

“矿山安全科技进河南”

冲击危险巷道自适应抗冲击支护技术与装备及应用

汇报人：王爱文教授、博导 张建卓、肖永惠、于健洋

辽宁大学

煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山安全监察局重点实验室

灾害岩体力学研究所

2025年 5月 21 日

汇报提纲

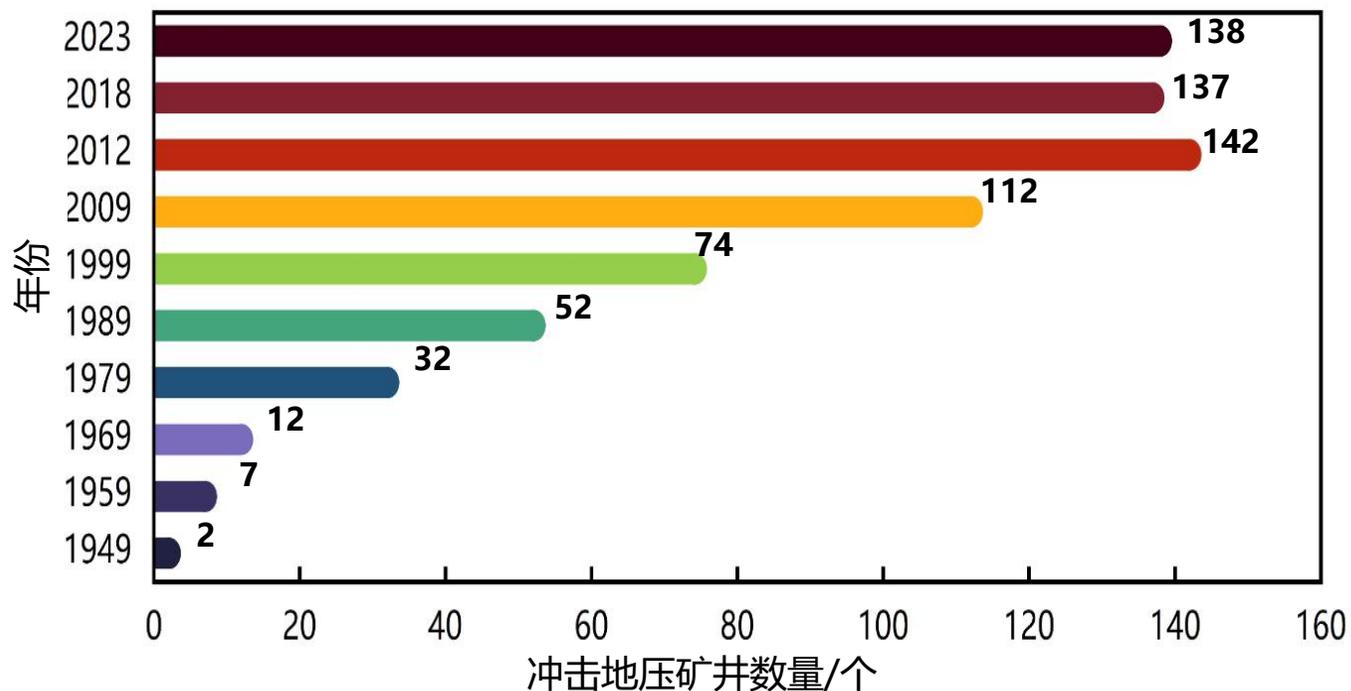
- 一、研究背景
- 二、冲击地压巷道自适应支护控制理论
- 三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料
- 四、工程应用情况

第一部分

研究背景

一、研究背景

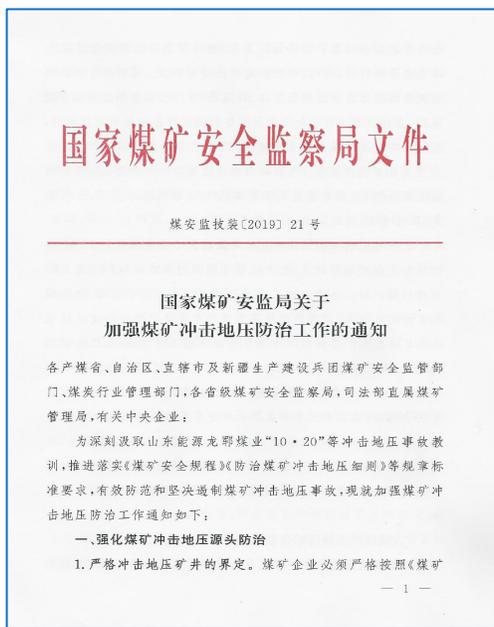
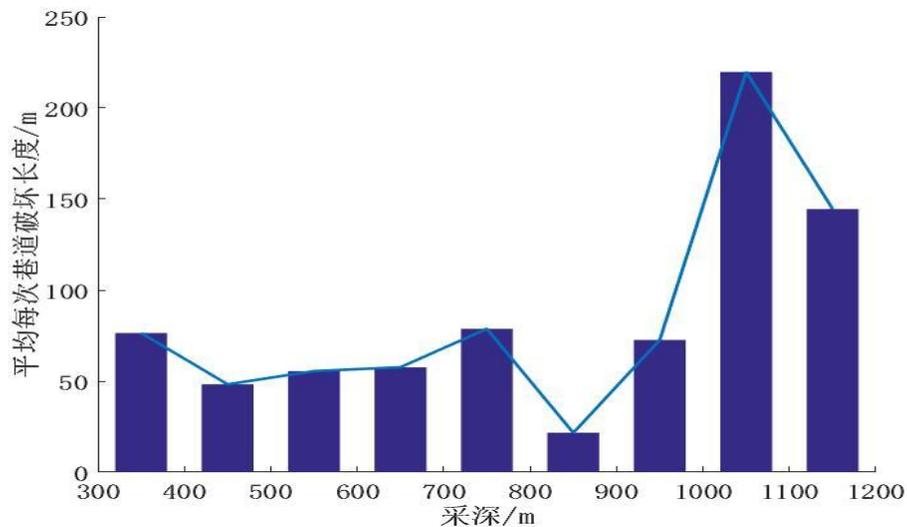
- 冲击地压是煤矿井下巷道或工作面周围煤岩体弹性能突然释放而产生的动力灾害，是煤矿安全的世界性难题。我国现有冲击地压矿井138处，分布在13个产煤省（自治区），涉及产能超过4亿吨/年。



党和国家领导人高度重视冲击地压防治工作，多次做出重要指示批示

一、研究背景

□ 研究发现**96%**以上的冲击地压事故都发生在巷道中，冲击地压造成巷道严重破坏，《防治煤矿冲击地压细则》《国家煤矿安监局关于加强煤矿冲击地压防治工作的通知》，均提出加强巷道支护。



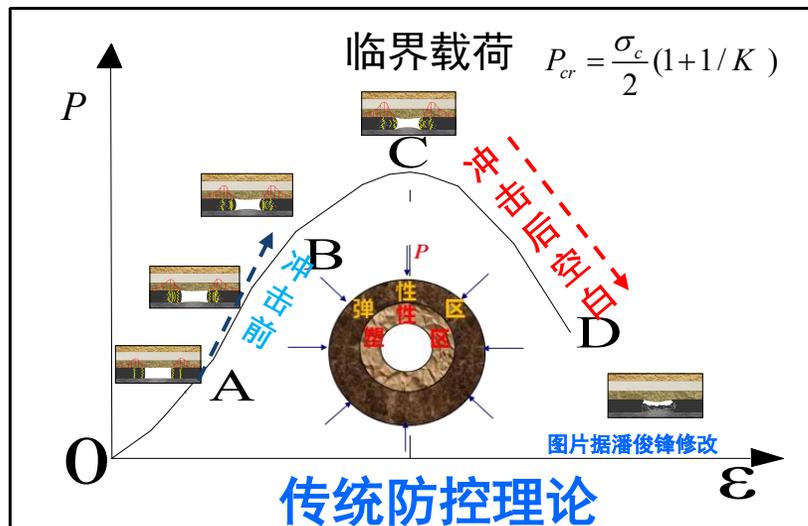
《煤矿安全生产标准化管理体系基本要求及评分方法（试行）》

2020年7月1日国家煤监局即将实施的《煤矿安全生产标准化管理体系基本要求及评分方法（试行）》中**首次提出“冲击地压矿井使用工作面端头支架、两巷超前支护液压支架和吸能装置”**，并作为煤矿采煤标准化评分项。

巷道抗冲支护技术与装备，是冲击地压防控的最后一公里，能够降低巷道冲击破坏程度、减少人员伤亡、保障矿井安全开采。

一、研究背景

巷道冲击地压防治现状。 深部冲击地压巷道动力破坏的本质在于：巷道支护围岩系统存在远场能量动力输入。现有防冲技术与装备聚焦冲击前控制冲击地压不发生，无法有效解决深部高应力与强扰动带来的高能量突然释放与快速吸收问题，冲击后巷道围岩及支护瞬间严重破坏。



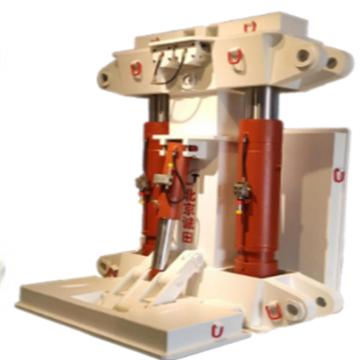
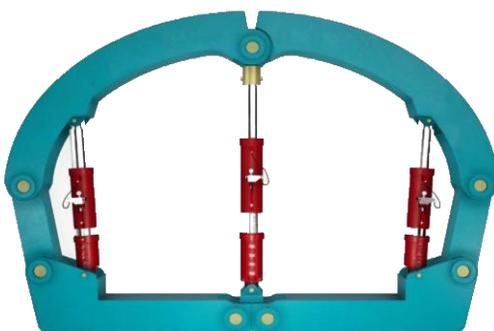
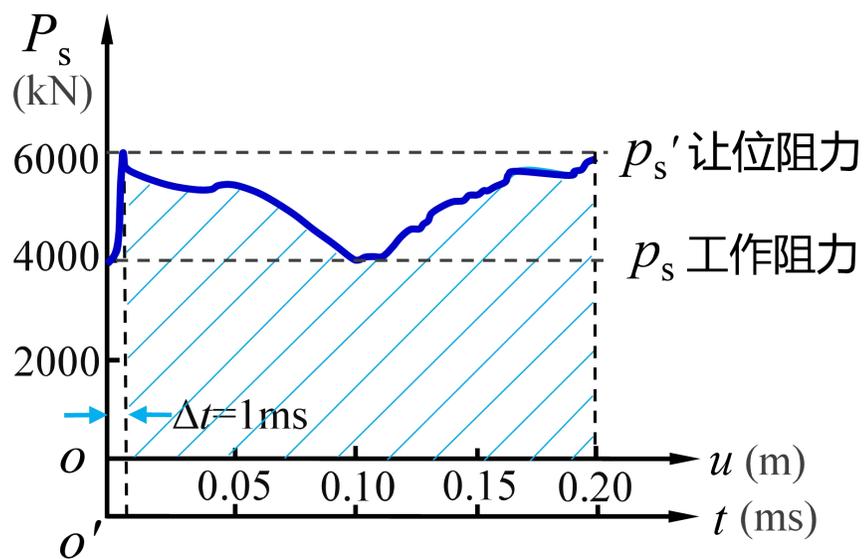
聚焦冲击前控制冲击地压不发生、不考虑支护作用及冲击后如何控制

关注近场围岩卸压、忽略远场动载能量输入
冲击后巷道变形严重

锚杆（索）失效破断
U型钢架可缩性不稳定
支架强力支护不吸能

一、研究背景

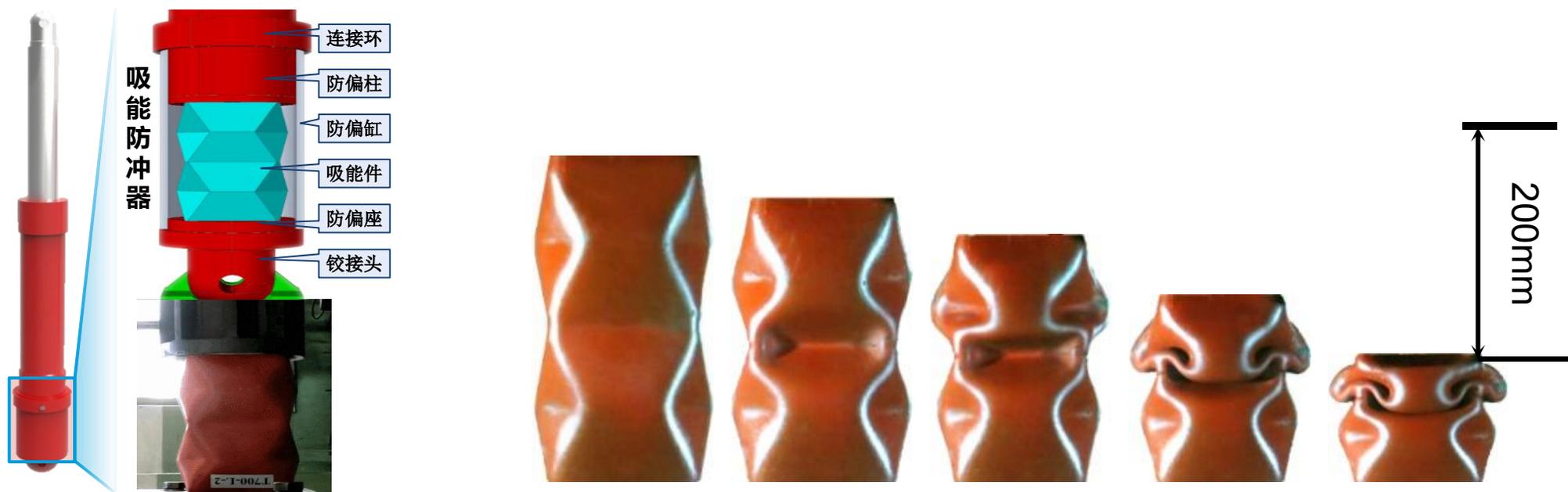
□ **存在问题：**国内外目前现有吸能液压支架整架支护阻力6000kN，但是强冲击条件下，液压支架泄压迟滞，没有很好做到自适应，难以及时、可控的让位（让压），造成**支架立柱弯折破坏、立柱爆缸、支架梁体部件破坏、支架整体结构破坏**等现象。



国内外目前广泛使用的防冲支架**架型选择、支架间距、支架布置范围的确定随意性大**，造成虽然用了防冲支架，但抗冲击支护能力不能适应不同的动载强度与冲击能量。

一、研究背景

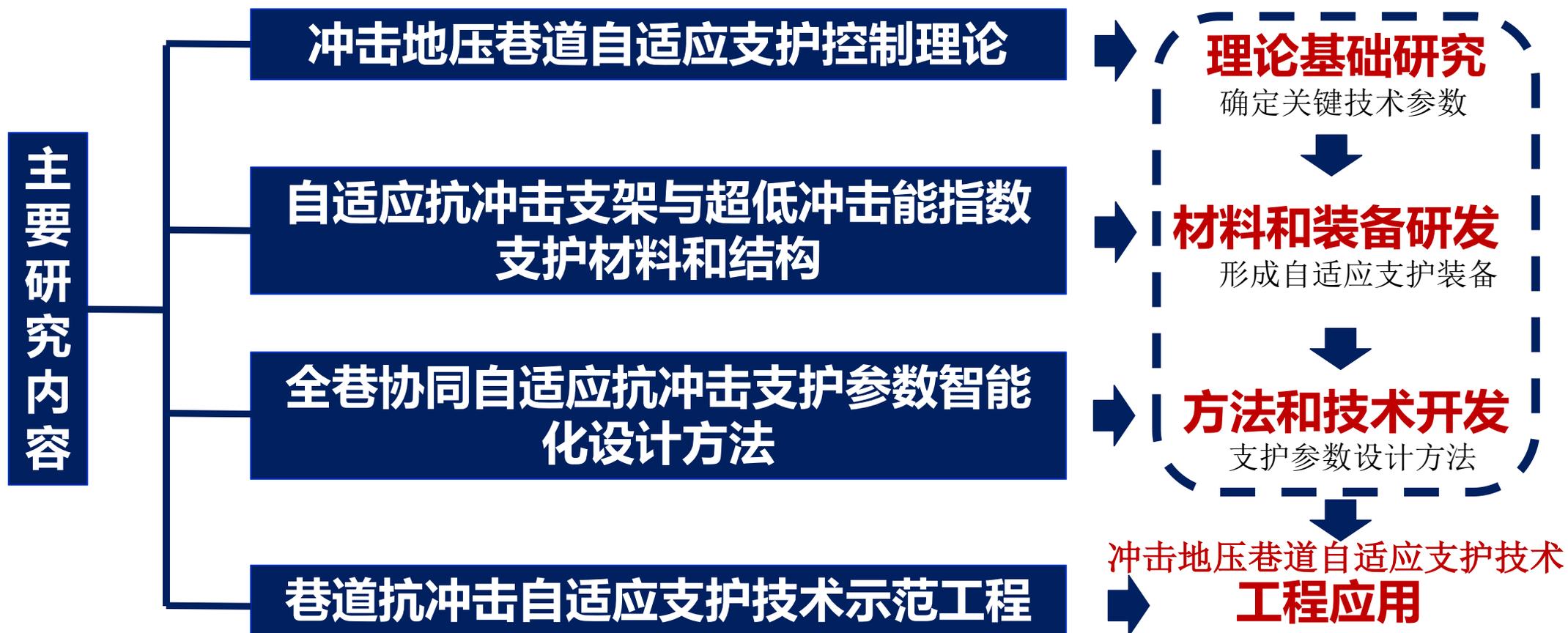
□ **存在问题：**国内外目前现有吸能防冲液压支架让位位移已经达到了200mm，在大能量条件下，吸能行程不够，无法自适应让位吸收冲击能量，最终造成巷道和支护破坏。



如何研发超低冲击能指数材料（让位位移 $\geq 300\text{mm}$ ），突破几何参量、材料性能、边界条件等难题，实现冲击发生瞬间支架与围岩冲击速度、冲击位移、冲击能量的自适应，需要理论和技术的突破。

一、研究背景

冲击危险巷道智能抗冲支护技术与装备及工程示范



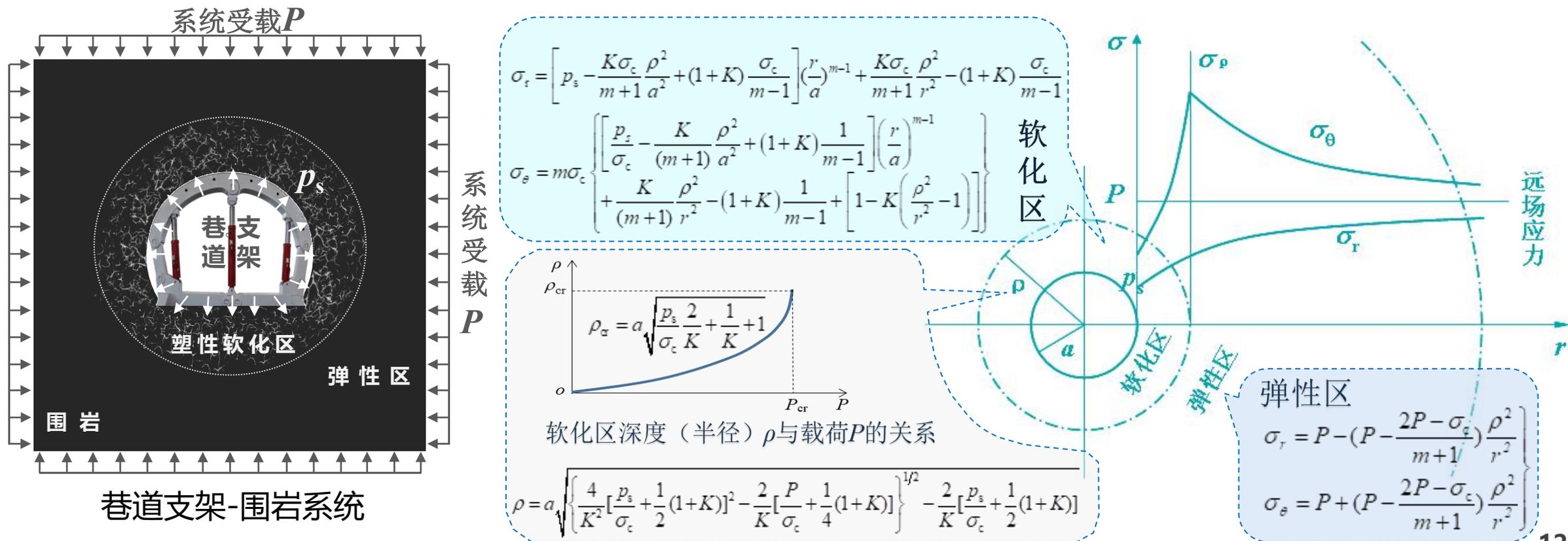
第二部分

冲击地压巷道自适应 支护控制理论

二、冲击地压巷道自适应支护控制理论

(1) 支护作用下巷道冲击地压从孕育到启动的演化规律

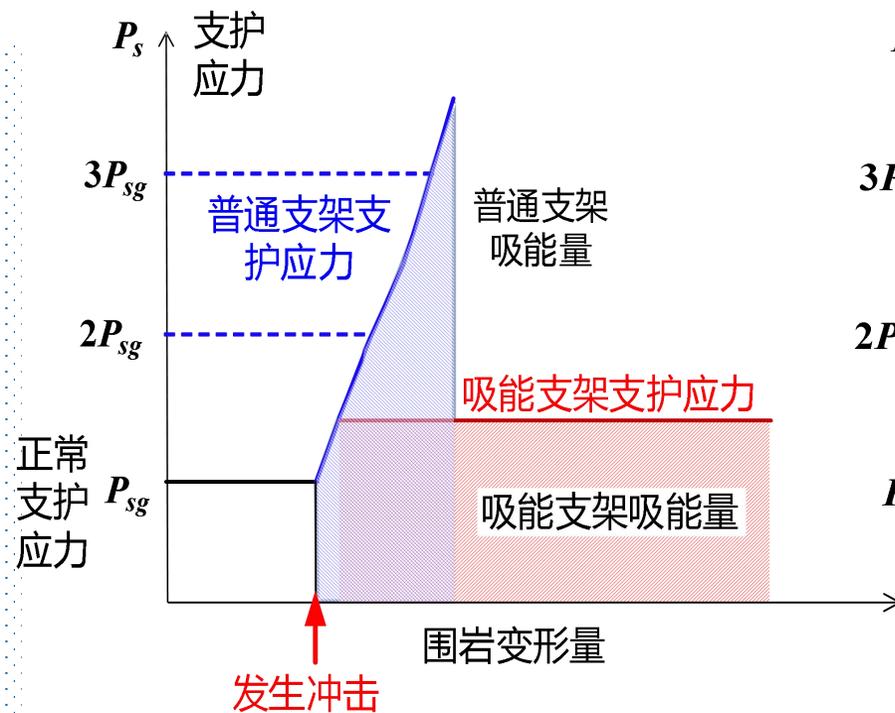
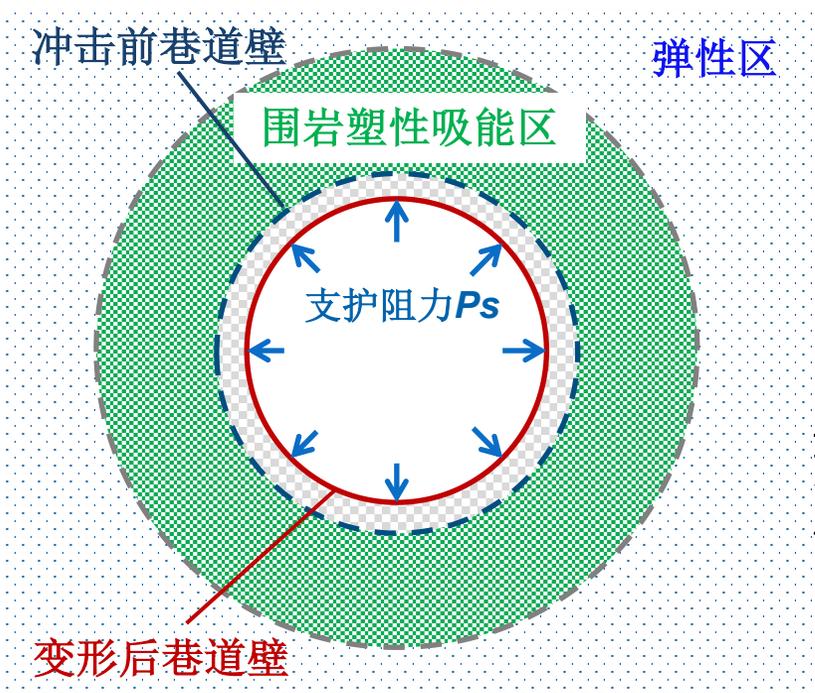
建立了圆形巷道支架-围岩系统几何模型，通过力学分析获得支护条件下巷道冲击地压从“孕育”到启动过程中围岩应力、变形及能量演化规律，给出失稳临界值。



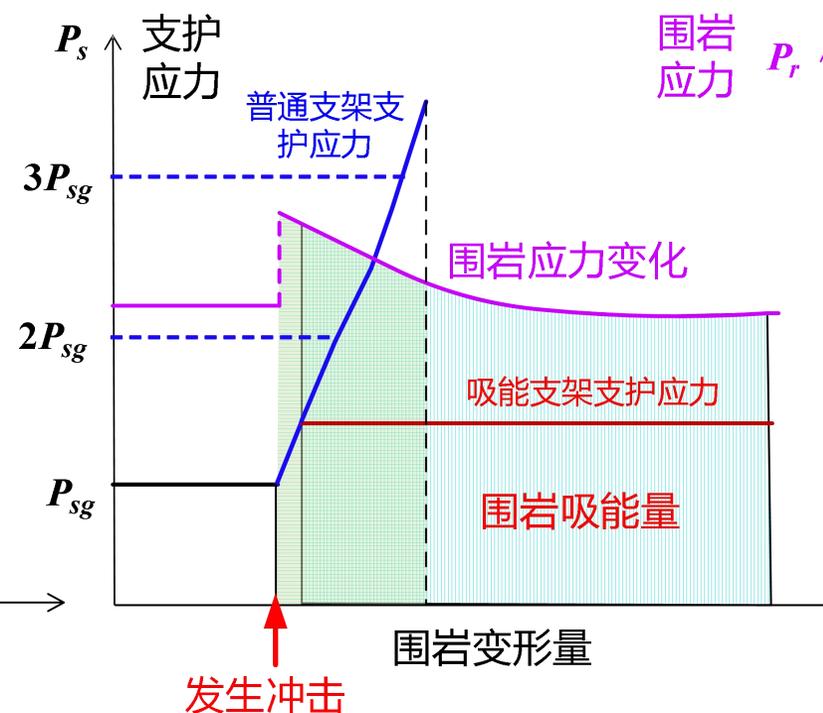
二、冲击地压巷道自适应支护控制理论

(2) 冲击启动后的围岩应力、支护应力及支架吸能的关系

普通支架限制围岩变形，通过弹性形变抵抗冲击能量，但需达到**3倍的支护阻力甚至更高而不破坏**，但吸能支架在**1.5倍工作阻力**时由吸能装置主动让位、吸收冲击能量，同时也发挥了围岩的吸能作用，实现**支架-围岩自适应协同防冲**。



冲击后巷道支护应力变化及吸能量



围岩应力变化及吸能量

二、冲击地压巷道自适应支护控制理论

(3) 提出自适应支架选型**6项**控制策略，确定冲击地压巷道自适应支架选型关键参数:自适应防冲支架参量包括让位阻力、让位吸能、让位位移、让位刚度、让位频率、让位速度六项，都是以保障巷道安全为前提进行设定的值。让位刚度为0、让位频率为0；让位速度需满足围岩快速变形要求10m/s；支架的让位阻力、吸能和位移值需依据**安全性系数**进行设计。

□ 支架支护应力控制策略

$$P_{cy} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{E}{\lambda} \right) (\sigma_c + 4p_{sy}) = \frac{\sigma_c}{2} \left(1 + \frac{E}{\lambda} \right) + 2 \left(1 + \frac{E}{\lambda} \right) p_{sy}$$

□ 支护让位位移控制策略

$$\frac{u_{acr}}{a} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{\sigma_c}{E} + \frac{\sigma_c}{\lambda} + \frac{2p_{scr}}{\lambda} \right)$$

□ 支架支护让位刚度控制策略

$$K_s = \frac{\pi a \sigma_c}{2} \left\{ \frac{\lambda}{E} \left(\frac{2E}{\sqrt{3}\sigma_c} \right) - \left[\frac{P}{\sigma_c} + \left(1 + \frac{\lambda}{E} \right) \right] \frac{2E}{\sqrt{3}\sigma_c} \left(\frac{2E}{\sqrt{3}\sigma_c} \frac{u}{a} \right)^{-2} \right\}$$

□ 支架支护固有频率控制策略

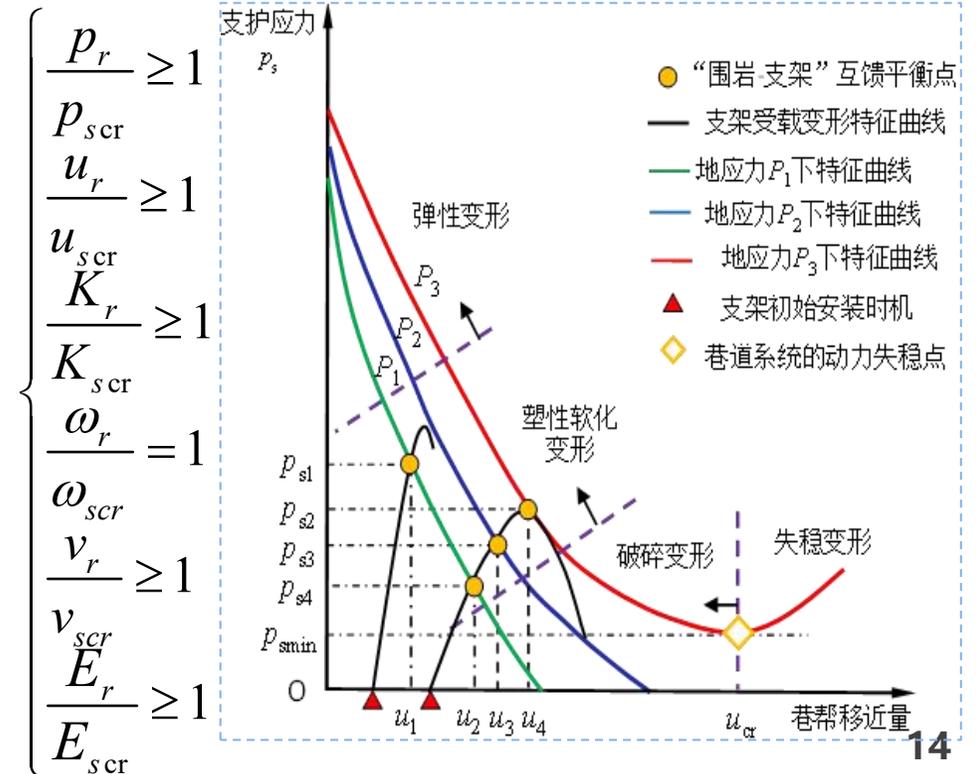
$$\omega_i = \sqrt{4 \frac{k_i}{m_i} \left(\sin \frac{l_i q_i}{2} \right)^2 - \left(\frac{c_i}{4m_i} \right)^2}$$

□ 支架支护让位速度控制策略

$$V_s = V_r = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

□ 支架支护吸收能量控制策略

$$(\Pi_y - \Pi_r) + \Pi_{sr} + \Pi_{sy} - \Pi_v > 0$$



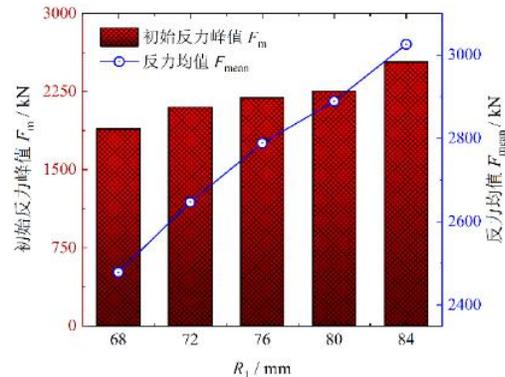
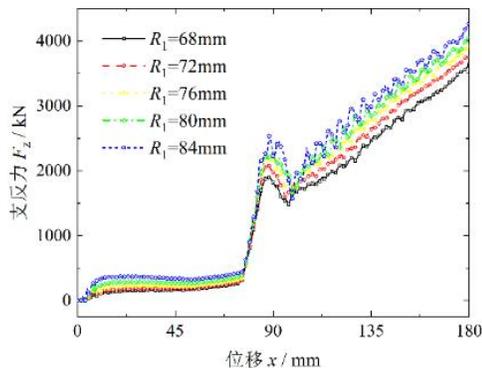
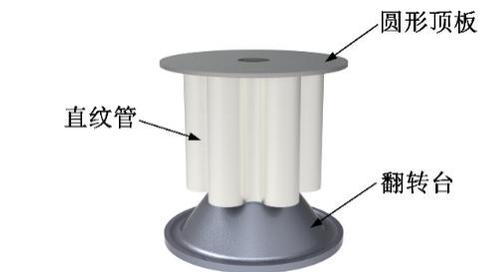
第三部分

自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

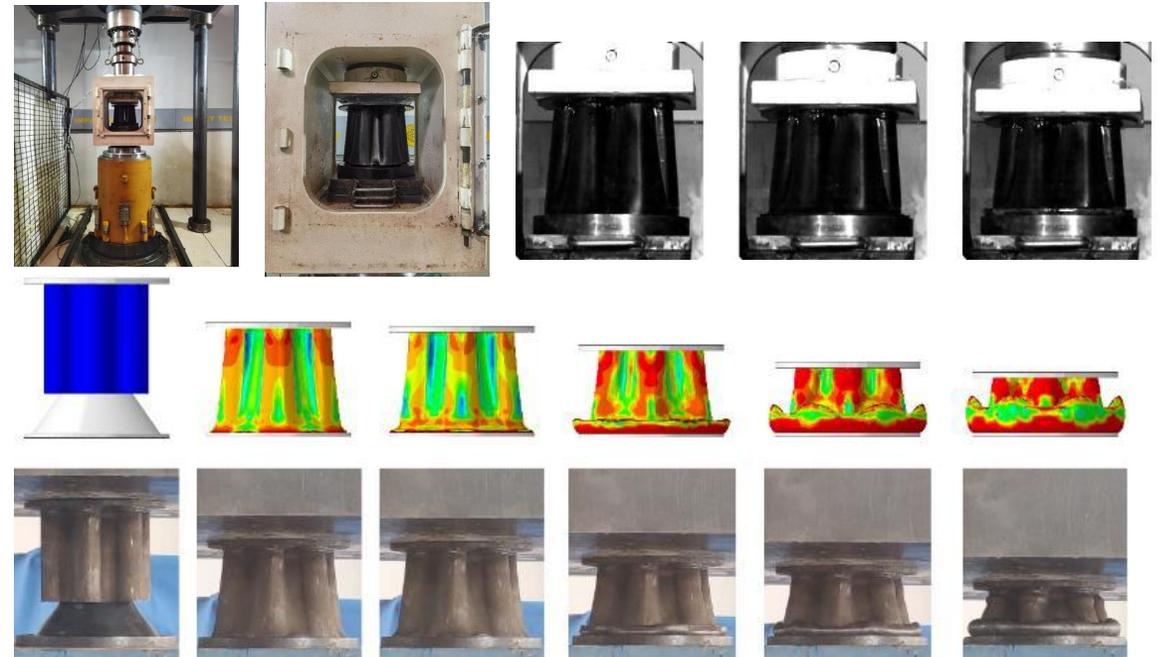
三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

➤ 超低冲击能指数支护材料—安装于支架立柱吸能行程230mm

直纹管超低冲击能指数支护材料：屈服载荷均值为 2688kN，吸能量随着冲击位移的增大而基本呈线性增大，均值为355kJ(按压缩量230mm计)，压缩全程冲击能指数均值为 0.12。一架支架安装3个吸能装置满足吸能量不低于 10^6 J。



指纹管结构支反力与位移对比分析

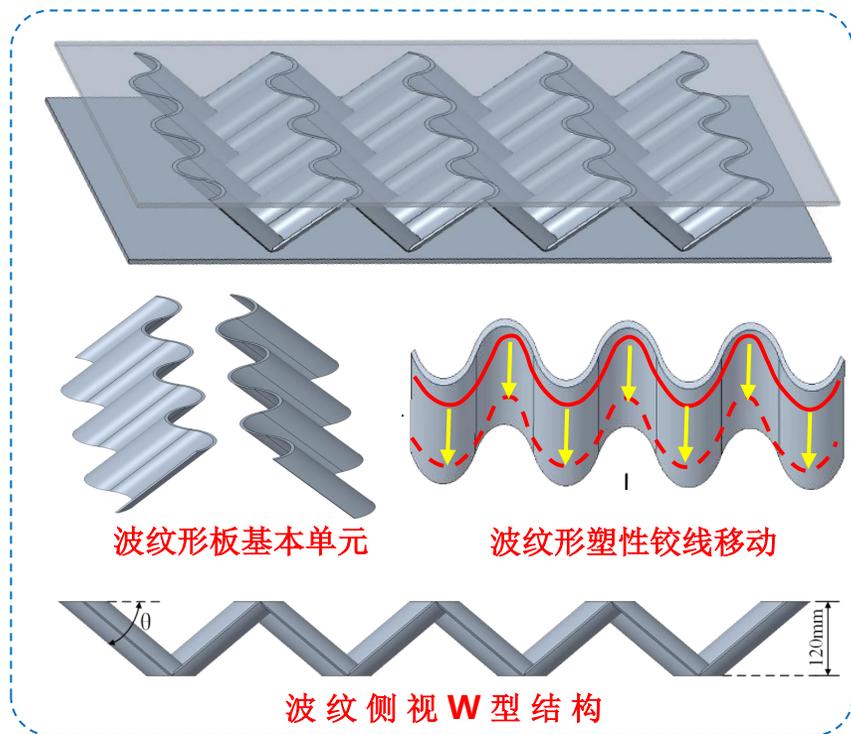


直纹管比例模型模拟试验对比

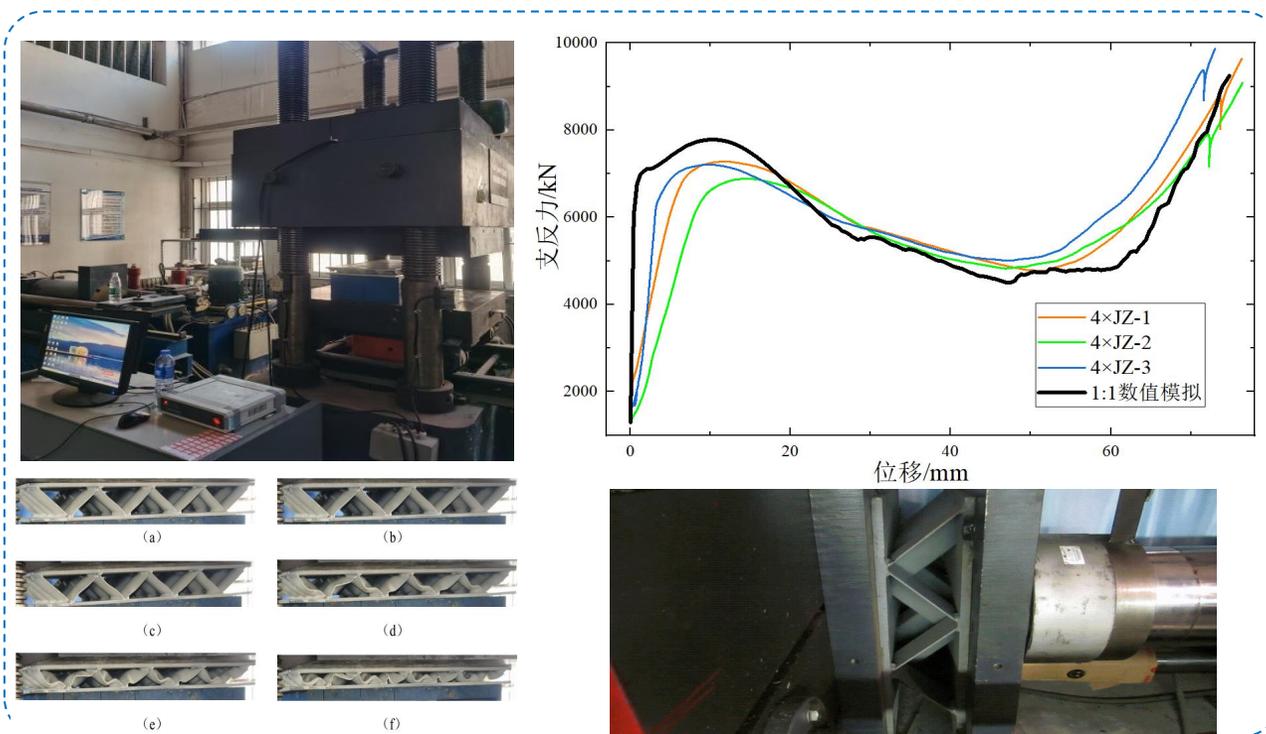
三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

➤ 超低冲击能指数支护材料二-安装于支架底梁-吸能行程70mm

波纹板夹层超低冲击能指数吸能构件：该装置能够利用波纹板诱导的模式实现可控的屈曲吸能，准静态压缩试验得波纹板吸能装置承载力均值**7000kN/m²**，吸能量均值**480kJ /m²**，冲击能指数均值为**0.02**。波纹板夹层吸能行程**70mm**+直纹管吸能行程**230mm**，满足让位位移**≥300mm**。



波纹板诱导式吸能装置构型



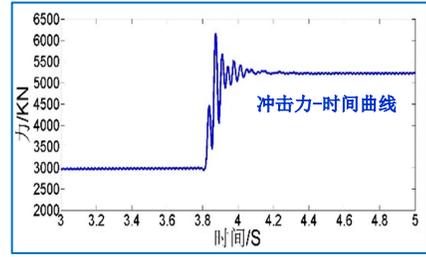
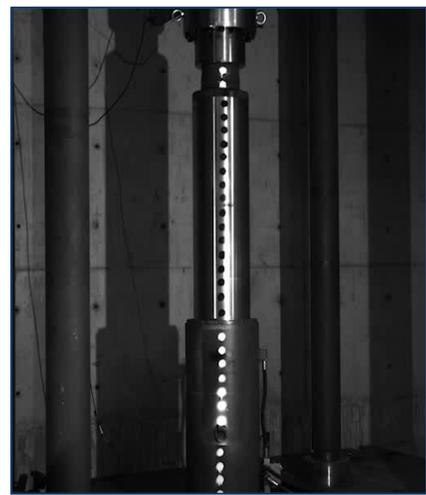
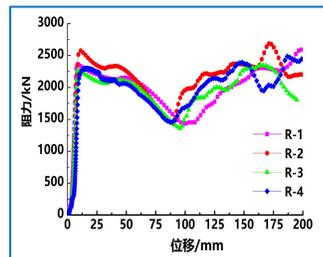
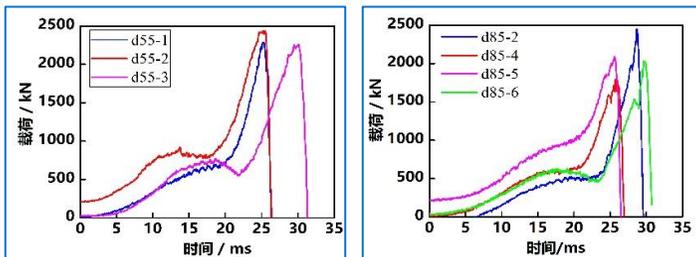
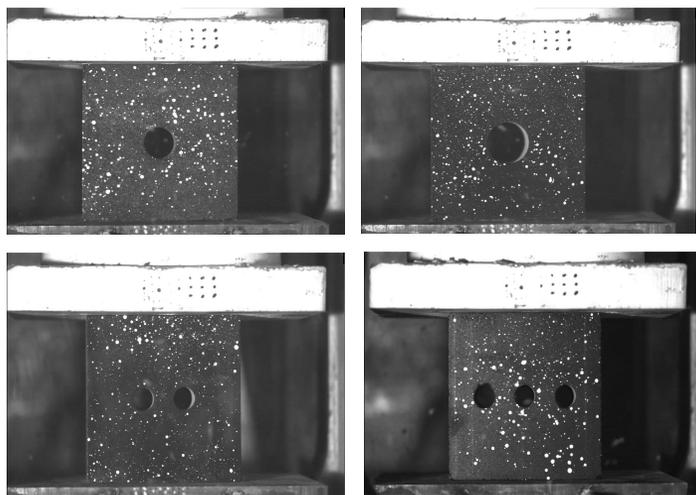
波纹板诱导式吸能装置准静态压缩试验

三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

- **6500kN液压冲击试验机**。发明6500kN液压冲击试验机，实现50ms内完成冲击能量4000kJ、冲击载荷6500kN加载。为防冲支架及围岩吸能设计奠定了基础



技术参数	本项目	国内	国外
冲击能量	4000kJ	80kJ	3kJ
冲击行程	0.8m	0.5m	0.3m
冲击速度	8m/s	19.8m/s	20m/s
冲击载荷	6500kN	32.6kN	10kN
加载方式	静-动	动载	动载
静动载转换时间	50ms	770ms	35ms



液压冲击试验机及技术先进性

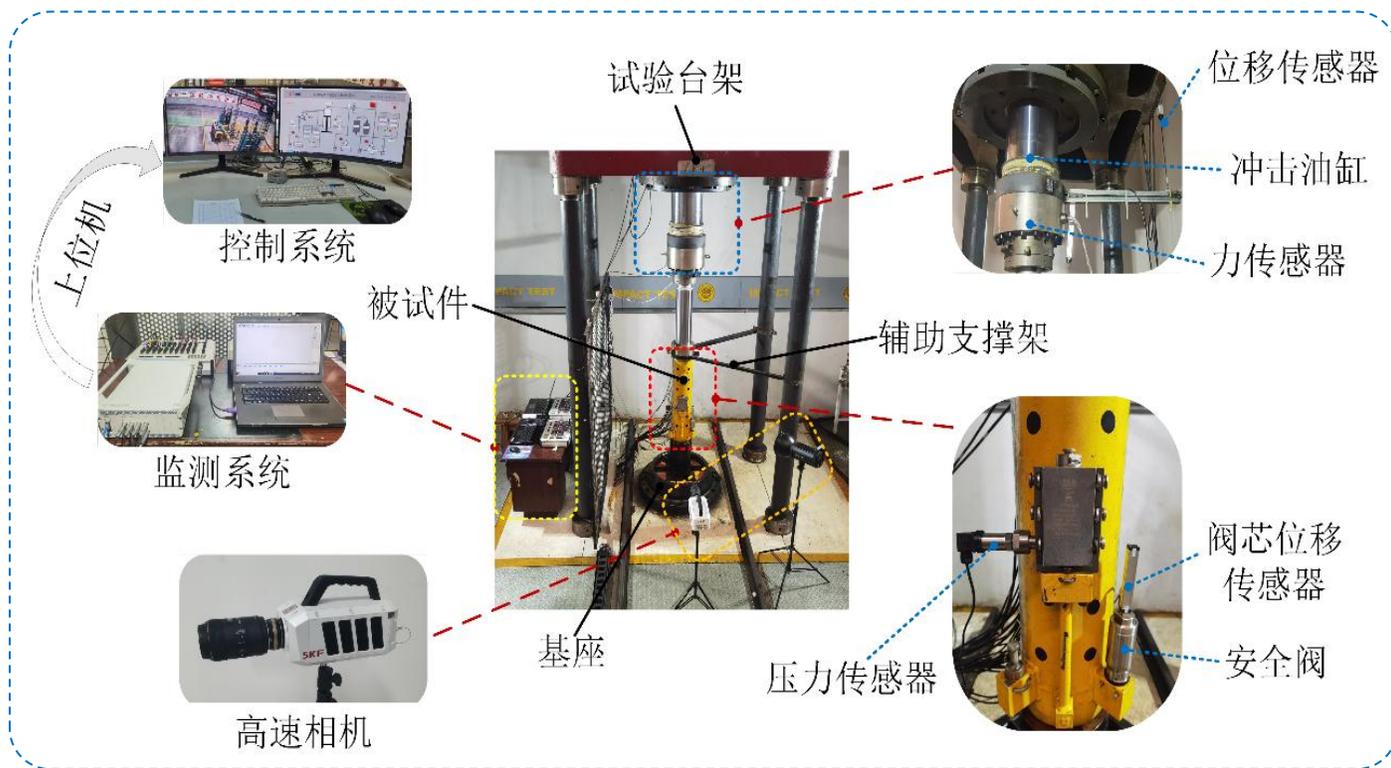
煤岩试件试验

吸能装置试验

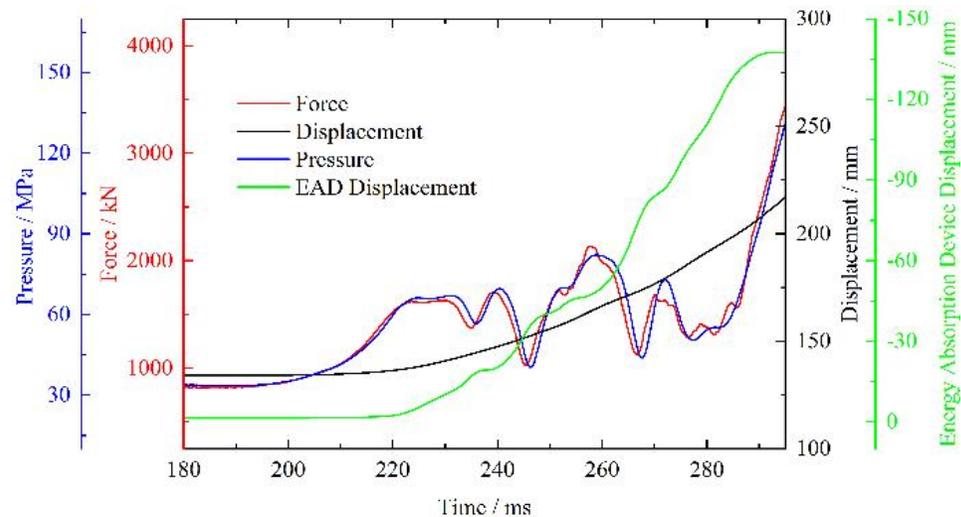
吸能液压立柱试验

三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

采用4MJ-6500kN液压冲击试验机对自适应防冲立柱进行静载、动载及静-动复合加载测试，研究了立柱自适应变形与吸能的响应规律。



自适应吸能吸能液压立柱冲击试验

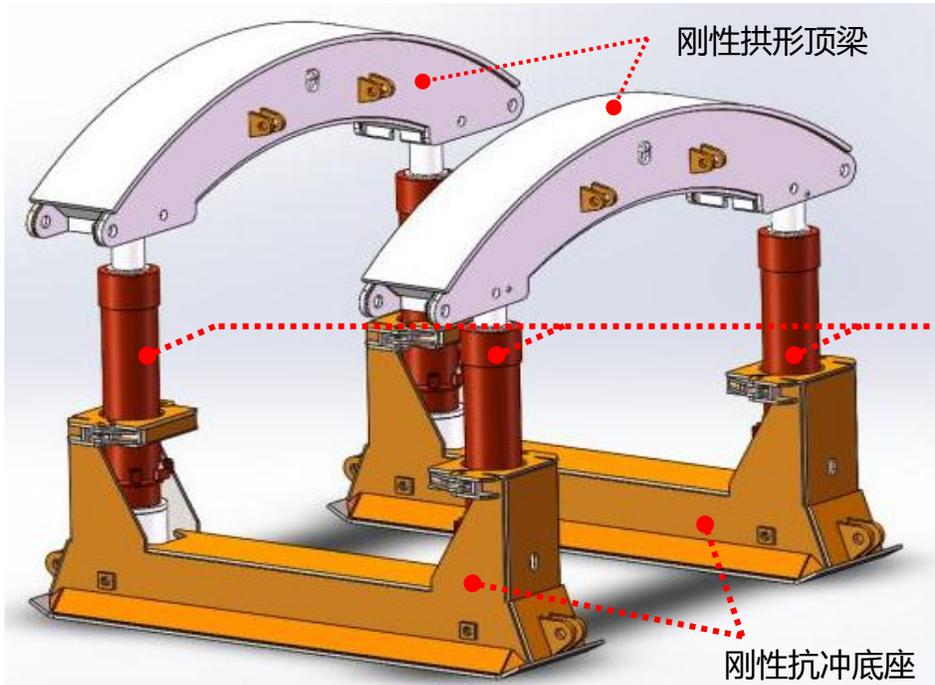


吸能装置在冲击力攀升至1600kN左右开始让位变形，提供平稳支反力阶段，吸能量达200kJ左右，避免了立柱缸筒应力过大而产生的损坏现象。

2500kN冲击载荷作用下试验曲线

三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

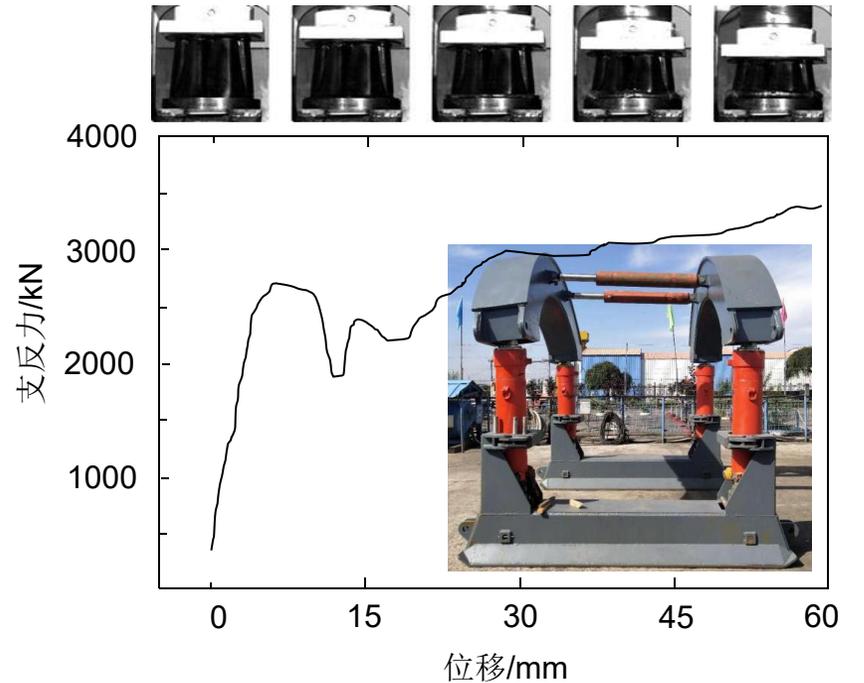
设计了双拱垛式防冲液压支架，支架由高强度的拱形顶梁、平直底座和防冲立柱组成，形成兼顾巷道断面和走向的三维立体支护，支护阻力8000kN；采用直纹管吸能装置，总吸能量1000kJ，可用于端头转载机区域防冲支护。



双拱垛式防冲液压支架



防冲立柱

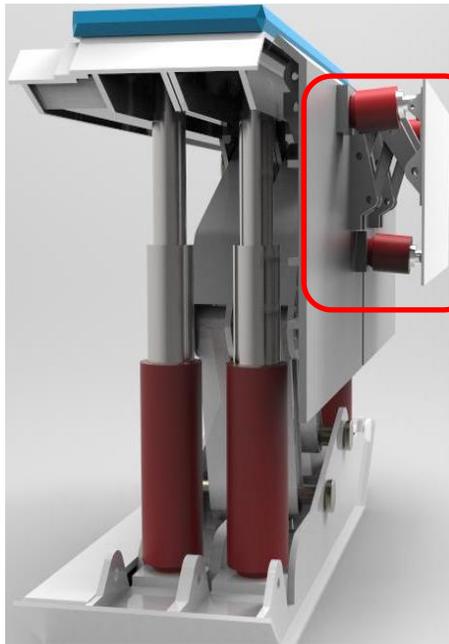


立柱底端组合式吸能装置

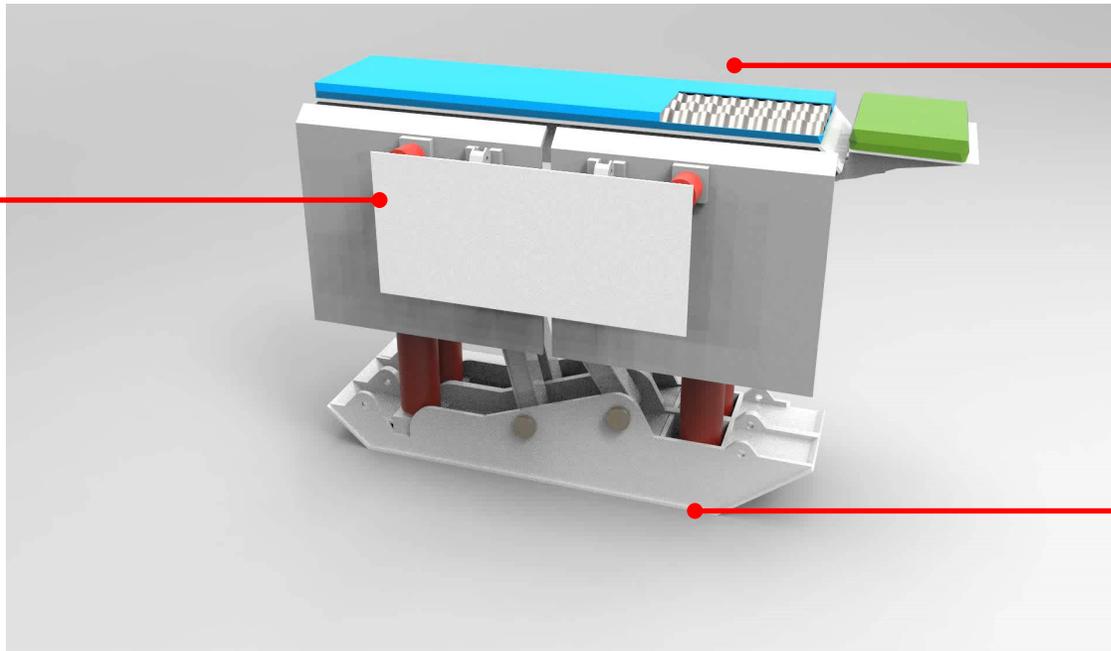
三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

研发具有顶-底-帮三重吸能特性的四柱垛式防冲支架，支架由顶梁、底座、立柱、四连杆、护帮板及吸能装置组成，工作阻力可达**17500kN**；支架顶部-帮部-底部均设计有防冲装置，吸能总量可达**1600kJ**。可用于工作面超前支承压力范围内的防冲支护。

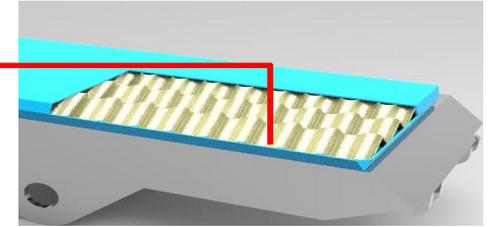
帮部防冲吸能



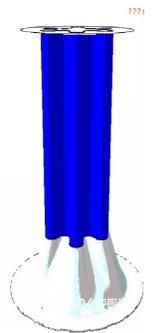
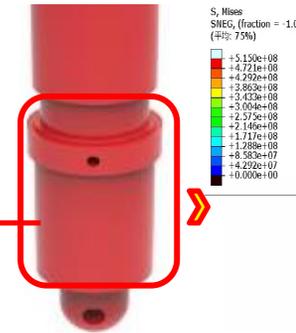
护帮抗冲击装置



四柱垛式自适应防冲液压支架



顶部防冲吸能

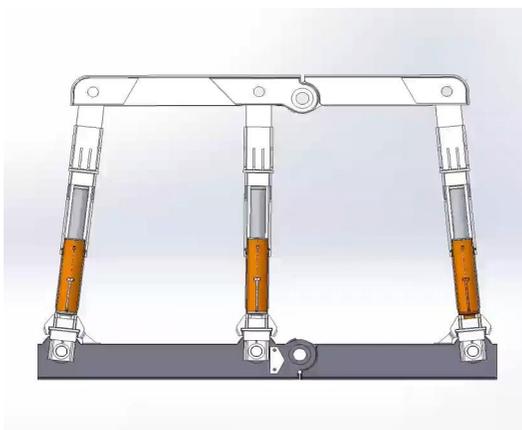


底部防冲吸能

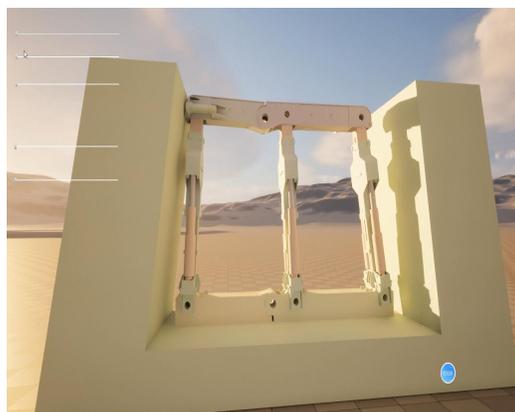
顶部波纹板+底部直纹管吸能装置

三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

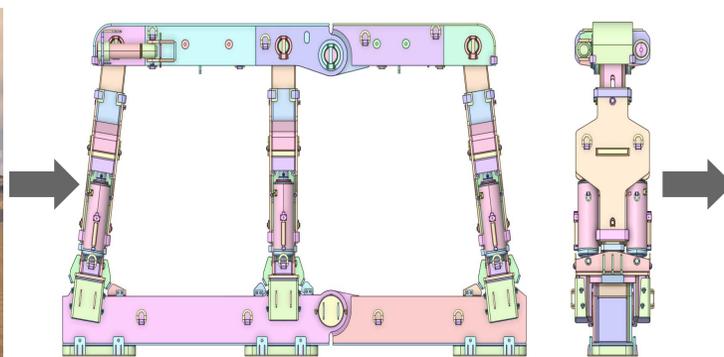
设计了并优化了梯形六柱式防冲巷道液压支架,支架采用梯形框架式结构,由分段式顶梁、防冲式底座、伸缩导向支持机构组成,总支护阻力设计为**8600kN**。伸缩导向机构内置的防冲吸能器可实现**一级吸能**,防冲式底座中的吸能装置可实现**二级吸能**,总吸能大于**1000kJ**,可用于超前支护巷道200m范围内或局部中强冲击危险区域。



初始设计架型



仿真优化



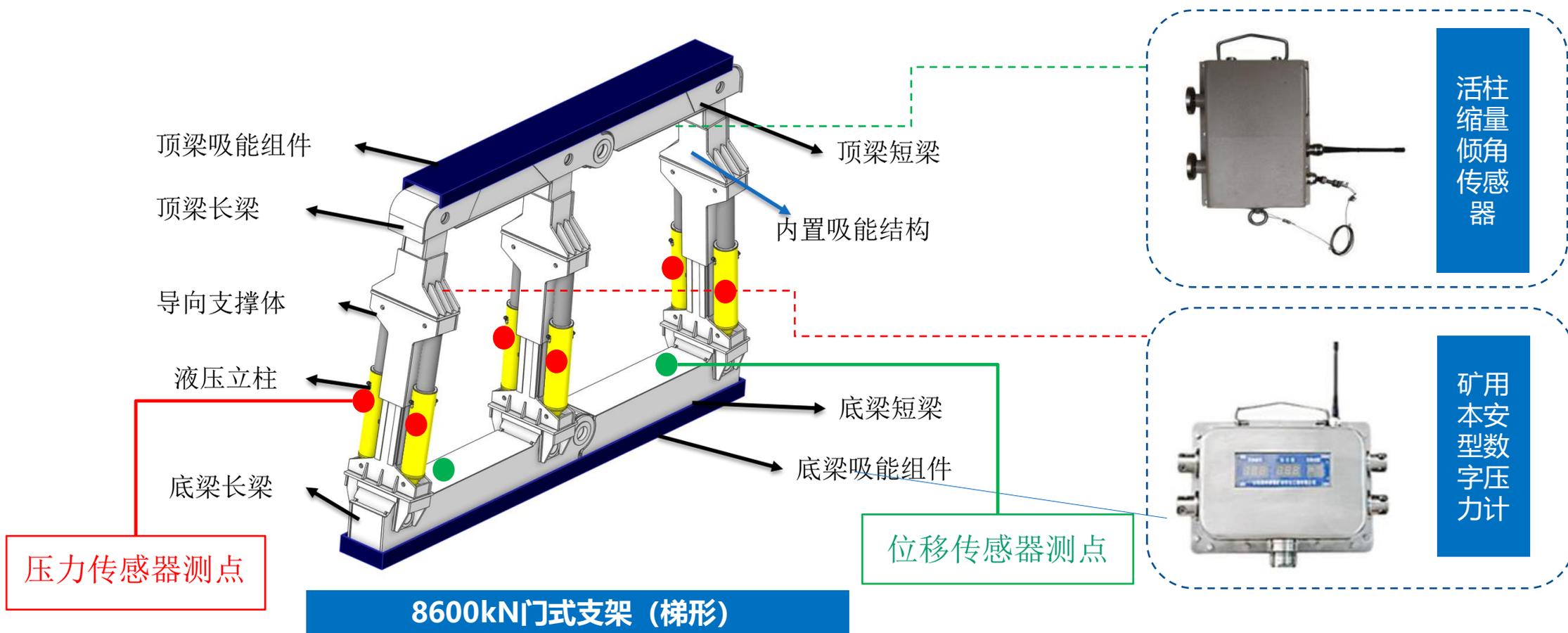
最终设计架型



生产样机

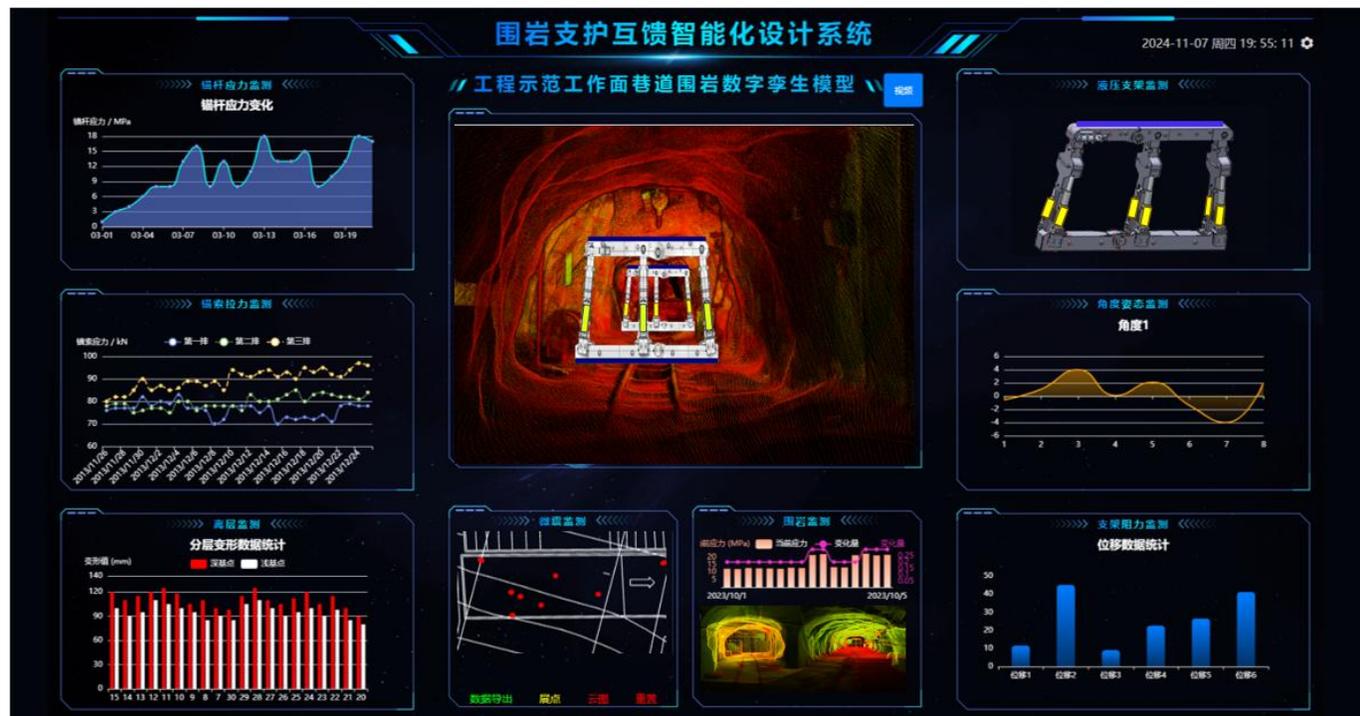
三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

□ 设计了液压支架姿态监测系统。位移·传感器用于监测支架的水平 and 垂直位移；压力传感器用于监测工作阻力；倾角传感器用于实时监测支架的倾斜角度，确保支架姿态稳定。

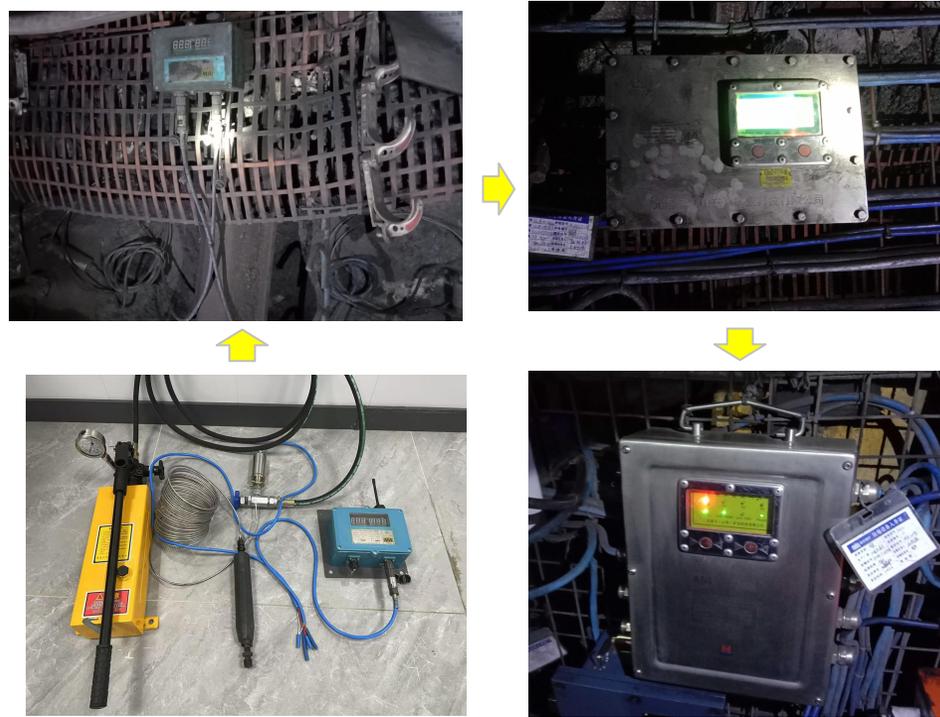


三、自适应抗冲击支架与超低冲击能指数支护材料和结构

研发了围岩支护互馈智能化设计系统。围岩监测涉及应力、应变、离层、微震等数据，结合液压支架的姿态监测系统，将巷道围岩和支架模型以及监测数据进行可视化集成，为围岩与支架互馈设计技术提供数据支撑。



围岩支护互馈智能化设计这前端操作界面



信号传输设备

将所有数据存储于围岩互馈系统的数据库中，用于数据处理与可视化操作。

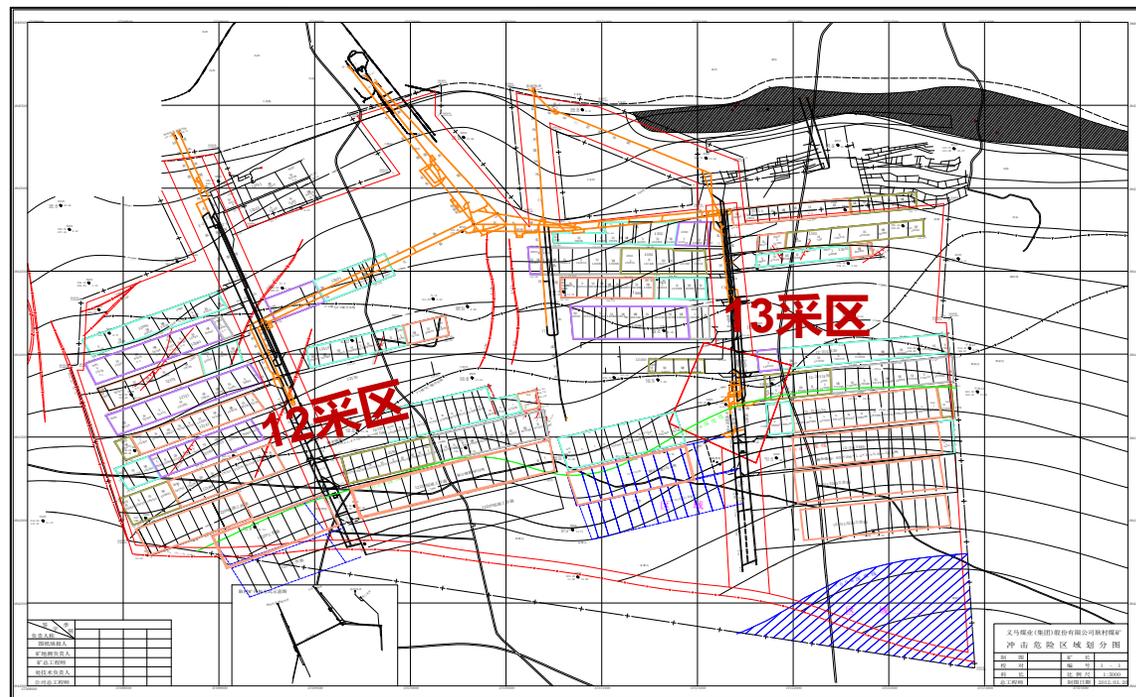
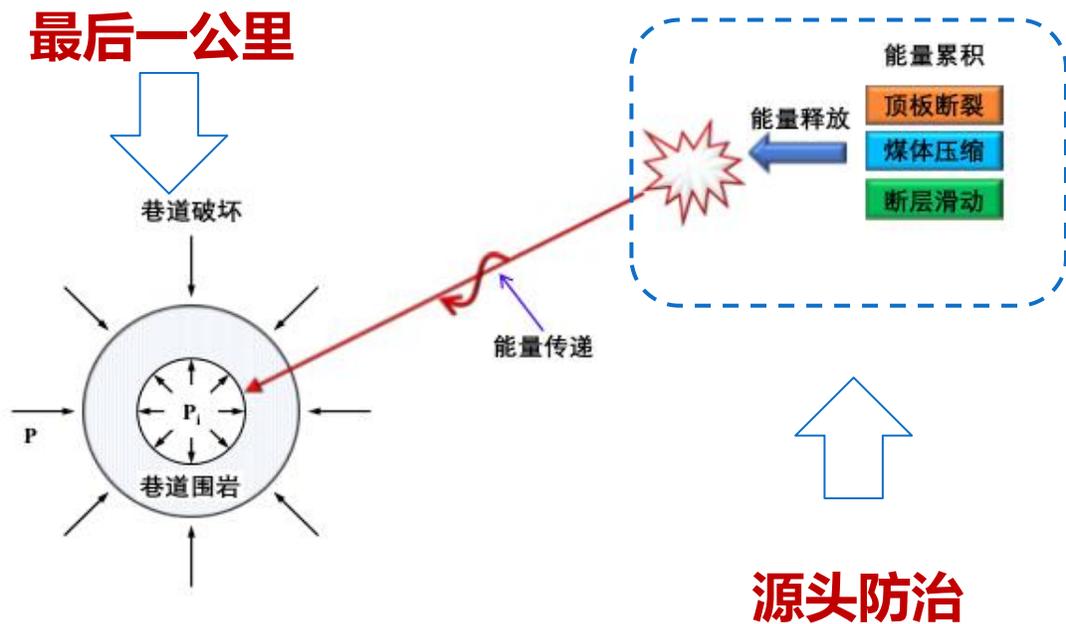
第四部分

工程应用情况

4.1 工程矿井概况

耿村煤矿为河南能源集团的生产矿井，始建于1975年，核定生产能力为360万吨/年，矿井采用斜立井单水平上下山开拓，采用走向长壁采煤法，综采放顶煤工艺，全部垮落法管理顶板，矿井分为12采区和13采区两个采区。

煤矿冲击地压区域应力监测与源头防治关键技术及示范应用

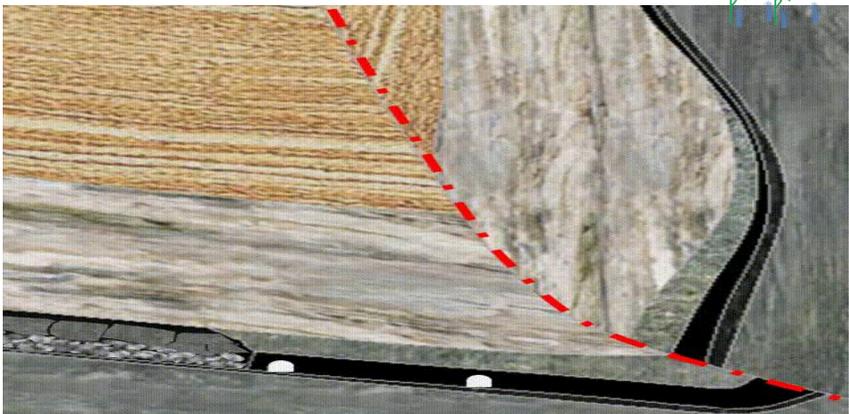


耿村煤矿开采历史悠久，矿井接近末采期，采掘布局基本成型，不具备大范围区域源头治理条件。而巷道防冲支护作为冲击地压防治的“最后一公里”，成为必然选择。因此，选择耿村煤矿作为自适应支护技术示范矿井。

4.1 工程矿井概况

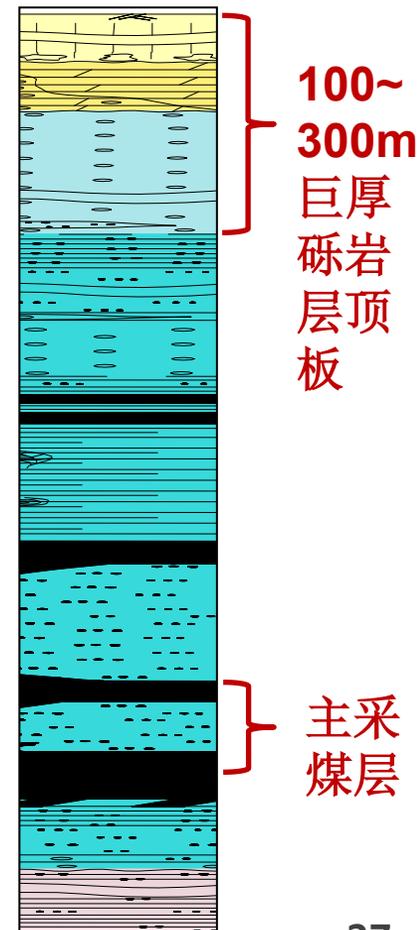
受巨型逆冲断层与巨厚砾岩层影响，矿井进入深部开采后，冲击地压显现日趋严重，自2013年首次发生冲击地压以来，由局部微小破坏逐步发展为巷道破坏性冲击。

逆冲断层构造



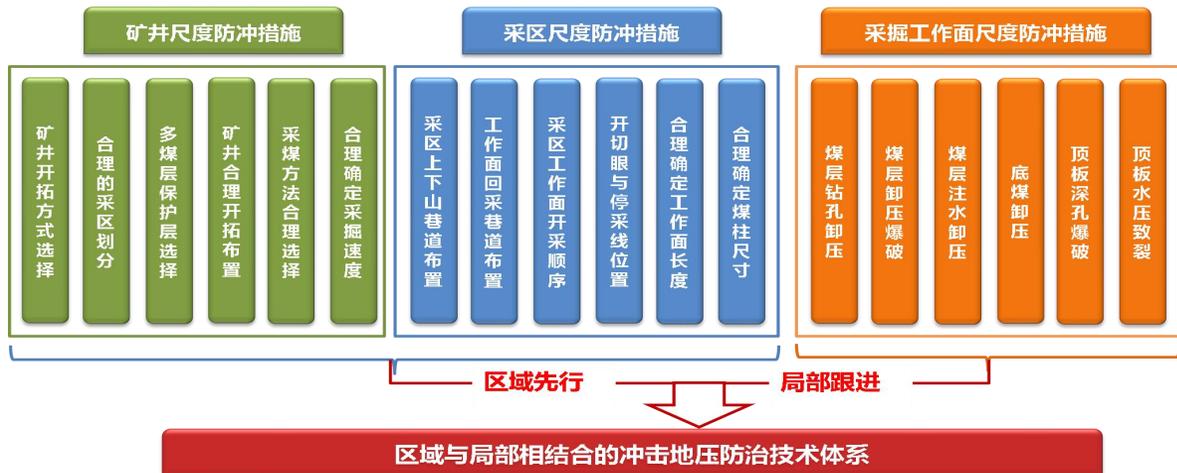
千秋煤矿"201111·3"冲击地压，震级达4.1级，地面震感强烈，冲击地压造成10人死亡。

巨厚砾岩层顶板



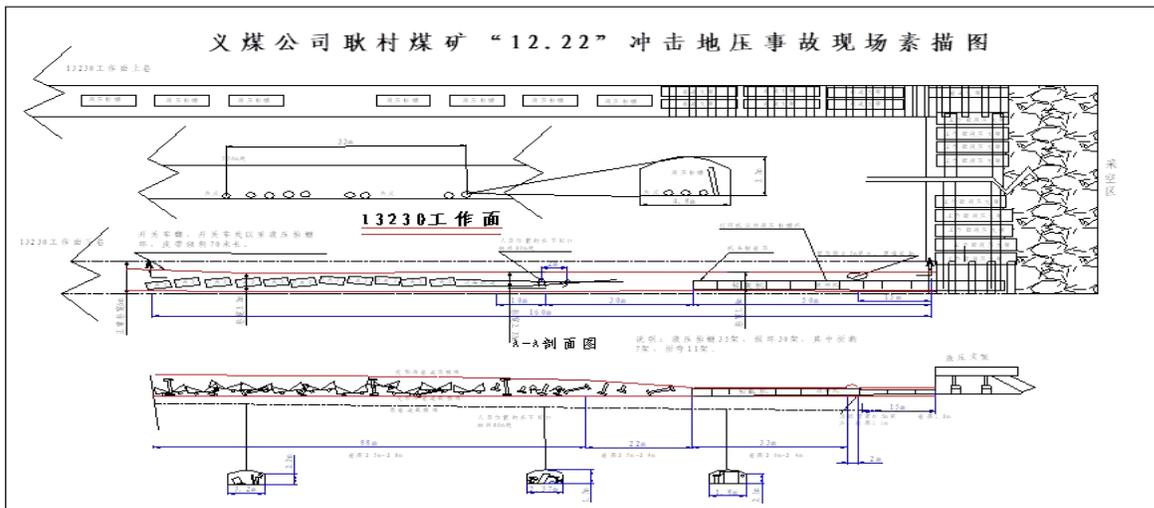
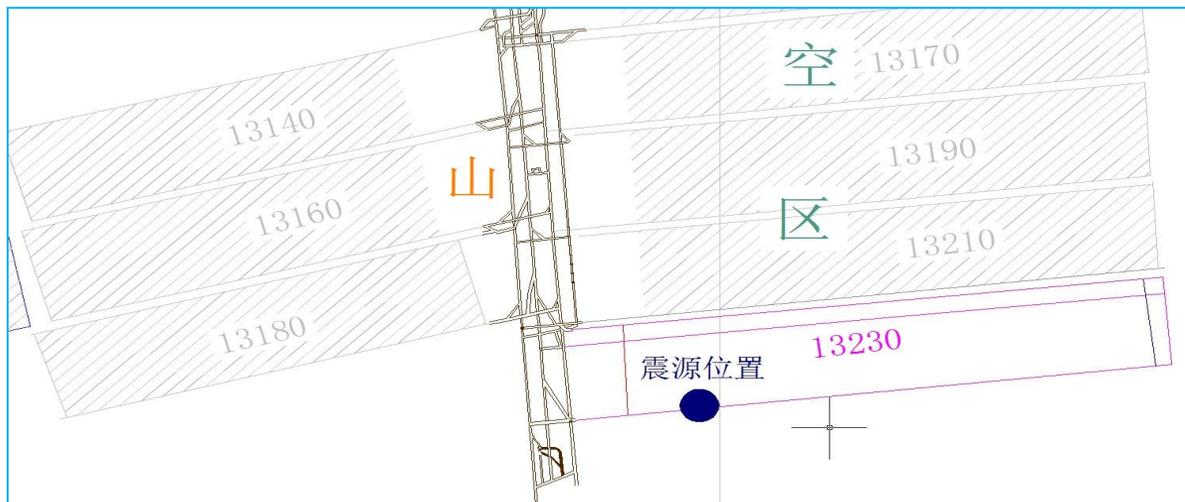
100~300m
巨厚砾岩层顶板

主采煤层



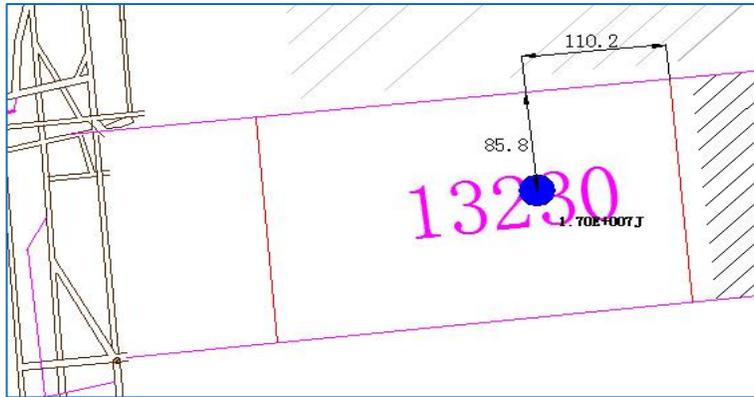
4.1 工程矿井概况

- 2015年12月22日，13230工作面冲击地压事故造成切眼向外160m巷道区间发生不同程度破坏，液压抬棚损坏30架，导致工作面停产。



4.1 工程矿井概况

- 2016年9月开始，采用门式吸能液压支架在恢复生产的13230工作面下巷实施支护，自支架使用至工作面回采完毕，未再发生一起冲击破坏事故。耿村煤矿13230工作面发生一个7次方大能量微震事件，此次微震事件能量是“12.22”事故微震事件的27倍。
- 但目前矿井12240、12250工作面受F16断层推覆带斜穿工作面影响，构造应力较之前采面更大，已有支护装备无法满足防冲支护要求，亟需进行新式支架选型与支护设计。



事件能量为**1.70E+07J**，震源位置：位于工作面面前110.2m，上巷以下85.8m。

耿村煤矿“6.10”大能量微震事件定位情况



13230工作面下巷采用拱形门式吸能支架支护后的现场景象



13230工作面2017年6月10日发生大能量事件后的现场景象

4.1 工程工作面概况

➤ 12240工作面:

12240工作面正在回采，如果防冲支架选择安装在工作面上巷区域，则能够采集到受超前采动压力的理想数据，从而得到更好的验证效果。

➤ 12250工作面:

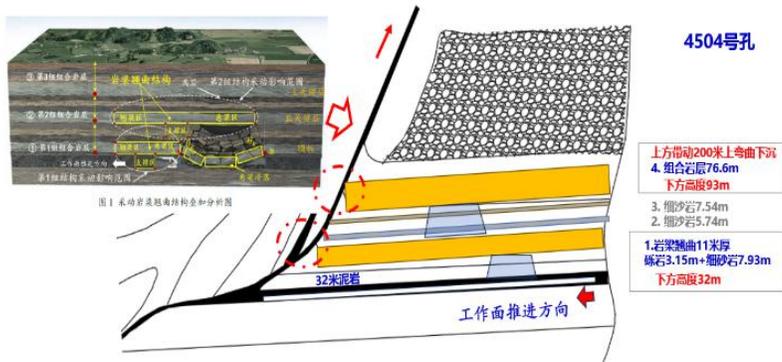
12250工作面受F16断层推覆带斜穿工作面影响，构造应力较大，且F16断层导致该工作面南北形成不同顶板类型，防冲支架选择安装在此区域能够更好的对相关监测数据进行采集。



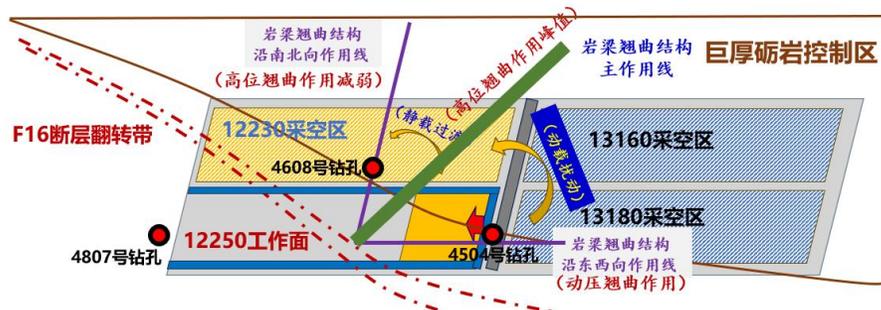
4.1 工程工作面概况

➤ 12250示范工程工作面覆岩结构诱发冲击地压机理分析

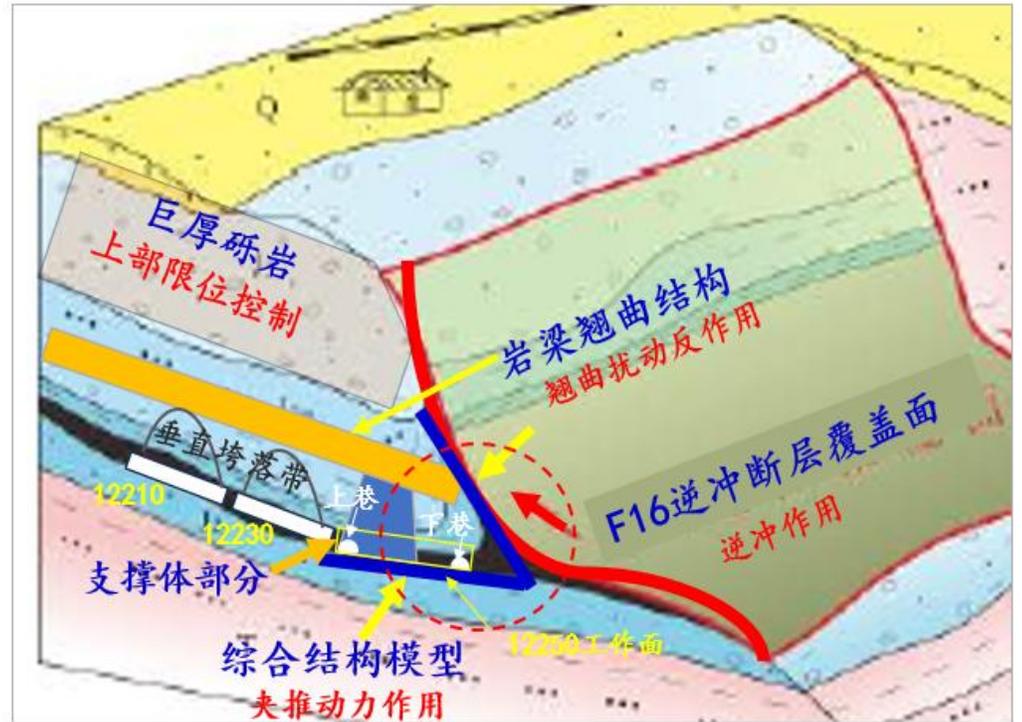
深入分析了F16断层和巨厚砾岩控制下的示范工作面覆岩结构特征，明确了F16断层东翼为示范工程高冲击危险单元，认为F16断层与巨厚砾岩耦合作用下煤岩动载扰动是诱发示范工作面冲击地压的主因。



采动方向剖面分析图



12250回采工作面冲击地压控制因素平面分析图

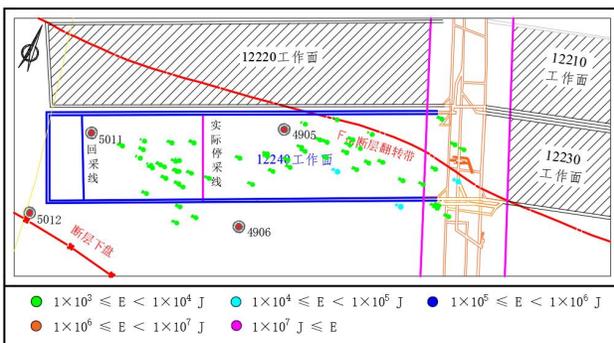


断层与巨厚砾岩结构控制作用分析图

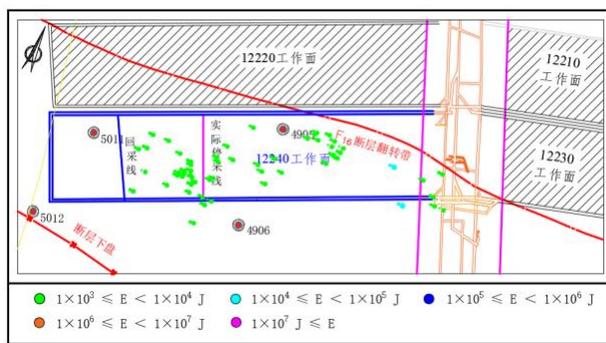
4.1 工程工作面概况

工程类比F16断层上下盘示范工程工作面微震能量特征分析

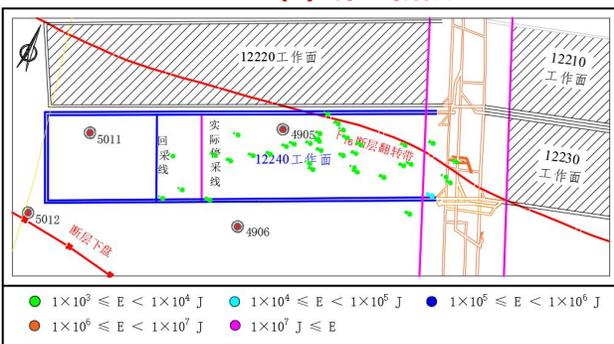
采用工程类比法，分析F16断层上盘（南翼）和下盘（北翼）开采扰动能量释放特征。统计分析表明，13200工作面断层下盘开采时，由于巨厚砾岩与F16断层耦合，形成高静载与采动应力叠加的复杂应力环境，总计发生微震事件4201次，为12240工作面的4.37倍，且高能量事件显著增多。



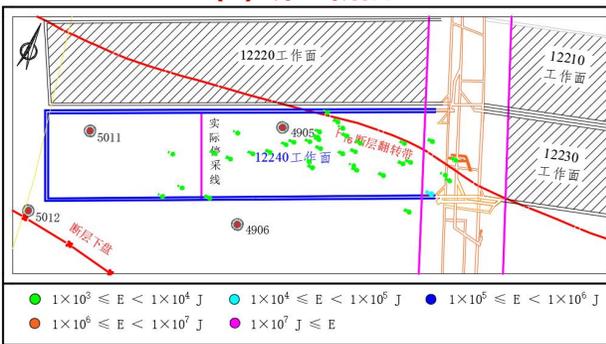
(a) 第一阶段



(b) 第二阶段

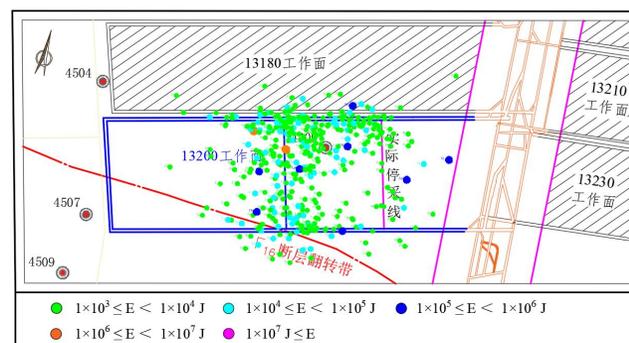


(c) 第三阶段

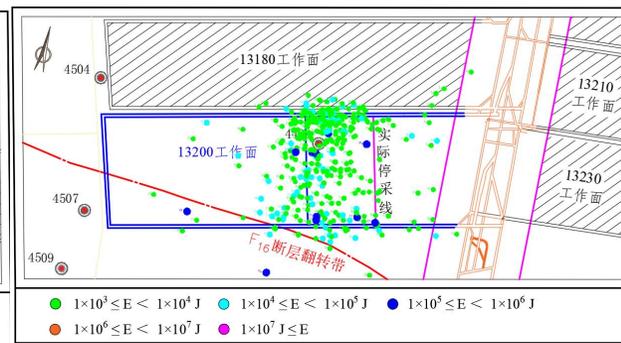


(d) 第四阶段

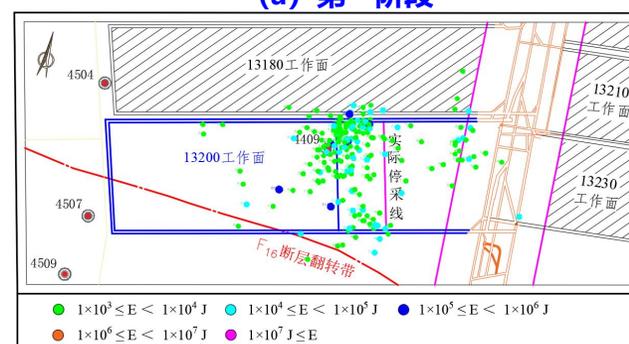
断层上盘12240工作面回采期间微震事件分布图



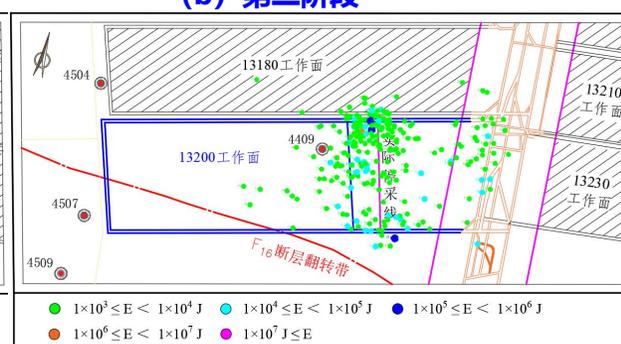
(a) 第一阶段



(b) 第二阶段



(c) 第三阶段



(d) 第四阶段

断层下盘13200工作面回采期间微震分布图

4.2 巷道防冲液压支架参数

根据冲击地压巷道支架自适应支护控制的**6项策略**，结合耿村矿的实际数据，给出支架参数设计表。

河南能源集团耿村矿围岩控制参数及支架控制参数设计要求

危险性指数	围岩冲击参数	支架弹性让位参数	支架塑性让位参数
应力指数 $K_P < 1$	冲击应力 $p_p < 0.4 \text{ MPa}$	工作支护应力 $p_s > 0.80 \text{ MPa}$	塑性让位应力 $p_{sb} < 1.20 \text{ MPa}$
位移指数 $K_U < 1$	冲击位移 $u_p < 0.2 \text{ m}$	弹性让位位移 $u_s > 0.008 \text{ m}$	塑性让位位移 $u_{sb} < 0.200 \text{ m}$
刚度指数 $K_i < 1$	冲击刚度 $I_p > 0 \text{ N/m}$	弹性让位刚度 $K_s = 4.4 \times 10^8 \text{ N/m}$	塑性让位刚度 $I_{ub} = 0 \text{ N/m}$
频率指数 $K_\omega \gg 1$	冲击频率 $\omega_p > 6 \text{ Hz}$	固有频率 $\omega_s > 25 \text{ Hz}$	塑性让位频率 $\omega_{sb} = 0 \text{ Hz}$
速度指数 $K_V < 1$	冲击速度 $V_p < 1 \text{ m/s}$	支架慢让速度 $V_s > 0.17 \text{ m/s}$	冲击让位速度 $V_{sb} > 2 \text{ m/s}$
能量指数 $K_E < 1$	冲击能量 $E_p < 1.2 \text{ MJ}$	弹性让位能量 $E_{se} > 0.01 \text{ MJ}$	塑性让位能量 $E_{sb} > 1.2 \text{ MJ}$
综合性价比优化	采取防治措施	支架控制参数	防冲支护与围岩协同控制

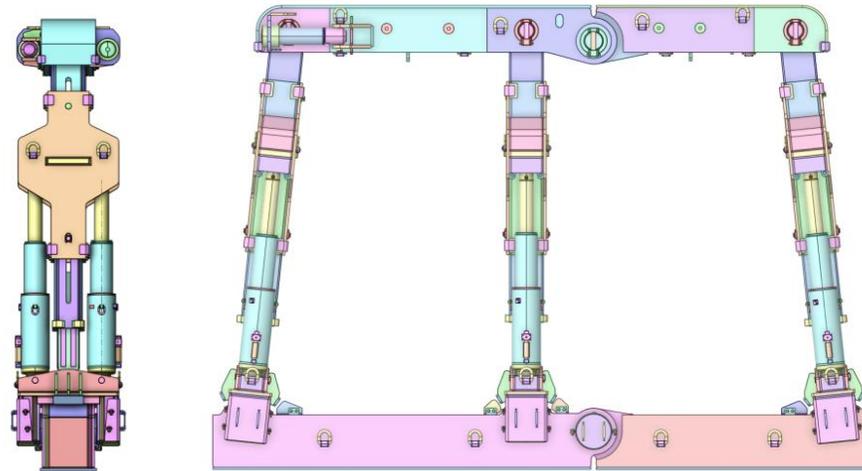
4.3 巷道防冲液压支架参数

➤ 巷道防冲液压支架设计目标:

- (1) 自适应支架工作阻力 $\geq 8000\text{kN}$ (2) 让位位移 $\geq 300\text{mm}$ (3) 自适应支护应力不低于 1.0MPa
(4) 支护吸能量级不小于 10^6J (5) 抵抗远场动载能量不小于 10^7J 。

➤ 巷道防冲液压支架整体结构设计:

- 型号: ZQ8600/35/45D
支架高度: 3.5m-4.5m
操作方式: 电液控
立柱数量: 6根/架
侧推数量: 2根/架
侧推千斤顶规格: 缸径/柱径 140/105mm
支护强度: 1.0MPa (可调、根据支架间距调整)
支架重量: $\geq 19\text{吨/架}$
各铰接轴直径: 连接伸缩柱铰接轴为 $\Phi 150\text{mm}$, 顶、底梁铰接轴为 $\Phi 180\text{mm}$



支架防冲参数

- 工作阻力: $\geq 8000\text{kN}$
- 支护应力: $\geq 1.0\text{MPa}$
- 让位位移: $\geq 0.3\text{m}$
- 吸收能量: $\geq 1.0 \times 10^6\text{J}$

梯形断面防冲吸能巷道液压支架三维图

4.3 巷道防冲液压支架支护参数

□ 提高应力安全性——目标：巷道冲击地压不启动

根据试验巷道的高静载和工作面采动应力叠加的经验值，预判巷道的实际应力 P ，参照该值对巷道临界应力 P_{cr} 通过增加支护强度 p_s 进行提高，保证 $P_{cr} > P$ 。主要途径为增加支架支护强度和设计支护密度。



巷道区间 (m)	无吸能支架临界应力 P_{cr} (MPa)	实际应力 P (MPa)	应力安全系数 S_{st}	支架支护间距 (m)	支架支护应力 p_{sh} (MPa)	目标应力安全系数 S_{st}
$0 \leq x \leq 35$	22.5 (普通支架)	24.3	0.93	6	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.17
$35 \leq x \leq 95$	20.4	22.6	0.90	6	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.14
$95 \leq x \leq 125$	20.4	20.7	0.97	6	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.25
$125 \leq x \leq 200$	20.4	20.2	1.0	6	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.27

12240工作面

4.3 巷道防冲液压支架支护参数

□ 提高应力安全性——目标：巷道冲击地压不启动

根据试验巷道的高静载和工作面采动应力叠加的经验值，预判巷道的实际应力 P ，参照该值对巷道临界应力 P_{cr} 通过增加支护强度 p_s 进行提高，保证 $P_{cr} > P$ 。主要途径为增加支架支护强度和设计支护密度。



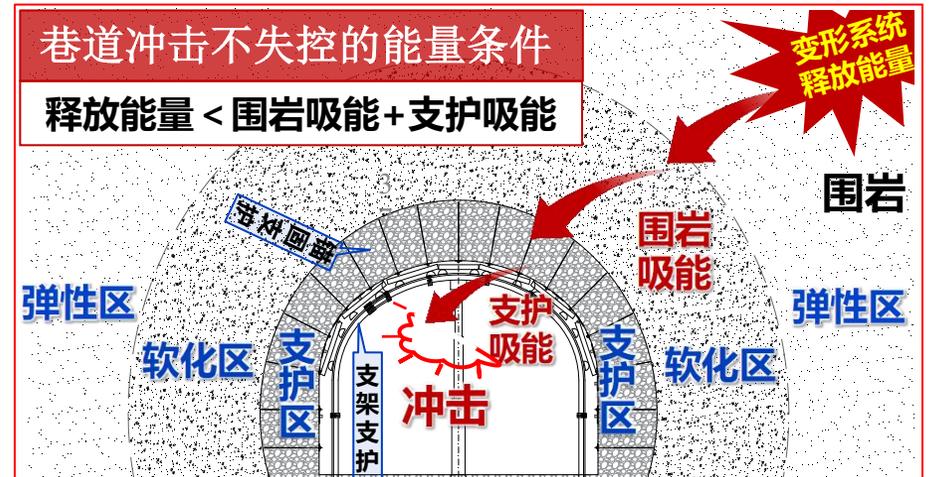
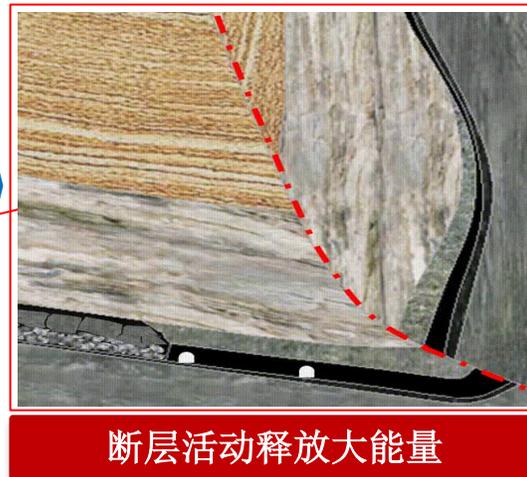
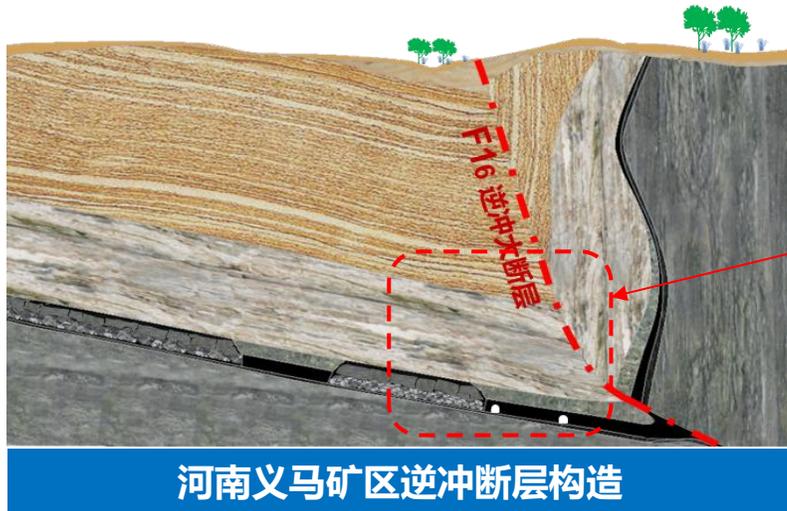
巷道区间 (m)	无吸能支架临界应力 P_{cr} (MPa)	实际应力 P (MPa)	应力安全系数 S_{st}	支架支护间距 (m)	支架支护应力 p_{sh} (MPa)	目标应力安全系数 S_{st}
$0 \leq x \leq 38$	27.4 (普通支架)	31.5	0.87	4	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.08
$38 \leq x \leq 63$	26.7	29.5	0.91	4	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.14
$63 \leq x \leq 113$	26.7	28.4	0.94	4	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.17
$113 \leq x \leq 186$	26.7	27.6	0.97	4	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.20
$186 \leq x \leq 200$	26.7	26.8	0.99	4	1.0 (工作0.8; 吸能1.2)	1.24

12250工作面

4.3 巷道防冲液压支架支护参数

提高能量安全性——目标：巷道冲击地压启动但不失控（零冲击）

根据试验巷道所在工作面区域的冲击地压类型，预判冲击地压释放的最大能量值 W_0 ，评估巷道围岩吸能能力 W_c ，并确定支护体系吸能能力 W_s ，旨在 $W_c + W_s > W_{o(dc)}$ 。从而确定支架吸能量（单位巷道距离）。



断层型冲击地压释放能量最值

$$W_{dc} \approx \frac{zh_2G[(S_1 - u_1)^2 - (S_2 - u_2)^2]}{2X} = 5.0 \times 10^5 \text{J/m}$$

围岩塑性区吸收能量计算

$$W_c = \int_{V_s} \Delta\sigma^T \Delta\varepsilon dv = \frac{\sqrt{3}}{8} \pi \rho^2 L \frac{\sigma_c^2}{E} \frac{1}{K} = 4.98 \times 10^5 \text{J/m}$$

巷道支护吸收能量设计

$$W_s = \int_{P_s} p_s \Delta r ds = U_{mg} + U_{ms} + U_{uz} + U_{zj}$$

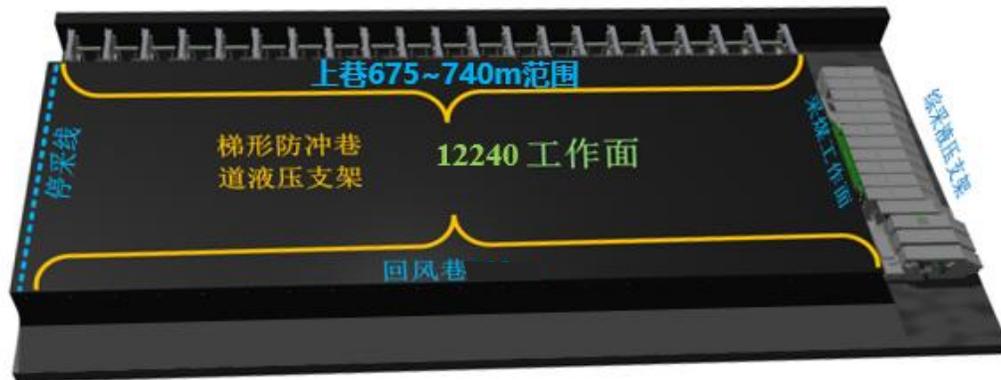
40kJ/m 20kJ/m 50kJ/m ?

自适应防冲支架吸能量设计目标： $S_{en} = \frac{W_c + W_s}{W_0} > 1.5$ $\Rightarrow U_{zj} > 1.5 * W_{o(dc)} - (W_c + U_{mg} + U_{ms} + U_{uz}) = 200 \text{ kJ/m}$

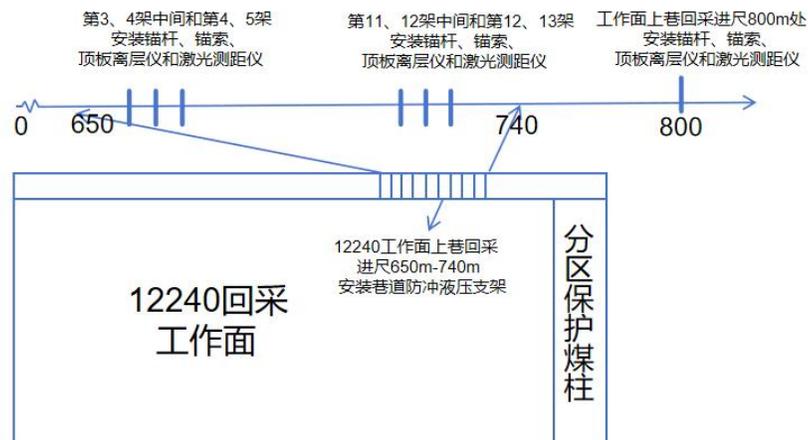
4.4 防冲支架现场防安装

➤ 12240工作面监测设备布置方案

12240工作面上巷回采进尺650m-740m计划安装巷道液压15架，支架中心距6m。计划在第3、4架；第4、5架；第11、12架；第12、13架中间安装**锚杆测力计、锚索测力计、顶板离层仪、钻孔应力计和激光测距仪**，用于围岩应力和巷道断面变形的监测；同时计划在第15架支架外侧距离60m处（即12240工作面上巷回采进尺800m处）安装一套相同的设备，用于监测现有支护的围岩和支架，通过现场监测数据检验、功能检验从而更好的进行巷道自适应支护使用效果评价。



12240自适应防冲支架安装布置



12240工作面井下监测设备布置图

断面收缩率 $\leq 20\%$

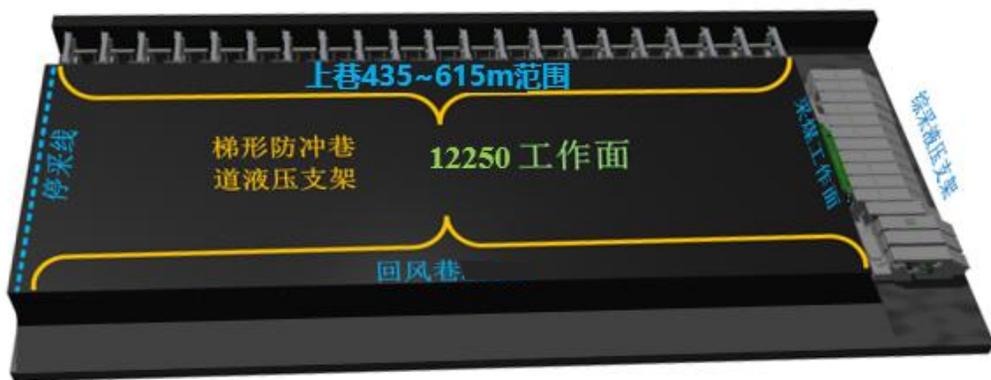


- 立柱的位移
- 巷道变形情况
- 远场微震能量
- 近场围岩应力

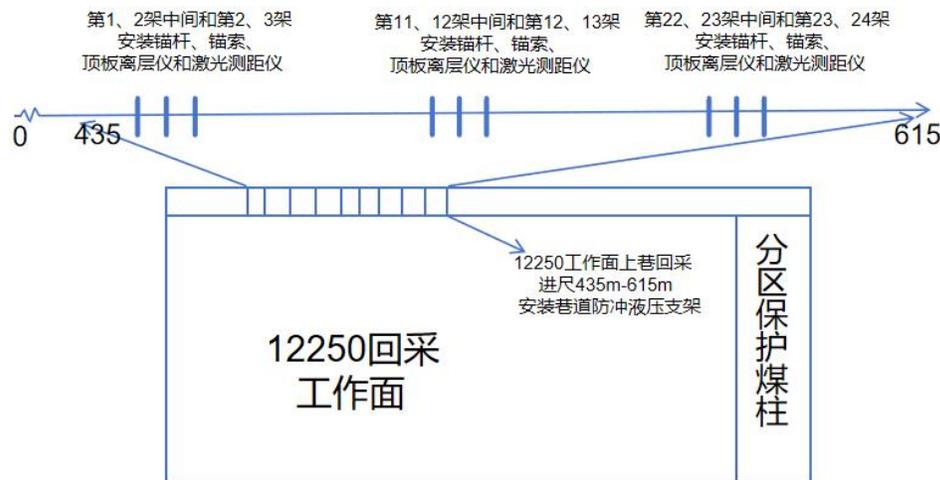
4.4 防冲支架现场防安装

➤ 12250工作面同步监测设备布置方案

12250工作面上巷回采进尺435m-615m计划安装巷道液压45架，支架中心距4m。计划在第1、2架；第2、3架；第11、12架；第12、13架；第22、23架；第23、24架中间安装**锚杆测力计、锚索测力计、顶板离层仪、钻孔应力计和激光测距仪**，用于围岩应力和巷道断面变形的监测。同时在650~700m处安装一套相同的设备，用于对比分析，自适应支架和现有支架的防冲效能。



12250自适应防冲支架安装布置



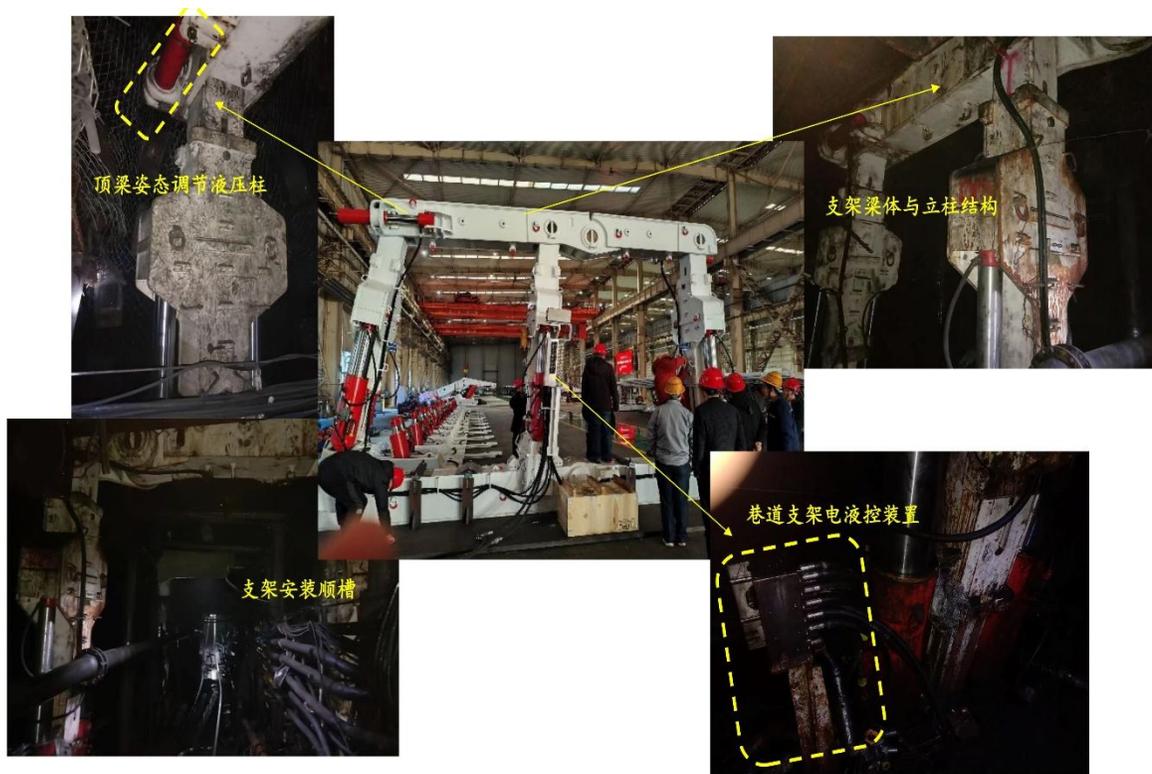
12250工作面井下监测设备布置图

断面收缩率 $\leq 20\%$



- 立柱的位移
- 巷道变形情况
- 远场微震能量
- 近场围岩应力

4.4 防冲支架现场防安装



自适应支架现场安装



现场支架完成安装并投入使用

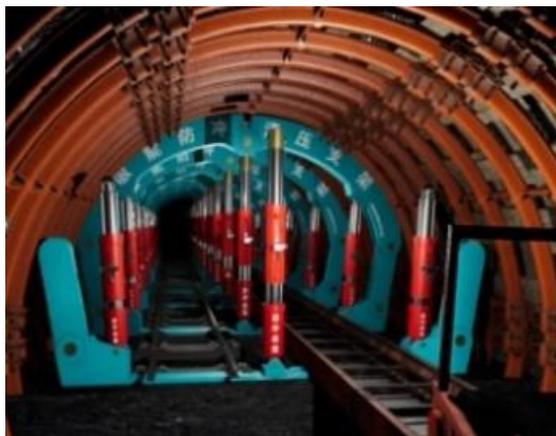
4.4 防冲支架现场防安装

➤ 井下现场组装及移架方案

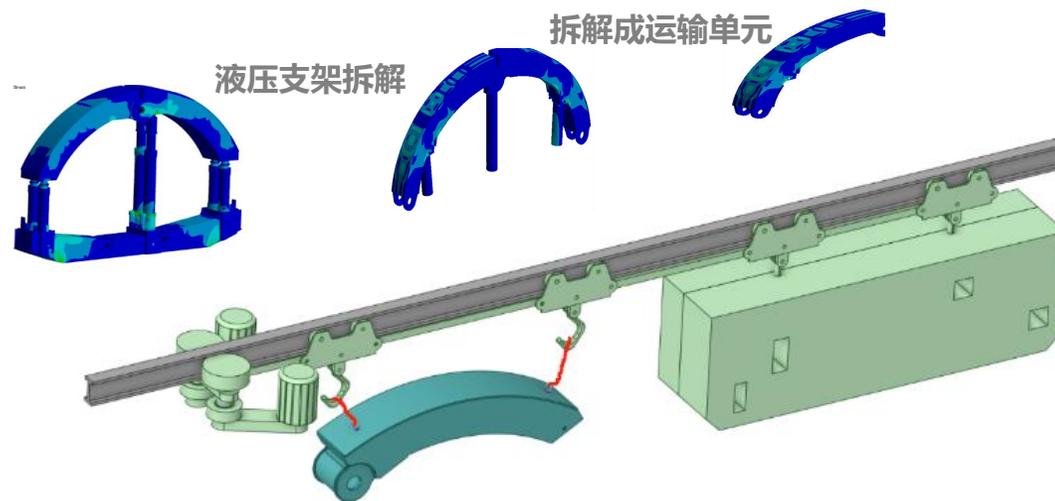
先安装机械部件，机械部分**依次安装底座、液压支柱、顶梁**。完成支架机械安装后，再进行自适应防冲支架监控互馈系统安装，分别对其中的**支护阻力自适应系统、支护姿态自适应系统、立柱自适应系统**三组系统功能进行调试。设计了配套的单轨吊移动系统，对支架按模块进行移动。



(a) 防冲支架底座安装



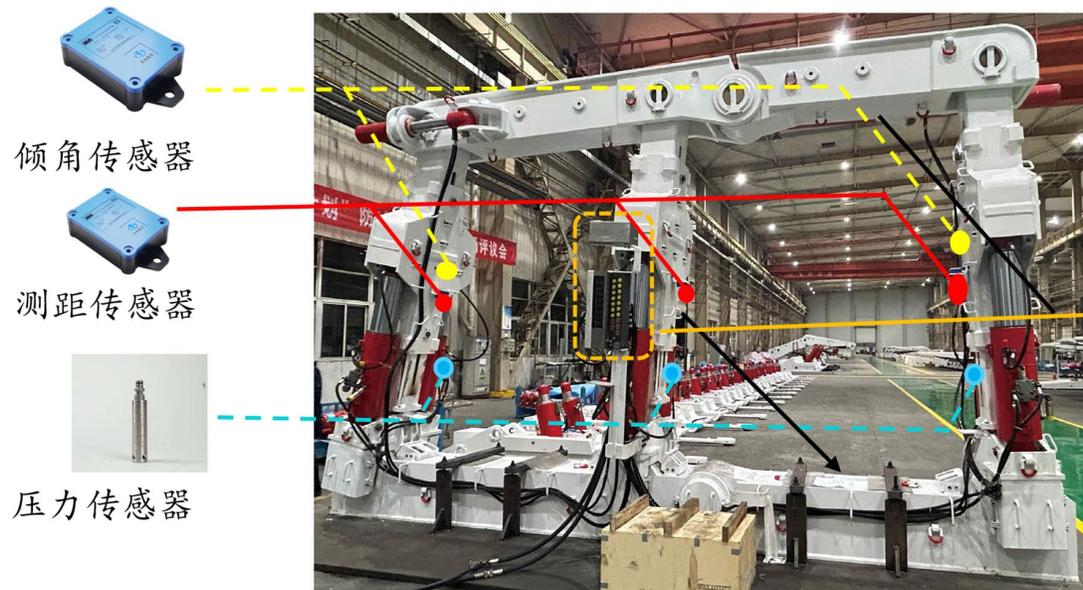
(b) 防冲支架液压支柱安装



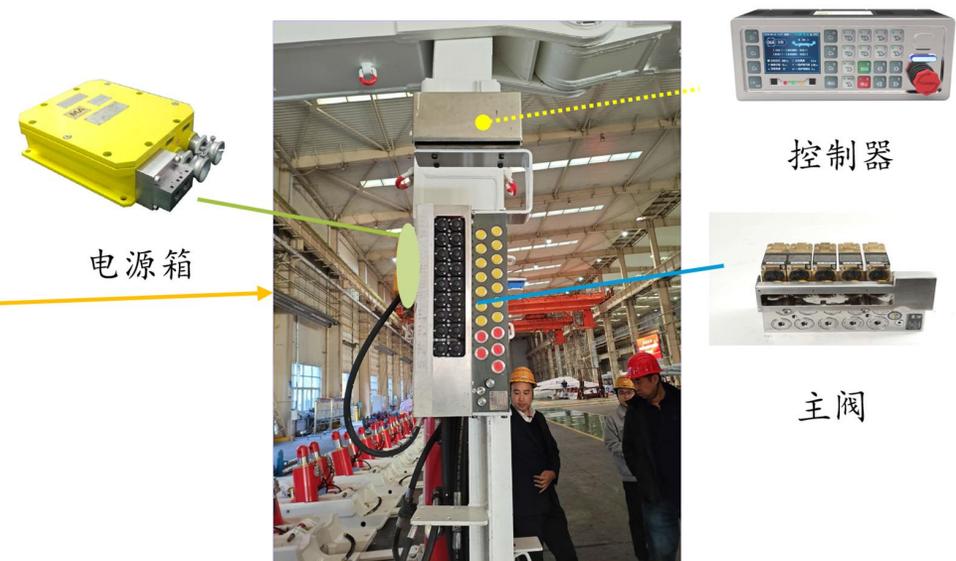
防冲支架液压移架

4.5 液压支架电液控制（监测）系统安装方案

- 每架支架配备2个倾角传感器（ $\pm 90^\circ$ ，精度 0.1° ）、3个测距传感器（0-10m，精度1mm）及3个压力传感器（0-60MPa，精度0.1MPa），依托无线信号转换器（传输距离 $\geq 100\text{m}$ ）进行高效数据采集与传输，形成与电液控制换向阀的完整监控系统。
- 五台支架共用一个10kW无线遥控电源箱，实现初撑力（0-35MPa）自动保持、压力自动补偿功能，在顶板松动时自动升柱，恢复设计初撑力，保证与围岩的自适应耦合。



传感器选型与安装位置确定



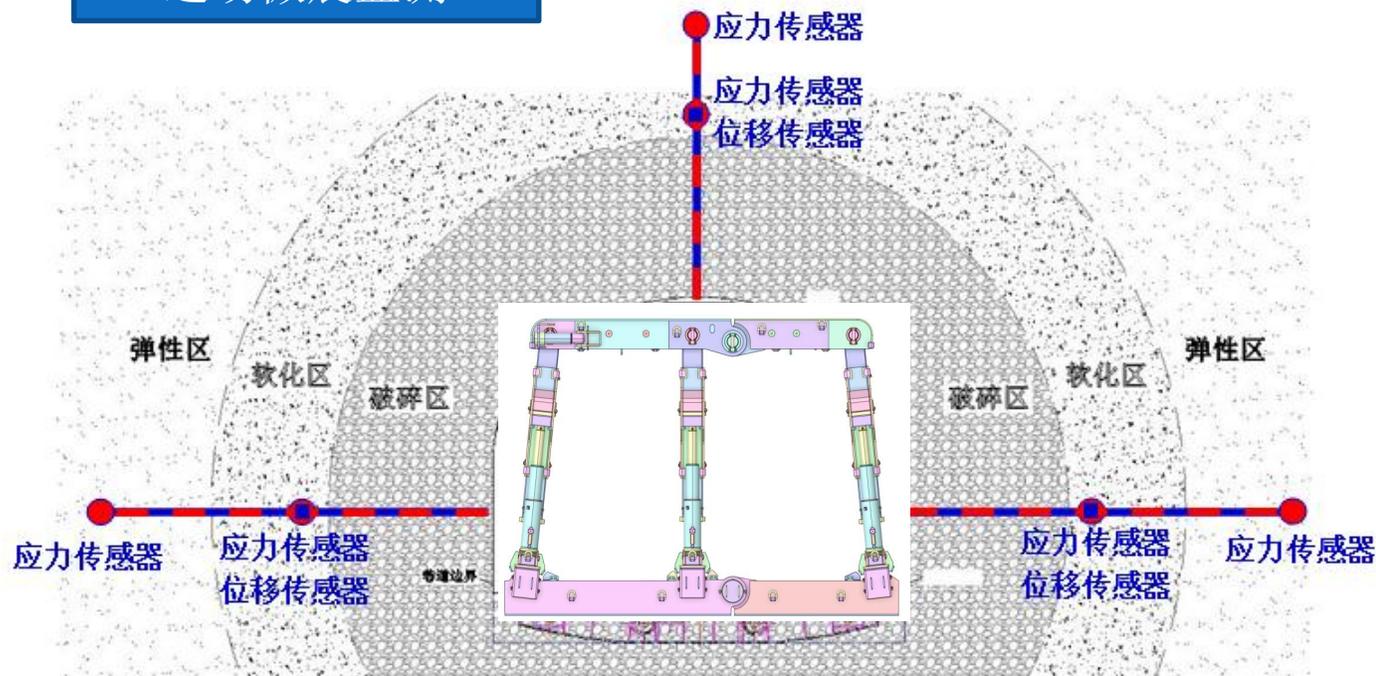
电液控系统

支架监测数据通过围岩支护互馈智能化监测系统与巷道监测数据结合，可实现围岩-支架系统的动态监测。

4.5 防冲支架现场防冲效果监测方案

监测实际工况下围岩的应力、位移及微震数据和支架的载荷、形变位移、让位速度以及能量吸收情况。检验液压支架的**防冲支护阻力（大于8000kN）、支架吸能量(大于 10^6 J)**和抵抗远场**动载荷的能力（大于 10^7 J）**和巷道断面收缩率（小于20%）。

远场微震监测

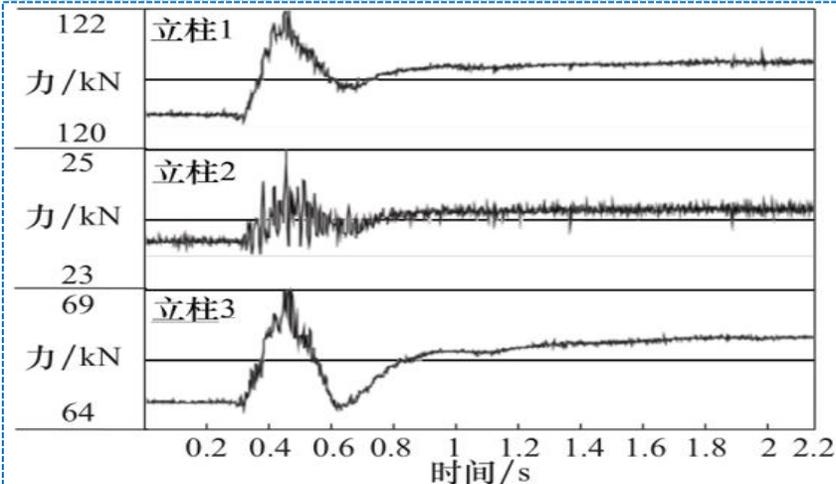


支架监测系统:

支架工作阻力: 压力传感器

支架立柱位移: 立柱位移计

支架倾角监测: 支架倾角传感器



冲击地压中围岩应力、变形及微震能量监测

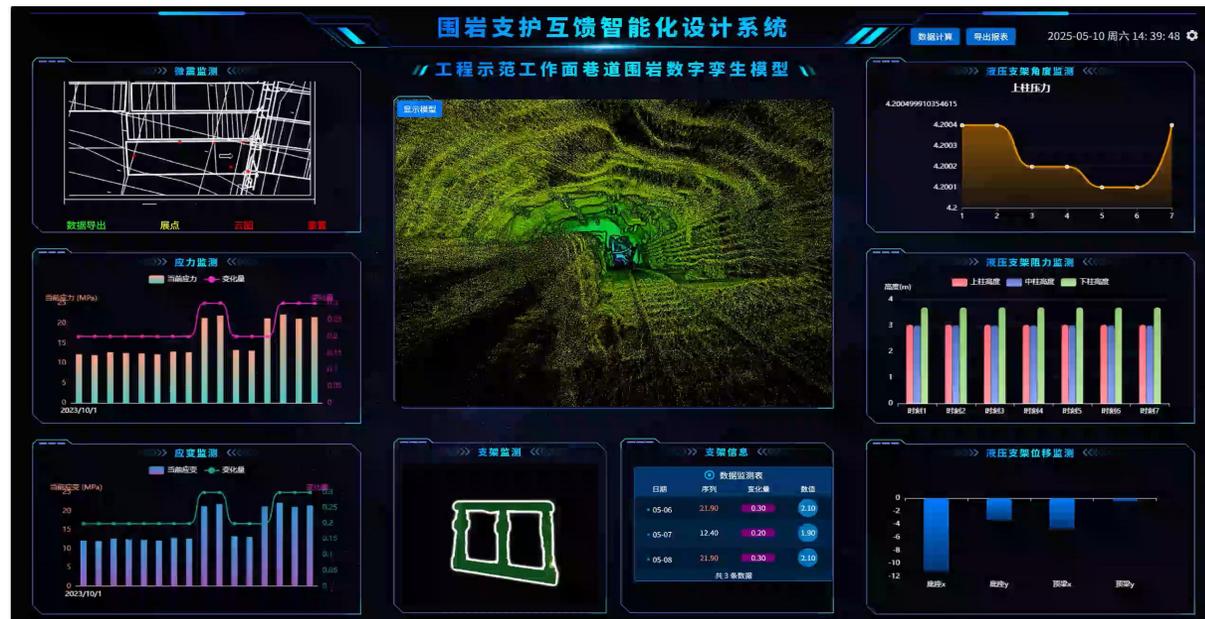
冲击地压中支架的载荷监测

4.5 围岩支护互馈系统集成部署

- 围岩及支护监测系统集成
- 围岩支护互馈智能化系统采用多种硬件设备完成多参量数据采集，包括巷道围岩和自适应抗冲吸能支架的监测数据，同时，利用三维激光扫描技术实现了巷道数字孪生模块。通过对比分析围岩和支架的监测数据，可获取到巷道围岩支护互馈状态信息，同时也为冲击危险预警提供可靠的数据支持。



围岩支护互馈智能化系统操作主界面

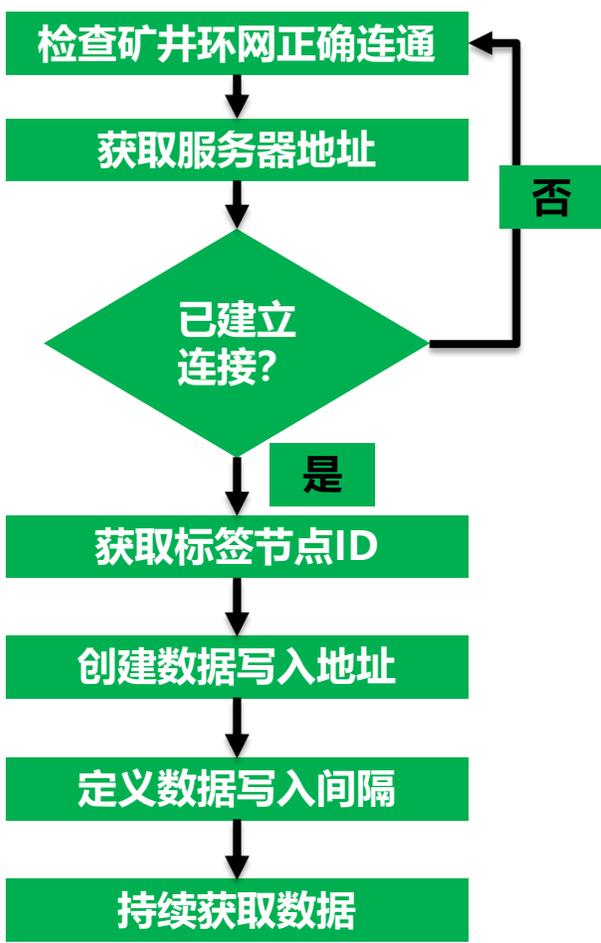


动态显示界面

4.5 围岩支护互馈系统集成部署

井上井下实时数据传输

通过连接服务器的信息，接收到各个液压支架传感器的压力、高度、倾角等数据。



时间	支架编号 -上柱压力	支架编号 -中柱压力	支架编号 -中柱压力	支架编号 -上柱高度	支架编号 -上柱高度	支架编号 -上柱高度	支架编号 -底座倾角X	支架编号 -底座倾角Y	支架编号 -顶梁倾角X	支架编号 -顶梁倾角Y
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0004005 4321289	31.2004013 06152344	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	0
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0004005 4321289	31.2004013 06152344	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	0
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0000991 82128906	31.2000999 4506836	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	-0.5
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0000991 82128906	31.2000999 4506836	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	-0.5
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0004005 4321289	31.2004013 06152344	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	-0.5
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0004005 4321289	31.2004013 06152344	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	-0.5
.....										
2025/3/26 10:28	4.20029973 98376465	18.0002994 5373535	31.2004013 06152344	3.03399991 98913574	3.00699996 9482422	3.15799999 23706055	- 1	- 5	- 9	-0.5

液压支架信号接收过程

液压支架实时数据

4.5 围岩支护互馈系统集成部署

井上井下数据联通传输

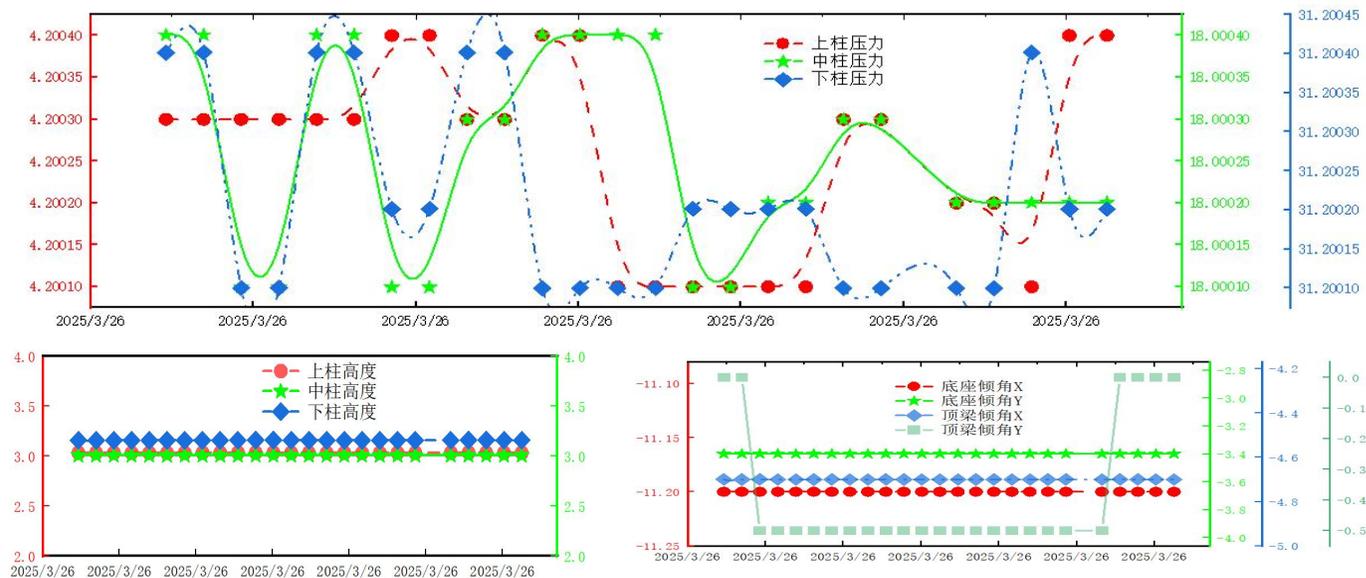
耿村煤矿示范区支架传感器井上井下信号传输主要采用**OPC UA**方法。

OPC UA是一种开放、跨平台的工业通信协议，支持设备间数据交互、语义化建模及安全传输。

地面终端通过 OPC UA 中间件协议，从 `opc.tcp` 地址获取井下设备上传的数据，实现远程监测与控制，完成数据从采集到应用的全链路贯通，为安全生产与高效管理提供了技术基础。



液压支架电液控制系统信号



接收支架传感器数据

煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山安全监察局重点实验室

□ 2023年12月辽宁大学牵头申报煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山局重点实验室，2024年4月国家矿山局拟批准建设。



首页 > 政府信息公开 > 法定主动公开内容 > 通知公告

2024-02-27 16:01

来源：政策法规和科技装备司

字体：【大 中 小】



关于拟批准建设第二批国家矿山安全监察局重点实验室名单公示

根据《国家矿山安全监察局重点实验室管理办法（试行）》等有关规定，现对拟批准建设的第二批国家矿山安全监察局重点实验室名单予以公示（详见附件）。公示期2024年2月27日至2024年3月4日。

公示期间，如有异议，请以书面形式向国家矿山安全监察局政策法规和科技装备司反映。以单位名义反映的要加盖单位公章、写明联系人和联系电话，以个人名义反映的要提供个人真实信息并附联系方式。匿名或超出公示期的，不予受理。

联系电话：010-64464134

通讯地址：北京市东城区和平里北街21号

邮编：100713

附件：拟批准建设的第二批国家矿山安全监察局重点实验室名单



煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山安全监察局重点实验室

□ 依托单位:

- **辽宁大学（牵头）** 是国家“211工程”重点建设院校和世界一流学科建设高校，拥有2个省级煤矿灾害监测预警平台。
- **辽宁工程技术大学** 是应急管理部与辽宁省人民政府省部共建大学，辽宁省国内一流大学重点建设单位。
- **中国中煤能源集团有限公司** 生产及在建煤矿70余座，煤炭总产能达到3亿吨级规模，是世界500强企业。
- **煤炭科学技术研究院有限公司** 是我国最早系统从事矿压、冲击地压、矿震研究的科研单位之一。



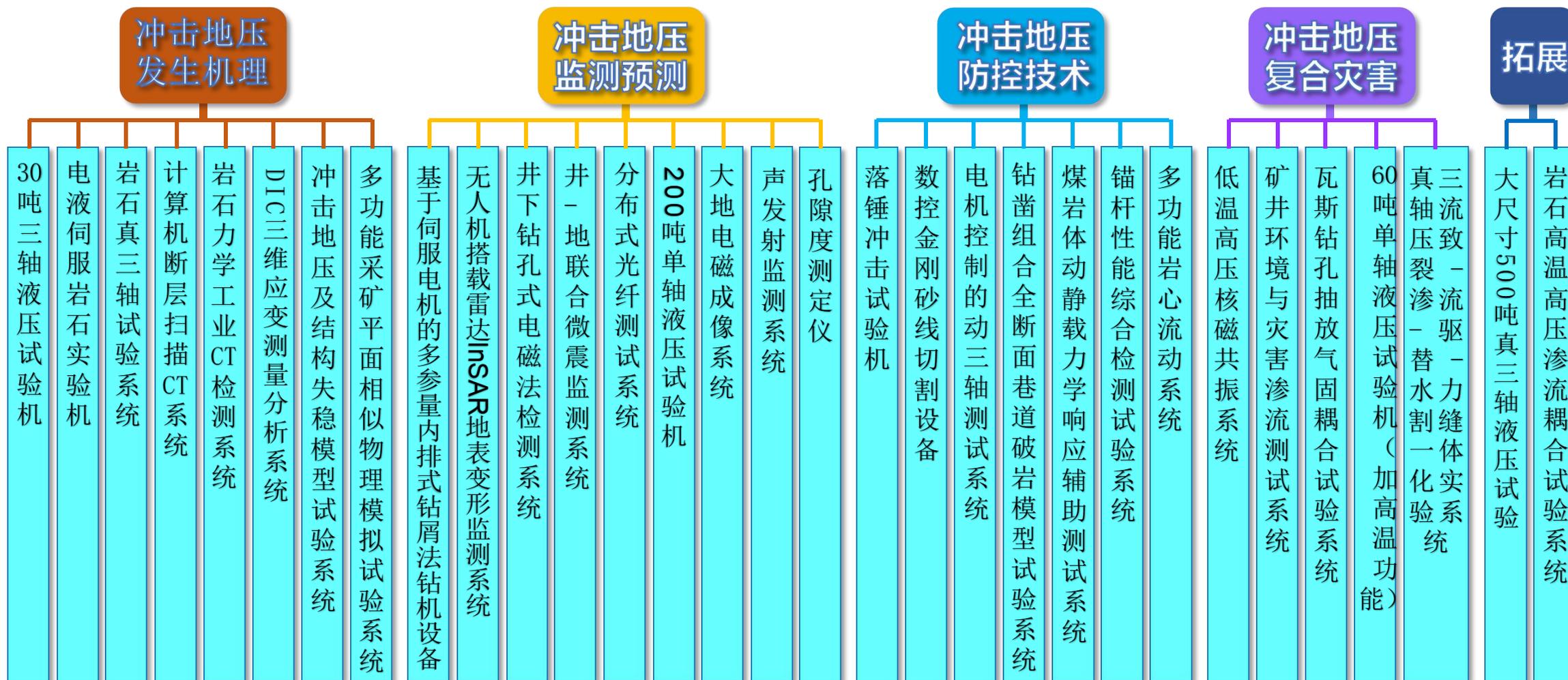
中国中煤能源集团公司
CHINA NATIONAL COAL GROUP CORP.



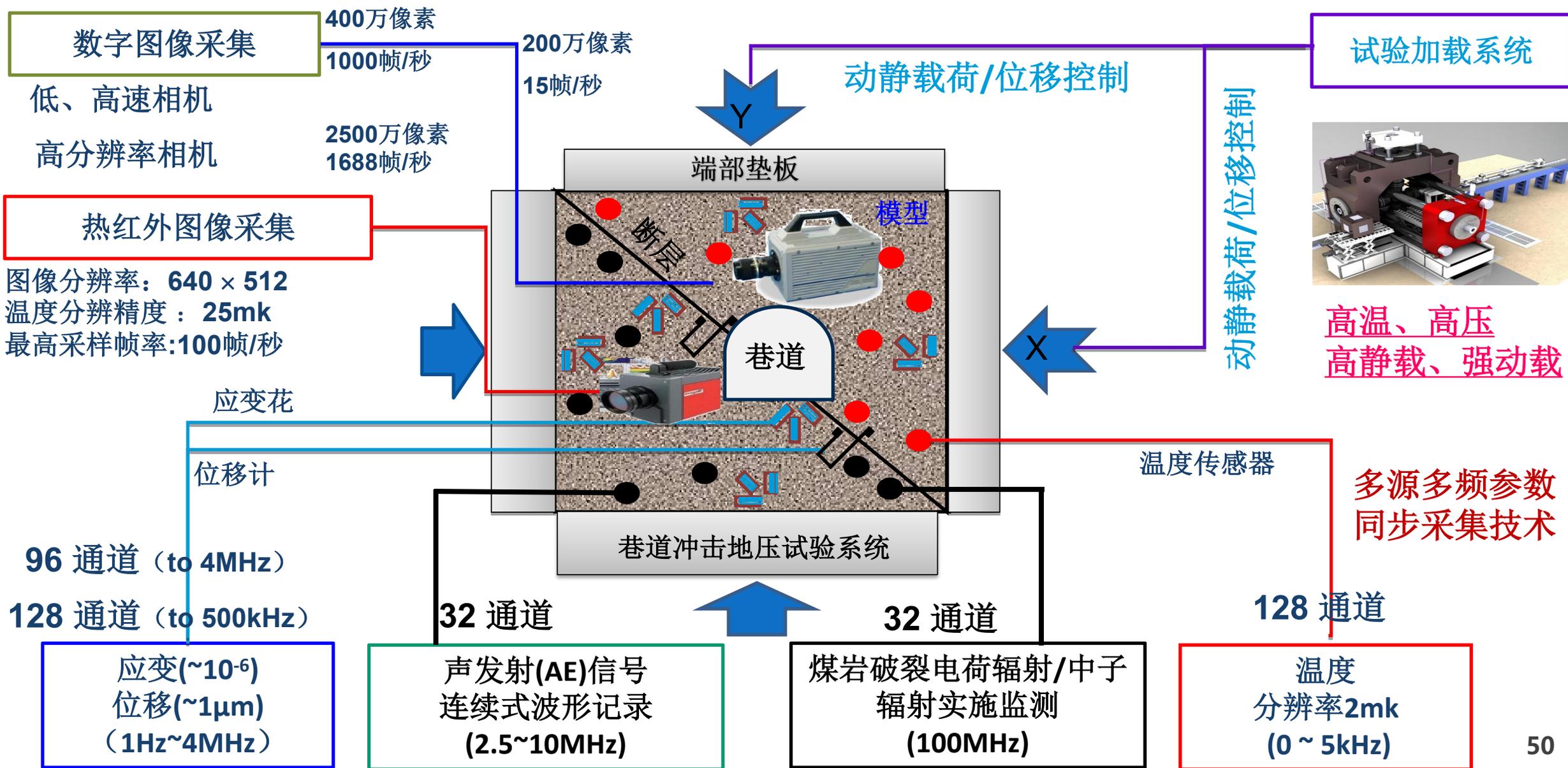
中国煤炭科工集团
煤炭科学技术研究院有限公司
CCTEG CHINA COAL RESEARCH INSTITUTE

煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山安全监察局重点实验室

□ 围绕冲击地压机理与防控技术研究方向，新增各类实验仪器设备50余台/套，总价值7000万元，能够支撑冲击地压机理、监测预测、防控技术、复合灾害及深部岩石问题的研究。



煤矿冲击地压机理与防控技术国家矿山安全监察局重点实验室



“矿山安全科技进河南”

汇报完毕
感谢各位专家 敬请批评指正!