

# 柿竹园多金属矿智能化建设思路

何斌全<sup>1</sup>, 张维国<sup>2</sup>, 伏彩萍<sup>1</sup>, 张海胜<sup>2</sup>

(1. 湖南柿竹园有色金属有限责任公司, 湖南 郴州 423037; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 柿竹园多金属矿在发展过程中因缺乏整体建设思路, 在采矿装备自动化、固定设施无人化、选矿工艺优化以及生产管控信息化等方面尚存在不足。针对上述问题, 本文通过梳理柿竹园矿现状, 以“安全、高效、绿色、智能”为宗旨, 建立了柿竹园智能化建设总体框架, 主要包括设备监控、生产执行、智能管控、运营决策四个层级; 并据此提出基础通信网络、工业大数据中心、智能管控平台、智能采选系统等建设的具体内容及智能化建设的保障措施, 以期对柿竹园多金属矿高质量发展提供指导。

**[关键词]** 智能矿山; 总体规划; 融合网络; 管控平台; 采选系统

**[中图分类号]** TD85

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1003-8884(2022)04-0001-05

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.001

## 0 引言

随着当前全球新一轮科技革命和产业变革, 自动化、数字化、智能化技术在矿山行业得到了全面推广和应用, 矿山行业数字化转型和智能化升级也持续加速<sup>[1-2]</sup>。近年来, 国家多部委相继发布《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》《智能矿山建设规范》等, 大力推进智能矿山建设<sup>[3-5]</sup>。在此背景下, 国内众多矿山企业都相继推出智能化转型方案并陆续在局部实现了智能化升级改造, 例如: 鞍钢集团将管控智能化作为建设世界级矿山的重要抓手, 加速建立智能生产、智能管理、智能服务新模式, 为打造高质量发展新鞍钢提供有力支撑; 金川集团提出了“机械化、自动化、信息化、智能化、标准化”五化建设方案, 在三个矿区分别打造多个“智能化样板工程”, 为公司安全生产提供有力保障; 山

东黄金集团三山岛金矿以打造“国际一流示范矿山”为目标, 相继建立了三维管控平台和综合自动化集成平台系统、“一云、一湖、一平台”数据底座等智能化系统, 由此可以看出智能矿山建设是矿业可持续高质量发展的必然选择<sup>[6-9]</sup>。

柿竹园多金属矿为生产多年的老矿山, 已经建有面向不同业务和管理需求的自动化和信息化系统, 如井下安全六大系统、地压微震监测系统、企业办公系统等, 对矿山安全生产和经营管理起到了一定的技术支撑作用。但是由于缺少总体建设思路, 导致各系统之间无法实现互联互通, 矿山整体信息化、自动化建设不够通畅, 信息系统与采矿工艺、设备未能有效融合, “信息孤岛”问题突出。因此, 本文立足于柿竹园多金属矿基本现状, 梳理采矿及选矿工程存在的问题, 借助新一代信息通信技术 (ICT) 和智能装备的发展趋势, 提出柿竹园矿山智能化建设的总体思路及保障措施, 推动矿山向本质安全、资源集约、经济高效的智能矿山迈进。

## 1 柿竹园多金属矿现状

### 1.1 矿山生产现状

柿竹园公司以资源丰富著称, 其钨多金属矿床资源丰富、品种繁多, 被誉为“世界有色金属博物馆”。但因其矿体集中厚大、矿物品种多、成分复杂、矿物嵌布粒度细, 不仅矿石加工难度大, 矿床开采也面临诸多难题。该公司共有两个采矿场, 由于

**[收稿日期]** 2022-06-19

**[作者简介]** 何斌全 (1965—), 男, 湖南桂东人, 高级工程师, 硕士, 主要从事矿山生产管理和智能矿山建设等采矿相关的工作。

**[通讯作者]** 张维国 (1981—), 男, 甘肃会宁人, 高级工程师, 博士, 主要从事数字矿山工程和智能矿山建设和研究工作。

**[引用格式]** 何斌全, 张维国, 伏彩萍, 等. 柿竹园多金属矿智能化建设思路[J]. 有色设备, 2022, 36(4): 1-5.

经济原因暂停了柴山采矿场的开采,目前柿竹园多金属矿是该公司的主采矿体,采出的矿石同时供给柿竹园多金属选矿厂和东波多金属选矿厂。

## 1.2 智能化升级存在的问题

### (1) 采矿系统存在的问题

柿竹园多金属矿采矿技术水平总体比较落后,井下作业属于机械化开采初级阶段,主要体现在以下几个方面:

采矿技术与装备相对落后,未全部实现大型机械化开采:巷道掘进仍采用传统的 7655 手持式凿岩机凿岩,回采凿岩采用 KQG150 型高压环状潜孔钻机和阿特拉斯 Simba1354 中深孔液压凿岩台车,装药采用 BQF-100 装药器人工装填炸药,井下设备效率低,劳动强度大,作业人员多。

柿竹园公司关键作业工序未能实现远程控制:主要采掘设备没有实现大型机械化作业,凿岩、出矿等工序难以实现远程控制。井下矿石运输采用卡车运输和有轨电机车运输均为人工现场操作,未能实现远程控制,作业人员多。

固定安装设备未能实现无人值守:地表破碎机、空压机站、供水水泵以及井下振动放矿机仍采用现场人工控制方式,未能实现无人值守,井下劳动人员数量多,生产效率低,矿山整体自动化水平有待提高。

出矿进路悬拱严重,大块处理难度大:矿山先前采用大爆破对上部的矿柱进行集中爆破处理,目前在 490 m 集中出矿悬顶事件发生较为频繁,卡斗位置较高,人员无法靠近,主要采用裸露药包进行处理。到达出矿口的矿石块度很大,无法通过溜井格筛下放,主要采用人工打眼放炮方式处理,劳动强度大,作业效率低。

### (2) 选矿系统存在的问题

东波选厂整体自动化水平较高,全流程已经实现自动化控制,各生产流程配备了监控设施。而柿竹园选厂由于建设时间稍早,主要装备水平智能化偏低,且其配套设施和辅助设施距离选厂自动化控制要求均有较大的差距,主要体现在以下几个方面:

自动化稳定控制不完善:例如破碎系统基本无自动控制,设备之间无相互关联性;磨矿系统的最终产品的浓度和细度无在线检测控制;浮选系统原矿、精矿、尾矿品位无在线检测不能实时反馈

生产状况等。

配套辅助设施自动化程度低:除尘系统、通风系统基本无自动控制;锅炉供热系统、空压机和鼓风机供气系统、废水处理系统基本无自动控制;加球系统也无自动控制。辅助设施的自动化空间大,实施难度较小,但是其对主工艺的保障作用大。

管理系统灵活性差:其生产管理基本按照经济责任制的考核制度进行,在保证精矿数量与质量、选矿指标的基础上适当增加处理能力,加大产出,无法根据市场行情变化合理调整生产以适应外部环境的变化。

为优化控制准备的大数据基本未形成:由于缺乏完善的 DCS 系统,导致对工艺流程基本参数的获取不便捷,因此无法形成有效的大数据,这为将来实现优化控制增加了难度。

生产管理模式有待变革:以设备为中心定员、定岗的生产模式将极大地增加人工成本,随着自动化程度的提升,智能化的逐步推进,应逐渐实施转变以控制为中心,保证维护为重点的劳动定员制度。

## 2 柿竹园多金属矿智能化建设思路

### 2.1 柿竹园智能矿山建设目标

柿竹园公司智能矿山建设总体目标是运用现代信息技术和控制技术,按照系统简单化、生产集约化、装备现代化、控制自动化、管理信息化的建设理念,以建设“安全、高效、绿色、智能”矿山为宗旨,设计和建设集企业生产管理、指挥调度、生产经营管控一体化的综合信息化系统,最大限度地挖掘和发挥矿山数据的潜能和作用,为矿山的资源管理、开采设计、生产管控和运营提供现代化的管理手段和科学的决策支持,以增强矿山企业在市场中的竞争能力和适应能力,保证可持续发展。柿竹园公司智能矿山建设具体实现内容和目标如下:

(1) 地质资源与开采环境数字化:引进三维地质软件创建矿山地理信息、地质资源、开采环境三维数字化模型,实现资源开采可视化、工程设计三维化和开采管理透明化。

(2) 采选生产装备现代化:逐步淘汰矿山落后设备,优先实现井下主要采掘设备机械化,并向智能化方向发展,运用信息化手段提升装备的健康和运

维管理水平,发挥设备能力。

(3)采选生产过程遥控化:推进生产全流程的自动化和智能化建设,通风、压气、供水、供配电等固定安装设备远程操控和无人值守,实现生产作业全过程远程遥控化,现场无人值守。

(4)矿山运营管理信息化:建立综合管理运营平台,推进扁平化、协同化、实时化的运营管理模式,通过统一运营和分析中心的建设,实现矿山生产运营的透明化管理及各系统信息资源共享,提高运营决策分析水平。

(5)数据管理网络化:以信息网络与计算机系统为基础,将采掘、运输、提升、选矿等生产系统及财务、设备、物资等管理系统集成一体,通过对数据的自动化采集、传输、存储和利用,在中钨高新公司和五矿集团层面实现数据的统一管理和共享。

## 2.2 柿竹园智能矿山建设总体框架

结合矿山信息化、自动化现状,按照智能矿山建设的整体规划目标,柿竹园公司智能矿山建设共分为四大层次,包括设备监控、生产执行、智能管控、运营决策层级。结合《有色金属行业智能矿山建设指南》建议,采用基于工业互联网平台的云、边、端架构,建立面向“矿石流”的全流程智能生产管控系统,将矿山大量基于传统 IT 架构的信息系统作为工业互联网平台的数据源,继续发挥系统剩余价值,同时逐步推进传统信息化业务云化部署,实现矿山全流程的少人无人化生产。

柿竹园智能矿山建设依托大数据服务平台,通过矿区高速 5G + 融合网络传输,实现各个层级的应用系统融合和协同优化工作,柿竹园多金属矿智能矿山建设总体框架如图 1 所示。

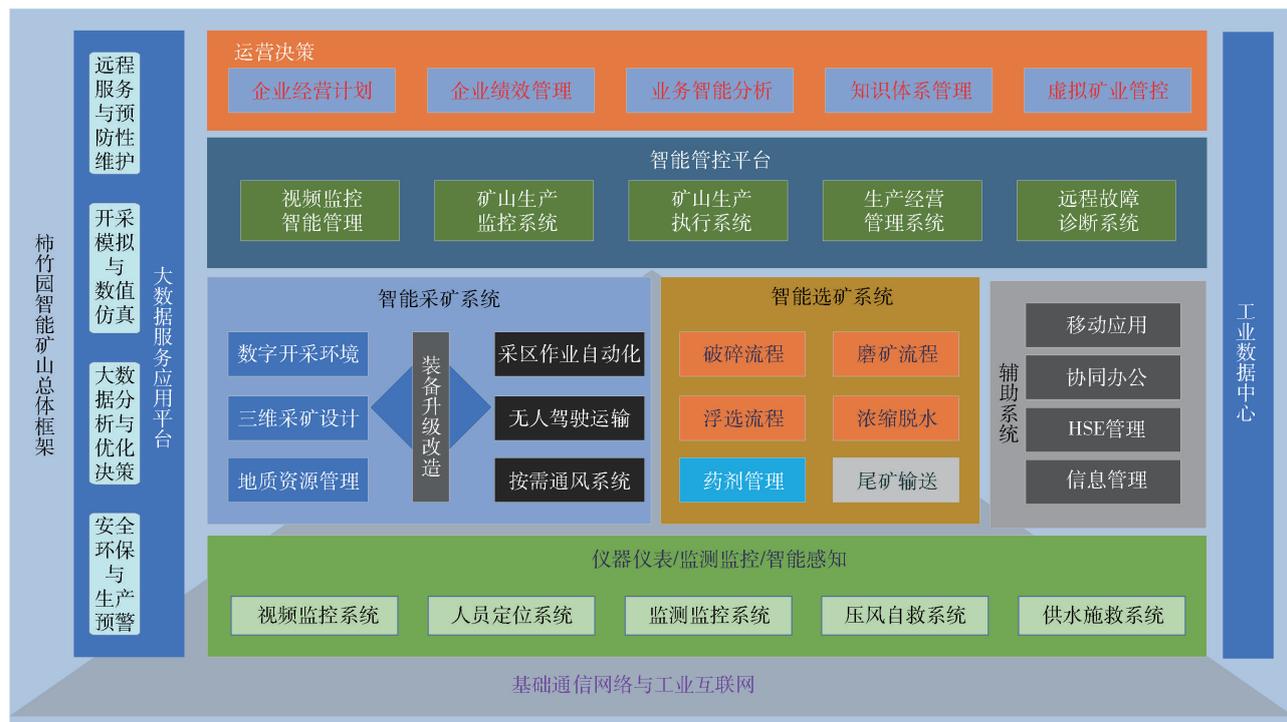


图 1 柿竹园智能矿山建设总体框架

## 2.3 柿竹园智能矿山建设内容

### (1) 基础通信网络建设

建设一套融合网络,将办公网、视频网和工控网有机联系,结合 5G 无线局域网,将智能矿山管理系统所需的各类数据进行采集和传输,实现传统控制系统之间的融合、多网合一、全面采集地下生产数据,为智能控制和大数据生产打下基础。

### (2) 工业大数据中心建设

建立柿竹园工业大数据中心,实现矿山生产数据、设备运行参数及其他数据实时采集和管理,形成矿山生产运营大数据服务中心。在建设模式上,可以充分利用数据运营服务商和数据中心资源,建设矿山云服务系统,依托矿山生产运营大数据和云计算服务平台,进行实时在线数据分析,挖掘矿山生产

数据规律,为矿山生产经营提供决策,并可为矿山提供远程监控、远程诊断和专家服务等。

### (3)智能管控平台建设

通过对目前现有子系统进行改造整合实现基础生产装备数据接入,如人员定位系统、有毒有害气体监测系统、风机远控系统、井下铲运机自动计量系统、矿石运输及计量系统、视频系统、广播系统、尾矿库在线监测系统等,达到数据整合、提高生产管控水平、优化生产流程、强化安全管理、提升生产指挥能力目标;通过生产执行系统和经营管理系统建设,实现数据横向集成、纵向贯通、管理控制一体化的生产、运营管理体系,固化生产管理模式,实现整体能力提升;运用数据挖掘、专家系统等人工智能技术,实现生产指挥、资源预测、突发事件处理等决策支持功能,实现矿山从数字化到智能化的转变。

### (4)智能采矿系统建设

首先需通过建立地测采三维数字化系统,实现资源开采、工程设计和开采管理三维透明化,为智能矿山建设构建三维环境基础;然后根据柿竹园当前面临的采矿现状,开展智能化采矿工艺与方法选择,并逐步对矿山采掘设备进行升级改造;最后通过采用人工智能、自动控制、融合网络等技术实现井下有轨电机车运输、固定安装设施、智能供配电等系统远程遥控操作,现场无人值守,大幅减少井下作业人员,提高采矿安全保障程度和作业效率。

### (5)智能选矿系统建设

第一部分是选矿自动化系统建设。一是建立设备自动化控制系统,检测设备运行状态,并进行生产安全连锁、顺序启停逻辑控制,实现生产流程稳定运行、提高生产过程自动化程度及水平;二是完善工艺自动化控制系统,对矿量、物位、流量、浓度、压力、pH值、粒度、品位等参数进行检测与控制,针对具体关键作业进行智能化控制,降低生产成本,提升生产指标;三是优化安全监测系统,主要为尾矿库安全监测系统,对坝表位移、浸润性、渗流量、库水位等参数进行全天候自动采集,视频实时监控,巡查信息现场报警,自动应急报警,保障生产安全。第二部分是选矿工艺优化控制系统,根据科学有效的工艺控制策略,配备优化控制系统及相应检测分析仪器仪表,建设选矿作业流程的闭环控制,实现磨矿分级溢流产品浓细度,选别产品品位、回收率等关键工艺指标稳定与优化。

## 3 柿竹园智能化矿山建设保障措施

### (1)组织机构保障

应该在组织架构里增设专门的信息化建设管理机构,该机构由公司信息中心和采选厂区信息中心组成。公司总部的信息中心包括新建的信息部、计算机中心与公司原有的网络中心、监控中心、线管中心、智能调度中心等,要形成一个完整的网络信息平台,该平台能够顺畅地完成信息的采集、传输、存储和处理。

### (2)资金投入保障

资金投入是推进信息化建设顺利开展的重要保障,应将智能矿山建设资金纳入财政预算。要把智能矿山建设资金列为专项资金进行管理,公司在每年预算中规划出一定数额的资金作专款专用,以保证公司智能矿山建设资金投入的需要。同时,在保证信息化资金投入的同时,还要加强对智能矿山建设的投资决策管理,提高资金使用效率。

### (3)人力资源保障

为了适应柿竹园智能矿山建设的需求,必须加强对信息化、智能化人才队伍的建设,强化对具有信息技术知识与业务知识的复合型人才的培养。通过采用科学的管理手段、人才激励与培训机制,保证信息化人才队伍技术结构与数量上的稳定,以确保信息化工作稳步持续发展。

## 4 柿竹园智能化升级的预期效果

### (1)改善安全管控模式,提升企业形象

通过矿山智能化改造,实现采矿作业办公室化,有力保障矿山安全生产,极大改善井下作业环境,生产过程的安全监测防范,并消除了潜在的各种事故风险,保障作业人员的安全健康和设备设施免受损坏,有效防范和坚决遏制安全事故发生。

### (2)转变生产模式,引领行业发展

通过智能矿山建设,彻底颠覆传统矿山的生产模式,从半机械化过渡到机械化作业,从生产过程的手动控制过渡到智能化控制,从粗放式管理过渡到精细化、智能化管理,实现矿山生产管控一体化。通过柿竹园公司智能矿山建设,将形成先进的管理思想和方法,形成一套有色金属矿山智能矿山建设的标准体系,引领行业发展。

## 5 结论

本文以柿竹园矿山智能化发展面临的问题为出发点,通过构建智能化建设总体框架进而梳理了主要建设内容,可以得出以下结论:

(1) 确立了柿竹园地质资源与开采环境数字化、采选生产装备现代化、采选生产过程遥控化、矿山运营管理信息化,数据管理网络化的建设目标。

(2) 柿竹园智能矿山建设框架依托大数据服务平台,通过矿区高速 5G + 融合网络传输,实现设备监控、生产执行、智能管控和运营决策四个层级的应用系统融合和协同优化工作。

(3) 柿竹园智能化建设主要内容包含基础通信网络建设、工业大数据中心建设、智能管控平台建设、智能采矿系统建设和智能选矿系统建设五大方面。

### [参考文献]

- [1] 于润沧,刘诚,朱瑞军,等. 矿山信息模型——矿业信息化的发展方向[J]. 中国矿山工程,2018,47(05):1-3+13.
- [2] 蔡美峰,谭文辉,吴星辉,等. 金属矿山深部智能开采现状及其发展策略[J/OL]. 中国有色金属学报:1-19

[2021-10-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1238.TG.20210913.1149.001.html>.

- [3] 中华人民共和国国务院. 关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见[Z]. 北京:中华人民共和国国务院,2017.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部,中华人民共和国国家发展和改革委员会,中华人民共和国自然资源部. 有色金属行业智能工厂(矿山)建设指南(试行)[Z]. 北京:中华人民共和国工业和信息化部,2020.
- [5] 中华人民共和国自然资源部. 智能矿山建设规范(征求意见稿)[Z]. 北京:中华人民共和国自然资源部,2020.
- [6] 张元生,战凯,马朝阳,等. 智能矿山技术架构与建设思路[J]. 有色金属(矿山部分),2020,72(03):1-6.
- [7] 李国清,王浩,侯杰,等. 地下金属矿山智能化技术进展[J/OL]. 金属矿山:1-15[2021-10-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1055.TD.20210917.1115.002.html>.
- [8] 韩安,陈晓晶,贺耀宜,等. 智能矿山综合管控平台建设构思[J]. 工矿自动化,2021,47(08):7-14.
- [9] 兰恒敏,王伟霞.“绿色”“智能”展翼 山东黄金腾飞——2020 中国国际一流绿色智能矿山建设高峰论坛在济召开[J]. 山东国资,2020(12):42-43.

## The Path Towards an Intelligent Mine: Shizhuyuan Multi-Metal Mine

HE Bin-quan, ZHANG Wei-guo, FU Cai-ping, ZHANG Hai-sheng

**Abstract:** As a result of lacking a holistic approach in mine development, the multi-metal mine in Shizhuyuan has room for improvement in the automation of mining equipment and facilities, the mineral processing process, and the digitalization of operation management. To the address these drawbacks, a comprehensive framework is proposed in this article for the automation and digitalization of the Shizhuyuan Mine, based on the actuality of the mine and aiming at safety, efficiency, environmental friendliness, and intelligence. The framework comprises communications network, industrial big-data center, digitalized management platform, and intelligent mining and mineral processing systems, etc., corresponding to four system levels: equipment monitoring, production execution, digitalized management, and operation decision-making. The framework can serve as a guidance for a quality development of the Shizhuyuan Mine.

**Key words:** intelligent mine; holistic planning, network fusion; management platform; mining and mineral processing systems

