

机械化采煤技术在薄煤层中的应用研究

黄廷选

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 汝箕沟无烟煤分公司, 宁夏 固原 750003

DOI:10.61369/ETQM.2025110015

摘 要：薄煤层是煤炭资源的重要部分，它的高效开采对保证能源供给有重要价值，但是，薄煤层开采受空间狭小，地质状况繁杂等要素约束，传统采煤办法效率很低，机械化采煤技术可以明显改善薄煤层开采的安全性及经济性，本文全面剖析了薄煤层开采的技术难题，探究了滚筒采煤机，刨煤机，连续采煤机等机械化开采手段的合适性，而且考察了设备改良，自动化控制等关键科技问题，依照智能化发展走向，展望了薄煤层机械化开采的将来方向，为有关技术研究提供参照。

关 键 词：薄煤层；机械化采煤；滚筒采煤机；刨煤机；智能化开采

Study on the Application of Mechanized Coal Mining Technology in Thin Coal Seam

Huang Tingxuan

Ruji Gou Anthracite Branch, Ningxia Coal Industry Co., LTD. (National Energy Group), Guyuan, Ningxia 750003

Abstract：As a crucial component of coal resources, thin coal seams play a vital role in ensuring energy supply through efficient mining. However, constrained by limited space and complex geological conditions, traditional mining methods demonstrate low efficiency. Mechanized mining technologies can significantly enhance both safety and economic efficiency in thin coal seam operations. This paper comprehensively analyzes technical challenges in thin coal seam mining, evaluates the suitability of mechanized equipment including drum coal cutters, scraper cutters, and continuous mining machines, and examines key technological issues such as equipment optimization and automated control systems. Following the trend of intelligent development, it outlines future directions for mechanized thin coal seam mining, providing valuable references for related technical research.

Keywords：thin coal seam; mechanized coal mining; drum coal cutter; scraper coal cutter; intelligent mining

引言

经济发展让我国的煤矿行业有着全新的发展道路,但是由于目前煤矿薄层开采工作受到许多因素的影响,例如地质环境因素的影响、工作方式较为复杂以及政府政策没有相对的保护以及实施力度等,此外薄层开采的工作也会有一定的安全风险。目前国家提出煤矿综合机械化薄层开采政策,对综合机械化薄层开采技术也有全新的考虑。^[1]目前国内外在薄煤层机械化开采上已经取得了一定的成果,但是也存在着设备适应性差、自动化程度低等问题。本文主要对薄煤层机械化开采的相关技术进行研究,分析现有的采煤设备的优缺点,提出改进措施,展望未来的发展趋势,为薄煤层高效开采提供理论依据。

一、薄煤层开采技术概述

(一) 薄煤层的定义与分类

薄煤层是指可采厚度在0.8米到1.3米之间的煤层,有些极薄煤层的厚度甚至低于0.8米,按照开采难易程度和煤层厚度可以分成三类,即普通薄煤层(1.0 - 1.3米),较薄煤层(0.8 - 1.0米),极薄煤层(< 0.8米),不同厚度的煤层对于开采技术的

要求差别很大,普通薄煤层能够用普通的机械化设备,但是极薄煤层就需要专门设计的低采高设备,而且,薄煤层还可以按照倾角划分成近水平煤层,缓倾斜煤层和急倾斜煤层,不同倾角条件下开采工艺和设备选择也大不一样,因为我国煤炭储量中有超过20%是薄煤层,所以高效开采薄煤层对保证能源安全非常重要。

(二) 薄煤层开采技术难点分析

薄煤层开采有很多技术上的难题,薄煤层工作面的高度比较

小,所以大型的设备无法很好的安装在上面,工人操作的空间非常狭小,而且工作条件也不好。薄煤层的顶板管理工作也很难,因为煤层较薄,所以顶板下落比较多,很容易发生冒顶现象。薄煤层里面常常会包含大量的矸石,造成截割阻力过大,设备磨损严重。通风条件不好也是个难题,由于空间狭小,风流阻力就会加大,容易出现瓦斯堆积的情况。^[2]由于上述问题的存在,所以造成了薄煤层开采低效率,高成本。需要利用技术更新、改进设备。

二、机械化采煤技术的主要分类

（一）滚筒采煤机于薄煤层的应用

滚筒采煤机是当前薄煤层开采的主要设备,它依靠旋转的截割滚筒来破碎煤体,之后由刮板输送机将其运送出去,针对薄煤层的特点,现代滚筒采煤机做了不少改进,机身高度大多在0.8 – 1.0米之间,截割电机功率高达300 – 500kW,保证在低采高环境下也能具备足够的破岩能力,电牵引系统代替了传统的液压牵引,从而提升了传动效率并增强了可靠性。^[3]有些先进的型号采用了双滚筒布局,可以做到双向割煤,缩减空行程的时间,不过,滚筒采煤机在极薄煤层当中依然碰上难题,比如滚筒装煤效果不佳,机身和顶板之间的缝隙太小等,这些都要进一步改善结构设计。

（二）刨煤机开采技术的特性

刨煤机系统由刨头、刨煤机主要由滑道、驱动装置等构成,依靠往复运动对煤壁实施刨削,这种开采方法具备煤块较大、粉尘排放量小等优点。^[4]比较适合于煤质较为柔软的薄煤层,现代刨煤机系统运用了变频调速技术,可以按照煤层的硬度来自动调整运行速度,其最大牵引速度能够达到3米每秒,液压支架和刨煤机配合工作,可以做到跟机自动移架,生产效率明显提高,不过刨煤机对地质条件的要求比较高,如果煤层里面含有硬夹矸,就很容易造成刨刀出现异常磨损,从而影响到开采的连续性,所以这项技术更适合于那些赋存稳定,煤质比较均匀的薄煤层开采。

（三）连续采煤机及短壁开采技术应用研究

连续采煤机使用横轴式截割滚筒,搭配链式输送机构,能够同时执行落煤、装煤及运煤任务,这种设备很适合短壁开采工艺,对于边角煤、残留煤柱回收有明显优势,现代连续采煤机带有自动导航系统,可以做到准确路径控制,开采效率比传统长壁工作面高出80%以上,短壁开采系统一般包含连续采煤机,锚杆钻车和运煤车,从而形成灵活的生产单元,这项技术最突出的优点就是巷道准备时间短,资源回收率高,不过对顶板支护的要求比较严格,必须配备快速支护设备才能保证作业安全。

三、关键技术问题与优化策略

（一）薄煤层采煤机结构优化研究

薄煤层采煤机结构优化有三个方向,第一是紧凑化设计,把传动系统布局优化,机身高度在保证功率的前提下降低,第二是

提升截割部可靠性,用高强度合金材料做截齿,改进齿座固定方法,延长使用寿命,第三是改进装煤效率,改良滚筒螺旋叶片参数,改善煤流导向,最近研发的薄煤层采煤机开始采用模块化设计,方便井下快速维修更换,有些型号试验性采用永磁电机驱动,在同等功率下体积更小,效率更高,以后的发展方向是进一步减轻重量,提高单位功率密度,还要增强对复杂地质条件的适应能力。

（二）工作面支护与自动化管控

随着社会的进步,时代的发展,越来越多先进的采煤技术出现在我们的生活和工作中。在煤矿的开采中,我们应用各种综合机械,对煤矿进行采集。这样不仅减少了对煤矿开采人员的需要,减少资源浪费,也提高了煤矿开采的工作效率与工作质量,为企业创造更多价值。^[5]薄煤层工作面的安全生产很大程度取决于有效支护,现在的支护系统采用了两柱掩护式的液压支架,其支架高度调节幅度一般在0.6–1.5m,其工作阻力一般为4000 – 6000kN,而电液控制可自动跟机,支架移架速度可以控制到10–15s/架,在顶板监测系统中,顶板支护监测随时对支护的动态进行监测,并且当出现顶板有异常压力的时候,会对支架进行自动调节,而且支架会自动报警,自动跟机进行支护。而在自动化控制上面,采煤机会进行自动记忆截割系统,可以在最佳的截割轨迹上进行储存,其截割精度一般能够保证在 $\pm 50\text{mm}$ 之内,而远程监控中心可以利用工业以太网对设备运行数据及时采集,实现故障预测和设备能耗管控。这些技术让薄煤层工作面向着“少人化”方向发展。

四、薄煤层开采优化集成系统

（一）开采工艺的系统化改进

薄煤层开采工艺的系统优化要从整体生产流程出发,创建更为科学合理的开采体系,首先要改良工作面的安排形式,针对不同的煤层厚度和倾斜角度,采取不一样的工作面长度规划,一般在120 – 180米左右,然后改善采煤工艺参数,包含恰当确定截割深度,牵引速度等关键指标,做到最好的生产效率和资源回收率的均衡。^[6]还要创建起完备的煤流控制系统,通过改良转载点的设计以及运输系统的设置,削减生产过程中煤流阻滞的情况,格外要注意的是,要把通风系统的设计同开采工艺紧密联系起来,保证在狭小的空间里有足够新的空气,给安全生产提供保障。

（二）设备配套的协同优化

薄煤层开采设备的配套优化是高效生产的关键部分,首先建立采煤机、液压支架以及刮板输送机的最佳匹配关系,保证三机配套的几何尺寸和性能参数协调一致,重点解决设备之间的干涉问题,特别是采煤机摇臂与支架顶梁之间的运动配合,然后完善辅助设备的配置,除尘系统、供电系统、控制系统等。^[7]形成完整的设备体系,尤其要注意设备维修空间的预留,在保证设备紧凑布置的情况下,为日常维护和故障处理留出足够的空间,还要建立设备状态的实时监测系统,通过数据采集和分析,及时发现并解决问题。

（三）生产管理的智能化升级

薄煤层开采的生产管理智能化是整体效率提升的关键，首先是要创建起以物联网为基础的生产监控体系，做到对设备状态，生产进程以及环境参数的即时监测，其次要开发智能调度系统，依靠大数据分析和人工智能算法来改善生产组织和设备调配，特别关键的是要形成起完备的质量控制体系，通过在线煤质检测和自动分选技术保证产品的品质稳定，而且还要创建起安全生产预警系统，凭借对各种安全隐患的智能识别和预警，有效地防止事故的发生，这些智能化的管理手段结合起来使用之后，会明显改善薄煤层开采的整体管理水平，从而给安全高效的生产提供有力的支持。

五、技术发展趋势与展望

（一）智能化无人化开采技术

薄煤层智能化开采主要朝着三个方向展开：第一是设备自主决策能力提高，利用多传感器融合技术让采煤机自主辨别煤岩交界，改变截割参数；第二是5G通信技术深入应用，达成设备彼此间几秒钟的信息传递，从而搭建起数字复制品系统；第三就是改良人工智能算法，凭借深度学习加强地质预估准确性，进而随时改变开采策略。无人工作的采煤面最终目的在于地面远程操控，井下就留些巡查机器人，把干活的人全都挪到危险之外去，有个示范工作面做到采煤机，液压支架以及输送系统全部自主配合，下一步将重点攻克复杂地质条件下的自适应控制难题。

（二）高效低耗设备研发方向探索

未来的薄煤层采煤设备将向着“三高两低”方向发展：高可靠度、高适应性、高智能性、低耗能、低维修，其技术途径是：研制出新的截割机构，如高频冲击式截割头，以减少截割比耗能；采用碳纤维复合材料，减重而不失强度；采用永磁同步电机

驱动系统，效率比异步电机提高5-8%；采用自润滑耐磨材料，延长关键零部件更换期。^[9]能量回收也将受到重视，如用制动能量回馈电网，减少总体能耗等。这些技术将使得薄煤层开采单吨能耗降低15-20%，经济效益大为提高。

（三）薄煤层开采的经济性与可持续发展

要提升薄煤层开采经济性，就要从三个层面统筹考量。^[9]技术创新削减生产成本，预估未来五年开采成本会缩减10 - 15%，政策扶持上，提议给薄煤层开采减税或者补钱，市场机制里，创建绿色煤炭认证体系，改善薄煤层煤炭的附加价值，可持续发展途径包含，推行充填开采技术，削减地表沉陷，开发煤层气协同开采技术，做到资源综合应用，创建数字化矿山经营系统，改良生产全过程，依靠技术创新和模式革新相融合，薄煤层开采就能做到经济效益和环境效益的协调，给煤炭行业绿色转型提供示范。

六、结束语

薄煤层机械化开采技术的发展对于我国煤炭资源的高效开发有着重要的意义。本文系统地剖析了薄煤层开采技术的相关特点，分析了滚筒采煤机、刨煤机等主要开采设备所适用的情况，研究了开采工艺的改良，设备的更新等问题，通过合理选择开采设备，改进开采工艺等方式来应对薄煤层开采空间受限的问题，从而达到优化资源回收率和开采效率的目的。^[10]当下，智能化开采技术，无人开采技术发展速度较快，这给薄煤层开采带来了新的机会，像5G通信技术，数字孪生等新技术的应用，会进一步提升薄煤层开采的安全性和经济性。以后，新材料，新工艺不断突破，薄煤层开采会朝着更高效，更智能，更环保方向发展，要加大产学研合作力度，加快新技术，新装备研发和应用示范进程，促使薄煤层开采技术水平整体提高，为保障国家能源安全作出更大贡献。

参考文献

[1]王庆宁.薄煤层综合机械化采煤技术的研究与实践[J].矿业装备,2021,(01):146-147.
[2]张瑞鹏.薄煤层综合机械化采煤技术的分析与实践[J].石化技术,2020,27(01):120-121.
[3]高勇.薄煤层综采机械化采煤技术分析[J].当代化工研究,2021,(09):57-58.
[4]邢政.薄煤层综合机械化采煤技术研究与实践[J].黑龙江科学,2021,12(14):108-109.
[5]张明.煤矿采煤中的综合机械化采煤工艺分析[J].当代化工研究,2020,(10):133-134.
[6]樊占军.薄煤层综合机械化采煤技术研究[J].黑龙江科学,2022,13(08):92-93.
[7]张峥嵘.薄煤层综合机械化采煤技术的相关研究与讨论[J].能源与节能,2023,(01):129-131.
[8]赵怀东.煤矿综合机械化采煤技术的发展[J].能源与节能,2025,(02):176-178.
[9]刘源波.煤矿综合机械化采煤技术的发展[J].矿业装备,2024,(01):13-15.
[10]宋永文.煤矿综合机械化采煤技术的发展与应用探索[J].中国设备工程,2023,(11):213-215.