



中国煤炭科工集团
开采研究院有限公司
CCTEG COAL MINING RESEARCH INSTITUTE

超大空间工作面智能化开采 关键技术与工程实践

马 英 研究员 / 博士生导师

中国煤炭科工集团一级首席科学家 长江学者

开采研究院有限公司智能装备分院 院 长



目录

一

超大空间工作面智能化开采发展历程

二

超大采高综采关键技术研究

三

超长工作面综采关键技术研究

四

超大采高综放关键技术研究

五

超大空间工作面工程实践



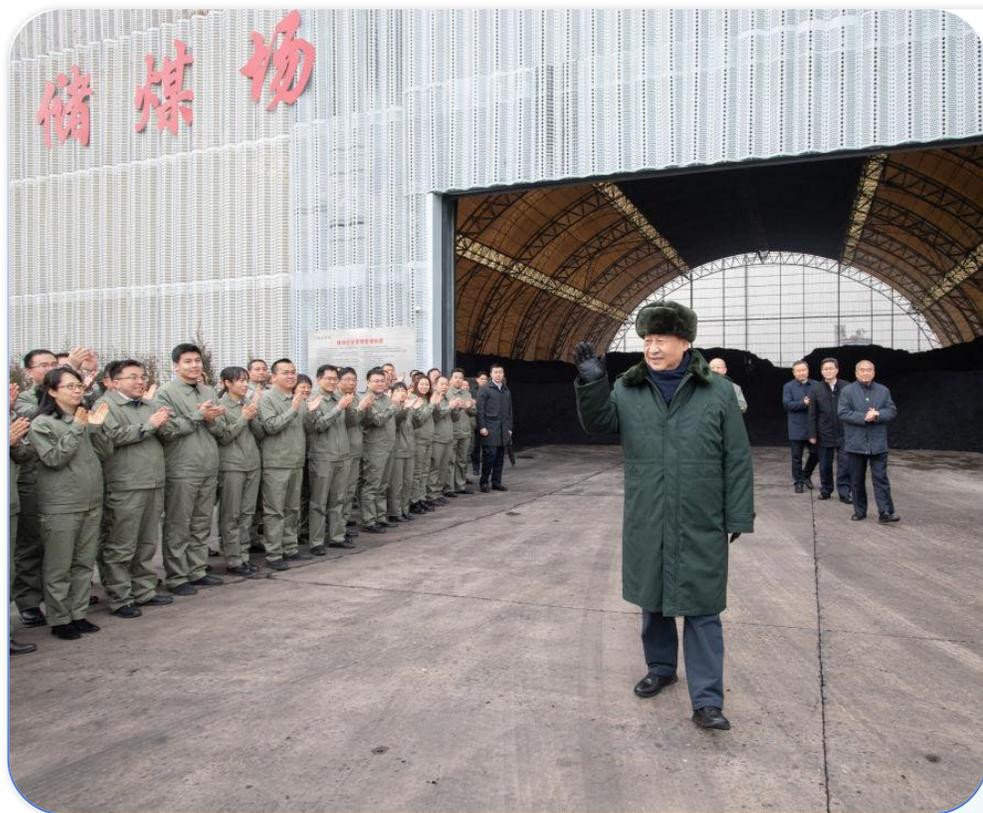
中国煤炭科工集团
开采研究院有限公司
CCTEG COAL MINING RESEARCH INSTITUTE

—

超大空间工作面智能化开采发展历程

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 超大空间工作面开采是井工煤矿开采技术发展方向



煤炭是我国的主体能源，有力保障了我国经济社会快速发展。

习近平总书记指示“**夯实国内能源生产基础，保障煤炭供应安全**”。

西部是煤炭保供的基地，建设千万吨级采煤工作面是煤炭保供的关键。

在煤炭资源赋存条件好的大型煤矿增加工作面机采高度，加长综采工作面面长，是**提效、增安、高产**的必然要求，是煤矿开采技术发展方向。

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 我国煤矿开采技术经历四次重大技术革命

- 50多年来，我国煤炭开采技术历经了从炮采、普通机械化开采、综合机械化开采、智能化开采四次重大技术变革。

人工炮采



- 爆破落煤、
- 人工装煤运煤
- 木支柱支护

普通机采



- 采煤机采煤和装煤
- 运输机运煤
- 摩擦支柱和单体支柱支护

综合机械化开采



- 液压支架、采煤机和输送机等组成综采
- 机组连续采煤，人跟机操作

智能化开采



- 围岩智能耦合
- 采煤机自适应截割
- 工作面自动调直
- 自动化信息化数字化

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

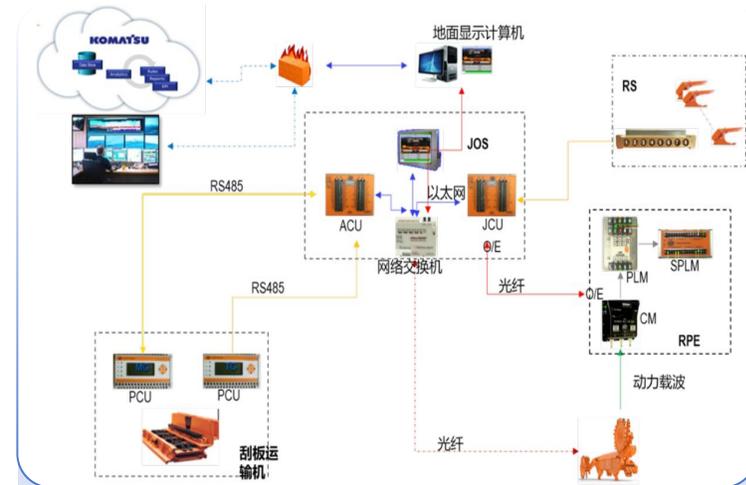
■ 国外开采发展现状——美国



开采高度：**6m 以下煤层**



年产能：**中厚煤层4-8Mt**



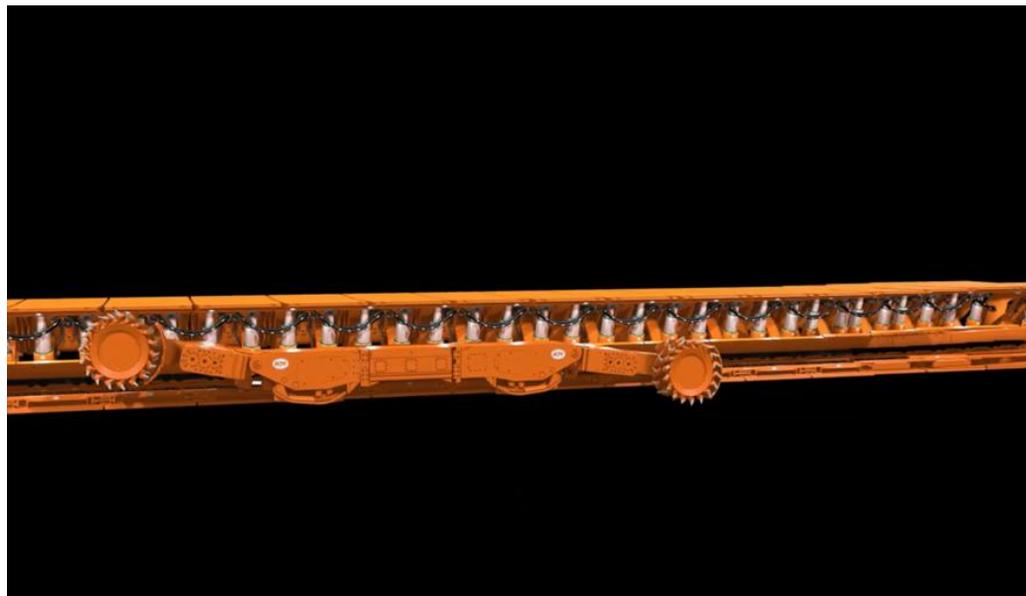
智能控制：**适应性强**

- 国外无6m以上超大采高开采技术，主要集中于**2-4m煤层**开采
- 工作面平均长度约370m，产量约4~8Mt，无超千万吨级工作面
- 开采装备及其控制系统具有**较高可靠性及适应性**

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 国外开采发展现状——美国

- 目前全美井工长壁开采煤矿有约60个，2019年总产量6.4亿吨。
- 以JOY的综采设备为主，应用IMSC (Intelligent Mining Service Center) 智能高效开采。
- 设备可靠性高，自动化控制程序灵活，提供8种不同等级的自动化生产序列。



美国的智能开采服务中心

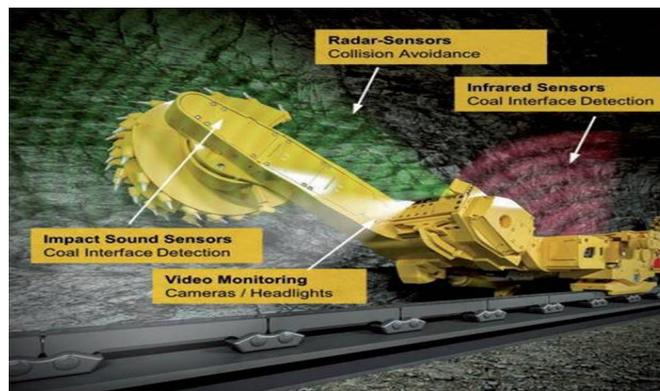
一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 国外开采发展现状——德国

- 德国鲁尔曾经是欧洲最大的煤炭能源及重工业中心，诞生了一批煤炭行业顶级技术及装备制造企业，使德国煤炭开采装备制造技术长期领跑世界。由于资源和开采成本高，井工煤矿关闭，煤机装备制造企业大多被兼并重组。



- 艾克夫采煤机、帝芬巴赫电液阀、玛珂电液控制系统、原 DBT 液压支架、EEP 公司、RGA 综合自动化系统等
- 在复杂条件自动化开采技术方面取得了新进展。



一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 国外开采发展现状——澳大利亚

➤ CSIRO（澳联邦科学院）的5个实验室：

- ✓ 惯性导航系统实验室
- ✓ 远程管理中心
- ✓ 煤环境研究实验室
- ✓ 选煤实验室
- ✓ 岩石切削实验室



实验室



激光三维扫描系统



远程管理中心

➤ 澳大利亚联邦科学研究院LASC技术，实现了工作面直线度高精度测量，但我国引进后在解决工作面推进过程中的找直问题仍然存在，效果普遍不佳。



惯性导航系统



岩石切削实验室

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 我国煤机装备发展历程

两柱掩护式液压支架

中心距

1.5m中心距支架



立柱直径: 340mm
工作阻力: 8000kN
工作压力: 44.1MPa

1.75m中心距支架



立柱直径: 450mm
工作阻力: 15000kN
工作压力: 47.2MPa

2.05m中心距支架



立柱直径: 530mm
工作阻力: 21000kN
工作压力: 47.6MPa

2.4m中心距支架



立柱直径: 630mm
工作阻力: 29000kN
工作压力: 46.5MPa

支架中心距?



下一阶段液压支架

立柱直径: ?? mm
工作阻力: ?? kN
工作压力: ?? MPa

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

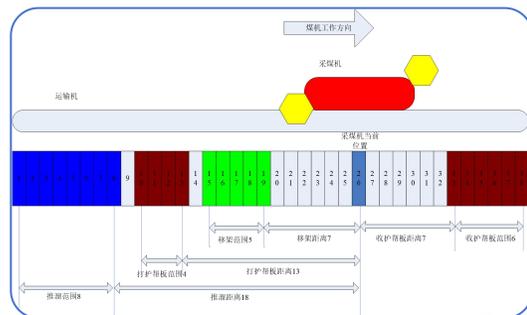
■ 我国煤机装备智能化技术发展

我国煤机装备**智能化**也经历消化吸收→自主创新→发展超越过程，实现“**从无到有**”，“**从单机到群组**”、“**从跟机操作到远程集控**”、“**从流程自动化到感知决策**”的飞跃式发展。



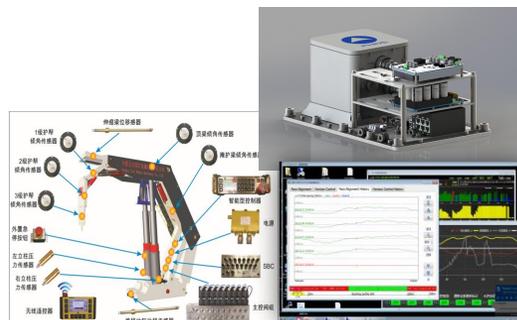
单机控制

突破电液控制技术，实现单机遥控与自动化



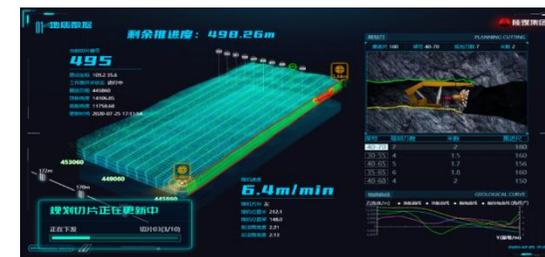
工艺流程自动化

实现自动跟机移架、自动割三角煤，采煤机记忆截割，工艺流程编排



泛在感知协同控制

实现设备姿态全方位感知与融合分析
实现工作面直线度检测
基于感知结果规划调控



透明智能规划开采

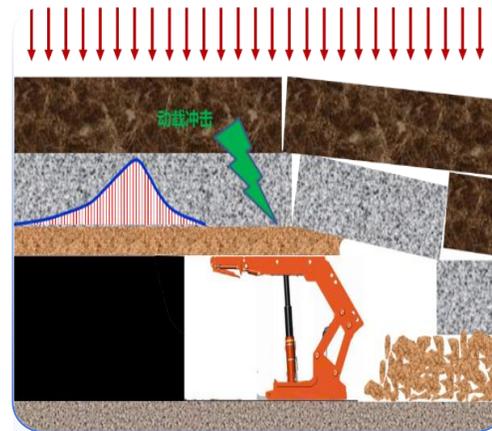
基于环境感知、精准定位、分析决策的单机设备机器人化群组设备协同开采，数字孪生工作面透明化

一、超大空间工作面智能化开采发展历程

■ 超大空间开采技术发展

超高采采

- 国内8m以上煤层主要采用超大采高和综放开采，最大一次截割开采高度10m
- 在矿压理论、围岩控制、装备研制等方面取得较大进展
- 岩层控制，放煤机理等理论技术发展，工艺及智能控制取得突破



矿压理论：
全覆岩、动载冲击



开采高度：
最高可达10m

超长开采

- 中厚煤层工作面长度达到500m，年产达1000万t
- 在超长分区支护、装备研发、智能控制协同方面取得了较大进展
- 适应超长开采工艺，超大运量运输技术突破



年产能：
中厚煤层约10-13Mt



工作面长度：
达到500m



中国煤炭科工集团
开采研究院有限公司
CCTEG COAL MINING RESEARCH INSTITUTE

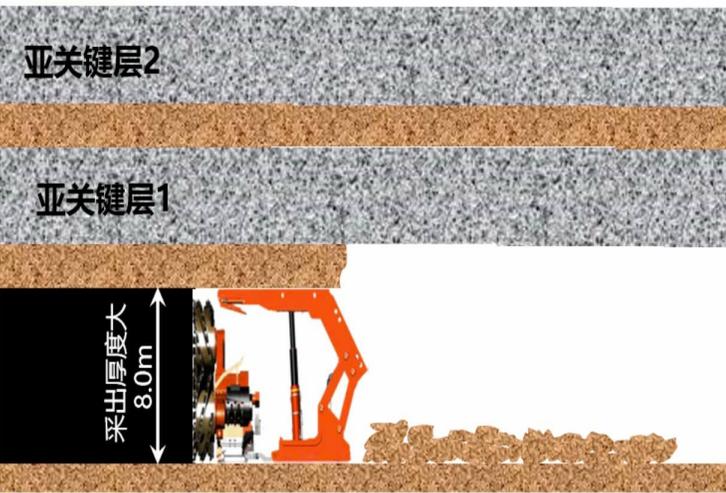
二

超大采高综采关键技术研究

二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采面临技术难题

➤ 超大采高综采技术是实现特厚煤层安全高效高回收率开采的趋势

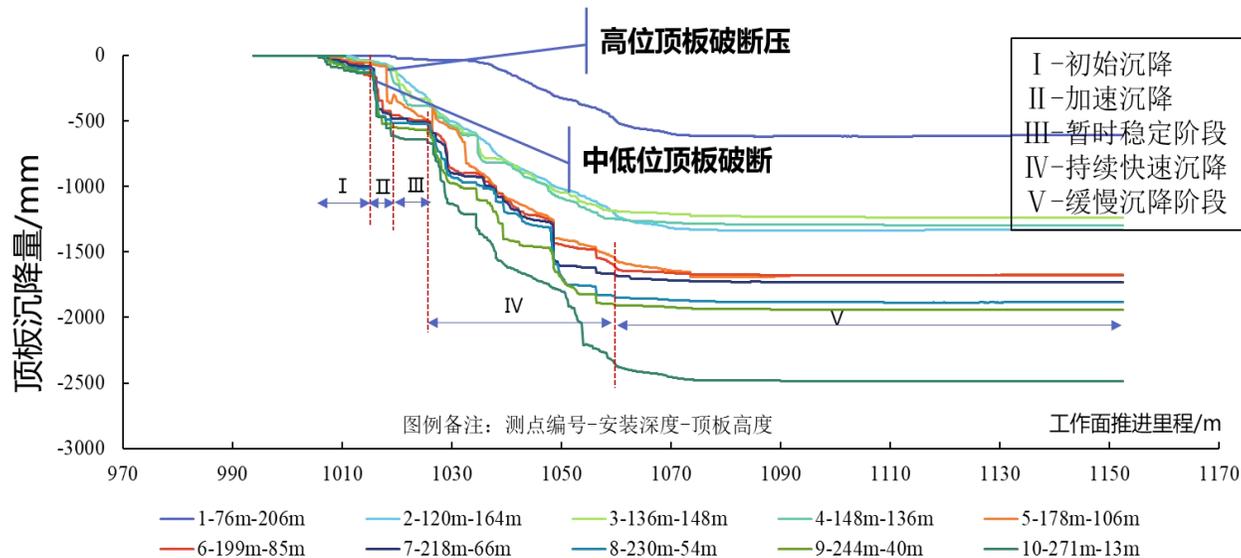
 <p>亚关键层2</p> <p>亚关键层1</p> <p>采出厚度大 8.0m</p> <p>超大采高岩层运移失稳过程</p>	 <p>支护技术及装备</p>	<p>现有装备</p> <ul style="list-style-type: none">● 开采高度低● 装机功率小● 支护强度低● 系统协同差 <p>无法支撑</p> <p>厚煤层</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 煤层厚度大➤ 开采强度高➤ 矿压波动大➤ 系统构成多 <p>超大采高综采成套装备</p>
<p>随采高增加，上覆岩层大范围运移破坏，超大空间、超强矿压、超高煤壁给围岩稳定控制带来极大难度</p>	<p>超大采高开采形成的超大空间、超高煤壁引发强动载冲击，导致支护系统失稳，片帮冒顶难控制</p>	<p>工作面与巷道存在大梯度落差，现有装备无法满足连续开采高可靠性、高适应性和系统协同推进的要求</p>

亟需突破超大采高工作面安全高效综采关键技术与装备难题

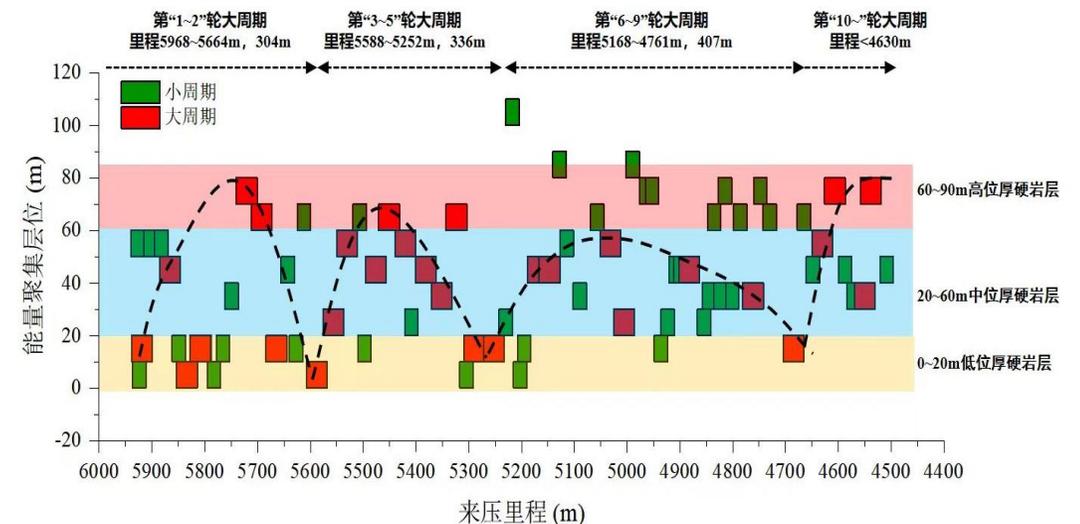
二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高覆岩活动规律

- 以10m超大采高工作面为例：**走向方向**，超大采高工作面悬顶长度较长，达到**30m**，分为5个发展阶段。高位和低位厚硬顶板分别成组破断，高位和低位顶板**整体**垮落/切落，破断具有同步性。



覆岩位移曲线图

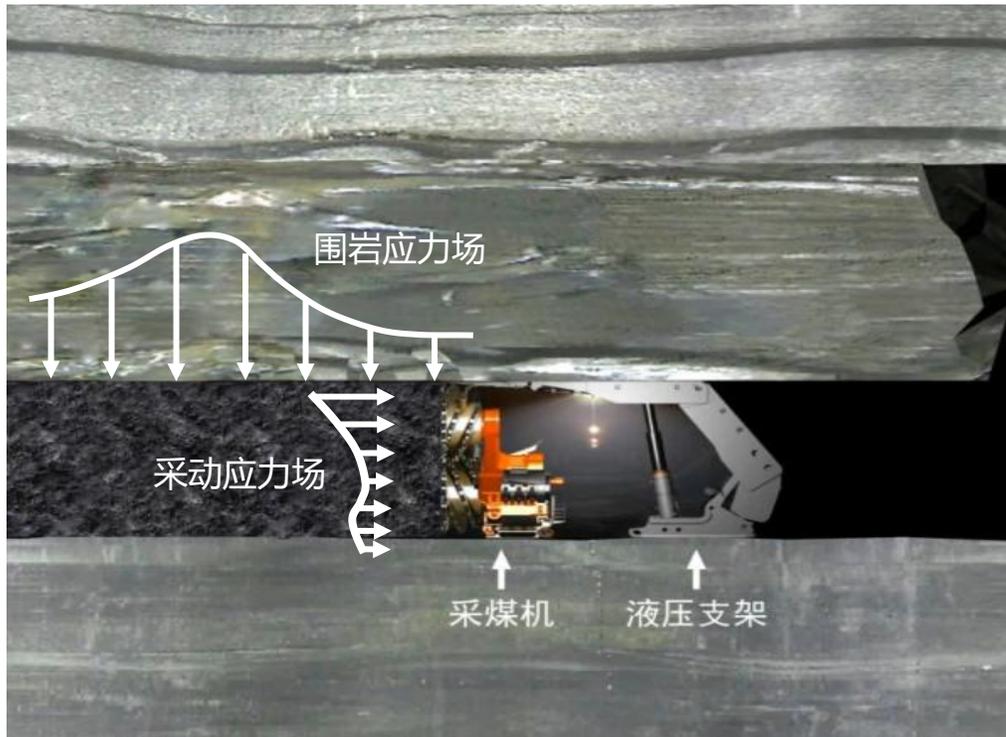


大周期来压时顶板断裂层位

二、超大采高综采关键技术研究

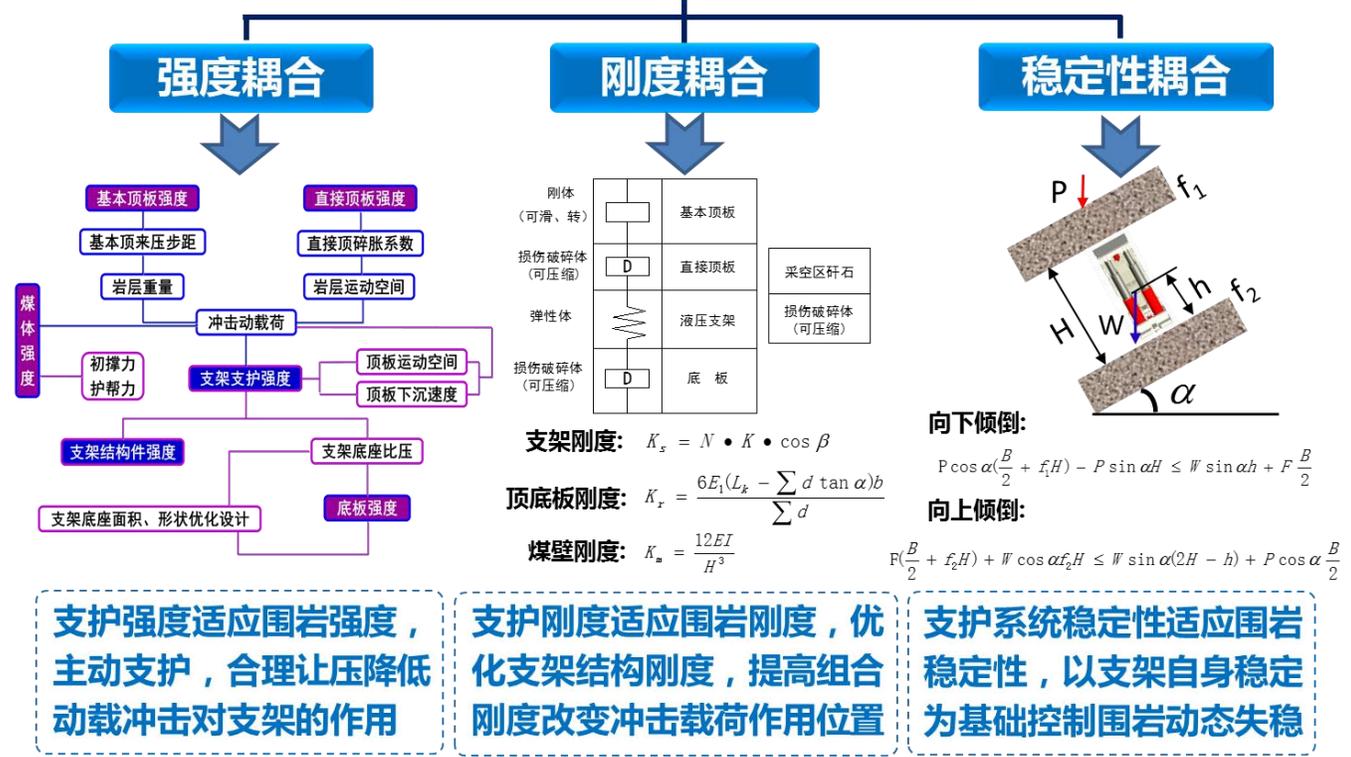
■ 超大采高综采围岩-支架动力学模型

➤ 建立了超大采高装备与围岩动力学模型，提出超大采高液压支架与围岩的作用关系，首次获得10m超大采高综采工作面围岩控制的时空效应及其关键参数



超大采高工作面围岩应力场特征

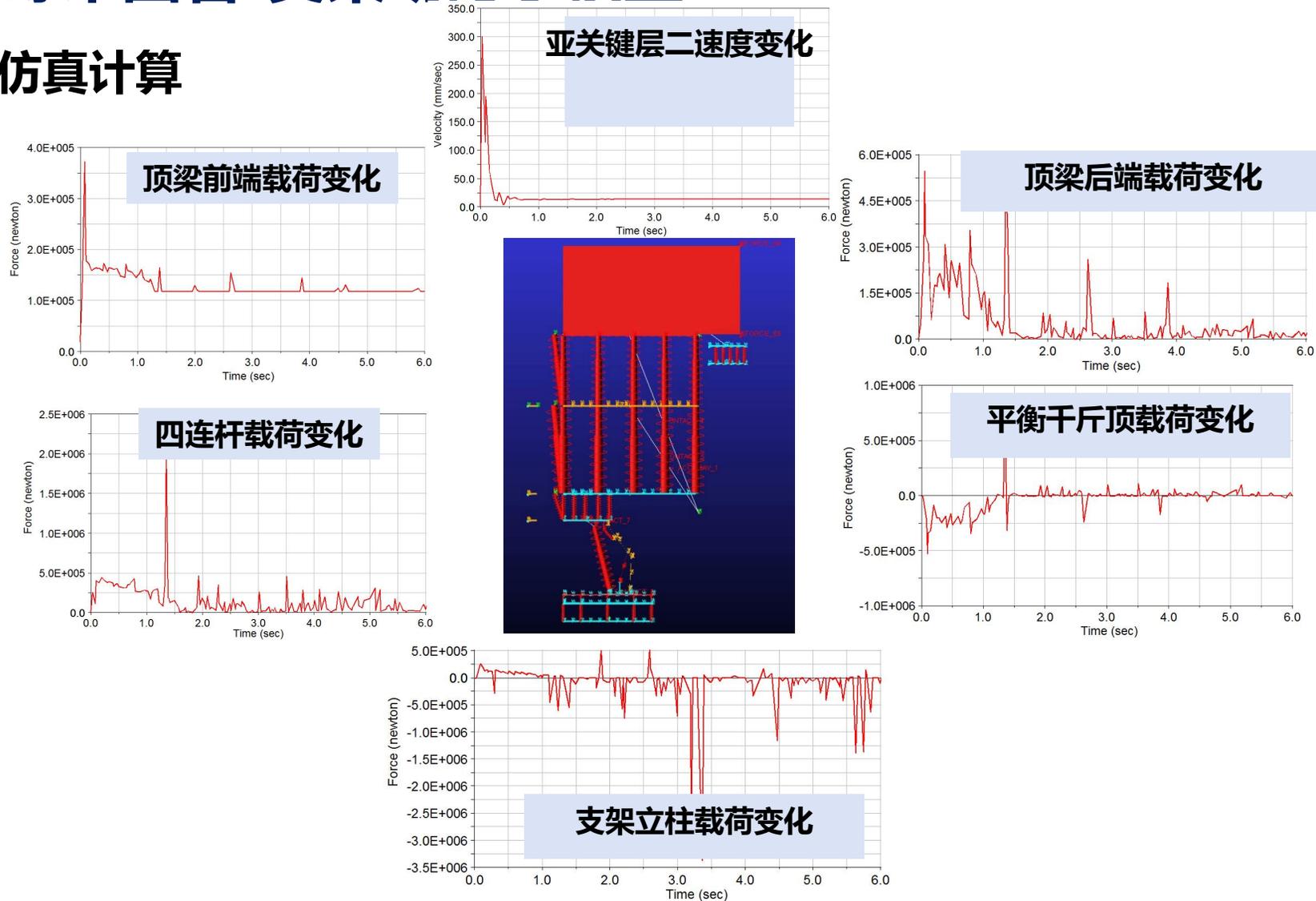
液压支架与围岩耦合原理



二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采围岩-支架动力学模型

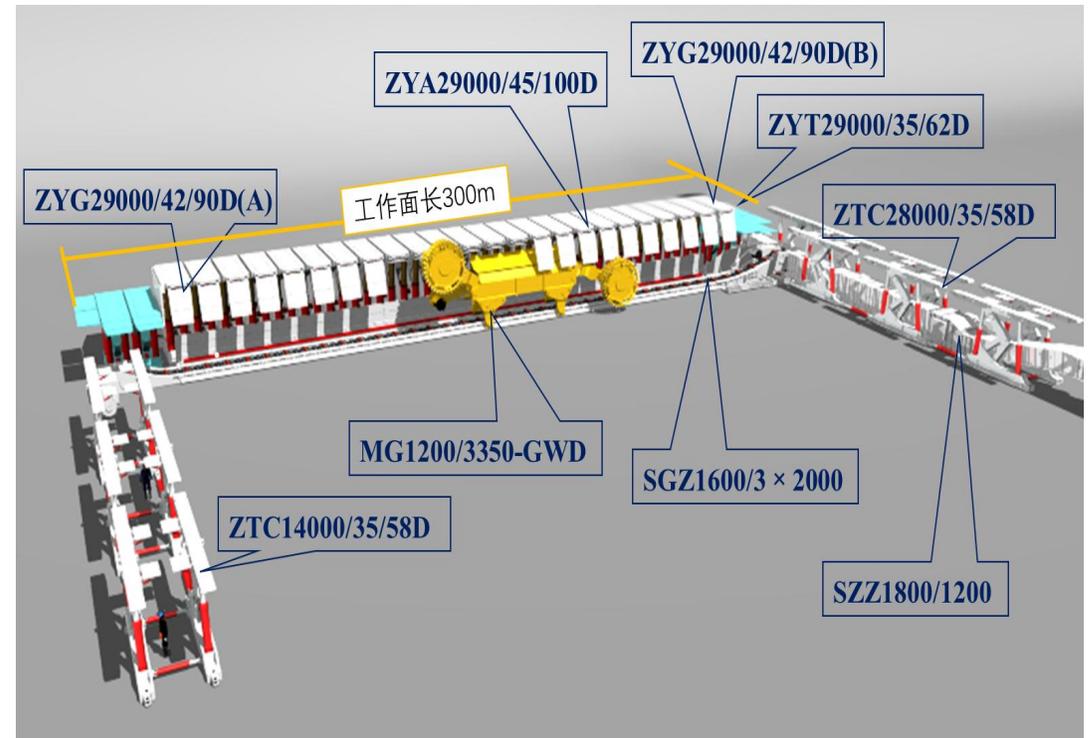
➤ 动力学模型仿真计算



二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采工作面成套装备系统性设计方法

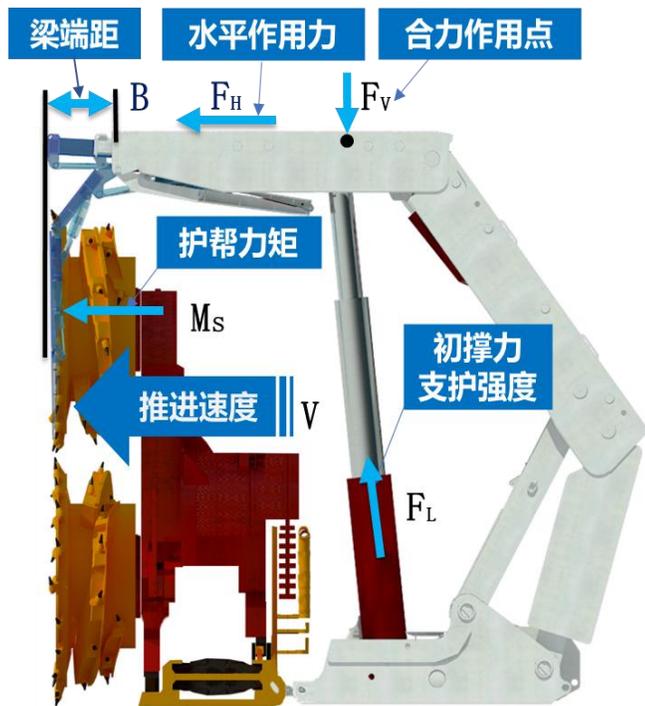
- 创建超大采高工作面成套开采装备**系统性设计方法**，开发装备群**三维虚拟化数字孪生协同配套平台**，避免工作面“采、支、运”运转时设备间相互制约，以最大程度的发挥设备的性能。



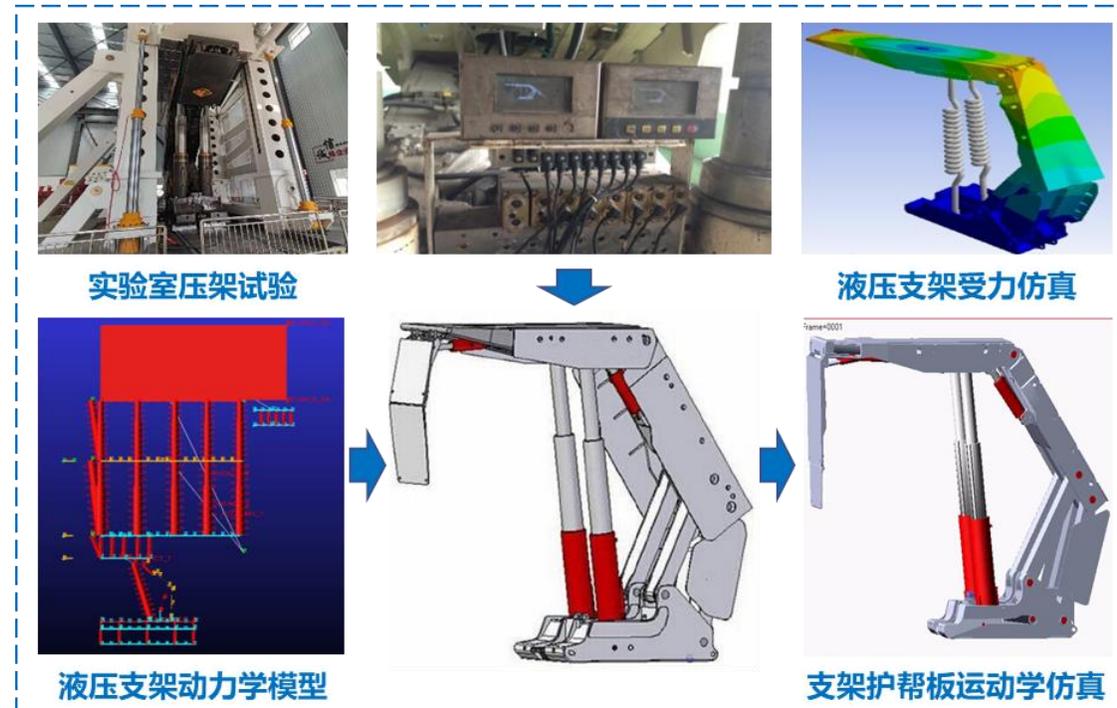
二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采液压支架设计理论

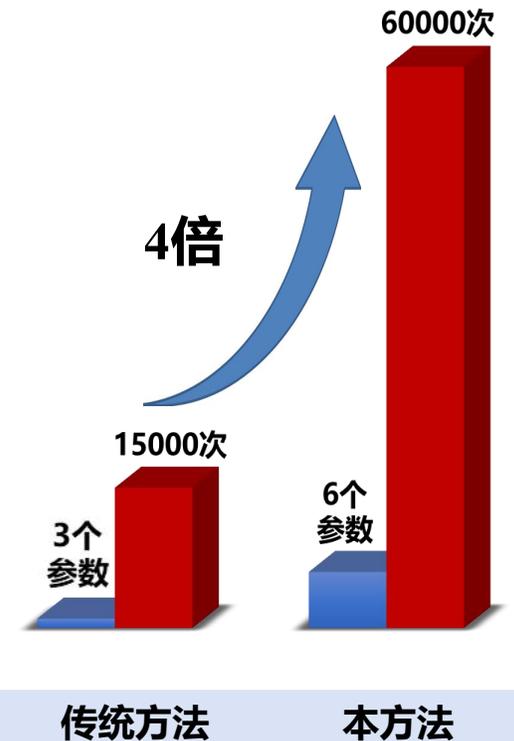
- 提出了液压支架三维动态优化方法，突破液压支架“被动承载”工作阻力单因素的传统方法。
- 液压支架寿命由**15000次**提高到**60000次**工作循环以上。



液压支架六个可控参数



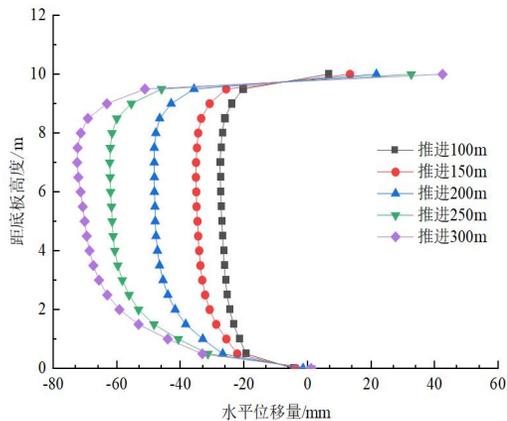
液压支架三维动态优化设计



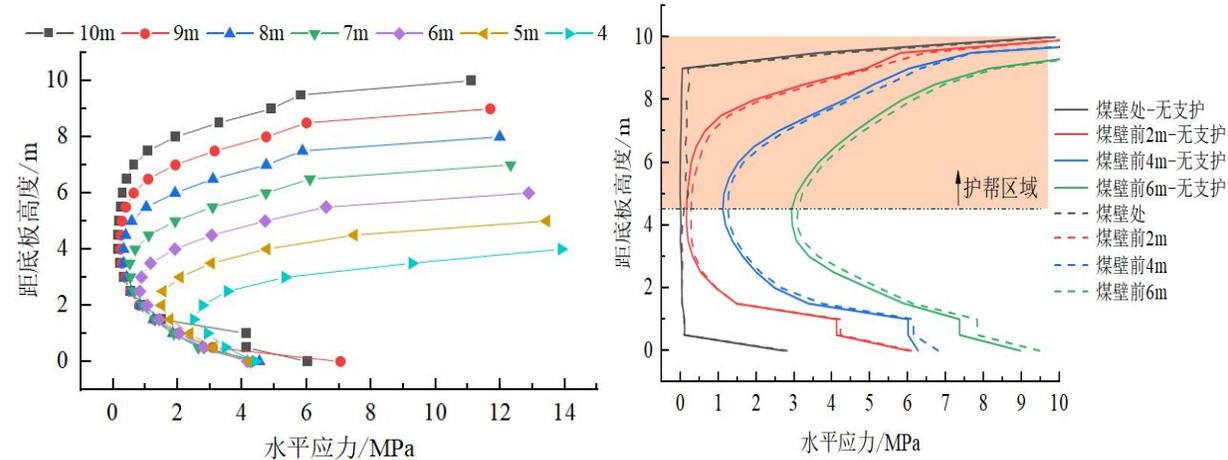
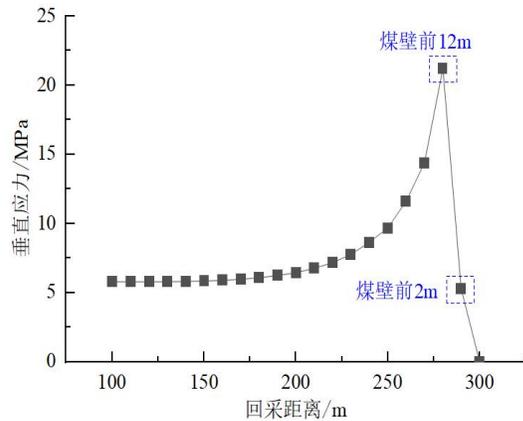
二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采工作面煤壁稳定性研究

- **回采距离与片帮关系：** 随回采距离增加，煤壁水平位移增大，煤壁前方垂直应力逐渐增大，导致煤壁前方煤体出现大范围剪切破坏，煤壁出现大范围的拉伸破坏
- **采高与煤壁片帮关系：** 随着采高增大，煤壁塑性破坏范围增大，煤壁处水平位移逐渐增大；水平应力呈先增大、后减小最后趋于平缓的特征（片帮可控、适度片帮）



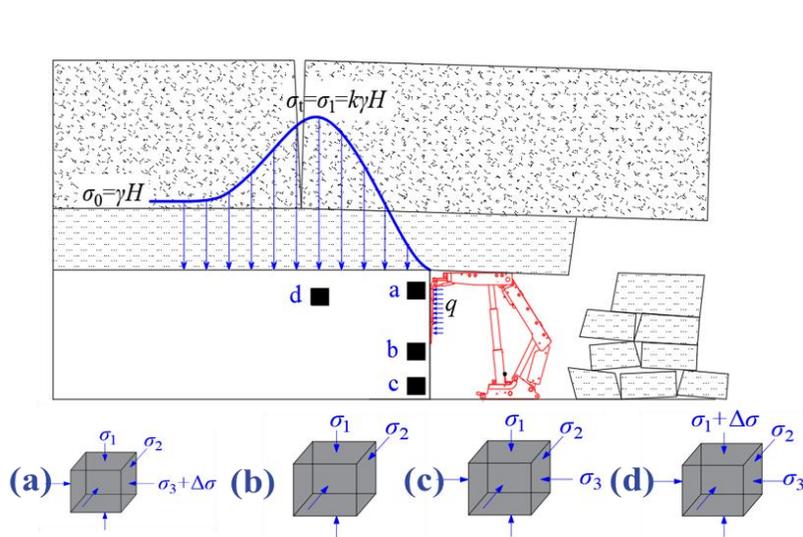
回采距离 VS 煤壁片帮



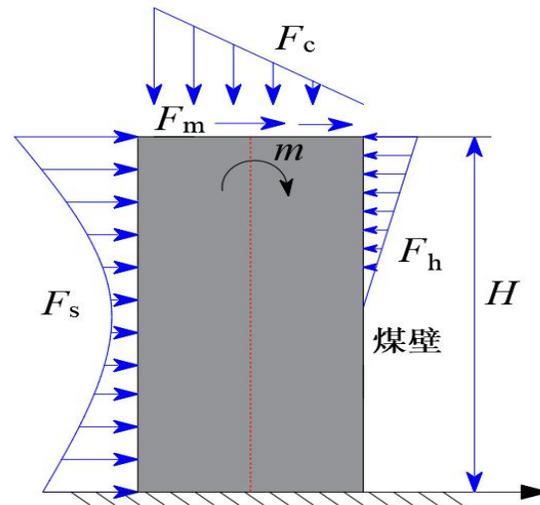
采高 VS 煤壁片帮

■ 从10米超大采高综采工作面片帮现象启示

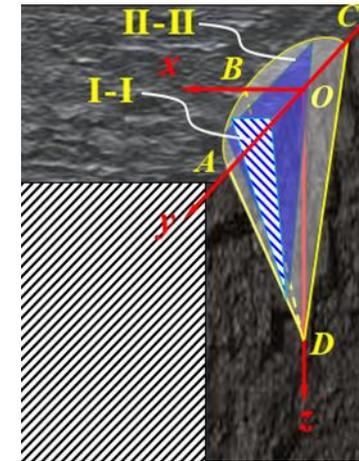
- 从10米超大采高综采工作面煤壁揭露片帮现象，我们团队通过大量现场实测数据统计发现，工作面中部片帮现象严重，两端趋缓，但煤壁片帮起点距离顶底板位置趋于**黄金分割处**起。从中获得**采放比黄金分割**启示。



超大采高工作面煤体单元受力分析



超大采高煤层承压破坏力学模型

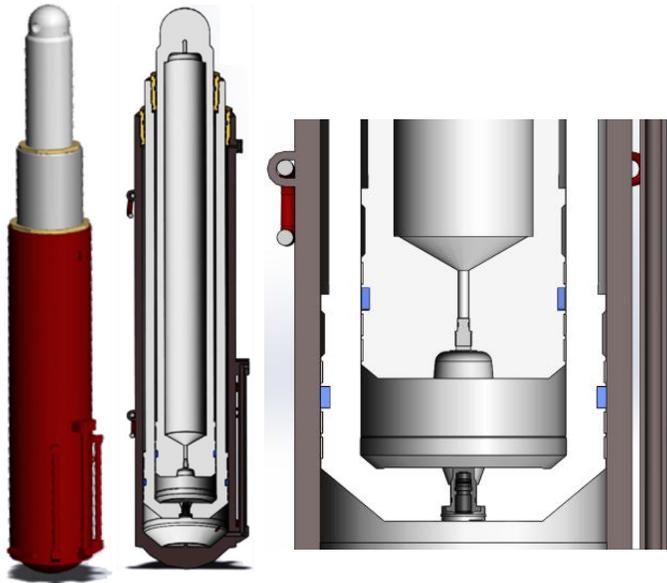


超大采高工作面煤体单元受力分析

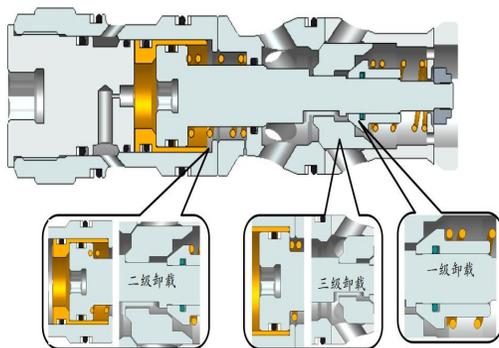
二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采液压支架关键结构设计研发

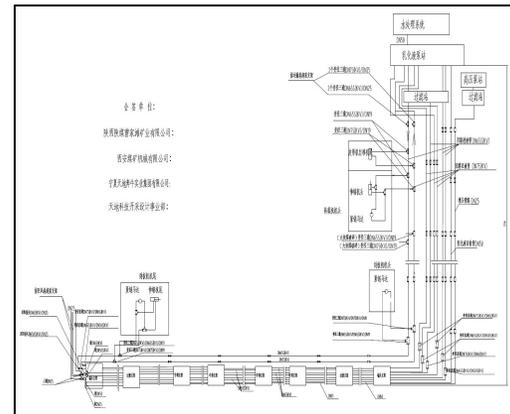
- 研发**630mm**缸径抗冲击立柱，配备**1000L/min**超大流量底阀和**1600L/min**大流量**三级**卸载单向阀，满足系统快速进回液需求并提高系统抗冲击性能；
- 研发“**四进四回**”大流量稳压供液系统，实现工作面系统高压自动补偿，提升支护效率。



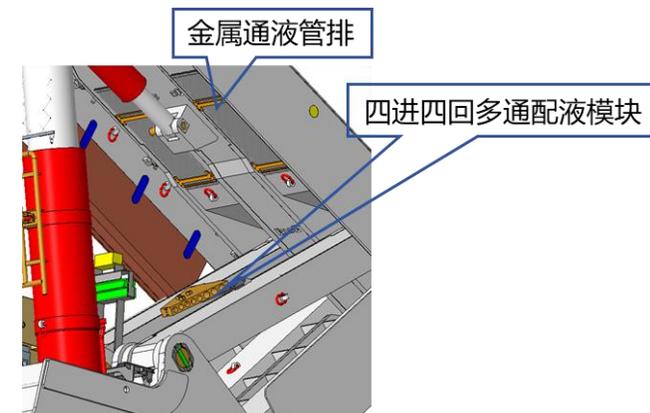
630mm缸径抗冲击立柱



液控单向阀阀串三级卸载



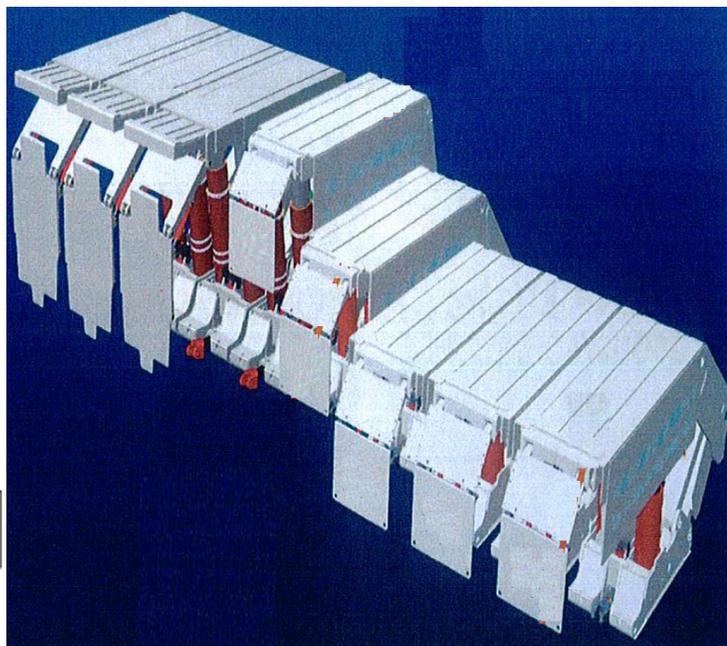
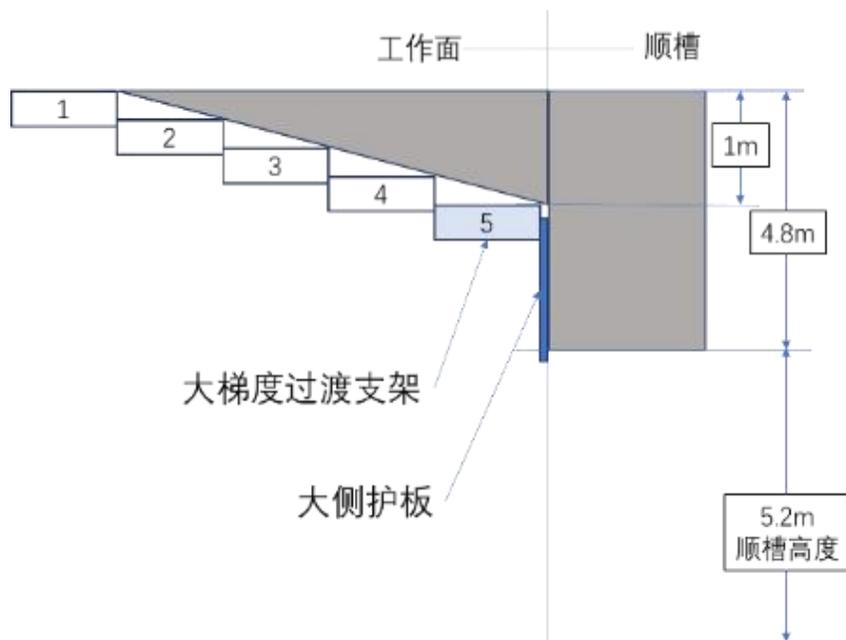
四进四回快速供液系统



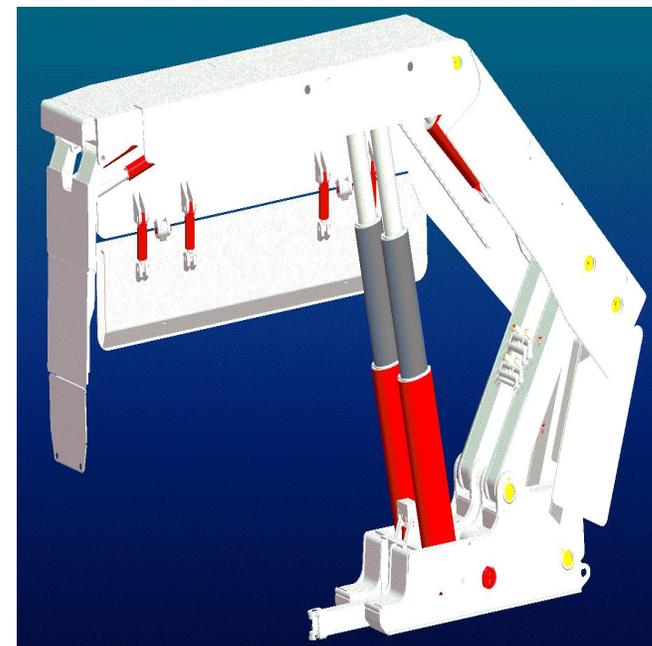
二、超大采高综采关键技术研究

■ 超大采高综采液压支架关键结构设计研发

- 研发了端头“**大梯度+小台阶**”短缓过渡配套方案，解决了超大采高工作面端头区存在的大落差空间下围岩支护及三角煤损失核心问题，**实现了超大采高工作面连续作业**



大梯度+小台阶短缓过渡



大侧护板过渡液压支架



三

超长工作面综采关键技术研究

三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面综采技术难题

- 在煤炭资源赋存条件好的煤矿加长综采工作面面长，是**产能提高、降本增效**的必然要求。
- **一矿一面生产**，减少巷道掘进量和搬家倒面次数，提高采区回采率，降低安全风险，减少设备数量，提升可靠性。

序号	应用地点	采高 (m)	面长 (m)	配套支架	中心距 (m)
1	神东榆家梁42208	3.6	400	ZY9000/20/40D	1.75
2	山能转龙湾23301	2.6	420	ZY13000/14/28	1.75
3	石拉乌素1208	3.7	400	ZY17000/23/43D	2.05
4	孙家岔龙华矿20112	3.6	400	ZY10000/20/40	1.75
5	小保当二号矿132206	2.54	450	ZY16000/18/32D	2.05
6	巴拉素	4	400	ZY21000/27/50D	2.05
7	可可盖	5.2	400	ZY26000/32/60D	2.4
8	神东哈拉沟	2.0	450	TAGOR10660/11.3/22.3	1.75
9	小纪汗	2.1	500	ZY16000/16/26D	2.05

三、超长工作面综采关键技术研究

超长工作面需要解决的问题

01

超长工作面全覆岩顶板运移规律的多尺度耦合机制

02

超长工作面各子系统数据的协调融合与高效利用

03

高能积比条件下采-支-运-留装备性能与地质条件的匹配性

04

超长工作面关键成套装备的性能提升与工艺优化

05

两巷超前液压支架与工作面装备协同推进

06

工作面无人化系统多维度协同运行的动态决策机制

07

基于全域锚杆受力及巷道变形的巷道稳定评估及支护参数确定

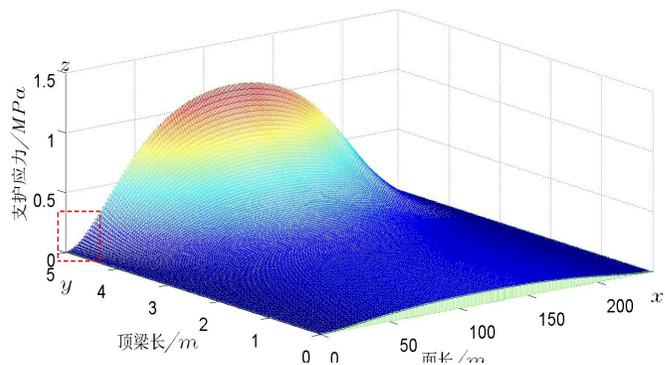
08

超长工作面多源数据融合的安全预警模型构建

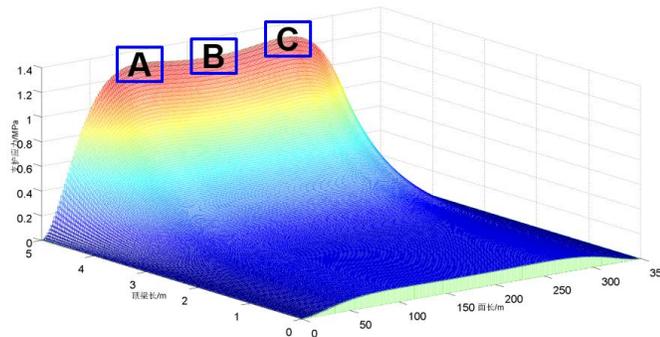
三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面支护应力场分析

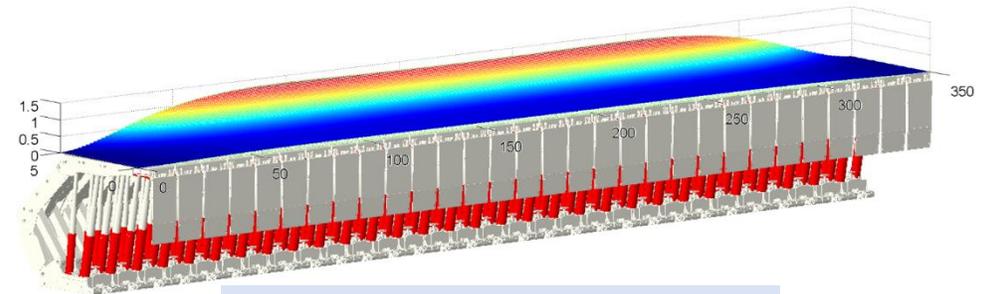
- 揭示了工作面支护应力分布规律：工作面长度较短时，支护应力为单峰值分布，工作面长度增加到一定长度时，支护应力有A、B、C三个峰值点，A、C点峰值略高于B点，应力峰值两端高中间低，形状为马鞍形，类似字母“M”，称为**三峰值M型**



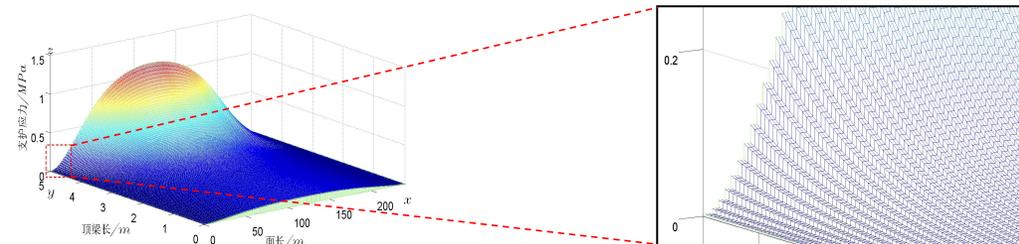
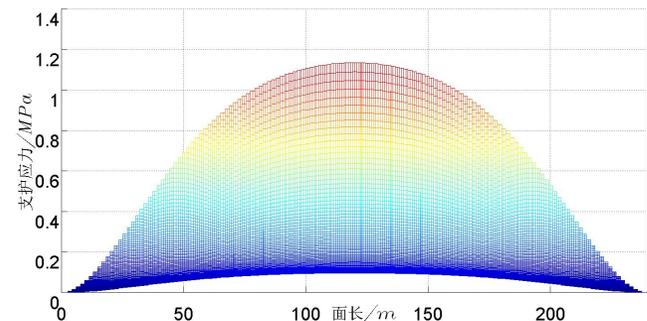
单峰值



三峰值M型



支护应力场在液压支架群组分布

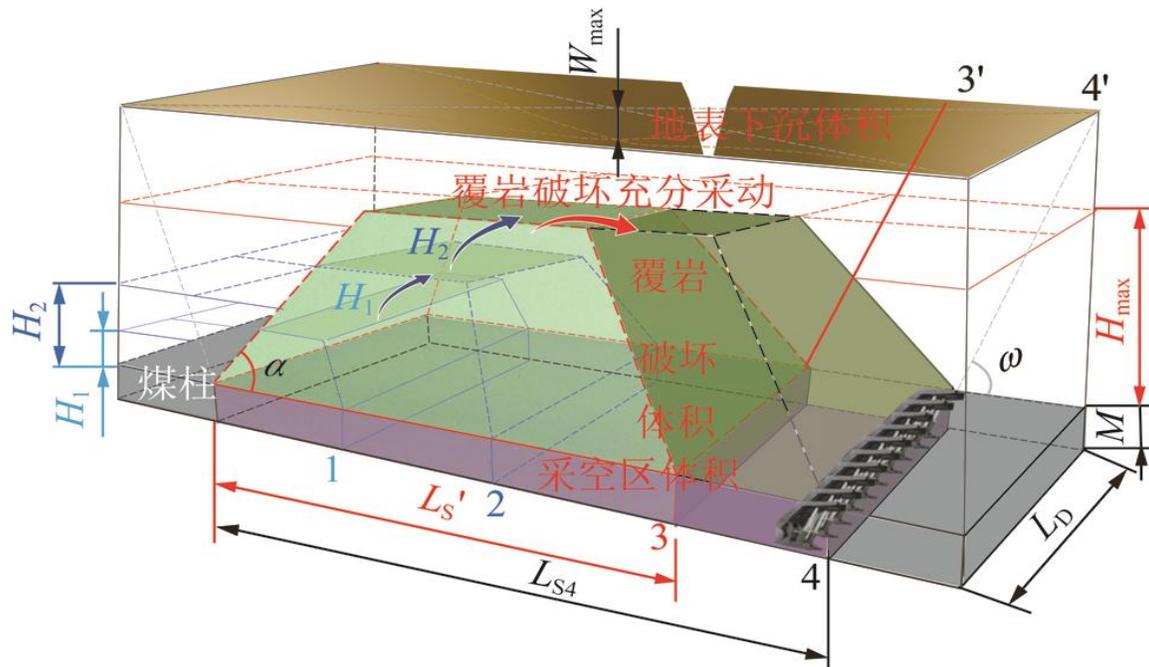


支护应力场局部放大

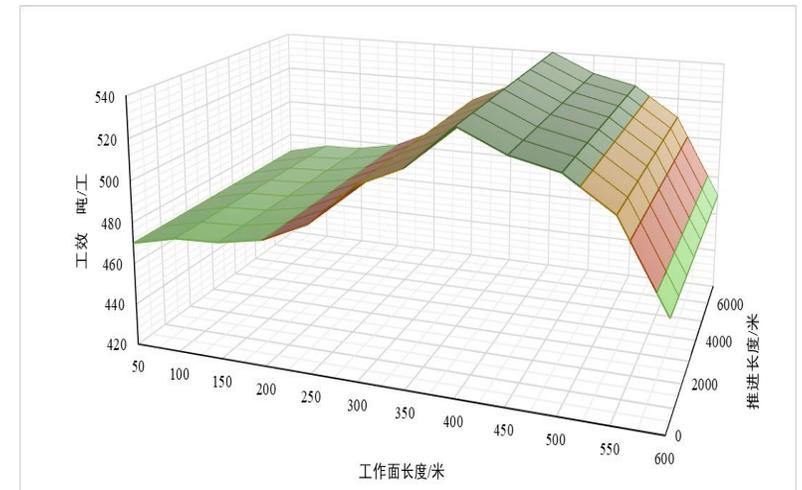
三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面长度设计

- 建立基于熵权的开采强度评价模型，科学量化特定赋存条件厚煤层开采强度，进而判定超长工作面倾角、长度、采高、埋深等参数的影响规律
- 基于逐步逼近原理求解极限开采强度下超长工作面长度和推进速度



多参数耦合约束

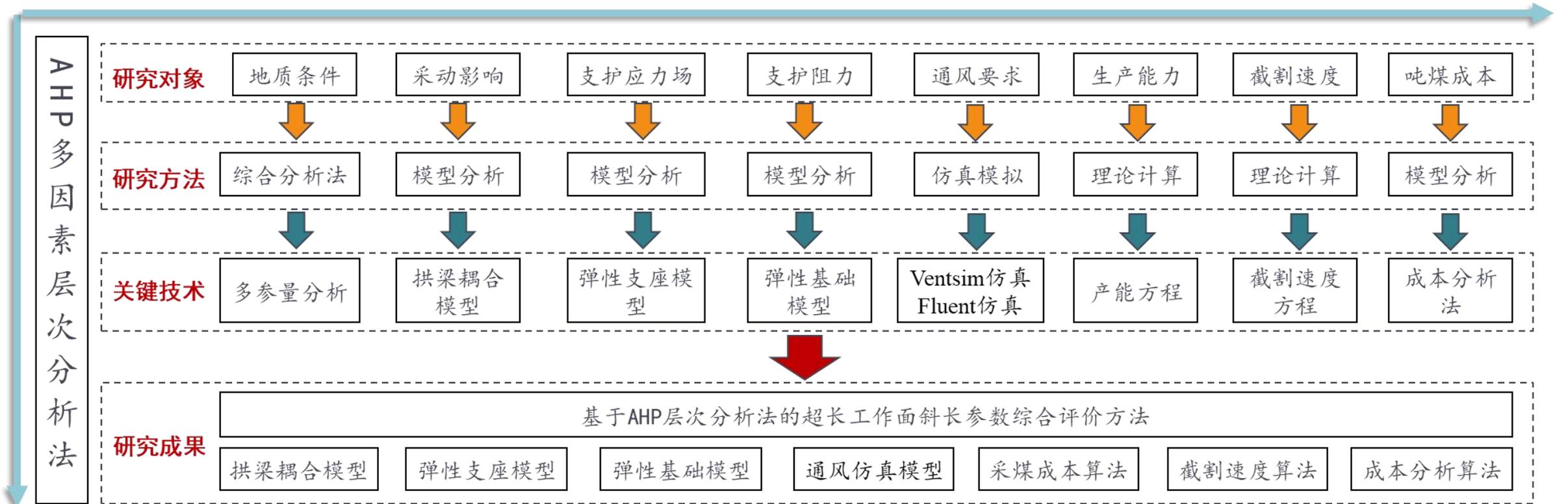


工作面面长方向压力峰值分布

三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面长度设计

- 基于**AHP多因素层次分析法**，围绕地质条件等8个方面因素展开研究，最终确定工作面参数及布置方式



三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面“高能积比”配套模式

- 揭示了综采工作面长度与开采效率、煤炭损失的定量关系，研发了中厚煤层“高能积比”配套模式，能积比提高**3倍以上**；制定出采煤机“四化”、液压支架“三降三增”、刮板输送机**低矮槽帮**等配套原则，**全面解决中厚煤层过煤空间、装煤效果与卧底量等问题。**



- 采煤机“四化”
- 机身高度最小化
 - 装机功率最大化
 - 牵引速度高速化
 - 高可靠性运转常态化

- 液压支架“三降三增”
- 降低支架的最低高度、降低顶梁厚度和降低操作强度
 - 增大支架最大高度、增加支架工阻和增加过机空间

刮板输送机大运量低矮槽帮

液压支架	支架断面/采高*控顶距m ²	装机功率/kW	能积比 (装机功率/液压支架断面)
ZY16000/17/32D	14.3	采煤机: 1940 三机: 4800+700+700	569
ZY21000/38/82D	54.3	采煤机: 2925 三机: 4800+700+700	168
ZY6800/14/28D	12.1	采煤机: 690 三机: 800+200+110	148
ZY12000/15/28D	12.6	采煤机: 1138 三机: 2000+525+400	322

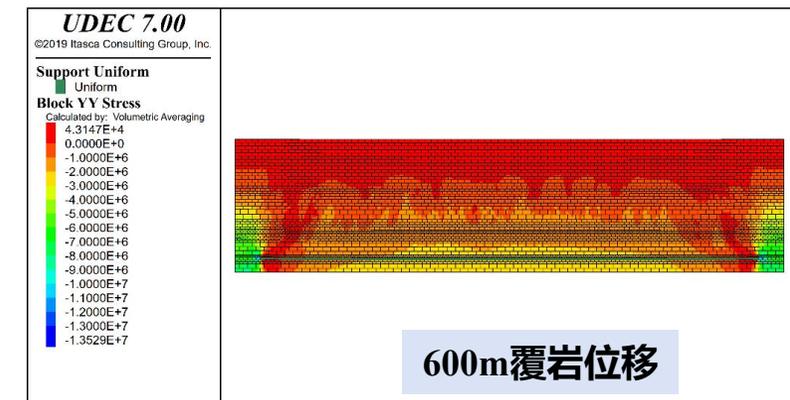
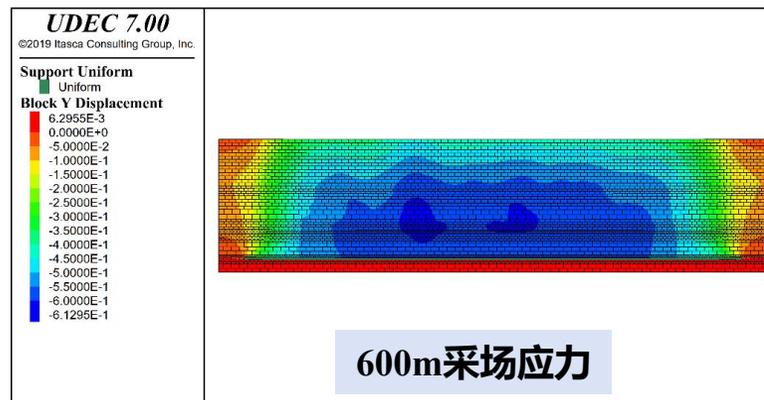
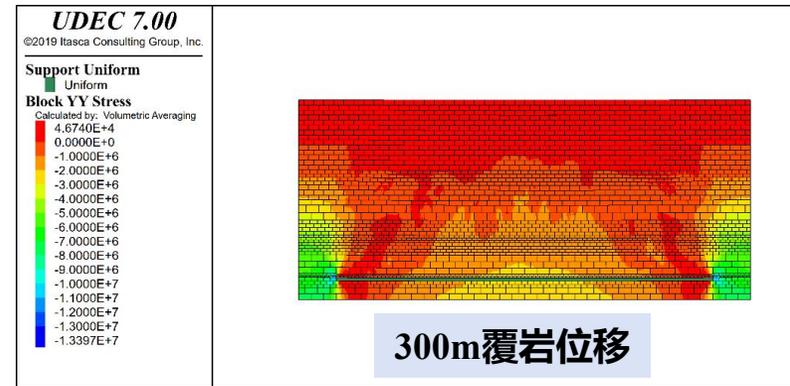
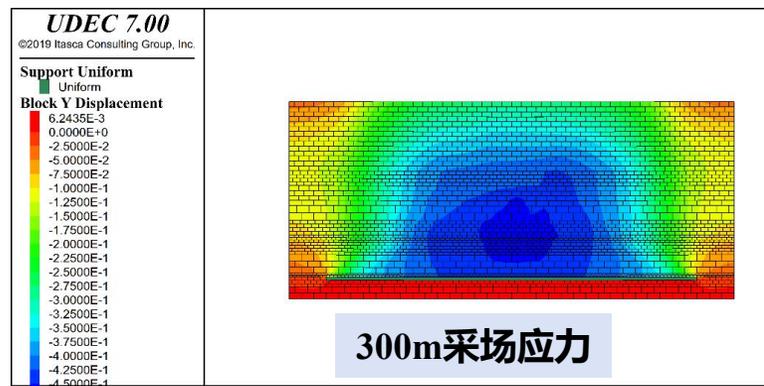
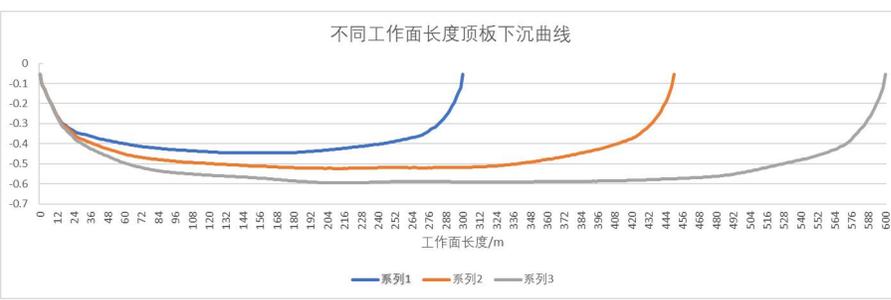
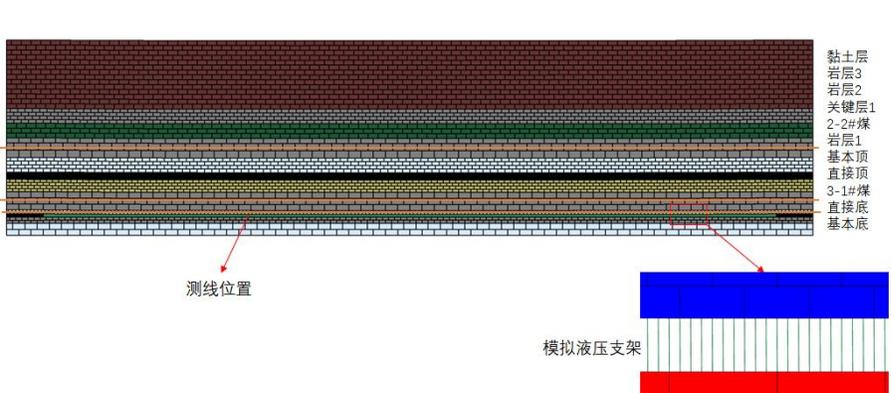
常规中厚煤层配套模式

中厚煤层超长工作面高能积比配套模式

三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面斜长参数综合评价方法

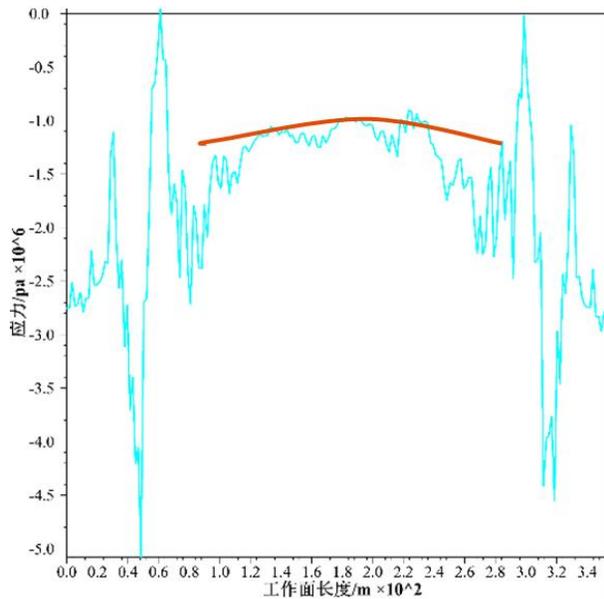
➤ 超长工作面采场应力与位移数值模拟：**300m顶板最大下沉量0.43m**，**450m最大下沉量0.51m**，**600m最大下沉量0.6m**



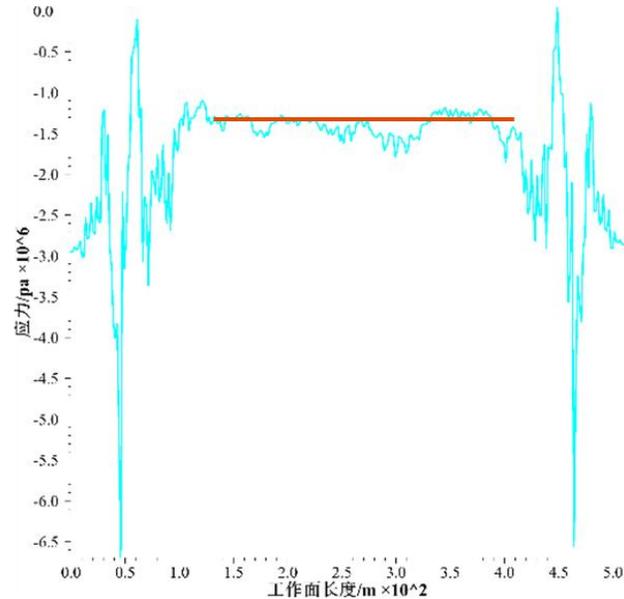
三、超长工作面综采关键技术研究

■ 超长工作面斜长参数综合评价方法

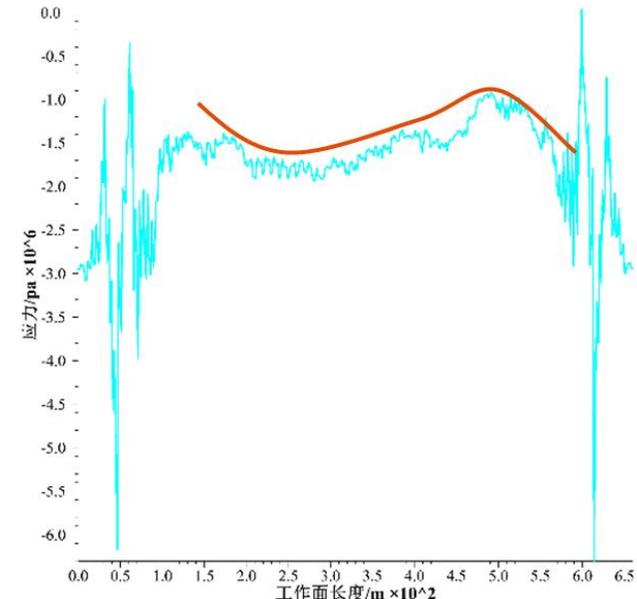
- 工作面长度增加，基本顶水平应力增大，600m时，水平应力出现“S形”波动，支架可能会受到顶板侧向力



300m



450m

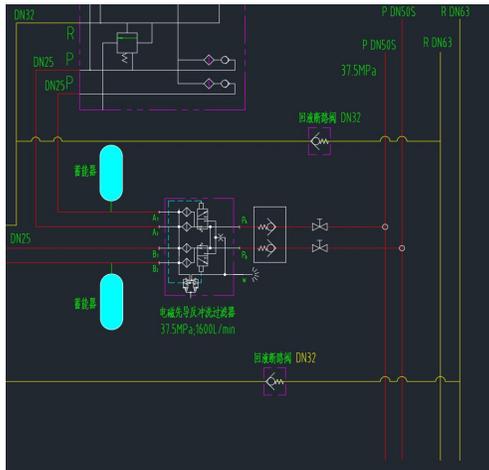


600m

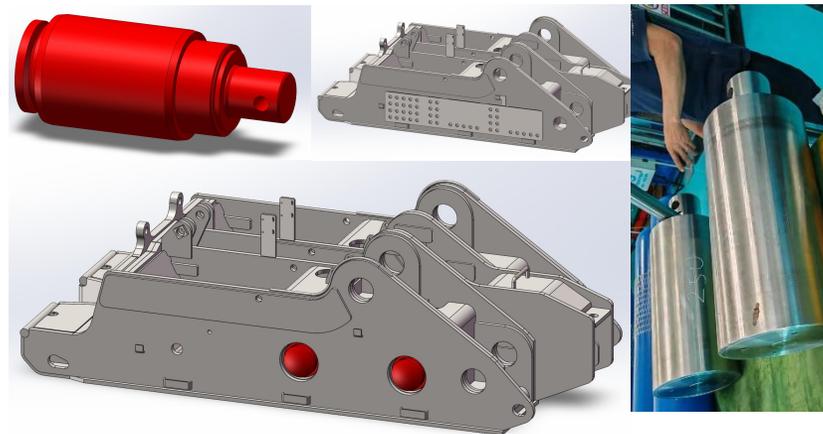
三、超长工作面综采关键技术研究

■ 分布式敏捷供液装置研发

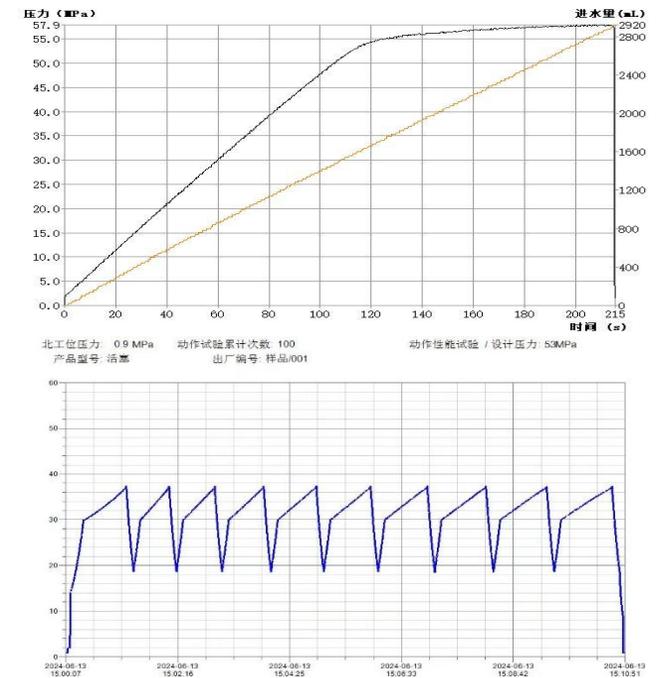
- 研发了**分布式敏捷供液**装置液压系统管路设计与优化
- 优化分布式敏捷供液装置外形结构，可布置在底调千斤顶闲置腔内，不占用液压支架空间
- 完成了耐压试验、稳压试验



液压系统管路设计



安装位置与样机

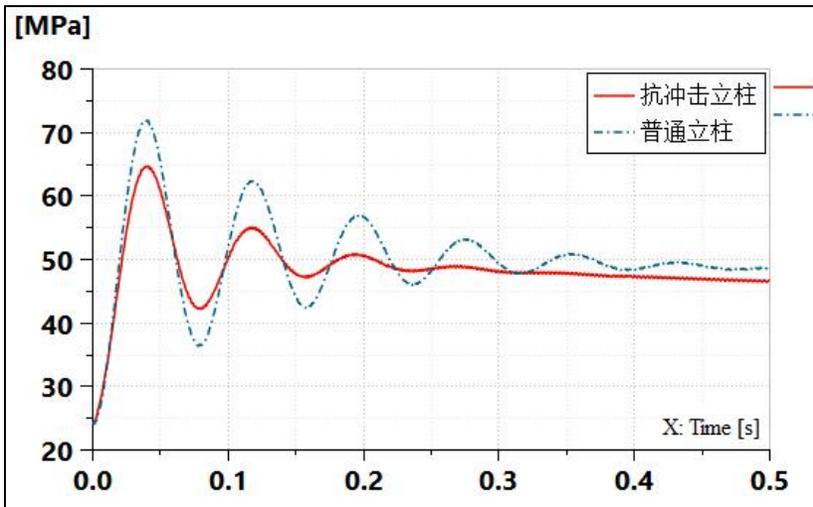


性能曲线

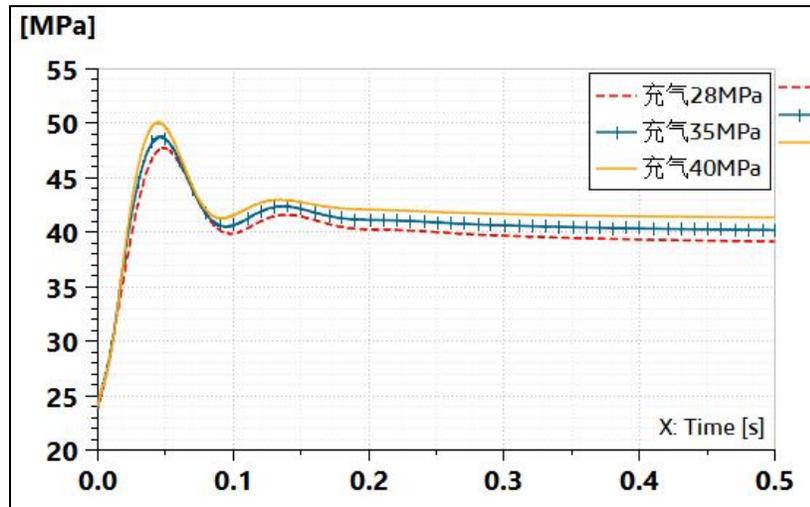
三、超长工作面综采关键技术研究

■ 缓冲立柱

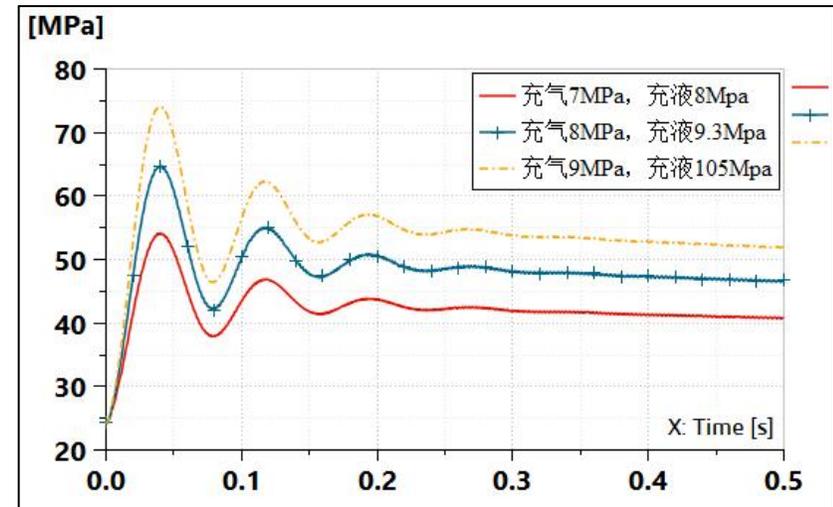
- 缓冲立柱缸径250mm，活塞直径170mm，活柱上腔初始充气压力30MPa，初始容积38L
- 缓冲立柱能够显著降低系统压力峰值及系统平均压力，抑制高频振荡
- 立柱压力上升速度明显减慢，安全阀响应开启时乳化液压力较小



不同类型立柱冲击下压力-时间



不同充气压力下立柱压力-时间

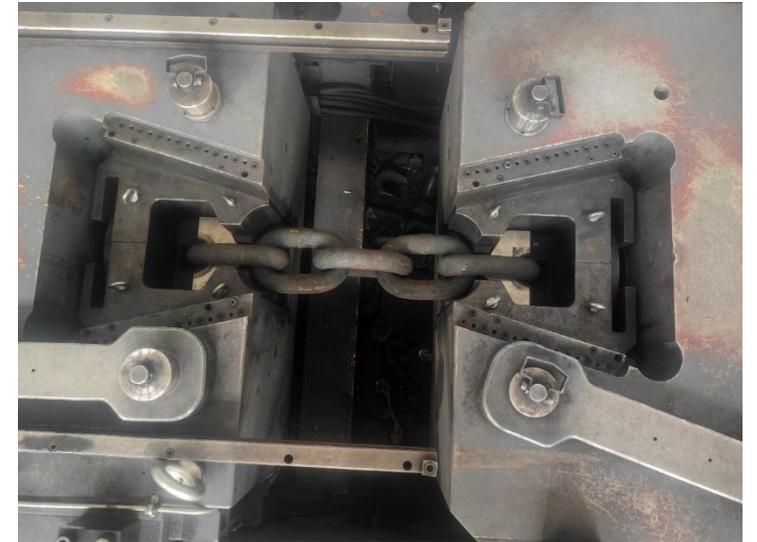


不同充气、充液压力下压力-时间

三、超长工作面综采关键技术研究

■ 链条与刮板轻量化研究

- 研制高强度链条，直径不大于 $\Phi 60\text{mm}$ ，抗拉强度不小于 $1400\text{MPa}(3956\text{kN})$
- 研制轻质化刮板，抗拉强度不小于 1000MPa ，与42CrMo材料相比，单刮板减重不小于 25kg





四

超大采高综放关键技术研究

四、超大采高综放关键技术

□ 大采高综采放顶煤开采技术优势

小采高放顶煤工艺存在问题

悬顶长



块度大



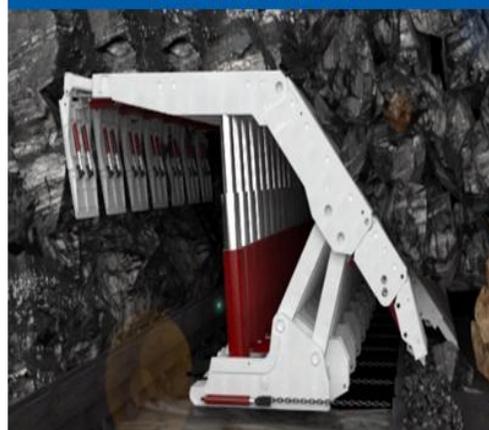
- 悬顶距长、放落块度大
- 顶煤放落性差、回采率低
- 含矸率高、放煤控制困难

超大采高放顶煤工艺的优势

超大采高



综放开采



- 资源回采率高、顶煤放落性好
- 放煤含矸率低、顶煤块度均匀
- 可适应榆神矿区10m以上特厚煤层

□ 煤层埋深较浅，未受地质构造影响，煤体的节理裂隙不发育，工作面顶煤块度大、难以放落，为提高资源回采率，围绕采放比例和成套装备开展超大采高放顶煤开采技术研究非常必要。

四、超大采高综放关键技术

□ 特厚硬煤层开采难题



来压剧烈



设备性能要求高



顶板控制难度大



回采率难提升

★**关键难题一：超大采高特厚硬煤工作面采放比例的确定没有理论支撑，过渡段区域无法放煤。**

★**关键难题二：当前大采高成套装备布局及结构不能满足全工作面放煤需求，回采率难提升。**

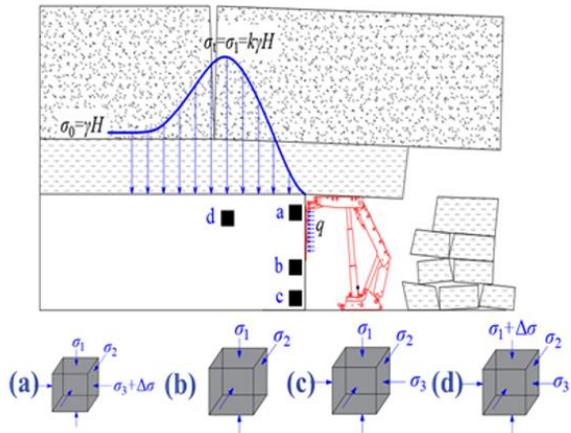
★**关键难题三：特厚硬煤综放工作面两端部过渡段区域顶煤放落性差，资源浪费严重。**

四、超大采高综放关键技术

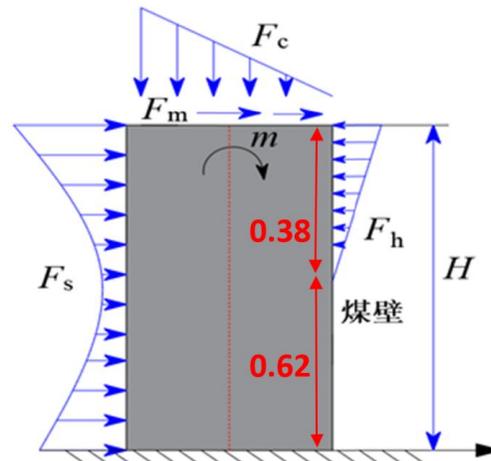
1 特厚硬煤采放高度“黄金分割”比例理论研究

从10米超大采高综采工作面片帮现象中获得的启示

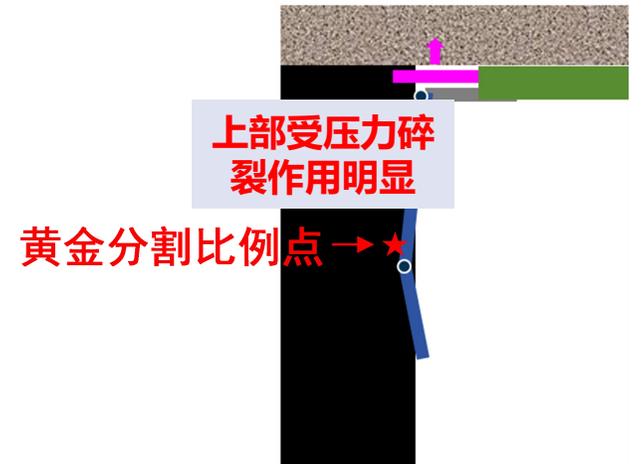
- 通过现场实测大量10米超大采高工作面煤壁片帮数据发现，工作面中部片帮现象严重，两端趋缓，煤壁片帮起点距离顶底板位置趋于黄金分割处（1: 0.62）起始。
- 从中获得特厚硬煤的煤体稳定性具有**采放比黄金分割**的启示。



超大采高工作面煤体单元受力分析



超大采高煤层承压破坏力学模型

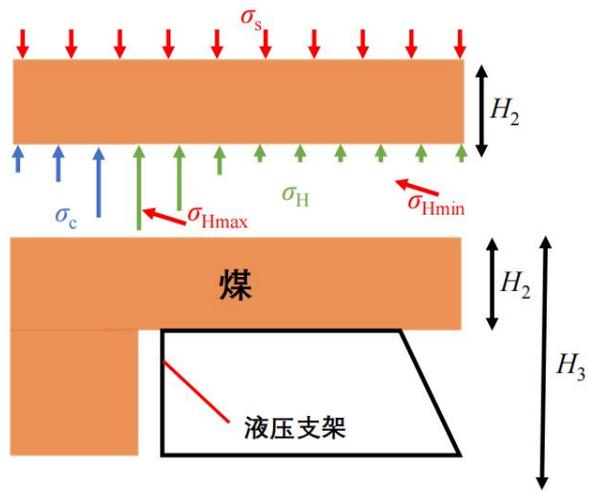


煤体碎裂高度比例

四、超大采高综放关键技术

1 特厚硬煤采放高度“黄金分割”比例理论研究

- 当采高与煤层厚度比值小于0.62时，根据Hoek-Brown强度准则，顶煤不容易垮落；
- 当采高与煤层厚度比值大于0.62时，根据Hoek-Brown强度准则，顶煤容易垮落。



顶煤受力模型及破坏状态分析

$$\sigma_y \sim -\lambda \frac{\sigma_s}{(1-\varphi)^2 \varphi}$$

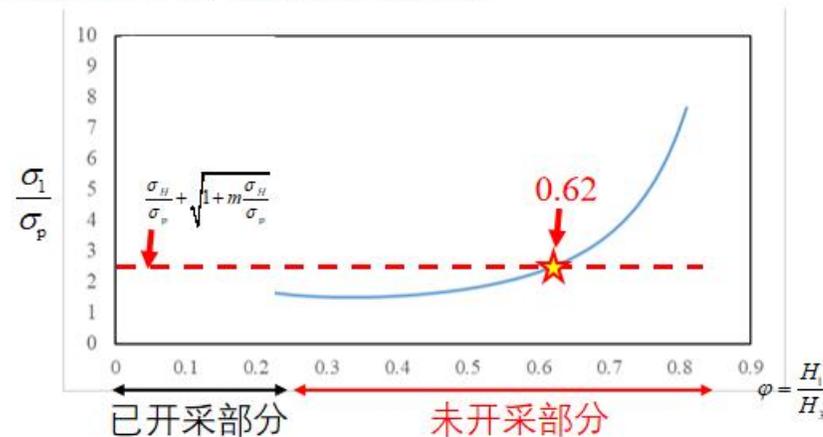
$$\sigma_x \sim -\lambda \frac{\sigma_s}{(1-\varphi)^2 \varphi}$$

$$\varphi = \frac{H_1}{H_3} \quad \text{机采高度与煤厚之比}$$

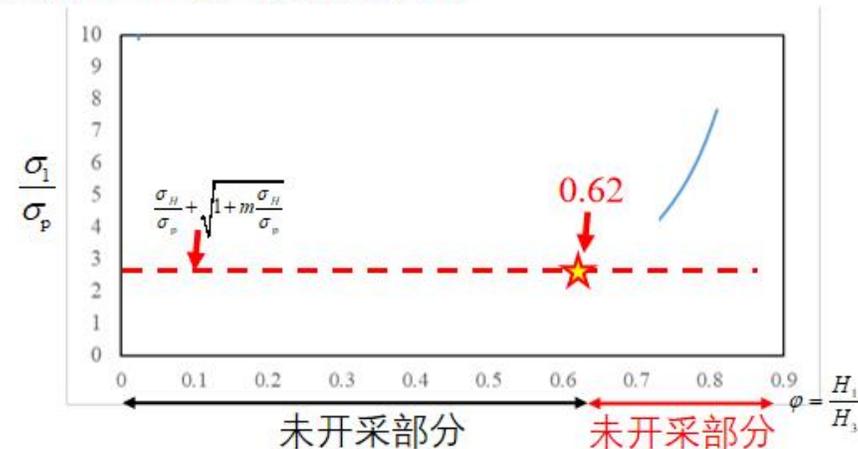
$$\left\{ \begin{aligned} \lambda \frac{\sigma_s}{\sigma_p} \left[\varphi(1-\varphi)^2 \right]^{-1} &> \frac{\sigma_H}{\sigma_p} + \sqrt{1+m} \frac{\sigma_H}{\sigma_p} \\ \frac{1-4\varphi+3\varphi^3}{\left[\varphi(1-\varphi)^2 \right]^2} &> 0 \end{aligned} \right.$$

破坏准则

采煤高度 $< 0.62H_1$ ，顶煤不容易垮落

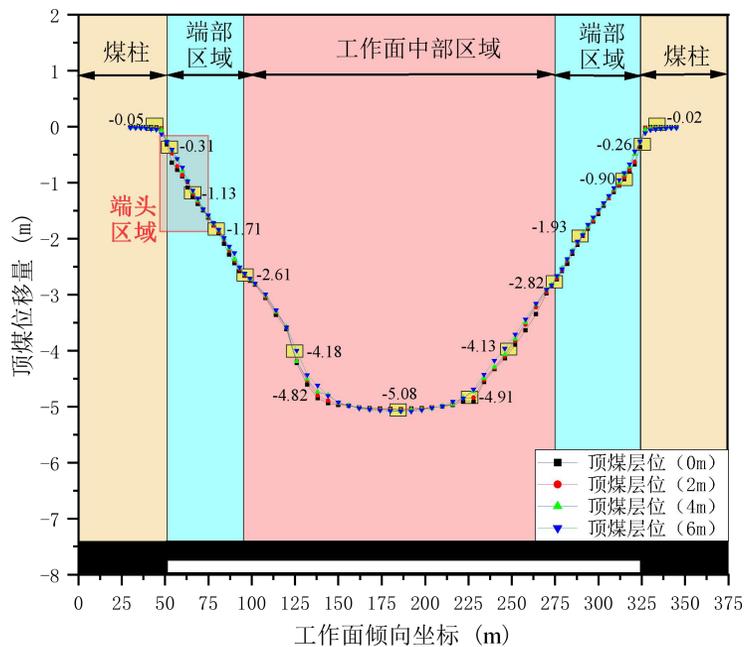


采煤高度 $> 0.62H_1$ ，顶煤容易垮落

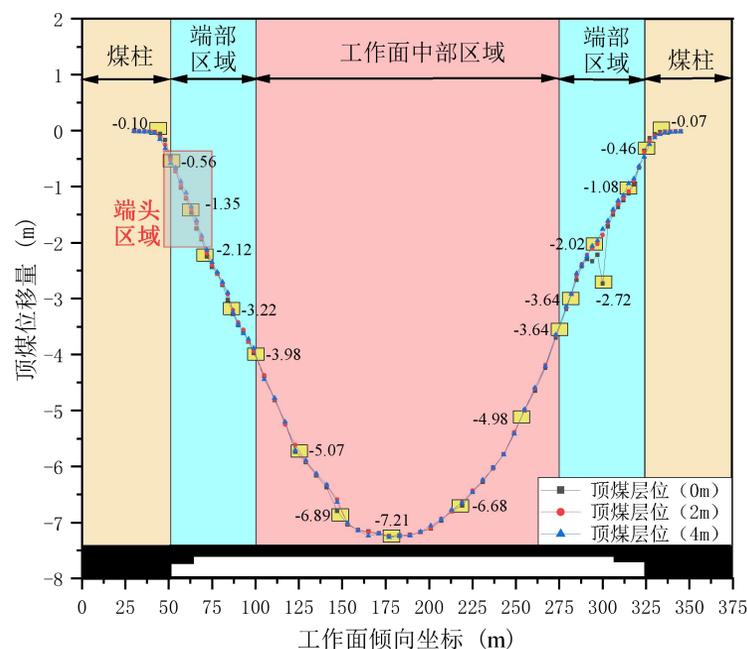


2 特厚硬煤大采高综放开采两端过渡段顶煤放落机理研究

➤ 采高增加对工作面顶煤放落性能影响研究



(a) 5m



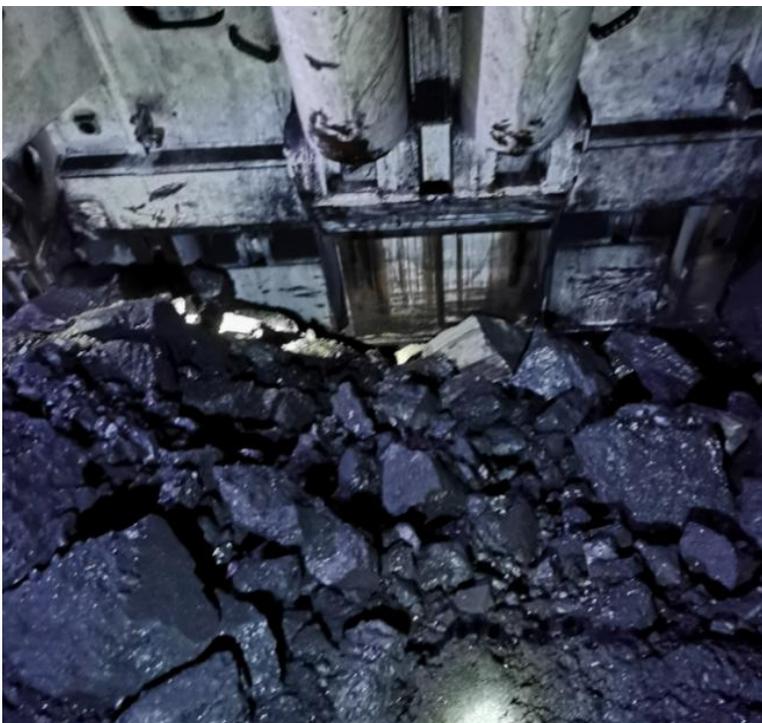
(b) 7.2m

不同采高工作面顶煤位移量比较

- 机采高度从5.0m提高到7.2m，工作面中部、端头顶煤位移量分别增加41.9%、25.8%。
- 机采高度从5.0m提高到7.2m，工作面端头顶煤塑性区增加约20%，塑性区由“渐进压剪破坏”转为“整体剪切破坏”，内摩擦角降低5°~8°，端头煤体自稳能力有所降低。

2 特厚硬煤大采高综放开采两端过渡段顶煤放落机理研究

➤ 3115工作面过渡段放煤状态



机尾过渡支架放煤状态

(放煤顺畅，块度适中，可顺利运出)



机头过渡支架放煤状态

(放煤顺畅，块度稍大，偶尔需要破碎)

□超大采高综放工作面，**顶煤放落效果有明显提升**，工作面两端部过渡段实现了顶煤的放落。

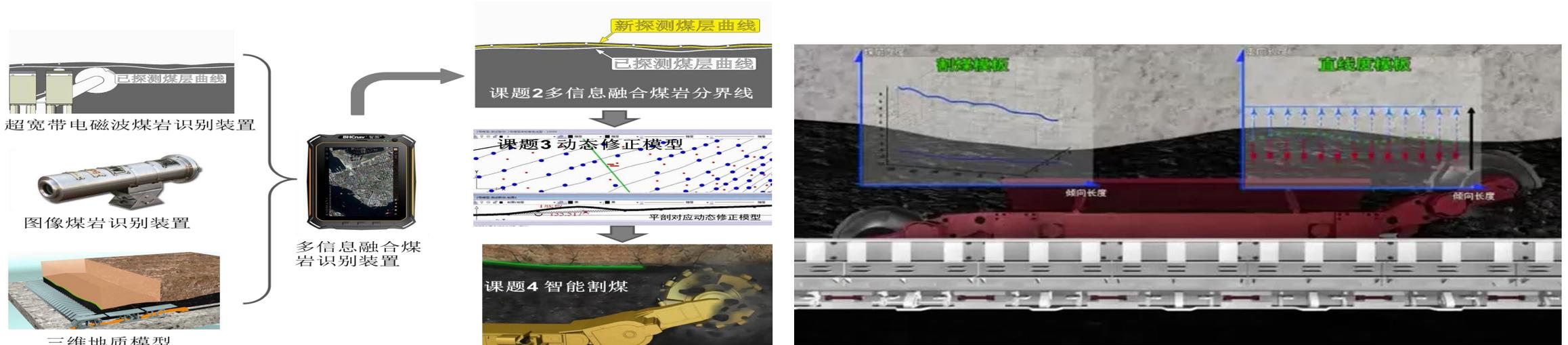
□顶煤冒放状态显著提高，**两端部过渡段大块煤比例大幅降低**，实现了两端部过渡段放落顶煤后顺利运出的目标。

四、超大采高综放关键技术

3. 煤岩识别技术的认识

为实现工作面智能调高（智能放煤），学者纷纷研究煤岩（界面）识别技术。形成了包括超宽带电磁波煤岩识别，视频图像煤岩识别，太赫兹煤岩识别，基于振动，声音、红外、雷达、视频等等的煤岩识别技术。

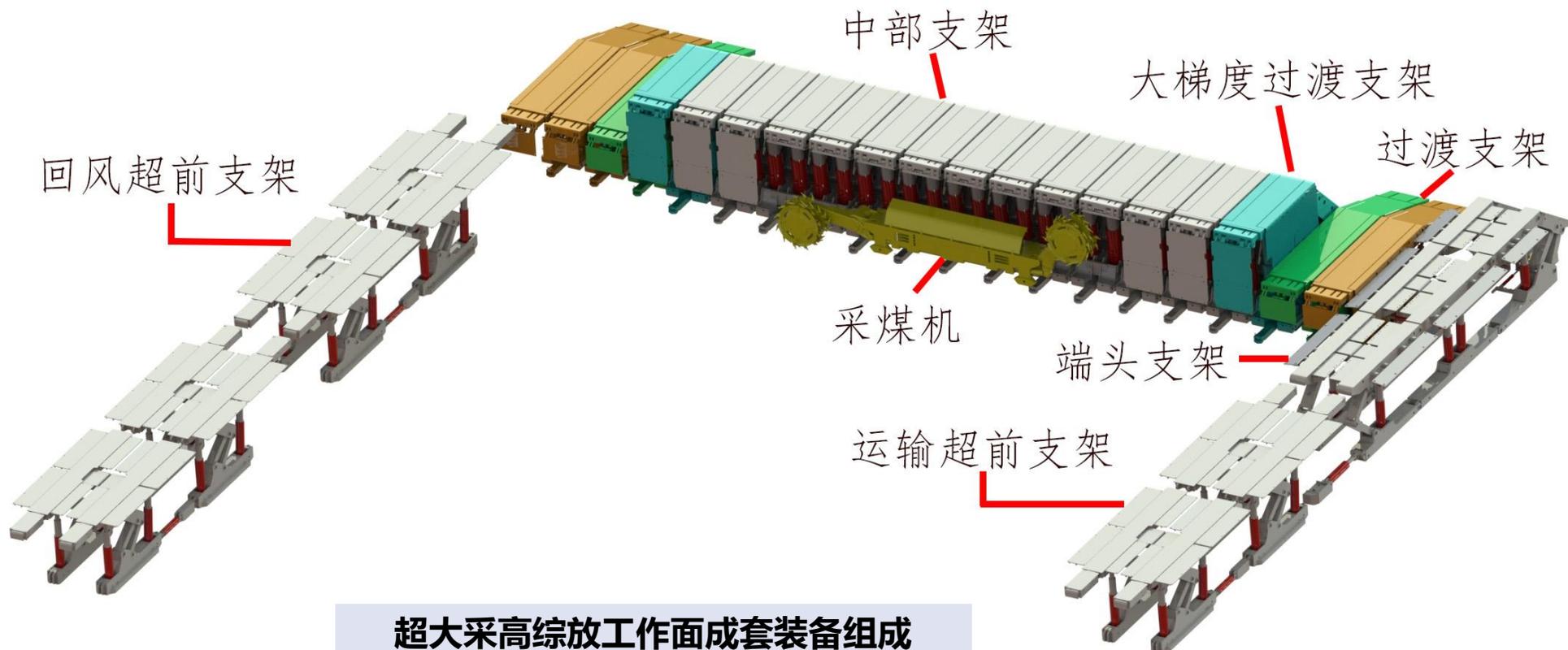
上述技术实际使用效果较差，且识别后随意调节滚筒高度不符合工作面“三平一直”要求，煤岩界面识别技术在生产控制过程中**无实际工程意义**。



四、超大采高综放关键技术

4. 7.2m超大采高综放工作面智能开采系统集成配套

应用7.2m超大采高放顶煤液压支架、大功率永磁半直驱后部刮板输送机、工作面端头破网和快速破顶系统，全工作面放煤的特殊配套布局，实现了特厚硬煤超大采高放顶煤工作面的全工作面放煤。



超大采高综放工作面成套装备组成

四、超大采高综放关键技术

5. 超大采高放顶煤工作面高可靠性装备研发

- 研发**世界首套**7.2m超大采高综放液压支架（**ZFY28000/36/72D**），中心距**2.4m**，支护强度**1.75~1.85MPa**，工作阻力为**28000kN**，配置**大放煤窗口**，提升顶煤放落性；进一步提升支架稳定性、降低支架数量、提升工作面跟机移架速度。
- 本套两柱掩护式放顶煤液压支架中心距、工作阻力、采高、放煤窗口尺寸均为**当前放顶煤液压支架最大参数**。



ZFY28000/36/72D型中部液压支架



中国煤炭科工集团
开采研究院有限公司
CCTEG COAL MINING RESEARCH INSTITUTE

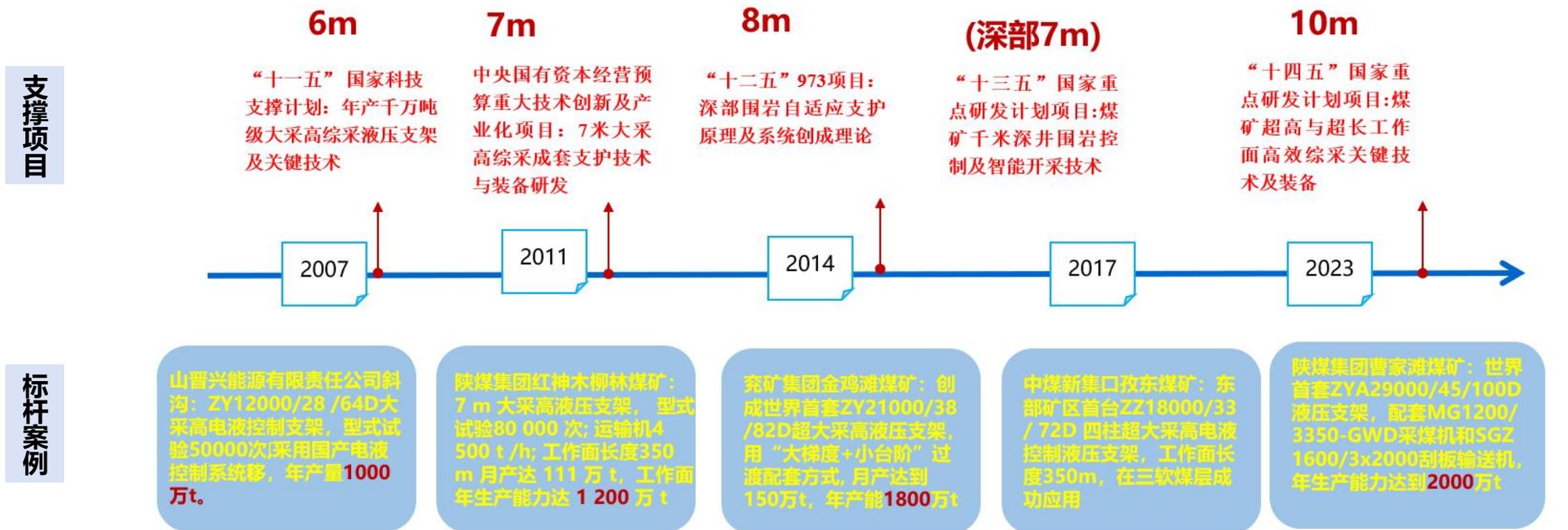
五

超大空间工作面智能开采工程实践

五、超大空间工作面智能开采工程实践

■ 超大采高工作面—大采高工作面人—机—环智能耦合高效综采

➤ 成功开展了6m以上超大采高综采在内的一批重大实践，取得了包括超大采高液压支架等在内的标志性成果，在山西斜沟煤矿，陕西红柳林、金鸡滩和曹家滩煤矿等矿井应用，引领了特厚煤层开采及高端装备的发展方向。



五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例一：口孜东煤矿深部三软煤层7.2m超大采高

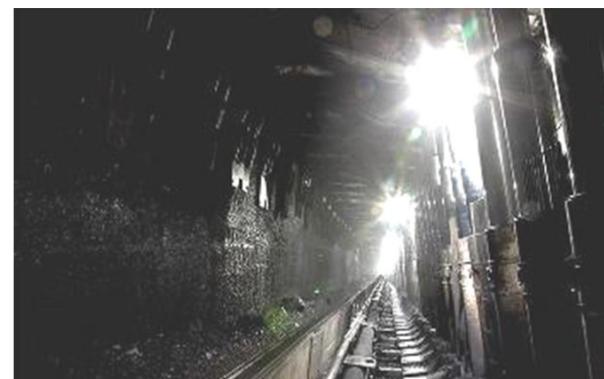
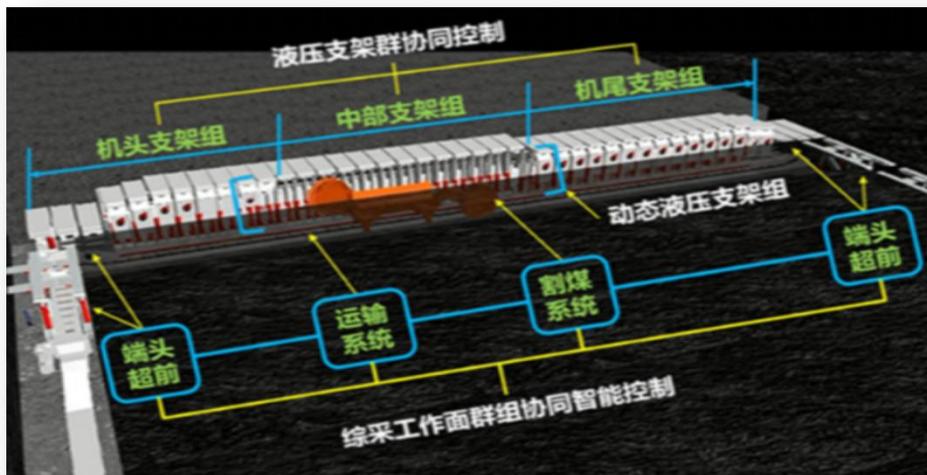
- 口孜东煤矿140502工作面，煤层平均厚度6.56m，埋深超1000m，工作面长度350m。采煤工效提升了**38.28%**，大幅提高矿井安全生产水平实现淮南地区千米深井“三软”煤层6m大采高工作面安全稳定高效的连续开采
- 项目**获得中国煤炭工业协会一等奖**
 - 口东部矿区首次选用 ZZ18000/33/ 72D四柱超大采高电液控制液压支架
 - 口首次采全高四柱采用前大后小布置模式，前柱缸径400mm、后缸径柱320mm
 - 口顶梁设计1m大行程伸缩梁机构、3.6m三级护帮机构；配套中心距1.75m



六、超大空间工作面智能开采工程实践

案例二：金鸡滩8.2m超大采高工作面

- 金鸡滩煤矿2⁻²上煤层赋存地质条件简单，108工作面2⁻²上煤层厚度5.5~8.4m，走向长5538m，倾斜宽300m。配置装备如下：2016年10~12月连续三个月的工业试验，月产达到150万吨以上，日产5.7万吨，与原开采方法相比，资源回采率提高30%以上。
- 项目获得中国煤炭工业协会一等奖
 - 研发大缸径抗冲击双伸缩立柱、三级协动护帮新结构，提高了超大采高液压支架对围岩的适应性
 - 研制大运量变频控制刮板输送机，解决工作面瞬间煤量大、片帮煤易压死刮板输送机等问题。
 - 设计采用“大梯度+小台阶”过渡配套方式，解决了端头煤损失问题



液压支架型号: ZY21000 /38 /82D
采煤机型号: 7LS8
刮板输送机型号: SGZ1400 /3 × 1600

五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例三：曹家滩煤矿10m超大采高工作面

- 曹家滩煤矿122104工作面位于12盘区，，南侧为122106采空区；工作面煤层埋深平均318m，平均煤厚约10m，工作面长300m，推进长度5977m，可采储量约23.5Mt。

项目获得**中国煤炭工业协会特等奖**

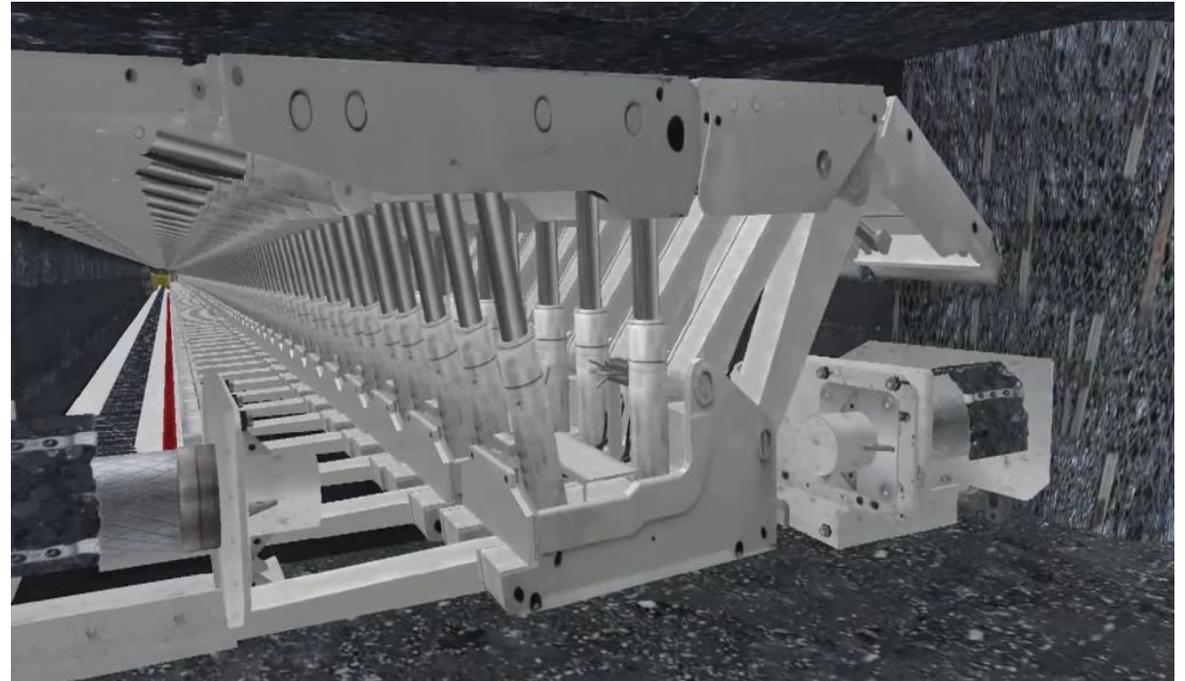
创新开发了适应10m特厚煤层一次采全高综采
全国产化成套开采装备



五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例四：塔山20m特厚煤层综放

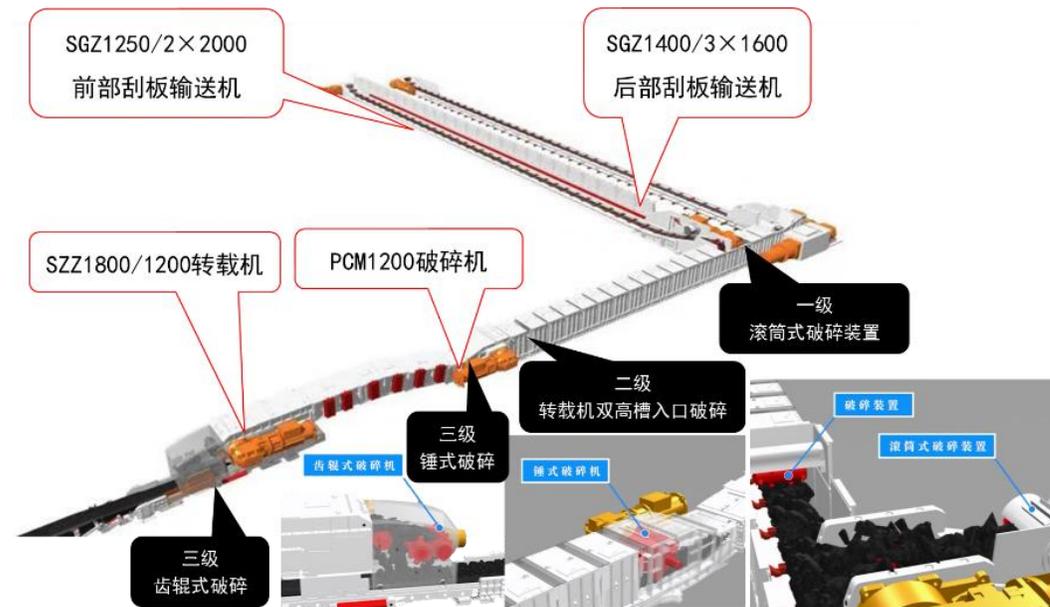
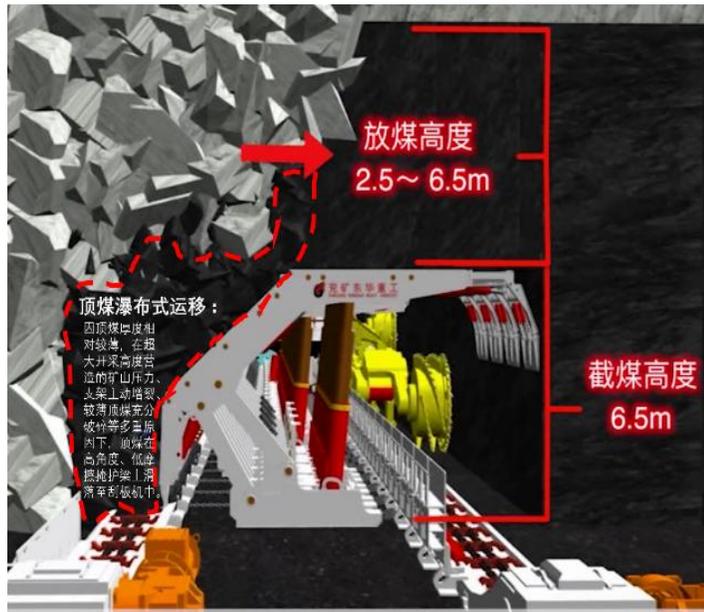
- 研发了**5.2m大采高综放液压支架与成套技术装备**。解决了塔山煤矿20m特厚煤层综放工作面超大空间、超高煤壁、超厚顶煤开采技术难题
- 项目获得**国家科学技术进步一等奖**



五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例五：西部坚硬煤层超大采高综放技术

- 以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特厚硬煤层的高效开采，在12-2上117工作面（工作面长度300m，推进长度5093m，平均煤厚9.6）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。在曹家滩等临近矿井应用。
- 项目获得**中国煤炭工业协会一等奖**



五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例六：目前世界最大综放神树畔7.2m超大采高综放全工作面放煤

➤ 针对神树畔地质条件，确定采用7.2m超大采高放顶煤开采方式，工作面回收率大幅提高。

鉴定委员会名单

序号	鉴定会职务	姓名	工作单位	职务/职称	签名
1	主任委员	刘峰	中国煤炭工业协会	副会长/研究员	刘峰
2	副主任委员	王双明	中国工程院	院士	王双明
3	副主任委员	葛世荣	中国工程院	院士	葛世荣
4	委员	康红普	中国工程院	院士	康红普
5	委员	吴爱祥	中国工程院	院士	吴爱祥
6	委员	乔建永	北京邮电大学	教授	乔建永
7	委员	师文林	潞安化工集团有限公司	教授	师文林
8	委员	刘建功	河北工程大学	教授	刘建功
9	委员	何敬德	中国煤炭学会机电专委会	主任/教授级高工	何敬德
10	委员	王家臣	中国矿业大学(北京)	教授	王家臣
11	委员	赵廷钊	河南能源集团有限公司	教授级高工	赵廷钊
12	委员	孟国营	北京中矿赛力贝特节能科技有限公司	教授	孟国营
13	委员	唐德茂	中国中煤能源集团有限公司	教授	唐德茂
14	委员	张建明	中国煤炭学会	副理事长/教授级高工	张建明



五、超大空间工作面智能开采工程实践

■ 案例七：超长工作面小保当2~3m中厚煤层450m超长工作面

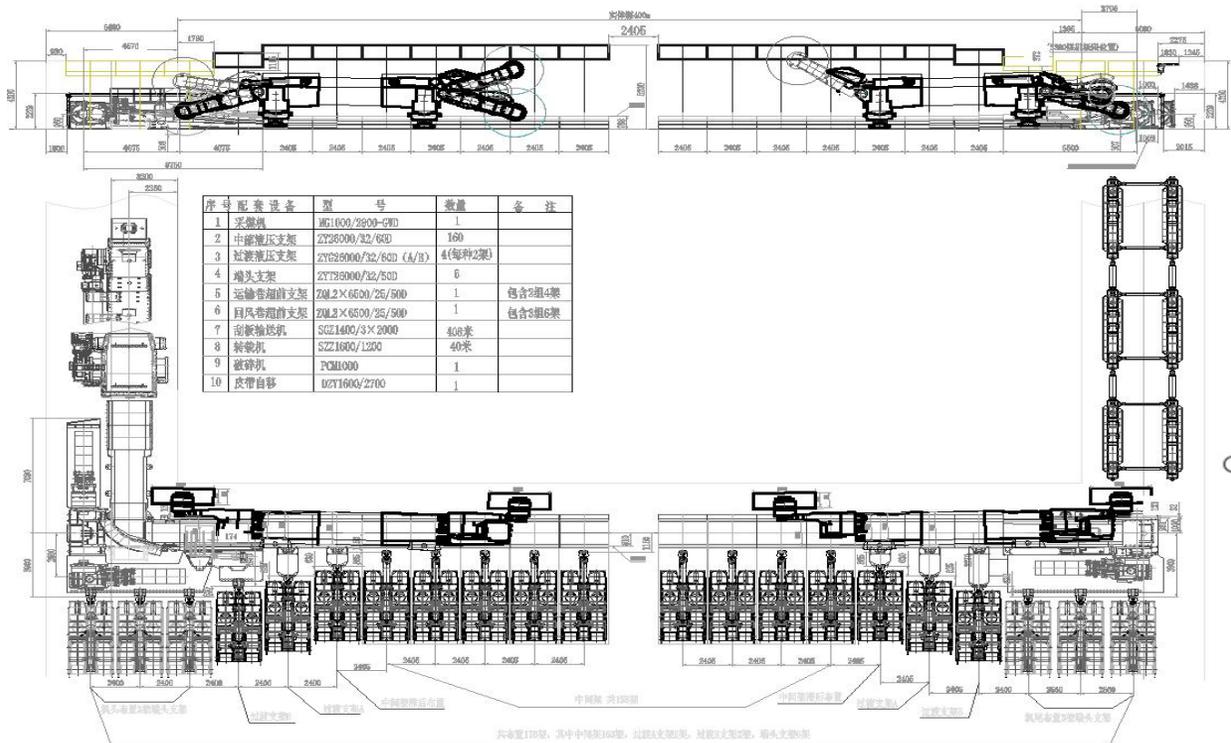
- 小保当二号煤矿超长工作面2-2上煤层，可采煤层厚度为1.7~3.6m，平均厚度2.55m
- 目前132202、132203工作面(均为450m超长工作面)已经回采完毕。1050mm大截深，重载截割速度15.6m/min，最高日产5.2万吨，最高月产115万吨，年产能突破了1300万吨。
- 项目获得陕西省科技进步奖一等奖，中国煤炭工业协会一等奖



五、超大空间工作面智能开采工程实践

■ 案例八：超长工作面可可盖5~6m厚煤层400m超长工作面

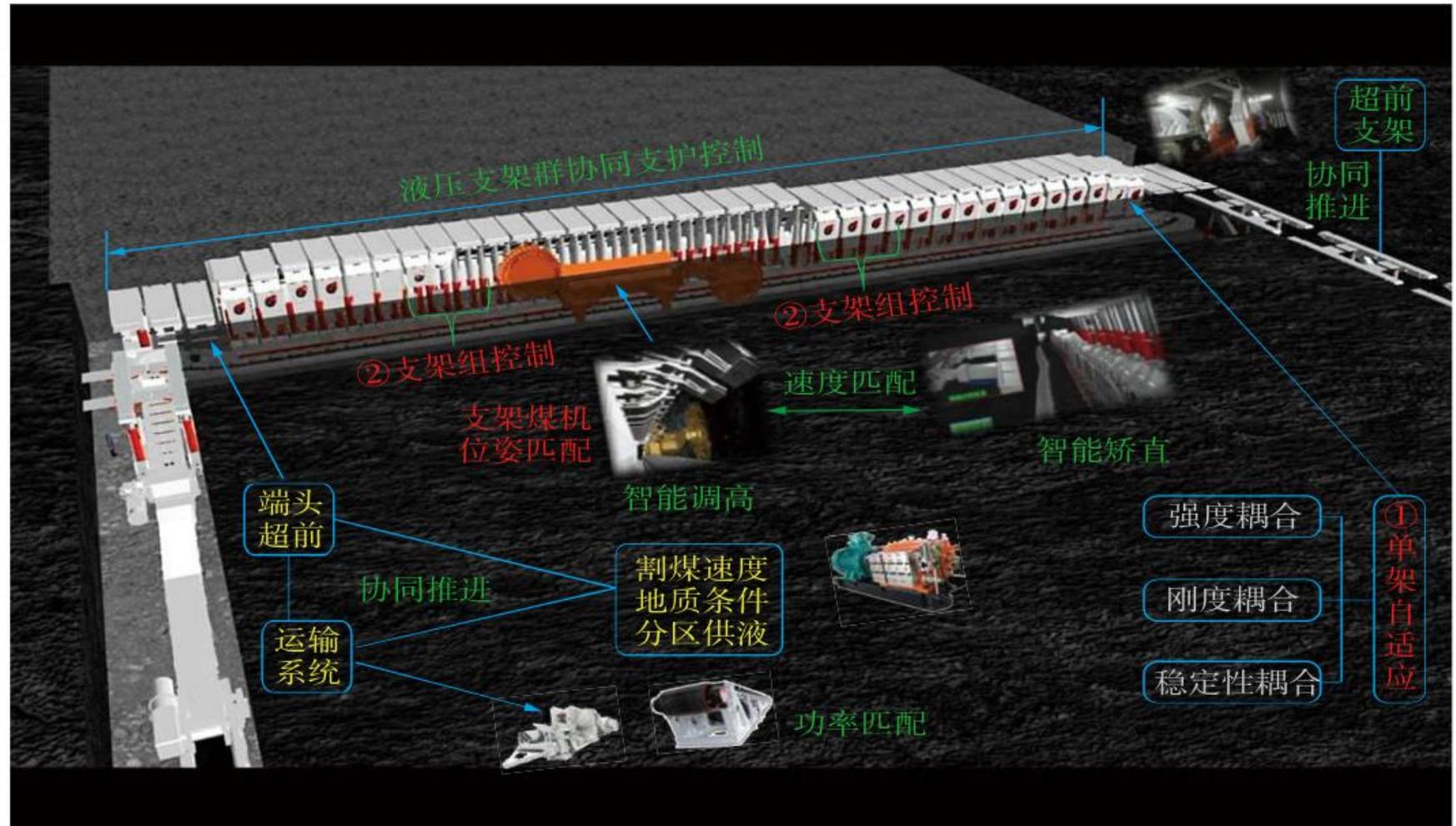
➤ 可可盖煤矿11盘区，工作面长度400m，推进长度2640~4622m，采煤机截深为865mm，单工作面实际年产量1300万t，考虑富裕量设备配套能力按1500万t/年。



五、超大空间工作面智能开采工程实践

案例九：华电煤业集团小纪汗煤矿500+m超长工作面智能化开采工程示范

通过围岩控制、设备协同等关键技术领域的突破，为煤炭行业500+m超长工作面提供全新的技术方案和实践支持，为国内超长工作面树立新的标杆。



敬请各位专家批评指正

谢谢!

