

采矿工程技术及施工安全探讨

刘华东

内蒙古蒙泰满来梁煤业有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017205

摘 要：本文聚焦于采矿工程，全面阐述了其在资源保障、产业驱动和安全发展方面的重要性。详细介绍了地下采矿、露天采矿及采矿辅助等常用技术及其应用要点，分析了地质与环境、机械与操作、爆破与火灾等施工过程中的主要安全风险。针对不同类型的安全风险，提出了相应的防控措施，包括前期勘察与日常监测、设备与人员管理以及规范作业流程等。旨在通过对采矿工程技术和安全风险的研究，提高资源开发效率，降低安全事故发生率，为采矿行业的稳定、高效、安全发展提供理论支持和实践指导。

关键词：采矿工程；采矿技术；施工安全；安全防控

引言：在当今社会，矿产资源作为工业生产的基石，对经济发展和社会进步起着至关重要的作用。采矿工程作为获取矿产资源的核心手段，其重要性不言而喻。随着科技的不断进步和经济的快速发展，对矿产资源的需求日益增长，这对采矿工程提出了更高的要求。然而，采矿工程面临着诸多挑战，如复杂的地质条件、恶劣的作业环境以及潜在的安全风险等。因此，深入研究采矿工程的技术、安全风险及防控措施，对于保障资源供应、推动产业发展以及确保安全生产具有重大意义。本文将详细探讨采矿工程的重要性、常用技术、安全风险及防控措施，以期对采矿行业的可持续发展提供有益的参考。

1 采矿工程的重要性

采矿工程作为矿产资源开发利用的核心环节，在工业生产体系和社会发展格局中占据着不可替代的战略地位。其重要性集中体现在资源保障、产业驱动和安全发展三个角度：（1）在资源保障层面，矿产资源作为现代工业的物质基础，涵盖能源矿产（煤炭、石油等）、金属矿产（铁、铜等）及非金属矿产（石灰岩、膨润土等）三大类。采矿工程通过系统化的地质勘查、开采设计及采掘作业，将深埋地下的矿产资源转化为可加工利用的初级原料，为制造业的原材料供应、能源产业的燃料供给、建筑产业的骨料生产等提供基础支撑。据统计，我国90%以上的能源消费和80%以上的工业原材料依赖矿产资源开发，采矿工程的稳定运行直接关乎国民经济命脉产业的可持续发展。（2）在产业驱动层面，采矿工程的技术迭代与施工管理水平直接影响着资源开发效率^[1]。先进采矿技术的应用（如智能化开采、深部资源开采）可显著提升资源回采率，降低开采成本；而标准化施工流程的建立则能带动采矿设备制造、矿山技术服务、安全监测等关联产业发展，形成“勘探-开采-加工-利用”的完整产业

链。这种产业联动效应不仅创造了大量就业岗位，更推动了矿业经济向集约化、智能化方向转型升级。（3）在安全发展层面，采矿作业的特殊性决定了其必须将安全生产置于首位。地下开采面临的瓦斯突出、岩爆、透水等地质灾害，露天开采存在的边坡失稳、爆破安全等问题，均要求建立科学的风险评估体系和应急管理机制。通过实施“安全优先”的开发原则，既能保护矿工生命健康，又能避免因事故导致的工程停滞，实现资源开发与安全保障的动态平衡。

2 常用采矿工程技术及应用要点

2.1 地下采矿技术

地下采矿技术主要适用于埋藏较深、地表条件复杂、不宜露天开采的矿产资源，其核心是通过开凿巷道、布置采矿工作面，实现矿产资源的开采与运输，常用的地下采矿技术包括房柱采矿法、充填采矿法、崩落采矿法等。

房柱采矿法适用于矿层厚度适中、围岩稳定性较好的矿床，通过划分矿房与矿柱，先开采矿房，再根据围岩情况处理矿柱，该技术的核心要点是合理确定矿房与矿柱的尺寸，确保采矿过程中围岩的稳定性，避免出现巷道坍塌。充填采矿法适用于矿层埋藏较深、围岩稳定性较差、地表不允许下沉的矿床，通过向采空区填充砂石、混凝土等材料，支撑围岩，减少地表下沉，其应用要点是控制充填材料的强度与充填速度，确保充填体能够有效支撑围岩。崩落采矿法适用于围岩容易崩落的矿床，通过爆破等方式使围岩崩落，填充采空区，同时实现矿石的崩落与开采，其应用要点是合理设计爆破参数，控制崩落范围与速度，避免爆破冲击对巷道和设备造成损坏^[2]。

2.2 露天采矿技术

露天采矿技术是浅部矿产资源开发的主要方式，适

用于矿体埋藏浅、覆盖层薄且地表允许大规模开挖的矿床。该技术通过移除地表植被、土壤及岩石覆盖层,直接暴露矿体进行开采,具有作业空间开阔、生产规模大、开采成本低等显著优势,但需严格管控边坡稳定与生态影响。(1)台阶式开采法作为露天矿最基础的技术形式,通过将矿田划分为多个水平台阶,形成自上而下的分层开采系统。每个台阶需根据矿岩物理力学性质设计坡面角、台阶高度及安全平台宽度,确保开采过程中边坡稳定性。技术要点包括:优化钻孔爆破参数以控制块度分布,合理配置电铲、卡车等装运设备实现流程衔接,并通过边坡监测系统实时掌握位移变化,预防滑坡事故。(2)陡帮开采法针对倾斜至急倾斜矿体提出,通过压缩台阶宽度、增大坡面角(可达70°以上)减少剥离量,特别适用于深部矿床过渡到露天开采的场景。其核心在于强化边坡动态管理,需建立三维激光扫描、微震监测等多元监测网络,结合数值模拟分析边坡失稳风险,对潜在滑动面采取预裂爆破、锚索加固等工程措施,保障高陡边坡作业安全。

2.3 采矿辅助技术

采矿辅助技术是保障采矿工程高效安全实施的关键支撑体系,涵盖钻孔、爆破、支护及运输四大核心环节,其技术协同性直接影响资源开发效率与作业环境稳定性。(1)钻孔技术作为采矿前道工序,需根据工程需求选择牙轮钻机、潜孔钻机等设备,精准控制钻孔轨迹参数。在爆破孔施工中,需结合岩体节理裂隙特征确定孔距与排距,探水孔则需遵循“有疑必探、先探后掘”原则,通过孔内电视成像等技术验证地质条件,为后续作业提供基础数据支撑。(2)爆破技术需基于岩体可爆性分级选择乳化炸药或铵油炸药,通过毫秒延期电雷管实现分段起爆。技术要点包括优化孔网参数控制大块率,采用预裂爆破技术保护边坡,并通过振动监测系统调整最大段药量,将爆破冲击波控制在安全阈值内。(3)支护技术需根据巷道服务年限与围岩分类选择支护形式:临时巷道采用单体液压支柱,永久巷道实施锚网喷联合支护,深部高应力矿体则需应用让压锚杆与U型钢可缩性支架。施工过程中需严格监控支护体变形量,及时进行二次支护。(4)运输技术需构建连续化运输系统,露天矿采用自卸卡车与胶带输送机联合运输,地下矿应用电机车牵引矿车或无轨胶轮车。关键在于优化运输线路坡度与弯道半径,建立设备预防性维护制度,确保运输环节零故障运行。

3 采矿施工过程中的主要安全风险

3.1 地质与环境类安全风险

地质与环境类安全风险是采矿施工中最常见的风险

类型,主要源于复杂的地质条件与恶劣的作业环境,具体表现为围岩坍塌、边坡滑坡、水害、瓦斯泄漏等。地下采矿中,若围岩稳定性较差、巷道支护不到位,易出现巷道顶板冒落、侧壁坍塌等事故;露天采矿中,若边坡坡角过大、岩土体稳定性不足,易出现边坡滑坡、崩塌等事故^[3]。

水害主要源于地下水、地表水的渗透,地下采矿中,若遇到含水层、断层水等,易出现巷道涌水、突水等情况,不仅会影响采矿作业,还可能淹没巷道,威胁作业人员安全。瓦斯泄漏主要发生在含瓦斯矿床的地下采矿中,瓦斯积聚到一定浓度后,易引发爆炸、中毒等事故,严重威胁作业人员的人身安全。此外,采矿作业中产生的粉尘、噪声等,也会对作业人员的身体健康造成长期影响。

3.2 机械与操作类安全风险

采矿作业需大量使用大型机械设备,若设备操作不当、维护不及时,易引发机械伤害类安全风险。具体表现为设备运行过程中,作业人员违规操作、设备部件磨损、设备故障等导致的挤压、碰撞、卷入等伤害事故。例如,钻孔机、爆破设备、输送机等设备,若操作不规范,易出现设备误动作;设备的传动部件、制动部件等若维护不及时,易出现部件失效,引发安全事故。

此外,作业人员的操作技能不足、安全意识薄弱,也会增加安全风险。部分作业人员未严格按照操作流程作业,违规冒险作业,或对设备的操作不熟练,易导致操作失误,引发安全事故。

3.3 其他类安全风险

采矿施工中除地质与机械类风险外,还存在多类需重点防控的安全风险。爆破安全风险贯穿于炸药运输、储存、装药、起爆及爆后检查全流程。若爆破参数设计未结合岩体特性进行动态调整,或违规使用过期变质爆破器材,易导致飞石超限、冲击波超标等事故,在破碎围岩条件下甚至可能诱发采空区二次冒落。

火灾风险呈现差异化特征:地下矿井因空间封闭、通风受限,电气系统故障(如电缆老化破损、变压器过载)产生的电弧火花易引燃支护材料或油料,高温烟气在巷道中积聚形成窒息性环境;露天矿场则需防范雷击、焊接作业火花引燃堆积的油污棉纱或植被,火势在风力作用下可能快速蔓延至作业区域。两类场景均需建立分级响应机制,地下矿应配置正压式空气呼吸器与防爆照明设备,露天矿需设置防火隔离带并配备高压消防水炮。

4 采矿施工安全防控措施

4.1 地质与环境风险防控措施

针对地质与环境类安全风险,需做好前期勘察与日常监测,提前防控各类隐患。(1)采矿作业前,需对采矿区域的地质构造、水文条件、围岩稳定性等进行全面勘察,明确可能存在的安全隐患,制定针对性的防控方案。地下采矿中,加强巷道围岩的监测,定期检查支护情况,若发现围岩变形、支护失效等问题,及时采取加固措施,避免巷道坍塌。(2)露天采矿中,加强边坡稳定性监测,定期清理边坡上的浮石、危石,合理控制边坡坡角,必要时采取边坡加固措施,防止边坡滑坡。针对水害风险,提前排查采矿区域的地下水、地表水分布情况,设置排水系统,及时排出巷道或采场中的积水,避免涌水、突水事故。针对瓦斯风险,加强地下采矿的通风管理,确保通风顺畅,降低瓦斯浓度,定期检测瓦斯含量,若发现瓦斯超标,及时采取通风、抽放等措施,严禁违规作业。同时,为作业人员配备防尘、防毒等防护用品,减少粉尘、有毒气体对人体的伤害^[4]。

4.2 机械与操作风险防控措施

针对机械与操作类安全风险,需加强设备管理与人员管理,规范操作流程。(1)加强采矿机械设备的日常检查与维护,定期对设备的传动部件、制动部件、电气系统等进行检查,及时更换磨损、失效的部件,确保设备运行正常。建立设备维护台账,详细记录设备的维护情况、故障处理情况,便于后续追溯与管理。(2)加强作业人员的培训与管理,提高作业人员的操作技能与安全意识。定期组织作业人员开展技术培训与安全培训,讲解采矿设备的操作流程、安全注意事项,以及各类安全事故的防控方法,确保作业人员熟练掌握操作技能,严格按照操作流程作业。严禁作业人员违规冒险作业,对违规操作行为进行严格管控,从源头减少操作失误引发的安全事故。

4.3 其他安全风险防控措施

针对爆破、火灾等其他类安全风险,需规范作业流程,加强防控管理。(1)爆破作业前,合理设计爆破参数,严格检查爆破器材的质量,确保爆破器材符合使用

要求;爆破作业过程中,严格按照作业流程操作,划定安全警戒区域,禁止无关人员进入警戒区域,避免爆破飞石、冲击波伤人。爆破作业后,及时清理爆破现场,排查是否存在未爆炸的爆破器材,防止二次事故发生。(2)针对火灾风险,加强采矿区域的消防安全管理,清理易燃物堆积,配备足够的消防器材,定期检查消防器材的有效性,确保能够及时处置火灾事故。加强电气设备的管理,定期检查电气线路、设备,避免电气短路、设备过热引发火灾。地下采矿中,完善通风系统,确保火灾发生后烟雾能够及时排出,同时制定火灾应急预案,定期开展应急演练,提高作业人员的应急处置能力^[5]。

结束语

综上所述,采矿工程在国民经济中占据着举足轻重的地位,不仅为工业生产提供了关键的资源保障,还通过产业联动效应推动了经济的发展。然而,采矿工程面临的安全风险不容忽视,地质与环境、机械与操作以及其他类安全风险时刻威胁着作业人员的生命安全和工程的顺利进行。通过采取科学有效的防控措施,如加强前期勘察与监测、规范设备管理和人员操作、严格作业流程等,可以最大程度地降低安全风险,保障采矿工程的安全、高效运行。未来,随着科技的不断创新和发展,采矿工程将朝着智能化、绿色化方向迈进,为实现矿业的可持续发展注入新的活力。

参考文献

- [1]陈明,赵伟.露天矿山边坡稳定性分析与安全管理[J].采矿技术,2021,21(2):78-81.
- [2]李娟,王军.智能化采矿技术在煤矿中的应用及发展前景[J].煤炭科学技术,2022,50(5):123-130.
- [3]王建.煤矿采矿工程中安全管理的应用实践[J].内蒙古煤炭经济,2021,(18):106-107.
- [4]牛江波.探究煤矿工程中的不安全技术因素[J].当代化工研究,2021,(14):83-84.
- [5]王京晶.煤矿工程采矿技术及安全管控策略分析[J].当代化工研究,2021,(13):21-22.