

# 铂族元素矿床研究现状及对山东找铂矿的建议

王登红<sup>1</sup>, 刘玉强<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 山东省国土资源厅, 山东 济南 250014)

**摘要:**山东省还没有发现过独立的铂族元素矿床,但在济南历城铜镍矿床中存在可回收的伴生铂族元素。在众多的中生代金矿床中铂族元素常常出现,虽然还没有经济意义,但可作为寻找新的铂族元素矿床的线索。根据近年来国内外铂族元素地质找矿与成矿理论研究的新进展,在山东寻找铂族元素矿床是值得注意的。山东可能存在多个时代(太古宙、元古宙和中生代)的成矿作用,矿床类型也可能是多种多样的,如与基性—超基性岩有关的济南历城式铜硫镍化物型矿床、与金伯利岩筒有关的铂族元素矿床和热液成因多元素组合的铂族元素矿床等。

**关键词:**铂族元素;研究现状;找矿;地幔柱;山东

**中图分类号:** P618.53

**文献标识码:** A

## 0 引言

在中国的矿产资源中,铂族元素(platinum group elements,一般简写成PGE)始终是最紧缺的矿种之一。早在40多年前,我国政府就注意到铂族金属的重要性,地矿部门也花了很大力气来找矿,但至今没有找到独立的铂族元素矿床。甘肃金川是我国最大的铂族元素生产基地,但每年综合回收的产量只有800 kg(汤中立等,2002),远远不能满足需要。我国对于铂族元素的需求目前主要表现在两个方面:一是现代工业尤其是高科技工业快速发展的需要(汽车工业、石油工业、精密仪器制造业等)。另一方面是人民群众的需要。目前,民间的饰品需求已经成为国内铂金市场的最大拉动力。近年来,中国已经超过日本,并连续3年成为全球铂金的第一大消费国。据有关媒体报道,仅2001年中国就进口铂金40t,占世界总产量的55%,国内铂金的消费已经超过20亿美元。因此,尽快寻找和开发铂族元素矿床是非常必要的。

## 1 国内外研究现状及启示

虽然中国地质工作者花了很长时间来寻找铂族元素矿床,但总体上尚未取得重大突破。究其原因,主要有3个方面。

(1)对铂族元素的成矿规律不清楚。与中国类似,世界上的铂族元素资源主要集中在极少数矿床中(如南非与布什维尔杂岩体有关的矿床、俄罗斯的诺里尔斯克、加拿大的萨德伯里、美国的斯提耳沃特)。目前,地质界对于铂族元素成矿规律的绝大部分知识也是从这4个地区获得的,这种知识无疑是不全面的。

(2)铂族元素属于稀有金属,在地壳地质体中的含量很低,即使是在铜镍硫化物矿体中也往往不到 $10^{-6}$ ,因此要求比较先进的分析测试技术。虽然目前许多实验室都可以测定样品中铂族元素的含量,但往往只是准确测定个别元素(主要是Pt, Pd,而对Ru, Rh, Ir, Os一般不能准确测定),而且价格较高(比测定Au要贵得多)。这就使地质人员在送样分析时往往为了降低成本而“牺牲”更多的数据。对于铂族元素来说,没有充分的数据资料,要可靠地评价一个矿床是困难的。

(3)认识和研究程度不够。在目前,铂族元素矿床是“超难识别”矿床,要想对其快速评价是不现实的,需要持之以恒的努力。南非的波特吉特拉斯特铂矿山,曾经创造过单月生产10t铂族金属的记录,但从发现到正式开采却经历了60多年的曲折历史。这种矿床尽管规模很大,储量丰富,有时品位很高,但极难识别。主要表现为品位变化很大,没有明显的硫化物(如黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿等)、金属氧

收稿日期:2003-06-05;修订日期:2003-07-02;编辑:王先起

作者简介:王登红(1967-),男,浙江嘉兴人,研究员,从事成矿学及其相关构造环境、矿产资源评价等的研究。

化物(如磁铁矿、钛铁矿等)作为找矿评价标志,以至于人们花了半个多世纪才查明了铂族元素的赋存状态、矿化规律等一系列矿床成因和开采、选冶方面的问题。

近百年来的勘查实践证明,铂族元素可以出现在不同的地质环境中。基性超基性岩岩浆、变质岩和沉积岩都可以出现铂族元素矿化,花岗岩照样可以。就是同一个矿区,铂族元素也完全可以赋存在不同的围岩之中,如上述的波特吉特拉斯特铂矿山,铂族元素既可以出现在苏长岩等基性超基性岩中,也可以出现在蚀变白云岩和花岗岩(围岩)中,还可以富集在侵入岩交代各种围岩所形成的极其复杂的类夕卡岩中。因此,以往勘查铂族元素矿床的一些“准则”需要修订,特别是“钻孔出了超基性岩岩体即终止”的作法往往会导致矿体漏掉。20世纪70年代,四川杨柳坪铜镍铂族元素矿床曾经过多个地质队先后多次从普查、详查到勘探的评价,但还是有一些热液型的富矿体被漏掉了<sup>[1]</sup>。

另外,南非与布什维尔德杂岩体有关的铂族元素矿床并不只是出现在人们比较熟悉的UG-2等铬铁矿矿层和Merensky等含少量硫化物的矿层中,还大量出现在铜镍硫化物矿脉(这种矿脉到处“钻”,在基性—超基性岩、花岗岩和沉积岩中都可以出现)、基性—超基性岩岩筒、硫化物少见的类夕卡岩、碱性花岗岩、韧性剪切带的热液型铜矿脉以及锡石—石英脉中。它们实际上构成一个完整的矿床成矿系列(图1),属于该系列的矿床除了铂族元素之外,还有菱镁矿、铬铁矿、钒钛磁铁矿、蚀变蛇纹岩、石棉矿床以及岩筒型金刚石矿床等等。所有这些矿床的形成都与布什维尔德地幔柱的作用密切相关,从而构成一个典型的与地幔柱作用有关的矿床成矿系列<sup>[2]</sup>。在我国的文献中,以往只介绍UG-2和Merensky两个主矿层,而对其他类型的铂族元素矿床极少介绍,以至于人们习惯上认为铂族元素只是呈层状出现在UG-2这样的铬铁矿矿层中。事实上,俄罗斯干谷黑色页岩型铂族元素—金矿床的发现(也是经历了漫长的评价过程,至今对铂族元素的赋存状态还没有完全查明)已证明铂族元素不只是富集在基性—超基性岩中;干谷这样的沉积岩型铂族元素矿床的储量同样可以达到千吨以上。

上述南非铂族元素矿床的多样性及其地幔柱成因矿床成矿系列的确认、俄罗斯特大型黑色页岩型

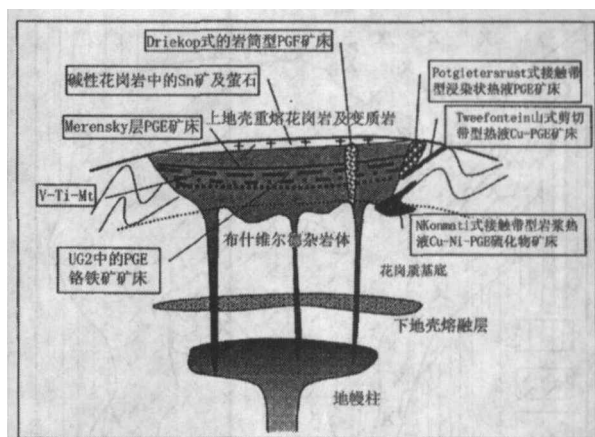


图1 南非与布什维尔德杂岩体地幔柱有关矿床成因系列模式图

铂族元素矿床的发现以及欧洲二叠纪含铜砂岩型铜矿中铂族元素的重新评价等等,都充分说明人们对于铂族元素富集成矿规律的认识还是非常肤浅的。

## 2 山东已知铂族元素矿化的地质特征

山东已知的铂族元素矿化信息很少,独立的矿床还没有,只是在济南历城铜镍硫化物矿床(赋存于桃科岩体中,位于济南SE约17km处)中伴生产出。济南历城含铂族元素的铜镍硫化物矿床分布于鲁西台背斜的北部、新太古代泰山岩群(近年,山东地质界多将泰山岩群的大部视为变质岩体,本文暂用原义)变质岩分布区。西安地矿所(1993)认为其赋矿辉长岩岩体为基性超基性火山岩喷发旋回之间同火山作用的侵入组分<sup>[3]</sup>。泰山岩群的同位素年龄为2500~2900Ma,属于华北地台新太古代建造<sup>[4]</sup>。泰山岩群的雁翎关组 and 山草峪组由斜长角闪岩、角闪变粒岩夹黑云母变粒岩、滑石片岩、二云母石英片岩等组成。原岩恢复:雁翎关组以基性熔岩为主夹碎屑岩,山草峪组以浅海碎屑岩建造为特征。济南历城的含矿变辉长岩岩体的围岩为雁翎关组斜长角闪岩和绿泥片岩(图2),岩体与围岩同属于火山产物。

根据勘探资料,济南历城矿床由5个矿体组成,其中I号矿体长240m,宽0.8~20.5m,铂族元素的含量一般在 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.8 \times 10^{-6}$ ,矿体受断裂控制,矿石矿物主要有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、紫硫镍铁矿、针镍矿、辉钼矿等,含有金。铂族元素主要赋存在黄铁矿、黄铜矿及含镍的硫化

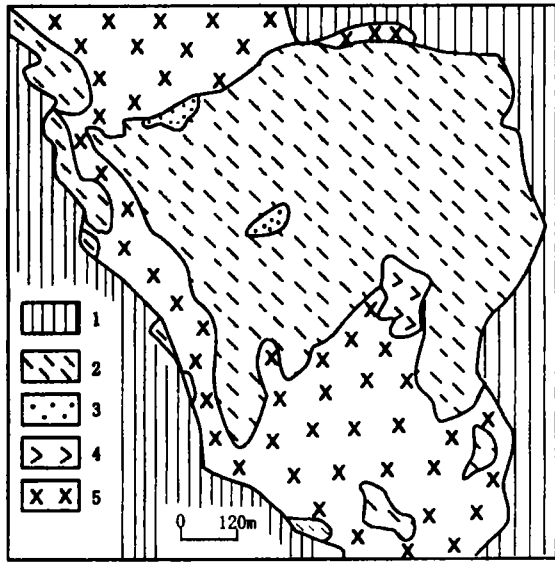


图2 桃科岩体平面地质略图  
(据山东 816 地质队)

1—绿泥片岩、斜长角闪岩;2—混合岩化片麻岩;3—滑石岩;  
4—变辉石岩;5—变辉长岩

物中。另外,山东地勘局第九地质队 1995 年在 1:5 万西述、障城幅区调工作中也曾在卧福山二长花岗岩的煌斑岩脉中发现过铂元素矿化线索。根据李文渊(1996)的资料,济南历城铜镍矿石含 Ni 0.32%, Cu 0.38%, Pt  $0.502 \times 10^{-6}$ , Pd  $0.882 \times 10^{-6}$ , Rh  $0.006 \times 10^{-6}$ , Ir  $0.0002 \times 10^{-6}$ , Os  $0.001 \times 10^{-6}$ , Au  $0.424 \times 10^{-6}$ 。其 Pd > Pt, Cu > Ni 等特点显然与甘肃金川镍矿不同。

胶东地区也有含铂岩体,主要分布在近 EW 向栖霞背斜褶皱构造带的胶东岩群(近年,山东地质界多将胶东岩群的大部视为变质岩体,本处暂用原义)变质岩系中,包括铂矿点所在南岗、大沟子、李家草泊和南山口等岩体。变质岩系由片麻岩和斜长角闪岩等组成,底部出现的暗色片麻岩化学成分相当于科马提岩。其中,南山口含铂岩体呈饼状整合产于同褶皱的胶东岩群下部斜长角闪岩中,山东地矿局综合研究队杨惠南(1981)通过对岩石化学的对比研究,认为麻粒岩和斜长角闪岩的成分类似于科马提岩,说明胶东栖霞一带的含铂岩体可能是一种类似于科马提岩型的变质岩岩体<sup>[5]</sup>。据说,山东地勘局早年也曾在莱西塔埠头地区做过工作,发现了一些铂的线索。

另外,在山东丰富的原生金矿中也或多或少伴生有一些铂族元素。如,新城金矿的黄铁矿普遍含 Pt,最高达 0.93%,平均 0.46%,含 Te 可达 0.39%;石英中含有较高的 Cu(CuO 可达 0.20%)、Pb(PbO 可达 0.27%)、Cr(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 可达 0.17%);微斜长石含较高的 TiO<sub>2</sub>(最高 1.97%);长石成分中还普遍含 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(可达 0.10%)和 NiO(可达 0.56%);银金矿中含 Pt 高达 0.08%~1.19%,Cd 达 0.56%~0.45%,Cr 达 0.50%~1.25%,Pb 达 1.13%~1.05%;硫化物含 Pt,Cd,Cr 普遍较高,其中黄铜矿含 Pt 最高可达 0.44%,闪锌矿含 Pt 最高 0.60%<sup>[6]</sup>。王登红等曾提出胶东的 Au 及金矿床矿物中的 Pt,Cr,Ni 等慢源物质可能同时来自于燕山期的地幔柱,是地幔柱的活动控制了胶东金矿成矿集中区的形成<sup>[7]</sup>。上述零星资料固然表明金矿床中的铂族元素不够工业品位;但实际上,金矿床中的铂族元素尚未进行过专门评价,对铂族元素的分布情况并不清楚。

### 3 山东找铂的前景分析

南非是世界上最大的黄金产地,也是最大的铂金产地,虽然黄金与铂金通常并不共生,但具有密切的地质联系。实际上,世界上最大的金矿,即南非的维特瓦特斯兰德金矿,也是伴生有铂族元素的。山东是中国最大的黄金基地,储量和产量在全国名列前茅,在世界上也占有一席之地。山东是“黄金大省”,能否也是“铂金大省”有待地质工作证实。

#### 3.1 成矿地质背景与区域对比

在成矿构造环境上,山东大体属于华北地台的东南部,以郯庐断裂为界,鲁西属于台背斜,鲁东属于地轴、地盾和地块性质的基底建造<sup>[4]</sup>。鲁西地区太古宙—元古宙的基性超基性岩比较发育,其中不乏规模较大者,济南历城桃科岩体即是一例。

在整个华北地台分布区,从西到东均有铂族元素矿床产出。在西部有我国最大的金川含铂族元素铜镍硫化物矿床,在东部有辽吉地块的红旗岭和赤柏松、内蒙古地轴的小南山、冀东—鲁西的铜硼子和桃科等,并且具有西大东小但西少东多的特点。东部的铂族元素矿床类型和时代均比较复杂。在类型上除了铜镍硫化物型矿床外,还有辉长岩型和与长英质火山岩有关的热液型,如河北红石砬金矿实际上是金铂共生矿床。在成矿时代上,冀东—鲁西的

矿床可能形成于太古宙,辽宁赤柏松含矿岩体的全岩 K-Ar 年龄为 997.5 ~ 2 240 Ma<sup>①</sup>,吉林红旗岭 1 号岩体为 331 ~ 350 Ma,内蒙古小南山含矿岩体为 367 Ma<sup>[3]</sup>。看来,华北地台演化的不同历史阶段均可能出现铂族元素的矿化,而不是局限在某一时期;因此,华北地台可能存在不止一个与铂族元素成矿作用有关的矿床成矿系列,至少可以分出太古宙、元古宙和古生代 3 个不同时期。与山东济南历城含铂铜镍硫化物矿床比较接近的矿床还有北京的红石湾铂矿等等。矿床类型和成矿时代的多样性是中国铂族元素成矿作用的一个特点;因此,在找矿过程中要开拓思路,不能局限于已有的模式。

### 3.2 找矿方向

山东具备铂族元素成矿条件,但此前找矿投入较少。在今后找矿工作中,建议考虑以下几个方面。

#### 3.2.1 铂族元素矿床类型和时代

山东金矿的类型很多,有的金矿床中含有铂族元素及其他幔源成矿物质,并且常常与煌斑岩、辉绿岩等幔源岩浆岩具有密切的时空联系。胶东金矿成矿集中区的形成与深部地幔活动有关;在讨论金矿尤其是矿集区的金矿成因时不能局限在“花岗岩”单一因素上,不妨考虑大面积的花岗岩又是如何形成的。山东出现铂族元素矿化的类型也可能是多种多样的,除了历城铜镍硫化物型矿床之外,金矿床分布区、与桃科岩体类似的侵入体、莱西基性—超基性岩岩体以及胶南隆起上是否存在伴生的或独立的铂族元素矿化,也需要考虑。河北与长英质火山岩有关的红石砬式金铂矿的成矿模式值得在鲁西等地出现爆发式火山活动的地区借鉴。另外,南非的许多基性—超基性岩岩筒都是含铂的,而且具有品位高、矿物颗粒大的特点,如著名的 Onverwacht 岩筒、Driekop 岩筒、Mooihoek 岩筒等。由这些岩筒风化以后形成的砂铂矿床曾经是层状岩体型矿床开采之前的主要开采对象,而且对于层状矿体(如 UG-2 和 Merensky 层)的发现起了重要的作用。山东有不少金刚石发现点,金伯利岩分布地区是否存在岩筒型铂族元素矿床,目前尚无资料可查;但岩筒型铂族元素矿化的可能性不能因此而否定。

另外,山东虽然处于华北地台的东南部,但实际上并不稳定,郯庐断裂、中生代大面积岩浆岩和新生代玄武岩的喷发都是山东构造活动的佐证。有关后期构造对于太古宙、元古宙基性—超基性岩的影响

或基底中铂族元素的活化成矿研究,还是一个新课题,尚无研究资料。济南历城铜镍矿床虽然与基性—超基性岩具有成因联系,但又受构造控制,迫切需要对含矿岩体在构造带中的再次定位、成矿元素的活化转移与再次成矿等等进行研究。如果含矿岩体或铜镍硫化物矿体是由于构造剪切而冷侵位到浅部,其深部很可能还有隐伏岩体和隐伏矿体。

近年来在沉积岩尤其是黑色岩系中发现了大量的铂族元素矿化现象,其中俄罗斯的干谷矿床含 PGE 已经超过 1 000 t。另外,在俄罗斯远东的新生代含煤地层及其他非常规含铂族元素地质体中都发现了铂族元素的富集<sup>[8]</sup>;我国在贵州的煤层中也发现了铂族元素的富集<sup>[9]</sup>。位于胶东北部龙口与蓬莱之间的黄县新生代含煤盆地在大地构造位置上可以与俄罗斯远东的含铂煤层相比拟,但黄县煤田中是否含铂族元素也无资料可查。近年来俄罗斯科学院在千岛群岛的现代火山喷气物及流体沉淀物中发现了铂族元素的矿化;日本也开展了对古近纪岩浆岩中铂族元素含矿性的评价,并且在蛇绿岩中找到了铂族矿物。这些新进展表明,在日本海打开过程中,地幔柱的活动带来了铂族元素矿化。这种矿化是区域性的,是否延伸到环渤海地区,有待于调查。

#### 3.2.2 技术路线

上述分析表明,山东地区铂族元素的矿化可能是多类型、多时代的,但研究程度很低。过低的研究程度对今后铂族元素找矿是不利的;但也可不受以往固定模式的限制,充分吸取现代勘查与成矿学研究的新成果,开拓思路,实现全方位找矿。

在技术路线上,零星星的采样分析固然重要,可以提供线索;但对于已知矿区和已知类型矿床的解剖性研究更为重要。只有揭示铂族元素成矿的机制,才能总结规律、指导找矿。当前迫切需要对济南历城地区的铜镍硫化物型铂族元素矿床进行二次资料开发,查明该矿床是就地结晶分异还是构造冷侵位等一系列科学问题。应该说桃科岩体规模比较大,岩性比较有利,并且已经发现过矿床,值得深入研究和进一步调查。对于热液型铂族元素矿化,可借鉴河北红石砬等金矿区的经验进行对比研究;对于石英脉型、蚀变岩型和隐爆角砾岩型金矿都可以

① 吉林省地质局第四地质调查所。吉林省通化县赤柏松硫化铜镍矿床研究报告,1982 年。

补充分析铂族元素的含量;对于金刚石产地和新生代煤矿也可以开展铂族元素矿化的调查分析。

需要特别指出的是,除了肉眼可识别的矿体(如铬铁矿层、块状硫化物矿体),其他类型矿床中的铂族元素分布都是很不均一的;因此,在进行化学分析时配合天然重砂和人工重砂是非常必要的。四川地矿局最近发现了镇龙沟铂矿,但在评价过程中Pt, Pd元素的分析结果变化极大,几乎没有重现性。改用人工重砂法开展调查和评价,结果发现了大量的自然铂。当然,人工重砂还不能取代化学分析;研究快速、多元素联测、价格便宜的铂族元素分析技术已成为当务之急。

总之,由于热液型铂族元素矿床及其他类型铂族元素矿床的成矿规律还不被人们所掌握,以往的研究程度又很低,目前开展专门评价铂族元素矿床的条件还很不成熟;但相信早晚会对类似于胶东这样的超大型金矿床集中区进行铂族元素资源状况的调查评价。到那时,对山东新类型铂族元素矿床的成矿条件与成矿规律会有一个比较深入的认识,进而指导找矿工作。也许,在山东全面开展铂族元素找矿工作,取得铂族元素找矿的突破还要有一段漫

长的时间,但开展铂族元素矿床的找矿与研究是大势所趋。

### 参考文献:

- [1] 王登红,刘凤山,楚萤石,等.峨眉地幔柱与杨柳坪铜镍铂族元素矿床[M].北京:兵器工业出版社,2003,78.
- [2] 王登红,应汉龙,骆耀南,陈毓川,朱明玉.试论与布什维尔德杂岩体有关的铂族元素—铬铁矿床成矿系列及其对中国西南部的意义[J].地质与资源,2002,11(4):343-359.
- [3] 李文渊.中国铜镍硫化物矿床成矿系列与地球化学[M].西安:西安地图出版社,1996,228.
- [4] 杨森楠,杨巍然.中国区域大地构造学[M].北京:地质出版社,1985,320.
- [5] 杨星,李行,杨钟堂,等.中国含铂基性—超基性岩体与铂(族)矿床[M].西安:西安交通大学出版社,1993,13-15.
- [6] 陈光远,邵伟,孙岱生.胶东金矿成因矿物学与找矿[M].重庆:重庆出版社,1989,340.
- [7] 王登红,林文蔚,杨建民,闫升好.试论地幔柱对于我国两大金矿集中区的控制意义[J].地球学报,1999,20(2):157-162.
- [8] Seredin VV.俄罗斯含煤洼地中新的稀土和金—铂族元素矿化类型[J].王金平译.贵金属地质,1997,6(3):237-240.
- [9] 李生盛,张军营,任德贻,代世峰.黔西南煤中铂族元素的发现及其地质意义[J].中国矿业大学学报,2002,31(3):258-261.

## Present Condition of Study on Platinum – group Elements Deposits and Suggestion for Prospecting It in Shandong Province

WANG Deng – hong<sup>1</sup>, LIU Yu – qiang<sup>2</sup>

(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Shandong Department of Land and Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** There is no independent platinum deposit found in Shandong province, but recoverable associated platinum elements maybe occur in Cu – Ni deposit in Licheng, Jinan city. Platinum elements always occur in Mesozoic gold deposit which can provide clue for propecting new platinum – element deposit. According to new developments of platinum – probing and ore – forming theory in recent few years, Shandong should be paid more attention in propecting platinum – element deposit. Multi – periods ore – forming function occurred in Shandong with many kinds of deposit types, such as Cu – S – Ni type platinum element deposit in Licheng which has close relation with basic – super – basic rocks, and platinum element deposit which has close relation with kimberlite pipe and geothermal multi – elements combination.

**Key words:** Platinum – group element(PGE); present condition of study; prospecting; mantle plume; Shandong