

单线陡坡运输技术在大型深凹露天矿的应用

郝树华 杲晓明 边广增 尹仲年

(首钢矿业公司·迁安 064400)

摘要 分析 21 世纪露天矿山发展走势, 降低成本、提高产品市场竞争力是其生存和发展的根本出路。结合首钢水厂铁矿实际, 提出调整运输公路参数、改进露天矿工艺设计的新思路, 理论上进行可行性分析论证。

关键词 露天矿 运输公路 单线 陡坡

我国是一个资源消耗大国, 95% 的能源和 70%~80% 的工业原料都取自于矿产资源。近年来, 矿业及以矿产品为原料的加工工业产值占全国工业总产值的 25%, 矿业已成为支撑全国工业生产和整个国民经济持续发展的重要基础产业。但是, 钢铁工业的支柱产业-铁矿生产的前景却不乐观。缘于国内铁矿资源的开采大都进入了中晚期阶段, 由于品位低, 开采难度大, 生产成本急剧上升。市场经济条件下的竞争机制决定了国内铁矿业发展将受到国外富矿资源的强烈冲击, 长此下去, 国内铁矿业逐步走向衰败将是必然趋势。我国是一个经济基础薄弱的发展中国家, 单从经济实力分析, 立足国内资源, 促进矿业发展, 促进经济建设的发展, 才具有可靠的物质基础做保障。当然, 为矿业发展创造良好的政治、政策环境是非常必要的, 但从矿业自身入手, 如何充分利用飞速发展的高科技手段和先进技术, 挖掘内部潜力, 控制成本不升高, 提高自有资源的竞争力, 占领国内市场, 将是目前直至 21 世纪实现矿业可持续发展战略所面临的重要课题。下面, 针对我们首钢矿业公司的实际情况, 提出一项露天开采工艺过程中的单线陡坡运输新技术的应用, 供国内矿山参考。

露天矿生产能力、露天矿服务年限以及露天矿的经济效果关键取决于露天开采境界的确定, 而露天开采境界的确定实质上是剥采比大小的控制。按照传统的境界确定方法, 特定的矿床赋存条件下, 特定时期的经济条件下, 经过经济合理剥采比的控制, 露天矿开采境界也基本上应是确定了的。原因是确定露天开采境界时的三个步骤均属控制或被制约的已知条件: 一是设备技术性能约束下的底部周界的确定, 根据矿体水平厚度, 满足所选设备作业的最小宽度即可。二是由传统经验或技术条件限制

下的往往一成不变的由台阶坡面角、安全平台、清扫平台和运输平台组成的最终边坡角。三是依据矿体形态和埋藏深度及前面所选定的最终坡面角确定的开采深度。完成上述三个步骤后, 按照境界剥采比等于经济合理剥采比的原则确定露天矿境界范围, 无论是通过手工绘制, 还是采用计算机, 无论是采模拟法、数学优化法, 还是浮动圆锥法、平面投影法等等, 所圈定的境界范围及境界剥采比不会有太大的区别。这其中, 最终边坡角的选取当属确定露天开采境界的核心要素。影响最终边坡角大小的各种因素当中, 运输平台宽度又占有最为重要的比例。也就是说, 运输工艺在确定露天开采境界过程中起着至关重要的作用。

我们首钢矿业公司现有 5 个露天生产采区, 其中大石河铁矿有 4 个, 运输设备均使用 42t 矿车, 运输平台宽度选取 14m, 最终边坡角 $45^{\circ}\sim 52^{\circ}$ 。首钢矿业公司建矿 40 年来, 从采矿设计到生产实践总结了丰富的成功经验, 形成了一整套系统完善的技术规范, 并成为国内矿山学习的典范、露天采矿教科书的参考以及工程技术人员实习和深造的课堂。尤其是水厂铁矿, 经过 1985 年扩建后, 生产能力达到 1800 万 t/a, 成为当时“亚洲第一大矿”, 国内外享有很高的声誉。

首钢水厂铁矿位于河北省迁安市和迁西县交界处, 采场占地 7km^2 , 现有职工 4472 人。主要产品为磁铁矿石, 平均品位 TFe 为 26.71%。经过先后两次地质勘探后, 探明地质储量 70878 万 t。1986 年首钢设计院扩建设计圈定矿量 51984 万 t, 岩石 139421 万 t, 平均剥采比 2.68t/t。最高工作标高为 295m, 露天底标高为 -350m, 最终边坡角为 45° 。设计规模 1800 万 t, 服务年限 33 年。水厂铁矿自 1969 年建矿以来, 已累计采出矿量 20136.5

万 t, 截至 1978 年末境内结存可采储量 33871.5 万 t, 结存岩石 84329 万 t, 结存剥采比 2.49t/t。

水厂铁矿现有穿孔设备牙轮钻机 14 台; 采装设备 4.6m^3 电铲 27 台, 10m^3 10 台, 16.8m^3 2 台; 运输设备包括 42t 矿车 102 台, 77t 矿车 40 台, 85t 矿车 5 台, 电机车 25 台。随着采场的不断延深, 4.6m^3 铲、42t 矿车和电机车相继退役。77t、85t 矿车也将逐步过渡为百吨以上。

水厂铁矿目前采用运输工艺为: 矿石由矿车直接运输, 岩石则包括汽车运输直排、汽车-机车联合和胶带简易排土。其中胶带简易排土是由于排土机尚未到位, 暂时采取筑路机排料-电铲捣排方式, 其效率效益尚未得到充分发挥。从运营成本分析, 矿石和汽车直排运输成本将会随着采坑的延深而迅速升高。机车排土相对较为稳定, 但排土场标高的不断上升和机车爬坡能力的限制, 其服务年限也仅剩 3~4 年。因此保持目前运营成本不上升, 胶带半连续排岩具有广阔的应用范围。21 世纪初, 水厂铁矿将陆续投入河东胶带半连续排土工程、矿石胶带运输工程以及西排破碎站下移工程。不久的将来, 采场内矿车运输将完全被胶带运输所取代。自动化程度也将向前迈出重要一步。

伴随着胶带运输工艺的投入, 矿车外部运输逐步被取消, 对运输公路的要求标准也将随之降低, 从而原设计的双行路宽、平缓纵坡等技术参数具有了很大的挖掘潜力。设想破碎站形成以后的固定公路只供空载矿车和辅助用车运行, 矿车与破碎站之间采用临时公路联络。如此可行的话, 双车道可改为单车道, 单段纵坡和平均坡度均可适当加陡, 两坡道间设缓坡段及错车区。按此设想调整公路参数, 最终边坡角增大, 剥岩量会大幅度减少, 平均剥采比降低, 必然会带来惊人的巨大效益。

从水厂铁矿发展规划分析, 3~5 年内, 东排岩石 34m 破碎站和矿石 10m 破碎站相继建成投产。在此期间, 34m 以上水平的固定公路将全部归位, 也就是说, 破碎站形成之前, 34m 水平以上的矿岩仍需矿车直接运出采场。当最终破碎站即 -200m 破碎站形成后, -200m 以下矿岩也必须通过矿车运至破碎站。因此, 本次公路参数调整范围确定为 34~-200m 之间的 16 条固定公路。

基于以上设想, 我们对水厂铁矿露天开采境界设计进行方案性调整, 依据秦皇岛冶金设计院和首钢设计院编制的《水厂铁矿扩建工程采矿设计》所确定的公路参数, 按照破碎站上部单车道运行, 行程中设停车、错车或故修区, 单段纵坡和平均坡度

加陡的思路调整原设计。其中单车线运输平台宽度取 17.7m, 较原设计 26.2m 减少 8.5m; 单段纵坡取 13%, 较原设计 8% 提高 5%; 中间错车区设置在两坡段间的缓冲平台位置, 缓坡段取 60m。

确定了公路参数以后, 调整采矿设计方式有两种。一是采取底部周界不变, 自 -200m 始向上逐水平修改方式。其结果会出现剥岩量大量地减少, 而矿量却基本保持不变, 从而使剥采比降低。二是自 34m 向下修改, 将会出现另外一种结果, 矿岩量会同时增加, 或底部周界扩大后, 可继续延深开采水平, 使资源得更充分地利用, 但其增量剥采比会远远小于平均剥采比。可以肯定地说, 两种修改方法均会产生较为可观的经济效益。正式设计时应在确定经济合理剥采比的前提下, 上下兼顾, 全面考虑, 达到设计最优、效益最佳的目的。

为了能够形象地反映公路参数调整后采场发生的变化, 本次调整设计工作以前者为例, 计算结果分析如下:

1 因坡道加陡减少剥岩量 194 万 m^3

原设计坡道坡度为 8%, 台阶高度 12m 时, 坡道长度为 150m; 台阶高度 15m 时, 坡道水平长度为 187.5m。坡道坡度调整为 13% 后, 台阶高度 12m 时, 坡道水平长度为 92.3m, 较原设计缩短了 57.7m; 台阶高度 15m 时, 坡道水平长度为 115.4m, 较原设计缩短了 72.1m。由于采场内台阶高度自 10m 水平以下确定为 15m, 那么 10m~-200m 之间 14 条坡道共缩短 1009.4m; 10m 以上台阶高度为 12m, 10~34m 之间两条坡道缩短 115.4m。因此, 公路单段纵坡坡度调整后, 固定运输线路较原设计共缩短了 1124.8m。扣除因坡道加陡增加缓坡段长度 480m, 按照原设计运输平台宽度 26.2m 计算, 减少剥岩量 194 万 m^3 。

2 因运输平台改为单车线减少剥岩量 432 万 m^3

原设计运输平台宽度为 26.2m, 单车线运输平台宽度调整为 17.7m, 采场境界相应内移 8.5m。由于公路调整范围为 34~-200m, 按封闭圈标高 80m 计算, 境界内移范围最大高差 280m, 最小高差 46m。因 10m 以上台阶高度为 12m, 10m 以下台阶高为 15m, 另外固定公路至 -20m 开始折返, 因此, 对单车道引起的境界内移所减少的剥岩量分 3 部分计算:

①第一部分为 34~10m 之间, 路段总长为 $(92.3 + 60) \times 2 = 304.6\text{m}$, 到封闭圈最大高差 70m, 最小高差 46m, 平均 58m。该区段减少剥岩量为 $304.6 \times 8.5 \times 58 = 15 \text{万} \text{m}^3$ 。

②10--20m为第二段, 路段长度为 $(115.4 + 60) \times 2 = 350.8\text{m}$, 最大高差100m, 最小高差70m, 平均85m, 减少剥岩量为 $350.8 \times 8.5 \times 85 = 25\text{万 m}^3$ 。

③-20--200m之间为第三段, 共12条坡道, 公路总长 $(115.4 + 60) \times 12 = 2104.8\text{m}$, 对应封闭圈境界范围2750m, 平均计算长度为 $(2104.8 + 2750) \div 2 = 2427.4\text{m}$, 境界内移范围最大高差280m, 最小高差100m, 平均190m, 减少剥岩量为 $2427.4 \times 190 \times 8.5 = 392\text{万 m}^3$ 。

三段合计减少剥岩量为 $15 + 25 + 392 = 432\text{万 m}^3$ 。

3 因两坡道间设错车区, 增加岩量应在计算扣除

由于34--200m共设15个错车道, 路面增宽均为8.5m, 15个错车道增加剥岩范围累计高差期2403m。那么, 错车道增加剥岩量为: $[(60 + 24) \div 2] \times 8.5 \times 2403 = 86\text{万 m}^3$

综上所述, 水厂铁矿铁矿采场内公路参数调整后, 共减少剥岩量为 $194 + 432 - 86 = 540\text{万 m}^3$ 。

水厂铁矿岩石比重2.66t/t, 按1998年剥岩成本6.07元/t计算, 其经济效益为: $540 \times 2.66 \times 6.07 = 8733\text{万元}$ 。

本次方案性设计调整工作说明, 对水厂铁矿公路参数进行调整, 减少剥岩量, 降低剥采比, 实现开采成本不升高的目标是可能达到的。目前, 首钢设计院和秦皇岛冶金设计院正在按照此方案做正式设计工作。

单线陡坡运输技术突破了露天采矿史上国内外采矿技术的设计规范, 实现了采矿设计中的一次重大变革。随着市场经济体制的不断深化和市场竞争的日趋激烈, 未来发展时期, 大型露天矿山均将面临着开采成本上升、市场竞争力下降直至采矿业走向衰败的可能。单线陡坡运输技术为大型露天矿山开辟了一条降耗、增收最有效的途径, 必将开创采矿工艺技术发展的一个新时代。

[作者简介] 郝树华 首钢矿业公司总经理
高级工程师