

岩巷悬臂式掘进机稳定性技术探究

张金涛*

(潞安化工集团李村煤矿,山西 长治 046000)

摘要:针对当前矿用掘进机进行掘进作业时,存在后支承机构无法进行机尾微调的不足,造成掘进机稳定性差,安全隐患大的问题,基于掘进机运行工况,并结合其受力情况,通过创建稳定性分析模型,对掘进机支撑机构进行了优化改进,并获得了掘进机摆动截割时的最小稳定系数,该支承机构与底板的实际接触面积变大,掘进机机尾可实现灵活摆动,可依据掘进机的工作状况对掘进机的巷道位置进行微调,经试验验证,通过此改进后掘进机进行截割作业与转弯行走调动时的稳定性更高,灵活性更好,效率更高,更好地保障了安全高效掘进。

关键词:掘进机;掘进作业;稳定性;支承机构;优化

中图分类号:TD26 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2024)09-0144-04

岩巷开挖普遍应用于220kW以上的大功率切割机,其工作状态与切割机及其连接传动部件、电气、液压等部件的工作状态密切相关,因而研究岩巷中切割机的振动特性对于研究切割机在开挖过程中的振动特性有着十分重要的意义。有很多因素会影响到掘进机的稳定性,比如:整机布置的平衡、接地面积、机身高等轮廓线、主体结构,如框架、悬臂等的重量与刚度、截割头形式、应力条件、经营模式等。在这些因素之中,截割头的负载、整机重量以及稳定的支撑机构对掘进机的工作稳定性有很大的影响。

悬臂掘进机在工作时,由于截割头转动、摇摆,其所受的荷载就是截割头所受的荷载,这种荷载是影响截割头工作状态及截割效果的关键。当截割头上的受力发生变化时,会引起机械的震动,从而造成切削工作的不稳定,尤其是当切削具有不同属性的岩石时,这将对装置的稳定性造成很大的影响。为确保其工作的高稳定性,本课题拟结合岩巷的实际特点,研究一种全新的技术方法。项目拟研究一种能够增加其与地面的接触面,并能随着其摆动而进行动态调整的新型支撑结构。实验结果表明,该稳定剂对整体剪切系统具有较好的稳定性。

1 平移支撑装置的研制

随着截割量的增加,其体积和重量也随之增加,造成了下井困难、对底板的适应能力降低等问题。对设

备重量的计算,既要依据设备的运行稳定系数,又要参考具有良好运行性能的设备,进行相似计算。

国外学者在此基础上,引入“最大质量比”,使装置体积变大,从而使装置变得更轻,从而更好地保证装置的安全运转。我国现有的各种挖掘机均采用此标准,但随着切割能力的提高,此标准的局限性也随之增大。如果设定截割力为450kW,而机械质量与截割力的比值为0.4,那么,这台机器的重量就会达到180t,这显然是不现实的,而且机器的重量也会增加到很大的重量,而且很难将机器从井口上取下来。为此,我们还建议增加稳定支撑,增加其失稳阻力,以提高其失稳稳定性。

其中,所设计的稳定支承机构不仅能够保证整个系统的切割稳定性,而且能够在不启动的条件下完成机体的位姿调节。需要对掘进机上的稳定支撑机构的布局位置进行决定,以增加整机的滑动阻力。之后,还要对支撑机构的总体受力情况进行分析,并对支撑点的铰点位置进行优化,进而对最优的机构进行设计,以达到使掘进机机身的定位摆动目的。

该装置的结构见图1,它的结构主要包括后支承缸、后支承腿、滑靴、支承底板、压盘和振动缸。这种机构被设置在掘进机的机尾,当掘进机进行截割工作的时候,它可以利用后支撑油缸的延伸,使支撑底板与地面相接触,从而将整机撑起,再利用摇动油缸的动作,

* 收稿日期:2023-03-04 修回日期:2023-04-10

作者简介:张金涛(1987-),男(汉族),河南许昌人,助理工程师,现从事采矿技术工作。

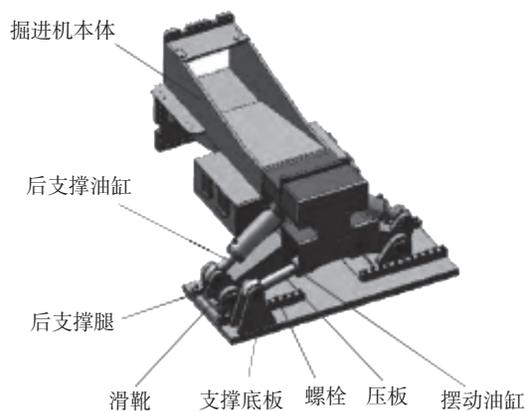


图1 稳定支撑机构结构图

可以将支撑底板向左和向右运动,从而使整机在一定的区域内进行摆动。

2 稳定分析

(1) 稳定化研究。把掘进机的稳定性分为静态和动态两种情况。掘进机截割时的静态稳定性,是由转动机构和推进机构在截割头上所产生的分力来展开的,它将截割力所产生的极限倾覆力与机器自重所产生的稳定力矩相对比,对掘进机进行了稳定分析,结果表明:在斜坡最大倾角时,掘进机的稳定性能最差;在下切作业条件下,当斜率最大时,机械的平顺性最差。所以,为了增强在最大斜坡上的工作稳定性,我们就对稳定支撑机构进行了设计。在掘进过程中,我们可以将后稳定机构拉紧地面,来增强稳定性。此外,在发生失稳的时候,在此基础上,提出了一种新的解决方案:通过对稳定支承机构的设计,使其在地面上的运动轨迹更加清晰,从而使整机的运动轨迹更加清晰。若采用增大阻抗的方法仍然不能完全克服不稳定因素,则可根据实际情况,采用该方法对不稳定因素进行调整,以确保装置的安全运行。然而,在真实情况下,运行稳定系数在满载情况下,存在着一些不稳定因素,据统计,运行稳定系数通常为0.6。稳定性系数:

$$K_y = \frac{M_i}{M_o} \quad (1)$$

式中: M_i ——机构内力对整机重心坐标的力矩和;

M_o ——机构外力对整机重心坐标的力矩和。

为了确保掘进机的驻足与行进的稳定性,在设计时,可对履带进行改进,或增设支承稳定机构,通过支承稳定机构的抗滑设计,提高对地摩擦。

(2) 切刀头部的受力和粘附扭矩。本文通过对截割头动载荷的研究,建立岩巷掘进机工作时的力学模型,得到截割牵引力与整机稳定性的关系、整机稳定性

与稳定支撑机构的相互关系,然后对截割工况进行实时监测,利用数据传输及显示技术,把检测到的数据与参考数据相对比,借助掘进机的智能控制系统,对不同工况下的整机稳定性进行判断、决策,从而决定对整机如何实现稳定支撑,并确定支撑点的位置以及所需支撑力的大小。截割头在摆动截割时,承受截割电机传递的截割力以及摆动油缸的截割牵引力,截割力:

$$F_e = \frac{9550P}{nR} = 161.2\text{kN} \quad (2)$$

式中: P ——截割电机功率, $P=260\text{kW}$;

n ——截割头转速, $n=28\text{r/min}$;

R ——截割头当量半径, $R=0.55\text{m}$ 。

截割力 F_e 的大小与掘进机的截割功率、截割头的旋转速度、直径有关,通常有单功率、双功率两种。而在控制方式上,又分为恒定功率双速、恒定功率单速以及变频等,同一设备在不同的速度下,其截割能力和截割效率也是不同的。通过对EBZ260型挖掘机进行三维数值模拟,得到了比较精确的计算结果,如图2所示。

根据图2可得:

$$M_i = \mu GL/4 \left[1 - \left(\frac{2e}{L} \right)^2 \right] \quad (3)$$

$$M_o = F_z l_e \quad (4)$$

式中: μ ——附着系数, $\mu=0.8$;

G ——整机质量, $G=110\text{t}$;

F_z ——最大截割牵引力, $F_z=14.6\text{t}$;

e ——重心偏离接地中心距离, $e=595\text{mm}$;

l_e ——截割头力臂, $l_e=5965\text{mm}$;

L ——接地长度, $L=3600\text{mm}$ 。

通常情况下,掘进机不会发生侧倾,但会引起不稳定的水平侧倾,这种情况下,会导致截割头下刀,导致横切刀具难以进行,所以,只需要进行侧倾稳定性的计算。根据式(1)~式(4),可以得出EBZ260在不加稳定支撑机构的情况下,在掘进机工作时,最小稳定性系数为0.72,再加上稳定支撑机构后,最小稳定性系数为1.1。所以,如果再加上稳定支撑机构,那么掘进机作业时的稳定性将得到极大的提升。

(3) 掘进机机体的调试技术。在煤巷中,煤柱的横向振动往往是煤柱稳定性的重要特点。但因其本身的不稳定,常造成截割操作的不成功,有时还会造成工人伤亡。此外,掘进机的头部位置对巷道形状的塑造也有较大的影响。在目前的矿山条件下,使用传统的后支撑装置,掘进机主体不能实现左右摆动,必须由左右两个行走装置来实现,这样不但会延长设备的使用时

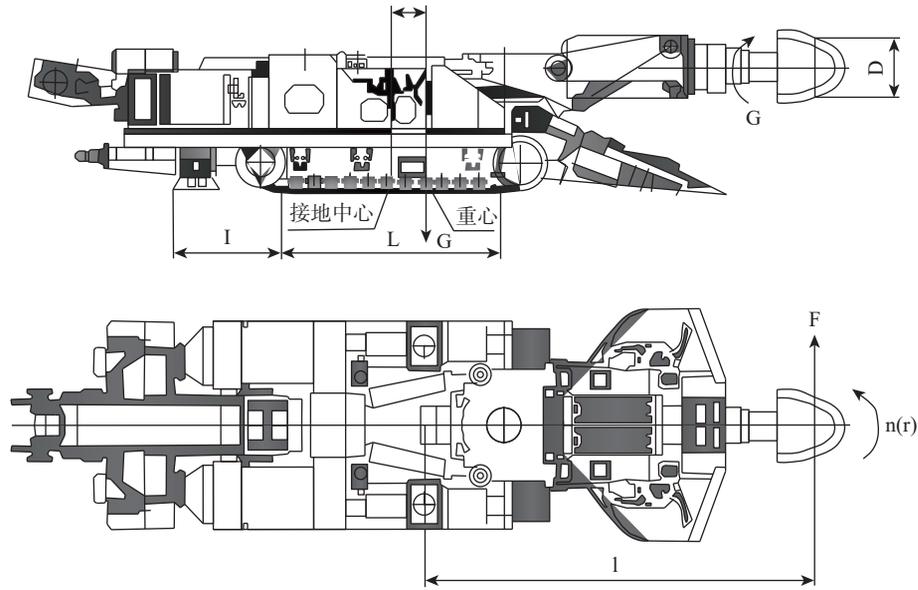


图2 EBZ260掘进机重心位置示意图

间,还会降低工作效率。

在掘进过程中,由于切煤力及其对周围岩石产生的反力,导致了采煤机的失稳。在开挖时,采用稳定支承装置,对地表进行紧固,可改善开挖时的稳定性。以及,当出现不稳定时,能够首先对稳定支承机构进行控制,增大了对地表的抗力,使不稳定消失。通过在机架尾部设计的稳定支撑机构,实现机身的横向、左右平移,在不改变履带行走机构的前提下,调整整机的横向姿态,使机身姿态恢复到正常。若不能完全排除这种不稳定因素,则该软件将会在一定程度上减少切割力,保证切割机的正常切割力。正如在图3中看到的那样,当发生了意料之外的情况时,导致机体出现较大的横向摆动时,如果超出了设置的±5%的范围,控制系统将会自动采取断电等措施,来保护设备和人员的安全。

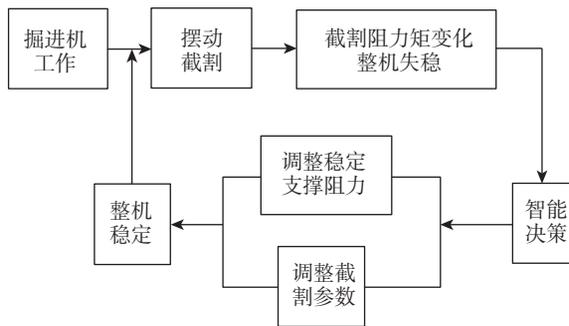


图3 掘进机稳定性调整原理框图

在截割作业中,掘进机通常不会发生侧倾,但会发生侧倾和侧倾的不稳定状态,从而导致截割头的退刀,发生侧倾。机器的稳定性见图4。

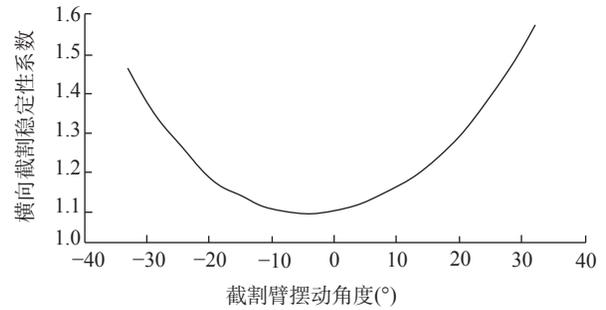


图4 整机稳定性

由图4可知,当掘进机在中位左右摇摆截割过程中采用稳定支撑机构后,其横向截割稳定性系数为1.1~1.6,整机稳定性较好。在井下的实际截割过程中,因为在添加了稳定支撑机构之后,整机的振动比较小,所以通常情况下,机尾的横向摆动距离不会超过100mm。如果机尾的横向摆动距离超过了100mm,那么就需要用掘进机自动定位定向系统来检测横向摆动距离,并用稳定支撑机构每隔1min对整机进行纠偏,这样才能让整机的中心一直工作在巷道的轴线附近,从而确保了巷道的成型效果。

3 固定支承装置的侧向摇摆测距

尾部的横摇距离控制是指对尾部的横向位移进行控制,以使尾部的侧向位移尽量接近于巷道的中央,即对尾部的侧向位移进行校正。具体的工作原理是:利用机器视觉对掘进机进行空间位姿探测,研制一种定位导引器,将其安装在掘进机后部的顶板上,通过对其进行准确的定位和对准,通过对其进行成像,获取其尾部的侧向位移信息,并将其通过无线方式传送到车载计

算机上,完成尾部位移的控制。对掘进机尾部横向摇摆距离进行了精确的检测,并对其进行了检验。

在全机测试场地的试验墙前面安装掘进机,将在掘进机后方40m的地方,将定位导向设备中发出的激光指向作为检测基准,调整定位导向设备的高度,根据这一原理,以单点投影法为基础,将单点投射法和单点投射方法有机地结合起来,构建了一种求出单点投影的方法。对于尾部,横向移动距离的偏差曲线见图5。

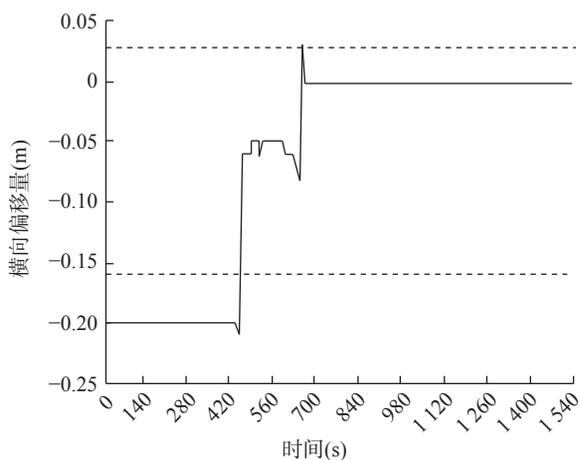


图5 机尾横向摆动距离偏移曲线

如图5所示,在450s时,修正行为开始,修正行为随后开始,修正行为持续200s,修正行为完成后,直到修正行为完成;在切割器启动前,利用定位导引系统,测定了整机尾翼的侧向偏移。尾翼的侧向位移大约为-0.16m;在切割过程中,因切割头上的受力而产生的尾部摇摆和纠偏,使尾部的侧向位移在-0.08~0.05m之间,切割结束后,尾部在纠偏的影响下逐渐回对中,

纠偏结束时,尾部的侧向位移为0.03m,校正精度达到了1%左右。

4 结语

在当前的矿山中,在进行截割时,使用的都是传统的后支撑机构,无法实现掘进机的机尾的精密调整,所以,这是一种根据掘进机的实际工作情况而设计的一种新型的稳定支撑机构,其稳定性好,并且能够使得机尾的摆动更为灵活方便,从而较好地解决了在截割和转弯时,掘进机经常出现的移动和作业效率低下的问题。后稳定臂的使用使得它与地面的接触面更大,从而提高了工作的平稳性。在此基础上,利用稳定支撑机构,联合掘进机主体位置测量与控制系统,实现对掘进机主体与隧道设计轴线(用激光指向仪确定)间的偏转角度、偏移量等位姿量的测量,并与悬臂梁位置测量值做了比较。在掘进机智能决策系统的判定下,能够实时得到掘进机相对于巷道设计轴线和设计断面的位置,并将机体调整信号传送到其上,按照实时的命令,通过支撑稳定机构的动作,来调整机体的姿态,从而确保整机工作时的截割稳定性。

参考文献:

- [1] 程文惠.复杂条件下特厚煤层联络巷掘进施工工艺应用[J].江西煤炭科技,2019(1):33-35.
- [2] 岳东,寇子明,冯晓.联络巷掘进机伸缩内臂的刚柔耦合动力学分析[J].矿山机械,2021(8):90-92.
- [3] 原野.36采区联络巷掘进面探水钻孔设计[J].煤炭科技,2020(2):87-89.
- [4] 魏红亮,白宏峰.顶管机在煤矿高抽巷快速掘进中的应用研究[J].煤矿机械,2018(3):22-24.

(上接第143页)

参考文献:

- [1] 宋宏伟.论煤矿掘进新技术新工艺的应用现状[J].科技创新与应用,2014(13).
- [2] 王新,李玉玺,芮作杨.煤矿安全管理中的常见问题及其防控措施[J].内蒙古煤炭经济,2013(12):155,159.
- [3] 李荣先.深部复杂地质条件下半煤岩巷快速掘进技术探析

[J].中国设备工程,2020(6):218-220.

- [4] 丛利.深部复杂地质条件下半煤岩巷快速掘进技术[J].煤炭工程,2017,49(7):3-7.
- [5] 寄必鹏.复杂地质条件下薄煤层半煤岩巷快速掘进技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2019(9):2-5.
- [6] 吴淑芹.薄煤层炮掘半煤岩巷道优质快速低耗掘进技术[J].中国煤炭,2008(7):34-36.