

煤矿采掘中巷道布置与支护技术的应用研究

杨玉龙

陕西延长石油集团横山魏墙煤业有限公司 陕西榆林 719000

摘要：巷道掘进是煤矿开采中关键的环节之一，它直接影响到矿井生产的安全、高效和可持续性，对于确保矿井的正常运行和工人的安全具有至关重要的作用。然而，目前存在的问题是巷道掘进和支护技术在面对深部、薄煤层、软弱地层和高地应力等复杂工况时，面临诸多困难和挑战。传统的掘进方法和支护材料往往难以满足高强度、高效率和长寿命的要求，导致巷道的稳定性和安全性受到威胁。因此，对于巷道掘进和支护技术的研究和创新变得迫切。

关键词：煤矿采掘；巷道布置；支护技术

一、巷道布置

1. 巷道布置基本原则

①安全性。在煤矿开采过程中需要重视安全性原则，因此在布置巷道的时候要优先考虑安全要求。在布置之前，工作人员需要全面了解煤矿的地质条件和水文条件等，因此选择针对性的安全防护措施，例如，落实支护加固措施和排水措施等，控制地质矿压，解除水涌问题等，提高生产过程的安全性。②经济性。煤矿开采工作具有长期性特点，需要投入较多的人力资源和资金等，因此在巷道布置过程中需要重视经济性原则。例如，需要科学排布巷道，合理缩减巷道的长度，避免在支护工作方面投入较多的资金，同时还会浪费工程材料。③合理性。布置巷道的过程中坚持合理性原则，通过合理增加采煤量和采煤速度，提高整体增产效率。通过合理布置巷道，明确巷道的长度和采区界限等，提高支顶和采空区设置的合理性，有利于高效地完成采煤工作。

2. 多煤层开采巷道布置

很多煤矿的煤层较多，为了顺利完成开采工作，需要设计科学的开采方案，合理布置回采巷道。设计人员需要明确相邻煤层的距离，以此合理选择巷道的部位^[1]。如果距离超过35m，很容易发生干扰问题，可以对上下层的巷道进行重当上、下两层的距离小于35m时，在进行上、下两层的巷道布局时，要将上、下两层的隧道相互间的关系进行全面的考量，比如，上一层的压力会转移到下一层的巷道，从而导致下层的巷道出现变形，因此增加后续维护工作量。为了避免上述问题，为减轻下部巷道所承担的应力，应在横向进行分层的回采巷间距的设置。要考虑到煤层的埋深及上、下的间距，合理选择断层间距。

在近距离煤层开采过程中，需要综合考虑以下几个方面：①需要详细地分析煤矿下层的顶板受力情况，采取合适的措施，避免发生顶板帽掉落问题。利用这种方式可以保障采煤过程的安全性和稳定性。②布置巷道的时候利用重叠式方式，在煤层安装顶板，发挥出防护作用。主要是在上下煤层回采巷道中设置顶板，有利于保障整体开采效率。在开采矿近距离煤层的时候，需要因地制宜地选择巷道布置方式，保障布置结果的精准性。③优化设计巷道面，保证了煤炭开采的高品质与高效率。要根据巷道的具体条件，对工作方式进行适当的选取，可以采用金属制成的可伸缩式支架，安装支架后能够起到支撑的效果。在开采过程中会逐渐扩大开采面，不仅可以提高开采效率，同时可以减少问题的发生，高质量地完成工作任务。

二、煤矿采掘中支护技术

1. 支护技术的分类

(1) 锚杆支护技术

锚杆支护是通过在巷道围岩中钻孔，将锚杆安装在孔内，利用锚杆与围岩之间的摩擦力和粘结力，将围岩锚固在一起，形成一个稳定的承载结构。锚杆支护具有成本低、施工方便、支护效果好等优点，广泛应用于煤矿巷道支护中。常见的锚杆有金属锚杆、玻璃钢锚杆等。

(2) 锚索支护技术

锚索支护是利用高强度钢绞线制成的锚索，将巷道深部稳定的岩体与浅部围岩连接在一起，提供强大的锚固力。锚索支护适用于围岩条件较差、顶板压力较大的巷道。它可以与锚杆支护联合使用，形成锚杆-锚索联合支护体系，进一步提高支护效果。

(3) 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护是将混凝土通过喷射机喷射到巷道围岩表面，形成一层混凝土支护层。喷射混凝土可以及时封闭围岩，防止围岩风化和松动，同时还能与围岩紧密结合，共同承受围岩压力。喷射混凝土支护可分为普通喷射混凝土支护和钢纤维喷射混凝土支护，钢纤维喷射混凝土支护能够提高混凝土的抗拉和抗剪强度，增强支护效果。

(4) 架棚支护技术

架棚支护是采用金属支架或木支架等在巷道内架设支架，直接支撑巷道顶板和两帮。架棚支护适用于围岩破碎、压力较大的巷道。金属支架具有强度高、可回收等优点，木支架则具有成本低、加工方便等特点，但木支架的承载能力相对较低，且易腐朽。

2. 支护技术的选择依据

(1) 围岩条件

根据巷道围岩的岩性、完整性、节理裂隙发育程度等确定支护方式。对于围岩较稳定、完整性好的巷道，可以采用简单的锚杆支护；对于围岩破碎、节理裂隙发育的巷道，则需要采用联合支护方式，如锚杆-锚索-喷射混凝土联合支护。

(2) 巷道用途和服务年限

不同用途和服务年限的巷道对支护的要求不同。例如，永久巷道的支护要求较高，需要保证长期的稳定性；而临时巷道的支护可以相对简单，以降低成本。

(3) 开采深度和地应力

随着开采深度的增加，地应力增大，巷道围岩的变形和破坏也会加剧。在高应力区域，应选择强度高、支护效果好的支护技术，如锚索支护或联合支护。

三、煤矿采掘中巷道布置与支护技术的应用

1. 薄煤层巷道布置

(1) 巷道尺寸

薄煤层开采因煤层厚度受限，巷道尺寸的确定需精细权衡安全性与开采效率。一方面，要充分考量采煤设备的外形尺寸、运行参数以及检修空间需求，确保设备能够顺利通行与作业。例如，薄煤层采煤机机身高度通常较低，巷道高度应在满足设备通过的基础上，预留适当的安全部分，一般为0.3-0.5m，防止设备刮擦顶板引发事故。另一方面，依据煤层侧压力与巷道围岩稳定性状况，合理确定巷道宽度。若围岩松软、侧压力大，适当缩小巷道宽度，同时加强支护强度，采用密集锚杆支护或增设钢带加固，维持围岩稳定，保障安全生产。

(2) 支护方式

薄煤层巷道支护方式多样，各有优劣。钢架支护具有较高的初期承载能力，适用于围岩破碎、地压较大的地段，能迅速为巷道提供强力支撑；锚杆支护凭借其主动加固围岩的特性，通过锚杆与围岩的锚固作用，调动围岩自身承载能力，广泛应用于岩性较好、节理裂隙发育适中的煤层巷道；喷锚支护则结合了喷射混凝土的封闭防护与锚杆的加固功能，在改善围岩应力状态、增强围岩抗风化能力方面表现卓越，尤其适合在有一定自稳能力但表面易风化剥落的巷道。在实际应用中，需综合考量煤层岩性，如煤层硬度、节理发育程度、地质应力大小等因素，经现场试验与数值模拟分析，选取最优支护组合，确保支护系统具备足够刚度与强度，保障巷道长期稳定。

(3) 巷道交叉和联络

薄煤层巷道交叉与联络部位是生产系统的关键节点，其设计合理性对生产效率与人身安全影响深远。合理规划交叉角度，一般避免直角交叉，采用钝角或弧形过渡，减少应力集中，防止巷道在交叉处发生垮塌。同时，优化联络巷道布局，缩短煤层开采时的转运距离，实现工作面的无缝衔接，提升连续开采能力。例如，采用斜巷联络方式，相较于垂直联络巷，可减少煤炭转运环节的能量损耗与设备磨损，提高运输效率。此外，在交叉和联络处增设加强支护，如架设密集钢梁、增加锚杆锚索数量，强化结构稳定性，应对突发事件时为人员疏散与救援创造有利条件。

(4) 监测与报警设备设置

薄煤层开采环境复杂多变，瓦斯、水害、顶板事故风险并存。因此，必须在巷道内科学布置监测与报警设备。瓦斯监测仪要依据巷道通风风流方向与瓦斯涌出规律，合理分布于巷道顶部、采面附近等关键部位，实时监测瓦斯浓度，一旦超标，立即触发声光报警并联动通风设备，强化通风换气，稀释瓦斯浓度。温度、湿度传感器同步安装，监测环境温湿度变化，辅助判断巷道围岩稳定性与通风效果。同时，利用顶板离层仪、压力传感器监测顶板位移与支护结构受力状态，为巷道支护动态调整提供依据，全方位保障开采安全。

2. 残煤开采巷道布置

残煤作为煤炭资源的重要组成部分，其高效回收对提高煤炭采收率、延长矿井服务年限意义重大。残煤开采巷道布置方式丰富多样，需依矿而定。

(1) 平行巷道法

这是残煤开采的基础方式，广泛应用于煤层倾角相对稳定、剩余煤体呈板状分布的情形。依据煤层倾角精确测量结果，沿主巷道平行方向开拓残煤开采巷道，利用综采设备或连续采煤机逐次回采。如在某缓倾斜煤层煤矿，通过优化平行巷道间距，结合机械化开采工艺，实现了残煤的高效回收，同时避免了煤柱留设过多导致的资源浪费。

(2) 剖面巷道法

当煤层倾角较大，致使残煤矿体在垂直方向上呈现狭长窄带状时，剖面巷道法成为首选。将主巷道沿走向或倾向划分为若干剖面，在各剖面上精准施工巷道，形成多工作面协同开采格局。这种方式能有效适应煤层形态变化，降低开采难度，提高煤炭采出率。

(3) 放射巷道法

针对煤层倾角大且残煤矿体呈放射状向四周延展的特殊情况，放射巷道法展现出独特优势。以主巷道为轴心，向不同方位开凿多条放射状巷道，如同“众星捧月”，各巷道尽头的工作面同步开采，充分利用了残煤资源分布特点，扩大了开采范围，但对通风与运输系统要求较高，需精心设计以保障系统顺畅运行。

(4) 环形巷道法

若残煤矿体以环形或半环形环绕于主巷道周边，环形巷道法便能大显身手。在主巷道临近区域精心构筑环形巷道，将环形区域分割为多个小扇形工作面，依次开采，有效控制顶板垮落范围，保障开采安全，同时提高资源回收率。

(5) 进退式巷道法

对于呈楔形嵌入地层的残煤矿体，进退式巷道法最为适配。从主巷道切入矿体深部，挖掘小巷道逐步回采残煤，完成一段开采后，有序从小巷道退回主巷道，转移至下一个开采区域。此方法灵活应变，可根据残煤赋存变化实时调整开采策略，但对采掘设备的机动性与适应性要求颇高。

总之，残煤开采巷道布置务必综合考量矿层地质全貌，包括煤层倾角、厚度变化、断层分布，以及剩余煤体的几何形状、规模大小，兼顾通风、排水、运输等生产系统需求与安全因素，通过多方案比选，敲定最优布局，实现残煤资源的最大化利用。

3. 支护材料

在煤矿采掘领域，支护材料堪称巷道与采煤工作面稳定的“守护神”，不同类型支护材料各具特色。

钢材以其卓越的强度、出色的耐腐蚀性能以及良好的加工可塑性，成为巷道永久支护与关键部位加固的“主力军”。例如，高强度螺纹钢锚杆在深部高地应力巷道支护中表现亮眼，其与锚索配合，构建起坚固的深部围岩支护体系，有效抵御岩层变形与破坏。然而，钢材成本相对较高，且在高湿度、强酸性环境下，需辅以防腐涂层等额外防护措施，增加了使用成本。

混凝土凭借强大的耐磨、耐腐蚀与高抗压特性，在巷道衬砌、永久支护场景中应用广泛。素混凝土衬砌为巷道提供了坚实的防护外壳，钢筋混凝土则结合了钢材与混凝土的优势，用于大型硐室、永久石门等重要工程结构。但混凝土施工流程繁琐，从配料、搅拌、浇筑到养护，周期较长，且早期强度增长缓慢，在一定程度上制约了开采进度。

木材作为传统支护材料，因质轻、加工便捷、成本低廉，常用于临时性巷道支护与紧急抢险场合。如在巷道开拓初期，为快速搭建临时支护，保障作业人员安全，木材发挥了关键作用。不过，木材耐火性差、易腐朽，承载能力有限，难以满足长期、复杂地质条件下的支护需求。

结束语

巷道布置与支护技术是煤矿采掘中的核心技术，直接关系到煤矿生产的安全与效益。合理的巷道布置能够优化煤炭开采流程，提高资源回收率；科学的支护技术能够确保巷道的稳定，保障作业安全。在实际应用中，应根据煤矿的地质条件、开采技术要求等因素，综合考虑巷道布置和支护技术的选择与应用，实现两者的协同优化。同时，随着科技的不断进步，应积极引入先进的技术和理念，推动巷道布置与支护技术的创新发展，为我国煤炭行业的可持续发展提供有力支撑。未来，还需要进一步加强对复杂地质条件下巷道布置与支护技术的研究，提高应对各种困难和挑战的能力，促进煤矿采掘工作的安全、高效进行。

参考文献

- [1] 刘峰. 煤矿开采工程巷道掘进和支护技术 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (13): 159-161.
- [2] 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 (7): 108-110.
- [3] 杨海峰. 挖金湾煤矿煤柱工作面巷道布置及支护技术应用研究 [J]. 山东煤炭科技, 2020 (01): 13-15+18+21.