

# 河南周庵铂族-铜镍矿床 的地质特征及成因分析

王建明<sup>1,2</sup>, 陈衍景<sup>3</sup>, 李胜利<sup>1,2</sup>,  
王国敏<sup>2</sup>, 糜 梅<sup>3</sup>

1. 河南省地质调查院, 河南 郑州 450052;  
2. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院, 河南 南阳 473056;  
3. 中国科学院广州地球化学研究所成矿动力学重点实验室, 广东 广州 510640

**摘 要** 周庵矿床产于杨子板块与中朝板块的缝合带内,即南秦岭造山带之苏家河前寒武纪地体的北缘,是伏于南阳盆地之下的大型隐伏铂族-铜镍硫化物矿床。含矿超基性杂岩侵位于中新元古界变质地层,蚀变强烈;铂族-铜镍矿体呈似层状产在超基性岩体之内接触带的强蚀变壳内,并主要位于岩体顶部和底部,属岩浆期后热液作用形成。该矿床是东秦岭发现的首例大型铂族-铜镍矿床,预示着秦岭地区同类矿床的找矿前景。

**关键词** 铂族-铜镍矿床;超基性岩体;热液矿床;秦岭造山带  
中图分类号: P618 文献标识码: A  
文章编号: 1001- 6872(2006)03- 0031- 07

## 0 引 言

周庵矿床不仅是河南省发现的首例大型铂族-铜镍矿床,也是秦岭-大别造山带最大的铂族元素矿床和最大的镍矿床,更是我国唯一的完全隐伏的难识别的大型铂族-铜镍矿床。周庵矿床发现于2006年5月,是根据地球物理部署勘查工程并发现的矿床,其地质储量为:  $0.335 \times 10^6$  t Ni,  $0.1806 \times 10^6$  t Cu, 33.03 t (Pt+ Pd), 而 Co, Au, Ag 等可作为伴生矿种回收。作为一个深埋藏隐伏矿床的探明,标志着我国地质勘查工作达到了新的水平。周庵矿床是多年来秦岭-大别造山带地区寻找铂族、铜镍矿床的最大突破,为进一步寻找类似矿床提供了思路和线索,

预示了我国境内大型-超大型矿床的找矿潜力。通过对周庵矿床的地质特征, 以及其成因类型的探讨, 为寻找和勘查类似矿床提供参考。

## 1 地质背景

周庵铂族-铜镍矿床位于南阳盆地的唐河县西南29 km的湖阳镇杨庄—曲庄—叶山一带,东经112°42'45"~112°45'05",北纬32°26'52"~32°28'20",面积约5.4 km<sup>2</sup>。在地质上,周庵矿床地处秦岭造山带东段,商丹断裂以南的南秦岭造山带北缘(图1)。矿区及附近为新生代沉积物覆盖,几乎没有基岩出露(图2),仅在矿区东部出露少量的中-新元古界朱家山群大雀山组地层。大雀山岩组岩性为(炭质)

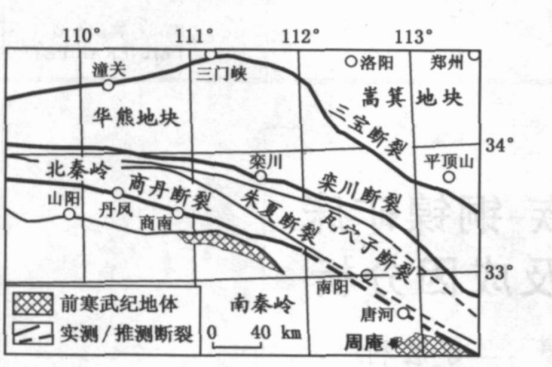


图 1 东秦岭地质图(据文献[1]简化)

Fig.1 Geology of eastern Qinling Orogen(simplified from reference 1)

白云石英片岩、斜长角闪片岩、片状白云石英岩、浅粒岩、条带状白云石大理岩、石墨大理岩，局部见石榴斜长角闪岩，总体为大理岩与片岩互层，倾向260°~290°；倾角30°~42°。钻探表明，朱家山群大雀山组之上不整合覆盖新第三系的含砾白云质灰岩、砂砾岩、含砾泥岩等，以及第四系砂砾石，含砾砂质粘土等。研究区岩浆岩较发育，主要为花岗岩、超基性岩、基性岩，其中超基性岩是区内主要的含矿岩石。含矿岩体属超基性岩体，隐伏于新生界地层之下，侵位于朱家山群大雀山组。

2 航磁异常与矿床发现

1977 年河南省地质局航测队在南阳地区进行了 1/50 000 航磁测量，发现唐河以西为稳定的负磁异常区，以东为较强的正磁异常区。在此背景上，唐河南部的湖阳—黑龙镇一带存在 5 个航磁正异常(图 3)，即 YC77-38、39、40、41 和 42 异常。

在 5 个航磁异常中，YC77-39 异常形态最为规则，呈椭圆形，强度最为强烈，T 极大值达 500 伽玛(图 3)。同时，地磁测量获得了一致的结果，地磁等值线圈出圆滑、孤立的正异常(图 2)，Za-max 为 800 伽玛，Za-min 为 120 伽玛；100 伽玛等值线呈椭圆形，走向 53°；长约 2 500 m，宽约 1 800 m，面积约 3.5 km<sup>2</sup>。

20 世纪 70 年代末至 80 年代初，对 YC77-39 号航磁异常进行了地质钻探查证，确定磁异常为超基性岩体引起，并发现超基性岩体存在铜镍硫化物矿化。然而，由于矿体埋深较大，矿石品位低，其工业价值被否定。2004 年~2006 年 4 月，对周庵矿床开展详查，钻探工作量 29 014.14 m，证明它实为伴生钻、金、银的大型铂族元素和铜镍硫化物矿床，仅铜、镍、铂、钯的资源价值达 439.88 亿元。

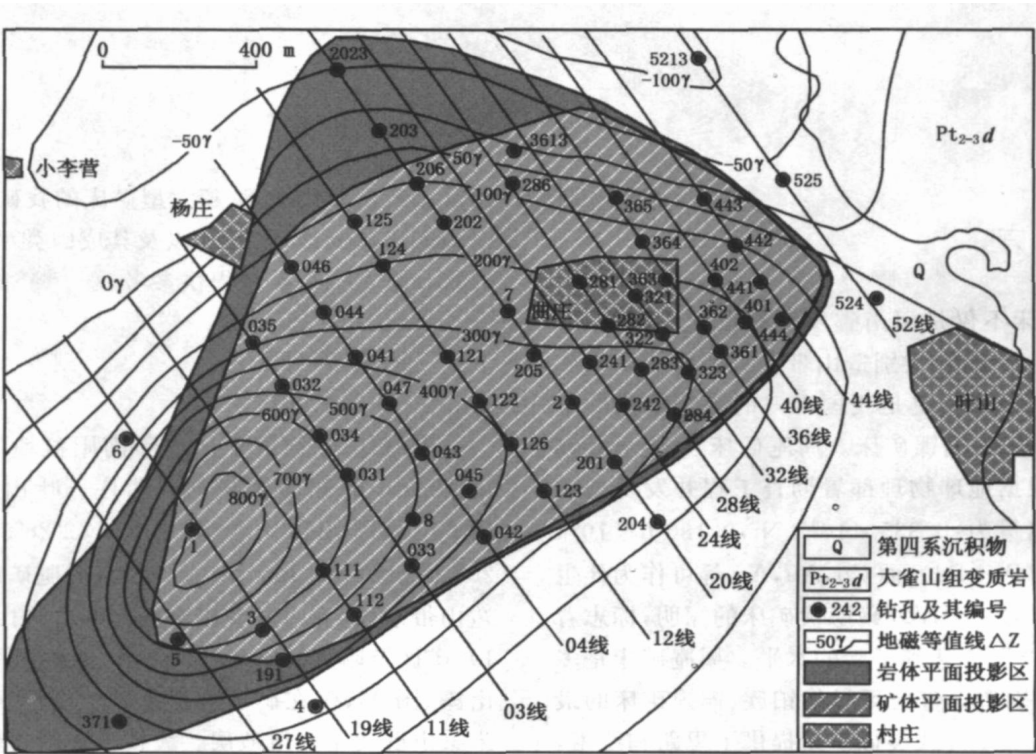


图 2 周庵含铂族-铜镍矿床地质及工程分布图

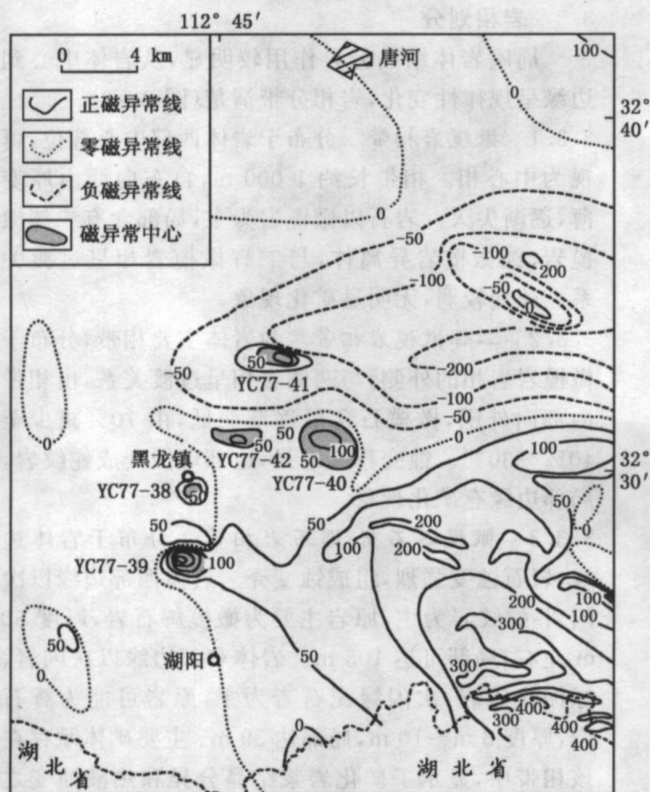


图3 周庵地区航磁异常图

Fig. 3 Aeromagnetic map of the Zhou'an area and its vicinities

### 3 含矿岩体地质特征

#### 3.1 产状及规模

周庵含矿超基性岩体与围岩大雀山组呈侵入接触关系, 围岩受到较轻的接触变质作用, 矿区大雀山岩组地层之上覆盖 30 m ~ 120 m 厚的新生界地层。岩体西部埋藏 140 m, 东部埋深 400 m, 中间 140 m ~ 320 m, 两侧边缘深 370 m ~ 550 m。平面形态呈西窄东宽的不规则三角形(图 2), 岩体长轴走向为 40°。岩体顶面等深线图显示, 岩体长 2 450 m, 西部宽 700 m, 东部宽 1 500 m, 水平投影面积 2. 25 km<sup>2</sup>。在 - 600 m 深的水平面上, 岩体走向 40°, 长 2 170 m, 西部宽 500 m, 东部宽 1 100 m, 面积 1. 43 km<sup>2</sup>。在不同的勘探线上, 岩体形态不完全一致, 12 勘探线呈椭圆形(图 4), 36 勘探线呈不规则的盆状(图 5), 19 勘探线则显示为“竹笋”状或岩墙状(图 6)。

#### 3.2 岩石学特征

岩体经历了较强的蚀变, 岩性变化较大, 根据蚀变程度可分为蚀变岩(次闪石岩、蛇纹岩、绿泥-次闪石岩、次闪石-绿泥石岩)、弱蚀变岩以及未蚀变的原

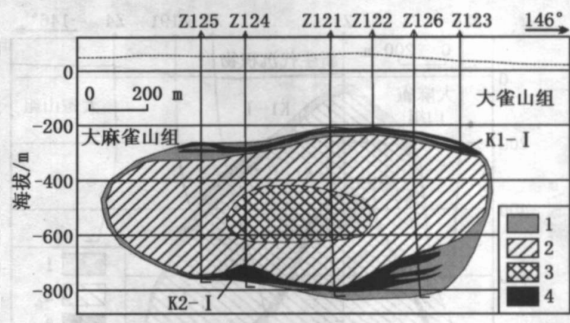


图4 周庵矿区 12 勘探线剖面图

1. 橄榄岩相带; 2. 二辉橄榄岩相带; 3. 橄榄辉石岩相带; 4. 矿体

Fig. 4 Profile of exploration line 12, Zhou'an deposit

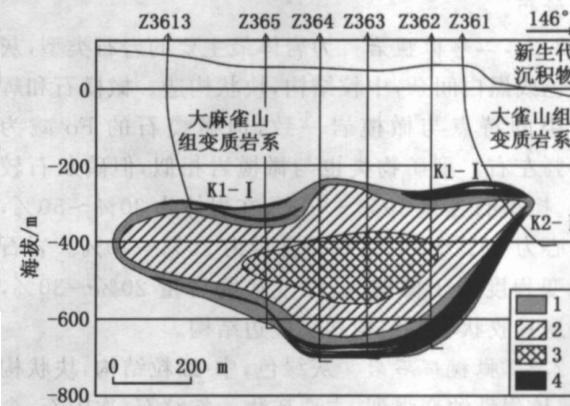


图5 周庵矿区 36 勘探线剖面图

1. 橄榄岩相带; 2. 二辉橄榄岩相带; 3. 橄榄辉石岩相带; 4. 矿体

Fig. 5 Profile of exploration line 36, Zhou'an deposit

岩。根据原岩矿物成分及含量变化分为橄榄岩、二辉橄榄岩和橄榄辉石岩, 岩体总体属于橄榄岩-橄榄辉石岩型超基性岩体, 且以二辉橄榄岩为主。此外, 在岩体内部还有较多后期的基性脉岩。主要岩石类型的特征如下:

3.2.1 橄榄岩 灰黑色, 粗-中粒结构, 块状构造, 橄榄石含量为 75% ~ 80%, 斜方辉石和单斜辉石的含量一般小于 10%。其中, 橄榄石 Fo = 85% ~ 90%, 为贵橄榄石, 常呈自形粒状、浑圆状, 粒径 1 mm ~ 2 mm, 大者 4 mm ~ 5 mm。辉石类以斜方辉石为主, 单斜辉石为次; 而斜方辉石以紫苏辉石为主, 次为顽火辉石和古铜辉石, 呈半自形柱状, 粒径 1 mm ~ 2 mm, 大者超过 5 mm; 单斜辉石则为透辉石, 半自形粒状。副矿物有铬尖晶石、磁铁矿。上述矿物粒间或边缘常有微量柱状、粒状的棕色角闪石(钛铁角闪石)和鳞片状黑云母, 组成粒状镶嵌结构、包橄结构、反应边结构、填间结构等。蚀变矿物主要为蛇纹石类(以胶蛇纹石、纤维蛇纹石为主)和次闪石, 含量

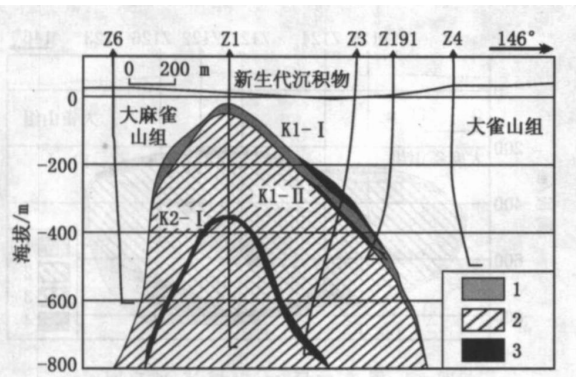


图6 周庵矿区19勘探线剖面图

1. 橄榄岩相带; 2. 二辉橄榄岩相带; 3. 矿体

Fig. 6 Profile of exploration line 19, Zhou an deposit

10%左右,可见次闪石、蛇纹石沿橄榄石边缘分布。

3.2.2 二辉橄榄岩 为岩体最主要的岩石类型,灰黑色或黑白间杂,中粒结构,块状构造。橄榄石和辉石类的特点与橄榄岩一致,但橄榄石的Fo减为80%左右。副矿物类也与橄榄岩相似,但磷灰石较多。橄榄石含量30%~70%,在岩体为30%~50%,中心为60%~70%;辉石含量为20%~40%。岩石蚀变程度强于橄榄岩,蚀变矿物含量20%~30%,普遍具胶状填隙结构和反应边结构。

3.2.3 橄榄辉石岩 灰绿色,中-细粒结构,块状构造。该岩性蚀变强烈,主要矿物为蛇纹石、次闪石,含量约50%。蛇纹石以利蛇纹石和纤蛇纹石为主,由橄榄石和辉石蚀变形成;次闪石为透闪石,纤柱状,一般长径1mm,呈纤状变晶,部分呈现辉石假象。残余橄榄石含量10%~20%,多被蛇纹石交代,呈橄榄石假象;残余辉石较常见,粗大者长>5mm,且单斜辉石含量多于斜方辉石。岩石包橄结构、交代残余结构。

3.2.4 蛇纹岩 颜色较暗,致密块状,主要分布在岩体外部边缘,构成外壳。该类岩石几乎全由蛇纹石组成,含少量碳酸盐、次闪石及残余橄榄石等。常见由胶蛇纹石和纤维蛇纹石组成的网格状结构,由叶蛇纹石构成的席状结构,残余结构和纤状变晶结构也更为常见。随次闪石含量增多过渡为次闪石-蛇纹石组合,随碳酸盐化增强过渡为碳酸盐-蛇纹石组合。

3.2.5 次闪石岩 灰绿色,分布于岩体东部边缘。主要矿物为纤柱状次闪石,次为蛇纹石、绿泥石、滑石等,具纤状变晶结构和细粒结构,可见辉石巨晶假象。随蛇纹石含量增加而变为蛇纹石-次闪石组合,随绿泥石增多(由透辉石或黑云母蚀变而成)变为绿泥石-次闪石或次闪石-绿泥石组合。根据残余结构推断,次闪石岩由橄榄辉石岩蚀变而成。

### 3.3 岩相划分

周庵岩体结晶分异作用较明显,从岩体中心到边缘呈规律性变化,岩相分带清楚(图2~6):

3.3.1 橄榄岩相带 分布于岩体西部中心部位,可视为中心相。相带长约1000m,自东向西由厚变薄,逐渐尖灭。岩石以橄榄岩为主,局部含有二辉橄榄岩、纯橄榄岩分离体,与二辉橄榄岩相呈过渡关系。蚀变较弱,无明显矿化现象。

3.3.2 二辉橄榄岩相带 为岩体主要相带,分布于橄榄岩岩相的外侧,与两侧岩相呈过渡关系,由相带内部向外围,橄榄石含量逐渐变低,由70%减少至40%~30%。蚀变程度增强,边部可蚀变成蛇纹岩,局部边缘有矿化现象。

3.3.3 橄榄辉石岩-辉石岩相带 分布于岩体边缘,岩石蚀变强烈,组成蚀变壳。岩体西部边缘以次闪岩-蛇纹岩为主,原岩主要为橄榄辉石岩,厚度50m左右,局部可达105m。岩体东部边缘以次闪岩、绿泥次闪岩、次闪绿泥石岩为主,原岩可能为辉石岩,厚度6m~10m,局部达39m。主要矿体赋存在该相带中,显示了矿化岩浆结晶分异和热液蚀变之间的密切联系。

## 4 矿床地质

### 4.1 矿带和矿体

铜镍矿体主要产于岩体内接触带,在岩体顶部围岩中和岩体之橄榄岩与二辉橄榄岩的相变带,也可见矿化现象。K1矿带位于岩体顶部蚀变带中,构成“上矿带”;K2矿带产于岩体底部蚀变带中,构成“下矿带”。矿带形态、产状与岩体顶底面基本一致,矿带与围岩呈渐变过渡关系,无明显界限。

K1矿带埋深290m~490m,面积约1.8km<sup>2</sup>,铜、镍和(铂+钯)品位分别为0.10%~3.47%,0.008%~0.66%、0.00~0.86×10<sup>-6</sup>。该矿带已圈出K1-I矿体。K1-I矿体长1820m,宽270m~1045m,东宽西窄,呈板状或似层状;矿体顶界埋深291.16~463.30m,底界埋深324.80m~471.90m,厚1.24m~24.31m,平均厚9.47m,厚度变化系数为73.82%。镍品位为0.20%~3.47%,平均0.373%,品位变化系数为72%;铜品位为0.017%~0.66%,平均0.165%;铂钯品位为0.018~1.37×10<sup>-6</sup>,平均0.348×10<sup>-6</sup>。

K2矿带埋深700m~1030m,面积约1.15km<sup>2</sup>,铜、镍、铂钯品位分别为0.10%~0.88%,0.01%~0.41%、0.00~0.87×10<sup>-6</sup>,已圈出K2-I

矿体。K2-I 矿体控制长度 1 420 m, 宽 290 m ~ 900 m, 呈中间宽、两端窄的不规则板状体; 矿体顶界埋深 725. 10 m ~ 919. 80 m, 底界埋深 760. 90 m ~ 1 030 m, 厚 2. 00 m ~ 66. 41 m, 平均厚度 20. 96 m, 厚度变化系数为 90. 80%。镍品位为 0. 20% ~ 0. 88%, 平均 0. 34%, 变化系数为 42. 2%; 铜品位为 0. 014% ~ 0. 41%, 平均 0. 113%; 铂钯品位为  $0. 018 \times 10^{-6} \sim 1. 37 \times 10^{-6}$ , 平均  $0. 412 \times 10^{-6}$ 。

4. 2 矿石组构

矿石结构、构造复杂, 主要矿石结构有: 铬尖晶石、镍黄铁矿、黄铁矿等矿物显示自形-半自形粒状结构; 磁黄铁矿、黄铜矿等矿物具有他形粒状结构; 镍黄铁矿呈火焰状分布在磁黄铁矿中, 构成火焰状结构; 磁黄铁矿在黄铜矿中或磁铁矿在钛铁矿中呈片状出溶, 构成固溶体出溶结构; 黄铜矿微细脉与脉石矿物相互穿插交织, 构成网脉结构或丝状结构; 细小磁黄铁矿、黄铜矿、砷铂矿等矿物被其他矿物包裹, 而构成包含结构; 蛇纹石、次闪石等呈纤维状晶体穿刺在硫化物团块外围, 构成边刺结构; 铬尖晶石、辉石等矿物边缘蚀变为其它矿物, 构成环边或反应边结构; 马基诺矿交代镍黄铁矿, 胶黄铁矿交代磁黄铁矿, 磁铁矿交代钛铁矿, 蛇纹石交代橄榄石, 次闪石交代辉石等, 因交代不完全而构成交代残余结构; 等等。常见的矿石构造为: 金属矿物呈细粒浸染状分布在脉石矿物中, 构成浸染状构造(含稠密浸染、稀疏浸染、斑点状浸染构造); 金属硫化物或蚀变矿物呈网脉状分布在脉石矿物或原生矿物之间, 构成网脉浸染状构造; 以及普遍的致密块状构造等。

4. 3 矿物组成

矿石中所见矿物共有 30 余种, 其中金属矿物总含量一般在 4% ~ 7%, 最高可达 22%。

(1) 金属硫化物含量一般在 3% ~ 5%, 少数 5% ~ 10%; 主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 次为方黄铜矿、黄铁矿、紫硫镍矿、胶黄铁矿、马基诺矿、斑铜矿、铜兰、方铅矿等。

(2) 金属氧化物含量一般在 2% ~ 3%, 少数达 10%; 主要有磁铁矿、铬尖晶石、钛铁矿、褐铁矿、Y 赤铁矿等, 其中铬尖晶石含量较稳定, 在 1% ~ 2% 左右。

(3) 砷铂矿等铂族矿物微量的碲铅矿, 自然铁等不透明金属矿物。

(4) 脉石矿物。主要有蛇纹石、次闪石、绿泥石等, 次为方解石、白云母、贵橄榄石、紫苏辉石、古铜辉石、透辉石、黑云母、金云母、磷灰石、镁尖晶石等。据矿石组构等初步确定金属矿物主要分 3 个阶

段形成: 岩浆结晶早期作为副矿物形成的铬尖晶石、钛铁矿、磁铁矿和铂族矿物; 中阶段形成的磁黄铁矿、火焰状镍黄铁矿呈他形粒状充填在脉石矿物间隙中; 晚阶段(即热液蚀变阶段)形成的黄铜矿(方黄铜矿)、马基诺矿、紫硫镍矿、黄铁矿和铂族矿物等。

4. 4 化学成分

矿石有益元素主要有 Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Os, Ir, Ru, Rh, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, S 等, 其  $w(B)/\%$  为: Ni 0. 3 ~ 0. 5, 少量为 0. 74 ~ 0. 84; Cu 0. 2 ~ 0. 3, 个别达 0. 78; Co 0. 01 ~ 0. 016, 个别为 0. 08;  $w(B)/10^{-6}$ : Pt 为 0. 15 ~ 0. 55; Pd 为 0. 15 ~ 0. 45; Os 为 0. 012 ~ 0. 034; Ru 为 0. 014 ~ 0. 054; Rh 为 0. 008 ~ 0. 027; Ir 为 0. 015 ~ 0. 038; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 0. 41% ~ 0. 56%; S 为 0. 14% ~ 1. 97%。P 和 As 为有害元素, 其质量分数分别为 0. 002% ~ 0. 022% 和 0. 000 2% ~ 0. 000 3%。

表 1 为 7 个矿石样品的化学分析结果, 与前述勘探总结情况类似。其中, 镍质量分数和物相分析(表 2)表明: 矿石中硫化镍含量为 0. 37% ~ 3. 38%, 占全镍的 85. 50% ~ 95. 4%, 个别为 76. 8%; 硅酸镍含量为 0. 063% ~ 0. 20%, 占全镍的 4. 6% ~ 14. 5%, 个别为 23. 2%, 说明镍矿石属硫化镍型。

铂族元素矿物细小, 含量低, 具体矿物形式尚待查明。主要含镍矿物为镍黄铁矿, 次为紫硫镍矿和马基诺矿; 主要含铜矿物为黄铜矿、方黄铜矿、铜蓝等;

表 1 周庵矿床矿石化学成分 .  $w(B)/\%$

Table 1 Chemical composition of ores of Zhou an deposit (in percentage)

样号	CH1	Q2-1	Q2-3	Q02-4	CH2*	Q2-2	Q02-5
SiO <sub>2</sub>	37. 32	40. 68	40. 80	36. 94	37. 18	36. 88	36. 60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2. 77	5. 01	6. 27	2. 67	1. 87	2. 44	2. 40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5. 50	1. 31	1. 85	2. 80	4. 31	3. 29	3. 91
FeO	9. 37	12. 07	11. 90	11. 00	10. 34	9. 75	9. 94
TiO <sub>2</sub>	0. 28	0. 46	0. 94	0. 35	0. 20	0. 39	0. 35
MnO	0. 19	0. 06	0. 06	0. 04	0. 20	0. 05	0. 05
CaO	1. 78	4. 15	5. 57	0. 56	1. 08	1. 18	1. 01
MgO	31. 70	25. 63	22. 32	31. 32	36. 32	32. 39	32. 49
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0. 08	0. 51	0. 51	0. 58		0. 40	0. 34
K <sub>2</sub> O	0. 10	0. 42	0. 20	0. 02	0. 088	0. 17	0. 02
Na <sub>2</sub> O	0. 04	0. 24	0. 60	0. 05	0. 16	0. 16	0. 05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0. 22	0. 03	0. 01	0. 02	0. 05	0. 02	0. 02
Cu	0. 52	0. 18	0. 31	0. 19	0. 20	0. 145	0. 176
Ni	0. 019	0. 17	0. 18	0. 20	0. 58	0. 20	0. 17
Co	1. 02	0. 003	0. 003	0. 004	0. 02	0. 004	0. 003
S	8. 99	1. 43	1. 82	1. 47	0. 94	1. 65	1. 06

注: \* 该样品烧失量高达 6. 40%; 样品由河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院南阳岩矿测试中心分析; 前 4 个样品来自 K1-1 矿体, 后 3 件样品来自 K2-I 矿体

目前还未发现含钴的单矿物, 电子探针分析表明, 镍黄铁矿、磁黄铁矿含 Co 达 0. 04% ~ 1. 15%, 推测钴主要以类质同象存在于硫化物中。

铜、镍品位较稳定, 铜与镍呈正消长关系, Cu/Ni 比值一般 0. 4 ~ 0. 5。钴品位也较稳定, 一般在

表 2 镍含量分析结果.  $w(\text{Ni})/\%$   
Table 2 Ni content of the ores from the Zhou an deposit(in percentage)

样号	金属镍	硫酸镍	硫化镍	硅酸镍	合计	硫化镍 / 全镍	硅酸镍 / 全镍
HX2-84	0.47	0.000	0.633	0.107	0.740	85.5	14.5
HX2-38	0.52		0.365	0.110	0.475	76.8	23.2
HX3-4	3.45		3.38	0.200	3.580	94.4	5.6
HX3-10	0.67		0.655	0.063	0.718	91.2	8.8
G3-1	0.64		0.520	0.078	0.598	87.0	13.0
G3-2	2.64		2.64	0.120	2.760	95.4	4.6

注: 样品由河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院南阳岩矿测试中心分析

0.01%左右。铂族元素多富集在矿体中下部,  $w(\text{Co})/10^{-6}$ 一般在0.1~0.5, 单样Pt+Pd最高量达 $3.60 \times 10^{-6}$ ; Pt/Pd比值1%~1.77%。铂族其他4种元素(钨、铼、钨、铑)质量分数较高, 约占铂族元素总量的12%, Pt Pd Os Ir Ru Rh = 24 17 1.3 1.4 2 1。

## 5 矿床类型和矿床成因

综上所述, 周庵矿床属于十分典型的与超基性杂岩体有关的铂族-铜镍矿床。通常, (铂族-)铜镍矿床产于基性-超基性杂岩体的中下部或底部<sup>[2, 3]</sup>, 甘肃金川铜镍矿<sup>[3, 4, 5]</sup>和新疆喀拉通克铜镍矿皆如此, 而且矿石以海绵陨铁结构、块状构造为主, 浸染、斑杂状构造为次, 矿床主要形成于岩浆熔离结晶过程, 并遭受岩浆期后热液作用的叠加<sup>[2, 3, 4, 5]</sup>。

然而, 周庵铂族-铜镍矿床的矿石以浸染状、斑杂状构造为主, 缺乏海绵陨铁结构, 没有富矿及特富矿石, 而且矿体不但产于岩体底部, 而且也产于岩体顶部, 表明岩浆熔离作用并没有导致“矿浆”形成, 故可能不属于岩浆熔离矿床。考虑到周庵矿床含矿岩体的岩浆期后热液蚀变作用十分强烈, 矿石以浸染状和斑杂状为主, 岩体顶部发育矿体, 认为铂族-铜镍硫化物的矿化富集作用主要由热液交代蚀变引起, 即矿床属热液成因。

周庵矿床与甘肃金川矿床具有诸多类似特征: (1) 都位于古陆边缘的深大断裂带, 只是金川位于中朝古陆块南缘<sup>[5, 6]</sup>, 周庵位于秦岭微陆块或扬子板块北缘; (2) 含矿岩体都是以二辉橄榄岩为主的超基性杂岩体, 金川含矿岩体镁/铁(M/F)比为3.98<sup>[3]</sup>, 周庵矿床含矿岩体镁/铁(M/F)比为4.50, 均属铁质超基性岩; (3) 同为富含铂族元素的铜镍硫化物矿床, 当铜镍品位相似时, 周庵矿床之矿石的铂、钯含量高于金川矿床; (4) 围岩地层均为前寒武纪变质岩, 且都含有较多的大理岩。当然, 周庵矿床与金川矿床也存在显著不同, 金川是储量居世界第二位的

超大型铜镍硫化物矿床, 岩体含矿率高达36.20%<sup>[4]</sup>, 而周庵矿床的铜镍储量虽接近或达到大型规模, 但岩体含矿率仅为2.60%(体积比), 矿体只产于超基性岩体边缘的蚀变壳中; 而且, 金川矿床的金含量较高<sup>[7]</sup>, 储量较大。

在构造背景上, 周庵矿床与陕西略阳县煎茶岭铜镍矿床<sup>[7~11]</sup>更为相似, 二者都产于秦岭造山带的南秦岭构造带, 煎茶岭矿床位于扬子板块西北缘碧口地体与鱼洞子地体的拼合带, 围岩地层是前寒武纪(太古宙?)鱼洞子群变质岩, 并以大理岩和片岩、片麻岩为主。然而, 二者成矿元素组合却有显著差异, 煎茶岭矿床的铜质量分数较低; 镍品位0.683, 储量为22 000 t; 伴生磁铁矿储量达中型规模, 钴含量达0.026%<sup>[8, 9]</sup>; 含矿岩体和围岩地层被断裂构造切穿, 发生较强的滑石菱镁矿化蚀变, 蕴涵独立金矿体, 金储量达大型规模( $> 20 \text{ t}$ )<sup>[11]</sup>。煎茶岭矿床含矿超基性岩体的Sm-Nd等时线年龄为 $927 \text{ Ma} \pm 49 \text{ Ma}$ <sup>[11]</sup>, 含铜镍硫化物Re-Os年龄为 $878 \text{ Ma} \sim 27 \text{ Ma}$ <sup>[10]</sup>, 被解释为铜镍矿化的时间; 铬水云母钾氩年龄为144 Ma, 被解释为金成矿年龄<sup>[11]</sup>。虽然煎茶岭矿床的含矿超基性杂岩体也由纯橄榄岩-斜方辉橄岩-辉石岩组成, 但其M/F $> 8$ , 属于镁质超基性岩。

从比较矿床学的研究思路<sup>[12]</sup>可知, 与(铂族-)铜镍矿床有关的超基性杂岩体有两种主要构造背景: (1) 地幔柱或大陆裂谷<sup>[13, 14]</sup>; (2) 造山带环境<sup>[15, 16]</sup>。就周庵矿床的产出环境和地质特征而言, 与峨眉山地幔柱的火山岩和相关矿床的特征<sup>[17, 18]</sup>差异较大, 与金川、煎茶岭矿床有较多的可比性, 与新疆喀拉通克、黄山和吉林红旗岭铜镍矿床<sup>[2, 3, 15, 16]</sup>更为相似, 显示了造山带环境铂族-铜镍矿床的特征。

## 6 结 语

- 6.1 隐伏于南阳盆地之下的周庵大型铂族-铜镍矿床产于扬子与中朝板块拼合带南侧的前寒武纪变质地体的边缘, 含矿岩体是以二辉橄榄岩为主体的超基性杂岩体, 引起了显著的航磁和地磁的正异常。
- 6.2 含矿岩体的热液蚀变强烈, 矿体产于岩体边缘的强蚀变壳内, 主要位于岩体的底部和顶部, 矿石缺乏海绵陨铁结构, 指示导致矿体形成的地质作用主要是热液蚀变作用, 而非岩浆熔离作用。
- 6.3 与已知同类矿床相比, 周庵矿床与典型地幔柱环境的矿床及其成矿岩体的差异较大, 而与造山带环境的同类矿床差异较小, 应为造山带环境的铂族-

铜镍矿床。

6.4 周庵矿床的发现表明我国境内,特别是秦岭

-大别造山带,仍具有广阔的大型、超大型铂族-铜镍矿床的找矿前景。

## 参考文献

- [1] Chen Y J, Pirajno F. Linking the CMF model to metallogenic zoning in the east Qinling Orogen, central China[A]. Mao J W and Bierlein F P (eds). *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge* [C]. Berlin: Springer, 2005, 905-908.
- [2] 胡受奚. 矿床学(上册)[M]. 北京:地质出版社, 1982, 312.
- [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.
- [4] 梁有彬, 刘同有, 宋国仁, 等. 中国铂族元素矿床[M]. 北京:冶金工业出版社, 1999, 19-33.
- [5] 汤中立, 李文渊. 金川铜镍硫化物(含铂)矿床成矿模式及地质对比[M]. 北京:地质出版社, 1995, 209.
- [6] 史基安, 王雷, 高野穆一郎, 等. 金川超镁铁质岩元素及稀有气体同位素地球化学特征[J]. 矿物岩石, 2005, 25(3): 45-51.
- [7] 王新, 王瑞廷, 赫英. 煎茶岭与金川超大型镍矿中的伴生金及其比较分析[J]. 西北地质科学, 2000, 21(1): 37-45.
- [8] 王瑞廷, 赫英, 王东生, 等. 煎茶岭含钴硫化镍矿床成矿作用研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(2): 185-190.
- [9] 王瑞廷, 毛景文, 任小华, 等. 煎茶岭硫化镍矿床成岩成矿作用同位素地球化学证据[J]. 地球学报, 2005, 26(6): 513-519.
- [10] 王瑞廷, 赫英, 王东生, 等. 略阳煎茶岭铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2003, 49: 205-211.
- [11] 张复新, 汪军谊. 陕西煎茶岭超基性岩与金矿床成因关系[J]. 黄金地质, 1999, 5(2): 14-20.
- [12] 涂光炽, 李朝阳. 浅议比较矿床学[J]. 地球化学, 2006, 35(1): 1-5.
- [13] Pirajno F. *Ore Deposits and Mantle Plumes* [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 556.
- [14] Davies G F. 地幔柱存在的依据[J]. 科学通报, 2005, 50(17): 1 801-1 813.
- [15] 顾连兴, 诸建林, 郭继春, 等. 论造山带中的东疆型镁铁-超镁铁杂岩体[J]. 岩石学报, 1994, 10(4): 339-356.
- [16] Gu L X, Zhu J L, Guo J C, et al. Geology and genesis of the mafic-ultramafic complexes in the Huangshan-Jingerquan belt, East Xinjiang [J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 1995, 14(2): 97-116.
- [17] 宋谢炎, 张成江, 胡瑞忠, 等. 峨嵋火成岩省岩浆矿床成矿作用与地幔柱动力学过程的关系[J]. 矿物岩石, 2005, 25(4): 35-44.
- [18] 张成江, 刘家铎, 刘显凡, 等. 峨嵋火成岩省成矿效应初探[J]. 矿物岩石, 2004, 24(1): 5-9.

## GEOLOGY AND GENESIS OF THE ZHOU AN PGE-CU-NI DEPOSIT, HENAN PROVINCE

WANG Jian-ming<sup>1, 2</sup>, CHEN Yan-jing<sup>3</sup>, LI Sheng-ll<sup>1, 2</sup>,  
WANG Guo-min<sup>2</sup>, MEI Mei<sup>3</sup>

1. Geological Survey of Henan Province, Zhengzhou 450052, China;  
2. No. 1 Branch of Geological Exploration, Henan Bureau of Geology,  
Ore Exploration and Development, Nanyang 473056, China;  
3. K LMD, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of  
Sciences, Guangzhou 510640, China

**Abstract:** The Zhou an deposit, containing  $0.335 \times 10^6$  t Ni,  $0.1806 \times 10^6$  t Cu and 33.03 t Pt+ Pd, is a large blind PGE-Cu-Ni deposit beneath the Nanyang basin. It is located at the suturing zone between the Yangtze and Sinokorea plates, i. e. the northern margin the Sujiahe Precambrian terrane of the southern Qinling Orogen. The ore-bearing ultramafic complex intruded into the Meso-Neoproterozoic metamorphic strata and was strongly altered. The stratiform-like PGE-Cu-Ni orebodies are hosted in the strongly altered shell surround the inner contact zone of the ultramafic intrusion. They mainly occur on the top or at the bottom of the intrusion. All these characters suggest that the ores were formed by post-magmatism hydrothermal alteration. The most important is that the Zhou an deposit is the first case of large-size PGE-Cu-Ni deposit discovered in the Qinling Orogen, which implies that the Qinling Orogen is potential for ore deposits of similar types.

**Key words:** PGE-Cu-Ni deposit; ultramafic intrusion; hydrothermal deposit; Qinling orogen