

矿山露天开采与地下开采方式的优化比较

左明望

中稀(凉山)稀土有限公司, 四川 凉山彝族自治州 615601

[摘要]通过对矿山露天开采与地下开采两种方式的技术特点、经济效益和环境影响进行系统分析,结合矿体的地质条件、开采深度及资源利用率等关键因素,提出优化选择策略。采用数据建模与实地案例分析相结合的方法,从成本效益、资源回收率及生态保护角度探讨不同开采方式的适用性。结果表明,合理优化开采方式能够提高矿山开采效率,降低运营成本,同时减小生态破坏,实现资源的可持续利用。提出的优化方案为矿山企业选择最佳开采方式提供了技术指导 and 决策依据。

[关键词] 矿山开采方式; 露天开采; 地下开采; 资源利用率; 生态保护

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15027

中图分类号: TD85

文献标识码: A

Optimization Comparison between Open-pit Mining and Underground Mining Methods in Mines

ZUO Mingwang

Zhongxi (Liangshan) Rare Earth Co., Ltd., Liangshan Yi Autonomous Prefecture, Sichuan, 615601, China

Abstract: Through a systematic analysis of the technical characteristics, economic benefits, and environmental impacts of open-pit mining and underground mining, combined with key factors such as geological conditions, mining depth, and resource utilization rate of the ore body, optimization selection strategies are proposed. By combining data modeling with field case analysis, this study explores the applicability of different mining methods from the perspectives of cost-effectiveness, resource recovery rate, and ecological protection. The results indicate that rational optimization of mining methods can improve mining efficiency, reduce operating costs, and minimize ecological damage, achieving sustainable utilization of resources. The proposed optimization plan provides technical guidance and decision-making basis for mining enterprises to choose the best mining method.

Keywords: mining method; open-pit mining; underground mining; resource utilization rate; ecological protection

引言

随着全球资源需求的不断增加,矿山开采方式的选择在提高资源利用率、降低成本和保护生态环境方面发挥着重要作用。露天开采和地下开采作为两种常见的矿山开采方式,各自具有不同的优势与挑战。露天开采在资源开采量大、成本较低方面具有优势,但其对环境的破坏较为严重;地下开采虽然能够减少对地表环境的影响,但在技术和成本上具有更高的要求。如何根据不同矿体条件合理选择开采方式,不仅关乎矿山企业的经济效益,也直接影响生态环境的可持续性。探索两种开采方式的优化组合,已成为现代矿业发展的迫切需求。

1 矿山露天开采与地下开采的技术特点对比

1.1 露天开采的技术特点

露天开采是一种通过去除地表覆盖层,直接开采矿体的方式。这种方法适用于矿体位于地表或浅层的情况,特别是在矿体规模较大、品位较高的情况下。露天开采的最大特点是开采速度快,生产成本较低,能在较短时间内提取大量矿石。其技术上主要依赖于爆破、挖掘和运输设备,如电铲、铲运机和重型卡车。由于露天开采能覆盖大面积的矿区,因此适合规模化作业,尤其是在高品位矿石集中区域,能有效提高资源的开采效率。

然而,露天开采对环境的影响较大。矿区的生态系统可能遭到严重破坏,包括水土流失、地下水污染以及生物多样性的丧失。此外,开采过程中产生的大量废石和矿渣也需妥善处理。随着开采深度的增加,露天开采的难度逐渐增大,特别是在岩石坚硬的矿体区域,可能需要增加爆破作业和机械设备的投入,导致成本上升。

1.2 地下开采的技术特点

地下开采是通过修建竖井、斜井、水平巷道等方式,直接进入地下矿体进行开采的技术。这种方法适用于矿体位于深层、地表条件复杂或者生态环境敏感的区域。与露天开采相比,地下开采能有效避免地表环境的破坏,尤其是适用于高价值矿石或薄矿体的开采。地下开采的典型技术包括提升、钻孔爆破、机械开采及矿石运输等,通常需要使用先进的通风、排水系统及支护技术以保证采矿过程的安全和稳定。

地下开采的主要挑战在于高昂的成本和复杂的技术要求。深度较大的矿山需要建设较为复杂的地面设施,如矿井通风和提升系统,以及防止地下水涌入的防水措施。此外,地下开采的劳动强度较大,且矿井的安全问题需要特别关注,可能涉及到瓦斯爆炸、塌方等风险。因此,地下开采的经济性较露天开采差,但其环境影响相对较小,

适合需要长期开采并对环境保护有较高要求的矿山。

1.3 资源回收率的对比

露天开采通常能够在初期快速提取大批矿石,但随着开采深度的增加,矿体的回收率会受到一定影响。尤其在矿山的尾部,矿石的质量往往降低,露天开采的经济效益也随之下降。为了提高资源回收率,露天开采可能需要增加二次爆破或更复杂的设备,这会提高成本。

相比之下,地下开采的资源回收率通常较高,因为它能够更精确地控制开采范围,并尽可能避免低品位矿石的浪费。地下开采通过定向爆破、精细采矿等技术手段,能有效提高矿石的回收率。尤其对于深部矿体,地下开采能够通过合理布局巷道和开采方案,最大限度地提取矿体中的有价值部分,减少资源的浪费。

1.4 环境影响对比

露天开采对环境的影响是一个不可忽视的问题,特别是在矿区周围生态系统的破坏。露天开采过程中,土地被大规模挖掘,森林和草地被清除,导致生物栖息地的丧失,甚至影响水源的质量和流量。由于开采后会留下废石堆、矿渣堆,可能导致水土流失和污染。在深度较大的露天矿区,还需要额外的土壤恢复与环境修复工作,这将进一步增加开采成本。

地下开采在这方面的优势较为明显。由于采矿活动发生在地下,地表环境受到的干扰较小,生态破坏程度相对较低。而且,地下开采能有效避免矿山废弃物对周围环境的直接影响,减少了废水、废气的排放。然而,地下开采仍然会影响地下水系统的流动,可能导致水质变化或水资源枯竭,尤其是在水文条件复杂的地区。

2 矿体条件与开采方式选择的关系分析

2.1 矿体深度与开采方式的关系

矿体深度是决定开采方式选择的重要因素之一。对于浅层矿体,露天开采通常是最优选择,因为其能够在较短时间内提取大量矿石,且开采成本较低。露天开采适用于矿体位于地表或浅层的情况,尤其是当矿体的开采深度不超过数百米时,可以通过大规模机械设备进行高效作业。

然而,随着矿体深度的增加,露天开采的经济性逐渐下降。深度较大的矿体需要较多的开挖和支护作业,可能导致工程难度加大、开采成本上升,因此在深部矿体开采中,地下开采成为更为可行的方案。地下开采可以深入到矿体的深层部分,通过竖井或斜井等方式直接进入矿体,最大限度地减少对地表环境的干扰。

2.2 矿体规模与开采方式的关系

矿体的规模直接影响开采方式的选择。大规模矿体通常倾向于采用露天开采,因为露天开采能够在较短时间内快速开采大量矿石,具备明显的规模效益,且可以通过大规模机械化作业降低单位成本。对于资源丰富且地质条件相对简单的大型矿床,露天开采能够提供较高的开采效率

和经济效益。

而对于小规模、品位较高的矿体,地下开采则更具优势。地下开采能够在较小的区域内精确开采,避免了露天开采过程中由于矿体局部的开采或生态环境破坏带来的问题。同时,地下开采能够有效减少废石堆积和土地使用,因此适合规模较小的矿体或在开采过程中要求较高的资源回收率的矿床。

2.3 矿体倾角与开采方式的关系

矿体的倾角是影响开采方式选择的关键因素之一。矿体倾角较小的情况下,露天开采具有较好的开采效果。倾角较小的矿体有利于露天开采过程中形成较为平缓的开采面,便于进行大规模的露天作业,并减少矿体破坏和矿石浪费。

但对于倾角较大的矿体,露天开采可能会受到技术限制,存在着矿石开采不完全的问题。此时,地下开采通常是更为适宜的选择。地下开采技术能够在较陡的矿体倾角下,通过合理布置井巷和采掘方法,有效避免浪费矿石,同时确保矿体的安全开采。

2.4 矿体稳定性与开采方式的关系

矿体的稳定性是影响开采方式选择的另一个重要因素。在地质条件较为复杂、矿体稳定性差的情况下,露天开采可能会导致严重的岩体崩塌或滑坡现象,特别是在矿体内部存在断层、裂隙等不稳定因素时,开采过程可能会带来较大的安全风险。对于这种地质条件复杂的矿体,地下开采则能够提供更好的安全保障。地下开采通过支护和支撑措施,在较为稳定的地下环境中作业,可以有效避免地表的不稳定现象。

3 开采方式的经济效益与成本分析

3.1 露天开采的经济效益

露天开采具有较高的经济效益,主要体现在开采成本较低和资源开采效率高。由于露天开采不需要复杂的地下建设和支持系统,所需的基础设施相对简单,设备投入较少。露天矿山通常能够使用大型机械设备进行高效作业,如铲车、挖掘机、运输卡车等,能够快速处理大量矿石。此外,露天开采的矿石运输相对容易,通常通过公路、铁路等方式将矿石直接运送到选矿厂或加工厂,因此运输成本相对较低。对于浅层、规模较大且地质条件简单的矿体,露天开采通常能提供显著的经济回报。

3.2 地下开采的经济效益

地下开采的经济效益较露天开采低,但适用于深层或复杂矿体的开采。地下开采通常需要建设井筒、斜井和巷道等基础设施,投资较大,且施工周期较长。相比露天开采,地下开采的设备和技术要求更高,通常采用钻孔爆破、采矿机等高效设备。此外,地下矿山的运输成本较高,需要通过矿车、提升系统等手段将矿石从地下运至地面,因此运输成本较为昂贵。

然而,对于高品位矿石或深部矿体,地下开采能最大限度提高资源回收率,避免露天开采中资源浪费的问题,从而提高整体经济效益。虽然初期投资较大,但长期运营中,地下开采能够提供稳定的矿石供应,有助于矿山的持续盈利。

3.3 成本分析:露天开采

露天开采的主要成本包括设备购置费、人工费、爆破费用、矿石运输费用和环境治理费用。由于露天开采的作业面广,设备投资通常较为集中,采用高效的机械化作业有助于降低单位成本。矿石的运输相对简单,通常采用大型卡车进行作业,因此运输成本也较为低廉。然而,随着开采深度的增加,露天开采可能面临地表支护难度增大、废石堆积增多等问题,导致环境治理成本上升。

3.4 成本分析:地下开采

地下开采的成本较高,主要包括矿井建设费用、支护设施费用、地下设备投资、通风和排水系统维护费用以及矿石运输费用。地下矿山的建设需要大规模的土建工程,且施工周期长,初期投资较为庞大。由于矿石需通过提升系统或矿车运输,运输成本相对较高。此外,地下开采过程中需要进行大量的支护和安全维护,增加了运营成本。然而,通过提高资源回收率和减少矿石浪费,地下开采能在长期运营中弥补其高成本,尤其适用于高品位矿体或深部矿石的开采。

4 生态环境影响与可持续开采策略

4.1 露天开采的生态环境影响

露天开采对生态环境的影响较为直接且显著。首先,露天开采通常需要大量破坏地表植被,导致生物栖息地的丧失和生态系统的破坏。开采过程中,矿石的堆积和废石的排放容易导致水土流失,污染周围的水源和土壤。此外,大规模的开采作业可能造成地下水位变化,影响区域水资源的稳定性。由于露天开采通常涉及较大规模的矿山开采,开采废弃物的处理也成为长期的环境管理难题,废弃矿石堆积和尾矿池的管理可能带来长期的环境风险。

4.2 地下开采的生态环境影响

地下开采相比露天开采,其对地表环境的影响较小。由于开采活动发生在地下,地表的生态系统和植被能够保持相对完整,水土流失和污染问题较少。此外,地下开采能够有效避免大规模的矿石废弃物堆积在地表,从而减少环境压力。然而,地下开采也会对地下水系统和地质结构产生一定影响,尤其是水文条件复杂的地区,可能引发地下水位下降或水质污染问题。因此,在地下开采过程中,必须严格监控地下水流动和水质变化,防止水资源的枯竭或污染。

4.3 可持续开采的环境保护措施

为了实现矿山的可持续开采,需采取多种环境保护措

施。首先,露天开采应加强废弃物管理,建设生态恢复系统,对废石、尾矿进行合理处置,避免对周围环境的二次污染。其次,可以通过采用先进的环保技术,如生态恢复种植、雨水回收系统等,减少生态环境的破坏。此外,在开采过程中,积极采取水土保持措施,防止水土流失,并利用地质工程技术进行矿区的稳定性管理,降低矿山运营对环境的长期影响。

4.4 生态修复与环境监控

无论是露天开采还是地下开采,矿山运营后的生态修复工作都至关重要。在开采过程中,要结合生态恢复的理念,进行矿山土地的合理规划,开采结束后及时进行植被恢复和土地整治,确保矿区周围生态系统的恢复。与此同时,开采过程中应建立长期的环境监控机制,对空气质量、水源、土壤以及生态系统进行定期评估,确保矿山开采不对环境产生不可逆转的影响。通过系统的环境保护与恢复措施,推动矿山开采向更加绿色、可持续发展的方向。

5 结束语

矿山开采方式的选择对于资源的高效利用、经济效益的提升以及生态环境的保护具有重要意义。露天开采在成本和效率上具备明显优势,但对生态环境的影响较为严重,特别是在土地破坏和水土流失方面。地下开采虽然在环境保护方面表现更好,但其较高的成本和技术要求限制了其广泛应用。合理选择开采方式应考虑矿体的深度、规模、倾角及稳定性等因素,同时注重经济效益和环境保护的平衡。通过采取有效的环境管理措施和持续的生态修复工作,矿山企业可以实现资源的可持续开采,减少对环境的负面影响。未来,矿山开采技术的进步将有助于优化开采方式,推动矿业行业朝着更绿色、可持续发展的方向。

[参考文献]

- [1]周晓军.露天转地下开采矿山的安全风险特征与防范[J].山东工业技术,2014(21):51.
 - [2]吕洪来.金属矿山露天转地下开采的研究现状与措施[J].有色金属设计,2019,46(1):119-121.
 - [3]陈建兵.露天转地下开采矿山的安全风险特征与防范[J].世界有色金属,2016(8):131-135.
 - [4]王宗伟,王立宗.金属矿山露天转地下开采的发展现状与对策[J].山西冶金,2017,40(4):60-62.
 - [5]刘站言,魏国栋,甄东升.矿山露天转地下开采安全技术研究分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(2):97-99.
- 作者简介:左明望(1990.6—),男,重庆奉节人,现就职于中稀(凉山)稀土有限公司,采矿工程师,长期从事矿山生产管理方面工作。