



安徽大學
Anhui University



IDETECK
至博光电

光学探测与光子传感 在智能矿山领域的探索与应用

俞本立

安徽大学教授，博士生导师

光电信息获取与防护技术全国重点实验室 主任

安徽至博光电科技股份有限公司 董事长

目录

CONTENTS

01

研 究 背 景

02

全光纤微震监测
技术介绍

03

全光纤微震监测
技术应用与成效

04

面向智能矿山全
光感知系统展望

01 研究背景

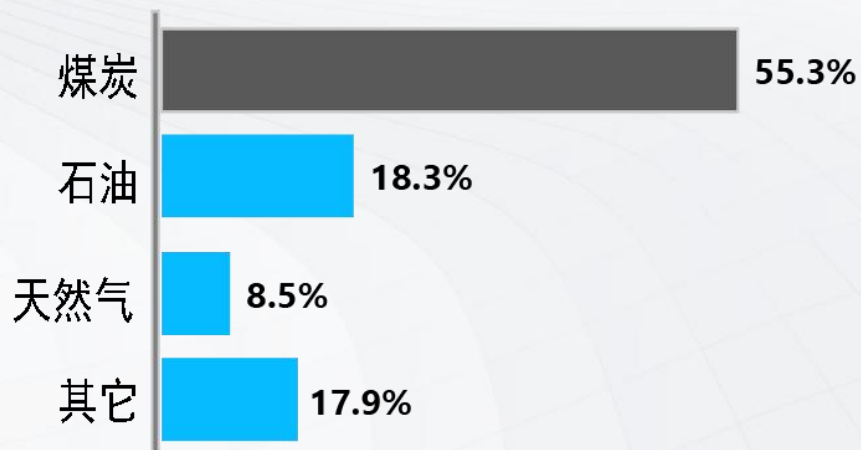
1.1 研究背景

1.2 政策支持与引领

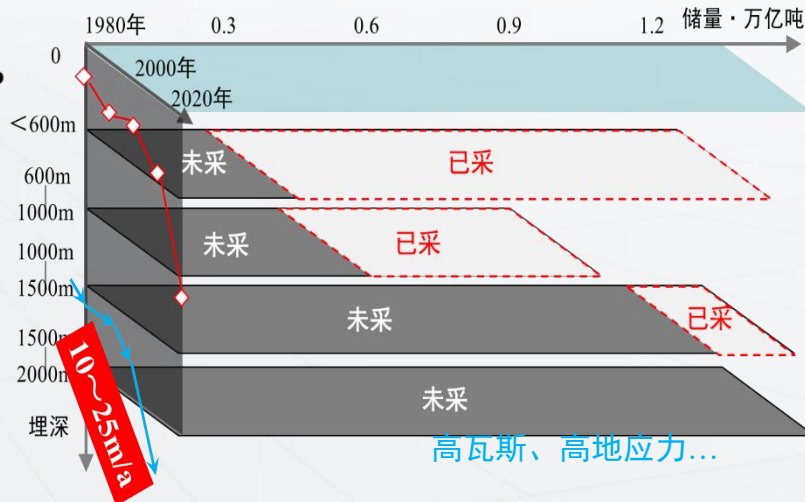
1.3 国内外研究与应用现状

1.1 研究背景

- 煤炭在我国一次能源的**生产**和**消费结构**中比例均超过**50%**，煤炭仍将长期担负国家能源安全和经济健康可持续发展的重任
- 随着浅部资源枯竭，煤炭资源开采逐渐转入深部。深部高地应力作用下煤矿动力灾害升级，**冲击地压、水害、煤与瓦斯突出**等灾害耦合叠加且呈现加剧趋势，其成灾机理复杂，监测预警与防治困难
- 井下动力灾害事故严重威胁着深部煤炭资源的绿色、安全、高效生产，成为深部采煤必须面对的棘手问题



2024年中国能源消费结构



我国煤炭开采深度示意图



我国冲击地压矿井分布示意图

1.2 研究背景-政策支持与引领

国家煤矿安全监察局《煤矿防治水细则》第九条：

矿井应当建立地下水动态监测系统，对井田范围内主要充水含水层的水位、水温、水质等进行长期动态观测，对矿井涌水量进行动态监测。**受底板承压水威胁的水文地质类型复杂、极复杂矿井，应当采用微震、微震与电法耦合**等科学有效的监测技术，建立突水监测预警系统，探测水体及导水通道，评估注浆等工程治理效果，监测导水通道受采动影响变化情况。

《防治煤矿冲击地压细则》第四十六条：

冲击地压矿井必须建立区域与局部相结合的冲击危险性监测制度，区域监测应当覆盖矿井采掘区域，局部监测应当覆盖冲击地压危险区，区域监测可**采用微震监测法**等，局部监测可采用钻屑法、应力监测法、电磁辐射法等。



全国矿山安全生产工作会议交流发言材料摘登
紧盯“头号”灾害，有效防范冲击地压事故

一是强化措施落实。对冲击地压矿井，坚持每次现场检查必查防冲内容，督促企业保持定力，严格执行“三限三强”“一矿两面三刀”等有效管控措施。对微震、应力监测数据实施远程监察，及时向企业发出预警信息。



国家矿山安全监察局关于
进一步加强煤矿冲击地压防治工作的通知

第十条 配备低频微震监测系统，采用微震监测系统监测1Hz以上的高能低频事件。微震监测系统监测范围必须覆盖矿井所有采掘区域和相邻采空区。

应当按照冲击危险性等级，配备相应的监测和防治装备。对无和弱冲击危险区域，主要配备以微震监测、应力监测和钻屑监测为主的监测装备。对中等及以上的冲击危险区域，除了配备完整的监测装备外，还应当配备卸压解危装备。

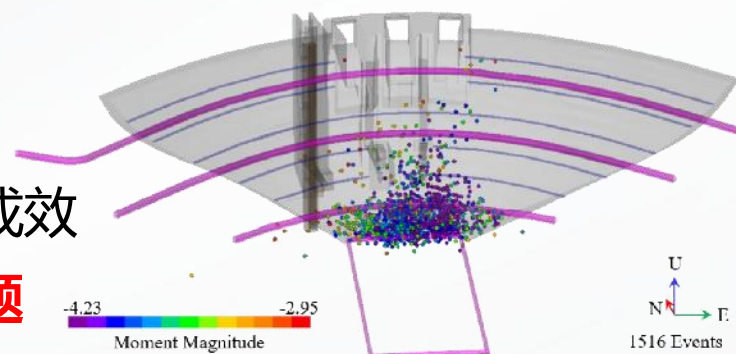


关于印发《关于深入推进矿山智能化建设
促进矿山安全发展的指导意见》的通知

(六) 研发核心装备。加快矿山智能装备核心零部件、传感器、关键控制单元和操作系统的研发应用，加快矿山机器人研发及迭代更新。研制分布式光学监测、高精度微震监测、三维激光扫描等高端矿用传感器和专用仪器设备。加强智能快掘成套装备、硬岩截割掘进装备、智能钻探装备、千万吨级智能工作面综采成套装备、薄煤层和薄脉矿智能开采装备、智能化铲装及运输装备、智能化尾矿充填成套装备、无人化智能钻爆装备、露天矿山大型智能采剥装备、重载作业机器人、新型矿用无人驾驶车辆等核心装备研发应用。

1.3 研究背景-国内外研究与应用现状

- 上世纪60年代起，国外矿业巨头就在微震监测方面开展研究工作
- 加拿大、波兰等国研制的电学微震监测系统已获广泛应用
- 国内的微震监测仍大量依靠**进口的电学传感系统**
- **电学微震传感系统**在煤矿、隧道、边坡等现场应用，取得扎实的成效
- **目前主导电学微震传感系统存在频带宽度较窄，灵敏度不高等问题**
- 国内外成熟的**干涉型光纤微震传感技术**应用较少



锦屏二级水电站坝体稳定监测：ESG



● 加拿大 ESG

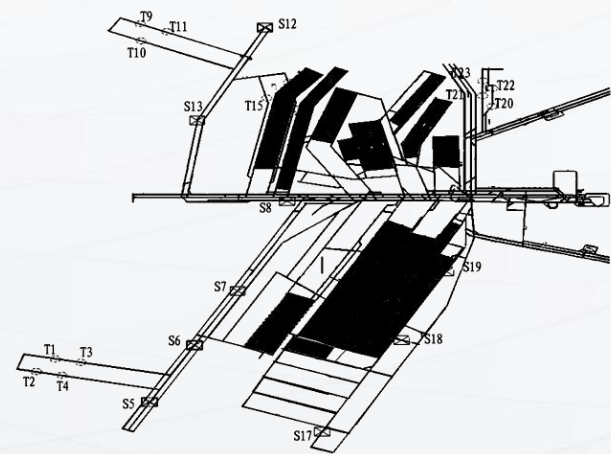
● 法国 Aramis



● 波兰 SOS

● 澳大利亚 IMS

● 南非 ISS



郭屯煤矿冲击地压监测：Aramis

02 全光纤微震监测技术介绍

2.1 项目来源

2.2 基本原理

2.3 光源技术

2.4 系统结构原理图

2.5 多场景系列化产品

2.6 关键指标对比

2.7 首次煤与瓦斯突出物理模拟实验

2.8 光学方案优势-高清洁数据集

2.9 光学方案优势-前端无源本安

2.10 光学方案优势-光信号传输

2.1 全光纤微震监测技术-项目来源

- **项目来源：**国家重大科研仪器研制项目
- **项目名称：**新型高灵敏宽频响全光纤微震监测仪
- **承担单位：**大连理工大学，安徽大学，淮南矿业集团
- **执行年限：**2017.1~2021.12

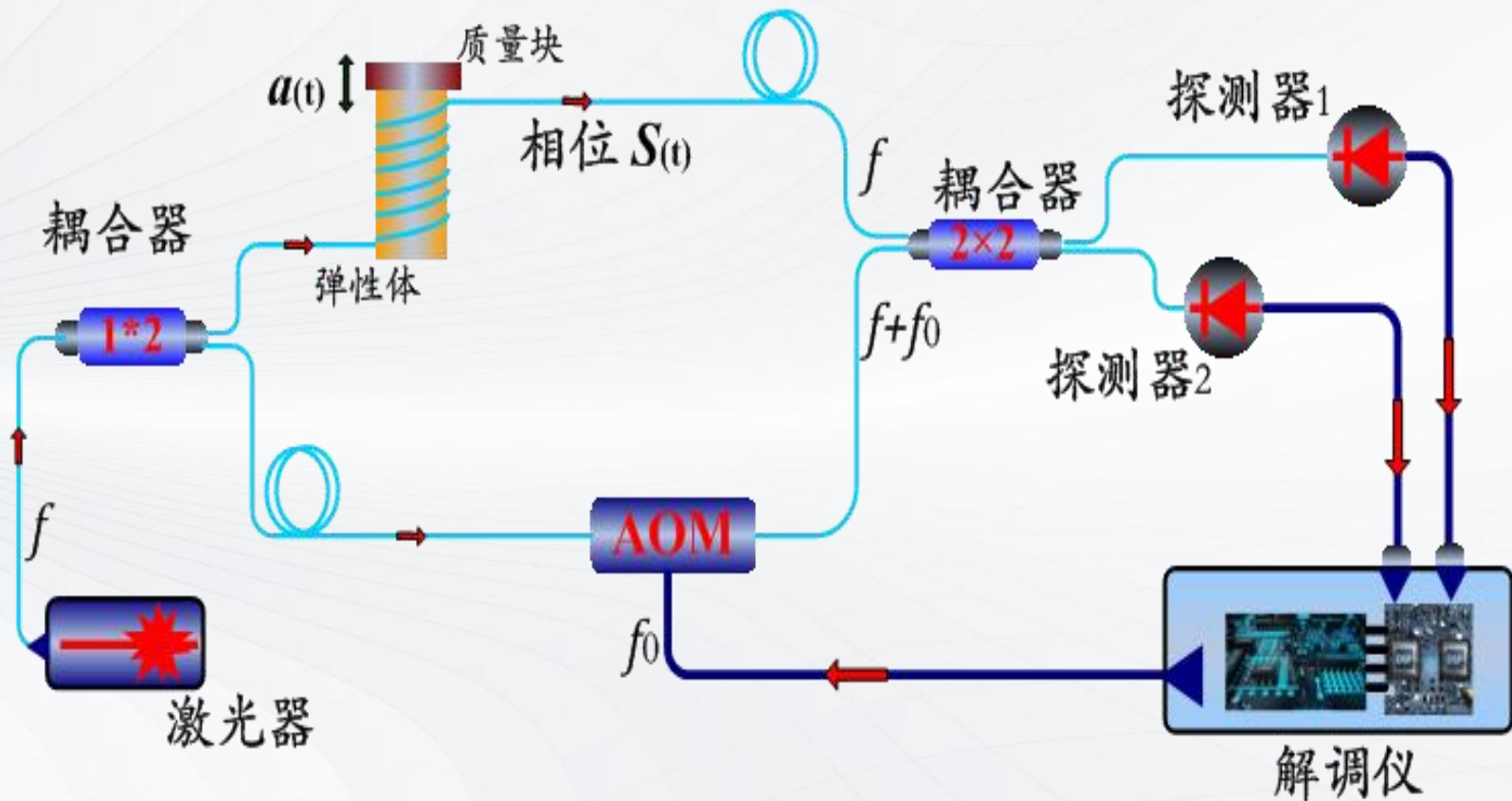


项目启动会



中期检查汇报

2.2 全光纤微震监测技术-基本原理



$$X(t) = \frac{S(t)\lambda}{2\pi n}$$

- $X(t)$ 为光纤形变量 (被测量)
- $S(t)$ 为解调仪输出的相位值
- λ 为激光波长
- n 为光纤折射率
- λ 一般为 $1.55 \times 10^{-6}\text{m}$
- n 一般为1.5
- $S(t)$ 的解调精度可达 10^{-6} 弧度

$X(t)$ 的测量精度可达 0.16×10^{-12} ，原子直径的1/600，加速度测量灵敏度理论值可达2.5ng

2.3 全光纤微震监测技术-光源技术

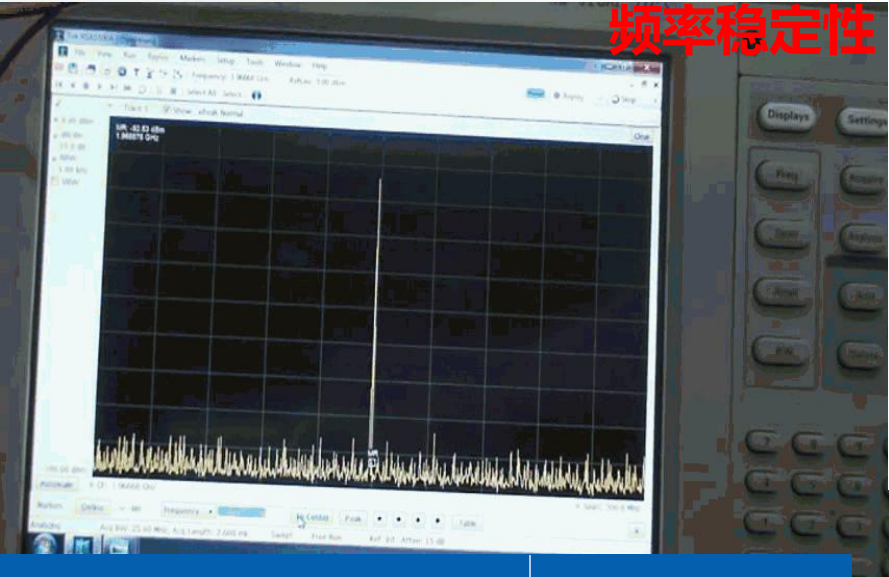
➤ 研制了国际先进的低噪声窄线宽光纤激光器

引入激光腔内稳频机构、泵浦反馈控制机制，**激光线宽小于1KHz**。

24小时激光器输出中心频率漂移**小于100MHz**，功率波动**小于±0.37%**。

➤ 激光器性能指标

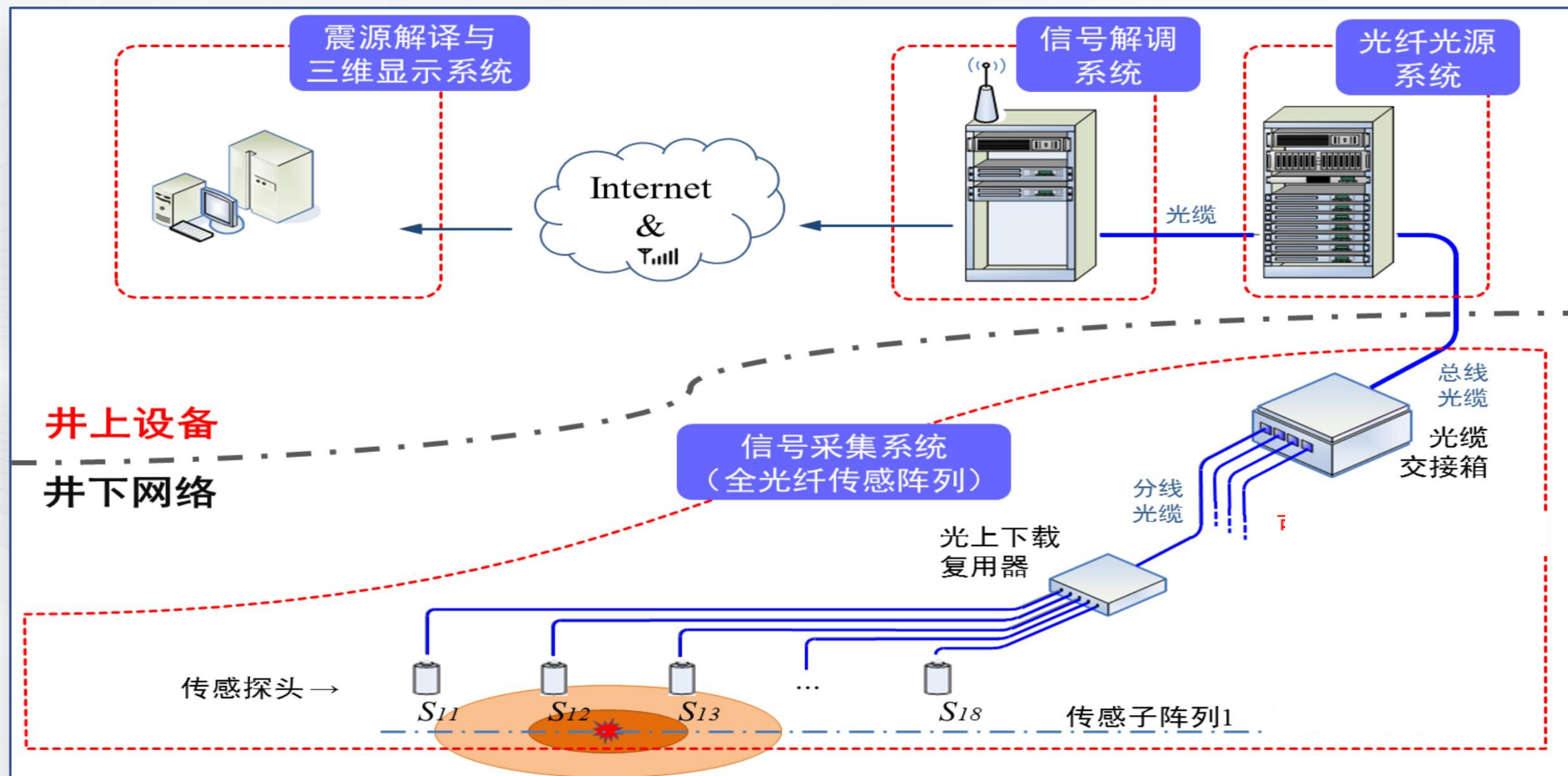
	NKT-X15	OFL-AHU(安徽大学)	RIO
中心波长 [nm]	1550	1550	1550
线宽 [KHz]	min < 0.1	1~10	min < 1
相位噪声 [μrad/√Hz/m]	0.6 @ 10Hz	0.4@ 1KHz	2@ 1KHz
强度噪声 [dBc/Hz]	< -100 @ peak	< -118 @ peak	< -140
调制带宽 [KHz]	up to 20	100	100
最大调制频偏 [MHz]	30@ 1KHz	10@ 100KHz	30@ 20KHz
最大调制驱动电压 [V]	±5	±5	±5



OFL-AHU(安徽大学)



2.4 全光纤微震监测技术-系统结构原理图



➤ 井下为全光纤传感结构，不含有源元件，无需供电，**本质安全**

2.5 全光纤微震监测技术-多场景系列化产品



矿用隔爆型微震监测采集分站



实验室型微震监测采集分站



隧道型微震监测采集分站



矿用型光纤检波器



通用型光纤检波器



隧道型光纤检波器

2.6 全光纤微震监测技术-关键指标对比

参数指标	频带宽度Hz@±3dB	最小可检出加速度 g@500Hz	最小可检出能量 J@300m	几何尺寸φ×h/mm
已实现	20-6.2K	0.1×10 ⁻⁶	10	32×60 (矿用型)
国外产品	50-5K	0.01	100	25.4×122



第 1 页 共 4 页

报告编号：BV2024F10465

检 测 报 告



扫一扫 可查询

产 品 名 称：全光纤微震监测系统

委 托 单 位：安徽至博光电科技股份有限公司

检 验 类 别：委托检验



广州必维技术检测有限公司
Guangzhou BV Technology Testing Co., Ltd

地址：广州市南沙区东涌镇石排村市南公路 183 号东北侧首层/ the first floor on the northeast side of Road, Shipai village, Dongyong Town, Nansha District, Guangzhou. 网址: http://www.bvtesting.com
如若对检测报告有异议，应于收到报告之日起 15 日内向检测单位提出，逾期不予受理。



第 3 页 共 4 页

报告编号：BV2024F10465

检 测 报 告

序号	检测项目	技术要求	检测结果	判定
1	灵敏度/最小可检测加速度	0.1ug@30Hz	0.1ug@30Hz	合格
2	频率测量范围@±3dB	0.5~1200Hz	0.5~1200Hz (±3dB)	合格
3	传感器工作温度	-20~70℃	-20~70℃下正常工作	合格
4	各通道时间同步精度	<100ns	85ns	合格
5	数据分辨率 (A/D 转换精度)	8/16/24/32 位	8/16/24/32 位可调	合格
6	信号采样频率	4/8/16/32/64KHz	4/8/16/32/64KHz 可调	合格
7	动态范围	≥120dB	符合	合格
8	主机功耗 (16 通道)	<19W	18.45W	合格
9	定位精度	±10m	±9.5m (X, Y); ±9.8m (Z)	合格
10	传感器与主机传输距离	≥10km	15km	合格
11	单端机通道数	32 通道	32 通道	合格

关键指标优于国外同类产品

地址：广州市南沙区东涌镇石排村市南公路 183 号东北侧首层/ the first floor on the northeast side of Road, Shipai village, Dongyong Town, Nansha District, Guangzhou. 网址: http://www.bvtesting.com
如若对检测报告有异议，应于收到报告之日起 15 日内向检测单位提出，逾期不予受理。

序号	检测项目	技术要求	检测结果	判定
1	灵敏度/最小可检测加速度	0.1ug@30Hz	0.1ug@30Hz	合格
2	频率测量范围@±3dB	0.5~1200Hz	0.5~1200Hz (±3dB)	合格
3	传感器工作温度	-20~70℃	-20~70℃下正常工作	合格
4	各通道时间同步精度	<100ns	85ns	合格
5	数据分辨率 (A/D 转换精度)	8/16/24/32 位	8/16/24/32 位可调	合格
6	信号采样频率	4/8/16/32/64KHz	4/8/16/32/64KHz 可调	合格
7	动态范围	≥120dB	符合	合格
8	主机功耗 (16 通道)	<19W	18.45W	合格
9	定位精度	±10m	±9.5m (X, Y); ±9.8m (Z)	合格
10	传感器与主机传输距离	≥10km	15km	合格
11	单端机通道数	32 通道	32 通道	合格

2.7 全光纤微震监测技术-首次煤与瓦斯突出物理模拟实验

- 在深部煤炭开采与环境保护国家重点实验（原），开展了煤与瓦斯突出物理模拟微破裂前兆信息采集实验研究
- **国际上首次利用全光纤微震监测技术，在物理模拟实验中捕获了丰富的煤与瓦斯突出前兆信息**



中尺度煤与瓦斯突出模拟试验现场

时间	实验内容
10:07	加载应力
10:31	应力结束
10:40	机器工作
11:30	加载应力
15:17	掘进10cm
15:28	开始掘进20cm
15:35	结束掘进20cm
15:58	开始掘进40cm
16:17	结束掘进40cm
16:28	开始掘进50cm
16:38	结束掘进50cm
16:56	突出

2.7 全光纤微震监测技术-首次煤与瓦斯突出物理模拟实验

- 在深部煤炭开采与环境保护国家重点实验（原），开展了煤与瓦斯突出物理模拟微破裂前兆信息采集实验研究
- **国际上首次利用全光纤微震监测技术，在物理模拟实验中捕获了丰富的煤与瓦斯突出前兆信息**

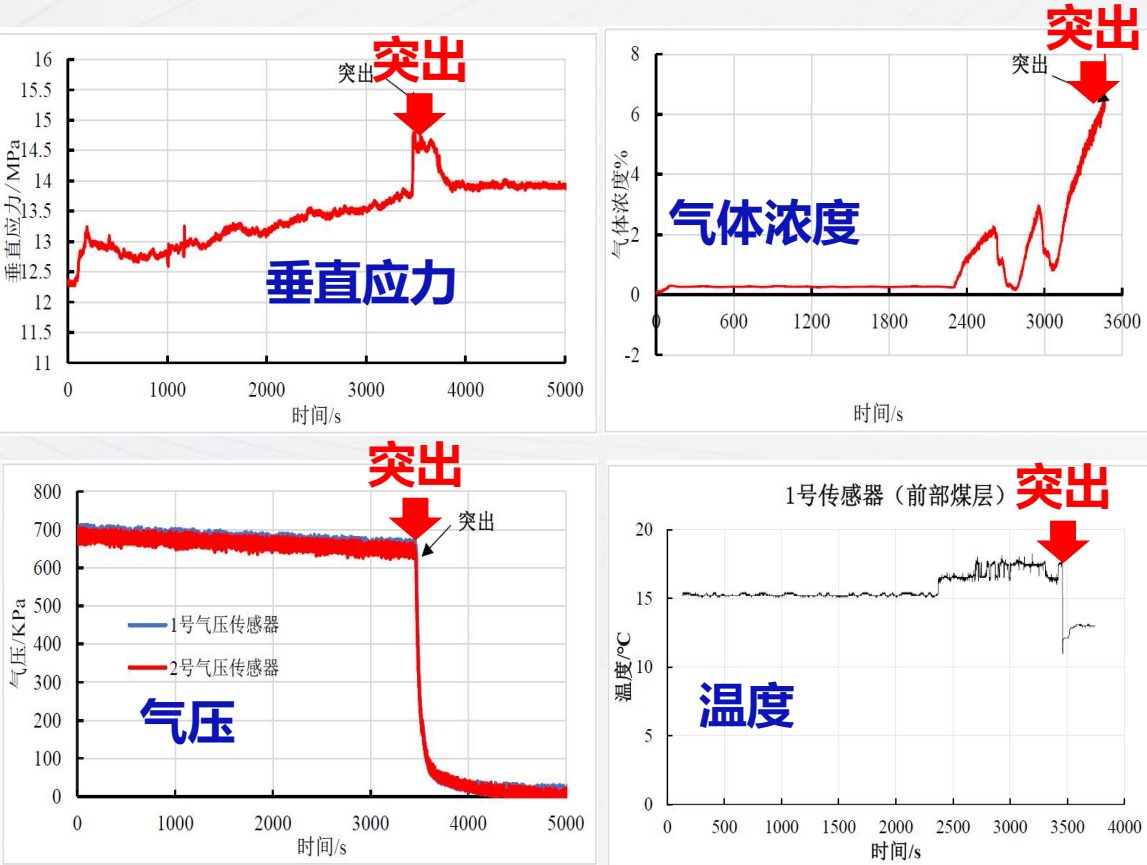


中尺度煤与瓦斯突出模拟试验现场

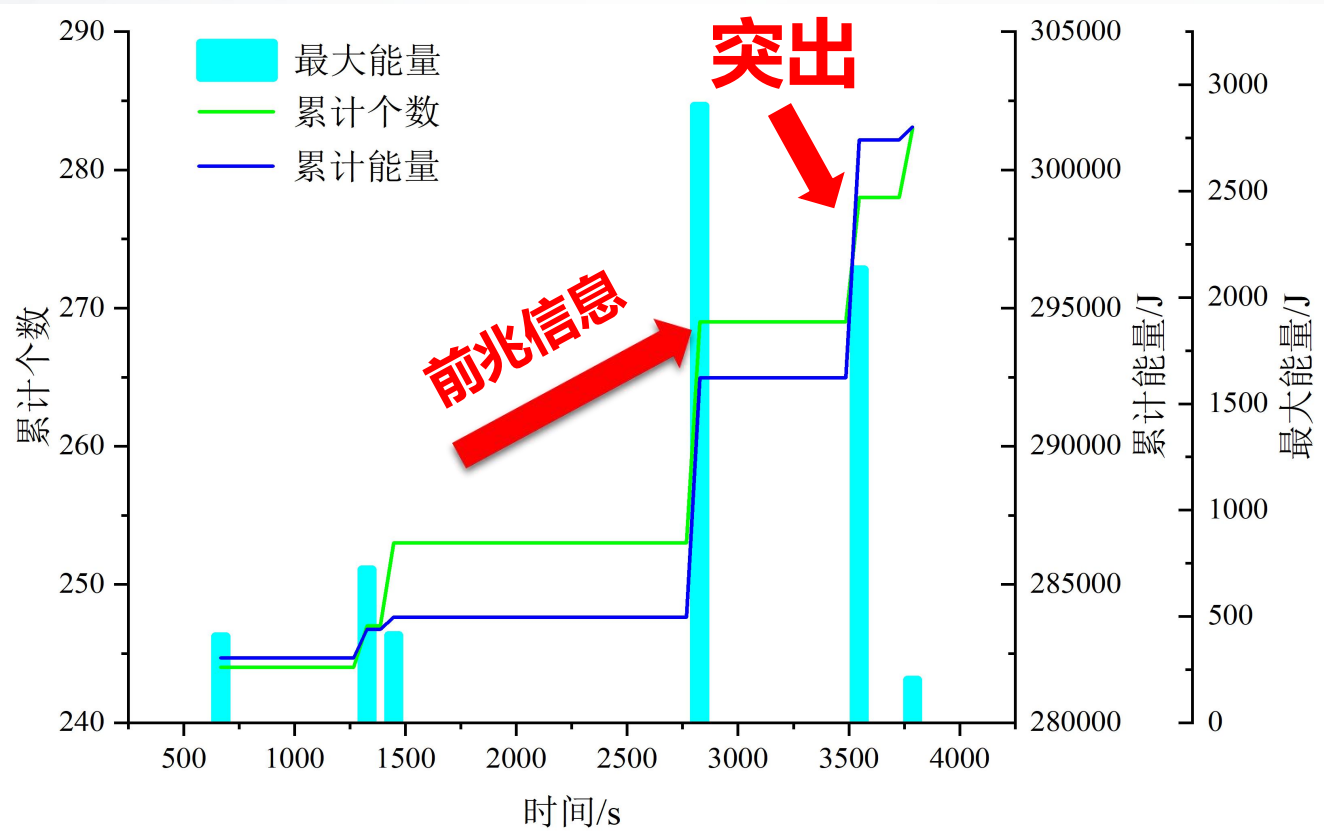
时间	实验内容
10:07	加载应力
10:31	应力结束
10:40	机器工作
11:30	加载应力
15:17	掘进10cm
15:28	开始掘进20cm
15:35	结束掘进20cm
15:58	开始掘进40cm
16:17	结束掘进40cm
16:28	开始掘进50cm
16:38	结束掘进50cm
16:56	突出

2.7 全光纤微震监测技术-首次煤与瓦斯突出物理模拟实验

以时间/掘进进度为参照，压力与气压等其他监测参量均在瓦斯突出位置达到峰值，同步于破坏结果。而微震的累计个数与能量等参量均超前地反映出了巷道压力的增加，可作为瓦斯突出的前兆信息。



其他监测结果



微震结果

2.9 光学方案优势-前端无源本安

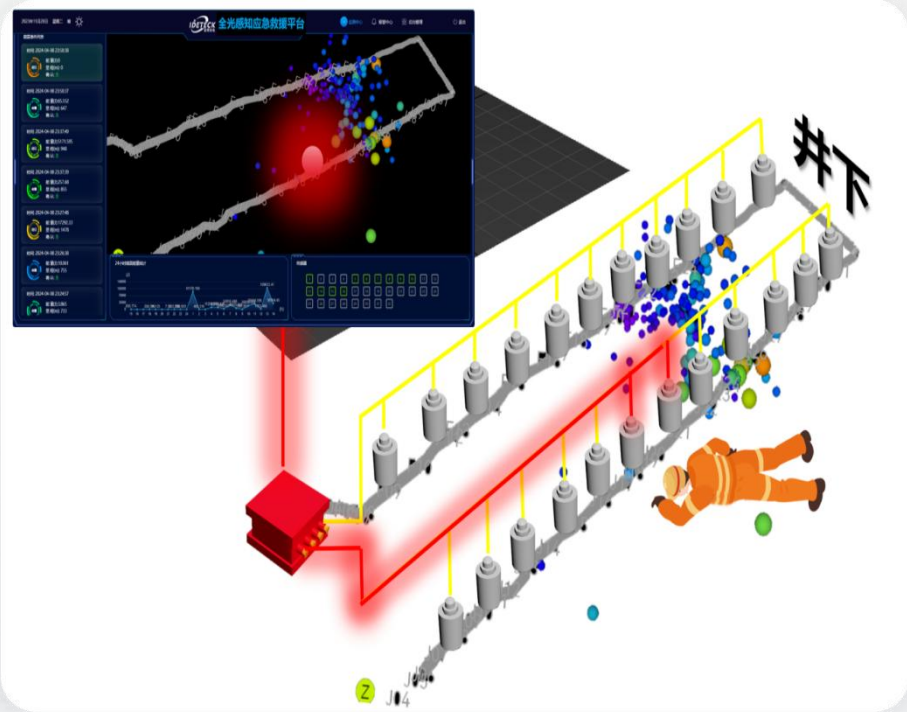
前端由纯光学器件构成，**无源本安，可在复杂条件下安全稳定工作**；断电可保持运行4~6小时；能捕捉人声/敲击声，并定位，辅助生命救援。



光纤检波器
(光学器件)



高瓦斯环境下可安全稳定工作



断电可持续工作4-6小时，定位人员
辅助生命救援

2.10 光学方案优势-光信号传输

使用光纤传输数据，**抗电磁干扰**，可以布置在高压电或强电设备周围，便于标准化施工；**信号衰减小**，无中继数据保真传输距离可达**10Km**（检波器到采集端机距离）



无中继覆盖35万平方米采空区



可随高压线缆敷设，布置灵活，便于标准化施工

03 全光纤微震监测技术应用与成效

3.1 监测目标

3.2 现场部署方案

3.3 智能化软件平台

3.4 矿压显现规律研究

3.5 过断层期微震响应特征

3.6 垮落带、导水裂隙带分析

3.7 底板破坏深度分析

3.8 注浆效果评估

3.9 边坡稳定性监测

3.10 内蒙古露天边坡稳定性监

3.11 隧道岩爆监测预警

3.12 西南某大型隧道岩爆监测

测3.13 典型案例

3.1 全光纤微震监测技术应用与成效-监测目标

全光纤微震监测系统，基于新一代光纤振动监测技术，在工作面全生命周期内，对岩土微破裂进行高精度智能化安全监测。对**巷道失稳、水害、冲击地压、突出等灾害**进行监测预警，对**水力压裂、注浆**等区域**治理效果**进行评估。为工作面安全回采、区域治理效果提供量化的评价依据。

区域治理

- 注浆效果评估
- 煤层气抽采压裂效果评价
- 巷道断顶卸压压裂效果评价等

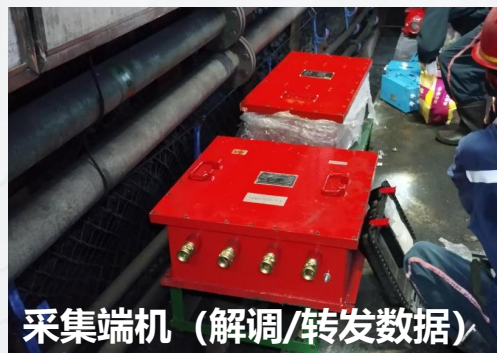
回采

- 动力灾害监测预警
- 巷道稳定性评估
- 矿压显现规律
- 地质异常区微震响应特征
- 覆岩运移规律等

采空区

- 采空区稳定性监测
- 治理实际效果评估，为其他工作面治理提供依据

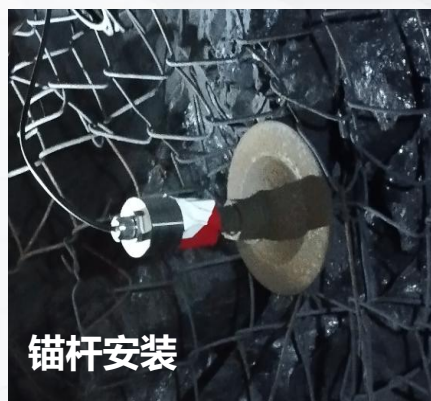
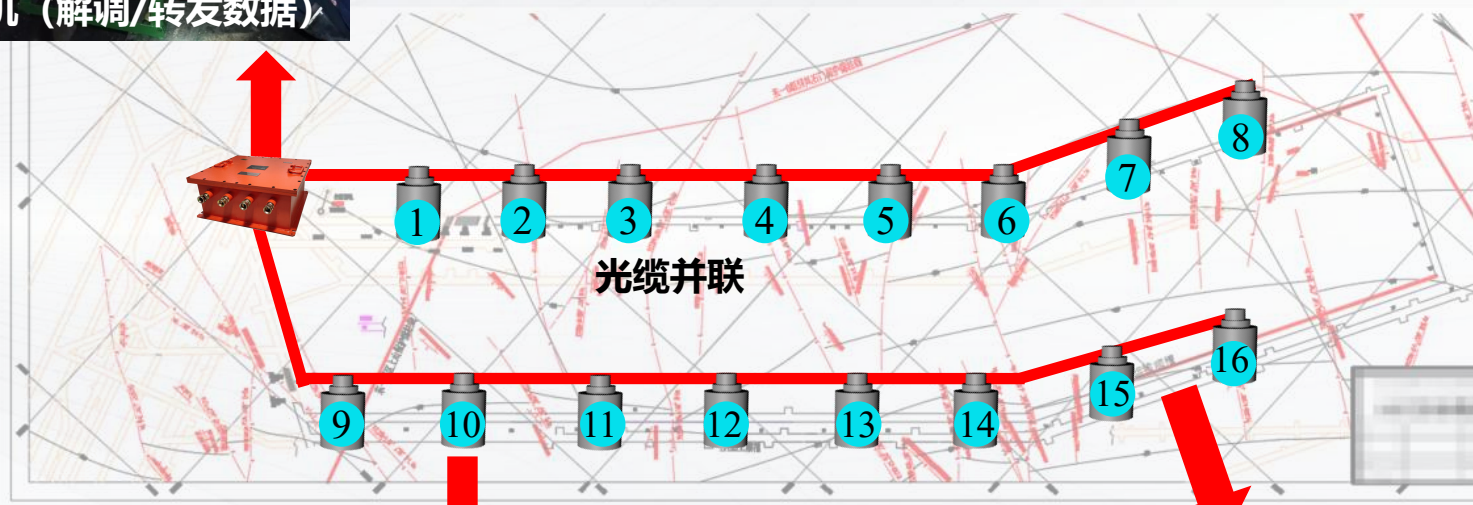
3.2 全光纤微震监测技术应用与成效-现场部署方案



服务器



数据分析中心



锚杆安装



光纤检波器
(采集数据)



套筒安装



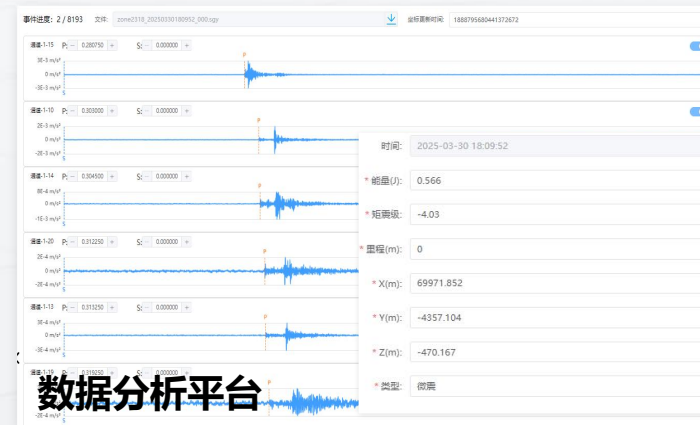
光缆敷设



数据采集平台



实时展示大屏

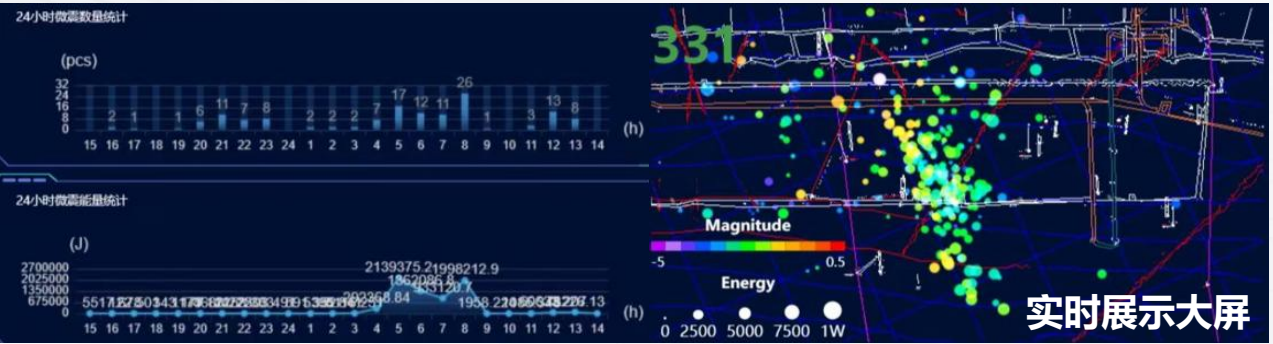


数据分析平台

3.3 全光纤微震监测技术应用与成效-智能化软件平台



- 检波器在线状态一目了然
- 掉线自动短信通知
- 可远程对检波器进行现场标校

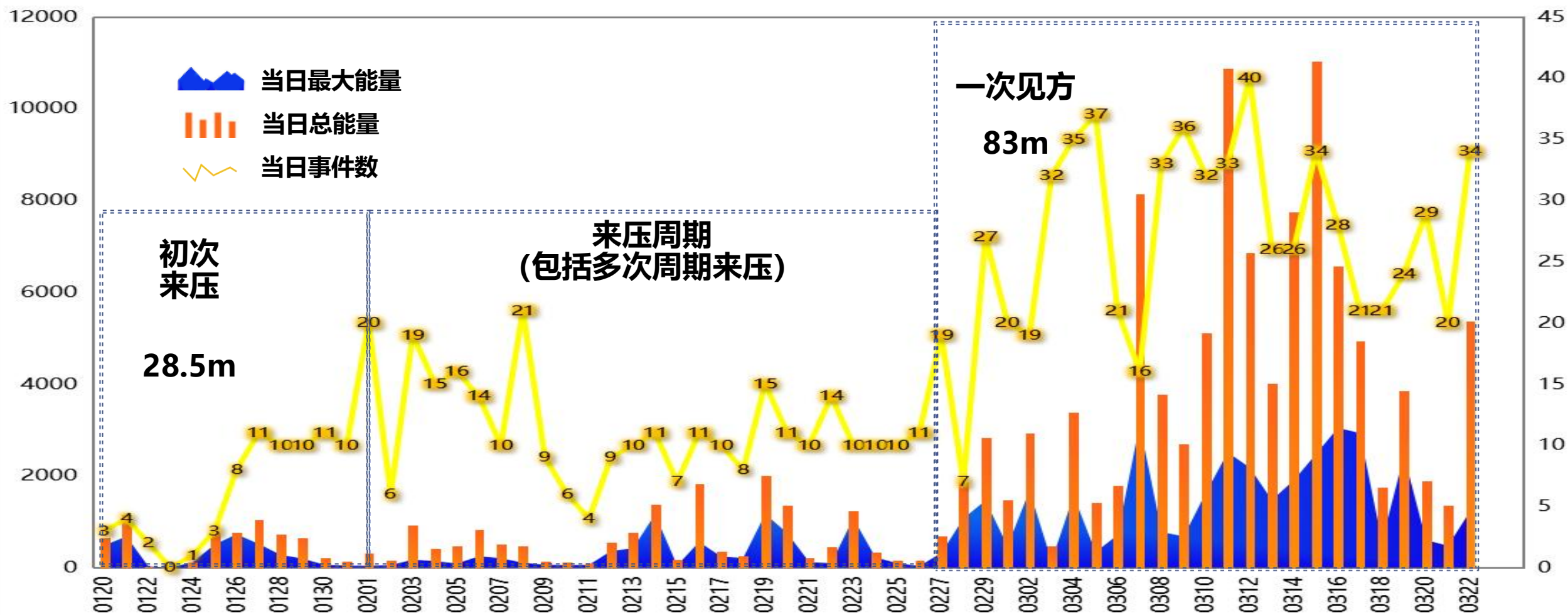


- 利用人工智能，排除噪音，实时识别微震事件/波形
- 实时显示微震空间分布状态
- 实时分析微震数量/能量变化趋势



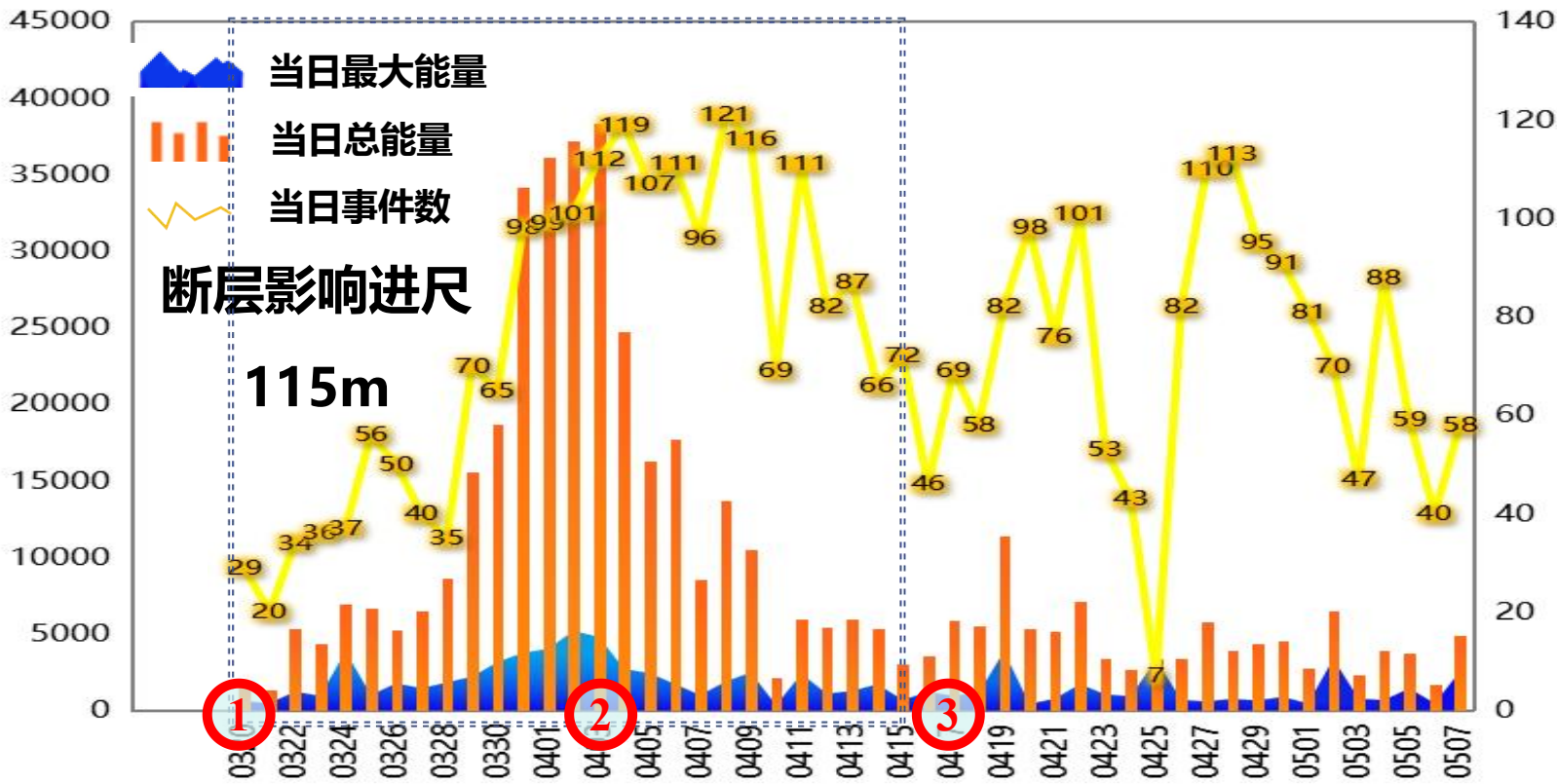
- 支持人工复核
- 自动导出稳定性预警报告

3.4 全光纤微震监测技术应用与成效-矿压显现规律研究

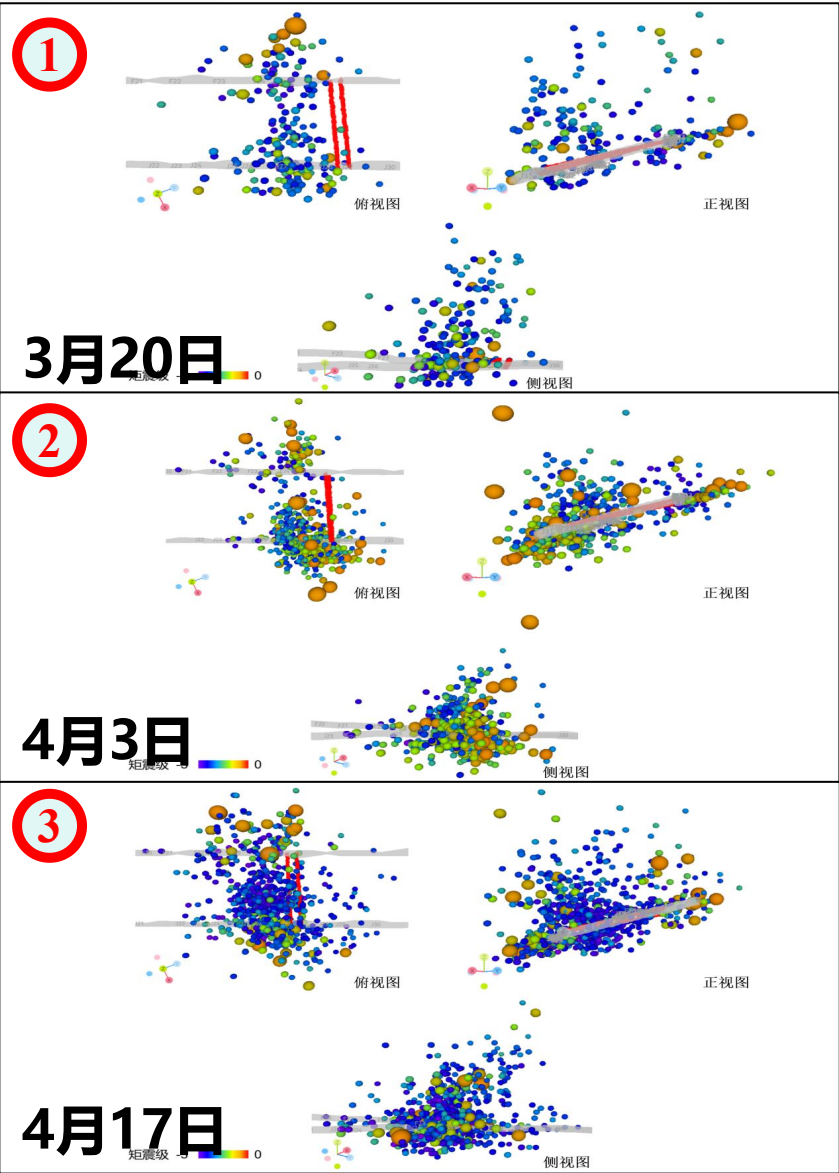


- 基于全光纤微震接收到的大量震动信息，能够精确捕捉到关键层裂隙发育过程
- 微震特征参数变化趋势清晰刻画采动影响下工作面围岩应力演化规律与来压周期

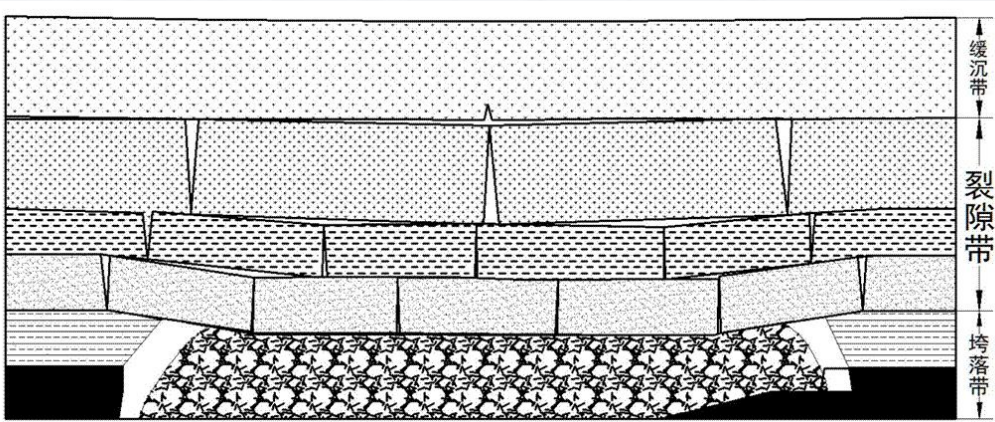
3.5 全光纤微震监测技术应用与成效-过断层期微震响应特征



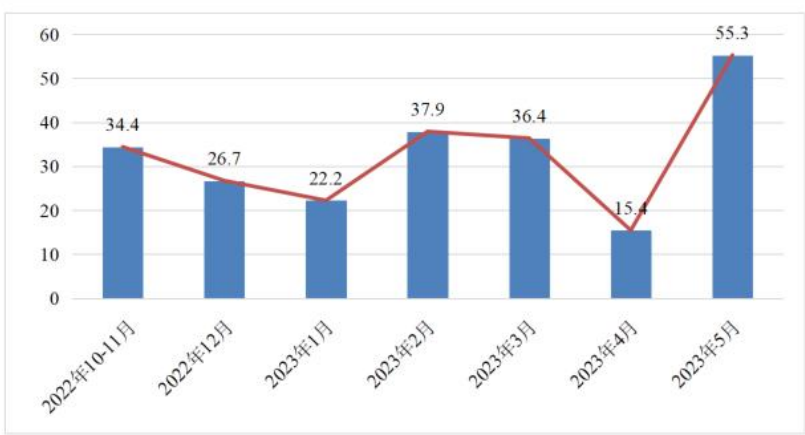
- 应力急剧释放期间，当日最大能量与微震事件数呈正相关
- 最大应力释放后，小能量释放为主期间，当日最大能量与微震事件数则无关
- 可根据微震特征参数变化趋势，判断工作面是否进入/离开断层影响控制区



3.6 全光纤微震监测技术应用与成效-垮落带、导水裂隙带分析



“上三带”模型

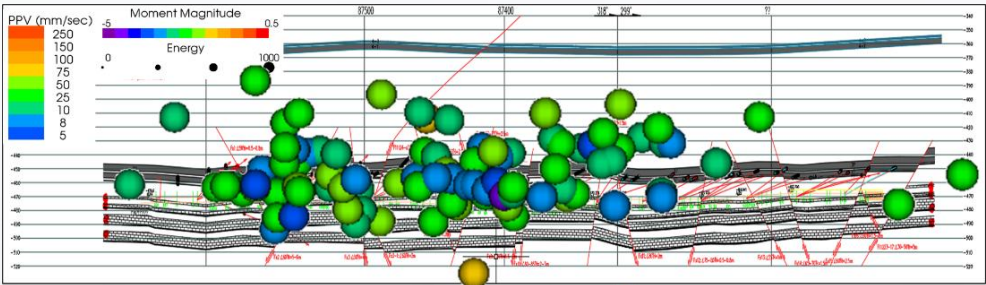


每月顶板破坏深度图

经验公式和微震监测数据的推断得出的垮落带和导水裂隙带高度

使用方法	垮落带高度（m）	导水裂隙带高度（m）
《规程》中的经验公式	9.56~13.96	37.50~48.70
《规范》中的经验公式	18.00	47.32~57.52
微震监测的推断	18.8	43.8

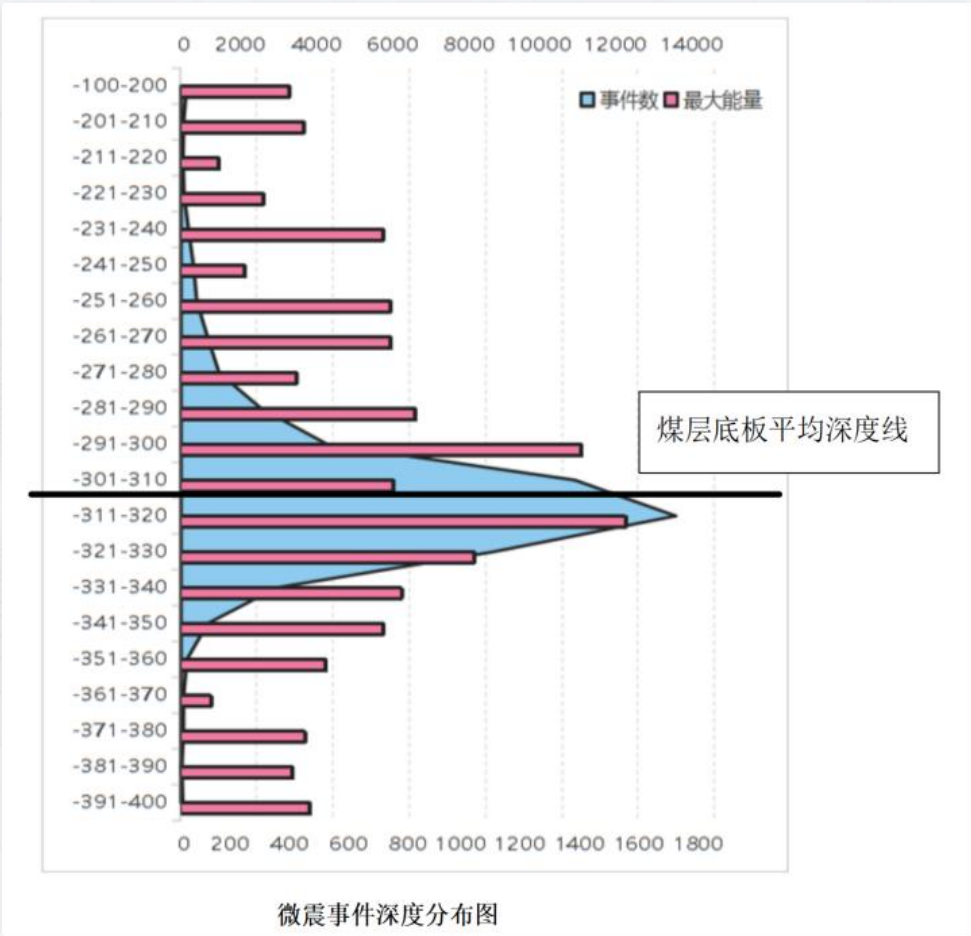
《规程》：《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》
《规范》：《矿区水文地质工程地质勘察规范》



相对大能量微震事件侧视剖面图

- 以微震事件80%数量集中的高度来推断垮落带高度，其推断高度约18.8m（经验公式计算结果18m）；
- 以微震事件距离顶板最高的高度来推断裂隙带的高度，其推断高度约为43.8m（经验公式计算结果37.50m~48.7m）；
- 微震监测推断出的垮落带高度、导水裂隙带高度与经验公式计算结果具有较好的一致性。

3.7 全光纤微震监测技术应用与成效-底板破坏深度分析

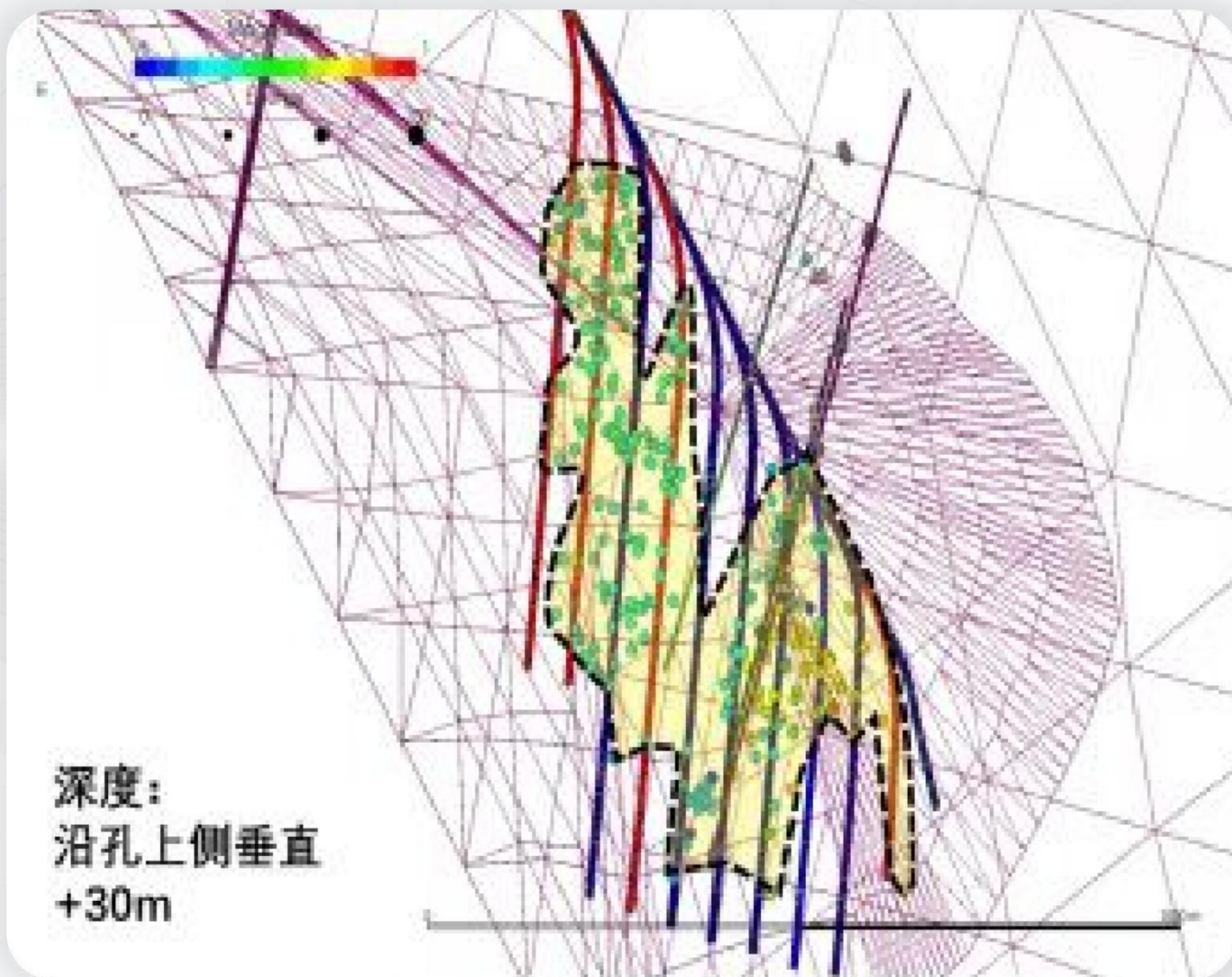


2.3~3.8		6煤层：黑色，半亮型，内生裂隙发育，块状，易碎。
2.9		
5.08~7.66		砂质泥岩：灰~深灰色，中下部具波状水平层理，上部夹泥岩薄层，含植物根茎化石。
6.23		
12.29~14.68		细砂岩：灰色，块状，致密，以石英长石为主，夹薄层泥岩呈条带状。
13.49		
2.99~4.55		泥岩：深灰色，泥质均一结构，块状构造，含植物叶茎化石，偶见滑面。
3.77		
15.0~17.65		细砂岩：浅灰色，波状层理，块状，以石英长石为主，坚硬，底部夹少量泥岩条带。
16.33		
3.63~8.63		粉砂岩：深灰色，粉砂质，薄层状，层理面含炭质和白云母片。
6.13		
8.49~12.03		泥岩：灰黑色，致密块状，断口平坦，性脆，少含植物化石。
11.26		

不同底深度范围微震事件数与能量分布情况表		
底板深度范围	事件数（个）	累计能量（J）
0—6.2 米	1054	290507
6.2—19.6 米	1668	612817
19.6—23.3 米	323	105803
23.3—39.6 米	90	35085
39.6—45.7 米	20	9578
45.7—56.9 米	9	1409
56.9—70 米	8	9334
70—80 米	3	4687
80—90 米	6	4473

- 底板深度破坏分布表上看，大部分底板微震事件都集中在底板6.2-19.6米范围内；
- 微震事件数和累计能量在6.2-19.6米区间范围内达到峰值；
- 根据微震空间/能量聚集判断底板破坏深度在19米左右，符合理论计算结果（平均破坏深度19.12米）

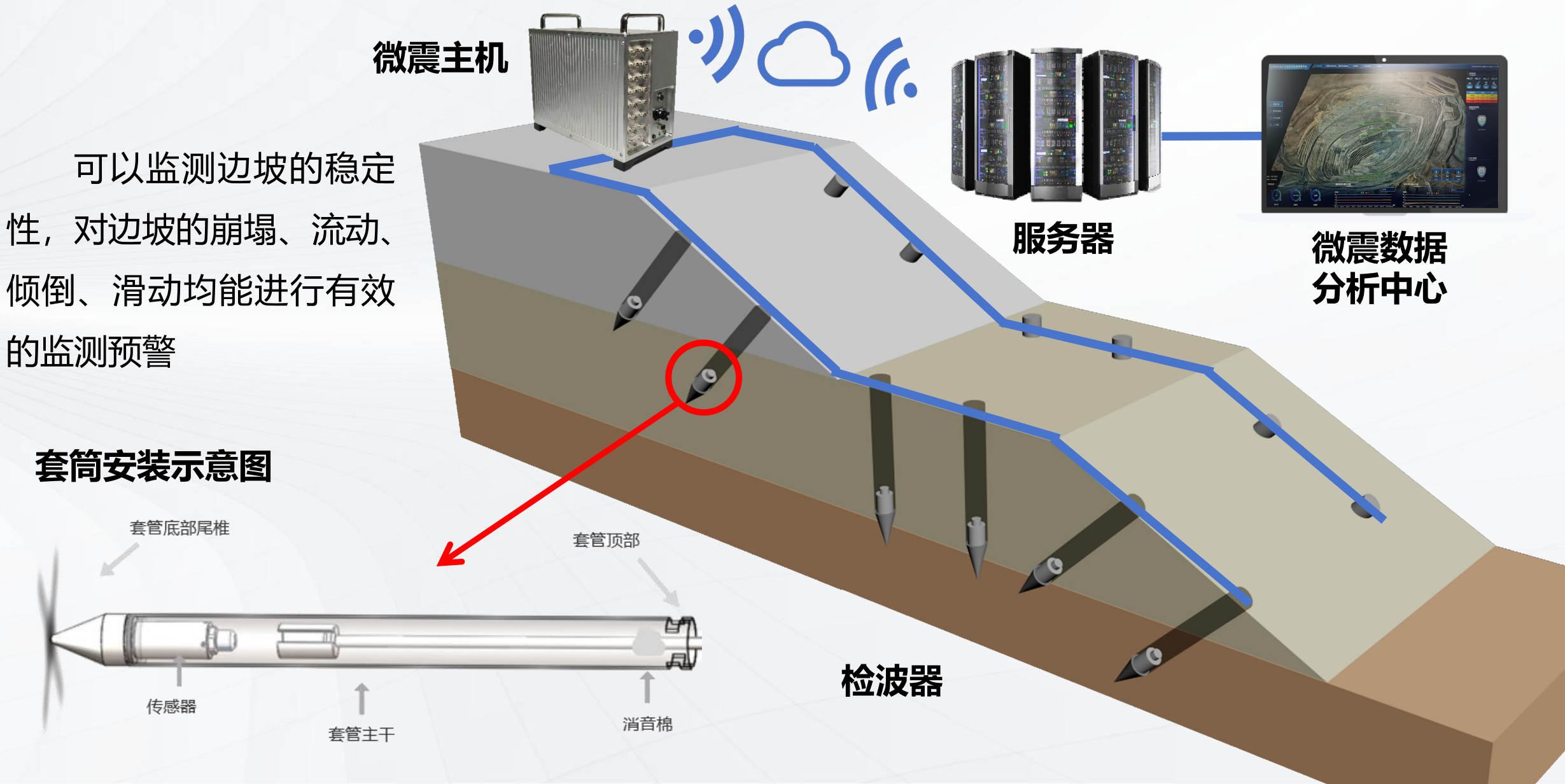
3.8 全光纤微震监测技术应用与成效-注浆效果评估



注浆范围微震点云图

- 针对某工作面注浆区域性封堵治理项目，传统技术不支持此距离的监测(超过300m)，故布置一套全光纤微震监测系统；
- 基于项目结果表明，利用全光纤微震监测技术，在相对苛刻的条件下，得到收敛的数据集；
- 以微震事件点云图判断出注浆影响区域，实现对注浆效果的动态评估。
- **构建"浆脉形态监测-注浆参数优化"的技术闭环，为治理工程效果验证及工艺迭代提供了科学数据支撑。**

3.9 全光纤微震监测技术应用与成效-边坡稳定性监测



3.10 全光纤微震监测技术应用与成效-内蒙露天边坡稳定性监测

N1-2-设计

S2-设计

S1-已安装

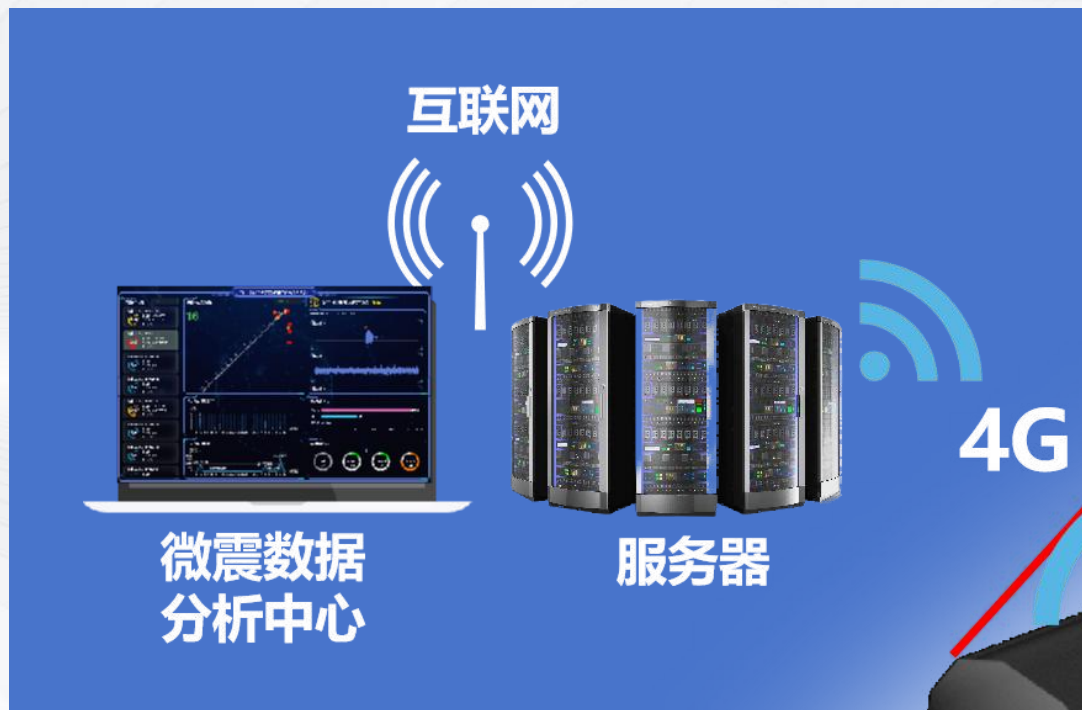


多参量集成边坡稳定性预警平台

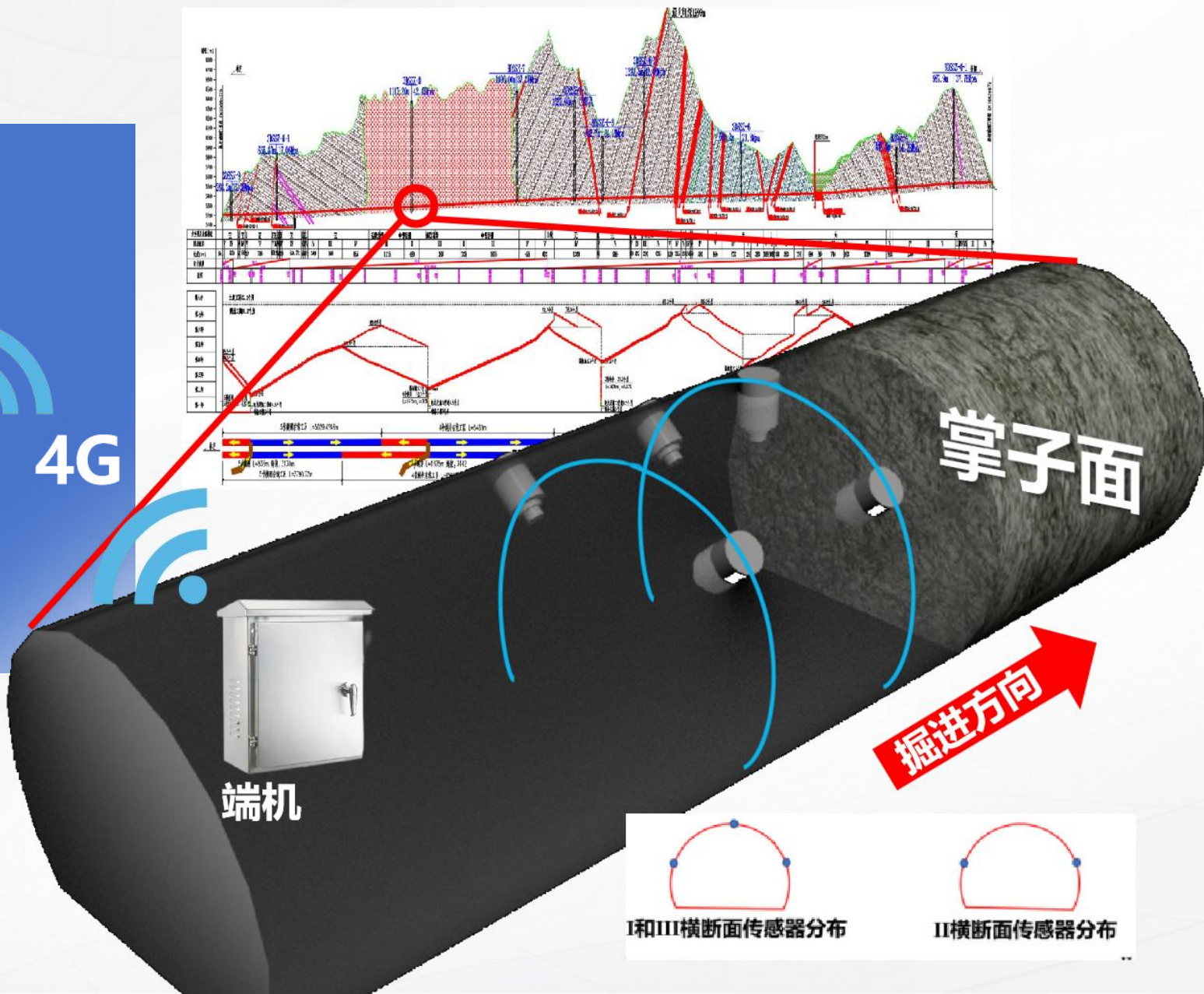
- 与GNSS、测斜、雨量计可进行数据融合，构建多参量突出综合预警平台，提升准确率，降低误报率
- **监测结果初步表明，微破裂征兆早于位移征兆，预警更具提前性**

某金矿全光纤微震监测系统布置方案

3.11 全光纤微震监测技术应用与成效-隧道岩爆监测预警



传感器布置跟随掌子面推进，可对施工中国岩的岩爆先兆进行监测预警



3.12 全光纤微震监测技术应用与成效-西南某大型隧道岩爆监测

风险概率	高
------	---

监测对象	果拉山左线小里程	数据采集设备	光纤微震监测系统
监测时间	2024 年 6 月 23 日~2024 年 6 月 24 日		
传感器范围	DK948+536.9 ~ DK948+563.2		
掌子面里程	DK948+506.3		
风险范围	DK948+595.0 ~ DK948+622.0 (强烈)		
	DK948+485.0 ~ DK948+595.0 (中等)		
风险等级	中等~强烈	风险概率	高

岩爆倾向性评估

描述

果拉山 DK948+506.3 掌子面揭示地层岩性为燕山期花岗岩，呈灰白色，中厚层构造，中细粒结构，结构致密，节理较发育，呈块状结构，岩体较完整，弱风化。

2024 年 6 月 23 日 18:00 ~ 2024 年 6 月 24 日 18:00，共采集 50 次有效微震事件，能量分布 0.681 ~ 71634.76 J，累计能量 105282.50 J，（见表 1），微震事件分布见图 1，时间序列及能量分布见图 2，其中左小隧道内有 2 次震级与能量较大，微震活跃度强烈。

最近 24 小时，掌子面未向前掘进，左小掌子面微震事件频次增加，微震事件能量和累积能量增加，掌子面附近微震活跃度增加，掌子面附近有 1 个震级较大的中等事件且小能量事件聚集，高等级岩爆风险增加，建议左小掌子面附近仍以预防中等岩爆为主；掌子面前方 15 至 20 米左右小能量事件集聚度较高，掘进到该位置附近时注意预防高等级岩爆风险；掌子面后方 100 米左右有 1 个强烈事件，在此位置前后 15 米初支有开裂破坏风险，在此位置附近注意预防高等级岩爆风险。通过微震活动与现场实际发生岩爆对比，

最近 24 小时，掌子面未向前掘进，左小掌子面微震事件频次增加，微震事件能量和累积能量增加，掌子面附近微震活跃度增加，掌子面附近有 1 个震级较大的中等事件且小能量事件聚集，高等级岩爆风险增加，建议左小



不同类型破坏分布与微震活动时空演化规律一致性较好，现场破坏规模与微震事件数和微震释放能均呈正相关

3.12 全光纤微震监测技术应用与成效-西南某大型隧道岩爆监测

至心于慧 · 博实以成



23年3月至今累计监测时长800余天，**六个掌子面**累计发布日报**2400余篇**。准确预警**中等及以上岩爆63次**，有效避免了安全事故的发生。

作中，团队克服高原缺氧和交通不便，展现出工作责任心强、具有良好的组织工作协调能力，高质量提供岩爆微震监测原始数据，岩爆监测预警成果与开挖揭示基本一致，有效的保障了隧道施工安全。

在此，感谢贵公司委派到我项目部高原某铁路隧道岩爆微震监测团队全体工作人员，为高原某铁路隧道安全施工保驾护航，再次表示感谢。

证明

2024年6月1日至2024年8月31日，安徽至博光电科技股份有限公司在中局集团有限公司承建的高原铁路TBM项目采用光纤微震监测系统对该隧道开展微震监测工作，目前为止，对比掌子面围岩开挖揭示情况与所探测的微震事件结果判定，综合准确率95%以上，特此证明；

**岩爆预测准确率达95%，综合评价高！
实现国产替代，解决卡脖子问题！**

3.13 全光纤微震监测技术应用与成效-典型案例

煤矿监测

淮南某煤矿工作面顶板稳定性微震监测项目
淮南某煤矿工作面顶板稳定性微震监测项目
贵州某煤矿工作面煤与瓦斯突出微震监测项目
贵州某煤矿工作面顶板稳定/瓦斯回采微震监测
淮北某煤矿顶板水害微震监测项目
淮北某煤矿底板水害微震监测项目
淮南某煤矿底板水害微震监测项目
淮北某煤矿底板水害微震监测项目
淮南某煤矿水力压裂效果评估项目
淮北某煤矿注浆效果评估项目等

非煤矿山监测

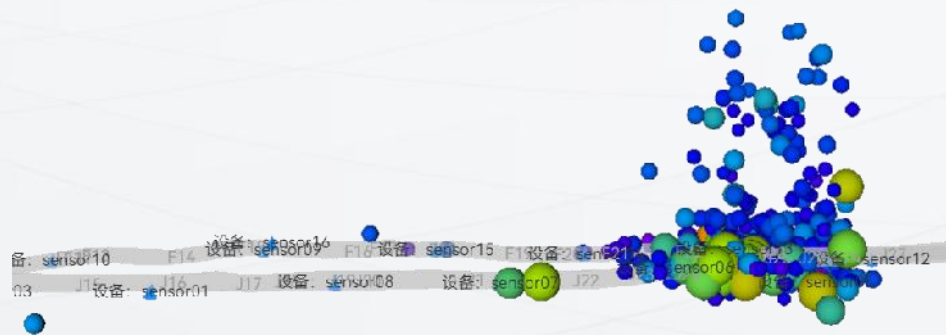
内蒙古某露天金矿边坡稳定性微震监测项目
马鞍山某石膏矿采空区稳定性监测项目等

隧道冲击地压监测

西南3#隧道大里程岩爆预警项目
西南3#隧道小里程岩爆预警项目
西南4#隧道排烟通道岩爆预警项目
西南4#隧道左大线岩爆预警项目
西南4#隧道左小线岩爆预警项目
西南4#隧道二衬岩爆预警项目
西南5#隧道岩爆预警项目
青岛唐山路隧道稳定性监测项目
西南隧道左线岩爆预警项目
西南隧道岩爆预警项目等

其他监测

合肥管廊微震监测项目
广东交科检边坡监测
连云港体育公园采空区监测
三峡库区高陡边坡微震监测项目等



04 面向智能矿山的全光感知能力

4.1 面向智能矿山的全光感知能力

4.2 井下气体监测

4.3 激光型气体遥测类设备

4.4 非接触式设备健康监测系统

4.5 水力压裂效果评估

4.6 下一代节点式全光微震检波器

4.1 面向智能矿山的全光感知能力

- ✓ 世界一流的光学相干探测技术
- ✓ 国内一流的光谱检测技术
- ✓ 已具备一定的物联网集成能力
- ✓ 初步具备AI赋能能力 掌握了一批专业数据

全光纤微震监测系统

光学相干探测技术



非接触激光（微振监测）设备健康监测设备



激光型固定点式气体检测类设备

光谱检测技术



多通道光纤
气体检测仪



固定扩散式
甲烷检测仪



固定泵吸式
甲烷检测仪

激光型手持巡检类设备

激光型气体遥测类设备



微型手持式
甲烷遥测仪



手持式
甲烷遥测仪



云台式
气体遥测仪



气体检测
智摄仪

4.2 面向智能矿山的全光感知能力-井下气体监测

至心于慧 · 博实以成

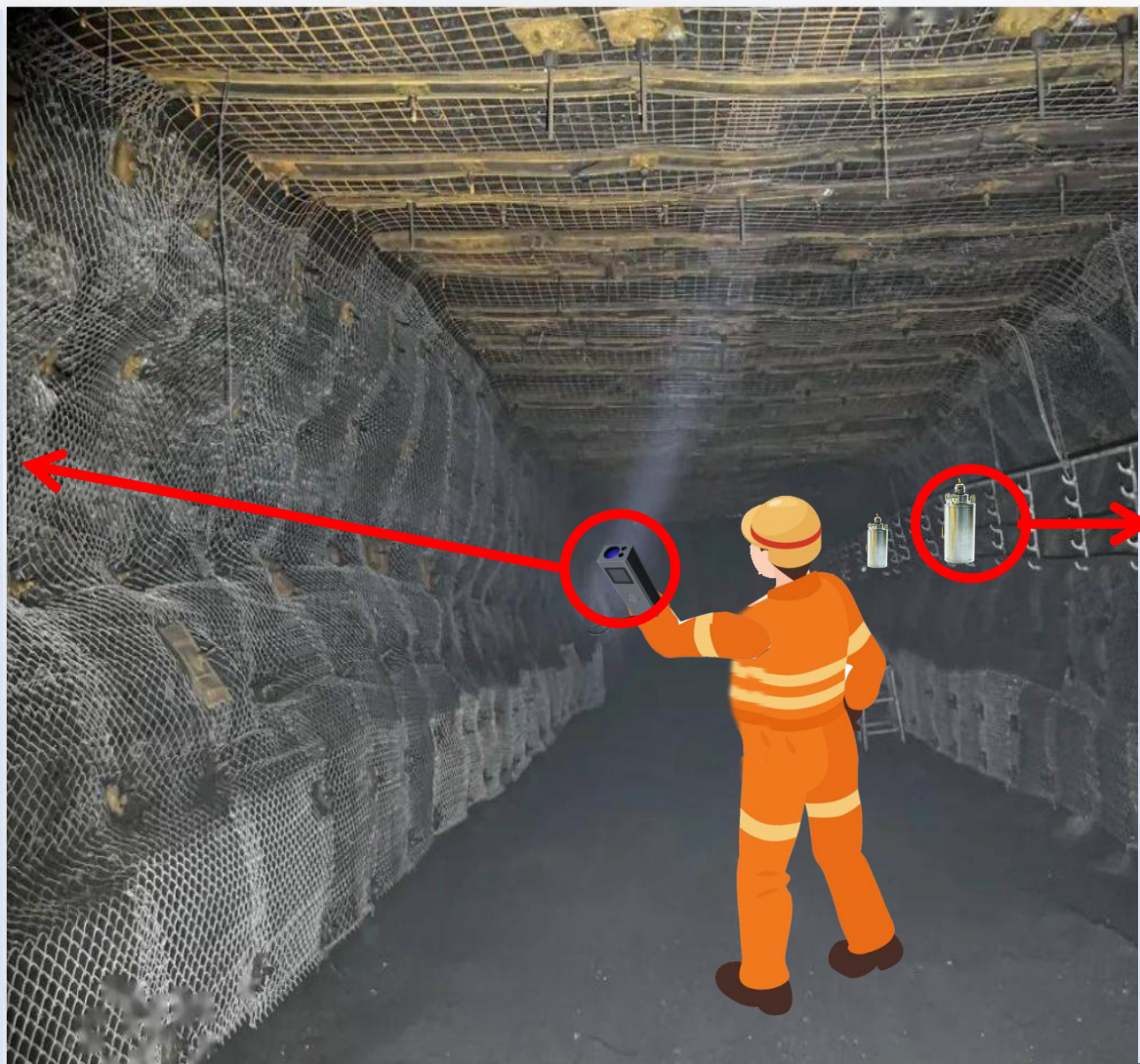
IDETECK
至博光电



微型手持式气体遥测仪

- **激光型**传感器，遥测距离**30米**
- **体积小，重量轻**，超便携
- 可**透过玻璃**进行检测
- 非接触式检测，**人员更安全**

用于井下/场站/线路巡检



多通道光纤气体检测仪

- **激光型**传感器
- **持续、实时**监测瓦斯浓度
- 前端**无源本安**
- 光信号传输数据，**无视电磁干扰**，无中继传播距离可达**10Km**

用于准分布式定点实时监测

4.3 面向智能矿山的全光感知能力-激光型气体遥测类设备



云台式气体遥测仪

- **激光型**传感器，遥测距离**150米**
- 集**甲烷检测、视频、全向云台**于一体
- **隔爆**设计，安全可靠
- 支持各类**智能视觉算法**

固定式360°远程遥测巡检
瓦斯治理井群泄露监测等



瓦斯治理井群



气体检测智摄仪

- **激光型**传感器，遥测距离**120米**
- 轻量化云台，**重量轻**，安装方便
- 支持**5G**和**太阳能供电**
- 视频分析算法进行**周界检测、工程车辆识别**

可移动架设
高风险区的泄漏监测等

4.4 面向智能矿山的全光感知能力-非接触式设备健康监测系统



单点监测

激光非接触振动测量技术

以激光为载体，利用多普勒频移效应，研制了**首台工业级小型化**设计的激光自混合振动测量仪探头。

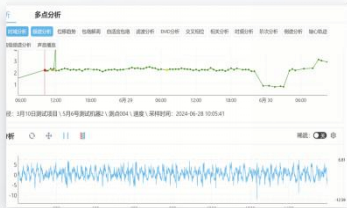
实现对设备的**振动幅度、频率、相位**进行在线**非接触高精度测量**并预警。已通过安徽省计量所现场检测和安徽省科学技术情报研究所查新。



云台扫描监测

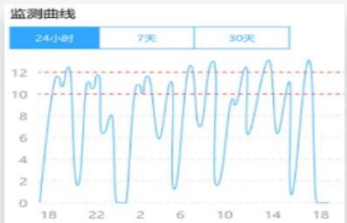


振动监测



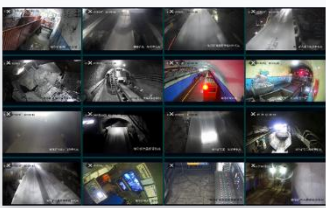
“听觉”

气体遥测



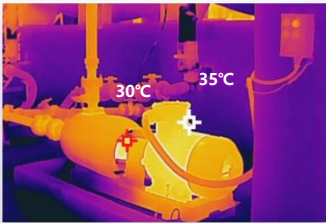
“嗅觉”

高清视频监控



“视觉”

热红外测温

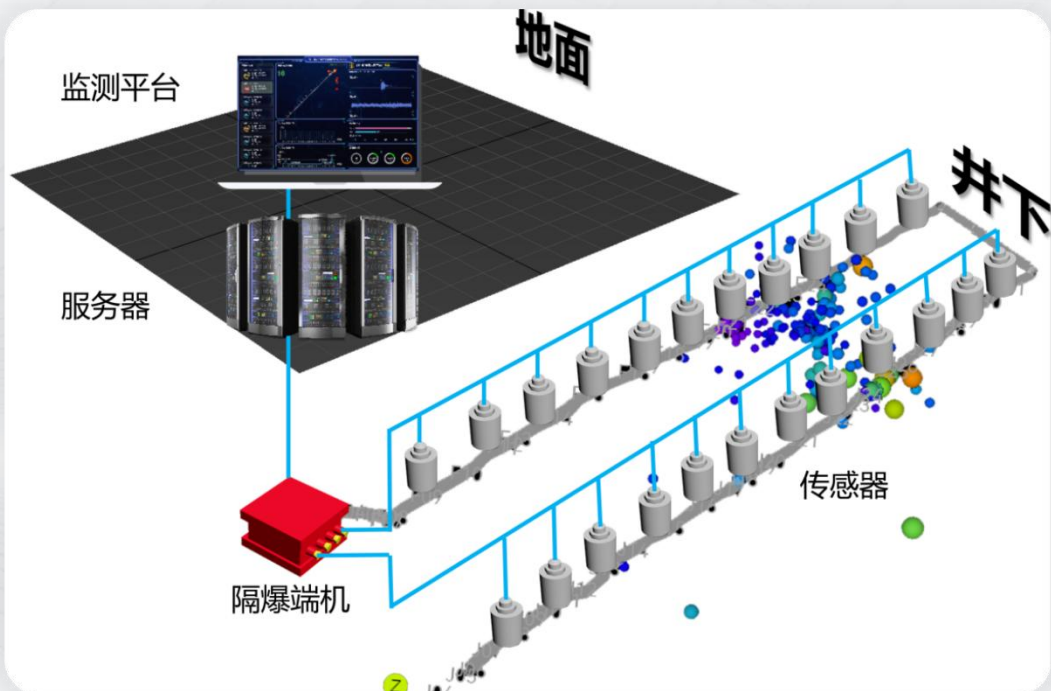


“温感”

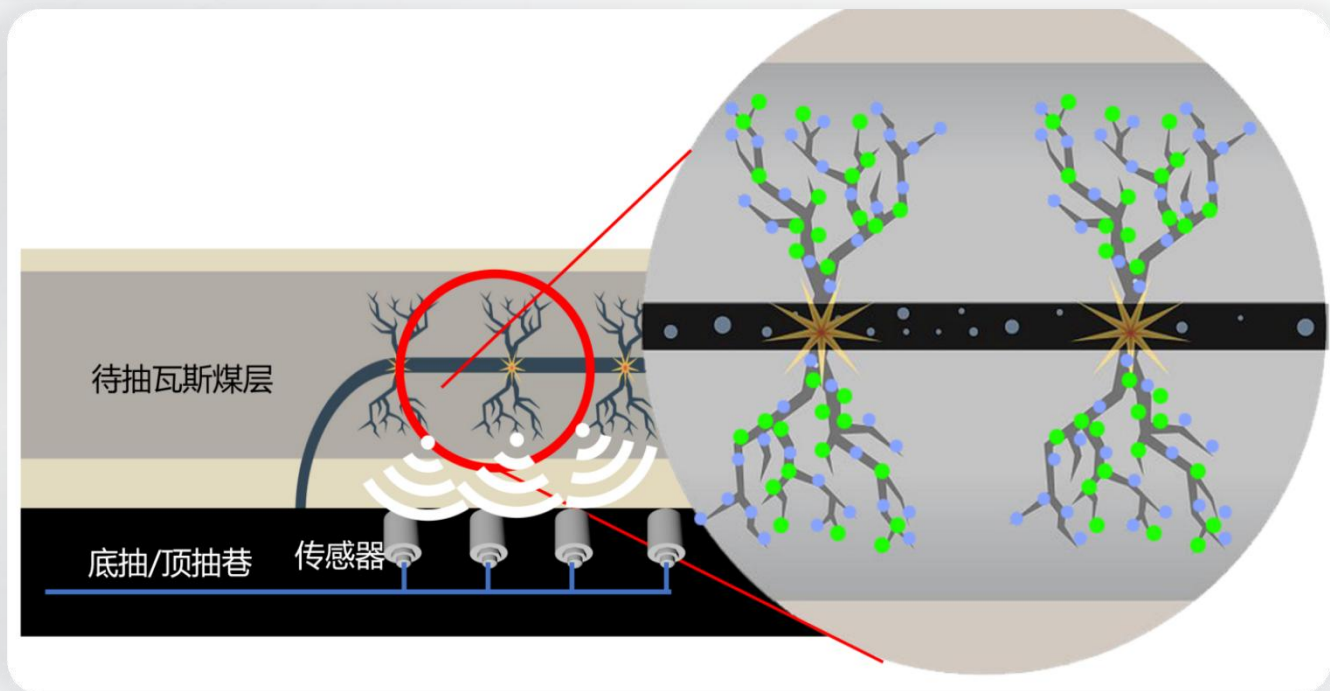


挂轨机器人

4.5 面向智能矿山的全光感知能力-水力压裂效果评估



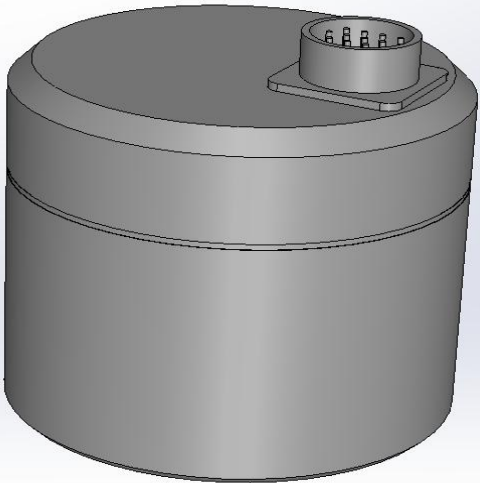
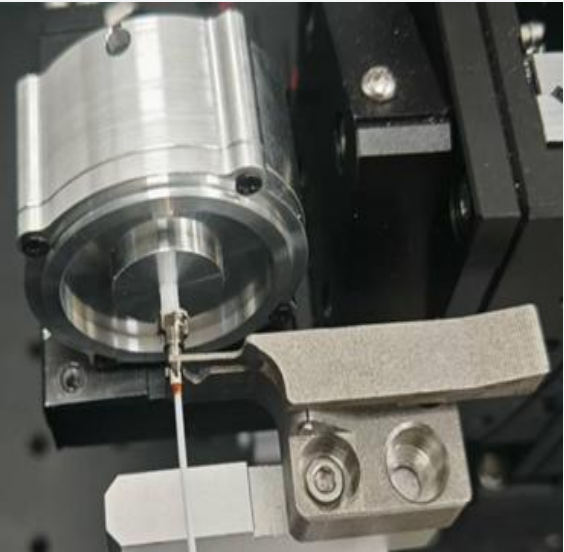
借助上下顺槽式



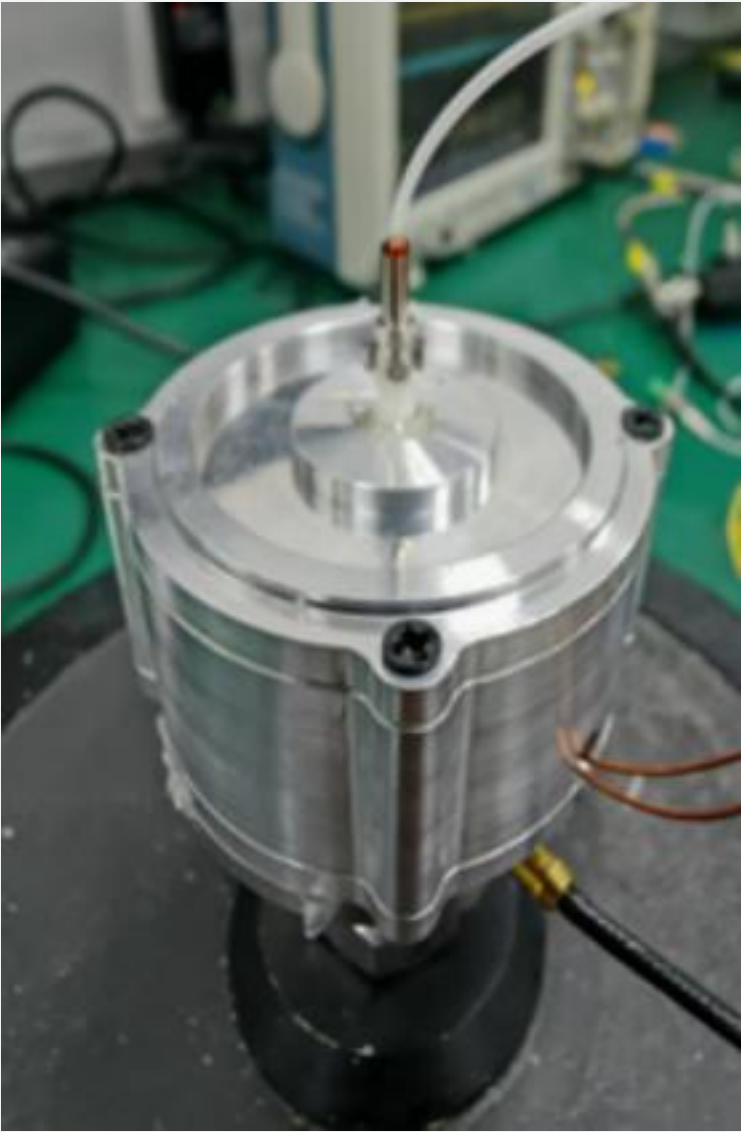
借助顶/底抽巷式

可通过微震监测手段，评估拟合裂缝，**判断压裂影响区域，评估裂缝产状尺度**，研究其与产气量之间的关系。
目前与安徽理工大学合作，开展煤层气抽采压裂效果评估项目。

4.6 全光感知能力展望-下一代节点式全光微震检波器



核心光学模块



预期参数指标对比			
指标名称	节点式全光微震检波器预期指标	同类电学节点式设备指标	全光纤微震监测系统指标
灵敏度	<5ng/√Hz(@10Hz); <8ng/√Hz(@1Hz); <30ng/√Hz(@0.1Hz); <100ng/√Hz(@0.01Hz)	14.137ng (@10Hz, 18dB增益)	100ng@1000Hz 33μg@20Hz
频率响应	0.01~100Hz	10~1652Hz	10~5000Hz
动态范围	145dB	145dB	110dB

未来应用领域

- 主动噪声成像：随掘超前探、工程物探、流体监测等
- 被动噪声成像：边坡、隧道、高速公路、桥梁、水坝稳定性持续监测等

- 以全光感知，专注实现**精准感知**与智能化的一次解译
- 构建自主可控的**国产光子传感生态链**，突破进口封锁，促进产业升级；
- 希望产学研合作，顶尖力量协同攻坚，打造兼具**国际竞争力**与**场景穿透力**的硬核科技体系。

用光重新定义感知的维度与精度
让中国智造的光子传感器服务全球工业数字化升级

鸣谢:



大连理工大学

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



安徽理工大学

ANHUI UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY



淮河能源

HUAIHE ENERGY



淮北矿业



贵州省煤炭
设计研究院



中国铁建



皖北煤电

WANBEI COAL-ELECTRICITY



安徽大學
Anhui University



谢谢观看

安徽大学光电信息获取与防护技术全国重点实验室

安徽至博光电科技股份有限公司



合肥市高新区创新产业园二期G4栋A座4-5层



0551-63670800



ideteck@163.com