

位移释放式锚固尾及其试验研究

孟达¹, 张梅²

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100190; 2. 河北农业大学城乡建设学院, 河北保定 071000)

摘要: 本文介绍了一种新型位移释放式锚固尾。通过使用应变式装置作为锚固尾克服了巷道支护结构修复期短的问题, 延长了锚杆(索)的使用寿命。采用柔性三轴仪分别对单碗, 一对碗及三对碗进行了单轴压缩试验, 对不同组合下碗的最大承载力, 达到极限承载力的时间, 及其变形进行了研究。试验结果表明: 对碗数越多, 最大承载力会降低, 但达到极限荷载的时间会延长, 设计时可根据实际情况进行优化。

关键词: 位移释放式锚固尾; 巷道支护; 锚杆; 柔性三轴仪

中图分类号: TD-0 文献标识码: A 文章编号: 1004-4051(2015)03-0102-04

Study on displacement release anchors tail and its experiment

MENG Da¹, ZHANG Mei²

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Agricultural University of Hebei, College of Urban and Rural Construction, Baoding 071000, China)

Abstract: This paper introduces a new displacement release anchors tail. By using the strain gauge device as anchoring tail overcomes the problem that the cycle time of fixing the roadway is too short, and extended the bolt (cable) service life simultaneously. Using flexible triaxial apparatus, single bowl, a pair of bowls and three pairs of bowls uniaxial compression tests were carried out. The maximum bearing capacity for different combinations of the bowl, the time to reach the ultimate bearing capacity, and its variants have been studied. The results showed: With increasing the number of bowls, the maximum bearing capacity will be reduced, but to reach the ultimate load time will be extended, and when designs it can be optimized according to actual conditions.

Key words: displacement release anchors tail; roadway support; bolt; flexible triaxial

现有巷道支护开挖中, 多数沿煤层底板掘进。巷道支护结构采用锚喷、锚杆等方式。这种结构在使用一段时间后, 顶煤中就会发育各种层理、横向裂隙、纵向、斜交节理与裂隙, 由于浅部的煤体比较破碎, 一些部位还会出现明显的离层^[1-3]。为解决上述问题, 本文采用位移释放式锚头装置来应对锚杆的径向变形, 以及顶煤中裂隙不断产生、扩展的情况。

1 位移释放式锚固尾

1.1 位移释放式锚固尾装置简介

位移释放式锚固尾装置又称为应力释放式锚固

尾, 为一种新型锚固尾装置。该装置包括锚杆、松动圈、紧固螺母, 其中, 在松动圈与紧固螺母之间安置了中空的应力释放装置以及设置在应力释放装置外围的保护装置。中空应力释放装置为带沿碗状构件, 构件的顶部中间位置开有圆形孔, 圆孔孔径应略大于锚杆直径。使用时两个碗状带外沿的构件为一组, 两构件一正一反碗口相对扣在一起, 也就是构件的外沿部分相接触, 然后套在锚杆的一端。碗状应力释放装置材质为强度韧性较好的低碳钢, 且应力释放装置的轴向抗压强度要小于锚杆的轴向抗压强度。保护装置由无缝钢管制成, 该装置可保护应力释放装置在使用时不受到径向力的影响。

1.2 位移释放式锚固尾工作原理

通过使用应变式装置作为锚固尾可使作用于锚杆上的外力, 在超过锚杆本身的强度时, 通过锚固尾的变形适当释放一定量的空间, 锚杆随松动圈内的

收稿日期: 2014-05-21

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(编号: 51274185); 国家重点基础研究发展计划(973)项目资助(编号: 2010CB731500)

作者简介: 孟达(1969—), 女, 辽宁盖州人, 副教授, 博士, 主要从事岩土工程和采矿工程方面的研究。E-mail: mengfanda@126.com。

通讯作者: 张梅(1973—), 河北保定人, 副教授, 主要从事岩土工程及采矿工程方面的研究。E-mail: zhangmei@hebau.edu.cn。

岩体共同发生适当的位移, 这样, 锚杆在极限荷载作用下仍可继续工作, 使锚杆经过变形协调之后, 整体刚度提高, 能保证巷道的正常使用, 整体的变形由刚性变为柔性变形, 并可在设计中加长锚杆, 从而有效延长支护时间。解决了现有技术中遇到的问题。并且随着松动圈的扩展, 巷道内部锚杆-岩体在塑性状态下继续承担载荷而不会产生岩体破坏或锚杆损坏, 位移释放式锚固尾在实际应用中的示意图见图 1。

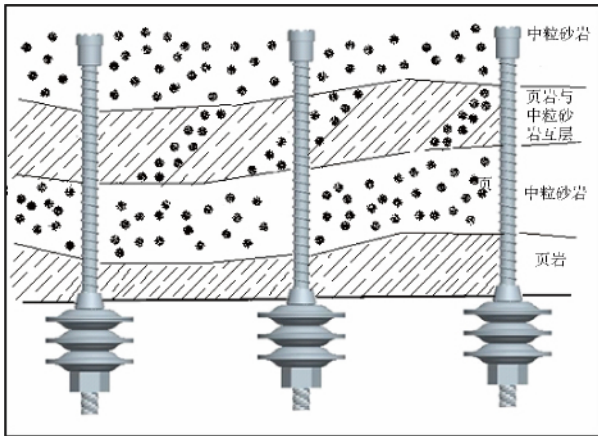


图 1 位移释放式锚固尾在实际应用中的示意图

通过使用应变式装置作为锚固尾克服了巷道支护结构修复期短的问题, 延长了锚杆(索)的使用寿命。通过布置在巷道顶板垂直方向的围岩结构观察钻孔, 可以得到巷道在支护结构作用下的岩层之间的变化, 根据在现场实际勘测结果: 在煤层与岩层的交界面上, 产生了显著的离层现象; 在泥岩与砂岩的交界面上离层值也比较显著; 在泥岩内部, 不同层位上分布着层理、断裂和煤线等结构, 有的部位也产生了比较显著的离层。

2 技术实施方案

位移释放式锚固尾技术改进了现有技术中锚杆的锚尾部分, 使用时, 需首先将锚杆安装至使用位置, 其安装步骤具体如下所述。①在锚杆的安装过程中首先打与安装锚杆适配孔径的钻孔。②在孔端部打孔径相对较大的孔, 孔径较大的孔与锚杆适配孔径的孔为同心孔。该孔的直径应能够将应力释放装置的保护装置设置在孔中, 该孔的深度根据所需设置的中空应力释放装置厚度与数量来确定, 而中空应力释放装置的数量则需根据巷道使用年限而定(使用年限越长, 则使用应力释放装置的数量越多)。③将保护装置设置在孔径相对较大的孔中。④将锚杆安装至钻孔中。⑤碗状带外沿的应力释放装置按组通过顶部中孔设置在锚杆的杆体上。⑥根据行排间距安装钢筋托梁或钢带。⑦放好托板, 拧紧螺母施加预紧力。

实际使用过程中, 因为每组的应力释放装置其抗压强度要略小于锚杆的抗压强度, 在受到轴向压力超过应力释放装置的抗压强度后, 应力释放装置会先于锚杆产生变形, 本实例中表现为碗状应力释放装置会被压扁, 压扁后就会在轴向释放出一定的空间, 分担锚杆杆体在围岩卸荷回弹量不断增加的过程中所承受的压力。在锚杆与松动圈之间产生相应的变形协调。使锚杆能够继续发挥作用, 支护与岩体仍然是一个支护整体, 共同作用, 使锚杆支护的使用寿命延长, 这样巷道的维修周期加长, 达到为生产提供安全保证, 提高经济效益的目的。

同时, 对于地应力影响大, 以及岩石构造发育的锚杆、锚索支护的岩石、煤等主动支护的巷道, 采用目前普遍的各种锚杆的材质, 用本文推荐的应变释放法, 可以将利用主动支护体系达到协调变形。根据已有支护体系的顶板、侧帮的观测数据, 针对不同的巷道地应力性质、采动影响、地质构造等方面的综合考虑, 给出每个巷道的具体的应力释放式锚头设计方案, 能够做到充分发挥锚杆的作用, 延长巷道修复周期的目的, 现场施工可行。

碗状带外沿应力释放装置仅是该技术的一个实施例, 其他类似的可以在受到轴向应力时产生空间释放的结构, 例如: 长方形中空体, 球形中空体, 弹簧等均可以应用于本发明中, 也是属于本发明的保护范围内。

3 位移释放式对碗的试验

3.1 室内试验采用不同碗类型

为了测试碗的力学性能, 分别制作了不同类型碗如图 2 所示, 其中碗体开口为应变释放口, 有叶形应变释放口如图 2(b)、图 2(c)所示, 长圆形应变释放口如图 2(d)所示。碗沿开口为应力释放槽, 有 4 应力释放槽口如图 2(e)所示, 有 8 应力释放槽口如图 2(f)所示。

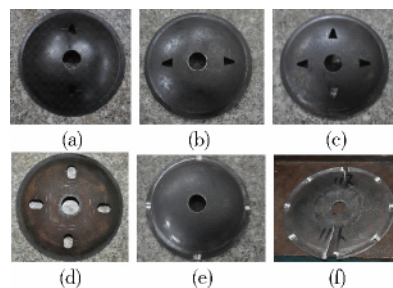


图 2 碗的类型

3.2 单碗锚尾参数

1) 材料参数: Q235 A 型碳素结构钢; Q235 为中碳钢, 综合力学性能较好, 可在一定程度上代替

45 钢, Q235A 由于其 S、P 含量相对高于 Q235B、Q235C、Q235D, 因此批量生产价位适宜。

2) 加工工艺: 实物采用冷冲冲压制样, 金属在常温下的加工, 冷冲一般适用于厚度小于 4mm 的坯料。优点为不需加热、无氧化皮, 表面质量好, 操作方便, 费用较低。缺点是有加工硬化现象, 严重时使金属失去进一步变形能力。冷冲压要求坯料的厚度均匀且波动范围小, 表面光洁、无斑、无划伤等。

3) 实物尺寸: 碗壁厚 3.5~3.6mm, 碗直径 170mm, 中孔直径 23mm, 加厚碗深 31mm, 碗沿 15mm, 试验参数设置为最大承载力 200kN, 压缩速率采用应变控制时参数为 0.01mm/s, 最大压缩位移为 18 mm。

3.3 单碗受压试验

1) 试验仪器。该试验采用微机控制电液伺服柔性加载三轴试验系统, 该系统是中国科学院力学研究所和力创公司联合研制的一种新型的三轴试验系统。

2) 试验过程及试验现象。分别进行了单碗, 两对碗及三对碗的柔性三轴轴向受压试验。

3) 试验现象描述。

(a)型单碗试验(图 3): ①加载过程中无破口等损坏现象出现; ②碗体弧顶没有平下, 而是逐圈下陷至空腔处。



(a) 型单碗试验图

图 3 (a) 型单碗试验图



(e) 型两碗对压

图 4 (e) 型两碗对压

(e)型两碗对压试验(图 4): ①加载过程中两碗与动力源近碗先被破坏, 然后顶部碗破坏; ②碗体弧顶不平整有下陷现象, 有类似于碳的物质渗出; ③碗体叶形开口处产生收缩现象; ④出现断裂, 有断裂声音。

(d)型两碗对压试验(图 5): ①加载过程中两碗与动力源近碗先被破坏, 然后顶部碗破坏; ②碗体弧顶不平整有下陷现象, 有类似于碳的物质渗出; ③碗体叶形开口处产生收缩现象; ④出现断裂, 有断裂

声音。

(f)型六个三对碗试验(图 6): ①加载过程中两碗在 8 槽口薄壁处破裂前上下变形均一致, 之后与动力源相近的碗先被破坏, 然后中间一组碗破坏, 顶部碗最后破坏; ②碗体弧顶亦没有平下, 而是逐一下陷至空腔处; ③破口对称发展, 且呈逆时针旋转。



(d) 型两碗对压

图 5 (d) 型两碗对压



(f) 型六个三对碗的受压及破坏过程

图 6 (f) 型六个三对碗的受压及破坏过程

4) 各组试验负荷-时间、变形-时间曲线(图 7~10)。

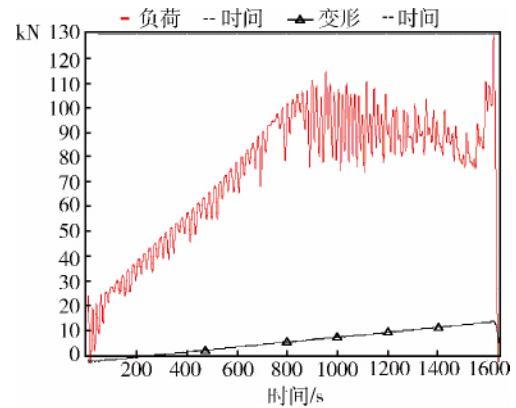


图 7 (a) 型单碗受压负荷-时间、变形-时间曲线

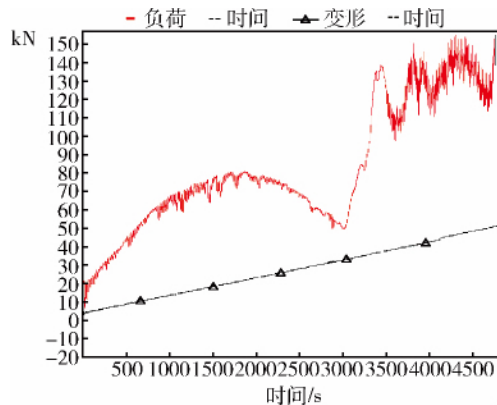


图 8 (c) 型两碗对压负荷-时间、变形-时间曲线

由图 7~10 可以看出, 单碗的最大抗压承载力

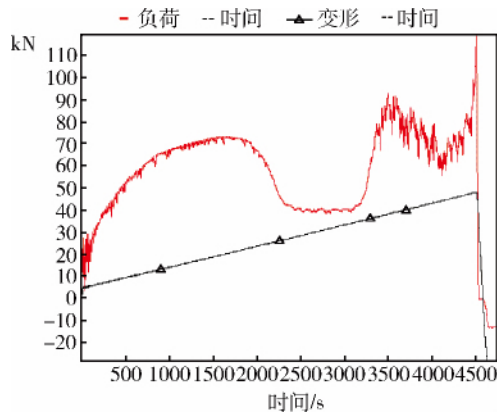


图9 8槽口碗两碗对压负荷-时间、变形-时间曲线

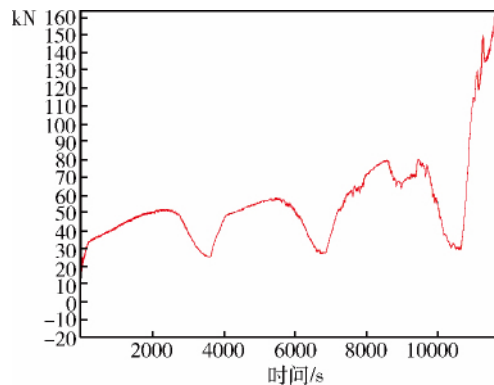


图10 (e)型三对碗的受压负荷-时间曲线

约为100kN,达到最大承载力的时间约为1000s;两碗对压试验第一峰值压力约为70kN,第二峰值压力约为90kN,能够承受的最大荷载约为70kN,达到第二峰值的时间约为3500s;6个三对碗对压试验的第一峰值压力约为50kN,第二峰值压力约为60kN,第三峰值压力约为70kN,能够承受的最大荷载约为50kN,达到第三峰值压力的时间约为8000s。

由以上数据可知,对碗数越多,最大承载力会降低,但达到极限荷载的时间会延长。因此,在进行锚杆设计时,可根据锚固尾、锚杆的锚固力及达到破坏的时间对锚固尾进行优化设计。

由煤矿巷道支护设计经验可知,砂岩煤矿支护型锚杆锚固力一般在80k~100kN,采用更改设计后的两个应力释放盘对扣单轴压缩试验,力第一峰值控制在70kN左右,力第二峰值控制在90kN左右,总之,双盘对扣、六盘三扣的单轴压缩试验力峰值均大于或等于煤矿锚杆的锚固力,换言之,锚杆被拉断了,应力释放盘仍然完好无损。所以应在本次试验基础上,减小制作应力释放盘钢板的厚度,实现其应力峰值的降低,达到控制其应力峰值保持在

50kN以下,这样,不仅完成应力释放盘的压缩,还可最大限度地发挥锚杆的抗拉强度,达到材尽其用,优化设计。

4 结论

1)本文介绍了一种新型位移释放式锚固尾。通过使用应变式装置作为锚固尾克服了巷道支护结构修复期短的问题,延长了锚杆(索)的使用寿命。位移释放锚固尾装置包括锚杆、松动圈、紧固螺母。其中,在松动圈与紧固螺母之间安置了中空的应力释放装置以及设置在应力释放装置外围的保护装置。

2)单独采用帽沿式托盘,在单轴压缩过程中,随着压缩位移量的增大,应力释放盘帽顶塌落至盘内部,造成两个应力释放盘的中心圆环对接,抑制变形的进一步发展,致使压缩量减小,不能达到预设效果。

3)通过减小外边缘宽度、并在外边缘等距离刻4个(或8个)弧形铣槽(圆弧半径5.85mm,铣槽底面距离底面控制在1mm左右)。使应力释放盘中部圆环的变形可以向4个(或8个)铣槽处转移,并造成沿铣槽边缘的拉裂,此时,圆环中部的变形得以向圆环边缘扩散,满足扩大压缩位移量的目的。单轴压缩试验结果显示该应力释放盘不仅能最大限度的压缩空间,为锚杆拉伸提供释放空间,而且还能节省板材,最大限度的利用原材料,并且加工成本低,加工工艺简单。

4)对碗数越多,最大承载力会降低,但达到极限荷载的时间会延长。因此,在进行锚杆设计时,可根据锚固头、锚杆的锚固力及达到破坏的时间对锚固头进行优化设计在进行锚杆设计时,可采用双盘对扣、六盘三扣的锚固头进行锚固。

5)考虑到煤矿开挖支护时,部分巷道变形过大,锚杆在支护过程中需要释放位移要求较高,采用增大应力释放盘净空达到此目的,在增大净空的同时,等比例的扩大圆盘直径,达到受力性能的最优化。

参考文献

- [1] 康红普,王金华,林健.煤矿巷道支护技术的研究与应用[J].煤炭学报,2010,35(11):1809-1814.
- [2] 贾文青,刘中华,胡耀青.巷道支护破坏机理的分析研究[J].化工矿物与加工,2010(9):38-39.
- [3] 高永格,王浩泽,赵炎.松动圈测试技术及其在巷道支护中的应用[J].同煤科技,2013(3):1-3.
- [4] 李世海,范永波,孟达.位移释放式锚固尾装置[Z].中国专利:ZL2010102496978,2012.