

年产 600 万 t 超长综放面开采技术与设备配套

来存良,秦乐尧,陈龙高

(兖州矿业集团 兴隆庄煤矿,山东 兖州 272102)

[摘要] 简要介绍了 600 万 t 综放工作面开采与设备配套技术,重点阐述了 600 万 t 综放工作面总体配套设计与主要生产设备的关键技术和创新点,以及采用的综放工艺和取得的技术成果。

[关键词] 600 万 t;超长综放工作面;开采技术;设备配套

[中图分类号]TD823.4 9

[文献标识码]A

[文章编号]1006-6225(2003)01-0007-04

Longwall top coal caving technology and equipment's compatibility in super-long mining face with annual output 6 million tons

LAI Cun-liang, QING Le-yao, CHEN Long-gao

(Xinglongzhuang mine of Yanzhou Mine Group, Yanzhou 272102, china)

Abstract: This article introduced fully mechanized top coal caving mining and face equipment's compatibility with annual output of 6 million tons, mainly expounded the design, key technology, main innovation, and technology achievements in fully mechanized top coal caving face.

Key words: 6 million tons; super long fully mechanized top coal caving face; mining technology; equipment's compatibility

兴隆庄煤矿 1992 年率先在华东地区首次试验综放开采技术并获得一次性成功,工作面年产突破 100 万 t。之后,经过不断发展完善,优化开采参数,更新设备,使工作面年产水平有了大幅度提高,1994 年、1995 年分别创出了 272 万 t, 300 万 t 的全国综放年产最高记录,达到了国内领先水平。随着科学技术的进步,综放装备水平的不断完善提高,以“九五”攻关高产高效综放开采成套装备与工艺研究为标志的创新成果,1999 年在兴隆庄煤矿顺利试验成功,工作面年产达到 400 万 t,具备了年产 500 万 t 的生产能力。从效果上来看,我国的综放技术开采水平已领先于世界,但是在总体装备水平方面还远远落后于世界发达采煤国家,为赶超世界先进水平,兴隆庄煤矿在成功完成“九五”攻关项目之后,又主动承担了国家技术创新项目——年产 600 万 t 综放工作面设备配套与技术研究课题。该课题是在“九五”装备配套与工艺优化的基础上,围绕工作面重型化、装备配套自动化和设备可靠性等方面进行的一次探索研究。该项目试验工作面至 2002 年 3 月底已安全生产原煤 253 万 t。试验期间工作面最高月产达到了 63.1668 万 t,平均月产达到了 57.05 万 t,

年产达到了 600 万 t 的水平,取得了显著的社会经济效益。

1 工作面地质概况

1.1 工作面地质条件

1.1.1 工作面位置

4326 工作面位于四采区下部,其上方为 4324 工作面(未采),下方为 4328 设计工作面。工作面标高—470.6~—424.8m;埋藏深度 469.7~517.3m。

1.1.2 煤层赋存特征

4326 工作面所采煤层为山西组底部的煤 3,煤层厚度大,且稳定,厚 7.0~10.0m,平均 8.6m。煤层倾角 0~11°,平均 6°,硬度系数 $f=2.3$ 。煤层顶板从下往上分别为 2.4m 的粉砂岩,6.2m 粉细砂岩互层,11.7m 中砂岩。直接底为泥岩,厚 0.6m,浅灰~灰褐色,遇水膨胀,其下为 6.5m 厚的粉砂岩,具水平层理,再下为 14.5m 厚的中砂岩,灰~灰白色,致密坚硬,以石英长石为主,钙泥质胶结,具斜层理。工作面地质构造简单,煤层总体为一向 SE 倾斜的单斜构造。

[收稿日期]2002-10-22

[作者简介]来存良(1960—),男,山东济宁人,高级工程师,现任兴隆庄煤矿矿长。

2 生产技术条件

2.1 矿井提升能力

兴隆庄煤矿原煤提升为立井双箕斗,提升速度 8.5m/s 、箕斗容量 12t 、提升循环时间 83s ,采用可控硅整流直流拖动,主电机功率为 1260kW 。

根据核定,主井最大提升能力为 520万 t/a (按日提升 18h),不能满足 700万 t 矿井生产需要,必须对主井提升系统进行改造。经过严格测算论证,对电控系统和装载站进行了改造,将循环提升周期由 83s 降到了 77s ,缩短提升周期;增加了提升箕斗容量,使其提升重量由 12t 提高到了 14t 。改造后矿井提升能力达到了 750万 t/a 。

2.2 矿井运输能力

兴隆庄煤矿井下原煤主要运输系统采用 DX4 型强力胶带输送机,其运输能力最大为 1300t/h ,考虑胶带的有效断面系数,其日运输能力不能满足 700万 t/a 矿井生产运输需要。必须对煤流运输系统进行改造。通过对减速机增速改造,胶带运行速度由 3.15m/s 提高到 3.5m/s ,将运输系统中的给煤机更换成大运量的 ZG 系列往复式震动给煤机,使给煤量提高到了原来的 2 倍。改造后系统运输能力达到了 1600t/h ,年运输能力达到了 750万 t 。

2.3 工作面开采参数

2.3.1 工作面面长

目前,在采区条件许可的情况下,采用“九五”综放设备工作面面长已达到 200m ,工作面年产达到 400万 t ,具备 500万 t 的生产能力。达到年产 $400\sim 500\text{万 t}$ 的水平工作面必须有较快的推进速度来保证,在兴隆庄煤矿煤层条件下,由于工作面推进速度快,顶煤受顶板压力的作用时间相对较短,破煤效果较差,回收率很难再提高到一个较高水平。综放工作面要达到年产 600万 t 、回收率达到 86% 以上的攻关目标,实现高效集中生产,就必须增加工作面面长和采煤机截深,以增大单位时间内的出煤量,最大限度地回收国家煤炭资源。年产 600万 t 综放工作面以面长为切入点,并综合分析兴隆庄煤矿开采条件后确定工作面面长为 300m 。

2.3.2 工作面走向长度

高产高效工作面的走向长度一般均在 2000m 以上,美国一个综采工作面的长度达 4000m 以上。

4326 综放工作面,由于受四采区原设计走向尺寸的限制,工作面向西为鲍店矿的井田边界,无法继

续延长,因而其走向长度被限定在 1600m 。

2.3.3 工作面采高

工作面采高除应满足通风行人的要求外,还应考虑设备投入和机道上方顶煤和煤壁的稳定性,采高越大,煤壁越高,易发生片帮,同时支架的高度增加,初期投入大,但增大机采高度,缩小采、放比,可以相应提高工作面的回收率。综合考虑,确定工作面的机采高度为 3m 。

采高确定后,在煤层厚度为 8.6m 的情况下,放顶煤高度即为 5.6m ,因而采放比为 11.867 。

2.3.4 放煤步距与采煤机截深

对于年产 600万 t 综放工作面而言,为了达到日产 20000t 的目标,应最大限度地增加采煤机截深和放煤步距。根据“九五”攻关综放工作面的工艺实施分析结果,并结合该采区煤层赋存特点,在采煤机截割功率、前后部输送机铺设长度与功率允许的情况下,确定截深为 1.0m ,采用 1 刀 1 放,放煤步距 1.0m 。仅此一项措施,在采煤机割煤速度相同的情况下,工作面日产能力可提高 25% 。

2.4 工作面顺槽支护

工作面上下顺槽均采用锚网支护,从而简化了工作面端头及超前支护,缩短了煤机回头时间,提高了开机率,为工作面高产高效生产提供了条件。

3 工作面总体配套设计与设备选型

3.1 工作面总体配套的基本思路

“九五”攻关项目“缓倾斜厚煤层高产高效综放开采成套装备与回采工艺”在兴隆庄煤矿试验成功以来,已取得了较好的技术经济效益,但仍存在着综放后部输送机与顺槽运输设备生产能力不足、移架与放煤速度不够快,与国外相比工作面几何尺寸小、掘进率较高,设备故障率较高及设备可靠性较差等薄弱环节,制约着工作面单产水平的进一步提高。根据兖矿集团技术进步和企业发展的战略目标,结合兴隆庄矿现有综放开采的技术和装备现状,本着技术更新和以点带面的原则,在工作面设备选型和总体配套过程中遵循技术先进、设备精良、系统完备和性能优异、高效的基本原则。工作面配套设备以国产为主,少数关键技术和设备从国外进口。在总体配置设计中尽量选用代表国际领先水平的成熟技术和装备,最终使装备出的工作面在面长 300m 、煤层平均厚度 8.6m 的倾斜煤层条件下,达到年产 600万 t 的生产能力。 600万 t 综放工作面总体配套设

计中采用的技术和装备:

- (1)采煤机电牵引技术;
- (2)电液程序控制高效放顶煤液压支架,移架、放煤、推拉输送机实现程序控制;
- (3)SGZ1200/1400 和 SGZ1000/1200 中双链长运距、大功率电机平行布置端卸式刮板输送机;
- (4)自移式转载机;
- (5)前、后部输送机机尾自动伸缩机构,自动调节刮板链的张紧力;
- (6)工作面和顺槽用电设备采用 6000V 和 3300V 等级的电压供电,以降低电压损失、提高供电质量;
- (7)采用采煤机内、外喷雾,支架侧护板内、支架顶梁上方安装喷嘴实现移架时自动喷雾、尾梁放煤自动喷雾等综合降尘技术,控制工作面的粉尘浓度;
- (8)工作面装备支架阻力、瓦斯和一氧化碳浓度、电机温度等综合监测系统;
- (9)巷道锚网支护技术。

3.2 工作面设备配套

表 1 600 万 t 综放工作面设备配套

名称	型号	功率/kW	台数/台	电压/V
采煤机	SL300	2×360+2×(62+7.5)	1	3300
前部输送机	SGZ-1000/1200	2×600(双速)	1	3300
后部输送机	SGZ-1200/1400	2×700(单速)	1	3300
转载机	SZZ1200/525	525(双速)	1	3300
破碎机	PLM3500	250(单速)	1	3300
乳化液泵站	GRB-315/31.5	200	2	1140
乳化液泵站	DRM-200/31.5	125	2	1140
清水泵	KPB-315/31.5	125	2	1140
清水泵	HPB-315/10	75	2	1140
放顶煤液压支架	ZFS6800/18/35		197	
顺槽胶带机	SSJ-1400/3×400	3×400	2	6000
过渡支架	ZTF7000/19/32		6	

3.3 配套设备主要参数及其关键技术与创新点

3.3.1 采煤机

选用德国艾柯夫公司生产的 SL300 采煤机,装机总功率 859kW,牵引速度 0~29m/min。采用电牵引技术,装备有现代化、高效的计算机控制系统及遥控装置。

3.3.2 液压支架

放顶煤液压支架型号为 ZFS6800-18/35 低位放顶煤支架,支架初撑力 5707kN,工作阻力 6800kN,支护强度 0.80~0.83MPa,底板比压

2.2MPa。其关键技术与主要创新点:

- (1)采用正四连杆低位放顶煤架型,抬底座装置,防止底座前端扎底,提高拉架速度;
- (2)采用整体顶梁结构,并带有可挑平的护帮板,顶梁前端支撑能力大;
- (3)底座采用开底式,便于排矸和拉架;
- (4)移架采用电液控制系统,实现单架、双向、成组程序控制,并具备监测功能;
- (5)采用电液程序控制放煤,实现单架和分组放煤;
- (6)采用双回路环形、大流量阀供液系统,提高移架速度。

3.3.3 前后部输送机

前部输送机型号为 SGZ1000/2×600 型整体铸焊封底式溜槽刮板输送机,输送能力为 2000t/h,内槽宽 1000mm,出厂长度为 305m,装机功率 2×600kW,电压 3300V,圆环链规格 2×φ38×137mm,圆环链破断负荷 1810kN,电机平行布置,端卸式卸载。

后部输送机型号为 SGZ1200/2×700 型整体铸焊开底式溜槽刮板输送机,输送能力 2000t/h,内槽宽 1200mm,出厂长度 305m,装机功率 2×700kW,电压 3300V,圆环链规格 2×φ38×137mm,圆环链破断负荷 1810kN,电机布置方式为平行布置,卸载方式为端卸。

前部刮板输送机关键技术与主要创新点:采用自动伸缩机尾、高强度紧凑链、限矩摩擦联轴器等技术,大大提高了输送机的可靠性。

后部刮板输送机关键技术与主要创新点:采用自动伸缩机尾、液压马达紧链装置自动调节刮板链的张紧力、调速型液力耦合器、紧凑链等技术;采用了减少浮煤损失装置,提高了煤炭回收率。

3.3.4 自移转载机

转载机型号为 SZZ1200/525 型自移式转载机,设计长度 50m(含破碎机 4.5m),输送能力 3500t/h,装机功率 525kW。其关键技术与主要创新点:采用液力耦合器型调速软起动、液压器和伸缩机头紧链方式,采用了整体构架迈步自移机构,提高了工效。

3.3.5 顺槽胶带输送机

胶带输送机型号为可伸缩式 SSJ1400/3×400 带式输送机,输送能力 3500t/h,输送距离 2000m,平均坡度(提升高度)+1.72°(60m),

带速 4.5m/s , 胶带宽 1400mm , 胶带型号为 PVG1800S 型阻燃整芯输送带, 主电动机电压 6000V 。其关键技术与主要创新点: 采用 BOSS 软启动系统, 采用胶带自动紧张、多层储存胶带、张型收放带装置、托辊调偏、胶带清扫等技术, 提高了胶带的可靠性及运输能力。

4 综放工艺实测分析

为了实现制定的预期目标, 需对采煤工艺方式、放煤作业方式、割煤、移架、放煤速度、割煤高度、停机因素、修改完善电液阀控制程序等进行实测分析, 研究合理的工作面工序作业方式和配合方式, 以充分发挥采煤机、放顶煤液压支架、前后刮板输送机等新型工作面配套设备的能力, 保证工作面日产达到 2万 t 以上, 回采率 86% 以上。

4.1 采高

设计采高 3.0m 较为合理, 在顶板来压期间由于煤壁片帮较大, 采高在 $2.8\sim 3.0\text{m}$ 为宜, 以加强对顶板及煤壁的控制。

4.2 移架速度

实测平均单架移架时间 11.5s/架 , 工作面在回采过程中, 底板浮煤清理及时, 支架前移比较顺利, 移架速度快, 不存在移架不及时影响对顶板及煤壁的控制。移架速度按 11.5s/架 计算, 其移架循环时间为 0.65h , 移架时间充足, 能够紧跟采煤机及时移架, 满足高产高效集中生产。

4.3 采煤机进刀方式

工作面试验了端部斜切进刀单向割煤、中部进刀单向割煤、端部斜切进刀双向割煤 3 种方式。

试验表明单向割煤优于双向割煤, 双向割煤不利于清浮煤, 对程序控制也不利; 端部进刀单向割煤与中部进刀单向割煤方式相比, 其割煤方式差异不大, 中部进刀单向割煤进刀部位比较灵活, 在顶煤较破碎的情况下, 对顶板及输送机上窜下滑控制较端部进刀单向割煤有利, 但由于每次进刀点不固定, 对电液阀程序控制带来难度, 在正常情况下采用端部进刀单向割煤方式最好; 当局部顶煤破碎需超前移架时, 采用中部进刀单向割煤。

4.4 采煤机割煤速度

实测端部进刀单向割煤速度 4.5m/min , 空刀速度 9.5m/min , 割煤循环时间 1.89h ; 中部进刀单向割煤速度 $3.8\sim 4.0\text{m/min}$, 空刀速度 $7.8\sim 8.6\text{m/min}$, 循环割煤时间 2.13h 。采煤机在此速

度下组织工作面生产, 单位时间内出煤量较高, 外围满仓次数较多, 因此在外围系统能力不足的情况下, 应控制采煤机速度。

4.5 放煤速度

4326 工作面顶煤节理裂隙发育不一, 在顶板压力作用下, 其顶煤破碎程度差异较大, 加上煤层厚度的变化, 单组支架在单位时间内出煤量相应变化较大。因而采用了程序控制与人工补放结合的放煤方式, 即第一轮为程序控制, 第二轮人工补放。试验表明单组支架程序控制放煤时间为 50s/架 较为合理, 其循环放煤时间 1.78h , 与循环割煤时间基本一致, 能够最大限度地实现采放平行作业。

4.6 开机率

4326 工作面工业性试验的 3 个月总的开机率平均 67.4% , 循环平均时间 1.89h , 每天可以完成 $6\sim 7$ 个循环, 达到日产 2万 t , 能够满足高产高效要求。从工作面设备运行状况来看, 工作面停机主要是满仓、外围等因素影响, 因满仓及外围系统影响导致工作面停机时间约占总停机时间的 61.3% , 可见工作面设备自身的可靠性较高, 故障率较低。在外围系统可靠性、运输能力进一步提高的情况下, 工作面设备还有一定的潜能, 工作面单产水平可进一步提高。

5 技术经济效益

5.1 取得的效果

(1) 4326 工作面在 2002 年 1~3 月份工业性试验期间产煤 171.2万 t , 工作面进尺 523.8m , 平均工效 313t/工 , 最高工效 369t/工 , 工作面回采率达到了 87.43% , 平均月产 57.05万 t , 最高月产 63.17万 t , 达到了年产 684万 t 的水平, 具备了年产 800万 t 的生产能力。与“九五”攻关项目实施面 5318 试验工作面相比, 平均月产量提高了 21.5万 t , 工效提高了 135t/工 , 回采率提高了 6.01% 。

(2) 实践证明, 600万 t 综放工作面总体配套设计正确、配套方案合理、采煤工艺先进、工作面参数选择合理, 系统各环节运转正常, 未出现系统设备之间相互干涉与不配套的现象; 项目的关键设备, 中部放煤支架, 过渡支架, 放顶煤前、后部输送机、顺槽输送设备的研制是成功的, 解决了各自

(下转 24 页)

淮南支架使用的是两节短推杆的推移装置。此推移装置不利于控制前输送机下窜,但由于其活动范围较大,对起伏不平的底板适应性好。

以上两种推移机构都采用钢板焊接成箱体,强度大,在井下出现开裂和变形的情况少,损坏部位多为千斤顶与推移杆的连接部位或销轴的变形。井下出现损坏情况时,处理难度较大,设计时要加强此部位的强度。

3.2.4 支架的封闭性对生产的影响

由于 C₁₃₋₁ 煤层的“三软”特点,顶煤在顶梁前部或进入前立柱附近便已破碎松散,因此对支架封闭性要求高。3 种支架都采用带长侧护板的整体顶梁,带伸缩梁,用其抵住煤壁支护梁端距部分,封闭性能较好。但 3 种液压支架插板间缝隙都大,破碎的煤无需经过放煤工序就自然漏出,放煤时插板间已出现矸石,影响煤质或回采率,特别是淮南支架,支架插板间空隙太大,不但漏煤,而且漏矸,严重影响煤质。

3.2.5 支架底座

北京支架底座在前方伸出长,有利于提高支架端面支护强度,但生产中伸出长的底座容易挤坏电缆、水管等,对生产造成影响。

3.2.6 管座位置

北京支架尾梁千斤顶管座向下,易损坏。内蒙支架后立柱上腔管座位置不当,当前后立柱升起不平衡时,管座经常被立柱柱窝切断,对生产的影响

非常严重。

3.2.7 液控单向阀

北京支架、淮南支架立柱液控单向阀不同程度存在动作不灵活、密封不可靠的问题,支架经常发生自动卸载现象,造成生产期间顶板事故增多,工作面拆除期间,支架高度不够,拆除难度增加。

3.3 支架制造质量对生产的影响

如内蒙支架插板导向箱体开焊,插板脱落,造成支架后部支护空间不够,形成自然“天窗”,大块矸石窜入后部输送机,煤质恶化,后部输送机无法维护。淮南支架尾梁侧护板与侧推千斤顶连接处开焊,侧护板脱落,大量煤矸窜入架间和后部输送机,对煤质和环境都造成恶劣影响。

4 结语

液压支架的设计过程中,要综合考虑各种因素,最大限度做到安全可靠、结构合理、操作方便,并且制造精良。管理和操作人员要熟悉液压支架性能,以便综采放顶煤工艺优势的发挥,实现高产高效。

[参考文献]

- [1] 杨振复, 罗恩波, 等. 放顶煤开采技术与放顶煤液压支架 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.

[责任编辑: 邹正立]

(上接 10 页)

技术难题,在生产中的关键部位发挥了重要作用,体现出适应性强,技术性能好,质量可靠,安全性好等优点。

5.2 社会经济效益

(1) 600 万 t 综放工作面首次将电液控制系统应用于综放设备,形成了一套技术含量高、设备配套性能好、自动化程度高的综放成套设备与技术。进一步提高了我国综放开采的整体装备水平和工作面的单产水平,使我国煤炭高产高效集中生产迈向了更高的层次,增强了我国在煤炭开采领域参与国际竞争的能力,为综放开采技术向国外输出奠定了坚实基础。

(2) 巷道掘进率显著下降,资源回收率、回采工效、全员效率及生产设备自动化程度和设备的安全

全可靠性等方面都获得了较大提高,改善了工人的劳动环境,降低了劳动强度,大幅度地降低了矿井原煤生产成本,投资见效快,能够实现矿井的高效集中生产,经济效益显著。

6 结束语

“年产 600 万 t 综放工作面设备配套与技术研究”项目在兴隆庄煤矿的试验成功,使兴隆庄煤矿在现代化高效集中开采方面起到了重要的示范作用,并进一步完善和发展了兖矿集团的综放核心技术,为以后跨国经营和国内规模扩张奠定了基础。同时,为兴隆庄煤矿造就了一大批生产管理人员、技术管理人员、技术工人,使职工的整体素质得到提高,为矿井的发展奠定了人才基础。

[责任编辑: 邹正立]