第 27 卷 第 3 期
2012 年 9 月:337-340

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 27 No. 3
Sep. 2012:337-340

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2012.03.012

印度尼西亚苏拉威西岛某红土型镍矿床地质特征及成因浅析

赖木收,马毅敏,林 斌
(中钢矿业开发有限公司,北京 100080)

摘要: 文章通过对印度尼西亚苏拉威西岛某红土型镍矿床的成矿地质条件、矿床地质特征、矿石类型变化规律及矿床成因的分析与研究,认为矿床是由超基性岩橄榄岩在热带及亚热带常年高温、雨旱交替且年降雨量较大的地区经风化、淋滤、沉积富集而成矿;与在中生代、新近纪、第四纪的热带、亚热带气候条件下形成的蛇纹岩风化壳有关。

关键词: 红土型镍矿;地质特征;超基性岩;印度尼西亚

中图分类号: P613;P618.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2012)03-0337-04

0 引言

进入 21 世纪以来,随着全球经济的快速复苏,钢铁工业发展迅速,冶金产品产量不断增大,对镍资源的需求越来越大,同时世界上约 70%的镍资源集中在红土中[1],而硫化镍资源逐渐呈现短缺,这就使得红土型镍矿资源的开发成为今后镍业发展的主要趋势。本文以印尼苏拉威西岛某红土型镍矿床为例,对该类矿床的地质特征及成因进行了简要探讨。

苏拉威西岛位于印尼的东部,西与加里曼丹岛隔海相望。苏拉威西岛由 4 个半岛分别向北、东北、东南和南方伸出,其中南部呈“K”字型展布(图 1)。区内地形变化明显,以山地和丘陵为主,间以盆地与平原。气候属热带雨林气候,高温、多雨、微风和潮湿为其 4 大特征,年平均气温为 25~27 ℃,年降水量为 2 000~3 000 mm。一年分为雨季和旱季,10 月份至次年 4 月份为雨季,其余为旱季。

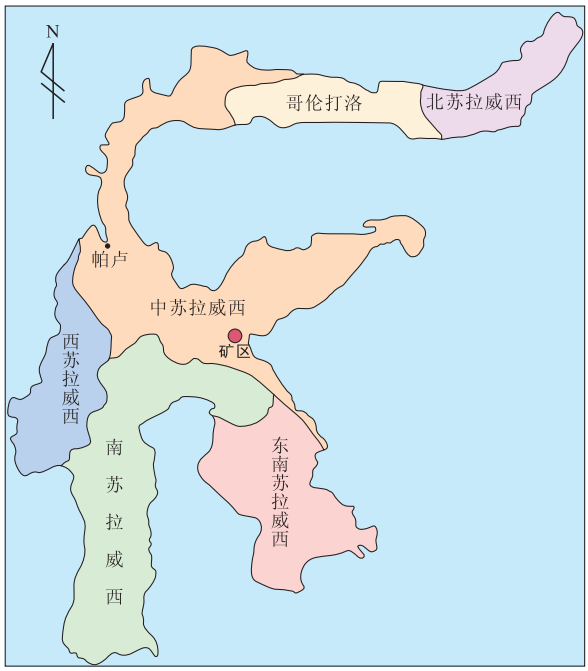

图 1 矿区位置示意图

Fig. 1 Location of mining area

1 区域地质概况

矿区位于苏拉威西岛中部的东端近海处,大地构造位置为太平洋板块与印度(大洋洲)板块聚合部的岛弧带,也是大巽他群岛与太平洋岛弧的汇合带,构造运动活跃,岛弧与海沟发育[2],多火山与地震,是太平洋西岸火山、地震带的一部分。有关资料显示,岛屿东侧的洋壳有向西俯冲的趋势,在该岛形成

收稿日期: 2010-05-10; **责任编辑:** 余和勇

作者简介: 赖木收(1977-),男,工程师,硕士,2008 年毕业于中国地质大学(北京),从事地质矿产资源勘查与开发工作。通信地址:北京市海淀大街 8 号中钢国际广场 2217 室,邮政编码:100080;E-mail:laimushou@163.com

了影响深度较小的总体呈近 SN 向的断裂带[3]。沿该断裂有超基性岩浆侵入，岩性为辉长岩、斜方辉石橄榄岩、纯橄岩及玄武岩等。

在本区火山岩系发育，主要岩性为火山碎屑岩和页岩夹礁灰岩。火山碎屑岩包括细碧岩、基性熔岩、辉绿岩、橄榄岩等。

2 矿区地质

2.1 地层

第四系冲积层：主要为风化的砾岩、砂岩、粉砂岩和黏土。

新近系 Tomata 组：以页岩、砂岩和堆积岩互层为主的沉积。

白垩系 Matano 组：结晶灰岩、泥灰岩和页岩互层，含有燧石条带。

2.2 Mtosu 混杂岩

作为苏拉威西东部蛇绿岩带的组成部分，矿区内混杂岩的主要岩石为二辉橄榄岩、蛇纹岩、纯橄岩、辉长岩、辉绿岩等。在矿区大面积分布，总体呈近 SN 向产出。其中的蛇纹石化橄榄岩，呈灰－深绿色，中粒－细粒结构，块状构造，主要矿物成分为辉石、橄榄石(蛇纹石化)、斜长石，局部地段地表风化强烈，岩石呈松散状，是红土型镍矿的成矿母岩。

2.3 构造

矿区内构造主要表现为断裂构造，未发现有褶皱构造。

3 矿体地质特征

红土型镍矿的形成与超基性岩密切相关，超基性岩是红土型镍矿的成矿母岩和镍矿体的直接载体。

本区矿体主要赋存于 Mtosu 混杂岩上部的橄榄岩、纯橄岩、辉绿岩等岩体的风化－半风化岩层中，多呈似层状、透镜状产出，矿体厚度与地形、红土风化壳的发育程度有关，在地形较陡或风化不完全处，矿体较薄；在地形平缓及红土风化壳发育之处，矿体较厚。

3.1 矿体空间分布特征

矿体在空间上可分为上、中、下 3 个矿层(图 2)，各矿层界线不明显，呈渐变过渡，镍矿化程度也不同。上层为铁质黏土层，即褐红土层，呈致密块状，因铁的含量较高而呈褐红色、暗红色，厚度约 1～10 m，镍品位较低；中层为褐黄土层，呈褐黄色，该层铁的含量较上层低，镍品位较高，是主要矿体之一，厚度较大，最厚可大于 10 m；下层为风化橄榄岩，呈浅黄绿色，主要为绿泥石－蛇纹石化橄榄岩的小碎块，局部风化蚀变较强者形成各种颜色的杂斑土，其与下覆基岩层呈渐变过程关系，没有明显界线。该层的镍品位最高，是主要的矿层，厚度变化较大，薄者不到 1 m，厚者约 10 m。

3.2 矿石类型分布特征

对矿区内采取的 500 多个钻孔岩心样品的化验结果进行统计分析，研究镍含量在不同矿石类型中的变化规律(图 3，图 4)。

从图 3 和图 4 可以看出：

(1)褐红土和橄榄岩(基岩)中 Ni 的品位较低，$w(Ni)<1.2\%$ 的样品所占比例分别为 88.8% 和 77.6%，一般不形成单独的镍矿体。由于褐红土中 $w(Fe)$ 较高，$w(Fe)$ 的平均品位在 45%左右，因此褐红土层可作为高铁低镍矿产品进行开采。

(2)褐黄土和风化橄榄岩中 Ni 含量较高，是镍矿体的主要赋矿层位，尤其是风化橄榄岩，高品位镍矿体($w(Ni)>1.8\%$)所占比例为 20%。

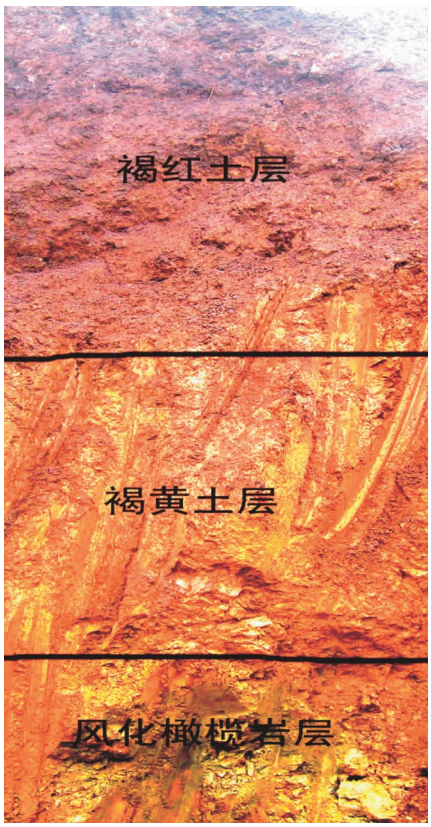

图 2 镍矿体分层示意图

Fig. 2 Sketch map of layered nickel ore-body

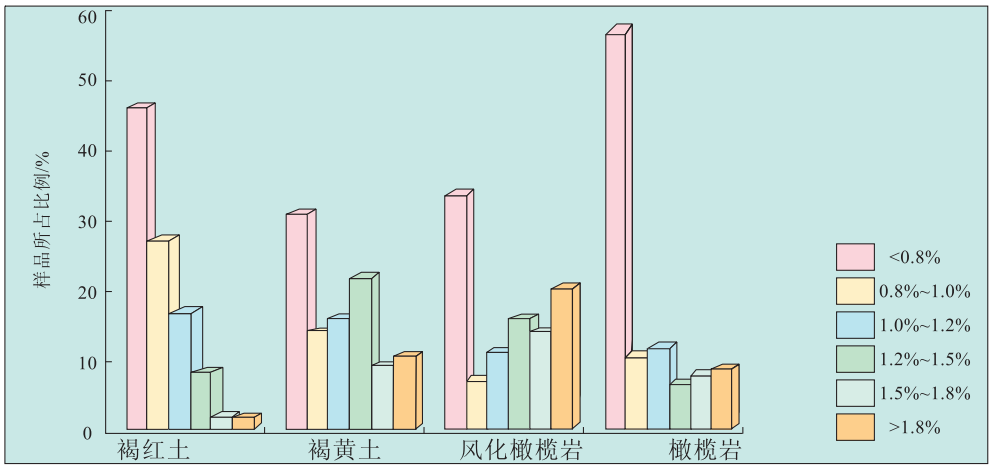

图 3　各矿石类型品位变化直方图

Fig. 3　Grade histogram of different ore types

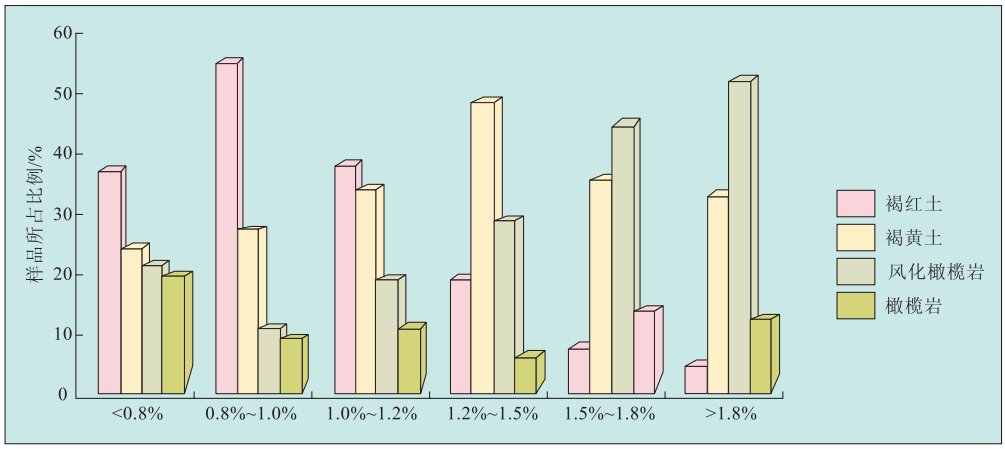

图 4　不同品位区段各矿石类型分布图

Fig. 4　Frequency distribution map of different ore types in the different grade interval

(3)风化橄榄岩、褐黄土和褐红土中 w(Ni)的峰值区分别出现在>1.8%,1.2%～1.5%和 0.8%～1.0%,由此可见,Ni 的质量分数随深度呈上升变化趋势。

(4)橄榄岩(基岩)中 Ni 的质量分数较低,不具开采价值。

同时,我们选取了有代表性的钻孔对 Ni,Fe 的质量分数随深度的变化规律进行了研究(图 5)。从图 5 可以看出:

(1)铁在褐红土和褐黄土层中品位较高,一般 w(Fe)=40%左右;而在风化橄榄岩和橄榄岩中铁的品位较低,一般在 15%以下,在橄榄岩中更是<10%。

(2)w(Ni)的品位在浅部(即褐红土和褐黄土的上部)较低,一般 w(Ni)<1.0%,而在褐黄土下部和风化橄榄岩中镍的品位较高,一般在 1.5%以上,且高品位矿石主要集中在风化橄榄岩中。

(3)从图中可以看出,在褐黄土与风化橄榄岩的渐变带是镍和铁品位迅速变化的转折点,此时矿石中的 w(Fe)大幅下降,而镍的质量分数则跳跃上升。

(4)在橄榄岩(基岩)中,镍和铁的质量分数都很低。

4　矿床成因分析

该矿床属于典型的风化壳型红土镍矿,这类矿床是由超基性岩－橄榄岩在热带、亚热带常年高温、雨旱季交替且年降雨量较大的环境中经风化、淋滤、

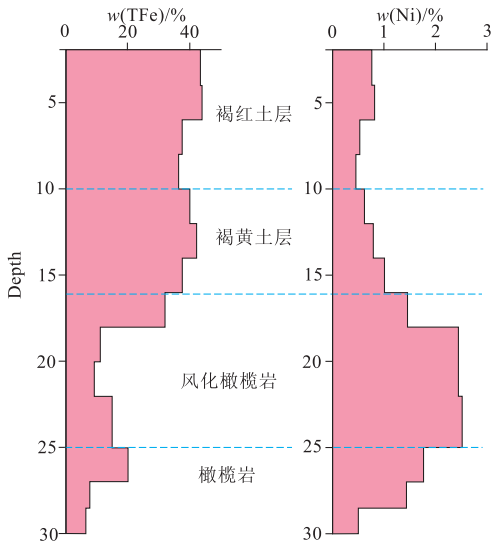

图 5 Ni,Fe 品位—深度变化曲线图

Fig. 5 Grade-depth change curve of nickel and iron

沉积富集而成的,与在中生代、新近纪、第四纪的热带、亚热带气候条件下形成的蛇纹岩风化壳有关。

作为超铁镁质岩的橄榄岩主要是由呈完全类质同象的 Mg,Fe 硅酸盐矿物组成,镍是以类质同象混入物的状态代替镁而进入硅酸盐矿物的晶格,形成镍橄榄石。橄榄石受风化作用容易蚀变,矿物晶格被破坏,矿物中的 Mg 和 Ni 转入溶液并带至风化壳的下部,同时在这一过程中,Ni,Si 及其他元素分离,重新沉淀,以镍的次生矿物沉淀富集;Fe 则氧化成褐铁矿停积于风化壳的上部[4-7]。

整个成矿过程可分为 2 个阶段。

第一阶段:在富含 CO_2 地下水的作用下,促使橄榄石溶蚀,从而分解出 Fe,Mg,Ni 进入溶液,而 Si 则形成 SiO_2 胶体。由于 Fe 的氧化物较为稳定,在原地以褐铁矿的形式聚集,最后在地表层形成褐铁矿层。

第二阶段:随着风化作用的继续发展,更多的 Mg,Ni 和 Si 溶于酸性的溶液中,随之继续下渗,最后溶液发生中和反应后形成含水硅酸盐沉淀。由于 Ni 的溶解度比 Mg 要小,因此沉淀物中的 Ni/Mg 比值高于溶液中的 Ni/Mg,因而镍得以逐渐富集。由于矿区地处热带,阳光强烈,常年高温多雨,风化作用的介质——酸性溶液不断地得到补充,反复侵蚀着逐渐富集了的含镍沉淀物,最终形成了红土型镍矿床。而地表的褐铁矿层也成了寻找该类型矿床最直接的找矿标志。

5 结论

综上所述,本矿区红土型镍矿床主要是由超铁镁质岩橄榄岩在热带及亚热带常年高温、雨旱季交替且年降雨量较大的环境下经风化、淋滤、沉积富集而成的。镍矿体垂直分带特征明显,自表层至风化壳底部镍矿石品位呈逐渐升高的变化趋势。

参考文献:

[1] 施俊法,唐金荣,周平,等. 世界找矿模型与矿产勘查[M]. 北京:地质出版社,2010:215-219.

[2] 张文佑. 断块构造导论[M]. 北京:石油工业出版社,1984:1-385.

[3] Robert Hall. Indonesia Geology[M]//Encyclopedia of Islands. University of California Press, 2009:454-460.

[4] 罗太旭. 印度尼西亚卫古岛风化壳型硅酸镍矿床地质特征与成矿机制[J]. 地质与勘探,2008,44(4):45-49.

[5] 徐强,薛卫冲,徐素云,等. 印度尼西亚红土镍矿的生成及找矿勘探[J]. 矿产与地质,2009, 23(1):73-75.

[6] 袁见齐,朱上庆,翟裕生. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1979:220-222.

[7] 潘兆橹. 结晶学及矿物学[M]. 北京:地质出版社,2001:115-118.

Geologic features and genesis of lateritic nickel deposits in Sulawesi island, Indonesia

LAI Mu-shou, MA Yi-min, LIN Bin

(*Sinosteel Mining Co Ltd, Beijing* 100080)

Abstract: Base on the geologic feature and studies on the ore-forming condition it's considered that the deposit was formed from ultrabasic rocks, such as peridotite, During Mesozoic, Tertiary and Quaternary periods annual temperature and rainfall are both high in the area and rain and drought alternates. The ultrabasic rocks were weathered, and nickel leached and precipitated and enriched.

Key Words: Lateritic nickel deposits, geologic features, ultrabasic rocks, Indonesia