

潘一东深井软岩巷道高强锚注技术应用研究

肖长春,孔翔,林光志,罗星刚

(淮南矿业集团潘一东矿井建设项目部,安徽 淮南 232082)

摘要:潘一矿东井11-2煤轨道上山为典型的深井高地应力软岩巷道,掘进后围岩变形量大、变形速度快、支护失效严重。研究表明,高偏主应力、巷道布置不合理、围岩力学性质差、巷道群扰动影响及原支护方案不合理等不利因素是巷道失稳的根源。针对该类巷道特点,采用中空注浆锚索高强锚注加固补强措施,可改善巷道顶帮范围内围岩物理力学性质,优化支护结构受力状态,能够有效控制围岩损伤区、破裂碎胀区的演化发展。现场监测显示,未高强锚注加固时,巷道顶板下沉量达110mm后仍未稳定,下沉速度高达5mm/d,经过高强锚注支护后,围岩变形速率显著降低并趋于稳定,表明高强锚注支护能有效的控制高地应力深井软岩巷道强烈挤压大变形,实现了锚固与注浆的高效集成。

关键词:高地应力;软岩巷道;巷道修复;高强锚注;中空注浆锚索

中图分类号:TD353 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1098(2012)S1-0322-04

Study on the Application of High Strength Anchor and Injection Technique to Deep-Seated Roadway in Soft Strata in Panyidong.

XIAO Chang-chun, KONG Xiang, LIN Guang-zhi, LUO Xing-gang

(Shaft Construction Project Department of Panyidong Coal Mine in Huainan Mining Group, Huainan Anhui 232082, China)

Abstract: The rise entry of 11-2 coal track of east mine is a typical soft rock roadway. The deformation is very large after excavation and the supporting is invalid seriously. The study argues that many causes such as high partial main stress, unreasonable roadway layout, bad surrounding rock and perturbation of roadways induce the failure of roadway. The enhancing method by using hollow grouting anchor is used to improve the mechanical proprieties of roadway surrounding and to optimize supporting structure mechanical proprieties. It can control the damage zone of surrounding rock efficiently. Field monitoring suggests that the roadway roof sinks to 110mm and still goes on when not enhancing by high strength anchor and injection and the rate of sinking reaches 5mm/d. As contrary the sinking rate of surrounding rock notably decreases and tends to be stable. It proves that high strength anchor and injection is very efficient in controlling the deformation of surrounding rock.

Key words: high ground pressure; soft rock roadway; roadway repair; high strength anchor and injection; hollow grouting cable

深部软岩巷道一般具有地应力大、围岩松软破碎以及围岩流变特性显著等特点^[1-4]。如支护措施不适当,巷道围岩变形愈加剧烈,最终导致巷道破坏。潘一矿东井西一11-2采区轨道上山埋深超过800m,大部分巷道沿11-2煤底板施工,巷道围岩主要为砂质泥岩、中细砂岩、碳质泥岩和11-2煤

等,围岩强度低,具有较强的亲水性,且围岩经历过多次构造运动的挤压和剪切作用,软弱破碎,赋存较高的残余构造应力,巷道掘出后,围岩变形十分剧烈(见图1)。针对潘一矿东井西一11-2采区轨道上山围岩变形量大、变形速度快、变形持续时间长的复杂工程背景,基于高强锚注支理论,采用U型钢

收稿日期:2012-05-23

作者简介:肖长春(1969-),男,安徽宿松人,高级工程师,学士,1992年毕业于安徽理工大学矿建专业,从事采矿技术与管理工作。

可缩性支架+喷浆+高强锚注加固相结合的组合控制技术,有效地解决了该类巷道的修复加固难题。

1 巷道变形失稳原因

1.1 地应力高

在轨道上山原岩应力测试结果为:原岩应力场的第1主应力为水平应力,方位角 87.3° ,水平最大主应力 $28.8\sim 35.9\text{ MPa}$,平均最小水平主应力和垂直应力分别为 16.33 MPa 、 19.57 MPa ,最大水平主应力为垂直应力的 $1.82\sim 2.43$ 倍,为最小水平主应力的 $2.18\sim 2.66$ 倍。

11-2采区轨道上山方位角为 7.5° ,与地应力的最大主应力方向(即水平应力方向)几乎垂直,由矿山压力理论可知,该类情况极不利于巷道的稳定。

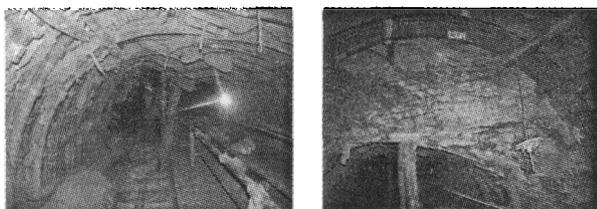


图1 潘一矿东井轨道上山围岩变形破坏实照

开挖卸荷破坏了原始平衡状态,导致一定范围内的围岩侧压降低,近表围岩的侧压降为零,卸荷幅度达到 20 MPa 以上,巷道周向的应力增加,引起应力集中,二次应力场将产生高偏应力。在高偏应力的影响下,巷道围岩形成剪切破坏,两帮岩体剧烈变形,底板底臃严重。

1.2 围岩软弱破碎

轨道上山围岩主要为泥质成分,围岩软弱,再加上埋深大、地应力高,构成了围岩发生挤压大变形的条件(见表1)。

表1 西-11-2采区轨道上山围岩力学性质

围岩位置	岩性	厚度/m	单轴抗压强度 σ_c/MPa
顶板	砂质泥岩	4	19.4
底板	泥岩	1.3	15.8

轨道上山处断层构造复杂,在构造地应力以及巷道开挖引起的应力重新分布的影响下,围岩破碎严重,进一步加剧了巷道失稳。

1.3 巷道群扰动影响

西-11-2采区有五条上山巷道,布置间距均为中对中 30 m ,巷道净断面均为 5 m ,受近距离邻近巷道开挖扰动,二次和三次应力场相互叠加影响,使得巷道开挖后矿压显现剧烈,围岩裂隙快速萌生和

扩展,不断产生强烈的挤压大变形,底臃、顶沉严重,顶、底板移近速率高。

1.4 原始支护方案不合理

采区轨道上山的原始支护方案主要采用 36U 型钢支架+锚索。锚索规格为: $\Phi 22\text{ mm}\times 7300\text{ mm}$,间排距: $1800\text{ mm}\times 2400\text{ mm}$ 。轨道上山围岩破碎范围较大,由于原支护参数不合理,巷道开挖应力重分布后,围岩支护条件未能得到本质上的改善,因此原支护方案支护效果差,未能有效控制巷道围岩失稳。

综合分析表明,高偏应力场的存在、围岩力学性质差、巷道群扰动影响和原始支护方案不合理等不利因素最终导致了巷道失稳。

2 巷道围岩失稳控制对策

2.1 支护思想

针对11-2煤层轨道上山高地应力且围岩破碎范围较大的工程实际,并通过分析原始支护方案存在的问题提出相应的支护控制对策。

1) 高阻让压,充分利用围岩承载能力。在高地应力作用下的巷道,不论采取何种支护方式,围岩不可避免地要进入塑性状态。在此期间,应及时采用高预应力支护,形成顶板预应力承载结构,加强顶板自稳能力,以避免岩体继续松动破坏;同时充分利用预应力支护结构的柔性特点,实现高阻让压,使围岩最大限度的发挥塑性区承载能力而又不松动破坏,充分利用围岩自身承载能力实现自稳。

2) 大范围改善围岩性质,提高整体承载结构的承载能力。对于围岩破碎范围较大的松软煤巷,关键还在于对围岩破碎区域的控制。通过大范围注浆,将围岩深部破碎的围岩胶结成整体,可以在较大范围内强化岩体的力学性能,使围岩能较好地与支护体形成承载结构,提高整体承载结构的承载能力;同时,利用浆液固结修复围岩破损裂隙,降低水对围岩强度的软化作用。

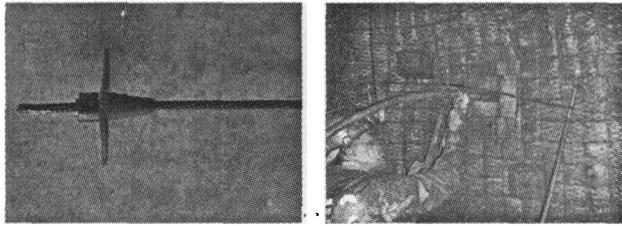
基于上述支护思想,提出采用 36U 型钢支架+喷浆+高强中空注浆锚索相结合的组合控制技术对围岩进行支护。

2.2 关键技术

高强度中空注浆锚索直径为 $\Phi 22\text{ mm}$ (见图2a),安装孔径 $\Phi 30\text{ mm}$,屈服和破断强度分别达 $1\,500\text{ MPa}$ 、 $1\,760\text{ MPa}$,延伸率达 5% 。锚索索体为笼型中空结构,8根 $\Phi 6\text{ mm}$ 周边丝以及自带注浆芯管(内、外径分别为 $\Phi 7.5\text{ mm}$ 和 $\Phi 10\text{ mm}$)。

高强度中空注浆锚索具有下列优点^[5-6]:①索体上部为树脂药卷端锚,下端采用特制高强度防滑

锁具锁紧,安装后能立即承载,发挥整体支护作用;
 ② 采用全新索体结构,实现了小孔径、大吨位的需求,索体结构满足高压注浆的要求,可以实现锚注一体化;
 ③ 索体为笼型中空结构,自带注浆芯管,采用反向注浆方式,不仅消除了产生气穴的可能,保证锚固浆液充满钻孔,而且省去了排气管和注浆管专用接头(直接利用螺纹锁紧机构作为注浆管接头),施工步骤大为简化;
 ④ 注浆可以安排在迎头后方一定距离将一定范围的锚索一次注完(见图 2b)。



(a) 中空锚索结构 (b) 中空锚索现场注浆
 图 2 中空注浆锚索现场注浆使用情况

2.3 支护方案

高强锚注支护方案详如表 2 所示,中空锚索布置示意图如图 3 所示。

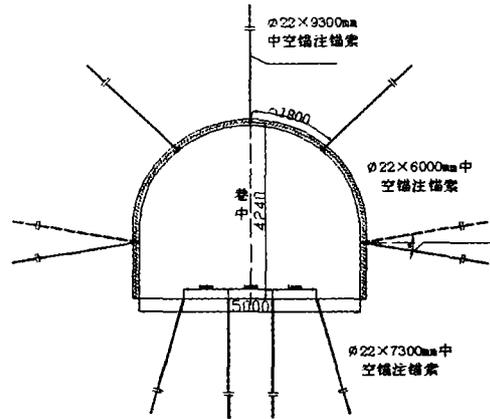


图 3 西-11-2 采区轨道上山中空注浆锚索布置示意图

表 2 高强锚注支护方案参数表

巷道部位	数量 / 根	直径 / mm	锚索长度 / mm	间距 / mm	排距 / mm	备注
顶板	5	22	9 300	1 600	1 800	放射状布置。
帮部	1/帮	22	6 000	1 000	1 800	距底板 1 100 mm 垂直巷帮布置,允许 10° 误差。
底板	4	22	7 300	1 000	1 800	中间两根锚索垂直底板布置,两边角锚索与底板呈 15° 夹角布置。底板锚注锚索施工可滞后施工。

3 现场监测效果

3.1 锚注前后巷道深部岩体位移

在锚注加固段和未锚注加固段分别安设 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。每组综合观测站分别安装 3 套声波探头多点位移计,用于采集顶板下沉量及两帮位移量。锚注加固前后巷道顶板位移情况如图 4 所示。

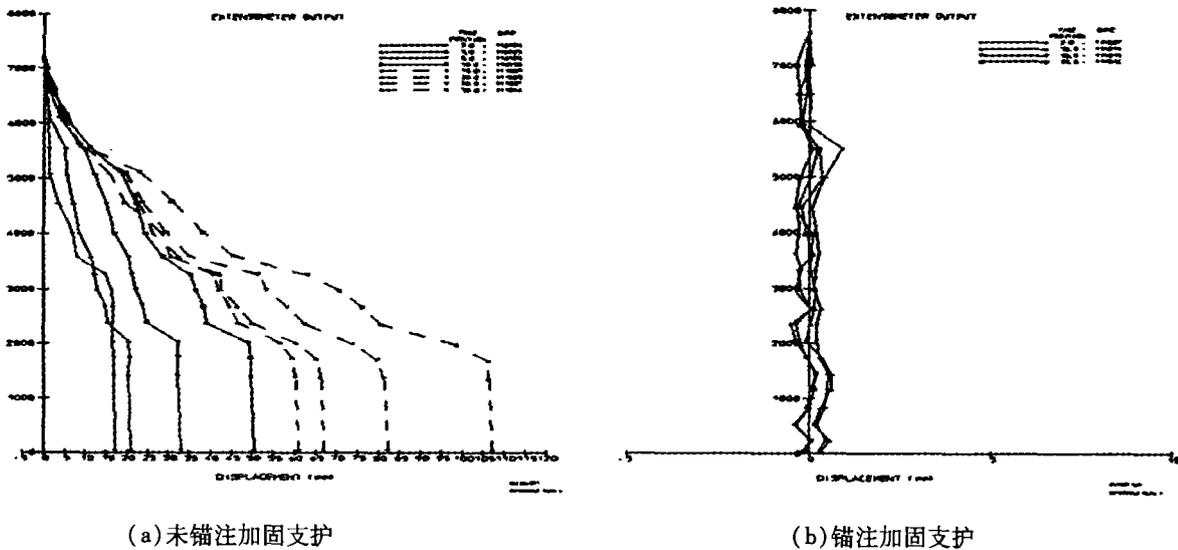


图 4 顶板多点位移计观测结果

由图4可以看出,原支护方案顶板最大下沉量达到110 mm,主要离层部位处于3.5 m处和5.5 m处,而且巷道仍未稳定,仍在继续破坏,平均每天下沉量达5 mm。经过锚注支护后,锚注范围内围岩几乎不再变形,变形范围不到1 mm,围岩达到稳定状态。

3.2 锚注前后巷道围岩结构窥视

注浆前巷道围岩内裂隙十分发育,采用中空注浆锚索高强锚注加固后,巷道围岩内裂隙被高压浆液所充填,宏观裂隙基本被封堵,微观裂隙在浆液压力作用下一定程度上产生闭合,阻止了岩体裂隙水对巷道围岩的软化,通过高强锚注使破裂围岩裂隙胶结充填、损伤岩体的损伤修复提高围岩强度、增强围岩抗变形能力、降低围岩破裂程度,减小围岩渗透力,达到了预期加固目的(见图5~图6)。

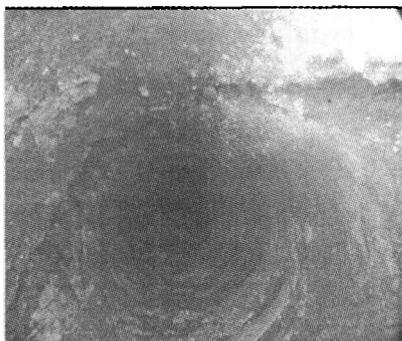


图5 注浆前4 m深围岩裂隙结构

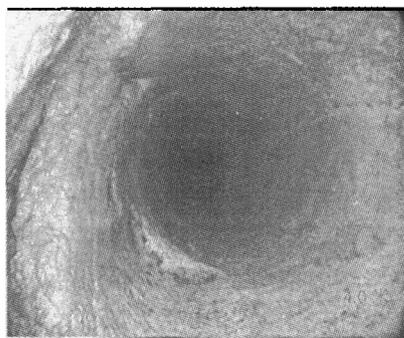


图6 注浆后4 m深围岩裂隙结构

4 结论

1) 深井高应力软岩巷道中采用高强度中空注浆锚索的高压注浆,有效的控制了宏观裂隙,优化了围岩承载结构,提高了围岩的承载能力和强度,阻止了裂隙水对围岩的软化作用。

2) 高强锚注支护技术实现了锚注一体化,为高应力软岩巷道加固提供了一种切实可行的方法。

3) 高强锚注支护技术与高性能锚杆支护相结合的组合控制技术能够更好的维持巷道顶帮稳定,降低围岩变形速率及变形量。

参考文献:

- [1] 柏建彪,侯朝炯. 深部巷道围岩控制原理与应用研究[J]. 中国矿业大学学报,2006,35(2):145-148.
- [2] 张农,高明仕. 煤巷高强预应力锚杆支护技术与应用[J]. 中国矿业大学学报,2004,33(5):524-527.
- [3] 李国峰,蔡健,郭志飏. 深部软岩巷道锚注支护技术研究与应用[J]. 煤炭科学技术,2007,35(4):44-46.
- [4] 王连国,李明远,王学知. 深部高应力极软岩巷道锚注支护技术研究[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(16):2889-2893.
- [5] 姚强岭,李波,任松杰,等. 中空注浆锚索在高地应力松软煤巷中的应用研究[J]. 采矿与安全工程学报,2011,28(2):198-203.
- [6] 盖增雪. 中空注浆锚索在巷道加固中的应用[J]. 煤炭工程,2011,5(2):35-39.

(责任编辑:何学华,吴晓红)