周边国家矿产资源简介

菲律宾地质构造及其区域成矿主要特征(二)

菲律宾属于太平洋板块向欧亚板块俯冲形成的岛弧构造体中的一环。它在地质构造演化历史上,前中生代为地槽区,可能在三叠纪末受构造变动影响(有人认为受全球性特提斯运动影响)构成了岛弧初形,晚中生代至古近纪末受太平洋构造变动影响,岛弧进一步褶皱隆起、分离与合并,并伴有镁铁质-超镁铁质岩体逆冲于前中生代地层中。新近纪初,东部地区岩浆活动与构造变动相对强烈,形成了近 NNW 向构造,其中,以纵贯菲律宾群岛的 NNW 向菲律宾断裂最为突出,并伴有一定规模的混杂堆积岩。而菲律宾西部地区岩浆活动与构造变动相对较弱,形成了近 NE 向构造,其中以比较开阔和相对稳定的沉积盆地构造为特征,亦有断续的混杂堆积岩产出,特别是围绕中部北巴拉望与民都洛岛一带。由于上述地质构造特点使菲律宾在区域成矿上呈现出新的格局。

(1) 菲律宾区域成矿作用在时间上比较集中,其中,晚始新世至早渐新世和晚中新世至早上新世是 2 次最主要成矿期,大部分有色、黑色和煤炭等矿产都是在这 2 个时期形成的,只有少部分产出于晚更新世或早始新世,至于侏罗纪—白垩纪以及前中生代,目前还没有发现具有一定工业价值的矿床。

(2) 区域成矿作用明显与区域板块构造活动有关,致使矿产地空间分布主要受构造控制,其中,有色与黑色金属矿产大多受逆冲断裂构造控制,并且很多矿床与混杂堆积岩产出有一定空间关系,煤炭与油气则产于新生代盆地中,而这些盆地往往又多为断陷盆地。

(3) 成矿作用与区域岩浆作用关系十分密切,菲律宾主要矿产资源大多与岩浆活动有关,因而,矿床类型主要为岩浆型、矽卡岩型和热液型,其次为斑岩型与火山岩型。据不完全统计,上述矿床类型可占菲律宾所有矿床类型的七成左右。

(4) 菲律宾地处低纬度热带雨林地带,近代风化剥蚀和水流作用十分强烈,因此,次生成矿作用普遍而强烈,其中以大面积红土壤化最为特征,使一些矿床或岩石发生成矿物质的二次富集作用,在内陆山区形成红土型铁、镍、铝、金等矿床。而在盆地河谷以及海滨地区形成一些工业的砂矿床。

(5) 菲律宾目前已查明和开发的矿种有 50 种左右,其中,工业储量规模属于大型或大型以上的不多,但其矿产种类相对比较齐全,尤其是大宗工业矿产如铜、铬、金、银、铁、镍以及石油天然气等,都具有一定蕴藏量和开发潜力。

菲律宾的矿产资源并非十分富足,但与其邻近国家相比,其资源规模与种类相对丰富。现将菲律宾主要矿产资源的地质特征做如下介绍。

铁矿资源　菲律宾铁矿主要有 3 种类型:矽卡岩型、红土型和砂矿型,还有少量沉积型、热泉型和沼泽型等。矽卡岩型铁矿主要分布在菲律宾西部地区,如吕宋岛西北部和西南部、民都洛岛西部、班乃岛西部、内格罗斯岛西部,此外,在东部地区萨马岛、棉兰老岛南部哥打巴托、三宝颜亦有少量分布。矽卡岩矿床主要产于花岗岩类岩体与火山或沉积地层接触带附近,呈不规则状产出。侵入岩体在吕宋岛西北部、民都洛岛、班乃岛、萨马岛等地为古近纪,其中民都洛岛最老,有人认为是前新生代,其他地区均为新近纪。接触围岩多为古近系。矿石矿物以磁铁矿为主,伴有不同数量的金属硫化物,呈块状构造,但在地表和浅部则以赤铁矿和磁铁矿为主,呈土状或气孔状构造。矿石品位一般在 50% 以上,最高可达 71%。通常矿石成分与侵入体生成时期有一定关系:与古近纪花岗岩类有关的铁矿床矿石成分相对单一,以磁铁矿为主,如吕宋岛北部伊罗戈省 Lamin 铁矿,其成矿作用与古近纪花岗岩侵入有关,矿体产于矽卡岩中,断续延长 1.75 km。矿石矿物以磁铁矿为主,只在矿体露头和剪切带中出现赤铁矿,矿石中硫化物极少。该矿经航空物探工作后扩大,现估算资源储量为 85 万吨,含铁 59%～71%,含硫化物 0.085%。与新近纪花岗岩类有关的铁矿床矿石成分相对复杂,占有一定比例的金属硫化物,部分比例还相当高。如菲律宾规模最大的矽卡岩型 Larap 铁矿床,

位于吕宋岛东南拉蒙湾南岸何塞附近。与成矿有关的岩体是中新世中期闪长岩。矿体产于矽卡岩中,矽卡岩产状与围岩地层产状一致,走向 NW,倾向 NE。矿石矿物以磁铁矿为主,但在风化带转为以赤铁矿为主。高品位矿石(品位大于 45%)不含黄铁矿和其他硫化物或者含量较少,不超过 2%～3%,但矿石品位在 40%左右的矿石含硫化物则较高,有的构成独立的有色金属矿体,如钼、铜矿等。该矿床资源储量约 5000 万吨,但由于开发历史较长,目前保有资源储量不足1300万吨,虽然富矿石大部分已采完,但 Cu 品位仍为 0.29%,Mo 品位为 0.04%,尚可综合回收。据近期估算,矽卡岩型铁矿资源储量约 1.33 亿吨,矿石品位 10%～71%。

红土型铁矿在菲律宾分布较广,主要集中在东部地区萨马岛至棉兰老岛东北部的苏里高一带和巴拉望岛南部地区,在吕宋岛西南部、民都洛岛、莱特岛等地也有零星产出。红土型矿床是表生作用的产物,目前研究成果表明,菲律宾红土型矿床形成与其下伏的岩体岩性有密切关系,通常可分为 2 大类型:一是与辉长岩、辉绿岩等有关的红土型矿床,以含较高铝土质为特征,铁矿仅在浅部地方产出;另一是与纯橄岩、橄榄岩等有关的红土型矿,以含镍较高为特征,铁矿相对比较富集。菲律宾红土型铁矿在棉兰老岛东北部苏里高一带进行过一定地质勘查工作,整个地区红土型铁矿自下而上可分 4 部分:基底部分为变质火山岩、变质沉积岩及蛇纹石化橄榄岩等;向上为松软土质混有部分杂色蛇纹岩组成的过渡带;再上为黄色黏土厚层带,以孔隙度与含水量较高为特征;地表为红色表层带,由极细小坚硬的赤铁矿浸漫在疏松的铁染的黏土中,在地表局部地方构成直径 1 cm 的褐铁矿-赤铁矿团粒,或构成深红色坚硬蜂窝状褐铁矿表壳层。上部 3 个带是铁矿体的主要赋矿部位。红土型铁矿中矿石矿物主要是褐铁矿、赤铁矿,磁铁矿极少。苏里高地区铁矿矿石品位一般为 47.76%,$w(SiO_2)$为 1.33%,$w(Al_2O_3)$为 7.93%,$w(Cr_2O_3)$为4.19%,$w(Ni)$为 0.78%。菲律宾红土型铁矿资源储量大约 50 亿吨,平均品位 20%～44.98%。该类型矿床在二次大战前曾有部分开发,而目前开发利用的不多,虽然在苏里高 Nonoc 岛有先进的加工设备,但主要用于提取该类型矿床中的 Ni 和 Co。

砂矿型铁矿床是菲律宾重要铁矿类型之一,以滨海砂矿为主,少数为内陆冲积砂矿。滨海砂矿主要分布在菲律宾吕宋岛北部、西部,莱特岛东部以及内格罗斯岛西部。其中以近岸滨海砂矿最多,其次为上升海滨砂矿和外海滨下陷砂矿,但数量有限。前者如北伊罗戈省围绕 Paoay 湖周围的砂丘,后者如林加延湾拉乌尼翁的 Damortis。菲律宾砂矿型铁矿床中磁铁矿一般在 15%～30%,其精矿含铁 55%～60%,但其内常含有钛和钒等杂质,致使铁矿砂价值降低,由于这些杂质将影响铁矿熔炼的质量,只有当钛或/和钒品位能达到熔炼特种钢时,其价值才可提升。菲律宾滨海磁铁砂矿以吕宋岛西海岸的南伊罗戈磁铁矿砂矿规模较大,砂丘高达 6 m,沿滨海广泛分布,含磁铁矿 26.4%,资源储量3100万吨,可回收资源储量 610 万吨,含铁 58%,含钛 6.14%。菲律宾磁铁矿砂矿资源储量估计约 1.5 亿吨,平均品位 40%左右。

除上述 3 种主要铁矿类型外还有沉积型、热泉型、沼泽型等,但规模较小、分布局限,其工业意义不大。热泉型铁矿在地质成矿作用上比较特殊,已知有 3 处,以棉兰老岛的哥打巴托附近规模略大,研究也比较详细。该区主要出露安山岩及火山碎屑岩,铁矿呈近水平层状产于硅化安山岩或角砾岩化碧玉岩之上,部分碧玉碎屑被铁氧化物胶结。铁矿层厚度 10～23 m,平均厚度 18 m,矿石矿物为针铁矿和赤铁矿,含磁铁矿极少量或没有,呈层状、胶状和葡萄状构造,并含植物化石残留体,暗示为较新年代成矿。矿石含铁 55.93%,锰 0.08%,砷 0.05%,碳 5.06%,湿度 3.30%,组合水 12.33%,估算资源储量 200 万吨。

铬矿资源　菲律宾铬矿可主要分为原生和次生 2 种成因类型。原生岩浆型铬矿床分布较广,主要分布于吕宋岛西岸的三描礼士、巴拉望南部、西民都洛以及北苏里高的迪纳加特岛,其次于东达沃、东米萨本斯、班诗兰、南甘马磷、奎松和布基农等省。矿床受蛇绿岩带的控制,产于超镁铁质岩体中,在东部地区呈 NNW 向分布,在西部地区呈 NNE 向分布,在北部地区呈近 SN 向分布。岩浆型铬铁矿矿体多呈豆荚状,规模大小不一。矿石按其化学成分及用途可分为冶金型铬铁矿和耐火材料型铬铁矿,并与围岩性质有密切关系。通常富铬的冶金型铬铁矿产出在与苏长岩、辉长岩相伴的橄榄岩中,矿床围岩常为橄榄岩-辉岩-苏长岩序列,而富铝的耐火材料型铬铁矿产出在与橄长岩和橄榄石辉长岩相伴的橄榄岩中,矿床围岩一般为橄榄岩-橄长岩-辉长岩序列。在三描礼士地区,上述 2 种铬铁矿并存,而其他地区只有冶金铬铁矿型矿石。在菲律宾,豆荚状铬铁矿产出在混杂堆积岩带中,自下而上可进一步划分为 3 个部位(也有人称 3 个带)。下部第一带的矿体主要产在方辉橄榄岩中,零星分布,矿体规模与方辉橄榄岩之间没有明显关系;中部第二带的矿体主要

赋存在 200～500 m 厚的纯橄岩体中，与纯橄岩相伴；上部第三带的矿体主要位于 100～500 m 厚的纯橄榄岩与异剥橄榄岩互层中，呈整合至次整合的带状或透镜状。上述下、中、上 3 个带在三描礼士地区均有出现，在巴拉望和萨马岛只见到下部与中部 2 个带，而其他地方仅见到下部带。三描礼士地区是菲律宾铬矿床较集中地区，且勘查程度也较高，初步统计已有 65 处之多，其中，Acoje 矿床是最主要的冶金型铬铁矿床；Coto 矿床是世界最大耐火材料型铬铁矿床之一。

Acoje 铬铁矿床位于三描礼士山区蛇绿岩带中北部，铬铁矿区西部出露方辉橄榄岩，中部为纯橄岩，东部主要为辉长岩，呈 NE 向至 NNE 向延伸，向 SE 倾斜。铬铁矿体主要集中于中部纯橄岩中，其次于西部方辉橄榄岩中，呈豆荚状和透镜状产出。矿体长 10～600 m，厚几 cm 至 40 m 不等。矿石有块状、结核状、条带状、浸染状和细脉状。前二者是矿体中主要矿石类型，其含铬铁矿一般均在 80％左右；条带状与浸染状矿石通常于矿体边缘或围岩中。条带状矿石于纯橄岩和辉石岩互层中，铬铁矿条带厚 2 mm～10 cm 不等。细脉状矿石分布局限，多在矿体中的断层附近，规模较小。从矿石特征看，Acoje 矿床的形成还可能经历了一个比较复杂的过程。该矿床铬铁矿石的 $w(Cr_2O_3)$ 为 20％～50％，平均 25％，Cr_2O_3/FeO 比值为 2.4～3.2，矿石属于冶金型，估算资源储量为 500 万吨。

Coto 铬铁矿床位于三描礼士山区中部，Acoje 铬铁矿床以南。矿区西北部广泛分布方辉橄榄岩，东南部大面积出露橄榄石辉长岩和橄长岩，二者之间为不规则状分布的纯橄岩。铬铁矿床产出在方辉橄榄岩中，目前已知有 20 多个矿体，呈带状向 NE 方向断续延伸近 2.5 km，其中主矿体长 550 m，宽 290 m，垂厚 30～76 m，呈一巨大囊状体，并与围岩呈不整合关系，而主矿体本身又被较密集且近于平行的 NE 向微晶闪长岩脉和安山岩脉横切。Coto 矿床矿石的 $w(Cr_2O_3)$ 平均 32.33％，$w(Al_2O_3)$ 平均 29.38％，属于耐火材料型矿石，估算资源储量近1000万吨。该矿床开发较早，目前开发规模也较大，绝大部分矿石是出口外售。

菲律宾最常见的次生铬铁矿是红土型与砂矿型矿床，并且在空间上均与超镁铁质岩和铬铁矿区的分布有密切关系。红土型铬铁矿分布较广，主要在苏里高、三描礼士、东米萨米斯和东萨马等地，主要赋存在红土层的中下部，常伴有镍，矿床规模一般在 500～700 万吨，$w(Cr_2O_3)$ 为 25％～30％，Cr_2O_3/FeO 比值为 1.3～1。目前仅个别地方被开发，如萨马岛、苏里高等地。砂矿型铬铁矿有近代海滨砂矿和冲积砂矿，主要分布在南巴拉望，其规模一般不大，常与锆石、钛铁矿、磁铁矿、金和铂共生，现只有小规模开发。

煤炭资源　菲律宾煤炭分布比较广，主要在岛弧型构造的狭窄海陆交互带上，成煤时代为始新世至上新世-更新世，以中新世为成煤的高峰期，全国已知煤炭矿山约 80％是在该时期形成的，其次为上新世。煤层层数较多，少则 8～9 层，多达 20 多层，厚度变化大，从几 cm 至 3～4 m，平均单层厚度 1.0 m 左右；煤层厚度超过 25 m 的仅在民都洛南塞拉拉岛见到。煤层倾角变化也很大，在卡加延和苏里高一带上新世—更新世煤层几乎以近于水平至缓倾斜产出；而在宿务一带则呈陡倾斜产出。全国煤炭约 55％为次烟煤至烟煤，42％为褐煤至次烟煤，仅 3％为烟煤至半无烟煤，从煤类看是不全面的，尤其缺少工业用煤。全国煤炭分布大致可分为 3 大区：北部主要在吕宋岛，其中主要产出在卡加延，为上新世-更新世褐煤和次烟煤，查明资源储量为7500万吨，其次为玻利略-巴顿-卡坦端内斯岛一带，以中新世次烟煤为主，查明资源储量 950 万吨。中部地区分布较散，其中规模较大是塞米拉拉岛，为中新世次烟煤，查明资源储量 1.5 亿吨，其次是萨马-莱特岛一带，为中新世次烟煤，查明资源储量7500万吨；宿务为中新世次烟煤和烟煤，查明资源储量 960 万吨，此外，还有西民都洛和内格罗斯等地的中新世褐煤和次烟煤，查明资源储量均在 100 万吨左右。南部地区主要在棉兰老岛，主要产出在苏里高和三宝颜 2 处，前者为中新世褐煤和次烟煤，后者为中新世烟煤和半无烟煤，查明资源储量均在3000～4000万吨。此外，在达沃-阿古苏一带也有一定的中新世褐煤和次烟煤的资源储量。菲律宾最大的塞米拉拉岛次烟煤湿度为 17％～18％，含灰分 2％～9％，挥发分 37％～38％，固定碳 37％～41％，硫 0.5％～0.7％，热量值 7992～9990 BTU/Lb；三宝颜中新世烟煤-半无烟煤其湿度为 2％～4％，含灰分 5％～7％，挥发分 24％～28％，固定碳 58％～67％，硫 0.4％～0.9％，热量值 12 708～7280 BTU/Lb。据专业人士估算，菲律宾全国煤炭资源储量大约在 3～4 亿吨，尚难满足国民经济与国民生活需要。

（中国地质科学院矿产资源研究所　吴良士　供稿）