

北京凯源泰迪科技发展有限公司

煤矿安全生产保障系统



2011年12月

北京凯源泰迪科技发展有限公司

Beijing Countertide Technology & Development Co., Ltd.

网址: <http://www.countertide.com> 电邮: info@countertide.com 电话 010-62572102

目 录

一、北京凯源泰迪科技发展有限公司简介	5
二、矿井综合水文动态遥测及预警系统	8
2.1 矿井水文观测孔水位遥测及预警系统	9
2.1.1 矿井水文观测孔水位遥测网络结构	9
2.1.2 通信可靠性保证	10
2.1.3 典型的通信方式	11
2.1.4 野外遥测子站安装示意图	12
2.1.5 遥测子站主设备（CTTD-DATA 2000）简介	12
2.1.5.1 设备规格	13
2.1.5.2 设备技术指标	13
2.1.5.3 传感器接入能力	14
2.1.5.4 数据采集及处理	15
2.1.5.5 数据发送	16
2.2 井下综合水在线监测及预警系统	18
2.2.1 光纤光栅网络分析仪	19
2.2.2 光纤光栅传感器	20
2.2.3 光纤光栅明渠流量计	20
2.2.4 管道流量计简介	21
2.2.5 矿用防爆光纤、光路传输产品	22
2.2.6 光纤光栅应用原理	23
2.2.6.1 光纤光栅的制作原理	23

2.2.6.2 光纤光栅的测量原理	24
三、矿井压力在线监测及预警系统	25
3.1 系统概述	26
3.2 系统优势及特点	27
3.3 表面式光纤光栅应变传感器	28
3.4 光纤光栅土压力计	29
3.5 光纤光栅测缝计	30
3.6 光纤光栅位移计	30
3.7 光纤光栅渗压计	31
3.8 光纤光栅压力计	32
四、电力设施温度在线监测及预警系统	33
4.1 光纤光栅测温系统介绍	34
4.2 光纤光栅测温系统特点	35
4.3 系统主要设备及附件规格型号说明	36
4.3.1 光纤传感分析仪	36
4.3.2 光纤光栅温度传感器	37
4.3.3 电力高压型光纤光栅温度传感器	38
4.3.4 光纤分路盒	39
4.4 电力开关柜光纤在线测温系统软件功能	39
4.4.1 火灾自动报警	39
4.4.2 监测点定位	39
4.4.3 远程网络在线状态查询	40

4.4.4 报警设定	41
4.4.5 温度统计	41
4.4.6 系统联动	41
4.4.7 线路自检及故障定位	41
五、系统中心站（或分中心站）	42
5.1 中心站功能	42
5.1.1 遥测数据接收	42
5.1.2 数据的处理	42
5.1.3 数据存贮	43
5.1.4 数据统计分析	43
5.1.5 数据显示	44
5.1.6 数据库同步	46
5.1.7 数据库维护	46
5.2 中心站配置	46
5.2.1 硬件平台	46
5.2.2 软件平台	47
5.2.3 应用软件	47
六、结束语	52

一、北京凯源泰迪科技发展有限公司简介

北京凯源泰迪科技发展有限公司总部位于北京市西城区，我公司与煤炭科研院所协同综合考察了国内煤矿安全生产保障系统的整体性能，研制开发的 CTTD 矿井综合水文动态遥测及报警、矿山压力在线监测及预警、电力设施温度在线监测及预警以及瓦斯在线监测及预警系统。实现及时、快速、有效地获取煤矿综合水文、矿井压力、电力设施温度以及瓦斯监测数据，以高科技手段架构煤矿安全生产保障体系，动态、准确、全面的掌握煤矿生产过程中各监测系统动态变化状况及规律，为煤矿安全生产保驾护航。

技术依托中国科学院微系统所传感技术国家重点实验室及中国科学院力学所，主要从事自主科技的光电器件、光电设备的研发、生产及销售，拥有光纤光栅传感和光纤 DTS 分布式传感以及光纤 MEMS 传感三大类别的全系列产品线和核心技术，并围绕公司核心产品，为客户提供系统级解决方案。

光纤光栅传感产品线主要包括 CTTD-A01 大容量光纤传感分析仪、CTTD-A02 系列高速光纤传感分析仪、CTTD-T 系列光纤光栅温度传感器、CTTD-S 系列光纤光栅应变传感器、CTTD-P 系列水位/压力传感器、CTTD-D 系列位移传感器。

光纤 DTS 分布式传感产品线主要包括 CTTD-A01D-R 系列分布式光纤测温仪和 CTTD-A01D-B 系列分布式光纤应力测试仪。

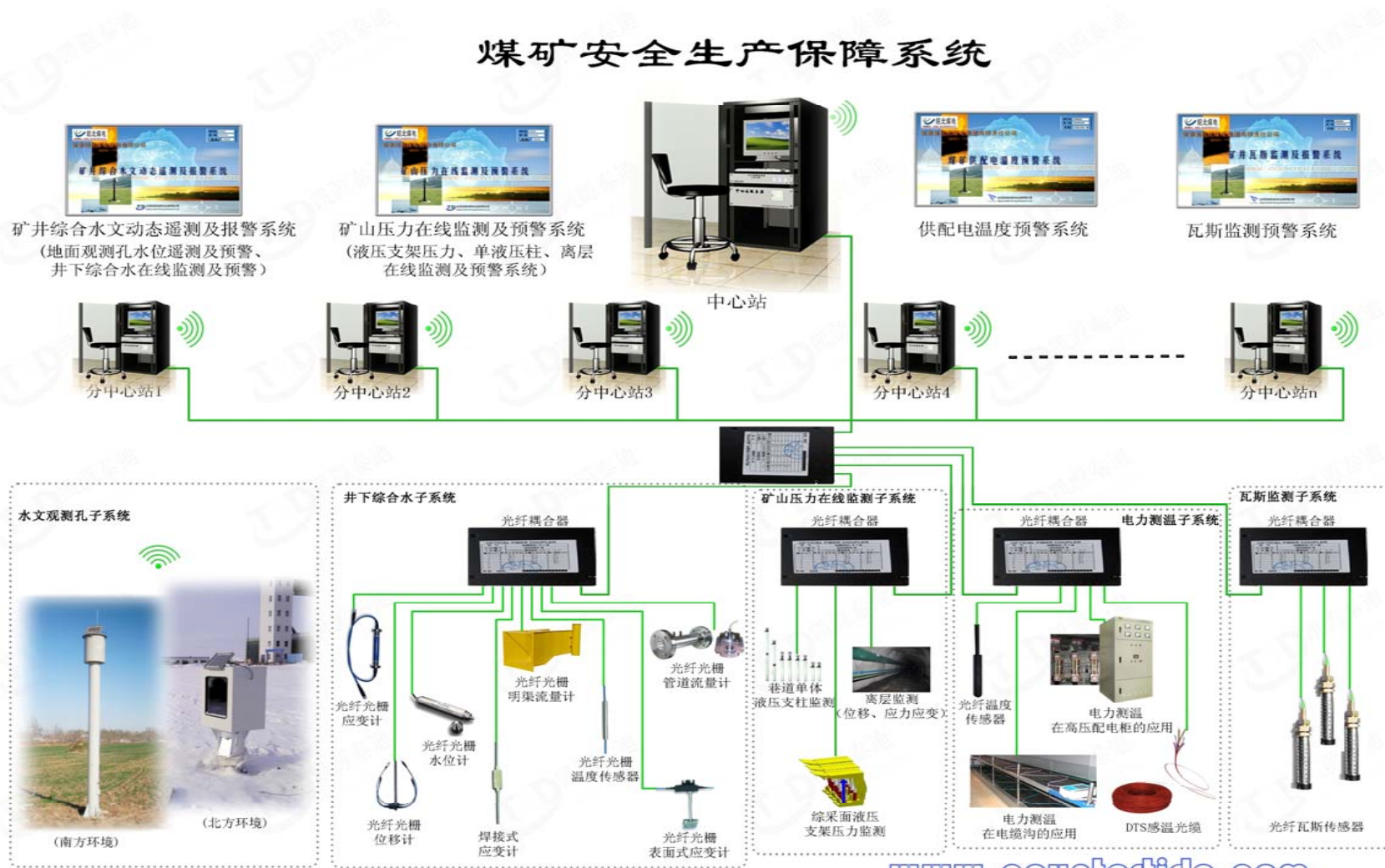
光纤 MEMS 传感产品线主要包括 CTTD--MA 系列加速度传感器、单点式光纤温度传感器、光纤湿度传感器、光纤可调谐激光器等。

公司拥有光纤光栅照射线、光纤传感分析仪和分布式 DTS 光纤测温仪组装线、光纤 MEMS 工艺线及光纤传感产品组装测试线，产品质量体系全面通过了 ISO9001: 2000 认证，主要产品通过了国家权威部门的检测和测试。

公司拥有计量级应变标定系统（疲劳实验机+激光测距装置，应变标定精度 $1\mu\varepsilon$ ），计量级温度标定系统（精密恒温槽+二等标准铂电阻温度计，温度标定精度 0.01°C ），产品可靠性测试系统（高精度温控箱+高低温加湿度环境实验箱，可提供 $-60^{\circ}\text{C}\sim+200^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度循环测试及可变湿度测试），为产品测量精度和长期可靠性提供了技术保障。

公司产品已广泛应用于国家基础设施和工业设备的安全监测和生产测量，以及国防装备的光电检测与控制，涉及桥梁、大坝、隧道、建筑等土木工程结构安全监测和高压输变电设备（电力开关柜、电缆接头、变压器、互感器等）在线温度监测以及工业消防（电缆沟、隧道、油罐、建筑等火灾自动报警）等多个应用领域。

煤矿安全生产保障系统结构示意图：



二、矿井综合水文动态遥测及预警系统

煤矿水害事故是危及煤矿安全生产和人民生命安全的重大灾害之一，煤矿突水灾害，将造成经济巨大损失；近几年来发生的新生界松散含水层突水淹井灾害也使得煤矿安全生产面临严重威胁。通常，瓦斯事故是煤矿安全的“第一杀手”，但当前煤矿水害事故呈上升势头。初步统计，目前我国原统配煤矿中的水体下尤其是承压水体上压煤储量高达数百亿吨，占总储量的 30% 以上，全国仅受底板承压岩溶水体威胁的矿井就多达 150 处，而且随着开采水平的延深，其数量将逐渐增加，水灾害威胁程度也将越来越严重，现有知识水平以及对水灾害的认知程度也越来越显得不足。

为了对煤矿突水灾害作出正确的预测预报，我公司研制开发的 CTTD 煤矿水害预警系统涵盖矿井井上水文观测孔水位遥测、矿井井下涌水量、蓄水池水位、管道水流量、水压、水温等参数的实时监测，鉴于井下测点的距离远、范围大，充分考虑系统的可扩展性、数据传输的高可靠性、井下环境的安全性，以及井下工作设备的发展趋势。系统设计以光纤做为传输主干、传感器选用无源、高灵敏的光纤光栅传感器。实现及时、快速、有效地获取包括地面观测孔水位、井下巷道明渠流量、水仓水位（蓄水量）、工作面水温、水压以及水质等多种煤矿综合水文监测数据，以高科技手段架构煤矿综合水监测体系，动态、准确、全面的掌握煤矿生产过程中水文动态变化状况及规律，为有效做好煤矿防治水和煤矿安全生产提供科学参考依据。

CTTD 煤矿水害预警系统解决方案中监测的范围领域及对象参量主

要分井上和井下两部分：

2.1 矿井水文观测孔水位遥测及预警系统

水文观测孔水位的升降变化，能够反映地下各含水层水位动态变化和关联动态情况，通过遥测及预警系统实时、动态的监测，并以图表、数字报表的方式供管理人员浏览或打印存档，即时分析地下水的变化走向趋势。及时发现地下水的危险变化趋势，对规避矿井遭受地下水害提供了强有力的科技手段。

系统包括中心站和多个遥测子站，中心站即系统管理平台，为矿井上下所有水文监测点的数据服务中心（也可单独建立水文观测孔遥测及预警系统的中心站）。遥测子站通常分布在矿区地面的野外环境，通过无线通讯方式向管理中心实时或定期上传各个水文观测孔的水文数据。

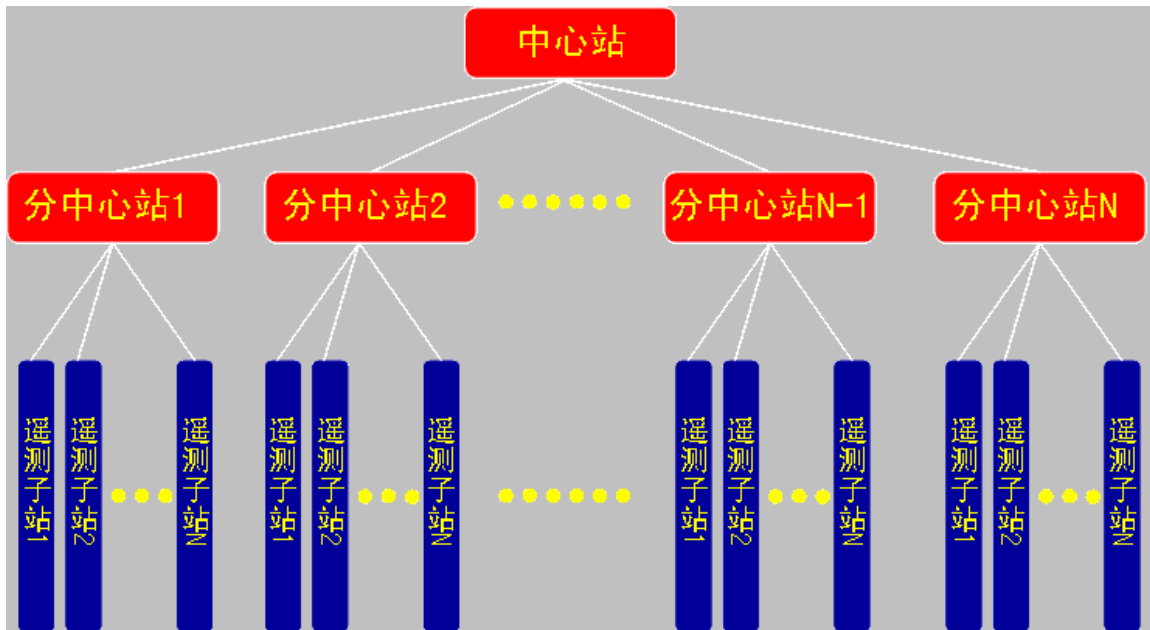
2.1.1 矿井水文观测孔水位遥测网络结构

井上水文观测孔水位遥测部分分为中心站、遥测子站二级结构。

遥测站：遥测站负责采集现场的水文数据，并按设定的策略向中心站发送数据。

中心站：中心站接收遥测站上传的水文数据，对遥测范围内的遥测子站数据建立数据库，并进行分类处理、实时显示和信息发布等，与其它应用系统进行数据交换。

长观孔水位遥测部分一般采用分层次的星型网络结构，如下图所示：



2.1.2 通信可靠性保证

中心站与遥测子站间的通信。由于通信系统故障带来实时遥测数据的中断，可能给管理工作带来极大的不便或损失，因此，监测系统的通信一定要有可靠的保障。

监测系统应具备主、备两种不同的通信信道。一般情况下，遥测采用通常的、费用低廉的通信方式传输遥测数据，当灾难发生时常规通信不能沟通时，采用备用通信信道传送遥测数据（可直接增加通信设备）。

为了兼顾监测站的低功耗特性和动态配置特性，常规通信方式宜采用便于以数据报告方式工作的通信信道，主信道中应有一种是用双向通信信道。

遥测子站处设有太阳能发电系统模块，可采用浮充的方式对蓄电池进行补偿式充电，为保证供电电池不因充电而损坏，系统中增加了充放电保护模块，既能在充电完成后自动切断充电电路，又能在无太阳能时

电池放电达到一定值时自动切断系统供电。以保证电池的再充电性能。

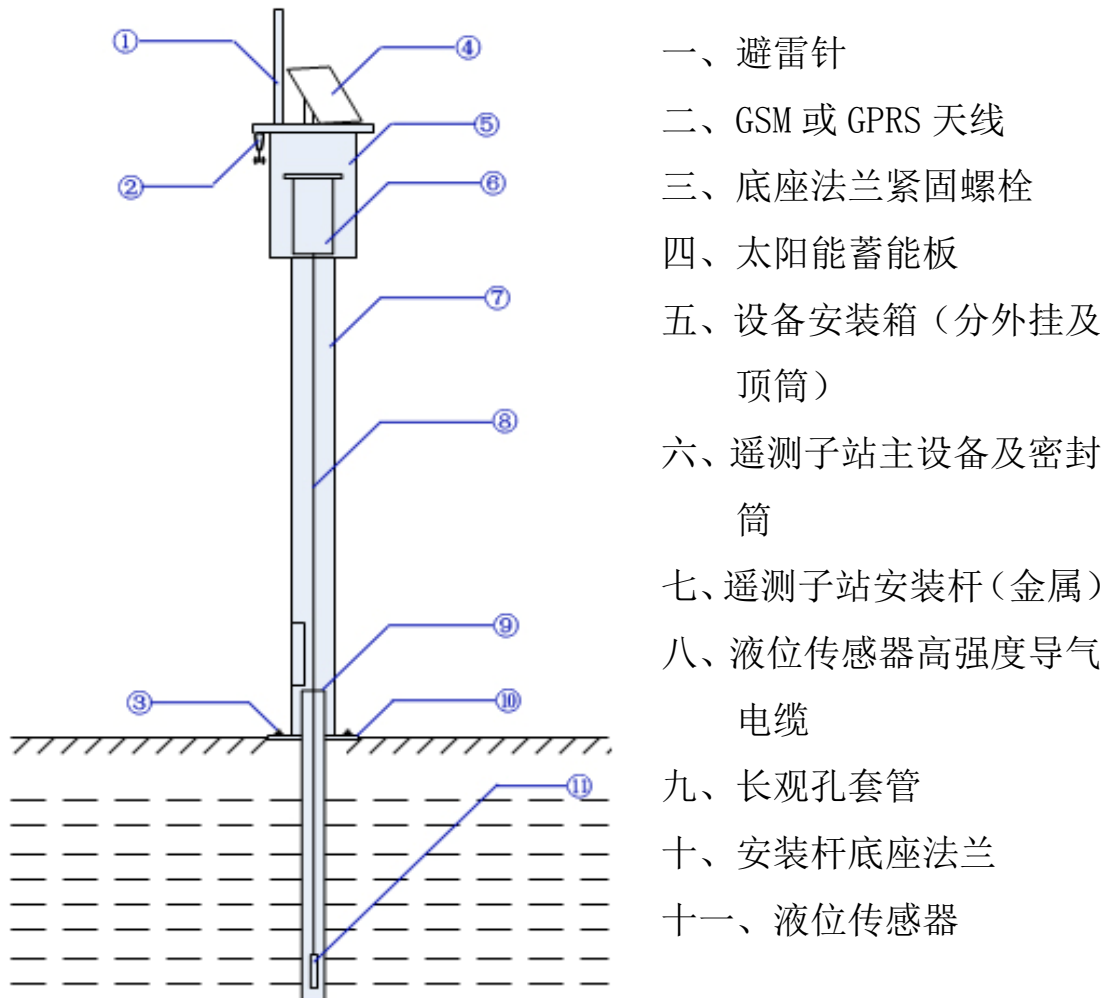
2.1.3 典型的通信方式

GSM 短消息网或 GPRS 无线数据专用通道

GSM 网络覆盖面大，短消息的费用低廉，也是一种较好的传输遥测数据方式。通常情况下，GSM 短消息传递的速度也很快，可以满足遥测站发送数据的需要。

由于 GSM 网是一种基于公众通信的网络，它无法提供专业系统所需要的特殊服务，在某些时候，会发生数据阻塞情况，影响遥测数据的实时性。普通的 GSM 短消息终端用于中心站时，由于其信道容量的限制，子站的规模不宜太大。对于规模较大的系统，对实时性要求较高的中心站最好采用 GPRS 无线数据专用通道与短消息中心联网的方式接收遥测站数据。

2.1.4 野外遥测子站安装示意图



2.1.5 遥测子站主设备（CTTD-DATA 2000）简介

CTTD-DATA 2000 数据采集终端是基于先进的嵌入式微处理器的多功能数据采集器，通过模块化设计它可采集多种类型的传感器数据，集数据采集、存贮及通信于一体，可利用电缆、电话、电台、卫星及 GSM 等多种通信系统，组建统一的监测网络。

该设备专门进行了低功耗设计，当遥测站不执行数据采集和通信等任务时，遥测站可进入掉电状态，只为一小部分唤醒电路供电，使遥测

站进入微功耗状态。系统可采用太阳能浮充蓄电池方式长期供电方式工作，特别适用于交通不便、无法提供市电的荒野工作，尤其适合建立水资源实时监测系统。

2.1.5.1 设备规格

CTTD-DATA 2000 产品规格主要分为筒式和箱式两种，如图 1、图 2。



图 1：筒式机箱图

筒式机箱 (AT60)：

外形尺寸：240mm（直径）×510mm（高）；

包装尺寸：300mm（长）×300mm（宽）×510mm（高）；

重量：4kg。

箱式机箱 (A1038)：



图 2：箱式机箱图

外形尺寸：380mm(长)×380 mm(宽)×210 mm（高）；

包装尺寸：435mm(长)×435mm(宽)×265mm（高）；

重量：8Kg。

2.1.5.2 设备技术指标

电源： 10.2-16V 直流。

充电保护电压：14.6V±5%；

放电保护电压：10.4V±5%；

充电保护功率：≤20W。

传感器电源供电（受控）： $\leq 200\text{mA}$ （直流 12V）
 $\leq 100\text{mA}$ （直流 24V）

通讯设备电源供电（受控）： $\leq 10\text{A}$ （直流 12V）

功耗：最大小于 $50\mu\text{A}$ （自报值守工作体制）；
最大小于 150mA （工作状态，不含通信设备）。

工作环境：温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ， $-40^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ （备选）；
湿度 100%无凝结。

高精度时钟：1.53 分钟/月（无温补情况下）

并可完成与中心时钟同步（或 GPS 时钟）。

平均无故障时间（MTBF）：30000 小时（备选可增至 80000 小时）。

固态存储内存：256k/512k，历史和当前数据现场读取或远程读取。

模拟量：精度：0.1%
分辨率：16 位
电压量程：0~5V，0~1V
电流量程：4~20mA
电阻量程：0~80K Ω
弦式频率量程：400~5500Hz

2.1.5.3 传感器接入能力

1). 水位等并行编码输出传感器

可接入一至三个并行编码传感器（如码盘式水位计）。



2). 水位流量等模拟量输出传感器

可接入多达 8 只模拟量输出传感器（水位、流量、压力、温度、墒情等等）。模拟量的类型可以是电流（如 4~20mA）、电压（如-5V~+5V）、电阻或电桥。

3). 水位压力等弦式传感器

提供专门的弦式传感器接口，可接入多种类型的弦式传感器，如渗透压、位移、形变、应力、沉降、倾斜等，最大的弦式传感器的接入数量为 8 只。

4). SDI-12 标准智能传感器

可接入多个满足 SDI-12 标准的各种智能传感器，如智能水位计、流量计、多参数水质探头等。

2.1.5.4 数据采集及处理

1). 数据采集过程控制

水位、水质、流量等

对于码盘编码输出、模拟量输出（如水位、压力、流量、流速、温度等），频率输出（如弦式传感器）或者 SDI-12 智能传感器（如水位、流量、水质等），遥测站以设定的周期采集传感器数据。

采集数据的周期可以分为普通采集周期和应急采集周期两种。

普通采集周期：在大部分时间里，传感器数据处于安全范围以内，数值变化也较为缓慢，此时可以采用较长的周期采集传感器数据，以节约耗电、节省自记内存等。

加密采集周期：在紧急情况（如水位超越警戒线），遥测站自动转

入加密测量方式，以较短的周期采集传感器数据，以捕捉传感器数据过程。

普通采集周期和加密采集周期可根据需要配置。

2) 数据自记

每当产生一个新的遥测数据，该数据与采集到该数据的时间都要存入遥测站内部的非易失性存储器内，所存贮的数据附带时标（年月日时分）。

遥测数据按时间顺序存贮，并按一定的时间段（如一天时间）组织存放，以便于检索。

非易失存储器的容量足够大，可存贮一段时间内遥测站所采集到的所有数据（如按每小时采集 1 次数据时，可存贮一年的水位数据）。

2.1.5.5 数据发送

遥测子站采集到的数据在满足一定条件后需向中心站发送。遥测数据发送要遵守实时发送数据及控制数据发送密度两条原则。

1) 实时发送

一般情况下，遥测子站一旦有新的遥测数据，应立即向中心站发送遥测数据，保证中心站在最短的时间内收到现场数据。

2) 发送密度控制

在出现被测数据变化剧烈的情况下，遥测子站会接连不断地产生新的遥测数据。如果每个遥测数据都发送，会带来数据拥堵现象。因此必须控制数据的发送密度。

在遥测子站采用费用昂贵的通信方式时，太多的数据发送会带来很

大的开销。因此也必须控制数据的发送量，使通信费用保持在一个合理的水平。

在长时间遥测子站数据无变化时，也应每过一设定的时间将原来的数据向中心站发送。

控制发送密度的方法有：

设定数据变化量的阈值、控制发送数据帧间的时间间隔、各遥测参数有独立的发送机制、每个遥测参数都应有独立的发送数据机制，重要数据可以设置成较高的发送密度，非重要数据可以设置成较低的发送密度。

3) 定时发送

监测站数据长期不变时，监测站应在发送上一次该数据后经过一特定的时间，重发该遥测数据。

2.2 井下综合水在线监测及预警系统

矿井井下内、外水仓水位、各采区涌水量、巷道内涌水量实时监测，位于大巷内的涌水流量采用明渠流量监测方式进行。巷道内管路水量、工作面顶板、底板的水体排放流量、水压及水温的实时监测。通过监测及预警系统实时、动态的监测，并以图表、数字报表的方式供管理人员浏览或打印存档，即时分析各监测点水量的变化走向趋势。及时发现危害煤矿安全生产的危险因素，对规避矿井遭受地下水害提供了强有力的科技手段。

鉴于井下测点的距离远、范围大，充分考虑系统的可扩展性、数据传输的高可靠性、井下环境的安全性，以及井下工作设备的发展趋势。系统设计以光纤做为传输主干、传感器选用无源、高灵敏的光纤光栅传感器，同时为今后井下各种应力、位移、压力、裂缝等方面的实时监测提供良好的基础。

井下综合水在线监测系统结构图



2.2.1 光纤光栅网络分析仪

CTTD-A8 系列光纤传感分析仪是一款高性能光纤光栅解调设备，通道数可以按需求定制，可靠性高，环境适应能力强。完全满足工业控制领域及土木工程结构长期在线监测的需求。CTTD-A8 系列光纤传感分析仪兼顾了实验室及实际工程中对动态性能要求较高的应用场合，是一款高精度，高分辨率，多功能的设备。可以广泛应用于煤矿、桥梁、大坝、隧道、油罐、电缆、开关柜、远距离输油管道等大型结构的长期健康监测，也可用于与波长及功率相关的光谱分析。



基本参数

项目	单位	参数值
通道数	个	1~4/8/16/64
每通道最大测点数	只	并联12 只，串联25 只
同步采样频率	Hz	同步100Hz
波长测量范围	nm	1525~1565
波长分辨率	pm	0.1
波长重复性	pm	0.5
波长精度	pm	±1
工作温度范围	°C	-5~40
光纤传输距离	km	40

2.2.2 光纤光栅传感器

FBG 系列光纤光栅传感器通过内部敏感元件——光纤光栅所反射的光信号中心波长移动量来检测物理量的数值，测量精度不受光源波动及传输线路弯曲损耗的影响，可直接通过光纤进行信号远程传输（超过 40km），监测现场无需供电。

FBG 系列光纤光栅传感器外壳及关键部件均采用专用耐腐蚀合金钢 0Cr26Ni5Mo2 或钛合金制成，并在关键部位进行了加厚结构设计，可以直接埋入混凝土中进行长期观测。专门用于大坝、海底隧道、边坡等结构的温度、应力、变形及水压、土压观测。

FBG 系列光纤光栅传感器的最大光缆接线长度均为 40000 米，可将多个传感器串接在一根光纤上引出，也可汇聚集合为一条多芯主干光缆实现成百上千点的集束传输。

2.2.3 光纤光栅明渠流量计

光纤光栅明渠流量计 CTTDFBG-F02

流量范围:10 升/秒~10 立方米/秒（注：因煤矿排水淤积问题，当流量低于 100 立方/小时误差曲线增大）

累计流量范围:99999999(满 8 位数回零重计)

流量误差:

与配用量水堰槽有关

与巴歇尔槽配用:3-5%

选配堰槽:巴氏槽



测量精度

0.2%(校正棒温度补偿式)

1%(温度传感器补偿式)

环境温度:-20~70℃

2.2.4 管道流量计简介

光纤光栅管道流量计要求同量水设备(V型锥管)配合使用。可以用来连续测量管道中液体的流量。由于流量计采用光纤光栅技术,以完全非接触的方法测量,因此用于有粘污、腐蚀性污水情况,比其他形式管道流量计具有更高的可靠性。

光纤光栅管道流量计技术指标

流量范围:10升/秒~10立方米/秒(与管道直径与压力相关)

公称通径:DN10~DN2000

流量误差:

与V型锥配用:小于3%

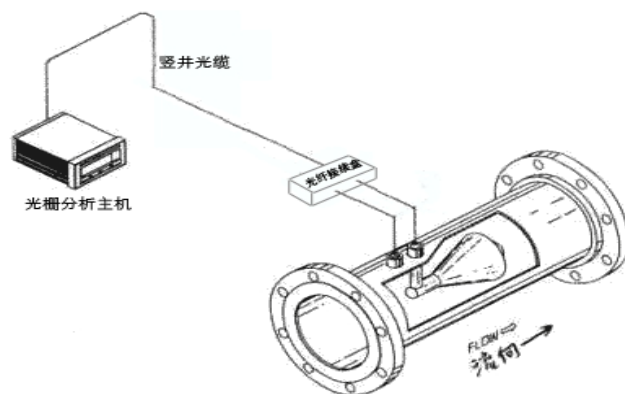
管道静压力:0~40MPa

测量精度

0.2%(校正棒温度补偿式)

1%(温度传感器补偿式)

环境温度:-20~70℃



2.2.5 矿用防爆光纤、光路传输产品

矿用阻燃光缆

矿用阻燃综合光缆的结构是将单模或多模光纤套入由高模量的塑料做成的松套管中，套管内填充阻水化合物。缆芯的中心是一根磷化钢丝或挤上聚乙烯的钢丝绳，松套管(或填充绳及信号线)围绕中心加强芯绞合成紧凑和圆形的缆芯，缆芯内的缝隙充以阻水填充物钢-聚乙烯粘结内护套后，蓝色阻燃 PVC 护套成缆。精确控制光纤的余长保证了光缆具有很好的抗拉性能和温度特性。松套管材料本身具有良好的耐水解性能和较高的强度，管内充以特种油膏，对光纤进行了关键性保护。

良好的抗压性及柔软性。

采用下列措施来确保光缆的防水性能。

单根钢丝中心加强件。

松套管内填充特种纤膏。

100%缆芯填充。

良好的阻水材料防止光缆纵向渗水。

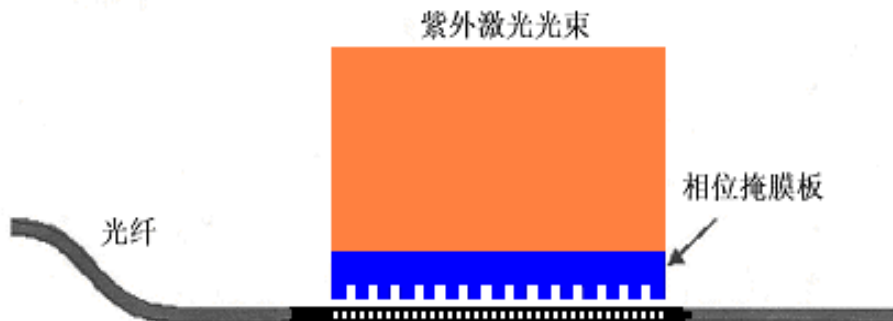
双层护套和两者之间的紧密结合。

光缆芯数	光缆直径	光缆重量	允许拉伸力	允许压扁力
	(mm)	(kg/km)	长期/短期(N)	长期/短期(N/10cm)
2-24	10.9	161	600/1500	300/1000
26-48	12.5	196	600/1500	300/1000

2.2.6 光纤光栅应用原理

2.2.6.1 光纤光栅的制作原理

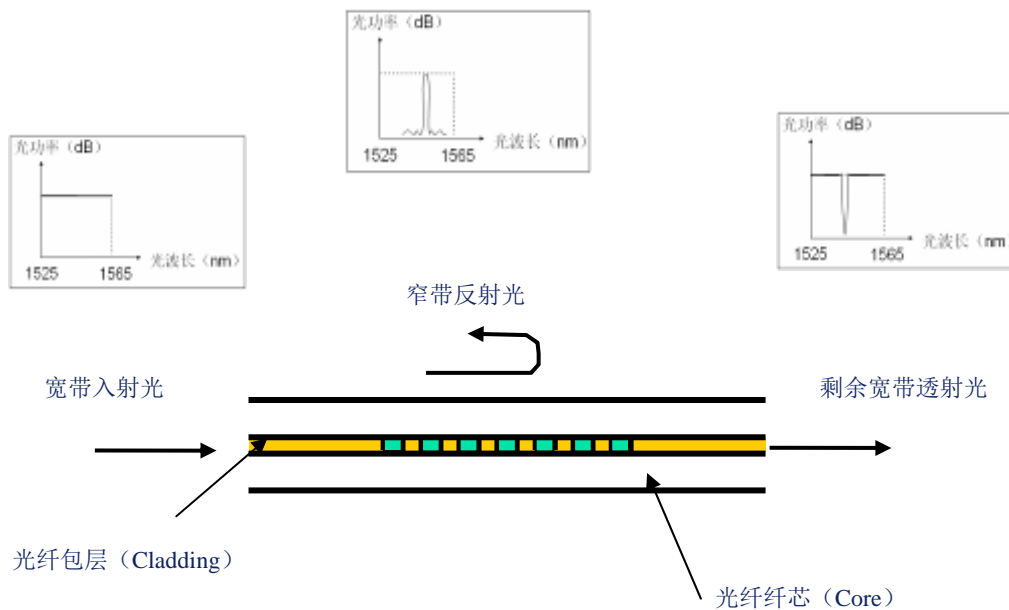
光纤光栅是利用光纤材料的光敏性：即外界入射光子和纤芯相互作用而引起后者折射率的永久性变化，用紫外激光直接写入法在单模光纤（直径为 0.125mm~0.25mm）的纤芯内形成的空间相位光栅，其实质是在纤芯内形成一个窄带的滤光器或反射镜。其制作方法如下图所示：



制作完成后的光纤光栅相当于在普通光纤中形成了一段长度为 10mm 左右的敏感区，可以准确感测温度、应力的变化。

2.2.6.2 光纤光栅的测量原理

光纤光栅属于反射型工作器件，当光源发出的连续宽带光通过传输光纤射入时，它与光场发生耦合作用，对该宽带光有选择地反射回相应的一个窄带光，并沿原传输光纤返回；其余宽带光则直接透射过去。



反射回的窄带光的中心波长值随着作用于光纤光栅的温度和应变的改变而线性变化，从而使光纤光栅成为性能优异的温度、应变测量敏感元件。

透射过去的剩余宽带光可以继续传输给其他具有不同中心波长的光纤光栅阵列，其中相应中心波长的窄带光系列将被逐一反射，全部沿原传输光纤返回。由此可实现多个光纤光栅传感器的串接复用。

光纤光栅的上述特性使之成为温度、应变、压力、加速度、位移等物理量的优异测量敏感元件，并且可以同时实现多个物理量的准分布式测量，因此，光纤 Bragg 光栅成为大型结构长期健康监测的最佳选择。

三、矿井压力在线监测及预警系统

煤矿井下综采工作面生产的安全及顺利与否与液压支架的支护状态有着密切的关系，回采工作面顶、底板突水等灾害的发生往往与顶板来压存在着密切关系，综采工作面支护阻力的变化特征以及顶板来压显现规律等也是顶板水情预警系统所不可缺少的重要预警指标之一。综采工作面回采过程中易发生液压支撑压架或垮架的险情，给采煤作业及高产高效安全生产带来诸多不安全因素，甚至进而产生较严重的安全隐患和重大事故，所以，如何尽快弄清综采工作面压、垮架的真正原因，以便采取相应的预警监测措施，防患于未然，杜绝压、垮架现象的发生，已迫在眉睫。通过对综采工作面液压支架的工作阻力、压力状态、变化周期以及变化趋势进行实时监测分析，不仅可以及时掌握液压支架的工作状态、采场矿压显现规律和对采场顶板来压进行预警，为采场管理及压架原因分析提供技术数据，还可以通过综合分析实现对顶板水害等情况的预测预报，从而为煤矿安全生产服务。

煤矿井下巷道的稳定性与煤矿的安全生产以及高产高效关系密切。而巷道状态的稳定性受围岩性质、施工质量、支护方式等多种因素影响。以锚杆支护为例，其作用在于加大巷道围岩的围压，从而提高围岩的强度以保持其稳定性。我国矿井锚杆支护设计多以经验方法为主，原始资料较少，考虑问题相对简单，设计结果可靠程度不高，很难满足生产上的要求。为提高巷道锚杆支护设计的合理性与可靠性，保证施工质量，应建立完善的监测系统，采用先进的监测技术、科学的分析方法等进行综合分析、处理，以使锚杆支护设计科学化、系统化和规范化。而通过先进的监测技术对巷道的稳定性进行实时监测，可以及时、有效地获取有关数据信息。根据所获取的监测数据，可以分析判断巷道的施工质量和安全程度以提出整改措施；也可以分析特定条件下巷道的矿压显现规

律、巷道离层位移的变化规律、验证锚杆支护参数的合理性等，为进一步修改和完善锚杆设计提供依据。因此，通过对井下巷道顶、底板位移等进行实时监测来实现对巷道稳定性的预警具有十分重要的现实意义。

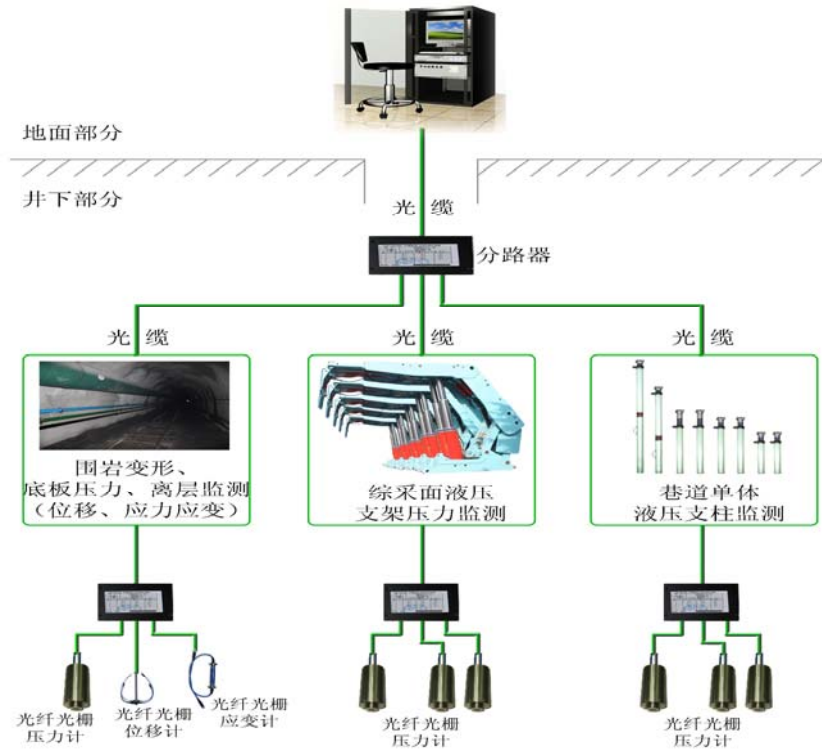
有鉴于此，我公司与煤炭科研院所协同综合考察了国内煤矿矿山监测系统的整体性能，研制开发的 CTTD 煤矿矿井压力在线监测系统。实现及时、快速、有效地获取煤矿矿井压力监测数据，以高科技手段架构煤矿矿压监测体系，动态、准确、全面的掌握煤矿生产过程中矿压动态变化状况及规律，为煤矿安全生产提供科学参考依据。

3.1 系统概述

针对目前煤矿安全生产所存在的安全隐患问题，我公司与煤炭科研院所共同研制、开发矿井安全生产保障系统，利用现代化的科技手段有效监测煤矿安全隐患状态，为科学分析提供有效依据。

CTTD 煤矿矿井压力在线监测系统采用光纤光栅传感技术建立包括多组井下光纤光栅测站、中心站及其软件体系的实时监测和预警系统，对井下综采工作面液压支架工作阻力、巷道单体液压支柱阻力、巷道顶板离层和围岩深部位移以及其他监测数据等进行实时在线监测，以便及时在线获取监测数据和突变信息，并通过综合分析研究确定预警阈值，为煤矿安全生产提供科技化保障手段。

煤矿矿井压力在线监测系统结构图



3.2 系统优势及特点

- a) 系统模块化：系统采用模块化结构，煤矿可以根据实际需求，在中心平台上选择配置相应功能子系统；
- b) 技术先进：不是简单地使用光纤直接进行测量，而是采用世界上最先进的光纤传感技术，在石英光纤上制作多个光栅，封装保护后形成光纤传感器，具有极高分辨率；
- c) 产品可靠：在国内外各领域大量重大工程中成功应用，有众多用户使用报告；
- d) 完善的产品认证：通过中国计量科学研究院等多家国家权威机构认证
- e) 完整的解决方案：可用光纤技术解决成千上万个点的温度、应变、压力、位移、行程开关等多种参量的数据监测；
- f) 全光型：光测量、光信号、光传输、光编码，现场不需供电，不受电磁干扰，不受雷击；
- g) 高精度：在所有类型光纤传感器中具有最高的测量精度，指标达到并

超过传统的电器传感器；

- h) 组网灵活：支持线型、环型、多级星型及混合方式组网，安装布线简捷快速；
- i) 无零漂：绝对量测量。光源衰减和线路损耗不影响测量精度，无需现场率定；
- j) 实时性好：可在 1 秒钟内完成上万个监测点的数据采集，可及时有效检测到突发灾害的预发状态；
- k) 维护成本低：传感器正常工作寿命长达数十年，仪器光源功耗发热极小，可长期连续稳定工作；
- l) 兼容性强：可与传统的电器传感器混合组网，并与光通信网络、无线通信网络无缝融合；

鉴于以上的应用特点，目前“光进铜退”的数据传输架构趋势已成业内主流，北京凯源泰迪科技发展有限公司将光纤光栅技术引入煤矿矿井压力在线监测系统，引用高科技手段使煤矿安全生产工作效能将得到大幅度的提升。


3.3 表面式光纤光栅应变传感器

CTDFBG-SG01 型表面式光纤光栅应变传感器主要用于监测锚杆等受力件的应力和变形。采用高性能钛合金材料做为传感器基底，可以直接点焊在钢结构表面，操作非常简便。具有分辨率高、标距小（受构件弯曲影响小）、量程大（超过 $\pm 4000 \mu \varepsilon$ ）、不疲劳损坏、耐腐蚀等诸多优点。

仪器标距 mm		40	
测量范围 $\mu\epsilon$	压	3000	
	拉	4000	
分辨力 $\mu\epsilon$		≤ 1	
温度测量范围 $^{\circ}\text{C}$		$-30 \sim +80$	
温度测量精度 $^{\circ}\text{C}$		± 0.5 (选配温度传感器)	
仪器弹性模量 MPa		400	
耐水压力 MPa		2	

3.4 光纤光栅土压力计


FBGPXXX12 光纤光栅土压力计由测压转换头和压力敏感元件两部分组成。测压转换头将其所感受到的土压力转换为内部密封油压力的变化并传递到压力敏感元件，从而通过检测压力敏感元件输出光信号中心波长的移动量得出实际压力值。FBGPXXX12 光纤光栅土压力计的测压转换头背板可以加厚，从而减少集中“点荷载”的影响。

测量范围 MPa	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5	
分辨力	0.05% F·S	
测量精度	0.5%F·S	
工作温度 范围	$-50^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$	
温度测量 精度	± 0.5	

3.5 光纤光栅测缝计

CTTDFBG-R01 型光纤光栅测缝计主要用于测量结构表面微裂缝的扩展。其主要特点是分辨率高，可通过用户自行设定标距，达到±10mm 测试量程。


混凝土表面式应变传感器与专用底座配套使用。现场安装时先在混凝土表面打四个 Φ6×15mm 的孔（通过钻孔模板准确定位），然后采用特制的紧固螺钉将底座固定在混凝土表面，最后通过螺母将传感器方便地固定在底座上，既可以进行长期监测，又可以在短期监测完成后重复使用。

测量范围 mm	0.1、1、5、10、20、 50	
分辨力	0.05% F·S	
测量精度	0.5%F·S	
工作温度范围	-50℃~+80℃	
温度测量精度	±0.5℃	

3.6 光纤光栅位移计

CTTDFBG-D01 光纤光栅位移计主要由光纤光栅敏感元件、锚头、传递杆、孔口测量系统和辅助保护系统等几部分组成，用于测量岩石、混凝土和其他结构的变形。光纤光栅位移计（量程 0.1 米~数米）分为探杆式和拉线式两种，可以监测任意两点或多点之间的距离变化。拉线式光纤光栅位移计使用时，在任意两点固定立杆，将光纤光栅位移计安装

在其中一个立杆上，然后在另一个立杆上固定恒弹、低膨胀系数的铟钢线，铟钢线的另一端与光纤光栅位移计的测量敏感元件相连。从而精确、快速测量隧道、井、地下工程、边坡、路基等的变形和滑移。


量程 mm	10、20、40、50、100、 500	
工作 温度	-30~+80℃	
环境 湿度	100%	
分辨 力	0.05% F·S	
测量 精度	0.5%F·S	
耐水 压	2MPa	

3.7 光纤光栅渗压计

CTTDFBG-PF01 型光纤光栅渗压计通过端头导压孔将压力传递到敏感元件，通过检测敏感元件——光纤光栅反射的光信号波长的移动量得出实际压力值。具有全光测量和信号传输、现场不供电、不受雷击、不受电磁干扰、超长使用寿命等特点。

CTTDFBG-PF01 型光纤光栅渗压计可埋设在水工建筑物、基岩内或安装在测压管、钻孔、堤坝、管道和压力容器里，测量孔隙水压力或液体液位。其主要部件均用耐腐蚀合金材料，并采取了特殊密封工艺，适合各种恶劣环境使用。可在完善光缆保护措施后，直接埋设在对仪器要求


较高的碾压混凝土中。光纤光栅渗压计前端的透水石是用带微型小孔的烧结不锈钢制成，以利于空气从渗压计的空腔排出。光纤光栅渗压计采用专用通气光缆连接，可有效克服气压对测值的影响。

测量范围 MPa	0~60	
分辨力	0.05% F·S	
测量精度	0.1-0.5%F·S	
工作温度 范围	-50℃~+80℃	
直径	38mm	

3.8 光纤光栅压力计

CTTDFBG-P01 型光纤光栅压力计通过端头导压孔将压力传递到敏感元件，通过检测敏感元件——光纤光栅反射的光信号波长的移动量得出实际压力值。具有全光测量和信号传输、现场不供电、不受雷击、不受电磁干扰、超长使用寿命等特点。

FBGPXXX11 型光纤光栅压力计可用于管道和压力容器内油、水、气等不同介质的压力测量。

测量范围 MPa	0~60	
分辨力	0.05% F·S	
测量精度	0.1-0.5%F·S	
工作温度 范围	-50℃~+80℃	
直径	38mm	

四、电力设施温度在线监测及预警系统

现代工业中，工作温度的升降反映了设备运行状态和许多物理特征的变化，工业设备运行异常或故障通常表现出温度的异常变化。因此工业设备运行温度监测是设备安全监控最为有效、最为经济的手段，对设备的安全运行具有重大意义。随着光纤传感器技术的发展和运用，基于光纤布拉格（FBG）原理的准分布式光纤光栅测温系统是目前世界上最先进、最有效的温度在线监测系统，特别是在电力系统、石油化工、交通运输、工业消防等领域。

电力系统的一次电气设备一般由断路器、变压器、电缆、母线、开关柜等电气设备组成。其相互之间由母线、引线、电缆等连接，由于电流流过产生热量，所以几乎所有的电气故障都会导致故障点温度的变化。例如在发电厂中电缆接头、电缆中间连接处、高压电缆的局部放电、高压开关柜的动静触头及其他连接处、低压电气连接处等位置过热是大型事故的征兆，也是电厂事故多发的重灾区。

目前，国内电力测温主要应用红外点测仪和红外成像仪，而在线方式由于无法解决高压绝缘问题，所以高压开关的触点等空间有限的电气设备基本上都是处于完全无监控的状态下运行，而高等级的变电站存在着两大隐患，一个是电压等级高，一个是覆盖面积大，因此，随着光纤测温技术的发展，光纤在电力测温系统也逐渐为人们所认可，尤其是近年来，光纤分布式测温系统被多家电厂和供电公司使用，其良好的绝缘耐压性能和稳定的工作特点被电力系统认可，但其不适合定点测温 and 测温周期长的问题也凸现出来。光纤光栅测温系统不仅保持了原有分布式光纤测温的优点，

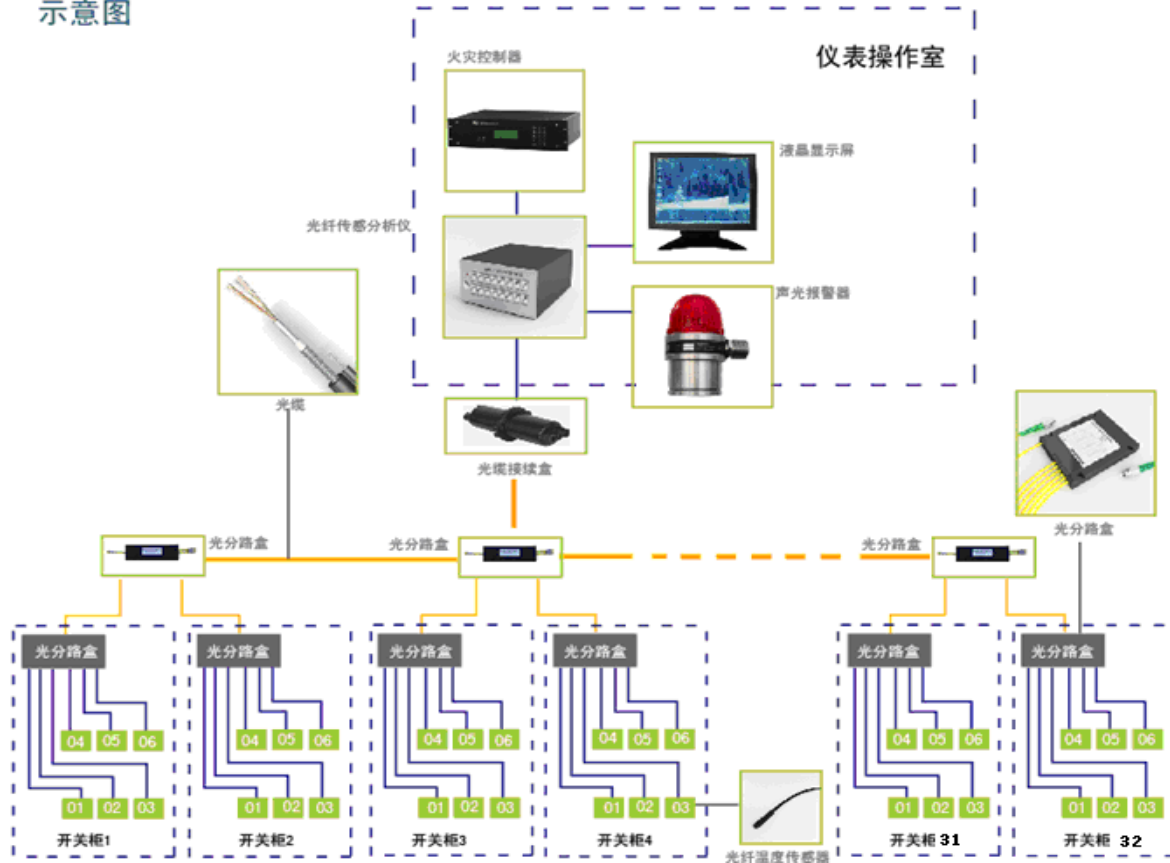
而且更大大的提高了测温定位性，缩小了测温周期。而且吸取光纤测温串联方式的系统稳定性低的教训，改用星型拓扑结构布置测温点，从而避免了光纤在开关柜内部的迂回布线，解决了防污染问题，而且由于光纤光栅温度传感器采用全光纤感温和信号传输，不存在电磁干扰和定期维护问题，可以长期免维护可靠运行，完全符合变电站无人值守的需求。

4.1 光纤光栅测温系统介绍

光纤光栅测温系统是通过光纤传感分析仪将主机管理系统与分布在开关柜静触头母排接头上的光纤光栅温度传感器连接起来，实现对开关柜过温过热的在线监测分析，当开关柜温度过高或温升趋势异常时进行声光报警，并以语音和手机短信方式将具体报警信息告知相关管理人员，提高变电站的自动化水平和安全生产周期

该系统测温范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，测温准确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，具有标准通信和控制接口，可与企业局域网或宽带公共网络互联互通，实现远程监测和无人职守运行。光纤光栅在线测温报警系统在电力行业获得了广泛认可，已逐步成为电力设备在线温度监测的标准方法。

示意图



变电站开关柜在线测温系统

4.2 光纤光栅测温系统特点

- 全光型，现场无需供电
- 不受电磁干扰及核辐射的影响
- 光纤传感器永远不会出现故障，满足电力设备对安全性和可靠性的苛刻要求
- 测量精度和分辨率高，测温精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测温分辨率 0.01°C
- 响应速度快，0.04 秒内完成所有测温点同步采集，具有定温和差温报警能力
- 系统具有大容量扩展能力：后续扩容无需更换主机，只需增加光纤温度传感器就可实现对 128 面开关柜或 768~1152 个温度监测点(可

以是开关柜触头和电缆接头、母线接头光纤温度传感器混合接入组网)的集中在线监测

- 可长期应用于高温、高湿及存在化学侵蚀等的恶劣环境
- 绝对量测量，无零漂，光源衰减和线路损耗不影响测量精度，无需现场率定
- 不降低开关柜安全等级，传感器和传输光纤绝缘、耐高压、防爬电、阻燃
- 远程传输，光纤传输距离可达 40 公里，易于组网
- 安装快速，维护简便

4.3 系统主要设备及附件规格型号说明

4.3.1 光纤传感分析仪



光纤传感分析仪正面图



光纤传感分析仪背面图

- 通道数：16
- 单通道测温点数量：12（开关柜触头星型组网），18（电缆接头测温线型组网）
- 测温精度：±0.5℃
- 测温分辨率：0.01℃
- 所有测温点同步采集时间：0.04 秒
- 传感器光纤最大传输距离：40km
- 通信接口：10/100M 自适应以太网
- 供电电源：220AV /50Hz 或 9~36VDC
- 功耗：15W
- 工作环境温度：-10℃~+50℃
- 机箱：标准 19 英寸 1U 工业机箱

4.3.2 光纤光栅温度传感器

光纤温度传感器与光分路盒采用一体化出厂封装，在现场无需进行光缆熔接，如下图所示：



- 测温范围：-55℃~200℃
- 最大耐温能力：220℃
- 温度分辨率：0.1℃
- 精度：±0.5℃
- 响应时间：<1S
- 光缆最大传输距离：40km

4.3.3 电力高压型光纤光栅温度传感器

气候潮湿地区，盐雾严重的沿海地区以及重工业集中、空气污染严重的区域，开关柜的运行环境相对恶劣。

电力高压型光纤光栅温度传感器采用良好耐污、耐压、绝缘、导热性能的封装结构设计，制作而成。彻底解决光纤测温系统在 35KV 以上高压环境中由于光纤的接入可能存在的闪络问题，保障整个光纤测温系统在最恶劣的环境中也可以安全运行。



35KV 及以上高耐压等级光纤光栅温度传感器

4.3.4 光纤分路盒

光路盒及单端光纤温度传感器的应用，解决了传统光纤测温系统在开关柜内布线复杂的问题，使开关柜内部布线更加整洁简单，避免了传统的复杂布线方式存在的各种隐患。

光纤分路盒是将光信号按需要分成若干路信号，分路比常为：
1×2、1×6、1×12



4.4 电力开关柜光纤在线测温系统软件功能

4.4.1 火灾自动报警

自动对光纤光栅温度传感器所在区域进行实时温度监控，检测现场温度的异常波动，在火灾发生前及时报警。

4.4.2 监测点定位

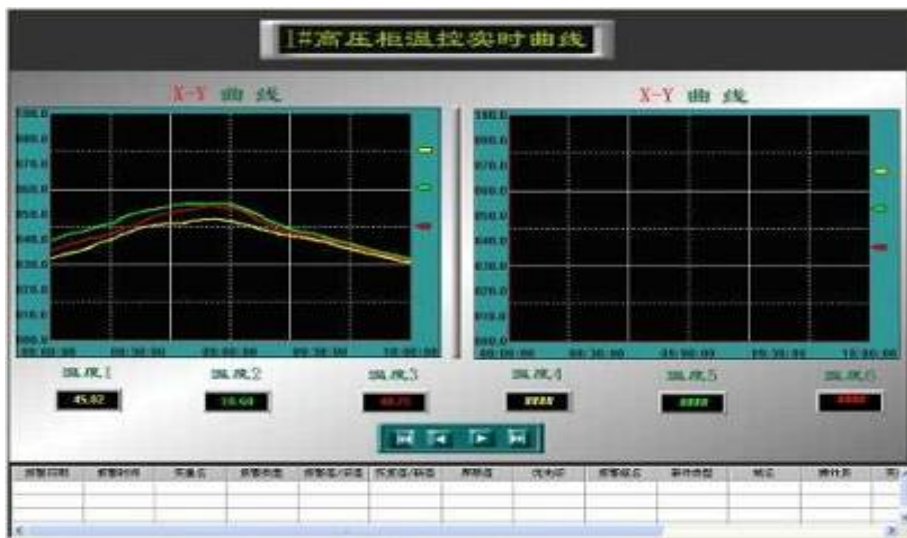
液晶显示屏以电子地图方式实时显示各电力设备及相应温度监测点的编号和当前温度值以及实际地理位置，方便管理人员操作和维护。



电子地图界面

4.4.3 远程网络在线状态查询

- 各个监测点的温度和报警信息都保存到大容量储存器中，系统按照时间将数据分为历史信息、实时信息；
- 管理操作人员可以动态调整被监测点的实时状态监测时间间隔满足实际要求；
- 管理操作人员可在局域网上查看各监测点的历史温度变化曲线，为决策和维护提供数据支持；



温度曲线界面



详细温度显示界面

4.4.4 报警设定

可对开关柜触头温度的过温报警触发条件进行设定，以适用不同季节气温条件下及不同负荷条件下电力开关柜实际运行温度的差异。系统出厂缺省报警触发条件为：

- 温度超过 75℃
- 温升速率超过 8℃ / min
- 超过区域内平均温度值 15℃ 以上

4.4.5 温度统计

可给出设备最高运行温度值及其发生时间、持续时间及对应监测点的位置编号和地理信息

4.4.6 系统联动

分析仪报警接口输出开关量可直接接入仪表操作室现有的火灾控制器，实现火灾报警并在消防值班室显示，也可通过手机短信发送信息至相关人员手机。

4.4.7 线路自检及故障定位

具有自检功能，可对光纤传输线路的损耗及断点位置进行准确定位，方便系统调试、维护及线路检修。

五、系统中心站（或分中心站）

5.1 中心站功能

中心站提供矿井所有保障系统实时监测及报警数据通信、处理、存贮、数据再现功能。

5.1.1 遥测数据接收

遥测数据接收过程要完成以下工作：

从通信终端接收遥测数据，并对接收到的数据进入 CRC 检验；

识别数据帧的来源和目的地；

为数据帧添加接收到该帧的时间；

将接收到的数据帧写入记录文件备查。

监测数据接收过程要完成以下工作：

从光纤光栅分析仪接收监测数据，并对接收到的数据进入分析解调；

识别数据帧的来源和目的地；

为数据帧添加接收到该帧的时间；

将接收到的数据帧写入记录文件备查。

5.1.2 数据的处理

将数据帧的地址信息转化为特定的测点号、站名；

将一帧中多个遥测数据转换为最小遥测数据单元；

对遥测数据进行率定；



合成新的遥测数据（如根据水位-流速-流量、水量曲线，由水位、水压数据合成流量、水量数据等）。

5.1.3 数据存贮

将处理过的遥测数据存入遥测数据原始数据库。数据入库可以有以下几种方式：

事件触发方式：当一个遥测参数发生一定量的变化时，将该遥测数据写入数据库。采用该种方式写数据库的参数有雨量、水量数据、报警数据等。

周期方式：每间隔一设定的时间周期，定时向数据库写入遥测数据。采用该种方式写数据库的参数有水位、流量等。

二者结合方式：该种方式为当遥测参数发生变化时，将该遥测数据写入数据库。当在一定时间间隔内没有产生入库条件时，以周期方式写数据库。

5.1.4 数据统计分析

常规的统计分析内容如下所述：

实时水位、流量、水温、压力、温度等统计：统计当前各遥测站实时数据。

逐时水位、流量、水温、压力、温度等统计：统计特定日期上一日 8:00 至该日 8:00 整点时刻测量数据。

逐日水位、流量、水温、压力、温度等统计：统计特定月份每日平均测量数据。

逐月水位、流量、水温、压力、温度等统计：统计一年每个月平均测量数据。

畅通率统计：统计特定时间段各遥测站发送包次数、收到包次数、通信畅通率等。

设备状态表：统计当前所有遥测站设备所处状态（上电或掉电）、通信方式、蓄电池电压、自记内存剩余空间等。

其它需要的统计分析处理。如：

日报表：统计各测点特定日期上一日 8:00 至该日 8:00 整点时刻测量数据。

月报表：统计各测点某月份各日的测量数据。

季报表：统计各测点某季度各月份的测量数据。（目前已停用）

年报表：统计各测点某年各月份的测量数据。

监测数据的多曲线比对分析等。

5.1.5 数据显示

以 WEB 网页方式显示遥测系统采集的数据。主要有以下内容：

基本图形

基本图形为遥测系统、监测子站所在地的地形图、断面图等示意性图形。

基本图形上应标明与应用系统相关的参数。

基本图形包括监测子站点分布图、网络结构图、建筑物示意图、工程结构图等。

动态显示数据

在基本图形上，以开窗方式，以数字形式显示遥测数据的值、测量时间及数据变化情况。在遥测数据较多的情况下，可采用下拉方式显示。显示的遥测数据要与最新的遥测数据同步更新。

以特定的图形符号示意遥测数据。图形符号的形式有表头、柱状图等。

可以有如下符号及显示方式：

水位：水位井示意图表示，以不同的颜色填充高度表示水位井中水位值。

时间：以钟表（指针式或数字式）显示遥测站时钟及中心站时钟。

蓄电池电压：以表头（或柱状图）表示蓄电池的电压值，并用不同的颜色表示蓄电池处于正常状态还是亏电状态。

自记内存剩余空间：以饼图形式显示自记内存已用空间及剩余空间大小。

通信路由：以线条连接显示遥测数据通信传输的路由，由不同颜色区分主路由和后备路由。

遥测站状态：以不同的颜色显示遥测站是处于上电工作状态还是掉电状态。

遥测站通信方式：以不同颜色显示遥测站是采用何种工作方式，如自报式、命令_响应方式或呼叫方式。

背景资料显示

将与监测站相关的背景数据以弹出窗口形式，以图形、数字方式协同显示，如参数的安全范围等。背景资料显示方式应便于与实时数据或历史统计数据对比。

动态趋势图显示

将实时的遥测数据以动态趋势图的方式显示，可直观地看出监测数据的动态变化过程。

5.1.6 数据库同步

在建有分中心的系统中，中心站的数据要与分中心站数据同步。采用自动同步机制保证中心站与分中心站数据同步刷新（例如在一分钟之内完成同步）。

5.1.7 数据库维护

提供数据查寻、数据修改、数据录入、数据存档、数据备份、数据恢复等数据库管理维护功能。

5.2 中心站配置

由于应用软件是基于网络环境的模块化结构而设计的，使中心站的配置可大可小，极为灵活。考虑到中心站经济实用，将所有应用软件装载到一台工作站上运行；

5.2.1 硬件平台

中心控制前置机

光纤光栅网络分析仪

数据采集工作站

服务器

数据查寻工作站

交换机（或集线器）

激光打印机 1 台

在线不间断电源（UPS）

交流稳压净化电源

5.2.2 软件平台

Windows 2000 Server 操作系统

SQL Server 数据库

5.2.3 应用软件

煤矿安全生产保障系统监控软件，包括以下几个部分：

数据通信模块（RS232 专线、GSM 短消息、TCP/IP 等）；

数据处理模块；数据入库模块；

数据存贮、统计分析及管理模块；

WWW 数据服务模块。

整体系统建设实施可采用模块化建设，先建立中心站，然后建立子站方式，完成一个子站调试通一个子站，最后进行系统的整体联调测试。

煤矿安全生产保障系统软件部分界面展示：



系统登录主界面



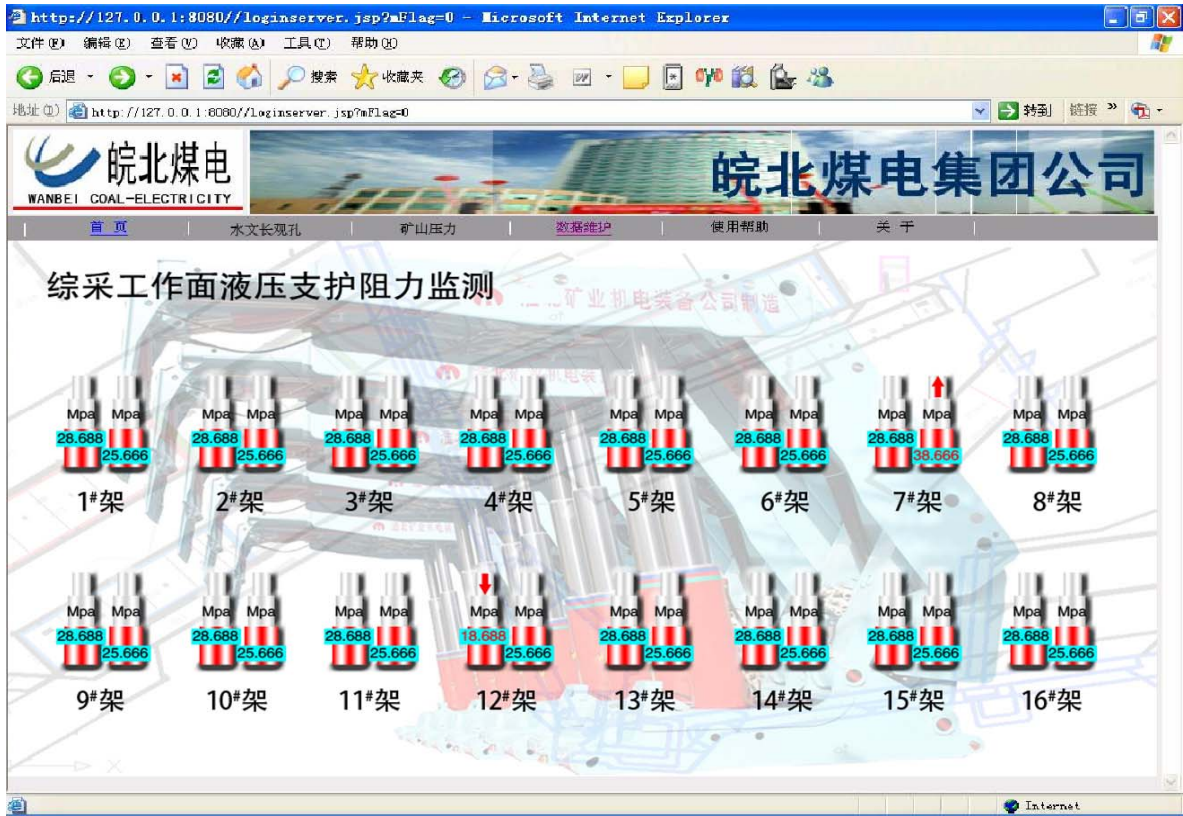
系统各应用模块监测界面



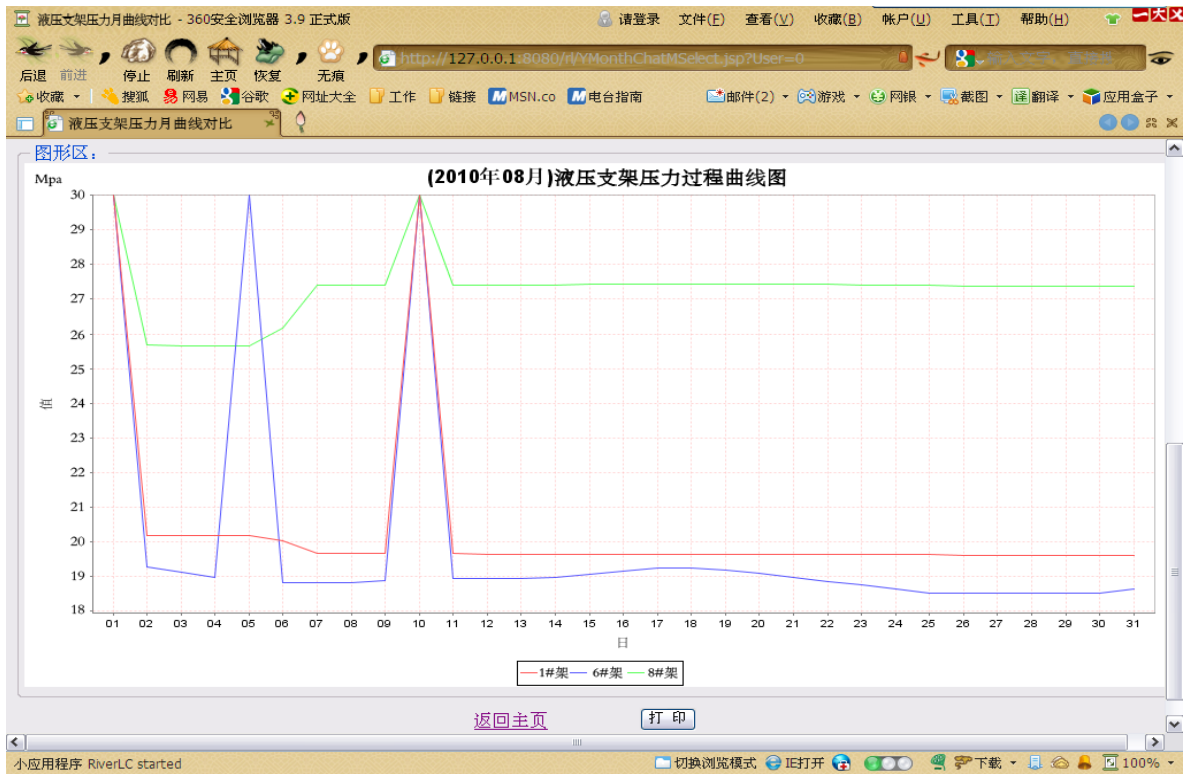
矿井水文观测孔水位遥测及预警系统实时监测界面



矿井井下综合水在线监测及预警系统实时界面



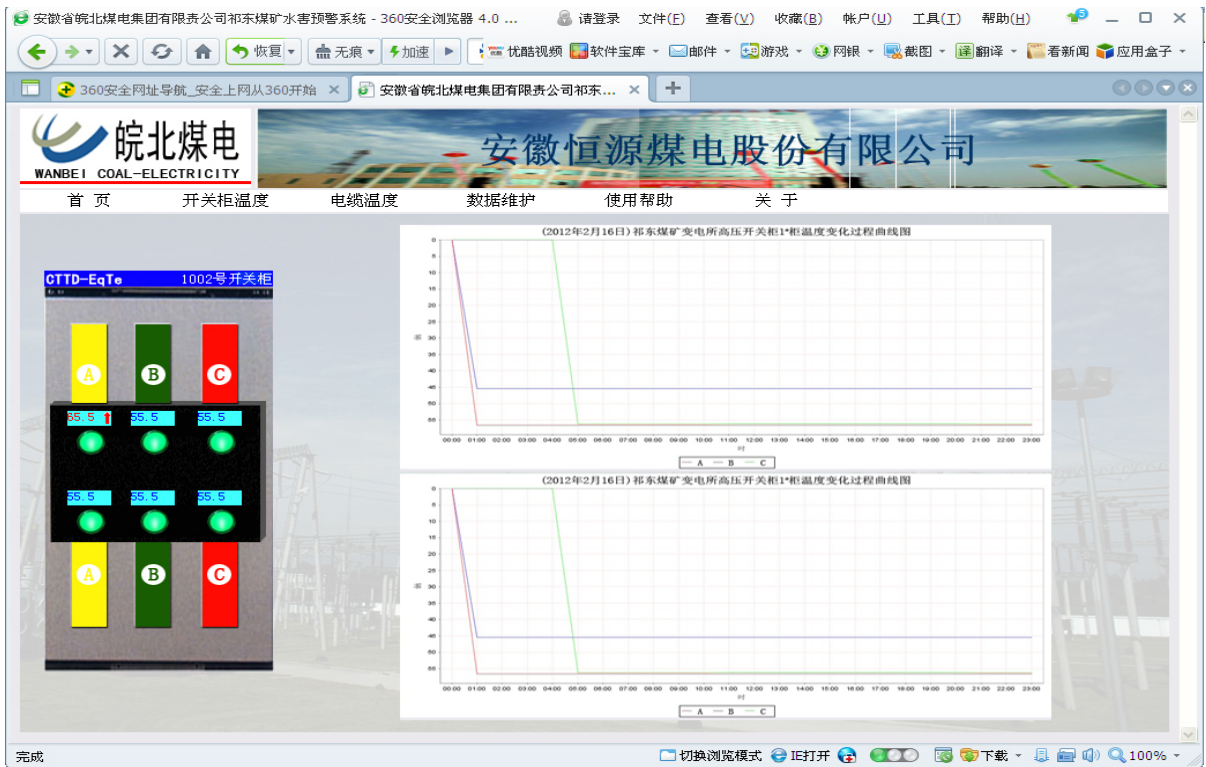
矿井压力在线监测及预警系统实时界面



矿井综采工作面液压支护液压缸压力过程曲线



电力设施温度在线监测及预警系统实时界面



详细温度显示界面

六、结束语

以上是我公司针对煤矿安全生产过程中存在的主要安全隐患，提出的系统级解决方案，不足之处望各位领导、专家给予批评指正。北京凯源泰迪科技发展有限公司愿与国内外行业同仁携手，共同推动我国煤炭行业安全生产科技化进程。