

采矿工程设计优化

高健伟 苏 欣 白元亮 郭鹏飞 庞臣臣

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：文章聚焦采矿工程设计优化展开探讨。阐述了采矿工程基础理论，涵盖其概述与设计关键要素；剖析现存问题，从技术、安全、环境层面指出不足。提出了优化原则，强调安全可靠、经济合理、环保可持续及技术先进性的重要性。最后介绍优化方法，包括传统、现代及综合优化设计方法，结合实例说明综合优化设计能平衡安全、经济与环保，为采矿工程高效、安全、可持续发展提供有力支撑。

关键词：采矿工程；问题；优化

1 采矿工程设计基础理论

1.1 采矿工程概述

采矿工程作为矿业领域的核心支柱，是一项综合性极强的工程技术活动，旨在从地壳中安全、高效地开采出具有经济价值的矿物资源，涵盖金属矿、非金属矿以及能源矿产等。其历史可追溯至远古时期，早期人类采用简单工具挖掘浅部矿石，满足基本生产生活需求。随着时代发展，采矿工程不断融合地质学、岩石力学、机械工程、信息技术等多学科知识，逐步发展成为复杂且精细的现代化工程体系。在现代社会，采矿工程的重要性不言而喻^[1]。从工业制造所需的金属原料，到能源供应的煤炭、石油、天然气等，都依赖采矿工程的稳定产出。以我国为例，矿产资源为国民经济的持续增长提供了坚实支撑，采矿工程的发展水平直接影响着国家的资源安全与经济命脉。然而采矿工程面临着诸多挑战，如地质条件复杂多变、开采深度不断增加、生态环境保护要求日益严格等，这促使采矿工程必须持续创新与发展，以适应新时代的需求。

1.2 采矿工程设计的关键要素

采矿工程设计是采矿活动顺利开展的前提与核心，其关键要素涵盖多个方面。首先，地质条件分析是基础。详细的地质勘探资料能够清晰呈现矿体的形态、产状、矿石品位、地质构造等信息，为后续设计提供准确依据。其次，开采方法的选择至关重要。合理的开采方法能够平衡安全性、经济性和资源回收率。常见的开采方法包括露天开采和地下开采，露天开采适用于埋藏较浅、规模较大的矿体，具有生产效率高、成本低的优势；地下开采则适用于埋藏较深的矿体，但其技术要求高、安全风险大。另外，提升运输系统、通风排水系统、支护系统等辅助工程设计也是采矿工程设计的关键要素。高效的提升运输系统能够确保矿石及时运出，通

风排水系统保障井下作业环境安全，可靠的支护系统防止巷道坍塌，这些系统相互配合，共同构成完整的采矿工程体系。

2 采矿工程设计现存问题剖析

2.1 技术层面问题

在技术层面，采矿工程设计存在诸多亟待解决的问题。一方面，部分矿区采用的开采技术相对落后，难以适应复杂的地质条件。例如，一些老旧矿山仍在使用传统的爆破开采方式，这种方式不仅效率低下，还容易造成矿石贫化和损失，降低资源回收率。另一方面，自动化和智能化水平较低。尽管近年来智能化采矿技术取得了一定进展，但多数矿山仍处于半机械化或机械化作业阶段，缺乏先进的传感器、自动化设备和智能控制系统，无法实现对采矿过程的实时监测和精准控制，导致生产效率难以提升，生产成本居高不下。技术创新能力不足也是制约采矿工程发展的重要因素，科研投入相对较少，产学研合作不够紧密，使得新技术、新工艺难以快速应用到实际生产中。例如，一些先进的充填开采技术虽然在理论上已较为成熟，但由于缺乏资金和政策支持，在实际推广过程中面临诸多困难。

2.2 安全层面问题

安全是采矿工程的重中之重，但在设计环节仍存在不少安全隐患。部分采矿工程设计对安全因素考虑不够充分，安全设施设计不合理或不完善。例如，通风系统设计风量不足，无法有效排出井下有害气体和粉尘，容易引发中毒、窒息和尘肺病等职业病；井下避险通道设置不规范，在发生灾害时无法确保人员快速、安全撤离^[2]。同时安全监测与预警系统建设滞后，许多矿山缺乏先进的安全监测设备和系统，不能及时发现和预测顶板冒落、透水、火灾等安全隐患。一旦事故发生，往往因缺乏有效的预警和应急措施，导致事故扩大，造成严重的人员

伤亡和财产损失。安全管理制度在设计阶段未能有效融入,部分设计未充分考虑作业人员的安全操作流程和行为规范,使得安全管理在实际执行中存在漏洞。

2.3 环境层面问题

采矿工程对生态环境的影响不容忽视,而当前设计中环境问题突出。首先,开采过程中的废弃物排放量大,矿石开采和加工过程中会产生大量的废石、尾矿和废水,这些废弃物若处理不当,会占用大量土地资源,污染土壤、水源和空气。例如,尾矿库中的重金属离子会渗入土壤和水体,对周边生态环境和居民健康造成长期威胁。其次,采矿活动会引发地质灾害,地下开采可能导致地表塌陷、山体滑坡等地质灾害,破坏地形地貌和生态平衡。露天开采则会破坏植被,造成水土流失,加剧生态环境的恶化。在采矿工程设计中,对生态修复和环境保护的重视程度不够,缺乏科学合理的生态保护与修复方案,导致矿区生态环境难以在开采后得到有效恢复。

3 采矿工程设计优化原则

3.1 安全可靠原则

安全可靠原则是采矿工程设计优化的重中之重,是贯穿整个设计过程的核心准则。在设计阶段,必须将保障人员生命安全和矿山生产安全置于首要位置。从开采方法的选择到安全设施的精心设计,每一个环节都要细致考量各类安全因素,确保采矿工程在全生命周期内安全稳定运行。例如,在开采方法的选择上,要优先选择安全性高、风险可控的方法。对于地质条件复杂、存在断层、破碎带等不稳定因素的矿区,坚决避免采用高风险、不成熟的开采方式,防止发生冒顶、片帮等安全事故。同时大力加强安全设施建设,设计一套完善的通风、排水、避险、监测等系统。通风系统要保证井下空气流通,降低有害气体浓度;排水系统要及时排除积水,防止水害发生;避险设施要为作业人员提供安全的避难场所;监测系统要实时掌握井下安全状况。要建立定期检查和维护制度,对安全设施进行全面“体检”,确保其始终处于最佳运行状态,为矿山安全生产筑牢坚实防线。

3.2 经济合理性原则

经济合理性原则要求采矿工程设计在确保安全和质量的前提下,全力追求经济效益的最大化。通过优化设计方案,有效降低生产成本,提高资源回收率和生产效率,从而实现矿山经济效益的提升。在开采方法的选择上,要综合权衡矿石品位、开采成本、市场价格等多方面因素,选择最经济合理的开采方式。比如,对于低品

位矿石,若采用露天开采方式,由于矿石分布散、开采量大,会导致成本过高。此时,可考虑采用地下开采并结合先进的选矿技术,通过精细化开采和选矿流程,提高矿石利用率,降低单位成本。同时要合理规划矿山建设规模和生产进度,避免盲目扩大投资,造成资源浪费和产能过剩^[3]。在提升运输系统、设备选型等环节,要充分考虑节能降耗和设备维护成本,选用高效、节能的设备,优化运输路线,降低能耗。还要密切关注市场动态,根据市场需求变化及时调整生产计划,生产适销对路的产品,提高矿山的经济效益和市场竞争能力。

3.3 环保可持续原则

环保可持续原则是采矿工程设计适应时代发展潮流、实现可持续发展的必然要求。在设计中,必须充分考虑采矿活动对生态环境造成的多方面影响,采取切实有效的环境保护措施,推动资源开发与环境保护协调共进。要严格控制废弃物排放,对采矿过程中产生的废石、尾矿和废水进行合理处置和综合利用。例如,将废石用于井下充填,不仅可以减少地表废石堆放,降低对土地资源的占用和破坏,还能有效支撑井下围岩,减少地表塌陷风险;对尾矿进行再选,通过先进的选矿技术回收其中有价金属,实现资源的二次利用,提高资源综合利用率;对废水进行处理,采用物理、化学、生物等多种处理方法,去除废水中的有害物质,使其达到排放标准或实现循环利用,减少对水资源的污染。同时加强生态修复工作,在开采前制定科学合理的生态修复方案,明确修复目标和措施;在开采过程中注重植被保护和地形地貌恢复,减少对生态环境的破坏;开采结束后及时进行土地复垦和生态重建,种植适宜的植被,恢复矿区的生态功能,使矿区生态环境逐步得到恢复和改善。另外,还要积极采用绿色开采技术和清洁生产工艺,从源头上降低采矿活动对环境的负面影响,实现采矿行业的绿色发展。

3.4 技术先进性原则

技术先进性原则要求采矿工程设计紧跟时代发展步伐,积极引入和应用先进的技术、工艺和设备,不断提升采矿工程的科技水平和生产效率,推动采矿行业向智能化、现代化方向发展。要密切关注国内外采矿技术的发展动态,加强与科研机构、高校的合作与交流,及时引进和吸收先进的采矿理念和技术成果。例如,大力推广应用智能化采矿技术,利用物联网、大数据、人工智能等先进技术,实现采矿设备的自动化控制和远程操作。通过智能化系统,可以实时监测设备的运行状态、生产参数等信息,自动调整设备的工作模式,提高生产

效率和作业安全性；采用先进的充填开采技术，根据矿体的地质条件和开采要求，选择合适的充填材料和充填工艺，减少地表塌陷等地质灾害的发生，同时提高资源回收率，实现资源的最大化利用。还要加强技术创新，鼓励企业与科研院校开展产学研联合攻关，针对采矿工程中的关键技术难题，如深部开采的岩爆防治、复杂矿体的高效开采等，进行深入研究和突破，推动采矿工程技术的不断进步，为采矿行业的可持续发展提供强有力的技术支撑。

4 采矿工程设计优化方法

4.1 传统优化设计方法

传统优化设计方法在采矿工程设计中应用已久，具有一定的实用性和局限性。经验类比法是一种常用的传统方法，它通过借鉴相似条件下矿山的成功设计经验，结合本矿区的实际情况进行设计优化。例如，在选择开采方法时，参考地质条件、矿石性质相似矿山的开采方式，根据本矿区的具体情况进行适当调整。这种方法简单易行，但依赖于设计者的经验，缺乏精确的定量分析，对于复杂地质条件和特殊情况的适应性较差。数学规划法也是传统优化设计方法之一，它通过建立数学模型，运用线性规划、非线性规划等数学方法求解最优设计方案。例如，在矿山开拓系统设计中，以运输成本、建设投资等为目标函数，以地质条件、技术要求等为约束条件，建立数学模型，求解出最优的开拓方案。然而数学规划法对模型的准确性要求较高，实际采矿工程中许多因素难以精确量化，限制了其应用范围。

4.2 现代优化设计方法

随着计算机技术和信息技术的飞速发展，现代优化设计方法在采矿工程设计中得到了广泛应用。数值模拟法是现代优化设计的重要手段之一，它利用计算机软件对采矿过程进行三维建模和数值模拟，直观地展示采矿过程中应力、应变、位移等物理量的变化规律，为设计方案的优化提供依据。例如，通过有限元分析软件模拟巷道开挖过程中围岩的稳定性，优化支护方案；利用离散元法模拟矿石崩落过程，确定合理的爆破参数。数值模拟法能够考虑复杂的地质条件和采矿工艺，为设计提供准确的预测和分析^[4]。智能优化算法如遗传算法、粒子群优化算法等也逐渐应用于采矿工程设计优化。这些算法通过模拟生物进化或群体智能行为，在复杂的设计空间中搜索最优解。例如，在采矿设备选型优化中，利用

遗传算法对多种设备组合方案进行搜索，以成本、效率等为目标函数，找到最优的设备选型方案。智能优化算法具有全局搜索能力强、适应性好等优点，能够处理传统方法难以解决的复杂优化问题。

4.3 综合优化设计方法

综合优化设计方法结合了传统方法和现代方法的优势，能够更全面、准确地对采矿工程设计进行优化。在实际应用中，首先采用经验类比法和数学规划法进行初步设计，确定设计方案的基本框架和参数范围。然后，运用数值模拟法对初步设计方案进行详细分析和验证，通过模拟采矿过程，发现潜在问题和不足之处。最后，利用智能优化算法对设计方案进行进一步优化，在考虑多种因素的情况下，寻找最优的设计参数和方案组合。例如，在某大型金属矿山开采设计中，先通过经验类比法和数学规划法确定开采方法、开拓系统等基本方案，再利用数值模拟软件对巷道稳定性、矿石运移等进行模拟分析，根据模拟结果对方案进行调整。最后，运用粒子群优化算法对开采进度、设备配置等参数进行优化，使设计方案在安全性、经济性和环保性等方面达到最佳平衡。综合优化设计方法能够充分发挥各种方法的优势，提高采矿工程设计的质量和水平，为矿山的高效、安全、可持续发展提供有力保障。

结束语

采矿工程设计优化是一项复杂且意义重大的工作，关乎采矿工程的安全性、经济性与环保性。本文从基础理论出发，深入剖析现存问题，明确优化原则，并详细介绍多种优化方法。在实际应用中，需依据矿山具体情况，综合运用各类方法，不断优化设计方案。唯有如此，才能推动采矿工程持续创新发展，实现资源合理开发与生态环境保护的双赢，为矿业领域的长远进步筑牢根基。

参考文献

- [1]马鹏飞.采矿工程设计优化探析[J].世界有色金属, 2022(22):77+79.
- [2]舒顺龙,曹国华,曹淑烈.采矿工程设计优化探析[J].世界有色金属,2022(17):66-67.
- [3]龚永林.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用分析[J].世界有色金属, 2022(15): 28-30.
- [4]宋世杰.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用[J].矿业装备, 2022(3): 116-118.