

综 述

放顶煤液压支架应用和选型趋势研究

李胜军¹, 王彪谋^{2,3}, 李成喜⁴

(1. 阳泉煤业(集团)有限责任公司, 山西 阳泉 045000; 2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013;
3. 煤炭科学研究总院 开采设计研究分院, 北京 100013; 4. 鄂尔多斯市国源矿业开发有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017100)

摘 要 综采放顶煤开采以来, 虽然应用四柱放顶煤液压支架比较普遍, 但是该架型前、后柱受力不均, 有效支护效率低是造成工作面顶煤及顶板出现片帮冒顶的主要原因。近十年的发展和应用研究表明, 两柱放顶煤液压支架不仅技术成熟且优越性突出, 已经被大量推广应用。要针对煤层开采条件和配套设备特点进行个性化配套选型和液压支架设计, 防止重大技术问题和事故的发生。

关键词 四柱放顶煤支架; 两柱放顶煤支架; 选型趋势

中图分类号 TD355.42 **文献标识码** A **文章编号** 1006-6225(2014)05-0001-03

Application of Top-coal Caving Powered Support and Lectotype Tendency

LI Sheng-jun¹, WANG Biao-mou^{2,3}, LI Cheng-xi⁴

(1. Yangquan Coal Industry (Group) Co., Ltd., Yangquan 045000, China; 2. Coal Mining & Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China; 3. Coal Mining & Designing Research Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
4. Erdos Municipal Guoyuan Mining Development Co., Ltd., Erdos 017100, China)

Abstract: It is typical that applying 4-prop top-coal caving powered support since full-mechanized caving mining came into use. But for this type of support, front and rear prop stress was unbalance which results in low supporting efficiency, this is main cause of roof falling and coal-wall slide in mining face. Ten years of development and application showed that 2-prop caving support was technically immature and had prominent superiority and had been largely spread into use. It is very important to make lectotype and design powered support according to coalseam mining condition and equipment character, and prevent great technical problem and accident.

Keywords: 4-prop top-coal caving powered support; 2-prop top-coal caving powered support; lectotype tendency

综采放顶煤开采以来, 虽然应用四柱放顶煤液压支架比较普遍, 但是该架型前、后柱受力不均, 在松软煤层顶煤放出后后柱阻力下降表现突出, 经常出现支架顶梁低头、前立柱涨缸、后立柱拉坏等现象, 有效支护效率低, 是造成工作面顶板及顶煤管理出现片帮冒顶的主要原因之一。近十年的技术发展和应用研究表明, 两柱放顶煤液压支架不仅技术成熟而且优越性突出, 现在被大量推广应用。放顶煤工作面液压支架选型是设备选型中的重点和难点, 要针对煤层开采条件和配套设备特点, 采取科

学合理的设计方法, 进行个性化配套选型和液压支架设计, 才能防止出现不必要的重大技术问题。通过对国内外一些代表性煤矿放顶煤工作面进行调研和计算分析, 认为两柱放顶煤液压支架与其工作面围岩条件具有良好的适应性, 有利于实现工作面安全高效自动化开采。

1 现场应用调研

调研国、内外代表性煤矿综放工作面及所用液压支架架型见表1所示。

表1 综采放顶煤工作面及液压支架架型

矿井名称	平均煤层厚度/m	采高/m	煤硬/(°)	支架型号	顶梁结构	工作面年产量/Mt
同煤塔山煤矿	12.88	4.0~4.3	1~3	ZF15000/28/52D 型四柱电液放顶煤支架	回转顶梁	大于10
酸刺沟煤矿	9.76	3.5	1~2	ZF21000/25/45D 型四柱电液放顶煤支架	整顶梁	大于10
神华保德煤矿	7.10	3.8~4.0	0.72	ZFY10200/25/42D 型两柱电液放顶煤支架	整顶梁	限产8
神树畔煤矿	11.16	4.5~4.8	3.5	ZFY17000/27/50D 型两柱电液放顶煤支架	整顶梁	-
中煤安家岭煤矿	11.90	3.4~3.8	2.3	ZFY12000/23/40D 型两柱电液放顶煤支架	整顶梁	大于10
罐子沟煤矿	15.45	3.5~4.0	1~2	ZFY8600/25/42 型两柱电液放顶煤支架	整顶梁	7.3
澳大利亚奥斯塔煤矿	6~7.5	3.0~3.3	2.5	ZFY10200/19/35D 型两柱电液放顶煤支架	整顶梁	-

收稿日期 2014-04-15

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.05.001

基金项目 国家高技术研究发展计划(863计划)课题; 两柱式超强力放顶煤液压支架研制(2012AA06A407)

作者简介 李胜军(1971-), 男, 河北井陉人, 工学硕士, 机械工程师, 从事煤矿综采综掘设备选型配套和管理工作, 机电设备管理中心副主任。

引用格式 李胜军, 王彪谋, 李成喜. 放顶煤液压支架应用和选型趋势研究[J]. 煤矿开采, 2014, 19(5): 1-3, 7.

1.1 同煤大唐塔山煤矿

开采 3 ~ 5 号合并层, 煤层厚度 6.82 ~ 18.42m, 平均 12.88m, 煤层直接顶板为炭质泥岩、砂质泥岩, 厚度平均 12.91m; 基本顶板为中粒砂岩、粗砂岩, 平均厚度 4.7m, 底板为炭质泥岩、砂质泥岩。

8107 工作面配备国产 ZF15000/28/52 型四柱支撑掩护式放顶煤液压支架, 支架中心距 1.75m, 支护强度约为 1.4MPa。普遍存在前后柱受力不均, 后柱受力较小, 甚至出现拔后柱现象。

1.2 伊泰集团酸刺沟煤矿

内蒙古伊泰酸刺沟煤矿开采 6_上 煤层, 煤层厚度 6.3 ~ 11.8m, 平均 9.76m, 直接顶板为中粒砂岩、泥岩, 平均厚度 9.61m, 基本顶板为粗粒砂岩, 平均厚度 26.35m, 底板为灰色泥岩。采用大采高综放开采技术, 生产能力超过 12Mt/a。

首采面布置在 6105 工作面, 工作面长 245m, 均为国产设备, 配备 ZF15000/26/42 型四柱支撑掩护式放顶煤液压支架, 矿井开采初期出现了支架大面积压死事故, 支架柱窝压穿、柱销拉弯等损坏, 严重影响了工作面正常生产, 后续工作面采用了 ZF21000/25/45D 型四柱支撑掩护式放顶煤电液控制支架, 基本满足正常开采, 但由于各种原因仍然有个别支架出现压死现象。

1.3 中煤平朔安家岭井工一矿

开采 9 号煤层, 厚度 10.6 ~ 14.6m, 平均 11.9m。直接顶板为泥岩、炭质泥岩, 厚度 0 ~ 3.73m, 平均 1.12m; 基本顶为泥岩与砂质泥岩互层, 平均厚 7.83m; 底板为泥岩、砂质泥岩。

工作面配备国产 ZFY12000/23/40D 型两柱掩护式放顶煤电液控制支架, 支架中心距 1.75m, 支护强度 1.25MPa。支架有效支护强度高, 顶梁前端支顶力大, 有利于保持梁端顶板的完整, 减少工作面煤壁片帮、冒顶, 针对工作面矿山压力显现剧烈, 两柱掩护式综放支架很好地满足了工作面支护要求。该矿区 2009 年经天地科技北京开采所论证后开始成功应用两柱放顶煤电液支架, 现在全矿区已全部淘汰了四柱放顶煤液压支架。

1.4 神华保德煤矿

开采 8 号煤层, 平均厚 7.1m, 坚固性系数约 0.72, 属软弱煤层。直接顶为含砾粗砂岩、泥岩, 厚度平均 2.4m; 基本顶为砂质泥岩、粗砂岩, 厚度平均 12.15m; 底板为细砂岩、粉砂岩、泥岩。

工作面配备国产 ZFY10200/25/42D 型两柱掩护式放顶煤电液支架, 支架中心距 1.75m, 支护强

度 1.1MPa, 该矿多套两柱掩护式放顶煤电液支架使用状况良好; 受制于煤层瓦斯含量高, 工作面设备产能并没有完全释放, 但工作面设备开机率高, 能够实现 8Mt/a 能力要求。

1.5 神树畔煤矿

神树畔煤矿开采 3 号煤层, 厚度 10.52 ~ 11.75m, 平均 11.16m。

工作面均为国产设备, ZFY17000/27/50D 型两柱掩护式放顶煤支架, 电液控制, 支架中心距 2.05m, 支护强度 1.4MPa; 已顺利通过了工作面初次来压 (步距 52m), 周期来压 (步距 29m), 液压支架状态良好, 工作面设备运转正常。

1.6 内蒙古满世集团罐子沟煤矿

罐子沟煤矿开采 6 号煤层, 厚度 11 ~ 29m, 平均厚度 15.45m, 机采高度 3.5 ~ 4.0m, 放顶煤高度 11.65m, 矿井生产能力达到 7.3Mt/a。

工作面均为国产设备, 2009 年配备 ZFY8600/25/42 两柱掩护式放顶煤支架, 4 年开采 7 个工作面未升井大修, 已成功实现单一工作面年产 7.3Mt。随着煤层厚度加大, 2013 年底新购置 1 套 ZFY12000/26/47 型两柱掩护式放顶煤支架。

1.7 澳大利亚奥思达煤矿

奥思达煤矿煤层埋藏深度 300 ~ 650m, 煤层上覆巨厚砂岩层, 煤层厚度范围为 6 ~ 7.5m, 煤层节理发育, 主要设备为 BUCYRUS (原 DBT) 生产, 已经在井下连续运行 6a 有余, 使用状况良好。每个生产班共由 7 名工人组成, 其中放煤工 2 人在工作面操作, 其余人员在工作面巷道完成对胶带输送机、转载机、采煤机、刮板机、液压支架的操作控制, 实现工作面安全高效自动化开采。

1.8 阳泉煤业集团

阳泉煤业集团是我国最早大规模成功使用综合机械化放顶煤开采的单位。矿区大部分为中硬煤层, 煤层节理发育易冒落, 顶板多为砂质泥岩和细砂岩。2012 年天地科技股份有限公司开采设计事业部为阳煤集团成功设计了 1 套 ZFY5800/16/30 型两柱放顶煤液压支架, 井下应用效果良好。2013 年开始整个矿区先后设计研制了共 8 套两柱放顶煤电液控支架, 其型号为 ZFY5800/17/32D 型 (5 套), ZFY7800/17/32D 型 (1 套), ZFY13000/24/40D 型 (3 套), 分别成功应用在阳泉、寿阳、临汾、保德等矿区, 两柱放顶煤液压支架成为技术主导架型。

2 四柱和两柱放顶煤支架关键参数对比分析

在支架工作阻力和配套设备相同的条件下, 两

种支架其关键参数对比见表 2。

表 2 两种支架关键参数对比

参数	架型	
	ZFY12000/23/40 型两柱支架	ZF12000/23/40 型四柱支架
顶梁长度/mm	5100	5400
支护强度/MPa	1.19 ~ 1.25	1.12 ~ 1.18
底座前端比压/MPa	2.7 ~ 5.1	1.44 ~ 3.36
顶梁前端支撑力/kN	3655 ~ 3675 (整体顶梁)	409 (分体前梁)
顶梁后端切顶力/kN	8258 ~ 9270	6861 ~ 7575

通过对比分析可以看出：

(1) 在支架工作阻力和配套设备相同的条件下，一般两柱支架比四柱支架的顶梁短约 300mm 以上，两柱支架的支护强度相对较大。

(2) 正常工作状态下四柱放顶煤支架顶梁平衡区的范围主要分布在前、后立柱的中间。两柱放顶煤支架顶梁平衡区的范围主要分布立柱前后附近，通过平衡千斤顶调节支架合力作用点变化的范围。当支架后部顶煤放空后，支架外载合力作用点前移，前、后立柱受力不均，当超出四柱支架顶梁平衡区的范围时，前、后立柱受力差别很大，严重时后立柱受拉力。

(3) 正常工况下，两柱支架比四柱支架的底座前端比压相对要大。四柱支架当支架后部顶煤放空后，支架合力作用点前移，底座前端比压也会相应增大。不论是两柱还是四柱放顶煤支架，通过科学合理优化设计，同时底座前部设置抬底装置，使支架适应软底板的工况，能够实现顺利移架。

(4) 四柱支架为防止前后柱受力差别过大，一般采用分体铰接顶梁，前梁最前端支护能力取决于前梁千斤顶的能力，一般在 600kN 以内。两柱支架宜采用整体顶梁，平衡千斤顶具有调节合力的位置作用，通过计算对比，两柱支架顶梁前端支顶力和后端切顶力均大于四柱支架。梁端支撑力越大，支架对顶板支护和控制能力越强，可有效防止片帮冒顶。后部切顶力大，有利于顶煤破碎垮落。

3 四柱放顶煤液压支架特点

近三十年以来，由于受各种因素的影响，我国放顶煤工作面主要使用四柱放顶煤液压支架，其主要特点是：

(1) 感观方面认为四柱式支架（图 1）四平八稳，操作直观，在操作过程中容易保持顶梁处于水平状态。

(2) 在顶煤和顶板比较完整的条件下使用四柱支架故障较少，支架底座前端对底板比压相对



图 1 四柱放顶煤液压支架

小，在底板极软的条件下有利于移架。

(3) 立柱缸径较小，维修方便。

(4) 支架在使用中存在的问题是：前、后排立柱受力不均衡，支架工作阻力达不到设计额定值，支护效率低，经常出现后立柱受拉，销轴拉弯，前立柱涨缸漏液，支架压死等故障。为避免支架前、后柱出现受力不均，四柱支架一般不采用整体顶梁，通常采用主体顶梁带铰节前梁。由于铰接前梁支撑力小，易造成片帮和冒顶。四柱支架液压系统复杂，配置电液控制系统支架自适应性不好。

4 两柱放顶煤液压支架的特点

近十年以来，随着设计制造技术水平的发展，大缸径、大工作阻力、高可靠性的两柱放顶煤支架（图 2）技术已经成熟，被大量推广应用，其主要特点是：



图 2 两柱放顶煤液压支架

(1) 两柱支架对围岩的适应性好，顶梁相对较短，支护面积小，支架支护强度高；两柱受力均衡，能充分发挥支架的支护能力，支护能力强。

(2) 宜采用整体顶梁结构，结构简单可靠，顶梁前端支撑力大，有效防止顶煤片帮和冒顶。

(3) 平衡千斤顶具有调节支架顶梁合力作用点的功能，能适应顶煤和顶板载荷的变化。

(4) 配置电液控制系统自适应性明显好于四柱式支架，有利于实现工作面自动化，加快工作面推进速度，实现安全、高效开采。

5 结论与建议

(1) 目前虽然应用四柱放顶煤液压支架架型

(下转 7 页)

更倾向于采用对生态环境破坏程度较低的开采模式,降低煤矿开采的负外部性,保护环境的同时也能够促进绿色开采技术的应用进步,实现煤炭行业良性健康发展。

参考文献

- [1] 钱鸣高,许家林.科学采矿的理念与技术框架[J].中国矿业大学学报(社会科学版),2011(3):1-7,23.
- [2] 钱鸣高,许家林,缪协兴.煤矿绿色开采技术[J].中国矿业大学学报,2003,32(4):343-347.
- [3] 钱鸣高.煤炭科学开采新进展[A].中国煤炭工业协会.第七次煤炭科学技术大会文集(上册)[C].北京:中国煤炭工业协会,2011.
- [4] 谢和平,王金华,申宝宏,等.煤炭开采新理念——科学开采与科学产能[J].煤炭学报,2012(7):1069-1079.
- [5] 王家臣.煤炭科学开采的内涵及技术进展[J].煤炭与化工,2014(1):5-9.
- [6] 王社平,刘建功,赵庆彪.以技术创新推进煤矿科学开采[A].中国煤炭工业协会.第七次煤炭科学技术大会文集(上册)[C].北京:中国煤炭工业协会,2011.
- [7] 王国法.“十二五”煤矿开采装备技术的发展展望[J].煤矿开采,2011,16(3):19-24,50.
- [8] 王国法.煤炭安全高效绿色开采技术与装备的创新和发展[J].煤矿开采,2013,18(5):1-5.

- [9] 王金华.特厚煤层大采高综放开采关键技术[J].煤炭学报,2013(12):2089-2098.
- [10] 王金华.特厚煤层大采高综放工作面成套装备关键技术[J].煤炭科学技术,2013(9):1-5,28.
- [11] 毛德兵,蓝航,徐刚.我国薄煤层综合机械化开采技术现状及其新进展[J].煤矿开采,2011,16(3):11-14.
- [12] 天地科技股份有限公司开采设计事业部,攀枝花煤业有限公司.适于中小煤矿创运综采机组无人开采技术与装备研发及示范[J].北京:2013.
- [13] 王国法,李前,赵志礼,等.强矿压冲击工作面巷道冲击倾向性测试与超前支护系统研究[J].山东科技大学学报(自然科学版),2011(4):1-9.
- [14] 康红普,王金华,林健.煤矿巷道支护技术的研究与应用[J].煤炭学报,2010(11):1809-1814.
- [15] 孙万明,刘鹏亮,崔锋,等.高水材料条带充填开采地表沉陷主控因素分析[J].煤炭科学技术,2013,41(12):11-14.
- [16] 崔锋,张华兴,刘鹏亮,等.沙漠边缘煤矿风积砂膏体充填保水开采研究[J].煤炭科学技术,2011,39(2):10-13.
- [17] 刘树江,石建新,崔锋,等.高水膨胀材料条带充填开采研究[J].煤矿开采,2012,17(1):100-102,88.
- [18] 刘鹏亮.宽条带充填全柱开采地表移动变形特征研究[J].中国煤炭,2014(2):9-12.
- [19] 李丽英.煤矿区生态环境恢复补偿机制[J].西安科技大学学报,2008(4):802-807.

责任编辑:邹正立

(上接3页)

较普遍,但是该架型前、后柱受力不均,一般前、后柱受力比值大约在1.11~2.23,前柱均大于后柱。在松软煤层顶煤放出后后柱阻力下降表现突出,经常出现支架顶梁低头,前立柱涨缸,后立柱拉坏,片帮冒顶,甚至发生支架压死重大事故。因此,不优先推荐选用四柱放顶煤液压支架架型。

(2) 经过近十年的技术发展和大量成功应用,研究表明两柱放顶煤液压支架架型技术成熟,适应性强,优越性突出,问题较少。近年来,通过创新立柱连接形式, $\phi 340\text{mm}$, $\phi 440\text{mm}$ 大缸径立柱分别成功应用在1500mm和1750mm中心距的放顶煤支架,使两柱放顶煤液压支架的工作阻力和支护强度提高,适用范围进一步扩大,可满足工作面支护的需求,因此,优先推荐选用两柱掩护式放顶煤液压支架。

(3) 两柱放顶煤液压支架建议优先采用整体顶梁结构,顶梁封闭性好,架前支护能力强,能有效防止片帮冒顶。四柱放顶煤液压支架优先采用前梁和顶梁铰节结构,减少前、后柱受力不均问题;如果采用整体顶梁结构,会加剧前、后柱受力不均、容易造成支架压死、支架损坏等问题,因此需

要选用约1.5倍工作阻力的重型液压支架。

(4) 建议选用双伸缩立柱,增大支架伸缩比,使支架尽可能适应顶板下沉量,防止支架被压死等重大事故发生。

参考文献

- [1] 王国法,等.液压支架技术[M].北京:煤炭工业出版社,1999.
- [2] 王彪,周国际.王家塔煤矿大采高液压支架合理工作阻力研究[J].煤矿开采,2010,15(5):64-65,81.
- [3] 何凤强,李宏,王东攀.四柱放顶煤液压支架立柱受力不均衡规律及机理研究[J].煤矿开采,2012,17(6):35-37.
- [4] 马端志.四柱支撑掩护式放顶煤液压支架支护性能分析[J].煤矿开采,2010,15(5):66-68.
- [5] 郑兰芳.液压支架虚拟压架试验研究[J].煤矿开采,2010,15(4):90-92,94.
- [6] 闫少宏,富强.综放开采顶煤顶板活动规律的研究与应用[J].北京:煤炭工业出版社,2003.
- [7] 宁桂峰,曾明胜.大倾角大采高液压支架设计研究[J].煤矿开采,2011,16(4):71-73.
- [8] 王建国.基于MATLAB的液压支架四连杆机构优化设计[J].煤矿开采,2010,15(2):70-72.
- [9] 刘金海,姜福兴,孙广京,等.深井综放面沿空顺槽超前液压支架选型研究[J].岩石力学与工程学报,2012(11):2232-2239.

责任编辑:邹正立