浅谈采矿工程中的采矿技术与施工安全

朱玉祥

乌海市裕隆利胜矿业有限公司 内蒙古 乌海 016000

摘要: 本论文聚焦采矿工程领域,深入探讨采矿技术与施工安全的相关问题。系统阐述了常见采矿技术的原理、应用场景及特点,分析了不同采矿技术对施工安全的影响,并针对采矿施工过程中存在的安全隐患,提出一系列科学有效的安全管理与保障措施。旨在提升采矿工程施工的安全性及效率,促进采矿行业的可持续发展。

关键词: 采矿工程; 采矿技术; 施工安全

引言

采矿工程是国家资源开发的核心领域,为经济发展提供基础支撑。但随着开采规模扩大,复杂地质条件下的地压灾害、瓦斯爆炸、透水等安全风险凸显。安全事故不仅威胁矿工生命,还影响企业效益与行业发展。因此,深入探究采矿技术革新与施工安全管理优化,对保障行业稳定、推动可持续发展具有迫切的现实意义。

1 采矿工程概述

采矿工程是综合运用地质、机械、电气等多学科知识,对地下或露天矿床进行开采的工程技术活动。其核心目标是在保障安全的前提下,高效获取矿石资源。采矿工程涵盖矿床勘探、开采设计、采掘作业、矿石运输与加工等多个环节,每个环节都相互关联、相互影响。不同类型的矿床,如金属矿床、非金属矿床、能源矿床等,其开采方法和技术要求存在显著差异,这也决定了采矿工程的复杂性和多样性。同时,采矿工程对周边环境会产生一定影响,包括土地资源破坏、水土流失、环境污染等,因此在采矿过程中需注重生态环境保护与修复。

2 采矿工程中常见的采矿技术分析

2.1 露天采矿技术

(1) 露天采矿凭借地表直接开采的特性,成为埋藏浅、储量大矿床的首选技术。其作业流程以大规模剥离表土和覆盖层为起始,直至揭露矿体,随后进行矿石的采装与运输。这种技术依托大型机械设备,在开采规模和生产效率上优势显著。一台巨型电铲单次挖掘量可达数十立方米,配合百吨级自卸卡车,单日矿石运输量能轻松突破万吨,且开采成本因规模效应而大幅降低。

(2) 机械开采是露天采矿的主流方式,通过挖掘机、装载机等设备将矿石挖掘、装载至运输车辆,其灵活性强,适用于各类地形和矿石硬度条件。而水力开采则主要应用于砂矿床,利用高压水枪形成的强大冲击力,将矿体冲碎、分离,再借助水力管道将矿浆输送至选矿

厂。不过,露天采矿对环境的负面影响不容忽视。大规模的土地开挖导致植被破坏、水土流失,大量废石堆积不仅占用土地,还可能引发泥石流等地质灾害。因此,土地复垦成为露天采矿的必要环节,通过土壤改良、植被种植等措施,逐步恢复被破坏的生态环境。近年来,随着生态修复技术的发展,一些矿山尝试将复垦后的土地改造成生态公园、农业种植区,实现了生态效益与经济效益的双赢^[1]。

2.2 地下采矿技术-空场采矿法

(1) 空场采矿法以矿石和围岩稳固为应用前提,其核心在于矿房与矿柱的科学划分。开采初期,矿房作为矿石采出的主要区域,宽敞的空间便于凿岩台车、装载机等大型设备作业,极大提升了开采效率。而矿柱则如同“安全卫士”,承担着支撑采空区顶板的重任,确保开采过程中的结构稳定。但矿柱的存在也意味着部分矿石资源被暂时封存,矿石回收率因此受到影响。在矿柱回收阶段,由于采空区应力重新分布,地压灾害风险剧增,稍有不慎就可能引发顶板垮塌、片帮等事故。(2) 为降低风险,矿山企业需借助先进的地压监测技术,如应力传感器、位移监测仪等设备,实时掌握采空区围岩的应力变化和变形情况。同时,运用数值模拟软件,精确计算矿柱的合理尺寸和间距,在保障安全的前提下,尽可能提高矿石回收率。在实际应用中,一些矿山根据矿体厚度和倾角的差异,灵活调整矿房矿柱布置方式,如对于薄矿体采用沿走向布置矿房,对于厚大矿体则采用垂直走向布置,进一步优化开采方案。

2.3 地下采矿技术-崩落采矿法

(1) 崩落采矿法专为不稳固矿床而生,其通过诱导矿体崩落,利用崩落的岩石自然充填采空区,巧妙实现地压管理。单层崩落法常用于开采薄矿体,随着开采推进,顶板岩石自然崩落;分层崩落法则适用于中厚矿体,分层开采并逐层崩落顶板;阶段崩落法可应对厚大

矿体，在阶段高度内一次性崩落大量矿石。(2)该方法虽然能适应复杂地质条件且成本较低，但矿石贫化问题突出。崩落过程中，大量废石混入矿石，导致矿石品位下降，增加了选矿难度和成本。此外，地表塌陷可能破坏周边建筑物、农田和生态环境。为减少负面影响，矿山在设计崩落方案时，需综合考虑矿体形态、地质构造等因素，优化爆破参数，精准控制崩落范围和方向。同时，采用先进的放矿工艺，如端部放矿、平底结构放矿等，降低废石混入率。部分矿山还通过建立地表沉降监测系统，实时掌握地表变形情况，及时采取防护措施，保障周边环境安全^[2]。

2.4 地下采矿技术-充填采矿法

(1) 充填采矿法通过向采空区填充材料，构建起稳固的支撑体系，得到有效的控制地压，去减少地表的沉降，尤其适用于对环境保护要求高或地表不允许塌陷的矿区。干式充填以废石、尾砂等为主要材料，通过自重或机械输送至采空区；水力充填借助管道水力输送，将高浓度的充填料浆注入采空区；胶结充填则在充填料中加入水泥等胶凝材料，形成具有一定强度的充填体，适用于对支撑强度要求高的区域。(2) 充填采矿法实现了矿山废弃物的循环利用，减少了废石的排放，具有显著的环保效益。然而，其复杂的充填工艺涉及材料制备、输送、脱水等多个环节，对设备和技术要求极高，就会导致建设和运营成本居高不下。近年来，随着充填技术的创新，膏体充填、似膏体充填等新工艺不断涌现，这些工艺通过优化充填料配比，提高充填料浓度，减少脱水环节，降低了充填成本，同时提升了充填体质量。此外，自动化充填系统的应用，实现了充填过程的精准控制，进一步提高了充填效率和安全性，推动充填采矿法在更多矿山得到应用。

3 采矿工程施工安全管理

3.1 安全风险识别与评估

(1) 采矿工程的作业环境复杂多变，各类安全风险如影随形。地压灾害源于地下开采改变原岩应力场，当应力超过围岩承载能力时，易引发顶板垮落、片帮等事故；瓦斯爆炸多发生于含瓦斯矿床，在通风不良、瓦斯浓度超标且遇火源的情况下，瞬间释放巨大能量；透水事故常因水文地质勘察不足，开采触及承压含水层或老空区积水而突发；火灾则可能由电气故障、爆破作业或自燃性矿石引发；粉尘危害更是采矿行业的“隐形杀手”，长期吸入矿尘易导致尘肺病。(2) 为全面识别这些风险，地质勘探需采用钻探、物探等手段，精准绘制矿体地质构造图，标注断层、含水层等关键信息。现

场监测借助应力传感器、瓦斯检测仪、水位监测仪等设备，实时采集数据。以某金属矿山为例，通过在采空区顶板布置应变传感器，每10分钟传输一次应力数据，结合历史数据构建预测模型，提前预警顶板垮落风险。

(3) 风险评估方面，常采用LEC法（作业条件危险性评价法）。该方法从事故发生的可能性（L）、暴露于危险环境的频繁程度（E）、事故后果的严重程度（C）三个维度量化打分，计算风险值 $D = L \times E \times C$ 。若某爆破作业面L值为3（可能，但不经常），E值为6（每天工作时间内暴露），C值为15（严重伤亡），则 $D = 270$ ，属高度危险，需立即整改。通过科学评估，企业可将风险分为重大、较大、一般和低风险四级，针对性制定管控措施^[3]。

3.2 安全管理制度建设

(1) 完善的安全管理制度是保障施工安全的“生命线”。安全生产责任制度需明确从矿长到一线工人的各级职责：矿长作为第一责任人，统筹安全管理全局；技术负责人把控开采设计安全；班组长负责现场隐患排查。某煤矿推行“岗位安全责任清单”，将通风设备巡检、瓦斯检测等具体任务细化到个人，实现责任可追溯。(2) 安全教育培训是提升安全意识的关键。新员工入职需完成72学时的强制性培训，涵盖安全法规、操作规程和应急逃生演练。例如，某铁矿在培训中设置VR模拟系统，让员工身临其境体验冒顶片帮、瓦斯爆炸等事故场景，强化安全意识。定期复训则针对新技术、新设备操作进行专项培训，确保员工技能与时俱进。(3) 安全检查制度要求建立日常巡查、专项检查和综合检查相结合的体系。日常巡查由班组长每日对作业面进行“地毯式”排查，重点检查支护稳固性、设备运行状态；专项检查针对爆破、提升运输等高危环节，邀请专家团队开展深度诊断；综合检查每季度覆盖全矿区，从制度执行到现场管理全面评估。对查出的隐患实行“三定”原则（定整改责任人、定整改措施、定整改期限），形成闭环管理。

3.3 安全技术措施应用

(1) 不同采矿技术面临的风险各异，需量身定制安全技术方案。在地下采矿中，地压控制是重中之重。锚杆支护通过将高强度锚杆锚入稳定岩层，形成悬吊或组合梁效应，增强顶板稳定性；锚索支护则适用于深部高应力环境，其超长锚固段可提供更大的抗拉强度。某铜矿在深部开采时，采用“锚杆+锚索+喷射混凝土”联合支护，使顶板事故率下降80%。(2) 瓦斯防治方面，通风系统是核心防线。通过主扇风机提供动力，确保井下风速、风量满足要求，稀释瓦斯浓度。某煤矿采用“分

区通风+均压调节”技术,将采区回风巷与进风巷的压差控制在50Pa以内,有效防止瓦斯积聚。同时,瓦斯监测系统24小时实时监测,一旦浓度超标,自动切断电源并启动报警装置。(3)露天采矿的边坡稳定性关乎全局。边坡角设计需综合考虑岩性、地质构造等因素,花岗岩边坡角可设计为65°-70°,而页岩边坡角需控制在45°-50°。通过安装GNSS位移监测站,每15分钟采集一次边坡位移数据,当位移速率超过5mm/天时,立即启动预警机制。此外,在边坡顶部设置截水沟,底部修建挡土墙,防止水土流失引发滑坡^[4]。

3.4 应急救援体系构建

(1)应急救援预案是事故处置的“作战地图”。预案需明确应急指挥部、抢险救援组、医疗救护组等组织架构,细化事故报告流程、应急响应级别和处置措施。某金矿的透水事故预案规定:发现透水后,现场人员10分钟内通过声光报警系统通知全矿,30分钟内启动一级响应,应急指挥部2小时内完成救援方案制定。(2)应急物资储备需遵循“宁可备而不用,不可用而无备”原则。井下避难硐室配备压缩氧自救器、食品和饮用水,满足48小时生存需求;地面救援站储备大功率排水泵、生命探测仪等设备。定期检查物资有效期,某铁矿每月对应急照明设备进行充放电测试,确保关键时刻正常运转。

(3)应急演练是检验预案有效性的试金石。某铅锌矿每年开展“无脚本”实战演练,模拟突发火灾场景:从报警响应、人员疏散到消防灭火,全流程检验各部门协同能力。通过演练发现问题,如初期火灾扑救时消防水带铺设速度慢,随后针对性改进,将响应时间缩短20%。

3.5 职业健康保护

(1)采矿作业产生的粉尘和有毒有害气体严重威胁工人健康。防尘措施从源头上控制粉尘产生,湿式凿岩

通过注水降低凿岩时的粉尘浓度,某石灰石矿采用该技术后,作业面粉尘浓度从50mg/m³降至8mg/m³。通风除尘系统则通过安装袋式除尘器,对含尘气流进行过滤,净化效率可达99%。(2)个体防护装备是工人的最后一道防线。防尘口罩需选用符合GB2626标准的KN95级别产品,防毒面具配备相应滤毒罐。某锰矿为工人配备电动送风过滤式呼吸器,内置高效过滤器和风机,提供更安全的呼吸环境。(3)职业健康监护实行“一人一档”管理。新员工入职需进行岗前体检,重点检查肺部功能;在岗期间每年进行一次职业健康检查,某石棉矿通过高千伏胸片筛查,早期发现2例疑似尘肺病患者,及时进行治疗和岗位调整。此外,企业还可以通过优化工艺流程,如采用遥控采矿设备减少人员暴露时间,从根本上降低职业的危害性。

结束语

采矿技术与施工安全相辅相成,所以技术创新为安全作业提供支撑,运用科学管理则为技术落地保驾护航。面对行业发展的新需求,唯有持续推动采矿技术革新,完善安全管理体系,方能实现安全与效率的平衡。同时,践行绿色发展的理念,促进采矿工程与生态环境协同共生,是行业实现长远发展的必经之路。

参考文献

- [1]刘波.浅谈采矿工程中的采矿技术与施工安全[J].魅力中国,2020(16):314.
- [2]李致周.浅谈采矿工程中的采矿技术与施工安全[J].石化技术,2020,27(2):291-292.
- [3]牛新荣.浅谈采矿工程中的采矿技术与施工安全[J].中国机械,2020(15):155,157.
- [4]何亮,王海廷.浅谈采矿工程中的采矿技术与施工安全[J].建筑工程技术与设计,2021(7):1937.