

煤矿综合机械化采煤技术的发展

赵柳生

中煤岢底（兴县）煤业有限公司 山西 吕梁 033000

摘要：本文系统梳理了煤矿综合机械化采煤技术的发展脉络，从早期人工开采的低效高危，到机械化、综合机械化阶段的效率提升，再到智能化开采的高效安全，我国采煤技术实现了质的飞跃。文章深入分析了当前技术应用与创新成果，并对未来发展趋势进行了科学展望，旨在为煤矿行业的高效、安全与可持续发展提供理论支持与实践参考。

关键词：煤矿；综合机械化采煤；智能化；技术发展

引言

煤炭是我国重要的基础能源，煤矿采煤技术的不断进步对保障能源供应、提升生产效率和改善安全条件具有重要意义。综合机械化采煤技术作为现代煤矿开采的核心技术，其发展水平直接关系到煤炭行业的整体竞争力。本文将从技术发展历程、现状及未来趋势三个方面展开论述。

1 煤矿综合机械化采煤技术的发展历程

1.1 早期人工开采阶段

在煤炭工业的早期阶段，开采方式主要依赖人工手工操作。矿工们使用简单的工具，如镐、铲和锤子，进行煤炭的挖掘和搬运。这种原始的开采方式不仅效率极低，而且劳动强度极大，矿工们常常需要在艰苦的环境下长时间劳作。由于缺乏有效的支护设备和技术，矿井的安全性也得不到保障，冒顶、透水等事故时有发生，给矿工的生命安全带来了巨大威胁。这一阶段的煤炭开采规模小、产量低，难以满足工业化对能源的需求，但正是这些艰苦的劳动为后来机械化开采奠定了基础。

1.2 机械化开采阶段

随着工业化进程的推进，煤炭开采逐渐引入了机械设备，标志着机械化开采阶段的开始。这一时期，采煤机、装载机、运输机等单一机械设备被引入煤矿生产，极大地提高了煤炭开采的效率。采煤机的出现使得煤炭的切割和破碎更加高效，装载机和运输机则加快了煤炭的搬运速度，减少了人工劳动强度。然而，这一阶段的机械化开采仍存在诸多不足。设备之间缺乏协同作业能力，自动化程度低，且设备的可靠性和耐用性有待提高。尽管如此，机械化开采的引入为煤炭工业的发展带来了质的飞跃，使煤炭产量大幅提升，为工业化提供了重要的能源支持。

1.3 综合机械化开采阶段

20世纪70年代，我国开始引进国外先进的综合机械化采煤设备，并逐步形成了以“四机一架”为核心的综合机械化采煤技术体系。所谓“四机一架”，即采煤机、刮板输送机、转载机、胶带输送机和液压支架。这一技术体系的形成，标志着我国煤炭开采技术进入了一个新的阶段。液压支架的引入有效解决了顶板支护问题，保障了矿工的安全；采煤机和输送设备的协同作业，进一步提高了煤炭开采的效率和连续性。综合机械化采煤技术的推广，不仅使煤炭产量大幅增加，还显著改善了矿工的劳动条件，降低了劳动强度，提高了矿井的安全性和生产效率。这一阶段的技术进步，为我国煤炭工业的快速发展奠定了坚实的基础^[1]。

1.4 智能化开采阶段

近年来，随着5G、大数据、人工智能、物联网等先进技术的飞速发展，煤矿采煤技术进入了一个全新的智能化阶段。智能化开采的核心在于实现采煤全流程的自动化和智能化。通过在采煤设备上安装传感器和自动化控制系统，采煤机能够根据煤层条件自动调整切割参数，液压支架可以实现自动移架和喷雾降尘，刮板输送机和胶带输送机能够根据煤炭流量自动调节运行速度。此外，借助5G网络的高速传输能力，地面控制中心可以实时监控井下设备的运行状态，并进行远程操作和干预。智能化开采不仅提高了煤炭开采的效率和安全性，还减少了井下作业人员数量，降低了劳动强度和安全风险。同时，智能化技术的应用也为煤炭行业的绿色、高效、可持续发展提供了新的思路和方法。未来，随着智能化技术的不断深化和创新，煤矿综合机械化采煤技术将朝着更加智能化、无人化的方向发展，为煤炭工业的高质量发展注入新的动力。

2 煤矿综合机械化采煤技术的现状

2.1 超大采高智能化成套技术的应用

近年来,我国在超大采高智能化成套技术方面取得了显著进展。针对特厚煤层的开采需求,我国成功研发并应用了8~9米超大采高智能采煤机、液压支架和刮板输送机成套装备。这些设备不仅具备强大的采煤能力,还通过智能化技术实现了高效协同作业。例如,超大采高智能采煤机配备了先进的传感器和自动化控制系统,能够根据煤层条件自动调整切割参数,显著提高了采煤效率和精度。同时,液压支架的自动化支护功能和刮板输送机的智能调控能力,进一步保障了工作面的安全性和连续性。该成套技术的应用,不仅提升了特厚煤层的开采效率,还为我国煤炭资源的高效利用提供了有力支持^[2]。

2.2 智能化采煤工作面的建设

我国智能化采煤工作面的建设正在快速推进。从2015年的3个智能化采掘工作面,到2023年底的1651个,智能化采煤工作面的数量实现了爆发式增长。这一过程中,煤炭企业通过引入先进的智能化技术,逐步实现了从手动机械化作业向自动化、智能化作业的升级。目前,智能化采煤工作面主要采用可视化远程干预模式,通过地面控制中心对井下设备进行实时监控和操作,显著降低了工作面作业人数,减少了劳动强度。同时,大型煤炭企业如国家能源集团等,已建成大量智能化产能,综采工作面平均人员劳动工效提升了27.7%。这些成果不仅提高了煤炭开采效率,还为煤矿安全生产提供了有力保障。

2.3 智能化技术的集成应用

智能化技术的集成应用是当前煤矿综合机械化采煤技术的核心发展方向。采煤机、液压支架、刮板输送机等设备通过自动化控制系统实现了协同作业。例如,液压支架的电液控制系统能够实现自动移架和支护,采煤机的智能控制系统可以根据煤层条件自动调整切割路径,刮板输送机则根据煤炭流量自动调节运行速度。此外,智能化采煤工作面还配备了乳化液泵站、喷雾泵站等辅助设备,用于提供动力和润滑,同时实现防尘和降温。通过这些智能化技术的集成应用,采煤工作面不仅实现了“有人巡视、无人操作”的远程干预式智能化采煤,还显著提升了作业安全性和效率。未来,随着5G、大数据、人工智能等技术的进一步融合,智能化采煤技术将朝着更高水平的无人化方向发展。

3 煤矿综合机械化采煤技术的未来趋势

3.1 无人化智能开采的推进

(1) 近年来,煤炭行业在无人化智能开采领域取得了显著进展。例如,天地科技旗下的天玛智控公司推出了煤矿无人化智能开采控制技术成套解决方案,该方案

通过智能感知、导航定位等技术,实现了采煤机、液压支架、刮板输送机等设备的自主协同作业。这一技术不仅提高了采煤效率,还显著降低了井下作业的安全风险。此外,国家能源集团神东煤矿已部署多种作业机器人,覆盖辅助作业、巡检、救援等场景,综合效益显著。(2) 无人化智能开采的推进得益于多项关键技术的突破。例如,天玛智控通过“揭榜挂帅+赛马”机制,探索出“地面规划采煤、装备自动执行、面内无人作业”的新模式,实现了采煤工作面装备群100%协同作业,生产效率大幅提升。在榆家梁煤矿和黄陵矿业一号煤矿的应用中,无人化智能开采技术显著提高了生产效率和安全性。此外,具身智能技术的应用也为无人化开采提供了新的动力。具身智能技术通过融合人工智能、物联网、大算力模型等新兴技术,能够实现从资源勘探到矿区建设、运行及修复全流程的自主决策。(3) 未来,无人化智能开采将朝着更高水平的自动化和智能化方向发展。一方面,高精度传感器、控制器以及工业软件的研发应用将进一步提升煤矿设备的智能运维和健康管理水平。另一方面,随着具身智能技术的不断成熟,采煤机器人将在更多煤矿中得到推广。此外,5G和工业互联网技术的深度融合也为无人化智能开采提供了强大的技术支持。例如,保德煤矿通过“5G+工业互联网”技术,实现了云边协同、管控一体化的智能无人化矿井建设。(4) 无人化智能开采不仅能够减少井下作业人员数量,降低安全风险,还能有效解决招工难和用工成本高的问题。随着技术的不断成熟和应用场景的扩大,无人化智能开采将在更多煤矿中得到应用,成为未来煤矿开采的主流模式^[3]。

3.2 绿色环保技术的应用

(1) 煤炭行业作为我国能源供应的重要支柱,正逐步向绿色、低碳、高效的方向转型。未来,采煤机将更多地采用节能电机和低噪音排放系统,以降低对环境的影响。同时,煤炭行业将更加注重资源的高效利用和生态修复,例如安徽理工大学与大型企业合作建设的煤炭无人化开采数智技术全国重点实验室,致力于突破煤炭绿色低碳开采和安全生产等关键技术。(2) 绿色环保技术的应用不仅局限于设备的升级,还体现在整个煤矿开采的生命周期中。从资源勘探到矿区建设、运行及修复,全流程的自主决策体系将逐步建立。例如,露天煤矿的智能化升级将重点推进全连续开采工艺技术装备体系的建设,减少传统间断工艺的能耗和污染。此外,随着智能化技术的深入应用,煤矿的能耗管理系统将更加完善,实现能源的高效利用和低碳运行。(3) 煤炭行业

还将通过推广应用绿色开发技术,将绿色开发理念和集约化规模化开发原则贯穿勘查、设计、建设、生产全过程。这不仅有助于减少煤炭开采过程中的环境污染,还能提升煤炭资源的综合利用效率。例如,《绿色技术推广目录(2024年版)》中提到的低阶煤低温热解旋转床分质转化清洁高效绿色综合利用技术,将对煤炭的清洁高效利用发挥积极作用。此外,煤炭行业也在积极探索矿区生态修复与综合治理,解决煤田火区、采煤沉陷区等生态问题。(4)未来,煤炭行业将通过技术创新和绿色转型,推动绿色低碳技术的广泛应用,形成新质生产力,为经济社会发展全面绿色转型提供有力支撑。这不仅有助于煤炭行业实现可持续发展,还将为我国能源结构的优化和“双碳”目标的实现注入新的动力。

3.3 智能化系统的进一步完善

(1)未来,煤矿综合机械化采煤技术将朝着多产业链、多系统集成智能化体系方向发展,实现煤矿开采的全面智能化。目前,我国煤矿智能化建设已取得显著成效,全国已累计建成智能化采煤工作面2201个、掘进工作面2269个,智能化产能占比达45.9%。这些智能化煤矿不仅在采煤环节实现了智能化,还在掘进、运输、通风、排水等环节进行了全面升级。(2)智能化系统的进一步完善将体现在多个方面。1)高精度传感器、控制器以及工业软件的研发应用将进一步提升煤矿设备的智能运维和健康管理水平。例如,中煤塔山煤矿通过安装高清摄像仪和AI智能摄像仪,实现了对工作面采煤机及液压支架的可视化监控,并具备人员入侵识别和报警功能。这种技术的应用不仅提高了设备的运行效率,还增强了矿井的安全性。2)智能化综合管控平台将集成大数据分析、安全生产经营管理智能决策和生产协同控制功能,深化AI识别、大模型等人工智能技术在煤矿的创新应用。例如,国家能源集团神东煤矿已部署305台机器人,覆盖辅助作业、巡检、救援等场景,综合效益显著

提升。这种集成化的管控平台能够实现从资源勘探到矿区运行及修复的全流程智能化管理。3)智能化技术装备在中小型煤矿和条件复杂煤矿的适应性将不断提升,推动这些煤矿的智能化建设。例如,河南能源集团贵州豫能公司新田煤矿通过智能化建设,减少了现场作业人员130余人,有效提升了安全生产水平。未来,随着技术的不断成熟和应用场景的扩大,智能化系统将逐步覆盖更多类型的煤矿。(3)未来,煤矿智能化建设将不仅局限于单一环节的智能化,而是通过多产业链、多系统集成,实现从资源勘探到矿区运行及修复的全流程智能化。这种全面智能化的体系将为煤炭行业的高质量发展提供有力支撑,推动煤矿向自主感知、泛在联接、数据驱动、智能开采和绿色共生的方向发展。随着智能化技术的不断深化和应用场景的拓展,煤矿智能化将成为煤炭行业转型升级的重要驱动力^[4]。

结语

煤矿综合机械化采煤技术的发展极大地推动了我国煤炭行业的进步。从机械化到智能化,技术的不断创新为提高生产效率、保障矿工安全和实现可持续发展提供了有力支持。未来,随着智能化技术的进一步深化和绿色环保理念的普及,煤矿综合机械化采煤技术将为煤炭行业高质量发展注入新的动力。

参考文献

- [1]贾文治.煤矿采煤中的综合机械化采煤工艺研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(04):236-237.
- [2]孙卫平.浅析煤矿综合机械化采煤技术[J].科技风,2020(14):176.
- [3]宁永锁.我国综合机械化采煤技术装备发展现状及发展趋势[J].当代化工研究,2020(6):4-5.
- [4]王海宁.浅议煤矿液压支架自动化系统的应用[J].矿业装备,2020(1):110-111.