

谨以此书祝贺中国煤炭学会成立 50 周年

综采放顶煤技术 理论与实践的创新发展

——综放开采 30 周年科技论文集

天地科技股份有限公司开采设计事业部 采矿技术研究所 编
煤炭科学研究总院开采设计研究分院



煤炭工业出版社

谨以此书祝贺中国煤炭学会成立 50 周年

综采放顶煤技术理论与实践的创新发展

——综放开采 30 周年科技论文集

天地科技股份有限公司开采设计事业部
煤炭科学研究总院开采设计研究院 采矿技术研究所 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在总结我国 30 年来综采放顶煤技术发展经验的基础上,汇集了 30 年来综放开采在综放开采理论,采煤工艺,矿压显现及顶煤运移规律,巷道布置与支护,液压支架设计制造及综放工作面配套设备,综放顶煤冒放性,综放开采采出率,覆岩破坏与地面保护,综放开采安全仪器的研发与应用,综放工作面“一通三防”技术,高瓦斯煤层综放开采相关技术,综放开采防治水技术等各个领域的研究成果与实践经验,内容涵盖了综放开采技术领域的各个方面。

本书适用于从事综采放顶煤技术理论研究与应用的科研人员和工程技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

综采放顶煤技术理论与实践的创新发展:综放开采 30 周年科技论文集/天地科技股份有限公司开采设计事业部(煤炭科学研究总院开采设计研究分院)采矿技术研究所编.——北京:煤炭工业出版社,2012

ISBN 978-7-5020-4127-4

I. ①综… II. ①天… III. ①综合机械化掘进-放顶煤开采-文集 IV. ①TD327.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 232964 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京房山宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 889mm × 1194mm¹/₁₆ 印张 42
字数 1223 千字 印数 1—1 200
2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷
社内编号 6950 定价 168.00 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

综放开采 30 周年科技论文集

支 持 单 位

1. 天地科技股份有限公司开采设计事业部
(煤炭科学研究总院开采设计研究分院)
2. 中国煤炭学会岩石力学与支护专业委员会
3. 潞安矿业(集团)有限责任公司
4. 中煤平朔集团有限公司

北京

2012. 10

序

我国是一个煤炭资源非常丰富的国家，厚度大于3.5 m的煤层储量占总储量的40%以上，20世纪80年代以前，我国厚煤层的主导采煤方法仍是机械化程度不同的人工假顶分层开采，但分层开采存在巷道布置系统复杂、顶板管理困难、安全隐患大、开采成本高等诸多问题和缺点。

1964年法国首先在布朗齐矿试验成功了综合机械化放顶煤采煤法，对厚度8~20 m的特厚煤层进行一次采全厚开采，并先后在前苏联、前南斯拉夫、罗马尼亚、匈牙利等国得到推广应用。

1982年煤科总院开采所科研工作者在法国考察和学习了综放开采技术，经原煤炭部批准，由煤科总院牵头进行放顶煤实验室研究、采煤工艺、放顶煤支架以及配套设备的研制工作。1984年第一个缓倾斜特厚煤层一次采全厚综合机械化放顶煤开采工艺与装备，开始在沈阳蒲河煤矿进行井下工业性试验。1985—1986年在甘肃窑街矿务局二矿进行急倾斜特厚煤层水平分段综合机械化放顶煤采煤法试验，试验结果表明，综放开采在我国煤层赋存条件下应用是完全可行的。

1986年以后，综合机械化放顶煤采煤法在我国进入推广、完善、提高阶段，先后在辽源矿务局、乌鲁木齐矿务局、平庄矿务局推广了急倾斜特厚煤层水平分段放顶煤采煤法；在平顶山、阳泉、潞安、晋城、郑州、兖州等矿务局推广了缓倾斜特厚煤层综放采煤法，都取得了良好的技术经济效益。综放开采技术推广的结果，打消了人们的顾虑，缓倾斜综放工作面的单产纪录一破再破，1991年阳泉二矿首先创下综放工作面单产0.14 Mt/月的纪录；1993年潞安王庄矿综放工作面单产达0.311 Mt/月，年产达到2.53 Mt；1994年兖州兴隆庄矿综放队年产达2.72 Mt。实践证明，综放开采的试验成功和推广应用，已成为对我国煤炭工业发展产生深远影响的创新成果之一。

2001年，国家技术创新项目“600万t综放工作面设备配套与技术研究”，在兖州兴隆庄矿试验成功。该项目采用国内最先进的装备并辅以引进国外关键设备和技术，首次在综放工作面采用电液控制放顶煤液压支架，在300 m长的工作面上，实现了平均日产原煤0.02 Mt以上，最高月产0.64 Mt，年产达到6.4 Mt。针对四柱式综放支架前后立柱受力不均衡的缺点，2004年，相关产学研单位联合研制开发了两柱掩护式综放液压支架。经过持续不断的创新与实践，我国综放开采技术水平居世界领先地位。

综放开采技术在我国发展的各个阶段，煤科总院开采所都发挥了重要的推动作用。自1982年以来，在综放工艺论证及设计、综放高端液压支架开发、全煤大断面或困难

巷道锚杆支护等综放关键技术领域，共完成了600多项技术革新和攻关。2003年，开采所科研工作者又创新性的提出了“大采高综放开采”的理念及年产10 Mt综放面设备配套原则，扩大了综放开采煤层厚度的应用范围，使得一些厚度大于12 m的巨厚煤层得以实现一次采全厚开采，成为和大采高综采并驾齐驱的高端采煤方法。

综放开采技术虽然引进自国外，但是，广大的科技工作者和现场工程技术人员结合我国的煤层赋存条件进行了创新性攻关，使综放开采的适用范围不断扩大，除在顶煤冒放性好的煤层实现高产高效外，在“三软”不稳定厚煤层、大倾角厚煤层、较薄厚煤层、“两硬”煤层、浅埋特厚煤层、难采煤层等条件下均实现了高产高效开采，将厚煤层开采的储量优势转化为经济优势。目前，综放开采技术仍存在不少技术难题，有待进一步研究解决，要因地制宜地推广综采放顶煤技术，根据不同矿区的地质条件、煤层赋存等特点，做好综采放顶煤开采技术创新和工艺更新。

在综放开采30周年之际，天地科技股份有限公司开采设计事业部（原煤科总院北京开采所）采矿技术研究所征集了百余篇论文，汇集了30年来综放开采在采煤工艺、矿压显现及顶煤运移规律、巷道布置与支护、液压支架设计制造及综放工作面配套设备、综放开采回采率、覆岩破坏与地面保护、综放开采安全仪器的研发与应用、综放工作面“一通三防”技术、高瓦斯煤层综放开采相关技术、综放开采防治水技术等各个领域的研究成果与实践经验，内容涵盖了综放开采技术领域的各个方面。《论文集》是30年来我国综放开采技术的全面总结；是综放开采技术试验、发展、完善、创新的结晶。《论文集》不乏综放开采技术的新理论，新观点，新技术，新创造，也是一部很好的教科书，值得认真阅读、思考和借鉴。



2012年10月

目 次

一、综放开采综述

中国厚煤层采煤方法的一次革命	樊运策 (3)
特厚煤层大采高综放开采技术现状及发展	申宝宏 郭玉辉 (8)
淮北矿区极软厚煤层综放开采理论与实践	王家臣 李 伟 (12)
对我国综放开采技术发展的思考与展望	孙洪星 (19)
侏罗纪中硬厚煤层综放开采实践	于海湧 (23)
大倾角厚煤层综放开采关键技术研究与实践	屠世浩 袁 永 屠洪盛 (27)
浅埋深两硬条件下综放开采关键技术研究	李全生 (35)
放顶煤开采方法的特征与发展	孟宪锐 (46)
究矿综放技术在澳大利亚的创新使用与推广 ——综放技术进入澳大利亚澳思达煤矿应用实例	来存良 (53)
浅谈我国煤炭资源赋存特点和开采技术现状	曹光明 杨胜利 (65)

二、综放采煤工艺、采出率与顶煤冒放性

极近距离煤层整体合层综采放顶煤(岩)技术	赵庆彪 张振芳 王德胜 赵昕楠 (71)
厚表土深井大采高综放开采新技术研究应用	张 明 姜福兴 任艳芳 (78)
俯斜综放开采放煤步距合理选择研究	张 勇 司艳龙 张江利 许力峰 刘珂铭 吕伟伟 (88)
顶煤冒放性评价的支持向量机研究	蓝 航 (96)
综放开采煤炭采出率与采选综合经济效益研究	陈忠辉 陈庆丰 马 宁 (103)
综放工作面煤炭采出率研究综述	李东印 周 英 李林博 (110)
重型综放快速缩面技术	吴吉南 张龙哲 (117)
含夹矸厚煤层的综放开采技术研究	潘卫东 杨胜利 仲淑姮 (124)
两淮矿区“三软”极复杂厚煤层综放技术研究与实践	杨 科 (133)
平朔井工三矿特厚煤层综放开采放煤工艺研究	张学亮 李志刚 彭可平 (141)
超高巷道复合煤层大倾角综放开采技术	刘正平 张江云 高维智 (147)
杭来湾矿3号特厚煤层采煤方法选择研究	潘建国 (152)
综放顶煤裂隙度钻孔探测及冒放性改善方法	李春睿 黄志增 范志忠 (156)
急斜煤层综放开采顶煤注水软化技术研究与应	周 强 (161)
基于PFC数值模拟的大倾角厚煤层放煤工艺研究	张会军 (168)
复合顶板与煤矸互层条件下倾向长壁开采技术与工艺实践	梁国栋 姚永康 刘海涛 (175)
综放工作面过断层技术应用研究	贾湛永 (181)
提高水平分段综放开采顶煤冒放性技术研究	赵志鹏 杜涛涛 (186)
综采放顶煤工作面顶板弱化处理技术	郭光华 (193)

柳塔矿侏罗纪厚煤层强制放顶技术研究	冯晓栋	范志忠	于海湧	任永强 (201)
花山矿大倾角工作面坚硬顶板爆破弱化研究	邓永胜	王成果	李春睿	(205)
浅析综放工作面防止刮板输送机下滑的措施	赵晋强	李春睿	黄志增	(211)

三、综放工作面矿压显现及顶煤运动规律

特厚煤层综放开采顶板运动特征与支架工作阻力确定	闫少宏	于雷	刘全明 (217)
华亭矿区急倾斜特厚煤层水平分层综放开采矿压与控制	鞠文君		(229)
支架初撑力对工作面矿压影响研究	徐刚		(234)
深部承压水上大采高工作面底板破坏深度理论研究	许延春	姚依林	陈胜然 柳昭星 (238)
综放开采松软顶煤落放规律的理论研究	富强	吴健	(244)
三道岭矿区“三特”煤层综放开采围岩稳定性分析	范志忠		(249)
余吾煤业 S2106 工作面巷道顶板离层临界值的确定	胡万胜	孙森	(256)
特厚煤层综放采场直接顶关键层及支架适应性	刘锦荣		(262)
煤矿采煤工作面顶板灾害监测系统研究与应用	付东波	徐刚	毛德兵 秦海涛 孙学波 (268)
大倾角松软特厚煤层综放工作面顶煤顶板稳定性			
控制及数值模拟研究	高维智		(274)
厚松散层浅埋大采高综放工作面切顶压架原因分析	任艳芳	马兆瑞	(279)
酸刺沟矿综放工作面矿压异常显现及控制技术	孙晓东		(287)
采煤工作面顶板稳定性安全评价方法研究	母军	方云龙	(292)
综放面顶煤移动全过程规律研究	师皓宇	田多	付恩俊 牛国星 (296)
唐口矿井受采动影响下微震活动规律研究	李国营	刘虎	(303)
矿山压力监测数据远程同步传输方法研究	李靖	付东波	徐刚 毛德兵 (306)

四、放顶煤液压支架及工作面配套设备

放顶煤工作面支架载荷分析计算	史元伟		(313)
特厚煤层大采高强度放顶煤工作面成套			
设备选型及液压支架设计	杨振复	魏连河	贾洪宪 陈欢欢 张冬梅 邵天旗 (323)
两柱掩护式综放支架的承载特征与顶梁位态稳定性研究	刘长友	杨培举	丁斌 (330)
平朔矿区两柱掩护式放顶煤支架适应性研究	张忠温		(338)
综放工作面输送系统能力浅析	周景林		(344)
四柱放顶煤液压支架立柱受力不均衡规律及机理研究	何凤强	李春睿	(348)
基于 FLAC3D 数值模拟下两柱掩护式综放支架适应条件分析	张震		(354)

五、大采高综放

大采高综放开采适用条件分析研究	毛德兵	姚建国	(365)
大采高综放合理采高确定及放煤工艺研究与实践	于斌		(372)
大采高综放工作面煤矸流场规律及放煤工艺参数确定	刘长友	黄炳香	杨培举 吴锋锋 (379)
大采高综放开采技术在不连沟煤矿应用研究	黄志增	任艳芳	(386)
大采高综放开采矿压显现的长度效应研究	刘全明		(391)

大采高综放面煤壁片帮机理及控制措施分析	尹希文 (397)
大采高综放采场“铰接岩梁”结构稳定性分析	于雷 闫少宏 (403)
东胜煤田侏罗纪厚煤层大采高放顶煤开采“一通三防”实践	任永强 (409)
大采高综放工作面覆岩空间运动规律的微震监测研究	夏永学 (418)
基于 FLAC3D 的大采高综放工作面顶煤运移规律研究	祝凌甫 闫少宏 (426)

六、综放开采巷道布置与支护

综放沿空掘巷大、小结构稳定性原理及其应用	李兴华 侯朝炯 姚强岭 梁顺 (435)
平朔矿区综放全煤巷道锚杆支护技术	吴吉南 (443)
某矿综放工作面运输巷矿山压力显现规律数值模拟研究	于庆波 陈晓雷 (450)
浅埋深非连续顶板综放大断面切巷支护研究与 实践	曲建光 李龙生 董良钻 贾湛永 韩伟 (455)
特厚煤层综放沿空掘巷区段煤柱宽度优化研究与实践	娄金福 (467)
特大断面托顶煤巷道支护技术研究	星宁江 (479)
大断面锚网支护工作面综放支架整体安装工艺	李志刚 (485)
松软煤层条件下工作面切眼锚索网支护技术	郭光华 (490)
特厚煤层综放沿空掘巷区段煤柱宽度的优化研究	韩伟 韩晓东 贾湛永 (497)
高强度锚网索带组合支护技术在高应力巷道中的应用	李万仕 蒲栓云 (504)
特厚煤层综放工作面切巷锚杆锚索联合支护技术	张民 (509)
成庄矿采煤工作面采用 U + U 四巷布置方式	李志刚 (517)
大断面切巷组合支护技术应用实践	贾湛永 (521)

七、综放开采安全技术

放顶煤过程中的安全问题分析	贾光胜 (529)
海下综放开采断层条件下导水裂缝带高度与留设防水安全煤 岩柱的研究	胡炳南 陈佩佩 刘鸿泉 张刚艳 (536)
水体下综放控水安全开采技术及其应用	康永华 (541)
深部综放开采巷道冲击地压防治试验研究	乔国厚 (548)
下沟煤矿综放工作面相关安全问题研究	解兴智 (558)
深部综放开采多因素耦合诱冲类型、机理及时机 分析	潘俊锋 夏永学 秦子晗 杜涛涛 王书文 (565)
全煤冲击地压巷道多层复合支护结构力学分析及应用	张寅 (574)
微震监测技术在冲击地压监测中的应用研究	王传朋 王元杰 陈法兵 (581)
关于综放工作面硫化氢气体防治技术的探讨	朱雷 (589)
碲镉汞探测器在气体探测中的应用	秦海涛 (593)
急倾斜煤层综放开采顶煤超前预爆弱化技术研究	周强 (598)
综放工作面地震 CT 技术探测底板角砾岩侵入范围	王书文 韩新明 (603)
照金煤矿综放工作面瓦斯治理技术与应用	许红杰 (607)
综放工作面瓦斯涌出与采动应力关系研究	秦子晗 (613)
防冲理念在综放开采冲击地压矿井中的运用	别小飞 (618)
地音监测技术在冲击地压预测预报中的应用	

.....	王元杰 王传朋 陈法兵 宋治红 邢麟楠 黄继伟	(621)
高水压工作面底板注浆加固技术研究	李振华 许延春 陈新明	(626)
关键层与煤层垂距对冲击地压危险性的影响以及回向摩擦力的初步研究	陈法兵	(633)
冲击型特厚煤层工作面超前卸压范围研究	张益超 曲效成 杨宏伟 朱斯陶	(636)
综放工作面顶板事故防治技术研究	周 峰	(643)
综放工作面综合防尘关键技术及工艺研究	魏国山	(649)
运用瓦斯地质方法进行煤层瓦斯含量预测	杨 旭 张泽飞 马 强 郭海富	(653)
易自燃厚煤层“孤岛”工作面下分层综放开采防灭火技术实践	李万仕 张建营	(658)

一、综放开采综述

中国厚煤层采煤方法的一次革命

樊运策^{1,2}

- (1. 煤炭科学研究总院开采设计研究分院, 北京 100013;
2. 天地科技股份有限公司开采设计事业部, 北京 100013)

摘要 我国是一个煤炭资源非常丰富的国家, 20 世纪 80 年代以前, 随着采煤机械的发展, 我国厚煤层的主导采煤方法是机械化程度不同的人工假顶分层开采。1984 年, 第一个缓倾斜特厚煤层一次采全厚综合机械化放顶煤开采工艺与装备, 开始在沈阳蒲河煤矿进行井下工业性试验。1985—1986 年, 又在甘肃窑街矿务局二矿进行急倾斜特厚煤层水平分段综合机械化放顶煤采煤法试验。综合机械化放顶煤开采不但解决了厚煤层和特厚煤层分层开采存在的技术难题, 而且为开采厚煤层的企业带来高产高效和显著的经济效益。30 年的实践证明, 综放开采技术的引进推广和应用提高, 为我国厚煤层的开采方法带来一次历史性的巨大变革, 也为高产高效矿井建设和不少矿井的扭亏增盈、增加经济效益, 保持国有煤矿的可持续发展做出重大贡献。

关键词 厚煤层 采煤方法 综合机械化放顶煤

1 概述

我国是一个煤炭资源非常丰富的国家, 厚度在 3.5 m 以上的煤层储量占总储量的 40% 以上, 从厚煤层中采出的煤量, 占我国煤炭总产量的 40% ~ 45%。目前我国年产超过千万吨的矿区都有厚和特厚煤层开采。在 20 世纪 20 年代以前, 世界上各产煤国家的厚煤层开采多用落后的掏洞子、仓储式、巷采以及高落式方法开采, 产量、效益极低, 不安全, 资源浪费大。20 世纪 20 年代以后, 逐步用长壁分层方法代替以上的采煤方法。

20 世纪 80 年代以前, 随着采煤机械的发展, 我国厚煤层的主导采煤方法是机械化程度不同的人工假顶分层开采。有爆破落煤木支护, 爆破落煤金属支柱支护, 采煤机落煤单体液压支柱支护以及落煤、运输、支护完全机械化的综合机械化分层开采。与高落式采煤方法相比, 分层开采使采煤工作面扩大了生产规模, 工作面产量得以随着采煤机械的发展逐步提高, 安全生产环境得以改善, 煤层采出率也明显提高。

但是, 分层开采不管其机械化程度如何, 仍然存在许多明显的缺点: 一是巷道布置复杂, 采煤工作面不仅要有分层采煤巷道, 而且还必须有岩石集中巷道为各分层的运输和通风服务, 因而增加了采区准备工作量和掘进费用, 并使矿井的运输、通风系统复杂化。二是采煤工作面工艺复杂, 需铺设木板、荆笆、竹笆或金属网等人工假顶, 材料消耗多, 回采成本高。三是顶板控制有难度, 特别是在煤层顶板破碎的情况下, 分层开采易发生顶板事故。在分层开采的条件下, 还较普遍地存在着瓦斯和自然发火的威胁。四是在煤层厚度变化大的情况下, 往往最后一分层厚薄不均或时有时无, 无法进行回采, 不得不将剩下的煤丢掉, 因而造成煤炭资源的丢失。

2 综合机械化放顶煤开采技术的起源与引进

1964 年法国首先在中南煤田的布朗齐矿试验成功了综合机械化放顶煤采煤法, 对一层厚 8 ~ 20 m

的特厚煤层进行一次采全厚开采。所谓综合机械化放顶煤开采，就是在缓倾斜或倾斜煤层的底板布置一个工作面，用长壁综合机械化采煤法开采一定高度的煤炭（一般为2.5~3 m），而顶部的煤在矿山压力及放顶煤液压支架反复支撑的作用下破碎、冒落并通过液压支架的放煤口将冒落的顶煤放入刮板输送机内运出的方法。这种方法实质上有两个出煤工作面：一个是采煤机割煤工作面；一个是放顶煤工作面。所以这种方法在前苏联也被称为双工作面采煤法。在综放工作面里，采煤机割煤和放顶煤可以平行作业，即两个工作面可以同时出煤。

综放开采在法国试验成功后，先后在苏联、南斯拉夫、罗马尼亚、匈牙利等国得到推广应用。1982年，作者从法国留学回国后，即建议原煤炭工业部进行立项，将这一方法应用于我国的厚煤层机械化开采。经原煤炭工业部批准后，从1982年开始由煤炭科学研究总院牵头进行放顶煤试验室研究和采煤工艺、放顶煤支架以及配套设备选型方案设计。1984年，第一个缓倾斜特厚煤层一次采全厚综合机械化放顶煤开采工艺与装备，开始在沈阳蒲河煤矿进行井下工业性试验。1985—1986年，又在甘肃窑街矿务局二矿进行急倾斜特厚煤层水平分段综合机械化放顶煤采煤法试验。这两个项目均在1986年进行了鉴定，其中窑街二矿的急倾斜特厚煤层水平分段综合机械化放顶煤采煤法于1988年获原煤炭工业部科技进步二等奖，1990年获国家科技进步二等奖。由于当时中国煤炭工业的技术装备落后，煤矿机械制造水平低，煤矿机械化开采管理落后，试验工作面的技术经济指标未达到国外同类工作面的先进水平。但试验结果证明，综放开采在我国是完全可行的。

3 综放开采技术的发展和提高

1986年以后，综合机械化放顶煤采煤法进入推广、完善、提高阶段，并在我国得到迅猛的发展，先后在辽源矿务局、乌鲁木齐矿务局、平庄矿务局推广了急倾斜特厚煤层水平分段放顶煤采煤法；在平顶山、阳泉、潞安、晋城、郑州、兖州等矿务局推广了缓倾斜特厚煤层综放采煤法，都取得了良好的技术经济效益。

当初，试验综放开采技术的出发点是解决我国不稳定厚煤层的开采问题，并没有寄希望实现高产高效。在综放开采技术推广的初期，不少人对综放还持怀疑态度，反对的声音也不少。例如，有的矿区在进行综放试验时，做两手准备，要求放顶煤支架设计时，支架具备在综放开采失败时很容易改造为分层开采的铺网支架。

综放开采技术推广的结果，打消了人们的顾虑，急倾斜综放工作面的月产达到6万多t，缓倾斜综放工作面的单产纪录一破再破，1991年阳泉二矿首先创下综放工作面单产0.14 Mt/月的纪录，使人们看到了综放工作面实现高产高效的前景。此后，各矿区均在不断更新装备，朝着高产高效的方向努力，自1991年以后，综放工作面最高单产和年产纪录不断被刷新。同年，潞安漳村矿综放工作面月产又突破0.15 Mt；晋城凤凰山矿综放工作面最高单产达0.18 Mt/月；潞安五阳矿综放工作面月单产突破0.21 Mt。1993年潞安王庄矿综放工作面单产达0.311 Mt/月，年产达到2.53 Mt。1994年兖州兴隆庄矿综放队年产达2.72 Mt。实践证明，综放开采的试验成功和推广应用，已经成为对我国煤炭工业产生深远影响的创新成果。1991年，该项目获国家科技进步二等奖。1995年以后，综放开采进入高产高效发展阶段。

综放开采技术推广的过程中，在原煤炭工业部综放开采专家组的指导下，组织攻关放顶煤开采存在的自然发火、瓦斯超限、粉尘超标、采出率偏低等技术问题，并制订了《放顶煤开采暂行规定》，使综放开采技术得以健康的发展。

2001年作为国家技术创新项目的“600万t综放工作面设备配套与技术研究”，在兖州兴隆庄矿试验成功。该项目采用国内最先进的装备并辅以国外关键设备和技术，首次在综放工作面采用电液阀程序控制放顶煤液压支架，在300 m长的工作面上，实现了平均日产0.02 Mt以上，最高月产0.64 Mt，年产达到6.4 Mt。该项目的试验成功，使我国的综放开采技术处于世界领先水平。2002年兖州东滩

矿综放工作面年产亦达到 6.07 Mt。

4 综放开采的技术经济优势

近年来,综放开采之所以成为我国高产高效矿井建设的重要技术途径,是因为这种采煤方法不仅符合我国国情,而且它在技术上较厚煤层分层开采和单一煤层综采有明显的技术和经济优势。

(1) 综放开采实现了缓倾斜特厚煤层的一次采全厚开采和急倾斜特厚煤层的水平分段开采,对地质条件的适应性较分层综采和单一煤层综采更强。适应于煤层厚度变化大,顶底板起伏不平,断层构造多,以及其他地质条件变化的不稳定煤层。

(2) 综放开采一次开采厚度大幅度增加,煤层开采强度加大,实现了垂直集中生产,而且低位放顶煤支架工作面有两个出煤点,在同样工作面长度和工作面推进速度的情况下,综放开采较分层综采和单一煤层综采工作面的单产可以成倍的增长。

(3) 综放开采较分层综采的巷道掘进率低,工作面寿命长,搬家次数少,吨煤设备投入费用少,工作面材料、电力等消耗少,因而工作面直接成本大大降低。综放开采的吨煤成本可比分层综采的成本降低 10 元以上,因而矿井的经济效益可以明显提高。不少矿区都是靠综放开采实现扭亏增盈的。实践证明,综放开采是一种高产、高效、安全、低耗、经济效益好的采煤方法,已成为我国高产、高效矿井建设的重要技术途径。

(4) 自然发火的频率降低。分层开采周期长,自然发火频繁。例如,分层开采时采空区多次启闭,自然发火频繁,使一些工作面被迫弃采。据阳泉矿务局统计,建局以来厚煤层开采共发生自然发火 41 次,封闭报损煤量 300 余万吨。这样不仅浪费了大量资源,而且对矿井安全构成了直接威胁。同时放顶煤开采巷道布置简单,通风系统简化,而且省去了分层开采的岩石集中巷。

(5) 采用双输送机放顶煤液压支架的工作面,采煤和放煤平行作业,可以实现高产、高效。由于煤层的开采强度增加,同样大小的采煤工作面,在工作面推进速度相同的情况下,工作面产量将成倍增加。综放工作面单产的提高,可以有效促进矿井集中生产,矿井工作面数可以比分层开采大大减少。例如阳泉矿务局采用分层开采时全局 15 号煤层有 22 个采煤队,其中 9 个综采、11 个高档、2 个普采队。目前,在 15 号煤层产量与 1988 年基本持平的情况下,采煤队减少到 11 个,其中 9 个综放队、2 个普通综采队;全局采煤工作面平均个数由 1989 年的 39.61 个减少到 1993 年的 22.26 个;全局生产采区个数由 1989 年的 40 余个减少到 1993 年的 29 个。即放顶煤综采的推广使用,使 15 号煤层减少采煤队 11 个,少占用采煤装备 11 套,减少采煤人员近 2000 名,全局减少工作面 17.35 个,减少生产采区 11 个,使过去的生产采区分布广,运输战线长,占用设备多,生产辅助人员多,风、水、电消耗量大,事故点多,效率、效益差,安全管理难度大的状况得以改变,有效地促进了矿井集中生产。又如潞安矿务局王庄煤矿采用分层开采时,年产 4 Mt 的矿井需 5 个综采工作面,采用综放以后,工作面减少为 2 个,兖州兴隆庄矿也是如此。

(6) 利用地压落煤,电能消耗少。据统计,综放开采比普通综采每吨煤可节约电能 1.32 度。同时放顶煤的块炭率增高,尤其对于一些无烟煤矿区,如阳泉矿区,采用综放开采后,块炭率较以往增加 14%,使矿井的经济效益显著提高。

(7) 一次采全厚,节省金属网等材料。阳泉矿务局自 1988—2003 年采用综放开采 15 年,共节约金属网约 500 万 m^2 ,节约资金 7550 万元。

(8) 减少工作面搬家次数,延长了工作面寿命,设备占用少,减少了设备租赁费。综放开采工作面的生产集中化程度高,所占用的设备数量比分层开采成倍减少,设备投资及维修费用低。例如阳泉矿务局已经开采的 40 个综放开采工作面,如果采用分层综采则需搬家倒面 80 次,综放工作面个数的成倍减少,不仅节约了搬家费用和劳动量,而且增加了矿井有效生产时间,按工作面每搬一次家需一个月时间,综放开采工作面月平均产量 0.085 Mt 计算,则少搬 40 次家就可多出煤 3.4 Mt。

(9) 经济效益好,坑木、金属网等材料消耗大大减少,电耗低,块煤率高,因而吨煤成本降低,多数矿区的放顶煤开采成本均能比分层开采减少 10 元左右。

5 技术创新为煤炭企业插上腾飞的翅膀

科学技术是经济发展的推动力,技术创新是企业腾飞的翅膀,厚煤层采煤方法的改革符合煤炭工业发展坚持“科技是第一生产力”的指导思想,符合依靠科技进步,加大技术改造力度,促进产业结构、产品结构调整,增强企业的技术创新能力和核心竞争力,坚定不移地实施科教兴煤和可持续发展战略。它不但使大型国有矿井扭亏增盈,增强市场竞争力,实现高产、高效、集中生产,而且为地方小煤矿的技术改造,实现机械化开采作出了贡献。

例如,煤炭科学研究总院与陕西省彬县合作探索中小煤矿技术改造的道路,采用综放开采技术对下沟煤矿进行技术改造,只投入 3000 多万元,就将一个年产 0.45 Mt 的中小矿井改造成为一个年产 1.5 Mt 生产能力的大矿,经济效益十分显著,使该矿成为彬县的利税大户。彬县下沟煤矿在陕西省地方国有煤矿中实现了“三个第一”,即第一个采用综合机械化放顶煤开采技术,第一个采用综合机械化掘进技术,第一个采用全煤巷锚杆支护技术,为陕西省乃至全国地方煤矿的升级改造做了很好的示范,被誉为具有中国特色煤炭企业科技发展的“彬县模式”。

综合机械化放顶煤开采不但解决了厚煤层和特厚煤分层开采存在的技术难题,而且为开采厚煤层的企业带来高产、高效和显著的经济效益。以兖州矿区为例,1991 年开始综放试验以前,除薄煤层和中厚煤层外,厚煤层全部用分层综采或分层高档普采,由于分层开采工艺存在着许多不利因素,长期制约着矿区综采的进一步发展,矿区年总产量只有 1100 多万 t,企业年年处于亏损状态。1991 年,兖州矿区开始在兴隆庄煤矿进行综放开采试验,并获得成功。至此,兖州矿区将综放开采作为厚煤层采煤工艺改革的主体模式,在矿区 4 大矿井中推广应用,并逐年加大科技投入,综放开采的产量比例由 1992 年的 4.45% 增加到 1999 年的 90.24%。矿区总产量由 1992 年的 11.9 Mt 增加到 2002 年的 40.8 Mt;综放工作面的单产和工效均创全国新高。1992 年,矿区为亏损经营,随着综放开采的逐渐推广应用,1993 年便开始扭亏为盈,到 2002 年全矿区盈利人民币达 5 亿多元。综放开采的投资效益非常显著,投入产出比高,投资回收期短。例如兴隆庄煤矿的年产 6 Mt 综放工作面的设备总投入只有 1.6 亿元。一年产煤 6.4 Mt,年净增利润 3 亿多元,投资回收期不到一年。

又如,中煤能源集团公司平朔煤炭工业公司安家岭煤矿,采用露天矿开采特厚煤层,在露天矿开采深度增加,剥离量逐年增加,露天矿面临亏损的情况下,用井工和露天联合开采的方式,攻克了我国浅埋深、硬顶板、硬厚煤层条件下综放开采中的顶板难冒落、顶煤难破碎和采出率低等一系列技术难题,形成了露天井工联合安全高效生产成套技术,填补了国际采煤领域的空白,为我国晋北地区等类似条件下煤炭安全高效开采提供了技术支持。井工矿采用综放开采,不但解决了露天矿盲采区 0.25 Gt 煤炭资源的采出问题,而且井工矿工作面采出率达到 85% 以上,采区采出率在 75% 以上,仅在一号井上窑采区 3 个工作面,即可多回收煤炭 5.38 Mt。在国内首次实现了大规模露井联合采协调生产,节约了大量资金。项目决算投资 47.3 亿元,比最初可研报告动态投资 97.4 亿元减少了一半。露天采区长度由 1500 m 缩至 900 ~ 1100 m,减少矿建剥离 1900 万 m^3 ,外排土场减少 7000 万 m^3 ,购地面积相应减少 1.3 km^2 ,仅基建剥离就为项目建设减少投资近亿元。

大采高综放的提出和实施,使综放开采技术上了一个新台阶。随着我国大采高综采装备水平的提高,加之综放开采的厚度受采放比 1:3 的制约,为适应厚煤层矿区高产、高效矿井建设的需要,从 2002 年开始实施大采高综放开采——即割煤高度大于 5 m 的综放开采试验研究,使工作面的设计生产能力达到 10 Mt。大采高综放比普通综放有以下优势:

- (1) 工作面割煤高度加大,放煤高度相应减小,可提高放顶煤工作面采出率。
- (2) 工作面割煤高度加大,为充分利用当前大功率采煤机与输送机创造条件,可增加工作面割

煤量，提高工作面产量。

(3) 工作面采用大采高放顶煤支架，有利于顶煤的垮落，改善顶煤冒放性，为工作面配备大功率后部输送机提供了空间。

(4) 大功率后部输送机为工作面多放煤口放煤提供了保证，缩短了放煤时间，提高工作面单产。

(5) 大采高支架的宽度增加，可有效减少循环移架、放煤时间，有效地缩短工作面循环时间，加快工作面推进速度，有利于防火，是综放开采实现进一步高产的途径。

截止到2011年，据不完全统计，全国的综放产量已超过0.2 Gt。30年来，厚煤层综放开采为煤炭企业增加经济收入近千亿元。30年的实践证明，综放开采技术的引进推广和应用提高，为我国厚煤层的开采方法带来一次历史性的巨大变革，也为高产、高效矿井建设和不少矿井的扭亏增盈、提高经济效益，保持国有煤矿的可持续发展做出重大贡献。可以说厚煤层采煤方法改革的技术创新，成为建设有中国特色的高产、高效矿井的技术突破口，成为煤炭企业经济效益的增长点，为中国煤炭工业的发展带来生机。

作者简介

樊运策 (1937—)，男，河南内乡人，研究员，采煤方法专家，原煤炭部综放开采专家组成员，我国综放开采技术的先行者和开拓者，国家特殊津贴享受者。著有《综合机械化放顶煤开采技术》等书，曾经获国家科技进步一等奖1项、二等奖2项，获煤炭工业部和省级科技进步二等奖4项。