8.2 m大采高综采工作面超前支护技术研究及应用

李明忠[1,2],张德生[1,2],刘　壮[3],许　义[4]
(1. 煤炭科学研究总院 开采研究分院,北京　100013;2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部,北京　100013;
3. 兖州煤业股份有限公司,山东 济宁　273500;4. 兖矿集团有限公司,山东 济宁　273500)

摘　要:针对金鸡滩煤矿8.2 m大采高工作面大断面回采巷道超前支护难题,综合地质条件和推进效率等因素,确定了双列多节自移式超前支架架型。采用低初撑力、高工作阻力的支护理念和初撑力自动保证技术,开发了避锚护顶、行走调控和斜坡式连接梁等新结构,研制出回风巷和运输巷超前支架组。井下试验表明超前支架抗周期来压能力强,推进效率高,超前巷道顶板完整好,具有良好的适应性;进一步分析了超前支架整体顶梁对顶板的反复支撑作用,提出了柔性顶梁的方解决案,为超大采高工作面超前支护技术提供了示范和参考。

关键词:超大采高工作面;超前支护;调偏机构;反复支撑

中图分类号:TD353　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:0253-2336(2017)11-0032-05

Research and application of advance supporting technology for 8.2 m large mining height fully-mechanized face

LI Mingzhong[1,2],ZHANG Desheng[1,2],LIU Zhuang[3],XU Yi[4]
(1.*Coal Mining & Designing Brach*,*China Coal Research Institute*,*Beijing*　100013,*China*;
2. *Coal Mining & Designing Department*,*Tiandi Science & Technology Co.*,*Ltd.*,*Beijing*　100013,*China*
3. *Yanzhou Coal Mining Company Limited*　,*Jining*　273500,*China*;4. *Yankuang Group Company Limited*,*Jining*　273500,*China*)

Abstract:According to the problems of advance support of large cross-section mining roadway in 8.2 m large mining face in Jinjitan Coal Mine, the double-row multi-section self-moving advanced support frame type was determined by comprehensive geological conditions and propulsion efficiency.Adopting the support concept of low initial support and high engineering resistance and the automatic assurance technology of initial support force, new structures,such as anti-roof guard, walking control and slope connecting beam were developed and the advanced support group of air return lane and transport lane was developed. The downhole test showed that the anti-mine pressure ability of the advanced support was strong, the propulsion efficiency was high, the top roof of the advanced roadway was complete and had good adaptability. The repeated support function of the integral support beam of the advance support to the roof was further analyzed, which could provide a model and reference for the advance support technology of the ultra large height mining face.

Key words:ultra large mining height face;advance supporting;offset adjustment mechanism;repeatedly supporting

0　引　　言

金鸡滩煤矿位于陕北侏罗纪煤田中部的榆神矿区,煤层坚硬,顶、底板完整性好。$2^{-2上}$煤层可采煤层平均厚8.53 m,为提高资源开采效率和采出率,采用超大采高开采技术,工作面最大高度达8.2 m,为保证超大采高工作面设备运输、通风的要求,配套大断面巷道,传统单体支护[1-3]已无法满足两巷道端头及超前区的支护要求,为保证与工作面快速采煤的协调推进,需进一步研究超前支护方式,提升支

收稿日期:2017-09-30;**责任编辑**:杨正凯　　**DOI**:10.13199/j.cnki.cst.2017.11.006
基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFC0804305)

作者简介:李明忠(1978—),男,山东郓城人,研究员,博士研究生。Tel:010-84263142,E-mail:limingzhong@tdkcsj.com

引用格式:李明忠,张德生,刘　壮,等.8.2 m大采高综采工作面超前支护技术研究及应用[J].煤炭科学技术,2017,45(11):32-36.
LI Mingzhong,ZHANG Desheng,LIU Zhuang,*et al*.Research and application of advance supporting technology for 8.2 m large mining height fully-mechanized face[J].Coal Science and Technology,2017,45(11):32-36.

护品质。

在煤层赋存稳定,埋深浅、煤层致密坚硬、开采条件较好的矿区,超前支架近十年来得到了广泛推广应用[4-7]。在大采高综采工作面推进速度加快、巷道宽度和高度加大的情况下,采用超前支护支架进行巷道超前支护,可以有效保证支护的安全性,提高支护效率,降低支护成本,神东矿区5 m以上采高的综采工作面,巷道超前支护普遍采用超前液压支架,保证了巷道超前支护的安全可靠性[8-10];神南红柳林煤矿7 m超大采高工作面回风巷的超前支架ZTC16044/27/50,实现了高4.5 m的大断面巷道支护[11]。文献[12]进一步研究了超前支架与围岩耦合关系,提出“低初撑、高工阻”非等强耦合支护理念和超前支护设计原理,指导了榆神矿区的超前支护技术发展。笔者在现有超前支护技术基础上,研究适用于金鸡滩煤矿8.2 m大采高工作面的超前支护装备。

1 矿井巷道布置和超前支护架型选择

1.1 金鸡滩煤矿巷道开拓布局特点

晋、陕、蒙等大型煤炭基地埋深较浅,赋存条件好的煤层,为提高综采工作面及运输巷配套设备能力及可靠性,实现高产高效,普遍采用多巷布置,用锚杆、锚索联合支护来控制巷道变形,使得大断面巷道得以广泛推广应用。金鸡滩煤矿煤层埋深200~305 m,作为国内外首个8.2 m大采高工作面,108工作面位一盘区西南部,走向长度5 538 m,倾向长度300 m,可采储量1 365.9万t,煤层厚度5.5~8.4 m,总体为一单斜构造,东北高、西南低,煤层平均倾角0.5°,工作面在中上部发育1~2层夹矸,厚度0.14~1.10 m,无断层及其他构造。108工作面采用多巷布置方式,共布置4条巷道(图1a),西北方向为2条回风巷,用于回风;东南方向为运输巷和辅运巷,用于运输,2条回风巷,运输巷之间通过联络巷进行联通,是典型的工作面回采巷道开拓布置方式;巷道断面尺寸5.5 m×4.5 m(回风巷),6.4 m×4.5 m(运输巷),工作面巷道保护煤柱24 m(图1b和1c),四邻为未采动区域。地面相对位置主要为滩地、沙丘沙地。

超前支护要为回采过程提供安全作业空间保障,一方面要求能够保持顶板完整性,另一方面大断面巷道所需超前支架高度较大,对超前支架稳定性和行走方向的控制也提出了较高的要求。

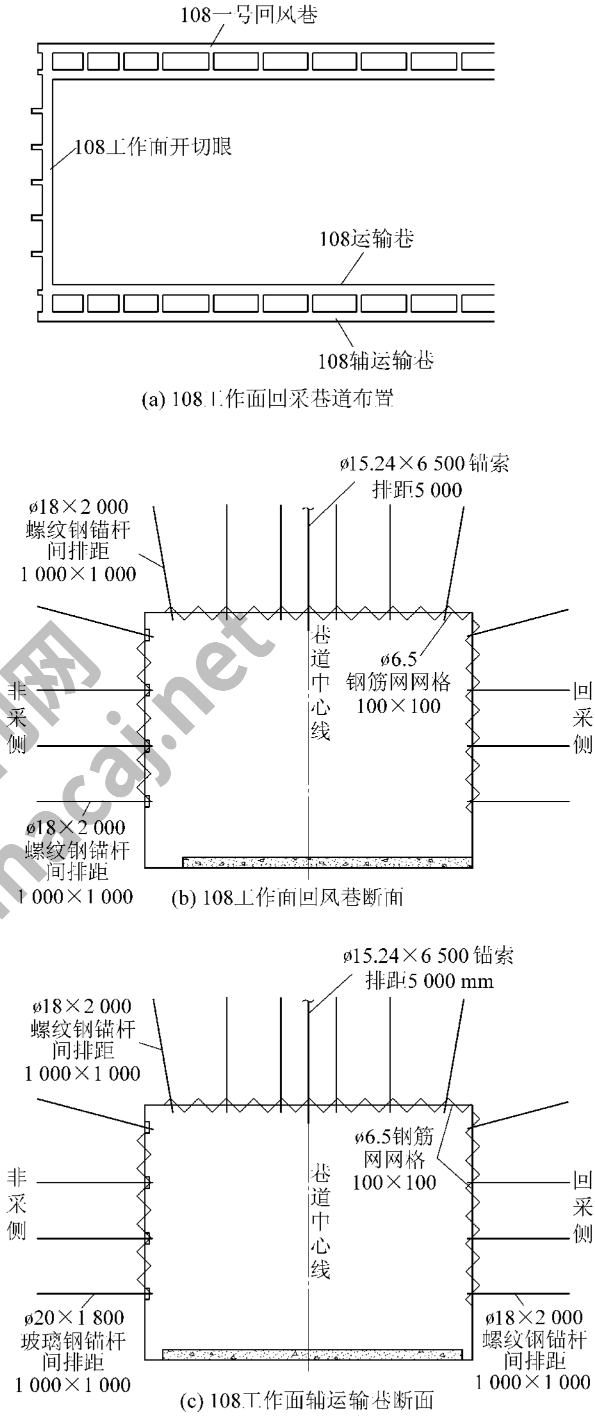


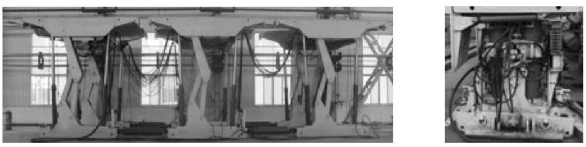
图1 金鸡滩煤矿回采巷道布置及支护

Fig. 1 Layout and support of roadway in Jinjitan Coal Mine

1.2 超前支护架型选择

相较工作面支架,超前液压支架成熟度不够,架型仍在发展之中,但从近年的应用和推广情况来看,基本上形成了2大类(图2),一类是双列多节自移动式,以四连杆为稳定机构[13-14],该方式配套容易,操作简单,但对顶板二次破坏严重,适用于顶、底板

条件较好的矿井；另一类是长距离运移的单元循环式超前支架[15]，双柱合抱成自稳定单元，适用于矿压显现剧烈、变形大的巷道，目前移架方式仍待突破。在回采巷道顶、底板条件好、变形小的工作面，双列多节式超前液压支架已成为主流架型，前面提到的神东及全国大部分矿区都采用该种型式。基于金鸡滩煤矿的条件，选择双列多节式超前支架作为超前支护方式。



(a) 双列多节自移动式超前支架　　(b)单元式超前支架

图 2　超前液压支架

Fig. 2　Advance supports

2　8.2 m 大采高超前支架研制

2.1　超前支护方法及支架结构

1) 支护方法。根据矿压观测资料，金鸡滩煤矿回采巷道在地质条件正常段围岩压力不显现，无应力集中现象[16]。因此，支护过程主要以原有锚杆(索)网系统为主，超前支架主要起到防护作用；同时，为应对在过断层时可能出现片帮落顶，应保证工作阻力，加强对特殊条件下的支护，即采用低初撑力、高工作阻力的支护理念对巷道超前段进行支护。超前支护距离按照《煤矿安全规程》的不小于 20 m 执行。

超前液压支架采用电液控制，具备邻架就地控制和远程自动控制功能。系统设计初撑压力保证功能，当立柱下腔压力降至某一设定值时，支架控制器会自动执行升柱，补压到初撑压力。尤其是开发了调节安全阀(图 3)，无级调节安全阀压力设定值，实现超前液压支架的低初撑力，并防止初撑压力过低造成的空顶现象，保证支护质量。

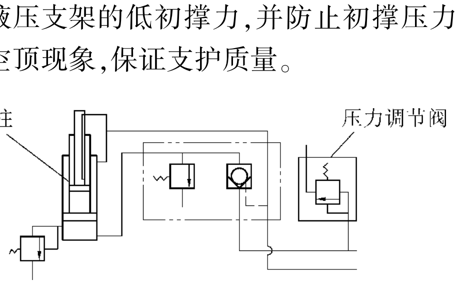
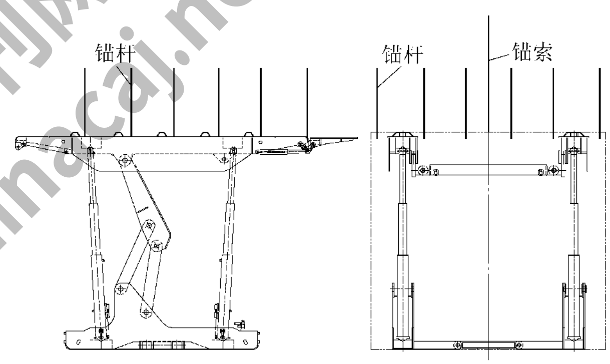


图 3　立柱初撑力调节系统

Fig. 3　Adjusting system for prop setting load

2) 超前支护结构创新。①避锚护顶机构。避锚机构主要是防止超前支架顶梁对锚杆(索)的破坏，降低反复支撑的影响。为避开锚索和部分锚杆，采用窄型顶梁设计，同时在支架顶梁上增加“凸型台”式结构(图 4)，预留支架顶梁和锚杆(索)头之间的避让空间。②行走调控机构。两列支架顶梁间通过横梁连接，底座通过销轴、连接座连接成一体，增加支架的整体稳定性。超前液压支架单次推移布局 960 mm，易发生偏斜，且无法自调。因在超前支架底座两侧增设了调架千斤顶，在偏移触壁的情况下及时调整，保证高效推进。③底座间斜坡式连接梁。金鸡滩煤矿综采工作面用无轨胶轮车辅助运输，采煤机、刮板输送机等综采设备零部件更换都通过回风巷胶轮车运送，为不影响胶轮车通行，超前支架底座间采用斜坡式连接梁，实现了胶轮车通行要求，解决了重型备件最后 20 m 的转运难题，同时保证了超前支架组的稳定性，适应了西部斜井开拓和运输方式。



(a) 侧视图　　(b) 正视图

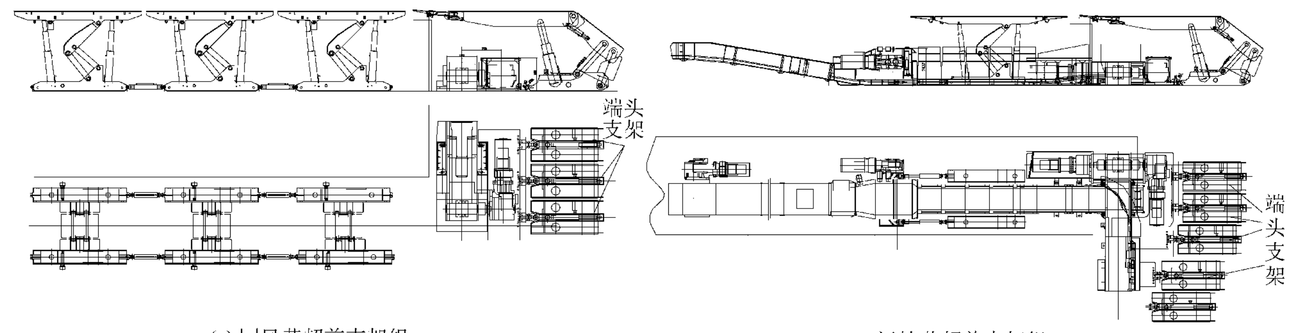
图 4　超前支架避锚护顶结构

Fig. 4　Avoid anchor roof protecting structure of advance supports

2.2　超前液压支架及技术特征

1) 结构基本特征。基于上述设计思想和结构，开发了金鸡滩煤矿 8.2 m 大采高工作面巷道超前液压支架。如图 5a 所示，其中回风巷布置 3 组超前支架，3 组支架串联组成，每组超前支架支护长度 6.95 m，3 组超前支架支护总长度 21.4 m，其型号为 ZCZ38400/28/53D 型超前液压支架。

针对运输巷内转载机、破碎机、带式输送机的布置占巷道空间大，支护设备可利用空间小，运输巷超前支架布置难度大的特点，将超前支架置于转载机两侧，同时在破碎机底槽上焊接用于推移支架的耳板，超前支护支架与破碎机互为支点通过推移油缸推拉前移，满足支护要求，如图 5b 所示，其型号为 ZCZ12800/28/53D 型超前液压支架。



(a) 回风巷超前支架组 (b) 运输巷超前支架组

图 5 超前液压支架布置

Fig. 5 Layout of advance supports

利用数值分析软件,对 ZCZ38400/28/53D 型回风巷超前液压支架及 ZCZ12800/28/53D 型运输巷超前液压支架进行了优化设计,确定超前液压支架的主要技术参数见表 1。

表 1 超前液压主要技术参数

Table 1 Parameters of advance supports

型号	初撑力/kN	工作阻力/kN	支护强度/MPa	底板前端比压/MPa	推移行程/mm	调架行程/mm	超前支护距离/m
ZCZ12800/28/53D	10 132	12 800	0.20	0.6	960	800	—
ZCZ38400/28/53D	30 396	38 400	0.35	0.4	960	370	21.4

注:支架高度和宽度均相同,分别为 2 800~5 300、4 353 mm

3 应用效果分析

3.1 现场应用

ZCZ38400/28/53D 型回风巷超前液压支架及 ZCZ12800/28/53D 型运输巷超前液压支架安装在一盘区西翼 $2^{-2上}$108 首采工作面(图 6),液压支架初撑力设定在 20 MPa;护顶板有效避开了锚杆(索),反复支撑后巷道端头顶板仍基本保持完整;顺利通过了初次来压及周期来压过程的考验,日推进 16 个工作循环,交替迈步行走方式体现出了高效性。

3.2 存在问题及改进

由于金鸡滩煤矿地质条件较好,且为首采工作面,本次设计表现出了较好的适应性。但反复支撑仍存在,以回风巷为例,三节超前支架全部经过整体顶梁下的托盘将承受 21~24 次反复支撑作用。当受二次采动影响[17-18],或巷道条件变差,锚固密度加大,整体顶梁结构避锚效果将减弱、对顶板扰动加剧。因此,在交替迈步行走方式不变的前提下,需对整体顶梁结构进行优化,变为离散点柔性触顶[19],移架步距和触点布置严格呈倍数关系可避开锚锁。步距 960 mm 不变的调件下,和锚索错位布置,接触次数可降为原来的 1/3(根据触点宽度),并可改善受力。

(a) 回风巷 (b) 运输巷

图 6 超前液压支架井下应用效果

Fig. 6 Underground application of advance support

4 结　　论

1)根据金鸡滩煤矿的地质和回采巷道条件,确定了 8.2 m 大采高工作面超前支护液压支架的架型,采用低初撑、高工阻的支护理念,并提出调偏结构、避让护顶等思路。

2)回风巷和运输巷超前液压支架组在金鸡滩煤矿 8.2 m 大采高首采工作面进行了工业应用,在回采过程中,支架稳定、顶板保持了完整,验证了超前支架在保障高效推进,提升支护适应性。进一步提出了改进的柔性接顶方案,为榆神矿区超大采高工作面超前支护的发展提供了参考。

参考文献(References):

[1] 张德生,牛艳奇,孟　峰.综采工作面超前支护技术现状及发展[J].矿山机械,2014,42(8):1-5.
ZHANG Desheng,NIU Yanqi,MENG Feng.Status and development of advance supporting technology on fully-mechanized faces[J].Mining & Processing Equipment,2014,42(8):1-5.

[2] 张崇宏.兖州矿区综放面端头及两巷超前液压支架研制与应用[J].煤矿开采,2010,15(3):80-81.
ZHANG Chonghong.Development of application of head and advanced powered support in full-mechanized caving face of Yanzhou Mining Area[J].Coal Mining Technology,2010,15(3):80-81.

[3] 王　强.超前液压支架在综采工作面的应用[J].煤矿开采,2017,22(3):38-40.
WANG Qiang.Application of roadway advanced hydraulic support in fully mechanized coal mining[J].Coal Mining Technology,2017,22(3):38-40.

[4] 张佃斌,郭玉峰.大采高四连杆超前液压支架的研制与应用[J].煤炭技术,2009,28(12):22-23.
ZHANG Dianbin,GUO Yufeng.Research and application on high mining height four link forepoling hydraulic support[J].Coal Technology,2009,28(12):22-23.

[5] 王悦勇,魏栋梁,张　苹.综采工作面运输巷超前支护设备的设计[J].矿山机械,2011,39(12):20-22.
WANG Yueyong,WEI Dongliang,ZHANG Ping.Design of advanced support equipments for headgates on fully-mechanized mining workfaces[J].Mining & Processing Equipment,2011,39(12):20-22.

[6] 索永录,商铁林,陈小绳,等.大采高综采工作面运输巷超前支架应用分析[J].煤炭技术,2015,34(6):58-60.
SUO Yonglu,SHANG Tielin,CHEN Xiaosheng,*et al*.Application analysis of ahead support in fully-mechanized face haulage roadway under large mining height[J].Coal Technology,2015,34(6):58-60.

[7] 夏大勇,李延波,武　杰.布尔台矿风巷超前液压支架选型及设计[J].煤矿机械,2016,27(3):142-143.
XIA Dayong,LI Yabo,WU Jie.Buertai Mine return airway fore support selection and design[J].Coal Mine Machinery,2016,27(3):142-143.

[8] 翟桂武.大采高综采工作面巷道超前支护支架及其应用[J].煤炭工程,2008(7):29-30.
ZHAI Guiwu.Advanced support of hydraulic powered support and application in mining gateway of fully mechanized high cutting longwall coal mining face[J].Coal Engineering,2008(7):29-30.

[9] 赵建武,桑盛远.回风巷自移式超前支护支架组的研制[J].煤矿机械,2010,31(3):141-143.
ZHAO Jianwu,SANG Shengyuan.Research on self-walking forepoling support set for return airway[J].Coal Mine Machinery,2010,31(3):141-143.

[10] 宋德军.综采工作面运输巷超前支护支架的研制[J].煤矿机械,2006,26(5):762-763.
SONG Dejun.Development of tailgate presupporting shield in longwall coal face[J].Coal Mine Machinery,2006,26(5):762-763.

[11] 朱　军.红柳林煤矿回风巷超前支架研制[J].煤矿开采,2012,17(2):44-45.
ZHU Jun.Development of advanced powered support for ventilation roadway in Hongliulin Colliery[J].Coal Mining Technology,2012,17(2):44-45.

[12] 王国法,牛艳奇.超前液压支架与围岩耦合支护系统及其适应性研究[J].煤炭科学技术,2016,44(9):19-25.
WANG Guofa,NIU Yanqi.Hydraulic support and coal wall coupling relationship in ultra large height mining face[J].Coal Science and Technology,2016,44(9):19-25.

[13] 王国法.液压支架技术[M].煤炭工业出版社,1999.

[14] 倪兴华.综放工作面端头及巷道超前液压支架支护技术[M].北京:煤炭工业出版社,2008.

[15] 程　骏,朱　军,刘成峰.回风巷搬运式超前液压支架研制及应用[J].煤矿开采,2017,22(3):32-33,36.
CHENG Jun,ZHU Jun,LIU Chengfeng.Study and application of transportation advance hydraulic support in ventilation roadway[J].Coal Mining Technology,2017,22(3):32-33,36.

[16] 李学武,李　跃,钟　举.金鸡滩煤矿巷道支护设计研究[J].山东煤炭科技,2014(4):48-50.
LI Xuewu,LI Yue,ZHONG Ju.The gateway supporting design of Jinjitan Coal Mine[J].Shandong Coal Science and Technology,2014(4):48-50.

[17] 许兴亮,田素川,李俊生,等.小纪汗煤矿工作面顶板破断结构对巷道矿压影响规律研究[J].煤炭学报,2017,42(2):308-314.
XU Xingliang,TIAN Suchuan,LI Junsheng,*et al*.Influence law of roof breaking structure of working face on roadway pressure in Xiaojihan Coal Mine[J].Journal of China Coal Society,2017,42(2):308-314.

[18] 贾后省,乔安震,江文渊.布尔台矿采动巷道顶板变形破坏特征与支护技术研究[J].河南理工大学学报:自然科学版,2016,35(3):338-344.
JIA Housheng,QIAO Anzhen,JIANG Wenyuan,*et al*.Deformation failure characteristics and supporting method of mining tunnel roof in Buertai mine[J].Journal of Henan Polytechnic University:Natural Science,2016,35(3):338-344.

[19] 天地科技股份有限公司.一种超前液压支架柔性接顶方式及顶梁结构[P].中国:201710085505.6,2017-02-17.