

菲律宾红土镍矿的生成及找矿勘探

冶金工业部赴菲斑岩铜矿地质考察组

我组在对菲律宾斑岩铜矿考察的末期，听取了菲律宾矿务局和正在该国三描礼士地区进行勘探的加拿大鹰桥镍矿公司关于红土镍矿生成条件和找矿勘探方法的简短介绍，现整理如下，供参考。

菲律宾全国现有24个镍矿床及远景区，均属红土型，分布在菲律宾群岛两侧的超基性岩带中。目前已获矿石储量38亿吨，镍品位0.23~4.2%。

该国于1900年开始寻找红土矿，当时以找红土型铁矿为主，到1913年，国家已在诺诺克岛、棉兰老岛等地区保留了许多勘探权。五十年代初，认为红土镍矿较有希望，因此在棉兰老岛广泛进行红土镍矿的找矿与勘探。1967~1970年国际镍价上涨，需求量增大，故有许多矿业公司在全国寻找红土镍矿。目前有不少勘探区镍品位都在1%以上（比棉兰老岛镍品位高），多为硅镁镍矿。

菲律宾镍矿业近年来大有发展，1975年建成镍冶炼加工厂。据1977年1月统计，15种出口物资中，镍占第五位，销往美国、荷兰、日本、瑞士、保加利亚、罗马尼亚等。

红土镍矿的生成条件与分带特征

自然界各类岩石中，以超基性岩含镍最高，但也只有0.2%左右，不具工业意义。要形成具有经济价值的镍矿，必须经天然的富集作用，提高镍的含量。目前，世界上的镍矿有两类：一是经岩浆分异作用富集而成的硫化镍矿；一是经风化淋滤作用富集而成的红土镍矿。其中，红土型镍矿占世界上镍矿总储量的85%，硫化镍矿占15%。镍矿产量红土型占30%，70%来自硫化镍矿。

对世界上红土镍矿的研究成果表明，要形成红土镍矿应具备以下几个条件：

1. 超基性岩是形成红土镍矿的首要条

件。世界上的超基性岩主要有两种产出部位：

①产于古老的大陆（地盾）中，超基性岩沿着断裂剪切带侵入，如加拿大、巴西、澳大利亚、非洲、亚洲。这种地区的超基性岩中可有两种矿石类型，加拿大为硫化镍矿，澳大利亚为红土镍矿。

②产于蛇绿岩带中，因板块相互碰撞，形成岛弧，在接触处或大陆边缘有超基性岩侵入。这些超基性岩经风化作用使镍富集可形成红土镍矿。在加勒比海地区的古巴、多米尼加、危地马拉及东南亚地区的印尼、菲律宾都属于此类型。

菲律宾岛弧的东西两侧，都有超基性岩呈带状分布，也是红土镍矿及铬铁矿的主要产地。这里的红土镍矿一般赋存在方辉橄榄岩及纯橄岩中。因此这两类岩石的发育就成为寻找红土镍矿的前提条件。

2. 热带气候，温度大致在30℃以上，年降雨量需500~2540毫米。气温越高、湿度越大，化学反应越强烈，有利于岩石的风化淋滤。

3. 旱、湿季明显。旱季地下水位下降，湿季上升。由于地下水的上下循环，促使岩石分解。

4. 靠近海岸地区，由于海水蒸发，使降雨中的氯化钠含量增高，例如南美近海地区降雨中的氯化钠含量每年可达90公斤/公亩。这可提高镍的溶解度，有利于镍的次生富集。

5. 地形平缓。地壳上升使其长期暴露，遭受风化剥蚀，易使红土壳增厚。在地形陡坡处，溶液流动快，镍被淋蚀；地形平缓，溶液流动慢，有利于镍的富集。

6. 岩石破碎，利于地下水循环。

从菲律宾所处地理及地质构造部位看，

形成红土型镍矿的条件十分优越。东部常年潮湿，近海，风化作用强，但缺乏干燥条件；西部除具备炎热、近海有利条件外，旱季和湿季明显，更有利于原岩的分解和镍的富集。因而西部巴拉望岛的红土镍矿品位高（2%），东部的诺诺克矿床品位低（1.2%）。

红土型镍矿床的风化壳剖面均有带状发育特点。各矿床不尽相同。加拿大鹰桥镍矿公司在找矿勘探工作中编制了一个红土镍矿风化壳理想剖面（表1）。巴西立巴巴德矿床可划分为A、B、C三带。A带相当于表1中的1带，B带相当于2、3带，C带相当于4、5带。

表 1

分带	特 征	化 学 成 分 %	厚度 米	备 注
1	巧克力褐色	Fe≈70 Ni<0.8 MgO<0.5	1~2	
2	黄、黄褐色，具可塑性，含水	Fe≈45 Ni≈0.8~1.5 MgO≈0.5~6	2~4	氧化矿石：为镍铁含水氧化物，镍平均品位为1.5%，密度(P)为1
3	软质腐泥土	Fe≈35 Ni≈1.5~1.8 MgO≈6~15	5~6	
4	硬质腐泥土	Fe≈10 Ni≈1.8~4 MgO≈26~30	1~2	硅酸盐矿石：为镍铁硅酸盐—硅镍镍矿，镍平均品位大于2%，密度(P)为1.5
5	风化超基性岩	Fe≈7 Ni≈0.4~4 MgO≈30	1~2	
6	新鲜超基性岩	Fe≈8 Ni≈0.2 MgO≈35	>500	

带间界线不清，呈渐变过渡关系。从表1可见，由6带→1带，铁含量逐步增加，镁含量降低，镍则由低→高→低。5~2带镍的平均品位大于1%，具有工业利用价值，菲律宾的三描礼士及诺诺克镍矿为属于2~3带的红土镍矿，镍品位为1.2%；巴拉望岛南端的镍矿属4~5带的红土镍矿，镍品位为2%。

菲律宾矿务局的地质学家也对红土镍矿风化壳的分带进行了研究，其中以苏里高红

土镍矿的剖面柱状图最典型：

- 1带：红褐色，有铁结核，褐铁矿帽；
- 2带：浅黄褐色，底部见磁铁矿颗粒，并以此区别2带和3带；
- 3带：黄褐色，有一层磁铁矿，铁的富集量比1、2带少，可找到镍品位高的硅镍镍矿；
- 4带：绿黄色，质软，为蛇纹岩和砾岩分解产物；
- 5带：硬的、未分解的砾岩和蛇纹岩。

根据母岩的特征可将苏里高镍矿的矿石分为两种成因类型：

I类：由超基性岩石次生富集而成的镍矿石；

II类：由蛇纹岩和其它变质岩石的砾岩次生富集而成的镍矿石；

如果仅根据风化壳最上层的红土形态等物理性质特征很难区分这两种类型，而只能根据剖面下部母岩的特征及风化产物中保存的原岩残余结构构造来区别。上述两类镍矿的主要特征如下图所示。

根据红土镍矿风化壳剖面中化学成分的变化情况可知，在由超基性岩风化作用而形成红土镍矿过程中，原来超基性岩中的硅、镁、钙等元素被强烈淋失，而镍、钴、铬、铁及铝则富集起来。因此菲律宾红土镍矿中都伴生有钴、铁。诺诺克矿区的镍、钴含量见表2。

表 2

带	镍含量 [*] ，%	钴含量，%
1带	0.75	0.05
2带	1.02	0.105
3带	1.50	0.153
4带	1.70	0.043

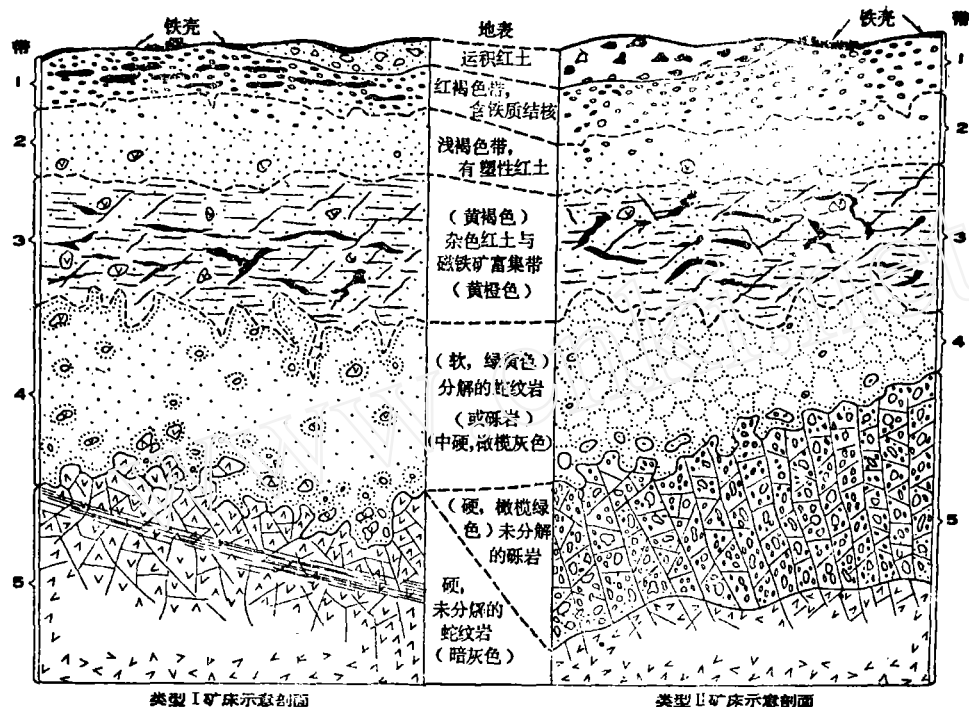
• 矿区边界品位为1%。

红土镍矿的找矿与勘探

菲律宾红土镍矿的整个找矿勘探过程大致是：首先选择远景区，然后在远景区内寻找矿化富集地段，最后进行详细勘探。

选择远景区的方法和步骤是：

第一，研究地质条件。在区域地质图上（1/100万地质图）并参考地质文献选择超基性岩发育区，然后研究其岩石类型及岩相带划分，在方辉橄榄岩及纯橄岩中找矿。原岩



苏里高矿区红土镍矿柱状剖面图

中含镍愈高对形成红土镍矿愈有利。若原岩蛇纹石化、角砾岩化或破碎则更有利于成矿。

第二，选择地形条件。利用地形图(1/5万地形图)或航空照片判读并进行现场观察，选择地形平坦的丘陵地区。特别是平坦的边缘和突出部分或平缓的斜坡地区。

第三，研究植被特征。超基性岩风化形成的土壤中含镍愈高，树木愈不发育。因此，在地面调查之前，先开始空中侦察，寻找树木稀少的有特征颜色的红土区。

综上所述，可将地形平缓，树木稀少，含镍较高的方辉橄榄岩及纯橄岩发育的丘陵地区作为寻找红土镍矿的远景区。

远景区选定后，即需选择有效的找矿勘探方法。加拿大鹰桥镍矿公司认为化探只能取得第一带的资料，效果不佳。物探电法和磁法均无效，地震法对了解土层厚度变化情况有一定效果。打浅井或风动浅钻效果最好，所以该公司对所选定的远景区都采用浅井进行评价和勘探。

菲律宾A·索瑞诺有限公司在巴拉望岛的四个红土镍矿找矿勘探中应用了化探方法。实践表明，化探(次生晕)对寻找和评

价红土型镍矿是有效的。他们的基本作法是：首先选定远景区，然后在区内布置尽可能穿越红土区的测线，采样间距是：普查阶段为300×300米，若测区范围大可用500×500米间距，然后在有望区加密到300×300～150×150米；发现异常后，采用50×50米的网度进行详细找矿评价。采样深度为35厘米。分析元素为镍、钴，分析方法为比色法，验证井样品用原子吸收光谱进行分析。根据分析数据绘成等值线图，再与地质图综合起来进行研究，圈定异常区。每个勘探区可细分为几个“地球化学区”：即(a)高异常区；(b)异常区；(c)弱异常区；(d)背景区。各异常区的异常值见表3。

表 3

地球化学区间	异常值	
	Ni(ppm)	Co(ppm)
(a) 高异常	>15000	>1500
(b) 异常	15000~10000	1500~1000
(c) 弱异常	10000~5000	1000~500
(d) 背景	5000~1000	500~100

镍的背景值为1000ppm，异常下限为5000ppm；钴的背景值为100ppm，异常下限为500ppm。镍和钴的异常范围基本一致。

找矿实践表明，应用化探方法可以圈出有望的红土镍矿远景区，并能进一步圈定有经济价值的红土镍矿床及不具工业意义的矿化地段。巴拉望岛的几个镍矿区（如长点、贝尔奥及穆尔索姆矿区），镍矿体同镍的弱—高异常地球化学区保持很好的一致性。此外，根据镍、钴异常特征尚可追踪超基性岩与围岩的隐伏接触带。

对于所圈定的远景区或化探异常区还需打验证井，确定其含矿性，了解土层厚度变化及各带发育特征和品位。鹰桥公司在远景区内的验证井间距为200~300米，取得初步资料后再转入详细勘探。详勘时的网度应为100×100米求取确定储量。生产时浅井网度还应加密到25米间距。用浅钻勘探时，其网度则应为12.5×12.5米。矿务局在巴拉望岛勘

探时，由于矿化范围大而均匀，常用100米间距打浅井，对高品位（>8%）地段，加密控制，浅井网度为50×50米。

探井一般都采用方井，其规格是：宽0.6米，深1米，最深可达30米。在施工过程中，将挖出来的土放在浅井周围，每米放一堆并编号。然后进行编录、取样。

取样是采用刻槽取样法，浅井两壁均需取样。样槽规格为10×10×100厘米。样品经干燥—破碎—筛分—细磨，然后送分析（200克）。分析元素有镍、铁、钴、镁、铬、水，有时亦分析硅和铝。两壁样品分析结果需进行平均，所得平均值记录在编录表中。

在计算矿体储量时，首先计算各浅井中矿体的平均品位及厚度，然后再计算整个矿体的平均品位、厚度及储量。边界品位各矿区未统一要求，一般为1%。计算过程中还应考虑镍矿的价格、生产成本和石油价格等经济条件。

地质年代简介

地质年代学是研究由古生物化石和岩石、矿物记录地壳的生成、发展及演变历史的一门学科。

十九世纪中叶以前，地质工作者一直把距今约6亿年、已发现有化石的地层叫显生宙；而显生宙以前，当时没有发现化石的地层叫隐生宙。显生宙又划分为古生代、中生代和新生代。

近十多年来，由于对前寒武纪地层的深入研究，发现在32亿年前的地层中，已经有了属于原核细胞的细菌化石。从而，地球上生物问世的时间大大提前了。

最初，曾有人把地层从老到新划分为四大部分：古生代为第一纪，中生代为第二纪，新生代为第三纪和第四纪。但由于第一纪和第二纪地层很厚，化石种类繁多，后于1841年英国

人菲利普斯（Philips）又把第一纪分为六个纪（系），合称古生代（界），把第二纪分为三个纪（系），称中生代（界），第三纪（系）和第四纪（系）仍叫新生代（界）。至此，基本上完成了地质年代表的任务。

鉴于近代科学首先在欧洲兴起，地质科学最早也是从那里开始研究的。所以，各地质时代的名称，多半是欧洲人根据他们的发现，或以古代名称，或按沉积物类型的特征，或依据标准地区的构造特征，或是按照原始地层划分的位置顺序而定名的。后来就成为世界上统一的名词。

目前国际通用的地质年代表，从老到新是：太古代（分早太古代、晚太古代），元古代（分早元古代、晚元古代），古生代（包括寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二迭纪），中生代（三迭纪、侏罗纪、白垩纪）和新生代（第三纪和第四纪）。在最初召开的国际地质会议上，曾多次讨论过地层和地质年代划

分问题，而以第二次（意大利波伦亚，1881）和第八次（巴黎，1900）会议讨论最为详细。国际现在通用的地层和地质年代划分的主要五级（代—界，纪—系，世—统，期—阶，时—带）命名，含义和有关术语，就是在第一次会议上批准通过的。

为普及地质知识，本刊约请莫杰同志撰写了“地质年代简介”一组文章。着重介绍各个地质时代名称的由来及其地层、古生物、构造、岩浆活动、变质作用、混合岩化作用和矿产赋存情况，特别是在我国的一些主要特征，在本刊上陆续发表。