

H3C

数字化解决方案领导者

行业瞭望

矿山专刊

智慧每一矿 温暖每一心

以数字智慧之魂 铸矿山工业之躯

新华三解决方案部

2022年12月

●	刊首语	04
●	序 言	05
01	观时代，通晓矿山热点	06
	中国能源脊梁柱，煤炭为能源供应兜底	07
	工业与信息融合，解放矿工于深邃矿井	12
	智能化政策驱动，煤矿迈向高质量发展	17
	地方政策频响应，智能化建设如火如荼	28
	煤矿市场空间广，智慧化建设未来可期	32
02	看行业，布局方案蓝图	34
	矿山行业数字化蓝图	35
	综述：以智论矿，智慧定义矿山安全生产新模式	36
	智慧井工矿篇	40
	无人矿山，矿山开采未来的终极形态	41
	泛在+融合，矿山网络的一体化趋势	47
	5G使能矿山，让信息随时随地可取	52
	数字铠甲，构建矿山全面本质安全	57
	视觉AI，治愈矿山安全管理顽疾	62
	智慧露天矿篇	67
	有车无人，露天矿卡的“后无人”时代	68

02

看行业，布局方案蓝图

“差之毫厘，知于千里”，信息技术保障边坡安全	74
智慧巡检，无人机构建矿山安全新屏障	80
智慧洗煤厂篇	86
黑灯选煤厂，煤矿两化融合“至高境界”	87
AI配煤专家系统，让知识无处不在	92
智慧调度中心篇	96
数字孪生，推进智能化采矿迈入新时代	97
“井下滴滴”，一场煤炭数字化变革	101
智慧经营中心篇	107
云上智慧，煤矿行业云应用场景	108
以柔应变，智能化与煤矿柔性供应体系	115
风云涌动下的能源安全与信息安全	120
智慧园区篇	126
可持续发展，绿色矿山的关键技术与应用	127
“十四五”及碳达峰碳中和背景下，煤炭高质量发展之路	131
零碳矿山，矿山数字能源应用	136
综合方案篇	139
数字化驱动流程再造，矿山企业的数字化转型之路	140
云边协同，构建四位一体的政府监管平台	147
智慧灵动，“云桌面+AR”安全教培中心	153

03

洞蕴意，践行数字转型

157

某集团以数据治理驱动多产业融合	158
黄陵矿业集团矿区零碳智慧园区建设	160
云锡华联锌铟数字化转型整体规划咨询实践	163
矿山AI大脑，助力陕煤集团柠条塔煤矿安全生产“少人化”	167
立足煤矿安全实际，提高安全监察手段，降低事故风险	170

04

附录

173

煤矿业务基础概述	173
非煤矿山业务知识概述	184

刊首语



张鹏

新华三集团副总裁
首席数字官兼解决方案
部总裁

在全球能源危机爆发的大背景下，国家开始强化能源安全战略，八部委适时联合印发智能化矿山指导意见，煤炭作为国家能源安全稳定供应的“压舱石”，重要性进一步提升。当前，煤炭行业正处于行业景气度回升、政府大力推动数字化和智能化建设双期叠加的拐点，行业数字化转型走上了快车道。

建设智慧煤矿是矿山行业技术革命、产业转型升级的战略方向，也是能源行业转型发展的必由之路。作为数字化解决方案领导者，新华三服务于煤炭行业十余年，积累了深厚的技术实力和丰富的实践经验。新华三以“打造先进数字化基础设施，构建以人为本的智慧矿山新生态”为理念；提出“智慧每一矿、温暖每一心”的行业愿景；基于“5个一”架构（即通过构建一个智能算力中心、一个矿山数据中枢、一个云化支撑平台、一张融合通讯网络和一套全面感知基础设施），形成覆盖生产侧、支撑侧、经营侧等多维度的场景化方案，为井工矿、露天矿、非煤矿山等多重不同类型矿企智能化转型提供全面的数字化支撑；新华三矿山数字化转型案例已广泛应用于包括内蒙古、山东、陕西、山西、河北、河南等多个省市，为推动矿山数字化转型升级起到了积极推动作用。

序言

王丹识

中国煤炭工业协会信息化分会第四届理事会秘书长



“凿开混沌得乌金，藏蓄阳和意最深，但愿苍生俱饱暖，不辞辛苦出山林”。明代诗人于谦的这首咏物诗描述了煤炭的开采过程，歌颂了其巨大功用和崇高品格。煤炭资源藏自深山地下，服务芸芸众生。

在新能源技术高速发展变革的新时代，煤炭在相当长的一段时期内仍然是中国能源的压舱石和稳定器，仍然发挥着不可替代的作用。从新中国成立以来，特别是改革开放的四十多年以来，中国煤炭工业流过血、受过痛、经历过繁华，也承受过低迷，它数次在逆境中求生，在探索中前行，经历了多次变革，创造了一个又一个辉煌。它同时也见证并参与了共和国的经济发展与腾飞。

从开采技术上，中国煤炭经历了炮采、普采、综采等阶段，目前正在向智能化、绿色化开采时代迈进，在这个美好时代，数字生产力将矿工从艰苦而繁重的体力与脑力工作中解脱出来，让矿工离危险越来越远。我们有幸见证并参与中国煤炭行业这场深刻的技术变革，并在变革中探索工业与信息融合之道，希望新华三矿山团队以行业长远发展为己任，在最终实现矿山无人作业的进程中砥砺前行，功成不必在我，功成必定有我。

观时代 通晓矿山热点



观时代，通晓矿山热点

行业前景：中国能源脊梁柱，煤炭为能源供应兜底

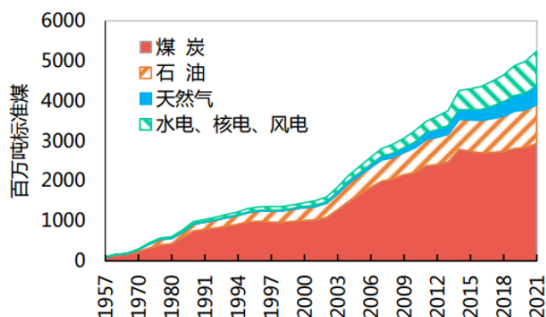
智慧矿山行业专家 彭涛

煤炭行业态势分析

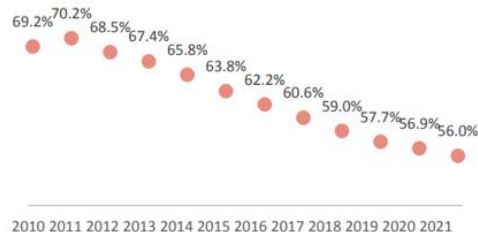
中国能源结构分析

据统计，我国煤炭占能源消费总量的比重已经由2010年的69.2%下降到2021年的56%，清洁能源消费占比不断提升，2021年，水电、核电、风电等可再生能源在我国能源消费中占比已达到17%，我国的能源消费结构实现进一步优化。但总体来看，我国煤炭消费量整体呈上升趋势，煤炭在一次能源生产和消费结构中占比长期超过55%，这决定了其在能源安全供应中的主体地位，承担着国家能源安全供应的“压舱石和稳定器”作用。

中国能源消费结构和总量



煤炭占能源消费总量比重



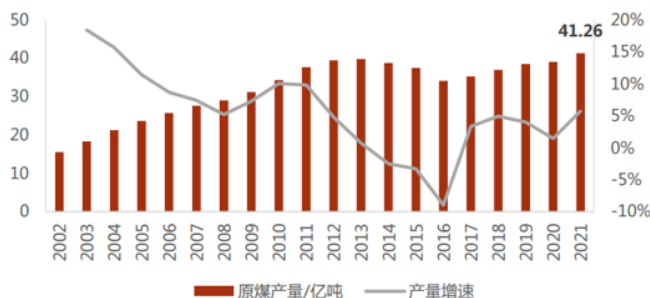
资料来源：国家统计局

中国“富煤、贫油、少气”的资源禀赋，决定了煤炭资源未来将继续长期主导中国能源供应地位。在化石能源方面，中国的原油对外依存度达到73%，天然气达到43%，唯有煤炭可以做到纯自主供应。在当今国际能源博弈和地缘政治冲突加剧的时期，明确煤炭资源的保底地位，有利于保障国家能源安全，稳定经济发展。

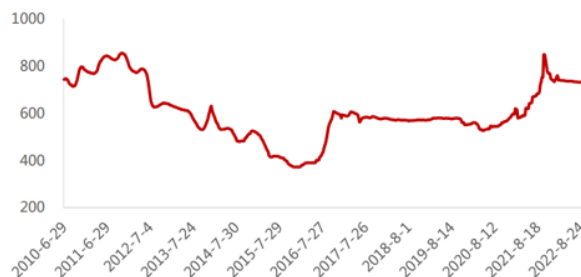
在国家能源保供及煤炭稳价的持续推进下，采矿业保持高速增长，煤炭产能持续扩大。2022年上半年，采矿业增加值同比增长8.4%，其中煤炭开采和洗选业增速超过两位数，均明显快于全部规模以上工业增长。煤炭价格方面，2020-2021年煤炭价格大幅提升，2022年稳价保供虽促使煤炭价格较去年小幅回落，但整体价格仍处于近10年高位水平，矿企获利空间依旧很大；煤炭产能方面，在国内供给偏紧及高牵引下，2021年煤炭产能高达41.26

亿吨，比2020年增加5.7%，2022年1-8月，全国生产原煤29.3亿吨，同比增长11.0%，原煤产能持续扩大。

中国原煤产量 (亿吨)



环渤海动力煤价格指数 (元/吨)



资料来源：国家统计局

煤炭企业发展情况分析

自新中国成立以来，党和国家一系列的政策引导之下，我国煤炭工业经历了翻天覆地的变化，从建国初期的单一资源开采易用模式发展到如今煤基多元协同、智能化、信息化集成的综合开发利用体系，取得了举世瞩目的发展成就。我国也由建国初期年产仅3000多万吨的煤炭小国发展成为如今煤炭种类齐全、煤炭工业体系完备的生产、加工与消费大国。这一切成就都离不开煤炭工业发展的载体——煤炭企业。随着我国煤炭工业的发展，煤炭企业在煤炭开采、经营管理及科技创新等方面获得了巨大进步，它们保障了我国的能源供应，解决了社会人员就业，为国家经济社会的发展作出了巨大贡献。

自1978年改革开放以来，随着宏观经济变化和国家政策的调整，煤炭企业也在不断变革，从改革发展进程来说，总体经历了四个阶段：

第一阶段，经营改革（1978-1992年）：此阶段的国有企业改革主要是针对高度集中的计划经济弊端，以让利、经营承包等为主的改革，采取了下放和扩大经营权，实施了多种形式的承包责任制。从1985年开始，原中央财政煤矿企业实施投入产出总承包，企业承包产量、盈亏和工资，产权制度改革仍然处于酝酿和探索阶段。

第二阶段，产权改革（1993-2001年）：此阶段以建立产权多元化的现代企业制度为特征，通过改革释放企业活力，从1993年开始对国有煤炭企业逐步放开煤炭价格，促进企业成为市场主体。《中华人民共和国公司法》肯定了股份制、股份合作制，1999年，十五届四中全会提出“国有资产有进有退，有所为有所不为”的理论，要求除少数必须由国家垄断经营的企业，其他企业要积极发展多元投资，实现产权多元化。

第三阶段，改革过热（2002-2012年）：此阶段国有企业改革进入了“深化产权制度改革阶段”，煤炭行业部门配套出台了一系列措施。包括国有企业资产评估、定价和处置政策，改制企业职工安置和经济补偿政策，经营者和员工持股，资源枯竭煤矿关闭破产政策和债转股政策，随着煤炭需求增加、价格增长和私营成分增加，煤矿行业经历了“疯狂的十年”。

第四阶段，回归国有（2013至今）：此阶段国有企业改革进入了“以实现国企功能为导向的混合所有制改革阶段”，进一步强化国有企业的市场主体地位，通过引入民营、集体、境外资本，实现机制体制的本质突破。

当今形势下，煤炭企业的发展呈现以下态势：

一是煤矿数量持续减少，我国煤矿已由建国初期的9万多座减少到2021年的4500座以内，并将进一步持续减少，平均产能进一步提升；二是区域集中，煤炭产业重心继续向资源禀赋好、竞争力强的地区集中，2021年晋陕蒙新四省煤炭产量占全国的3/4；三是大型企业的合并重组，山西省整合原同煤、晋煤等七家大型企业，成立晋能控股集团，辽宁省战略重组省内9家国企，贵州重组成立贵州盘江煤电集团，通过资源整合进一步提升整体优势；四是多产业融合，形成以煤为基础，煤电、煤钢、焦化、建材、储运、金融、新能源等相关产业协同发展的格局，部分大型煤炭企业非煤产业占比超过60%，企业复合竞争力进一步加强。

煤炭与“双碳”的辩证关系

在“双碳”大背景下，为达到“碳达峰”和“碳中和”目标，从供给层面，国家有弱化煤炭生产的趋势，然而因为缺乏对基本国情和发展阶段的认识，出现“运动式”减碳行为，“一刀切”、“去煤化”倾向严重。例如，部分控煤政策未充分考虑煤炭既是燃料又是原料的双重属性，不分开统计煤炭作为燃料和原料分别造成的碳排放，一律予以控制，导致煤化工产业面临无米之炊。受能耗双控等多重刚性政策约束，很多省份如江苏、山东、安徽、四川、青海及甘肃等地关闭了不少煤矿，导致全国的煤炭缺口大，只能靠晋陕蒙三地供应。2021年8月下旬至10月中旬，动力煤期货价格连续三个月持续暴涨，由不到800元/吨，一路最高升至1982元/吨。2021年，由于能源需求的季节性差异、疫情导致的进口能力缩减、减碳政策缺乏柔性，多地发生“拉闸限电”情况，导致一些大型煤炭企业临时扩大产能的被动局面。



由此可见，能源革命是一个漫长复杂的过程，既受制于技术成熟度，又受到经济性、资源禀赋、基础设施建设进展、国际形势、原料供需等多重因素的影响，切不可操之过急。为实现对新能源为主体的能源结构转变，实现“双碳”伟大目标，将新能源“扶上马、送一程”的改革过程中，煤炭仍然需要在未来的若干个十年中起到稳定器作用。

在“双碳”新形势下的煤炭工业，可以向以下方向结合发展：

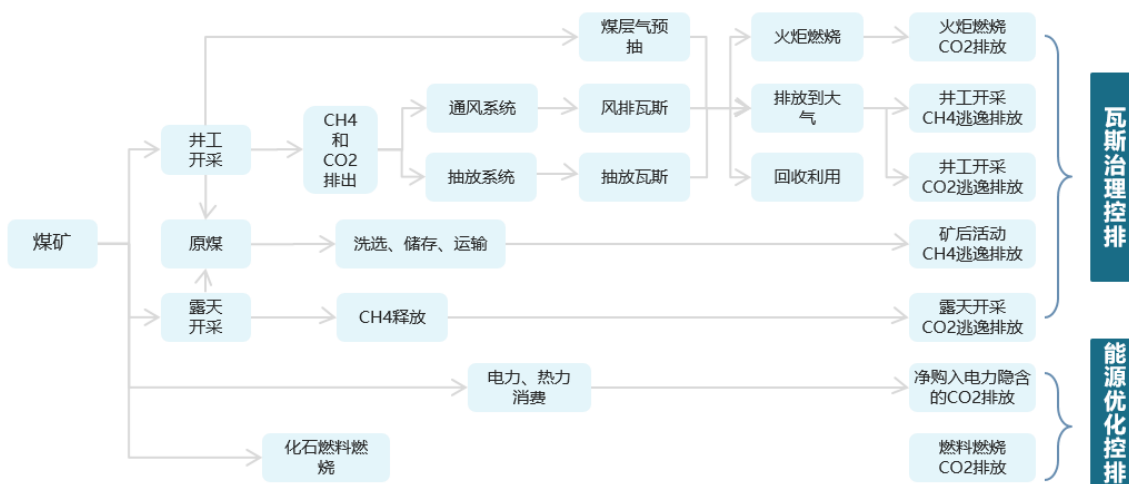
1、提升煤炭供给柔性

由于新能源本身的不稳定性存在，需要煤炭的柔性供应作为很好的补足，在新形势下的煤炭企业应该具备生产规模大幅增长和缩减的弹性，以适应新形势下的能源供应需求。

2、降低企业自身碳排放

现代化煤炭开采、运输需要耗费大量电能，据统计，开采一吨煤需要至少6.5kg煤炭所产生的能量，煤炭开采过程中伴随着瓦斯气体的涌出，其温室效应是二氧化碳的28倍以上，中国在煤炭开采过程中的瓦斯利用率只有40%，其余都逃逸到空气中，随着“双碳”政策全面走向工业企业推进，煤炭企业自身的碳排放控制水平也成为新形势下企业的重要竞争力。

发改委《温室气体排放核算指南》-煤矿部分



3、推进煤炭原料多元化发展

煤炭可以作为燃料燃烧产生热量，或者转化成电力，还可以作为工业原料提供其他用途。通过煤炭与光伏余能电解水产生的氢气融合，形成煤制气、煤制油等产品，可提升单位煤炭的能量效率，同时可以解决氢气的压缩存储运输难等问题；通过煤化工产业链，将煤炭在更利于捕捉二氧化碳的环境下生产，都可以进一步达到减碳的目标。

智能化对于煤炭的价值意义

煤矿智能化是煤炭生产力和生产方式变革的新方向，加快推进煤矿智能化建设，已成为实现煤矿安全、高效生产的基础，是煤炭企业高质量发展的重要举措。

1、是国家政策的要求

2020年2月，国家发改委、能源局等八部委联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，为我国煤矿智能化发展指明了方向，是国家对于工业化和信息化融合的重大战略举措。

2、是煤炭行业高质量发展的必由之路

煤炭安全、高效开发与清洁、低碳利用已成为煤炭高质量发展的核心要求，科技创新是煤炭行业发展的第一动力，开展智能化建设，大幅降低工人劳动强度，让煤矿工人从恶劣工作环境中解放出来，是实现员工幸福美好宗旨的重要途径。

3、是实现无人少人目标的重要手段

2020年以来，全国安全生产形势持续紧张，接连发生的安全事故给职工生命财产带来巨大损失。2021年3月1号的刑法修正案将隐患不整改行为造成事故纳入刑法，煤矿智能化实现作业人员的减少，以及作业人员从危险地点到安全地点的转移，从而构建本质安全矿井。

4、是解决煤矿企业招工难的技术途径

当前煤矿企业普遍存在招工难问题，煤矿从业者平均年龄达到40+，大量机器人、自动化与智能化技术、无人巡检技术极大降低用工量和工人劳动强度，提升煤炭一线生产人员的幸福感，解决煤炭一线用工荒等重大难题。

总结

煤炭是中国能源的压舱石，是实现“四个革命、一个合作”的国家能源发展战略的重要环节。在新中国的发展历程中，煤炭工业经历了经营模式、产权多元化、集中和国有化等多个深度改革和发展过程，带来了质变的同时，也经历了阵痛。煤炭资源具有不可或缺性，煤炭开采具有危险性，无论是体制改革还是“双碳”的能源供给革命，都需要制定切合实际、步调合理的做法，以寻求在持续发展中稳步前进。而今我们正处在世界能源技术革命变革以及工业技术变革的风口浪尖，而信息化与工业化的融合，以智能化带动生产，是实现煤炭工业高质量发展的必经之路。

技术趋势：工业与信息融合，解放矿工于深邃矿井

智慧矿山技术专家 董凯

2020年国家发展改革委、国家能源局、应急管理部、国家煤矿安监局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部共同印发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》（以下简称“《意见》”）。《意见》中明确指出煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合，形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统，实现煤矿开拓、采掘（剥）、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化运行，对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

《意见》注重当前，考虑长远，提出了三个阶段的不同发展目标。

到2021年，建成多种类型、不同模式的智能化示范煤矿，初步形成煤矿开拓设计、地质保障、生产、安全等主要环节的信息化传输、自动化运行技术体系，基本实现掘进工作面减人提效、综采工作面内少人或无人操作、井下和露天煤矿固定岗位的无人值守与远程监控。

到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系，实现开拓设计、地质保障、采掘（剥）、运输、通风、洗选物流等系统的智能化决策和自动化协同运行，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。

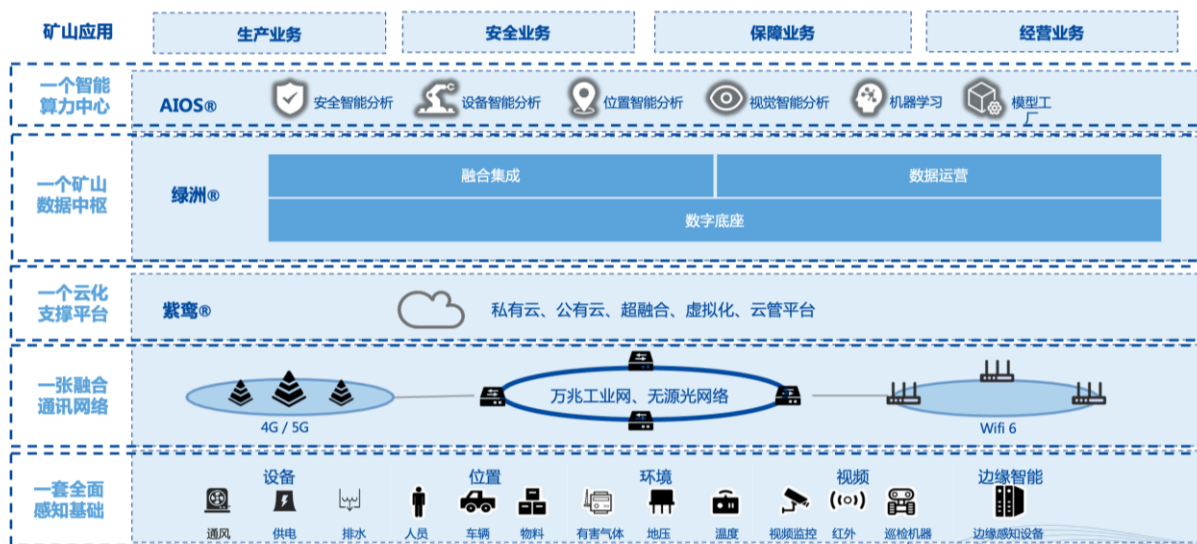
到2035年，各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。

为保证上述目标的不断落地实现，需要持续深化煤炭行业工业化和信息化的两化融合，通过先进的信息化技术持续深入到矿山生产环节当中，共同推进逐步实现我国的矿山智能化建设。

依据《意见》中明确指出的煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合的核心理念和思想。新华三为智能化矿山建设设计了“五个一”的技术架构，在充分考虑到现有行业技术发展水平和未来智慧矿山发展趋势及应用，分别从“一套全面感知系统”、“一张融合通信网络”、“一个云化支撑平台”、“一个矿山数据中枢”和“一个智能算力中心”五个维度结合矿山实际业务应用场景和技术发展趋势进行整体技术展望。



图：新华三智能化矿山“五个一”技术架构



矿山前沿技术应用前景分析

站在信息化技术发展的前沿领域，未来还有那些新型信息化技术可以应用于我国智能化矿山建设之中，为矿山行业带来更多的惊喜。

网络通信技术领域：

1、新型无线通信技术矿山应用前景分析

矿山企业整体生产加工工艺流程决定了，矿山生产是一个连续性强、移动性高、生产环境恶劣、技术挑战度高的工业级生产环境。为了保障矿山生产安全，进一步减轻矿山用工难，有效提升矿山采掘效率，提升矿工幸福感的智慧矿山应用愿景。进一步将矿工从危险的工作环境中逐步解放出来，实现远程化、移动化、工业化、自动化的控制矿山远程采掘工作。

未来可以在生产危险作业场景可以通过部署本安级融合基站（包括：矿用本安级WIFI + 矿用本安级万兆工业交换机+本安级4/5G融合基站 + 矿用UWB人员精准定位），保障矿山生产业务的移动化和连续性传输的需求，并同时满足矿山危险环境生产装置的本安化部署要求。

伴随信息化技术的不断发展未来还可以为矿山行业选择的无线通信技术也更加多种多样，如：矿用本安级高上行WIFI6技术、低时延大带宽的WIFI7技术、基于5G通信技术的本地独立组网自主转发技术、基于多种通信于一体的矿用融合通信基站技术等将成为未来趋势。

2、确定性网络技术矿山应用前景分析

按照矿山行业应用部署环境要求，矿用无线网络可以解决前端最后一公里的网络通信传输工作，但是在远距离传输、矿山骨干承载网、矿山固定场所和固定设备通信的传统矿山工业生产场景中，还将选择有线通信技术加以技术保障，相较于无线通信场景，有线通信场景有着延时低、传输稳定、传输距离远、网络抗干扰能力强的技术特点。为了更好的满足未来智慧矿山行业网络通信技术的发展趋势，还可以将日益成熟的无损以太网技术、可确定性网络技术先进网络技术与矿山工业场景进行深度融合，用以实现新一代的矿山智慧应用的可靠性传输要求，尽早真正实现矿山井上连续控制、多机联动控制等智慧化矿山远程操作控制的应用场景。

3、无源光网络技术在矿山应用前景分析

近年来随着国家智能化验收标准和部分矿山企业将第五代光通信网络（F5G）逐步应用到矿山生产场景之中，不少矿山企业也存在了更多组网技术选择，基于无源光网络技术的光通信技术，有自身的无源化、易维护等优势，但是矿山生产网络更加关注的是安全生产的可靠性要求，基于分光器组网的无源光网络无法与传统有线环形组网在可靠性上相比较，所以我们认为未来无源光网络技术更多的实际应用场景应当在矿山工业园区、露天矿山、洗煤厂等应用场景更为合适。

新型矿山数据应用领域：

1、矿山双碳数据应用前景分析

伴随国家双碳脚步的不断落地前进，我国用煤企业和煤炭生产企业也将面临更多的碳排放的应用挑战。用煤企业和煤炭生产企业不应当被“碳妖魔化”，为更好的进行矿山生产环节、矿山经营管理环节以及未来碳汇交易等与碳排相关应用场景和治理应用也会越来越多。

为保证进一步加强未来矿山行业的双碳治理和绿色矿山应用的整体协同，首先要做到“知排、知碳、知路”，然后实现“治能、治污、治碳”，最终达到“绿能、绿产、绿碳”的整体绿色矿山零碳操作体系。

矿山零碳治理不同于其他行业的碳行业管理，需要从“源、探、管、服”四个层面与矿山生产控制、矿山地质信息、矿山安全应急、矿山经营管理等多个方面进行结合，以期实现矿山零碳的整体数据协同与规划。

2、矿山数字能源应用前景分析

传统矿山生产中存在大量用功用电的场景，并且这些电力来源大多是来自于传统工业用电。伴随新能源技术应用和数字能源管理应用的不断成熟完善，矿山企业也在更多尝试与新能源产业进行整体结合，未来基于新型数字新能源体系与智慧矿山建设将逐步融合，以期在矿山节能减排、绿电应用、绿色矿山、可持续发展等方面提供更多支持。例如：用新能源电力代替传统工业用电为露天矿山小型化用电设备提供电源供给、用新型储能设备代替传统的柴油发电机组实现电力储能与快速应急供电的平衡保障、用光伏发电部署于矿山工厂、矿山沉陷区以实现矿山绿色用电治理等场景。

新型数字能源体系不仅仅是要独立建设使用，还应于矿山实际生产保持数据贯通，用以实现矿山整理的数据化协同、数据化运营和数据化治理，做到矿山治理的有据可依。

3、矿山数据共享及数据安全应用前景分析

传统矿山企业更多的是保生产重安全，但是跨系统、跨平台、跨应用的数据往往都是独立的，在数据共享和发布过程中也是缺乏更多的标准及规范，导致部分矿山企业数据标准不一致、数据发布应用不一致、数据割裂无法拉通的情况，未来伴随智能化矿山数据体系的不断完善，国家对于智能化矿山数据治理、数据存储、数据安全等多个数据标准的不断颁布实施。基于矿山数据和周边企业的数据协同将会有更多应用实践场景，如：矿山洗煤厂可以基于市场用煤数据进行业务流程调整，通过大数据的积累代替经验化操作、露天矿山通过大数据应用将后无人驾驶时代的露天矿山多业务拉通提供技术基础、煤电联营企业可以通过源头产能数据、洗选数据、用电数据、周边供热数据等一系列相关数据灵活调整产能分布。

矿山信息化服务应用领域：

1、构建基于区域协同机制的矿山安全服务平台

广大矿山企业不全是资源雄厚的大型企业，更多的是一些中小型矿山企业，通过与地区性服务机构、监管机构、矿山研究机构等形成产业联合，共同搭建基于矿山区域性服务组织机构和平台应用，为地区矿山安全生产和信息安全防护提供规范化、标准化、低成本化的可持续运营支撑的服务平台，在降低企业自身运行维护压力的同时，提供合理、合规、合法的平台化服务支撑。

如针对中小型矿山信息安全的防护服务，通过服务平台打造矿山安全服务管理平台，为不具备专业安全管理、设计和防护能力的矿山企业提供全面的信息化安全服务。

2、逐步摸索为矿山企业降低智能化运营成本的新型运营方式

按照智能化矿山验收标准以及信息化等级保护要求，以矿山数据备份为例，广大矿山企业需要满足矿山数据备份需求，但是矿山数据是伴随矿山生产逐步产生和积存的，如果矿山企业考虑到未来五年甚至更长远的数据备份需求，势必导致前期智能化矿山建设投资偏多，为进一步降低智能化矿山初始投资，广大矿山企业可以与当地主管部门进行协同，共同构建基于云化的数据存储平台，也为后续矿山监管企业的区域数据协同奠定基础。



智能化政策驱动，煤矿迈向高质量发展

煤炭是我国十分重要的能源，对于我国的社会发展、经济发展、能源安全等各方面都具有举足轻重的意义。

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央全面加强对矿山安全监管监察工作的领导。为推动煤炭行业高质量发展，促进煤炭产业转型升级，国家各相关部门出台了一系列的政策，以科技创新为根本动力，推动智能化技术与煤炭产业融合发展，助力矿山实现信息化、数字化以及智能化建设。

发布时间	政策名称	发文机关	主要内容
2022年8月	《“十四五”矿山安全生产规划》	应急管理部、国家矿山安全监察局	到“十四五”末，矿山安全法规标准体系更加完备、安全生产责任体系更加健全、安全预防控制体系更加科学、安全监管监察体制更加完善、信息化智能化水平大幅提高、基础保障能力明显增强、监管监察效能显著提升，矿山安全综合治理效能取得重大进展，事故总量持续下降，重特重大事故得到有效遏制。
2022年6月	《关于印发工业能效提升行动计划的通知》	工业和信息化部等六部门	加快推进煤炭利用高效化、清洁化。有序推动煤炭减量替代，推进煤炭向清洁燃料、优质原料和高质材料转变。加快应用煤炭清洁高效燃烧、资源化利用等技术。
2022年6月	《开展2022年度国家工业和信息化领域节能技术装备产品推荐工作的通知》	工业和信息化部	利用5G、工业互联网、大数据等新一代信息技术实现能量流、物质流等信息采集监控、智能分析、精细管理、系统优化，提升能源、资源、环境管理水平的数字化绿色化协同转型技术等。
2022年6月	《露天煤矿生产技术与安全管理规定》	国家矿山安全监察局内蒙古局	内容包括露天煤矿施工承包安全管理、露天煤矿安全标志、露天煤矿边帮压煤回收技术与安全管理、露天煤矿开采技术参数与设备管理、露天煤矿智能化建设、露天煤矿应急管理、露天煤矿消防管理7个部分，适用于内蒙古自治区范围内露天煤矿的设计、建设、生产等各环节。

发布时间	政策名称	发文机关	主要内容
2022年 6月	《关于加强煤炭先进产能核定工作的通知》	应急管理部、国家矿山安全监察局、国家发展改革委、国家能源局	《通知》明确纳入先进产能的煤矿，产能大于引导退出规模、具备安全保障能力、满足安全生产条件等。
2022年 5月	《增加支持煤炭清洁高效利用专项再贷款额度》	人民银行、国家发展改革委、能源局	明确支持煤炭清洁高效利用专项再贷款额度增加1000亿元，专门用于同煤炭开发使用和增强煤炭储备能力相关的领域。具体支持领域包括：一是煤炭安全生产和储备领域。包括现代化煤矿建设、绿色高效技术应用、智能化矿山建设、煤矿安全改造、煤炭洗选、煤炭储备能力建设等项目。二是煤电企业电煤保供领域。
2022年 2月	《关于印发“十四五”国家应急体系规划的通知》	国务院	安全风险分级管控与隐患排查治理机制进一步完善，多灾种和灾害链综合监测、风险早期感知识别和预报预警能力显著增强。矿山等重特大安全事故得到有效遏制，严防生产安全事故应急处置引发次生环境事件。
2021年 7月	《5G应用“扬帆”行动计划（2021-2023年）》	工业和信息化部等十部门	重点领域5G应用成效凸显，垂直行业领域，大型工业企业的5G应用渗透率超过35%，电力、采矿等领域5G应用实现规模化复制推广。
2021年 6月	《煤炭工业“十四五”高质量发展指导意见》	中国煤炭工业协会	按照煤炭工业高质量发展的目标方向和重点任务，建设十大示范工程，包括智能化煤矿建设示范工程、煤矿智能化成套装备制造示范工程、煤矿智能化工业软件开发示范工程、煤炭大数据平台建设示范工程、矿井资源综合利用示范工程等。
2021年 6月	《中华人民共和国安全生产法（2021年修正）》	全国人民代表大会常务委员会	为了加强安全生产工作，防止和减少生产安全事故，保障人民群众生命和财产安全，促进经济社会持续健康发展。
2021年 6月	《煤矿智能化建设指南（2021年版）》	国家能源局、国家矿山安全监察局	《指南》是基于我国现阶段煤矿智能化建设现状、智能化技术与装备研发应用实际确定的技术指导性文件，提出了煤矿智能化建设的原则、目标、技术架构和建设内容，为智能化煤矿建设提供技术路径与方向指引。
2021年 5月	《煤矿生产能力管理办法和核定标准的通知》	应急管理部、国家矿山安监局、国家发展改革委、国家能源局	煤矿生产能力是保障煤矿安全生产确定的产量上限，是煤矿依法组织生产，煤炭行业管理部门、煤矿安全监管机构和煤矿安全监察机构依法实施监管监察的依据。进一步加强和完善煤矿生产能力管理，规范生产能力核定工作，保障安全生产。

发布时间	政策名称	发文机关	主要内容
2021年 5月	《关于支持鼓励开展煤矿智能化技术装备研发与应用的通知》	国家能源局、国家矿山安全监察局	加快煤矿智能化技术装备研发与应用，提升煤矿智能化建设水平。以智能化技术装备研制与推广应用相结合为切入点，完善煤矿智能化技术装备产业链，增强产业链供应链的自主可控能力。
2020年 12月	《新时代的中国能源发展》白皮书	国务院	白皮书提出加快减少集约、安全、高效、清洁的煤炭工业体系；加快煤矿机械化、自动化、信息化、智能化建设，推进大型煤炭基地绿色化开采和改造，发展煤炭洗选加工。
2020年 11月	《关于开展首批智能化示范煤矿建设的通知》	国家能源局、国家煤矿安全监察局	建设首批智能化示范煤矿，旨在从建设理念、系统架构、智能技术与装备、综合管理、经济投入等方面进行探索与实践，根据煤层赋存条件、煤矿类型与规模，凝练可复制的智能化建设模式，尽快实现“系统智能化、智能系统化”，引领带动全国煤矿智能化建设，从根本上遏制重特大事故发生，促进煤炭开采方式由炮采、普采和综采向智采变革，为能源领域“新基建”奠定基础。
2020年 4月	《有色金属行业智能工厂(矿山)建设指南(试行)》	工业和信息化部、国家发展改革委、自然资源部	《指南》立足矿山、冶炼、加工的行业特点和智能制造现状，坚持问题导向，围绕矿山的本质安全、资源集约需求，冶炼的绿色环保、优质低耗需求，加工的质量稳定、柔性生产需求，聚焦研发、装备、生产、运营、供应链协同等核心业务环节，解决企业普遍面临的产线装备基础不牢、安全环保管控水平不高、信息化与管理两层皮、先进技术应用动力不足等突出问题。
2020年 4月	《全国安全生产专项整治三年行动计划》	国务院安委会	主要聚焦在风险高隐患多、事故易发多发的矿山、非煤矿山等行业领域，提出要加快推出机械化、自动化、信息化、智能化建设。
2020年 2月	《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》	发展改革委、能源局、应急部、煤矿安监局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部	到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系，实现开拓设计、地质保障、采掘（剥）、运输、通风、洗选物流等系统的智能化决策和自动化协同运行，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。到2035年，各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。

通过研读国家层面关于煤炭矿山行业的各类政策方针，可以发现，各项政策中频频的提到“智能化发展”“提高开采效率”“煤炭的清洁高效利用”“保障矿山安全”等，政策的逐步演进要求煤炭行业逐步向节能、绿色、智能化的方向发展。

同时，党的二十大报告指出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、数字中国等。随着我国各类煤矿智能化建设实施意见、建设规范等一系列政策文件和规范标准的出台，5G、AI、大数据等新兴技术与煤炭矿山产业深度融合，瞄准矿山智能化、无人化发展的终极目标，各类矿山、各类企业应当紧密围绕煤炭生产技术变革、提升智能化生产水平、保障矿山生产安全等多方位，积极推进矿山智能化建设，促进矿山产业安全、高效、绿色、高质量发展。

智能化煤矿分级分类及评分标准详解

我国煤矿智能化发展处于初级阶段，处于自动化、可视远程干预、工作面自动找直基于透明工作面智能割煤、全智能自适应开采等智能发展中的自动化和可视化远程干预阶段之间，煤矿智能化建设相关技术标准与规范尚不完善，智能化煤矿评价标准缺失，煤炭生产企业智能化矿井建设方案和验收依据缺乏，严重制约了煤矿智能化的发展。

为了加快煤矿智能化建设，国家发展改革委、应急管理部等八部委联合发布了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，提出了加快我国煤矿智能化发展的原则、目标、任务和保障措施，明确提出建设一批智能化示范煤矿，通过典型示范推动煤矿智能化全面发展。山东、河南、贵州、山西等省份的煤炭主管部门积极出台相关方案和政策，加快煤矿智能化建设、升级改造。如何进行智能化煤矿建设，建设什么样的智能化煤矿，如何评价不同区域、不同条件煤矿的智能化水平，是推进和指导智能化煤矿建设首先要回答的问题。

智能化煤矿建设技术要求

智能化煤矿建设应以通信设施建设为基础，以智能技术与装备的创新为支撑，以井上下智能系统融合管控为主要建设内容，实现矿井地质探测、开采、掘进、机电、运输、通风、安全、管理、运营等全要素、全流程的智能化协同控制。基于上述智能化煤矿总体技术架构，确定智能化煤矿建设以下基本要求：

(1)智能化煤矿建设应基于矿井地质条件与工程基础，采用与资源条件相适应的开采技术与装备，制定并实施智能化煤矿建设、升级改造方案和规划，明确建设目标、建设任务和技术路径等，建立健全智能化煤矿建设运行的保障制度与管理措施。

(2)智能化煤矿应建设高速高可靠的通信网络，满足数据、文件、视频等实时传输要求，其中矿井主干网络带宽应不低于1000Mbps，大型矿井主干网络带宽应不低于10000Mbps，主干网络优先采用有线网络或5G网络，应分别布设井下与地面环网，网络设备支持Ethernet/IPPROFINET、MODBUS-RTPS、EPA等工业以太网协议；矿井服务器应能够满足井上下协同作业要求，重要的数据与应用类服务器应采用冗余配置；矿井应建设大数据中心与智能综合管控平台，大数据中心宜采用云计算架构，具备数据分类、分析、挖掘、融合处理等功能，实现各系统之间数据的互联互通与融合共享，解决“信息孤岛”“信息烟囱”等问题。

3)智能化矿井应充分运用孔巷井、井地空相结合的智能钻探、物探和智能探测机器人等先进技术装备获取矿井地质信息，地质探测数据应实现数字化分类存储，地质探测数据的种类、范围、精度等应满足智能化煤矿生产需要；应建设地质信息与工程信息空间数据库，实现地质数据与工程数据的融合、共享，且能够通过地质建模、地质数据推演、地质数据可视化等技术，实现地质数据的多元化深度应用；工作面回采、巷道掘进过程中揭露的地质信息、工程信息等应能实时智能上传与更新，为矿井生产与决策提供远距离一体化智能地质综合保障。

(4)巷道掘进应采用适应的全机械自动化作业技术装备，掘进速度满足矿井采掘接替要求；巷道超前探测优先采用智能钻探、物探等技术，掘进数据实现数字化分类与存储，具备三维地质建模功能；煤层条件适宜的掘进工作面，应优先采用掘、支、锚、破、运一体化成套技术与装备，通过掘进工作面远程集控平台，实现基于感知信息对掘进工作面进行远程集中控制。

(5)回采工作面采用资源条件适应型综采技术与装备，液压支架采用电液控制系统采煤机具备记忆截割、智能调速调高等功能，刮板输送机、转载机采用变频智能调速控制，综采工作面具有远程集中控制系统，能够在工作面顺槽、地面调度中心对工作面进行远程协同控制；煤层赋存条件适宜的综采工作面，优先采用工作面自动找直技术、采煤机自适应截割技术、液压支架智能自适应支护技术、智能综放技术、智能巡检机器人技术设备故障诊断与远程运维技术等实现井下综采工作面智能化、少人化开采。

(6)矿井应建设完善的煤炭运输系统，采用带式输送机进行煤炭运输，运输系统应具备运量、带速、温度、跑偏、撕裂等智能监测、预警与保护功能，单条带式输送机实现智能无人运输，多条带式输送机之间应实现智能联动控制；采用立井罐笼运输的矿井，应具备对罐笼提升质量、提升速度等进行智能监控，系统具备智能装载、智能提升、智能卸载等功能，能够与煤仓实现智能联动控制；赋存条件较简单的大型矿井，主煤流运输系统应实现智能无人值守与远程集中控制。

(7)矿井应建设完善的智能辅助运输系统，运输物资采用编码体系进行集装化管理。采用单轨吊运输方式，则运输物资装卸、车厢运行实现自动化，点对点运输实现无人驾驶；采用机车运输方式，则实现机车位置精准定位、无人驾驶和智能调度；采用无轨胶轮车运输方式，则实现无轨胶轮车的精准定位与智能调度，物资装卸实现自动化，具备条件的矿井，实现无轨胶轮车的无人驾驶；采用多种运输方式的综合运输方式，则不同运输方式之间的接驳应实现自动化，最大程度降低井下辅助运输作业人员数量与劳动强度。

(8)矿井应建设完善的综合保障系统，矿井主要通风机、局部通风机具备远程调风功能，井下风门具备基于感知信息的智能开启与关闭，具备瓦斯、风压、风速、风量等智能感知能力，并基于感知信息自动解算、分析、预警与控制通风网络，实现通风系统的无人值守与远程集中控制；固定排水作业点实现基于水压、水位的智能抽排，排水系统与水文监测系统实现智能联动；供电系统具备智能防越级跳闸保护功能，井下中央变电所、采区变电所实现无人值守；综合保障系统的各监测数据应接入智能综合管控平台，实现数据的共享及智能联动控制。

(9)根据矿井煤层赋存条件及灾害类型，矿井应建设完善的智能安全监控系统。存在瓦斯灾害的矿井，应建设完善的瓦斯智能感知系统，并实现监测数据的自动上传、分析、预测、预警，瓦斯监测数据与通风系统、避灾系统等实现智能联动控制；存在水害的矿井，应建设完善的井上下水文智能动态监测系统，并与排水系统、避灾系统等实现智能联动控制；存在煤层自然发火危险的矿井，应建设完善的束管监测、光纤测温等系统，以及灌浆、注氮等防灭火设施，实现监测数据的自动上传、分析及联动控制；矿井电气设备、胶带输送机易发生火灾的区域，应设置完善的火灾感知装置及消防灭火系统，并实现智能联动；矿井应建设完善的顶板灾害在线监测系统，能够基于监测分析结果进行顶板灾害的预测、预警；具有冲击地压灾害的矿井，应建立完善的冲击地压监测、预测与预警系统，实现对冲击地压危险区域的有效预测、预警；矿井应建立完善的智能灾害综合防治系统，实现多种灾害监测数据的融合分析与智能联动控制。

(10)矿井应建设完善的智能洗选系统，能够根据不同洗选工艺实现远程集中控制。通过建设智能洗选控制系统，实现入选原煤配比、煤泥水处理、带式输送机运输的智能控制；条件适宜的矿井应优先采用3D可视化技术、数字双胞胎技术等，通过完善感知技术实现洗选作业的真实再现与远程智能操控；建设洗选作业智能保障系统，实现洗选作业的按需智能服务。

(11)矿井应建设完善的智能经营管理系统，能够对生产系统与管理系统的数据进行有效融合，通过数据分析与模型构建进行矿井智能排产、洗选、运输等智能调度；建立智能决策支持系统，实现市场分析、煤质管理、生产调度管理、材料与设备综合管理、能源消耗管理、综合成本核算等智能化运行。

智能化煤矿分类与分级

根据煤矿主采煤层赋存条件、开采技术条件等对智能化建设条件进行分类，分类结果为：智能化建设条件I类煤矿、智能化建设条件II类煤矿、智能化建设条件III类煤矿

根据煤矿实际情况对煤矿各项指标进行打分，指标得分与权重值的乘积为该项指标的评价值，将各项指标的评分相加则为煤矿的综合评价。采用百分制原则对煤矿的智能化建设条件进行综合评价，依据评价结果集：{智能化建设条件I类煤矿、智能化建设条件II类煤矿、智能化建设条件III类煤矿} = {100~85 (含)，85~70 (含)，<70}，确定煤矿的智能化建设条件类别。

井工煤矿智能化验收

根据煤矿智能化建设条件分类结果，分别采用对应的分级评价指标体系（智能化建设条件I类煤矿评价指标体系、智能化建设条件II类煤矿评价指标体系、智能化建设条件III类煤矿评价指标体系）进行验收和评价打分，每类评价结果分为：高级智能化示范煤矿（综合评分值≥90分）、中级智能化示范煤矿（综合评分值75~90分，不含90分）、初级智能化示范煤矿（综合评分值60~75分，不含75分）。

煤矿智能化各系统综合评价指标分为必备指标、评分指标、加分指标，系统考核得分等于该系统评分指标与加分指标得分之和，必备指标不具备的不予验收。综合评分值为各系统考核得分乘以系统权重之和，采用式（1）计算：

$$M = \sum_{i=1}^n (a_i \times M_i) \dots \dots \dots (1)$$

式中， M ——综合评分值；
 M_i ——系统考核得分（含加分项）；
 a_i ——系统权重。

信息基础设施

1. 必备指标

(1) 矿井主干网络传输速率应不低于10000Mbps，地面网络与井下环网分别布设，生产系统、安全监控系统独立组网（不共用同一芯光纤），满足网络传输速率与安全要求。

(2) 矿井建有数据中心，具备数据分类、数据分析、数据融合功能，满足矿井数据服务与安全要求。

(3) 矿井建有井下人员定位系统，满足最大静态定位误差不大于3m，最大动态定位误差不大于10m的要求。

2. 评分指标

按照表2进行评分，总分100分，按照实际考察功能进行扣分，各小项分数直到扣完为止。

评分项	主要评分指标	分值
通信网络 35分	有线主干网络采用10000Mbps及以上通信网络，采用冗余环形结构，新建矿井有线主干网络采用自主可控技术与装备	3
	核心设备采用三层交换机，具备路由、冗余功能，新建矿井核心设备采用自主可控技术与装备	2
	矿井地面网络与井下环网分别布设，在核心交换层互通，具备自诊断功能，具有网络流量管理及网络拓扑自动生成功能，网络自愈时间小于50ms	3
	支持单模、多模光纤，超五类双绞线等多种传输介质	2
	井上井下采用4G/5G/wifi6主流无线通信技术，满足无线通信要求	3
	无线网络覆盖主要运输大巷、进风大巷、采煤工作面、掘进工作面等区域，单个基站支持不少于32个用户并发	3
	无线通信系统可接入基站容量满足矿井无线通信全覆盖的最低要求	3
	配备移动终端数量满足井下班组长以上管理和技术人员、安检员、瓦检员等需求；终端支持语音通话、视频通话、联网功能，移动终端待机时间不小于10个小时	5
	有线主干网络与无线主干网络相互联通	3
	不同制式通信网络均能通过其通信网关实现终端节点基于IPv4或IPv6进行网络层级访问，实现本网络制式到以太网协议的标准化转换	3
	具备网络安全防护功能，实现专网与外网、控制网与管理网的隔离，网络防火墙具备网络入侵监测功能，主要系统满足网络安全等级保护二级要求；针对重要的三级系统，具备主动防御、可信验证、攻击检测功能	5
	数据中心与服务 35分	公有云或混合云具备云端实例（云服务器）在线管理，具备实例的集群功能，具备云端实例的网络路由自动指向功能
公有云或混合云具备非结构化和结构化数据存储能力，且存储容量可实时弹性扩展，满足存储要求		4
私有云初始资源不小于20T，且可在线增加硬件存储资源，满足存储要求，新建矿井采用自主可控技术与装备		4
私有云具备异地灾备配置（若大型煤炭集团统一建立灾备配置，下属煤矿可不用单独建立灾备配置），具备UPS电源，后备时间不小于2h		4
视频监控信息存储系统容量不少于30天的累计信息量，其他信息存储系统容量不少于1年的累计信息量		3
服务器计算能力、存储能力满足信息采集与分类存储要求，具备UPS电源，后备时间不小于2h 新建矿井采用自主可控技术与装备		3
建立统一的数据资产管控体系和数据治理系统，统一数据标准，矿井主要业务过程实现了数字化，且数据进行了合理的分类、定义、管理、存储与服务，数据间交互方式合理		4
采用行业统一的数据交换标准规范协议，满足为煤矿主要业务系统提供数据服务的要求		4
数据机房具有环境动态监测、关键设备及系统运行状态监测，具有灾害自动报警、关键设备和系统运行异常报警功能		2
数据中心具备信息安全防护功能，网络安全满足等保二级要求；重要的三级系统，具备主动防御、可信验证、攻击检测功能		3
综合管控平台 30分	建立统一的系统接口标准，基于统一I/O采集服务设计与实现，自主适配标准工控设备，提供二次开发工具，可通过简单编程实现对非标准设备系统、语音设备系统和流媒体视频监控等设备系统的标准集成，具有冗余采集和容错机制	3
	具有综合监控中心，对“采、掘、机、运、通”等主要生产环节、井下环境安全、人员位置等安全生产实时信息进行综合集成、联动控制与可视化展示	3
	具有大数据平台，主要功能包括数据采集、数据存储、数据服务、数据管控，将矿井监测监控类系统、生产执行类系统、经营管理类系统的数据全面场景化接入，实现分析决策与可视化展示	3
	具备数据分析能力，根据业务需求构建识别模型、预测模型、控制模型、决策模型，实现模型库管理	2
	根据监测与分析计算结果，进行异常信息报警，能够将异常信息自动通过电话语音或短信通知相关人员，实现预警、指挥调度与协同控制	3
	具备专业数据采集软件、数据库、数据集成软件、工业控制SCADA软件、操作系统软件、虚拟化软件、网络管理软件、防病毒软件等	3
	具有基于虚拟化技术或本地数据中心的应用平台，应用软件在应用平台中各自独立部署运行，应用软件使用标准统一和开放的数据接口进行数据应用和交互	3
	具有工业物（互）联网平台，能够对井下设备和传感器建立设备模型，并提供相关的数据接口通过应用软件对设备数据进行实时处理、分析、可视化，同时能够开放给第三方进行相关的场景化应用	3
	有基于云计算的决策支持承载平台，平台包含模型库和算法库，支持应用模块根据需求进行扩展	3
	采煤工作面、掘进工作面应建有人位置精准定位系统，满足最大静态定位误差不大于0.3m，最大动态定位误差不大于7.3m；其它区域满足最大静态定位误差不大于3m，最大动态定位误差不大于10m。能够与安全监控、应急广播等实现联动	4

高效智能掘锚设备是实现巷道智能掘进的基础，在煤层赋存条件简单的矿井，采用高效掘支锚运一体化装备，实现了煤巷掘进月进尺超过3000m，但在煤层赋存条件较复杂矿井巷道掘进速度、效率、智能化程度等均不尽如人意，这是因为采掘衔接紧张、掘进作业环境差、风险高等一直是制约煤炭实现安全高效开采的核心技术难题。目前，全行业均在积极开展巷道智能快速掘进技术与装备研发，巷道掘进远程监控平台实现了掘进过程的远程监控智能掘进技术与装备的突破对于缓解采掘接替矛盾、改善井下掘进作业环境具有十分重要的意义。基于上述巷道智能化掘进系统要求，确定智能掘进系统评价指标。

指标名称	评价指标
智能掘进设备	<ol style="list-style-type: none"> 1.巷道掘进过程实现全机械化作业，掘进速度满足矿井采掘接替要求 2.采用智能地质探测技术与设备智能掘进 3.掘进、锚护及运输等设备具备完善的传感器、执行器及控制器，能实现单系统或单设备的自动控制设备 4.掘进机具备自动定位与导向功能，能够进行自适应截割与行走 5.采用全自动钻架和锚杆钻车，实现整个锚杆作业流程的全自动化 6.具备掘进工作面环境(粉尘、瓦斯、水等)智能监测功能，并具备监测环境数据智能分析，以及掘、锚、运、支工序的智能联动
远程集控平台	<ol style="list-style-type: none"> 1.具备巷道掘进工作面三维地质模型构建功能，并根据掘进过程中揭露的实际地质信息与工程信息远程集控对模型进行实时动态修正，平台真实场景再现 2.具备掘进机、锚杆、压风管等设备模型构建功能，能够根据采集的相关设备信息进行掘进工作面 3.集控平台具备对巷道掘进设备远程操控的功能，能够实现一键启停及智能操控

目前，在煤层赋存条件较简单的矿井实现了综采工作面“有人巡视、无人值守”智能化开采，利用惯导系统实现了采煤机的精准定位及工作面自动找直；通过在工作面设置巡检机器人对采煤机截割信息进行自动感知，实现了基于地质信息实时修正的工作面智能截割控制，大幅提高了工作面智能化水平。然而，综采设备的可靠性、不同综采设备之间的智能协同控制等仍有较大提升空间。基于上述智能化煤矿建设要求，将综采工作面细分为割煤系统、支护系统、运输系统、综合保障系统四部分，确定综采工作面智能化评价指标。

指标名称	评价指标
割煤系统	1.采煤机具备自主定位与自动调直功能 2.采煤机具备智能调速、自动调高、记忆截割功能 割煤系统 3.采煤机具备与支防碰撞功能 4.采煤机具备故障诊断与预警功能
支护系统	1.液压支架采用电液控制系统，具备支架高度、压力、倾角等支护状态监测功能 支护系统 2.综支架具备自动放煤功能，超前支架实现远程遥控控制 3.具备自动补液、支护状态监测与预警功能
运输系统	1.刮板输送机采用智能变频调速控制，具备煤量监测功能，并与采煤机进行智能联动运输系统 2.带式输送机具备煤量、带速、温度等智能监测功能，采用智能张紧、可折叠伸缩机尾 3.工作面煤流运输实现智能无人操控
综合保障系统	1.采用工作面智能控制系统，能够在顺槽监控中心、地面调度中心进行远程监控，实现无人值守综合保障系统 2.采用能供液系统，根据压力、流量等智能调控 3.准系统，安全监控系统 4.具备设备智能故障诊断、预测与预警功能

其余还有智能主煤流运输系统、智能地质保障系统、智能辅助运输系统、智能综合保障系统、智能安全检测系统、智能洗选系统、智能经营管系统等评价指标，这不不做——详解。

各地市智能化矿山验收标准

内蒙、山西、山东等多地出台本省的智能化管理验收标准，因地制宜，例如：贵州省侧重生产设备全机械化和智能化，山东侧重解决冲击地压、煤与瓦斯冲突等灾害，各省基于本身煤层及生产条件定制评分标准。

内蒙：鼓励煤矿推进4G、5G（多频组网）、WiFi、IoT等融合组网，实现煤炭一网管控。鼓励各煤矿积极进行各类5G业务场景科技创新：对于环境检测类数据、井下人员数据、非标准机电设备监测控制类等数据，采用统一的数据交换标准规范协议，对“采、掘、机、运、通”等主要生产环境进行集成、联动控制。

重点：引导煤矿实现5G高低频组网、VONR语音及调度。至少实现5G关键应用场景。其中高低频组网主推700M低频配合2.6/3.5等高频。

山西:

同样鼓励5G多频融合组网，支持独立组网、安全隔离、断链保活。

移动端数据处理设备：具备MA认证，具备无线通信功能；移动端具备不少于NFC\RFID、蓝牙等至少2种进场通信功能。

各智能化应用系统部署应基于工业互联网架构、通过在集团统一部署工业互联网平台，服务所属煤矿，避免单个煤矿单独建造，造成投资浪费；智能化矿井宜构建好数据治理和AI管理平台，实现智能决策支持；数据接入统一数据采集框架，支持OPC\MODBUS\文本协议等多标准的采集和数据入湖；建立煤矿数据资产库及数据建模分析能力。接入数据和治理数据应提供融合共享发布，支持OPCUA Server、消息队列、Restful、数据库等数据交换通信方式。

重点：山西和内蒙都强调了5G多频融合组网。山西更加突出工业联网对于业务系统的融合接入。从传统数据中台上升至矿用工业互联网平台，前端支持各类工业协议，采用云化技术实现私有云或混合云部署。

地方政策频响应，智能化建设如火如荼

煤炭矿山作为国家宏观层面的战略部署，是国家政府关注的重点领域，受到各个省市地区的重点关注及大力支持，出台了一系列行业相关政策，积极推动煤炭行业发展，保持着蓬勃的成长态势。

各地区关于促进煤炭行业健康发展的若干政策规划，进一步确立了煤炭在各地区能源工业中的主体地位，指明了今后一个时期煤炭工业的发展方向。

省/市	发布时间	政策	主要内容
山西	2022年 11月	《关于进一步强化煤矿井下辅助运输安全工作的若干措施》	强化煤矿井下辅助运输安全责任和制度落实、安全风险识别管控和隐患排查治理、设备和安全管理、现场管理和规范运行、设备设施检查维护和检测检验等。
江苏	2022年 11月	《关于开展煤矿安全专项整治三年行动 重点工作“回头看”的通知》	针对全省煤矿企业及所属煤矿，是否存在严重违法违规行为；是否加大重大灾害防治力度；是否落实全员安全生产责任制和安全生产管理制度；是否强化安全风险预控和隐患排查治理；是否持续夯实安全基础，全面推进煤矿智能化建设等。
辽宁	2022年 10月	《辽宁省矿产资源总体规划（2021-2025年）》	全面实施绿色勘查，推进绿色矿山建设，引导矿山企业向智能化数字化转型升级，以矿业的绿色发展来构建“产业生态化、生态产业化”发展新模。推广应用先进适用技术，鼓励共伴生矿种、低品位矿及尾矿的回收利用等。
河南	2022年 10月	《关于优化煤炭资源配置的实施意见》	进一步优化煤炭资源配置，解决煤矿后备资源短缺、采掘接续紧张等突出问题，夯实煤炭安全保供基础，提升煤炭资源效能和能源安全水平。

省/市	发布时间	政策	主要内容
内蒙古自治区	2022年10月	《关于加强煤矿“一优三减”工作有关事宜的通知（征求意见稿）》	坚持安全发展理念；坚持全过程持续优化；坚持减人提效优先；坚持本质安全目标导向，实现开拓布局合理，系统简单优化，装备工艺先进，生产均衡有序，实现本质安全。
陕西	2022年9月	《陕西省贯彻落实〈关中平原城市群建设“十四五”实施方案〉的工作方案》	加快推进煤炭产业结构调整和优质煤炭产能建设。
四川	2022年9月	《关于切实加强保留煤矿安全工作的通知》	提出了6个方面15条具体举措，旨在强化对全省限期保留煤矿规范管理，努力实现安全生产。
宁夏回族自治区	2022年9月	《宁夏回族自治区能源发展“十四五”规划》	加快煤炭先进产能建设；优化煤炭生产结构；推进煤炭绿色智能开采；加强煤矿安全生产，充分利用数字化、信息化、智能化新技术，加强对水、火、瓦斯、煤尘、顶板等灾害防治，全面提高灾害预防和综合治理水平。
河北	2022年8月	《河北省矿产资源总体规划（2021-2025年）》	绿色地质勘查要求严格执行，绿色矿山建设稳步推进，新建矿山按照绿色矿山标准进行规划、设计、建设，生产矿山绿色矿山建设水平不断提升，全省绿色矿业发展成效更加凸显等。
湖北	2022年5月	《关于印发长江中游城市群发展“十四五”实施方案湖北省主要目标和任务分工方案的通知》	推进长江及主要支流沿岸废弃露天矿山生态修复和尾矿库污染治理。
贵州	2022年5月	《贵州省煤炭工业发展“十四五”规划》	加快培育和释放煤炭优质产能，全面推行规模化、智能化开采，强化煤炭清洁高效利用，加快建设新型综合能源基地，持续推动煤炭产业转型升级，不断提升我省煤炭资源的供给和保障能力，坚决确保煤矿安全生产形势持续稳定。

省/市	发布时间	政策	主要内容
云南	2022年4月	《云南省数字经济发展三年行动方案(2022-2024年)》	促进“5G+”工业互联网、智慧矿山、智慧农业、智慧医院、智慧教育等创新应用落地。到2024年,建成3个“5G+智慧矿山”省级试点示范项目等。
浙江	2022年4月	《矿山安全生产大检查工作方案》	深入推进非煤矿山隐患排查治理,企业自查自纠率100%,安全风险重点管控措施落实率100%;进一步落实地方党政领导责任和矿山安全监管部门责任,强化矿山安全生产“打非治违”,金属非金属矿山、尾矿库、采掘施工企业等重点非煤矿山企业检查覆盖率100%。
安徽	2022年3月	《安徽省煤炭工业发展“十四五”规划》	持续推进煤矿的“四化”建设,进一步提升采煤和掘进机械化水平,大力推广应用智能化技术装备。到2025年,除资源枯竭外的正常生产矿机均达到省级及以上智能化煤矿验收标准,煤矿智能化发展迈上新台阶。
青海	2022年2月	《2022年青海省促进数字经济发展工作要点》	全面推进5G网络在智慧城市、智慧园区、智慧矿山、智慧银行、智慧电力等领域的深度融合创新应用。

通过研读国家层面关于煤矿行业的各类政策方针,各省的政策倾向不一,但煤矿的安全生产是各省市地区关注的重点,纵观煤炭行业,从各省的政策倾向可以看出,许多省份地区煤矿安全生产的基础较为薄弱,事故防控能力相对落后,煤矿的安全管理存在短板漏洞等各类问题,安全生产形式严峻复杂。

以国家政策为导向,积极响应国家碳达峰碳中和目标,全面巩固深化国家能源机构、矿山安全监察局等部门的相关指导方针,全面把握矿山智能化和生产安全的主要方向,以新兴信息技术为载体,加强煤炭资源管理,提高煤矿安全生产水平。

“十四五”时期,各省份已经将煤矿智能化发展作为行业发展的重点方向。其中,陕西省规划提出到2025年,全省生产煤矿综采、综掘工作面基本实现智能化;新疆维吾尔自治区规划提出到2025年,全区煤矿基本完成智能化建设。煤矿涉及的设备多、生产较为复杂,加快煤矿智能化建设改造,推动采掘工作面少人或无人化操作。

各省份“十四五”时期煤矿智能化发展目标

宁夏：到2025年，120万吨/年及以上大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化。到2035年，全区各类煤矿基本实现智能化。

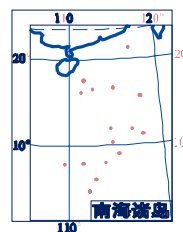
内蒙古：到2025年具备条件的大型正常生产煤矿全部智能化实现率将达100%。

辽宁：国有煤炭企业计划在2022年底前，冲击地压矿井采煤工作面将实现智能化开采；2023年底前，地质条件具备的矿井将实现采煤工作面智能化开采。

山西，2022年，将建成20座智能化煤矿、500处智能化采掘工作面。2030年，各类煤矿基本实现智能化。

河北：省内30处大中型生产煤矿中，2025年基本完成智能化建设。12处中型煤矿，2025年前每个煤矿至少具备一套以上智能化采掘工作面生产线。

四川：到2023年，建成2个智能化示范煤矿、10个智能化采煤工作面、1个智能化掘进工作面。到2025年，建成3-5个智能化示范煤矿、15个智能化采煤工作面、3-5个智能化掘进工作面。



贵州：到2025年，全省生产煤矿综采、综掘工作面基本实现智能化。累计建成50处智能煤矿。

陕西，到2022年，建成智能化采掘工作面60个以上；到2025年，全省生产煤矿综采、综掘工作面基本实现智能化。

河南：到2023年年底，全省累计建成15-20处智能化示范煤矿、80个以上智能化采煤工作面和200个以上智能化掘进工作面。

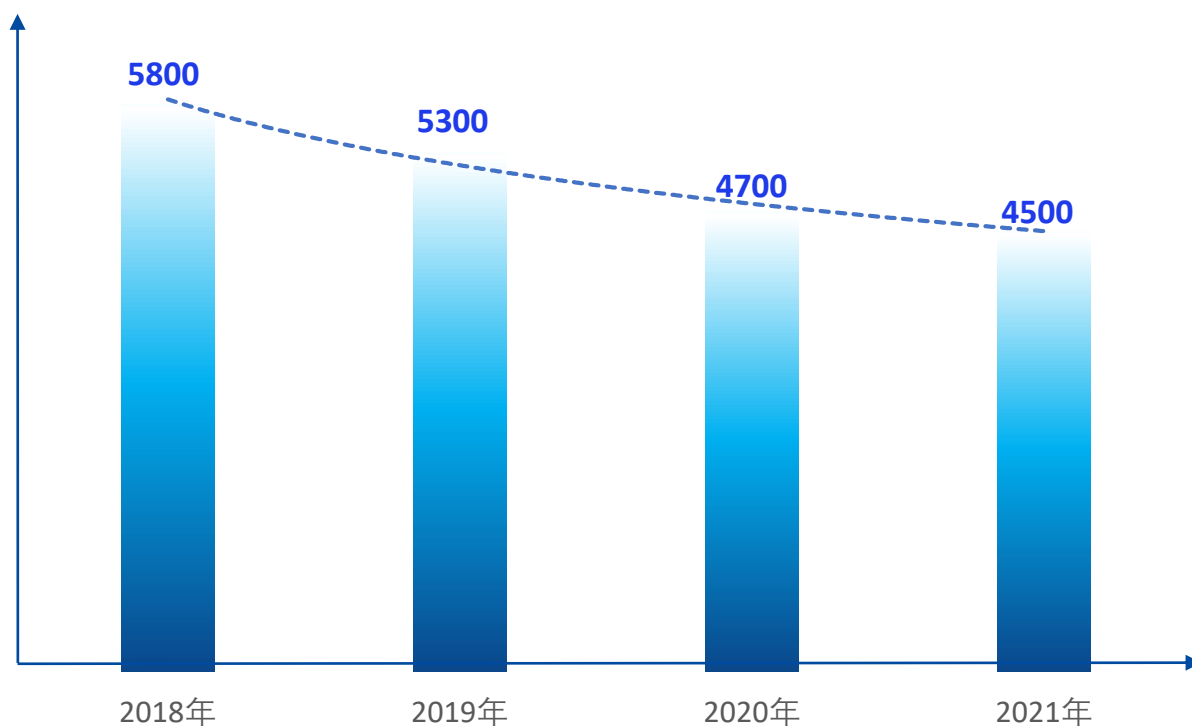
云南：到2025年，全省大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化；2035年，各类煤矿基本实现智能化。

煤矿市场空间广，智慧化建设未来可期

随着国家煤炭供给侧结构性改革的不断推进，落后产能逐步淘汰，我国的煤矿数量也逐年递减，从2018年的5800处降到了2021年的4500处以内。尽管煤矿数量在降低，但得益于政策支持及技术创新等多重保障，煤矿智能化建设在加速进行，煤炭的单产在稳步提升，煤矿的采掘质量以及效率越来越高，安全体系也越来越完善。

另一方面，根据国家能源局数据显示，平均每个煤矿的投资规模大约是2亿元以上，对于全国四千多处煤矿而言，预计智慧煤矿整体市场规模超万亿元。

2018-2021年全国煤矿数量情况 (单位: 处)



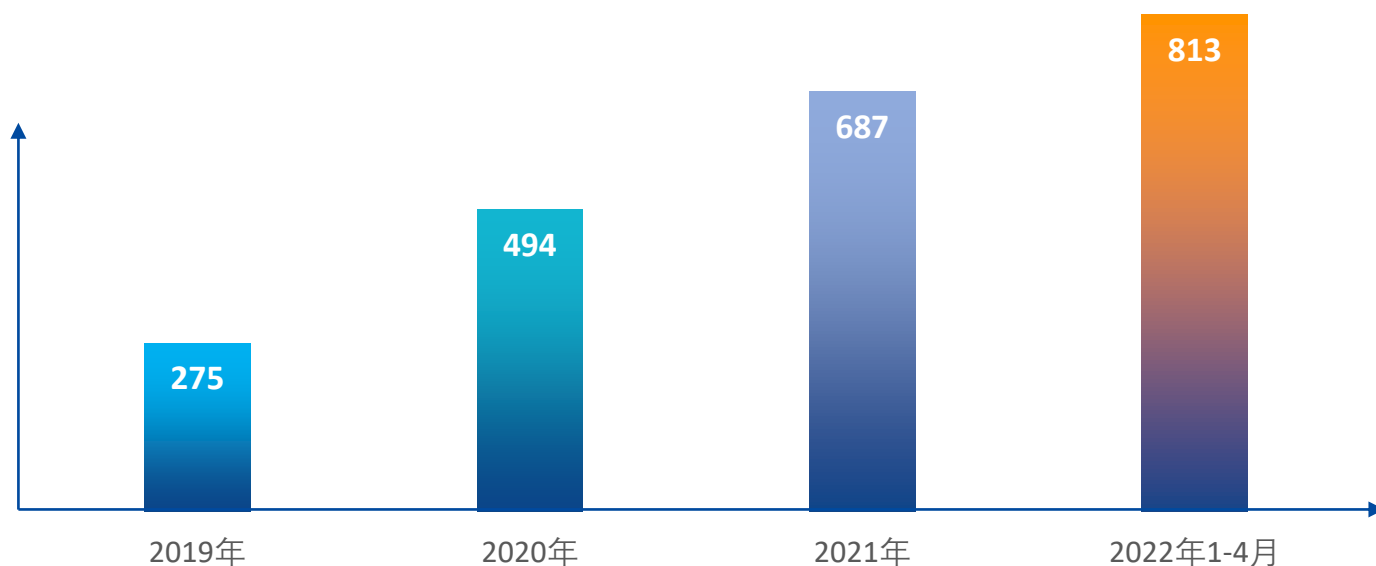
数据来源：国家统计局、中国煤炭工业协会

近年来，我国煤矿智能化建设取得了积极的进展。2021年全国煤矿智能化采掘工作面达到了687个，而2022年1-4月，智能化采掘工作面已经达到了813个，工作面的智能化改造得到了飞速的提升，预计2022年能够突破1000个。

但与此同时，煤矿智能化在我国仍处在起步阶段，2021年的687个智能化采掘工作面相对于全国接近5000座存量煤矿来说，其智能化率相对较低，整个煤矿智能化市场空间十分广阔。

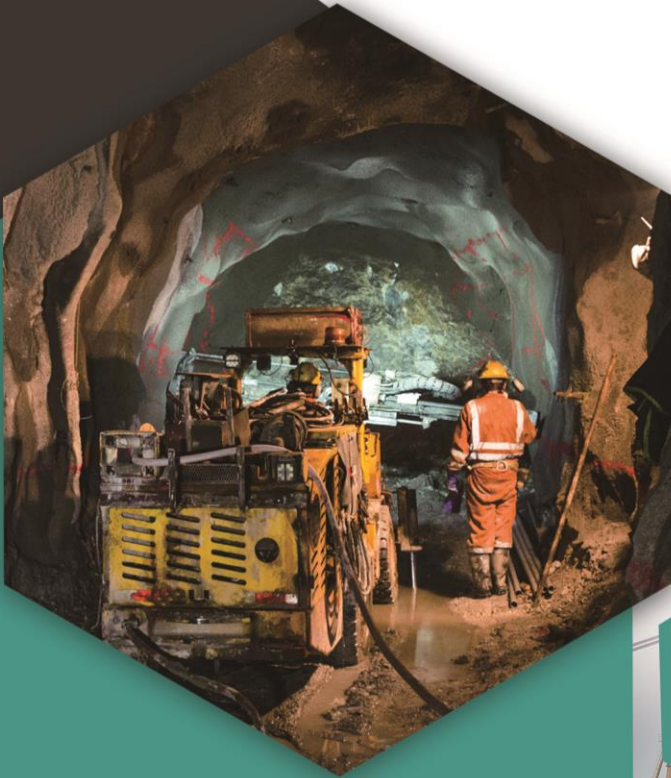
(注：智能化采掘工作面是指应用物联网、云计算、大数据、人工智能等先进技术，使工作面采煤机、液压支架、输送机等各项设备形成具有自主感知、自主决策和自动控制运行功能的智能系统，实现工作面落煤、装煤、支护、运煤作业工况自适应和工序协同控制的开采方式等。)

2019-2022年全国煤矿智能化采掘工作面个数（单位：个）

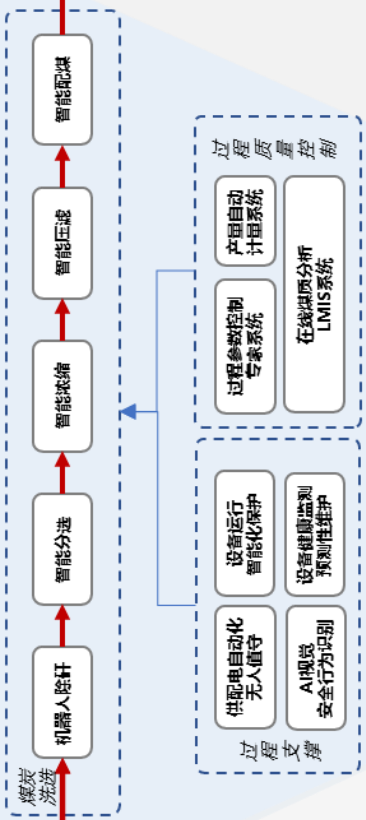


数据来源：国家矿山安全监察局、中国煤炭工业协会

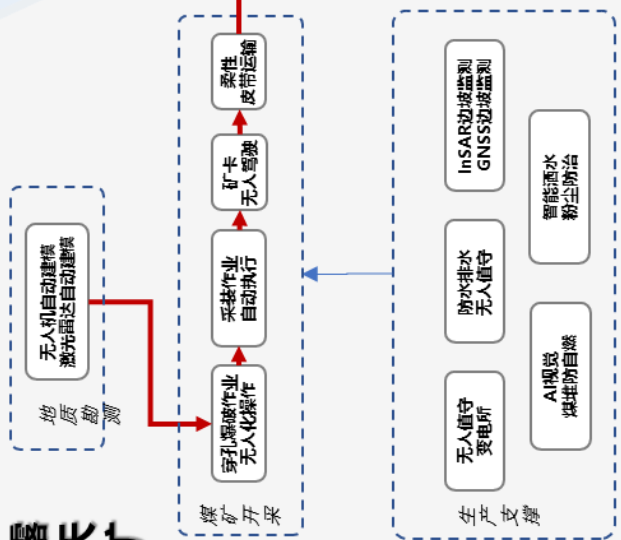
看行业 布局方案蓝图



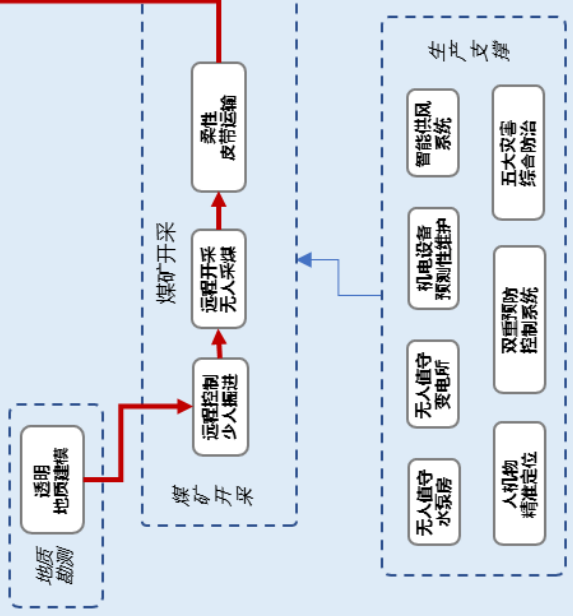
洗选中心



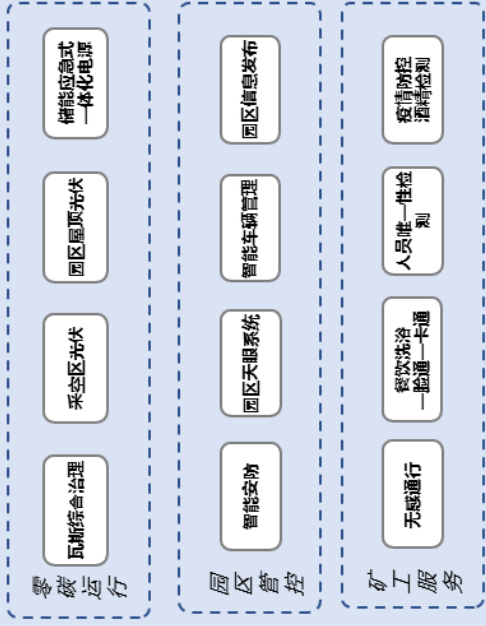
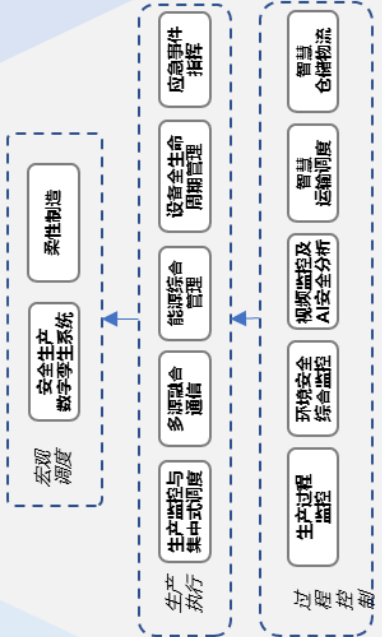
露天矿



井工矿



调度中心



综述：以智论矿，智慧定义矿山安全生产新模式

智慧矿山行业专家 彭涛

智慧矿山解决方案蓝图

关于智慧矿山的定义

对于智慧矿山，需要在定义上有一个清晰、统一的认识，只有概念清楚了，思想才不会模糊。在新华三的解决方案蓝图中，对于智慧矿山的理解如下——“智慧矿山是以先进数字技术为动能，以矿山高质量发展诉求为咬合点，在智慧化新场景下实现矿山运行新模式。”

在这个架构中，一共有三个关键要素：

1、动力轴：先进数字技术

先进数字技术就是以5G、云计算、大数据、AI等为代表的先进生产力。智慧矿山的运行需要有一个力量核心，这个核心就是先进的数字技术，该动力轴由新华三“矿山数字大脑”的“五个一”构成。

2、驱动轮：矿山高质量发展诉求

在先进数字技术的源动力驱使下，生产力与业务的结合尚需要一个力量上的咬合点，矿山智慧化的根本目的和诉求即是通过转型，实现安全、高效、清洁、低碳的企业发展，这也是国家“十四五”规划中对于建设新型能源企业的要求。

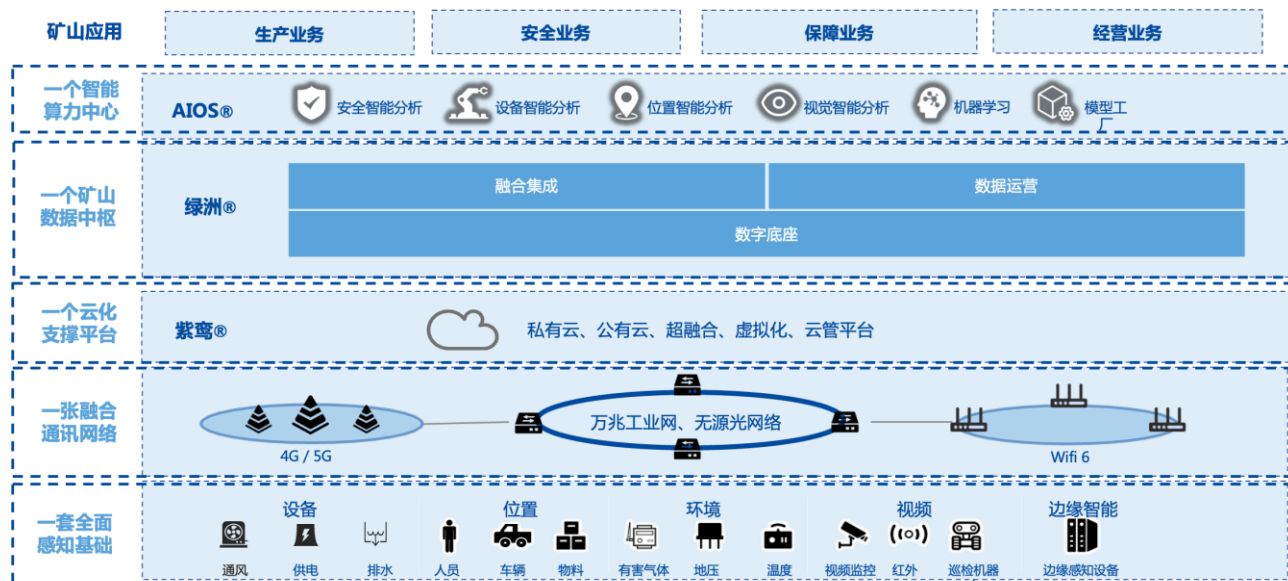
3、运行轮：智慧业务场景

在技术发展诉求的驱动下，传统工业生产以“煤炭流”和“信息流”为主线进行流程再造，实现企业的数字化转型。在新形态运行模式下，智慧化的地质、采矿、选矿、经营等各类业务场景进行了重塑，传统工业焕发无尽的新活力。

动力：新华三智慧矿山“五个一”技术架构

蓝图动力内核，是新华三的智慧矿山技术架构，架构从下至上由“五个一”构成：

新华三智慧矿山技术架构



1、一套全面感知基础

一套全面感知基础：感知体系是矿山“智慧大脑”的数据源头和基础。内容上可以分为设备、位置、环境和视频感知，在自动化程度较高的矿井，设备数据主要来源于PLC或者OPC服务；煤矿开采具有动态变化的特点，要随时在最新的巷道图上获得人、车、物料的实时精确位置；煤矿安全管理需要掌握瓦斯、一氧化碳、温度、风速等重要信息；加上各类固定摄像机、巡检机器人视频监控，实现精准感知。

2、一张融合通讯网络

网络是实现数据海量数据实时、可靠传输的重要基础，在采煤、掘进等核心工作区，作业地点频繁移动，环境复杂、条件恶劣，且存在低时延远程控制的需要，是5G技术最佳原生场景；主运输、辅助运输大巷距离长、覆盖广，使用Wifi6作为补充；水泵房、变电所等固定硐室，采用“有线+无线”相互补足的方式。新华三构建井下多内容的融合网络，满足矿山用户灵活多变、按需构建的需求。

3、一个云化支撑平台

新华三对矿山行业采用“云边协同、多级共建”的模式，对于矿山侧，建立以超融合、虚拟化结合小型云管平台的方式，建立轻量化的边缘云承载矿区业务；对于煤炭集团、政府监管部门，采用私有云+公有云的混合云模式为下属矿企提供IaaS和PaaS资源，并实现业务和资源监管。

4、一个矿山数据中枢

在数据时代，矿山智慧化已经由应用驱动转变为数据驱动模式，数据才是根本。在智慧化的业务场景中，系统和数据也变得越来越，国家《智能化示范煤矿验收管理办法》中，已明确定义的信息系统就有42个，这还不包括矿山个性化需求的各类系统。新华三绿洲平台实现广泛多源异构数据的接入、存储、治理和服务发布，将各类信息系统的资源整合并管理起来，实现以“数治”支撑“企治”。

5、一个智能算力中心

算力中心是实现数据价值蜕变的关键，是“智慧大脑”的皮层，是矿山工业物联网的核心。新华三矿山智能操作系统AIOS通过视觉智能及数据智能解决方案，实现“让数据思考”，实现矿山复杂灾害预测、设备非计划性故障识别等智能业务。

诉求：矿山智能化的作用与意义

在矿山“安全、高效、清洁、低碳”的发展诉求下，智能化矿山的建设对于企业存在两方面的意义：一是经济价值，通过智能化实现减员、提效、提质、优耗，从而为企业带来直接效益。二是无形价值，通过减员使得在危险地点的作业人员减少，通过数字化治理和预防手段保障矿工生命，从而实现本质安全；在智慧化的运作模式下，对劳动力的依赖减少，通过拉通各生产环节达到生产柔性的大幅增加，以符合当今复杂形势下对于煤炭资源动态变化的需求。通过智慧变革，企业获得了新的竞争力，实现了高质量发展模式转变。



有形效益

- 减员
 - 以先进智能代替人员作业，通过降低人工实现经济价值
- 提效
 - 以数据拉通生产，达到紧密衔接
- 提质
 - 提升精矿品位、矿石回收率
- 优耗
 - 通过科学排产、过程优化降低能耗、物耗、设备损耗



无形效益

- 本质安全
 - 通过减少人员、全面的安全监测及预警能力、全面的信息安全防护能力，以“数字铠甲”构建本质安全
- 柔性能力
 - 对人工的依赖减少，使得企业的柔性供应能力增加，以应对随时变化的市场
- 竞争力重塑
 - 通过全面的经营能力、精准生产、柔性供应、低成本低污染的先进能力，面对竞争激烈的市场，大幅提升企业能力

场景：矿山智慧化核心业务领域

新华三智慧矿山场景化方案涉及矿山六大关键业务领域。在露天矿开采领域，智慧化主要通过5G+无人驾驶技术，实现对于各类铲装、运输作业的无人少人操作；在井工矿开采领域，

通过采掘的无人化来实现人员从危险的工作环境中撤离；在煤炭洗选领域，将工业化与信息化深度融合，在“黑灯工厂”中实现无人洗选；在经营管理领域，以数据治理为基础构建企业核心数据资产，全面驱动企业柔性、绿色、低碳运营；在生产调度领域，以融合通讯和数字化的调度平台，实现企业生产高效衔接；在园区管理领域，以“低碳化、高效化、人性化、安全化、健康化、绿色化”为理念，构建和谐新型现代工业园区。

| 总结

作为典型传统工业，煤矿行业也一直在进行信息化、自动化的探索实践，2010年国家煤监局提出在全国范围煤矿建设“六大系统”的要求，2015年左右，矿山行业兴起“两化融合”的实践运动，然而这些都限制在单系统、或是局部关联系统的范畴，在2020年之前，全行业都缺乏对矿山智能化整体建设目标、路径、架构的清晰规划。新华三从多年服务矿山行业数字化转型的经验出发，针对矿山工业与信息融合模式进行深入分析，提出“智慧矿山是以先进数字技术为动能，以矿山高质量发展诉求为咬合点，在智慧化新场景下实现矿山运行新模式”观点，建立“三轮同驱”的智慧矿山架构，在行业缺乏智慧探索前行路径的背景下，为矿山实现高效发展开辟特有的一条道路。

看行业 布局方案蓝图



智慧井工矿篇

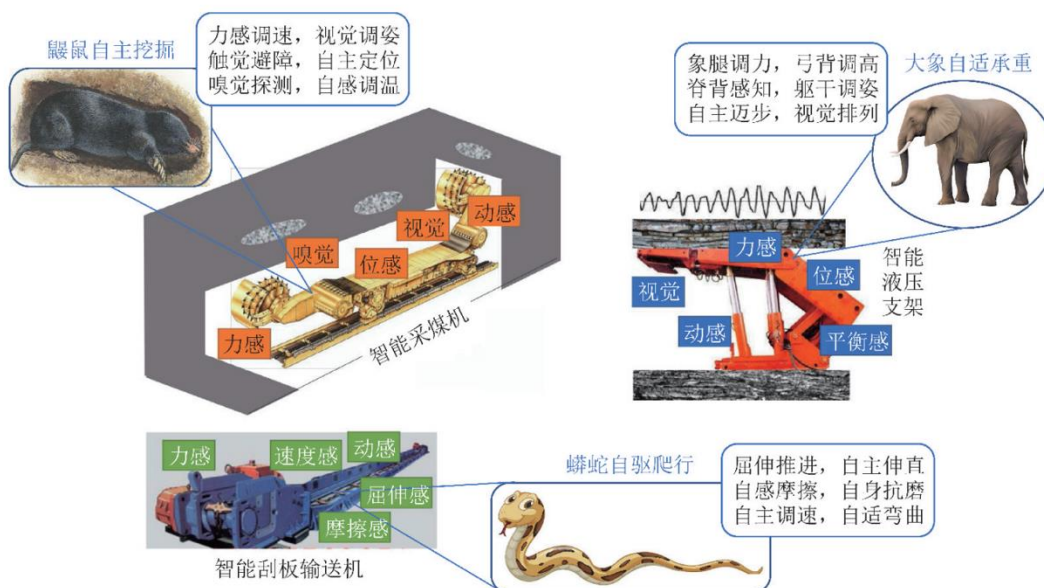
无人矿山，矿山开采未来的终极形态

智慧矿山行业专家 彭涛

| 矿山无人化的背景分析

矿山开采无人化的未来画面

中国矿业大学校长，中国工程院葛世荣院士在一篇关于矿山智能化发展的论文中，曾对智慧矿山的未来勾勒出一副美好画面：



在一个实现终极智能化的典型采煤工作面作业场景中，没有矿工的存在，所有设备有如训练有素、高度协同的一个动物军团，自主的在矿井深处工作：智能化的采煤机就像鼯鼠，能自我感知行走的方向，根据煤炭岩石的自然边界调整挖掘的力度与姿态；智能化的液压支架就像大象仪仗队，整齐划一的弓背前行对开采环境提供支撑；智能化的刮板运输机就像蟒蛇，柔性屈伸以配合作业面煤炭的运输。

无人化是煤炭智能化从业者孜孜不倦的终极追求，其背后是高度发展的工业自动化和数字科技的支撑，在无人的矿山中，设备有了无损的环境感知力、神经元级的敏捷传输、类似人脑的自主意识和判断执行能力，并且拥有超越人类的协同作业能力。

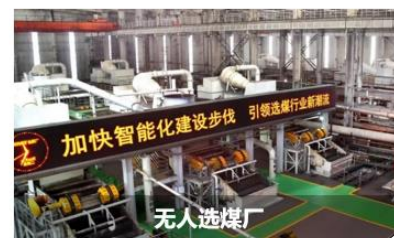
无人化的作用与意义

相比其他常规的工业生产，无人化作业除了提升效益以外，还具有更为特殊的三方面含义：

- **煤矿本质安全的发展需要**——煤炭的采掘过程是对未知地理世界的探索，煤矿井下开采环境复杂危险，伴随着“瓦斯、顶板、水、火、粉尘”五大自然灾害，虽然先进的技术手段可以防治和减少安全事故，但无法杜绝，只有做到无人才是最高层级的本质安全。
- **煤炭柔性供应的需要**——在当今“双碳”和国际能源博弈的大背景下，气候复杂多变带来能源不确定性需求越来越明显，传统的以人力资源为主的生产扩充及缩减模式，已经无法满足随时扩产和缩小产能的需求。
- **中国人口阶层变化的需要**——随着经济发展，中国人口平均寿命延长，年轻人口缩减，有意愿和能力从事矿山作业的体力劳动者正在急剧减少，据统计：煤矿的从业工人平均年龄已达到45岁，越来越多的矿山企业正面临无工可找的尴尬局面。

无人化关键场景及发展现状

在智能化技术的大力推进下，全国智能化煤矿建设投资已完成约460亿元，目前已掌握5类智能化采煤、5类智能掘进、3类卡车无人驾驶、5类机器人等关键技术，应用机器人200余套，代替850余名操作人员，煤矿少人无人取得初步成果，但是距离无人矿山的终极愿景还有很长的路要走。智能矿山目前主要聚焦在以下一些场景：



- **露天矿卡无人驾驶**——我国约有95%的露天矿采用“单斗-卡车”工艺，在露天矿生产成本中，卡车运输环节约占60%，占劳动定员45%，事故占比60%。迫切需要实现露天矿

车辆的无人作业。2021年11月，中煤能源集团平朔公司东露天煤矿通过融合激光雷达、北斗定位等多种感知技术，集成三维精准定位、系统仿真、矿山指挥决策、设备感知及智能控制等技术，实现车铲对位、自主导航、自主卸载、自主避障、复杂路况无人驾驶及指定区域精准卸载等功能，通过1台电铲+7台矿卡+13台辅助车的编排模式，实现采运排全流程协同作业。国家能源集团宝日希勒露天矿完成极寒气候的无人驾驶卡车编组作业。国电投集团白音华露天矿完成2个编组12台无人驾驶宽体自卸车联合试运转。

- **采煤工作面无人化**——采煤无人化目前的主要建设模式是“少人巡视，无人操作”，在薄煤层、中厚煤层、大采高、大倾角、放顶煤工作面均实现了一定程度的常态化应用，目前全国已建成智能化采煤工作面41处，虽然未能做到完全脱离人工，但是工作面最恶劣环境生产减少人工作业达到约40%，同时作业效能得到提升。
- **掘进工作面无人化**——相比采煤工作面，煤矿掘进工作面条件更为恶劣，实现的智能化难度更大，“采掘失衡”也一直是制约煤矿连续化作业的重点难题。目前全国已实现智能掘进工作面25处，成功开发了针对不同地质条件的多种新型快速掘进智能化装备。渝北曹家滩煤矿依托AI等前沿技术，实现超前钻探、自主行走、自主截割、自动铺网、机器人钻锚支护等功能，大幅减少人员，提升效率。
- **固定场所无人值守**——通过机器人巡检技术结合视觉AI，代替人工巡检各类关键固定场所目前已成为相对成熟的矿山无人化场景，在晋能控股集团已建成132个无人值守变电所，54个无人值守水泵房，大量节省了巡检作业人员。
- **露天矿无人巡检**——露天矿生产场景具备开放型、面积大的特点，对巡检工作存在较大的消耗，矿山无人机技术被使用在露天矿巡逻场景，配置视频、五轴摄像仪、气体传感器、激光雷达等不同探测器，用于矿山地质持续性勘测、矿山边坡巡检、关键设备巡检、排土场巡检、煤堆发火监测、尾矿库监测，极大的节省人工。
- **无人洗煤厂**——选煤厂相对采矿作业，其自动化程度较高，实现无人化的可行性更大，通过智能化与自动化结合，实现自动化分选、浓缩压滤、自动运输，实现设备和物料无人控制。

| 矿山无人化的挑战与解决方案

主要难点

矿山的作业流程、作业环境和生产工艺具有特殊性，实现无人化存在诸多挑战，其中相当一部分问题至今仍未得到有效解决，有待突破。

1、精准地质条件的未知性问题

矿山的开采过程，本质上是对于新环境的揭露，由于现有技术都无法有效得知即将开采的煤炭和岩石的精准边界，致使采、掘等关键活动很难实现连续和自动作业，采煤机的滚筒不能精准的确定切割曲线，掘进机也无法自由根据计划路线行走。

2、网络通讯的可靠性问题

矿山作业地点随着作业过程随时推移，所以使用无线作为智能设备的主要通讯手段，由于安全要求，井下无线发射功率限制不能超过6W，使得5G、Wi-Fi等技术的有效传输距离较短，而5G的小型化和专用化技术及装备尚未普及，实用性、成熟度也有待验证。

3、智能化技术难以适应复杂工作条件

井下采煤、掘进等作业地点环境复杂恶劣，工作空间狭小、存在遮挡物、粉尘水雾漫布、光照度不足、强电磁干扰、工作位置持续变化，而且一些关键工序如掘进作业需要掘-支-锚-运-钻各工序协同配合，平均机械化程度仅达到60%（采煤作业可达到95%以上），现有技术很难支撑连续作业。

4、感知信息的有效利用问题

工作面通过各类传感器、摄像头能够对开采环境进行一定条件的感知，但相关感知信息的有效性利用率较低，不同类型的感知信息融合利用的价值低，尚未形成有效的“感知-分析-决策-执行”的闭环信息处理链。

5、装备的可靠性和自适应控制技术有待突破

一些设备如采煤机、刮板机的可靠性仍然较低，部分核心零件需要进口，制约了常态化的智能化开采，设备单体智能化程度尚可，但协同控制效果仍然较差，对于大倾角、高瓦斯、顶板松散、放顶作业等一些环境的适应能力一般。

6、智能化巨系统兼容困难

实现井下无人需要建设近百个子系统，不同系统之间实现业务兼容、数据兼容、网络兼容、应用兼容的难度大。

未来无人工作面关键技术描绘

煤矿行业现在只是做到一定程度的少人无人作业，距离无人矿山的终极目标还差距很远，煤矿的无人作业系统必然是多类技术高度发展融合支撑下的复杂巨系统，为实现前篇提到的矿山无人作业的美好蓝图，需要以下关键技术的支撑：

1、精准全域感知

未来的无人矿山中，感知体系已经相当完备，设备的行走部零件都可以达到厘米级自主精准定位，矿山地质感知能力极度增强，通过全面的传感技术支撑对未知地域的持续开采活动，环境、设备、视频感知能力极度完备，达到代替人员来感受真实的生产现场。

2、无损通讯网络

在未来的无人矿山作业现场，网络尤其是无线网络的传输能力及可靠性大大得到增强，网络系统能适应最恶劣的工作环境，海量的感知数据都能及时传递到矿级的协同控制中心，信息之间的通道互不干扰。

3、智慧生物体级的边缘智能

未来无人矿山中，设备的大部分的“感知-分析-决策-执行”动作是在现场侧完成的，设备是一个个有独立思考和处置能力的智慧个体，这大大的节省了“矿山数字大脑”的分析决策资源代价，对于视频、环境、设备本身的边缘AI分析能力可以支撑智慧个体的独立运行。

4、“蚁后”级的集中控制协同

未来的无人矿山是一个高度协同的复杂巨系统，个体间的协同控制需要高度统一集约的数字大脑来完成，它类似蚁群中的蚁后，对庞大的蚁族个体有着强大的统一控制执行力，在“蚁后”的调度下，各生产环节紧密衔接、柔性配合，实现高度协同工作闭环。

5、错误阻隔能力及自检能力

矿山属于典型的流程型制造业，“采-掘-运-洗”各环节紧密相扣，各环节本身也涉及相关联的各系统，“牵一发而动全身”，未来的无人矿山的精密解耦设计，对于细小错误的容错备份机制，以及问题蔓延控制机制完善度极高，而且具备高度的自我诊断能力，能在系统即将发生异常时迅速的发现并报告问题，防止系统级的瘫痪。



| 结语

“无人矿山”是矿山生产高度自治的终极状态，以科技营造幸福生活是一代代矿山从业者的美好愿望，在国家高度重视、企业积极推进的努力下，煤炭行业在少人无人的道路上取得了一定成功，然而任重道远，还需克服诸多困难，实现诸多突破方可获得成功。

“无人矿山”的背后，是以先进网络、先进算力、先进数据治理技术、先进AI算法作为基础的，新华三秉承“打造矿山先进数字化基础设施，激发矿山传统工业潜能”理念，服务矿山，为矿山用户作出改变，是与“无人矿山”的发展方向高度一致的，在矿山逐渐实现无人作业的进程中，必然大有可为。

泛在+融合，矿山网络的一体化趋势

智慧矿山技术专家 鲍爱钢

矿山网络现状分析

扩展性差

无线网络缺失

矿山井上井下网络仍以有线覆盖为主，布线复杂且成本高。在采煤、掘进等移动作业场景，光纤随着机器移动极易折损，故障风险提升。

带宽不足

煤矿智能化的发展会带来大量系统、设备的智能化升级，如高清工业视频、定位、应急广播、皮带集控、采掘设备远控等。数据量越来越多，现有的千兆工业网络带宽已不能满足当前需求，而且传统环网不支持5G接入，限制了无线业务发展。

网络安全
性不足

当前网络安全防护不足

信息网络和控制系统已深入到企业生产经营的各个方面，为煤矿生产经营、智能控制等提供有力的支撑；同时也使得网络安全风险由办公延伸到生产、由局部延伸到整体，企业网络安全工作压力大增，而目前煤矿和集团网络缺乏有效隔离，安全意识不足，导致生产网直面威胁。

智能化演进增大了网络入侵的风险和影响范围

接入无线化，导致终端接入更多样；终端智能化，使系统更易受到攻击；终端部署规模化，使网络边界更大。

网络管理
难度大

井下多张网络，独立运维

矿山井上井下环网众多，多张网络重复建设，导致网络建设成本提升。而且各张环网独立维护，给后期的网络运维带来极大压力。

业务质量不感知

矿山传统网络运维主要依靠故障告警，运维手段单一，反应滞后，对网络SLA无法感知。

系统间数据不共享

矿山多个子系统、网络独立建设，数据在网络层面无法共享，导致建设投入多，价值低。

煤矿智能化发展，网络成重要基石

网络是矿山重要的基础设施，是煤矿智能化发展的重要基石，承载着煤矿所有智能化系统的协同运行。它的建设不像地面工厂可以直接使用运营商现成的网络，矿山网络需要根据矿山行业特点构建井下特殊的异构网络。

智能煤矿网络应该具备的特征

矿山网路建设需要具备融合、安全、统一的特征。

融合：矿山网络以5G、WiFi 6、以太网多网融合为特点，一张物理网络需要承载多种业务，避免多张网络重复建设；

安全：矿山网络建设应满足安全等保要求，从终端到数据中心端到端的安全防护；

统一：矿山网络所有网络设施均可在统一平台上进行管理，避免分散管理，减少管理成本，同时支持端到端网络的可视化及故障智能分析和预测。

安监生产中心		综合集控中心		智能巡检中心		指挥决策中心		经营管理中心					
采煤	掘进	运输	洗选	地测	通风	机电	辅运	人员安全	设备安全	环境安全	经营管理	综合办公	
生产业务				保障业务				安全业务				经营业务	

网络全联接



视频智能分析



人员/车辆精确定位



生产状态全面感知



远程生产控制



机器人巡检



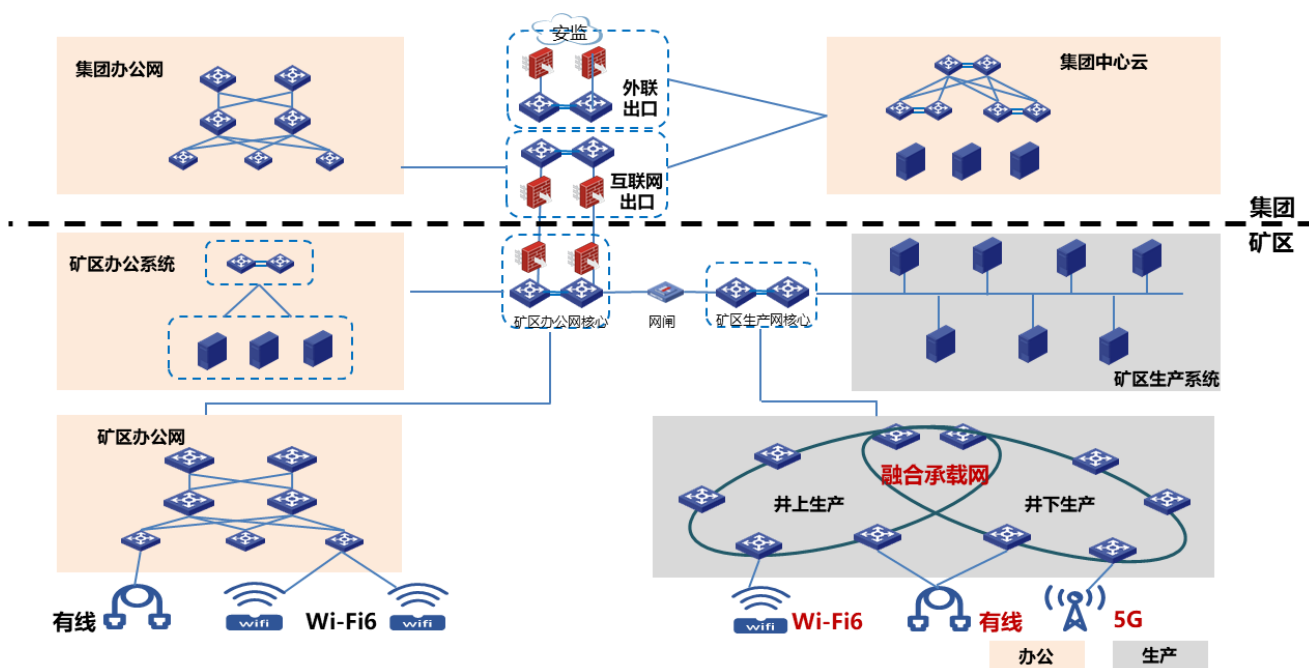
远程驾驶



智能选煤

矿山“一张网”整体架构

矿山的整体网络架构也是分集团和矿区两级，智慧矿山网络基础设施建设包括办公、工业控制网、视频监控网、安全监控网等，以万兆工业环网+NB-IoT+4G+5G+WiFi 6+UWB等融合组网方式，实现矿山有线/无线、宽带/窄带等数据的综合接入与调度，保证端到端安全、可靠、稳定，满足煤矿人员、设备、环境等各系统的综合感知和融合交互的通信要求。无线网络通过WiFi 6+5G实现井上井下无线全覆盖，有线网络建设满足5G承载、视频监控网、生产网多网融合的统一承载网。



矿山“一张网”，打造高速、融合、安全矿山网络平台

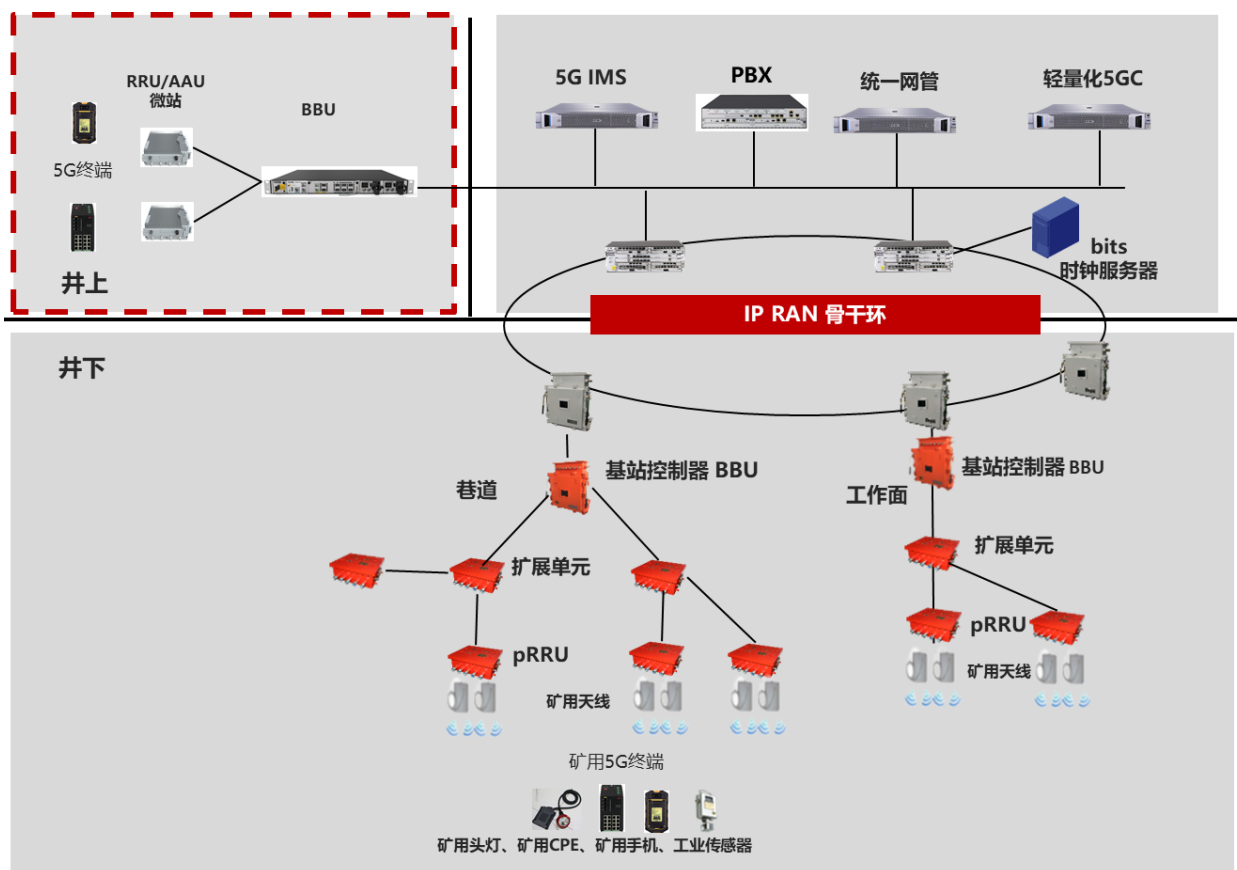
矿山“一张网”关键特性

矿山5G专网

矿山5G系统应能实现独立组网、独立运行，在外部网络故障或断开时，系统应能实现安全、独立、稳定运行。

核心网关键技术特性: (1) 支持主备高可靠; (2) 支持与运营商灵活对接; (3) 支持独立IMS, 实现本地语音、视频通话

基站关键技术特性: (1) 满足井下隔爆要求; (2) 上行增强, 满足矿山上行大带宽要求; (3) 支持空口切片

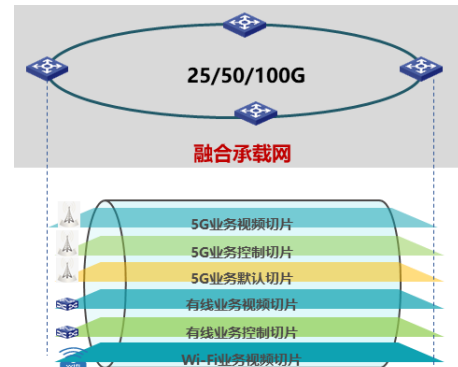


融合承载网

高带宽定制：骨干承载网需支持25/50/100G带宽容量及平滑扩容能力，满足矿山高速的业务增长；

安全隔离：通过FlexE硬切片技术实现资源隔离，保证不同业务间互不影响。

应用场景	切片带宽规划	典型业务
5G业务视频切片	10G	5G摄像头
5G业务控制切片	5G	5G机器人、无线采掘控制
5G业务默认切片	5G	5G控制信令、语音
有线业务视频切片	10G	有线摄像头
有线业务控制切片	5G	有线机器人
Wi-Fi切片	15G	其他业务



5G+WiFi 6协同

5G应用场景：利用5G高可靠、低时延、移动性的特性，承载矿山远程控制类业务，实现综采掘进面少人化、无人化；

WiFi6应用场景：利用WiFi大容量、低成本特性，承载更多点位数据面业务需求，基于新华三独有跨基站切换技术，实现辅运胶轮车跨基站无缝切换。



5G使能矿山，让信息随时随地可取

智慧矿山技术专家 鲍爱钢

5G赋能智慧矿山数字化转型

随着煤炭智能化应用需求的日益增多，传统无线方式已经无法达到煤炭生产工业要求。针对未来面向无人化和少人化矿井的趋势，高清可视化、远程控制、实时监测、无人驾驶等需求爆发式增长，对于无线传输带宽、时延、可靠性的要求也是日益严格。5G网络具有速率高、容量大、时延低、可靠性高、安全性高、定位精度高、部署灵活等特性，能够实现实时高清视频传输、低时延远程控制、快速高精度定位、实时信息交互、自动化网络配置和智能化运维等功能，同时避免了有线网络工期长、费用高、调整难度大、容易断裂等问题和WiFi/4G网络覆盖不好、容量不足、时延不够低等问题，是智能矿山的重要使能技术。

5G+ 智能矿山的典型应用场景

5G+露天矿无人矿卡

露天煤矿生产作业成本中运输成本（车辆、燃油、维护、司机工资）的占比，往往可以达到50%以上。且矿山工作环境恶劣，效率较低，人工驾驶和调度具有较强的短视性，不能有效预判未来一段时间采、运设备状态及位置，因此容易造成压车、采、运设备使用不均匀等情况，从而增加采、运设备的非工作时间，进而降低设备资源的利用率，增加成本。

通过5G高带宽、低时延、高可靠和移动性的优势，不仅可以实现无人矿卡上多路视频感知实时监控，而且结合v2x车联网技术，实现安全避障、应急接管、远程控制等一系列无人驾驶操作，将矿山工作人员从机械作业与现场恶劣环境中解放出来，提效降本。



同时与现场配套的电铲、遥控推土机、洒水车、平路机等辅助作业车辆协同作业，形成一套完整的露天矿无人运输作业系统，逐步实现“少人、无人、以机械换人”的智慧安全高效开采。

5G+AI高清视频监控

作为继数字化、高清化媒体之后的新一代革新技术，采用4K超高清视频与5G技术结合应用到矿山生产，实现矿山超高清视频监控、远程现场实时展示。超高清视频的典型特征就是大数据、高速率，按照产业主流标准，4K视频传输速率至少为20 Mbps，4G网络已无法完全满足其网络流量、存储空间和回传时延等技术指标要求，5G网络良好的承载力成为解决该场景需求的有效手段。



4K是指分辨率为3840*2160，长宽比为16:9，在此标准下CMOS逐行扫描可达到2160P。采用4K的高清网络摄像机画质相比于200万像素，垂直分辨率更高，画面细节层次更精准，显示效果更清晰，可以有效地满足需要高清图质且光线复杂场所的监控需求。

利用5G大带宽、低时延的特点，通过井下高清视频采集终端实时采集高清视频并回传至地面监控平台，地面监控平台基于机器视觉技术实现人员行为异常（如不带安全帽、进入危险区等）、设备故障、环境突发（如塌方、冒水）等不安全因素智能识别，及时采取措施，保障人员人身安全和安全生产。

5G+有轨电机车无人驾驶

通过远程控制系统，满载矿石的无人驾驶电机车在轨道上平稳运行，总控室大屏幕上清晰显示出电机车内的视频图像。充分利用5G通信系统的“大数据量、低延时、高带宽”等特点，重新优化机车控制、“信集闭”、门禁系统和综合调度系统，成功将工业5G应用到有轨电车无人驾驶上。其中机车控制系统的定位信号、通信、机车内高清视频图像均通过5G网络传输，系统传输时延小于10ms、单节点接入速率大于100Mbps，实现了电机车在高速通信模式下的无人驾驶和智能调度，系统的稳定性、可靠性，运输系统的运输能力，安全管控水平，矿山有轨运输自动化、智能化应用能力得到全面提升，为全面建设智慧矿山奠定了基石。



井上远程控制



井下有轨电车无人驾驶

5G+AI无人值守

机电硐室（中央配电室、中央水泵房）进行5G无线通信网络覆盖，利用5G高带宽、低时延和高可靠的特点，实现语音、视频通讯，并且结合5G移动巡检机器人，实现设备现场超高清视频、语音、红外成像等数据的实时回传及设备运行故障的超前预判、预警，通过搭载红外热视仪实时采集巡检设备的红外热像图及各点温度，根据设备温度异常情况及时反馈到监控中心并根据设定值做出报警显示，同时利用识别卡和图像准确地定位故障位置便于及时处理。智能巡检仪配备传感器和高清摄像机，可以24小时实时监测巡检区域环境设备状况。搭载音频拾音器，实时对比历史音频数据文件，当正常运行中采集到的声音有异常时能够及时发现并报警。系统通过无线通信实现数据和图像采集并保证巡检仪稳定可靠运行。

针对人员行为造成的巷道安全管理痛点，采用视频处理+人工智能的技术，对矿井巷道环境工作区域、人员行为进行识别、分析，并通过报警现场提醒相关人员及时采取有效措施，消除安全隐患。

AI识别煤流转载点堆煤、皮带跑偏、异物、利用率、皮带运行速度、溜煤眼上下口人员越界行为识别、智能感知、提醒处理，实现主煤流井下固定岗位无人值守，沿线无人作业，地面无人监控，系统智能化经济运行。

除此之外，通过5G+AI技术，还可以实现出入口无人巡检、瓦斯抽放水的工作规范监测，避免因工人操作不规范导致事故发生。



机电硐室巡检



人员违规检测



皮带运输检测



出入进口巡检



瓦斯抽采作业

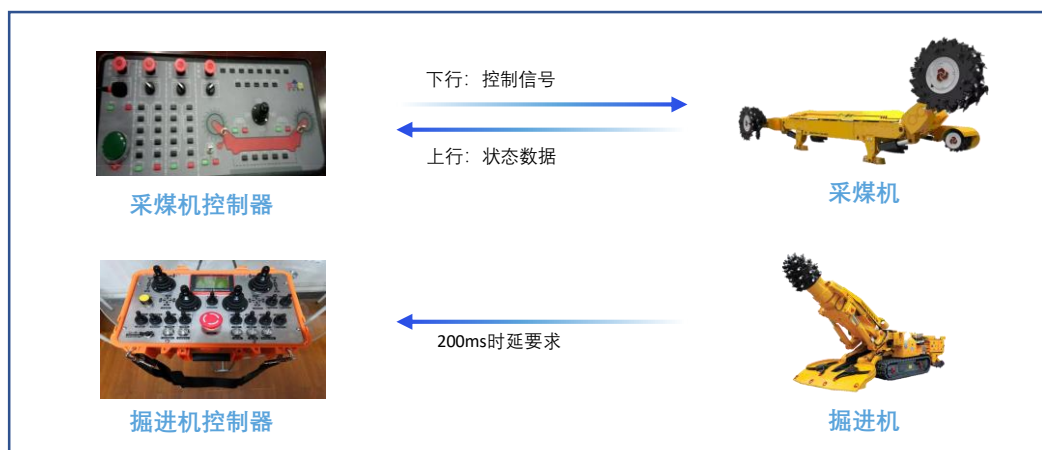


抽放水作业

5G+采掘面远程控制

通过在作业现场部署多个高清摄像头，将现场环境信息完整地传送到监控中心，再结合采矿设备本身的各种传感器信息上报，工作人员就可以在监控中心直接操控各类设备，从而达到作业现场少人化、无人化的目标。目前信号传输一般采用有线的方式，但是由于液压支架、采煤机、掘进机经常需要移动，信号传输线缆经过多次折叠后较易发生断裂。

通过5G无线系统将采集到的设备状态、姿态、位置和环境参数等数据以及现场音、视频信息实时回传至采煤控制中心，控制中心的操作员发出操作指令，通过5G高可靠低时延网络下发给采矿设备，采矿设备执行相应的指令，实现采煤工作面三机一架的有序协同联动和连续高效作业。5G网络的大带宽低时延特性，使得控制中心可以实时感知采煤现场的环境和设备工作状态，从而实现采矿设备的远程操作，解决操作工需要长时间面对噪声、浮尘、震动等问题；另一方面，减少以至杜绝相关环节因人为因素导致的安全生产事故，并降低司机用工及车辆维护成本，提升矿山整体的作业效率。



数字铠甲，构建矿山全面本质安全

智慧矿山行业专家 彭涛

| 关于本质安全

矿山“本质安全”一词定义来源于国家标准《GB3836.1 爆炸性环境设备通用要求》，指的是设备或系统的一种“从内而发”的安全状态，从自身杜绝了安全事件发生的可能。矿山行业对于“本质安全”的追求从未停止过，时至今日，它的内涵已经远远超越了国标中的内容。

狭义的本质安全

狭义的本质安全指的是本质安全型防爆电器，是专供煤矿井下使用的防爆电器设备的分类之一。本质安全型电器设备的特征是其全部电路均为本质安全电路，即在正常工作或规定的故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃规定的爆炸性混合物的电路。也就是说该类电器不是靠外壳防爆和充填物防爆，而是其电路在正常使用或出现故障时产生的电火花或热效应的能量小于0.28mJ，即瓦斯浓度为8.5%（最易爆炸的浓度）最小点燃能量。

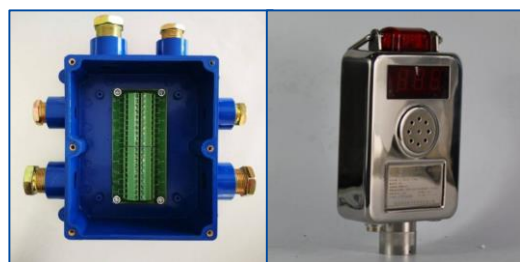
本安型设备在矿山恶劣环境下具备无可比拟的优势



非本质安全型设备

由于自身不具备安全性，所以需要配以厚重的防护壳

VS



本质安全型设备

本身就是安全的，体积轻便，便于矿方维护

广义的本质安全

广义的本质安全指的是“人-设备-环境”一系列系统表现出的安全特性，本质安全理念认为，所有的事故都是可以预防和避免的，通过对系统进行设计和增强，使其具备安全特性。一是

人的安全可靠性，不论在什么作业环境下，都可以按照规程操作，杜绝“三违”（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律）行为；二是设备的安全可靠性，不论是在静态和动态的过程中，生产系统始终能处于安全运行的状态，它也包含了狭义的本质安全；三是环境的安全可靠性，通过对环境危险的预测预报以及事前治理，使得矿工在作业过程中的人身安全得到保障。当然，广义的本质安全还包括管理安全，通过制度和流程的保障，使得企业生产流程中人、物、系统、制度等诸要素达到安全可靠与和谐统一，使各种危害因素始终处于受控制状态，进而逐步趋近本质型、恒久型安全目标。



- 想安全——具备自主安全的理念
- 会安全——具备充分的安全技能
- 能安全——实现达到安全的结果

本安的人



- 电气安全——火花不会点燃爆炸性气体
- 操作安全——即使误操作，也不会产生危险

本安的设备



- 环境治理——治理过，本身不具备危险
- 风险预判——对于危险有提前预报能力
- 联动操作——关联相关体，扼杀危险于萌芽

本安的环境



- 风险机制——对于风险的检测排查机制
- 隐患机制——对于隐患的检测排查机制
- 奖惩制度——对于安全重视的保障机制

本安的管理

本质安全是安全管理理念的转变，表现为对事故的被动接受到积极预防。过去人们普遍认为，高危行业发生事故是必然的，不发生事故是偶然的，而本质安全理念认为，只要构建全面的本质安全系统，发生事故是偶然的，不发生事故是必然的。

在案例中看数字化与本质安全

在智能化矿山技术与理念高速发展的当今，数字化成为了构建矿山全面本质安全的尖刀利器。数字技术天生就是本质安全的，它的不知疲倦、反应迅速、体察入微，避免了人工管理本身的不稳定因素。我们以假想的A集团为例，来体验数字化构建本质安全的过程。

A集团建设本质安全体系的背景

A集团是一个以煤炭开采为主的综合型能源企业，集团高层意识到数字化转型是企业激烈的市场竞争中取得立身之本的关键手段。集团制定了《A集团数字化战略转型规划》，《规划》中计划了安全、生产、环境、健康的具体指标要求，并在全集团推广相应活动，《规划》中对于本质安全建设相关的指标有：

- 杜绝重大事故与灾害
- 建立“三分钟”识别风险隐患的能力体系
- 实现工作环境本质安全
- 建立全员的安全技能与意识
- 建立设备操作和工艺流程本质安全

A集团基于安全事件的案例分析

为建立全面的本质安全体系，A集团基于以往的事件案例进行了分析：

案例（1）：液压支架动作造成伤害

贾某是A集团b矿1305工作面的一名采煤机司机，黄某是同工作面负责操作液压支架的操作工，在采煤作业中，由于采煤机产生故障，贾某进入机道查看设备，此时正好黄某在进行液压支架的跟机移架操作，护帮板收缩过程中击中贾某头部。

事故后果：1人重伤（贾某），生产停止1天。

案例（2）：瓦斯爆炸造成人员伤亡

A集团c矿1302工作面在生产过程中遭遇开采断层，瓦斯气体急剧涌出，5分钟内涨至2.3%，而瓦斯传感器由于欠缺维护，接触孔被堵塞未报警，此过程中工作面的防爆型网络通信基站由于维护不当失去防爆特性，电火花点燃瓦斯体造成整个工作面爆炸。

事故后果：13人死亡，矿井关停全面整改。

案例（3）：煤仓发火自燃造成经济损失

d矿商品煤煤仓通风设备出现故障，时值南方夏日，气温近40度，煤仓内仓位接近1/2，煤仓管理员疏忽未执行例行检查工作，煤仓产生发火倾向后自燃，发现后及时扑灭未造成扩散。

事故后果：无人伤亡，主煤仓部分受损。

案例（4）：掘进工作面透水事件

集团e矿综掘二队在1507掘进工作面中班作业时，由于追赶生产任务，未按照生产作业流程规范执行探放水作业，只是在掘进方向正面打了两个钻孔。掘进作业过程中，开采面侧面遭遇f矿超层越界开采形成的采空区地下积水，水倒灌进入巷道。

事故后果：7人死亡，矿井关停全面整改。

1-4事故的安全生产原因分析：

- (1) 人员操作不当、设备具备操作风险。
- (2) 关键系统缺乏维护、设备非本质安全设备。
- (3) 缺乏发现风险能力、人员疏忽。
- (4) 违规作业、复杂因素交织。

A集团的改进措施未能取得很好效果

痛定思痛，A集团在深刻反思后作了以下改进：

- (1) 定期更新设备，增强巡检
- (2) 推进风险评估
- (3) 实施恰当的变更管理
- (4) 公司内部专家和第三方专家的监察

可是即使实施了以上策略，A集团也未能杜绝事故灾害，甚至现在发生的事故也有可能引发大规模灾害。从事故、灾害分析的结果来看，无法彻底落实上述对策的重要原因是：只进行局部管理引起的应对不当，局限于专人的知识经验、动机原因等问题未能得以解决，整体系统无法实现本质安全。

数字化转型构建本质安全之道

A集团相信数字化转型是解决上述问题的关键所在，目前正在全公司范围内推动数字化工作，并致力于对数字化与安全业务的设计，推进以下工作追求本质安全：

- (1) 全面升级DCS系统，建设覆盖全矿的综合安全系统，建设“人-机”高精度定位系统；
- (2) 实现智慧安全联动，实现“人-机”，“人-环境”，“环境-机”的一体化监测和闭锁；
- (3) 在采煤工作面、掘进工作面等重点区域全面推广使用本安型电气设备；
- (4) 实现安全监测与生产作业关键安全步骤管理数字化闭环；
- (5) 关键安全行为、安全措施执行质量视觉AI监察，并采取告警和设备联动策略；
- (6) 建立覆盖全集团的复杂灾害预测预警AI系统，并长期进行模型算法案例训练；
- (7) 建设数据中台，实现安全大数据、案例的全面搜集积累；
- (8) 建立高技能员工的知识数据库，并通过人工智能进行活用；
- (9) 建设可根据过去经验进行风险评估的专家系统；

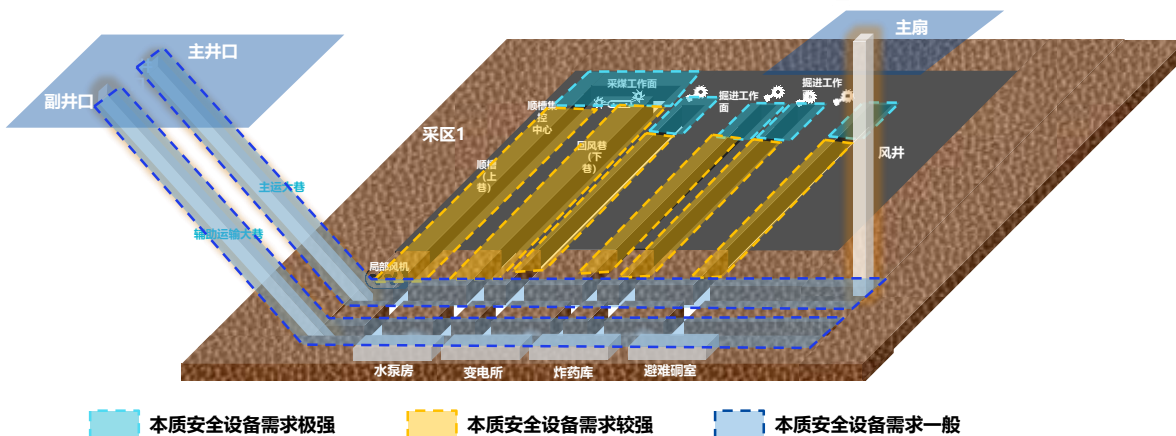
A集团在经历了全面的数字化转型之后，以“数字铠甲”构建了集团全面系统级的本质安全能力，基本杜绝了重大安全事件的发生。

思考：系统级安全是最高级别的本质安全，系统级的设计从致灾因子的联系上被斩断；模块级的本质安全是基础，是实现全面本质安全的前提。

新华三本质安全解决方案

新华三本质安全设备规划

狭义的本质安全型设备主要服务于煤矿地下开采，新华三本着从实际需求出发，深入分析矿山不同区域的设备需求，面向行业积极作出改变，构建和规划本质安全型产品家族。



本质安全型电气设备对功耗、电容等有着极为苛刻的要求，代表着电子设计技术的顶尖水准。新华三立志于成为“矿山通讯的本安专家”，目前已成为行业第一个发布本质安全型wifi6产品的ICT头部企业，并已研制支持5G承载的本质安全型万兆交换机，实现了多项行业突破。新华三将继续致力于5G小站、AI边缘设备的研发，将煤炭ICT设备推向新的高度。

新华三本质安全方案体系

在广义的本质安全体系上，新华三为铸造“人、机、环”终极本质安全的数字铠甲注入最坚固的材料，赋能煤炭安全管理：

- (1) 基于紫光工业物联网平台，为矿山海量多样设备提供联接，以物联构建本质安全。
- (2) 基于TSN、5G、本安型Wifi体系，为煤矿提供可靠传输，以网络构建本质安全。
- (3) 以绿洲数据中台实现智能化矿山海量数据载体和运营工具，以数据构建本质安全。
- (4) 以AI视觉和AIOS平台构建智能分析基础，以智能赋能本质安全。

总结

习总书记指出：“发展生产决不能以牺牲人的生命为代价”，构建矿山本质安全，是企业的最坚实使命，而数字技术则是实现这一目标的最好手段，通过数字铠甲，实现人、机、物的全面安全。

视觉AI，治愈矿山安全管理顽疾

智慧矿山技术专家 陈韬

| 矿山安全管理“三不”问题

矿山安全管理背景

安全问题仍有改善空间

我国煤矿百万吨死亡率逐年下降，但仍高于发达国家。2021年，我国煤矿发生事故91起、死亡178人，同比分别下降26%和21.9%，根据美国劳工部数据，2020年美国煤矿死亡人数为5人，澳大利亚为7人，折合百万吨死亡率均在0.01-0.02，远低于我国。这也表明，我国煤矿安全问题仍有改善空间。

国家政策支持矿山安全工作

煤炭作为我国能源主要支撑，煤矿生产具有较高的复杂性和危险程度，避免煤矿事故和提升采掘安全性一直是我国政策推进建设的重点。2017年，国家安监总局和煤矿安监局发布《单班入井超千人矿井科技减人工作方案》，推动矿井进一步减少井下作业人数，提升基础安全生产能力。

矿山业务发展需要安全保障

视频AI是智慧矿山的使能者，基于人工智能机器视觉、图像识别等技术，通过智能边缘服务、云上数据服务、AI开发平台，实现对生产的采掘、运输等业务场景视频监控数据的智能分析，对矿山生产过程各类场景中人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素进行实时监测预警，满足生产安全监控要求，驱动安全生产管理。

矿山安全管理需求

杜绝“人”的不安全行为

人的安全化是矿山生产的大事，在重点生产环节和作业场所安装高清摄像头，对人员的不安全行为，威胁安全生产的危险行为进行智能识别，监督各工种高效生产，保证作业人员安全。

监控“物”的不安全状态

“物”是指矿山生产所使用的设备、工具等辅助生产用具和生产相关的物件、物料，通过视频AI协助分析设备运行状况，保障每台设备的正常运转，识别潜在风险，及时化解风险，才能保证矿山的正常生产，才能避免和减少安全事故。

管控“环境”的不安全因素

“环境”安全是安全生产的重要基础，矿山安防需要无死角、高清、实时的监控系统，识别火灾、爆炸、交通违规行为等，联动应急预案保障生产经营的正常有序运转和稳健发展。

矿山安全管理应用场景

矿山生产过程中，常常会出现一些高风险事件或不合规行为，如未及时发现可能将导致安全事故。为此需要对矿山生产全过程进行分析与管控，实现自动化、高精度、无人监守的安全作业，提高矿山日常巡检质量和重要岗位安全生产监管效率，避免安全事故的发生。目前主要聚焦在以下一些场景：

人员安全



安全帽智能检测



工服智能检测



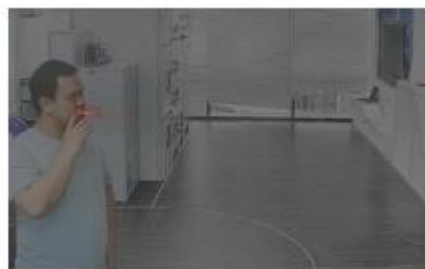
人员倒地检测



拨打手机监测



在岗与离岗监测



吸烟监测

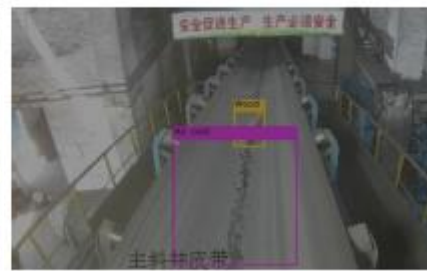
设备设施安全



探放水检测



液压支架护帮到位检测



皮带异物检测



皮带违规坐人检测



传送带表面裂痕识别



工作面片帮识别

环境安全



周界与区域入侵检测



矿山爆破区域警戒及监控



明烟明火检测



车辆驾驶员疲劳监测



危险区滞留报警

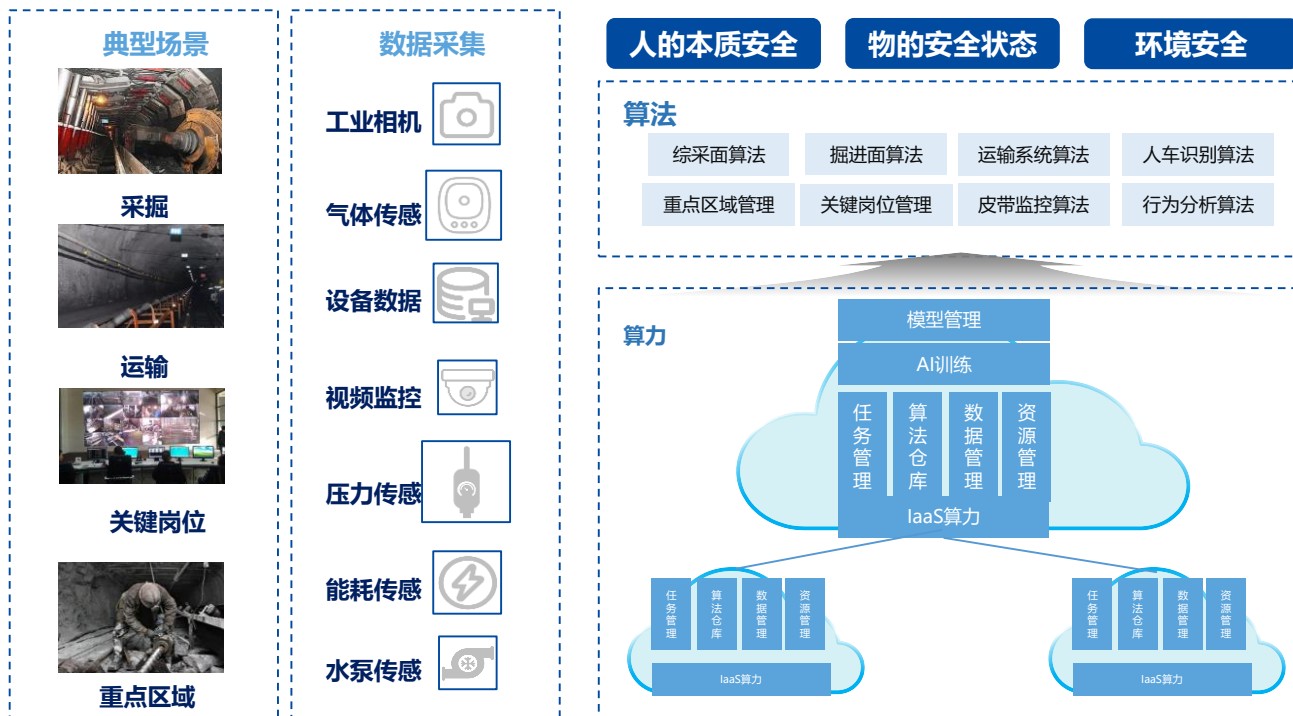


车辆违规驾驶管理

矿山AI视觉解决方案

借助AI视觉技术的创新，通过井下、井上的AI摄像机部署，可以将AI视觉技术深入到矿山的各个生产业务场景、工作场景。通过对现场视频图像的实时采集、精准分析和识别，能够实现对矿区各类作业进行全面把控，如行车不行人胶轮车闯红灯、梭车运行区域周界入侵、综采工作面人员禁止进入机道、掘进工作面登高作业等人的不安全行为进行识别并告警；对皮带上的大块异物、锚杆等物的不安全状态进行识别并告警，解决矿区企业安全生产管理过程中遇到的问题，提升安全生产智能化管理水平，防范事故发生。

AI视觉系统会覆盖到煤矿采煤、掘进、运输、通风、洗选等生产业务，覆盖到人员安全、设备安全、环境安全等经营管理过程，提供业务运行的安全保障。AI视觉系统统一采集摄像机、传感器的数据，通过云边协同的算力，通过算法仓系统、AI训练平台、数据管理系统、资源管理系统，协同完成视觉算法的训练、推理、迭代，通过云边协同管道，使算力有效分布到矿山业务场景中，围绕生产矿区的人、设备、环境运行状况，实现端到端的AI视觉应用。



矿山AI视觉展望

人工智能是以计算机为工作核心，从大量数据中进行学习和训练、模拟人类的思考过程，识别趋势，最终利用计算机算法提供智能决策的能力。AI 技术正逐步成为智慧矿山建设中不可缺失的一部分。未来人工智能必然会深化普及到矿山的各个业务领域中，极大地提高生产效率。此外，人工智能与设备工具结合，通过控制系统来模拟人的智能行为，在一定程度上进行延伸与拓展，进而达到代替人类进行工作的目的。因此，将人工智能技术应用于矿山采掘、运输、设备巡检等环节中，将逐步取代特殊环境条件下人工作业，赋能矿山向智慧矿山进一步发展。

看行业 布局方案蓝图



智慧露天矿篇

有车无人，露天矿卡的“后无人”时代

智慧矿山技术专家 鲍爱钢

矿卡无人驾驶国内外现状

海外发展现状

海外矿山无人驾驶技术发展和应用较早，自20世纪70年代就开始对矿山自动化开展研究，应用规模较大，效率高且生产作业成本低，收益明显。海外矿区自动驾驶的主要代表是大型工程机械及系统公司，如卡特彼勒、小松、日立，也包含部分独立发展的创业企业如ASI。其中卡特彼勒和小松进入落地商用阶段，且基本可实现完全无人化运输，ASI与日立等公司紧随其后，也进入了部分自动化或落地试点阶段。目前小松生产制造的930E无人驾驶矿车车队已在澳大利亚和智利投入使用，实现了无人装载、运输和卸载循环的自动化。2020年日立建机于澳大利亚Whitehaven 煤矿实现了EH5000AC3 完全无人驾驶矿车车队商业运行。

国内发展现状

自2013年智慧矿山建设被提出以来我国煤矿智能化建设快速推进，现已有包括北方重汽、三一集团、中国重汽等多家企业具备试制无人矿车的能力。2018年11月，徐工集团在上海宝马车展上展出自制的无人矿车。总体而言我国矿用无人驾驶正处于系统编组试验阶段，2020年1月包钢集团白云鄂博铁矿牵头发布的团标正式实施，填补了我国露天矿无人驾驶运行安全标准体系的空白，中国信息通信研究院联合慧拓等编制的团体标准也于2021年1月发布。我国露天矿无人驾驶正在朝着成熟化、规模化不断趋近。



| 矿卡无人驾驶发展驱动力

国家战略推动无人驾驶加速渗透

国家越发重视绿色矿山的建设，尤其是在露天煤矿领域，国家发改委等八部委，于2020年2月发文明确提出：在2025年实现无人化运输，这也是很多矿区无人驾驶技术解决方案商选择煤矿作为率先落地的场景的原因之一。

安全问题是中國矿山自动驾驶重要的驱动因素

矿山环境恶劣，运输途中，路途颠簸极易造成侧翻、溜车等现象，卸土环节中，排土场多为20-30米的深沟，矿卡、宽体车侧翻风险极大。国家安全监管政策下，若发生安全事故死亡，所属矿区需停产整顿。涉事矿区将造成千万甚至上亿元的损失，更为严重的会被吊销采矿许可证，管理者承担刑事责任。无人驾驶技术可以有效减少恶劣现场作业人员，是降低安全问题的有效手段。

5G等先进技术的不断成熟支撑无人矿山无人驾驶的快速发展

通信中断是所有无人驾驶技术提供商最常遇到的问题，近年来随着5G技术的不断成熟商用，5G网络的超高速率和低时延特性，能彻底解决矿山特殊复杂环境信号传输的技术瓶颈，实现无人驾驶远程精准控制。

另外经过多年发展，我国C-V2X 产业链发展已经相对完善，为车辆提供全天候的环境感知能力，使车辆有能力应对更加复杂的道路交通环境。从技术层面上支撑无人矿山无人驾驶的快速发展。

劳动力短缺和人工成本增加是推动矿区自动驾驶发展的劳动力因素

刚性矿用车的司机工资在10000人民币以上，宽体车司机的工资也在6000~7000元，未来仍然呈上涨趋势，且为保障矿车行驶以及驾驶员的安全，矿用车一般会配备多名司机，在大型矿区，一年仅运输队司机的人员成本就高达千万，通过无人驾驶技术可大大降低煤矿对矿卡司机需求量，有效控制成本。

矿卡无人驾驶作业场景

装载作业场景

- 装载作业场景指空载的自动驾驶矿卡依次行驶至装载作业点，装载设备将物料装载至矿卡的车斗，矿卡再依次离开作业点的场景。
- 矿卡、挖掘设备、云平台需要沟通明确整个装载协作流程。矿卡可以根据云平台规划的路径和对周围环境的感知，自动行驶至装载区，同时明确自身的作业任务，并将自车的实时状态发送至装载设备。

运输作业场景

- 运输作业场景是指自动驾驶矿卡在矿区道路上按照云平台规划的路径，结合环境感知信息自动行驶的作业场景。
- 行驶过程中，矿卡通过与其他车辆（包括无人/有人车辆）、路侧设备、云平台进行信息交互，实现碰撞预警、超视距感知等功能，提升行驶安全性。

卸载作业场景

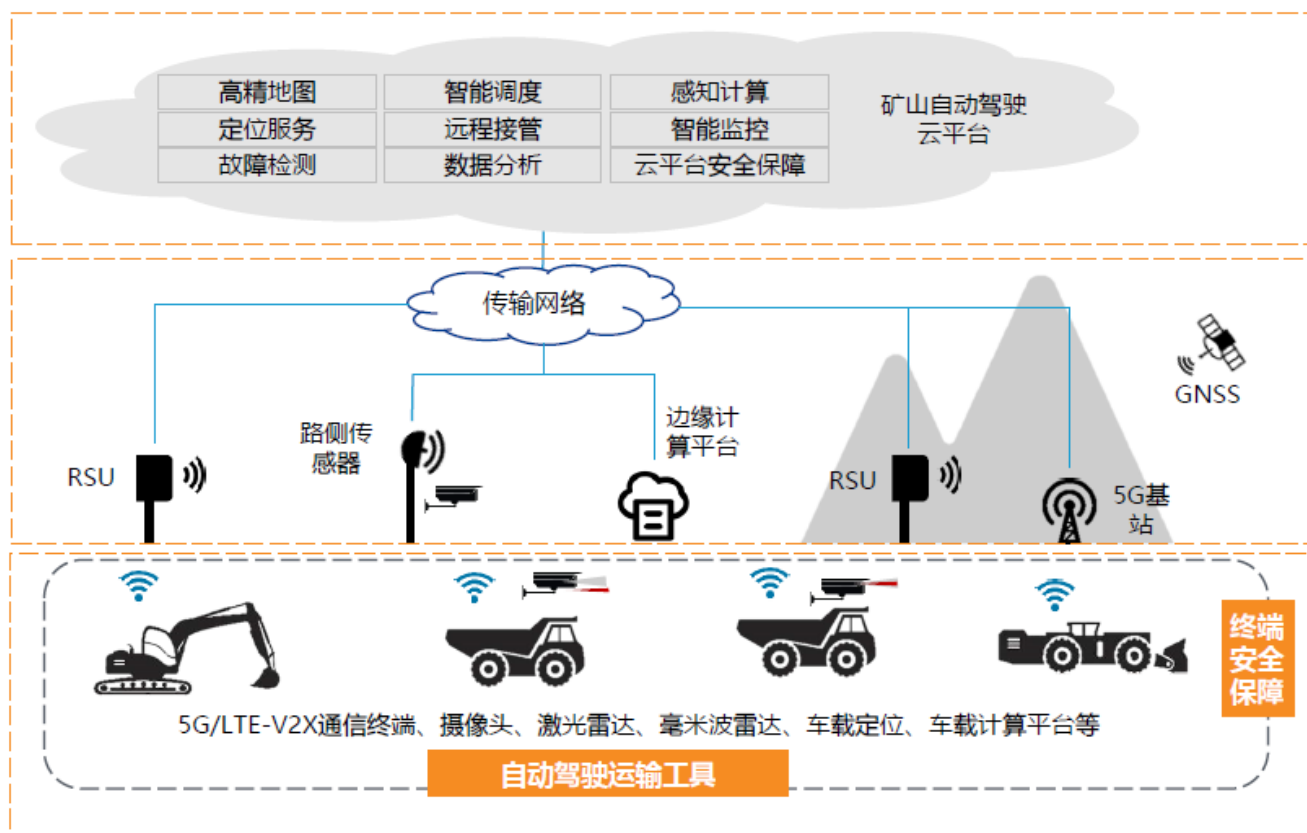
- 卸载作业场景指满载的自动驾驶矿卡依次行驶至卸载作业点并将物料卸载，然后由卸载设备整理物料，矿卡驶离进入下一次“采、运、排”作业循环。
- 在该场景下，矿卡、卸载设备、云平台需要沟通明确整个卸载协作流程。矿卡可以根据路径规划和对周围环境的感知，自动行驶。

作业保障场景

- 作业保障场景指自动驾驶矿卡行驶至特定区域进行加油补水、维修保养等保障作业。
- 在作业过程中，云平台定期安排矿卡的保养或检修任务，矿卡根据云平台规划的路径，结合环境感知信息，自动行驶至相应的作业保障区域。相关配套设施根据云平台的指令，及时配合矿卡的作业保障任务，提高保障作业的效率。

露天矿卡无人驾驶技术架构

露天矿卡无人驾驶总体技术架构包括“智能网联矿卡、车联网、云平台”三个层面以及相应的安全保障体系，其中矿卡车辆具备自车感知与通信、决策和执行等能力，与其他设施之间基于5G、LTE-V2X多模车联网实现通讯传输，云平台协同控制、路径规划等能力，而安全保障体系确保矿卡自动驾驶应用安全可靠地运行。



矿卡无人驾驶关键技术

定位技术与导航

- 采用GPS/IMU/RTK 等模块实现精准定位，定位精度为厘米级
- 采用高精度RTK和无人机低空摄影技术，在智能航线模式下实现矿区地形数据的自动采集及RTK技术对矿区高精度3D 模型的构建

感知与决策算法

- 应对不同的时间段和气候环境，普遍采用激光雷达+视觉+毫米波雷达相结合的方案，在矿山的恶劣环境下全天候进行感知。
- 基于机器视觉技术及传感信息的融合处理，通过障碍物识别、路径规划等算法，实现矿用车辆在特定道路上的无人驾驶、自动避障、自动倒车等动作

5G和车联网技术

- 5G技术：彻底解决了矿山特殊复杂环境信号传输的技术瓶颈，实现了基于5G网络的超远程精准控制和运输车辆智能编队的运行
- V2X技术：为车辆提供全天候的环境感知能力，对车辆自身的环境感知能力进行了补充，能应对更加复杂的道路交通环境

云端调度系统

- 作为矿山实现完全无人驾驶的关键系统，起到云端感知、最优路径规划、全局及局部车流规划、对突发情况进行预警等功能
- 目前行业内公司单个矿山实际运行车辆不多，很多场景对云端调度系统的需求还不够明显。随着车辆数量增加，云端调度系统作为核心系统，将越来越重要

| 矿卡无人驾驶发展方向

从自动驾驶到全矿区智能的延伸

矿区无人驾驶未来会建立智能矿山结构，与矿区内其他的设备形成协同作用，这要求自动驾驶服务商提供完整的服务方案。在未来，智能矿山需要实现矿山全时空多源信息实时感知，生产现场全自动化作业，搭建全流程的人-机-环-管数字互联高效协同运行；矿区自动驾驶服务商在完成难度较大的运输环节自动化后，将有机会深入其他环节，实现全矿区的自动化、智能化解决方案。

新型无人矿车或将打破原有格局

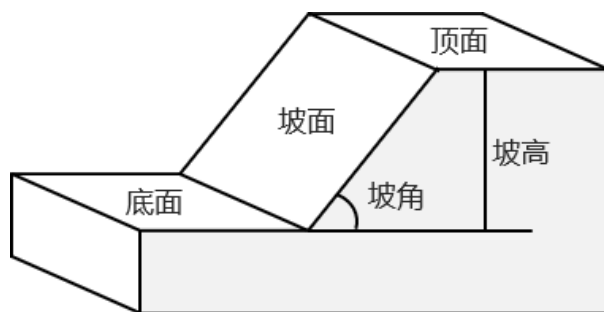
无驾驶舱的自动驾驶运输矿车是自动驾驶技术与整车生产技术高度融合发展的产物，是矿区自动驾驶车型最可能的发展方向。无驾驶舱的运输车型除了从根本上实现“无安全员”外，其稳定性、环境适应性、运输效率都比现有车型有更好的实现效果。这一类车型的出现或许可产生矿区自动驾驶的造车新势力，将改变现有以宽体车和刚性矿卡为主的市场格局。

边坡安全：差之毫厘，知于千里，信息技术保障边坡安全

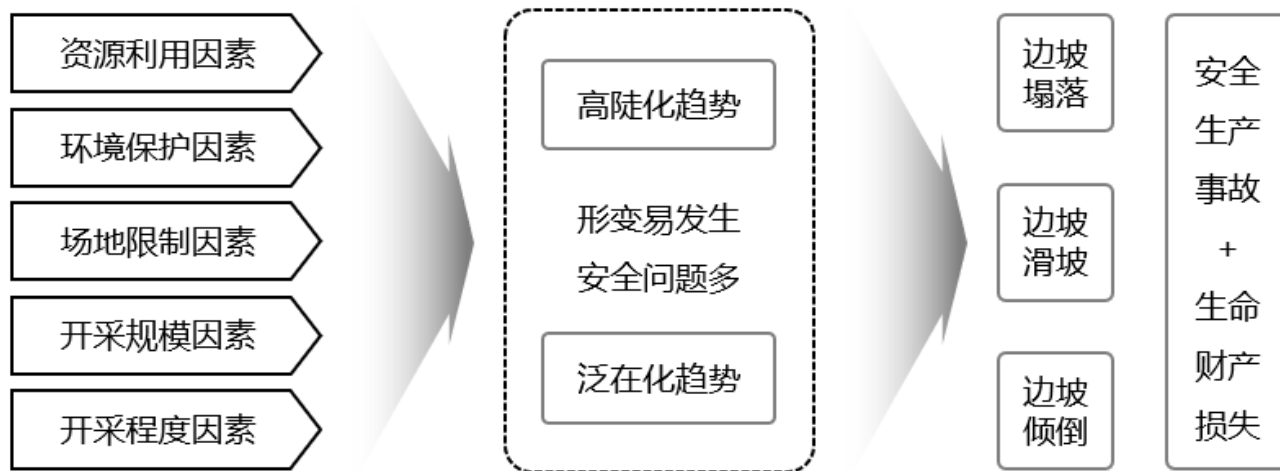
智慧矿山行业专家 彭涛

边坡安全，露天开采重中之重

露天矿边坡，指露天矿采场四周倾斜表面，是一种侧向临空的地质体，也称露天矿边帮，是露天矿采场构成要素之一。



随着露天矿数量增多、产能增大、强度增加，露天矿边坡高陡化、泛在化趋势愈发清晰，边坡安全问题也越来越突出，体现为数量多、分布广、规模大、防治难、极易造成重大损失。露天矿边坡灾害类型较多，其形变破坏形式主要表现为塌落、滑坡、倾倒三种。



露天矿边坡安全问题仍将长期存在的原因，探究如下：

- (1) 露天采场地表境界受限情况下，选择高陡边坡，可降低边帮压矿量、提高资源采出率。
- (2) 露天采场底部境界不变前提下，采用高陡边坡，可缩小采坑地表、减小扰动周边用地。
- (3) 内排土场采用高陡边坡可增大内排量减少外排量，外排土场采用高陡边坡可减少压地。
- (4) 露天采场趋于整体化大型化，采场内渣堆多、排土场面积大都会导致边坡数量的增多。
- (5) 目前多数露天矿已持续开采较长时间，采坑及边坡进一步向深部发展，导致边坡增量。

边坡安全问题发生机理及应对之策

露天矿边坡变形破坏是露天矿安全生产的核心问题，对于保证安全生产，提高经济效益，具有重要的理论价值与经济意义。边坡变形破坏实质上是边坡稳定性问题，而影响边坡稳定性的因素有多种，包括内部因素和外部因素，常见因素可从工程地质、水文地质、采矿设计、生产作业、外部影响五个方面进行总结。

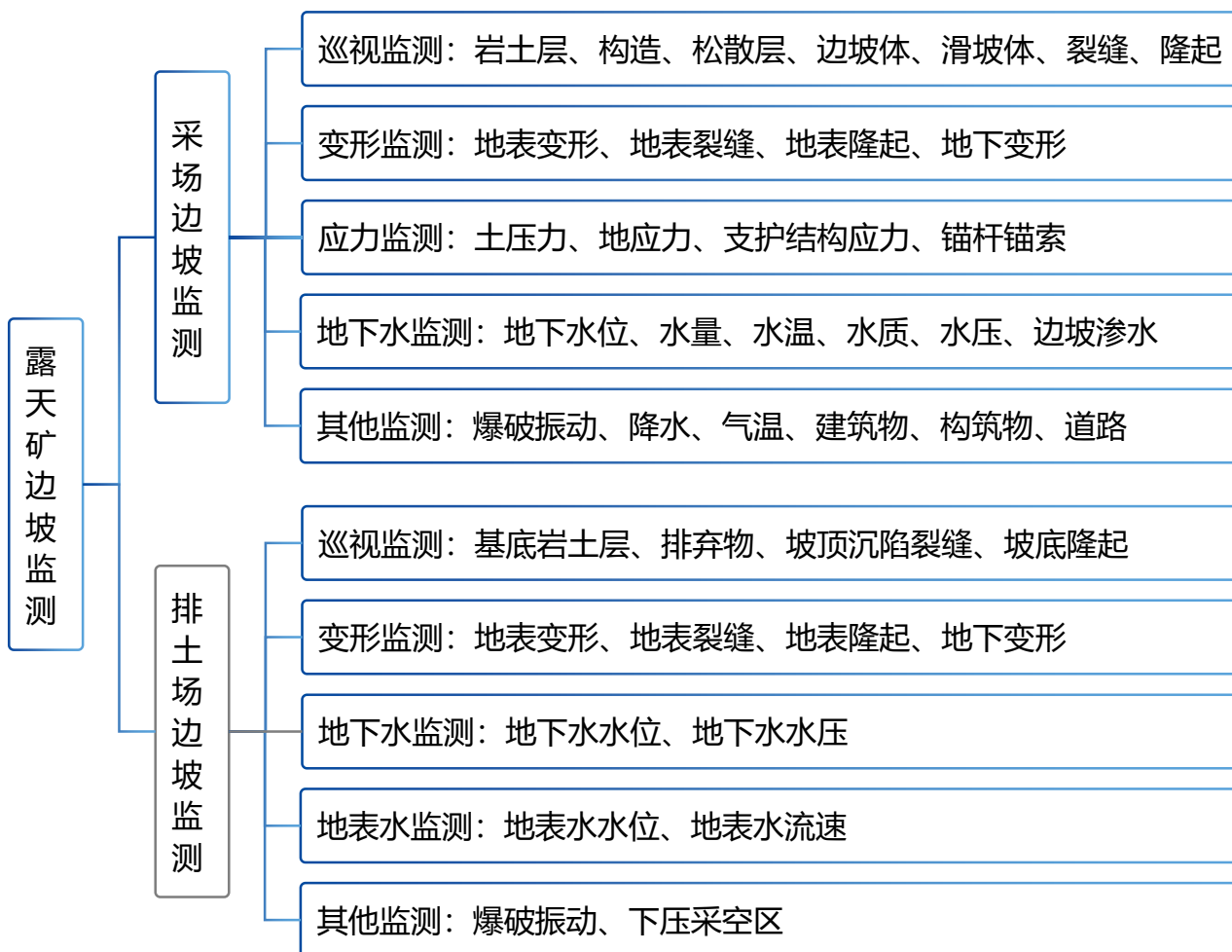
工程地质	水文地质	采矿设计	生产作业	外部影响
<ul style="list-style-type: none"> ● 岩石岩性 ● 地质构造 ● 应力变化 ● 风化情况 	<ul style="list-style-type: none"> ● 含水层 ● 地表水 ● 地下水 ● 裂隙水 	<ul style="list-style-type: none"> ● 采场设计 ● 边坡形状 ● 几何尺寸 ● 开采计划 	<ul style="list-style-type: none"> ● 机械振动 ● 爆破冲击 ● 采剥失衡 ● 防护失当 	<ul style="list-style-type: none"> ● 气象因素 ● 周边采挖 ● 周边建筑 ● 外在冲击

其中常年无序开采与长期地质作用的叠加影响，是露天矿边坡变形破坏的主要诱因，对此可采取的措施包括测绘勘探、动态监控、设计优化、灾害评估、隐患治理等等。其中，对坡面高度落差大、裂隙发育强烈、岩体破碎严重的边坡，采用坡面清理工程、边坡支护工程、采场修整工程、挡土保水工程、生物绿化工程相结合技术，可以进行有效防治；对其他地质情况较好、危险性较小、高差小、坡度缓的边坡，可对坡面凸起、悬挂、浮石等危岩体进行清除，并通过削坡、堆砌、筑墙等措施保持稳定。

整体来看，矿山开采有序化和安全措施规范化是基本应对之策，但也应看到露天矿边坡安全有动态变化、偶发影响的特点，导致边坡安全问题的诱因多、可叠加、复杂程度高，可采取应对策略十分丰富。无论发生原因和应对策略有怎样差别，对边坡进行监测都是必不可少的选项，如2020年04月28日工业和信息化部、国家发展改革委、自然资源部联合发布的《有色金属行业智能矿山建设指南（试行）》即着重强调“建设边坡在线监测系统”，再如2021年12月07日国家能源局印发的《智能化示范煤矿验收管理办法（试行）》更是将“建有边坡监测系统”列为露天煤矿参评智能化示范煤矿的两个必备条件之一。

露天矿边坡监测类型和监测范围

露天矿边坡监测按监测对象分为采场边坡监测\排土场边坡监测，按监测项目分为巡视监测、变形监测、应力监测、地下水监测、地表水监测、其他监测，监测内容如下。此外，还包括监测方案编制、监测等级划定、安全等级划定、监测阶段及任务设定、监测工作等级设定、监测项目选择、自动化监测、信息反馈、预警预报、监测资料整理分析、监测报告编制等配套工作。



露天矿边坡监测技术及发展

露天矿边坡监测技术发展周期漫长，从矿山测绘开始即十分重视应用于边坡监测领域，随着新技术的出现、突破、成熟、应用，目前露天矿监测领域呈现多种监测技术并存的局面，可分为接触式监测与非接触式监测、人工监测与自动监测、表层监测与深层监测、定点监测与坡面监测等不同类型的。

伴随露天矿进入智能采矿阶段，边坡监测也处于快速发展中，尤其是近年来网络、传感器、物联网、大数据等前沿技术迅猛发展，为边坡在线化自动化连续监测创造了有利条件，利用最新的电子仪表和远距离无线传输技术，可实现全天候连续观测，自动采集、存储、打印和显示观测数据。有别于传统的人工定点接触式监测，基于无人机、基于机器人、基于GNSS、基于激光点云、基于雷达扫描的监测系统，均采用了最先进的技术手段，且各项技术日渐成熟，发展空间大，实现了边坡监测系统的自动化，与传统的监测方法相比，具有测速快，精度高，实时连续监测，安全性强等特点。

同时智能化矿山建设方兴未艾，露天矿信息基础设施在通信网络、数据中心、综合管控平台等方面取得较大建设成果，为露天矿采场、排土场等生产现场与指挥调度中心的信息互联互通提供了基础支撑。边坡监测系统可借助现场网络与指挥调度中心共享监测数据，便于远程掌控边坡情况，监测数据可在数据中心存储、加工、利用，支持监测分析模型和算法，为科学分析、合理决策、及时预警、指令下发等创造了条件。



露天矿边坡监测方案的整体思路

首先，目标递进。在智能化矿山建设宏观背景下，露天矿边坡安全应以边坡监测系统为核心，并按分级递进式确立建设目标。初级智能化建设，露天矿边坡安全的建设目标应是，实时在线监测边坡地表位移。中级智能化建设，露天矿边坡安全的建设目标应是，在初级智能化的基础上，建立地表位移和深层位移综合监测系统，具备渐变过程有效分析的能力，实现自动报警等功能。高级智能化建设，露天矿边坡安全的建设目标应是，建立边坡地质灾害天地一体化在线智能监测预警平台，完成边坡监测多源数据的融合解算，形成智能监测预警平台。

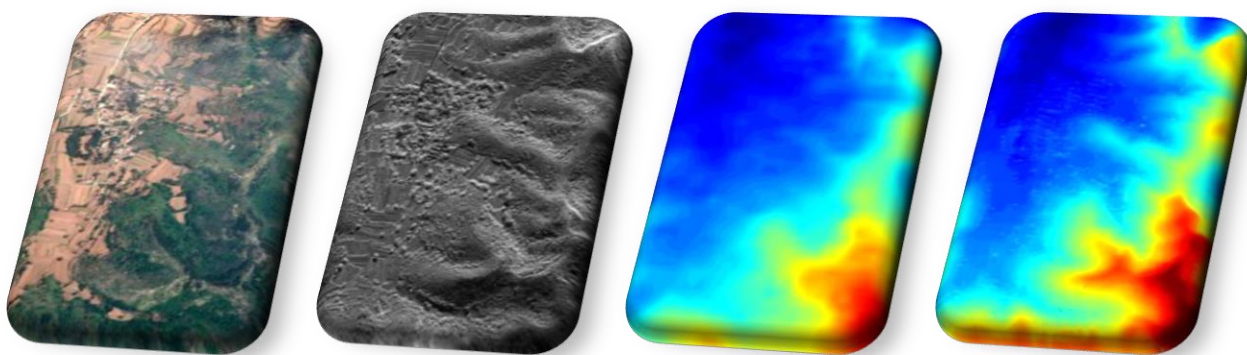
其次，体系建设。露天矿边坡安全并非孤立领域，同时露天矿边坡监测内容也十分丰富，存在大量的信息关联点，应以体系化规划和建设为路径。露天矿边坡监测与地质勘探、矿山测量、采矿设计、生产计划、爆破作业、采剥作业、运输作业、排弃作业都有非常紧密的关联关系，或使用其成果，或借助其技术，或受其影响制约，或对其造成影响制约。因此，必须将边坡监测系统纳入露天矿智能化建设体系中，形成数据互通、信息关联、成果共享，而不是以孤立的方式存在。

再次，技术融合。当前应用于边坡监测的技术呈现明显的多样化，各类技术特点清晰、针对性强，但就孤立的技术应用来看，各有所长也各有所短。其中，地面微波雷达系统和三维激光扫描系统长于表层快速监测，适用于动态发展的工程边坡；GNSS系统精度高、覆盖广、非接触、测点布设灵活，适合于无法布置监控站的最终边坡监测；传统预埋式传感器监测项目丰富、覆盖表层深层监测，适用于坡体深部位移或形变监测。因此在边坡监测系统技术产品选型上应采用综合监测方案，基于矿山实际选择监测范围和监测系统，并在数据层级和应用层级将各监测系统整合使用，形成综合分析和整合应用的效果。

最后，产业联合。边坡监测相关的勘探、测绘、设计、生产、安监、应急、信息化等相关产业应配合智能化矿山体系建设和边坡监测技术融合的趋势，形成厂商技术产品合力，同时露天矿企业各业务部门也形成业务协同关系，重视边坡安全和边坡监测系统建设。

InSAR：露天矿边坡监测前沿技术

- **定义：**InSAR, Interferometry Synthetic Aperture Radar, 即干涉雷达, 是指采用干涉测量技术的合成孔径雷达。InSAR技术发展迅速, 其体现出的形变敏感度和空间分辨率, 对露天矿边坡监测具有十分重要的应用价值, 可为露天矿边坡监测提供有效保障。
- **分类：**InSAR根据工作模式差异, 可分交轨干涉测量模式(单轨双天线横向模式)、顺轨干涉测量模式(单轨双天线纵向模式)、重轨干涉测量模式(重复轨道单天线模式); 根据搭载平台差异, 可分为星载式、机载式、车载式。
- **原理：**InSAR基本理论发源双缝实验和干涉现象, 与基于时间测距成像原理的干涉测量技术密切相关。InSAR通过主动式目标观测, 获取同一目标两幅既有幅值又有相位的复数据影像, 因目标与两天线位置几何关系, 目标回波形成相位差, 提取复数据影像的相位信息进行相干处理形成干涉纹图, 可用于获取目标三维信息。
- **流程：**InSAR相关工作流程包括数据准备、基线估算、影像配准、干涉图生成、干涉他滤波和去平地、相干性计算、相位解缠、相位转高程、建立数字高程模型及形变信息。
- **优势：**InSAR技术与GPS等基于离散点的边坡监测技术相比有明显特长, 其独特优势体现在监测精度毫米级、监测范围百平方千米以上、监测周期长且连续、监测信号受夜云雨雾影响小、监测实施无需布点等几个方面, 在边坡监测领域发展潜力极大。



InSAR实测数据处理示例

智慧巡检，无人机构建矿山安全新屏障

智慧矿山行业专家 彭涛

矿山安全与无人机的结合

矿山安全化

矿山安全生产长期以来是我国安全管理发展的重点方向，也是矿山生产经营中最为各方重视的方向，自2015年涉危行业双重预防机制提出以来，经历次发文及相关法律法规修订，矿山双重预防机制的要求已日渐清晰化、具体化、体系化。

矿山智能化

我国矿山行业向智能化方向快速发展已成为行业大趋势，自2020年以来国家发展改革委、国家能源局、工业和信息化部等部委针对矿山智能化建设密集发文，在政策引领和技术驱动双重作用之下，我国矿山智能化建设步入发展快车道。

风险管理规划

风险辨识评估
风险数据库
风险责任清单

风险动态管控

重大方案管控
现场管控
超前预测管控

隐患排查治理

监测报警
现场排查
远程巡检

管控持续改进

数据动态分析
管控效果比对
管控绩效分析

实时监测

精准测绘

在线巡检

过程监管

远程督办

动态感知

及时更新

远程排查

整改复查

在线验收

无人机为典型代表的智能化技术将全方位助力矿山安全生产智能化双重预防机制

最新政策引导：2022年7月19日应急管理部、国家矿山安全监察局发布关于印发《“十四五”矿山安全生产规划》的通知，要求充分应用无人机巡查等手段，实现对全国矿山企业的各类风险隐患实时感知、远程巡查以及在线监测，推广先进适用防治技术、强化监管监察信息化建设、强化执法技术装备支撑保障，重点突破矿井等狭小复杂空间侦查无人机、尾矿库空天地一体化监测预警系统等关键技术装备。

| 无人机与前沿技术的融合

无人机及其在矿山领域的应用发展

无人机是无人驾驶飞行器的统称，指利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞行器，可分为无人直升机、固定翼无人机、多旋翼无人机、无人飞艇、无人伞翼机等类型。其中矿山领域现阶段应用较多的是多旋翼无人机，属于工业级无人机，区别于消费级无人机产品标准化、应用同质化特征，矿山领域产品视角更多从行业出发，对无人机数据采集的专业化和精准化更为看重，并面向更深层次的无人机数据利用和价值挖掘，以支持矿山企业生产、经营、安全、环保等各类诉求。无人机在矿山领域的应用发展分被动飞行、半自主飞行、自主飞行三个阶段，整体趋势是由操控到自主、由单机到多机、由单一化应用到综合化应用，与各类前沿技术的融合化正在积极探索和蓬勃发展中。

无人机可融合使用的主要前沿技术

无人机应用系统由无人机平台、无人机机场、无人机荷载单元构成。上述三方面可融合的前沿技术，无人机平台主要在电源、电机、机翼、机体等方面，无人机机场主要在飞行控制、自主巡检、精确定位、实时传输、充电换电、环境监测等方面，无人机荷载单元可融合的前沿技术则更为丰富，例如视频成像、倾斜摄影、气体监测、激光雷达等。



无人机安全巡检应用场景

井工矿巡检

应用场景：巷道、硐室等狭小空间内的日常巡检、应急搜索、环境感知。

应用优势：覆盖范围广，可解决监测终端布设受限问题；平台移动性强，可解决远程动态监控操控作业问题；采用飞行模式，可解决通过问题和占道问题。

能力指标：垂直起降、定点悬停、路径规划、自主导航、自主避障、数据组网、姿态解算、扫描匹配。

露天矿巡检

应用场景：采场、排弃场、连续作业区等开放空间下的日常巡检、调度指挥、环境监测。

应用优势：可有效应对露天开采生产作业空间广，可有效解决安全巡检任务繁重问题，适于开展对大型化机械、非连续运输车辆的状态进行实时跟踪和监控。

能力指标：多机协同、气象适应、高精定位、高清采集、自主导航、自主避障、续航距离、飞行高度、信号传输。

矿山航拍航测

应用场景：井工矿井田范围内地表航拍航测、露天矿采场和排弃场航拍航测。

应用优势：提高效率，降低了测量人员劳动强度和作业安全风险；提高精度，降低人为干扰，数据精准度、真实性、全面性均优于传统模式；非接触式作业，可准确反映地形地貌特征，为矿山安全生产提供基础数据。

能力指标：航飞规划、倾斜摄影、激光扫描、点云去噪、影像处理、快速建模、快速出图。

矿山地质调查

应用场景：矿山地质数据采集、矿区表土特征监测、地质灾害监测、矿山环境治理修复。

应用优势：地质体及构造模型精细化构建稳固的矿山安全生产基础信息；采前采后风险源持续监测，可及时形成表土特征分析，可快速预警异常状态，有效规避地质灾害发生，可构建矿山安全生产基础保障。

能力指标：航线规划、畸变修复、倾斜摄影、激光扫描、分辨率、演化模型、预测预警。

无人机安全巡检应用场景

尾矿库监测

尾矿库由筑坝拦谷、围地筑坝等方式构建，用于堆存尾矿、废渣，是矿山重大危险源之一。传统监测方法是人工地面踏勘对坝体、干滩等进行巡检。无人机代替人工巡察、监控，快速精准量取干滩面积、量取水域面积、量取坝体高度、概算干滩体积，及时合理选取尾矿排放口和排放区，判断坝体溃坡、坍塌、裂缝等风险因素，可实现尾矿库全景扫描和动态监测，及时发现并处置隐患。

排土场监测

无人机航测技术测量效率高、精度高，通过无接触式监测即可获得排土场全域地形地貌信息，构建精确的排土场三维模型，通过远程踏勘分析即可掌握排土场不稳定边坡、局部开裂与滑塌、堆积形态、堆积范围变化等情况，从而有效支撑矿山排土场排土场稳定性监测、风险点辨识和安全隐患监控预警，为科学合理的研究对策与方案奠定基础，对确保矿山安全生产具有重要意义。

塌陷区监测

传统的矿山开采沉陷监测是设置采空区观测站，根据观测区域的三维坐标数据计算观测点与观测线的变化情况，存在监测范围局限、监测点难以保护、监测点密度低、工作成本高以及监测工作量大等方面的问题。无人机搭载三维激光扫描仪应用于矿山开采沉陷监测，通过三维激光扫描地面点、处理扫描数据、分析矿区地表深陷特征等关键环节，其监测精度水平可以满足监测需要。

发火区监测

因赋存条件及开采扰动，导致可燃物质与空气接触发生热氧化反应，极易引发自燃形成发火区，进而对矿山安全生产、矿山资源保有、环境保护、人员健康造成严重影响。无人机及热红外遥感技术可完成温度探测、温度异常感知，并可结合算法精准圈定火区范围，为达成发现、预警、治理、持续性监测提供帮助，在矿山自燃发火区监测领域有极大发展潜力。

矿山巡检无人机发展方向

供电突破

无人机电池参数主要是电芯组合、电池容量、放电倍率（持续放电倍率和峰值放电倍率）、电池内阻、电池电压、体积、重量，矿山安全巡检对航程、负载、防爆有较高诉求，预计供电单元参数将持续升级，高倍率、高容量、高安全性、高一一致性、高电池循环等将是近期重点方向，也不排除电池领域新技术所带来的革命性突破。

集群协同

无人机集群系统具有覆盖范围广、适应性高、协同能力强的优势，能够更完整、更迅速的获取环境参数，也能有效避免盲区、提升巡检或搜索效率、强化监测能力，矿山安全巡检、应急搜索、数据采集都将是重要应用方向，对系统的要求主要集中在通信方式、高精定位、协同导航、线路规划、自动避障等方面。

组网升级

矿山巡检、侦测对于日常安全管控、应急救援搜索意义重大，无人机链状无线Mesh组网模式可以在多机场景下灵活构建网络节点，形成信息融合与资源互补，能有效提高无人机通信的容错性和可靠性，是无人机通信的未来发展方向。

感知组合

多传感器信息融合体系目前集成度低、功耗高、体积大，根源在于多传感器集成模式仍以简单堆叠式设计居多，严重影响矿山无人机复杂环境下的续航能力、通过能力、避障能力，传感器深度集成化、体积微型化、参数多样化将是下一步的研究重点。

算法综合

随着人工智能、机器学习、自适应性等方面智能化水平的提升，算法对于矿山安全方面的风险识别、监测预警、整改比对将发挥更大作用，如何在多算法应用的背景下确保算法组合的合理性、综合分析的可靠性，也将成为未来的主流发展方向之一。

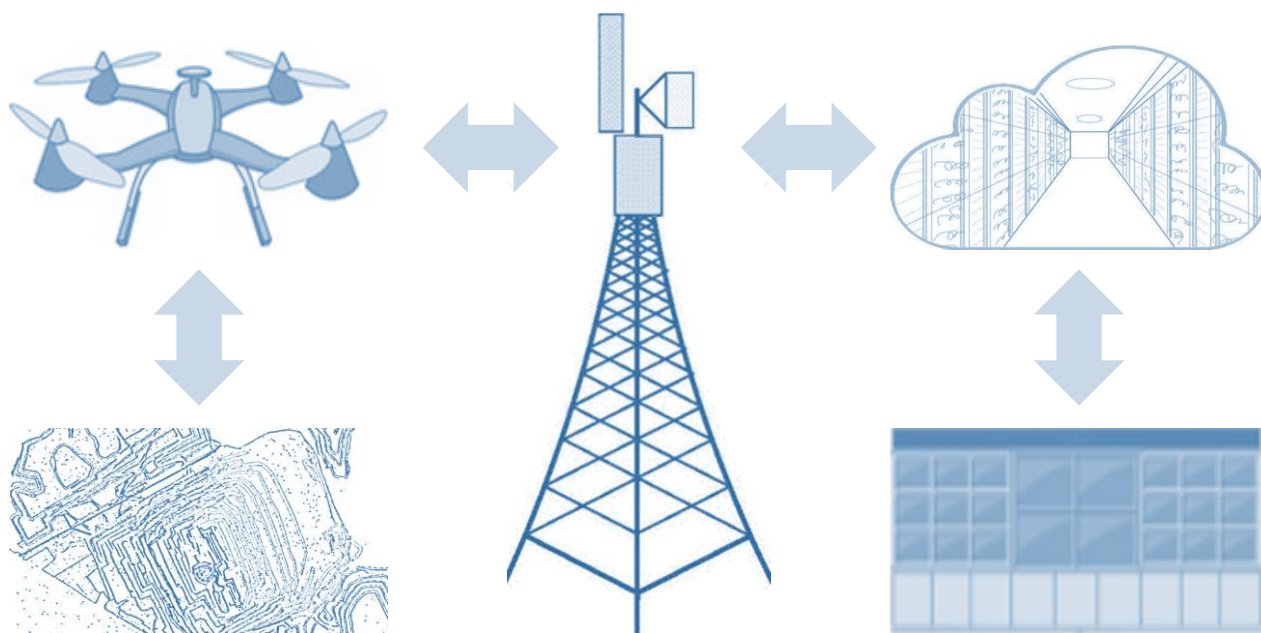
| 无人机矿山安全巡检的网络技术支持

无人机矿山安全巡检系统的通信架构

无人机矿山安全巡检系统的通信信道由无线通信和有线通信两部分组成。无人机通过激光扫描、影像获取与现场交互；无人机通信模块将所采集数据上传至基站，同时也从基站获取操控指令；基站通过地面专线将无人机数据上传至云计算中心，也接收云端指令并下发；云计算中心将感知数据、影像图像等信息呈现于指挥中心，并接收指挥中心所发指令。

无人机矿山安全巡检系统的网络基础

新华三提供矿山全方位网络应用服务以及矿山网络链路优化服务，可构建独立专网、可实现融合组网、可统一运维管理、可支持轻量化组网、可集成现网资源，实现一网多用、按需所取。新华三对无人机矿山安全巡检系统通信的关键指标支持方向包括上行高带宽、传输低时延、长距离传输、复杂地形条件下稳定传输、抗干扰强、安全性高等方面。



看行业 布局方案蓝图



智慧洗煤厂篇

黑灯选煤厂，煤矿两化融合“至高境界”

智慧矿山行业专家 吕杭榕

| 什么是黑灯工厂

黑灯工厂指的是一种不需要太多工人的新型智能工厂。基本上所有的生产任务都是由自动化机器或其他一些不需要人操作的高科技设备完成的。因为工厂实现了全自动化生产，不需要人工操作，因此可以关灯运行。黑灯工厂是科技进步的产物，由于全程几乎不需要人为进行操作，黑灯工厂可以进行一些危险品的生产，从而更好的保障工人的人身安全。黑灯工厂的出现可以有效减少企业在劳动力方面的开支，能在降低企业运作成本的同时提升生产效率。黑灯工厂的具象表现更多是工厂的智能化。

| 智能化选煤厂目标

智能化选煤厂目标是构建完善的生产制造过程智能控制系统。从原料煤入厂到最终产品的形成，实现全过程的智能化感知、控制、管理、决策，是智能化选煤厂的基本标志。这需要推动洗选加工安全、高效生产和精细化、信息化、智能化运行，助力厂区实现信息化、数字化、智能化转型。以工艺环节、重要装备、安全防控智能化为重点，开展无人操作设备、无人值守系统的研发与应用，提高洗选工艺过程的装备自动化、智能化水平。同时利用互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等技术，引入精细化管理理念，实现机器与机器之间、人与人之间、人与机器之间的互联，实现基础工业企业的信息化管理及生产过程的智能化数字化的控制。构建选煤专家知识库，推进管理过程的智能化，形成完善的洗选过程智能感知、智能控制、智能管理与智能决策能力，实现主要工艺环节、主要操作岗位及重要设备实现智能无人操控，建成安全、节能、环保的智能化选煤厂。

智能化选煤厂建设现有难点

目前，大部分的选煤厂未实现智能化，虽然根据自身的情况，选煤厂或多或少的规划了一部分或单机设备的信息化，但远没有达到真正的全厂设备智能化、系统化的监管、实现真正的数字化转型，因此这部分选煤厂突出存在以下几个问题：

1) 设备系统较多，竖井式的业务系统无法横向拉通，没有构建大数据平台

选煤厂设备及系统众多，都是单厂商纵向建设，没有实现系统间横向拉通。导致业务效率较低。同时机电设备的信息化，只能通过手动输入设备编码来管理设备运行情况；主要设备的信息没有形成大数据平台，全厂设备被分割成多个单元，只能达到基本的生产正常化；机电设备数据化供应链管理处于半自动化状态。

2) 装备自动化有余，但智能化不足

浮选煤矿全流程中已经应用重介自动测控系统、干选机、跳汰机、分级破碎机、卸料离心机、X荧光灰分仪、矿浆在线分析等装备，初步完成单设备的自动化，但是仍然需要人工设定参数，调整。只有个别系统实现部分智能化，例如基于尾矿灰分、浮选泡沫厚度等检测装备丰富了过程参数，实现智能调节设备频率、药剂减加等。

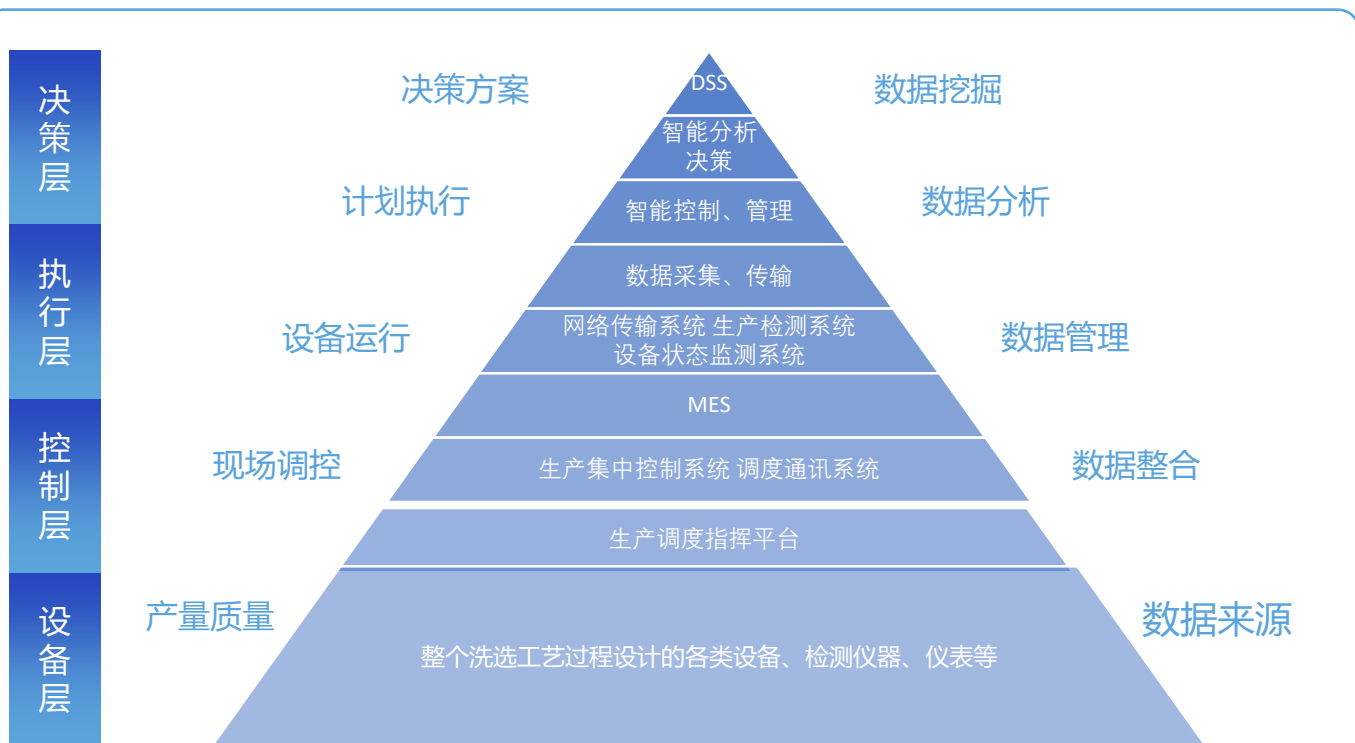
3) 数字化人才缺失

传统煤炭企业，以生产、机电为主，对于信息系统及IT建设投入较少，一般仅有在集团公司或者总部才有。而随着数字化转型的推进，企业数据变成越来越重要的资产，不可避免会用到网络、云、大数据、AI等相关技术，企业需要进行这方面人才战略储备。

选煤厂智能化总体技术架构

总体技术架构

智能化选煤厂可参考图所示技术架构，划分为设备层、控制层、执行层、决策层四层。设备层主要包括机电设备及检测仪表、保护装置等；控制层主要包括生产集中控制系统、设备状态监测系统、视频监控系统、调度通讯系统、安全监测系统等；执行层主要包括生产管理、机电管理、安全管理、经营管理、节能与环保管理、安全与职业健康管理等；决策层主要包括智能控制、智能管理、智能分析、辅助决策等。



图：智能化选煤厂参考技术架构

智能化选煤厂建设技术路径

第一阶段：重点开展智能化选煤厂标准建设、关键技术攻关、基础装备完善工作，适时进行成熟技术推广。

第二阶段：强化大数据技术与选煤专业知识的深度结合与应用，建设选煤专家知识库，推进重点单元的智能化研究，建成完善的选煤厂生产执行系统，实现生产过程控制和管理智能化。

第三阶段：全面实现智能化，对主要工艺环节、主要管理岗位及重要设备实现智能感知、智能决策、自动执行的智能化体系；全面建成安全、高效、节能、环保的智能化选煤厂。

智能化选煤厂实现场景

一、生产设备装备自动化、智能化

设备装备自动化建设主要包括设备及仪表监测与保护、生产环节基础自动化、辅助环节自动化等。例如①设备及仪表检测与保护建设应实现电机、减速机、液力耦合器等设备及仪器的电流检测、温度检测、振动检测及信息共享。②生产环节基础自动化建设主要包括集中控制系统、视频监控系统、调度通信系统、人员定位系统、设备状态在线监测系统、配电监控系统

统、在线测灰系统、产量计量系统、物料监测系统、能源计量系统、环境安全监测系统等内容。③辅助环节自动化建设主要包括照明控制、泵类与风机系统控制、冲洗水及通风、除尘等自动化建设等。

二、智能控制包括生产过程智能控制、辅助环节智能控制、生产保障智能化等。

①智能控制建设要求。能自主分析加工对象的性质，建立生产组织模型；采用大数据分析方法进行数据建模，利用机器学习算法自主分析、预测工艺参数；通过多种控制方法，自主调节操作参数，实现各工艺环节智能控制；通过对典型选煤工艺的智能控制，实现精准分选，稳定产品质量，提高精煤产率，增加经济效益；根据产品和工艺要求，按照最大产率原则与最大经济效益原则，自行调节各工艺环节生产参数。②智能控制建设内容。生产过程智能控制包括智能分选、智能浓缩、智能压滤等；辅助环节智能控制包括智能仓储与配煤、智能装车等；生产保障智能化包括智能集控、智能视频、智能停送电等。

场景一——浮选智能控制

当前，浮选系统的加药还是以人工为主，人工加药难免会粗放，形成误差，造成药剂的浪费，达不到精准加药，无法控制精矿的灰分和产率。为了稳定产品质量，降低浮选捕收剂和起泡剂的用量，提高浮选精煤产率，应对入浮矿浆的浓度和浮选药剂添加量进行自动控制，建立浮选自动化加药控制系统。通过结合现场浮选药剂添加调节之后的现状，业内已有浮选智能加药系统，一方面对控制系统进行比对，浮选加药系统的控制流程进行展开研究，另外一方面利用最新机器视觉技术，提取浮选泡沫视觉特征参数，开发煤泥浮选泡沫图像处理系统。基于机器视觉的矿物浮选过程监控，浮选泡沫图像表面视觉特征准确提取是关键。基于表征泡沫的视觉特征，寻找与其浮选工艺参数之间的联系，支持或反馈控制操作人员的工作。在浮选性能上会有相当大的改善通过浮选系统自动加药控制，稳定了产品的质量和产量。

场景二——重介分选密度自动控制

由于介质密度直接影响产品质量和产率，在选煤过程中，必须控制介质密度并使其稳定在某一给定值上，以保证选煤产品质量。通过重介分选过程工业参数在线预测，构建原煤密度组成实时预测模型，对来源和煤质都较为稳定的入洗原煤，利用在线灰分实时预测期密度组成，并通过拟合可选性曲线，预测精煤理论产率和三产品产量。可以根据实时预测得到的入洗原煤的密度组成，通过数据挖掘分析，建立分选密度与原煤密度组成的数学模型。安装精煤在线测灰仪，随时检测产品灰度，及时对比测量值与预测值差值，结合人工检验数据加以修

正，及时调整重介分选密度。寻找最佳经济效益临界值。采用自适应控制、模式识别、人工智能、神经网络等现代控制算法实现重介过程的自动控制。通过原煤的煤质、分选密度、精煤产量、精煤灰分等大数据的分析，得到最优化的分选效果和控制方式。

三、选煤厂业务流程数字化信息化实现生产指挥和经营管理

构建选煤厂大数据平台，将PLC、传感器、MES、ERP等系统统一接入到大数据平台，打破信息孤岛，通过数据治理，建立统一的数据规范及标准，实现信息互联互通。在大数据平台的基础上建立分布式的数据仓库，将各系统、各设备采集的数据汇入数据仓库，在数据仓库中按照选煤厂的业务流程建立准备系统、分选系统、运销系统等全厂业务模型及数字模型，打造数字双胞胎场景，实现虚拟和现实数字孪生的选煤厂。

四、构建信息化基础设施

包括网络平台建设、云平台建设、数据中心建设、专家知识库建设、系统安全保障、交互平台建设等内容。充分应用现有技术的便利性，通过物联网传感器及物联网平台实现环境实时检测，通过视频AI算法实现人、设备等违规操作的识别，通过5G+机器人方式实现自动化巡检、无人值守等等。

- 1) **环境监测——打造健康舒适厂区。** 对接环境监测系统，实时采集厂区内各监测指标，以及洗选厂房内各有害气体，并通过设置环境数据预警值和告警值实现平台环境监测的自动告警。
- 2) **能耗管理——优化洗选厂用能。** 能耗监测系统的监测范畴涵盖厂区的电、水、气，通过智能设备对能源消耗进行全面感知，对各类能耗进行采集统计，并经过能耗分析挖掘对厂区生产生活的整体用能优化。
- 3) **视频管理——完善洗选厂安防建设。** 对洗选厂所有视频监控设备进行撒点定位，定位监控设备所在位置并查看实时监控视频画面。同时分区域分组化管理厂区的监控设备，对重点区域、限制区域等点位进行实时视频监控。
- 4) **物资管理——提升厂区资产管理水平。** 通过建设智慧化物联网设备，对厂区资产信息进行统计分析，实现厂区资产的数字化管理。同时也能进行物资定位与盘点，实现管理人员对物资的全生命周期管理。
- 6) **视频巡更——保障厂区生产生活安全。** 对每日巡更计划的实施情况进行有效监测，并可联动3D场景查看巡更计划在厂区中路线、视频点位等信息。同时图表化展示巡更过程中的异常上报趋势，分析出巡更异常的高发时间段与区域。

智慧选矿：AI配煤专家系统，让知识无处不在

智慧矿山行业专家 彭涛

煤炭洗选行业配煤现状及问题

配煤及质控能力薄弱，严重依赖经验，难以应对市场，难以提升效益，具体表现如下：

配煤方案优化能力弱，没积累、没模型、没改进

配煤方案及数据积累的问题：纸面化、个人化是普遍现象，导致关联散乱、脉络不清、缺乏连续性。

配煤方案制定基于人为认知的问题：分析模型、比对模型、预期模型都没有构建，导致工作过程没有自动化、智能化要素。

配煤方案评价机制缺失的问题：没有评价或评价不能数字化，就没有改进依据，时常另起炉灶，导致此项工作效率低下。

产业链信息获取不畅，不及时、不准确、不全面

原煤入洗信息问题：入洗煤不达标情况频发，造成数量、质量均难以稳定可控，导致生产决策难、计划落地难。

商品煤需求信息问题：无法识别、研判、应对市场变化，造成目标导向机制失灵、生产与市场脱节，导致决策失误、经营被动。

信息化管理水平较低，缺共享、缺动态、缺保障

内部各生产工艺间的管理衔接问题：极易造成配煤各类相关信息共享失当，导致各参与方的生产调度不能达成步调一致。

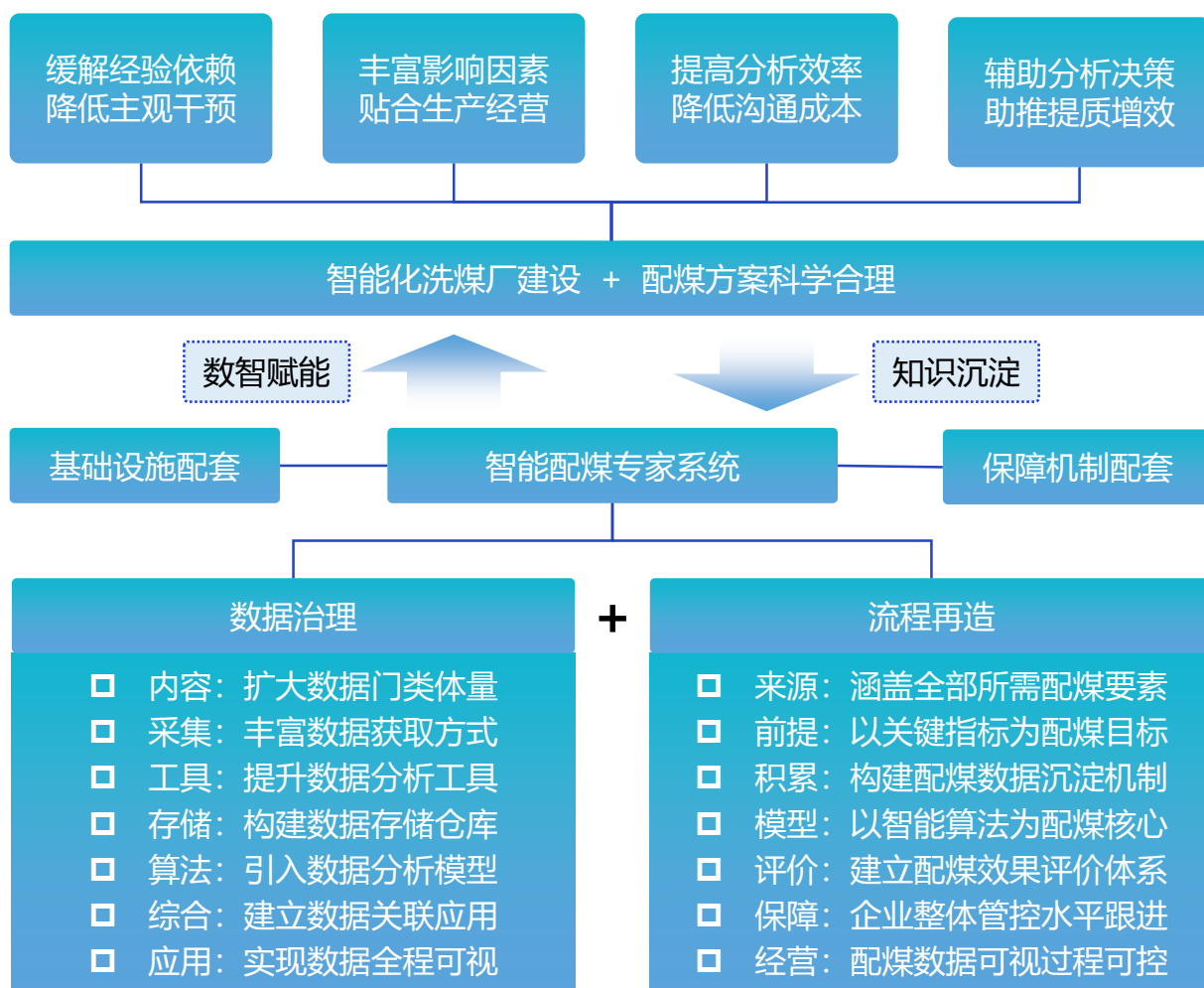
配煤过程数据的动态化程度问题：不能及时高效的反映动态和趋势，导致无法全程掌控、难以快速分析决策。

安全生产、设备维保等管控效能的问题：不能做到管控的数字化、可视化，就无法为配煤工作保驾护航。

总体来看，无论是供应环节还是生产环节，配煤本质上是一种高度依赖数据做决策的业务。

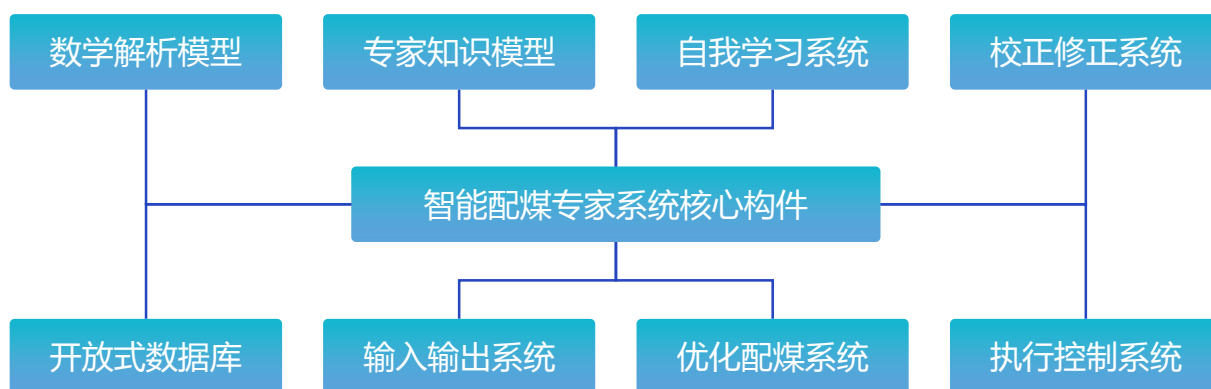
智能配煤专家系统赋能赋智

配煤及相关生产经营活动根本在于数据及数据利用，是典型的传统模式下数字化转型问题。智能配煤专家系统作为一种智能控制系统，将人的感性经验和定量算法结合，能够处理各种定性和定量的、精确的和模糊的信息，同时信息综合集成使配煤及相关业务充分整合，使配煤数字化转型成为可能。智能配煤专家系统将在数据治理、流程再造两方面重塑配煤工作，形成配煤知识积累沉淀，确保配煤方案科学合理，助推智能化洗煤厂建设。

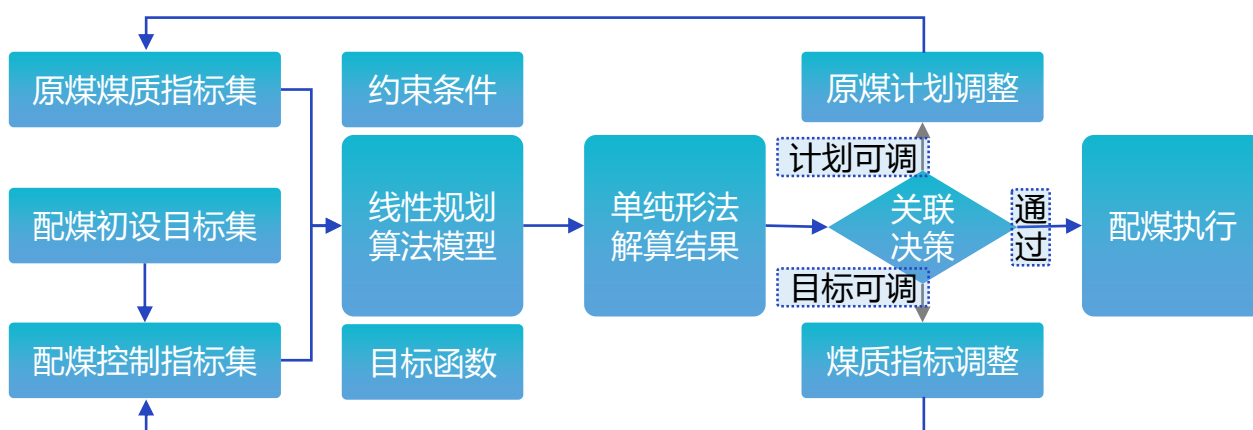


智能配煤专家系统核心能力

智能配煤专家系统是智能化成果应用并服务于配煤业务的具化体现，它凭借洗煤厂工业数据构建数学模型，以群体专家经验得到的定性知识构成基础规则模型，将基于解析的数学模型与基于知识的规则模型相结合，采用数学方法建立生产指标预测模型，提出配煤比例计算的实用方法，并实时控制配煤生产过程，其核心构件如下。



作为横向纵向关联的复杂系统，智能配煤专家系统核心能力是基于上述构件的整体智能化能力，其中最为关键的核心指标是煤质指标的可预测性以及煤质指标预测结果的可靠性。对此，实际配煤工作可以归纳为适用于煤炭生产单位的线性预测理论和适用于焦化生产单位的非线性预测理论，洗煤厂配煤即可归为典型的单目标线性规划问题，而单纯形法是求解线性规划问题最常用、最有效的算法，结合配煤业务其核心步骤可归纳如下。



智能配煤专家系统实践展望

智能算法爆发式增长和赋能赋智，以技术驱动配煤领域全面发展

配煤专家系统重点解决两个核心问题，一是配煤指标的预测与计算，二是配煤数学模型的优化求解。对于配煤指标的预测，传统算法仍以采用线性加权平均方法居多，但配煤与单煤之间并不是简单的线性关系，采用此类算法得到的结果存在一定误差。鉴于上述情况，行业内逐渐将算法丰富化，除线性加权平均方法外，BP神经网络方法、Elman神经网络方法、线性拟合方法、解析法、爬山法、遗传算法、穷举法、单纯形法、模拟退火法、图解法等算法用于建立煤质特性预测模型的案例日渐增多，配煤专家系统算法的多样化、体系化、智能化趋势日渐清晰。

洗选企业经济效益认知向社会效益认知跃迁带来的认知层次提升

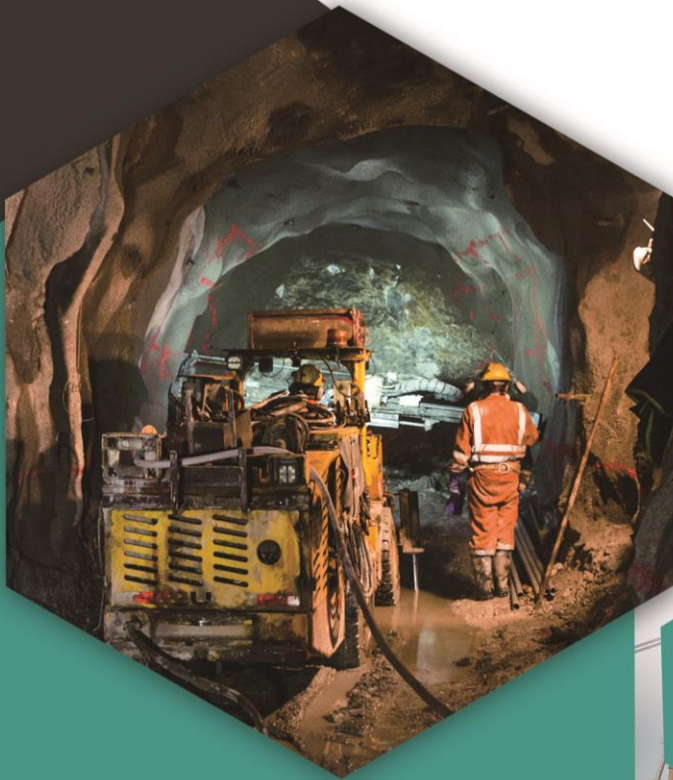
目前行业内对配煤专家系统研究不够、投入不足、应用不深的原因在于认知不足，实践案例多停留在试验阶段或为了智能化而智能化建设，部分是因为当前系统普遍存在原煤配比值稳定性差、对人工经验依赖性较强、难以满足配煤现场生产需求等问题，更深层原因是行业内对系统价值认知不足。应看到多煤层复杂煤质配洗入选已成为我国洗煤厂智能化建设与创新技术研究的重要方向，配煤专家系统是其核心内容，可促进生产经营管理等环节的智能化，属于智能化选煤厂建设中的智能管理部分，不仅是提高经济效益的有效途径，还是加快供给侧结构性改革，促使企业实现转型升级、全面提升市场竞争力的重要途径。

洗选企业内部数据关联范围扩大，洗选上下游行业领域应用扩展

伴随洗煤厂配煤专家系统智能算法核心能力提升，其关联范围也必将呈现扩大之势，例如开发式数据库与中台关联，输入输出系统与调度关联，执行控制系统与设备关联等。

配煤业务除了对洗煤厂意义重大之外，对于港口、仓储、发电、冶炼、原煤商品煤销售等行业领域也非常关键。配煤专家系统在采选领域具有典型意义，但对配煤专家系统的智能化需求并不限于开采、洗选等上游企业，而是全行业领域共性需求，未来行业领域扩展前景可观。

看行业 布局方案蓝图



智慧调度中心篇

数字孪生：推进智能化采矿迈入新时代

智慧矿山技术专家 宋平

数字孪生，融入矿山智能化建设

数字孪生 (Digital Twin, DT) 是以多维模型和融合数据为驱动，通过实时连接、映射、分析、交互来刻画、仿真、预测、优化和控制物理世界，使物理系统的全要素、全过程、全价值链达到最大限度的优化。数字孪生与各产业的深化融合能够有力推动各产业数字化、网络化、智能化发展进程，成为了产业变革的强大助力。

煤炭作为我国能源的基石，在生活、生产等环节始终处于“压舱石”的角色。“十四五”规划明确指出，要聚焦新一代信息技术和能源融合发展，开展能源领域用数字化、智能化共性关键技术研究。在国家政策、顶层架构及相关战略规划的多重推动下，数字孪生已伴随矿山智能化，形成新的应用及态势。

在当前智能化矿山建设的背景及发展目标下，煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，数字孪生面向煤炭工业互联互通及智能化应用，发挥连接物理世界和信息世界的桥梁与纽带作用，将在煤炭开采、视频监控、人机交互等方面提供更加实时、智能、高效的服务。

数字孪生矿山是对实体矿山设备设施的实时三维映射以及对地质资源和岩土工程环境的即时数据三维表示，同时也是一个开放的、互联的业务数据环境，包含了实体对象的属性信息，例如温度、转速、压力、润滑油、耗电量等设备参数及与其相关的智能分析功能，以及地质环境数据的及时采集、分析和使用。矿山实体对象与其数字化三维表达之间进行实时或即时的数据更新，实现在线的矿山生产信息和反馈控制信息的双向流通。

在煤矿进行智能化矿山升级建设过程中，顶层通过综合管控平台打造全量数据底座，上层融合矿井数字孪生平台建设，中层由数据平台提供标准化数据，底层通过数字化云底座支撑基础架构，满足《智能化示范煤矿验收管理办法》及煤矿生产作业及经营管理的应用场景。用数字孪生平台实现多维生产信息与空间信息的共享联动、智能分析、动态控制等目标。使得“四化”结构体系的业务数据全面融合，让数据发挥最大利用价值并产生增值，帮助工作人员实现管理、运营效率最大化，实现智能化矿山升级建设目标。

煤矿数字孪生平台架构

数字孪生平台充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。或者说数字孪生是实体或逻辑对象在数字空间的全生命周期的动态复制体，可基于丰富的历史和实时数据、先进的算法模型实现对对象状态和行为高保真度的数字化表征、模拟试验和预测。总结来说，数字孪生技术开发的核心要素其实就是数据、模型以及算法。

数字孪生平台架构如下图所示：



遵循基础数据采集→孪生数模构建→综合数据融合→核心业务应用→核心算法注入的数字孪生平台技术开发的核心思路，综合运用感知、计算、建模等信息技术，通过软件定义，对物理空间进行描述、诊断、预测、决策，进而实现物理空间与数字孪生空间的交互映射。

煤矿数字孪生建设内容

智能化矿山建设，结合孪生应用，按照统一原则标准建设数字孪生平台，建设内容包括但不限于：“孪生矿山仿真，透明矿井数字孪生智能交互管控，基于4DGIS的透明化矿山，综采工作面数字孪生，智能掘进工作面数字孪生，生产辅助系统数字孪生，大型设备数字孪生，机房数字孪生，矿山场景数字孪生”等。

建设原则及要求如下：

- 1、整合煤矿各子系统资源：充分整合煤矿现有系统资源，集中部署，统一调度，提升数据使用和分析能力。
- 2、统一子系统数据接口：数据接口的标准化是平台数据获取、互联互通、解决信息孤岛的关键，项目对各接入子系统进行改造，各系统提供标准的工业、信息化接口协议。
- 3、统一的传输网络：利用工业以太网，作为矿井统一的传输平台。
- 4、编码体系和标准化建设：①系统数据采集标准（数字孪生管控平台涉及多个子系统的信息采集）；②全矿系统数据编码体系（数字孪生管控平台，需要大量的基础数据，每个数据在系统中都需要唯一标识，为了确保系统数据的唯一性，系统设立数据编码规则，按照设置好的编码规则进行统一编码）。
- 5、统一数据库存储：构建全矿井统一的数据标准及数据仓库，实现全矿井数据标准化，综合信息的统一存储、数据共享和综合利用，为上级监管部门预留接口实现数据对接。
- 6、综合信息一张图：综合信息综合态势感知是基于数字孪生模型构建，以煤矿全场景为底图，通过图层化管理，将矿井生产相关的人员、环境、设备等生产运行信息在综合态势感知上进行展示，形成全矿井综合生产信息一张图应用，能够实现跨系统的报警联动控制、联动推图、数据调用、辅助应急指挥等功能。
- 7、安全生产管控：通过建设全矿井生产管控，实现矿井自有数据的充分整合、捕获各种生产、安全、调度系统的数据，利用云计算、大数据、物联网、人工智能等技术，挖掘煤矿安全、生产、调度数据之间的关系，实现数据驱动的煤矿安全生产调度指挥创新模式。
- 8、统一的平台展示设计：数字孪生平台可以利用丰富的组件快速设计展示界面、统一展示风格，采用统一的展示软件，实现全矿子系统及管理系统的风格统一及业务集成，为煤矿的智能化升级提高复用性，预留功能开发接口，根据煤矿需求扩展定制功能。

数字孪生，助力智能化矿山升级

综上，建立一套完整统一且独立的智能化矿山数字孪生体系，区别以往单纯三维可视化的单一展示功能，将建立全自主的超融合数字孪生描述级、交互级、诊断级应用支撑体系，包括异构要素通用接入、数字孪生框架构建、多维模型构建、多维度多角色交互系统构建、多态势决策信息支撑。通过虚实交换、虚实对比、虚实融合、虚实反演、闭环控制、正反向数据等过程建立面向煤矿生产作业整个过程的虚实映射方法，提升智能矿井安全，生产运行效率，加强应急响应能力，降低成本。全面匹配“四化”结构体系的业务数据全面融合，通过可视分析、决策支持，从而让数据发挥最大利用价值并产生增值，最大限度帮助工作人员提升管理、运营效率，有利促进高质量发展，实现数字化转型、智慧决策、信息体系升级的智能化矿山建设目标。



“井下滴滴”，矿井下的数字化变革

智慧矿山行业专家 彭涛

矿山辅助运输系统的现状与问题

矿山辅助运输初窥探

根据任务不同，煤矿的运输系统包括主运输系统和辅助运输系统，主运输系统解决煤炭的运输问题，辅助运输系统泛指煤矿生产中除了煤炭的其他运输的总和，具体包括人员、设备、物料等运输，下面是一些煤矿井下常见的辅助运输手段。



罐笼



猴车



胶轮车

千万吨级矿井的主力装备：无轨胶轮车

与其他辅运方式相比，无轨胶轮车脱离轨道运行、连续性强、使用便捷、安全性高，目前已成为以斜井辅助运输为主的中大型煤矿主力辅助运输方式。从用途来分，胶轮车可以分为运人的“人车”和运输物料、设备的“料车”两大类，根据乘坐人员数量的不同以及运载能力的区别分为多种规格，料车中还包含一类拉运液压支架等大型设备的特种作业车辆等等。

传统胶轮车运输的问题与烦恼

煤矿对于胶轮车的管理，大部分采用人工调度、表格记录的方式，在辅助运输数字化普及之前，对于胶轮车的行车安全、调度管理、人性服务方面尚未有效突破，笔者曾在国家能源集团神东公司某最先进的煤矿井下，在乘坐胶轮车前往世界上最先进的无人工作面的途中，在

该矿的辅助运输大巷遭遇了长达1个多小时的堵车，当时由于出井方向正驶出一辆大型特种作业平板车，此车体积宽大，其他车辆无法在狭窄的巷道中与之会车，必须提前躲避到巷道两侧的躲避硐或者分支巷道。而此时正值当天中班下井时段，大量小型料车正开往井下，井下环境黑暗，为避免堵车，该煤矿的胶轮车司机使用“灯语”进行沟通，通过矿灯远光灯连续闪动提示对向司机进行沟通避让，由于通讯距离短、提示不及时，造成两车直接在辅运大巷相接，后续车辆不断涌上，形成大堵车。

先进的工作面与落后的胶轮车通讯调度手段产生了鲜明的对比，引出无限思考。当然，煤矿胶轮车运输的核心问题远不止于此，还包括：

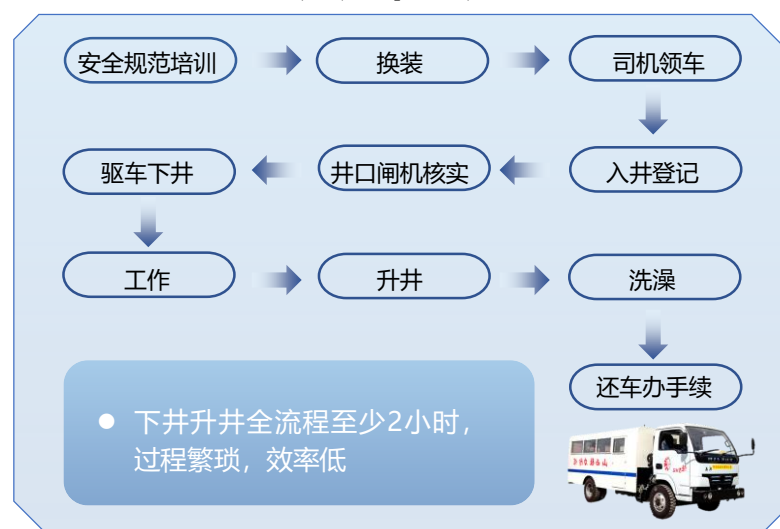
1、调度效率低下

胶轮车在煤矿大多属于稀缺资源，尤其是对料车的安排需要提前进行，一般由辅运科的调度室接打各用车单位电话，通过看板的方式安排司机和车辆执行任务，调度员的任务非常繁重，例如：在山西塔山煤矿，同时在井下工作的车辆一般有40-60辆，调度员需要持续接打用车部门电话，并向之反馈安排结果。一个矿井一般需要24小时值守2-4名调度人员。

2、车辆使用效率低下

井工煤矿特有的工作环境和流程导致，执行一次下井任务的时间较长。胶轮车司机下井拉一趟物料，即使有效的任务执行时间只有5分钟，也需要经过“申请领用车辆-换装-登记-驱车下井-到达地点执行任务-升井-洗澡-办理车辆归还”这一复杂流程，时间至少持续2小时，有效工作时间较短。由于调度手段原始，司机一次下井一般只能执行一个任务。

下井用车全流程



胶轮车调度

- 胶轮车是稀缺资源
- 调度员手工排班、有灰度
- 整体效率低

3、用车人体验不佳

由于调度和车辆使用效率的低下，一方面是对料车有需求的用车单位需要反复与调度沟通，同时核心生产任务受制于车辆安排，影响整体生产进度；另一方面是作为人车的乘客，尤其是出井乘客，在等待车辆的时候不清楚车辆的出井时间点和位置，在协调生产作业时间和升井时间上较为被动。

4、安全性缺乏保障

国家矿山安全监察局的统计数据表明，运输事故在矿井人员伤亡事件中排名前五，由于井下光线暗、巷道狭窄、视线受阻，胶轮车和人员碰撞造成伤亡事故时有发生，如何通过先进的数字化手段来保障矿工的生命安全，是当前亟需解决的问题。

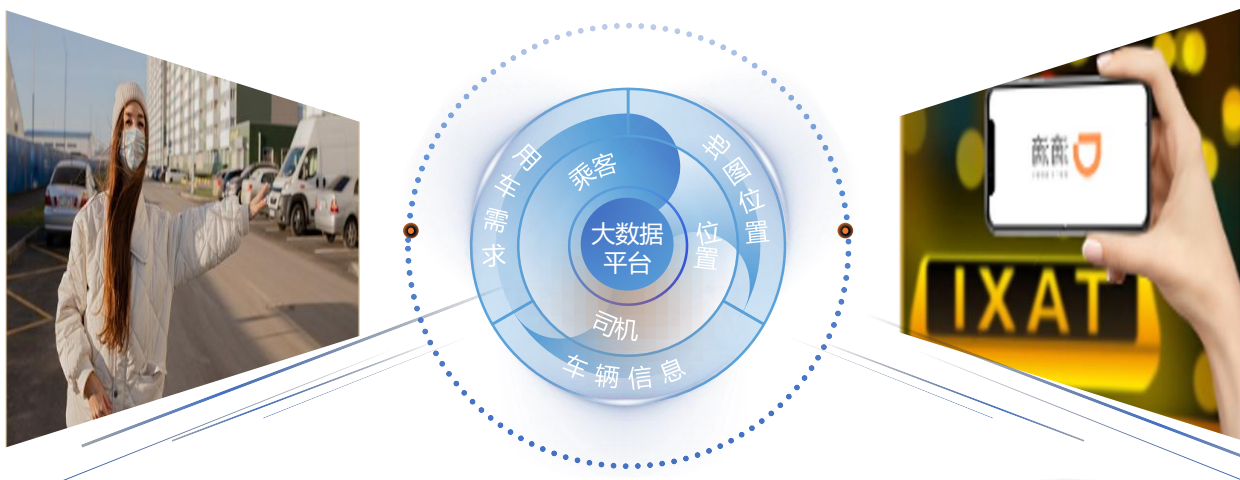
滴滴一下，幸福出发

胶轮车调度问题本质分析

通过现象看本质，当前煤矿胶轮车管理过程中种种困扰，其实都指向一个核心问题，即信息的不对称，其本质都是因为“信息盲区”导致，我们针对前面问题进行分析：

- 堵车问题——双方向的司机都没有及时掌握对方的位置信息。
- 调度繁琐——车辆、司机资源及用车需求没有得到良好匹配。
- 车辆效率问题——车辆工作任务未得到最优安排。
- 辅助运输安全事故——司机和周边作业人员都相互没有感知到对方。

我们借助传统出租车行业的数字化转型经验来看，在“滴滴”等互联网APP应用出现前，“乘客傻傻的等，出租车漫无目的跑”这类问题和煤矿胶轮车调度场景高度类似。



井下滴滴，数字化重塑胶轮车调度业务

数字技术是破除信息盲区的最好手段，在分析本质问题的基础上，我们对胶轮车业务进行重塑，将所有信息在数字世界中同步、计算和匹配，并通过数字化的装备反馈给相应的管理者、用车人、司机、乘客，打破传统的以人为核心的计划型派车模式，转变为以信息为核心的数字化动态匹配模式，通过数字化和企业的胶轮车调度管理模式流程再造，解决本质问题。

用车模式：以计划型的派单模式，变成互联网形式，人车需求自动匹配



基础信息的数字化

“井下滴滴”的实现，其技术基础是胶轮车业务相关实体的数字化，通过全面数字化实现辅助运输业务的信息载体转移，具体包括：

- 位置信息数字化——通过车辆、人员的高精度定位并同步到信息系统，实现位置全可知。
- 矿图数字化——将巷道地图坐标标准化、数字化，并与定位系统匹配。
- 用车需求数字化——用车单位的需求不再通过电话，而是以数字需求表单的形式体现。
- 车辆司机资源数字化——司机、车辆作为矿井胶轮车运输资源，将其在用状态数字化。
- 调度任务数字化——所有的指令不再以Excel表格记录，电话传达，而是变为系统中的数字化调度任务。

业务流程的再造

仅通过数字化，无法从根本上解决胶轮车调度的种种问题，在数字模式下，相应的业务对应作出改变，形成新的胶轮车管理业务模式，才是解决问题的根本办法：

- 运行模式的再造——“井下滴滴”模式根本上改变了胶轮车的运行模式，打破原有计划

型的带任务派车下井模式，变为安排一定数量的胶轮车提前在井下待命，等待系统派单的任务模式，司机接单后可以将车辆置为空车状态，继续接单，而不再是做完一个任务就升井。

- 调度模式的再造——“井下滴滴”模式根本上解放了原有的调度岗位，以前的电话调度员被智能化调度系统取代，原有的人工派车也变为由系统自动匹配用车需求、车辆司机资源、最近位置车辆后由系统派单执行。
- 用车流程的再造——各用车单位不再打电话提前申请用车，而是通过手机APP程序实时申请用车，派车结果直接可以在APP上查看，省略了反复的沟通。
- 考核模式的再造——原有的按照下井次数考核司机的模式发生了根本改变，由于一次下井可执行多次任务，现有司机考核模式变为完成派单任务的数量结合行驶里程的方式，激励司机干更多的工作，打破了原有的下井磨洋工问题。
- 驾驶模式的再造——通过车载信息终端武装司机和车辆，在辅助运输大巷行驶过程中，智能化后台系统会在大型特种作业车辆即将驶达时对双向车辆进行报警，提示提前避让，车辆在井下行驶时也会将附近的活动人员及时报送信息终端，提醒司机注意安全。
- 等车模式的再造——新业务模式下，通过在井下候车点建立信息化候车站，矿工可以了解每一趟出井和入井方向的人车位置、到达本站的时间以及车上座位情况，避免盲等。

“井下滴滴”系统的构成

从系统功能上，“井下滴滴”系统主要由以下部分构成：

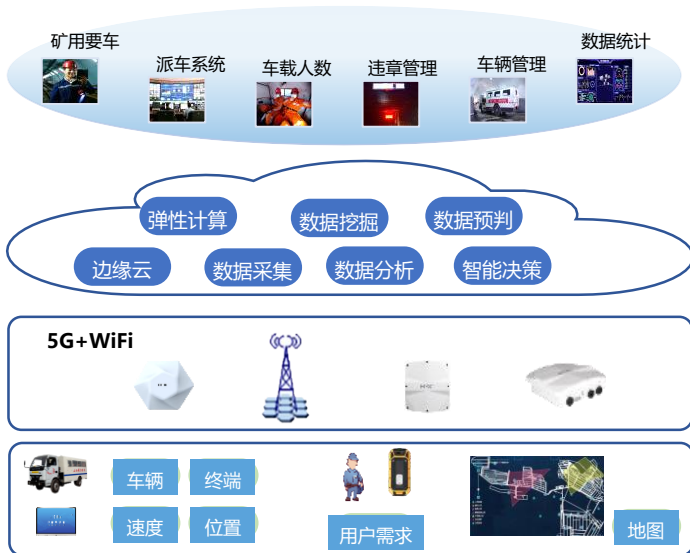
- 车载系统——收集车上信息，接受系统调度指令，实现视频通讯，向司机提供告警提示。
- 用车APP——为用车部门申请使用胶轮车提供入口，并反馈派车结果。
- 自动调度系统——动态匹配司机、车辆资源和用车需求，实现车辆派单自动化。
- 信息化候车系统——为矿工提供等车可视化服务。
- 综合分析系统——提供大数据分析功能，对车辆运行里程、关键道路的拥堵情况、各车队的任务量、运行效率进行综合分析，提供辅助决策依据。

从技术架构上，“井下滴滴”自下而上分为四层：

- 终端——包括UWB定位终端、车上信息传感器、摄像仪、车载平板、道路红绿灯及控制系统、候车点信息屏等构成。
- 网络——一般使用4G/5G或Wifi进行车辆通讯。

- 中台——对大量的人、车数据进行搜集和分析，对安全行为、告警提示进行计算。
- 应用——为各类终端用户提供应用服务。

智慧应用
中台层
网络层
终端层



用户APP

动态申请车辆
查阅分派情况
及时推送问题



司机车载终端

空车接受任务
行驶视频记录
防碰撞语音提醒

井下滴滴整体架构

系统上线后的改进效果

通过“井下滴滴”系统的全面上线，达到如下业务效果：

- 调度人员减少——由系统自动派单代替人工派单，实现岗位优化。
- 车辆效能提升——通过一次下井多次执行任务、就近调度节省里程达到提升胶轮车效能，减少车辆和司机、减少油耗的作用，通过告警避让减少堵车行为。
- 沟通成本降低——降低用车单位和调度员的沟通成本，派单有反馈、有保障。
- 矿工体验提升——车辆时刻全知晓，矿工候车有保障。
- 安全性提升——通过数字化构建的防碰撞提醒，构建行车系统本质安全。

总结

“井下滴滴”是一场发生在矿井下的成功数字化变革，通过将互联网行业的数字化思维成功移植到矿山传统工业领域，解决传统胶轮车调度及行车过程中的种种疑难问题，无疑是值得矿山行业深刻思考和借鉴的。

看行业 布局方案蓝图



智慧经营中心篇

云上智慧，煤矿行业云应用场景

智慧矿山技术专家 李佩

煤矿行业云介绍

煤矿行业云的搭建将有助于煤矿集团业务从离散化的建设模式向集约化、整体化的可持续发展模式转变，使得集团IT管理服务从各自为政、相互封闭的运作方式向跨部门跨区域的协同互动和资源共享转变。

煤矿行业云数据中心整体架构设计遵循面向业务需求的设计思路，以云计算和大数据技术为关键支撑，以服务实战应用为根本目标，构建统一的IT基础设施资源池，为应用系统提供敏捷、可靠、安全、弹性的IT基础设施服务，系统架构具备良好的可扩展性，保证数据中心业务动态扩展和新业务快速上线。

针对煤矿集团的企业特点以及组织管理架构，煤矿行业云适宜建设集团中心+矿区边缘的分布式云，达到“一核多翼”的效果。



集团中心云应用场景

煤矿行业云平台采用一核多翼的建设模式：一核主要是集团本部的私有云平台，多翼为各矿区分数据中心边缘云。

集团本部的私有云平台：主要承载集团总部的核心业务如开拓、采掘、运输、洗选、地测、通风、机电、调度、环保、经营、办公等系统。私有云平台的具体功能如下：

统一资源管理

提供集团云统一管理平台，实现云平台的统一资源健康管理能力，屏蔽不同资源类型的差异，为客户提供统一的操作入口，资源统一管理，按需分配，帮助客户减轻资源管理的负担，更加专注于上层业务。

统一云运营管理

在集团云平台上可以统一管理不同云环境提供的资源，支持多种计费策略、计量计费和账单功能；提供统一的分级组织管理功能，每个组织可以自定义使用多个云的资源。

统一云运维

集团云平台提供对多种运维工具的对接功能，将运维数据统一在集团云平台进行呈现，用户可以方便的通过集团云平台进行监控管理。集团云平台提供资源配置管理工具，可以统一管理IT资源和云资源，真正做到统一运维。运维功能可以从云、资源池、虚拟化资源、组织、用户等维度，进行服务分析、性能分析、容量分析。提供多维度告警功能，支持设置告警条件、合并同类告警和发送告警功能。提供多维度报表功能。

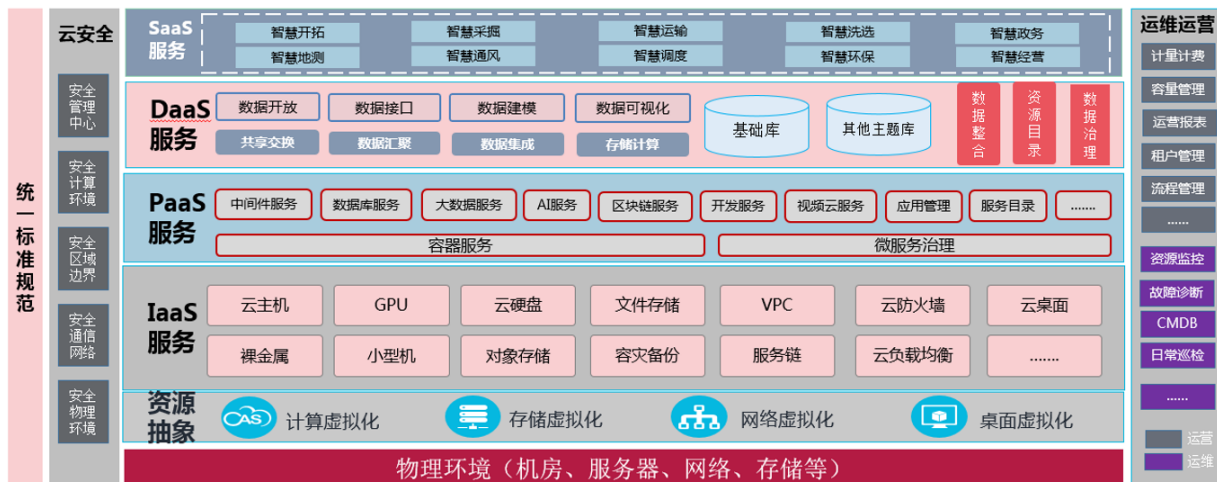
统一云服务

用户只需登录一个平台，即可管理和使用整个集团云平台提供的服务，而不需要使用多个账号分别登录每个平台，大大降低了操作使用难度。可以提供丰富的云服务功能，包括IaaS层的计算与存储、网络与安全、云数据库服务；PaaS层的中间件服务、应用服务、大数据服务；SaaS的软件服务；同时支持更高级的服务编排和云灾备服务。

统一云门户

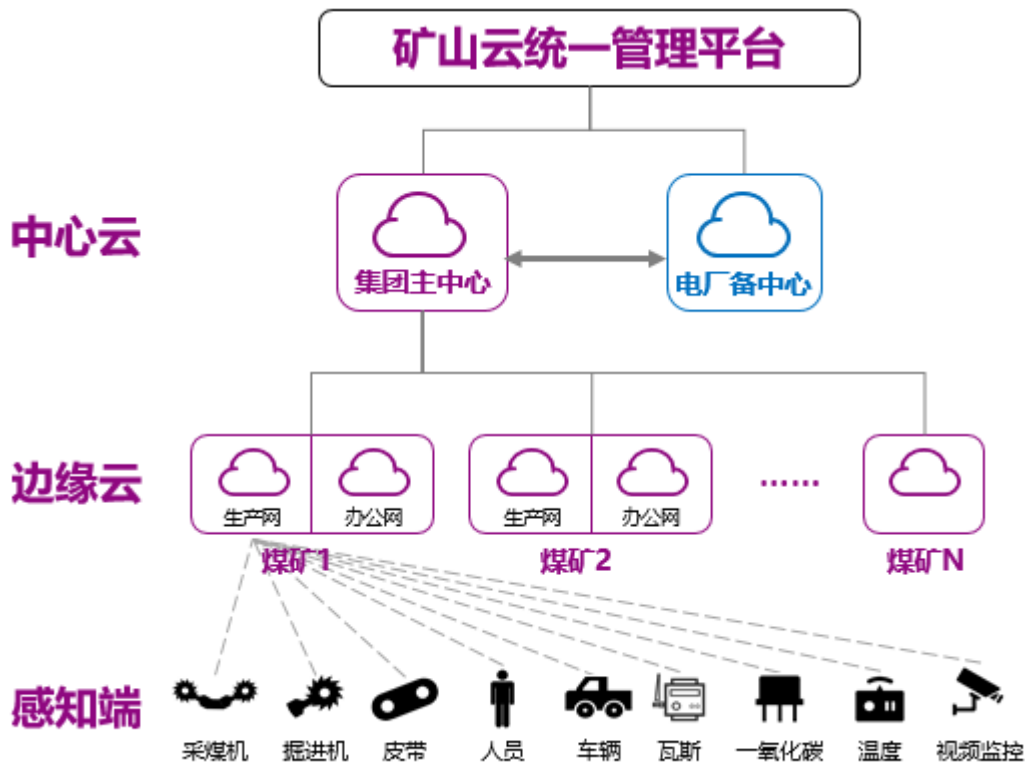
集团云门户负责对接底层云资源，提供统一的用户云门户，作为集团云服务的统一门户入口。

集团云数据中心逻辑上按照基础设施服务层、平台服务层、进行纵向分层设计，辅以云平台标准规范、安全管理、运维管理、运营管理与容灾备份各个体系提供支撑。



矿区边缘云应用场景

集团矿区边缘云主要承载矿区自身的生产控制业务应用等，结合煤矿集团的多样性需求和工业生产需要，构建起“应用协同、服务协同、数据协同、资源协同、安全协同”的云边端协同场景。



应用协同

中心统一托管、统一编排、一键下发；边缘快速部署上线；应用部署效率大幅提升。

◆ 应用迭代：

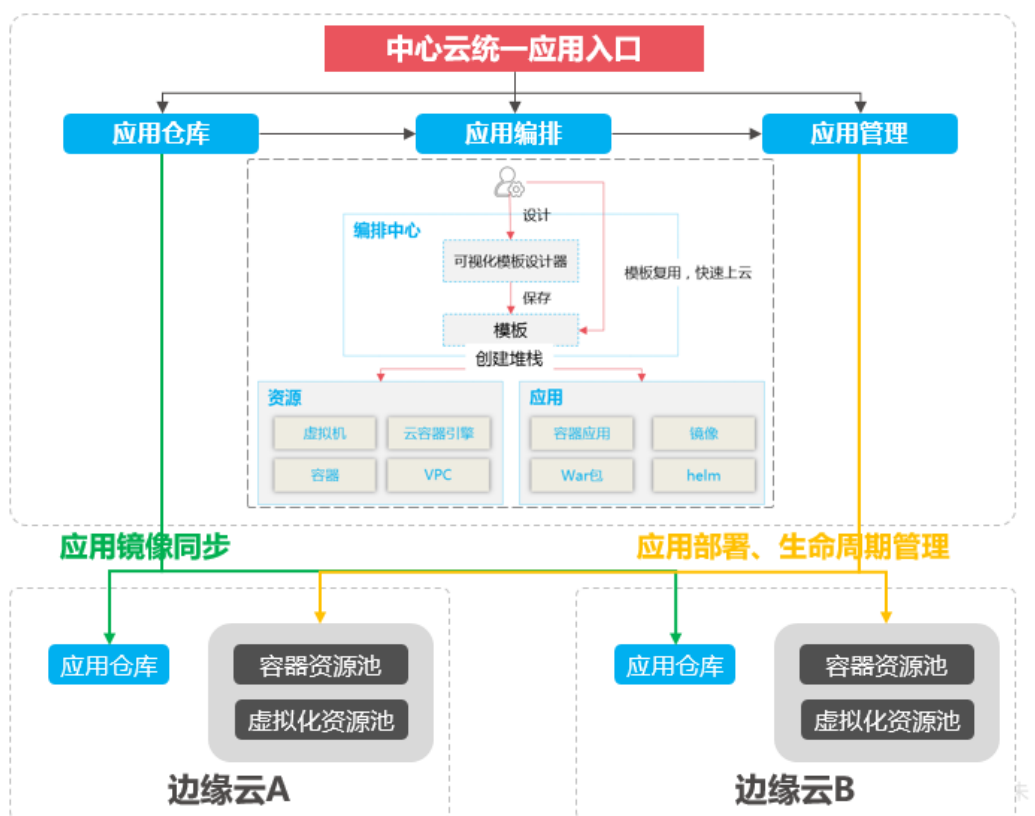
完整的DevOps方案，流程标准化，提升团队协作效率，纵向打通需求、开发、测试等各种工具链，交付质量可靠。

◆ 应用管理

企业应用安装包统一管理，云上的APP Store基于租户的仓库隔离与控制，安全性增强。

◆ 应用编排

支持复杂资源和应用配置模板编排，一劳永逸虚拟机、容器等资源和应用混合编排，减少适配一键下发至边端，秒级上线，减少繁琐的人工操作。



网络协同

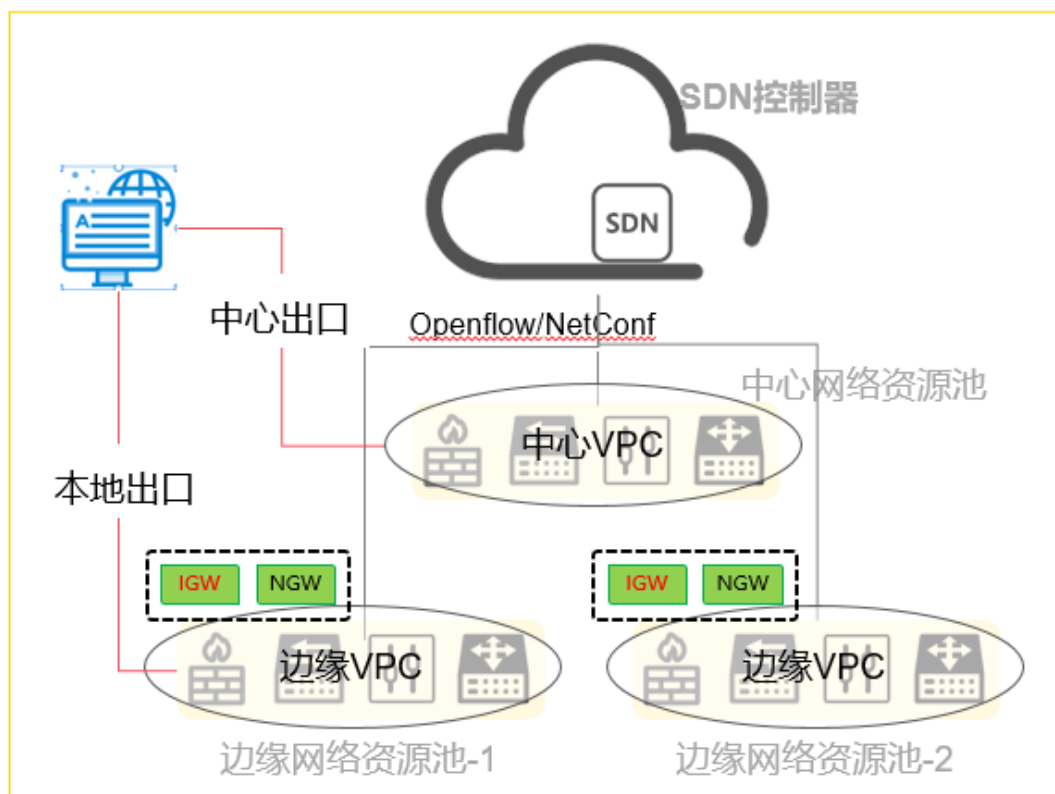
- 边缘网络资源池化，按需配置，构建灵活的Overlay网络
- 网络多出口，提升链路冗余和可靠性，大幅降低业务无法正常访问的概率

管理面协同

- 中心全局SDN，全域网元设备统一管理
- 中心边缘云网策略联动，自定义编排
- 统一IP资源池，云边IP自动分发

网关多出口

- 矿区边缘提供本地出口，支持本地业务访问
- GSLB服务探活网络出口，实现边缘业务技术切换



安全协同

安全能力按需组合，云边协同防护，同时兼顾集团中心和煤矿租户视角，建设边缘云纵深防护体系，完全满足集团中心以及各煤矿边缘业务的等保三级评测标准。

1个云安全管理平台

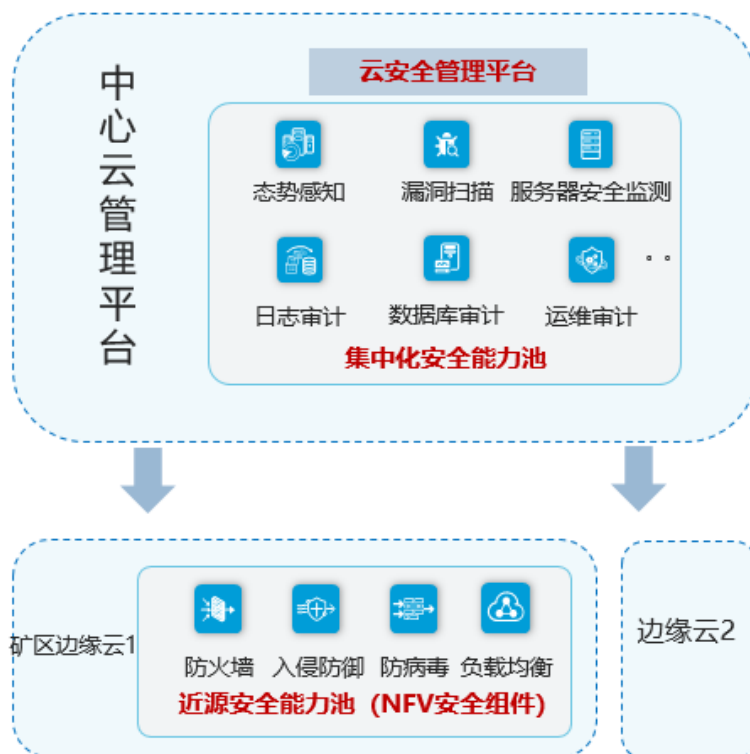
- 与云平台完全融合，提供集中化的统一安全运营监测；
- 支持边缘云安全的资源管理，策略管理和安全业务逻辑管理

1个集中安全能力池

- 中心平台部署审计型安全能力池，包括日志审计、漏洞扫描等安全组件；
- 为各个边缘节点提供审计、监测类安全能力；

N套边缘云安全节点

- 边缘云节点近源部署多态化的防护类安全能力；
- 以服务链编排方式为本节点业务流量提供防护；
- 通过管理网与集中化安全能力池互通



煤矿行业云未来展望

未来，煤矿行业云是面向煤矿工业数字化、网络化、智能化的底座，构建基于云边协同的海量数据采集、汇聚、分析的体系，形成企业、行业信息汇聚和交换的枢纽，支撑生产资源泛在连接、弹性供给、高效配置。

智慧矿山行业云应基于统一的平台融合数据和模型，提供云原生的智能化服务，即“数据+模型=服务”。统一的平台支撑多源数据的跨系统融合，与平台的设备模型、机理模型、业务模型结合，应用于经营与管理、设备故障诊断与健康管理和生产质量管理、生产效率优化、装备效能优化、生产安全等工业场景，实现管理优化、生产提质增效、增安降耗。

以柔应变，智能化与煤矿柔性供应体系

智慧矿山行业专家 彭涛

新形势下煤炭柔性供给的需求分析

国内外能源事件分析

能源是人类社会经济活动的基础，是整个社会秩序能维持建立的前提，能源稳定供应是国家头等大事。近年来能源供应相关的热点事件增加，由能源引发的社会问题引起人们深度思考，以下是近年来的一些社会热点事件：

国际能源署：世界正处于“第一次真正的全球能源危机”

不断上升的通胀和包括石油、天然气和煤炭在内多种能源的价格飙升正在冲击欧洲的消费者。随着北半球准备进入冬季，能源价格走高且供应短缺的可能性对欧洲消费者来说是潜在的危险。国际能源署（IEA）署长法提赫·比罗尔（Fatih Birol）2022年10月25日表示，世界进入了“第一次真正的全球能源危机”。比罗尔说，如果今年冬季是一个暖冬，欧洲也许能够熬过这个冬天，但欧洲仍将为能源短缺付出巨大的代价。



东北多地突然拉闸限电影响居民生活，电力需求缓解尚无时间表

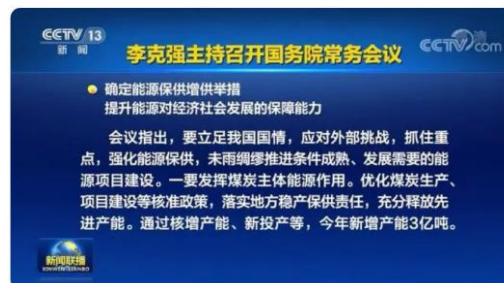


因煤价高位运行、电煤紧缺，2021年9月，全国多地均在执行限电工作，大多集中在高能耗行业以及部分轻工业工厂。尤其是在东北，多地在未通知的情况下突然限制居民用电，每次停电数小时，个别地方甚至出现红绿灯停工、电梯停运的现象。同时，临近供暖期，居民对是否能够保证正常供暖提出质疑。记者了解到，东北三省出现限制居民用电的区域

多集中在地市级城市和城镇地区。据东北多地有关电力部门工作人员表示，限制居民用电是因为对非居民执行了有序用电后仍存在缺口，待缓解电力需求紧张情况后，将会优先保障民生用电，尚不清楚具体计划以及时间。

国常会决定新增煤炭产能3亿吨

2022年4月20日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，会议上强调了能源是我国经济社会发展的基础支撑，并提出通过核增产能、扩产、新投产等，今年新增煤炭产能3亿吨。在去产能的大背景下，十三五时期，煤炭行业退出落后产能10亿吨/年以上，去年四季度已经释放了2.2亿吨/年产能，增加煤炭产能，一方面是去年以来煤炭供需整体偏紧，另一方面则是突发因素。自2021年以来，国际市场能源价格大幅上涨，国内电力、煤炭供需持续偏紧。2021年1-8月全社会用电量同比增长13.8%。但为了维持用电与燃煤之间的平衡，在2021年9月下旬，中国多地出现拉闸限电、停工停产现象，多个能源大省相继发布通知，推动煤炭保供和增产。



又到毕业季，煤炭企业除了“招人难”，还面临“留人难”

在煤炭企业，老矿区、老企业职工老龄化问题更为突出，一线管理人员中，41岁及以上人员占比46.72%；一线工人中，41岁及以上人员占比达55.6%。中国矿业大学（北京）原副校长姜耀东指出：“人才招聘跟不上，职工新老接替等问题将更突出。这些都将严重制约煤炭行业高质量发展。”近年来的“招人难”及大量人才流失，均已严重制约企业正常发展。

煤炭柔性供给的意义和必要性

从近年的社会热点事件分析可以得出，新形势下的经济发展、清洁低碳要求与能源供应之间存在很大的调和空间，作为中国的主要能源，煤炭生产供应需要在新的形势下具备更大的柔性，煤炭产量可以根据需求动态调整，以满足越来越多变的形势需求：

1、“双碳”的发展要求——风、光、水电等可再生能源体系在国家一次能源中的构成越来越高，然而可再生能源受制于气候、环境、季节等多重因素影响具备不确定性，新能源体系的不确定性，需要煤炭供应的柔性作为相互补充，美国2022年初的大停电事件很大程度是因为没有协调好传统电力与新型能源的相互关系造成的后果。

2、季节和区域的差异性需求——我国煤炭资源分布区域极不均衡，生产和消费格局之间存在很大错位，东部地区煤炭对外依存度达到85%，随着煤炭生产继续向西部资源富存区域聚集，区域供需矛盾将进一步拉大。近年来，极寒极热等极端天气发生越来越多，对于煤炭、电力能源的季节性缺口也逐步增大，煤炭供应存在区域性、季节性紧张现象。



3、国际能源博弈和地缘政治格局的要求——俄乌战争引发的国际能源危机给我们敲响了警钟，欧洲的能源寒冬时刻提示我们，能源命脉需要把控在自己手中。我国油气等资源仍具备较大的对外依存度，而煤炭作为国家能源主体命脉，其供应需要能稳定应对各种突发状况下的需求，这也对煤炭生产的柔性供应能力提出更高的要求。

煤炭柔性供应体系的实现

实现煤炭柔性供给的问题和困难

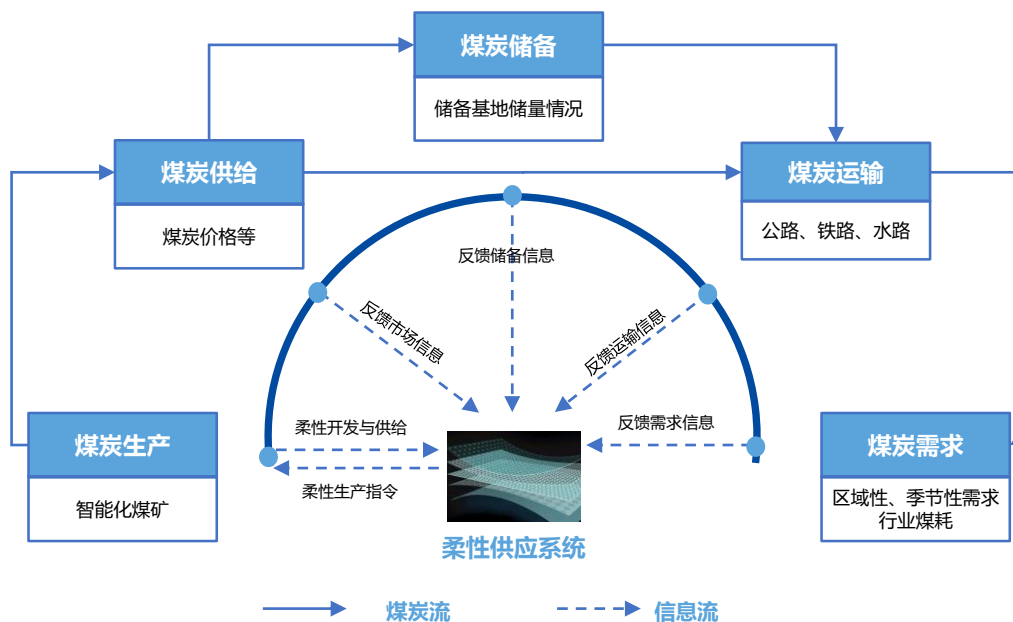
往大说，整个能源体系柔性包含了能源供应、运输、消费的系统柔性，往小看，煤炭的柔性供应则是煤炭产量可随时随地应对较大幅度的变化。而现实情况下，煤炭的柔性供应体系面临诸多条件的制约：

- 1、生产技术的制约——煤炭生产作为典型的流程型制造业，其主要作业工艺是流水式的，尤其是我国占比较大的井工煤矿，需要经历煤炭勘测、开拓、掘进、采煤、运输、洗选等直链式流程，而一些关键流程如掘进、洗选等在技术不发生变革的情况下，其能力扩充度有限，而这将制约整个煤炭供给的柔性。
- 2、人员因素的制约——煤炭企业大多都是国有企业，职工相对稳定，现有生产模式若不能解决生产力依赖劳动力密集的模式，则很难获得根本性改变，而且煤炭生产需要各种专业工种，在任何情况下，要增加或者减少职工，对于企业来说，尤其是当前煤炭企业面临越来越严重的“招工难”情况下，都是很难操作的一件事情。
- 3、需求预测能力的制约——由于缺少对煤炭需求的精准预测和预警，现有煤炭生产和运输衔接的方式制约了短期内实现智能柔性供给。煤炭运输主要通过铁路、公路和水运，其运输能力需要对国家各种供应物资进行统筹安排，需要动态、精准、提前对煤炭需求进行预测，对生产运输进行协调安排，才能有效保障煤炭的柔性供应。

煤炭柔性供应体系的架构

从上述的问题分析可以看出，解决煤炭的柔性供应问题，需要打破生产技术的制约，实现掘进、采煤、运输等煤炭生产系统链上的瓶颈流程生产能力的“爆发力”问题，这需要通过技术革新极大提升现有生产“潜力”；同时需要通过企业转型，在当前煤炭减少生产过程中对于人员的依赖，由劳动密集型企业转化为技术密集型企业，实现企业的脱胎换骨；在打通产、运、储、销各环节过程中，企业需要准确的预测煤炭市场需求，灵活调度储运环节实现对于煤炭市场需求的动态感知和满足，从而在千变万化的需求变动之中，以不变应万变，立于不败之地。

煤炭柔性供应系统架构



在煤炭柔性供应系统架构中，基于新一代信息技术与煤炭开发、运输、消费等全产业链的深度融合，形成需求驱动、精准预测、上下游协同、一体化运行的煤炭智能柔性开发供给运行模式，通过柔性生产系统和柔性供给体系实现供给、需求的动态平衡。煤炭智能柔性开发供给体系运行主要包括四个方面：

- 1、对煤炭企业进行智能化改造，提升煤矿生产系统柔性度，并进行智能化煤矿头型调节科学增产潜能评估和备案；
- 2、建设“煤矿-集团-省级-国家级”煤矿生产和交易智能化平台，进行安全生产、高效产能精准分析及预测，实现供需信息共享；
- 3、建立生产、销售、运输和消费监测分析服务机构与机制，确定合理的供应链柔性度；
- 4、强化政府指导调节和政策激励机制，根据柔性方案提供煤矿生产能力调节、运输能力调整的干预和指导；

以智能化为基础的煤炭柔性供应体系关键技术

煤炭柔性供应系统架构的关键一是企业本身生产能力的提升，二是各相关业务链的信息精准预测和高度协同，而煤矿智能化技术是解决此二类问题的最好手段，以智能化为基础的煤炭柔性供应解决方案涉及以下核心技术：

1、5G等先进通讯技术

新一代信息技术与煤炭开发、运输、销售进行融合是煤炭智能柔性开发供给体系的基础。5G通信技术以其特有的大带宽、低延时和广连接特性，不仅可以为煤矿智能化建设构建数据高速稳定传输通道，还可以为煤炭柔性供给体系构建数据传输高速公路。

2、自动化及机器人技术

高度协同，智能运行的各类采、掘、运、洗选等单机及多环节协同的生产自动化系统，无人值守的泵房、变电所、通风系统大大提升了生产效率，建设更高产、更连续、更少故障的生产系统，通过系统对人的替代减少了企业对于劳动力的需求，使得生产系统具备更大的柔性。

3、区块链、大数据技术

区块链、大数据等技术助力实现信息安全、可靠及深度的挖掘与融合应用，通过区块链的去中心化、信息共享和不可篡改性保障煤炭产销数据的准确性，并通过大数据算法对煤炭产销平衡及供给方案进行数据建模和优化。

4、数据治理技术

煤炭的柔性供应、存储、运输及消费需要拉通上下游产业链众多信息，需要用信息技术构建从集团到矿业公司再到企业的多级大数据中心，对接大量的数据信息，分析和挖掘各类信息，通过煤矿开采的全过程数据链条，智能决策智能化和运行自动化。

| 总结

煤炭资源柔性开发供给体系，是新形势下国家能源基础保障的战略需要，也是煤炭企业高质量发展的要求，近年来国际、国内复杂局势下产生的能源危机为我们敲响了警钟，构建煤炭资源柔性开发供给体系的首要任务是以智能化解放生产力，提升煤炭企业的供应能力，减少对人工的依赖，还需要全面预测煤炭需求，以信息化打通煤炭生产供需的全链条，实现精准供应。

风云涌动下的能源安全与信息安全

智慧矿山技术专家 董凯

欧洲能源危机提出的警示

随着国际形势的不断变化，虽然寒冬未至，但是欧洲的能源寒冬已经悄悄来临。为应对能源采购成本不断的增加，许多欧洲国家不得不提出了节能过冬的政策，如：降低冬季采暖温度、降低用电设施使用时长和频度、提倡居家办公降低出行能源支出等。本次能源危机不仅仅对欧洲工业生产、国民经济造成重大影响，甚至对于普通百姓的日常生活保障也带来极大的危害。由此可见能源的供给安全是一个国家长治久安和稳定发展的基础前提。

我国能源禀赋的特点是“富煤、贫油、少气”。据自然资源部发布《中国矿产资源报告2022》中显示，2021年度煤炭消费占一次能源消费总量的比重为56.0%。我国对于煤炭能源的消费占比依然十分严重。据国家统计局数据显示，2021年我国生产原煤40.7亿吨，进口煤炭3.2亿吨，进口量比上年增长6.6%。为保障我国能源结构稳定，保障我国能源供给安全和提升我国经济发展的长期稳定性，近年来国家提出了智能化矿山建设工作，以及更加积极的心态、更加先进的技术储备和更加充分的资源利用水平，来应对未来更具变化的地区局势和国际竞争态势。

欧洲能源危机，为我国敲响了警钟，能源安全关乎着一个国家的兴衰、长治久安和人民安居乐业的幸福指数，能源无小事，保障能源安全就是保障国家安全！



因

1 能源供给结构单一，能源产业结构不合理

2 能源进口依赖比重过大，自给能力不足

果


1 产业衰退、国际竞争力下降

2 水深火热的人民生活状态

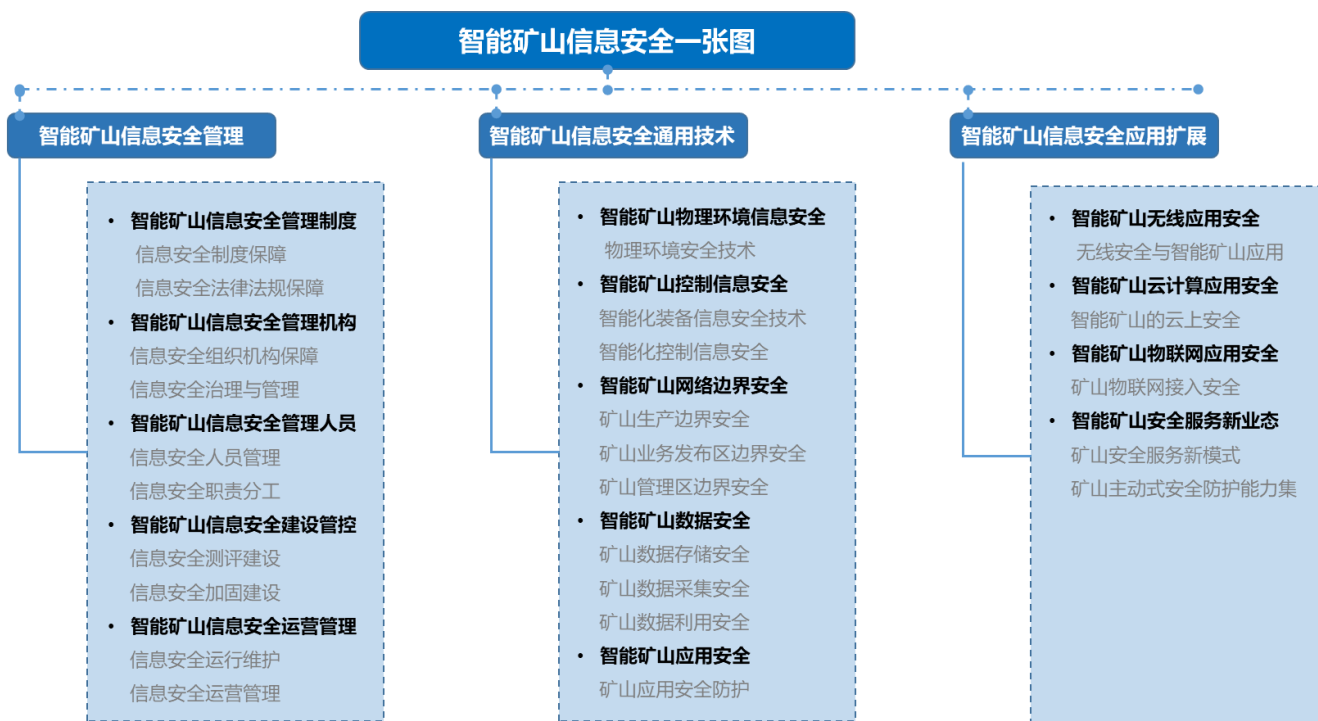
危机四伏的能源安全与信息安全

我国能源产业结构以煤炭为主，煤炭是我国能源的根基，煤炭供应安全关乎我国能源安全的大局，并且煤炭行业是一个重资产、海外技术依赖度较高、工业化程度较强的传统型重工业行业。近年来，伴随着全球工业自动化能力的不断增强，煤炭企业从勘探、开采、运输、综合利用等各个环节，都开始逐步引入更多的工业自动化装置和设备，并通过与先进的信息化技术进行整合，以实现矿山智能化建设美好愿景。

但是，工业化和信息化的两化深度融合，也为智能化开采利用过程带来了各种各样的问题和挑战。据央视新闻报道，我国2020年有公开报道的工业信息安全事件约70件，装备制造、能源等行业为遭受网络攻击最严重领域，占比分别达到27%、22%。2020年新增工业控制系统安全漏洞数达682个，增长率为20%。其中高危漏洞272个，中危漏洞364个，中高危漏洞占比高达93.3%。由此可见能源安全与信息安全密不可分。

- 
- 2021年5月 美国最大的油气管道公司遭受网络攻击，导致业务停摆，直接影响5000余万人的油气供应。
 - 2021年3月 沙特阿美石油公司盗窃1TB专有数据泄露，导致15000名员工个人信息、多家炼厂及客户名单与合同信息泄露。
 - 2020年6月巴西电力公司遭受黑客勒索病毒攻击，最终不得不向黑客支付1400万美元。
 - 2021年4月 以色列摩萨德是对伊朗纳坦兹核设施进行网络攻击，导致伊朗浓缩铀工作暂停。

智能化矿山建设中，不可忽视的信息安全



图：智能矿山信息安全一张图

智能矿山与信息安全协同发展所遇到的问题

- 无人化、少人化的智能矿山，让本就缺乏专业安全人员的矿山安全更加岌岌可危。矿山信息安全管理、信息安全应用和常态化信息化安全防护，应当逐步提升到作为智能化矿山建设的重要基石的认知高度。
- 有些传统矿山企业之前只关注矿山生产，而忽视了矿山信息安全防护，在国家智能化矿山建设指导中为缓解这一问题，特意增加了智能化矿山等级保护的技术建设要求。伴随着国家不断完善网络安全法律法规的要求，未来矿山行业不重视安全，将有可能受到法律的制裁。
- 矿山行业信息安全基础本就薄弱，在智能化矿山建设中又必不可少的采用了更多数字化应用底层技术，如大数据、云计算、工业互联网以及新型通讯技术（4G / 5G / WiFi 等），所以新型智慧矿山应用的建设理应与矿山信息安全防护应用协同建设，不能顾此失彼。

智能矿山信息安全管理

难题

- 矿山行业信息安全专属工具资料不足，管理人员无从下手。
- 矿山企业组织结构分散，信息安全管理责任和专职信息安全管理人員不足。
- 信息安全管控意识还需进一步增强，并且矿山安全技术基础相对薄弱。

解法

- 1、优化组织保障，提升信息安全防护重视程度，依托智能化矿山等保建设完善矿山安全管理制度和职责分工。
- 2、强化矿山企业信息安全人员培养，并通过多种安全服务模式，加大对于矿山信息安全的指导与帮扶。
- 3、助力打造矿山行业专属信息安全工具书，让管理者有据可查、有法可依。

矿山信息安全历史基础资料短缺，行业关注度不够、政策标准指导不足

矿山信息安全
专属资料不足

矿山信息安全
安全管理隐患

矿山信息安全
基础能力不足

矿山信息安全
安全人员不足

传统矿山企业重视生产，不重视信息安全建设工作，危机意识不足

矿山企业一线用工难，一线矿工普遍文化素质偏低，信息安全意识薄弱

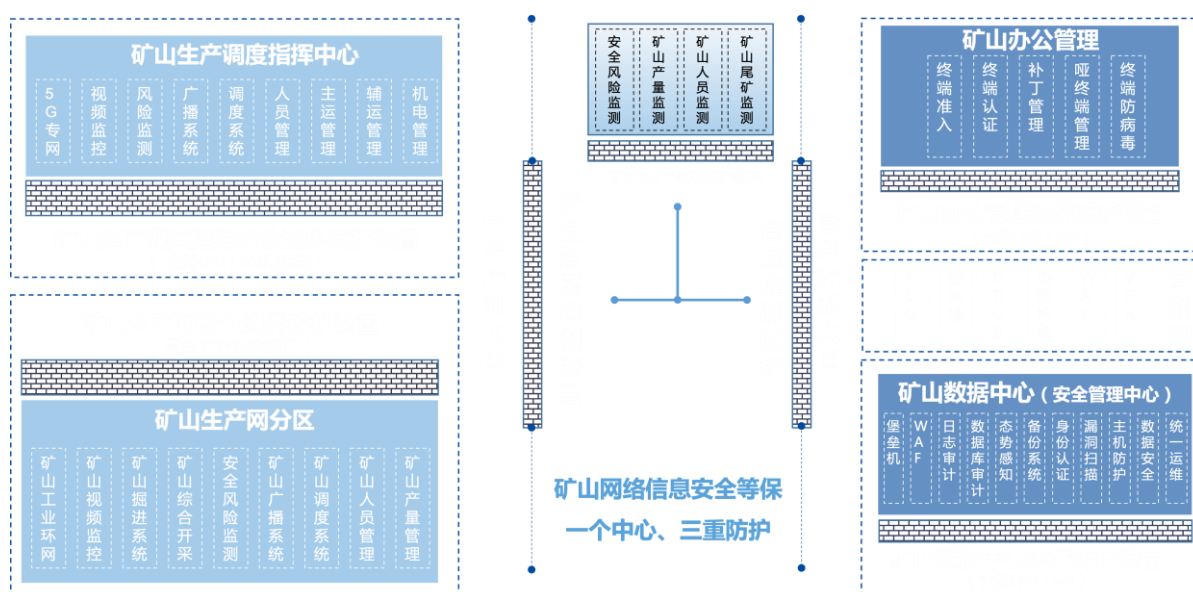
智能矿山信息安全通用技术

难题

- 传统矿山行业对于信息化安全防护比较简单，在新型智慧化矿山建设过程中新技术的应用，也为矿山行业带来了新的信息安全技术风险。
- 矿山行业是一个工业重资产生产型行业，连续安全生产和人员安全保障受到高度重视，这就存在着信息安全设备上线和业务连续生产保障之间的矛盾。
- 伴随矿山监管力度的不断加大，矿山行业除了通用工业型生产企业的管理网和生产网之外，还独有一套矿山信息业务上报应用，所以矿山行业的信息化安全防护，相较以往的传统工业性企业信息安全防护更加复杂。

解法

- 1、新技术风险就要用新型主动安全防护技术进行整体性的安全防护进行综合性治理，从矿山信息访问关键路径和访问模型出发，基于矿山等保建设思路，建立矿山“一个中心，三重防护”的信息安全防护体系。
- 2、针对工业安全重资产、连续应用的场景，在信息安全和工控安全防护的基础上兼顾业务连续性，解决因保障生产而导致生产安全事故出现的问题。
- 3、针对矿山信息业务上报应用，应在生产区和管理大区之间，搭建专属业务应用发布区，专网专用，并在生产与管理大区之间实现网闸隔离，以保证生产信息安全。



图：智能矿山信息安全技术架构

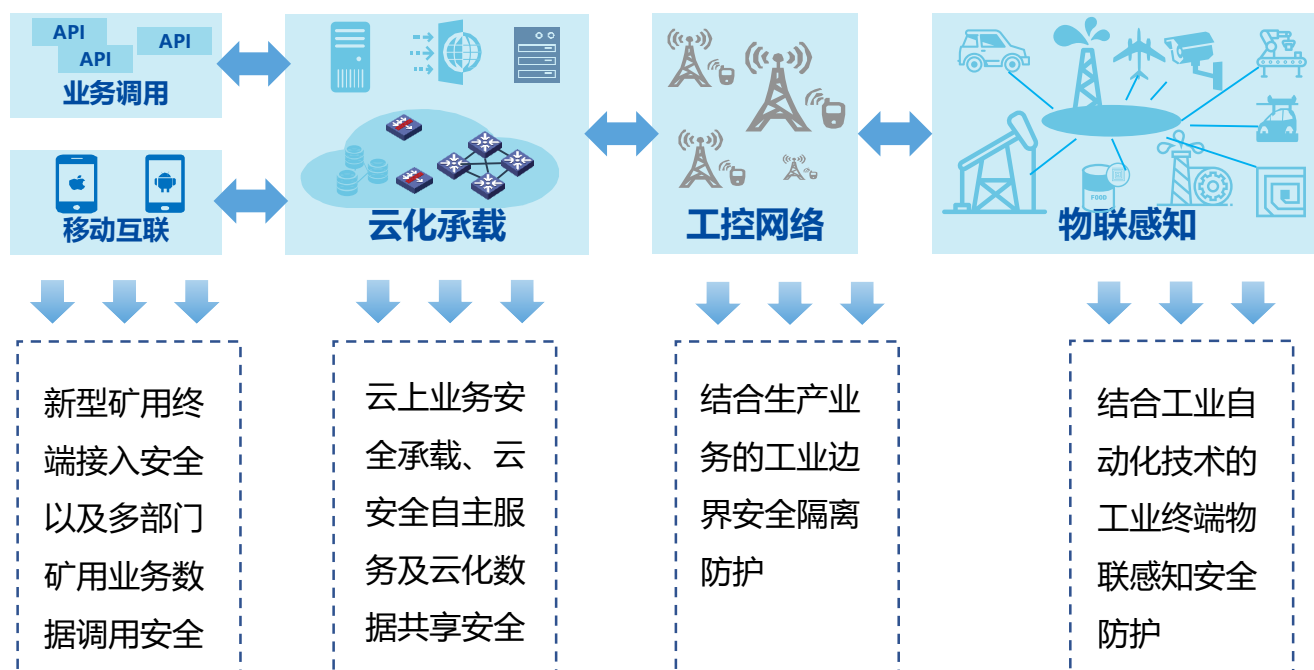
智能矿山信息安全应用扩展

难题

- 智能化矿山是在矿山工业自动化基础之上，结合工业互联网、大数据、云计算、AI人工智能、5G和WIFI等信息化数字化技术相结合的产物，新技术应用以及与传统行业应用的整合，一旦信息安全重视程度不够，往往就会出现各种信息安全隐患和问题。如：5G公网业务与工业控制类业务的安全隔离问题、大数据业务带来数据采集风险、数据共享风险、数据发布风险等。

解法

- 针对新型的通信技术应用，应当以独立化、轻量化、本地化和本质安全化部署为主，构建基于矿山实际业务生产为核心的矿山通信应用体系，以保证矿山信息安全基础条件。
- 针对矿山数字化云平台，应当在保障云（公有云、私有云和混合云）安全的前提下，为智能化矿山提供安全云化技术底座。
- 针对矿山大数据安全风险，应严格界定数据采集、治理、应用和发布的边界，实现矿山数据的安全有效应用，避免由数据泄露导致的隔离安全风险事件的发生。



看行业 布局方案蓝图



智慧园区篇

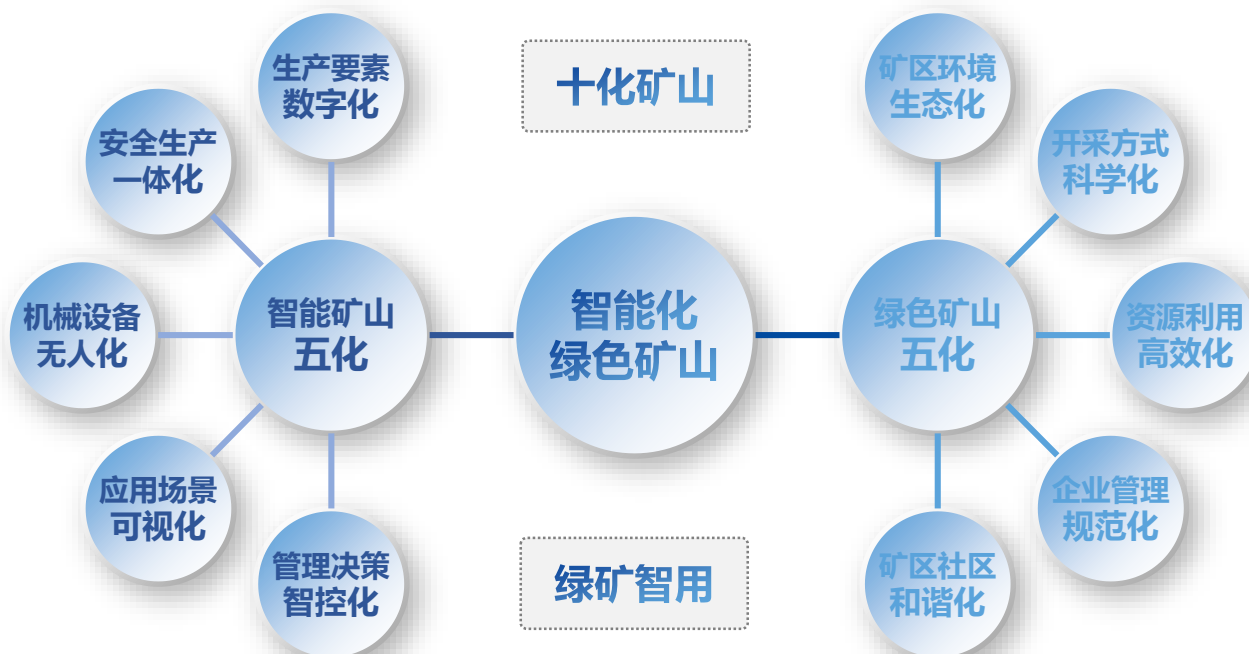
绿色矿山：可持续发展，绿色矿山的关键技术与应用

智慧矿山行业专家 彭涛

融合发展，绿色矿山拥抱智慧化

绿色矿山是指矿产资源开发全过程，既要严格实施科学有序的开采，又要将对矿区及周边生态环境的扰动控制在环境可承受的范围内；对于必须破坏扰动的部分，应当通过科学设计、先进合理的有效措施，确保矿山的存在、发展直至终结，始终与周边环境相协调，并融合于社会可持续发展轨道中的一种崭新的矿业形象。

“绿色、智能、共享”是绿色矿山建设的主旋律。矿山建设的三大要素是生产系统、资源和环境，设计合理的生产系统、选用合适的技术与装备、采用最优的工艺流程，对资源的节约开发和综合利用以及环境的最优保护是绿色矿山建设的核心内容。而智能化是基于原有的技术、装备和工艺，使传统的业务系统与物联网有机的融合，提升原有系统的生产控制能力，其本质是利用现代信息技术实现节约、高效、精准、可持续开发矿产资源。因此绿色矿山建设离不开智能化发展和助力，可以说，智能化绿色矿山是绿色矿山的升级版。



技术驱动，绿色矿山秀出科技范

绿色矿山建设离不开技术驱动，绿色矿山的主要技术发展方向如下：

- 加强技术工艺装备的更新改造，采用高效节能的新技术、新工艺、新设备、新材料。
- 推进机械化减人、自动化换人，推动远程管控、在线值守直至无人开采。
- 加强生产管理信息化，采用信息技术、网络技术、控制技术、智能技术，实现矿山企业经营、生产、决策、安全、控制全面信息化。
- 建立全面的灾害监测系统、防灾减灾系统、预警预报系统、人车定位系统、网络监控系统等，实现生产过程监测实时化，确保生产安全。

绿色矿山建设是矿区环境、资源开发方式、资源综合利用、节能减排、科技创新与智能化矿山、企业关联与企业形象的共同体。绿色开采是绿色矿山建设的核心，绿色开采特征是以人为本、技术先进、绿色技术、生态恢复，其中部分关键技术驱动举例如下：

- 遥感技术驱动：为应对矿山无序开采、非法开采、开采不当所造成的地质灾害和环境破坏，利用微波遥感技术和高光谱遥感技术，辅以无人机倾斜摄影数据，形成二维、三维可视化场景，辅助企业编制合理的开采计划、落实矿产资源保护和矿山生态恢复。
- 清洁低碳技术驱动：针对设备、工艺碳排放统计情况，开展开采、掘进、运输、通风、排水、选煤清洁低碳能源替代技术，例如运输环节电动车辆、纯电自卸矿卡、氢能重卡等技术应用，例如生产及辅助环节电能替代和分布式绿电使用，例如集中供热、余热能源回收、分散场所采暖等。
- 少人无人技术驱动：依托智能化采煤工作面、掘进工作面无人化技术，推动采掘作业少人无人化，固定岗位实现无人值守，主要灾害实现精准预警，通风系统实现远程控制，生产现场实现多型无人机、机器人全覆盖。
- 开采技术驱动：以开采技术创新为引领，聚焦绿色开采工艺，无煤柱开采、充填开采、保水开采、煤与瓦斯共采等新技术的广泛推广和应用。

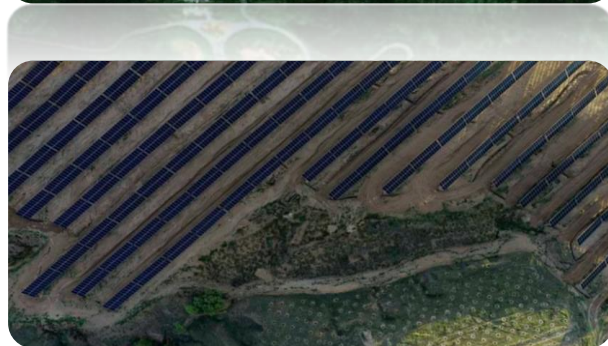
典型举措，绿色矿山实践出真知

绿色矿山建设自提出以来发展迅速，政策要求以2020年自然资源部矿产资源保护监督司印发的《绿色矿山评价指标》和《绿色矿山遴选第三方评估工作要求》为基准，在近年来低碳环保、碳达峰、碳中和的持续推进下，绿色矿山建设发展更加广泛化深入化。同时伴随智能化矿山建设的发展，绿色矿山建设也得到其极大助推。目前国内在绿色矿山建设和实践中的典型举措简介如下：

- 采用全煤巷开拓布置，减少巷道总量，一方面减少矸石采出量，另一方面减少开拓工程量、缩短投产工期；针对不同的地质构造及煤层赋存条件，选用相适宜的采煤方法，在保证煤炭回采率的前提下，减少开采过程中顶、底板的混入量；加快新型智能化开采设备的研发，与超前勘探技术相结合，依据煤层变化快速、自动调整开采参数，实现煤炭安全智能精准开采。
- 生产中控制工作面的端面距，采取及时有效的护顶措施，减少矸石冒落，对井下原煤开采过程中顶、底板的剥离量给出具体规定，确保矸石含量保持在非常低的水平，稳定出井原煤质量；通过加强掘进巷道工程质量和采用合理的巷道支护手段，提高支护效果，降低巷道变形量，减少巷道维修量和维修次数，从而减少产生矸石量。
- 采用块矸分选工艺，包括柔性空气室跳汰分选、重介浅槽分选、动筛跳汰分选和智能干选等，在井下进行矸石分选，将其前置排出，同时完成矸石井下充填，可部分减少升井的矸石量。井下采、选、充、留一体化，可减少大量升井煤矸石，进而减少堆存占地、地表塌陷、三下压煤。
- 在各种工程建设项目中，严格执行环境保护“三同时”制度，做到环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，高度重视废水、废气、固体废弃物等“三废”治理。同时，构建环保长效机制，持续投入专项资金；优化生产布局，打造绿色节能矿井；深入开展矿井水综合利用，构建水循环系统；开展综合防尘治理，高标准建设矸石山绿化带；建立应急管理机制，开展常态化监测。

前景广阔，绿色矿山星火已燎原

绿色矿山建设是一项复杂的系统工程，代表一个地区矿业开发利用总体水平和可持续发展潜力，以及维护生态环境平衡的能力，着力于科学、有序、合理的开发利用矿山资源的过程中，对其必然产生的污染、矿山地质灾害、生态破坏失衡，予以最大限度的恢复治理或转化创新。国家级绿色矿山建设要求包括依法办矿、规范管理、资源综合利用、技术创新、节能减排、环境保护、土地复垦、社区和谐、企业文化等九大方面。这些要求大致可以分为两类：一是以矿山企业的技术力为主导的，包括资源的综合利用、技术创新、节能减排；另一类是以矿山企业的责任心为主导的，包括依法办矿、规范管理、环境保护、土地复垦、社区和谐、企业文化。据《中国矿产资源报告（2022）》显示，近年来我国持续推进矿山生态修复和绿色发展持续，矿业领域生态文明建设取得新进展。我国绿色矿山建设从倡议探索到试点示范，再到上下联动推进，成为推动矿业领域生态文明建设的重要平台和生动实践。目前共建设1100多家国家级绿色矿山，创建50家绿色矿业发展示范区。绿色矿山建设在促进资源节约、高效利用，生态修复治理、构建矿区社区和谐关系等方面发挥了很大作用，成为矿业领域推进生态文明建设的生动实践。



“十四五”及碳达峰碳中和背景下，煤炭高质量发展之路

煤炭作为我国工业生产原料和最基础能源，是实现清洁高效利用的最经济、最安全的矿产资源。煤炭工业产业一直发挥着能源支柱作用，不仅在国民经济和社会平稳快速发展方面提供保障，同样对国家能源安全、稳定供应给予支持。面对“CO₂排放力争于2030年前达到峰值，力争2060年前实现碳中和”的目标，煤炭作为我国最重要的基础能源和能源安全的压舱石，必须走智能绿色低碳开发利用创新之路，以煤矿智能化为标志的煤炭技术革命、技术创新成为行业发展的核心驱动力，煤炭资源智能绿色开发与绿色低碳利用是发展主题，技术创新将支撑煤炭资源成为最有竞争力的能源和原材料资源。

“双碳”目标下的能源格局与煤炭兜底作用

面对我国“双碳”战略目标，煤炭行业将加快调整优化产业结构，进一步向智能、绿色、低碳发展，推进淘汰落后产能。

“双碳”目标下能源格局变化

1. 我国能源需求仍将保持增长

“十四五”时期及未来一段时间内，同步推进“四化”——工业化、城镇化、信息化和农业现代化，依旧是我国发展的重要目标，并会持续处于实现上述目标的关键阶段。在此背景下，能源消费-供给关系将更加合理，能源需求将稳步增长。

2019年，我国人均一次能源消费为3.47tce/a，居全球第48位，远低于发达国家。美国、加拿大等发达国家用电量超1000kW·h，而我国人均用电量刚达到其一半水平。中等收入群体在我国经济发展过程中势必出现消费变化，形成消费升级，而能源作为保障性支撑，其需求与“碳达峰”之间仍有很大发展空间，我国能源消费总量与增速水平如下图（下一页折线图）所示。但是，我国经济发展方式不断转型，从高速发展逐渐转变为健康持续发展。经济发展以人为本，以发展质量为核心，经济增速放缓带来节能减排技术不断进步将使能源利用效率显著提升，能源需求在未来增速将缓慢下降。

2. 煤炭在能源消费结构中占比将持续下降

2017年以前，煤炭在我国能源消费结构中占比一直在60%以上，2020年降至57%如下图（彩色柱状图）所示。在进一步加强煤炭煤电对能源稳定保障作用的同时，“碳达峰”与“碳中和”的目标与愿景将推动我国能源向绿色、低碳、和谐发展，促进化石能源的清洁高效利用。建立多能融合供应体系将是“十四五”时期及未来一段时间能源发展的重要任务。促进化石能源的清洁高效低碳利用，大力发展可再生能源，安全有序发展核电，习近平总书记提出到2030年非化石能源在能源供应中的比重将达到25%左右，到2030年煤炭占一次能源消费的比重有望降至50%以下。



2016-2020年我国能源结构



3. 各种能源的比较优势取决于其技术创新进展

根据2019年数据测算，同等热值的煤炭、石油、天然气比价为1:7:3，可以说煤炭是我国最经济安全的能源资源。

2020年，原煤入选率达到74%，总量超过 2.8×10^{10} ；燃煤电厂超低排放和节能改造全面推进， 9.5×10^4 W煤电机组实现超低排放。此外，稳步推进现代煤化工升级示范是技术创新的重要一环，基本实现产业化、园区化、基地化格局。现代煤化工技术的不断创新，煤制油气、醇烃类燃料开发规模不断扩大，加快了煤炭“由黑变白”、资源由重变轻转变的步伐。

在建立新能源体系过程中，各种能源的比较优势将取决于其本身技术创新的进展。煤炭清洁利用技术的创新将使煤炭成为最有竞争力的能源和原材料资源，煤炭仍将在下个100年中扮演重要角色。

“双碳”目标下煤炭面临的挑战

1. 面临不利的发展环境

在“双碳”目标下，“去煤化”论调被反复炒作，在短期内仍将作为我国主体能源的煤炭资源被社会舆论诟病和嫌弃。为实现“双碳”战略目标，国家及地方政府势必进行能源资源战略调整，可能会出台一些压缩煤炭产能、降低煤炭相关产业资金投入等政策使煤炭资源处于不利的发展环境中。

2. 优质易开发煤炭资源逐年减少

近年来，随着煤炭资源的大规模高强度持续开发，煤炭资源开采深度、灾害程度、开采成本等逐年增加，优质焦煤、化工用煤等储量大幅减少，煤炭资源开采成本增加，老矿区面临资源枯竭转型难题，煤炭资源实现绿色、低碳开发面临技术与经济双重困难。

3. 生态硬约束使开采成本大幅度增加

采矿与生态既是矛盾，又可友好协调，生态保护的红线要求煤炭必需绿色开发，建设绿色矿山，充填开采、矸石处理、保水开采、塌陷区治理等现有煤炭资源绿色开发技术普遍存在效率低、效益差等问题，煤炭资源绿色开发势必大幅增加煤炭开发利用成本，降低煤炭资源价格竞争优势，煤炭资源绿色高效开发技术体系亟待提升。

4. 煤炭生产和供给模式不适应新发展要求

新时期，煤炭市场多种不确定因素增加，市场对煤炭需求的弹性要求提高，国内煤炭市场供需结构将发生重大改变，煤炭现有生产和供给模式不适应新发展要求，需要建立新型柔性煤炭生产与供给体系。

“双碳”目标下煤炭的兜底作用

1. 煤炭依然是我国能源的基石

根据《中国矿产资源报告(2020)》，截至2019年底，我国煤炭探明资源储量约1.74x10t，是我国最丰富的能源。我国的能源资源禀赋决定了煤炭资源在能源结构中的主体地位短期内无以替代，正如习近平总书记多次指出：“我们的国情还是以煤为主。在相当长一段时间内，甚至从长远来讲，还是以煤为主的格局，.....还要做好煤炭这篇大文章”。2021年5月28日，习主席在两院院士大会和科协大会上的报告中特别肯定了煤炭清洁高效燃烧，提出

要从国家最急需需要和需求出发，在石油天然气、基础原材料、高端芯片、工业软件、农作物种子、科学实验用仪器设备等方面关键核心技术上全力攻关。2020年12月21日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书，明确提出推进煤炭安全智能绿色开发利用，努力建设集约、安全、高效、清洁的煤炭工业体系，煤炭仍然是我国最经济安全的能源资源。

2. 新能源需要煤炭作为稳定器

风、光等新能源的不稳定性给新能源体系增加了脆弱性，美国德州在极端天气下的大停电等表明了新能源的脆弱性，值得深思。在大规模低成本储能技术未获得突破的前提下，新能源难以实现全面或高比例纳入现有能源。新能源和化石能源相互形成助力，耦合发展将是以新能源为主，低碳体系建立的重要途径。

3. 油气资源不足，煤炭资源为国家能源安全发展兜底作用无法改变

2020年，我国原油对外依存度为73%，天然气对外依存度为43%。在国际能源博弈和地缘政治冲突不断加剧的背景下，油气进口安全风险增加。目前，在我国没有任何一种能源能够替代煤炭在能源体系中的兜底保障作用，煤炭依然是国家能源安全的压舱石。应当深刻认识我国能源资源禀赋、经济社会发展要求和能源发展规律，碳达峰不是能源达峰，碳中和不是零碳。新时期，煤炭工业需要坚定不移地开展智能化煤矿建设，创新发展煤炭的智能绿色开发和清洁低碳利用，建立煤炭智能化柔性先进生产和供给体系，发挥煤炭为“双碳”兜底、为能源安全兜底、为国家安全兜底的作用。

“双碳”目标下煤炭的高质量发展之路

在“双碳目标”背景下，煤炭工业需要在全面落实能源安全的基础上，充分发挥在能源体系中的稳定器和压舱石作用，发展煤炭柔性生产供应体系，适应煤炭消费需求的不确定性，全面推进煤炭的智能绿色开采及清洁高效利用，加快建设以智能、绿色、低碳为特征的现代煤炭工业体系，促进煤炭工业高质量发展。

1 提升以智能化为支撑的煤炭柔性生产供给保障能力

煤矿智能化是新时期煤炭高质量发展的必由之路，建设智能化煤矿，发展以煤矿智能化支撑的柔性生产供给体系，发挥煤炭为“双碳”兜底、为能源安全兜底、为国家安全兜底的作用，实现新时期、新煤炭、新格局高质量发展目标。

要将研发重点放到核心基础零部件、工艺和材料方面。如通过突破精准地质信息系统及随掘随采探测技术与装备、智能化无人开采、矿山机器人、煤矿物联网等实现无人采煤。同时通过新一代信息技术构建从集团至矿业公司再至企业的多级大数据中心。通过煤矿开采全过程的数据链条构建实现煤矿决策智能化和运行自动化，促进煤炭的柔性供给。

2.降低煤炭开发利用能源消耗强度

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，对能源生产和消费部门影响较大，提高煤炭企业的绿色发展能力更势在必行。综合利用余热、余压、节水节材等节能项目，采用先进节能技术和装备应用到煤炭开采的各个环节。同时，继续推进二次再热先进高效超超临界煤电技术、清洁高效热电联产技术、特殊煤种超超临界循环流化床等一系列清洁发电技术。我国在煤电低碳发展方面，掌握了百万千瓦超超临界二次再热机组关键技术，600MW超临界循环流化床锅炉关键技术通过产能1x10⁶va的二氧化碳捕集和封存示范项目的建立减少碳排放，通过已达到国际领先水平的污染物脱除、煤基能源废水处理实现节能环保。

3.推动煤炭从燃料向燃料和原料转变

煤炭可通过具有减少碳流失项目的煤化工实现低碳发展。煤化工易于对转化过程中产生的高浓度二氧化碳具有捕捉作用，有利于实现节能减排。30%~40%的固碳作用可通过煤制甲醇、烯烃、乙二醇等工艺路线使部分碳元素进入产品而实现。综合利用煤炭转化与可再生能源、碳捕集利用和封存，实现煤炭发展的低碳循环、清洁高效。推动煤炭向原料与燃料并重的转变，促进行业转型，并综合考虑环保、安全、市场几种因素，推进现代煤炭工业的高质高量发展，推进煤炭气化、煤炭液化(含煤油共炼)、煤制天然气、煤制烯烃等的发展，延长煤化工产业链，促进煤基新材料技术进步，实现规模化发展。

——参考文献：《中国煤炭智能化发展报告2022》

零碳矿山数字能源解决方案：助力“双碳”目标达成，加速“双碳”经济发展

智慧矿山技术专家 庞先标

煤炭企业双碳挑战

为落实“双碳”目标，2020年12月，习近平总书记提出：到2030年，国内生产总值二氧化碳的排放量将比2005年下降65%以上。

煤炭仍作为我国第一大能源，占能源消费总量的50%以上，如何助力煤矿企业达成双碳目标，加速“双碳”经济发展，成为煤矿企业面临的一个挑战。

数字化治理 促进煤矿企业绿色转型

一直以来，煤矿企业采矿沉陷区环境破坏严重，沟壑纵横，复耕复林难度大。如何利用采矿沉陷区，实现绿色转型，成为煤矿企业一大难题。如今在风电、光伏等新能源迅速发展背景下，通过在采矿沉陷区建设光伏电站，即可实现光伏发电与矿山生态治理的融合发展。这样的方式既可解决土地资源有效利用问题，又对生态环境治理具有积极意义。

然而，新能源光伏电站的建设及运维难度较大，不少企业从经济角度衡量，不愿投资“光伏+矿山修复”项目。

为改变这一现状，新华三提出光伏+矿区数字化治理方案，帮助煤矿企业提升使用效率，使光伏与矿山实现真正融合发展。

- (1) 数字孪生技术打造全面的数据可视化，通过KPI、报表、跨站、跨设备的信息汇集与展示，方便使用者获取更多电站信息，降低数据获取和使用成本。
- (2) 自动化分析诊断技术，实时扫描全系统运行状态，通过专业建模诊断系统故障，代替人工巡检、试验的同时，增强实时性和诊断专业性，极大提高运维效率和质量。
- (3) 数字化快速开局，通过快速创建接入电站的入口，实现便捷的电站纳管和设备接入。

多目标能量管理 100%绿电应用

在矿区办公楼、洗煤厂、水处理厂等屋顶铺设太阳能光伏电池板，打造绿色零碳智慧矿区。新华三提供从硬件设备到智能运维平台的分布式光伏解决方案完美匹配矿区建设需求。光伏发电系统不仅可以为矿区提供优惠电价，创造经济效益，同时也可帮助矿区达成节能减排目标，塑造企业绿色环保形象。

新华三智能分布式光伏系统专注于实现不同用户差异化的能量管理目标，针对不同应用场景，综合运用电费最优、供电保障、绿电消纳等多目标灵活组合，结合历史用电曲线、负荷预测、能量预测等各种技术手段，实现客户经济价值、社会价值最大化。

AI智能诊断 应急储能更加安全

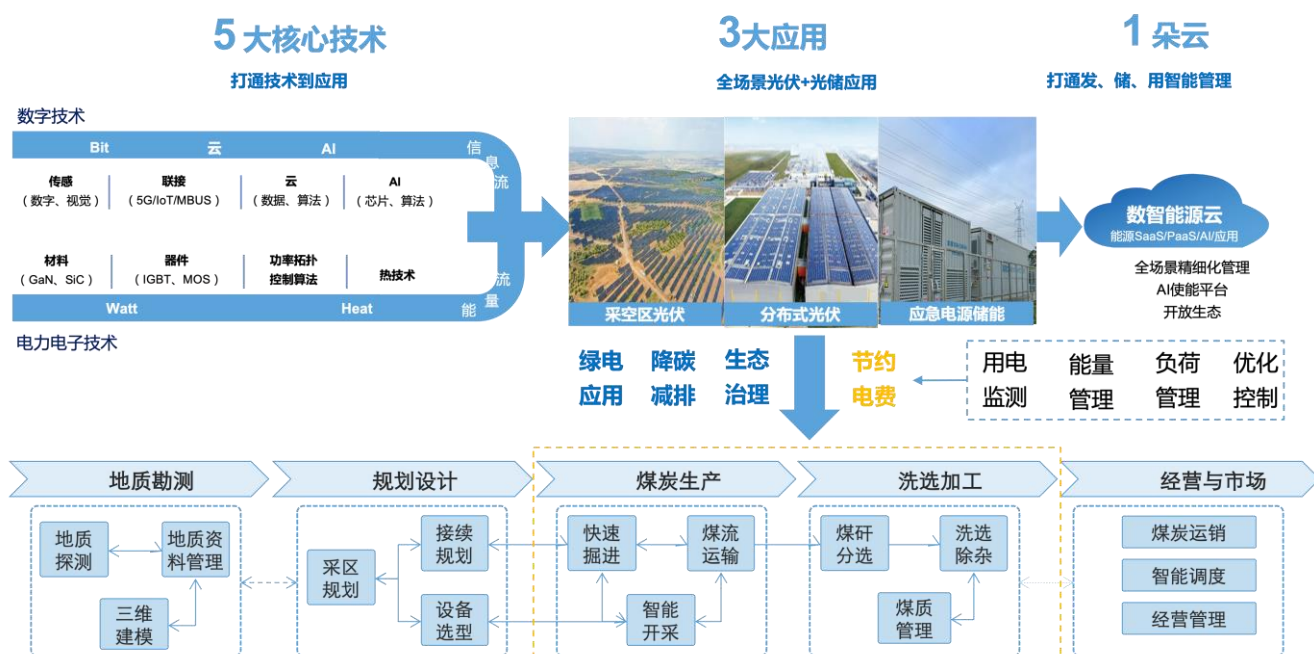
井下煤矿工人的生命是煤矿安全生产的命脉。在井下工作，有“三条生命线”，分别是井下通讯系统、压风系统和防尘供水系统，这“三条生命线”正常运行的前提，就是拥有一套稳定的供电系统。

传统煤矿一般选用柴油发电机系统为煤矿提供应急供电。但是，柴油发电机系统安装施工复杂，日常维护费用较高，系统启动耗时长，应对冲击性突加负荷低，有噪音及尾气污染，不符合双碳战略发展政策导向。电化学储能系统替代传统柴油发电机应急系统，一方面减少柴油发电机带来的环境污染，另一方面可以利用矿区峰谷电价差进行削峰填谷在备电的同时获得额外的电费收益。但是电池热失控是储能系统运行核心痛点之一，传统BMS采用简单的阈值判断逻辑提供基础保护，在事故发生时，其动作往往存在一定的滞后性，可能导致保护措施丧失最佳响应窗口。

新华三采用数据驱动算法模型，对储能电芯进行专属建模，通过多维变量之间的相互关系，实现对早期微弱劣化趋势的“动态阈值”报警。设备运行状态往往由多重工况联合决定，传统简单分析逻辑无法准确描述上述关系，导致存在大量误诊断和漏诊断。使用AI深度算法学习，基于历史数据，构造考虑多维变量的联合模型有效提高诊断的准确性和灵敏性，为电站带来更高的安全性。

助力“双碳”目标达成，加速“双碳”经济发展

零碳矿山数字能源解决方案通过引入 5G、AI、大数据、IoT 等数字化技术，并将电力电子技术与创新性地融合，以信息流驱动能量流，实现全链路的互联化、数字化和智能化协同，让电力生产效率、运维效率、能源效率最大化。新华三集团作为数字化解决方案的领导者，将持续推动技术创新与突破，加速能源产业数字化、数字能源产业化进程，助力“双碳”目标的达成，为经济社会高质量发展和生态文明建设作出更大贡献。



看行业 布局方案蓝图



综合方案篇

数字化驱动流程再造，矿山企业的数字化转型之路

智慧矿山行业专家 彭涛

| 矿山高质量发展诉求与数字化

数字经济的洪流不可逆转

中国信通院2022年发布的《中国数字经济发展报告》中指出，我国2021年数字经济规模达到45.5万亿元，同比名义增长16.2%，占GDP的比重达到39.8%，而这一数字在欧美发达国家的占比更高，如：德国已达到60%。自国务院在2020年4月的政策文件中首次将“数据”与“土地、劳动力、资本、技术”列为市场化发展的五大要素以来，短短两年多时间，数字经济已成为拉动我国以及世界经济增长的首要要素，发展态势令人惊讶。

我们对比一份列表名单，全球市值排名前十的企业，在2008年只有1家是从事信息技术相关领域，而这个数量在2022年达到了7家。

2008年全球市值排名				2022年全球市值排名			
序号	公司	市值(亿美元)	行业	序号	公司	市值(亿美元)	行业
1	埃克森美孚	4525	石油天然气	1	苹果	28500	信息技术
2	中国石油	4240	石油天然气	2	微软	23110	信息技术
3	通用电气	3696	工业	3	沙特阿美	22980	石油天然气
4	俄罗斯天然气	2997	石油天然气	4	谷歌	18420	信息技术
5	中国移动	2981	通信	5	亚马逊	16590	信息技术
6	中国工商银行	2772	银行	6	特斯拉	11140	车辆、新能源
7	微软	2641	信息技术	7	伯克希尔	7800	金融
8	AT&T	2312	通信	8	英伟达	6850	信息技术
9	英国壳牌	2201	石油天然气	9	Facebook	6050	信息技术
10	美国宝洁	2156	日化	10	台积电	5410	信息技术

在全球数字化变革的大背景下，传统要素的发展传统要素发展速度已臻瓶颈。为适应数字经济环境下企业生存发展和市场变化，矿山企业需要进行的主动的、系统性、整体性的转型升级，以实现矿山“安全、高效、清洁、低碳”的经营发展目标。数字经济成为新形势下发展的强劲动力，产业数字化也为企业提供了万千可能。

矿山企业数字化转型的特点

关于数字化转型的定义

企业数字化转型的定义众说纷纭，其中一种说法——企业是以关键业务价值提升为目的，以数字化技术驱动企业流程再造的企业发展战略。在该定义中，企业的关键业务价值，是整个转型行为的主线。

广度上的准确 VS 深度上的极致

离散型制造业 (Ex:造车)



精细生产
(一个部件都不能少)

关注点

- 关注生产线支持产品的多样性
- 生产与供应链的衔接

流程型制造业 (Ex:采矿)



精益生产
(每个环节都做到最优)

关注点

- 关注单环节的持续优化
- 关注能耗、物料、人力消耗

矿企数字化转型
的关键业务价值



数字化转型没有一劳永逸的方案，需要结合产业特点开展工作。矿山行业属于典型的制造型企业，典型的制造业共有两种，一种是离散型制造业，例如造车，这类产业一般分布在下游，关注的是供应链和生产的衔接，以及产品线本身的柔性等，追求的关键业务价值是交付及时度、供应的准确度、产品的广泛度等。而矿山、发电等典型上游行业属于流程型制造业，其生产流程相对固定，数字化转型的关注点在于对生产过程中的每一个环节进行持续优化，其关键业务价值是将物料、人工、能耗、排放等指标做到极致优化。矿山生产环境具有特殊危险性，所以在效益增长的驱动背后，还承担着安全优先的责任，所以人员用工减少是最大的关键价值点。

自动化与数字化的相互关系

矿山生产是高度机械化、自动化的工业，数字化的灵巧加上自动化的宏伟，将设备与信息深度融合为一体，是实现矿山数字化转型结果的不二法门。矿山的数字化转型，其本质就是将人从复杂、危险、繁重的矿井中释放出来，将自动化和数字化结合，代替人的工作。

◆ **感官替代**
以传感作为输入，
替换人类五官

◆ **四肢替代**
以机器劳动为输出，
替换人类劳动



◆ **记忆延伸**
信息打通，降低
获取成本

◆ **思考延伸**
智能计算，推理
复杂问题

◆ **控制延伸**
全局判断，形成
科学决策

自动化本质上是对人类身体的解放，通过感官替代和四肢替代的方式，解决了人类的体力问题。而数字化本质上是对人大脑功能的延伸，通过信息互联、存储单元实现记忆延伸，降低信息的获取成本；通过AI和大数据分析实现思考延伸，代替人推理环境安全性计算、生产工艺配比等复杂问题；通过决策系统实现控制延伸，在全局的判断下形成精准决策信息，代替决策者作出科学、全面的决策。

自动化与数字化的结合，实现生产效率提升、沟通成本降低、决策准确度提高、决策时间缩短、用户和员工体验提升等直接结果。

建立矿山的关键业务指标体系

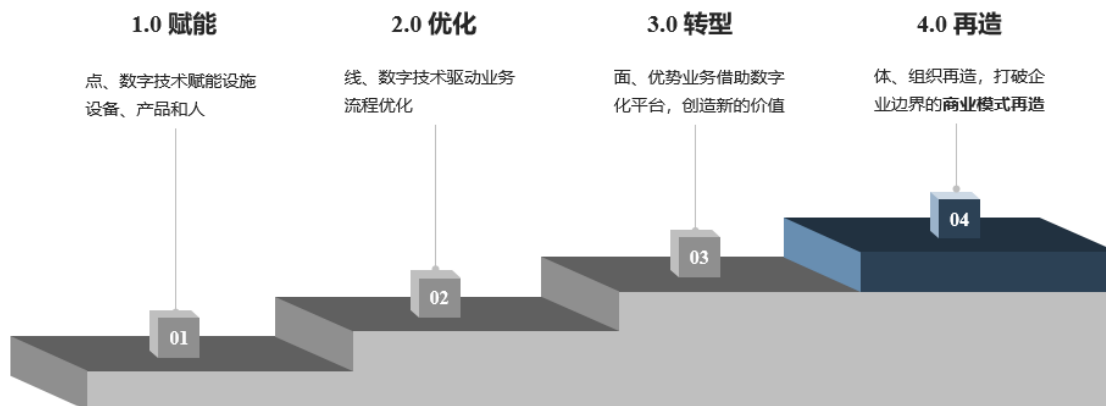
矿山的数字化转型以关键业务指标体系为核心。企业在转型过程中，覆盖矿山开采、洗选、管理、经营等核心活动的全过程，建立符合自身的关键业务指标体系，是转型成败的关键。



矿山企业数字化转型路径分析

数字化转型的四个阶段

企业的数字化转型有四个不同的阶段，高阶阶段的转型效果具有压倒性的优势。企业在转型的过程中，可能四个阶段可以交叉或者并行发展，不同的业务单元由于业务性质或者数字化水平的差异，有可能分别处于不同的阶段。



1.0 赋能：“点”转型

赋能的典型特点是将数字技术作用在设备、产品或者人身上，实现局部优势价值，典型的例子有矿山巡检机器人，资产的电子标签等等，1.0阶段通过数字技术加强了原有个体价值。

2.0 优化：“线”转型

在2.0阶段，通过数字技术实现了整个企业某条业务线的流程再造，具备系统性，在新的流程下，企业的局部竞争优势得到增强。典型的例子有：通过“井下滴滴”的数字化调度模式和精确定位技术结合，实现辅助运输业务的效率升级，人、车资源的大幅优化。

3.0 转型：“面”转型

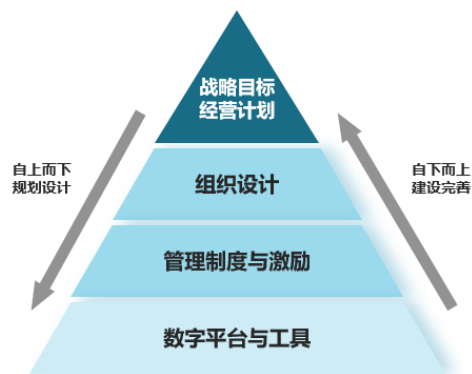
在1.0和2.0基础上，由于数字化注入了新的活力，企业的核心竞争力已由传统的资源、人力等优势产生转移，通过数字化形成新的整体竞争力。典型的例子：某选煤厂通过AI配煤专家系统，将原有的自产自销模式转化为可以整合周边煤炭资源，提供丰富商品煤种的供应商。

4.0 再造：“体”转型

4.0的转型已经打破企业边界，涉及到整个组织的再造，这个阶段里，企业已经脱胎换骨，形成了新的商业模式。典型例子：矿山企业通过转型形成数字技术和方案的输出者、企业在“双碳”管理数字化变革中形成低碳型能源综合经济体等。

数字化转型的要素内容

企业的数字化转型是一个整体性的工作，是一个长期过程，涉及到技术、组织、管理、经营等相关的方方面面，从过程的实施开展主体来看，需要理清脉络，全员参与，才可以保障实施过程的成功。企业数字化转型自上而下共分为四个要素层级：



1、战略目标与经营计划

企业需要建立清晰的目标和经营计划，以指引数字化转型的方向，这其中的核心是关键业务指标的建立，以及达到转型不同阶段和效果的整体计划。

2、组织设计

数字化转型是长期过程，团队和人员是实施开展的基础保障，建立以数字化转型委员会为核心的组织，拉动相关业务部门参与，明确相关人员的分工。

3、管理制度与激励

制度与激励是实施开展的前提，对于企业的指标、数据确定明确的责任机制，让相关业务责任单位对数据质量负责。

4、数字平台与工具

平台与工具是基础支撑，建设覆盖全域的数据治理平台，实现以数据为核心的企业治理。

企业从规划方向上，宜自上而下进行，实现目标的逐级分解；而从建设实施方向上，整个数字化建筑应当自底而上进行，这样才能保障落地。

数字化转型的开展策略

由于对数字化转型客观规律的认识不足，能够达到预期目标的转型案例在所有转型实践中的占比并不高。稳妥推进，步步为营，是取得转型成功的不二法门。在推进建设的实施过程中，推荐先进行整体规划，再在规划点中找到典型价值试点进行实施，获得初步效果后推广复制，并在不断迭代实施过程中依据反馈进行优化。



转型再造的创新点选择

在企业转型过程中的创新点选择方面，针对转型的不同阶段，可选择不同的决策创新点以实现新的业务价值。

1、决策模式创新

通过AI分析决策系统，辅助决策者进行经营及关键动作的决策分析，以实现科学、全面的决策。

2、运营模式创新

在研发、管理、物流上通过数字驱动，实现全新的运营模式。

3、生产模式创新

在采矿、选矿、冶炼等核心环节使用新型数字技术，实现生产线、车间、矿区模式创新。

4、产品与服务创新

在煤与化工、能源产品、智能装备以及智能化服务等方面形成新的产品优势和创新。

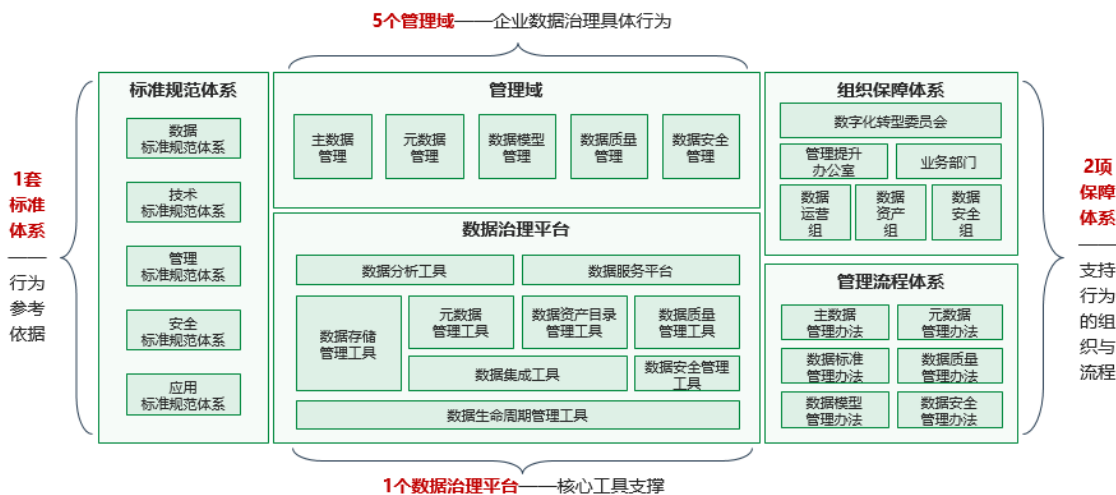
5、盈利模式创新

在转型过程中借助数字技术形成新的产业模式，实现盈利创新。



数字化转型与数据治理

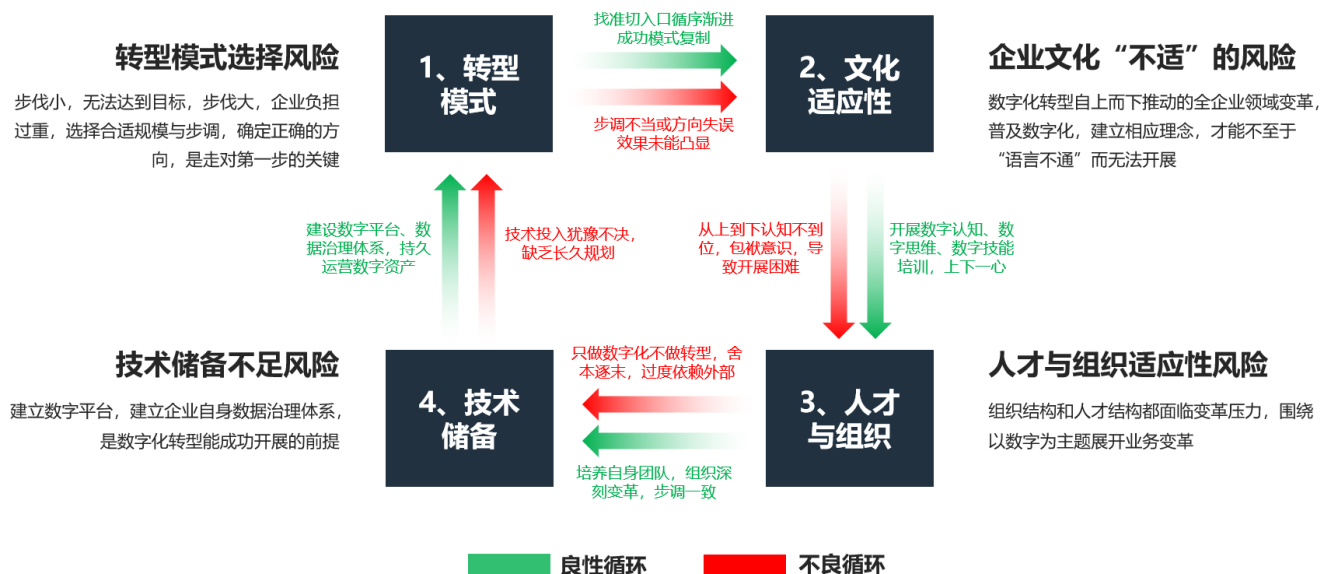
企业数据治理是企业数字化转型的关键内容，新华三企业数据治理方案架构由“1套标准、2项保障、1个平台、5个管理域”构成。



总结

矿山企业数字化转型的风险点和应对策略

矿山企业数字化转型之路道阻且长，面临转型模式、文化适应性、人才与组织、技术储备等诸多风险，但只要找准切入口循序渐进，开展上下一心的数字化认知赋能，实现组织、管理与技术平台的协同变革，坚持不懈就一定会获得成功。



全域支撑，助力矿山企业实现数字化飞跃

新华三在企业数字化转型上具备丰富的经验，借助自身的技术优势和业务理解，帮助百行百业的客户实现数字化变革。新华三既提供以“绿洲”数据中台为核心的数据治理工具平台体系，又具备选型咨询团队和业务专家团队，以数字化驱动矿山企业流程再造，帮助用户实现成功转型。

云边协同，构建四位一体的政府监管平台

智慧应急行业专家 仲振维

矿山安全生产监管背景介绍

矿山安全生产监管现状分析

我国大小矿企众多，每年因矿山事故造成的人员伤亡比例不容乐观，这不仅对矿山企业自身的发展带来较大的困扰，同时也极大的影响了和谐社会的构建。在保持经济快速增长前提下，保证矿山安全、可持续、稳定发展是当务之急。因此加强矿山安全生产监管，营造一个安全的生产环境，是现代矿业共同面临的重要问题。严格的安全管理是矿工生命安全的保证，更是企业健康发展的基础。

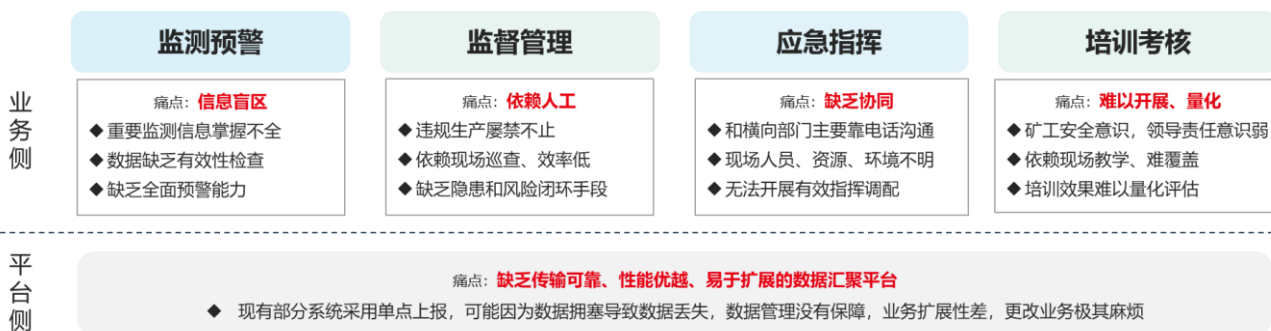
政府基于安全发展理念，坚定遏制重特大事故、降低事故总量的决心，力求推进安全生产治理体系和治理能力现代化。据统计，2021年全国矿山事故起数和死亡人数同比分别下降15.8%、13.9%，煤矿百万吨死亡率同比下降24%。尽管2021年全国矿山安全生产形势保持了稳定向好的良好势头，但是矿山安全生产面临的形势依然复杂严峻，安全发展理念不牢、违法违规行爲屡禁不止、企业主体责任落实不到位、安全基础薄弱、监管监察能力不足等问题依然突出。

矿山安全生产监管政策分析

为防范化解重大安全风险，有效遏制矿山重特大事故发生，国家形成了由《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国矿山安全法》等法律，《安全生产许可证条例》《煤矿安全监察条例》等行政法规，《煤矿安全规程》《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》等部门规章，《煤矿安全监控系统通用技术要求》《金属非金属矿山安全规程》等国家和行业标准组成的矿山安全法律法规标准体系。此外，今年应急管理部、国家发展改革委联合印发《“十四五”应急管理部门和矿山安全监察机构安全生产监管监察能力建设规划》，对“十四五”时期安全生产监管监察能力建设作出全面部署。提出执法监督、监测预警、应急处置、多元保障和科技支撑等重点工作，明确了监管监察执法体制机制更加完善，防范、应对、处置重特大事故的底气和能力明显增强，重特大事故得到有效遏制的总体目标。

矿山安全生产监管痛点分析

我国矿山安全形势严峻复杂，矿山安全监管体系和监察能力仍相对落后，安全发展理念树得不牢，企业主体责任落实不到位，监测预警、监督管理、应急救援和培训考核等能力不足，因此，迫切需要补齐政府监管短板，综合运用物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术，打造与应急管理能力相适应的现代矿山安全监管体系。此外，安全生产监管信息化还存在业务系统孤立未打通，数据缺乏整合共享等问题，由于矿山监管各机构各层级工作和数据需求导向差异，导致各业务系统数据未充分汇聚和有效整合分析，现阶段各部门信息互通及联动仍主要依靠电话、传真、邮件、微信等方式，因此亟待有效整合数据及业务系统，以满足日常及突发状态下的业务联动、快速响应需求。



矿山安全生产监管解决方案

数据驱动、云边协同

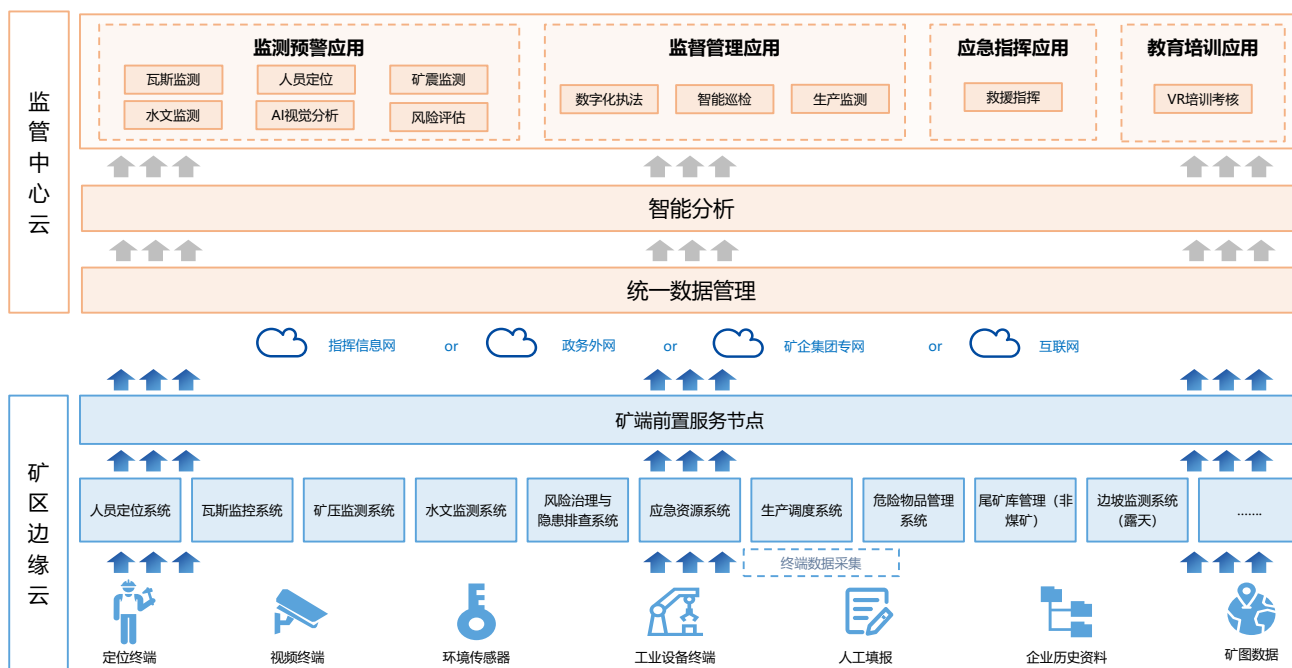
新型建设理念、矿山应用的高速发展，给IT基础设施供应商带来了新的要求和挑战。如何构建综合性、集约性的云平台，面向中心侧和矿区侧不同组织架构和需求实现分层解耦，同时支持综合智能研判，是推进矿山安全生产监管智能化转型关键所在。



构建数据驱动、云边协同的安全生产监管平台

新华三结合矿山安全生产监管的多样性需求和工业生产需要，构建了“应用协同、服务协同、数据协同、智能协同、资源协同、安全协同”的云边协同安全生产监管解决方案。该方案集成物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，通过与矿山信息化、自动化深度融合，推动敏捷创新，实现对矿山安全的监测预警、监督管理、应急救援和培训考核。

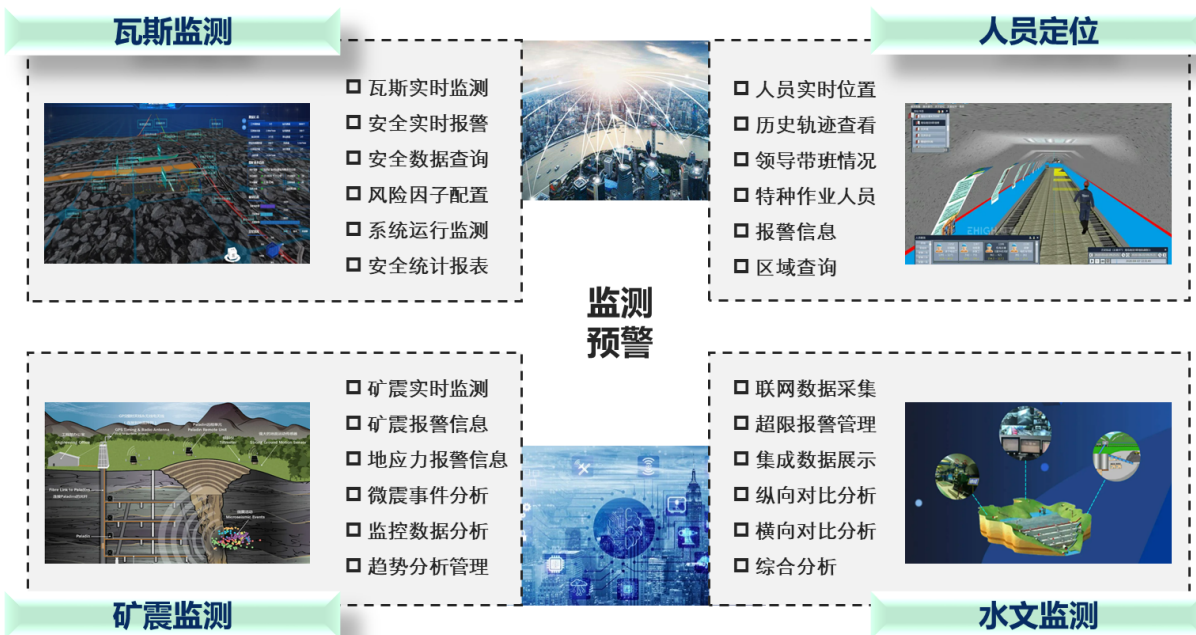
新华三矿山安全生产监管解决方案承载核心业务数据，可以满足监管部门用户稳态和敏态业务的双重需求。另外，安全监管多级云的技术架构具有显著优势。首先，实现业务的一键分发，从监管中心云快速下发各类数据采集业务，实现业务快速更新，省时省力；其次，实现资源的统一管理，从监管侧对矿企侧的可用状态，资源使用情况，网络信息一目了然，避免数据丢失；再次，具备一云多芯的能力，可兼顾矿监局、能源局、集团二级公司、一级公司的多级扩展，可兼容用户已经采购的各类服务器资源；最后，具备多模式云形态，可部署为公有云、私有云形式，或者混合模式，满足用户资源异构的需求。



1、打通现场，构建敏捷预警应用

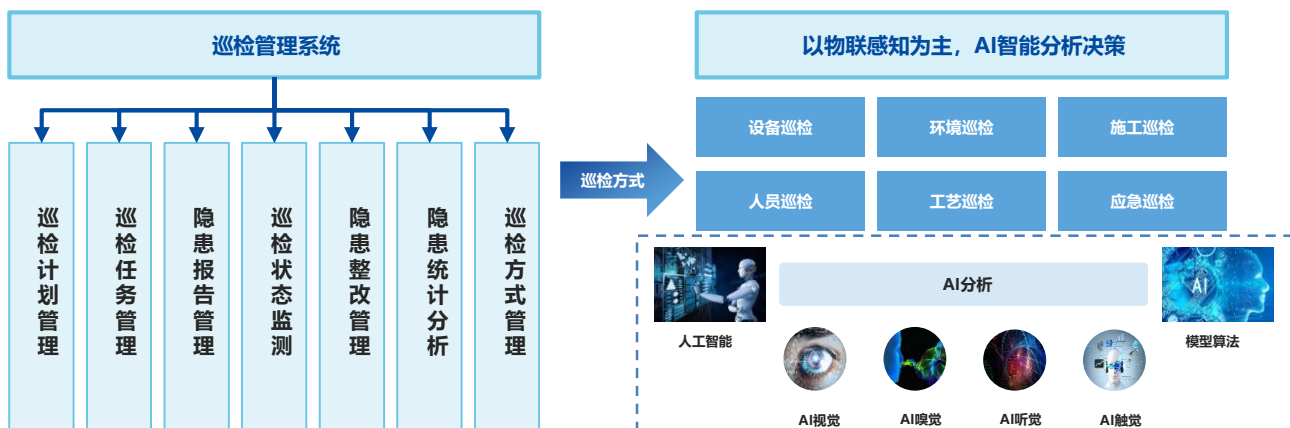
针对矿山安全潜在风险，构建矿山安全生产风险监测预警一张图，实现全天候实时自动化监测，掌握监测体安全运行状态，快速发现风险隐患并进行有效处置。通过对瓦斯、人员、矿震、地应力、水文监测、产能监测、工业视频监控等实时数据的采集，全面掌控实时监测预警信息，有效提升监测数据利用率和风险隐患排查速度。此外，安全预警信息与应急处置快

速联动，精准投送不同事件下的风险防控方案和应急处置方案，实现监测预警的智能化、科学化，快速打通由防控到救援的应急流程，有效避免重大事故造成的损失。



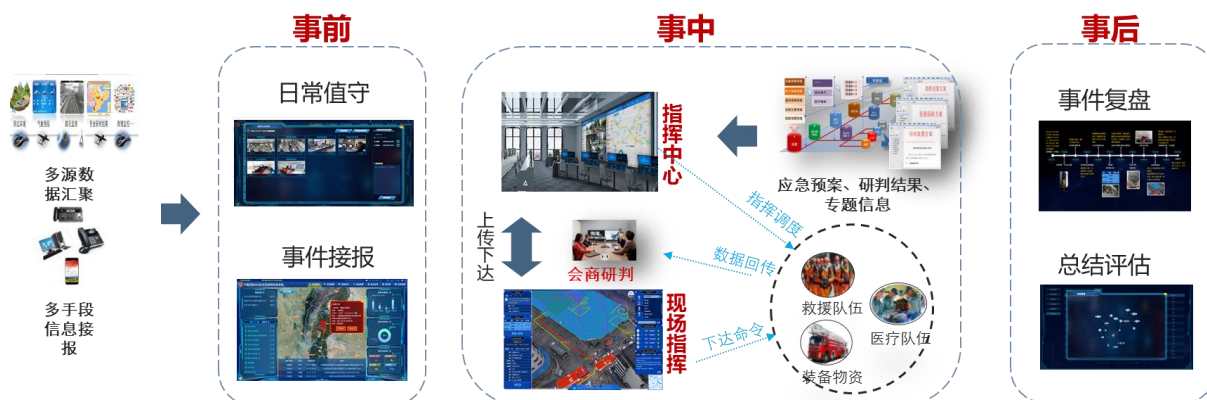
2、风险闭环，建立全面监管应用

针对安全监管场景，打通业务、数据和AI能力闭环。一方面，以智能化巡检代替人工巡检，通过特种机器人、无人机、高清摄像机和各类传感器设备采集数据，基于视频、图像和结构化数据进行综合分析与推理，实现智能化无人巡检和安全生产监控预警。另一方面为提高数字化执法效能，针对重点矿区，接入企业基本信息、监测预警、隐患排查、事故统计、企业整改等数据，实现数据的全面掌握，对不同矿区有针对性的开展执法工作，进一步加强监管力度。



3、资源互通，建立应急联动应用

综合利用地理信息、大数据、移动互联网等技术，面向指挥调度人员，满足矿山应急救援事前日常值守、事中指挥调度、事后总结评估的业务支撑，实现矿山突发事件的高效指挥、协同作战。事前，日常值守能够汇聚多源数据形成宏观综合态势，并根据区域特点制作对应预案。当发生突发事件后，系统会自动定位并展示附近的视频资源和救援力量，并将灾情信息、应急预案、研判结果形成综合战场态势用于指挥长的辅助决策，同时提供与专家和其他委办局的视频会商和协同研判。此外，一线单兵设备和无人机可以将现场信息快速回传，让指挥员实时掌握现场情况。事后战评总结可再现应急处置过程，将事件处置过程中的领导批示、现场实况、文书信息等进行整理，自动形成战评总结报告，为灾情复盘提供依据。



4、量化评估，建立培训考核应用

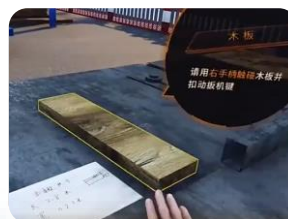
培训考核应用为应急指挥人员、矿山生产人员提供培训考核过程的有效跟踪、管理与评估，创新“互联网+培训”模式，监督矿山企业组织全员安全生产培训，建立一企一档电子档案，实现培训考核过程的可监管、可追溯、可共享。另外，为培训考核的统筹、组织、协调提供信息化支撑工具和覆盖事故处置全链条的演练场景，在三维场景中完成应急任务下发和全程跟踪反馈，提升学员对突发事件的有效应对能力。



01.场景还原



02.教学演练



03.实操练习



04.考核评估

| 未来展望

未来矿山安全生产的监督管理，将往更全面、更高效、更智能的方向发展。一方面要逐步实现矿山安全监管系统在全国范围内的全面推广和深度应用，形成矿山安全监管信息化体系；另一方面，要实现矿山安全生产监测预警感知网络全覆盖，并进一步探索AI识别、机器学习、工业互联网等新技术在风险监测预警和远程监管中的创新应用，开创矿山安全监管动态监测、实时预警、远程巡查的新局面。

智慧灵动，“云桌面+AR”安全教培中心

智慧矿山技术专家 董凯

矿山安全教培背景介绍

矿山安全风险教培背景

10月28日，国家矿山安全监察局召开学习贯彻党的二十大精神暨矿山安全防范视频会。会议上强调，党的二十大报告把安全生产纳入到国家安全的高度进行部署，深刻体现了党中央对安全生产工作的高度重视，为做好矿山安全生产工作提供了根本遵循和行动指南。会议上要求未来要在开展矿山风险专项整治上下功夫见实效，突出抓好重点地区和重点企业，着力整治煤矿采掘接续紧张、非煤矿山不按设计施工等突出问题，深入开展矿山安全培训专项检查，下大力气化解系统性、区域性、基础性风险。（摘自：国家矿山安全监察局网站）

矿山安全风险近年来虽然持续走低，但是仍时有矿山安全风险事件发生。据不完全统计，矿山安全风险绝大多数事故与人有关，人员风险意识差、安全意识不强、人员操作不规范、未按业务流程操作等一系列与人员有关的矿山安全事件仍时有发生。

矿山安全风险培训重要性

1、中华人民共和国矿山安全法明文要求

《中华人民共和国矿山安全法》第三章 矿山开采的安全保障，第二十六条要求矿山企业必须对职工进行安全教育、培训；未经安全教育、培训的，不得上岗作业。矿山企业安全生产的特种作业人员必须接受专门培训，经考核合格取得操作资格证书的，方可上岗作业。

2、矿山一线员工普遍文化程度偏低

我国大多数一线矿山员工本身文化水平不高，同时工作环境又是危险重重，为了更加保障矿山安全生产运行，矿山员工的定期教培工作必须持续进行。

3、矿山安全也是矿山连续高效生产运营的内在刚需

因矿山安全风险隐患或者安全风险事件导致的矿山停工停产的事情比比皆是，为保障矿连续运行安全生产，矿山安全风险培训必须持续进行。

矿山安全教培方案

传统矿山教学的困境

伴随着智能化矿山的不断落地应用实践，未来更多矿山教学培训数据将充实矿山安全应急处置和风险防护的专家知识系统。矿山员工可以通过更多种的方式、更灵活的接入收到，实现矿山安全培训学习工作。与此同时，矿山安全教学也遇到了许多现实问题：

1、矿山教学桌面的环境要求逐步上升

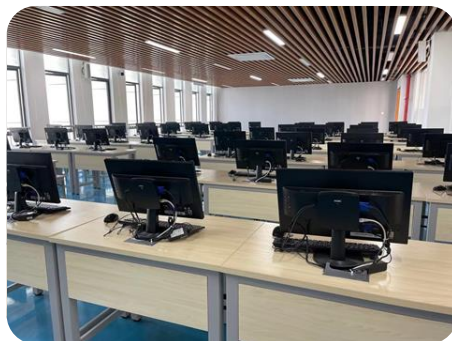
矿山智能化教学手段的不断推进，越来越多的矿山安全教学任务都可以通过上机实践来开展。不同专业，不同课程，一般都会要求不同的系统和对应不同的软件环境，矿山不同工种专业性质和课程内容也是千差万别，使得教学软硬件的要求也大不相同，以传统模式，要统一部署不同专业的系统与应用环境，工作量相当大。

2、无处躲避的病毒危险

上课的人员众多，且会有外来人员自带U盘或下载危险程序等风险操作，授课系统环境极易受到病毒和木马感染，最严重的情况可能时是通过教培系统作为信息跳板，窃取矿山数据甚至影响矿山数据中心的稳定运行。

3、矿山实训教室总体运营成本投入较高

传统物理PC机性能固定，而软件的发展速度日新月异。教学应用的不断升级，使得PC机配置跟不上步伐，严重者新的软件或操作系统无权无法安装在旧的物理计算机上。物理计算机几年更新换代是不变的定律，一般矿山五年左右就必须全部更换一次以适应新的教学软件环境，总体投入成本高，软件部署、更新、补丁.....需要管理人员反复多次投入大量不必要的时间和精力。对各类的PC机配置进行验证测试、审核，由于缺乏统一的标准，以及支持人员亲临现场来提供故障处理支持，总体运营成本居高不下。



矿山安全教培方案

矿山安全教培方案设计

随着矿山智能化建设和矿山云计算技术应用的不断升温，基于云计算的应用交付逐步成为矿山培训行业发展的必然趋势。矿山经营管理方，希望可以在预算不变的前提下加快矿山安全教培信息化建设步伐，现有培训系统和应用可以平稳过渡到桌面云上，培训教师和矿山员工在培训上有更优的体验，而管理员也不需要为系统的安全和数据保护而分心，能将更多的精力投入到矿山生产业务创新当中。

根据上述的需求分析和部署环境的实际特点，使用H3C workspace解决方案整体规划与打造云机房：

1、统一规划、逐步建设实施原则

教培机房在统一规划的前提下，根据培训实际需求，进行逐步实施，充分考虑各种因素。

2、集成性原则

通过统一集成的规划，实现基于云桌面访问的系统接入规范，从而逐步实现对全矿山教培系统用户接入的全面融合。

3、安全性原则

根据桌面访问的不同安全等级要求和网络访问的安全规范，制定系统的安全性规范，完善信息安全策略和信息安全标准，满足数据安全和访问安全的要求，提供可靠的系统安全管理模式。

4、可扩展性原则

系统的设计要考虑到教培系统的未来发展需要，架构应满足横向和纵向扩展的需求，在架构简明的基础上，降低各功能模块和组件的耦合度，并充分考虑到兼容性，实现快速高效的扩展方案。

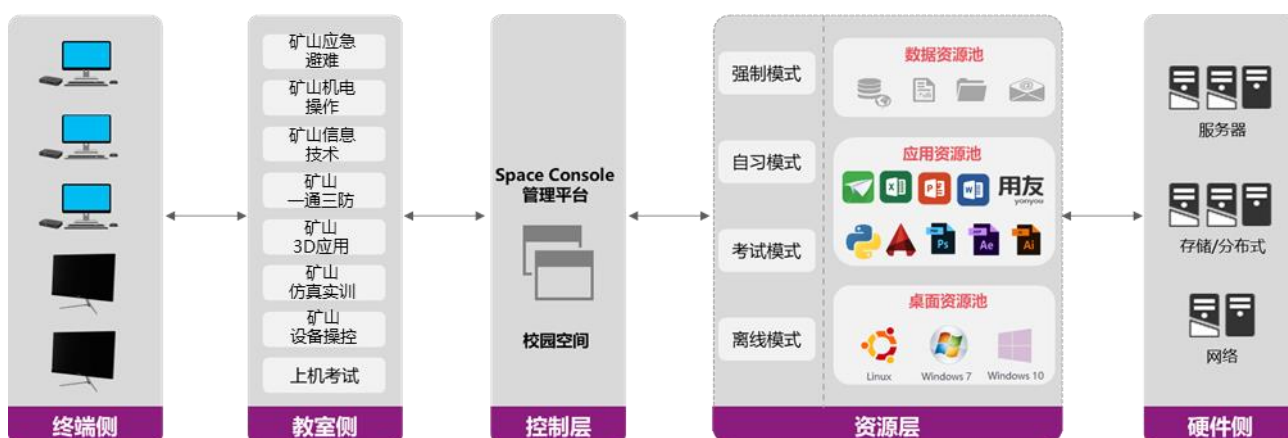
5、适应性原则

系统需充分考虑到已有的IT资源投入，适配网络、系统和应用架构，避免在构建过程中的大范围系统改造，降低系统复杂度和建设成本。

矿山安全教培方案设计

H3C workspace以出色的性能、安全性，以及极低的成本交付 Windows和linux桌面，满足矿山教学场景，办公场景，教学办公混合应用场景等各种矿山教培业务需求。

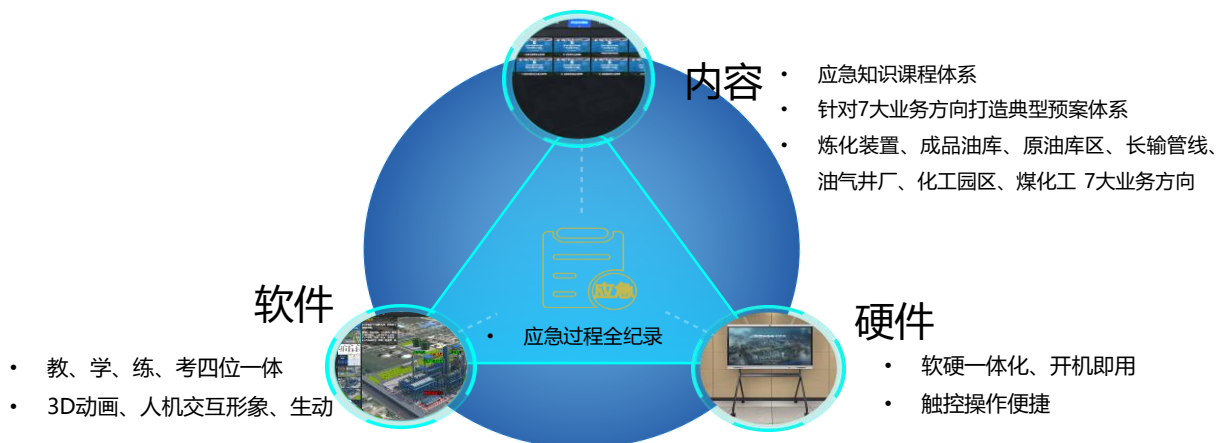
H3C workspace教培场景可作为矿山实训的桌面级解决方案。可实现快速批量虚拟机桌面克隆，为培训老师和矿山员工提供体验一致的教学桌面。除了传统的VDI桌面，还具备VOI桌面的管理能力，能够将镜像分发到终端运行，充分利用终端的性能。



矿山构建矿山产业链的安全与应急协同方案

构建基于H3C智慧屏的应急演练电子沙盘是针对炼化装置、成品油库、原油库区、长输管线、油气井厂、化工园区、煤化工企业的七大业务方向、企业应急预案培训与应急演练的专业工具，可以实现快速模拟事故应急处置全过程。具有丰富的3D应急素材、操作便捷的功能界面、实时交互的演示讲解形式，相比传统的文本材料、PPT材料演示效果、培训效率提升数倍，非常适用于应急预案培训、应急指挥考核等业务应用。

打造可视化、标准化、数字化、常态化的 应急培训工具



洞蕴意 践行数字转型



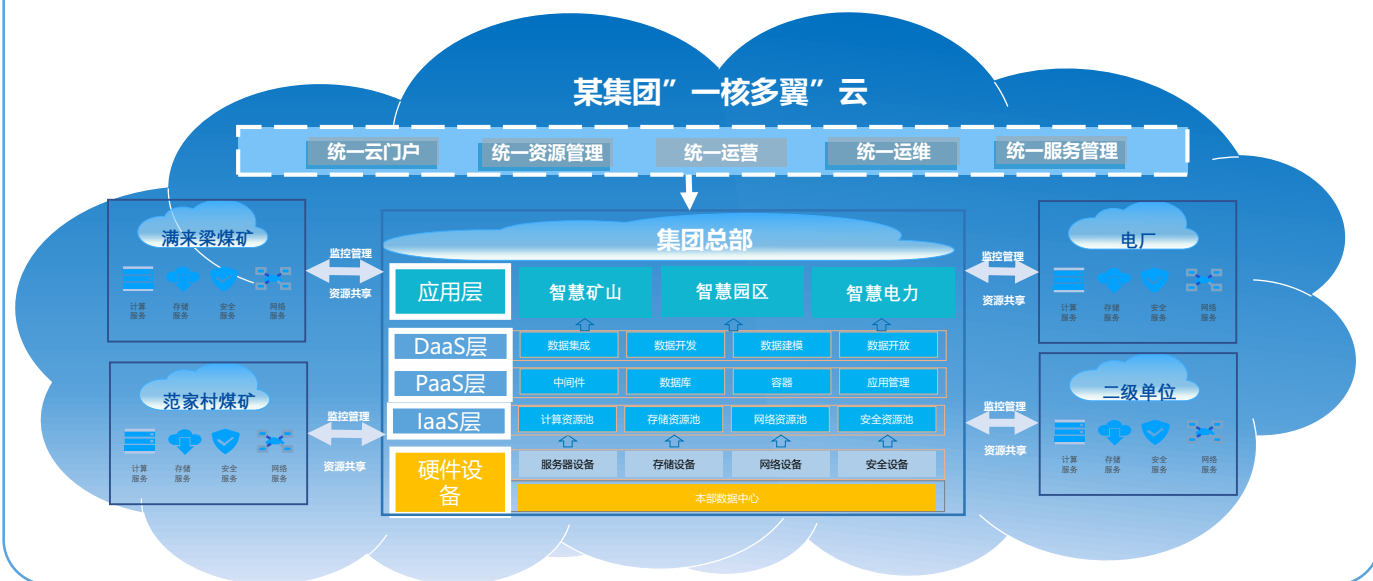
某集团以数据治理驱动多产业融合

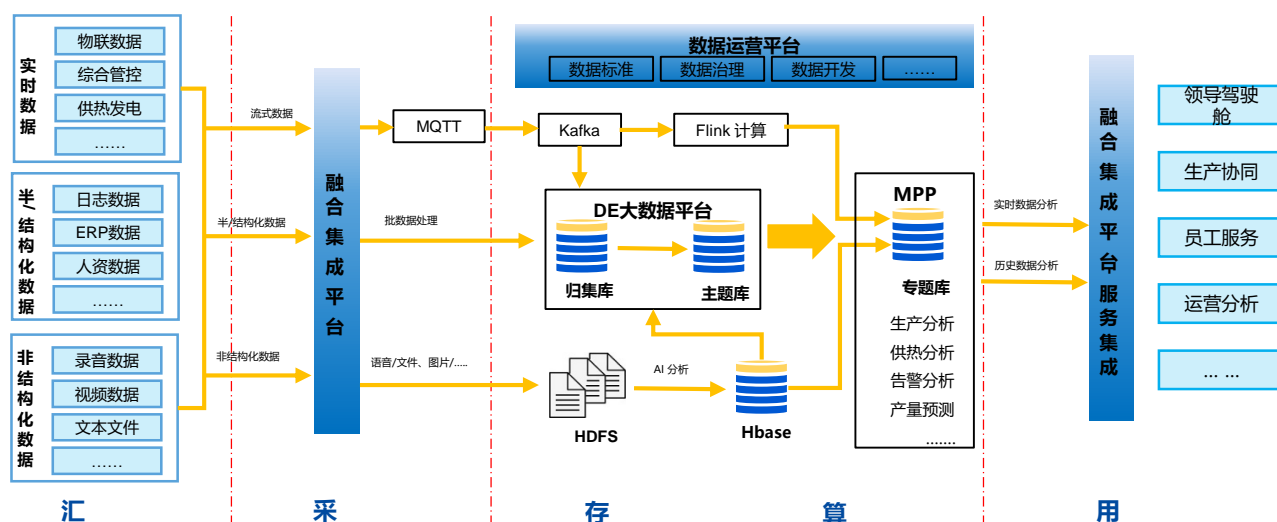
智慧矿山技术专家 贾飞

把握数字化转型、构建云与大数据平台

某集团有限公司成立于2001年，现有员工6000余人，资产总额近300亿元，位列某省民营企业百强第6位。经过多年发展，公司成功构筑了以高端铝合金材料生产和深加工为龙头的“煤-电-铝-材-深加工”一体化现代工业产业链和以助力乡村振兴为目的的高附加值现代农牧业产业链，走出了一条资源开发与生态建设协调发展、传统产业与科技创新相互支撑、产业循环与转型升级齐头并进的高质量发展道路。

新华三以智能矿山建设标准为依据帮助客户设计整体“**一核多翼**”集团-矿区两级云化信息架构，基于“一核多翼”高可用架构，构建物理分离、逻辑统一的“一朵云”集团云作为统一的云服务门户，实现集团和各二级单位统一云服务门户、统一运维、统一运营、统一监管、统一调度，大大提升IT资源的使用率和业务运行环境的稳定性。以绿洲数据中枢平台构建“汇、采、存、算、用”全数据生命周期的集团能源大脑，实现“**智慧矿山+集团生产技术+智能供热+智能铝业+智慧电厂**”的全套数据融合集成及数据运营方案。





汇：汇数据。汇集人资、一卡通、供热、综合管控、电厂、铝业等数十家部门的数据，也包括一些结构化、半结构化和非结构化数据。实现集团全量数据应汇尽汇，应接尽接的目标。

采：采数据。对分布在集团不同单位、不同系统、不同地域、不同结构、不同方式的数据，进行分类、分级采集，针对物联网、煤炭生产、供电、供热预警数据通过流式方式实时采集，采集时间可达到1秒之内。针对人资、综合管控等结构化数据采用T+1离线数据采集模式，定期采集。针对非结构化数据定时通过文件方式采集。

存：存数据。针对不同采集方式、不同结构的数据，利用Hadoop存储非结构化数据和离线数据，利用MPP分布式并行数据库存储实时数据、快速查询数据。实现不同场景的数据分类高效存储，提升海量数据处理和快速查询的效率。

算：算数据。根据业内行标和自身业务实际情况制定主数据、元数据、数据标准等管理办法和标准管理体系，为数据治理、质量监控提供标准。数据快速响应：构建离线数仓和实时数仓，保证批量数据和实时数据快速处理。构建专题库，屏蔽底层数据差异，快速支持业务响应。数据血缘追踪：按照数据来源、数据处理过程进行血缘追踪，能够快速准确地定位到问题，并清楚它的危害范围。减少重复开发：规范数据分层，开发通用的中间层数据，能够减少极大的重复计算。

用：用数据。告警处理及时率提升：通过数据质量工具建立公司的告警中心，对于安全生产告警提升及时率。运维故障定位效率提升：通过集团日志中心实现日志的快速分析能力，对于IT故障实现快速定位，快速解决。安全问题响应时间缩短：通过对接智慧矿山、智能供热等告警系统数据，实现安全问题秒级上报，总部决策有依据。生产优化能力增强：对供热水压、水温实时监控，解决用户远端过冷，资源不到位或浪费等问题。

新华三助力黄陵矿业集团建设零碳智慧园区

智慧矿山技术专家 宋平

井下的生产是先进的，井上的园区是绿色的

桥山脚下，沮水河畔。黄陵矿业集团作为陕煤集团核心骨干企业，坐落于革命圣地——延安。作为煤矿智能化建设的发起者、推动者和受益者，黄陵矿业集团率先响应《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，积极推进煤矿智能化建设，结合“双碳”目标，建设零碳智慧矿区。

秉持“绿水青山就是金山银山”的理念，聚力落实“双碳”行动，黄陵矿业集团按照“依托煤—延伸煤—拓展煤”的思路，形成煤化工，煤矸石发电，煤矸石、粉煤灰制建材、瓦斯发电、矿井水回收复用等多个循环经济链条，形成清洁高效、综合利用的循环经济产业体系，走出一条用水不排水、采煤不见煤、产灰不排灰、废物全利用的创新发展之路，实现黑金资源绿色开采、高碳产业低碳运营。



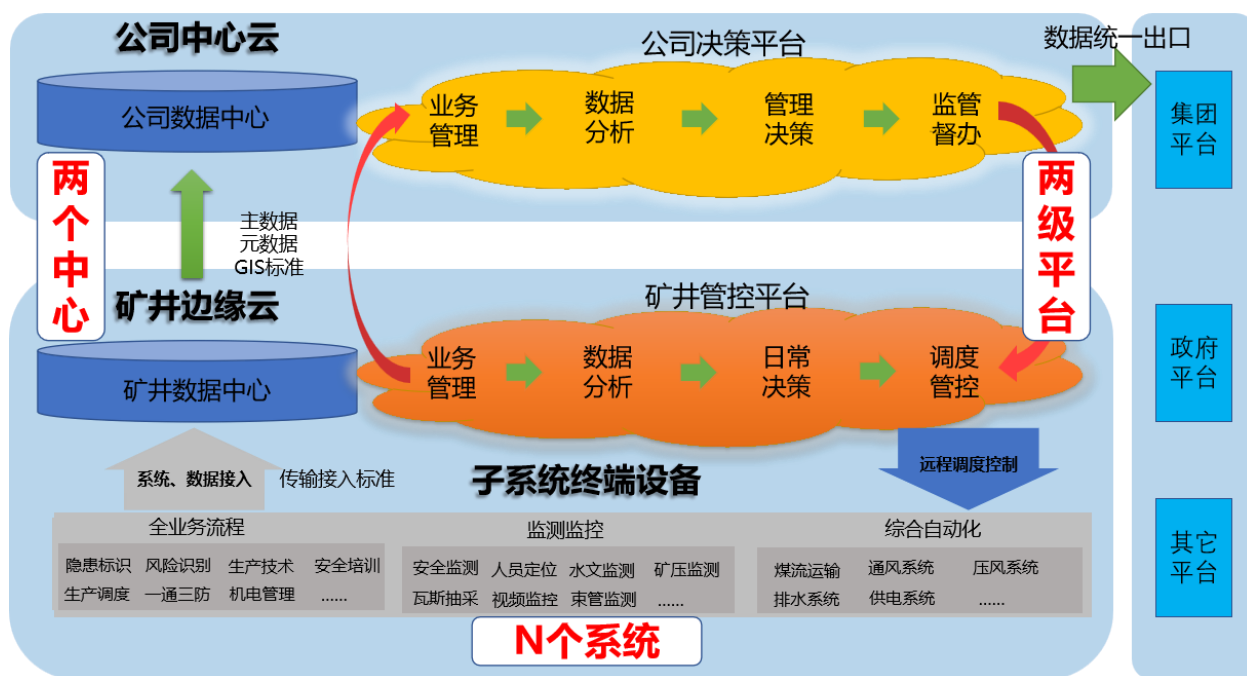
图片说明：黄陵矿业集团远景图

煤矿生产地点多处于人烟稀少的偏僻地区，员工工作与生活也多围绕在矿区。然而，传统矿区很多系统建设尚不完善，且大部分在功能上各自分工，系统资源属性单一，在资源共享、业务整合上存在诸多问题，矿区安全管理也并未在流程上进行优化，无法满足企业与员工对于矿区综合服务便捷化及智能化的需求。一个安全、智能、绿色、高效、和谐的矿区成为了新的建设目标。

新华三集团基于黄陵矿业集团矿区的现状及需求，精心打造零碳智慧园区体系，以“零碳操作系统+园区综合管理平台”为核心，规划矿区的安全生产、经营管理、生态环保、智慧民生等模块，实现矿区的整体智慧治理能级跃升，大幅度提高智慧矿区的运营效率。

未来矿区“零碳智慧园区”怎么建

建设“零碳智慧园区”意味着什么？首先，可以帮助矿区提高信息化建设水平、实现智慧化管理，使管理层直观了解矿区运行情况，将管理做到“看得见，管得着”。其次，也可以帮助企业进一步完善矿区安全防范功能，加快对矿区异常事件处理的速度，提升矿区的综合管理水平，实现矿区综合服务的智能化IOC运营管理。



图片说明：智慧矿区总体架构

如何建设“零碳智慧园区”？黄陵矿业智慧矿区总体架构采用“2+2+N”框架，（即“公司决策平台、矿井管控平台两级应用平台，公司数据中心、矿井数据中心两个中心，以及智能化采、掘、生产辅助、监测监控、经营管理等N个子系统”），采用云计算、协同GIS、数字孪生、智能识别、大数据等先进技术，建立黄陵矿业统一标准、全面感知、实时互联、

高效集成、开放共享的公司决策平台及矿井管控平台两级应用平台，实现调度指挥的全息可视、重大危险的智能预警、安全管理的动态诊断、生产过程的协同控制、经营管理的智能分析、业务流程的高效协同。

借助数字孪生平台的搭建，黄陵矿业集团在数字世界里复刻出一座智慧矿区。通过将地理信息、交通管理、建筑、设施、设备等管理对象三维重现，以及与数字平台数据的整合对接，实现现实矿区与虚拟界面的相互映射，形成面向管理者的统一运营管理中心。借助IOC运营管理中心，管理者可以全面直观地掌握矿区内部与外部的人、物、建筑的状态，建立从运营状态可视、到业务分析->预警->辅助决策->执行的能力，实现矿区的“可视、可控、可算”，最终实现智慧矿区的建设目标。



图片说明：零碳智慧园区综合服务智能化IOC运营管理中心

依托黄陵矿业集团已规划建设清洁低碳生产体系、生态碳汇能力及新能源产业，矿区融入绿能覆盖、煤化工、煤矸石发电、煤矸石、粉煤灰制建材、瓦斯发电、矿井水回收复用、碳污同治等碳排放数据，可视化呈现碳数据，直观掌握碳排放数据，从不同业态、不同碳源等维度完成深度剖析，形成矿区“碳画像”，实现“三知”（知排、知碳、知路）、“三治”（治能、治污、治碳）与“三绿”（绿能、绿产、绿碳），真正提升矿区生态碳汇能力，全力打造碳中和智慧矿区。

科技力量助力矿区智能升级

在这次矿区智能升级的华丽蜕变过程中，员工成为最重要的参与者、最积极的推动者与最客观的见证者。如今，员工在矿区的生活变得更加舒适与便捷：停车更方便，固定车辆和临时车辆实现分别管理，提高停车体验；进出更有序，临时访客、特殊访客、员工家属等拥有不同的来访权限等。这些点滴的变化，极大地提高了员工生活幸福感。

在黄陵矿业集团看来，智能化建设不是一蹴而就的，相信伴随着越来越多的技术革新与智慧加持，煤矿行业将向着更加安全、智能、绿色、高效、和谐的方向持续加速迈进。

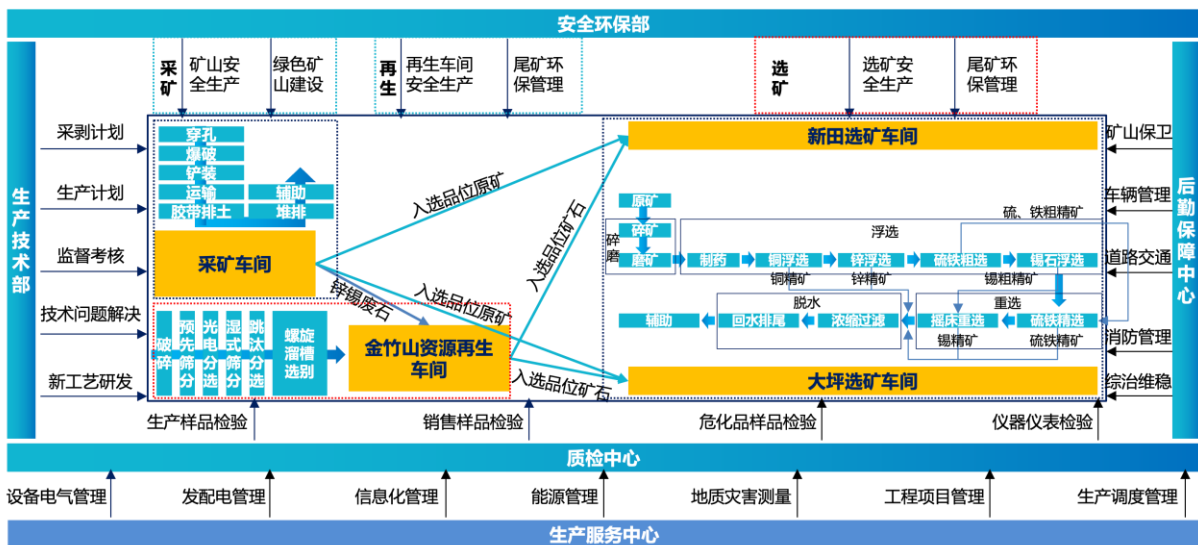
云锡华联锌铟数字化转型整体规划咨询实践

智慧矿山技术专家 边仕卿

数字化转型背景

云南华联锌铟股份有限公司（以下简称“华联锌铟”）是云锡下属的集采矿、选矿为一体的国有控股企业，是云锡的利润支柱企业，也是文山州矿业龙头企业。华联锌铟现有4个采矿权及4个探矿权，拥有稀贵金属铟储量位居全国第一，锡金属储量居全国第三，锌金属储量居全省第三。

华联锌铟将信息化、数字化作为公司长期以来重要发展战略目标之一，并设立建设“智慧运营中心、数字化矿山、智能化选厂”的三个目标。坚持“顶层设计与底层建设相结合、统筹规划、分步实施、持续优化”的原则，以“简单实用、数据驱动”的长效应用模式，推动公司从“公司信息化”向“信息化矿业公司”的转变，以提高管理效力、提高工作质量、降低生产成本、降低岗位人员配置要求、实现利润最大化为目的创新发展。



数字化转型难点及挑战

1.隶属于云锡集团二级单位，数字化转型受限于集团层面

华联锌铟是云锡下属国有控股企业，企业定位为云锡利润支柱企业。包括公司的整体发展战略、生产任务制定、外部采购、物流运输等业务都由上级公司制定或管控。在信息化建设方面，也会使用集团统建的ERP、OA、EPS采购等信息化系统，但是数据及接口依然在集团层面管理，无法实现完全自我管控，尤其是当前财务、人力、采购等业务仍然以集团ERP为主，自主性较差。在此种情况下，如何既能满足集团统一管理要求，又能实现自身的数字化转型特色，是一项颇具智慧与挑战的工作。

2.人员信息化理念还未完全形成，需要接受新兴信息化技术

各生产车间以及职能部门对于信息化认识和接受程度普遍较低，大部分中高层领导以及一线员工都还停留在手工、线下执行审批及人工流程处理等工作方式，对于当前信息化建设成果以及未来信息化发展战略概念都还比较模糊。对于新兴信息化技术以及未来可能带来的工作模式巨大转变也还没有形成预期，没有意识到信息化的发展会为工作效率的提升提供哪些帮助，所以在信息化理念接受方面也需要逐步提升。

3.单体业务信息化水平较高，但缺乏统筹及集成规划

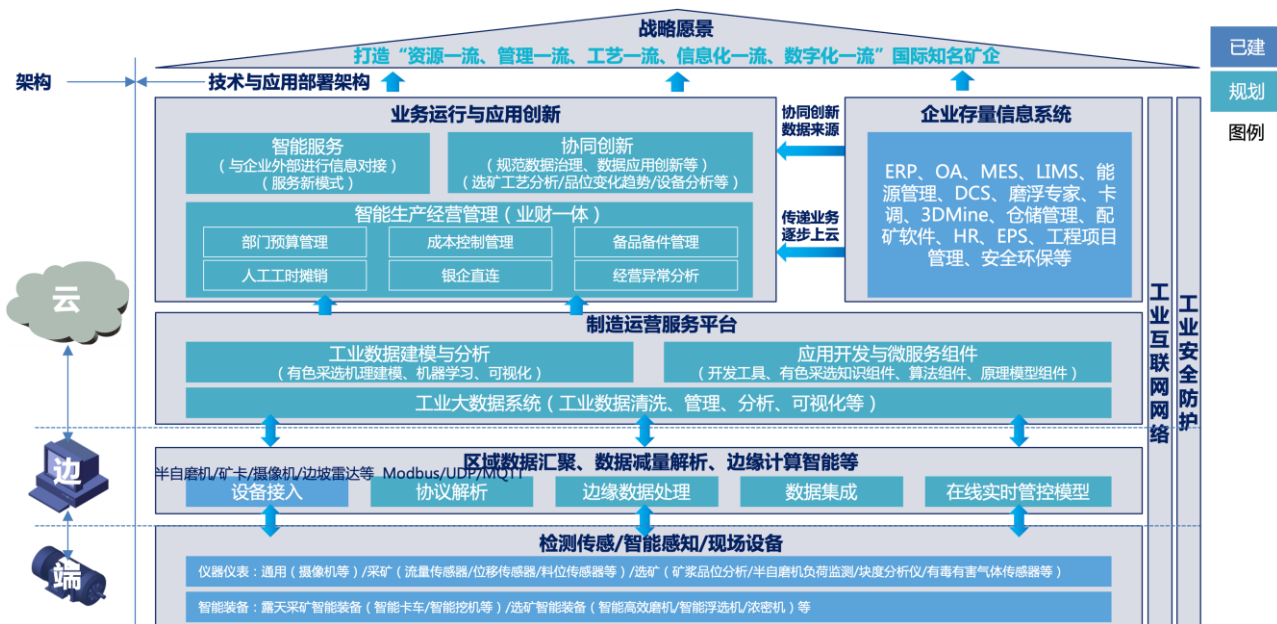
在实际业务经办人员使用系统的时候也遇到了很多因为业务系统未集成导致的班组人员重复信息录入、质检实验数据同步不及时、采矿生产计划及矿石储量无法实时同步等问题，而且随着公司业务应用的增加以及移动应用的增加，如何进行统一集成管理以及未来整体信息化如何统筹规划已经成为公司信息化发展亟需解决的问题。

4.已积累大量业务数据，但数据的价值还未完全挖掘

伴随着自动化以及信息系统的建设，有价值的生产、设备、物料、能源、采选过程数据也已完成大量积累，尤其是在13年就开始建设的MES系统里面，更是存储了大量高价值数据。但是目前还没有形成一个存储、计算的大数据平台框架，同时在相应业务模型建设方面也还没有实践，大量的数据价值还未完全体现与挖掘，数据标准以及数据质量目前也存在一些问题。

数字化转型方案

新华三助力华联锌铟建立公司业务系统间架构集成融合及规范化的流程治理和智能决策机制，通过提升数据使用价值，建立合理经济模型，为领导科学决策提供必要的依据，引导公司从技术使能型企业向实时型、高效率、具有强大执行力的知识型公司转变。以公司当前信息化建设成果为基础，按照国际工业控制及软件标准ISA-95框架以及《有色金属行业智能矿山建设指南》，从基础设施到数据、应用、业务及战略实施进行全面数字化转型。



1. 技术架构

端：华联锌铟在电气自动化领域属于先进行列，仪器仪表建设已经相对成熟；在智能装备方面可以通过智能装备提升采矿人员车辆安全，合理规划装铲最优路径，提升选矿金属回收率。

边：充分利用采矿、选矿、再生资源车间，以及质检中心现场原有控制系统数据，汇聚区域数据资源，实现边缘侧的数据分析和实时决策。

云：补齐ICT基础设施短板，混合云平台集成工业微服务、大数据服务、应用开发与部署等功能，实现海量异构数据汇聚与建模分析、工业经验知识软件化与模块化、各类创新应用开发与运行。

2.智能应用

智能生产与管理：智能生产方面，聚焦矿山采选和运营管理层面，通过对实时生产数据的全面感知、实时分析、科学决策和精准执行，以及通过系统间集成，实现面向采选全流程的、以“矿石流”为主线的生产过程优化。智慧管理方面，通过对质量、能源、成本等数据的分析，通过拉通生产过程数据、设备、备品备件、物料等数据，建立经济模型“财务流”，实现管理决策优化。

智能服务：聚焦供应链层面，通过对供需信息、制造资源等数据的分析，实现资源优化配置。通过智慧运营中心，实现“人财物产供销”等主题的展现，满足公司各层级人员使用、控制、管理的需要。

协同创新：聚焦数据价值挖掘，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，通过应用系统集成工作，实现业务流程闭环，实现采矿生产计划、能源、质检等系统间协同。

数字化转型成果

引领企业创新发展：以公司发展战略愿景为基础，构画整体信息化发展方向，辅助企业生产经营决策，指明未来信息化发展路径。按照信息化蓝图指导未来信息化整体建设，科学规划，合理发展，防止信息化重复投资建设，提升信息化高质量发展。

提升业务流转效能：经过深入的业务调研分析，结合国内外领先金属、制造企业先进经验，以公司实际业务流程开展为基础，开阔业务流程思路、优化业务线条、打通业务流程，通过信息化手段辅助企业业务流程优化，减少人工重复工作成本，提升业务流程效能。

破解成本控制难题：以业财一体思路为基础，充分掌握用户数据现状，围绕财务核算管理、预算管理、成本管理等领域，以成本控制管理为核心，对生产过程、采购成本、经营管理进行全面成本控制管理。通过搭建先进的经济模型，分析生产经营异常，提出改善方法或建议，指导提升工艺流程。

优化信息运行环境：充分调研当前ICT基础设施，优化调整基础设施规划方案，从高性能、高可用、高安全等方面统筹考虑，未来将建设打造冗余可靠网络架构，运用新技术、新理念、新模式，构建新一代混合云敏捷响应业务需求。

矿山AI大脑，助力陕煤集团柠条塔煤矿安全生产“少人化”

智慧矿山技术专家 宋平

项目概况

2021年10月国家能源局下发《智能化煤矿验收管理办法（试行）》，明确要求煤矿建设智能化园区及井下AI智能分析系统用以辅助煤矿安全生产。陕煤集团下属各矿务局于2021年启动建设智能化矿井地面“天眼”智能视频监控系统以及井下“天眼”视频“三违”行为分析系统。解决煤矿安全生产的四个场景化需求：井下场景难覆盖、违规行为缺手段、生产设备缺监工、环境监测查不准。

陕煤集团神木柠条塔矿业，矿井核定生产能力1800万吨/年，获得了“全国煤炭工业双十佳煤矿”，是国家能源局、国家煤矿安全监察局公布的国家首批智能化示范建设煤矿之一。柠条塔煤矿率先响应国家及集团对于智能化矿山建设的要求，与新华三&紫光华智携手，建设智能化矿山地面和井下的视频监控及智能分析系统。



图片说明：柠条塔煤矿全景图

建设内容

新华三&紫光华智助力柠条塔煤矿建设“天眼+千眼”AI智能分析系统，包括视频周界模块、矿区车辆超速提示模块、车辆违停检测模块、AR全景展示模块等，并且搭建基于“云化架构”的AI智能解析中心，利用ES7000云化部署，构建矿山AI大脑，为地面及井下约800路视频提供GPU算力能力，实现不同算法的灵活调度及统一管理；部署US3060全对称分布式云存储，建设地面井下视频统一存储资源池，实现视频节点故障业务不受影响，提升存储可靠性；建设园区AI智能寻踪系统，对于地面视频画面进行300倍速智能分析，快速挖掘视频中的人、车、物等特征数据，在进行人员管控时可快速寻找目标人员在矿区的精准活动轨迹，进一步加强煤矿安全生产运营，确保煤矿的核心业务正常运行。

同时，矿山AI大脑利用后台算力搭载人员未带安全帽、值班室人员离岗睡岗、特殊区域火焰检测、吸烟检测等7种380余路智能分析算法，实现井上下“三违”行为分析预警；部署AI开放训练平台，利用煤矿现有素材，经过实际训练孵化出皮带违规坐人识别、输煤皮带异物检测、输煤皮带堆煤检测、刮板机大煤块检测、皮带煤量检测预（空载、少载、过载）等150余路智能分析算法。当系统识别到异常时第一时间在后台告警弹窗，工作人员确定紧急程度后安排处理，并且持续对系统进行深化，逐步实现产生告警和生产系统联动，防止安全事故发生。

通过“天眼+千眼”AI智能分析系统建设，将安全监管体系深入到煤矿现场，准确预控风险，实现AI技术与安全监管体系的深度融合，助力柠条塔煤矿向安全生产“少人化”目标前进。

部署算法

车辆超速提示	园区车辆违停检测	视频智能周界预警	高点AR实景指
视频智能解析中心	智能识别主运输	未带安全帽识别	智能识别综采面
值班室人员睡岗识别	值班室离岗识别	玩手机识别	井下火焰检测
吸烟检测	皮带违规坐人识别	智能识别辅助运输	输煤皮带异物检测
输煤皮带堆煤检测	刮板机大煤块识别	智能风门识别	智能硐室识别

图片说明：柠条塔煤矿已部署算法

方案优势

轻量上云：ES7000云化平台作为矿山AI大脑，存算检按需组合，极速云化部署，后台算法灵活调配；系统架构极简，部署运维简单，机房空间相比业内降低30%，能耗减少15%。

智能寻踪：智能寻踪系统，采用云化切片技术，具备历史录像极速分析，最大可实现10000分钟录像的万倍速解析，1分钟内完成结构化分析，远高于业界水平。

多算法仓：支持多方算法融合，实现合作算法快速集成；开放生态，提供业界优势算法；算法与硬件、应用解耦，资源可共享，应用可连续。

AI训练平台：基于云、数、AI等前沿技术融合牵引，采用软件与硬件解耦、应用与数据解耦、平台与算法解耦的设计理念，实现算法的接入、调度、训练及应用，快速利用现有素材孵化客户需求场景的智能分析算法。

AR高点实景展示



智能“寻踪”



工作面电子围栏告警截图



皮带电子围栏告警截图



图片说明：矿山AI大脑系统建成效果

新华三**矿山AI大脑**，涵盖井下及地面场景：井下防爆相机机芯、地面相机、极云视觉中枢、视频云存储、地面及井下各类算法、AI开放训练平台等。实现AI技术与安全管理体系的深度融合，为实现**矿山“无人化”**贡献科技力量。

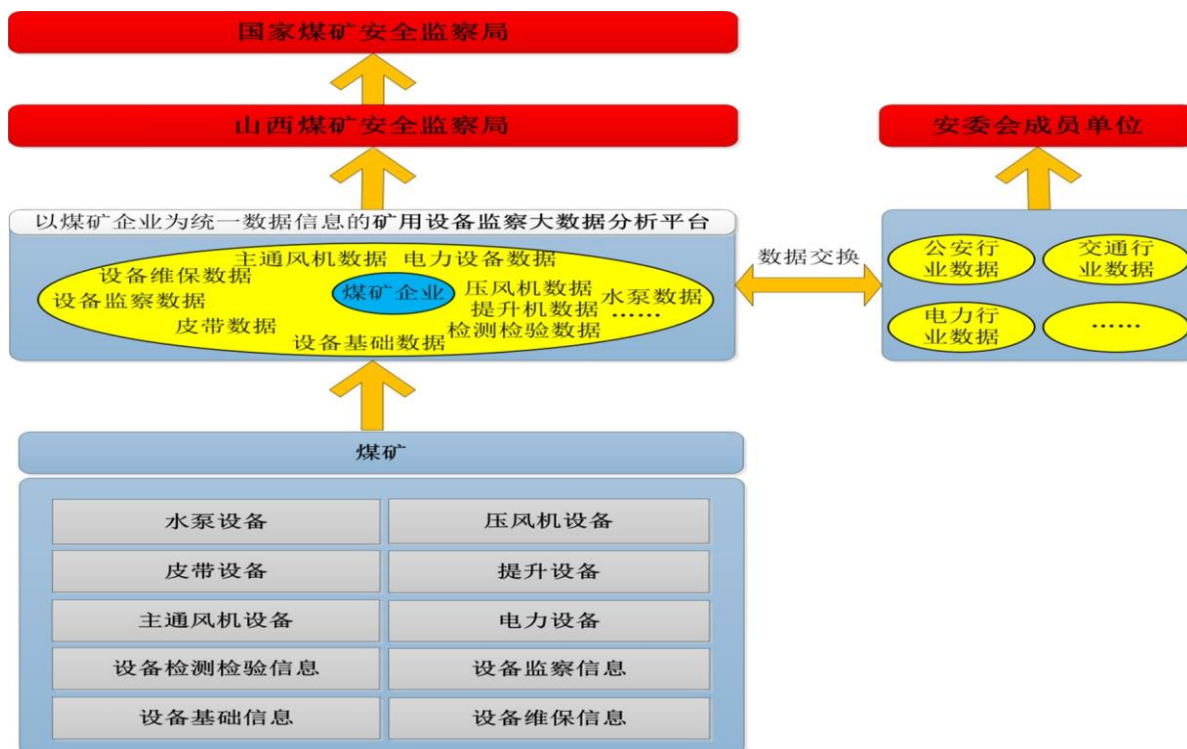
立足煤矿安全实际，提高安全监察手段，降低事故风险

-新华三高性能IT基础设施助力山西省煤监局矿用设备监察管理系统建设

智慧矿山技术专家 李晓光

项目情况

山西省煤矿安全生产面临着“开采条件复杂期、生产接续紧张期、结构调整痛苦期、经济下行困难期、煤矿事故易发期”“五期”叠加，各种灾害交织并存，并成为制约和影响煤矿安全生产最突出、最严重的问题。山西煤矿安全监察局为推进煤矿企业主体责任落实，提高煤矿安全监察的服务水平，提高监察部门、煤矿企业的信息支撑能力。充分利用物联网、大数据提升煤矿安全生产“大数据”事故分析预测能力，做到检索查询即时便捷、实现来源可查、去向可追、责任可究、规律可循。通过矿用设备隐患排查、矿用设备基础管理资料采集与管控、实时运行状态分析、大数据分析等系统对煤矿进行日常性的监督检查，最终为降低煤矿安全生产事故提供信息化支撑保障。总体架构如下图：

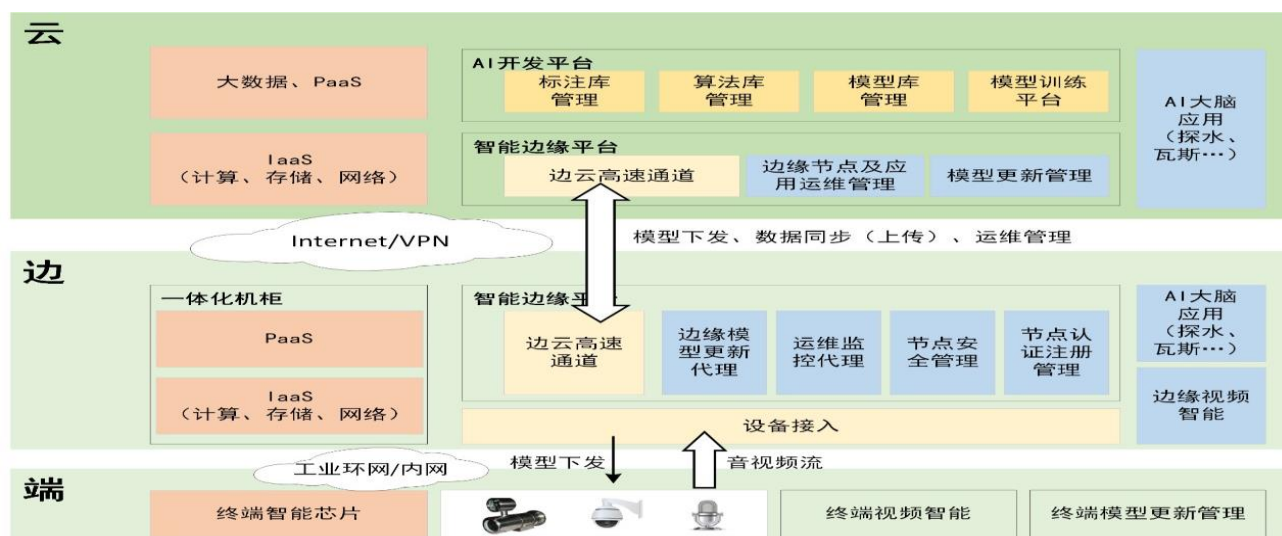


矿用设备监察管理系统架构图

矿用设备监察管理系统将重要矿用设备的基本信息、运行状态、检测检验、维护保养、设备管理等信息进行综合集成。通过将重要设备运行状态信息统一接入省级设备监察信息平台，通过对设备使用情况进行统计分析，对异常数据进行分析研判，实现矿用设备监察管理功能。

技术架构

基于矿用设备监察管理系统的部署架构，需要形成一个涵盖煤矿企业、地市局、省局，拉通煤矿企业生产网络的云、边、端架构，新华三为矿用设备监察管理系统提供整个系统的基础架构，包含高性能服务器、万兆基础网络、高性能FC存储等，打造省局安全、高效、弹性的智能化IT基础平台。



IT基础架构

在云端，建设智能化弹性资源池，部署20台高性能服务器，并部署新华三CAS云操作系统，搭建一个高性能资源池，满足整个系统的资源需求和弹性扩展需求，独立部署2台高性能服务器承载数据库系统，并通过云操作系统的管理功能进行统一监控、管理、资源调度。

针对矿用设备监察管理系统高并发、低时延的要求，部署FC网络与高性能独立存储，并组成存储双活架构，满足数据的毫秒级切换，最大程度保障业务连续性和可靠性。

整个云数据中心采用万兆到服务器并预留扩展至25G的能力，能够满足未来业务大规模扩展的需求。

通过统一云端基础平台的建设，支撑了系统互联互通、信息共享和业务协同的要求，达到了“纵向到底、横向到边”的目的，并通过合理划分安全区域，满足安全高标准要求。

建设成果

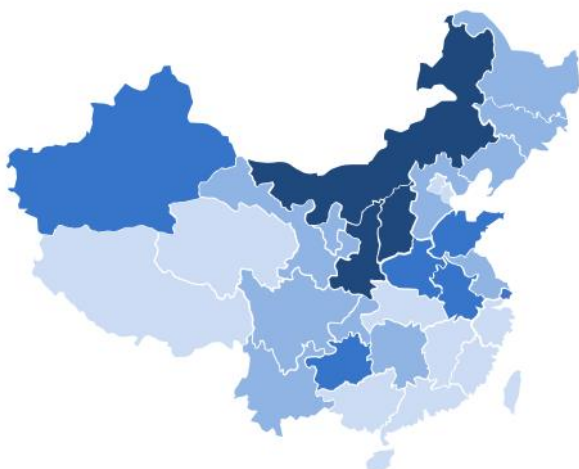
矿用设备监察管理系统项目的建设，进一步提高了对重特大事故的预防、监察能力，对加强国民经济宏观调控、国家发展和社会和谐产生强大的促进作用。该项目推进了煤矿安全监察机构和监管及行业部门对煤矿安全生产信息的共享共用，提升了重大危险源管理和生产安全事故的预防、监察执法和事故处置能力，有力提高煤矿安全监察水平。

附录 1 煤矿业务基础概述

煤矿基础业务知识

中国煤炭资源的分布特点

中国的煤炭资源“北富南贫、西多东少”西北部地区煤炭4省内蒙、山西、陕西、新疆占中国产能3/4，加上山东、安徽、贵州、河南、宁夏占中国产能90%以上



中国煤炭资源分布情况



主要煤炭产区产量占比

煤矿的分类

按照开采方式，分为露天煤矿和井工煤矿，煤矿采用何种工艺是由“剥采比”决定的，煤矿的剥采比一般是指开采1吨原煤所需要剥离岩石体积（以 m^3 为单位），行业内普遍经验认为，一般剥采比超过8，剥离岩石的成本过高，则适宜采用井工开采。

截至2020年12月底，我国露天煤矿数量占全国的8%、产能占全国的17.8%。在中国产量排名前十的煤矿中，有8家是露天矿。

单位：万吨

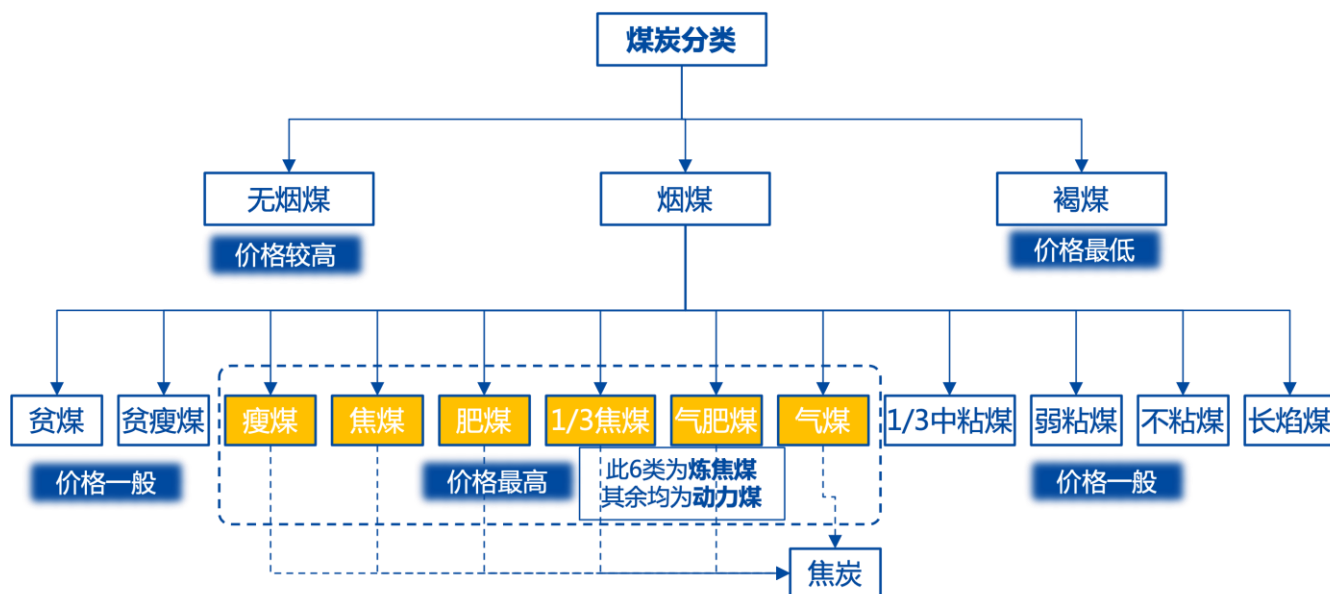
排序	煤矿名称	2020年产量
1	神华准能集团有限公司黑岱沟露天矿	2828
2	中国神华能源股份有限公司补连塔煤矿	2646
3	同煤大唐塔山煤矿有限公司	2495
4	神华准能集团有限公司哈尔乌素露天矿	2440
5	华能伊敏煤电有限责任公司露天矿	2383
6	神华宝日希勒能源有限公司露天煤矿	2144
7	神华北电胜利能源有限公司胜利一号露天煤矿	2107
8	中煤平朔集团有限公司安太堡露天矿	1995
9	中煤平朔集团有限公司安家岭露天矿	1993
10	中煤能源股份有限公司平朔东露天煤矿	1991

露天煤矿和井工煤矿的主要区别

- 1、开采成本——露天煤矿开采成本更低，井工煤矿的开采成本一般是露天煤矿的2-3倍；
- 2、安全性——由于井下开采需要面临更多复杂未知危险，露天开采的安全性一般更高；
- 3、资源利用效率——露天开采可达到更高的资源利用率，煤炭资源回收率可比井工矿高10%左右；
- 4、污染情况——露天矿由于存在扬尘，相对井工矿对环境的影响会更大一些；
- 5、电气防爆要求——煤矿井下设备要求更严格，井下属于I类防爆区域，需要获得煤安认证（MA），露天矿开采区域属于II类防爆区域，只需要防爆证。

煤的分类——煤炭价值的“中庸之道”

煤炭是宝贵的资源，是古代植物遗体的堆积层埋在地下后，经过长期的地质作用形成的。中国煤炭分类，首先按煤的干燥无灰基挥发分等指标，将所有煤分为无烟煤、烟煤和褐煤。褐煤含碳量低，水分挥发份较多，无烟煤含碳量高，灰分水分挥发份较少，是“进化程度”更高的煤。烟煤在褐煤和无烟煤之间，放热量适中。



对行业接触不深的人会第一反应是无烟煤最好，其实不然，虽然含碳量高，但对于锅炉运行来说，着火困难反而不太适合，一般用于高炉喷吹、烧结铁矿石或者制造各种碳素材料。炼焦煤和动力煤是按煤的用途分的，动力煤一般是狭义上专指大型发电厂煤粉炉适用的烟煤，而烟煤中的6种类型的挥发分和粘结性符合炼制焦炭的需求，而焦炭是炼钢的重要工业原料，需求量较大，其价值是各类煤中最高的。

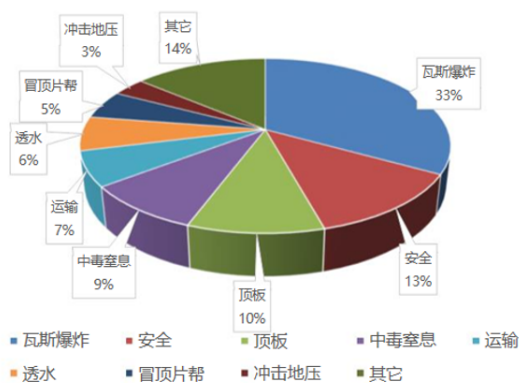
煤矿企业主要的相关管理单位

分类	单位名称	单位简介	一句话总结
主要相关单位	国家能源局	国家发改委下属副部级单位，负责国家能源战略规划，煤炭资源采矿权审批，煤炭产能规划，煤炭体制建设和改革	管整体，管资源
	国家矿山安全监察局	应急管理部下属副部级单位，负责煤矿、非煤矿山的安全生产监督管理工作，包括安全保障装备、安全评级、培训教育、事故调查等	管安全
次要相关单位	自然资源部	国土资源审批、非煤矿山采矿权审批等	监管审批
	生态环境部	生态环保相关要求责任单位，采矿审批	管环保
	国家安标中心	属于中煤科工集团下属企业，负责煤矿、非煤矿山技术装备的安全标志认证、授权，所有的矿用产品必须获得国家安标中心的证书才能在矿山使用	管设备下井
	煤炭工业协会	行业组织，由煤炭相关单位参与构成，负责部分国家标准、团体标准制定或者参与制定，开展行业统计，参与推动行业技术进步	管行业技术

煤炭的事故及危害

煤炭开采作业具有危险性，随着技术进步和国家高度重视，煤炭年度事故死亡人数已由本世纪初的9000余人缩减到178人，可谓是有质的变化，瓦斯目前仍然是煤矿从业者生命安全的第一威胁，其余危害程度较高的还有机械类伤害、顶板事故、中毒和运输等等。

2016-2020 各类事故死亡人数占比



事故分类	死亡人数	事故数	平均死亡数
瓦斯爆炸	396	66	6
安全	151	110	1.4
顶板	120	77	1.6
中毒窒息	107	18	5.9
运输	77	62	1.2
透水	76	27	2.8
冒顶片帮	63	20	3.2
冲击地压	41	7	5.9
其它	166	60	2.8

注：安全事故包含机械故障、机械伤人、意外事故、违规操作等

井工煤矿由于环境复杂，尤其是掘进和采煤等一线生产环节，在一定程度上是对未知领域的探索，要面临各类死亡威胁。煤矿井下有五大自然灾害，分别是：瓦斯、顶板、水、火和粉尘。

我国煤矿工人经历的四代煤炭开采工艺

在井工开采方面，中国由建国初期就确定了来源于英国的“长壁式采煤法”为煤炭的主要开采模式，前后累计经历四代开采工艺

第一代：炮采法

时间在上世纪50~60年代，主要依赖人力开采。多采用柱室法采煤，通俗的说就是打洞和炸药破开煤体，这样可以降低开采难度，缺点就是回采率低，要留下大量的煤柱作为支撑。炮采时代的连续作业能力极低，爆破要产生大量的粉尘和有害气体，由于没有有效的防尘、治尘措施，煤矿工人还要进行大量的重苦力劳动，体力支出非常大，为了不影响呼吸，那时候的煤矿工人基本不戴口罩，嫌喘不上气，只能任由煤炭粉尘进入肺部。其次是体力方面：由于所有工艺几乎都是靠人工，那时候的煤矿工人劳动强度非常大，也没有普遍实行班中餐制度，煤矿工人只是休息时靠吃些干粮充饥。加上支护设备的简陋，煤矿工人随时有受伤的危险。

钻孔爆破



装运



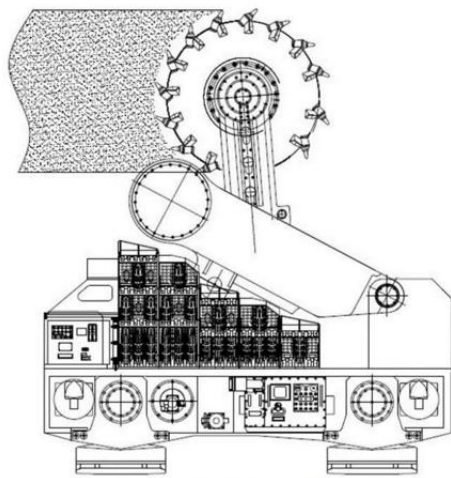
支护



第二代：普采法

上世纪70~80年代，部分实现机械化开采。随着液压技术的成熟，给采煤机械的升级提供了技术基础，国有煤矿已开始采用液压单滚筒采煤机，将破煤、装煤两个环节合并成一个过程，这时的采煤效率较之前的人工爆破采煤已有了大幅度的提升，支护方面采用液压单体支柱和金属铰接梁，虽然还是靠人工但比之前，支护强度和安装、回收过程已有了明显改善。较上个时期虽然减少了爆破环节，破煤、装煤工艺也有了改善，但煤矿工人的工作环境依旧很差，劳动强度还是很高，煤矿工人还是有随时受伤的危险。尤其是支护环节仍旧是靠人力搬运、拖动重达100~200kg的铁柱子，因为是利用乳化油和水混合的液体作为支撑单体支柱的介质，所以工作服和手套总是湿乎乎的。

破煤



破煤采用液压单滚筒采煤机

支护



采用液压单体支柱支护

第三代：综合机械化采煤

上世纪90~本世纪，基本实现机械化开采。综采时代的典型特征是采煤已实现高度的连续作业，采煤机、刮板输送机、液压支架实现协作，采煤方面采用电牵引的双滚筒采煤机，破煤、装煤一气呵成，支护方面采用了具有行走功能的液压支架，极大程度提升了采煤效率。这个时期的采煤工艺是当今我国依然主流的采煤工艺，煤矿工人无论从劳动强度、工作环境、自身安全都有了跨时代的进步。随着职业健康的推广，采煤工艺里煤层注水、瓦斯预抽、防尘、降尘等措施也成了采煤工艺的重要组成部分；机械化程度高煤矿工人也不需要大量人工体力的支出，煤矿工人在采煤工作面也都带起了防护口罩。并且随着“班中餐”制度的推行，煤矿工人在井下也能吃上了由地面送入井下的饭菜。

综采工作面



双滚筒电牵引采煤机+刮板输送机+液压支架

班中餐



第四代：智能化采煤

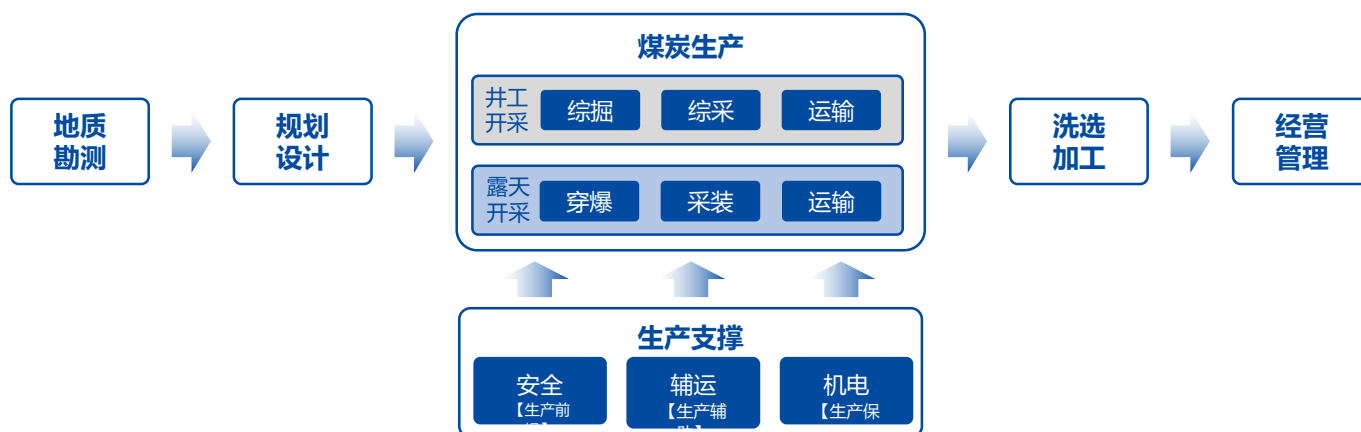
“智能化采煤”是采煤行业的发展方向，随着技术和理念的发展，智能化采煤目前还在不断重新定义中，目前的智能化采煤在破煤、装煤、运煤、支护、采空区处理的上，主要还是沿用上一代的采煤工艺，不同的是给每个采煤机械装上一个智慧的电脑。使采煤机、刮板输送机、液压支架通过工作面视频和各类传感器，将数据通过物联网传回主控室。主控室对采集的数据进行云计算和人工智能分析，给出作业决策，再发出作业指令。从而实现工作面落煤(截割或放顶煤)、装煤、运煤、支护作业的自适应和工序协同控制的开采方式。

智能化采煤对于普通煤矿工人来说，受益最大的就是劳动环境的改善，不用长时间传统的在采煤工作面作业，不用受到岩石冒落、采煤粉尘、冲击地压、等有害气体的威胁。作业时大部分时间在井下的主要控制室操作，只要少量检修时间需要去工作面巡检。随着技术的进步，最终实现“无人矿山”是智能化采煤发展的终极方向。



煤矿的主要价值活动

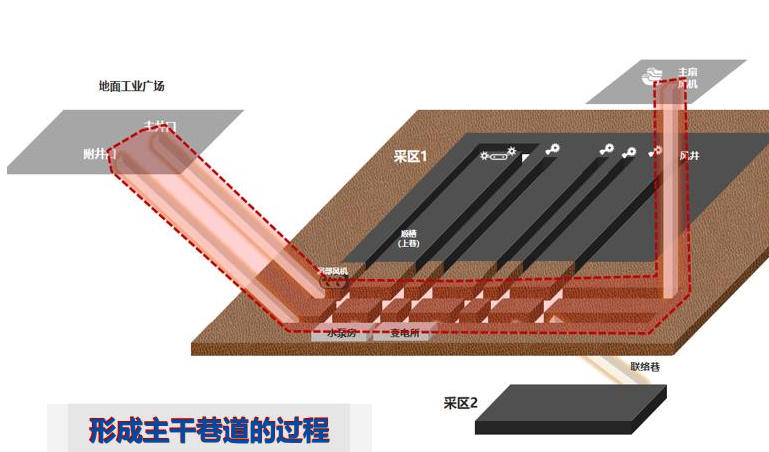
除了煤炭开采，煤炭从探测到最终发挥价值，经历了一系列的过程，具体如下图：



煤炭的主要价值活动由地质勘测、规划设计、煤炭生产、洗选加工和经营管理主要环节构成，而生产支撑作为服务于生产的环节，保障生产有序、安全的进行，以下是一些主要的生产场景：

井巷开拓

井巷开拓是建井当中，形成主干巷道的过程，井工煤矿建井一般需要3年左右，建井的关键岩石巷道的开拓，包括形成各类竖井、斜井、主辅运大巷、采区石门、车场、各类硐室等。

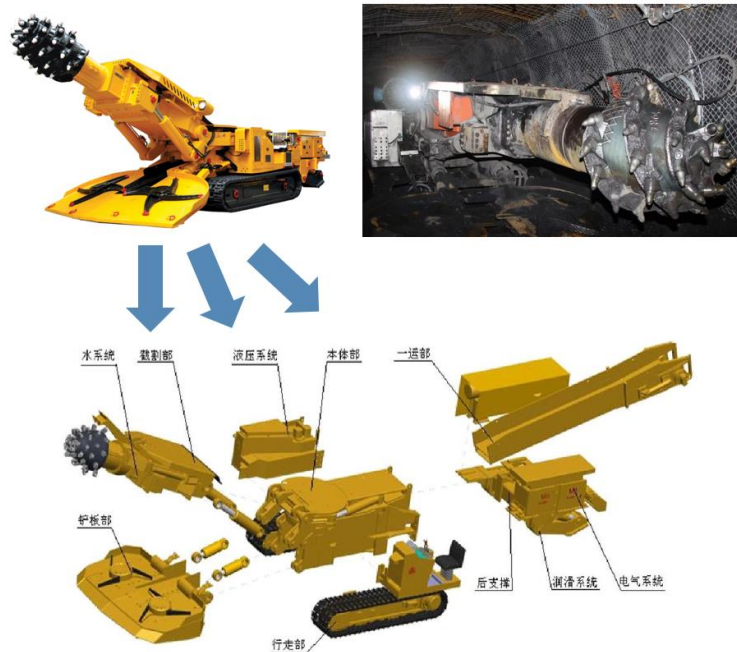


掘进

掘进是煤炭生产活动的重要环节，用于准备和形成工作面，主要包括：

- 测量——确定掘进过程朝着正确的方向前进
- 探放水、瓦斯——掘进煤巷之前，需要先打钻孔探测水体和瓦斯，预防事故发生
- 掘进——使用掘进机进行煤巷掘进，并将生产的煤通过皮带运输出去
- 支护——掘进一段之后，需要布置锚杆和锚网，将工作面支撑好，防止坍塌

国内使用最多的掘进设备是“悬臂式掘进机”，主要由行走机构、工作机构、装运机构和转载机构组成。随着行走机构向前推进，工作机构中的切割头不断破碎煤块，并将碎煤运走。



采煤

中国主流的综采工艺核心设备由“三机”构成：

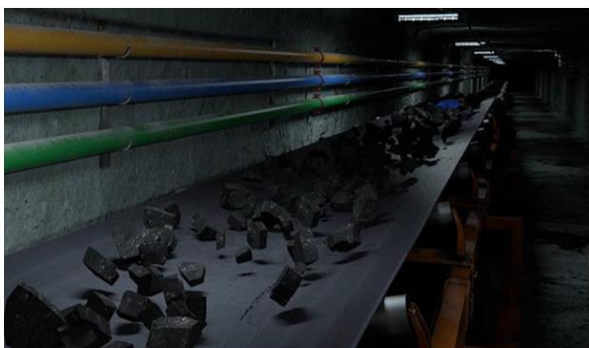
- 1、液压支架——采用液压动力，起到支撑整个工作环境的作用，阻止顶板坍塌。现代综采工艺，液压支架具备自行走能力，并推动刮板机前行。
- 2、采煤机——通过滚筒旋转，用锋利的截齿将煤从煤壁截割下来，并挤压到刮板上。
- 3、刮板输送机——负责将采煤机截割的煤运输到侧翼的巷道，具备很强的耐磨特性。



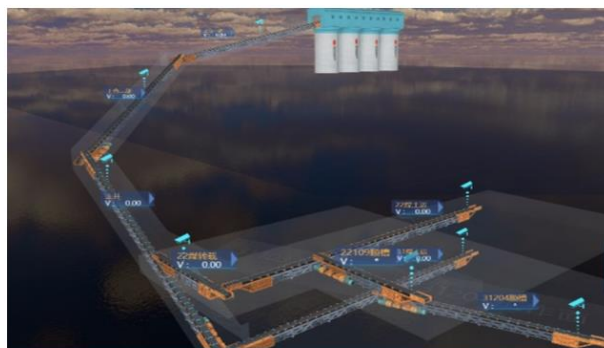
主运输

煤炭主运输系统指的是负责将工作面生产出的煤炭，逐级运输到井上选煤厂的相应装置、系统，一般有立式提升和斜井运输两种，前者采用的是提升机箕斗，在国内使用较少，后者主要使用皮带，较为普遍，在煤矿中，与煤相关的事务都称为“主”，所以主运输巷道一般指的是运煤的皮带巷。井下皮带之间通过搭接完成运输传递，，皮带机一般分为机头（动力装置）、支架、托辊和皮带体等构成，在皮带与皮带之间的搭接处往往还有煤仓，用于缓冲煤流，防止堆积。一个煤矿皮带的长度往往长达十几公里甚至几十公里，皮带是煤矿生产的血液系统，是煤矿生产的核心环节。

运输皮带



皮带搭接关系



辅助运输

辅助运输系统主要作用运送人员、材料、设备上下井，矿井生产中，与煤无关的事情称为“辅”，竖井辅运一般使用罐笼，斜井使用无轨胶轮车（大型矿）、猴车（中小型矿）、无极绳绞车等。辅助运输关注的内容一是运输安全，矿井运输容易产生失速、失控、人车碰撞等事故，所以需要借助先进技术手段减少事故隐患；二是运输效率——通过调度手段，提升各类车辆的使用效率，提高道路的通过率等。

常见的辅助运输手段



猴车

罐笼

无轨胶轮车

通风

通风系统是矿井的核心系统，对生产环境安全至关重要，其作用是

- 供给井下足够的新鲜空气，满足人员对氧气的需要。
- 防治生产过程的瓦斯积聚带来的危害，冲淡井下有毒有害气体和粉尘，保证安全生产。

- 调节井下气候，创造良好的工作环境。

通风系统包括通风设备、通风方法、通风网络，包含以下重要设施

- 主通风设备（主扇）：在地面每个采区都部署有独立的主扇风机房（大型设备），一般分为主备两台，负责整个采区骨干巷道的通风
- 局部通风设备（局扇）：在每个采煤、掘进面巷道口都部署，负责工作面的局部通风
- 风门：用于调节通风路径，隔绝巷道风流，同时又能保证人员通过



主扇



局扇



风筒



风门

煤炭洗选

洗煤和选煤是煤炭地面生产的核心环节，是将原始开采状态的“原煤”转换为“商品煤”的过程，其意义是通过各种方法剔除煤中的矸石和其他杂质，并将煤分离、配比成各种大小形态、发热量的商品煤。洗煤和选煤的界限比较模糊，一般来讲，洗煤侧重“除杂”，选煤侧重“分类”

- 洗煤——通过水流的冲击作用，把不同成分不同比重的原煤分出不同等级，并除去尘土和废石，降低灰分和硫分含量，叫作洗煤，主要流程：1、配煤，将各种原煤按一定比例，为使最终产品符合精煤客户要求而相互掺配。2、筛分，用带孔的筛面把颗粒大小不同的混合物料分成各种粒级的作业叫筛分。3、破碎，把大块物料粉碎成小颗粒的过程叫作破碎。
- 选煤——利用与其它物质的不同物理、物理—化学性质，在选煤厂内用机械方法去除混在原煤中的杂质，把它分成不同质量、规格的产品。主要有跳汰选煤、重介选煤、浮选、干选等多种方式。



煤矿常用专业术语

通用

薄煤层：地下开采时厚度1.3m以下的煤层；露天开采时厚度3.5m以下的煤层。

中厚煤层：地下开采时厚度1.3 - 3.5m的煤层；露天开采时厚度3.5 - 10m的煤层。

厚煤层：地下开采时厚度3.5m以上的煤层；露天开采时厚度10m以上的煤层。

井工矿相关

采空区：回采以后不再维护的空间。

工作面：直接开采矿物或岩石的工作地点，随着采掘进度而移动。

瓦斯：矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体，有时单独指甲烷。

冲击地压（岩爆）：井巷或工作面周围岩体，由于弹性变形能的瞬时释放而产生突然剧烈破坏的动力现象。常伴有煤岩体抛出、巨响及气浪等现象。

煤（岩）与瓦斯突出：在地应力和瓦斯的共同作用下，破碎的煤、岩和瓦斯由煤体或岩体内突然向采掘空间抛出的异常的动力现象。

三违：违章指挥、违章作业、违反劳动纪律

煤矿三大规程：《煤矿安全规程》《作业规程》《操作规程》

一通三防：通风、防瓦斯、防水、防灭火

一炮三检：装药前、放炮前、放炮后要检查瓦斯浓度

露天矿相关

台阶：按剥离、采矿或排土作业的要求，以一定高度划分的阶梯，台阶是露天开采的基本单元。

平盘（平台）：台阶的水平部分。

穿爆：将岩石或煤体凿孔填药之后执行爆破作业的工艺环节。

采装：用挖掘设备铲挖土岩并装入运输设备的工艺环节。

边坡：指露天矿场四周的倾斜表面，即由许多已经结束采掘工作的台阶所组成的总斜坡。

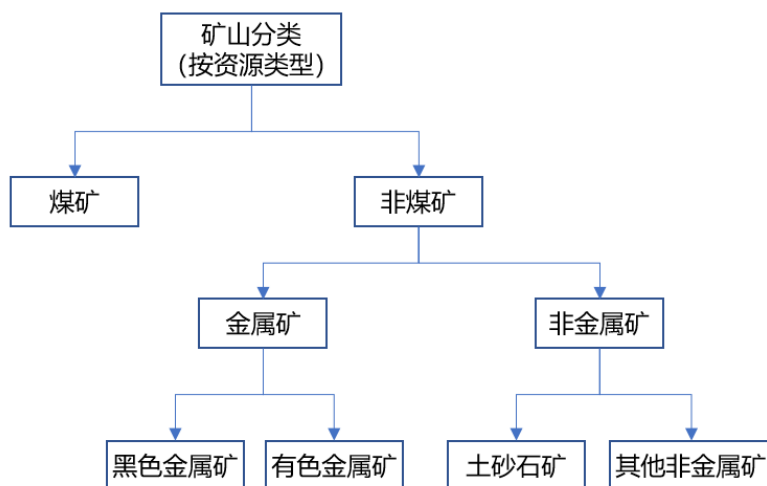
排土场：又称废石场，是指矿山采矿排弃物集中排放的场所。

附录 2 非煤矿山业务知识概述

非煤矿山基础业务知识

非煤矿山的分类

按照国标《采矿业--国民经济行业分类》开采的资源类型，矿山除了煤矿以外，其他可统称为非煤矿，而非煤矿又可以分为金属矿和非金属矿两类，而进一步又分为黑色金属矿、有色金属矿、土砂石矿、其他非金属矿等等



黑色金属矿

黑色金属矿主要指铁矿，其余还包含锰矿、铬矿。

有色金属矿

有色金属矿又进一步分三类，一是常用有色金属矿，包括铜矿、铅锌矿、镍钴矿、锡矿、锑矿、铝矿、镁矿和其他常用有色金属矿；二是贵金属矿，包含金矿、银矿和铂、铱、钨、钽、钼、铍等其它贵金属矿；三是稀有稀土金属矿，包括钨钼矿、采选稀土金属矿、放射性金属矿等。

土砂石矿

包括石灰石、石膏开采，建筑装饰用石开采耐火土石开采，粘土及其他土砂石开采，以及用于铺路和建筑材料的石料、石渣、砂的开采等。

其他非金属矿

包括化学矿，采盐，石棉、石墨、贵重宝石、金刚石、天然磨料及其他矿石等。

非煤矿山和煤矿的主要区别

行业管理单位的区别

行业核心管理部门，煤矿主要的主管部门是国家能源局，而非煤矿山的资源主管部门是自然资源部。

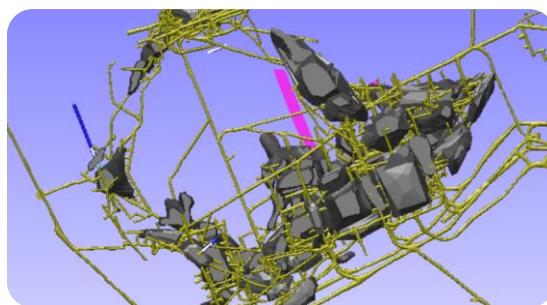
资源分布形态的区别

煤矿资源大部分属于比较大面积的一片森林资源长期沉积的结果，所以煤层的分布基本是固定厚度的水平分布的形态，而金属类矿体往往是以矿脉形式的立体带状分布较多，所以分布更加不规则，更为复杂。

煤炭分布一般呈现比较规则的层状



金属矿分布在立体空间内形状不规则



开采方式的区别

露天矿方面，煤矿和铁矿的开采方式类似，但是井下开采有很大不同。由于相比岩石，煤炭的硬度和密度都要低很多，而且煤炭的分布更为平整，所以可以脱离爆破手段，实现连续作业很高的综合机械化采煤，非煤矿山的开采方式更为复杂，依赖爆破，很难实现自动连续作业，总体上分为空场、充填和崩落法三种。

对于采空区的处理

煤矿采空区面积一般较大，回采之后的工作面一般自然崩落，不对采空区进行处理，地面采空区会沉降。而金属类矿山当今一般采用充填方式，地面不会产生塌陷。

矿山的数量和规模

中国有煤矿4500座左右，而非煤矿山共有30000多座，非煤矿山95%以上都是中小型矿井。

产品形态和下游产业

煤矿开采出来的煤是直接最终产品形态，而金属类矿山大部分是含有一定金属原料的矿石，并非产品最终形态，还需要经过磨矿、冶炼等更多环节的处理。

尾矿处理环节区别

非煤矿山的选矿和冶炼环节一般会产生尾矿，工业废渣一般形成尾矿库；非煤矿山一般形成煤矸石山，煤矸石一般会被建筑利用而不遗留尾矿库，所以非煤矿山的尾矿处理问题更需要被重视。

污染性

金属矿山经过冶炼后的废渣含有重金属等成分，需要对环保和排放进行严格控制，所以金属矿的环保监测要求会更加严格，而煤矿相对污染较低。

危险性

煤矿相比非煤矿山增加了瓦斯危害，煤尘爆炸危险，而且由于煤炭质地更为松软，所以还存在顶板灾害，所以井工煤矿的危险系数更高，但值得注意的是，2021年的煤炭行业事故死亡人数178人，而非煤矿山死亡人数达到325人，由于煤炭行业的安全治理工作更为重视，所以近年来取得了较大进步，所以非煤矿山的安全治理更需要补齐功课。

矿用电气设备要求

煤矿井下和非煤矿山井下用的电气类产品都需要国家矿用产品安全标志认证中心的安全认证，煤矿需要经过煤安（MA）认证，其实验更多的是对电气设备的防爆特性有要求，而非煤矿山井下产品需要



通过矿安（KA）认证，其要求更多是产品的防护特性，相对来说要求较低。

智能化程度

从智能化矿山的整体建设进展来看，由于煤矿的整体政策要求更为完整，所以建设进展相对较快，而非煤矿山目前国家主要是《有色金属行业智能矿山建设指南》，不具备强制特性，总体来看，非煤矿山的整体智能化程度相比煤矿要落后2-3年。



李钧辉（主编）



13718795200



li.junhui@h3c.com



吕杭榕（副主编）



18989878149



lv.hangrong@h3c.com



彭涛（矿山行业
责任主编）



13810426731



peng.taob@h3c.com



新华三集团

北京总部
北京市朝阳区广顺南大街8号院 利星行中心1号楼
邮编:100102

杭州总部
杭州市滨江区长河路466号
邮编:310052

www.h3c.com ▶

Copyright © 2022新华三集团 保留一切权利

免责声明:虽然新华三集团试图在本资料中提供准确的信息,但不保证本资料的内容不含有技术性误差或印刷性错误。
为此新华三集团对本资料中信息的准确性不承担任何责任。新华三集团保留在没有任何通知或提示的情况下对本资料的内容进行修改的权利。
CN-173X30-20221201-BR-HZ-V1.0