元素的多种矿化信息。

由于峨眉山玄武岩分布区的水系沉积物的Pt、Pd异常下限高达 13.4×10^{-9} 和 16.7×10^{-9} (表1),因而很难出现明显的铂族元素综合衬值异常。对以峨眉山玄武岩为基岩的水系沉积物中Pt、Pd元素含量与Au、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Ni、Ti、V、Zn的含量进行了逐步回归研究,发现同期喷发相玄武岩中Pt和Pd的亏损,通常是基性-超基性岩体铂族元素富集成矿的地球化学标志之一^[12, 16],因此,攀西地区峨眉山玄武岩出现明显的Pt、Pd负异常,可以意味着其附近的基性岩体有成矿的可能性。根据峨眉山玄武岩分布区Pt、Pd正异常和负异常的强度、异常面积及Cu、Au、Fe、Ti、V等元素的地球化学异常特征,作者又筛选出2个铂族元素成矿远景区(图4),即⑨麦架坪远景区: Pd和Cu($> 0.03\%$)的综合异常显著,伴有Au、Fe、Ti、V的异常,异常面积 12 km^2 ; ⑩茨竹箐远景区: 水系沉积物中Cr、Ti、V含量高于背景值,而Pt、Pd的含量小于 1×10^{-9} ,异常面积 8 km^2 ,异常附近的基性岩体发育。

采用按地质体确定背景与异常的方法,在攀枝花

—西昌地区初步筛选出 19 个可供进一步勘查的 II 类异常区。19 个 II 类异常区只有 2 个分布于玄武岩区, 有 11 个异常区与会理群、基性—超基性岩体以及震旦系地层的出露地区有关, 4 个异常区与震旦系、寒武系及断裂构造分布区有关, 2 个异常区与花岗岩和断裂构造有关, 初步显示出可能存在着多种矿化信息。其中, 在玄武岩分布区, 铂族元素矿化可能存在两种类型: 一种可能与铜的矿化有关(特别是 Pd 与 Cu 的关系密切), 另一种与 Cr、Ni、Co 的矿化有关, 矿体可能存在于铁质超基性岩体中。

参考文献:

- [1] 凌超发, 李佑国, 黄瑞. 基于 GIS 的攀西地区铂族元素成矿地质条件初步分析[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 23(3): 225—229.
- [2] 宋谢炎, 侯增谦, 汪云亮, 等. 峨眉山玄武岩的地幔热柱成因[J]. 矿物岩石, 2002, 22(4): 27—32.
- [3] 宋谢炎, 张成江, 胡瑞忠, 等. 峨眉山火成岩省岩浆矿床成矿作用与地幔柱动力学过程的耦合关系[J]. 矿物岩石, 2005, 25(4): 35—44.
- [4] 李晓敏, 郝立波, 甘树才, 等. 黔西地区峨眉山玄武岩(东岩区)铂族元素地球化学特征[J]. 地质地球化学, 2003, 31(4): 29—34.
- [5] 来雅文, 王林根, 肖国拾, 等. 黔西玄武岩铂族元素赋存状态及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(5): 607—610.
- [6] Cheng Hangxin, Xie Xuejing, Yan Guangsheng, et al. Platinum and palladium abundances in floodplain sediments and their geochemical provinces [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1999, 18(1): 19—24.
- [7] 成杭新, 赵传冬, 庄广民, 等. 铂族元素矿床地球化学勘查的战略和战术[J]. 地球学报, 2002, 23(6): 495—500.
- [8] 成杭新, 赵传冬, 庄广民, 等. 贵州西部龙场地区水系沉积物 Pt、Pd 异常源地球化学示踪的初步研究[J]. 地球化学, 2003, 32(2): 193—200.
- [9] 张洪, 陈方伦. 铂族元素地球化学勘查方法研究——水系沉积物地球化学测量[J]. 河北地质学院学报, 1996, 19.
- [10] 张洪, 刘宏云, 陈方伦. 铂—钯区域地球化学勘查[J]. 地球化学, 2002, 31(1): 55—65.
- [11] 谢学锦. 中国化探走向 2000 年[J]. 物探与化探, 1992, 16(2): 81—85.
- [12] Song X Y. Geochemistry of Permian flood basalts and related Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing sills in Yangliuping, Sichuan Province, China[D]. Ph D degree thesis at The University of Hong Kong, 中国优秀博硕士学位论文全文数据库, 2004.
- [13] 李长江, 麻士华. 化探数据处理的新技术[J]. 地质找矿论丛, 1997, 12(4): 57—64.
- [14] 史长义, 张金华, 黄笑梅. 子区中位数数值滤波法及弱小异常的识别[J]. 物探与化探, 1999, 23(4): 250—257.
- [15] 纪宏金, 林瑞庆, 周永旭. 关于若干化探数据处理方法的讨论[J]. 地质与勘探, 2001, 37(4): 56—59.
- [16] Mungall J E. Exploration for Platinum-Group Element Deposits[J]. Economic Geology, 2005.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF Pt AND Pd ANOMALIES IN STREAM SEDIMENTS AND ORE SEARCHING GUIDE IN PANZHILHUA-XICHANG AREA

BAO Feng-qin¹, LI You-guo¹, YANG Wu-nian², REN Guang-ming²

(1. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. College of Geosciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Panzhihua-Xichang area is one of the potential regions for PGE deposits in China, because of its good PGE ore-forming geological backgrounds. Geochemical data from six 1:200 000 maps of Panzhihua (Yongren), Huili, Yanbian, Miyi, Yanyuan and Xichang sheets are adopted and treated by means of data-filter to delineate PGE anomalies. The geochemical background and anomalies of Pt and Pd in stream sediments are studied. The relation of their distribution to the Emeishan basalts is also discussed. The prospecting targets for PGE deposits in the area is predicted.

Key words: PGE; stream sediment; data-filter means; Panzhihua-Xichang area

作者简介: 包凤琴(1979—), 女, 成都理工大学核技术与自动化工程学院地球化学专业硕士研究生, 通信地址 内蒙古呼和浩特市金桥开发区世纪五路 内蒙古地质调查院物化探所 402 室, 邮政编码 010022, E-mail//baofengqin@163.com