

# 煤矿掘进设备发展及改进研究

张渊远

河北冀中邯峰矿业有限公司 河北 邯郸 056004

**摘要：**在煤炭产业的发展进程中，煤矿掘进作业始终占据着极为关键的地位。本文聚焦煤矿掘进设备的发展及改进研究。阐述了其从早期简单掘进设备阶段，历经机械化掘进设备发展阶段，到现代智能化掘进设备阶段的发展历程。剖析了当前煤矿掘进设备存在对不同地质条件适应性不足、截割效率与稳定性欠佳、自动化与智能化程度较低等现状。提出了扩大掘进机适应性、提升性能、研发先进控制技术、提高元部件可靠性、配套机械掩护支架及加强机电设备管理等改进方向。并展望了控制自动化与智能化、多功能一体化、扩大适用范围、重视支护设备研制等发展趋势，为煤矿掘进设备的发展提供参考。

**关键词：**煤矿掘进；设备发展；改进研究

引言：煤矿开采在能源领域占据重要地位，而掘进作业是煤矿开采的关键环节，掘进设备的性能和发展水平直接影响着煤矿开采的效率与安全。随着煤矿开采深度和难度的不断增加，对掘进设备的要求也日益提高。回顾煤矿掘进设备的发展历程，能更好地把握其发展脉络。同时，深入了解当前设备存在的问题，积极探索改进方向和发展趋势，对于提升煤矿掘进的质量和效率，保障煤矿安全生产具有重要的现实意义。

## 1 煤矿掘进设备发展历程

### 1.1 早期简单掘进设备阶段

在早期，煤矿掘进主要依赖极为简单的设备。矿工们多使用风镐、电钻等工具，依靠人力进行掘进作业。风镐通过压缩空气驱动，能破碎煤层，但效率低下，且劳动强度极大。电钻用于钻孔，为后续爆破等工序做准备。这些设备虽简陋，却开启了煤矿掘进的征程。在当时有限的技术条件下，它们适应了浅部煤层、地质条件相对简单的矿井开采需求，为煤炭行业的起步发展提供了基础支持。

### 1.2 机械化掘进设备发展阶段

随着技术进步，机械化掘进设备登上舞台。掘进机开始广泛应用，其具备切割、装载等多种功能，大大提升了掘进效率。悬臂式掘进机可灵活调整截割头位置，切割不同形状煤层。刮板输送机用于运输煤矸石，实现了连续化作业。联合掘进机组的出现，更是将截割、装运等环节集成，协同作业。这一阶段设备适应了更复杂地质条件，从浅部煤层拓展到深部，推动煤矿开采向规模化、高效化迈进，大幅提高了煤炭产能。

### 1.3 现代智能化掘进设备阶段

当下，煤矿掘进设备迈入现代智能化阶段。智能化

掘进机配备先进传感器，能实时感知地质变化，自动调整截割参数。远程控制系统让操作人员可在远离危险区域操控设备，保障人员安全。通过大数据分析，设备可实现故障预警与智能维护。一些设备还集成了导航系统，确保掘进方向精准。智能化设备适应了深部复杂地层、高瓦斯等恶劣环境，极大提升掘进的安全性、精准性与高效性，引领煤炭行业向智能化、无人化开采方向加速发展<sup>[1]</sup>。

## 2 煤矿掘进设备的现状

### 2.1 设备对不同地质条件适应性不足

煤矿地质条件复杂多样，从松软煤层到坚硬岩石，从断层密布到高瓦斯环境。当前部分掘进设备在面对这些复杂情况时，适应性欠佳。例如在软岩地层，设备易出现截割头下陷、机身失稳问题；而在硬岩区域，截齿磨损快，切割效率骤降。不同矿区地质构造差异大，一些设备无法快速调整参数适应新环境，导致掘进进度受阻，难以满足各类矿井高效开采需求。

### 2.2 截割效率与稳定性有待提高

截割作业是掘进关键环节，现阶段设备在截割效率和稳定性上存在短板。截割头设计不够优化，切割时能量损耗大，难以快速破碎煤层。遇到煤层硬度不均或夹矸情况，设备易发生振动，影响截割精度与连续性。而且，设备的传动系统和支撑结构强度不足，长时间高负荷运转后，稳定性下降，不仅降低掘进效率，还增加设备故障风险，制约煤矿产能提升。

### 2.3 自动化与智能化程度较低

尽管煤矿掘进设备向智能化迈进，但整体自动化与智能化程度仍不高。多数设备依赖人工操作，工人劳动强度大且安全风险高。自动化控制仅实现部分基础功

能,如简单的启停控制。在智能感知方面,传感器精度和可靠性有限,难以及时、精准获取地质与设备运行数据。缺乏智能化决策系统,无法根据复杂工况自动调整设备运行参数,限制了煤矿智能化、无人化开采进程。

### 3 煤矿掘进设备的改进方向

#### 3.1 扩大掘进机适应性

为了让掘进机能适配多样地质条件,需从多方面展开深入改进。在设计理念上,大力推行模块化理念,针对软岩、硬岩、高瓦斯煤层等截然不同的地质模块,精心设计可快速组装与更换的对应部件。例如,面对软岩地层,设计轻量化、高柔性的截割部件,防止设备下陷;针对硬岩区域,配备高强度、大扭矩的截割头与传动组件,增强破岩能力。在技术应用层面,积极研发智能识别系统,借助高精度传感器实时、精准地监测地质信息,包括岩石硬度、煤层厚度及瓦斯含量等关键数据,进而自动、精准地调整设备工作参数,如截割速度、推进力度,保障设备始终处于最佳运行状态。从设备性能角度,着重加强防护性能,在高瓦斯、高湿度等恶劣环境下,优化设备的密封设计,采用特殊密封材料,防止瓦斯泄漏与水汽侵入;强化防爆设计,选用防爆型电气元件,确保设备在高压环境下安全运行<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 提升掘进机性能

##### 3.2.1 增大截割力与稳定性

增大截割力与稳定性是提升掘进机性能的关键。在截割力提升上,从截割头设计入手,优化截齿排列布局,依据不同煤层与岩石特性,采用交错、密集等排列方式,提高截割头对物料的破碎效果。选用高强度、高耐磨性的截齿材料,如硬质合金,增强截齿抗冲击与磨损能力,使其在长时间截割中保持高效。同时,升级传动系统,配备大功率、高扭矩的电机与减速器,保障动力传输强劲稳定,为截割头提供充足动力,轻松应对坚硬煤岩。在稳定性方面,强化设备整体结构,加粗加固机身框架,增强其抗变形能力。改进支撑系统,采用大尺寸、高承载能力的履带,增大接地面积,降低设备对地压强。

##### 3.2.2 粉尘控制与高压水射流技术

粉尘污染严重威胁井下作业环境与人员健康,高压水射流技术则是改善截割效果的有力手段。在粉尘控制方面,掘进机配备全方位喷雾降尘系统。在截割头、输送机等主要产尘点,安装多个雾化喷头,形成细密水雾幕,将飞扬粉尘迅速沉降。采用高效吸尘装置,通过强大吸力及时收集悬浮粉尘,防止其扩散。运用智能控制技术,根据粉尘浓度自动调节喷雾与吸尘设备工作强

度,确保降尘效果最佳。高压水射流技术辅助截割,在截割前,利用高压泵将水加压至数十甚至上百兆帕,通过特制喷嘴形成高速水射流冲击煤岩。水射流的强大冲击力使煤岩预先产生裂缝,降低其强度,便于截割头破碎,减少截割阻力与粉尘产生。优化水射流参数,如压力、流量、喷射角度,根据不同煤层硬度和地质条件精准适配,提升截割效率,营造清洁安全的作业环境。

#### 3.3 研发先进控制技术

先进控制技术是提升煤矿掘进设备智能化水平的核心。一方面,引入人工智能算法,如神经网络、模糊控制等,对设备运行数据进行深度分析,实现设备的智能决策与自主控制。比如,依据实时地质数据和设备工况,自动规划最优截割路径,精准控制截割速度与力度,提高掘进效率与质量。另一方面,构建设备物联网系统,通过无线通信技术,将井下各掘进设备连接成网,实现远程监控与协同作业。地面控制中心可实时掌握设备运行状态,及时发现并处理故障。此外,利用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,为操作人员提供沉浸式操作体验,辅助设备调试与维修,降低操作难度,提高工作安全性。

#### 3.4 提高元部件可靠性

元部件可靠性直接关乎掘进设备整体性能与运行稳定性。首先,在设计环节,运用可靠性设计方法,对关键元部件进行可靠性分析与优化,如对截割电机、减速器等进行冗余设计,提高其容错能力。其次,选用优质材料制造元部件,严格把控材料质量关,像采用高强度合金钢制造传动部件,增强其耐磨与抗疲劳性能。再者,加强元部件制造过程中的质量检测,运用先进检测技术,如无损探伤、性能测试等,确保每个元部件都符合高质量标准。最后,建立元部件全生命周期管理系统,跟踪记录元部件使用情况,根据其运行状态提前安排维护与更换,减少因元部件故障导致的设备停机时间,保障设备持续稳定运行。

#### 3.5 配套机械掩护支架

在选型上,根据不同掘进工艺和地质条件,选用合适类型的机械掩护支架,如液压支架、单体支柱配合钢梁等。对于大断面掘进,采用整体式液压掩护支架,提供强大支护力,有效控制顶板下沉与垮落。在安装与使用过程中,优化支架安装工艺,确保支架安装快速、精准,减少安装时间。同时,研发支架自动控制系统,实现支架的自动升降、推移等动作,与掘进机协同作业。当掘进机向前推进时,机械掩护支架能及时跟进支护,为后续作业人员和设备提供安全空间,降低顶板事故风

险，促进掘进作业安全高效进行。

### 3.6 加强机电设备管理

建立健全设备管理制度，明确设备采购、安装、使用、维护、报废等各环节管理流程与责任。加强设备档案管理，详细记录设备技术参数、运行数据、维修记录等信息，为设备全生命周期管理提供依据。在设备使用过程中，对操作人员进行专业培训，使其熟练掌握设备操作技能，严格遵守操作规程，减少人为误操作导致的设备损坏。定期开展设备巡检与维护，采用预防性维护策略，根据设备运行规律和历史数据，制定科学的维护计划，提前发现并排除潜在故障隐患。

## 4 煤矿掘进设备的发展趋势

### 4.1 控制自动化、智能化发展

煤矿掘进设备正朝着控制自动化、智能化大步迈进。借助先进的传感器技术，设备能够实时感知地质条件变化、自身运行状态等多元信息。自动化系统可依据这些数据自动调整掘进参数，如截割速度、推进力度，保障设备始终处于最佳工作状态，极大提升掘进效率。人工智能算法深度融入其中，使设备具备自主决策能力。同时，远程控制技术不断升级，操作人员在地面控制中心即可精准操控井下设备，减少人员在危险环境中的暴露时间，显著提高作业安全性，推动煤矿开采向无人化、少人化方向加速发展。

### 4.2 多功能一体化

多功能一体化成为煤矿掘进设备发展的重要趋势。未来掘进设备将整合多种功能，集截割、装载、运输、支护等多种作业于一体。在截割方面，强大的截割系统能应对不同硬度煤层与岩石；装载机构与截割头紧密配合，快速将截割产物转运至运输装置，实现高效连续作业。运输功能进一步优化，内置高效输送设备，可将煤矸石快速运出作业面。而且，设备将自带支护功能，在掘进的同时及时进行巷道支护，减少工序衔接时间，提升整体作业效率。这种多功能一体化设计，减少了设备数量，降低设备间协同作业的复杂性，节省人力物力，有效提高煤矿掘进的综合效益。

### 4.3 扩大适用范围

为满足不同煤矿地质条件与开采需求，掘进设备适用范围不断扩大。在地质适应性上，研发新型材料与结构，使设备能在复杂地层稳定运行。对于软岩地层，优化设备底盘与支撑系统，防止下陷；面对硬岩，强化截割系统，提高破岩能力。在环境适应性方面，针对高瓦斯、高温、高湿等恶劣环境，加强设备的防爆、散热、防潮设计。此外，考虑到不同矿井的开采规模与巷道尺寸，开发系列化产品，从小型矿井的紧凑型设备到大型矿井的重型设备，涵盖多种规格，让各类煤矿都能选用到合适的掘进装备，促进煤炭资源的全面高效开采。

### 4.4 重视支护设备研制

支护设备作为保障煤矿掘进安全的关键，其研制愈发受到重视。研发新型支护材料，如高强度、高韧性的复合材料，提高支护结构的承载能力与耐久性。创新支护形式，除传统的液压支架、锚杆锚索支护外，探索可伸缩、自适应的智能支护系统，能根据巷道围岩变形自动调整支护力。同时，将支护设备与掘进设备深度融合，实现掘进与支护的同步作业，减少空顶时间，降低顶板事故风险。<sup>[3]</sup>

### 结束语

综上所述，煤矿掘进设备历经从简单到复杂、从人工到智能的发展历程。当前虽存在对复杂地质适应难、截割效率低、智能化不足等问题，但改进方向清晰明确，涵盖扩大适应性、提升性能、研发先进控制等多方面。未来，其将朝着自动化、智能化、多功能一体化发展，对支护设备研制也越发重视。不断改进和发展煤矿掘进设备，对于提高煤炭开采效率、保障矿工安全、推动煤炭行业可持续发展意义重大，有望在科技助力下实现更高效、安全、智能的开采作业。

### 参考文献

- [1]颜挺冉.浅谈煤矿设备智能化的现状和发展趋势[J].中国设备工程,2023(4):140-142.
- [2]宋腾.浅析煤矿机电设备维修管理模式及发展趋势[J].内蒙古煤炭经济,2022(19):169-171.
- [3]吴珺.煤矿机械自动化的应用及发展趋势分析[J].机械管理开发,2022,37(2):292-295.