

文章编号:0253-9993(2010)11-1800-09

淮北矿区“三软”极复杂煤层综采技术研究与实践

李 伟,詹振江

(淮北矿业(集团)有限责任公司,安徽 淮北 235000)

摘 要:针对淮北矿区“三软”极复杂煤层赋存条件,经过近40 a综合机械化开采技术的研究、试验和推广,集成创新了一套适合于该复杂条件较薄煤层、中厚煤层、厚煤层、特厚煤层和近距离厚煤层的综采关键技术,探索了一条极复杂条件矿区高产、高效和安全开采的有效途径,大幅度提高了矿区采掘机械化水平和效率,实现了“三软”极复杂煤层的安全高效综采,发展了综采技术。

关键词:“三软”极复杂煤层;安全高效;综采技术

中图分类号:TD823.2 **文献标志码:**A

Study and practice on the technology of full-mechanized mining for the weak coal-bearing strata in Huaibei mining area

LI Wei, ZHAN Zhen-jiang

(Huaibei Mining (Group) Co., Ltd., Huaibei 235000, China)

Abstract: According to the very complex conditions with the weak coal-bearing strata in Huaibei mining area, through 40 years' technology research, testing and application for full-mechanized mining, innovated a set of key technology of full-mechanized mining which suits to the complex conditions in the thin coal seam, medium thick coal seam, thick coal seam, special thick seam and thick coal seams with short distance. Explored a mining method with high yield, high effective and safety under the very complex mining conditions, substantially increased the mechanization level and efficiency in mining and advance, achieved the safety and high efficient full-mechanized mining in the weak coal-bearing strata; and developed the full-mechanized mining technology.

Key words: the weak coal-bearing strata; safety and high efficient; full-mechanized mining technology

淮北矿业(集团)有限责任公司是我国煤炭生产的重点企业之一,所在淮北矿区是我国重要的煤炭生产基地。与国内外其他矿区相比,大多数煤层属“三软”煤层,即煤层极软、顶底板软,且煤层赋存地质构造复杂,瓦斯含量高且有突出危险,易自燃,厚度不稳定,可用于连续开采的块段小、地应力大,是国内外著名的难采矿区之一。

近40 a来,针对“三软”极复杂煤层地质和生产技术条件,淮北矿业(集团)有限责任公司系统研究并解决了“三软”极复杂煤层综采关键性技术难题,大幅度提高了矿区采掘机械化水平和效率,探索了一条极复杂条件矿区高产、高效和安全开采的有效途径,发展和推广了综采技术的应用。

1 淮北矿区“三软”煤层综采技术难点

(1) 矿区地质构造复杂。淮北矿区位于安徽省北部,南起板桥断裂,北至苏皖省界,东起宿县朱仙庄—芦岭,西至豫皖省界,东西长约140 km,南北宽约110 km,面积约9 600 km²,分濉肖、宿县、临涣、涡阳4个含煤区,是新华夏系(NNE)和东西向构造的复合部位,各种次序、级别的褶曲,断裂十分发育,并伴有不同程度的岩浆活动,可用于连续开采的块段小、地应力大。统计表明,矿区共发现大中型断层600余条,其中最大落差大于100 m的有近200条,矿区总体构造呈复杂型;在现有生产采区中,落差15 m以上断层400余条,制约了采区设计和综采工作

面布置,工作面年跳压搬家次数在 100 次以上;较大断层作为矿井或采区边界,但采区内部中小型断层、层间滑动构造发育,断层破坏性指数较大,断层平均密度达 20~30 条/ km^2 ,生产条件极为恶劣^[1]。

(2) 煤层赋存条件差、煤层极软。淮北井田属华北型全掩蔽式煤田,主要含煤地层为石炭二叠系,主采煤层为石盒子组的 7、8、9 层和山西组的 10 煤,煤

层赋存条件极不稳定,顶板类型差异很大。濉肖矿区煤层结构复杂,含 1~2 层夹矸,临涣和宿县矿区的 7、8、9 煤层软,尤其是宿县矿区 8、9 煤层极软, f 值为 0.1~0.3,是发展机械化采煤的最大障碍。淮北矿区典型“三软”煤层赋存特征见表 1。祁南煤矿、临涣煤矿、许疃煤矿 7 煤,涡北煤矿 8 煤和朱仙庄煤矿、芦岭煤矿 8 煤的密度均为 1.3 t/m^3 ,倾角分别为 8° 、 17° 、 8° 。

表 1 淮北矿区典型“三软”煤层赋存特征

Table 1 Typical weak coal-bearing strata characteristics in Huaibei mining area

煤层编号	煤层		顶板				底板				
	厚度/m	f 值	直接顶		基本顶		直接底		基本底		
			厚度/m	岩性	厚度/m	岩性	厚度/m	岩性	厚度/m	岩性	
7(祁南煤矿、临涣煤矿、许疃煤矿)	7_1	0.9~1.8	0.2~0.3	0~1.5	泥岩	13.0~14.5	细-中粒砂岩	3~7	泥岩	2.8~5.5	粉砂岩
	7_2	0.72~6.85		3~7	泥岩			0~2.4	泥岩		
8(涡北煤矿)	8_1	2.0~5.5	0.1~0.3	0.20~0.92	泥岩	15~23	硅、铁质胶结砂岩	2.60~10.22	泥岩	0~10.82	砂岩
	8_2	1.4~6.0									
8(朱仙庄煤矿、芦岭煤矿)		8.0~9.8	0.2~0.4	1.5~3.0	砂质泥岩	50~86	细砂岩、砂质泥岩及泥岩	1.5	泥岩	10	中细粒砂岩

注: 7_1 和 7_2 煤层间距为 3~7 m;涡北煤矿 8_1 和 8_2 煤层间为 0.8~2.0 m 泥岩夹矸。

(3) 顶底板岩性软,地应力高。随着开采水平向深部延伸,矿压显现更加明显,矿区煤层顶底板普遍为泥岩、炭质泥岩和砂质泥岩,单向抗压强度 6.9~26.6 MPa,变化大, $f=0.69\sim 2.66$,顶板分类多属 I a 类,是典型的“三软”煤层(表 1)。工作面压力显现明显,煤壁片帮、掉顶,顶底板管理难度大,尤其是两巷支护困难,巷道围岩变形量大,承压区影响范围广,影响通风、运输及行人,对巷道反复维修,加大了工作量和成本投入,也增加了工作面上、下出口安全管理难度,工作面单产低。

(4) 煤层瓦斯大、易自燃。淮北矿区属高瓦斯矿区,多数为突出矿井。瓦斯煤尘爆炸、煤与瓦斯突出及火灾事故严重制约高效集约化开采技术。煤层瓦斯含量大($5\sim 20 \text{ m}^3/\text{t}$)、瓦斯压力大(最大瓦斯压力 4 MPa 以上),煤层透气性极低,透气性系数 $0.004\ 843\sim 0.098\ 038 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,且有突出危险;煤层具有自然发火危险,发火期 3~6 个月,煤尘具有爆炸危险,爆炸指数 35%~40%。

(5) 水文地质条件复杂。淮北矿区以宿北断裂等大断裂为界分割成为不同的小区(地质单元),水文地质条件差异性很大,水文地质条件复杂,煤系地层有 4 个主要含水层,自上而下分别为第四系(第三系)孔隙含水层组、煤系砂岩裂隙含水层组、太灰岩溶含水层组及奥灰岩溶含水层组。存在一定的水力联系,部分断层导水性好,新生界底部含水层直接与煤系地层接触,底板灰岩水突水系数大^[2]。

2 淮北矿区“三软”煤层综采发展历程

2.1 “三软”煤层综采 4 个发展阶段

淮北矿业(集团)有限责任公司是我国煤炭行业最早发展综采的单位之一,自 1974 年在朔里煤矿首次安装试用英国伽利克 $4\times 300 \text{ t}$ 垛式液压支架至今,综采从无到有,从使用成套引进综采设备到试制、推广应用研究国产综采设备,经历了 4 个发展阶段(表 2)。

2.2 “三软”煤层综采发展的制约因素

工程实践表明,制约淮北矿区“三软”煤层综采发展的主要因素有:

(1) 煤层赋存条件复杂,制约采掘机械化发展。淮北矿区因构造复杂,适合综采综掘的块段少,且储量小,综采综掘工作面搬家频繁,辅助工作量大,综采综掘设备的有效利用率低。

(2) 综采设备型号复杂,缺少必要的投入。综采设备型号复杂,互换性差,且设备功率小、事故率高、更新速度慢,难以适应矿区生产的需要。运输系统复杂,运距远、环节多,运输设备陈旧落后,能力不匹配,成为制约综采工作面生产能力的瓶颈。

(3) 技术体系不完善。设计上不敢大胆创新,井下系统复杂、环节多,掘进施工工艺落后,掘进机械化水平低。矿井掘进速度慢,岩巷工程量大,采区和工作面的几何尺寸小,采煤工作面搬家频繁、接替紧张,根本不适应综采工作面快速推进和连续生产的高产

高效模式;此外,巷道断面小、收缩量大、变形严重,也制约了综采工作面生产能力的发挥。随着开采深度

的加大,瓦斯和地温、地压已成为主要制约因素之一^[3]。

表2 淮北矿区“三软”煤层综采发展历程

Table 2 Coal seam full-mechanized mining development history in Huaibei mining area

阶 段	液压支架型号	试验矿井	综采产量/万 t	机械化程度/%	主要特征
第1阶段:认识起步阶段(1974—1987年)	伽利克 4×300	朔里煤矿、芦岭煤矿	199.59	16.66	迈步垛式液压支架不适用于软底条件,移架困难,适应性差
	T13K-11 G320-9.5/28 QY250/13/32				
第2阶段:探索试验阶段(1988—1997年)	ZZ3200/14/28 ZYY4100/18/32	朔里煤矿、杨庄煤矿	307.19	36.10	液压支架工作阻力偏小,稳定性差,不适应“三软”煤层顶、底板条件及煤壁稳定性控制,总体支护刚度不足
	ZZ4000-17/35 ZQ4000-17/35 ZZ3600-13/32 ZF2400-16/24				
第3阶段:研究与提高阶段(1998—2003年)	ZY5000/09/20 ZY6800/14/28 ZY6800/19/40 ZF6800/19/38 ZY10000/26/56 ZY10000/28/63	朱仙庄煤矿、朱庄煤矿	837.75	55.25	受国内机械化开采工艺和装备影响,该阶段综采装备选型思路侧重于工作面安装、拆除和运输的快捷方便,而忽略了液压支架的设计及主要设备的选型,支架工作阻力和结构与地质条件仍不适应
	杨庄煤矿、芦岭煤矿、朱仙庄煤矿、祁南煤矿、涡北煤矿、许疃煤矿				
第4阶段:创新与突破阶段(2004年至今)			2 267.33	87.80	综采设备配套选型是以“高工阻、大功率、高强度、大运量、高电压”为基本原则,研制设计了适合于不同“三软”煤层条件的综采液压支架,且以两柱双伸缩掩护式液压支架为主,集成创新了“三软”煤层综采技术

(4) 机械化专业队伍不能适应综采发展的需要。

① 机械化队伍专业技术和维修人员不足;② 维修人员综合素质不高,机电设备的检修质量难以保证,设备的效能难以充分发挥,有效开机率低。

2.3 “三软”煤层综采技术发展思路与技术看案

针对淮北矿区“三软”煤层赋存条件及制约综采的因素分析,集成创新了“三软”极复杂煤层安全高效综采技术发展的思路(图1)和技术方案。

(1) 调整生产布局,推行集约化生产。在满足《煤矿安全规程》、《安全生产法》,保证安全生产的前提下,认真研究矿井煤层赋存条件,从设计源头上抓起,对矿井、水平、采区等进行储量和能力的重新整合,尽可能扩大采区、工作面的几何尺寸和可采储量,增大生产能力,简化生产系统和生产环节,推行集约化生产。巷道布置上,要在充分考虑巷道用途、服务年限及综合成本的情况下,尽量减少巷道,简化系统,少做岩巷,多做煤巷,优化设计,组织周密,安全施工,确保质量。

(2) 合理选择采掘设备,发挥设备潜力。在设备选择方面,要充分考虑淮北矿区的开采技术条件,并遵循以下原则:① 采煤机、掘进机应采用新型“大功率、高性能、高可行性、长寿命”的设备,提高设备过断层的能力,降低设备事故率;② 优化综采支架设计,加大工作阻力和支护强度,提高移架速度,完善综

采支护体系;③ 运输系统应向“大运量、长运距、大功率、高强度、长寿命和高可靠性”的连续运输方向发展,转载机和带式输送机机尾要实现整体自移;④ 选择合理的供电系统,提高电气设备的可靠性。

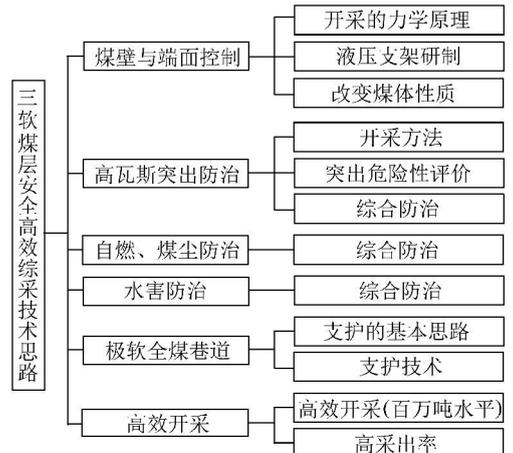


图1 淮北矿区“三软”煤层安全高效综采技术思路

Fig. 1 Safety and high efficient full-mechanized mining technical ideas in Huaibei mining area

(3) 实施科学管理,完善激励约束机制。成立综采综掘工作面专业辅助队伍,专门负责综采工作面的安装、拆除工作,并实行目标管理。从调整队伍的管理职能入手,强化工作面准备、安装、回收等生产辅助队伍的工作和服务职能,以减少各综采综掘队伍的生

产辅助时间,形成以单纯的生产组织和安全管理职能为核心的高产高速高效采掘队建制。

制定一系列的管理制度,完善各岗位、各工种的安全生产责任制和机电设备管理责任制,依靠实际情况制订目标、落实责任并认真考核。进一步完善劳动和分配制度,根据按劳分配与按生产要素分配的原则,建立健全以岗位、技能、效益三位一体的完善的工资分配制度,充分调动职工的创造性、积极性和主动性。

(4)开发人力资源,实现减人提效。以学习和培训为手段的人才培训和开发来提高职工的工作能力和知识水平,最大限度地促进职工的个人素质与工作需求相一致,达到提高工作绩效和减人提效的目的,建成一支懂技术、会操作、能维修、善管理的过硬的职工队伍。

在人力资源管理方面,还应对人力资源的“形成、预测、开发、利用、管理”等进行系统管理,围绕矿井高产高效建设全面提高员工素质,实施人才战略,把人力资源管理作为煤矿现代科学管理的核心^[4]。

(5)发展支持技术,完善保障技术。从巷道设计和施工上为实现高产高效创造条件,尽量采用“大断面、大缩量、高初撑、高增阻技术”,以适应淮北矿区高地压造成的巷道大变形量的要求。在巷道施工工艺方面要优先考虑综掘,配合后运机械化,实现巷道的快速掘进,保证工作面的正常接替。采用先进的技术手段综合解决煤矿开采中的水、火、瓦斯、煤尘等问题,为综采工作面组织快速推进创造安全的生产环境。从设计和生产准备入手抓好瓦斯的综合治理工作,实现“掘、抽、采”的平衡,确保安全生产;通过煤层注水、喷雾洒水、控制风量等手段降低煤尘浓度;利

用工作面注浆洒水、注氮、注凝胶及均压灭火等办法解决煤的自然自燃问题。

3 “三软”煤层综采液压支架设计与设备配套

3.1 液压支架设计和设备配套思路

(1)加强综采生产技术的基础管理和调查研究工作,加大矿井地质参数的收集整理,摸清各综采矿井的矿压规律,准确掌握各煤田不同煤层的地质资料,为综采工作面液压支架的科学选型提供基础资料和理论依据。

(2)坚持综采设备的先进性、适用性、互换性的配套原则,兼顾个性与共性的有机结合。煤层厚度在 3.0 m 以下的综采工作面选用工作阻力在 5 000 ~ 6 800 kN 的液压支架,煤机功率在 700 kW 及以上的多电机横向布置的电牵引采煤机,刮板输送机功率在 630 kW 及以上的高强度、高耐磨性铸造封底式的 764/630 型;煤层厚度在 3.0 ~ 4.0 m 的综采工作面选用工作阻力在 6 800 kN 左右的液压支架,煤机功率在 920 ~ 1 130 kW 及以上的高电压多电机横向布置的电牵引采煤机,刮板输送机功率在 800 kW 及以上的高强度、高耐磨性铸造封底式的 800/800 型;厚煤层综放和大采高综采液压支架工作阻力设计为 6 800 ~ 10 000 kN 及相应的配套设备(表 3、4);工作面供电电压均为 3 300 V。

3.2 液压支架结构特点

对于“三软”煤层,随着一次采高的增加,煤壁和顶板稳定性降低,片帮和漏顶严重。为了适应矿压特点,改进了支架结构及尺寸参数,如在 ZY10000/26/56 两柱掩护式大采高液压支架研制工程中,对支架顶梁、护帮板、侧护板、连杆、底座、千斤顶及其铰接部位等机构进行了改进,具体如下:

表 3 祁南煤矿 714 综采工作面设备及技术参数

Table 3 Equipments and technical parameters in 714 full-mechanized mining working face of Qi'nan Mine

设备名称	规格型号	单位	数量	主要技术参数
中间支架	ZY10000/26/56	架	79	采高 2.6 ~ 5.6 m, 中心距 1 750 mm, 工作阻力 10 000 kN
过渡支架	ZYG10000/24/50	架	6	采高 2.4 ~ 5.0 m, 中心距 1 750 mm, 工作阻力 10 000 kN
采煤机	MG650/1630-GWD	台	1	电压 3 300 V, 滚筒直径 2.5 m, 牵引速度 0 ~ 8.29 ~ 13.75 m/min, 功率 1 630 kW
输送机	SGZ-1000/1 050	部	1	运输能力 2 000 t/h, 链速 1.25 m/s, 功率 1 050 kW
转载机	SZZ-830/200	部	1	运输能力 1 500 t/h, 功率 200 kW
破碎机	PLM-1500	部	1	运输能力 1 500 t/h, 功率 160 kW
喷雾泵	BPW320/6.3	套	1	功率 2×45 kW
乳化泵	BRW-500/31.5	套	1	流量 500 L/min, 功率 315 kW
胶带机	DSJ100/100/200	部	1	运输能力 1 000 t/h, 带速 3.15 m/s, 功率 250 kW

表4 涡北煤矿8102综放工作面设备及主要技术参数

Table 4 Equipments and technical parameters in 8102 full-mechanized caving working face of Wobei Mine

设备名称	规格型号	单位	数量	主要技术参数
双滚筒采煤机	MG300/700-WD	台	1	采高范围 1.8 ~ 4.0 m, 适应煤层倾角 $\leq 35^\circ$, 煤质硬度中硬以上, 机身厚度 530 mm, 机面高度 1 426 mm, 摇臂长度 2 267 mm
液压支架	ZF6800/19/38	架	84	支架宽度 1 440 ~ 1 600 mm, 中心距 1 500 mm, 初撑力 5 618 ~ 6 591 kN, 支护强度 0.95 ~ 0.97 MPa, 底板比压 1.5 ~ 2.7 MPa
过渡支架	ZFG7360-21.5/34H	架	6	支撑高度 2 150 ~ 3 400 mm, 宽度 1 580 ~ 1 740 mm, 初撑力 6 047 ~ 6 276 kN, 支护强度 0.91 ~ 0.92 MPa, 底板比压 0 ~ 0.5 MPa
前、后部输送机	SGZ764/630	部	2	设计长度 150 m, 运输能力 1 000 t/h, 刮板链速 1.24 m/s, 爬坡角度 10° , 刮板链为中双链, 电压为 3 330 V, 功率 2×315 kW
中双链刮板转载机	SZZ830/200	部	1	设计长度 70 m, 输送量 1 500 t/h, 刮板链速 1.44 m/s, 爬坡角度 10° , 爬坡高度 1.15 m, 电压 1 140 V, 功率 200 kW
轮式破碎机	PLM1 500	部	1	破碎能力 1 500 t/h, 最大入口断面 1 000 mm \times 1 000 mm, 电动机功率 160 kW, 电压 660/1 140 V
可缩性胶带输送机	DSJ100/100/2 \times 125	部	1	运输能力 1 000 t/h, 运输距离 1 000 m, 运输倾角 $-1 \sim +50^\circ$, 功率 2×125 kW, 电压 1 140 V, 转速 1 478 r/min, 输送带宽度 1 m, 储带长度 100 m, 搭接长度 12 m

(1)整体顶梁:①顶梁前端上翘,缩短了第一接顶点到煤壁的距离,有利于顶板矿压的控制,减少片帮;②结构简单,端部载荷大,可以有效地控制顶板,使支架上方顶板压力不向煤壁方向转移而减小片帮;③配置双向活动侧护板,并可延伸至顶梁前部,接近全封闭,防漏矸效果好,同时提高了支护强度和支架稳定性。

(2)伸缩梁:采煤机过后伸缩梁伸出可临时支护,支护刚暴露出的顶煤,减小顶板对煤壁的压力,有利于煤壁片帮的控制。

(3)护帮板:顶梁前端设置内伸式伸缩梁带两级折叠式护帮机构。护帮板能够向上挑平和完全收回,其最大护帮高度可达 2.3 m;护帮板采用四连杆结构形式,不但能保证伸出和收回均能达到预定的角度,且挑起力较大。

(4)支架四连杆机构:后连杆为整体 H 形连杆,前连杆为双单连杆,增大了支架的抗弯、抗扭能力,提高了支架的稳定性。

(5)底座和千斤顶:采用倒置推移千斤顶加长推杆的设计,设抬底座千斤顶,以解决掩护式支架前端比压大、易扎底的问题,同时该千斤顶设置在过桥内侧,以加大过桥前方过人空间,为减小推移千斤顶在底座外伸的尺寸,千斤顶采用耳轴式结构,且便于安装和拆卸,抬架力达 485 kN,便于移架。

(6)铰接部位:顶梁与掩护梁铰接处采用圆弧式配合与潜入式结合的结构设计,可以有效地防止破碎矸石漏入支架内。

4 “三软”煤层开采矿压显现与围岩控制

4.1 “三软”煤层矿压显现规律

根据不同厚度的“三软”煤层开采表明,“三软”煤层工作面矿压显现主要表现为煤壁片帮(主要以剪切破坏为主,片帮深度为 20 ~ 95 cm,且超过 50 cm 的频率达 9.71%),顶板破碎(顶板破碎度为 6.35% ~ 27.19%),漏顶(漏顶高度为 4 ~ 5 m)和窜矸现象严重,初次和周期来压不明显,支架工作阻力偏低且受力不均匀;两巷矿压显现主要表现为超前压力显现较为明显,支架压力较大,支架变形严重,两帮涨帮,底臃严重(表 5)。

4.2 煤壁和顶板(煤)稳定性控制技术

试验结果表明(图 2),随支架工作阻力增加,煤壁片帮程度减轻,因此可适当增加支架工作阻力和改进支架结构参数,不仅要保证液压支架“支的住、走的动”,提高支架的可靠性、稳定性、适应性,而且要保证支架架前、架中、架尾对顶煤密封性,防止漏冒。

结合煤层极软的特点,采用动压浅孔注水防治煤壁片帮(图 3)。给煤体注水之后,改变了煤体的力学性质,使其黏聚力和抗剪强度增大,抗压强度降低,可使支承压力峰值区前移,减轻对煤壁的压力。注水后的煤体,在相同的围压强度下,虽然抗压强度降低,但这正好可以缓解靠近工作面煤体的载荷,减少煤体的破坏,使工作面顶底角煤体的承载能力增加;抗剪强度和内聚力的增加,可增大工作面煤体的块度,提高工作面煤壁的完整性,有效地提高了工作面的稳定性。

表 5 淮北矿区“三软”煤层综采矿压特征

Table 5 Mining pressure characteristics in full-mechanized mining face for Huaibei mining area

工作面名称	煤层特点	液压支架型号	液压支架工作阻力			来压步距/m		两巷围岩累计移进量/mm	
			最大工作阻力/kN	时间加权阻力/kN	动载系数	初次来压	周期来压	顶、底板	两帮
祁南煤矿 7 ₁₂₂ 综采工作面	煤厚 1.3 m $f=0.2 \sim 0.3$	ZY4000/09/20	2 788 ~ 3 925	1 600 ~ 3 200	1.25 ~ 1.29	26 ~ 32	12 ~ 15	862	552
祁南煤矿 714 大采高综采工作面	煤厚 4.8 m $f=0.2 \sim 0.3$	ZY10000/26/56	4 090 ~ 4 850	2 694 ~ 2 952	1.32	22 ~ 30	13 ~ 16	1 250	980
朱仙庄煤矿 873 综放工作面	煤厚 8.9 m $f=0.2 \sim 0.4$	ZF6000/17.5/28	4 540	1 782 ~ 3 187	1.22	28	14 ~ 18	1 000	800
涡北煤矿 8102 大采高综放工作面	近距离煤层, 煤厚 8.27 m, $f = 0.3 \sim 0.5$	ZF6800/19/38	3 820 ~ 4 430	1 885 ~ 2 575	1.20	39 ~ 43	12 ~ 27	1 350	1 050

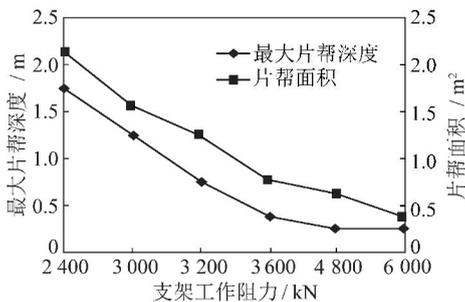


图 2 片帮面积、深度与支架工作阻力的关系

Fig. 2 Relationship between the rib fall area, depth and support working resistance

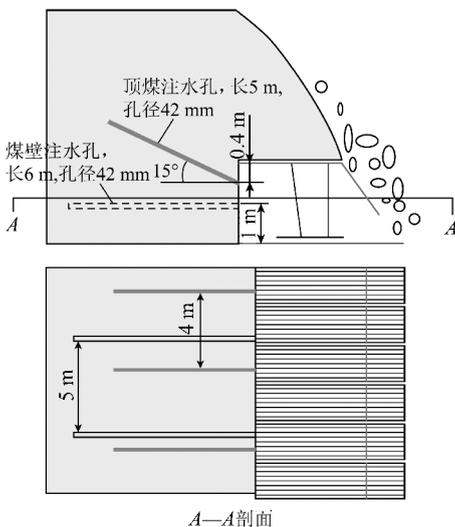


图 3 工作面浅孔注水

Fig. 3 Water injection in shallow hole of working face

4.3 综采工作面过断层技术

针对不同断层实施了平推硬过、预裂爆破过断层、预掘巷道过断层等技术,并通过加强工作面顶板控制,及时带压移架及提高设备运行效率等措施确保

了工作面快速过断层。

采煤机过断层带期间,要及时伸出支架伸缩前梁,超前支护顶板,并及时拉超前架,支护新暴露出的顶板。若煤壁端面距大于 340 mm,必须及时架设走向棚,超前支护顶板,端面距大于 500 mm 时,必须架设超前棚,支护顶板。为了防止煤壁端面出现片帮、冒顶现象,采煤机过后及时伸出支架伸缩前梁打开支架护帮板,超前支护顶板(图 4),并滞后采煤机 5 ~ 8 架顺序推刮板输送机,滞后 8 ~ 10 架顺序移架^[5]。

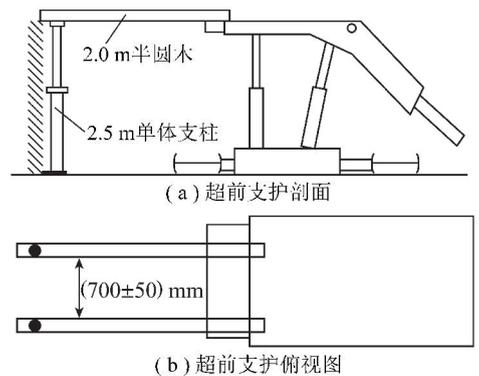


图 4 “三软”煤层综采过断层超前支护

Fig. 4 Advanced supporting when full-mechanized mining through fault

5 巷道支护的思路与形式

对于“三软”煤层综采工作面运输巷(机巷)、回风巷(风巷)支护方式主要是 U29 型钢和锚网索组合支护,沿煤层底板施工;切眼采用锚网索支护,两端加设工字钢配合 DWX-250/40/110 单体支护,用板皮、钢筋网背帮,沿顶破底施工。

对于适合使用锚杆支护的,其支护设计应遵循和贯彻围岩、煤层的条件分类→初步支护设计→安全监控与支护效果分析→修正完善设计的程序。对煤巷锚杆支护效果的评价,必须始终贯穿于巷道的施工过程中。设计的完善和修正,必须随巷道围岩条件的变化而不断改进。每条巷道经初步设计,组织施工后,必须组织专门人员对锚杆支护效果进行监控,收集数据进行分析,并对支护效果进行评价。锚杆支护效果监测和评价的主要参数有:锚杆的初锚力、锚固力、顶板离层变形量、锚杆受力状况和巷道变形量等,若支护设计不当,应及时修改完善。

6 瓦斯抽采与防治技术

通过开采保护层、井上下预抽、卸压抽采、群孔增透抽采等技术,有效地降低突出区域的地应力和煤层瓦斯含量,区域性消除煤层的突出危险性,变高瓦斯突出煤层为低瓦斯无突出危险煤层,实现了突出煤层的安全高效开采。以区域性瓦斯治理技术为核心,构建突出矿井瓦斯灾害综合治理的企业技术标准体系(图5),包括矿井、水平(采区)和采掘工作面3个层次,规范了瓦斯治理工程设计、工程施工、计量及效果检验,消除突出危险性。

7 “三软”极复杂煤层安全高效综采技术与管理体系

依托科技进步,结合工程实践,针对淮北矿区“三软”极复杂煤层(水、火、瓦斯、煤尘、矿压、地温灾



图5 安全高效开采区域性瓦斯治理技术方案
Fig.5 Gas control technology program within safety and high efficient mining area

害严重)的开采条件,形成了科学的保障体系建设思路:① 大力开展瓦斯防治基础研究,强力推行保护层开采;② 无保护层开采的坚持岩巷先行,推进先抽后采;③ 强化防突管理,着力开展防突技术创新研究;④ 多措并举,努力控制瓦斯超限;⑤ 加强监测监控管理,提升管理手段;⑥ 实行“以用促抽,煤气共采”,注重瓦斯综合利用;⑦ 坚持“产、学、研”一体化,为瓦斯治理和安全开采提供强有力的技术支撑和保障。

基于上述思路,构建了“三软”极复杂煤层安全高效综采技术与管理体系(图6)。

8 技术、安全 and 经济效益

针对淮北矿区“三软”极复杂煤层地质条件下综采技术的系统研究、试验和推广,在技术、经济与社会效益上取得了显著成果。

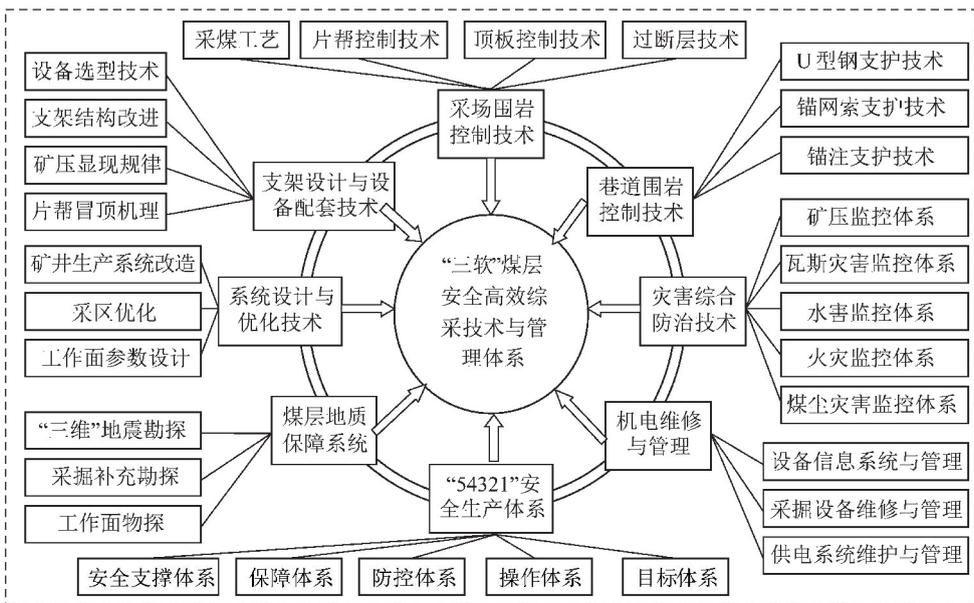


图6 淮北矿区“三软”煤层安全高效综采技术与管理体系

Fig.6 Safety and high efficient full-mechanized mining technology and management system in Huaibei mining area

(1)原煤产量由 1987 年的 1 427.783 9 万 t 增加到 2009 年的 2 865 万 t;采煤工作面个数由 1987 年的 73 个减少到 2009 年的 45 个;综合单产由 14 961 t/(个·月),提高到 5 万 t/(个·月)以上;综采单产由

21 857 t/(个·月),提高到 7 万 t/(个·月)以上;机械化程度从 16.66% 上升为 87.8%;百万吨死亡率由 2004 年的 0.7 降至 2009 年 0.21(表 6 和图 7~11)。

表 6 1987—2009 年矿区采煤机械化产量、单产

Table 6 1987—2009 mechanized coal mining yield

年份	原煤产量/万 t	综采产量/万 t	采煤工作面平均个数	综合单产/(t·(个·月) ⁻¹)	综采单产/(t·(个·月) ⁻¹)	机械化程度/%
1987	1 427.783 9	199.593 7	73.53	14 961	21 857	16.66
1988	1 409.611 7	227.179 8	73.74	14 761	30 733	20.05
1989	1 414.683 5	180.234 7	69.59	15 583	30 590	20.05
1990	1 418.680 9	206.405 4	66.35	16 657	35 797	27.09
1991	1 362.642 9	224.503 4	63.07	16 915	36 798	36.65
1992	1 424.074 5	245.252 8	60.90	17 528	33 889	41.96
1993	1 423.207 8	296.283 7	58.42	18 299	34 476	40.81
1994	1 449.227 1	326.309 9	56.84	20 118	49 811	41.28
1995	1 573.323 3	321.749 8	53.51	21 093	58 046	42.52
1996	1 685.341 1	406.900 2	54.28	22 342	58 237	41.90
1997	1 438.490 7	307.194 5	51.17	21 867	51 769	36.10
1998	1 495.775 6	234.930 6	46.62	23 293	62 849	30.46
1999	1 637.627 4	248.715 0	54.06	22 920	63 659	27.39
2000	1 693.048 6	423.731 3	52.20	25 775	54 654	34.83
2001	2 001.120 5	591.746 8	53.15	29 324	50 837	39.81
2002	1 992.852 6	651.585 5	49.23	31 871	52 488	44.07
2003	1 919.952 7	837.754 4	44.43	34 472	67 517	55.25
2004	2 150.893 5	923.461 8	45.62	35 706	65 886	60.00
2005	2 280.550 7	1 241.272 5	48.22	36 267	66 435	66.60
2006	2 306.533 2	1 333.069 7	47.46	37 756	67 375	68.00
2007	2 471.753 8	1 628.101 6	48.06	41 107	68 592	72.50
2008	2 653.067 5	1 969.778 9	49.00	45 564	72 045	78.20
2009	2 865.751 0	2 267.332 1	44.99	50 283	75 127	84.40

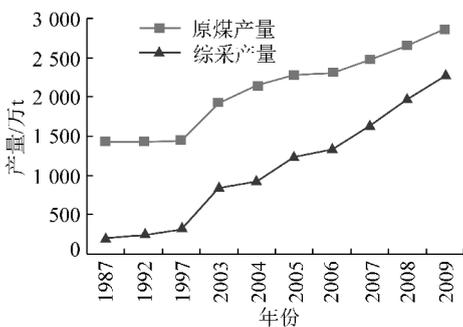


图 7 淮北矿业(集团)有限公司 1987 年来原煤产量和综采产量

Fig. 7 Raw coal production and production from full-mechanized mining in Huaibei Mining Group since 1987

(2)瓦斯涌出量从 2004 年的 520 m³/min 增加到 2009 年的 603.48 m³/min;瓦斯抽采量从 2004 年的 0.60 亿 m³增加到 2009 年的 1.47 亿 m³;瓦斯利用量

从 2004 年的 765 万 m³增加到 2009 年的 4 209 万 m³;瓦斯超限由 2004 年的 802 次,到 2009 年降为的 6 次。

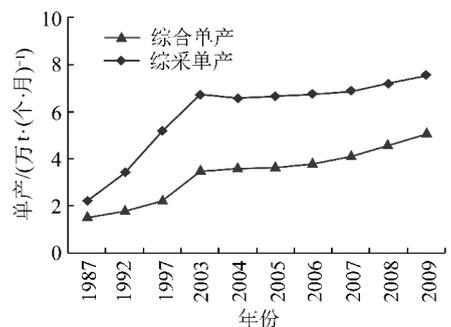


图 8 淮北矿业(集团)有限公司 1987 年来综合单产和综采单产

Fig. 8 Synthetical yield and full-mechanized mining yield in Huaibei Mining Group since 1987

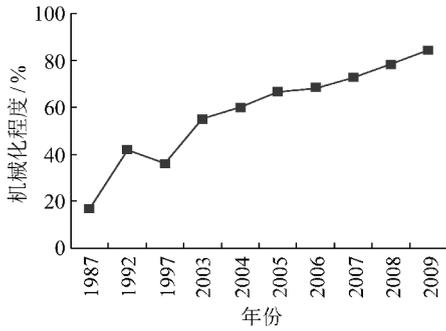


图9 淮北矿业(集团)有限公司1987年来采煤机械化程度

Fig. 9 Mechanized coal mining level in Huaibei Mining Group since 1987

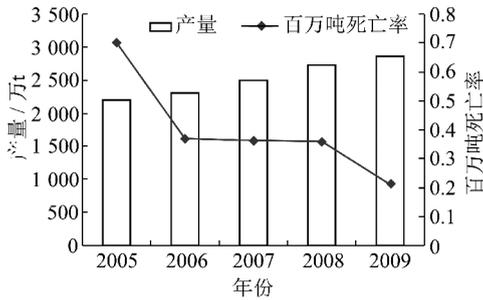


图10 淮北矿业(集团)有限公司近5 a的产量和百万吨死亡率

Fig. 10 Production and mortality of one million tons in Huaibei Mining Group these 5 years

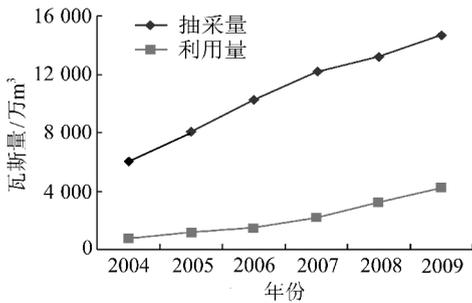


图11 淮北矿业(集团)有限公司近5 a的瓦斯抽采量和利用量

Fig. 11 Gas extraction and utilization in Huaibei Mining Group these 5 years

9 回顾与展望

淮北矿业(集团)有限责任公司1974年开始试用综采机组至今,综采从无到有,从使用成套引进综采设备到试制研究国产综采设备,并推广应用和不断

发展,经历了艰辛的历程,“三软”煤层综采经历了认识、探索、研究、提高、试验、集成创新的发展,现已走上健康稳定并不断创新的发展道路。

尤其是2004年以来,集团公司依托科技进步,加强“三软”极复杂煤层综采生产技术的基础管理和调查研究工作,加大矿井地质参数的收集整理,摸清各综采矿井的矿压规律,准确掌握各煤田不同煤层的地质资料,为综采工作面液压支架的科学选型提供基础资料和理论依据。坚持综采设备的先进性、适用性、互换性的配套原则,兼顾个性与共性的有机结合,研制了适合于不同地质条件的综采液压支架和装备体系,实现了“三软”极复杂煤层的安全高效综采。

但随着开采深度的增加,水、火、瓦斯、煤尘、矿压、地温等灾害日趋严重,煤层赋存条件更加复杂。集团公司将继续坚持“产、学、研”合作研究,开展深部“三软”极复杂煤层综采支架设计与设备配套、围岩控制理论与技术、瓦斯治理、水害防治等关键技术研究,打造平安、和谐和高效矿区。

参考文献:

- [1] 李伟,刘生优. 淮北矿区大采高综采放顶煤开采技术[J]. 煤矿开采,2009,14(1):5-8.
Li Wei, Liu Shengyou. Research and application of full-mechanized caving mining with high mining height in Huaibei Mining Area[J]. Coal Mining Technology, 2009, 14(1): 5-8.
- [2] 李伟,黄炳辉. 淮北放顶煤开采工艺实践与认识[A]. 2000年综采放顶煤与安全技术研讨会[C]. 2000:101-106.
- [3] 彭苏萍,王希良,刘咸卫. “三软”煤层巷道围岩流变特征实验研究[J]. 煤炭学报,2001,26(2):149-152.
Peng Suping, Wang Xiliang, Liu Xianwei. Research on rheological characteristics of rock in the weak coal-bearing strata[J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(2): 149-152.
- [4] 盛国军,孙启生,宋华岭. 薄煤层综采的综合创新技术[J]. 煤炭学报,2007,32(3):230-234.
Sheng Guojun, Sun Qisheng, Song Hualing. The innovational mining technology of fully mechanized mining on thin coal seam[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(3): 230-234.
- [5] 杨本水,王从书,阎昌银. 中等含水层下留设防砂煤柱开采的试验与研究[J]. 煤炭学报,2002,27(4):342-346.
Yang Benshui, Wang Congshu, Yan Changyin. Study and trial on explication of retaining safety coal pillar against sand under medium-thickness aquifer layer[J]. Journal of China Coal Society, 2002, 27(4): 342-346.