井下采矿技术和井下采矿的发展形势

茹志平 郭鹏飞 庞臣臣 苏欣 郝苗进

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：本文阐述了井下采矿技术的定义，即涵盖矿体勘探到辅助作业的全方位技术体系，旨在安全高效开采矿产资源。分析了其技术复杂性与多样性、对人员技能要求高、作业环境特殊等特征，指出当前存在安全隐患、设备性能与智能化水平局限、环境污染与资源浪费等问题。探讨了智能化、绿色开采、高效采矿技术与设备研发等发展趋势，并提出加强技术创新与人才培养、完善法规标准、提升企业竞争力等发展策略与建议。

关键词：井下采矿技术；井下采矿；发展形势

1 井下采矿技术的定义

井下采矿技术是于地下矿体中开采矿产资源的一系列技术手段与方法的集合，构建起从矿体勘探、开拓巷道、采准切割，到矿石回采、运输，以及通风、排水、供电等辅助作业的完整技术体系，其核心在于安全、高效、经济地开采地下矿产，满足社会资源需求。该技术融合多学科知识，地质学为采矿提供矿体赋存状态、地质构造等信息支撑，助力科学选矿与合理设计工程；采矿工程学聚焦采矿方法优化，依矿体形态、规模、品位等特性，灵活选用空场、充填、崩落等采矿法；机械工程提供凿岩机、装载机等设备，设备性能与效率关乎采矿产能与效益；电气工程保障矿井供电稳定，为设备运行及照明、通信等设施提供动力支持^[1]。随着社会对矿产资源需求攀升、开采深度增加，井下采矿技术持续革新，历经手工开采、机械化开采阶段，正朝着智能化、绿色化方向迈进，在提升资源回收率、保障作业安全、减少环境污染等方面成效显著。

2 井下采矿技术的特点

2.1 技术复杂性与多样性

井下采矿技术具有极高的复杂性。地下矿体的赋存条件千变万化，不同的矿床在地质构造、矿体形态、矿石品位、围岩性质等方面都存在很大差异。这就要求在采矿过程中，必须根据具体的矿床条件，选择合适的采矿方法、开采顺序和工艺参数。采矿过程中涉及的工艺环节众多，且相互关联、相互影响。从开拓巷道开始，就需要进行准确的测量和定位，确保巷道的方向和坡度符合设计要求。在采准切割阶段，要根据采矿方法的要求，合理布置采准工程和切割工程，为矿石回采创造条件。矿石回采过程中，需要考虑凿岩爆破的效果、装载运输的效率、顶板管理的安全性等多个方面。任何一个环节出现问题，都可能影响整个采矿作业的正常进行。

井下采矿技术的多样性体现在多个方面。首先是采矿方法的多样性，除了前面提到的空场采矿法、充填采矿法、崩落采矿法外，每种采矿方法又可以根据具体的矿床条件细分为多种变体。另外，在支护技术、通风技术、排水技术等方面也都存在多种不同的方法和手段。

2.2 对人员技能的高要求

井下采矿作业环境复杂多变，存在诸多危险因素，如冒顶片帮、透水、火灾、瓦斯爆炸等。这就要求从事井下采矿工作的人员必须具备扎实的专业知识和丰富的实践经验，能够准确识别和应对各种安全风险。在专业技能方面，井下采矿人员需要掌握地质、测量、采矿、机电等多方面的知识。地质人员要能够准确分析矿体的地质特征，为采矿工程提供可靠的地质资料；测量人员要具备精确的测量技能，确保采矿工程的准确施工；采矿人员要熟悉各种采矿方法和工艺流程，能够根据实际情况制定合理的开采方案；机电人员要精通各类采矿设备的操作和维护，保证设备的正常运行^[2]。除了专业技能外，井下采矿人员还需要具备良好的心理素质和应急处理能力。在面对突发安全事件时，能够保持冷静，迅速采取有效的应对措施，最大程度地减少事故损失。随着井下采矿技术向智能化、绿色化方向发展，对人员技能的要求也在不断提高。操作智能化采矿设备需要掌握先进的计算机技术和自动化控制知识；实施绿色开采技术需要了解环保法规和生态修复技术。因此井下采矿人员需要不断学习和更新知识，提高自身的综合素质，以适应行业发展的需求。

2.3 作业环境的特殊性与挑战性

井下采矿作业环境具有诸多特殊性，给采矿作业带来了巨大的挑战。首先是空间狭小，井下巷道和采场空间有限，人员和设备在作业过程中受到很大的限制。这不仅影响了作业效率，还增加了安全风险。井下作业

环境通风条件差,空气质量不佳。由于地下空间相对封闭,通风难度较大,矿井内的粉尘、有害气体(如一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等)浓度容易超标。长期暴露在这样的环境中,会对作业人员的身体健康造成严重危害,如引发尘肺病、中毒等疾病。粉尘和有害气体还可能引发爆炸等安全事故。井下温度和湿度变化较大,在一些深部矿井,地热作用明显,井下温度较高,作业人员需要在高温环境下长时间工作,容易出现中暑等健康问题。而湿度大则会导致设备受潮、生锈,影响设备的正常运行和使用寿命。井下作业还面临着地下水、瓦斯等自然灾害的威胁,地下水的涌入可能导致淹井事故,瓦斯积聚则可能引发爆炸事故。这些特殊的环境因素相互交织,使得井下采矿作业面临着极高的安全风险,对采矿技术和安全管理提出了极为严格的要求。

3 当前井下采矿技术存在的问题与不足

3.1 技术应用中的安全隐患

尽管井下采矿技术在不断发展,但在实际应用中仍然存在诸多安全隐患。部分采矿企业的安全管理制度不够完善,安全责任落实不到位,导致一些安全措施无法得到有效执行。一些老旧矿井的采矿设备和设施老化严重,技术性能落后,无法满足现代安全生产的要求。这些设备在运行过程中容易出现故障,引发安全事故。例如,老旧的提升设备可能存在制动系统失灵、钢丝绳磨损严重等问题,一旦发生故障,可能导致人员伤亡和财产损失。井下作业人员的安全意识淡薄也是一个突出问题。部分作业人员缺乏必要的安全培训,对安全操作规程不熟悉,存在违规作业行为。随着开采深度的增加,地压增大、地温升高、瓦斯涌出量增加等问题日益突出,给井下采矿安全带来了更大的挑战。而目前针对这些深部开采安全技术手段还不够完善,难以有效保障作业安全。

3.2 设备性能与智能化水平的局限

目前,我国井下采矿设备的性能与智能化水平还存在一定的局限。部分采矿设备的可靠性较差,故障率较高,影响了采矿作业的连续性和效率。例如,一些凿岩设备在使用过程中容易出现钻头损坏、钻杆断裂等问题,导致凿岩进度缓慢。在智能化方面,虽然我国在一些大型矿山已经开始推广应用智能化采矿设备和技术,但整体水平与国际先进水平相比仍有较大差距^[1]。智能化采矿设备的研发和应用还处于起步阶段,部分关键技术尚未取得突破。采矿设备的自动化程度较低,大部分作业环节仍然需要人工操作,这不仅增加了劳动强度,还容易因人为因素导致安全事故。而且,不同设备之间的

信息交互和协同作业能力不足,难以实现整个采矿系统的智能化集成和优化控制。

3.3 采矿过程中的环境污染与资源浪费问题

井下采矿过程会对环境造成一定程度的污染。在矿石开采过程中,会产生大量的粉尘和废气,这些污染物排放到大气中,会对周边空气质量造成影响。同时,采矿过程中产生的废水,如果未经有效处理直接排放,会对地表水和地下水造成污染,破坏生态环境。在资源浪费方面,一些采矿企业由于技术水平和和管理水平的限制,导致资源回收率较低。例如,在开采薄矿体或复杂矿体时,由于采矿方法选择不当或开采工艺不合理,会造成大量矿石的丢失和贫化。另外,对尾矿、废石等资源的综合利用率不高,大量尾矿堆积在尾矿库中,不仅占用了大量土地资源,还存在一定的安全隐患。

4 井下采矿技术的发展趋势

4.1 智能化采矿技术的发展

智能化采矿技术是未来井下采矿技术发展的重要方向。随着人工智能、大数据、物联网、机器人等技术的不断发展,井下采矿将逐步实现智能化。在智能化采矿系统中,各类传感器将实时采集井下的环境参数、设备运行状态等信息,并通过网络传输到地面控制中心。控制中心利用大数据分析和人工智能算法对采集到的数据进行分析处理,实现对采矿设备的远程监控和智能调度。例如,无人驾驶运输车辆可以根据预设的路线自动行驶,完成矿石和物料的运输任务,提高运输效率和安全性。智能凿岩设备可以根据地质条件自动调整凿岩参数,提高凿岩精度和效率。同时,智能化采矿技术还可以实现对井下作业人员的实时定位和安全监控,一旦发生安全事故,能够及时发出警报并采取救援措施。智能化采矿技术的发展将大大减少井下作业人员的数量,降低劳动强度,提高采矿作业的安全性和效率。通过对采矿过程的精准控制,还可以提高资源回收率,减少资源浪费。

4.2 绿色开采技术的推广与实践

绿色开采技术是解决井下采矿环境污染和资源浪费问题的关键。在绿色开采过程中,将更加注重对生态环境的保护和资源的综合利用。例如,采用充填采矿技术,用充填材料充填采空区,可以有效控制地压,减少地表塌陷,同时还可以利用尾矿、废石等作为充填材料,实现资源的二次利用。推广使用清洁能源,如太阳能、风能等,为井下采矿设备提供动力,减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放^[4]。加强对采矿废水的处理和循环利用,采用先进的废水处理技术,使废水达到排放

标准或回用标准,实现水资源的节约和保护。在矿山生态修复方面,将采用更加科学合理的方法,对采矿破坏的土地进行复垦和绿化,恢复生态系统的功能。通过绿色开采技术的推广与实践,实现井下采矿与生态环境的协调发展。

4.3 高效采矿技术与设备的研发

为了提高井下采矿的生产效率和经济效益,需要不断研发高效采矿技术与设备。在采矿方法方面,将进一步优化现有采矿方法,提高采矿强度和资源回收率。例如,研究适用于深部开采的高效采矿方法,解决深部开采面临的地压、地温等问题。在采矿设备方面,加大对大型化、自动化、智能化采矿设备的研发力度。研发具有更高凿岩效率、更大装载能力的凿岩机和装载机,提高矿石开采和装载的速度。提高设备的可靠性和稳定性,降低设备故障率,减少设备维修时间。另外,还将加强对采矿工艺的研究和创新,采用先进的爆破技术和工艺,提高爆破效果,减少大块率和根底,为后续的矿石装载和运输创造良好条件。通过高效采矿技术与设备的研发和应用,推动井下采矿行业向高效、集约化方向发展。

5 井下采矿技术的发展策略与建议

5.1 加强技术创新与人才培养

技术创新是推动井下采矿技术发展的核心动力。采矿企业应加大在技术研发方面的投入,与科研院所、高校等建立紧密的合作关系,共同开展井下采矿技术的研究与创新。鼓励科研人员开展前沿技术的研究,如智能化采矿技术、绿色开采技术、深部开采技术等,争取在关键技术领域取得突破。同时,要高度重视人才培养,加强采矿专业学科建设,完善人才培养体系,培养一批既懂采矿技术又掌握先进信息技术、自动化技术的复合型人才。采矿企业要建立完善的人才激励机制,吸引和留住优秀人才。加强对在职人员的技术培训和继续教育,定期组织员工参加各类培训课程和学习交流活动,不断提高员工的技术水平和业务能力。

5.2 完善采矿法规与标准

完善的采矿法规与标准是保障井下采矿行业健康发展的重要基础。政府应加强对采矿行业的监管,制定和完善相关的法律法规,明确采矿企业的安全责任、环

保责任和资源利用责任。加强对采矿许可证的管理,严格审批程序,确保采矿企业具备相应的技术条件和管理能力。同时要制定科学合理的采矿技术标准和规范,对采矿方法的选择、设备的选型与使用、安全生产要求、环境保护措施等方面做出明确规定。加强对采矿企业执行法规和标准情况的监督检查,对违规行为进行严厉处罚,促使采矿企业依法依规进行生产。

5.3 提升采矿企业的竞争力

采矿企业要不断提升自身的竞争力,以适应市场变化和行业发展的需求。在企业管理方面,要引入先进的管理理念和方法,优化企业组织架构,提高企业管理效率。加强成本控制,降低采矿生产成本,提高企业的经济效益^[5]。在市场拓展方面,要关注市场需求变化,积极调整产品结构,提高产品质量和服务水平。加强与上下游企业的合作,建立稳定的供应链和销售渠道,提高企业的市场抗风险能力。另外,采矿企业还应注重品牌建设,树立良好的企业形象。通过技术创新、安全生产、环境保护等方面的努力,提升企业的社会声誉和品牌价值,在激烈的市场竞争中占据有利地位。

结束语

井下采矿技术作为矿产资源开发的关键,其发展对保障资源供应和推动经济进步意义重大。面对当前存在的诸多问题,需积极顺应智能化、绿色化、高效化的发展趋势,通过加强技术创新、完善法规标准、提升企业竞争力等多方面的努力,实现井下采矿技术的持续进步,在保障安全生产的同时,更好地平衡经济效益与环境保护,推动采矿行业稳健前行。

参考文献

- [1]刘丰韬.井下采矿技术和井下采矿的发展形势[J].建筑工程技术与设计,2020(33):3349.
- [2]李怡达.井下采矿技术及井下采矿的发展形势[J].消费导刊,2020(6):95.
- [3]马彦.浅谈井下采矿技术及井下采矿的发展形势[J].中国设备工程,2020(23):207-208.
- [4]梁远杨.井下采矿技术和井下采矿的发展形势[J].内蒙古煤炭经济,2023,(20):160-162.
- [5]梁旭.井下采矿技术及井下采矿的发展趋势探究[J].能源与节能,2021,(12):149-150.