新型迈步自移式超前临时支架的研制与应用

杨东辉[1],宁掌玄[1],吕兆恒[1],白新涛[2]
(1. 山西大同大学 煤炭工程学院,山西 大同 037003;2. 中建精诚工程咨询有限公司,北京 100044)

摘 要: 针对目前机掘巷道临时支护方式存在支护不及时、强度低及费工费时等问题,开发研制出一套安全可靠、操作简单、适应性强的新型迈步自移式超前临时支架。采用框架滑移交替迈步结构体系、上网机构及锚杆钻进平台解决了支架的行走、铺网和永久支护问题。现场试验表明:该支架能够较好地适应井下巷道的工况条件,及时对巷道顶板进行多级临时支护,自动铺设金属网,避免了工序频繁转换,实现了永久支护与临时支护的有效平行作业,简化了劳动组织工序,提高了巷道掘进速度,相对原工效0.21 m/工提高了66.7%。

关键词: 机掘巷道;超前临时支架;交替迈步;锚杆钻进
中图分类号: TD353 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2015)06-0112-04

Application and development on new type walking self moving advance temporary powered support

Yang Donghui[1], Ning Zhangxuan[1], Lyu Zhaoheng[1], Bai Xintao[2]
(1. *School of Coal Engineering, Shanxi Datong University, Datong 037003, China*; 2. *China Jingcheng Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing 100044, China*)

Abstract: According to an untimely support, low support strength, high labor, high cost and other problems existed in the temporary support method of the mechanized heading face, a new walking self moving advance temporary powered support with safety reliability, operation simple and high suitability was developed and manufactured. A framework sliding alternative walking structure system, steel mesh paving mechanism and bolt drilling platform were applied to solve the walking, steel mesh paving and permanent support problems of the powered support. The site experiment showed that the powered support could well suit the performance condition of the mine gateway, could timely make multi temporary roof supports of the mine gateway, could make the automatic steel mesh paving, could eliminate the procedure frequently changed, could realize effective parallel operations for the permanent support and temporary support, could simplify the labor organization and could improve the driving speed of the mine gateway. In comparison with the previous work efficiency of 0.21 m/man, the work efficiency was improved by 66.7%.

Key words: mechanized driving gateway; advance temporary powered support; alternatively walking; bolt drilling

0 引 言

随着综采技术及装备的发展,煤矿井下巷道的断面越来越大,掘进速度越来越快。由于断面尺寸的增加,巷道空顶时间随之延长,很容易发生冒顶事故[1]。为防止在掘进工作面发生顶板事故,《煤矿安全规程》规定:打锚杆眼前,必须首先敲帮问顶,将活矸处理掉,在确保安全的条件下,方可作业,掘进工作面严禁空顶作业[2]。根据这些规定,巷道掘进前必须进行临时支护作业。目前巷道临时支护的形式主要有6种:①单体支柱+柱帽;②单体支柱+铰接梁+板梁;③悬吊式长钢梁前探梁;④落地式自移临时支架;⑤棚梁悬吊式自移支架;⑥机载临时支护。前3种支护不及时、控顶能力弱、费工费时、自动化程度低、支护效果差;第4种和第5种方法自动化程度虽高,但对巷道工况条件的适应性差;第6种方法多为掘支锚一体机,整机结构复杂、故障频发、掘支顺序作业、工序交接频繁、生产干扰大、效率低。

收稿日期: 2014-12-06;**责任编辑:** 赵 瑞 **DOI:** 10.13199/j.cnki.cst.2015.06.021
作者简介: 杨东辉(1986—),男,河南商水人,硕士。Tel:18735256899,E-mail:ydhname@163.com
引用格式: 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):112-115,84.
Yang Donghui, Ning Zhangxuan, Lyu Zhaoheng, *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, 84.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

上述支护存在的共同缺陷是不能自动将金属网、钢带一次性安装到位,人工辅助工作量大,且安装时存在安全隐患[3-5]。针对以上问题,为了实现机掘巷道快速安全作业,优化现有作业线,研制一套配套合理、随掘随支、及时带压支护的新型临时支护装置势在必行。根据大同煤矿集团晋华宫矿南山 12 号煤层 402 盘区 2206 巷地质条件,研制了一套新型迈步自移式超前临时液压支架,并且取得了较好的应用效果。

1　支架设计原则

1) 由于掘进工作面设备多、空间小,该支架要具有与掘进机良好的配套性能。

2) 支架结构合理、稳定性好,具有足够的工作阻力和一定的可缩量,满足围岩变形需要。

3) 支护及时(5 ~ 7 min 完成铺网和临时支护作业,人工辅助工作量小) 。

4) 对其他工序的正常作业干扰性小(能够快速前进、后退,移动灵活,不占有效空间) 。

5) 适应巷道顶底板不规整的条件、适应各种锚杆布局的工况条件。

6) 工艺简单、质量较小、装备耐用、操作容易、维修方便、配件低廉。

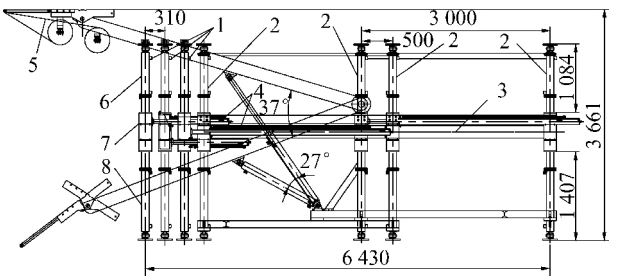
7) 能够自动铺设金属网、钢带。

8) 能够掘 1 m 支 1 m,实现 3 m 的连续临时支护。

9) 能够与单体锚杆钻机、锚杆钻车配套使用,能够兼做锚杆钻机、材料等的运输车[6-9]。

2　支架主要结构组成及其特点

机掘巷道新型迈步自移式超前临时支架主要由功能不同的 2 组嵌套式井型支架单元体和 3 组门式超前支架单元体组成,同一侧的井型迈步移动支架与门式超前支架均有机地串联在与巷道腰线平行的纵向导轨上,并且连接有可推动其纵向移动的推动机构,组成一个既相互依靠,又能独立运作的结构体系。所使用的推动机构为水平推拉油缸,自最后 1 组迈步移动支架单元到第 2 组门式超前支架单元两侧的单体支架上都设置推拉油缸和固定推拉油缸的缸座,推拉油缸的活塞杆端连接于相邻的前一单体支架上。该支架 “跨骑”在掘进机上方,这种结构既能够为掘进机及其配套的刮板输送机和带式转载机留下合适的布置空间,又有利于巷道的通风顺畅,结构设计新颖,整机性能良好。新型迈步自移式超前临时支架结构如图 1 所示。



1—门式超前支架; 2—迈步移动支架; 3—导轨; 4—水平推拉油缸; 5—上网机; 6—上立柱; 7—多功能滑槽支座; 8—下立柱

图 1　新型迈步自移式超前临时支架结构

Fig. 1　Structure of new self-walking stepping forepoling and temporary support

1) 迈步移动支架(以下简称迈步支架) 。主要由 2 组井型支架嵌套组合而成,每组井型支架由左右 2 个单体支架(共 4 个) 、水平连接板、顶梁组成平面框架结构[10-11],如图 1 所示。4 个单体支架可自由伸缩,伸出时可与顶底板接触,实现定位; 收缩时,由于 2 组井型支架互为依托,可通过安装在 2 组井型支架上的水平推拉油缸使之沿导轨相互滑移。

2) 门式超前支架(以下简称超前支架) 。由 3 组门式支架组合而成,每组门式支架由左右 2 个上下单体双伸缩油缸和顶梁组成。采用多功能滑槽支座将单体支架上、下油缸连接在一起,既起到支撑作用,又能安装水平推拉油缸,实现滑移。在滑槽支座内两侧安设的左右导轨,既能实现支护装置的定向和防止立柱倾斜,又能对支架进行支撑; 配合推拉装置,可以实现支架的一级、二级和三级支护,滑移时由水平推拉油缸控制。迈步移动支架和超前支架的顶梁均采用 I20a 号工字钢,经数值模拟计算,当施加 5 MPa 的均布载荷时,3、4、5 m 长顶梁产生的最大位移分别为 7. 6、19. 8、47. 7 mm,结果表明,采用的顶梁能够满足一般巷道临时支护的强度、变形要求。

3) 摆架式卷帘上网机构。在迈步移动支架上装有一个摆架式卷帘上网机构,该机构由摆动杆、铰接座、上网架组成。上网架下方设计了 3 个卷筒,用以携带 3 个循环的左右侧和中间顶网,上网架随着井型框架的前移自行前移。卷筒上的柔性钢丝网可自行展开,实现钢丝网的自动铺设,并保证钢丝网的压接。人工在低处装网,启动摆动油缸便可将钢丝网接顶支护,实现了及时超前护顶,既避免了煤岩块

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

掉落伤人,又减轻了工人劳动强度。

上网架的超前护顶,一方面减少了最前方的超前支架干扰掘进机切割头切割顶帮时的工艺难度,解决了采煤机司机视线被支架顶梁阻挡的实际难题,另一方面也解决了工作面掘进机铲板清不到的煤堆阻碍超前支架紧跟工作面的问题。

4) 滑移摆动式锚杆钻进平台。在迈步移动支架上装有一个能够水平摆动的锚杆钻进平台,平台由钢结构组成,可在支架的专用滑道上滑动,钢结构下装有 1 个单体液压支柱,保证平台的刚度和稳定性,其上还装有操纵座,便于工人安全操纵。该平台既可纵向滑动又可左右 180°的定点摇摆,便于锚杆钻机快速找位。同时,该平台也解决了锚杆钻机随机携带的技术难题,避免了钻机频繁搬运、风水管线频繁接卸,改善了施工工艺,减轻了工人劳动强度,提高了支护效率。水平摆动的锚杆钻进平台结构如图 2 所示。

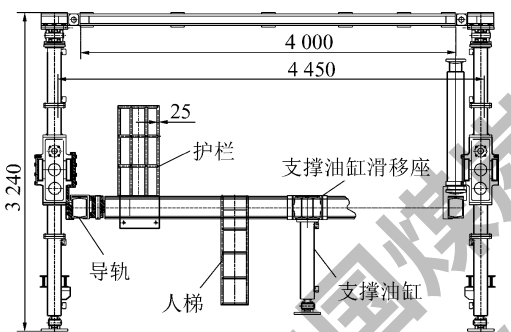


图 2　锚杆钻进平台结构

Fig. 2　Bolt drilling platform structure

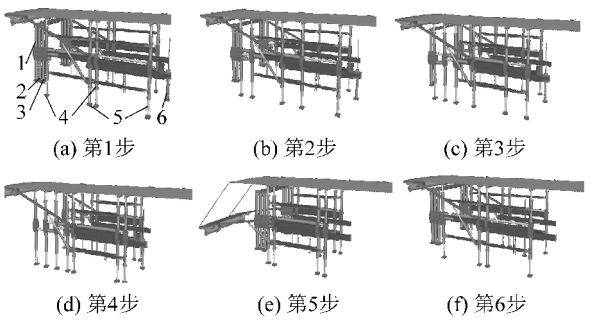
5) 液压系统。由乳化液泵站、组合式操作阀、带安全阀的双向安全阀和管路等组成。其中操作阀和单向阀分别通过阀板安装在油缸连接座和支座上,乳化液泵站由乳化液泵、防爆电动机、安全阀、溢流阀、压力表、液箱等组成。

3　支架主要技术参数及工作过程

新型十四柱支撑式迈步自移式超前临时支架主要技术参数如下:

支架高度/mm	3 000 ~ 4 550
支架宽度/mm	3 000 ~ 5 770
支架长度/mm	5 200 ~ 7 500
上油缸行程/mm	500
下油缸行程/mm	800
支架初撑力/kN	3 122
支架工作阻力/kN	4 340
支护强度/MPa	0. 6
支架组质量/t	5. 2

支架组采用 2 组迈步支架和 3 组超前支架串联的形式。新型迈步自移式超前临时支架的整个工作过程可分为以下 6 个步骤,如图 3 所示。



1、2、3—第 1、2、3 组超前支架;4、5—第 1、2 组迈步支架;6—锚杆钻进平台

图 3　移架过程

Fig. 3　Support frame shift process

1) 准备状态。如图 3a 所示,3 组超前支架与第 1 组迈步支架的前排支架并拢,第 1 组迈步支架的后排支架与第 2 组迈步支架的前排支架并拢。

2) 第 3 组超前支架前移 1 m。如图 3b 所示,掘进机割一刀(1 m)后,推动第 3 组超前支架(与第 1 组和第 2 组支架一起)前移 1 m,并将其上下立柱支撑到位。再将第 2 组迈步支架的上下立柱收回到位,操作液压阀收回水平千斤顶,使第 2 组迈步支架前移 1 m,并将其上下立柱支撑到位,同时带动摆动架前移并铺设钢丝网。

3) 第 2 组超前支架前移 1 m。如图 3c 所示,掘进机继续掘进 1 m,推动第 2 组支护支架(和第 1 组支架一起)前移 1 m,并将其上下立柱支撑到位。然后,重复 2) 中第 2 组迈步支架动作。

4) 第 1 组超前支架前移 1 m。如图 3d 所示,掘进机继续掘进 1 m,推动第 1 组支护支架前移 1 m,并将其上下立柱升起到位。然后,重复 2) 中第 2 组迈步支架动作。

5) 锚杆支护作业。以上步骤完成后,退出掘进机,将锚杆钻进平台摆到钻眼位置,一次性进行 3 个循环的锚杆支护作业,之后收回锚杆钻进平台。

6) 3 组超前支架归位,第 1 组迈步支架前移 3 m。降下上网机,人工将 3 m 的整卷钢丝网装到上网机的卷筒上。自左向右分别将 3 组超前支架的上下立柱收回到位,通过操作液压阀收回水平千斤顶,依次使其向右靠拢,如图 3e 所示。再将第 1 组迈步支架的上下立柱收回到位,操作液压阀推出水平千

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

斤顶,使第 1 组迈步框架前移 3 m,并将其上下立柱支撑到位,同时通过操作液压阀使已装好的整卷钢丝网接顶支护,并使掘进机开到工作面指定地点,进行下一个循环的准备作业,如图 3f 所示。重复以上动作即可实现循环作业。

4　支架在井下应用情况

机掘巷道新型迈步自移式超前临时支架于 2012 年 10—12 月在大同煤矿集团晋华宫矿南山 12 号煤层 402 盘区 2206 巷进行现场工业性试验。2206 巷东邻 870 大巷,南邻 5206 巷,西至辅助运输巷,北部为实体煤,上覆为 9 号煤层 8206 面采空区; 2206 巷位于 +870 m 水平,地面标高 +1 158.2 ~ +1 230.7 m,井下标高 +808 ~ +916 m,煤层厚度 3.1 ~ 5.4/4.4 m,煤层倾角 8° ~ 12°/10°,煤层普氏系数为 1,煤层节理中等发育; 2206 巷基本顶为 15 m 厚的灰白色中砂岩,具有水平层理,直接顶为 2.9 m 厚的细砂岩、煤线和粉砂岩互层,直接底为 5.23 m 厚的深灰色粉砂岩,水平层理发育。新型支架主要试验内容和结果如下: 三级支护总时间测定平均 6.2 min,顶底板局部不平整适应性试验适应高度 3.0 ~ 4.5 m,巷道变坡度试验适应 12°以下的变坡,巷道阻碍物试验满足底板 0.8 m 障碍物、顶板 0.5 m 冒落区的支护要求,接地比压在 5.14 ~ 7.15 MPa 浮动,未出现立柱插底现象,进尺每月多掘进 106 m,速度提高 42%,锚杆操作平台系统试验平台轴向滑动、定点摆动自如,能快速定位,风水管线随机布设,不需频繁拆卸。卷帘上网机试验铺顶网时间平均 55 s,节省 5 ~ 10 min,构件受压 12.3 ~ 17.1 MPa 波动,其中 15 MPa 以上占总计的 72%,整机稳定性测定未发现顶梁、导轨明显变形,未出现整机倾斜、失稳等现象,支架与掘进机配套试验 EBZ-220 型掘进机宽度 3.2 m,支架架设后,两侧各留 0.7 m,方便人机进出; 0.8 m 摆架解决了 1.2 m 空顶支护。掘进工效原作业线工效 0.21 m/工,新作业线减员 4 人,工效 0.35 m/工,提高 66.7%。

新型迈步自移式超前临时支架的使用,解决了围岩暴露时间长、围岩变形大、空顶作业不安全等问题,实现了在不移机的情况下进行 3 个循环的连续掘进以及 3 个循环的锚杆一次性安装,克服了自动上网上钢带的技术难题,改善了掘进施工工艺,避免了工序的频繁转换,简化了劳动组织,加快了巷道掘进速度。该支架能够与掘进设备、施工工艺相配套; 适应巷道变坡、拐弯、顶底板侧帮不平整的工况条件; 能够满足矿井安全高效生产的要求。

5　结　　论

1) 针对目前煤矿掘进工作面临时支护方式的现状及弊端,设计研发了一套安全可靠、使用简单的新型迈步自移式超前临时支架。经过现场工业性试验,证明其设计合理、适应性好。

2) 采用嵌套式的双井型框架滑移迈步结构体系来解决巷道掘进临时支护的技术难题,实现了移动快捷、结构可靠、支护及时、配套合理、操作简单、干扰性小、带压护顶之目的,解决了长期以来临时支护时间长或支护效果差的难题。

3) 合理采用摆架式上网机构,实现了自动铺设钢丝网和钢带,大幅减轻了工人上网的劳动强度。

4) 随机安装了锚杆钻进平台,具备轴向滑动和定点摆动功能,解决了锚杆钻机搬运难、风水管线接卸难、钻进劳动强度大的技术难题。

5) 采用上下双伸腿滑移迈步特点,能够适应井下巷道顶底板不平整、随时有煤堆阻碍、常常变化坡度的工况条件。

参考文献:

[1] 胡　林. 综掘临时支护技术的研究与应用 [J]. 煤炭科学技术,2008,36(6):9-11.
Hu Lin. Study and application of temporary support technology for fully mechanized mine roadway heading [J]. Coal Science and Technology,2008,36(6):9-11.

[2] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局. 煤矿安全规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社,2012:8-9.

[3] 于励民,樊晓虹,杨艳初,等. 掘进巷道悬挂式迈步超前支架的方案设计 [J]. 采矿与安全工程学报,2009,26(3):391-394.
Yu Limin,Fan Xiaohong,Yang Yanchu,*et al*. A new design for preceding support of the hanging and striding pattern on laneway roof [J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2009,26(3):391-394.

[4] 陈加胜,高明中. 快速掘进配套临时支护液压支架设计 [J]. 煤矿机械,2011,32(2):12-15.
Chen Jiasheng,Gao Mingzhong. Hydraulic supports design of temporary support for quick tunneling [J]. Coal Mine Machinery,2011,32(2):12-15.

[5] 蒋金泉,董建军,马小钧,等. 巷道弧状梯形金属支架的支护特性研究 [J]. 岩石力学与工程学报,2003,25(7):27-30.
Jiang Jinquan,Dong Jianjun,Ma Xiaojun,*et al*. Study of supporting characteristics of metallic arc-terrace support in roadway [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2003,25(7):27-30.

(下转第 84 页)

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

裂条件取决于煤岩自身条件和地质构造运动。

3) 泥岩超压盖层的煤层气封闭能力，除了受其自身组分和沉积条件影响外，其厚度和孔隙结构特点是关键控制因素，其最大封闭压力是毛细管阻力和吸附阻力之和。

4) 采用 Bingham 模型描述地应力和时间对孔隙度影响发现，在正常的排采深度范围内，岩层孔隙度随埋深增加逐步降低，其渗透率也在降低。

5) 煤层气藏存在多期超压的可能性，每期的最大封闭能力有差异，总体有升高趋势，按照泥岩破裂极限值，可以求得其初始破裂深度。

参考文献:

[1] 钟大康，朱筱敏，张　琴. 不同埋深条件下砂泥岩互层中砂岩储层物性变化规律 [J]. 地质学报，2004，78(6)：863-870.
Zhong Dakang，Zhu Xiaomin，Zhang Qin. Variation characteristics of sandstone reservoirs when sandstone and mudstone are interbedded at different buried depths [J]. Acta Geologica Sinica，2004，78(6)：863-870.

[2] 琚宜文，李清光，颜志丰，等. 煤层气成因类型及其地球化学研究进展 [J]. 煤炭学报，2014，39(5)：806-815.
Ju Yiwen，Li Qingguang，Yan Zhifeng，*et al*. Origin types of CBM and their geochemical research progress [J]. Journal of China Coal Society，2014，39(5)：806-815.

[3] Moore T A. Coalbed methane: A review [J]. International Journal of Coal Geology，2012，101：36-81.

[4] 吕延防，付　广，高大岭. 油气藏封盖研究 [M]. 北京：石油工业出版社，1996.

[5] 付　广. 泥岩盖层的超压封闭演化特征及封气有效性 [J]. 大庆石油学院学报，2007，31(5)：7-9，16.
Fu Guang. Seal evolution characteristics of overpressured mudstone and its seal efficiency [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute，2007，31(5)：7-9，16.

[6] Surdam R C，Jiao Z S，Mac Gowan D B. Redox reaction involving hydrocarbons and mineral oxidants: A mechanism for significant porosity enhancement in sandstones [J]. AAPG Bulletin，1993，77(9)：1509-1518.

[7] 吕延防，付　广，张发强，等. 超压盖层封烃能力的定量研究 [J]. 沉积学报，2000，18(3)：465-468.
Lyu Yanfang，Fu Guang，Zhang Faqiang，*et al*. Quantitative study on sealing ability of ultra pressure caprock [J]. Acta Sediment Ologica Sinica，2000，18(3)：465-468.

[8] 葛家理. 油气层渗流力学 [M]. 北京：石油工业出版社，1982.

[9] 付　广，苏玉平. 泥岩盖层抑制浓度封闭形成与演化及其研究意义 [J]. 沉积学报，2006，24(1)：141-147.
Fu Guang，Su Yuping. Recovering to formation and evolution of restraining concentration seal of mudstone caprock and its significance [J]. Acta Sediment Ologica Sinica，2006，24(1)：141-147.

[10] 刘　震，武耀辉. 泥岩压实程度与热成熟度关系分析 [J]. 地质评论，1997，43(3)：290-296.
Liu Zhen，Wu Yaohui. Analysis on relation between compaction of mudstone and thermalmaturity [J]. Geological Reiew，1997，43(3)：290-296.

[11] 刘　震，邵新军，金　博，等. 压实过程中埋深和时间对碎屑岩孔隙度演化的共同影响 [J]. 现代地质，2007，21(1)：125-136.
Liu Zhen，Shao Xinjun，Jin Bo，*et al*. Co-effect of depth and burial time on the evolution of porosityfor classic rocks during the stage of compaction [J]. Geoscience，2007，21(1)：125-136.

[12] 张义纲. 天然气生成聚集与保存 [M]. 南京：海河大学出版社，1991.

[13] 安　震. 刘家勘探区煤储层特征及煤层气开发条件研究 [J]. 中国矿业大学学报，2003，32(2)：183-185.
An Zhen. Properties of target coal reservoirs and conditions of coalbed methane development in liujia CBM-prospecting district [J]. Journal of China University of Mining & Technology，2003，32(2)：183-185.

[14] 朱志敏，沈　冰，路爱平，等. 阜新盆地白垩系阜新组煤层气系统 [J]. 石油勘探与开发，2007，34(2)：181-186.
Zhu Zhimin，Shen Bing，Lu Aiping，*et al*. Cretaceous fuxin formation coalbed methane system in fuxin basin [J]. Petroleum Exploration and Development，2007，34(2)：181-186.

(上接第 115 页)

[6] 杨艳初，徐桂云，缪协兴，等. 新型悬移超前临时支架研究 [J]. 矿山机械，2008，36(9)：1-3.
Yang Yanchu，Xu Guiyun，Miu Xiexing，*et al*. Research of a new-type roof-hung pre-support [J]. Mining & Processing Equipment，2008，36(9)：1-3.

[7] 徐锁庚. 综掘机载临时支护装置技术研究 [J]. 煤矿机械，2009，30(11)：121-123.
Xu Gengsuo. Study on mechanization of temporary support in digging laneway [J]. Coal Mine Machinery，2009，30(11)：121-123.

[8] 吴克瑞. 炮掘巷道临时支护的开发研究 [M]. 太原：太原理工大学，2011：8-12.
Wu Kerui. Exploitation research on temporary support equipment for blasting driving tunnel in mine [M]. Taiyuan：Taiyuan University of Technology，2011：8-12.

[9] 马　利. 岩巷机械化快速掘进技术及其在邢台矿区的应用研究 [D]. 北京：中国矿业大学(北京)，2012：41-55.
Ma Li. The mechanized rapid excavation techonology of rock roadway and its application research in xingtai mining area [D]. Beijing：China University of Mining & Technology，Beijing，2012：41-55.

[10] 栾丽君，任金萍，卢景文. 巷道用自移式辅助支护设备顶梁的优化及有限元分析 [J]. 煤矿机械，2010，31(3)：93-94.
Luan Lijun，Ren Jinping，Lu Jingwen. Optimization and finite-Element analysis of self-motion assistanced powered support equipment For roadway [J]. Coal Mine Machinery，2010，31(3)：93-94.

[11] 栾丽君，姚立泽，齐建峰，等，自移式掘进机辅助支护设备立柱力学分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报：自然科学版，2013，32(4)：527-530.
Luan Lijun，Yao Lize，Qi Jianfeng，*et al*. Column mechanics analysis of self - motion assistanced powered support equipment for tunneling machine [J]. Journal of Liaoning Technical University：Natural Science，2013，32(4)：527-530.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net