

煤矿采掘系统技术分析

杨 汇

煤炭工业西安工程造价管理站 陕西 西安 710000

摘 要：煤矿采掘系统作为煤炭生产的核心环节，其技术水平直接影响煤矿的安全、高效生产。开采工艺、巷道支护、通风及运输等技术相互关联，共同构成复杂的生产体系。当前，传统技术不断革新，智能化、绿色化开采逐步成为主流。本文深入分析各关键技术原理与应用现状，结合行业发展趋势，探讨智能化、绿色开采及深部开采技术创新方向，旨在为煤矿采掘系统技术升级与优化提供理论参考。

关键词：煤矿采掘系统；技术；发展趋势

引言：煤矿采掘系统涵盖多环节技术，是保障煤炭资源稳定供应的基础。随着煤炭行业对安全生产、效率提升及环境保护要求的日益严格，传统采掘技术面临诸多挑战。开采工艺的改进、巷道支护的可靠性提升、通风与运输系统的优化，均是煤矿可持续发展的关键。本文通过对煤矿采掘系统主要技术进行系统分析，探究其发展趋势，为行业技术革新与现代化建设提供依据，助力煤炭行业高质量发展。

1 煤矿采掘系统概述

煤矿采掘系统是煤矿生产的核心环节，由掘进和回采两大基本作业构成，二者相辅相成，共同保障煤炭资源的高效开采与安全产出。掘进作业在地下岩层或煤层中开辟出巷道，为后续回采工作搭建通道，包括运输巷道、通风巷道和安全出口等，这些巷道的合理布局与精准施工直接影响采掘系统的整体效能。巷道断面尺寸依据矿压显现规律、设备通行需求及通风能力等因素综合确定，需通过地质勘探数据优化设计，确保在满足生产要求的同时，降低围岩变形和支护成本。回采作业则是对已开拓煤层进行煤炭开采的关键工序，通过破煤、装煤、运煤和顶板管理等流程实现煤炭产出。现代煤矿多采用综合机械化采煤设备，滚筒采煤机通过旋转截割滚筒破碎煤层，刮板输送机将采落的煤炭转运至带式输送机系统，液压支架则实时支护顶板，保障作业空间安全。整个回采过程需结合煤层赋存条件，包括厚度、倾角、硬度及瓦斯含量等，合理选择开采工艺，如走向长壁开采、倾斜长壁开采或放顶煤开采等，以提高资源回收率和生产效率。采掘系统的高效运行依赖于各环节的协同配合。运输系统将煤炭从工作面经采区巷道、主要运输大巷输送至地面，通风系统通过合理的风流组织为井下作业创造良好环境，同时稀释瓦斯等有害气体。监测监控系统实时采集工作面设备运行参数、巷道围岩应

力及气体浓度等数据，为生产决策提供依据，及时发现并处理潜在安全隐患。随着智能化技术的发展，采掘系统正朝着自动化、无人化方向迈进，通过远程控制和智能感知技术，提升生产安全性与资源开采效率，推动煤矿产业向高质量发展转型。

2 煤矿采掘系统主要技术分析

2.1 开采工艺技术

煤矿开采工艺是实现煤炭高效开采的核心手段，其涵盖了破煤、落煤、装煤、运煤等多个环节。综采工艺作为目前应用最为广泛的技术之一，通过液压支架、滚筒采煤机和刮板输送机的协同作业，实现了采煤过程的高度机械化和自动化。液压支架能够根据煤层厚度和顶板压力自动调整支撑力，有效控制顶板的变形与垮落，为采煤机和作业人员提供安全的工作空间；滚筒采煤机的螺旋滚筒通过截齿破碎煤体，将煤炭采落并装入刮板输送机，实现了连续高效的采煤作业。对于地质条件复杂、煤层较薄的区域，薄煤层开采工艺则发挥着关键作用，采用刨煤机、螺旋钻采煤机等专用设备，能够在有限的空间内完成煤炭开采，最大限度提高资源回收率。放顶煤开采工艺在厚煤层开采中具有显著优势，通过在工作面后部设置放煤口，使顶煤在矿山压力作用下自行破碎并放出，大幅提高了采煤效率和资源利用率，但该工艺对顶煤冒放性和开采参数控制要求较高，需要精准的工程技术支撑以确保开采安全和效率^[1]。

2.2 巷道支护技术

巷道支护技术是保障煤矿巷道稳定性和作业安全的关键。在煤矿开采过程中，巷道会受到上覆岩层压力、采动影响以及地质构造应力等多种因素的作用，极易发生变形和破坏。锚杆支护技术以其主动支护的特性成为巷道支护的常用手段，通过将高强度锚杆深入围岩内部，利用锚杆与围岩之间的摩擦力和黏结力，将不稳定

的岩块锚固在稳定岩体中,形成组合梁或压缩拱结构,有效提高围岩的自承能力,控制巷道变形。在围岩破碎、应力较大的区域,锚索支护技术则展现出强大的优势,其通过超长的钢绞线深入稳定岩层,提供较大的锚固力,能够有效抑制巷道顶板的下沉和两帮的收敛变形,确保巷道在复杂地质条件下的稳定性。喷射混凝土支护技术通过将混凝土以高速喷射到巷道表面,在围岩表面形成一层致密的混凝土层,起到封闭围岩、防止风化和加固围岩的作用,与锚杆、锚索联合使用,形成锚网喷联合支护体系,可显著增强巷道的支护效果,提高巷道的服务年限和安全性,为煤矿安全生产创造良好的作业环境。

2.3 通风系统技术

通风系统技术是煤矿安全生产的重要保障,其主要功能是为井下作业人员提供新鲜空气,排出有毒有害气体和粉尘,调节井下气候条件。煤矿井下通风系统主要分为中央式、对角式和混合式等多种类型,每种类型都有其适用的地质条件和开采布局。中央式通风系统具有通风线路短、基建费用低的特点,适用于井田范围较小、煤层埋藏较浅的矿井;对角式通风系统能够有效降低矿井通风阻力,提高通风效率,且安全性较高,常用于井田范围较大、煤层埋藏较深的矿井;混合式通风系统则结合了中央式和对角式的优点,根据矿井的具体条件灵活布置通风设施,以满足复杂开采条件下的通风需求。在通风技术方面,机械通风是目前煤矿井下普遍采用的方式,通过主要通风机的运转产生风压,驱动空气在井下巷道中流动。为了保证通风效果,还需要合理设置通风构筑物,如风门、风桥、挡风墙等。这些构筑物各司其职,精准地对风流进行控制和引导,确保各作业地点有足够且稳定的风量和风压,同时有效防止风流短路和漏风现象,保障井下作业环境的安全和舒适^[2]。

2.4 运输系统技术

运输系统技术作为煤矿生产体系中的关键构成,承担着煤炭、矸石、生产设备及作业人员等物资与人员的输送职能,其运行效能直接关联煤矿产能与经济效益表现。带式输送机作为煤炭运输的主要设备,以其连续运输、运输量大、运输距离长、能耗低等优势在煤矿中得到广泛应用。长距离带式输送机通过采用高强度输送带、大功率驱动装置和先进的张紧系统,能够实现煤炭的长距离、大运量连续运输,减少中间转载环节,提高运输效率。对于巷道坡度较大的区域,采用大倾角带式输送机或钢丝绳芯带式输送机,可有效解决煤炭在倾斜巷道中的运输难题。在辅助运输方面,无轨胶轮车

运输具有机动灵活、适应性强的特点,能够实现人员、设备和物料的直达运输,减少了辅助运输环节的周转时间,提高了运输效率;而轨道运输系统则具有运输稳定、载重量大的优势,适用于大型设备和矸石等的运输。为了实现运输系统的智能化管理,采用先进的传感器、自动化控制系统和信息管理系统,对运输设备的运行状态进行实时监测和控制,及时发现和处理运输过程中的故障,确保运输系统安全、高效运行,为煤矿生产的连续稳定提供有力保障。

3 煤矿采掘系统技术的发展趋势

3.1 智能化开采

(1) 智能化开采依托先进的传感技术、自动化控制技术和人工智能算法,构建起高度集成的智能开采体系。在井下,各类传感器实时采集设备运行参数、地质条件等数据,通过5G等高速通信网络传输至地面控制中心。基于这些数据,人工智能算法能够精准分析开采过程中的各种状况,实现对采掘设备的远程操控和自主决策,使采煤机、液压支架等设备协同作业,极大提升开采效率和安全性。例如,智能采煤机可根据煤层厚度和硬度自动调整截割参数,减少人工干预,降低设备磨损。(2) 智能化开采的应用不仅局限于设备控制,还涵盖了生产过程的全流程管理。通过建立数字孪生模型,将井下开采场景在虚拟空间中完整复现,技术人员可以在地面实时监控井下作业情况,对潜在风险进行预测预警,并及时调整开采方案。智能巡检机器人可代替人工对巷道、设备进行巡检,利用视觉识别、红外测温等技术,快速发现设备故障和安全隐患,有效降低人员伤亡风险。(3) 随着技术的不断进步,智能化开采将向更高层次发展。未来,人工智能技术将进一步深度融合,实现对复杂地质条件的自适应开采。多源数据的融合分析将更加精准,使开采决策更加科学合理。智能化开采系统的可靠性和稳定性也将不断提升,逐步实现无人化开采,推动煤矿行业向智能化、高效化方向迈进。

3.2 绿色开采

(1) 绿色开采致力于在煤矿开采过程中最大限度减少对生态环境的破坏,实现资源开发与环境保护的协调发展。在开采过程中,采用充填开采技术,利用矸石、膏体等材料对采空区进行充填,有效控制地表沉降,保护矿区地表生态环境,减少因地表变形引发的房屋损坏、土地塌陷等问题。此外,通过优化开采工艺,降低煤炭开采过程中的粉尘、瓦斯等污染物排放,改善井下作业环境和矿区周边空气质量。(2) 水资源保护和综合利用是绿色开采的重要环节。煤矿开采过程中会产生大

量矿井水,通过先进的水处理技术,对矿井水进行净化处理,使其达到工业用水或生活用水标准,实现水资源的循环利用。对矿区周边的水资源进行监测和保护,避免因开采活动导致地下水位下降、水体污染等问题,维护矿区生态系统的平衡。(3)绿色开采还体现在对煤炭伴生资源的综合开发利用上。煤炭中往往伴生有多种有益矿物,如高岭土、铝土矿等,通过先进的选矿技术和工艺,对这些伴生资源进行分离和提取,实现资源的高效利用,提高煤矿开采的经济效益和资源利用率。未来,绿色开采技术将不断创新,朝着更加低碳、环保、高效的方向发展,为煤矿行业的可持续发展奠定坚实基础^[3]。

3.3 深部开采技术创新

(1)随着浅部煤炭资源的逐渐枯竭,深部开采成为煤矿行业发展的必然趋势。深部开采面临着高地应力、高水压、高温等复杂地质条件,给开采技术带来巨大挑战。研发适用于深部开采的支护技术至关重要。新型高强度支护材料和结构不断涌现,如高预应力强力锚杆、锚索支护系统,能够有效抵抗高地应力,维护巷道稳定性,保障开采作业安全。(2)深部开采中的高温问题严重影响设备运行和人员作业效率。为解决这一难题,先进的降温技术被广泛应用。通过建立井下制冷系统,采用机械制冷、空气冷却等方式,降低采掘工作面和巷道内的温度,为人员和设备创造适宜的工作环境。针对高水压条件,研发高效的防水、排水技术,防止水害事故的发生,确保开采工作顺利进行。(3)深部开采技术创新还体现在对深部地质条件的精准探测和分析上。利用地球物理探测、钻探等技术手段,深入了解深部地质结构、岩石力学性质等信息,为开采方案的设计和优化提供科学依据。未来,深部开采技术将不断突破现有技术瓶颈,实现深部煤炭资源的安全、高效开采,拓展煤矿行业的发展空间。

3.4 多系统协同优化

(1)煤矿采掘系统包含通风、运输、供电、排水等多个子系统,各系统相互关联、相互影响。多系统协同优化旨在打破系统间的信息壁垒,实现数据共享和协同

运行。通过建立统一的信息化管理平台,将各个子系统的运行数据进行整合和分析,实时掌握系统运行状态,优化资源配置。例如,根据运输系统的负荷情况,合理调整通风系统的风量,提高能源利用效率。(2)多系统协同优化需要先进的控制技术和算法支持。采用智能控制算法,对各子系统进行动态调控,实现系统间的无缝衔接和协同作业。在设备调度方面,通过优化算法,合理安排采掘设备、运输设备的运行路线和作业时间,减少设备空转和等待时间,提高整体生产效率。在突发情况下,系统能够快速响应,自动调整各子系统运行参数,保障煤矿安全生产。(3)随着煤矿开采规模的不断扩大和开采条件的日益复杂,多系统协同优化的重要性愈发凸显。未来,多系统协同优化将朝着更加智能化、精细化的方向发展。通过引入大数据、物联网等先进技术,实现对煤矿采掘系统的全方位、全过程监控和管理,进一步提升系统的协同效率和可靠性,为煤矿行业的高效发展提供有力支撑^[4]。

结语

综上所述,煤矿采掘系统技术在开采工艺、巷道支护、通风与运输等方面已取得显著进步,但仍需持续创新以适应行业发展需求。智能化、绿色化开采是未来必然趋势,深部开采技术创新与多系统协同优化也将成为研究重点。面对安全生产与环境保护的双重压力,煤炭行业需不断探索新技术、新方法,推动采掘系统技术升级,实现煤炭资源的安全、高效、绿色开发利用。

参考文献

- [1]闫强.煤矿采掘进工作中高强支护技术的应用分析[J].石化技术,2020,27(02):322-323.
- [2]刘浩.煤矿采掘进工作中高强支护技术的应用探究[J].能源与节能,2021(02):162-164.
- [3]郭永生.煤矿采掘工作面智能化关键技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(23):31-33.
- [4]林爱娇.煤矿采掘装备自动化与智能化技术探讨[J].内蒙古煤炭经济,2024(3):60-62.