

健康监测数据作为桥梁状态信息的第一手监测资料,需采取各种措施保证监测数据安全。特别是在硬件设备、软件系统出现故障后,如何保证数据安全至关重要。传感器等硬件系统及采集控制程序等软件系统在运行过程中的损坏不可避免,因此需采用适当措施保证监测数据的安全,拟采取以下措施:定期对监测数据数据库进行备份;派专人对监测数据进行监测,如发现数据异常,及时派人排查问题,并提出处置意见,减少无效数据;在确定传感器硬件系统损坏后,按服务响应程序及时对硬件进行修复或更换;对传感器维护更换后,采取数据修复理论,消除传感器维护对监测数据的影响,保证数据一致性<sup>[9]</sup>。

## 4 桥梁结构健康监测与评估系统应用的意义

### 4.1 保障桥梁安全

通过实时监测桥梁结构的响应,可以及时发现结构的损伤和安全隐患,如裂缝的产生、构件的变形等,从而采取相应的措施进行修复和加固,避免桥梁发生灾难性的破坏。

### 4.2 延长桥梁使用寿命

基于监测数据,可以对桥梁结构的性能退化进行准确评估,合理安排桥梁的维护和保养工作。根据结构的疲劳损伤情况,调整车辆荷载限制或提前进行局部构件的更换,从而延缓桥梁结构的性能衰退,延长其使用寿命。

### 4.3 提升桥梁管理决策的科学性

桥梁结构健康监测与评估系统提供的数据为桥梁管理部门提供了丰富的信息。管理人员可以根据监测数据制定更加合理的桥梁维护计划、交通管制措施等,提高桥梁管理的效率和科学性。

## 5 桥梁结构健康监测与评估系统应用中存在的问题

### 5.1 传感器的耐久性和可靠性

在桥梁长期服役过程中,传感器可能会受到环境因素的影响,导致其性能下降甚至失效。在海边的桥梁,盐雾环境可能会腐蚀传感器的金属部件,影响传感器的测量精度和寿命。

### 5.2 数据处理与分析的复杂性

由于桥梁结构健康监测系统采集的数据量大、数据类型复杂,如何从海量的数据中提取有效的信息并准确评估桥梁结构的健康状况是一个挑战。不同的分析方法可能会得出不同的结果,需要建立更加科学合理的数据分析框架。

### 5.3 系统的成本效益问题

建设和维护桥梁结构健康监测与评估系统需要投入大量的资金,包括传感器的采购、安装,数据采集与传输设备的配置,以及数据分析软件的开发等。如何确保系统带来的

效益能够弥补系统的建设和维护成本,是在推广应用该系统时需要考虑的重要因素。

## 6 桥梁结构健康监测与评估系统的未来发展方向

### 6.1 传感器技术的创新

研发更加耐用、高精度、自诊断功能的传感器,以适应桥梁复杂的服役环境。例如,开发新型的光纤传感器,利用光纤的抗电磁干扰、耐腐蚀等优点,提高传感器的性能。

### 6.2 大数据与人工智能技术的融合

随着大数据和人工智能技术的发展,将其应用于桥梁结构健康监测与评估领域。利用大数据技术对海量的监测数据进行存储和管理,通过人工智能算法对数据进行分析和处理,提高桥梁结构健康状况评估的准确性和智能化水平。

### 6.3 多源信息融合

将桥梁结构健康监测数据与桥梁设计资料、施工过程数据、维护历史数据等多源信息进行融合,建立更加全面的桥梁结构健康评估模型,为桥梁的全寿命周期管理提供更加准确的决策依据。

## 7 结论

桥梁结构健康监测与评估系统在现代桥梁工程建设与运维管理中具有不可替代的重要意义。通过对该系统的核心组成、典型工程应用实例、实际应用价值、现存问题及未来发展趋势进行综合分析可以看出,当前桥梁结构健康监测技术已在保障桥梁运营安全、延长结构使用寿命、提升桥梁管理决策科学性等方面取得了显著成效。然而,在实际工程应用中,该技术体系仍面临诸多挑战,主要包括传感器长期服役的耐久性不足、海量监测数据处理难度大、损伤识别精度有限以及系统建设与运维成本较高等问题,一定程度上制约了其规模化推广与深度应用。

随着新型传感技术、大数据分析、人工智能算法以及多源信息融合等前沿技术的快速发展,桥梁结构健康监测与评估系统将在智能化、自动化、精准化方向持续升级完善。未来,该系统将进一步实现结构状态实时感知、病害智能预警、寿命精准预测和全生命周期精细化管理,为提升桥梁工程安全水平、推动交通基础设施可持续发展提供更加坚实可靠的技术支撑。

## 参考文献

- [1] 江锐.基于云计算的桥梁结构健康监测物联网系统设计与应用研究[D].广东:华南理工大学,2020.
- [2] 刘强,崔浩.市政桥梁结构健康监测系统研究与应用[J].传奇故事,2024(24):15-17.
- [3] 骆维斌.基于厦门BRT桥梁结构群的桥梁健康监测与安全预警集成系统研究[D].兰州交通大学,2016.

# Exploration of Efficient Production Process of Fully Mechanized Mining Face under Intelligent Mining Mode

Shupeng Qi

Beijing Tianma Intelligent Control Technology Co., Ltd., Beijing, 101300, China

## Abstract

Efficient production of fully mechanized mining face under intelligent mining mode requires the construction of a scientific overall framework, covering multiple levels such as technology and management. The key points of its efficient production process are highlighted: deep integration of intelligent perception and dynamic decision-making system to achieve precise perception and intelligent decision-making of the production environment; Breakthroughs have been made in intelligent collaborative control technology for device groups, achieving efficient linkage between devices; Intelligent reconstruction of adaptive mining technology, dynamically optimized based on geological conditions; Innovative construction of human-machine collaborative safety guarantee system, ensuring safety from multiple dimensions of technology, management, and culture, and promoting efficient production of fully mechanized mining face. The research on efficient production technology of fully mechanized mining face under intelligent mining conditions is of great significance. It can achieve certain results in process optimization and safety assurance, and also improve production efficiency.

## Keywords

intelligence; Fully mechanized mining face; production

# 智能化开采模式下综采工作面高效生产工艺探析

齐树鹏

北京天玛智控科技股份有限公司, 中国 · 北京 101300

## 摘要

智能化开采模式下综采工作面高效生产需构建科学总体架构, 涵盖技术、管理等多层面。其高效生产工艺要点突出: 智能感知与动态决策系统深度融合, 实现生产环境精准感知与智能决策; 设备群组智能协同控制技术取得突破, 达成设备间高效联动; 自适应开采工艺智能化重构, 依据地质条件动态优化; 人机协同安全保障体系创新构建, 从技术、管理、文化多维度保障安全, 推动综采工作面高效生产。智能化开采条件下综采工作面高效生产工艺的研究具有重要意义, 工艺优化、保障安全方面都可取得一定成果, 而且还会提高生产效率。

## 关键词

智能化; 综采工作面; 生产

## 1 引言

煤炭工业智能化发展过程中, 综采工作面高产高效是主要方向, 在智能化开采条件下, 综采工作面发生巨大变化。合理的设计方案是前提, 但是对高效生产工艺的研究尤为重要。从智能化感知到设备间的配合, 从工艺优化到安全防护, 各个方面互相影响, 把握好每一个方面都能提高综采工作面生产水平, 促进中国煤炭工业智能化的发展。

## 2 智能化开采模式下综采工作面高效生产总体架构设计

智能化开采模式下综采工作面高效生产总体框架设计需要围绕“感知-决策-执行-优化”闭环进行, 形成多层次合作的智能化系统。整个系统以地面调度指挥中心作为决策中心, 利用工业以太网以及 5G 融合组网方式连接井下集控平台、设备执行层及感知层之间信息传输。感知层安装多种异构传感器组成的网络, 包括激光雷达、惯导、高清摄像机以及各种环境探测器等, 获取设备运行情况、煤层厚度、顶板压力、瓦斯含量等, 供智能决策使用。

决策层利用数字孪生技术建立虚拟工作面, 在大数据和人工智能支持下进行地质建模、设备故障预警以及生产计划优化等, 如基于机器学习的煤岩识别方法可以及时改变采

【作者简介】齐树鹏 (1998-), 男, 中国河北辛集人, 硕士, 助理工程师, 从事煤矿智能化研究。

煤机截割路线，而借助惯性导航与行程传感器组合定位方法保证刮板输送机平直度，提高整个运输系统的可靠性；此外，智能化决策系统还可以与液压支架自动控制相结合，依据顶板压力大小来改变支撑力大小从而达到“支架-围岩”的协调关系<sup>[1]</sup>。

执行层包括采煤机、液压支架、刮板输送机等设备，采用电液控制并接入远程操控平台进行多机联合工作，如采煤机智能化截割可以进行路径规划、记忆割煤以及远程干预，“三机”智能化运输系统对功率调节和平直度智能调节也可以满足复杂地形要求。同时有视频监控及应急救援系统包含疲劳检测与紧急疏散方案并且利用区块链技术对事故发生进行责任倒查，全方位保护工作人员人身安全。

此架构利用云计算及边缘计算减少时延，在微服务基础上实现功能可灵活添加，从而实现“自主感知—智能决策—精确执行—不断改进”，使得综采朝着少人化乃至无人化的方向发展<sup>[2]</sup>。

### 3 智能化开采模式下综采工作面高效生产工艺要点

#### 3.1 智能感知与动态决策系统的深度融合

在智能化开采过程中，智能感知与动态决策相结合，是实现综采工作面向“机械化”到“智能化”的一个重要推动力量。这不仅仅克服以往传统开采中信息滞后以及依靠人工经验的问题，同时形成一个能够自主感知、自主分析、自主决策的“智慧大脑”，将千米以下矿井生产透明化、可控化、高效化<sup>[3]</sup>。

利用全方位覆盖的工作面立体感知体系，高精度惯性导航就像一个“指南针”，不断修正采煤机的空间方位，使截割路径准确无误；而激光雷达以及多光谱成像仪犹如一双“千里眼”，透过灰尘与黑暗，观察煤层起伏、夹矸位置和顶板裂缝等信息；分布式压力传感器更是一种灵敏的“触觉”，能够及时反映支架载荷以及围岩情况变化。以上各种信息形成一条细流，在虚拟世界里重建了一个“地质-设备-环境”的真实数字孪生体。这个数字孪生体不再是一张死板图纸，而是随着生产进行而跳动的生命体，对后续决策奠定良好基础。

动态决策系统不再采用以往基于驾驶员经验“盲割”，而是利用机器学习以及深度学习方法从大量感知信息中提取有用内容并进行预测，在截割方面可以根据生成煤岩层硬度分布图自适应选择避开硬质夹矸、提高采出率路线并且可以自主调节滚筒转速及牵引速度从而减少对刀具磨损同时提高煤炭品质；而在顶板控制方面可以通过对离层以及支架压力变化趋势进行分析从而提前发现潜在危险区域然后发出相应信号让液压支架及时伸出护帮或者加大支撑力以防止事故发生。

这种“感知-分析-决策-执行”反馈回路对整个生产

工艺起到优化作用，在遇到千差万别的地层时，系统不会消极等待，而是积极改变自身操作方式来保证生产顺利进行并且安全可靠。这大大减少了工人的工作量以及危险程度，同时也因为精确的操作提高了矿石回收率及机器寿命。因此可以说智能化感知加上灵活决策正在改变传统煤炭开采理念并朝着更加安全、高效、环保方向发展。

#### 3.2 设备群组智能协同控制技术的突破

综采工作面是地下的一个“交响乐团”，有采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机等一系列几十台大型机械要在有限的空间里频繁互动。过去，这些机器就像一个个“信息孤岛”，靠人的指挥或者简单的逻辑联锁来实现彼此之间的沟通，很容易因为反应迟钝、配合不当而造成生产的混乱，甚至出现互相撞在一起或者把煤堆起来的情况。而智能化开采的最大进步之处就是建立了高速低延时的通讯系统以及一套协调一致的操作方式，使它们能够像一个整体一样行动，而不是各自为战。

从横向协同来看，采煤机与液压支架的“截割—支护”协同是工序控制的新高度，在5G或F5G工业网下，采煤机的位置、牵引速度以及截割高度等重要信息以接近零时延的方式传送到支架电液控制系统中，系统根据预先设定的空间时间关联关系进行跟机移架、推溜和成组动作，避免了人的干预带来的时间滞后性和判断失误等问题。这一协同配合使工作面“三直一平”保持良好状态的同时，在复杂地质条件下也能够做到支护与截割的良好衔接，提高了工作效率和安全性。

在纵向协同方面，智能化技术串联起工作面至主井“产-运-销”的全过程。系统不再单独考虑某一设备，而是把工作面生产能力、顺槽转载能力和主运输皮带输送能力作为一个整体看待，在线检测煤流量大小、电动机电流大小以及煤仓存煤量的变化情况，智能化调控采煤机截割速度和刮板输送机运行频率。一旦发现下游运输受阻，就使上游设备降低速度减轻负担；而当运输有富余时就可加快生产释放产能。这样一种优化配置资源的方式可以防止出现“前堵后空”或者“供过于求停止工作”，从而实现生产的协调有序进行。

另外，协同控制还应用于设备整个生命周期管理中，在系统基础上搭建基于状态监测预防性维护平台，实时获取设备振动频谱、温度场分布以及油液中磨粒等微小信息，通过大数据故障诊断算法，可以准确判断出重要元件劣化情况，从而做到提前预见性维修而不是发生故障后再进行维修，大大减少意外停工时间的同时也增加了设备寿命，有利于企业稳定生产运行。

#### 3.3 自适应开采工艺的智能化重构

而在传统的综采工作中，地质条件的复杂多变一直是影响生产效率和安全生产的主要问题。对于煤层厚度变化、断层发育以及顶板岩性等，传统的做法都是依靠人的经验和主观判断来应对，这使得反应迟缓、准确率低并且容易造成