



科技强安 智能筑防

构建高原矿山本质安全新格局

中国黄金集团西藏华泰龙矿业开发有限公司

党委书记、董事长：傅渊慧

CONTENTS

目录

01

开篇引言——为什么
我们需要“智慧矿山”

02

机遇与挑战——高寒高
海拔矿山的智能化破局

03

核心系统一：井下5G
有轨运输无人驾驶电机
车系统

04

核心系统二：露天矿无
人机智能巡检系统

05

核心系统三：高精度矿
山监测系统

06

融合赋能与未来展望



01

开篇引言——为什么我们需要"智慧矿山"

1.1 海拔高 储量高 要求高

西藏地区平均海拔4000m，面积120.28万平方公里；是我国重要的战略资源储备基地。

西藏五大国家级铜铅锌资源基地

地区	基地
藏中地区	铜铅锌铝铁勘查开发基地
藏南地区	铬铁矿勘查开发基地
藏东地区	铜铅锌多金属勘查接续基地
藏西北地区	盐湖资源勘查开发基地
藏西北地区	铜铁铅锌勘查后备基地

中国超大铜矿

名称	位置	资源储量 (金属万吨)
多龙矿集区	西藏阿里地区改则县	2700
驱龙铜矿	西藏拉萨市墨竹工卡县	1036
玉龙铜矿	西藏昌都地区江达县	650
甲玛铜矿	西藏拉萨市墨竹工卡县	614
德兴铜矿	江西德兴	579
普朗铜矿	云南香格里拉	480
雄村铜矿	西藏日喀则	393
乌奴格吐山铜矿	内蒙古新巴尔虎右旗	267
多宝山铜矿	黑龙江黑河	237
尼木县厅宫铜矿	西藏尼木县	138
冬瓜山铜矿	安徽铜陵	105

➤ 截至2025年，西藏已探明铜资源量超5000万吨，占比超过国内储量的50%。

1.1 海拔高 储量高 要求高

生态环境脆弱



自然条件恶劣



社会维稳压力



1.2 高原智慧矿山建设



高原矿山挑战

环境恶劣，安全风险高，工作效率受限，亟需技术革新应对。



智能化转型

运用无人化技术，保障人员安全，提升作业效率。



项目愿景

构建安全、高效、绿色的智慧矿山典范，引领行业未来。



核心目标

追求安全零事故，效率大幅提升，实现精细化数据管理。

02

机遇与挑战 —— 高寒高海拔矿山 的智能化破局

2.1 高寒高海拔智能化矿山的局限性

自然环境

- 高海拔、紫外线强烈
- 高寒缺氧、极端温差
- 人员及装备适应性差



深部开采

- 安全风险增大
- 开采难度变大
- 开采成本上升



高寒高海拔地区矿业开发面临的挑战!

- 从业人员不足，效率低下
- 技术人才短缺，成本攀升
- 健康风险高



- 环保要求高
- “双碳”战略
- 绿色发展迫切



人才短缺

绿色发展

2.2 技术攻坚：无人驾驶技术的特殊难点

“感知”难点

低温浓雾、巷道粉尘严重影响激光雷达和摄像头感知精度。

“执行”难点

设备可靠性：电子元器件、电池在低温环境下性能急剧衰退。
机械适应性：制动系统、传动系统在低温下易失灵。

“决策”难点

复杂巷道高精度定位与智能调度，设备低温可靠性及机械适应性挑战。

“网络”难点

井下巷道对信号传输造成多径效应，需部署5G、WiFi6等专用网络确保低延时、高可靠性。



2.3 模式革新1：无人机智能巡检VS传统人工巡检

对比维度	人工巡检	无人机智能巡检
效率	范围小、速度慢、耗时长	范围广、速度快、效率提升数倍
安全性	面临边坡滑坡、高海拔疾病等直接风险	人员远离危险区域，本质安全
数据质量	主观性强，难以量化，易遗漏	客观、精准、可量化，生成高清二维/三维模型
工作条件	受恶劣天气、夜间限制、地理环境限制	不受地理环境限制、可夜间作业（红外），适应性更强
成本	长期人力、时间与保障成本高	一次投入，长期自动化运行，综合成本更低

2.4 模式革新2：单一边坡预警VS边坡多层次监测数据

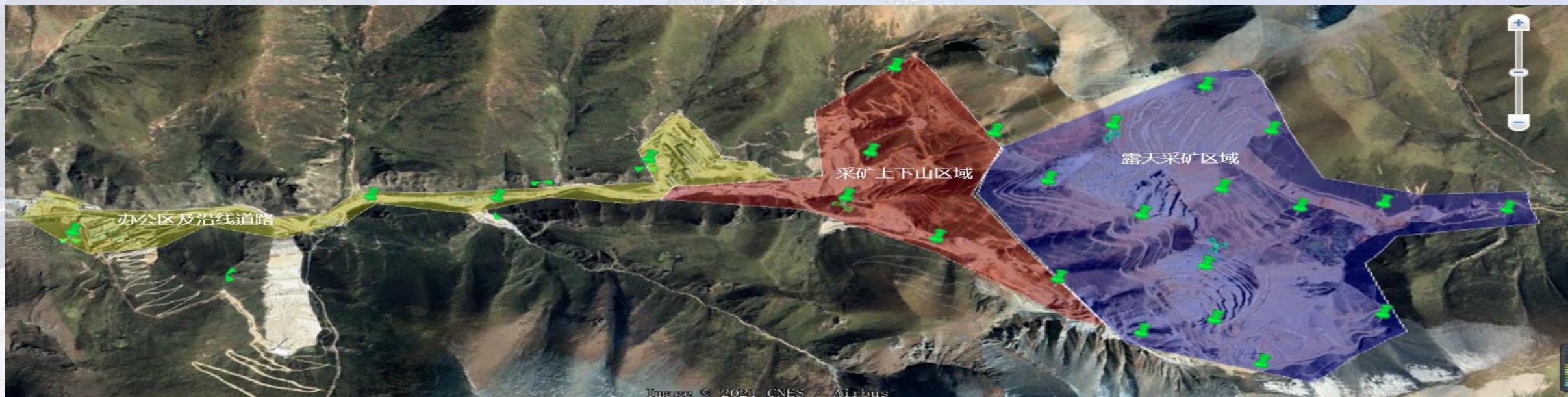
监测方式	监测手段	主要优势	主要局限	风险识别能力
单一边坡监测	边坡雷达	实时捕捉表面位移变化	仅监测表面位移 无法反映内部应力变化 难以监测地下水动态 易受外部扰动影响 误报/漏报风险高	基础位移监测
多层次边坡监测	边坡雷达 + 表面位移 + 内部位移 + 水位计 + 爆破振动 + 采动应力 + 高清监控	地表与深部变形协同分析 水文条件实时监测 爆破扰动精准捕捉 实时影像监控 预警准确率显著提升 响应时效增强	系统部署复杂 设备维护成本较高	精准识别变形趋势 区分自然扰动与滑坡风险 误判率降低 支持高海拔复杂环境决策

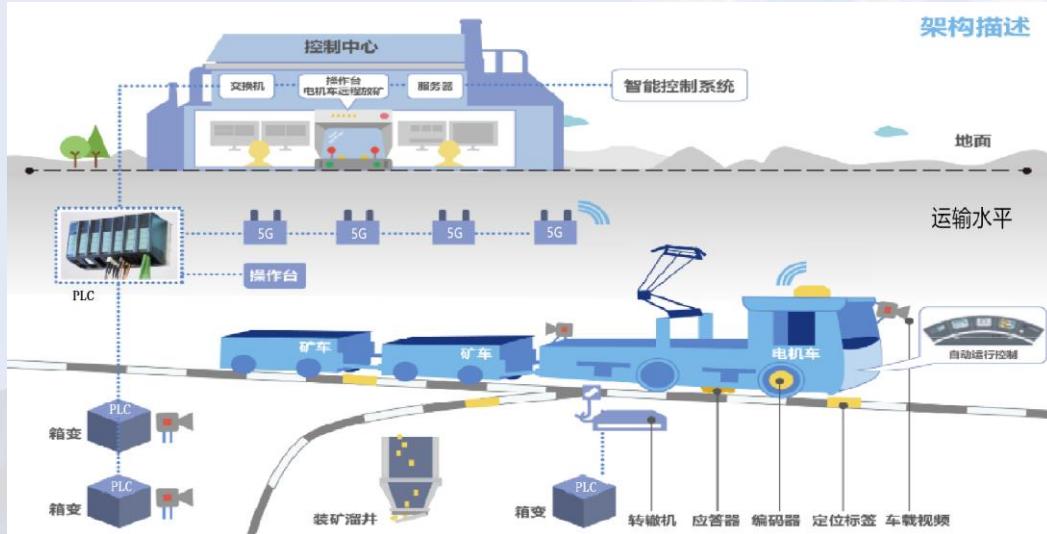
03

核心系统一：井下5G有轨运输无人驾驶电机车系统

3.1 打牢5G专网基础

依托5G专网建设，完成矿区内4/5G网络全覆盖，露天实现4/5G网络连续覆盖，包括办公区域及沿途道路、采矿上下山区域和露天采矿区域；井下完成4490斜坡道至五岔路口、4300中段卸矿处、4450中段及4400中段等5G覆盖及重点区域4G覆盖，实现华泰龙公司业务综合承载，通过5G网络低延时的效果来承载整个华泰龙矿区综合业务，为后期实现无人化矿山做前期基础。



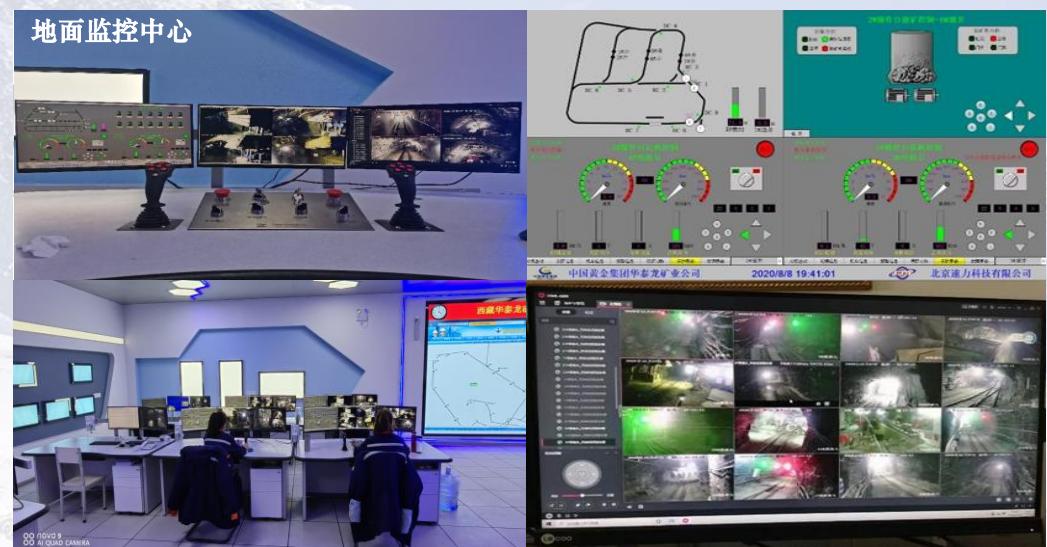


车端智能系统与网络中枢

井下全覆盖的5G专网，提供超低延时、高可靠性的数据传输，确保控制指令实时下达、电机车状态与视频监控画面流畅回传。集成精确定位、自动防护、智能驾驶控制器，实现自主启停、巡航、避障。

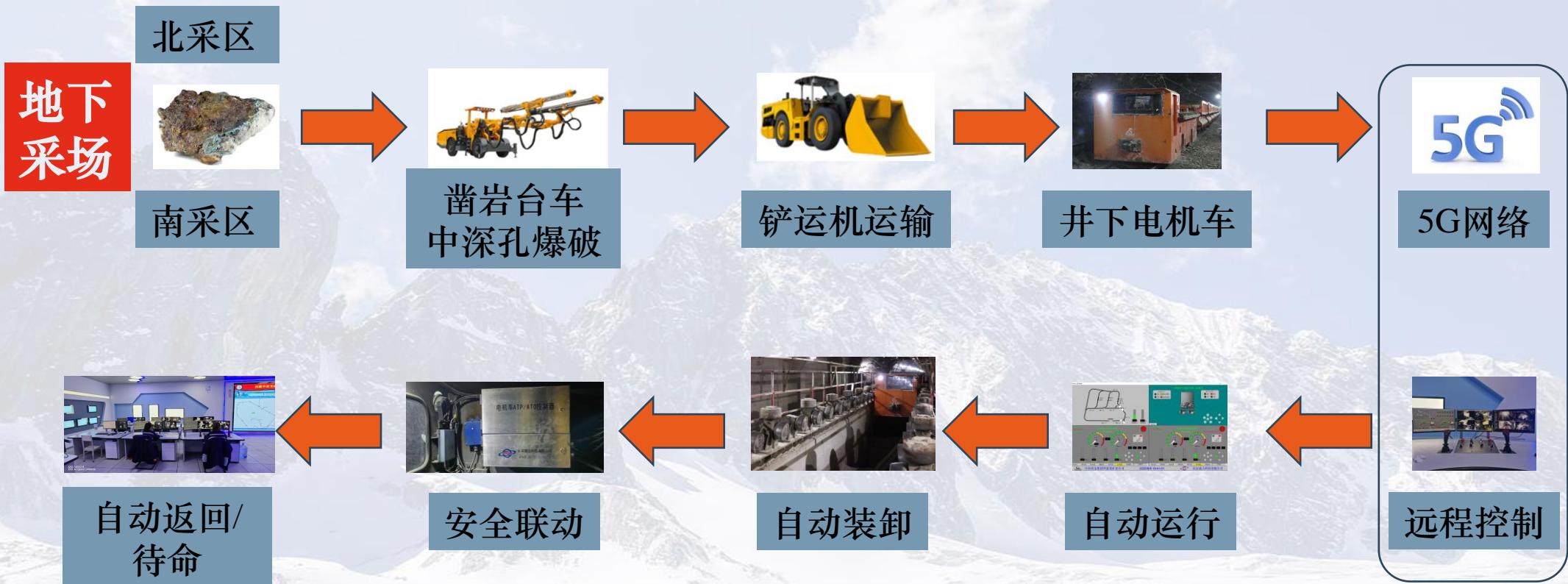
地面控制中心与关键辅助

智能调度平台，实时显示所有电机车位置、状态、运行计划，并可实现远程手动接管。信集闭系统、视频监控系统、装/卸矿站自动化系统，共同构成完整的无人运输生态。



3.3 应用场景与作业流程

场景：井下4450/4400分层有轨运输全自动作业流程



3.4 井下有轨电机车系统概述与落地成果

系统概述

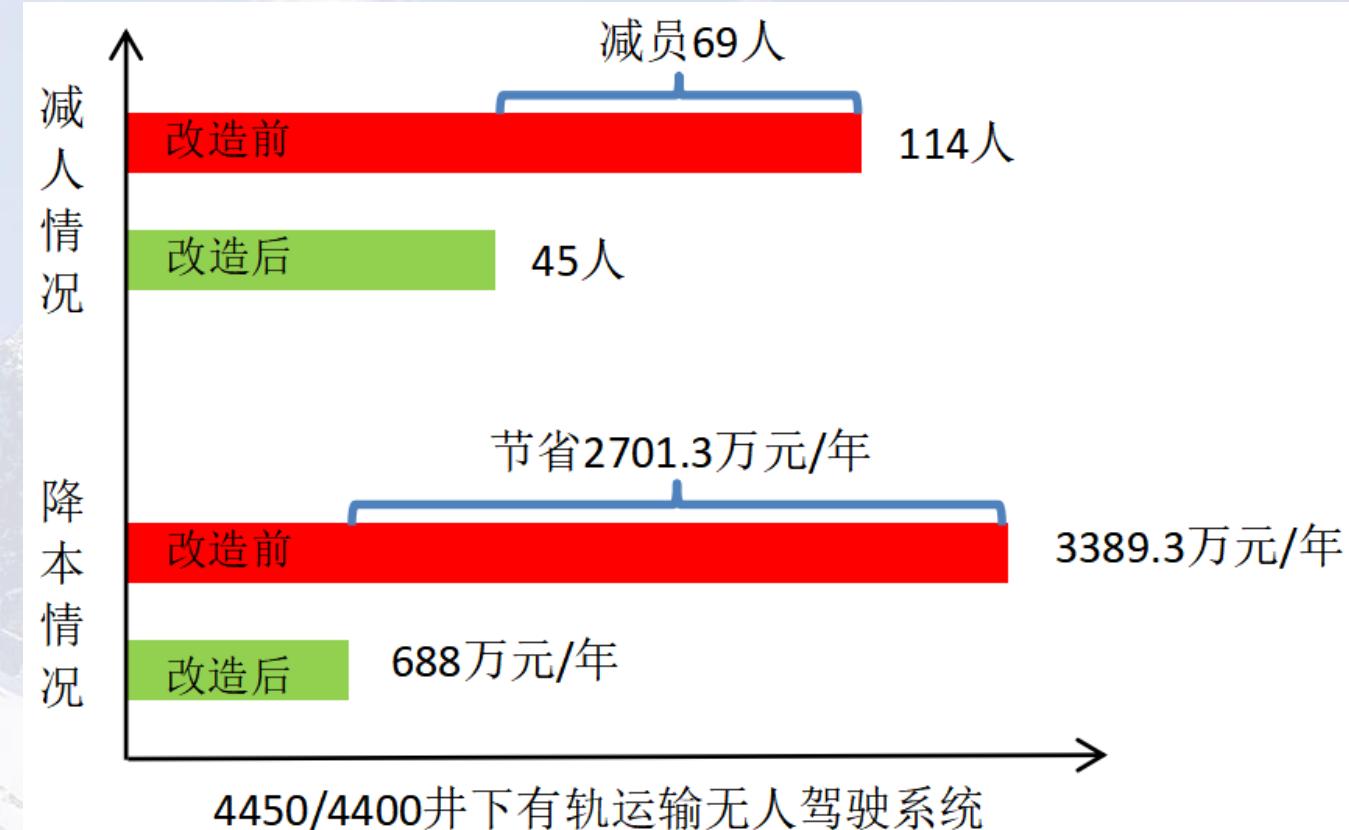
“地面控制中心远程操控 + 电机车智能运行 +
5G网络高速互通”

关键价值

女员工在地面控制中心，完成全流程运输作业，
减少井下作业人员。

落地成果

井下有轨运输远程驾驶控制系统是西藏自治区首
例，标志高原矿山运输步入无人化新时代。



3.5 核心优势与价值

经济价值

减少运输岗位人员，降低人力成本；提高运输连续性，提升整体出矿能力。

安全价值

实现了“无人跟车”，从根本上杜绝了运输过程中的车辆伤害，减少井下电机车作业人员、实现安全风险有效管控。

管理价值

运输计划精准执行，调度效率最大化，实现运输流程的全程数字化与可视化。



3.6 井下有轨运输系统斩获荣誉

2024年6月，《地下金属矿智能开采关键技术与装备》荣获中共中央、国务院颁发的“国家科学技术进步二等奖”



04

核心系统二：露天矿无人机智能巡
检系统

4.1 露天矿无人机智能巡检系统



露天矿无人机系统

为矿山装上“天空之眼”，
实现高效空中巡查。



替代人工巡检

确保矿山巡查更精准，更安全，提升作业效率。



核心科技应用

融合无人机自动巡检，AI智能分析及云端管理。



智能巡查价值

关键价值在于减少人力、降低安全风险，提高数据准确性与实时性。

4.2 技术架构解析

平台层

工业级无人机（抗风、抗低温）、自动停机坪（实现无人化起降、充电）。

算法层

AI视觉识别算法，自动识别边坡位移、非法入侵、设备状态、扬尘污染等。

网络层

5G网络，实现高清视频和数据的实时回传。

应用层

智能巡检管理平台，实现任务规划、自动飞行、数据分析、报告生成一站式管理。



4.3 应用场景与功能



边坡安全监测

定期巡航，通过三维建模对比，毫米级监测边坡稳定性，预警滑坡风险。



生产区域巡查

巡查排土场、采场作业面，监控生产秩序与设备摆放。



环保与应急监控

监测矿区扬尘、排水情况；发生险情时，快速抵达现场，实时图传，辅助指挥决策。



夜间巡检

搭载红外热像仪，实现24小时不间断安防监控。

4.4 核心优势与价值



效率提升

1次飞行覆盖范围远超人
工巡查数日工作量。

数据精准

避免人为主观因素，提供
客观、可量化的巡检数据。

风险预控

提前发现安全隐患，变被
动处置为主动预警。

全面无死角

轻松抵达人员难以进入的
危险区域。

05

核心系统三：高精度矿山监测系统

5.1 矿山边坡安全监测的现状与挑战

安全监测现状

依赖传统传感器和监控设备，仅能实现矿山环境基本监测。

数据处理局限性

处理能力有限，无法高效完成数据分析与预警。

数据采集局限性

精度与实时性不足，特别是高寒高海拔环境下，难以适配复杂矿山环境需求。

系统集成挑战

技术更新滞后、系统集成度低、跨部门协同困难。



5.2 矿山边坡安全监测系统优化解决的核心功能

实时监测

多传感器融合技术，全方位、高精度监控矿山环境。

预警机制

分析数据预判风险，提前预警，保障矿山生产安全。

智能化决策支持

运用大数据与AI技术，深入分析矿山海量信息，为管理者提供科学决策依据，实现精准管理。

自动化应急响应

事故触发即时响应机制，自动启动应急预案，最大限度降低损失，保障矿山安全运营。

系统集成效果

优化后系统整合多平台，实现数据无缝共享，消除信息壁垒，提升数据使用效能。

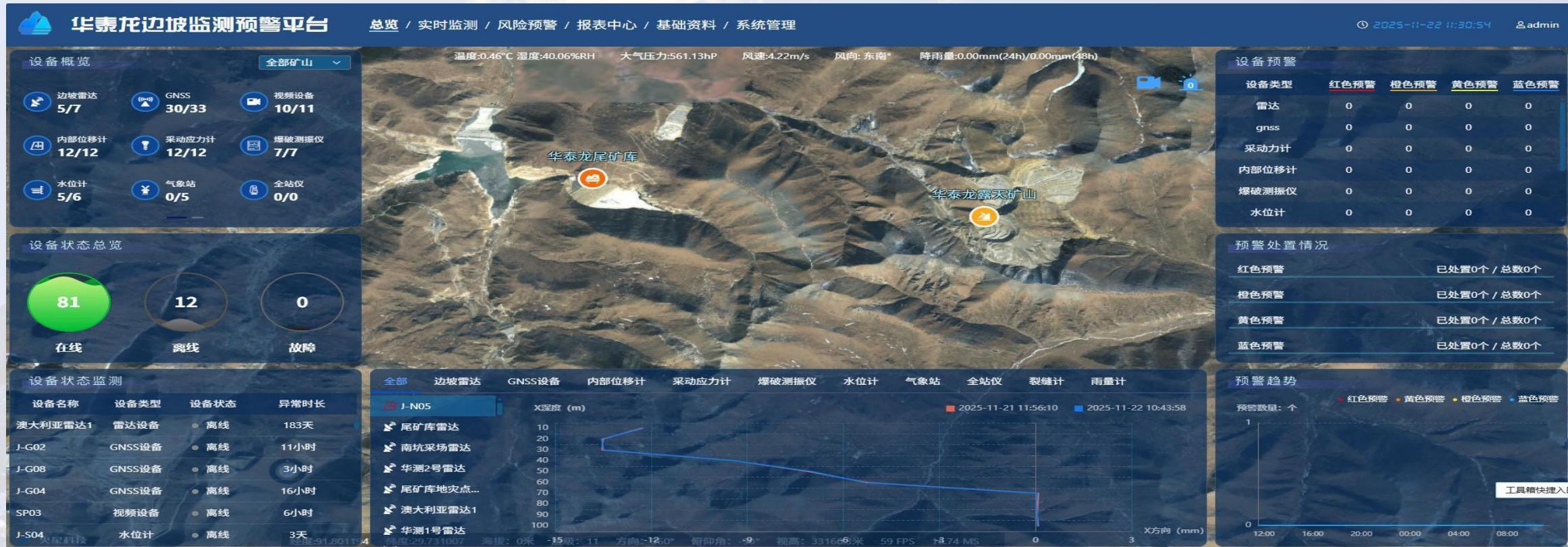
跨部门协作

建立联动机制，加强内部沟通，协同作业，显著提高集体应对突发事件的能力。



中国黄金
China Gold

5.3 华泰龙公司边坡雷达应用

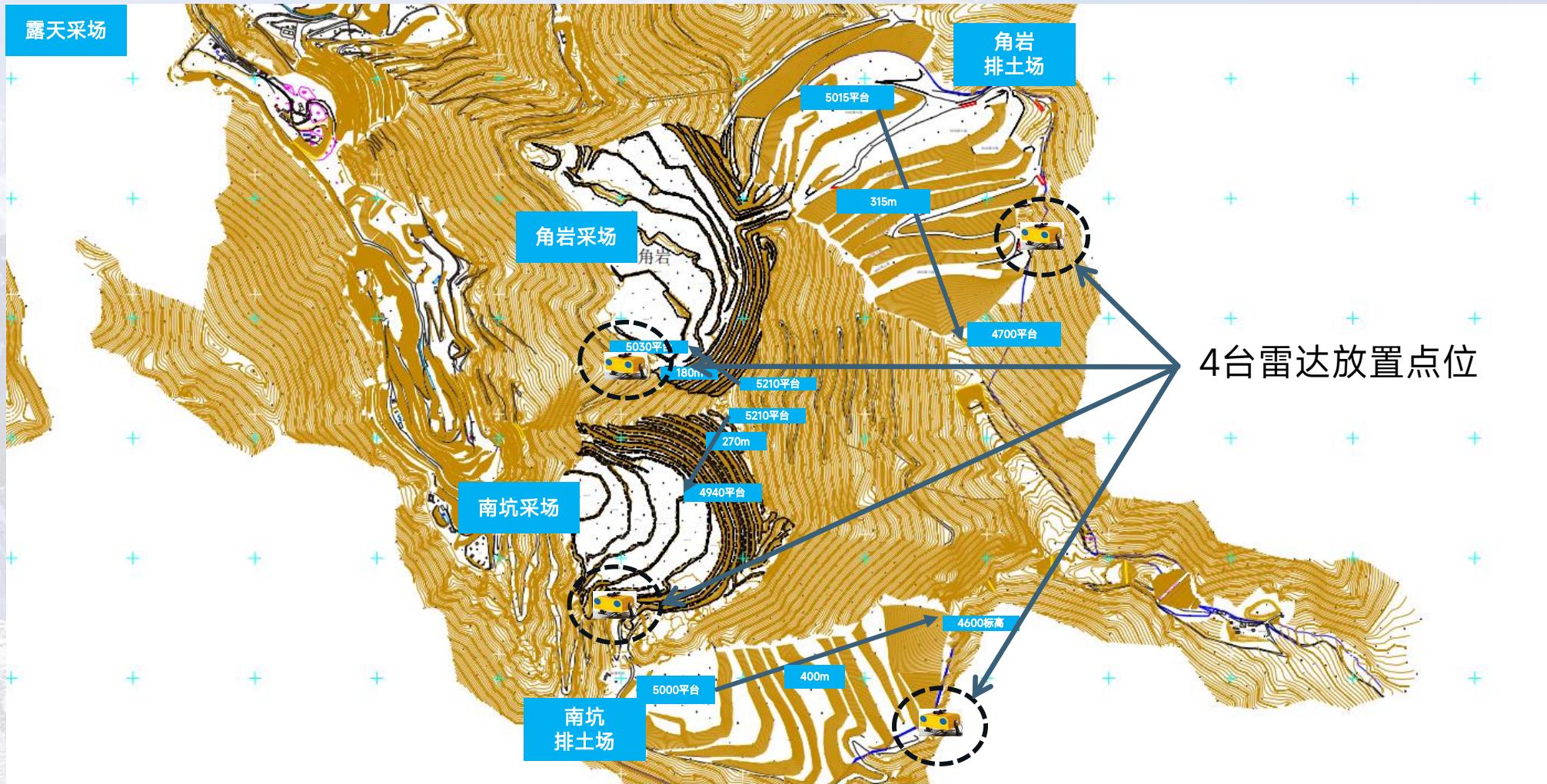


公司为提升高原矿山边坡安全监测水平，新建了露天边坡在线安全监测综合预警管控平台。该平台整合了多台高精度雷达监测设备，进一步增设了6类监测设施，将实时监测数据精准汇聚至统一平台，构建起全方位、多层次的边坡监测体系。



5.3 华泰龙公司边坡雷达应用

公司早期仅依靠4台边坡雷达对露天两个采场、两个排土场进行监测



5.3 华泰龙公司边坡雷达应用

序号	名称	数量
1	雷达	5
2	表面位移	33
3	内部位移	12
4	水位计	6
5	爆破振动	7
6	采动应力	12
7	高清监控	11



5.3 华泰龙公司边坡雷达应用

对于西藏华泰龙公司露天采场和排土场边坡安全在线监测系统，不仅要满足相关规范要求，同时根据矿山的实际生产需求，实现了如下功能：

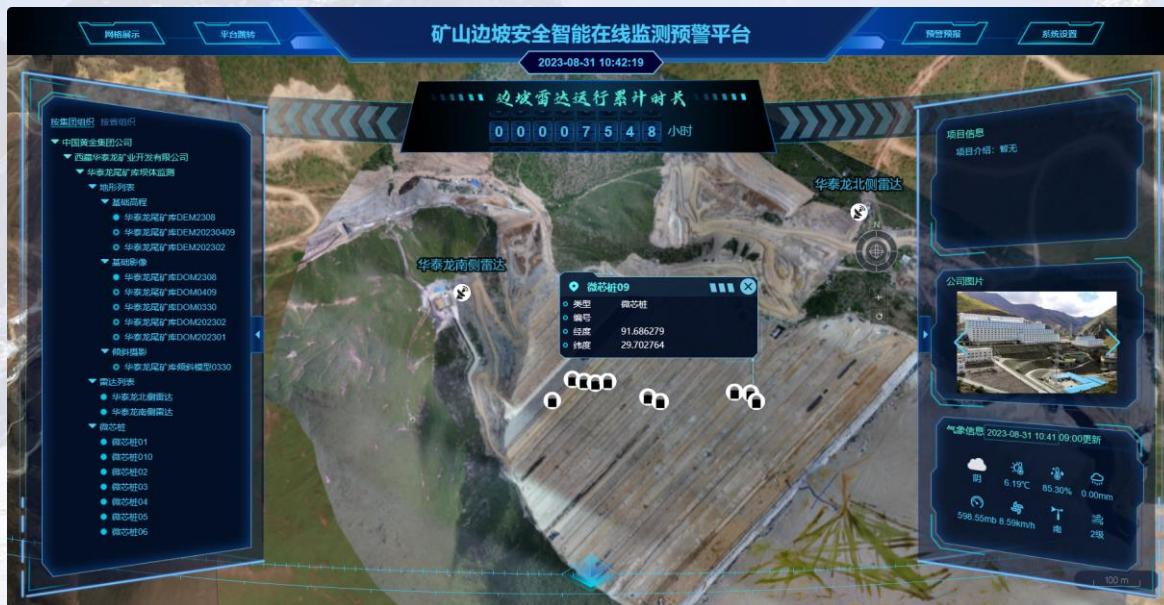
- (1) 恶劣气候下有效采集数据
- (2) 数据采集无人值守
- (3) 边坡大范围监测覆盖
- (4) 潜在危险区域重点监测
- (5) 多源数据综合管理
- (6) 监测数据专业分析和自动预警





5.4 华泰龙公司尾矿库在线监测系统应用

在尾矿库在线监测系统的基础上，增加了两台边坡雷达，用于辅助监测尾矿库坝体和库边取土场边坡监测，掌握尾矿库坝体表面位移实时数据，通过数据对比能更精确、更全面、更及时掌握尾矿库安全情况。按照矿山安全监管监察部门要求，实现尾矿库雷达在线监测和露天边坡监测系统统一平台，感知数据采集联网的功能。



华泰龙二期尾矿库边坡雷达预警平台



华泰龙二期尾矿库在线监测系统

06

融合赋能与未来展望

6.1 牵头标准编制

由西藏华泰龙公司为主体申请的“中国制造 2025”-2017年智能制造综合标准化与新模式应用项目获工信部批复，公司作为责任单位，《黄金行业数字化车间 通用要求》行业标准于2024年11月发布，2025年5月实施。

ICS 35.240.50
CCS H 04

YS

中华人民共和国黄金行业标准
YS/T 3046—2024

黄金行业数字化车间 通用要求

Digital factory of gold industry—General requirements

(发布稿)

2024-11-07 发布

2025-05-01 实施

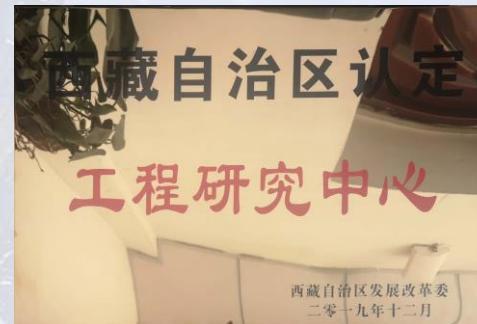
中华人民共和国工业和信息化部 发布

6.2 科技兴企



研发平台

- 西藏自治区级工程研究中心
- 金属矿山开采安全与灾害防治全国重点实验室西藏分中心



企业认证

- 国家级高新技术企业
- 西藏首家国家级技术创新示范企业
- 西藏首家通过“两化融合”管理体系 贯标达标企业
- CNAS认证
- 智能制造试点示范-（黄金数字矿山）

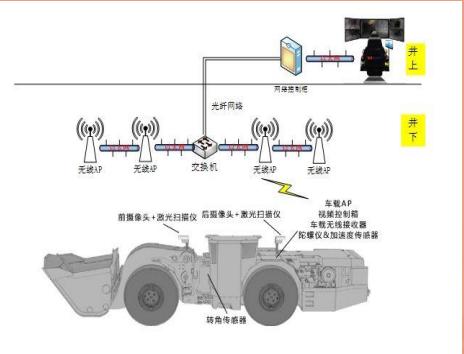
承担项目

- 2022年-2024年
 - 承担“十四五”国家重点研发计划课题1项；
 - 参与国家重点研发计划课题3项；
 - 2025年参与深地国家科技重大专项课题1项；
 - 承担2025年自治区重大科技专项1项；
 - 参与自治区重大研究计划项目1项；
 - 近三年实施集团公司重点科技计划项目27项。
- 截至2025年10月
 - 2022年-2024年
 - 获得授权专利42项，其中发明专利13项
 - 发表论文315篇
 - 参与制定国家标准3项，牵头编制行业标准1项



科技成果

6.3 未来展望与战略规划



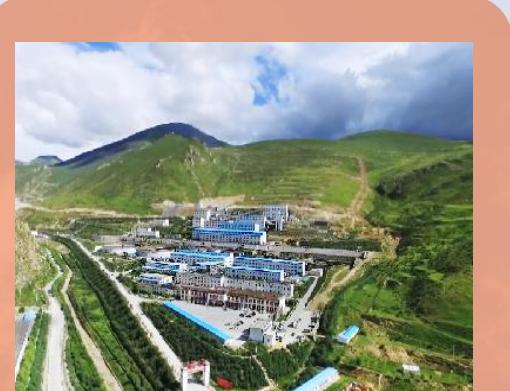
深化应用

扩展无人化设备种类（如无人铲运机、无人锚杆台车等设备）。



智慧升级

引入数字孪生技术，构建与现实矿山完全同步的“虚拟矿山”，实现预测性维护和全局优化。



绿色矿山

利用智能化手段，进一步加强环境监测与生态修复，迈向绿色、可持续矿业发展新模式。



行业引领

将“华泰龙模式”打造为可复制、可推广的高原矿业智能化样板工程。

结束语

在国家政策大力支持下，一批智慧矿山正在如火如荼建设中。一张网、一个平台、一朵云、多个智能应用的智能化矿山逐步实现了无人、少人化的开采作业，矿山智能化开采正在进入高质量发展的“黄金时代”。在这片奋斗的土地上，华泰龙公司在国家矿山局、西藏自治区各级党委、政府和中国黄金集团有限公司的正确领导下，将从“劳动密集型”向“技术密集型”转变，破解“招工难、招生难”等困局，为西藏自治区在智能化矿山建设上做好示范引领，掀开企业实现安全环保高质量发展新篇章。



汇报完毕，敬请各位专家指正！

感谢聆听！