

智能化自动化背景下煤矿采煤关键技术探讨

周 辉

冀中能源峰峰集团辛安矿 河北邯郸 056200

【摘要】在智能化和自动化的背景下，煤矿采煤技术正经历革命性的变革。通过引入物联网、大数据、人工智能、5G通信等先进技术，煤矿采煤正朝着高效、安全、智能的方向发展。智能化、自动化背景下的煤矿采煤关键技术涵盖了智能化开采装备与技术、高精度定位与导航技术、环境检测与数据分析系统以及地质透明化技术等多个方面。这些技术的发展和應用不仅提高了煤矿开采的效率和安全性，还为煤矿行业的可持续发展奠定了坚实基础。

【关键词】智能化；自动化；煤矿采煤；关键技术

1 智能化采煤关键技术

智能化采煤关键技术是推动煤矿行业现代化、高效化和安全化发展的关键所在。

1.1 智能化开采装备与技术

智能化开采装备与技术是煤矿开采领域的重要组成部分，它们的应用显著提升了开采效率、安全性和可持续性。

智能综采工作面是智能化采煤的核心，通过集成采煤机、液压支架、刮板输送机等设备，实现工作面的无人化或少人化操作。采煤机智能化，采煤机配备传感器和控制系统，能够根据煤层地质条件自动调整切割参数，通过人工智能算法优化切割路径，提高采煤效率。液压支架智能化，液压支架配备压力传感器和位移传感器，实时监测顶板状态，根据采煤机的位置自动调整支护力度，确保工作面安全。刮板输送机智能化，输送机配备负载传感器，根据煤量自动调节运行速度，通过故障预测算法，提前发现设备故障并进行维护。该技术具有高效、安全及精准的特点，可以实现连续作业，大幅提高生产效率，减少人工干预，降低事故风险，并且可以根据煤层条件自动调整设备参数，提高资源回收率。

1.2 智能监控与预警系统

智能监控与预警系统通过传感器和数据分析技术，实时监测工作面环境参数和设备状态，发现异常及时预警。多参数监测，实时监测瓦斯浓度、温度、湿度、顶板压力等环境参数。监测设备运行状态，如振动、温度、电流等。大数据分析，对监测数据进行分析，发现潜在的安全隐患，通过机器学习算法预测设备故障，提前进行维护。智能预警，根据监测数据和分析结果，自动发出预警信息，通过5G通信技术实现实时数据传输和远程控制。这种系统可以实时、精确的实现远程控制，实时监测和预警，确保工作面安全，通过大数据分析，提高预警的准确性，实现远程监控和操作，减少井下作业人员。

1.3 无人化开采技术

无人化开采技术通过远程控制和自动化设备，实现工作面的无人化操作。远程控制系统，

通过5G通信技术实现远程控制和数据传输，操作人员在井上通过监控平台对井下设备进行远程操控。自动化设备，使用自动化采煤机、液压支架和输送机，减少人工干预，通过智能算法实现设备的协同作业。数字孪生技术，构建虚拟的工作面模型，实时模拟和优化采煤过程，通过虚拟模型进行故障诊断和预测。该技术具有安全、高效、精确等优势，有效减少井下作业人员，降低安全风险，实现连续作业，提高生产效率，通过数字孪生技术优化采煤过程，提高资源回收率。

1.4 位姿与速度控制技术

位姿与速度控制技术确保采煤机能够按照预定轨迹和速度进行作业。这些技术包括位姿控制系统，通过智能PID控制算法，结合改进遗传算法，实现采煤机位姿的精准控制。速度自适应控制，基于神经网络算法和人工智能算法，实现牵引与截割速度的精准自适应控制，以适应不同煤层的开采需求。

1.5 截割轨迹规划与跟踪控制技术

截割轨迹规划与跟踪控制是智能化采煤的关键，它确保采煤机能够按照最优路径进行截割作业。截割轨迹规划，融合地质数据和历史截割数据，建立精准的截割轨迹规划模型。截割轨迹跟踪，采用智能插补算法，实现截割轨迹的精准跟踪控制，确保采煤作业的高效性和稳定性。

1.6 协同控制技术

协同控制是智能化采煤的重要组成部分，它确保采煤机与其他设备之间的协调作业。“位-姿-速”协同控制，通过多系统互约束的改进粒子群算法，实现采煤机位姿、速度和截割轨迹的协同控制，确保整体作业的高效性和安全性。

1.7 其他关键技术

除了上述技术外，智能化采煤还涉及以下关键技术。煤岩高效自适应截割技术，建立机械-煤岩冲击作用模

型及煤岩致裂敏感性识别方法，以适应煤岩硬度的变化。

液压支架自适应控制技术，实现液压支架支护动作和移步动作的自调适性、自组织性和自稳定性，提高支护效果。

动力传递自适应调控技术，研究恶劣采煤工况下智能化采煤装备的动力传递部件的渐变失效机理，提出关键动力传递部件的动态与渐变可靠性设计方法。

煤岩界面智能识别技术，研发基于多参数或红外热遥感技术的煤岩界面实时识别方法，提高识别的准确性和灵敏度。

2 自动化采煤关键技术

2.1 自动化采煤装备

自动化采煤机，是自动化采煤的核心装备，它集成了先进的传感器、控制系统和执行机构，能够实现自主导航、智能截割和远程监控等功能。自动化采煤机通过实时监测煤层厚度、硬度等地质条件，自动调整截割参数，确保高效、稳定的开采过程。液压支架自动控制系统能够实现支架的自动支护、移架和推溜等功能，提高支护效率和安全性。通过集成传感器和控制器，液压支架能够实时监测工作面压力、支护状态等信息，并根据实际情况进行自动调整。

刮板输送机自动控制系统，能够实现输送机的自动启动、停止和调速等功能，确保煤炭的连续、高效运输。通过集成传感器和控制器，刮板输送机能够实时监测煤炭流量、输送速度等信息，并根据实际情况进行自动调整。

2.2 自动化采煤机技术

自动化采煤机是自动化采煤的核心设备，能够根据预设程序自动切割煤层。自动切割，采煤机根据煤层地质条件自动调整切割参数，通过传感器实时监测切割状态，确保切割精度。故障诊断，采煤机配备故障诊断系统，能够自动检测设备故障，通过远程控制系统进行故障排除和维护。该技术可以高效地实现连续切割，提高生产效率，可以精准地根据煤层条件自动调整切割参数，提高资源回收率，减少人工操作，提高安全性，降低事故风险。

2.3 自动化液压支架技术

自动化液压支架通过传感器和控制系统，实现顶板的自动支护。自动支护，液压支架根据采煤机的位置自动调整支护力度，通过压力传感器实时监测顶板状态，确保支护效果。协同作业，液压支架与采煤机、输送机协同作业，实现工作面的自动化运行。这可以确保顶板稳定，减少顶板事故，实现连续支护，提高生产效率，并根据顶板状态自动调整支护力度，提高支护效果。

2.4 自动化运输系统技术

自动化运输系统通过传感器和控制系统，实现煤炭的自动运输。自动调节，输送机根据煤量自动调节运行速度，确保高效运输，通过负载传感器实时监测输送状态，防止过载。故障预测，输送机配备故障预测系统，能够提前发

现设备故障，通过远程控制系统进行故障排除和维护。可以实现连续运输，提高生产效率，减少人工操作，降低事故风险，根据煤量自动调节运行速度，提高运输效率。

2.5 其他配套技术

2.5.1 远程监控与故障预警技术

远程监控与故障预警技术通过物联网和大数据技术，实现对采煤装备的远程监控和故障预警。该技术能够实时监测采煤装备的运行状态、工作参数等信息，并通过数据分析预测潜在的故障风险，及时发出预警信号，确保生产安全。

2.5.2 三维检测与工作面自动找直技术

三维检测与工作面自动找直技术利用先进的传感器和算法，对工作面进行三维扫描和检测，实现工作面的自动找直和精确控制。该技术能够确保采煤装备在工作面上按照预定轨迹进行作业，提高开采效率和准确性。

2.5.3 自主导航与避障技术

自主导航与避障技术通过集成导航传感器和避障算法，实现采煤装备的自主导航和避障功能。该技术能够确保采煤装备在复杂环境中自主、安全地运行，降低人工干预程度，提高开采效率和安全性。

2.5.4 智能调高技术

智能调高技术通过集成煤岩界面识别传感器和调高控制系统，实现采煤机滚筒的自动调高功能。该技术能够根据煤层厚度的变化自动调整滚筒高度，确保采煤机在复杂煤层中的高效、稳定开采。

2.5.5 数据通讯与自动传输技术

数据通讯与自动传输技术通过高速、可靠的通讯网络，实现采煤装备与地面控制中心之间的数据实时传输和共享。该技术能够确保地面控制中心及时获取采煤装备的运行状态、工作参数等信息，为远程监控、故障预警和决策支持提供有力保障。

3 智能化与自动化采煤技术的挑战与对策

智能化与自动化采煤技术是煤矿行业未来的发展方向，能够显著提高生产效率、降低安全风险、减少人力成本。然而，在实际应用中，这些技术也面临诸多挑战。

3.1 技术挑战

3.1.1 设备可靠性

挑战：井下环境复杂，设备长期处于高温、高湿、高粉尘、高振动的恶劣条件下，容易出现故障。智能化设备对精度和稳定性要求高，任何微小故障都可能导致系统停机。

对策：高可靠性设计，采用耐高温、耐腐蚀、抗振动的材料和设计，提高设备的可靠性。故障诊断与预测，通过传感器和人工智能算法实时监测设备状态，预测潜在故障并提前维护。冗余设计，在关键设备中引入冗余设计，确保在部分设备故障时系统仍能正常运行。

3.1.2 数据安全与隐私

挑战：智能化采煤技术依赖大量数据的采集、传输和处理，数据安全和隐私保护成为重要问题，数据泄露或篡改可能导致生产中断或安全事故。

对策：数据加密，对采集和传输的数据进行加密，防止数据泄露和篡改。访问控制，建立严格的访问控制机制，确保只有授权人员可以访问敏感数据。网络安全防护，部署防火墙、入侵检测系统等网络安全防护措施，防止网络攻击。

3.1.3 技术复杂性

挑战：智能化采煤技术涉及物联网、大数据、人工智能、5G通信等多个领域，技术复杂度高，不同设备和系统之间的集成和协同作业难度大。

对策：模块化设计：采用模块化设计，降低系统复杂度，便于维护和升级。标准化接口，制定统一的接口标准，确保不同设备和系统之间的兼容性和协同作业。跨学科合作，加强跨学科合作，整合不同领域的技术优势，推动智能化采煤技术的发展。

3.2 管理挑战

3.2.1 人才短缺

挑战：智能化采煤技术的应用需要高素质的技术人才，包括数据分析师、人工智能专家、自动化工程师等，煤矿行业传统上以体力劳动为主，缺乏智能化技术人才。

对策：加强培训，通过内部培训和外部合作，培养现有员工的智能化技术能力。引进人才，通过优惠政策和高薪吸引高素质的技术人才加入煤矿行业。校企合作，与高校和科研机构合作，培养智能化采煤技术的专业人才。

3.2.2 成本投入

挑战：智能化采煤技术的研发和部署需要较高的资金投入，包括设备采购、系统开发、人员培训等，部分中小型煤矿企业难以承担高昂的成本。

对策：政府支持，争取政府的资金支持和政策优惠，降低企业的成本压力。分步实施，根据企业的实际情况，分阶段实施智能化改造，逐步推进。共享资源，通过资源共享和合作，降低单个企业的成本负担。

3.3 环境与安全挑战

3.3.1 复杂地质条件

挑战：煤矿地质条件复杂，存在瓦斯、水害、顶板事故等多种安全隐患，智能化设备需要适应不同的地质条件，技术难度大。

对策：地质勘探，通过先进的地质勘探技术，提前了解煤层地质条件，制定相应的开采方案。自适应技术，开发自适应技术，使智能化设备能够根据地质条件自动调整工作参数。安全监测，通过智能监控系统实时监测环境参数，发现异常及时预警。

3.3.2 环境保护

挑战：煤矿开采对环境的影响较大，包括地表沉陷、水资源破坏、粉尘污染等，智能化采煤技术需要兼顾环境保

护，技术难度高。

对策：绿色开采技术，采用充填开采、保水开采等绿色开采技术，减少对环境的影响。智能监控，通过智能监控系统实时监测环境参数，发现异常及时处理。生态修复，在开采后通过生态修复技术，恢复矿区的生态环境。

3.4 经济与社会挑战

3.4.1 经济效益与安全的平衡

挑战：部分企业为了追求经济效益，忽视安全管理，导致安全事故频发，智能化采煤技术的应用需要在经济效益和安全管理之间找到平衡。

对策：安全优先，树立安全优先的理念，确保智能化采煤技术的应用不会降低安全水平。经济效益评估，通过科学的评估方法，衡量智能化采煤技术的经济效益和安全性，确保两者兼顾。

3.4.2 社会接受度

挑战：智能化采煤技术的应用可能导致部分矿工失业，引发社会问题，部分矿工对新技术持怀疑态度，接受度较低。

对策：转岗培训，为受影响的矿工提供转岗培训，帮助他们适应新的工作岗位。宣传推广，通过宣传和推广，提高矿工和社会对智能化采煤技术的接受度。社会保障，完善社会保障体系，确保受影响的矿工得到妥善安置。

4 结语

智能化与自动化采煤技术在提高生产效率、降低安全风险、减少人力成本方面具有显著优势，但在实际应用中仍面临技术、管理、环境、经济和社会等多方面的挑战。通过加强技术研发、人才培养、成本控制、安全管理和环境保护，可以有效应对这些挑战，推动智能化与自动化采煤技术的广泛应用，实现煤矿行业的高效、安全、可持续发展。在智能化和自动化的背景下，煤矿采煤技术正朝着高效、安全、智能的方向发展。智能综采工作面、智能监控与预警系统、无人化开采技术等关键技术正在推动煤矿采煤的革命性变革。尽管面临技术和管理上的挑战，但随着技术的不断进步和应用的不断深入，智能化、自动化采煤技术将为煤矿行业的高效、安全、可持续发展提供有力支持。

参考文献：

- [1] 殷召亮, 宋正兴, 王士民. 煤矿采煤机智能化关键技术探微[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (07): 21-23.
- [2] 闵文, 安国斌. 探讨煤矿采煤机的智能化与自动化技术[J]. 设备管理与维修, 2023, (10): 127-129.
- [3] 岳建武. 煤矿采煤机自动化与智能化技术探析[J]. 当代化工研究, 2023, (10): 115-117.
- [4] 常伟. 煤矿采煤机自动化与智能化技术探讨[J]. 现代工业经济和信化, 2022, 12(11): 325-326.
- [5] 刘燕强. 煤矿采煤机自动化与智能化技术研究[J]. 机械工程与自动化, 2021, (04): 218-219.