

综合煤矿灾害治理与支护体系构建新路径

郑小军

陕西麟北煤业开发有限责任公司 721500

摘要: 综合煤矿灾害治理与支护体系构建是保障煤矿安全生产的关键。探讨了新路径, 涵盖灾害精准监测预警、生态化灾害防治以及智能化支护决策等内容。通过运用先进技术与创新理念, 优化灾害治理与支护体系, 提高煤矿应对灾害能力, 降低事故风险, 提升生产效率与安全性, 为煤矿行业可持续发展提供有力支撑。

关键词: 综合煤矿灾害治理; 支护体系构建; 新路径; 安全生产

引言: 煤矿生产中, 灾害频发与支护难题严重威胁人员安全与生产效益。传统治理与支护方式存在局限性, 难以适应复杂多变的煤矿环境。在此背景下, 寻求综合煤矿灾害治理与支护体系构建新路径势在必行。通过创新技术与方法, 构建高效可靠体系, 对推动煤矿行业安全、绿色、高效发展意义重大。

1. 新路径基础理念

1.1 灾害综合防控理念

灾害综合防控理念打破传统煤矿灾害单一治理的局限, 以“预防为主、防治结合、全程管控”为核心, 构建覆盖煤矿全生命周期的灾害防控体系。其核心要义在于摒弃碎片化治理模式, 将各类灾害作为有机整体统筹考量, 明确不同灾害间的关联性与传导机制, 实现对水、火、瓦斯、顶板、冲击地压等灾害的协同防控。该理念强调事前精准预判、事中高效处置、事后复盘优化的闭环管理, 通过整合防控资源、优化防控流程, 形成多维度、全方位的灾害防控网络。同时, 注重防控与生产的协同推进, 在保障防控效果的前提下, 最大限度降低对生产效率的影响, 实现灾害防控与安全生产的动态平衡, 筑牢煤矿安全生产防线。

1.2 支护体系协同理念

支护体系协同理念核心是构建“支护-灾害防控-围岩稳定”三位一体的协同机制, 打破支护体系与灾害治理相互割裂的局面, 实现二者的深度融合与联动发力。该理念强调支护体系不仅要满足围岩稳定需求, 更要与灾害防控措施形成互补, 通过支护结构优化提升灾害抵御能力, 同时借助灾害防控手段为支护体系稳定创造条件。在实际应用中, 需结合不同灾害类型优化支护设计, 针对瓦斯突出区域强化支护密封性, 针对水害区域提升支护抗渗性, 针对冲击地压区域增强支护抗冲击性。同时, 注重支护体系内部各构件、各工序的协同配合, 确保锚杆、锚索、喷射混凝土、

支架等结构形成合力, 实现支护效果、灾害防控与工程经济性的有机统一。

2. 先进监测技术

2.1 多参数融合监测技术

多参数融合监测技术是煤矿灾害精准防控与支护优化的核心支撑, 通过整合不同监测维度的参数, 实现对煤矿井下复杂工况的全面感知与精准研判。该技术突破单一参数监测的局限性, 同步采集围岩应力、变形、瓦斯浓度、水温水位、岩体温度等多类关键参数, 借助数据融合算法对多源数据进行筛选、整合与分析, 剔除干扰数据、提取有效信息, 提升监测数据的准确性与可靠性。通过多参数联动分析, 可精准识别灾害孕育、发展的前兆特征, 明确支护体系受力状态与围岩稳定趋势, 为灾害预警、支护调整提供全面的数据支撑。相较于传统监测技术, 其能有效捕捉参数间的关联规律, 避免因单一参数异常导致的误判, 为煤矿安全决策提供科学依据。

2.2 实时动态监测系统

实时动态监测系统依托信息化、网络化技术, 构建覆盖井下关键区域的全天候、不间断监测网络, 实现对灾害隐患与支护状态的实时追踪与动态管控。该系统通过在井下布设各类传感器、数据采集终端, 将监测数据实时传输至地面控制中心, 打破时空限制, 使管理人员可远程掌握井下工况。系统具备数据实时显示、异常实时报警功能, 当监测参数超出预警阈值时, 能第一时间发出声光报警, 并精准定位异常区域, 为应急处置争取时间。同时, 系统可实现监测数据的全程追溯与动态存储, 形成完整的监测数据档案, 为后续灾害分析、支护方案优化提供数据支撑, 推动煤矿监测从“定期巡检”向“实时管控”转型, 提升安全管理的智能化水平。

2.3 灾害预警智能算法

灾害预警智能算法是提升煤矿灾害预警精准度与时效性的关键,通过引入人工智能、机器学习等技术,对多源监测数据进行深度挖掘与分析,构建灾害预警模型,实现对灾害的提前预判与分级预警。该算法能自动学习灾害孕育、发展的规律特征,结合历史灾害数据、地质条件参数,对实时监测数据进行推演分析,精准识别灾害发生的前兆信号,预测灾害发生的概率、范围与强度。相较于传统预警方法,其具备自适应性与迭代优化能力,可根据井下工况变化不断调整模型参数,提升预警精度,有效规避误预警、漏预警问题。同时,算法可实现预警信息的精准推送,针对不同灾害类型、不同风险等级制定差异化预警方案,为应急处置与支护调整提供精准指导,筑牢灾害防控第一道防线。

3. 生态化治理策略

3.1 灾害源头治理措施

灾害源头治理措施以“源头管控、精准施策”为核心,从灾害孕育的根源入手,结合煤矿地质条件与开采规划,采取针对性措施降低灾害发生风险,实现灾害治理的前置化与高效化。在水害源头治理中,通过地质勘探精准掌握地下水分布规律,采用疏水降压、帷幕注浆等措施阻断地下水补给通道,从源头减少水害隐患。在瓦斯灾害源头治理中,优化开采布局,采用分层开采、卸压抽采等技术,降低瓦斯富集程度,消除瓦斯突出风险。在顶板灾害源头治理中,提前勘察围岩性质与地质构造,优化巷道开挖方案,避开应力集中区域,从源头减少围岩扰动。通过源头治理,可大幅降低灾害发生概率,减少后续治理成本,实现灾害防控与生态保护的协同推进。

3.2 生态修复治理方法

生态修复治理方法聚焦煤矿灾害治理与开采过程中对生态环境的破坏,采取系统性修复措施,恢复生态系统功能,实现“治理灾害、修复生态”的双重目标。针对地表塌陷区域,采用充填复垦、植被复垦等方法,恢复地表植被覆盖,改善土壤结构,提升区域水土保持能力。针对地下水污染问题,采用生物修复、物理化学处理等技术,净化受污染地下水,恢复地下水生态功能。针对边坡稳定问题,通过种植固土植物、修建生态护坡等措施,增强边坡稳定性,同时提升生态景观效果。生态修复治理并非简单的环境修补,而是构建与区域生态相适配的稳定生态系统,实现煤矿

开采与生态环境的协调发展,推动绿色矿山建设。

3.3 绿色环保材料应用

绿色环保材料的推广应用是煤矿生态化治理与支护体系优化的重要路径,既能满足灾害治理与支护强度需求,又能降低对生态环境的影响,实现环保与实用的有机统一。在灾害治理中,推广应用可降解封堵材料、环保型注浆浆液等,替代传统高污染材料,减少治理过程中污染物排放,降低对地下水与土壤的污染。在支护体系构建中,采用可再生高分子材料、生态型混凝土等绿色支护材料,这类材料具备可回收、低污染、耐腐蚀等优势,既能满足围岩稳定需求,又能减少资源消耗与环境负担。同时,绿色环保材料多具备施工便捷、性能优异的特点,可提升施工效率与支护效果,兼顾生态效益、经济效益与安全效益,推动煤矿支护与灾害治理向绿色化转型。

4. 智能化支护决策

4.1 大数据支护参数分析

大数据支护参数分析依托大数据技术,整合煤矿地质数据、监测数据、历史支护数据、灾害治理数据等多源信息,构建支护参数分析模型,为支护方案设计与优化提供科学依据。该分析方法打破数据壁垒,对海量数据进行清洗、分类、挖掘,精准识别影响支护效果的关键因素,揭示支护参数与围岩性质、灾害类型、开采方式之间的关联规律。通过大数据分析,可优化锚杆锚索长度、间距、喷射混凝土厚度等核心参数,避免传统参数设计的盲目性与经验依赖性。同时,可结合实时监测数据动态分析支护参数适配性,为支护参数调整提供数据支撑,实现支护方案从“经验设计”向“数据驱动”转型,提升支护决策的科学性与精准性。

4.2 智能模拟支护设计

智能模拟支护设计借助BIM、数值模拟等智能化技术,构建煤矿井下三维可视化模型,对支护方案进行虚拟模拟与优化,提前规避设计缺陷与施工风险。该设计方法可还原巷道地质条件、应力分布、灾害隐患等复杂工况,模拟不同支护方案下的围岩变形、支护结构受力状态,对比分析各类方案的支护效果、经济性与安全性,筛选最优方案。通过智能模拟,可提前排查支护结构与灾害防控措施之间的矛盾点,优化支护布局与施工流程,减少施工中的设计变更与返工。同时,支持支护方案的动态优化,结合实时监测数据调

整模拟参数,为支护设计的迭代优化提供技术支撑,提升支护方案的适配性与可靠性。

4.3 自适应支护调整机制

自适应支护调整机制基于实时监测数据与智能分析结果,构建“监测-分析-决策-调整”的闭环体系,实现支护方案的动态适配与精准调整,应对煤矿井下复杂多变的工况。该机制依托实时动态监测系统,持续追踪围岩变形、应力变化、灾害隐患等参数,通过智能算法分析参数变化趋势,判断支护体系的适配性。当围岩变形加剧、应力集中或出现灾害前兆时,系统自动发出调整指令,通过优化锚杆锚索密度、增强支护强度、调整支护结构等方式,提升支护体系的承载能力与灾害抵御能力。当工况趋于稳定、支护结构受力合理时,可适当优化参数以节约成本,实现支护效果与经济性的动态平衡,确保支护体系始终适配井下工况变化。

5. 体系实施保障

5.1 管理制度优化完善

管理制度优化完善是综合煤矿灾害治理与支护体系顺利实施的核心保障,需构建覆盖全流程、权责清晰、协同高效的管理制度体系,规范各项工作开展。结合新路径理念与技术要求,修订完善灾害防控、支护施工、监测预警、生态修复等相关管理制度,明确各环节工作标准、责任主体与考核机制。建立健全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制,将责任分解至各部门、各岗位,确保各项措施落地见效。同时,优化管理制度的灵活性与适配性,结合煤矿地质条件、开采方式变化及时修订完善,避免制度僵化。强化制度执行监督,建立专项督查机制,对违规操作、制度落实不到位等问题严肃追责,确保体系实施有章可循、有规可依。

5.2 人员技术培训提升

人员技术培训提升聚焦体系实施所需的专业能力,构建分层分类的培训体系,提升从业人员的技术水平、安全意识与综合素养,为体系实施提供人才支撑。针对管理人员,开展新路径理念、智能化技术、管理制度等方面的培训,提升决策能力与统筹协调能力。针对技术人员,重点培训先进监测技术、智能支护设计、生态化治理方法等专业技能,提升技术研发与实践应用能力。针对一线施工人员,开展安全操作规程、施工工艺、应急处置等培训,提升规范操作能

力与风险防范意识。同时,建立常态化培训机制,结合技术更新与工况变化及时更新培训内容,采用理论教学与实操演练相结合的方式,确保培训效果,打造一支适配新路径实施的专业人才队伍。

5.3 多部门协同合作机制

多部门协同合作机制打破煤矿内部各部门之间的壁垒,构建“技术、生产、安全、环保、监测”等多部门联动协作体系,形成工作合力,保障综合灾害治理与支护体系高效实施。明确各部门职责分工与协同流程,技术部门负责支护设计与技术研发,生产部门负责施工组织与进度管控,安全部门负责风险防控与安全监督,环保部门负责生态修复与环保管控,监测部门负责数据采集与预警分析。建立定期沟通协调机制,通过例会、专题研讨等形式,共享信息、解决问题,确保各部门工作同频同步。同时,加强与科研院所、行业协会的合作,引入先进技术与理念,借助外部资源提升体系实施水平,形成内外协同、上下联动的工作格局,推动新路径落地见效。

结束语:综合煤矿灾害治理与支护体系构建新路径是煤矿行业发展的必然趋势。通过采用先进的技术理念,建立完善的体系,可有效提升煤矿灾害防治能力与支护水平。未来需持续探索创新,不断优化路径,确保煤矿安全生产,实现行业高质量、可持续发展目标。

参考文献

- [1] 尹国辉. 浅谈煤矿灾害治理中高温爆破方法与安全技术措施的应用[J]. 西部探矿工程, 2024, 36(09): 151-153.
- [2] 程健维, 郑欣睿, 王钰, 等. 膨润土基矿物材料特性与煤矿典型灾害治理(II): 工程应用实践[J]. 煤矿安全, 2024, 55(07): 39-50.
- [3] 于会军, 姜海峰, 李季, 等. 对新条件下煤矿灾害防治工作的研究与思考[J]. 煤炭新视界, 2023, (02): 223-225.
- [4] 程健维, 王钰, 郑欣睿, 等. 膨润土基矿物材料特性与煤矿典型灾害治理(I): 定向改性 with 功能强化[J]. 煤矿安全, 2023, 54(11): 62-68.
- [5] 刘晓帆, 秦江涛. 低透气性突出煤层瓦斯灾害治理技术的对策研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020, (04): 156-157.