

# 矿井巷道支护技术的研究与应用

武 强 (晋能控股煤业集团燕子山矿机掘四队, 山西 大同 037003)

**摘 要:** 煤矿开采单位面对的矿井巷道环境越来越复杂, 必须要充分利用支护系统, 为煤矿生产提供安全可靠的作业条件。本文主要研究矿井巷道支护技术应用方面的问题, 列举当前运用得比较多的支护形式, 剖析支护技术的相关理论, 结合实例分析巷道支护技术的应用事项, 通过正确选择与使用支护技术, 来增加开采效益与提升作业安全水平。

**关键词:** 矿井巷道; 支护技术; 应用

煤矿技术飞速进步, 使煤炭产量相较过去有所增加, 开采煤矿的广度与深度都在不断加大。我国的煤矿开采工作主要在地下开展, 因此需要开掘大量的井下巷道, 必须确保围岩稳定与巷道畅通, 考虑到巷道埋深也在持续加大, 煤矿开采单位不得不面临更加复杂的地质条件, 因此要针对巷道有效运用支护技术, 保障煤矿开采过程的安全性。现主要围绕矿井巷道支护技术应用相关问题展开研究。

## 1 矿井巷道支护形式

### 1.1 应力控制技术

在应力降低区域中布置巷道, 可采用人工卸压处理措施, 对处于巷道周边区域的高应力进行转移, 将其转移到深部区域, 以此来实现控制巷道围岩变形的目标。对巷道受力情况进行改善时, 可通过优化巷道尺寸、调整断面形状以及优化布置方向来实现。采用人工应力措施时, 可选择掘卸压巷、钻卸压孔以及切缝等方式实现。由于人工化的应力控制方法使用过程过于复杂, 导致该支护技术的推广应用受到限制。

### 1.2 复合支护技术

可结合矿井巷道的具体情况来联合运用多种不同的支护技术, 形成复合式支护体系, 将各种支护手段的性能最大化地发挥出来, 实现取长补短。相比其他单一化的支护方式, 这种复合支护手段往往有更为广泛的应用范围, 支护效果也更好, 但是在巷道中对其进行应用时, 需要面对成巷速度慢以及支护成本高的问题, 同时要考虑支护形式是否能够相互匹配。采用复合支护时, 必须要充分了解巷道情况, 有针对性地进行选择。

### 1.3 注浆加固技术

针对破碎状的煤岩体开展开掘工作或者实施巷道维修工作时, 如果使用锚杆支护系统或者棚式支护系统, 往往难以获取良好的支护效果, 因此可以选择注浆加固的方式, 将浆液填入到围岩的裂隙之中, 使原本破碎的岩体形成固结的状态, 以此来对围岩结构进行改善, 强化围岩的承载能力。当前市场上可以选择的注浆材料主要有高分子材料与水泥基材料, 在选择时可结合具体的生产条件与巷道地质进行选择。

### 1.4 锚喷支护技术

我国使用锚喷支护技术的时间已经很长了, 因此积

累了丰富的支护应用经验, 喷射混凝土之后, 能够将巷道周边有效封闭, 实现密贴支护, 控制风、水给围岩造成的影响。支护围岩时, 可采用锚杆装置, 以此发挥出主动加固的作用, 并增强围岩自承能力。在长期的应用与研究过程, 锚固支护技术的支护设计、支护理论、施工工艺、支护工具以及支护材料等都已经达到成熟化的程度, 因此在不少矿井巷道支护施工中, 都会优先使用锚喷支护形式。

除了上述四种常见的支护形式外, 在以前的煤矿开采中还会运用棚式支架或者砌碛支护体系。在棚式支架中, 可以根据材料选择金属支架、钢筋混凝土支架或者木支架, 其中后两种支架已被淘汰, 金属支架包括可缩性支架与刚性支架, 其属于被动支护系统, 巷道的表面与支架难以实现密切接触, 因此难以控制围岩早期产生的变形问题, 如果矿井巷道的情况比较复杂, 需要的成本高, 最终也难以形成符合预期的支护效果, 所以这种支护系统的使用也越来越少。另外砌碛支护属于早期使用得较多的支护体系, 在大巷或者矿井中的硐室中会用到这一支护形式, 同样属于被动化的支护体系, 劳动强度大, 使用效率低, 无法在围岩出现大变形问题后发挥作用, 因此其使用也比较受限。

## 2 矿井巷道支护理论

### 2.1 新奥法支护理论

该理论被运用到矿井巷道支护工作中时, 需要注重遵守以下几项原则, 优先使用光面爆破技术; 必须及时完成巷道周边封闭的工作, 可采取早强喷射混凝土等方法, 以此保障形成密贴支护; 运用锚喷支护技术, 主动地对围岩进行加固, 强化自承能力; 可在围岩内部建设承载圈, 完成二次支护之后, 再通过注浆来对破碎围岩进行加固, 在支护系统设计与施工环节中均采用动态化理念, 以应对各种作业情况。

### 2.2 松动圈支护理论

在该支护理论中, 开挖巷道一定时间后, 会产生松动圈, 围岩变形载荷最大时为生成松动圈时产生的碎胀变形, 岩石碎胀变形为主要支护对象, 当松动圈扩大之后, 碎胀变形的幅度也变大, 变形量增加, 支护开展难度也更大。可以结合松动圈的实际大小, 对围岩展开分类, 以此选择最为合适的支护系统。

### 2.3 联合支护理论

如果巷道的情况较为复杂, 仅仅将支护体刚度增加是难以实现对围岩变形的有效控制的, 因此要坚持先让后抗以及先柔后刚的处理原则, 提升支护系统的稳定程度。在支护难度高的巷道中, 联合支护理论具有更强的指导作用, 然而如果围岩情况相对特殊, 该理论也会随之产生适用性方面的问题。部分巷道在运用联合支护理论之后, 需要进行多次翻修与维修, 后续维修成本过高, 同时变形情况并不能够得到稳定控制。

### 2.4 强化围岩强度理论

这一理论认为采用锚杆支护系统可以有效将锚固体的力学参数提升, 从而实现对力学性能的改善, 锚固区域的残余强度、峰后强度与峰值强度都能够随之被强化。锚杆支护系统还能够对围岩应力原本的状态进行改变, 增大围压, 强化围岩的实际承载能力。

## 3 锚杆技术在矿井巷道中的应用

### 3.1 锚杆支护理论

锚杆支护技术已经发展为及时、主动化的支护系统, 逐渐摆脱了被动化的支护模式, 在应对沿空巷道、深部高应力以及剧烈采动等问题时, 锚杆支护技术可以减轻巷道围岩的破坏与变形的程度, 改善支护效果。在多种情况下都可以选用锚杆技术, 针对处于破坏以及潜在破坏范围之内煤岩体进行被动式悬吊, 也可在锚固区域中形成壳、拱、层或者梁等结构, 对锚固区域中的围岩的应力状态或者力学性能进行改善, 避免围岩出现严重的破坏与变形问题; 开挖巷道之后, 可以直接进行支护, 以此保障安全性, 增强锚杆预应力。锚杆支护系统能够对处于锚固区域范围内的围岩产生的裂纹、裂隙张开、滑动以及离层等扩容变形问题起到控制的作用, 避免不连续变形幅度加大, 从而确保煤岩体的连续性与完整性, 并使围岩保持受压状态。锚杆预应力直接决定最终的支护效果, 在设置合适的预应力的同时, 还要关注预应力的扩散情况, 避免出现支护失败的结果, 建设预应力支护系统时, 应重点关注金属网、钢带以及托板等构件。预应力锚杆支护系统中有临界支护杆固定这一概念, 当临界支护刚度大于实际的支护刚度时, 围岩可能会在较长的时间处于不稳定的状态, 出现变形情况的可能性相对比较大, 如果实际支护刚度超过或者等于临界支护刚度, 围岩变形问题将能够得到有效控制, 巷道的稳定性与安全性都能够符合要求。发生在围岩峰值强度以及弹性变形前的锚固区域整体变形以及塑性变形控制中, 锚杆支护系统能够发挥的作用相对有限, 应尽可能地扩大支护系统的延伸率, 以此来释放围岩的连续变形问题。如果巷道的实际情况比较复杂, 可以采取高强力、高应力的组合式锚杆支护系统, 在一次支护过程中切实控制围岩的破坏与变形问题, 以此来降低巷道维修量。

### 3.2 锚杆支护技术的应用

#### 3.2.1 设计方法

支护设计工作并非是能够一次性就完成的工作, 设

计过程往往具有动态化的特点, 设计前, 必须要确保深入掌握巷道围岩的具体地质信息, 做好精准的数值计算, 采取信息化、系统性与动态性的设计方法; 设计初期需要通过数值对采矿支护情况进行模拟, 对比多个不同支护方案的支护效果, 调整设计参数, 确保选出最优支护方案, 设计期间应充分利用收集的各类信息。

#### 3.2.2 测试技术

严格把控围岩的三个基本要素, 包括结构、强度以及应力, 在进行地质力学测试时要重点把握这三方面因素, 发挥矿用钻孔窥视仪、测定嵌固端的钻孔触探装置以及测量地应力装置, 全面掌握地质力学数据, 借此来掌握矿区的结构分布规律、围岩强度以及地应力场的情况, 将更加精准、真实的基础参数提供给巷道支护设计人员。

#### 3.2.3 支护材料

锚杆支护材料主要有锚索、金属网、组合构件、锚固剂、附件以及杆体, 如果面对的是复杂型巷道, 应当选择高强度的支护材料, 优化杆体形状与结构, 起那个锚杆的实际锚固效果; 同时对专用型锚杆钢材进行开发, 使其能够符合超高强度与高强度级别, 在设置组合式树脂锚固锚杆支护体系是, 可运用 M 型、W 型钢带以及树脂锚固剂。使用树脂锚固锚索的初期阶段, 可能会产生如下问题, 当锚索直径只有 15.2mm 时, 其破断力相对较弱, 无法与钻孔实现相互匹配, 会产生拉断的情况, 因此需要对高吨位、大直径的锚索进行开发, 通过扩大索体直径来增强其破断力, 如果直径能够达到 22mm, 拉断载荷可接近 600kN; 除此之外, 可选择使用 19 根钢丝, 而非原本的 7 根钢丝, 以此来发挥提升延伸率的作用。

#### 3.2.4 机具与施工技术

在锚杆支护施工过程中, 施工工艺与施工机具直接决定着整个施工的速度与效率, 当前锚杆钻机与其配套机具已经发展到完备的程度, 可以满足常规井下支护需求, 在锚索、锚杆预应力施加设备中, 增加了液压扳手以及启动扳手等机具, 扭矩倍增设备可与锚杆钻机等设备实现配套应用, 当锚杆螺母的实际扭矩在 300 到 500N·m 之间时, 这一套机具可满足相应的使用要求。配套运用高强力、高预应力的锚索张拉装置, 张拉力额定数值为 450kN。

基于提升巷道单进水平的目标, 应完善综掘施工技术体系, 应用连续型采煤设备与掘锚机组, 改善井下作业效果。选择符合施工要求的锚杆施工设备, 搭配应用施工工艺技术, 安排支护作业工序, 强调安全化的技术措施, 为机具配置专业化人员, 按照预设工序, 高效地预设时间内完成施工任务, 尽量将各个工序完成所需的时间缩短, 做好运输与掘进等环节的配合工作。

#### 3.2.5 矿压监测与质量检测技术

检测锚杆支护质量时, 重点检测安装质量与锚杆锚固性能, 检测锚杆锚固力时可使用锚杆拉拔计; 检测安

装质量时,主要使用锚杆预应力检测设备;检测锚固效果与长度时,运用声波锚固质量检测设备。监测巷道矿压情况时,可利用的工具具有收敛计、测枪、测杆与测尺等,以此监测表面位移情况;监测深部位与顶板离层时,则可应用多点位移计与顶板离层指示设备;监测锚杆的受力变化与受力分布情况时,运用测力锚杆与锚杆测力计等;监测煤岩体存在的应力变化时使用钻孔应力计。在线综合监测系统的开发力度不断增强,系统分为井上与井下两个部分,监测分站与传感器被设置到井下,依靠传感器获取数据之后,借助井下通讯分站将信息传输井上,通过处理系统与采集系统,可实现在线、实时监测矿压的工作目标,及时获取井下反馈的信息,保障巷道安全。

### 3.2.6 联合应用注浆加固与锚固技术

结合巷道的具体特点,可有针对性地选择注浆锚杆形式,如可控压式注浆锚杆、外锚内注型注浆锚杆、外注内锚式注浆锚杆与普通型注浆锚杆等。如果有破碎程度较重的煤岩体,可考虑将锚固、注浆以及钻孔技术融合,以此完成加固岩体的目标。可供选用的注浆材料不仅有水泥基材料,还有不饱和聚酯、尿醛树脂以及聚氨酯等加化学加固材料,可以对多种围岩条件进行适应。

### 3.2.7 应用实例

在软岩矿井中,顶底板岩层与煤层的胶结相对较差,煤岩体具有的强度相对偏低,容易出现风化、破碎、松散、崩解的情况,遇水后会膨胀,这就提升了巷道支护工作的开展难度,因此可以通过锚杆支护系统来克服困难。考虑到煤层厚度的平均值在5.99m左右,同时抗压强度是4.8MPa,直接底属于砂质泥岩,检测单轴抗压强度是23.5MPa,膨胀性极强,巷道埋深在350到400m之间。

该巷道选择树脂预应力式锚固支护系统,锚杆长度是2.4m,直径是22mm,配合运用菱形金属网、钢筋网与W护板。锚杆与巷道表面相垂直,锚杆之间的间距设置成850mm,排距设置成900mm。锚杆预紧力矩测定为400N·m,锚索全长4.3m,锚索直径是22mm,采用树脂端部锚固。每1.8m长度加设3根锚索,锚索预紧力范围为200到250kN。掘进过程中,两帮移近量约为79mm,顶底板的实际移近量在281mm左右,其中大多为底臃量,顶板深部离层厚度是23mm,浅部离层是14mm,巷道变形量相对较小,围岩稳定且完整。回采过程中,巷道距离采煤工作面40到50m范围内会受到采动的影响,且影响相对明显,30m后形成的影响达到剧烈程度,与采煤工作面距离3m的区域,两帮移进量约为256mm,顶板下沉量在110mm左右。从整体层面进行分析,确定围岩变形在可接受范围内,不会过多地影响作业安全。

### 3.3 锚杆锚索支护施工注意事项

进行锚杆支护施工时,首先需要确定锚杆眼位,依照巷道中线与锚杆布置要求,在顶板的相应位置上完成

布点划线,通过自喷漆将眼位喷出,从而为帮部钢带的安装工作提供条件。围绕锚杆眼进行施工,做好钻头与六方钻杆的配合工作,进行帮部锚杆施工时,需启用手持型风动钻机。安装锚杆时,需按照正确流程进行各个部位的安装,一般按照从中间向两侧以及从外向内的顺序进行安装,安装后续紧固螺母。紧固锚杆机并使其停机后,以相对缓慢的速度下放,紧固帮锚杆时,需要按照设计要求调节钢带位置与钢托板,再使用加力扳手拧紧锚杆螺母,避免锚杆托板出现松动的情况。

进行锚索支护施工时,首要工作为确认锚索眼位,结合巷道规格尺寸信息与布置锚索的相关要求,找出锚索眼位并加以标记;按照预设的角度与深度来使用锚杆钻机进行施工;安装锚索前需要查看锚索是否为合格品,锚固剂是否在使用期限范围内,仔细查看锚索深度、角度与眼位是否与施工方案保持一致,通过锚索来缓慢地将药卷向眼底推入,把锚杆钻机插入到搅拌设备的尾部位置,连接锚索,启动钻机,同时完成搅拌与推进药卷的工作,搅拌时间在30-50s之间,停止搅拌,使锚杆钻机维持推力状态,时间在2min左右,而后下放钻机,将数根锚索钢绞线安装好,10min后继续进行安装锚具、托板以及锚索梁的工作,张拉锚索时主要通过锚索张拉器来实现。将锚索张拉器直接套到锚索上,将安全链拴好,启动高压油泵,在张拉作业期间,注意及时查看压力表数值,确定是否已经达到预紧力,当达到预紧力之后,快速换向回程,再将锚索张拉器安全卸下。

## 4 结论

当前煤矿需求量居高不下,为了以较高的效率来开采高质量煤矿,必须要应对更高难度的开采任务,不少煤矿企业都对巷道中运用的支护技术提出了更加严苛的要求,以此来降低环境风险,保障开采工作在安全的条件下进行,对作业人员的生命安全负责。本文全面深入地分析了支护技术的应用情况,重点研究了锚杆支护技术的相关事项,其改变了矿井巷道的布置方式与开拓形式,有助于推进采煤工作以高效、快速、安全的方式展开,可提供良好稳定的支护效果。

### 参考文献:

- [1] 崔永安.煤矿巷道支护技术的研究与应用[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019(7).
- [2] 丁宪涛.煤矿巷道支护技术的研究与应用探析[J].山西化工,2019,39(3):3.
- [3] 黄贵庭.矿井煤柱的合理确定与巷道支护技术研究[J].机械管理开发,2019,34(5):4.
- [4] 姚宗祥.煤矿开拓巷道支护技术的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020(13):2.
- [5] 上官少波.煤矿开拓巷道支护技术的应用研究[J].石化技术,2020,27(003):252-253.
- [6] 金雷委.煤矿巷道支护技术的研究及应用[J].内蒙古煤炭经济,2019,29(21):58-59.