

中国矿业大学图书馆藏书



C01726196

JIBO MEICENG

Padishi Gaoxiao Zongcai Jishu

极薄煤层

爬底式高效综采技术

徐廷甫 王建国 蒋 静 肖大强 奚光荣

冯 春 杨纯华 葛树远 冉 波 侯 波 李 明 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD823.25
X-777

极薄煤层 爬底式高效综采技术

徐廷甫 王建国 蒋 静
肖大强 奚光荣 冯 春
杨纯华 葛树远 冉 波
侯 波 李 明 著



中国矿业大学图书馆藏书



C01726196

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

我国极薄煤层分布广泛,在东北、华南、西南、华东、华北东部等地区都期待极薄煤层开采技术的突破。为了实现复杂地质条件下极薄煤层的综合机械化开采,本书针对极薄煤层开采极其狭小的空间环境,研究了极薄煤层工作面主要配套设备(爬底式采煤机、刮板输送机和液压支架)几何参数与设备能力的合理配合关系,保证了足够的工作空间、过煤空间和过机空间,确保采煤机有足够的截割能力(过断层截割岩石)、装煤效果和较高的设备可靠性。对试验煤层进行了煤及顶底板岩石物理力学参数测试及工作面支柱工作阻力、顶板下沉量、底板比压等实测研究。通过对极薄煤层采场顶板限定变形控制和采场支护强度的研究,复杂条件下极薄煤层爬底式采煤机的牵引、爬坡、装煤研究,综采支架、采煤机及刮板输送机的结构及关键参数的优化和研究,建立了极薄煤层开采顶板限定变形的支架与围岩关系的位态方程,确定了不同采场条件下极薄煤层支护强度,完成了支架、采煤机和刮板输送机等主要设备的动态优化、技术改进设计,形成了相应的开采技术与工艺和复杂煤层条件下年产30万吨极薄煤层综合机械化开采成套设备与技术。

本书可供矿山生产、设计、科研单位的有关技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

极薄煤层爬底式高效综采技术/徐廷甫等著. —徐

州:中国矿业大学出版社, 2011.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1242 - 9

I. ①极… II. ①徐… III. ①薄煤层采煤法 IV.

①TD823.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第186218号

书 名 极薄煤层爬底式高效综采技术

著 者 徐廷甫 王建国 蒋 静 肖大强 奚光荣 冯 春
杨纯华 葛树远 冉 波 侯 波 李 明

责任编辑 李 敬

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 淮安淮海印务有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 8.25 字数 144 千字

版次印次 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

定 价 21.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

煤炭工业是我国重要的基础产业,煤炭在我国一次性能源生产和消费构成中均占 2/3 以上,在未来相当长的时期内,以煤为主的能源供应格局不会改变,只有保持煤炭工业的持续、稳定和健康发展,才能确保我国国民经济的稳定增长。

在薄煤层中,厚度小于 0.8 m 的称为极薄煤层。长期以来,由于极薄煤层开采空间极其狭小,工人劳动强度大、工作条件差,设备配套困难,对煤层厚度、倾角的变化以及断层等地质构造的适应能力差,投入产出比高、效率低、经济效益差等多方面原因,致使大量极薄煤层煤炭资源处于搁置状态,回采量远低于储量所占的比重,而且有下降的趋势,更造成极薄煤层机械化开采技术发展缓慢。实现极薄煤层高效综合机械化开采,对于提高以薄煤层开采为主的矿井高效集中生产水平、实现资源平衡开采、延长矿井寿命、实现煤炭企业可持续发展、创建资源节约型企业、提高煤炭产量与回收率、改善安全生产环境、提升极薄煤层开采成套装备的水平等都具有重要的意义,经济效益和社会效益十分显著。

近年来,随着综采技术在薄煤层中的成功应用,薄煤层开始被大量开采,但厚度小于 0.8 m 的极薄煤层由于开采效率低、工人劳动强度大、安全隐患多、经济效益差,开采速度与厚煤层、中厚煤层及薄煤层不相适应的矛盾愈来愈突出,极薄煤层回采产量占总产量的比重越来越低,致使大量极薄煤层煤炭资源处于搁置状态,究其原因,关键是目前缺乏适应性好、生产效率高的极薄煤层综采技术装备。

达竹矿区及全国各地赋存有大量极薄煤层,实现综合机械化开采非常困难,个别地方使用了爬底式高档普采工艺,大多数地方一直采用炮采这种落后的开采方式,严重制约着矿井生产的安全和高产高效。极薄煤层的开采,需要科学合理地平衡配套设备(采煤机、刮板输送机和液压支架)几何参数与能力之间的关系,既要优化减小采煤机的外形尺寸,加大过煤空间和过机空间,又要保证采煤机有足够的落煤能力、过断层能力和较高的设备性能。

2009 年起,达竹煤电集团组织煤炭生产企业、煤矿设备制造企业、高等院校进行了联合攻关,研究开发了 0.8 m 以下复杂条件极薄煤层高效综采成套装备与技

术。通过现场测试、理论分析、数值模拟等方法,研究薄煤层综采工作面合理参数,科学合理地进行设备选型、总体配套及技术参数优化;通过试制、评审、测试与完善样机,研制采煤机、液压支架、刮板输送机等成套装备;研究极薄煤层高效综采技术与工艺,进行试验研究与应用推广,改变了多年来极薄煤层开采的落后局面,取得了十分显著的经济效益与社会效益,有着广阔的推广应用前景。

(1) 研制了 0.55~0.8 m 极薄煤层综合机械化成套装备与高效综合机械化开采工艺,首次实现了 0.55~0.8 m 极薄煤层综合机械化开采。

(2) 综合研究了极薄煤层综采支架与围岩的限定变形关系、顶板限定变形控制技术及支护强度设计,确定了支架合理工作阻力,为极薄煤层综采液压支架的研制提供了科学依据。

(3) 研制了极薄煤层工作面大伸缩比、层叠顶梁两柱掩护式液压支架,支架高度 550~1 200 mm,采用整体层叠顶梁结构,降低了顶梁厚度,增加了过机空间,具有满足大倾角条件的底调机构、增加行人空间的板型结构高强度推溜机构以及基于集束多芯高压管技术的液压支架邻架先导控制。

(4) 研制了极薄煤层综采工作面高强窄槽边双链刮板输送机,输送机高度低(180 mm)、宽度小(500 mm),装有防“飞石”和提高装煤效果的活动防护装置。

(6) 在开采高度为 0.55~0.8 m 的极薄煤层条件下,科学合理地实现了爬底式滚筒采煤机、刮板输送机和液压支架的设备配套与参数优化,有效解决了设备几何参数与设备能力之间的突出矛盾,减小了设备外形尺寸,加大了过煤空间、过机空间及工作空间。

通过应用表明,整套装备选型先进、配套合理、运动关系协调、生产能力匹配、效率较高、安全性能好、质量可靠,能够适应复杂条件薄煤层工作面地质条件。

本书系统地阐述了极薄煤层高效综合机械化开采的理论、技术、成套装备、开采工艺及实践效果,内容丰富,资料翔实,图文并茂,是多家单位的工程技术人员联合攻关的结晶,借著作出版之际,特向在合作研究中作出贡献的单位和专家们表示衷心的感谢!

本书不当之处,敬请提出宝贵意见。

作 者

2011 年 6 月

目 录

前言	1
1 极薄煤层开采技术及其发展	1
1.1 极薄煤层开采的重要意义	1
1.2 国内外极薄煤层开采技术现状	4
1.3 复杂条件极薄煤层综采技术发展	8
1.4 本章小结	11
2 工程地质条件及围岩物理力学性质	12
2.1 达竹矿区煤层地质条件	12
2.2 斌郎煤矿煤层地质条件	12
2.3 内连煤层及顶底板岩层物理力学性质测试	15
2.4 回采巷道围岩稳定性与顶底板特征	17
3 极薄煤层采场需控岩层范围及运动规律研究	19
3.1 概述	19
3.2 实测研究方案	19
3.3 实测结果分析	20
3.4 本章小结	30
4 极薄煤层顶板限定变形支护控制及支架关键参数研究	32
4.1 极薄煤层顶板限定变形支护控制研究	32
4.2 液压支架关键参数及结构研究	41
4.3 本章小结	51

5	极薄煤层上覆覆岩运动规律及合理支护参数的综合实验研究	53
5.1	斌郎煤矿 N1014 工作面相似材料模拟实验研究	53
5.2	实验煤层的综采三维数值模拟研究	65
6	0.8 m 以下极薄煤层综采工作面设备配套	75
6.1	0.8 m 以下极薄煤层综采工作面参数确定	75
6.2	0.8 m 以下极薄煤层综采工作面配套设备	79
6.3	极薄煤层综采工作面主要设备配套	86
6.4	极薄煤层综采设备布置	91
6.5	本章小结	94
7	0.8 m 以下极薄煤层高效综采主要设备研制	95
7.1	极薄煤层工作面大伸缩比层叠顶梁液压支架	95
7.2	极薄煤层综采工作面高强窄槽边双链刮板输送机	100
7.3	小机身、大功率、高截割能力自动化爬底式滚筒采煤机	102
7.4	本章小结	104
8	极薄煤层高效综合机械化开采工艺与实践	106
8.1	极薄煤层高效综采实践	106
8.2	应用效果	115
8.3	极薄煤层综采的经济效益与社会效益	119
8.4	本章小结	122
	参考文献	123

1 极薄煤层开采技术及其发展

1.1 极薄煤层开采的重要意义

1.1.1 极薄煤层储量及开采价值

我国薄煤层资源丰富,分布广泛,据统计,1.3 m 以下煤层可采储量约占全部可采储量的 20%,全国薄煤层和极薄煤层可采储量分别占 16.9%和 2.8%。在一些地区薄煤层储量比重很大,如四川省为 60%,山东省为 54%,黑龙江省为 51%,贵州省为 37%。特别是在南方地区,薄煤层储量所占比重更大,而且薄煤层分布广,煤质好。西南片区基本以薄煤层为主,粗略统计,仅四川省和重庆市国有统配局煤矿就有薄煤层储量 1.5 亿 t 以上,很多薄煤层煤质好,具有较高的开采价值,可开采年限长。

在薄煤层中,厚度小于 0.8 m 的煤层称为极薄煤层。极薄煤层分布极其广泛,全国大多数矿区都赋存有极薄煤层,四川、重庆及大部分南方地区更是以薄煤层和极薄煤层为主。长期以来,由于极薄煤层开采空间极其狭小,工人劳动强度大、工作条件差,设备配套困难,对煤层厚度、倾角的变化以及断层等地质构造的适应能力差,投入产出比高、效率低、经济效益差等多方面原因,致使大量极薄煤层煤炭资源处于搁置状态,回采量远低于储量所占的比重,而且有下降的趋势,更造成极薄煤层机械化开采技术发展缓慢。由于极薄煤层开采条件差、开采方式落后、生产效率低、经济效益差等原因,很多矿区放弃了极薄煤层的开采,但随着煤炭资源的逐渐枯竭,极薄煤层的开采将日益重要。

极薄煤层综合机械化开采研究成果对于高效集中生产、实现资源平衡开采、延长矿井寿命、煤炭综合利用、实现煤炭企业可持续发展、创建资源节约型企业、提高煤炭产量与回收率、改善安全生产环境具有重要的现实意义,对于推进极薄煤层成套装备的产业化、提高其自主研发能力具有重要的意义,经济效益和社会效益十分显著。

1.1.2 极薄煤层综采的必要性与紧迫性

到目前为止,极薄煤层开采主要有以下三种方法:一是炮采,即采用爆破落煤、人工装煤、单体液压支柱支护的方式。该方法生产效率极低,安全保障度差,且工人劳动强度很大。二是高档普采,即采用爬底式滚筒采煤机落煤并装煤、单体液压支柱支护顶板。高档普采虽然减少了打眼爆破和人工撬煤工序,工人劳动强度有一定程度降低,但目前大多数极薄煤层采煤机在牵引、截割、控制、装煤以及适应地质变化等很多方面不完善,系统不协调,存在很多的缺陷和不足,并且由于仍然采用单体液压支柱支护,工作面顶板控制比较困难,同时工作面用人多,安全保障度差,生产能力很难充分发挥。三是采用机械切割或工作面爆破的方式人为增大采高,以利于采用现有安全高效装备,这种做法不仅影响工作面效率和单产,同时也对煤炭质量产生较大影响,经济效益差。因此,极薄煤层的综合机械化开采到目前为止仍然还是空白。

煤炭工业是我国重要的基础产业。长期以来,煤炭在我国一次性能源生产和消费构成中均占 2/3 以上。我国煤炭资源丰富,在未来相当长的时期内,以煤为主的能源供应格局不会改变,只有保持煤炭工业的持续、稳定和健康发展,才能确保我国国民经济的稳定增长。因此,除继续建设高产高效矿井,提高采掘综合机械化水平,发展中、厚煤层一次采全高以及特厚煤层的放顶煤开采技术和装备外,研制开发适合我国国情的极薄煤层开采装备和技术,不仅成为有关煤矿亟待解决的问题,也是我国煤炭工业健康、协调发展的重要课题。

1.1.3 达竹矿区煤层特点

达竹矿区含煤地层为三叠系须家河组,自下而上分 6 段,煤层主要赋存于五段和六段。五段含煤 20 层,可采或局部可采 4 层;六段含煤 6 层,3 层可采 3 层局部可采。煤层主要特点是:① 煤质好,煤层都属于低硫、特低磷的 1/3 焦煤,极具工业价值,主要用做冶炼精煤。② 煤层薄,五段最大可采总厚度 3.72 m,一般煤厚 0.21~0.9 m;六段最大可采总厚度 1.19 m,一般煤厚 0.3~1.0 m,矿区内煤层大多属于极薄煤层。③ 倾角大,倾角变化也大, $0^{\circ}\sim 85^{\circ}$,一般在 $10^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 范围内。④ 煤炭硬, $f=2\sim 3.5$,局部含硫化铁结核或夹石。因此,开发建设以来,达竹矿区一直采用手采、炮采工艺,20 世纪 80 年代末至 21 世纪初期,先后使用了 BM-100 型、MLS3-170 型和 3MG-200 型采煤机组,由于受煤炭市场疲软的影响,加上各单位对矿井机械化发展工作的认识不足,缺乏信心,公司机械化

发展工作一直处于较低的水平。加之生产系统不配套,开采技术落后,机械化开采“停停打打”,难于巩固。进入 2000 年以后,煤炭市场有所好转,企业效益回升,公司在总结过去工作经验教训的基础上,因地制宜,积极探索适合达竹特点的机械化发展路子,加大投入,进行开采技术改革和创新,不断优化生产系统、培训人才,促进了煤炭主业的发展。

1.1.4 达竹矿区极薄煤层综采发展历程

2004 年,金刚、斌郎两矿在中厚煤层开采中装备大功率新型液压牵引采煤机(MG150/375 型),公司开始了新一轮采煤机械化探索。其中,斌郎矿创造了月产 3.1 万 t 的高档普采最好水平。

2005 年,小河嘴、金刚矿在极薄煤层(0.6~0.8 m)中先后使用国产滑行刨煤机采煤,在部分工作面取得成功,但该机受狭窄的使用条件限制,最终被淘汰。

2006 年,斌郎矿在薄煤层使用了 MG100/304 型薄煤层采煤机组,应用于高档普采,由于受工作面地质条件的影响,加之设备故障频繁,效果一直不理想。

为了改善厚度在 0.8 m 以下极薄煤层的劳动条件、提升工作效率、提高单产、增加经济效益,于 2006 年引入重庆永荣煤机厂生产的 MG100-TP 单滚筒爬底式采煤机配合单体支柱实验了极薄煤层机采,通过实验积累极薄煤层爬底式开采的经验,为最终实现极薄煤层综采奠定了基础。

2006 年 6 月,柏林矿在极薄煤层(0.5~0.8 m)采用爬底板式采煤机获得成功,为公司发展极薄煤层机械化采煤找到一条真正适用的路子,其成功的范例迅速推广到公司其他矿井。

2007 年,柏林矿首次在采高 1 m 以下的薄煤层中实现了综采,尽管由于多种原因效果不十分理想,但为下一步薄煤层综合机械化开采建立了信心,积累了多方面的经验和教训。

2007 年,达竹公司与多个煤机制造厂家联合开发的薄煤层综合机械化开采成套装备先后在小河嘴矿、金刚矿和白腊坪矿投入使用,在国内 1 m 以下的薄煤层中率先使用了多种先进技术和装备(薄煤层电液控制和手动先导控制技术、针对性研发的大功率电牵引采煤机等),效果良好。这一系列先进技术和装备的成功,表明达竹公司薄煤层综合机械化开采技术已日臻成熟。

2008 年 2 月,达竹公司与辽源煤机公司针对达竹具体地质条件合作研发的 MG110/130-TPD 型极薄煤层电牵引采煤机成功应用于 45°以下的采煤工作面,从此达竹拥有了具有自主知识产权的采煤装备,这也是产、学、研相结合,开发适

应达竹特殊地质条件的机械化装备的一个成功范例。

要实现极薄煤层综采,除采煤机外,液压支架是另外一个关键设备。目前,国内尚没有真正适应 0.5~0.8 m 极薄煤层的综采液压支架。

由于缺乏极薄煤层综采的关键设备和技术,我国极薄煤层的开采始终处于比较落后的状态,严重阻碍了生产效率的进一步提高。随着我国国民经济的发展,煤炭价格不断提高,尤其是像达竹矿区薄煤层这样高品质的煤炭价值得到了进一步提升。为此,如何实现极薄煤层综合机械化开采,达到安全高效的目的,显得更加迫切,并且意义重大。

1.2 国内外极薄煤层开采技术现状

1.2.1 国外极薄煤层开采技术途径与现状

在薄煤层高效综采的核心技术中,最为关键的是机械化落煤技术。20 世纪 40 年代刨煤机采煤在德国问世以来,很快就得到推广和发展,成为薄煤层采煤综合机械化的强大支柱。德国、波兰、俄罗斯、法国、西班牙等主要产煤国,使用刨煤机开采的煤炭产量占总产量的 50% 以上。在德国,1.6 m 以下的薄煤层,几乎全部采用刨煤机采煤,当煤层厚度超过 1.6 m 时,滚筒采煤机开采占主要地位。在美国,普遍采用大功率滚筒式采煤机开采薄煤层,其工艺途径是切割岩石把采高提高到 1.3 m 以上。

1.2.2 国内极薄煤层开采技术途径与现状

在我国,0.8 m 以下极薄煤层工作面大部分仍采用爆破落煤、人工装煤工艺方式进行采煤,只有很少一部分采用高档普采。在极薄煤层高效综采的核心技术中,最为关键的技术是极薄煤层采煤机和液压支架,采煤机和液压支架合理布局 and 配合,才能保证合理的行人空间、过机空间和过煤空间。

我国极薄煤层工作面到目前为止仍主要采用炮采。20 世纪 70 年代薄煤层机组得到较大发展,分别研制出不同类型的刨煤机,包括钢丝绳牵引刨煤机、全液压驱动刨煤机和刮斗刨煤机等,刨煤机组在极薄煤层矿井也进行了实验研究,达竹公司也先后在小河嘴煤矿、金刚煤矿进行实验,因极薄煤层赋存条件变化大,其适应性较差,没有得到推广应用。1984 年研制成功了爬底板式滚筒采煤机,使极薄煤层机械化开采取得重大突破,但该型爬底板式采煤机设计时间较

早,结构为非对称布置,左右工作面各为一种机型,不能互换;整机为单电机驱动、老式液压系统牵引,由于传动效率低,装机功率小,对倾角 20° 以上煤层适应性差,尤其是在采面出现地质构造(如小断层、冲刷带)时,还需震动爆破,影响产量和工效;同时,由于其操作按键在煤壁侧,采煤机司机存在一定的安全风险;滚筒装煤效果差,浮煤较多,需人工辅助装煤。

20世纪90年代开始引进国外的螺旋钻采煤机,用于薄煤层和极薄煤层的开采。目前,在我国厚度小于0.8 m的极薄煤层机械化开采主要有三种技术途径:一是采用螺旋钻机组;二是采用刨煤机、刮板输送机和单体液压支柱配套组成的刨煤机普采机组;三是采用爬底板式滚筒采煤机、刮板输送机和单体液压支柱配套的采煤机普采机组。三种技术途径的主要配套设备有以下几种。

1.2.2.1 螺旋钻采煤机

螺旋钻采煤机是在用于露天开采的螺旋钻机的基础上逐步改造成型的。自20世纪70年代开始,苏联在这方面做了大量的研究实验工作。在20世纪90年代末期,乌克兰研制了BMY-3M型螺旋钻采煤机,我国从1998年陆续引进使用。螺旋钻机适宜开采厚度0.4~0.8 m的煤层,具有“三无、五少、二高”工艺特点(即工作面无人、无固定设备、无支护材料;系统环节少、用人少、掘进巷道少、设备配置少、材料消耗少;安全系数高、经济效益较高),可广泛应用于开采围岩较稳定的薄煤层和极薄煤层,也可以用来开采边角煤、建筑物下采煤、回收煤柱、开采解放层。新汶矿业集团2003年从乌克兰引进的螺旋钻机,分别在潘西矿和南冶矿进行了前进式和后退式采煤工艺实验,单面单台钻机月产达5 800 t,平均工效达12 t/工,人员和机组设备都在宽敞的巷道内。但螺旋钻机设备投资比较大,相邻钻孔之间要留煤柱,所以回收率比较低,而且过煤岩能力较差,工作面单产水平低,不能作为矿井主采工作面,目前主要用于回收边角煤。

1.2.2.2 刨煤机

我国刨煤机的研制工作始于20世纪60年代,1966年试制成功我国第一台MBJ-1型拖钩刨煤机,并迅速得到推广使用。70年代我国刨煤机使用台数达到高峰(1971年出厂了52台),当时采煤机尚未在国内大量推广应用,而刨煤机由于结构简单、操作方便、成本较低等特点而成为当时发展机械化的主要机型。但是由于受当时生产工艺的限制,刨煤机的一些关键零部件如圆环链、接链环、链轮、刨刀和刨刀座、导链座、缓冲器等,可靠性差、损坏率高,影响了刨煤机的进一步推广应用。虽然随着制造厂加工设备的更新,产品质量保证体系日益完善,以

前困扰刨煤机质量的问题逐步得到解决,但由于刨煤机的产品完善和成熟周期过长、更新换代速度慢,因而失去了进一步推广和发展的先机。我国刨煤机发展缓慢主要有以下几个方面原因:① 国内对煤层可刨性程度判断缺乏科学性,使用效果不佳;② 支护配套不协调,影响使用效果;③ 刨煤机自身的技术水平有待进一步提高;④ 刨煤机适应性有待提高。

对于采高低于 0.8 m 的极薄煤层,上下缺口需挑顶,工作量较大,加之设备频繁移动,护顶难度加大,准备工作量比较大,而且对地质变化大的工作面,单产很难提高。

总体来说,刨煤机虽然具有可实现极薄煤层的机械化开采、工作时间利用率高、结构简单、维护方便的优点,我国极薄煤层采用刨煤机开采也进行了一些实验,但其使用效果受煤层厚度、倾角、顶底板条件、特殊地质构造的影响很大,许多问题有待解决,所以没有得到推广运用。

1.2.2.3 爬底板式单滚筒采煤机

我国 1.3 m 以下薄煤层储量丰富,其中 0.5~0.8 m 极薄煤层的分布较广,特别是西南片区基本以薄煤层为主。四川省和重庆市共有国有矿务局 11 个,其中四川省 6 个,重庆市 5 个,粗略统计其薄煤层和极薄煤层储量在 1.5 亿 t 以上。

0.8~1.3 m 薄煤层的开采,如条件允许,实现机械化目前已经解决,成熟的机型很多,如辽源煤矿机械制造有限公司生产的 MG80/188-BWD 型交流电牵引采煤机、MG100/240-BW 型采煤机、MG140/330-BWD 型交流电牵引采煤机等机型。而能采 0.8 m 以下煤层的采煤机目前还很少。刨煤机虽然可实现 0.8 m 以下煤层的开采,但前提条件太多,推广和使用受到限制。

国外先进的薄煤层采煤机如波兰的 MG344-PWD 型交流电牵引采煤机、前苏联的 K103、联邦德国的 300LN 等采高下限较高,K103 采高下限 0.8 m(外牵引),300LN 采高下限 1.0 m, MG344-PWD 型交流电牵引采煤机采高下限 1.25 m,都不能采 0.5~0.8 m 的煤层。

目前西南片区使用的极薄煤层采煤机是重庆永荣机械制造厂生产的 20 世纪 70 年代开发的产品,虽然各项指标显得落后,但由于无替代机型,所以仍是开采 0.5~0.8 m 煤层的首选机型,但其适应条件有限,煤矿迫切希望用现代采煤机设计制造技术,开发新一代极薄煤层采煤机。

达竹煤电公司 2006 年引进该机组进行了爬底式普采实验,通过实验,发现该机组有很大的局限性,适应性很差,无论是结构、控制、牵引、截割还是制造工

艺水平都显得比较落后,与现代煤机生产技术不协调,主要问题包括:①该机型只适用于顶板中等稳定、煤炭坚固性系数 $f=2\sim 3$ 、倾角小于 15° 的煤层,适应范围较小;②该机型设计功率偏小,当工作面煤炭硬度增大、煤层倾角增大时,割煤机运行非常困难,导致机组故障率较高;③该机组牵引部采用液压牵引,且设计的牵引力较小,坡度较大时,牵引困难,牵引部故障率较多;④滚筒装煤效果差,当倾角大于 20° 时装煤效果极差,浮煤回收工作量极大;⑤滚筒截齿适应性差,现场损坏量大;⑥由于该机型设计非对称性,造成左右工作面无法互换使用,机组购置成本增大;⑦由于机组较轻(7 000 kg),造成割煤时机组振动大,加之无安全制动装置,对安全造成威胁;⑧由于采用液压牵引,必须跟机操作,给机道内的割煤司机造成安全威胁。

该机组是目前我国唯一生产的爬底式滚筒采煤机,由于上述问题,使得它的推广运用受到了很大局限,极薄煤层开采还缺乏截割能力大、爬坡能力强、装煤效果好、牵引和控制方式先进、适应各种地质变化的采煤机。

1.2.2.4 支护设备

我国薄煤层工作面的支护设备经过多年发展,目前已经形成了从普采、高档普采到综采支护设备系列产品,基本上可满足国内薄煤层生产的需要。目前我国在薄煤层液压支架设计、制造等方面技术已经成熟,形成了一系列适应于不同地质条件、不同配套设备的液压支架。

但这些支架的调高范围小,对于极薄煤层的适应能力差,不能满足极薄煤层对于行人、过机及过煤空间的要求。

1.2.2.5 工作面刮板输送机

目前正在使用的薄煤层工作面刮板输送机有SGW-630/150C、SGB630/150C、SGZ-630/220、SDD-730/320、SGZB-730/220、SGD-730/320、SGZ-764/264W、SGZ-764/400和SGZB-830/320等,装机功率150~320 kW,输送能力400~800 t/h。近年来,国内薄煤层运输机有较大的发展,基本能够满足各矿区的需求。

但是,这些刮板输送机不适合极薄煤层开采,槽宽大、中板厚且距底板位置高,在煤层极薄的情况下减少了行人空间和刮板输送机的过煤断面。

总之,极薄煤层综合机械化开采在国内、国外属空白,由于面临的困难很多,实现极薄煤层综合机械化开采是非常困难的。

1.3 复杂条件极薄煤层综采技术发展

1.3.1 极薄煤层开采技术难题

复杂条件极薄煤层综合机械化开采十分困难,尽管国内外极薄煤层开采的实例很多,但大多是爆破开采,虽然也有爬底板式采煤机机械化开采的情况,如永荣矿区极薄煤层爬底板机采,但实现生产全过程的综合机械化尚为空白。

复杂条件极薄煤层综合机械化开采需要解决的关键技术难题如下:

(1) 解决矮机身与装机功率(截割能力)和机械强度之间的矛盾,实现小采高(最小 550 mm)条件下,具备一定过断层能力的极薄煤层的机械截割。

(2) 狭小空间环境条件下,实现采煤机、液压支架、刮板输送机三者之间合理配套。

(3) 极薄煤层爬底板开采实现高效率机械化装煤,避免人工装煤。

(4) 极薄煤层综采工作面防刮板输送机推移过程中自动上飘问题。

(5) 解决极薄煤层液压支架的众多液压管路与架下空间之间的矛盾,实现 0.55~0.8 m 采高条件下,具备更多的过人空间与操作空间。

(6) 小直径滚筒采煤机在工作面两端部卧底量不能满足工艺要求问题。

(7) 提高工作面自动化、信息化水平。

(8) 针对高产开采职工劳动强度大的问题,研究选择先进的生产工艺和劳动组织,最大限度地降低工人劳动强度。

随着我国国民经济的发展,煤炭价格不断提高,极薄煤层的价值得到了进一步提升。为此,研制极薄煤层高效综合机械化开采技术与成套设备,实现全过程机械化,大幅度提高极薄煤层的产量、生产效率和安全生产水平,是十分迫切的,并具有重大意义。

1.3.2 主要攻关内容与关键技术

由于采煤机爬底板运行,装煤、行走、爬坡困难,加之煤层极薄,过煤、过机、行人的矛盾突出,要达到预定目标,需要从设备结构、配套、参数、自动化等方面进行全方位研究,保证良好的运行效果。主要研究以下内容:

(1) 由于极薄煤层空间狭小,研究极薄煤层开采的顶板“限定变形”及控制理论,尽可能增加极薄煤层综采开采的空间。

(2) 针对煤体的截割,研究了矿压显现规律,同时研究了采煤机的破煤岩能力和结构参数优化及机械强度校验、滚筒参数优化。

(3) 针对工作面空间狭小问题,研究优化了液压支架、采煤机、刮板输送机三者的技术参数和配套关系。

(4) 针对极薄煤层工作面普遍存在的刮板输送机在推移过程自动上飘问题,研究了防刮板输送机上飘的技术。

(5) 针对爬底式采煤机装煤转运中存在的问题,研究了提高装煤效率和防“飞石”问题。

(6) 针对煤层底板见水膨胀泥化,封底式极薄煤层液压支架推移油缸及连杆易被煤岩粉卡塞问题,研究了液压支架提底技术。

(7) 针对高产开采割煤刀数多、职工劳动强度大,研究了采煤机自动分段遥控技术和分组分段作业生产工艺,同时研究应用了相应的采煤机自动定位和记忆割煤技术。

1.3.3 主要技术创新

经过多年的理论研究与技术攻关,研制出了复杂结构薄煤层开采的成套设备,设计出科学先进的生产工艺,并成功应用于含硫化铁结核体的薄煤层开采,改变了40多年来薄煤层炮采的落后局面,为薄煤层的高效开采和延长矿井寿命闯出了一条新路。

(1) 研制了0.55~0.8 m极薄煤层综合机械化成套装备与高效综合机械化开采工艺,首次实现了0.55~0.8 m极薄煤层综合机械化开采。

(2) 综合研究了极薄煤层综采支架与围岩的限定变形关系、顶板限定变形控制技术及支护强度设计,确定了支架合理工作阻力,为极薄煤层综采液压支架的研制提供了科学依据。

(3) 研制了极薄煤层工作面大伸缩比、层叠顶梁两柱掩护式液压支架,支架高度550~1 200 mm,采用整体层叠顶梁结构降低了顶梁厚度,增加了过机空间,具有满足大倾角条件的底调机构、增加行人空间的板型结构高强度推溜机构以及基于集束多芯高压管技术的液压支架邻架先导控制。

(4) 研制了极薄煤层综采工作面高强窄槽边双链刮板输送机,输送机高度低(180 mm)、宽度小(500 mm),装有防“飞石”和提高装煤效果的活动防护装置。

(5) 在开采高度0.55~0.8 m的极薄煤层条件下,科学合理地实现了爬底

式滚筒采煤机、刮板输送机和液压支架的设备配套与参数优化,有效解决了设备几何参数与设备能力之间的突出矛盾,减小了设备外形尺寸,加大了过煤空间、过机空间及工作空间。

(6) 研发了采煤机的自动定位、自动分段遥控和记忆截割技术,研制应用了紧凑、经济型液压支架电液控制系统,并通过采煤机机载无线通讯装置,将采煤机有关信息传输到电液控系统主机,实现了采煤机割煤与液压支架的降、移、升及刮板输送机前移的有机联动。借助矿井光纤工业以太网和交换机,将工作面主要设备的工况和故障等信息从电液控主机传输到地面的计算机,实现井上、下的双向通讯。整个项目达到了很高的自动化水平和较高的信息化水平。

(7) 以本项目研发的采煤机自动分段遥控技术为基础,首次在极薄煤层综采工作面设计应用了分组分段作业方式,极大地减轻了采煤机司机和支架工长期长距离匍匐爬行对身心健康造成的损害。

1.3.4 应用效果与发展前景

2009年2月以来在达竹集团公司斌郎煤矿、小河嘴煤矿、柏林煤矿各投入1套设备,共应用于6个工作面,单面产量可达30万t以上,各项经济技术指标均大大优于极薄煤层炮采和爬底板机采水平,经济效益与社会效益十分显著。

通过应用表明,整套装备选型先进、配套合理、运动关系协调、生产能力匹配、效率较高、安全性能好、质量可靠,能够适应复杂条件极薄煤层工作面地质条件。

极薄煤层综采的开发与应用,极大地改善了目前国内极薄煤层开采效率低、工人劳动强度大、安全事故多、经济效益低、综采装备落后的状况,带动了矿井采、掘、安、机、运、通、管等相关技术群的协调发展,整体提高了煤矿的技术水平,为煤矿可持续发展提供了技术保证。

研究成果具有以下意义:

(1) 目前极薄煤层(采高在0.8 m以下)工作面采煤方法主要为炮采,即人工打眼、爆破落煤、人工撬煤和人工回柱的采煤方法,这些工序都存在着较大的危险,大多数事故都发生在这些工序中,而极薄煤层综采就从根本上解决了这些问题,对煤矿的安全生产起到很大的促进作用。

(2) 炮采工作面人工打眼及装煤、回柱,劳动强度大、粉尘大,严重危害了职工的身体健康,很多职工膝盖都有水肿的病历。而极薄煤层综采工作面工人的劳动强度大幅度降低,有利于职工的身体健康。