

■ 闫振东 著

煤炭采掘

创新工艺技术与装备



煤炭工业出版社

煤炭采掘创新工艺技术与装备

闫振东 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤炭采掘创新工艺技术与装备 / 闫振东著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2013

ISBN 978-7-5020-4276-9

I. ①煤… II. ①闫… III. ①煤矿开采 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 174241 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
三河市万龙印装有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17¹/₄
字数 403 千字 印数 1—2 000
2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
社内编号 7104 定价 75.00 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

内 容 提 要

本书共3篇12章,分别阐述了新型岩(煤)巷掘进工艺技术与装备、新型采煤工艺技术与装备。主要内容包括岩(煤)巷掘进与支护设备、岩巷掘进综合机械化作业线、连掘技术、煤层巷道准备工程施工技术、“8G”采煤工艺及装备、短壁大采高“采内放外”采煤工艺及装备、新型薄煤层采煤工艺及配套设备、“三下”开采技术等。

本书可供从事煤矿机械化开采工作的技术人员、管理人员阅读,还可作为大中专院校相关专业的教学参考书。

序

煤炭是我国的基础能源，在我国能源总结构中占将近70%，产能已经超过40亿吨，为保障我国经济社会发展发挥着重要作用。而且，在未来较长的时期内，煤炭仍将在我国一次能源结构中占50%以上，煤炭作为主体能源的地位不会改变。

近年来，世界范围内掀起了新一轮以绿色开采、低碳技术和建设生态矿山为核心内容的能源产业变革。我国作为全球第一产煤大国，党和政府对于加快煤炭产业变革高度重视并给予大力支持。当前，采用先进适用技术改造传统煤炭产业，建设资源节约型、环境友好型现代化矿井，切实转变传统的高投入、高消耗、高污染、低效率的增长方式，已经成为我国煤炭工业现代化发展的大势所趋。

在推进我国煤炭工业现代化进程中，推行煤炭绿色开采，促进资源开发、环境保护与区域经济协调发展，成为当务之急和重中之重。这对煤炭企业发展提出了新的课题，因此，进一步加强煤炭行业科技创新，加快煤炭采掘工艺技术和先进装备研发制造，推进煤炭行业建设科技含量高、安全性能好、经济效益高、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到发挥的现代化矿井，实现安全、高效、低碳、绿色环保发展，成为煤炭企业的责任和煤炭产业大军的期盼。

实践出真知。山西晋煤集团闫振东同志，从事煤矿工作30载，秉持对煤炭事业的挚爱，凭借对煤炭工业低碳、安全发展的执着，把在煤矿工作的实践经验、做法和探索，把对煤炭生产中深层问题的深刻了解、领悟、理解，把对煤炭产业发展的理性思考、总结、提炼，升华为煤炭采掘理论、工艺、技术和装备创新，提出了“以矿压为主、机械为辅”的采煤理论，构建了煤与煤机联动发展模式，创建了具有自主知识产权、40余项专利的“煤炭采掘创新工艺技术与装备”。这些理论、工艺、技术和装备创新，是对传统的完全依靠机械做功的采煤方法和理论的继承和发展，填补了国内外煤炭开采的多项空白。

闫振东同志将“煤炭采掘创新工艺技术与装备”这一系统实践经验、技术研究成果和理论创新汇编成册，形成《煤炭采掘创新工艺技术与装备》一书，以期引起广大同行的共鸣。

作为一名煤炭工业发展的亲历者和研究者，我认为《煤炭采掘创新工艺技术与装备》一书，无论是煤炭研究，还是煤矿实践，都可借鉴。这一系统实践知识得以推广、应用，无疑是一名基层煤炭工作者，为建设生态文明矿山，全面提升煤炭工业发展科学化水平做出的贡献，值得肯定。

中国工程院院士 周世宁

二〇一三年七月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 新型岩（煤）巷掘进工艺技术与装备

第一章 掘进工艺发展及新型掘进法	11
第一节 岩巷掘进装备及发展方向	11
第二节 煤巷掘进装备及工艺现状	14
第三节 新型掘进法及配套装备概述	17
第二章 新型掘进与支护装备	21
第一节 矿山掘支装备发展概况	21
第二节 ECMMY 系列岩巷掘锚机	27
第三节 CMM 系列液压锚杆钻车	36
第四节 S200MJ 改进型连掘机	45
第五节 CZMB2-40/25 型半煤岩巷钻装锚机	49
第六节 CZM 系列煤巷钻装锚机	53
第七节 ZPD40/20 型履带式装岩机	64
第八节 煤矿井下用 JSBX6-L 型湿式喷浆机	69
第三章 新型岩巷掘进综合机械化作业线	76
第一节 岩巷掘进配套装备及工艺技术	76
第二节 ECMMY 系列掘锚机岩巷机械化作业线	79
第三节 ECMMY 系列掘锚机岩巷作业线工业试验	81
第四节 ECMMY 系列岩巷掘锚机组工作性态监测研究	84
第五节 新型岩巷掘锚机组优越性分析	88
第六节 CMM 钻车—破装机—喷浆机岩巷机械化作业线	90

第二篇 新型煤巷掘进工艺技术与装备

第四章 第一代连掘工艺	95
第一节 施工组织与管理	95

第二节	第一代连掘工艺的适应条件及评价	101
第三节	第一代连掘工艺实例	102
第四节	第一代连掘工艺的发展趋势	107
第五章	第二代连掘工艺	109
第一节	第二代连掘工艺的形成背景	109
第二节	第二代连掘装备	110
第三节	生产组织与管理	110
第四节	三巷快速掘进工艺	115
第五节	第二代连掘工艺的适应条件及评价	118
第六节	三巷施工实例	119
第七节	第二代连掘工艺的发展趋势	126
第六章	通用连掘工艺	129
第一节	掘进工艺的综合评价和比较	129
第二节	通用连掘工艺	131
第三节	通用连掘工艺的发展趋势	133
第七章	新型掘进(准备)法	135
第一节	开口工程特点及形式	135
第二节	开口工程施工准备	136
第三节	开口工程施工	138
第四节	开口工程实例	140
第五节	开口工程施工设备及工艺评价	144

第三篇 新型采煤工艺技术与装备

第八章	“8G”采煤工艺	149
第一节	“8G”采煤工艺及形成背景	149
第二节	“8G”采煤工艺的实现	150
第三节	“8G”采煤工艺装备	150
第四节	“8G”采煤工艺及配套装备工业试验	152
第五节	“8G”采煤工艺在赵庄矿5307工作面的应用	155
第六节	“8G”采煤工艺的优越性	158
第九章	大采高“采内放外”理论与应用技术研究	159
第一节	大采高“采内放外”落煤原理及矿压理论分析	159
第二节	大采高壁式钻采工作面长度对覆岩垮落影响的 UDEC 数值分析研究	173

第三节	大采高壁式钻采工作面长度对采动支承压力影响的 UDEC 数值分析研究	179
第四节	大采高壁式钻采工作面围岩稳定性 FLAC3D 数值分析研究	186
第五节	大采高壁式钻采工作面围岩三带理论分析及 UDEC 数值分析研究	199
第六节	大采高壁式钻采工作面短壁端面顶板控制机理的 UDEC 数值分析研究	202
第七节	大采高壁式钻采工作面回采模型试验研究	206
第十章	短壁大采高“采内放外”采煤工艺	214
第一节	“采内放外”工艺及形成背景	214
第二节	短壁大采高“采内放外”采煤工艺的实现	215
第三节	短壁大采高“采内放外”采煤工艺装备	217
第四节	短壁大采高“采内放外”采煤工艺工业性试验	220
第五节	短壁大采高“采内放外”采煤工艺及装备创新	235
第十一章	新型薄煤层采煤工艺及配套设备	238
第一节	国内外薄煤层采煤机研究及应用现状	238
第二节	新型薄煤层采煤工艺	240
第三节	新型薄煤层采煤机及配套设备	242
第四节	新型薄煤层采煤工艺的技术进步	245
第十二章	创新型旺格维利及“三下”采煤工艺	247
第一节	创新型旺格维利采煤工艺	247
第二节	“三下”房柱充填式采煤工艺	250
第三节	“三下”条带充填式采煤工艺	253
参考文献		260
后记		264

绪 论

一、研究背景及现状

煤炭是我国现阶段最重要的能源之一,在我国国民经济中具有重要的战略地位。2011年我国一次能源消费结构中,煤炭占 70.4%,全国原煤产量高达 3.52 Gt。改革开放以来,我国通过引进、消化、吸收、自主研发,煤矿生产逐步向机械化发展,在采煤工艺大力发展的同时也有力地促进了直接为煤炭开采提供技术装备的煤矿机械行业的发展。

目前,矿山开采主要有露天开采和地下开采两种。在漫长的采矿实践中,人类采矿工具从简单的石器、木器到铜、铁等金属工具,搬运方式也从人力、畜力到机械利用逐步改变。17 世纪黑火药的发明和 18 世纪的工业革命,加速了采矿业的机械工业化进程。1867 年诺贝尔达那炸药的发明和 19 世纪空气压缩机的出现,动力机械凿岩开始代替手工凿岩。到 20 世纪初,采矿技术进入了机械化大规模开采时代。《中国煤炭机械行业调研报告(2011)》数据显示,我国煤机制造行业的总产量位居世界首位。2009 年,煤机行业的 122 家企业完成煤机总产量 25.83×10^5 t,比 2008 年增长 21.7%;实现工业产值 693.17 亿元,比 2008 年增长 19.54%。

采矿机械的有力发展,推动了采矿工艺的发展。采矿作业也从矿藏的露头作业发展到露天开采,再到地下井巷开采。露天开采方法主要采用台阶式,地下采煤方法主要有壁式和柱式,为减小对地表影响逐步出现了充填式采煤法。到 20 世纪 70 年代,我国的采煤方法大多沿用房柱式采煤法。壁式采煤较柱式采煤而言,因其简化了巷道、减少了上下山而得以迅速推广。20 世纪初,刮板输送机开始使用,壁式采煤法随之有了很大发展,除美国和澳大利亚等国外,在苏联、英国、联邦德国、波兰等国壁式采煤法产量占矿井总产量的 90%;我国煤矿自 20 世纪 50 年代开始采用壁式采煤法,随着采煤机械化程度的不断提高,1984 年采用该方法的产煤量占统配煤矿总产量的 90% 左右。

壁式采煤法主要分长壁采煤法和短壁采煤法。在煤矿生产中,巷道掘进工作量占工作总量的近 75%,长壁采煤因其工作面较长,巷道布置简单,巷道掘进和维护费用低,投产快,运输系统和通风系统均较简单,采煤工作面技术经济效果好且易于实现等长工作面,减少了由于工作面长度变化而增加或拆装自移式液压支架和接长或缩短输送机的工序,因而备受大中型矿井的青睐。随着矿井生产步入后期,同时受小煤矿采区破坏的影响,长壁采煤法也显现出其缺点,即工作面布置成为制约其使用的瓶颈。近年来,山西省政府推进煤矿资源重组,这些兼并重组整合矿井煤炭资源比较分散,地质构造相对复杂,受技术条件和开采工艺的限制,大部分采用简易机采或炮采的方式,安全性差,生产效率低,工作环境恶劣,资源浪费严重。这些矿井都面临着改造升级的紧迫问题,煤炭采掘工艺技术和装备就成为急需解决的一个难题。为提高煤矿采出率以及延长矿井寿命,需回收边角煤及煤柱,更好地发展和研究一次性采全高短壁采煤法、薄煤层采煤法就成为亟待解

决的重要课题。目前,国内外采掘工艺及设备现状分述如下。

(一) 岩(煤)巷掘进

目前国内外煤巷机掘技术较为成熟,但岩巷机掘技术尚不成熟。20世纪70年代全岩巷掘进机逐步出现。当前用于全断面岩巷的掘进机主要有两种:一种是全断面盾构机(TBM),该设备功率大,机身重,切割硬岩能力强,生产效率高,采用全断面实施一次或两次成巷的作业方式,广泛应用于隧道施工工程;另一种是重型悬臂式掘进机,主要适用于煤矿井下硬岩巷道施工,如澳大利亚奥钢联公司生产的AHM105重型掘进机、美国多斯科公司生产的MK3重型掘进机。近几年,我国在引进国外全岩巷掘进机的基础上,也在实施岩巷掘进机的国产化研制,如煤炭科学研究总院山西煤机装备有限公司生产制造的EBH315TY型悬臂式岩巷掘进机、三一重装公司自主研发设计制造的第一台EBZ318H型悬臂式岩巷掘进机。目前国内的岩巷掘进机最大截割功率318 kW,截割硬度 $f \leq 10$ 。其共同特点如下:一是采用挤压破岩机理,实际应用中对于岩石硬度 $f \leq 8$ 时适用,对于截割硬度 $f \geq 10$ 的只能向重型化和大功率化发展;二是由于作业环境窄小,在切割时支护环境差,安全得不到保证,尤其是在顶板条件差的条件下,作业人员的安全无法保障,尽管已开展掘支平行作业一体机的实践,但在现场并不能实现,只能依次顺序作业;三是进口配套设备价格不断提升,不能及时到位,往往造成停机停产的局面。

(二) 壁式采煤法

目前壁式采煤法,按工作面配套设备可分为综合机械化、普通机械化和爆破落煤3种,按工作面长度又可分为长壁采煤法和短壁采煤法。

1. 综合机械化采煤法

综采工作面的工序为割煤—移架—推移刮板输送机。

采煤机的工作方式有单向割煤和双向割煤,采煤机的进刀方式主要分为有缺口进刀和无缺口进刀,使用双滚筒采煤机大多采用无缺口斜切进刀方式。在工作面长度较短、顶板条件较差且工作面两端头作业时间长的条件下,宜选用单向割煤方式,即中部斜切进刀单向割煤或端部斜切进刀单向割煤工艺。对于长度较大、顶板条件为中等稳定以上、端头支护状况良好、推移机头顺利的工作面,应选用端部斜切进刀双向割煤工艺。若停机等待移机头(尾)的时间大于采煤机空程的运行时间,为了提高割煤刀数,对于采煤机牵引速度快的工作面,采用单向割煤比采用双向割煤增产的幅度大。

为了对割煤后的暴露顶板和煤壁进行及时支护,一般采用跟机移架。这一动作一般在手动阀门的控制下完成。随着采煤机功率的加大和割煤速度加快,自动化程度提高,现在多采用大流量阀和电磁阀实现快速移架。

煤炭由工作面刮板输送机、工作面运输巷转载机和可伸缩带式输送机运出。目前国产综采工作面的刮板输送机与转载机一般采用直接搭接、端部卸载的方式,端头维护困难,作业时间较长,影响采煤机的开机率和生产能力的发挥;高产综采面的刮板输送机与转载机之间则多采用固定十字连接侧向卸煤,转载机与工作面输送机具备联锁自移功能,大大缩短了端头支架维护长度,简化了端头支护,缩短了端头作业时间,使端头支护与工作面支护相协调,确保了综采工作面的快速推进。

工作面采用液压支架支护顶板,全部垮落法管理顶板,上、下出口一般各采用一组端头支架,加强支护。

2. 普通机械化采煤法

单一长壁普通机械化采煤工作面采用采煤机或刨煤机割煤，采煤机的超前机窝一般采用爆破落煤，机头段长度为8~10 m，深度为截深的2~4倍。工作面煤炭的运输方式与综合机械化采煤相同。工作面采用单体液压支柱和金属顶梁进行支护，也可以采用悬（滑）移支架支护，一般排距0.8~1.2 m，柱距0.6~0.8 m。支架的布置方式如下：顶板特别完整，采用戴帽点柱；顶板完整，压力不大，采用顶梁长与截深相等的齐梁直线柱布置；顶板破碎易冒落，采用锚梁直线布置；顶板比较稳定时，也可采用错梁交错柱（三角形）布置；顶压大时可用一梁二柱布置，一般用无密集放顶、垮落法管理顶板。

3. 爆破落煤采煤法

单一长壁爆破落煤工作面布置与普通机械化采煤相同，适用于0.6~2.5 m厚度煤层，薄煤层工作面长度在选用可弯曲刮板输送机或其他轻型输送机时达80~100 m，中厚煤层工作面长度在选用可弯曲刮板输送机时达100~150 m，工作面年推进度可达420~540 m。工作面采用爆破落煤、人工装煤，炮眼布置方式由采高、煤层硬度来确定，常用的有单排、双排及三排眼。炮采一般每次进尺0.8~1.2 m，采用每眼少装药，一次多爆破作业方式。采用单体液压支柱和金属顶梁进行支护，其布置原则为当顶板完整、压力不大，可采用戴帽金属点柱；当采高较大，伪顶易冒落或顶板破碎时，采用金属支柱和顶梁支护；采用齐梁直线柱布置，支架排距0.8~1.2 m，柱距0.6~0.8 m，无密集放顶。

（三）房柱式采煤法

房柱式采煤法采用宽巷（5~7 m）将待采煤层切割成长宽十几米到二三十米的正方形或长方形煤柱，视顶板条件可回收部分煤柱，完成采煤工作。连续采煤机房柱式采煤法具有投资少、出煤快、适用性强、机械化程度高、效率高、安全好等优点。自20世纪80年代初，我国开始引进连续采煤机成套设备及采煤技术，在条件合适的矿区进行试验。实践证明：连续采煤机房柱式采煤法作为长壁综合机械化采煤法的一种补充，在适宜条件下，可达到良好的技术经济指标，获得较好的经济效益。

房柱式开采大巷一般沿煤层主要延伸方向布置，两侧划分盘区，大巷数目通常为6~9条，多条巷道并列布置，能充分发挥设备效率，也便于通风和生产，一般中间数条进风巷，两侧为回风巷。为便于大巷掘进和两侧盘区运输，带式输送机大巷位于多条大巷的中间，大巷宽度一般为5~6 m，大巷之间一定距离要开联络巷，以满足在多条大巷开掘时连续采煤机配套的梭车或蓄电池运煤车运输和通风安全的需要。大巷煤柱尺寸根据覆岩矿山压力和煤柱强度确定，一般大巷间煤柱宽20~25 m，联络巷间距20~30 m，大巷两侧隔离煤柱30~60 m，大巷煤柱在大巷报废时回收。盘区准备巷不得少于3条（即一条带式输送机巷、一条进风巷和一条回风巷），多者可达5~7条；盘区准备方式有设盘区平巷和不设盘区平巷两种，也有为早出煤在大巷两侧直接布置煤房，若干煤房组成一个盘区的方式，但对通风和巷道维护不利。

在盘区准备巷道两侧（或一侧）不设盘区平巷直接布置煤房（煤层平巷），在盘区准备巷道长度可达500~1000 m，一侧煤房长度可达100~120 m；盘区内设盘区平巷，在区段一侧（或两侧）布置煤房，一般区段平巷多布置为3条，其长度为盘区一翼，长度达500 m以上，煤房长度100~120 m，相邻两区段可同时回采，区段平巷煤柱可在下区段开采时回收。

连续采煤机房柱式采煤实行掘采合一，一般需要同时开掘 3~5 条煤房，由于通风和安全的要求，还需要开掘横向联络巷间隔贯通每条煤房，采用锚杆支护。连续采煤机采煤分为掘进煤房和回收煤柱两个阶段。

（四）放顶煤采煤法

放顶煤采煤法是一种近年来迅速发展和推广的厚及特厚煤层开采技术，特别是综合机械化放顶煤（简称综放）采煤法是厚及特厚煤层开采技术的新发展。放顶煤采煤法目前在条件具备的厚及特厚煤层的开采中已普遍采用，并取得了良好的经济效益，已成为厚及特厚煤层采煤方法的发展方向之一。

综放顶煤采煤法就是采用滚筒式采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机（一部或两部）及其附属设备进行配套联合生产，实现采煤工艺全过程机械化。该采煤法与一般综采相比，有以下优点：比较容易实现高产，开采巷道掘进率低（据统计，比分层综采巷道掘进率要低 50%~60%），特厚煤层开采，巷道万吨掘进率降低更明显；巷道维护条件有所改善，可以明显地缓和矿井采掘关系，单位进度采煤能力加大，工作面搬家次数相对减少，动力消耗最小，成本低，顶煤基本是利用地压破煤，依靠自重放煤。

该法主要适用于煤层厚度为 5~12 m，煤的硬度系数 f 一般小于 3，每一夹石层厚度不宜超过 0.5 m，直接顶应具有随顶煤下落的特性，其冒落高度不宜小于煤层厚度的 1.0~1.2 倍，地质破坏较严重、构造复杂、断层较多和使用分层长壁综采较困难的地段、上下山煤柱等条件。

（五）急倾斜煤层采煤法

中国急倾斜煤层储量、产量均占总储量和总产量的 4% 左右，以特厚煤层居多。主要采用急倾斜水平放顶煤采煤法，急倾斜煤层走向长壁采煤法，伪倾斜柔性掩护支架采煤法，台阶式采煤法，水平分层、斜切分层采煤法，仓储采煤法，小阶段爆破采煤法，斜坡采煤法和钢丝绳锯采煤法。近年来急倾斜水平放顶煤采煤法试验成功，取得工作面单产高、巷道掘进率低、坑木消耗少、成本降低、安全状况良好等明显效果，是急倾斜采煤法及其采煤工艺的重大改革。因此，在急倾斜特厚煤层条件下，是首选的采煤方法，但在推广过程中，还应注意改进和解决放顶煤开采中的采出率低、煤尘大、易自然发火和瓦斯积聚等问题。

（六）充填采煤法

充填采煤法起步较晚，旨在减小地表塌陷所带来的影响，减少矿井后期维护及土地复垦工作量，早期多用于急倾斜煤层采煤，主要有倾斜分层走向长壁上行水力充填采煤法、倾斜分层仰斜 V 型水力充填采煤法。水力充填采煤法的分层回采顺序一般为上行式，组间采用下行开采顺序，留煤皮 1~2 m，若煤层中含较厚夹矸层，通常以夹矸层进行分组。采煤工艺基本与单一走向长壁采煤法采煤工艺相同。工作面采充配合方式有两种：一种为轮换式，即回采与充填工作分别在两个或两个以上的工作面轮换进行，采煤工作面与充填工作面的个数比一般为 2:1 或 1:1；另一种为平行方式，即回采和充填工作在同一工作面中进行。生产实践证明平行作业优于轮换作业。倾斜分层仰斜 V 型水力充填采煤法工作面沿走向方向布置，沿倾斜向上推进，自开切眼开始回采后将工作面逐步调整成两端高、中间低的 V 型，工作面伪倾斜倾角为 8° ~ 12° 。工作面沿倾斜区段间下行，沿俯斜推进，沿层厚分组间下行，分层下行进行开采，回采工作从运输水平向上推进到回风水平。

近年来因采煤装备的发展,充填采煤也常用于“三下”采煤和煤柱回收。

在煤矿建设和生产中,岩巷工程量占总工程量的15%~25%,施工工期占矿井总工期的25%~35%,岩巷工程的施工速度直接影响着基建矿井的建设工程期和生产矿井的水平接替及采区接替,岩巷施工是煤矿的一项重要工作。当前,我国煤矿岩巷施工方法按照破岩方式分为钻爆法和综合机械化掘进两种,配套有不同机械化程度的装载、运输和支护方式,形成不同形式的岩巷掘进机械化作业线,这些机械化作业线各具优缺点。以单体气腿式凿岩机或单体液压式凿岩机实施打眼爆破的作业线,尽管具有灵活、适应性强的优势,但是打眼作业人员在掘进工作面作业,作业环境差,安全系数低,劳动强度大;由于调车出岩的间歇性,装岩工作不能连续作业,作业线的生产效率低下。全液压钻车配套装运机械化作业线因其钻臂多且采用液压驱动,推进力大,凿岩速度快,解决了部分工作效率低的问题。但依然存在工人空顶作业、临时支护困难、大块岩石难以装运需要人工破岩的问题。将钻、装、破、锚、临时支护有效地结合在一起成为亟待解决的重要课题。

近年来,我国采煤行业的蓬勃发展,推动了我国乃至全球煤矿机械化采煤逐步向大型化和重型化发展,对我国煤矿机械提出了更高的技术要求。我国煤矿机械行业尽管已有几十年的研发和生产经验,但是因起步较晚,重大装备行业仍然是我国工业的薄弱环节,一些重大装备依靠进口。因此,促进采掘机械国产化,发展低廉的成套装备成为我国煤机制造行业当前和今后发展的主题。

目前煤炭工业的发展过程中仍然存在结构不合理、增长方式粗放、科技水平低、安全事故多发、资源浪费严重、环境治理滞后等诸多突出问题。山西煤炭资源整合工作尽管改变了煤矿企业原来的“多、小、散、乱”的格局,但因众多小煤矿的无计划开采等遗留问题突出,我们仍面临着潜在的煤炭资源危机、严峻的安全生产形势。因此开展技术创新,运用先进技术,撇开过分注重设备大型化和重型化提高煤炭行业整体装备水平,实现安全生产、减员提效,不仅至关重要,而且势在必行,更是我们义不容辞和刻不容缓的责任。

二、煤炭采掘创新工艺技术与装备概述

针对目前我国煤炭行业面临的种种技术问题,通过近30年来进行的有针对性的探索和实践,把生产实践经验与煤炭开采技术相结合,以煤矿开采工艺技术及配套装备为主导的核心技术,研发了具有自主知识产权的采掘工艺技术,即煤矿采、掘、机、运、通等技术和装备,拥有专利技术80余项,每年专利技术转化20余项。它针对我国“三下”采煤、煤柱(边角煤)回收、巷道开口、多巷掘进、岩巷开拓等课题,重点对提高机械化程度、提高装备对地质条件的适应性、提高资源采出率、提高设备对安全生产的保障能力、节能降耗、减员提效、降低工人劳动强度和改善作业环境等8个方面的突出问题进行了系统的全面创新。填补了国内煤矿综合机械化采掘技术和装备的多项空白,填补了5项国内国际机械化装备的空白。大幅提高了我国煤矿开采的综合机械化水平,提高了机械化装备对开采条件的适应性,提高了煤炭资源采出率和煤炭块率,大大减少了煤矿从业人员,用最小的投入和最低的能耗取得了最大的产能,确保了煤矿安全生产,将引领我国煤炭行业开采方法的深化改革,引领我国中小煤矿科学发展,为建设节约型社会和和谐社会做出应有的贡献。

（一）岩巷掘进工艺与装备

通过对爆破破岩中深孔的成孔机具、岩巷掘进配套设备 CMM 系列液压钻车、ZPD、ZPY 型履带式装岩机、ECMMY 系列岩巷掘锚机、DTL80/40/96 型可移动带式输送机、DSP-1080/1000 型带式输送机、SGW-40T 型刮板输送机，以及 JSBX6-L 湿式喷浆成套技术与装备的研究，形成了更为先进的岩巷综合机械化作业线，解决了岩巷掘进配套机械化水平不高、掘进工效低下等问题；解决了作业人员的劳动强度大、作业环境差等问题；解决了长期以来岩巷掘进无临时支护、作业安全系数低等难题。

（二）煤巷掘进工艺与装备

目前我国采掘设备大型化和重型化技术尚处在初期阶段，主要解决办法是进口外国先进技术和设备，由此而产生的配件供应不足、维修维护不及时、价格昂贵等问题，严重制约了煤矿生产和经济发展，同时巷道准备工艺仍是制约生产衔接的一个瓶颈。

针对这一问题，作者深入研究了晋城矿区的煤层地质条件及连续采煤机掘进使用现状和存在问题，提出采用国产综掘机代替进口连采机；实施锚杆机国产化，解决单体锚杆机支护速度慢、技术落后问题；采用自移式后运设备，提高掘进效率，减轻作业人员的劳动强度，从而提出并试验成功了新型连掘工艺及新型掘进（准备）法。

1. 新型连掘工艺

新型连掘工艺可实现单巷、双巷、三巷等一次施工和多种连掘工艺形式。根据采（盘）区巷道、工作面巷道不同的布置方式，实现多条巷道的一次掘进，布置一次到位，割煤、出煤、支护 3 个系统既相互独立又互相联系，单巷或多巷掘进为同一组支护人员。多巷掘进时，支护人员互换作业，构成了安全、快速、高效、灵活、便捷的生产作业方式和完善的掘进工艺、掘进装备和劳动组织结构系统，为采区和长壁工作面的顺利接替创造了条件，是一种科学的掘进工艺及组织形式。

该连掘工艺配套设备主要由掘进机、液压锚杆钻车、移动变压器、带式输送机等设备组成。采用该连掘工艺和配套装备，割煤速度为 14 min/m，支护速度为 10 min/m，支护与割煤平行作业。据现场实际的统计，实施一年后，实现了最高日进尺 86.5 m、最高月进尺 2263 m、平均月进尺 1872 m 的好成绩。该连掘掘进装备克服了连采机对地质条件适应性差、无效进尺多、不能及时支护的缺陷，实现了快速掘进，降低了生产成本，提高了作业的安全性。

目前，该连掘工艺经过不断创新及改进，形成了多种配套形式的机械化作业线，主要分为一代连掘工艺与装备、二代连掘工艺与装备、通用连掘工艺与配套装备。

2. 新型掘进（准备）法

新型掘进（准备）法旨在解决一些复杂的巷道施工工程问题，如大断面施工、硐室施工及煤矿常见的巷道开口施工等。工程施工采用钻眼爆破法，采用掘支单行、全断面一次爆破作业、一次成巷的作业方式。施工时需要利用正在施工或已准备好的周边现场条件做好通风等准备工作，预先施工部分准备工程（即开口工程），这些工程完工后才能实施机械化作业线施工。采用 CZM 系列钻装锚机组完成打眼、装煤、转载、支护等工作，采用 DSP 系列固定式带式输送机、DTL 系列自移式带式输送机、SGW-40T 型刮板输送机及转载设备完成出矸工作。

（三）采煤（开采）工艺与装备

随着矿井规模逐步扩大,一次采全高工艺和设备受到很大关注,设备大型化和重型化已步入极限,现已出现直径3.5 m的双滚筒采煤机。然而相应的矿压分析、煤体自重等理论依然停留在顶底板管理和采空区管理角度,尚未有效利用落煤工艺等节能技术;同时过分注重设备的大型化和重型化,而忽略了对中小煤矿适用设备的研究。

矿井生产步入后期后,矿井留设保护煤柱、超薄煤层、边角煤、“三下”压煤等对煤矿采出率影响较大,同时直接影响矿井服务年限。又因其矿压集中成为开采的一个难题。早期的充填开采法、旺格维利采煤法、薄煤层采煤法已取得一定成效,但受采掘设备的限制尚不能尽如人意。如现有的薄煤层采煤法采高限制在0.9 m以上,且存在割顶割底、夹矸严重问题,给后期煤炭洗选带来极大不便。

1. “8G”采煤工艺与设备

“8G”采煤工艺适用于大采高开采工艺。其主要配套设备包括“8G”采煤机、大采高压支架、刮板输送机、破碎机、转载机,总装机功率仅有630 kW,是同等采高采煤机总功率的1/4。它利用小滚筒双调高实现大采高并适应煤厚变化,采高调整余地大;采用世界首创的“割底放上”开采工艺,巧妙地利用矿压、煤体重力和采动影响,使上部煤体因悬空而自然垮落,大幅度降低了能耗,提高了工作面煤炭块率,实现了中厚煤层工作面一次采全高的高效开采,是煤矿开采方法的又一次技术革命,具有采高大、产量高、效率高、效益好、环保效能高、投入产出比大、安全性能好、适应性强的突出优点;克服了国外进口采煤机价格昂贵、设备体型庞大、功率过大、采煤过程中无效切割多等诸多问题。该新型采煤工艺在赵庄矿5317长壁工作面工业试验中实现了20399 t日产量的好成绩。

2. 短壁大采高“采内放外”新型采煤工艺与设备

短壁大采高“采内放外”新型采煤工艺技术及装备主要适用于中小型矿井综合机械化开采,其最短工作面长度可缩小到10 m。其主要配套设备包括一次采全高短壁工作面采煤机、轻型液压支架、短壁工作面刮板输送机、新型破碎机、转载机。采煤机总装机功率仅有200 kW。与传统开采工艺装备相比,该短壁采煤配套装备具有结构紧凑、拆装方便、维护简单的特点;采用了世界首创的“采内放外”开采工艺,巧妙地利用矿压、煤体重力和采动影响,使靠近采空区侧煤体自然垮落,大幅度地降低了能耗,提高了工作面煤炭块率;每个生产班只需配备7人,一个综采队仅需36人,同时采用具有伸缩顶梁结构的工作面支架及时支护顶板,最大限度地减少顶板暴露面积和时间,减少和杜绝了工作面冒顶事故的发生,有效地降低了工作面粉尘浓度,提高了安全系数,实现了中小煤矿工作面的安全高效开采;填补了中小型煤矿厚煤层一次采全高安全高效综采工艺的空白。该新型采煤工艺在赵庄矿1305长壁工作面工业试验中实现了1852 t日产量的好成绩。

3. 新型薄煤层采煤机及其配套设备

新型薄煤层采煤工艺利用传统刨煤机的牵引方式,将采煤机驱动设备放在工作面巷道内,保留了滚筒高效割煤方式,通过更换滚筒适应不同厚度的薄煤层开采,提高了薄煤层开采机械化程度和开采安全性。新型薄煤层采煤主要配套设备包括新型薄煤层采煤机、薄煤层电液控制两柱掩护式液压支架、低高度工作面刮板输送机、新型破碎机、转载机,可采煤层下限厚度为0.8 m。薄煤层采煤机采用自动控制系统远距离操纵,实现薄煤层无人工作面的自动化开采,为我国薄煤层找到一条安全高效开采之路,填补了薄煤层开采技术

的部分空白。

4. 创新型旺格维利采煤工艺

创新型旺格维利采煤工艺旨在解决老矿复采、小型煤柱及小型边角煤柱的回收。它充分发挥了钻装锚一体化，集打眼、装煤、临时支护、永久支护为一体的特点，利用6架综合液压支架及自移带式输送机、自移刮板输送机形成的短壁综合机械化采煤作业线，人员均在爆破、装载作业面的进风侧作业，可实现煤柱及边角煤柱采出率最大化，煤柱采出率可达60%以上，为边角煤和煤柱的资源回收、实现综合机械化开采提供了先进的成套工艺和装备。

5. “三下”充填采煤工艺

“三下”充填采煤工艺适用于建筑物、铁路、水体下大量被压煤炭资源的回收。利用仓房式开采技术、充填式开采原理，在“三下”煤体中开采5~6 m的煤房，留设10~20 m的煤柱，充填稳定后交叉设房，房和柱形成网络状，合理选择煤房和煤柱的留设比例，将井下矸石充填在煤房内，有效控制了上覆岩层下沉量。该“三下”充填采煤工艺装备简单，机械化程度高，不仅实现了资源回收，而且是地面城市垃圾最好的处理场所，实现了我国“三下”压煤的合理、科学、安全、经济、绿色开采。