

黑色板岩金矿中铂族元素的存在形式

本文着重研究了碳质板岩硫化物浸染型金矿石中铂族元素富集的罕见现象。查明其在矿石中呈三种形式存在：1. 在碳化物、硫化物中呈分散的杂质；2. 自然金银和金镍的碲化物精矿中的混入物；3. 作为铂族元素本身的矿物。

在东欧和中亚许多地区的碳质板岩金矿石中铂族元素含量较高。对这些矿床进行地球化学研究表明，自然金矿石及硫化物浸染型金矿石中既存在 Pt Pd Os 等铂族元素的一般含量，亦存在异常含量。

1 铂族元素在黑色板岩金矿床中的地球化学背景

本文作者利用中子活化分析方法得到分布在黑色板岩中的金矿中铂族元素浓度的数值。有消息报道，在克孜勒库姆，阿曼塔套金矿床中的硫化物浸染型金-稀土矿石含有铂族元素，在穆龙套矿床中自然金和白钨矿矿石同样也含有铂族元素。在阿曼塔套矿床，采自富含高碳矿物（碳沥青、地沥青）矿石中的 18 个样品，平均含量 Au 为 3.12×10^{-6} 、Pt 为 0.59×10^{-6} ，Pd 在 17 个样品中平均含量 1.34×10^{-6} ，而第 18 个样品 Pd 含量高达 9.30×10^{-6} 。采自晚期网脉状矿石中的 17 个样品，平均含量 Au 为 12.88×10^{-6} ($\sigma = 23.05$)，Pt 1.23×10^{-6} ($\sigma = 1.06$)，其中 14 个样品 Pd 的平均含量为 1.70×10^{-6} ($\sigma = 1.85$)，其余三个样品 Pd 的品位极高分别为： 22.4×10^{-6} 、 42.40×10^{-6} 和 43.7×10^{-6} 。这些高异常值是含金品位高的钠长石-冰长石-黄铁矿交代岩和硅化及黄铁矿化碳质板岩所固有的。

穆龙套金矿床产于下寒武统黑色板岩及由文德系向古生界过渡的页岩、粉砂岩互层地层中。该套岩石遭受弱的区域变质作用，为低绿片岩相。高碳矿物为石墨和碳质沥青。在金工业品位之外的矿化岩石（含云母硅质板岩和粉砂岩）中，贵金属品位平均为（10 个样品），Au 0.28×10^{-6} ($\sigma = 0.12$)；Pd 0.30×10^{-6} ($\sigma = 0.29$)；Os 0.29×10^{-6} ($\sigma = 0.21$)；Pt 0.6×10^{-6} ($\sigma = 0.63$)。含金交代岩形成于这样的地球化学异常背景下，金矿化作用受交错构造控制。

矿区 2 组分析样品，第 1 组 15 个取自含金石英-长石-水云母交代岩中；第 2 组 4 个取自断裂带石墨-碳质沥青构造岩中。第 1 组中 13 个样品平均品位：Pd 0.8×10^{-6} 、Os 0.67×10^{-6} 、Pt 1.57×10^{-6} ，第 14-15 样品：Pd 21.3×10^{-6} 、 45.48×10^{-6} ，Pt 10.38×10^{-6} 、 21.51×10^{-6} ，Os 0.006×10^{-6} 、 0.93×10^{-6} 。第 2 组 3 个样品（平均品位）：Pd 2.02×10^{-6} 、Os 4.21×10^{-6} 、Pt 1.47×10^{-6} ，第 4 个样品 Pd Pt 具高异常品位：Pd 28.9×10^{-6} 、Pt 50.00×10^{-6} 。该样品未发现 Os。

产于文德纪含碳粉砂岩 (属高绿片岩相) 中的库姆托尔硫化物浸染型钨金矿床 (吉尔吉斯东部) 与阿曼塔套矿床相似, 不同形态的矿体其矿石有两个世代. 在 Au品位 (6个样品) 为 4.26×10^{-6} 的次层状交代岩 (矿体) 中 Pd 2.46×10^{-6} 、Pt 1.06×10^{-6} . 在网状矿脉中 (7个样品) Au品位升为 7.14×10^{-6} , 而铂族元素品位升高不大, 分别为 Pd 3.0×10^{-6} 、Pt 1.21×10^{-6} . 库姆托尔矿矿石中铂族元素含量不高的原因未查清, 可能是高级变质作用使铂族元素发生弥散的结果.

2 分散的混入物

同次层状矿石中残留的高碳矿物一样, 围岩板岩中比重较轻的石墨绢云母集合体 Pd的含量明显高于石英、长石, 与岩石副矿物黄铁矿属同一数量级 (表 1). 铱在云母-石墨矿物组合和黄铁矿中的含量有同样规律, 高于其它矿物中含量的一倍到一倍半.

表 1 库姆托尔矿床碳质粉砂岩中 Pd的矿物-地球化学对比简表

取 样 地 点	矿 物	岩石的矿物组成 (%)	矿物中 Pd含量 (%)	岩石有关矿物中 Pd的 相对含量 (%)
矿 带	绢云母+ 石墨	36.98	1.02×10^{-5}	78.98
	石英	48.54	1.8×10^{-6}	18.39
	钠长石	12.38	1.00×10^{-6}	2.59
	黄铁矿	6.02×10^{-3}	2.40×10^{-5}	0.003
	总和	97.91		99.96
围 岩	绢云母+ 石墨	26.01	8.37×10^{-6}	65.88
	石英	56.16	1.8×10^{-6}	30.76
	钠长石	11.04	1.00×10^{-6}	3.34
	黄铁矿	4.67×10^{-3}	1.00×10^{-5}	0.01
	总和	93.21		99.99

实际上在似层状再沉积的高碳物质矿石中见到另一种情形, 这里有机物和硅酸盐物质发生分异, 首先形成薄层状极有规律的集合体, 而后在成矿过程中形成独立的细脉状碳质沥青 (及石墨). 铂族元素在这些矿物颗粒核部的含量 $< 0.001\%$, 而在石墨和绢云母接触部位 Pt升到 0.002% , Pd可达 0.026% , 其大小为 $1.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$.

在似层状矿石的黄铁矿中铂族元素的含量高于围岩黄铁矿. 如, 在库姆托尔的黄铁矿中, 铂族元素含量可达 5×10^{-6} , 而在阿曼塔套的硫化物中更高些, Pd可达 $17 \times 10^{-6} \sim 19 \times 10^{-6}$, Ir为 $36 \times 10^{-6} \sim 39 \times 10^{-6}$. 这些杂质主要赋存于晶面上及显微状硫化物边缘空穴以及双晶结合面上.

3 铂族金属混入物的矿物载体

在所研究矿床中, 自然金和自然银乃至碲化物中铂族含量在千分之几到百分之几. 这时铂族金属均以混入物形式存在.

表 2 库姆托尔矿自然金和碲化物中铂族元素的平均含量 (%)

矿物名称	Pt	Pd	矿物名称	Pt	Pd
金	0.8	0.4	碲金矿	0.1	1.1
金银矿	0.05	0.2	碲镍矿	2.5	< 0.01
板碲金银矿	1.0	1.5			

由表 2 可见铂在镍的碲化物中含量较高 (2.5%), 而钯在金银的碲化物中含量较高。

在穆龙套含金交代岩的断裂中呈细脉和角砾岩胶结物充填的次生有机物, 由俄罗斯科学院普通化学和无机化学研究所铂族金属化学实验室做了研究, 测定在含石墨构造岩中铂族元素和金的含量为: $\text{Au } 54 \times 10^{-6}$, $\text{Pt } 30 \times 10^{-6}$, $\text{Ir } 52 \times 10^{-6}$, $\text{Pd } 50 \times 10^{-6}$, $\text{Rh } 12 \times 10^{-6}$, $\text{Ru } 59 \times 10^{-6}$, 未测出 Os。高碳物质中铂族金属富集到如此高的值, 在 O^o H^o 鲁西诺娃的研究工作中得到证实, 她是用 X 射线测定法在穆龙套侵蚀碳质沥青中找到了分散的碲砷铱矿 IrAsS。

4 黑色板岩中铂族金属的自生矿物

即使是在高倍放大镜下也很少发现黑色板岩金矿石中铂族元素的自生矿物, 即使偶尔发现, 其研究程度也较低。

在穆龙套矿床辉碲铋矿晶体双晶结合面上, 当放大 7000 倍时发现了由红镍矿和铂、铱的碲化物组成细小合晶而成的碲银矿。这种合晶的分析结果见表 3。

表 3 由红镍矿和铂、铱的碲化物组成的碲银矿细小合晶成分 (%)

元素	含量		元素	含量	
Fe	1.36	2.99	Ag	52.20	52.64
S	3.77	6.11	Au	2.32	0.47
As	14.22	18.64	Pt	7.25	3.54
Co	2.46	2.94	Ir	7.96	3.89
Ni	3.72	6.69	Os	3.55	1.18

较轻的铂族未做分析

对别斯恰诺耶矿床 (克孜勒库姆中部) 中铂族矿物的鉴定较为精确。这一地区地质构造比较复杂。该矿带切穿两组 (Pt_3 和 C_1) 碳质板岩, 其中较老的变质岩为绿帘石-角闪岩相, 较年轻的为绿色片岩相。铂族矿物分别与磁黄铁矿和黄铁矿伴生。铂族元素在这一地区含量达 $3 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 。

笔者研究了别斯恰诺耶矿床的铂族矿物。当磁黄铁矿放大 7000 倍时发现了铁的硫化物被细微石英脉穿切的部位有含金铂矿的立方晶体。其贵金属元素相对比值为 $\text{Pt} : \text{Au} : \text{Ir} = 82 : 15 : 3$ 。当黄铁矿放大 22000 倍时发现了铱铱矿的六方小鳞片。由于黄铁矿基质成分比亮铱铱矿占优势, 这种小鳞片厚度不超过 0.5 μm 。至少可以肯定, 在上述铂族矿物中作为混入物的金和铂的相对比值近于 1:1。所有发现的铂族矿物实质上都是初期结晶物, 这种相态的经济意义不大, 但在金矿石中遇见铂族矿物, 可将其作为指示物, 它表明依次由分散的杂质到矿

物载体中聚集的混入物，最后过渡到自生矿物的铂族金属混入物富集的完整阶段。

5 结论

本文说明碳质板岩和金矿石中分散的铂族金属混入物富集的特征。其含量由 0.0×10^{-6} 及 $0. \times 10^{-6}$ 到 $\times 10^{-6}$ ，铂族富集的最大值为 10×10^{-6} 。研究表明，与成矿结晶作用形成金、银矿物、镍的碲化物、二氧化钛、稀土矿物、铁的硫化物、砷、镍等矿物同时，在这些矿物载体中同时有铂族元素的富集，其含量为千分之几到百分之几。成矿期再沉积的高碳物质富集铂化物类，它所形成的铂族含量在万分之几。考虑到次生碳质沥青和石墨的成岩特征，上述铂族含量具有较高的经济意义。成矿带物质经过进一步地质演化能够形成铂族元素自生矿物雏晶：Pt-Au, Os-Ir, Pt-As, Ir-As 的金属互化物及 IrAsS 硫化物。

译自 《ГЕОХИМИЯ》 1995年第 4期

译者 张春晖

校删 李之彤