

镇城底矿掘锚一体化机组快速掘进工艺优化研究

段贤斌*

(山西焦煤西山煤电镇城底矿,山西太原 030200)

摘要:为提高镇城底矿28210工作面煤巷的快速掘进效率,本研究深入分析了掘进机械参数、煤层硬度及结构特征等因素对围岩稳定性的影响。通过执行精确的地质评估、优化掘进机组参数、同步截割与支护技术以及实时监测与应急调整等策略,成功实现了在复杂地质条件下煤巷的快速掘进和有效的围岩控制。

关键词:综采工作面;掘锚一体机;围岩控制

中图分类号:TD263 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2024)11-0141-03

随着煤矿采掘机械设备技术的不断进步,高效生产成本的研究成为关键。掘锚一体化技术实现了自动截割、自动控制以及掘进和锚固的并行作业,能够同时进行破碎、装载、运输和支护等多项工序,显著降低了辅助作业所需时间,该技术在众多矿井中已广泛采用。为提高设备的应用效果,诸多学者开展相关研究:徐朋等^[1]对掘锚一体机快速掘进技术进行了深入探讨,指出通过技术创新和设备改进,能够有效提升煤矿巷道快速掘进的安全性和效率;陈玉涛等^[2]在张家岭智能化煤矿关键技术研发与应用研究中,展示了智能化技术在提高矿井安全性、减少人工干预和提升掘进效率方面的重要作用;雷亚军等^[3]则专注于大倾角倒梯形煤巷的快速掘进技术,提出了一种新型配套快速掘进技术,旨在解决复杂地质条件下的掘进难题,其研究成果对于类似工作面的掘进具有重要的参考价值。本文以镇城底矿28210工作面辅助运输顺槽为研究对象,对煤巷快速掘进的工艺流程机械研究。

1 矿井概况

镇城底矿位于古交市西北约11km,矿井面积约33km²,矿井设计生产能力190 Mt/a。28210工作面位于南二下组煤采区,为南二下组轨道大巷、下组煤皮带、回风大巷,东为28210运输顺槽,其他为未采区。28210工作面倾斜长度240m,走向长1059m,采用综合机械化放顶煤采煤工艺,全部垮落法管理顶板。工作面辅助运输顺槽为全煤巷道长1395m,沿8°煤层第一分层底板布置,矩形断面,净断面积17.5m²,采用锚网索支护。

巷道顶部采用 $\varnothing 20\text{mm}\times 2200\text{mm}$ 全螺纹高强锚杆(屈服强度 $\geq 500\text{MPa}$),间排距800mm $\times$ 800mm,采用150mm $\times$ 150mm $\times$ 10mm的托盘,每根锚杆共用3支锚固剂,包括2支MSCKb2360树脂药卷和1支MSK2380树脂药卷,预应力不小于100kN;锚索采用1 $\times$ 19钢绞线加工,规格为 $\varnothing 21\text{mm}\times 6500\text{mm}$,抗拉强度为510kN,托盘为长 $\times$ 宽 $\times$ 厚为300mm $\times$ 300mm $\times$ 18mm的低合金结构钢,锚索间排距900mm $\times$ 2400mm,每排4根,每根锚索采用三支MSM23/60树脂药卷,预应力不小于120kN。配套使用W钢带型号为5300mm $\times$ 280mm $\times$ 3mm。

巷道帮部采用 $\varnothing 20\text{mm}\times 2200\text{mm}$ 全螺纹高强锚杆,每排布置5根锚杆,中间3根锚杆间距为800mm,最下边的锚杆距离底板300mm(与帮部垂直方向的倾角45°),最上边的锚杆距离顶板300mm。每根锚杆共用三支锚固剂,包括2支MSCKb2360树脂药卷和1支MSK2380树脂药卷,预应力不小于100kN。配套W钢带型号为3300mm $\times$ 280mm $\times$ 3mm。巷道铺设的金属网采用 $\varnothing 6\text{mm}$ 的钢筋加工制作,网孔尺寸100mm $\times$ 100mm,搭接100mm。顺槽铺底混凝土型号为C30,水沟尺寸300mm $\times$ 300mm。

2 快速掘进机组下的巷道围岩稳定影响因素

影响掘锚一体化机组效率的关键工序是支护作业。结合28210工作面的地质条件,分析快速掘进机组掘进巷道围岩稳定性影响因素主要为:

(1)掘进机械参数:快速掘进机组的操作参数,如切削速度、扭矩和推进力,对围岩稳定性有直接影响。

* 收稿日期:2024-09-09

作者简介:段贤斌(1977-),男(汉族),山西太原人,高级工程师,现从事煤矿生产与安全管理。

过高的切削速度可能导致围岩应力集中,增加围岩破裂的风险。相反,适当的切削速度能有效减少围岩变形。

(2)煤层硬度与结构特性:巷道所在的煤层硬度和结构特性对掘进机械的磨损程度及掘进效率有显著影响。硬度不均匀的煤层极易导致切削效率不稳定,影响围岩的整体稳定性。

(3)围岩力学性质与应力重分布:围岩的力学性质,如强度、韧性和裂纹发育程度,直接影响巷道的稳定性。快速掘进过程中,围岩应力会发生重分布,可能导致原有裂缝扩展或新裂缝生成,进一步影响围岩稳定。

(4)地应力环境:巷道在大井凹陷构造单元中,所承受的地应力环境复杂多变。此种不均匀的应力分布对巷道稳定性构成挑战,尤其是在深部煤层作业时更为显著。

(5)掘进机组的振动与冲击效应:快速掘进机组在作业过程中产生的振动和冲击力会影响围岩结构,尤其是在裂隙发育的煤层中,振动可能导致裂隙扩展,降低围岩稳定性。

基于上述分析,本次巷道快速掘进在设计支护时,需充分考虑支护的强度、支护的灵活性以及支护的及时反馈,确保通过合理的支护方案,在实现快速掘进的同时,最大程度保障巷道围岩的稳定性。

3 快速掘进机组工艺优化

3.1 快速掘进机组

基于上述镇城底矿南翼首采工作面的地质情况与支护方案,本工作面采用由中煤科工太原研究院研发的EBZ260M-2型掘锚一体机,并与MZHB6-1200/20型锚杆转载机、带式转载机和迈步自移机尾配套使用,构建一套完整的快速掘进机组。

3.1.1 掘锚一体机

EBZ260M-2型掘锚一体机长11.6m、宽5.3m、高2.7m;总装机功率742kW;截割功率340kW;运输能力25t/min;截割滚筒直径1150mm;截割滚筒宽度5.8m(截割)、5.3m(行走)。适用条件:截割高度范围为2.8~3.8m,支护高度为3.3~3.8m,巷道宽度大于5m,煤层厚度不小于3.2m,坡度不大于18°。设备集成了截割、支护和运输等多项功能,实现了不同作业的同步进行。装备了四组顶锚钻机,其中两组采用了同步滑移的整体滑移机构。同时,该机械还配备了液压护顶板和专为锚杆索支护设计的安全区域,保障了施工人员的安全。

3.1.2 锚杆转载机

MZHB6-1200/20锚杆转载机作为掘锚一体机的补充设备,主要负责高效、安全地进行锚杆的装载和转移工作。设备长10m、宽2.4m、高2.5m,总装机功率1200kW,每分钟可转载约20根锚杆,满足快速高效的支护需要。设备适应煤层厚度不小于3m、巷道宽度不小于4m、坡度不大于15°的工作环境。设备共有6组钻机,包括4组专用于顶部的锚杆钻机和2组用于侧壁的锚杆钻机,能够有效覆盖巷道的顶板和侧壁。此种配置使得锚杆转载机能够在掘锚一体机尚未进行支护的区域提供后续支护,有效分担掘锚一体机的部分支护工作。与此同时,顶锚杆钻机组也采用了滑移机构的设计,提高了其操作的灵活性和效率。

3.1.3 快速掘进机组支护范围

在掘锚一体机与锚杆转载机的协同作业中,两者的顶部双锚杆钻机均采用了同步滑移机构,以实现横向移动的灵活性。然而,由于掘锚一体机的截割滚筒摇臂结构的存在,其顶部的左右两边双锚杆钻机同步滑移机构无法实现完全的接触。设备说明书指出,掘锚一体机两组滑移机构的最小间距维持1300mm。相比之下,锚杆转载机的两组滑移机构最小间距可达750mm,从而有效地补充了EBZ260M-2型掘锚一体机在某些区域的作业限制。

此外,两种设备的顶部钻机都设有最大摆动角度 $\pm 15^\circ$,此设计显著扩展了二者施工范围。特别是在锚杆转载机上,帮部钻机的最小离地高度为300mm,向上滑动行程可达1186mm,并且其最大摆动角度同样为 $\pm 15^\circ$ 。以上技术特性确保了锚杆转载机在施工过程中的高效性和灵活性。在实际施工中,掘锚一体机的帮部钻机主要负责巷道两侧上部的锚杆索作业,而下部锚杆索的补打工作则由锚杆转载机的帮部钻机完成,从而提高了整体的掘进效率。通过此种高度专业化和精确的技术设计,掘锚一体机和锚杆转载机的协同作业能够有效地满足复杂地质条件下的巷道支护需求。

3.2 锚杆转载机支护任务分配

结合巷道设计支护方案,采用分步支护以提高掘进效率,由EBZ260M-2型掘锚一体机和锚杆转载机共同完成,具体支护任务分配见图1。

掘锚一体机的锚护工作包括顶板锚杆、每帮上部锚杆以及顶板锚索。其中顶板锚杆负责安装1号、8号、2号、7号、3号、6号锚杆,以上锚杆从两侧向中间进行布置,并与钢带配合使用;每帮上部1、2、3号锚杆(顶

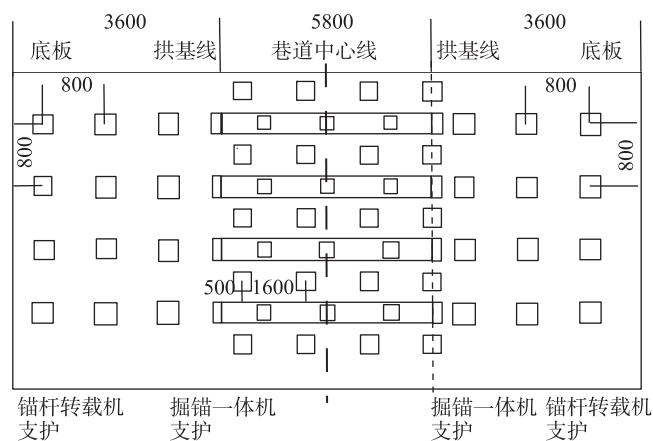


图1 支护任务分配示意图(单位:mm)

角锚杆带倾角15°打设)。顶板锚索负责安装2号和3号锚索。锚杆转载机负责不同的锚护任务,以补充掘锚一体机的作业。包括:顶板4、5号锚杆;每帮下部4、5号锚杆(底角锚杆带倾角15°打设);顶板1、4号锚索。

3.3 快速掘进机组掘进工艺

28210工作面的应力状况较为复杂,这在一定程度上制约了巷道掘进的速率。因此,必须依据工作面的具体地质条件以及掘锚一体机的操作特性,制定出合理的掘进工艺流程。同时,需要对掘进、支护、运输等环节进行统筹安排,增加并行作业,以提升巷道掘进的效率。具体工艺流程如下:

(1)精准地质评估。首先进行地质勘探,确定煤层的具体参数,并利用地震反射法预测前方200m范围内的地质结构,以便及时调整掘进计划。

(2)掘锚一体机参数优化。根据地质评估,设定EBZ260M-2型掘锚一体机的作业参数。例如,若煤层平均厚度为3.5m,硬度指数范围在2~4之间,设定截割深度为0.8m,推进速度调整为0.5m/min,旋转速度设为60r/min。旨在机器性能最大化,同时避免对围岩造成

不必要的损伤。

(3)同步截割与支护。在掘进过程中,掘锚一体机进行截割作业的同时,利用其四组顶锚杆钻机,以每3m间隔进行顶板和两侧的锚杆安装,使用长度为2.5m的锚杆和钢带进行初步支护。

(4)锚杆转载机补充支护。掘锚一体机每推进5m后,MZHB6-1200/20型锚杆转载机进行跟进,对顶板和底角进行补充支护。特别针对底部和侧壁下部,每2m间隔安装4号和5号锚杆,以及1号和4号锚索,增强围岩稳定性。

(5)通风与除尘管理。确保掘进过程中持续运行通风系统,以保持每立方米空气中的粉尘浓度低于2mg的标准。同时,使用除尘设备,控制粉尘排放。

(6)实时监测与应急调整。安装矿压监测仪与气体检测器,以实时监控围岩应力及有害气体浓度。一旦发现异常情况,立即调整掘进策略与支护方案,确保工人安全。

4 结论

经过深入分析镇城底矿28210工作面辅运顺槽掘锚一体机组的掘进工作面,本研究探讨了在复杂地质条件下快速掘进机组对巷道围岩稳定性的影响因素,并提出了相应的巷道支护与掘进工艺的优化方案。该方案有效促进了煤巷的快速、安全掘进,为煤矿行业的持续发展和安全生产提供了技术支撑。

参考文献:

[1] 徐朋,杨拓,张健,等.曹家滩煤矿掘锚一体化施工工艺优化研究[J].煤炭工程,2024,56(5):51-57.

[2] 陈玉涛.煤矿快速掘进工作面产生特点及综合防尘技术研究[J].矿业安全与环保,2024,51(2):33.

[3] 雷亚军,莫金明,杨建辉,等.掘锚一体化工作面粉尘污染分布规律分析及防尘装备探讨[J].煤矿机械,2021(9):42.