

金川铜镍硫化物矿床铂族元素的赋存状态及分布规律

朱文凤, 梁有彬

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

[摘 要] 金川铜镍硫化物矿床铂族元素球粒陨石标准化型式属于 Pt—Pd 配分类型, Pt、Pd > Os、Ir、Ru、Rh, 存在 3 种不同形式的图形; PGE(铂族元素) 在熔离和深熔—贯入型岩矿体中, PGE 含量从非含矿岩石 $\rightarrow$ SN—B $\rightarrow$ SN—A₂ $\rightarrow$ SN—A₁ 依次增加, 显示与金属硫化物含量具有正消长关系; 矿石中 80% 以上的铂和 78% 以上的钯呈矿物相存在; PGE 富集体主要分布在富矿体膨大处的中、下部。

[关键词] 铂族元素 赋存状态 分布规律 甘肃金川 铜镍硫化物矿床

[中图分类号] P618.4, P595 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)01-0026-03

金川铜镍硫化物矿床不但是超大型铜镍矿床, 而且是超大型的 PGE 矿床。

1 概况

金川含铜超基性侵入岩体位于龙首山隆起的北部边缘, 不整合侵入于前震旦系深变质岩中, 为一巨大不规则的岩墙, 岩体全长约 6500 m, 平均宽 300 m, 其中心部位延深可达 1000 余 m, 总走向 NW—SE, 倾向 SW。侵入体被一系列北东向走滑断层切割成 4 个相对独立的岩矿段, 根据硫化铜镍矿体被发现和勘探先后, 由西向东将侵入体和硫化铜镍矿床分成四个矿区, 即分别为三、一、二、四矿区。矿体厚大, 按其成因可分为岩浆熔离型、深熔—贯入型和交代型三类。以岩浆熔离型和深熔—贯入型为主。

主要的岩石类型有纯橄榄岩、含辉橄榄岩、二辉橄榄岩、斜长二辉橄榄岩、橄榄辉石岩和辉石岩。按工业利用划分矿石类型为铜镍表外矿石(SN—B)、铜镍贫矿石(SN—A₂、SM—A₂、X_j—A₂)、铜镍富矿石(SN—A₁、SM—A₁、X_j—A₁)和铜镍特富矿石(S—A)。

主要硫化物有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、紫硫镍铁矿等。铂族元素矿物种类较多, 主要铂族矿物为砷铂矿、铋碲镍钨矿、铋碲银钨矿和碲铋钨矿等。

2 铂族元素含量特征

金川铜镍硫化物矿床不同岩矿石类型 PGE 平均含量见表 1, 该矿床岩石含铂族元素含量最低, 表外矿石(SN—B)铂族元素含量稍有增高, Pt 和 Pd 含量分别为 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$ 和 $0.0n \times 10^{-6}$, Os、Ir、

Ru、Rh 的含量为 $0.00n \times 10^{-6}$; 贫矿石(SN—A₂) Pt 和 Pd 含量分别为 $0.1n \times 10^{-6}$ 和 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$, Os、Ir、Ru、Rh 的含量为 $0.00n \sim 0.0n \times 10^{-6}$; 富矿石(SN—A₁) Pt 和 Pd 含量分别为 $0.1n \sim 1n \times 10^{-6}$ 和 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$, Os、Ir、Ru、Rh 的含量为 $0.00n \sim 0.0n \times 10^{-6}$; 特富矿石(S—A) Pt 和 Pd 含量分别为 $0.1n \times 10^{-6}$ 和 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$, Os、Ir、Ru、Rh 的含量为 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$ 。由此可见, 金川铜镍硫化物矿床的各类矿石 PGE 主要是 Pt 和 Pd, 而且一般情况下是 Pt 含量大于 Pd 含量, 个别的矿石亦存在于 Pd 大于 Pt 的现象, Os、Ir、Ru、Rh 元素含量均比 Pt、Pd 低。在熔离和深熔—贯入型岩矿体中, PGE 含量从非含矿岩石 $\rightarrow$ SN—B $\rightarrow$ SN—A₂ $\rightarrow$ SN—A₁ 依次增加, Os、Ir、Ru、Rh 的含量始终较低, 但在特富矿中, Ni 含量达 6%, Os、Ir、Ru、Rh 的含量也最高, 比上述 4 种岩矿石大一至二个数量级。

3 铂族元素地球化学特征

3.1 铂族元素特征参数

金川铜镍硫化物矿床不同成因类型的 PGE 特征参数列于表 2。该矿床的 PGE 具有如下特征:

(1) 从 Pt/Pd 比值来看, 总体上各类矿石均为 Pt > Pd, Pt/Pd 比值一般为 1~4, 全矿区的 SN—A₁ 和 SN—A₂ 分别为 1.93~2.21, 也就是说全矿区贫富矿石 Pt 含量比 Pd 约大 1 倍, 故 Pt/Pd $\approx$ 2.1。SM—A₂ 矿石也为 Pt > Pd, 而 S—A 矿石显示 Pd > Pt 的特征。

(2) 从 (Pt + Pd)/(Os + Ir + Ru) 比值来看, 各类矿石相差甚大, 从 2.1~703.4。SN—A₁ 矿石为 12.1, SN—A₂ 为 5.5, Ni > Cu 和 Cu > Ni 的 PGE 矿石分别

[收稿日期] 1998-09-16; [修定日期] 1998-12-28; [责任编辑] 张启芳

为 138.2 和 300.5,S—A 矿石为 2.1。这说明 PGE 矿石中 Pt、Pd 含量最高,其次是 SN—A₁ 矿石。太古代科马提岩矿体 (Pt + Pd) / (Os + Ir + Ru) 比值较低;元古代科马提岩矿床为 5~8;肖德贝里和拉斑玄武岩的矿床为 12~20;溢流玄武岩矿石为 50~60。

表 1 不同岩石类型(矿石)铂族元素平均含量

矿区	岩石类型	样品数(个)	Pt	Pd	Os	Ir	Ru	Rh
二	SN—B	2	0.059	0.040	0.006	0.004	0.005	0.002
二	岩石	2	0.079	0.064	0.006	0.003	0.005	0.002
二	岩石	1	0.020	0.005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
二	岩石	1	0.014	0.007	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
二	SN—A ₁	2	0.160	0.072	0.010	0.005	0.013	0.002
二	SN—A ₁	1	6.880	0.124	0.051	0.030	0.063	0.010
二	SN—A ₁	1	0.930	0.053	0.076	0.024	0.025	0.010
二	SN—A ₂	2	0.110	0.027	0.012	0.005	0.008	0.003
二	SN—A ₁	4	0.246	0.085	0.008	0.004	0.008	0.002
二	SN—A ₂	4	0.025	0.023	0.004	0.002	0.004	0.001
—	SN—A ₁	3	1.693	0.708	0.045	0.017	0.044	0.006
—	SN—A ₁	2	2.200	0.064	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
—	SN—A ₁	3	0.120	0.123	0.029	0.006	0.034	0.008
—	SN—A ₁	8	1.175	0.367	0.014	0.013	0.010	0.004
—	SN—A ₁		0.30	0.20	0.029	0.035	0.030	0.015
—	SN—A ₂		0.18	0.10	0.015	0.016	0.016	0.008
—	SN—B		0.12	0.07	0.014	0.015	0.015	0.006
—	S—A	2	0.21	0.36	0.608	0.115	0.308	0.031
—	S—A	7	0.23	0.09	0.025	0.013	0.017	0.012

除 Cu、Ni、S 为 $\times 10^{-2}$ 外,其余均为 $\times 10^{-6}$ 。

表 2 金川矿床不同矿石类型 PGE 特征参数表

矿区	矿(岩)石名称	样品数	Pt/Pd	Pt/	/	/PGE
二	SN—A ₁	3	2.22	0.67	8.2	0.11
二	SN—A ₂	2	4.07	0.80	5.5	0.17
二	SN—A ₁	4	2.84	0.74	16.5	0.06
—	SN—A ₂	4	1.08	0.53	4.8	0.19
—	SN—A ₁	4	2.39	0.70	22.6	0.04
二	SN—A ₁	4	0.98	0.50	3.5	0.24
二	SN—A ₁	187	1.33	0.57	4.7	0.20
二	SN—A ₁	23	1.00	0.50	22.6	0.05
二	SN—A ₁	141	1.67	0.63	14.5	0.07
二	SN—A ₂	129	1.47	0.59	6.1	0.15
二	SN—B	106	1.22	0.55	5.9	0.06
二	S—A	69	0.58	0.37	2.1	0.35
二	AM—A	87	1.77	0.64	5.4	0.18
二	PGE	26	2.93	0.74	37.7	0.03
二	PGE	14	4.68	0.82	10.4	0.10
二	PGE	51	3.47	0.78	21.3	0.06
二	PGE	21	3.58	0.78	36.9	0.01
二	PGE	5	4.87	0.83	62.8	0.04
二	PGE	9	1.80	0.64	398.0	0.01
二	PGE	22	5.61	0.85	301.1	0.01
二	PGE	34	6.80	0.87	359.7	0.01
二	PGE	19	7.10	0.88	703.4	0.01
二	PGE	20	3.12	0.76	267.1	0.01
二	SN—A ₁	23	2.98	0.75	3.7	0.24
全矿区	SN—A ₁		1.93	0.64	12.1	0.13
全矿区	SN—A ₂		2.21	0.64	5.5	0.17
全矿区	PGE		4.20	0.79	138.2	0.04
全矿区	PGE		4.60	0.80	300.5	0.02

注: = Pt + Pd, = Os + Ir + Ru, = Os + Ir + Ru + Rh。

(3) (Os + Ir + Ru + Rh) / PGE 比值,各类矿石的比值均较低,从 0.01~0.35,全矿区 SN—A₁ 为 0.13,SN—A₂ 为 0.17,基本相同,Ni > Cu 的 PGE 矿石为 0.04,Cu > Ni 的矿石为 0.02,而 Os > 0.05 $\times 10^{-6}$ 的 SN—A₁ 矿石则为 0.24,S—A 矿石为 0.35。这就

说明 PGE 矿石与 SN—A₁ 和 S—A 矿石,在 PGE 含量和富集特征上是有差别的,而 Os + Ir + Ru + Rh 四元素与 Cu 相比则同 Ni 有更密切的共生关系,S—A 矿石以 Os + Ir + Ru + Rh 含量相对较高为特征。

3.2 各元素的相关性

利用一元回归方程计算了各元素的相关系数 (r),其结果是:Pt—Cu = 0.68,Pt—Ni = 0.34,Pd—Ni = 0.50,Pd—Cu = 0.75,Ni—(Os + Ir + Ru + Rh) = 0.24,Cu—(Os + Ir + Ru + Rh) = -0.05,Pt—(Os + Ir + Ru + Rh) = 0.06,Pd—(Os + Ir + Ru + Rh) = 0.02。从相关系数中可看出 Pt 与 Cu、Pd 与 Cu 的相关性最强,Pd 与 Ni 的相关性有所降低,Pt 与 Ni 的相关性不明显,Ni 与 (Os + Ir + Ru + Rh) 的相关性很弱,而 Cu 与 (Os + Ir + Ru + Rh) 却为反相关。这也表明随着主金属铜的增加,Pt、Pd 有递增的趋势,而 Os、Ir、Ru、Rh 的含量几乎没有发生变化,但在 Ni 含量高的特富矿石中,Os、Ir、Ru、Rh 的含量也有所增高。

3.3 PGE 球粒陨石标准化分配型式

根据采集岩石和矿石样品鉴定结果,分别定名出的岩石类型和不同岩相的矿石类型,将其分别作出 PGE 球粒陨石标准化型式(图 1),从图中可看出,本矿床 PGE 球粒陨石标准化型式属于 Pt—Pd 配分类型,Pt、Pd $\gg$ Os、Ir、Ru、Rh,存在 3 种不同型式的图形:Os、Ir、Ru、Rh 平坦而存在 Pt 高峰的配分型;Os、Ir、Ru、Rh 平坦而 Pd 高于 Pt 的无 Pt 高峰的配分型;Os、Ir、Ru、Rh 平坦而 Pt、Pd 又平坦的配分型。

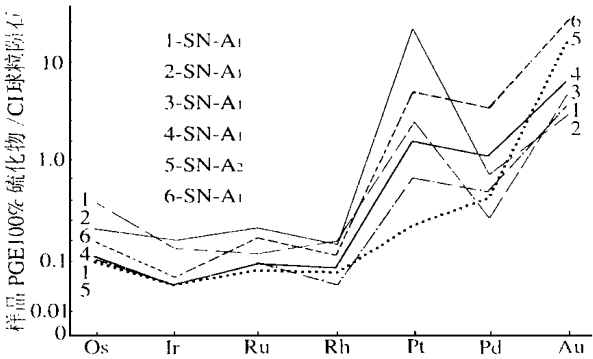


图 1 金川矿床不同类型矿石 PGE 球粒陨石标准化形式

4 铂族元素赋存状态

金川矿床到目前为止发现的铂族元素矿物,从电子探针分析的化学组分组成定名,共定名 PGE 矿物 28 种和含 PGE 矿物 9 种。PGE 主要形成自然元素和金属互化物、砷化物、锑化物、铋锑化物、碲化物、铋碲化物、硫砷化物等 PGE 矿物和含 PGE 矿物。

(1) 铂(Pt) 矿石中 80% 以上铂呈独立矿物存

在,平均铜镍贫矿石(SN—A₂)中铂矿物相占81%,富矿中(SN—A₁)占88%,铂富集体中占96%。砷铂矿是铂元素的主要矿物,其铂含量占矿石中铂含量的70%以上,砷铂矿一般粒度为0.042 mm~1 mm,晶形完整,常与各种硫化物、磁铁矿、铬铁矿、蛇纹石等平整连生。其次形成自然元素及金属互化物、碲化物、碲化物等微量铂矿物,如自然铂、碲铂矿、碲铋铂矿、碲铋镍铂矿等16种和含铂金银矿、含铂碲铋镍矿等8种含铂矿物。两者占矿石铂元素含量的20%以上,另有少量铂元素以类质同象形式存在于黄铜矿、磁黄铁矿和镍黄铁矿中。

(2) 钯(Pd) 矿石中的钯元素78%以上呈独立矿物产出,少量在硫化物中呈类质同象,脉石中近于零。平均铜镍贫矿石(SN—A₂)中钯矿物相占78%,富矿中(SN—A₁)占82%,铂富集体中占87%,钯元素主要形成碲钯化合物,如碲钯矿、碲铋钯矿、碲铋银钯矿,是矿石中主要钯矿物。微量钯矿物有铂金钯矿、碲钯矿、碲铂钯矿、单斜碲钯矿等10种和含钯矿物如含钯碲铋镍矿、含钯碲金铂矿等8种。

(3) 锇(Os)、铱(Ir)、钌(Ru)、铑(Rh) 锇、铱、钌、铑的赋存状态虽经详细研究,但因含量很低,尚未完全搞清。磁黄铁矿、镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、黄铜矿中,Os、Ir、Ru、Rh含量均较矿石中含量高一个数量级,达 $0.0n \sim 0.1n \times 10^{-6}$ 。在人工重砂精矿中,Os、Ru可富集几十至上万倍,Ir可富集数百倍至上千倍,Rh可富集数百倍,可是目前仅发现一粒含铑4%的铁矿物和一粒含铑5.2%~5.5%的铂铜金矿及微量碲铋矿,根据这些情况,并结合一些溶解试验的分析结果表明,锇、铱、钌、铑主要是呈极细小的显微包体或显微质点状态包裹于硫化物中。

OCURRENCE STATE AND DISTRIBUTION OF PLATINUM

GROUP ELEMENTS IN THE JINCHUAN Cu - Ni SULPHIDE DEPOSIT

ZHU Wen - feng, LIANG You - bin

Abstract: The Jinchuan Cu - Ni sulphide deposit is hosted in ultrabasic intrusions. The platinum group elements (PGE) is Pt - Pd partition type in the chondrite normalization pattern with higher contents of Pt and Pd than Os, Ir, Ru and Rh, and have three different figures. In the liquation type and deep liquation - abyssal injection type orebodies, the PGE contents are gradually increased from barren rocks through SN - B, SN - A₂ to SN - A₁, and show a positive correlation with the contents of sulphides. More than 80 % of Pt and 78 % of Pd occur in ores as mineral phases. PGE are enriched in the copper and nickel bonanzas, especially in the middle and lower part of them.

Key words: PGE, occurrence state, distribution, Jinchuan in Gansu, Cu - Ni sulphide deposit



第一作者简介:

朱文凤(1966年-),女。1988年毕业于桂林冶金地质学院地质系普查勘探专业。现为高级工程师,主要从事物质组分研究。

通讯地址:桂林市金星路2号 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院 邮政编码:541004

5 铂族元素空间富集特征

铂(钯)富集体一般呈透镜状、脉状、似层状产出,其产状与含铂(族)铜镍矿体一致。铂(钯)富集体主要产于一矿区的东部和二矿区的西部,即从一矿区的14行至二矿区22行的1800 m含矿超基性岩体内,其PGE的储量占全矿区PGE总储量的80%以上。最大的铂(钯)富集体长500 m,最厚处可达110 m,垂向延深200多m。铂(钯)富集体主要分布在矿体的中下部,次之产于矿体的上部及其紧邻的高铜的富矿体中。

6 结论

金川铜镍硫化物矿床PGE的含量特征、地球化学特征、赋存状态及空间富集特征表明,Pt、Pd>>Os、Ir、Ru、Rh;PGE在溶离和深熔—贯入型岩矿体中,从非含矿岩石→SN—B→SN—A₂→SN—A₁依次增加,显示与金属硫化物含量具有正消长关系;Pt、Pd、Os、Ir、Ru、Rh主要呈矿物态与硫化物、磁铁矿、铬铁矿等平整连生或以细小的显微状态包裹于硫化物中,两者是密切的共生关系;铂(钯)富集体在空间上分布于铜镍富矿体的中下部及上部,因而认为PGE与铜镍主要是在岩浆熔离过程中形成的。

[参考文献]

- [1] 宋恕夏. 金川硫化铜镍矿床一矿区铂富集体的发现及其赋存状态研究[J]. 地质与勘探, 1986, 22(3): 36~39.
- [2] 宋恕夏. 论金川二矿区细脉浸染型矿体与贯入型特富矿[J]. 矿山地质, 1992, 13(4): 296~301.
- [3] 宋恕夏. 金川硫化铜镍矿床二矿区矿床地质特征[J]. 地质与勘探, 1983, 19(11): 8~14.
- [4] 印光宇,等. 金川硫化铜镍矿床伴生元素赋存状态富集规律及探矿意义[J]. 金川科技, 1992(3).