

# 煤矿开采过程中采煤工艺与技术探讨

郭金伟

宁夏煤业分公司梅花井煤矿 宁夏 灵武 751600

**摘要：**煤矿开采作为能源供应的关键环节，其工艺与技术的革新对保障能源安全、提升开采效率意义重大。当前，壁式、柱式、放顶煤等采煤工艺及综合机械化、充填、定向钻探等采煤技术广泛应用，但在智能化水平、绿色环保及协同开采方面仍存不足。为适应行业高质量发展需求，采煤工艺与技术正朝着智能化与自动化深度融合、绿色环保技术全面升级、高效协同开采创新发展的方向演进，为煤炭资源可持续开发奠定基础。

**关键词：**煤矿开采；采煤工艺；技术

## 引言

随着能源需求的持续增长与行业绿色低碳转型的推进，煤矿开采亟需通过工艺与技术革新，实现安全、高效、绿色发展。传统采煤工艺与技术复杂地质条件下，面临效率瓶颈与环境挑战。在此背景下，深入探讨壁式、柱式等采煤工艺及综合机械化、充填等采煤技术的特点与应用，分析其发展趋势，对推动煤炭行业技术进步、保障能源稳定供应具有重要现实意义。本文将围绕煤矿开采过程中的采煤工艺与技术展开系统论述。

## 1 煤矿开采概述

煤矿开采作为煤炭资源开发的核心环节，是一项复杂且系统的工程，涉及地质勘探、工程设计、采掘技术应用等多个专业领域。煤炭赋存于地下不同深度和地质构造中，其开采方式主要分为露天开采与地下开采，具体选择取决于煤层埋藏深度、厚度、地质条件等因素。露天开采适用于煤层埋藏较浅、厚度较大且覆盖层较薄的区域，通过大型挖掘设备逐层剥离表土及岩石，直接采出煤炭。这种开采方式作业空间大、生产效率高，能有效降低开采成本，且便于采用先进的开采设备和工艺，实现规模化生产。例如，在一些大型煤田，采用斗轮挖掘机、自卸卡车等设备组成的开采系统，可大幅提升煤炭开采效率。当煤层埋藏深度超过一定限度，露天开采不经济时，则需采用地下开采。地下开采需在地下构建复杂的巷道系统，包括运输巷、通风巷、回采工作面等，人员和设备通过这些巷道进入煤层作业。回采工作面是煤炭开采的核心区域，根据煤层条件可采用壁式开采、柱式开采等不同工艺。以壁式开采为例，通过综合机械化采煤设备，将破煤、装煤、运煤、支护等工序一体化，实现煤炭高效开采。煤矿开采过程中，顶板管理、通风安全、瓦斯防治等是保障安全生产的关键。顶板管理需根据不同的围岩条件，采用合理的支护方式，

如锚杆支护、液压支架支护等，防止顶板垮落事故；良好的通风系统能有效排出井下有害气体，保证作业环境安全；瓦斯防治则需通过瓦斯抽采、监测预警等手段，降低瓦斯爆炸风险。随着开采技术的发展，智能化开采技术逐渐应用于煤矿，通过远程控制、自动化设备运行等，提高开采效率和安全性，推动煤矿开采向智能化、绿色化方向发展。

## 2 煤矿开采过程中常见采煤工艺

### 2.1 壁式采煤工艺

壁式采煤工艺以连续的长壁工作面为核心，通过沿煤层走向或倾向布置工作面，利用采煤机、刮板输送机及液压支架组成的综合机械化设备群，实现煤炭的高效开采。该工艺的工作面长度通常在150-300m之间，采高依据煤层厚度而定，可在0.8-8m范围内调节。采煤机沿工作面往复截割煤壁，破碎的煤炭经滚筒螺旋叶片装入刮板输送机，由液压支架及时支护采空区，保障作业空间安全。壁式采煤工艺具有采出率高、生产效率高、劳动强度低的显著优势，其顶板管理多采用全部垮落法，通过顶板自然垮落释放矿山压力。该工艺适用于煤层赋存稳定、倾角小于35°的地质条件，在缓倾斜中厚及厚煤层开采中广泛应用，可通过分层开采、放顶煤开采等衍生技术，有效应对不同厚度煤层的开采需求，是现代煤矿开采的主流工艺之一<sup>[1]</sup>。

### 2.2 柱式采煤工艺

柱式采煤工艺以煤柱支撑顶板为主要特征，通过在煤层中布置一系列煤柱与采硐，实现煤炭的分散式开采。该工艺通常采用短壁工作面，单个工作面长度一般在20-30m，利用连续采煤机配合梭车、带式输送机等设备进行生产。连续采煤机切割煤体后，破碎的煤炭由梭车转运至带式输送机，完成出煤流程。煤柱在开采过程中起到支撑顶板的作用，其尺寸和间距根据煤层厚

度、顶板岩性等地质条件精确计算确定,以确保采空区稳定。柱式采煤工艺灵活性强,适用于地质构造复杂、煤层厚度变化大的区域,尤其在薄煤层及不规则煤层开采中优势明显。其采出率相对较低,一般在60%-70%之间,需通过优化煤柱设计和开采顺序,平衡资源回收率与顶板稳定性。该工艺多采用局部通风,通风系统相对简单,适合瓦斯含量较低的矿井。

### 2.3 放顶煤采煤工艺

放顶煤采煤工艺针对特厚煤层开发,通过在工作面底部布置常规采高的采煤空间,利用矿山压力作用使上部顶煤破碎并从支架后部放煤口放出。该工艺工作面采高一般为2.5-3.5m,顶煤厚度可达采高的2-5倍,通过一次采全厚的方式大幅提高开采效率。放顶煤液压支架具备支护和放煤双重功能,后部设有可调控的放煤口,操作人员根据顶煤冒落情况控制放煤量。开采过程中,采煤机截割底部煤层后,上部顶煤在矿山压力作用下逐渐破碎,当达到预定冒放性时,打开放煤口进行放煤作业。该工艺对煤层条件要求严格,需煤层具有良好的冒放性,且顶板岩性适中,既能提供足够压力破碎顶煤,又能避免顶板过早垮落影响放煤效果。放顶煤采煤工艺显著减少了工作面巷道掘进量和设备搬家次数,在5m以上厚煤层开采中经济效益突出,但需严格控制放煤工艺参数,防止出现混矸等问题,以保证煤炭质量和采出率。

## 3 煤矿开采过程中采煤技术分析

### 3.1 综合机械化采煤技术

综合机械化采煤技术以其高效、高产的特性成为现代煤矿开采的核心技术之一。该技术将采煤机、刮板输送机、液压支架等设备有机结合,形成高度自动化的开采系统。采煤机凭借滚筒上的截齿对煤壁进行切割破碎,利用螺旋滚筒的旋转将煤炭装入刮板输送机,实现煤炭的高效采装;液压支架则通过电液控制系统,实时根据采煤机的推进速度和顶板压力变化,自动完成降架、移架、升架等动作,为开采作业提供安全稳定的作业空间;刮板输送机在采煤机和液压支架协同作业下,将采落的煤炭连续运输至工作面运输巷。在厚煤层开采中,该技术通过大采高采煤机和强力液压支架的配合,一次采高可达6m以上,开采效率较传统工艺提升数倍。综合机械化采煤技术不仅显著提高煤炭产量,还通过减少人工干预,降低了井下作业人员的劳动强度和安全风险,在地质条件相对稳定、煤层厚度适中的大型煤矿得到广泛应用,推动煤矿开采向规模化、集约化方向发展。

### 3.2 充填采煤技术

充填采煤技术是解决煤矿开采引起地表沉陷问题的

有效途径,通过向采空区充填材料,维持围岩稳定,减少对地表环境的影响。该技术根据充填材料的不同,可分为矸石充填、膏体充填和高水材料充填等。矸石充填利用井下掘进产生的矸石,经破碎后通过胶带输送机或充填泵输送至采空区,借助夯实设备实现密实充填,这种方式既处理了井下矸石,又实现了充填目的,降低了矸石地面堆放带来的环境污染;膏体充填则将煤矸石、粉煤灰、水泥等按一定比例制成具有良好流动性和稳定性的膏体,通过管道泵送系统输送至采空区,能够实现长距离、高浓度的连续输送,对复杂地质条件适应性强;高水材料充填以高水速凝材料为主要成分,其凝结速度快、早期强度高,能迅速对顶板形成有效支撑。充填采煤技术在建筑物下压煤、水体下采煤等特殊开采条件下发挥重要作用,通过控制覆岩移动和地表变形,保护地面建筑物和生态环境,同时提高煤炭资源回收率,实现煤炭开采与环境保护的协调发展<sup>[2]</sup>。

### 3.3 定向钻探采煤技术

定向钻探采煤技术基于钻探工程原理,通过随钻测量和定向控制技术,实现钻孔轨迹的精确控制,在煤层气抽采、瓦斯治理及辅助开采等方面展现出独特优势。该技术采用定向钻机作为核心设备,配备随钻测量仪实时监测钻孔倾角、方位角等参数,通过螺杆钻具或旋导向工具调整钻孔轨迹,使其沿预定方向延伸。在煤层气抽采中,定向钻孔可在煤层中长距离延伸,覆盖更大的储层面积,提高煤层气抽采效率,降低井下瓦斯含量,保障安全生产;在瓦斯治理方面,通过在工作面上下巷施工定向长钻孔,提前对瓦斯进行预抽,有效降低回采过程中的瓦斯涌出量,减少通风压力。定向钻探还可用于探查煤层地质构造,通过钻孔取芯和地球物理测井获取煤层厚度、岩性变化等信息,为开采方案设计提供准确依据。定向钻探采煤技术凭借其高精度、远距离、高效率的特点,能够精准获取地质信息和实现瓦斯高效抽采,为煤矿安全高效开采提供有力的技术支持,尤其适用于瓦斯含量高、地质条件复杂的矿区。

## 4 煤矿开采过程中采煤工艺与技术的发展趋势

### 4.1 智能化与自动化深度融合

(1) 在智能化与自动化深度融合趋势下,采煤机将具备更为强大的自主决策能力。通过先进的传感器与复杂算法,采煤机能够实时精准感知煤层的厚度变化、硬度差异以及地质构造情况,进而自动调整截割参数,如截割速度、截割深度等,确保采煤作业始终处于最佳状态。例如,当遇到煤层变薄区域,采煤机可自动降低截割速度,增加截割力,保证煤炭的高效采出,同时避免

设备过度损耗。(2) 液压支架与刮板输送机等设备也将深度融入智能化体系。液压支架能依据采煤机的位置与动作, 自适应地调整支护姿态, 实现快速、精准的移架操作, 保障采煤工作面的顶板安全。刮板输送机则可根据煤流量的实时监测, 自动调节运输速度, 提高运输效率的同时, 避免煤炭堆积或运输过载等问题, 各设备间的协同配合达到前所未有的紧密程度。(3) 智能化与自动化的深度融合还将实现整个采煤工作面的远程集中控制。操作人员可在远离井下危险环境的地面控制中心, 通过高清视频监控与数据实时传输, 对采煤作业进行全方位、全过程的监控与干预。当设备出现故障时, 系统能够迅速自动诊断问题, 并提供维修建议, 极大提升了煤矿开采的安全性与生产效率<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 绿色环保技术全面升级

(1) 绿色开采技术将成为未来煤矿开采的核心。其中, 充填开采技术会得到进一步优化与广泛应用。该技术采用新型环保充填材料, 像工业废弃物与绿色胶凝材料的混合物。这种材料不仅能在有效控制采空区顶板沉降方面发挥关键作用, 还能减少对环境的污染, 实现废弃物的资源化利用, 进而降低煤矿开采对地表生态的破坏程度。(2) 煤炭洗选工艺将不断升级, 以提高煤炭质量, 降低煤炭中的灰分、硫分等杂质含量。先进的干法选煤技术、智能分选设备将得到更广泛应用, 在减少水资源消耗的同时, 提升煤炭洗选的精度与效率, 为下游用户提供更清洁、优质的煤炭产品, 减少煤炭燃烧过程中的污染物排放。(3) 矿井水与瓦斯的综合利用技术也将取得更大突破。矿井水经深度处理后, 可回用于井下生产、地面工业用水以及周边生态灌溉, 实现水资源的循环利用。瓦斯则可通过高效的抽采与转化技术, 用于发电、化工原料等, 既消除了瓦斯对煤矿安全生产的威胁, 又将其转化为清洁能源, 实现资源的最大化利用与环境友好型开采。

#### 4.3 高效协同开采技术创新发展

(1) 采煤工作面设备的高效协同将通过更先进的通信与控制系统实现。基于5G等高速通信技术, 采煤

机、刮板输送机、液压支架等设备之间的数据传输将更加实时、稳定、精准, 实现设备间毫秒级的协同响应。例如, 采煤机在启动截割的瞬间, 刮板输送机可立即同步加速, 液压支架也能迅速调整支护, 保证整个采煤流程的顺畅与高效。(2) 多工作面、多煤层之间的协同开采技术将不断创新。通过建立统一的生产调度与决策系统, 依据不同煤层的赋存条件、煤质情况以及市场需求, 对多个工作面的开采顺序、开采强度进行优化安排。如在开采近距离煤层群时, 合理规划上下煤层的开采时间间隔与开采工艺, 避免相互干扰, 提高煤炭资源的整体开采效率与回收率。(3) 高效协同开采技术还将涵盖井上与井下的全方位协同。地面生产系统与井下开采系统通过智能化的物流调度、信息共享, 实现煤炭从井下开采到地面运输、加工、储存、销售的全流程高效协同运作。例如, 根据地面煤炭库存与市场销售情况, 实时调整井下采煤作业计划, 确保整个煤矿生产运营的高效与稳定<sup>[4]</sup>。

#### 结语

综上所述, 煤矿开采过程中, 采煤工艺与技术的发展深刻影响着煤炭行业的可持续发展。从常见的壁式、柱式、放顶煤采煤工艺, 到综合机械化、充填、定向钻探等采煤技术, 均在实践中不断优化。未来, 智能化与自动化、绿色环保及高效协同开采技术的创新突破, 将进一步提升煤矿开采的安全性、效率与环保水平, 为我国能源产业的高质量发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]王振帆.煤矿开采过程中采煤工艺与技术探讨[J].能源与节能,2025(1):191-193,197.
- [2]贾建东.煤矿采矿工程中的采煤工艺与技术质量分析[J].能源与节能,2024(3):152-154.
- [3]张苑.煤矿采矿工程中的采煤工艺与技术质量分析[J].城镇建设,2022(15):355-357.
- [4]胡保利.煤矿井下采煤技术与采煤工艺探讨[J].消费导刊,2020(44):115.