

易冒顶板锚索毛石墙联合沿空留巷技术及应用

李俊平¹, 郝福坤², 于会军²

1. 西安建筑科技大学材料与矿资学院, 西安 710055
2. 鸡西矿业集团有限责任公司, 黑龙江鸡西 158100

摘要 为了避免损失优质煤炭资源, 缓解接续紧张的状况, 鸡西矿业集团公司对稳固顶板推行沿空留巷, 对不稳固顶板沿走向布置条带煤柱护巷。实际工作中为了避免资源损失, 曾经提出砌毛石墙沿空留巷技术, 但当开采深度达到 600—800m 时几乎一半巷道的断面净空缩小到初期掘进断面的一半以下; 为了进一步解决深部开采时沿空留巷的地压难题, 又曾提出控制爆破切槽放顶沿空留巷技术。在易冒顶板, 顶板随液压支架的移动而冒落, 根本无法实施控制爆破切槽放顶。本文在分析上述沿空留巷技术变革的基础上, 提出锚索毛石墙联合沿空留巷技术, 即先锚索支护软帮顶板, 然后毛石墙支护该锚索支护过的软帮顶板, 引起部分顶板应力向底板转移, 从而避免顶板过度应力集中。邱家矿井的开采实践表明, 锚索毛石墙联合沿空留巷技术能经济有效地控制易冒顶板下沿空留巷的地压, 但由于向底板转移的应力较大, 需要多次挖底而消除底鼓危害。

关键词 煤炭开采; 沿空留巷; 锚索毛石墙联合支护; 地压控制

中图分类号 TD322

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.09.009

The Technology and Application of the Gob-side Entry Retaining with Building Mullocks and Anchor Cable in the Roof Liable to Collapse

LI Junping¹, HAO Fukun², YU Huijun²

1. School of Materials and Mineral Resources, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China
2. Jixi Coal-Mining Group Co. Ltd., Jixi 158100, Heilongjiang Province, China

Abstract To relieve the tension of driving behind the mining coal, the gob-side entry retained stage was promoted at stable roof, and the strip pillar along strike was distributed at unstable roof in Jixi Coal-Mining Group Co. Ltd. In order to slow driving behind the mining coal as well as avoid damning coal resource, the gob-side entry retained with building mullocks was ever developed, but its headroom had been less than 50% of its initial section when the mining deepness arrived at 600—800m. Further more, to solve the underground pressure problem of the gob-side entry retained stage, the gob-side entry retaining with the local grooving top-caving method was also brought forward, but it wasn't applied at all because the roof collapse was accompanying with the movement of the hydraulic support in the easily falling roof. On the basis of transformation of the gob-side entry retained stage, the gob-side entry retained stage with anchor cable and building the waste rock wall is put forward in this paper, i.e. the mild roof is first supported by anchor cable, and then it is again supported by the waste rock wall, so that cause a part of roof stress transfer to bottom, thereby avoiding roof excessive stress concentration. Qiuja Mine production practice shows that the gob-side entry retained stage with the waste rock wall and anchor cable can economically and effectively control the underground-pressure in the easily falling roof, but due to the transfer of stress is bigger, need many times excavating the bottom to eliminate the harm of the bottom drum.

Keywords coal mining; the gob-side entry retaining; combined support system with building mullocks and anchor cable; underground-pressure control

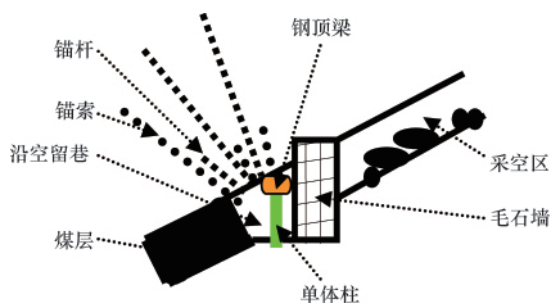
收稿日期: 2011-10-08; 修回日期: 2012-03-04

基金项目: 西安建筑科技大学人才基金项目 (DB09044)

作者简介: 李俊平, 教授, 研究方向为矿山岩石力学与安全生产管理, 电子邮箱: junpingli@163.com

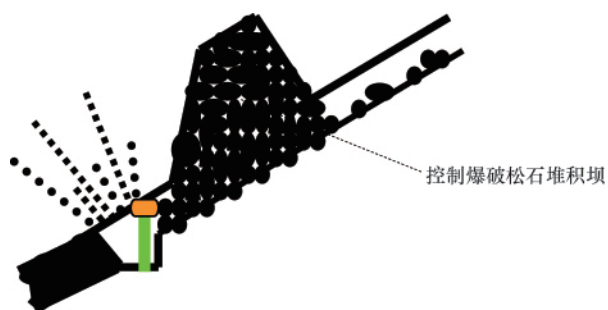
0 引言

为了避免损失优质煤炭资源,缓解接续的紧张状况,鸡西矿业集团公司对稳固顶板推行沿空留巷^[1-2],见图1(a)。进入600—800m以上的深部开采后,为了解决沿空留巷的地质显现问题,引进控制爆破局部切槽放顶技术^[3],成功、高效地控制了相对较完整的顶板的沿空留巷地质显现^[4],见图1(b)。对随移架(回柱)随冒落的易冒顶板,无法经济地确保控制爆破局部切槽放顶的施工安全,因而继续采用沿走向布置条带煤柱护巷,这样不仅损失了大量优质煤炭资源,而且每个采区回采都必须分别掘进上巷和下巷,因而接续十分紧张,很难达到设计年产量。



(a) 砌毛石墙沿空留巷

(a) Gob-side entry retained stage with building mullocks



(b) 控制爆破切槽放顶沿空留巷

(b) Gob-side entry retained stage with the local grooving top-caving method

图1 沿空留巷示意

Fig. 1 Sketch of gob-side entry retaining technology

鉴于上述原因,结合梨树邱家矿井14#煤层的开采实践,提出易冒顶板锚索毛石墙联合沿空留巷方法(国家发明专利受理编号:201110286693.1)^[5]。本文介绍了锚索毛石墙联合沿空留巷的技术要点和施工注意事项,提出了相关发展建议。

1 锚索毛石墙联合沿空留巷方法简介

易冒顶板锚索毛石墙联合沿空留巷方法的技术要点是:直接锚索、锚杆联合支护沿空留巷的顶板,锚索支护小于或等于沿空留巷宽度的软帮顶板,并用毛石墙支撑软帮用锚索支护的顶板,引起顶板应力适当地向底板转移,并隔断沿空

留巷与采空区的联系。

本地压控制方法不仅可以引起顶板应力向底板转移,从而避免锚索、锚杆联合支护的顶板因应力过度集中而发生冒落、垮塌,而且可以成功隔离沿空留巷与采空区的联系从而避免回风时漏风。该方法具有成本低,施工快,操作简便,有利快速接续和避免留煤柱而损失优质资源的特点。

由于煤层底板一般为松软的页岩,在顶板应力通过煤帮和毛石墙向底板转移的过程中,易引起底鼓。为了确保沿空留巷的净断面满足通风和煤炭运输的要求,需要多次挖底,从而消除底鼓的危害。

2 锚索毛石墙联合沿空留巷技术在邱家矿井14#煤层开采中的应用

梨树邱家矿井14#层属于单一煤层,煤发热量达22190J,是优质肥煤。煤层平均厚度3.0m,倾角5°,顶、底板岩层分布见图2。该采区工作面走向长510m,倾斜长182m,设计生产能力为50万吨/年。由于直接顶被一层厚0.1m的煤层分割,薄煤层及其下部的1.3m厚的直接顶随移架(回柱)随冒落。目前开采深度达660m。

岩层层号	岩层类型	岩层柱状图	本层厚度	各层累加厚度	本层特征
26	细砂岩		1.45	20.49	黑色,含黄色结核
27	中砂岩		1.50	22.99	黑色中间夹大量煤线
36	细砂岩		0.25	23.24	黑色,破碎,含炭量大
28	中砂岩		1.50	24.74	灰黑色,由下向上粒变细
29	细砂岩		0.30	25.04	黑色,含炭量大
30	中砂岩		1.70	26.74	黑色,坚硬
31	粗砂岩		3.80	30.54	白色,粒粗
32	煤		0.10	30.64	煤质佳,光亮型,块状
33	细砂岩		1.00	31.64	黑色
34	粗砂岩		0.30	31.97	灰黑色,胶结松散
35	14#层煤		3.10	34.10	煤质佳上部含夹层(页岩0.65m,煤0.2m)
36	中砂岩		1.16	35.26	黑色,坚硬

图2 煤层地质柱状图(单位:m)

Fig. 2 Geological bar graph of coal seams (unit: m)

浅部开采时,先用排距、间距各为1m的锚杆支护巷道顶板,沿空留巷时还要采用木棚子支护巷道顶板,并在软帮砌筑毛石墙。随着开采深度的增加,地质显现越来越严重,沿空留巷的顶、底板闭合量平均达到500mm,两帮闭合量平均达到700mm,断梁折柱、巷道垮塌严重,下分段回采时普遍净断面不足1.6m,不能满足下分段正常开采的通风要求,必须重掘下分段开采的回风巷道。

当开采垂直深度达到600m以上时,必须留20m宽的走向条带煤柱,并在原巷道顶板锚杆支护的基础上补装排距1.2m、间距1m和长9m的φ18mm钢绞线长锚索配400mm长槽钢托板护顶,而且锚索安装要超前采煤工作面20—30m,同

时要锚杆塑料网支护煤壁,才能基本确保沿空留巷的稳定。为了缓解 14# 煤层采掘接续工程的紧张状况,并避免大量优

质肥煤的损失,应用锚索毛石墙联合沿空留巷方法,见图 3。软帮顶板支护的锚索长度同样取 9.0m,并与巷道顶板同

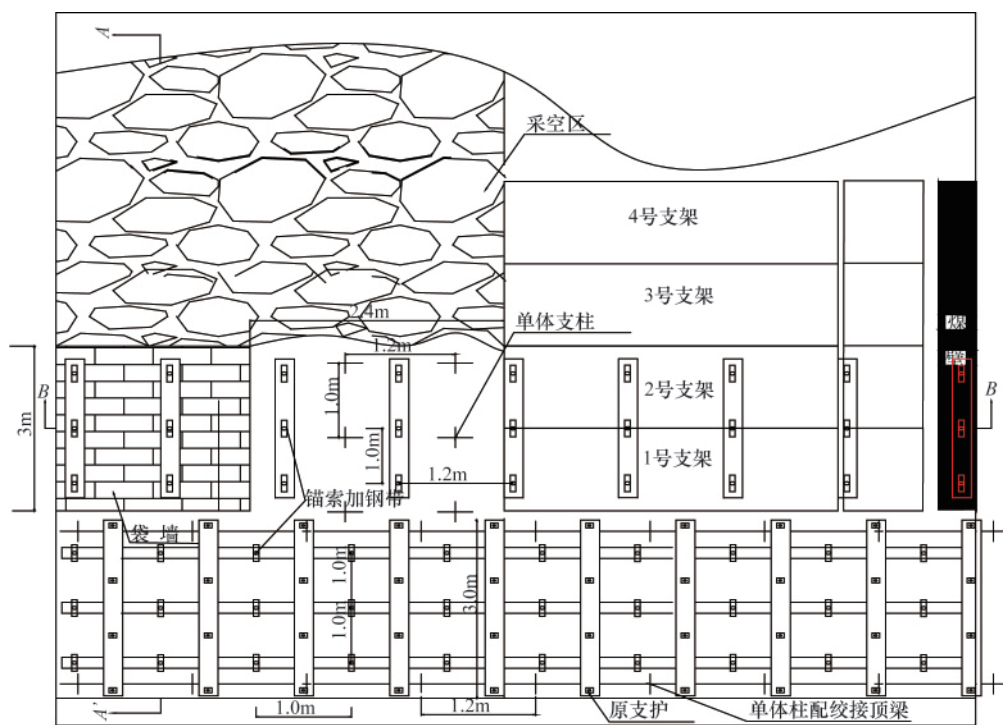


图 3 沿空留巷支护平面图

Fig. 3 Shoring plan of gob-side entry retained support

样安装。即每根锚索用 6 根树脂药卷固定在顶板岩体中,使锚索安装的预应力不低于 120kN。锚索支护宽度暂取一条 W 钢带的长度 3.0m。软帮从下向上的最下一根锚索距沿空留巷里最近的这排锚索的距离为 1.0—1.5m。其他尺寸见图 3。锚杆、锚索的排距、间距均为 1.0—1.5m。地压越大、顶底板闭合量越大时,排距、间距取值越小。

由于液压支架移架后采空区中冒落的直接顶板岩石较破碎、风化,不用水泥沙浆砌筑毛石墙,也为了降低筑墙成本,增加墙体稳固性和承载能力,采用麻袋、编织袋等装满卵石(毛石)堆筑成与软帮锚索支护等宽即 3.0m 的毛石墙。人工堆筑过程中尽量使毛石墙接顶,并做好错缝压荐,以便毛石墙保持稳定并快速发挥承载作用。为了预防顶压推垮堆筑的毛石墙,在堆筑毛石墙时每间隔 1.0m 安装两根防倒锚杆并配钢带,图 3 的 A-A' 剖面见图 4。

埋深越大、地压越大或顶底板闭合量越大时,毛石墙或软帮锚索支护的宽度越大,一般最大支护宽度小于或等于沿空留巷的巷道宽度。

为了防止意外伤人事故,在 1 号、2 号支架前打超前锚索时,割煤机的输煤溜子必须停止运转;移溜子头拉 1 号至 6 号支架时,砌筑毛石墙的人员不能平行作业。为了预防采空区向沿空留巷窜卵石,堆筑毛石墙滞后放顶线距离不宜过大,一般为 5—6 排锚索的排距。为了预防移 1 号、2 号支架时

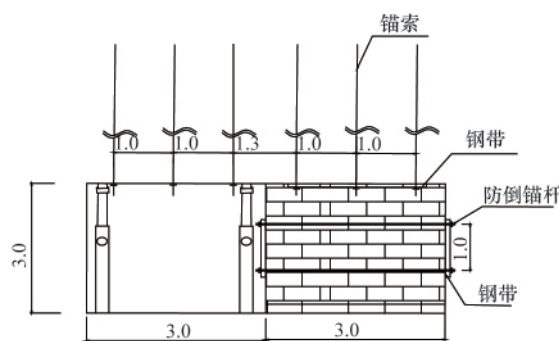


图 4 毛石墙防倒锚杆安装图(单位:m)

Fig. 4 Section fixing anchor against the waste rock wall collapsed (unit: m)

刮碰锚索造成锚索失效,锚索安装时不宜外露过长,并且在移 1 号、2 号支架时顶梁上方垫枕木。

由于经煤帮和毛石墙转移到底板的顶板应力较大,加上底板顶岩较软,常发生底鼓。为了确保沿空留巷的断面尺寸,以便满足回风要求,要及时挖底翻修底鼓。实践表明,沿空留巷要经历 2—4 次反复挖底才能解决好底鼓危害。为了减轻沿空留巷的支承压力对底板造成的底鼓危害,可以在毛石墙的采空区侧沿巷道走向类似图 1(b)控制爆破切断老顶。为了确保切顶施工安全,切顶带离毛石墙的倾斜距离控制在

1.5—2.0m, 切顶宽度取 2.0—3.0m 为宜。切顶深度取 2.5—3.0m, 以便确保 3.8m 厚的白色粗砂岩充分切断并松散破碎。或者砌毛石墙时,加宽墙体的基础。

在邱家矿井 14# 煤层的施工中,由于仅用锚索毛石墙联合支护软帮顶板,没有进一步在毛石墙上部的采空区中沿走向爆破切断老顶,沿空留巷的地压显现还比较严重,巷道维护一般也比较困难,因此,要合理组织安排好生产接续,确保留巷的时间不要太长久。仰斜采煤时,沿空留巷的底板容易积水,要及时水泵排水,避免积水危及底板稳定性。

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 梨树邱家矿井 14# 煤层开采的实践证明,应用锚索毛石墙联合沿空留巷技术,可以安全可靠、经济有效、施工简便地在大采高、高地压和易冒落顶板中成功实施沿空留巷,从而避免损失优质煤炭资源,缓解因掘进工程量大、掘巷进度缓慢而引起的接续紧张的局面。

(2) 沿空留巷宽度为 4.5m 时,一个走向长 450m 的采区应用锚索毛石墙联合沿空留巷,可带来直接经济效益 1997.6 万元。

3.2 建议

(1) 应用锚索毛石墙联合沿空留巷技术时,软帮顶板锚索和毛石墙联合支护的宽度,不大于沿空留巷的宽度。在梨树邱家矿井 14# 煤层开采中仅按 W 钢带的长度确定软帮顶板锚索和毛石墙联合支护的宽度,在开采深度达到 660m 以上时,沿空留巷的地压显现还比较严重,支护宽度可能偏小。建议根据悬臂板梁理论推导合理的设计依据,并应用有限元法加以检验。

(2) 建议在第 3 架和第 4 架支架间隙实施深 2.5—3.0m 的震动爆破切断粗砂岩老顶。目前应用锚索毛石墙联合沿空留巷技术时,由于从硬帮开始的约 9.0m 宽的顶板被实施网度 (1.0—1.5)m×(1.0—1.5)m 长 9.0m 的锚索或锚索锚杆联合护顶,硬帮以上形成了宽约 9.0m 以上的组合悬臂板,加上埋深

多于 660m 的高地压,通过加固的硬帮和毛石墙将这些支承压力传递到底板,引起锚索毛石墙联合沿空留巷严重底鼓,需要 2—4 次挖底才能确保巷道断面尺寸满足通风的要求。如此反复清底,工作强度太大,也不经济,而且不能持久保证断面不过度缩小,也很难确保巷道稳定。因此,建议在 3 号、4 号支架移架前钻凿 2.5—3.0m 深的呈排炮孔,并在孔底紧密堵塞 1—2 卷炸药,移架后立即起爆;适当加宽毛石墙的基础,也是种底鼓的有效防范措施。

切顶时,炮孔直径取 40mm 左右,沿走向孔间距为 1.0—2.0m,以便确保在毛石墙倾斜向上约 1.5m 处切断老顶而形成一条人工切顶带,从而释放或转移部分顶板应力,并确保锚索毛石墙联合支护体稳定。为了避免液压支架移架的瞬间冒落岩石毁坏起爆设施,震动炮孔实施双发雷管起爆,必要时也可在移架前沿炮孔走向架设一排木支柱而保护起爆系统。

参考文献 (References)

- [1] 于会军, 马成民, 郭建武. 锚网钢带喷浆联合支护在煤巷应用[J]. 煤炭技术, 2004, 23(7): 55—56.
Yu Huijun, Ma Chengmin, Guo Jianwu. *Coal Technology*, 2004, 23(7): 55—56.
- [2] 于会军, 齐伟. 沿空留巷联合支护技术[J]. 煤炭技术, 2005, 24(2): 104—105.
Yu Huijun, Qi Wei. *Coal Technology*, 2005, 24(2): 104—105.
- [3] 李俊平, 周创兵, 冯长根. 矿山岩石力学——缓倾斜采空区处理的理论与实践[M]. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 2005.
Li Junping, Zhou Chuangbing, Feng Changgen. *Mine rock mechanics: Method and practice disposing gently inclined abandoned stope* [M]. Harbin: Heilongjiang Education Press, 2005.
- [4] 李俊平, 卢连宁, 于会军. 切槽放顶法在沿空留巷地压控制中的应用[J]. 科技导报, 2007, 25(20): 43—47.
Li Junping, Lu Lianing, Yu Huijun. *Science and Technology Review*, 2007, 25(20): 43—47.
- [5] 李俊平, 郝福坤, 于会军, 等. 易冒顶板锚索毛石墙联合沿空留巷方法: 中国, 201110286693.1[P]. 2011.
Li Junping, Hao Fukun, Yu Huijun, et al. *The Gob-side entry retained stage with building mullocks and anchor cable in the easily falling roof: China*, 201110286693.1[P]. 2011. (责任编辑 张军, 岳臣)

· 学术动态 ·

“2012 超大数据库会议”征文

由国际辐照协会、中国核学会主办的“2012 超大数据库会议”拟于 2012 年 6 月 22—23 日在北京市召开。

征文范围: 针对超大数据集, 最先进处理技术的现状; 当前和预期数据挑战的实际应用案例; 构建超大数据库存在的经验教训和创新; 克服目前困难的趋势和策略。

电子信箱: info@xldb-asia.org。

会议网站: <http://idke.ruc.edu.cn/xldb/www.xldb-asia.org/index.html>。