

煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的应用

杨方明

大同市云冈区自然资源局 山西 大同 037000

摘要：本文围绕煤矿采矿工程，深入探讨了巷道掘进和支护技术，阐述了巷道掘进技术的概念、巷道支护技术的作用以及二者的协同关系，详细介绍了常见的巷道掘进技术和支护技术，并分析了不同地质条件下这些技术的应用策略。旨在为煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的合理应用提供理论支持和实践指导，促进煤矿安全生产和高效开采。

关键词：煤矿采矿工程；巷道掘进技术；支护技术；应用分析；优化策略

1 巷道掘进与支护技术相关概述

1.1 巷道掘进技术的概念

巷道掘进是煤矿采矿工程中的关键环节，指为开采煤炭资源，在地下岩体中开凿出各种用途通道的作业过程。这些通道包括运输巷道、通风巷道、回采巷道等，它们构成了煤矿生产的“脉络”，为煤炭的运输、人员的通行以及通风、排水等生产活动的开展提供了必要空间。巷道掘进技术的优劣直接影响着煤矿的生产效率、成本以及安全性。先进的掘进技术能够提高巷道掘进速度，缩短建设周期，降低生产成本，同时保证巷道的质量和稳定性，减少后续维护工作量。

1.2 巷道支护技术的作用

巷道支护技术是保障煤矿安全生产的重要手段。在巷道掘进后，原有的岩体平衡被打破，围岩应力重新分布，会导致巷道围岩出现变形、破裂甚至坍塌等现象。巷道支护技术通过对围岩施加一定的支撑力，限制围岩的变形和位移，维持巷道的稳定性，为煤矿生产创造安全可靠的环境。合理的支护设计可以有效控制围岩的变形，延长巷道的使用寿命，减少因巷道失修而导致的生产中断和安全事故，保障煤矿生产的连续性和稳定性^[1]。

1.3 两者的协同关系

巷道掘进技术与支护技术之间存在着紧密的协同关系，二者相互依存、相互影响，共同保障煤矿采矿工程的顺利进行。一方面，巷道掘进是支护技术应用的前提和基础。只有先通过掘进技术开辟出巷道，才需要进行支护作业。同时，掘进技术的选择和实施情况会直接影响到支护技术的应用效果。例如，不同的掘进方式会形成不同的巷道断面形状和围岩状况，这就要求支护技术能够与之相适应。如果掘进过程中对围岩的扰动过大，就会增加支护的难度和强度要求。另一方面，支护技术是巷道掘进顺利进行的保障。在巷道掘进过程中，随着

巷道的不断延伸，围岩的稳定性会逐渐降低，此时需要及时进行支护，以防止围岩发生坍塌，确保掘进作业能够安全、持续地进行。如果支护不及时或支护效果不佳，可能会导致掘进作业中断，甚至引发安全事故。在进行煤矿采矿工程设计时，需要综合考虑掘进技术和支护技术的特点，制定出相互匹配的技术方案。例如，对于地质条件复杂的区域，需要选择对围岩扰动较小的掘进技术，并搭配高强度的支护技术，以实现两者的最佳协同效果。

2 煤矿采矿工程中常见的巷道掘进技术

2.1 综合机械化掘进技术

综合机械化掘进技术是集截割、装载、运输和行走于一体的高效掘进技术。该技术主要设备包括悬臂式掘进机、刮板输送机、转载机等。悬臂式掘进机通过截割头的旋转和摆动，对煤岩进行截割和破碎，破碎后的煤岩由装载机构装载到刮板输送机上，再通过转载机将煤岩转运至后续运输设备。综合机械化掘进技术具有掘进速度快、效率高、质量好等优点，适用于煤层厚度适中、地质条件较好的巷道掘进。在一些大型煤矿中，综合机械化掘进技术已成为主要的掘进方式，大大提高巷道掘进效率，缩短建设周期。

2.2 普通机械化掘进技术

普通机械化掘进技术主要采用钻眼爆破和装载运输设备相结合的方式进行掘进。首先使用钻眼设备在煤岩中钻出一定深度和直径的炮眼，然后装填炸药进行爆破，将煤岩破碎后，采用装载机、耙斗装岩机等设备将破碎的煤岩装载到运输设备上。普通机械化掘进技术设备简单、成本较低，适用于地质条件较为复杂、煤层厚度变化较大的巷道掘进。但该技术掘进速度相对较慢，劳动强度较大，且爆破作业对围岩的破坏较大，需要加强后续的支护工作^[2]。

2.3 爆破掘进技术

爆破掘进技术是一种传统的掘进方式，通过炸药的爆炸能量破碎煤岩。该技术主要包括钻眼、装药、爆破、通风、出矸等工序。在钻眼过程中，应根据巷道的断面形状和尺寸，合理布置炮眼的位置和深度，以确保爆破效果。装药时，要严格控制炸药的用量和装药结构，避免出现炸药浪费或爆破不充分的情况。爆破后，要及时进行通风，排除炮烟和有害气体，保证作业环境的安全。然后使用装载设备将破碎的煤岩运出巷道。爆破掘进技术适应性强，能够处理各种硬度的煤岩，但爆破产生的震动和冲击波对围岩的破坏较大，容易导致巷道围岩松动、片帮等问题，需要加强支护措施。

3 煤矿采矿工程中常见的巷道支护技术

3.1 锚杆支护技术

锚杆支护技术是通过向巷道围岩钻孔，将锚杆植入孔内并施加预应力，利用锚杆与围岩的锚固力加固围岩的主动支护技术，目前已成为煤矿巷道支护的主流技术之一，尤其适用于中等稳定以上围岩的巷道支护。其支护原理是：锚杆植入围岩后，通过锚杆的抗拉强度将巷道周边松动的围岩与深部稳定围岩连接，形成“组合拱”或“承载环”，借助围岩自身的强度抵抗变形。锚杆的类型较多，煤矿中常用的有树脂锚杆、机械式锚杆等，其中树脂锚杆通过树脂药卷锚固，锚固力大、可靠性高，应用最为广泛。实际应用中，锚杆支护技术的施工流程包括钻孔、安装锚杆、施加预应力等环节。例如，在煤层巷道中，通常采用直径20-22mm、长度2.2-2.5m的树脂锚杆，钻孔直径28-30mm，锚杆间距0.8-1.0m，排距1.0-1.2m；安装时通过锚杆钻机将锚杆与树脂药卷一同送入孔内，旋转锚杆使树脂药卷固化，实现锚固。

3.2 锚索支护技术

锚索支护技术与锚杆支护技术原理类似，但锚索长度更长（通常5-15m）、直径更大（20-28mm），且需通过张拉设备施加更高的预应力（通常100-300kN），主要适用于高应力、大跨度巷道或围岩稳定性较差的巷道，可作为锚杆支护的补充，增强支护强度。锚索的锚固深度更深，能将巷道围岩的应力传递至深部稳定岩层，从而控制大跨度或高应力区域的围岩变形。在施工上，锚索支护需采用专用的锚索钻机钻孔，钻孔深度根据支护需求确定，随后植入锚索并注入锚固剂（如水泥浆、树脂药卷），待锚固剂固化后，通过张拉千斤顶施加预应力。例如，在煤矿车场等大断面巷道（断面积20-30m²）中，通常采用“锚杆+锚索”的联合支护方式：锚杆负责控制浅部围岩变形，间距0.8m×0.8m；锚索每2-3排锚杆

布置一组，每组2-3根，间距2.0m×2.0m，预应力150kN。应用后，巷道顶底板移近量可控制在100mm以内，有效保障了大断面巷道的稳定。但锚索支护施工周期较长，设备投入较大，通常不单独使用，而是与锚杆等支护技术配合应用。

3.3 金属支架支护技术

金属支架支护技术是通过在巷道中设置金属支架，利用支架的强度和刚度来抵抗围岩的压力，维护巷道稳定的一种支护技术。常见的金属支架包括梯形支架、拱形支架等。金属支架支护技术的优点是支护强度大，承载能力强，能够在较大的围岩压力下保持巷道的稳定。同时，金属支架的安装和拆卸相对方便，能够重复使用，降低了支护成本。此外，金属支架的适应性较强，适用于多种地质条件下的巷道支护，尤其是在破碎围岩和高地压等复杂地质条件下，具有较好的支护效果^[3]。

然而，金属支架支护技术也存在一些缺点。一是金属支架的重量较大，运输和安装不方便，增加了施工的劳动强度。二是金属支架与围岩之间的接触面积较小，对围岩的约束作用相对较弱，容易导致围岩与支架之间出现空隙，影响支护效果。三是金属支架在长期使用过程中容易发生锈蚀，降低支架的强度和使用寿命。在实际应用中，金属支架支护技术通常用于对支护强度要求较高的巷道，如采区上下山、主要运输巷道等。在选择金属支架类型时，需要根据巷道的断面形状、围岩压力等因素进行综合考虑。同时，要确保金属支架的安装质量，保证支架的架设位置准确、牢固。还需要加强对金属支架的维护和保养，定期进行除锈、防腐处理，延长其使用寿命。

3.4 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护技术是通过将混凝土混合料通过喷射机高压喷射到巷道围岩表面，形成一层混凝土支护层，从而起到保护围岩、维护巷道稳定的作用。该技术的工作原理是利用喷射机将混凝土混合料以高速喷射到围岩表面，混凝土在喷射过程中受到高压作用，能够与围岩紧密结合，形成一个整体。同时，混凝土支护层具有一定的强度和刚度，能够抵抗围岩的变形和压力。喷射混凝土支护技术的优点是施工速度快，能够及时对围岩进行支护，减少围岩的暴露时间。同时，混凝土支护层与围岩的粘结力强，能够充分发挥围岩的自承能力。另外，喷射混凝土支护技术对巷道断面的占用较小，不会影响巷道的正常使用。喷射混凝土支护技术适用于多种地质条件下的巷道支护，尤其是在围岩较为破碎、需要及时封闭围岩的情况下，应用效果较好。不过，喷射

混凝土支护技术的支护强度相对较低，在围岩压力较大的情况下，往往需要与其他支护技术联合使用。在应用过程中，喷射混凝土支护技术的关键在于控制混凝土的配合比和喷射参数。需要根据围岩的地质条件和支护要求，确定混凝土的水灰比、水泥用量、骨料级配等参数。同时，要控制好喷射机的工作压力、喷射距离和喷射角度等参数，确保混凝土能够均匀、密实地喷射到围岩表面。

4 不同地质条件下巷道掘进和支护技术的应用

4.1 稳定煤层地质条件

在稳定煤层地质条件下，煤层厚度均匀、地质构造简单、围岩稳定性好。此时，巷道掘进可采用综合机械化掘进技术或普通机械化掘进技术，以提高掘进效率。支护方式可选择锚杆支护或锚杆+喷射混凝土联合支护。锚杆支护能够充分发挥围岩的自身承载能力，满足巷道稳定性的要求。对于服务年限较长或受采动影响较大的巷道，可采用锚杆+喷射混凝土联合支护，增强支护的强度和耐久性^[4]。例如，某煤矿在稳定煤层中掘进运输巷道时，采用综合机械化掘进技术和锚杆支护方式，巷道掘进速度达到了每月600米，且支护效果良好，能够满足生产要求。

4.2 破碎围岩地质条件

破碎围岩地质条件下，围岩破碎、松散，自稳能力差。在巷道掘进时，应尽量减少对围岩的扰动，采用光面爆破或预裂爆破等掘进技术，降低爆破对围岩的破坏程度。支护方式应采用锚杆+锚索+金属网+喷射混凝土联合支护。锚杆和锚索能够提供主动支护力，将破碎的围岩锚固在一起；金属网能够防止围岩的片落和冒落；喷射混凝土能够封闭围岩，提高围岩的整体性。通过多种支护方式的联合作用，形成有效的支护体系，保障巷道的稳定性。例如，某煤矿在破碎围岩巷道中采用上述联合支护方式后，巷道的变形量明显减小，支护效果显著提高。

4.3 高地压地质条件

高地压地质条件下，巷道围岩承受较大的地应力，容易发生变形和破坏。在巷道掘进时，应采用短掘短支的方式，及时进行支护，控制围岩的变形。支护方式可采用高强度锚杆+锚索联合支护，并适当增加锚杆和锚索

的密度和长度，提高支护的承载能力。同时，可采用让压锚杆或让压锚索等新型支护材料，允许围岩在一定范围内变形，释放部分地应力，避免支护结构因应力集中而破坏。例如，某煤矿在高地压巷道中采用高强度锚杆+锚索联合支护和让压技术后，有效控制巷道的变形，保障巷道的安全使用。

4.4 高瓦斯地质条件

高瓦斯地质条件下，巷道掘进和支护过程中需要特别注意瓦斯防治问题。在巷道掘进时，应采用湿式钻眼、水炮泥等防尘措施，降低粉尘浓度，防止瓦斯爆炸。同时，要加强通风管理，确保巷道内有足够的风量，稀释和排出瓦斯。支护方式应选择密封性好的支护形式，如喷射混凝土支护或金属支架支护与喷射混凝土联合支护，防止瓦斯从围岩裂缝中泄漏^[5]。此外，还应安装瓦斯监测设备，实时监测巷道内的瓦斯浓度，确保安全生产。例如，某高瓦斯煤矿在巷道掘进和支护过程中，严格按照瓦斯防治要求进行作业，采用喷射混凝土支护和加强通风管理等措施，有效避免了瓦斯事故的发生。

结束语

综上所述，巷道掘进与支护技术是煤矿采矿工程中的关键环节，直接关系到矿井的生产效率和安全性。随着技术的不断进步和创新，未来巷道掘进与支护技术将更加高效、智能和环保。煤矿企业应密切关注行业动态和技术发展趋势，不断优化和改进现有技术，提高巷道掘进速度和支护质量，为煤矿的可持续发展奠定坚实基础。同时，加强员工培训和技术交流，提升员工的专业技能和安全意识，也是保障煤矿安全生产的重要途径。

参考文献

- [1]李德均,董岩,孙计云,等煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].矿业装备,2022(5):57-59.
- [2]朱振平.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].矿业装备,2022(5):89-91.
- [3]胡金春.煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术的应用[J].新疆钢铁,2025(2):95-97.
- [4]孙长升.煤矿采矿工程中巷道掘进和支护技术应用研究[J].科技资讯,2025,23(11):167-169.
- [5]林涛,李长河,裴东伦.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(20):175-177.