某红土型镍矿品位控制的研究与讨论

刘 李

(中国水利水电第十工程局有限公司 矿业公司,四川 都江堰 611830)

摘 要:红土型镍矿与硫化型镍矿共同支撑着世界范围内经济发展的镍矿需求,其中红土型镍矿的产量占比为60%,硫化型镍矿的产量占比为40%。近年来,随着硫化型镍矿开采速度的加快、勘探工作的放缓,红土型镍矿凭借其成熟的冶炼技术和开采工艺逐渐扩大市场。东南亚地区作为全球红土型镍矿储量最丰富的地区,吸引了大量的镍矿开发商及冶炼厂投资落地。以印尼马鲁古岛东南部某红土型镍矿为研究对象,详细研究了该矿区镍矿的采选配矿品位控制工艺,探讨了造成镍矿品位贫化的原因,对红土型镍矿品位控制进行了研究与讨论,旨在为镍矿开采提效降本提供一定的思路。

关键词:红土型镍矿;露天矿山;品位控制

中图分类号:TD2;TD8;TD98;[TD-9] **文献标志码**: B **文章编号**:1001-2184(2024)03-0058-04

Study and Discussion on Grade Control of a kind of Laterite-type Nickel Ores

LIU Li

(Mining Company, Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Dujiangyan Sichuan 611830)

Abstract: Laterite-type nickel ores and sulfide-type nickel ores jointly support the demand for nickel ores in the world's economic development, of which laterite-type nickel ore production accounts for 60 %, sulfide-type nickel 40%. In recent years, with the acceleration of sulfide-type nickel ore mining, exploration work slowed down, laterite-type nickel ore with its mature smelting technology and mining technology gradually expanded the market. Southeast Asia, as the region with the richest laterite nickel ore reserves in the world, has attracted a large number of nickel mine developers and smelters to invest. Taking a laterite-type nickel mine in the southeast of Maluku Island, Indonesia, as the research object, this paper studied the ore grade control technology of the mine in detail, and discussed the causes of nickel ore grade depletion, so as to provide some ideas for improving efficiency and reducing cost of nickel ore mining.

Keywords: Laterite-type nickel ores; Open-pit mining; Grade control

1 概 述

某红土型镍矿位于印度尼西亚共和国北马鲁古省东哈马亥拉县,其最低工业品位界定为:高镍品位大于、等于 1.55%,最低工业品位为 1.6%;中镍品位为 1.30%~1.55%,最低工业品位为 1.3%;低镍品位小于 1.3%,最低工业品位为 1.0%,边界品位为 0.8%。该矿现有 S 和 P 采区下若干采点,可采矿种为褐铁型红土型镍矿、硅镁镍矿、不完全风化橄榄岩。

矿区大地构造位置处于太平洋板块、欧亚板块、澳大利亚板块构造碰撞俯冲多应力作用区域,基岩(蛇绿岩带)位于环太平洋成矿域与古特提斯成矿域交汇部位,平行断裂终端剪切-挤压应力控制着马鲁古岛蛇绿岩带及其岛屿的展布(沿火山岛外弧)。在其俯冲过程中,大量离散边界的洋壳基岩物质下插到地幔深部。由于火山弧不断扩大的岩浆热穹隆向大洋方向建造且板块俯冲的角度为中到大,促使大量深海沉积岩体不断逆冲推覆和构造侵位,在靠近海沟的一侧不断增生、隆出地表。出露地表的超镁铁质含镍橄榄岩、蛇纹岩提供了红土型镍矿主要的成矿物质来源[1]。

矿区地处赤道线北侧,气候炎热潮湿,为典型的热带雨林气候,年平均降雨量为 2 525.6 mm,降雨受海水蒸发对流、信风影响较大,分季不明显,雨水至地表向下可形成渗透带、流动带、地下水面带。年平均气温为 31.2 ℃,昼夜平均温差达 12.1 ℃。矿区地形呈斜坡式小型叠层山丘,坡度

收稿日期:2024-03-18

为 5°～25°不等。

2 采点具有的特征

矿带近 NE 向,已探明的靶区显示矿体大致沿靠近海岸的山体呈点面状展布。主要出露三叠系、二叠系蛇绿岩(蛇纹岩、橄榄岩、辉长岩、辉绿岩)、中新生代砾岩、杂砂岩以及第四纪沉积物,矿区内的红土型镍矿体产在热带雨林覆盖下的超基性岩石风化剖面中。红土型镍矿的产出和富集部位明显受岩体风化程度的控制,多产于迎风坡面的山脊、鞍部等坡度适中的巨厚风化壳下,而背风坡则通常出露厚层的基岩。强烈的风化作用、充沛的降水、有利于矿物运移富集的地形、强烈的生物作用以及断层裂隙发育的基岩是该采区内红土型镍矿的控矿因素[2]。

S 采区内的镍矿成点状不规则分布,矿化点多且面积小,红土层覆盖薄,风化程度高,极少含风化不完全的砾块夹层,为典型的单层、单一矿化,导致该采区内采点多且镍矿回采率高。该处地形标高为 15～57 m,坡度为 12°～23°,在超基性岩上方风化壳内存在三个明显的分化带,分别为残余红土带、蚀变橄榄岩带(腐岩带)、原始基岩带。在该采区内,采出了含高硅镁比较高的中高镍,其中腐岩层 Ni 品位平均达 1.73%且分层界限明显,品位控制方法简单。

P 采坑内的垂向分带大致可分为:残余红土带,其上部主要由腐植土、黏土等组成,主要矿物有褐铁矿、次生石英和高岭土,其含水率为 20%～30%,矿物黏性大。红土带上部腐殖土由于强烈的风化淋滤沉积,Ni 品位平均为 0.56%,通常作剥离排土处理,厚度为 0.3～3 m;中下部为厚层、褐红色,薄层、土黄色,紫红色盖层,主要矿物有:针铁矿、褐铁矿及少量黏土矿物。针铁矿(FEO(OH))是主要的载镍矿物,为超基岩风化后淋滤吸附镍元素形成低镍低镁高铁镍矿,Ni 品位平均为 0.96%,厚度为 2～10 m 不等。腐岩带与红土盖层界限明显,成锯齿状连续;由黄绿色土块状、碎块状蛇纹石化橄榄岩、蛇纹岩、灰白色橄榄岩组成,弱风化至强风化不等,厚度为 3～10 m。Ni 品位平均为 1.56%,沿裂隙或节理发育翠绿色、土黄色硅镁镍矿,载镍矿物为硅镁质镍蛇纹石((Ni.MG)$SIO_4 \cdot H_2O$),该层位为中高镍矿的采矿层位。基岩层 Ni 品位平均为 0.45%,主要为灰绿色、暗灰色、灰白色橄榄岩和辉绿岩[3-4]。

3 采选运输与品位控制

鉴于开采工程涉及到不同品位和种类的钴镍矿,故布设探矿工程对于探明矿体储量、解译矿体、采矿设计、露天境界优化都具有极其重要的作用。钻探与坑探(浅井、探槽、表样)是开采前主要的探矿工程。P 采区在已有勘探数据的基础上采矿,开采过程中还涉及到机械设备的挑选。

3.1 采剥方式

矿区采用机械开采,以“组合台阶陡帮开采”模式进行剥离作业,以台阶采掘带工作模式施工。其主要工序为:覆盖层揭露、矿石采选及装运堆存。台阶设计高度为 3.5 m,台阶坡面角为 60°,安全平台的宽度为 1 m,终了边坡角小于 50°。根据采剥工艺特点,在采剥量相同的情况下,采掘带宽度越宽,工作面坑线移动的次数就越少,设备开采效率越高,以此确定采剥台阶的采掘带宽度为 12 m,运输道路的宽度为 8 m,一个平盘开拓 2 个采掘带。

3.2 品位控制

开采阶段品位控制的主要工作是以勘探数据指导选矿,目的是将矿石以不同的品位界定划分采运,以最大程度地保证中高镍的采出率。其工作核心是取样、送样,以实验室分析的化学组分数据为标准划分矿堆品位、分开装运至堆场。所遵循的原则:完整性、均匀性和分别性。取样的样品一定要具有代表性,以保证取样结果的最大可靠性、足够的生产效率和经济效益。开采阶段的品位控制工作包括:

(1)分析勘探数据:按照品位和矿层位置相近的原则圈定矿体、推断矿层厚度与矿石品位,确定夹石剔除厚度和最小可采厚度。

(2)剥离表层和取样:当覆盖层剥离至临近分界线处,应使用小型机械设备继续剥离以控制矿石的损失并做好取样工作。采用“十字”取样法,做好地质编录工作,包括取样坐标、标识、样品编号、岩性信息等并及时送化验室进行样品分析。如其已达到边界品位要求则进入采矿工序;若未达到边界品位要求则重复精剥工序,剥离过程按照厚度 0.3 m 取一次样进行控制。该工艺可借助钻孔数据、标高、手持式 XRF 仪以及地质人员的经验辅助判断。

(3)开采和取样:开采生产过程中,需要对腐岩带采出的中高品位镍矿、矿层复杂地段的矿石进行临时堆存。直接在开采矿料堆上采用“十字”法取样,对于机械设备每 2 斗取一次样品,样品重量约为 1 kg,每 10 个样品完成则关闭矿堆、送化验室检验。需要根据机械设备的铲斗数及化验品位计算出临时堆矿量和品位。每堆临时堆矿量不得超过 200 t,以防因品位不符而造成过多的浪费。对于工作面的矿堆则需根据其品位不同分开转运、分开堆存。采场品位控制流程见图 1。

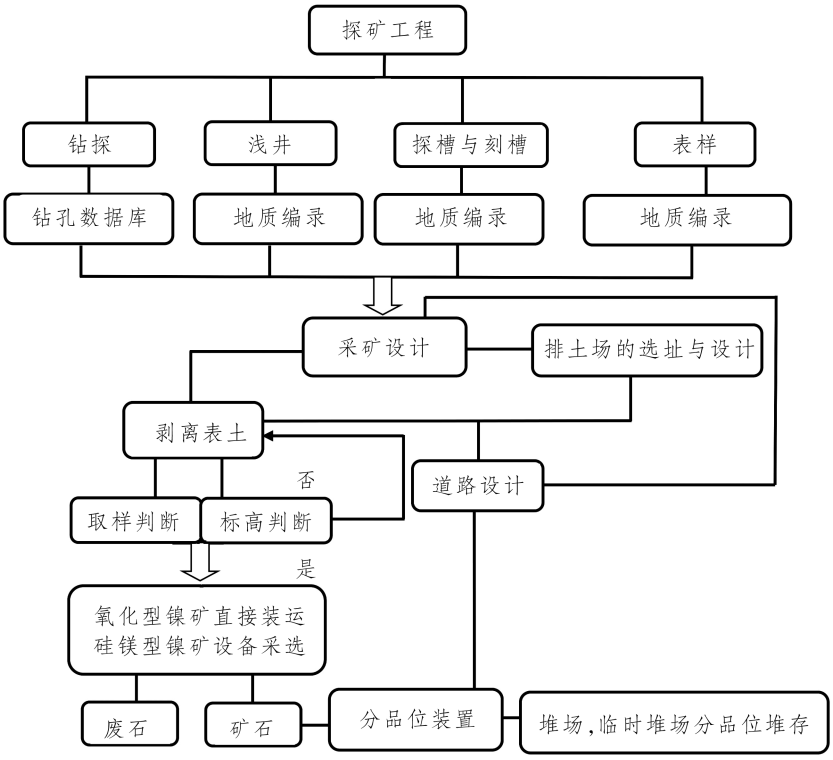

图 1　采场品位控制流程图

4　堆存品位的控制

将矿区采坑中不同品位的镍矿运入堆场堆存库,在堆场重新取样以进一步确定其品位。堆场取样采取的方法是每卡车取一次样品,采用“十字”法取样,送化验室检测后计算堆场各矿堆的品位。取样样品一定要具有代表性,并需保证取样结果的最大可靠性、足够的生产效率和经济效益。

对堆场中的 73 个实验矿堆数据进行统计汇总计算得知:镍平均贫化率为 4.83%,低镍未出现贫化;中镍贫化率为 3.13%,高镍贫化率为 8.38%;对于低镍,即褐铁矿型红土型镍矿和低镍高镁型红土镍矿,其矿石品质趋于稳定。一个工作面采掘出来的矿石其品位不会出现较大的贫化;而对于中高镍、尤其是对于分界品位以上的高镍矿堆,其品位通常会出现贫化。对于采场镍矿品位在分界品位(1.55)左右的矿堆,在其倒运之前可通过多次取样、手持式 XRF 仪检测等多种手段,在采坑得到其最接近的真实综合品位后将其倒运至堆场,判断其应该混合入库的矿堆。

在矿山实际生产过程中,堆场的矿堆在存放一段时间后再次倒运装船,其品位仍然会出现一定程度的贫化,故以上分析可以作为配矿装船时的品位损失参考。值得注意的是:应根据矿体地质特征、物理性质、具体统计分析数据再次进行修正,计算出修正系数,为预测出售品位提供参考。

5　结　语

采矿贫化率和损失率是衡量矿山经济效益和管理水平的一个重要指标[5],降低矿石贫化,找到镍矿品位贫化和富矿损失的原因并及时解决、将采矿损失贫化管理走向科学化、标准化是品位控制工作的最终任务。

由分析可知:在开采转运过程中造成镍矿品位贫化的原因包括:(1)在特殊的地质和气候条件下,部分区域的矿体分层特征不显著 、红土层出

现局部矿化、腐岩层出现夹层和砾石(含砾率高),使得原矿石品位分布情况复杂多变,所采出的矿石品位处于一个不断变化的过程。(2)采运工艺中混入的褐铁矿会极大程度地影响到镍矿的品位。褐铁矿含水率通常在 35%以上,其含有的黏土矿物吸附在镍镁矿物颗粒之间,加之堆场因重力和降雨混入的上层或夹层中的低镍褐铁矿对中高品位镍矿的综合品位会造成较大的影响。(3)采矿过程中的机械设备操作手和地质取样人员以及矿山的综合管理也是一个极大的影响因素。作业人员对技术交底不熟悉,取样和挑选矿石作业不标准,主观和经验意识强而取样工作不到位,以上主观因素都会造成品位的贫化。

对此,需要在生产过程中加强地质探矿和取样工作,在保证矿体边界精确的前提下精细取样,为采矿设计提供高质量的地质资料是降低采矿贫化率和损失率指标的重要保证;加强生产现场的管理,将现场地质人员责任划分清楚,落实工作面的开采情况 ,以取样结果判定现场品位分布,及时圈定作业范围并在现场做好标记;提升管理水平,培养当地的专业地质人员,将品位控制流程和技术方案严格交底、严格执行,降低主观因素影响;培养专业设备操作手,配合取样人员精细作业以降低镍矿的贫化率和损失率。

参考文献:

[1] 杨明德,杨玉华.印度尼西亚苏拉威西岛-北马露姑群岛区域地质构造背景及其对蛇绿岩、红土型镍矿规模的控制[J].矿产与地质,2015,29(6):722-725,739.

[2] 韩其仁.红土型镍矿控矿因素及勘查技术方法[J].世界有色金属,2017,32(19):119,121.

[3] 付伟,牛虎杰,陈远荣,等. 超基性岩红土风化壳中镍的表生富集规律及矿化结构研究——以印尼苏拉威西岛 Kolonodale 矿区为例[J]. 矿床地质,2012,31(2):229－240.

[4] 彭万坤,何灿.印尼北科纳威镍矿区 D 块段红土型镍矿矿体地质特征及探采浅析[J].世界有色金属,2016,31(4):91-93.

[5] 李纪玉,陈广宁,刘福安,张忠辉.采矿损失贫化管理的探讨[J].黄金,2006,27(6):24-26.

作者简介:

刘　李(1984-),男,陕西商洛人,副高级工程师,一级建造师,从事矿业工程施工技术与管理工作.

(编辑:李燕辉)

(上接第 46 页)

果看,荷载降低速率较快的时间段主要发生在张拉施工时间段及施工后 1 个月内,一个月后趋于稳定,目前荷载损失率基本稳定在 11%。

5　结　语

锚索锚固锁定后, 锚固预应力的变化大致可分为三个阶段:第一阶段,由于锚索钢绞线松弛、岩土体受压缩发生徐变、流变、蠕变及群锚效应等导致锚索预应力快速损失;第二阶段,由于岩土体内部应力调整及重分布、压缩回弹等因素导致预应力发生波动;第三阶段分边坡稳定和不稳定两种情况,若边坡岩性较好,岩体完整,变形收敛,边坡稳定,则预应力趋于平稳变化;若边坡岩性较差,岩体裂隙发育,边坡不稳定,朝坡外位移趋势明显,则预应力将持续增大。分析认为:该工程符合三阶段规律,只是第三阶段属于边坡稳定情况。

研究表明:该工程边坡当前的荷载整体小于锁定荷载,主要为锚索卸压锁定钢绞线回缩、锚固体发生徐变、钢绞线松弛和群锚效应等引起的锚索预应力减小。目前锚索预应力没有增大的趋势,其变化过程基本保持平稳收敛,表明边坡没有向坡外临空面位移的趋势,这一点经与附近多点位移计、锚杆应力计取得的监测成果相互印证,其预应力的微小波动主要受坝基开挖爆破的影响,符合相关变化规律,边坡趋于稳定。

参考文献:

[1] 水电水利工程边坡施工技术规范:DL/T 5255-2010[S].

[2] 水电工程边坡安全监测技术规范:DL/T 5796-2019[S].

[3] 温彦良,常来山,张治强. 锚索预应力损失变化规律的数值试验研究[J]. 中国矿业,2010,19(10):91-100.

[4] 朱晗迓,孙红月,汪会帮,等.边坡加固锚索预应力变化规律分析[J].岩石力学与工程学报,2004,23(16):2756-2760.

[5] 张立刚.边坡加固锚索预应力损失因素与实例分析[J]. 山西建筑,2010,36(8):114-116.

作者简介:

肖仕进(1989-),男,贵州普安人,一级建造师,工程师,学士,从事建筑工程安全监测与施工技术工作;

马继峰(1987-),男,甘肃岷县人,工程师,从事基础处理施工技术与管理工作;

范正春(1974-),男,重庆忠县人,副高级工程师,从事建筑工程施工技术与管理工作.

(编辑:李燕辉)