



中南大學
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY

矿业系统工程

资源与安全工程学院
采矿工程系 杨珊 副教授



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿智能矿山进展

第四节 国内金属矿智能矿山进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第一节 前言

现代高新技术一直在引领和推动着矿业发展，高效率采矿技术、大型无轨设备、现代信息技术、矿业系统仿真与优化等技术的进步及广泛应用，使矿山的生产条件显著提升。进入21世纪后，物联网、大数据、云计算、人工智能、自动定位与导航、虚拟现实等高新技术逐步在矿山集成应用，使矿山的生产方式发生了根本性的变革，从传统的手工作业、机械化作业，逐步发展到了**自动化、数字化和智能化**阶段。

智能采矿已被普遍认为是未来矿山的生产方式，智能化技术和手段在矿山中的应用可以**极大提高矿山生产效率、保障矿山安全生产、减少生命和财产损失**。



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿智能矿山进展

第四节 国内金属矿智能矿山进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第二节 矿山智能化全球化战略引导

■ 国外矿山智能化战略

矿山的智能化进程经历了**矿山自动化**、**数字矿山**和**智能矿山** 3个阶段，其基础起源于西方的矿床数字化建模与自动化采矿。西方矿业发达国家最早开始应用自动化采矿技术可追溯到 20 世纪 60 年代，并随着应用范围的扩大，自动化技术、装备与开采工艺不断融合，形成了从自动化到智能化的采矿技术发展趋势。

20世纪 90 年代，芬兰、澳大利亚、瑞典、加拿大、美国等矿业发达国家，先后制定了一系列智能矿山发展计划，大幅提升了矿山的自动化与智能化水平，增强了企业的竞争力。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

- ✓ 1991年芬兰提出1992—1997年的5a智能矿山技术研究计划，之后又提出了智能矿山实施研发计划。涉及采矿实时过程控制、资源实时管理、高速通信网络、新机械应用和自动化采矿与设备遥控等28个专题。
- ✓ 加拿大1993年完成论证并开始实施采矿自动化项目5a计划，还制定了一项远景规划，拟在2050年建成所有机械破碎和自动采矿设备由卫星操控的无人矿山。
- ✓ 1994年，澳大利亚联邦科学和工业研究组织(CSIRO)发起了采矿机器人研究项目，研制了露天矿山大型铲斗的自动控制与遥控系统，开发了地下金属矿铲运机自动控制系统。
- ✓ 1996年，加拿大Inco、芬兰Tamrock和挪威Dyno炸药集团联合发起了采矿自动化计划(Mining Automation Program, MAP)，规划了导航、远程遥控、相应的控制软件并在加拿大北部建立了实验矿山。瑞典也制定了面向矿山自动化的“Grountechnik 2000”计划。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

近年来，国外矿业界持续推进智能矿山技术的研究与应用，无论是国家层面还是企业层面均提出了大量矿山智能化战略布局。

- ✓ 自2013年起，国际知名咨询公司德勤(De-loitte)在其公布的年度矿业趋势报告中先后强调了现代信息技术、远程采矿、数字化、数据分析和人工智能等技术的重要性。在2018年《智能矿山——创造真正的价值》报告中将“智能矿山”视为矿山转型的必然手段和未来发展的必然趋势。2020年度矿业十大趋势报告结合典型案例，强调了“走向智能采矿之路”的重要性，认为数字技术、人工智能以及分析解决方案将有望推动矿业转型，但同时也表明从启动智能化建设到创造预期价值仍有较长的路。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

- ✓ 近年来，瑞典持续开展了“瑞典矿业创新(Swedish Mining Innovation)”项目来推动矿业进步与可持续发展。2017年，6家瑞典采矿技术公司与瑞典商业公司联合成立了瑞典采矿自动化集团(Swedish Mining Automation Group, SMAG)，在采矿行业开展合作并促进创新。2020年开展了全面推进、试点示范、前瞻研究和战略规划四大类共计42个项目，涵盖了地测采选冶的全流程和物联网、无人机、大数据 等前沿技术的应用。
- ✓ 2019年，欧盟(EU)发起了一项为期4年的“Robo-miners”项目，开发一种能够用于地下开采的仿生机器人，适合狭窄或环境恶劣地点的采矿作业。
- ✓ 英美资源集团(Anglo American) 制定了“未来智能采矿(Future Smart Mining)”计划， 以逐步提升其智能化生产和管理水平。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

■ 两化融合与智能制造指导下的我国矿山智能化战略

近年来，国家加大了政策的扶持力度，与矿业发达国家的差距在逐渐缩小，并在一些领域实现了赶超，形成了一条具有中国特色的矿山智能化发展战略。

- ✓ 2007 年，国家号召“两化融合、走新型工业化道路”。
- ✓ 2015 年提出“中国制造 2025”战略，对我国矿山智能化建设起推动作用，促进我国智能矿山发展进程。
- ✓ 2016 年，国土资源部发布的全国矿产资源规划(2016—2020年)》明确提出未来要大力推进矿业领域科技创新，加快建设数字化、智能化、自动化矿山。
- ✓ 2017年，国家出台《安全生产“十三五”规划》，强调机械化换人、自动化减人。
- ✓ 2017年出台了《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《新一代人工智能发展规划》及《智能制造工程实施指南(2016—2020)》等文件。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

智能矿山建设相继引起了自国家、行业到大型矿业集团的普遍重视。

- ✓ 自“十一五”开始，国家先后立项开展了多项与智能化采矿相关的重点或专项科技攻关项目，如“数字化采矿关键技术与软件开发”、“地下无人采矿设备高精度定位技术和智能化无人操纵铲运机的模型技术研究”等。
- ✓ “十二五”期间，科技部将“数字矿山建设关键技术与示范”和“地下金属矿智能开采技术研究”列入了国家“863”计划，提升了矿山信息获取、信息传输和信息处理的能力，并研发了智能铲运机、智能卡车等智能采矿装备与配套技术，推进了我国智能采矿技术的发展。
- ✓ “十三五”期间，在“深地资源开采”专项支持下，设置了“地下金属矿规模化无人采矿关键技术研发与示范”项目，继续推动我国智能矿山领域的技术攻关。
- ✓ “十四五”规划更是对矿业的智能化提出了明确要求，指出要推动传统产业高端化、智能化、绿色化，推动互联网、大数据、人工智能等技术同各产业深度融合，培育新技术、新产品、新业态、新模式。

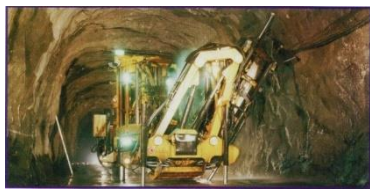
第二节 矿山智能化全球化战略引导

在国家相关政策的引导下，煤炭、有色、冶金以及黄金行业都根据各自的行业特征，开展了对矿山智能化建设内容、体系以及关键技术的讨论，开展了智能矿山建设工作，结合行业制定了指导企业智能化发展的相关指南或标准。

- ✓ **2017年1月**，《工业和信息化部关于推进黄金行业转型升级的指导意见》中明确提出了强化智能制造，运用信息化手段、自动化设备、智能化生产体系和强化标准建设等原则和要求来改造黄金产业。
- ✓ **2018年5月**，国家质检总局、国家标准化管理委员会发布了《智慧矿山信息系统通用技术规范》，正式将矿山智能化列入了国家标准。
- ✓ **2020年2月**，国家发展和改革委员会、国家能源局等8个部委联合下发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，明确了煤矿智能化发展的目标、主要任务和保障措施，对采煤、掘进、运输、通风、供电、选煤等环节的智能化发展具有重要的指导意义。

第二节 矿山智能化全球化战略引导

- ✓ 2020年4月，工业和信息化部、发展和改革委员会和自然资源部联合发布了《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》，加快推进5G、工业互联网、人工智能等新一代信息通信技术在有色金属行业的集成创新和融合应用，明确指出了鼓励生产劳动作业强度大、作业环境恶劣(高温、多粉尘、噪音大等)、人员安全风险大的凿岩、装药、支护、铲装、运输等岗位，应用智能凿岩台车、智能锚杆台车、智能铲运机、智能卡车、智能装药车等 具备自主行驶与自主作业功能的采矿装备，以降低人员劳动强度，提高生产安全性、质量稳定性和生产效率。



第二节 矿山智能化全球化战略引导

- ✓ 2022年，自然资源部完成了《智能矿山建设规范》行业标准编撰工作，涵盖金属矿、非金属矿、煤矿的智能化建设标准。
- “智能矿山”最终定义为“在地质测量、资源管理、采矿生产、选矿加工、运输仓储等方面实现数字化、信息化、智能化管控的现代化矿山”。
- 智能矿山建设应包括基础设施、资源管理、采矿、选矿、生态环境保护、矿山大数据应用与智能决策，具有系统性、全面性和技术指导性。



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿智能矿山进展

第四节 国内金属矿智能矿山进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第三节 国外金属矿智能矿山进展

■ 先进案例及智能化特色

瑞典基律纳铁矿——全面无人智能采矿

位于瑞典北部，隶属瑞典 LAKB 公司，是世界上规模最大的地下铁矿，设计规模为年产 3000 万 t 原矿。该矿已基本实现无人智能采矿，在井下作业面仅保留少量维检人员，大量生产作业流程由远程计算机集控系统完成，自动化和智能化程度非常高，拥有大型机械设备、智能遥控系统以及现代化的管理体系，高度自动化和智能化的矿山系统和设备是确保安全高效开采的关键。



第三节 国外金属矿智能矿山进展

(1) 基律纳铁矿巷道掘进采用凿岩台车，台车装有三维电子测定仪，可实现钻孔精确定位。

(2) 采场凿岩采用瑞典阿特拉斯公司生产的 simbaw469 型遥控凿岩台车，台车采用激光系统进行准确定位，无人驾驶，可 24 h 连续循环作业。采场凿岩、装运和提升都已实现智能化和自动化作业，大量无轨设备已实现无人驾驶。

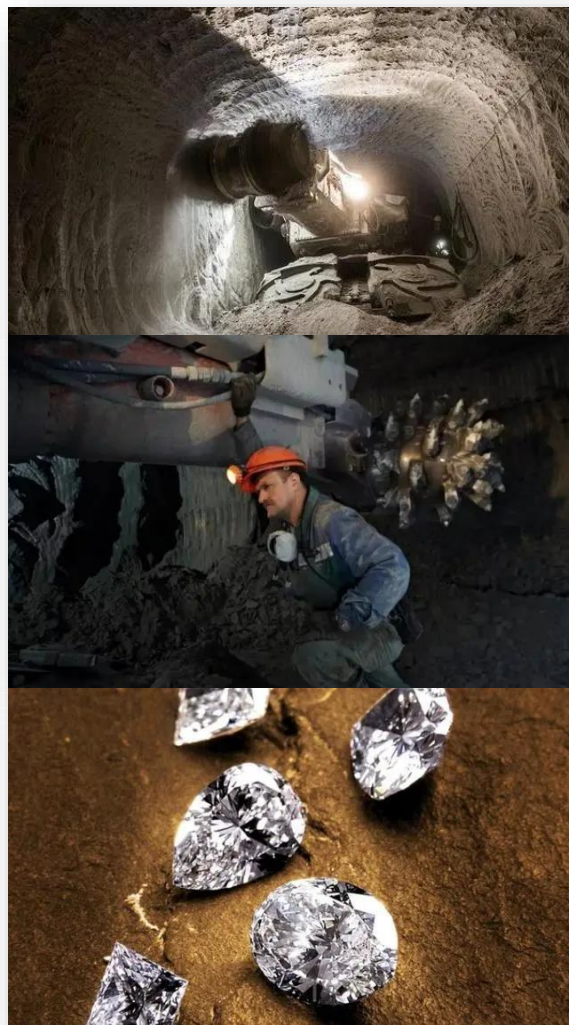
(3) 矿石装载采用山特维克生产的 To-ro2500E 型遥控铲运机，单台效率为 500 t/h。井下运输包括胶带运输和有轨电机车运输，有轨电机车为连续装载、卸载的自动化底卸车，胶带输送机自动将矿石从破碎站运送到计量装置中，与竖井箕斗完成装载和卸矿，整个过程均为远程控制。

(4) 巷道支护采用喷锚网联合支护，由遥控混凝土喷射机完成，锚杆和钢筋网安装使用锚杆台车。

第三节 国外金属矿智能矿山进展

芬什(Finsch)钻石矿——地下无人驾驶

南非第二大钻石矿。每台铲运机均安装了生产指令系统和铲斗计量系统，可将当班的计划出矿量、已出矿量、剩余出矿量、完成百分比、本次卸矿点及下个出矿点等信息显示在铲运机面板上，铲运机司机根据控制面板上的信息进行操作，缩短了铲运机和卡车之间互相等待的时间。2006年底卡车自动化系统投入运行，是全球首家实现卡车自动化的矿山。通过对现场矿卡自动化出矿技术进行对比分析，其应用效果较为显著：轮胎消耗降低 24%，燃油消耗节约 27%，维护成本降低 60%，卡车数量减少 33%，主要部件寿命延长65%，操作人员减少66%。



第三节 国外金属矿智能矿山进展

北帕克斯(Northparkes)铜矿——高度机械化和自动化

位于澳大利亚新南威尔士州，现由洛铂集团控股。该矿山地表设置采矿远程控制中心，使用移动车辆无线定位和视频监控技术等。

该矿井下生产从2014年起就实现了80%自动化，并在2017年左右提升到完全自动化，在矿业界尚属首例。所有北帕克斯矿的无人驾驶装载车自行运转，进行装矿、运矿和卸矿。这一突破让北帕克斯矿山实现了全天24 h、一周7 d不停运转，提高了日产量，并显著降低了采矿成本。完全自动化使北帕克斯矿山成为了全球行业领先者和行业标杆。

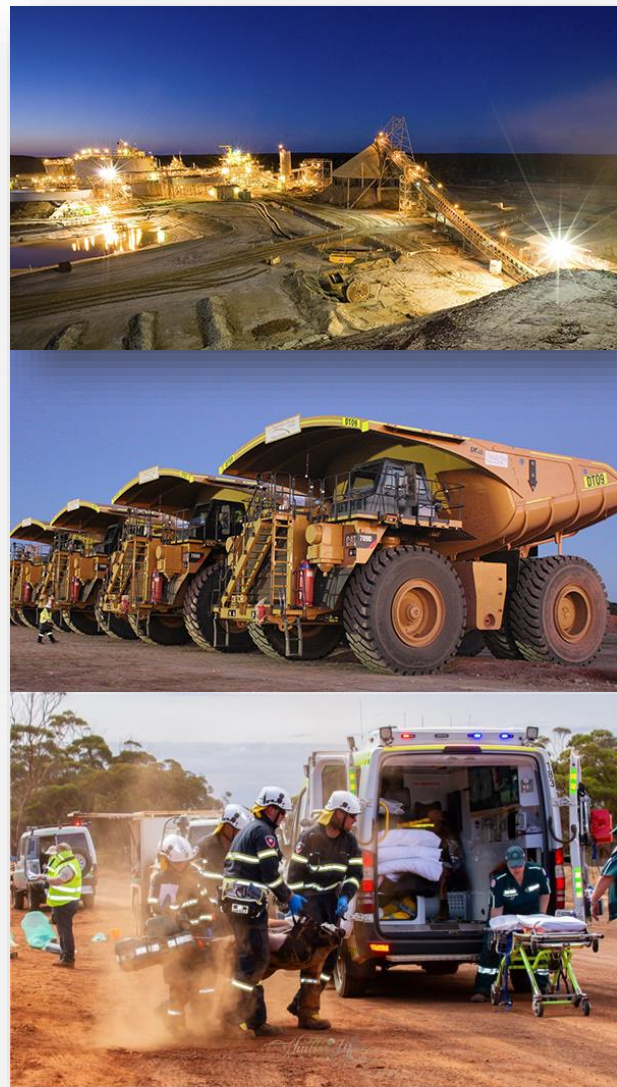


第三节 国外金属矿智能矿山进展

诺顿金田——三维协同设计及全生命周期管理

诺顿金田矿业公司是澳大利亚最大的金矿提供商，目前为福建紫金矿业的全资子公司。诺顿金田具有完整的现代化矿山管理解决方案，建设了三维协同设计及全生命周期管理平台，并基于Geovia Surpac软件和三维激光扫描系统进行三维建模并将模型整合到三维平台，实现全流程规划与管理。

公司实现了大型化、机械化、智能化采矿设备在露天矿和地下矿的应用，具有精细化与自动化的采矿技术体系，完善的矿山管理理念及管理体系，健康、安全、环境和社区(HSEC)管理体系和职业健康和安全管理体系统，完善的生产运行计划与预算方法。



第三节 国外金属矿智能矿山进展

■ 智能装备与软件研发

- ✓ **山特维克(Sandvik)**公司作为国际领先的采掘装备供应商，在提供大量智能化采掘装备的同时，开发了多种智能矿山的技术与装备系统，如 AutoMine 系统、OptiMine 系统等，有效提升了智能装备的一体化运营水平。
- ✓ **卡特皮勒(Caterpillar)**作为世界上最大的工程机械和矿山设备生产厂家，多年来致力于矿山自动化和智能化技术研发，自 2000 年起便提出了“**矿山之星(Mine Star)**”的矿山卡车管理解决方案，经多年的发展与应用，为矿山卡车的安全高效运行作出了重要贡献。
- ✓ **安百拓(Epiroc)**的前身为瑞典工业集团阿特拉斯·科普柯(Atlas Copco)，是一家拥有一百多年采矿行业经验的装备与解决方案供应商安百拓提出了 Mobilaris 矿山智能系统、Simba 自动化系统等多种解决方案，提高了采矿过程的智能化水平。



第三节 国外金属矿智能矿山进展

- ◆ CATERPILLAR的MineStar（矿山之星）系统配置在793F上，在澳大利亚Perth的铁矿运行；



第三节 国外金属矿智能矿山进展

Rio Tinto于2008年开展“未来矿山”计划，从Komatsu订购无人操作自动化汽车，在知名的皮尔巴拉矿区进行试验。

控制中心设在1500km外的Perth，屏幕上显示着15座矿山、4个港口和24条铁路的运转情况。



第三节 国外金属矿智能矿山进展

- ✓ 海克斯康 Hexagon 公司以MinePlan 软件为核心，提出了一套规划、运营、调度、决策的全流程解决方案。
- ✓ Maptek公司Vulcan 软件为采矿行业提供了先进的三维空间信息、建模、可视化和分析工具。
- ✓ I-Site将三维激光扫描设备与全景相机相结合，提供了高效便捷的测量方案。

此外，装备供应商如卡特皮勒、日立、小松等也都结合自身优势研发了相应的智能装备。矿业软件公司研发了大量用于矿山数字化和智能化管理的软件系统，如 Datamine公司的 Datamine采矿软件、达索公司的Surpac矿业软件等。



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿智能矿山进展

第四节 国内金属矿智能矿山进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第四节 国内金属矿智能矿山进展

■ 我国智能矿山建设实践

我国矿山智能化的实现是以数字矿山建设为基础，以信息化、自动化和智能化带动矿山生产行业的改造与发展为目标导向，将开创安全、高效、绿色和可持续发展的新模式视为我国矿山企业生存与发展的必由之路。自 1999 年提出“数字矿山”概念，经过 20 余年的研究与发展，逐渐衍生和发展出智慧矿山、智能矿山、无人矿山等理念和应用，极大地推动了我国矿山行业的发展。

第四节 国内金属矿智能矿山进展

■ 我国智能矿山建设实践

随着国家不断重视、政策扶持与技术引导，国内部分大中型矿山企业在采矿设备机械化无人化、开采环境数字化、生产过程控制自动化、经营管理信息化、大数据分析等方面的发展水平均得到一定程度提高，智能化水平也在不断提升，在保障矿山生产安全，提高企业经济、社会效益方面发挥了重要作用。

第四节 国内金属矿智能矿山进展

锡铁山铅锌矿——固定设备无人化

西部矿业股份有限公司锡铁山铅锌矿实现了有轨设备无人驾驶、远程装矿、采矿数据集成、智能通风、智能排水等，机车驾驶员减员 80%，矿工和井下值守岗位减员 100%，降低了劳动强度，提升了作业效率，保障了本质安全。在岗职工人数由2015年底的898人，缩减至350人，在智能管控方面，通过MES、集中计量、无人计量、能源管理、物资管理等，实现计量、能源相关岗位减员 80%，人工成本累计节约近5000万元。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

三山岛金矿——5G+人工智能+大数据

2020年3月26日，中国联通与山东黄金集团三山岛金矿联合打造的“5G+人工智能”应用项目——远程遥控凿岩台车顺利通过测试。DD311凿岩台车远程遥控系统改造实现了国内对国外凿岩台车控制方式的本质改变，是国内首个成功案例。

三山岛金矿规划建设了“一云、一湖、一平台”数据底座，实现集成平台下的数据资源融合管理。在构建统一数据湖的基础上，搭建了具备数据采集、数据处理、数据分析的可视化功能，扩展了以AI和数据挖掘能力基础的ROMA平台。通过数据集成，将全矿数据采集至大数据平台进行存储、清洗、分析、查询等，与面向大数据的集群协同计算相结合，达到跨数据源的融合计算目标。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

凡口铅锌矿——采掘装备智能化

中金岭南凡口铅锌矿位于广东韶关，是一座大型地下铅锌矿。凡口铅锌矿以国家“863”项目“地下金属矿智能开采技术”为依托，开展了地下金属矿泛在信息采集与井下无线通信、移动设备精确定位与智能导航、智能采矿爆破、生产过程智能控制与调度等有关智能开采中的关键技术难题攻关。凡口铅锌矿机械化无人采矿率达到83%，在国际同类地下矿山中处于先进水平。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

冬瓜山铜矿——电机车无人驾驶

2015年，铜陵有色金属集团股份有限公司与中国恩菲工程技术有限公司合作开展了“地下矿无人驾驶电机车运输技术”的研发和应用，使冬瓜山铜矿成为国内首家正式应用电机车无人驾驶技术的地下矿山。该系统由智能无人驾驶变频电机车、巷道移动无线通讯系统、电机车自动调度系统组成，实现远程遥控装矿，自动运行、自动卸矿。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

普朗铜矿——整体智能化设计与实施

云南铜业普朗铜矿位于云南香格里拉，于 2018 年建成投产，采用自然崩落法采矿。该矿山自设计之初便借鉴融合了国内外先进矿山案例和先进技术，采用先进工艺、先进技术和先进装备，制定了高标准、高起点、高水平的矿山建设方案，使其成为国内首批自顶层设计便全面规划数字化、智能化体系的矿山。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

■ 互联网企业入局

随着我国科技创新的加快推进，互联网、5G、人工智能、大数据、云计算等新技术与矿业不断交叉融合，大量高新企业将其在行业内的成功经验运用到矿山智能化建设，开启了“互联网+矿业”模式。互联网高新企业的加入为智能矿山的发展注入了新鲜活力，将互联网运营模式引入矿山生产行业，为智能采矿提出了新的解决思路。



第四节 国内金属矿智能矿山进展

华为技术有限公司联合其生态伙伴提出了“3个1+N+5(一网、一云、一平台、N应用、五中心)”的智能矿山整体架构，5G+AI+鲲鹏云等先进的ICT技术与矿业生产融合，助力实现少人开采、智能运输、无人值守、无人驾驶、智能管控等目标，从而提升矿山企业本质安全生产水平，助力矿业企业加速走向智能化，最终实现少人化、无人化的愿景目标。



打造基于5G+AI+鲲鹏云的智能矿山 (3个1+N+5)



第四节 国内金属矿智能矿山进展

百度智能云携手中国移动，在“智慧矿山”建设中全面推进 **5G** 智能边缘计算的本地化部署。基于 **5G** 的大带宽、低时延和高可靠通信能力和边缘计算的智能调度、智能运维、自动化部署等特性，能够实现 **AI** 场景化服务到 **5G** 网络边缘的高效部署和毫秒级的计算任务响应，为矿山车辆的无人驾驶和采矿设备的无人操作，以及矿山生产运营、调度的自动化管理提供支撑。

阿里云公司与铜陵有色合作，将云计算、大数据、人工智能、区块链技术与矿山技术结合，推进铜陵有色在智能制造、数据工厂、产品溯源、供应链金融等方面的数字化转型，建设铜陵有色数据平台，实施智能矿山、智能工厂、智慧物流、供应链智能协同等合作项目。

第四节 国内金属矿智能矿山进展

- **迪迈科技**致力于“数字矿山”软硬件产品及整体解决方案的研发和市场推广，对我国数字矿山建设起到了推动作用。
- **东方测控**深耕于设备自动化和智能化领域，在自动化设备无人值守、在线监测、智能选厂等领域的成功案例遍布全国。
- **飞翼股份**专注于矿山充填系统研发，在充填系统自动化和智能化方面给出了先进的解决方案。
- **北京速力**成功将电机车无人驾驶系统与 **5G** 通讯技术融合，开启了“**5G+**电机车无人驾驶系统”的新模式。
- **踏歌智行**专注于矿用车无人驾驶技术研发和无人矿山建设，在国内多家矿山成功实施了无人矿山系统。
- **天河矿业云**将超算技术应用于矿山领域，给出了面向云计算的智能矿山解决方案。



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿山智能化进展

第四节 国内金属矿山智能化进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

■ 国内外矿山智能化推进的对比分析

(1) 国内外智能矿山建设基础条件分析

国外智能化技术应用效果较好的矿山所具有的共性特点在于：

- 矿体规模大、赋存条件好、技术装备水平高；
- 采用崩落法或空场法采矿，凿岩作业相对集中，出矿点和卸矿点相对固定，可以采用自动化铲运机、卡车解决矿石运搬这一地下开采的薄弱环节。
- 与矿业发达国家相比，我国资源禀赋条件好、生产规模大的地下矿山相对较少，尤其在金属矿山，符合以上条件的矿床并不普遍，因此全面普及自动化采矿、无人采矿的难度相对较大。需要研究探索适用于我国矿床特点的智能化开采工艺与技术，持续推进“两化融合”。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(2)智能采矿成为国内外智能化的建设重点

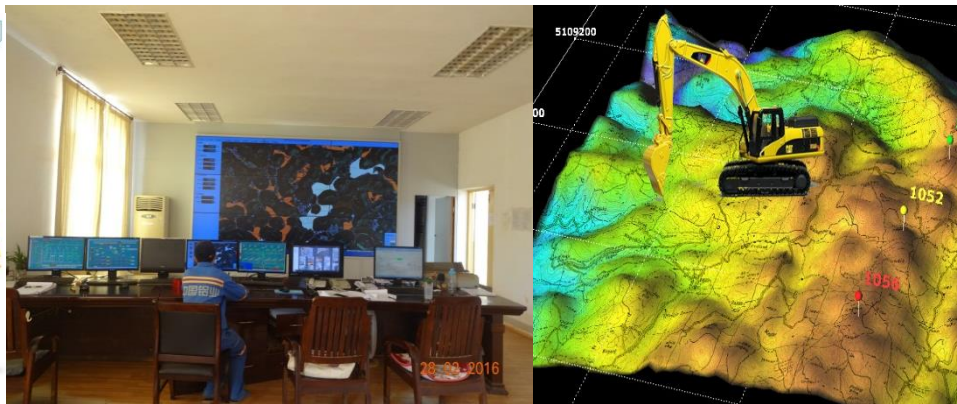
国外矿山智能化成功案例表明其智能化工作大都围绕**开采过程的自动化与智能化开展**，集中在落矿、出矿、运输、提升等采矿生产的主要环节，即实现凿岩爆破、铲运机出矿、无轨运输、有轨运输、提升等作业的自动化。采矿工艺环节的自动化、智能化能够大大减少工作面的作业人员，使矿工远离危险区域，降低劳动强度、提高生产效率，为矿山带来显著的经济和社会效益。



第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

我国矿山的开采过程智能化方面，由于受矿床赋存条件、技术和装备水平的限制，凿岩、出矿自动化技术尚未应用于日常生产环节。大部分都是示范性项目，只是实现了凿岩、出矿的机旁或远程遥控。

在一些固定设施的智能化方面，如提升、通风、排水、充填等系统的自动化，目前主要是实现了部分功能的自动化和无人值守，真正实现智能化管控还有很多工作要做。



第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(3) 智能安全在我国中的地位尤其为突出

- 安全生产管控在我国矿山最为重视，建设投入较多。井下人员定位、安全监测监控、安全隐患排查与处置等系统在保障矿山生产安全方面发挥了重要作用。基于虚拟现实(VR)或增强现实(AR)的安全人员实训已经在一些矿山应用，有很好效果。提高安全生产管理的智能化水平，保证系统可靠、稳定运行，是工作的重点。
- 国外在安全管理方面，更突出了与生产系统的结合，即安全是生产的一部分，无安全不生产、无生产不安全。不但生产过程的无人化与少人化是出于安全的目的，同时安全也与产量、作业量一样，成为了生产过程的重要产品。因此，国外智能采矿通常与智能安全融合建设，并无明显的区分。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(4)建设与推进主体上的差异

- 国外智能矿山建设需要在安全和高效两个方面取得满意的效果。高效包含效率和效益。国外智能矿山建设与推进是通过知名的矿山设备制造商、矿业软件提供商与矿业公司、矿山的紧密合作来完成，是智能化采矿成功的关键。国外矿山是由大型矿业集团的实用性研究到行业化整体提升的发展思路。
- 我国矿山智能化建设起步于国家和行业的全面规划引导，集中前沿化的科技积累，在具备条件的矿山进行集成探索后得到经验性成果，在总结后形成示范与引领。该推进模式一方面可以保证我国矿山可以集中优势力量专注于智能矿山整体建设体系的形成，但另一方面，在一定程度上导致矿山难以根据其个性化特征对智能矿山的建设主题加以取舍。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(5) 智能管理与智能优化上的差距

- 世界先进矿山都将**地质资源的精细化、可视建模**作为智能化建设的基础条件，并在此基础上进行矿床的经济建模，结合矿床经济评价形成面向全生命周期的、指导实际生产的全局性开采规划。虚拟设计、生产布局全局规划贯穿于矿山全生命周期，以保证矿山始终保持在经济最优的条件下运转。
- 国外先进矿山的智能化建设更加注重每一个系统或装备所带来生产方式的变化，以及与之相适应的操作规程、劳动组织、人员配置、信息采集方式以及控制模式的改进与提升，从而带来效率的提升和配套组织的精简，因此智能化建设可带来显著的直接经济效益。

第五节 我国金属矿山智能化建设特点与发展趋势

- 我国矿山在空间数据可视化、地质资源管理、生产过程管理等方面有突出成绩。具有自主知识产权的三维矿业软件被广泛应用，地测功能模块(勘测数据处理，矿体圈定、储量计算)应用较好，但采矿设计、计划优化等模块的应用存在不足，未实现真正意义上的业务协同。矿山生产管理系统中的大量生产数据的规范性及一致性差，管理模式、管理水平存在不足，大数据分析缺乏有效的模型与算法，辅助决策的效果不理想。
- 我国矿山智能化建设在国家政策引导和企业面临的生产安全压力双重作用下，智能化建设的积极性普遍很高，出现了一大批示范项目、示范矿山，在 **5G**技术的广泛应用、井下电机车无人驾驶、选矿自动化等领域已经达到了国际先进水平。但是，由于我国的工业化进程尚未完成，不同矿山之间的装备水平、管理水平差距大，智能化建设难度较大，建设积极性虽然很高，但是实际效果仍有提升空间。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

■ 我国金属矿山智能化的发展趋势

(1)矿床模型后续应用

矿业软件在我国金属矿山的矿床建模、露天矿境界优化、矿开开采规划等方面应用较多。但是矿床模型在矿山生产中如何发挥具体的、切实可行的指导作用，则需要进一步加强模型可靠性和动态性的同时，进一步扩大矿床模型的应用范围。

- * 从广度上，需要将地质模型、经济模型、开采模型相结合；
- * 在深度上，需要将其向后部延伸，在作业计划与排产、调度指挥、测量验收、经济分析等方面进一步发挥作用；
- * 在形式上，面向矿床模型的生产布局规划、井下工程信息(MIM)、井下开采的数字孪生体系(DT)、资源利用的可视化优化等，都是矿床模型后续应用的重难点。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(2)适用于智能开采的采矿工艺变革

传统的穿爆法采矿工艺具有分散、不连续的显著特点，其中落矿和矿石运搬是最为重要、同时也是最为薄弱的两个生产环节，因而避免工人长时间工作在环境恶劣、危险源多的凿岩和出矿工作面是智能矿山建设的首要任务。有条件的矿山需要基于智能化采矿方式进行开采工艺技术的变革，采用生产效率高、凿岩作业相对集中、出矿点相对固定的采矿方法，以便于智能化凿岩与出矿装备的高效应用。

随着破岩技术的进步，巷道全断面连续掘进机、非爆破连续采矿机已在地下矿山开始应用，为智能化采矿开辟了新途径。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(3)面向“5G+工业互联网”的智能矿山应用场景

- 至 2019 年 5G 网络进入工业应用以来，智能矿山已开始探索“5G+工业互联网”的具体应用场景，最为明显的是通过人工智能、大数据、云计算等技术的引入，实现多平台聚合和多领域融合，将传统以地域为中心的建设模式逐渐向“端—边—云”模式过度，并在大规模数据采集传输、人工智能分析检测、精准作业控制等关键环节构建应用场景。
- “5G+工业互网”在智能矿山建设中深入应用后，将与具体的应用系统建设相结合，使得矿山的生产运营体系将在时空上呈现集成、协同和优化，具体的业务内容管控则在精准、实时和自主调节等方面加以改进提升，从而全面改变矿山传统的运作模式。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(4)数据标准与信息资源规划受到重视

- 智能矿山的规划必须要基于矿山的个性化特点，它集中反映在对矿石流及相关数据的分析、理解和管控。矿山企业的数据资源很复杂，是由地质资源属性的核心地位所决定的。地质资源信息的全局性、不确定性、动态变化性，导致了信息资源的多元化和多源性。
- 在矿山管理层面，多平台、多技术以及多建设主体间的数据融合应用也是智能矿山建设需要重点解决的问题。
- 随着我国矿山两化融合的进一步深度推进，规模化、集约化以及区域化的生产布局将成为重要趋势，将会带来不同矿区、不同生产主体间的信息集成问题。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(4)数据标准与信息资源规划受到重视

- 智能矿山建设要有精准的目标定位、系统化的建设内容；
- 智能矿山建设要有面向广域信息集成的数据标准和信息资源规划。

从主数据分析、数据共享、数据流转和数据集成等若干层面建立面向智能矿山全局的数据标准，以规范和指导各应用系统的数据存储与应用，从而避免出现诸多孤立系统现象。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(5)全局优化思路下的智能决策

- 智能矿山不 仅仅是单个装备的智能化改进，也并不局限于单个 生产系统的无人化操作，而是诸多系统在一致性的 矿山运营目标前提下，相互协同运作的过程。
- 因此， 在数据标准的前提下完成矿山的数据治理，进一步 引入大数据、人工智能与优化算法，针对全局目标对 矿山生产资源进行跨区域协同优化，是智能矿山中智 能决策的发展趋势。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(6)虚拟现实技术真正进入生产应用

- 虚拟现实、增强现实等技术在矿山的应用主要集中在整体布局展示、生产人员培训、设备保障与辅助维修等方面，但在实际生产过程中，其应用主题仍然不够明确。
- 虚拟现实技术以其对现实生产系统的高度仿真，可以与大数据分析相结合，模拟、分析并动态控制矿山资源、成本、产量与供需的关系，为矿山生产管理与决策提供敏捷、直观的优化平台和工具，将在矿山经营策略形成、生产规划优化以及生产异常防控等环节发挥重要的作用。

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

(7)生态矿业、绿色矿山是智能矿山建设的核心目标之一

随着我国对于矿山绿色开发的日益重视，以节约资源、保护环境、安全均衡、生态和谐的方式组织生产，成为未来矿山生产运营的重要前提。

为此需要对矿山开发过程中的生态足迹进行分析建模，根据数据融合和大数据建模的思路将矿山的生态效益加以量化、具体化和实体化，并进一步指导智能矿山的规划和建设。



主要内容

第一节 前言

第二节 矿山智能化全球化战略引导

第三节 国外金属矿智能矿山进展

第四节 国内金属矿智能矿山进展

第五节 我国金属矿智能矿山建设特点与发展趋势

第六节 总结

第六节 总结

- 近年来，我国矿山智能化建设进展显著，但在地质资源优化开发、生产过程自动化与无人化、生产经营决策智能化等方面与矿业发达国家相比仍存在一定程度的差距。不过，由于信息技术的迅猛发展，使得现代矿山企业能直接面对信息技术发展的前沿技术和最新的管理理念，我国金属矿山的智能化建设具有较好的发展前景。

第六节 总结

- 较为理想的地质条件、高效率的采矿方法和 采矿装备、先进的管理理念是智能矿山建设成功的 关键。我国金属矿山开展智能化建设时，需要充分考虑矿山企业在生产工艺上的差异和企业的个性化需求，在制定智能化建设方案时，有必要统筹考虑装备研发与管理体系、硬件平台和软件应用、单个系统的智能化与整体运营的协同优化等方面的综合问题。

第六节 总结

- 智能矿山建设是多学科领域技术成果的集成应用，但其建设的成功与否取决于矿山生产工艺与智能化技术的匹配与融合程度。智能矿山建设不仅需要不断吸纳信息技术、自动化技术与人工智能技术的最新成果，还要注重于开采技术不断发展、资源绿色开发持续推进、安全生产需求不断提升等矿山生产技术需求。



THANK YOU

谢谢大家!

