# 河北高寺台杂岩体铂、钯地球化学分布和异常特征

### 张兴超,王爱枝,袁德志,韩存强

(河南省地质矿产勘查开发局 第三地质调查队,河南 信阳 464000)

摘要:在高寺台超镁铁杂岩体发现了2种铂族元素异常:一种异常分布在杂岩体纯橄榄岩或橄榄岩带的镁质超基 性岩中,与已知的含铂族铬铁矿有关,与已知的铬、钴、镍等矿化主金属的强异常密切共生。在这种异常中,钯呈甚 低的背景分布,w(Pt)/w(Pd)大;另一种铂族元素异常呈带状沿杂岩体透辉岩带及其中的剪切带分布,其异常特征 是铂、钯异常密切共生,w(Pt)/w(Pd)近于1,并且,在这种异常中,不伴生铬、镍等元素的强异常。这是一种新的 铂、钯等元素的地球化学富集和矿化。研究表明,采用岩石、土壤、水系沉积物铂、钯地球化学勘查技术,可以发现 难识别的铂族矿化。

关键词:铂族元素;地球化学分布;超镁铁杂岩;铬铁矿

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 8918(2008)03 - 261 - 06

与镁铁、超镁铁岩有关的铂族元素矿床,除铜镍 硫化物型和层状镁铁堆积型岩浆矿床外,含铂族铬 铁矿是一种重要的铂族矿床。我国已经发现了一些 含铂族铬铁矿床<sup>[1-4]</sup>,河北省承德市高寺台含铂族 铬铁矿床即是一例。根据以往资料,这种贫硫铬铁 矿床中铂族元素矿化多数属于与镁质超基性岩有关 和 Ru-Os 配分型<sup>[3]</sup>,与铜镍硫化物型、层状镁铁堆 积岩型铂族矿所含铂族元素不同。过去,对这类铬 铁矿化的含铂性评价,主要是采用地质方法在圈出 的铬铁矿体中进行矿物学、地球化学研究和大量的 铂族元素试金分析,来圈定铂族元素矿体。对不发 育铬铁矿和铜镍硫化物等矿化的地区,较少注意其 含铂性。这主要是由于缺少有效的找铂方法来发现 难识别的铂族元素矿化。

20世纪 80 年代以来,地球化学工作者研究了 铂族元素地球化学勘查方法技术,建立了一些典型 铂族矿床的地球化学异常模式<sup>[6]</sup>,也曾研究过世界 著名的镍铜硫化物型、层状镁铁堆积岩型等铂族元 素矿床表生介质中铂、钯等铂族元素的分布和行 为<sup>[11-18]</sup>。在表生环境中铂、钯等铂族元素可以在矿 区土壤、水系沉积物、水等表生介质中形成次生分散 晕。采表生物质,测定铂、钯等铂族元素,可以圈出 铂族元素矿化靶区。在高寺台杂岩体进行的铂、钯、 金地球化学勘查研究,目的是研究含铂族铬铁矿床 中的铂、钯的分布和异常模式。研究表明,除在已知 的含铂族铬铁矿床圈出铂等元素异常外,在杂岩体

收稿日期:2006-10-12;修回日期:2008-03-17

基金项目:地矿部八五重点地质科技项目(8505211)资助

透辉岩相及其与橄榄岩相的接触带,发现了一种新 的铂、钯异常带。

### 1 地质背景

高寺台超镁铁杂岩体位于河北省承德市高寺台 镇西5 km 的石板沟—兴隆街—带,侵位于太古宇单 塔子群片麻岩系,走向近东西,长约8.1 km,中部最 宽达1.1 km,面积8.25 km<sup>2</sup>。杂岩体岩相分带清 楚,由纯橄榄岩相、橄榄岩相、透辉岩相和角闪石岩 相等组成,铬铁矿化主要发育在岩体中部膨大、向北 突出的纯橄榄岩相,形成铬铁矿化带。在铬铁矿化 中,铂族元素含量随 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量增高而增高。铂族 元素中以 Ir 最高,其次为 Os、Ru 和 Pt。铂族元素平 均含量为0.1694×10<sup>-6</sup>,Ir、Os、Pt 最高含量分别为 (13,8.4,4.27)×10<sup>-6</sup>,是一个富铱的铬铁矿床。 铂族元素主要呈自然金属和金属互化物,其次为硫 砷化物等矿物形式存在于铬铁矿中。已发现的铂族 矿物有等轴铱锇矿、牴硫锇矿、硫钌矿、硫铂矿等。

2 研究方法

### 2.1 采样

在区内进行水系沉积物、岩石和土壤测量及化 探方法技术研究。水系沉积物测量采样密度为4个 点/km<sup>2</sup>。样品主要布置于切穿岩体的一级水系及 二级水系中。在岩体北侧的主沟中按300~500 m的

间距布置了水系沉积物异常顺流持续特征研究采样 点。岩石和土壤测量主要在岩体中部铬铁矿区进 行。水系沉积物和土壤样自然风干后,过60目尼龙 筛.取-300 μm 粒级物质 100 g 送分析。在同一地 点,采集多块新鲜岩石组合成一个样(以提高其代 表性),样重不小于500g。同时,在岩石采样点上方 采集残(坡)积土壤样品,研究铂、钯等元素的地球 化学演化特征。铂、钯、金等元素在水系沉积物、土 壤不同粒级段和轻、重组分中分配特征研究,主要在 铬铁矿化区进行。在铬铁矿体上方土壤剖面的 B 层采集残(坡)积土壤样品 10 kg;水系沉积物样采 于铬铁矿区下方二级水系口上,主要采取细粒物质, 样重不小于10 kg。土壤和水系沉积物样自然风干 后,用尼龙筛筛取-900,-450,-300,-200,-154, -75 µm 等6种混合粒级样和-900~+450,-450 ~ + 300, - 300 ~ + 200, - 200 ~ + 154, - 154 ~ + 75 μm 等5 种截取粒级样,每个样重不小于100 g。另 外对筛取的各种粒级样,用重液分离轻、重组分。

### 2.2 分析

采用化学光谱法测定 Pt、Pd、Au 元素,分析检出 限 w(Pt)为 0.2×10<sup>-9</sup>,w(Pd)和 w(Au)为 0.1× 10<sup>-9</sup>。还采用发射光谱法、原子吸收法和原子荧光 法等测定了 Ag、As、Ba、Co、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Sb、 Ti、V、Zn 元素。这些元素的分析灵敏度均达到全国 区域化探样品分析要求,其报出率大于 95%。分析 中采用鄢明才等研制的地球化学标准样监控分析质 量。Pt、Pd 分析采用标准样 GBW07101,07102和 GBW07288-07294(GPt1-GPt7)监控。根据标准样统 计,分析精密度(RSD)达到区域化探样品分析质量 要求(表1),与火试金法对比,不存在明显的系统误 差。

1= V1: +¥		资料店	.L. + A. 34	化学光谱法				
你们在作	儿系	推仔诅	火风金法	均值	RSD			
CPr2	Pt	1.6	1.78	1.71	20.8			
012	Pd	2.3	2.38	2.3	17.6			
n = 35	Au	10.0	9.6	10.2	16.0			
GPt3 n = 33	Pt	6.4	6.0	5.8	14.8			
	Pd	4.6	5.6	5.0	18.5			
	Au	1.1	0.92	1.0	28.4			
GPt4 n = 35	. Pt	58.0	60.0	58.0	12.8			
	Pd	60.0	58.0	60.0	15.5			
	Au	4.3	4.5	4.0	32.6			

表1 分析质量统计

10 -9

3 结果和讨论

### 3.1 铂、钯在岩石和土壤中分布

未矿化的纯橄榄岩 Pt、Pd 含量与太古宇片麻岩 含量大致相当(表2),而透辉岩石 Pt、Pd含量则均

表 2 高寺台矿区主要岩类 Pt、Pd 含量统计 10-9

	样数 w(Pt)		v(Pt)	<i>w</i> (Pd)		
石性	$\overline{\uparrow}$	均值	标准离差	均值	标准离差	
角闪斜长片麻岩	5	0.78	0.46	0.28	0.07	
纯橄榄岩	11	0.97	0.61	0.35	0.14	
铬铁矿化纯橄榄岩	17	8.2	20.5	0.39	0.16	
透辉岩	5	2.4	2.0	2.22	2.15	
华北地台超基性岩	20	6.0	0.5	2.0	1.4	
河北红石砬透辉岩	11	1.51	0.95	0.80	0.57	

注:华北地台超基性岩 Pt、Pd 含量值据鄢明才,1996。 大于纯橄榄岩和片麻岩。与华北地台超基性岩丰度 值相比,本区超基性岩 Pt、Pd 平均值显著偏低,也低 于该岩带西部红石砬超基性岩体。但是,矿化的纯 橄榄岩 Pt 含量显著升高,并且其标准离差值大,矿 化叠加系数达284.1。Pd 在矿化和不含矿纯橄榄岩 中含量无明显差别,均为低背景,而在透辉岩中不仅 含量高而且离差大,表明有强后生叠加富集。

在高寺台矿区,岩石与其上方残(坡)积土壤中 Pt、Pd含量有时接近,有时相差悬殊(表3)。在太 古宇片麻岩系中,Pt、Pd 对应系数(K)变化幅度大, 其均值高,离差值大,这是由于片麻岩中残留超镁铁 和镁铁质岩石,造成残(坡)积土壤局部富集 Pt。在 不含矿的纯橄榄岩中,呈较均匀的背景,对应系数变 化范围小,均值稍高于1,但离差值较低,表明在残 (坡)积土壤中 Pt、Pd 有一定次生富集。在铬铁矿 化纯橄榄岩岩石和土壤中,Pt 均呈强分异型富集分 布,含量变化幅度大,标准离差值高,其均值分别是 不含矿纯橄榄岩岩石和土壤的 8.4 和 6.9 倍,对应 系数不仅变化幅度大,其均值、标准离差值也较高; Pd 在铬铁矿化纯橄榄岩中分布类似不含矿纯橄榄 岩,呈较均匀的背景,偶而出现的含量增高点与铬铁 矿化中局部的弱硫化物矿化有关。因而,其对应系 数变化幅度也较大,均值和离差值也较高。

केम हिन	此行传		w(Pt)		w(Pd)			
교1ଏਜ	将征沮	岩石	土壤	K	岩石	土壤	K	
	赤儿井田	0.45	0.79	0.72	0.25	0.64	2.13	
太古宇	受化氾固	~1.1	~4.9	~ 10.9	~0.30	~2.4	~9.6	
片麻岩	均值	0.78	2.8	5.8	0.27	1.5	5.86	
	标准离差	0.45	2.9	7.2	0.04	1.2	5.28	
不含矿 纯橄榄	变化范围	0.44	0.53	1.2	0.20	0.44	1.92	
		~1.2	~1.7	~3.00	~0.52	~1.4	~4.50	
	均值	0.77	1.43	1.90	0.33	0.96	2.98	
13	标准离差	0.34	0.61	0.78	0.13	0.39	1.18	
铬铁矿 化纯	亦化黄圈	0.88	2.2	0.27	0.31	0.43	0.48	
	变化泡围	~17.0	~28.0	~8.18	~1.1	~4.8	~ 5.65	
	均值	6.50	9.82	2.52	0.67	1.64	2.42	
144.136.451	标准离差	6.62	10.3	3.2	0.32	1.81	1.95	

岩石、土壤测量表明,在铬铁矿化纯橄榄岩中,

注:对应系数 K 为土壤中 Pt、Pd 与岩石中 Pt、Pd 含量比。



1一第四系;2一太古界;3一纯橄榄岩、橄榄岩;4一滑石菱镁片岩; 5一断裂破碎带;6一铬铁矿体;7一铬铁矿化带

### 图1 高寺台含铂族铬铁矿超镁铁杂岩体0线土壤(上)、 岩石(下)地球化学剖面

出现多峰状分布的 Pt 异常,局部见 Au 的弱异常,Pd 为起伏不大的低背景分布(图1)。Pt 和 Pd 发生了 显著分离,w(Pt)/w(Pd)最高值达数百。在岩体南 侧及滑石镁片岩发育地段,Pd含量升高,w(Pt)/w (Pd)介于1~5。在杂岩体透辉岩相及其中的剪切 带中,发现另一种 Pt、Pd 异常,局部伴生 Au 异常。 Pt 异常强度可与含铂族铬铁矿体 Pt 异常对比, Pd 稍低于 Pt, Au 一般含量在(10~20) × 10<sup>-9</sup>之间。 此外,在蛇纹石化、滑石碳酸盐化纯橄榄岩片理化带 中,Pt、Pd 含量局部增高,野外可见弱的金属硫化物 矿化。总之.Pt、Pd 的分布较好地反映了铂族元素 在杂岩体成矿、成岩过程中的地球化学分异富集特 征,这种特征以 w(Pt)/w(Pd)作图表现得也很清 晰。在纯橄榄岩、橄榄岩及其中的铬铁矿化带,Pt、 Pd 含量比值一般大于 10~100, 最高 245.7, 反映这 种矿化富集 Pt、Ir、Os 等铂族元素<sup>[2]</sup>。在透辉岩相, 比值一般为1~2,甚至出现 Pd 含量大于 Pt 含量的 现象。这种矿化以富集 Pt、Pd 等铂族元素为特征。

## 3.2 水系沉积物中的 Pt、Pd

3.2.1 富集粒级

高寺台铬铁矿区水系沉积物各粒级物质 Pt、Pd 含量差别不显著(表4),仅个别较粗粒级含 Pt 稍 高。如-300,-900~+450 µm,-450~+300 µm 粒级。其次,在-200~+154 µm 粒级 Pt 含量也较 高。但是,Au 则在较细粒级物质中富集。这与矿体 上方的残(坡)积土壤粒级物质中分配基本一致。 这种分配模式显然是由铂元素和金的存在形式决定 的,与富硫化物的铂族矿床疏松沉积物粒级分配有 显著不同<sup>[4-5]</sup>。

表4 高寺台矿区疏松沉积物 Pt、Pd、Au 粒级分配

101 /	w <sub>水系U</sub>	<sub>【积物</sub> (B)。	/10 -9	w <sub>残(坡)积土壤</sub> (B)/10 <sup>-9</sup>			
₩ <i>5</i> %/μm	Pt	Pd	Au	Pt	Pd	Au	
- 900	0.80	0.70	1.30	0.40	0.22	1.63	
- 450	0.80	0.70	1.33	0.65	0.33	1.93	
- 300	2.25	0.70	1.02	0.35	0.26	1.98	
- 200	0.98	0.50	4.50	1.10	0.45	3.00	
- 154	1.00	0.80	4.50	0.35	0.21	2.50	
-0.75	0.90	0.50	4.73	0.78	0.32	13.00	
-900 ~ +450	1.45	0.47	2.75	1.43	0.27	2.35	
-450 ~ +300	1.65	0.47	4.50	2.75	0.38	2.33	
- 300 ~ + 200	1.03	0.75	2.23	0.70	0.27	3.75	
- 200 ~ + 154	1.80	0.90	3.00	0.85	0.45	3.25	
- 154 ~ +75	0.73	0.32	2.03	0.83	0.37	17.75	

### 3.2.2 轻组分和重组分

用重液分离水系沉积物轻、重组分并测定 Pt、 Pd 和 Au(表5),发现在铬铁矿体下方约 300 m 的二 级水系中,重组分占有相当大的比例,并且重组分 Pt、Pd 和 Au 含量均大于轻组分,二者含量相差4~5 倍。这与红石砬热液再造型铂矿床不同<sup>[5]</sup>。高寺 台矿区铂族元素主要呈自然金属和金属互化物等矿 物形式存在于铬铁矿的显微裂隙中。在表生作用 中,这些铂族矿物和铬铁矿很难风化。因此,铂族元 素主要呈碎屑矿物等形式顺流分散,形成机械分散 晕。轻组分主要由黏土、长石等矿物组成,化学分散 晕很弱。高寺台矿区井、泉及河水中 Pt、Pd 含量甚 低,一般小于1×10<sup>-13</sup>。疏松物偏提取分析也不能 测出可溶态 Pt、Pd 和 Au,也说明在铬铁矿次生分散 过程中 Pt、Pd 主要以机械形式迁移。红石砬矿床 铂、钯主要呈硫铂矿、砷铂矿、砷锑铂钯矿、红石矿、 砷化物等硫化物形式与造岩矿物连生。在表生环境 中,伴随这些铂族矿物的风化,铂、钯可形成水化学

表5 高寺台矿区水系沉积物轻、重组分含量对比

	14-1-1AL	重组厶	$\frac{10}{10} = \frac{(B)}{10} - 9$			$(B)/10^{-9}$		
19 区 部位	<u>程级</u> µm	重组力 含量/%	w 重组 Pt	Pd	Au	w 轻细分 Pt	Pd	Au
高寺台矿区 矿体下方 300 m 二级 水系口上	- 900	31.67	12.5	2.5	4.2	3.5	0.8	1.5
	- 300	25.00	12.9	2.6	1.1	2.8	1.0	5.0
	-75	15.33	15.2	2.2	2174	2.5	0.5	6.0
红石砬矿区	- 900	11.50	86.0	9.0	10.0	96.0	6.0	18.0
矿体 h 万 200 m 一级 水系口上	- 300	8.18	58.0	32.0	7.9	7.0	1.8	8.0
	-75	未分出						

分散晕<sup>[5]</sup>,使轻组分中 Pt、Pd 含量增高。在高寺台 铬铁矿区这种地球化学作用很微弱,矿区附近的井、 泉水中不能发现水化学异常。因此,采用重组分分 离方法可以增强贫硫化物的含铂族铬铁矿床的地球 化学异常。

3.2.3 分散流

在高寺台铬铁矿床下方一、二、三级水系中均可 发现清晰的铂异常。在1km左右的1级水系口上, 可以发现三级以上强度的 Pt 异常。这个异常在二 级水系中还可持续延伸2~3km。然后,由于大量 背景物质进入,不能测出 Pt 异常。有意义的是在矿 床下游约4km的四级河流的河漫滩采集洪水泛滥 期淤积物,还可测出铂的弱异常,此处已有面积达 21km<sup>2</sup>的背景水系汇入。这表明,由于含铂族元素 的铬铁矿以及铂族元素矿物在表生作用中有较强的 抗风化能力,在水动力机械迁移过程中,可在河流适 当的部位形成分散流。

### 3.3 地球化学异常

取4×10-°和2×10-°分别作为Pt和Pd的异常下限圈定Pt、Pd异常(图2)。在岩体透辉岩相带,Pt异常有和Pd异常密切共生,局部伴生Au异



1-第四系;2-太古字单塔群;3-纯橄榄岩;4-辉石橄榄岩;5--橄榄透辉岩;6--透辉岩;7--辉石角闪石岩;8--铬铁矿化带;9--剪切带。

图 2 含铂族铬铁矿超镁铁杂岩体铂、钯地球化学

常。异常呈近东西向的带状,走向长约4000m,宽 约200~500m。有2个浓集中心,西部浓集中心基 本包括了杂岩体西部的透辉岩相和角闪石岩相;东 部浓集中心分布在岩体南侧透辉岩相及其与橄榄岩 相接触带。

位于岩体南侧纯橄榄岩相的 Pt 异常与已知的 铬铁矿床有关。这里的 Pd 异常是上游硫化物矿化 区铂族矿化异常顺流延伸。小支流水系沉积物测 量,Pd 呈甚低的背景分布,含量仅(0.2~0.4) × 10<sup>-9</sup>。位于杂岩体东部近南北向断裂带中的 Pt 异 常,伴生 Au 异常,Pd 呈低背景分布,含量为(0.3~ 0.6) ×10<sup>-9</sup>。

综上所述,在杂岩体中至少存在2种成因类型 的 Pt、Pd 异常。以 w(Pt)/w(Pd) 作图,也可发现上 述2种异常 Pt、Pd 组合的明显区别。含铂族铬铁矿 异常 Pt 高而 Pd 甚低,w(Pt)/w(Pd)一般大于 10,在 致密块状铬铁矿体中 w(Pt)/w(Pd)大于 50。然而, 发育在透辉岩相带中的近东西向分布的 Pt、Pd 异常 带则以 Pt、Pd 共同富集为特征,其 w(Pt)/w(Pd)近 于1。产于岩体东端近南北向断裂带中的 Pt、Au 异 常,Pd含量低,w(Pt)/w(Pd)近于6。此外,这2种 异常的伴生元素异常也有较大差异。在高寺台杂岩 体中部膨大部位发育 Cr、Co、Ni 等元素异常。与铬 铁矿床有关的 Pt 异常产于矿化主金属元素 Cr 及伴 生元素 Co和 Ni 异常的内带(Cr 一般大于 2 000 × 10<sup>-6</sup>,最高大于10000×10<sup>-6</sup>,Co大于100×10<sup>-6</sup>, Ni 大于 2 000 × 10<sup>-6</sup>, MgO 大于 34%, 而 TFeO 则小 于8%)。这种Cr、Co、Ni、Pt、Mg等显著富集而低Fe 贫 Pd 的元素组合模式与镁质超基性岩中贫硫的含 铂族元素铬铁矿化特征是一致的。产于透辉岩相带 的 Pt、Pd、(Au) 异常, Cr、Co、Ni 等元素含量大幅度 降低,仅在分散铬铁矿化带发现 Cr 等元素弱—中等 强度异常,其他地段则不伴生 Cr、Co、Ni 等元素异 常,呈一般的背景分布,并且 MgO 低, TFeO 高。

在岩浆演化中,铂族元素至少发生了2期(次) 地球化学富集。在纯橄榄岩、橄榄岩结晶阶段,伴随 着铬铁矿化发生了以 Ir、Os、Pt等为主的铂族元素矿 化,在透辉岩、透辉辉橄岩等结晶阶段,以及岩浆期 后热液作用阶段,伴随分散的铬铁矿化及金属硫化 物矿化,出现了以 Pt、Pd等铂族元素为主的矿化富 集。在贫硫的硅酸盐熔浆中 Ir、Os、Ru、Rh 与橄榄 石、尖晶石等相容,而 Pd则为不相容元素。分离结 晶作用导致富镁的超基性岩富 Ir、Os、Ru、Rh 而贫 Pd。Pd 倾向残留在熔体中,聚集在较晚的结晶相。 铂族元素对镁铁、超镁铁质岩石的造岩矿物和矿石

矿物有广泛的地球化学亲合性。在明显贫硫岩浆形 成的岩石里,铬尖晶石可作为 Ir、Os、Ru、Rh 等铂族 元素的重要聚集体。这些元素可以代替铬铁矿中的 Cr<sup>3+</sup>。Rh 可呈固溶体存在于铬铁矿中, Pt 则可能出 现在包裹体中,Pd不能进入固溶体。本矿床富 Ir、 Os、Pt 而贫 Pd,可能与原始岩浆贫硫有关。但是,当 硫化物达到饱和时,铂族元素将非常强烈地分配到 硫化物相中,表现极强的亲硫性。据 J. H. Crocoket 等(1976)对南非勒斯腾堡层状镁铁堆积岩套梅林 斯基铂矿层硫化物和铬尖晶石中铂族元素分配研 究.Pd、Ir 在硫化物中的含量比在铬铁矿中的含量分 别高出 12 和 17 倍, Pt 高出 2 倍。Pd、Ir、Pt 等优先 进入硫化物。因此,在高寺台杂岩体透辉岩相带发 现的 Pt、Pd 等铂族元素异常是岩浆演化中在硫化物 作用下形成的又一期(次)铂族元素矿化富集。这 种地球化学演化模式类似南非布什维尔德杂岩体层 状镁铁堆积岩套底部带——关键带的成岩、成矿地 球化学异常特征<sup>[8,11]</sup>。

早在 20 世纪 80 年代中期,中国科学院院士涂 光炽教授曾提出重新评价我国过去在镁铁、超镁铁 杂岩体中发现的分散铬铁矿化和铜镍硫化物矿化的 含铂性,寻找层状镁铁堆积岩型独立铂族矿床,后来 再次提出寻找铂族元素新资源的问题<sup>[19]</sup>。高寺台 杂岩体透辉岩相带分散铬铁矿化带中发现 Pt、Pd 异 常具有重要的指示意义。K-Ar 同位素年龄测定,杂 岩体角闪岩 244 Ma,透辉岩 248 Ma,相当于海西期。 白文吉等认为,高寺台杂岩体可能是 1 735~880 Ma 间,来自上地幔的镁铁质一超镁铁质熔浆沿深断裂 侵人形成的阿拉斯加型同心式岩体<sup>[20]</sup>,沿相带脆弱 面发生了剪切矿化作用。王东方等曾提出冀北镁 铁、超镁铁岩带为堆积杂岩<sup>[21]</sup>。堆积剖面由过渡 带、层状岩系和均质岩系 3 部分组成。

高寺台杂岩体属过渡带岩块,其北侧即分布有 大庙等层状岩系和均质岩系的斜长岩、苏长岩等岩 体,其南侧堆积杂岩岩块是纯橄榄岩和辉石岩为主 的超镁铁杂岩带(斜长岩、辉长岩、苏长岩等),岩块 大多具有板状外形,走向与区域构造线方向基本一 致,物探和钻探资料表明岩块向北倾。

总之,地质、地球化学勘查研究表明,除已知的 含铂族铬铁矿化外,在高寺台杂岩体透辉岩相及剪 切带中发现的 Pt、Pd 异常是一种值得注意的铂族元 素矿化富集。还在其他一些铬铁矿化超镁铁杂岩体 中发现了类似的异常和铂族元素矿化,建议在新一 轮找矿中,重新评价其找铂前景。

### 4 结论

高寺台超镁铁杂岩体各岩相带具有各自特征的 地球化学异常模式。铬铁矿化纯橄榄岩和橄榄岩富 镁贫铁,发育矿化主金属元素 Cr 及其相关元素 Co、 Ni 等强异常,铂族元素中以 Ir、Os 等高温元素为主, Pt 异常发育,而 Pd 则呈甚低的背景分布。这种地 球化学异常组合模式反映了含铂族铬矿化带的主要 物质组成特征,是在明显贫硫的岩浆作用中形成的 铂族元素矿化富集。值得指出的是,w(Pt)/w(Pd) 与铬铁矿化类型及其含铂族元素特征有关。致密块 状铬铁矿体w(Pt)/w(Pd)大于 10~100,最高可达 数百。角砾状、网环状铬铁矿特别是出现硫化物矿 化时w(Pt)/w(Pd)显著降低,一般小于 10。

高寺台杂岩体还发育另一种铂族元素异常,其 元素组合与铬铁矿异常有显著差别。这种产于透辉 岩中的异常主要元素为Pt和Pd,局部伴生Au,Pt异 常强度稍大于Pd,w(Pt)/w(Pd)比值介于1~2,并 且,该异常不伴生Cr、Co、Ni等元素的强异常,MgO 小于30%,TFeO大于8%。异常形态及分布受透辉 岩带及其中近东西向剪切带控制。从镁铁、超镁铁 杂岩铂族元素成矿地球化学演化分析,这种异常对 杂岩体及其所处的构造岩浆岩带寻找新类型铂族元 素矿产有重要的指示意义。

表生环境中,铬铁矿及铂族元素矿物有较强的 抗风化能力,铂族元素主要以矿物碎屑形式形成次 生机械分散晕,水化学晕极弱。研究表明,在1 km 左右的一级水系及其下游二级水系中均可形成较强 的 Pt 异常。矿区残积土壤和水系沉积物中重组分 占有一定的比例。而且,重组分 Pt 含量大于轻组 分。因此,采用重组分分离方法,可以增强这种含铂 族铬铁矿床次生分散晕的异常强度。

笔者是在总结原地矿部八五重点地质科技项目 "铂族矿地球化学异常特征及铂族元素地球化学勘 查方法研究"成果的基础上,在石家庄经济学院张 洪教授的指导和帮助下完成该文的,在此致以深深 的谢意。

### 参考文献:

- [1] 王恒升.中国铬铁矿床成因[M].北京:科学出版社,1983.
- [2] 杨星.中国含铂基性、超基性岩体与铂(族)矿床[M].西安:交 通大学出版社,1993.
- [3] 鲍佩声,王希斌.中国铬铁矿床[M].北京:科学出版社,1999.
- [4] 梁有彬.中国铂族元素矿床[M].北京:冶金工业出版社, 1998.
- [5] 中国科学院地球化学研究所.中国含铂地质体铂族元素地球

化学及铂族矿物[M].北京:科学出版社,1981.

- [6] 张洪. 铂族元素地球化学勘查方法——水系沉积物地球化学 测量[J]. 河北地质学院学报,1996,19(1),17.
- [7] 张洪,陈方伦. 铂族元素:分析方法,矿床地球化学及地球化学 勘查[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [8] 张洪,陈方伦.南非西布什维尔德杂岩体铂、钯、金区域地球化 学测量[J].物探与化探,1998,22(5);360.
- [9] 张洪,陈方伦.河北红石砬铂矿床铂、钯地球化学异常特征[J].长春科技大学学报,1998,28(4);386.
- [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
- [11] Wilhelm H J, Zhang H, Chen F L, et al. Geochemical exploration for platinum-group elements in the Bushveld Complex, South Africa [J]. Mineralium Deposeta, 1997, 32(4), 349.
- [12] Bowles J F W. The development of platinum-group minerals in laterites [J]. Econ Geol, 1986, 81; 1278.
- [13] Bowles J F W, Gize A P, Cowdem A. The mobility of the platinum group elements in the soils of the Freetown peninsula. Sierra Leone [J]. Can Min, 1994, 32:957.
- [14] Coker W B, Dunn C E, Hall C E M, et al. Behaviour of platinumgroup elements in the suficial environment at Fergusson Lake,

NWT, Rotteustone Lake Sask and Sudbury Ont Canata [ J ]. J Geechem Explor, 1991, 40:165.

- [15] Cook S J, Fletcher W K. Distributiou and behaviour of platinum in soils, sediments and water of the Tulameen ultra mafie Complex, Southern British Coulmbia, Canada[J]. J Geichem Explor, 1993, 46:271.
- [16] Cook S J, Fletcher W K. Platinum distribution in soil profiles of the Tulameen ultramafic Complex, southern British Columbia, Canada [J]. J Geochem Explor, 1994, 51:161.
- [17] Fuchs W A, Rose A W. The geochemical behaviour of platinum and palladium in the weathering cycle in the Stilwater Complex, Montana [J]. Econ Geol, 1974, 68:332.
- [18] Salpeteur I, Jezeguel J. Platinum and palladium stream-sediment geochemistry downstream from PGE-bearing ultramafics, West Andriamena area, Madagascar[J]. J Geochem, 1992, 43(1):43.
- [19] 涂光炽."旧地重游",再次认识与评价:开拓铂族元素新资源 的重要途径[J].矿物岩石地球化学通报.2000,19(2):71.
- [20] 白文吉. 华北地块岩石圈构造演化与镁铁一超镁铁杂岩及矿化 特征[M]. 北京:地震出版社,1993.
- [21] 王东方. 中朝陆台北缘大陆构造地质[M]. 北京:地震出版社, 1992.

## GEOCHEMICAL DISTRIBUTION AND ANOMALY CHARACTERISTICS OF Pt AND Pd IN THE GAOSITAI ULTRAMAFIC COMPLEX, HEBEI PROVINCE

### ZHANG Xing-chao, WANG Ai-zhi, YUAN De-zhi, HAN Cun-qiang

(No. 3 Geological Surveying Party, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Xinyang 464000, China)

Abstract: Geochemical Pt and Pd exploration led to the discovery of two precious metal anomalous concentrations in the Gaositai ultramafic complex, Hebei Province. Anomaly concentrations of Pt and Pd in rock, soil and stream sediments overlying the dunite and peridotite zone of the Gaositai complex coincide with the well-known PGE-bearing chromititc mineralization. These platinum anomalies are also associated with strong anomalies of such elements as Cr, Co and Ni. Nevertheless, Pd assumes very low background distribution, whereas the w(Pt)/w(Pd) ratio is higher. The second type of elevated PGE anomalous concentration follows the strike of the diopside zone and the shearing fault zone of the Gaositai ultramafic complex. These anomalies are characterized by strong anomaly intensity with a close relationship existent between Pt and Pd and the w(Pt)/w(Pd) ratio close to 1. However, no strong anomalies of Cr, Co and Ni are observed. Such a phenomenon is therefore thought to be the reflection of a new PGE mineralization. It is thus held that hidden PGE mineralization difficult to be recognized may be discovered by means of Pt and Pd geochemical exploration using rock, soil and stream sediment samples.

Key words: geochemical distribution; platinum-group element (PGE); ultramafic complex; chromitite

作者简介:张兴超(1968~),男,工程师。1981年毕业于郑州地质学校,现从事地质矿产勘查和综合研究工作。