

采矿工程巷道掘进和支护要点

张亚光¹ 陶叶青²

陕西彬长文家坡矿业有限公司 陕西 咸阳 713500

摘要: 采矿工程作为资源开发的关键领域,巷道掘进与支护工作是保障开采作业顺利进行的基础。本文深入探讨采矿工程巷道掘进与支护要点。阐述了巷道存在瓦斯爆炸风险高、穿越弱稳定地层、通风设计复杂及支护特殊等特性。分析地质条件、设计参数、施工技术设备以及人员管理等对巷道掘进的影响。介绍了综合机械化与钻眼爆破等掘进方式,强调地质勘探、瓦斯排放控制及通风防尘的重要性。同时,对临时、永久及特殊条件下的支护技术,如各类前探梁、锚杆锚索、锚网喷支护等进行剖析,为采矿巷道安全高效建设提供理论与实践支撑。

关键词: 采矿工程;巷道掘进;支护要点

引言: 采矿工程中,巷道掘进与支护作业是开采活动得以顺利开展的基础。随着矿业开采向深部、复杂区域推进,巷道面临的安全隐患与技术难题日益增多。高瓦斯环境、不稳定煤层岩层以及复杂通风需求,给巷道施工带来巨大挑战。精准掌握掘进与支护技术要点,有效管控各类影响因素,对保障矿工生命安全、提升开采效率、降低生产成本意义重大。

1 采矿工程巷道的特点

1.1 瓦斯爆炸风险高

在采矿工程巷道中,煤炭等矿物质在开采过程会持续释放瓦斯气体。由于巷道空间相对封闭,瓦斯易积聚。当瓦斯浓度处于5%-16%这一爆炸极限区间,且遇到火源,如电气设备产生的电火花、爆破作业的明火等,就极易引发爆炸。瓦斯爆炸不仅会瞬间造成巷道内人员伤亡,强大的冲击力还会摧毁巷道内的设备、破坏支护结构,导致巷道垮塌,严重阻碍后续开采作业,给矿山带来巨大损失。

1.2 穿越弱稳定性煤层、岩层

在巷道掘进进程中,常需穿越弱稳定性的煤层与岩层。这些地层自身结构松散,胶结程度差,岩石强度低,无法有效抵抗外部压力。例如页岩、泥岩等软岩地层,受开采扰动后,极易出现变形、破碎与垮落现象。巷道穿越此类地层时,不仅掘进难度增大,掘进速度受限,还需频繁采取加固措施,防止巷道围岩失稳,否则会引发巷道坍塌事故,危及施工人员安全,延误开采进度。

1.3 通风设计复杂

巷道空间狭长且分支众多,这对通风系统提出了极高要求。一方面,需持续为巷道内作业人员输送新鲜空气,稀释瓦斯等有害气体,确保其浓度处于安全范围。另一方面,要合理规划通风路径,避免出现通风死角。

由于巷道不同区域的瓦斯涌出量、作业强度不同,通风量需求也存在差异。此外,巷道掘进过程中工况多变,通风系统需具备良好的灵活性与可调节性,以适应这些变化,这使得通风设计极为复杂。

1.4 支护方式特殊

与一般地下工程不同,采矿工程巷道支护面临诸多特殊挑战。因巷道服务年限有长有短,有的需长期稳定,有的仅在短期内保障安全,所以支护方式需按需选择。同时,巷道围岩在开采过程中受采动影响,应力状态不断变化,普通支护难以满足要求。例如在动压影响区域,需采用可缩性支护来适应围岩变形^[1]。

2 影响巷道掘进的因素分析

2.1 地质条件

地质条件对巷道掘进起着决定性作用。岩石硬度是关键因素,坚硬岩石如花岗岩,掘进时需耗费大量时间和能量,降低掘进效率;而松软岩石像页岩,虽易于掘进,但易变形垮塌,增加支护难度与安全风险。地质构造同样影响巨大,断层、褶皱等地段,岩石破碎,节理裂隙发育,不仅掘进过程中容易涌水,还可能导致巷道围岩失稳,严重阻碍掘进进度。

2.2 巷道设计参数

巷道设计参数直接关系到掘进作业的可行性与效率。巷道断面形状与尺寸影响着掘进设备的施展空间和出渣效率。例如,圆形断面利于承受地压,但施工难度大;矩形断面便于施工,却在稳定性上稍逊一筹。合理的断面尺寸既能满足通风、运输等生产需求,又能避免过度掘进造成资源浪费。巷道坡度与曲率影响运输系统运行,若坡度设置不合理,会增加矿车运输难度,甚至引发跑车事故;曲率过大则限制大型设备通过,降低掘进速度。

2.3 施工技术与设备

先进的施工技术和适配的设备是高效掘进的保障。掘进技术方面,综合机械化掘进速度快、效率高,但对地质条件要求苛刻,在复杂地层中优势难以发挥;钻眼爆破掘进虽灵活性强,但安全性与粉尘控制方面存在不足。设备性能同样关键,大功率的掘进机可快速破岩,但设备故障维修耗时久,会严重延误工期;运输设备的运载能力和可靠性影响出渣效率,若运输不及时,掘进工作面易堆积岩渣,阻碍掘进。

2.4 人员素质与管理水平

人员素质和管理水平是巷道掘进不可忽视的因素。施工人员的专业技能与安全意识至关重要,熟练掌握掘进设备操作技巧的工人,能高效完成掘进任务,减少设备误操作引发的故障与事故;具备良好安全意识的人员,可严格遵守安全规程,降低安全风险。管理人员的组织协调能力影响施工进度,合理安排施工工序,优化人员与设备调配,能充分发挥资源优势,提高掘进效率^[2]。

3 采矿工程巷道掘进技术要点

3.1 掘进方式的选择

3.1.1 综合机械化掘进技术

综合机械化掘进技术依托掘进机、运输机等一系列机械设备协同作业。掘进机通过旋转刀盘切割岩石,将其破碎后由运输机运出。此技术适用于煤层赋存稳定、地质条件相对简单的巷道。其优势显著,掘进速度快,能大幅提升开采效率,且机械化程度高,可减少人工操作,降低劳动强度与安全风险。然而,该技术设备成本高昂,对设备维护要求极高,在地质条件复杂,如断层、破碎带较多的区域,掘进机作业受限,适应性较差,还易造成设备损坏。

3.1.2 钻眼爆破掘进技术

钻眼爆破掘进技术是先利用凿岩机在岩石上钻出炮眼,装填炸药后引爆,将岩石破碎。它灵活性强,适用于各类地质条件的巷道掘进,尤其是复杂地质区域,可根据实际情况灵活调整炮眼布置与装药量。相较于综合机械化掘进,其设备投入成本低,易于操作。但该技术安全性欠佳,爆破作业存在一定风险,且会产生大量粉尘与有害气体,污染工作环境。同时,爆破产生的震动易对围岩造成损伤,影响巷道稳定性,掘进效率也相对较低。

3.2 注重地质勘探工作

在掘进前,通过地质测绘、地球物理勘探等手段,详细掌握地层结构、岩石特性、地质构造分布等信息。精确探明岩石硬度,有助于合理选择掘进设备与技术,面对坚硬岩石可提前准备大功率掘进机或调整爆破参

数。了解地质构造,能提前制定应对断层、褶皱等复杂区域的掘进方案,避免在施工中遭遇突发状况。同时,地质勘探可确定地下水分布,防止掘进时涌水事故发生。详实准确的地质资料,为巷道设计提供依据,确保巷道位置、走向、支护方式等设计科学合理,保障掘进工作安全、高效推进,降低施工风险与成本。

3.3 瓦斯排放控制

瓦斯排放控制是保障巷道掘进安全的核心任务。在高瓦斯矿井巷道掘进中,必须建立完善瓦斯抽采系统。首先,在掘进区域布置瓦斯抽采钻孔,利用负压将瓦斯抽出并输送至地面。依据瓦斯涌出量、煤层透气性等参数,精准确定抽采钻孔间距、深度与抽采时间。同时,实时监测瓦斯浓度,当浓度接近安全警戒值时,及时调整抽采参数或停止掘进作业。瓦斯排放控制得当,可有效降低巷道内瓦斯浓度,使其始终低于爆炸极限,消除瓦斯爆炸隐患,为掘进作业创造安全环境,避免因瓦斯问题导致的安全事故与生产停滞。

3.4 通风与防尘措施

3.4.1 通风措施

通风是保障巷道掘进安全作业的基础。在巷道掘进时,合理规划通风系统能有效稀释有害气体,为工人输送新鲜空气。局部通风机压入式通风,通过风筒将新鲜空气直接压送至掘进工作面,可快速排出瓦斯等有害气体,适用于较短巷道。对于长距离巷道,则常采用混合式通风,结合压入式与抽出式通风,先由压入式通风机提供新鲜空气,再利用抽出式通风机排出污风,提高通风效果。

3.4.2 防尘措施

防尘在巷道掘进中关乎工人健康与作业安全。掘进过程中,产生源众多,需采取多种防尘手段。喷雾降尘是常用方法,在掘进机切割头、皮带转载点等易产生尘部位安装喷雾装置,当设备运转产生粉尘时,喷雾装置立即启动,利用高速水雾与粉尘颗粒碰撞、吸附,使粉尘沉降。湿式钻眼技术也十分关键,通过在钻眼过程中向钻头注水,使钻出的岩屑湿润,减少粉尘飞扬^[3]。

4 采矿工程巷道支护技术及要点

4.1 临时性支护技术

4.1.1 吊环式前探梁支护技术

吊环式前探梁支护技术常用于巷道掘进初期,为作业人员和设备提供临时安全保障。该技术通过在巷道顶部预先安装的锚杆上悬挂吊环,将前探梁穿入吊环,随后将金属网或背板铺设在前探梁上,对掘进工作面后方一定范围内的顶板进行支撑。它适用于顶板较为完整、

压力较小的巷道。安装时,要确保锚杆锚固牢固,吊环与锚杆连接紧密,前探梁长度需根据巷道断面合理选择,保证支护覆盖范围。此技术操作简便、安装迅速,能在短时间内对顶板进行有效支护,为后续永久支护施工争取时间。

4.1.2 吊链式前探梁支护技术

吊链式前探梁支护技术也是一种常见的临时性支护手段。其借助链条将前探梁与巷道顶部锚杆相连,利用链条的可调节性适应不同巷道顶板情况。在顶板岩性较软或有局部破碎区域,该技术优势明显。安装时,先将锚杆固定在顶板合适位置,然后将链条一端与锚杆连接,另一端连接前探梁。通过调整链条长度,使前探梁紧贴顶板,再铺设背板等防护材料。这种支护方式灵活性强,可根据现场实际情况灵活调整前探梁位置与角度,有效支撑顶板,防止破碎岩石掉落,保障掘进施工安全。

4.2 永久性支护技术

4.2.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术是通过在巷道围岩中钻孔,将锚杆安装其中并锚固,利用锚杆与围岩间的摩擦力及黏结力,将不稳定的浅表围岩与深部稳定岩体连接为一体,形成承载结构,有效控制围岩变形。该技术适用于各类岩性巷道,尤其在中等稳定以上围岩中效果显著。其施工简便、成本较低,能及时对围岩提供支护力,增强巷道稳定性。安装时,需依据围岩条件精确定锚杆长度、直径及间距,确保锚固质量,充分发挥锚杆支护效能,保障巷道长期安全使用。

4.2.2 锚索支护技术

锚索支护技术利用高强度钢绞线制作锚索,将其深入锚固至稳定岩层深部。锚索施加预应力后,对围岩产生强大的轴向拉力,能有效约束围岩变形,控制较大范围的岩体稳定。在深部巷道、大断面巷道以及围岩破碎、地压较大区域,锚索支护优势突出。相较于锚杆,锚索支护深度大、承载能力强。施工时,要严格把控锚索钻孔深度、角度,确保锚索安装牢固,预应力施加准确,以此增强巷道整体稳定性,满足长期使用要求。

4.2.3 锚、网、喷支护技术

锚、网、喷支护技术融合了锚杆、金属网和喷射混凝土的协同作用。先安装锚杆稳固围岩,再铺设金属网,增强围岩整体性,最后喷射混凝土形成防护层,封闭围岩表面,防止风化和碎块掉落。此技术适用于多种复杂地质条件巷道,能有效应对围岩变形、破碎等问题。喷射混凝土可及时填充围岩裂隙,提高岩体抗风化能力,与锚杆、金属网共同形成坚固支护结构。施工过

程中,需注意混凝土配合比、喷射厚度及锚杆、金属网的安装质量,保障支护长期稳定。

4.3 特殊条件下的支护技术

4.3.1 软岩巷道支护技术

软岩巷道的围岩强度低、变形大,支护难度高。软岩巷道支护技术通常采用联合支护方式,以应对复杂情况。例如,先施作锚杆支护,通过锚杆锚固力约束围岩浅层变形,再配合可缩性支架。可缩性支架能适应软岩持续变形特性,在围岩压力作用下可适度收缩,释放部分压力,同时保持对围岩的支撑力。此外,喷射混凝土封闭围岩表面,防止风化进一步降低围岩强度。施工时,需根据软岩具体特性,如岩石的流变特性、节理发育程度等,合理调整锚杆参数、支架间距与喷射混凝土厚度,保障支护体系有效控制软岩巷道变形。

4.3.2 动压巷道支护技术

动压巷道受采动影响,围岩应力状态复杂且不断变化。针对此类巷道,采用让压支护技术较为有效。锚索与让压装置组合是常见方式,锚索深入稳定岩层提供锚固力,让压装置则在动压作用下允许锚索一定程度的伸缩。当巷道围岩受动压产生大变形时,让压装置释放能量,避免锚索因过载断裂,持续维持对围岩的支护作用。同时,配合高强度的锚网支护,增强巷道表面围岩整体性。施工中,要精确监测动压变化,依据压力大小与变化规律,合理设置让压装置参数,确保支护系统在动压环境下长期稳定,保障巷道安全使用^[4]。

结束语

综上所述,采矿工程巷道掘进与支护工作面临诸多复杂挑战。从高瓦斯风险、穿越不稳定地层,到通风设计与支护方式的特殊性,每一个环节都至关重要。在掘进过程中,合理选择掘进方式、重视地质勘探、严格控制瓦斯排放与落实通风防尘措施,是保障高效作业的关键。支护技术方面,无论是临时性、永久性还是特殊条件下的支护,都需依据具体工况精准施策。

参考文献

- [1]田明富.采矿工程巷道掘进技术与支护技术分析[J].西部探矿工程,2022,34(07):174-176.
- [2]庞万军.采矿工程中巷道掘进和支护技术研究[J].黑龙江科学,2022,13(12):172-173.
- [3]官晓亮.采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].中国金属通报,2022,(06):213-215.
- [4]郭晓辉.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].当代化工研究,2022,(07):108-110.