

四川大岩子铂—钯矿床的原生地球化学异常特征及盲矿预测

成杭新^{1,2}, 赵传冬², 庄广民², 刘应汉², 聂海峰², 其 鲁^{1*}

(1. 北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871; 2. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000)

[摘 要] 迄今为止文献中未见有铂矿原生晕研究的报道, 通过对大岩子矿区地表和不同中段坑道原生晕的研究, 发现在铂—钯矿体周围有清晰的 F、Sb、Cd、Hg、As、Ag、Au、Pd、Pt、Cu、Ni 元素的原生晕, 其中 F、Sb、Cd、Hg、As 为前缘指示元素, Au、Ag 为近矿指示元素, Pt、Pd、Cu、Ni 为成矿指示元素。元素的垂直分带序列为 (地表至矿体): (F、Sb、Cd、Hg、As)—(Ag、Au)—(Pd、Pt)—(Cu、Ni)。地表岩石地球化学测量发现的 III 号 Pd、Pt 异常带, 具有多元素异常组合特征, 判断为矿致异常, 推测在该异常带下方可望找到隐伏矿体。坑道原生晕研究发现, 在 PD4 中段出现浓集中心醒目、浓度分带清晰的 F 原生晕, 推测在 PD4 中段下方可能存在新的盲矿体。

[关键词] 铂—钯矿床 原生晕 盲矿预测 大岩子 四川

[中图分类号] P618.53; P632 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2007)04-0056-06

0 引 言

岩石地球化学或原生晕测量, 已被国内外勘查地球化学家公认为是寻找隐伏矿床的最有效方法之一^[1-9]。许多例案研究显示在金、银、铜、铅、锌、镍、钴、铁等矿床 (体) 周围存在以成矿元素为主的原生晕, 尤其是热液矿床周围, 均发育有规模较大的原生地球化学异常^[10-15], 迄今为止, 文献中未见有铂族矿床原生晕的报道。

大岩子铂—钯矿床位于四川省会理县城西北约 3km 处, 矿床已探明储量 Pt + Pd 为 3.11t。该矿床先后在 1958 年和 1974 年分别被认定为铁矿远景和铜、镍矿的找矿远景区, 并在 1974 年确定大岩子为岩浆铜—镍硫化物矿床 (点)。1998 攀西地质队对该铜—镍矿点的铂矿资源进行再评价, 发现该矿床富含铂、钯, 并确定该矿为铂—钯矿床^[16]。本文拟以地表和坑道岩石地球化学测量结果, 讨论该矿床的原生地球化学异常特征。

1 大岩子矿床地质特征

大岩子铂—钯矿床位于扬子地台西缘, 属康滇地轴东侧的会理断陷盆地。矿区出露地层以震旦纪

灯影组 (白云岩) 为主, 次为白垩纪小坝组 (K_1x) 及第四纪, 其中震旦系灯影组白云岩第三段 (Zbd_3^2) 为含矿岩系。含矿岩系的主要岩石类型有条带状、条纹状含矿白云岩、砖红色含矿白云岩和黄褐色含矿白云岩。

矿区内主要构造系 F3、F4 断层组成的韧性剪切带, 呈北北东向展布, 破碎带宽 20 ~ 50m (图 1)。剪切带内除白云岩外, 还侵入有辉石岩、辉绿岩脉及辉绿辉长岩脉。

大岩子矿床属接触带型铂—钯矿床, 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、孔雀石化白云岩、褐铁矿化白云岩^[17-19]。

矿区内自东向西已分别圈出 IV、I、II、III 号 4 个矿体, 其中 IV 号矿体系前人开铜矿时遗弃的荒碴。I—III 号矿体主要赋存在蚀变破碎白云岩中, 是最主要的矿化类型。蚀变破碎辉石岩中也出现铂矿化, 但圈不出工业矿体。

主要矿石矿物有砷铂矿、铜铋钨矿、碲铋钨矿、黄铜矿、斑铜矿、自然铜、自然金、银金矿、黄铁矿及孔雀石、蓝铜矿、蓝辉铜矿等^[20]。

[收稿日期] 2006-07-03; [修订日期] 2006-09-18。

[基金项目] 国土资源大调查项目 (编号: 200310200002) 资助。

*: 通讯作者。

[第一作者简介] 成杭新 (1964 年—), 男, 2002 年毕业于吉林大学, 获博士学位, 现主要从事研究方向铂矿地球化学勘查与环境地球化学工作。

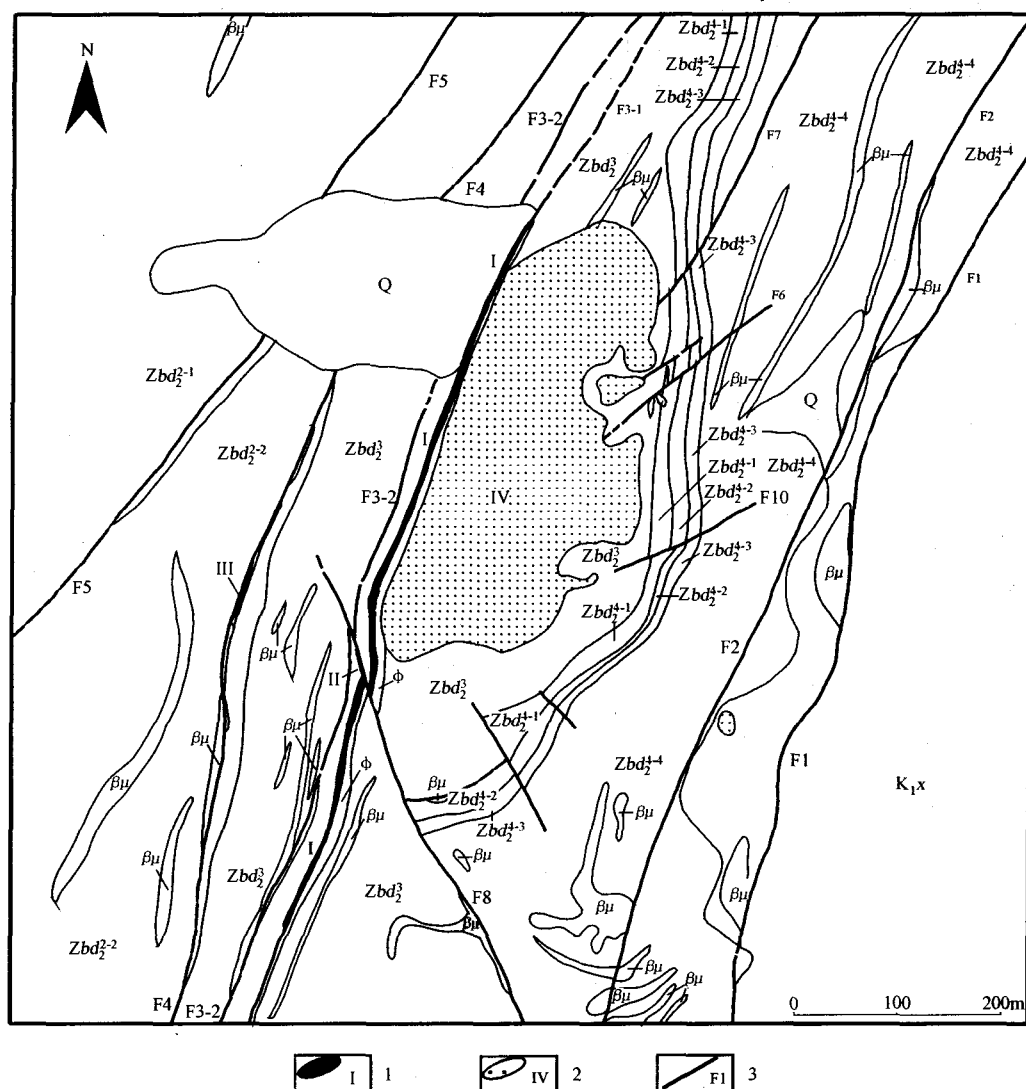


图1 四川大岩石子钼—铜矿床地质图

Q—第四系;K_{1x}—小坝组;Zbd₂⁴⁻⁴—灯影组第四段第四层;Zbd₂⁴⁻³—灯影组第四段第三层;Zbd₂⁴⁻²—灯影组第四段第二层;Zbd₂⁴⁻¹—灯影组第四段第一层;Zbd₂³—灯影组第三段;Zbd₂²⁻²—灯影组第二段下部;Zbd₂²⁻¹—灯影组第二段上部;βμ—辉绿岩脉;φ—辉石岩脉;1—矿体及编号;2—古矿硐;3—断层及编号

2 样品采集与分析

大岩石子矿区地表岩石出露较好,局部地段被土壤及古采矿硐覆盖。为了研究大岩石子矿床的原生地球化学异常特征,据矿床的现有工程控制程度,采集了地表、平洞 PD1、老洞和平洞 PD4 四个不同中段的样品,样品采样点距 5~20m,同时对矿区地表采用(100~200)m×20m 的网度进行岩石地球化学测量,采集样品共计 156 件。

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,由该所中心实验室采用 XRF、ICP-MS、AAS、AES 方法分析了 Cu、Ni、Au、Ag、As、Cd、F、Hg、Sb、Bi

等 10 种元素,样品的 Pd、Pt 含量由河南省岩矿测试中心经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;其它元素的准确度(RE)在 -5%~5% 之间,精密度(RD)均小于 10%。

3 大岩石子矿床地球化学异常特征

3.1 地球化学异常下限与浓度分带的确定

地球化学异常下限是在计算出矿区岩石样品中

各元素的中位数、均方差后,采用 $T1 = md + 2 \times S$ 求得异常下限计算值;实际成图过程中对计算值进行了小幅度调整(表1)。采用等比级数划分各元素的浓度分带。

3.2 坑道原生晕特征

地表(0m)、平坑 PD1(-20m)、老坑 LD1(-40m)和平坑 PD4(-180m)4个不同中段的岩石地球化学测量结果示于图2。

表1 大岩石子铂—钼矿床指示元素背景值和异常下限表($n=156$)

元素	Ag	As	Au	Cd	Cu	F	Hg	Ni	Pd	Pt	Sb
n	156	156	155	156	156	156	156	156	155	155	156
md	46	2.6	0.4	74	8.3	143	6	9	0.41	1.16	0.5
s	64	6.9	0.4	108	31.8	210	4	28.9	0.71	2.74	0.96
$T1$	142	13.0	1.0	236	56.0	458	12	52.4	1.48	5.27	1.94
$T2$	150	15	1	250	50	500	12	50	2	5	2

注: n :样品数; md :中位数; s :标准离差; T :异常下限; $T1 = md + 2 \times S$; $T2$:实际使用的异常下限值。单位:As、Bi、Cu、F、Ni、Sb 为 10^{-6} ; Ag、Au、Cd、Hg、Pd、Pt 为 10^{-9} 。

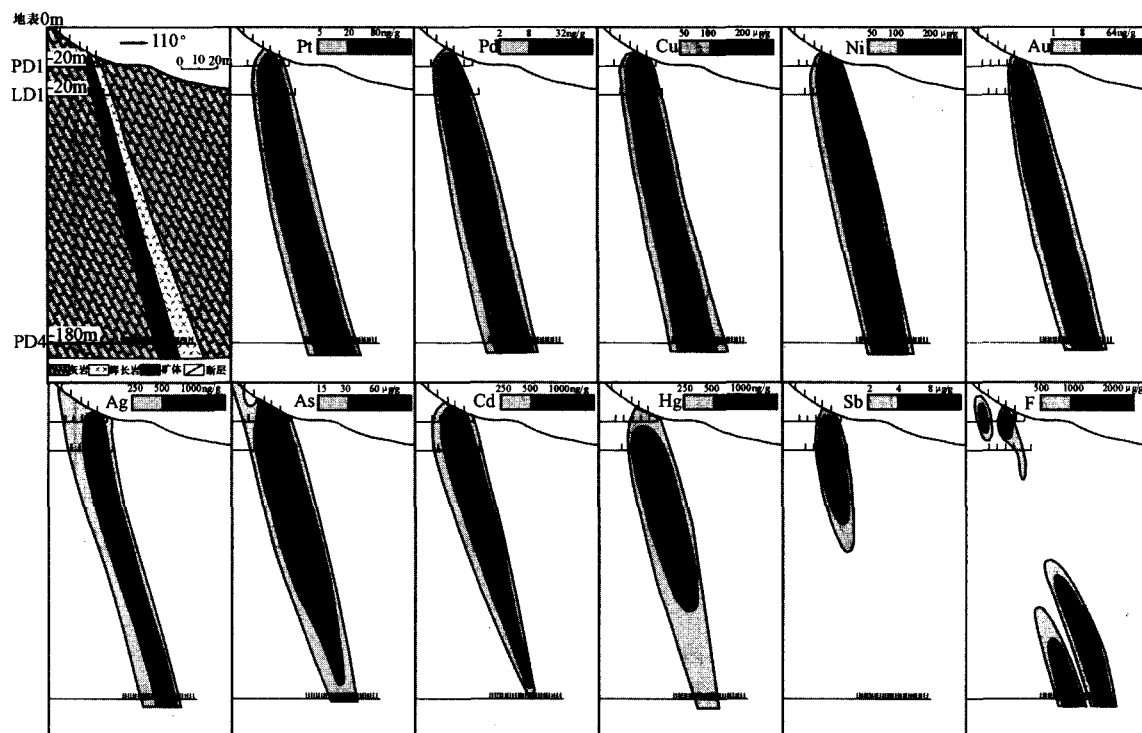


图2 四川大岩石子铂—铜矿床坑道原生晕

从图2可以看到,分别以 5×10^{-9} 、 2×10^{-9} 圈定的 Pt、Pd 原生晕,其分布形态与矿体基本相似,但原生晕规模比矿体大,以 80×10^{-9} 、 32×10^{-9} 圈定的 Pt、Pd 内带异常空间上与矿体展布方向吻合,发育宽度较稳定。在 PD4 中段以下部位, Pt、Pd 原生晕发育程度有逐步变宽的趋势,表明 PD4 所在中段可能接近矿体的中部,矿体向下仍应有一定的延伸。

以 50×10^{-6} 圈定的 Cu、Ni 原生晕分布模式与 Pt、Pd 极其类似,但浓集中心(200×10^{-6} 的内带)的发育宽度较 Pt、Pd 宽。PD4 中段以下部位, Cu、Ni 原生晕也未封闭。

以 2×10^{-9} 、 150×10^{-9} 圈定的 Au、Ag 原生晕宽度较 Pt、Pd、Cu、Ni 窄,浓集中心的发育程度也较 Pt、

Pd、Cu、Ni 差, PD4 中段以下部位的 Au、Ag 原生晕尽管未封闭,但有向下变窄的趋势(图2)。

以 12×10^{-9} 、 15×10^{-6} 和 250×10^{-6} 圈定的 Hg、As、Cd 原生晕,无论是异常规模还是异常强度均较发育,异常浓集中心主体分布在近地表 0~80m 的范围内,到 PD4 中段有逐步变窄、尖灭封闭的趋势(图2),表明 Hg、As、Cd 原生晕在近地表已遭一定程度的剥蚀。

Sb 的原生晕仅在近地表约 60m 高程内形成分布范围不大的原生晕。垂直空间上 F 的原生晕主要分布在近地表 0~30m 范围内,规模较小,在 LD1 中段表现为尖灭,这说明 Sb、F 作为前缘指示元素,其主体异常已遭剥蚀,其中 F 异常的剥蚀程度较 Sb

异常大。值得注意的是在 PD4 中段, F 出现浓集中心醒目、浓度分带清晰的原生晕, 这应是深部存在另一矿体的显示。

根据不同中段原生晕的发育程度, 大岩石矿床的元素垂直分带序列为: (F, Sb, Cd, Hg, As) — (Ag、

Au) — (Pd, Pt) — (Cu, Ni)。其中 F, Sb, Cd, Hg, As 为前缘指示元素, Au, Ag 为近矿指示元素, Pt, Pd、Cu、Ni 为成矿指示元素, 具有典型热液矿床的元素分带特征^[10,11]。

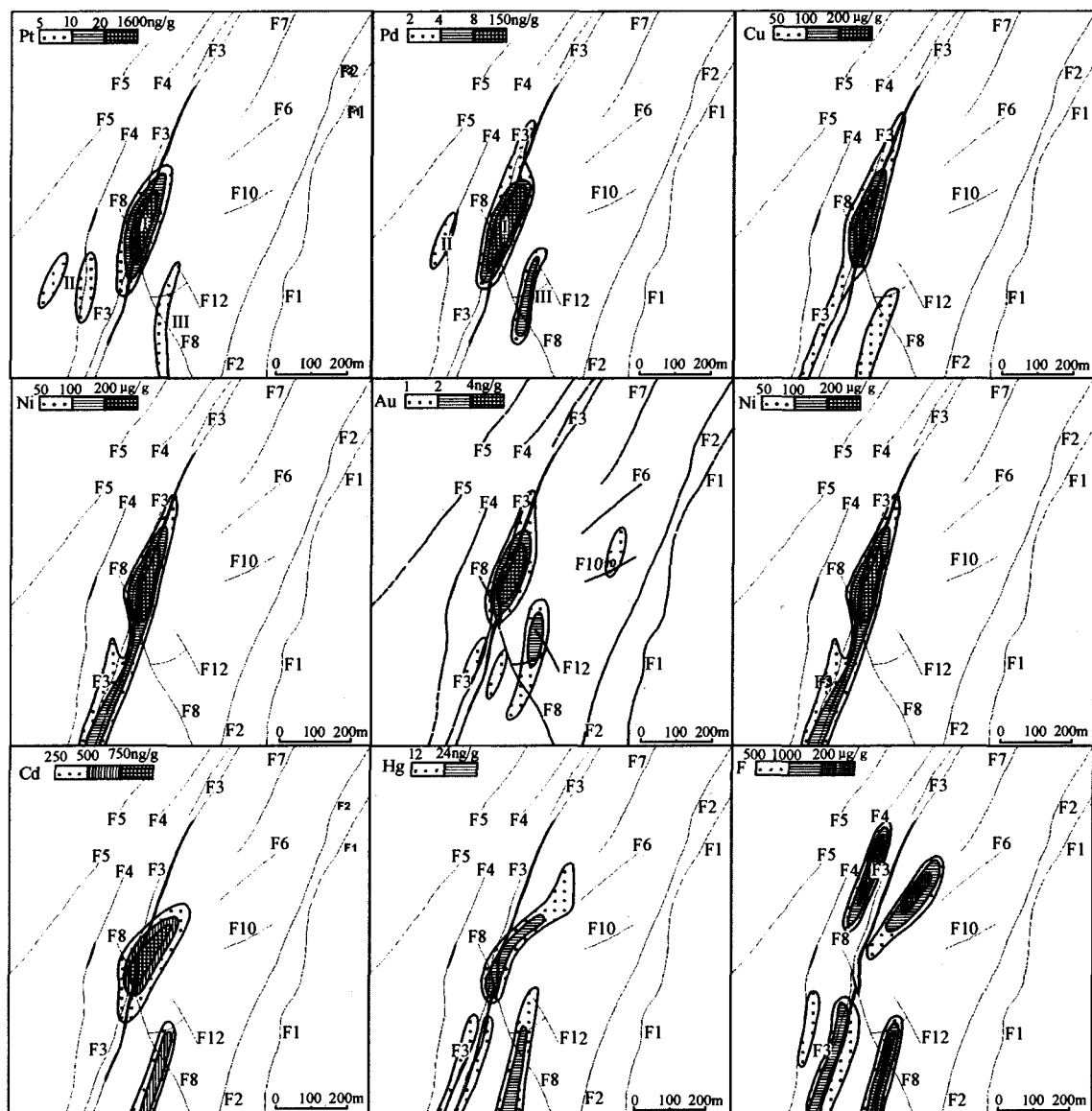


图3 四川大岩石铂—铜矿床地表岩石中的原生晕

3.3 地表原生晕

图3示出的是大岩石矿区岩石地球化学异常图。图中不难看出, Pt、Pd异常可以分I、II、III 3个异常, 异常主体呈NE向展布, 与矿体走向和构造展布方向基本一致(图1), 说明异常是矿体在地表的一种反映形式。其中I号异常浓集中心醒目, 空间分布上该异常与I、II号矿体相对应, 5×10^{-9} 圈出的Pt异常范围与热液蚀变作用的范围基本相当, 20×10^{-9} 圈出的内带异常展布范围基本反映矿体的主要富集部位。II号异常在空间上主要与III号矿体相

对应, 其对应的地质体除III号矿体外, 主要有F4断层和辉绿岩脉。值得注意的是在I号异常的东60~80m处, 出现与I号异常基本平行的III号弱异常, 从异常的展布方向看, 尽管在地表未见与F3-1、F3-2平行的NE向断层存在, 但不能排除在该异常内存在隐伏NE向断层(图1)。由于III号异常与NW向的F8断层交叉, 地质研究查明F8断层在与I号异常交叉部位发现II号矿体, 它也是II号矿体的控矿构造。因此III号异常的找矿远景需给予重视。

以 1×10^{-9} 圈出的Au地球化学异常主要分布

在 I 号矿体的上方。与 III 号 Pt、Pd 异常相一致的是, Au、Ag(图中未示出)也出现呈 NE 向展布的带状异常,但异常强度较弱,未出现内带异常(图 3)。以 50×10^{-6} 圈定的 Cu、Ni 地表原生晕主要沿 F3 控矿断层呈 NE 向分布,异常浓集中心分布在 I、II 号主矿体的上方,主要受辉石岩脉的空间分布所控制(图 3)。As、Cd 异常明显受断裂带控制,异常浓集中心主要出现在 I、II 号矿体的上方。在 III 号 Pt、Pd 异常分布的对应部位也出现了 As、Cd 弱异常。

地表 Hg、F 原生晕主要分布在 F3 断裂的局部地段,两者的差别在于, Hg 异常主要分布在断裂带的上方,而 F 异常虽然也沿断裂带呈 NE 向展布,但 F 异常的浓集中心主要分布在断裂带的两侧。在 III 号 Pt、Pd 异常相对应部位出现浓集中心醒目、分带清晰的 F 异常,推测该 F 异常应是隐伏(盲)矿体的前缘异常。

4 初步结论

通过对大岩子矿区地表和不同中段坑道原生晕的研究,获得下列初步认识:

(1) 大岩子铂—钯矿床的指示元素有: F、Sb、Cd、Hg、As、Ag、Au、Pd、Pt、Cu、Ni。其中 F、Sb、Cd、Hg、As 为前缘指示元素, Au、Ag 为近矿指示元素, Pt、Pd、Cu、Ni 为成矿指示元素。元素的垂直分带序列为: (F、Sb、Cd、Hg、As) — (Ag、Au) — (Pd、Pt) — (Cu、Ni)。

(2) 地表岩石测量发现的 III 号 Pd、Pt 异常,具有多元素异常组合特征,为矿致异常,推测在该异常带下方可望找寻隐伏矿体。

(3) 坑道原生晕研究发现,在 PD4 中段出现浓集中心醒目、浓度分带清晰的 F 原生晕,推测在 PD4 中段下方可能存在新的隐伏矿体。

[参考文献]

- [1] Beus A A and Grigorian S V. Geochemical exploration methods for mineral deposits [M]. Wilmette, IL: Applied Publishing House, 1977. 1 - 277.
- [2] Rose A W, Hawkes H E and Webb J S. Geochemistry in mineral

exploration [M]. London: Academic Press INC. Ltd., 1979. 98 - 126.

- [3] 谢学锦. 区域化探 [M]. 北京:地质出版社, 1979. 18 - 24.
- [4] Levinson A A. Introduction to exploration geochemistry [M]. Wilmette, IL: Applied Publishing House, 1980. 1 - 624.
- [5] Govett J G S. Rock geochemistry in mineral exploration [M]. Elsevier, Amsterdam, 1983. 1 - 461.
- [6] Solovov A P. Geochemical prospecting for mineral deposits [M]. Moscow: Mir publishers, 1987. 157 - 205.
- [7] Govett J G S. Bedrock geochemistry in mineral exploration [A]. G D Garland. Ont. Geo. Surv. : Proceedings of exploration 87, 1989. 273 - 299.
- [8] 姚敬金, 张素兰, 曹洛华, 等. 中国主要大型有色、贵金属矿床综合信息找矿模型 [M]. 北京:地质出版社, 2002. 1 - 333.
- [9] 吴承烈, 徐外生, 刘崇民. 中国主要类型铜矿勘查地球化学模型 [M]. 北京:地质出版社, 1998. 1 - 225.
- [10] 邵跃. 热液矿床岩石(原生晕法)测量找矿 [M]. 北京:地质出版社, 1997. 1 - 143.
- [11] 邵跃. 矿床元素原生分带的研究及其在地球化学找矿中的作用 [J]. 地质与勘探, 1984, 2: 47 - 54.
- [12] Rosliakova H J and Rosliakv N A. Endogenic aureoles of gold deposits [J]. Bull. Siberian Division Acad. Sci. USSR. 1975, 182: 1 - 132.
- [13] 李惠, 张国义, 王文农. 构造叠加晕法在预测金矿区深部盲矿中的应用效果 [J]. 物探与化探, 2003, 27(6): 438 - 440.
- [14] Albino G V. Geology and lithochemochemistry of Ren gold prospect, Elko country, Nevada: the role of rock sampling in exploration for deep Carlin - type deposits [J]. J. Geochem. Explor., 1994, 51: 37 - 58.
- [15] Li Ying - gui, Cheng Hangxin Yu Xuedong et al. Geochemical exploration for concealed nickel - copper deposits [J]. J. Geochem. Explor., 1995, 55: 309 - 320.
- [16] 赵支岗, 杨太宏, 杨铸生. 四川会理大岩子铂矿地质特征及找矿模型 [J]. 西昌地质, 2000, 65: 1 - 14.
- [17] 刘秉光. 中国 PGE 矿床类型分析 [J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 1 - 7.
- [18] 成抗新, 赵传冬, 庄广民, 等. 四川大岩子铂 - 钯矿床(点)热液成矿的地球化学证据 [J]. 地球学报, 2005, 26(6): 337 - 342.
- [19] 成抗新, 赵传冬, 庄广民, 等. 四川大岩子铂 - 钯矿床水系沉积物中的地球化学异常特征及外围找矿预测 [J]. 地球化学, 2004, 33(1): 89 - 93.
- [20] 张光弟, 李九玲, 熊群尧, 等. 四川会理大岩子铂矿矿化特征与成因初探. 矿床地质, 2002. 21(增刊): 763 - 766.

PRIMARY GEOCHEMICAL ANOMALY AND BLIND ORE PROSPECTING IN THE DAYANZI PT - PD DEPOSIT, SICHUAN PROVINCE

CHENG Hang - xin^{1,2}, ZHAO Chuan - dong², ZHUANG Guang - min², LIU Yin - han², NIE Hai - feng², QI Lu¹

(1. College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871;

2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Science, Langfang 065000)

Abstract: Based on the study on surface and tunnel primary halos, there exist primary halos of Pt, Pd, Ag, Au, Cu, Ni, As, Sb, Cd, Hg and F around ore bodies in the Dayanzi Pt - Cu deposit. Among them As, Sb, Cd, Hg and F are the front indicating elements, Au and Ag are the sub - ore indicating elements, and Pt, Pd, Cu and Ni are the ore - forming indicating elements. The vertical zoning sequence of primary halos in the Dayanzi Pt - Pd deposit from surface to bottom was F - Sb - Cd - Hg - As, Ag - Au, Pd - Pt, and Cu - Ni. The III anomalous belt of Pt and Pd was inferred to be a reflection of some ore bodies. The anomaly of F primary halo in the PD4 was inferred to be a reflection of blind ore bodies.

Key words: Pt - Pd deposit, primary halo, blind ore prospecting, Dayanzi, Sichuan