



智能矿山暨无人驾驶行业 蓝皮书

2024
BLUE BOOK

THE BLUEBOOK OF THE
INTELLIGENT AND DRIVERLESS MINING

煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室
徐州数字空间矿山研究院



人工智能产业链联盟

星主： AI产业链盟主

 知识星球

微信扫描预览星球详情





2024

智能矿山暨无人驾驶 行业蓝皮书

中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室 | 徐州数字空间矿山研究院有限公司 | 亿矿通

前言

随着近年来政策的推动以及无人驾驶等先进技术在矿山场景的应用，智能矿山建设已取得长足的进步，为行业的高质量发展注入了技术驱动的希望。诸多政府机构、矿山企业、智能化技术公司以及传统装备制造商都积极参与其中，贡献了自身的智慧和力量。各方的视角，关于智能矿山的认知逐步形成，领域各异、专精不一，在智能矿山市场中通过技术交易进行着链接和扩散。

中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室肩负国家给予的推动矿山智能化发展的任务，相关师生积极参与企业一线的业务发展，在整个智能矿山产业链中扮演着技术链接者的角色，同时也在多年的产业链合作中碰撞了各方的诉求和观点。在此背景下，中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室徐州数字空间矿山研究院，通过整理市场技术交易数据、走访调研行业企业以及梳理整合相关理论研究，形成了《2024智能矿山暨无人驾驶行业蓝皮书》。

蓝皮书学习了一些优秀企业的经验做法，并获得了行业内相关机构的数据和观点支撑，同时参考了众多专家的意见和建议。时间关系前期未能一一沟通，在此一并表达谢意。我们期望本蓝皮书能以浅显之见，为行业内企业提供一些资料和信息，为在行业中摸索前行的从业者提供有益的线索，为未来企业技术演进提供思考范式的参考。智能矿山的产业链组织方式演化是技术驱动管理、管理驱动产业的结果，先进产业链组织方式的形成也将进一步为技术的发展和企业的商业运营提供高效率的组织边界和业务边界，助力企业形成有效的商业模式。这是本蓝皮书所提出并重点思考的问题，供参阅者斟酌讨论。



目录

CONTENTS

1 智能矿山及无人驾驶发展背景

- 1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系
- 1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程
- 1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力
- 1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

2 智能矿山及无人驾驶市场现状

- 2.1 智能矿山建设现状
- 2.2 智能矿山市场规模
- 2.3 矿山无人驾驶主要场景
- 2.4 矿山无人驾驶市场现状

3 智能矿山解决方案和发展目标

- 3.1 空天地智能矿山总体架构
- 3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

4 智能矿山及无人驾驶产业趋势展望

- 4.1 智能矿山产业发展趋势
- 4.2 矿山无人驾驶未来展望

目录

CONTENTS

1 智能矿山及无人驾驶发展背景

- 1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系
- 1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程
- 1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力
- 1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

2 智能矿山及无人驾驶市场现状

- 2.1 智能矿山建设现状
- 2.2 智能矿山市场规模
- 2.3 矿山无人驾驶主要场景
- 2.4 矿山无人驾驶市场现状

3 智能矿山解决方案和发展目标

- 3.1 空天地智能矿山总体架构
- 3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

4 智能矿山及无人驾驶产业趋势展望

- 4.1 智能矿山产业发展趋势
- 4.2 矿山无人驾驶未来展望

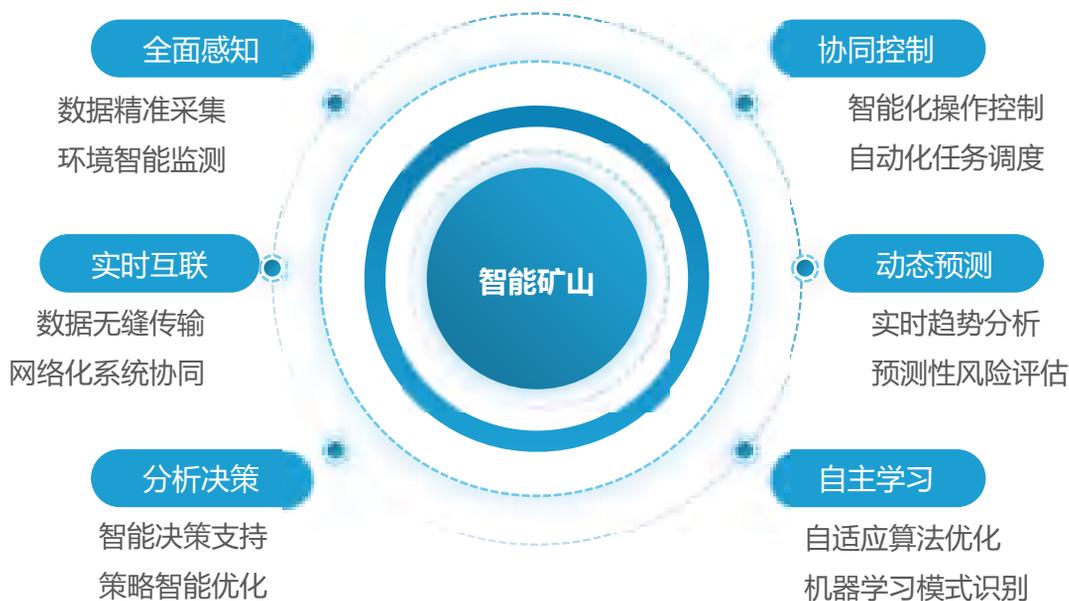
1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系

1.1.1 智能矿山概念的起源

- ◆ 1999年首届“国际数字地球”大会提出“数字矿山”(Digital Mine)概念。数字矿山是以矿山开采环境、对象及过程信息数字化为基础，构建数据的采集、传输、存储、处理和反馈的信息化闭环，重点在于资源、规划、设计、计划和过程管理的数字化建模、仿真、优化和评估。
- ◆ 经过二十余年的发展，国内在“数字矿山”理念的基础上进一步提出了“智能矿山”的概念。智能矿山更加注重采矿设计、计划、生产、调度和决策等环节的智能化，利用先进的技术手段，如人工智能、物联网、大数据等，推动矿山行业的智能化升级，实现更高效、安全、环保的开采作业。

1.1.2 智能矿山引领矿山全流程智能化升级

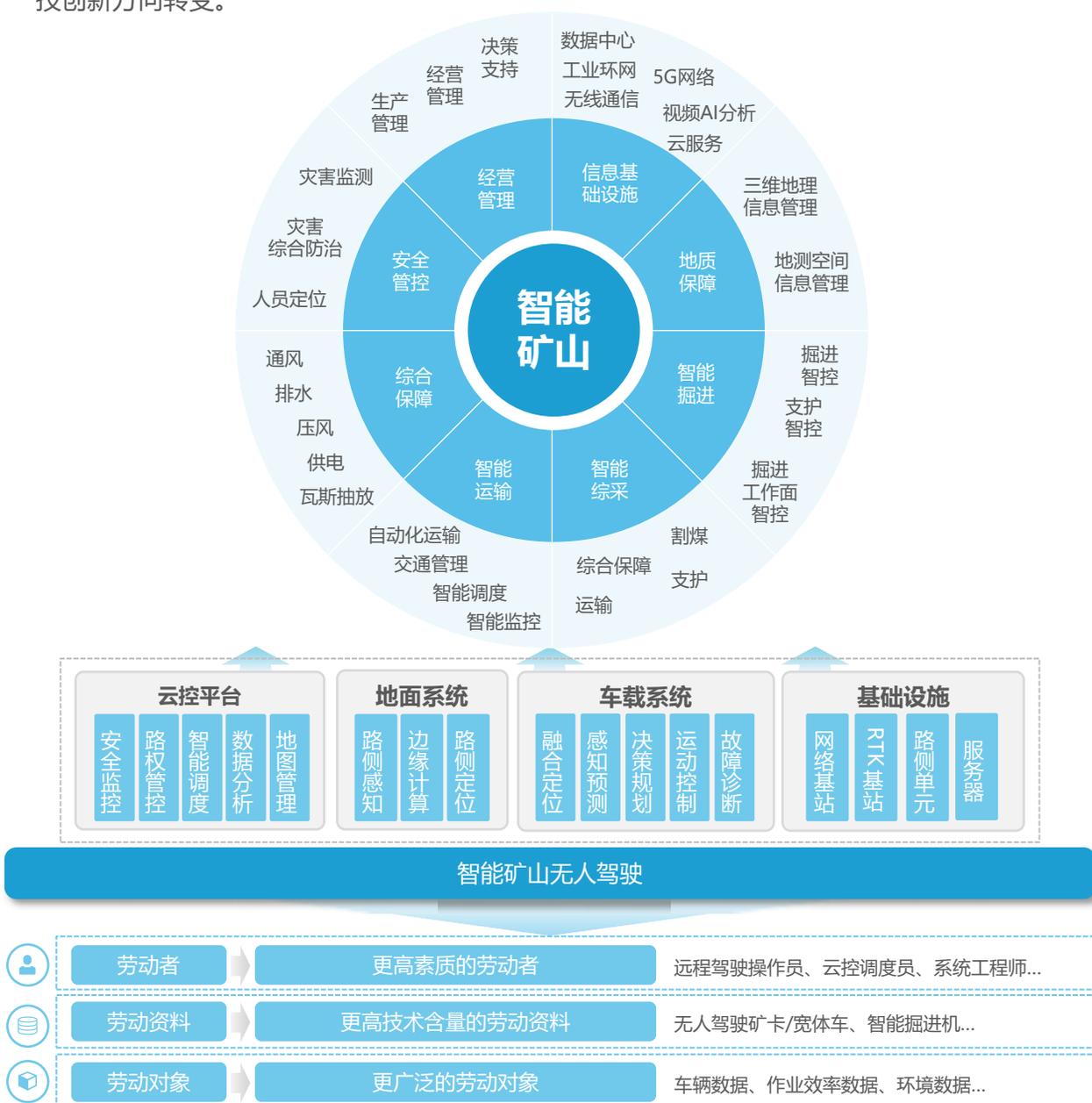
- ◆ 智能矿山是在现有矿山数字化基础上，进一步实现智能化发展的整合过程，是一个多学科交叉融合的复杂问题，涵盖了从系统工程到专业技能的广泛领域，要求不同层面、技术和工种之间实现高度的协同与整合。其本质是通过智能化技术实现矿山精益管理和柔性生产。
- ◆ 智能矿山的构建，依托于四维地理信息、泛在网络、云计算、大数据、虚拟化技术以及先进的计算机软件和网络基础设施，集成应用各类传感感知、数据通信、自动控制、智能决策等技术，形成矿山全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的完整智能系统，实现矿井开拓、采掘、运通、洗选、安全保障、生态保护、生产管理 etc 全过程的智能化运行。
- ◆ 智能矿山不只是一是要逐步做到少人甚至无人化，更重要的是矿山内部各个子系统、不同数据的打通融合，以优化管理、提升效率、节省成本，实现精益生产，从而推动整个矿山行业持续发展。



1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系

1.1.3 智能化是矿业高质量发展的必由之路，无人驾驶为产业发展蓄势赋能

- ◆ 智能矿山是打造矿山新质生产力、推动矿业高质量发展的核心内容，通过将物联网、云计算、大数据、人工智能、自动控制、工业互联网等与现代矿山开发技术深度融合，少人化无人化是重要的目标，也是智能化深度的体现，最终实现矿山生产的安全提升、减员增效、节能降耗。
- ◆ 无人驾驶作为智能矿山的重要子系统之一，是新质生产力的集中体现。无人驾驶在智能矿山实现应用落地，引领劳动者、劳动资料、劳动对象实现新的变革，为传统矿业的高质量发展提供新动能新优势，为矿山生产全链条数字化提供了执行端的实现工具，驱动矿山向绿色低碳、科技创新方向转变。



1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程

1.2.1 中国矿山历经机械化、自动化、信息化、数字化阶段，目前已迎来智能化阶段

◆ 中国智能矿山的发展历程可以划分为五个主要阶段：机械化、自动化、信息化、数字化和智能化。20世纪90年代前，矿山作业主要依赖人工操作机械工具；在自动化阶段，矿山引入单机传输和传感技术，并开始采用可编程控制系统和GIS平台；21世纪初，中国矿山进入信息化时代，综合集成平台得到应用、高速网络通道形成，实现了初级数据处理及系统联动、信息综合发布；随后，数字化矿山进一步整合了自动化、信息化和空间数字化技术，为矿山的智能化奠定了基础；21世纪20年代起，中国矿山进入智能化发展阶段，目前许多矿山已实现局部智能化，未来将进一步向全面智能化发展。

中国智能矿山发展历程

发展阶段	特点	主要设备与系统
机械化时代 20世纪90年代前	<ul style="list-style-type: none"> 人工手动操作机械工具 	<ul style="list-style-type: none"> 移动变电站 破碎设备 制砂设备 选矿设备 采矿机 运输设备
自动化时代 20世纪90年代	<ul style="list-style-type: none"> 具备单机传输通道 具备分类传感技术 具备传感和执行机构 具备可编程控制系统 具有远程监测监控功能 具备高速网络通道 具备可建模的联动控制策略 	<ul style="list-style-type: none"> 二维/三维GIS平台 安全生产监测、监控系统 综采工作面的设备自动化 运输机自动控制 矿井提升设备的机电一体化 综合集成平台 井下综合自动化系统设备
信息化时代 21世纪初	<ul style="list-style-type: none"> 具备高速网络通道 实现各自动化数据融合 具备一定的数据挖掘能力 具备可建模的联动控制策略 	<ul style="list-style-type: none"> 矿山机械生产调度指挥系统 矿山生产安全监控系统 矿山机械远程监测系统
数字化时代 21世纪10年代	<ul style="list-style-type: none"> 综合自动化、管理信息化、空间数字化三化数据融合 在多维空间矿山实体的基础上动态嵌入与矿山安全、生产、经营相关的所有信息 	<ul style="list-style-type: none"> 矿山规划与开采方案决策优化系统 矿山设备运转状态信息系统 生产环节监控与调度系统 矿山环境变化及灾害预警信息系统 矿山经营管理及经济活动分析信息系统
智能化时代 21世纪20年代~	<ul style="list-style-type: none"> 在数字化矿山的基础上，运用人工智能技术、数据挖掘技术、编制若干可重复运行、决策指挥的决策分析系统 运用云计算、物联网等技术实现矿山的“物联化、互联化、智能化” 	<ul style="list-style-type: none"> 智能快速掘进和采准系统 智能充填系统 矿山工业云计算平台 无人驾驶运输车 矿井全工位设备设施健康智能管理系统 机器人化智能开采系统 智慧煤矿集中管理系统

1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程

1.2.2 智能矿山无人驾驶应用规模扩大，未来将与智能矿山深度融合

- ◆ 中国矿山无人驾驶已度过萌芽阶段和技术研发、测试运营阶段，经过技术沉淀和标杆案例经验积累，2021年起，中科慧拓、踏歌智行、易控智驾、希迪智驾等智能矿山无人驾驶解决方案商陆续实现常态化安全员下车，技术的安全性得到验证，矿山无人驾驶车辆逐步实现规模化运行。
- ◆ 预计从2024年起，随着技术的大规模应用，矿山无人驾驶的成本效益比将得到显著提升，无人驾驶企业将逐步进入项目运营盈亏平衡的阶段，商业价值逐步显现。展望未来，无人驾驶系统将与其他智能矿山的系统深度融合，通过全链条数字化提升效率和安全性，共同推动矿山整体智能化加速，助力矿山行业实现高端化、智能化、绿色化发展。

中国智能矿山无人驾驶发展历程

萌芽阶段 2014~2016年	企业注册成立 <ul style="list-style-type: none"> 2014年，中科慧拓注册成立 2015年，伯镭科技注册成立 2016年，踏歌智行注册成立 	初步探索研究 <ul style="list-style-type: none"> 2015年，北方股份开始涉足无人驾驶矿用车的研发 2016年，中科慧拓与徐工集团合作研发徐工蓝星系列产品，包含110吨无人矿卡、15吨半自主轮式挖机、智能调度集群系统等
技术研发及测试运营阶段 2017~2020年	多方合作进行技术研发 <ul style="list-style-type: none"> 2018年，中科慧拓发布愚公YUGONG平行矿山操作系统1.0版本 2020年，北方股份与踏歌智行合作研究无人驾驶线控系统 	特定矿区测试运营 <ul style="list-style-type: none"> 2019年，中科慧拓在大唐国际宝利煤矿正式完成国内首个矿区无人运输系统商业化落地运营 2019年，北方股份与踏歌智行合作研制的国内首台110吨无人驾驶电动矿用成功下线并开始试运营 2020年，易控智驾在新疆开展测试运营
规模化运营阶段 2021~2023年	实现常态化安全员下车 <ul style="list-style-type: none"> 2021年，中科慧拓在宝日希勒能源项目中实现常态化安全员下车 2022年，踏歌智行、易控智驾、希迪智驾已有项目实现常态化安全员下车 	项目落地规模扩大 <ul style="list-style-type: none"> 2023年10月，易控智驾在新疆南露天煤矿的无人驾驶车队规模达到203辆，超越FMG Chichester单矿108辆的纪录成为全球第一 2023年，华为发布露天矿无人化解决方案，其中的无人驾驶技术已规模商用，效率与人工作业趋近
商业价值实现阶段 2024~2026年	成本效益比提升 <ul style="list-style-type: none"> 无人驾驶在矿山场景的规模化应用将带动车队数量的增加，进而推动成本逐步降低 	商业价值实现 <ul style="list-style-type: none"> 技术进步与成本效益的双重提升，将加速整个行业的商业应用转型 矿山无人驾驶技术不仅得到广泛应用，且商业模式逐渐成熟，企业开始实现稳定的盈利
全面智能化阶段 2027年~	无人驾驶与智能矿山深度融合 <ul style="list-style-type: none"> 无人驾驶与智能矿山其他智能系统如智能采矿、智能洗选等深度融合，实现高度无人化和智能化，通过全链条数字化产生效率乘数，获得安全溢价 在这一阶段，矿山整体智能化加速发展，实现高效、安全、环保的采矿作业 	

1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力

1.3.1 政策推动矿山向安全、绿色、智能化转型

- ◆ 近年来，国家各部委陆续发布多项政策，明确了智能矿山建设目标，并确立矿山智能化建设指南和评价标准，从科技创新、信息化建设、金融支持等领域全方位支持矿山向安全、绿色、智能化转型，智能矿山建设已成为重点工作任务。
- ◆ 地方政府也相继出台智能矿山相关行动计划与具体实施方案，并大力推进试点示范，引导矿山企业提升智能化建设水平。

国家层面智能矿山相关政策

智能矿山建设目标

2020.02 《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》

- 到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，井下重点岗位机器人作业，露天煤矿实现智能连续作业和无人化运输；2035年，各类煤矿建成智能化体系

2024.04 《关于深入推进矿山智能化建设 促进矿山安全发展的指导意见》

- 到2026年，全国煤矿智能化产能占比不低于60%，智能化工作面数量占比不低于30%
- 到2030年，建立完备的矿山智能化技术、装备、管理体系，实现矿山数据深度融合、共享应用

智能矿山相关政策

	2022.02 《关于加强非煤矿山安全生产工作的指导意见》	2022.04 《“十四五”国家安全生产规划》	2024.01 《2024年矿山安全生产工作要点》
政策鼓励	<ul style="list-style-type: none"> • 大型非煤矿山要加快推进自动化、智能化改造和井下重点岗位机器人替代 	<ul style="list-style-type: none"> • 实施矿山智能化发展行动计划，协同推进矿山自动化、智能化建设相关政策配套 	<ul style="list-style-type: none"> • 推进矿山安全科技赋能，强化科技支撑能力、矿山安全信息化、矿山智能化建设
标准规范	2024.03 《煤矿智能化标准体系建设指南》 <ul style="list-style-type: none"> • 构建煤矿智能化标准体系，包括基础通用、信息基础、平台与软件、生产系统与技术装备、运维保障与管理5个标准子体系 		
资金支持	2023.01 《煤矿安全改造中央预算内投资专项管理办法》 <ul style="list-style-type: none"> • 鼓励引导专项资金更多投向煤矿智能化建设，最高奖励可支持3000万元 		

地方层面智能矿山建设要求

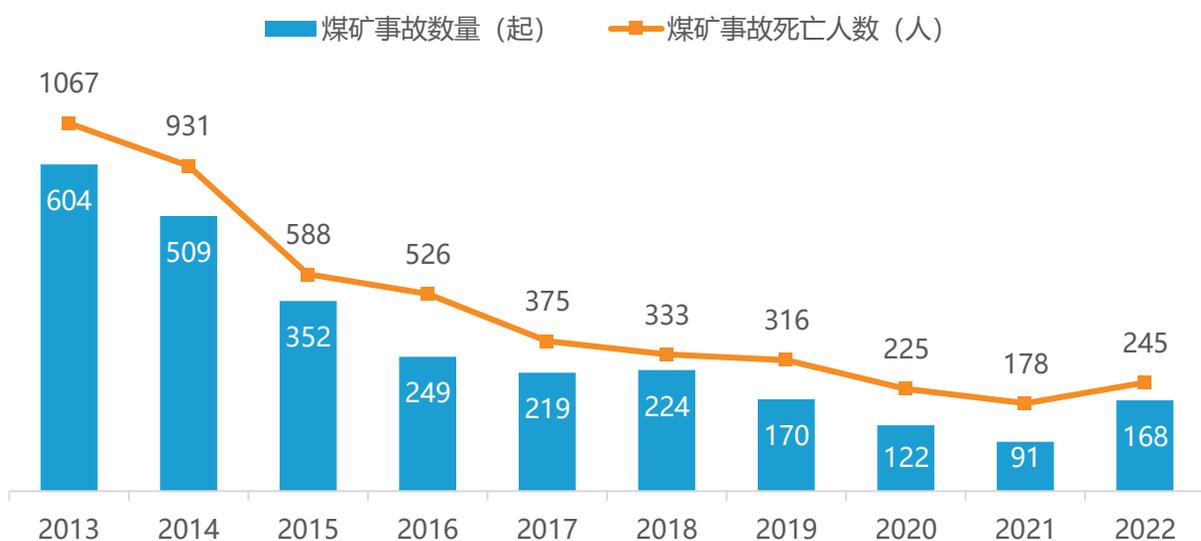
山西	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年，各类生产煤矿智能化改造全部开工，大型和灾害严重煤矿基本实现智能化 • 2027年，全省各类煤矿基本实现智能化
内蒙古	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年，分布在重点露天煤矿的1200个矿用车辆实现无人驾驶，井工煤矿采掘面全部实现智能化作业
新疆	<ul style="list-style-type: none"> • 2024年6月底前，大型煤矿以及面临煤与瓦斯突出、冲击地压等灾害严重的煤矿基本实现智能化 • 2025年，生产煤矿全部达到初级智能化及以上等级
陕西	<ul style="list-style-type: none"> • 全面推进地勘单位、矿山企业数字化基础建设，加强引导人工智能、虚拟现实、大数据平台、物联网感知、地质云等智能技术应用，推动产业数字化、智能化技术升级
贵州	<ul style="list-style-type: none"> • 2025年底建成各类智能煤矿50处以上 • 加快260处煤矿智能化建设，到2026年全省所有生产煤矿全部完成智能化建设

1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力

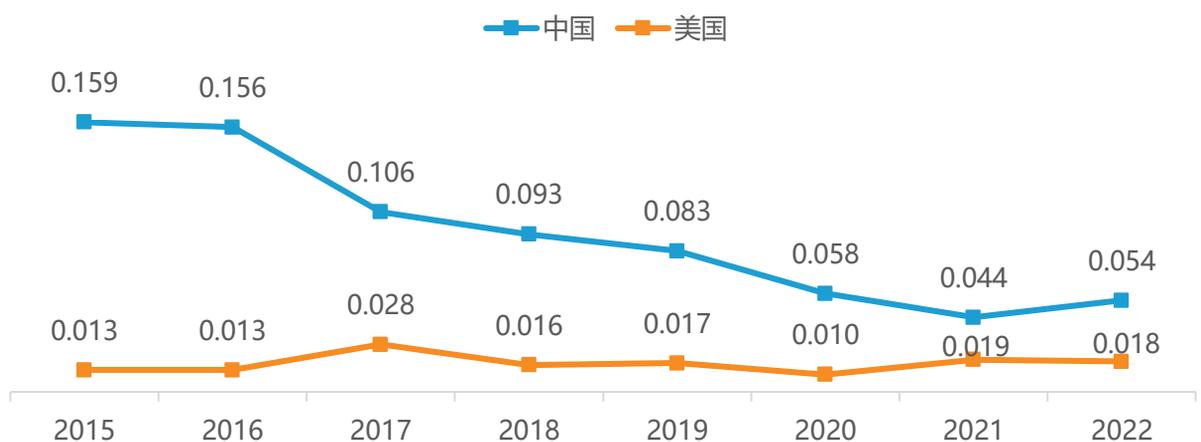
1.3.2 矿山安全问题亟待解决

- ◆ 矿山生产面临工艺复杂、灾害频发和事故风险高的挑战。以主要矿产资源煤炭为例，随着生产安全意识提升，中国煤矿安全事故数量与死亡人数总体呈下降趋势，但2022年数据明显反弹，同比分别上升85%和38%。同时，与发达国家相比，中国煤矿百万吨死亡人数仍然较高，安全生产水平有一定提升空间。
- ◆ 因此，矿山行业迫切需要推动生产过程向无人化和少人化转型，以增强其生产安全性。智能矿山的建设正是应对这一需求的关键。通过应用远程控制、无人驾驶等技术，智能矿山能够显著减少矿山安全事故，其先进的安全系统能够实现对矿山环境的实时监控，及时发现并排查安全隐患，从而大幅提升矿山的安全生产水平。

2013-2022年中国煤矿安全事故数量（起）及死亡人数（人）



2015-2022年中美煤矿百万吨死亡人数（人/百万吨）



数据来源：国家统计局，亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力

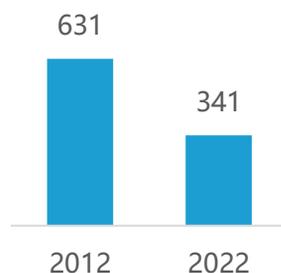
1.3.3 矿山招工难是智能化渗透的关键因素

◆ 矿山工作环境艰苦、劳动强度大，同时社会地位受限，导致人员流动性较大。当前，矿山行业面临年轻人从业意愿低迷、难以吸引40岁以下劳动力的挑战，招工难问题日益严峻，传统的严重依赖劳动力的用工模式已难以满足行业高质量发展的需求。

矿山招工难问题亟待解决



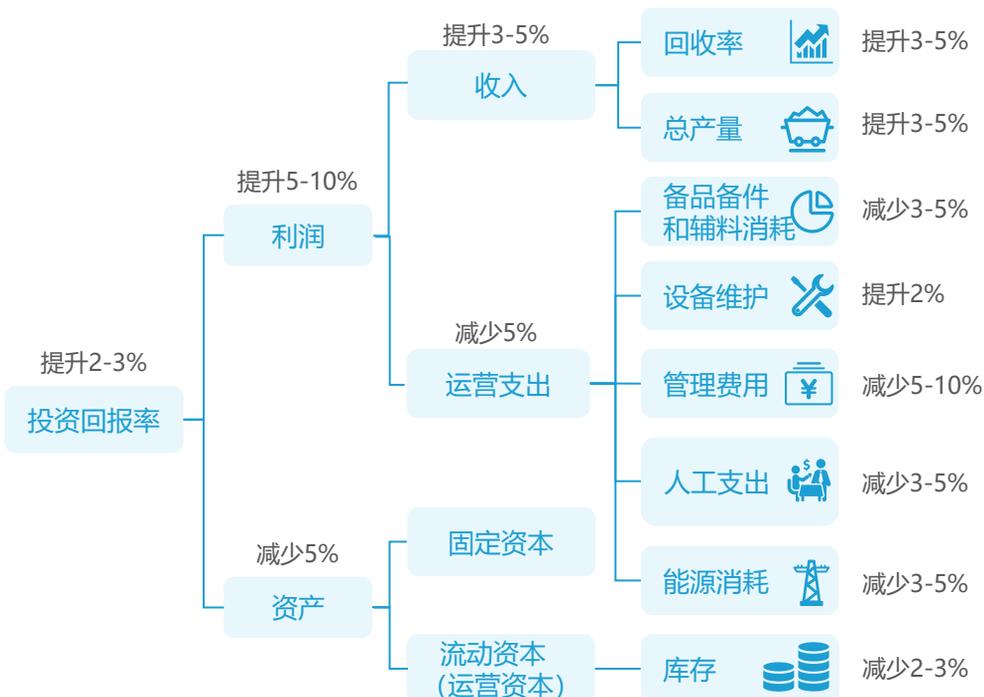
2012-2022年采矿业城镇单位就业人数(万人)



1.3.4 矿山智能化带来效益提升

◆ 智能矿山在资源回收率、总产量、备品备件与辅料消耗、维护成本、管理费用、人工支出、能源消耗以及库存等多个指标上相较于传统矿山展现出显著的优化潜力。全系统智能化的实施不仅能够提升矿山企业的收入，还能够帮助其降低运营支出，减少资产投入。

智能矿山带来投资回报率的提升



1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

1.4.1 智能矿山产业图谱

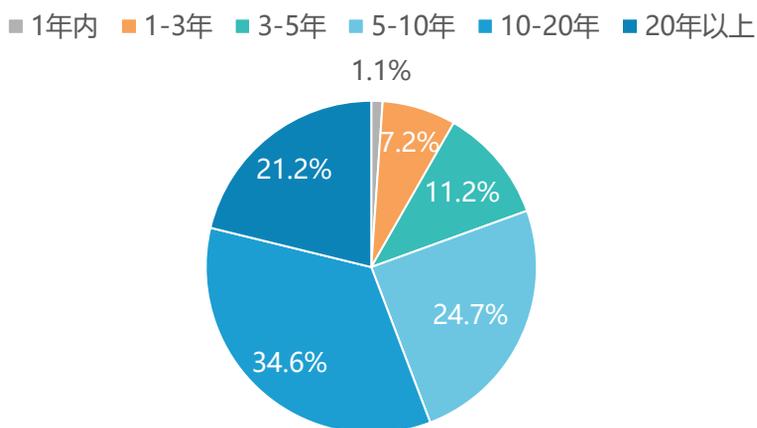


1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

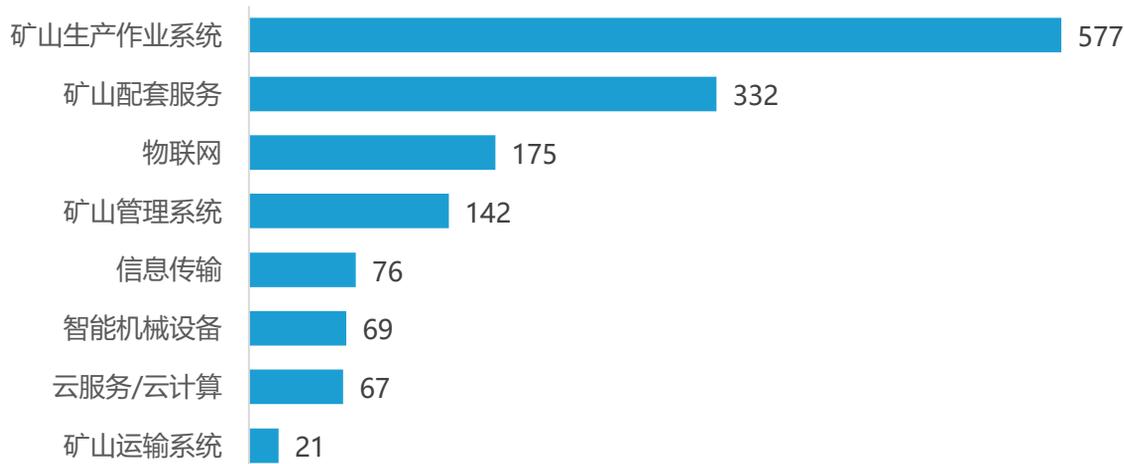
1.4.2 智能矿山产业链主体分析

- ◆ 智能矿山产业链涉及企业较多，从成立时间维度上看，智能矿山产业链主要由成立时间较长的企业构成，过半数企业成立超过10年，体现了智能化技术应用渗透于矿山产业链传统企业的特点。其中，成立10-20年的企业数量占比为34.6%，成立20年以上的成熟企业数量占比为21.2%，在技术积累及市场经验上占据一定优势。同时，成立5-10年的中坚企业占比达24.7%，正处于快速成长的关键时期。成立年限不足5年的新兴企业虽然占比较小，往往是软件信息企业新近进入矿山场景，有助于推动整个产业链的技术进步和创新发展。
- ◆ 从企业产品分类上看，提供矿山生产作业系统的企业以577家的数量领先，成为行业的主力军。矿山配套服务企业数量位居第二，主要为矿山企业提供监测、检测服务及相关设备。物联网和矿山管理系统企业数量分别为175家和142家。技术驱动型企业，包括云服务/云计算、智能机械设备、信息传输等企业，虽然目前数量相对较小，但随着智能技术的广泛应用，预计其市场需求将实现稳步增长。

智能矿山服务商成立时间分布



智能矿山各类服务商数量情况

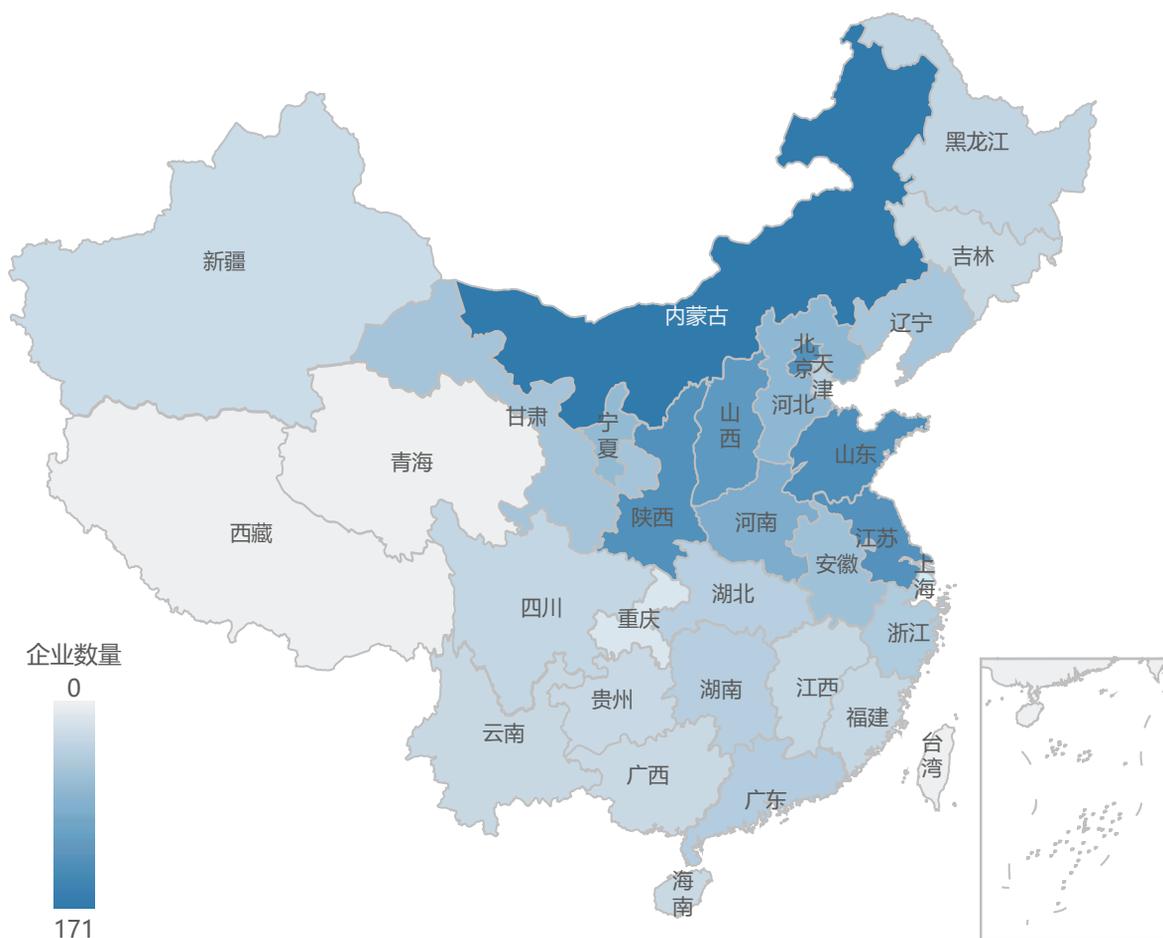


1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

1.4.3 智能矿山产业链主体区域分布

- ◆ 智能矿山产业服务商的地域分布呈现明显的差异性。内蒙古以171家服务商的数量位居榜首，彰显其在智能矿山产业的市场影响力。山东、陕西以及江苏的企业数量分别为131、124家和122家，北京因其地理位置优越、科技资源丰富，智能矿山相关企业达121家。山西则依托其丰富的矿山技术储备，汇聚了110家智能矿山企业，成为智能矿山企业的重要分布区域。
- ◆ 新疆虽然地理位置较为偏远，但其得天独厚的矿产资源吸引了大量智能矿山服务商，促进了区域内相关产业的发展。相比之下，华南地区与东北地区在智能矿山服务商的数量上相对较少。

智能矿山服务商区域分布情况



省份	内蒙古	山东	陕西	江苏	北京	山西	河南	河北	新疆	宁夏	安徽	甘肃	辽宁	上海	浙江
数量	171	131	124	122	121	110	74	57	56	51	39	34	31	26	25
省份	广东	湖北	湖南	天津	黑龙江	四川	福建	江西	重庆	吉林	云南	贵州	广西	海南	
数量	22	18	18	13	8	6	5	5	5	3	3	2	1	1	

数据来源：亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

1.4.4 智能矿山无人驾驶产业图谱

- ◆ 中国智能矿山无人驾驶产业的供给侧包括矿山无人驾驶解决方案商、矿用车和矿山机械装备企业、云服务商以及通讯服务商等主体，需求侧则由煤矿、金属矿、砂石矿等各类矿山企业和矿山工程公司构成。供给侧企业通过技术创新和紧密合作，不断满足需求侧矿主和矿山工程公司对智能矿山建设的迫切需求，共同推动着整个产业的发展和进步。

中国智能矿山无人驾驶产业图谱



目录

CONTENTS

1 智能矿山及无人驾驶发展背景

- 1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系
- 1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程
- 1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力
- 1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

2 智能矿山及无人驾驶市场现状

- 2.1 智能矿山建设现状
- 2.2 智能矿山市场规模
- 2.3 矿山无人驾驶主要场景
- 2.4 矿山无人驾驶市场现状

3 智能矿山解决方案和发展目标

- 3.1 空天地智能矿山总体架构
- 3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

4 智能矿山及无人驾驶产业趋势展望

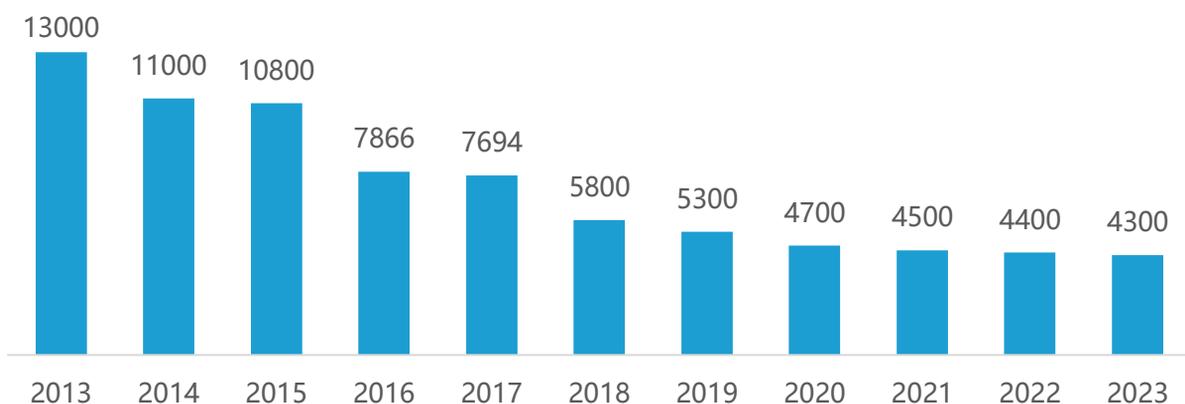
- 4.1 智能矿山产业发展趋势
- 4.2 矿山无人驾驶未来展望

2.1 智能矿山建设现状

2.1.1 矿山大型化、机械化程度不断提高

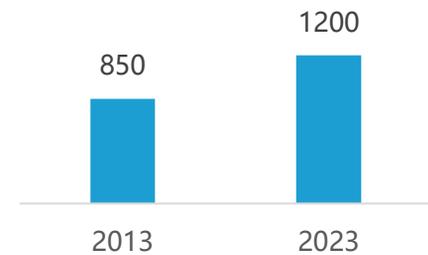
- ◆ 中国矿山正在朝着“少而精”的趋势发展，逐步向大型化、集约化方向转型。近年来，中国标准以下矿山有序关闭，矿山总量减少，大型矿山占比持续提升。以煤炭行业为例，从2013年到2023年，中国煤矿数量从13000处减少至4300处，降幅显著。与此同时，大型煤矿的数量实现了全面增长，年产120万吨及以上的煤矿数量从850处增加至1200处，年产千万吨级的煤矿数量也从33处增加到81处。
- ◆ 矿山机械化是智能化的基础，近年来在国家的高度重视和大力推动下，行业的机械化程度得到显著提升，大型煤炭企业的采煤机械化程度从1998年的73.6%提升至2021年的99.0%。

2013-2023年中国煤矿数量（处）

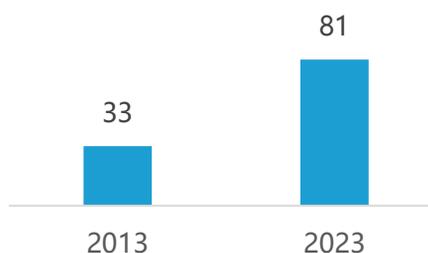


2013-2023年中国大型煤矿数量

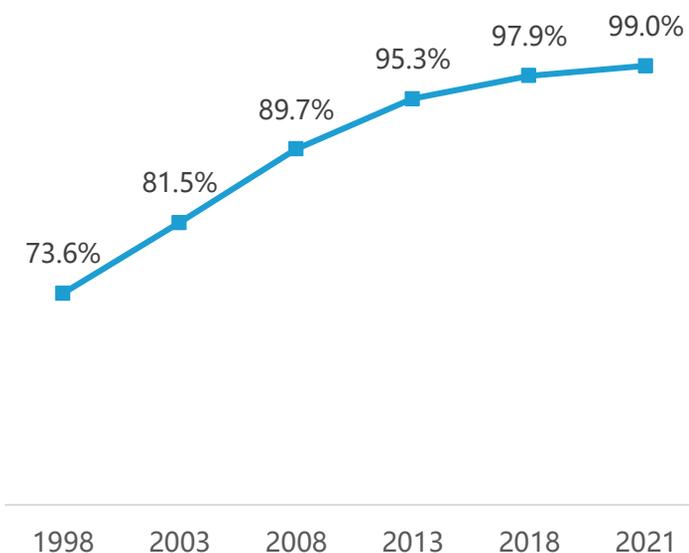
■ 年产120万吨及以上煤矿数量（处）



■ 年产千万吨级煤矿数量（处）



1998-2021年中国大型煤炭企业采煤机械化程度

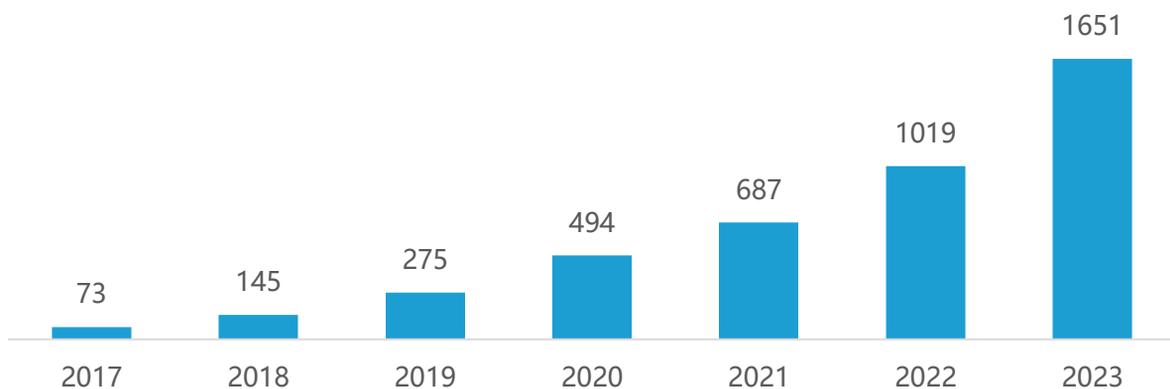


2.1 智能矿山建设现状

2.1.2 矿山智能化建设正加速进行

- ◆ 中国矿山行业的智能化转型正在加速进行，智能化采掘工作面的数量显著增长。全国煤矿智能化采掘工作面从2017年的73个增长至2023年的1651个。截至2023年底，全国已有758处煤矿建成了智能化采掘工作面，总投资规模超过2000亿元，其中已完成投资约1080亿元，带动了煤矿物联网、煤机装备制造、智能控制系统、安全监测预警等新产业新业态的快速发展。
- ◆ 地方层面上，多个地区已经建成数量可观的智能化煤矿和采掘工作面，并在露天煤矿中应用了无人驾驶车辆等先进技术。这些进展不仅展示了中国各地区在推动矿山智能化方面的坚定决心，也彰显了智能化矿山建设的广阔前景和潜力。

2019-2023年中国智能化采掘工作面数量（个）



中国各地区煤矿智能化建设情况

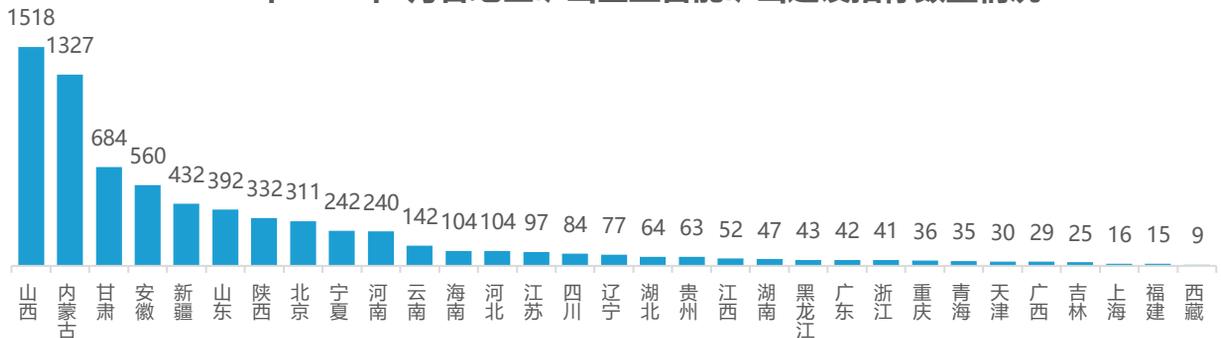
地区	智能化煤矿建设情况
山西	截至2024年1月，山西10座国家智能化示范煤矿全部建成，全省累计建成118座智能化煤矿。
新疆	截至2023年7月，全疆已初步形成智能化煤矿产能1.69亿吨。其中，已建成并通过智能化验收的煤矿3处，年产能合计5450万吨；已经基本建设完成，准备下半年申请验收的煤矿1处，年产能600万吨；采、掘、机、运、通等主要系统已基本完成智能化建设的煤矿15处，年产能合计1.09亿吨。
内蒙古	截至2024年4月，全区已建成155处智能化煤矿，占在产煤矿总数的一半以上，建成智能化采煤工作面240处、智能化掘进工作面219处，露天煤矿应用无人驾驶车辆306台。
陕西	截至2023年7月，全省共建成115个智能化采煤工作面和72个智能化掘进工作面，智能化开采能力4亿多吨。
贵州	截至2023年3月底，贵州省已累计建成投运智能化采掘工作面60个，累计减少井下岗位人员近万人。
河北	截至2023年6月，河北省已累计建成智能化煤矿9处，建成智能化采煤工作面24个、掘进工作面11个，累计减少艰苦岗位人员4200余人。

2.1 智能矿山建设现状

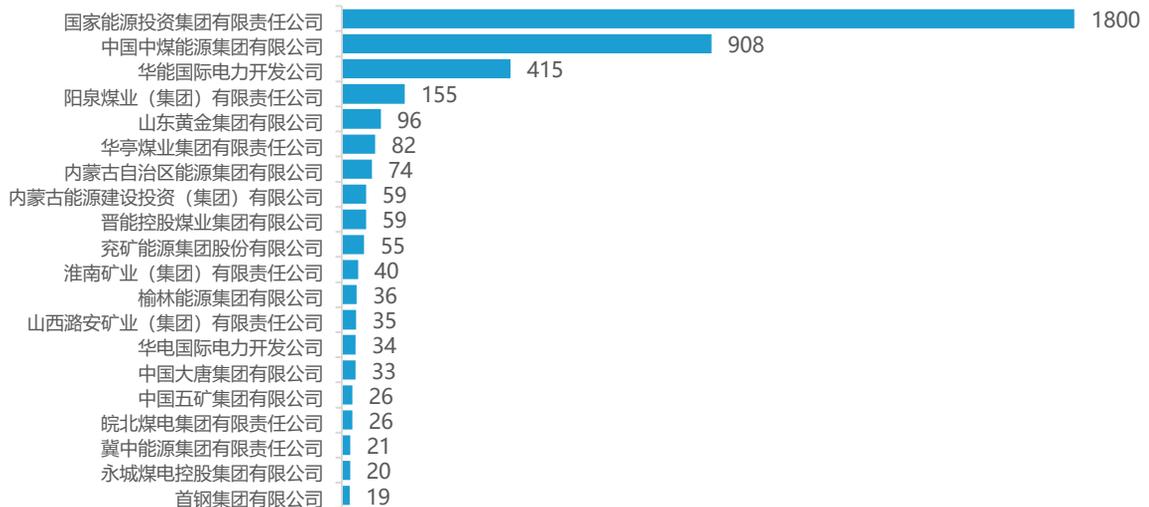
2.1.3 智能矿山招标数据分析

- ◆ 蓝皮书通过对2023年-2024年5月期间发生的智能矿山招投标事件统计，分析了技术交易的类型和内容。
- ◆ 区域分布层面上，智能矿山招标活动的分布呈现出显著的地域性差异。山西以1518次交易数量位居榜首，内蒙古以1327次紧随其后，显示出对智能矿山建设的迫切需求和活跃市场。甘肃、安徽以及新疆分别以684次、560次和432次交易量位列第三至五位，尽管与前两位相比有明显减少，但依然显示出这些地区在智能矿山建设上的积极投入。此外，山东、陕西、北京、宁夏、河南等地智能矿山招标数量排名第六至十位，相比之下，其他地区的招标数量相对较少，在智能矿山建设方面的需求较低，市场潜力有待进一步挖掘。
- ◆ 招标的企业层面上，国家能源投资集团有限责任公司以1800次的招标数量在行业中占据领先地位，中国中煤能源集团有限公司和华能国际电力开发公司分别以908次和415次的招标数量位列第二、三位。排名前三位的企业招标总量占据了前二十名企业的78%，其他企业的招标数量相对较少，表明智能矿山领域的参与度和市场影响力存在显著的不均衡性。

2023年-2024年5月各地区矿山企业智能矿山建设招标数量情况



2023年-2024年5月矿山企业智能矿山建设招标数量Top20



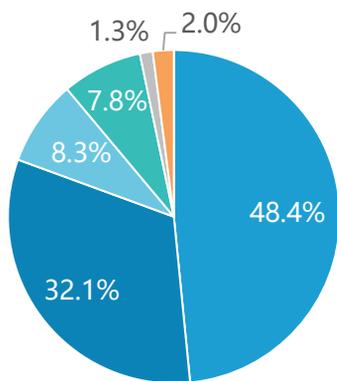
2.1 智能矿山建设现状

2.1.4 智能矿山中标数据分析

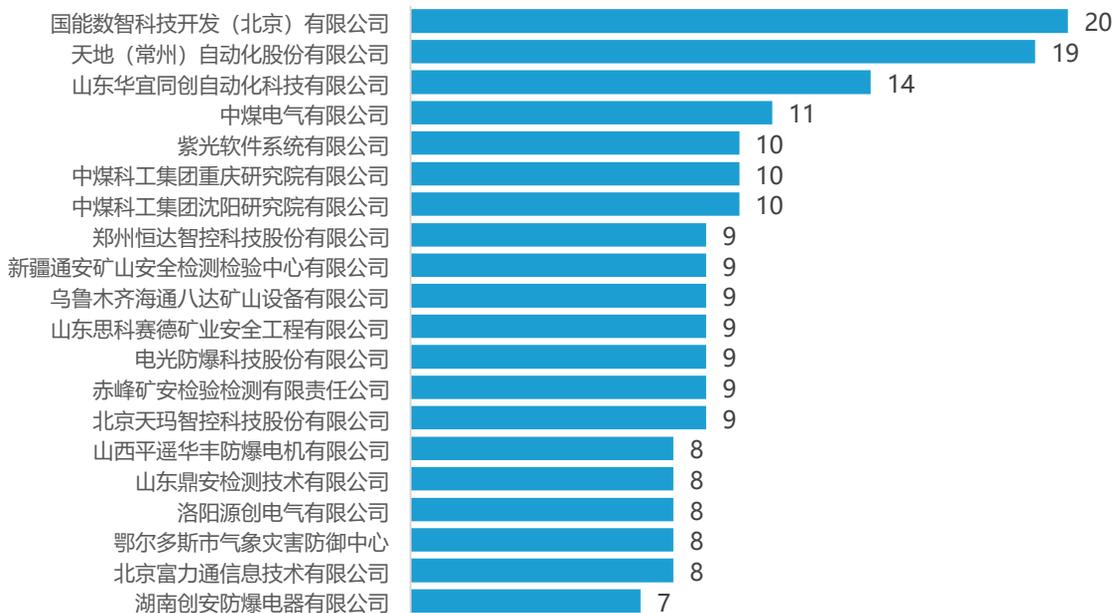
- ◆ 智能矿山中标产品金额集中在500万元以下区间，相关交易数量占到总数的80.5%。其中，100万元以内和100-500万元的产品交易量占比分别为48.4%和32.1%，表明市场对成本效益较高的智能矿山产品有着明显偏好。3000万元以上智能矿山产品在整体交易量中所占的比重较小，仅为3.3%，高单价产品市场存在较大提升空间。
- ◆ 国能数智科技开发（北京）有限公司凭借20次中标在智能矿山中标数量中占据首位，天地（常州）自动化股份有限公司以19次中标紧随其后，同样展现了强劲的市场竞争力。中煤集团旗下子公司在招投标中也表现突出，多家子公司均有中标项目，凸显了集团的综合竞争优势。整体来看，智能矿山服务商的中标分布较为均衡，反映出市场的广泛参与和竞争活力。

2023年-2024年5月智能矿山建设项目中标金额分布

■ 100万以下 ■ 100-500万 ■ 500-1000万 ■ 1000-3000万 ■ 3000-5000万 ■ 5000万以上



2023年-2024年5月智能矿山服务商中标数量Top20



数据来源：亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

2.1 智能矿山建设现状

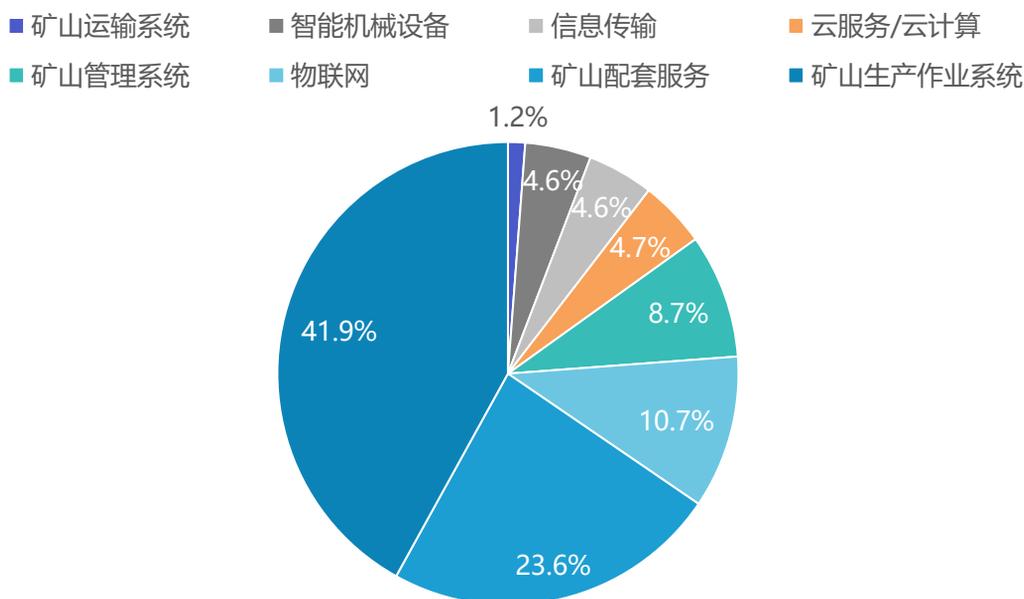
2.1.5 智能矿山中标产品类型分析

- ◆ 智能矿山项目的产品中标情况揭示了不同类别技术的价值定位与市场需求。从平均中标价格来看，矿山运输系统和智能机械装备的平均中标价格分别为955万元和826万元，彰显了生产工具端的智能化提升对于矿山生产的显著价值。此外，云计算和云服务产品的平均中标价格也高达519万元。相比之下，物联网、矿山配套服务、矿山管理系统类产品的平均中标价格处于较低水平，但作为智能矿山建设的基础性技术，扮演着不可或缺的角色。
- ◆ 从中标数量的维度来看，矿山生产作业系统占据了主导地位，中标数量占比高达41.9%，表明当前智能矿山建设的聚焦于提升核心生产流程的智能化水平。同时，矿山配套服务以23.6%的高占比显示出市场对于全面、系统的解决方案配套服务的需求较高。尽管云服务/云计算和智能机械设备在平均中标价格上排名靠前，但中标数量占比仅为4.7%，反映出高价值领域的竞争可能更为激烈，且项目实施可能更为慎重。物联网和矿山管理系统虽然单价较低，但中标数量占比分别为10.7%和8.7%，在智能矿山建设中的需求稳定。矿山运输系统虽然单个项目投资大，但中标数量占比仅为1.2%，该领域存在一定的市场准入门槛和项目稀缺性。

2023年-2024年5月智能矿山项目各类型产品平均中标价格（万元）

产品类别	信息传输	物联网	云服务/云计算	智能机械装备	矿山生产作业系统	矿山管理系统	矿山运输系统	矿山配套服务
价格(万元)	345	162	519	826	623	241	955	180

2023年-2024年5月智能矿山建设项目各类型产品中中标数量占比

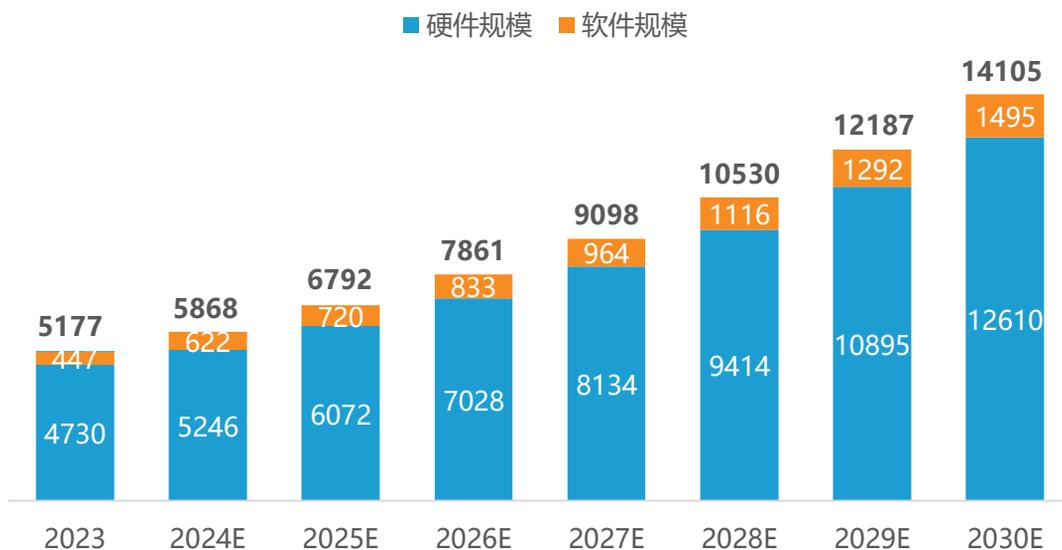


2.2 智能矿山市场规模

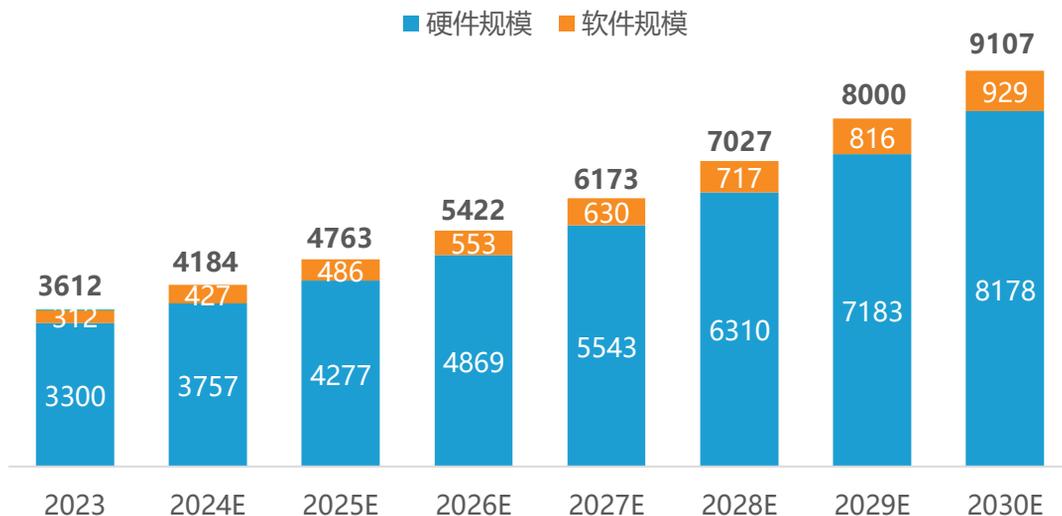
2.2.1 中国智能矿山蕴含万亿级市场空间，前景可期

- ◆ 在绿色矿山和环保政策推动下，中国矿山逐步关停、整合，截至2023年，中国煤矿数量已降至4300处，预计到2025年，中国煤矿数量将减少至4000处；非煤矿山数量约为3万处，预计也将持续下降。同时随着智能化改造的深入，单个矿山在智能软、硬件上的投资将呈增加趋势。
- ◆ 综合考虑煤矿和非煤矿山的数量及智能化发展趋势，预计到2030年，中国智能煤矿市场空间将达到14105亿元，非煤矿山的智能化市场规模预计将达9107亿元，两者合计的市场空间将超过2.3万亿元，中国矿山行业智能化市场前景广阔。

2023-2030年中国智能煤矿市场空间（亿元）



2023-2030年中国智能非煤矿山市场空间（亿元）



数据来源：公开资料，亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

2.3 矿山无人驾驶主要场景

2.3.1 露天矿是当前无人驾驶技术的主流落地场景

- ◆ 矿山开采方式主要分为露天开采和井下开采。露天开采通过剥离覆盖矿体的浮土和围岩，直接从暴露的矿体中采掘矿石。露天开采的实质就是大量矿岩的移运过程，属点对点运输，其运输线路固定且速度较低，作业场景单一，交通状况简单适于开展无人驾驶技术应用；同时，运输是露天矿开采工艺中主要生产环节之一，其成本约占矿石成本的30%-40%，对无人化的需求尤为迫切，使得露天矿成为无人驾驶技术的核心落地场景。
- ◆ 露天矿无人驾驶解决方案已趋于成熟。露天矿无人驾驶运输首先由传感器进行环境监测，通过高精度GPS定位和调度系统指定装载和卸料点，并规划最佳行驶路线。车辆接收指令自动导航至挖掘机进行装载，按路线行驶至卸料点，完成精准卸料，实现高效、绿色、安全的矿石运输。

露天矿作业场景适于开展无人驾驶技术应用

人员位置固定可控，
运输设备移动速度
低，安全隐患小

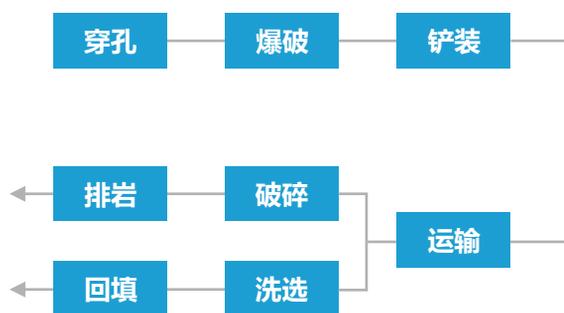


作业空间开阔，
GPS信号全覆盖，
定位可靠性高

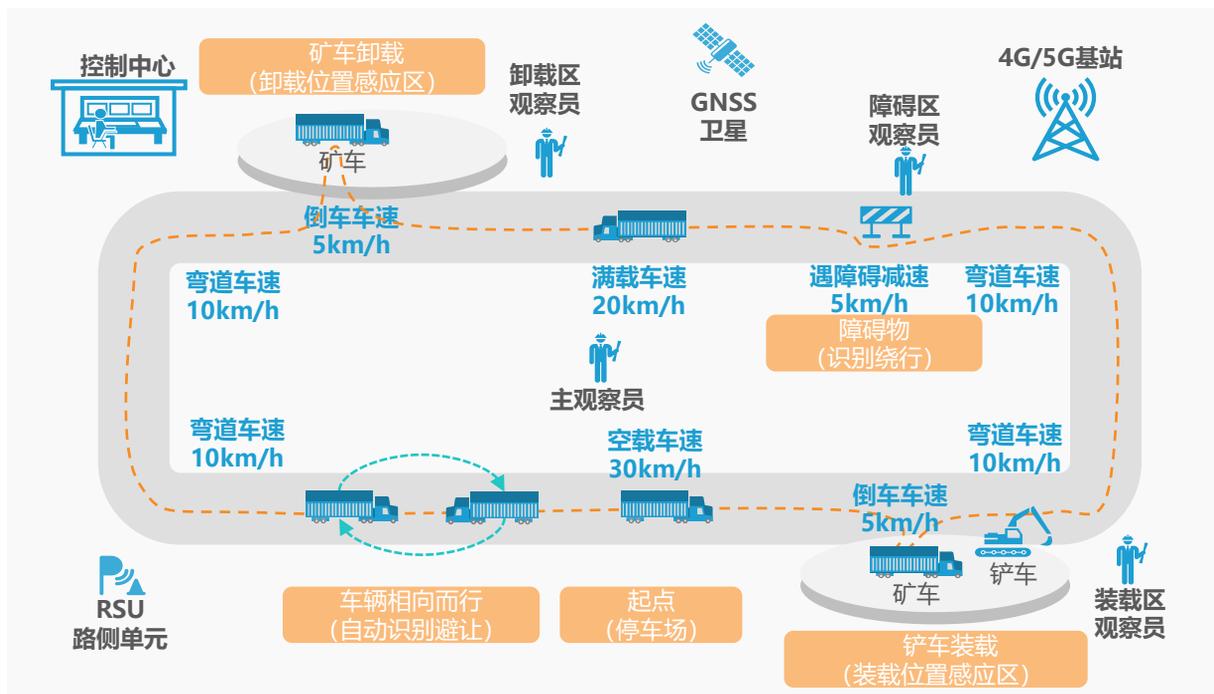
道路场景单一，运
输路线固定，点对
点运输技术难度小

生产过程封闭、交
通规则简单，环境
感知数据更易解析

露天矿作业流程



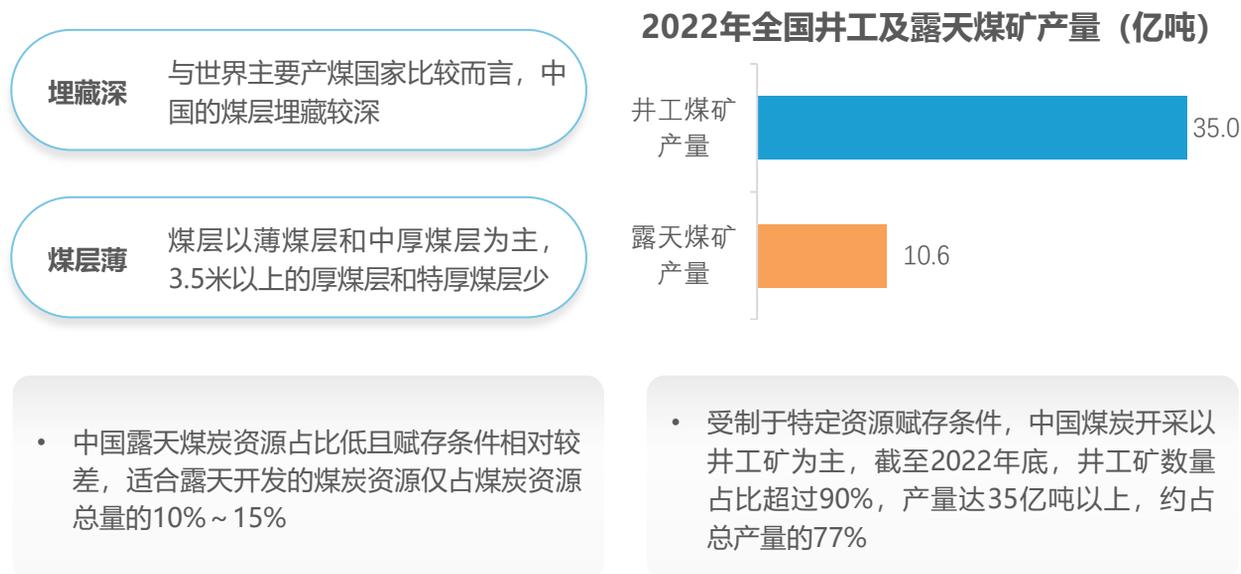
露天矿无人驾驶运输流程



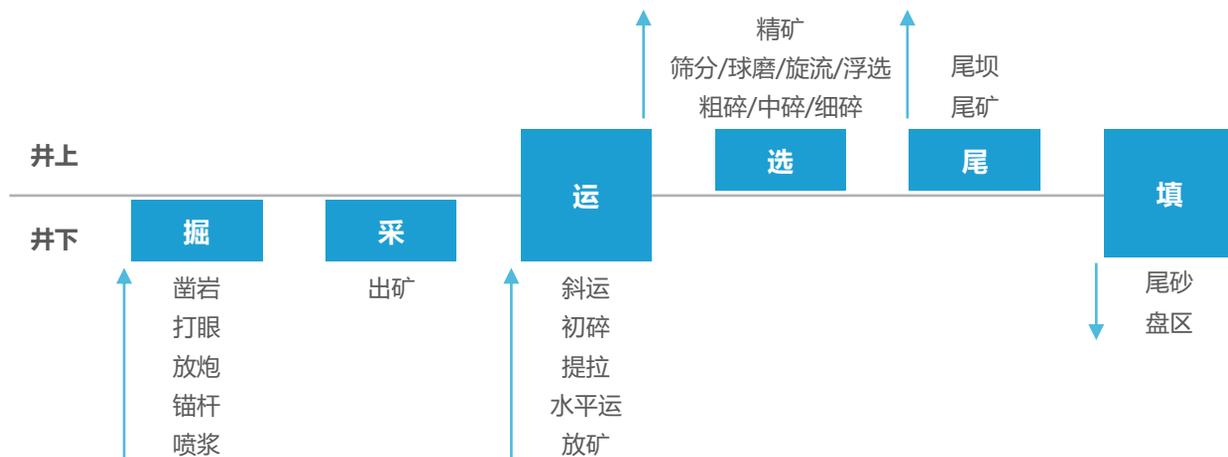
2.3 矿山无人驾驶主要场景

2.3.2 井工矿无人驾驶技术挑战高，实际应用推进较为缓慢

- ◆ 在矿床深藏于地表之下且露天开采剥离系数过高时，井下开采成为首选方式。以中国的煤炭资源为例，由于煤炭资源普遍埋藏较深且煤层较薄，井工开采已成为主要的开采手段。
- ◆ 井下作业环境的复杂性带来了诸多挑战。井下开采难度大、安全风险高，这些因素不仅推高了作业成本，也成为安全事故频发的根源。面对这些挑战，井工矿行业迫切需要转型，采用无人化技术以提高作业效率和安全性。无人化转型不仅可以降低人力成本，减少矿工直接暴露于危险环境的风险，还能通过自动化和智能化技术提升开采精度和作业效率。此外，无人化开采还有助于实现更加严格的环境标准和可持续发展目标，为矿业的长远发展奠定基础。



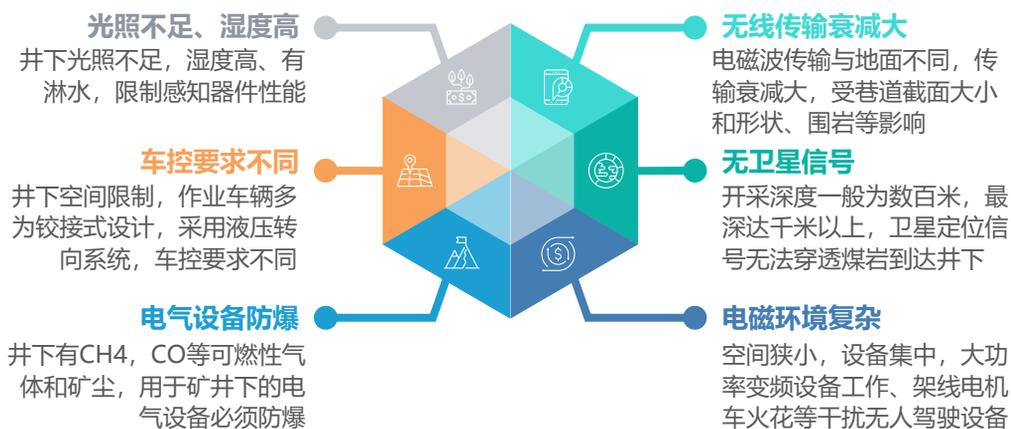
井工矿作业流程



2.3 矿山无人驾驶主要场景

- ◆ 井工矿无人驾驶技术的实施面临诸多挑战。井下环境的光线昏暗、空间狭小、湿度高，加之缺乏卫星导航和稳定通信信号，这些因素共同构成了技术发展和应用的障碍。这些不利条件不仅增加了技术研发的复杂性，也提高了实施成本，从而限制了科创公司进入这一领域的积极性。
- ◆ 无人驾驶技术在井工矿的应用还处于探索阶段，技术落地和推广的速度相对较慢。为了克服这些挑战，需要创新的解决方案和跨学科的合作，包括但不限于先进的传感器技术、自主导航算法、以及强大的地下通信网络，这些技术的集成和优化将是推动无人驾驶技术在井工矿场景中应用的关键。

井工矿无人驾驶技术难度较高



井工矿无人驾驶应用情况

矿山种类	应用设备	应用单位	场景	建设单位
煤矿	无轨胶轮车	榆北煤业曹家滩煤矿、国能宁夏红柳煤矿	井下辅运车辆无人驾驶	中国煤科常州研究院
煤矿	单轨吊机车	山东能源新汶矿业翟镇煤矿	井下搬运及无人驾驶	山东新沙装备、清华大学
煤矿	单轨吊机车	淮河能源顾北煤矿	辅助运输无人驾驶及智能调度	尤洛卡矿业科技
煤矿	电机车	山西焦煤西山煤电马兰矿	电机车无人驾驶	上海申传电气
煤矿	无轨胶轮车	陕煤集团小保当煤矿	井下复杂巷道无轨胶轮车无人驾驶	中国矿业大学、中科慧拓、陕西电信、西安科技大学
煤矿	无轨胶轮车	中煤陕西榆林大海则煤矿	井下辅助运输无人驾驶	中煤陕西榆林能源化工有限公司、中煤电气
非煤矿山	矿卡	北方矿业	深部矿井无人驾驶	北京理工大学、雷科智途
非煤矿山	电机车	中金岭南凡口铅锌矿	金属非金属地下矿山电机车无人驾驶	北矿智能、山源科技

数据来源：公开资料，专家访谈

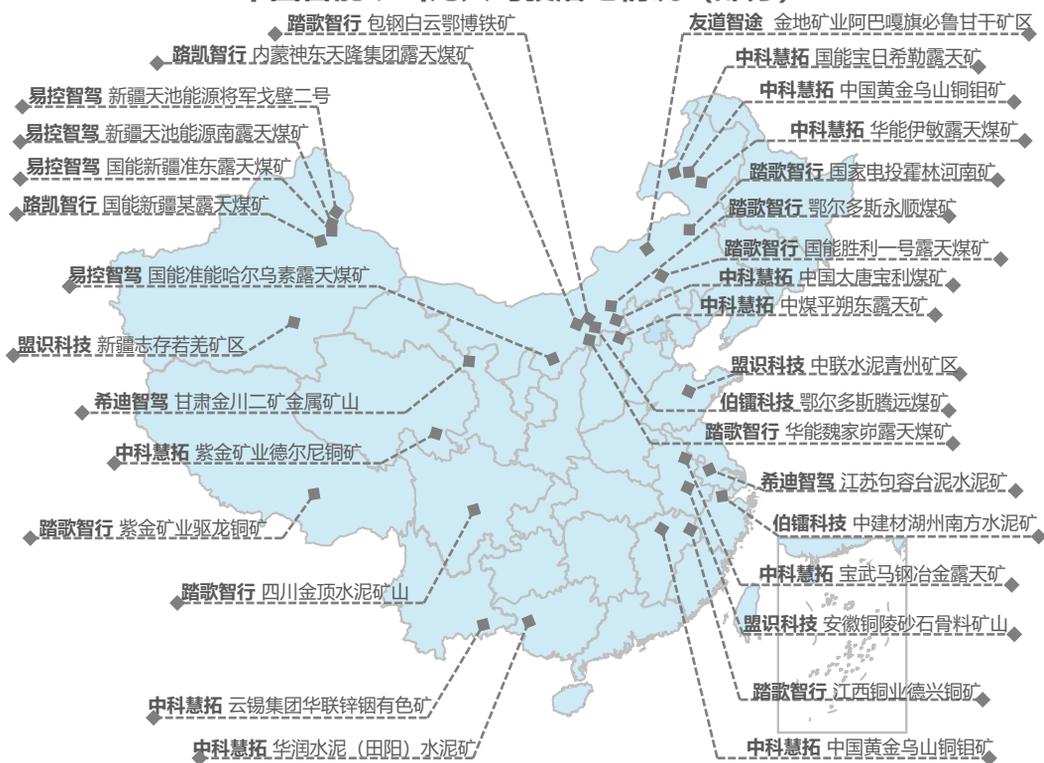
获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

2.4 矿山无人驾驶市场现状

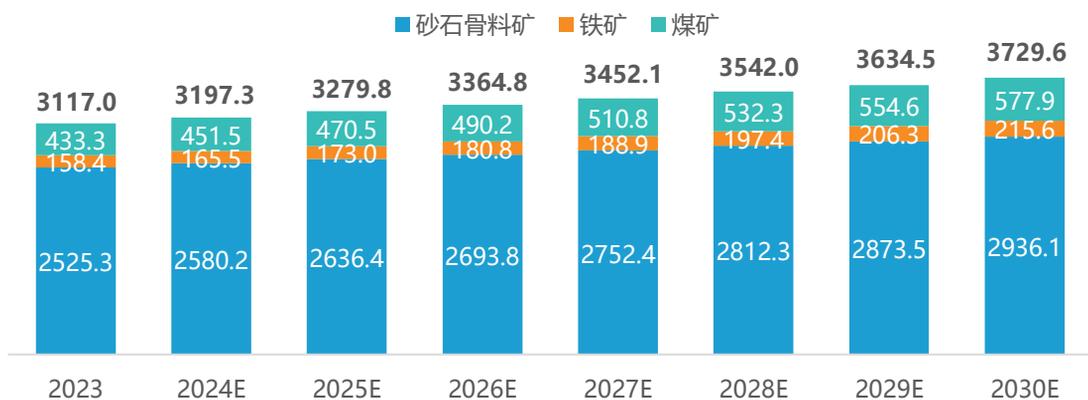
2.4.1 无人驾驶技术逐步向全国矿山铺开应用，渗透率仍在低位，潜在市场空间广阔

- ◆ 中国智能矿山无人驾驶市场近年来快速发展，多家企业已成功将无人驾驶技术应用于国内各地主要矿山。但目前来看，全国投入使用的无人驾驶矿用车辆约1500辆，整体渗透率不到3%，尚处于较低水平。
- ◆ 预计到2030年，中国煤矿、砂石骨料矿、铁矿的年运输规模将分别达到577.9亿元、2936.1亿元和215.6亿元，矿山无人驾驶的潜在市场空间为3729.6亿元。随着市场接受度增加，矿山无人驾驶渗透率将持续增长，市场规模将达千亿级别，展现出巨大的市场潜力和发展空间。

中国智能矿山无人驾驶落地情况（部分）



2023-2030年中国智能矿山无人驾驶潜在市场空间（亿元）



数据来源：公开资料，亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

2.4 矿山无人驾驶市场现状

2.4.2 头部企业已实现单个矿山无人驾驶规模化应用，即将开始大规模复制

- ◆ 无人驾驶矿用车辆的发展已经从早期的几辆或十几辆的小规模试验阶段，扩展到如今的数十甚至数百辆的大规模运营。目前多家企业已实现无人驾驶技术的规模化应用，单个矿山无人驾驶规模在持续扩大。
- ◆ 随着技术的成熟和市场的认可，相关企业的订单量近期实现了显著增长，市场上出现了多个数百台规模的订单，标志着行业需求的稳步增加和商业化进程的加速。例如，三一智矿与新疆骏瑞众研签署了超500台无人驾驶矿车的合作订单，易控智驾与鸣阳矿业计划未来在新疆矿山投放500至1000台新能源线控矿车，踏歌智行与临工重机今年初达成战略合作，将共同部署千台无人矿车，进一步推动了行业的商业化进程。

单矿无人驾驶落地规模持续扩大



行业内数百台级别量产订单密集涌现

- 三一智矿×新疆骏瑞众研：超500台无人矿车订单**
 - 2023年7月，三一智矿与新疆骏瑞众研签署超500台无人驾驶矿车合作订单，是中国矿山无人驾驶行业最大单笔订单，金额超10亿元
- 易控智驾×鸣阳矿业：500~1000台无人矿车战略合作**
 - 2023年10月，易控智驾与新疆鸣阳矿业签署战略合作协议，未来双方将陆续在新疆矿山市场投放500~1000台新能源线控矿车
- 踏歌智行×临工重机：1000台无人矿车战略合作**
 - 2024年1月，踏歌智行与临工重机达成战略合作，双方将通过共建跨领域、跨学科、跨区域的产业协同新格局，共同部署千台无人矿车

2.4 矿山无人驾驶市场现状

2.4.3 规模化应用推动单车成本下降，矿山无人驾驶迎来商业化拐点，获得资本青睐

- ◆ 无人驾驶技术在矿山场景的规模化应用带动车队数量的增加，进而推动成本的逐步降低。随着整个无人驾驶产业链成熟和产量提升，相关智能化硬件成本有望实现显著下降，并最终控制在10万元以内。此外，前期研发投入、基础设施建设成本也随着车队规模扩大得以摊薄。同时，随着技术的不断成熟，运营效率的提升也会为毛利率的增长带来广阔空间。
- ◆ 矿山无人驾驶企业自2020年以来逐渐获得资本市场青睐，尽管融资热度在2022年后有所放缓，但到2023年下半年至2024年初，行业迎来新一轮融资高峰，其中易控智驾在短短半年内成功完成了连续两轮融资，而踏歌智行、伯镭科技、雷科智途等企业也相继在近期获得了过亿资金支持，显示出资本市场对行业的信心。同时，融资轮次的后移表明了矿山无人驾驶企业正逐步从初创阶段向成熟企业过渡。

硬件成本下探

目前整套硬件成本大约在10-20万元，随着产业链的成熟，零部件成本正持续下降

单车研发成本下降

产品趋于成熟，产品研发的边际成本随规模扩大而下降，单车的研发成本逐步下降

基础设施成本摊薄

基站、网络以及服务器等基础设施成本随着运营车辆数量的增加，成本逐渐被分摊

司机成本节约

司机人工成本逐年上涨，每辆矿用卡车每年可节省3-4名司机的用工成本

燃油消耗下降

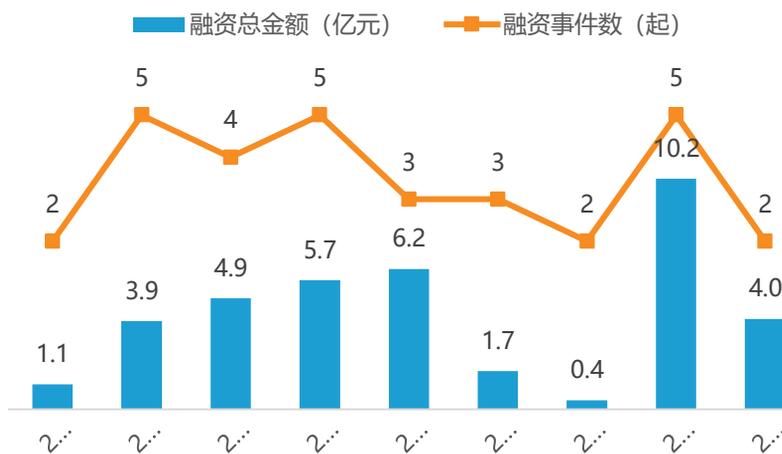
普通矿车一年燃油费用可达数十万元，无人驾驶可使其下降10%-20%，效益可观

运输效率提升

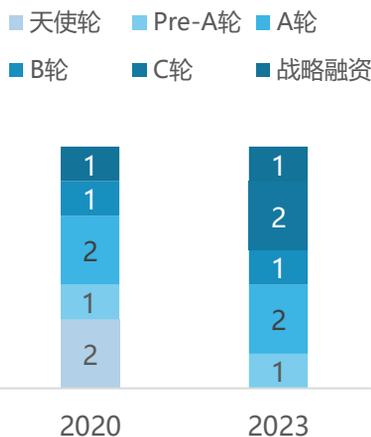
目前无人驾驶车辆效率已与人工作业相当，预计今年内可赶超人工，实现效率升级



2020H1-2024Q1矿山无人驾驶企业融资情况



2020-2023年矿山无人驾驶市场各融资轮次事件数 (起)



数据来源：公开资料，亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

目录

CONTENTS

1 智能矿山及无人驾驶发展背景

- 1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系
- 1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程
- 1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力
- 1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

2 智能矿山及无人驾驶市场现状

- 2.1 智能矿山建设现状
- 2.2 智能矿山市场规模
- 2.3 矿山无人驾驶主要场景
- 2.4 矿山无人驾驶市场现状

3 智能矿山解决方案和发展目标

- 3.1 空天地智能矿山总体架构
- 3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

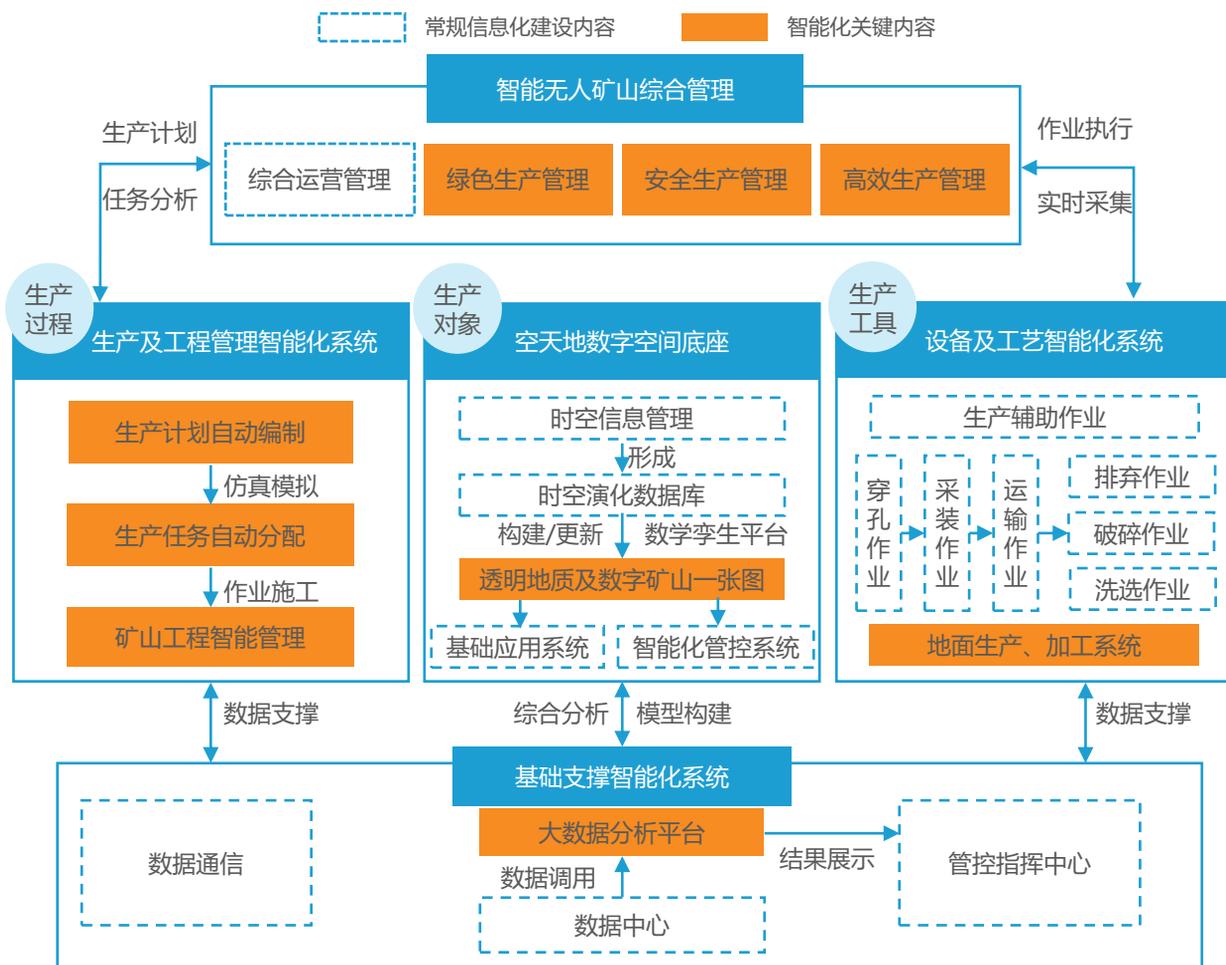
4 智能矿山及无人驾驶产业趋势展望

- 4.1 智能矿山产业发展趋势
- 4.2 矿山无人驾驶未来展望

3.1 空天地智能矿山总体架构

- ◆ 矿山生产是一个复杂系统，涵盖生产过程、生产对象和生产工具三个核心要素。在这一系统中，矿山各类设备作为生产工具，矿产资源、地质结构等构成生产对象，生产及工程管理贯穿整个生产过程。智能矿山的建设关键在于通过先进技术分别实现生产对象端、生产工具端和生产过程端的数字化、智能化，通过数字孪生虚拟矿山的构建，将实体矿山映射到数字空间中，实现生产工具端、生产对象端和生产过程端的前所未有的无缝对接。
- ◆ 智能矿山空天地一体化架构创新性地基于数字空间底座，从生产对象着手，对生产过程全链条进行数字化和智能化构建。该架构采用空天地一体化技术，通过“空天地”（天基：卫星遥感；空基：无人机遥感；地基：地面传感器等）一体化工作模式，从不同层级、不同尺度、不同方式对矿区地上、地下开展有效监测及数据采集，实现矿山环境的全面感知，并通过智能矿山综合管理平台，对各类数据进行汇总和大数据分析，提高矿山作业的敏捷性和连续性，降低协同管理难度，将生产工具端的无人化装备与生产过程端的计划和工程管理进行融合，为矿山的数字化发展奠定坚实基础。

智能矿山空天地一体化技术框架



3.1 空天地智能矿山总体架构

3.1.1 生产对象端

3.1.1.1 矿山地质条件复杂多变，环境监测面临诸多难点

- ◆ 矿山生产对象主要包括矿产资源及其所属的地质环境，是矿山开采和运营的基础。矿山地质环境变化具有影响范围广、持续时间长、关联要素多等特点，复杂地质条件和脆弱生态环境使得矿山地质环境监测面临严峻挑战。
- ◆ 矿山生产对象智能化的难点在于：一方面，矿山岩层形态多样、地质灾害突出、环境参数多，单一、传统的测绘监测手段难以满足矿山复杂地质环境监测的实际需求；另一方面，地质环境参数的变化具有量变到质变的不确定性，地质灾害与生态环境变化之间存在复杂的耦合效应。因此，实现矿山地质环境多要素的协同监测和智能感知是当前需要解决的难点。

3.1.1.2 三维地质建模、透明地质保障为当前主要技术方向

- ◆ 当前，矿山生产对象端智能化技术的发展主要集中在三维地质建模和透明地质保障技术上。透明地质保障技术结合了物联网、人工智能、大数据和云计算等前沿ICT技术，通过定向钻探和随采物探等手段，实现地质环境的实时监测和全面探查，从而构建动态的多属性三维地质模型，同步再现矿山生产场景，为生产设备提供精确导航，有效预防安全事故，为智能矿山的建设提供地质保障。
- ◆ 尽管三维地质建模和透明地质保障技术为矿山智能化提供了强大的技术支持，但这些技术的普及和应用仍面临挑战。目前，地质建模和采矿三维设计在实际操作中并不普遍，设计资料和图纸难以通过三维平台传递给其他作业和管理环节，导致无法充分发挥三维建模在协同管理中的潜力。许多作业和管理流程仍然依赖于传统的CAD图纸进行沟通和交流，这种方式降低了沟通效率，并且无法及时将作业环节的问题和情况在模型上统一反馈和表达。

透明工作面动态建模流程



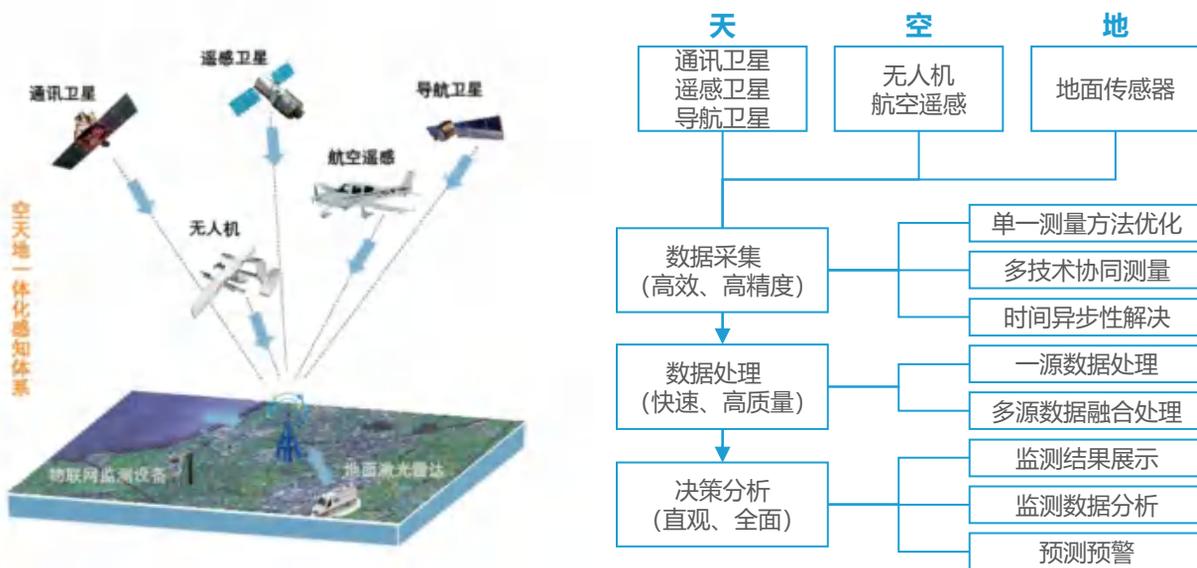
工作面动态逐级透明化

3.1 空天地智能矿山总体架构

3.1.1 生产对象端

3.1.1.3 数字空间底座通过空天地数据融合，为智能矿山建设奠定基础

- ◆ 矿区岩层形态多样、地质灾害突出、环境问题复杂，单一、传统的测绘监测手段难以满足矿山地质环境多尺度、连续性、整体性监测和多要素信息异常智能感知的实际需求。因此，智能矿山的构建必须依托于空天地一体化的感知监测体系，并以此为基础建设基于空间分析的数字空间底座，以提升矿山地质环境监测的综合性和智能化水平。
- ◆ 数字空间底座是基于前沿技术架构的智能矿山数字基础设施，围绕“数字化”与“智能化”建设中对数据化生产对象定义、使用、交互的核心需求，以满足各类信息资源汇聚、融合、管理、应用、分析、服务为出发点和落脚点，采用大数据、云计算、人工智能、GIS等技术，以地理实体为基础，通过卫星、无人机、地质数据等构建数字孪生体，通过数字空间分析，为矿山全过程管理提供基于“卫星+无人机+地质测量”的空天地一体化感知体系。



- ◆ 数字空间底座运用多源数据融合技术，将分散的空间数据汇集成统一的地理信息系统。在测绘领域，这一过程涵盖了卫星遥感影像、无人机采集的点云数据、地面测量数据等多种数据源。这些数据源产生的数据格式、分辨率、坐标系等都存在差异，需要通过多源数据融合的技术进行统一处理，解决了现有矿山各类测绘数据综合运用的难题。
- ◆ 数字空间底座通过整合来自空、天、地的各类监测数据，实现矿区作业环境和作业对象的实时数字化映射，为矿山数字化生产、运营、管理智能化系统建立交互的平台和基础，同时也为矿山作业链各类业务数据提供了可靠的时空数据支持。在此基础之上，矿山的各类作业数据、流程数据、管理数据实现高度融合，为矿山从数字化向智能化、无人化转型提供切实的公共基础服务平台。

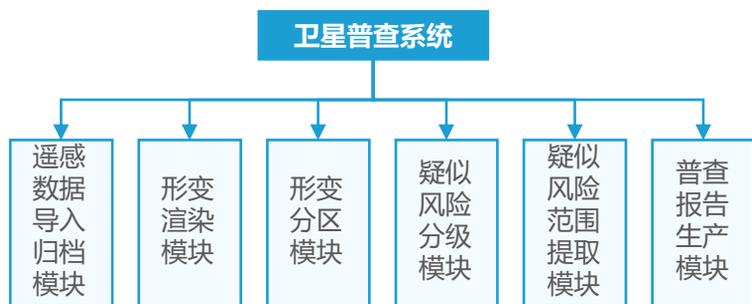
3.1 空天地智能矿山总体架构

3.1.1 生产对象端

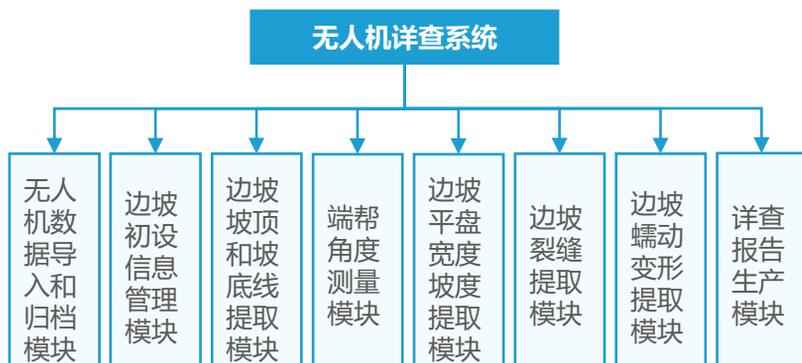
3.1.1.4 空天地监测体系为智能矿山提供科学的数据支撑

- ◆ 空天地监测体系从高空、中低空、地面三个维度构建监控网络，实现全天候的立体监测。
- ◆ 天基系统通过卫星遥感技术，可为矿山提供宏观的地质构造分析、环境变化监测以及矿产资源的初步评估。“矿大南湖号”矿用卫星是我国首颗矿业遥感卫星，由智慧矿业创新集群理事长单位——中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室牵头，北京四象爱数科技有限公司设计发射，具有高分辨率、轻量化、全天候的工作优势，标志着智能矿业领域“空天地”模式的启动。卫星普查系统可以实现对监管区域范围内大范围的初步监测，筛选出潜在的边坡风险区域，确定重点监管的区域，为下一步的无人机详查奠定区域基础。

“矿大南湖号”矿业卫星



- ◆ 空基系统主要依托无人机遥感技术，搭载专业数码相机、高清摄像机、红外传感器等载荷，可通过倾斜摄影方式实现地上矿区三维建模。无人机详查系统能够一键导入无人机摄影测量和激光雷达生产的矿区月度精细三维模型和点云数据，优化模型显示速度、渲染模式，实现矿区数字三维重现，精准提取边坡形态数值，与初始设计规划建立对应关系，进一步判定边坡是否符合规定要求及潜在风险。



- ◆ 地基系统通过GNSS、边坡雷达等地面物联网设备对矿区关键区域实施连续实时的量化监管，为矿山的安全管理、环境保护和资源优化提供重要的数据支持。地面传感设备确保了监测的全面性和深入性，是综合监测体系不可或缺的一环。通过空天地监测数据大规模、低成本、高实时构建时空三维数字孪生模型成为智能矿山系统中的生产对象。

3.1 空地智能矿山总体架构

3.1.2 生产工具端

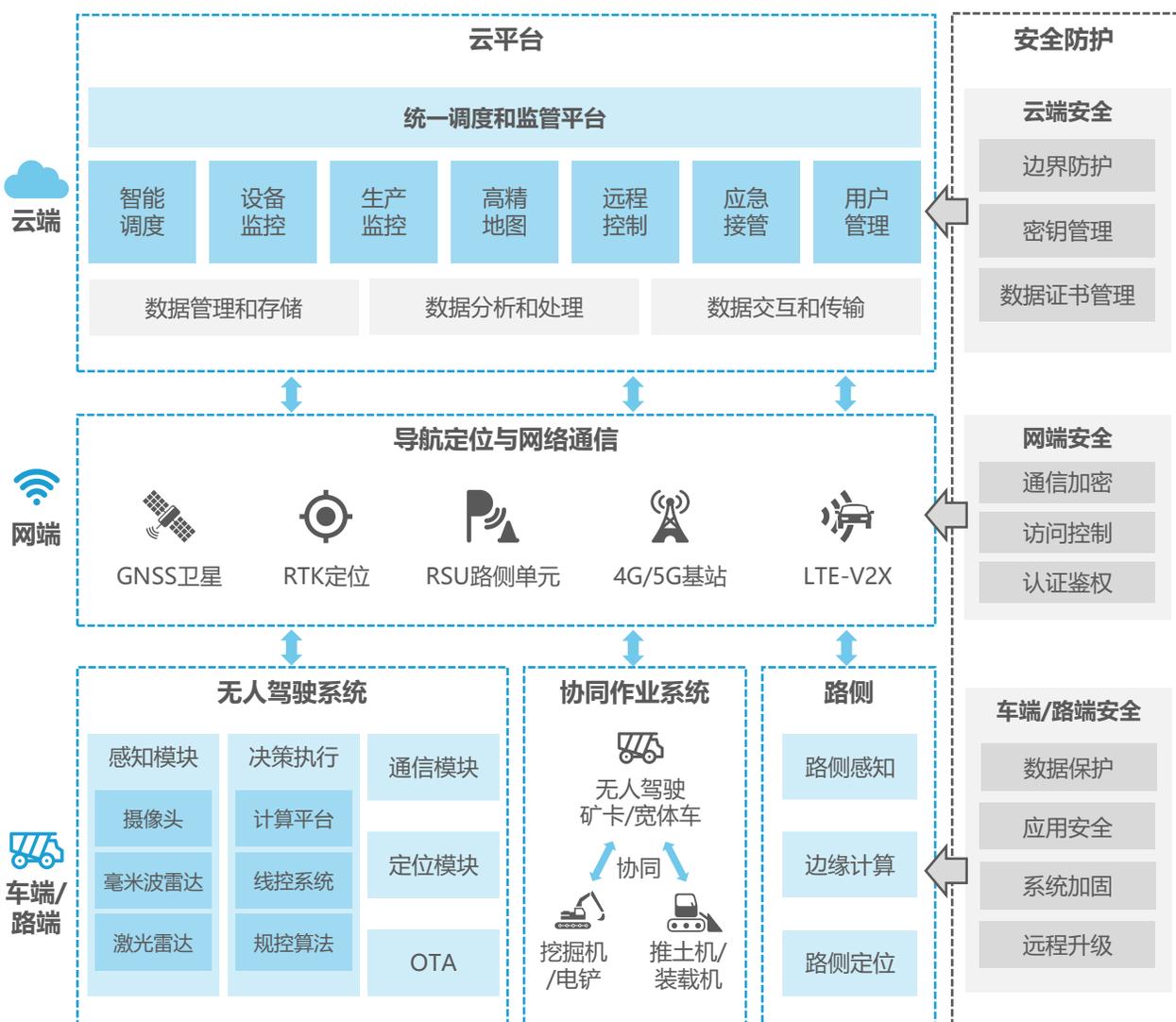
3.1.2.1 生产工具智能化是智能矿山建设的重要组成部分

◆ 矿山生产工具的智能化是智能矿山建设的重要组成部分，涉及智能采矿机械、无人驾驶车辆、无人值守破碎站等多个方面。目前，矿山生产工具的智能化已经取得了一定进展，矿山无人驾驶逐步实现规模化应用，一些矿山正在采用智能快掘装备和先进的采煤工作面技术，远程可视化采煤等智能化设备也被越来越多地运用于实际操作中。

3.1.2.2 矿山无人驾驶系统由云端、网端、车端/路端三大模块组成

◆ 矿山无人驾驶系统架构呈现“3+1”特征，云端、网端、车端/路端三大模块构成核心系统，各模块相应安全措施则综合组成安全防护系统。

矿山无人驾驶系统框架



数据来源：公开资料，亿矿通

获取更多维度报告数据，请访问亿矿通官网 (mine.iyiou.com)

3.1 空地智能矿山总体架构

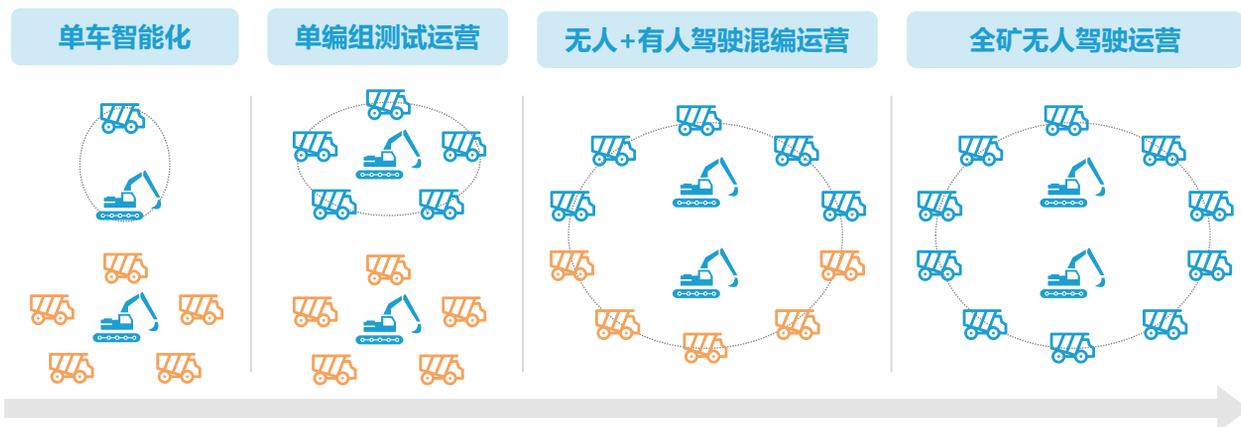
3.1.2 生产工具端

3.1.2.3 矿山无人驾驶逐步实现规模化应用，未来将与智能矿山深度融合

- ◆ 经过多年技术沉淀和标杆案例经验积累，矿山无人驾驶实现从“安全员下车”到“单车无人”再到“编组无人”的技术进步，多个企业已实现无人与有人驾驶车辆的混编运营。目前，头部企业正朝着全矿无人化运营的目标迈进，推动矿山无人驾驶向更高水平发展。

矿山无人驾驶向全矿无人化迈进

 无人驾驶矿卡/宽体车  有人驾驶矿卡/宽体车



- ◆ 目前，中国矿山无人驾驶企业专注于运输环节的智能化解决方案，但运输只是矿山作业的其中一环。无人驾驶与矿山作业上下游链条的衔接仍不够充分，尚未打通智能化生产作业全链条。
- ◆ 未来，矿山无人驾驶将加速发展，推动挖掘机、电铲、洒水车、压路机等配套设备的智能化改造，并进一步与矿山其他智能系统如智能采矿、智能洗选等深度融合。矿山无人驾驶将从单一的运输环节智能化，向整个矿山作业流程的全面智能化迈进。通过与智能矿山全链条的充分衔接和融合，矿山无人驾驶将推动矿山行业向高端化、智能化、绿色化的方向发展。



3.1 空地智能矿山总体架构

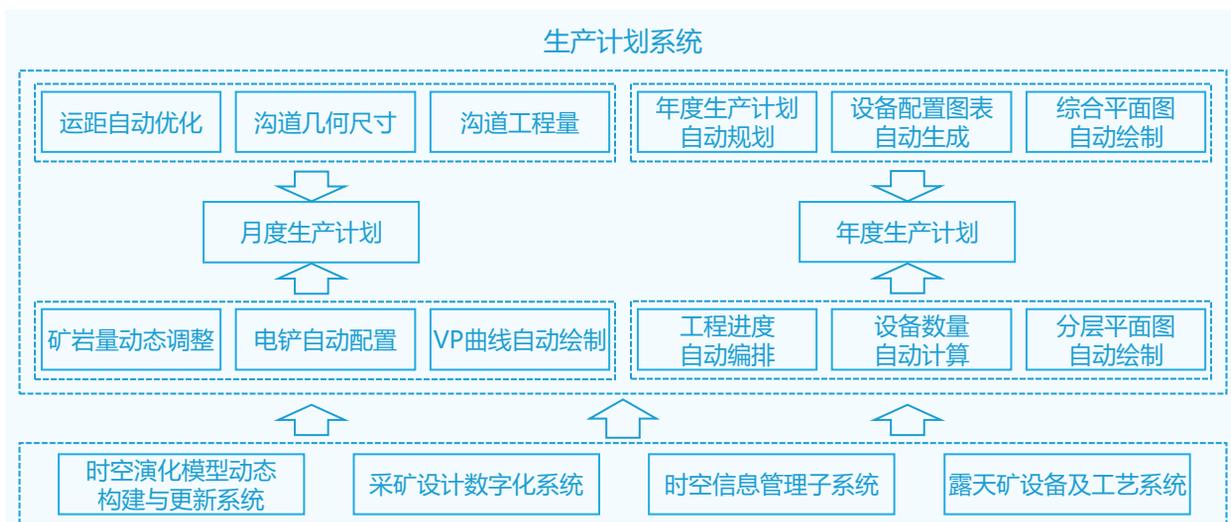
3.1.3 生产过程端

3.1.3.1 矿山生产过程数字化、智能化尚未成熟

- ◆ 生产过程作为连接生产对象与生产工具的关键纽带，其数字化和智能化水平决定着整个智能矿山系统的数字化水平，以及是否能够达成全链条数字化的效率。生产过程管理涉及矿山企业与工程承包企业、装备企业等多个主体，目前跨越多主体形成的数字化解决方案尚不成熟。
- ◆ 一些拥有工程承包能力的矿山企业由于内在动力充分、协调难度较低，已经开始尝试并形成了初有成效的数字化管理方案。这些方案展现了生产过程管理环节的数字化智能化趋势，也预示着通过全业务链数字化，矿山生产效能具有较大的提升空间。

3.1.3.2 生产过程数字化建设可通过三大维度实现

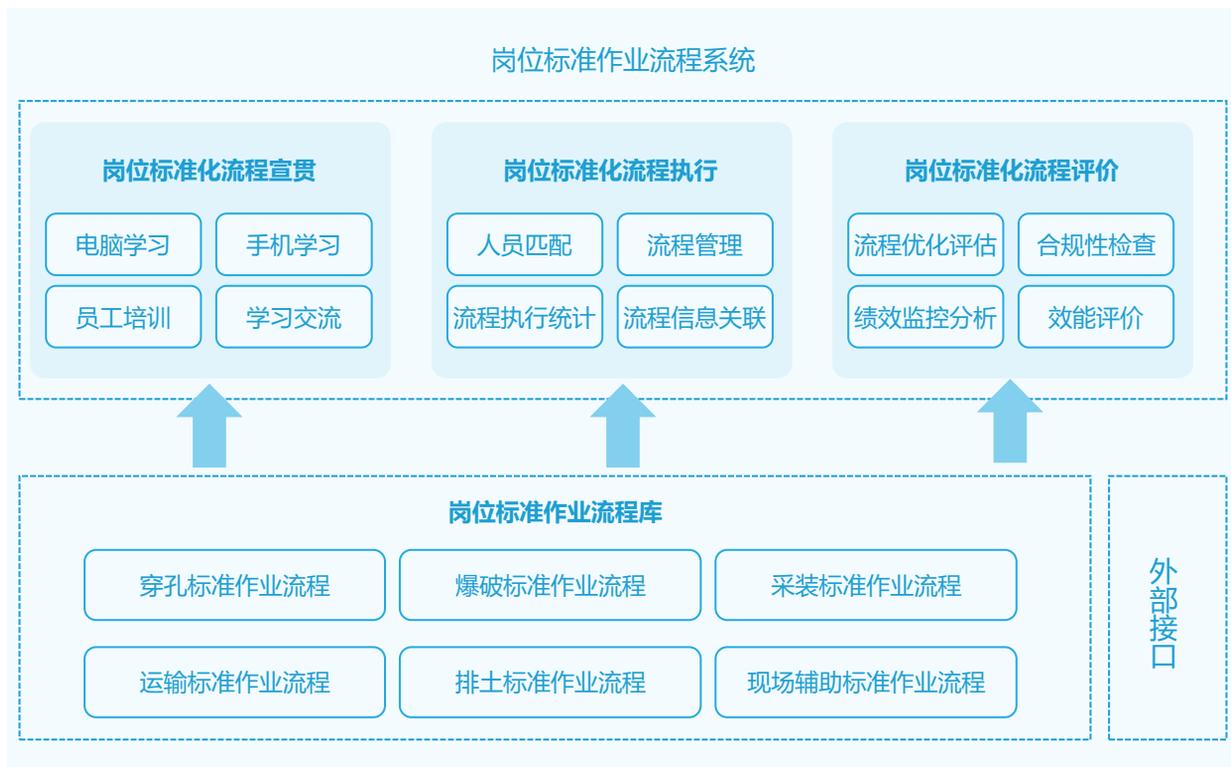
- ◆ 通过深入分析案例并借鉴智能建造等相关行业经验，我们认为可以从生产计划的自动编制、生产作业任务的标准化和自动分派、矿山工程智能管理系统这三个维度来进行数字化建设和改进。
- ◆ 生产计划的一体化自动编制：
 - 利用集成三维地质建模的矿山数字孪生技术实现矿山设计的数字化模型构建。根据地质模型和矿石储量信息，利用三维采矿设计软件进行三维矿山设计和规划，包括开采方案、巷道布局、采场设计等，快速生成生产计划。
 - 生产计划的生成仅是起点，更为关键的是实现生产计划的仿真模拟、动态调整，实现不同设计方案和工艺流程的模拟比较，辅助优化实时监控和设计方案，提高工程进度质量的核算和反馈频次。因此，生产计划系统智能化就是结合矿山资源储量、生产能力和市场需求等要素，实现生产计划的自动化生成和优化。



3.1 空地智能矿山总体架构

3.1.3 生产过程端

- 生产计划系统通过综合运用三维地质建模的矿山数字孪生技术、物联网、人工智能等技术，实现矿山采矿设计到生产计划的智能化一体化编制，从而提升矿山生产管理的智能化水平，提高生产效率和质量，降低生产成本，促进矿山精细化管理提升。



◆ 生产作业任务的标准化和自动分派：

- 通过确立数字化标准作业流程，矿山企业能够自动化生成任务清单和工作指导，让工程作业更规范化和高效化。同时，工程承包企业应与矿山企业的作业标准化管理系统进行连接。利用矿山智能化综合管控系统，实现作业任务的自动分派和调度，并下发至工程队伍的车辆和班组，优化资源配置，减少人为错误和时间浪费，提高任务调整和变动的柔性能力。

固定派车
适配传统人工调度模式，挖机和渣土车固定分组

分组混装
根据固定分组，多对多混装，兼顾管理及效能



自动识别

渣土车和挖机整体混装作业，系统自动识别渣土车装载挖机

智能派车

人工智能根据工况分析效率，自动配对，使效率得以提高

3.1 空地智能矿山总体架构

3.1.3 生产过程端

- 数字化作业管理系统的建立，将明确生产作业的任务指标和标准，包括工作量、时间要求、质量指标等，并通过数字化系统对这些指标进行记录和监控。数字化作业管理系统还将通过车辆调度系统、矿山综合调度系统的数字化链接，根据生产任务的类型、需求和优先级等信息，将任务自动分配给合适的设备或人员进行作业。系统还将实时监控生产作业任务的进度和执行情况，及时发现问题并进行调整 and 跟踪。此外，数字化系统将自动记录和分析生产作业任务的完成情况、效率等数据，并及时反馈给管理人员，为决策提供数据支持。通过数字化系统收集反馈信息，矿山企业可进行生产作业任务的持续改进和优化，提高生产效率和质量。
- 数字化作业管理系统通过以上方式可以实现生产作业任务的标准化和自动分派，提高生产效率和管理水平，实现生产过程的智能化和数字化管理。

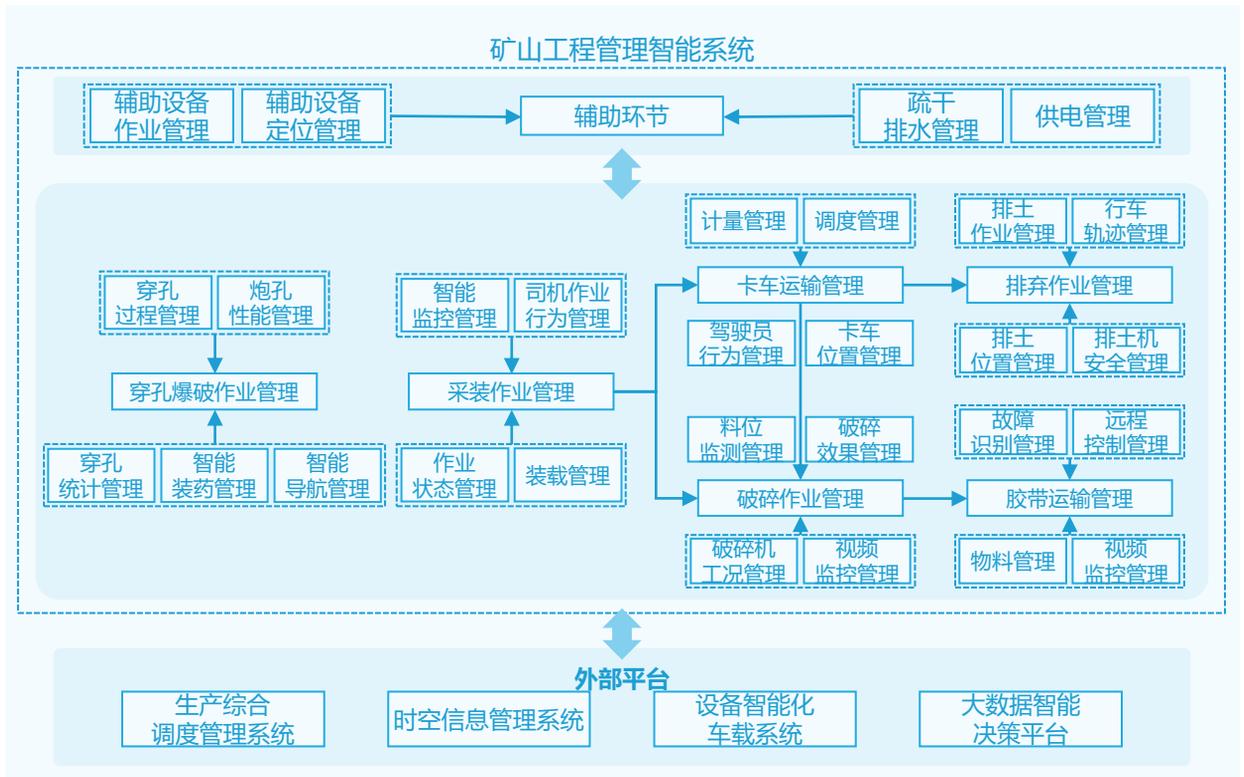


◆ 工程进度和质量安全管理智能系统：

- 矿山工程智能管理系统是一个高效的综合性监管决策平台，通过集成矿山设备智能化、矿山可视化支持平台、物联网大数据平台以及综合管理和服务支持系统，利用传感器、互联网、三维可视化、高精度导航和大数据处理等先进技术，实现对矿山运营的全面智能化管理。通过与现有的智能系统和设备实现互相衔接和互动，该系统能够对矿山现场的生产工程进行全面管理，辅助从业人员进行更准确的判断和决策，提高作业精准度和效率，进一步推动工程向少人化甚至无人化的方向发展，从而提升矿山的整体效益和竞争力。

3.1 空地智能矿山总体架构

3.1.3 生产过程端

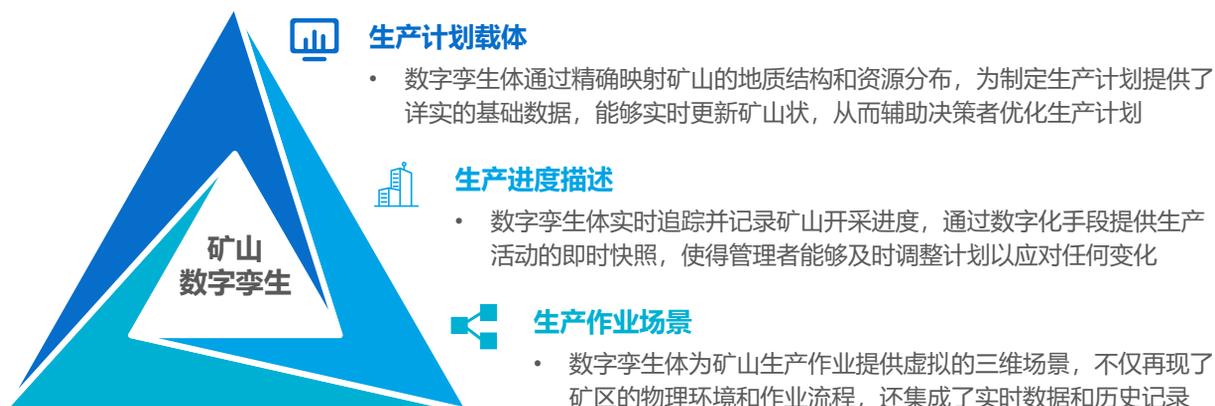


- 矿山工程管理智能系统依托于基础平台的支撑，建立在现有智能化系统和设备基础之上，实现对工程的调度管理、远程遥控，并监控各生产环节的实时状态及人员情况。同时，该系统借助平台的智能决策和设备及人员智能终端系统，可辅助现场作业人员进行精准判断和有效决策，促进了矿山工程管理的一体化进程。通过整合各类资源和技术，矿山工程智能管理系统为矿山工程管理带来更高效的监管和决策能力，推动矿山工程的现代化发展。
- ◆ 矿山工程管理的整体水平通过以上三个维度上的不断改进优化将得到显著提升，实现智能化、高效化和可持续发展，提升矿山生产的整体管理水平和生产效率。智能设备和传感器技术的引入可实现设备的自动化控制和监测，提高设备作业效率和安全性。统一的数据平台可实现设备、人员、作业量等信息的实时采集、处理和分析，为决策提供数据支持。智能调度系统与智能矿山综合管控平台的对接，将实现车辆、设备的最优化调度，提高作业效率，并减少资源浪费。物联网智能监控系统的应用通过对生产现场的安全监控和预警，为安全生产提供坚实保障。
- ◆ 建立智能化质量管理体系，通过高效计量验收对工程质量进行监控和评估，以确保产品质量符合标准要求。智能成本管理系统对生产过程中的各项成本进行监控和分析，实现成本的精细化管理和控制。最终，系统对整个生产过程中积累的大量数据进行大数据分析和建模，深入挖掘生产数据，为提质增效等管理决策提供更为精准的信息支持。

3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

3.2.1 生产对象端、生产工具端和生产过程端的数字化链接

- ◆ 空天地一体智能矿山框架不只是强调了智能矿山相关技术的分类和发展趋势，同时也从整个产业链组织方式的角度，揭示了生产对象端、生产工具端、生产过程端三个领域之间要解决的产业链之间技术合作问题。在价值链的更高层面上，提高企业间优化资源配置和流程设计，从而提高产业链之间共同形成的产品和服务能力。特别是在数字化转型的过程中，作为推动第二增长曲线的关键创新技术力量，要通过协同合作和创新来实现全新的数字化价值链，带来全链条数字化的效率提升，解决单点数字化技术的效率瓶颈问题。
- ◆ 从智能矿山的建设体系看，矿山数字化智能化的起点是生产对象的数字化，即以三维地质模型为基础的数字孪生系统。数字孪生系统在智能矿山和智慧城市、数字工厂等领域存在显著的区别。在智慧城市或数字工厂背景下，数字孪生系统主要用于相对静态的场景环境以及生产线可视化管理。对于矿山而言，数字孪生系统同时还是工程作业的时空对象。因此，数字孪生系统是矿山数字化作业链条的起点，既是生产计划的载体，又是生产进度的描述，同时还再现了生产作业场景，具有三重内容和性质，集成了矿区最丰富的数字化信息。



- ◆ 为加强生产对象端和生产工具端的链接，需重点发展数字孪生系统与无人驾驶地图的对接、物联网环境监测数据的整合以及生产工具间的数字孪生体互联等三个方面。
- ◆ 数字孪生系统与无人驾驶地图的对接：
 - 高精度、高实时性的矿区地图是无人驾驶装备任务下达及管理的基础，对于无人驾驶装备运行的意义不言而喻，也是各个企业花费巨大成本要解决的基础问题。尤其是装载区和排弃区作业空间更新较快，也是影响无人驾驶效率的重要环节。单个无人驾驶项目在地图更新上的任务繁重且成本高昂。数字空间底座通过在公共平台上利用卫星和无人机技术，构建大规模数字孪生服务，可以有效地解决这一问题，同时也为整个智能矿山其他相关系统提供数字孪生体模型的低成本、高实时更新。

3.2 基于空地框架的产业链协同演进

◆ 基于数字孪生系统的物联网环境监测数据打通：

- 对于无人驾驶装备而言，重要的技术难点在于环境的实时监测。在矿山场景下，激光雷达、毫米波雷达、视觉传感器等也成为无人驾驶模式下重要的成本模块和易损耗品。基于V2X视角，整个智能矿山的物联网监测信息将为无人驾驶提供有效的外部信息补充，辅助风险识别，减少无人驾驶装备自身的技术长尾效应。对于无人驾驶公司来说，大量传感器数据仅仅用于识别路面以及车辆之间距离等用途。实际上还可以成为矿区环境监测数据的重要来源和补充，其中的车端激光点云数据对于作业区数字孪生模型快速更新有重要价值。

◆ 基于数字孪生系统的生产工具相互链接：

- 无人驾驶面临的一个主要困难是识别矿区风险和环境障碍，如大量粉尘、积雪、路面大型坑洼以及落石，遇到这些情况无人驾驶矿卡障碍停车。通过矿山数字孪生体，可以将无人化的洒水车、平路机等辅助设备快速调度至障碍区域。无人化辅助设备主动解决障碍问题，是整个矿区实现无人化的重要保障，也是解决主动安全问题的重要手段。无人化辅助设备与运输设备，特别是边坡监测环境预警等信息的整体综合协同以及自动化调度，将大大提高矿区无人化作业的实现水平和主动安全能力，这是全链条数字化相较于现有系统的巨大管理优势。

- ◆ 数字孪生系统与无人驾驶系统的连接也是整个智能矿山系统实现全面协同的关键。智能矿山建设应从顶层设计出发，基于综合管控的视角，以数字孪生体为载体，整合相关生产工具端和生产过程端的系统，以实现真正意义上的综合管控。目前各单位综合管控平台仅仅能够实现数据的集成展示和统一登录功能，虽然一定程度上解决了数据的集中融合问题，但根本上无法基于时空对象数据，将各业务数据和管理数据实现互联互通、互相赋能。这是矿山数字化综合管理的深水区，也是实现矿山整体智能化、无人化的首要工作。

数字孪生系统与无人驾驶地图对接

大规模数字孪生服务平台可有效解决地图更新难题，为智能矿山系统提供模型更新

物联网环境监测数据打通

矿区环境玉车端传感数据互为补充，基于数字孪生进行物联网环境监测数据打通

生产工具相互链接

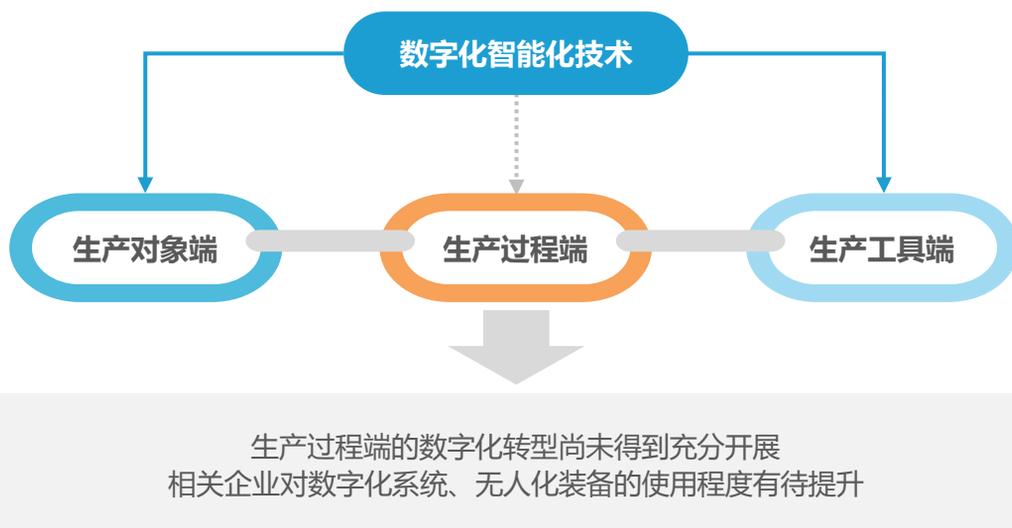
无人化辅助设备与运输设备的综合协同将提升矿区无人化作业水平和主动安全能力



3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

3.2.2 以生产过程端串联生产对象端与生产工具端

- ◆ 从空天地模型的整体来看，现有数字化智能化技术主要集中于生产对象端和生产工具端，而生产过程端的数字化转型尚未得到充分开展。在现有的工程承包模式下，工程管理企业承担着矿山作业过程中大部分的设备和人员管理任务，特别是对大量司机和劳务人员的管理，这在很大程度上依赖于项目经理的管理能力。从行业龙头企业宏大爆破了解到，受限于项目经理培养的困难和优秀人才数量，工程承包项目客观上存在成本控制瓶颈和规模发展上限，这也是很多工程企业难以做大做强的重要原因之一。
- ◆ 在现有大量矿山工程承包采用综合单价招标的模式下，工程企业难以通过管理和技术能力降低运营成本，只能向装备企业或者金融租赁企业转移成本压力，这已成为行业的一个普遍问题，影响了整个产业链企业的经营安全。因此，要尽快通过数字化的方式，提高工程管理的成本核算控制能力，降低人员管理依赖，提高对数字化系统、无人化装备的使用，才能破解现有工程管理企业生存难题，在智能矿山下第二增长曲线上做出价值贡献。



- ◆ 工程管理系统与智能矿山管理系统对接：
 - 本蓝皮书在前文已提出了数字化工程管理系统构建方法，其中重要的一环是矿山工程管理系统与智能矿山系统的对接。在现有工程外包模式下，智能矿山建设的责任和投资主体通常是矿山企业，而最终体现成本和效率的是工程管理企业。投资和受益的脱节导致智能矿山政策之后技术发展动力不足，三年一招标的模式决定了工程企业对于智能化和数字化投入缺乏长期关注。矿山工程管理企业的系统能否与智能矿山系统衔接，极大影响矿山全链条数字化的实现和效率，同时也是工程管理成本管控透明化的重要手段。

3.2 基于空地框架的产业链协同演进

- 从部分矿山的实际运行情况看，工程管理企业自身缺乏数字化的手段来准确衡量运营成本，与矿山企业在综合单价的模式下陷入艰难博弈，诸多工程管理企业中标之后就面临项目亏损和中断的不利局面。解决这一问题的根本途径在于通过智能矿山数字孪生平台，精确计量车辆运输距离、提升高度、工况油耗，以及因为生产计划调整带来的成本变化，通过成本加成的业务模式实现与矿山企业的一体化管理。
- ◆ 工程管理端与无人化装备端产业链对接：
 - 在矿山工程外包的模式下，无人驾驶企业与主机厂都是生产工具的提供者，而工程管理企业则是这些工具的应用者。虽然现阶段部分无人驾驶企业在产品打磨阶段开始提供运力承包的服务，但是从企业基因的角度看无人驾驶公司最终仍将发展为工具提供者，而非直接面向矿山企业的运力承包者。
 - 在此背景下，无人驾驶装备这一工具如何交接给工程管理企业的手中，是无人化工程运营大规模落地的关键问题。将无人驾驶工具交给习惯于传统人员管理模式的工程管理企业项目经理使用存在一定难度。他们对于无人驾驶所需的任务下达系统操作等新事物尚不熟悉，与无人驾驶公司派驻的任务调度员沟通也存在障碍。
 - 解决这一问题需要两方面的努力：一方面是无人驾驶公司与工程管理公司针对示范项目共同磨合，形成一体化的管理标准及能力。如白音华三号矿项目西安主函数公司与相关工程企业合作的经验所示，这一过程必不可少，并且需要双方对未来的理解以及技术合作达成较深的共识；另一方面，工程管理公司本身要提高数字化水平，将数字化系统与无人驾驶公司的系统和装备进行融合，共同培养和塑造数字化无人化场景下的新型项目经理。



目录

CONTENTS

1 智能矿山及无人驾驶发展背景

- 1.1 智能矿山概念与无人驾驶关系
- 1.2 智能矿山及无人驾驶发展历程
- 1.3 智能矿山及无人驾驶发展动力
- 1.4 智能矿山及无人驾驶产业链分析

2 智能矿山及无人驾驶市场现状

- 2.1 智能矿山建设现状
- 2.2 智能矿山市场规模
- 2.3 矿山无人驾驶主要场景
- 2.4 矿山无人驾驶市场现状

3 智能矿山解决方案和发展目标

- 3.1 空天地智能矿山总体架构
- 3.2 基于空天地框架的产业链协同演进

4 智能矿山及无人驾驶产业趋势展望

- 4.1 智能矿山产业发展趋势
- 4.2 矿山无人驾驶未来展望

4.1 智能矿山产业发展趋势

智能矿山 未来三大发展趋势

智能矿山的发展和实现，需要智能矿山产业链上各类技术的协同进步和集成创新。在这一典型的生产场景中，围绕智能无人化生产组织方式，生产对象端、工具端、过程端正在形成一定的商业模式，并成为智能矿山未来发展趋势。



4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.1 数字孪生技术平台化服务趋势

4.1.1.1 数字孪生技术发展问题

◆ 数字孪生技术作为矿山生产的底层基础，既是矿山时空生产对象的数字化映射，也是各类智能化系统的载体，充当着围绕生产进行数据交换的中台。数字孪生技术的大规模应用，将为智能化矿山的发展构建良好的基础。数字孪生技术发展需要解决表面三维建模与地质建模融合、数字孪生建模空间计算、数字孪生高效低成本构建等三个方面的问题。

◆ 表面三维建模与地质建模的融合问题：

- 可见部分露天矿的地表建模、井工矿的巷道建模与不可见的地质建模需进行有效融合，以实现全面的数字孪生模型构建。大部分其他场景的数字孪生技术公司并不熟悉矿山行业的三维地质建模，这类数字孪生模型仅能搭建生产环境，不能实现对生产对象的时空数字定义功能。

◆ 数字孪生建模空间计算问题：

- 矿山数字孪生体作为生产对象，要为矿山设计、进度、质量等方面的数字化管理提供精确定义和计算支持。目前，大部分三维建模技术未能匹配融合基于CAD的空间计算引擎，同时也未能实现二维、三维视图之间的切换，导致三维模型主要被用于展示而非实际的业务操作。二、三维图纸协同等基本功能也是当前亟需解决的问题。

◆ 数字孪生高效低成本构建问题：

- 不同于制造业，矿山的数字孪生体会随着生产作业推进而实时发生变化。模型的高效快速且低成本构建是其大规模应用的关键问题。矿山柔性化、精细化生产的起点来自于生产计划编制、质量进度核验的周期缩短，高效低成本模型供应也是智能矿山柔性生产的基本条件。



4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.1 数字孪生技术平台化服务趋势

4.1.1.2 数字孪生技术平台化服务模式

- ◆ 数字孪生技术平台化服务模式通过专业化、规模化模型服务来降低数字孪生建模成本，提高效率和技术专业化。
- ◆ 首先，建设区域级服务平台可为矿山密集区域提供大规模的建模服务。这种服务模式有助于降低单个矿山建模的成本，并克服了各矿山自行购买设备和处理技术瓶颈所带来的低效问题，尤其是解决了因人员技术限制而难以进行进一步专业化处理的问题。
- ◆ 其次，服务平台通过融合卫星、无人机、矿区雷达等多源数据，实现模型的多维度数据采集，结合卫星的大面积普查能力、无人机的高精度详查优势以及地面雷达的高实时监察功能，使得不同建模技术的优势得以互补。
- ◆ 最后，服务平台为智能矿山其他系统提供实时模型，基于模型为各类系统间的数据串联提供平台，同时赋予时空数据这一新的维度，为智能矿山综合管控奠定数字化基础。
- ◆ 平台化的建设也为智能矿山管理部门提供数据支撑，解决了矿山生产运营与监管的信息对称问题，降低了监管成本以及监管工作对现场生产的影响，为无人化矿山的安全评估提供了空天地视角和可追溯数据支撑，特别为无人化矿山运营的监管制度提供了便捷手段。



4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.2 无人驾驶技术模块化运营趋势

4.1.2.1 无人驾驶大规模落地瓶颈问题

- ◆ 无人驾驶作为矿山无人化装备技术中的重要组成部分，是矿山数字化技术链条的终端和执行端。无人驾驶技术经过多年发展，目前在部分矿山中已经开始大规模落地应用，实现了常态化无人运行、动态多编组运行。无人驾驶车辆与有人车辆的混合编组也能够较好地融合运行，技术上已具备落地的可行性。然而，矿山无人驾驶仍然面临全链条数字化未能贯通、生产过程企业参与度不足以及成本较高等问题。
- ◆ 无人驾驶技术环节未能与智能矿山系统实现全链条数字化贯通：
 - 在生产计划端，无人驾驶企业较少与智能矿山整体框架融合。例如，卡车调度系统尚未与智能矿山的任务分派环节有效连接。在运营端，无人驾驶企业与主机厂的产业链合作模式在多样性现状下尚未形成高效的协同。无人驾驶设备的开发和运营标准化仍在探索之中，无人驾驶企业与工程运营企业的产业链分工合作模式也尚未明确。
- ◆ 智能矿山系统下生产对象和生产工具的技术发展缺少生产过程企业深度参与：
 - 数字孪生和透明地质保障等生产对象技术以及无人驾驶和远程控制等生产工具技术正在快速发展，但矿山产业链中重要的一环——工程运营承包企业的数字化水平尚未达到较高水平。工程企业对于无人驾驶技术的未来交付车辆或技术不够熟悉，限制了生产对象与生产工具的有效衔接，难以实现数字化生产作业全链条的贯通。
- ◆ 短期内无人驾驶运营的成本仍然大幅高于有人运营：
 - 目前无人化工程运营受限于自身技术效率和投入运营的规模经济不足，成本远高于有人工程运营。只有实现整体矿坑无人化获得吨煤安全费用降低的弥补，才能快速实现商业化落地的经济可行性。此外，还应关注无人矿卡以外的其他相关设备的无人化，加速矿山整体无人化方案的实施和落地。



4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.2 无人驾驶技术模块化运营趋势

4.1.2.2 无人驾驶技术模块化运营商业模式

- ◆ 以上三方面问题并非单一企业能够解决。矿山无人化工程运营是一个基于矿山场景的综合问题，涉及企业较多，在传统技术框架下已经形成了一定的产业链分工模式。基于数字化背景下的产业链重组需要通过产业平台来逐步推动。中国产业发展促进会成立的矿山无人化运营产业服务平台就是围绕这一目标，引导各方思想行动，争取逐步化解以上问题。
- ◆ 首先，在典型示范矿山项目上将智能矿山顶层设计与无人驾驶系统进行融合。项目启动之初即以实现矿山业务链全流程数字化为目标，整合智能矿山的综合管理平台、无人驾驶的云控制平台、5G通信技术以及超融合数据中心等，形成统一的配置体系。这一整合旨在减少各系统间的重复配置成本，并确保矿山环境、安全监测、管理数据与无人驾驶业务数据及其他相关信息的数据贯通。特别是对于道路平整、粉尘处理设备的统一调度管理，可有效降低无人驾驶的环境复杂度以及感知难度。
- ◆ 其次，生产计划数据、任务分派数据和运力调度数据实现全链条贯通。矿山无人驾驶与社会场景无人驾驶主要区别在于矿山无人驾驶未能解决运输对象即“客人”的来源和去向问题，这些都需要依靠生产计划管理系统来定义。只有以生产计划为起点，从工程管理企业现有的人员车辆管理、物料管理、运距管理、成本管理等系统出发，构建数字化的工程管理数据平台，推进工程运营的成本管理实现精细化计量，从根本上运筹优化现场车辆的配置和物料等候，才能最大限度提高无人化工程运营的全链条数字化成本优势，从而为未来执行柔性生产管理奠定数字化基础。
- ◆ 最后，通过中国产业促进会、中国矿业大学等机构推动政府部门出台相关政策，包括基于矿山无人化工程场景下的行业发展指引以及安全操作规程、无人化矿山安全监管办法以及无人驾驶行业标准等一系列政策法规，逐步建立矿山无人化工程场景合法化的制度体系，从根本上为无人化运营提供制度保障，并逐步推动矿山安全费用对于无人化运营的政策补贴扶持。



01

在典型示范矿山项目上将智能矿山顶层设计与无人驾驶系统进行融合

生产计划数据、任务分派数据和运力调度数据实现全链条贯通

02



03

逐步建立矿山无人化工程场景合法化的制度体系，从根本上为无人化运营提供制度保障

4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.3 一体化协同管理智慧中台趋势

4.1.3.1 综合管控平台现有问题

- ◆ 智能矿山建设标准要求大部分矿山企业配备综合管控平台系统。综合管控平台系统作为矿山各个子系统集成中心和数据融合管理中心，与5G、超融合数据中心等系统共同成为智能矿山系统的基础设施和公共平台。从矿山实际应用的情况看，综合管控平台等同类系统仍需要解决业务与职能管理一体化缺失、多源数据未以时空数据为基础以及数字化一体化融合不完善等问题。
- ◆ 平台建设未能基于业务管理及职能管理的一体化、精细化流程优化：
 - 智能化系统的建设本质上是要提高矿山精益管理以及柔性生产水平，矿山从设计到开采等各个环节的流程优化和一体化设计是智能化综合管控的根源和基础。然而，目前大多数系统仅停留在数据信息集成阶段，通过中控大屏提供监测数据以辅助人为管理。在部署这些系统之前，矿山企业往往没有对现有的业务管理和职能管理进行流程梳理和优化，更未能充分考虑数字化带来的新方法和工具以及对管理职能的重塑。
- ◆ 目前的多源数据融合未能以时空数据为平台基础：
 - 时空数据作为矿山工程的生产对象以及作业环境，是各类业务数据和管理数据的重要基础。缺少时空维度将导致生产和业务数据缺少足够的信息支撑，来进行实时管理和可视化管理，限制智能化决策的迭代。因此，融合时空数据，尤其是三维地质模型等关键生产数据，已成为新疆等地区智能化矿山建设文件明确的关键技术需求。但从现实情况来看，不同厂商之间对此尚有藩篱，由于软件企业销售模式的限制，很难轻易将数据交给其他企业进行融合乃至互动。



- ◆ 从采矿设计到工程进度计划链条尚未实现数字化和一体化融合：
 - 传统的采矿设计主要是基于CAD等工具的二维设计，目前已逐步向三维设计软件过渡，三维地质建模、储量计算和矿体估值技术都取得了较大的进步。然而，在三维采矿设计完成后，三维模型并未能有效传递至其他业务环节，导致生产计划和进度安排未能与块体模型建立数字化的联系。与建筑行业通过BIM技术实现的协同管理相比，矿山行业尚未应用类似的一体化管理平台，业务流程之间依然依赖于图纸交换而非模型数据交换，主要在于矿山行业缺少能够实现模型数据交互的协同管理平台。

4.1 智能矿山产业发展趋势

4.1.3 一体化协同管理智慧中台趋势

4.1.3.2 矿山综合管控平台向协同管理方向发展

- ◆ 综合管控平台是整个智能矿山的核心系统，也将随着矿山智能化进程不断迭代和演进。基于目前各类相关技术的发展，综合管控平台将进一步向协同管理平台的方向发展。
- ◆ 首先，融合三维地质建模的矿山数字孪生技术是矿山各类系统的基础，基于时空数据的多源数据融合中台为矿山业务管理和职能管理提供多维度的数据可行性。中国矿业大学推动的数字空间底座平台，为低成本、高效率的数字孪生提供了基础，促进矿山各类数据的融合，将极大增强其他系统的数据功能维度和可视化管理便捷性。
- ◆ 其次，随着数字化技术的发展，矿山的业务管理和职能管理存在较大的优化空间。高效率的测量和建模可提高生产计划的更新频率，相关的安全管理、风险预警管理从相对业务后端逐步与生产管理实现同步，使得风险预警提示和安全管理措施在动态进展的综合管控平台上实时可见。以往基于各个专业知识和管理要求建立的职能部门，存在一岗多能、综合管理等方面优化的空间。智能化、无人化矿山的建设，将通过技术驱动管理职能逐步匹配适应智能化、无人化。
- ◆ 最后，从三维矿山设计到生产计划、工程进度计划，基于三维地质模型的数字孪生平台可实现作业空间运筹优化，通过矿体的模型对象数字化实现采矿设计、计划编制、任务分配一体化建模管理。基于三维数字孪生模型的一体化管理，是矿山精细化、柔性化生产管理的成熟状态，也是智能矿山建设过程中智能化决策的基础。从一体化的管理到无人驾驶等一体化的作业执行，全链条数字化将使矿山生产实现前所未有的效率提升。相较于传统管理系统，整个数字化系统的优势在于克服传统管理模式人才水平、专业能力的客观限制，将专家经验模型化、参数化，进而推动协同管理下的智能调度、柔性生产。
- ◆ 为实现以上发展方向，需要基于数字空间底座等工业互联网平台进一步整合各类业务系统，融合精益管理理念，对业务流程进行数字化再造。因此，以中国矿业大学为依托建立智慧矿业创新集群以及矿山无人运营服务平台将提高整个生态的协同进化，将最大限度提高规模经济效应，降低各类矿山应用成本，并奠定大数据驱动的效率提升基础。



数字孪生为智能矿山提供数据基础

- 融合三维地质建模的矿山数字孪生技术是矿山各类系统的基础，基于时空数据的多源数据融合中台为矿山业务管理和职能管理提供多维度的数据可行性



矿山的业务管理和职能管理将不断优化

- 高效率的测量和建模可提高生产计划的更新频率，相关的安全管理、风险预警管理从相对业务后端逐步与生产管理实现同步



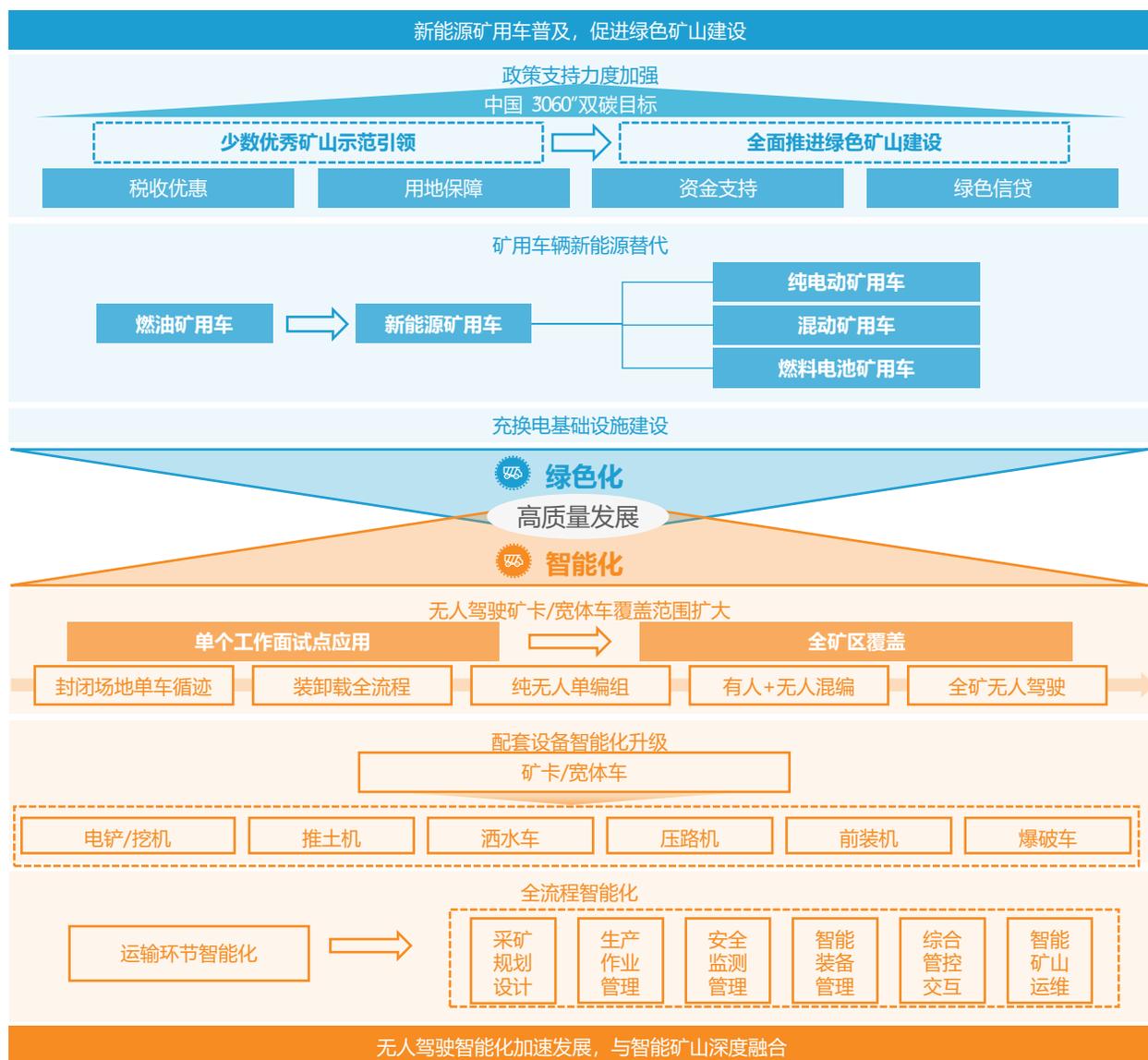
全链条数字化带来矿山生产效率提升

- 从一体化的管理到一体化作业执行，全链条数字化将使矿山生产实现前所未有的效率提升，整个数字化系统的优势在于协同管理下的智能调度、柔性生产

4.2 矿山无人驾驶未来展望

4.2.1 绿色化、智能化趋势并行，矿山无人驾驶引领矿业高质量发展新篇章

- ◆ 在国家“碳达峰碳中和”战略目标的推动下，矿用车辆的绿色化转型已成为行业发展的必然选择。随着电动汽车技术的进步和矿区充换电设施的日益完善，新能源矿用车辆将充分发挥其环保、高效的优点，逐步取代传统燃油车型，成为矿山运输的主力军。
- ◆ 同时，矿山无人驾驶技术将持续升级，在有人驾驶和无人驾驶混编运营的基础上实现全矿无人驾驶运输目标。未来，矿山无人驾驶将进一步推动配套设备的智能化改造和生产智能调度系统的升级，与智能矿山全链条充分衔接和融合，推动矿山生产全流程的无人化、数字化、智能化。
- ◆ 新能源的应用为智能化建设带来便利，而智能化的发展将提升矿山开采效率和资源利用率，两者相辅相成，共同为行业的高质量发展注入强大动力。



4.2 矿山无人驾驶未来展望

4.2.2 海外市场前景广阔，产业链协同将成为中国技术出海的重要策略

- ◆ 中国企业在露天矿无人驾驶技术上已趋成熟。国外主要矿产国因其地质条件优越，露天开采方式占据主导地位，澳大利亚、俄罗斯等国的露天煤矿的产量占比高达70%~90%。同时，海外发达国家人力成本高昂，亟需引入无人驾驶技术以降低成本。因此，海外市场将为中国智能矿山无人驾驶产业的发展提供新的增长机遇。
- ◆ 中国智能矿山无人驾驶企业进军海外市场并非易事，需产业链上各方主体协同合作，无人驾驶企业与矿企、设备厂商、通信服务商等多方“组团出海”将成为中国企业走向海外市场的重要策略。该模式将进一步带动更多产业链合作伙伴加入出海行列，从“智能矿山无人驾驶出海”走向“智能矿山整体解决方案出海”，共同打造并推广智能矿山中国方案，推动全球矿山智能化转型。

海外市场潜力巨大



露天矿市场广阔

国外矿山以露天矿为主。以主要产煤国家澳大利亚、俄罗斯为例，其露天煤矿煤炭产量占比高达70%~90%，为矿山无人驾驶技术的推广应用提供了广阔的发展空间



人力成本高昂

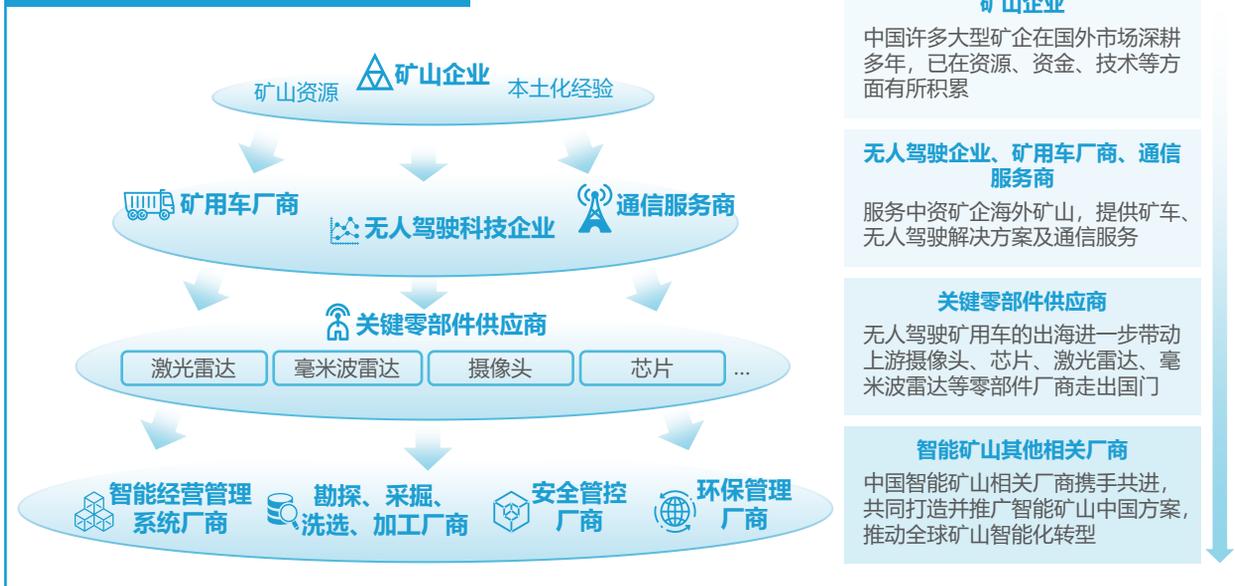
在人力成本居高不下的欧美及亚太地区，海外矿业市场对无人驾驶技术的需求日益迫切。以澳大利亚为例，矿车司机的年薪可达百万元人民币，对无人驾驶技术的应用需求迫切



环保要求严格

各国在矿山环保方面的监管要求趋于严格，国外矿企为了遵守环保法规并保持良好的企业形象，更倾向于采用智能化技术减少矿山开采对于环境的污染

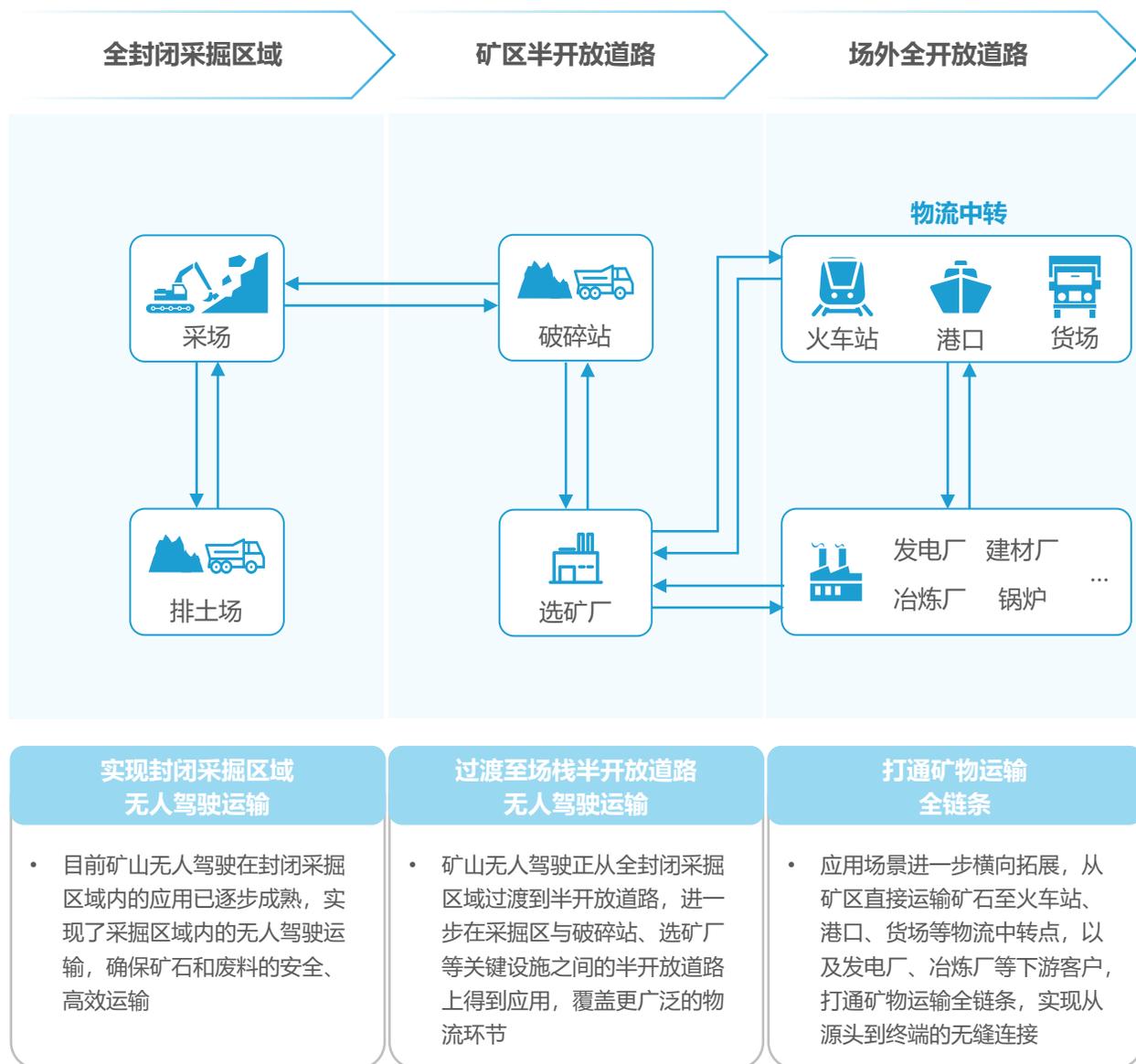
产业链协同将成为重要出海策略



4.2 矿山无人驾驶未来展望

4.2.3 矿山无人驾驶从封闭采掘区向半开放、全开放道路拓展，为矿主提供全周期服务

- ◆ 目前矿山无人驾驶在封闭采掘区域内的应用已逐步成熟，实现了采掘区域内的无人驾驶运输，确保矿石和废料的安全、高效运输。随着技术的成熟及稳定性的提升，矿山无人驾驶将不再局限于全封闭的矿区采掘区域内部，有望向场栈半开放道路、场外全开放道路横向拓展。
- ◆ 矿山无人驾驶将逐步过渡至半开放道路，向短倒运输领域延伸，实现从封闭矿区到破碎站、选矿厂等关键设施的高效运输。展望未来，无人驾驶方案将推广至完全开放的道路网络，实现从矿区到火车站、港口、货场等物流中转点，以及发电厂、建材厂、冶炼厂等下游客户的全链条运输，彻底打通矿物运输的全链条，实现从源头到终端的无缝连接，为矿主提供全周期的无人驾驶服务。



中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室

中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室是中国煤炭系统第一个国家重点实验室，它是在中国矿业大学和中国矿业大学（北京）整合两校原“矿山开采与安全”、“煤炭资源”两个教育部重点实验室和“岩石混凝土破坏力学”北京市重点实验室及相关优质资源基础上，依托“采矿工程”、“安全技术及工程”、“矿产普查与勘探”三个国家重点学科，于2006年7月经科技部正式批准建设，在2009年通过验收，并在2010年和2015年先后两次通过科技部组织的评估。煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室是国家煤炭资源与安全开采领域基础研究、技术开发、先进实验系统研制和高层次人才培养的重要基地，它为我国能源安全提供重要科技支撑。

实验室人才概况

拥有一支出类拔萃的研究队伍，担当起配贤育才、能源兴国的大任



钱鸣高院士



周世宁院士



彭苏萍院士



袁亮院士



武强院士



葛世荣院士



赵跃民院士

“四高”人才

教育部长江学者特聘教授:	7人
国家杰出青年基金获得者:	8人
国家万人计划科技创新领军人才:	6人

“四青”人才

青年长江学者:	7人
国家优秀青年科技基金获得者:	8人
中组部“青年拔尖”人才:	6人

实验室及其依托学科

- 煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室是我国煤炭行业第一个国家重点实验室
- 由中国矿业大学和中国矿业大学（北京）共同建设



煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室学术委员会

依托三个国家重点学科

采矿工程	A+	一流学科	全国排名第一
安全技术及工程	A+	一流学科	全国排名第一
矿产普查与勘探	A-	重点	全国排名第三



徐州数字空间矿山研究院

Xuzhou Digital Space Mining Research Institute

徐州数字空间矿山研究院依托“矿大南湖号”专用卫星资源，搭建“基于三维数字地球平台，融汇空天地理大数据、矿业资源大数据、矿业产业链企业大数据等数据资源，构建空天地立体化感知网，打造全国煤炭、金属、建材等各类型矿区点位分布一张图，建立矿业创新链企业一张图。同时牵头运作的“智慧矿业创新集群”，积聚大量矿区管理单位、矿区经营单位、矿山产业链高新技术企业等机构，提供数字化转型战略、营销渠道、数字化供应链等数字化业务解决方案，打通矿山产业链和创新链，带动矿业数字化进程。



2023.6.6

中国产业发展促进会智慧矿业创新集群成立大会暨大型露天矿山设备新产品新技术新应用交流大会。



2023.7.23

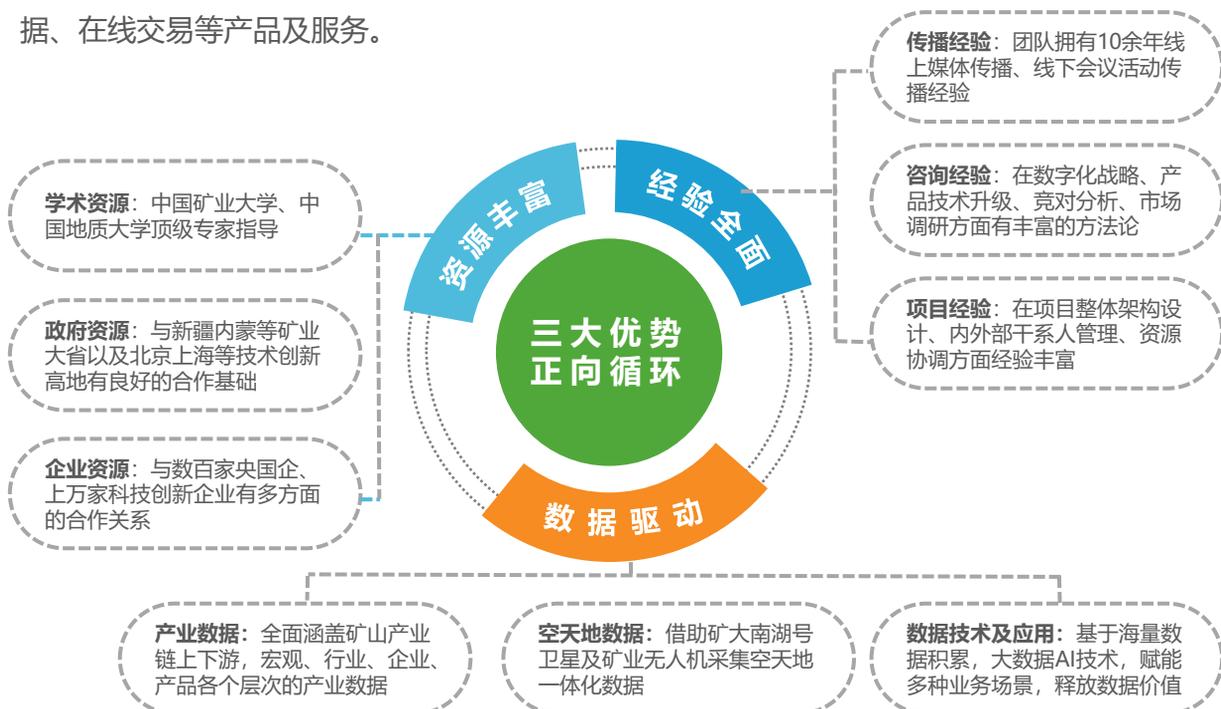
中国首颗矿业专用卫星“矿大南湖号”带着它的使命奔赴太空。



2023.11.11

中国产业发展促进会智慧矿业创新集群新疆基地成立仪式正式启动。

亿矿通是智慧矿业创新集群运营主体，是在中国产业发展促进会、中国矿业大学国家重点实验室、亿欧集团、孚山智矿指导下成立的一家服务于智慧矿山产业创新升级的科技公司。亿矿通围绕矿山产业链上下游提供品牌传播、会议活动、产业培训、研究咨询、数字化解决方案、矿业大数据、在线交易等产品及服务。



AI人工智能产业链联盟

#每日为你摘取最重要的商业新闻#

更新 · 更快 · 更精彩



Zero

AI音乐创作人

水墨动漫联盟创始人

百脑共创联合创始人

人工智能产业链联盟创始人

中关村人才协会秘书长助理

河北北大企业家分会秘书长

墨攻星辰智能科技有限公司CEO

河北清华发展研究院智能机器人中心线上负责人

中关村人才协会数字体育与电子竞技专委会秘书长助理



主要业务:AI商业化答疑及课程应用场景探索, 各类AI产品学习手册, 答疑及课程



欢迎扫码交流

提供: 学习手册/工具/资源链接/商业化案例/
行业报告/行业最新资讯及动态



人工智能产业链联盟创始人

邀请你加入星球, 一起学习

人工智能产业链联盟报 告库



星主: 人工智能产业链联盟创始人

每天仅需0.5元, 即可拥有以下福利!
每周更新各类机构的最新研究成果。立志将人工智能产业链联盟打造成市面上最全的AI研究资料库, 覆盖券商、产业公司、科研院所等...

知识星球

微信扫码加入星球 ▶



编写团队



周伟

教授，博士生导师
 中国矿业大学煤炭精细勘探与智能开发全国重点实验室副主任
 中国矿业大学露天开采高新技术研究中心主任



王伟

博士、副教授
 徐州数字空间矿山研究院副院长
 中国产业发展促进会智慧矿业创新集群副秘书长
 中国新一代人工智能发展战略研究院研究员



宋建峰

亿欧董事
 亿矿通副总经理



栾博钰

中国矿业大学矿业工程学院露天开采工程系博士后



高玉青

行业分析师



李雪迪

数据分析师



全球智慧矿业创新研究院是中国产业发展促进会智慧矿业创新集群官方公众号，由中国矿业大学全国重点实验室支持，徐州数字空间矿山研究院和亿矿通运营，发布智慧矿山前沿研究、资源交易数据，为矿企、新兴技术企业、各类机构提供产品技术合作和销售落地服务。



欢迎合作需求方联系我们，一并携手智行！

联系人：程国阳 联系电话：13101830866 邮箱：hezuo@iyiou.com