

大采高超长工作面设备选型关键技术研究

唐永志¹, 曹海山¹, 张学亮², 钱统傲¹, 侯俊领¹

(1. 淮南矿业(集团)有限责任公司, 安徽 淮南 232001; 2. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013)

[摘要] 根据深部大采高超长工作面设备选型配套要求, 着重对液压支架和刮板输送机进行分析。通过理论分析、数值模拟分析、类比分析, 得到支架合理支护强度数值, 支架采用四柱式整体顶梁带伸缩梁和二级护帮板结构型式。通过分析验算刮板输送机与采煤机割煤速度的匹配关系和链条安全因数, 确定刮板输送机功率和型号。实际应用表明, 所选设备合理, 实际生产能力超过 6Mt/a, 具备 8Mt/a 生产能力。

[关键词] 超长工作面; 大采高综采; 设备选型; 深部开采

[中图分类号] TD355.42 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225(2016)03-0055-04

Key Techniques of Equipment Selection of Superwide Working Face with Large Mining Height

综采工作面合理设备选型与配套问题是工作面安全高效开采的前提, 在综采推广应用的初期, 我国学者对综采工作面设备选型与配套、工作面合理长度参数等问题进行了系列的研究。张先尘^[1]等对综采工作面长度综合优化方法进行了研究; 王玉浚^[2]对合理工作面长度判别标志进行了研究。随着我国大采高综采技术的发展, 综采工作面设备选型配套技术有了长足的进步, 在神东等地质条件较好的矿区, 率先进行了 300m, 360m, 400m 长度工作面的回采^[3], 最大工作面长度达到 450m。目前将工作面回采长度在 300m 以上的工作面称为超长工作面。文献[4]分析了 400m 以上超长综采工作面矿压显现特性及设备配套选型问题; 文献[5]依据矿井安全高效生产原则, 对综采工作面“三机”空间总体布置进行了研究; 文献[6]从 4 个方面阐述了我国综采的配套技术发展情况, 展望了我国综采技术的发展方向, 指出工作面长度可达 400m 以上; 文献[7]分析了加大综采工作面几何参数对大采高支护设备发展的新要求; 文献[8]介绍了神东矿区浅埋深大采高工作面年产 14Mt 的生产经验。

随着大采高综采的逐渐应用, 大采高超长工作面设备选型与配套面临一些新问题。文献[9]分析了深部超大采高综采所需关键技术及可能面临的问题, 指出深入研究矿压显现规律、煤壁稳定性控制技术、提高设备可靠性是实现深部超大采高综采技术需要解决的首要问题。文献[10]介绍了潞安集团王庄煤矿 7.2m 大采高工作面设备选型。

淮南矿区大部分煤层埋深大于 600m, 开始进

入深部开采。淮南矿区的谢桥矿^[11]、国投新集刘庄矿^[12]等逐步应用大采高综采技术。淮南矿业集团在谢桥煤矿建成 1242(3) 大采高超长综采工作面, 工作面长度达到 362.9m, 合理工作面设备选型成为工作面成功开采的关键。本文主要介绍 1242(3) 大采高超长工作面设备选型关键问题。

1 工作面概况

淮南矿业集团谢桥煤矿位于阜阳市颍上县, 西邻国投新集刘庄煤矿。谢桥矿 1242(3) 工作面为西翼 C 组采区 13-1 煤层四阶段, 东起西翼 C 组采区下山, 西至 F5-1 边界断层, 北邻 1232(3) 下巷, 南至 13-1 煤-658m 底板等高线。地面标高 +19.1 ~ +26.8m, 上巷煤层底板标高为 -524.3 ~ -559.4m, 下巷煤层底板标高为 -619.3 ~ -657.4m, 埋深约 550 ~ 650m。

工作面走向长 2923.8m, 倾斜长 362.9m。回采 13-1 煤, 煤平均厚 5.1m, 平均倾角 15°。直接顶为泥岩、砂质泥岩、13-2 煤及煤线复合顶板, 厚度 0 ~ 12.2m, 平均厚度 8.4m; 基本顶为细砂岩, 厚度 1.8 ~ 11.5m, 平均厚度 3.8m, 局部直接覆盖在 13-1 煤层之上。

2 工作面支架选型研究

2.1 合理支护强度分析

2.1.1 理论分析

工作面支护是安全高效开采的首要条件, 液压支架是核心。我国已经建立了较为完整的工作面支护设备技术体系^[13]。深部大采高液压支架的选取

[收稿日期] 2015-08-25

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2016.03.015

[作者简介] 唐永志(1962-), 男, 安徽淮南人, 硕士, 教授级高工, 现任淮南矿业(集团)有限责任公司总工程师, 从事矿山建设及矿井生产技术管理工作。

[引用格式] 唐永志, 曹海山, 张学亮, 等. 大采高超长工作面设备选型关键技术研究[J]. 煤矿开采, 2016, 21(3): 55-58.

很大程度上取决于其矿压显现程度,尤其是工作面加长之后的矿压显现程度。文献 [14] 基于刘庄矿 300m 长大采高综采 171301 工作面,采用数值模拟软件研究了超长采高工作面矿压特征影响因素,研究表明,工作面长度对支承压力的影响不显著,在其他条件不变的情况下,增加面长矿压显现变化不大。文献 [15] 对大采高综采技术的关键问题与对策进行了探讨,提出了采动支承压力分布支护效应与煤壁片帮时效性的观点。

合理支护强度的确定和护帮形式,是选择深部大采高超长工作面液压支架的关键技术。1242 (3) 大采高超长工作面综合柱状如表 1 所示,其上方仍然有 500m 覆岩未列出,按照关键层理论分析 13-1 煤顶板各岩层。

表 1 13-1 煤层上覆岩层情况

岩层 层号	岩层 名称	厚度/ m	累厚/ m	抗拉强 度/MPa	体积力/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	弹性模 量/MPa	判别 结果
18	粉细砂岩	2.8	49.3	9.53	27	2432	主
17	砂质泥岩	14.2	46.5	8.80	26	2635	
16	粉细砂岩	2.1	32.3	9.53	27	2432	
15	泥岩	7.5	30.2	1.05	25	2635	亚 3
14	煤线	0.5	22.7	0.66	14	4670	
13	泥岩	1.4	22.2	1.05	25	2635	
12	煤线	0.4	20.8	0.66	14	4670	亚 2
11	砂质泥岩	1.1	20.4	8.80	26	2635	
10	细砂岩	3.8	19.3	9.53	27	2432	
9	砂质泥岩	3.3	15.5	8.80	26	2635	亚 1
8	细砂岩	3.8	12.2	9.53	27	2432	
7	砂质泥岩	2.3	8.4	8.80	26	2635	
6	煤线	0.3	6.1	0.66	14	4670	
5	泥岩	1.0	5.8	1.05	25	2635	
4	煤线	0.4	4.8	0.66	14	4670	
3	泥岩	0.8	4.4	1.05	25	2635	
2	13-2 煤	0.6	3.6	0.66	14	4670	
1	泥岩	3.0	3.0	1.05	25	2635	

分析可见,共有 4 层硬岩层为关键层,其中自下往上第 4 层为主关键层。主关键层距离煤层顶板累计 46.5m,对采场矿压的形成仍然起主导作用。基于关键层垮断分析,按建立在支架工作阻力构成分析基础之上的估算法进行支护强度分析,支架所需支护强度为 1.167MPa。

2.1.2 数值模拟分析

根据表 1 中的岩层赋存情况建立 FLAC^{3D} 数值模拟模型模拟支护强度 $P = 0.5\text{MPa}$, 0.6MPa , 0.7MPa , 0.8MPa , 0.9MPa , 1.0MPa , 1.1MPa , 1.2MPa , 1.3MPa 和 1.4MPa 共 10 种方案,研究不同支护强度条件下支架上方顶板不同位置处的下沉位移曲线,做出支护强度与顶板最大下沉位移关系图,如图 1 所示。

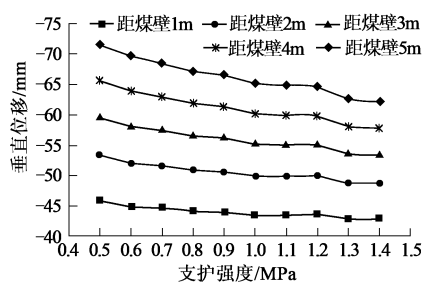


图 1 支护强度与顶板最大下沉位移关系

由图 1 分析可知,支架的合理支护强度不应小于 1.0MPa。

同时,通过数值模拟分析得到工作面覆岩破坏高度,得到工作面推进距离与覆岩破坏高度的相关关系如图 2 所示。

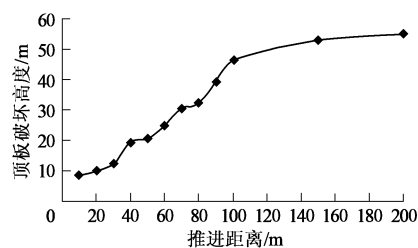


图 2 工作面推进距离与覆岩破坏高度的相关关系

分析图 2 可知,覆岩破坏高度在 45~50m 范围内,对照综合柱状可见,该部分为主关键层,与前述理论分析结论基本一致。说明了数值模拟结果的可靠性。

2.1.3 类比分析

谢桥煤矿首个 6.5m 大采高综采面 1161 (3) 工作面回采 13-1 煤,工作面倾向长 218.1m,走向长 1865.8m。煤层厚度 1.5~7.3m,平均 5.33m,煤层倾角 9~15°,平均 12.7°。顶底板条件与 1242 (3) 工作面类似。工作面基本支架采用 ZY10800/30/65D 型综采支架,支架中心距 1750mm,支护强度 1.05~1.08MPa,实现了工作面的安全回采。

国投新集刘庄煤矿回采 13-1 煤层,埋深比谢桥煤矿更深,周期来压步距平均 16.6m,平时平均支护强度 0.96MPa,周期来压平均支护强度 1.04MPa,实现了工作面的安全回采。

淮南潘三矿西三上部采区 1622 (3) 工作面采用并行电法研究顶板破坏分布情况^[16],工作面回采 13-1 煤层,煤厚 3.1~5.0m,平均 3.9m,工作面倾向长度 175m,煤层倾角 2~15°。顶板岩层及岩性与谢桥矿类似,实测采场覆岩垮落带高度为 10m,导水裂缝带高度为 50m,位于砂质泥岩层

内。该结论与前述理论和数值模拟分析结论一致。

综合上述分析确定合理支护强度为 1.167 MPa, 根据配套尺寸、支架顶梁长度、空顶距计算出支架工作阻力为 11436.6 kN。

2.2 合理支架选型

综采工作面支架主要有两柱掩护式与四柱支撑掩护式两种。目前两柱掩护式综采支架为主流架型, 但是以大同矿区为代表的坚硬顶板综采面和淮南矿区为代表的复合顶板工作面, 多以四柱式综采支架为主, 其中淮南矿区谢桥煤矿则两柱式支架与四柱式支架并存, 最早采用的 ZY10800/30/65D 型支架即为两柱式, 但邻近的国投新集刘庄矿和口孜东矿多采用四柱式综采支架。考虑支架通用性, 结合淮南矿业集团现状, 选用四柱支撑掩护式。

由于工作面为复合顶板, 为避免因端面距和采高过大引起煤壁片帮和端面冒顶, 支架采用整体顶梁结构, 配伸缩梁和护帮板, 同时支架设计为带双侧护板。文献 [17] 研究表明提高支架前端的护帮力、支架初撑力和前端支顶力, 增加护帮的长度等措施可缓解大采高综采工作面煤壁片帮。平均采高达到 5.1 m, 采用二级护帮结构, 护帮高度达到 2570 mm (一级 1570 mm、二级 1000 mm)。

针对复合顶板, 在工作面开采时, 液压支架应具备以下能力^[18]:

(1) 初撑力高。复合顶板的下沉量尽可能的小, 最好能够保证复合顶板和上位基本顶的摩擦与粘结力, 阻止复合顶板的下沉位移。

(2) 能够实现带压移架。支架配备了电液控制系统, 可实现工作面支架的压力监测, 能够进行压力补偿、带压擦顶移架、成组控制等。

(3) 能够实现及时移架、超前护顶、减少空顶区域。工作面采用跟机及时支护, 可有效地控制复合顶板的断面漏冒情况。

综上所述, 工作面基本支架采用 ZZ13000/28/65D 型, 液压支架中心距 1.75 m, 初撑力 10132 kN, 工作阻力 13000 kN, 支护强度 1.36 MPa, 底板比压 2.45 MPa, 推移行程 0.95 m, 伸缩梁行程 1.05 m, 支架适应角度 $\leq 30^\circ$ 。

3 刮板输送机选型研究

工作面刮板输送机一方面要满足采煤机落煤能力要求, 另一方面则是设备本身需要满足超长工作面布置的要求。

按工作面年产 6 Mt 能力进行计算, 刮板输送机输送能力应达到 1774.2 t/h 以上。大采高综采工作

面刮板输送机的宽度一般为 1000 mm, 1200 mm, 1350 mm 和 1400 mm。根据回采经验, 在生产能力要求不高的大采高工作面, 采用 1000 mm 槽宽可以满足要求。谢桥煤矿由于矿井建设时间早, 井下变电所采用 6 kV 供电, 能够支持的单机功率有限制, 只能采用 1000 kW 的电机, 工作面最大刮板装机功率为 3×1000 kW, 配备的刮板输送机槽宽为 1000 mm。刮板机采用中双链 SGZ1000/3 $\times$ 1000 型, 输送能力 3000 t/h, 链速 1.65 m/s, 链条规格 $\phi 48$ mm $\times$ 152 mm。

刮板输送机理论设计长度可达 400 m 以上, 1242 (3) 深部大采高综采工作面斜长达到 362.9 m, 为了确保采煤机割煤期间不发生刮板输送机被压死事故。经过计算, 刮板输送机运行的总阻力 750764 N (采煤机割煤速度 8.76 m/min), 刮板输送机运行总阻力满足电机功率要求; 刮板输送机的最大静张力为 726890.75 N。

为了保证刮板链运行期间的安全, 应满足以下公式:

$$k = nF_d\lambda / 1.2F_{\max} \geq 3.5$$

式中, k 为刮板链抗拉安全因数; n 为刮板链条数, $n=2$; λ 为链条间负荷分配不均因数, 双链 λ 取 0.85; F_d 为刮板链的破断力, 取 4000 kN; $F_{\max}$ 为刮板输送机的最大静张力。

经计算, $k=7.8 > 4.2$ 满足要求。

综上所述, 所选刮板输送机在运输能力范围内, 采煤机割煤速度控制在 8.76 m/min, 刮板输送机功率及链条安全因数满足要求。

4 设备选型结果及应用情况

工作面最终设备选型配套结果如表 2 所示。

表 2 工作面主要机电设备

序号	设备名称	型号	数量
1	端头液压支架	ZT13800/29/55	2 架
2	排头液压支架	ZT13800/29/55	4 架
3	过渡液压支架	ZG13000/28/65D	4 架
4	普通液压支架	ZZ13000/28/65D	202 架
5	超前支护支架	ZQL2 $\times$ 4000/27/56	6 组
6	采煤机	7LS6C	1 台
7	刮板机	SGZ - 1000/3000	1 台
8	转载机	SZZ - 1200/700	1 台
9	破碎机	PCM - 375	1 台
10	胶带输送机	DSJ120/200/4 $\times$ 355	1 台

通过统计分析设备可靠性, 工作面设备中支架影响时间占 0.52%、刮板输送机占 6.45%、采煤机占 29.03%。刮板输送机主要是因工人疏忽导致刮板卡住异物断链, 影响生产, 此类事故的影响占

刮板输送机总影响时间的 72.55%；采煤机为进口，主要是变频器及其程序问题的软件影响占了 38.7%，其次是维护保养不当导致机身连接螺栓断裂，停产维护影响占 47.82%。

从现场矿压显现情况看，支架循环末阻力平均 5249kN，支架来压点循环末阻力平均 9527kN。支架工作阻力绝大部分分布于 2000~9000kN。在工作面非正常生产期间特别是连续停产 2d 以上时，工作面各支架普遍出现压力明显增高，甚至安全阀开启的现象。部分支架工作阻力最大达到额定工作阻力 13000kN，出现安全阀开启。支架能够满足现场使用要求。刮板输送机除了一次由于较大范围片帮导致压死，其余时间运行正常。

工作面产量一般为 15000~20000t/d，最高达到 24135t/a，设备装备能力实际达到 6Mt/a 生产能力要求，具备 8Mt/a 生产能力。

5 结 论

以淮南谢桥煤矿 362.9m 长的 1242 (3) 大采高综采工作面设备选型为工程背景，通过分析设备选型的关键技术，合理选取超长工作面核心设备，通过现场应用，效果良好。

(1) 通过理论分析、数值模拟分析和类比分析，确定支架合理支护强度 1.167MPa，支架采用四柱式整体顶梁带伸缩梁和二级护帮板结构，支架型号 ZZ13000/28/65D。

(2) 通过分析确定刮板输送机型号为 SGZ1000/3×1000 型，经验算功率和链条破断力符合要求。

(3) 通过现场应用表明，所选设备能力实际达到 6Mt/a 生产能力要求，具备 8Mt/a 生产能力，各项指标达到了选型要求。

[参考文献]

- [1] 张先尘, 刘武皓. 综采工作面长度综合优化方法的研究 [J]. 中国矿业学院学报, 1983 (3): 4-17.
- [2] 王玉浚. 合理工作面长度的判别标志 [J]. 中国矿业学院学报, 1984 (4): 26-33.
- [3] 杜善周, 丛利. 榆家梁煤矿合理工作面长度及煤柱宽度研究 [J]. 陕西煤炭, 2007, 26 (6): 13-15.
- [4] 王庆雄, 鞠金峰. 450m 超长综采工作面矿压显现规律研究 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42 (3): 125-128.
- [5] 于雷. 综采工作面“三机”空间布置研究与应用 [J]. 煤炭工程, 2015, 47 (5): 9-11.
- [6] 徐刚. 综采工作面配套技术研究 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (11): 1921-1924.
- [7] 赵宏珠, 戴秋梁. 加大综采工作面几何参数对大采高支护设备发展新要求初探 [J]. 神华科技, 2009 (3): 18-22.
- [8] 代贵生, 周海丰. 年产 1400 万 t 大采高工作面关键技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42 (12): 120-124.
- [9] 惠本利. 深部矿井厚煤层超大采高综采技术研究展望 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42 (4): 1-4.
- [10] 杜向阳, 侯忠, 姚斐, 等. 王庄煤矿 7.2m 大采高工作面设备选型研究 [J]. 煤, 2014, 23 (8): 83-85.
- [11] 黄方荣. 谢桥煤矿 6.5m 大采高综采面设备选型 [J]. 中国科技信息, 2011 (10): 73.
- [12] 曹伟巍, 潘永刚, 李帅. 刘庄煤矿高产高效综采工作面回采关键技术 [J]. 煤矿现代化, 2011 (1): 16-18.
- [13] 王国法. 工作面支护与液压支架技术理论体系 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (8): 1593-1601.
- [14] 李志华, 华心祝, 杨科, 等. 超长采高工作面矿压特征影响因素分析 [J]. 中国煤炭, 2013, 39 (1): 51-54.
- [15] 袁永, 屠世浩, 王瑛, 等. 大采高综采技术的关键问题与对策探讨 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (1): 4-8.
- [16] 段传鑫. 大采高超长工作面矿压显现特征 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.
- [17] 牛艳奇, 陈树义, 刘俊峰. 大采高综采工作面片帮加剧机理分析及防治措施 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (7): 38-40, 64.
- [18] 王建国. 复合顶板工作面液压支架选型及优化设计 [J]. 煤矿机械, 2015, 36 (4): 221-223.

[责任编辑: 徐亚军]

国务院安委会首批安全生产巡查组全面展开驻地巡查工作

根据安全生产巡查工作制度和安全生产巡查工作实施方案安排, 国务院安委会首批 8 个安全生产巡查组从 5 月份开始, 对 8 个省 (区、市) 开展驻地巡查。按照工作计划, 将在 2 年内实现全国各省份全覆盖。

根据安全生产巡查工作制度规定的内容, 各巡查组通过个别谈话、专家座谈、查阅档案、问卷调查、实地查验等工作方式, 重点对省级人民政府安全生产工作情况进行巡查, 将发现的安全生产方面的问题, 移交有关部门整改。同时, 畅通信访渠道, 分别通过被巡查省份广播电视、报纸、网络等新闻媒体公布了巡查值班电话、电子信箱以及邮政信箱, 受理安全生产方面的来信、来电、来访, 接受社会监督。

各相关省级人民政府高度重视巡查工作, 被巡查省 (市) 分管领导同志分别主持召开巡查工作动员会, 成立具体的工作协调机构, 做好各项准备工作, 要求当地各级政府及各有关部门、单位积极配合巡查组开展工作。同时, 各相关地区坚持立行立改, 对巡查组移交的问题抓紧整改, 及时消除隐患。

摘自《煤炭信息》周刊 2016 年第 21 期