



QIANWANDUN (JI)  
DACAIGAO ZONGFANG GONGZUOMIAN  
KAICAI LILUN YU GONGCHENG SHIJIAN

# 千万吨（级）大采高综放 工作面开采理论与工程实践

李希勇 刘 峰 华心祝 主编



煤炭工业出版社

# 千万吨(级)大采高综放工作面 开采理论与工程实践

主编 李希勇 刘 峰 华心祝

煤炭工业出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

千万吨 (级) 大采高综放工作面开采理论与工程实践/李希勇, 刘峰, 华心祝主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2014

ISBN 978-7-5020-4677-4

I. ①千… II. ①李… ②刘… ③华… III. ①大采高一综采  
工作面—煤矿开采—研究 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 223845 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](http://www.cciph.com.cn)  
北京玥实印刷有限公司 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 插页 1  
字数 237 千字

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷  
社内编号 7532 定价 30.00 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

本书以山东新巨龙能源有限责任公司 2301 大采高综放工作面作为工程背景，在开展千万吨（级）大采高综放工作面设备配套选型研究所取得的研究成果以及国内大采高综放工作面调研的基础上撰写而成。全书共分八章，分别为：概述、大采高综放工作面矿压显现规律及围岩控制技术、顶煤冒放性及顶煤运移规律、大采高综放工作面参数及开采工艺、大采高综放工作面设备配套选型、综放工作面生产系统可靠性、大采高综放工作面安全技术、大采高综放工作面工程实例。

本书可供从事煤矿开采、设计、施工、管理和科研等工作的技术人员参考，也可供高等学校相关专业师生参考。

## 编 委 会

主 编	李希勇	刘 峰	华心祝		
副主编	张 文	王家臣	周 峰	辛恒奇	刘 富
	杨庆东				
编 者	查文华	庞继禄	王乃国	张延亮	杨胜利
	王亚军	孙广京	王开松	郑厚发	刘志钧
	李圣文	余忠林	王 玲	李迎富	崔丽琼
	刘 啸	王大赛	马衍坤	任前程	范路佳

# 前 言

煤炭是我国的主体能源，这一特点在今后 50 年内不会发生根本性改变，因此煤炭资源开采在我国能源战略中具有重要意义。在我国煤炭资源储量中，厚煤层储量丰富，约占探明储量的 47.7%，其中特厚煤层储量占 42% 左右。厚煤层的开采方法主要有分层开采、放顶煤开采和大采高开采。

随着技术的发展和设备的更新，近年来，大功率、大采高、高可靠性的重型综采设备得到了较好的发展，于是大采高综采放顶煤开采技术应运而生。它具有矿井开拓部署简单、生产能力大、资源采出率高、安全效益好等优点，因而得到了广泛关注。从安全高效的角度出发，推广采用“一井一面”集约化生产实现年产千万吨（级）工作面是大采高综放开采的发展目标。针对特厚煤层，目前我国正处于探索阶段，并在逐步推广采用大采高综放开采技术。因此，在煤炭开采中研究与实施先进的年产千万吨（级）大采高综放工作面开采技术理论具有重要意义。

大采高综放开采技术是一项综合技术，也是一项系统工程，其核心就是安全、高效、高采出率地采出煤炭，但是围绕这一核心问题以及放顶煤开采的特殊性，必然需要研究和解决一系列的相关问题：

(1) 国内年产千万吨（级）综放工作面设备配套选型技术应用状况及实现安全高效开采的影响因素。在对大采高综放工作面设备配套选型研究时，需要对国内部分大采高综放工作面设备配套选型进行调研，分析实现千万吨（级）目标综放工作面所需的基本条件；从地质因素、设备配套因素、开采技术因素以及管理因素分析对安全高效的影响。

(2) 大采高综放工作面的矿压显现规律。回采工作面采厚加大以后，上覆岩层形成的结构及运动规律也发生了变化。尤其是采厚大于 8 m 以后，这种变化将显著不同于采高在 3.5 m 以下的工作面。随着采高的加大，煤壁的稳定性会随之下降，而煤壁片帮则会阻碍工作面的正常生产，甚至由煤壁片帮引起顶煤冒落，顶煤冒落又将加剧煤壁片帮，导致安全事故。在此通过实验室试验及现场观测方法研究大采高综放工作面矿压显现规律。

(3) 实现年产千万吨（级）大采高综放工作面的开采参数及工艺。综放

工作面开采参数及工艺是影响工作面产量的基础条件。为了实现大采高综放工作面年产千万吨，本书通过现场调研、理论分析、正交试验、计算机仿真试验及模拟试验等综合研究方法分别研究影响综放工作面的开采参数及工艺工序。

(4) 大采高综放工作面设备配套选型原则及要求。在工作面设备配套选型之前，在工作面“三机”配套原则的基础上，提出了工作面设备的基本要求、单机的配套原则和千万吨（级）工作面其他相关系统配套能力要求。

(5) 大采高综放工作面设备配套选型。大采高综放工作面提高产量和效率的途径主要是加大系统设备能力，提高可靠性及系统协调性，包括采煤机、前后部刮板输送机、液压支架、转载机、破碎机、带式输送机。其中工作面设备配套选型的合理性决定了工作面的生产能力及生产的可靠性。通过对工作面的生产要求及实现安全高效开采为目标，统筹考虑，运用模拟及实测方法研究大采高综放工作面的设备配套选型。

(6) 大采高综放工作面设备配套选型优化。大采高综放工作面设备配套选型之后需要对生产系统可靠性进行分析，确定影响工作面产量的各生产环节，以此对设备配套选型之后存在的问题进行优化改进，进而实现千万吨（级）大采高综放工作面的安全高效生产目标。

(7) 安全技术措施。综放工作面的相关安全技术均可应用于大采高综放工作面，同时针对大采高这一特点，现有的安全技术仍需不断改进和完善。结合大采高综放工作面的特点，从通风、瓦斯防治、防灭火、防尘和防治水等方面来分析大采高综放工作面安全技术及相关要求。

本书总结了以上内容的研究成果。理论研究有深入，技术应用有创新，实践经验有提升，对指导年产千万吨（级）综放工作面设备配套选型提供科学依据，为实现年产千万吨（级）大采高综放工作面生产提供理论依据，具有很强的实用价值。

本书得以出版，得到了有关部门及单位的重视和支持。在此要特别感谢山东能源新汶矿业集团有限责任公司、山东能源机械集团有限公司、安徽理工大学、中国矿业大学（北京）、山东新巨龙能源有限责任公司、中国煤炭工业协会生产力促进中心给予的大力帮助和支持。同时也非常感谢神华神东煤炭集团有限责任公司及其补连塔煤矿、保德煤矿，中国中煤能源集团平朔公司及其安家岭一号井、二号井，大同煤矿集团有限责任公司及其塔山煤矿、

同忻煤矿，陕西煤化工集团有限责任公司及其红柳林煤矿、柠条塔煤矿，山西焦煤西山煤电有限责任公司及其斜沟煤矿为课题调研创造了良好条件，提供了大量的工程实践经验和数据资料。

由于水平有限，书中不免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2014年9月



# 1 概 述

## 1.1 问题的提出

煤炭是我国的主要能源，在国民经济中具有重要地位，2050年前煤炭在能源结构中仍将占50%以上。随着市场经济的发展，煤炭工业日趋向集约化、安全高效方向发展。我国厚煤层储量丰富，约占探明储量的47.7%，其中特厚煤层储量占42%左右。丰富的煤炭资源为我国煤炭工业的可持续发展提供了资源保障。厚煤层开采方法主要有分层开采和放顶煤开采。传统的分层开采技术由于开采效率低、作业环境差、巷道掘进率高等缺点，使得其在煤层开采中应用越来越少。普通综采放顶煤开采由于对地质及煤层赋存条件适应性较强、产量大、巷道掘进率低、劳动强度小等优点，我国自20世纪80年代引进该技术，经过30年的发展，开采技术趋于成熟。随着技术的发展，特别是工作面机械装备的发展，使得大采高一次采全高厚煤层开采得到广泛应用。近10年来，大功率、大采高、高可靠性的重型综采设备得到了较好的发展，于是大采高综采放顶煤开采技术应运而生。它具有矿井开拓部署简单、生产能力大、资源回收率高、安全效益好等优点，因而得到了广泛关注。大采高综放开采工艺已成为厚煤层尤其是特厚煤层开采发展的方向之一。

大采高综放工作面的产量实质上是煤层下部机械化开采的产量与煤层上部（顶煤）冒放开采的产量之和，其效率不仅取决于各自的效率，还取决于它们之间的相互配合。大采高综放工作面提高产量和效率的途径主要是加大系统设备能力，提高可靠性及系统协调性，包括采煤机、前后部刮板输送机、液压支架、转载机、破碎机、带式输送机。从安全高效、实现“一矿一面”集约化生产和工作面年产 $1000 \times 10^4$  t的要求出发，必须增大工作面长度，加大采高和截深，选用大功率采煤机组，提高割煤速度，相应提高液压支架移架速度，与大运量、高强度的工作面输送机相匹配；从设备性能要求出发，所选大采高综放工作面设备必须技术先进，性能优良，可靠性高，以保证综放设备的开机率，同时设备间相互配套性要好，以保持采运平衡，最大限度地发挥大采高综放开采的优势。

大采高综放开采，由于采高增大及顶煤层的作用，使得工作面矿压显现特征不同于一般综放及大采高工作面。随着采高的加大，将有助于增强顶煤的冒放性，提高工作面整体采出率，但工作面煤壁的稳定性的降低，且对支架支护强度的要求也会提高。研究表明，支架的支护强度对煤壁的稳定性的有一定的影响。随着采高的增加，工作面顶板垮落高度随之增加，活动空间也就越大，这将不利于顶板岩梁形成承载结构，从而使支架与围岩的相互作用关系复杂，不利于工作面顶板岩层的控制。由于大采高综放工作面对生产能力要求较高，因此要求工作面的主要设备重型化、自动化、高可靠性，其中工作面“三机”配套与选型是制约工作面生产能力的主要因素，并且由于受多种因素影响和制约，不同条件下所需配套设备也不一样。事实上“三机”配套与选型是一个复杂的系统工程问题。

近30年特别是近10年来，我国煤机装备取得了长足发展，在电牵引采煤机、系列化液压支架、大型刮板输送机及大运量、大运距带式输送机开发上取得了突破。采煤装备的

发展使得大采高综放开采的技术优势得以显现,也使我国安全、高效、高产的矿井数量明显增多。然而,单个采煤设备的发展并不能使工作面的产量明显增加,这就需要工作面生产系统合理配套,其主要表现在工作面“三机”的合理配套与选型。

因此,针对山东新巨龙能源有限责任公司(以下简称新巨龙能源公司)2301大采高综放工作面开展“三机”配套与选型进行了研究。这项研究对推进安全高效矿井现代化建设,指导大型现代化矿井安全高效综放工作面的设备选型,提高综放工作面成套设备生产能力和安全可靠、配套协调性,充分发挥厚煤层综放开采技术经济优势将具有重要意义。

## 1.2 研究现状

### 1.2.1 综采放顶煤机采高度与放煤高度的研究现状

放顶煤开采技术在我国经过了30年的实践与发展。特别是对综采放顶煤开采参数的研究,发现合理的割煤高度不仅有利于顶煤的冒放,而且还可以提高顶煤的放出率,有利于煤壁稳定,使支架与围岩的关系处于良好状态。采放比作为综放开采的重要参数,其比值的选取关系到工作面的生产能力和煤炭的采出率,对采场矿压显现有一定的影响。煤层相同条件下,割煤高度直接影响着煤壁的稳定性和顶煤的采出率。

闫少宏、尹希文指出大采高综放工作面随着采高的加大,煤壁的破坏程度也趋于严重,应用数值模拟研究得出:采高小于4m时煤壁不存在拉伸破坏,而超过4m时煤壁出现拉伸破坏,且随着采高继续增大拉伸破坏范围扩大,表明煤壁片帮将越发严重,并指出4m为综放开采临界机采高度。在研究煤壁片帮机理时应用压杆理论分析了煤壁片帮的两种形式,即半煤壁片帮和全煤壁片帮,并指出半煤壁片帮最容易出现的地方是距离煤层底板0.65倍采高处。

陈亮、孟祥瑞等运用数值模拟对不同采高的煤壁塑性区破坏情况进行了研究,指出煤壁的塑性区分布范围随着采高的加大呈现越发严重的增大,并指出煤壁片帮最严重的区域始终是煤壁中部。

祝凌甫、闫少宏在对大采高综放工作面顶煤运移规律的数值模拟研究中,得出大采高综放工作面随着采高的增大,顶煤运移的始动点前移、位移量增加,有利于顶煤的破碎及提高工作面采出率。

夏永学、康立军、齐庆新通过数值模拟研究了大采高综放工作面割煤高度对煤壁稳定性的影响,研究指出:在松软厚煤层大采高综放工作面,煤壁片帮和端面冒顶与采煤机割煤高度密切相关,并且割煤高度对煤壁片帮的影响更为明显;随着割煤高度的增大,煤壁无水平约束空间增大,加剧了煤壁的变形和破坏,导致煤壁片帮;而煤壁片帮加大了支架与煤壁间的无支护面积,使端面顶煤的变形加剧,从而诱发架前冒顶,同时冒顶又促进了片帮,形成恶性循环。

毛德兵通过PFC数值模拟程序分别对相同特厚煤层不同割煤高度顶煤采出率进行了研究,研究结果表明割煤高度越大,顶煤采出率越高,并指出对于特厚煤层开采,与普通的综放开采相比,大采高综放开采有利于提高工作面煤炭资源的采出率。

曹胜根通过对综放工作面开采工艺及开采参数对煤矿安全高效生产影响的研究指出,割煤高度应能使采煤机的割煤速度与支架的放煤速度相匹配,从循环作业时间出发,指出

合理的采煤高度能减少放煤工序的时间,从而增加工作面的生产能力,提高生产工效。

王国法、庞义辉、刘俊峰基于理论分析与数值模拟计算方法研究了不同机采高度对支架工作阻力、顶煤冒放规律、煤壁稳定性的影响。研究表明:大采高综放开采机采高度的确定应充分考虑采放比、煤壁稳定性、矿山压力显现、顶煤采出率及初期设备投资等因素的影响,结合矿井的实际情况进行设备选型配套。液压支架的支护强度不仅与煤层一次采出总厚度成正相关性,在煤层厚度一定的情况下,支架支护强度亦随机采高度的增大而增大。

王家臣、吴健等根据现场实测,对特厚煤层顶煤运移规律进行了研究,得到顶煤总位移的结果为上位顶煤在工作面前方 50 m 处即开始移动,而下位顶煤在工作面煤壁前方 40 m 处才开始移动。该研究对大采高综放开采机采高度最大值的确定具有重要参考价值。

### 1.2.2 大采高综放开采技术的研究现状

普通综放开采机采高度一般在 2~3.5 m,较小的割煤高度虽然有利于煤壁的稳定,却不利于顶煤的冒放性,从而使顶煤采出率较低。因此在特厚煤层条件下,应研究如何使割煤高度与放煤高度实现合理的平衡。国内学者针对这一难题,在大采高综放设备得以发展的前提下,对特厚煤层适当加大采高,以保证顶煤采出率和对煤壁片帮的控制。我国将采高大于 3.5 m 的放顶煤开采定为大采高综放开采。

李明忠、刘珂珉、曾明胜等认为大采高综放开采具有如下优势:优化采放比,真正实现采放平行作业;为充分利用当前大功率采煤机与输送机创造了条件;放煤空间变大,并有利于顶煤的垮落,而且由于配备了大功率后部刮板输送机,为工作面增加放煤口数量提供了保证;可增大工作面通风断面、降低工作面风阻,有利于工作面实现均衡生产;可提高工作面采出率与煤质;可有效缩短工作面循环时间,加快工作面推进速度;对厚度变化大及地质构造复杂的煤层适应性强。

毛德兵、康立军根据当前国内外采煤技术发展现状与趋势,认为在采用大功率、高可靠性采运设备的基础上,通过研制大采高综放支架,采用大采高综放开采能够实现年产  $1000 \times 10^4$  t。

康立军、王吉生等通过数值模拟及相似模拟对酸刺沟煤矿 20 m 特厚煤层开采参数及支架受力进行了研究,研究得出:综放全厚开采 20 m 特厚中硬煤层的底层工作面应采用 4.5 m 的大采高,支架合力作用点位置和支架支护阻力对顶煤压裂作用和工作面的稳定性起着十分重要的作用。

吴永平通过对大同塔山煤矿石炭系特厚煤层综放工作面的支架阻力进行监测,以及采用微地震监测系统及地面钻孔电视对采放比为 1:4 的工作面顶板的运移规律进行观测,得出了特厚煤层综放开采过程中的顶板来压显现规律,并指出:大采高综放开采在工作面前方 24 m 处顶板开始产生裂隙,超前 20 m 时顶板产生水平裂隙,高度为 40~50 m;超前 15 m 时,钻孔有进风现象,说明裂隙发展增大,与工作面采空区沟通;超前 5 m 时,顶板产生水平错动,高度达到 80 m;接近工作面位置时,顶板产生离层错动,且有折断现象。

王晓东等通过对厚煤层大采高综放开采技术与装备专业范围内的技术标准进行分析研究,确立了大采高综放开采技术标准体系的结构与框架形式,制定了科学、合理的大采高综放开采技术标准体系表与明细表,提出了急需研究制定的大采高综放开采工作面设计规范、生产管理规范等 62 项标准。

目前国内外对大采高综放开采理论的研究还较少，但大采高综放开采技术在我国的应用范围逐步扩大，并取得了良好的效益。我国部分矿区大采高综放开采情况见表 1-1。

表 1-1 部分矿区大采高综放工作面产量情况统计

参 数	同忻煤矿 8101 工作面	塔山煤矿 8105 工作面	平朔一号井 14109 工作面	斜沟煤矿 23103 工作面	保德煤矿 81502 工作面	保德煤矿 81300-1 工作面	斜沟煤矿 18102 工作面
日产/t	32900	29099	31260	26666	24377	21600	27729
月产/ $10^4$ t	100	90	91	80	65.8	65	84
年产/ $10^4$ t	1006.7	953.4	983.2	800	731.3	648	800
工作面采出率/%	89.5	88.9	85.8	89	89.7	89.4	93
顶煤采出率/%	87.4	88.1	76.6	82	76.7	77.1	
工效/( $t \cdot 工^{-1}$ )	297.9	299.09			326	105.4	433

### 1.2.3 大采高综放工作面装备水平的发展现状

目前，我国高端液压支架、重型运输设备等开采装备核心技术已居国际先进水平，综采放顶煤开采装备技术处于国际领先地位。但是，在重型输送机软启动、轴承、减速器、大直径高强度圆环链和采煤机变频器、密封、齿轮、电控等关键元部件技术和可靠性方面，距国际先进水平还有较大差距，特别是大采高采煤机对外国进口依赖较大，国产大功率采煤机的可靠性和机电一体化得不到保障。

为适应我国煤矿综采机械化的发展，国内综采设备科研、设计和制造企业已研制开发出技术水平较先进的大功率电牵引采煤机、重型刮板输送机、电液控制强力液压支架和多点驱动大运力带式输送机，配套设备的生产能力达到了 1500~2500 t/h，在适宜的煤层和矿井条件下，大采高综放工作面可实现年产  $1000 \times 10^4$  t 以上。例如，天地科技股份有限公司研制成功的 MG750/1815-GWD 型交流电牵引采煤机，总装机功率达到 1815 kW；西安煤矿机械厂的 MG750/1910-WD 型和 MG900/2210-WD 型交流电牵引采煤机总装机功率分别达到 1910 kW 和 2210 kW；宁夏天地奔牛实业集团有限公司研制成功的 SGZ1200/1575 型刮板输送机运输能力最大达到 2500 t/h，总装机功率达到 1575 kW。

目前我国已经研制出截割高度在 1~5.5 m，倾角为  $0^\circ \sim 55^\circ$ ，装机功率为 100~2215 kW，供电电压为 660~3300 V 的滚筒式采煤机系列产品。2001 年全国生产采煤机 161 台，其中电牵引采煤机 21 台，占 13%。2005 年全国生产采煤机 516 台，其中电牵引采煤机 244 台，占 47%。5 年中采煤机增加了 2.2 倍，电牵引采煤机增加了 10.6 倍。国内采煤机主要生产企业有鸡西煤矿机械有限公司、西安煤矿机械厂、太原矿机电气发展有限公司、天地科技股份有限公司上海分公司等，其 2005 年生产的采煤机分别占全国的 26%、18%、13%、19%。大同四老沟煤矿在相近条件下使用艾柯夫 (Eickhoff) 公司 SL500 型采煤机和国产 MG800/1915-WD 型采煤机，到 2006 年 9 月累计回采面积分别为 920200 m<sup>2</sup> 和 209838 m<sup>2</sup>，平均产量分别为 5415 t/d 和 3776 t/d，在相近的低强度开采条件下，国产采煤机达到进口采煤机产量的 70%。

20 世纪末期以来，高新技术不断向传统采矿领域渗透，美、澳、英、德等国采用大

功率可控传动、微机工况检测监控、自动化控制、机电一体化设计等先进适用技术，研制出适应不同煤层条件的高效综采大型设备，实现了从普通综合机械化生产向高产高效集约化生产的根本性转变。新型综采设备在传动功率、设计生产能力大幅度增加的同时，设备功能内涵发生了重大突破，设备可靠性显著提升，并实现了综采生产过程的自动化控制，使综采新型装备的使用取得了很好的技术经济效益。目前，国外综采成套设备的生产能力已达到 3000 t/h，在适宜的煤层条件下，采煤工作面可实现年产  $(800 \sim 1000) \times 10^4$  t。德国艾柯夫公司生产的 SL500 型采煤机截割高度为 2.8 ~ 5.5 m，装机总功率为 1815 kW，带有记忆截割、工作面自动控制等功能，自动化程度较高，在神东、晋城、大同矿区实现了平均  $71 \times 10^4$  t/月的产量。美国久益 (JOY) 公司生产的 6LS5 型直流电牵引采煤机装机总功率为 1500 kW，截割高度为 2.2 ~ 4.5 m，适用煤层倾角小于或等于  $8^\circ$ ，在大柳塔煤矿采高 4 m 的条件下，实现了年产  $803 \times 10^4$  t；7LS6 型交流电牵引采煤机装机总功率为 1860 kW，截割高度为 2.8 ~ 5.5 m，适用煤层倾角小于或等于  $15^\circ$ ，在神华活鸡兔矿工作面采高 5.5 m，工作面倾斜长度 250 m 的条件下，实现了平均  $83 \times 10^4$  t/月的产量。

20 世纪 60 年代，日本设计了一种可以支撑采高在 5 m 的液压支架。1970 年德国在热罗林矿使用贝考瑞特垛式支架成功开采了 4 m 厚的煤层。20 世纪 70 年代末，波兰在 7 个工作面装备了 DOMA - 25/45 型两柱掩护式支架，为适应大采高煤层的开采，还设计开发了 PLOMA 系列两柱掩护式大采高支架。1980 年联邦德国郝母夏特公司开发出最大采高可以达到 6 m 的 G550 - 22/60 型掩护式支架，在威斯特伐伦矿使用并取得了成功。1983 年美国开始采用大采高综采技术开采 4.5 ~ 4.7 m 的厚煤层。1987 年底，苏联煤矿有 43 个采煤工作面装备 KM130 - 4 型大采高支架，另外还研制了 KM142 型、YKM - 4 型、YKM - 5 型大采高支架。澳大利亚在已经探明的煤矿储量中有  $60 \times 10^8$  t 以上储量的煤层厚度在 4.5 m 以上，其中至少 1/3 的储量在昆士兰，主要采用长壁一次采全高采煤法开采。

### 1.3 大采高综放工作面设备使用及存在的问题

#### 1.3.1 大采高综放工作面设备使用情况

从上述几个千万吨 (级) 综放工作面设备选型来看，工作面有完全进口和国产配套核心部件引进先进技术两套方案。近年来国产设备取得了突飞猛进的发展，部分设备性能达到了国际先进水平。部分大采高综放工作面的设备配套情况见表 1-2。

##### 1. 采煤机

通过核心技术攻关，采煤机在大功率、高可靠性截割部 (摇臂)、超级强力销轨式牵引系统、大直径超高强度耐磨镐形截齿螺旋滚筒以及采煤机电一体化控制方面取得了突破。

目前采煤机截割高度一般为 2.8 ~ 5.5 m，补连塔煤矿最高达 7 m，该工作面滚筒直径为 3.5 m。采煤机的总功率为 1915 ~ 2590 kW，其中截割电机功率为 750 kW，生产能力大于等于 3000 t/h。补连塔煤矿采用德国艾柯夫公司生产的 SL1000 型采煤机，生产能力达到 6000 t/h，最大牵引速度为 20 ~ 30 m/min，最大牵引力不低于  $2 \times 570$  kN，采用超级销轨牵引方式；具备基于网络结构的工况监测和自动控制功能，并能实现无线离机遥控；整机大修周期 (过煤量) 不低于  $1200 \times 10^4$  t，单机利用率达到 90%，单机能力完全能够满足千万吨 (级) 工作面的生产要求。

表 1-2 千万吨（级）综放工作面设备配套情况

工作面名称	同煤集团 同忻煤矿 8101 工作面	同煤集团 塔山煤矿 8105 工作面	中煤集团平朔 公司井工一号井 14109 工作面	山西焦煤集团西山 煤电公司斜沟煤矿 23103 工作面	神华神东煤炭 集团保德煤矿 81300-1 工作面	
采煤工艺	放顶煤回采	放顶煤回采	放顶煤回采	放顶煤回采	放顶煤回采	
设备 配 套 情 况	采煤 机	德国艾柯夫公司产 SL500 AC	天地科技股份有限 公司上海分公司产 MG750/1915 - GWD	德国艾柯夫公司产 SL750	德国艾柯夫公司产 SL750 (1794 kW, 2500 t/h, 3300 V, 滚筒直径 2300 mm)	美国久益公司产 7LS-637
	刮板 输送 机	美国久益公司产 前部刮板输送机: 1000 t/h, 2 × 1050 kW 后部刮板输送机: 1250 t/h, 2 × 1050 kW 转载机: 1350/600 kW	中煤张家口煤矿 机械有限公司产 前部刮板输送机: SGZ1000/1710 后部刮板输送机: SGZ1200/2000 转载机: SZZ1200/700	中煤张家口煤矿 机械有限公司产 前部刮板输送机: SGZ1000/2000 后部刮板输送机: SGZ1200/2400 转载机: SZZ1200/700	比塞洛斯欧洲 有限公司产 前部刮板输送机: PF6/1142(2500 t/h, 2 × 1050 kW) 后部刮板输送机: PF6/1342(3500 t/h, 2 × 1050 kW) 转载机: PF6/1542 (4000 t/h, 600 kW) 破碎机: SK1218 (4500 t/h, 522 kW)	中煤张家口煤矿 机械有限公司产 前部刮板输送机: SGZ1000/2000 后部刮板输送机: SGZ1000/1710 转载机: SZZ1200/525 破碎机: PCM400
	带式 输送 机	中国煤炭科工集团 上海研究院产 DSJ140/3 × 500	中国煤炭科工集团 上海研究院产 DSJ140/350/3 × 500	中国煤炭科工集团 上海研究院产 DSJ1400/3 × 450	中国煤炭科工集团 上海研究院产 DSJ1600/3 × 450	中国煤炭科工集团 上海研究院产 DSJ140/3 × 500
	液压 支架	中煤北京煤矿机械 有限责任公司和山西 平阳重工机械有限 责任公司产 ZF15000/27.5/42	中煤北京煤矿机械 有限责任公司和山西 平阳重工机械有限 责任公司产 ZF15000/28/52	中煤北京煤矿机械 有限责任公司产 ZFY12000/23/40	郑州煤矿机械集团 股份有限公司产 ZF15000/26/40	中煤北京煤矿机械 有限责任公司产 ZFY10200/25/42D

## 2. 液压支架

国产整套液压支架使用效果好、可靠性高，能很好地满足千万吨（级）综放工作面的基本要求。目前千万吨（级）综放工作面基本支架工作阻力可达 18000 kN，一般采用 15000 kN 的支架，端头支架可达 27600 kN，超前支架最高达 39000 kN，支护高度为 3.2 ~ 5.2 m。补连塔煤矿使用郑州煤矿机械集团股份有限公司生产的 ZY18000/32/70D 型支架，支护高度达 7 m，支架宽度由原来的 1.75 m 增加到 2.05 m，堪称世界之最。支架寿命通过 50000 次循环加载型式试验，大修周期（过煤量）达到  $2000 \times 10^4$  t 以上。端头和超前支架能有效维护大采高综放工作面端头顶板，可以实现工作面快速推进。

## 3. 前、后部刮板输送机

刮板输送机在可控调速软启动装置、重载高强度链传动系统和矿用重载行星传动装置等方面取得新进展。现在装机功率一般为  $2 \times 1000$  kW，最大可达  $3 \times 1600$  kW；中部槽槽宽 1.2 m，目前可达 1.76 m；运输能力一般为 3000 ~ 3500 t/h，最大达 6000 t/h；运距为

250 m, 最长达 332 m; 重载高强度链传动系统过煤量大于或等于  $800 \times 10^4$  t, 可控调速软启动装置过煤量大于或等于  $1200 \times 10^4$  t, 重载行星减速器过煤量大于或等于  $1200 \times 10^4$  t; 通过自动伸缩机尾, 实现链条随动控制; 后部刮板输送机整机大修周期(过煤量)大于或等于  $1400 \times 10^4$  t。

#### 4. 带式输送机

带式输送机在长距离输送恒张力自控张紧装置, 可伸缩输送机快速高效储、卷带装置, 新型高速低阻托辊研制以及长距离、可伸缩带式输送机智能控制与监测系统方面应用比较成功。普遍使用的带式输送机运输能力为 3500 t/h, 最高达 4800 t/h; 带宽 1600 mm; 带速大于或等于 4 m/s, 储带长度大于 120 m; 启制动加速度为  $0.1 \sim 0.3 \text{ m/s}^2$ ; 多机功率平衡精度大于 95%, 卷带时间小于 45 min; 托辊寿命大于 40000 h; 输送机启制动、机尾移动时能快速反应不打滑, 正常运行时张力恒定; 整机大修周期(过煤量)已达  $1500 \times 10^4$  t。

#### 5. 供电系统

大采高综放开采工作面安全、高效、可靠的一体化供电系统, 配备高压真空配电装置、移动变电站、动力中心、3.3 kV 组合开关、1.14 kV 组合开关等工作面供电系统关键设备, 工作面供电能力大于或等于 8000 kW, 正常电压损失小于 15%, 启动电压损失小于 25%。

#### 6. 辅助运输设备

矿井辅助运输全部采用国产防爆无轨胶轮车, 如中国煤炭科工集团太原研究院生产的 WC5 型 5 t 自卸防爆胶轮车, WqC3J 型 3 t 单排自卸防爆胶轮车等。所有车辆都装有瓦斯断电仪, 可满足矿井辅助运输及安全的需要。

现场调研矿井的工作面大都是大采高综放工作面, 配备的都是大型设备, 生产效能都很高。从各个矿所选采煤机来看, 国产和进口的都有, 国产的为天地科技股份有限公司制造的, 进口的有德国艾柯夫公司和美国久益公司生产的采煤机, 进口的所占比例较大, 约 80%。支架用的全部是国产化设备, 主要生产厂家是郑州煤矿机械集团股份有限公司和中煤北京煤矿机械有限责任公司, 支架工作阻力较大, 最小的为 10000 kN, 最大的不同是四柱式和两柱式的架型选择。刮板输送机国产和进口的都有, 但国产居多, 且核心部件多引用国外技术。转载机国产和进口所占比例相当。破碎机多为进口, 国产较少。乳化液泵站、喷雾泵、移动变电站和组合开关全是国产化。

综合上述几个矿井, 补连塔煤矿为全进口配套的 7 m 大采高综采工作面; 保德煤矿 81300-1 首采综放工作面设备除采煤机外, 其他设备全部为国产化配套, 81502 综放工作面采用美国久益公司生产的 7LS6 型采煤机割煤, 引进 JOY 700 kW 破碎机、JOY 700 kW 转载机。其他几个矿的综放工作面设备配套, 除了液压支架国产化外, 其他设备存在国内外产品同时存在的局面, 原因在于国产采煤机、刮板输送机和带式输送机的动力传动部可靠性低。因此矿方倾向于液压支架采用国产设备, 采煤机配套国外产品, 刮板输送机和带式输送机的结构件采用国产制造, 再配备国外生产的动力传动部。

### 1.3.2 存在的问题

#### 1. 设备使用和配套存在的问题

(1) 全套国产设备性能上基本能满足实现千万吨(级)综放工作面生产能力的要求, 但是设备的可靠性不高, 各设备的配套协调性需要进一步改善, 三机选型配套依据需进一

步完善。

(2) 国产采煤机基本能满足生产要求，但故障率较高，主要是采煤机和前部刮板输送机的配套问题，前溜头溜尾过渡槽短，边界槽配合度差，采煤机行走不到位造成三角煤割不透。采煤机电气控制系统易发生故障，截割部和摇臂的可靠性不高，牵引部易损坏。常见的故障有：油缸漏油、摇臂不调高、液控阀坏、换电机及减速箱、换行走齿轮、油管坏。

(3) 国产支架使用效果较好，但大型设备质量大，来压时支架陷底严重，且缺乏安全通道。再就是密封性差，跑、冒、滴、漏现象比较多，密封圈需经常更换。对于安全阀和接头阀还好，但是油缸里的密封装置更换起来很麻烦，极大地影响了生产。材质的强度、耐磨性、耐高温性和加工工艺还需进一步改进。正常生产时乳化液浓度很难达到5%的水平，管理不到位，乳化液杂质含量高。电液控制液压支架功能优势没有完全发挥。放顶煤液压支架是选择两柱还是选择四柱有待进一步论证。

(4) 刮板输送机常见故障有链环易断，中部槽耐磨性差，且表现为后部刮板输送机的损坏比前部刮板输送机大。煤流速度不均匀，刮板输送机易压死难以启动。后部刮板输送机与液压支架软连接，倾角大时后部刮板输送机易下窜。

(5) 破碎机主要表现在锤头磨损方面，矸石进入运煤系统多，造成运输系统超负荷运转，矸石块度大、较硬，增加了破碎机锤头的磨损。

(6) 带式输送机运输能力基本达标，偶尔出现软启动损坏、皮带断、跑偏、皮带跳电、皮带压死等现象。

(7) 国产设备零部件的使用周期短，更换频繁；控制系统不成熟，国产的传感器质量参差不齐，有的能用一两年，有的只能用一两个月；更换零件拆装困难，维修空间小；国产设备说明书与进口设备说明书相比，所述内容不够全面和详细，国产配套设备资料的完整性有待完善；国产设备体积过大，占用巷道空间，不利于行人，且修理空间狭窄，不方便修理安装。但是进口设备昂贵，售后服务困难，发生故障时外国劳工修理耗时费事，备件购运周期长，一般4~5个月，对生产造成很大的影响。

(8) 由于大采高综放设备体积大，缺乏配套的搬家设备，搬家费时费力。现在一般采用两套设备，以缓解因搬家接替紧张的问题。建议配套多功能搬家车辆，以减少搬家耗时。

## 2. 两巷支护存在的问题

两巷支护设计存在的问题，部分设计凭借工程类比和经验法设计，缺乏科学设计依据，导致支护效果不理想，尤其是巷道底鼓现象严重，且大多大采高综放工作面都出现此类现象。

## 3. 顶煤采出率及统计存在的问题

顶煤放出还是凭经验“暗箱操作”，“见矸关门”是否科学需进一步论证，含矸量依靠放煤工凭经验和操作熟练度来控制界面关窗，工人的自由度太大，放煤中含矸多少才停止放煤是一大难题，缺乏科学的判断标准。部分矿井计算顶煤采出率的方法不妥，导致统计结果不准确。

## 4. 一通三防等安全问题

由于受勘探技术等多因素限制，部分工作面在开采时没能及时摸清工作面周围地质情



况，部分工作面在开采过程中出现了一些不安全因素，如同煤集团同忻煤矿出现过自然发火倾向。

#### 5. 矿井配套工程方面的问题

矿井配套工程不合理不协调影响产量。选煤能力不足，增大了满煤仓情况产生的概率，对产量是一大限制因素。矿井设计产量偏低，政策性限制也是一个原因。另外人员管理因素和环境、地质条件、气候等因素也不同程度限制着产量的提升。

## 1.4 大采高综放开采技术特点及适用条件

### 1.4.1 大采高综放开采技术特点

大采高综放开采兼具大采高综采与放顶煤开采的技术优势。与普通采高综放开采相比，大采高综放开采加大了割煤高度，增大了放煤空间，这样必然引起顶板活动规律的变化，所以对大采高综放工作面顶板的控制也不同于普通采高综放工作面。在保证安全的前提下，衡量大采高综放开采技术优势的指标是产量和功效。

大采高综放工作面的产量实质上是煤层下部机械化开采的产量与煤层上部（顶煤）冒放开采的产量之和，其效率除取决于各自的效率外，还取决于它们之间的相互配合。

在地质因素一定的条件下，大采高综放工作面提高产量和效率的途径主要是加大系统设备能力，提高可靠性及系统协调性，包括采煤机、前后部刮板输送机、液压支架、转载机、破碎机、带式输送机。从安全高效、实现“一矿一面”集约化生产和工作面年产 $1000 \times 10^4$  t的要求出发，必须增大工作面长度，加大采高和截深，选用大功率采煤机组，提高割煤速度，相应提高液压支架移架速度，与大运量、高强度的工作面输送机相匹配；从设备性能要求出发，所选大采高综放工作面设备必须技术先进、性能优良、可靠性高，以保证综放设备的开机率，同时设备间相互配套性要好，以保持采运平衡，最大限度地发挥大采高综放开采的优势。

国内大采高综放工作面生产技术具有以下特点：①工作面尺寸大型化。工作面尺寸大型化主要是指合理加大工作面长度和连续推进距离，减少辅助运输作业时间，降低巷道掘进率，以提高工作面开机率、矿井采出率和工作面单产，从而提高工作效率。②工作面装备重型化。工作面装备重型化的趋势表现在装机总功率达到7500 kW；采煤机截割能力为3500 t/h，装机功率在2100 kW以上；刮板输送机运输能力为4000 t/h，装机功率在3000 kW以上；转载机能力为4000 t/h，装机功率在400 kW以上，电压升级到3300 V；破碎机能力为4000 t/h，装机功率在400 kW以上，电压升级到3300 V；液压支架额定工作阻力在10000 kN以上。③配套开采技术完备化。综合机械化掘进技术、锚杆支护技术、工作面装备快速回撤搬迁技术等千万吨（级）工作面普遍应用。④运输系统连续化。现代化综采工作面年产量达千万吨，推进速度快，工作面走向长度长，系统运输距离长。要实现采煤工作面的连续生产、快速推进，其运输系统必须有足够大的运输能力，并保证运行连续和稳定。⑤设备开机率高。据统计，国内千万吨（级）工作面采煤机月开机率可达78.66%~83.94%，平均81%，采煤机开机率达到了世界先进水平。⑥随着采煤厚度的增加，顶板活动剧烈程度及煤壁片帮现象显得较为明显，因此工作面支架额定工作阻力大，具有护帮作用。