

高强稳定型耦合加固技术研究

孙其飞¹, 王晓亮², 任有奎³, 王涛³

(中国矿业大学能源与安全工程学院, 江苏 徐州市 221008)

摘要:随着采深加大,巷道周围岩体以及应力分布的复杂性也在不断加大,支护强度和支护阻力也在不断提高。众多的井下采矿实践已经证明,单体支护已经很难维持巷道的稳定。支护结构的补偿以及耦合已成为加强支护强度的有效途径。通过力学公式推算验证了合理的结构耦合加固技术对支护效果产生的巨大影响。

关键词:高应力软岩;结构耦合;结构补偿;井巷支护

综观我国煤矿巷道支护变革过程可以看出,随着采深和支护难度加大,支护强度不断加大、支护阻力不断提高。对高应力软岩巷道,总的支护思路是适时根据巷道围岩状况和巷道围岩移动变形特点,采用结构上稳定并具有高阻可缩特性的支护方式,采取措施发挥支护结构的承载性能,并采用耦合支护技术进行结构补偿以提高支护结构的承载性能。只有巷道支护结构上稳定,才能保证采用的支护技术本质上安全,只有提高支护强度,同时要求支护体应具备一定的可缩性能,才能控制并适应高应力软岩巷道围岩的强烈变形。

1 支护-围岩结构补偿作用分析

井下支护,无论是被动支护(如工字钢梯形棚支护或U型钢棚拱形支护),还是主动支护(如矩形巷道锚网支护形成的组合梁结构或拱形断面锚网支护形成的组合拱结构),其实质都是在围岩的浅部形成具有自稳能力的承载结构。支护作用本身就是要控制围岩的过度变形,防止支护-围岩结构失稳破坏。这就涉及到支护结构本身的稳定性问题。

软岩巷道在高应力作用下产生大范围的松动破裂,顶板破裂冒落、两帮内移较大、底板强烈臃起,如果支护对围岩的支护阻力较小,则控制围岩强烈变形的效果很差。已有研究表明,控制高应力软岩巷道围岩强烈变形的主要技术措施是支护结构应具备高阻可缩特性,其首要任务是保证支护体或浅部围岩加固圈形成的承载结构本身稳定。

以简支梁结构为例,井下常见梁弯曲后打点柱。打点柱的作用是在梁的中部施加一向上的力,以提高梁的抗弯能力(见图1(a)),锚网支护经常在组

合梁中间布置锚索,其作用也是对锚网支护形成的组合梁结构进行结构补偿。

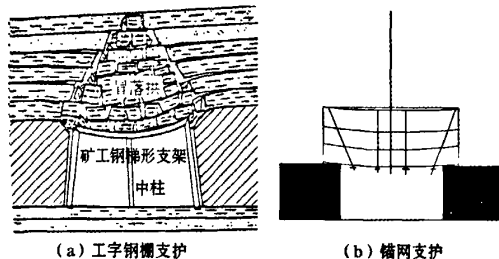


图1 梁支护结构补偿

支护-围岩结构补偿原理就是针对支护-围岩结构承载的薄弱环节,采取措施减小支护-围岩结构受到的内力,提高支护-围岩结构的承载能力。

根据支护结构稳定性分析,要使支护结构具备高阻可缩特性,首先应采取措施,提高支护结构本身的稳定性。

2 结构补偿作用力学分析

在实际锚网支护中,经常使用锚索以提高锚网支护组合梁结构的稳定性。在锚索托梁的使用中,有点托板、托梁两种方式。在托梁的布置上,有沿巷道轴向布置、垂直于巷道轴向两种类型,考察哪种情况下锚索托梁对锚网支护形成组合梁结构的补偿效果更好,只要看哪种情况下组合梁结构的挠度小即可。

锚索托梁的作用是将锚索的轴力分摊到围岩表面。这里假定锚索的轴力平均分摊到托梁上,托梁对围岩的支护合力等于锚索的轴力,取单位长度巷道进行分析。如果锚索托梁沿巷道轴向布置,在单位长度的巷道上,锚索的作用只相当于给锚网支护

形成的组合梁结构提供一个集中力(见图2)。如果锚索托梁垂直于巷道布置,则锚索托梁的作用相当于给组合梁结构提供一个线性分布的力,然后将这个力分摊到围岩表面,即相当于均布载荷。不过,这里假定均布载荷的合力与锚索托梁沿巷道轴向布置的锚索轴力相等。

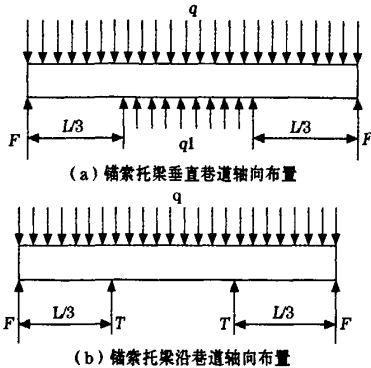


图2 托梁布置方式模型

假定锚网支护形成组合梁结构的上表面受均布载荷,以锚索托梁垂直巷道轴向布置为例,力学模型如图3所示。

由于载荷左右对称,中间截面的转角为零,将其从中间截断,简化成悬臂梁,右端的挠度大小,即为组合梁中点的挠度大小。

在上表面均布载荷作用下,模型如图3(b),建立挠度方程:

$$EIV'' = -\frac{1}{2}qx^2$$

列边界条件积分求解方程可得梁的中点挠度:

$$V = -\frac{qL^4}{128EI}$$

在组合梁端的支承载荷作用下,如图3(c):列挠度方程: $EIV'' = Fx$

列边界条件积分求解方程可得组合梁中点挠度: $V = \frac{qL^4}{48EI} - \frac{TL^3}{24EI}$

组合梁下表面受均布载荷 q_1 ,如图3(d):

$$\text{列挠度方程: } EIV'' = \frac{q_1 x^2}{2}$$

列边界条件积分求解方程可得梁中点挠度:

$$V_E = V_0 + \frac{L}{3} \cdot |V_0'| = \frac{3q_1 L^4}{4 \times 6^5 EI} + \frac{q_1 L^4}{3 \times 6^4 EI}$$

结合以上各分布载荷对组合梁产生的最大挠度可知组合梁的总挠度为:

$$V = \frac{qL^4}{48EI} - \frac{TL^3}{24EI} + \frac{3q_1 L^4}{4 \times 6^5 EI} + \frac{q_1 L^4}{3 \times 6^4 EI} - \frac{qL^4}{128EI} = \frac{5qL^4}{384EI} - \frac{205TL^3}{4 \times 6^4 EI}$$

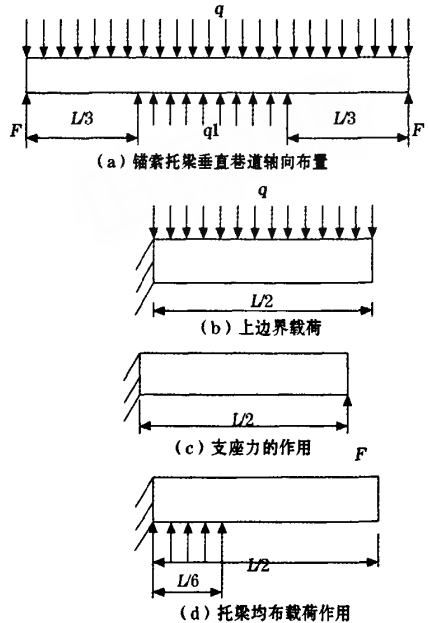


图3 托梁布置方式模型

即组合梁结构向下最大挠度为:

$$V_1 = \frac{5qL^4}{384EI} - \frac{205TL^3}{4 \times 6^4 EI}$$

同理可算出当锚索托梁沿巷道轴向布置时,组合梁向下的最大总挠度为: $V_2 = \frac{5qL^4}{384EI} - \frac{184TL^3}{4 \times 6^4 EI}$ 比较得 $V_1 < V_2$ 。

3 数值模拟

枣庄煤业付村煤矿 3_下209 运输巷受 211 工作面开采的动压以及成组断层破碎带影响,巷道已产生严重变形,整条巷道支护状况复杂。实施支护方案对巷道进行扩巷后重新建立了锚网支护区,针对该巷道的锚网支护,采用数值模拟方法分析锚索加强支护效果。

图4为3_下209 运输巷加强支护前后围岩位移场,从中可以明显看出,未采用锚索耦合加强支护情况下,巷道顶板下沉量明显,围岩也有较大内移变形。采用锚索加强支护对锚网支护进行结构补偿后,巷道围岩变形得到一定控制,变形量有所减少。

(下转第102页)

矿物特性、矿物加工精度、经济性等诸多方面进行综合考虑。

近些年来,脱水设备正向着大型化、可靠性好、精度高、脱水效果好、维护方便、易损件少、使用周期长等方向发展。但是国产脱水设备在一定程度上与国外同类产品还有差距,如:浓缩机的控制系统其控制精度较低等,增加了设备的故障率和维护强度。在市场经济和经济全球化的条件下,国产脱水设备面临机遇和挑战,应该加快研究发展的步伐,充分吸收和借鉴国外设计制造的先进经验,研制出适合我国矿山的脱水设备,最终赶上和超过世界先进水平。

参考文献:

- [1] 谢广元,张明旭,边炳鑫.选矿学[M].北京:中国矿业大学出版社,2001:581~584.

- [2] 马向哲,樊立萍,柏松.浓缩机控制系统的改进[J].电气时代,2007,12(12):6~7.
 [3] 吕一波,司亚梅.浓缩机技术理论及设备发展[J].选煤技术,2006,5(10):62~65.
 [4] 李妍妍.梅山铁矿尾矿浓缩系统技术改造[J].金属矿山,2006,366(12):75~77.
 [5] 郝春建.煤炭产品脱水用离心机的现状及发展[J].煤质技术,2007,7(4):49~51.
 [6] 方伟,舒伟文.过滤机在我国钨水冶工艺中的应用[J].过滤与分离,2007,17(4):34~37.
 [7] 周明远.蒸汽压滤脱水研究[J].选煤技术,2001,3(6):20~22.

(收稿日期:2008-07-29)

作者简介:汪银梅(1980-),女,硕士研究生,主要从事矿物加工及生物技术研究,Email:wangyinmei2000@163.com.

(上接第61页)

尤其是左帮和顶部变形量有明显减少。

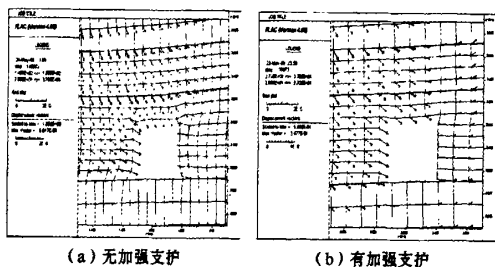


图4 3_F 209 运输巷加强支护前后围岩位移场

图5为3_F 209 运输巷加强支护前后支护体受力情况。

由图5可以看出,采用锚索加强支护对锚网支护进行结构补偿后,巷道侧帮锚索受力良好,特别是侧帮上部靠近肩窝的锚索整体受力较合理,顶板肩窝处锚杆锚索受力较小。

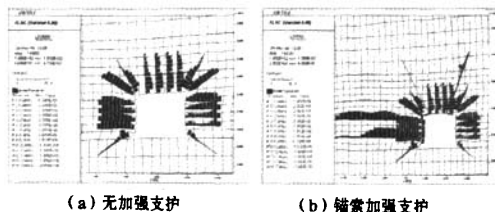


图5 3_F 209 运输巷锚杆锚索受力

4 结 论

力学理论公式推导结果表明锚索托梁垂直巷道轴向布置时,锚网支护组合梁结构的向下最大挠度,比锚索托梁沿巷道轴向布置时的向下最大挠度小。换个角度也就是说,在产生相同挠度的情况下,锚索托梁垂直巷道轴向布置的锚网支护组合梁能够承载的载荷更大。数值模拟结果也直观表达了高强稳定型耦合技术对控制巷道变形的明显效果。由此证实合理的耦合支护技术能够有效的提高支护结构的承载性能。

参考文献:

- [1] 刘鸿文.材料力学[M].北京:高等教育出版社,2002.
 [2] 陈炎光,陆士良.中国煤矿巷道围岩控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1994:15~129.
 [3] 侯朝炯,等.我国煤巷锚杆支护技术的发展方向[J].煤炭学报,1996,(2).
 [4] 宋振骥,姜金泉.煤矿岩层控制的研究重点与方向[J].岩石力学与工程学报,1996,15(2).
 [5] 宋振骥,等.实用矿山压力控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1988.
 [6] 谢文兵,史振凡,陈晓祥.工作面开采对底板岩巷稳定性的影响[J].中国矿业大学学报,2004,1(33):82~85.

(收稿日期:2008-06-12)

作者简介:孙其飞(1982-),男,山东烟台人,研究生,从事巷道支护与采矿数值模拟研究,Email:zhefei1898@163.com.