

深厚表土综放面支架载荷时间效应实测研究

刘金海¹, 冯涛², 谢宏¹

(1. 华北科技学院 安全工程学院, 北京 101601; 2. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:结合巨野煤田综放面停产期间压架灾害防治问题,通过对停产期间支架工作阻力进行实测,分析深厚表土综放面支架载荷时间效应及产生机制。结果表明:停产期间支架载荷具有明显的时间效应,并经历与来压时类似的“升高-达到峰值-下降”过程。实体侧支架载荷时间效应更为显著,支架后柱载荷时间效应相对均衡,支架载荷达到峰值的时间不同步,但峰值趋于一致。支架后柱工作阻力明显增大是顶板来压的一种前兆,可作为工作面顶板来压超前预报的指标。支架载荷时间效应产生机制在于,厚表土层载荷促使高位岩梁逐步压迫低位岩梁结构块旋转,间接造成顶煤下沉量和支架受力增大。最后,提出了支架载荷时间效应控制对策,并进行了工程应用。实践表明,通过选择停产时机,控制停产时间和利用支架活柱“下缩让压”特性,可有效控制支架载荷时间效应的危害。研究结果对采煤工作面顶板控制设计及安全管理具有重要意义。

关键词: 支架载荷; 时间效应; 综放面; 深厚表土

中图分类号: TD 32

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2014)01-0019-05

Survey on support load time effect in fully mechanized caving face with deep alluvium

LIU Jin-hai¹, FENG Tao², XIE Hong¹

(1. Safety Engineering College, North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601, China;

2. School of Mining and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: According to the prevention of support crushing during downtime of the fully mechanized caving face in Juye coal field, the survey of support working resistance was carried out during downtime, and support load time effect in the fully mechanized caving face with deep alluvium and its production mechanism were analyzed. The results show that: the support load during downtime has obvious time effect, and it experiences the three stages of rising, reaching peak and decreasing, which show the characteristic like roof weighting. The load time effect of supports on the solid side of working face is more obvious than that of supports on the gob side of working face, and the time effect of the front column load is more balanced than that of the back column load. The load reaching its peak of the support is not consistent with that of the other supports, but the peaks of supports are almost equal. The significant increasing of the back column working resistance is a precursor of roof weighting, and can be an index for roof weighting prediction. The production mechanism of support load time effect in the fully mechanized caving face with deep alluvium lies in: structure block of the lower rock beam rotates under the oppression of higher rock beam bearing the load from the alluvium, and it causes the increase of top coal convergence and support load. Furthermore, control measures of the support load time effect were put forward. the disaster of support crushing resulted from support load time effect can be avoided by selecting

收稿日期: 2013-08-23

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB226803); 国家自然科学基金资助项目(51274022, 51174016)

通信作者: 刘金海(1982-), 男, 河南扶沟人, 博士, 讲师, 主要从事矿山压力与岩层控制方面的研究与教学工作. E-mail: jh_liu1982@163.com

downtime chance, controlling downtime time and using the characteristic of “descending and unloading” of support pistons. The results can provide a basis for working face roof control design and roof safety control.

Key words: support load; time effect; fully mechanized caving face; deep alluvium

支架选型合理,却在工作面停产期间或推进缓慢时发生压架^[1-2].如新巨龙矿井1301综放工作面在停产3天后发生压架,柱腔液压最大增加12 MPa,连续5个支架9棵立柱无行程.工作面支架载荷与时间有关.本文把这种支架载荷与时间有关的性质称为支架载荷时间效应.实践表明^[3-4],支架载荷时间效应可能导致压架、冒顶、突水等灾害.因此,研究采煤工作面支架载荷时间效应产生机理与控制技术对防治采场灾害等具有十分重要的意义.

巨野煤田是最近投产的一座新煤田,具有采深大、表土层厚、煤层厚等特点.2009年至今,先后发生3次停产期间采煤工作面压架事故,其中一次压架诱发采场突水,造成工作面停产40余天,经济损失近千万元.限于监测技术水平和研究手段不足,以往关于采煤工作面支架的研究主要集中在支架选型^[5-13]、压架与顶板运动关系^[14-15]、支架载荷与工作面尺寸关系^[16-17]等,而对于采煤工作面支架载荷的时间效应还没有相关研究.通过对巨野煤田多个采煤工作面支架监测数据进行分析,认为支架载荷时间效应是客观存在的,但支架载荷时间效应危害程度是相对的,其与顶板岩梁结构、煤层厚度、采场类型、煤系地层特征等有关.本文结合巨野煤田采煤工作面停产期间压架防治问题,开展支架载荷时间效应实测研究工作,揭示支架载荷时间效应产生机制,提出相应的控制对策,以期为采煤工作面顶板控制设计及安全管理提供参考.

1 试验背景

选择巨野煤田新巨龙矿井1302工作面进行试验.该工作面一侧为1303工作面,另一侧为1301采空区,属于典型的沿空工作面(见图1).工作面走向长2 570 m,倾斜宽258 m;回采煤层厚9 m,倾角平均3°,埋深平均770 m;煤层直接顶为粉砂岩,老顶为中粒砂岩,直接底为泥岩,老底为细粒砂岩,覆岩最上层为厚600~700 m的表土层;采用综合机械化放顶煤开采工艺,全部垮落法管理顶板.工作面共安装149组ZF15000/23/43型四柱式低位放顶煤液压支架.1302工作面于2011年12月28日6时停产,2012年1月1日6时恢复生产,共停产96 h,为实测研究工作面支架载荷时间效应提供了条件.

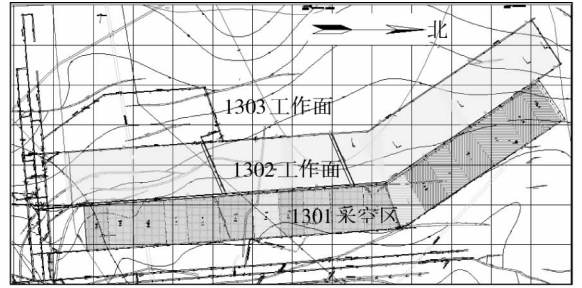


图1 1302工作面平面图

2 支架载荷实测结果分析

2.1 测站布置与分析频次

工作面共布置7个测站,具体为,1#测站:1~25架;2#测站:26~45架;3#测站:46~65架;4#测站:66~85架;5#测站:86~105架;6#测站:106~125架;7#测站:126~149架.每隔8 h分析一次监测数据,共12次.

2.2 监测设备

支架载荷监测采用KJ24煤矿压力监测系统(见图2).该系统能够同时对液压支架的4个支柱进行监测,具有报警、自动出报表等功能,其硬件主要包括压力传感器、通讯主站、监控主机、通讯线缆等,其中压力传感器至通讯主站采用信号无线传输方式.

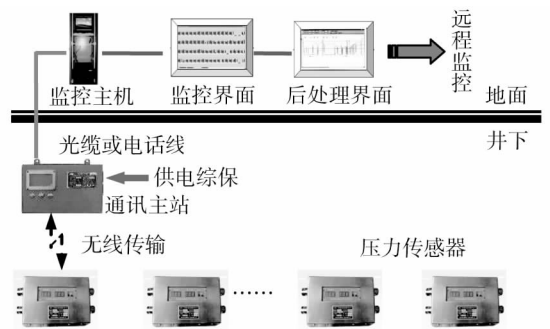


图2 煤矿压力监测系统结构图

2.3 结果分析

图3所示为支架工作阻力平均值变化曲面图.从图中可以看出,工作面停产8 h时,由沿空侧至实体侧支架工作阻力由13.6 MN降低到11.4 MN,即沿空侧支架工作阻力偏高;随着停产时间的延长,支架工作阻力逐渐升高,并相继达到峰值,如C1测站在停产56 h时达到峰值14.5 MN,C2,C7测站在停产80 h时分别达到峰值14.2 MN,14.1 MN,C3,C5测站在停产72 h时分别达到峰值14.8

MN,14.3 MN,C4,C6 测站在停产 48 h 时分别达到峰值 14.2 MN,14.3 MN;工作面停产期间支架工作阻力峰值都在 14.1~14.8 MN 之间.可见,支架载荷时间效应不具有同步性和均衡性,但不同区域支架载荷峰值趋于一致.

图 4 所示为各测站来压时间对比图.通过分析可以得出,工作阻力达到峰值后,支架活柱下缩让压,顶板载荷向测站两侧转移,从而造成两侧支架工作阻力升高,随着时间的延长,相继达到峰值.

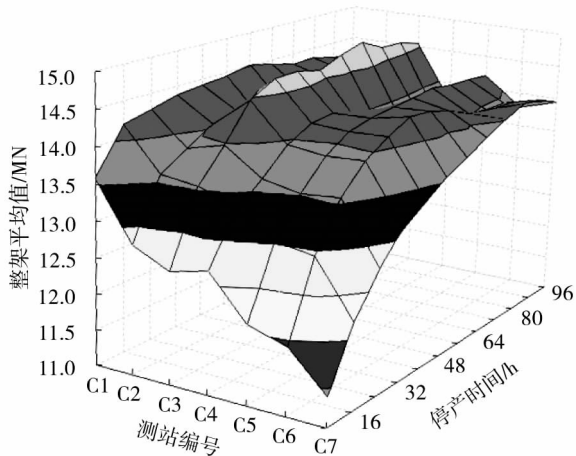


图 3 支架工作阻力平均值变化曲面图

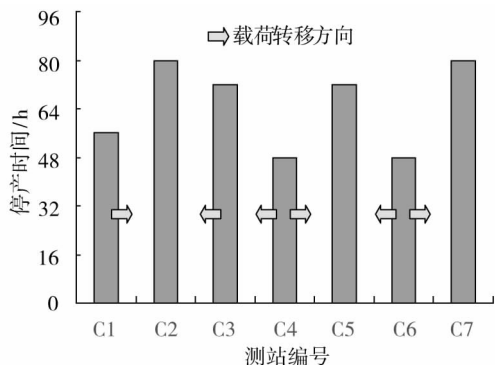


图 4 各测站来压时间对比

图 5 所示为支架前柱工作阻力平均值变化曲面图.从图中可以看出,停产期间 C1,C2,C4 测站支架前柱工作阻力一直处于高位状态,变化幅度小于 5%;C3,C5,C6,C7 测站支架前柱工作阻力不断升高,变化幅度为 13%~23%;C4,C5,C6,C7 测站支架前柱工作阻力分别于停产 32 h,40 h,56 h,80 h 时达到峰值.可见,支架前柱工作阻力达到峰值的时间不同步,即支架前柱载荷时间效应不均衡;实体侧支架前柱载荷时间效应显著,其原因在于,沿空侧顶板难以形成稳定的结构,厚表土层载荷通过顶板瞬间传递给支架,造成支架载荷快速升高至某一水平,而实体侧顶板形成的结构相对稳定,厚表土层载荷通过顶板缓慢传递给支架,支架载荷缓

慢升高,其时间效应显著.

图 6 所示为支架后柱工作阻力平均值变化曲面图.从图中可以看出,停产初期支架后柱工作阻力都小于 6.6 MN,尤其是上部,支架后柱工作阻力不足 6.0 MN;随着停产时间的延长,所有支架后柱工作阻力不断上升,48 h 后相继达到峰值,C1~C7 测站的变化幅度依次为 9.3%,19.8%,21%,20.6%,27.3%,22.6%,25%;支架后柱工作阻力达到峰值后又相继降低,但降低幅度不足 5%.可见,停产初期(来压前)顶板载荷主要作用在支架前柱上;停产后期,下部支架后柱工作阻力变化幅度较小,中上部支架后柱工作阻力变化幅度较大,这种现象与停产初期该区域支架工作阻力所处的水平有关,如停产初期,下部支架工作阻力所处水平较高,后期升高空间较小,而中上部支架工作阻力所处水平较低,后期升高空间较大;支架后柱工作阻力达到峰值后,活柱下缩让压,但让压幅度不大,其原因在于工作面来压时顶板载荷主要是作用在后柱上.

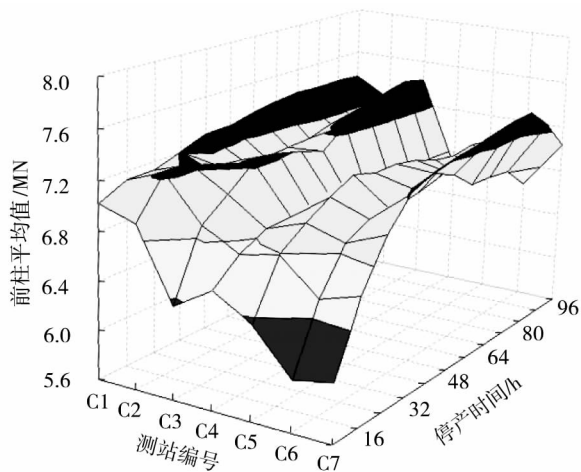


图 5 支架前柱工作阻力平均值变化曲面图

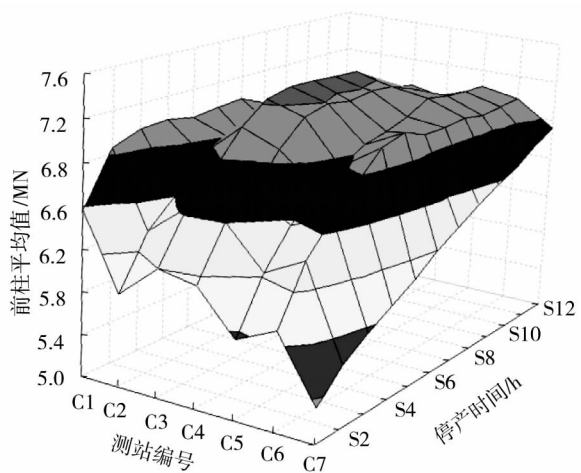


图 6 支架后柱工作阻力平均值变化曲面图

图 7 所示为顶板来压表现在支架不同部位的时间对比图.从图中可以看出,工作面中部先来压,

然后波及到两侧;无论是整架、前柱或后柱,当某一区域来压后,顶板载荷转移至两侧,促使两侧来压;除 C7 测站外,顶板来压表现在支架上的时间等同或稍晚于表现在后柱上的时间,即顶板来压首先表现为后柱工作阻力增大,因此,可将后柱工作阻力明显增大作为顶板来压的前兆,从而对工作面顶板来压进行超前预报。

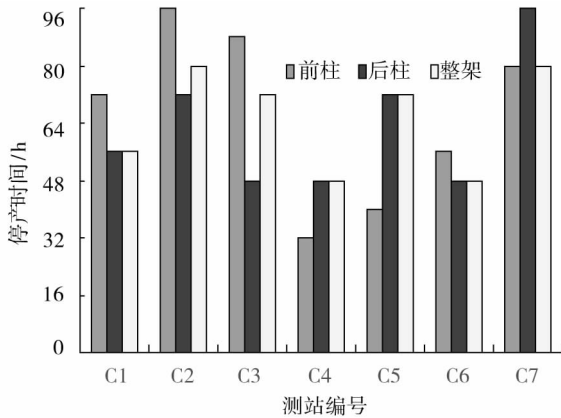


图7 顶板来压表现在支架不同部位的时间对比

3 支架载荷时间效应产生机制及控制对策

3.1 支架载荷时间效应产生机制

支架载荷之所以具有时间效应,与顶板岩梁结构特征有关。对于深井综放工作面,顶板一般存在多个岩梁。下面假定顶板存在一个低位岩梁、一个高位岩梁,分析深厚表土综放面支架载荷时间效应产生机理。

图8所示为顶板岩梁的2种极限状态。停产初期岩梁状态与来压前类似(见图8(a)),即高、低位岩梁都处于稳定状态,相应的结构块分别在煤壁支撑和相邻结构块的铰接作用下平衡,此时支架仅承受来自顶煤与直接顶的“给定载荷”,并多表现为前柱受力较大;随着停产时间的延长,高位岩梁结构块 G_2 将在上方厚表土层载荷作用下逐步旋转,并通过岩梁之间的软弱层压迫低位岩梁结构块 D_2 旋转,间接造成顶煤下沉量 Δh_i 增大,此时支架除承担原来“给定载荷”外,还要承担与岩梁位态有关的部分载荷,随着 Δh_i 的增大,支架载荷逐渐增大,直至来压结束,同时多表现为支架后柱受力逐步高于前柱,如图8(b)所示,如果此时结构块 D_2 与 D_1 铰接处发生失稳,将导致工作面发生“异常来压”,甚至造成压架。可见,深厚表土综放面支架载荷时间效应产生机制在于,厚表土层载荷促使高位岩梁逐步压迫低位岩梁结构块旋转,间接造成顶煤下沉量和支架受力逐渐增大。

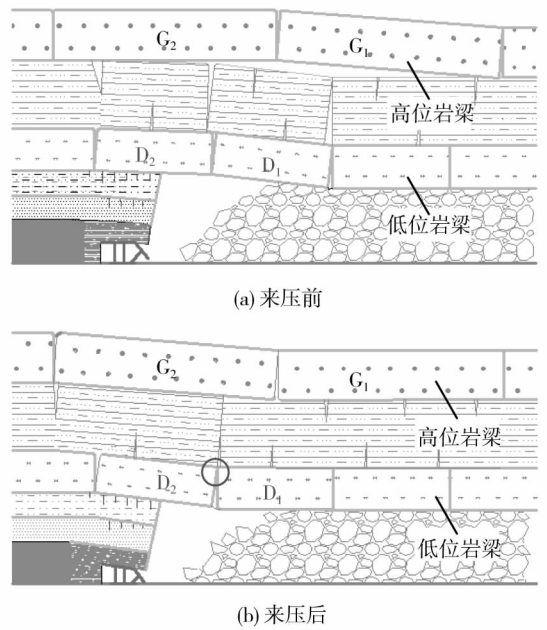


图8 岩梁的2种极限状态

3.2 支架载荷时间效应控制对策

当工作面停产时间过长或推进速度过慢时,支架载荷时间效应更为显著,可能造成工作面发生异常来压。对于采场顶板控制而言,支架载荷时间效应是不利因素。为避免出现支架载荷时间效应造成灾害,提出相应的控制对策。

1) 控制停产时间。工作面支架载荷时间效应与停产时间有关,停产时间越长,支架载荷时间效应越显著。根据工作面具体条件和支架状况,确定合理的停产时间和推进速度,尽可能降低支架载荷的时间效应。

2) 选择合理停产时机。除时间效应外,诱发工作面异常来压的因素还有工作面过顶板富水区、过老巷、过断层、过褶曲、过相变带等^[3]。如巨野煤田某矿1302工作面于2009年5月23日发生压架、突水事故,主要原因是工作面停在顶板富水区、相变带进行检修,支架载荷时间效应与顶板水、相变带的影响叠加。因此,选择合理停产时机,避免工作面长期停在顶板富水区、构造带、相变带和老巷区,是控制支架载荷时间效应造成灾害的有效途径之一。

3) 发挥支架活柱下缩让压特性。从支架自身来看,其被压死的主要原因是活柱行程小、额定支护阻力大,没有“让压”空间。因此,在需长时间停产时,停产前适当增大采高(增大活柱行程)、降低支架额定支护阻力,利用活柱“下缩让压”特性,从而避免“强抗”造成压架。

4 工程案例

巨野煤田某矿1306综放工作面回采煤层埋深

平均 1 000 m,厚度平均 6 m,倾角平均 4.5° ,直接顶为厚 2.78 m 的粉砂岩,裂隙发育, $f = 3.5 \sim 3.8$;老顶为厚 8.32 m 的中砂岩, $f = 6 \sim 12$;直接底为厚 1.65 m 的泥岩,水平层理发育, $f = 3.5 \sim 3.9$;老底为厚 9.97 m 的细砂岩, $f = 6.0 \sim 12.4$;覆岩最上层为厚 646 m 的表土层.工作面倾斜长 196 m,采放比为 1:1;基本支架型号为 ZF12000/18.5/35.工作面内存在大范围顶板富水区和相变带,如图 9 所示.

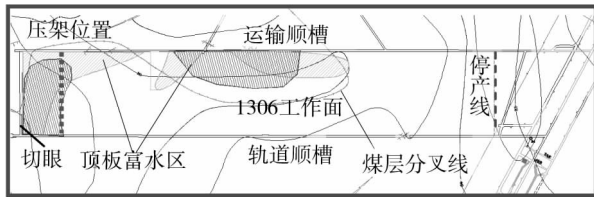


图 9 1306 工作面水文地质条件

2012 年 2 月 3 日,1306 工作面推进到距切眼 84.7 m 处时停产检修,此后工作面发生大范围压架,16 组支架的安全阀开启,多组支架活柱行程仅有 50 mm.经分析,造成此次压架的主要原因是:1) 工作面停在顶板富水区和相变叠加影响区域;2) 随着停产时间的延长,支架载荷时间效应显现.为避免再次发生压架,采取控制停产时间等措施,工作面顺利推采到停产线位置.

5 结论

1) 深厚表土综放面支架载荷时间效应表现在:支架载荷经历与来压时类似的“升高—达到峰值—下降”过程;实体侧支架载荷时间效应更为显著,支架后柱载荷时间效应相对均衡,支架载荷达到峰值的时间不同步,但峰值趋于一致.

2) 顶板来压表现在支架上的时间等同或稍晚于表现在后柱上的时间;后柱工作阻力明显变化是顶板来压的一种前兆,可作为工作面顶板来压超前预报的指标.

3) 深厚表土综放面支架载荷时间效应产生机制在于,厚表土层载荷促使高位岩梁逐步压迫低位岩梁结构块旋转,间接造成顶煤下沉量和支架受力不断增大.

4) 通过控制采煤工作面停产时机、停产时间,发挥支架活柱“下缩让压”特性,能够有效降低支架载荷时间效应危害程度,避免由其造成的压架灾害.

参考文献:

- [1] 姜福兴,汪华君,吴士良,等.综放工作面“异常压力”的力源研究[J].煤炭学报,2004,29(5):523-526.
- [2] 刘全明.浅埋综采工作面矿压显现的推进速度效应分析[J].煤炭科学技术,2010,38(7):24-26.
- [3] 刘金海.深厚表土长大综放工作面顶板运动灾害控制研究[D].北京:北京科技大学,2012.
- [4] 鞠金峰,许家林,朱卫兵,等.大柳塔煤矿 22103 综采面压架机理及防治技术[J].煤炭科学技术,2012,40(2):4-7,31.
- [5] 孔令海,姜福兴,刘杰,等.基于高精度微震监测的特厚煤层综放面支架围岩关系[J].岩土工程学报,2010,32(3):401-407.
- [6] 钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [7] 宋振骥.实用矿山压力控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1988.
- [8] 王家臣.厚煤层开采理论与技术[M].北京:冶金工业出版社,2009.
- [9] 倪建明,李桂臣.极破碎顶板松软煤层支架选型及抱采工艺实践[J].煤炭科学技术,2012,40(4):14-17.
- [10] 孔令海,姜福兴,王存文.特厚煤层综放采场支架合理工作阻力研究[J].岩石力学与工程学报,2010,29(11):2312-2318.
- [11] 闫少宏,尹希文,许红杰,等.大采高综采顶板短悬臂梁-铰接岩梁结构与支架工作阻力的确定[J].煤炭学报,2011,36(11):1816-1820.
- [12] 郝宪杰,许家林,朱卫兵,等.高承压松散含水层下支架合理工作阻力的确定[J].采矿与安全工程学报,2010,27(3):416-420.
- [13] 黄庆享,胡火明,刘玉卫,等.浅埋煤层工作面液压支架工作阻力的确定[J].采矿与安全工程学报,2009,26(3):304-307.
- [14] 娄金福,许家林,王志刚,等.祁东煤矿回采工作面压架机理探讨[J].煤炭科学技术,2007,35(8):92-95,60.
- [15] 王晓振,许家林,朱卫兵,等.松散承压含水层水位变化与顶板来压的联动效应及其应用研究[J].岩石力学与工程学报,2011,30(9):1872-1881.
- [16] 曹胜根,缪协兴.超长综放工作面采场矿山压力控制[J].煤炭学报,2001,26(6):621-625.
- [17] 杨永康,李建胜,康天合,等.浅埋厚基岩松软顶板综放采场矿压特征工作面长度效应[J].岩土工程学报,2012,34(4):709-716.