

地下开采矿山深部开采的主要问题及应对措施

刘洪梅

郑州煤电股份有限公司芦沟煤矿 河南 郑州 452373

摘要：本文探讨了地下开采矿山深部开采面临的主要问题及其应对措施。随着开采深度的增加，地质条件复杂多变、高地应力与地压、高温与高湿环境、瓦斯与粉尘灾害等问题愈发突出。为应对这些挑战，提出加强地质勘探与预测、优化开采设计与工艺、改善开采环境、加强瓦斯治理与监测以及水资源保护与综合利用等措施。通过实施这些措施，可以提高深部开采的安全性、效率和可持续性，为矿山企业的健康发展提供有力保障。

关键词：地下矿山；深部开采；问题；对策

引言：地下开采矿山深部开采是矿产资源开发利用的重要方向，但随着开采深度的增加，一系列复杂的地质和环境问题也随之而来。这些问题不仅影响矿山的安全生产，还限制了矿产资源的有效开发。因此，深入研究地下开采矿山深部开采的主要问题及其应对措施具有重要意义。通过分析深部开采面临的技术难题，探讨有效的解决方案，为矿山企业的安全生产和可持续发展提供参考。

1 地下开采矿山深部开采概述

地下开采矿山深部开采是指开采深度大于600m的地下作业。当开采深度超过2000m时，被认为是超深开采。全世界约有200座矿山处于深部开采的范围，其中南非的矿山居多，开采深度在1000-3000m之间，而最深矿井为南非威特沃特斯兰德金矿的西部水平，深度曾达950m（现已闭坑）。在中国，也有许多矿山的开采设计深度在千米以上，例如弓长岭铁矿，其设计深度为-750m，距离地表深度可达1000m。随着开采深度的增加，地温、地压、瓦斯和地下水等环境因素对开采活动的影响愈发显著。深部开采作业中的岩层控制、井下工作环境和深部回采工艺都需要改进。特别是当深度超过450-500m时，原岩应力值增大，可能导致巷道破坏、矿柱失稳和岩爆等问题。岩爆是自然地质条件与采矿技术条件按一定方式组合而发生的，它不仅影响矿山的安全生产，还会对经济效益产生极其不利的影响。为应对深部开采带来的挑战，需要实时监测深部岩体的压力变化，合理规划采场布局，采取爆破、注浆等手段释放地压^[1]。同时，应优化深部开采工艺，建立完善的通风系统，确保矿井内的空气流通和新鲜度，并采取有效措施治理瓦斯。深部开采技术不仅综合运用了计算机技术、传感器技术和通信技术，实现了对采矿过程的全面监控和管理，还推动了采矿作业的智能化和自动化发展。尽管深部开采面临诸

多挑战，但其在保障国家能源安全、促进经济发展方面具有重要意义。

2 深部开采的发展历程与趋势

深部开采的发展历程可以追溯至矿业活动的早期，但真正意义上的深部开采技术和理论体系的形成，则是在近几十年随着全球矿产资源需求增长和浅部资源逐渐枯竭的背景下迅速发展的。起初，由于技术限制和安全考虑，矿山开采主要集中在地表或浅层区域。随着技术的进步，特别是岩石力学、地下工程技术和机械装备的发展，开采深度逐渐增加。20世纪中后期，深部开采开始成为全球矿业领域的关注焦点，许多国家，尤其是矿产资源丰富的国家，如南非、澳大利亚和中国，相继开展了大规模的深部矿山建设项目。在发展历程中，深部开采面临着诸多技术难题，如高地应力、高地温、高渗透压等极端环境条件下的作业安全问题，以及深部矿体开采效率低、成本高等经济挑战。因此，科研人员与工程师们不断研发新技术、新材料和新设备，如深部硬岩钻爆技术、智能采矿系统、高温矿井降温技术等，有效提升深部开采的安全性和经济性^[2]。未来，深部开采的发展趋势将聚焦于智能化、绿色化和可持续化。智能化方面，通过物联网、大数据、人工智能等技术的应用，实现开采过程的精准控制与管理；绿色化则强调减少资源消耗、降低环境污染，推广无废开采技术；可持续化则要求在保证资源高效利用的同时，兼顾生态平衡和社区和谐，实现矿业与社会、环境的协同发展。

3 地下开采矿山深部开采面临的主要问题

3.1 地质条件复杂多变

在地下开采矿山的深部开采中，地质条件的复杂多变是一个不可忽视的严峻问题。随着开采深度的增加，地层构造变得愈发复杂，岩层间的互层、断层、褶皱等地质现象层出不穷，这些复杂的地质结构不仅增加采

矿作业的难度,还可能导致岩石的不稳定,增加巷道支护和矿石开采的风险,深部开采还常常面临地下水的干扰,地下水位的升高或突水事件的发生都可能对矿井生产构成严重威胁,甚至引发安全事故。

3.2 高地应力与地压问题

高地应力与地压问题是深部开采中另一大技术难题,随着开采深度的加深,原岩应力显著增加,这不仅增加了巷道和采场的变形和破坏风险,还可能导致岩爆等灾害性事故的发生。高地应力环境下的巷道支护问题尤为突出,传统的支护方法可能无法适应深部开采的需求,因此需要开发更加先进、高效的支护技术和材料。同时,高地应力还可能导致矿柱失稳,影响矿山的安全生产^[3]。

3.3 高温与高湿环境

深部开采作业环境往往伴随着高温与高湿的问题。随着开采深度的加深,地温逐渐升高,矿井内的温度可能会超过人体正常承受范围,对矿工的健康构成严重威胁。高温环境还会加速机械设备的磨损和老化,降低设备的使用寿命和效率。此外,高湿环境容易滋生细菌、霉菌等微生物,不仅恶化矿井内的工作环境,还可能引发职业病和安全事故。

3.4 瓦斯与粉尘灾害

在深部开采过程中,瓦斯与粉尘灾害是两大主要的安全隐患,深部矿井中的瓦斯含量往往较高,一旦积聚到一定程度并遇到明火或高温物体,就可能引发瓦斯爆炸,造成严重的人员伤亡和设备损坏。同时,深部开采产生的粉尘也极易引发尘肺病等职业病,对矿工的健康构成长期威胁;粉尘还可能引发爆炸事故,对矿井的安全生产构成极大挑战。

4 地下开采矿山深部开采的应对措施

4.1 加强地质勘探与预测

地下开采矿山深部开采的首要任务是加强地质勘探与预测,随着开采深度的增加,地质条件愈发复杂,矿体和围岩的性质也发生显著变化,增加了开采难度和安全风险。因此,通过详细的地质勘探,收集并分析区域地质、地球物理、地球化学等信息,对于确定矿产资源的分布、规模、品位和储量至关重要;地质勘探包括对地层、岩石、构造和矿产分布规律的研究,通过野外地质观察、测量和填图,结合地球物理勘探(如重力、磁法、电法)和地球化学勘探(如土壤、岩石和水系沉积物样品的分析),可以推断和研究地质构造和矿产分布。例如,在深部金属矿产勘查中,地球物理勘探手段常用于发现深部矿体的物探异常,为后续钻探工程提供

重要依据。据统计,通过系统的地质勘探和综合分析,深部金属矿产的发现率可提高30%以上;地质勘探还能预测矿产资源远景,为矿产资源的规划和管理提供决策支持。在选定的勘查区内进行系统的区域地质调查,了解区域地质背景,可以为进一步的矿产勘查提供依据。例如,某铜矿深部钻探找矿项目中,通过对区域地质构造、地层岩性、铜矿化特征的综合分析,确定了深部找矿潜力,并通过物探异常验证和钻探施工与取样,明确铜矿体的赋存状态和品位分布,为矿山开采提供重要依据。

4.2 优化开采设计与工艺

深部开采面临着巷道布置、支护形式选择、矿压控制等多方面挑战。合理的巷道布置可以有效降低低压冲击的威胁,避免巷道相交、对向或近距离同向伸直平行布置。例如,当开采深度超过一千米时,巷道压力显著增加,必须加强对巷道的维护,采用科学、合理的支护形式。支护形式的选择应根据井下的地质条件、生产工艺状态和设备运行参数进行。例如,在中度或硬度岩层中,巷道变形尤为严重,需要采用一种或多种形式相组合的支护形式,如锚杆、钢带、注浆等,保证支护设备能提供充足的支护力,同时具备适宜的伸缩性。实践运行数据表明,合理的支护形式可以降低巷道变形率20%以上,提高巷道的安全性和稳定性;通过优化采矿设备、优化采矿顺序和工艺流程,可以提高矿山开采的效率和效益。例如,采用智能化采掘装备,通过信息技术、自动化技术和人工智能技术的融合,实现采掘装备的智能感知、智能决策和智能控制,可以大幅提升开采作业的自动化水平和安全性。据统计,智能化采掘装备的应用可将开采效率提高30%以上,显著降低开采成本。

4.3 改善开采环境

改善开采环境是保障矿工安全和健康的关键措施。深部开采中,粉尘、噪声、振动等有害因素对矿工的影响尤为显著。因此,必须采取有效的治理措施,降低开采环境的负面影响。粉尘治理方面,可以采用湿式作业、封闭抑尘、布袋除尘等方法,减少粉尘的产生和扩散。例如,在砂石料生产过程中,通过破碎机及制砂机产生的粉尘进行引风机收集后经布袋除尘器处理,可以有效降低粉尘排放。据统计,采取粉尘治理措施后,作业区域的粉尘浓度可降低50%以上;噪声治理方面,可以通过选择低噪声设备、优化设备布局、加强设备维护等措施,降低噪声的产生和传播。例如,固定式和移动式机械噪声可以通过禁夜间生产、加强设备维护和维修工作、在场区内进行绿化等方式进行治理;振动和冲击也是深部开采中的常见问题,需要采取有效的减震措施。

例如,在巷道布置和支护设计中,应充分考虑地质条件和开采工艺,合理选择支护形式和参数,以减少振动和冲击对矿工的影响^[4]。

4.4 加强瓦斯治理与监测

瓦斯灾害是深部开采中常见的安全隐患,必须加强瓦斯治理与监测,防止瓦斯泄漏、积聚和爆炸。瓦斯是一种无色、无味、无臭的气体,主要成分是甲烷,具有可燃性和爆炸性。当瓦斯浓度达到一定范围时,遇到火源会发生爆炸,产生高温高压,造成人员伤亡和设备损坏,瓦斯治理主要包括瓦斯抽放、瓦斯利用和瓦斯控制。瓦斯抽放技术通过钻孔、巷道等方式将煤层中的瓦斯抽出,以降低煤层中的瓦斯压力和瓦斯含量。例如,地面抽放是通过钻孔将煤层中的瓦斯引入地面,利用瓦斯泵将瓦斯抽出;井下抽放则是通过巷道将煤层中的瓦斯引入回采工作面,利用通风系统将瓦斯排出。据统计,采用瓦斯抽放技术后,煤层中的瓦斯含量可降低30%以上,瓦斯利用技术是将抽出或排出的瓦斯进行收集、加工和利用,以实现资源的有效利用和减少环境污染。例如,将瓦斯作为燃料或原料直接用于生产和生活,如瓦斯发电、瓦斯供暖等;或将瓦斯进行加工和转化,如合成甲烷、合成氨等;瓦斯监测是预警和防治瓦斯灾害的关键设备,通过在矿山地下布置多个监测点,实现全域瓦斯浓度的实时监测。将监测数据实时传输到地面控制中心,以便及时掌握地下瓦斯状况。根据监测数据自动预警,并启动相应的灾害防治措施。例如,某矿区采用了先进的瓦斯监测系统,通过安装传感器和仪表,实时监测瓦斯浓度、压力和温度等参数,确保及时发现异常情况,有效降低了瓦斯灾害的发生风险。

4.5 水资源保护与综合利用

矿山开采活动对地下水资源的影响日益凸显,导致矿井水的大量涌出和浪费。为了保护矿井水资源,提高水资源的利用效率,实施矿山矿井水资源保护与利用方案势在必行。第一,进行矿山水资源的调查与评估,包括水资源储量、水质状况、水文地质特征等方面的分析,为后续的保护与利用提供依据。例如,通过水文地

质调查,了解矿井水的来源、水量和水质特征,为合理排水和利用提供数据支持。第二,建立矿井水资源管理与监测系统,对矿井水进行监测与管理,及时发现问题并采取相应措施。例如,通过安装监测设备,实时监测矿井水的变化情况,包括水量、水质和水位等参数,及时发现并处理异常情况。第三,采取合理的排水措施,减少矿井水的涌出量,同时加强对矿井周边水资源的保护,防止矿井水对周边水源的污染。例如,在矿井排水过程中,采用沉淀、过滤等处理工艺,提高矿井水的水质,使之达到国家相关标准,用于矿山生产和生活用水,减少对地表水的开采。第四,进行矿井水资源的利用与回用,通过适当的处理技术,将矿井水充分利用起来。例如,将处理后的矿井水用于洗矿、除尘、设备冷却等方面,减少新鲜水的使用。据统计,实施矿井水资源保护与利用方案后,矿井水的利用率可提高50%以上,显著降低矿山的水资源消耗和排水成本。

结束语

综上所述,地下开采矿山深部开采面临着诸多挑战,但通过加强地质勘探、优化开采设计、改善开采环境、加强瓦斯治理与监测以及实施水资源保护与利用等措施,可以有效应对这些挑战。未来,随着智能化、绿色化和可持续化技术的发展,深部开采将迎来更加广阔的前景。矿山企业应积极采用新技术、新工艺,不断提高开采效率和安全性,为国家的能源安全和经济发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]张家林,杨帆,张望,等.深部资源开采创新成效分析与思考[J].采矿与安全工程学报,2024,41(03):450-461.
- [2]任俊峰.煤矿深部开采瓦斯综合治理技术研究[J].山西化工,2024,44(04):216-218.
- [3]韩明,王凯,国琛.深部开采矿井自然风压演化规律研究[J].山东煤炭科技,2024,42(01):64-68. 考文献
- [4]王建平.金属非金属地下开采矿山存在的主要安全技术问题及对策建议[J].工程技术(文摘版),2020(10):21-21.