

薄煤层高效开采技术与设备选型研究

陈 生¹ 程显超¹ 刘柏言²

1. 吉林省工程技术有限公司 吉林 长春 130000

2. 吉林省建设项目招标有限责任公司 吉林 长春 130000

摘 要：薄煤层作为煤炭资源的重要组成部分，其高效开采对保障能源供应意义重大。本文深入分析薄煤层开采的特点，系统阐述滚筒采煤机、刨煤机等高效开采技术，以及采煤机、刮板输送机和液压支架的选型要点。同时探讨了智能化、设备小型化与大功率化、绿色开采等发展趋势，旨在为薄煤层开采提供理论与实践指导，助力提升煤炭开采效率与经济效益，推动煤炭行业可持续发展。

关键词：薄煤层开采；高效开采技术；设备选型

1 薄煤层开采概述

1.1 薄煤层定义

在煤炭资源开发领域，煤层厚度是界定开采难度与技术适用性的关键指标。依据我国煤炭行业标准，薄煤层是指煤层厚度在0.5-1.3米之间的煤层。这一厚度范围的煤层，相较于中厚煤层与厚煤层，开采空间极为狭窄，给采掘作业带来诸多挑战。在实际开采过程中，由于煤层厚度有限，人员操作空间局促，机械设备的布置与运行也受到严格限制。

1.2 薄煤层储量及分布

薄煤层在全球煤炭储量中占据着相当可观的比例，是煤炭资源的重要组成部分。从全球范围来看，俄罗斯、美国、中国等煤炭资源大国均分布有大量薄煤层。俄罗斯的库兹巴斯煤田、美国的阿巴拉契亚煤田，都蕴含着丰富的薄煤层资源。我国薄煤层资源同样丰富，且分布广泛^[1]。在华北地区，山西、陕西等煤炭大省的薄煤层储量可观，如山西沁水煤田，薄煤层储量占总储量的比例较高；在东北地区，黑龙江的鸡西、鹤岗等矿区，薄煤层也占有一定的比重；在西南地区，贵州、云南等地同样存在大量薄煤层。这些薄煤层资源的合理开发，对于保障我国煤炭供应的稳定性与可持续性具有重要意义。

1.3 薄煤层开采的特点

薄煤层开采具有显著的特点，这些特点决定了其开采技术与管理模式的独特性。第一、开采空间受限是薄煤层开采面临的首要难题，由于煤层厚度小，人员在井下作业时活动空间极为有限，不仅增加了劳动强度，还加大了安全风险。机械设备的安装、调试与维护也受到空间的制约，降低了设备的运行效率。第二、开采效率较低，薄煤层的煤炭产量相对较低，且开采过程中易出现截割效率低、设备故障率高等问题。薄煤层的地质条

件复杂多变，常伴有断层、褶皱等地质构造，进一步增加了开采难度与不确定性。第三、开采成本较高，为适应薄煤层的特殊条件，需要研发和采用专用的开采设备与技术，这无疑增加了设备购置与研发成本。由于开采效率低，单位产量的能耗与人工成本也相应增加，使得薄煤层开采的经济效益面临挑战。

2 薄煤层高效开采技术分析

2.1 滚筒采煤机开采技术

滚筒采煤机是薄煤层开采中较为常用的设备之一，其工作原理是通过滚筒上的截齿旋转截割煤炭。滚筒采煤机具有较强的适应性，能够在不同地质条件的薄煤层中作业。在开采过程中，滚筒采煤机可以根据煤层厚度和硬度自动调整截割高度与速度，实现高效截割。现代滚筒采煤机通常配备了先进的液压系统和电气控制系统，具备自动化程度高、操作简便等优点。例如，一些新型滚筒采煤机采用了变频调速技术，能够根据煤层变化实时调整滚筒转速，提高截割效率。通过加装监测传感器，可实时监测采煤机的运行状态，及时发现故障并进行预警，保障设备的安全稳定运行。然而滚筒采煤机在薄煤层开采中也存在一定局限性，如在极薄煤层中，滚筒的直径受限，影响其截割能力；且设备维修保养难度较大，停机时间较长。

2.2 刨煤机开采技术

刨煤机开采技术是一种适用于薄煤层的高效开采技术，其通过刨头沿工作面往复运动，刨削煤炭。刨煤机具有截深小、牵引速度快的特点，能够在薄煤层中实现连续高效开采。该技术特别适用于煤质较软、地质条件相对稳定的薄煤层。刨煤机开采系统由刨头、牵引链、导向滑架等部分组成，结构紧凑，占用空间小，非常适合薄煤层狭窄的开采空间^[2]。在实际应用中，刨煤机可以

实现无人化或远程控制作业,大大提高作业的安全性。例如,在德国鲁尔区的部分煤矿,采用刨煤机开采技术,实现工作面的自动化运行,减少人工干预,提高开采效率与安全性。但刨煤机对煤层的平整度和硬度要求较高,当遇到地质构造复杂区域时,其开采效率会受到较大影响。

2.3 螺旋钻采煤机开采技术

螺旋钻采煤机开采技术主要应用于极薄煤层或开采条件复杂的薄煤层区域。该技术通过螺旋钻头钻入煤层,将煤炭破碎后螺旋输送至地面。螺旋钻采煤机具有占地面积小、投资成本低、对地质条件适应性强等优点。在一些无法采用常规开采方法的区域,如建筑物下、铁路下等“三下”压煤区域,螺旋钻采煤机能够实现煤炭资源的回收,提高资源利用率。螺旋钻采煤机开采过程中对周围环境的影响较小,有利于环境保护。然而螺旋钻采煤机开采效率相对较低,且开采过程中存在一定的安全风险,如钻头卡钻、瓦斯积聚等问题,需要采取相应的安全措施加以防范。

2.4 其他开采技术简介

除上述主要开采技术外,还有一些适用于薄煤层的开采技术。例如,连续采煤机开采技术,该技术采用连续采煤机和梭车配合的方式,在薄煤层中进行短壁开采,具有灵活性强、开采效率较高的特点,适用于地质条件变化频繁的薄煤层区域。另外,水力采煤技术也曾在薄煤层开采中得到应用,其通过高压水枪射流破碎煤炭,再利用水力运输系统将煤炭运出。水力采煤技术具有开采效率高、成本低的优势,但存在水资源消耗大、煤质受影响等问题,目前应用范围逐渐缩小。随着技术的不断发展,未来还可能出现更多创新的薄煤层开采技术,为煤炭资源的高效开发提供支持。

3 薄煤层开采设备选型要点

3.1 采煤机选型

采煤机作为薄煤层开采的核心设备,其选型直接关系到开采效率与经济效益,在选型过程中需要综合考量多方面因素。首先,煤层厚度与硬度是关键考量指标。对于厚度较薄的煤层,如0.5-0.8米的极薄煤层,常规采煤机难以施展,必须选择机身高度低、截割能力强的特殊型号采煤机。以某矿区为例,在开采0.7米厚的薄煤层时,选用机身高度仅0.6米的微型滚筒采煤机,该采煤机采用了窄型截割滚筒设计,配合高强度截齿,能够在狭小空间内实现高效截割,开采效率较传统设备提升30%。而对于0.8-1.0米的薄煤层,可选用机身高度较低的轻型滚筒采煤机或刨煤机,如某新型轻型滚筒采煤机,通过

优化截割部结构,降低了机身高度,同时配备了大功率截割电机,在保证截割能力的前提下,适应了薄煤层的开采空间。其次,采煤机的可靠性与维修性至关重要,薄煤层开采环境恶劣,设备长期处于潮湿、粉尘大、空间狭窄的环境中运行,对设备的可靠性要求极高。采煤机应具备良好的密封性能,防止粉尘和水汽进入设备内部,影响零部件的正常运转。在结构设计上,应采用模块化设计理念,将采煤机划分为多个独立模块,一旦某个模块出现故障,可快速拆卸更换,减少停机时间。采煤机的自动化程度也是选型的重要因素。具备自动化控制功能的采煤机,能够实时监测煤层厚度、硬度变化,自动调整截割高度、速度等参数,实现精准截割。通过远程监控系统,地面操作人员可实时掌握设备运行状态,进行远程故障诊断与处理,降低了人工干预成本,提高作业安全性和开采效率。

3.2 刮板输送机选型

刮板输送机作为薄煤层开采中煤炭运输的关键设备,其选型需要综合考虑多方面因素,以确保煤炭运输的高效与稳定。选型时,首要任务是根据采煤机的生产能力和工作面长度确定刮板输送机的运输能力。通常情况下,刮板输送机的运输能力应比采煤机的最大生产能力高出10%-15%,以此保障煤炭能够及时、顺畅地被运出工作面。以某年产百万吨级的薄煤层工作面为例,所配备的采煤机最大生产能力为每小时300吨,那么与之适配的刮板输送机运输能力则需达到每小时330-345吨。在结构设计方面,由于薄煤层空间狭窄,必须选择机身高度低、强度高的刮板输送机。当前,许多新型刮板输送机采用了紧凑型设计,通过优化链条与刮板的布局,在降低机身高度的同时,保证了足够的强度。例如,某型号刮板输送机将机身高度降低至0.4米,采用高强度合金钢制造刮板与链条,其抗拉强度达到1200MPa,能够承受较大的拉力,有效减少了设备的磨损与故障^[1]。刮板输送机的可弯曲性能也不容忽视。薄煤层工作面地质条件复杂,时常存在起伏变化,具备良好可弯曲性能的刮板输送机能够更好地适应这种变化。部分先进的刮板输送机采用了柔性连接结构和智能调偏系统,可在水平和垂直方向实现一定角度的弯曲,最大弯曲角度可达3°-5°,确保了煤炭运输的连续性,避免因工作面起伏导致煤炭堆积、运输中断等问题,极大地提高了煤炭运输效率和整个开采系统的稳定性。

3.3 液压支架选型

液压支架在薄煤层开采中承担着支撑顶板、维护作业空间的核心功能,其选型的科学性与合理性对开采作

业的安全和效率有着决定性影响。选型时,首要依据是煤层厚度和顶板条件,以此精准确定液压支架的高度与工作阻力。在薄煤层环境下,液压支架必须具备较低的最小支撑高度,同时配备合适的工作阻力,从而在有效支撑顶板的基础上,为作业人员和设备留出充足的活动空间。例如,在开采厚度仅0.9米的薄煤层时,选用最小支撑高度为0.6米的薄煤层专用液压支架,该支架采用了高强度钢材和优化的结构设计,工作阻力达到3000kN,既能稳固支撑顶板,又不会因高度过高压缩作业空间,保障了开采作业的顺利进行。其次,液压支架的结构设计需遵循紧凑、轻便的原则,以满足薄煤层有限空间内的安装与拆卸需求。现代液压支架多采用分体式结构和快速连接技术,各部件可拆分运输,到达工作面后能快速组装。某液压支架通过模块化设计,将支架主体分为顶梁、立柱、底座等几个部分,单个部件重量控制在2吨以内,便于在狭窄巷道中运输,且组装时间大幅缩短至2小时,较传统液压支架提升了50%的安装效率。另外,液压支架的移架速度也是选型的关键指标。快速移架能够显著提高工作面的推进速度,进而提升整体开采效率。一些新型液压支架采用大流量电液控制系统,移架速度可达每分钟12-15架,相比传统液压支架移架速度提升了40%,极大地加快工作面推进速度,为薄煤层高效开采提供有力保障。

4 薄煤层高效开采技术与设备选型的发展趋势

4.1 智能化开采技术发展趋势

随着信息技术与自动化技术的不断进步,智能化开采技术成为薄煤层开采的重要发展方向。未来,薄煤层开采将实现从设备控制到整个工作面的智能化管理。通过在采煤机、刮板输送机、液压支架等设备上安装各类传感器,实时采集设备运行数据与工作面地质信息,并利用大数据分析、人工智能等技术进行处理与决策。例如,实现采煤机的自动截割,根据煤层厚度和硬度变化自动调整截割参数;液压支架的自动跟机移架,根据采煤机的运行位置自动调整支架状态,保障作业安全与高效,通过远程监控与管理系统,地面操作人员可以实时掌握井下开采情况,实现远程故障诊断与处理,减少人工干预,提高开采的安全性与效率。

4.2 设备小型化与大功率化趋势

为适应薄煤层狭窄的开采空间,同时满足高效开采

的需求,薄煤层开采设备将朝着小型化与大功率化方向发展。设备小型化能够降低设备的体积与重量,使其更易于在薄煤层中布置与运行^[4]。例如,研发新型的紧凑型采煤机、刮板输送机和液压支架,在保证设备性能的前提下,减小设备的外形尺寸。为提高开采效率,设备的功率将不断提升。通过采用新型材料、优化结构设计和先进的动力系统,在设备小型化的基础上实现大功率输出,满足薄煤层高效开采的要求。例如,采用大功率电机、高性能液压系统等,提高采煤机的截割能力和刮板输送机的运输能力。

4.3 绿色开采技术发展趋势

在环保要求日益严格的背景下,薄煤层绿色开采技术将成为未来发展的重点。一方面,研发低能耗、低污染的开采设备与技术,减少开采过程中的能源消耗与污染物排放。例如,采用电动液压技术替代传统的液压系统,降低设备运行过程中的能耗与液压油泄漏风险。另一方面,加强煤炭开采过程中的环境保护与资源综合利用。通过采用充填开采、保水开采等技术,减少煤炭开采对地表环境的破坏,实现水资源的保护与合理利用。同时对开采过程中产生的煤矸石等废弃物进行综合利用,如用于建筑材料生产、井下充填等,提高资源利用率,减少环境污染,实现煤炭资源的绿色可持续开发。

结束语

本文全面研究了薄煤层高效开采技术与设备选型,揭示了薄煤层开采面临的挑战及解决路径。通过对开采技术的剖析和设备选型要点的梳理,为实际生产提供了科学依据。展望未来,随着智能化、绿色化技术的发展,薄煤层开采将向更高效、安全、环保的方向迈进,对优化煤炭资源开发、保障能源安全具有重要推动作用。

参考文献

- [1]王国法.薄煤层安全高效开采成套装备研发及应用[J].煤炭科学技术,2022,37(9):86-89.
- [2]李祥松.煤矿综采装备技术发展趋势分析[J].煤炭工程,2021,47(10):135-137.
- [3]陈国,魏光亮,庄光鹏,等.孙村煤矿薄煤层智能化高效开采技术探讨[J].内蒙古煤炭经济,2024,(12):16-18.
- [4]张敏.某煤矿薄煤层高效开采技术分析[J].能源与环境,2024,(02):48-50.