

\* 1

## 田庄煤矿炮采工作面液压支架适应性研究

解鹏雁,董宗斌

(潞安环保能源开发股份有限公司 王庄煤矿,山西 长治 046204)

**摘 要:**针对田庄煤矿 3601 液压支架炮采工作面,进行了液压支架适应性研究。运用圆图自记仪监测了液压支架支柱的支护阻力及其变化过程,得到了支架的初撑力、循环末阻力和时间加权平均工作阻力,并对该工作面支架的适用性进行了分析。结果表明:ZZ2400/08/15 型液压支架初撑力较低(平均初撑力远小于其额定值的 80%),额定工作阻力安全系数偏小(时间加权平均工作阻力大于额定工作阻力的 90%,老顶周期来压时支架平均工作阻力达到额定工作阻力的 96.01%),对 3601 工作面顶底板支护的适应性较差。

**关键词:**液压支架;炮采工作面;适应性;初撑力;循环末阻力;时间加权平均工作阻力

中图分类号:TD355.4

文献标识码:A

### Adaptability of Hydraulic Support of Blasting Face in Tianzhuang Coal Mine

XIE Pengyan, DONG Zongbin

(Wangzhuang Mine, Lu'an Environment Protection and Energy  
Development Co., Ltd., Changzhi 046204, China)

**Abstract:**Based on the hydraulic support of No. 3601 blasting face in Tianzhuang Coal Mine, the circular chart self-balance recorder was used to monitor the supporting resistance of the hydraulic support and its changing process in order to obtain the setting load, end-of-loop resistance and average time-weighted working resistance. Accordingly, the applicability of support in the work surface was studied. The results show that the setting load of ZZ2400/08/15 hydraulic support is lower with the average value much less than 80% of its rated value. The safety coefficient of rated working resistance is smaller (the average time-weighted working resistance is greater than 90% of the rated value and the average working resistance of the support reaches 96.01% of the rated value during the periodic weighting in the goaf) with the poor adaptability to the roof and floor supporting of the 3601 working face.

**Key words:**hydraulic support; blasting mining face; adaptability; setting load; end-of-loop resistance; time-weighted working resistance

炮采工作面采用液压支架支护的开采方式在我国比较鲜见,但该方式对改善作业环境安全程度、降低工人劳动强度等有其积极的意义<sup>[1]</sup>。临沂矿业集

团田庄煤矿 3601 炮采工作面正在使用泰安煤机厂生产的 ZZ2400/08/15 型液压支架支护<sup>[2]</sup>,为检验该工作面液压支架是否能很好地满足支护要求,特

\* 收稿日期:2018-03-18

作者简介:解鹏雁(1970—),男,山西长子人,硕士,工程师,从事煤矿管理工作。

对支承压大小及分布规律、支架工作状况等进行了深入系统的研究,以评价工作面液压支架的适应性<sup>[3-5]</sup>,为顶板控制提供合理指导,保证安全生产。

## 1 工作面地质与生产条件概况

3601 工作面为二采区 16<sup>#</sup> 煤层南翼第一个采煤工作面,煤层厚度为 1.1 m~1.5 m,平均 1.22 m。工作面埋深为 203 m~251 m,走向长度为 637 m,倾斜长度为 272 m,构造比较简单,断层落差较小,突水系数均小于正常块段的临界突水系数,因此,可安全回采。工作面采用走向长壁采煤法,全部垮落法控制顶板。工作面采用对拉面布置,炮采工艺,液压支架支护,上、下面错距为 3.6 m~5 m,总计配置支撑掩护式液压支架 212 架。

## 2 工作面矿压观测方案

### 2.1 仪器选择

液压支架的工作阻力通过每根立柱柱腔液体压力来反映,通常可通过监测立柱内压来计算其工作阻力。本项目采用青岛万丰仪器仪表公司生产的 YTL-610SM 型圆图自记仪进行液压支架工作阻力的自动和连续记录。

### 2.2 数据采集

选择对 3601 工作面下面的下部 106<sup>#</sup>、中部 61<sup>#</sup> 及上部 21<sup>#</sup> 和 20<sup>#</sup> 液压支架的左前柱和右后柱受力进行观测,见图 1,共计 8 个圆图压力自记仪。

监测期间,只需每天换一次记录纸,并在记录纸上标明架号、液压支架的前后柱、换纸日期。在换记录纸的同时,测量液压支架的活柱长度<sup>[6]</sup>。

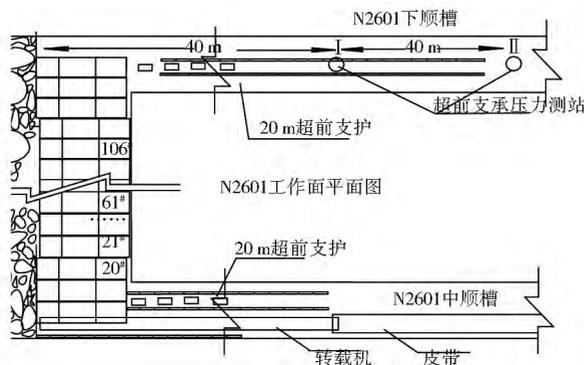


图 1 工作面矿压观测测区布置

Fig. 1 Layout of pressure observation areas of the working face

### 2.3 日常数据整理与分析

圆图自记仪记录的 P-t 曲线内容很丰富,但直接看记录曲线很不直观,分析支架阻力变化规律必须对其加以整理和计算。一般需根据记录曲线及时整理以下内容<sup>[7]</sup>:

1) 按监测循环计算支架的初撑力  $P_0$ 、循环末阻力  $P_m$  和时间加权平均阻力  $P_t$ 。

循环末阻力  $P_m$  指循环末支架移架前的工作阻力,可由下式计算:

$$P_m = \frac{\pi D^2 \sum_{i=1}^z Q_{m_i}}{4} \times 10^{-3}$$

式中:  $Q_{m_i}$  为实测循环末油缸内工作压力, MPa;  $D$  为立柱油缸内径, mm;  $z$  为支架立柱数目。

时间加权平均工作阻力  $P_t$  指一个采煤循环内以时间为加权计算的平均工作阻力,可按式近似求得:

$$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

式中:  $t_i$  为时间, min;  $P_i$  为支架阻力, kN。

2) 统计支架的工作特性曲线。统计不同时期(如周期来压或非周期来压时)各循环阻力—时间关系曲线中各类型的百分比,可以分析顶板压力的大小和支架对顶板的适应性。

## 3 支架初撑力及工作阻力观测结果分析

3601 工作面基本支架型号为 ZZ2400/08/15, 为四柱支撑掩护式支架,单颗立柱的额定初撑力为 31.5 MPa,额定工作阻力为 600 kN(39.7 MPa)。一般情况下,在工作面正常回采期间要求单颗立柱初撑力达到额定值的 80%,应为 25.2 MPa。

### 3.1 初撑力

支架初撑力是采场支护中的一个重要参数,其作用有两个:一是确保支架按设计的增阻规律来增阻,使支架处于合理的工作状态,发挥其最大的支护效能;二是抑制顶板的早期下沉,最大限度地保持直接顶的完整,防止冒顶及顶板离层,有效避免动压冲击<sup>[8]</sup>。

3601 工作面推进过程中各支架循环初撑力分布区间与频率关系见图 2。

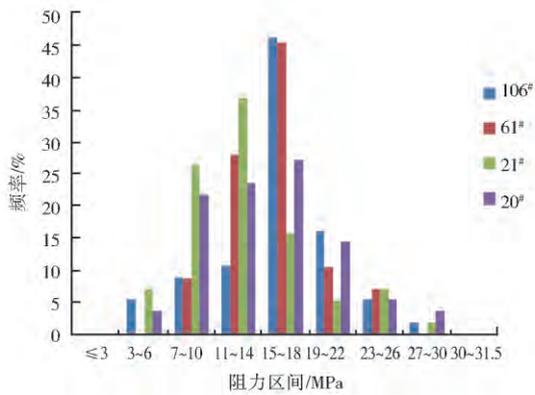


图 2 单颗立柱循环初撑力分布区间及频率关系  
Fig. 2 Relationship between setting load distribution interval and frequency

由图 2 可知,在 3601 工作面随工作面推进过程中,各支架单颗立柱的平均初撑力最大为额定初撑力的 52.36%,最小仅为额定初撑力的 39.68%,均未达到额定初撑力的 80%。

计算各支架前柱、后柱和整架(四个支柱)平均初撑力及利用率(平均初撑力与额定初撑力的比值),统计结果如表 1 所示。

表 1 支架立柱初撑力及利用率

Table 1 Setting load and utilization rate of the support columns

架号	前柱/MPa		后柱/MPa		整架/MPa	
	平均	利用率/%	平均	利用率/%	平均	利用率/%
106#	12.57	39.90	14.01	44.48	13.29	42.19
61#	12.22	38.79	13.90	44.13	13.06	41.46
21#	12.54	39.81	11.41	36.22	11.98	38.02
20#	12.35	39.21	12.77	40.54	12.56	39.87
总计	12.42	39.43	13.02	41.33	12.72	40.39

从初撑力的平均值可见:支架的初撑力远小于其额定初撑力的 80%。

### 3.2 循环末阻力

在正常情况下,循环末阻力为循环内的最大工作阻力。它是反映矿压显现强弱、评价支架额定工作阻力是否满足支护要求的重要指标<sup>[7]</sup>。

通过观测可知,4 架支架单颗立柱的工作阻力大多在 525 kN~570 kN(35 MPa~38 MPa)之间,已相当接近其额定工作阻力(见图 3)。

3601 工作面支架前柱、后柱和整架平均循环末阻力及利用率统计结果如表 2 所示。

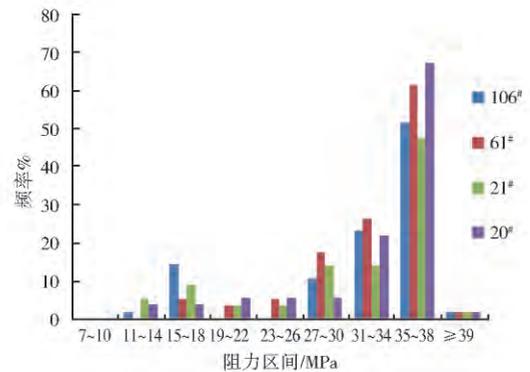


图 3 单颗立柱循环末阻力分布区间及频率分布

Fig. 3 Distribution interval and frequency distribution of end-of-loop resistance of single column

表 2 支架循环末工作阻力及利用率

Table 2 End-of-loop working resistance and utilization rate of the support

架号	前柱/MPa		后柱/MPa		整架/MPa	
	平均	利用率/%	平均	利用率/%	平均	利用率/%
106#	540.44	89.85	575.14	95.62	2 231.16	92.73
61#	542.11	90.13	574.38	95.49	2 232.97	92.81
21#	531.50	88.36	561.80	93.40	2 186.61	90.88
20#	544.99	90.60	562.26	93.48	2 214.49	92.04
总计	539.83	89.74	568.47	94.50	2 216.31	92.12

由表 2 可知:整体支架循环末阻力均小于但已接近支架额定工作阻力,工作阻力安全系数较小。

### 3.3 时间加权工作阻力

由于支架阻力是随时间不断变化的,所以,仅以循环末阻力还不足以反映支架的全面受力情况。例如,两个不同循环支架立柱的末阻力可能相近或相等,但在循环内其受力却可能差别很大,两个循环支架的受力不能认为是等同的。而用时间加权平均工作阻力则可以反映出这一差别<sup>[7]</sup>。

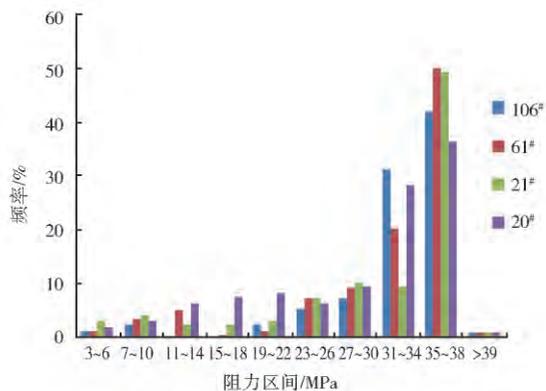


图 4 单颗立柱时间加权工作阻力分布区间及频率分布

Fig. 4 Time-weighted working resistance distribution intervals and frequency distribution of single column

由图 4 可知 4 个支架单颗立柱的循环时间加权工作阻力均以 470 kN~570 kN(31 MPa~38 MPa) 为主,该区间的平均值为 520 kN,其值占额定工作阻力的 86.67%。

表 3 为 3601 工作面支架时间加权工作阻力分布及利用率情况。

表 3 支架循环时间加权工作阻力及利用率  
Table 3 Time-weighted working resistance and utilization rate of the supports

架号	前柱/MPa		后柱/MPa		整架/MPa	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
106#	530.74	562.71	557.71	595.74	2 176.01	2 316.91
61#	530.74	584.83	558.47	598.62	2 178.43	2 366.91
21#	538.77	579.53	568.32	600.89	2 214.19	2 360.85
20#	533.62	568.77	555.74	597.26	2 178.73	2 332.06
平均值	533.32	573.92	560.14	598.02	2 186.76	2 344.18
利用率/%	88.67	95.42	93.11	99.44	90.89	97.43

从前、后柱及整架循环末阻力发挥程度来看,3601 工作面支架循环时间加权工作阻力安全系数很小。

### 3.4 周期来压时支架工作阻力

表 4 统计了工作面老顶 7 次周期来压期间及来压前所测支架的工作阻力数据。由表可见,周期来压时,4 架支架的平均工作阻力为 2 304.24 kN,达到额定工作阻力的 96.01%,说明支架额定工作阻力安全系数偏小,一旦顶板发生动压冲击,支架容易被压死而发生顶板事故<sup>[9]</sup>。

表 4 周期来压期间各支架工作阻力  
Table 4 Working resistance of each support during periodic weighting

架号	kN				平均	
	106#	61#	21#	20#		
1	前	1 269.52	1 523.43	1 112.34	918.89	1 206.05
	时	2 351.64	2 164.23	2 224.69	2 345.59	2 271.84
2	前	1 511.34	1 547.61	773.80	1 112.34	1 236.27
	时	2 345.59	2 212.59	2 333.50	2 252.49	2 286.35
3	前	1 571.79	1 370.48	737.53	1 003.53	1 170.98
	时	2 309.92	2 212.59	2 333.50	2 312.34	2 292.39
4	前	1 632.24	1 051.89	1 100.25	894.71	1 169.77
	时	2 324.43	2 309.32	2 381.86	2 393.95	2 352.85
5	前	1 329.97	1 230.23	979.35	1 100.25	1 160.10
	时	2 279.09	2 333.50	2 303.88	2 212.59	2 282.12
6	前	1 342.07	1 662.47	—	—	1 502.27
	时	2 309.32	2 381.86	—	—	2 345.59
7	前	1 586.30	—	—	—	1 586.30
	时	2 369.77	—	—	—	2 363.73
平均	前	1 463.58	1 397.68	940.65	1 005.94	1 201.81
	时	2 324.43	2 273.05	2 303.27	2 303.27	2 304.24
比值	1.59	1.63	2.45	2.29	1.64	

## 4 工作面支架使用现场观测

对 3601 工作面近 2 个月的现场观测发现,该工作面使用 ZZ2400/08/15 支撑掩护式液压支架后,支架前后柱常常不能同时升起,相当一部分支架在升架时只给后柱供液,个别支架存在串漏液、安全阀泄露锁不住立柱下腔液体的现象;支架工在升架时怕出现明显错茬,支架未达到初撑力就停止供液。因此,造成支架初撑力降低。

另外,使用液压支架后,该工作面采煤工序变得繁琐,工作空间降低,工人劳动环境变差,造成工作面每日单产降低。

## 5 支架适应性分析

通过对 3601 工作面液压支架工作阻力的监测,计算其初撑力、循环末工作阻力和支架时间加权工作阻力,可以得到以下结论:

1)在 3601 工作面随工作面推进过程中,支架的平均初撑力远小于其额定初撑力的 80%,初撑力较低。这使得支架不能发挥其最大的支护效能,也不能有效抑制顶板的早期下沉,容易发生冒顶及顶板岩层离层,从而发生动压冲击。

2)支架前柱、后柱、整架的平均循环末阻力分别占额定工作阻力的 89.74%、94.50%、92.12%。工作面老顶周期来压时,支架单颗立柱平均工作阻力为 2 304.24 kN,达到额定工作阻力的 96.01%,说明支架额定工作阻力安全系数偏小,一旦顶板发生动压冲击,支架容易被压死而发生顶板事故。

3)支架前柱、后柱、整架的平均循环时间加权工作阻力分别占额定工作阻力的 88.67%、93.11%、90.89%,整架最大时间加权平均工作阻力平均为 2 344.18 kN,占额定工作阻力的 97.43%;从整架循环时间加权工作阻力来看,3601 工作面支架工作阻力安全系数偏小,不能很好地满足工作面顶板安全支护的要求。

综上所述,在 3601 工作面顶底板地质及生产条件下,ZZ2400/08/15 型支撑掩护式液压支架对本工作面顶底板支护的适应性较差。

(下转第 58 页)

换画面,任意设置切换时间,对现场进行实时监控,并通过以太网将视频信息上传。

## 4 结束语

通过能源管理系统的使用,降低能耗约3%,起

到了节能效果。试验性的引进清洁能源,降低碳排放。即:采用能源互联网思想,采取“源—网—荷”对矿业企业的配电系统改革,有利于形成源荷协同,多能互补,甚至实现主动负荷对区域配电网的调度。

### 参考文献:

- [1] 曾鸣,杨雍琦,刘敦楠,等.能源互联网“源—网—荷—储”协调优化运营模式及关键技术[J].电网技术,2016,40(1):114-124.  
ZENG Ming, YANG Yongqi, LIU Dunnan, *et al.* “Generation—grid—load—storage” Coordinative Optimal Operation Mode of Energy Internet and Key Technologies[J]. Power System Technology, 2016, 40(1): 114-124.
- [2] 刘敦楠,徐尔丰,许小峰.面向园区微网的“源—网—荷—储”一体化运营模式[J].电网技术,2018(3):681-689.
- [3] 司士军,杨宏涛.二矿筛分系统改造方案研究[J].煤炭技术,2016(11):328-330.  
SI Shijun, YANG Hongtao. Study on Reform Scheme of Two Ore Screening System[J]. Coal Technology, 2016(11): 328-330.
- [4] 张金山,李现龙,张弘强,等.内蒙古某洗煤厂工艺流程改造的研究[J].煤炭技术,2015(3):273-275.  
ZHANG Jinshan, LI Xianlong, ZHANG Hongqiang, *et al.* Study on Reform of Inner Mongolia Coal Cleaning Plant Processing [J]. Coal Technology, 2015(3): 273-275.

(编辑:樊敏)

(上接第55页)

### 参考文献:

- [1] 王兴雨,陈少华,孔宪生.薄煤层炮采液压支架的技术特点及其应用[J].中国煤炭,2007,33(7):53-54.  
WANG Xinyu, CHENG Shaohua, KONG Xiansheng. Hydraulic Supports for Blasting Mining in Thin Seams: Technical Characters and Application[J]. China Coal, 2007, 33(7): 53-54.
- [2] 范涛,郭卫,王力军,等.特殊地质条件下高效机炮联采的配套及设备研究[J].煤矿机械,2015,36(3):61-63.  
FAN Tao, GUO Wei, WANG Lijun, *et al.* Efficient Gun under Special Geological Conditions Combined Mining Facilities and Equipment Research[J]. Coal Mine Machinery, 2015, 36(3): 61-63.
- [3] 张忠温.平朔矿区两柱掩护式放顶煤支架适应性研究[J].煤炭科学技术,2011,39(11):31-35.  
ZHANG Zongwen. Study on Suitability of Hydraulic Powered Two Lag Shield Caving Support in Pingshuo Mining Area[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(11): 31-35.
- [4] 井庆贺,艾文彬,王涛,等.浅埋薄煤层工作面矿压规律及支架适用性研究[J].煤炭技术,2017,36(4):51-53.  
JING Qinghe, AI Wenbin, WANG Tao, *et al.* Study of Mine Pressure Behavior Law and Powered Support Suitability of Mining Face in Shallow Thin Coal Seam[J]. Coal Technology, 2017, 36(4): 51-53.
- [5] 郭周克.黄沙矿极薄煤层高效综采技术研究[D].北京:中国矿业大学,2013:25-28.
- [6] 齐方跃,孟宪斌,李安林.薄煤层液压支架工作面矿压观测分析[J].山东煤炭科技,2010(2):87-93.
- [7] 尹增德,宁建国.矿山压力监测与预报[M].北京:煤炭工业出版社,2011.
- [8] 祁明峰,朱瑜伟,韩昌强.整体顶梁组合悬移液压支架在炮采面的应用[J].能源技术与管理,2012(4):106-107.
- [9] 张帅胆.禹州矿区薄煤层高产高效开采技术实践与应用[J].中国煤炭,2013,39(10):56-58.  
ZHANG Shuidan. Practice and Application of High Production and Efficient Mining Technology in Thin Coal Seam in Yuzhou Mining Area[J]. China Coal, 2013, 39(10): 56-58.

(编辑:刘新光)