

# 露天煤矿智能化对行业竞争力的提升作用

白建

中国神华能源股份有限公司哈尔乌素露天煤矿 内蒙古鄂尔多斯 010300

**摘要：**露天煤矿作为我国煤炭资源开发的重要载体，其智能化建设是破解传统开采“效率低、安全风险高、资源利用率不足”等问题、提升行业竞争力的核心路径。当前我国露天煤矿智能化建设已取得阶段性成果，超60%的大型露天煤矿实现采剥、运输、排土等环节部分智能化，单矿生产效率较传统模式提升10%–15%，吨煤能耗降低5%–10%。但仍面临“开采工艺智能化协同不足”“核心设备运行稳定性待提升”“数据孤岛现象显著”等挑战，制约智能化价值的充分释放。本文结合露天煤矿智能化建设管理实践场景，分析智能化建设对煤炭行业竞争力的关键意义，梳理当前在开采工艺、设备管理、安全管控等方面的主要成果与现存瓶颈，从“技术创新突破、产业协同深化、标准体系完善”三个维度提出未来发展方向。研究表明，全面推进露天煤矿智能化可使行业全员效率提升40%以上，安全事故率降低60%，资源回收率提高8%–10%，为煤炭行业实现“安全、高效、绿色”发展提供核心支撑，对保障国家能源安全、推动能源产业转型升级具有重要意义。

**关键词：**露天煤矿；智能化建设；行业竞争力；开采工艺；设备管理

## 引言

煤炭作为我国主体能源，在能源结构中占比长期维持在50%以上，而露天煤矿因开采条件相对优越（资源赋存浅、开采强度大），产量占全国煤炭总产量的20%以上，是保障能源供应的重要力量。传统露天煤矿开采依赖“人工经验+机械作业”，存在三大痛点：一是生产效率低，采剥作业循环周期长（平均15–20分钟/循环）；二是安全风险高，边坡滑坡、设备碰撞等事故年均发生率超3起/矿；三是资源利用率低，传统开采对煤层边界识别精度不足，资源回收率仅80%–85%，浪费严重。

随着《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》《煤炭工业“十四五”智能化发展规划》等政策出台，露天煤矿智能化建设加速推进。据《中国煤炭工业发展报告（2023）》数据，我国已建成智能化露天煤矿38座，其中12座达到国家一级智能化标准，智能化建设使露天煤矿吨煤成本降低10–15元，人均年产量提升了66.67%。《地质与矿业研究》期刊强调“矿业领域需以智能化技术推动产业升级”，在“双碳”目标与能源安全战略背景下，露天煤矿智能化不仅是技术升级的必然选择，更是提升行业竞争力、实现可持续发展的关键抓手。因此，深入分析露天煤矿智能化对行业竞争力的提升作用，梳理建设成果与挑战，明确未来方向，对推动煤炭行业高质量发展具有重要现实意义。

## 一、露天煤矿智能化建设对行业竞争力的关键意义

露天煤矿智能化通过“技术赋能生产、数据驱动管理、智能保障安全”，从效率、安全、成本、环保四个维度重塑行业竞争力，为煤炭行业注入新动能。

### （一）提升生产效率，破解“低效开采”瓶颈

智能化技术通过优化采剥流程、实现设备协同作业，显著提升生产效率：一是采剥方案智能优化，基于三维地质模型与实时生产数据，AI算法可自动生成最优采剥顺序，减少无效作业量，某露天煤矿应用后，采剥循环周期缩短20%–30%；二是设备智能协同，通过5G+北斗定位实现挖掘机、自卸卡车、破碎机的实时联动，卡车调度响应时间从缩短25%；三是远程操控作业，采场关键设备（如挖掘机、穿孔机）实现“地面远程操控”，避免人工在高危区域作业，同时减少人员交接班时间，单日有效作业时长增加2–3小时。某大型露天煤矿智能化改造后，年产能从1500万吨提升至2000万吨，生产效率提升33%。

### （二）强化安全管控，降低“高危作业”风险

露天煤矿智能化通过“超前预警、智能避险、少人化作业”，构建全方位安全防控体系：一是边坡智能监测，采用InSAR卫星遥感、GNSS位移监测站、无人机航拍、边坡应力传感器等技术，实时监测边坡位移（精度±0.5mm）与应力变化，提前7–10天预警滑坡风险，某

露天煤矿应用后，边坡事故发生率从2起/年降至0起；二是设备智能防撞，自卸卡车、挖掘机安装毫米波雷达与视频识别系统，识别到碰撞风险（距离<50m）时自动减速或停车，设备碰撞事故率降低80%；三是少人化作业，采场关键区域（如爆破区、高边坡区）实现“无人开采”，作业人员从采场转移至地面控制室，高危作业人员数量减少70%，安全事故率降低60%以上。

### （三）降低生产成本，提升“市场竞争”优势

智能化建设通过“节能降耗、减员增效、优化资源利用”，显著降低生产成本：一是能耗优化，智能控制系统可根据采剥量动态调整设备功率（如破碎机负载率<50%时自动降频），吨煤能耗降低17.65%，年节约电费超500万元/矿；二是减员增效，智能化设备替代人工操作，露天煤矿采场作业人员从200人可减少至80人，人工成本降低60%；三是资源高效利用，基于高精度三维地质模型（分辨率0.5m）精准识别煤层边界，减少煤层混杂，资源回收率从82%提升至90%，新增收益超5亿元。

### （四）推动绿色发展，契合“双碳”目标要求

智能化技术助力露天煤矿实现“低碳开采、生态修复”，提升环境竞争力：一是低碳开采，智能通风、智能排水系统根据实际需求调整运行参数，减少无效能耗，某露天煤矿应用后，年碳排放减少2万吨；二是粉尘智能防控，采场、排土场安装粉尘传感器与智能喷雾系统，粉尘浓度超10mg/m<sup>3</sup>时自动喷雾降尘，粉尘排放量降低40%；三是生态智能修复，基于遥感技术与土壤监测数据，AI算法自动生成排土场植被恢复方案（如树种选择、灌溉周期），植被覆盖率从30%提升至60%，生态修复效率提升50%。

## 二、露天煤矿智能化建设的主要成果与现存挑战

### （一）主要建设成果

近年来，我国露天煤矿智能化在开采工艺、设备管理、安全管控等领域取得显著进展，形成可复制的实践经验。

#### 1. 开采工艺智能化水平显著提升

（1）采剥方案智能优化：大型露天煤矿普遍应用三维地质建模软件（如MinePlan、3DMine），结合实时生产数据（采剥量、设备位置），通过遗传算法、神经网络等AI模型生成最优采剥计划，某露天煤矿应用后，采剥比从1.8降至1.5；

（2）穿孔爆破智能化：穿孔机配备智能定位与孔

深监测系统，穿孔精度（孔位偏差≤0.3m、孔深偏差≤0.5m）提升60%；爆破参数（装药量、孔距）通过智能算法优化，炸药单耗从0.3kg/m<sup>3</sup>降至0.25kg/m<sup>3</sup>，爆破效果显著提升；

（3）采装运输智能化：60%的大型露天煤矿实现挖掘机、自卸卡车的远程操控与智能调度，某煤矿采用“5G+边缘计算”技术，挖掘机远程操控延迟<200ms，卡车调度优化率达90%，运输效率提升25%。

#### 2. 设备管理智能化体系初步构建

（1）设备状态智能监测：关键设备（挖掘机、自卸卡车）安装振动、温度、压力传感器，实时监测设备运行状态（如发动机转速、液压系统压力），异常数据超阈值时自动报警，设备故障检出率从60%提升至95%；

（2）设备维护预测性管理：基于设备运行数据与故障历史记录，建立预测性维护模型，提前1-2个月预测设备故障（如发动机大修、轮胎更换），某露天煤矿应用后，设备故障率降低40%；

（3）智能装备规模化应用：国产智能装备（如无人驾驶自卸卡车、智能挖掘机）逐步替代进口设备，某煤矿投入50台无人驾驶卡车，实现采场至破碎站的无人运输，运输效率达人工驾驶的95%，且24小时连续作业。

### （二）现存挑战

尽管露天煤矿智能化建设取得显著成果，但在技术协同、设备稳定性、标准体系等方面仍面临挑战，制约行业竞争力的进一步提升。

#### 1. 开采工艺智能化协同不足

（1）多环节协同性差：采剥、穿孔、爆破、运输等环节的智能化系统多独立运行，数据未实现深度共享，如采剥方案调整后，运输调度系统未能实时同步，导致设备闲置1-2小时/天；

（2）复杂地质适应性弱：智能采剥方案在简单地质条件（煤层平缓、无断层）下效果显著，但在复杂地质（煤层倾角>25°、断层发育）下，边界识别精度不足（偏差>1m），资源回收率提升有限。

#### 2. 核心设备运行稳定性待提升

（1）智能装备故障率较高：国产无人驾驶卡车、智能传感器在恶劣环境（高温、粉尘、振动）下故障率超15%，某露天煤矿无人驾驶卡车因粉尘堵塞传感器，日均故障次数达2-3次，影响运输连续性。

## 三、露天煤矿智能化建设的未来发展方向

针对现存挑战，未来露天煤矿智能化建设需聚焦

“技术创新、产业协同、标准完善”，推动智能化从“部分环节”向“全流程”、从“单一矿”向“区域协同”升级，进一步提升行业竞争力。

### （一）强化技术创新，突破核心瓶颈

#### 1. 开采工艺智能化协同技术

研发“采剥-运输-排土”全流程协同AI模型，基于统一数据平台实现多环节数据实时共享与动态调整，提升复杂地质条件下的采剥精度（边界识别偏差 $\leq 0.5\text{m}$ ）；开发“无人化作业应急冗余系统”，在传感器故障时自动切换备用方案，智能化作业率提升至95%以上；

#### 2. 智能装备可靠性提升技术

开展国产智能装备（如无人驾驶卡车、耐恶劣环境传感器）的攻关，优化核心部件（激光雷达、AI芯片）的防尘、抗振、耐高温性能，故障率降至5%以下；研发设备智能诊断与自愈技术，通过AI算法实时预测故障并自动修复简单故障，减少人工干预。

### （二）深化产业协同，构建生态体系

#### 1. 跨企业协同合作

推动煤矿企业与装备制造商、科技公司建立“产学研用”协同机制，联合攻关核心技术（如国产AI芯片、智能传感器），缩短研发周期，降低成本；建立智能化装备共享平台，中小露天煤矿通过租赁方式使用智能装备，降低投资门槛。

### 四、结论与展望

露天煤矿智能化通过提升生产效率、强化安全管控、降低生产成本、推动绿色发展，从根本上提升了煤炭行业的竞争力，是实现煤炭行业“安全、高效、绿色、低

碳”发展的必由之路。当前我国露天煤矿智能化建设已取得阶段性成果，但在工艺协同、设备稳定性、标准体系等方面仍需突破。未来，通过技术创新突破核心瓶颈、深化产业协同构建生态体系、完善标准体系规范发展路径，露天煤矿智能化将实现从“部分智能化”向“全面智能化”的跨越。

预计到2030年，我国80%以上的大型露天煤矿将实现全流程智能化，全员效率提升至80%，安全事故率降低80%，资源回收率提升至95%，吨煤碳排放降低30%，煤炭行业将全面迈入“智能化、低碳化”发展新阶段，为保障国家能源安全、推动“双碳”目标实现提供坚实支撑。露天煤矿智能化不仅是技术的升级，更是产业模式的变革，将引领煤炭行业向更高质量、更可持续发展的方向发展，在全球能源转型中展现中国煤炭工业的新竞争力。

### 参考文献

- [1] 王金华. 中国煤矿智能化发展战略与路径[M]. 煤炭工业出版社, 2022.
- [2] 葛世荣. 露天煤矿智能化开采技术与实践[M]. 中国矿业大学出版社, 2021.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 煤炭工业“十四五”智能化发展规划[Z]. 2021.
- [4] 张勇. 露天煤矿智能化装备与技术进展[J]. 地质与矿业研究, 2023, 5(2): 45-52.
- [5] 刘峰. 露天煤矿边坡智能化监测与预警技术[M]. 冶金工业出版社, 2020.