

Practical Measure Research on Shallow Depth of Burial and Thin Bedrock Coal Face Strata Behavior Regularity of Chang Han Ditch Coal Mine

Guoli Wang¹, Xiaolong Yang¹, Huanhuan Hu²

¹Faculty of Resources and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing

²Jinan Commercial Vehicle Co. Ltd., Sinotruk Group, Jining Shandong

Email: bruceyang9@163.com, 18605379990@163.com

Received: Mar. 17th, 2015; accepted: Mar. 28th, 2015; published: Apr. 3rd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

On the engineering background about Chang Han ditch 3-1 coal seam 201 working face of shallow depth of burial and thin bedrock, by using KBJ-60 type III fully mechanized mining supporter pressure monitoring system, the paper monitors the change rule of mining supporter working resistance, determines the main roof weighting step on shallow depth of burial and thin bedrock coal condition and provides the evidence for the selection of supporter and safety mining of Chang Han ditch working face.

Keywords

Shallow Burial, Thin Bedrock, Strata Behaviors, Supporter, Surface Subsidence

昌汉沟矿浅埋深薄基岩工作面矿压规律 实测研究

王国立¹, 杨小龙¹, 胡欢欢²

¹中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京

²中国重汽集团济宁商用车有限公司, 山东 济宁
Email: bruceyang9@163.com, 18605379990@163.com

收稿日期: 2015年3月17日; 录用日期: 2015年3月28日; 发布日期: 2015年4月3日

摘要

本文以昌汉沟矿3-1煤上201浅埋深薄基岩工作面为工程背景, 通过KBJ-60III型综采支架压力监测系统, 监测综采工作支架工作阻力的变化规律, 确定了浅埋深薄基岩煤层条件下老顶的周期来压步距, 为昌汉沟矿工作面支架选型与安全开采提供了依据。

关键词

浅埋, 薄基岩, 矿压显现, 支架, 地表下沉

1. 引言

中国西部地区拥有丰富的煤炭资源, 据全国范围内煤田第二次勘察显示, 新疆、内蒙、陕西和山西四个省份煤炭资源占全国总量的 81.3%, 随着国家西部大开发、能源战略西移发展战略的实施, 会逐步加大加快对西部地区煤炭的开发利用[1]-[3]。这部分煤田中有一部分是浅埋深薄基岩煤层, 随着在浅埋深薄基岩煤层布置综采工作面的开采强度加大, 工作面压死、压坏支架的事故频繁发生, 工作面对应的地表会出现地堑和裂隙, 严重威胁到了自然的生态环境、煤矿的安全生产和经济效益, 因此分析研究浅埋深薄基岩条件下的工作面矿压显现规律, 可为工作面支架选型与安全开采提供重要依据[4]-[8]。

2. 工程概况

昌汉沟矿 3-1 煤上 201 工作面位于开拓井田的中部偏东, 昌汉沟矿地面工业广场偏西, 可采煤层的面积 257994.45 m², 厚度 1.7~2.4 m, 平均厚度 1.75 m, 倾角 1°~3°。3-1 煤直接顶为粉砂岩, 平均厚度 5.10 m; 老顶为灰色中粒砂岩, 近水平层理, 泥质、钙质胶结, 中等致密, 力学强度较弱, 结构松散, 非常容易风化破碎。3-1 煤直接底为灰色、灰白色的细粒砂岩, 成分主要以石英长石为主, 部分含白云母, 分选性为中等, 泥质胶结, 层理为波状。

在 201 工作面回采范围内的地表地形沟谷纵横、基岩裸露, 第四系薄层风积沙、冲洪积层等呈星状分布在山梁、山坡及沟谷地带, 显示地貌特征为侵蚀性丘陵。

201 工作面上覆基岩厚度 25~50 m, 切眼附近最薄, 上覆基岩厚度大约 25 m。推进长度 1068.4 m, 工作面长度 241.6 m, 采煤方法采用综合机械化采煤法, 顶板管理采用全部垮落法, 工作面内采用 ZY8000/12/24 型液压支架 142 架(见表 1), SL300 型双滚筒采煤机, 原设计标准为日推进 12 个循环, 循环进尺 0.865 m, 上下顺槽均超前支护 30 m。

3. 监测布置与实施方案

运用 KBJ-60III 型综采支架压力监测系统对 201 工作面实施动态矿压观测, 该监测系统总共有 20 个压力传感装置, 如图 1, 分别安装在 20 个支架上(10#、16#、23#、30#、37#、42#、51#、56#、62#、66#、72#、78#、84#、90#、96#、102#、110#、118#、126#、132#), 用于监测综采支架左右支柱的压力, 该压力传感装置每隔 4 分钟便会自动记录支架左右支柱的压力, 能够确保监测数据的及时性和有效性。

Table 1. The power support ZY8000/12/24 technical character
表 1. ZY8000/12/24 型液压支架主要技术特征

型式	掩护式液压支架	单位	备注
高度	1200~2400	mm	
中心距	1750	mm	
初撑力	6142	kN	P = 31.5 MPa
工作阻力	8000	kN	P = 39.3 MPa
移架步距	865	mm	

综采支架工作阻力连续记录仪

(原: ZYDC-III型综采支架工作阻力连续记录仪, 俗称“电脑圆图仪”)

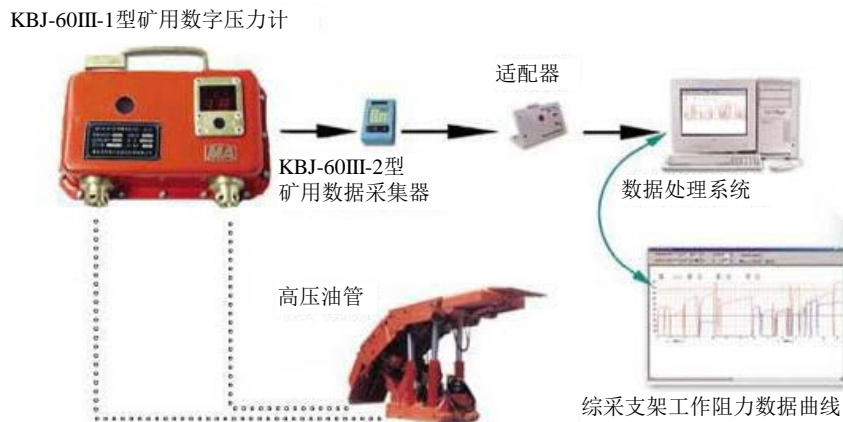


Figure 1. Power support resistance record device
图 1. 综采支架工作阻力连续记录仪

运用煤体应力监测系统监测数据并分析采动过程中煤体超前、两侧支承压力和规律, 以及 201 工作面开采后, 留巷煤柱应力强度、分布规律和稳定时间。详细布置位置如图 2 所示。

4. 工作面矿压显现规律

观测记录时间段内 201 工作面向前推进 214 m。对记录的数据进行科学合理的分析整理, 分别详细统计工作面直接顶初次垮落步距及强度, 老顶初次来压和周期来压步距及强度和支架工作阻力特征。

1) 回采巷道老顶的初次来压。根据支架阻力曲线特性分析, 在观测的第三天支架阻力显现出急剧上升的现象, 但上升强度较小, 持续时间不长, 由此可以判定为直接顶的初次垮落。工作面没有在同一时间垮落, 而是先在机头方向垮落, 然后在靠近机尾方向垮落。

在观测的第四天, 从支架阻力曲线分析出: 工作面直接顶垮落后, 综采液压支架一直承受着破碎直接顶的载荷, 导致支架阻力一直显现缓慢上升的趋势。在观测的第五天, 支架阻力再次出现急剧上升现象, 这次上升明显速度快并且强度较大, 其中 6#、23#、30#、42#、72#、78#、84#、90#、96#、102#, 这 10 个支架显现出安全阀开启的现象, 以上各种迹象表明老顶的初次来压开始, 第六天的支架阻力观测数据小于第五天的支架阻力观测数据, 推算得出 201 工作面老顶初次来压步距 17.31 m~20.78 m, 平均步距 19.0 m, 来压时强度最大达到了 42.7 MPa。

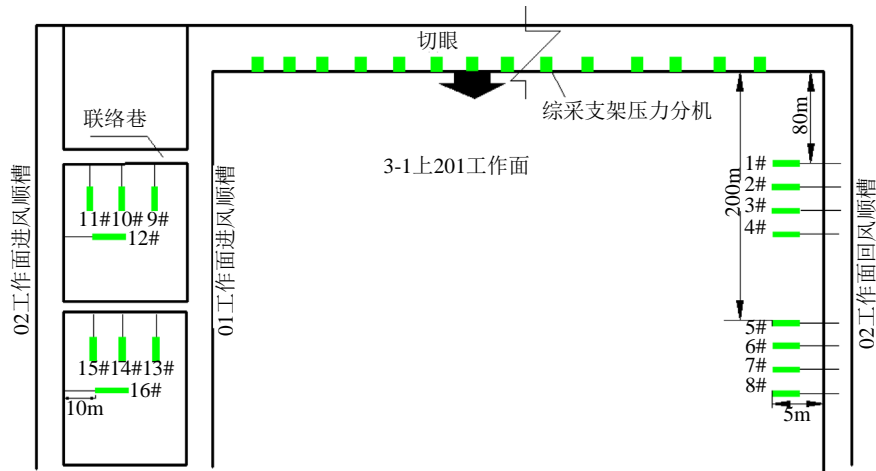


Figure 2. Layout of survey station
图 2. 测点布置图

观测的第六天，201 工作面上方地表出现了急剧下沉现象，导致了地表形成张开性裂隙和落差较大的地堑，再结合观测的支架工作阻力数据可以确定第五天夜班出现的支架阻力上升现象是由于老顶的初次来压，来压持续时间较短，因为老顶开始断裂但并没有完全垮落，待工作面推进 4 个循环后老顶达到滑落失稳条件后完全垮落，从而造成第六天早班支架阻力达到最大值。

综合对支架阻力曲线分析结果和工作面上方地表破坏特征得出在浅埋深薄基岩条件下工作面初次来压只显现滑落失稳，老顶断裂影响直达地表形成了上覆岩层全厚度切落；来压强度大，持续时间短，顶板对支架造成一定程度的冲击载荷，导致多数支架安全阀开启。

2) 回采巷道老顶的周期来压。以支架的平均循环末阻力和支架的均方差之和作为判断顶板周期来压的主要指标，用这个指标分析回采巷道的周期来压。数据计算的公式：

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{ii} - \bar{P}_i)^2}$$

式中， σ_p ——循环末阻力平均值的均方差；

n ——实测循环数。

P_{ii} ——各循环的实测循环末阻力。

\bar{P}_i ——循环末阻力的平均值， $\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ii}$ 。

顶板来压依据： $P_i^p = \bar{P}_i + \sigma_p$ 。

监测支架来压判据计算结果如表 2 所示。

支架循环末阻力的平均值为 6164 kN，约为支架额定工作阻力的 77.05%，说明来压时支架的工作阻力与其额定工作阻力相比还有一些剩余空间。

在周期来压下，工作面会形成周期的来压步距，分别选取统计了工作面上中下三段有代表性的支架循环末阻力曲线用来分析工作面的周期来压步距，如表 3 所示。

选取有代表性 16#、66#、102#支架，进行支架周期来压判别，以下是监测到的支架循环末阻力结果的直观显示，如图 3，16#支架分别在工作面距离切眼 157.6 m，164.8 m，176.5 m，188 m，198.5 m，205.5 m，213 m 位置出现明显来压显现，前后差值分别为 7.2 m，11.7 m，11.5 m，9.5 m，7 m，7.5 m，平均值 9.07 m。66#支架分别在工作面距离切眼 149.5 m，157.8 m，168.75 m，175.8 m，190.3 m，203.4 m

Table 2. The criterion of periodic weighting
表 2. 支架周期来压判据(单位: kN)

支架号	平均循环末阻力 \bar{P}_t	均方差 σ_{P_t}	判据 $P_t^p = \bar{P}_t + \sigma_{P_t}$	支架号	平均循环末阻力 \bar{P}_t	均方差 σ_{P_t}	判据 $P_t^p = \bar{P}_t + \sigma_{P_t}$
10#	5823	1184	7002	78#	6202	1123	7325
16#	6195	1038	7233	90#	6287	1167	7454
23#	6075	1085	7160	96#	6236	1012	7248
30#	6247	1175	7422	102#	6044	1239	7283
37#	6175	1227	7402	110#	6334	1065	7399
42#	6317	1252	7569	118#	6227	1154	7381
66#	6042	1067	7118	126#	6212	1098	7310
72#	6386	1034	7420	132#	5822	1154	6976

Table 3. The interval of periodic weighting
表 3. 各支架周期来压步距(单位 m)

来压次数 支架号													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10#	11.25	11.25	9.52	6.92	9.52	7.78	9.52	10.38	9.52	7.78	10.38	10.38	11.25
16#	6.92	11.25	12.11	10.38	7.78	7.78	9.52	6.92	10.38	11.25	7.78	8.65	8.65
23#	8.65	9.52	6.92	6.92	6.92	7.78	11.25	9.52	9.52	10.38	11.25	10.38	10.38
30#	8.65	8.65	7.78	7.78	6.92	8.65	5.19	10.38	7.78	7.78	13.84	12.11	13.84
37#	8.65	6.92	7.78	7.78	9.52	8.65	9.52	10.38	7.78	8.65	9.52	10.38	10.38
42#	8.65	9.52	7.78	7.78	8.65	8.65	9.52	9.52	8.65	7.78	10.38	10.38	9.52
66#	8.65	6.92	7.78	8.65	9.52	9.52	9.52	9.52	9.52	8.65	8.65	8.65	9.52
72#	7.78	7.78	6.92	9.52	9.52	9.52	6.92	10.38	6.92	7.78	11.25	9.52	11.25
78#	9.52	7.78	6.92	7.78	9.52	9.52	11.25	9.52	7.78	8.65	6.92	9.52	12.11
90#	9.52	8.65	6.92	8.65	7.78	7.78	10.38	7.78	9.52	9.52	13.84	11.25	10.38
96#	9.52	8.65	6.92	7.78	7.78	6.92	9.52	9.52	8.65	7.78	7.78	10.38	10.38
102#	9.52	8.65	7.78	8.65	11.52	8.65	9.52	9.52	11.25	9.52	8.65	8.65	10.38
110#	10.38	8.65	7.78	6.05	7.78	6.05	10.38	7.78	8.65	9.52	13.84	10.38	9.52
118#	10.38	7.78	6.92	5.19	7.78	7.78	10.38	9.52	9.52	8.65	8.65	10.38	9.52
126#	10.38	8.65	6.92	8.65	7.78	6.92	9.52	9.52	8.65	11.25	9.52	11.25	10.38
132#	9.52	9.52	10.38	8.65	9.52	9.52	9.52	7.78	9.52	9.52	10.38	11.25	12.11
平均/m	9.25	8.76	7.95	7.95	8.61	8.22	9.46	9.25	8.98	9.03	10.16	10.22	10.60
总平均/m							9.75						

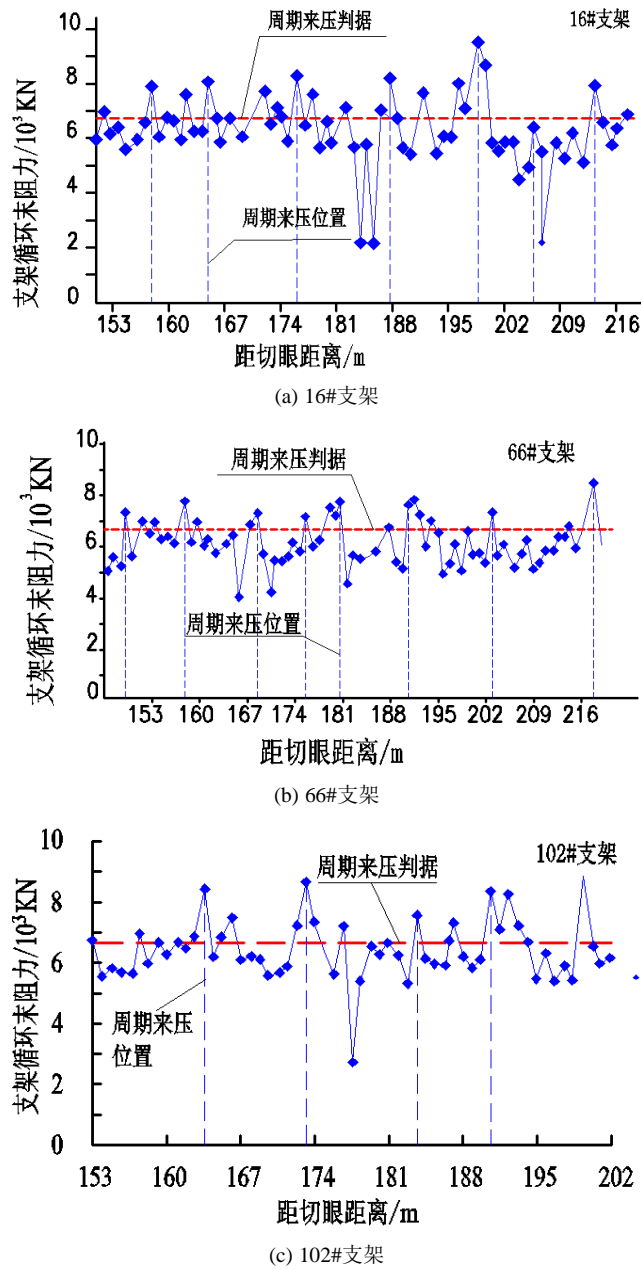


Figure 3. The discriminant curve of stents periodic weighting about 16#, 66# and 102#

图 3. 16#、66#和 102# 支架周期来压判别曲线

位置处出现明显来压显现，前后差值分别为 8.3 m，10.95 m，7.05 m，14.5 m，13.1 m，平均值 10.78 m。102# 支架分别在工作面距离离开切眼 163.5 m，173 m，184.3 m，190.5 m 位置处出现明显来压显现，前后差值分别为 9.5 m，9.7 m，6.5 m，平均值 8.57 m。综上所述，工作面基本顶周期来压步距大约为 9.75 m。

5. 老顶来压强度确定

由表 4 可知基本顶历次来压时和来压前支护阻力平均值的比值(即动载系数)都大于 1。动载系数反映的是老顶强度的大小，由表 4 可知监测支架的平均动载系数约为 1.231，属于来压强度较小，有利于工作面顶板的管理。

Table 4. The coefficient of roof weighting
表 4. 基本顶历次来压期间动载系数统计表

来压次数 支架号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
10#	1.232	1.347	1.235	1.156	1.189	1.22	1.212	1.222	1.234	1.382	1.421	1.211	1.47	
16#	1.289	1.384	1.282	1.124	1.198	1.242	1.236	1.121	1.233	1.052	1.024	1.235	1.175	
23#	1.273	1.470	1.272	1.195	1.265	1.188	1.210	1.298	1.224	1.572	1.056	1.259	1.076	
30#	1.291	1.275	1.292	1.417	1.274	1.254	1.181	1.357	1.422	1.285	1.104	1.257	1.321	
37#	1.220	1.276	1.351	1.323	1.358	1.280	1.185	1.297	1.412	1.131	1.185	1.325	1.297	
42#	1.242	1.301	1.327	1.285	1.199	1.222	1.245	1.241	1.279	1.251	1.046	1.254	1.141	
66#	1.331	1.297	1.321	1.413	1.338	1.248	1.194	1.477	1.372	1.190	1.265	1.253	1.004	
72#	1.328	1.241	1.279	1.254	1.299	1.283	1.184	1.375	1.292	1.101	1.274	1.235	1.093	
78#	1.296	1.304	1.372	1.311	1.212	1.256	1.068	1.276	1.351	1.023	1.358	1.195	1.203	
90#	1.293	1.293	1.274	1.375	1.326	1.304	1.109	1.300	1.225	1.285	1.199	1.212	1.341	
96#	1.345	1.203	1.344	1.235	1.156	1.289	1.523	1.297	1.545	1.134	1.138	1.421	1.235	
102#	1.312	1.341	1.385	1.282	1.124	1.198	1.341	1.235	1.156	1.089	1.234	1.212	1.121	
110#	1.340	1.235	1.256	1.289	1.212	1.135	1.385	1.282	1.124	1.198	1.234	1.323	1.175	
118#	1.384	1.282	1.324	1.198	1.179	1.257	1.253	1.232	1.234	1.231	1.242	1.243	1.235	
126#	1.282	1.344	1.235	1.156	1.189	1.156	1.089	1.138	1.148	1.194	1.231	1.113	1.282	
132#	1.223	1.382	1.282	1.124	1.198	1.124	1.198	1.299	1.183	1.184	1.242	1.122	1.089	
平均	1.293	1.311	1.302	1.259	1.232	1.229	1.226	1.278	1.277	1.206	1.203	1.242	1.204	
总平均								1.231						

6. 结语

在浅埋深薄基岩条件下工作面初次来压只出现滑落失稳，老顶断裂直达地表出现上覆岩层全厚度切割；来压强度大，持续时间短，会对支架造成一定程度的冲击载荷。周期来压滞后、时间短，裂隙破断波及至地表导致地表出现张开性裂缝和地堑等现象，老顶结构不能够取得自身的平衡，应用高强度高工作阻力的支架之后，在保证初撑力足够时，来压显现并不明显，然而在支架初撑力不够时，工作面也没出现压架的故障，说明顶板结构还有一定的自承能力。

参考文献 (References)

- [1] 吕军, 侯忠杰 (2000) 影响浅埋煤层矿压显现的因素. *矿山压力与顶板管理*, **2**, 39-40.
- [2] 钱鸣高, 石平五 (2003) 矿山压力与岩层控制. 中国矿业大学出版社, 徐州, 66-67.
- [3] 李新元, 陈培华 (2004) 浅埋深极松软顶板采场矿压显现规律研究. *岩石力学与工程学报*, **19**, 3305-3309.
- [4] 贾兰星, 尚有士 (2011) KBJ-60III 综采压力监测系统在综放工作面的应用. *科协论坛(下半月)*, **4**, 55-56.
- [5] 黄庆享 (2002) 浅埋煤层顶板结构理论与支护阻力确定. *矿山压力与顶板管理*, **1**, 71-77.
- [6] 黄庆享, 钱鸣高, 石平五 (1999) 浅埋煤层顶板周期来压结构分析. *煤炭学报*, **6**, 581-585.
- [7] 李艳君, 杨维帅, 许力峰, 等 (2012) 浅埋深薄基岩工作面矿压显现规律研究. *煤矿开采*, **3**, 86-88.
- [8] 张世凯, 陶志宏, 杜福荣 (1996) 厚松散层薄基岩条件下沿空留巷矿压显现特点. *煤炭科学技术*, **2**, 35-38.