

煤矿井下巷道掘进顶板支护探究

刘树清

中国华能华亭煤业集团有限责任公司砚北煤矿 甘肃 平凉 744100

摘要:在煤矿开采中,井下巷道掘进作业至关重要,而顶板支护则是保障作业安全与高效进行的关键环节。本文围绕煤矿井下巷道掘进顶板支护展开深入探究。顶板支护对于煤矿安全生产意义重大,文中详细阐释了锚杆支护、矿用支护型钢、可缩性支架支护、锚索支护、喷射混凝土支护等关键技术。同时,分析了地质条件、施工工艺、以及支护材料等方面的影响因素。并从优化支护设计、提高施工质量、完善监测与维护机制等角度提出改进措施,旨在为煤矿井下巷道掘进顶板支护工作提供有效参考。

关键词:煤矿井下;巷道掘进;顶板支护;探究

引言:在煤炭开采作业中,井下巷道掘进是不可或缺的重要环节,而顶板支护的有效实施直接关系到掘进工作的安全与顺利。近年来,煤矿顶板事故频发,严重威胁着矿工的生命安全,也对煤矿生产效益产生了负面影响。随着煤炭开采向纵深发展,井下地质条件日益复杂,对顶板支护的技术和管理水平提出了更高挑战。因此,深入研究煤矿井下巷道掘进顶板支护,剖析其关键技术、影响因素并提出改进策略,对保障煤矿安全生产具有紧迫而重要的现实意义。

1 煤矿井下巷道掘进顶板支护的重要性

在煤矿井下巷道掘进过程中,顶板支护发挥着举足轻重的作用,关乎安全生产、生产效率与经济效益等多方面。从安全角度来看,煤矿井下环境复杂,顶板随时可能因岩石破碎、地压变化等因素发生坍塌。有效的顶板支护能为作业人员和设备构建起可靠的安全屏障,防止顶板垮落引发人员伤亡事故,保障矿工生命安全。例如,在一些地质条件复杂的矿区,若未做好顶板支护,极易发生大面积冒顶,严重威胁井下作业人员的生命安全。在生产连续性方面,稳固的顶板支护确保巷道稳定,避免因顶板问题导致巷道堵塞、设备损坏等情况,使掘进工作能够持续、高效推进,保证煤炭生产按计划进行,提高生产效率。经济效益上,合理的顶板支护可减少因顶板事故造成的停产损失、设备维修费用以及安全事故赔偿等额外支出,降低生产成本,提升煤矿企业的整体经济效益。良好的顶板支护有利于延长巷道使用寿命,减少巷道修复与重建次数,从长远来看,大大节约了资源与资金。所以,煤矿井下巷道掘进顶板支护是煤矿安全生产与高效运营的重要保障^[1]。

2 煤矿井下巷道掘进顶板支护的关键技术

2.1 锚杆支护

锚杆支护是煤矿井下巷道掘进顶板支护的常用技术。施工时,在巷道围岩钻孔,将锚杆精准置入并牢固固定。锚杆与围岩间产生强大的黏结力和摩擦力,进而使锚杆与围岩融合为一个整体。这种整体性极大地约束了围岩变形,有效增强了围岩的稳定性。该技术施工流程简便,无需复杂设备与工艺,能快速完成支护作业。成本相对较低,减少了支护材料与施工费用的投入。并且可在巷道掘进后迅速实施,及时为顶板提供支护力。在中等稳定及以上的围岩中应用广泛,例如在砂岩等质地较为坚硬的岩石巷道掘进场景下,锚杆可深入岩体内部,如同坚固的纽带,将不稳定的表层岩石与深部稳定岩体紧密连接,极大程度提升了顶板的稳固程度,保障巷道掘进安全。

2.2 矿用支护型钢

矿用支护型钢包含工字钢、U型钢等,具备出色的强度和承载能力。依据巷道实际需求,它们可被加工成多样化形状的支架结构,用以支撑巷道顶板。在地质条件复杂、地压较大的区域,普通支护方式难以承受巨大压力,而矿用支护型钢能凭借其刚性支撑特性,有效抵抗顶板的下沉和变形。以断层附近的巷道为例,该区域围岩破碎严重,压力高度集中,普通支护极易损坏。采用U型钢支架,其独特的结构和高强度材质,可较好地适应这种恶劣条件,有效分散顶板压力,为巷道安全提供可靠保障,确保掘进工作顺利推进。

2.3 可缩性支架支护

可缩性支架支护采用专门设计的可缩性构件。当巷道围岩变形时,支架能通过自身结构的收缩变形巧妙适应压力变化,同时始终保持对顶板的支撑力。在深部矿井,由于埋藏深度大,地应力较高,巷道围岩变形极为剧烈。在这种情况下,普通支架易因无法承受过大变形

而损坏,导致巷道失稳。可缩性支架支护则能够有效吸收围岩变形能量,如同一个“缓冲器”,防止支架因过度受压而损坏,持续维持巷道的稳定性,保障井下作业人员的安全以及生产活动的正常开展,尤其适用于围岩变形量大、地压显现强烈的巷道。

2.4 锚索支护

锚索支护利用高强度钢绞线制成锚索,将其牢固锚固在深部稳定岩层中,通过施加预应力,对巷道顶板进行悬吊加固。锚索的锚固深度大,能够深入到稳定的基岩中,承载能力极强。在大跨度巷道或顶板破碎严重的区域,单独的锚杆支护难以满足支护需求。此时,锚索支护与锚杆支护联合使用,可发挥协同作用,显著提高支护效果。

2.5 喷射混凝土支护

喷射混凝土支护是将混凝土通过喷射设备高速喷射到巷道围岩表面,在短时间内迅速凝固形成一层具有一定强度和抗渗性的支护层。这层支护层能紧密封闭围岩表面,有效防止岩石风化、碎胀。同时,它与围岩紧密结合,共同承受地压。在围岩较为破碎、易风化的巷道中,围岩稳定性差,容易出现松动垮落。喷射混凝土支护可及时对围岩进行加固,快速在围岩表面形成防护层,抑制围岩松动圈的发展^[2]。

3 煤矿井下巷道掘进顶板支护影响因素

3.1 地质条件

3.1.1 岩石性质

岩石性质对顶板支护影响显著。坚硬完整的岩石,如砂岩、石灰岩,自身强度高,承载能力强,巷道掘进后顶板稳定性好,所需支护强度较低。而软岩,像泥岩、页岩,强度低、易变形,遇水还可能软化、膨胀,大大增加顶板坍塌风险,需要更密集、更强力的支护。此外,岩石的节理、裂隙发育程度也至关重要,节理裂隙多的岩石,完整性差,易在应力作用下破碎,使支护难度加大。

3.1.2 地质构造

地质构造改变岩体应力分布,影响顶板支护。断层附近,岩石破碎,应力集中,巷道掘进时顶板极易垮落,需特殊支护设计,如采用高强度支架。褶皱构造中,岩层弯曲变形,顶板受力复杂,不同部位支护方式和参数需精细调整。向斜轴部,岩层受挤压,地压增大,要加强支护;背斜轴部,岩层张拉,易产生裂隙,也需针对性支护,否则易引发顶板事故。

3.2 施工工艺

3.2.1 掘进方式

掘进方式直接关乎顶板稳定性。爆破掘进通过炸药爆破岩石,虽效率较高,但产生的震动易使围岩松动、裂隙扩展,增加顶板坍塌隐患,在稳定性差的岩层中采用时需严格控制爆破参数。机械掘进,如使用掘进机,对围岩扰动小,能较好保持顶板完整性,利于后续支护工作开展。然而,其在复杂地质条件下灵活性欠佳。不同掘进方式对顶板岩体破坏程度有别,选择不当会给顶板支护带来额外挑战。

3.2.2 支护时机

支护时机是顶板支护的关键环节。若支护过晚,围岩变形发展,松动范围扩大,支护效果大打折扣,甚至可能导致顶板垮落。例如在松软岩层中,掘进后短时间内围岩便会快速变形,此时必须及时支护。反之,过早支护,可能因掘进后续工序产生的应力调整,使支护结构承受不必要压力,影响支护结构长期稳定性。精准把握支护时机,根据围岩特性、掘进速度等因素,在围岩变形尚处于可控范围时实施支护,才能有效保障顶板安全。

3.3 支护材料

3.3.1 材料质量

支护材料质量是保障顶板支护效果的基石。高质量的锚杆、锚索等,强度达标、韧性良好,能有效承受围岩压力,确保支护结构稳固。以锚杆为例,材质过硬的锚杆在安装后可紧密锚固于围岩,发挥强大的锚固力,抑制围岩变形。相反,若材料质量不合格,如钢材含杂质过多,强度不足,在承受地压时易断裂,导致支护失效,极大增加顶板坍塌风险,严重威胁井下作业安全,使前期掘进工作付诸东流,造成人力、物力和时间的浪费。

3.3.2 材料匹配性

材料匹配性同样关键。不同地质条件与巷道类型需适配相应的支护材料组合。在软岩巷道,若仅采用刚性支护材料,难以适应围岩的大变形,需搭配可缩性材料协同工作。例如,U型钢支架与可缩性连接件配合,可在围岩变形时,通过连接件的收缩来调节支架受力,维持支护结构稳定。若材料匹配不当,如在高应力区域使用低强度支护材料,即便单个材料质量合格,也无法有效抵抗地压,致使支护结构整体失效,无法保障巷道顶板安全^[3]。

4 煤矿井下巷道掘进顶板支护改进措施

4.1 优化支护设计

4.1.1 加强地质勘查

深入全面的地质勘查是优化支护设计的前提。通过

先进的地质勘探技术,如地质雷达、钻探等,详细掌握巷道掘进区域的岩石性质、地质构造等信息。精确测定岩石的硬度、强度、节理裂隙分布,查明断层、褶皱等构造位置与特征。依据这些详实数据,能够精准预判巷道掘进时可能面临的顶板问题,为支护设计提供可靠依据。避免因地质情况不明,导致支护设计不合理,从而降低顶板坍塌风险,保障井下作业安全,提高掘进效率。

4.1.2 科学确定支护参数

基于地质勘查结果,科学确定支护参数至关重要。对于锚杆支护,依据围岩强度、巷道跨度等因素,合理确定锚杆长度、直径、间距及锚固力。在稳定围岩中,适当增大锚杆间距;在破碎围岩区域,加密锚杆布置,增强支护强度。对于锚索支护,根据深部稳定岩层位置,精确计算锚索长度、预紧力。同时,综合考虑多种支护方式的协同作用,优化参数组合,使支护结构与围岩条件精准适配,发挥最佳支护效果,确保巷道顶板长期稳定。

4.2 提高施工质量

4.2.1 加强施工人员培训

施工人员是支护工作的直接执行者,其专业素养直接影响施工质量。定期组织全面且系统的培训,涵盖支护理论知识、施工工艺标准以及安全操作规范等内容。通过理论讲解、现场实操演示,让施工人员深入理解各种支护技术原理,熟练掌握锚杆、锚索安装,喷射混凝土施工等关键操作流程。例如,详细讲解锚杆钻孔深度、角度要求,以及如何确保锚固剂填充饱满。同时,开展安全培训,强化人员安全意识,使其明白违规操作的严重后果。经培训考核合格的人员方可上岗,以此提升施工团队整体水平,为高质量支护施工奠定坚实基础。

4.2.2 强化施工过程质量控制

施工过程中的质量控制是保障支护效果的关键环节。建立严格的质量监督体系,安排专业质检人员全程跟踪。在锚杆支护施工时,检查钻孔深度、锚杆安装角度与外露长度是否符合设计要求,确保锚杆锚固力达标。对于喷射混凝土作业,控制混凝土配合比、喷射厚度及平整度,保证喷射层的强度和密实度。对每一道工序进行详细记录,实行质量追溯制,一旦发现质量问题,可迅速查明责任环节与责任人。在关键工序节点,如支护材料进场验收、隐蔽工程施工前后,加强检查力度,及时纠正偏差,确保整个施工过程严格按照标准规范

执行,切实提高顶板支护施工质量。

4.3 完善监测与维护机制

4.3.1 建立监测系统

建立全面、精准的监测系统是保障巷道顶板安全的关键防线。在巷道内布置各类传感器,如位移传感器监测顶板下沉量,应力传感器实时反馈围岩应力变化。借助自动化监测技术,实现数据的连续采集与远程传输,让技术人员能随时掌握顶板动态。例如,在关键位置安装多点位移计,精确测量不同深度岩层的位移情况,及时察觉顶板潜在变形趋势。通过数据分析软件,对采集数据进行处理和分析,设定预警阈值,一旦监测数据超出阈值,系统立即发出警报,为采取应急措施争取时间,有效预防顶板事故发生,保障井下作业人员安全。

4.3.2 加强维护管理

日常维护管理是维持支护结构有效性的必要手段。制定定期巡检制度,安排专业人员对巷道进行细致巡查,检查支护材料是否有损坏、变形,喷射混凝土层有无开裂、剥落等情况。对于锚杆支护,定期紧固螺母,确保锚固力稳定;对于锚索支护,检查锚索张紧度,必要时进行二次张拉。发现问题及时修复,更换损坏的支护材料,对松动部位进行加固处理。同时,结合监测数据,对支护效果不佳的区域进行针对性维护,调整支护参数或增加支护措施,延长巷道使用寿命,保证巷道在整个服务周期内的安全稳定^[4]。

结束语

综上所述,煤矿井下巷道掘进顶板支护是一项系统且关键的工程。锚杆、锚索等多种支护技术各有优劣,地质条件、施工工艺及支护材料等因素相互交织影响着支护效果。通过优化支护设计、狠抓施工质量以及完善监测与维护机制,可显著提升顶板支护水平。这不仅关乎井下作业人员的生命安全,更是煤矿高效、安全生产的有力保障,为煤矿行业的稳健发展奠定坚实基础,助力其在复杂环境中持续进步。

参考文献

- [1]李书锋.煤矿井下巷道掘进顶板支护技术[J].内蒙古煤炭经济,2022(16):111-112.
- [2]章波.煤矿井下巷道掘进顶板支护技术应用探析[J].科技创新,2022(24):192-193.
- [3]曹华.浅谈煤矿井下巷道掘进顶板支护技术[J].中国石油和化工标准与质量,2022,39(10):209-210.
- [4]李长浩,殷超.关于煤炭井下巷道掘进顶板支护的研究[J].科技风,2022(19):236-237