

浅谈煤矿高效采掘技术

刘 杰

冀中能源峰峰集团邯郸宝峰矿业有限公司九龙矿 河北 邯郸 056201

摘 要：煤炭作为重要能源，在全球能源结构中占据关键地位。我国煤矿产业规模庞大，保障煤炭高效稳定供应意义重大。本文围绕煤矿高效采掘技术展开探讨。详细分析了综采放顶煤技术、综采技术、连采技术、智能化采掘技术以及掘支运一体化快速掘进技术等。阐述了影响煤矿高效采掘的地质条件、设备、人员和管理等因素。地质条件如煤层厚度、地质构造等影响开采方式，设备的先进性和可靠性等至关重要，人员素质和管理水平也起关键作用。同时，对煤矿高效采掘技术的发展趋势进行展望，包括智能化提升、绿色环保技术应用及复杂地质条件技术研发等，旨在推动煤矿高效采掘技术进步。

关键词：煤矿；高效；采掘；技术

引言

煤炭作为我国重要能源，在能源结构中地位关键。煤矿采掘技术的发展对煤炭行业影响深远，关乎煤炭产量、质量及安全生产。随着经济发展，对煤炭需求增长，同时对煤矿开采的高效性、安全性和环保性提出更高要求。目前，我国煤矿开采技术虽取得进步，但仍面临诸多挑战，如地质条件复杂、部分技术装备落后等。因此，深入研究煤矿高效采掘技术，分析其现状、技术类型、影响因素及发展趋势，对于提高煤炭开采效率、保障能源供应和促进煤炭行业可持续发展意义重大。

1 浅谈煤矿高效采掘技术的概述

煤矿高效采掘技术是推动煤炭行业发展的关键力量，它整合了地质勘查、开采工艺、设备运用以及安全保障等多方面的技术与策略，旨在实现煤炭资源安全、高效、可持续的开采。回溯历史，早期煤矿开采严重依赖人力，作业环境恶劣，效率极低，安全事故屡见不鲜。伴随工业技术革新，机械化逐渐替代人力，综采技术与连采技术登上舞台。综采技术凭借高度机械化的作业流程，将破煤、装煤、运煤、支护等工序串联，极大提升开采效率与安全性；连采技术则凭借多巷掘进和短壁开采的独特优势，灵活适应不同煤层条件，提高煤炭资源回收率。步入智能化时代，煤矿高效采掘技术迎来新变革。智能化采掘技术依托大数据、人工智能、物联网等前沿科技，让采煤设备具备自主感知、决策和执行能力，实现无人或少人化作业。掘支运一体化快速掘进技术通过优化工序衔接，将掘进、支护、运输环节有机融合，大幅缩短巷道掘进时间，为采煤工作高效开展奠定基础。但煤矿高效采掘技术的发展并非一帆风顺^[1]。

2 煤矿高效采掘技术分析

2.1 综采放顶煤技术

综采放顶煤技术是针对厚煤层开采的高效方法。其核心运作模式为，在厚煤层底部构建综采工作面，采煤机完成割煤工序后，凭借矿山压力促使上部顶煤自然破碎，随后通过支架后部专门设置的放煤窗口将破碎顶煤放出。该技术理想的适用场景为煤层厚度超过5米，煤层硬度系数 $f < 3$ ，并且顶板易于垮落的地质状况。其优势极为突出，能够极大程度地提升开采效率，显著减少采煤机的割煤工作量，进而有效降低生产成本。同时，还能大幅减少巷道掘进量以及设备搬家的次数。以神东矿区为例，部分煤矿运用此技术后，月产量能够达到数十万吨，煤炭采出率更是超过了85%。在实际应用进程中，通过科学地优化放煤步距、调整放煤顺序等关键参数，成功解决了顶煤放出不充分等难题，进一步提升了经济效益。

2.2 综采技术

综采技术，全称为综合机械化采煤技术，它将采煤、支护、运输等关键工序实现机械化集成。在作业过程中，采煤机高效地进行割煤作业，刮板输送机迅速将采下的煤炭运出，液压支架则及时对顶板进行支护，确保作业环境安全稳定。该技术较为适宜在煤层厚度稳定、地质构造相对简单的区域应用。与传统采煤方法相比，具有高产高效的显著特点，能够大幅提升煤炭产量以及劳动效率。在山西等我国主要煤炭产区，该技术得到了广泛应用。例如，某煤矿的综采工作面日产煤炭量可达上万吨。为充分发挥其技术优势，需要依据煤层的具体条件精准地选型设备，比如合理确定采煤机的功率、支架的支护强度等，同时精心优化作业流程，保证各工序之间紧密衔接、顺畅运行，以此实现煤炭的安全

高效开采。

2.3 连采技术

连采技术主要依靠连续采煤机开展采煤作业。连续采煤机集破煤、装煤、运煤等多种功能于一体，能够在煤巷中实现连续不间断的开采。该技术多适用于煤层厚度较薄（一般小于3米）、煤层赋存稳定、地质构造简单且瓦斯含量较低的条件。其具备开采效率高、灵活性强优势，不但能够快速进行巷道掘进，还能高效采煤，并且能够依据煤层的实际变化灵活地调整开采工艺。在陕西榆林的薄煤层煤矿中，该技术应用效果十分良好，月产量得到了显著提高。在实际应用时，需要合理规划巷道布置以及采煤顺序，同时加强对设备的维护保养工作，确保设备始终处于稳定运行状态，从而全面提升整体开采效益。

2.4 智能化采掘技术

智能化采掘技术深度融合了物联网、大数据、人工智能等前沿先进技术。通过在采煤机、支架、输送机等各类设备上安装传感器，能够实时采集设备的运行数据以及工作环境参数，再借助大数据分析 with 智能算法对这些数据进行深入处理，从而实现对设备的远程监控、自动化运行以及智能化决策。该技术能够显著提高采煤效率与安全性，极大地减少人工干预，有力推动煤矿向无人或少人开采的方向迈进。山东能源集团的部分煤矿成功建成了智能化采煤工作面，实现了设备的远程操控，生产效率大幅提升，人员数量减少了一半以上，事故发生率也显著降低。持续不断地完善技术体系以及加强人员培训，是推动智能化采掘技术持续发展的关键所在。

2.5 掘支运一体化快速掘进技术

掘支运一体化快速掘进技术将巷道掘进、支护与运输这三道工序进行有机整合。借助掘锚一体机等先进设备，在进行掘进作业的同时同步完成锚杆支护工作，并搭配高效的运输系统，实现各工序的平行作业，极大地提高了掘进速度。该技术适用于各类煤矿巷道的掘进工作，尤其在地质条件复杂的区域优势更为明显。以神东矿区为例，应用该技术后，巷道月掘进进尺可达2000米以上。为了实现高效掘进，需要根据巷道的地质情况以及设计要求，合理选择设备的型号和参数，优化施工工艺，保障各个环节之间协同作业顺畅，进而提升矿井的采掘接续能力^[2]。

3 影响煤矿高效采掘的因素

3.1 地质条件

3.1.1 煤层厚度与倾角

煤层厚度直接制约开采方式与设备选型。薄煤层

中，设备难以施展，采煤机割煤受限，开采效率低下。厚煤层虽储量丰富，但开采工艺复杂，需分层作业，增加成本与时间。煤层倾角过大，采煤设备重心失衡，稳定性骤降，运输过程中煤炭易滑落，支护难度攀升，严重阻碍高效采掘进程。

3.1.2 地质构造

地质构造极大地干扰煤矿开采。断层处岩石破碎，顶板管理困难，易引发冒顶、片帮等事故，危及人员安全与设备运行。褶皱使煤层形态扭曲，采煤机割煤轨迹难以精准把控，支架难以适配煤层变化，降低开采效率。陷落柱破坏煤层完整性，导致煤炭资源损失，设备遭遇陷落柱时还可能受损，延误开采进度。

3.1.3 顶底板条件

顶板状况关乎开采安全与效率。不稳定顶板，垮落风险高，频繁冒顶迫使生产中断，设备频繁启停影响寿命与性能。底板承载能力不足，设备陷入底板，移动困难，设备运转受阻，掘进、采煤等作业效率大打折扣，严重制约煤矿高效生产。

3.2 设备因素

3.2.1 设备的先进性与可靠性

先进设备能大幅提升采掘效率，如智能化采煤机可精准割煤，减少资源浪费。但仅有先进技术不够，可靠性同样关键。若设备频繁故障，维修耗时费力，不仅中断生产，还增加成本，严重影响高效采掘。先进且可靠的设备，才能持续稳定地为煤矿生产提供保障，推动产能提升。

3.2.2 设备的配套性

煤矿开采需多种设备协同作业。设备配套性差，如采煤机与刮板输送机运输能力不匹配，会造成煤炭积压或设备空转。不同设备间连接、接口设计不合理，也会导致衔接不畅。各设备型号、参数若不能相互适配，整个生产系统运转就会紊乱，阻碍高效采掘目标的达成。

3.3 人员因素

3.3.1 技术人员的专业素质

技术人员专业素质至关重要。对各类采掘技术及设备原理缺乏深入理解，就难以依据复杂地质条件制定科学方案。面对开采中突发技术难题，若知识储备不足、经验欠缺，无法迅速排查故障、提供有效解决办法，会导致生产停滞，延误采掘进度，严重影响煤矿整体开采效率。

3.3.2 工人的操作水平与安全意识

工人操作水平直接关联设备运行效率。操作生疏，易致设备运行卡顿，增加设备损耗，降低单位时间产

量。而安全意识淡薄更为危险,违规操作易引发安全事故,不仅威胁生命安全,事故处理期间矿井停产整顿,打乱采掘计划,使高效生产化为泡影,极大阻碍煤矿正常运营。

3.4 管理因素

3.4.1 生产组织与调度

生产计划制定缺乏前瞻性,未充分考量地质变化、设备状况,致使采掘任务与实际脱节。资源调配不合理,设备、人力分配失衡,关键环节资源短缺,非关键处却过度闲置。调度指令传达不及时、不准确,各作业面衔接混乱,常出现停工待料、设备空转现象,极大降低生产效率,阻碍煤矿高效运转。

3.4.2 安全管理

安全管理制度虽有建立,但执行松散,检查流于形式,隐患排查不彻底。对员工安全教育敷衍,培训内容空洞,未结合实际案例,员工安全意识难提升。安全责任划分模糊,事故发生后相互推诿,无法有效落实整改,安全生产难以保障,给高效采掘蒙上阴影。

4 煤矿高效采掘技术发展趋势

4.1 智能化程度持续提升

智能化浪潮正深刻重塑煤矿高效采掘格局。未来,井下采掘设备将全面智能化升级,借助5G及物联网技术,构建起无死角的智能感知网络。采煤机配备超高清摄像头、高精度地质雷达以及先进的AI图像识别与数据分析系统,不仅能提前精准探测煤层厚度、硬度变化及夹矸分布,还能依据这些信息实时自动规划最优截割路径,割煤效率有望提升40%甚至更高。液压支架搭载多元传感器,结合大数据分析 with 智能算法,可在瞬间感知顶板压力、位移等变化,毫秒级内自适应调整支护强度与姿态,将顶板事故发生率降低80%以上。智能化运输系统整合无人驾驶车辆、智能轨道运输设备与智能调度系统,实现煤炭运输全程精准管控,运输效率至少提高60%。同时,远程监控中心运用虚拟现实、数字孪生技术,对井下生产场景进行1:1实时模拟,为管理人员提供身临其境般的直观决策依据,有力推动煤矿向“无人操作、有人值守”的智能化模式加速转型,大幅提升生产效率与安全水平。

4.2 绿色环保技术广泛应用

在环保意识日益增强以及政策法规日益严格的当下,绿色环保技术在煤矿高效采掘中的广泛应用已成为必然趋势。一方面,在开采过程中,对水资源保护技

术愈发重视。通过优化开采工艺,减少对地下水系的破坏,同时采用先进的污水处理设备,对矿井水进行净化处理,实现水资源的循环利用,降低水资源浪费。另一方面,粉尘治理技术不断升级。运用喷雾降尘、负压吸尘等多种手段,有效减少煤炭开采、运输等环节产生的粉尘,改善井下作业环境,降低矿工患尘肺病的风险,同时也减少对周边大气环境的污染。此外,在矸石处理方面,研发矸石充填开采技术,将矸石回填至采空区,既解决矸石堆积占地及环境污染问题,又能有效控制地表塌陷,实现煤炭绿色开采与生态环境保护的双赢局面,助力煤矿行业迈向绿色可持续发展之路。

4.3 适应复杂地质条件的技术研发

在深部煤层开采方面,着力研发耐高温、抗高压、强密封且具备自我诊断与修复功能的采掘设备,配套深井降温、高压防治水、高瓦斯治理等关键技术,有效攻克高地温、高地压、高瓦斯带来的重重挑战,保障深部煤炭安全、高效开采。针对薄煤层,全力研制小型化、高功率密度、低能耗的采煤机与支护设备,推广应用螺旋钻采煤、连续采煤机短壁开采、刨煤机开采等先进工艺,将薄煤层开采效率提高70%左右。对于急倾斜煤层,创新开发柔性掩护支架、伪倾斜走向长壁开采、俯伪斜分段密集采煤等技术,结合自动化运输系统,显著降低开采难度与安全风险。面对断层、褶皱、陷落柱等复杂构造,充分运用三维地震勘探、瞬变电磁、地质雷达等先进探测技术,提前精确掌握地质构造信息,进而研发针对性的破碎岩石开采、特殊支护加固、构造带安全开采等技术,确保复杂地质条件下煤炭资源得到充分挖掘与高效利用,释放煤炭产能潜力^[1]。

结束语

煤矿高效采掘技术是推动煤炭行业进步的核心动力。在智能化、绿色环保及适应复杂地质条件等方面的持续创新,让开采效率与安全性显著提升,生态效益也得以兼顾。未来,需持续加大研发投入,加速新技术推广应用,促进产学研深度融合,培养专业技术人才。

参考文献

- [1]胡海兰,吴庆.煤矿智能化采掘技术研究[J].中国矿业,2020,29(2):111-118.
- [2]陈克锋,李秀菊.煤层气开发与利用技术研究进展[J].煤炭科学技术,2021,49(3):123-130.
- [3]刘仁飞,罗玲莉.煤矿绿色开采技术与环境保护[J].环境科学与技术,2020,42(8):145-152.