

# 煤矿综采智能化工作面建设分析

温智宇

国能神东煤炭集团大柳塔煤矿 陕西 榆林 719315

**摘要:** 本文聚焦煤矿综采智能化工作面建设,分析其技术体系,涵盖核心装备智能化升级、数字孪生与透明工作面构建、5G+工业互联网平台搭建及人机协同与安全管控。探讨建设实施路径,包括阶段划分与关键步骤。评估建设效益并剖析面临挑战,提出技术创新与管理提升策略,为煤矿综采智能化发展提供全面参考,助力行业转型升级与可持续发展。

**关键词:** 煤矿综采;智能化工作面;自动化开采

引言:煤炭作为重要能源,其开采的智能化转型迫在眉睫。煤矿综采智能化工作面建设是关键方向,能提升开采效率、保障安全并降低成本。当前,相关技术不断发展,为智能化建设提供了支撑。然而,建设过程涉及多方面内容,需系统规划与实施。本文深入分析煤矿综采智能化工作面的技术体系、实施路径、效益评估、面临挑战及优化策略,以推动煤矿智能化发展。

## 1 煤矿综采智能化工作面技术体系分析

### 1.1 核心装备智能化升级

核心装备智能化升级是煤矿综采智能化工作面建设的基础支撑,聚焦采煤机、液压支架、刮板输送机等关键设备的自主化改造。采煤机配备红外感知、煤岩识别系统,可自动调节截割高度、速度,实现无人化精准采煤,减少人工干预带来的效率瓶颈与安全风险。液压支架采用电液控技术,能根据工作面压力变化自动完成移架、推溜、支护等动作,响应时间控制在秒级,保障支护稳定性。刮板输送机搭载负载监测、故障预警模块,实时反馈运行状态,避免过载、卡链等故障停机。同时,装备间通过数据交互实现协同联动,形成“采一支一运”一体化智能作业闭环,相较于传统装备,作业效率提升30%以上,大幅降低了一线作业人员劳动强度,为智能化工作面搭建了硬件核心。

### 1.2 数字孪生与透明工作面构建

数字孪生与透明工作面构建是实现煤矿综采可视化、精准化管控的关键技术路径。通过在物理工作面部署海量传感器、激光扫描、地质探测设备,采集煤层厚度、地质构造、设备运行参数、环境指标等全维度数据,基于三维建模技术构建与物理空间1:1映射的数字孪生体<sup>[1]</sup>。数字孪生体可实时同步物理工作面状态,模拟装备运行轨迹、地质变化趋势,为生产决策提供虚拟仿真支撑。透明工作面依托数据融合与可视化技术,打破传统煤矿“黑箱

作业”困境,通过中控平台直观呈现井下作业场景、地质风险点、设备运行数据,实现对隐蔽地质构造的提前预判、装备作业的精准调控。同时借助数字孪生体开展模拟演练,优化采煤工艺与应急处置方案,有效规避地质突变、设备协同失误等风险,提升工作面生产的可控性与安全性。

### 1.3 5G+工业互联网平台

5G+工业互联网平台为煤矿综采智能化提供了高速、稳定、低时延的数据传输与算力支撑,破解了井下复杂环境下的数据交互难题。5G技术凭借大带宽、低时延(毫秒级)、广连接特性,实现井下高清视频、海量传感器数据、控制指令的实时传输,保障远程操控、装备协同的精准性。工业互联网平台作为数据中枢,整合井下各系统数据资源,实现设备、人员、环境、生产等数据的集中管理、分析与挖掘。通过平台的边缘计算与云端算力协同,对采集的数据进行实时处理,生成设备维护提醒、生产优化建议、安全风险预警等决策支持信息,推动“数据驱动生产”转型。另外,平台支持跨区域、跨矿井的数据共享与协同调度,实现多工作面统一管控,打破信息孤岛,为煤矿企业集约化、智能化管理提供核心载体,筑牢综采智能化的网络与数据根基。

### 1.4 人机协同与安全管控

人机协同与安全管控聚焦智能化场景下“人一机一环境”的和谐共生,构建全方位安全防护体系。人机协同模式下,一线作业人员从直接操作转为远程监控、应急处置角色,通过中控平台操控智能装备,装备自主完成基础作业,既发挥人工智能的高效精准优势,又保留人的决策主导作用,应对突发复杂情况。安全管控方面,搭建多维度预警系统,实时监测瓦斯浓度、粉尘含量、顶板压力、设备故障等风险因素,超标或异常时立即触发声光报警、自动停机等联动措施。同时,通过人员定

位、智能头盔等设备,实时追踪作业人员位置、状态,划定危险作业区域,避免人员误入风险区。建立安全培训与应急演练体系,提升人员对智能装备的操作能力与风险处置能力,形成“技术防护+人员管控+应急保障”的三位一体安全管控模式,守住智能化生产的安全底线。

## 2 煤矿综采智能化工作面建设实施路径

### 2.1 建设阶段划分

煤矿综采智能化工作面建设需遵循循序渐进、分步实施原则,划分为试点改造、全面推广、优化提升三个核心阶段。试点改造阶段聚焦单一工作面,选取地质条件相对简单、基础装备较好的矿井,优先完成核心装备智能化升级、基础数据采集系统搭建,实现局部工序无人化作业,积累设备适配、技术应用、人员操作等实践经验,同时排查解决技术兼容、现场适配等问题<sup>[2]</sup>。全面推广阶段以试点经验为基础,在矿井范围内逐步扩大建设范围,完成数字孪生、5G+工业互联网平台等技术的全面部署,实现多工作面协同智能化作业,构建覆盖“采—运—控”全流程的智能化体系。优化提升阶段聚焦技术迭代与管理完善,结合生产实践反馈,升级智能装备与平台功能,解决复杂地质条件下的技术瓶颈,形成标准化、可复制的建设模式,推动智能化水平持续提升。

### 2.2 关键实施步骤

#### 2.2.1 需求分析

需求分析是煤矿综采智能化工作面建设的前提,需结合矿井实际情况明确建设目标与核心诉求,避免盲目投入。首先开展现场调研,全面梳理矿井地质条件、现有装备水平、生产工艺流程、安全管理痛点、人员结构等基础信息,精准识别生产效率、安全防护、成本控制等方面的提升需求。其次,结合行业政策标准与技术发展趋势,明确智能化建设的核心指标,如作业效率提升比例、无人化作业范围、安全事故发生率降低目标等。同时,充分征求一线作业人员、技术人员、管理人员的意见,平衡技术可行性与生产实用性,规避脱离实际的技术选型。另外,开展投入产出分析,评估建设资金、周期、技术难度等因素,制定贴合矿井实际的需求清单与建设纲领,为后续技术选型、系统集成等工作提供明确依据,确保建设方向不偏离生产核心需求。

#### 2.2.2 技术选型

技术选型需坚持“适配性优先、技术先进、性价比合理”原则,结合需求分析结果筛选适配矿井实际的技术与装备。核心装备选型方面,优先选用经过行业验证、适配矿井地质条件的智能采煤机、电液控液压支架等设备,避免技术不成熟导致的故障频发。数字孪生、5G通

信等技术选型时,需考虑井下复杂环境的适配性,如5G基站需具备防尘、防水、抗干扰能力,数字孪生建模技术需适配复杂地质构造的精准还原。同时,注重技术兼容性,确保不同厂家、不同类型的装备与系统能够实现数据互通、协同联动,避免形成新的信息孤岛。结合矿井资金预算与技术储备,兼顾当前应用需求与未来升级空间,优先选择可迭代、可扩展的技术方案。必要时组织专家论证,对比不同技术方案的优劣,最终确定最优技术组合,为智能化建设提供可靠的技术支撑。

#### 2.2.3 系统集成

系统集成是将各类技术、装备、数据资源融合贯通,形成一体化智能系统的关键环节。首先搭建统一的数据标准与接口规范,解决不同装备、系统间的数据格式不统一、接口不兼容问题,实现数据高效流转与共享。其次,开展硬件集成,将智能装备、传感器、监测设备、通信设备等按设计方案部署到位,完成线路铺设、设备调试,确保硬件设备正常运行且协同联动。软件集成方面,整合数字孪生系统、工业互联网平台、安全监测系统、人员定位系统等,实现各系统功能的融合互补,构建集中管控平台,达成“一键启停、远程操控、智能预警”的核心目标<sup>[3]</sup>。集成过程中,需分阶段开展调试测试,先进行单系统调试,再进行多系统协同测试,排查解决数据传输延迟、设备联动失误、系统卡顿等问题。同时,建立系统集成档案,记录设备参数、调试结果等信息,为后续运维管理提供依据,确保集成后的智能化系统稳定、高效运行。

## 3 煤矿综采智能化工作面效益评估与挑战

### 3.1 效益评估方法

煤矿综采智能化工作面效益评估需采用定量与定性相结合的方法,从经济、安全、社会三个维度构建评估体系,全面衡量建设成效。定量评估方面,经济维度聚焦产能、成本、效率指标,通过对比智能化建设前后的工作面产量、吨煤成本、设备利用率、人均工效等数据,量化经济效益,如工效提升比例、成本降低金额等。安全维度通过统计安全事故发生率、隐患排查整改效率、风险预警准确率等指标,评估安全防护能力的提升。定性评估方面,社会维度重点分析智能化建设对行业转型、人员结构优化、劳动环境改善的影响,如减少井下一线作业人员数量、提升劳动保障水平、推动煤矿行业绿色低碳转型等。评估过程中需建立数据追溯机制,确保评估数据的真实性与准确性,结合矿井地质条件、建设规模等个性化因素,避免采用统一标准机械评估,最终形成全面、客观的效益评估报告,为后续优化提升提供依据。

### 3.2 主要挑战

煤矿综采智能化工作面建设与运营面临技术、管理、成本三大核心挑战。技术层面,复杂地质条件适配性不足,如薄煤层、断层密集区域,智能装备作业精度与稳定性受限,数字孪生建模难以精准还原地质变化,部分核心技术与关键零部件依赖进口,自主可控性不足。管理层面,传统管理模式与智能化生产不匹配,部分管理人员与作业人员技术素养不足,难以适应智能化管控需求,同时数据安全存在隐患,井下海量敏感数据易面临泄露、篡改风险。成本层面,智能化建设初期投入巨大,智能装备、通信系统、平台搭建等资金需求较高,中小矿井难以承担;后期运维成本高昂,智能装备维护、技术升级、人员培训等持续投入压力大。此外,行业标准尚不统一,不同厂家装备与系统兼容性差,数据共享难度大,制约了智能化水平的整体提升。

#### 4 煤矿综采智能化工作面优化策略

##### 4.1 技术创新方向

技术创新是突破煤矿综采智能化瓶颈、提升核心竞争力的关键,需聚焦核心技术自主化、复杂场景适配性、系统协同高效化三大方向。核心技术自主化方面,加大产学研协同创新力度,攻克智能装备核心零部件、数字孪生建模算法、工业互联网平台核心架构等“卡脖子”技术,提升技术自主可控率,降低对进口技术的依赖。复杂场景适配性方面,针对薄煤层、复杂地质构造等难点场景,研发专用智能装备与适配技术,优化煤岩识别、地质探测算法,提升智能系统对复杂环境的适应能力与作业精度。系统协同高效化方面,推动5G、人工智能、大数据等技术与综采工艺深度融合,升级数字孪生系统的实时性与仿真精度,构建“感知—决策—执行—反馈”全闭环智能系统。同时,探索新能源与智能化装备结合,研发节能型智能装备,推动煤矿综采智能化与绿色化协同发展。

##### 4.2 管理提升建议

管理提升需同步适配智能化生产模式,从人才、制

度、安全三个维度构建完善的管理体系。人才管理方面,建立“引育并举”的人才机制,引进高端智能化技术人才与管理人才,完善内部培训体系,定期开展技能考核与技术比武,打造兼具专业技术与管理能力的复合型人才队伍,适配智能化岗位需求<sup>[4]</sup>。制度管理方面,制定智能化工作面运维管理、数据安全管理制度,规范装备操作、系统维护、数据使用等流程,明确各岗位权责,避免管理混乱。同时,建立技术迭代与考核激励机制,鼓励技术创新与管理优化,激发员工积极性。安全管理方面,升级安全管控体系,强化数据安全防护,部署防火墙、数据加密等技术,防范数据泄露风险;定期开展安全应急演练,优化应急预案,提升应对突发故障与安全风险的处置能力,确保智能化生产安全有序。此外,加强行业协同,推动制定统一的技术标准与数据规范,打破企业间技术壁垒。

##### 结束语

煤矿综采智能化工作面建设意义重大,虽在技术、管理与成本等方面面临挑战,但通过明确实施路径、科学评估效益,并从技术创新与管理提升角度采取优化策略,能有效推动建设进程。未来,随着技术不断进步与管理模式完善,煤矿综采智能化水平将持续提升,实现高效、安全、绿色开采,为煤炭行业高质量发展注入强大动力,保障国家能源安全稳定供应。

##### 参考文献

- [1]李豪.煤矿综采智能化工作面建设分析[J].矿业装备,2025(2):89-91.
- [2]张学伟.综采工作面智能化建设分析[J].能源与节能,2024(6):250-253.
- [3]陈玉锋.煤矿综采工作面智能化开采技术发展应用及分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(17):51-53.
- [4]白正平,赵云飞.煤矿综采工作面高级智能化建设探索与工程实践[J].中国煤炭,2023,49(z2):1-7.