2003 年第 22 卷　第 3 期 250～259 页　　云 南 地 质　　CN53 - 1041/ P　ISSN1004 - 1885

云南铂族元素找矿基础问题

王登红[1]，李志伟[2]，罗君烈[2]，刘和林[3]，蒋成兴[4]

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所，北京　100037；2. 云南省国土资源厅，昆明　650011；
3. 云南省地调院第二地调所，文山　653000；4. 云南省地调院第四地调所，保山　678000)

摘　要：云南省铂族元素矿床成矿地质条件较好，已有不少已知矿床、矿点、找矿信息及地球化学异常。找矿重点以基性超基性岩型为主，也应考虑其它类型，如热液型、黑色页岩型、煤岩型等。找矿重点地区除在峨眉山玄武岩分布区及其周边外，应注意康滇地轴中部及边缘中新生代断裂带通过的地区。峨眉山玄武岩分布区外围的卡林型金矿和浅成低温热液型矿床分布区亦值得重视，如滇东南地区。此外，寒武系黑色岩系及含磷层位的含铂性是一个具有挑战性的新课题，值得加强研究。云南铂族元素矿床的成矿时代，可能从元古代到新生代均有，对云南找铂来说非常有利，其它省区无法与之相比。新生代构造可能将深埋的矿体错动到浅部，找矿中需要特别注意，不妨“沿河找矿”。第四纪的风化壳中是否有铂族元素的富集也可探索。

关键词：铂族元素；矿床类型；成矿时代；找矿方向；峨眉地幔柱；云南

中图分类号：P618.53　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1004-1885 (2003) 03-250-10

铂族元素（铂族金属）长期以来一直是中国的紧缺矿种，近年来找矿进展不少，但没有重大突破。中国已连续三年成为全球铂金的第一大消费国，据《北京青年报》(2002 年 12 月 6 日) 和中央电视台“新闻 30 分”等媒体报道：2001 年中国进口铂金 40 吨，占世界总产量的 55 %，国内铂金的消费已经超过 20 亿美元。需求与供给的矛盾日益突出。因此，中国有没有较好的独立铂矿，到哪里去找，如何去找，已是地质学界刻不容缓的课题。

1　云南铂族元素成矿基本特点

云南有较好的铂族元素成矿条件，已评价过的铂矿 9 个，其中大型 1 个（金宝山），中型 4 个（朱布、荒草坝、热水塘、安益），小型 4 个（拱山箐、迎风、猛林沟、碗厂），另外在白马寨等镍矿床中伴生有铂族元素[1]。总体上，云南已知的铂族元素矿床成矿作用具有以下特点：

①出现以铂族元素为主的矿床。金川是中国目前生产铂族金属的主矿山，但主要是从镍矿石中回收，而不是独立开采。云南的金宝山则是以铂族元素为主的矿床，尽管也属于铜镍硫化物型矿床，但 Ni 的品位 < 0.2ω %，还不能作为镍矿床。

项目来源：国土资源部百名优秀青年科技人才计划项目，地质大调查项目（工作内容编码 200310200002）

收稿日期：2003-05-13

作者简介：王登红（1967～），男，浙江嘉兴人，研究员，主要从事成矿学及地幔柱等方面研究.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

②总体品位低。金宝山不能作为镍矿床，但 PGE（铂族元素）的品位也不高，一般为 1g/t 左右。其它矿床中的 PGE 品位也不高。

③矿床类型相对单一。主要赋存在基性超基性岩中（罗君烈，1995）[1~2]，以铜镍硫化物型多见，铬铁矿型和钒钛磁铁矿型等氧化物矿石中少见，沉积岩型和热液型等其它类型罕见报道。

④空间分布比较广泛。硫化物型铜镍和铂族矿床分布在保山、弥渡-金平、宁蒗-大理、元谋-元江和马关-富宁五条成矿带，前两条属滇藏地槽褶皱区，第三、四条属扬子准地台，最后一条属华南褶皱系（邓家藩，1999）[2]。因此，不同的构造单元均可成矿，但受区域性构造断裂带控制比较明显，与峨眉山玄武岩的关系相对疏远。

⑤成矿时代较多。尽管目前研究程度尚低，但已有资料表明，金宝山橄榄岩中黑云母的 K-Ar 年龄为 304Ma BP，Rb-Sr 年龄为 322MaBP，如果此年龄能代表成岩成矿时代的话，则金宝山铂族元素矿床的形成与二叠纪末期的峨眉山玄武岩没有直接的联系（二者相差达 50Ma 以上），应视为一次独立成矿事件。朱布岩体的 K-Ar 年龄为 406MaBP，牟定安益含矿岩体形成于 187MaBP，拱山等岩体超基性岩为 359MaBP～418MaBP，大民太岩体橄榄辉长岩中黑云母年龄为 328MaBP～392MaBP，冷水箐岩体辉长岩为 1112MaBP（《云南省区域矿产总结》，1993），又都不同于金宝山。新平大红山的铁铜矿床中还伴生有接近于 0.01g/t 的 Pt + Pd。最近，笔者初步获得白马寨铜镍硫化物矿石的 Re-Os 等时线年龄为 249Ma（图 1），该年龄与峨眉山玄武岩的主喷发期一致，因此可以作为由峨眉地幔柱形成的“标志性”矿床之一。新生代基性超基性岩岩筒在滇东南等地都有出现，是否具有铂族元素矿化尚不知，但第四系基性超基性岩风化壳中已知证实出现了铂族元素的富集（杨竹森等，）[3]。可见，云南铂族元素成矿作用有多个成矿期，如；目前工作重点的古生代岩体，特别是与峨眉地幔柱有关的岩体；元古代是否也是一个成矿期，尤其是康滇地轴元古代基底中是否还存在有其它含矿的基性超基性岩，也须引起注意。

从上述可知，云南已知的铂族元素成矿作用相对单一，构造控制明显，成矿期次多，这对今后找矿具有指导意义。但是，还有些问题值得探讨，如云南还有没有更古老成矿作用，有没有其它类型的铂族元素矿床，新生代构造运动对新生代以前的矿床如何改造、再定位等等。

2　寒武系含磷层位会不会有铂族元素

下寒武统地层中的磷矿是云南的优势矿产资源，其中是否含铂族元素，尚无资料可循。

对于岩浆系统而言，铂族元素可以通过 Cl，F 的络合物迁移，已有不少地质和实验的依据。如，河北某地超基性岩磷灰石矿床中含铂 0.093g/t，但含 S 仅 290 $\times 10^{-6}$（吴克难，1982）[4]，比基性超基性岩中硫的平均丰度（300 $\times 10^{-6}$，涂、费）还低。因此，铂族元素的搬运可能与磷有关。国外如科拉半岛的碱性杂岩体中产有丰富的磷资源（磷灰石为主），同时伴生有铂族元素。俄罗斯远东因吉利碱性-超基性岩体是一个复杂的多元素稀土金属、铌、锆、金、铂和磷矿床，著名的康焦尔（有时译为康捷尔）含铂族元素岩体中同时也富含磷灰石。但是，目前对于磷与铂族元素之间的关系总体上还不够清楚。西伯利亚二叠系暗色岩套中 玄武岩的 P_2O_5 含量通常变化于 0.1ω %～0.2ω %（平均值为 0.149ω %），但诺里尔斯克型

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

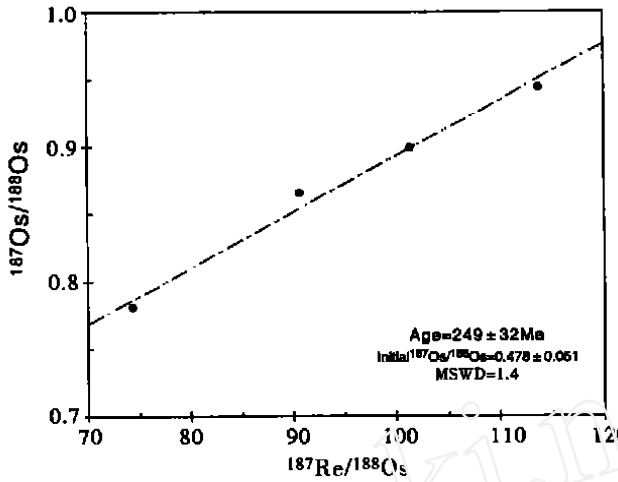


图 1 云南白马寨铜镍硫化物矿床铜镍矿石的 Re - Os 同位素等时线年龄

Fig. 1 Re - Os Isotope Isochron of the Cu - Ni Ores from the Baimazhai Mine, Yunnan

玄武岩 Gluboke 剖面玄武岩的平均含量为 0.191ω%，比其它地区要高（Sharma 等，1991）[5]。四川杨柳坪铜镍铂族元素矿床外围二叠系玄武岩的 P_2O_5 含量为 0.28ω%～0.39ω%，平均 0.32ω%（王登红等，2001；2003）[6~7]，也高于峨眉山玄武岩平均值。Chung 等（1995）发表的资料是 P_2O_5 = 0.2ω%[8]，张云湘等（1988）统计的 668 个峨眉山玄武岩样品的平均值为 0.3ω%，其中西岩区为 0.22ω%[9]。因此，与铂族元素成矿有关的大规模喷发的玄武岩，总体上磷含量不太高，但省内铂族元素矿区的火成岩磷含量可能偏高。

现代分析测试技术表明，含磷介质可以有效的富集微量铂族元素（侯能邦等，2000；杨柳学等，2001）[10~11]。因此，当沉积环境本身已经富含磷，是否也可以明显地吸附分散在水体中的铂族元素？或者当含磷层位作为围岩遇到各种各样的含铂族元素的流体时，是否也可以吸附其中的铂族元素（包括呈气相纳米状态迁移的铂族元素）？这两种可能性都是存在的，尽管还没有详细的研究成果。实际上，对于沉积环境中形成的黑色岩系而言，磷与铂族元素的关系比较明显。如湖南西北部，下寒武统黑色岩系中铂族元素普遍存在，Pt，Pd 等元素主要赋存在镍钼钒矿层中。而该矿层主要出现在木昌组（或牛蹄塘组）底部厚度为 5.7m～6.8m 的含磷岩系中，矿石一般由含磷结核的板状、磷片状碳质页岩及金属硫化物等组成；钒矿层赋存于厚度 4.2m～14.5m 的含磷碳硅泥质岩系中，矿石可分为硅质板状、碳泥质页片状和含磷结核（梁有彬，1995；鲍振襄，1997；吴朝东等，1999）[12~14]。在西秦岭拉尔玛-邛莫-牙相等地，出现铂族元素矿化的寒武系地层也是一个含磷层位（刘家军等，1999）[15]。但是，云南大量的产于寒武系含磷层位中的磷矿床中是否伴生有铂族元素，却没有资料可查。有鉴于此，笔者斗胆建议开展含磷层位（包括顶、底板）中铂族元素含矿性的调查研究。因为，一旦有所突破，将产生重大影响。

3 有没有新类型的铂族元素矿床

除了寒武系含磷层位之外，是否还有其它可能出现的、与基性超基性岩没有直接联系的

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

铂族元素矿床呢？杨勤生（2001）报道，云南某地化探异常区以外的含煤地层中，发现了含 Pt 达 0.21g/t 的样品[16]。与云南相邻的贵州西南部，也发现煤中含有铂族元素（李生盛等，2002）[17]。国外在煤层中发现铂族元素的例子屡见不鲜，如俄罗斯远东地区两类新生代含煤洼地中，都探测到了高含量的贵金属（铂族元素和金）：一类是始新世-渐新世火山-构造地堑，其中在聚煤作用的同时伴随有火山活动；另一类为中新世洼地，其中含有厚达 100m 的风化壳。这些洼地与云南的新生代含煤盆地有一定相似性，如洼地的规模都较小（10km^2～50km^2），并被 200m～500m 厚的陆相含煤沉积岩所充填。铂族元素矿化的煤层中，同时还有稀土元素富集（Seredin，1998）[18]。稀土元素赋存在硫酸盐型稀土矿物中，而细粒金和铂族矿物（自然金、银金矿、自然铂、等轴铁铂矿、硫铂矿）产于煤和木化石中，与硫化物、自然金属以及 Fe，Ni，Co，Cu，Zn，Sn，Bi，Ag 等金属互化物共生。目前对于煤中铂族元素的富集机制和成矿物质来源还不太清楚，但深部流体通过构造补给和火山活动可能是重要的成矿条件，而这两个条件在云南的新生代盆地中也常常出现。曲靖茨营下第三系就有凝灰岩（俗称“羊毛石”），而且富含稀土元素，可以用作肥料（沈权，2000）。上新统茨营组中也出现褐煤[19]，那里是否也含有贵金属？笔者建议可开展调查。

另外，四川已经发现了一些新类型的铂族元素矿床（点），如杨柳坪产于基性超基性岩岩体之外、围岩中的热液型铂族元素矿化，其 PGE 品位比蚀变基性超基性岩中高一个数量级（王登红等，2002；2003）[7,20]；石棉产于基性超基性岩中，但发现过与铜镍硫化物无关的自然铂矿（骆耀南等，2002）[21]等等。这些类型的铂族元素矿床在云南还很少报道，但其成矿条件在云南同样具备，尤其是峨眉山玄武岩分布区和康滇地轴中的基性超基性岩分布区。四川石棉含自然铂的辉石岩和辉长岩在地表的露头很小，而且被第四系覆盖，以往 1∶20 万和 1∶5 万的地质填图中均未发现。斑岩型铜矿中往往伴生有铂族元素，云南金沙江-红河成矿带上的斑岩铜矿（马厂箐和铜厂等）与玉龙铜矿一样，形成于 33MaBP～6MaBP 间（笔者测定铜厂辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 34.38 ±0.46MaBP，马厂箐为 33.9 ±1.1MaBP），且辉钼矿所占比重相对较大，其中必然含锇，可能还含有其它铂族元素。

云南出露的基性超基性岩岩体虽然面积不如四川大，但数量多，表生作用的地理位置优于四川。因此，研究风化壳中铂族元素的分布规律，寻找风化壳型、并通过风化壳寻找原生矿床也是一条找矿思路。墨江金矿矿石样品中的 PGE 含量低于 71×10^{-9}；Pt ≥Pd；Ru > Os，Ir，Rh。样品的地幔标准化 PGE 分布模式是以 Rh 为峰的上凸曲线，Ir 负异常，与一般的基性超基性岩的特征不同。因此，冉红彦等（1996）认为矿化元素金可能主要由区域成矿流体提供[22]。那么，铂族元素从何而来，如果也是区域流体提供，则在基性超基性岩以外的部位会不会出现铂族元素的富集？

4　如何运用物化探资料找矿

物探和区域化探在寻找金宝山铂钯矿和白马寨等铜镍硫化物型矿床的过程中起了重要作用（王宝禄等，1998）[23]，今后仍将继续发挥作用，但需要考虑多方面因素。比如，物探对于含硫化物的铂族元素矿床和磁铁矿型的铂族元素矿床可能效果明显，但对于沉积岩型和热液型矿床可能就不明显。化探异常是寻找铂族元素矿床的重要手段之一，但也需要分析是矿致异常，还是岩石本身高背景值所引起的假异常。郑玉清（2001）已经圈定了东川-曲靖地

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

区 Pt + Pd 元素地球化学异常 9 处～10 处，这些异常一般呈 NS 向、NE 向和 EW 向成串成带出现，受地层、岩性、岩脉和构造控制比较明显[24]。在上二叠统峨嵋山玄武岩组出露地区，Pt + Pd 背景值高，异常面积大，强度高，分布密集。Pt + Pd 高异常带出现在火山岩厚度 > 1 000 m的加厚地带，表明火山岩是 Pt + Pd 的主要来源，而其最初来源可能是峨眉地幔柱。在玄武岩变厚地带和大断裂发育地带交汇部位出现 Pt-Pd 元素地球化学异常区，又可能表明在后期流体活动过程中铂族元素有活化或补充。但是，“活化”与“补充”在成因上是不同的：活化是指玄武岩本身携带成矿物质，后期或晚期的流体（无论温度如何）通过循环作用淋取其中的成矿物质来成矿；“补充”则是一次独立成矿事件，成矿物质另有来源，至少不是全部来自于对围岩的淋取。这是两种不同的成矿作用，究竟是哪一种，可通过是否存在围岩中成矿元素由于被淋滤而形成的降低场来大致判断。这种分析对于找矿有帮助。

另外，地幔柱成因的玄武岩，由于其本身可能富含铂族元素（铂族元素在地核中的丰度比在地幔中的丰度高两个数量级。因此，起源于核幔边界的地幔柱最容易从地核中将铂族元素携带上来），在风化过程中铂族元素由于相对惰性而可能在风化壳中更加富集，土壤中的含量要明显高于基岩，可能会产生一种假象异常；而不同铂族元素之间活动性的差异又会造成元素比值的差异，查明其变化规律对于找矿有用。比如，一般而言，Pd 的活动性要比 Pt 明显得多。因此，风化剖面中随着 Pd 的流失而使 Pt/ Pd 比值增大，而水系沉积物的 Pt/ Pd 比值可能减小。南非的 Merensky 层、UG-2 层和美国的 Stillwater 等典型矿区，风化后常常在氧化带的表层贫化而在底部富集，随着风化作用的不断进行，如此反复可导致氧化带中铂族元素的差异性聚集。但如果水系沉积物测量的结果表明 Pt/ Pd 比值非但没有减小，反而明显增大，则可能表明有额外的 Pt 加入到水系沉积物中。那么，这额外的 Pt 从何而来？会不会存在独立的富 Pt 的矿体或地质体？赵传冬（2000）根据贵州西部 665 个水系沉积物组合样和 167 个岩石样品的 Pt，Pd，Au 分析资料，计算出黔西水系沉积物的 Pt，Pd 背景值分别为 2.46×10^{-9}、1.60×10^{-9}（Pt/ Pd = 1.53）。而岩石 Pt、Pd 背景值为 1.04×10^{-9}和 0.76×10^{-9}（Pt/ Pd = 1.36）[25]。据郑玉清（2001）的统计[24]（表 1），云南东川-曲靖一带玄武岩区水系沉积物中的 Pt 和 Pd 含量明显偏高，表明玄武岩中的 Pt 和 Pd 很可能已经转移到水系沉积物中。有意思的是，沉积岩分布区的水系沉积物中 Pt 和 Pd 的含量也同样偏高，虽然不如玄武岩分布区，但比其它地区的水系沉积物明显偏高。这需要调查沉积岩分布区水系沉积物中的 Pt 和 Pd 是由玄武岩风化提供的，还是沉积岩本身就相对地富含铂族元素，或者说在沉积岩中也存在铂族元素的矿化？

与四川杨柳坪铜镍铂族元素矿区外围的峨眉山玄武岩相比，贵州西部和云南东川-曲靖一带峨眉山玄武岩分布区，岩石和水系沉积物的 Pt 和 Pd 含量均不算高，杨柳坪地区玄武岩含 Pt 为 11.67×10^{-9}，含 Pd 为 7.22×10^{-9}（王登红等，2002；2003）[7,20]。

5 云南铂族元素找矿新方向

5.1 可能出现新的成矿时代

云南铂族元素矿床存在长期性，应该考虑华力西期以外成矿的可能性。元古代的基性超基性岩（包括海相喷发岩）在康滇地轴中分布较广。大红山铁矿中伴生有铂族元素，虽然品位过低，但至少提供了元古代有铂族元素富集的信息；寒武系黑色岩系及其它时代的黑色岩

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

系分布广泛，有的地区已有所发现；峨眉山玄武岩分布区可能出现多种类型的热液型铂族元素矿床，包括煤岩型、构造控制的热液型、玄武岩型自然铜矿床中的伴生铂族元素矿床等；其成矿时代可能从二叠纪末期延续到新生代；峨眉山玄武岩喷发之后，中、新生代的构造事件及其有关的区域性地质流体对于玄武岩中赋存的铂族元素活化、转移、成矿具有关键意义，寻找后期热液型铂族元素矿床过程中必须考虑；新生代红土型金矿、风化壳型铝土矿及玄武岩风化壳中的砂铂矿及其它未识别出来的铂族元素矿床类型亦应注意。

表 1　云南东川-曲靖地区水系沉积物的 Pt 和 Pd 含量（$\times 10^{-9}$）

Tab. 1　Pt and Pd Contents of Stream Sediments in Dongchuan-Qujing Area, Yunnan

地　区	Pt 平均	Pd 平均	Pt 变化范围	Pd 变化范围	Pt/Pd	资料来源
全　区	3.44	3.47	0.5～11（221）	0.4～10.8（224）	0.991	[24] 郑玉清，2001
沉陷区玄武岩区水系沉积物	5.29	5.29	0.7～11（104）	0.5～10.8（105）	1	[24] 郑玉清，2001
沉陷区沉积岩区水系沉积物	2.87	2.78	0.7～5.8（63）	0.7～5.7（63）	1.032	[24] 郑玉清，2001
牛首山隆起区水系沉积物	1.11	1.1	0.5～2.2（54）	0.4～2.7（54）	1.009	[24] 郑玉清，2001
贵州西部水系沉积物	2.46	1.6	0.24～14（644）	0.11～10.1（644）	1.537	[25] 赵传冬，2000
贵州西部岩石	1.04	0.76			1.368	[25] 赵传冬，2000
中国泛滥平原水系沉积物	0.46	0.4	0.06～1.1（502）	0.12～0.9（498）	1.15	[25] 赵传冬，2000
四川杨柳坪外围新鲜玄武岩	11.67	7.22	9.6～13.6（3）	0.99～15.55（3）	1.616	[20] 王登红等，2002
金宝山铂族元素矿床			14～350	19～371		[26] 邓海琳等，2000

5.2　可能成矿的新地区

峨眉山玄武岩分布区外围浅成低温热液型矿床中可能伴生有铂族元素。笔者曾经从地幔柱的角度探讨胶东和滇黔桂两个金矿成矿集中区的成因（王登红等，1998）[27]。最近，苏文超等（2001）利用 ICP-MS 测定技术，发现烂泥沟和丫他两个卡林型金矿床主成矿期的石英流体包裹体中都存在高含量的 Pt[28]。因此，云南东部的卡林型金矿与其他类型矿床分布区可同时评价铂族元素的成矿性。

云南在“三江”、扬子地台西南缘和华南褶皱系等不同的构造部位，均发现有铂族元素矿床，但主要集中在金沙江-红河断裂带，而真正出现在稳定地台区的矿床很少。这表明新生代虽然不是铂族元素成矿的主要时期，但新生代的构造活动可以将深埋的铂族元素矿床抬升到地表，即通过冷侵位或构造定位的方式将矿体及含矿岩体再次搬运上来。笔者认为：“小岩体成大矿”的现象不是单纯的岩浆结晶分异所能解释的。按照地幔柱成矿的一般规律和对南非铂族元素矿床的实地考察，笔者认为铜镍硫化物型的铂族元素矿床和磁铁矿、铬铁矿型的铂族元素矿床，主要定位在暗色岩套的深部，即地幔柱尾部成矿[29]。峨眉地幔柱形成于二叠纪末期，至今没有被剥蚀完，因此很难出现南非这种层状铬铁矿矿体直接出露地表的情况（元古代以来长期剥蚀）。目前在西南地区的铂族元素矿床在很大程度上得益于中、新生代构造的再次定位。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

构造搬运矿体，这是一个思路，以往重视不够。笔者通过实地考察和研究认为：四川杨柳坪的含矿岩体很可能是通过中、新生代持续发展的热穹隆构造抬升到地表的。记录下来的同位素年龄从 242.59MaBP 一直到 11.38MaBP（王登红等，2003）[7]，表明成矿时代是二叠纪末期。但受到了中、新生代热穹隆构造的多次影响，并且在热穹隆构造活动过程中成矿物质发生了明显的再分配，含矿岩体也发生了强烈的蚀变。原先在岩体中的一部分成矿物质被重新转移，而形成多种类型的热液型铂族元素矿体。云南白马寨铜镍矿石的 Re-Os 同位素年龄也表明成矿时代为二叠纪末期，但实际上整个含矿岩体可能是在新生代通过剪切作用被重新定位，定位的时间可能与穿切岩体和矿体的煌斑岩的侵入时代一致。由于煌斑岩在矿区外围穿切了下第三系地层，因此白马寨含矿岩体的定位应该在新生代，并且可能与渐新世沿金沙江-红河断裂带发育的一系列岩浆-构造事件密切相关。至于金宝山铂族元素矿床，含矿岩体的产状比较平缓（与杨柳坪的穹隆构造和白马寨的透镜体状均不同），但恰好有礼社江切割了含矿岩体。如果没有礼社江的通过，要发现金宝山矿床比较困难。因此，笔者曾经提出“沿河找铂”的设想：一方面“河流”本身往往就是构造，而且出露较好，交通较方便；另一方面，沿河流进行的水系沉积物测量——包括非常重要的重砂找矿方法可以很好地运用。在寻找铂族元素矿床的过程中，化探资料必须结合重砂，而且重砂资料更加关键。目前，俄罗斯不但在西伯利亚二叠纪地幔柱形成的玄武岩分布区进行了不同比例尺的重砂测量，而且将范围扩展到了叶尼塞河以东的沉积岩地区和花岗岩分布区，已发现了一批新的异常，包括靠近蒙古一带的花岗岩区发现的铂族元素重砂异常。

5.3 从区域成矿规律和矿床成矿系列角度找矿

铂族元素矿床成矿物质的最终来源比较深，成矿过程比较复杂，因此需要从矿床成矿系列的角度综合考虑。根据对南非铂族元素成矿区的考察，与布什维尔德杂岩体有关的铂族元素矿床本身是多种类型、多种产状的：既有赋存在基性超基性岩岩体内部的闻名的 UG-2 和梅林斯基层状矿体，也有产于超基性岩体与元古代花岗岩、白云岩等围岩接触带的类矽卡岩型矿床（如 Potgietersrust，虽然不太有名，但品位比 UG-2 和梅林斯基层高得多，可达17g/t），还有分别产于岩筒中的花岗岩中、石英脉中以及产于后期断裂破碎带中的铂族元素矿床；除了铂族元素矿床之外，还有铬铁矿、钒钛磁铁矿、石煤、方柱石、锡矿、金刚石等等，实际上构成了完整的矿床成矿系列（王登红等，2002）[30]。刘秉光（2002）根据铂族元素的地球化学特点，指出可以形成多种类型的铂族元素矿床[31]。国内以往对铂族元素成矿环境的了解比较局限，很少有文献介绍花岗岩、矽卡岩尤其是超基性岩与花岗岩或白云岩接触带形成的矿床。因此，一般在找矿后期的钻探的过程中，一出现基性超基性岩岩体就停钻，就很可能会漏掉矿体。

5.4 铂族元素矿床找矿的难度

强调铂族元素矿床的找矿难度非常有必要。前述南非 Potgietersrust 铂族元素矿床实际上在 UG-2 和 Merensky 层发现之前就找到了，而且品位也高于前二者（约高出 1 倍）。为何直到半个多世纪之后的今天才正式开采，主要是由于此类矿床产于基性超基性岩与基底白云岩、花岗岩的接触带，接触交代作用非常强烈，交代岩非常复杂（至今都没有准确的定名）。再加上没有出现大量的硫化物或氧化物（如磁铁矿或钛铁矿）等容易识别的矿物，铂族元素的分布又不均匀，更没有 UG-2 这样稳定延伸数百公里的层位。如果说滇黔桂地区的玄武岩型

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

铜矿属于难识别矿床的话，那么，铂族元素矿床可以说是“超难识别”矿床：不但肉眼无法识别，即使是在显微镜下也难以找到铂族矿物，化学分析常常由于铂族元素分布的不均一性和样品的代表性问题而误差较大。因此，意识到铂族元素矿床的找矿难度，对于树立找矿信心，研究成矿规律、成矿模式，进而采用适当的找矿方法和评价手段非常重要。

参 考 文 献

[1] 罗君烈. 云南铂、铜镍、铬矿床的成矿模式 [J]. 云南地质，1995，14 (4)：311～318.

[2] 邓家藩. 云南硫化物型铜镍和铂族矿床 [J]. 云南地质，1999，18 (1)：22～35 .

[3] 杨竹森，高振敏，罗泰义，陶琰，李红阳，饶文波. 滇西菲红超基性岩风化壳铂族元素地球化学行为 [J]. 矿物学报，2001，21 (4)：625～630.

[4] 吴克难. 几种稀有、贵金属矿石中矿物分选流程的选择 [C].《单矿物分选方法》编写组编写：单矿物分选方法全国单矿物分选学术会议文集. 贵州人民出版社，1982，307～310.

[5] Sharma，M.，Basu，A. R.，and Nesterenko，G V.. Nd-Sr isotopes，petrochemistry，and origin of the Siberian flood basalts，USSR [J]. Geochim. Cosmochim Acta，1991，55：1183～1192.

[6] 王登红，骆耀南，付德明，楚萤石，卢治安. 四川杨柳坪 Cu-Ni-PGE 矿区基性超基性岩的地球化学特征及其含矿性 [J]. 地球学报，2001，22 (2)：135～140.

[7] 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.

[8] Chung，Sun-Lin，and Jahn Bor-ming，Plume-lithosphere interaction in generation of the Emeishan flood basalts at the Permian-Triassic boundary [J]. Geology，1995，23 (10)：889～892.

[9] 张云湘，骆耀南，杨崇喜等. 攀西裂谷 [M]. 北京：地质出版社，1988.

[10] 侯能邦，徐其亨. 钌 (Ⅲ) - 高碘酸钾 - 二安替比林苯基甲烷新体系催化光度法测定痕量钌的研究 [J]. 光谱实验室，2000，17 (2)：169～172.

[11] 杨柳学，周方钦，彭红丰，曾铁光，龙斯华. 二乙烯苯和丙稀晴聚合物浸渍磷酸三丁酯为固定相萃取色谱法富集分离铂与金 [J]. 分析化学，2001，29 (12)：1402～1405.

[12] 吴朝东，杨承运，陈其英. 湘西黑色岩系地球化学特征和成因意义 [J]. 岩石矿物学杂志，1999，18 (1)：26～39.

[13] 梁有彬，朱文凤. 湘西北天门山地区镍钼矿床铂族元素富集特征及成因探讨 [J]. 地质找矿论丛，1995，10 (1)：55～65.

[14] 鲍振襄. 湖南西北部黑色岩系中的贵金属矿化 [J]. 矿物岩石，1997，17 (2)：67～77.

[15] 刘家军，郑明华，刘建明，周渝峰，顾雪祥，张斌. 西秦岭寒武系金矿床中硅岩的地质地球化学特征及其沉积环境意义 [J]. 岩石学报，1999，15 (1)：145～154.

[16] 杨勤生. 云南东部及邻区黑色岩系内的矿床（化）特征及找矿设想 [J]. 云南地质，2001，20 (1)：49～72.

[17] 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.

[18] Seredin V V，Shpirt M Y. Metalliferous coals；utilization prospects and problems [C]. In：Geological Society of America，1998 annual meeting. Abstracts with Programs-Geological Society of America. 1998，30 (7)：342.

[19] 沈权. 曲靖茨营下第三系中-碱性凝灰岩在农业生产中的开发应用 [J]. 云南地质，2000，19 (3)：270～282.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[20] 王登红，刘凤山，楚萤石，罗辅勋. 四川杨柳坪热液型铂族元素矿石的发现及其意义 [J]. 地质通报，2002，21 (3)：158～162.
[21] 骆耀南，何虹，李云泉，肖文才，盛东劲，霍佳庆. 四川石棉县首次发现独特的自然铂矿床 [J]. 四川地质学报，2002，22 (4)：198～200.
[22] 冉红彦，黄婉康，甘先平，单祖翔，陶密，刘雁. 蚀变超基性岩金 (镍) 矿床中的贵金属元素 ——以云南墨江金矿和陕西煎茶岭金矿为例 [J]. 地球化学，1996，25 (5)：520～528.
[23] 王宝禄，周耀军. 云南物探化探方法在找矿中的应用与效果 [J]. 中国地质，1998，12：30～35.
[24] 郑玉清. 云南东川-曲靖地区铂钯元素地球化学特征及其找矿探讨 [J]. 地质找矿论丛，2001，16 (2)：89～93.
[25] 赵传冬. 贵州西部铂、钯背景值及对找寻铂、钯矿的启示 [J]. 贵金属地质，2000：9 (4)：220～222.
[26] 邓海琳，李朝阳，漆亮，胡静. 云南金宝山铂族元素矿床初步研究 [J]. 矿物岩石地球化学通报，2000，19 (4)，333～336.
[27] 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.
[28] 苏文超，胡瑞忠，漆亮，方维萱. 黔西南卡林型金矿床流体包裹体中微量元素研究 [J]. 地球化学，2001，30 (6)：512～516.
[29] 王登红. 地幔柱及其成矿作用 [M]. 北京：地震出版社，1998.
[30] 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.
[31] 刘秉光. 中国 PGE 矿床类型分析 [J]. 地质与勘探，2002，38 (4)：1～7. .

BASIC PROBLEMS IN PROSPECTING FOR PLATINUM GROUP ELEMENT IN YUNNAN

Wang Deng-hong[1], Li Zhi-wei[2], Luo Jun-lie[2], Liu He-lin[3], JIANG Cheng-xin[4]

(1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037;
2. *Department of Territory Resouces, Yunnan Province, Kunming* 650011;
3. *Wenshan Division of Yunnan Geological Survey, Wesnhan* 663000;
4. *Baoshan Division of Yunnan Geological Survey, Baoshan* 678000)

Abstract: In Yunnan, with better conditions of PGE metallogenesis, there are a lot of known ore deposits, occurrences, prospecting information and geochemical anomalies. However, some problems must be put forward in the ore prospecting, Firstly, even most of the known PGE doposits hosted with in mafic-ultramafic rocks, it is also to discover new types of PGE deposit in black shales, such as the Cambrian P-bearing beds. Secondly, besides most known PGE deposits in Hercynian stage, there are PGE deposits formed in other periods, such as the PGE in Pt Dahongshan Fe-Cu deposit and the enriched PGE in the weathering crust of mafic-ultramafic rocks. Thirdly, even most known PGE deposits are in various

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

geological settings, the Emei mantle plume with mafic and ultramafic intrusions is the first choice in prospecting for PGE. It is worth pointing out that the Mz and Cz tectonic movements could convey the P PGE deposits and their hostrocks into a new position near the surface, such as the Baimazhai Cu-Ni-PGE deposit, etc. It is important to discriminate basalt-induced and ore-induced geochemical anomalies in NE Yunnan, where the P Emei mantle plume exerted a key role in the formation of possible PGE deposits. It is also necessary to point out that suitable methods must be applied to evaluation economic ores, including natgural and manual heavy mineral methods, because of the strong heterogeneity of PGE distribution in ores and ore-hosting rocks.

Key Words: Pt Group Element; Deposit Type; Metallogenic Episode; Prospecting Guides; Emei Mantle Plume; Yunnan Province.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net