

大断面煤巷快速掘进空顶距及支护方案研究

张 娟

山西天巨重工机械有限公司 山西晋城 048000

摘 要: 在巷道的综合机械掘进条件下,空顶距和支护是影响掘进速度的主要因素。一方面,适当增加顶板间距可以减少掘进机进退机次数、钻机的运输次数及临时支护次数,同时可以进行平行支护作业,相对增加巷道掘进时间,提高过剩效率;另一方面,每个掘进周期的割煤时间在17-34%之间,支护时间在50-67%之间。割煤和支护之间缺乏协调,已成为限制快速掘进的主要问题。事实上,矿区顶部间距和支护措施的选择通常基于经验值,而不是基于足够的科学数据,这往往导致矿区顶部间距和阻力过大或过低,从而导致掘进速度缓慢。因此,科学合理地确定空顶距和支护对提高掘进效率和确保安全至关重要。

关键词: 综放工作面;大断面煤巷;快速掘进;空顶距;支护方案

B2层主采在煤层综放面上。B2层平均厚度8米,坡度9-14°,平均深度320米。B2层分为上下0.4m夹矸,煤层抗压强度17MPa。顶底板由粉、中、粗砂岩组成,抗压强度为40-55兆帕。B2煤层顶板坚硬,工作面开采过程中采用超前爆破裂缝。

一、概况

煤炭开采是我国许多煤炭资源的重要组成部分。是基础产业和工业化背景下煤炭开发的主要能源,是继续主导经济发展的重要工业材料。最近召开的煤炭工业发展全国会议强调了煤炭资源的战略重要性。随着我国煤炭资源在能源消耗中所占份额的逐年增加,巷道的掘进和支护工作的数量急剧增加,尤其是在煤炭工业黄金十年期间,达到3万公里巷道战线。由于大部分煤是地下开采的,周边岩石的环境特征和多变性是煤矿巷道的掘进安全差、数量和成本的出发和维护过程中产生的问题。近年来,机械化程度已提高到33%,月和年进尺也有很大提升。从表面数据可以看出,巷道掘进量已达到前所未有的水平。但仔细的比较分析发现,矿区的采掘比例分布仍然很不均衡,1:3的比例综掘跟不上综采的步伐。随着我国新经济振兴政策的出台,煤炭能源需求急剧增加,进一步推动了大断面巷道掘进的扩大。预计这些措施将为煤炭工业的发展提供可靠保证,但挑战和机遇并存,回采巷道的年消费量逐步增加。现代采矿活动增加

了投资和综掘技术多样性、工作区机械化以及所建立工作区的增加开采数量。安装和运转通风、运输等较大的设备需要更多的大断面巷道的开掘力度,因为这些巷道支护越来越难以维护和保养,而且采矿活动失调再次阻碍了矿井正常接续,严重阻碍了矿井发展^[1]。

二、巷道掘进空顶距理论分析

1. 空顶区域的顶板力学模型

掘出巷道后,空顶区顶板由开采前一侧的煤壁、两侧的煤以及开采区后部的已掘巷道支护构件支撑。巷掘进后,顶板较完整,可视为连续均匀的支撑。当两帮、掘进头头前煤壁及后支撑构件为开采区顶板提供足够保护时,开采区顶板可简支为薄板,在均匀上部荷载 q 下有三个固定支撑和一个简支的薄板,即力学模型如图1所示, $2L_1$ 是空顶间距, $2L_2$ 是宽度, H 是厚度。

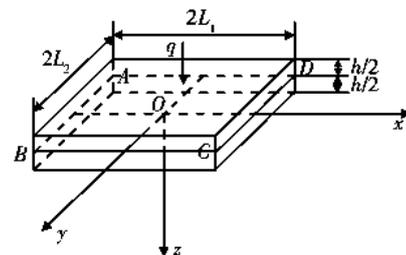


图1 空顶区顶板力学模型

2. 大断面空顶距离的确定

巷道回采的净高度为3.2米,顶板岩层为1.05米、夹矸0.40米、煤层3.35米、粉砂岩3.7米和中砂岩11.00米。顶煤1.05米被视为作薄板,厚度 $h=1.05$ 米;由于老顶厚度大、硬度大、承载能力强,巷道开掘后主板短时间内不会变形,因此1.05米顶煤主要承受顶板底部的低顶石荷载,假设平均体积质量为 25kg/m^3 ,平均分布载荷

作者简介: 张娟,1980年8月,女,汉族,山西晋城市人,大学本科,中级工程师,工作单位:山西天巨重工机械有限公司,主要方向为煤矿掘进装备,邮编:048000,邮箱:531616015@qq.com。

$q=0.21\text{MPa}$ 薄板, 煤B2层 $\sigma_T=1.16\text{mpa}$ 的抗拉强度^[2]。

三、大断面煤巷快速掘进方案

1.改进巷道掘进技术

接顶、老顶是坚硬的岩石, 较好稳定性, 系数 $f=1.7$, 中等硬度, 煤自然裂隙。根据巷道情况, 两帮煤壁移近量比较小较为完整。顶板破碎通常为16mm。因此, 目前的支护强度满足了巷道稳定性的要求, 并以较高的程度富余。但是, 车道的支护强度会对巷道掘进速度产生重大影响。当开挖时, 相邻岩石变形不同, 释放两帮煤岩产生的基本重量和高应力。因此, 当巷道在低强度下掘出让压支护时, 围岩可能会在一定条件下变形, 以最大限度地扩大围岩的变形, 同时最大限度地提高周围岩石的承载能力, 同时降低一次让压支护围岩的支护密度, 支护时间缩短, 基于一次压支护的一定距离滞后的二次次补强支护可降低巷道围岩位移应力, 有助于将围岩应力转化为巷道长期强度和稳定性变化的停止状态, 并进一步确保巷道稳定性掘进由于补强支护滞后工作平面中存在一定距离, 因此这两者不会相互影响, 可以平行作业。基于上述分析, 结合上述最大空顶距的理论计算值, 改进的原掘、支工方法将顶距L提高到3.2m, 每割煤的3.2m退机-机载装置临时支护-一次让压支护; 经过几个小循环, 即 nL ($n=1, 2, 3, \dots$)后, 将对支护进行二次补强。但是, 至关重要, 要确定适当的让压、补强支护和参数, 补强支护滞后用于确定让压支护的距离, 以确保安全掘进, 并满足巷道支护要求。

2.改进巷道支

在原有巷道支护设计的基础上, 支护的一次让压、二次补强参数设计如下: (1) 让压支护。主要针对巷道顶板; 如果巷帮破碎程度较低, 则当前不支护。让压支护采用锚+金属网。锚杆 $\phi 20 \times 2200\text{mm}$ 螺纹钢, $900 \times 1600\text{mm}$ 间排距。金属网冷拔丝制成, 网格 $100 \times 100\text{mm}$ 。预紧力: $\geq 60\text{KN}$ 。(2) 补强支护。补强顶板(土钉+锚固线): 排列两行让压支护锚杆间补打一排 $\phi 20 \times 2200\text{mm}$ 锚杆螺纹钢形成五花眼状, 预紧力 $\geq 80\text{KN}$; 与此同时, 支护锚杆的预紧力二次拧紧, 使其超过 80KN 。锚索股钢绞线 1×7 法, 规格为 $\phi 17.8 \times 720\text{mm}$, 锚杆每行 3 个, 间距 $1600 \times 4000\text{mm}$, 预紧力 $\geq 150\text{KN}$ 。补强巷帮(锚固+塑料网): 巷帮锚杆 $\phi 18\text{mm} \times 1600\text{mm}$ 螺纹钢, 距离 $1000 \times 900\text{mm}$ 。塑料网采用 $80 \times 80\text{mm}$ 钢和塑料复合网。

3.确定二次补强支护滞后距离

为了分析改进后的掘、支技术, 二次补强支护偏移

距离 nL , 并验证增强支护方案的合理性, 建立了一个 UDEC 数字模型: $nL=6.4, 9.6, 12.8, 16.0, 19.2, 22.4$ 和 25.6m , 具体如下: (1) 创建数字模型。该模型是根据综合工作计划的实际地质条件开发的。模型长 100.0m , 高 35.4m 。模型岩层的力学参数见表 1。在模拟过程中, 巷道支护遵循改进的支护。Mohr-Coulumb 标准被用作覆岩被破坏的依据。

表 1 煤、岩层力学参数

岩性	弹性模量/ GPa	内聚力/ MPa	密度/ (kg/m^3)	泊松比	抗拉强度/ MPa	内摩擦角/ ($^\circ$)
中砂岩	10.2	4.1	2 640	0.22	6.96	34
粉砂岩	7.5	5.5	2 500	0.25	3.05	32
粗砂岩	11.8	3.3	2 610	0.21	8.53	38
B2 煤层	1.4	1.2	1 600	0.19	1.16	24
夹矸	5.2	1.9	1 750	0.23	1.80	27

(2) 分析模拟结果。顶板会破坏特征。如图 2 (a) - 图 2 (d) 所示, 当 $nL=6.2\text{m}$ 时, 岩层顶板几乎没有裂缝; $nL=9.6\text{m}$ 时, 顶板岩石断裂区高度约 20cm ; $nL=12.8\text{m}$ 时, 顶板岩石断裂区高度约 30cm ; $nL=16.0\text{m}$ 时, 顶板裂隙高度约为 40cm ; nL 改为 19.2 至 25.6 米时, 顶板破裂区域高度一般稳定在 40cm , 但破裂区域的宽度大幅度增加; $nL=28.8\text{m}$ 时, 顶板裂隙高度迅速上升到 100cm , 顶板冒落较大的表面。可以看出, 由于一次让压支护强度较低, 在巷道掘进后, 如果不及时进行二次补强以加快顶板应力再平衡过程, 顶板将继续变形, 破坏范围将从表表扩大到深处使锚杆失效, 造成冒落。

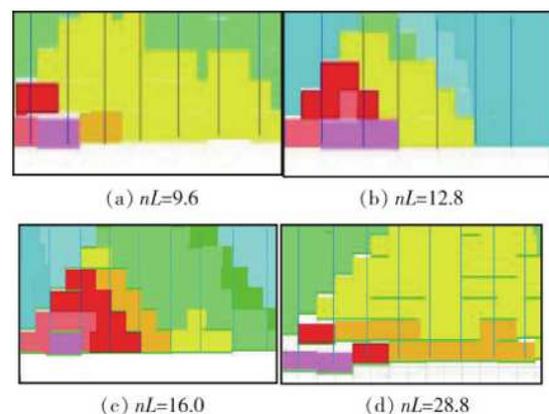


图 2 不同 nL 条件下顶板岩层破坏特征

顶板位移变化。各种 nL 条件下具有快速上升、平坦上升和稳定特性, 主要一次让压支护及二次补强支护的 nL 板分别为 9.6m 和 12.8m , 表明二次补强支护岩层抑制变形后 $nL=16.0\text{m}$ 和 28.8m 时, 顶板位移曲线的特征是快速、缓慢和再次快速上升。具体而言, 在二次补强支护

和曲线经历后, $nL=28.8\text{m}$ 位移曲线在短时间稳定后大幅上升, 这是顶板即将冒落的前兆。有鉴于此, 巷道二次补强支护的滞后距离不超过 16.0m , 合适为 12.8m ^[3]。

根据大断面煤巷顶板的岩性、厚度和力学性能, 采用薄板理论, 建立了空顶区距为 3.2m 的空顶区力学模型。为了缩短巷道支护时间, 原有的巷道支护改进计划已升级为“一次让压+二次补强”, 给出了相应的支护和参数, 并将二次补强与一次让压支护之间的合理距离定为 $nL=12.8\text{m}$ 。现场试验表明, 巷道顶底板相对位移最大值为 68mm , 两帮相对位移最大值为 42mm , 在空顶距 3.2

米的条件下, “一次让压+二次补强” 支护二次补强支护滞后 12.8m 距离; 月进尺可达 450m , 比原来提高了 60% 的掘进效率。

参考文献:

- [1]李社. 煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[J]. 煤炭科学技术, 2019, 35(3): 1-10.
- [2]柏同磊. 巷道掘进空顶距确定的差分方法及其应用[J]. 煤炭学报, 2019, 36(6): 920-924.
- [3]康金强. 掘进工作面围岩应力分布特征及其与支护的关系[J]. 煤炭学报, 2019, 34(12): 1585-1593.