浅谈地下矿山安全方向

孙玉德

招金矿业股份有限公司夏甸金矿 山东 烟台 265400

摘要：地下矿山安全至关重要，关乎矿工生命、企业效益与社会稳定。当前安全形势严峻，存在顶板、水害、瓦斯与火灾等风险，且开采深度增加带来新挑战。保障安全需综合运用安全监测预警、灾害防治及应急救援技术，同时优化管理体系、加强人员培训、推进安全文化建设，形成全员参与、制度健全、文化浓厚的安全管理格局，以提升矿山安全水平。

关键词：地下矿山；安全风险；监测预警；灾害防治；安全管理

引言：地下矿山作为矿产资源开采的核心场所，其安全生产至关重要，关乎矿工生命健康、企业经济效益与社会稳定发展。然而，当前地下矿山安全形势严峻，面临顶板、水害、瓦斯与火灾等多重风险，且随着开采深度增加，地质条件愈发复杂，新风险不断涌现。为有效应对挑战，保障矿山安全生产，需综合运用安全监测预警、灾害防治及应急救援等关键技术，同时优化安全管理体系、加强人员安全培训、推进安全文化建设。通过多措并举，筑牢地下矿山安全防线，推动矿山行业安全、可持续发展。

1 地下矿山安全的重要性与现状

地下矿山安全在矿山生产领域占据着举足轻重的地位，它是矿山生产活动得以顺利开展的基本前提与核心保障，其重要性体现在多个层面，关乎着矿工的生命健康、企业的经济效益以及整个社会的稳定发展。（1）从矿工个体角度来看，地下矿山安全是保障其生命健康的关键防线。矿山作业环境复杂，存在着诸多潜在危险，如瓦斯爆炸、冒顶片帮、透水等事故。一旦发生安全事故，矿工的生命将受到严重威胁，身体可能会遭受不可逆的伤害。保障地下矿山安全，能够有效减少事故造成的人员伤亡，让矿工能够安心工作，维护矿工家庭的幸福与完整，避免因事故给家庭带来沉重的打击，进而促进社会的和谐稳定。（2）对于矿山企业而言，安全的生产环境是提升经济效益和竞争力的关键因素。安全的生产能够减少因事故导致的停工停产时间，确保生产活动的连续性和稳定性，从而提高生产效率。同时，安全投入的合理增加可以降低设备故障率和维修成本，减少因事故造成的财产损失，降低企业的运营成本。在市场竞争日益激烈的今天，安全可靠的生产形象有助于提升企业的声誉和竞争力，吸引更多的投资和合作机会，促进企业的可持续发展。（3）从宏观层面来看，地下矿山安

全对于保障国家矿产资源的稳定供应和经济的可持续发展具有不可替代的作用。矿产资源是国家经济发展的重要物质基础，地下矿山作为矿产资源开采的主要场所，其安全生产直接关系到资源的稳定供应。只有确保地下矿山安全，才能保证矿产资源的持续开采和利用，为国家的工业生产、基础设施建设等提供有力支撑，推动经济的持续健康发展。（4）当前地下矿山安全形势却不容乐观。部分矿山企业安全意识淡薄，过于追求短期经济效益，对安全投入严重不足。这导致安全设施陈旧、老化，无法满足现代安全生产的需求。同时，安全管理体系不完善，安全管理制度不健全、执行不到位等问题普遍存在。此外，随着矿山开采深度的不断增加，地质条件愈发复杂，新的安全风险不断涌现，如高地应力、高温热害等，给地下矿山安全管理带来了前所未有的挑战^[1]。

2 地下矿山常见安全风险分析

2.1 顶板事故风险

在地下矿山开采作业中，顶板事故是极为常见且危害巨大的安全风险。其发生受地质构造和开采方式等多重因素的综合影响。（1）从地质构造层面来看，不同地质条件下的顶板稳定性差异显著。在软弱岩层分布区域，岩石强度低、自稳能力差；断层发育区域，岩体结构破碎，完整性遭到破坏，这些都会导致顶板岩石极易发生变形、破裂，进而引发冒顶、片帮等事故。（2）开采方式的不合理也是重要诱因。若开采顺序混乱，没有遵循科学的开采程序，会使顶板受力不均，增加其失稳风险。同时，支护方式选择不当或支护不及时，无法为顶板提供足够的支撑力，同样会使顶板处于危险状态。一旦顶板事故发生，后果不堪设想，不仅会掩埋矿工，造成严重的人员伤亡，还会损坏大量设备，给矿山企业带来巨大的财产损失，严重影响矿山生产的正常进行。

2.2 水害风险

在地下矿山生产过程中,水害是极具破坏力的安全风险之一,主要包括地表水涌入、老空区积水突水以及含水层水突出等类型。矿山周边分布的河流、湖泊等地表水体,在矿山开采活动的扰动下,采动裂隙等通道可能成为地表水涌入井下的通道。一旦地表水大量涌入,将迅速改变井下作业环境。废弃的老空区犹如隐藏的“水炸弹”,由于长期积水,当采掘作业接近老空区时,若未借助先进的探测技术进行精准探测,也未采取有效的防范措施,极易引发突水事故。此外,富含地下水的含水层在开采扰动下,原本相对稳定的水压平衡被打破,大量地下水会突然涌出。水害事故一旦发生,汹涌的水流会迅速淹没巷道,冲毁各类生产设备,使井下作业陷入混乱,严重威胁井下作业人员的生命安全,给矿山企业带来难以估量的损失^[2]。

2.3 瓦斯与火灾风险

在开采含有瓦斯的地下矿山时,瓦斯与火灾风险犹如高悬的达摩克利斯之剑,时刻威胁着矿山的安全生产。

(1) 瓦斯作为一种易燃易爆气体,其危险性极高。当井下通风系统出现故障、通风不良,或者瓦斯抽采工作不及时、不到位时,瓦斯极易在井下局部区域积聚。一旦瓦斯浓度达到爆炸极限(5% - 16%),此时若遇到电气火花、明火、爆破火焰等火源,就会瞬间发生爆炸。爆炸产生的冲击波和高温火焰会迅速蔓延,摧毁巷道、破坏设备,造成严重的人员伤亡。(2) 地下矿山火灾也是不容忽视的重大安全隐患。火灾可能由电气设备老化短路、违规使用明火、煤炭自燃等多种原因引发。火灾不仅会直接烧毁大量的生产设备和宝贵的矿产资源,还会在燃烧过程中产生一氧化碳、二氧化硫等大量有毒有害气体。这些气体在井下有限的空间内迅速扩散,极易导致井下作业人员中毒窒息,进一步加剧事故的危害程度。

3 地下矿山安全关键技术研究

3.1 安全监测预警技术

安全监测预警技术作为保障地下矿山安全的关键手段,在现代矿山安全管理中发挥着不可或缺的作用。

(1) 在井下复杂多变的环境中,通过科学合理地安装各类高精度传感器,如应力传感器、位移传感器、瓦斯传感器、水位传感器等,构建起全方位、多层次的监测网络。这些传感器如同敏锐的“触角”,能够实时、精准地采集顶板位移、应力变化、瓦斯浓度、水位高度等关键数据。(2) 借助先进的物联网技术,将采集到的海量数据快速、稳定地传输至地面监控中心。在监控中心,运用大数据分析技术对这些数据进行深度挖掘和处理,通过建立科学合理的模型和算法,精准识别数据中的异

常变化,及时发现潜在的安全隐患。一旦发现顶板位移或应力超过预先设定的安全阈值,系统会立即自动触发报警机制,以声光、短信等多种形式提醒工作人员。工作人员可根据预警信息迅速采取相应的防范措施,如加强支护、撤离人员等,从而有效预防事故的发生,为地下矿山的安全生产筑牢坚实防线。

3.2 灾害防治技术

针对地下矿山复杂多样的灾害类型,需采取精准有效的防治技术,以保障矿山安全生产。(1) 在顶板灾害防治领域,锚杆支护技术通过锚杆将顶板岩石锚固在稳定岩层中,增强岩层的整体性和稳定性;喷混凝土支护能迅速封闭岩面,防止岩体风化剥落,同时提供一定的支护力;金属支架支护则利用金属材料的强度,为顶板提供可靠的支撑。(2) 对于水害防治,地质勘探是基础,通过详细的地质勘探准确掌握水文地质条件,为后续防治措施提供依据。疏干排水可将地下水提前排出,降低水位;防水闸门能在水害发生时有效阻隔水流;注浆堵水则是向含水层或导水通道注入浆液,封堵水源。

(3) 瓦斯防治方面,瓦斯抽采技术可将瓦斯从煤层中抽出,降低瓦斯浓度;加强通风管理能确保井下空气流通,稀释和排出瓦斯。(4) 火灾防治可通过优化电气设备管理,定期检查维护,防止电气故障引发火灾;严格控制井下火源,严禁违规用火;采用防火材料构建井下设施,降低火灾发生风险^[3]。

3.3 应急救援技术

完善的应急救援技术体系是地下矿山应对突发事件、最大限度减少损失的关键防线。(1) 建立科学合理的应急救援预案是首要任务。预案需详细明确应急救援组织机构的架构与职责分工,清晰界定各小组在事故救援中的具体任务;制定严谨的应急响应程序,涵盖事故报告、初期处置、救援力量调配等环节,确保救援工作有序开展。(2) 配备先进的应急救援设备是提升救援效率的重要保障。救生舱能为被困矿工提供相对安全的避难空间,具备生命维持系统,保障被困人员的基本生存需求;正压式呼吸器可确保救援人员在有毒有害环境中安全作业;应急通信设备能保障井上井下信息畅通,及时传递救援指令和现场情况。(3) 加强应急演练不可或缺。通过定期组织模拟事故场景的演练,让矿山企业和矿工熟悉应急救援流程,提高应急处置能力,确保在真实事故发生时能够迅速、有效地开展救援工作,最大程度保障人员生命安全。

4 地下矿山安全管理措施

4.1 优化安全管理体系

矿山企业安全管理体系的优化是保障安全生产的核心环节。(1)企业需构建一套科学、完善的安全管理体系,清晰界定各级管理人员与岗位员工的安全职责,将安全责任细化到每一个岗位、每一名员工,形成“横向到边、纵向到底”的全员参与安全管理格局,让安全成为全体人员的共同追求。(2)在制度建设方面,要全面完善安全管理制度体系。涵盖安全生产责任制,明确各级人员在安全生产中的具体责任;安全检查制度,规定检查的频率、范围和标准,及时发现并消除安全隐患;安全教育培训制度,制定系统的培训计划,提升员工的安全意识和操作技能。通过这些制度,确保安全管理工作有章可循、规范有序。(3)强化安全监督考核机制。定期对安全管理制度的执行情况进行细致检查和客观评估,对于违反制度的行为,坚决予以严肃处理,以此维护制度的权威性,推动安全管理体系的有效运行。

4.2 加强人员安全培训

在地下矿山安全生产中,矿工的安全意识和操作技能至关重要,加强人员安全培训是保障安全的关键举措。(1)矿山企业应定期精心组织开展安全培训活动,培训内容需全面且实用。一方面,涵盖安全法律法规,让矿工明确自身在安全生产中的权利与义务;另一方面,详细讲解安全操作规程,确保矿工在作业过程中严格遵守规范。同时,传授灾害防治知识,使矿工了解各类灾害的成因、前兆及防范措施;开展应急救援技能培训,提升矿工在事故发生时的自救互救能力。(2)为提高培训效果,应采用多样化的培训方式,如理论讲解结合案例分析,让矿工深刻理解安全事故的危害;安排实际操作演练,使矿工熟练掌握安全操作技能和应急处置流程。此外,要高度重视新员工的岗前培训,为其打下坚实的安全基础;定期组织老员工复训,更新知识技能,确保全体员工始终保持较高的安全意识和操作水平。

4.3 推进安全文化建设

安全文化建设对于提升地下矿山安全水平具有深远意义,是构建安全长效机制的重要途径。(1)矿山企业应积极策划并开展形式多样的安全文化活动。举办安

全知识竞赛,以趣味竞赛的形式激发员工学习安全知识的热情,拓宽安全知识面;开展安全演讲比赛,让员工分享安全故事、感悟,增强安全意识;利用安全标语宣传,在井下巷道、办公区域等显著位置张贴醒目的安全标语,时刻提醒员工注意安全。通过这些活动,营造浓厚的安全文化氛围,让安全理念如春风化雨般深入人心。(2)鼓励员工主动参与安全管理。建立有效的沟通渠道,让员工能够便捷地提出安全改进建议。对于有价值的建议,给予表彰和奖励,充分调动员工的积极性和创造性。如此一来,形成“人人讲安全、人人重安全”的良好局面,使安全成为全体员工的自觉行动,从根本上提升地下矿山的安全水平^[4]。

结束语

地下矿山安全是矿山生产的重中之重,关乎矿工生命、企业效益与社会稳定。当前,地下矿山面临顶板、水害、瓦斯与火灾等多重安全风险,且随着开采深度增加,风险愈发复杂。为有效应对,需综合运用安全监测预警、灾害防治及应急救援等关键技术,构建全方位安全保障体系。同时,优化安全管理体系,明确各级人员安全职责,完善制度建设并强化监督考核;加强人员安全培训,提升矿工安全意识与操作技能;推进安全文化建设,营造浓厚安全氛围,鼓励员工主动参与安全管理。唯有如此,才能切实提升地下矿山安全水平,实现安全生产与可持续发展,为矿山行业稳健前行筑牢坚实根基。

参考文献

- [1]刘喜深.关于加强地下矿山通风安全管理的研究[J].能源与节能.2022,(1):18-20
- [2]郭云峰.地下矿山安全监测与信息化技术应用[J].2021(2019-6):94-95.
- [3]李宾海.金属非金属地下矿山存在的主要安全技术问题及对策分析[J].中国金属通报,2019.12(3):212-213.
- [4]禄登林.地下矿山安全管理信息化探索[J].新疆有色金属,2022,45(02):18-19.