

煤矿掘进工作面顶板管理策略与风险控制

邱启学

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司综掘服务分公司 宁夏 银川 750011

摘要：煤矿掘进工作面顶板管理是煤矿安全生产的核心要点，其成效直接关乎矿工生命安全与煤矿生产效益。本文详细阐述涵盖技术、管理的顶板管理策略，并给出风险识别、评估与控制的具体方法，为煤矿掘进工作面顶板安全管理提供全面且具操作性的指导，以降低事故发生率，保障煤矿稳定生产。

关键词：煤矿掘进工作面；顶板管理；风险控制

1 引言

煤矿作为我国能源供应的基石，在经济发展中扮演着不可替代的角色。然而，煤矿生产环境复杂多变，安全隐患众多，其中顶板事故频发且危害巨大。掘进工作面作为煤矿开采的前沿阵地，是形成采煤工作面的基础环节，其顶板管理状况不仅影响掘进进度，更直接关系到矿工的生命安全。一旦顶板管理不善，发生冒顶、片帮等事故，将给煤矿带来严重的人员伤亡和财产损失。因此，深入研究煤矿掘进工作面顶板管理策略与风险控制，对于提升煤矿安全生产水平、保障能源稳定供应具有至关重要的现实意义。

2 煤矿掘进工作面顶板管理策略

2.1 技术措施：构建顶板管理的“科技盾牌”

2.1.1 优化支护设计：量身定制的“防护铠甲”

合理选择支护方式：根据掘进工作面的地质条件、岩性特征和顶板压力情况，选择合适的支护方式是确保顶板稳定的关键。对于稳定性较好的顶板，可以采用锚杆支护或锚喷支护。锚杆支护通过锚杆将顶板岩石与周围岩体连接成一个整体，提高顶板的自承能力，具有支护效果好、成本低、施工方便等优点。锚喷支护则在锚杆支护的基础上，再喷射一层混凝土，进一步增强支护效果，适用于顶板较为完整但有一定节理裂隙的情况。对于破碎顶板或受地质构造影响较大的地段，应采用架棚支护或锚杆、锚索、金属网联合支护等方式。架棚支护能够提供较强的支护力，适用于顶板破碎严重、压力较大的情况；锚杆、锚索、金属网联合支护则充分发挥了各种支护方式的优点，能够有效地控制顶板的变形和冒落。

确定合理的支护参数：支护参数的确定是支护设计的核心内容，需要通过理论计算、数值模拟和现场实践相结合的方法进行。在理论计算方面，可以根据岩石力学原理，结合掘进工作面的实际情况，计算出顶板所需

的支护强度和支护密度。数值模拟则可以利用计算机软件，对不同支护参数下的顶板应力分布和变形情况进行模拟分析，为支护参数的优化提供依据^[1]。同时，还要结合现场实践，根据实际支护效果对支护参数进行调整和完善。例如，锚杆的长度应根据顶板的厚度和岩性确定，直径要满足支护强度的要求，间距和排距要根据顶板的压力和变形情况进行合理布置；锚索的长度和预紧力要根据顶板的稳定性进行选择，以确保能够有效地拉住顶板，防止其下沉和冒落。

2.1.2 改进掘进工艺：高效安全的“作战方案”

采用先进的掘进设备：引进和应用先进的掘进设备，如全断面掘进机、悬臂式掘进机等，是提高掘进效率和保障顶板安全的重要举措。全断面掘进机具有截割能力强、掘进速度快、对围岩破坏小等优点，能够一次性完成巷道的掘进和支护，减少了顶板的暴露时间和扰动次数，有利于保持顶板的稳定性。悬臂式掘进机则具有灵活性高、适应性强等特点，适用于各种地质条件的掘进工作面。这些先进的掘进设备不仅提高了掘进效率，还降低了工人的劳动强度，减少了人为因素对顶板的影响。

优化掘进顺序和方法：根据掘进工作面的地质条件和顶板情况，合理安排掘进顺序。采用先探后掘、短掘短支的掘进方法，能够有效减少顶板的暴露面积和暴露时间。在掘进前，先进行超前探测，了解前方的地质情况，如是否存在断层、褶皱、含水层等，以便提前采取相应的措施。在掘进过程中，每次掘进的长度不宜过长，及时进行临时支护，确保顶板的安全。例如，在掘进一个循环后，立即进行锚杆支护或架棚支护，然后再进行下一个循环的掘进。同时，在掘进过程中要注意控制掘进速度，避免因掘进速度过快而导致支护跟不上。

合理选择爆破参数：在采用爆破掘进时，应根据岩石的性质和顶板情况，合理选择装药量、炮眼布置和起

爆顺序等爆破参数。采用光面爆破技术,能够减少对顶板岩石的破坏,保持顶板的完整性。光面爆破通过合理布置炮眼和控制装药量,使爆破后的巷道轮廓平整,减少超挖和欠挖现象,降低了对顶板的扰动。在炮眼布置方面,要根据岩石的节理裂隙情况和掘进方向进行合理设计,确保爆破效果均匀。装药量要根据岩石的硬度和炮眼的深度进行调整,避免装药量过大或过小。起爆顺序要合理安排,先爆炮眼应为后续炮眼创造更多的自由面,提高爆破效率。

2.1.3 加强顶板监测:实时预警的“情报系统”

建立完善的顶板监测系统:采用先进的监测设备和技术,建立掘进工作面顶板位移、压力、离层等监测系统,能够实时掌握顶板的动态变化情况。顶板离层仪可以监测顶板不同层位之间的相对位移,及时发现顶板的离层现象;锚杆(索)测力计可以测量锚杆(索)的受力情况,判断支护结构是否安全可靠;钻孔应力计可以监测顶板岩石的应力变化,为顶板稳定性分析提供数据支持^[2]。同时,还可以利用视频监控系统对掘进工作面的顶板情况进行实时监控,及时发现异常情况。

定期分析监测数据:安排专人对监测数据进行收集、整理和分析,建立监测数据台账。通过对监测数据的分析,可以掌握顶板的变化趋势,如顶板的位移速度、压力变化规律等。当监测数据出现异常时,如顶板位移速度突然加快、锚杆(索)受力急剧增大等,应及时发出预警信号,并采取相应的措施进行处理。例如,增加支护强度、加强顶板监测频率等,确保顶板的安全。同时,要定期对监测系统进行维护和校准,保证监测数据的准确性和可靠性。

2.2 管理措施:筑牢顶板管理的“制度堡垒”

2.2.1 完善安全管理制度:健全体系的“法治保障”

建立健全顶板管理责任制:明确各级管理人员和员工在顶板管理中的职责和权限,将顶板管理工作落实到具体人员,实行责任追究制度。从矿长到区队长、班组长,再到普通员工,都要明确自己在顶板管理中的具体任务和责任。例如,矿长对全矿的顶板管理工作负总责,区队长负责本区队的顶板管理工作,班组长负责本班组的顶板安全检查和支护施工,员工要严格按照操作规程进行作业,确保支护质量。对因工作不力导致顶板事故发生的,要追究相关人员的责任。

制定详细的顶板管理操作规程:根据掘进工作面的实际情况,制定科学合理的顶板管理操作规程,对支护施工、顶板检查、隐患处理等环节进行明确规定。操作规程要具有可操作性和针对性,让员工清楚知道在每个

环节应该做什么、怎么做。例如,在支护施工方面,要规定锚杆的安装角度、锚固剂的使用量、锚索的张拉力等具体参数;在顶板检查方面,要明确检查的内容、方法和频率;在隐患处理方面,要规定隐患的报告程序和处理措施。同时,要定期对操作规程进行修订和完善,以适应不断变化的生产条件。

加强支护材料管理:建立严格的支护材料采购、验收、储存和使用管理制度,确保支护材料的质量符合要求。在采购环节,要选择信誉好、质量可靠的供应商,对支护材料的规格、型号、质量证明文件等进行严格审查。在验收环节,要按照相关标准和规范对支护材料进行抽样检验,对不合格的产品坚决拒收。在储存环节,要为支护材料提供合适的储存环境,避免材料受潮、损坏。在使用环节,要对支护材料的使用情况进行跟踪检查,确保材料被正确使用。对不合格的支护材料严禁使用,从源头上保证支护质量。

2.2.2 强化现场管理:严格落实的“执行保障”

为保障掘进作业安全,需从顶板检查、施工管理、应急处置三方面强化管控。

建立严格顶板检查制度,安排具备专业知识与丰富经验的人员,定期对掘进工作面顶板进行全面检查。重点关注顶板裂隙、离层、掉渣等异常,以及支护结构、锚杆(索)稳固情况^[3]。发现问题及时记录处理,一般性隐患立即整改,严重问题上报并制定专项方案,同时建立检查台账,通过数据分析优化管理。

严格把控掘进施工全过程。管理人员需强化现场监督,确保工人严格按操作规程作业,对违规行为严肃处理。在支护施工中,重点检查锚杆安装质量、锚固剂搅拌时间及锚索张拉力;爆破施工时,严格核查装药量、炮眼布置与起爆顺序。合理控制施工进度,杜绝因赶工忽视顶板安全的现象。

完善应急管理体系,制定科学可行的顶板事故应急预案,明确应急救援组织架构、职责分工与响应流程。定期开展实战化应急演练,模拟事故场景,提升员工应急处置和自救互救能力。提前储备千斤顶、木垛、急救药品等应急救援设备物资,确保事故发生时能迅速开展救援,最大限度降低损失,筑牢掘进作业安全防线。

3 煤矿掘进工作面顶板风险控制方法

3.1 风险识别:洞察隐患的“火眼金睛”

组织专业的技术人员对掘进工作面进行详细的现场勘查,了解地质条件、岩性特征、水文地质情况等,识别可能存在的顶板风险因素。收集和分析煤矿以往掘进工作面顶板事故的资料,总结事故发生的原因、规律和

特点,为当前掘进工作面的顶板风险识别提供参考。邀请顶板管理方面的专家对掘进工作面的顶板风险进行评估,结合专家的经验 and 专业知识,识别潜在的风险点。

3.2 风险评估:量化风险的“精准标尺”

确定风险评估指标体系:根据顶板风险的特点,建立科学合理的风险评估指标体系,包括地质因素、技术因素、管理因素等方面的指标。地质因素指标可以包括岩性、地质构造、水文地质条件等;技术因素指标可以包括支护设计合理性、掘进工艺先进性、监测技术完善性等;管理因素指标可以包括安全管理制度健全性、现场管理有效性、人员培训到位性等。每个指标都要有明确的定义和量化标准,以便进行准确的评估。

选择合适的评估方法:常用的风险评估方法有层次分析法、模糊综合评价法、神经网络法等。层次分析法可以将复杂的顶板风险问题分解为多个层次和因素,通过两两比较确定各因素的权重,然后进行综合评估。模糊综合评价法可以处理风险评估中的模糊性和不确定性问题,将定性指标转化为定量指标进行评价。神经网络法可以通过大量的样本数据进行训练,建立风险评估模型,对顶板风险进行预测和评估。根据实际情况选择合适的评估方法,对识别出的顶板风险进行定量或定性评估,确定风险的大小和等级。

3.3 风险控制措施制定与实施

3.3.1 针对不同等级风险制定控制措施

根据风险评估结果,将顶板风险分为不同等级,如高风险、中风险、低风险等。针对不同等级的风险制定相应的控制措施。对于高风险区域,要采取加强支护、加密监测、限制人员进入等严格的控制措施。例如,增加锚杆(索)的数量和密度,提高支护强度;增加顶板离层仪、锚杆(索)测力计等监测设备的布置密度,实时掌握顶板的变化情况;在高风险区域设置警示标志,禁止无关人员进入^[4]。对于中低风险区域,要采取定期检查、及时维护等一般性的控制措施。例如,定期对支护结构进行检查和维护,确保其完好有效;加强对顶板的日常监测,及时发现和处理潜在的安全隐患。

3.3.2 落实风险控制责任

将风险控制措施落实到具体的部门和人员,明确责任和任务。建立风险控制责任清单,将每个风险点的控制措施、责任部门、责任人等信息进行详细记录。责任人要定期对风险点进行检查和评估,确保控制措施得到有效实施。同时,要建立风险控制考核机制,对责任人的工作进行考核评价,对工作不力的责任人进行问责。

3.3.3 动态监控与调整

在掘进过程中,要持续对顶板风险进行动态监控,根据顶板的变化情况和风险评估结果,及时调整风险控制措施。例如,当监测数据显示顶板的位移速度加快、压力增大时,要及时分析原因,采取相应的措施,如增加支护强度、调整掘进工艺等。同时,要定期对风险评估指标体系和评估方法进行优化和完善,以适应不断变化的生产条件和风险特征。

结语

煤矿掘进工作面顶板管理是复杂系统工程,涉及多领域,需企业多角度综合施策。通过分析事故原因,采取优化支护设计等技术措施,完善安全制度等管理措施,并做好风险管控,可提升顶板稳定性,降低事故率。工作中,企业要重视顶板管理,将其作为安全生产重点。加强技术与管理创新,引入先进设备与技术,提高科技与自动化水平。同时,加强企业间交流合作,共享经验成果。未来,顶板管理面临新挑战与机遇。智能化、信息化技术将更广泛应用,企业也需加强研究探索,构建科学管理体系,以保障顶板安全,促进行业可持续发展。

参考文献

- [1]王杰.煤矿井下掘进工作面顶板的管理[J].矿业装备,2022,(06):142-143.
- [2]于明.煤矿采掘工作面顶板管理问题的处理方法研究[J].能源与节能,2025,(03):307-310.
- [3]韩瑞峰.煤矿综采工作面顶板支护的安全管理探究[J].矿业装备,2025,(01):86-88.
- [4]张吉业,宁兆坡,刘广峰.煤矿采掘工作面顶板管理问题的处理方法研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(21):28-30.