

印度尼西亚某红土镍矿生成及伴生空洞分析

吴宇罡 蒋孝峰 刘少羽

华北有色工程勘察院有限公司 河北石家庄 050000

摘要: 本文经过对印度尼西亚苏拉维西镍矿带中的某红土镍矿床及伴生空洞的分析,对红土型镍矿形成条件及成因进行了阐述。

关键词: 红土镍矿; 蛇纹石化橄榄岩; 印度尼西亚

Analysis of the generation and associated cavity of a laterite nickel ore in Indonesia

Yugang Wu Xiaofeng Jiang Shaoyu Liu

North China Engineering Investigation Institute co., Ltd. Shijiazhuang, Hebei, 050000

Abstract: With analyzing a laterite nickel deposit and associated cavity in the nickel belt of laterite nickel ore in Sulawesi Indonesia, The formation conditions and causes of laterite-type nickel ore are expounded in this essay.

Key words: laterite nickel ore; serpentine olidine; Indonesia.

前言:

随着科技发展,地球上元素含量排名第五的镍进入人们视野。由于镍具有很好的延展性、耐腐蚀性和耐高温性等优良特性,被广泛运用于军工业和民用工业中。目前全球范围内便于利用的镍矿分为硫化镍矿和红土镍矿两种形式,硫化镍矿以其易开采好精炼的特点率先被利用。然而近数十年的开发导致全球范围内可供开采的硫化镍矿日益枯竭,开采难度不断增大,成本增高。另一种未被大量开发的含镍资源的矿物是氧化镍矿,其由含镍的蛇纹石和橄榄石经过长期风化淋滤作用而形成的矿物,由于大部分含镍矿石中也含铁质,矿石风化成土过程中铁被氧化成三价状态而呈红色,所以也称为红土镍矿。如今随着采矿技术的发展和选冶工艺的成熟,红土镍矿将成为未来镍的主要来源。

1 矿床概况

本次分析的矿床位于印度尼西亚苏拉威西岛东南苏拉威西省某矿区。该矿床的结构分带由上往下可分为:腐植土层、红土层、全风化橄榄岩层、强风化橄榄岩层和新鲜橄榄岩基岩,基岩岩性大多为超镁铁质杂岩,由方辉橄榄岩、二辉橄榄岩、网辉橄榄岩、蛇纹岩、纯橄榄岩、少量辉绿岩和辉长岩组成。矿区南部附近分布有砾岩、砂岩和粘土岩带,呈条带状包围矿区。基岩与周围的岩屑形成构造接触;上覆泥质地层,具体包括方解石、泥灰岩、页岩和放射虫硅质岩。地表为含少量碳酸盐的第三纪沉积物。局部地区覆盖厚度极为不均的泥炭沼泽沉积物。沉积物的平均厚度为9m,最大厚度为72m。

可以用作冶炼的较高品位矿物层主要分布于红土层,出露于地表土以下、按风化程度排序的全风化橄榄岩层中和在夹在强风化橄榄岩层之间的全风化橄榄岩层中。镍红土是富含镁或超镁铁岩石的红土产物,初步测算镍含量为0.5-1.5%。风化原岩通常为硬晶岩、杂岩和橄榄岩。红土风化过程包括初级矿物的分解和部分化学成分释放到地下水中、移动成分的浸出、固定或不溶成分的残留浓度以及在风化环境中形成稳定的新矿物。

2 红土镍矿形成条件

为探寻红土镍矿为何在该地出露、富集,且为接下来的找矿、选矿带来便利,从以下几个因素以该矿床为例对红土镍矿形成条件进行论述。

2.1 区域地质因素

印度尼西亚位于欧亚板块东南角、环太平洋火山地震构造带西南端,大地构造单元为太平洋构造活动带,地处欧亚大陆、印度-澳大利亚和太平洋-交界处,地质构造复杂、独特,构成了大陆架、

火山链和深海槽组成的复杂构造系统。中苏拉威西岛位于印度尼西亚的东部,由4个半岛分别向北、东北、东南和南方延展,呈“K”字型展布。该岛地形变化明显,多为山地和丘陵,局部分布盆地与平原。本矿区属菲律宾地块的南延部分,地处巽他与太平洋岛弧的汇合带,构造运动活跃,多火山与地震。

苏拉威西岛造陆地质的活动主要分布于该岛的东西走向,一般在各类研究中分为西曼达拉区的造山作用和东曼达拉区造山作用。西曼达拉区其中各时期的岩浆活动主要分布于东南苏拉威西,延伸至梭罗瓦哥、托米尼湖,最后延伸至波索两岸。在中新世早期,苏拉威西岛西部、中部和东部地区均存在着少量岩浆活动。而曼达拉区西部自中新世末期起存在大量岩浆活动,而发生在上新世早期的岩浆活动造就了以橄榄岩为主的火成岩和侵入的花岗岩地层,在该矿区处广泛分布。频繁的岩浆活动使得该区域存在大量基性、超基性岩,而超基性岩是地壳中含镍最高的岩石,镍在超基性岩内以类质同象混入物的形式替代镁而进入硅酸盐矿物晶格中,构成了之后经风化和淋滤作用而形成的红土镍矿的物质条件。

2.2 矿床岩性因素

多数红土型镍矿矿床的成矿母岩为基性、超基性岩,在热带、亚热带地区常年高温、多雨的环境下,经过风化-淋滤-沉积富集而成^[1]。矿区所在地存在大量橄榄岩呈丘陵状分布,而橄榄岩镍含量居于各类岩石种类前列。从岩层角度分析,大量橄榄岩的集中出露为红土镍矿的形成提供了环境条件。

2.3 水文地质因素

苏拉威西岛全年分为两个季节:5月到10月的旱季和11月到4月的雨季。温度从21℃到35℃;全年平均气温为27℃。据统计,在过去五年中,矿区所在地苏拉维西岛的平均降雨量约为1900毫米。最大降雨量发生于一月和二月,平均月降水量350mm。短时间发生的大量降雨条件使得瞬时水流量剧增,同时移速提升,在丘陵和山脉地形条件下更加有利于搬运作用,令坡面和坡顶的风化红土加速向坡脚及低洼处聚集。由于气候炎热,降雨过后雨水聚集后快速蒸发,冲沟和缓坡、平原段积水迅速干涸,使得搬运后的风化红土集中聚集,有利于红土型矿床的保存。

2.4 地形地貌因素

整体观察矿区及周围的地理特征是中部为低地平原,四周分布有起伏的高地和高原,基本呈椭圆形包围中部。强降雨作用下矿物组分更容易由高处向低处运动,同时中部平原地势平缓,经过时间推移,风化红土逐渐在使坡脚和中部平原处集中,形成红土矿床。由于矿区富集区地处平原地区,高差较为不明显,排水系统不发育,

地下水流动相对较缓慢，也便于矿物组分的富集和沉淀^[1]。

3 红土镍矿成因分析

矿区原始地貌单元属低山丘陵，四周起伏的高地和山岭环绕中部低地，地势低洼处地表为河流侵蚀的残余物，原始地形起伏较大。初步认为矿床是由橄榄岩经过风化-水解-淋滤-沉淀富集等作用形成的。下面由各角度分析该处红土镍矿矿物富集的原因。

3.1 地质作用

印度尼西亚所在的东南亚地区地处亚欧板块、太平洋板块和印度洋板块，三大板块的消亡边界，也是地中海-喜马拉雅消亡边界和环太平洋消亡边界交汇的地区。由于三大板块在此碰撞挤压，所以印度尼西亚地震频发，地壳随之发生巨大形变，改变了以橄榄岩为主的超基性岩在地壳中的分布，使其大量在地表和很多岛内高于海平面地区出露，为红土镍矿的形成奠定了物质基础。

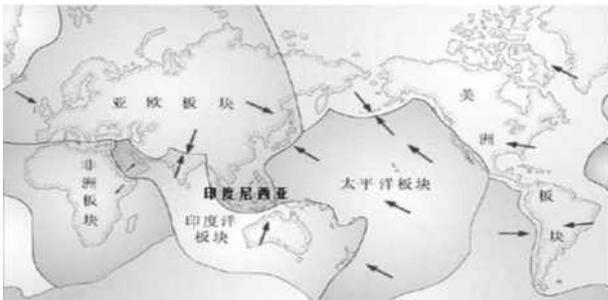


图1 印度尼西亚板块作用方向图

3.2 物理富集

印度尼西亚为典型的热带雨林气候，年平均温度 25~27℃，四季不分明。北部受北半球季风影响，6~8月降水量丰富，南部受南半球季风影响，12月、1月、2月降水量丰富。

在漫长的时间过程中，基岩在海洋季风、雨水冲刷和动植物活动的不断作用下物理风化程度不断加深，最终风化为土层覆盖于地表。由于该地区属热带地区，常年炎热多雨的气候使得成土过程中矿物组成成分随水流向下层移动。而移动土壤固相的含镍粘粒与胶粒也呈现向下机械移动的趋势。

地表土多被植被覆盖和夹杂大量腐殖质、植物根系，不利于开采和后续冶炼。红土型镍矿及赋存多位于地表覆盖的红土风化壳内，受地形高差控制，分布在平缓低山丘陵、缓坡等地区，有利于红土的堆积成矿^[3]。而对于表层腐殖质下同样受风化作用形成的红土层来说，较高的地表温度及大气压力下溶解和机械运动有利于沉积物以成层的方式在表层土下进行堆积。沉积物在埋藏以前自风化、搬运、沉淀的全过程作用下完成了矿物的富集，从而形成较高品位的沉积红土矿床。这种沉积演化过程中形成的沉积矿床能够有效的收集到地表土层的矿物质，可作为良好的富矿层加以提炼。



图2 矿区雨水作用方向示意图

3.3 化学富集

矿物富集区所在地揭露岩性基本为橄榄岩，土壤靠近地表的淋溶层多为淋溶作用、淋洗作用和淋移作用使镍矿相关化合物减少而形成，在雨水冲刷条件下产生矿物水化作用。岩层原生矿物中的可动成分产生淋滤作用被分解，Mg、Ni 和 Si 离子入渗至地下水；

而不可动或不可溶成分在残余浓度和风化环境的不同条件下形成稳定的新矿物。淋溶等作用的特性为温度愈高，愈促进物质溶解；水分愈多愈直接造成淋溶。在高温多雨环境下也造成了化合物离子快速转移的现象。

4 伴生空洞成因分析

在本矿区前期矿产普查和矿区建设过程中，经常发现地表以下的强风化、中风化岩层中存在一些空洞，最深可达十几米。因为该地区岩性大多为岩浆岩，常见于沉积岩大量出露地区的岩溶现象不应存在，引起了广泛注意和讨论。综合判定在本矿区处地表下存在大量不规则空洞。为探讨本矿区伴生空洞的成因和总结出现空洞的规律，从而更好的发现高品位矿床，对空洞形成的原因进行初步分析，总结后得出结论，该现象主要由三方面原因产生。

4.1 地质原因

由于印度尼西亚多发的地震、海啸、火山等地质灾害，产生的巨大动力使得岩层剧烈错动，形成大量断层、褶皱和岩性、位置改变，令地质灾害发生处附近的橄榄岩产生变质作用后产生大量蛇纹石化。该矿区的蛇纹石化橄榄岩是由地底前弧地幔橄橄榄岩沿着破碎带挤压向上喷出海底形成的。

4.2 岩性原因

在大洋底地壳或地幔处产生的橄橄榄岩蛇纹石化变质作用会对岩石的物理性质造成明显影响，比如岩石体积增大，密度降低，地震波速降低，以及岩石强度下降。正常变质情况下蛇纹石的密度约为 2.5 g/cm³，而新鲜橄橄榄岩的密度约为 3.3 g/cm³，蛇纹石化过程一方面会造成岩石体积增大，也对形成破碎带产生积极作用；另一方面，蛇纹石化岩石的密度变得比围岩小，导致蛇纹石化岩石变得不稳定，相较橄橄榄岩来说更易风化^[4]。

蛇纹石化橄橄榄岩质地软、密度低、较橄橄榄岩而言风化所需条件、时间均大量降低，随时间推移逐渐发生蛇纹石化橄橄榄岩风化土状而原橄橄榄岩未大量风化的现象。沿变质岩条带风化后形成了不规则的条带状空洞。由此，也在地下十几米甚至几十米深度范围的强、中风化岩层中产生了空洞，未随水流走的残余矿物形成了流塑状的红土镍矿分布于空洞之间。

4.3 气候原因

印度尼西亚处于热带，炎热多雨的气候有利于岩层的风化作用，雨水冲刷下可使得风化作用更深入作用于岩层深处较软的蛇纹石化橄橄榄岩条带，产生类似岩溶现象。

5 结语

通过对该矿区及伴生空洞的分析，对红土镍矿的形成条件和成因有了清晰的认知，在找寻该类矿床时可首先了解区域地质构造、岩性，着重寻找处于丘陵间低谷区域的超基性橄橄榄岩集中出露地带，同时炎热多雨的气候因素和强烈的地质作用也是非常重要的矿物富集有利因素；风化现象可能使得矿床中产生空洞，而填充其中的红土状风化产物也是红土镍矿的良好来源之一。

参考文献：

- [1]印尼红土型镍矿成矿规律研究，矿业工程，1002-5065（2022）08-0098-3
- [2]印度尼西亚红土镍矿的生成及找矿勘探，矿产与地质，1001-5663（2009）01-0073-03
- [3]印尼苏拉威西岛 Koloedale 地区红土型镍矿特征及找矿标志，西部资源
- [4]Fryer P. Serpentinite mud volcanism observations, processes, and implications[J]. The Annual Review of Marine Science, 2012, 4: 345-373.