

# 关于三软煤层大采高工作面矿压特征与支架适应性研究

左文静\*

(霍州煤电集团鑫钜煤机装备制造有限责任公司,山西 霍州 031400)

**摘要:**为确保三软煤层大采高工作面开采过程中的安全性与稳定性,针对三软煤层大采高工作面顶板易于冒落、煤壁片帮问题深重、支架支护难度重重、钻底现象突出、稳定性欠佳等众多难题,依循淮北矿业集团芦岭矿Ⅱ833<sup>-1</sup>工作面的工程地质条件,运用现场实测手段,深入探讨了三软煤层大采高工作面的矿压显现特征并评估了支架的适应性。研究结果显示,芦岭矿Ⅱ833<sup>-1</sup>工作面不同区域来压步距相异甚微,其中部矿压显现显著,上、下部相对较弱,尤以上部来压最为和缓;周期来压步距较小,持续时间亦短暂;液压支架在操作过程中,其工作阻力和初撑力均未逾越额定值,验证ZZ7600-20/40型四柱支撑掩护式支架完全契合安全生产的需要。

**关键词:**三软煤层;大采高;矿压规律;工作阻力

**中图分类号:**TD32 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2025)08-0099-04

三软煤层是一种地质结构异常复杂、赋存环境极为恶劣的煤炭资源,其无论是煤层本身还是其顶底板均显得较为软弱,被归为难采煤层之列,这在煤炭开采行业已成为共识。凡与此类煤层进行采掘作业,势必面临着一连串棘手难题,如顶板易冒落、煤壁片帮频发、支架支护困难等,这些问题不仅对生产安全构成巨大威胁,同时也极大地束缚了工作面的高效回采<sup>[2-3]</sup>。为了破解这一难题,确保三软煤层大采高工作面开采的安全性,科研人员对三软煤层大采高工作面的液压支架的适应性展开了深入探究。邹卫忠<sup>[4]</sup>分析了支架在采场的工作状态,采用类比法和顶板载荷法相结合的方法对液压支架适应性进行了研究;马进生<sup>[5]</sup>自理论层面对液压支架之高度、支护强度等关键参数进行了缜密的计算,并从多个角度剖析了其适应性,为工作面液压支架之选型与设计提供了坚实的理论依据;刘坤<sup>[6]</sup>等对浅埋深三软煤层两柱掩护式综放支架承载特征进行了深入研究,并基于现场实测数据对支架的适应性进行了细致入微的分析,从而验证了工作面支架选型之合理性。

本文立足淮北矿业集团芦岭矿Ⅱ833-1工作面的具体地质背景,通过实测分析着重探究了三软煤层大采高工作面的矿压显现特性,并验证了四柱支撑掩护

式支架在实际操作中的适应性。此项研究之成果,对于其他类似地质条件的矿井工作面开采而言,无疑具有深远的借鉴与指导意义。

## 1 工程概况

淮北矿业集团芦岭矿Ⅱ833<sup>-1</sup>工作面开采煤层为8<sup>#</sup>煤,煤层的厚度变化显著,从1.1~16.7m不等,平均厚度为8.4m。煤层的倾角在5°~29°之间,平均倾角为16°,埋深约为400m。该工作面煤质十分松软,硬度系数仅为0.2~0.46,开采过程中极易破碎。另外,从煤层的结构层面来看,其上部的老顶主要由细砂岩和粉砂岩互层构成,其厚度介于14.2~15.7m之间,平均为14.95m;直接顶则是泥岩,其厚度在0.3~1.6m之间,平均为0.7m;而直接底为砂质泥岩,其厚度从0.5~3.51m不等,平均厚度为2.5m;老底为9<sup>#</sup>煤,其厚度在2.4~3.4m之间,平均为3.1m。为了确保采煤工作面的安全高效生产,采用走向长壁后退式采煤法,采高设定为3.5m,工作面安装有液压支架进行顶板管理,型号为ZZ7600-20/40,数量共计65套,同时,其采空区顶板采用全部垮落法管理。

## 2 矿压规律实测研究

通过对回采过程中采场矿压显现特征进行监测分析,可以更好地了解三软煤层大采高工作面的矿压规

\* 收稿日期:2024-05-09 修回日期:2024-05-14

作者简介:左文静(1992-),女(汉族),山西浮山人,助理工程师,现从事煤矿机电方面的技术工作。

律。为此,在支架内布置了工作阻力测站,间隔4架即设1台,总数共计15台。这15台测站之中,尤以第2、11、20、29、38、47、56、64架更为重要,均装备自动记录仪,用以精确捕捉矿压的动态变化。而第6、15、24、33、42、51、60架则辅以抗震压力表,以补充观测所需之数据。工作面遂被细化为上、中、下三大测压区,以应对不同部位的矿压变化。其中,自动记录仪的1~3号测站负责监测工作面的上部区域,即机头区域;4~5号测站则着眼于中部区域,即工作面24~42号液压支架区域;而6~8号测站,则致力于监测工作面下部区域,即机尾区域。工作面液压支架工作阻力测站布置情况,详见表1。

表1 工作面液压支架测站布置情况

自动记录仪编号	支架编号	抗震压力表编号	支架编号
1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	1 <sup>#</sup>	6 <sup>#</sup>
2 <sup>#</sup>	11 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	15 <sup>#</sup>
3 <sup>#</sup>	20 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	24 <sup>#</sup>
4 <sup>#</sup>	29 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	33 <sup>#</sup>
5 <sup>#</sup>	38 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>	42 <sup>#</sup>
6 <sup>#</sup>	47 <sup>#</sup>	6 <sup>#</sup>	51 <sup>#</sup>
7 <sup>#</sup>	56 <sup>#</sup>	7 <sup>#</sup>	60 <sup>#</sup>
8 <sup>#</sup>	64 <sup>#</sup>		

通过对Ⅱ833<sup>-1</sup>工作面各测点支架压力数据的整理、筛除和计算,回采过程中,随工作面的不断向前推进其不同区域位置液压支架工作阻力变化情况如图1所示。

通过对图中数据的深入分析,当工作面上部推进至12.5m的位置时,支架的工作阻力明显增大,这一阶段的峰值甚至超出了预设的支架来压判据阈值,标志着工作面已经步入了初次来压阶段。在这一过程中,支架的工作阻力最高可达25.1MPa,来压持续的距离大约是2.3m。此外,在此测区内老顶周期来压共发生了5次,来压步距显示出一定的波动性,其最小值为7.5m,最大值为10.0m,平均步距约为8.4m。在来压期间,支架的工作阻力在22.5~29.6MPa的区间内浮动,证明支架在工作过程中具有足够的承载能力。深入分析发现,上部支架的动载系数仅为1.60,表明其所承受的冲击载荷并不明显,这也意味着来压现象并未表现得特别强烈。

在推进工作面中部至13.5m时,老顶出现了初次来压,导致支架工作阻力上升至约26.6MPa,来压延续约2.0m。与工作面上部相似,中部测区也历经5次周期来

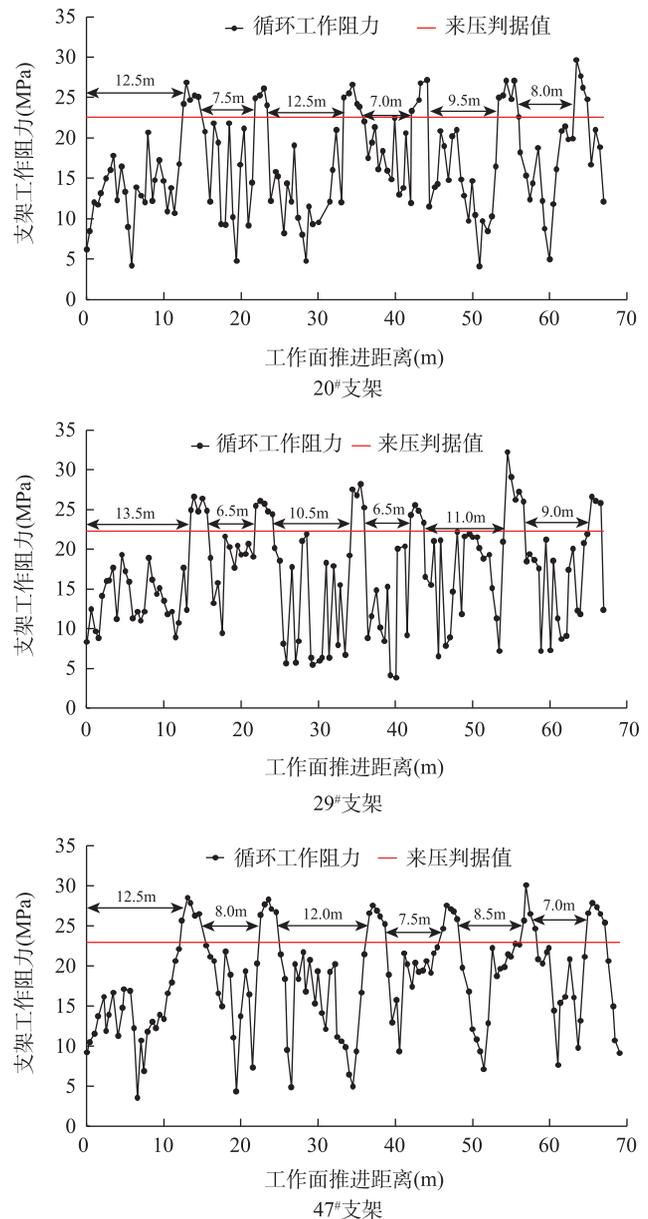


图1 工作面液压支架循环工作阻力与推进距离关系

压,但其步距波动较大,介于6.0~11.0m之间,平均为8.7m。所承受的工作阻力在22.3~32.3MPa间波动,与上部测区相比,中部的来压强度更大,矿压显现更为显著,其持续时长也相对较长,波及的范围大约为2.4m。此外,中部支架动载系数为1.82,表明老顶来压对支架产生的动载冲击较大。

当工作面下部推进到12.5m时,初次来压现象开始发生,此现象的平均持续距离为2.7m。在下部测区,老顶的周期来压步距波动较大,介于7.0~12.0m之间,平均为8.9m。此区域内,老顶共经历了5次周期来压,每次来压的持续距离约为2.5m左右。在来压期间,支架的工作阻力在23.1~29.2MPa之间波动,这一压力相较

于上部测区更为明显,来压现象也更为突出,然而,与中部测区相比,下部测区的来压现象相对较弱。根据观测数据,下部支架的动载系数为1.68,表明老顶来压对支架产生的动态载荷相对较大。

基于前述细致的分析与考量,得出如下结论:在三软煤层大采高工作面中,不同地域的来压步距显示出相近的波动趋势,其工作面初次来压步距测定值稳定在12.8m左右,周期来压步距则稳定在7.8m左右。同时,在周期来压阶段,该工作面承受的压力峰值达到32.3MPa,动载系数平均值为1.7,工作面中部的来压强度尤为显著,超过其上、下部的强度,该区域受力更为集中。

### 3 支架适应性分析

#### 3.1 工作阻力分析

基于文献[7]中所提研究成果可知,由于本工作面直接顶为0.3~1.6m厚的泥岩,故可将其归类为I类,此时,支架的合理工作阻力 $P$ 可按下式计算,即:

$$P=Q_1+Q_2=n h_z \gamma l_k B=\frac{n M \gamma l_k B}{K_k-1} \quad (1)$$

式中: $Q_1$ ——直接顶载荷;

$Q_2$ ——基本顶及其附加载荷的综合考量;

$n$ ——动载系数;

$h_z$ ——冒落带高度,m;

$\gamma$ ——上覆岩层容重,取25kN/m<sup>3</sup>;

$B$ ——支架顶梁宽度,1.5m;

$l_k$ ——支架控顶距,5.0m;

$M$ ——工作面采高,3.5m;

$K_k$ ——碎胀系数。

基于科研人员对I类直接顶破碎状态下力学特性的研究,开采过程中顶板的动载系数及顶板垮落时的碎胀系数均较小,因此,适宜地选择 $K_k=1.25$ , $n=1.5$ 作为数据参考,进而将原先较为复杂的表达式(1)简化为:

$$P=6 M \gamma l_k B \quad (2)$$

考虑工作面液压支架的承载效能,其上覆岩层重量取8倍采高,代入式(2),即可得液压支架所需工作阻力为 $P=5250$ kN。

根据现场对工作面液压支架工作阻力的实际观测可知,非周期来压期间,支架的平均支护阻力 $P_n$ 为15.8MPa,工作面动载系数平均为1.68。基于上述现场实测数据,工作面液压支架所需的合理支护阻力应按式(3)进行计算,即:

$$P=k_1 k P_n \quad (3)$$

式中: $k_1$ ——安全系数,取1.2;

$k$ ——平均动载系数,1.68。

由此可得,满足实际工况时,液压支架所需合理工作阻力应为31.9MPa,即6927kN。

由前文可知,现工作面采用的支架型式为ZZ7600-20/40型四柱支撑掩护式支架,其额定工作阻力为7600kN,较之理论计算中支架所需工作阻力5250kN及实际工况下支架所需工作阻力6927kN高出2350kN/673kN。因此,所选液压支架能够满足工作面的支护需求。

#### 3.2 初撑力分析

为了对支架的承载特性进行研究,特地选取上部20#、中部38#及下部56#支架进行深入探讨。通过对这些支架的液压初撑力分布进行详细统计分析,绘制了直观的频率直方图,如图2所示。

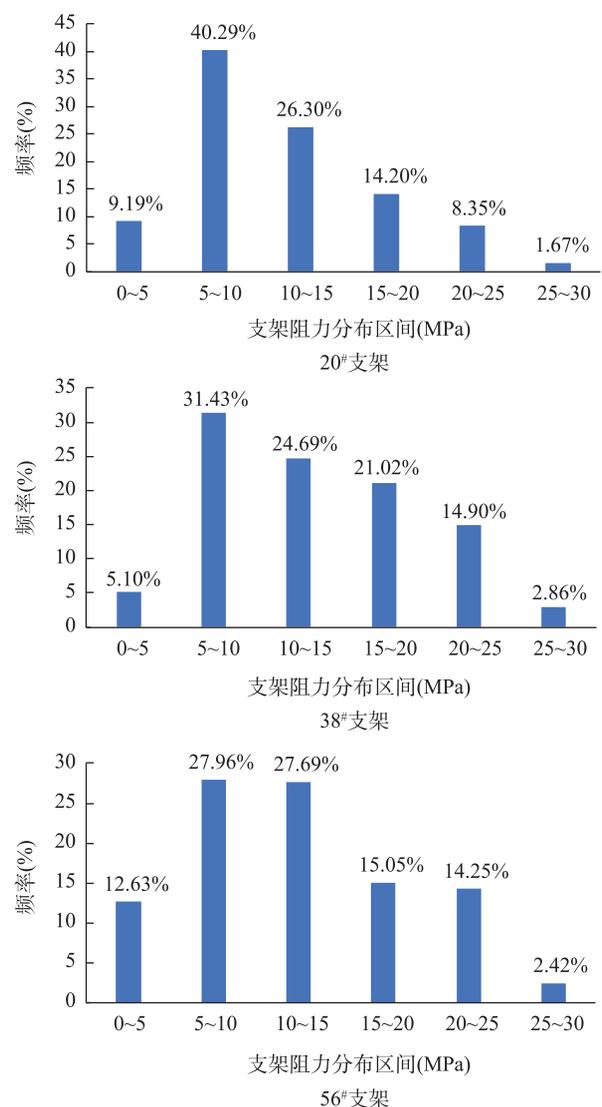


图2 工作面液压支架初撑力分布

从图2中可以看出,工作面上部的20#支架初撑力以5~20MPa区间为主,占据了总数的77.14%,而超过25MPa的比例极低,仅为1.67%,显示初撑力普遍偏低。同样,工作面中部的38#支架的情况也大体如此,其支架初撑力分布多数位于5~25MPa的范围内,比例高达92.04%,初撑力分布超过25MPa的比例,则又是少数中的少数,占比仅为2.86%。至于工作面下部的56#支架,其初撑力的分布特点与上、中部区域一致,大部分支架初撑力集中在5~25MPa这一区间,占比84.95%,超过25MPa的比例同样为少数,仅为2.42%。

同时,对15个测站支架的初撑力进行统计,做出工作面整体支架初撑力分布的频率直方图,如图3所示。

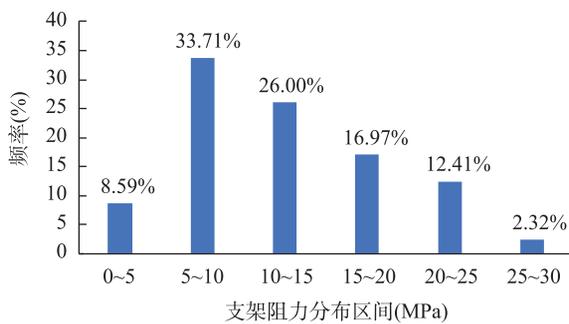


图3 工作面整体支架初撑力分布

由图3可知,工作面支架稳定性相对良好但初撑力普遍不足。经计算,仅2.32%的支架满足额定初撑力的80%,反映出在回采过程中初撑力较低,对顶板稳定性造成不利影响,同时也制约了支架的效能发挥。这表明需要加强支架的初撑力管理,以提升工作面的整体安全性与效率。

#### 4 结语

文章基于芦岭矿Ⅱ833<sup>-1</sup>工作面的地质情况,通过理论计算及现场实测对三软煤层大采高工作面采煤作

业过程中的矿压显现规律及支架适配性进行了分析,结论如下:

(1)三软煤层大采高工作面在初次老顶来压时,展现出一定的规律性,其步距均值约为13.0m,其中,步距值于中部最大,下部次之,而上部则显见较小。同时,工作面的周期来压步距平均值为8.7m。来压期间,工作面支架的工作阻力在不同部位也存在差异,中部27.6MPa>下部26.6MPa>上部25.1MPa。回采过程中,工作面动载系数约为1.68,其中,工作面的中、下部支架的动载系数偏高,表明其来压强度比上部更为显著。

(2)经过对液压支架工作阻力的详尽研究与缜密分析,ZZ7600-20/40型四柱支撑掩护式支架的性能,完全能够适应目前工作面的实际需求;其初撑力维持在5~25MPa内,虽未超出额定范围,但相对偏低,为确保支架性能稳定,需实施有效策略以增强其初撑力。

#### 参考文献:

- [1] 王礼,王明远,刘晓攀,等.煤矿“三软”煤层开采地表移动规律及机理研究[J].能源与环保,2022,44(7):272-277.DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2022.07.046.
- [2] 伍永平,郎丁,负东风,等.我国大倾角煤层开采技术变革与展望[J].煤炭科学技术,2024,52(1):25-51.
- [3] 韩振华,赵红霞.“三软煤层”综采设备选型及配套[J].煤矿机电,2022,43(2):74-77.DOI:10.16545/j.cnki.cmet.2022.02.018.
- [4] 邹卫忠.三软煤层大采高工作面液压支架适应性分析[J].山西煤炭,2018,38(4):22-24.
- [5] 马进生.“三软”厚煤层6.5m超大采高液压支架选型及适应性分析[J].矿业装备,2022(2):228-229.
- [6] 刘坤,刘前进,张振金.浅埋深三软煤层两柱掩护式综放支架适应性及优化技术[J].煤矿机械,2020,41(7):76-79.DOI:10.13436/j.mkjx.202007026.
- [7] 袁永.大采高综采采场支架—围岩稳定控制机理研究[J].煤炭学报,2011,36(11):1955-1956.DOI:10.13225/j.cnki.jccs.2011.11.032.