

复杂地质条件下的煤矿巷道支护方案

袁志勇

平煤神马建工集团有限公司 河南 平顶山 467000

摘要: 煤矿巷道支护是保障开采安全的关键,尤其在复杂地质条件下更显重要。本文详细阐述了复杂地质条件下的煤矿巷道支护方案,包括断层破碎带、高应力区域等地质类型特点,提出了主动、联合、动态的支护理念设计,并从支护结构、材料、施工工艺等方面进行了具体设计。同时,文章还提出了实施保障措施,涵盖技术管理、人员培训、监测监控及应急处理四个方面,通过标准化管理、常态化培训、实时监测和应急响应机制,确保巷道支护安全有效。

关键词: 复杂地质条件;煤矿巷道;支护方案

引言

在煤矿开采进程中,复杂地质条件如断层破碎带、高应力区域、软弱岩层及含水地层等广泛存在,给巷道支护带来巨大挑战。这些地质条件易引发巷道坍塌、变形等问题,严重威胁开采安全与效率。为有效应对,需科学设计支护方案。本文围绕复杂地质条件下的煤矿巷道支护展开研究,从支护理念、结构、材料、工艺等方面设计方案,并提出实施保障措施,旨在为煤矿安全高效开采提供有力支撑。

1 复杂地质条件的类型

(1) 断层破碎带。断层破碎带是煤矿开采中常见的一种复杂地质条件。它是由于地壳运动导致岩层断裂、错动而形成的破碎区域。在断层破碎带中,岩石破碎,结构松散,完整性差,力学性能显著降低。巷道穿越断层破碎带时,由于围岩的自稳能力差,容易发生坍塌和变形。而且,断层破碎带往往是地下水的富集区域,水的存在会进一步削弱岩石的强度,增加巷道支护的难度。(2) 高应力区域。随着煤矿开采深度的不断增加,地应力也逐渐增大。在高应力区域,巷道围岩承受着巨大的压力,容易产生塑性变形和破坏。当应力超过岩石的强度极限时,岩石会发生破裂和失稳,导致巷道变形加剧。此外,高应力还会引起巷道围岩的应力重新分布,产生应力集中现象,进一步增加了巷道支护的难度和风险。(3) 软弱岩层。软弱岩层是指强度低、变形大、遇水易软化的岩层,如泥岩、页岩、炭质泥岩等。在软弱岩层中开挖巷道,围岩的自稳时间短,容易发生较大的变形和破坏。而且,软弱岩层的流变性较强,随着时间的推移,巷道变形会不断增大,给支护结构带

来持续的荷载,容易导致支护结构失效^[1]。(4) 含水地层。含水地层中的地下水会对巷道支护产生不利影响。一方面,水的浸泡会使岩石的强度降低,增加围岩的变形和破坏;另一方面,地下水的流动会带走围岩中的细小颗粒,导致围岩的松散和空洞化,进一步削弱围岩的稳定性。此外,含水地层还可能引发突水事故,对巷道支护和矿工的生命安全造成严重威胁。

2 复杂地质条件下的煤矿巷道支护方案设计

2.1 支护理念设计

一是树立主动支护理念,复杂地质环境中,巷道开挖会直接打破原有围岩应力平衡,引发围岩变形、松动与破损问题,需通过支护结构向围岩施加预应力,主动干预并优化围岩整体应力状态,激活并提升围岩自身承载与自稳能力。该支护模式可让巷道围岩在开挖作业完成后快速形成完整承载结构,有效约束围岩后续变形,从源头降低围岩失稳、破损概率,锚杆、锚索均为适配该理念的核心主动支护形式,可广泛应用于复杂地质巷道支护施工。二是落实联合支护理念,复杂地质条件下巷道围岩的应力变化、变形规律及破坏机制具备多元化、复杂化特征,单一的支护结构和支护方式存在防护局限性,无法全方位满足巷道长期稳定的支护要求。需结合不同支护方式的性能优势,将多种支护手段有机融合、协同作业,弥补单一支护模式的短板,全方位提升巷道整体支护强度与稳定性,适配各类复杂围岩工况的支护需求。三是践行动态支护理念,煤矿巷道围岩变形并非静态过程,伴随井下开采作业持续推进、开采深度增加及时间推移,围岩的应力分布状态、变形特征及稳定性能会持续发生变化。支护工作需摒弃固定化支护

模式,依托实时监测的围岩变形数据,动态调整支护参数、优化支护方式,保障巷道在开采全周期内始终保持稳定状态。

2.2 支护结构设计

(1) 锚杆支护结构属于主流主动支护方式,核心原理是通过锚杆绑定围岩与支护结构,构建整体受力体系,提升围岩自身承载能力。设计过程中需依据现场地质情况,科学确定锚杆的类型、长度、直径及间距等核心参数,针对不同岩层特性调整支护参数,适配各类复杂巷道围岩支护需求。(2) 锚索支护结构是在锚杆支护基础上升级的深层支护形式,具备锚固力强、支护深度大的核心特点,适用于围岩变形量大、围岩应力水平高的巷道部位。锚索设计的核心为长度选型,需结合巷道地质条件与围岩变形特征确定,确保锚索端部深入稳定岩层,保障深层支护的稳定性与有效性^[2]。(3) 金属支架支护结构为传统支护形式,结构强度高、支护可靠性强,主要应用于围岩破碎程度高、岩体自稳能力极差的巷道区域。常用支护型材包含 U 型钢、工字钢等,选型需严格匹配巷道断面形状、尺寸及现场地质条件,保证支架支护受力合理、贴合巷道支护需求。(4) 喷射混凝土支护结构可快速封闭围岩,阻断围岩风化、剥落,同时有效提升围岩整体强度与完整性。该支护方式极少单独使用,多与锚杆、锚索支护搭配形成复合支护体系,适配复杂地质巷道支护工况,喷射混凝土厚度需依据地质条件与围岩变形情况确定,常规施工厚度不得低于 50mm。

2.3 支护材料设计

第一,锚杆材料须具备高强度、良好的韧性与耐腐蚀性,行业常用锚杆材料为螺纹钢、高强度圆钢,锚杆材料的选型需严格结合巷道实际地质条件与支护标准确定,匹配巷道支护的基础受力需求,适配不同围岩环境下的巷道基础支护作业,保障锚杆支护结构的稳定性与承载性能。第二,锚索材料须具备超高强度与良好的柔韧性,现阶段常用锚索材料为钢绞线,该材料强度高、延伸性能优异,可承受较大拉力,适配巷道深层支护工况,锚索材料选型需依托锚索设计拉力参数、巷道地质条件等核心因素综合判定,确保深层支护的受力合理性与结构可靠性。第三,金属支架材料须具备高强度、良好的韧性与可焊性,常用材料包含 U 型钢、工字钢,金属支架材料的选型需依据巷道断面形状、尺寸规格及整体支护要求确定,适配不同巷道断面的支护搭建需求,满足各类巷道围岩的支撑防护要求。第四,喷射混凝土材料须具备优良的和易性、早期强度与耐久性能,基础

配制原料为水泥、砂、石子,喷射混凝土施工需结合巷道地质条件与支护需求开展科学的配合比设计,通过精准配比把控施工质量,保障混凝土喷射成型后的支护效果、结构稳定性与长期使用耐久性。

2.4 施工工艺设计

一是锚杆施工工艺,施工需依次完成钻孔、清孔、锚杆安装、注浆各核心环节,施工全程贴合设计要求。钻孔阶段需精准管控钻孔直径、深度与角度,为锚杆规范安装提供基础条件。清孔作业需彻底清理孔内杂物,杜绝杂质残留影响锚杆锚固性能。锚杆安装需严格把控垂直度与安装间距,保证安装参数符合设计标准。注浆作业需稳定控制注浆压力与注浆量,实现锚杆与围岩紧密贴合黏结。二是锚索施工工艺,该工艺施工流程与锚杆施工基本一致,因锚索长度更大、施工难度更高,施工重点为张拉与锁定工序。锚索张拉需依照设计标准分级施加拉力,确保预应力参数达标。锚索锁定需保障锁具安装牢固可靠,有效规避预应力损耗问题。三是金属支架施工工艺,施工前期需完成巷道底板处理作业,保障支架安装基础平稳。施工中须严格执行设计规定的支架搭接长度与连接方式,保持支架安装间距均匀统一。支架安装过程中,需借助水平仪、线坠等检测工具,校准支架的垂直度与水平度,保证安装精度达标。四是喷射混凝土施工工艺,施工前需清理、冲洗巷道围岩表面,彻底清除浮石及各类杂物^[3]。喷射作业遵循分层、分段、自下而上的施工顺序,保障混凝土喷射均匀、结构密实。

3 复杂地质条件下煤矿巷道支护方案的实施保障措施

3.1 技术管理保障

(1) 搭建标准化技术管理体系,明确各级技术人员的岗位职责与权限范围,细化支护工程全流程管控责任,对支护方案设计、现场施工、工程验收等关键环节落实专人负责制,规范各环节工作标准与管控流程,杜绝责任空缺、工作脱节等问题,保障支护施工全过程合规有序开展。(2) 常态化开展技术培训与交流工作,定期组织在岗技术人员参与专业培训、行业技术交流活动,系统学习巷道支护相关专业知识与实操技能,掌握行业内外先进的支护技术、施工工艺及设计理念,持续提升全体技术人员的专业业务能力、现场实操水平与技术创新能力,适配复杂地质条件下巷道支护施工的技术需求。(3) 落实技术资料规范化管理,全面收集、系统整理巷道支护相关各类技术资料,建立完整的巷道支护技术档案,精准记录巷道施工区域地质条件、支护设计方案、现场施工全过程数据、后期监测数据等核心信

息,实现支护工程资料的完整留存与归档,为后续同类地质条件下巷道支护的方案设计、施工优化、技术研究提供翔实、可参考的基础数据支撑。

3.2 人员培训保障

一是常态化开展施工人员专业技能培训,围绕工程支护施工核心内容开展系统性教学,帮助全体施工人员熟练掌握支护方案对应的全套施工工艺,明确各施工环节的标准流程、技术规范与质量验收要求,培训工作重点覆盖锚杆施工、锚索施工、金属支架安装、喷射混凝土施工等核心施工工序,确保所有人员吃透专业技术要点,具备对应岗位的基础作业能力。二是常态化推进全员安全教育培训工作,聚焦施工现场安全管理核心要求,持续提升施工人员安全生产意识与现场自我保护能力,重点讲解复杂地质施工环境中存在的各类安全隐患、潜在施工风险以及对应的标准化防范处置措施,明确施工现场各项安全操作规程,要求所有人员严格依规开展作业,杜绝违规操作行为,从源头规避安全事故^[4]。三是建立完善的施工人员考核管理机制,针对全员培训学习成效与现场实际操作能力开展专项考核,细化考核标准、规范考核流程,严格执行考核上岗制度,所有施工人员必须考核合格后方可正式上岗作业,未通过考核人员不得参与施工工作,切实从人员层面保障整体施工质量符合工程标准。

3.3 监测监控保障

第一,建立完善巷道支护监测监控系统,实现对巷道运行状态的实时监测管控,核心监测范围涵盖巷道表面位移、顶板离层、锚杆及锚索受力、巷道整体变形、围岩应力、支护结构受力等关键内容,全面掌握巷道支护体系的实时运行状态,为巷道安全管控提供基础数据支撑。第二,标准化编制巷道监测监控专项方案,统一明确监测点布设标准、常态化监测频率、规范监测作业方法,结合巷道施工现场地质条件、围岩特性、支护施工形式及支护成型状态,科学核定各项监测参数,严格规范监测作业全流程,从源头保障所有监测数据真实、准确、可靠,杜绝数据偏差、缺失等问题,保证监测工作有序落地。第三,落实监测数据常态化分析与处置工作机制,定期汇总、梳理、研判各类监测数据,依托实测数据动态优化调整巷道支护方案与现场施工工艺,提升支护施工适配性。严格执行监测预警制度,一旦监测数据超出预设预警阈值,第一时间启动应急处置流程,

落实专项管控和整改措施,及时消除巷道安全隐患,持续保障巷道整体运行安全与施工安全。

3.4 应急处理保障

(1)搭建标准化监测监控工作体系,编制专项监测监控方案,结合巷道现场地质条件、支护施工实际情况,明确监测点布设位置、常态化监测频率、标准化监测方法,科学的核定各项监测参数,统一监测执行标准,从源头保障监测数据真实、准确、可靠,为巷道安全管控提供有效数据支撑^[5]。(2)落实监测数据常态化分析处理工作机制,安排专人及时汇总、梳理、分析各类监测数据,依托实测数据动态研判巷道支护稳定性与施工安全性。(3)建立监测预警及应急处置机制,严格对照预设预警值开展数据比对,监测数据超出预警标准时,第一时间启动处置流程,落实针对性管控措施,同步结合监测结果优化调整巷道支护方案、优化施工工艺,从监测、分析、处置、优化全流程把控巷道施工及运行安全,杜绝巷道安全隐患,保障巷道整体稳定性与作业安全性。

结语

综上所述,复杂地质条件下的煤矿巷道支护是一项系统且艰巨的任务。需精准识别地质类型,科学设计涵盖理念、结构、材料、工艺的支护方案。同时,从技术管理、人员培训、监测监控、应急处理等多维度构建保障体系,确保方案有效实施。只有如此,才能提升巷道稳定性,保障煤矿开采安全高效推进,降低事故风险,实现经济效益与社会效益的双赢,推动煤矿行业在复杂地质环境下稳健发展。

参考文献

- [1] 谢洪胜,郝大镇.复杂地质条件下煤矿掘进巷道支护技术优化与实践探索[J].内蒙古煤炭经济,2025(22):160-162.
- [2] 张江伟.复杂地质条件下煤切巷支护方案的优化研究[J].能源与节能,2025(5):335-338.
- [3] 郭广宇.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术优化研究[J].能源与节能,2025(9):210-212.
- [4] 赵海潮.复杂地质条件下掘进大跨度开切眼支护方案设计[J].凿岩机械气动工具,2025,51(8):155-157.
- [5] 冯礼红,刘卫清.支护工艺在复杂地质条件下煤矿开采中的应用研究[J].建筑与施工,2025,4(1):42-43.