

中國工程院  
CHINESE  
Academy of Engineering



中国煤科  
CCTEG

# 煤炭产业高端化智能化绿色化发展路径与问题解析

王国法

中国工程院 院士

2024年7月21日 于鄂尔多斯

- 1 煤炭产业高端化智能化绿色化发展方向
- 2 煤矿绿色开采与生态修复技术的新进展
- 3 煤矿智能化建设支撑新质生产力的发展
- 4 煤矿智能化建设中几个共性问题的解析

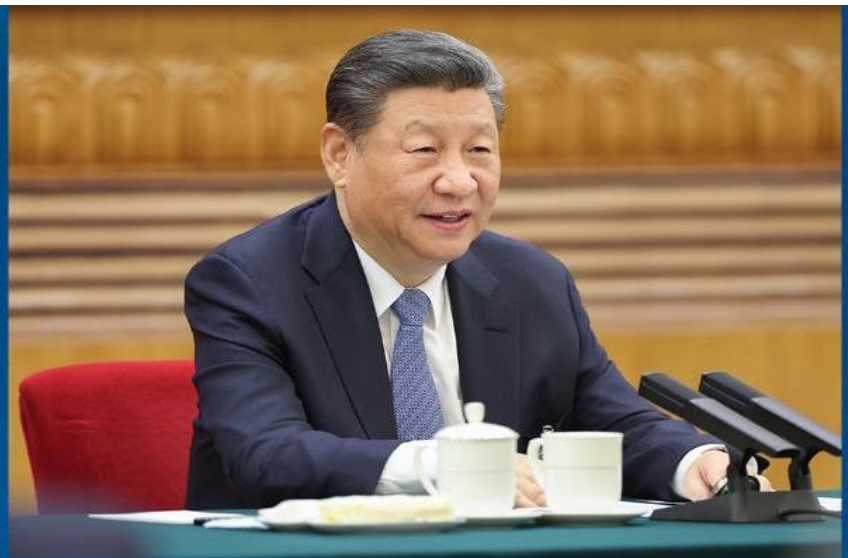
---

**PART**  
**01**

**煤炭产业高端化、智能化  
与绿色化发展方向**

---

# 习近平总书记强调“因地制宜发展新质生产力”



**要牢牢把握高质量发展  
这个首要任务，因地制  
宜发展新质生产力。**

——习近平

2024年3月5日 参加江苏代表团审议

**“要积极运用新技术改造提升传统产业，推动产业高端化、智能化、绿色化。” “科学研究向极宏观拓展、向极微观深入、向极端条件迈进、向极端交叉综合发力。”**

**矿业开发面临极端复杂条件，矿业数字化、智能化和冲击地压、薄和超大采高煤层等高效智能开采就是要向极端条件迈进、向极端交叉综合发力，推动煤炭产业高端化、智能化、绿色化新质生产力发展。**



国内外环境错综复杂，煤炭作为保障国家能源安全“压舱石”作用更加突出

乌克兰危机长期化、复杂化，对全球能源体系影响深远

美国能源获利与欧洲能源窘境，警示能源安全的极端重要性

新能源快速发展，但其技术经济局限性短期难以突破

不稳定性、间歇性，规模大、投资大、贡献小。

新形势下煤炭的战略属性与“压舱石”作用更加突出

煤炭是可以实现安全高效开采与清洁低碳利用的最可靠、稳定的能源。

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 全面准确理解“双碳”目标和煤炭的作用

- **“双碳”目标是国际承诺，也是国家战略。我国“双碳”战略的根本意图是推进广泛而深刻的经济社会系统性变革。** “碳中和”是一盘**多国参与的“政治棋局”**，是我国在国际博弈和外交战场中获得话语权，同时保证经济健康高质量发展的重要举措
- **能源和粮食一样，是国家安全的基石。** 我国的能源资源赋存特点是“富煤、贫油、少气”，煤炭资源总量占一次能源资源总量的九成以上，煤炭赋予了我们温暖，也赋予了社会繁荣发展不可或缺的动力和材料。我国有14亿人口，煤炭、石油和天然气的人均占有量仅为世界平均水平的67%、5.4%和7.5%。开发利用好煤炭是保持我国经济社会可持续高质量发展的必要条件。
- **煤炭是我国主体能源。** 新能源是指非水、非常规能源，太阳能和风能是较为成熟的发电方式。新能源尚存在技术经济的局限性，尤其是具有间隙性和不稳定性。煤炭是可以清洁高效利用的最稳定安全能源。警惕美西方设计的低碳陷阱，立足我国能源资源禀赋，尊重能源发展规律，先立后破是实施“双碳”战略的基本原则
- **“双碳”目标要讲给世界听，能源的饭碗要牢牢端在自己手中**

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 认清美国和西方设计的“低碳陷阱”

- 世界主要经济体能源消费仍以化石为主，占比高达83%以上。西方国家碳达峰是自然达峰，碳达峰和能源达峰、工业化进程的完成处在同一时期；发展中国家实现工业化和经济增长需要突破碳排放的约束。
- 用“低碳”遏制发展中国家发展，针对中国意图十分明显。
- 用碳税等设计打压中国和新兴经济体的制造成本优势。
- 特朗普退出巴黎协议，拜登重启中美气候谈判，企图用气候问题从道义上绑架中国。

奢侈性碳排放

发展性碳排放

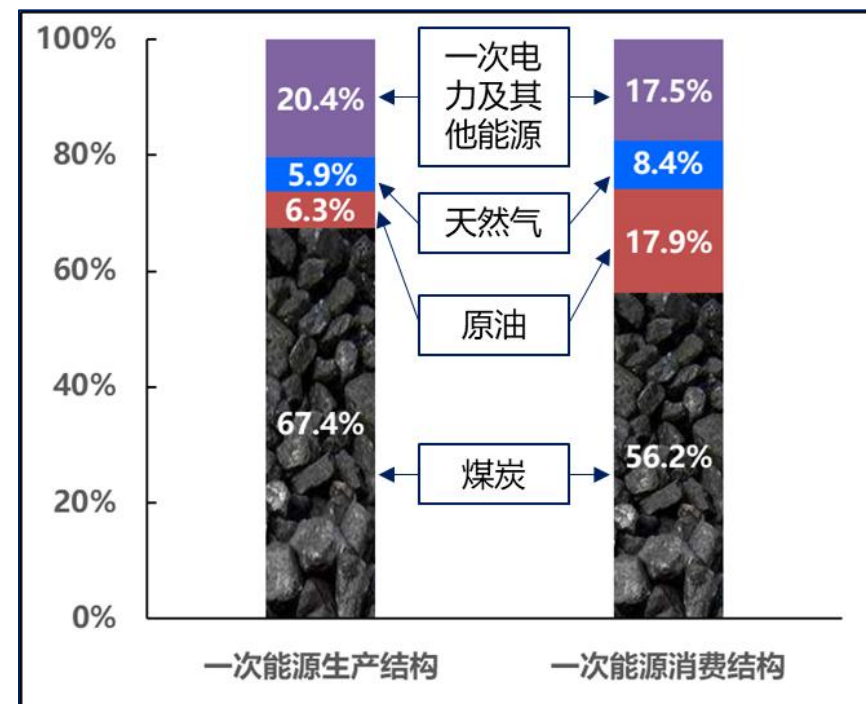
发达国家

发展中国家

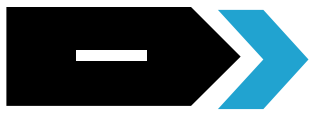
美国人口仅占全球人口的 3% ~ 4%，而排放的二氧化碳却占全球排放量的 25% 以上。

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

- 煤炭是我国**主体能源**和重要工业原料，担负着保障国家能源供给的重大使命，在当前一次能源生产和消费中占比**67.4%**和**56.2%**。
- 随着浅部煤炭资源日趋枯竭，提高深部煤炭资源高效开发水平，关乎**国家能源安全与经济高质量发展**，是必须解决的**战略科技问题**。



深部煤炭数字化和智能化安全高效绿色开采  
是保障国民经济高质量发展的重大战略需求

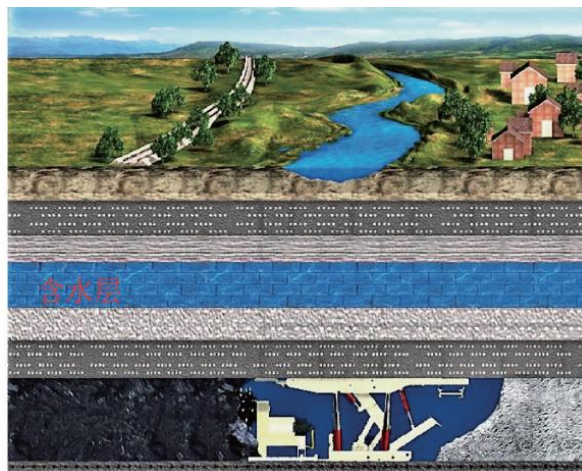


# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

- 生态环境保护的硬约束倒逼矿山企业改变传统生产方式，实现智能化绿色发展，加快推进矿山智能化相关高端技术与装备的研发和应用。
- 生态保护的红线要求煤炭必须绿色开发，建设绿色矿山，而充填开采、煤基固废处理、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，绿色开发势必将大幅增加煤炭开发利用成本，煤炭资源绿色高效开发技术体系亟待完善。



生态保护红线  
ECO-REDLINE



# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

- 智能绿色矿山建设必须坚持开发与生态保护并重，加强采前、采中和采后3个阶段的主动生态保护和修复，通过矿山开发为资源型地区社会发展和生态治理提供强大支撑，实现智能化绿色矿山与社会协调发展。
- 科技创新的加速推进，大数据、互联网、遥感探测等新技术与矿业交叉融合，数字化、智能化技术和装备研发应用，使矿业发展新动能日益强劲，煤炭智能化技术不断快速发展，为绿色矿山建设提供了技术基础，加快推进智能绿色矿业高质量发展。
- 建立健全煤炭智能化绿色矿山建设标准化技术体系，构建矿山生态修复监测监管大数据平台等智能化体系是煤炭矿业应对环保硬约束问题的重要技术途径。



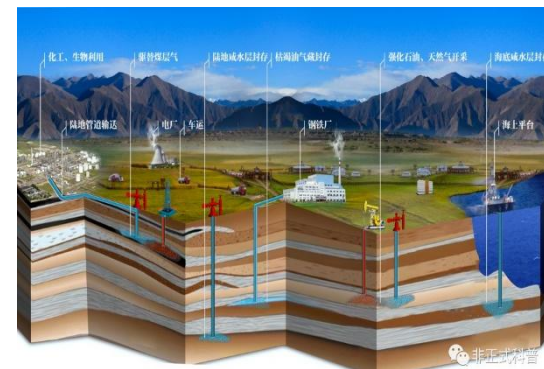
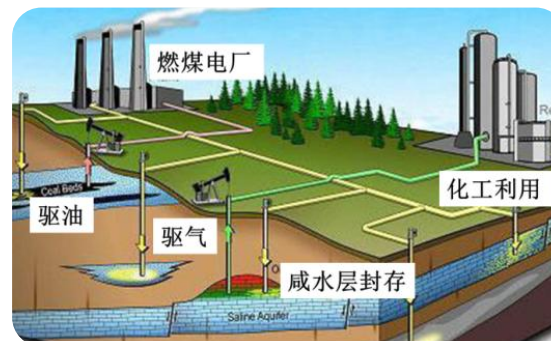
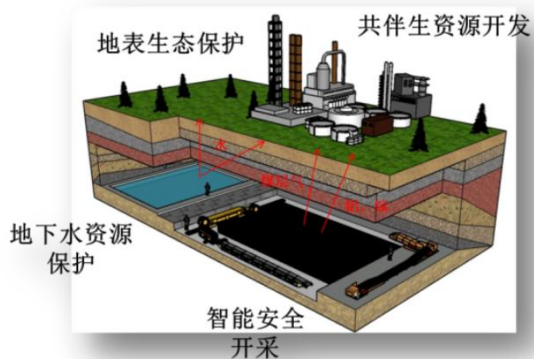
矿山生态修复监测监管大数据平台

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## ■ 煤炭开发方式向数字化、智能化、绿色化方向发展

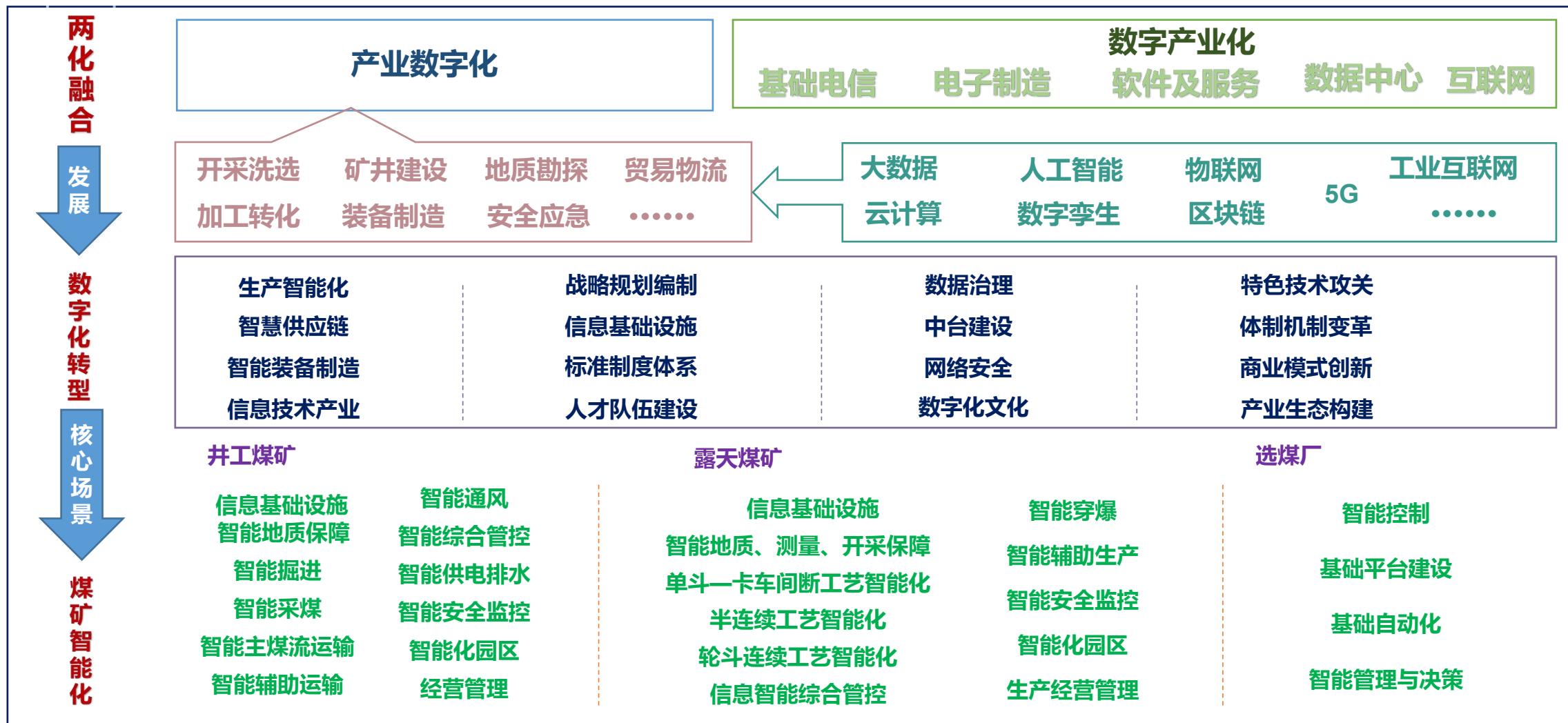
- 一是开采方式向**绿色低损害和智能化低碳方向**转型，尽可能降低对生态环境的扰动，实现无害化开采；
- 二是**减少矿井水和固体废弃物**排放，同时实现水、固废及沉陷土地资源化利用。
- 三是**现有采动影响区和废弃矿井**等开展生态修复，建设绿色生态。

## ■ 煤炭行业必须坚持走生态优先、绿色低碳、安全智能的高质量发展之路，煤炭必将成为未来我国能源绿色低碳转型的重要桥梁。



# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

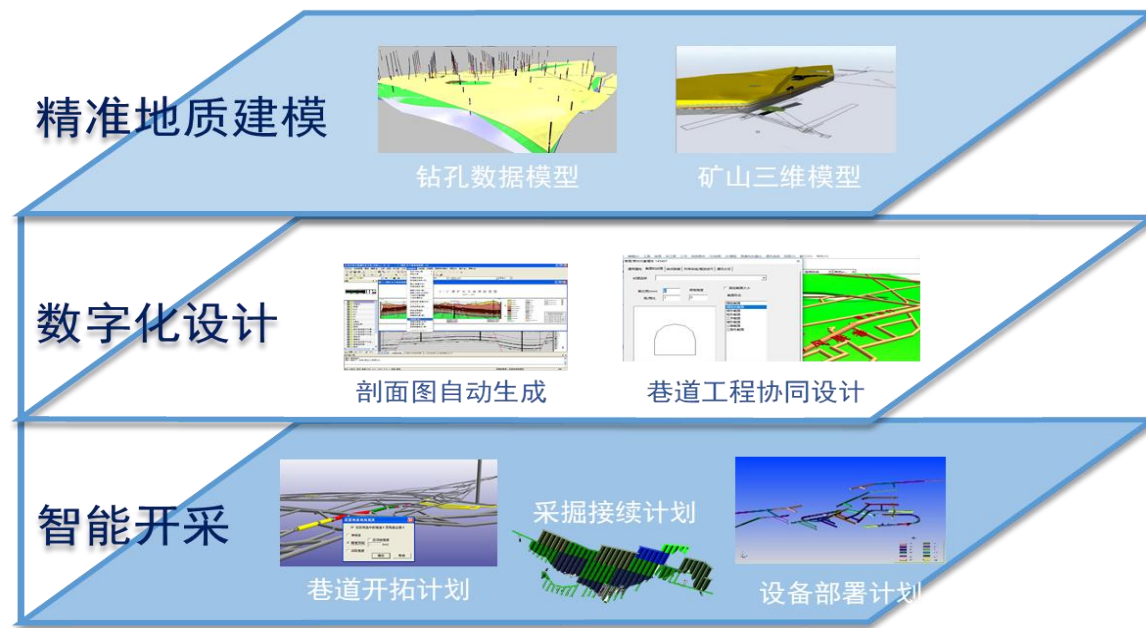
## 推进煤炭产业数字化转型已经成为我国煤炭工业高质量发展的必然选择



# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 煤矿智能化建设是煤炭产业数字化转型的核心要素

煤炭行业数字化转型是以煤矿智能化建设为基础，煤炭生产经营数字化和数字化煤炭生产经营为纽带，数据要素创新驱动为核心，由新一代信息技术引发的煤炭生产方式变革与价值体系重构，推动煤炭行业实现以安全、高效、绿色、智能为核心的高质量发展。

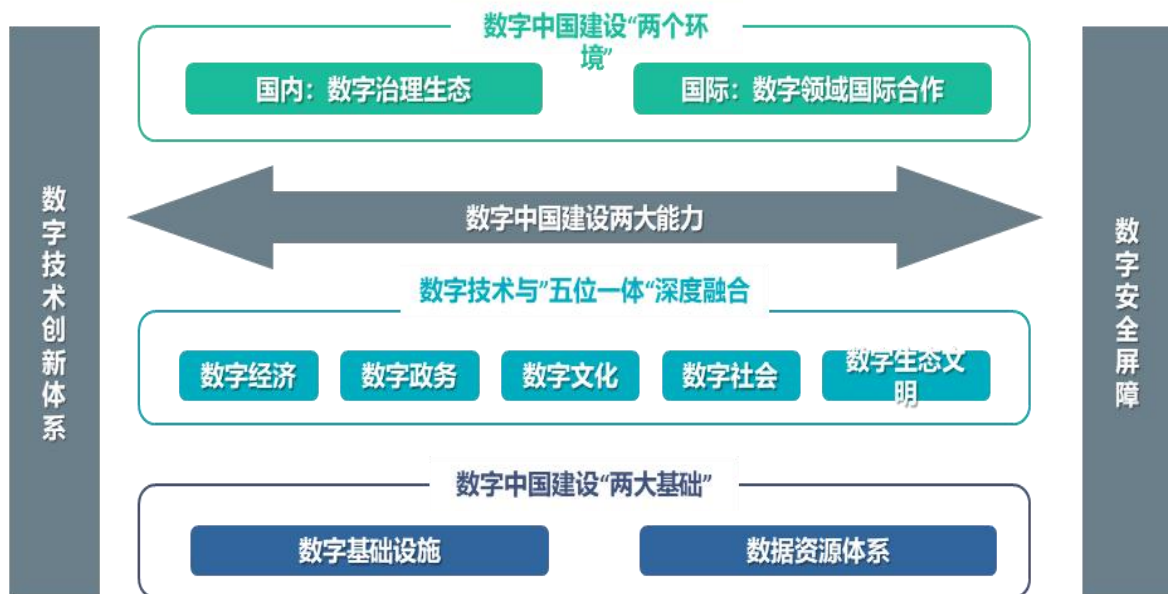


# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 煤炭行业数字化转型涉及资产、业务、流程、组织、人才等全方位转型

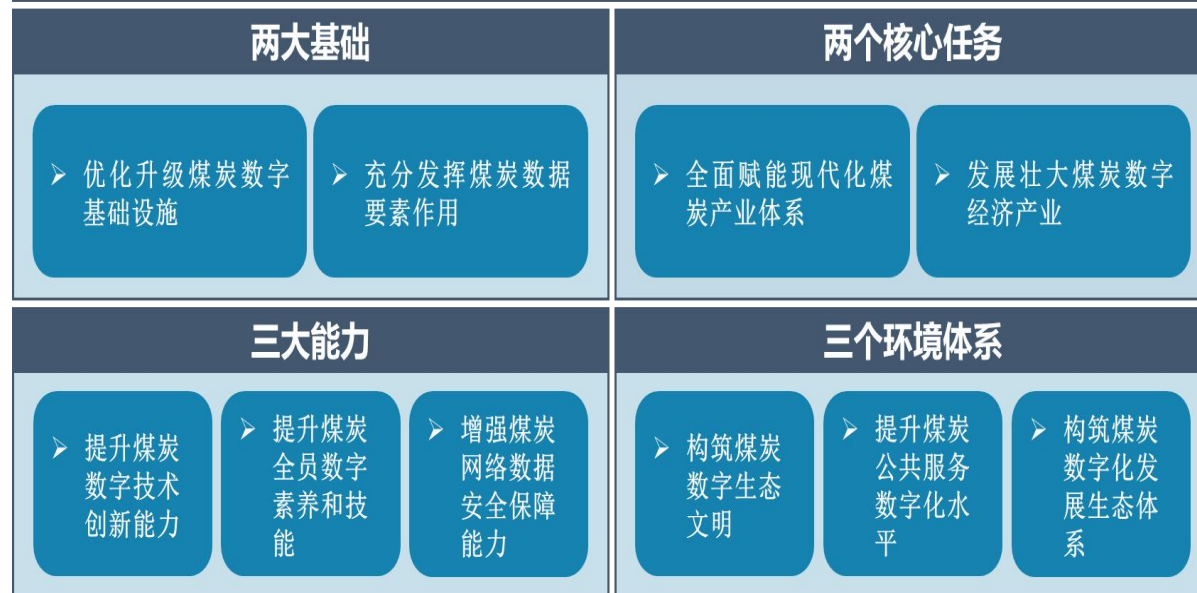
- 煤炭行业数字化转型是数字化技术赋能煤炭地质勘探、设计、生产、运输、洗选、销售、利用等全流程，并不等同于煤矿智能化建设，涉及资产、业务、流程、组织、制度、人才、运营模式、组织架构等多方面的转型。

### 数字中国建设“2522”整体框架



### 数字煤炭“12233”发展规划

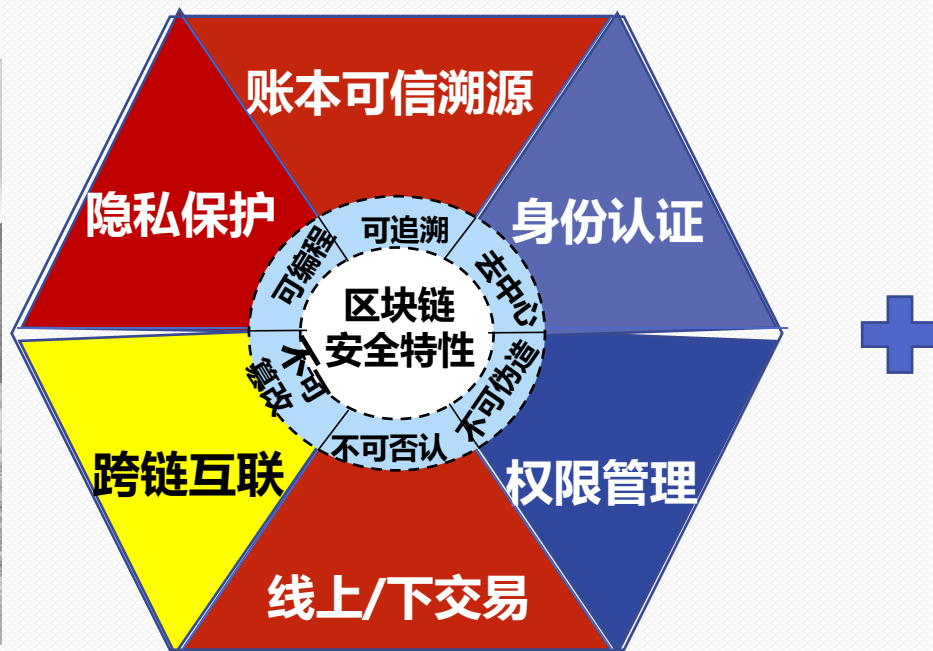
通过“数字煤炭”建设有力推进煤炭工业的中国式现代化



# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## ■ 构建“5G+ABCD”支撑技术体系

“5G+ABCD”技术体系，即5G与人工智能（AI）区块链（Blockchain）、云计算（Cloud computing）、大数据（big Data）等新信息技术融合，支撑煤炭产业数字化转型。建设**绿色智能开采 数字孪生智慧矿山 “供应链-物流链”双链融合 消费精准预测 能源开放共享的市场交易机制**



# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 构建煤炭产业数字化技术标准体系

结构化数据标准

非结构化数据标准

基础类数据标准

派生类数据标准

技术类数据标准

业务类数据标准

数据利用

业务应用

BI分析

数据挖掘

数据开发

数据服务



目录服务



查询服务



申请服务



交换服务



加工服务

数据治理

数据定义

数据标准

数据生命  
周期

文件数据

数据主题

数据质量

数据权限

数据安全

资产监控

数据采集



批量同步



接口调用



库表读取



录入导入



实时接入

数据源

业务系统

专业数据库

数采设备

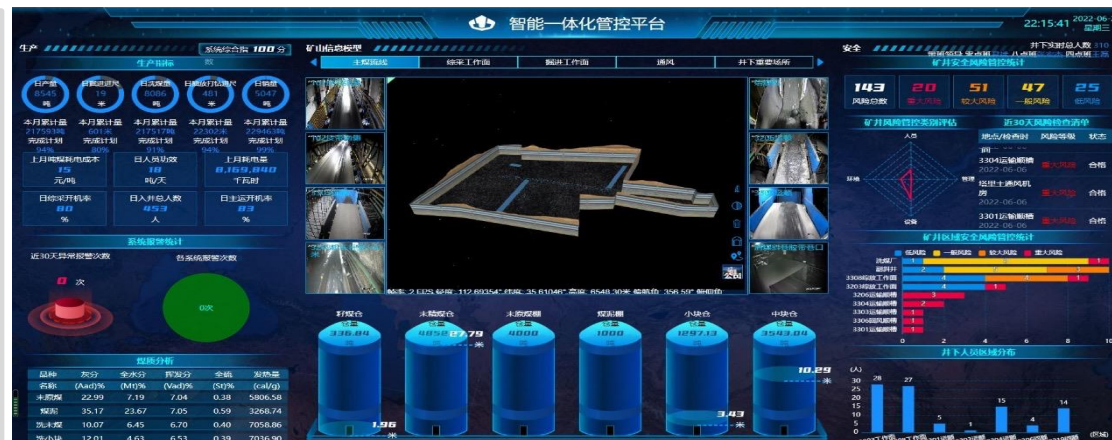
数据接口

线下数据

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 信息基础设施迭代升级：为煤炭产、储、运、销、用全产业链赋能

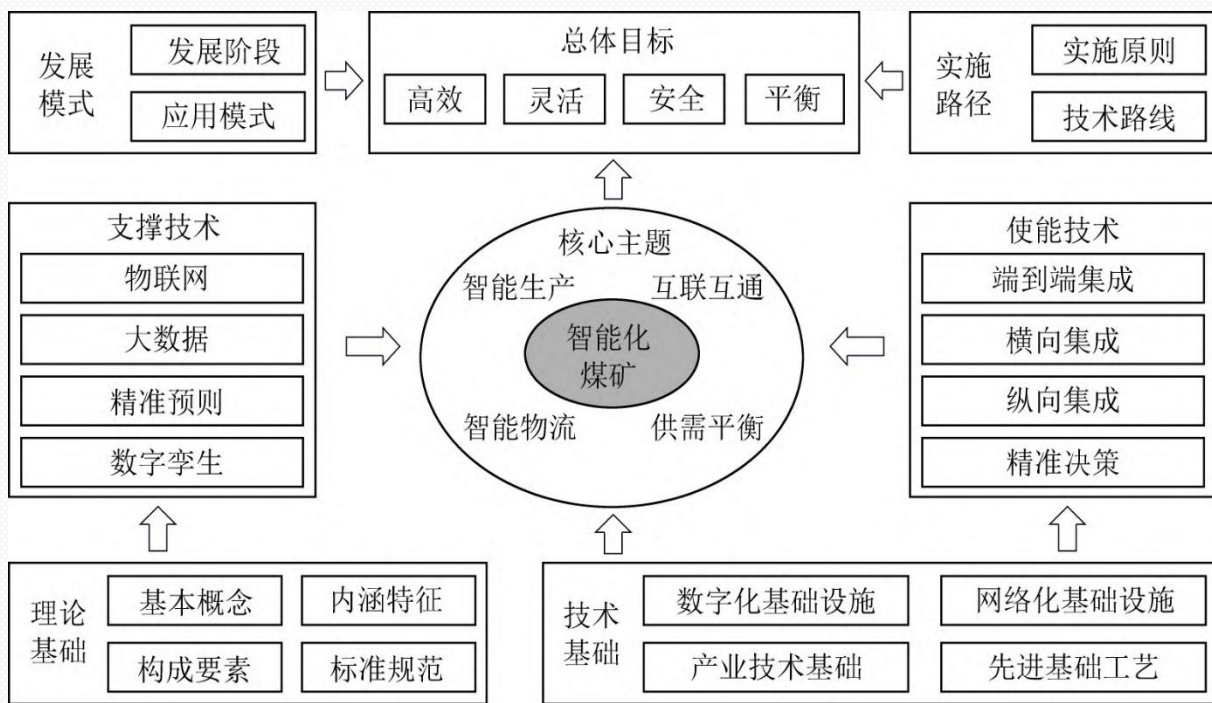
□ 把握新型工业化发展机遇，开展数字化转型顶层设计，有序推进信息基础设施迭代升级，加快数据资产积累，完善数据资源采集、处理、确权、使用、共享等环节管理机制，提升数据管理水平，赋能煤炭产业高质量发展。



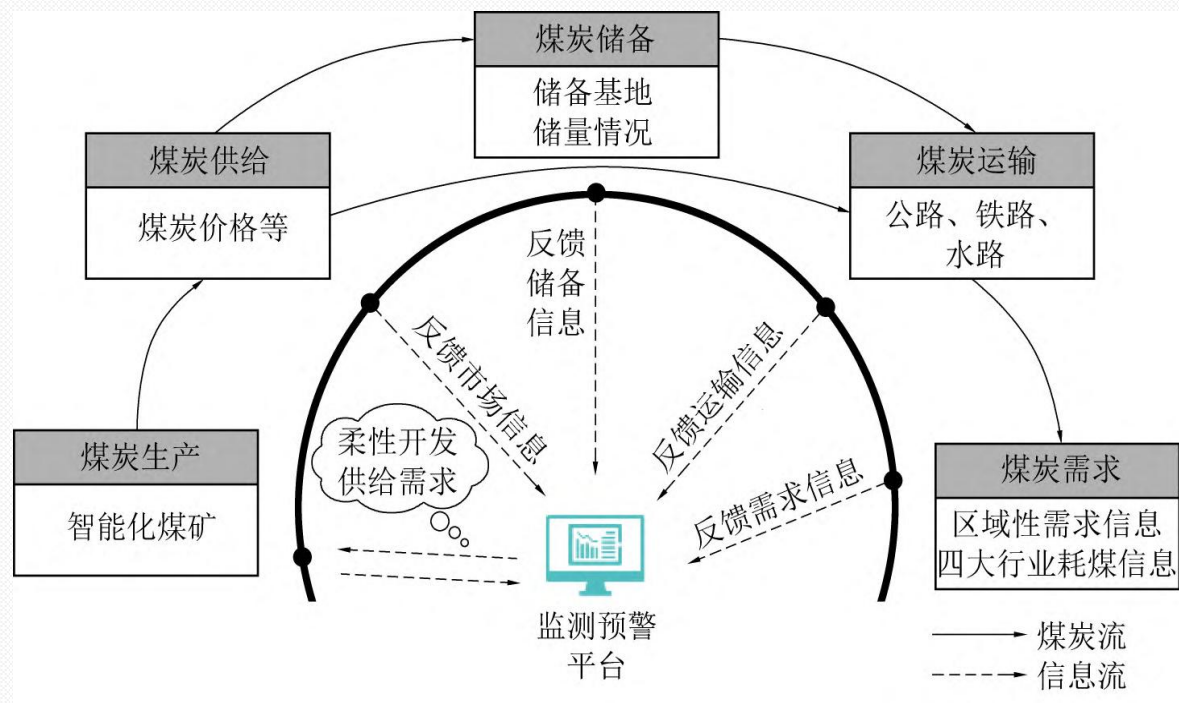
# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## ■ 推进煤炭智能柔性开发供给体系建设

建立以数字化为基础、智能化赋能的多层次网状煤炭开发供应链，实现对煤炭需求的超前精准预测，并基于预测结果对煤炭生产、运输、仓储等进行自动智能优化调节，实现煤炭资源安全、高效、稳定、柔性供给。



煤炭智能柔性开发供给体系架构

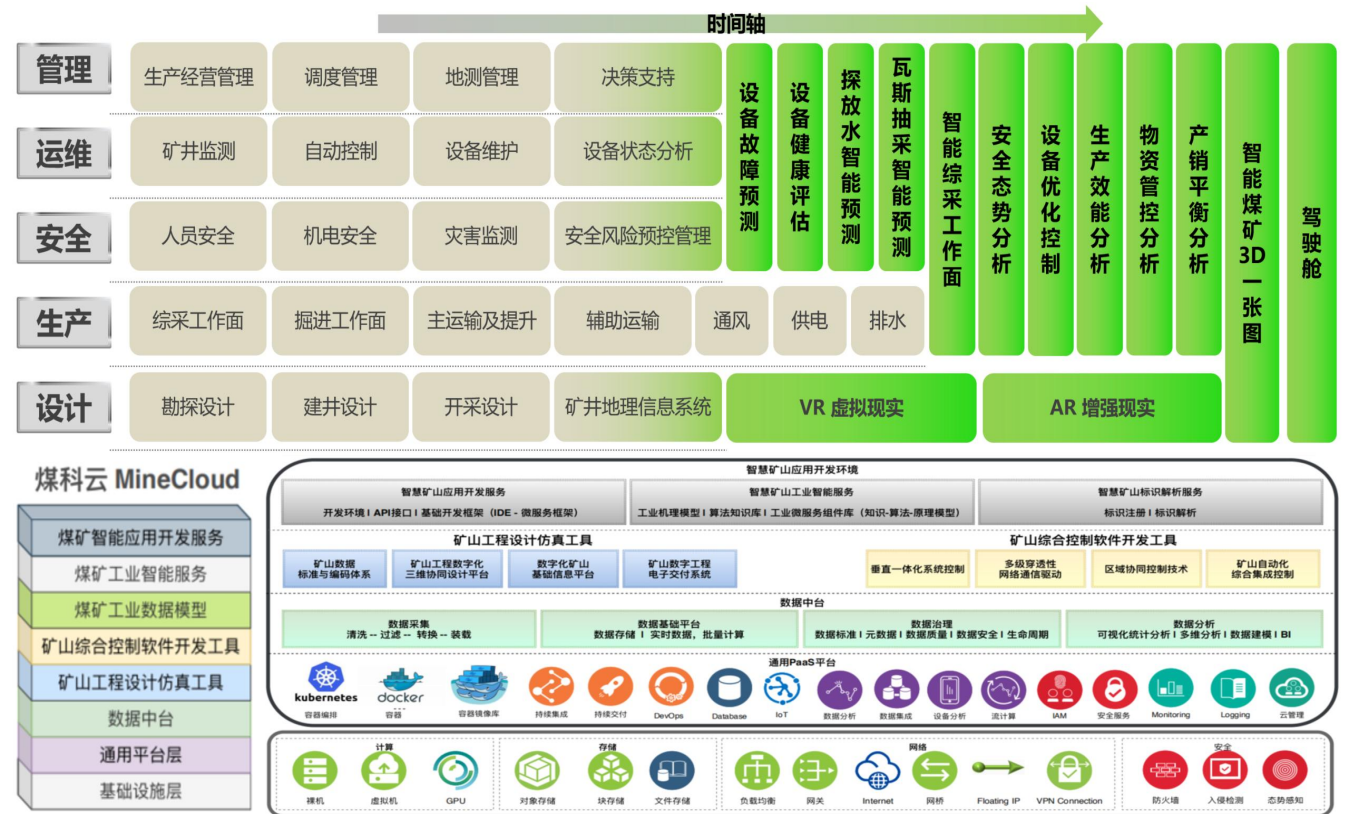
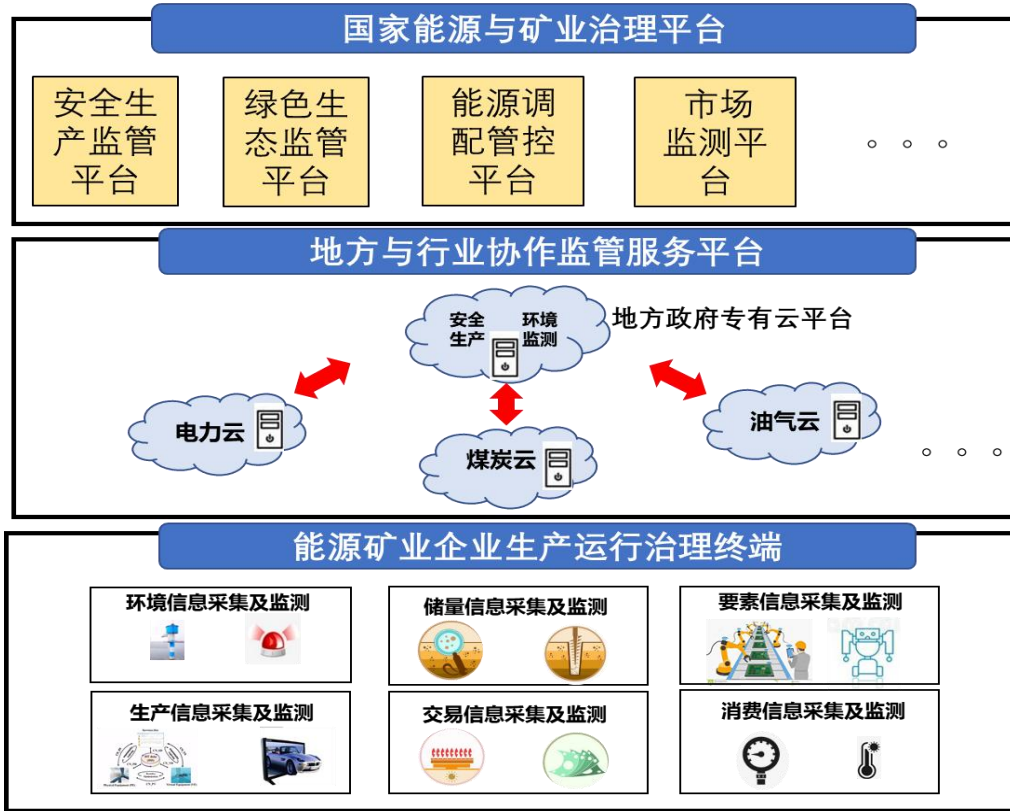


智能柔性煤炭开发供给体系运行方式

# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## 管理变革：重塑煤炭企业生产组织、管理机制、运营模式

变革煤炭企业生产组织模式与管理方式，打破以物理世界为中心的组织模式和管理模式，围绕数字世界重塑煤炭企业的战略愿景、业务流程、组织架构、管理文化等。

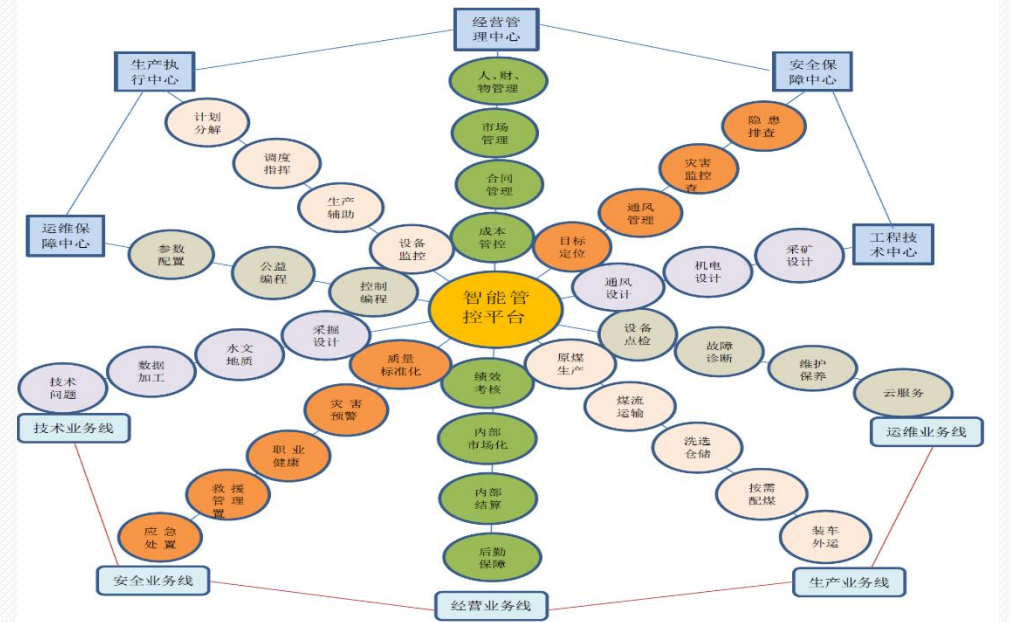
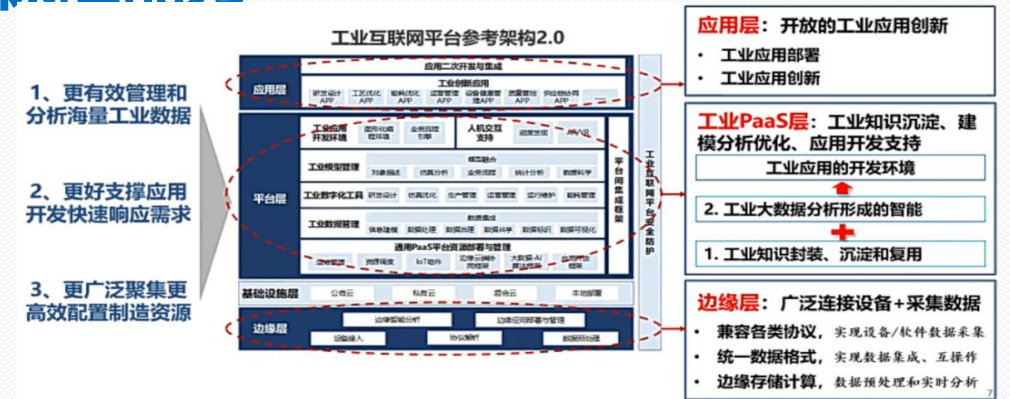


# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## ■ 加速数据驱动下管理变革转型，增强信息安全保障能力

□ **加快煤炭行业数据驱动管理变革顶层设计。**随着煤炭行业数字化转型的深入推进，必然带来煤炭企业生产组织模式与管理方式的调整，管理者认知水平、组织体制、管理方法、人才储备等因素，都可能制约数字化智能化建设应用效果。

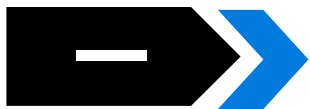
□ **建立以数字化平台为载体的企业组织模式和管理模式。**围绕数字化智能化重塑企业的战略愿景、业务流程、组织架构、管理文化等，持续加强人才培养，尤其是具备煤炭技术与数字技术知识融合的跨界复合型人才，并加大力度强化信息系统网络安全动态防护，推进网络安全风险态势感知、预警和应急处置能力建设。



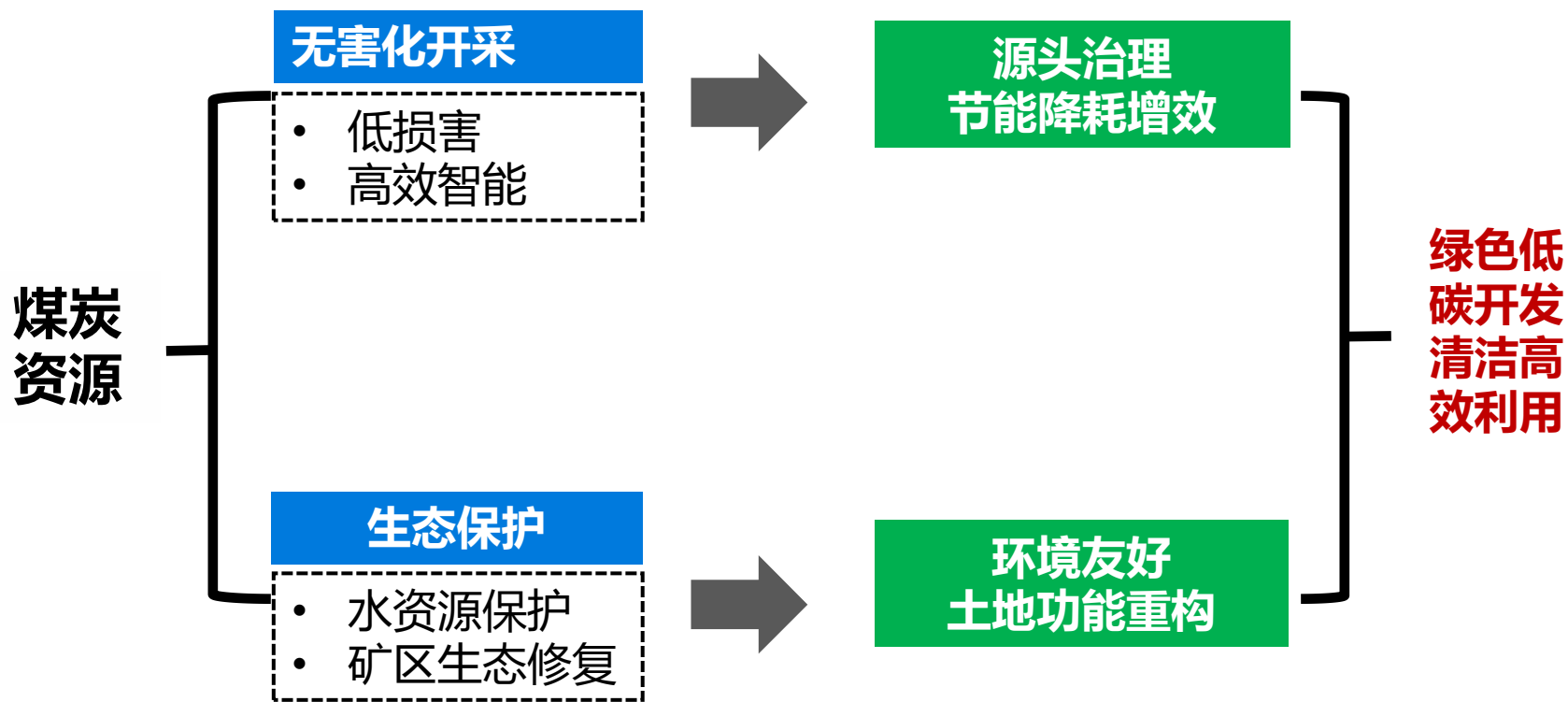
# 煤炭产业高端化、智能化与绿色化发展方向

## ◆推进煤矿系统智能与人的智慧融合——建设智能化管理体系

- ◆ 推进煤矿系统智能与人文智慧的融合。系统智能是指矿山运行系统具有全流程人-机-环-管数字互联高效协同，智能决策自动化运行的能力；人文智慧是人的智慧在矿山运营中的决定性作用，是借助信息通信技术和人工智能技术，将管理者的思想、知识、要求等变成系统决策的依据，提高决策水平，降低劳动强度，实现安全高效、绿色低碳、健康运行。
- ◆ 智能化煤矿管理体系是产业数字化转型的要求和特征



## 实现安全高效智能生产、低损害、环境友好的煤炭绿色开发与利用



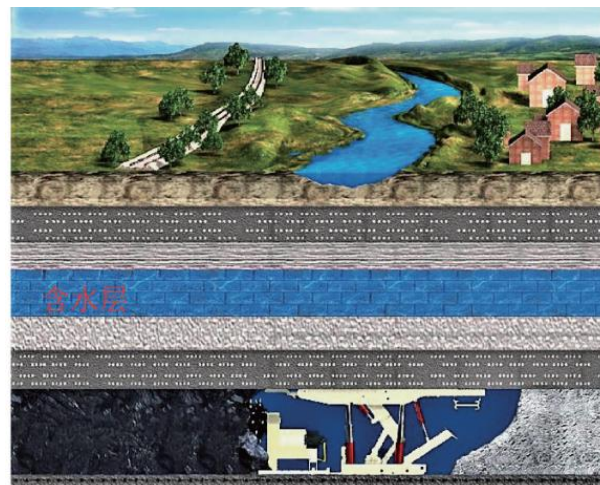
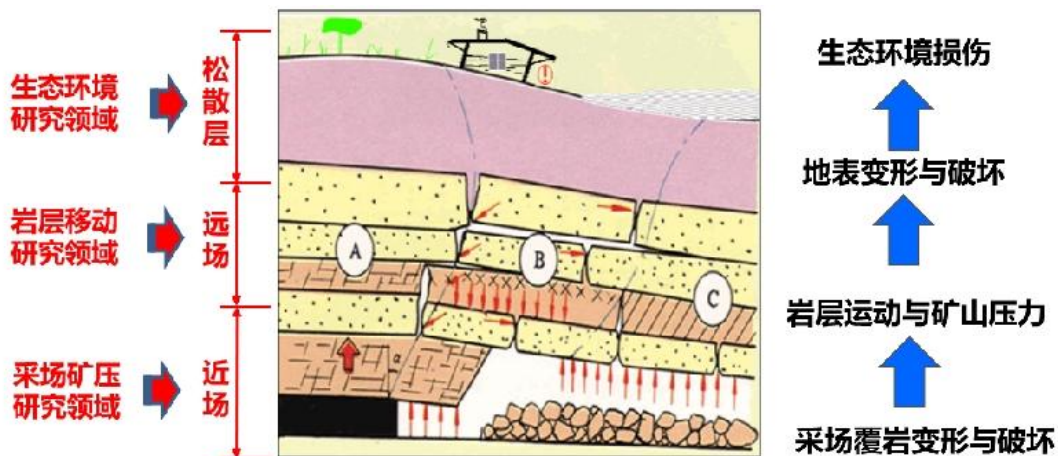
---

**PART**  
**02**

# 煤矿绿色开采与生态 修复技术的新进展

---

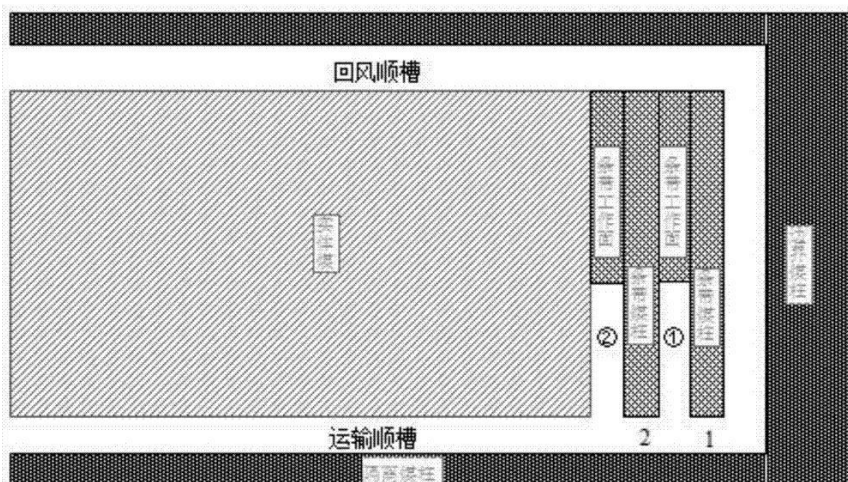
- 中国煤炭科工集团长期致力于生态矿区建设技术研发，大力发展生态环境治理产业技术。
- 形成了一整套认识、预测、防治、控制矿山采动岩体和地表变形与破坏的理论与技术体系。
- 围绕水文地质保障基础、导水裂缝带高度、保水开采工艺等，形成了**自然保水、限采保水和水资源再利用**三大类保水开采技术。



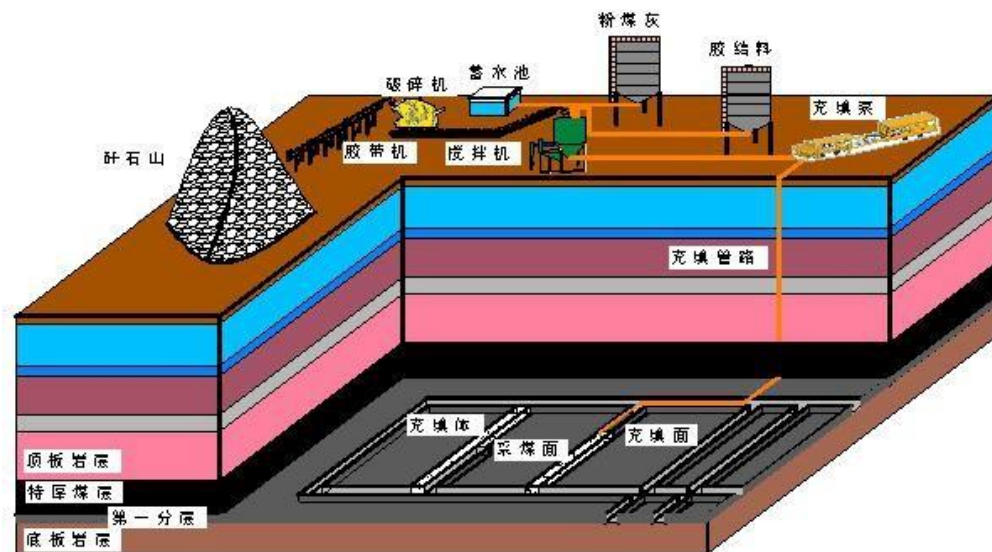
充填开采对生态环境的保护



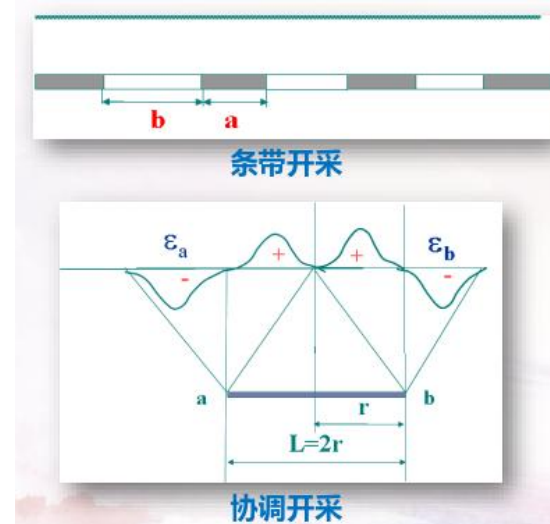
■ 形成了条带开采、限厚开采、协调开采、充填开采、分层间歇开采技术、覆岩离层注浆技术等为主的覆岩控制和减沉技术。在矿区水资源保护、采动损害防治与生态修复、固废综合处置利用、矿区空天地协同监测等方面取得了显著成果。



条带开采示意图



充填开采示意图



协调开采示意图



# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展



## 第四代绿色开采

煤系资源一体化  
智能化+无损害开采

## 矿区采动损害控制技术发展



## 第三代绿色开采

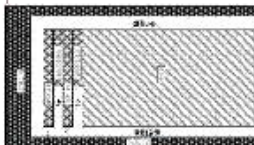
低损害

## 第二代绿色开采

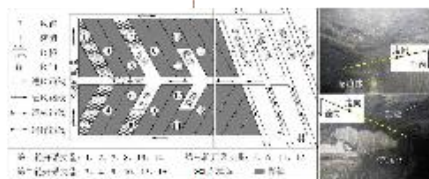
充填减损开采

## 第一代绿色开采技术

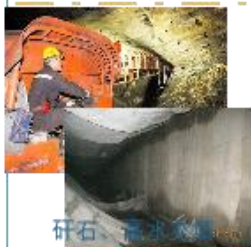
部分开采减沉



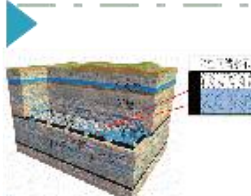
部分开采



壁式连采连充保水采煤



研石 充填



地下水库



井下洗选充一体化

- 水砂条带充填

- 研石自溜充填、粉煤灰自流充填
- 部分开采减沉

- 保水采煤提出，浅埋煤层岩层控制
- 基于含水层结构的保水采煤分区

- 长壁工作机械化研石充填、(似)膏体充填、(超)高水充填
- 单工作面充填采煤能力20~50万t/a
- 煤水共采、含水层再造、地下水水库

- 短壁高效充填开采技术、井下洗选充一体化技术、机械化部分充填技术
- 基于生态水位保护
- 采空区协同利用与绿色开采

- 活性煤基固废充填材料开发，局部精准充填技术
- 充填精度±0.5m，充填开采能力达到300万t/a。

六七十年代

八十年代

九十年代

二十一世纪初

十四五

十五五

十六五

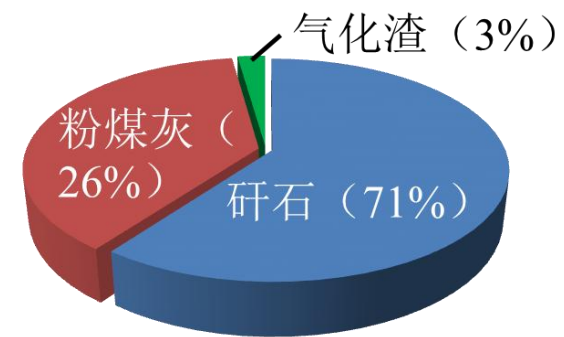
矿区采动损害控制技术迭代

# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展



## 绿色充填开采技术与装备

■ 我国煤矸石保有存量约为60亿 t，矸石山1500~1700座，占地20余万亩，年产量达3.3 亿 t，以约5~8亿t/a的排放量逐年增加，**综合利用率为54.5%**

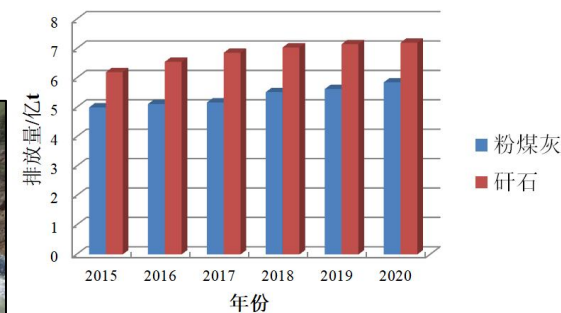


煤基固废种类及占比

■ 2018年粉煤灰产量5.3亿t，预计到2024年将达到9.25亿t，**平均利用水平在75%左右**，每年有1亿t 以上粉煤灰因为不能及时利用而堆存。



■ 2017年底我国尾矿堆存量为195亿t;2018年，我国尾矿总产生量约为12.11亿t；2018年，全国综合利用尾矿总量约为3.35亿吨，**综合利用率约为27.7%**。

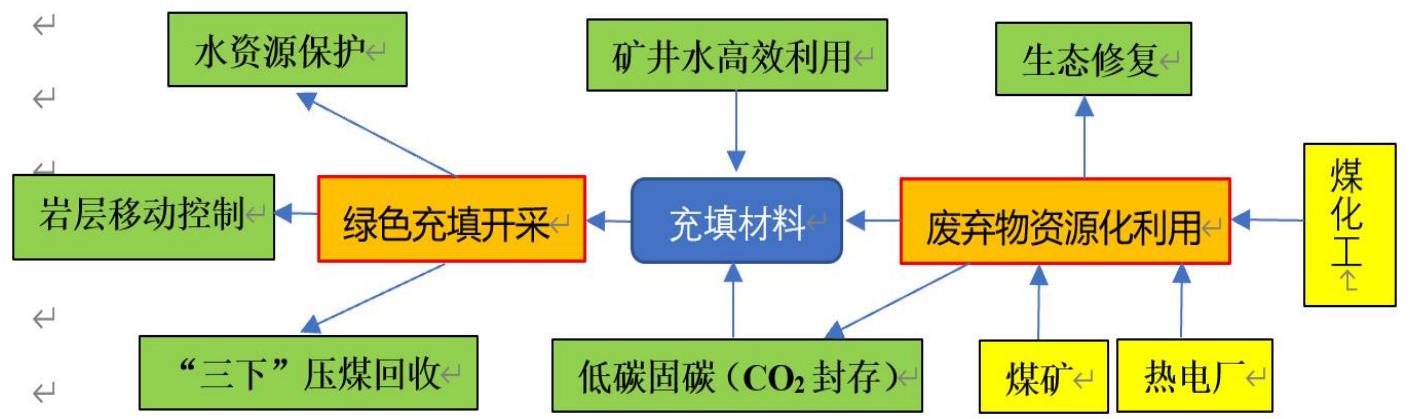
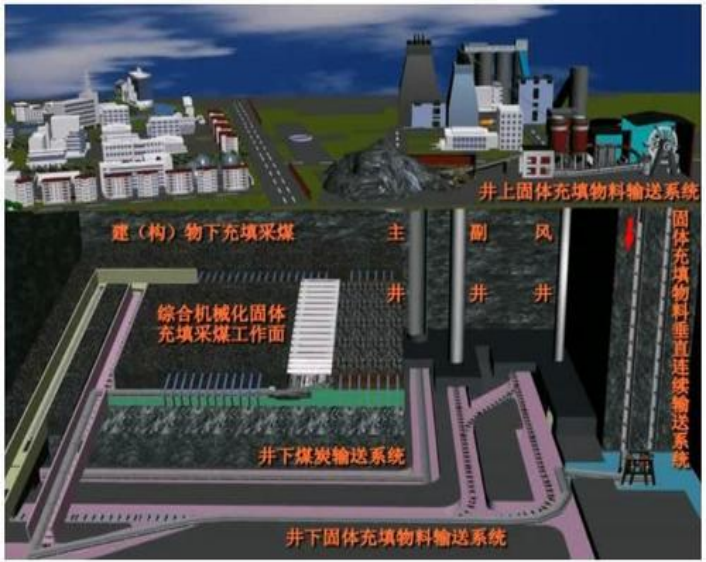


矸石、粉煤灰历年排放量

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

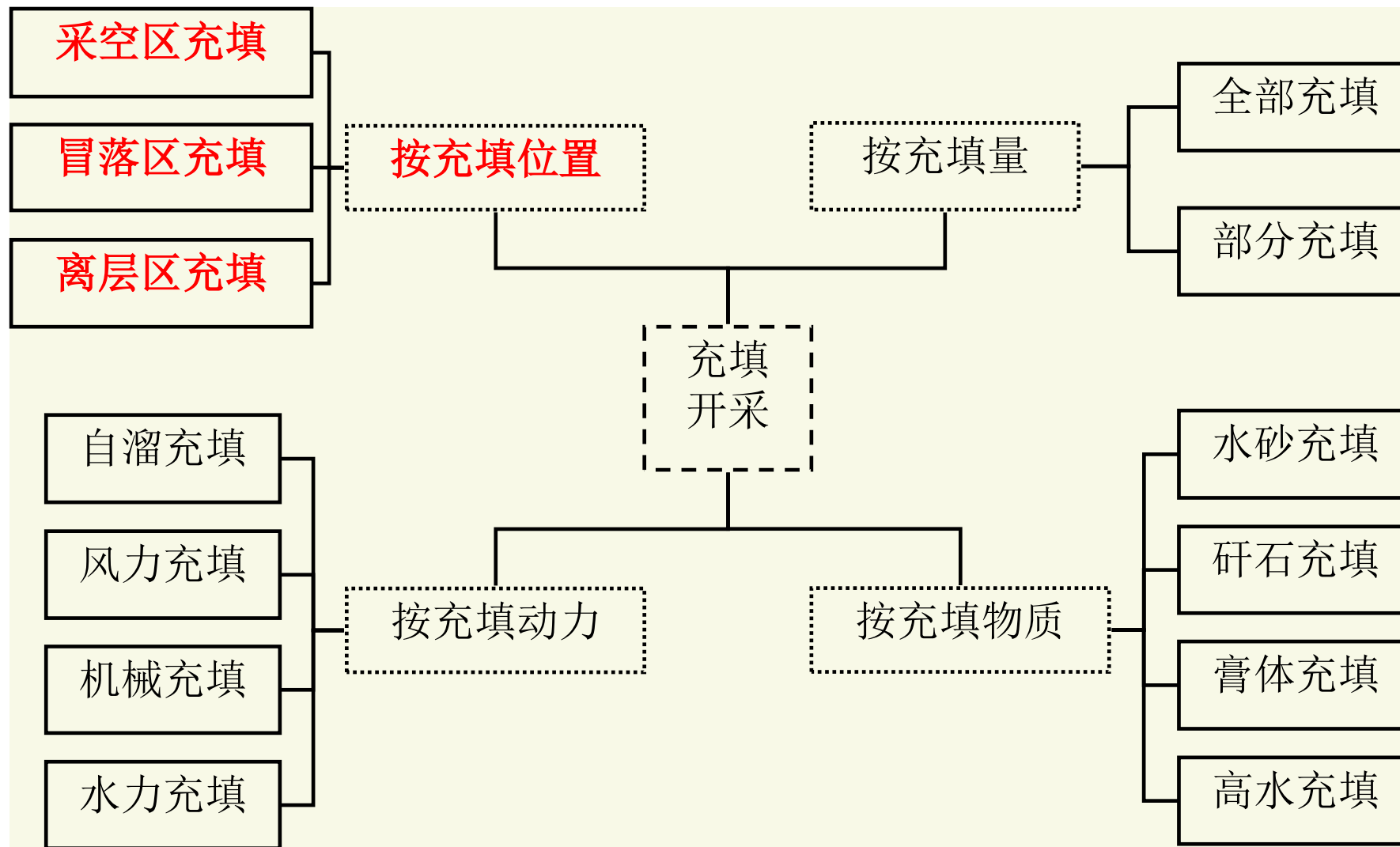


- **充填开采**是绿色开采的重要组成部分，是解决我国“三下”压煤问题和矿区生态环境问题的有效途径。可有效保护建（构）筑物与可耕地资源，实现提高**资源回收率**、**保护含水层资源**、**减少坚硬岩层下矿震**、**保护地面建（构）筑物**、**保护土地与环境**、**无害化处置煤基固废**等多重目标。
- 2021年3月，十部委联合印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，指出在煤炭行业推广“煤矸石井下充填+地面回填”模式，促进矸石减量。
- 面向我国减损开采与大宗固废资源化利用的重大需求，促进了我国煤矿绿色开采技术发展，具有广阔的应用前景。





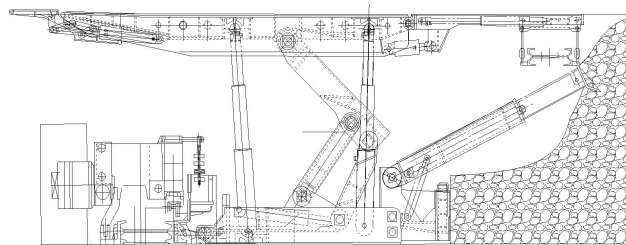
## 充填开采方法分类



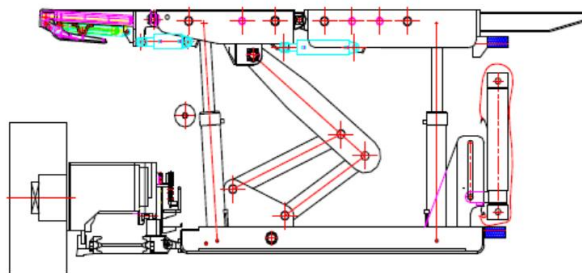
# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## 综采充填技术

矸石固体综采充填

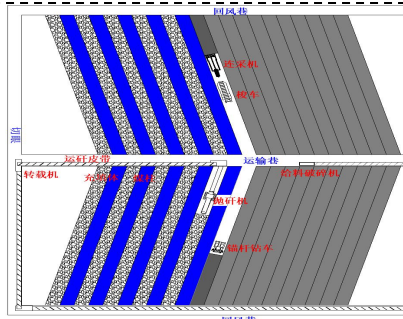


矸石膏体综采充填

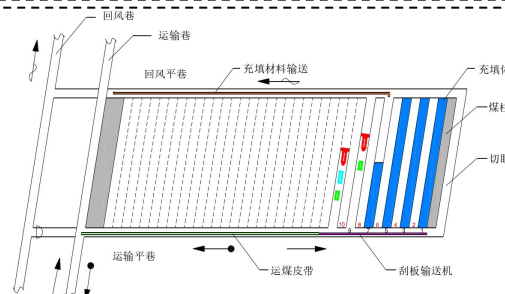


## 连采连充技术

矸石固体连采连充

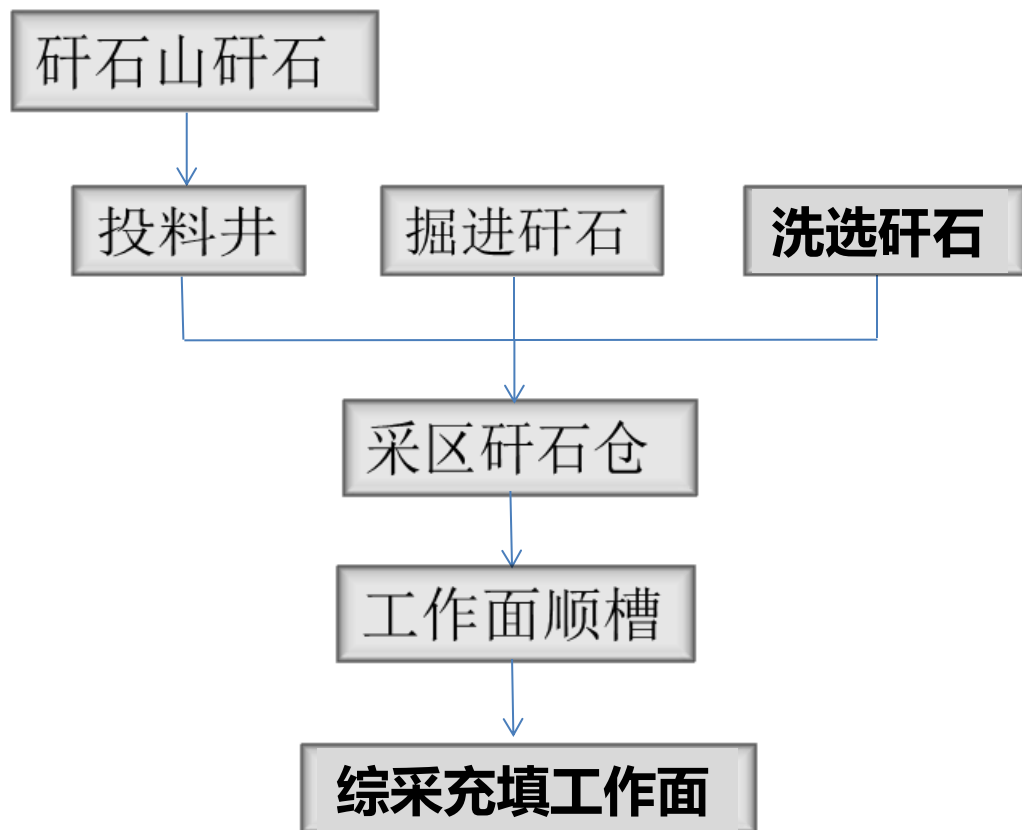


矸石膏体连采连充

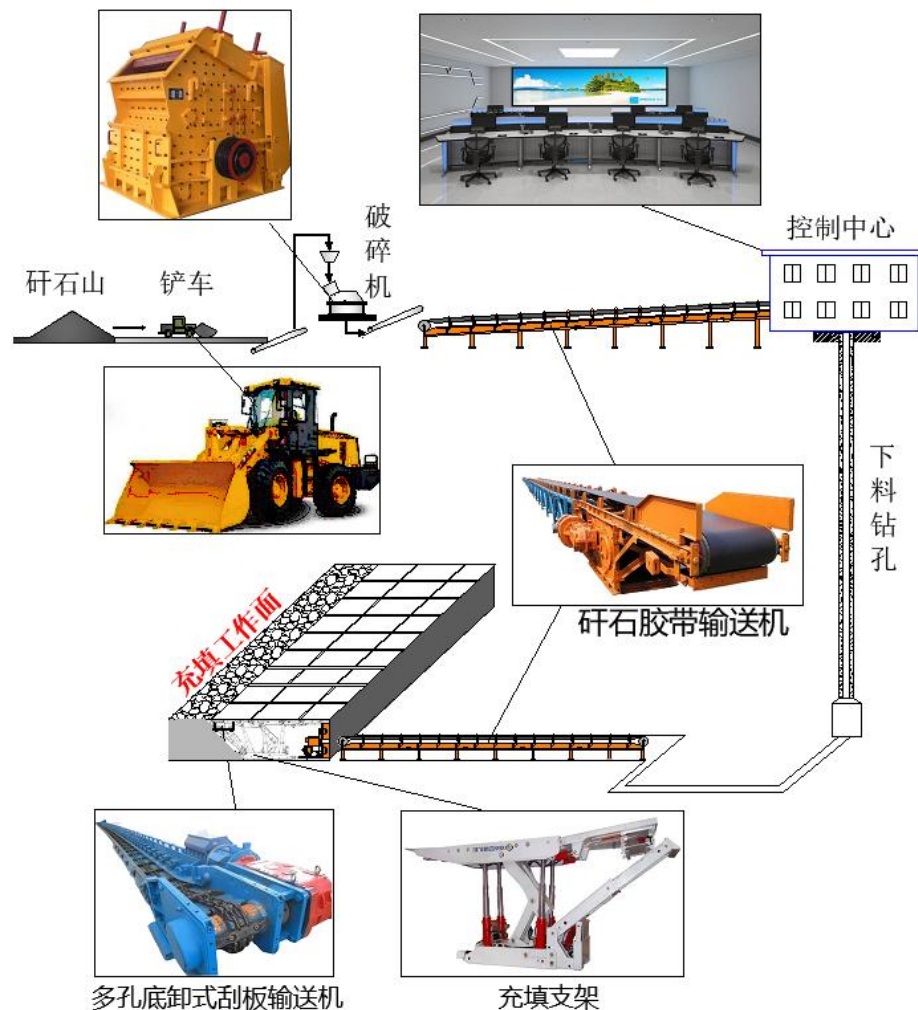


# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 综采充填技术—**矸石固体综采充填**



矸石综采充填工艺流程

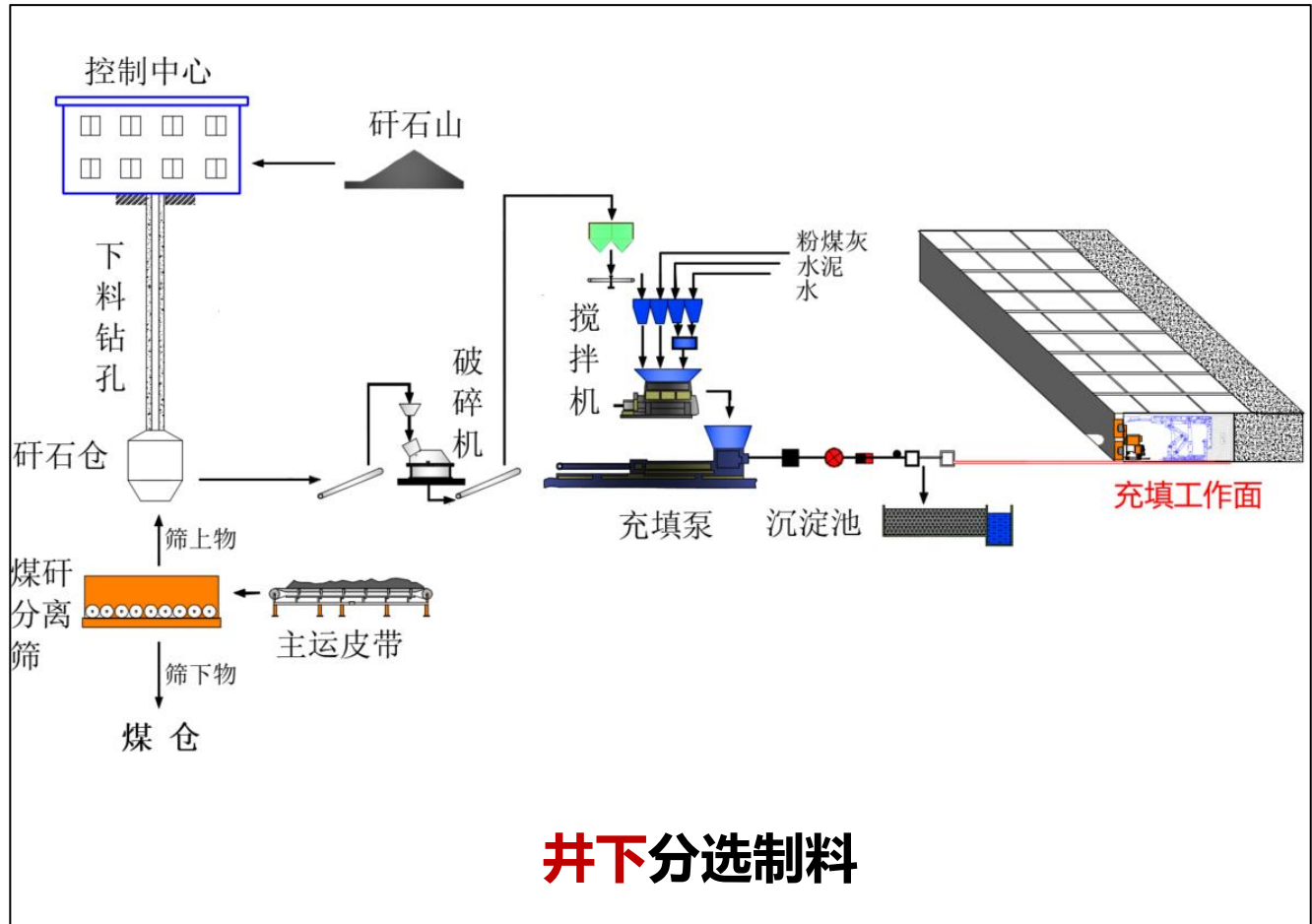
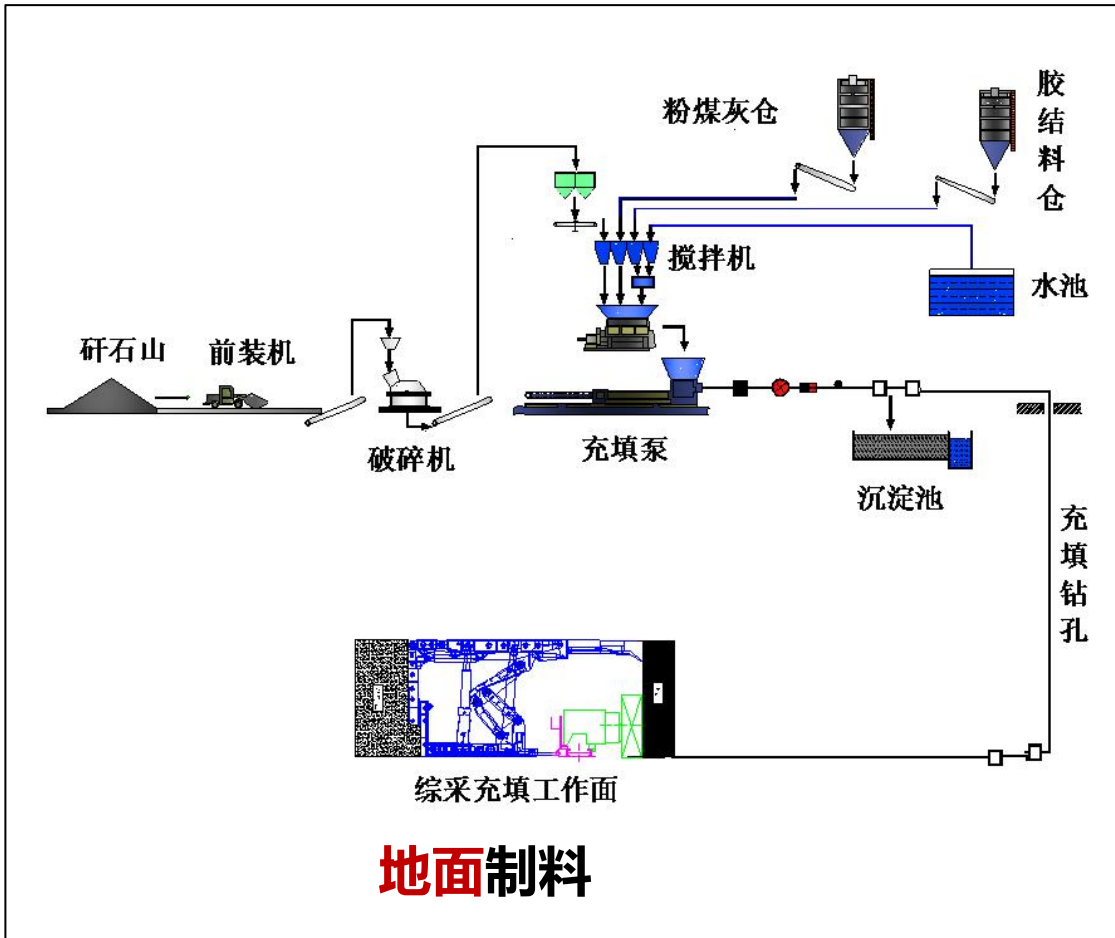


矸石综采充填系统图

# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 综采充填技术—矸石膏体综采充填

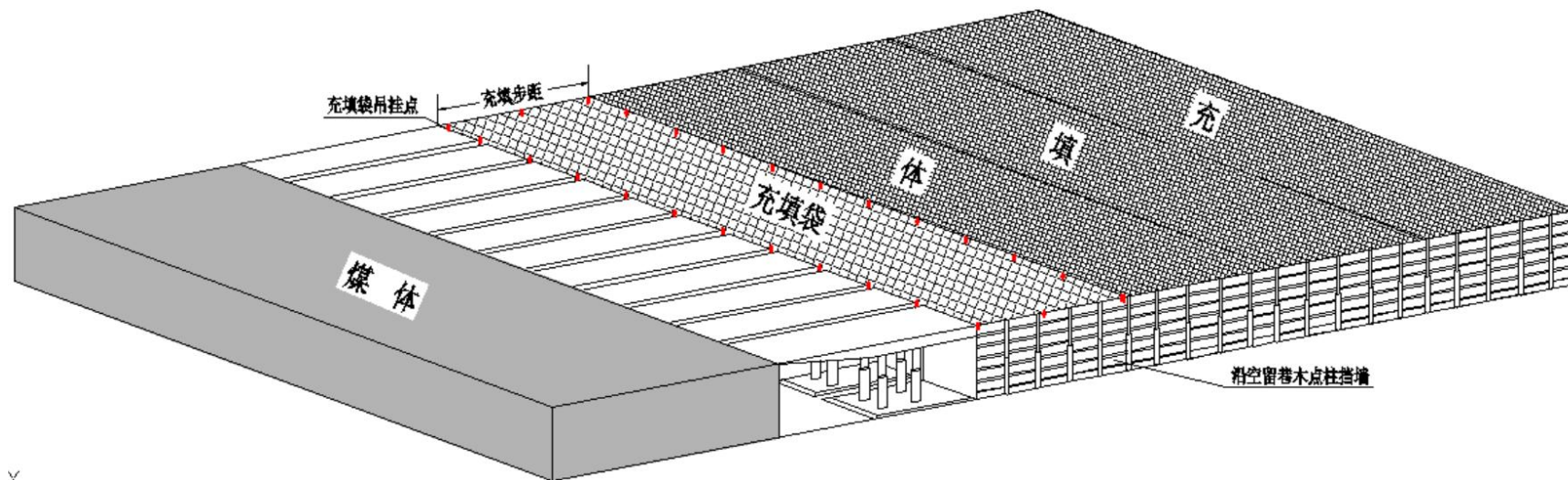
**充填开采目的:** 消化固液废物; 保护地表及物体 (建筑、河流、道路等)



膏体综采充填系统

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

- 采用专用充填支架，满足辅助充填功能；
- 每采2~3刀煤（步距1.6~2.4m）实施一次充填，“割煤-充填”循环进行；
- 在支架后方采空区挂袋，使充填料浆成型；
- 易于实施沿空留巷。

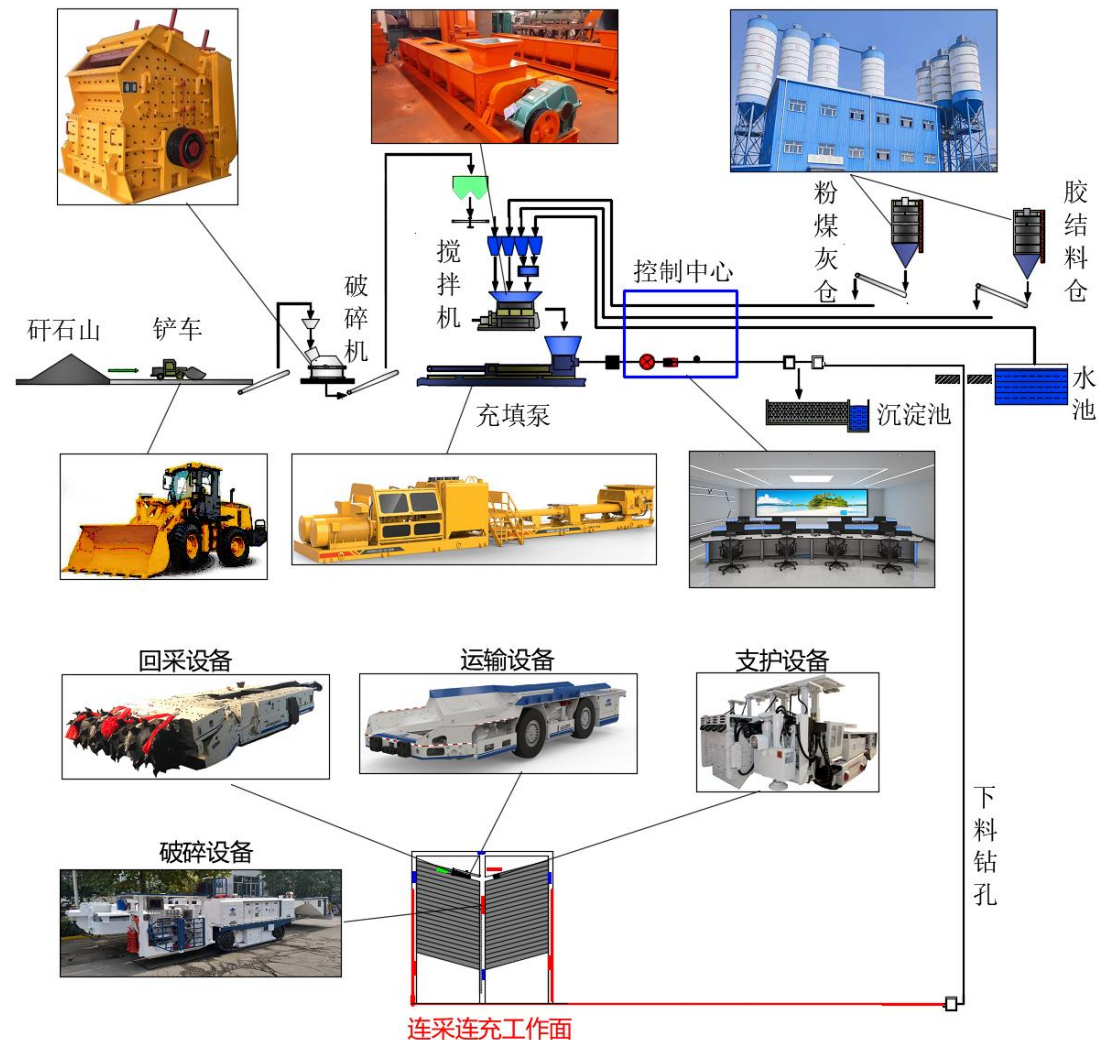


膏体充填综采面立体图

# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 连采连充技术——矸石膏体连采连充

- **连采连充技术：**地面充填站制备矸石膏体充填材料，通过管道输送至井下工作面；采用**连采机**掘出的**支巷**作为充填空间，通过**掘进和充填**达到回收资源和处理固废的目的。
- 连采连充工作面为走向长壁布置，采煤工作面长50~100m，工作面划分为数个支巷和煤柱巷生产单元，根据煤层及顶板条件，支巷宽度3~6m，并采用分组布置方式，一组包括2~4条支巷。

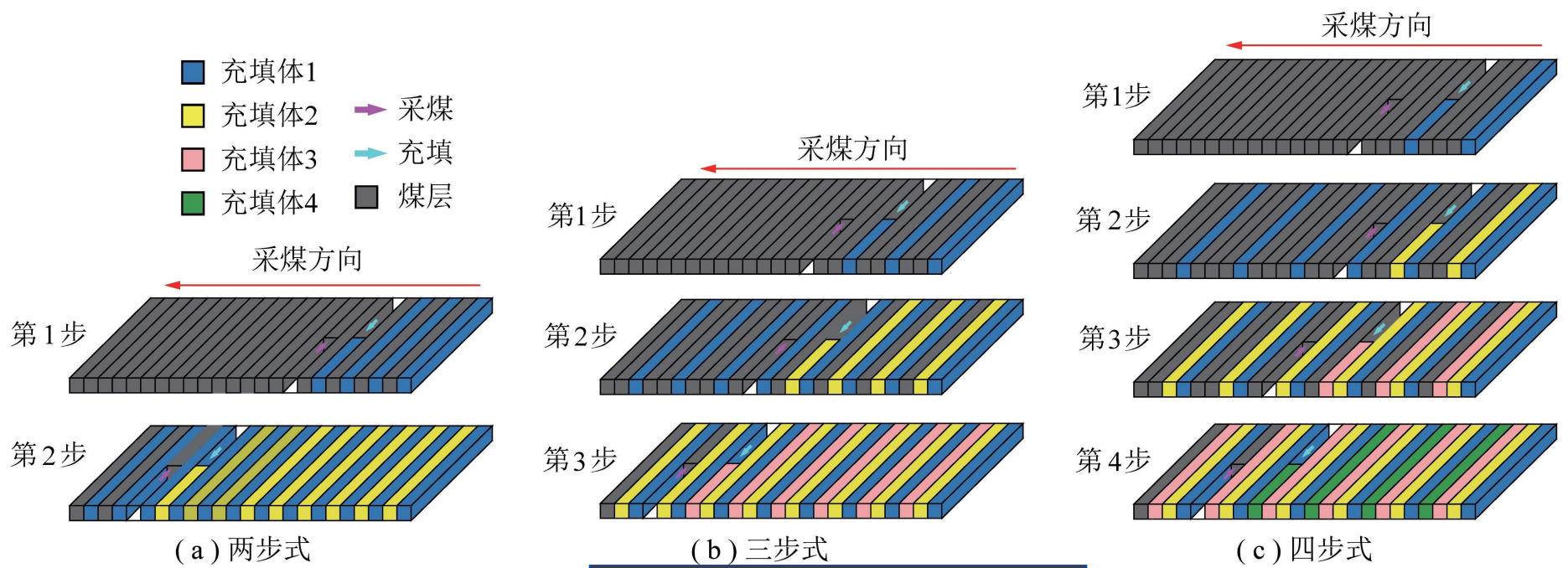


膏体连采连充工序

# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 条带充填技术—连采连充膏体充填

□ 回采时采用掘锚一体机或连采机采煤，根据掘进效率及产能需求，运煤系统采用自移式胶带输送机、可弯曲带式输送机或梭车，边采边支护，顶板及两帮采用“锚网带”支护，开采过程中采用局部通风机供风。回采顺序为间隔多轮回采，每轮按顺序回采每组支巷中的一条，待充填体终凝后，进行下一轮开采。

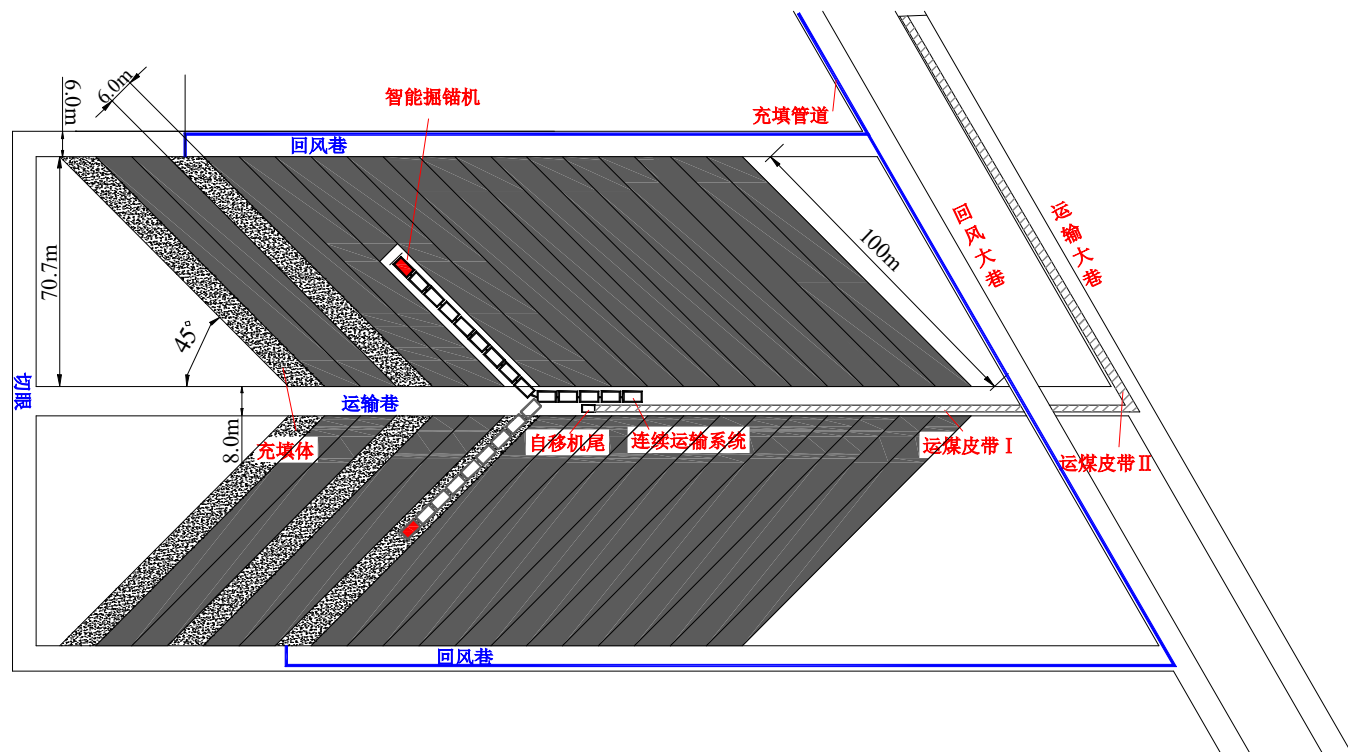


工作面多轮采充示意图

## ■ 条带充填技术—连采连充膏体充填

### 特点及优势:

- 采充互不干扰，实现平行作业；
- 设备人员投入少、生产管理简单，工艺灵活；
- 适用于边角煤、保护煤柱等小范围不规则煤体回收。



连采连充工作面布置

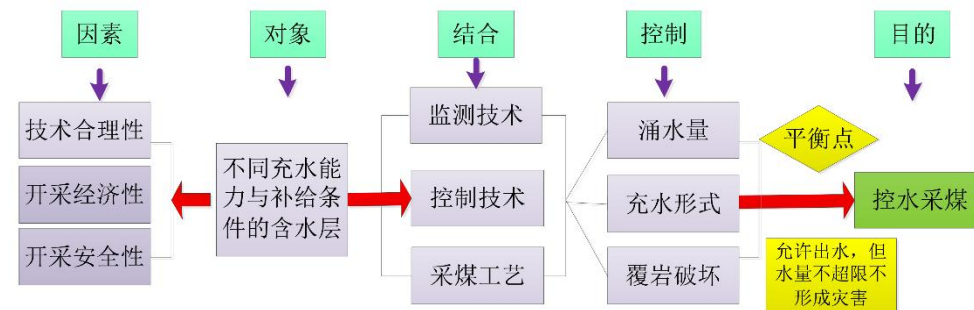
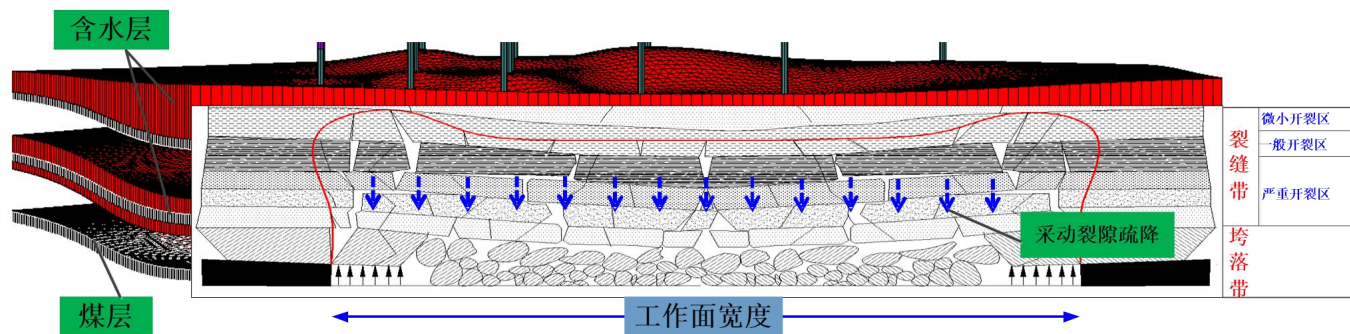


# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## 矿区水资源保护开采技术

### ■ 煤层顶板水控水开采技术

基于覆岩采动裂隙垂向导水性差异分区特征和采动覆岩隔水特性，通过控制不同分带进入含水层的扰动范围，控制矿井充水量，提出**控水开采理论**，实现**“控水保安全，保水促生态”**的双重目标。

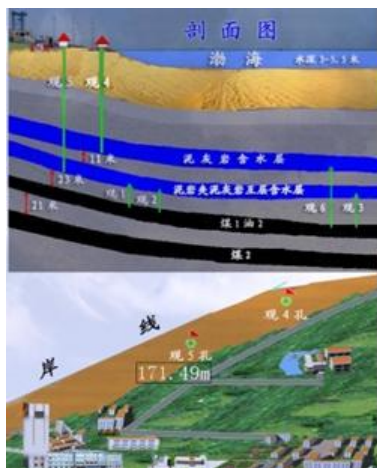


■ 解决了水体下留设不同类型防水煤岩柱技术而造成煤炭资源的大量损失，或者过量的对含水层的疏放导致地下水位大幅度下降，导致矿区生态环境遭到严重破坏等问题。



## 不同水体下控水安全采煤实践

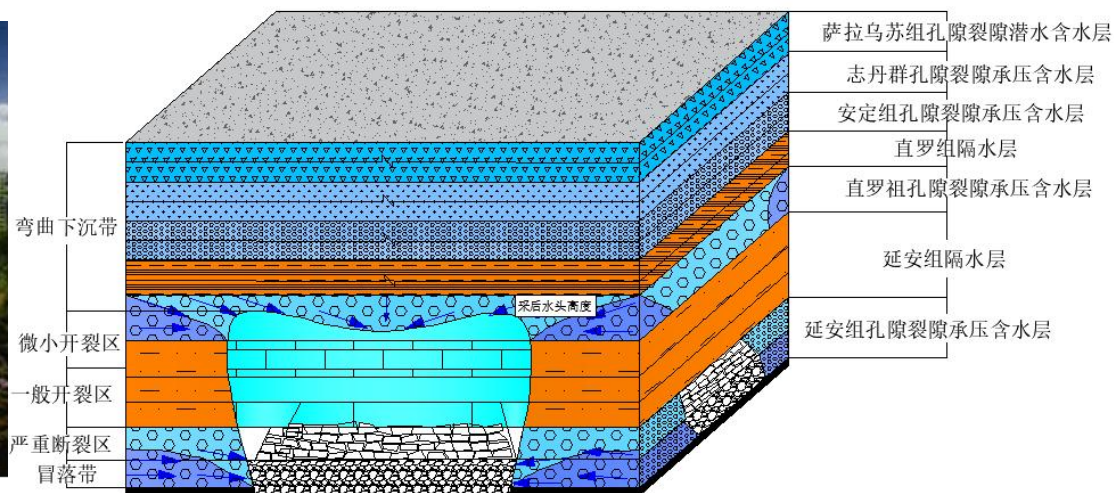
- 蒙东地区灵东矿、铁南矿、敏东等矿井，实现**松软弱固结顶板含水层**下控水安全开采；
- 蒙陕深部**顶板复合含水层**控水开采；
- 安徽宿南矿区祁东煤矿实现了综采工作面**有限涌水形式**下的控水安全采煤；
- 龙口矿区实现了**海下采煤**，大屯矿区实现了**微山湖下采煤**，下沟矿实现了**泾河下采煤**，亭南煤矿实现了**亭口水库下采煤**。



海底下采煤



亭口水库下采煤



顶板复合含水层控水开采

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 高盐矿井水处理技术

- 开发了处理效率高、单位能耗低的核心技术，通过工程应用使煤矿形成了从黑煤黑水到清水白盐的绿色发展模式。
- 红庆河煤矿、营盘壕煤矿、新巨龙煤矿、马泰壕煤矿、万福煤矿、补连塔区域煤矿等十余个高盐矿井水零排放工程项目，累计日处理水量25.3万吨。



# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 含氟矿井水处理技术

- 根据矿井水不同水质特征，形成了络合诱导高效除氟技术，研制出新型复合除氟剂，开发出适合不同进水浓度的除氟技术工艺包，实现了出水氟化物浓度小于1.0mg/L。
- 在陕西大佛寺煤矿、亭南煤矿和甘肃邵寨煤矿进行了工程应用。



# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## 煤基固废综合处置与利用技术

- 在国家对矿山环保要求日益严格的背景下，结合矿山固废处置、提高资源回收率、防灾减灾、减排固碳需求，开发一系列固废综合处置与资源化利用技术。
- 因地制宜，针对不同矿区条件及需求开发**功能性充填材料**。

煤  
矿  
区  
应  
用  
场  
景

- ✓ 低损害开采（充填开采）
- ✓ 生态修复及沉陷区治理
- ✓ 沿空留巷巷旁支护
- ✓ 巷道围岩注浆
- ✓ 巷道表面喷浆
- ✓ 巷道底板硬化



充填



生态修复



充填墙体



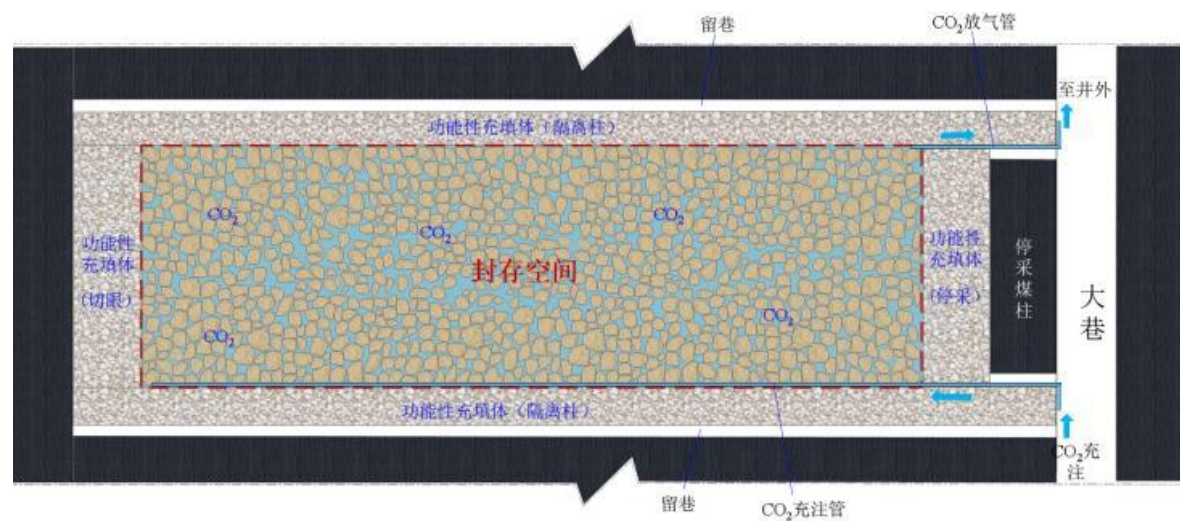
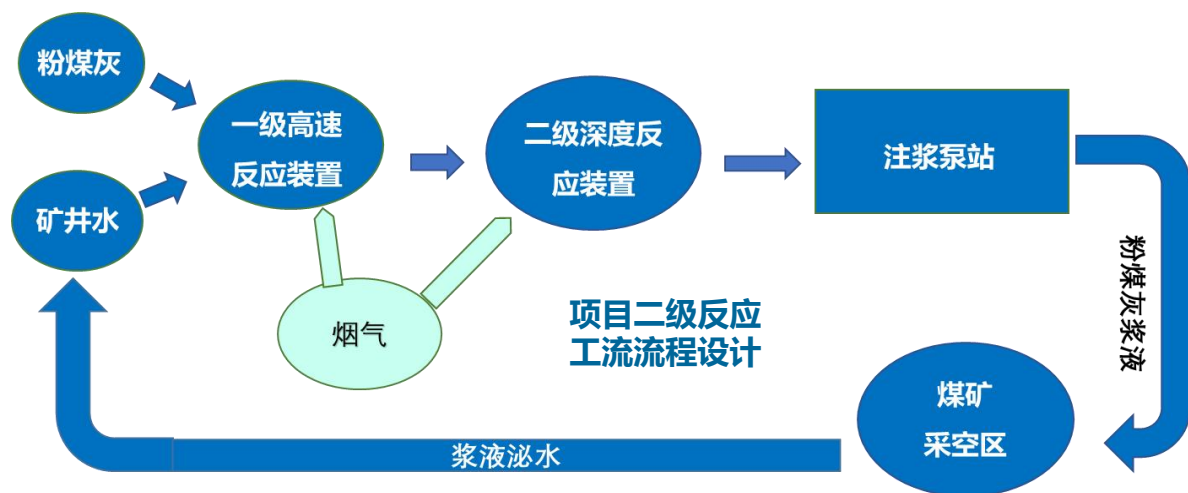
巷道喷浆

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 高碱粉煤灰浆固化CO<sub>2</sub>井下充填利用

➤ 将电厂高碱粉煤灰和矿井水制成浆液，研制固液气耦合反应装置，通过接入电厂烟气来捕集CO<sub>2</sub>，通过管道将浆液输送至煤矿采空区，浆液泌水通过管道输送至地面作为制浆水源，达到粉煤灰固化CO<sub>2</sub>、粉煤灰注浆防灭火、矿井水循环利用、充填采空区减沉的目的。

■ 利用功能性充填材料对老采空区进行全方位（储层、盖层）封闭，实现CO<sub>2</sub>地质封存。





# 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展



鬼斧神工之矿山生态修复技术

- 01 塌陷区修复
- 02 矿区土壤重构
- 03 植被修复与景观再造
- 04 废弃矿坑矿井利用
- 05 矿山固废利用
- 06 矿井水利用

## 生态修复助力碳汇

如果把全国所有煤矿塌陷区 80% 的面积进行生态修复, 至少能固碳 11 亿吨, 若是降雨量再加大一点, 还可以增加 10% 的固碳量。



# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

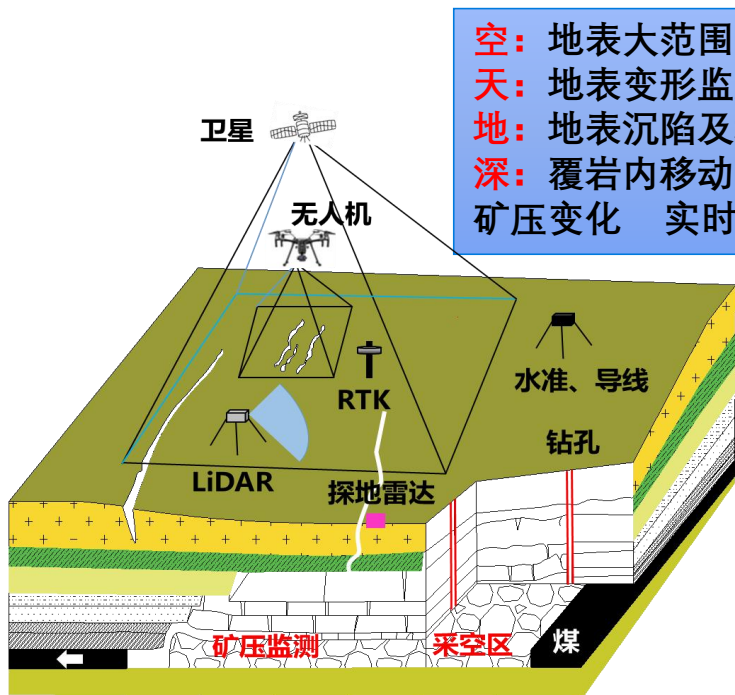
## 土地整治与生态修复技术



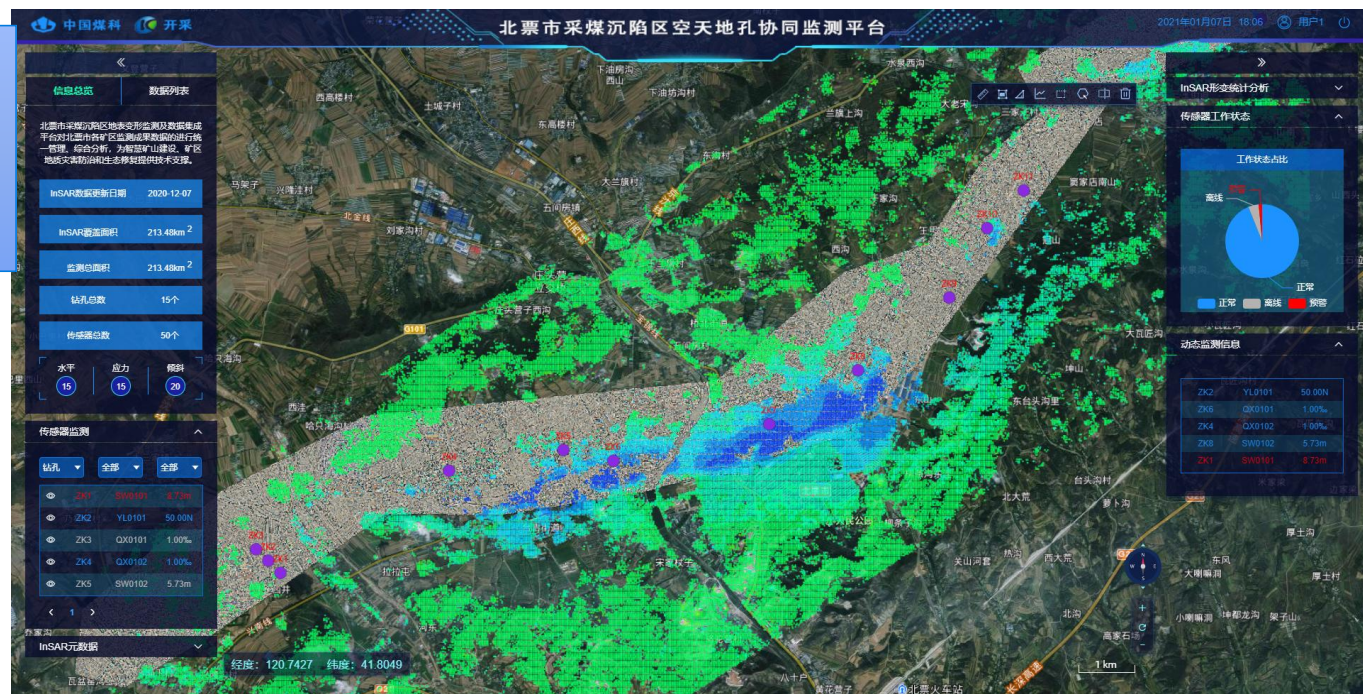
# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## 空、天、地、深一体化监测技术

➤ 集**InSAR卫星遥感+GNSS卫星导航**（空）、**无人机航摄**（天）、**全站+水准测量**（地）和**覆岩钻孔内移动监测+工作面矿压监测**（深）技术于一体，实现对采空区覆岩稳定情况和地表变形全空间高精度协同监测，最终形成“**空、天、地、深**”四维一体协同监测平台，为矿区地表沉陷规律、采煤沉陷控制效果检验及预警提供实测数据。



**空**: 地表大范围实时高精度监测  
**天**: 地表变形监测三维模型与裂缝识别  
**地**: 地表沉陷及地裂缝高精度监测  
**深**: 覆岩内移动、水位、应力及工作面矿压变化 实时高精度监测



# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 采煤沉陷区建筑利用

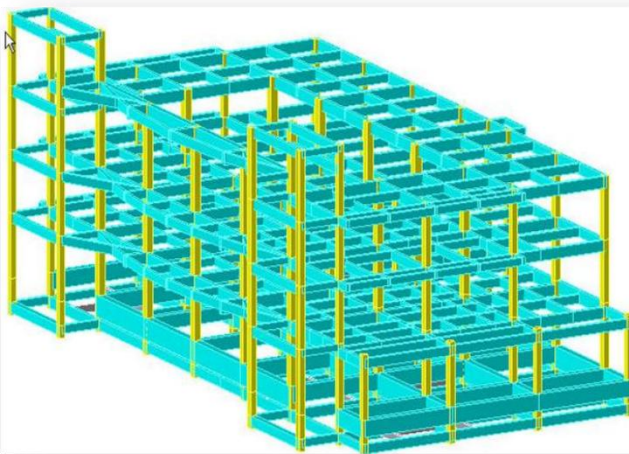
- 目前全国有采煤沉陷区约20000平方公里，煤矿开采改变了地层和岩体的工程地质特征和性质，形成不良工程地质的复杂地基条件，多年来通过大量研究形成如下技术：
- 基于岩移控制理论和采空区治理技术，实现了建（构）筑物下**条带、宽条带、全柱开采、协调开采、充填开采**等的成功；近年来，取得了**高压线路、高速公路、油气管线、高层建筑**等特殊建（构）筑物过煤矿开采区（或采煤沉陷区）的安全。



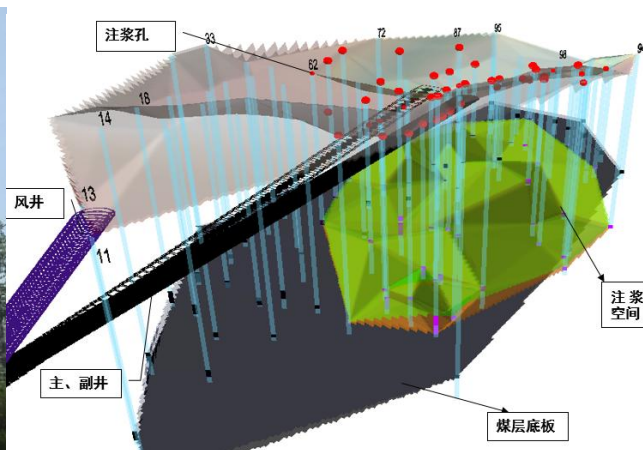
# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 采煤沉陷区建筑利用

- 建立了基于采动地基稳定性评估、建筑结构类型及基础型式、建筑体量与残余变形相协调的**沉陷区建筑群加固及抗变形建设技术体系**。
- 基于开采沉陷理论和岩层移动规律，形成了集“**勘查+评估+设计+治理+效果检验**”为一体的采煤沉陷区**建设用地综合治理成套技术体系**。



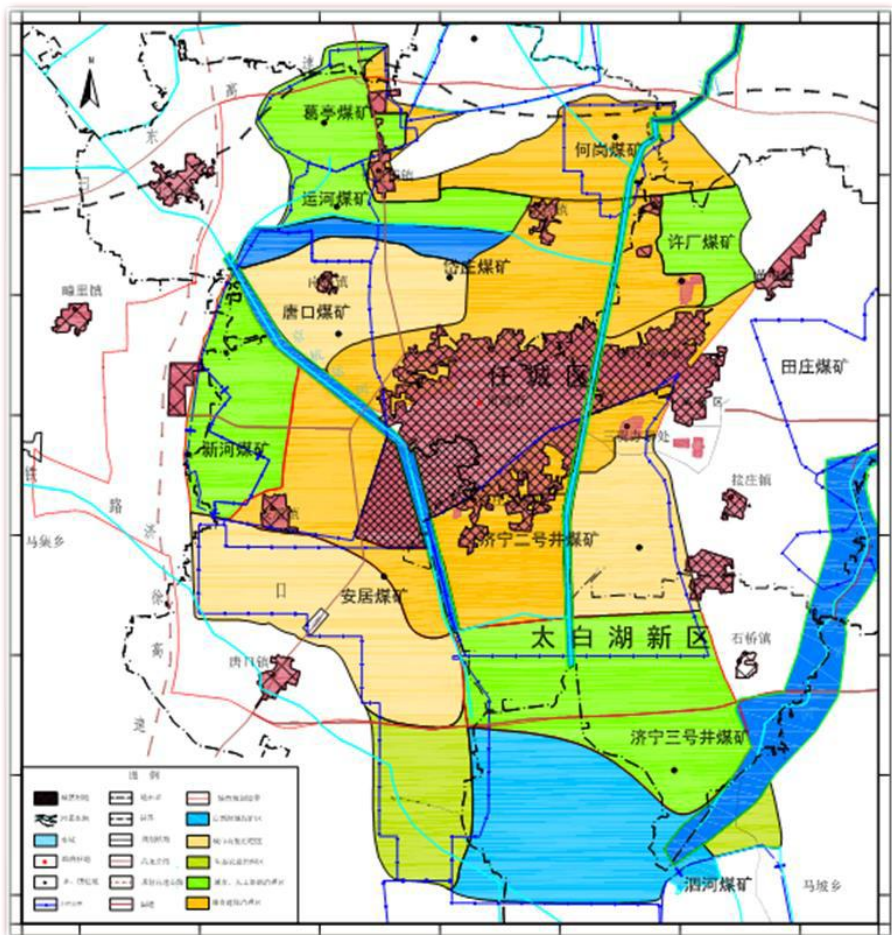
北票抗变形建筑小区



淮北矿业（集团）办公楼

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 采煤沉陷区一体化综合开发建设技术

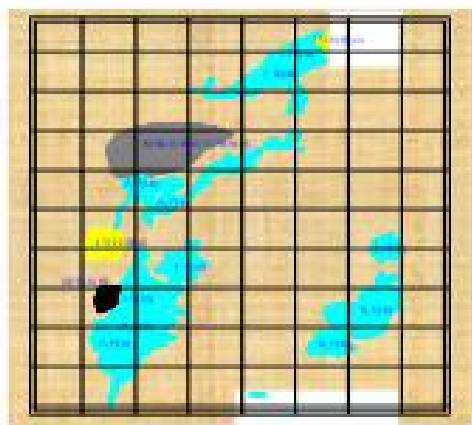


济宁任城采煤沉陷区综合治理与开发一体化项目

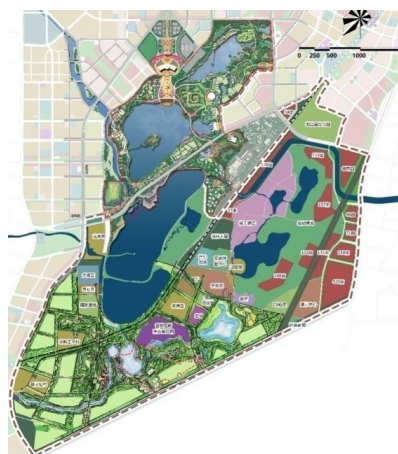
# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 湿地生态修复技术

- 针对采煤沉陷区损毁特征，结合遥感影像的多光谱分析，掌握了采煤沉陷土地利用与生态环境演变规律，形成了如下技术：采煤沉陷区湿地水域构建技术、湿地水循环维系技术、湿地植被景观配置技术、污染治理与防控技术。
- 在唐山市南湖采煤沉陷区、淮北采煤沉陷区，通过采煤沉陷区的扩湖、防渗、护岸、植被、湿地城市功能（运动、休闲、文化、度假）开发等一系列工程，形成了度假区、休闲娱乐区、体育运动区、文化交流区等多功能于一体的近郊采煤沉陷湿地公园，发挥了其重要的城市服务功能。



唐山南湖湿地建设采煤沉陷区



淮北采煤沉陷生态功能区

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 草原生态修复技术

- 针对我国东部草原区大型煤电基地开发过程中，煤炭开采引起的土地损毁、水土流失、土壤贫瘠、场地污染等一系列问题，研发了开采扰动区土地整治与水土保持、表土稀缺区土壤构建与改良、矿废迹地的转型利用和综合整治、典型污染场地特征识别与治理、仿自然微地貌边坡整治与水土保持、土壤剖面构建和植被优选等技术。
- 与国家能源集团合作在宝日希勒露天矿、北电胜利露天矿和敏东一矿等在其生态脆弱的露采外排土场、井采沉陷区进行了示范建设。完成仿自然微地貌综合整治技术示范建设200亩、井工矿沉陷区复垦技术示范建设800亩、表土稀缺区的土壤修复与剖面构建技术示范建设560亩。



草原适生植被构建



土壤剖面构建



草原开裂隆起损毁治理



治理前后对比

## ■ 生态修复应用实例-青海木里生态修复

- 针对木里煤田**高原高寒脆弱生态矿区**水系湿地破坏、多年冻土和草甸植被等生态环境问题，进行了**采坑渣山一体化治理**工程技术研究与示范，提出了“采坑回填缓坡+边坡与渣山整治+土壤重构与植被复绿+湿地与岩壁景观塑造”**治理模式**，构建了**近自然、免维护、可持续**的高原高寒矿区**生态景观**，实现区域人与自然的和谐和生态环境可持续发展。



局部复绿效果（缓坡）



局部复绿效果（平地）



整体复绿效果

# 二 煤矿绿色开采与生态修复技术新进展

## ■ 生态修复应用实例—抚顺西露天矿生态修复

➤ 针对露天矿**闭坑后**面临的滑坡、采空区、煤层自燃、水污染、生态环境破坏、资源整合利用和企业转型发展等技术难题，开发了露天矿山**全生命周期**地质灾害勘查与治理 - 闭坑露天矿山生态环境综合整治与资源开发利用 - 煤炭资源枯竭型城市产业转型升级的**一体化技术**，为国内闭坑露天矿山和资源枯竭型城市转型发展起到了借鉴和示范作用。



---

**PART**  
**03**

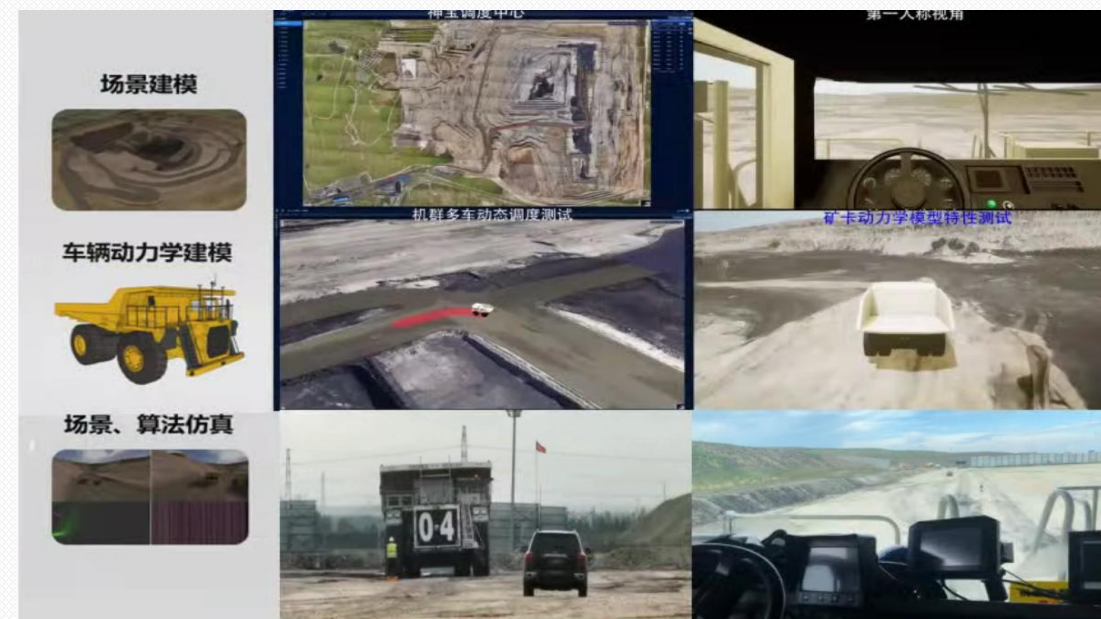
**煤矿智能化建设支撑**

**煤炭新质生产力发展**

---



- ✓ 煤矿智能化建设与技术创新相互推进，煤矿高可靠融合通信系统、工业互联网平台、智能化综合管控平台等先进技术得到广泛推广应用，供配电系统、主煤流运输系统、供排水系统等实现了常态化无人值守作业，智能采掘系统、智能辅助运输系统、煤矿机器人、露天矿卡无人驾驶系统等取得了积极进展，煤矿智能化技术装备国产化、成套化水平明显提升，初步形成了适用于不同煤层赋存条件的智能化煤矿建设模式，减人、增安、提效成果显著



# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## ■ 煤炭开采数字化和智能化基础与煤矿智能化技术体系研发进展

建立数字逻辑模型和复杂巨系统融合方法

开发基于矿山大模型的10大数智系统

构建煤矿智能化标准体系框架

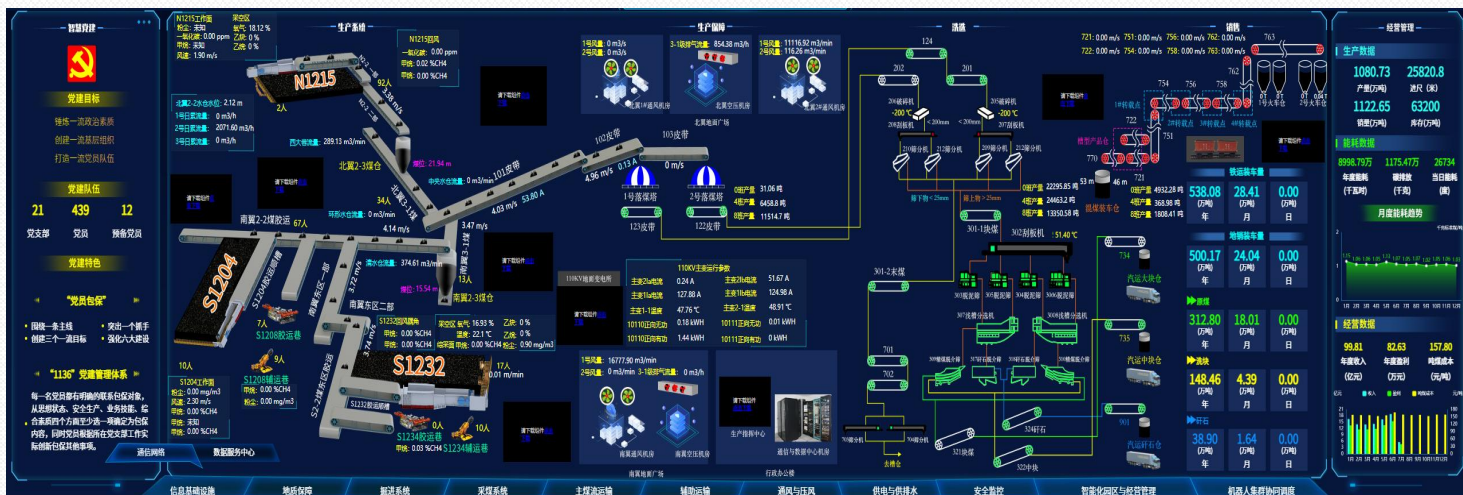
形成成果	国家计划	国家自然科学基金重点项目（数字煤矿及智能化开采基础理论研究），评价A
	发明专利	一种综采工作面数字化开采模型构建系统及方法（ZL201911032511.0）等7件
	论文专著	论文38篇（其中F5000论文5篇，中国科协优秀科技论文1篇）；专著2部
	标准	《智能化煤矿（井工）分类、分级技术条件与评价》等国家标准1项、团标2项

提出了数据处理方法和技术标准，奠定了煤矿数智化基础



# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

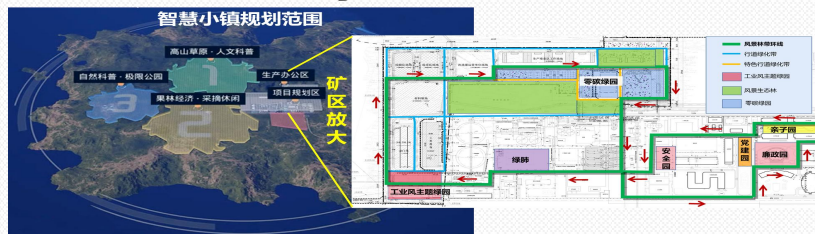
## 范式一：全面开展“十化”建设，实现智能生产、绿色矿区、智慧生活



智能生产



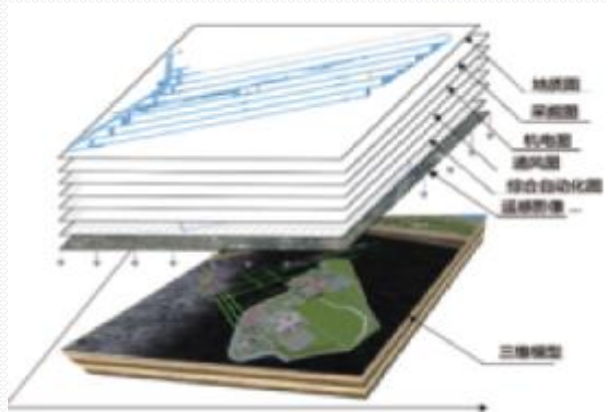
绿色矿区



智慧生活

- 信息感知 “数字化”
- 数据模型 “多元化”
- 管控平台 “一体化”
- 系统设备 “可靠化”
- 工艺流程 “精细化”
- 灾害防治 “精准化”
- 智能运行 “常态化”
- 管理运维 “标准化”
- 开发利用 “绿色化”
- 生产供给 “柔性化”

## 范式二：开展“五优先、五重点”建设，实现减人、增安、提质、创效



- 优先建设固定场所无人值守
- 优先建设主辅运输智能系统
- 优先建设智能化采掘工作面
- 优先建设供电与供排水系统
- 优先建设安全保障一体系统

- 重点突破灾害精准预测预警
- 重点突破机器人集群作业
- 重点突破一体化综合管控
- 重点突破智能地质探测与建模
- 重点突破智能快速掘进技术

## 范式三：开展“人机协同智能”建设，切实提高煤矿安全、智能、高效水平

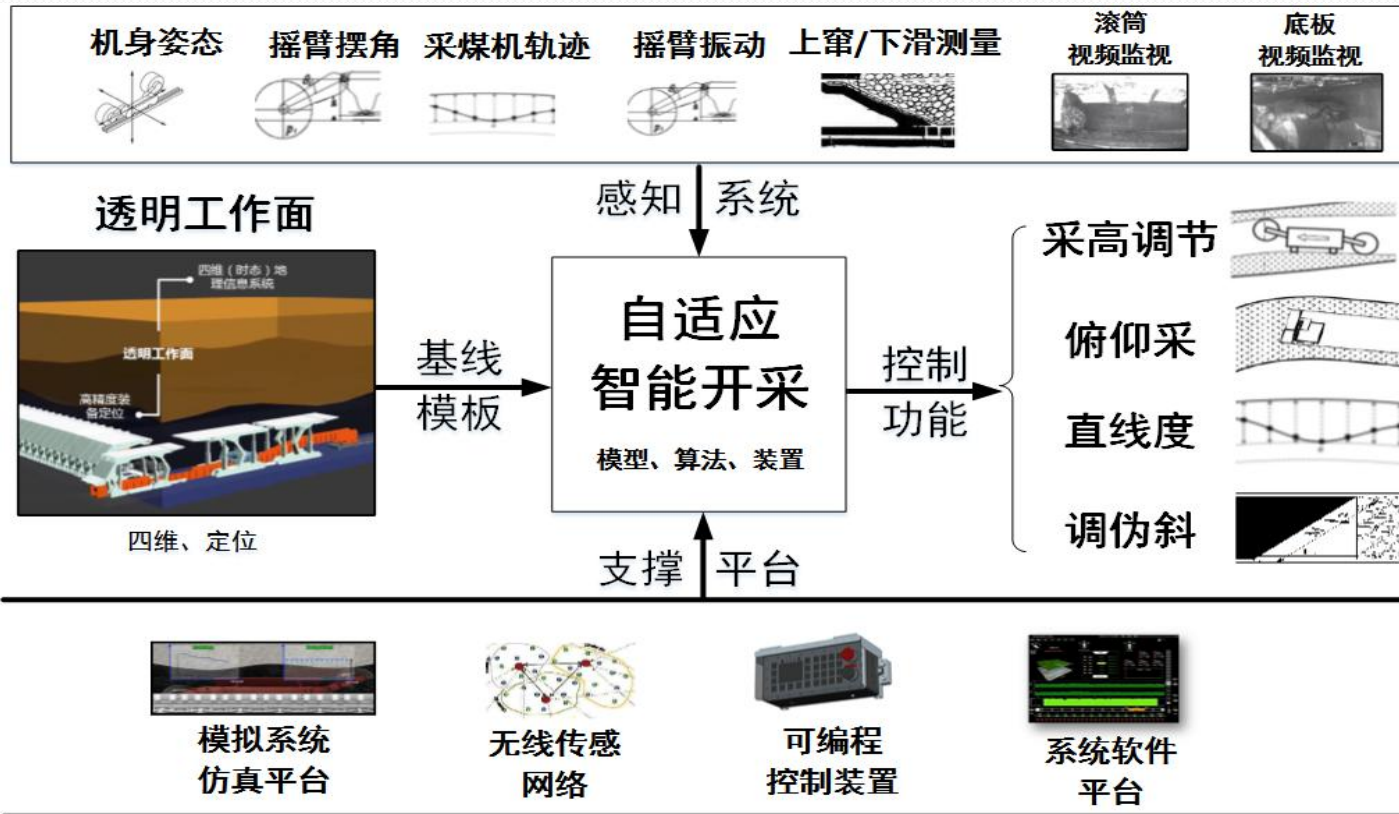
根据矿井生产技术条件，开展固定场所无人值守、智能采掘作业、智能主辅运输系统、智能供电供排水系统、智能经营管理系统等建设，最大程度提升矿井的安全生产与开采智能化水平。



# 三 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## ■ 煤矿无人化智能开采系统

天玛智控研发的由**网络型控制系统**、**一体化控制中心**构成的新一代无人化智能开采控制系统装置



### 榆家梁煤矿无人化智能开采



井人员由7人逐步减少至3人，且生产作业期间无人进入工作面中部区域，下井人员由生产作业岗变为固定点监控岗。

### 黄陵一矿无人化智能开采

实现工作面1人巡视，采煤机自主规划截割，地面2人远程辅助控制的常态化生产。

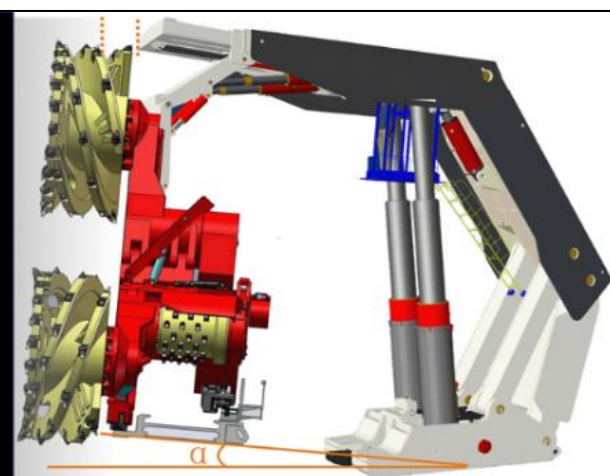
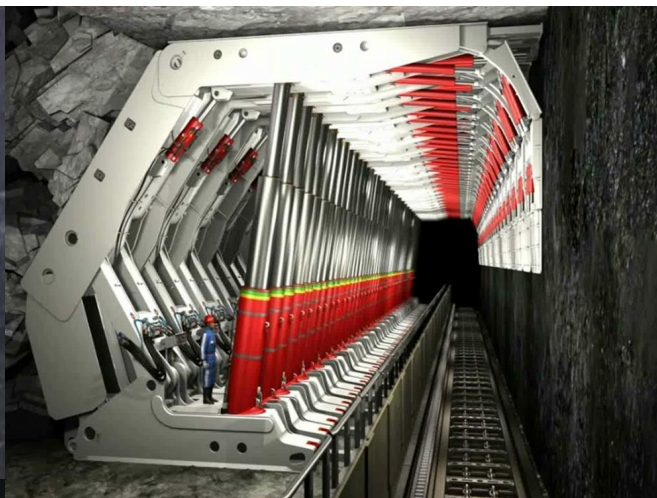


# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展



中国煤炭科工集团  
CHINA COAL TECHNOLOGY & ENGINEERING GROUP

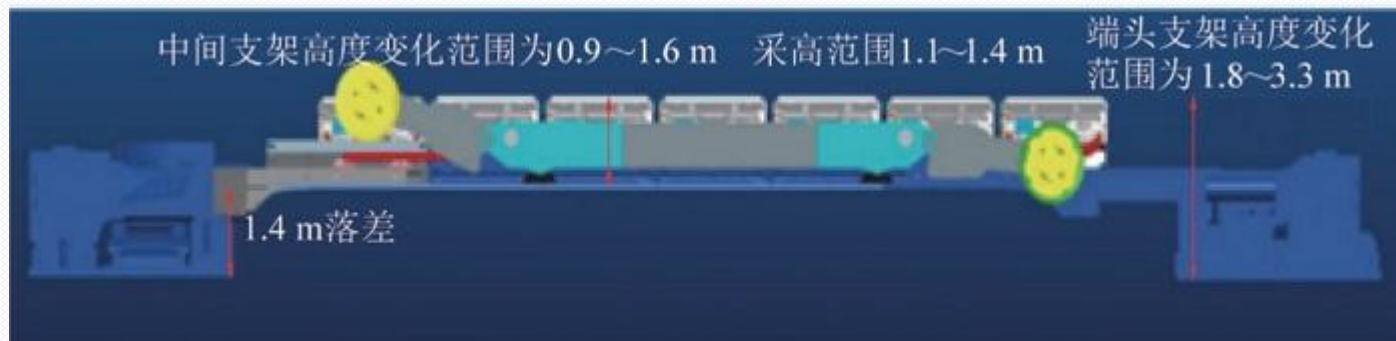
## 因矿施策，发展不同智能化采掘模式——5类典型智能综采



## 1. 薄煤层工作面无人化智能化开采

**ZY9000/088/16D**

支架，MG450/1050-WD半悬  
机身采煤机、SGZ800/3×400刮  
板机采用工作面和巷道大落差过  
渡、输送机机头机尾重叠侧卸的  
布置方式配套，成套装备在张家  
峁煤矿成功应用，破解了陕北矿  
区侏罗纪1.1~1.3 m浅埋深、坚  
硬薄煤层的安全高效开采难题。

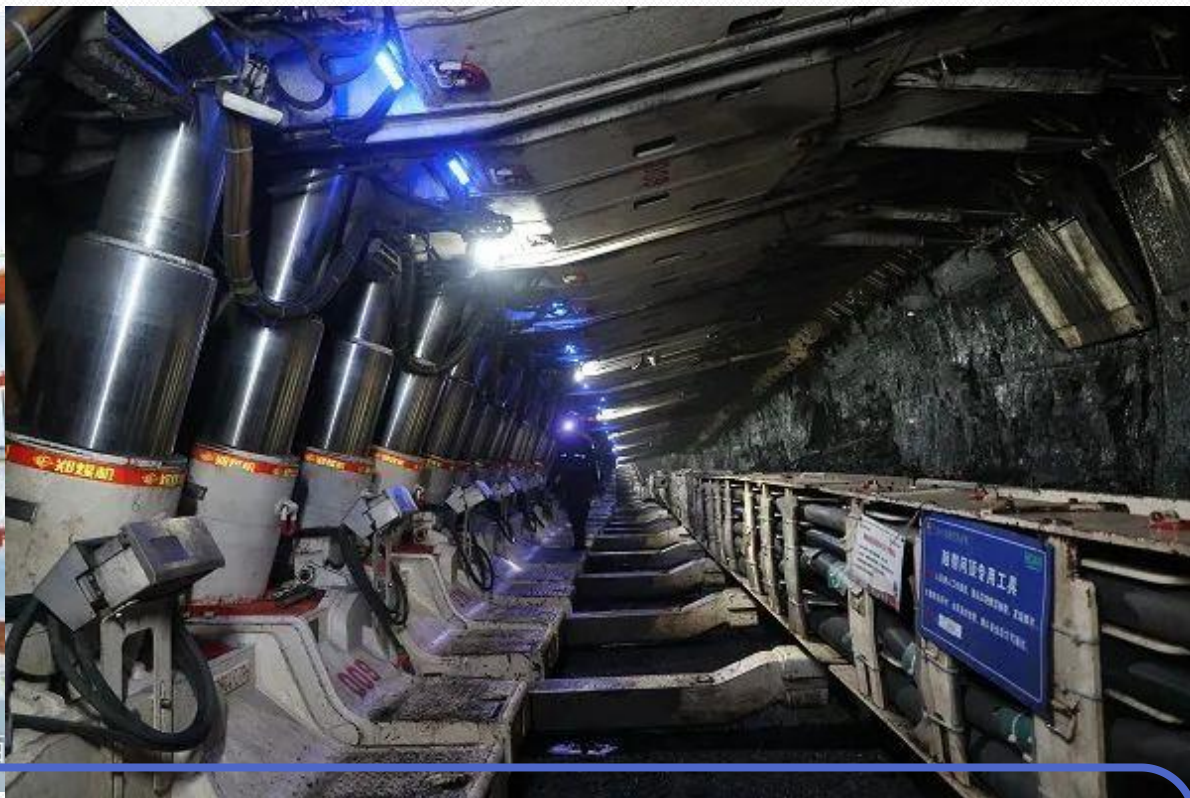




# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 2. 中厚煤层超长工作面智能化开采

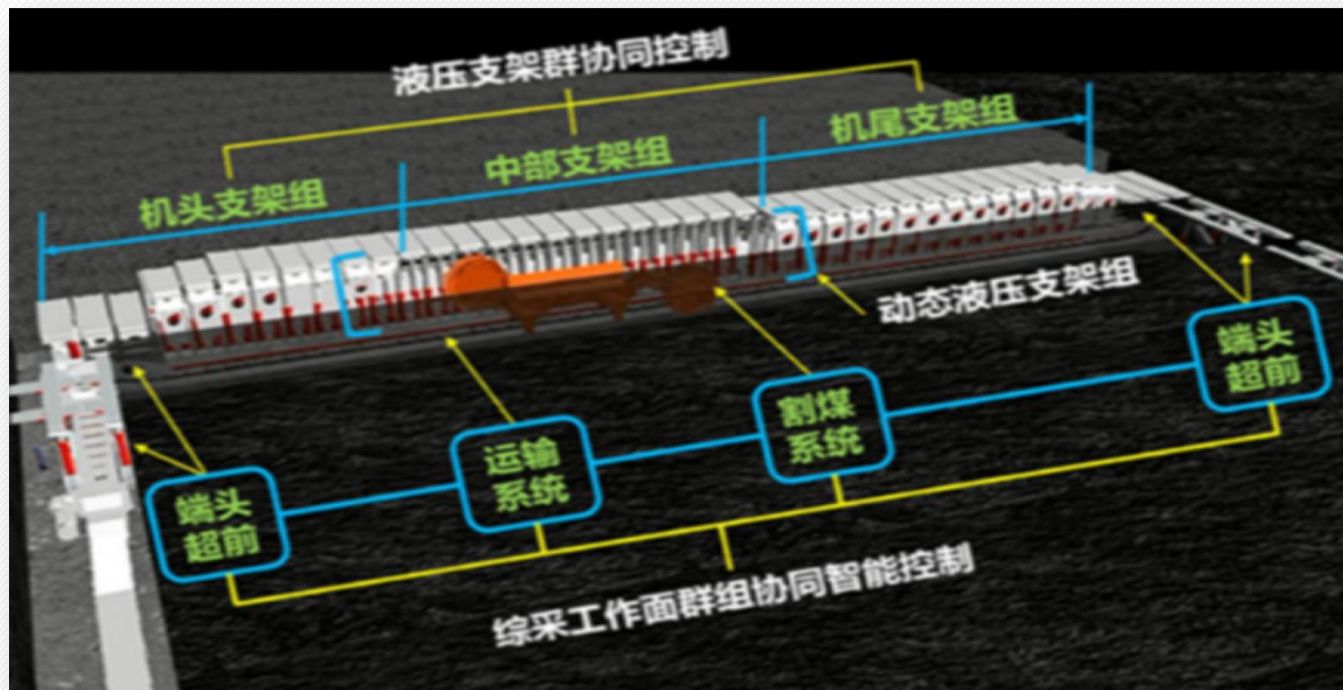
目标：1人1面年产千万吨



ZY16000/18/32D液压支架，MG750/1980-WD采煤机、SGZ1100/3×1400刮板输送机，完成中厚煤层450 m超长工作面成套技术装备研发，在小保当煤矿13盘区2-2煤层(厚度1.8~2.6 m)成功应用，煤机速度达到15m/min以上，日最高割煤达20刀以上，最高日产达5.2万t，年产能千万吨，引领中厚煤层开采新方向。

## 3. 大采高工作面智能耦合高效综采 目标：6~10m采高工作面年产2000万吨柔性生产

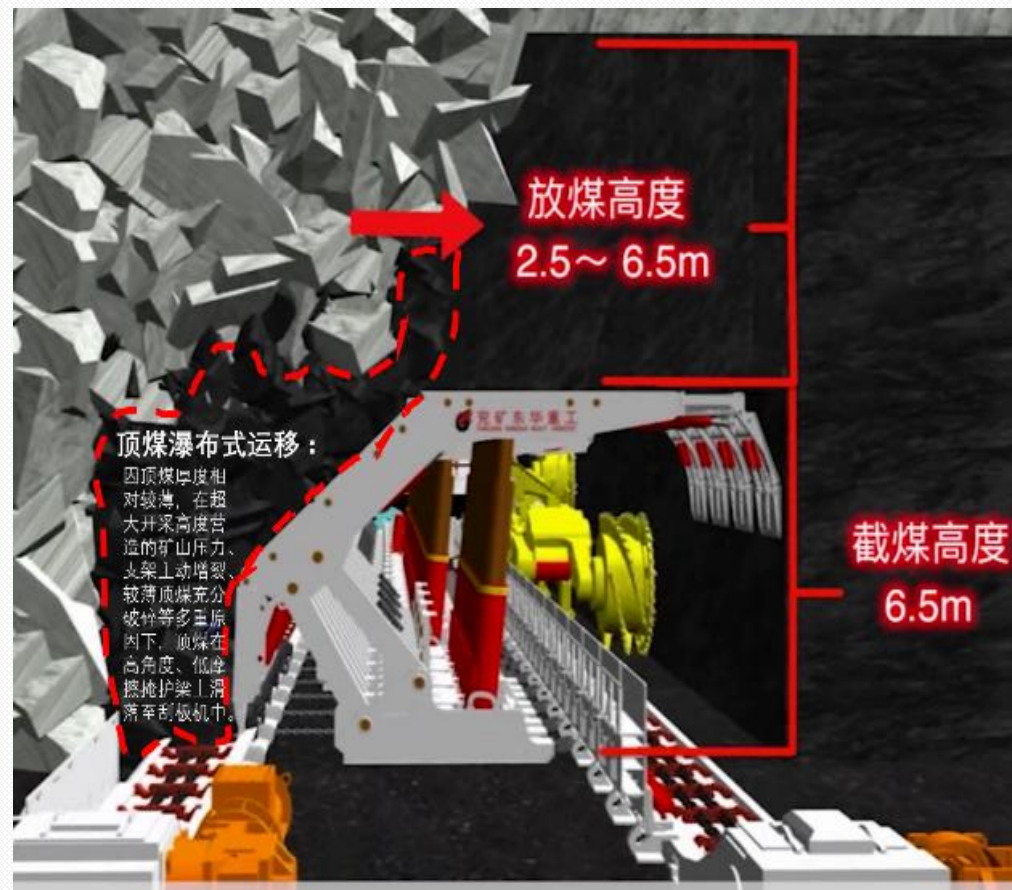
□ 突破8m以上超大采高综采技术，超大采高智能采煤机、智能刮板输送机及液压支架等成套装备和关键技术，引领特厚煤层开采及高端装备的发展方向。



## 4. 突破放顶煤工作面智能化放煤技术

目标：工作面月产200万吨2~3人

以**7m**超大采高综放支架为核心的超大采高综放开采成套技术与装备，解决了以金鸡滩煤矿为代表的西部矿区9~13m特厚硬煤层的高效，在12-2上117工作面应用实现最高月产达到202万t，最高日产7.9万t，具备年产2000万t能力。

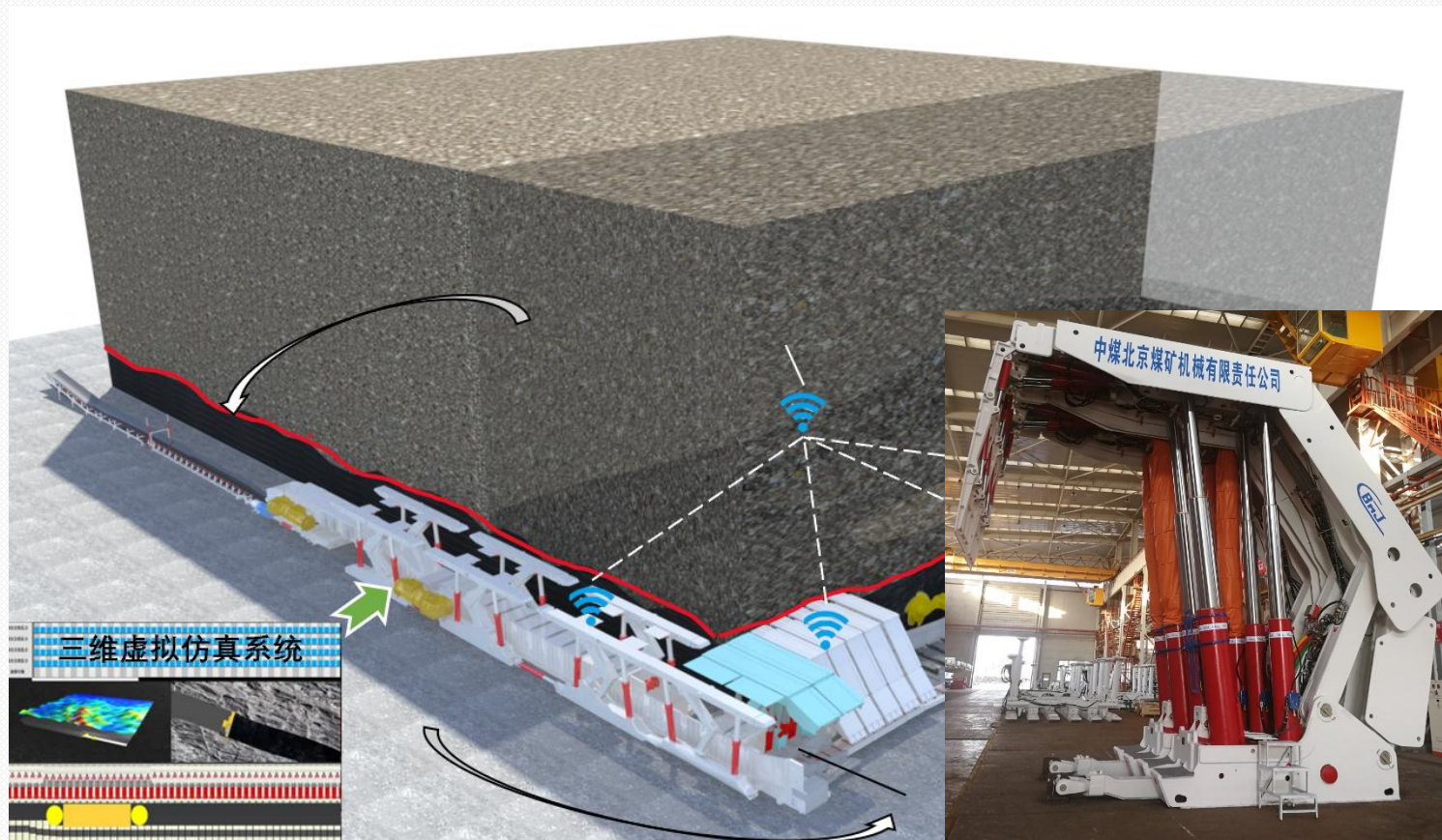


## 5. 全面推广复杂条件机械化+智能化开采

目标：工作面数量减少效率提高1~3倍

全面推进复杂条件下机械化+智能化开采技术与装备，提高技术适应性，60万吨以上煤矿全面实现基本智能化，实现大倾角等各类复杂条件下机械化+智能化开采，安全生产得到根本保障，把工人从危险作业中解放出来。

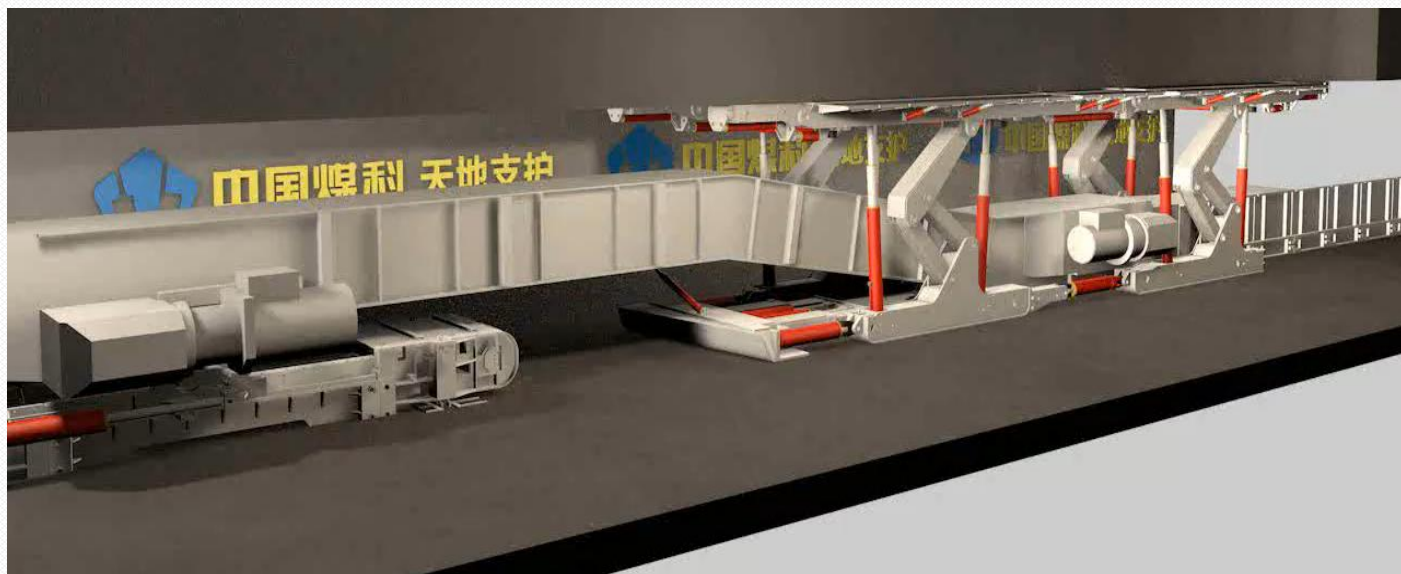
在口孜东煤矿千米深井条件下实现350m超长工作面智能化开采



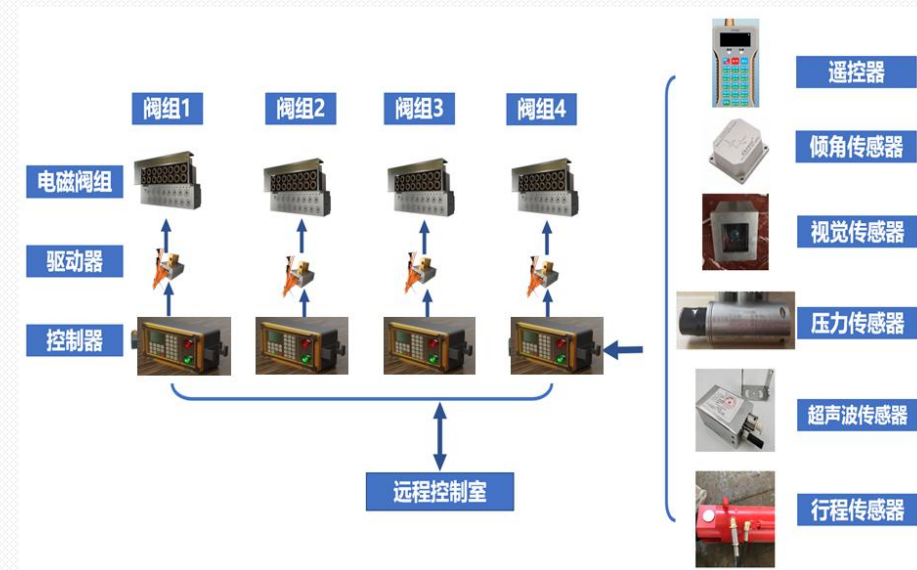
# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## ■ 建立运输顺槽运-支一体式超前支护体系

- ✓ 基于综采工作面超前支护装备一体化推进工艺，研制连接转载机和超前支架的抽屉式引导结构，研发工作面与超前支护联动控制系统，实现超前支架与工作面支架的自动同步推进，解决运输顺槽超前支架自动运移难题



运输顺槽运-支一体式超前支架



工作面运-支一体式超前控制系统

[10]发明专利：一种运输顺槽无反复支护控制系统 ZL202111327834. X;

## ■ 推广应高效能大流量远距离智能配送水基动力系统成套装备

- 多泵站并联多级卸荷压力控制和远距离供液系统压力及流量动态补偿无背压输送稳压稳流控制技术
- 高效紧凑型功率分流式传动和大流量低振幅高速流场稳定配流高压力低振动水基动力技术
- 高效纯净乳化液智能制配和基于低压液力自旋反冲洗旋杆式高效自动反冲的循环周期全流程抗污染保障技术
- 首创了终端负载反馈和同步自适应高效能变流控制远距离智能配送水基动力系统控制技术



## 二、煤矿智能化理论与标准体系创新

### 智能快速掘进



- 智能快速掘进实现配套装备一体化、自动化和智能化掘进模式，初步构建了适用于不同煤层条件的煤矿智能化快速掘进工艺技术与装备体系。
- 掘锚一体化快速掘进系统实现掘进、支护、运输平行连续作业，集通风、除尘、供电、给排水、控制通讯于一体。

## 二、煤矿智能化理论与标准体系创新

### ◆ 智能化煤矿机器人集群研发与应用

突破了复杂场景下机器人导航定位技术、液压及电气防爆机械臂技术、轨道机器人自发电技术、等多项关键技术。在柠条塔煤矿开展了五类三十多种煤矿机器人集群开发应用。



## 二、煤矿智能化理论与标准体系创新

### ◆煤矿无人驾驶运输技术取得新进展

■突破物料的集装化运输与自动装卸接驳技术，探索自主控制无人驾驶技术，实现天轨、地轨、无轨三轨融合的智能连续运输，及设备电动化。

■神东大力推进井下车辆电气化和井下充换电

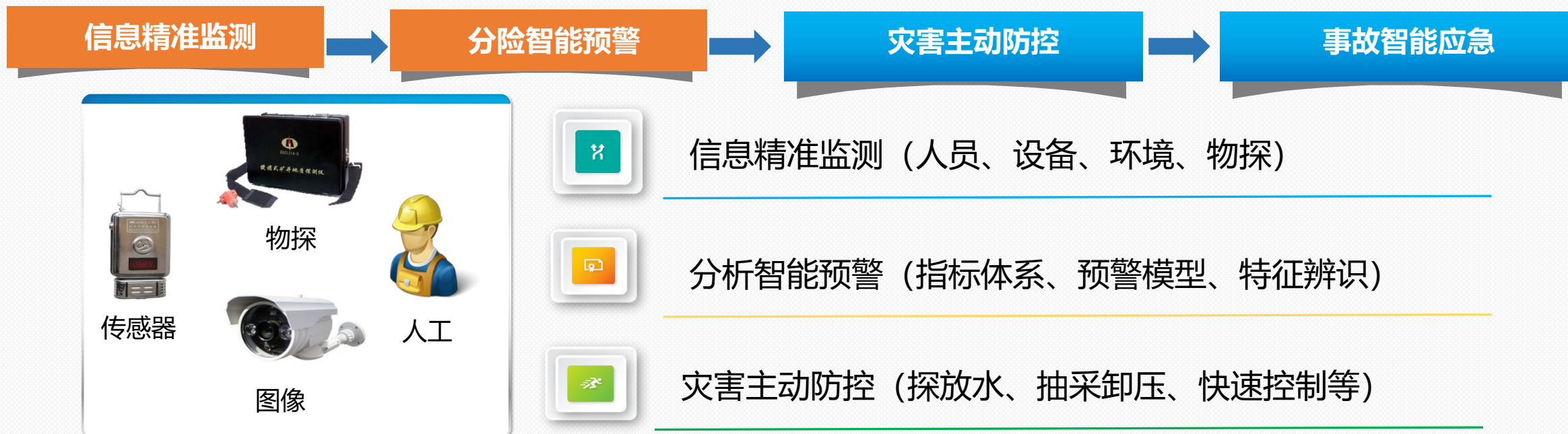
■露天矿：华能伊敏露天矿电动无人驾驶矿卡 高效运输系统成功运行。



# 三 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 新一代安全智能监控与预警体系

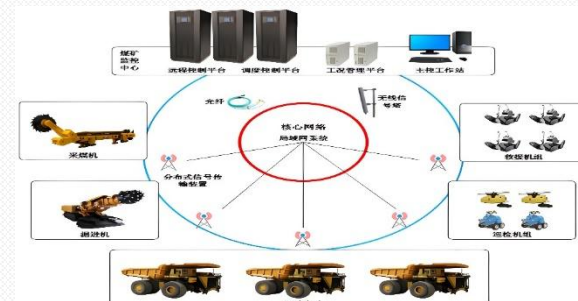
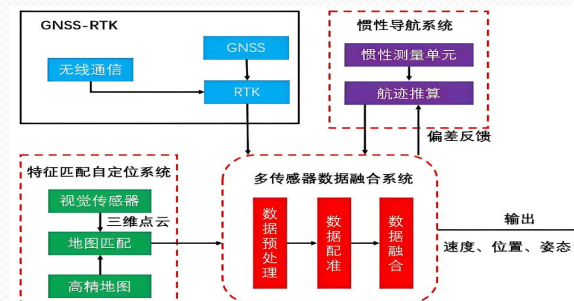
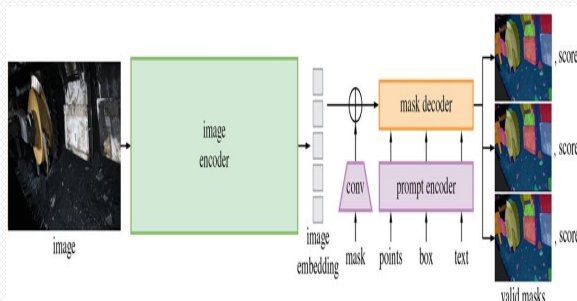
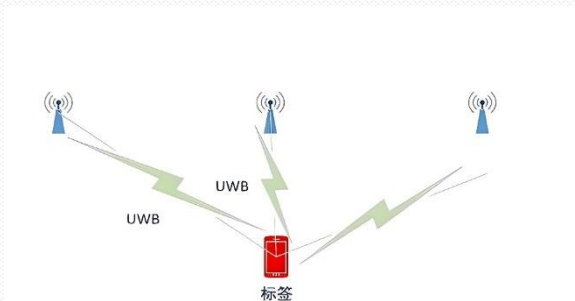
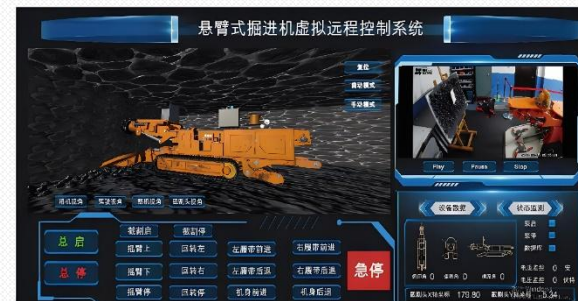
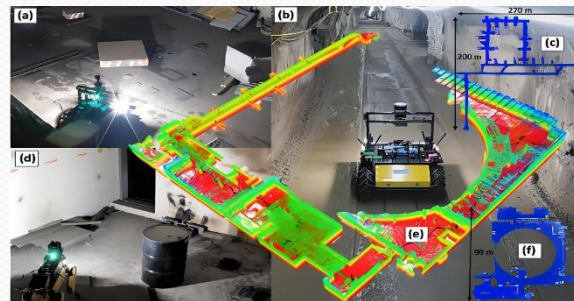
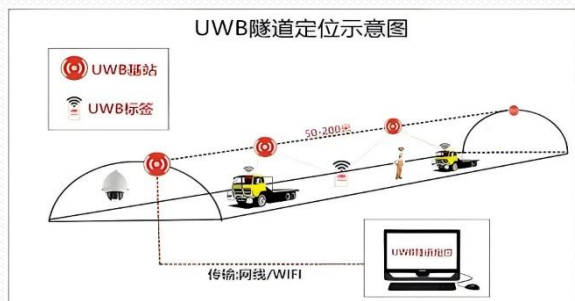
加强智能传感与监测监控技术装备研发应用，实现全时空“通-感-算”一体化，突破感知信息一站式汇接、数据就地快速处理、灾害趋势精准预测等难题，形成集监测、预警、防控、应急于一体的智能安全闭环管控体系，全面提升矿井灾害防控系统的安全保障能力。



# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 矿井环境感知

通过准确的环境感知，**提供基础数据**，可以预防和减少事故的发生，保障矿工的生命安全。同时，智能化的管理和控制能够提高矿井的作业效率，减少资源浪费，促进矿山的可持续发展。



### 有源感知技术

基于超宽带原理的位姿感知、基于双频激电法的超前探测等，实现对矿井环境的精确感知和预测。

### 机器视觉技术

基于深度学习的机器视觉技术实现矿井不同场景下细粒度环境目标感知。

### 多传感器融合技术

整合不同类型传感器的数据，提高对井下复杂环境的感知能力。

### 物联网技术

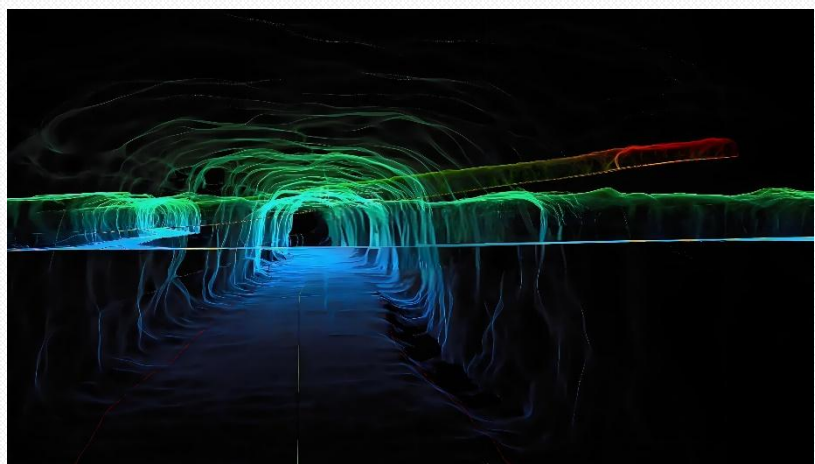
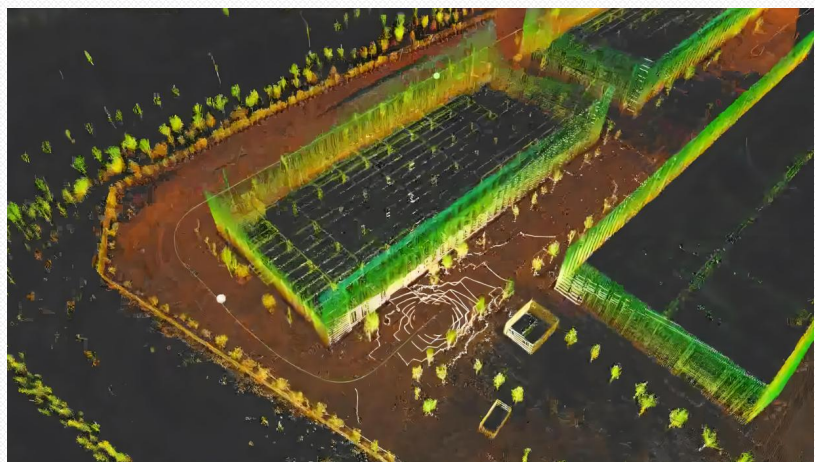
通过物联网、大数据、云计算技术，实现对矿山“人-机-环”状态的全面感知。

## 地下空间地图构建

提供准确的煤矿地理信息，对安全导航、资源管理和事故预防等方面至关重要。



### 激光雷达SLAM技术



□ 成本高、离线建图与环境适应性。

□ 高精度的点云数据有助于在三维空间中精确定位。

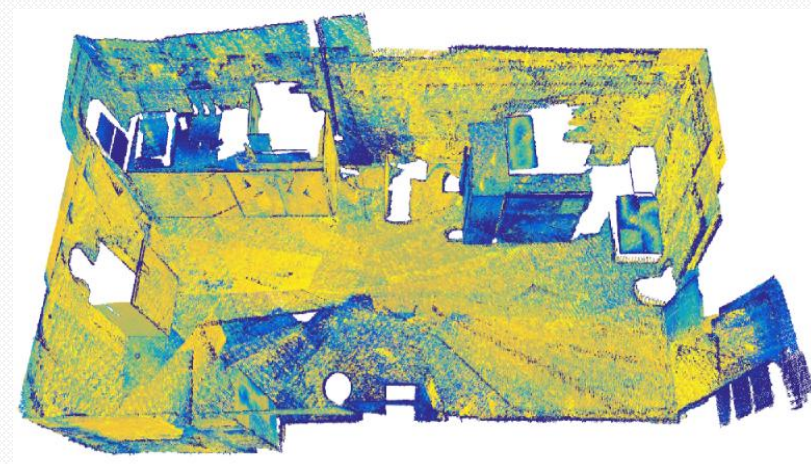
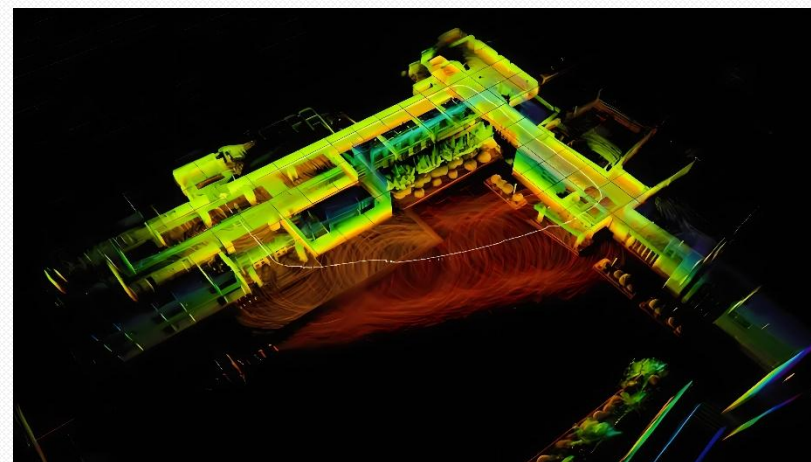
◆ 更低的成本和高集成度与实时性。

◆ 丰富的纹理信息，可以区分外观相似但不同的物体。

☞ 激光、惯性导航和视觉融合的SLAM技术通过结合不同类型的传感器，可以提高系统的定位精度、鲁棒性和环境适应性。



### 视觉SLAM技术





# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 地下场景识别

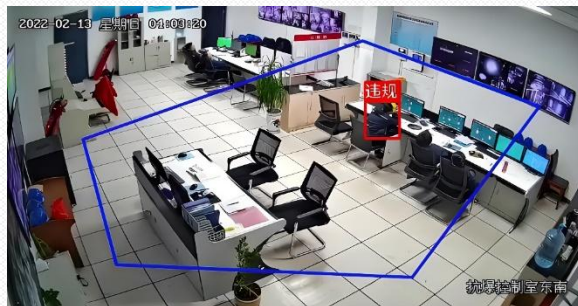
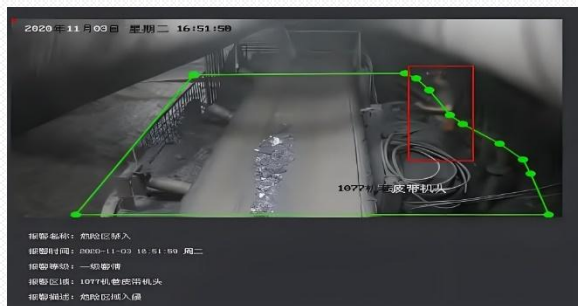
针对井下生产环境、**识别工况状态与不安全因素**，保障安全高效开采。

### 人员行为识别



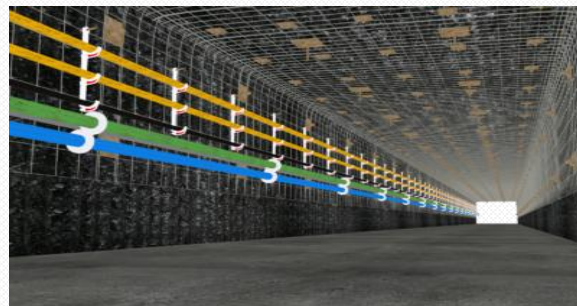
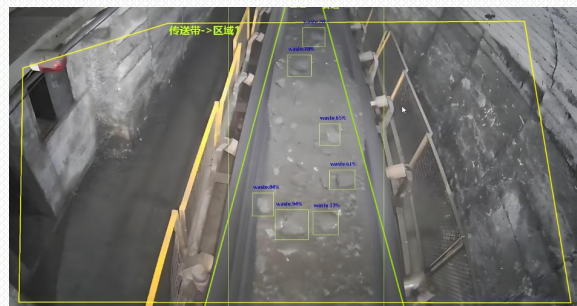
人员穿戴的安全性识别、  
人员状态的安全性识别、  
人员施工的规范性识别、

### 周界安全识别



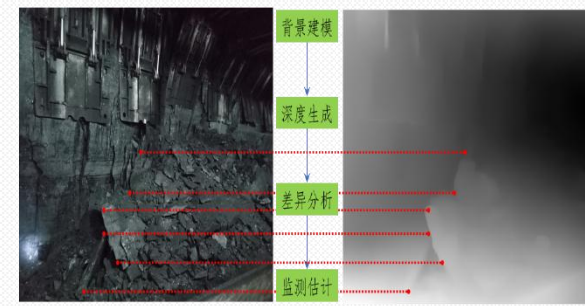
周界区域危险侵入识别、  
周界区域违规操作识别、

### 运输异物识别



皮带运输异物识别、  
巷道运输异物与障碍识别、

### 综采状态识别



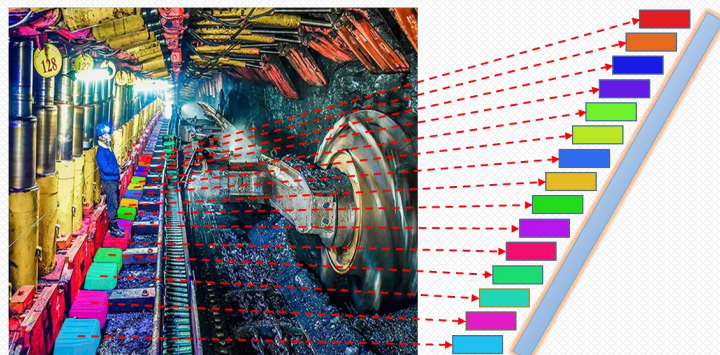
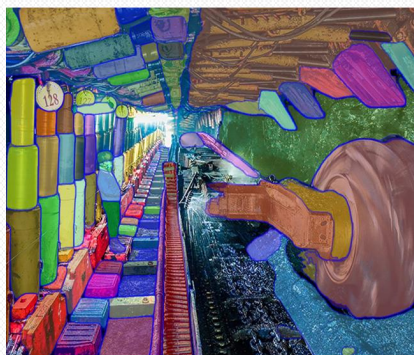
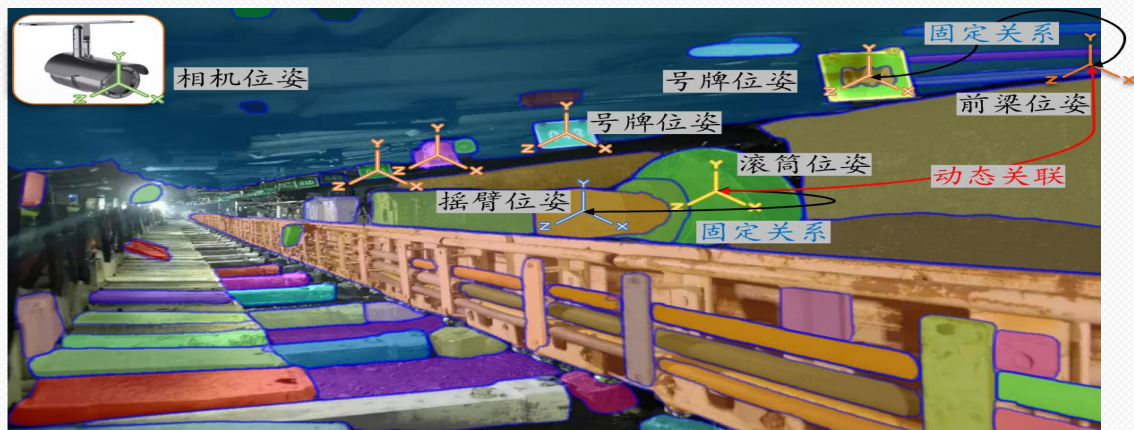
煤壁片帮识别、  
大块煤识别、

# 三 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 开采设备监控

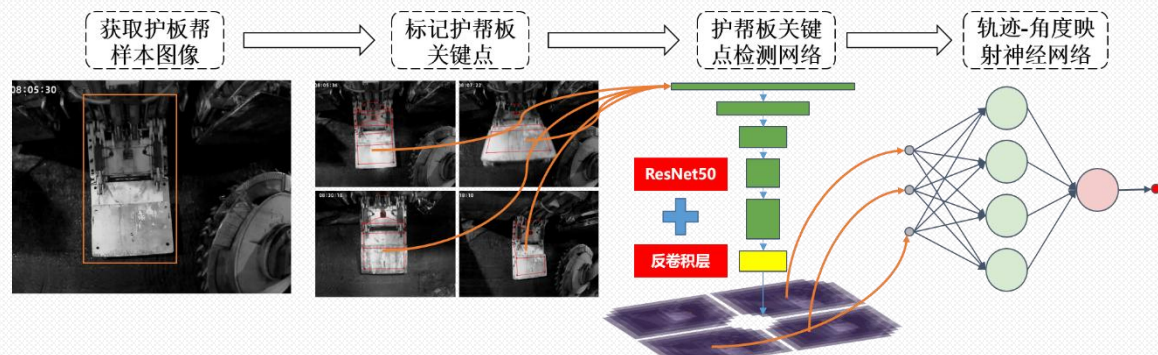
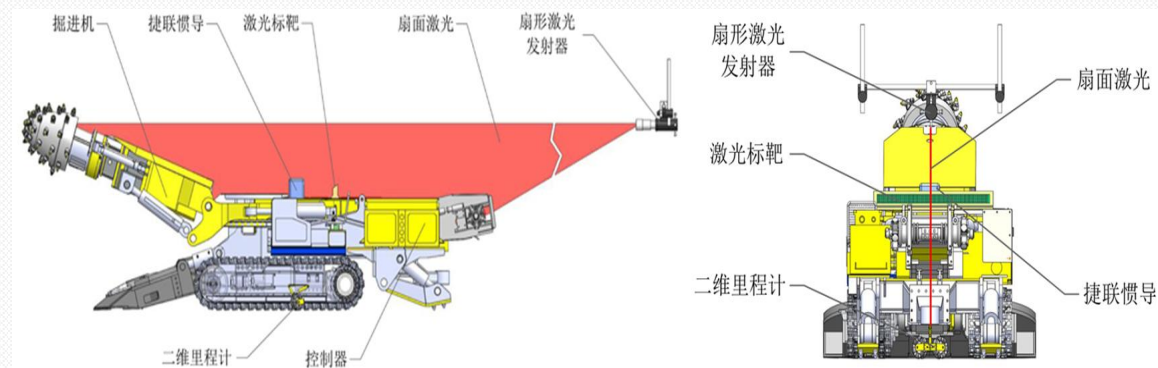
对单设备和群组设备进行定位与定姿，为智能决策与执行提供数据基础。

### 群组设备定姿与定位



采用传感融合感知、坐标转换与融合、信息分析与理解形成基于状态的智能决策与执行。

### 单设备定姿与定位



基于单类传感实现单设备局部或整体位姿识别，为个体智能化提供行为数据反馈。

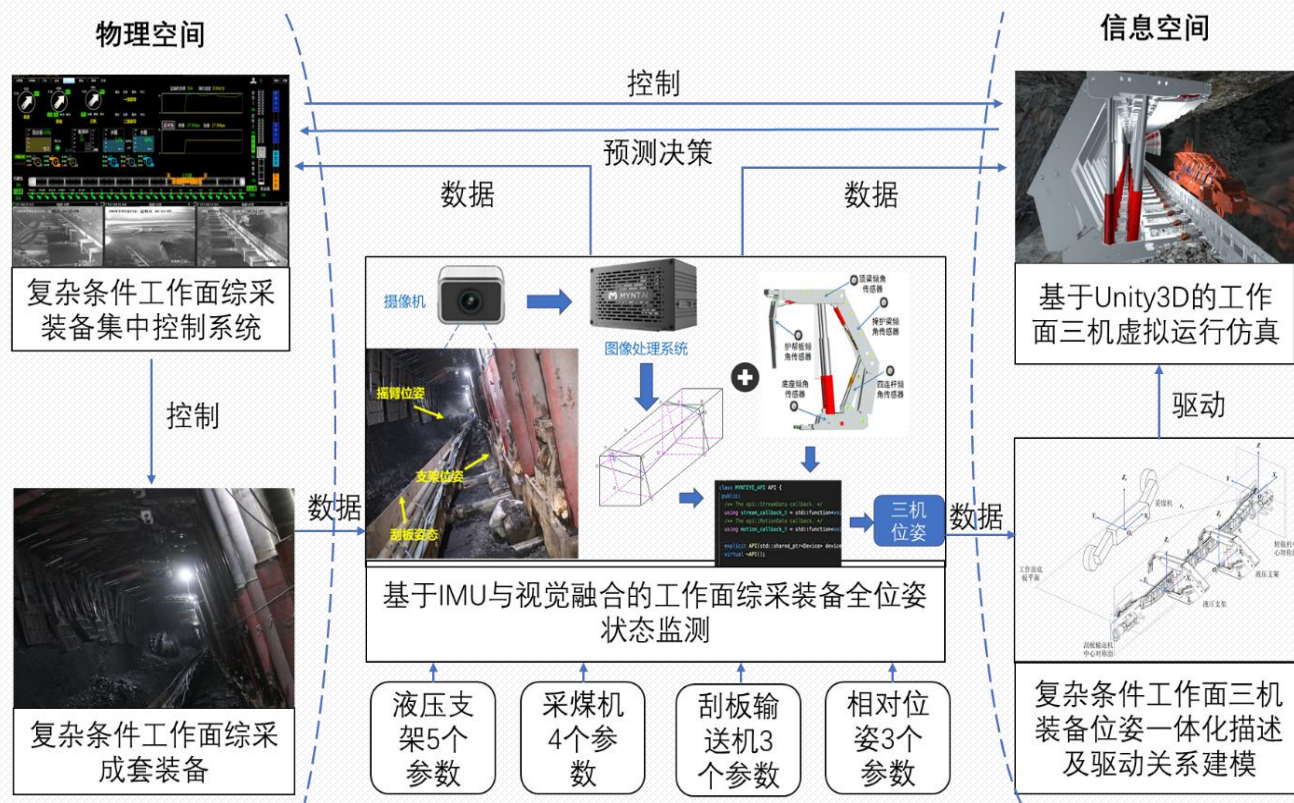


# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 复杂地质条件下智能开采技术路径

- ◆ 融合视觉的装备全位姿监测
- ◆ 工作面装备位姿一体化描述及驱动关系建模
- ◆ 基于Unity3D的综采虚拟仿真控制技术

准确获取开采系统空间状态，并通过三维仿真系统对复杂地质条件干扰因素介入后的状况提前进行仿真计算，从而决策后续生产工艺和参数。

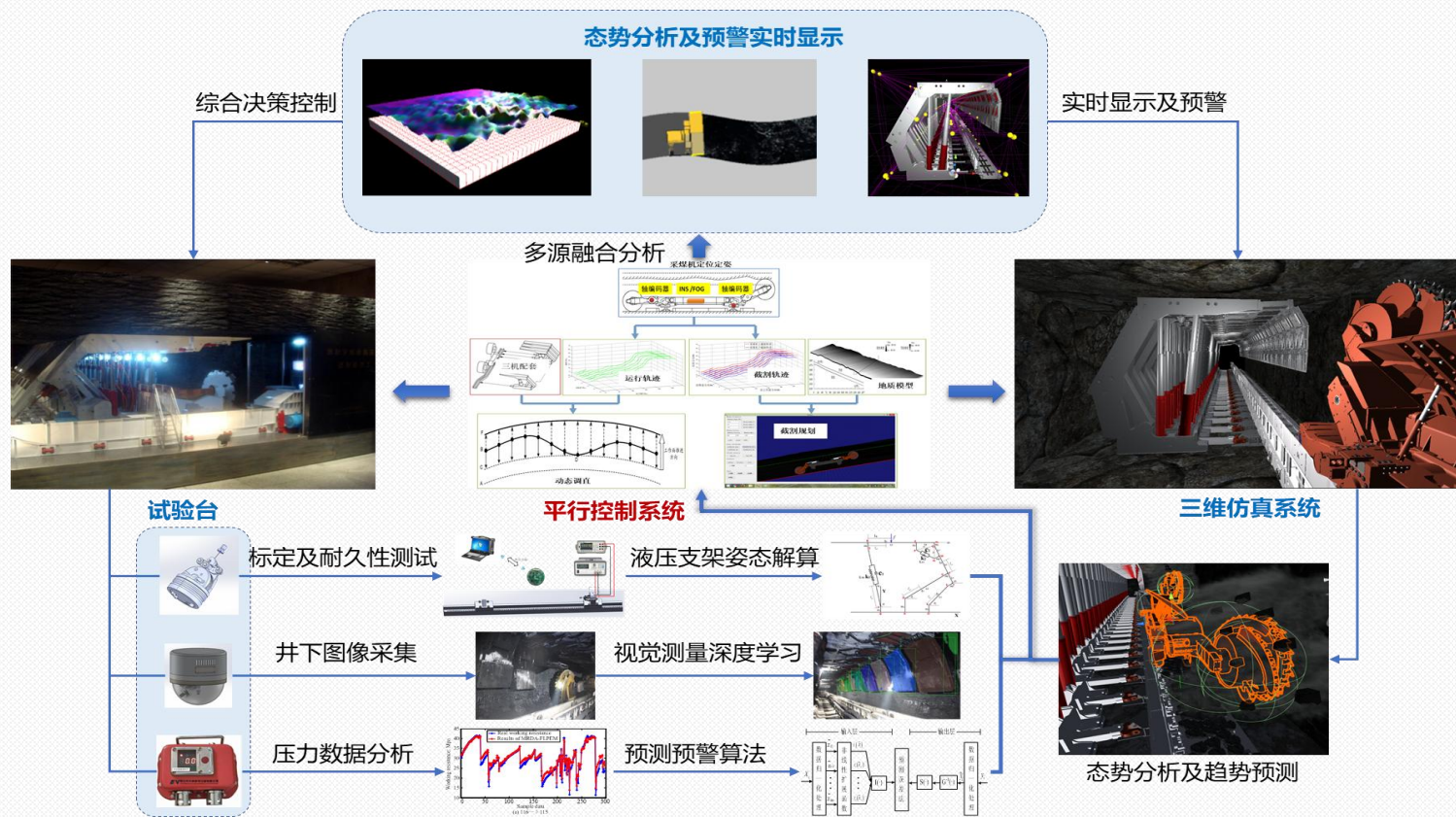




# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 虚拟仿真平台平行决策控制系统

- ◆ 系统与实际开采系统通信，获取实时数据；
- ◆ 基于采场环境及设备运行参数进行设备群全局最优推进运行预演、路径规划；
- ◆ 综采系统“单机—组—群”三级协同实时控制方法。



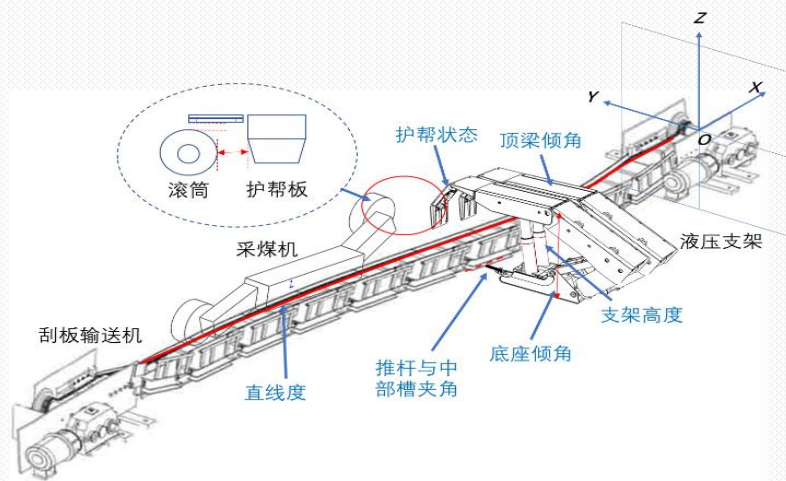
三维虚拟仿真平台平行决策控制系统



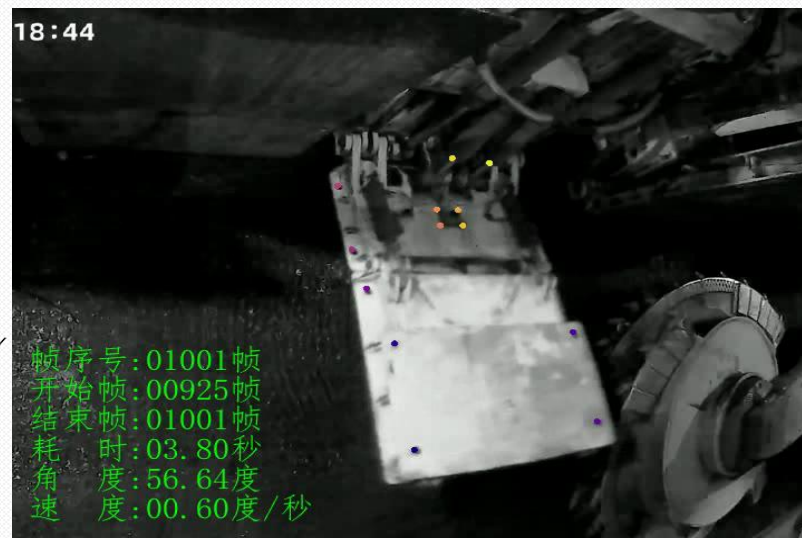
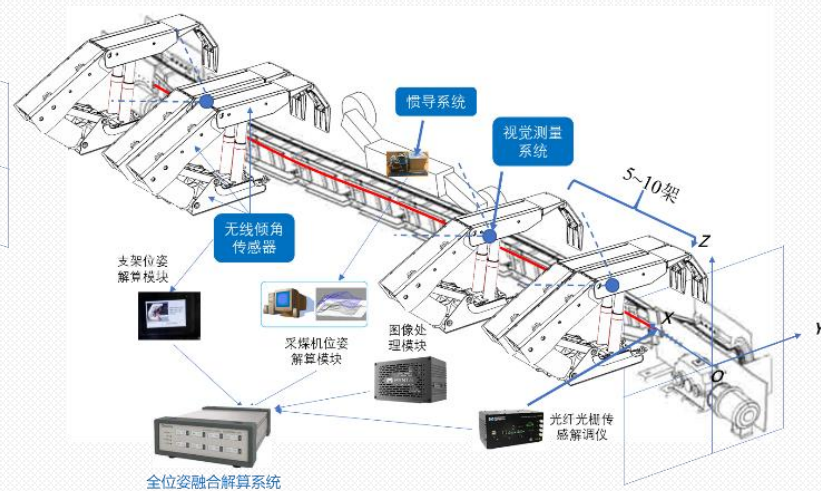


## 融合视觉的综采装备群全位姿测量方案

- ◆ 给出了包括15个参数的综采装备群全位姿参数集
- ◆ 突破基于深度学习的目标识别、动态目标追踪核心算法，构建运动轨迹和空间角度的映射关系模型，实现装备位姿跟踪测量



工作面装备全位姿测量



工作面装备动目标跟踪测量

## 井下视觉图像增强

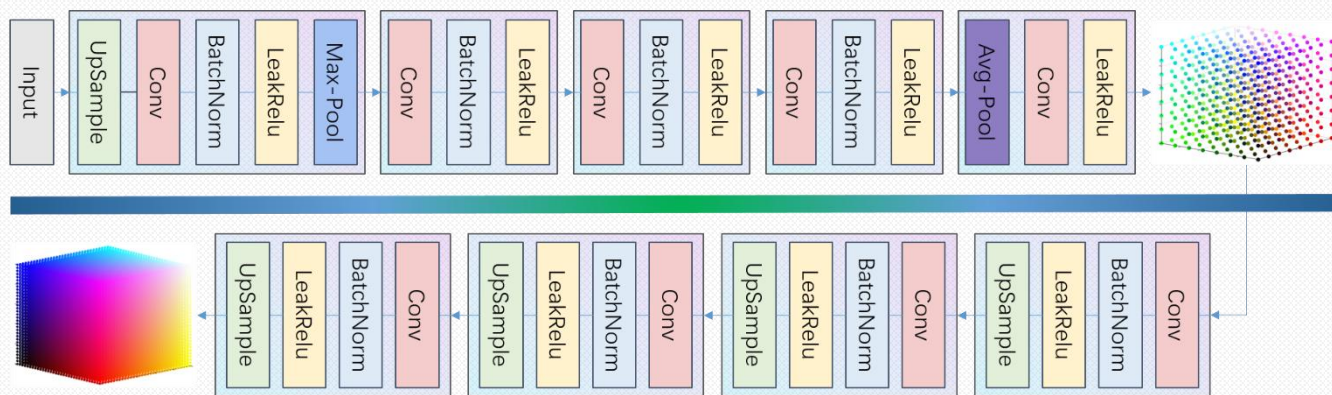
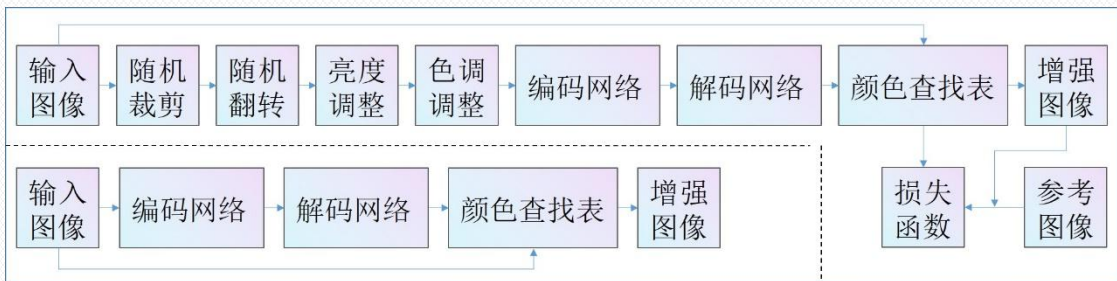
- ◆ 解决井下视觉图像面临的照度低、照度不均匀、暗光噪声、尘雾噪声。
- ◆ 深度学习三维查表实现井下视觉图像增强的有效性和快速性。

- 照度低且照度不均匀
- 噪声大
- 尘雾影响
- 快速性
- 有效性

原始图像



增强图像

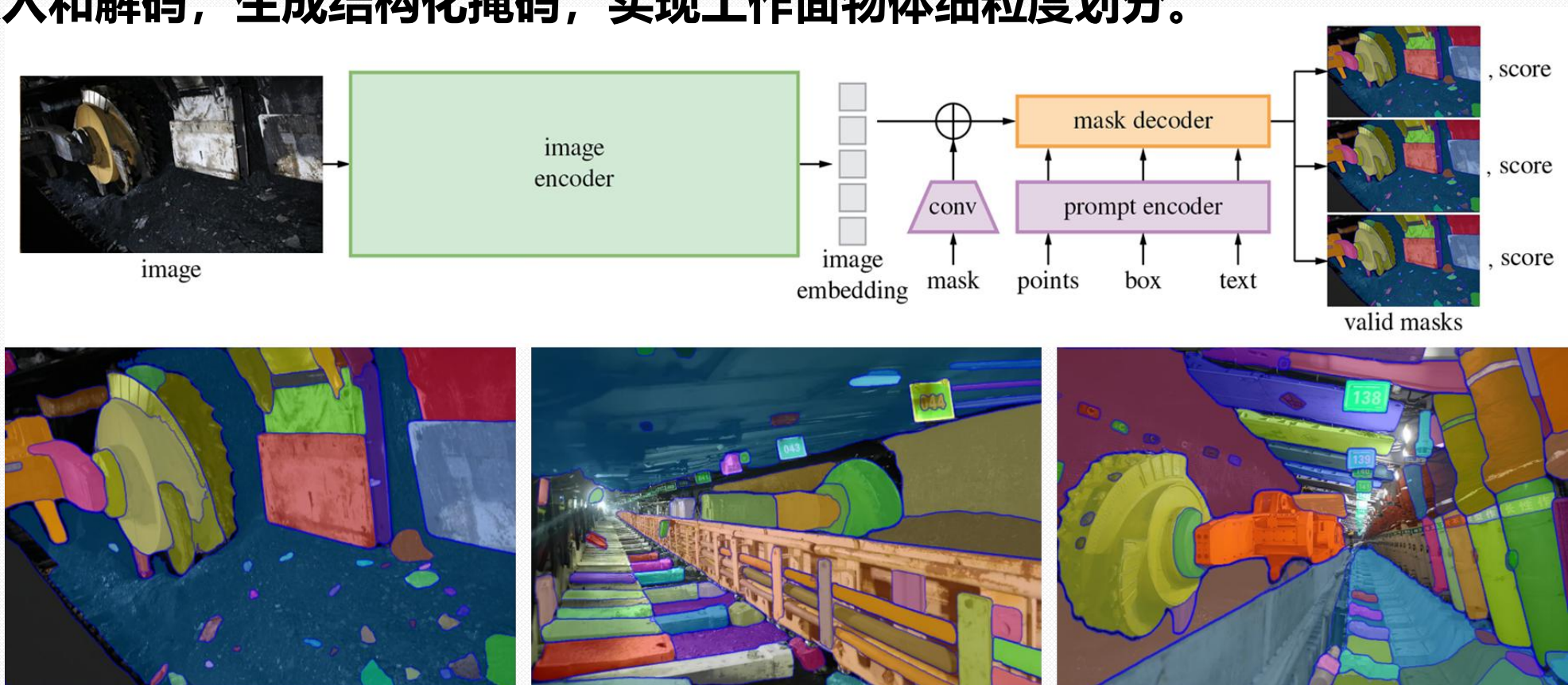




# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

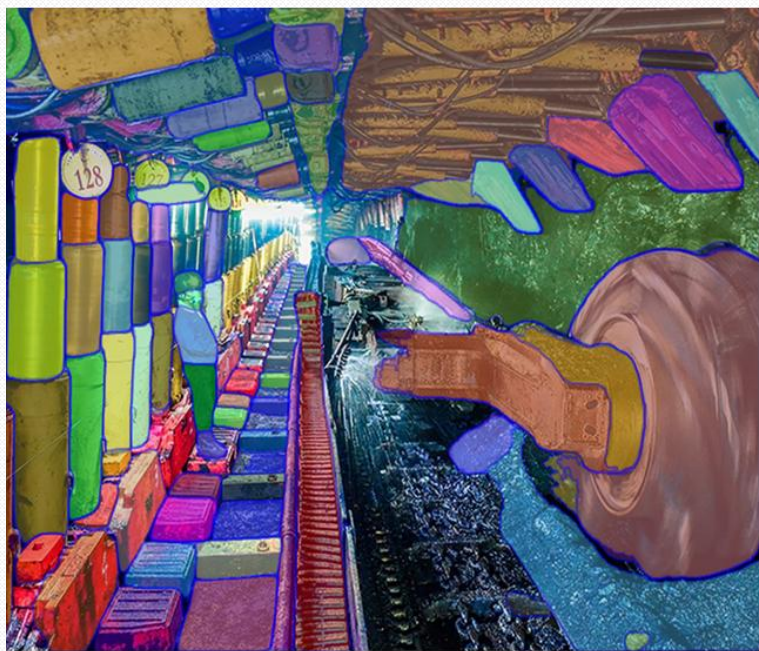
## 综采工作面工况视觉细粒度感知

- ◆ 采用Transformer网络架构对工作面工况图像进行结构化辨识，图像经过编码、嵌入和解码，生成结构化掩码，实现工作面物体细粒度划分。

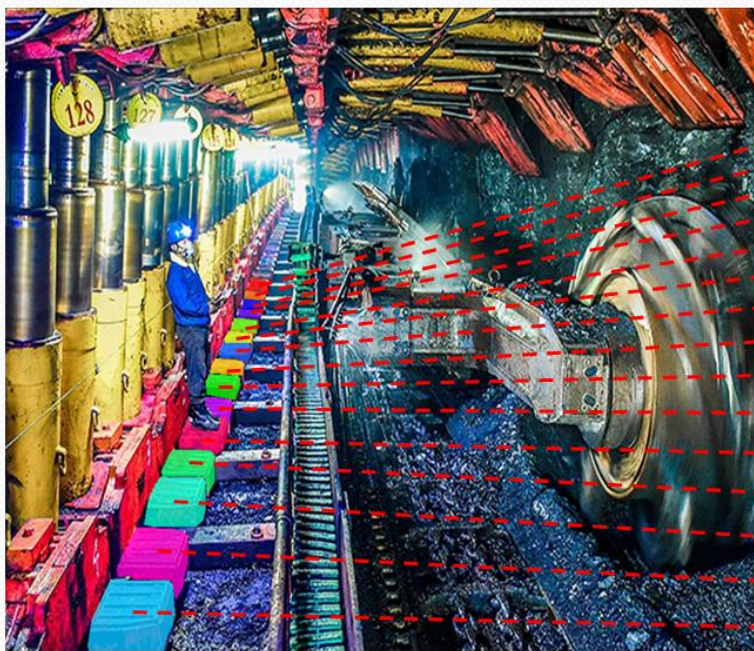


## □ 综采工作面工况视觉位姿感知

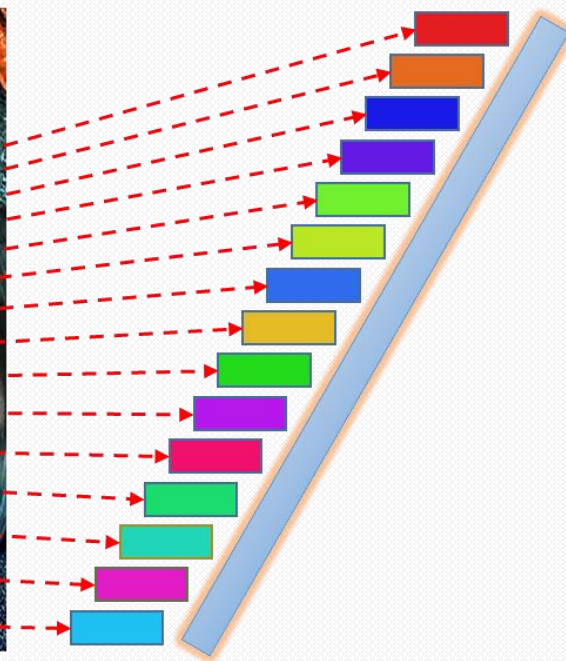
- ◆ 基于工作面图像的结构化划分和辨识，提取液压支架运动、设备状态等标志物，并转化为位姿特征。



结构化辨识



标志物提取



位姿信息转化

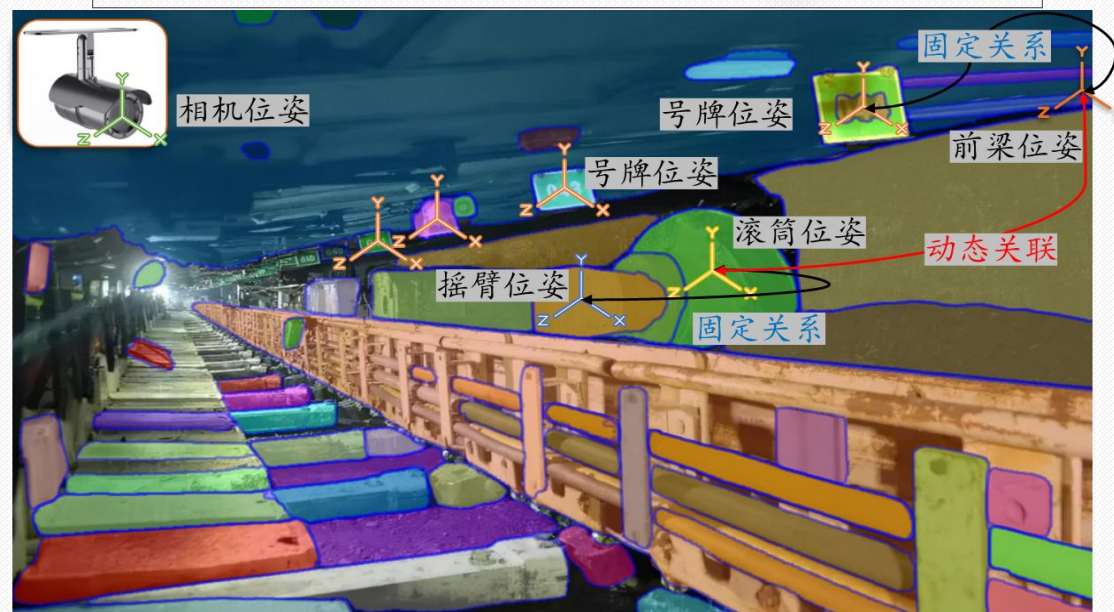
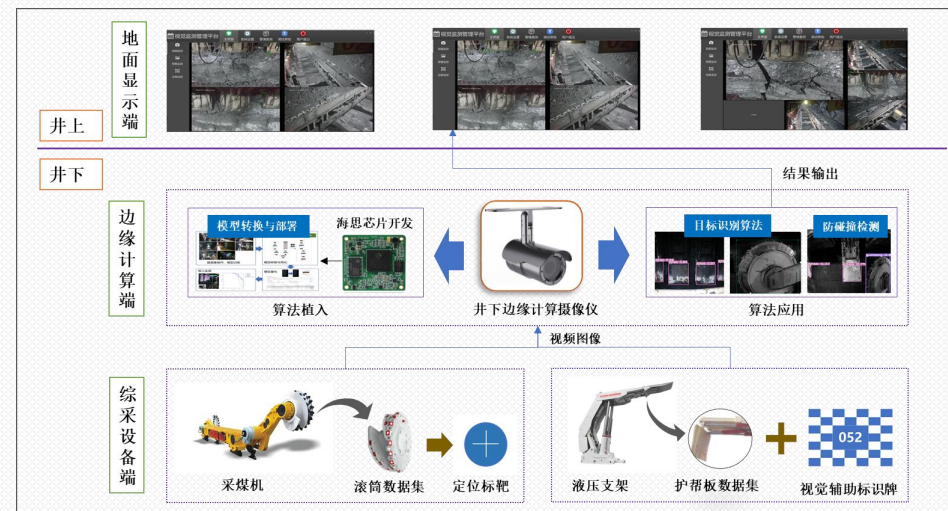


## 基于视觉的综采截割防碰撞预警

- ◆ 基于边缘视觉AI技术监测采煤机滚筒与顶梁相对位姿，根据滚筒空间运动轨迹推演与顶梁相对位姿状态实现综采截割防碰撞预警。

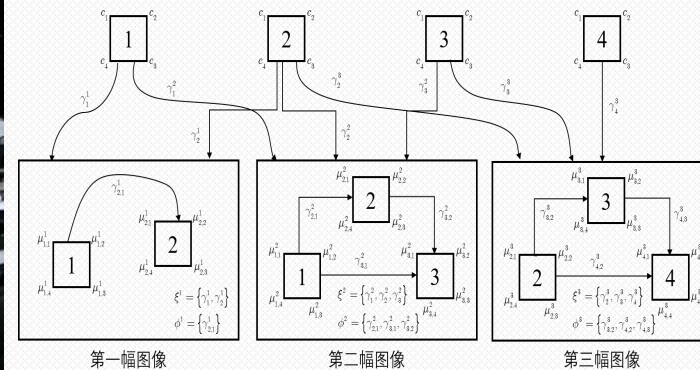
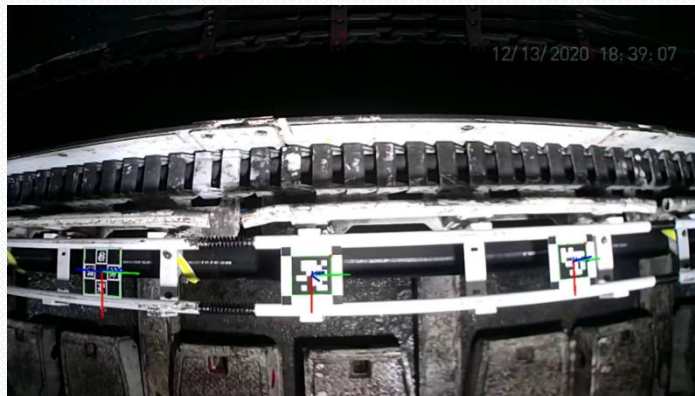
### 关键技术：

- ✓ 摇臂及号牌标志物目标精确检测。
- ✓ 号牌及摇臂三维空间位姿监测。
- ✓ 运动轨迹推演及三维位姿关联优化。



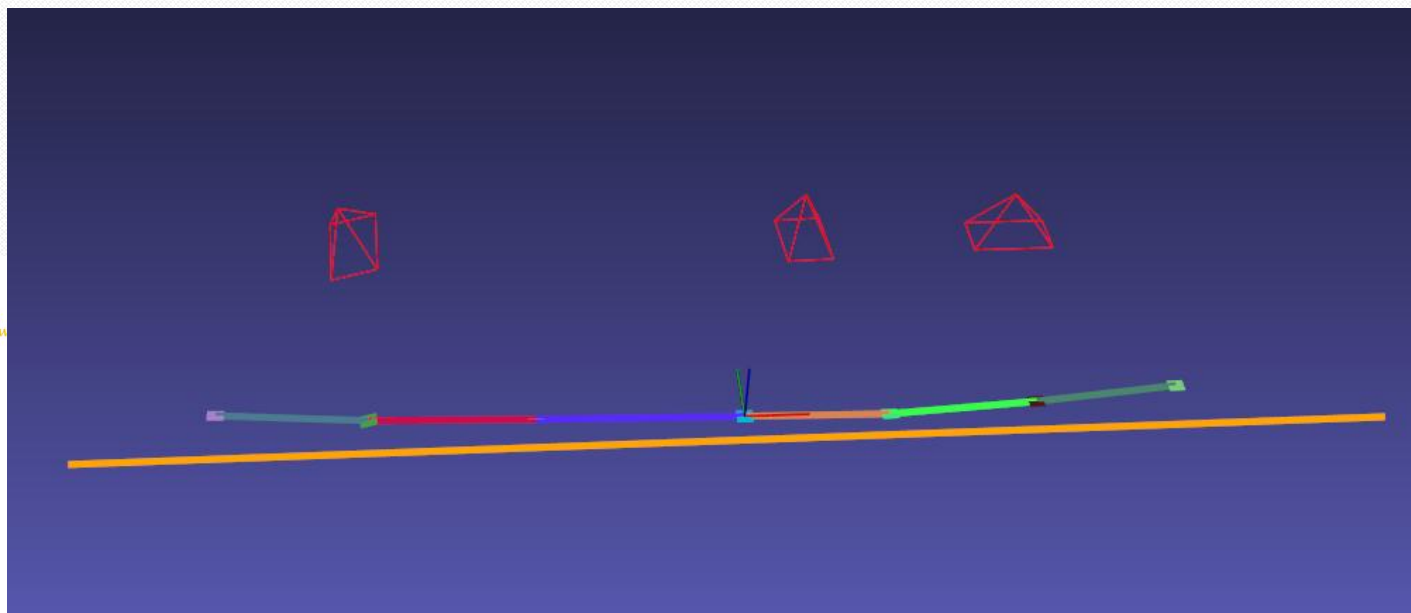
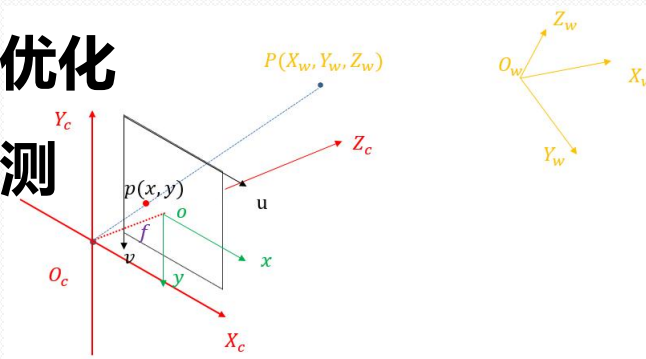
## 基于视觉的综采直线度监测

- ◆ 基于视图及合作标靶构建综采直线度全局测量系统，通过位姿转站与全局优化技术，实现基于视觉的直线度反演监测。



### 关键技术：

- ✓ 位姿全局优化
- ✓ 标记物检测
- ✓ 坐标解算

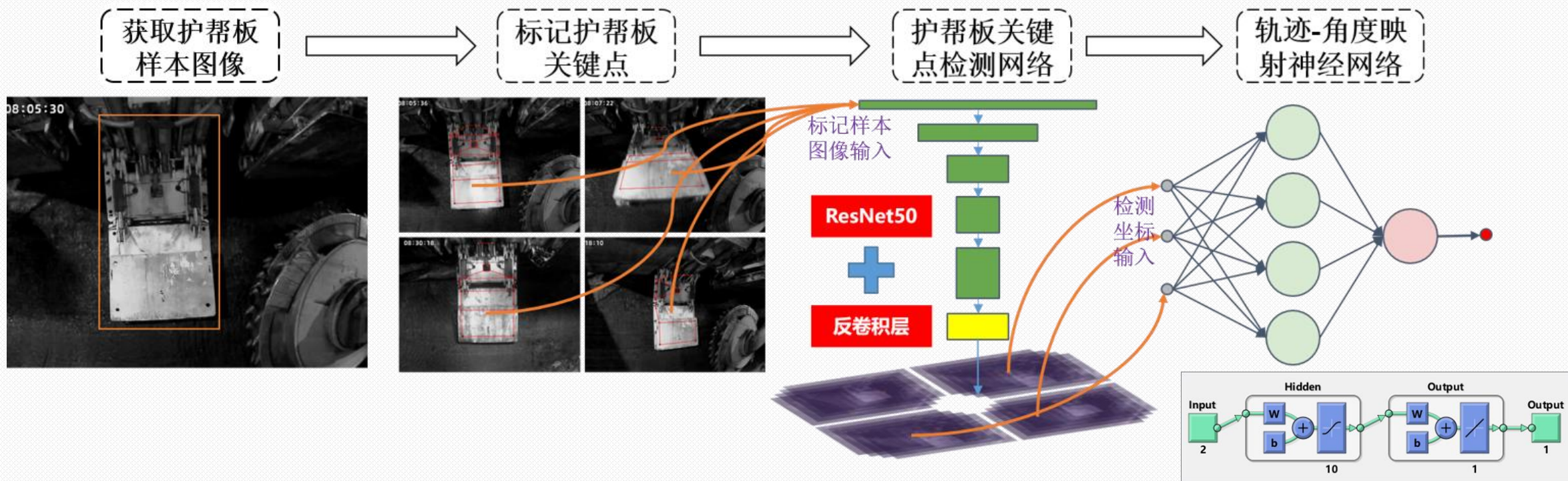




# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

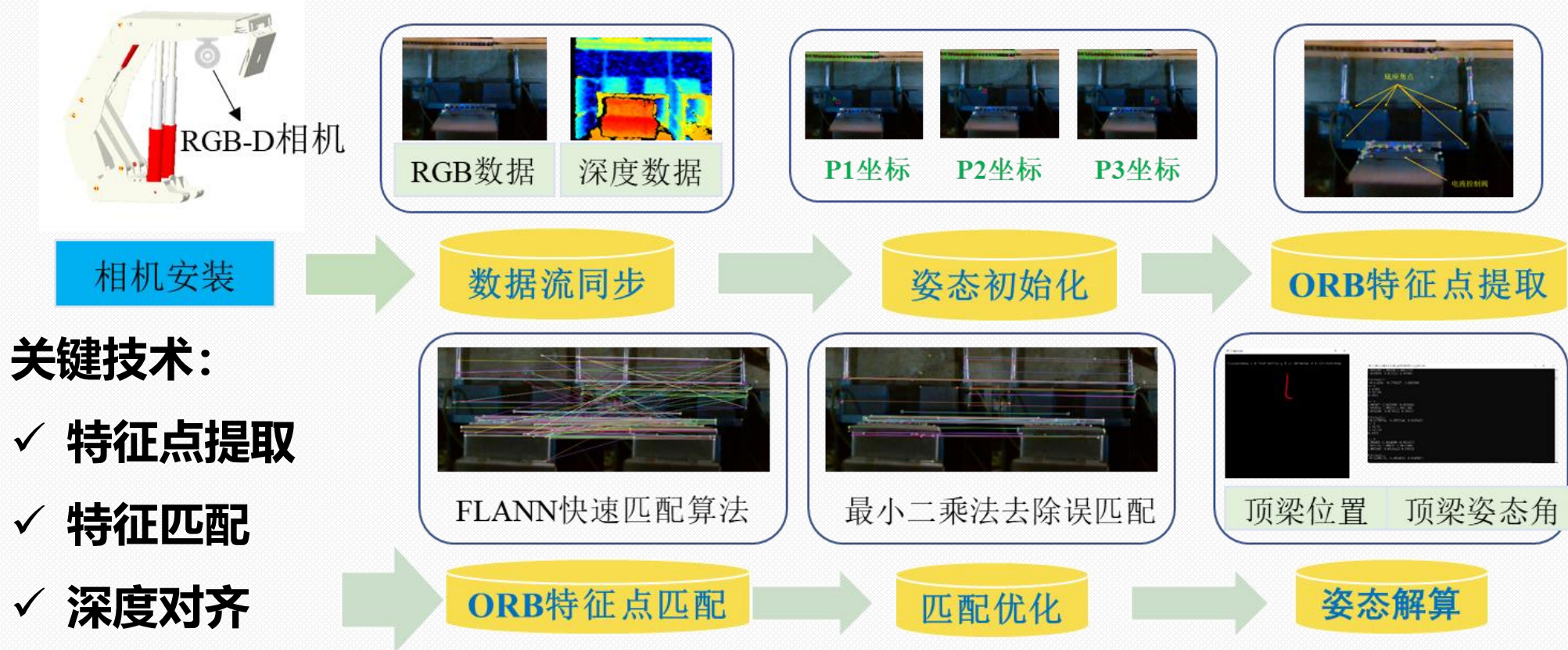
## 基于视觉的护帮板位姿监测

- ◆ 标记护帮板关键点，利用跟踪检测网络，形成护帮板空间运动轨迹，基于空间位姿与运动轨迹的关联映射，实现护帮板位姿监测。



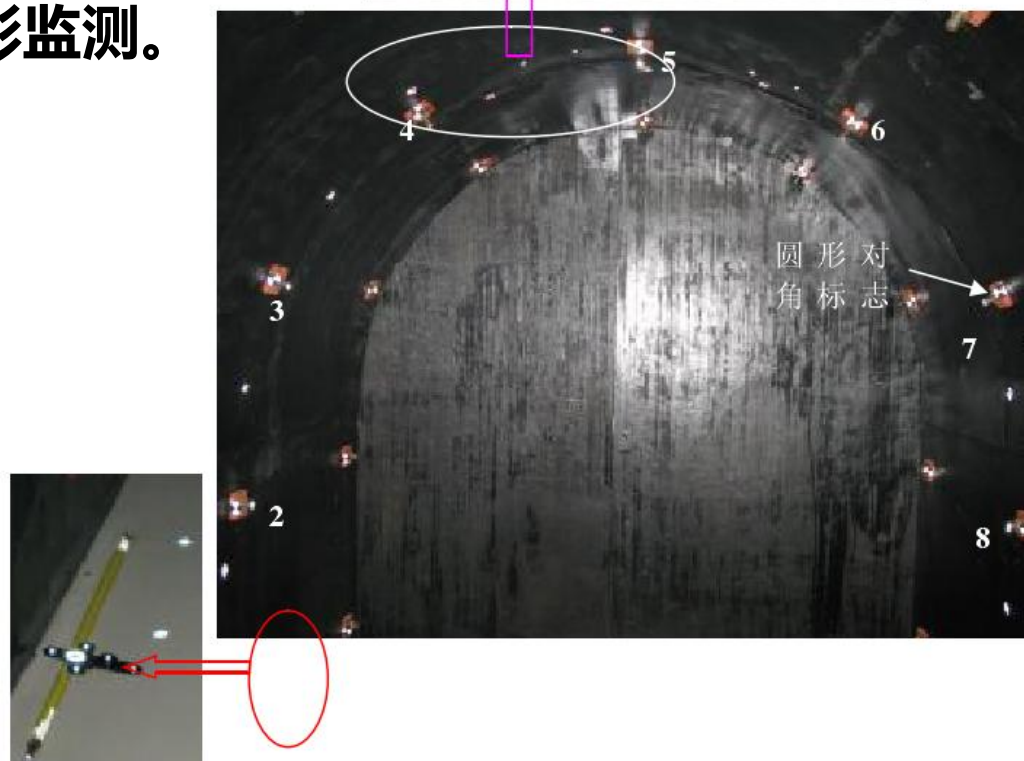
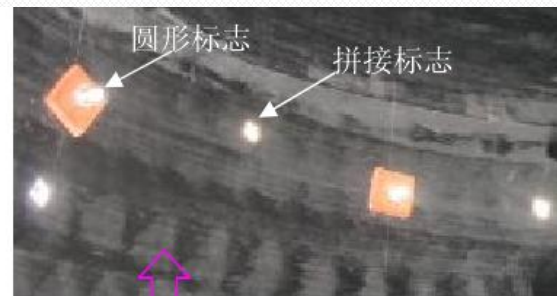
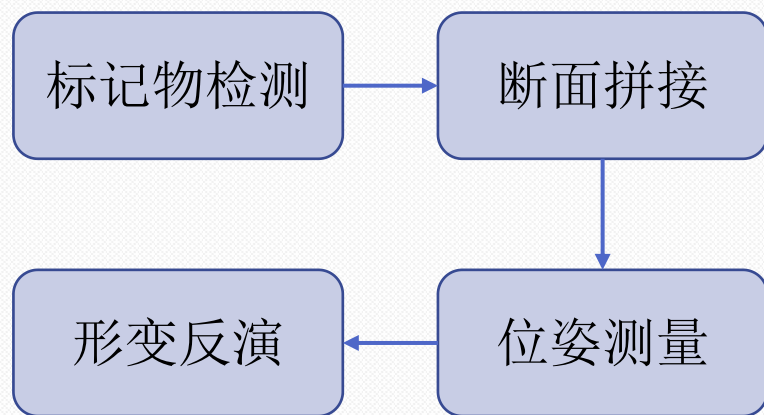
## 基于深度视觉的支架位姿监测

- ◆ 以深度相机为指标固连表征，基于深度数据和特征匹配技术，监测支架顶梁三维位姿和支撑高度。



## 基于视觉的巷道变形智能监测

- ◆ 巷道断面布置位置特征标志和拼接标志，通过标记检测、位姿解算和图像特征拼接技术，构建巷道断面完整表征，通过断面表征对比，实现巷道变形监测。

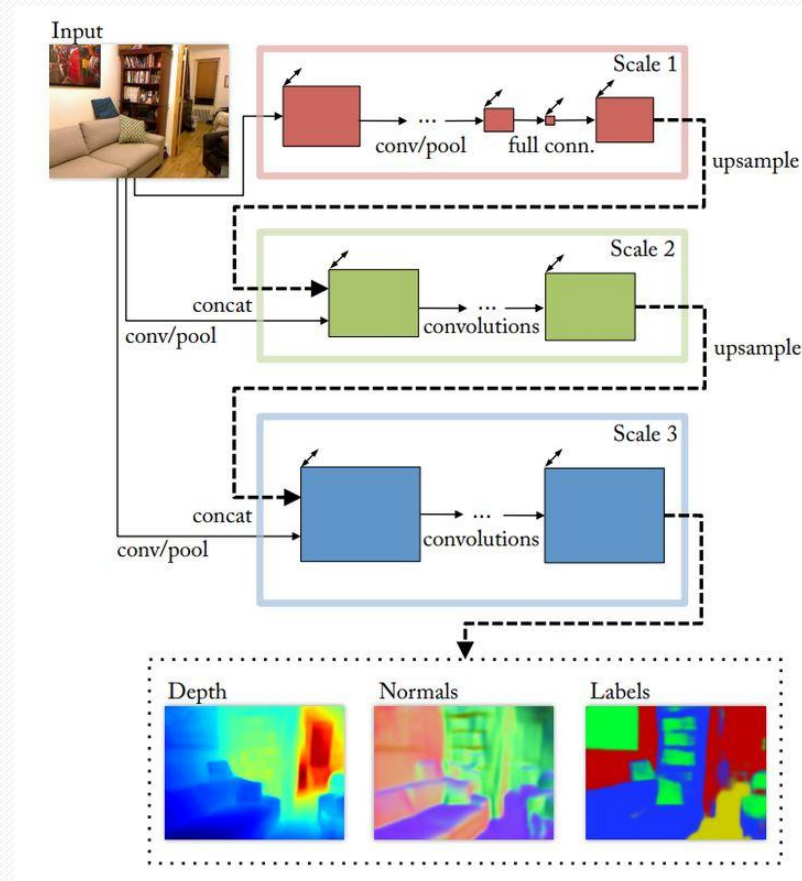
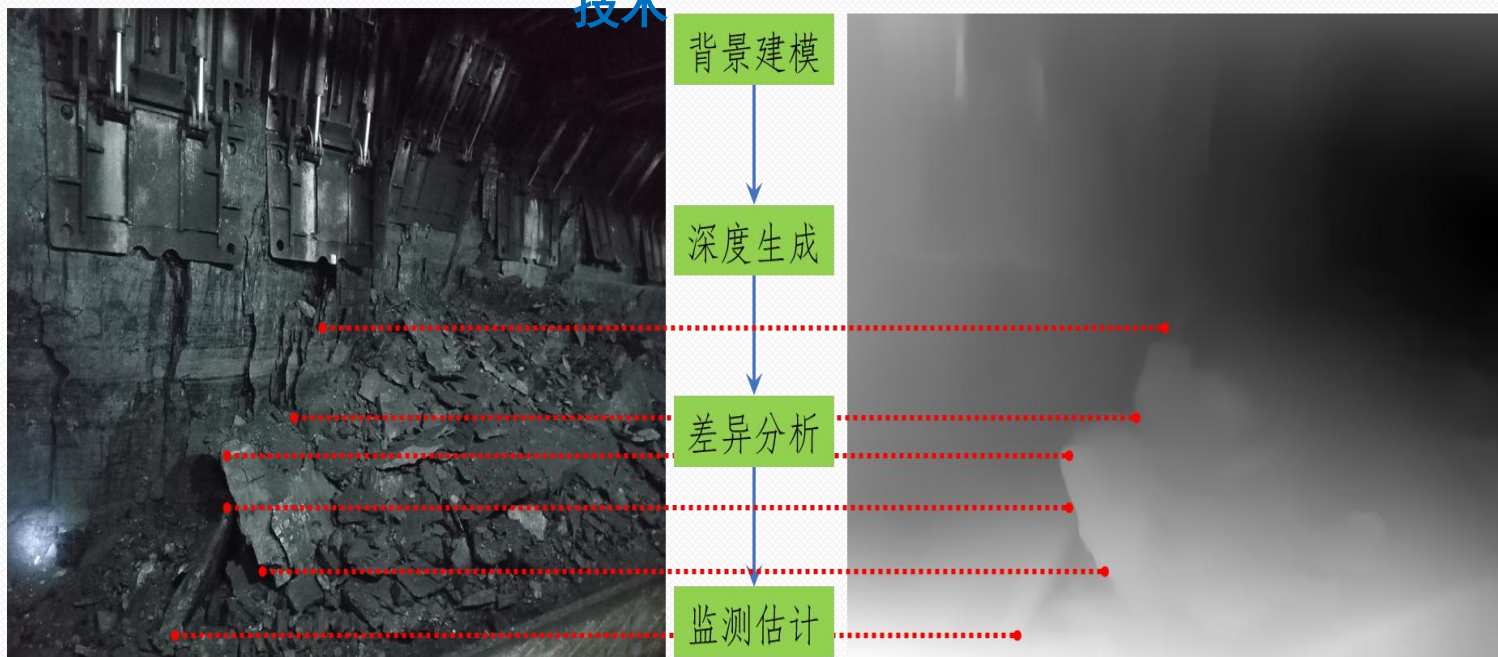




# 煤矿智能化建设支撑煤炭新质生产力发展

## 基于视觉的煤壁片帮监测

- ◆ 单目深度反演网络构建煤壁深度数据
- ◆ 长时周期构建煤壁背景深度模型
- ◆ 时变瞬态差异监测，片帮异常告警



## 智能化煤矿运维管理体系

构建煤矿智能化运维管理体系，建设“智能化服务平台、规范化流程制度、专业化运维队伍、精细化物资管理”技术标准体系及智能化煤矿运维知识库，形成以“流程为导向、服务为核心、技术为支点”的智能化煤矿运维与管理体系。

运维体系框架



- 现场作业
- 作业督导
- 作业管理
- 现场检查

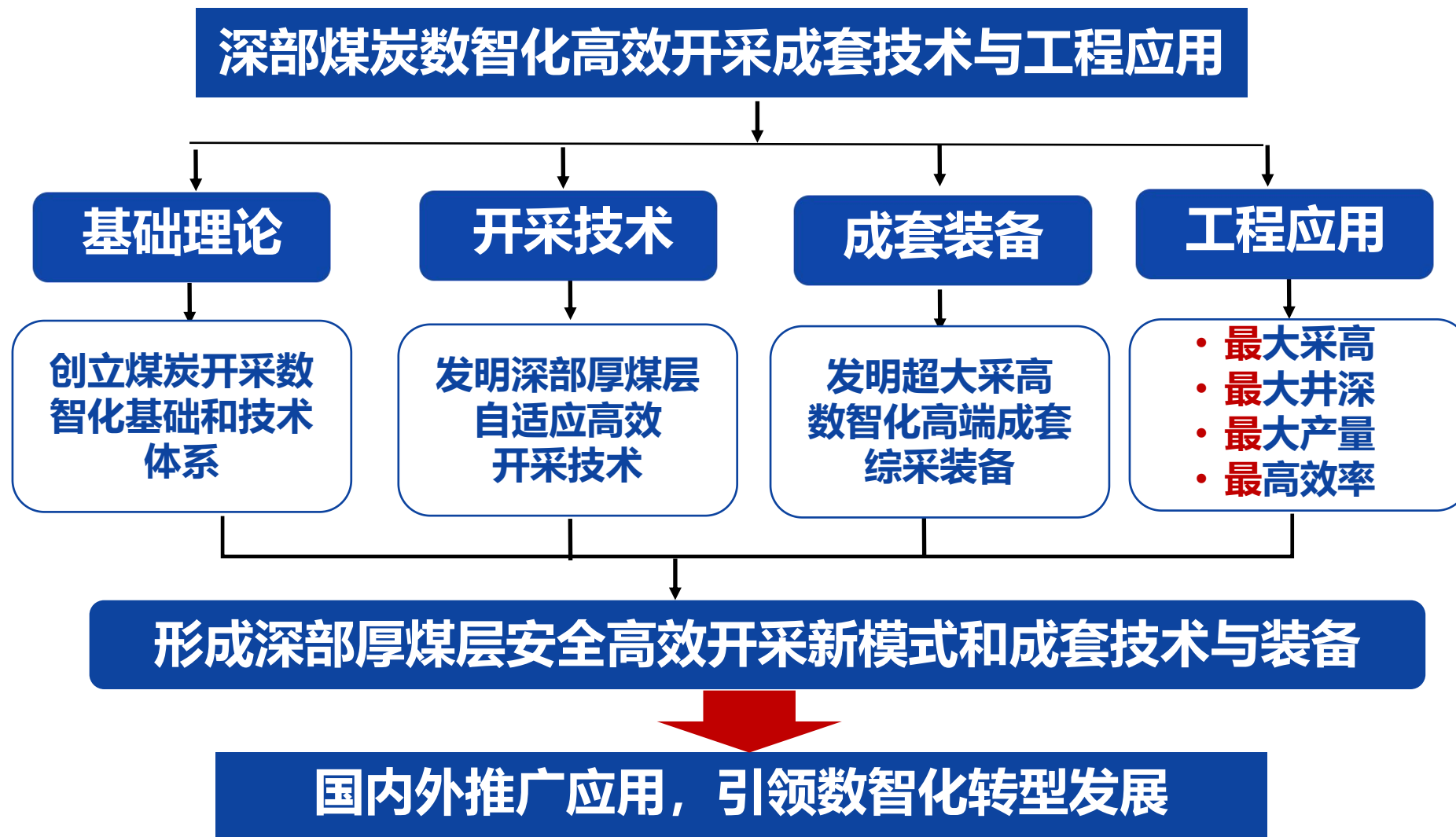


- 问题管理
- 电气特性
- 设备数据
- 质量鉴定
- 资料管理



- 工器具管理
- 统计分析
- 音/视频通话
- 集群通话

## 今年获得国家科技进步二等奖项目简介



## 今年获得国家科技进步二等奖项目-“深部煤炭数智化高效开采套技术与工程应用”简介

内容	项目实施前国内外相关技术	本项目技术	比较
数智化开采技术体系	零散的、不完整的	百亿级参数矿山专属模型；10大数智系统；5个标准子体系	填补空白
开采技术	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 5.5m</li> <li>单机或集中控制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8.2m超大采高综采</li> <li>群组协同控制</li> </ul>	突破了国内外割煤高度极限
综采成套装备	<ul style="list-style-type: none"> <li>额定工作阻力被动支护</li> <li>记忆截割、自动跟机</li> <li>寿命（过煤量）2000万吨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自适应主动支护</li> <li>工艺驱动、自适应截割</li> <li>寿命（过煤量）6000万吨</li> </ul>	全面取代进口并出口海外
综合效果	<ul style="list-style-type: none"> <li>厚煤层大采高工作面井深 &lt; 600m</li> <li>工作面年产 &lt; 1000万吨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>截割高度8.2m</li> <li>千米深井超大采高</li> <li>工作面年产 &gt; 1800万吨</li> </ul>	最大采高 最大井深 最大产量 最高效率

- 实现了深部煤炭数智化安全高效高回收率开发，突破了国外5.5m采高极限，资源回收率提高20%以上，为世界解决同类问题提供了“中国方案”。
- 建立了数智化高端装备智能制造体系，带动了我国高端煤机装备产业发展和煤机装备由进口到出口主要采煤国的突破，提高了“中国智造”竞争力



四

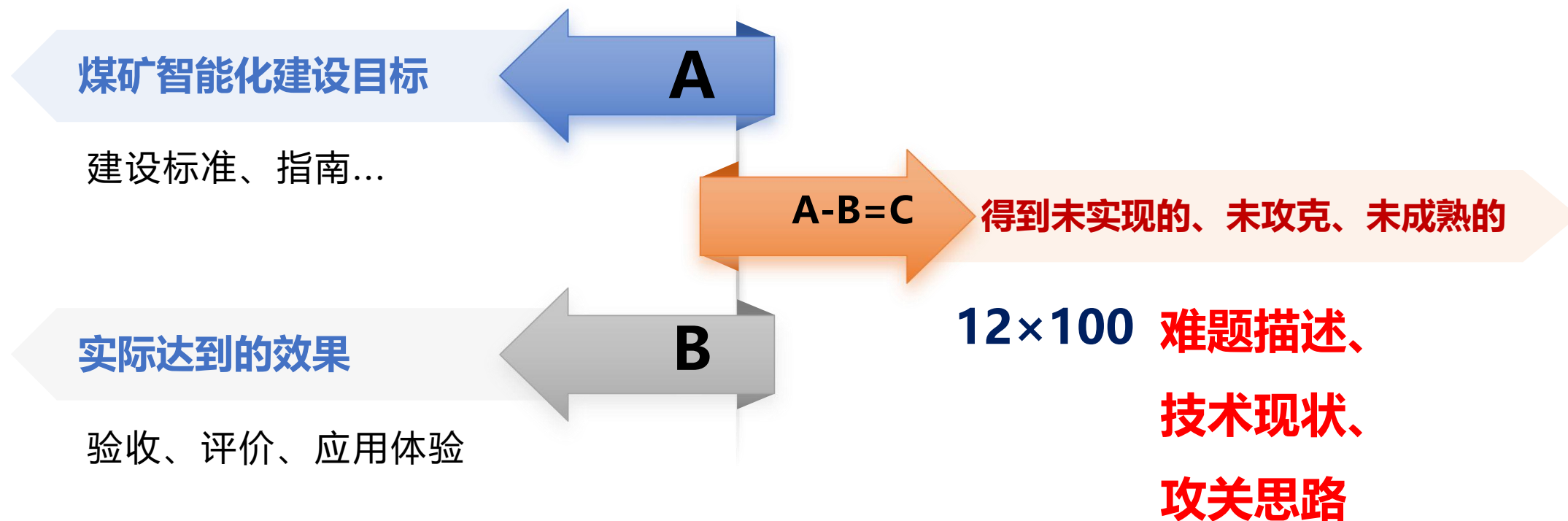
# 煤矿智能化建设中 几个共性问题解析

# 四、煤矿智能化建设中的几个共性问题解析

## ◆ 煤矿智能化高质量建设12×100技术难题梳理

12指井工煤矿10大系统+露天煤矿系统+选煤厂系统；每个系统梳理出100个难题

当前，煤矿智能化高质量建设进入攻坚阶段，首批示范煤矿一些规划目标达到了，一部分没有达到，还有很多难题；我们组织中国煤科各单位煤矿智能化团队结合建设标准（指南），剖析实际建设成效和验收结果，梳理出12×100项难题，凝练难题描述和技术现状，提出攻关方案或方向。



# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

## 制约薄煤层安全高效生产的主要因素

01

**“家底”  
不清晰**

- 煤层赋存
- 地质条件
- 采高测量

02

**“规划”  
不详细**

- 有效性
- 可行性
- 投资回报率

03

**“装备”  
不可靠**

- 成套化
- 一体化
- 轻量化

04

**“智能”  
不常态**

- 全流程
- 多系统

# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

## ■ 存在的技术问题

### 开采工艺

- 开采设计未能解决薄煤层开采工艺的特殊性问题
- 两端头自动斜切工艺
- 小滚筒装煤效果差的问题突出
- 高效开采采煤机机身下过煤空间不足

### 装备配套

- 1.1m以下薄煤层高效综采设备尺寸与空间狭小的矛盾难以突破
- 适用于狭小空间要求的电液元部件不配套
- 工作面设备配套协调难度大,造成可靠性与功能性,故障率高

### 控制系统

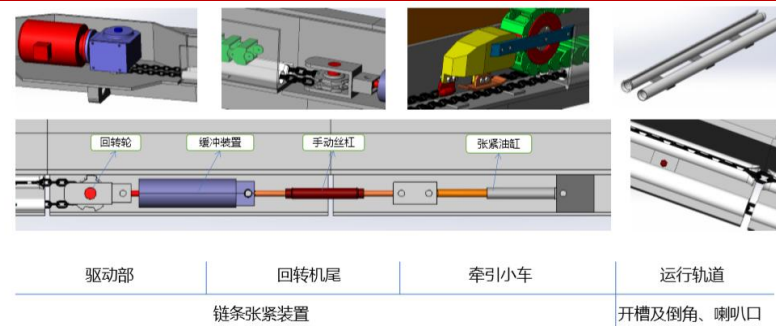
- 通信延时大,不稳定,可靠性低
- 适用于狭小空间要求的电液元部件不配套
- 薄煤层工作面煤尘造成视频看不清测不准
- 实时数据结构不统一,地质模型与装备模型无法融合

### 无人化

- 煤岩识别精度低,地质模型无法自动更新无法数据驱动孪生模型
- 连续推进导致工作面弯曲,自动调直效果不佳
- 常态无人化生产设备维护和检修难题

# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

- 开采目标：0.8~0.95m采高无人化工作面年产100万吨
- 研发难点：破煤设备大功率与小尺寸矛盾极其尖锐
- 实现路径：创新超矮机身采煤机动力与电缆拖拽结构

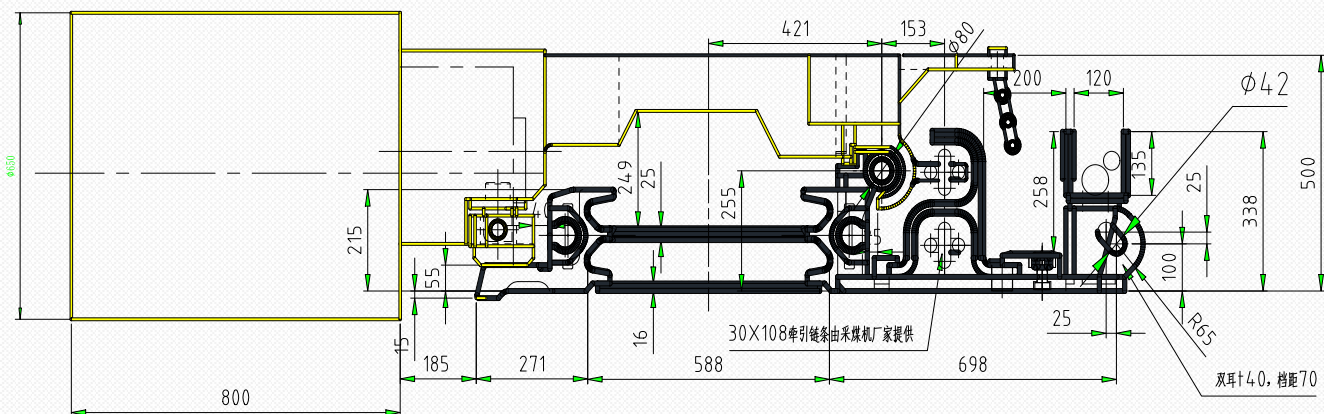


## ■ 动力部外置解决大功率小机身难题

- 0.8m采高装机功率500kW,滚筒直径0.7m
- 1.0m采高装机功率800kW,滚筒直径0.9m
- 煤机速度  $\geq 7\text{m}/\text{min}$

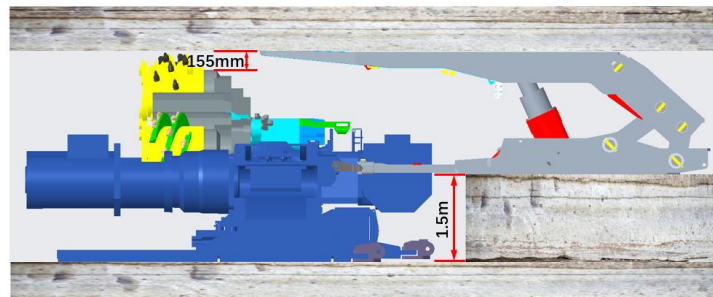
## ■ 电缆自动拖拽降低机身高度难题

- 机面高度500m左右
- 过煤空间  $\geq 249\text{mm}$
- 摇臂调高范围  $\geq 200\text{mm}$



# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

- 开采目标：0.95~1.1m采高无人化工作面年产100~150万吨
- 研发难题：成套装备大功率与小尺寸矛盾突出
- 实现路径：创新煤机型式、支架结构与设备配套模式



## ■ 型式创新解决狭小空间设备布置难题

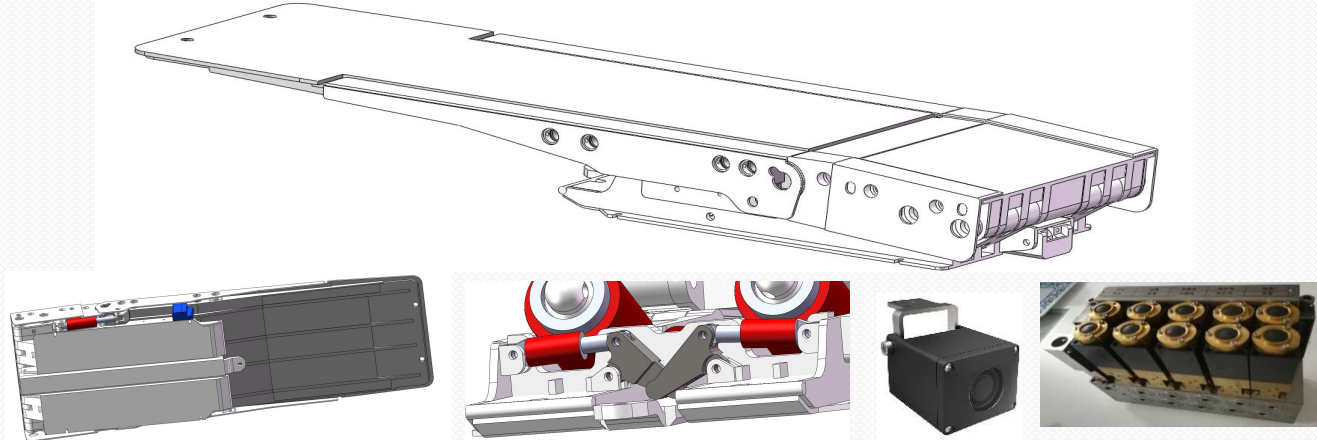
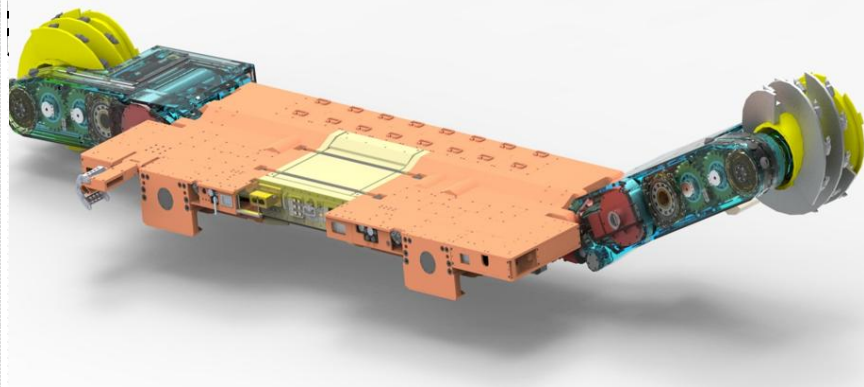
- 采煤机半悬机身布置，降低机面高度
- 机面高度680mm，装机功率

830kW

## ■ 结构优化解决控制元器件布置难题

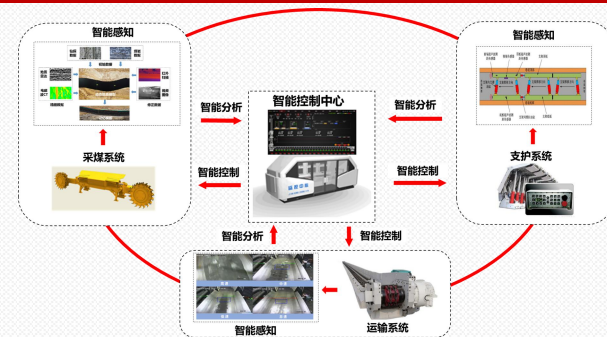
- 窄底座宽顶梁，阀和控制器布置在支架两侧
- 新型立式叉剪式强力大幅度薄煤层抬底装置
- 研发构型简单高度集成式紧凑型控制装置

采高范围	0.95~1.1m
机面高度	~680mm
工作电压	3300 V
总功率	830kW
截割功率	2×350kW
牵引功率	2×55kW
牵引速度	0~13.5/22m/min
牵引力	476/ 238kN
滚筒转速	55r/min
泵站功率	20kW
机器重量	~32 t
配套刮板机	SGZ730/764/800



# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

- 开采目标：1.1~1.3m采高无人化工作面年产150~200万吨
- 研发难题：成套装备高可靠和无人常态化运行难以保证
- 实现路径：基于智能开采工艺实现无人智能常态化运行

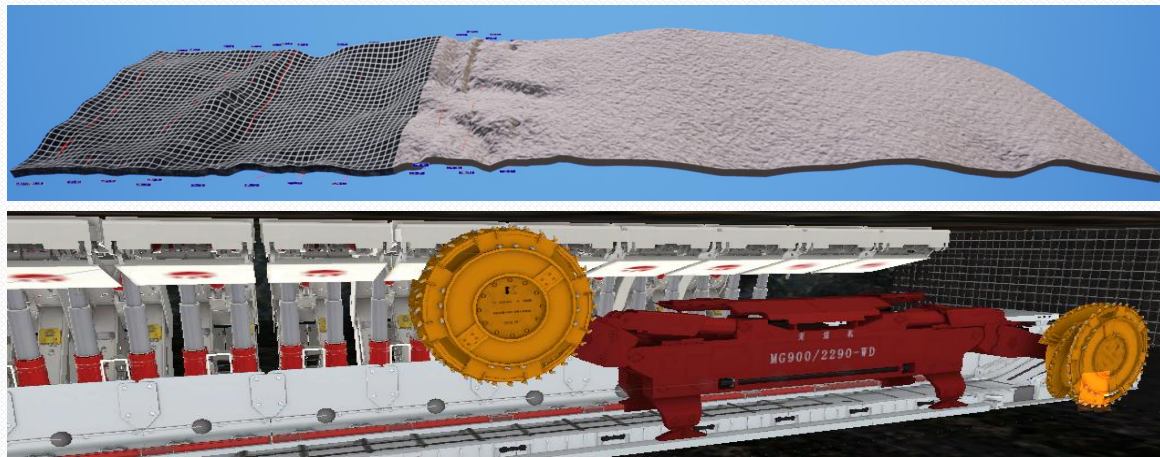


## ■ 数字场景解决薄煤层无人化开采难题

- 开采环境智能感知，实现自适应开采
- 数字孪生工艺规划，实现无人化开采
- 成套装备协同联动，实现智能化开采

## ■ 材料与工艺创新解决成套装备可靠运行难题

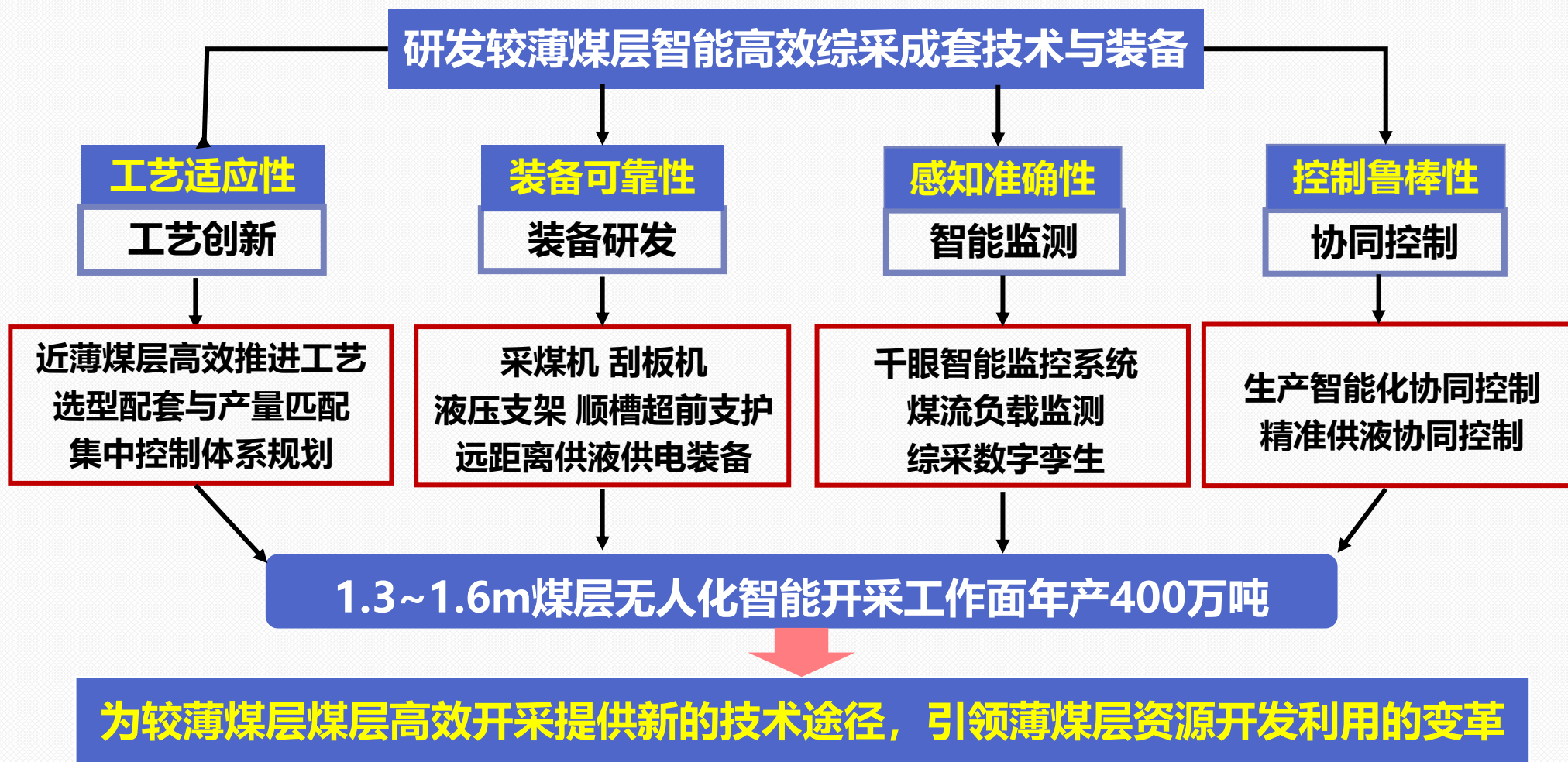
- 研发采煤机复杂铸造壳体锻造材料精炼方法
- 研发刮板机新型高强度链条和耐磨中板材料
- 研发工作面浮煤自动清扫装置



生产厂家	系列机型	总功率(kW)	机面高度(mm)	最小采高(m)
中煤科工	MG450/1050-WD	1050	~745	1.1
西安煤机	MG480/1130-WD	1130	~767	1.15
中煤科工	MG550/1270-WD	1270	~799	1.2
三一重装	MG500/1150-WD	1150	~784	1.25
Eickhoff	SL300L	690	~777	1.25
中煤科工	MG2×250/1200-WD	1200	~938	1.3

# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

- 开采目标：1.3~1.6m采高（陕北鄂尔多斯矿区）无人化工作面年产400万吨



# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

## ■ 由“可视远程干预模式”向“智能自适应模式”迈进

- 可视远程干预模式广泛推广，地质条件良好工作面实现了“有人巡视，无人操作”连续生产。
- 可视化远程干预强调人员的监视、干预，但能解决的实际生产问题有限，无法进一步推进工作面无人化智能开采实践。



# 1. 薄煤层如何实现无人化高效智能开采

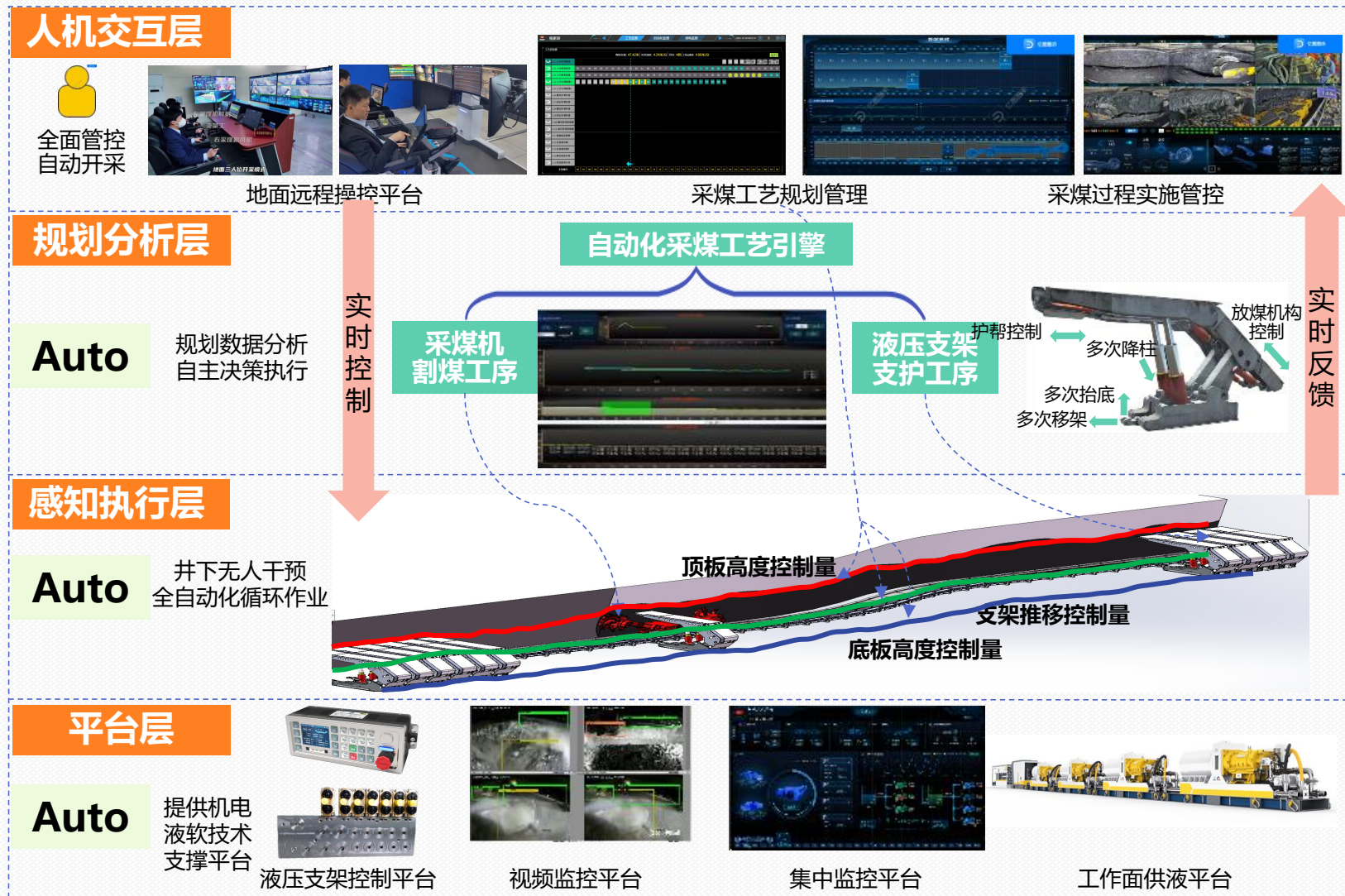
## ■ 创新总体解决方案

### ● 全新技术体系

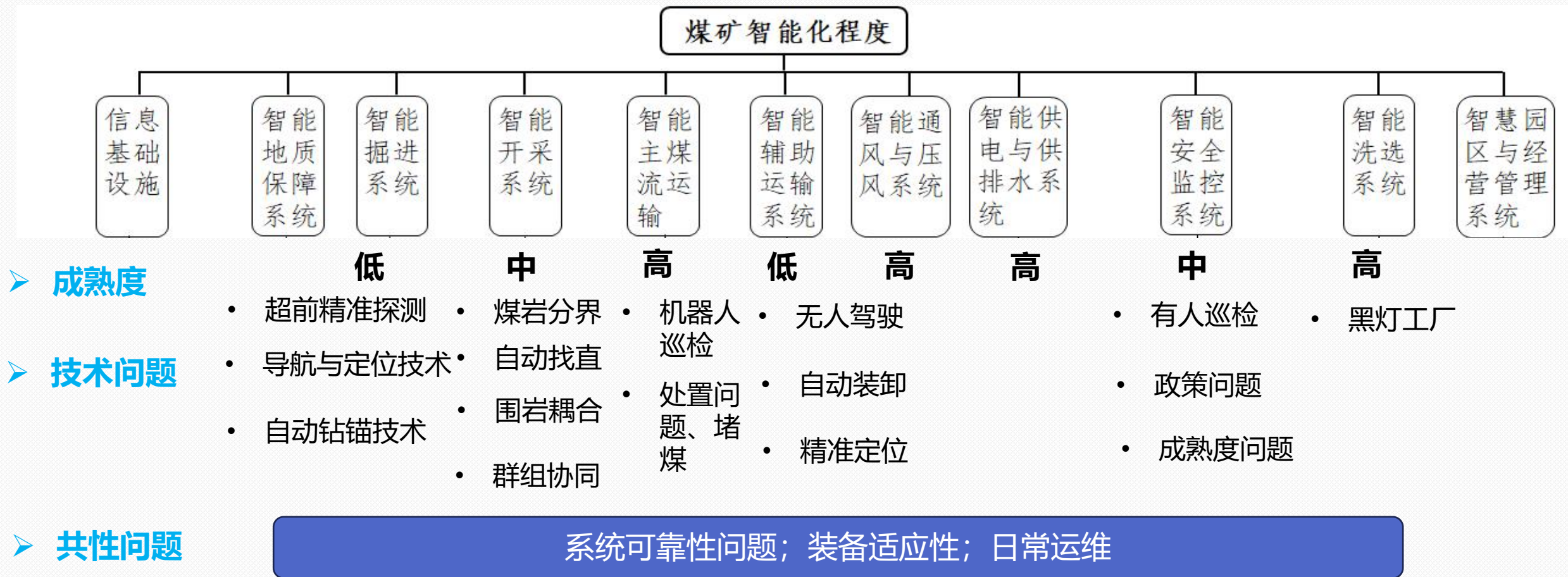
构建平台、感知执行、规划分析和人员交互，采用集智能感知、智能互联、智能控制一体化平台。

### ● 全新控制方法

基于“1套标准、1个平台、N个系统”的采煤机、液压支架自动化控制方法，实现“地面规划采煤、采场无人作业”无人化采煤新模式。



## 2. 如何实现无人少人化智能开采的常态化



# 2.如何实现无人少人化智能开采的常态化

## 攻克井下智能化共性关键技术，实现协同发展

5G  
通信

定位  
导航



统一  
显示  
统一  
调度

资源一视图



数据一片云



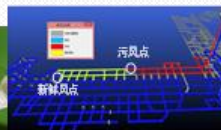
AR辅助



透明数据



智能预警



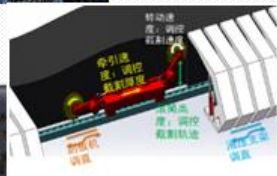
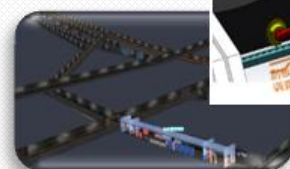
主动  
指示

一体化平台  
大数据及AI赋能



煤矿  
机器人

无人驾驶



第三阶段：  
自学习自决策

故障  
诊断

人工  
智能

大数据  
分析

地质  
探测

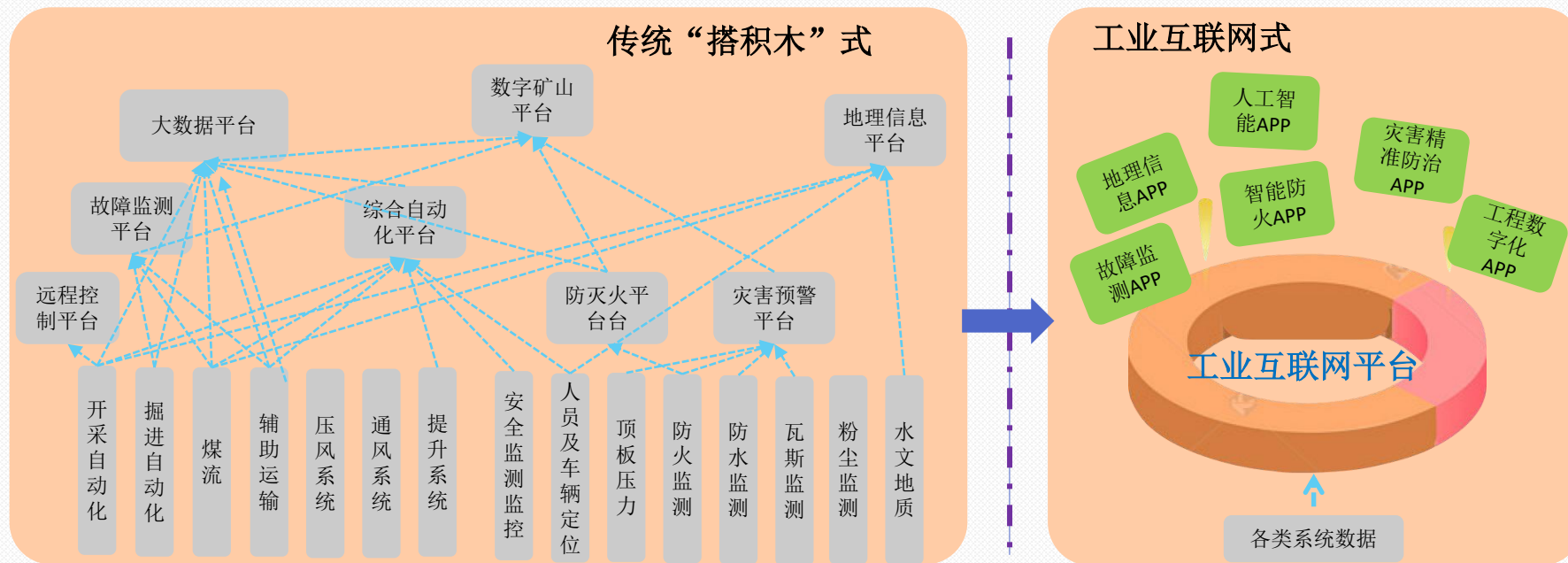
围岩控  
制技术

第二阶段：  
人机主动交互

第一阶段：  
数据融合互联

## 2.如何实现无人少人化智能开采的常态化

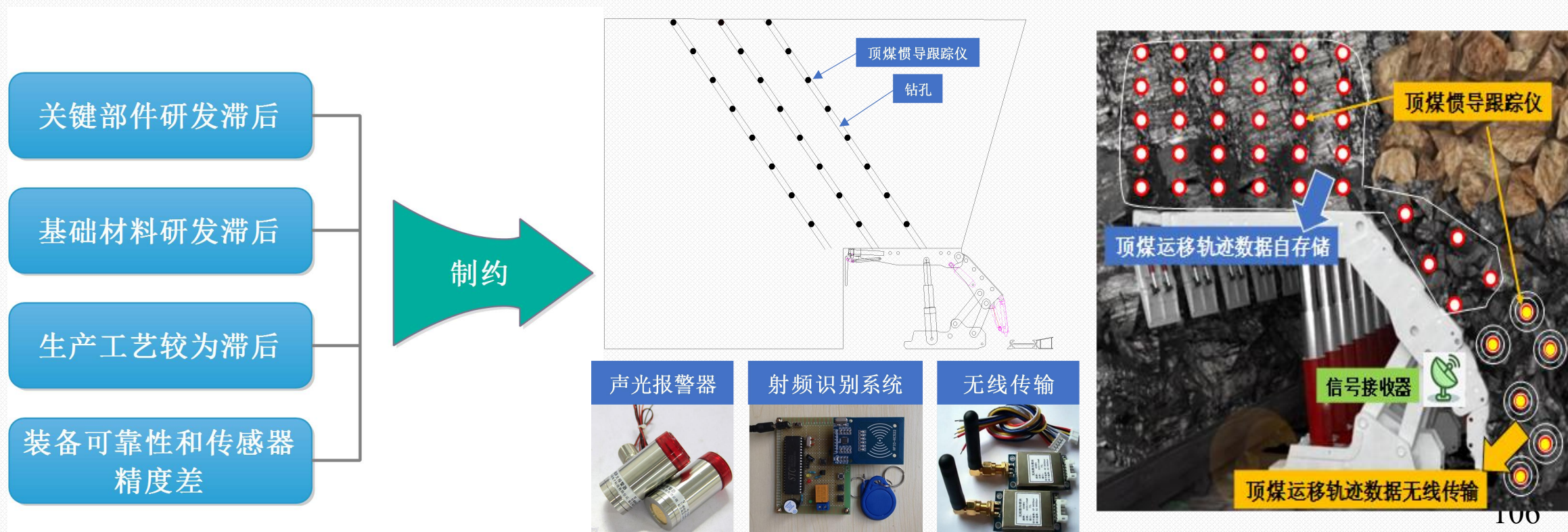
- **提高多系统耦合可靠性** 综采工作面就有矿压监测、直线度测量、巡检机器人、煤流量监测等10多个子系统融入到原有工作面三机装备控制系统中，使得集成和协调运行需要衔接的硬件、软件接口越来越多，整体稳定性降低。
- **迫切需要统一系统的接口及性能指标要求。** 形成模块化、系统化、标准化的智能化系统模式。



## 2.如何实现无人少人化智能开采的常态化

### 提高采掘装备关键元部件和整机可靠性差和对复杂条件的适应性

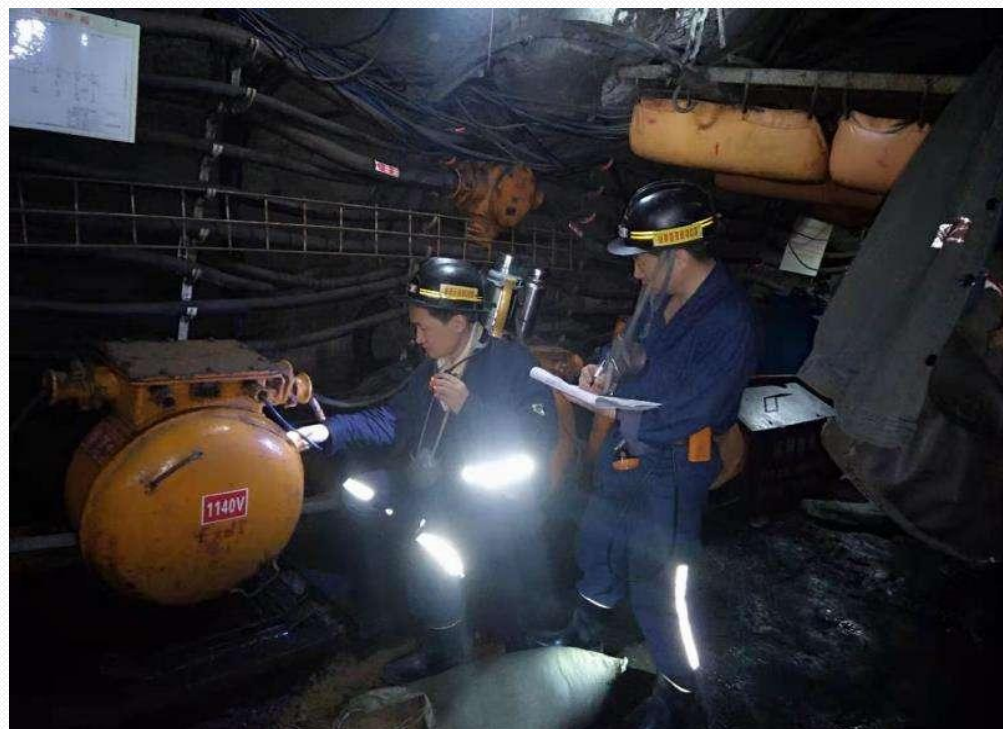
- 液压支架的全位姿监测很难实现，传感器精度、可靠性也很难保证，导致自动控制系统稳定运行难度极大，难以在复杂煤层条件下自适应运行。



## 2.如何实现无人少人化智能开采的常态化

### 推进运维标准化和专业化

智能化煤矿运行与维护管理是保障智能化系统安全可靠运行的基础，推进智能化煤矿运维标准化和专业化是当前智能化建设的重要任务，亟待创新智能化煤矿运维管理模式，建设专业化运维团队和运维管理标准体系。

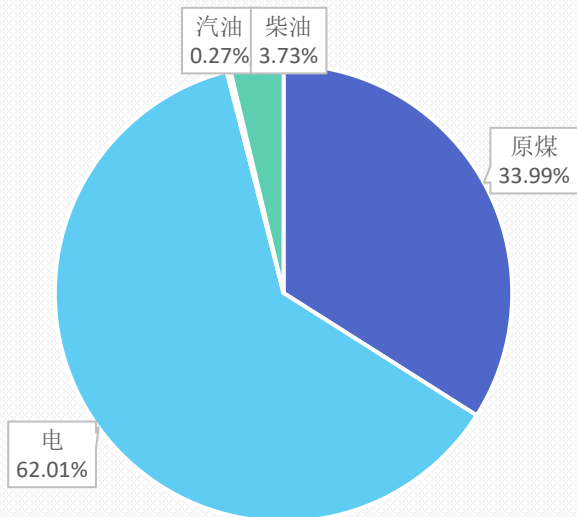


# 3.如何适应低碳要求

## 节能是最大的减碳

根据《煤炭开采单位产品能源消耗限额》统计数据（涉及到陕煤、国能、山能、华能、中煤等主要煤矿集团全国近200个井工煤矿的能耗情况，覆盖产能近5亿吨），得到了全国主要井工煤矿开采单位产品能耗。

### ● 单位产品耗能差异大



### ● 节能提效潜力高

#### 煤炭开采企业单位产品能耗限额

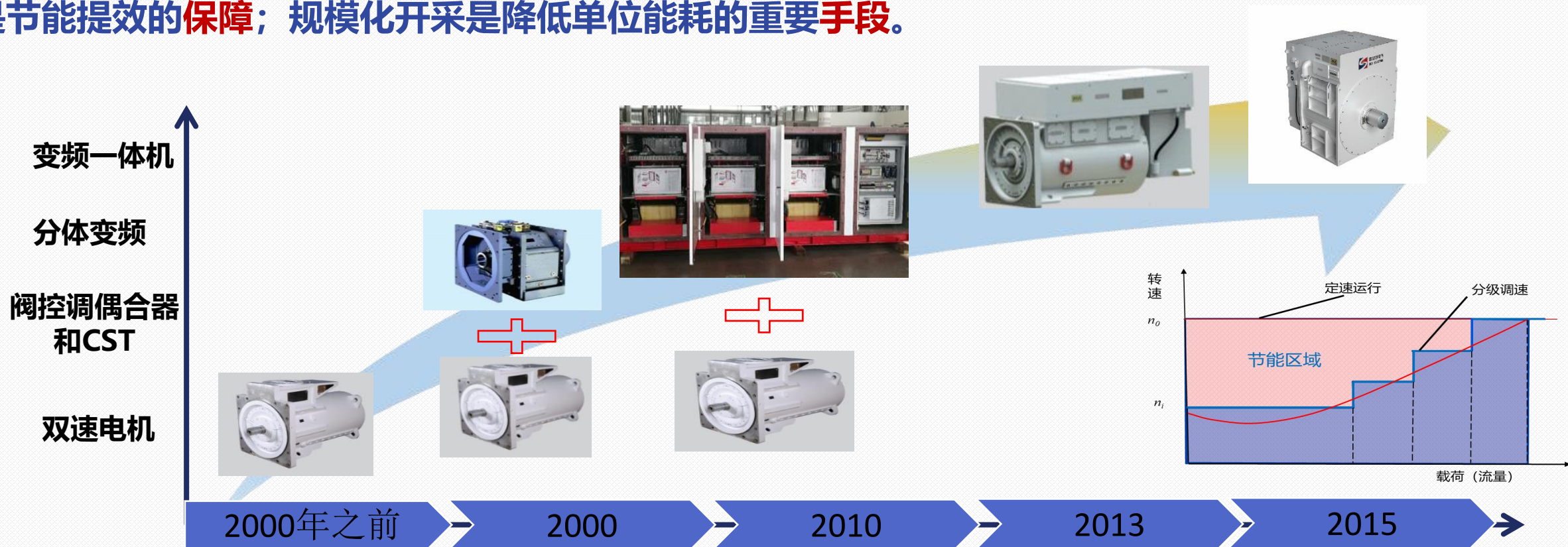
煤炭开采企业	能耗限额等级		
	1级	2级	3级
煤炭井工开采企业单位产品能耗 (kgce/t)	≤2.2	≤5.4	≤9.5
煤炭露天开采企业单位产品能耗 (kgce/t)	≤2.0	≤4.5	≤8.0

#### 主要千万吨级煤矿单位产品能耗比

煤矿	单位开采能耗 (kgce/t)
煤矿1	0.98
煤矿2	1.09
煤矿3	1.29
煤矿4	1.52
煤矿5	1.72
行业平均	2.65

# 3.如何适应低碳要求

深入分析自身的供电结构各个环节中装备功率、耗电量、开机率等，梳理和明确主要能耗环节，针对性的提出节能措施，保证各系统的可靠性，是高效能运行的**基础**；发展和应用节能技术和产品，是节能提效的**保障**；规模化开采是降低单位能耗的**重要手段**。



我国大功率输送设备驱动技术变革

### 3.如何适应低碳要求

#### ➤ 全面推进设备节能高效新技术推广应用

推广应用变频调速一体机高效电机、永磁变频一体传动等节能高效传动；

推进10kV综采工作面电压升级；

推进轻量化设计、轻量化材料、轻量化结构的应用



变频调速一体机

### 3.如何适应低碳要求

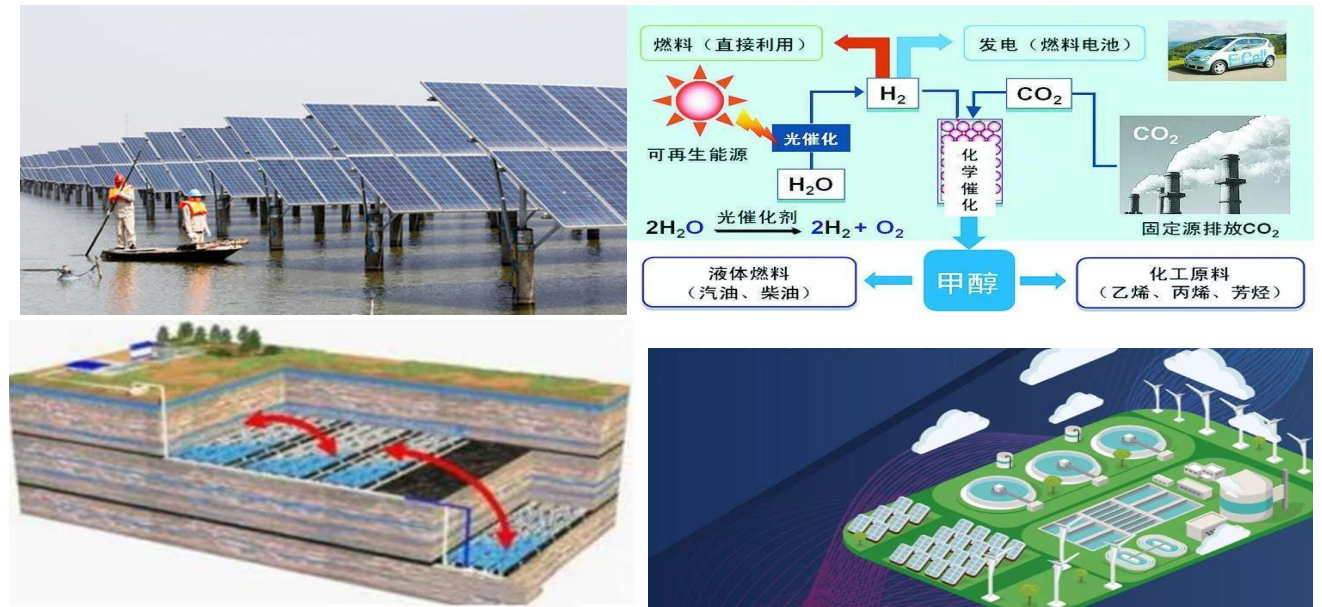
#### ➤ 全面推进井下设备完全电动化

- ◆ 加快推进井下充电、换电技术和产品及充换点硐室工程规范建设和安全认证，严格井下内燃尾气排放限制，加快推进井下车辆和移动设备的电动化。
- ◆ 加强蓄电池、燃料电池效能和安全性的基础研究，提供安全可靠产品保障。
- ◆ 推进煤矿智能化高端技术装备和系统功能安全与质量分级认证，促进建立支持技术进步的公平合理市场生态
- ◆ 推进技术创新产品首次应用的安全特许认证
- ◆ 加强标准研究和完善，破除阻遏新技术应用的不合理安全准入限制

# 3.如何适应低碳要求

## ➤ 积极探索多能耦合发展

- 有条件煤矿企业应积极探索多能耦合发展新模式，以新能源发电为能量来源，以空气、水和煤电排放的二氧化碳等为原料，制绿氢、绿氨和绿甲醇等产品，实现电-氢-碳耦合发展。为解决新能源消纳难题，促进煤电绿色低碳转型，提供有效的解决方案



风光火储、源网荷储一体化清洁能源示范基地

# 制作央视七集大型纪录片《超级矿井》

中共陕西省委《当代陕西》杂志社、全景纪录影视传媒、  
中国煤科传媒集团、广电新视点节目制作中心联合策划制作

**第一集《超级之名》**    **第二集《智能之力》**  
**第三集《安全之举》**    **第四集《生态之为》**  
**第五集《运通之变》**    **第六集《应用之能》**  
**第七集《拓展之路》**

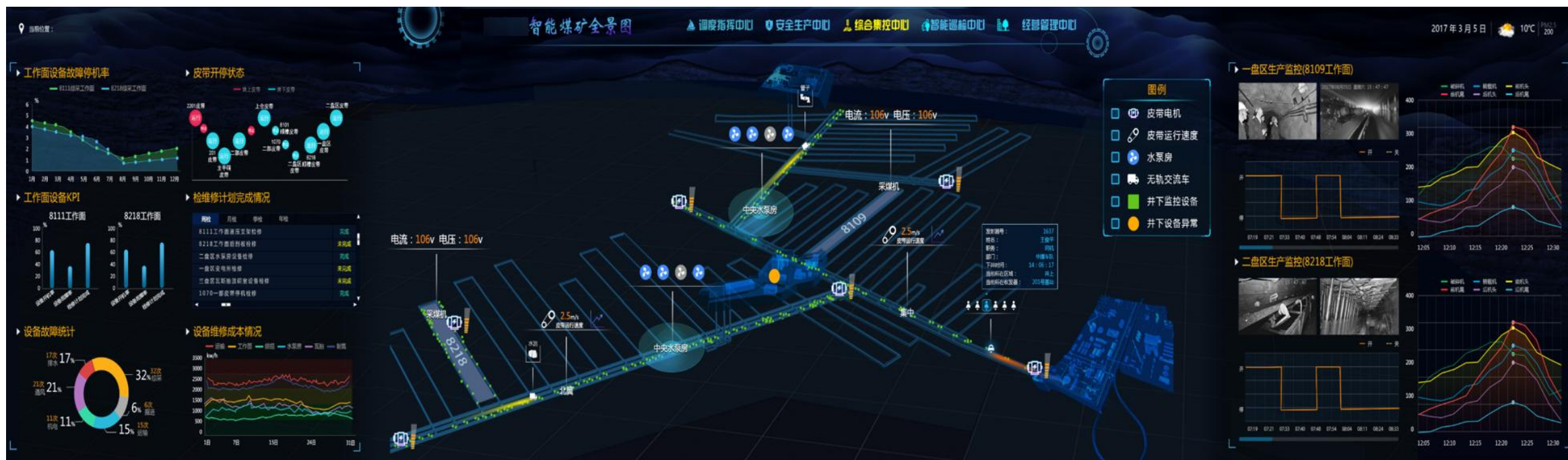
**定位：**大型纪录片：  
现代煤矿故事的画卷写真，超级煤矿的立体像

**时长：**30分钟/集，7集

《超级矿井》通过超级煤矿、新时代煤矿工人的视角，从超级开采、超级运输、超级应用、超级安全观、超级智能化、超级生态观、超级产业梦想，全景式影像诠释新时代大型现代化煤矿改革、创新与进步，通过现代超级煤矿故事，重塑社会对煤矿的新认知、拓展新知识，趣味解惑，打破受众对煤矿和矿工形象的旧印象，体现新质生产力的卓越能效，呈现中国式现代化超级矿井建设的壮阔场景，展现建设中自主技术创新和装备国产化重大成果。

# 结语

煤矿智能化开采是煤炭行业的重大技术变革，将彻底改变煤炭传统业态，以煤矿智能化为支撑的新业态高质量发展，是煤炭可持续高质量发展的根本保障，需要举行业内外之力量、吸收最新高科技发展成果，在相关产学研用力量通力合作下，持续推进煤矿智能化建设，全面实现煤炭智能安全高效数智化开采目标。





谢谢大家