

# 煤矿快速掘进技术探究

马建忠

陕西华电榆横煤电有限责任公司，陕西榆林，719000；

**摘要：**在煤矿开采领域，快速掘进技术是提升开采效率、保障安全生产的核心要素。本文深入剖析煤矿快速掘进技术，详细阐述其研究背景与意义，系统梳理国内外发展现状，深入解析关键技术构成，全面探究影响掘进速度的因素，并结合实际应用案例评估技术成效，对未来发展趋势开展展望，旨在为煤矿快速掘进技术的持续发展与高效应用提供坚实的理论支撑与实践指导。

**关键词：**煤矿；快速掘进技术；影响因素；发展趋势

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.01.047

## 1 引言

煤炭充当我国至关重要的能源资源，于国民经济发展进程中居于十分重要的地位。伴随我国经济的快速发展，煤炭需求不断上升，此对于煤矿开采效率与安全确保护要求了更严标准。迅速掘进技术充当煤矿开采的重要技术，它的发展水平立即影响煤矿的开采效率、生产成本以及安全生产态势。加快煤矿迅速掘进技术的研究与应用，对提高煤矿企业经济效益、确保煤炭资源稳固供应以及促进煤矿行业可持续发展，拥有无法估量的实际意义。

### 1.1 研究背景

我国煤矿开采深度持续加深，地质条件越发繁复，给煤矿掘进工作造成了严苛挑战。传统掘进技术在应对繁复地质时，显现出掘进速度迟缓、效率低劣、安全性不佳等问题，难以适应当代煤矿开采需要。随着绿色要求的逐渐严格，煤矿企业遭遇着减少粉尘、削减噪音等绿色压力，这也推动企业持续研究更加高能、绿色的掘进技术。

### 1.2 研究意义

煤矿快速掘进技术的研究同时具有关键的理论与实际价值。从理论层面看，详尽研究该技术可以完善煤矿开采理论体系，为煤矿掘进工程供给崭新的理论依据。从实际应用角度来看，快速掘进技术可显著提高煤矿掘进效率，明显减少掘进周期，高效减少生产成本，并且亦可提升掘进工作的安全度，降低事故出现几率，对于确保煤矿企业安全生产与可持续发展意义深远。

## 2 国内外煤矿快速掘进技术发展现状

### 2.1 国内发展现状

煤矿快速掘进技术经传统掘进技术转变为现代机械化掘进技术，转变过程非常显著。煤炭工业蓬勃发展，大大推动快速掘进技术取得突出进步成果。掘进设备领域，顺利开发出多种类型掘进机，例如悬臂式掘进机、连采机，设备性能获得优化，充分适应多种地质条件需求的掘进任务。掘进工艺领域，顺利构建以综合掘进工艺为中心的工艺体系，依靠优化工艺参数、强化现场管理的具体措施，不断提升掘进效率和整体效果。快速掘进技术依然有一些不足之处。复杂地质环境下，掘进机适应能力需更进一步改进。掘进工作面的通风和除尘问题仍未适当处理。掘进队伍的技术水平和管理水平水平不一，立即制约快速掘进技术的推广和运用发展。

### 2.2 国外发展现状

国外发达国家处煤矿迅捷掘进技术领域起步较先，通过多年发展，已经构建比较完善的技术体系与设备匹配。处掘进设备方面，国外掘进机拥有自动程度高超、可信性优、适配性宽的特点，可以处繁杂地质条件下达成迅捷掘进。处掘进工艺方面，国外广泛使用持续采煤机与锚杆钻机匹配的掘进工艺，完成了掘进、支护诸如流程的自动作业，大幅提升了掘进效率。国外处煤矿迅捷掘进技术的探索与利用之中，非常注重智能与自动技术的应用。部分国家已着手使用虚拟现实技术、传感器技术对于掘进过程实施即时监控与精确调控，达成了掘进工作的智能管理。

## 3 煤矿快速掘进关键技术分析

### 3.1 掘进设备技术：智能化与高效化的核心载体

掘进设备的性能改进能够达成高效掘进的基础条件,掘进设备技术发展影响着巷道掘进的效率、安全性和经济性。煤矿掘进设备现在朝向大功率输出、智慧化和灵活方向发展,构建以掘进机为核心关键、支护设备作为配套的完善装备体系。

### 3.1.1 掘进机, 截割技术不断迭代升级

掘进机是掘进作业的关键装备,技术突破主要展现在截割机构、行走系统和智慧控制三个方面。悬臂式掘进机,这种设备采用悬臂式截割头设计,凭借横轴或纵轴式截割头完成煤岩破碎。国产 EBZ 系列设备,最大功率提高到 350 千瓦,截割硬度提高到 f12,适合挖掘煤巷以及半煤岩巷。智慧截割技术转变为研发重点,运用激光雷达感知煤岩分界线,调节截割转速和牵引速度,让截割效率提升 15%至 20%。山西某矿采用 EBZ350M 型智慧掘进机,在 f8 煤层中实现截割速度每分钟 1.2 米,效率较传统设备优于 30%。持续采煤机采用滚筒式截割方式,融合多条刮板运输系统,构建截割和运输一体化的高效作业模式。

美国 JOY 公司 12CM 系列连续采煤机最大截割宽度达到 6.3m,小时生产能力能够达 2000t,适合于厚度 36m 的近水平煤层。国内神东矿区引入该设备之后,在大采高煤巷中达成单日最大进尺 48m,但是在地质构造复杂区域如断层落差>1.5m,设备停机调整时间占比达到 25%,彰显其对于地质条件的敏感性。智能化升级,新一代掘进机融合惯性导航、视频监控与故障诊断系统,如徐工集团研发的 EBZ260M2 掘锚一体机,借助 UWB 定位技术完成巷道掘进偏差限制于 $\pm 50\text{mm}$ 之内,并且能借助远程操作台达成 300m 外的无人化操作,明显提高复杂环境下的作业安全性。

### 3.1.2 锚杆钻机: 支护效率的关键突破

锚杆支护充当掘进作业的辅助工序,其效率立即干扰循环进度。当前锚杆钻机技术展现机械化、协同化发展趋势,气动锚杆钻机,以 MQT 系列为例,其额定转矩达到  $120\text{N}\cdot\text{m}$ ,钻孔速度约  $0.8\text{m}/\text{min}$ ,适合于顶板稳定性优良的煤巷。气动系统的优势体现稳定性能,但受到气源压力约束通常  $0.40\sim 0.6\text{MPa}$ ,在硬岩  $f>6$  中钻孔效率明显降低,且需要多次替换钻杆单根钻杆长度 1.5m,造成支护中断时间占比达到 18%。

液压锚杆钻机,液压驱动技术工作压力  $1620\text{MPa}$  令钻机转矩提高至  $300\text{N}\cdot\text{m}$  超过,例如 ZY2800/20 型液压

锚杆钻机,于 f10 岩层内钻孔速度能达到  $1.5\text{m}/\text{min}$ ,并且实现 3m 长钻杆一次钻孔,降低换杆次数。

神华集团某矿运用液压锚杆钻机之后,单循环支护时间自 4.5h 减少到 2.8h,掘进效率提高 27%。技术融合,掘锚一体机的推广达成了掘进支护同时作业,如德国 Wirth 公司 TB880E 型设备,借助多臂锚杆钻机集群,能于掘进过程中同时完毕顶帮锚杆施工,令空顶时间自传统工艺的 2h 减少到 15min,明显减少冒顶风险。

## 3.2 掘进工艺技术

流程改良和系统配合掘进工艺的核心是为通过工序衔接改良和设备配合调控,达成截割装运支护的高能联动。

当前主流工艺能分成连续作业工艺与分段作业工艺两类。

### 3.2.1 综掘工艺, 全流程机械化的典型模式综掘工艺以掘进机为核心

使用截割刮板输送机带式输送机运输链,配套锚杆钻机实施支护,适合于单巷掘进场景。其技术要点包含,截割路径规划,借助三维地质模型模拟,使用先软后硬、分层截割策略,如在半煤岩巷中优先截割煤层,再处理岩层,可降低截齿磨损 30%超过。支护滞后调节,借助超前支护装置如液压前探梁把支护滞后距离调节在 0.5m 以内,同时使用快硬水泥锚杆初凝时间 $<5\text{min}$ 减少支护等待时间。

山西晋煤集团某矿借助工艺优化,把综掘月进尺自 280m 提高到 420m,单循环时间减少 40%。

### 3.2.2 连采工艺, 多巷快速掘进的高效模式

连采工艺使用连续采煤机+梭车+跨带输送机组合,适合于多巷同时掘进如大巷群、工作面准备巷道。其核心优势是,多机协同作业,借助调度系统达成连续采煤机、梭车、锚杆钻机的空间错峰作业,如神东矿区使用两采一锚模式两台采煤机轮流切割,一台钻机同时支撑,单日最高进尺达 72m。

迅速转场技术,模块化设计的连采设备能于 2h 以内完毕工作面搬迁,搭配能伸缩带式输送机,达成长距离掘进单巷最大掘进长度达 5000m。工艺瓶颈,于瓦斯突出矿井或者高应力区域,连采工艺的通风需求需要风量比综掘更大 30%和支护强度不够问题显现,需要搭配超前预抽瓦斯和锚索强化支护技术。

### 3.3 通风与除尘技术：绿色掘进的必要保障

煤矿掘进工作面平均粉尘浓度可达  $500\text{--}1000\text{mg}/\text{m}^3$ ，远超国家标准 ( $<2\text{mg}/\text{m}^3$ )，且瓦斯积聚风险随开采深度增加而升高，因此通风与除尘技术是快速掘进的必备配套。

#### 3.3.1 通风技术：风流调控的精准化

压入式通风：采用直径  $1.2\text{--}1.5\text{m}$  的柔性风筒，送风距离可达  $1500\text{m}$  以上，适用于长距离独头掘进。但末端风速衰减明显（距风机  $500\text{m}$  处风速下降  $40\%$ ），需配合接力风机提升风量。

混合式通风：压入式与抽出式结合（如压入风筒距工作面  $20\text{m}$ ，抽出风筒距工作面  $5\text{m}$ ），可使工作面粉尘浓度降低  $60\%\text{--}70\%$ 。淮南矿区某矿应用该模式后，将瓦斯体积分数控制在  $0.5\%$  以下，粉尘浓度降至  $1.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

智能通风系统：基于激光传感器与 PLC 控制的变频风机，可根据瓦斯浓度实时调整风量（调节精度  $\pm 5\%$ ），如中煤集团某矿应用该系统后，风机能耗降低  $18\%$ ，同时避免了传统固定风量通风的“大马拉小车”现象。

#### 3.3.2 除尘技术：多技术协同的综合治理

喷雾降尘，使用高压喷雾压力  $1015\text{MPa}$  和涡流雾化技术，于截割头、输送机转载点安装喷嘴，能收集  $80\%$  超过的呼吸性粉尘。山东新矿集团某矿经由改进喷嘴布局间距  $0.5\text{m}$ ，角度  $45^\circ$ ，令粉尘浓度自  $850\text{mg}/\text{m}^3$  降低到  $120\text{mg}/\text{m}^3$ 。干式除尘，用 KCS 系列矿用除尘风机作为示例，采用旋风分离+滤袋过滤二级除尘，处理风量可达  $1000\text{m}^3/\text{min}$ ，除尘效率达  $99.5\%$ ，特别适合于缺水巷道。晋能控股集团某岩巷掘进面实施该设备之后，粉尘浓度降低到  $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合职业卫生标准。

技术前沿，超声波雾化降尘技术雾化颗粒粒径  $<10\mu\text{m}$  与气幕控尘技术形成风速  $35\text{m}/\text{s}$  的空气隔离墙的联合应用，能够把粉尘抑制于作业区域内部，更进一步提高除尘效率。借助上述关键技术的配合改良，我国煤矿岩巷综掘平均月进尺已经自 2010 年的  $150\text{m}$  增加到 2023 年的  $400\text{m}$  超过，煤巷连采最高月进尺超越  $1200\text{m}$ ，表明快速掘进技术迈入高效率、智能型发展阶段。

## 4 影响煤矿快速掘进速度的因素分析

### 4.1 地质条件因素

地质条件为作用煤矿迅捷掘进速度的关键因素其一。各异的地质条件，例如煤层厚度、硬度、倾角、地

质构造等等，对于掘进设备选型和掘进工艺选择产生关键作用。于煤层厚度较厚、硬度较软的煤层里，使用连采工艺可以达成迅捷掘进。但于地质构造繁琐、煤层硬度较硬的煤层里，使用悬臂式掘进机搭配炮掘工艺或许更加适合。

### 4.2 设备性能因素

掘进设备的性能直观作用掘进速度与质量。如果掘进设备稳定性劣、失效率偏高，不只可能减少掘进效率，并且会提升维修成本与安全风险。设备的配套性也极其关键，掘进机、输送机、支护设备等之间的配套能否适当，直观影响到整个掘进系统的运作效率。

### 4.3 工艺参数因素

挑选掘进工艺参数时要考虑是否合适，因为这会直接影响掘进速度快慢。截割速度、牵引速度、截割深度这些参数的设置，必须按照煤层地质条件和设备性能来合理调整。如果挑选的参数不合适，可能会导致截割效率变得很差、设备磨损情况加剧等问题。

### 4.4 人员素质因素

掘进队伍的人员素质是为作用于迅捷掘进技术运用成效的关键因素其一。操控人员的技术水准与操控娴熟度，直观作用于掘进设备的运转效能与运用耐用性。治理人员的治理素养与统筹协作素养，直观关联到掘进工作的实地治理与作业统筹。

## 5 煤矿快速掘进技术应用案例分析

### 5.1 国内应用案例

用某煤矿为例，该煤矿于掘进某条煤巷当，使用了综掘工艺与现代的掘进设备。借助改进掘进工艺参数、强化设备维护与现场管理以及措施，达到了平均日掘进速度实现  $15\text{m}$  超过，月掘进进尺实现  $450\text{m}$  超过，明显提升了掘进效率，减少了掘进周期。借助应用现代的通风与除尘技术，将工作面粉尘浓度管理于国家规定标准以下，保证了工人的身体健康。

### 5.2 国外应用案例

国外某煤矿在使用复杂地质条件下的巷道时，使用了智能化掘进设备和自动化掘进工艺。借助应用虚拟现实技术、传感器技术等对掘进过程实施即时监控与调控，完成了掘进工作的智能化管理。该煤矿的平均日掘进速度达到了  $20\text{m}$  以上，月掘进进尺达到了  $600\text{m}$  以上，

与此同时掘进质量和安全性也获得了明显提高。

## 6 煤矿快速掘进技术发展趋势

### 6.1 智能化与自动化

随着信息技术的飞速发展,智能化和自动化技术将成为煤矿快速掘进技术的发展趋势。未来的掘进设备将具备更强的自主感知、自主决策和自主执行能力,能够依据地质条件变化自动调整掘进参数和工艺,实现掘进工作的智能化与自动化。

### 6.2 绿色化与环保化

伴随环保要求的逐渐提升,绿色化和环保化即将转变为煤矿迅捷掘进技术的关键进步方向。未来的掘进技术将更为重视削减粉尘、减低噪音、节省能源等环保指标,运用更前沿的通风和除尘技术、节能型掘进设备等,达成煤矿掘进的绿色化与环保化。

### 6.3 多元化与适应性

煤矿地质条件复杂多变,未来煤矿掘进技术要往多元化适用性高方向不断改进。会出现多种类型掘进设备

掘进工艺,可以应对不同地质条件掘进工作任务,更好提高煤矿掘进技术适应性通用性能力效果。

## 7 结论

煤矿快速掘进技术对于煤矿开采效率、成本及安全影响重大。我国该技术虽然具有明显进步,但是和国外依然有差距。未来需要强化技术创新、提高设备智能化、改进工艺等等。其将要向智能化、自动化、绿色化、多元化进步,企业应当增加投入用以达成可持续发展。

### 参考文献

- [1]王浩.煤矿快速掘进技术现状与发展趋势[J].煤炭科学技术,2020,48(5):1-8.
- [2]赵刚.综掘工艺在煤矿掘进中的应用研究[J].煤矿开采,2021,26(3):45-49.
- [3]陈志.强煤矿掘进工作面通风与除尘技术研究[D].北京:中国矿业大学,2023.
- [4]王小源.国外煤矿智能化掘进技术发展现状[J].煤炭工程,2024,56(4):12-16.