

煤矿巷道掘进和支护应用研究

张志坚

宁夏王洼煤业有限公司 宁夏 固原 756504

摘要：煤矿巷道掘进和支护对于煤矿安全生产意义重大。掘进技术包含综合机械化、连续采煤机、掘锚一体化、光面爆破等技术。支护技术有锚杆、锚索、喷射混凝土、钢架以及联合支护技术。为更好应用这些技术，需做好地质勘察，合理选择掘进和支护技术，加强施工管理，推广新技术、新工艺，强化人员培训与管理。深入研究煤矿巷道掘进和支护技术，能提升煤矿开采效率与安全性，促进煤矿行业可持续发展。

关键词：煤矿；巷道掘进；支护应用；研究

引言：在煤矿开采中，巷道掘进和支护是关键环节。巷道作为煤炭运输、人员通行和通风的重要通道，其掘进质量直接影响煤炭开采的效率和成本。合理的支护则能确保巷道的稳定性和安全性，防止巷道坍塌等事故发生。当前，随着煤矿开采规模的不断扩大和开采深度的增加，对巷道掘进和支护技术提出了更高要求。将详细探讨煤矿巷道掘进和支护技术的应用，并提出相应的应用策略，以促进煤矿行业的安全高效发展。

1 煤矿巷道掘进和支护的重要性

在煤矿开采作业中，巷道掘进和支护是不可或缺的重要环节，对煤炭行业的安全生产与可持续发展有着深远影响。巷道掘进质量直接关系到煤炭开采效率。合理规划巷道掘进路径，能确保煤炭开采、运输的高效衔接，减少物料运输距离与时间损耗，提升开采作业效率。同时，精确的巷道断面设计和坡度控制，可使采掘设备充分发挥性能，加速开采进程。支护工程则是煤矿安全生产的关键保障。煤矿井下地质条件复杂，顶板压力、地应力等因素易引发巷道变形、坍塌。科学的支护技术能有效抵抗地压，维持巷道稳定，避免顶板事故发生，保障作业人员生命安全。此外，合理的支护还能优化井下通风环境，确保空气流通顺畅，降低瓦斯积聚风险，为安全生产创造良好条件。从经济效益层面来看，先进的掘进和支护技术可显著降低巷道维护成本。高质量的施工与支护，能延长巷道使用寿命，减少后期维修、加固费用；合理选择支护材料和工艺，可优化资源配置，避免材料浪费，实现降本增效，为煤矿企业带来可观的经济效益，助力企业长远发展^[1]。

2 煤矿巷道掘进技术

2.1 综合机械化掘进技术

综合机械化掘进技术作为煤矿现代化开采的核心技术之一，构建起了一套高度集成的作业体系。该技术以

掘进机为中枢，搭配刮板运输机、带式运输机等设备，实现从煤岩截割到物料转运的全流程机械化作业。掘进机通过大功率旋转截割头，利用截齿的冲击和切削作用破碎煤体或岩石，其破碎效率和能力远超传统人工或半机械化方式。据实际应用数据统计，在中硬煤层巷道掘进中，综合机械化掘进技术的日均进尺可达15-20米，较传统掘进方式效率提升3-5倍。同时，整套设备运行稳定，通过远程操作和自动化监控系统，显著降低了工人在高危环境下的作业强度与安全风险。此外，该技术对巷道断面形状和尺寸的适应性强，在大断面巷道和复杂地质条件下，依然能够保持高效作业。

2.2 连续采煤机掘进技术

连续采煤机掘进技术凭借其独特的设备集成优势，成为煤矿巷道掘进的重要选择。连续采煤机集截割、装载、运输功能于一身，其滚筒截齿以高速旋转方式破碎煤体，破碎后的煤块经装载机构快速输送至刮板输送机，再经带式输送机转运出巷道，整个作业过程连续高效。该技术尤其适用于多巷掘进和短壁开采模式，在房柱式开采煤矿中，连续采煤机可灵活穿梭于各采房之间，快速完成巷道掘进与煤炭开采任务。例如，在一些薄煤层且地质构造复杂的矿区，连续采煤机掘进技术能够有效避开断层等地质障碍，实现灵活开采，相比传统掘进方式，开采效率提升约40%。不过，由于该技术作业速度快，巷道暴露时间短，围岩应力变化迅速，因此对支护工作的及时性和有效性要求极高，需要配套高效的支护设备和工艺，以保障作业安全和巷道稳定。

2.3 掘锚一体化掘进技术

掘锚一体化掘进技术打破了传统掘进与支护分步进行的模式，开创了巷道施工的全新范式。该技术通过对掘进机进行功能升级，集成锚杆钻机、锚索张拉设备等支护装置，在掘进机向前推进截割煤岩的同时，后方支

护设备同步开展锚杆、锚索的钻孔、安装和紧固工作,实现掘进与支护的无缝衔接。这种“边掘边支”的作业模式,有效避免了传统工艺中因等待支护而产生的时间损耗,大幅缩短巷道掘进工期,据工程实践统计,可使巷道掘进效率提升30%-50%。而且,及时的支护能够第一时间对新暴露的围岩进行加固,显著增强围岩的自稳能力,有效控制围岩变形,降低顶板冒落、片帮等事故发生概率。在深部矿井和围岩破碎带等复杂地质条件下,掘锚一体化掘进技术的安全优势更为突出,已成为保障煤矿高效安全开采的关键技术手段,在我国各大矿区得到越来越广泛的应用与推广。

2.4 光面爆破掘进技术

光面爆破掘进技术以精准的爆破设计和控制为核心,在岩石巷道掘进领域展现出独特优势。该技术通过对炮眼布置进行优化,将炮眼分为掏槽眼、辅助眼和周边眼,并精确计算各炮眼的深度、间距和装药量。其中,周边眼采用不耦合装药结构,即炸药与炮眼壁之间留有空气间隙,以此控制爆炸能量的释放方向和强度,使爆破冲击波沿巷道轮廓线方向传播,减少对围岩的过度扰动。实际工程应用表明,采用光面爆破技术后,巷道超挖量可降低至10%以内,欠挖现象基本消除,极大减少了后期巷道支护和修复工作量,节约支护成本约20%-30%。同时,平整光滑的巷道断面有效减少了通风阻力,提升了通风效果,也为运输设备的运行创造了良好条件。在地铁隧道、水利涵洞等对成型质量和围岩稳定性要求高的地下工程中,光面爆破技术同样发挥着重要作用,其技术原理和施工工艺也在不断创新和完善,以适应更多复杂工程环境的需求^[2]。

3 煤矿巷道支护技术

3.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术是煤矿巷道支护领域的“基础卫士”,通过在围岩中钻孔植入锚杆,利用其与岩体间的摩擦力和锚固力,将浅层破碎围岩与深部稳定岩体相连,形成可靠的承载结构,有效增强围岩自稳性。该技术的锚杆类型丰富多样,树脂锚杆凭借快速固化、锚固力强的特性,在紧急支护场景中表现卓越;水泥砂浆锚杆则因成本低廉,在稳定围岩中广泛应用。工程实践数据显示,在中等稳定围岩巷道,采用锚杆支护后,顶板下沉量可减少60%-80%,两帮收敛情况也得到显著改善。锚杆支护施工简便,能与掘进作业同步进行,不影响施工效率,且部分锚杆具备可回收性,契合绿色开采理念。近年来,随着智能传感技术的发展,锚杆与应力监测系统结合,可实时反馈受力数据,实现围岩稳定性

的动态预警,在回采巷道、开拓巷道的支护工程中持续发挥关键作用。

3.2 锚索支护技术

锚索支护技术是应对深部复杂地质条件的“强力盾牌”,以高强度钢绞线锚索为核心,深入稳定岩层后通过张拉产生强大预应力,对围岩形成主动约束,有效控制围岩变形,提升整体稳定性。锚索长度可达数米甚至数十米,锚固力高达数百千牛,相比锚杆支护,其支护强度和控制范围优势明显。在深部矿井,随着开采深度增加,地应力增大,顶板垮落风险加剧,锚索支护成为保障安全的关键技术。例如,某千米深井采用锚索支护后,顶板下沉量从300mm骤降至50mm以内。实际应用中,锚索常与锚杆、钢带联合,组成锚网索支护体系,进一步优化支护效果。近年来,新型可回收锚索技术取得突破,既保证支护性能,又解决钢材回收难题,降低成本,在深部巷道、断层破碎带等复杂区域的支护中占据核心地位。

3.3 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护技术犹如给巷道围岩披上一层“防护铠甲”,借助混凝土喷射机将混凝土高速喷射至围岩表面,使其迅速粘结形成支护层。该技术最大优势在于及时性,能在巷道开挖后即刻施工,有效封闭围岩,防止风化、潮解和碎胀变形,同时填充裂隙,增强围岩整体性。当与锚杆、钢筋网结合形成锚网喷联合支护时,支护强度大幅提升。在软岩和破碎岩层巷道中,喷射混凝土支护成效显著,可使围岩表面强度提升2-3倍,变形速率降低50%以上。近年来,湿喷技术逐渐取代干喷,减少了粉尘污染,提高了施工质量与效率。此外,纤维混凝土的应用为该技术注入新活力,通过添加钢纤维、合成纤维,增强了混凝土韧性和抗裂性,使其在动压、采动影响区域的支护中发挥更大作用,广泛应用于巷道临时与永久支护。

3.4 钢架支护技术

钢架支护技术是复杂地质条件下巷道的“钢铁脊梁”,采用型钢、工字钢或U型钢加工成钢架,为围岩提供强大刚性支撑,快速承接开挖后的地压,有效遏制巷道变形。在穿越断层带、陷落柱等地质复杂区域,钢架支护是防止顶板坍塌的关键防线。实际工程中,钢架常与喷射混凝土、锚杆联合,形成钢拱架-喷混凝土-锚杆联合支护体系,刚柔结合提升支护效果。例如,某煤矿穿越断层巷道采用该联合支护后,成功抵御强地压,保障了巷道稳定。然而,钢架支护也存在钢材用量大、成本高、架设拆卸复杂等问题。为此,轻量化高强度钢材不

断研发,自动化架设设备逐步推广,降低了施工难度与成本,使钢架支护在复杂地质巷道支护中持续发挥不可替代的作用,工程师们也在不断优化方案,平衡支护效果与经济效益。

3.5 联合支护技术

联合支护技术是根据巷道实际需求定制的“综合防护方案”,它将两种或多种支护技术有机结合,实现优势互补。在深部高应力软岩巷道,锚杆-锚索-喷射混凝土-钢架联合支护模式被广泛应用,锚杆和锚索提供深部锚固力,喷射混凝土封闭围岩表面,钢架抵御瞬间地压,显著提升支护效果,可使巷道变形量降低70%-90%。在受采动影响大的回采巷道,锚杆-注浆联合支护通过注浆加固破碎围岩,再用锚杆强化,有效对应应力变化。联合支护技术的设计需综合考虑地质条件、巷道用途等多因素,运用岩石力学、工程地质等多学科知识,通过数值模拟和现场监测优化方案与参数,在保障支护效果的同时实现成本最优,是煤矿深部开采、特殊地质区域巷道支护的核心技术,随着开采环境日益复杂,其重要性愈发突出^[3]。

4 煤矿巷道掘进和支护技术应用策略

4.1 做好地质勘察工作

地质勘察是煤矿巷道掘进和支护的前提。通过地质雷达、钻探等技术,全面获取巷道区域的岩性、地质构造、水文条件等信息,精准绘制地质剖面图。利用大数据分析 with 数值模拟技术,预测掘进过程中可能遇到的断层、破碎带等风险,为后续技术方案制定提供科学依据。

4.2 合理选择掘进和支护技术

依据地质勘察结果,结合巷道用途、服务年限等因素,科学选择掘进和支护技术。在稳定岩层可采用综合机械化掘进搭配锚杆支护;复杂地质区域则选用掘锚一体化掘进结合联合支护技术。同时,引入技术经济评价体系,对比不同技术方案的成本、效率与安全性,实现技术选型的最优化,确保以合适的技术组合,高效完成巷道工程建设,降低施工成本与风险。

4.3 加强施工管理

严格的施工管理是技术应用效果的保障。建立标准化施工流程,规范掘进设备操作、支护材料安装等工序;运用信息化管理系统,实时监控施工进度、设备运

行状态及支护质量。加强现场监督,及时纠正违规操作,对隐蔽工程进行重点验收。通过完善的质量管理体系,确保掘进和支护技术按设计要求精准实施,提高工程整体质量与可靠性。

4.4 推广应用新技术、新工艺

煤矿行业需紧跟技术发展趋势,积极推广应用新型掘进和支护技术。如引入智能掘进机器人,实现无人化作业;采用纳米改性混凝土提升支护强度。建立产学研合作机制,鼓励企业与科研院校联合攻关,加速新技术、新工艺的研发与转化。通过技术创新,解决传统技术难题,提升煤矿开采的智能化、绿色化水平,增强行业竞争力。

4.5 强化人员培训与管理

专业人才是技术应用的关键。针对不同岗位需求,开展分层分类培训,内容涵盖新技术原理、设备操作、安全规范等。定期组织技能竞赛与考核,提升人员实操能力。建立完善的激励机制,鼓励员工创新。同时,加强安全意识教育,培养员工的风险防范能力,打造一支高素质、专业化的施工队伍,为煤矿巷道工程建设提供人力支撑^[4]。

结束语

煤矿巷道掘进与支护技术的应用研究,是煤矿安全高效开采的核心课题。从先进技术的研发应用到科学策略的实践落地,每一个环节都关乎煤矿生产的命脉。随着行业对智能化、绿色化要求的提升,未来需持续深化技术创新,加强产学研协同,攻克复杂地质条件下的技术难题。同时,完善人才培养体系,提升全员技术素养与安全意识。

参考文献

- [1]苏秉.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J].石化技术,2020,27(12):241-242.
- [2]王志超.采矿工程巷道掘进和支护应用[J].当代化工研究,2020(24):162-163.
- [3]李福合.论采矿工程巷道掘进和支护应用[J].当代化工研究,2020(24):188-189.
- [4]王安红.巷道掘进支护技术工艺探讨[J].机械管理开发,2020,35(11):38-39-42.