第 22 卷 第 2 期
2 0 0 1 年 3 月

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTIA SINICA

Vol. 22 No. 2
Mar. 2001

中国铂族金属资源现状与前景

张光弟 毛景文 熊群尧

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京)

摘 要 本文简要叙述了我国对铂族金属资源量的需求、保证程度,并对比分析了各种类型铂族金属矿床的资源发展趋势;重点对我国攀西—滇中地区诺里尔斯克苦橄质火山-侵入岩型铜镍铂矿床、上扬子湘黔地区黑色页岩型钼镍铂矿床和四川会理构造蚀变岩型铂族元素矿床进行了资源前景分析,并认为极有可能在这几种类型中取得找矿突破。其中黑色页岩和构造蚀变岩型铂族金属矿床是近期发现的新类型矿床。

关键词 铂族金属资源 诺里尔斯克铜镍铂矿床 黑色页岩钼镍铂矿床 构造蚀变岩型铂族元素矿床

铂族元素(PGE)是元素周期表第八副族铂(Pt)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)、钌(Ru)、铑(Rh)6 种元素的总称。该类元素具有耐高温、耐腐蚀、抗氧化、高延展性、低膨胀率、电热性稳定、反光性强等特点,可广泛用于航空航天、汽车、电子、珠宝、化工、石油、陶瓷、玻璃装璜等领域。其中汽车制造、珠宝、航空航天和电子原器件加工等是最活跃的消费领域,已成为我国经济的几大支柱产业。它们对铂族金属的需求与日俱增,特别是汽车尾气净化装置和家用电器新型复合材料已成为我国最大的铂族金属消费市场。我国将逐渐成为铂族金属的消费大国。

1 资源现状

与巨大的需求增长态势相比,我国铂族金属资源的保证程度还存在着较大差距。迄今为止,我国还未发现类似南非布什维尔德或俄罗斯诺里尔斯克那样的巨型铜镍铂矿床(它们拥有世界上 90% 以上的铂族金属储量)。尽管我国有金川超大型含铂铜镍矿床,但铂族元素品位低[Pt (0.136~0.37)×10^{-6},Pd (0.081~0.275)×10^{-6}],只能作为铜镍伴生的副产品。除此之外,已知的含铂矿床一般都规模小、品位低,大多不能成为独立的铂金矿床。由于资源匮乏,我国至今仍然是一个铂族金属进口国。

我国铂族金属矿床类型丰富(表 1),但 95% 以上的储量都集中于铜镍型矿床中,它们与铁质基性-超基性岩有关,主要分布于我国西部的甘肃金川、新疆喀拉通克、黄山、攀西—滇中地区,以及东北的赤柏松等地区,多以铜镍硫化物的伴生矿床形式产出。目前大型独立的金宝山贫铜镍铂矿床正在建成为我国重要的铂族金属矿山基地。小而富的热液矿床(例如杨柳坪夕卡岩矿床)是民办开采的主要对象。

表 1 中国铂族金属矿床分类

Table 1 Classifications of PGE deposits in China

岩石类型	矿床类型	含矿岩石	实 例	工业类型
岩浆型	铜镍型	铁质基性超基性岩	金川、杨柳坪、金宝山	伴生,独立
	铬铁矿型	镁质基性超基性岩	罗布莎、大道尔吉	伴生
	钒钛磁铁矿型	偏碱性基性-超基-性岩	红格、攀枝花、新街	伴生
热液型	夕卡岩型	夕卡岩	杨柳坪、铜录山	伴生,独立
	斑岩型	花岗斑岩石英斑岩	德兴、玉龙、多宝山	伴生
	构造蚀变岩型	基性超基性构造岩	金宝山、大岩子	独立
沉积型	黑色页岩型	硅质炭质页岩	遵义、大庸	伴生
	砂矿	冲洪积 残坡积	酸刺沟、红坑	独立

2 资源前景

2.1 国际发展趋势

世界上铂族金属资源集中在少数几个国家及地区。其中南非占全球已探明储量的 81%,俄罗斯占 17%,其余 2% 分布在美国、加拿大等国家。南非和俄罗斯是世界上主要的铂族金属生产国和产品输出国(表 2)。由于资源集中在少数几个国家及地区,铂族金属工业发展很不平衡,产品价格容易形成垄

本文为地质大调查资助项目"我国新类型矿床找矿前景评价"(DKD992005)和国家重点基础研究项目(G1999043200)的部分成果。
改回日期:2001-2-8;责任编辑:宫月萱。
第一作者:张光弟,1944 年生,研究员,矿床地球化学和环境地球化学专业,邮编:100037。
万方数据

断,这就促使一些国家加大本土内铂族资源的开发力度,如澳大利亚、加拿大、美国和中国等。

值得注意的是,近十多年来,世界各国除了关注岩浆铜镍型铂族金属矿床的勘查和研究之外,对热液矿床和黑色页岩型矿床也倾注了巨大的热情。这不仅是因为某些热液脉状或浸染状富矿体往往是地方工业勘查的目标(赫尔伯特等,1991),更重要的是黑色页岩型和构造蚀变岩型矿床被认为是新的铂族金属资源类型和矿床类型。特别是由于黑色页岩型铂族金属矿床评价的新突破,已成为当前评价和研究的热点,其具有代表性的矿床有俄罗斯干谷铂金矿床、波兰蔡希斯坦(Zechstein)含铜页岩型铂族元素矿床、加拿大育空(Yukon)镍-锌型铂族元素矿床,以及穆龙套型、库姆斯托尔型含铂族元素矿床等(梁有彬等,1999;汤中立等,1989;赫尔伯特等,1991;季斯特列尔等,1997;Seredin,1995;Loukola-Ruskeeniemi,1995;Mironov et al.,1995);其中也不乏大型矿床,例如干谷矿床、穆龙套矿床等。

表 2 世界铂族金属储量及产量统计

Table 2 The statistics of reserves and output of PGE metals in world

国 家	储 量/t	产 量/t		
		1991 年	1992 年	1993 年
南非	50 000	86.157	85.535	104.919
俄罗斯	5 900	34.214	23.949	21.772
美国	250			
加拿大	250	9.331	9.331	9.953
其它国家	31			

资料来源:Mineral Commodity Summaries,1994;Metals & Minerals Annual Review,1994

列特尼科夫(1997)提出一种高碳构造岩金-铂矿床新类型。矿体产于基性-超基性岩断层破碎带及其两侧,以含高碳质为其重要特征。其代表性矿床为东萨彦岭阿尔卑斯型奥斯平斯克-基托依超基性岩碳-铂-金矿床。

成矿研究主要集中于以下几个方面:①与岩浆型铂族金属矿床伴生的热液矿床的微量元素、同位素、流体包裹体证据(Erstigneeva et al.,1995;Moltnar et al.,1997);②黑色页岩成岩成矿与生物-有机质-有机流体的关系(张爱云等,1987;谢树成等,1997;Alsop et al.,1995;Baranger et al.,1995);③黑色页岩海底喷气热水作用(Loukola-Ruskeeniemi,1995;Coveney et al.,1995);④黑色页岩中金属物质来源示踪及其富集条件、趋势与规律(Mironov et al.,1995;Alsop et al.,1995;Erstingneeva et al.,1995)。值得注意的是,①目前还没有直接的黑色页岩铂族元素矿床成矿作用模式;②Os-Re 同位素资料证明,成矿物质的生成与沉积在时间上是大体一致的(Horan et al.,1994);铂族金属物质有可能来源于地幔或下地壳(列特尼科夫等,1997;李胜荣等,1995;王登红等,2000);然而来自深部的这些含矿碱质还原流体是怎样运移到地表,并在构造岩环境和黑色页岩还原环境富集沉淀的,目前仍然缺乏令人信服的论述和证明。

2.2 国内发展趋势与展望

与国际相比,我国虽然具有各类型铂族金属矿床成矿的地质前提,但是由于种种原因,找矿效果不大。近年来,受国际铂金市场和国家需求的促动,以及国外一些新资源、新矿床类型突破性进展的影响,我国铂族金属资源的研究和评价进入了一个新的发展时期。

2.2.1 岩浆型铂族金属矿床仍然是我国铂族金属资源评价的主要目标 从以往的评价效果来看,铜镍型铂族金属矿床的经济意义远大于铬铁矿和钒钛磁铁矿型。对比发现(梁有彬等,1999;汤立中,1989;JNIadrett,1998;李学军等,1998),我国攀西—滇中地区具有与诺里尔斯克地区相似的成矿地质背景、火山岩组合、侵入岩类型及矿体特征等(表 3)。近年来,在该区先后勘查评价的金宝山贫铜镍铂矿床、杨柳坪含铂铜镍矿床以及朱布、核桃树、力马河、荒草坪含铂铜镍矿床等,其特征非常接近诺里尔斯克型铜镍矿床。其中杨柳坪矿床 Pt + Pd 为 0.754×10^{-6},储量约 50 t;金宝山 Pt 为 0.585×10^{-6}、Pd 为 0.895×10^{-6},金属储量 47 t,都达到大型规模。可见,该地区是我国诺里尔斯克型铂矿床最有前景的地区。

2.2.2 要注意寻找热液蚀变岩型和脉状富矿体 这里所说的热液蚀变岩型和脉状富矿体应具备以下条件:①必须有基性-超基性岩体;②围岩为钙镁质或含碳质岩石;③岩体产于背斜或穹隆核部,被断层切割(特列尼科夫等,1997;赵支刚等,2000)❶。

杨柳坪是一个典型的热液矿床实例。小而富的矿体呈团块状、浸染状和脉状产于岩浆型铜镍(铂)主矿体顶板蚀变基性岩和石炭系大雪组黑色页岩、大理岩中,曾被认为是夕卡岩型热液交代成因;但同位素资料表明,成矿热液可能来自地幔。

四川会理大岩子铂矿是另一种热液交代矿床。矿体产于辉石岩与白云岩接触带(断裂破碎带)两

❶杨大宏口头报告数据

万方数据

表 3　攀西—滇中地区与诺里尔斯克地区成矿特征对比

Table 3　Comparative study of metallogenic signatures between Panxi-Dianzhong area in China and Norilskian area in Russia

内　容	诺里尔斯克地区	攀西—滇中地区
构造背景	西伯利亚地台北缘晚古生代末大陆裂谷(P_2—T)	扬子地台西缘晚古生代末大陆裂谷 (P_2—T)
断裂活动	NNE—NE 走向断裂	S—N 走向断裂
沉积地层	寒武纪—泥盆纪	震旦纪—二叠纪
火山活动	暗色溢流玄武岩(100×10^4 km^2)	暗色溢流玄武岩(50×10^4 km^2)
侵入活动	岩盘、岩墙、畸型岩体、与火山同源	层状分异岩体与未分异岩体、与火山同源
含矿岩体	分异岩体	分异基性-超基性岩体
含矿岩石	苦橄质辉长粗玄岩:苦橄岩、苦橄辉长粗玄岩、含长橄榄岩、纯橄岩	铁质基性-超基性岩
矿石类型	铜镍硫化物	铜镍硫化物
硫化物	磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿	磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、紫硫镍铁矿
铂族矿物	铂铁合金、砷铂矿、铋铅钯矿、锡钯矿、锡钯铜矿、铅钯矿	砷铂矿、碲钯矿、自然钯、锑钯矿、锑铋钯矿、锑锌钯矿
矿石品级	富矿石为主	贫矿石为主
矿床规模	超大型	大—中—小型
代表性矿床	诺里尔斯克铜镍铂共生矿床、塔尔纳赫铜镍铂共生矿床	杨柳坪铜镍铂伴生矿床,金宝山铜镍铂共生矿床,核桃树、朱布、力马河、荒草坪含铂铜镍矿床

侧。龙舟山韧性剪切断裂带沿接触带展布。白云岩硅化、细粒化、褐铁矿化、孔雀石化、蓝铜矿化。辉石岩滑石化、透闪石化、阳起石化、绿泥石化、泥化。破碎蚀变辉石岩矿体 Pt + Pd 为 14.0×10^{-6},破碎硅化白云岩矿体 Pt + Pd 为 10×10^{-6}(赵支刚等,2000)。矿体长度控制 400 m,厚 2～5 m,延深控制 99 m。目前沿断裂破碎带北延方向的打矿山、春天坪相继发现了同类矿化,而且前景更加看好❶。笔者初步认为,该矿床属于构造蚀变新类型。

值得注意的是,杨柳坪铂矿和大岩子铂矿同产于康滇南北构造岩浆杂岩带内,并且与诺里尔斯克型铜镍铂矿床伴生。它们共同构成了攀西—滇中地区最有前景的铂族金属资源远景区。

2.2.3　黑色页岩型铂族金属矿床——一种前景看好的新铂族资源类型　近一二十年,国外对黑色页岩铂族金属矿床评价的重大突破促进了我国黑色页岩研究和铂族金属矿床评价工作的迅速发展,国家已加大了投资力度以资助自然科学基金项目和地质大调查项目。目前在贵州遵义、织金,湖南大庸、张家界等地区已发现了重要的矿化线索和评价远景区。

上述地区位于扬子陆块及其东南边缘,在早古生代为陆架海近滨-斜坡环境发育的局限滞流盆地,沉积一套牛蹄塘组硅炭泥质页岩以及粉砂泥质页岩建造,厚约 26～150 m。铂族元素矿化产于底部的钼镍金属层中,金属层厚度在大庸为 0.5～1.8 m;遵义为 0.1～1.0 m,最厚 2 m;织金 0.01～0.14 m。金属层内除富含 Mo、Ni 之外,还富集有 PGE、V、Cr、Pb、Zn、Hg、Sb、As、Au、Ag、P、REE 等。Pt + Pd 质量浓度大庸为 0.602×10^{-6};遵义为 0.70×10^{-6};织金为 0.47×10^{-6}(梁有彬等,1999)。以往将这些铂族元素矿化体作为钼镍矿床的伴生组分,其成因同钼镍矿层一样为有机成矿作用参与下的沉积矿床(梁有彬等,1999;张爱云等,1987;Murowchick et al.,1994)。但近年的研究发现,钼镍金属层 Os-Re 同位素等时年龄为 560 Ma(Horan et al.,1994)和 541 Ma(毛景文等,2001)❷,稳定同位素和流体包裹体数据支持海底喷气热水沉积的观点(Coveney et al.,1992;Özturk et al.,1997;Lott et al.,1999),成矿作用与沉积作用几乎是在相近的时间同时进行的。有可能说明,在广阔的早古生代海盆中,一方面海底喷气热流体带入了大量的钼、镍、铂族等矿物质;另一方面这些成矿溶液组成的密度流沿海底斜坡呈胶体形式搬运至狭窄的局限盆地,迅速沉积固定下来,形成横贯川、黔、湘扬子地台稳定的黑色岩系及其金属层。根据这一思路,通过海底喷发相和沉积相环境分析,在川、黔、湘广大地区寻找一定规模的铂族金属工业矿体是极有可能的。

参 考 文 献

A J NIadrett. 1998. 诺里尔斯克地区 Ni-Cu-PGE 成矿模式及其在溢流玄武岩分布区的应用. 四川地质科技情报,(4):259.

❶ 王登红等. 四川杨柳坪 Cu-Ni-PGE 富矿体的成因及意义. 地球学报(待刊).

❷ 毛景文;张光弟;王义天等. 贵州遵义黑色页岩多金属层 Os-Re 等时线年龄及其地质意义. 地质学报(待刊).

万方数据

B B 季斯特列尔等. 1997. 俄罗斯干谷金矿床中的铂族金属存在形式极其成因. 国外地质科技, (7): 37～47.

范德廉, 杨秀珍, 王连芳等. 1973. 某地下寒武统含镍钼多元素黑色岩系的岩石学及地球化学特征. 地球化学, (3): 143～164.

L J 赫尔伯特等. 1991. 铂族元素的地质环境. 北京: 地质出版社, 4.

Φ A 列特尼科夫等. 1997. 高碳构造岩——金和铂富集的新类型. 国外地质科技, (3): 23～26.

梁有彬, 刘同有, 宋国仁等. 1998. 中国铂族元素矿床. 北京: 冶金工业出版社, 26.

李胜荣, 高振敏. 1995. 湘黔地区牛蹄塘组黑色岩系稀土特征——兼论海相热水沉积岩稀土模式. 矿物学报, 15(2): 225～229.

李学军, 杜杨松, 胡金文, 方勤建. 1998. 安徽铜陵大团山夕卡岩型铜矿床热液成矿作用研究. 地学学报, 19(增刊), 30～38.

李胜荣, 高振敏. 2000. 湘黔寒武系底部黑色岩系金属来源示踪. 中国科学(D 辑), (2): 169～174.

汤中立, 蔡体梁, 杜笑菊编译. 1989. 国外铂族元素的地质矿床及资源分析(译文集). 兰州: 兰州大学出版社, 264～267.

谢树成, 殷鸿福. 1997. 生物-有机质-流体成矿系统. 北京: 中国地质大学出版社.

赵支刚, 杨大宏, 杨铸生. 2000. 四川会理大岩子铂矿地质特征及找矿模式. 西昌地质, 65(1): 1～13.

张爱云, 伍大茂, 郭丽娜等. 1987. 海相黑色页岩建造地球化学与成矿意义. 北京: 科学出版社.

A L Alsop and A P Gize. 1995. Potential Pt-Au-humic organo-sulphur species interactions. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts. Pašava, K íbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfiedld. 719～721.

Anatoly G Mironov, Alexey A Kulikov, Yuri Ch Ochirov & Alexander S Yatzenko. 1995. Precious metal in black shales from the transbaikalia region: Geochemistry, mineralogy and origin. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts, Pašava, K íbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 781～783.

B James, Murowchick, Raymond M Coveney Jr, Richard I Grauch et al.. 1994. Cyclic variations of sulfur isotopes in cambrian stratabound Ni-Mo-(PGE-Au) ores of southern China. Geochimica et Cosmochimica Acta, 58(7): 1813～1823.

D A Lott, R M Coveney, Jr J B Murowchick and R I Grauch. 1999. Sedimentary exhalative Nickel-Molybdenum ores in south China. Economic Geology, 94: 1051～1066.

Ferenc Molnar, David H Watkinson, Peter C Jones and Istvan Gatter. 1997. Fluid inclusion evidence for hydrothermal enrichment of magmatic ore at the contact zone of the Ni-Cu-Platinum-group element 4b deposit. Lindsley Mime, Sudbury, Canada, Economic Geology, 92: 674～685.

Hüseyin özturk and James R Hein. 1997. Mineralogy and stable isotopes of black shale-hosted manganese ores, southwestern Taurides, Turkey. Scientific Communications, 92: 733～744.

K Loukola-Ruskeeniemi. 1995. Platinum, Palladium, rhodium and iridium concentrations in Early Proterozoic black schists, Finland: Origin in Seafloor hydrothemal Processes. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts, Pašava, K íbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 777～780.

M F Horan, J W Morgan, R I Grauch et al.. 1994. Rhenium and Osmium isotopes in black shales and Ni-Mo-PGE-rich sulfide layers. Yukon Territory, Canada, and Hunan and Guizhou province, China, Geochimica et Cosmochimica Acta, 58: 257～265.

Ph Baranger and J R Disar. 1995. Reduction of Various metal ions by a sedimentary organic matter. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts, Pašava, Kíbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 727～729.

R M Coveney, Jr and D F Sangster. 1995. Distinguishing hydrothermal sources of metals for black shales. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts, Pašava, Kíbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfield. 939～940.

Raymond M Coveney, Jr James B Murowchick, Richarch I Grauch, Michael D Glascock and Teffrey R Denison. 1992. Gold and platinum in shales with evidence against extraterrestrial sources of metals. Chemical Geology, 99: 101～114.

Tarkian, M Erstigneeva, T & A Gorshkov. 1995. Formation of some Pt-and Pd-phases in low-temperature hydrothermal solutions. Mineral and Petrol. 49.

V V Seredin. 1995. New types of REE and Au-PGE mineralization of the Russian coal-bearing depressions. in: Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts, Pašava, Kíbek & ák (eds), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 799～801.

The Present Situation and Prospects of Platinum Metals Resources in China

Zhang Guangdi Mao Jingwen Xiong Qunyao

(*Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing*)

Abstract This paper is based on the comparision of the resourec requirement and guarantee degree of PGE metals and the resource development trend of all kinds of PGE deposits between China and countires abroad. The study is focused on the resource prospects of the Norilskian picrite volcanic-intrusive type copper, nickel and platinum deposits in Panxi-Dianzhong area (the area of Panzhihua and Xichang in Sichuan Province and central Yunnan Province), the black shale type molybdite, nickel, platinum deposits in the upper reaches of the Yangtze River in Hunan and Guizhou Provinces and the Huili tectonic alteration type platinum group elements deposit in Sichuan Province. It is pointed out that advances in the prospecting work for the three types of PGE deposits are quite splendid in China. Among these deposits, the black shale and tectonic alteration type platinum group elements deposits are new types of ore deposits discovered recently.

Key words PGE (platinum group elements) Norilskian type Cu-Ni-Pt deposit black shale type Mo-Ni-Pt deposit tectonic alteration PGE deposit

万方数据