

# 辽宁暖泉子金矿中的自然钌及其地质意义

许虹 贺义兴 彭齐鸣

(长春地质学院, 长春 130026)

**主题词** 自然钌 含铂赫梯铋矿 金矿床 绿岩带 示踪剂

**提 要** 暖泉子金矿床是产于太古宙绿岩带中的韧性剪切带型矿床。自然钌及含铂赫梯铋矿发现于其中的黄铁矿石英脉型矿石中。自然钌中W含量高,反映了矿化区的地球化学背景和矿化温度(>300°C)。铂族元素可以作为成矿过程的示踪剂。该矿床中铂族矿物的首次发现支持了绿岩带中的镁铁质岩、超镁铁质岩是金的矿源层的看法。

## 1 引言

铂族元素(PGE)与基性岩、超基性岩的密切关系众所周知。在这类岩石及其氧化带中, PGE常呈铂族矿物(PGM)或在硫化物中呈固溶体形式出现。在造岩矿物中也有微量PGE<sup>[1]</sup>。

近年来,人们注意到PGE的富集常常与热液作用有关,是流体与源岩(镁铁质岩、超镁铁质岩)作用的结果<sup>[2-6]</sup>。因此,PGE已经成为反映岩浆、流体来源和演化的有效示踪剂<sup>[7]</sup>。

PGE在太古宙绿岩带脉状金矿床中的分布规律已引起人们的普遍关注,成为反映矿质来源、成矿作用演化的主要途径<sup>[1]</sup>。由于PGE在这类矿床中的含量不高,其独立矿物很少有报导。在PGE中,钌的丰度相对较低,其独立矿物更为少见。我国曾报导过产于超基性岩体氧化带中的自然钌<sup>[8]</sup>。

笔者在辽宁暖泉子太古宙绿岩带剪切带型金矿床的原生矿石中发现了自然钌和含Pt的赫梯铋矿。这类矿物的发现,将为认识太古宙绿岩带中金矿床的成因提供重要依据。

## 2 矿床地质背景

暖泉子金矿床位于华北地台北缘的太古宙花岗-绿岩带中(图1)。区内出露岩石有鞍山群石棚子组的斜长角闪岩、角闪变粒岩,夹少量黑云斜长变粒岩和磁铁石英岩。其原岩为以拉斑玄武岩、英安岩、流纹质火山岩和铁质碧玉岩为主的火山-沉积岩建造,伴有同期的科马提质侵入岩<sup>[9]</sup>。这套岩石遭受到角闪岩相区域变质作用(2800Ma)以及太古宙(2700Ma, 2500Ma)和中生代花岗岩的侵入<sup>[9]</sup>。

金矿化属韧性剪切带变质热液型,严格受NW向韧性剪切带控制。矿体呈含金黄铁矿石英脉及透镜体产于糜棱岩带中,其围岩主要为角闪质岩石。金矿化带的原生晕(水平分带)主要为Au、Ag、W、Mo和Co等元素,其成矿元素的分布与糜棱岩带相一致。由于剪切带形

成于绿岩带中,因而绿岩(尤其是科马提岩和基性火山岩)是金的最可能的源区。中生代花岗岩只是对早期金矿化进行了改造,叠加了Pb-Zn矿化。该区绿岩和矿石中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值的相似性(都为零值附近)支持了这一看法<sup>①</sup>。

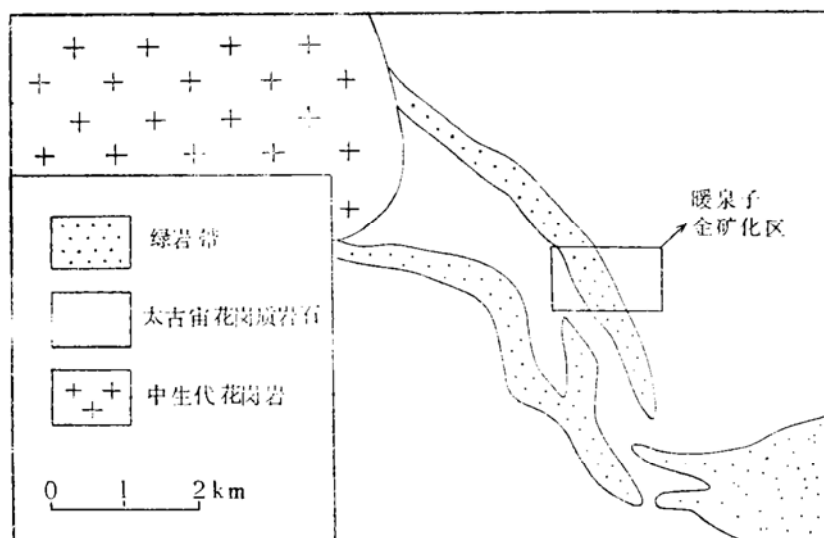


图 1 辽宁暖泉子金矿化区地质简图

Fig. 1 Diagrammatic geological map of Nuanquanzi gold ore district in Liaoning

### 3 自然钌的产状及成分

自然钌发现于含金黄铁矿石英脉型矿石中。其共生矿物以石英、黄铁矿为主,有少量自然金、白钨矿和极少量赫梯铼矿。这些矿物受到晚期黄铜矿、方铅矿和闪锌矿的交代、穿切。成矿阶段的石英与黄铁矿近于同时形成,自然金可稍晚晶出。

在 JEM-2000 FX 分析型高分辨电子显微镜扫描模式下观察到的自然钌,呈板状、不规则粒状及不规则条状聚积体,粒度多小于  $10\mu\text{m}$  (图版 III-1, III-2)\*。它们多分布于黄铁矿与石英接触边界,少量分布于石英裂隙中。自然钌与黄铁矿和石英界限清楚,未见交代溶蚀结构,在黄铁矿晶粒内部未见自然钌独立矿物,没有二者呈固溶体分离的迹象,故认为自然钌是与黄铁矿和石英同期形成的。在矿相显微镜 ( $\times 1000$ ) 下,自然钌为板状,白色,反射率明显高于与其相邻的黄铁矿。因其粒度细小无法测反射率。

应用 TN-5500 能谱对自然钌和赫梯铼矿进行了分析(表 1 和表 2)。与超基性岩氧化带的自然钌 (Ru 91.10%, W 6%, Co 2.44%, Fe 0.74%)<sup>(3)</sup> 相比,该矿床的自然钌明显富 W、Co 和 Fe, 而 Ru 则相应低 20% 以上。以 I-170 样品为例,其计算化学式为:  $\text{Ru}_{0.675}\text{W}_{0.125}\text{Fe}_{0.095}\text{Co}_{0.064}$ 。

Pt 在自然钌颗粒中的分布极不均一,其存在形式可能为包裹体。当含 Pt 时(如 I-30), W 的含量明显降低。

① 引自《暖泉子金矿化区地质特征》,长春地质学院科研报告,1991。

\* 由长春地质学院电镜室采用 JEM-2000FX 分析型高分辨电子显微镜在扫描模式下进行测试,加速电压为 20kV。

表1 自然钌的能谱分析(wt%)

Table 1 Energy spectral analyses of native ruthenium

标本号	点号	Ru	W	Fe	Pt	Co
I-170	1	69.69	20.98	4.50	nd	4.56
	2	68.23	21.99	6.48	nd	3.30
	3	68.23	22.62	6.58	nd	4.07
	4	66.82	26.44	3.65	nd	3.09
	平均	68.24	23.01	5.30		3.76
I-30	1	65.62	19.91	3.85	4.12	6.49
	2	68.92	26.00	1.70	nd	3.37
	3	68.91	26.00	1.72	nd	3.37
	平均	67.82	23.97	2.42		4.41

注: 由长春地质学院电镜室分析; nd—未检出

表2 赫碲铋矿的能谱分析(wt%)

Table 2 Energy spectral analyses of hedleyite

标本号	点号	Bi	Te	Fe	Pt	Na
I-30	4	77.55	22.18	0.27	nd	nd
	5	74.13	22.80	0.67	2.40	nd
	6	77.20	22.26	0.24	nd	0.29
	7	76.96	20.96	nd	1.18	0.94

注: 同表1

赫碲铋矿中含有相当数量的Pt(表2), 同时Bi的含量比文献中报导的热液型赫碲铋矿<sup>[10]</sup>稍低。Pt在其中的出现反映了矿化物质的来源。分析样品I-30点4的化学式可表示为 $\text{Bi}_{6.42}\text{Te}_3$ 。

自然钌和赫碲铋矿是矿石中主要的PGE载体。但这两种矿物含量极少且粒度细小, 反光显微镜下很难发现, 能否综合利用有待研究。不过, 这为金矿的综合利用研究提出了新的课题。

## 4 讨论

### 4.1 自然钌的形成温度、流体条件

与自然钌共生的石英中流体包裹体的均一温度平均为 $352^\circ\text{C}$ <sup>①</sup>。考虑到可能的压力影响, 此值应为矿化温度下限。

石英中流体包裹体的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta\text{D}$ 分别为 $4.843\text{‰}$ — $6.843\text{‰}$ 和 $-72.5\text{‰}$ — $-110.86\text{‰}$ <sup>①</sup>, 反映了该矿区的流体具有不同于典型变质流体和岩浆水的特殊成分。流体的成分以 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$

① 引自《暖泉子金矿化区地质特征》, 长春地质学院科研报告, 1991。

为主, 含少量 Na、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、N<sub>2</sub>等组份。CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 克分子比为0.1—0.6, 显示了变质热液的特征。

#### 4.2 影响自然钨化学成分的因素

与超基性岩氧化带中的自然钨相比, 本文中自然钨的成分较复杂, 突出表现为W、Fe含量高。Fe的含量高, 可能与该体系富Fe而S不足有关; W含量高, 可能与热液体系中W的浓度大有关, 这与矿石中出现白钨矿和矿体部位有W的原生晕异常相符。另一方面, 可能是矿化温度较高, 有利于类质同象的替代, 导致该矿区自然钨含杂质高。赫碲铋矿中Pt的存在可能由同样原因造成。

#### 4.3 Ru和Pt的意义

深断裂对绿岩带中金矿床的控制和热液金矿床的断层阀成因模式已为许多人所接受<sup>[11]</sup>。在该成矿模式中, 矿质的主要来源是绿岩带中的镁铁质岩、超镁铁质岩。在其它环境中, 这类幔源岩石也因其较高的金丰度而被认为是金的矿源层<sup>[11]</sup>。因此, 作为幔源岩指示元素的PGE可以作为金成矿作用的示踪剂。

暖泉子金矿床矿石中Ru、Pt与Au的共生关系提供了认识矿质来源的途径, 鞍山群中的镁铁质岩、超镁铁质岩是主要的“金库”。在构造活化(韧性剪切+退化变质)过程中, PGE与Au一起被迁移到绿岩带上部形成矿化。这种推断与硫同位素测试的结果相吻合, S和Au、PGE都来自幔源岩。

PGE在热液金矿床中虽可能有较高的含量, 但作为独立矿物的报道并不多见<sup>[1]</sup>。暖泉子矿床中自然钨的发现展示了绿岩带中寻找PGE矿床的潜力。

为了深入认识绿岩与金矿化的关系以及对金矿床中PGE的经济价值进行评价, 应对该区内的镁铁质岩、超镁铁质岩和矿石、蚀变岩进行PGE和相关元素的地球化学研究, 采用全岩与单矿物分析相结合的办法, 确定源区亏损带和富化带的地质、地球化学和矿物学模型。同时, 也应对其它类似地区和与幔源岩有关的热液矿床开展类似的工作。

## 5 结论

本区金矿床中自然钨的发现指示了绿岩, 尤其是科马提质岩石是金的主要源岩, 这一认识与硫同位素研究结果一致。

自然钨的特殊化学成分反映了矿床的地球化学背景和矿化的温度、流体条件。富含CO<sub>2</sub>的变质流体可能是本区自然钨形成的重要条件。

#### 参 考 文 献

- 1 Cabri D J. The distribution of trace precious metals in minerals and mineral products. *Mineralogical Magazine*, 1992.
- 2 Koroteev V, Shteynberg I, Chashchukhin I and Volchenko K. The position of chromite ores and associated PGE mineralization in formation history of Alpine-type ultramafics(with Urals as example). the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 723.
- 3 Chen W M. The relationship between the metamorphic alteration and the ore formation of basic-ultrabasic type Cu-Ni sulfide deposits. the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 724.
- 4 Yang X Z, Matsueda H, Yui S Z, Dong X Y and Peng L G. Genesis of sulfide and PGE deposits

- in Jinchuan ultrabasic intrusion, Gansu Province, China; evidence from magmatic inclusions. the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 722.
- 5 Belkin H E. Magmatic hydrothermal transport of platinum group elements in Mesozoic mafic intrusive rocks, eastern United States. the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 726.
- 6 Alapieti T T, Halkoho T T A, Iljina M J and Tormanen T O. Platinum group mineralogy in the early Proterozoic Penikat and Portimo layered complexes, northern Finland—comparison. the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 721.
- 7 Johan Z. Platinum group elements deposit; the examples of discriminating PGE fraction. the 29th IGC, 1992, Abstract, 3: 721.
- 8 林毓川、陈克樵. 我国广东省发现自然钌. 地质论评, 1980, 26: 74—76.
- 9 张秋生. 中国早前寒武纪地质及成矿作用. 长春: 吉林人民出版社, 1984.
- 10 Palache C, Berman H and Frondel C. Dana's system of mineralogy. 7th edition, John Wiley and Sons, 1962, 1—3.
- 11 Whiting B H, Mason R and Hodgson C J. Giant ore deposits. Proceedings of the Giant ore deposits workshop. 1992, Canada.

## Native Ruthenium in the Nuanquanzi Gold Deposit of Liaoning Province and Its Geological Significance

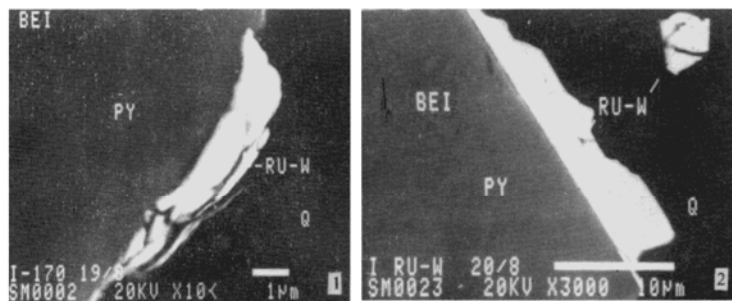
Xu Hong    He Yixing    Peng Qiming

(Changchun College of Geology, Changchun 130026)

**Key words:** native ruthenium; hedleyite; gold deposit; greenstone belt; tracer

### Abstract

Hosted in the Archean greenstone belt, the Nuanquanzi gold deposit is of ductile shear metamorphic hydrothermal origin, with the mineralization controlled by the NW-trending shear belts. Native ruthenium and hedleyite were identified in the pyrite quartz lodes. Ruthenium occurs as tabular or irregular grains or aggregates, mostly less than 10  $\mu\text{m}$  in grain size. It usually occurs at the contacts between pyrite and quartz, or less commonly, in cracks of quartz. Structures and textures suggest that the native ruthenium is coeval with the pyrite and quartz. Compared with the native ruthenium from the oxidation zones of ultramafic rocks, the native ruthenium from the Nuanquanzi deposit is more enriched in W, Co and Fe and relatively lower in Ru, with the chemical formula being  $\text{Ru}_{0.675}\text{W}_{0.125}\text{Fe}_{0.095}\text{Co}_{0.064}$ . Pt is extremely inhomogeneous in ruthenium. Hedleyite contains considerable amounts of Pt. The coexistence between Ru, Pt and Au throws light on the sources of ore-forming materials. The mafic and ultramafic rocks in the Anshan Group may be the major "gold reservoir". During the tectono-magmatic remobilization, PGE and gold were transported upwards, resulting in gold mineralization in the upper part of the greenstone belt. Such an inference is consistent with the sulfur isotope data, suggesting that S, Au and PGE are derived from the mantle. The first discovery of platinum group minerals in the deposit supports the suggestion that mafic and ultramafic rocks in greenstone belts seem most likely to be the source bed of gold.



图版说明

- III-1 含钨自然钨 (Ru-W) 沿石英 (Q) 与黄铁矿 (Py) 界面分布。X射线背散射图象照片  $\times 10000$
- III-2 含钨自然钨 (Ru-W) 分布在石英 (Q) 中以及石英与黄铁矿 (Py) 界面上。X射线背散射图象照片  $\times 30000$

www.yskw.ac.cn