



中科奥维 5G⁺智慧矿山采选三维管控云 平台 ——眼见即为实

引言：沈阳中科奥维科技股份有限公司是中科院沈阳自动化研究所下属产业化公司，公司成立于 2013 年 6 月，在北京、沈阳、大庆、哈尔滨等多地设有分支机构。

公司依托中科院沈阳自动化研究所在科技、人才、创新方面的优势，长期开展创新研究，致力于中国智能制造技术的进步，并拥有大量相关方面专有研究成果及专利技术。深耕于工业互联网行业，是目前我国唯一掌握工业物联网 WIA-PA 无线通信国际标准的企业（全球三大工业无线协议标准之一）。专门从事矿山、冶金、石油、化工等重点行业的软件开发，工业物联网的前端传感设备、网络传输设备、行业专用测控装置产品的设计、研发、制造，提供系统集成与专业的技术服务，为行业用户提供工业互联网整体解决方案，是经国家认证的双软企业和高新技术企业。

面向近年来我国矿山发展现状，通过持续与用户需求的深度结合，公司构建了以地质品位、采出品位、入选品位、精矿品位和入炉品位为核心指标，贯穿地、采、配、选、冶全流程的采矿闭环智慧矿山生产执行体系，实现矿山生产自动化、业务协同化、决策智慧化。基于工业互联网、ICT、人工智能核心技术与矿山生产协同、工艺优化进行深度融合，为客户提供先进的智慧矿山解决方案及成熟的产品服务。赋能矿业生产智慧化的创新模式。

一、项目概况

1. 项目背景

鞍钢矿业所属矿山均为特大型铁矿山，生产工艺流程长，管理环节多，工程复杂性高，各个层级之间信息传递具有滞后性，难以实现实时的、最优的生产指挥调度，进一步推高了厂矿的整体成本。采选生产过程中的原矿质量没实现精准智能跟踪，选矿各生产工序没有进行全局优化协调控制，生产组织有进一步提升的潜能。

本项目建设对鞍钢矿业采选生产过程进行充分的现场调研，立足当前现状，梳理业务需求，结合前沿技术，寻找提升空间，规划出一套有价值、可落地、可复制的解决方案，提升矿山管理的智慧化水平。

2. 项目简介

本项目建设以智慧矿山采选三维管控云平台为载体，构建三维仿真矿山，结合 5G 网络、WIA-PA 网络覆盖，实现现场数据不间断地实时交互。用户通过三维管控平台利用 VR 技术可实现对采场、选厂的现场状态的全面感知。基于该平台，建立三维采场系统、智能卡调系统、三维选厂系统、磨磁数字孪生系统、矿石粒度图像分析系统等多个业务系统。通过这些系统的部署运行，有效地实现了业务流程优化，工人工作环境改善，工艺指标辅助提升，进而提升了矿业公司高效的管理水平和经济效益。

3. 项目目标

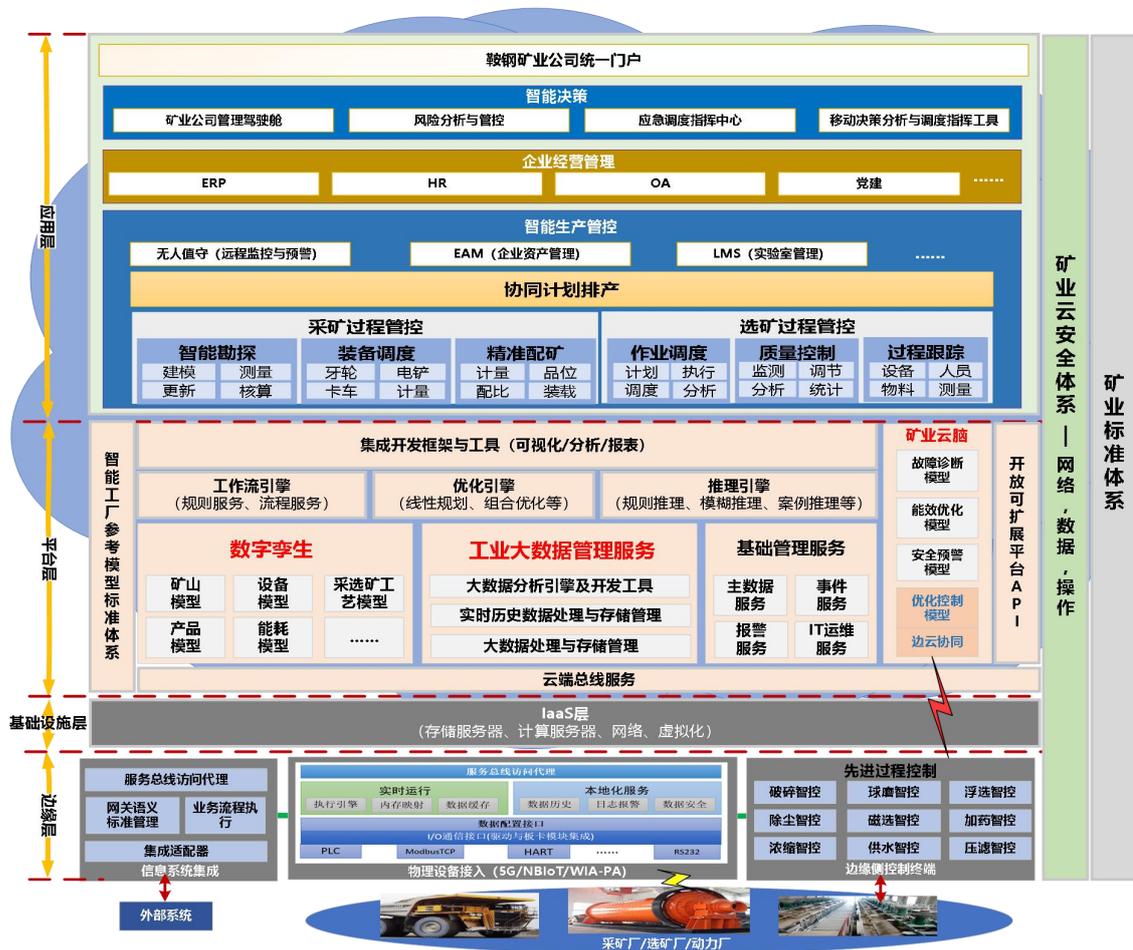
采用基于工业互联网平台的端边网云架构，建立面向“矿石流”的全流程智能生产管控系统，将矿山大量基于传统 IT 架构的信息系统作为工业互联网平台的数据源，继续发挥系统剩余价值，同时逐步推进传统信息化业务云化部署，实现矿山全流程的少人化、无人化智慧生产。

结合矿山开采环境复杂、生产流程不连续、安全管理压力大、多元素资源共生等特点，在矿业公司已有自动化、信息化建设基础上，推进物联网、大数据、人工智能、边缘计算、虚拟现实等前沿技术在矿山的应用，建成集资源的数字化管理、基于工业大数据的智能决策于一体的绿色、安全、高效的智慧工厂。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

工业互联网平台是实现智慧工厂、智慧矿山的重要载体。随着“5G+”“物联网+”、大数据技术、移动互联、云端技术的飞速发展，智能制造行业中的各类业务都在不断创新和发展，各类业务数据的存储、传输都呈现井喷之势，对于工业互联网平台建设提出了较高的要求。



根据鞍钢矿业智慧矿山总体规划顶层框架设计，以及鞍钢矿业下辖多制造企业（矿山）的组织架构模式，鞍钢矿业工业互联网平台采用矿业公司总部部署、企业多租户管理的方案，总部部署的平台承担决策层统一规范、统一标准、IaaS层资源共享、PaaS层互通的功能，企业空间部署执行层的应用管理平台，应用管理平台作为最底层承载着生产过程控制平台、生产管理等诸多业务平台。

3. 具体应用场景和应用模式

1) 5G+三维采场

建设数字地质系统，实现精准的地质三维展示，地质统计学分析和集成的建模环境，通过三维数字地质模型进行生产计划执行对接、爆破设计，为智能牙轮作业、智能配矿决策、智能铲装跟踪等采场作业提供数据基础。贯穿计划、执行、验收、再更新地质模型完成采矿生产闭环。

根据采场实时数据，自动更新矿体模型，为下一期作业提供地质数据基础。建设地质管理功能。分层图、剖面图解译功能，提高地质图件的精度，经过水平自动连线算法能够通过上下层地质连线的改变自动形成矿体，减少测算和绘图工作量，提高工作效率。

通过 5G 传输，将人员定位、车辆监控等信号实时反馈在三维建模中，监控人员与车辆位置状况，向已经超出电子围栏范围的车辆司机提供报警功能。并且设备操作人员进行健康状态监视，确保生产安全以及周围人员安全。



图 1 5G+三维采场

2) 5G+智能卡调系统

依据智能配矿以及管理子系统下发的生产计划，本模块主要利用计算机技术、无线网络通讯技术、全球卫星定位技术、矿山工程系统理论和核心调度模型算法

等先进手段，建立铲运实时监控、智能调度、生产指挥和应变调优的管理系统。

实现对矿山的可视化、数字化、智能化、实时化管理，建立一种新的集生产监控、智能调度、生产指挥为一体的生产管理模式，是智慧化矿山建设的重要基础。

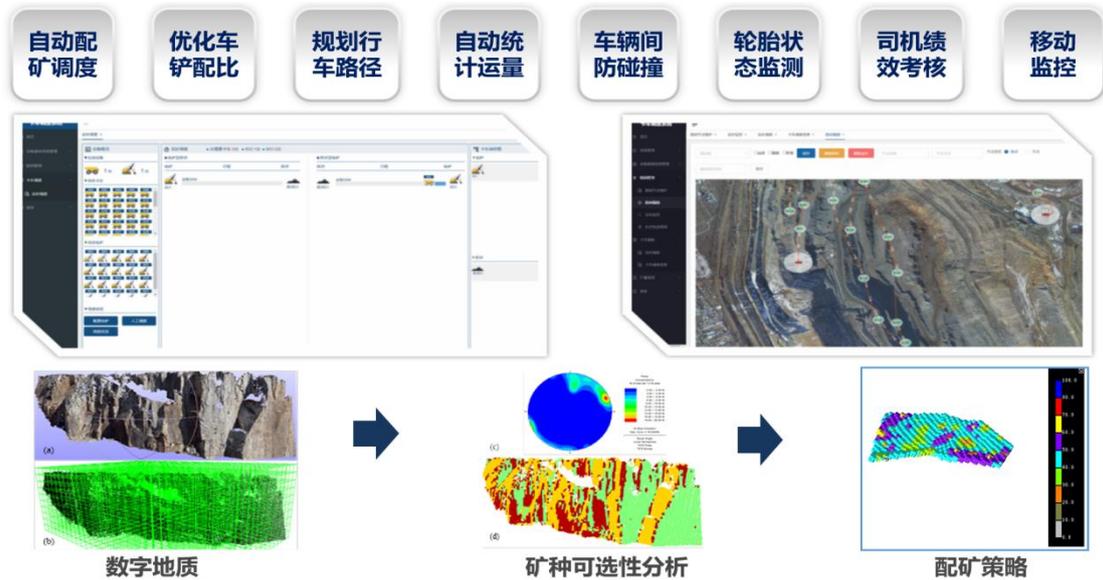


图 2 5G+智能卡调系统

3) 5G+&WIA-PA 三维 VR 选厂

三维 VR 选厂是通过虚拟现实技术使选厂内设备及工业流程 1: 1、生动、形象、直观的展示。利用计算机图形学、仿真技术学、多媒体技术、人工智能技术、计算机网络技术、并行处理技术和多传感器技术，结合 3D 交互技术真实模拟选厂现场环境并接入后台数据，可自主浏览和查看场景、设备结构及设备数据信息。

项目建设采用 5G 与 WIA-PA 相结合的网络覆盖模式，全面接入工厂设备的实际生产运行状态，真实、虚拟联动，在 3D 场景中能点击摄像头调取实时的视频画面，并设定仿真漫游巡检，在安全的环境下，更快速的发现生产问题。

能共享选矿部分各个单元、模块的故障信息、报警信息，自动进行响应，拉近到故障和报警发生地点，管理人员能够直接查看到信息详情和对应的机台、工序详情，并调用周边视频监控查看现场情况，让管理变得高效、直观，让集中指挥调度成为可能。



图 3 三维 VR 选厂

4) 数字孪生：球磨机工艺优化

充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的磨选仿真过程。

评估球磨机的运行状态，预测球磨机的产能、能耗，优化球磨机的工艺生产过程，最终对球磨机的生产运行进行干预，使球磨机在经济、稳定的运行条件下运行。

智能优化调节磁选机的控制策略，提升回收率，并通过智能巡检等技术手段，代替人工完成巡检过程中遇到的繁、难、险和重复性工作。



图 4 球磨机数字孪生工艺优化

5) 边缘人工智能检测

通过摄像头处采集图像、视频分析服务器采集图像对矿石进行图像分析处理，通过控件增强法和频域增强法等方法增加矿石图像与背景时间的颜色对比度以及噪声过滤处理，通过图像二值化算法对矿石图像边缘进行提取；通过图像形态

学对矿石图像进行修正，通过分水岭算法对矿石图像进行分割处理，以及图像增强技术、矿石图像分割技术等，最终计算出各粒度范围内矿石数量。

视频分析平台将视频分析服务器分析的数据采集、汇总，通过物体追踪、画面拼接等技术，对矿石进行二次分析验证，以保证数据的准确性，形成最终粒度分布数据。



图5 边缘人工智能检测仪表

3. 其他亮点

1、智能生产

建立智能配矿体系，实现各工序协同。并通过无人机的倾斜摄影以及激光扫描技术建立采场模型，建立模拟仿真与三维可视化系统，实现智能综合质量配矿管理、智能调度、智能分析体系。

2、智能安全

建立采场的人员测量安全健康监控，优化“3D 岗位”，通过机器人装置实现铁运高危作业调车指挥，改善调车员工作环境，使其发挥更大的劳动价值。

3、智能能耗

依托物联网技术，构建能源采集系统，使用大数据挖掘、大数据分析技术，实现单机台效能分析。通过精准油耗检测，改变工作模式，直接提升运输时效。能耗监控结合生产信息分析单机的工作效果，以及关键部件运行监控，实现新的采场能耗精准管理。

4、智能管理

通过全新的现代远程操控中心，完成采矿业务的垂直管理，提高生产效率，通过监控报警，主动式维护减少设备损耗，提高安全管理能力，通过数据绩效分析，提供数据化支撑的管理手段，提高管理效率。结合采场的大屏展示、移动办公等多终端表现形式，形成智慧矿山新的生产、管理模式。

三、下一步实施计划

1、无人驾驶

依托 5G 通讯网络系统，利用矿区三维地质数字模型进行路径规划，在运行过程中依靠摄像头、自动定位模块、传感器、自身运行状态监控等功能，实现自动驾驶、智能避障、车队协同控制、紧急停车等生产作业需求。在矿区调度管理室，调度员可进行统筹监控和管理，在必要时对车队的运行状态进行干预，以满足矿区生产需求，实现无人运输。

2、无人机应用

除了采场三维建模，将无人机更多的融入到采场的实际应用中，如在高风险地区航拍获取灾前地面影像资料，形成稳定的灾害监测无人机“数据采集--分析决策”良性发展模式；矿山环境恢复，对目标区域进行数据采集，经过计算机处理，进行定性或定量分析矿山环境的治理恢复的真实现状，为管理者提供决策依据。

3、资源优化开采

利用地质统计学分析和集成的建模环境，并根据矿床地质特征，智能分析矿区品位变化规律、计算剥离围岩各区段品位及成分，计算回收其他成分的成本及可行性，最大限度的利用矿产资源。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

本项目建设以“推进两化融合，打造智慧矿山”为背景，以企业需求为牵引，以 ICT 和人工智能为手段，以工艺优化和生产协同为途径，打造选矿智能工厂行业标杆，具备向其他选厂的快速复制与推广能力，实现与上下游生产环节的高效协同，为矿业生产“五品联动”管理机制的建立提供有力支撑，通过项目建设实现以下创新。

(1) 管控模式创新，建立远程集中控制管理体系，实现扁平化管理模式。实现生产管控系统的全面信息化采集，建立厂级综合指标体系，准确评估生产过程控制水平，实现问题的精准溯源，提升管理效率。

(2) 检测技术创新，突破选厂检测关键技术，实现矿浆品位、浓度在线检测，优化粒度检测方式。通过采用先进的仪器仪表设备，全面提升选厂现有工艺流程控制水平，实现选厂工艺信息的全面采集，为选厂智能控制提供基础数据支撑。

(3) 生产控制创新，以“量质平衡”稳态生产作为选厂智能管控的目标，通过生产过程大数据分析和机器学习等人工智能技术，使用数据驱动与人工经验选厂全流程的智能优化控制。

(4) 协同应用创新，应用“端边网云”架构，建设矿业工业互联网平台，改变传统的应用部署模式，打破数据孤岛，支持业务与数据的高效协同，采用三维 VR 技术与 5G 技术、WIA-PA 技术融合，通过对生产过程数据和矿山运营数据的分析、挖掘，不断形成创新应用。

2. 实施效果

1、资源精细化管理

1) 矿山资源数字化，项目建设中，从地质勘探信息入手，通过先进的地质三维软件构建直观可见的数字地质模型，做到了对国家资源的精准利用管理，是实现整体智慧矿山的基石。

2) 矿山开采智能计划，结合矿山数字地质，配合年生产计划，通过信息化建设生产排产系统，结合资源的地质品位、工艺的采出品位、设备生产能力等要因，运算生成到天的详细生产计划，剥岩量、采矿量、品位信息等一目了然，把传统的矿山生产由二维变为直观的三维管理，这样的升维带来的不仅仅是视野上的提升，还是资源以及资源流的精准管理，能够对整体智慧矿山建设，生产管理带来本质提升。

2、采选智能化生产

1) 智能穿爆，直接在数字地质上进行爆破设计，定义钻孔位置，通过爆破模拟评估本次爆破设计的效果，得到最优的爆破设计参数，然后直接下发钻孔位置、深度等参数给钻机，工作人员远程遥控钻机通过带 RTK 的精确钻孔定位系统定位钻孔位置，进行远程遥控钻孔作业，钻孔过程中实时获取钻孔深度数据，保证钻孔深度的准确性，同时依据地表高度修正钻孔深度，保证钻孔底层平面的

深度统一，达到爆破效果最佳。

2) 智能铲运，智慧采矿建设以释放劳动力，提升生产为目标，系统每日自动获取电铲位置，结合数字地质获取地质品位、矿种等信息，根据配矿条件生成配矿计划。配矿计划下发到智能卡调系统，系统提供全自动调度模式，会根据配矿计划、排队信息、运距里程、设备故障等综合因素自动生成调度指令并以语音方式在对应矿车上进行播报。车辆上的边缘智能终端会实时识别车辆的待铲、排队、装载等状态，自动统计车辆的运输次数、满载运距、矿岩车次数量等统计信息。生产全流程的贯穿带来的并非单一自动调度，而是生产行为的识别以及管理提升，通过每一次运输形成的生产行为大数据，通过分析最终形成感知与绩效的关联管理，为提升生产提供有力支撑。

3) 工厂无人值守，本次项目建设强化自动化基础设施完善，基于多种智能化检测手段实现对皮带机、破碎机等关键设备的现场感知能力，通过设备健康诊断系统实现设备故障提前预警，现场以巡检岗位为主，不再设置看护性岗位，改善工人作业环境，保障职业安全。通过矿石粒度分析系统实现对矿石流的跟踪管理，通过粒度分析，间接反馈振动筛运转状况，做到提前预警，组织维修，避免停机事故。

3、管理细致入微

1、三维仿真采场/选厂，本次建设我们结合无人机、三维 GIS、实时定位、数字孪生、大数据处理等技术，实现采场的车辆实时展示、生产信息展示、地形实时消减变化、路网自动生成、报警实时展示、真实视频与虚拟场景实时联动、爆区的电子围栏，通过先进的技术手段把矿山的生产变化实时客观的反映出来，这种改变不仅是让集控中心的人员实时感知，很多细微的后台感知无时无刻不在进行，系统根据规则生成的报警推送，视频联动，都无需集控人员实时关注，摆脱人看监控而是系统来监控整体运行，关注细微变化。

2、管理驾驶舱，通过多系统的串联，把地质、计划、穿爆、配矿、采运、破碎、磨磁、浮选、精尾过滤进行串联结合，融合多系统多工序，形成生产写实，依照规则进行生产监控，依照管理政策进行生产绩效，融合多种手段进行大屏幕、移动端、PC 端、矿车终端等多设备展示，形成多层次用户的数据快速掌握，生产快速跟踪。