

# 煤矿井下高效掘进技术与装备发展现状及趋势

王云州

山西天地王坡煤业有限公司 山西 晋城 048021

**摘要：**本文综述了煤矿井下高效掘进技术与装备的发展现状和趋势，详细探讨了煤巷、半煤岩巷高效掘进技术的应用，分析了掘进机械、辅助装备及智能化升级现状。文章进一步阐述了掘进设备在自动化、智能化、生产效率、安全性、可靠性及可维护性方面的技术优势。最后展望了智能化、自动化、绿色环保及高效轻量化将成为未来发展的主流趋势，对推动煤矿开采行业智能化转型和可持续发展具有重要意义。

**关键词：**煤矿井下；高效掘进技术；掘进装备；现状；趋势

引言：煤矿作为全球重要的能源来源之一，其开采效率和安全性一直是行业关注的重点。随着科技的进步和市场需求的变化，煤矿井下高效掘进技术与装备的发展显得尤为关键。近年来，煤巷和半煤岩巷的高效掘进技术取得了显著进步，掘进机械装备和辅助设备不断升级，智能化技术的应用也日益广泛。然而，面对日益复杂的地质条件和环保要求，煤矿井下掘进技术与装备仍需不断创新和优化。

## 1 煤矿井下高效掘进技术发展现状

### 1.1 煤巷高效掘进技术

随着机械化、自动化程度的提高，煤巷掘进作业的效率与安全性得到了显著提升。目前，我国煤巷高效掘进技术主要有三种，分别是煤巷综合机械化掘进、大断面煤巷连续采煤机高效掘进以及掘锚机组掘锚一体化掘进。煤巷综合机械化掘进技术通过集成先进的机械设备和自动化技术，实现掘进、装载、运输等多工序的连续作业，大大提高了掘进效率。该技术利用高效的掘进机械，如悬臂式掘进机和横轴式掘进机，这些设备具有破岩能力强、工作稳定性好的特点。同时，自动化输送系统的引入，减少人工劳动力的使用，提高掘进作业的安全性和连续性；大断面煤巷连续采煤机高效掘进技术则是一种集落煤、装运以及行走为一体的综合机械化掘进设备。它具有较大的截割宽度，能够在矩形断面的双巷或多巷中快速掘进。这种技术不仅在掘进速度上具有优势，而且能够减少掘进过程中的粉尘排放，有利于改善工作环境。在我国，神东、万利、鲁能等大公司已经广泛应用了这种技术，并取得了显著的成效；掘锚机组掘锚一体化掘进技术则是将掘进和支护两个工序有机结合在一起，实现了掘进与支护的平行作业。这种技术不仅提高了掘进效率，而且确保了巷道的安全稳定<sup>[1]</sup>。

### 1.2 半煤岩巷高效掘进技术

半煤岩巷是煤矿井下开采中常见的巷道类型，其掘进技术同样具有重要意义。半煤岩巷的掘进面临着复杂的地质条件，如薄煤层、中厚煤层等，这要求掘进设备具有较强的适应性和破岩能力。目前，半煤岩巷高效掘进技术主要依赖于综合机械化掘进设备，如悬臂式掘进机和连续采煤机。这些设备在掘进过程中，能够通过调整掘进参数和截割方式，适应不同的地质条件，确保掘进的顺利进行。同时，为了提高掘进效率和安全性，还采用一系列辅助措施，如加强巷道临时支护、应用新式前探梁等。另外，针对半煤岩巷掘进中的粉尘问题，还采用了喷雾降尘、除尘风机等技术手段，有效减少粉尘对工人的危害。

### 1.3 掘进辅助系统

随着科技的进步，掘进辅助系统正逐步向智能化、自动化方向发展。智能化掘进辅助系统利用电子技术、计算机控制技术以及通讯技术等先进技术，实现了掘进过程的自动化和智能化监控。这些系统能够实时监测掘进过程中的各项参数，如掘进速度、巷道成形质量等，并根据实际情况自动调整掘进参数，确保掘进的顺利进行。同时，掘进辅助系统还包括了掘进姿态智能控制和掘进参数实时预警报警等功能。通过算法计算，掘进姿态控制系统能够精确控制掘进机的运行轨迹，提高巷道的成形质量。而掘进参数实时预警报警系统则能够在参数异常时及时发出警报，提醒操作人员采取相应措施，避免事故的发生。

## 2 煤矿井下高效掘进装备发展现状

### 2.1 掘进机械装备

掘进机械装备是煤矿井下作业的核心设备，其性能和技术水平直接关系到煤矿开采的安全、效率和质量。近年来，随着技术的不断进步和市场需求的增长，掘进机械装备得到了快速发展。目前，掘进机械装备主要包

括掘进机、连续采煤机等，这些设备在煤矿井下作业中发挥着至关重要的作用。掘进机以其高效、稳定的掘进能力，广泛应用于煤矿巷道的开拓和掘进作业。同时，连续采煤机以其高效的采煤能力和适应性，在复杂地质条件下也能保持良好的作业效果；掘进机械装备在设计 and 制造过程中，不断采用新材料、新工艺，提高设备的可靠性和耐用性，降低维护成本。

## 2.2 辅助掘进装备

辅助掘进装备在煤矿井下作业中同样扮演着重要角色，这些装备主要包括支护设备、运输设备、通风设备等，它们为掘进作业提供了必要的支持和保障。支护设备如锚杆钻机、锚索张拉机等，用于巷道支护作业，确保巷道稳定，防止塌方事故发生。运输设备如带式输送机、刮板输送机等，负责将掘进过程中产生的煤矸石等物料及时运出巷道，保持作业面畅通。通风设备如局部通风机、主通风机等，为井下作业提供新鲜空气，保障作业人员的生命安全。辅助掘进装备的不断发展和完善，为煤矿井下作业提供了更加安全、高效、便捷的作业环境<sup>[2]</sup>。

## 2.3 掘进装备智能化升级

随着人工智能、物联网、大数据等技术的快速发展，掘进装备正逐步向智能化方向升级。智能化掘进装备通过引入自动驾驶系统、智能控制算法、智能化矿山信息管理系统等技术，实现了更高效、更准确的自主运行和控制。这不仅提高了掘进作业的效率和质量，还降低了人力成本和安全隐患。智能化掘进装备能够实时监控设备运行状态，预测并预防潜在故障，大大提高了设备的可靠性和稳定性。同时，智能化掘进装备还具备远程监控和故障诊断功能，使得运维人员能够及时发现并解决问题，降低停机时间，提高设备利用率。

## 3 煤矿井下高效掘进设备的技术优势

### 3.1 自动化与智能化程度

通过引入先进的控制系统和传感器技术，这些设备能够实现更高效、更准确的自主运行和控制。例如，掘锚一体机能够同时完成掘进和支护作业，大大提高了作业效率。同时，掘进作业过程中还配备了自动化监控系统，可以实时监控设备的运行状态、作业进度以及周围环境变化，从而及时调整掘进策略，确保作业过程的顺利进行。另外，一些先进的掘进设备还具备远程操控和无人值守的能力，进一步提高作业的智能化水平。

### 3.2 生产效率与安全性

高效掘进设备的应用显著提高了煤矿井下的生产效率，这些设备具备高效的切割和破碎能力，能够快速完

成掘进作业，缩短了作业周期，提高了产量。同时，掘进设备还具备强大的支护能力，能够及时加固巷道，防止坍塌和事故的发生。在安全性方面，掘进设备采用了多重安全防护措施，如电子安全围栏、声光报警系统等，一旦有人员误入危险区域或设备出现故障，系统会立即发出警报并切断电源，确保人员和设备的安全；掘进设备还配备了先进的除尘系统和通风设备，有效改善作业环境，降低职业病的发生风险。

### 3.3 设备的可靠性与可维护性

煤矿井下高效掘进设备在可靠性和可维护性方面也表现出色。这些设备通常采用高品质的材料和先进的制造工艺，具备较高的耐用性和抗磨损能力，能够在恶劣的作业环境中保持稳定的性能<sup>[3]</sup>。同时，设备的设计也充分考虑了易于维护和保养的需求，如采用模块化设计、易于拆卸和更换的零部件等，降低了维护成本和时间；一些掘进设备还配备了故障预警系统，能够实时监测设备的运行状态，及时发现并预警潜在故障，为设备的维护和保养提供了有力支持。

## 4 煤矿井下高效掘进技术与装备发展趋势

### 4.1 智能化技术将成为主流

智能化技术正在逐步渗透并深刻改变着煤矿井下掘进作业的每一个角落。未来，智能化技术将成为煤矿井下高效掘进技术与装备发展的主流方向。智能化掘进技术不仅仅意味着设备的自动化操作，更包括了对掘进过程的全面感知、智能决策和自主执行。首先，随着物联网、大数据、云计算等技术的成熟应用，掘进设备将能够实时收集并处理大量的作业数据，如地质条件、设备状态、作业进度等，为智能决策提供强有力的数据支持。通过数据分析，系统可以预测掘进过程中可能遇到的问题，提前调整掘进策略，避免事故的发生；其次，人工智能算法的应用将进一步提升掘进作业的智能化水平。利用深度学习、神经网络等技术，掘进设备可以学习并优化掘进参数，实现更精准、更高效的作业。例如，智能掘进机可以根据地质条件的变化自动调整切割速度和力度，确保掘进效率和作业质量。另外，智能掘进技术还将推动煤矿井下作业模式的变革。未来，煤矿井下将实现无人化或少人化作业，人员主要负责监控和协调工作，而掘进作业则完全由智能设备自主完成。这不仅将大大提高作业效率，还将显著降低人员安全风险。

### 4.2 自动化技术将不断完善

自动化技术作为煤矿井下掘进作业的重要支撑，其发展水平直接关系到掘进效率和作业安全。一方面，掘进设备的自动化控制系统将更加智能化和精细化。通过

引入先进的传感器和执行机构，掘进设备将能够实现对作业过程的精准控制。例如，掘进机可以实时监测切割头的位置和力度，确保掘进轨迹的准确性和稳定性。同时，自动化控制系统还可以根据作业需求自动调整掘进参数，如切割速度、进给量等，实现掘进作业的智能化控制。另一方面，掘进作业的自动化流程将更加优化和高效。通过引入自动化运输系统、自动化支护系统等辅助设备，掘进作业将实现全程自动化和连续化。这不仅将减少人工干预和等待时间，还将提高掘进作业的连续性和稳定性<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 绿色环保技术将受到重视

通过采用先进的节能技术和材料，掘进设备将能够显著降低能源消耗和排放。例如，采用高效电机和传动系统可以降低掘进机的能耗；采用环保材料和工艺可以减少掘进过程中产生的有害物质和废弃物；引入生态掘进技术和方法，可以减少对地质环境的破坏和污染。例如，采用水力压裂等无炸药爆破技术可以减少对岩石的破坏和震动；采用生态支护技术可以保护巷道周围的生态环境；通过引入循环经济理念和资源综合利用技术，可以实现掘进废弃物的资源化利用和无害化处理。这不仅将减少环境污染和资源浪费，还将为煤矿行业的可持续发展提供新的动力。

#### 4.4 掘进装备的高效化与轻量化

随着煤矿开采深度的不断增加和地质条件的日益复杂，掘进装备的高效化与轻量化成为未来发展的必然趋势。高效化意味着掘进装备需要具备更高的作业效率和更强的适应能力；而轻量化则意味着掘进装备需要减轻重量、降低能耗并提高便携性。一方面，掘进装备的高效化将主要体现在掘进速度的提升与能耗的降低上。动力系统的高效化，可以通过引入更先进的发动机技术和电力驱动技术来实现，以提高掘进装备的功率输出和能源利用效率。传动系统的优化，则可以通过改进齿轮传动、链条传动等结构，减少能量损失，提高传动效率。切割系统的高效化，则依赖于新型切割材料的研发以及

切割工艺的创新，以提高切割速度和切割质量。通过引入先进的传感器技术和控制系统，掘进装备可以实现对作业环境的实时监测和对作业参数的智能调整，从而提高作业效率。同时，自动化作业的实现，也可以减少人工干预，提高作业的稳定性和连续性。另一方面，掘进装备的轻量化则主要依赖于新型材料的研发和应用。通过引入高强度、低密度的新型材料，如碳纤维、钛合金等，可以大幅减轻掘进装备的重量，降低能耗，提高便携性。同时，轻量化设计还可以减少掘进装备对地质环境的压力，降低作业过程中可能产生的地质灾害风险。在实现掘进装备高效化与轻量化的过程中，还需要考虑成本的控制和可持续性，高效化与轻量化往往伴随着成本的增加，因此需要在保证性能的同时，通过技术创新和工艺改进来降低成本。同时，掘进装备的研发和应用还需要考虑其对环境的影响，选择环保材料和工艺，推动绿色制造和可持续发展。

#### 结束语

综上所述，煤矿井下高效掘进技术与装备的发展经历了从机械化到智能化、从单一功能到多功能集成的转变。随着智能化技术、自动化技术、绿色环保技术以及高效化与轻量化等趋势的深入发展，煤矿井下掘进作业将实现更高效、更安全、更环保的开采。未来，煤矿企业应继续加大技术创新和研发投入，推动掘进技术与装备的智能化转型，同时注重环保和可持续发展，为全球能源安全和绿色发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]杨坤.煤矿巷道机械化掘进工艺的优化思考[J].当代化工研究,2020(22):53-55.
- [2]张江勇.岩巷快速掘进制约因素分析及优化[J].现代矿业,2020,54(6):94-99.
- [3]彭峰.煤矿综合机械化快速掘进技术[J].矿业装备,2020(43):124-125.
- [4]王步康.煤矿巷道掘进技术与装备的现状与趋势分析[J].煤炭科学技术,2020,48(11):1-11.