



## 菲律宾有色金属矿产概况

菲律宾有色金属矿产资源较为丰富,分布较广,矿种较多,类型较全,勘查程度相对也比较高,且单一矿种的矿床甚少,大多为多金属矿床,因此,菲律宾有色金属矿产勘查与开发工作处于互相连带关系,例如在斑岩型铜矿床勘查与开发中可以带动铅、锌、金、银等矿产的综合开发和利用,从而使工业布局趋向于集中。现将菲律宾主要有色金属矿产资源概况叙述如下。

**铜矿资源** 菲律宾铜矿主要分布在吕宋岛西部、棉兰老岛东部以及班乃岛东部、内格罗斯岛西部、宿务岛中部和保和岛北部等地。目前,已知铜矿类型主要有6种:斑岩型、脉型、黑矿型、别子型、塞浦路斯型、接触交代型。其中以斑岩型分布最广,规模最大,开发程度也最高,其资源储量和开发产量为其他类型的数十倍以上,是铜矿中最主要的矿床类型。菲律宾铜矿成矿时代基本上可分3个时期:石炭纪—白垩纪、古近纪和新近纪,其中石炭纪—白垩纪铜矿数量很少,规模也很小,多为矿化点,除Atlas斑岩铜矿外,主要为一些别子型铜矿;古近纪铜矿数量比较多,除部分斑岩型铜矿外,主要为脉型和塞浦路斯型铜矿,新近纪矿床数量最多,分布最广,是最主要铜矿成矿期,并且几乎包括了目前所知的各种矿床类型,并以斑岩铜矿占多数,广布于全国,其中的许多矿床达到大型规模。

斑岩型铜矿主要受断裂破碎带控制,产出在闪长岩-花岗闪长岩岩枝和岩株的顶部或岩钟上,但矿化作用经常可延伸至岩体周围的变质沉积岩和火山岩中。与成矿有关的岩体侵位时间为白垩纪—上新世,并可细分为晚白垩世、始新世—渐新世和中新世—上新世等3个主要时期。晚白垩世岩体分布稀少,目前公认的是宿务的Lutopan石英闪长岩体。始新世—渐新世岩体,主要分布于菲律宾中部内格罗斯岛、保和岛一带,在吕宋岛东部亦有零星分布,多呈闪长岩岩株产出。中新世至上新世岩体最发育,主要集中在吕宋岛中央山脉西侧三描礼士山脉一带,呈近NS向断续分布,其次在棉兰老岛东岸达沃-苏里高一带,此外,在中北部马林杜克岛亦有出露。岩体以花岗闪长岩为主,多呈小岩株与岩枝产出,规模大多小于1 km<sup>2</sup>。菲律宾斑岩型铜矿床的矿化特征与世界岛弧带上斑岩铜矿床基本相似,铜硫化物以粒状、微粒状或细脉状、网脉状散布在岩体及其接触围岩中,矿体呈透镜状、似层状,主要矿石矿物为黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、黝铜矿,还有数量不等的辉钼矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿、黄铁矿等。通常围岩具有硅化、绢云母化、泥化、青磐岩化和黄铁矿化。矿石有用组分除Cu外,还有可综合回收利用的Au、Ag以及磁铁矿和辉钼矿等。 $w(\text{Cu})$ 一般平均在0.3%~0.7%之间,个别可达1%以上。菲律宾已知斑岩铜矿床(点)有40多处,其中不少为大型矿床(菲律宾斑岩型铜矿实例待下期增补)。

脉型铜矿分布较广,大多分布在斑岩型矿床外围,其中以三描礼士山脉与宿务一带较为集中。含矿石英脉受断裂破碎带控制,按赋存部位及矿石矿物组分可分3种:①产出在晚中新世安山质至英安质火山岩及其火山碎屑岩中硫砷铜矿-黝铜矿-黄铜矿-黄铁矿-重晶石-石英脉,如吕宋岛八打雁的Lobo铜矿、邦贵的Mankayan铜矿;②产出在新近纪闪长岩-花岗闪长岩体周边火山岩与沉积岩中,有的还延伸至岩体中的黄铜矿-黄铁矿(闪锌矿-方铅矿)-石英脉,在硅化与断裂发育地方矿化强烈、广泛,如中宿务的Maypay铜矿;③产出在辉长岩和蛇纹岩化橄榄岩中的黄铜矿-磁黄铁矿-黄铁矿-石英脉,矿化规模变化较大,如三描礼士地区Cabapa铜矿。这类矿床的矿石矿物常交代石英脉体和蚀变、破碎的围岩碎片,呈浸染状、团块状产出,所以矿石品位变化甚大, $w(\text{Cu})$ 最高可达10.3%,但由于其资源量有限,矿床往往只是短暂的开发或尚未开发。

黑矿(Kuroko)型铜矿是受岩层控制的多金属矿床,与近海酸性火山活动有关。该类型矿床产出在白垩纪—古新世基底之上的火山-沉积地层中,其中大多数为新近系,赋矿地层是由安山质至流纹英安质火山岩及其火山碎屑岩和正常沉积夹层组成,如萨马岛的Sulat和Bagacay铜矿,少数容矿围岩为古近系,主要由杏

仁状玄武熔岩、暗绿色玄武质凝灰砾岩和蚀变的凝灰质页岩和砂岩组成,如 Dupas 铜矿。矿体呈透镜状和似层状,与围岩呈整合关系,矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黝铜矿及金与银矿物,脉石矿物有石英、重晶石和黏土矿物。矿石具典型条带状构造。此类型铜矿目前已知有 8 处,但仅有 Bagacar 铜矿在开发生产。

塞浦路斯(Cyprus)型铜矿与蛇绿岩套密切相关,通常产于蛇绿岩的顶部,容矿岩层多为晚白垩世—古新世细碧质玄武岩及其枕状熔岩,夹凝灰岩与燧石岩。矿体呈透镜状、扁豆状,与围岩呈整合接触关系。矿石矿物主要为黄铁矿和黄铜矿,含少量银和痕量金。矿石呈块状构造,等粒细粒状结构。成矿显然是在平静的深水环境下,由海底裂隙喷发形成的。该类铜矿在菲律宾已知有 6 处,以吕宋岛西部的 Barlo 铜矿、班乃岛西部 Bongbongan 铜矿和棉兰老岛东北部 Malabog 铜矿较为典型,但基本上没有详细勘查与开发。

别子(Besshi)型铜矿产出在始新世变质基性岩和泥质结晶石英片岩中,呈透镜状、条带状和扁豆状,与围岩整合接触,矿石矿物为黄铜矿和黄铁矿,含少量赤铁矿和闪锌矿。近地表次生富集带发育,除可供工业利用的 Cu 外,还富含 Au 和 Ag。该类铜矿在菲律宾分布有限,目前已知仅数处,其中只有 Hixbar 铜矿已开发生产。

接触交代型铜矿在菲律宾产出形式多样,有的在接触带砂卡岩中,有的在侵入体周边与其接触的灰岩、白云岩中。矿体多为透镜状和囊状,规模较小,但比较富,特别是有些砂卡岩铜矿常与斑岩体相伴,所以在勘查斑岩铜矿床时仅将其作为次要矿体对待,而不当作为独立矿床类型进行开发。

菲律宾铜矿资源相对比较丰富,铜矿资源储量规模较大,有人估计其金属量约 5000 万吨,而且伴生有用组分较多,如 Mo、Au、Ag、Fe 等均可回收利用,因此其经济价值较高,目前全国主要有 5 个铜业公司进行勘查、冶炼、销售,年产铜产品达数万吨,最高时达 30 万吨,其中 90% 的铜产品来自斑岩型铜矿床。

钼矿资源 菲律宾在上世纪 30 年代才发现斑岩型铜矿床中具有工业价值的辉钼矿,但直至上世纪 70 年代才开始进行勘查、评价与开发。钼矿床类型比较单一,主要为斑岩型,其次为砂卡岩型,迄今尚未发现单一的斑岩型钼矿床,而大多数钼矿床是与斑岩型铜矿床共生的。斑岩型钼矿床的产出地质条件与斑岩型铜矿相同,但并非所有斑岩型铜矿床中都赋存有工业利用价值的钼矿。从目前勘查成果看,除中宿务的 Atlas 矿区外,其他斑岩型铜矿床中钼矿品位差异甚大,研究表明,金品位较高的斑岩型铜矿中,钼品位基本上达不到工业要求,金与钼之间普遍存在富金则贫钼,富钼则贫金的负相关关系。因此,菲律宾斑岩型钼矿数量与分布远没有斑岩型铜矿床那样多与广。此外,在斑岩体中铜与钼赋存情况也不同,辉钼矿富集与断裂破碎带关系更加密切。砂卡岩型钼矿床分布较局限,所知的并有一定规模的是北甘马磷省 Larap Iron 矿山的 Bessemer 矿床。该矿床发现于 1954 年,产出在砂卡岩外接触带、铁矿层之下。钼矿化作用受接触带附近的近 NEE 向断裂带控制。矿体呈透镜状、囊状和斑纹状分布,与接触带近于平行。矿石矿物主要为辉钼矿、黄铜矿、磁铁矿以及含铀与金的矿物,但在辉钼矿与黄铜矿较富集地段,黄铁矿与磁铁矿则十分稀少。该矿床勘查结果获得钼矿矿石量 1700 万吨,矿石品位: $w(\text{Mo})$  为 0.09%, $w(\text{Cu})$  为 0.42%。矿床适合于露天开采。

铅锌矿资源 菲律宾铅锌矿床在空间分布上与铜-金矿床紧密共生,在成矿类型上以别子型、塞浦路斯型、黑矿型、热液脉型和接触交代型为主,除个别黑矿型和热液脉型是以铅锌矿为主的单一铅锌矿床外,其他大多为铜多金属矿床,铅锌矿以共生组分产出。铅锌矿产出时期主要有石炭纪—早三叠世、中侏罗世—渐新世和中新世—上新世等 3 个时期,不同时期成矿特点也有所区别,石炭纪—早三叠世主要为别子型铅锌矿,如西民都洛的 Amnay 铜锌矿床,中侏罗世—渐新世时期成矿类型较多,有别子型、黑矿型以及热液脉型等,如吕宋岛中部 Malasin 的黑矿型铅锌矿床、卡坦端内斯的 Rapu-Rapu 别子型多金属矿床、宿务 Jel 热液脉型铅锌矿床,中新世—上新世时期以接触交代型和热液脉型为主,如吕宋岛西部 Tuba 接触交代型锌矿床、北甘马磷热液脉型多金属矿床等。从菲律宾全国范围看,以热液脉型铅锌矿分布最广,这种类型矿床的最大特点是以铅锌矿为主,矿床规模不大但矿石品位较富,如棉兰老岛三宝颜 Ayala 地区的铅锌矿。该区广泛出露早-中中新世与晚中新世沉积地层,二者呈角度不整合关系,并发育 NE 向和 NW 向共轭断裂组,断裂倾角较陡,局部发育构造角砾岩,含石英脉沿断裂充填交代,呈大脉或不规则脉体,部分呈细脉浸染状分布于钙质岩层中,矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿与黄铁矿,其次有少量黄铜矿、斑铜矿,脉石矿物主要为石英、方解

石。矿床规模中上,但矿石品位较富, $\omega(\text{Zn})$ 为3.0%, $\omega(\text{Pb})$ 为2.5%,估算矿石量590万吨。据初步统计,菲律宾有铅锌矿产地26处,其中较大规模的10处,估算铅矿石量为920万吨,矿石品位 $\omega(\text{Pb})$ 为0.24%~2.5%,相当铅金属量16万吨,锌矿石量为1520万吨,矿石品位 $\omega(\text{Zn})$ 为0.26%~7.28%,相当锌金属量35万吨,目前开采的矿山有4处。

**镍矿资源** 镍矿有3种类型,即岩浆型矿床、浅成低温热液型矿床和红土型矿床。岩浆型矿床产出在蛇绿岩套中,大致相当于蛇绿岩套中上部纯橄岩相与辉石岩相之间,局部可接近于辉长岩相。镍矿为硫化物镍矿,并与铜矿密切共生。其常呈稀疏浸染状、稠密浸染状、团块状甚至不规则状散布在早期结晶的硅酸盐矿物间,并包围、熔蚀了硅酸盐矿物。矿体多呈透镜状或囊状。该类矿床在菲律宾主要分布在吕宋岛西部三描礼士一带,规模有限,多为小型矿床,其中以圣克鲁斯的Acoje矿区最典型。

浅成低温热液型矿床产出在蛇纹石化橄榄岩的断裂或剪切带中,呈细脉状、线脉状、网脉状,矿石矿物主要为次生的镍矿物,如镍矾、绿镍矿等。矿床是原生橄榄岩中含镍硫化物在岩体蛇纹石化作用过程中被热水活动而淋滤,后经富集、活化并沉积在围岩裂隙中。这类矿床在菲律宾仅有北莱特岛的Jaro一处,其规模小,目前未被利用。

红土型矿床在菲律宾分布较广,并与各个蛇绿岩带中超镁铁质岩产出有一定关联。该类矿床主要是由于菲律宾独特的气候与自然地理条件,使超镁铁质岩极易发生红土化,从而导致某些有用组分进一步富集,形成具有工业价值的矿产。因此,红土型镍矿床的产出严格地受红土化作用程度及其红土层剖面结构的控制。本刊在上一期“铁矿资源”一节中已对红土型矿床的地质剖面做了叙述,明确指出红土层剖面上至下可分为5层,第一层为红褐色搬运的红土,一般不含矿;第二层为浅褐色具有可塑性红土,偶含褐铁矿碎块,并且分布十分不均匀;第三层为黄褐色、杂色红土,普遍含褐铁矿,有的呈薄层状分布;第四层为分解的蛇纹岩或镁铁质岩碎块,呈厚薄不一的似层状分布;第五层为未分解的蛇纹岩或镁铁质岩。此剖面依据红土型镍矿床产出特点还可划分出2大亚类:褐铁矿亚类和暗镍蛇纹石(又称硅镁镍矿 Gramierite)亚类。前者主要分布在上述剖面的中上部,即第三层至第二层,主要与褐铁矿共生,其矿石以高 $\omega(\text{TFe})$ (40%~50%)和相对低 $\omega(\text{Ni})$ (0.5%~1.5%), $\omega(\text{Co})$ (0.05%~0.2%), $\omega(\text{MgO})$ (<5%), $\omega(\text{SiO}_2)$ (<10%)为特征,主要产出在巴拉望和罗罗西岛。暗镍蛇纹石亚类产出在上述剖面的下部,以第四层为主,接近未风化分解的原岩附近,其矿石以含Ni、Co、MgO高而含Fe低为特点,主要分布在棉兰老岛东部苏里高一带,目前已进行一定规模的开发与生产。

菲律宾镍矿资源比较丰富,分布较集中,据上世纪末估算,其矿石量约16亿吨,矿石品位1.14%,其中,红土型镍矿资源储量约占99%,其余类型不足1%。红土型镍矿将近1/4集中在苏里高地区,其矿石量约为4亿吨, $\omega(\text{Ni})$ 平均0.65%。目前,全国有三大公司从事镍矿开发与生产。Marinduque矿业公司(MMIC)规模较大,据上世纪末统计,其镍矿产量占全国的57%,现主要在苏里高一带开发生产红土型Ni矿和Co矿;其次是Rio Tuba矿业公司,主要在巴拉望一带,其镍矿产量占全国的37%;Hinatuan矿业公司也主要在苏里高地区从事生产开发,但规模不大,其镍矿产量仅占全国的4%。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士 供稿)