

YANZHOUKUANGQU
ZONGFANG
KAICAI
JISHU
YUCHENGTAOSHEBEI

黄福昌 等编著

兖州矿区 综放开采技术 与成套设备

煤炭工业出版社



兖州矿区综放开采技术 与 成 套 设 备

黄 福 昌 等编著

煤 炭 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书共分五章。第一章综放技术及其在兖州矿区应用发展概况；第二章综放开采矿压与工艺；第三章综采放顶煤工作面成套设备；第四章综放开采矿井通风与安全技术；第五章综放开采经济技术评价。

图书在版编目 (CIP) 数据

兖州矿区综放开采技术与成套设备/黄福昌等编著. —
北京: 煤炭工业出版社, 2002

ISBN 7-5020-2228-7

I. 兖... II. ①黄... III. 综合机械化掘进—放顶—
煤矿开采 IV. TD823.97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 087737 号

兖州矿区综放开采技术与成套设备

黄 福 昌 等编著

责任编辑: 李 振 祥

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*

开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 18¹/₄

字数 424 千字 印数 1—2, 000

2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月第 1 次印刷

社内编号 4999 定价 98.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

编委会名单

主 任	赵经彻					
副 主 任	莫立崎	杨德玉	徐建华	金 太	黄福昌	
	黄盛初					
委 员	范国强	苗兴地	崔洪义	时成忠	胡予红	
	彭 成	葛洪章	张迎弟	陈学伟	张怀新	
主 编	黄福昌					
副 主 编	范国强	黄盛初	苗兴地	崔洪义	时成忠	

编写人员

第一章	黄福昌	孙洪江	康丽华		
第二章	范国强	李正龙	邓新华	彭 成	
第三章	苗兴地	李 政	韩纪志	俞 佳	
第四章	崔洪义	王振平	赵冬花		
第五章	时成忠	焦丽娜			

序

对兖矿集团承担的煤炭行业“九五”攻关重点项目“高产高效综放开采成套装备与工艺研究”进行系统总结，我认为十分必要，这主要因为兖矿集团作为我国煤炭行业第一个实行总承包的企业，从名不见经传到行业龙头，综放开采技术的推广与创新是其中较为重要的推动性因素之一。

1992年前后，鉴于矿区分层综采单产水平不可能再大幅度提高的实际，兖矿集团在经过广泛调研、科学论证后认为，综采放顶煤是一种效率高、消耗少、成本低、见效快且适合兖州矿区资源条件的先进采煤方法，决定将其作为实现合理集中生产、建设“双高”矿井的突破口。1995年，“双百万”工程全面告捷，当年有3个队包揽了全行业年产200万t以上综采队前三名，其中南屯矿综采二队、兴隆庄矿综采一队年单产突破300万t，达到世界先进水平，受到江泽民总书记的高度赞扬。在这一前提下，兖矿集团又进一步开展了“九五”攻关重点项目“高产高效综放开采成套装备与工艺研究”，重点对综采放顶煤技术工艺与装备进行系统配套与完善。经过全集团工程技术人员的改革与创新，形成了由综放关键设备研制和设备优化配置、回采率和煤质保证技术、工作面安全保障技术、采区巷道布置方式、巷道锚网支护技术等方面完善配套的厚煤层综合机械化放顶煤采煤技术体系，使矿井工作面单产达到世界先进水平。1994~1999年连续6年综采队产量在全国煤炭行业创新高，夺得“六连冠”的荣誉。随着单产水平的大幅度提高，矿井生产高度集中，目前各综采矿井已初步形成了“一矿一井一面或两面”、年产煤500~650万t的生产格局，达到煤炭行业一流高产高效矿井标准。同时也有力地推动了整个集团生产矿井效率、效益的显著提高。

为在我国进一步应用、推广综放开采技术和方法，在本书出版之际，我作为综放开采技术的热心推广者，很高兴为有关同仁推荐此书。

中国工程院院士
中国煤炭工业协会会长

范维唐

2002年6月

前 言

我国厚煤层储量约占已探明储量的 40% 以上, 过去厚煤层开采一直沿用分层开采方法 (其主要缺陷: 巷道掘进率高、工序复杂、效率低、成本高), 严重制约了厚煤层优势的发挥。兖矿集团自 1992 年开始, 经过 10 多年的开拓创新, 使综放开采这种有争议的开采方法成为一种技术成熟、高产高效的先进开采方法, 从而使我国厚煤层开采进入了一个全新的发展时期。实践证明, 综合机械化放顶煤开采技术和方法是我国厚煤层开采方法的一次革命, 是我国厚煤层开采中实现高产、高效、低耗和安全生产的有效途径。

由兖矿集团公司承担的“缓倾斜特厚煤层高产高效综放开采成套技术及装备研究”项目, 共 4 个专题、15 个子专题。专题一“高产高效综放开采成套设备与工艺研究”包括 6 个子专题: ①高产高效综放工作面总体设计; ②高产高效高可靠性放顶煤液压支架; ③高可靠性放顶煤后部输送机; ④综放工作面顺槽运输设备; ⑤综放工作面端头放顶煤支架研究; ⑥高产高效综放面回采工艺研究。专题二“综放无煤柱开采综合防灭火技术与装备研究”由 4 个子专题组成: ①综放无煤柱开采防漏风技术及装备的研究; ②综放无煤柱开采均压通风动态监测系统; ③综放无煤柱开采注氮防灭火工艺的研究; ④掘进巷道自然发火机理与防治技术研究。专题三“综放工作面降尘综合技术研究”含 2 个子专题: ①煤层注水技术与装备的研究; ②综放工作面负压二次降尘技术及装备的研究。专题四“提高综放回采率相关技术研究”由 3 个子专题构成: ①综放工作面沿空巷道支护技术研究; ②硬顶煤深孔预裂爆破技术研究; ③含较厚夹矸煤层综放开采技术研究。

自 1996 年 10 月立项到 1999 年和 9 月相继完成各子专题的研究开发工作, 对综放开采工艺与成套设备进行了一系列卓有成效的研究与开拓创新, 其中包括地质条件适应性、技术装备、综掘配套技术、开拓系统、采场与回采巷道矿压控制技术、煤炭采出率控制技术以及瓦斯、煤尘控制技术等方面取得许多宝贵经验。特别是专题一“高产高效综放开采成套设备与工艺研究”, 针对兖州矿区综放工作面存在的问题, 研制成功适用于缓倾斜厚煤层综放开采放顶煤液压支架、可放煤排头支架; 研制配套成功综放工作面前、后部输送机及顺槽运输系统。使综放工作面整体配套综合生产能力达到年产 400 万 t 以上, 体现了技术先进、国产设备成套性强、生产能力大、质量可靠、安全性好的特点, 是我国目前最先进的国产综机设备, 填补了我国高性能参数的综采设备的空白。

为了更好地总结经验教训, 进一步应用、推广综放开采技术和方法, 本书在“缓倾斜特厚煤层高产高效综放开采成套技术及装备研究”成果的基础上, 增加了近几年兖矿集团在综放开采工艺与成套设备技术方面的最新成就, 编著了此书。在此, 特对参与兖矿“九五”课题攻关的科研、设计、院校和制造单位, 以及为兖矿综放开采技术发展做出贡献的

有关人员一并表示诚挚的谢意。特别感谢煤炭信息研究院的领导和能源环境安全研究所的有关研究人员为本书的编辑出版所作出的贡献。

由于作者水平所限，书中内容难免有疏漏不当之处，恳请读者指正。

编 著 者

2002 年 6 月

目 录

第一章 综放技术发展概况	1
第一节 国外综采放顶煤技术简介	1
一、国外综采放顶煤技术的发展演变过程	1
二、几个主要放顶煤国家的技术特点	2
三、影响国外综采放顶煤技术发展的几个因素	3
第二节 我国综采放顶煤技术的发展动态	4
一、我国综放技术的发展历程	4
二、综采放顶煤技术取得的成就	5
三、发展趋势	6
第三节 综采放顶煤技术在兖州矿区的应用发展	7
一、兖矿综放开采的煤层条件	7
二、综采放顶煤技术发展过程	9
三、综放取得的主要成果	10
四、兖州矿区对综放开采的贡献	11
五、综采放顶煤开采技术发展展望	12
第二章 综放开采矿压与工艺	13
第一节 综放采场矿山压力研究与主要成果	13
一、综放采场上覆岩层结构与活动规律	13
二、综放采场矿山压力控制	19
三、综采放顶煤回采巷道围岩控制	28
四、顶煤的运移与破坏规律	34
第二节 综放采区巷道布置	42
一、适应综放开采的采区(工作面)地质条件	42
二、综放采区的巷道布置	43
第三节 综放煤巷锚杆支护技术	59
一、兖州矿区煤巷支护改革的基本进程	59
二、煤巷锚杆支护设计	61
三、综放工作面实体煤顺槽锚网支护实践	70
四、综放沿空巷道锚网支护实践	80
第四节 回采工艺	91
一、兴隆庄矿 5318 工作面采煤工艺设计	91

一、综放开采矿井通风技术·····	211
二、瓦斯综合防治技术·····	218
第三节 粉尘防治技术·····	226
一、国内外防尘技术概况·····	227
二、煤层注水技术与装备·····	235
三、滚筒采煤机防尘技术及装备·····	245
第四节 煤层自然发火防治技术·····	252
一、我国煤层自然发火防治技术概况·····	252
二、煤层自然发火机理·····	254
三、煤层自然发火防治技术·····	256
第五章 综放开采经济技术评价·····	268
第一节 企业经济实力极大增强·····	268
一、实现了集约化生产·····	268
二、经济技术指标大幅度提高·····	270
三、企业经济技术指标大幅度提高·····	273
第二节 矿井的技术水平和档次明显提高·····	274
一、企业综合实力快速增长·····	274
二、企业综合形象保持行业一流·····	277
第三节 兖矿从小到大, 由弱到强, 迅速崛起·····	278
一、生产经营规模迅速扩大·····	278
二、企业由弱到强, 迅速崛起·····	278

第一章 综放技术发展概况

第一节 国外综采放顶煤技术简介

一、国外综采放顶煤技术的发展演变过程

放顶煤采煤法由来已久，早在 20 世纪 40 年代末和 50 年代初，法国、前苏联等国就开始使用放顶煤技术。当时和以后一个时期，曾使用过木支柱、金属支柱和单体液压支柱并配备刮板输送机进行炮采或普采的放顶煤技术。由于这种采煤法效率低，安全性差，于是又逐步向综采放顶煤过渡。

1957 年，前苏联研制出 KTY 型放顶煤支架，并在库兹巴斯托姆乌辛斯克矿使用。1963 年，法国研制成“香蕉型”放顶煤支架，并用于布朗茨矿区。70 年代，法国玛雷尔公司研制出支撑掩护式放顶煤支架，英国道梯公司为前南斯拉夫维雷耶煤矿研制出掩护梁开天窗式双输送机放顶煤支架，前联邦德国赫姆夏特公司研制出多种放顶煤支架，匈牙利于 70 年代末研制出单输送机开天窗式放顶煤支架。

这些放顶煤支架的出现和发展，推动了放顶煤开采设备及技术的发展和完善。通过数十年的实践，放顶煤开采技术逐步改进完善，已成为开采 6~20m 特厚煤层有效方法之一。法国和前南斯拉夫开采特厚煤层效果显著，采煤工作面产量比传统式开采法翻了一番，工效提高 2~3 倍，掘进巷道和维护工程量减少 50% 以上。因此，综采放顶煤开采技术在 20 世纪 70~80 年代很快在法国、前南斯拉夫、匈牙利、前捷克、前苏联等国相继试验和推行。世界主要产煤国家厚煤层放顶煤开采的主要技术经济指标见表 1-1-1。

表 1-1-1 世界主要产煤国家厚煤层放顶煤技术经济指标

国 别	矿 名	开采方法	煤层厚度 (m)	采高 (m)	面长 (m)	倾角 (°)	平均日产 (t)	工作面效率 (t/工)
法 国	布朗基	一次采全高	8.5	2.8	91	10	1735	33.5
法 国	罗兹来	一次采全高	7.8	2.4	91	45	2660	55.4
法 国	罗兹来	一次采全高	5~26	3.0	80	30	1500	40.0
南斯拉夫	维雷耶	一次采全高	11.4	2.6	90	15	1700	38.2
南斯拉夫	维雷耶	一次采全高	7.5~12	2.8	80	15	1600	33.3
南斯拉夫	玛亚矿	一次采全高	12	3.0	120	22	2000	20.0
匈 牙 利	奥伊克	一次采全高	7.0	2.8	120	20	1463	26.0
匈 牙 利	达克西	一次采全高	6.27	2.8	94	23	1000	14.9

二、几个主要放顶煤国家的技术特点

1. 法国

法国是世界上采用放顶煤方法较早的国家之一。18 世纪初，法国厚煤层放顶煤开采（即高落式）是采用沿煤层底板掘巷，后退时将顶煤冒落下来并运出，这种方法丢煤多、不安全，而且易自燃发火。随着长壁综采的发展，法国在布朗茨、阿基坦和塞维涅等矿区全面推广综合机械化放顶煤方法，并一度成为法国中南煤田开采缓倾斜和倾斜厚煤层的惟一方法。但由于法国适合放顶煤开采的煤层越来越少，放顶煤开采的工作面逐年渐少。

法国采用放顶煤的主要方法有 8~12m 煤层的顶煤全厚冒落法、坚硬顶板顶煤冒落法和顶煤分层冒落法。

法国用于综合机械化放顶煤开采的液压支架有 3 种类型：一是带有“香蕉”形尾梁的四柱式自移支架；二是带有掩护梁和四连杆机构的四柱支撑掩护式支架；三是 FB21-30S 型掩护支架。该架型是法国采用的主要架型，支架为四柱支撑掩护式，掩护梁上面设有放煤窗口，由液压控制其开关。放煤窗口内装有一个液压控制的搅动器，约高出冒落空间 900mm，有助于破碎大块煤和冒落顶煤。

采煤机主要有两种类型：一种是双滚筒采煤机，另一种是艾柯霍夫公司制造的短机身单滚筒采煤机。

通常工作面设有前后 2 台输送机，前部双电机驱动，功率分别为 48kW 和 110kW，链径为 18mm，链速为 1.5m/s；后部为单中链铠装输送机，单电机驱动，其功率为 110kW。

法国放顶煤开采工艺包括长壁式放顶煤、短壁式放顶煤、房式放顶煤和仓式放顶煤。

长壁放顶煤最初由布朗茨矿试验沿煤层底板开采 8m 厚的煤层，获成功后，又推广到 8~20m 煤层。该矿煤层顶板易破碎，煤层倾角 0~30°，为低瓦斯矿，煤层易自燃。放顶煤支架主要采用 FB21-30S 型掩护支架。如开采 6.31m 厚的煤层时，工作面长 100m，采煤机为单滚筒，链牵引，电机功率为 150kW。前、后部输送机均为德国生产的 EKF₂ 型铠装输送机。工作面平均日产 934t，平均工效 13.56t/（工·班），放顶煤工序由 5 个工人两班完成。最好的生产月份达到月产煤 55872t，平均日产 2660t，工效 50.44t/工。

法国放顶煤开采存在的主要问题是工作面回采率、防尘和防火等问题。

在解决放顶煤工作面防尘、防火问题上，法国经多年实践已较好地解决了这些问题。采取的有效防火措施是：向采空区灌浆，向工作面两端头注入化学泡沫，以封闭采空区所有的漏风通道。采用后退式开采和下行通风方式时，用喷射混凝土或喷射硬石膏的方式封闭巷道。采用伪倾斜工作面或沿倾斜向下回采的倾斜长壁时，可将瓦斯封闭于采空区，或向采空区注入氮气，都可阻止自然发火。同时还经常检查采空区和回风流中的 CO 和 O₂ 含量，以掌握采空区的发火规律。采取注水方法进行抑尘，做法是：在后退式回采时，可从工作面上下顺槽平行于工作面钻孔，一般提前 2 个月向工作面前方煤体注水。煤层注水后，可大大降低空气中粉尘含量。

2. 前南斯拉夫

前南斯拉夫的维雷耶煤矿于 1947 年开始试验综采放顶煤方法开采 10m 厚的煤层，直到 1953 年才获得成功，并在该矿大面积推广。前南斯拉夫的厚煤层已不用分层开采法，

全部采用放顶煤开采。从 1962 年开始陆续引进国外的放顶煤液压支架和采煤机，实现了放顶煤开采综合机械化。从液压支架的实际使用效果来看，德国赫姆夏特液压支架能够适应较复杂的条件，前苏联 KTY 型次之，法国玛雷尔支架则要选定合适的条件。放顶煤工作面最高日产 1600t，工效 33.3t。

前南斯拉夫根据机械化放顶煤开采的多年实践，认为煤层直接顶分类和煤层围岩性质是确定液压支架参数和开采工艺的关键。当直接顶和顶煤易冒落、较易冒落或中硬时，可直接应用放顶煤开采法。当直接顶相隔较长时间才能冒落时，放顶煤法只能用于第二分层。当直接顶放炮才能冒落时，不能用放顶煤开采法。特别破碎的顶板应留煤皮或加金属网才能用适当的液压支架，宜用封闭的支撑掩护式支架。

3. 匈牙利

匈牙利从 20 世纪 40 年代开始试验放顶煤开采法。40 年代中期，匈牙利在尤凯 (Jokai) 矿井开采缓倾斜煤层时采用木支柱支护，简单地利用顶板垮落放顶煤，但产量不大。60 年代研制并应用了摩擦金属支柱以后，这种方法得到了广泛应用，产量不断增加。此后，又先后研制出多种放顶煤液压支架。其中有工作面前方放顶煤支架、开天窗放顶煤支架和侧开门式放顶煤支架等。在运输方面有双输送机 and 单输送机 2 种。

匈牙利在寻求改造厚煤层开采方法的过程中，在沿走向方向开采无法进一步改善指标的情况下，转向垂直走向方向开采，放顶煤采煤法获得了进一步的发展。

在奥依柯矿相同地质条件下，采用放顶煤开采法的技术经济效果明显优于分层开采法，见表 1-1-2。

表 1-1-2 放顶煤开采法与分层开采法的技术经济比较

项 目	分层开采法	放顶煤开采法	
	1980 年 4 季度	1982 年 4 季度	1983 年
产 量 (t)	71930	204401	407770
日产量 (t)	828	1463	1349
生产井全员效率 [t/ (人·班)]	2.9	6.0	5.46
井工效率 [t/ (人·班)]	9.2	15.7	20.5
工作面效率 [t/ (人·班)]			26.09
开采高度 (m)	3.3	6.2	5.44
事故次数 (次)	18	9	8

注：资料来源，厚煤层放顶煤开采设备与技术，煤炭工业出版社，1995 年 12 月。

三、影响国外综采放顶煤技术发展的几个因素

综采放顶煤技术在国外经过了数十年的试验和发展，尤其是在法国、前南斯拉夫和匈牙利等国取得了较好效果，但由于受各方面因素的影响，从 20 世纪 80 年代中期开始，其发展势头逐渐衰弱，工作面越来越少，目前仅有东欧极少数矿仍在使用。其主要原因有：

(1) 受客观条件的限制，适合放顶煤开采的煤层少。综采放顶煤技术在国外虽然经历了数十年的试验和发展，但始终未在西方主要产煤国家如美、英、德、澳等国家运用，主要是受客观条件限制。美国和澳大利亚煤层赋存条件好，极易露天开采和传统综采；英国

煤多属薄煤层和中厚煤层，2.2m 以上的煤层仅占可采煤层储量的 12%，而适宜放顶煤的厚及特厚煤层极其有限；德国褐煤煤层厚，但赋存浅一般均为露天开采，井工硬煤特厚煤层很少。采用放顶煤技术最早的法国经过几十年的开采（包括 20 世纪 70 年代前非机械化厚煤层开采），适合放顶煤综采的煤层越来越少。匈牙利探明储量仅 42.3 亿 t，其中褐煤 38.5 亿 t，目前该国煤炭产量 1450 万 t/a，可采储量只能供几十年开采。罗马尼亚探明储量仅 47 亿 t，其中褐煤 34 亿 t，厚煤层大多集中在褐煤田，不适宜放顶煤开采。

(2) 受严格的安全规程和放顶煤技术自身弱点的制约。综采放顶煤技术今天虽已发展到很高水平，但其自身存在的弱点有些并没有彻底解决，尤其是回收率、瓦斯、粉尘、防火等问题均未得到很好解决。放顶煤工作面空气中含尘量比传统开采要高得多，为了降低粉尘，除对采煤机割煤洒水外，还要对放煤采取额外降尘措施，甚至煤层注水。前苏联采用掺湿润剂洒水措施后，放煤时的空气含尘量平均仍在 $180\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。火灾和瓦斯也是制约国外综采放顶煤发展的主要因素。放顶煤工作面推进速度慢，采空区极易聚积瓦斯，匈牙利就曾因采空区起火而封闭工作面。法国布朗茨矿井下曾多次发生火灾，多个工作面因自然发火不得不关闭，有的工作面设备全部丢失，造成严重后果。西方主要产煤国家在这方面的要求极其严格，例如美国规定粉尘标准为井下最高允许浓度 $2\text{mg}/\text{m}^3$ （一个工作班内），英国井下工作地点最高允许浓度为 $11\text{mg}/\text{m}^3$ ，德国为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。德国新法规对粉尘工作环境中允许工作班数做了严格限制，如对 I 类人员（21 岁以上）在 4 级粉尘环境中允许工作班数 30 班/a，II 类人员（21 岁以下）为 10 班/a。就目前的技术水平而言，综采放顶煤无论如何是达不到这些安全规程要求的。

(3) 环境保护方面的要求。综采放顶煤工艺有个常被忽视的重大弱点，这就是综采放顶煤所采煤层多为特厚煤层，支架后面的采空区无法充填，多年后势必导致地表严重塌陷，危及自然环境。西方国家非常重视这个问题，德国即便目前开采中厚煤层，也仍进行采空区充填。

(4) 传统综采的效益优势。西方主要产煤国家的中厚煤层一次采全高综合机械化采煤技术已成熟，安全、效益极好。美国 1997 年创工作面单产 90.8 万 t/月的世界纪录，澳大利亚也创造了月产 42 万 t 的世界好成绩。因此，即使在特厚煤层中也更愿意采用分层开采，而不愿去冒风险试验放顶煤工艺。

第二节 我国综采放顶煤技术的发展动态

一、我国综放技术的发展历程

放顶煤开采技术在我国的发展进程可大致分为以下 3 个阶段：

第一阶段为探索试验阶段（1982～1990 年底）。我国从 1982 年开始研究引进综放开采技术，并于 1984 年 6 月在沈阳蒲河矿开始试验，以后又在窑街二矿、辽源梅河口矿、乌鲁木齐六道湾矿、平庄古山二、三号井进行过综采放顶煤试验。1987 年平顶山一矿引进匈牙利 VHP-732 型开天窗放顶煤支架试验获得成功。1988 年 12 月，阳泉矿务局一矿开始试验掩护梁开天窗综采放顶煤工艺，取得了工作面月产 58524t、效率 25.1t/工的好成绩。到 1990 年下半年，该矿 8603 工作面月产突破 14 万 t，比该矿分层综采工作面产量

和效率高 1 倍以上,工作面煤炭回收率超过 80%。它证明了综放开采确实能实现高产高效,并为放顶煤技术的发展打下了良好的基础。

第二阶段是成熟阶段(1990~1995 年)。它标志着我国综放开采技术走上了成熟的独立发展道路,不仅超过了分层综采的技术经济指标,并且在装备上特别是在放顶煤支架的研制上摆脱了完全靠引进国外技术的模式,取得了创新性的进展。1991 年研制出新一代低位放顶煤支架,实现了综放技术的重大突破,使综放技术在全国许多矿区开始推广使用。另一方面“三软”煤层、倾斜煤层、高瓦斯煤层等难采煤层实现了长壁放顶煤开采,年产量也大幅提高。

第三阶段从 1995 年到现在,是完善提高阶段。这一阶段综放开采巨大的技术优势引起了广大煤矿企业的高度重视;对“三软”、“两硬”、“大倾角”、“高瓦斯”、“易燃”、“较薄厚煤层”等难采煤层的放顶煤开采技术有了长足的发展,并形成了各自开采特色。兖州、潞安、阳泉等矿区的一批综放工作面的生产指标已超过国外,处于世界领先水平。

随着综放单产水平的提高,我国的综放支架也在不断趋于完善,由最初的低位、中位、高位放煤,单、双输送机运煤的多种型式综放支架,逐渐统一到适合我国的以低位放煤为主的综放架型系列,工作阻力为 2000~30000kN/架的轻型综放支架近年来也有长足发展。在放煤工艺上也由原来的二刀、三刀单轮多轮顺序间隔等多种方式逐渐趋向于加大截深、一刀一放、多轮顺序的单一方式,使顶煤放出率达到了 80% 以上。

二、综采放顶煤技术取得的成就

自 20 世纪 80 年代初开始引进国外并不成熟的放顶煤技术,经过近 20 年的生产实践与理论研究,使综放开采技术在我国日渐成熟。我国综采放顶煤技术取得了以下成就:

1. 实现了低投入、高产出的高产高效

综放工作面实现高产高效是我国煤矿开采十几年来最突出的成就,它集中体现了综放开采在技术和经济方面的巨大优势,对促进我国煤炭工业的发展起了重要作用。其主要特点是:

(1) 不断创造和保持着我国长壁工作面高产高效的最高纪录;

(2) 综放工作面能实现高产高效是带有普遍性的规律,与同等条件下的综采分层工作面相比,绝大多数综放工作面的产量和效率都可提高 1~3 倍;而工作面直接成本可降低 30%~50%;

(3) 有利于减少工作面数量,减少和简化生产环节,减少井上下辅助工人数,使矿井处在减人提效的良性循环中,有利于矿井实现集中化生产;

(4) 在实现高产高效的同时,降低了资源的浪费和巷道掘进率,全面减少了材料、动力、人力的消耗,也不需要大幅度增加设备的投入。

(5) 综放开采的低投入、高产出充分体现了我国煤炭工业技术进步的特色。

2. 研制成功了适应综采放顶煤的系列架型

在综放开采技术发展的最初阶段,我国的放顶煤支架架型繁多,大多是模仿产品。其中既有仿制东欧的高位放煤支架,也有仿制西欧的多种类型中位及低位放煤支架。由于这些类型的支架存在一些重要的缺陷,在我国都没有得到发展。只是当潞安矿务局和郑州煤机厂在我国铺底网支架基础上研制出的新一代低位放顶煤支架得到应用,并取得很好的效

果后，放顶煤支架架型才逐渐统一定型。以后又陆续研究出了几种新的低位放煤支架架型，形成了我国放顶煤支架自己的、也是国内外最好的支架系列。如 ZFP5200-17/32 型低位放顶煤支架 1998 年在兖州矿务局创出了平均月产 45 万 t、年产 501 万 t 的世界纪录。目前这类支架已成为我国放顶煤的主要使用架型，特别在中硬煤、硬煤中已广泛应用。

3. 提高了放顶煤回采率

煤矿开采保持较高的煤炭回采率是衡量开采技术先进性的重要指标。根据统计，我国放顶煤开采工作面的回采率平均达到 81%~83%，并呈现增长的趋势；区段之间不留护巷煤柱，采区回采率可以达到 75% 以上，符合国家要求。

应当指出，尽管我国在提高放顶煤开采回采率方面做了大量工作，也取得了一些成绩，但部分工作面回采率仍然不高，进一步提高回采率的潜力仍很大。因此，还需在理论和实践方面不断探索和加强。

4. 建立了综放的安全保障体系

随着矿井生产集中化、大型化、系列化的实现，因煤炭自燃、煤矿粉尘及矿井瓦斯带来的安全隐患尤为突出，做好矿井瓦斯、煤矿粉尘和自然发火的防治工作就尤为重要。

我国在放顶煤开采的瓦斯、煤矿粉尘及自然发火的防治方面取得了以下可喜的成果。

(1) 在瓦斯防治方面采取的有效措施有：合理选择工作面通风系统和风量、稳定风量、区域均压、沿空巷道喷涂堵漏、采空区密闭、瓦斯检查与检测、消灭失爆现象和一切引爆火源、防尘与隔爆、处理回风隅角瓦斯超限等。

(2) 在防治放顶煤开采自然火灾方面采取了以下有效的技术措施：向采空区灌注黄泥浆或胶体泥浆；向高冒区压注凝胶防火材料；向采空区注惰性气体（注氮）；加固巷道围岩（煤）、巷道支架壁后充填，用阻燃物质喷涂巷道表面或向巷道松动圈内灌注阻燃物质；沿空巷道一侧灌浆（阻燃物质）封隔采空区；向工作面停采线上方顶煤预注阻燃物质；降低供风量和风压差，采取均压通风。

(3) 不断发展完善了放顶煤工作面防尘技术，主要表现在：喷雾降尘自动化（随动）装置的普遍采用；工作面吸尘装置研究取得进展；降尘机理及降尘添加剂的研究取得进展；提高预注水降尘的技术有了进展。

应该指出，我国放顶煤工作面尽管采取了防尘措施，但实际效果与一般长壁工作面一样远远达不到国家工业卫生标准的要求，仍有大量工作需要开展。

5. 综放开采的基础理论研究工作取得很大成绩

十几年来综放开采生产技术有了很大发展，生产技术的发展带动了技术研究和基础理论研究工作的发展，最主要成果有放顶煤开采工艺、放顶煤工作面矿山压力及岩层控制、顶煤运移和顶煤破坏规律、顶煤和直接顶冒落后的散体煤岩运动规律、顶煤可放性评价标准、放顶煤开采瓦斯运移特点等。

三、发展趋势

综放顶煤开采是特厚煤层采煤方法的新发展，具有技术先进、投入少、消耗少、效率高、安全性好的特点，是开采缓倾斜、急倾斜特厚煤层的发展方向之一。随着科学技术的进步，厚煤层现代开采体系必将逐步发展和完善。总的发展趋势是：

(1) 采放工艺科学化。通过继续优化工艺参数，合理加大工作面长度，提高装备的自

动化程度,使工作面单产水平继续提高。从综放技术的潜力分析,将工作面的年产量提高到 600~800 万 t 是完全有可能的。

(2) 设备能力大型化。为满足矿井大规模集中化生产的需要,大功率、高性能的设备是必不可少的。为推动大型矿井技术进步和生产发展,“十五”期间兖矿集团将在兴隆庄矿率先实施高效洁净示范矿井项目“年产 600 万 t 的综放工作面成套装备与技术研究”的攻关。最新科研成果的推广和应用,将大幅度提高技术与装备的生产能力、可靠性和自动化程度。

(3) 提高设备可靠性和寿命。随着综放技术的发展,工作面单产不断提高,矿井生产日益集中化,因而,综放设备的适应性和可靠性显得尤为重要。近几年,通过技术引进、消化、吸收,我国已开发出了一些大型设备,但是一些主要元件的制造还没有过关,体积大、重量大、性能差的问题仍然比较突出,还必须在这些方面下功夫。

(4) 安全措施标准化、系列化以及解决由于综放开采带来的一系列理论和实际问题。必须树立“大安全”观念,积极推行 ISO9000 系列标准和“一通三防”的先进管理方法,建立健全安全管理体系,提高矿井防范事故的能力。

安全技术的研究是健康地发展综采放顶煤开采最根本的保证。多年来我国综采放顶煤开采安全技术研究取得很大成绩,初步摸清了放顶煤开采安全问题的特征,特别是工作面岩层控制与瓦斯、自燃的防治技术措施等方面取得了明显的成绩。必须继续加大工作力度,在传统长壁开采方法已有安全技术体系基础上,根据放顶煤开采特点建立与之相应的安全技术体系。

厚煤层综采放顶煤开采的采动影响在很多方面与厚煤层分层开采及单一煤层开采有很大不同,放顶煤开采的高速发展给基础理论提出了大量需要回答的课题,在上覆岩层运动及破坏、顶煤破坏、老顶岩层平衡、放煤、巷道矿压、瓦斯、自燃、工作面煤尘等方面也需要开展广泛的研究。

第三节 综采放顶煤技术在兖州矿区的应用发展

兖矿集团于 1991 年在兴隆庄煤矿 5306 工作面试验综采放顶煤技术获得成功,1992 年起在全矿区迅速推广。综放开采推动了兖州矿区的整体技术进步,使矿区各项技术经济指标发生了质的飞跃,开辟了一条实现厚煤层开采低投入、高产出、高效益的最佳技术路线,对我国综采放顶煤技术的发展起到了积极的推动作用。

一、兖矿综放开采的煤层条件

1. 煤 层

兖州煤田和济宁煤田(东区)均属第四系冲积层覆盖的石炭二叠系隐蔽煤田。煤田基底为奥陶系灰岩,盖层为残存的上侏罗统红色砂岩。

兖州煤田山西组和太原组共含煤 24 层,平均总厚 16m,含煤系数 5.1%。其中,可采和局部可采煤层平均总厚 12.7m,含煤系数为 4.1%。山西组主采的第 3 层煤在煤田北部合并为一层,厚 8~10m,中、南部分岔为 3_上、3_下,厚度分别为 3.60~7.00m(平均 5.23m)、1.27~6.40m(平均 3.2m)。3(3_上)煤层埋藏稳定、厚度适中,适于“综放”

开采。

济宁煤田共含煤 27 层，平均总厚 17.11m，含煤系数 6.8%。其中，可采和局部可采煤层共 8 层，平均总厚 10.94m，含煤系数 4.4%。

两煤田煤质牌号大部为中变质的 2 号、3 号气煤，煤田深部及太原组煤层局部为气肥煤。山西组第 3 层煤是低灰至中灰、低磷、特低硫、高发热量、高挥发分、中等粘结性、富至高油、高灰熔点，中等易选的气煤（CM₄₃）；太原组第 16_上、17 层煤是极易选的气煤（QM₄₃）和气肥煤（QF₄₆）。

2. 地质构造

兖州煤田位于鲁西南断块东部构造盆地，为不对称向斜构造。轴向 NEE，向 E 倾伏。地层倾角 2°~15°，一般 5°，局部达 20°。煤田内以宽缓褶皱构造为主，断层较稀疏，次级褶皱发育，属中等偏简单类型。断层可分为 3 组，以高角度正断层为主，有少量逆断层。对生产影响较大的构造主要是小断层，亦多属于正断层。

3. 煤层顶、底板

兖州煤田“综放”开采的第 3 层煤直接顶板为 1~4m 厚的粉砂岩，局部地段有 0.5m 以下的泥岩伪顶。其上为 10~20m 以上浅灰色长石石英中砂岩老顶；煤田中、南部煤层分岔地段，夹石层下部的泥岩、粉砂岩或砂岩作为下层（3_下）煤的顶板，夹石层变厚带在泥岩、粉砂岩以上的粉砂岩、细砂岩为下层（3_下）煤的直接顶或老顶。第 3 层煤的直接底板为 1~2m 厚的粉砂岩，其下为 10~17m 厚的细砂岩。

4. 地 温

据兖州煤田钻孔测定：非煤系地层地温梯度较小，一般为 1.6℃/hm；煤系地层地温梯度相应增高，一般为 2.7℃/hm；综合平均地温梯度为 2.44℃/hm。通常 -650m 以上层段的地温不超过 31℃，属正常地温区；-650~-950m 层段的地温为 31~37℃，属 I 级高温区；-900m 以深的地温将超过 37℃，属 II 级高温区。

5. 煤层瓦斯

矿区各矿井瓦斯涌出量较低，历年瓦斯鉴定结果均为低瓦斯矿井。在正常通风情况下，矿井瓦斯涌出量比较均匀，大多数采掘工作面风流、回风流中瓦斯浓度都很低，一般不会出现瓦斯超限。当通风系统失常或遭到破坏（如局部通风机停风）时，则可能出现瓦斯积聚和超限现象。在沿空送巷时，如果通风系统不合理，即使局部通风机正常送风，采空区瓦斯也可能泄出，造成瓦斯积聚。如 1993 年 11 月 24 日东滩矿 14303 运顺西头沿空送巷时，回风流瓦斯积聚浓度达 7%~8%。这充分说明，瓦斯仍是威胁安全生产的一大隐患，如果麻痹大意，甚至可能发生瓦斯燃烧和爆炸灾害。

6. 煤尘爆炸指数

各可采煤层均有煤尘爆炸危险。据 1996 年测定结果，上组煤煤尘爆炸指数为 37.42%~42.16%，下组煤为 42.3%~49.0%。2000 年各矿井煤尘爆炸指数鉴定结果分别为：南屯 40.0；兴隆庄 39.96；鲍店 42.16；东滩 37.42；济二矿 37~39；济三矿 41.0。

7. 煤层自燃倾向性

矿区开采第 3 层煤的矿井均发生过自然发火，开采第 16_上 和 17 层煤的矿井从未出现过自燃现象。近几年各矿多次采取煤样用“着火点法”和“吸氧法”对 3 层煤自燃倾向等