

# 电缆隧道综合监控系统

# 技术方案

2021.04

18694970015

## 一、前言

随着电网容量的增大，智能化、自动化水平的提高，电缆用量越来越大，变电站、配电房、开闭所及开关站电缆沟规模也越来越庞大复杂，由于其位于地表下，往往成为安全的死角，地沟电缆故障发生通常为隐蔽渐进方式，一旦发现事故症状，通常损失难以挽回，严重时还会影响到电网的安全运行。

为了能够帮助电力巡检人员安全、方便、快捷地管理，集可视化、智能化、无人化于一体的现代智能监控系统已逐步原有传统的管理模式，先进的技术和设备将为电力电缆隧道的运行维护提供更多领域的技术支持和保障，进行全天候 24 小时的监控，实现了电缆沟井内环境及运行状态的在线实时监测，并可通过短信方式将信息发送至相关人员，对相关运行人员提供可靠的依据，更好的做出运行安排，减轻劳动强度，为电力安全运行提供保障。

隧道综合在线监测系统主要有有毒有害气体监测、分布式光纤测温及应力、智能井盖、环境监测、火灾系统监测、视频监控、高压电缆护层环流监测、电缆局放和中心平台等组成，利用现代高科技电子技术、传感器技术、计算机网络技术、通信技术、以及嵌入式技术，对电缆沟内环境、设备设施等数据的采集和分析，实现电缆隧道设备远程监测，具有数据通信、数据查询、参数设置管理功能。

## 二、设计依据

GB/T14598.14 规定的严酷等级为 III 级的静电放电实验，

GB/T14598.9 规定的严酷等级为 III 级的辐射电磁场干扰实验，

GB/T14598.10 规定的严酷的等级为 III 级的快速瞬变干扰实验。GB/T14598.13 规定的频率为 100KHZ 衰减震荡波（第一半波电压幅值共模为 2.5KV，差模为 1KV）脉冲群干扰实验。

GB4793-1995 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第一部分 通用要求

GB/T2423.1 电工电子产品基本环境试验规程 试验 A：低温试验方法

GB/T2423.3 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca：恒定湿热试验方法

GB/T2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fd：宽频带随机振动  
一般要求

GB/T14598.3-93 规定，电介质实验电压为 2KV。冲击电压实验为 5KV。

GB/T11287-1989 规定的 I 级震动响应实验及 GB/T14537-1993 规定的 I 级冲击响应实验。

### 三、方案设计

#### 1、动力环境综合监控系统

在隧道内安装有毒有害气体监测，包含一氧化碳、硫化氢、氧气、甲烷，检测到 CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO 等有害气体浓度超标后，联动风机进行通风。配置温湿度变送器均于分布用于监测环境温度和湿度；电缆沟内配置水位探测器用于监测电缆沟是否进水，并与水泵进行联动，当超过设定阈值时启动水泵；隧道安装声光报警器进行报警提醒；配置环境监控主机用于采集传感器状态及数据信息，主机具有控制现场风机、水泵等功能，数据集中整理后上传至后台系统。



有毒有害



温湿度



水位



报警灯

#### 1.1、环境综合监控装置

集开关量输入、模拟量输入、开关量输出、无线传输等功能于一体，采用 RS485 方式和无线传输方式（GPRS）进行通信，覆盖了工业控制及监测系统的现场采集所需功能，能根据各种应用场合的具体要求进行灵活配置的智能型监控装置。

#### n 主要技术参数

- ☆ 模拟量采集通道数 8，兼容 0-5V、4-20mA，10 位分辨率；
- ☆ 开关量采集通道数 8，兼容干接点、NPN 集电极开路输出；。
- ☆ 开关量输出通道数 6，干接点输出；
- ☆ 通信通道数 4，RS485；
- ☆ 工作电压：AC220V；
- ☆ 安装方式：机架式
- ☆ 工作环境：温度：-25 °C ~ +70 °C      湿度：≤95%RH
- ☆ 绝缘性能：外壳与电源间：>10MΩ
- ☆ 抗电强度：外壳与电源间：>2000V
- ☆ 电磁兼容特性：快速瞬变脉冲群 GB/T17626.4-1999 4 级

## 1.2、各类气体检测器

实时监测隧道内一氧化碳、可燃气体、氧气、硫化氢等气体浓度，当某气体浓度达到或低于（氧气）设定值时系统自动发出报警，提示管理人员。避免火灾、中毒等事故的发生，保障电力运行及下隧道内业人员的安全。具有高稳定，高准确和高智能化的特点，外接控制端口丰富，用户可以自由选择挂接传感器的种类和接入端口，并通过简单设置即可进行现场检测与报警。可集成报警喇叭，所有通道常开常闭控制端（用户可以方便外接大功率报警器或其他需控器件）。本系统主要应用于需要检测可燃气体的场合中，显示待检气体的数值指标量，当现场的某种待检气体的指标不符合所设置的标准时，系统会自动进行一系列报警动作，如报警，排风，跳闸等（根据用户的不同设置而不同）。

### n 主要技术参数

检测原理：催化燃烧式；电化学式

检测气体：CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S、O<sub>2</sub>、CO

采样方式：自然扩散；

测试范围： CH<sub>4</sub> : 0~100%LEL      H<sub>2</sub>S: 0~500ppm

                  O<sub>2</sub>: 0~100%LEL      CO: 0~500ppm

分辨率：1%LEL；1PPM

测量误差：±5%FS；

响应时间：<30s；

恢复时间：<30s；

环境温度：-20℃~50℃；

相对湿度：<95%；

防爆方式：隔爆型；

防爆等级：Ex d II C T6 Gb；

防护等级：IP65

电    源：DC24V±25%；

输出信号：；RS485 或 4-20mA

功    耗：≤5W；

压力限制：86kPa~106kPa；

使用场所：在具有爆炸性可燃气体 IIA~IIC 级，温度组别为 T1~T6 的危险场所使用。

### 1.3、水位传感器

◆功能描述：国内领先封装技术，使其在较深的液体中性能稳定，组件采用扩散硅进口芯片，电路采用信号隔离放大、截频干扰设计（抗干扰能力强，防雷击）过压保护、限流保护、抗冲击以及防腐等设计。

◆技术参数：

- ☆ 测量介质：水、油等液体
- ☆ 防护等级：IP68
- ☆ 测量范围：0~5m
- ☆ 长期稳定性： $\leq 0.1F \cdot S/\text{年}$
- ☆ 压力类型：表压、绝压
- ☆ 负载能力： $\leq 800 \Omega$ （24V 供电时）
- ☆ 精度等级：0.1 级
- ☆ 温度漂移： $\pm 0.01\%FS/^\circ\text{C}$
- ☆ 供电范围：12~36VDC
- ☆ 介质温度： $-30\sim 60^\circ\text{C}$
- ☆ 输出信号：4~20mA/0~5VDC/10VDC
- ☆ 环境温度： $-40\sim 85^\circ\text{C}$
- ☆ 探头材料：316 不锈钢
- ☆ 材质：隔膜 316S, 过程接头 1Cr18Ni 9Ti

### 1.4、风机联动控制

根据隧道中的实时情况，对风机进行远程自动控制或强制控制。风机与温度监测系统、可燃气体监测系统等实现联动，如当风机温度较高时及时通风换气；当发出火灾报警时风机不得启动；当有氧气不足时启动风机；当可燃气体超标时风机不得启动。

在风机下方的隧道墙体上安装风机控制箱，风机控制可选择手动和自动两种模式，手动模式下可现场启动关闭风机，自动模式下由远程的控制终端控制风机的开和闭。

### 1.5、水泵联动控制

要求根据现场情况，加装水位传感器，后台可以实时显示积水深度，当水位达到或超过警戒值时，系统发出报警，并与现场水泵联动，控制水泵抽水直到水位恢复到警戒值以下停止。可远程手动控制水泵开闭，警戒水位可人为设定。

## 2、火灾报警系统

火灾报警系统由火灾报警主机和编码型烟雾传感器组成，采用电子编码式烟雾传感器采集隧道内实时环境状态，当产生火警信号时，把信号上传至安全主机及环境综合监控软件。安全主机及环境综合监控软件接收到火警信息后，相应采取一系列措施，如联动风机、联动声光报警等，并把火警信号进一步转发上传至调度端平台。



火灾报警主机



烟雾传感器

## 3、视频监控系统

根据现场实际情况，在电缆隧道重要位置及出入口处安装视频监控摄像机（包括电缆接头、积水井及水泵控制箱、风机及控制箱、防火门等），全面覆盖附近所有敏感区域，保证监控中心 24 小时处于监控状态。视频监控系统除了具备数字化摄像监控系统自身的视频采集、存储、报警等基本功能外，还具备图像分析处理能力，对于非法闯入禁区的行为自动报警。

### n 系统特点

#### 1、高清红外网络球机

采用 200W-300W 像素 1080P，焦距范围：4.7~103mm，20 倍光学变倍，12 倍数字变倍，最低照度 0Lux@红外补光，红外距离 150 米，支持 1080p 全高清视频播放、回放。支持入侵检测、支持预置位巡航，工作温度-40℃~70℃，DC12V/P0E 供电，带 1 路报警输入，1 路报警输出，1 路音频输入，1 路音频输出，支持 micro SD 卡。

#### 2、硬盘录像机

- 1)支持 32 路（模拟+网络）；
- 2)支持 8 块 DVR 级 SATA 硬盘（2G/16M）；
- 3)HDMI 与 VGA 输出分辨率最高可达 1920x1080p；
- 4)支持 HDMI、VGA、CVBS 同时输出，支持 HDMI 与 VGA 双操作模式，可分别进行预览和回放；

- 5)全通道 4IF 编码，支持零通道编码，编码格式：H.264
- 6)支持最大 16 路 4CIF 实时同步回放；
- 7)双千兆网卡，可支持网络容错、负载均衡以及双网络 IP 设定等应用；
- 8)支持 IPv6 协议；
- 9)支持 PSIA 协议或 ONVIF 协议；
- 10)双操作系统设计，系统运行更加可靠。

#### n 工程案例



#### 4、分布式光纤测温系统

分布式光纤测温系统是一种基于布里渊光时域分析(BOTDA)技术的分布式光纤传感解决方案，通过受激放大光信号传播时的布里渊散射信号，计算布里渊频移与温度的关系，从而对光纤周围的温度予以检测。分布式光纤测温系统不仅具有普通分布式光纤温度传感器(DTS)长距离、低成本的优点，同时检测精度更高，检测范围更长，性价比更突出。

#### n 系统特点

##### 1) 连续分布式测量

分布式光纤传感器是真正的分布式测量，可以连续的得到沿着探测光纤几十公里的测量信息，误报和漏报率大大降低，同时实现实时监测。

##### 2) 抗电磁干扰，实现现场无电检测。

光纤本身是由石英材料组成的，完全的电绝缘；同时光纤传感器的信号是以光信号为载体的，本征安全，不受任何外界电磁环境的干扰。罐区可以不带电进场，因而消除了含可燃混合气体的区域可能造成的产生电火花的安全性，可实现现场无电检测，本质安全。

##### 3) 本征防雷。

雷电经常破坏大量的电测传感器。光纤传感器由于完全的电绝缘，可以抵抗高电压和

高电流的冲击。

4) 测量距离远, 适于远程监控。

光纤的两个突出优点就是传输数据量大和损耗小, 在无需中继的情况下, 可以实现几十公里的远程监测。

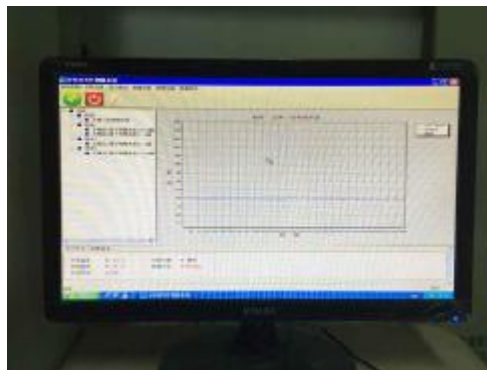
5) 灵敏度高, 测量精度高。

理论上大多数光纤传感器的灵敏度和测量精度都优于一般的传感器, 实际已成熟的产品也证明了这一点。

6) 寿命长, 成本低, 系统简单。

光纤的材料一般皆为石英玻璃, 其具有不腐蚀、耐火、耐水及寿命长的特性, 通常可以服役 30 年。综合考虑传感器的自身成本以及以后的维护费用, 使用光纤传感器可以大大降低整个工程的最终经营成本, 该监测系统属于目前石油化工领域较理想的技术装备。

## n 工程案例



## 5、高压电缆护层环流在线监测系统

110kV 及以上单芯电缆的金属护层一般采用交叉互联双端接地或单端直接接地的运行方式。正常情况下金属护层对地只有几十伏的感应电压, 几安到十几安的感应电流, 电力电缆多采用固体绝缘的电缆, 引起电缆发生劣化的原因较多, 有电劣化、热劣化、化学劣化、机械劣化、失窃等, 对于高压电缆 (110kV 及以上), 其屏蔽层只能单点接地, 如果电缆护套因化学、机械甚至鼠虫害等发生损坏而多点接地, 金属护套对地环流就会上升至很危险的数值接地系统遭到破坏, 金属护套的电压将由正常运行时的工频感应电压变为悬浮电压。当电缆金属一旦电缆护层上的悬浮电压将会上升到电缆外护套工频耐压容许值之上, 在这种情况下将导致外护套击穿或护层保护器烧毁, 更严重的会导致电缆主绝缘击穿等安全隐患。而电缆运行管理一般采取人工周期巡视的方式, 特别是针对终端杆塔环流数据的采集较为



困难，对测量环流人员的个人素质要求较高，并且存在一定的安全隐患，所以必须利用现有的科学技术手段，采取行之有效的监测环流措施。

高压电缆接地环流监测系统是由信号监测单元、数据通信单元、本地传感器单元组成，完成高压电缆接地环流、接地箱的环境温湿度检测，通过 RS485/IEC61850 通信模块将数据传送给本地监测屏柜。监测终端采用先进的测量电路、高速 MCU、性能稳定可靠的传感器，实现对监测信号的准确测量和数据可靠传输。



数据采集主机

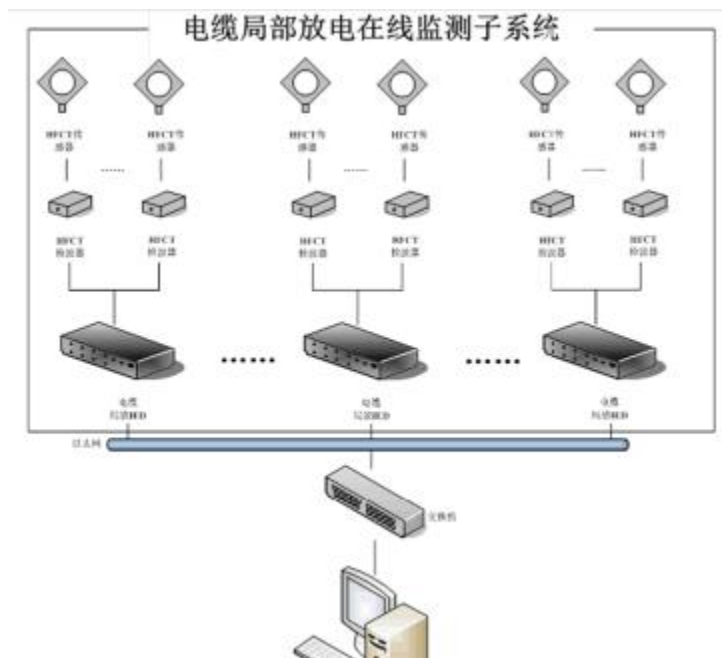


电流互感器

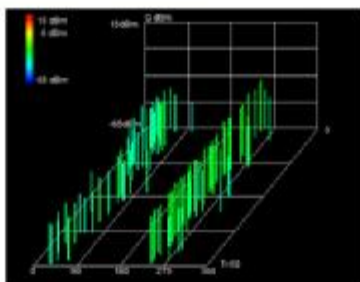
## 6、电缆局放在线监测系统

电缆用于传输和分配电能的电缆是电力系统中重要的组成，也是用途最广泛的配电产品，因此其性能状态的好坏影响着配电网的长期安全稳定运行，但由于绝缘老化变质、过热、机械损伤等，会使电缆在运行中绝缘下降，对电缆进行局部放电在线监测是防止电缆运行事故的有效方法。当电缆内部发生放电时，会产生一个高频的脉冲电流，从线芯与金属护套之间的电容流入金属护套，然后通过电缆中间或终端接头流入大地，高频电流传感器就安装在中间或者终端的接地线上，通过电流耦合的方式来采集局放信号。电缆局放在线监测系统的工作流程大概可以分为：信号采集、信号传输、信号处理、信号存储、信号显示。

电缆局部放电在线监测系统是专为电缆的绝缘状态监测而设计的，运用宽频电磁耦合技术实时检测电缆内部的局部放电信号，通过后台的数据分析软件和智能诊断系统，对信号进行分析和处理，评估电缆的绝缘状态，并给出合理的预警信息。



电缆局部放电在线监测系统由传感器、检波/信号处理单元、局放IED和专家系统服务器组成，多个局放 IED 可以构成分布式监测系统，同时对多个设备进行在线监测。一套电缆局放在线监测系统可配置一台专家系统服务器及多达 256 个局放 IED，每个局放 IED 可支持4个传感器单元，适合不同规模的变电站的电缆设备的在线监测。



## 7、智能综合数据处理终端

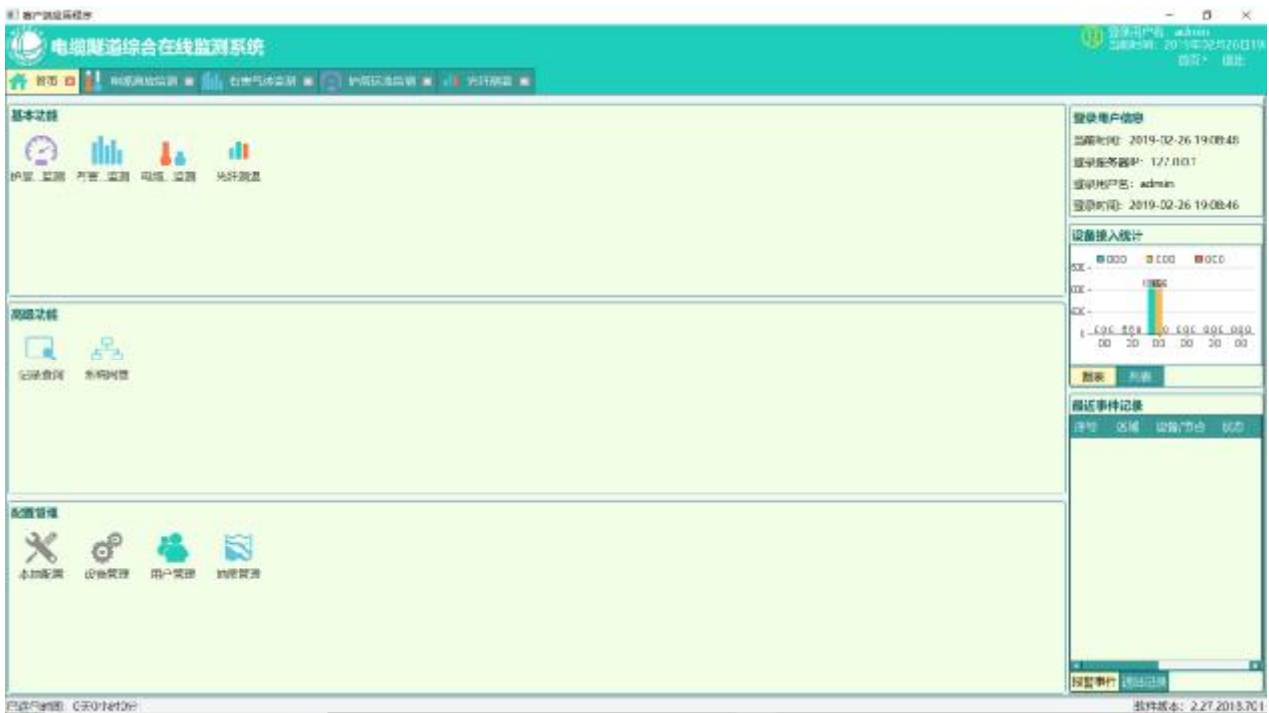


在值班室内安装一面 2260\*800\*600mm 标准屏柜，配置服务器、电源管理控制单元、局内网交换机、UPS 不间断电源等设备，安装于机柜内。系统具有专家诊断功能，对通信中断、

软件故障能够提示故障原因，并对各种告警给出相应的处理意见。系统能够对报警事件的位置、内容等进行准确定位。集成监控系统能够对相关设备或子系统实现全自动化联动控制，提高设备、子系统运行效率，避免人为延误操作，使得各个子系统之间真正能够实现数据流动和资源共享，因此也保证用户在现有的投资及最小的硬件投入实现强大的控制功能，能够实现更加复杂控制及完善的监控功能。

## 10、隧道综合监控系统平台

隧道综合在线监测系统平台是一套“集成化”、“数字化”、“智能化”的安防综合管理集成平台，隧道综合在线监测系统平台是自主研发的基于 SOA 系统架构的集成多系统的联网平台，采用先进的软硬件开发技术，解决了系统集中管理、多级联网、信息共享、互联互通、多业务融合等问题。



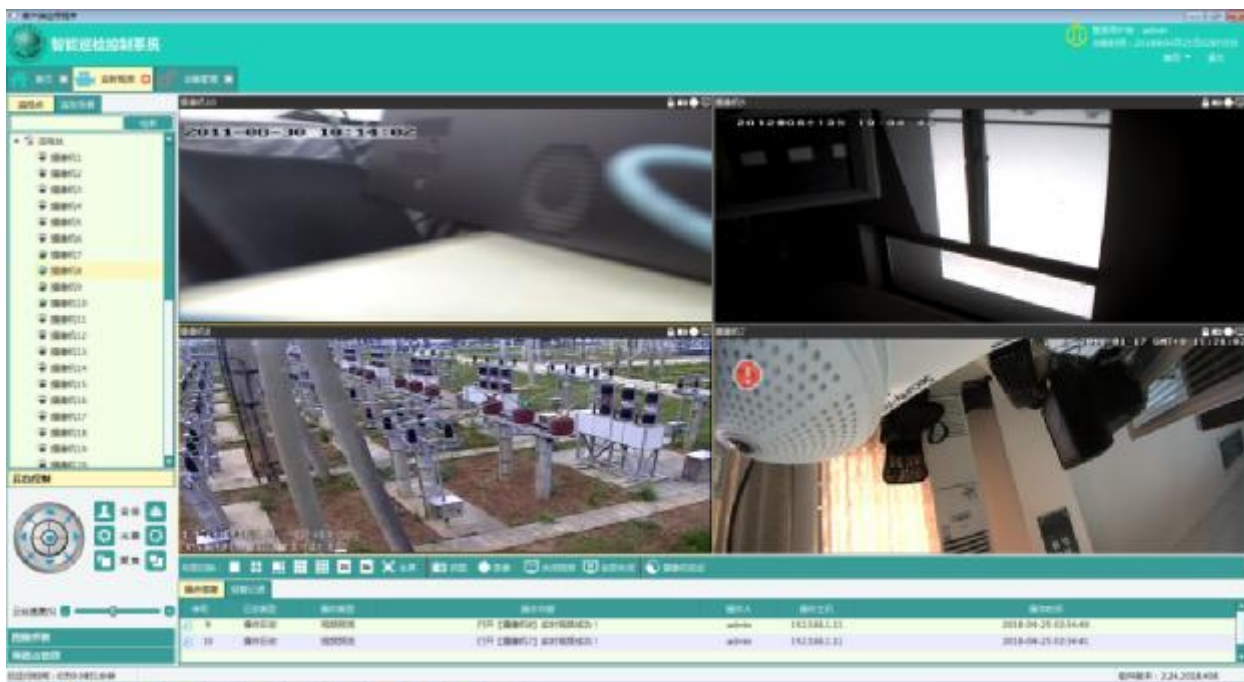
主界面



气体监测



护层环流监测



视频监控



分布式光纤





## 五、现场应用案例

