

Exploration and Practice of Mechanized Mining of Thin and Extremely Thin Coal Seams

Xingdong Tu¹, Yuehua Deng², Yongqin Zhang³

¹Sichuan Coal Group Dazhu Company, Dazhou Sichuan

²Yibin University, Yibin Sichuan

³Chongqing Vocation Institute of Engineering, Chongqing

Email: hwnl54@163.com

Received: Dec. 20th, 2019; accepted: Jan. 8th, 2020; published: Jan. 15th, 2020

Abstract

This paper introduces the development of thin seam mechanization abroad and at home, and the exploration and practice of Dazhu company of Sichuan Coal Group in mining extremely thin seam. The paper summarizes the feasible scheme of mechanized mining under different conditions. Dazhu company has fully realized mechanized mining in coal seam above 0.6 m and mechanized mining in coal seam below 0.6 m. It can be used as a reference for relevant professional technicians of mine production, teachers and students of coal mine colleges.

Keywords

Thin and Extremely Thin Coal Seams, Mechanization, Mining Technology

薄及极薄煤层机械化开采的探索与实践

涂兴东¹, 邓月华², 张永琴³

¹四川省煤炭产业集团达竹公司, 四川 达州

²宜宾学院, 四川 宜宾

³重庆工程职业技术学院, 重庆

Email: hwnl54@163.com

收稿日期: 2019年12月20日; 录用日期: 2020年1月8日; 发布日期: 2020年1月15日

摘要

本文介绍国内外薄煤层机械化发展概况和川煤集团达竹公司在极薄煤层开采方面的探索与实践, 总结出

适合不同条件下机械化开采的可行方案，达竹公司0.6 m以上煤层都实现了综采，0.6 m以下煤层均实现了机采。可供矿山生产、设计单位相关专业技术人员及煤矿专业院校师生参考。

关键词

薄及极薄煤层，机械化，开采技术

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

薄及薄煤层机械化开采存在着工作条件差，煤层厚度、倾角变化大，褶皱、断层等地质构造，空间受限，设备移动困难，对薄煤层设备生产性能影响大，以及投入产出比低，薄煤层机械化开采的经济效益不如中厚煤层等特殊问题，造成薄及极薄煤层机械化开采技术发展速度相对缓慢。在劳动力成本日益增高，企业招工难的大背景下，很多矿区薄煤层资源没有开采利用，开采薄及极煤层的企业经济效益差，如何改变薄煤层矿区生产工艺，改善员工作业条件、提高企业经济效益，往机械化、信息化、智能化发展的道路势在必行，本文介绍达竹矿区薄及极薄煤层机械化开采的艰难历程和成功心得，以为同行提出一些经过实践检验的可行方案供参考。

2. 国内外薄煤层机械化发展概况

目前国内外薄及极煤层机械化开采主要有三大类技术，刨煤机、螺旋钻机和采煤机采煤法。刨煤机分为拖钩刨、拖钩滑行刨、滑行刨等，现在国外主要采煤国如德国、法国、俄罗斯、波兰、澳大利亚等大量使用滑行刨采煤，国内也有一些矿区在使用，如铁煤集团运用得也比较成功[1] [2] [3]。螺旋钻机为前苏联研制产品，后在乌克兰运用得比较成功，现俄罗斯、中国、美国等都有使用。刨煤机出厂适应倾角一般小于 25° ，硬度不能大于25 Mp、倾角变化要小；螺旋钻机也要求小于 25° ，走向倾角小于 8° ，对煤层赋存条件要求苛刻，这样它的适用范围就太窄了。采煤机采煤法在中厚及厚煤层中运用十分广泛，但薄及极薄煤层是在上世纪九十年代才开始出现，为了降低机面高度，永荣煤机厂生产了MG100-TP型爬底板采煤机，后辽源煤机厂等生产出了电牵引的爬底板采煤机[4]。近十多年来，各采煤机生产企业在增大设备功率、降低机面高度、提高防滑、防坠能力等方面进行了反复改进升级，适应范围大幅度提高，今后采煤机开采薄及极薄煤层会逐步占据主流地位[5] [6] [7]。

3. 达竹公司薄或极薄煤层机械化开采的发展历程

3.1. 达竹矿区基本情况

达竹矿区位于川东平行岭谷区，区内沟谷纵横，地质构造复杂，煤层赋存条件差，倾角变化大，缓倾斜、大倾角、急倾斜交错分布。厚度1 m以下的薄和极薄煤层分布广，一直是各矿的主采煤层。矿区0.8 m及以下的煤层储量占60%左右，0.8~1.3 m的煤层储量占20%左右。2005年以前，煤炭开采主要以炮采为主，机械化程度低、安全系数低、工作效率低、煤炭资源浪费严重，同时还存在用人多、安全事故时有发生的问题。2005年以后，逐步探索机械化开采，在中厚煤层、薄煤层、极薄煤层全面进行机械化升级改造，到2019年已基本告别炮采工艺，实现了80%以上综采，20%左右普采的局面，产量得到大

幅提升, 安全状况得到根本好转。

3.2. 达竹矿区普采试验

2005 年开始, 先后试验过液压牵引的爬底板采煤机、刨煤机、螺旋钻式采煤机, 较炮采有一定优势, 但由于这些设备对煤层变化适应性差、顶板管理难度依然很大, 效率也不高, 爬底板采煤机用得相对好一些。

1) 刨煤机

刨煤机是一种井下采煤工作面集落煤、装煤、运煤为一体的采煤机械。它能适应 0.6~2 m 的采高范围的近水平或缓倾斜煤层, 条件好的可以配自动化综采工作面, 也可配普采工作面; 2005 年到 2007 年曾在薄煤层用于普采工作面, 在使用中存在一些问题: 刨采面上下要人工开进刀缺口达 7 m 以上, 机头(尾)传动装置占位较宽, 无法直接用支柱护顶的最大宽度达 2.5 m, 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, 在没有综采支架、整体自动推溜技术配套的前提下, 护顶难度大, 准备工作量大, 单产很难提高。在工作面有夹矸时, 刨刀容易损坏, 维修工作量大, 效果均不理想。

2) ML-280 螺旋钻采煤机

2011 年达竹柏林矿在 08210 (K18)工作面(煤层煤厚平均为 0.4 m)进行过工业试验, 试用了 ML-280 螺旋钻采煤机, 其主要参数: 钻头数量 3 个, 防爆钻头直径 425 mm, 钻杆直径 350 mm, 钻杆转速 60 r/min, 钻杆推进速度: 前进 0~1.0 m/min, 后退 0~1.7 m/min, 机组总功率 280 KW。

虽然螺旋钻机全部完成工作面内的破煤、装煤、运煤等各个工序, 工作面的设备检修也都在工作面以外的巷道中进行。该采煤方法具有工作面内无人员、无其它设备、安全保障系数高、系统环节少、用人少、设备配置少、材料消耗少等优点。但存在设备初期投资大, 巷道施工断面大(12 m² 以上), 资源回收率较低(约 60%左右), 更换钻杆工作量大, 效率低, 瓦斯管理难度大等缺点。煤层倾角越大设备占用的空间越大, 一般倾角不大于 25°, 工作面倾斜长度一般不大于 60 米, 工作面单产水平较低, 效果不佳, 不能作为矿井主采工作面, 因此螺旋钻采煤试验也不成功。

3) MG100-TP 爬板式单滚筒采煤机

从 20 世纪 80 年代起, 永荣矿务局便开始针对自身煤层的赋存条件, 将采煤机在截装部、电动部、牵引部三个方面重新设计, 研制出新一代爬底板滚筒式采煤机组, 更好地适应煤层薄特点, 在 0.53 m 至 0.8 m 的极薄煤层中进行机采, 经过几代改型, 定型为 MG100-TP。

MG100-TP 爬底板采煤机是专为极薄煤层机械化而生产的单滚筒采煤机, 它主要由牵引部、电动部、截装部以及导向、外部防尘、底托板等附件组成。采用侧面固定单滚筒, 锚链牵引, 沿煤层倾斜爬底板穿梭割煤, 其最大特点是煤沿螺旋滚筒输入装煤部, 装煤部转入工作面刮板输送机。该机可以适用于倾角小于 25°, 煤厚 0.53~0.8 m 的极薄煤层开采。从 2006 年开始引进, 作为 0.8 m 以下采高工作面普采的重要机型, 最高月产量达 1.9 万吨(采高 0.75 m), 在采高 0.55 m 左右的工作面也有月产破万吨的纪录。

MG100-TP 爬底板采煤机设计时间较早, 该机结构为非对称布置, 左右工作面各为一种机型, 不能互换; 整机为单电机驱动、液压牵引, 由于传动效率低, 装机功率小, 对煤层倾角大、变化大的条件适应性差; 滚筒装煤效果差, 割煤后浮煤较多, 需人工辅助装煤。还有断链的安全风险也比较大。

4) MG110/130-TPD 型爬底板电牵引采煤机

针对 MG100-TP 采煤机存在的上述问题, 与辽源煤机制造有限公司合作研制了 MG110/130-TPD 型爬底板电牵引采煤机, 该机具有近距离遥控操作、多电机横向布置、摇臂有级调高、结构上下对称布置、装煤效果好等特点, 很好地解决了 MG100-TP 采煤机存在的不足, 2009 年在小河嘴煤矿试验成功后, 成

为达竹薄煤层开采的主要机型，中山、白腊坪、金刚、斌郎等矿普遍推广使用，目前，云南、贵州、黑龙江等省均有使用。

在使用 MG110/130-TPD 采煤机的过程中又发现，倾角超过 25°时，遇到夹矸等地质复杂情况，显得牵引力(150 KN)、截割能力(110 KW)不足，装煤部小溜子螺旋伞齿轮故障率高。对 MG110/130-TPD 型采煤机再次升级为 MG200/245-TPD，并与 QJ-18.5 型矿用变频调速同步绞车配套，适应倾角可达 40°，截割功率 200 KW，牵引力 220 KN、装煤部小溜子单独电机驱动，取消了螺旋伞齿。使该机型适应能力增强，可靠性又有较大的提高。

3.3. 薄和极薄煤层综合机械化试验

在薄及极煤层普采设备不断升级的同时，达竹公司开始试用薄煤层双滚筒采煤机，并采用综合机械化的开采方式。从 2008 年开始与多家厂商和科研院校进行合作，按照“一面一策”的思路，开发了适应不同采高和倾角等地质条件下的薄及极薄煤层的“三机”配套装备。

1) 倾角小于 30°综采试验

达竹公司遵循由易到难的原则，先在煤层倾角小于 30°的工作面试验综采，由于有普采的相关经验，采煤机适应能力是满足需求的，主要攻关方向就是降低高度，开发适宜的综采支架、采煤机、运输机“三机配套”。与上海天地、嘉华煤机、山东矿机、辽源煤机等厂家合作研发，2012 年前开发的有 ZQY2600/07/18 型、ZQY2600/07/16D 型、ZY2400/6.5/13 型掩护式液压支架；MG100/238-WD 型、MG110/265-BWD 型、MG100/240-BWD 采煤机；SGZ630/220 型和 SGB520/2×55 型刮板输送机，形成了第一批次薄煤层综合机械化装备，实现了倾角小于 30°、采高 0.9~1.5 m 的工作面综采。应用于金刚、白腊坪、铁山南、小河嘴煤矿。

在 0.9 m 采高以上实现综采以后，目标确定在 0.8 m 及以下，与辽源煤机合作成功开发 MG110/130-TPD 型爬底板电牵引采煤机后，2009 年与山东科大、山东矿机联合开发极薄煤层综合机械化开采技术和装备，成功研制 ZY2400/5.5/12 型掩护式液压支架和 SGB520/2×55 型刮板输送机，与 MG110/130-TPD 型爬底板电牵引采煤机完成三机配套，装备第一个极薄煤层综采工作面，在斌郎矿 N2211 工作面进行工业试验，并取得成功，实现采高 0.75 m 的工作面真正意义上的极薄煤层综采。

2) 大倾角综采试验

达竹第一个极薄煤层综合机械化工作面取得成功后，坚定了在极薄和薄煤层发展综合机械化的信心，开始攻克大倾角工作面综采难关。大倾角工作面相较于倾角小的难度在于如何解决支架防倒、防滑、运输机防坠；采煤机动力不足；润滑不到位；工作面防飞矸等问题。2010 年与辽源煤机、山东矿机继续合作，开发适应倾角小于 45°，采高 0.75~1.3 m 的“大倾角极薄和薄煤层综合机械化高效成套装备”。2012 年完成了“三机”工业试验样机，MG150/350-PWD 型悬机身爬底板无链牵引双滚筒采煤机，ZYQ3200/6.5/15D 型大倾角支架，SGZ630/132 型刮板输送机，三机配套机面高度为 523 mm，并在小河嘴煤矿 4026 和 4028 两个大倾角工作面进行工业试验，通过工业试验效果、效率不理想，主要存在 MG150/350-PWD 型爬底板采煤机因开路滚筒首先截割靠底板煤层，装煤通道不畅，装煤效果差，截割电机因堵转故障高，截割底板平整度控制难，跑底严重，导向滑靴、牵引部故障频繁，ZYQ3200/6.5/15D 型大倾角支架超过 40 度时，防滑、调架、调推、抬底装置能力不能满足要求，SGZ630/132 型刮板输送机挡矸装置不完备等。这套装备使用效果虽然不理想，但在这个过程中积累了相当丰富的经验。

3) 急倾斜综采试验

2017 年达竹公司提出取消炮采工作面，严格控制高档普采要求，与生产厂家对采煤机、刮板输送机、支架进一步升级改造，采煤机牵引部行走轮增大齿轮模数，与之配套的销排节距由 126 增加到 151，以

适应 45 度以上倾角牵引强度要求。对采煤机摇臂齿轮箱润滑由飞溅式润滑改为强制润滑。对支架防滑、调架、调推、抬底装置油缸缸径增大机械强度,增加可调节的架前挡、架间挡装置等。

改进后对三机进行重新配套,一套由 SGZ730/160 型刮板输送机, ZYQ3200/08/17D 改型大倾角支架、MG200/456-BWD 型采煤机配套,机面高 865 mm,适应倾角不大于 45°,采高 0.85~1.5 m 综合机械化装备,成功在斌郎矿 3012 和 3014 大倾角工作面使用,煤厚 0.8 m,倾角 35~50°,采高控制在 1.3 m 以内。

一套由 SGZ630/132 改型刮板输送机, ZYQ3200/07/15 型大倾角支架、MG2X100/446-WD 型采煤机配套,机面高 666 mm,适应倾角不大于 45°,采高 0.85~1.8 m 综合机械化装备,投入铁山南矿-2122 工作面,小河嘴-1214 工作面,工作面局部超过 45°,采高控制在 1.2 m 以内。

一套由 SGZ730/160 改型刮板输送机, ZYQ3200/09/17 改型大倾角支架、MG2X160/710-WD3 型采煤机配套,机面高 760 mm,适应最大倾角 55°,采高 0.9~1.35 m 综合机械化装备,投入铁山南矿-1123(21) 工作面(倾角 40°~55°),和斌郎-4016 工作面(倾角 38°~56°),采高控制在 1.3 m 以内。

以上几套装备运用得比较成功,月推进 80~100 m,产量稳定在 3 万吨以上。自此,达竹公司成功摸索出了一条薄及极薄煤层高效开采的道路,见表 1,图 1 所示。

Table 1. Several typical supporting schemes of Dazhu Company

表 1. 达竹公司成功的几套典型配套方案

序号	三机配套	机面高度(mm)	采高(m)	适应倾角
1	ZY2400/6.5/13 型支架; SGB520/2×55 型刮板输送机; MG110/130-TPD 型或 MG200/245-TPD 采煤机; QJ-18.5 型同步绞车	380 (490)	0.75	≤25°
2	ZQY2600/07/18 型支架; SGZ630/220 型刮板输送机; MG100/240-BW 型采煤机;	640	1.2	≤30°
3	ZQY2600/07/18 型支架; SGZ630/220 型刮板输送机; MG200/460-BWD 型采煤机;	666	1.2	≤35°
4	ZQY3200/07/15 型支架; SGZ630/220 型刮板输送机; MG200/446-WD 型采煤机;	705	1.2	≤40°
5	ZQY3200/6.5/15D 型支架; SGZ730/160 型刮板输送机; MG200/456-BWD 型采煤机;	865	1.3	≤45°
6	ZQY3200/09/17 型支架; SGZ730/160 薄型刮板输送机; MG2X160/710-WD3 型采煤机;	765	1.2	≤55°



Figure 1. Site map of fully mechanized mining face

图 1. 综采工作面现场图

4. 达竹公司采煤工艺的初步定型

达竹公司经历了试用刨煤机、螺旋钻采煤机、爬底板单滚筒采煤机、爬底板电牵引采煤机、双滚筒采煤机到小倾角综采、追求极致的下限高度再到适度放宽采高,不断向更大倾角迈进,经历了薄及极薄煤层机械化探索的全部过程,见证了煤机行业为薄煤层机械化生产所做的不断改进。到目前为止,开采

理念也得到了深刻转变,基本形成了独具特色的薄及极薄煤层开采理念,拥有了较为成熟的配套方案。总之就是薄及极薄煤层实行综合机械化开采是可行的,开采高度不能局限得太低,采煤机功率要大。

4.1. 综合机械化开采

经过多年的探索和实践,采煤机机面高度降低、功率增大,割矸石、爬坡能力的增强,支架防倒、溜子防坠方面的技术不断地改进后,薄煤层缓倾斜、大倾角乃至急倾斜工作面综采都变得现实了,目前达竹公司在煤厚大于 0.6 m 的薄煤层工作面都采用综采方式,经比较,采高 1.5 m 以下,倾角 45° 以下的采用 MG200/460-BWD、MG200/446-BWD 采煤机(或同类机型),倾角 45° 以上的选用 MG2X160/710-WD3 型(或同类机型)采煤机较为适宜。这些机型都充分考虑了薄煤层的需求,机面高度低,过煤高度足够,截割矸石能力较强。嘉华煤机、山东矿机等在急倾斜工作面三机配套方面具有丰富的经验。

4.2. 普采

普采主要是指采煤工作面用机械设备落煤、工作面刮板输送机运输、单体液压支柱支护的一种采煤方法。它相对于炮采工艺产量和工效都有较大提高,工艺简化、工人劳动强度较低。但支护工艺相对落后,对复杂顶板和软底工作面适应性较差,劳动强度偏大。目前,主要用于极薄煤层近水平或缓斜工作面的开采,由于极薄煤层综合机械化开采尚处于攻关阶段,爬底式普采是一个提高产量、降低工人劳动强度的有效途径。达竹公司煤层低于 0.6 m,顶底板中等稳定的工作面都采用普采,缓斜工作面一般采用 MG110/130-TPD 型极薄煤层电牵引爬底板采煤机(或同类机型),倾角大的可选择 MG200/245-TPD 型(或同类机型)配同步绞车。

5. 薄及极薄煤层机械化的展望

尽管达竹公司解决了 55° 以下薄及极薄煤层综合机械化开采的难题,今后我们还会遇到倾角更大,构造更加复杂的开采条件,目前正在和相关厂家和科研单位展开合作,在支架电液控技术、采煤机记忆截割、作业环境监控、自动推溜、移架等方面进行攻关,有望逐步走向自动化、智能化开采的道路。目前国内已有一些智能化工作面在运行,80° 以上急倾斜工作面综采也在进行工业化试验,这些新技术的运用让煤炭行业看到了新的曙光,也许在不久的将来就不再有“难采的煤层”。

6. 结语

薄及极薄煤层机械化开采技术还存在一些问题,采煤机机械强度富余系数不大,截割岩石能力差,故障率高,检修困难,支架机械强度和工作阻力增加有限,检修空间狭小,导致管阀损坏后更换困难等。为了满足综采最低采高,极薄煤层只有截割顶底板,爬底板采煤机还没有解决好“三角煤”割不透、装煤效果不理想、适应地质变化能力差等问题。根据达竹公司多年的探索和实践,在薄及极薄煤层开采方面的经验就是:能普采绝不炮采,能综采绝不普采。顶底板不是十分坚硬的可适当增大采高进行综采;顶底板坚硬无法增大采高的,尽可能选择普采;急倾斜极薄煤层可考虑循环绳刨煤机之类的也不失为一种选择。工作面自动化、无人化才是急倾斜极薄煤层开采工艺的发展方向。

基金项目

重庆市教委科学技术研究项目(KJ1732432)。

参考文献

- [1] 王小江. 综合机械化开采技术在薄煤层开采中的研究与应用[J]. 煤炭科技, 2017, 152(4): 123-125.

-
- [2] 桌军, 王灿华, 王焕明, 等. 大倾角薄煤层综采机械化开采实践[J]. 煤矿安全, 2017, 48(6): 152-155.
 - [3] 孙善研. 煤矿薄煤层综采工作面机械设备配套生产的几个技术问题探讨[J]. 黑龙江科学, 2016(22): 42-43.
 - [4] 王志凯. 关于开采薄煤层的采煤应用技术[J]. 西部探矿工程, 2019, 31(2): 109-110.
 - [5] 陈浩. 薄煤层综采自动化采煤工艺技术研究与应用分析[J]. 资源信息与工程, 2019(5): 39-40.
 - [6] 史星禄. 综合机械化开采技术在薄煤层开采中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019(19): 240-241.
 - [7] 彭杨皓, 方鹏帅, 戴旭, 等. 极薄煤层综合机械化上行复采可行性研究[J]. 煤炭技术, 2017(9): 18-21.