

分布式光纤测温技术及应用

一

开发背景

二

系统概述

三

系统架构

四

系统硬件

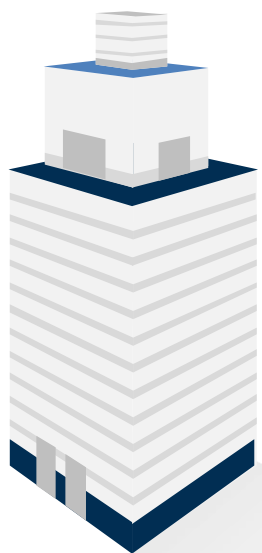
五

系统软件

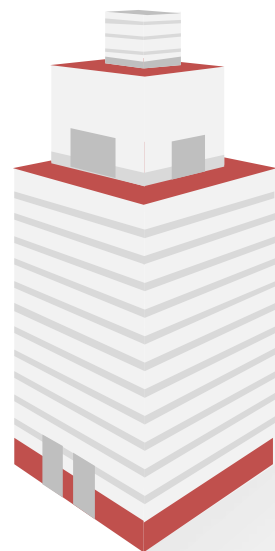
六

工程案例

1. 开发背景



煤矿作为我国工业生产的主要能源,有着其他能源无法比拟的地位。煤矿的安全生产一直放在煤矿生产的首位,随着矿井的不断开采和延伸,采空区已经成为煤矿井下重要危险源之一,特别是采空区一旦发火,因为是密闭无人区,无法检测定位发火点,给施救带来困难,甚至引发瓦斯、煤尘爆炸。因此,做好采空区内安全监测对于减少生命财产损失具有重要意义。



带式输送机在运输过程中,有时会因为托辊转动失灵或皮带跑偏相互摩擦发热而发生火灾,产生的烟雾、一氧化碳等有害气体随进风流进入井下作业地点,威胁人员的生命安全。所以《灭火装置和敷设消防管路,一旦带式输送机出现发火征兆,立即报警并采取灭火措施。煤矿安全规程》规定,装有带式输送机的井筒兼作进风井时,井筒中必须装设自动报警

2.系统概述

设计目标

以服务煤矿采空区安全治理为目标，建立一套采空区安全综合监测信息系统；

实时监测采空区温度、气体等数据信息，实时报送监测信息和数据到服务平台；



分析采空区、皮带机、高压电缆存在安全问题、实现对危险区域的实时监督、动态管理、科学决策，对于早期发现矿井采空区浮煤自燃隐患，判断自燃危险程度，确定危险区域提供可靠依据！

1. 开发背景

煤矿安全所需

2020年9月27日零时30分，重庆市綦江区重庆能源投资集团松藻煤矿井下2大倾角因皮带燃烧造成一氧化碳超限事故，造成17名矿工被困。

国家文件要求

《煤矿安全规程》第一百四十五条规定，“装有带式输送机的井筒兼做进风井时，必须装设自动报警灭火装置，敷设消防管路”。



国家文件要求

国家矿山安全监察局综合司关于征求《煤矿防灭火细则（征求意见稿）》意见的函矿安综函〔2021〕105号第35条：井下消防管路系统应敷设到采掘工作面，每隔100米设置支管及阀门，但在带式输送机巷道中应每隔50米设置支管及阀门

2.系统概述

分布式 光纤测温



01

分布式光纤测温系统由山东世博源自动化有限公司自主研发、生产、组装的监测系统，采用全新的设计，具有良好的性能指标和系统稳定性



02

系统依据后向拉曼（Raman）散射原理和光时域反射（OTDR）定位原理研发而成，具有光信号的发生、光谱分析、光电转换、信号放大和处理的等功能



03

系统采用专用感温光缆作为温度传感器，集计算机、光纤通讯、光纤传感、光电控制等技术于一体，具有本质安全，耐腐蚀，不受电磁干扰等优点



04

连续监测长距离大范围环境温度信息，为电力、石油、煤矿、交通等领域提供优质的温度监测方案。

2.系统概述

矿用光纤测温自动防灭火监测预警系统由三部分组成：

传感控制层

采用光纤测温主机和测温光纤监测整条皮带温度，采用 GQQ5 煤矿用烟雾传感器对井筒内各类火灾隐患产生的烟雾进行实时监测，使用矿用本安型红外热成像摄像机监测皮带机头、机尾等重点部位的温度及防入侵监测而电动球阀则能根据实时温控和烟控自动进行洒水灭火；

传输层

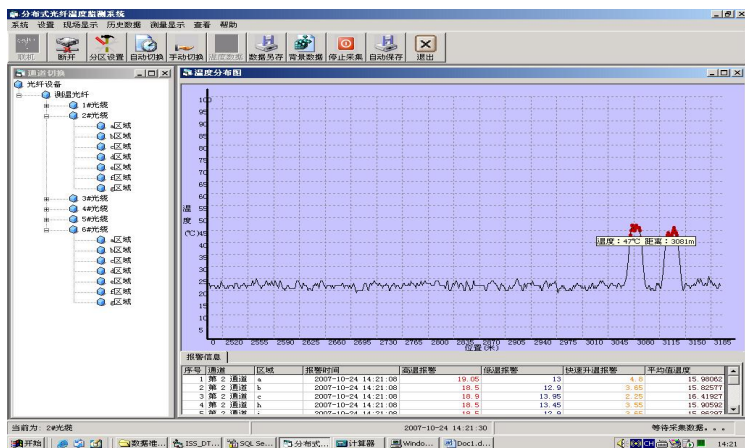
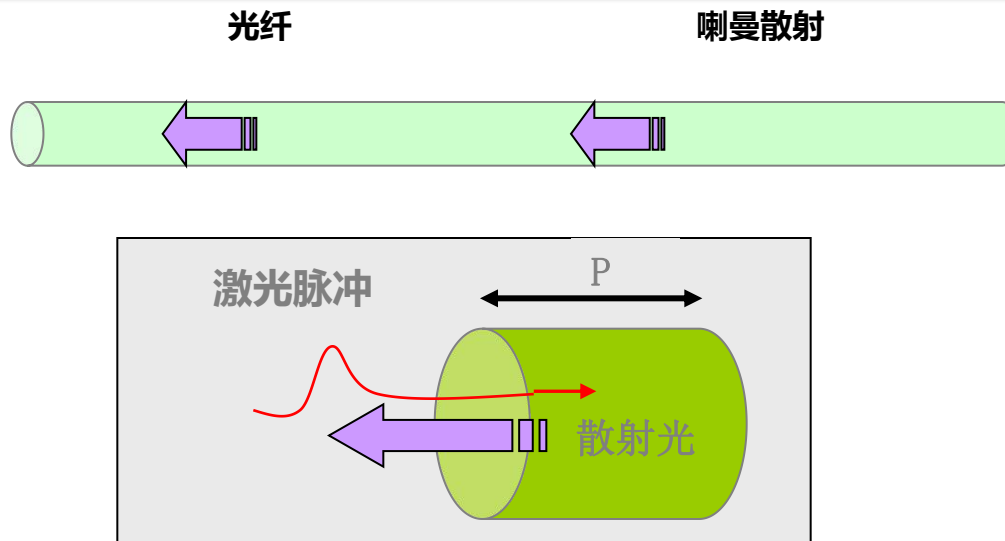
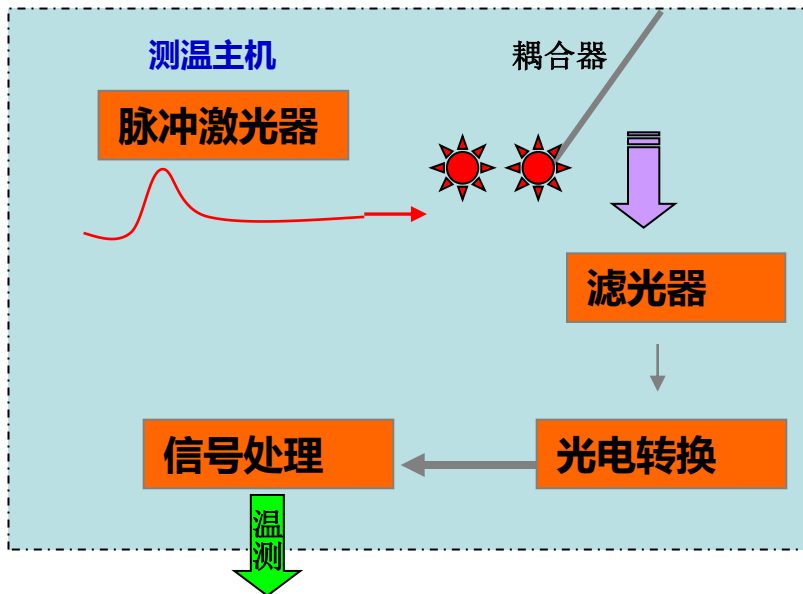
采用带串口服务器功能的矿用本安型传输分站，同时支持以太网电口信号、光口信号和RS485信号，实现对各类检测数据的上传和自动报警灭火指令的下达

应用层

井筒用报警灭火控制装置软件，分析整个井筒温度分布，控制温度超限区域的电动球阀自动洒水灭火。

2.系统概述

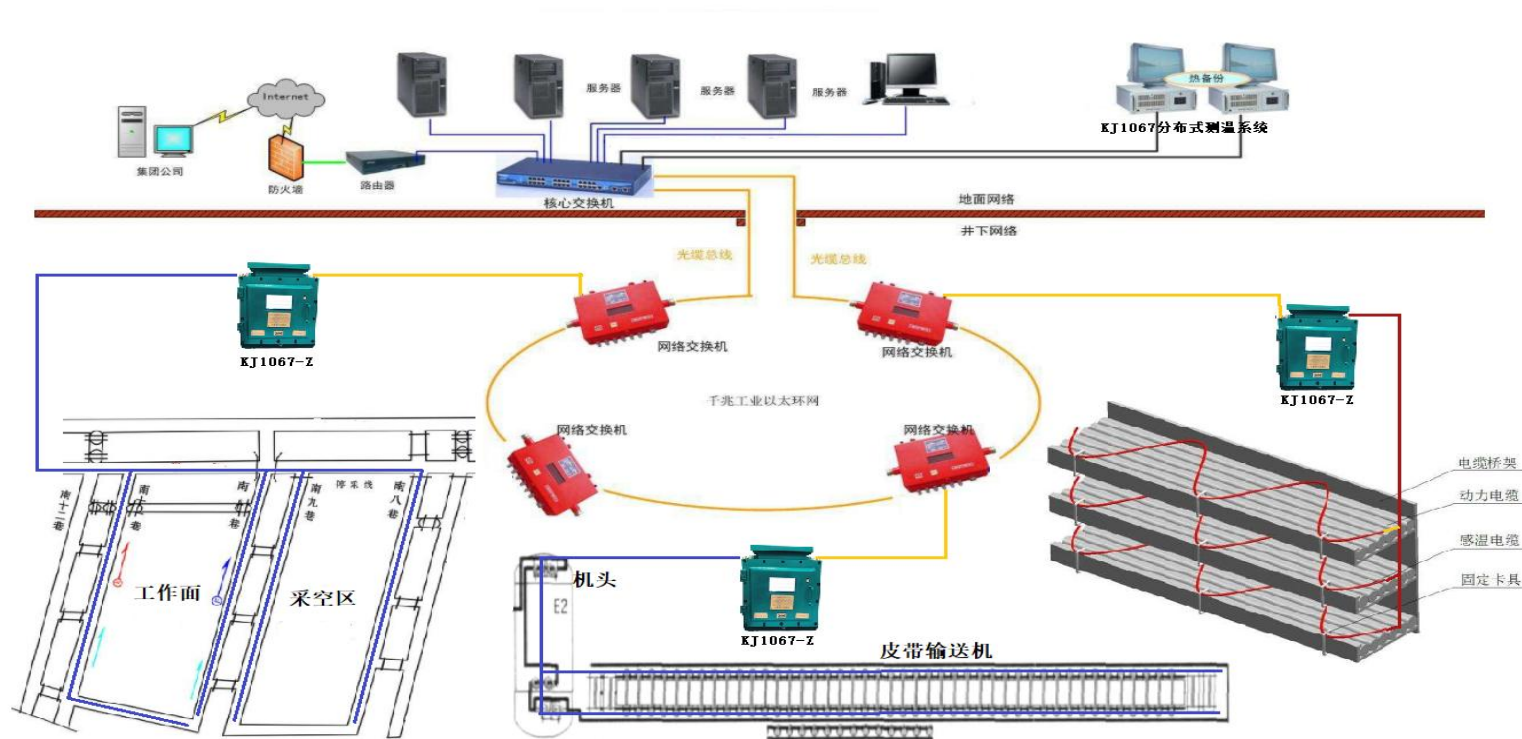
测量原理



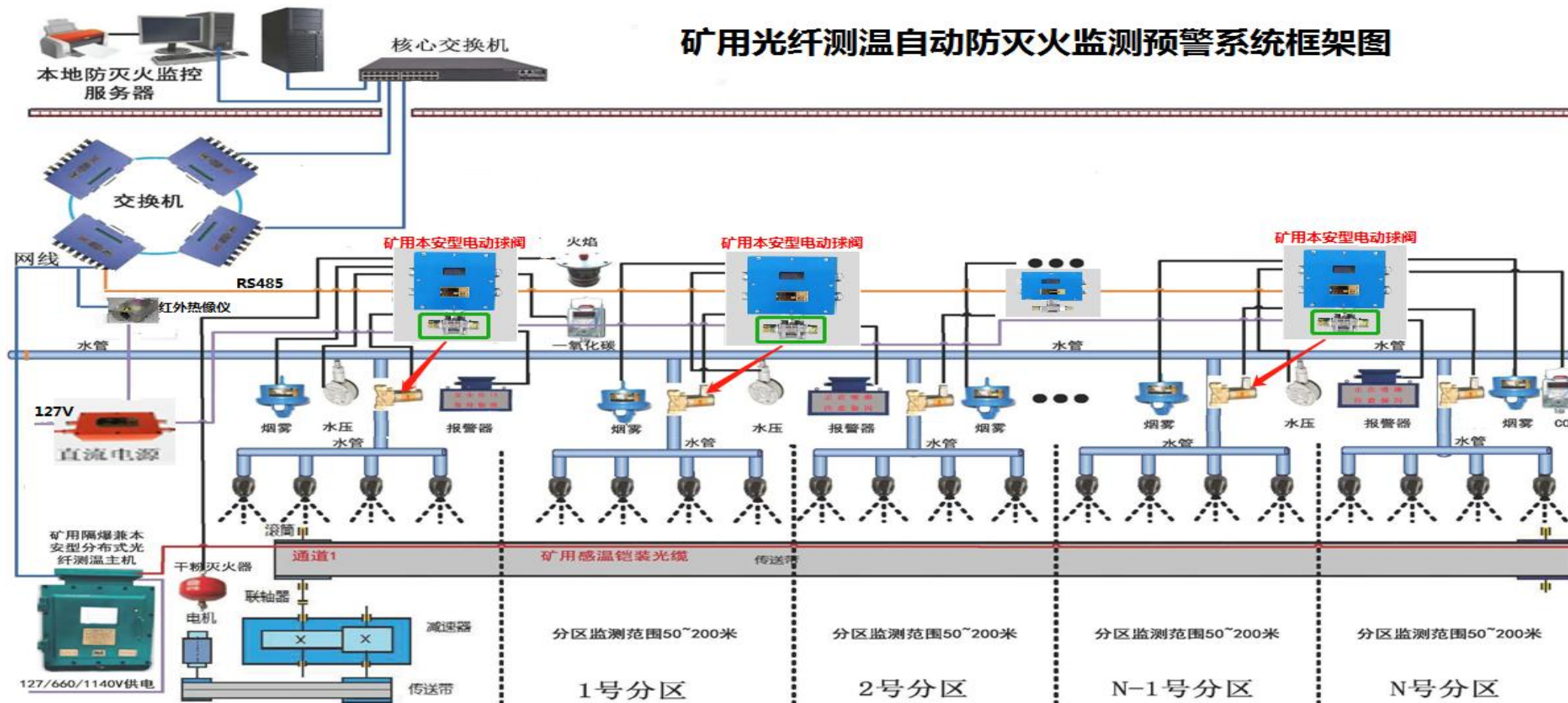
从光纤内任何一点的反斯托克斯光信号和斯托克斯光信号强度的比例中，可以得到该点的温度。

3. 系统架构

采空区光纤分布式测温系统包括矿用隔爆兼本安型分布式测温主机SBY1067-Z、矿用感温光缆MGTSV-2A、井上系统监控主机等组成。



3. 系统架构



矿用光纤测温自动防火监测预警系统框架图

矿用光纤测温自动防火监测预警系统架构图

3. 系统架构

1

多参数感知火情

系统集成温度、CO、烟雾、火焰监测及视频监控，实时感知火情。

2

精确定位火点

系统利用分布式光纤测温光缆属性，准确定位发火点，定位精度 $\pm 1\text{m}$ 。

3

分区控制，节能降耗

系统提供人性化自助分区功能，用户根据皮带机巷供水条件自主分区



系统 创新点

4

架构简单

系统组合为主机+感温光缆+一体化球阀+各类传感器，系统采取了4级防灭火监测手段。

5

系统具备断电续航能力

当系统供电异常后或火灾发生时，测温主机与本安球阀都可以独立运行 >4 个小时以上。

6

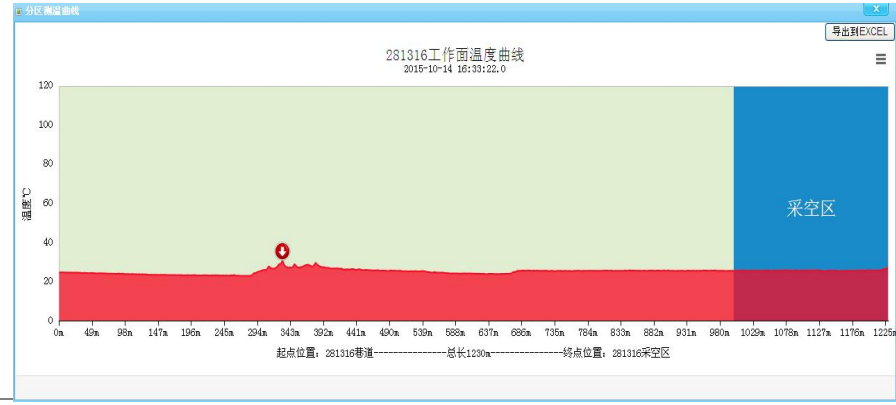
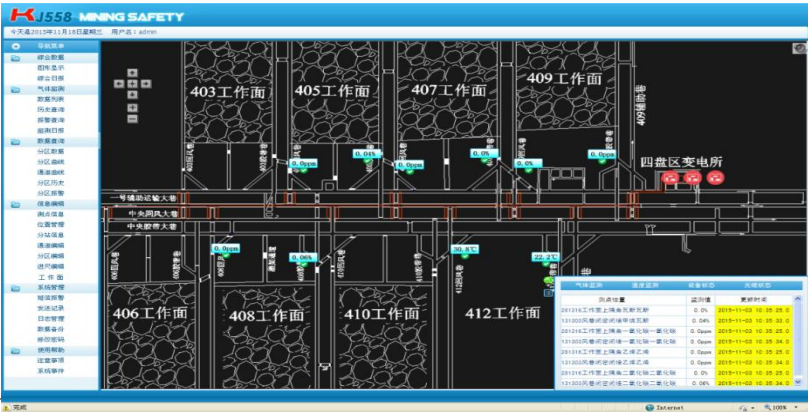
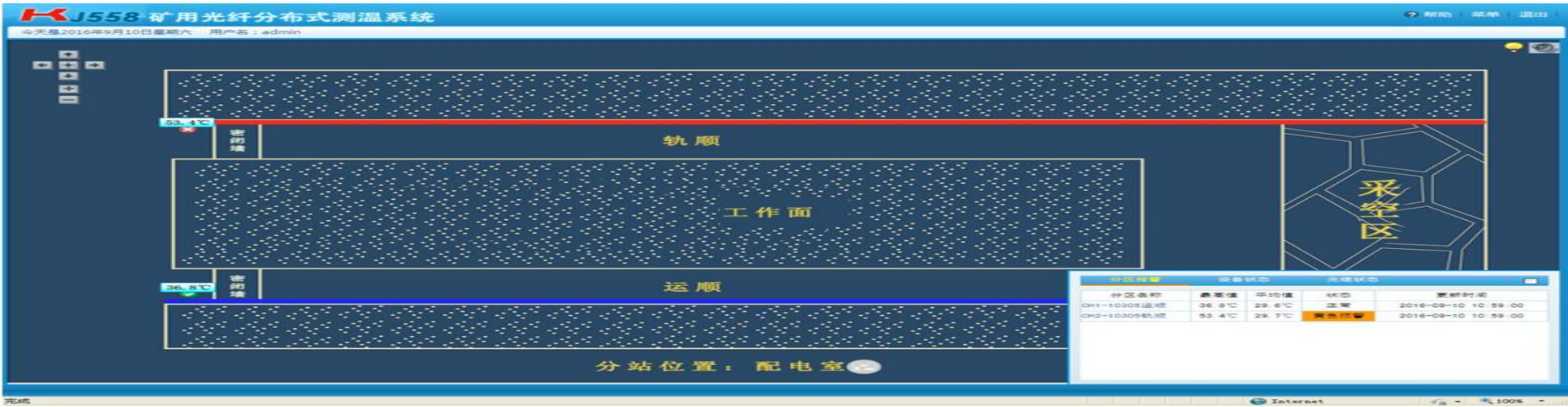
环境兼容

系统适合在易燃易爆、高温、潮湿、强电磁场、腐蚀性等极端条件运行。

3. 系统架构

应用范围

煤矿采空区温度监测

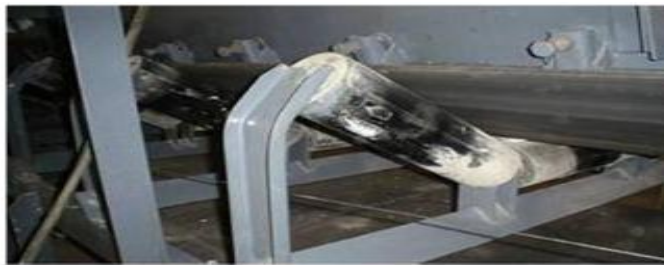
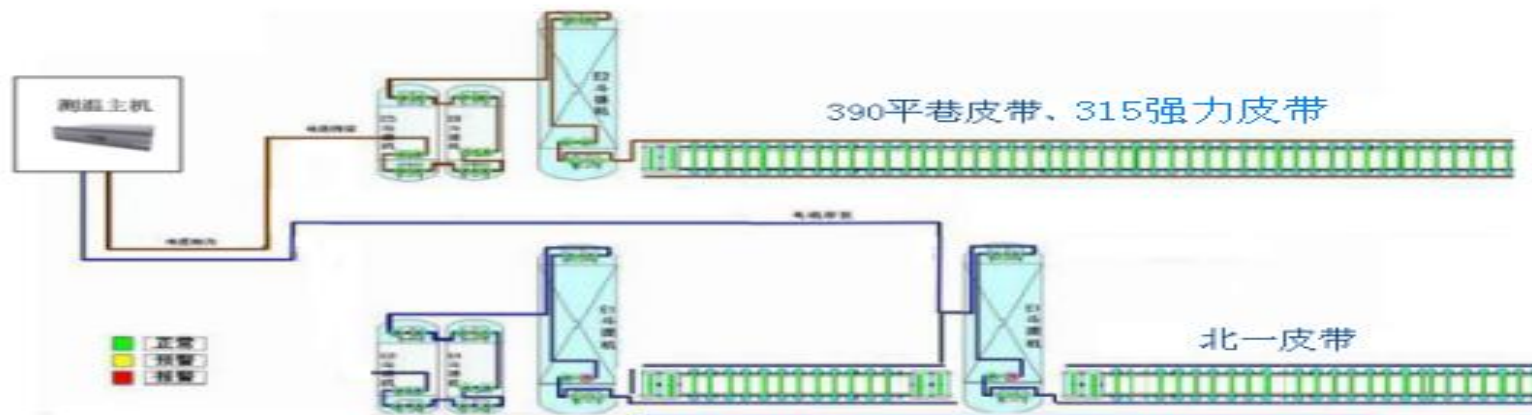


3. 系统架构

应用范围

皮带输送机温度监测

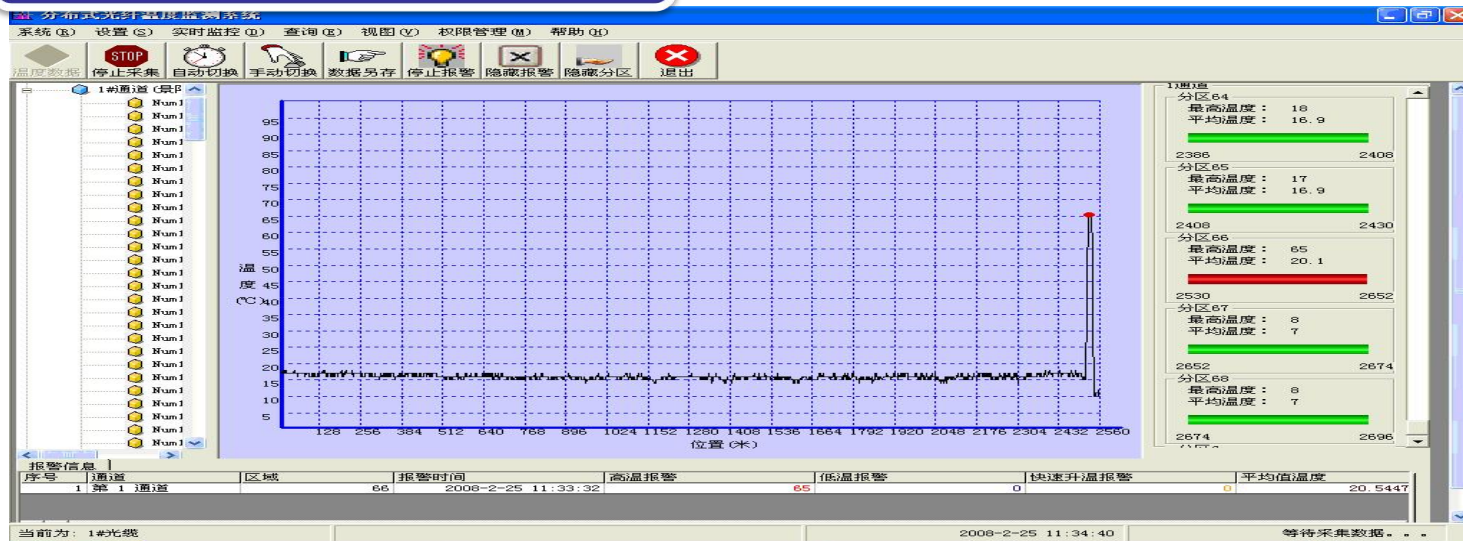
测温光缆敷设示意图



3. 系统架构

高压电缆温度监测

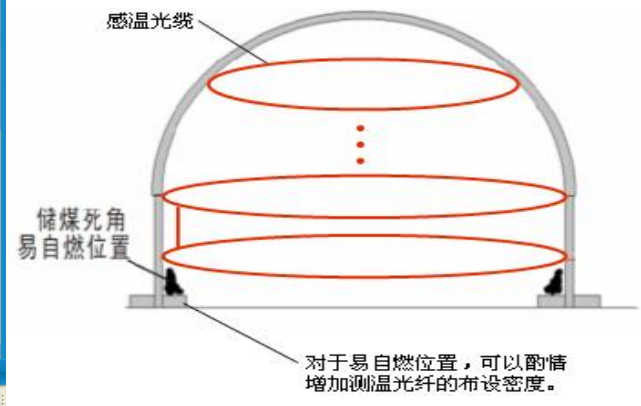
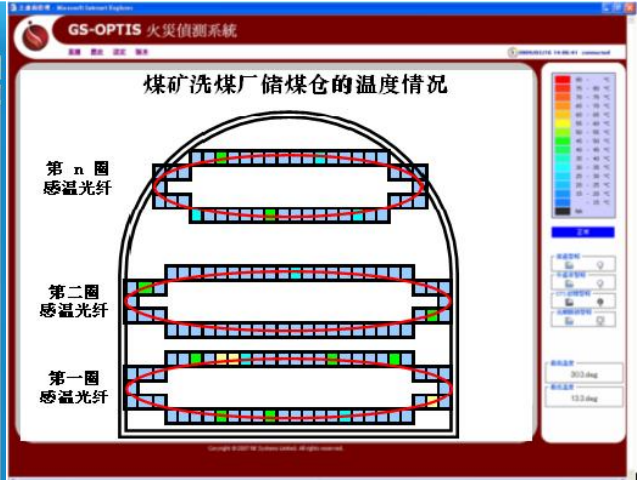
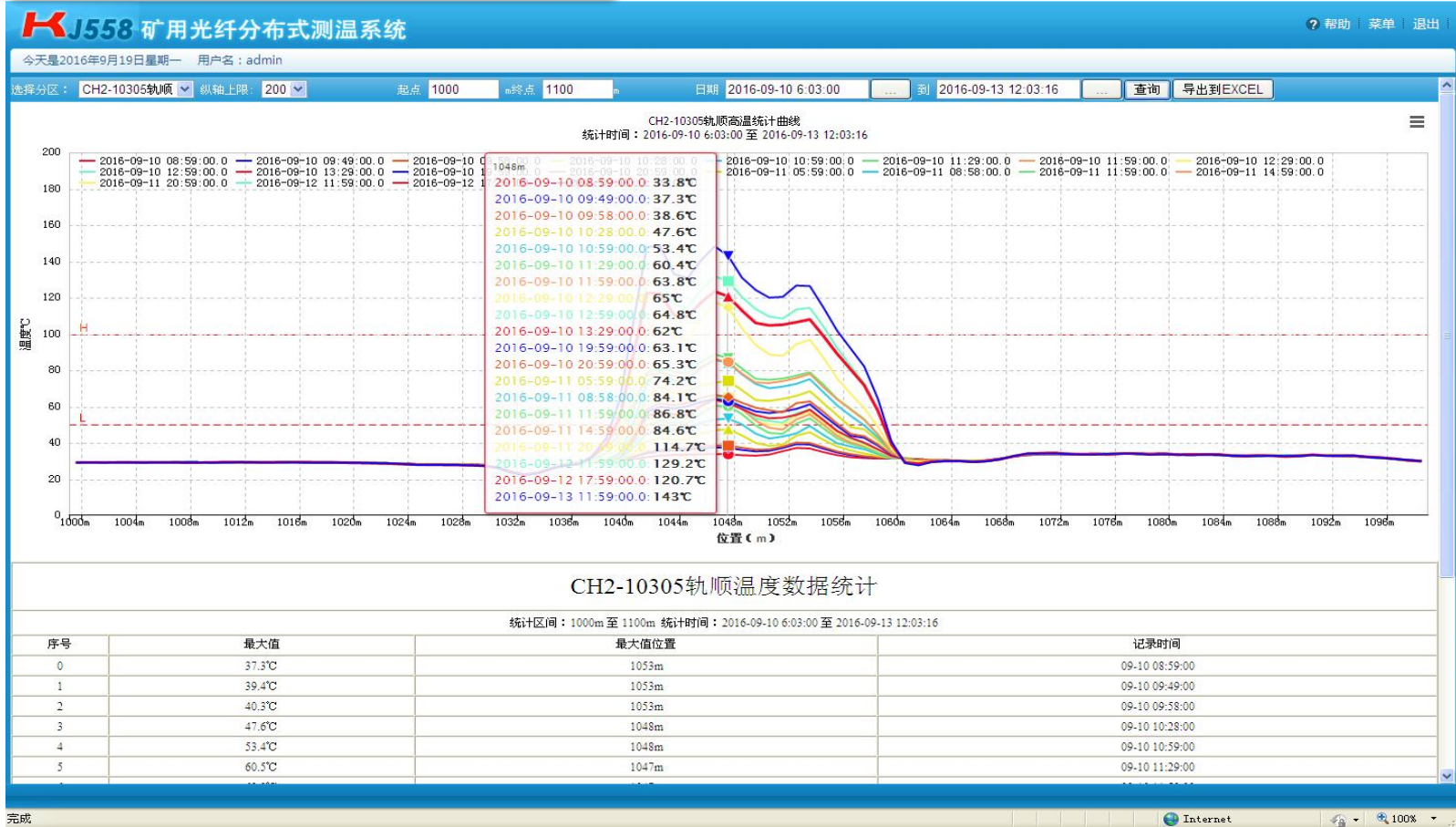
应用范围



3. 系统架构

应用范围

储煤仓温度监测



4.系统硬件

矿用隔爆兼本安型分布式光纤测温主机



规格型号：
防爆型式：隔爆兼本安型
测温距离：8KM
测温范围：0°C-130°C
响应时间：<60S
定位精度：±1米
主机容量：8通道
供电电压：AC127V/660V/1140V
安标证号：

• 功能

- 人性化的设计，装置采用7寸触摸屏,便于就地显示、操作、报警，在不配接上位机的情况下可独立运行；
- 支持预警、差温、定温、趋势报警等多种火灾报警方式；
- 可任意设定报警分区和报警方式；
- 具有自诊断、自修复功能，自动识别光缆断裂位置、时间，光缆断裂后不影响装置数据解调。

• 优势

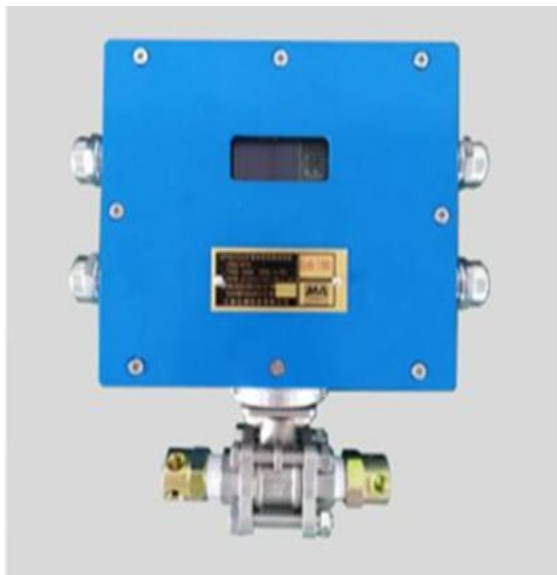
- 测温装置配接的光缆既是温度传感器又是信号传输通道，不再需要其它的测量或传输装置，系统配置简单；

● 设置地点

- 工作面变电站、机电硐室等

4.系统硬件

矿用本安型电动球阀



产品型号： SBY25/7

工作电压： DC12V 本安电源

工作电流： $\leq 250\text{mA}$ DC

水压适应范围： 0.2-7MPa

电动球阀动作时间： 球阀开/关动作时间 ≤ 5 秒

通讯方式： RS485（最大距离可达3km）

球阀接口： $\phi 10$ 快速接口或按客户需求

外形尺寸： 192×180×115

SBY25/7矿用本安型电动球阀是自动灭火系统的关键设备，是实现装置各项功能正常工作的执行单元。该电动球阀用于煤矿井下，作为自动灭火装置的控制设备，二片式高平台，电路采用集成电路，由控制板、接口板等组成，可以配接不同类型的传感器。

4.系统硬件

矿用本安型电动球阀

自动灭火装置采用一体化电动球阀，配套烟雾传感器，感器检测烟雾值超标时，输出高电平信号，控制电动球阀打开，经喷头进行洒水灭火。自动灭火装置经485总线并接、信号转换后接入交换机。上位机监控软件为井筒用报警灭火控制装置监控软件，通过该监控软件可实时查看各球阀的编号、开/关状态等信息，同时也能通过监控软件直接控制球阀动作，修改参数等。

4.系统硬件

本安型热成像摄像机



产品型号	SBY550
工作电压	DC12V 本安电源
工作电流	≤900mA DC
测温范围	0~550℃
测量误差	水平清晰度：500TVL；灰度鉴别等级：7级。
通讯距离	10km
接口数量	4个：电口2个、光口2个
外形尺寸	329mm×296mm×221mm

矿用本安型红外热成像摄像机对皮带机头、机尾，采空区，机电设备集中场所等重点部位的温度及防入侵监测

4.系统硬件



图.温度检测

矿用本安型热成像摄像机主要架设在机头与机尾或者巷道沿线，其主要功能目的是对皮带机头、机尾，采空区，机电设备集中场所等重点部位的温度及防入侵监测，当出现温度报警时系统会自动控制球阀装置对指定报警地点进行降温处理。

4.系统硬件

矿用本安型烟雾传感器



- 工作电压：DC12V
- 灵敏度和响应时间：当烟雾浓度达到 5%obs/m 时，传感器应动作，且响应时间 $\leq 20s$
- 输出信号：无烟时，高电平信号： $\geq 9V$ ；有烟时，低电平信号： $\leq 0.5V$
- 本安参数： U_i ：DC12.5V； I_i ：1.5A； C_i ：0 μ F； L_i ：0mH
- 防爆类型：矿用本质安全型，防爆标志：Exib I Mb。

4.系统硬件

矿用本安型一氧化碳传感器



- 整机工作电压：9V~25V DC 工作电流：≤100mA
- 分辨率： $1 \times 10^{-6} \text{CO}$
- 报警点：在测量范围内任意设置，出厂时的默认设置为 $24 \times 10^{-6} \text{CO}$
- 报警误差： $\pm 2 \times 10^{-6} \text{CO}$
- 报警方式和效果：声报警，离声源轴向距离一米远处，声强不小于 80dB
- 传感器分辨率： $1 \times 10^{-6} \text{CO}$
- 响应时间：不大于 35s

4.系统硬件

矿用本安型压力传感器



- 输入电压：本安 18V；
- 输出电流：4~20mA；
- 压力量程：0~40Mpa；
- 输出信号：4-20mA；
- 防爆类型：矿用本质安全型，防爆标志：Exib I Mb。

4.系统硬件

矿用本安型火焰传感器



- 工作电压：18VDC；
- 工作电流： $\leq 55\text{mA}$ ；
- 灵敏度：可探测到 5m 远外 1cd 火焰（火焰直径 1cm，高 5cm）；
- 监视范围： 120° 圆锥夹角；
- 信号输出：有火焰时高电平（ $\geq 4.0\text{mA}$ ）无火焰时低电平（ $\leq 1.5\text{mA}$ ）；
- 响应时间： $\leq 5\text{ms}$ ；
- 防爆类型：矿用本质安全型，防爆标志：Exia I Ma。

4.系统硬件

干粉灭火装置



- 外形尺寸 (mm) : 130×487
- 灭火剂充装量 (g) : 4000 (超细干粉)
- 保护体积 (m³) : ≥36
- 产品标准及技术条件: GB3836-2010 MT209-1990
- 自备启动电源: 装置自备电源, 可自动启动灭火装置
- 备电欠压检验功能: 按下检测按钮, 绿灯亮表示电压正常。
- 灭火装置欠压报警: 灭火装置充装压力低于 0.6MPa 时, 按下检测按钮欠压报警指示灯亮。
- 灭火装置自启功能: 灭火装置接收闭合开关信号时装置自动启动。
- 灭火装置全淹没释放: 通过不同方向的喷口无死角释放灭火剂。
- 有消防产品认证证书。

4.系统硬件

矿用感温光缆

矿用感温光缆的结构设计指标是整套监测系统运行的关键部分。光缆的设计结构既要保证具有较好的温度响应速度又要有较强的抗拉、抗压能力和耐高温阻燃能力。

在煤矿采空使用的光纤，必须满足具有相应机械性能的光缆，才能保证光纤在铺设、安装、使用、维护的过程中确保自身的安全，以确保监测系统稳定运行。

光缆技术参数

名称	规格	单位	备注
结构	铠装		
光纤类型	62.5/125	um	多模
折射率类型	渐变折射率		
衰减系数	<1.5	db/k m	150 0nm
光缆外径	>11.7	mm	
弯曲半径	20D	mm	
抗压强度	短期 2000\长期 1000	N	
抗拉强度	短期 1500\长期 800	N	

5.系统软件

光纤测温系统

- 1、系统具有图形化显示功能，可缩放，简单易懂，操作简便；
 - 2、实时显示监测数据，异常信息及时报警，包括声光多种报警方式；
 - 3、设备安装位置及状态直观明确；
 - 4、历史数据、报警数据存储、查询功能；
 - 5、故障信息报警提示、存储记录功能；
 - 6、报表订制，导出打印功能；
 - 7、数据库定时备份功能；
 - 8、系统具有人机对话功能，以便于系统生成、参数修改、功能调用等；
 - 9、系统提供数据接口，系统数据可接入煤矿自动化管理平台。
-

5.系统软件

自动防灭火系统

- 1、能实时监控电动球阀的工作状态，球阀关闭/开启/掉线有不同的故障提示；
- 2、电动球阀数量可设置；
- 3、通过软件可设置电动球阀的时间、机号、关闭延时时间、工作模式；
- 4、电动球阀开启后，洒水状态下喷头管路有相应的提示功能；
- 5、能显示实时温度曲线，并显示当前各分区的最高温度；当最高温度超过设定报警值时，会有断续的尖锐报警声。
- 6、软件上能根据实时温度和烟感自动开启/关闭电动球阀；
- 7、软件上能手动开启/关闭电动球阀；
- 8、支持操作记录和故障记录查询，并可将其打印供统计分析；
- 9、各分区的开启和关闭球阀的温度值可单独设置。

5.系统软件

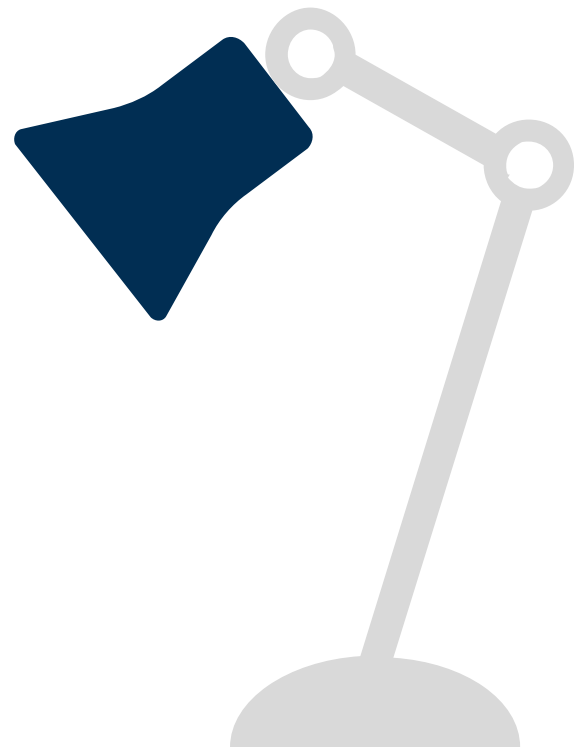
井筒用报警灭火控制装置软件可设置最多255个分区，同时每个分区都设定好温度报警值。监控软件实时更新每个分区的最高温度值，当某个分区最高温度超过限定值时，井筒用报警灭火控制装置监控软件可自动打开对应分区的电动球阀，进行洒水灭火。



当检测到烟雾时，即刻打开电动球阀进行洒水灭,同时报警信号会显示在监控软件上。



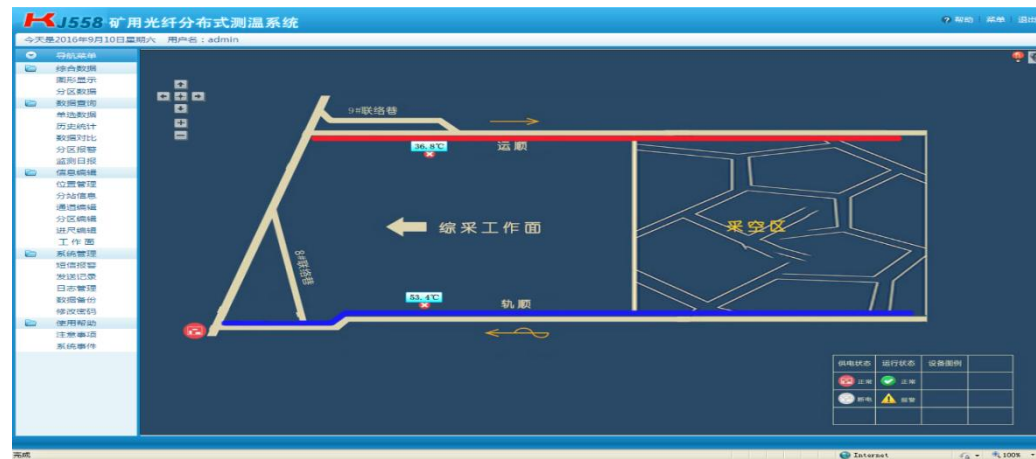
当检测到一氧化碳浓度超标时，系统报警，同时可实现与相关设备联动。



5.系统软件



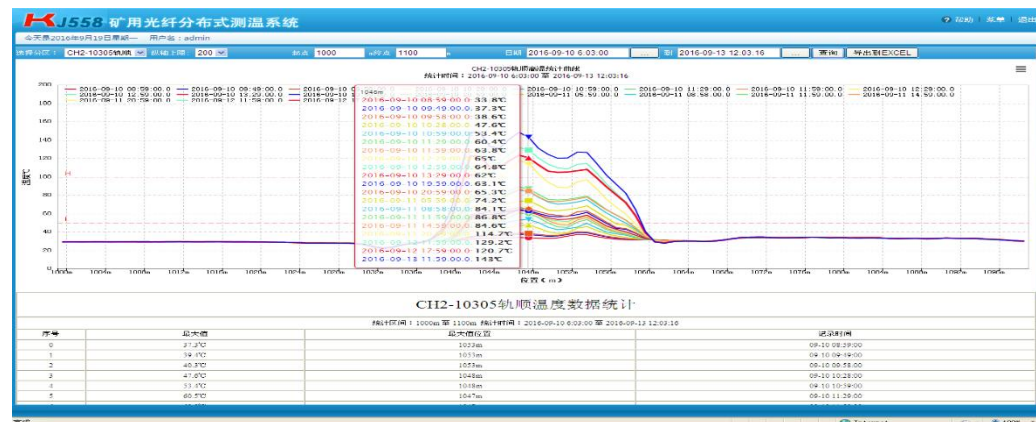
实时数据图形化显示



实时数据图形化显示



实时曲线



历史查询

分布式光纤传感技术特点



- 1、连续实时分布式测量
- 2、测量距离远，
- 3、适应多种恶劣环境
- 4、灵敏度高，测量精度高
- 5、寿命长，成本低，系统维护简单
- 6、光纤体积小、质量轻、传感长、感知多



通过一根光纤赋予智能装备新的生命。现在的智能机器人只有骨骼没有皮肤，对一些接触感知活动无法很好完成。光纤可以实现四个指标（温度、压力、振动、应变）同时感知。而恰恰光纤体既小又轻薄，还可以缠绕，我们把它织成网就可以用硅胶定型套到机器人的骨骼上，就可以当机器人的皮肤，让机器人真正有了感知。