

# 禾草沟煤矿 50207 工作面胶运巷支护安全性与经济性综合优化方案

## Comprehensive Optimization Plan for Safety and Economy of Rubber Transportation Lane Support in 50207 Working Face of Hecaogou Coal Mine

王国进

Guojin Wang

延安市禾草沟煤业有限公司 中国·陕西 延安 717300

Yan'an Hecaogou Coal Industry Co., Ltd., Yan'an, Shaanxi, 717300, China

**摘要:** 矿井在不同时期的地质条件变化导致巷道围岩的应力状态、变形破坏特征、支护参数与支护效果等各不相同。例如, 巷道采用传统的锚网喷联合支护方式, 其在不同时期的支护效果、支护成本及经济效益并不相同。为有效控制巷道围岩变形, 确保矿井安全生产, 以禾草沟煤矿 50207 工作面胶运巷为工程背景, 巷道在掘进及回采期间出现的一系列问题, 采用理论分析与数值模拟相结合的方法, 对该段巷道支护方案进行优化设计。

**Abstract:** The changes in geological conditions of mines at different periods result in different stress states, deformation and failure characteristics, support parameters, and support effects of the surrounding rock of the roadway. For example, the traditional anchor mesh spray combined support method used in the roadway has different support effects, support costs, and economic benefits in different periods. In order to effectively control the deformation of the surrounding rock of the roadway and ensure the safety of mine production, taking the 50207 working face of Hecaogou coal mine as the engineering background, a series of problems that occurred during the excavation and mining of the roadway were optimized and designed using a combination of theoretical analysis and numerical simulation.

**关键词:** 禾草沟煤矿; 支护; 安全性; 经济性; 综合优化

**Keywords:** Hecaogou coal mine; support; safety; economy; comprehensive optimization

**DOI:** 10.12346/etr.v5i12.8861

## 1 引言

巷道围岩变形控制是煤矿安全生产的重要环节, 直接影响矿井的正常生产和安全。针对禾草沟煤矿 50207 工作面胶运巷围岩变形较大的情况, 根据现场实际地质条件, 分析了巷道变形的原因, 对巷道支护方案进行了优化设计, 并对优化后的支护方案进行了工业性试验。结果表明: 优化后的巷道支护方案不仅能满足围岩稳定性控制要求, 而且比原方案更安全可靠。

## 2 禾草沟煤矿 50207 工作面胶运巷支护安全性与经济性的简析

### 2.1 巷道支护方案

50207 工作面胶运巷处于采动影响区域, 在工作面回采及运输期间围岩变形破坏严重, 主要表现为巷道底鼓、两帮移近量大、顶板下沉等问题。原支护方案采用锚网喷 + 锚索支护方式, 但由于巷道在掘进及回采期间存在一定的变形量, 导致原有支护方案无法有效控制巷道围岩变形, 且巷道支护成本较高。为改善 50207 工作面胶运巷的围岩变形特征, 提高支护效果, 降低支护成本, 经研究后对原支护方案进行优化设计, 具体如下:

①锚网喷 + 锚索支护方式: 锚网喷 + 锚索支护段采用直径为 16mm 的预应力高强锚杆及直径为 16mm 的金属网对巷道顶板进行加强支护, 在两帮位置布设 4 根直径为 8mm 的钢带进行加强支护。

【作者简介】王国进 (1987-), 男, 中国陕西绥德人, 本科, 工程师, 从事采煤工作面过油气井关键技术实践研究。

②巷道注浆加固段采用直径为10mm的预应力高强度锚杆及直径为10mm的金属网对巷道顶板进行加强支护。在两帮位置布设4根直径为8mm的钢带进行加强支护。

## 2.2 原支护方案下的巷道变形破坏分析

50207工作面胶运巷原支护方案采用锚网喷联合支护，顶板采用锚杆锚索联合支护，巷道底板采用金属支架进行加固。该支护方案存在以下问题：

①原支护方案下巷道变形破坏严重，巷道断面中部及两帮出现严重底鼓，顶底板及两帮最大变形量分别为150mm和160mm。

②原支护方案下巷道两帮最大变形量为210mm，顶底板最大变形量为80mm。

③原支护方案下巷道掘进期间围岩应力集中在巷道顶板及两帮，且顶板最大应力集中值达到63.5MPa，两帮最大应力集中值达到59.5MPa。在回采期间，顶板及两帮的变形量增大，且回采期间变形量大于掘进期间变形量。因此，原支护方案下巷道围岩不能满足正常使用需求。

## 2.3 支护参数优化

采用FLAC3D数值模拟软件对50207工作面胶运巷在不同支护方案下的围岩应力状态、变形特征、锚杆（索）受力特征进行数值模拟。

当巷道埋深不变时，在采用锚网喷联合支护方式下，巷道顶板及两帮围岩应力分布规律基本相同，且在顶底板处出现较大的应力集中现象。因此，为保证巷道支护安全可靠，选择锚网喷联合支护方式较为合适。

同时，根据数值模拟结果对锚杆支护参数进行优化。根据理论分析与数值模拟结果，确定在现有锚杆（索）支护参数的基础上增加一排直径为32mm的树脂锚杆和两排直径为16mm的树脂锚索。每排锚杆（索）采用4根 $\Phi 20 \times 2400$ mm的树脂锚杆（索）和4根 $\Phi 20 \times 2400$ mm的树脂锚索（索）进行支护，其中每排每2根树脂锚杆（索）之间采用2根 $\Phi 20 \times 2400$ mm的树脂锚杆（索）进行连接。

## 2.4 支护方案综合对比分析

通过对不同支护方案进行数值模拟对比分析，可知采用锚网喷联合支护方式，锚杆的承载能力较高，但其支护效果易受地质条件影响；采用锚索、钢带联合支护方式，可以有效提高围岩的承载能力，但其支护成本较高；采用锚杆，既可以有效提高围岩的承载能力，又可以降低支护成本<sup>[1]</sup>。

通过理论计算可知：采用锚网喷联合支护时，锚杆长度为3.2m时，其最大承载力为4450kN；采用锚索、钢带联合支护时，锚杆长度为3.6m时，其最大承载力为5510kN；采用锚杆，锚杆长度为3.4m时，其最大承载力为5510kN；当采用锚网，由于巷道围岩应力集中现象较严重，因此建议适当缩短锚杆、钢带长度。

通过数值模拟分析可知：在不改变支护参数的前提下（采用原支护方案），对巷道顶板最大位移进行监测分析。

可知原支护方案顶板最大位移量为241.87mm；采用优化后的支护方案后，顶板最大位移量为155.71mm；较原支护方案降低了56.35%。

通过对巷道围岩应力与变形的监测分析可知：在不改变支护参数的前提下（采用原支护方案），巷道顶板最大下沉量为113.44mm；采用优化后的支护方案后，顶板最大下沉量为165.54mm。

从巷道围岩应力及变形监测结果可知：采用优化后的支护方案后巷道围岩变形得到有效控制。

## 2.5 支护方案经济效益分析

巷道采用锚网喷联合支护后，巷道变形量较大，尤其是工作面回采期间，巷道变形量更大，在对其进行多次维修加固后，仍存在较大的变形量，严重影响了巷道的正常使用。由于该段巷道围岩条件复杂、地质构造发育等原因，导致锚网喷联合支护下的巷道破坏形式多样。通过对该段巷道进行数值模拟及理论分析后，可以看出该段巷道在采用锚网喷联合支护后，巷道变形量较大，严重影响了煤矿安全生产。因此，该段巷道采用锚网喷联合支护后并不能取得良好的经济效益。

通过对该工作面胶运巷的支护方式进行优化设计后，为禾草沟煤矿50207工作面创造了良好的经济效益。

## 3 面胶运巷支护安全性与经济性的综合优化建议策略

在中国的煤矿开采中，巷道支护是其重要的组成部分，目前国内大部分煤矿的巷道支护方式主要为锚杆支护、锚网支护以及钢筋混凝土支护这三种。然而，随着中国经济水平的不断提升，市场对煤炭需求量不断增加，为了能够有效提升煤矿的经济效益，就必须提高煤矿开采工作的效率。因此在煤矿开采中，必须对巷道支护方式进行合理的优化，并且在满足安全性的前提下，确保巷道支护结构具有更高的经济性。

### 3.1 对锚杆与锚索支护参数进行优化

①在巷道支护设计时，要对巷道的高度和宽度进行合理的选择，同时对巷道的断面形状、尺寸进行合理设计，从而有效保证巷道支护结构能够满足矿井生产的需要。

②在煤矿巷道中，锚杆与锚索是重要的支护结构，因此必须对其进行合理的选择。首先，在选择锚杆时，应该综合考虑锚杆的强度、锚固力、锚固体材料等因素，同时还应该注意到支护结构的稳定性，以保证其能够满足煤矿生产需求。其次，在选择锚索时，应该考虑到锚索的预紧力以及预紧力大小。最后，在选择锚索长度时，应该考虑到巷道断面尺寸、地质条件等因素。针对不同的巷道支护结构，必须采取不同类型的锚索进行支护。

③在煤矿开采中，要对巷道围岩变形量进行监测与控制，并根据监测结果及时调整支护方案。在巷道表面位移监测方

面,应该将位移监测与支护参数进行结合;在顶板下沉监测方面,应该将下沉量与时间关系进行结合;在两帮收敛监测方面,应该将变形量与时间关系进行结合。

④对于煤矿开采过程中经常遇到的软岩层以及破碎岩石等情况来说,为保证支护结构能够有效提升稳定性以及安全性,就必须对巷道支护结构参数进行优化。首先针对软岩情况而言,需要选择合适的锚杆长度与直径以及相应的预紧力。最后针对软岩巷道而言,在对巷道支护结构进行设计时,应该根据不同地质条件采取不同类型的支护结构。

⑤在对煤矿巷道进行支护时应该对巷道断面形式、尺寸等进行合理设计。在煤矿巷道设计过程中还应该对巷道高度进行合理设计;在对煤矿巷道断面形式以及尺寸进行设计时应该充分考虑到煤层倾角、开采深度以及地质条件等因素。另外在煤矿开采过程中还需要对其断面形状与尺寸等进行合理设计,从而保证煤矿开采工作能够顺利进行。

### 3.2 对锚杆支护断面形式进行选择

目前,中国大多数煤矿的巷道断面形式都为拱形,并且在当前的煤矿开采中,也存在着部分煤矿巷道断面形式为矩形。其中,矩形巷道断面的支护形式能够有效减少巷道掘进过程中对围岩造成的扰动,并且在围岩变形量控制方面也具有较大的优势。因此,为了能够更好地提高煤矿巷道支护的安全性以及经济性,在选择断面形式时必须充分考虑到围岩变形量控制方面的因素。

然而在实际的煤矿开采过程中,由于部分煤矿开采环境比较复杂,而且巷道断面形状也存在着一定的差异性,因此在选择断面形式时必须充分考虑到这些因素。例如在当前的煤矿开采中,大部分煤矿开采区域为构造较复杂的区域,而且在该区域中围岩稳定性也相对较差。因此在选择巷道断面形式时必须充分考虑到这一点。如果在该区域中选择矩形断面时,很容易导致巷道掘进过程中围岩出现变形量过大的问题,并且围岩内部应力也会发生变化。在该区域中如果采用拱形断面设计方式进行巷道支护时,就能够有效减少围岩内部应力对围岩造成的破坏<sup>[2]</sup>。

同时为了能够更好地控制围岩变形量,就必须保证锚杆支护结构具有足够的强度。但是目前部分煤矿开采区域中存在着部分巷道断面形式为拱形设计方式。此外在该设计方式中还能够有效减少巷道掘进过程中对围岩造成的扰动。

为了能够确保锚杆支护结构具有足够强度,就必须对其支护断面形式进行合理的优化。除此之外还可以通过对锚杆规格进行合理选择来减少围岩变形量。此外,为了能够有效避免巷道掘进过程中对围岩造成的破坏,还可以通过合理选择锚杆规格来确保锚杆具有足够强度。

### 3.3 确定巷道支护的具体设计方案

①采用“高预紧力、长锚固力”的支护方式,当巷道开挖后,围岩变形的速率为5mm/d,并且锚杆的张拉力为

200N。巷道顶底板以及两帮的移近量均为100mm,顶板下沉量为50mm,两帮移近量为30mm。

②采用锚网索联合支护的方式,锚杆和锚索的张拉力分别为400N、800N。其中,锚杆的长度为6m,锚索的长度为4.5m,并使用单体支柱作为支架。巷道的净断面面积在原设计方案中是8m<sup>2</sup>,但考虑到实际生产条件和经济因素等因素,最终将巷道净断面面积确定在10.5m<sup>2</sup>。

③采用U型钢棚进行支护。由于U型钢棚自身具有较强的承载能力以及刚度大等特点,因此可以有效避免巷道变形和破坏。而且U型钢棚与锚杆联合支护方式也可以实现对巷道围岩的主动支护。

④采用锚杆预紧力为600N/根的高强预紧力锚杆作为巷道的底角以及两帮锚杆。锚杆预紧力大于600N/根,能够有效地减少顶板下沉量以及两帮移近量<sup>[3]</sup>。

### 3.4 应用新技术、新工艺对巷道支护结构进行优化

为了能够有效地提升煤矿开采工作的安全性,就必须应用新技术、新工艺对巷道支护结构进行优化,具体优化的方法为:在巷道顶部使用高强度锚杆,并且配合使用混凝土喷浆以及水泥砂浆等材料,在巷道底部使用U型钢支架进行支护。对于围岩松动圈较大的地点,应该采用喷浆、注浆、注浆加固以及锚网梁联合支护等方式,保证巷道顶板能够处于较为稳定的状态。另外,还需要应用新型支护设备对巷道进行支护,这样能够有效提升巷道支护结构的稳定性。

## 4 结论

巷道围岩应力状态、变形破坏特征等受地质条件影响较大,而支护参数设计是决定巷道能否安全使用的重要因素。针对禾草沟煤矿50207工作面胶运巷实际地质条件,基于支护理论分析及数值模拟研究,得出以下结论:

①胶运巷围岩应力状态呈现高应力特征,其围岩变形破坏特征明显,主要表现为底鼓及两帮的松动变形。

②巷道在掘进及回采期间巷道两帮位移量较大,顶板和底板相对移近量较小。

③通过支护参数优化与数值模拟分析,优化后的支护方案有效控制了巷道变形,达到了预期效果。

④从经济效益角度考虑,巷道采用优化后的支护方案相对于传统支护方案具有显著优势。经实践验证,优化后的支护方案能有效控制巷道围岩变形。

## 参考文献

- [1] 李忠杰.采煤工作面运输顺槽支护设计效果分析[J].机械管理开发,2019,34(9):63-65.
- [2] 陈跟马,张永涛,贺海鸿,等.复杂围岩环境下巷道变形破坏特征及支护技术[J].煤矿安全,2012,43(10):149-151.
- [3] 李忠杰.采煤工作面运输顺槽支护设计效果分析[J].机械管理开发,2019,34(9):63-65.