

中煤科工集团沈阳研究院

煤矿火灾智能防治技术与装备

中煤科工集团

煤矿灾害防控全国重点实验室

首席科学家

副主任

王刚 研究员

地址：辽宁抚顺经济开发区滨河路11号

网址：<http://www.syccri.com>



目录

Contents Page

- 01 我国矿井火灾灾害现状及特点**
- 02 煤矿火灾智能抑控系统概述**
- 03 煤矿火灾预警技术与装备**
- 04 矿井火灾主动控制技术与装备**
- 05 应急救援技术与装备**



01 我国矿井火灾灾害现状及特点

煤炭是我国的主体能源

◆2023年，我国煤炭产量 47.1亿吨；煤炭消费占一次能源消费总量的 55.3%。

◆预计到2050年，中国煤炭消费量仍占一次能源消费总量的 50%以上。



中国能源构成

煤炭需求与产能预测

	2030年	2050年
煤炭需求 (亿吨)	35~40	30~35
煤炭产能 (亿吨)	40	30

01 我国矿井火灾灾害现状及特点



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

□ 自燃煤层分布广，自然发火情况严重

- ✓ 开采容易自燃、自燃煤层矿区分布广。
- ✓ 全国**130余个**大中型矿区均受自然发火威胁。
- ✓ 总体呈现**北多南少**的趋势。
- ✓ 截止**2020年底**，我国共有井工煤矿**4108个**，其中开采容易自燃煤层煤矿**852个**，开采自燃煤层煤矿**1540个**。开采容易自燃、自燃煤层的井工煤矿占比为**58.2%**，生产能力占比为**73.7%**。最短自然发火期小于**3个月**的矿井占自然发火矿井**50%以上**。



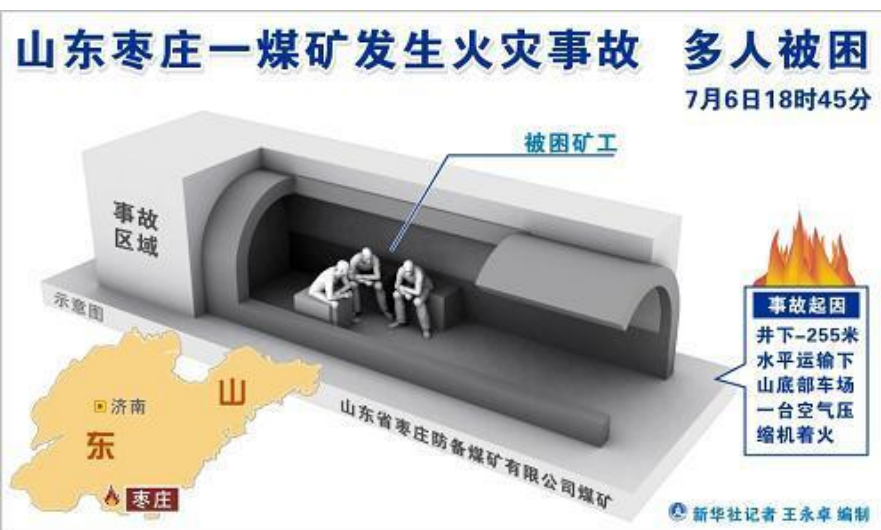
01 我国矿井火灾灾害现状及特点



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

□ 外因火灾防范难度大，重大事故偶有发生

随着我国煤矿生产机械化、自动化、信息化、智能化程度的提高，煤矿电气设备数量及功率大幅增加；同时矿井每年以10~30 m的速度向深部延伸，电缆、输送带长度不断增长，电气火灾、电缆火灾、皮带火灾等典型外因火灾隐患威胁程度增大，近年来类似事故偶有发生。



2011年7月6日，山东枣庄防备煤矿井下空压
机着火，引燃钢棚背帮材料及煤体。



2020年9月27日，重庆松藻煤矿磨损胶
带与托辊滑动摩擦产生高温和火星，点
燃积存粉煤，皮带与煤混合燃烧。



2015年11月20日，杏花矿东一采区倾
角皮带发生火灾事故，有毒有害气体沿
风流进入30#层左四采煤工作面。

01 我国矿井火灾灾害现状及特点



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

□ 次生灾害事故严重

火灾引发瓦斯爆炸等次生灾害事故易造成重大伤亡。

2013年吉林通化八宝煤矿，采空区自燃引发瓦斯爆炸，火区治理及密闭施工期间发生二次爆炸。

2014年7月5日，新疆大黄山煤矿封闭自燃火区引发瓦斯爆炸。

防治重点



火区



01 我国矿井火灾灾害现状及特点



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

□ 煤矿火灾产生的原因

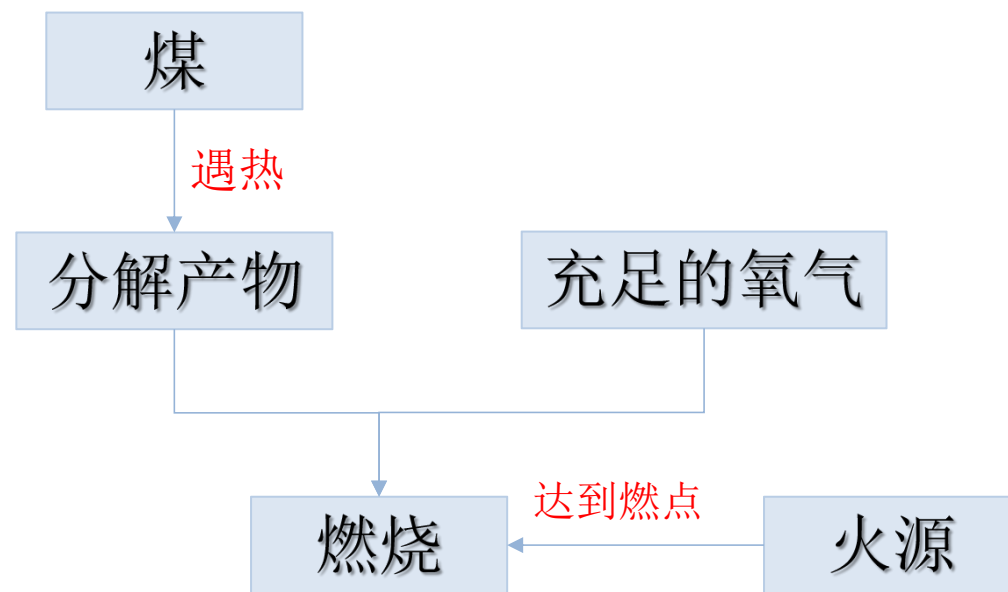
依据引发火灾的原因不同，矿井火灾一般可分为**内因（自燃）火灾**和**外因火灾**

□ 内因火灾

内因火灾的起因，是具有自燃倾向性的煤层，在适量的通风条件下发生物理化学变化，集聚热量，达到自然点引发的煤燃烧火灾，即煤自燃造成的矿井火灾。

□ 外因火灾

煤矿外因火灾是在外界火源（明火或高温）的作用下，引起燃烧而导致的火灾。



防治重点  

□ 煤矿火灾灾害危险性变化趋势

- 1 煤炭自燃所引发的煤矿瓦斯次生事故仍时有发生；
- 2 以电缆火灾、胶带输送机火灾、空压机火灾为代表的典型外因火灾事故所占煤矿火灾事故比例将逐年上升；
- 3 煤田火/小窑火灾仍将是威胁矿井安全生产的重要因素之一；
- 4 近距离煤层群超长走向超大范围采空区自然发火防治压力将日益凸显。
- 5 随着开采深度不断延伸，地热、瓦斯、火灾耦合灾害日益严重。



02 煤矿火灾智能抑控系统概述

□ 现阶段煤矿火灾防治智能化建设存在问题

信息共享不足 无法形成系统

矿井火灾预警及防控系统均处于单机状态，指标权重分配不完善，各类火灾监测预报指标及系统配合度不高，信息共享差，缺少对火灾信息的全面采集、处理和分析能力。

人工参与度高 缺乏智能判断能力

防控技术实施效果与监测预警信息脱节，更多的是靠现场操作人工经验判断，遗留火灾隐患或造成资源浪费。



智能化程度不高，缺乏主动制灾能力

目前，火灾的预警信息采集、防控可实现自动化，自主学习，自主决策的智能防控程度低。

02 煤矿火灾智能抑控系统概述



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

煤矿火灾精准预警与智能防控系统通过对矿井内外因火灾监测数据采集、整合、分析，实时监测火灾危险区域，实现火灾精准预警。利用专家决策分析系统进行分析判断，下达火灾救灾决策，最终实现井下火灾防控装备联动控制。



02 煤矿火灾智能抑控系统概述



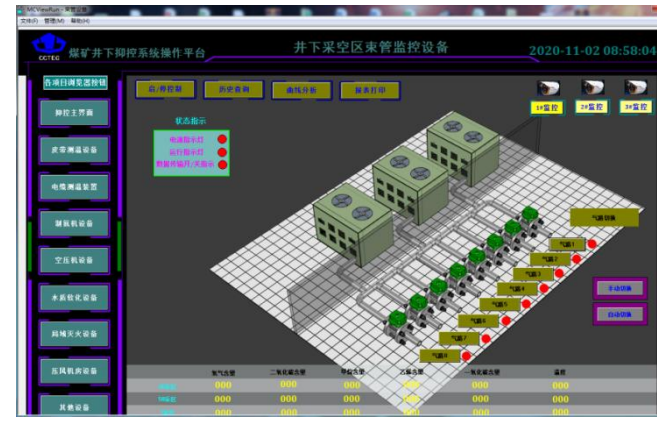
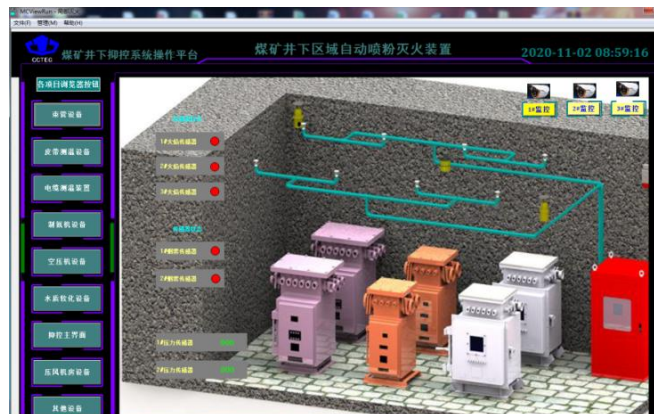
中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

系统主要功能:

- ◆一、内因、外因火灾主动预警;
- ◆二、自主预判发火危险性;
- ◆三、出现发火征兆时智能处置;
- ◆四、远程主动密闭。

系统具备的能力:

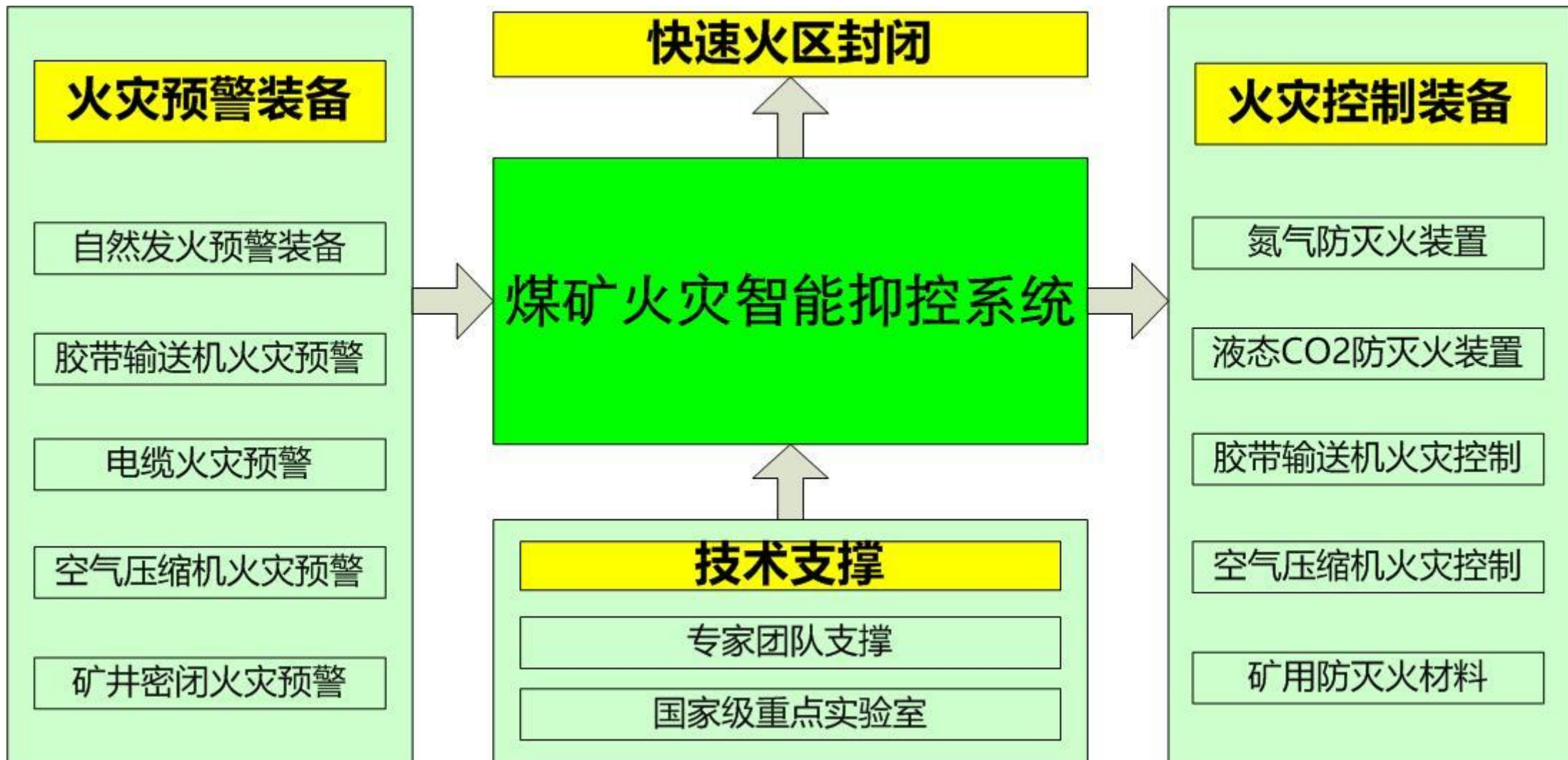
- ◆一、实时监测;
- ◆二、超前预警;
- ◆三、主动治理
- ◆四、各子系统可独立运行;
- ◆五、兼容现有装备。



02 煤矿火灾智能抑控系统概述



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>





03 煤矿火灾预警技术与装备

03 预警技术与装备——内因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

气体分析法采空区内因火灾预警——光谱束管预警技术与装备

技术优势:

以**激光传感器**为分析核心，**操作简单、分析速度快**，具备循环监测、定时监测、远程启动、远程标校、就地标校等功能。

解决问题：煤矿自然发火激光束管监测系统实现了**分析设备的井下应用，缩短了气体采样管路**，提高了数据分析的实时性，具有分析速度快、操作简单等优点。

主要技术参数:

气体种类： CH_4 、 CO 、 CO_2 、 O_2 、 C_2H_4 、 C_2H_2 、 H_2 、 NO_2 、 N_2

分析量程： O_2 ：0-25%， CH_4 ：0-100%， CO ：0-1000ppm，

CO_2 ：0-25%， $\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2$ ：0-1000ppm， NO_2 ：0-100ppm。



03 预警技术与装备——内因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

气体分析法采空区内因火灾预警——本安色谱束管预警技术与装备

技术优势:

采用国际上先进的**毛细管气体分离技术与微型热导气体检测技术**，实现了气体的快速准确分析，配置了先进的EPC（电子压力控制）技术，实现了系统的稳定控制。

解决问题：解决气体量程受限、气体交叉干扰等难题。 气体分析设备的井下使用减少了气体被污染的几率，提高了分析数据的准确性。

主要技术参数:

气体种类： O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 C_2H_2 、 H_2 、 C_3H_8

分析时间：2-3min

分析量程：0-100%



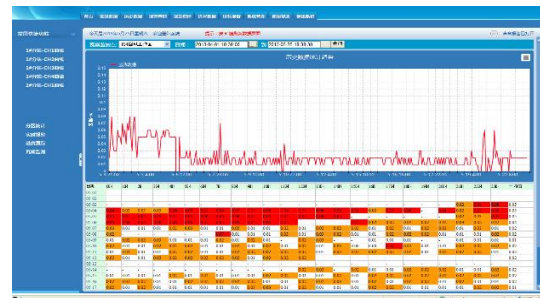
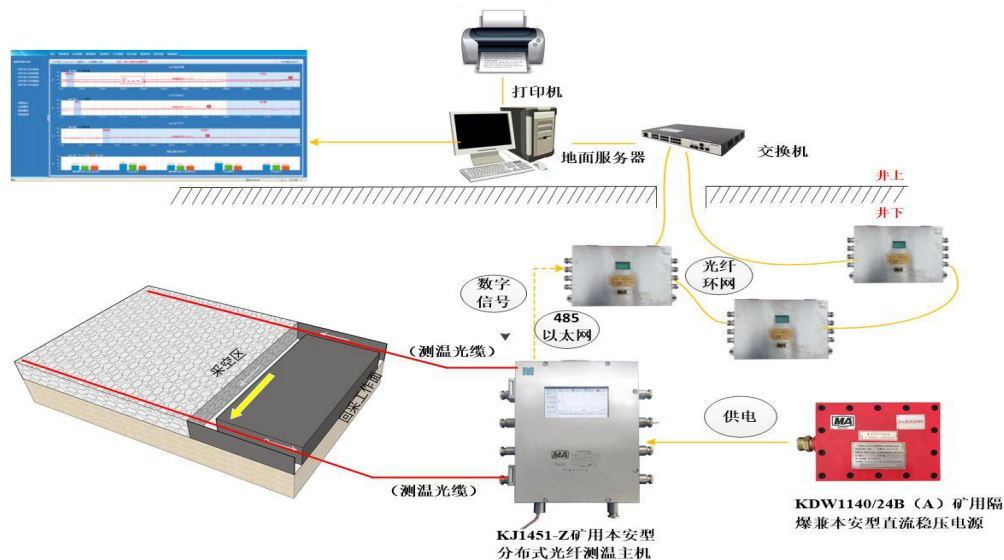
03 预警技术与装备——内因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

测温法采空区内因火灾预警——分布式光纤测温预警技术与装备

- **技术优势：**测温主机为本安型，具有轻量化、低功耗、易移动等优势。
- **技术特色：**基于拉曼光谱技术实现采空区温度监测。
- **技术指标：**
 - 测温精度： $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - 定位误差： $\pm 1\text{m}$
 - 测温范围： $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$
 - 空间分辨率： 1m
 - 测温范围： 8km



03 预警技术与装备——内因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

气体分析法密闭火灾预警——煤矿密闭区火灾预警技术与装备

技术优势：网络式分布；本质安全型，Ia等级；高分辨率，高可靠性；自动检测密闭内CO、O₂、CO₂、CH₄、温度，密闭内外压差；智能报警，气体检测报警，自身状态报警。

解决问题：安装煤矿密闭区监测系统后，地面和井下均可直接读取密闭当前气体、温度、压力实时情况，运行状况良好，测试数据准确，**节省了大量人力、时间成本。**

主要技术参数：

监测参数：CO、O₂、CO₂、CH₄、温度、压差

分析量程：CH₄：0-100%；O₂：0~25.0 %；CO：0~10000ppm；

CO₂：0~20%；温度：0~400℃；

相对压力：-2KPa~+2KPa

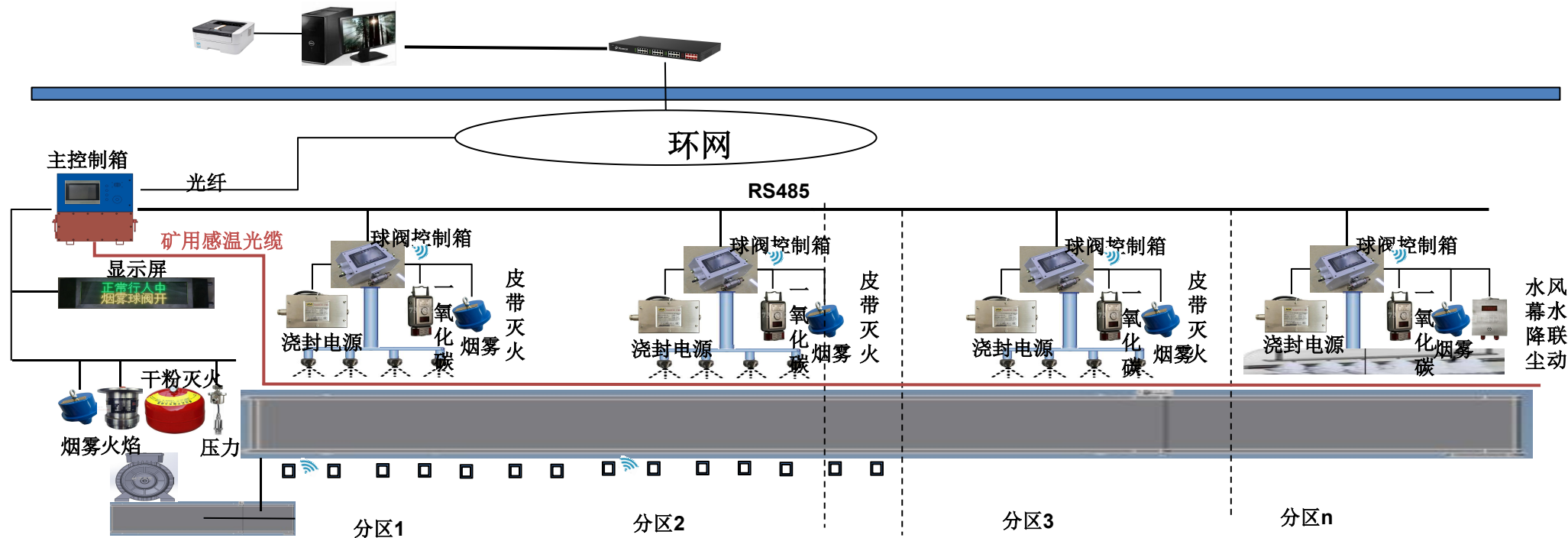


03 预警技术与装备——外因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

外因火灾预警——带式输送机火灾综合预警与控制



- **胶带输送机火灾预警：**接入或布置烟雾、火焰、一氧化碳等传感器或分布式光纤测温/EMS测温、红外热像等装置，实时监测矿井带式输送机巷道环境温度、烟雾、火焰、一氧化碳、粉尘等参数数据。
- **胶带输送机火灾联动处置：**涵盖带式输送机机头、沿线、机尾全域，带式输送机机头、机尾采用**干粉或七氟丙烷**气体灭火，输送机沿线采用**喷淋灭火装置**。

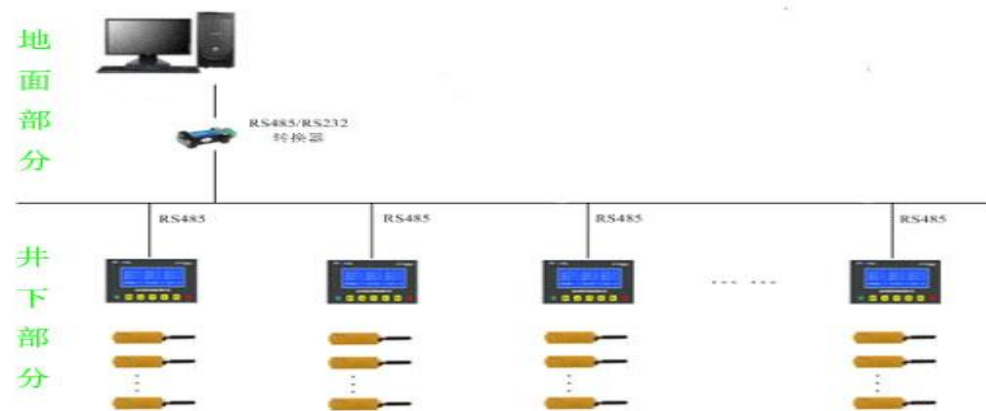
03 预警技术与装备——外因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

外因火灾预警——带式输送机火灾综合预警与控制

- **技术优势：**该系统采用分散式安装方法，将温度探头直接安装至皮带运输机的托辊上，然后通过无线方式将这些前端传感器采集的温度数据发送到无线基站上；通过局域网传输到地面，实现了皮带早期预测预报的功能。。
- **主要技术参数：**温度测量范围：0-220℃；测试精度：±0.2℃；基站控制数量：8000个。



长距离皮带火灾预警、控制系统示意图

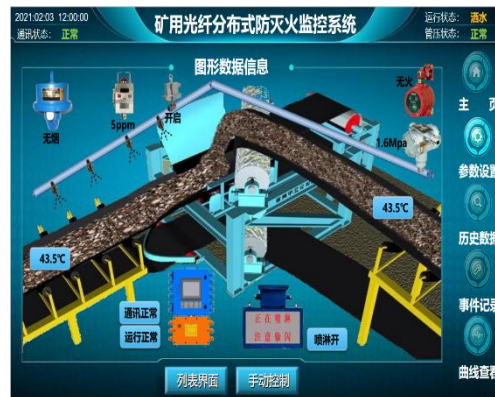
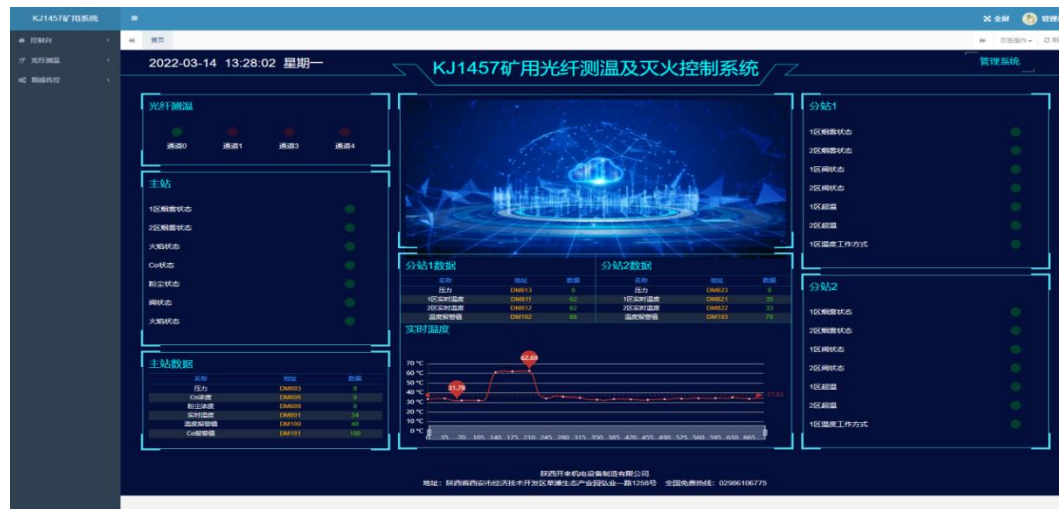
03 胶带输送机测温灭火系统—光纤



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>



光缆敷设现场图



机电设备区域灭火

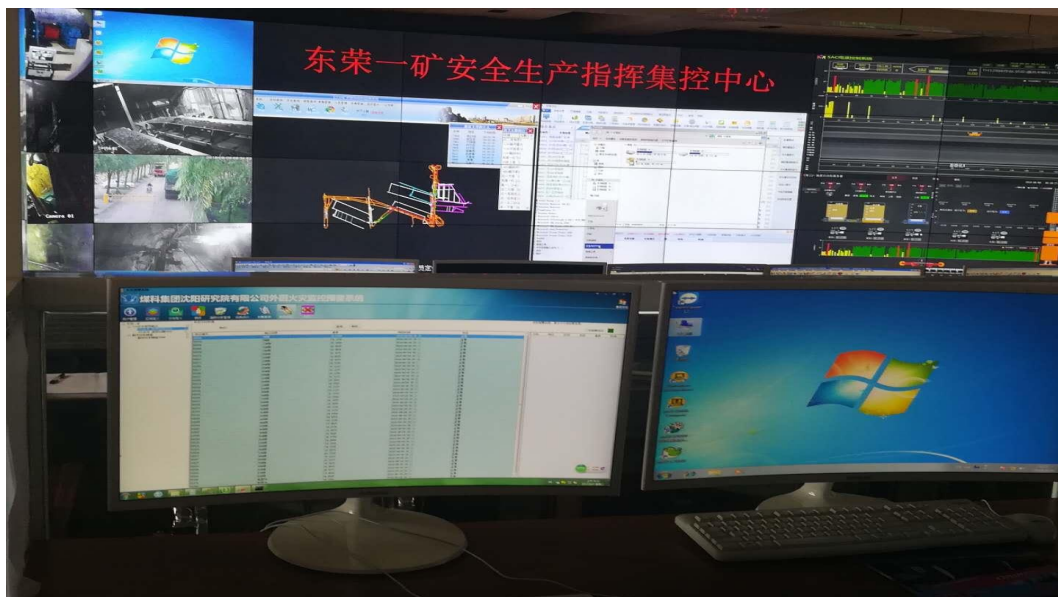
皮帶噴淋滅火

相关软件界面

03 胶带输送机测温灭火系统—EMS测温



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>



03 预警技术与装备——外因火灾预警



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

外因火灾预警——区域/空气压缩机火灾预警技术与装备

➤ 技术优势:

- ①火焰、烟雾、CO等多传感器信息融合
- ②火焰传感器采用紫外原理，抗干扰能力强③全自动无人值守，灭火范围广，效率高。
- ④网络可拓展，可实现远程监控
- ⑤灭火时自动切断作业设备。
- ⑥ ia等级区域灭火控制器，安全等级高
- ⑦井下液晶触控，人机交互方便。

➤ 解决问题:

适用于煤矿井下有防火需求的各类硐室、封闭或半封闭机电设备及需要重点防火的区域，包括但不限于空压机等机电设备硐室。

➤ 主要技术参数:

供电电压: AC 1140/660/380/127V

额定功率150VA

保护面积: 16m²



火灾救援预警——便携式本安型气相色谱仪

- **技术原理：**通过对低功耗加热技术、信号采集技术、气相色谱分析技术的研究，结合煤矿本质安全技术要求，开发了矿用本安型便携式气相色谱仪。
- **应用场景：**火灾应急救援、矿井火灾日常监测预警
- **技术优势：**
 1. 国内首台便携式本安型气相色谱仪
 2. 具有WIFI连接功能，可以与本安平板之间无线连接
 3. 操作简单，使用IE浏览器即可进行操作
 4. 分析速度快，无交叉干扰
- **主要技术参数：**
 1. 分析气体种类：氧气、氮气、甲烷、一氧化碳、二氧化碳、乙烯、乙烷、乙炔
 2. 分析时间：2-4分钟
 3. 电池：电池充满电工作，其工作时间不小于6h





04 火灾主动控制技术与装备

04 火灾主动控制技术与装备



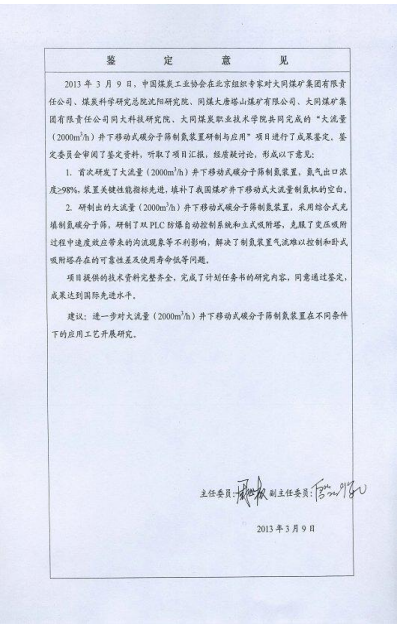
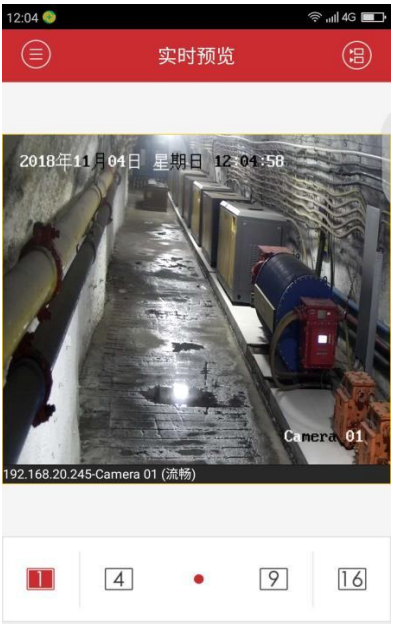
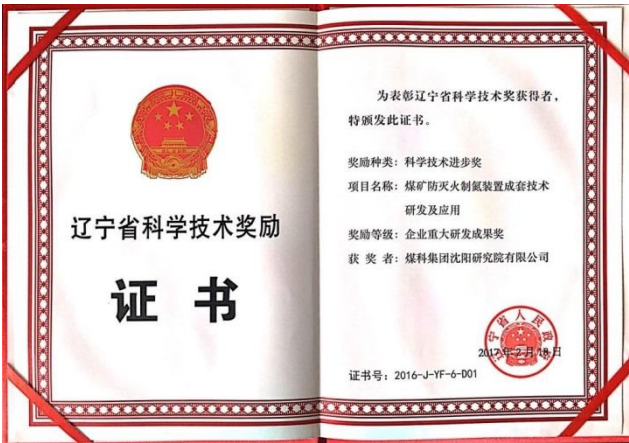
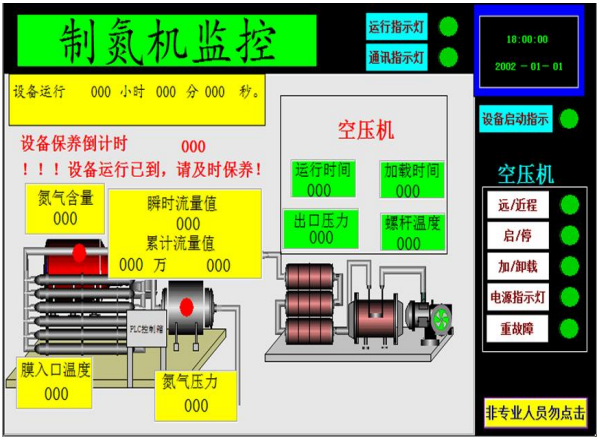
中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

主动控制技术与装备——煤矿用空气分离制氮防灭火技术与装备

➤ **技术优势：**具有本机、井下、地面、无线四个层次监控能力，监控手段多样且先进。目前已经取得两项实用新型专利：煤矿制氮机电加热器，制氮机一键启停控制装置。

➤ **主要技术参数：**

- 1.制氮量： 400~3000m³/h（井下型）；
3000~10000m³/h（地面型）
- 2.氮气压力： 1.0MPa(可调)
- 3.冷却方式： 水冷/风冷

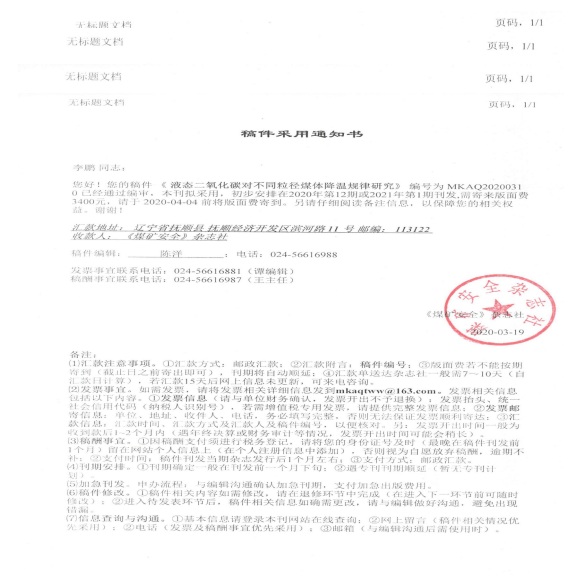


04 火灾主动控制技术与装备



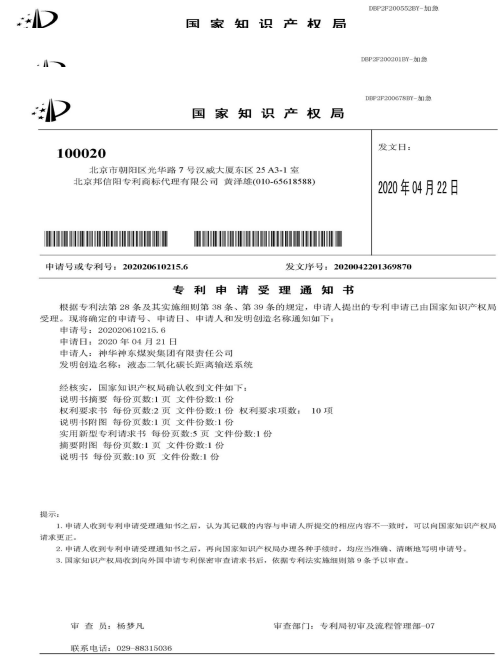
中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

主动控制技术与装备——长距离液态二氧化碳直注技术与装备



http://www.mkaqzz.com/JournalX_mkaq/manuscript/PaperPreview.action?met... 2020/3/19 星期四

http://www.mkaqzz.com/JournalX_mkaq/manuscript/PaperPreview.action?met... 2020/3/19 星期四



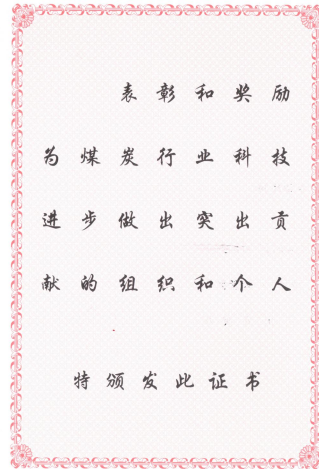
- **主要技术参数：**
- 1.运行压力： 1.2~1.6MPa
 - 2.灌装流量： 20t/h
 - 3.运行温度： ≤-40℃

04 火灾主动控制技术与装备



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

主动控制技术与装备——耦合惰气联合注入防火



主动控制技术与装备——移动式液态二氧化碳直注技术与装备

➤ 技术优势:

减少地面固定建设，建设初期投资，快速实现煤矿井下灌注液态CO₂功能。

➤ 主要技术参数:

- 1.运行压力： 2.5MPa
- 2.灌装容积： 2m³
- 3.外形尺寸： 4350 mm *1600 mm *2380mm



主动控制技术与装备——煤层钻进用高压智能制氮及排渣技术与装备

➤ 技术优势:

1. 采用中空纤维膜分离制氮技术
2. 矿用智能控制系统隔爆兼本安型防爆类型，工艺成熟、运行稳定、制氮快、效率高、成本低，寿命长
3. 压缩机气量按需智能调节与控制，保压自动调整功率消耗
5. 分体结构便于井下运输，组装灵活。

➤ 解决问题:

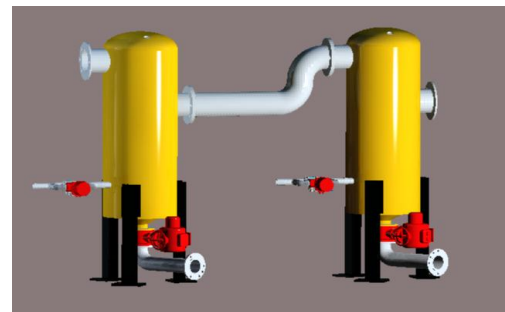
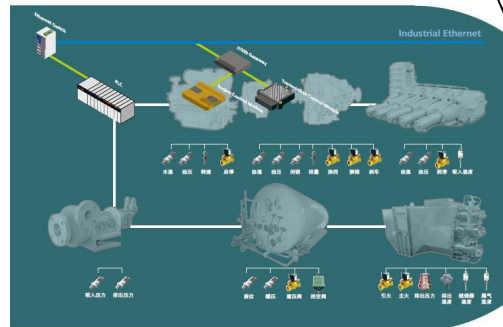
用于煤矿井下松软煤层定向钻进孔用高压注氮及防火排渣，保障钻孔施工安全。

➤ 主要技术参数:

1. 容积流量: $900\text{m}^3/\text{h}$
2. 氮气含量: 大于93%
3. 输出压力: 2.0MPa (可调)



高压输出 2.0MPa



04 火灾主动控制技术与装备



中国煤科沈阳研究院
<http://www.syceri.com>

主动控制技术与装备——井上、下智能注浆联动控制技术与装备



生产运行自动化

配料，制浆，搅拌，输送，注浆均由计算机自动控制完成

实时监测数据精细化

中控台可实时查看和记录各设备运行参数，并能形成报表，可随时查看、调出与打印

远程物联功能

制浆站所有参数通过Internet与办公室及控制中心实现互联互通，并能实时查看当前站内施工画面

系统特点

智能辅助决策联动控制

数据与火灾智能管控平台实时联通，可与注浆地点预警参数自动联动调控

多种模式切换

启用全自动控制模式，无需人工干预，系统按提前设置的参数顺序自动启停各种设备。操作灵活，可最大限度的保证注浆的连续性

远程控制及无人值守

具备无人值守功能，互联网内的任何一台计算机，均可远程控制施工现场各种设备的启动与停止



制浆记录汇总表

日期	开始时间	结束时间	用水量	灰水量	粉煤灰量	孔号
2019/12/14	01:03:51	01:06:22	805	0	413	0
2019/12/14	01:06:22	01:08:54	819	0	420	0
2019/12/14	01:08:54	01:11:25	801	0	417	0
2019/12/14	01:11:25	01:13:57	802	0	402	0
2019/12/14	01:13:57	01:16:29	889	0	415	0
2019/12/14	01:16:29	01:19:01	800	0	411	0
2019/12/14	01:19:01	01:21:32	806	0	412	0
2019/12/14	01:21:32	01:24:04	820	0	413	0
2019/12/14	01:24:04	01:26:36	820	0	417	0
2019/12/14	01:26:36	01:29:08	818	0	412	0
2019/12/14	01:29:08	01:31:40	803	0	419	0
2019/12/14	01:31:40	01:34:12	806	0	413	0
2019/12/14	01:34:12	01:36:44	807	0	416	0
2019/12/14	01:36:44	01:39:16	809	0	413	0
2019/12/14	01:39:16	01:41:48	815	0	414	0
2019/12/14	01:41:48	01:44:20	808	0	415	0

制浆记录数据查询

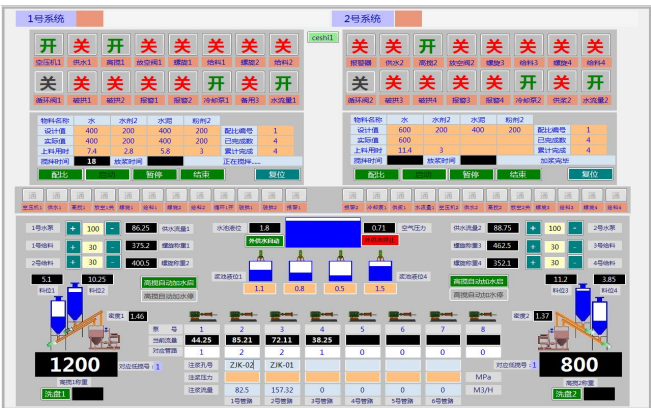
起始日期: 2019年12月18日 结束日期: 2019年12月18日

起止时间: 00:00:00 23:59:00

孔号: 全部 删除孔号

分组查询 明细查询

关闭



主动控制技术与装备——复合胶体防灭火材料技术与装备

➤ 技术优势:

复合胶体防灭火材料适用性强，可用于井下采空区、巷道、老塘等自然发火防治，以及大规模煤田火区治理浆体改性及井下漏风通道封堵，具有阻燃、吸水倍率高等优势。

➤ 解决问题:

用于煤矿井下煤炭自然发火与火区治理。

➤ 主要技术参数:

- 1.超小用量：5‰即点水成胶
- 2.超强吸水： ≥ 200 倍
- 3.超耐高温：1000℃以上仍能阻燃
- 4.超高稳定：10个月
- 5.超高保水：含水 $\geq 90\%$



漏风控制技术与装备——大骨料固化防灭火材料

➤ 技术优势:

大骨料固化防灭火材料是由主料、辅料和溶剂组成,具有阻燃性能优良、阻化寿命长、封堵效果突出、不拉沟、使用方法简便、适用场合灵活的特点。可用于采空区遗煤覆盖惰化、老塘孔洞封堵和上覆采空区/小窑火区治理等。

➤ 解决问题:

用于煤矿井下松软煤层定向钻进孔用高压注氮及防火排渣,保障钻孔施工安全。

➤ 主要技术参数:

- 1.固化体积比: 330~850%
- 2.反应温度: $<46^{\circ}\text{C}$
- 3.抗压强度: 1.7MPa
- 4.固化时间: 3~30min (可调)



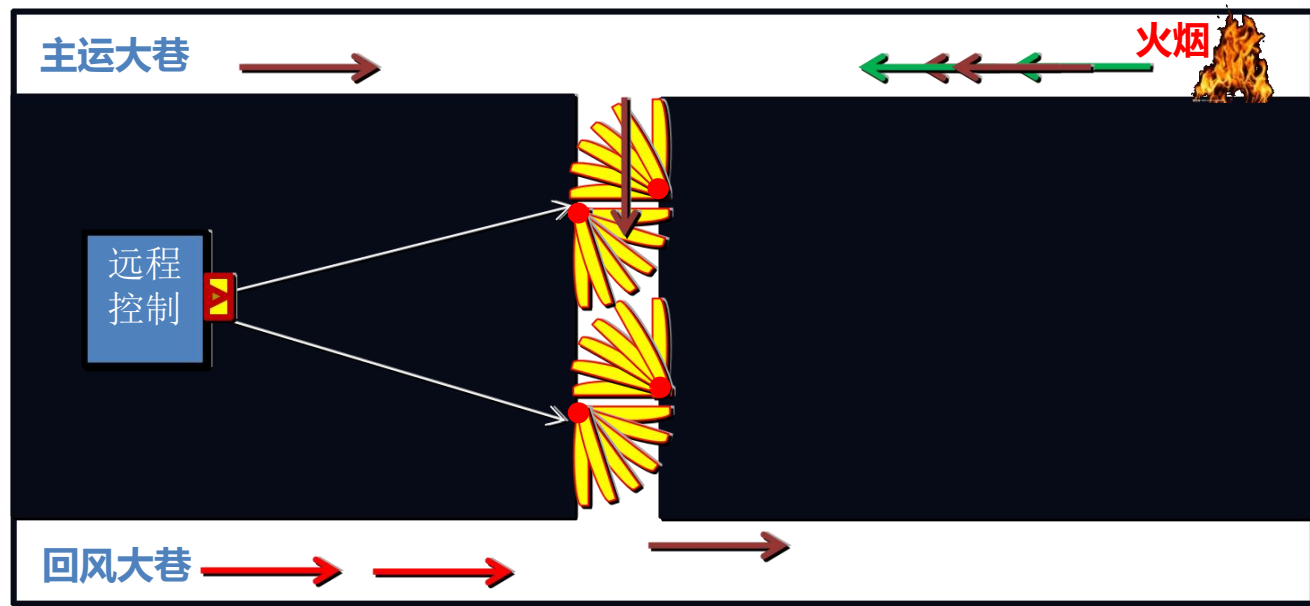


05 应急救援技术与装备

应急救援技术与装备——灾害气体预控制

➤ 技术优势：

通过预设灾害气体传感器捕捉灾害气体风流方向，利用远程控制方式开/闭风门或调节自动风窗通风量，改变局部区域风流风向/风量，将有害气体直接通过总排排出矿井，缩小火灾影响范围，提高矿井抗灾能力。



局部风流调度远程自动控制示意图

应急救援技术与装备——灾害气体预控制

➤ 技术优势:

采区、工作面快速密闭装备克服了传统密闭施工时间长、工作量大、抗冲击能力差、施工人员人身安全受威胁等缺点,采用了电、气、手动三种控制方式,实现密闭系统地面/井下一键控制,完成灾区安全快速隔离与有效监测。

➤ 主要技术参数:

- 1.开 / 关时间: $\leq 3\text{min}$
- 2.抗冲击强度: 0.6Mpa
- 3.密闭材质: Q345钢材
- 4.控制系统: 远程、手动





结束语



煤矿火灾治理智能化建设初步完成了感知、动态预测与协同控制等功能，但在**全面感知范围与精准方面、自主学习与高精度分析决策方面**等尚有较大差距，**全矿井火灾防治大数据模型**建设距离智能化整体要求尚有差距，仍需我们在今后进一步研究与实践。

谢谢，敬请批评指正！

单位：中煤科工集团沈阳研究院有限公司

地址：辽宁省沈抚新区滨河路11号

电话：13942355856

