维普资讯 http://www.cqvip.com

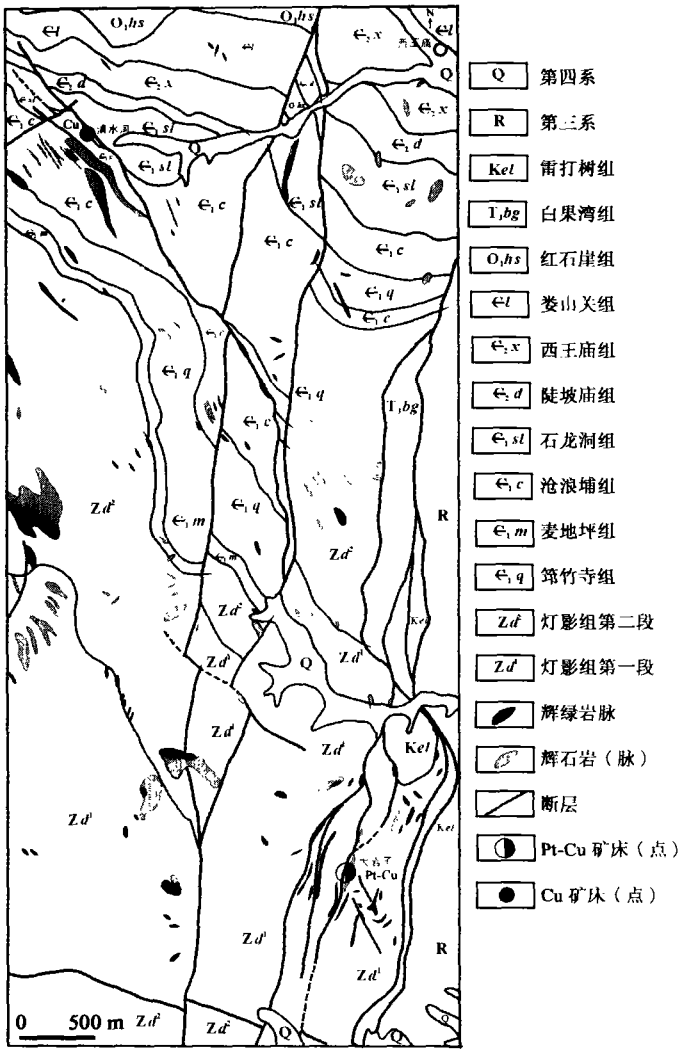

图 1 大岩子—清水河地区地质图

Fig. 1 Geological map of the Dayanzi-Qingshuihe area

NS 向（图 1）。区内构造主要有安宁河断裂带，该断裂带由一组近于平行，走向 NS，倾向 E，倾角较陡的断层组成。断层断距一般 3～5 km，局部地段造成地层倒转。在断层两侧常发育有次级断裂，并形成数十米宽的挤压破碎带。沿断裂带有大量海西期辉绿岩（脉）和辉石岩体（脉）侵入（图 1）。

地质研究认为，大岩子矿床属接触带型 Pt-Cu 矿床，具有明显的热液蚀变特征。接触带围岩有明显的分带性，自东至西，分别为条带状硅化白云岩、褐铁矿化白云岩、孔雀石化矿石、铜蓝、孔雀石化矿石、孔雀石化白云岩和褐铁矿化白云岩[10]。

1∶20 万米易幅区域化探资料显示，研究区内有 Pt、Pd、Cu、Ni、Cr、Co、TFe_2O_3、Ti、V 和 Ba 等多元素组合异常。区内矿产主要有清水河 Cu-Ni 矿点和大岩子 Pt-Cu 矿床（点）。这些矿点均在 1∶20 万多元素组合异常内。

2 样品采集与测试分析

采用标准 1∶5 万水系沉积物测量开展铂矿地球化学普查，平均采样密度 5 点/km^2，采样介质为活性水系沉积物，主要为淤泥和粉砂。采样粒级 60 目，采样部位主要在河床底部，采样点基本布置在一级水系的末端和分支水系口上，采样质量过筛后为 200 g。

样品由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所分析质量监控站采用无污染玛瑙罐加工碾磨至 180～200 目后，由该所中心实验室采用 XRF、ICP-MS、AAS 和 AES 方法分析了 Cu、Ni、Co、Cr、Au、Ag、As、Cd、F、Hg、Pb、Zn、S、Se、Be、Bi、Mo 和 Ba 等 18 种元素，样品的 Pd、Pt 含量由河南省岩石矿物测试中心采用活性炭预富集处理后，用化学光谱法测定。样品分析过程中以密码样、重复样插入同类国家一级标准物质（GPt1、GPt2、GPt4、GPt7、GSD9、GSD12、GSD13、GSD17）来进行分析质量监控。监控结果显示 Pd、Pt 的准确度（RE%）在 -2%～28% 之间，精密度（RD%）在 5%～10% 之间；其他元素的准确度（RE%）在 -5%～5% 之间，精密度（RD%）均小于 10%。

3 地球化学异常特征

3.1 地球化学异常下限和含量分带的确定

在对原始数据经无限次叠代剔除（$x \pm 2s$）值域外数据处理后，计算出水系沉积物中各元素含量的平均值、均方差，再采用 $T_1 = x + 0.5s$ 求得异常下限计算值 T_1；实际成图过程中对计算值进行了小幅度调整（表 1）。对成矿元素 Pt、Pd 的异常含量分带采用等比级数计算出各个含量分带的含量间隔，其他元素的异常含量分带采用等差级数的方法分别计算。

3.2 地球化学异常特征

图 2 和图 3 示出了大岩子-清水河地区 1∶5 万水系沉积物测量的地球化学异常图。

由图可以看出，围绕大岩子矿床，Pt、Pd 分别以 2 ng/g、1 ng/g 的异常下限圈出浓集中心清晰的成

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1　大岩子 - 清水河地区水系沉积物中微量元素含量（$n=104$）

Table 1　Contents of trace elements in stream sediments of the Dayanzi-Qingshuihe area

元素	水系沉积物					异常下限	
	max	*min*	*md*	*x*	*s*	T_1	T_2
Ag	517	31	111	130	94	177	200
As	54.7	2.0	10.5	13	10.8	18.4	20
Au	5.8	0.24	1.00	1.12	0.87	1.56	1.50
Ba	595	30	287	296	281	437	400
Be	4.91	0.28	2.1	2.1	1.4	2.7	3.0
Bi	1.31	0.03	0.24	0.44	0.28	0.58	0.60
Cd	2 034	44	263	287	203	388	400
Co	66.0	23.0	22.7	22.6	13.8	29.5	30.0
Cr	488	9.2	138.1	142.7	79	182.2	150.0
Cu	190.2	4.6	39.1	42.2	28.1	56.3	50.0
F	4 392	96	576	668	387	861	800
Hg	431	6	28	31	22	43	40
Mo	1.68	0.13	0.62	0.65	0.34	0.82	0.80
Ni	165.7	7.3	48.3	52.9	35.8	70.8	70
Pb	111.2	3.7	22	27.2	23.1	38.7	40.0
Pd	15.46	0.24	0.65	0.75	0.4	0.94	1
Pt	40.79	0.28	1.08	1.25	1.06	1.78	2
S	737	23	103	125	91	171	175
Se	0.669	0.035	0.183	0.189	0.092	0.235	0.24
Zn	264	6	69	70	50	95	100

注：*n*. 样品数；*max*. 最大值；*min*. 最小值；*md*. 中位数；*x*. 算术平均值；*s*. 标准离差；*T*. 异常下限；*md*、*x* 为数据经无限次叠代剔除（$x\pm2s$）值域外数据后的计算值；$T_1=x+0.5x$；T_2 为实际使用的异常下限值。As、Ba、Be、Bi、Co、Cr、Cu、F、Mo、Ni、Pb、S、Se 和 Zn 的单位为 μg/g；Ag、Au、Cd、Hg、Pd 和 Pt 的单位为 ng/g。

矿元素异常，且两者的异常形态相似、空间分布位置重叠；对 Cu、Ni、Co 和 Cr 而言，仅形成 Cu、Ni 弱异常；无 Co、Cr 异常。虽然大岩子曾在 1958 年和 1974 年开展过 Cu、Ni 矿的评价工作，但异常元素组合和 Cu、Ni 的异常规模显示，大岩子不具有与基性 - 超基性岩有关的特征元素异常组合，据此推测大岩子不应是岩浆型 Pt-Cu-Ni 矿床。而清水河出现 Pt、Pd、Cu、Ni、Co 和 Cr 的弱异常，其中 Cu 异常规模稍大，具有基性 - 超基性岩体的特征元素异常组合，但由于 Pt、Pd 异常不具明显浓集中心，因此清水河 Cu 矿点也不具有找寻 Pt、Pd 矿的远景。这与近两年在该地区进行的 Pt-Cu 资源潜力评价的地质结论一致。

与 Pt、Pd 异常相似的是，大岩子矿床（点）也形成形态规整的 Au、Ag、As、Cd、F、Hg、Pb 和 Zn 异常，其中 Au 异常的空间分布与 Pt、Pd 异常重叠。相对 Pt、Pd 和 Au 异常的浓集中心和大岩子矿床的位置而言，Ag、As 异常的浓集中心有所偏移，主要分布在 Pt、Pd 和 Au 异常的西侧，Cd、F、Hg、Pb 和 Zn 的异常浓集中心分布在 Ag、As 异常的浓集中心的西侧，表明地球化学异常具有水平分带的特征，即从矿床向外，异常元素依次为 Pd、Pt、Au-Cu、Ni-As、Ag-Cd、F、Hg-Pb 和 Zn。这样的异常组合及水平分带特征与典型热液矿床的异常组合特征[11]极其相似，推测大岩子 Pt-Cu 矿床（点）应为热液成因的矿床。这一认识已被矿区地质调查发现的大量硅化[10]和矿床原生晕研究[1]所证实。

与 Pd、Pt、Au、Cu、Ni、As、Ag、Cd、F、Hg、Pb 和 Zn 异常的空间分布相反，由于表生作用的缘故，S、Se 从矿石中风化、分解，沿水系迁移，在矿床下游出现清晰的 S、Se 异常（Se 未在图中示出），说明 S、Se 异常对找寻大岩子型铂矿具有指示作用。同时出现 Mo、Bi 和 Be 弱异常（Mo、Bi 未在图中示出）。

值得注意的是，在西王庙附近出现浓集中心清晰的 Pt、Pd 异常，Pt 异常强度与大岩子矿床相当，由于测区范围过小，异常东端和北端均未封闭，故异常规模不清楚。尽管由于测区范围小，不能看出其他元素的异常形态，但有迹象显示在西王庙附近还存在 Cu、Co、Cr、Au、As、Cd、F、Hg、Pb、Zn、S 和 Be 元素的组合异常，其特征与大岩子矿床的地球化学异常特征类似，推测该异常具有找寻 Pt 矿的远景。

4　初步结论

通过对大岩子 - 清水河地区 1∶5 万水系沉积物测量成果的研究，获得以下初步认识。

（1）水系沉积物中 Pt-Cu 矿床的指示元素有 Pd、Pt、Au、Cu、Ni、As、Ag、Cd、F、Hg、Pb、Zn、S 和 Se，且地球化学异常具有水平分带特征。1∶5 万水系沉积物测量是找寻铂矿的有效勘查方法。

（2）大岩子 Pt-Cu 矿床的地球化学异常组合具有典型热液矿床的异常组合特征，推测大岩子矿床主要系热液成矿。

（3）地球化学异常规模和元素组合特征显示，西王庙附近具有 Pt、Pd 矿的找矿远景。

1）成杭新等，四川大岩子铂 - 铜矿床原生地球化学异常特征及盲矿预测，2004，待发表。

维普资讯 http://www.cqvip.com

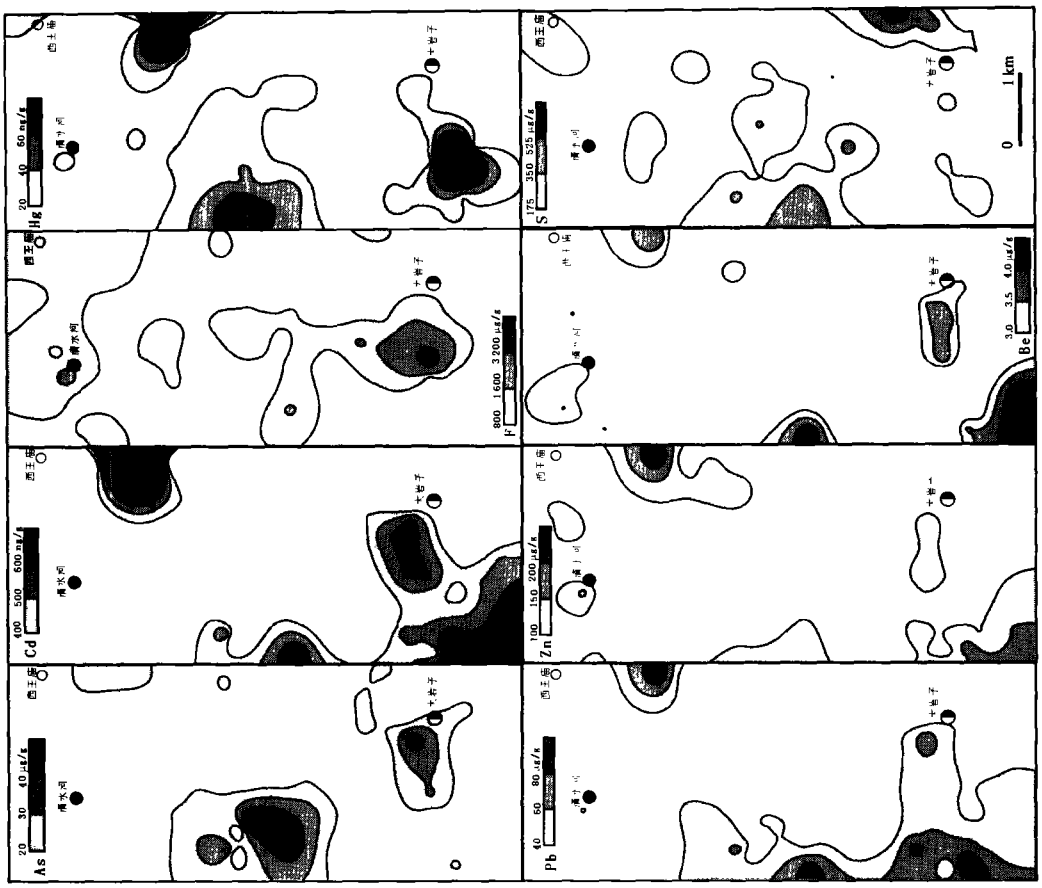

图 3 大岩子 - 清水河地区水系沉积物的 As、Cd、F、Hg、Pb、Zn、Be 和 S 地球化学异常图

Fig. 3 Geochemical anomalies of As, Cd, F, Hg, Pb, Zn, Be, S in stream sediments in the Dayanzi-Qingshuihe area

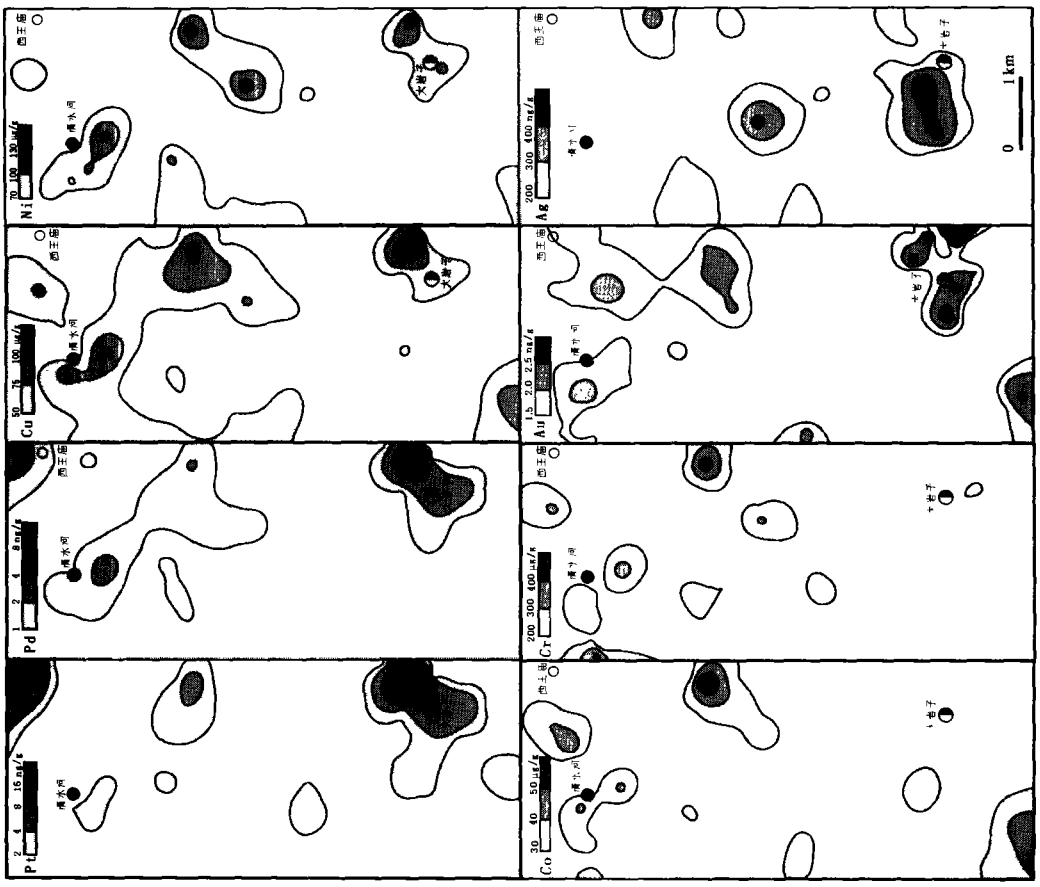

图 2 大岩子 - 清水河地区水系沉积物的 Pt、Pd、Cu、Ni、Co、Cr、Au 和 Ag 地球化学异常图

Fig. 2 Geochemical anomalies of Pt, Pd, Cu, Ni, Co, Cr, Au, Ag in stream sediments in the Dayanzi-Qingshuihe area

维普资讯 http://www.cqvip.com

参考文献(References)：

[1] Cheng Hangxin, Shen Xiachu, Yan Guangsheng, *et al.* Wide-spaced floodplain sediment sampling covering the whole of China: Pilot survey for International Geochemical Mapping[A]. Xie Xuejin. Geochemistry: Proceedings of the 30th International Geological Congress (vol. 19)[C]. Zeist: International Science Publishers, 1997. 89～109.

[2] 成杭新，谢学锦，严光生，等．中国泛滥平原沉积物中铂、钯丰度值及地球化学省的初步研究[J]．地球化学，1998，27(2)：101～107.
Cheng Hang-xin, Xie Xue-jin, Yan Guang-sheng, *et al.* Platinum and palladium abundances in floodplain sediment and their geochemical provinces[J]. Geochimica, 1998, 27(2): 101～107 (in Chinese with English abstract).

[3] 谢学锦，向运川．巨型矿床的地球化学预测方法[A]．谢学锦，邵跃，王学求．走向21世纪矿产勘查地球化学[C]．北京：地质出版社，1999. 61～91.
Xie Xue-jin. Xiang Yun-chuan. Method of geochemical prediction for exploring giant ore deposits[A]. Xie Xue-jin, Shao Yue, Wang Xue-qiu. Geochemistry in Mineral Exploration towards 21st Century [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 61～91 (in Chinses).

[4] 成杭新，刘占元，赵传冬．初论盘江流域铂、钯地球化学巨省[J]．长春科技大学学报，2000，30(3)：226～229.
Cheng Hang-xin, Liu Zhan-yuan, Zhao Chuan-dong. A preliminary discussion on geochemical megaprovince of Pt and Pd in Panjiang catchment[J]. J Changchun Univ Sci Technol, 2000, 30(3): 226～229 (in Chinese with English abstract).

[5] Xie Xuejin, Cheng Hangxin. Global geochemical mapping and its implementation in Asia-Pacific Region[J]. Appl Geochem, 2001, 16(11－12): 1 309～1 321.

[6] 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.
Zhang Hong, Liu Hong-yun, Chen Fang-lun. Regional geochemical exploration for platinum and palladium[J]. Geochimica, 2002, 31(1): 55～65 (in Chinese with English abstract).

[7] 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.
Cheng Hang-xin, Zhao Chuan-dong, Zhuang Guang-min, *et al.* Geochemical trace for anomaly source of Pt and Pd in Longchang area, western Guizhou Province, China[J]. Geochimica, 2003, 32(2): 193～200 (in Chinese with English abstract).

[8] Xie Xuejin, Sun Huanzhen, Ren Tianxiang. Regional geochemistry-national reconnaissance project in China[J]. J Geochem Explor, 1989, 33(1－3): 1～9.

[9] Xie Xuejin, Ren Tianxiang. A decade of China's regional geochemistry: National reconnaissance project[J]. Trans Inst Min Metall, 1991, B100: 57～65.

[10] 刘秉光．中国PGE矿床类型分析[J]．地质与勘探，2002，38(4)：1～7.
Liu Bing-guang. Discussion on PGE deposit types in China[J]. Geol Prospect, 2002, 38(4): 1～7 (in Chinese with English abstract).

[11] 邵跃．热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]．北京：地质出版社，1997. 1～143.
Shao Yue. Rock Survey for Exploring Hydrothermal Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 1～143 (in Chinese).

Characteristics of geochemical anomalies in stream sediments in the Dayanzi Pt-Cu deposit and predication of ore prospecting in its surroundings

CHENG Hang-xin[1], ZHAO Chuan-dong[1,2], ZHUANG Guang-min[1], ZHANG Qin[1], LIU Ying-han[1,2], ZHAO Zhi-gang[3]

(1. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Science, Langfang* 065000, *China*; 2. *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 3. *Panxi Geological Survey Team, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xichang* 615000, *China*)

Abstract: A stream sediment survey with scale of 1 : 50 000 for the platinum group element (PGE) deposit was conducted. The results shows that the indicator elements of the Dayanzi Pt-Cu deposit are Pd, Pt, Au, Cu, Ni, As, Ag, Cd, F, Hg, Pb, Zn, S, and Se. The sequence of horizontal zoning of those geochemical anomalies (from deposit to wall rock) is from Pd, Pt, Au-Cu, Ni-As, Ag-Cd, F, Hg-Pb to Zn. This study also shows that the stream sediment survey with scale of 1 : 50 000 is a effective method for exploring the platinum group element (PGE) deposit. It is inferred from geochemical survey on Dayanzi-Qingshuihe belt that the Xiwangmiao area may have prospective for PGE deposit.

Key words: Pt-Cu deposit; stream sediment; indicator element; geochemical anomaly; Dayanzi; Sichuan Province

CLC number: P595　**Document code:** A