

文章编号:1671-251X(2017)11-0090-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.11.018

大采高垛式液压支架设计

曹连民, 燕明伟, 孙士娇, 张震, 朱志元, 刘冰

(山东科技大学 机械电子工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要:针对榆林矿区某矿大采高综采工作面回风巷采用超前支架、单体支柱或木垛进行超前支护存在支护效果差、支护速度慢、支护成本高、工人劳动强度大等问题,设计了一种大采高垛式液压支架。对该支架在顶梁偏载与底座扭转、顶梁扭转与底座集中载荷、顶梁集中载荷与底座偏载3种工况下进行有限元分析,通过分析应力云图和变形云图发现该支架整体受力均匀,无明显应力集中现象,且支架未出现较大变形;对该支架进行现场测试,结果表明,该支架支护作用下的巷道围岩变形量小,有效保证了工作面巷道的安全。

关键词:煤炭开采;超前支护;液压支架;垛式液压支架;大采高液压支架

中图分类号:TD355.4

文献标志码:A

网络出版时间:2017-10-27 09:35

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20171027.0935.018.html>

Design of high cutting chock type hydraulic support

CAO Lianmin, YAN Mingwei, SUN Shijiao, ZHANG Zhen, ZHU Zhiyuan, LIU Bing

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract:In view of problems of poor support effect, slow support speed, high support cost and great labor intensity of advance support with advanced hydraulic support, single hydraulic prop or timber in return airway of fully-mechanized high cutting coal mining face of a coal mine in Yulin mining area, a high cutting chock type hydraulic support was designed. Finite element analysis of the support was conducted under three kinds of operating conditions namely top beam eccentric load and pedestal torsion, top beam torsion and pedestal concentrated load, top beam concentrated load and pedestal eccentric load. The stress nephogram and deformation nephogram show that the whole support is stressed uniformly without apparent stress concentration phenomenon and large deformation. The field test result show that the support can effectively guarantee safety of working face roadway with small deformation of surrounding rock of roadway.

Key words: coal mining; advance support; hydraulic support; chock type hydraulic support; high cutting hydraulic support

0 引言

榆林矿区某矿大采高综采工作面回风巷超前支护经历了3个阶段:①第一阶段采用超前支架进行

支护,但受已开采工作面采动影响,综采工作面回风巷顶板矿压显现剧烈^[1],导致超前支架被压死,造成支架撤出难度大,阻碍了工作面的正常推进。②第二阶段采用单体支柱进行支护,但单体支柱支护强

收稿日期:2017-04-28;修回日期:2017-09-24;责任编辑:盛男。

基金项目:中国煤炭工业协会科学技术研究指导性计划项目(MTKJ2016-279);青岛市应用基础研究计划资助项目(15-9-1-32-jch);山东科技大学人才引进科研启动基金资助项目(2015RCJJ025)。

作者简介:曹连民(1978—),男,山东陵县人,副教授,博士,主要研究方向为电液控制、矿山机械等,E-mail:skdclm@163.com。

引用格式:曹连民,燕明伟,孙士娇,等.大采高垛式液压支架设计[J].工矿自动化,2017,43(11):90-93.

CAO Lianmin, YAN Mingwei, SUN Shijiao, et al. Design of high cutting chock type hydraulic support[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(11): 90-93.

度低^[2-3],容易被压断、损坏,同时由于单体支柱数量多,造成支护速度慢、支护效率低。③ 第三阶段采用木垛进行支护,由于支护强度低,当回风巷来压时,木垛大范围被压死或歪倒,导致巷道变形严重,无法满足巷道正常通风要求,难以保障安全生产,同时木垛料回收利用率低^[4],增加了生产成本。鉴于此,本文设计了一种大采高垛式液压支架,以实现对该矿综采工作面回风巷的有效超前支护。

1 工作面概况

榆林矿区某矿煤层厚度为 3.09~7.00 m,煤层平均厚度为 5.56 m,可采厚度为 3.09~6.25 m,煤层层位稳定,厚度变化小;煤层结构简单,多数不含夹矸,煤层以黏煤为主,长焰煤次之,煤质变化小。该矿综采工作面顶板岩性主要为砂质泥岩,少数为粉砂岩,底板岩性主要为砂质泥岩;采用一次采全高采煤法,全部垮落法管理顶板,工作面后退式回采,共布置主运输巷、辅助运输巷和回风巷 3 条巷道,长度均为 3 688 m,断面呈矩形,其中回风巷宽 5.4 m,高 3.9 m。

2 大采高垛式液压支架设计

支架最大结构高度为

$$H_{\max} = M_{\max} + S_1 \quad (1)$$

支架最小结构高度为

$$H_{\min} = M_{\min} - S_2 \quad (2)$$

式中: $M_{\max}$ 、 $M_{\min}$ 分别为煤层最大、最小截割高度, $M_{\max}$ 取 4 m, $M_{\min}$ 取 3.1 m; S_1 为考虑伪顶冒落的最大厚度,大采高支架取 0.2~0.4 m,本文取 0.4 m; S_2 为考虑周期来压时的下沉量,大采高支架取 0.5~0.9 mm,本文取 0.9 mm。

按岩重法^[5-6] 计算支架支护强度:

$$q = KM\rho \times 10^{-5} \quad (3)$$

式中: K 为作用于支架上的顶板岩石厚度系数,一般取 5~8; M 为采煤高度,取 4.4 m; ρ 为岩石密度,一般取 $2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

支架支撑顶板的有效工作阻力为

$$Q = qF \times 10^3 \quad (4)$$

式中 F 为支架支护面积。

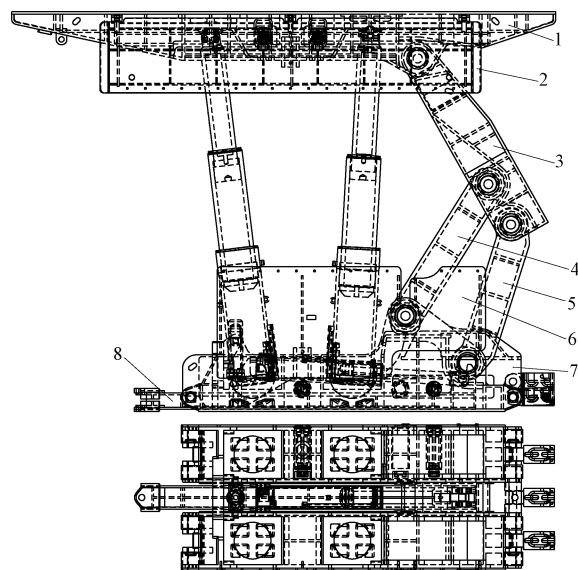
$$F = (L + C)(B + D) \quad (5)$$

式中: L 为支架顶梁长度,取 6 m; C 为梁端距,大采高支架梁端距一般取 0.35~0.48 m,本文取 0.41 m; B 为支架顶梁宽度,取 2.645 m; D 为架间距,取 2.5 m。

支架对顶板的初撑力一般为支架工作阻力的 0.6~0.8 倍^[7],本文取 0.8 倍。

考虑巷道实际工况,确定大采高垛式液压支架主要技术参数:支架高度为 2.2~4.4 m,支架宽度为 1.9~2.64 m,支护强度为 0.546 MPa,初撑力为 16 000 kN,工作阻力为 20 000 kN,泵站压力为 37.5 MPa,采用电液控制方式。

大采高垛式液压支架结构如图 1 所示。该液压支架结构特点:① 为防止巷道两帮冒落的矸石进入支护空间,液压支架顶梁在靠近两帮侧设有顶梁侧挡板。② 为便于排出浮煤、碎矸和抬起底座,底座采用整体刚性中分式结构,支架带抬底机构和底调机构,同时底座在靠近两帮侧设有底座固定挡板,另一侧设计双底调机构并在底座上预留底座调架座。③ 为实现移架,推移机构采用长推杆倒装千斤顶结构,推杆通过圆环链与前架底座连接,也可单独通过底座间两边连接的 2 个推移千斤顶实现移架。④ 为保证支架调高范围大、使用方便,支架立柱采用双伸缩型式^[8]。



1—顶梁;2—顶梁侧挡板;3—掩护梁;4—前连杆;
5—后连杆;6—底座固定挡板;7—底座;8—长推杆

图 1 大采高垛式液压支架结构

Fig. 1 Structure of high cutting chock type hydraulic support

3 大采高垛式液压支架有限元分析

由于液压支架部分组件对于液压支架整体有限元分析的影响不大,只对液压支架主要组成部件进行有限元分析^[9-10]。通过在顶梁和底座不同位置放置垫块来模拟支架在井下的受力工况,边界条件按

照 GB 25974.1—2010《煤矿用液压支架 第 1 部分：通用技术条件》中规定的支架型式试验条件来确定，采用内加载方式进行有限元分析^[11-12]。

分别在顶梁偏载与底座扭转、顶梁扭转与底座集中载荷、顶梁集中载荷与底座偏载 3 种工况下对大采高垛式液压支架进行模拟加载试验^[13-15]，得到支架在 3 种工况下的应力云图和变形云图，分别如图 2—图 4 所示。

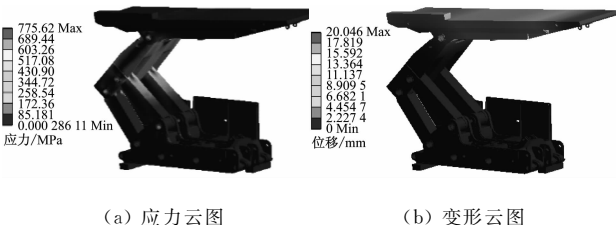


图 2 顶梁偏载与底座扭转分析结果

Fig. 2 Analysis results of top beam eccentric load and pedestal torsion

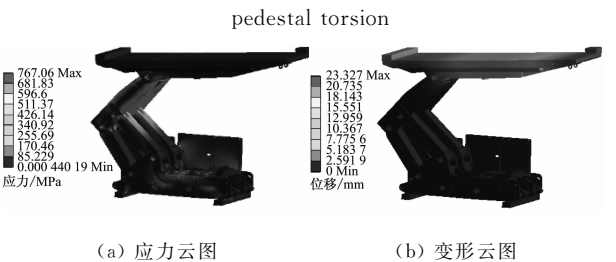


图 3 顶梁扭转与底座集中载荷分析结果

Fig. 3 Analysis results of top beam torsion and pedestal concentrated load

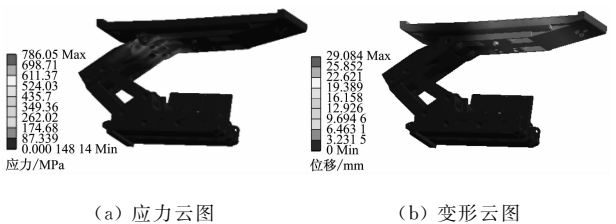


图 4 顶梁集中载荷与底座偏载分析结果

Fig. 4 Analysis results of top beam concentrated load and pedestal eccentric load

从图 2—图 4 可看出：液压支架最大应力均出现在前连杆与掩护梁铰接的销轴孔处，在顶梁集中载荷与底座偏载工况下应力最大，达 786.05 MPa，顶梁偏载与底座扭转工况下应力最小，液压支架其余部位受力均匀，均未出现应力集中现象；液压支架最大变形均出现在顶梁前端，在顶梁集中载荷与底座偏载工况下变形量最大，达 29.084 mm，顶梁偏载与底座扭转工况下变形量最小，顶梁前端至顶梁后部变形量逐渐减小，液压支架其余部位变形偏小，均未出现较大变形。

4 现场测试

在榆林矿区某矿大采高综采工作面回风巷对大采高垛式液压支架进行了现场测试。支架在综采工作面采用两排对称方式布置，为实现支架自移，前后相邻支架间距不得大于推移千斤顶行程，同时为实现对巷道的有效支护，并列两排支架顶梁间距不得大于 900 mm。在回风巷顶底板和两帮处各设 1 个观测点，测量得到累积移近量和工作面推进距离关系曲线，如图 5 所示。可看出巷道累积移近量随着工作面的推移逐渐缩小，表明采用大采高垛式液压支架进行巷道超前支护后，工作面巷道围岩变形量小，巷道处于稳定状态，验证了大采高垛式液压支架设计的合理性。

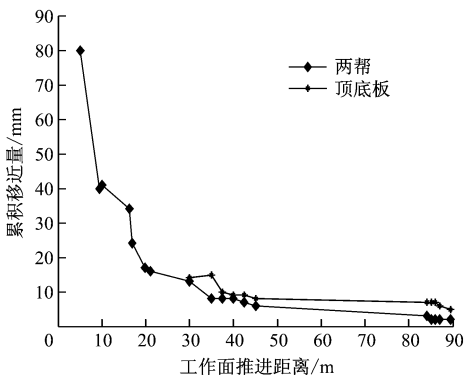


图 5 累积移近量和工作面推进距离关系曲线

Fig. 5 Relation curve between cumulative displacement and advancing distance of working face

5 结语

设计了一种用于巷道超前支护的大采高垛式液压支架，并对其进行有限元分析和现场应用测试。结果表明：该支架整体受力均匀，无明显应力集中现象，且未出现较大变形；该支架支护作用下的巷道围岩变形量小，证明其能有效保证综采工作面巷道的安全。后续需要对支架结构进行优化改进，降低支架自身整体质量。

参考文献(References)：

[1] 周凯,李刚,赵帅.短壁开采用履带行走式液压支架研制及应用[J].煤炭科学技术,2013,41(4):85-88.
ZHOU Kai,LI Gang,ZHAO Shuai. Development and application of crawler walking type hydraulic powered support used for short-wall mining[J]. Coal Science and Technology,2013,41(4):85-88.
[2] 郭继圣.综采工作面巷道超前液压支架选型设计及展

- 望[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(11): 30-35.
- GUO Jisheng. Selection design and outlook on advanced hydraulic powered support of gateway in fully-mechanized coal mining face[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(11): 30-35.
- [3] 刘国良, 赵琪, 张善波. 大功率综放工作面端头支架的研制与应用[J]. 煤矿开采, 2007, 12(2): 91-92.
- LIU Guoliang, ZHAO Qi, ZHANG Shanbo. Research and application of large-power face-end support full-mechanized caving mining face[J]. Coal Mining Technology, 2007, 12(2): 91-92.
- [4] 曹新奇, 马立强, 杨明福, 等. 大倾角煤层工作面端头支护及超前支护技术[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(7): 1-4.
- CAO Xinqi, MA Liqiang, YANG Mingfu, et al. Face end support and advance support technology in high inclined seam[J]. Coal Science and Technology, 2012, 40(7): 1-4.
- [5] 杨东辉, 宁掌玄, 吕兆恒, 等. 新型迈步自移式超前临时支架的研制与应用[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(6): 112-115.
- YANG Donghui, NING Zhangxuan, LYU Zhaohe, et al. Application and development on new type walking self moving advance temporary powered support[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(6): 112-115.
- [6] 鲁岩, 高杰, 刘长友, 等. 近距煤层同采巷道优化布置研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2012, 29(6): 797-801.
- LU Yan, GAO Jie, LIU Changyou, et al. Study on the optimal layout of roadways of contiguous seams by simultaneous mining[J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2012, 29(6): 797-801.
- [7] 吴士良, 刘思利. 顶板结构模型法计算确定综采面支架合理支护强度[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2015, 34(6): 40-44.
- WU Shiliang, LIU Sili. Roof structure model method to calculate and determine the reasonable supporting strength of fully mechanized coal mining face[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science), 2015, 34(6): 40-44.
- [8] 庞义辉, 王国法. 坚硬特厚煤层顶煤冒放结构及提高采出率技术[J]. 煤炭学报, 2017, 42(4): 817-824.
- PANG Yihui, WANG Guofa. Top-coal caving structure and technology for increasing recovery rate at extra-thick hard coal seam[J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(4): 817-824.
- [9] 宇迪, 陈新中, 黄永志. QY200/14/31 型液压支架关键部件有限元分析[J]. 煤矿开采, 2011, 16(3): 107-110.
- YU Di, CHEN Xinzong, HUANG Yongzhi. Finite element analysis of key components of QY200/14/31 powered support[J]. Coal Mining Technology, 2011, 16(3): 107-110.
- [10] 王明明, 武维承, 勾靖国. 坚硬顶板大采高 ZZ13000/28/60 型液压支架受力分析[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2012, 28(5): 65-67.
- WANG Mingming, WU Weicheng, GOU Jingguo. Stress analysis of ZZ13000/28/60 type hydraulic support in hard roof and large mining height conditions[J]. Journal of Shanxi Datong University (Natural Science Edition), 2012, 28(5): 65-67.
- [11] 曹连民, 魏翠翠, 王鹏怀, 等. 大采高液压支架主体结构件的有限元分析[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2017, 36(1): 94-98.
- CAO Lianmin, WEI Cuicui, WANG Penghuai, et al. Finite element analysis of the main components of large mining height hydraulic support[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2017, 36(1): 94-98.
- [12] 姚灵灵, 贺乃宝, 高倩, 等. 液压支架前连杆疲劳寿命预测方法[J]. 工矿自动化, 2015, 41(10): 46-48.
- YAO Lingling, HE Naibao, GAO Qian, et al. Fatigue life prediction method of hydraulic support front link[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(10): 46-48.
- [13] 吴多华, 乔卫国, 李伟, 等. 爆破-锚喷联合支护技术研究[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2016, 35(2): 50-56.
- WU Duohua, QIAO Weiguo, LI Wei, et al. Research on blasting and bolt-shotcrete combined support technology[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2016, 35(2): 50-56.
- [14] 刘晓明, 赵同彬, 王明强, 等. 固体充填工作面支架工作特性及顶板控制分析[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2017, 36(2): 42-47.
- LIU Xiaoming, ZHAO Tongbin, WANG Mingqiang, et al. Analysis of working characteristics and roof control of backfilling hydraulic support[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2017, 36(2): 42-47.
- [15] 郭万忠. 两硬薄煤层综采工作面矿压规律分析[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(10): 107-111.
- GUO Wanzhong. Analysis on mine pressure bump law of fully-mechanized coal mining face in thin seam with hard roof and hard coal[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(10): 107-111.