

菲律宾达沃砂金矿中金汞矿物研究及其找矿意义

黄绍锋

(中国黄金集团公司, 北京 100011)

[摘要] 本文系统研究了菲律宾棉兰老岛达沃砂金矿的矿物组合、金汞矿物的矿物学特征, 认为随着金汞矿物中汞含量成分增加, 金-汞系列矿物反射力具有由强-弱-强的变化特征, 同时矿物硬度也随着减少。但是, 当汞含量增加到相当比例时, 尤其是晶体结构为等轴晶系时, 其硬度却逐渐变大。笔者研究发现, 金汞齐和 α -汞金矿只是作为自然金或含汞自然金的矿物镶边而存在。总体上, 汞的含量从金粒边缘向中心是逐渐减少的, 但金粒边缘比中间低。结合成矿地质背景分析, 笔者认为菲律宾应该有可能存在伴随超基性-基性岩浆活动形成的铂、铬等幔源矿床, 也极有可能发现大型或特大型金、汞和多金属矿床, 以及金、铂等滨海砂矿床。

[关键词] 菲律宾 达沃砂金矿 金汞矿物 矿物学研究 找矿意义

[中图分类号] P618.41+P618.63 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2011)05-935-08

Huang Shao-feng. Mineralogical Characteristics of Gold-mercury Minerals in the Davao Gold Placer of Mindanao Islands, Philippines and its Prospecting significance[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(5): 935-942

0 引言

巴西亚马逊流域成功的砂金找矿经验, 即通过砂金找矿推动整个原生金矿找矿经验是值得借鉴的。用成因矿物学的思想方法和理论体系来研究认识矿物特征, 进而了解矿物的形成条件与环境, 并用找矿矿物学的思维观念来指导找矿工作将有力地促进地质找矿工作取得进展, 也有利于提高找矿效率(陈光远等, 1987)。本文试图通过对菲律宾群岛达沃砂金矿的金汞矿物特征研究, 进而分析金汞矿物形成的条件和环境, 来探求达沃地区的金、铂、汞等矿产的找矿信息, 以便为该地区的找矿提供有益帮助和启示。

1 达沃砂金矿床地质背景

达沃砂金矿床位于菲律宾棉兰老岛南部达沃湾海滨, 是一个以金品位高、所含有用元素多为特征的砂金矿床。在区域上, 达沃砂金矿位于菲律宾大断裂的最南端, 与东部(达沃湾东部)的马斯拉石英脉

型火山一次火山岩金矿相邻(图1)。该地区出露地层主要是中侏罗-上新世的火山沉积岩层及海相沉积岩系, 其岩性主要为各种成分的火山碎屑岩及海相砂岩、页岩及少量礁灰岩和煤系沉积。从时间上来看, 火山碎屑成分具有由老至新由超基性向酸性演化过渡的特点。此外还有第四纪沉积层, 这与达沃砂金矿深切相关。中新代岩浆活动具有东部强, 西部弱的特点, 从苏里高到达沃湾火山碎屑成分具有由老至新由超基性向酸性演化过渡的特点。此外还有第四纪沉积层, 这与达沃砂金矿深切相关。如图1所示, 棉兰老岛地区的断裂构造活动具有东部强烈而西部较弱的特点, 这与菲律宾大断裂关系非常密切。从总体上看, 该地区, 主要发育两组方向的高角度断层, 即北北东和北西向两组, 显然与的构造线方向, 性质是一致的。中新代岩浆活动具有东部强, 西部弱的特点, 从苏里高到达沃湾形成了一个火山活动带, 岩浆侵入活动也非常强烈, 且侵入体的形态, 明显受到断裂构造的控制(肖振民, 1985)。

该地区的矿产目前主要有斑岩铜矿、金矿、铂、

[收稿日期] 2011-06-10; [修订日期] 2011-7-22; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 本文由中国黄金国际资源有限公司资助。

[第一作者] 黄绍锋(1963年-), 男, 矿物学硕士, 地质高级工程师, 澳大利亚 MAusIMM, 主要从事矿产勘查及矿业开发研究。E-mail: huangshf@chinagoldgroup.com。

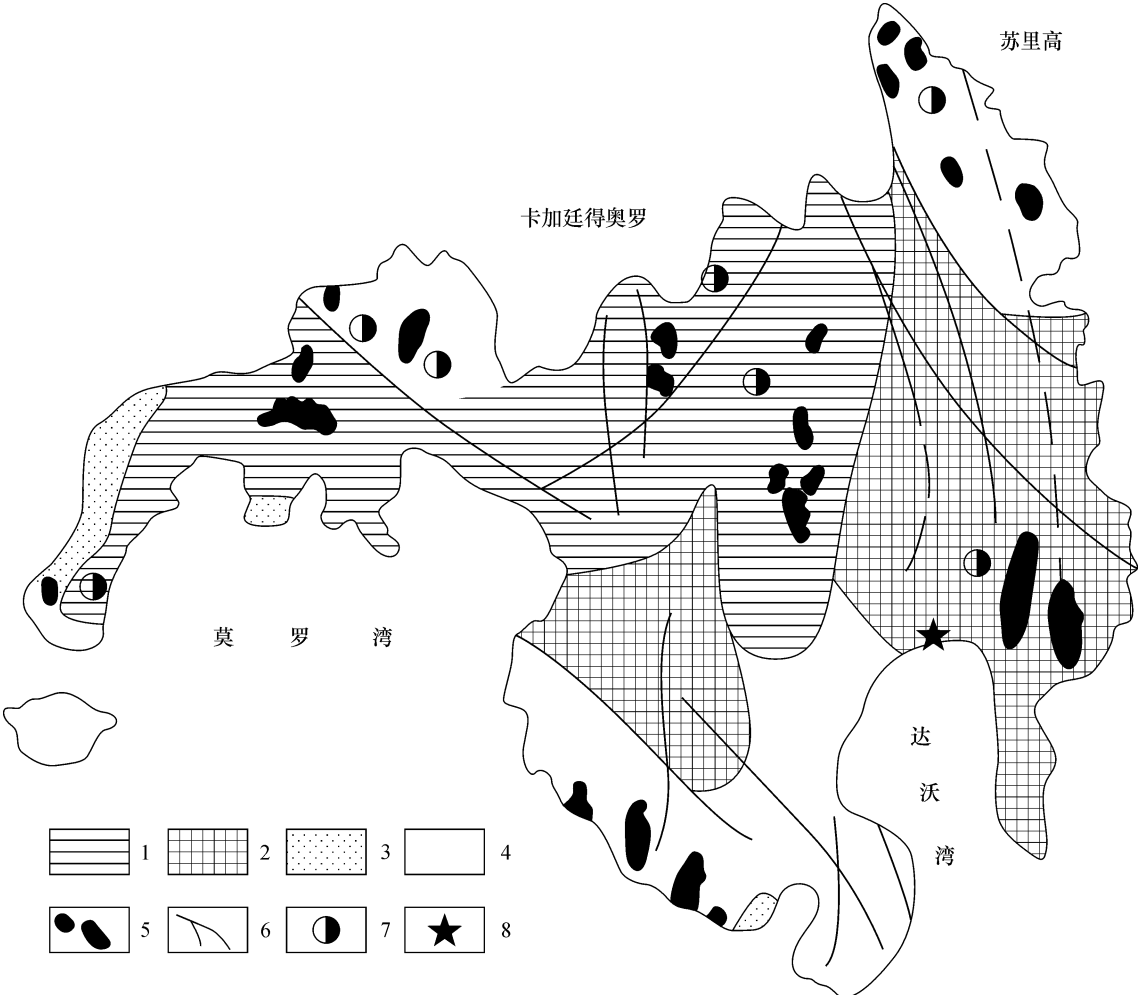


图1 棉兰老岛区域地质图

Fig.1 Regional Geological Map of Mindanao Islands, Philippines

1-岛弧系中的增生洋壳;2-岛弧系的沉积盆地;3-前侏罗纪变质岩;4-新生代沉积区;5-中酸性侵入岩;6-高角度断层;7-金矿床;8-达沃砂金矿

1-accreted ocean crust of island arc-system;2-sedimentary basin in island arc-system;3-pre-Jurassic metamorphic rocks;4-Cenozoic sedimentary area;5-intermediate-acid intrusive rocks;6-high-angle faults;7-Gold Placer;8-Davao Gold Placer

镍等,以及砂金矿。

2 达沃砂金矿重矿物组合

通过重砂矿物鉴定和化学分析发现,菲律宾达沃砂金矿重矿物主要由磁铁矿、铬铁矿、钛赤铁矿、赤铁矿、贵橄榄石、锆石、石英、金红石、黄铁矿等组成(表1)。矿石矿物除自然金等外,尚有铂族元素矿物粗铂矿和等轴钨铀矿。以上三种矿物在该重矿物样品所占重量百分含量依次为 0.05wt%、0.03wt% 及 0.01wt%。铂族元素矿物、铬铁矿和贵橄榄石是达沃砂金矿重砂矿物组合的标型矿物,这些矿物的出现反映了达沃地区的幔源岩浆活动特点以及该地区的成矿地质条件(J. M. Boirat,1986),并

提供了该地区可能存在源幔物质活动的信息。

金红石、锆石、黄铁矿和石英的化学成份,尤其是微量元素含量及其在矿物中的分布与我国砂金矿也有明显差异(潘兆橐等,1979):

金红石(Rutile)含 TiO₂ 为 97.72wt%, V₂O₅ 0.58%, Ta₂O₅ 为 0.38wt%, Nb₂O₅ 为 0.16wt%, Ce₂O₃ 为 0.35wt%, Y₂O₅ 为 0,而且具有 Ta₂O₅>Y₂O₅ 的特点;

锆石(Zircon)含 ZrO₂ 为 4.29%, H₅O₂ 为 1.49%, MgO 为 0.04%, Cr₂O₃ 为 0.07%, V₂O₅ 为 0.04%, TiO₂ 为 0.04%, UO₂ 为 0.22%, ThO₂ 0.04%。

上面两种矿物都含有 Ti、Mg、Gr、Fe、V、U>Th,是超基性-基性岩浆活动的特征。

黄铁矿 (Pyrite) 含 Au 为 0.086% (0 ~ 0.17%) , Ag 为 0.150% (0.13% ~ 0.17%) , Se 为 0.03% , Bi 为 0.277% 。显然, 其成分特点不同于我国胶东半岛中的金矿床中的黄铁矿;

石英 (Quartz) 含 Au 为 0.14% , Cr_2O_3 为 0.17% (最大值 0.34wt%) , TiO_2 为 0.165% (最大值 0.33wt%) , Ce_2O_3 为 0.335% , Ca_2O_3 为 0.100% , Y_2O_3 为 0.91% , $\text{Ce}_2\text{O}_3 + \text{Ca}_2\text{O}_3 > \text{Y}_2\text{O}_3$ 。

此外, 锆石颗粒中 Hf 含量分布不均匀, 中间富

而在边部减少, 这与矿化作用有关。

综上所述, 达沃砂金矿中的重矿物组成及其特点是与该地区的地质背景紧密相连的。

3 达沃砂金矿中金汞矿物标型特征

汞是自然界中一种常见的金属元素, 它不仅在地壳的各类岩石中有着广泛的分布, 而且在地壳外部的水圈、大气圈和生物圈中也普遍存在。但与其他贱金属元素相比, 其含量相对是少量或微量的。

表 1 达沃砂金矿重矿物组合

Table 1 Combination of heavy minerals from the Davao Gold Placer

金汞矿物		铂族元素矿物		含铁矿物等		非金属矿物	
矿物名称	矿物含量(%)	矿物名称	矿物含量(%)	矿物名称	矿物含量(%)	矿物名称	矿物含量(%)
自然金等	0.5	粗铂矿	0.3	磁铁矿	48.9	贵橄榄石	0.7
		等轴钨铼矿	0.1	铬铁矿	21.9	锆石	0.6
				钛赤铁矿	18.6	石英	0.3
				赤铁矿	7.5		
				黄铁矿	0.4		
				金红石	0.2		

地壳中 99.8wt% 的汞均呈分散状态赋存于各类岩石之中, 而仅有 0.02% 的汞才集中富集成为矿床。汞在自然界呈自然元素或 Hg^{2+} 的离子化合物存在, 具有强烈的亲硫性和亲铜性。目前, 已发现的汞矿物和含汞矿物约有 20 多种。其中, 大部分是汞的硫化物, 其次是少量的自然汞、硒化物、碲化物、硫盐、卤化物及氧化物等。常见的矿物主要有: 自然汞 (Hg)、辰砂 (HgS)、黑辰砂 (HgS 为辰砂的同质多象变体)、灰硒汞矿 (HgSe)、辉汞矿 ($\text{Hg}(\text{S}, \text{Se})$)、碲汞矿 (HgTe)、甘汞 (Hg_2Cl_2)、氯汞矿 ($\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$)、硫汞锑矿 (HgSb_4S_7) 和汞的金银矿物等。

汞作为常温下唯一的液态金属, 其熔点是最低的, 熔点为 -38.87°C , 沸点 356.6°C , 比重 13.595, 蒸气比重 6.9。汞溶于硝酸和热浓硫酸, 但与稀硫酸、盐酸、碱都不起作用。很多金属能溶于汞形成汞齐。形成汞齐的难易程度, 与金属在汞中的溶解度有关。一般说来, 与汞性质相近的金属易于溶解。元素周期表中的同族元素, 随原子序数的增加, 在汞中的溶解度也增加。铊在汞中的溶解度最大, 铁在汞中的溶解度最小, 铁是最典型的不能形成汞齐的金属, 除此之外, 几乎所有的金属都能形成汞齐。

自然界中, 金与汞结合形成金属互化物, 即包括

金汞齐在内的金汞矿物。汞的最重要用途之一就是利用金溶于汞的特性而用于金矿选矿即混汞提金。

早在 1929 年 Pabst 就对 Au-Hg 系列矿物进行了人工合成实验和研究, N. H. 普拉克西思也作了许多工作。他们合成的矿物有: $\text{r-Au}_3\text{Hg}$ 、 Au_3Hg 、 Au_2Hg 、 AuHg 、 Au_2Hg_3 等。与它们成分相当的天然矿物基本都已找到, 相反对围山矿 (Au_3Hg_2) 还缺少人工合成资料(陈克樵等, 1981, E. Z. Pabst, 1929)(表 2)。

3.1 形态特征

本次研究在达沃砂金中发现了上述系列中的四种金-汞系列矿物, 即自然金 (Non-mercurous native gold)、含汞自然金 (Mercurous native gold)、金汞齐 (Goldmalgam) 及 r-汞金矿 (r-Goldmalgamite), 其中前两者是以单独的矿物颗粒存在, 而后两者是以前两者的颗粒镶边而存在。其形态多呈圆粒状, 可见有不规则粒状。颗粒大小一般在 0.01 ~ 0.1mm 范围的变化, 最大者粒径达 1mm, 在整个重砂样品未发现自然金晶体。其颜色为金黄色, 强金属光泽, 黄色条痕, 延展性强, 硬度低, 在矿物颗粒表面可见有许多凹坑。

3.2 物理性质

在反光显微镜中自然金为浅金黄色, 带红色色调, 而含 Hg 的矿物则略带浅绿色色调, 反射多色性

表 2 Au-Hg 矿物矿物学特征

Table 2 Mineralogical characteristics of Au-Hg minerals

矿物名称	晶系	晶体化学式	硬度(kg/mm ²)	晶胞参数(Å)	产地	
自然金	等轴	Au	人工合成 4		菲律宾棉兰老岛达沃砂金矿	
			天然 6	自然金		VHN25 ;95. 3
				含汞自然金		VHN25 ;86. 9
汞自然金	等轴	a-Au ₅ Hg	人工合成 4		湖南省益阳县资江砂金矿	
			天然 1			VHN50 ;29
益阳矿	六方	Au ₃ Hg	人工合成 4		同汞自然金	
			天然 1			VHN50 ;35. 3
金汞齐	六方	Au ₂ Hg	人工合成 4		同自然金	
			天然 6			VHN25 ;74. 4
围山矿	六方	Au ₃ Hg ₂	人工合成 *		河南省桐柏县围山城金银矿	
			天然 2			VHN ;50. 5
r-汞金矿	等轴	AuHg	人工合成 4		河北省红石砬含铂超基性岩	
			天然 5			VHN20 ;77-79
	等轴		天然 3		Borneo	

1. 据田澍章等,1989;2. 据栾世伟等,1986;3. 据 Palache 等,1944;4. 据 Pabst,1929;5. 据陈克樵等,1981;6. 由中国地质大学(北京)李树岩分析; * 目前尚无人工合成数据。

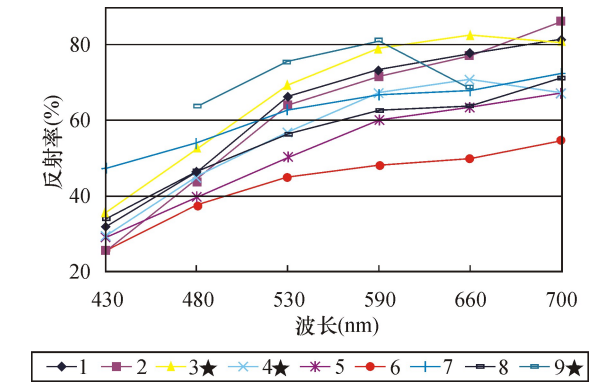


图 2 Au-Hg 矿物反射率光谱曲线(★据田澍章, 1989;其它数据由地矿部煤测中心测试)

Fig. 2 Reflectivity Spectrum Curve of Au-Hg Minerals (★ According to Tian Shuzhang, 1989; other data is tested by Coal Measurement Center, Ministry) of Geology and Mineral Resources.

1-自然金;2-含汞自然金;3-汞自然金★;4-益阳矿★;5-金汞齐(Ra);6-金汞齐(Rc);7-r-汞金矿(Ra);8-r-汞金矿(Rc);9-围山矿★

1-native gold;2-mercurous native gold;3-mercury native gold★;4-yiyangite★;5-goldmalgam(Ra);6-goldmalgam(Rc);7-r-goldmalgamite(Ra);8-r-goldmalgamite(Rc);9-weishanite★

不明显,它们的反色率值如表 2。综合前人资料(王濮,1982;徐国风,1982),金-汞系列矿物反射光谱如表 3、图 2。总体上金-汞系列矿物反射力具有随波长增加而增强的特点。与此同时,随着矿物中汞

含量成份由少至多,金-汞系列矿物反射力具有由强-弱-强的变化特征。

表 3 Au-Hg 系列矿物反射率值

Table 3 Reflectivity Spectrum of Au-Hg Minerals

矿物名称	430	480	530	590	660	700
自然金	31.85	46.09	66.16	73.05	77.75	81.13
含汞自然金	25.38	43.96	63.9	71.7	76.94	86.23
汞自然金★	35.5	52.4	69.3	79.2	82.5	81.2
益阳矿★	29.5	44.8	56.8	67.1	70.7	67.2
金汞齐(Ra)	29	39.66	50.37	59.93	63.38	67.16
金汞齐(Rc)	25.38	37.32	44.61	47.92	49.65	54.73
r-汞金矿(Ra)	47.13	53.73	62.71	66.95	67.76	72.14
r-汞金矿(Rc)	33.8	46.5	56.4	62.53	63.53	71.31
围山矿★		63.75	75.5	81.03	68.6	

注:★据田澍章,1989;其它数据由地矿部煤测中心测试。

达沃砂金矿金-汞系列矿物硬度测试结果如表 2。根据表 2 做出的硬度变化曲线(图 3)反映,自然金硬度较大,随着汞含量增加,硬度也随着减少。但是,当汞含量增加到相当比例时,尤其是晶体结构为等轴晶系时,其硬度却逐渐变大。

3.3 化学成分

表 3 列出了 4 种金矿物的电子探针分析结果。根据这些结果计算出 4 种矿物的晶体化学式为:

表 3 达沃砂金矿金汞矿物化学成份分析结果

矿物名称		矿物化学成份 (wt,%)												位置
		Au	Ag	Cr	Fe	Co	Os	Ir	Pt	Pd	Rh	Ru	Hg	
金汞齐	1	62.72	5.59	0	0	0.03	0.39	0.4	0	0	0.24	0.2	31	矿物边缘
	2	62.97	5.61	0	0	0.03	0	0.4	0	0	0.24	0.2	31	
	均值	62.84	5.6	0	0	0.03	0.24	0.4	0	0	0.24	0.2	31	
Γ-汞金矿	1	45.24	1.73	0.14	0.01	0.03	0	0	0	0.98	0.35	2.3	49	矿物中间
	2	45.16	0.91	0.03	0.16	0.04	0.65	0	0	0.74	0.21	1.7	50	
	3	51.16	0.41	0	0.07	0	0	0	0	0.57	0.24	1.4	46	
	4	50.01	0.58	0.07	0	0.01	1.15	1.8	0.18	0.58	0.17	1.3	44	
	5	45.24	1.73	0.14	0.01	0.03	0	0	0	0.98	0.35	2.3	49	
	6	45.45	0.92	0.03	0.15	0.04	0	0	0	0.75	0.22	1.7	51	
	7	51.16	0.41	0	0.07	0	0	0	0	0.57	0.24	1.4	46	
	8	50.68	0.92	0.07	0	0.01	0	1.8	0	0.59	0.17	1.3	44	
	均值	48.01	0.91	0.06	0.06	0.02	0.23	0.5	0.02	0.72	0.24	1.7	47	
汞自然金	1	89.09	6.04	0.11	0	0.06	0.32	0	2.62	0	0.18	0	1.2	矿物中心
	2	90.2	6.52	0.05	0.11	0	0.32	0.6	0	0	0.3	0	0.9	
	均值	89.65	6.28	0.08	0.06	0.03	0.32	0.3	1.31	0	0.12	0	1.05	
自然金		90.13	8.13	0.11	0.16	0	1.09	0	0	0	0.52	0	0	

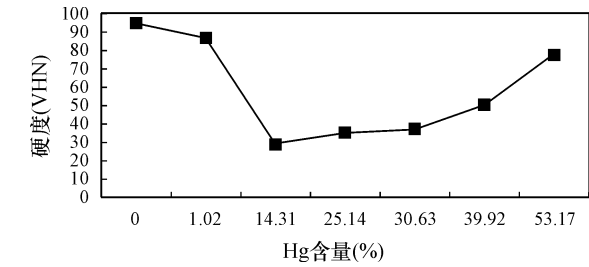


图 3 金—汞矿物硬度变化曲线

Fig. 3 Curve showing hardness variation of gold—mercury Minerals

自然金: ($Au_{0.828}$ $Ag_{0.136}$ $Os_{0.10}$ $Ru_{0.009}$ $Cu_{0.007}$ $Fe_{0.005}$ $Cr_{0.0041.00}$)
含汞自然金: ($Au_{0.848}$ $Ag_{0.108}$ $Pt_{0.012}$ $Hg_{0.010}$ $Cu_{0.004}$ $Rh_{0.004}$ $Os_{0.003}$ $Cr_{0.003}$ $Ni_{0.002}$ $Fe_{0.002}$ $Co_{0.001}$) 1.002
金汞齐: ($Au_{0.602}$ $Ag_{0.098}$ $Ir_{0.004}$ $Rh_{0.004}$ $Ru_{0.003}$ $Co_{0.001}$) 0.712 $Hg_{0.288}$ ($Au:Hg=0.29:1$)
r-汞金矿: ($Au_{0.468}$ $Ag_{0.121}$ $Ru_{0.032}$ $Rh_{0.005}$ $Ir_{0.005}$ $Cu_{0.004}$ $Cr_{0.002}$ $Fe_{0.002}$ $Pd_{0.0013}$) 0.692 $Hg_{0.458}$

从主要元素 Au、Hg 的含量变化来看,从自然金→含汞自然金→金汞齐→r-汞金矿 Hg 的含量由 0 增加到 47.4wt%,而 Au 的含量由由 90.13wt% 降低到 48.01wt%。结合我国益阳矿、围山矿、r-汞金矿

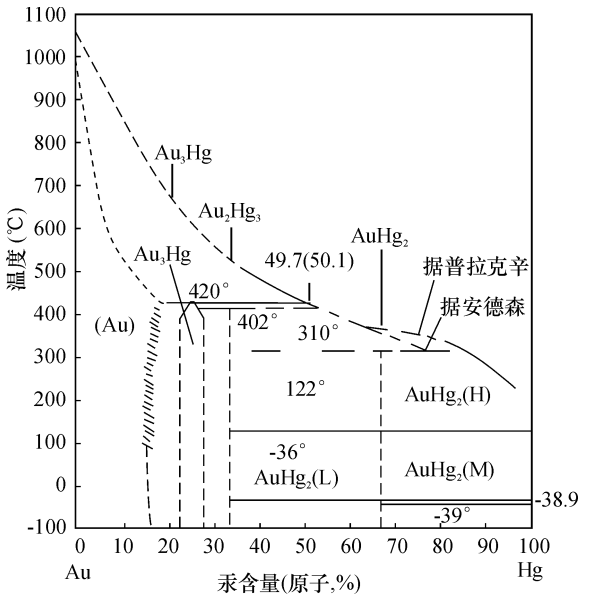


图 4 金汞两相平衡图(据 Hansen,1958)

Fig. 4 diagram of Gold and Mercury two-phase Equilibrium (Hansen, 1958)

的资料来看,目前自然界发现的含汞最高的 Au-Hg 矿物中 Hg 含量达 60.57wt%,而且随着 Hg 的含量增高,其结构也发生相应的有规律的改变:晶系由等轴过渡到六方(Hg 含量界线大概 20wt%)再过渡到

等轴晶系(汞含量界线不清),晶胞大小也由大→小→大的变化趋势。

如前所述,达沃砂金矿物主要是自然金和含汞自然金,金的成色在 900 左右,即矿物中 Au 的含量约为 90%,Ag 在上述两种矿物中的含量分别达到 8.13%和 6.28%,Hg 只在汞自然金出现,其含量为 1.05%。

金汞齐和 r-汞金矿只是作为自然金或含汞自然金的矿物镶边而存在。这种赋存特点与汞、金两种元素的化学性质有关。在常温条件下,金即可溶于汞形成金汞齐。通常情况汞是从自然金颗粒表面向中心逐渐溶合,先在金粒表面生成 $AuHg_2$,再逐渐向金粒深部扩散生成 Au_2Hg ,直到生成 Au_3Hg 的固溶体。

对于金汞固溶体的相平衡,M. 汉森(Hansen, 1958)(Avraham Be'er, Yossi Lereah, *et al.*, 2002)认为(图 4),汞在 20℃ 时能溶解 0.06% 的金,随着温度的增高,汞的流动性增大,金的溶解度也增大。金在 20℃ 时能和 15% 的汞组成固溶体。这是金汞化合物能形成固溶体的最大比值。但在混汞实践中,金与汞是不可能达到平衡的。因为汞膏常常是由表面覆盖汞的金粒、汞金化合物和含少量金的(包括过剩的)液态汞组成。汞齐含金小于 10% 的为液态,而含金达 12.5% 的为致密体。当将汞齐加热至 400℃ 时,汞即升华呈元素状态由汞齐中分离出来。

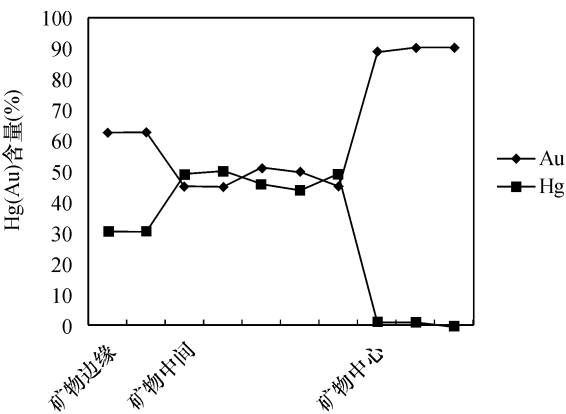


图 5 汞在金矿物颗粒中的分布特征

Fig. 5 Diagram showing distribution characteristics of mercury in Gold mineral particles

且汞齐易在低于熔点的温度下分解而析出过量的汞。金粒必须同汞接触约 1.5~2h 后才能完全汞齐化,因此在混汞作业中,汞的含量从金粒边缘向中

心是逐渐减少的。但是,如图 5 所示,在达沃砂金矿,汞的含量金粒边缘比中间低,这与混汞作业的情况是不相同的。笔者认为,形成这种特征的原因是由于砂金在搬运过程中,汞与金汞会因为温度的升高而蒸发,导粒结合形成金汞齐,但由于金矿物在搬运过程中,致金粒边缘汞的含量减少,从而形成了矿物中间出现汞的含量最高的现象。此外,达沃砂金矿中金汞矿物的出现反映出达沃流域汞的含量很高,有可能有大型的汞矿存在。

3.4 微量元素

从表 3 及晶体化学式可以看,达沃砂金矿中金矿物的化学成分明显不同于我国目前类似矿物的化学成分(郑巧荣,1983,田澍章等,1989),其最明显的一个特点是:地幔物质成分含量很富集,自然金含 Pt 为 0.11%,Os 为 0.09 wt%,Rh 为 0.52%,Ru 为 0.03 wt%;含汞金自然金含 Pt 为 1.31 wt%(最高达到 2.62wt%),Cr 为 0.08 wt%,Os 为 0.32wt%,Ir 为 0.31wt%,Rn 为 0.24wt%。

金汞齐含 Ir 为 0.35wt%,Rh 为 0.24wt%,Ru 为 0.17wt%,Co 为 0.31wt%。r-汞金矿含 Pt 为 0.02wt%,Cr 为 0.06wt%(0~0.14%),Os 为 0.23wt%(0~1.15%),Ir 为 0.45wt%(0~1.81%),Pd 为 0.72wt%(0.57%~0.98%),Rh 为 0.24wt%(0.17%~0.35%),Ru 为 1.69wt%(1.33%~2.28%)。

图 6 表明,银的含量自矿物中心至边缘分布具有由高至低再增高的特点,而铑则相反,在矿物中间最高,而在中心和边缘则较低,这与主要元素金的分布特征是一致的。

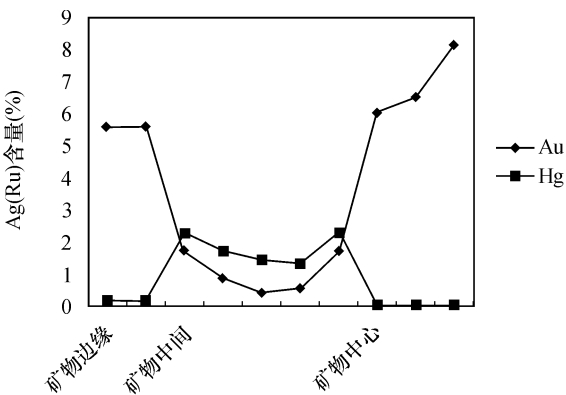


图 6 Ag, Ru 在金矿物颗粒中的分布特征

Fig. 6 Diagram showing distributional Characteristics of Ag and Ru in Gold Mineral Particles

4 讨论与结论

菲律宾群岛位于太平洋板块与欧亚板块、印度-澳大利亚板块缝合部的北端, 处在全球重要的成矿带之中, 并以斑岩型矿床著称, 其中就单位面积而言, 黄金资源量仅次于南非, 占据世界排名第二的位置。在构造上, 菲律宾大断裂贯串整个菲律宾群岛, 在该断裂的北端大量斑岩型铜钼矿床及原生金矿明显受其控制。南端也发现有斑岩铜矿及金矿床存在, 同样受该断裂的控制。

从达沃砂金的重矿物研究表明, 地幔物质相当丰富, Pt 和 Ru 在金矿物中的富集, 尤其是粗铂矿等铂族矿物在重砂中出现, 反映在欧亚板块与太平洋板块碰撞导致大量幔源物质的侵入。因此, 菲律宾应该有可能存在伴随超基性-基性岩浆活动形成的铂、铬等幔源矿床(戴自希, 1986)。

在滨海砂矿中金汞矿物的矿物学特征显示, 达沃湾可能是一个大型或特大型贵金属或铂族元素砂矿。与此同时, 汞在棉兰老岛的现代地质作用中是非常活跃的元素, 说明该地区汞的含量非常高, 极有可能存在大型或特大型汞矿床或金、铂滨海砂矿床。

笔者建议在菲律宾金矿找矿地质工作中必须注意和明确以下几个问题及找矿方向:

(1) 首先必须加强基础地质工作, 从地层构造, 岩浆岩等方面的基础工作中了解一个地区的成矿背景;

(2) 重视典型矿床研究, 例如对碧瑶地区金矿的专题研究无疑会对菲律宾金矿找矿提供范例;

(3) 加强理论找矿的指导作用, 必须不断用新的成矿理论和新的找矿方法来进行金矿找矿工作。例如新西兰的热泉型金矿在现代热液活动频繁的菲律宾群岛是很有找矿前景的;

(4) 从达沃砂金矿的重砂样分析结果来看, 综合找矿以及矿床的综合开发利用是一个值得花大力气进行研究的重大课题。很明显达沃砂矿中除了金可供利用外, 铂也是一个品位较高的可供利用的元素, 此外尚有 Fe、Cr、Ti 也应该注意综合利用(栾世伟等, 1987);

(5) 在找矿方向上, 菲律宾大断裂及其附近地区是最有远景的地区, 尤其在其南端, 不仅金矿、原生金矿及次生砂金矿很有找矿远景, 而且 Pt、Os、Ir 等也是很有找矿潜力的, Cr 也有可能找到诸如北部三描礼士地区类似的铬铁矿矿床(H. Hock 等, 1987)。

[References]

Chen Guang-yuan, Sun Dai-sheng, Shao Wei. 1987. Minerageny and prospecting mineralogy[M]. Chongqing: Chongqing Press:3-20(in Chinese with English abstract)

Chen Ke-qiao. 1981. Two kinds of new mineral found by the electronic probe-mercury gold mine and mercury lead mine[J]. Geology Review, (12):78-85(in Chinese with English abstract)

Dai Zi-xi. 1986. Gold deposit in Baguio, Philippines[J] Geology Science and Technology Dynamic, (4): 89-97(in Chinese with English abstract)

Guiyang Institute of Geochemistry. 1985. Platinoid mineral appraisal manual[M]. Guiyang: Science Press:538-569(in Chinese with English abstract)

H. Hock. 1987. Fireproof and metallurgy ferrochromium mineral of ophiolite in Zambales, Luzon, Philippines, translated by Hao Ziguo[J]. Geology Geochemistry, (11): 46-57

J. M. Boirat. 1986. The earth dynamic condition of formation of the gold mine in Cordilleras, Luzon, Philippines[J]. Northeast Geology Science and technology, (4): 24-31

Luan Shi-wei. 1987. Gold deposit geology and prospecting method[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press:135-149(in Chinese with English abstract)

Pan Zhao-lu. 1979. Crystallography and mineralogy[M]. Beijing: Geological Publishing House:57-84(in Chinese with English abstract)

Tian Shu-zhang. 1989. Discover and research on such gold minerals as gold-mercury series minerals, lead-gold-tellurium bismuthide, Black Gold[J]. Gold Geology Science and Technology, (1): 78-83(in Chinese with English abstract)

Wang Pu. 1982. Systematic mineralogy[M]. Beijing: Geological Publishing House:1-18(in Chinese with English abstract)

Wu Hong-wei, Ren Ai-qin. 2005. Geochemical anomaly characteristics and ore prospecting model in the Yingdongling ore deposit, Henan[J]. Geology and Exploration, 41(1):62-67(in Chinese with English abstract)

Xiao Zhen-min. 1985. Geology and metallic mineral deposit of Philippines[J]. Geology Geochemistry, (1):56-62(in Chinese with English abstract)

Xu Guo-feng. 1982. Mineralography Textbook[M]. Wuhan Geographic Institute:76-89(in Chinese with English abstract)

Zheng Qiao-rong. 1983. Calculation of Fe³⁺ and Fe²⁺ by electron probing analysis value[J]. Mineralogy Journal, (1): 46-50(in Chinese with English abstract)

Zhu Guo-Qiang, Yang Shu-Feng, Chen Han-Lin. 1995. Tectonic stress-analysis of Huangshan Cu-Ni metallogenetic belt and discussion of structure controlling rock and ore model[J]. Contributions to geology and mineral resources research, 10(3):1-13(in Chinese)

[附中文参考文献]

陈光远, 孙岱生, 邵伟. 1987. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆: 重庆出版社: 3-20

陈克樵. 1981. 电子探针发现的两种新矿物—汞金矿和汞铅矿[J]. 地质论评(12):78-85

戴自希. 1986. 菲律宾碧瑶地区阿库潘—安塔克金矿床[J]. 地质科

技动态(4):89-97

贵阳地化所. 1985. 铂族矿物鉴定手册[M]. 北京:科学出版社,538-569

H. Hock. 1987. 菲律宾吕宋岛三描礼士蛇绿岩中的耐火型和冶金型铬铁矿石,郝梓国译[J]. 地质地球化学(11):46-57

J. M. Boirat. 1986. 菲律宾吕宋岛中科迪勒拉山的阿库潘—安塔克金矿形成的地球动力条件[J]. 东北地质科技(4):24-31

栾世伟. 1987. 金矿床地质及找矿方法[M]. 成都:四川科技出版社:135-149

潘兆橧. 1979. 结晶学及矿物学[M]. 北京:地质出版社:57-84

田澍章. 1989. 金—汞系列两种矿物,铅金碲铋化物、黑铋金矿等金矿物的发现和研究[J]. 黄金地质科技(1):78-83

王 濮. 1982. 系统矿物学[M]. 地质出版社:1-18

吴宏伟,任爱琴. 2005. 河南银洞岭银矿床原生地球化学异常特征及找矿模型[J]. 地质与勘探,41(1):62-67

肖振民. 1985. 菲律宾地质和金属矿床[J]. 地质地球化学(1):56. -62

徐国风. 1982. 矿相学教程[M]. 武汉:武汉地质学院出版社:76-89

郑巧荣. 1983. 由电子探针分析值计算 Fe³⁺ 和 Fe²⁺ [J]. 矿物学报(1):46-50

竺国强,杨树锋,陈汉林. 1995. 新疆香山铜镍含矿镁铁超镁铁杂岩体控岩控矿构造探讨[J]. 地质找矿论丛,10(3):1-13

Mineralogical Characteristics of Gold-mercury Mineral in the Davao Gold Placer of Mindanao Islands, Philippines and Its Prospecting significance

HUANG Shao-feng
(China National Gold Group Corporation,Beijing 100011)

Abstract: Mineral assemblage and mineralogical characteristics of gold-mercury minerals in the Davao Placer of Mindanao Islands, Philippines were systematically studied in this paper. Results show that, with the increasing mercury content in gold-mercury minerals, their reflecting power exhibits variations in the sequence of strong →weak → strong, in contrast to the decrease of mineral hardness. However, when the content of mercury reaches a definite proportion, especially when the crystal displays isometric crystal texture, its hardness increases. We also find that goldmalgam and r-goldmalgamite just occur as natural edge of gold-mercury mineral grains. Overall, mercury content gradually reduces from the edge to the centre of gold-mercury mineral particles, but that in the edge of grains is lower than that in the middle. With a combination of the analysis of metallogenetic background, this paper suggests that there are mantle-derived platinum and chromium deposits in the region, which are accompanied by ultramafic-mafic magmatism, and large and ultra-large scale gold, mercury-polymetallic deposits, as well as coastal placer of gold and platinum are also likely.

Key words: Gold-mercury Mineral, Mineralogical Characteristics, Prospecting significance, Davao gold placer, Philippines