

中空高强锚注锚索在淮南矿区的应用

唐永志¹, 陶杰¹, 钱统傲¹, 蒋敬平², 侯俊领¹, 郑磊¹

(1. 淮南矿业集团, 安徽 淮南 232001; 2. 济南澳科工程有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:中空高强锚注锚索的支护系统刚度大, 锚索的载荷传递特性好, 支护系统的抗剪能力强和现场操作方便等诸多优点, 它实现了锚索的全长锚注和对巷道围岩的注浆加固, 其在淮南矿区应用实践表明, 比现有的锚网索支护方式技术经济优越: 在淮南矿区深井高地压巷道修复加固和高地压巷道支护中使用, 有效的控制了巷道围岩变形; 在沿空掘巷小煤柱加固和防火中应用, 极大程度地控制住了窄煤柱的位移, 简化了工序, 减轻了职工劳动强度, 显著节约了巷道支护成本; 在沿空留巷加固中应用, 留巷段顶板下沉量、底臌量、巷帮侧移近量分别达到78 mm、654 mm、165 mm后变形开始缓和, 有效的实现了留巷段矿山压力和岩层控制。

关键词:中空高强锚注锚索; 封孔方式; 锚注机理; 沿空掘巷; 沿空留巷; 煤柱加固

中图分类号:TD353 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1098(2012)S1-0280-05

The Application of Hollow High - Strength Anchor Cable in Huainan Mining Area

TANG Yong - zhi¹, TAO Jie¹, QIAN Tong - ao¹, JIANG Jin - ping²

HOU Jun - ling¹, ZHENG Lei¹

(1. Huainan Mining Group, Huainan Anhui 232001, China; 2. Aoke Engineering Limited Company of Jinan, Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: Hollow high - strength anchor cable has the advantages of large stiffness of support system, a good transfer characteristic of anchor load, strong ability of resisting shear of support system, convenient field operation and so on, it has realized the length of cable anchor and grouting and the reinforcement of roadway surrounding rock. The application practice in Huainan mining area shows that it is more economic than the existing cable anchor support technique. Applied in the rehabilitation and roadway supporting of deep roadway in Huainan mining, it has control the deformation of roadway surrounding rock effectively. Applied in small coal pillar the reinforcement and fire in Driving Roadway Goof, it has a great extent control of narrow coal column displacement, simplified the process, reduced the labor intensity of workers and has greatly saved the cost of roadway support, when the deformation of roof subsidence, floor heave and lane side movement of roadway section respectively approached to 78mm, 654mm, 165mm, the deformations began to ease. So it has control the mining pressure and strata of roadway section effectively.

Key words: hollow high - strength anchor cable; sealing mode; anchor mechanism; driving roadway; along goaf; coal pillar reinforcement

淮南矿区地质条件复杂、地压大、瓦斯大、围岩松软, 随着采场逐年下延, 大部分矿井进入了深部开采, 地应力高、构造应力场复杂, 深部巷道支护问题日益突出。原有的锚网索支护或U型钢与锚索网

联合支护方式已不能满足深井高地压巷道支护的要求, 深部高应力区、三软地层、沿空掘巷、沿空留巷和大断面巷道支护工程实践表明, 传统支护模式巷道围岩变形量大, 安全可靠性差, 经常出现前掘后修的

收稿日期: 2012-08-11

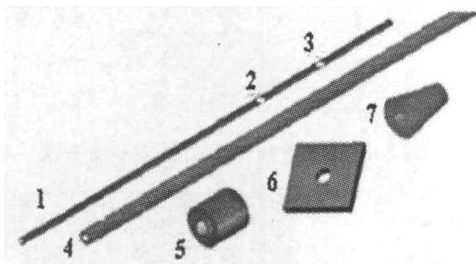
作者简介: 唐永志(1962-), 男, 安徽淮南人, 教授级高工, 硕士, 从事煤矿基本建设技术与管理工作。

情况,严重制约了淮南矿区安全高效开采的发展,因此急需对深井巷道支护进行改革与创新,淮南矿区自2011年9月开始引入中空锚注锚索支护技术,先后试用于深井巷道修复加固、深井大巷支护、沿空掘巷支护、沿空留巷支护等方面,取得了显著成果。

1 中空高强锚注锚索简介

1.1 中空锚注锚索结构、封孔方式及主要技术参数

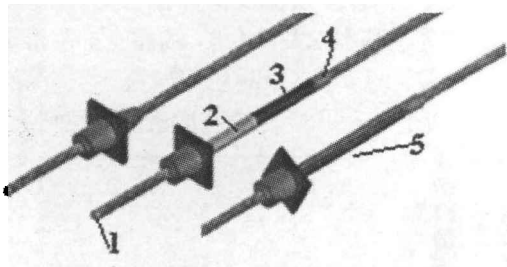
索体由三部分组成,上部实心段用于搅拌树脂实现端锚,中间段内有软性芯管,便于锚索弯曲和注浆,中间段与上部实心段具有出浆口,锚索尾部为紧固段,内用高强合金管,当锚具紧固时索体不收缩(见图1)。



1. 为中空注浆芯管;2~3. 为出浆口;4. 为螺旋肋预应力钢丝;5. 为锁具;6. 为垫板;7. 为锥形橡胶止浆塞。

图1 中空锚注锚索结构元件

三种封孔方式从上到下顺序依次为物理法浅部封孔、物理法深部封孔、化学法深部封孔(见图2),物理法浅部封孔适合巷道表面及浅部裂隙发育不充分的地点,锚索张拉后锁具推动锥形橡胶塞与孔口密接实现封堵止浆之目的;物理法深部封孔适合巷道浅部裂隙较发育的地点,硬管2和软管3长度之和大于限位环4距孔口的距离,当锚索张拉后锁具推动硬管2,软管3在此作用下膨胀,从而实现深部封孔;化学法深部封孔法适用地点广泛,药包5为内为双组份化学材料,充分混合后发生膨胀实现封孔止浆。



1. 为封堵螺帽;2. 为硬管;3. 为软管;4. 为限位环;5. 为双组份化学材料。

图2 中空锚注锚索三种封孔方式

淮南矿区首次试用直径 $\Phi 22$ mm规格的中空

注浆锚索,主要技术参数如下:①钢绞线公称直径6.0 mm;②索体直径 $\Phi 22$ mm;③长度6~8 m;④安装孔径 $\Phi 32$ mm;⑤树脂锚固长度1000~1500 mm;⑥注浆压力 ≥ 5.0 MPa,最大7.0 MPa;⑦强度1760 MPa,破断力 ≥ 420 kN;⑧延伸率 $\geq 3\%$ 。目前淮南矿区已启动大直径高强度锚注锚索的研制工作,直径 $\Phi 29$ mm的SKZ 29/1670型高强锚注锚索及配套机具已经研制成功。

1.2 中空锚注锚索加固机理

中空强力锚注锚索支护机理与树脂端锚锚索相比可从以下三方面进行分析:①强力锚注为全长锚固,提高了支护系统的刚度及抗剪切能力,与端锚锚索相比不容易卸载;②注浆加固改变了巷道围岩的力学性质,渗透到岩体中的浆脉起到网络骨架作用、粘结补强作用、对巷道围岩的压密作用和转变围岩破坏机制的作用;③锚注加固拱可对深部破裂围岩提供高应力的径向约束,使破裂岩体发挥应力强化特性,从而提高支护结构的整体承载能力,以适应高应力软岩巷道的支护要求。

1.3 中空锚注锚索施工工艺

中空锚注锚索先用树脂进行端锚,张拉预紧后通过锚索内芯管进行反向注浆,使浆液充满锚索索体与钻孔孔壁之间的空隙,实现了由树脂端锚变成全长锚固,浆液在注浆压力的作用下向巷道围岩内扩散。具体施工工艺为:钻孔、安装索体、搅拌树脂、端部锚固、封孔、张拉预紧及滞后注浆。其中大部分工艺工序与普通锚索基本相同,比普通锚索多了封孔和滞后注浆两道工艺。

2 中空锚注锚索在淮南矿区的应用

2.1 在深井高地压巷道巷修工程中应用

淮南矿区潘一矿东井西一11-2采区轨道上山,开挖于2010年6月22日,设计断面规格5000 mm \times 4500 mm,支护形式为U型棚+锚索支护,排距800 mm,由于高地压及多次应力扰动影响巷道围岩破碎,断面收敛严重,大部分区域底鼓量达1.5 m以上,顶部下沉量最大达1.5 m,两帮移近量最大达700 mm以上。巷道断面无法满足正常施工要求,被迫于2011年5月3日停止掘进,进行扩、刷、架修复工作,巷道经过刷扩、改棚后,压力显现依然明显,大量新改的U型棚出现压弯、扭曲现象。后期巷道经过刷扩、改棚后,压力显现依然明显,已有新改的U型棚出现压弯、扭曲现象。图3~图5为采用围岩窥视仪对巷道深部破坏情况进行窥视结果,在距巷道表面近9 m深的顶、帮围岩探眼中依然发现较发育的裂隙。

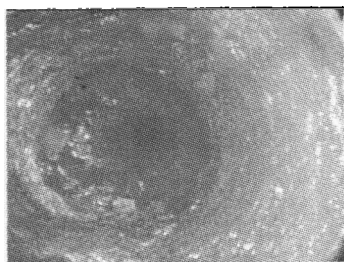


图 3 巷道顶板钻孔窥视图

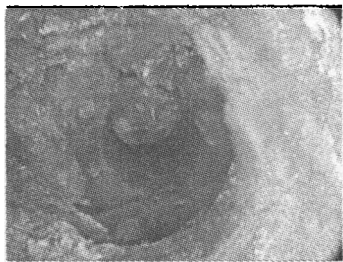


图 4 巷道帮部钻孔窥视图

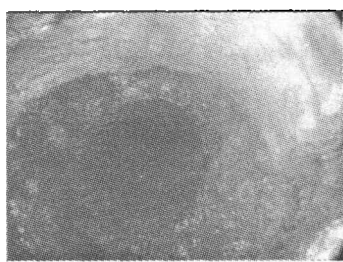


图 5 巷道肩窝处钻孔窥视图

2011 年 10 月份开始引进中空锚索注浆配合浅孔注浆对巷道进行加固(见图 6),全断面施工 5 根注浆锚索,排距 1.6 m。加固过程中平均每颗锚索注入水泥约 28.5 袋,注满时,注浆压力约在 10 MPa 左右,注浆后围岩内浆脉分布情况如图 7 ~ 图 9 所示,加固后矿压观测结果表明,顶板及肩窝最大变形量 3 mm,现巷道变形已得到控制。

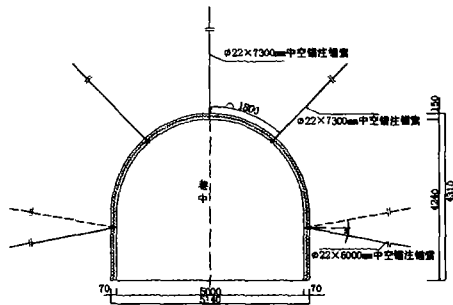


图 6 中空高强锚注锚索支护加固方案

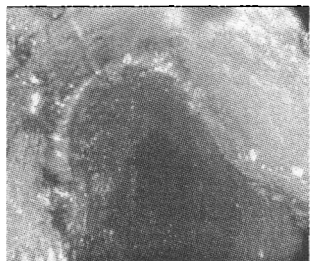


图 7 注浆后顶板钻孔窥视图

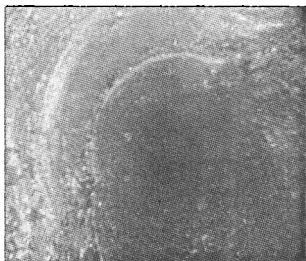


图 8 注浆后帮部钻孔窥视图

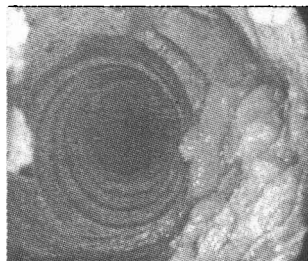


图 9 注浆后肩窝裂隙窥视图

2.2 在深井高地压大巷支护中应用

淮南矿区潘一矿东井开拓巷道埋藏深度超过 900 m,巷道掘进过程中采用 U 型棚支护和普通锚网索支护,由于巷道埋深大,地压大,且受到高水平应力的持续作用,造成巷道变形严重,支护难度很大,巷道掘进过程中, U 型棚受挤压变形严重,失去支护效用,底臃严重,后期打设的加固锚索也出现断裂,经常是前掘后修,维护工作量大,费用极高,给安全生产带来很大的被动。为解决长期以来困扰潘一矿东区深井高应力巷道支护问题,在 - 848 m 西翼主胶带机大巷采用架棚加锚索注浆支护的方法对新掘巷道进行支护试验,试验巷道长度 75 m,支护设计

如图 6 所示,每颗锚索平均注入水泥约 5.5 袋,注满时,注浆压力约在 10 MPa 左右。在锚注段和未锚注段分别安设 1 组围岩变形观测站,采集巷道变形量数据结果,用于对比、验证锚注支护效果及根据观测结果及时修改锚注支护参数。由观测结果看,原支护方案顶板和肩窝最大下沉量达到近 60 mm,离层部位处于顶板 3.0 m 范围内,出现多段离层区域,分布范围较大,而且巷道仍未稳定,仍在继续破坏,采用锚注支护后,巷道顶板及两肩窝变形量最大约为 1 ~ 3 mm,巷道基本未发生变形,锚注支护取得了很好的支护效果。图 10 ~ 图 13 为未锚注段巷道深部裂隙分布情况,图 14 ~ 图 15 为锚注段浆脉充填情况。

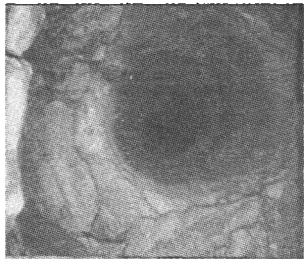


图 10 未锚注段顶板 0.6 m 处



图 11 未锚注段钻孔 1.5 m 处

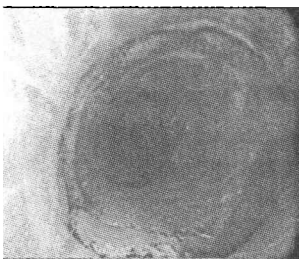


图 12 未锚注段帮部 2.1 m 处

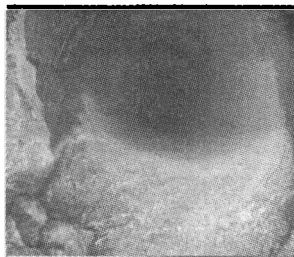


图 13 未锚注段帮部 2.1 m 处

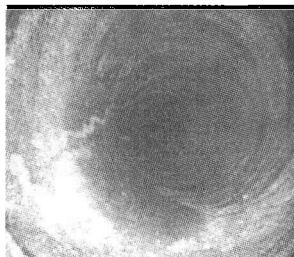


图 14 锚注段顶板 2.5 m 处

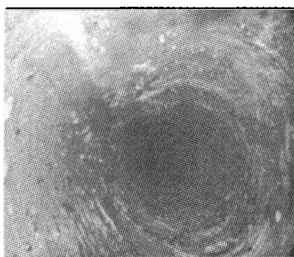


图 15 锚注段帮部 1.6 m 处

2.3 在沿空掘巷小煤柱加固和防火中的应用

淮南矿区沿空掘巷小煤柱留设宽度一般为 4 ~ 7m,按沿空巷道力学结构模型可知,巷道上方顶板岩层发生断裂后形成潜在跨落块体完全由小煤柱支撑,即形成断裂的顶板—煤柱—底板形成的大结构,这种大结构存在两种失稳的可能:其一是因小煤柱宽度太小,潜在岩块体向巷道内发生回转失稳;其二是小煤柱跨塌,顶板沿断裂线位置下沉,发生切落或回转。沿空掘巷顶板大结构的整体稳定性取决于巷道所在位置上方顶板岩层断裂线的位置以及煤柱的强度,一旦小煤柱被压酥则靠其支撑的潜在冒落块体就会发生跨落。从巷道支护的角度而言,顶板断裂线位置已经超出人为控制的能力范围,只有小煤柱的尺寸和提高煤柱的强度可以人为确定。从资源回收最大化角度考虑,淮南矿区的做法是从提高煤柱的支护强度着手,全面提升小煤柱的支撑能力,确保沿空巷道力学大结构的稳定,从而实现对沿空巷道矿压控制。围防止煤柱压酥后向采空区漏风带来发火的问题,通常要对煤柱进行喷浆,这大大增加了职工的劳动强度,严重影响了现场作业环境,并制约了煤巷单进水平。

2011 年 11 月份首先在淮南矿区丁集矿 1331(1)工作面运顺沿空巷道中应用中空注浆锚索,主要目的是在不预先喷浆的情况下,利用新型中空注浆锚索对沿空小煤柱实施深孔高强锚注,在对小煤柱提供较高的支护阻力予以加固的同时,利用浆液扩散封

堵小煤柱内部的裂隙、裂缝,阻断漏风路径,达到防止邻近采空区瓦斯溢出和防止自然发火的目的。1331(1)工作面运顺小煤柱留设宽度为 7 m,为矩形断面:净宽×净高=5.5 m×3.4 m,小煤柱侧支护设计如图 16 所示:注浆锚索采用“三花”布置,间距为 1 600 mm,分上下两排交错布置,第一排点锚索距顶板 1 300 mm,第二排点锚索距第一排 800 mm,支护工作完成后从滞后迎头 50m 开始注浆。

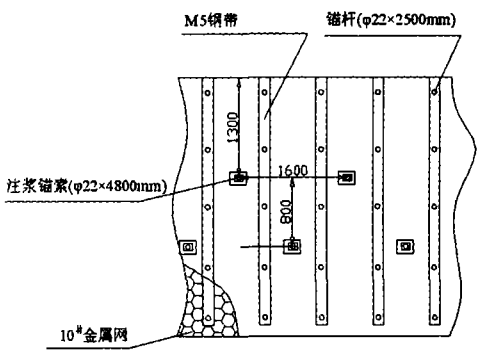


图 16 窄煤柱加固设计图

施工过程中平均每孔注浆量为 1.7 袋,最少为 0.5 袋,最多为 12 袋,平均注浆压力为 6.5 MPa,最低为 4.0 MPa,最高为 9.0 MPa。与注浆管注浆相比,注浆压力提高了 2.5 ~ 4.0 倍,注浆量提高了 3 倍,注浆深度提高了 2.5 倍。该支护极大程度地控制住了小煤柱的位移,简化了工序,减轻了职工劳动强度,显著节约了巷道支护成本。图 17 ~ 图 19 为中空高强锚注锚索支护后钻孔窥视结果。

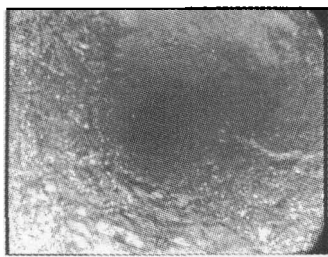


图 17 巷帮孔口处见到的浆液

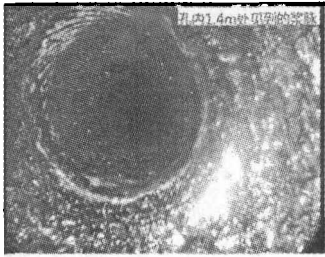


图 18 孔内 1.4 m 处见到的浆液



图 19 孔内 2 m 处见到的浆液

2.4 在沿空留巷加固中的应用

淮南矿区在在条件较好的地点采用无煤柱开采,提高煤炭资源回收率,沿空留巷作为下一工作面运输巷,可少掘一条巷道,降低万吨掘进率,工作面实现“Y”型通风,解决上隅角瓦斯积聚难题等,但由于沿空留巷要经受两次工作面回采的动压影响,巷道维护难度大。淮南矿区于2011年12月份引入中空高强锚注锚索对潘一矿东区1252(1)工作面风巷沿空留巷,进行加固,该巷道煤巷段采用锚网支护,矩形断面:净宽 \times 中高 $=4.8\text{ m}\times 3.2\text{ m}$,原支护方案为:顶板锚杆间排距 $880\text{ mm}\times 800\text{ mm}$,锚索间排距 $1600\text{ mm}\times 2400\text{ mm}$,采取“2-0-0”布置,巷帮锚杆间排距, $800\text{ mm}\times 800\text{ mm}$;锚杆规格 $\Phi 22\text{ mm}\times 2500\text{ mm}$,锚索规格 $\Phi 22\text{ mm}\times 7300\text{ mm}$;槽钢12#,锚索锚固剂每孔3支Z2380树脂药卷,顶板锚杆锚固剂每孔2支Z2380树脂药卷;巷帮锚杆锚固剂每孔1支Z2380树脂药卷。

设计中空高强锚注锚索加固方案如图20~图21所示,选用注浆锚索规格 $\Phi 22\text{ mm}\times 7300\text{ mm}$,锚注锚索排距 800 mm ,每排2根,配用托盘尺寸 $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}\times 16\text{ mm}$,即在原普通锚索支护的基础上每排增加2根锚注锚索,两根锚索均以 $10^\circ\sim 20^\circ$ 的角度向煤帮一侧外扎。

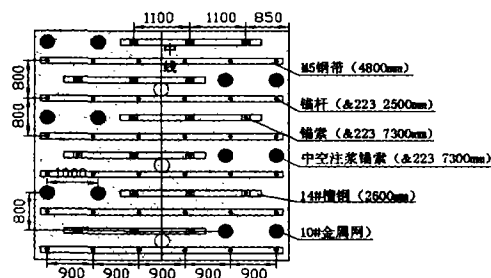


图20 顶部锚注支护布置图

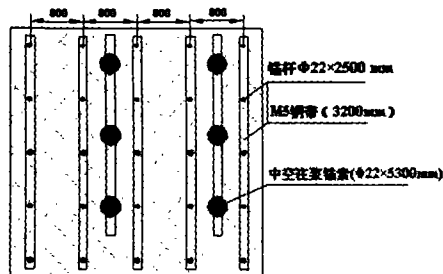


图21 帮部锚注支护布置图

窥视仪对注浆效果进行了观测,观测结果如图22~图25所示围岩内浆脉的分布情况。钻孔探测结果表明,顶板、帮部围岩通过注浆作用使岩层中的裂隙得到了充填,保持了围岩的完整性,同时也增大了锚索与围岩的结合力,可以有力的控制围岩的稳定性和整体性,增加了回采过程中顶板的安全性和可靠性。

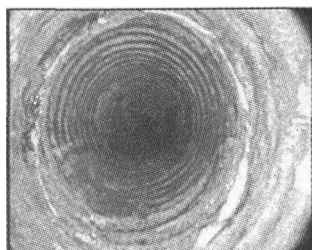


图22 顶板钻孔内3m处

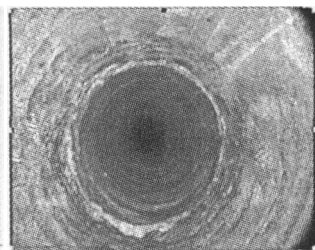


图23 顶板钻孔内5m处

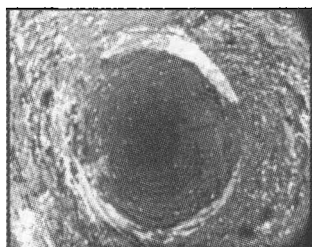


图24 帮部钻孔内3m处

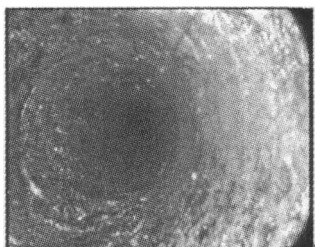


图25 帮部钻孔内5m处

在巷道的布置测站,安装位移计测定工作面推进过程中巷道的两帮移近量、顶板下沉量、底臃量等参数以观测围岩的变形情况,观测结果如图26所示。留巷段顶板下沉量、底臃量、巷帮侧移近量分别达到 78 mm 、 231 mm 、 654 mm 、 165 mm 后变形开始缓和,围岩趋于稳定。

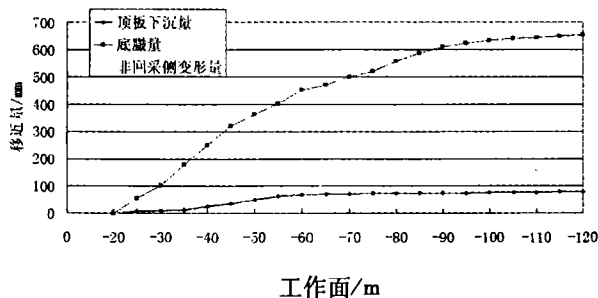


图26 工作面后方巷道表面位移变形量曲线

3 结语

中空高强锚注锚索拥有支护系统的刚度大,锚索的载荷传递特性好,支护系统的抗剪能力强和现场操作方便等诸多优点,它实现了锚索的全长锚注和对巷道围岩的注浆加固,其在淮南矿区应用实践表明,比现有的锚网索支护方式技术经济优越:在淮南矿区深井高地压巷道修复加固和高地压巷道支护中使用,有效的控制了巷道围岩变形;在沿空掘巷小煤柱加固和防火中应用,极大程度地控制住了窄煤柱的位移,简化了工序,减轻了职工劳动强度,显著节约了巷道支护成本;在沿空留巷加固中应用,留巷段顶板下沉量、底臃量、巷帮侧移近量分别达到 78 mm 、 654 mm 、 165 mm 后变形开始缓和,有效的实现了留巷段矿山压力和岩层控制。

(责任编辑:何学华,吴晓红)