

紫金矿业智能制造实践分析

田树清

紫金矿业集团股份有限公司, 中国·福建 龙岩 364000

摘要: 论文分析了紫金矿业集团绿色超一流科技强企的发展理念、五环矿石流的运营模式与智能化助推发展的结合, 探究了紫金集团从管理到生产的全流程智能化推进举措, 介绍了紫金集团在矿山、冶炼等领域的实践案例, 着重介绍了其在复杂情况下操作无人化、综合管理智能化上的探索突破。

关键词: 科技强企; 五环矿石流; 智能化; 无人化

Analysis of Intelligent Manufacturing Practice in Zijin Mining

Shuqing Tian

Zijin Mining Group Co., Ltd., Longyan, Fujian, 364000, China

Abstract: This paper analyzes the development concept of Zijin Mining Group as a green and super first-class technology strong enterprise, the operation mode of Wuhuan ore flow, and the combination of intelligence to promote development. It explores the full process intelligence promotion measures of Zijin Group from management to production, introduces practical cases of Zijin Group in mining, smelting and other fields, and focuses on its exploration breakthroughs in unmanned operation and intelligent comprehensive management in complex situations.

Keywords: technology strong enterprise; Wuhuan ore flow; intelligence; unmanned

0 前言

紫金矿业积极投身于智能制造的探索与实践, 取得了一系列令人瞩目的成果。论文旨在通过分享紫金矿业的智能化推行方面的经验, 分析智能化对企业发展的作用, 希望能给同行企业和其他行业提供借鉴参考。

1 紫金矿业智能制造背景

在全球矿业竞争日益激烈以及科技飞速发展的背景下, 智能制造已成为矿业企业提升竞争力、实现可持续发展的关键路径。紫金矿业作为中国矿业的领军企业, 积极投身于智能制造的探索与实践, 取得了一系列令人瞩目的成果。随着企业规模的不断扩大和业务的日益复杂, 传统的生产运营模式逐渐难以满足企业高效、安全、绿色发展的需求。同时, 国家政策对矿山智能化、绿色化建设的推动, 以及科技的快速发展, 如物联网、大数据、人工智能等技术的成熟应用, 为紫金矿业开展智能制造提供了良好的机遇和技术支撑。

2 智能制造实践举措

2.1 智能设备升级与应用

①井下智能化设备: 山西紫金在井下配备了多种智能化设备, 包括铲运机、天井钻机、潜孔钻机、中深孔台车、溜井口固定式破碎机以及盲胶带斜井机器人等。这些设备配备远程驾驶座舱, 操作人员可在地表完成生产作业, 降低劳动强度, 提高作业安全性。例如, 智能铲运机融合激光雷达、毫米波雷达、摄像头、惯性导航等传感器和技术, 实现井下

高精度地图动态更新、自主导航、主动避障、路径规划, 达到远程驾驶、自动驾驶、遥控铲装、自动卸料的效果。

②矿山大型关键设备监测: 在西藏巨龙铜矿, 针对高寒极端环境, 采用多款性能出众的智能传感器、智能监测站等, 为主皮带机、球磨机、半自磨机等多台矿山大型关键设备科学部署测点。这些设备具备 ip68 最高国际标准的防护能力, 可在 -40℃ 的恶劣环境下长期可靠运行, 支持设备振动、温度、转速、启停机等多维数据的实时同步采集, 以及工况识别、边缘智能报警、智能诊断。

2.2 管理系统上业财一体

“智能化业财一体”是指将企业的业务系统与财务系统进行深度融合, 通过智能化手段实现信息共享和流程协同, 以提高企业的运营效率和决策能力。以下是这一概念的一些关键组成部分:

数据集成与共享: 通过集成不同业务模块的数据, 实现信息的无缝传递和共享, 避免数据孤岛现象。

自动化流程: 利用自动化技术优化业务流程和财务流程, 减少人为操作, 提高效率和准确性。例如, 自动生成财务报表、实时更新库存数据等。

实时分析与决策支持: 运用大数据分析和人工智能技术, 对业务和财务数据进行实时分析, 提供决策支持。这有助于企业预测市场趋势、优化资源配置、制定战略决策。

提升协同效应: 通过业财一体化, 企业可以促进各部门之间的协同工作, 提升整体运营效率。例如, 销售部门和财务部门可以更紧密地合作, 实现销售数据与财务数据的同

步更新。

风险管理与合规：通过智能化手段加强对业务和财务活动的监控，确保合规性，降低风险。

实施智能化业财一体化，通常需要先前的信息技术支持，如 ERP 系统、云计算、大数据平台等，同时也需要企业文化和管理模式的转变，以适应新的运营模式。

2.2.1 设备管理系统

设备管理系统 (Equipment Management System, EMS) 是用于帮助企业有效管理其设备资产的软件工具。它的主要功能包括设备的维护、监控、调度和生命周期管理。以下是设备管理系统的一些关键功能和特点：

设备维护管理：①**预防性维护：**计划和安排定期维护，以减少设备故障和延长设备寿命。②**故障管理：**记录和跟踪设备故障，分析故障原因，并安排维修。

库存管理：管理与设备相关的零部件和备件库存，确保在需要时能够及时获取。

监控与分析：①**实时监控设备运行状态，**通过传感器和物联网技术收集数据。②**分析设备性能数据，**以优化设备使用和维护策略。

资产管理：①**跟踪设备的购买、使用、折旧和报废等**生命周期信息。②**管理设备的合规性和认证信息。**

调度与工单管理：①**创建和分配维护工单，**跟踪工单执行情况。②**优化人力和设备的调度，**提高效率。

报告与分析：生成关于设备使用、维护、成本等方面的报告，支持管理决策。

移动访问：提供移动应用程序，支持现场技术人员通过移动设备访问系统，执行任务和记录信息。

设备管理系统适用于制造、交通、公共事业等多个行业，帮助企业提高设备的利用率和生产效率，降低运营成本和设备停机时间。

2.2.2 MES 系统

制造执行系统 (Manufacturing Execution System, MES) 是连接企业的计划层和车间层的一个关键系统，它用于管理和控制从订单下达到产品完成的整个生产过程。MES 系统的主要目标是提高制造效率、产品质量和生产透明度。以下是 MES 系统的一些关键功能和特点：

生产调度与管理：实时调度生产任务，优化生产计划和资源分配以提高生产效率。

实时数据采集：从生产设备和工位采集实时数据，跟踪生产进度和设备状态。

质量管理：实施在线质量检测，记录和分析生产过程中的质量数据，及时发现和纠正质量问题。

库存管理：管理生产过程中所需的原材料和半成品，优化库存水平。

生产跟踪与追溯：提供产品全生命周期的生产记录，实现产品的可追溯性，支持质量管理和合规要求。

设备管理：监控和管理生产设备的状态和维护信息，提高设备利用率和生产可靠性。

人工管理：管理生产人员的工作任务、技能和绩效，确保合适的人员在合适的岗位上工作。

报表与分析：生成实时生产报表和绩效分析，支持企业管理层做出数据驱动的决策。

与其他系统集成：与 ERP、SCADA、PLM 等系统集成，确保信息在企业各层级之间的流通和一致性。

MES 系统在制造企业中扮演着不可或缺的角色，它通过对生产过程的精细化管理，帮助企业实现生产的透明、可控、优化和协同。

2.2.3 设备上，无人检斤，无人行车，无人驾驶，机器人齐头并进

紫金矿业集团在无人驾驶技术领域取得了显著进展，尤其是在矿山自动驾驶系统的应用方面。以下是一些关键信息：

紫金山金铜矿智能系统：紫金山金铜矿已经启用了地下采矿智能铲运无人驾驶系统，实现了无人驾驶遥控铲装、矿用卡车自动驾驶、远程遥控破碎和地面集控中心等多装备协同操作。这种智能化系统可以通过一个平台实现井下作业的全程监控和操作。

易控智驾合作：紫金矿业与矿区自动驾驶公司“易控智驾”合作，后者专注于矿用无人自动驾驶技术。易控智驾在矿山无人驾驶领域是领军企业，并获得了紫金矿业的战略投资。这种合作有助于紫金矿业在无人驾驶技术的应用和矿山智能化建设中取得更大进展。

无人驾驶运输项目：在紫金山金铜矿的露采项目中，已经启动了无人驾驶运输项目。经过严格测试，该项目已安全运行超过 1100 公里，展现了良好的技术实力和稳定性。特别是在应对多雨多雾的气候条件下，项目团队对矿车的雨雾感知能力进行了强化，确保了在湿滑路面的稳定控制和通过能力。

这些技术和项目的实施不仅提高了矿山作业的安全性和效率，也为紫金矿业的绿色矿山和智慧矿山建设提供了强有力的支持。

生产控制上，与各大高校积极合作，共同开发了系统，APC 系统与 AB 合作。

节能降耗，光伏，储能，水源动力，空气能。

紫金矿业在节能降耗方面采取了一系列措施，以应对高耗能、高排放的现状，并满足“双碳”技术需求。公司通过技术攻关，聚焦于新能源新材料的研究，深入开展各类课题研究，剖析行业关键技术。此外，紫金矿业还通过节能降耗实验，提高了产能，降低了生产成本，提高了回收率，增加了经济效益，并培养了一批技术骨干，促进了现场管理。

为贯彻绿色发展理念，紫金矿业制定了《紫金新能源“十四五”投资计划》，利用现有资源推进光伏、水电等可

再生能源项目开发,积极赋能全球碳减排产业。公司还加大与高校、科研机构、合作伙伴在低碳经济转型相关产业发展以及矿业节能减排方面的合作与研究投入。

这些措施表明紫金矿业在节能降耗和低碳发展方面的积极努力和战略规划。

3 网络与数据建设

①探索网络建设新模式:山西紫金为解决地下矿山作业环境特殊性带来的网络建设难题,建设了模块化数据中心,并试验了 5G 专网和 F5G+Wi-Fi 6 融合组网两种方式。经实践对比,选择 F5G+Wi-Fi 6 融合组网,实现传输速度达 1000Mbps,时延稳定在 10ms,在满足智能化系统通信需求的同时,成本较 5G 网络节约了 25%。

②建设数据底座:围绕“提质、赋能、优化”目标,以国家矿山安全监察局颁布的《智能化矿山数据融合共享——金属非金属矿山数据分类及编码规范》为蓝本,自主开发“矿冶数据采集与服务系统”,建设基础软件服务平台,包括数字孪生矿山、资源储量动态管理、智能排产、井下开采优化调度、无人少人作业智能装备和管控系统、业财一体化系统等,实现地、测、采、选的数据协同和一体化调度,消除数据孤岛,打通各生产业务系统,实现生产和安全实时监控。

4 智能运维体系建设

在西藏巨龙铜矿,通过与容知日新合作,构建设备全生命周期智能运维解决方案,实现从“以人为核心”向“以数据为核心”的智能运维转变。该系统融入多应用场景,利用 AI 创新技术对设备异常状态和早期故障征兆进行报警、诊断并出具检维修建议,精确定位故障部位、劣化程度与发展趋势,实现设备的预测性维护。

5 智能制造实践成果

5.1 生产效率提升

通过智能化设备的应用和智能排产、优化调度系统的运行,矿山生产效率大幅提高。例如,山西紫金的智能型天井钻机、潜孔钻机、中深孔台车在 830 中段智能化矿房投入生产使用,实现远程一键持续自动作业、远程移机定位等功能,作业效率最高可达传统施工的 85%;智能铲运机在自动模式下最高行驶速度 12km/h,满斗率 80%~90%,单台产能 800t/d。

5.2 安全保障增强

操作人员远离危险的井下作业现场,降低了安全事故发生的概率。例如,溜井口远程控制固定式凿岩机将操作人员转移至地表作业,避免了粉尘、噪声等职业健康危害;盲胶带斜井自动巡检机器人实现对皮带实时智能巡检,将检维修人员从井下胶带斜巷解放出来。同时,设备智能运维系统对故障隐患的及时预警,也保障了生产的安全稳定运行。

5.3 成本控制有效

一方面,智能化设备减少了人力成本投入;另一方面,通过设备的预测性维护,降低了设备故障率和维修成本,提高了设备使用寿命。此外,网络建设模式的优化也降低了通信成本。

6 面临的挑战与应对策略

6.1 面临的挑战

①技术集成难度大:智能制造涉及多种先进技术的融合应用,如物联网、大数据、人工智能、自动化控制等,不同技术之间的兼容性和集成难度较大,需要投入大量的研发和调试工作。

②专业人才短缺:既懂矿业业务又掌握智能制造技术的复合型人才匮乏,制约了智能制造项目的推进和实施效果。

③前期投资成本高:智能化设备采购、网络建设、系统开发等需要大量的资金投入,对于一些企业来说可能面临资金压力。

6.2 应对策略

①加强技术研发与合作:加大内部研发投入,同时加强与外部科研单位、科技企业的合作,共同攻克技术难题,推动技术集成创新。

②人才培养与引进:建立完善的人才培养体系,通过内部培训、高校合作等方式培养复合型人才;同时积极引进外部优秀人才,充实智能制造人才队伍。

③优化投资策略:合理规划投资,分阶段、分步骤推进智能制造项目,优先实施投资回报率高的项目;同时积极争取政府政策支持和金融机构的资金支持。

7 结论与展望

紫金矿业在智能制造实践中通过智能设备升级、网络与数据建设、智能运维体系构建等一系列举措,取得了生产效率提升、安全保障增强、成本有效控制等显著成果。尽管面临技术集成、人才短缺和资金投入等挑战,但通过有效的应对策略,有望逐步克服。未来,随着科技的不断进步,紫金矿业将继续深化智能制造实践,进一步提升企业的核心竞争力,为全球矿业的智能化发展树立标杆,同时也将为行业内其他企业提供更多可借鉴的经验和模式,推动整个矿业行业向智能化、绿色化、可持续发展方向迈进。

参考文献:

[1] 彭斌.创新型科技企业杠杆率的研发强度效应研究[J].科技进步与对策,2018,35(4):89-94.
 [2] 谢宜宁.工程机械群智能配置调度优化及一体化施工系统研究[D].山东:山东大学,2022.

作者简介:田树清,男,中国吉林桦甸人,本科,中级职称,从事自动控制和智能化方向研究。