

Safety risk assessment and management strategy for coal mining engineering construction

Zhanxiao Ma

Shanxi Mountain Jinhui Kaichuan Coal Industry Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033102, China

Abstract

Coal is the most important basic energy source in the world energy system, especially for China's industrial production, power security and economic smooth operation plays an indispensable supporting role. As energy demand continues to grow, coal mining is becoming larger, deeper and more complex. However, the safety risks in the construction of coal mining projects are relatively large, such as complex geological conditions, gas explosions, and dynamic changes in roof pressure, resulting in frequent construction safety hazards. In recent years, China's coal mine safety production technology and management level has been continuously improved, but major safety accidents such as coal mine gas explosion, water permeability, and roof collapse still occur from time to time, seriously threatening the life safety of miners and huge economic losses. Therefore, strengthening the research on safety risk assessment and management countermeasures of coal mine engineering construction has become the core problem that the coal industry urgently needs to solve.

Keywords

coal mining; Construction; security risks; Assess; Management strategy

煤矿开采工程施工的安全风险评估与管理策略

马占晓

山西方山金晖凯川煤业有限公司, 中国 · 山西 吕梁 033102

摘要

煤炭是世界能源体系中最重要基础能源,特别是对我国工业生产、电力保障和经济平稳运行起着不可或缺的支持作用。随着能源需求的不断增长,煤矿开采规模越来越大,开采深度和复杂性也越来越大。然而煤矿开采工程施工中安全风险较大,地质条件复杂、瓦斯爆炸、顶板压力动态变化等,导致施工安全隐患频发。近年来,我国煤矿安全生产技术和管理水平不断提高,但煤矿瓦斯爆炸、透水、顶板塌陷等重大安全事故仍然时有发生,严重威胁着矿工的生命安全和巨大的经济损失。因此,加强对煤矿工程建设安全风险评价和管理对策的研究,已经成为当前煤炭工业迫切需要解决的核心问题。

关键词

煤矿开采; 施工; 安全风险; 评估; 管理策略

1 引言

煤矿开采工程建设安全风险评价和管理对策研究,是实现煤炭工业高质量发展的重要途径。科学的安全风险评估可以对施工过程中各个环节的潜在危险因素进行系统的识别和分析,并对风险水平进行量化,从而为风险的预防和控制提供准确的依据;而有效的管理对策是从系统优化、技术提升、人才培养等方面建立全方位的安全风险防控系统^[1]。这些措施的实施将为煤炭企业的安全生产管理提供理论指导和实践借鉴,对提高我国煤炭行业的本质安全水平具有重要意义。

2 煤矿开采工程施工的主要安全风险因素分析

2.1 地质条件风险

在煤矿工程建设中,地质条件是影响施工安全的一个重要因素。断层、褶皱等复杂地质结构破坏了煤层的连续性与完整性,增加了开采的难度与安全风险。例如,断裂构造改变了煤层的赋存状态,影响采煤工作面的正常推进,严重时甚至出现冒顶和片帮事故^[2]。另外,岩体的硬度、强度等因素对采矿技术也有较大的影响。顶板硬度大,易形成大范围悬顶,强度小,易发生变形破坏,需加强支护。同时,水文地质条件也是十分重要的,如地下水位较高,或含水层较强,则会造成矿井突水事故,增加排水费用。因此必须利用三维地震等先进探测技术,精确识别矿区的地质情况,建立地质数据库,为矿山开采过程中的地质灾害预警、开采方案调整等提供数据支撑。

【作者简介】马占晓(1986-),男,中国河北邢台人,本科,助理工程师,从事煤矿采掘研究。

2.2 设备与工艺风险

在煤矿采掘工程中，设备和工艺的可靠与否，直接关系到工程的安全。煤矿井下环境恶劣，设备易发生磨损、腐蚀等失效现象，是煤矿生产中常见的不安全因素之一。如挖掘机齿轮故障、破碎机驱动轴断裂等故障，不仅影响采掘效率，而且会引起安全事故。另外，在煤矿开采过程中，所采用的设备、工艺也要根据实际情况加以优化，不合理的回采工艺会导致工作面设计不合理，巷道施工质量达不到要求，从而增加安全风险。

2.3 人为管理风险

人为管理风险是煤矿安全生产中一个不容忽视的因素，煤矿安全管理措施落实情况如何，直接影响到建设工程的安全。部分煤矿企业在安全管理方面存在着认识上的误区，存在着安全管理制度不健全、表面化和形式化等问题。另外，建筑工人的安全意识、操作技术水平也是影响建筑施工安全的重要因素。在施工过程中，由于施工人员对设备使用不当，不按照规范操作规程进行操作，造成了大量的安全事故。为此，应建立完善的施工安全管理体系，加强施工人员的安全培训，提高他们的安全意识，提高他们的技术水平。同时要加强对安全监督管理，保证安全管理措施落实到位，减少人为因素造成的安全事故。

3 煤矿开采工程施工安全风险评价

3.1 安全风险评价的重要性

煤矿开采环境复杂，涉及瓦斯爆炸、顶板坍塌、渗水等多个危险因素，严重威胁着施工人员的生命安全与工程进度。安全风险评价是识别并量化风险的重要方法，可为安全管理提供科学、合理的决策依据。有效的风险评价方法，可提高工程的安全性、经济效益^[3]。同时对安全风险进行评价，还可以有效地提高企业的安全管理水平和应急能力。

3.2 风险评估方法与评估流程

3.2.1 风险评估方法

当前常见的风险评估方法有很多，具体如下：

定性评估方法是以专家经验为主的定性评价方法，通过对事故可能性及后果严重程度的分析，对危险程度进行分级。常用的方法有：安全检查表法，失效类型和影响分析法。这些方法操作简单，适合初步的风险辨识与分析，但是由于受到主观因素的影响，评价结果的准确性不高。定量评估方法，其作为一种采用数学建模与统计分析相结合的方法，可定量计算风险发生的概率及后果。常用的方法有事件树分析法、故障树分析法、蒙特卡洛仿真法等。这类方法虽然能提供更为准确的风险评价结果，但对数据要求较高，且计算复杂。智能评价技术，随着大数据、人工智能、物联网等技术的不断发展，在煤矿安全风险评价中逐步引入智能评价技术。比如，利用机器学习算法分析历史数据，对风险发生概率进行预测；利用物联网传感器对环境参数进行实时监

测，并对潜在风险进行自动识别。智能评价技术可以提高评价的精度和实时性，但对仪器设备及数据质量提出了更高的要求。

3.2.2 风险评估流程

风险辨识是安全风险评价的第一步，其目的是全面地发现施工过程中可能出现的各种隐患。在人员层面的分析中，需辨识人员操作的危险因素，包括操作错误和疲劳等；在机械方面的分析中，需识别机械故障、老化等问题；在环境角度的分析中，需对地质条件和瓦斯浓度等隐患进行分析。同时还需对风险进行系统的梳理，形成一份风险列表，为下一步的风险分析提供依据。在风险分析中，需对确定的风险做深入的研究，并对其发生的可能性及后果的严重性进行评价。此阶段可采用定性与定量的方法，对事故发生的可能性、影响范围及可能造成的损失进行分析。比如采用故障树分析法计算风险发生的概率，并结合历史数据对事故后果的严重程度进行评估，研究结果可作为风险评估的依据。在最后的风险评价阶段，一般采用风险矩阵方法，综合评价风险发生的可能性及后果的严重性，并对风险进行分级（低风险、中、高风险），针对不同风险等级，分别采取加强监测、预防和应急预案等管理对策，风险评估结果为安全管理提供了重要依据。为充分显示煤矿开采中的风险评估流程，可参考图1。



图1：煤矿开采中的风险评估流程图

安全风险评价是煤矿建设安全管理的重要内容，采用科学、合理的评价方法与规范的评价流程，可以对隐患进行有效识别与量化，进而制定有针对性的安全管理措施。

4 煤矿开采工程施工安全风险管控策略

4.1 风险分级管控

风险分级管控是煤矿安全管理中的一项重要内容，通过对风险的识别与评估，对风险进行分级分类，并据此采取有针对性的管控措施，有助于优化资源配置，保证重点监控重点区域、关键环节，降低事故发生率，提高安全管理水平。

在进行风险分级管控时，必须建立综合考虑地质、设备操作和人员操作等因素的综合风险评价体系。如采用风险矩阵方法定量评价各风险点，按风险发生的可能性及后果的严重程度将其划分为高、中、低三个档次。针对地质条件复杂等高风险区，需要安排专人对其进行实时监测，并配备3D-地震仪等先进地质探测设备，定期开展地质构造分析，

对潜在的灾害进行预警。在中风险地区,如机电硐室等,要加大日常巡视力度,制定完善的设备维修计划,保证设备在正常工作条件下正常工作。对于低风险地区,可以定期抽检。此外,还应建立风险动态调整机制,根据开采进度及实际情况,对风险等级及控制措施进行动态调整,保证风险在可控范围内。

4.2 技术防控措施

4.2.1 顶板控制

顶板支护是煤矿安全生产的重要环节,采用合理的支护设计与监控技术,可以有效地预防顶板垮落、冒顶事故,保证工作面安全生产。

对于顶板的防治,要根据顶板岩性、厚度及稳定性等因素,选用适当的支护方法。如对稳定性较好的顶板,可采用单体液压支柱和金属铰链式顶板支撑,其初撑力应大于 50 kN,以保证顶板的有效支承。为了对顶板离层及沉陷进行实时监测,对开采工作面顶板进行动态监测,如当顶板下沉超过 100 毫米、离层量大于 50 毫米时,应及时采取加大支护密度、采用锚杆支护等措施。同时,还应优化开采工艺,采用长壁综放开采,缩短回采工作面暴露时间,降低顶板垮落风险。另外,要定期检查、维修支护设备,保证其工作可靠性,对损坏的支架要及时更换,以保证顶板控制系统的正常工作。

4.2.2 瓦斯治理

煤矿瓦斯治理是煤矿安全生产的重要内容之一,对其进行有效的瓦斯监控、抽采与通风管理,可有效降低瓦斯积聚与爆炸的危险,保证煤矿生产的安全运行。

在瓦斯治理上,需要建立一个覆盖采掘工作面、回风巷等重点部位的瓦斯监测系统,如安装高精度气体传感器,可实现 0.01% CH₄ 的实时监测。在瓦斯浓度超过 1% 的情况下可自动报警,并与通风装置联动,增加通风量,快速稀释瓦斯。同时,还应实施瓦斯抽采工程,利用地表钻孔、井下钻孔,提前抽采煤层瓦斯,为保证抽采效果,钻孔间距控制在 30 米以内。在通风管理方面,通过对通风系统的设计进行优化,保证通风量能够满足安全生产的需要。此外,还应定期维护、检查通风设备,以保证其正常运转。

4.3 管理与应急策略

4.3.1 人员培训

在煤矿安全管理中,员工培训是最根本的工作,通过系统的培训,提高员工的安全意识,提高操作技能,减少人为错误,减少事故风险。

在员工培训上,要有一套完整的培训方案,包括新进员工的入职培训、岗位技能培训、安全教育等。例如,在新进员工入职时,要组织为期一周的安全培训,内容有煤矿安

全法规,矿井通风与瓦斯防治,顶板支护等,培训期满,考核合格才能上岗。在岗位技能培训方面,要结合工种特点,制定有针对性的培训方案,如采煤机驾驶员培训侧重于设备操作规程及故障排除,掘进人员培训侧重于巷道支护技术及掘进工艺等。在安全教育方面,需组织全体员工进行安全知识讲座、事故案例剖析,以实际案例警示员工,增强安全意识,且培训频率应每个月不少于一次。同时,还应建立员工培训档案,将培训情况及考核结果记录在案,为员工晋升、绩效考评提供重要参考,以激励员工积极参加培训,提高安全素质。

4.3.2 应急预案

应急预案是应对煤矿生产突发事件的重要保障措施,通过事先制定应急处置流程及资源调配方案,可保证事故发生后能快速有效地开展救援工作,将事故损失降到最低。

在应急预案中,要根据矿井实际情况,制订相应的应急预案,包括瓦斯爆炸、透水及冒顶等常见事故。如对煤气爆炸事故,应急预案应明确人员疏散路线,保证所有人员在最短时间内疏散至安全地带。同时还应组建应急抢险队伍,配备防爆式排气扇、气体检测仪及抢险工具等专业救援装备,定期组织至少每季一次的应急演练,模拟实际事故情景,检验应急预案的可行性及救援队伍的应变能力。在演习结束后,对演习过程进行评估、总结,并及时修改、完善应急预案。此外,还要加强与外部救援组织的合作,建立应急联动机制,保证突发事件发生后可以快速得到外界支援,提高救援效率。

5 结语

综上所述,煤矿工程建设安全风险评价和优化管理,对于保障煤炭工业的安全发展意义重大,不仅可以有效地减少煤矿事故的发生,保护矿工的生命健康和公司财产的安全,而且对于促进煤炭工业的绿色、高效和可持续发展具有重要的意义。随着煤矿信息化和智能化技术的飞速发展,煤矿安全风险管理的正朝着智能化预警和动态防控的方向发展。在此基础上,结合人工智能、大数据等技术,构建更加精确的风险预测模型和智能决策体系,实现安全风险的实时监控和主动防控,是煤炭行业安全管理模式转型和升级的重要方向。

参考文献

- [1] 付星.煤矿采矿安全管理与事故防范分析[J].内蒙古煤炭经济,2023,(06):107-109.
- [2] 冯炳文.浅谈煤矿工程采矿技术与施工安全管理[J].当代化工研究,2021,(02):12-13.
- [3] 杨帆.煤矿工程采矿技术与施工安全管理研究[J].当代化工研究,2020,(06):62-63.