

智能电网 输电线路状态监测系统

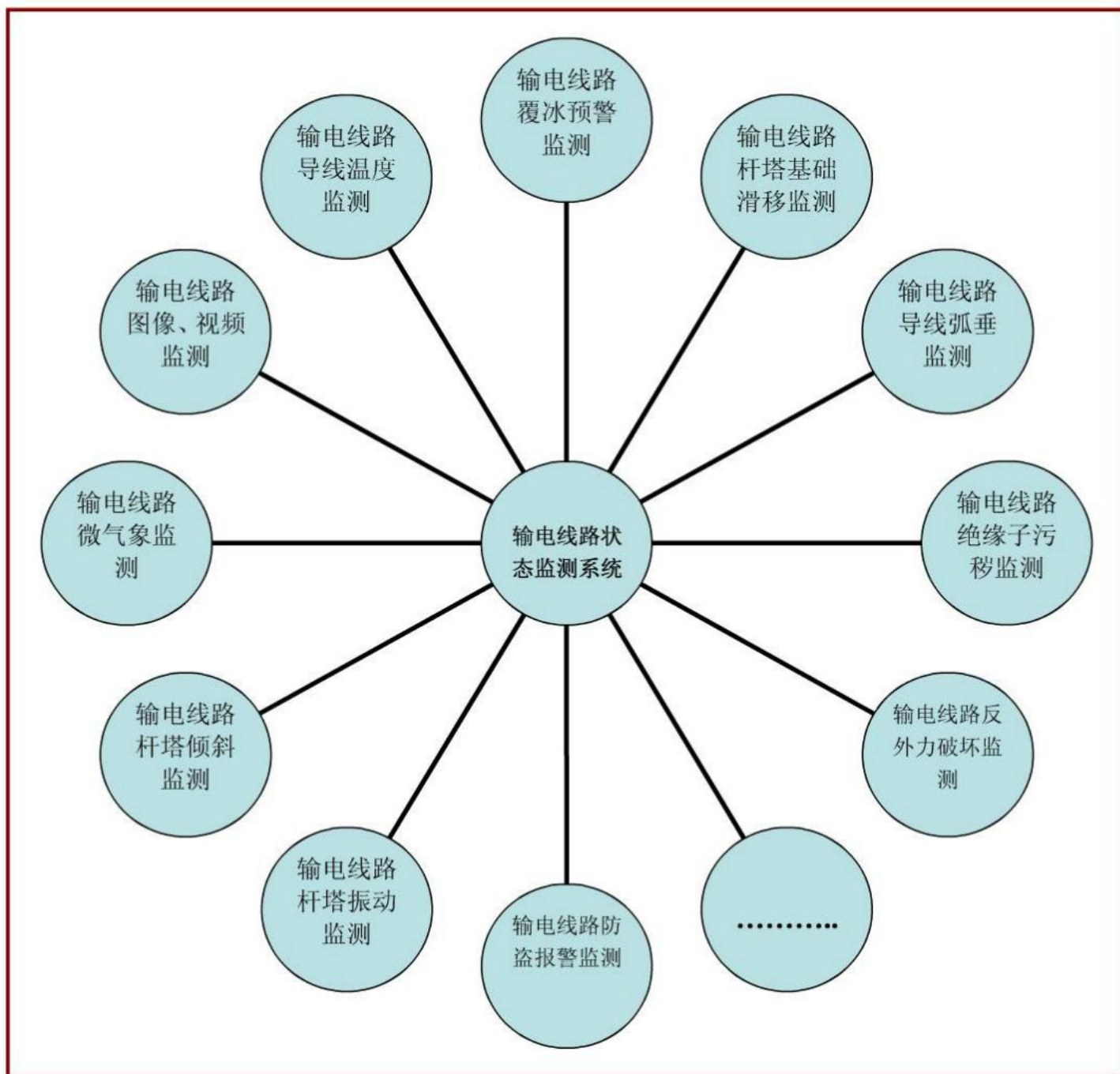
王孝敬（西安方舟智能监测技术有限公司）

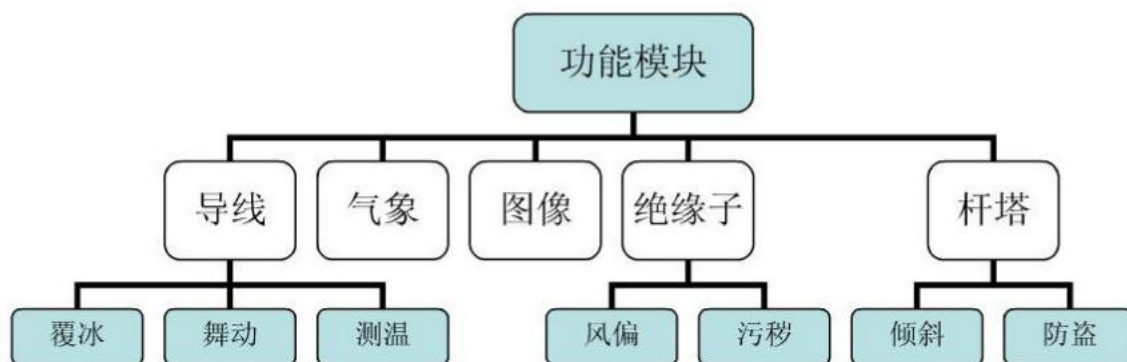
一 系统简介

随着电力建设的迅速发展，电网规模的不断扩大，在复杂地形条件下的电网建设和设备维护工作也越来越多。作为电力输送纽带的输电线路具有分散性大、距离长、难以巡视及维护等特点，因此对输电线路本体及周边环境以及气象参数进行远程监测成为一项迫切工作。输电线路在线监测系统是智能电网输电环节的重要组成部分，是实现输电线路状态运行、检修管理、提升生产运行管理精益化水平的重要手段。

BOOM-OLMS 系列输电线路状态监测系统利用光纤传感技术、电子测量技术、无线通讯技术、太阳能新能源技术、软件技术对导线覆冰、导线温度、导线弧垂、导线微风振动、导线舞动、次档距震荡、导线张力、绝缘子串风偏（倾斜）、杆塔应力分布、杆塔倾斜、杆塔振动、杆塔基础滑移、绝缘子污秽、环境气象、图像（视频）、杆塔塔材被盗等进行监测。

系统主要包含以下几种类型监测装置，各装置的功能可独立使用，也可自由组合。





二 系统技术介绍

1、系统设计遵循技术标准

- (1) Q/GDW 242-2010 《输电线路状态监测装置通用技术规范》
- (2) Q/GDW 243-2010 《输电线路气象监测装置技术规范》
- (3) Q/GDW 244-2010 《输电线路导线温度监测装置技术规范》
- (4) Q/GDW 245-2010 《输电线路微风振动监测装置技术规范》
- (5) Q/GDW 554-2010 《输电线路等值覆冰厚度监测装置技术规范》
- (6) Q/GDW 555-2010 《输电线路导线舞动监测装置技术规范》
- (7) Q/GDW 556-2010 《输电线路导线弧垂监测装置技术规范》
- (8) Q/GDW 557-2010 《输电线路风偏监测装置技术规范》
- (9) Q/GDW 558-2010 《输电线路现场污秽度监测装置技术规范》
- (10) Q/GDW 559-2010 《输电线路杆塔倾斜监测装置技术规范》
- (11) Q/GDW 560-2010 《输电线路图像视频监测装置技术规范》
- (12) Q/GDW 561-2010 《输变电设备状态监测系统技术导则》
- (13) Q/GDW 562-2010 《输变电状态监测主站系统数据通信协议》
- (14) Q/GDW 562-2010 《输电线路状态监测代理技术规范》
- (15) GB 191 包装储运图示标志
- (16) GB 2314 电力金具通用技术条件
- (17) GB 2887—2000 电子计算机场地通用规范
- (18) GB 4208—93 外壳防护等级（IP 代码）
- (19) GB 6388 运输包装图示标志

- (20) GB 9361 计算站场地安全要求
- (21) GB 9969.1 工业产品使用说明书 总则
- (22) GB 11463—89 电子测量仪器可靠性试验
- (23) GB 12632—1990 单晶硅太阳能电池总规范
- (24) GB 50545—2010 110kV~750kV 架空输电线路设计规范
- (25) GB/T 2317.2—2000 电力金具电晕和无线电干扰试验
- (26) GB/T 2423.1—2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：低温
- (27) GB/T 2423.2—2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：高温
- (28) GB/T 2423.4—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db： 交变湿热试验方法
- (29) GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第二部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动（正弦）
- (30) GB/T 3797—2005 电气控制设备
- (31) GB/T 3859.2—1993 半导体变流器 应用导则
- (32) GB/T 3873—1983 通信设备产品包装通用技术条件
- (33) GB/T 6587.6—86 电子测量仪器 运输试验
- (34) GB/T 6593 电子测量仪器质量检验规则
- (35) GB/T 7027—2002 信息分类和编码的基本原则与方法
- (36) GB/T 9535—1998 地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型
- (37) GB/T 14436 工业产品保证文件 总则
- (38) GB/T 15464 仪器仪表包装通用技术规范
- (39) GB/T 16611—1996 数传电台通用规范
- (40) GB/T 16723—1996 信息技术 提供 OSI 无连接方式运输服务的协议
- (41) GB/T 16927.1 高电压试验技术第一部分：一般试验要求
- (42) GB/T 17179.1—2008 提供无连接方式网络服务的协议 第1部分：协议规范
- (43) GB/T 17626.2—1998 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

- (44)GB/T 17626.3—1998 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- (45)GB/T 17626.8—1998 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- (46)GB/T 17626.9—1998 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- (47)GB/T 19064—2003 家用太阳能光伏电源系统技术条件和实验方法
- (48)QX/T 1—2000 II型自动气象站
- (49)YD/T 799—1996 通信用阀控式密封铅酸蓄电池技术要求和检验方法
- (50)DL/T 548 电力系统通信站防雷运行管理规程
- (51)DL/T 741—2010 架空送电线路运行规程
- (52)DL/T 5154—2002 架空送电线路杆塔结构设计技术规定
- (53)DL/T 5219—2005 架空送电线路基础设计技术规定
- (54)QJ/T 815.2—1994 产品公路运输加速模拟试验方法

2、监测装置电源实现

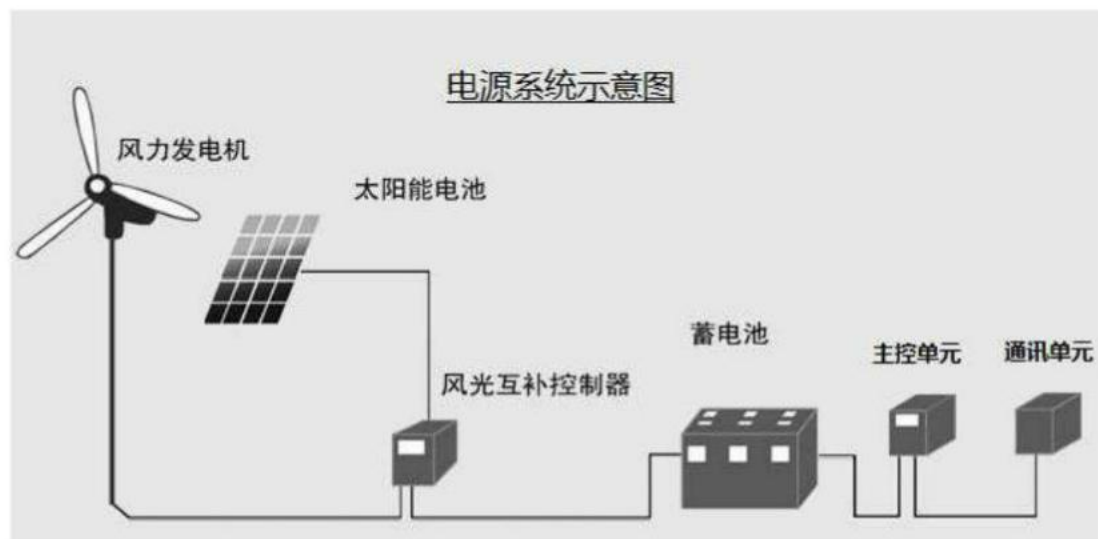
(1) 安装在铁塔上的监测装置统一采用太阳能对蓄电池浮充的方式进行供电，针对我国西南、华东等日照照射相对较弱地区可采用太阳能及风能对蓄电池进行充电的方式进行供电。

监测装置安装于铁塔上，安装较为困难。因此减小设备体积及重量成为监测装置设计首要考虑的因素，我公司采用超低功耗技术，装置待机电流保持在 20mA (12V) 以内，因此在同等容量电源条件下，装置可连续运行时间比目前市面厂家长 30% 以上。一般情况下数据采集装置配置 12V 33AH 电池 即可连续运行 30 天以上，装置体积小、重量轻，有利于现场安装。

监测装置选用硅能绿色环保电池作为储能系统，该电池相比铅酸及其他类型电池系统具备以下优点：

- 储备容量高，达到国际要求的 2 倍。
- 充电接受能力强，达到国际要求的 3 倍。
- 大电流放电效率高，可高倍率放电，30C 放电 8S 内电池不损伤。
- 自放电小，年自放电率小于 2%。
- 充放电无记忆（次数）。

- 能耐高温及高寒，可以在-50~+70℃范围内使用。
- 绿色环保，该产品采用复合硅盐电解质取代硫酸，无污染，电池极板亦可再生使用。
- 循环使用寿命长，户外监测装置可使用 5~10 年。

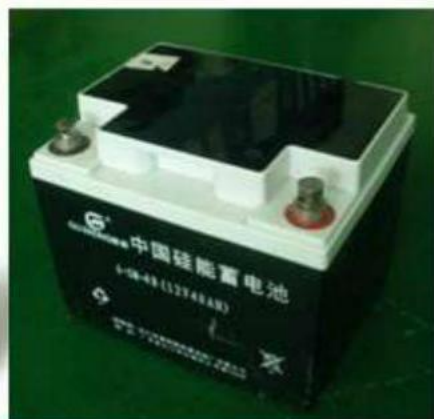


(2) 安装在导线上的监测装置采用以下两种方式进行供电：

- A、特种高能电池：采用进口特种高能电池进行供电，体积小、重量轻、耐高低温，使用寿命达 8 年以上。
- B、感应取能对蓄电池充电：采用高能感应线圈取电及对蓄电池进行浮充的方式进行供电，取电效率高、通讯模块可实时在线。



太阳能电池板



特种蓄电池



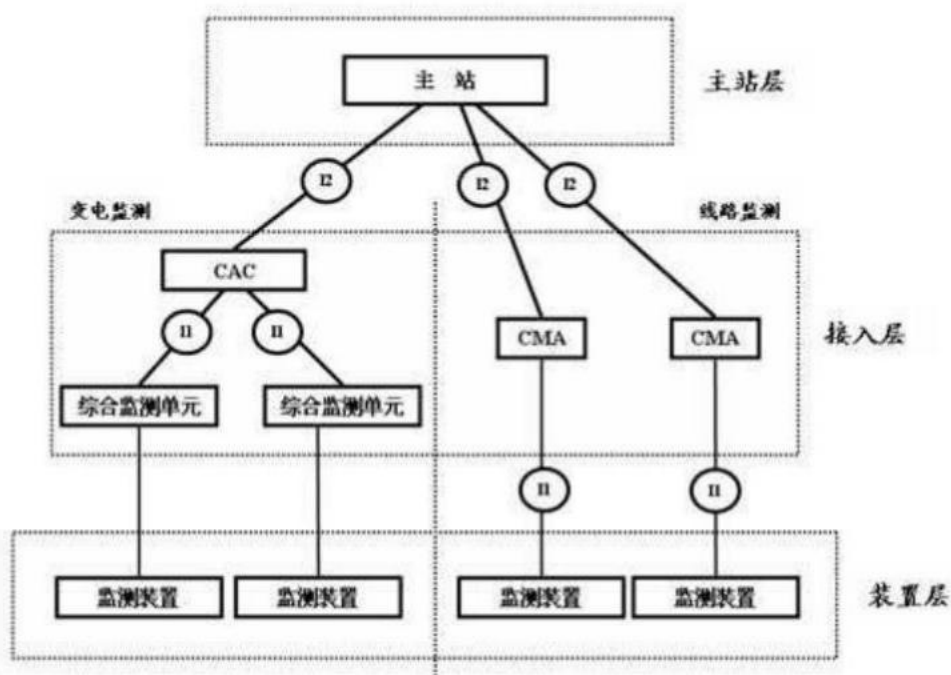
风力发电机

3、监测装置通讯技术

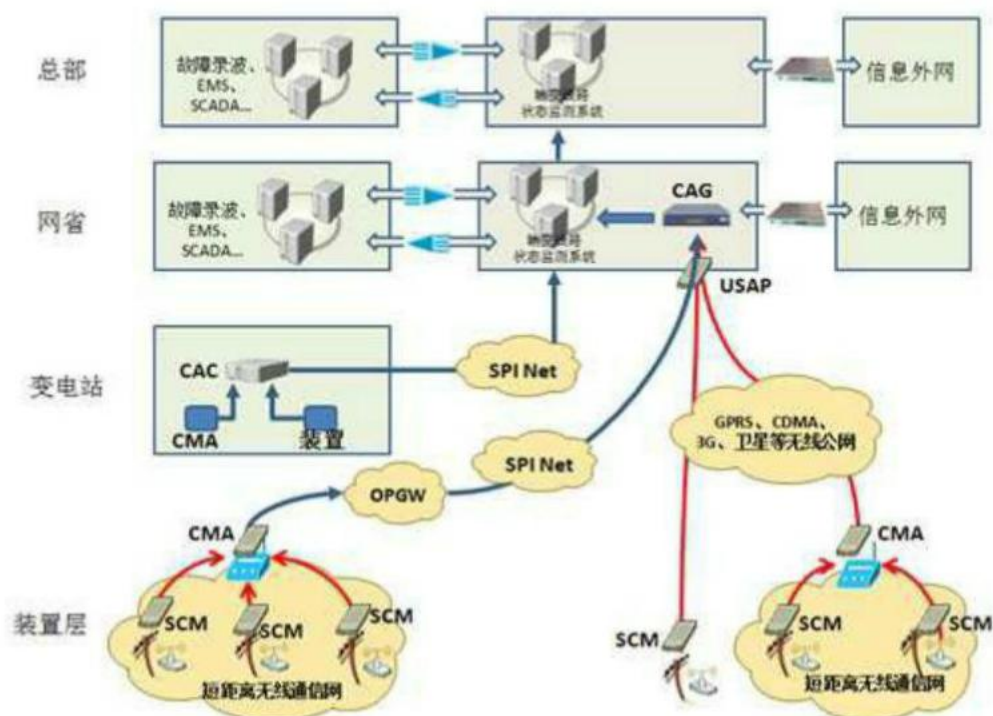
(1) 数据采集单元（导线温度、导线舞动、导线张力、导线弧垂等）与塔上监测装置之间采用 RF、Zigbee、WIFI 等方式进行通讯，通讯距离 1~3KM。

(2) 塔上监测装置与 CMA（状态监测代理）之间采用 RJ45、RF、Zigbee、WIFI 等方式进行通讯。

(3) CMA 或集成有 CMA 功能的监测装置与 CAG（状态信息接入网关机）之间采用 OPGW、WIFI、GPRS/CDMA/3G、卫星等方式进行通讯。具备光纤接入条件杆塔上的监测装置，采用光端机将杆塔上的的数据传输至中心 CAG，实现数据落地；不具备光纤接入条件杆塔上的监测装置通过无线（WIFI）网络将各监测装置数据汇总至有光纤接入杆塔上的监测装置，利用光交换机将无线监测装置数据传输至中心 CAG；



系统分层通讯分层结构图



系统通讯安全防护总体框架

4、监测装置工作条件

- a) 工作温度：-45℃~+70℃；
- b) 环境温度：-40℃~+50℃；
- c) 相对湿度：5%RH~100%RH；
- d) 海拔高度：≤4000m；
- e) 大气压力：500hPa~1100hPa；
- f) 风速：≤75 米/秒；
- g) 防护等级：IP66；
- h) 振动峰值加速度：10m/s²
- i) 电池电压：DC 12V；

三 系统主要功能模块介绍

(一) 输电线路微气象监测系统

随着电网的发展延伸,通过复杂地形及恶劣气候条件地区的输电线路日益增多。近年来我国电网主干线 500 (330、220、110) kV 线路因气象原因发生倒塔、断线事故大量增加。产生上述事故原因之一是设计时对微地形、微气象的认识不足,对沿线风口、峡谷、分水岭等高山局部特殊地段的气象资料掌握不够。在一条几十千米至几百千米长的送电线路中,山岭纵横、海拔高程悬殊,气象变化显著,小气候特点十分突出,邻近气象台站的观测记录,不能满足微地形地段线路的设计、维护需求。

因此,使用合理的气候指标值和充分利用气候资源,不但可以预防灾害,还可以得到很大收益,如在设计线路时根据气象资料设计抗风、抗冰强度,可避免过度设计,节省人力、物力。

◆ 监测参数: 温度、湿度、风速、风向、雨量和大气压、日照;

◆ 参数技术指标:

- 温度监测范围: $-50\sim 120^{\circ}\text{C}$; 精度: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; 分辨率: 0.1°C
- 湿度监测范围: $1\%\sim 100\%$, 精度: $\pm 4\%\text{RH}$; 分辨率: $1\%\text{RH}$
- 风速测量范围: $0\text{m/s}\sim 60\text{m/s}$;
精度: $\pm (0.5+0.03V)\text{ m/s}$, V 为标准风速值;
分辨率: 0.1 m/s ;
起动风速: $<0.2\text{m/s}$;
抗风强度: 75m/s 。
- 风向测量范围: $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$;
测量精度: $\pm 2^{\circ}$;
分辨率: 0.1° ;
启动风速: $<0.2\text{m/s}$;
抗风强度: 75m/s 。
- 雨量测量范围: $0\sim 4\text{mm/min}$;
分辨力: 0.2mm ;

准确度： $\pm 0.4\text{mm}$ ($\leq 10\text{mm}$ 时)； $\pm 4\%$ ($> 10\text{mm}$ 时)。



超声波风速、风向传感器



机械式风速、风向传感器



日照传感器



雨量传感器

(二) 输电线路覆冰预警监测系统

自从 1932 年在美国首次出现有记录的输电线路覆冰事故以来,世界范围内的覆冰事故就时有发生,轻则导致绝缘子串冰闪跳闸、相间闪络跳闸和导线大幅舞动等可恢复供电周期较短的重大事故;重则导致杆塔倾斜甚至倒塌、线路金具严重损坏和导线脆断接地等可恢复供电周期较长的特大事故。输电线路覆冰事故破坏力大、波及面广和损失惨重。

输电线路覆冰在线监测系统通过全天候地采集运行状态下输电线路的绝缘子串拉力、绝缘子串风偏角、绝缘子串倾斜角、风速、风向、温度、湿度等特征参数,将数据信息实时传输到分析处理中心,通过智能分析算法计算导线覆冰厚度;相关部门根据线路荷载、覆冰厚度及周边气象环境决定是否需要实施预防措施。系统可结合视频监测系统拍回的现场图片,直观地了解线路的覆冰状况。

- ◆ **监测参数:** 绝缘子串拉力、绝缘子串风偏角、绝缘子串倾斜角、环境温度、湿度、风速、风向、图像等;

◆ 参数技术指标:

- 拉力传感器量程: 7t、10t、16t、21t、32t、42t、55t (根据实际需要定制);
- 拉力传感器测量范围: 2%~100%FS (线性工作区间);
- 拉力传感器准确度级别 (FS): 0.2 及以上;
- 拉力传感器技术指标:

分度数 $n \geq 500$;

回零误差 Z_r' (%FS): $\leq \pm 0.1$;

示值误差 δ' (%FS): $\leq \pm 0.2$;

重复性 R' (%FS): $\leq \pm 0.2$;

滞后 H' (%FS): $\leq \pm 0.3$;

长期稳定性 S_b' (%FS): $\leq \pm 0.2$;

- 倾角测量角度范围: 双轴 $\geq \pm 70^\circ$;
- 倾角测量精度: $\leq \pm 0.1^\circ$;
- 倾角测量分辨率: $\pm 0.01^\circ$;
- 温度监测范围: $-50 \sim 120^\circ\text{C}$; 精度: $\pm 0.3^\circ\text{C}$; 分辨率: 0.1°C ;
- 湿度监测范围: 1%~100%, 精度: $\pm 4\text{RH}$; 分辨率: 1RH;
- 风速测量范围: 0m/s~60m/s;

精度: $\pm (0.5 + 0.03V)$ m/s, V 为标准风速值;

分辨率: 0.1 m/s;

起动风速: $< 0.2\text{m/s}$;

抗风强度: 75m/s;

- 风向测量范围: $0^\circ \sim 360^\circ$;

测量精度: $\pm 2^\circ$;

分辨率: 0.1° ;

启动风速: $< 0.2\text{m/s}$;

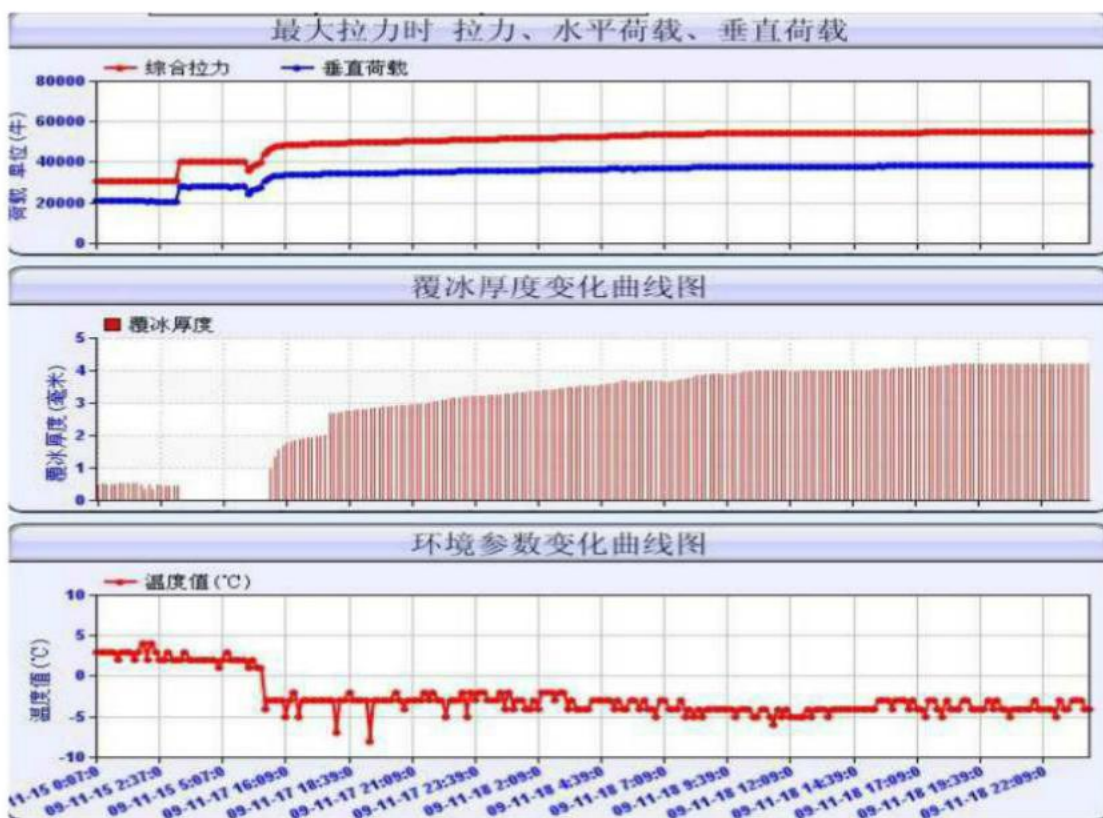
抗风强度: 75m/s。



拉力传感器



现场安装图



覆冰分析软件

(三) 输电线路图像/视频监控系统

随着电力建设的迅速发展,电网规模的不断扩大,在地形复杂条件下的电网建设和设备维护工作也越来越多。作为电力输送纽带的输电线路具有分散性大、距离长、难以维护等特点,因此急需一种简便、有效的监控、监测手段对输电线

路周边状况及环境参数进行多目标、全天候监测，使输电线路运行于可视可控之中。

输电线路图像、视频监控系统主要利用了先进的数字视频压缩技术、远距离 GPRS/CDMA/3G 无线通讯技术、新能源及低功耗应用技术、软件技术、网络技术将电力杆塔、导线现场的图像、气象信息经过压缩、分组后通过 GPRS/CDMA 等无线网络传输到监控中心，从而实现对输电线路周边环境及环境参数的全天候监测。使线路管理人员在中央监控室即可看到杆塔现场信息，将事故消灭在萌芽状态。同时也可减少巡视次数，大大提高线路安全运行水平，为输电线路的巡视及状态检修提供了一条新的思路。

系统主要用途：

- ◆ 覆冰区导线、地线、塔体覆冰状况观测
- ◆ 跨江、河、山等大跨越区监测
- ◆ 易滑坡、塌方区监测
- ◆ 线路周围建筑施工等易受人为外力破坏区监测
- ◆ 导线、塔体、绝缘子串、线夹、防震锤等部件异常监测
- ◆ 通道内树木、竹等易生长物监测
- ◆ 山川、河流等人员不易到达区巡视
- ◆ 偏远地区变电站监视

◆ 监测参数：照片/视频；

◆ 参数技术指标：

● 摄像机：

传感器芯片：SONY CCD；

像素数： $\geq 704(H) \times 576(V)$ ；

最低照度： $\leq 0.01\text{Lux}$ ；

变焦率： $\geq$ 光学18 倍；

● 云台：

预置位数量： ≥ 128 ；

水平旋转角度： $0^\circ \sim 355^\circ$ ；

俯仰角度： $0^\circ \sim 90^\circ$ ；

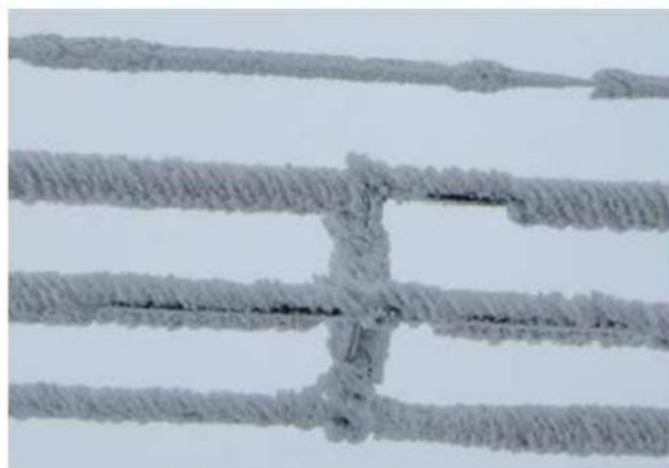
- 图像格式: Jpeg;
- 视频格式: H. 264/mpeg4;
- 远程调节: 焦距、光圈、景深、云台预置位、大小、色度、对比度;
- 具有专利防雨、雪、污机构, 确保任何情况下拍摄照片清晰;



不拍摄时摄像机处于防护罩之内



拍摄时摄像机伸出防护罩



现场拍摄图片

(四) 输电线路导线温度监测及动态增容系统

近年来,随着我国经济持续快速增长,用电量猛增,供用电形势日趋严峻,电网规划建设滞后和输电能力不足的问题日益突出,加剧了电网和电源发展的不协调矛盾,带来了一系列问题,在一些经济发达地区尤为突出。针对一些输电线路受到输送容量热稳定限额的限制,已严重制约系统内输电线路的输送容量,极大地影响了电网供电能力。因受输电走廊征用困难以及环境保护等因素制约,建设新的输电线路不仅投资巨大,建设周期长,而且在用地紧张的经济发达地区开辟新的线路走廊难度很大。因此,如何提高现有架空输电线路的单位走廊的输送容量,最大限度地提高现有输电线路的传输能力,已成为确保电网安全、经济、可靠运行的一个迫在眉睫的突出问题。

输电线路常年运行在户外,受外界环境腐蚀、老化、振动等因素,导致导线接头、线夹等部位容易发热,电力部门采用定期巡视测温、特巡测温等方式获取导线易发热点部位温度,但由于不能及时反映导线的温升情况,经常性地由于导线温升过高造成大量的电力事故。

导线温度在线监测系统通过实时监测输电线路导线温度、导线电流、日照、风速、风向、环境温度等参数。系统主要由测温单元、塔上监测装置、通讯基站和分析查询系统四部分组成。其中体积小、重量轻的测温单元安装在输电线路导线或金具上,实时采集导线及金具温度,并通过 Zigbee 或 RF 射频模块将数据无线上传至铁塔上的监测装置。铁塔上的监测装置还负责对本塔所在微气象区的日照、风速、风向、环境温度等参数进行实时采集,将所有数据通过 SMS/GPRS/CDMA1X 等通讯方式将数据传往监测中心,当各温度监测点温度超过预设值时即刻启动报警。

输电线路动态增容就是在充分利用现有输电设施、通道状况的基础上,引入输电线路在线监测与计算分析工具,根据实际气象环境、设备数据,如环境温度、风速、风向、日照以及导线型号、导线发射率、导线吸收率、导线最高温度阻值等详细的导线数据,计算输电线路当前的稳态输送容量限额,为调度和运行提供

方便及有效的分析手段，通过导线温度在线监测进行实时增容，有效发挥输电线路的输送能力。

载流量计算公式：

$$I_t = \left\{ \frac{9.92\theta(VD)^{0.485} + \pi\varepsilon SD[(\theta + t_a + 273)^4 - (t_a + 273)^4] - \alpha_s I_s D}{k_t R_{dt}} \right\}^{0.5}$$

式中， θ 为导线的载流温升；

t_a 为环境温度；

V 为风速；

I_s 为日光对导线的日照强度；

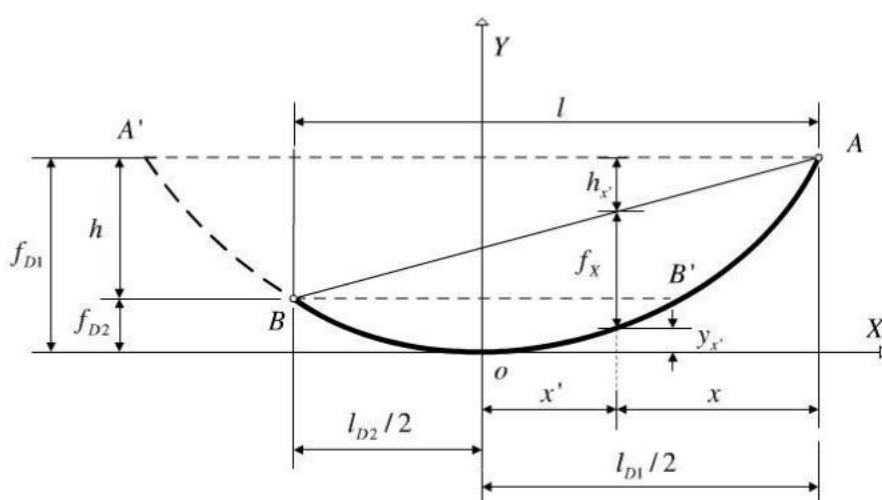
D 为导线外径；

ε 为导线表面的辐射系数（光亮新线为 0.23~0.46，发黑旧线为 0.90~0.95）；

α_s 为导线吸热系数（光亮新线为 0.23~0.46，发黑旧线为 0.90~0.95）；

S 为史蒂芬-玻尔茨曼常数 $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2$ ； k_t 为 $t^\circ\text{C}$ 时的交直流电阻比； R_{dt} 为 $t^\circ\text{C}$ 时的直流电阻率。

导线弧垂计算：



最低点弧垂 f 为：

$$f = \frac{T_H}{q} \left(ch \frac{l_{D1} q}{2T_H} - 1 \right)$$

其中, q : 导线上竖向所受载荷集度 ($q = q_0 + q_{ice} + q_{wind} = q_0 + q_w$)

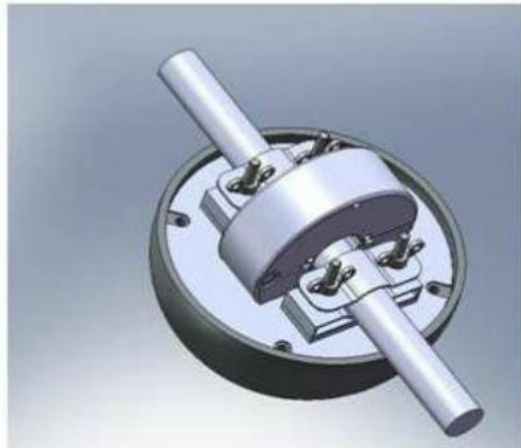
l_{D1} : 主杆塔对应的等效档距, 可由悬点不等高时等效计算公式求得;

f_{D1} : 主杆塔对应的等效弧垂。

◆ 监测参数: 导线温度、环境温度、风速、风向、日照;

◆ 参数技术指标:

- 导线温度采集单元质量: 小于 2.5kg;
- 单套温度采集单元外接温度传感器数量: 2 路;
- 导线温度传感器: 铂电阻/光纤;
- 导线温度测量范围: $-50^{\circ}\text{C} \sim +300^{\circ}\text{C}$;
- 测量精度: 大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- 采集方式: 接触式测温;
- 通信方式: WIFI/Zigbee;
- 电源: 高能电池或导线感应取电, 寿命大于 8 年;
- 温度监测范围: $-50 \sim 120^{\circ}\text{C}$; 精度: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$; 分辨率: 0.1°C
- 湿度监测范围: $1\% \sim 100\%$, 精度: $\pm 4\%\text{RH}$; 分辨率: $1\%\text{RH}$
- 风速测量范围: $0\text{m/s} \sim 60\text{m/s}$;
精度: $\pm (0.5 + 0.03V) \text{ m/s}$, V 为标准风速值;
分辨率: 0.1 m/s ;
起动风速: $< 0.2\text{m/s}$;
抗风强度: 75m/s 。
- 风向测量范围: $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$;
测量精度: $\pm 2^{\circ}$;
分辨率: 0.1° ;
启动风速: $< 0.2\text{m/s}$;
抗风强度: 75m/s 。



导线测温单元

(五) 输电线路杆塔倾斜监测系统

输电线路走廊地质、气象环境复杂，近年来由于线路杆塔倾斜倒塌引起的电力事故呈上升趋势。其发展引起杆塔倾斜的原因主要有以下几方面：（1）长期定向风舞引起杆塔受力不均（2）自然地质灾害（3）杆塔周围建筑施工（4）杆塔本体异常、导线断裂（5）导线、地线覆冰（6）拉线、塔材被盗（7）采煤、采矿区地陷、滑坡等。杆塔倾斜一般缓慢发展，绝大多数事故是可提前预防的。

输电线路杆塔倾斜在线监测系统通过测量杆塔、拉线的倾斜角度，并测量环境的风速、风向、温度、湿度等参数，并将测量结果通过移动/联通 GPRS/GSM 网络发送到接收中心，中心软件可及时显示杆塔的倾斜状况，并可显示杆塔的倾斜趋势、倾斜速度，在倾斜角度到达某值时以短信、界面、警笛等方式发出报警信息，预防事故的发生。

◆ **监测参数：** 杆塔的顺线倾斜角、横向倾斜角、环境温度、风速、风向；

◆ **参数技术指标：**

- 杆塔倾斜角动态测量范围：双轴 $\pm 20^\circ$ ；
 - 杆塔倾斜角测量误差： $\leq \pm 0.05^\circ$ ；
 - 风速测量范围：0m/s $\sim$ 60m/s；
- 精度： $\pm (0.5 + 0.03V)$ m/s， V 为标准风速值；
- 分辨率：0.1 m/s；

起动风速: $<0.2\text{m/s}$;

抗风强度: 75m/s 。

- 风向测量范围: $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$;

测量精度: $\pm 2^{\circ}$;

分辨率: 0.1° ;

启动风速: $<0.2\text{m/s}$;

抗风强度: 75m/s 。



三维倾角传感器



杆塔倾斜现场

(六) 输电线路微风振动监测系统

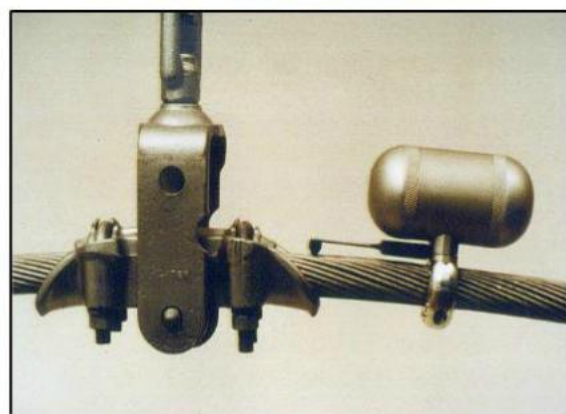
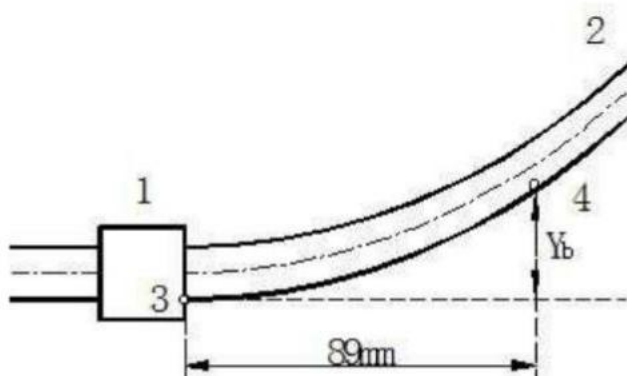
导、地线的微风振动是由微风引起的一种高频率、小振幅的导线运动,是引起导、地线疲劳断股等事故的主要原因。自上世纪初美国首先在一条输电线路的海峡跨越处发现导线的振动断股现象以来,人们一直在进行着微风振动问题的研究,包括振动机理、防振理论、振动试验、防振装置、防振导线等多方面。几十年来,已经积累了丰富的经验,在超高压架空线路上,均设计应用了各种具体的防振技术措施。这些措施,有效地抑制了微风振动,减轻了对线路的危害。但是,由于微风振动的机理极其复杂,通过理论计算或试验研究的结果与现场实际往往

差别很大。

按照DL/T 741- 2001 《架空送电线路运行规程》中“大跨越段应定期对导、地线进行振动测量”的要求，现行测量方法是在一段时间内使用测振仪器进行现场安装测量并记录相关数据。但因现场测试时间有限，测振仪器本身条件和现场工作环境等问题，测量结果有时代表性不高，缺乏实时性。

输电线路微风振动监测系统，在导线及OPGW线夹出口89mm处安装振动监测单元，该监测单元采用加速度传感器或光纤传感器进行测量。振动监测单元实时测量导线的振动加速度、振幅、频率、导线温度，并通过Zigbee或RF射频模块将数据无线上传至铁塔上的监测装置。铁塔上的监测装置还负责对本塔所在微气象区的风速、风向、环境温度等参数进行实时采集，将所有数据通过SMS/GPRS/CDMA1X等通讯方式将数据传往监测中心，中心系统据IEEE 和CIGRE方法，判断导、地线和OPGW 的危险程度，预测疲劳寿命。根据测量数据评估防振措施的有效性，并及时做出修正。

弯曲振幅法示意图：



1—线夹或夹头，2—导地线，3—导地线与线夹的接触点，4—弯曲振幅 Y_b （相对于线夹）

◆ **监测参数：**导线（地线）的振动加速度、频率、振幅、环境温度、风速、风向；

◆ **参数技术指标：**

- 导线振动加速度测量范围：±5g；
- 导线振动加速度测量精度：±0.1g°；

- 导线振动振幅测量范围：0~1.5mm (p-p)；
- 导线振动振幅测量精度：±5%；
- 导线振动频率测量范围：0~200HZ；
- 风速测量范围：0m/s~60m/s；
精度：± (0.5+0.03V) m/s，V 为标准风速值；
分辨率：0.1 m/s；
起动风速：<0.2m/s；
抗风强度：75m/s。
- 风向测量范围：0° ~360° ；
测量精度：±2° ；
分辨率：0.1° ；
启动风速：<0.2m/s；
抗风强度：75m/s。

(七) 输电线路防盗报警监测系统

输电线路具有面广、线长、高空、野外、分散性大的特点，极易遭遇外力破坏。我国每年由于不法分子偷盗塔材、盗割电缆等引起的经济损失十分惨重，严重影响供电安全及地方经济建设。输电公司为此加强巡视力度，缩短巡视周期，但收效甚微。由于输电线路的气候恶劣、电磁干扰严重、分散距离远等特点，多年来一直没有很好的技防措施，市面上常用的红外、微波、雷达等监测技术误报率很高，无法达到实用化、产业化。

“基于光纤检测及图像监测技术的输电线路防盗报警监测系统”，运用光纤探测技术、图像监测技术、现代通讯技术、新能源技术、新软件技术，使报警可靠性达 98%以上，很好地解决了输电线路防盗预警的难题，为国内首创。

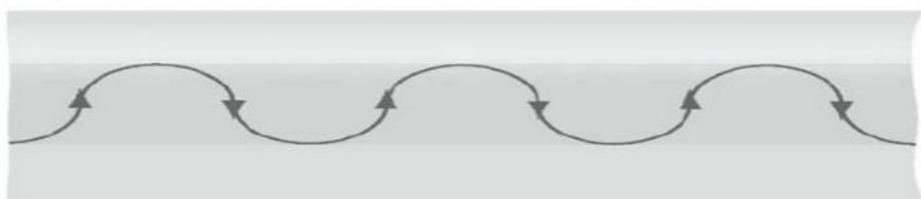
系统由埋在铁塔周围（及塔基内部）的光纤传感器、安装在塔上的智能视频监控及分析装置组成。当有人靠近铁塔或攀爬时，光纤报警器发出预警信号，并把预警信号传输给安装在铁塔上的图像监测装置，监测装置收到报警信号后打开摄像机，启动图像监测功能，进行图像连拍，将图像传输至监控中心，并启动现场语音告警。监控中心具有报警信息、图像的及时显示及存储，并以语音、短信等方式进行告警，监测中心还可立即进行远程喊话，重大偷盗行为发生时可与

110 联动出警，确保线路的安全运行。

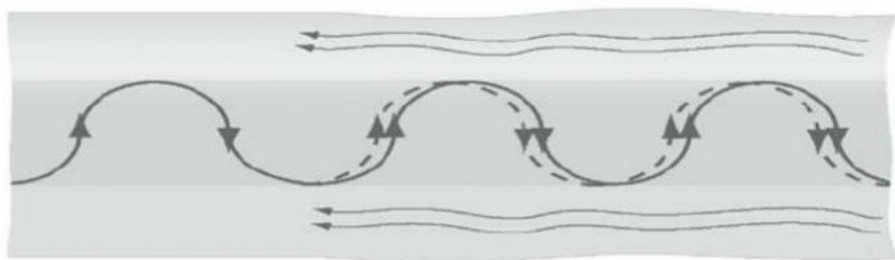
多通道周界光纤传感器是基于全光纤白光微分干涉技术、虚拟仪器技术和智能化振动学习识别技术，研制的一项用于安全检测的高新技术产品。其利用光纤的光弹效应直接进行声波和振动信号的调制，实现振动信号的测量，体现了全光纤传感的理念。同时，由于本系统采用了全光纤白光微分干涉技术进行相位解调以及单芯传输的新型结构，具有极高的可靠性。光缆采用单模铠装室外通信光缆，可感应作用在光缆上的震动信号，将震动信号转换成变化的光学物理量，如光强、偏震态、偏转角、光信号频率等，并将隐含以上变化的物理特性的光信号传输到震动光缆报警主机中。由于使用了光缆作为传感单元，外界的强大电磁场、雷电等因素不会对系统产生影响，而且光缆具有成本低、抗紫外线、抗老化，可适用于不规则周界等特点，非常适合大范围、长距离、环境条件恶劣的野外周界环境。

光纤传感报警原理：

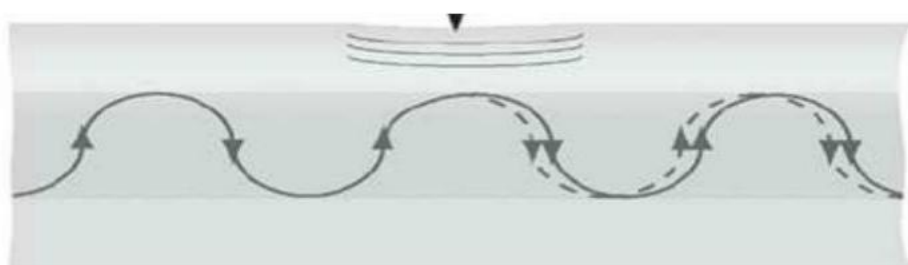
传感光纤没有受到外界干扰情况下，激光信号的传播路径，如下图：



当传感光纤受到振动或移动时，激光信号的传输相位发生了改变，如下图：



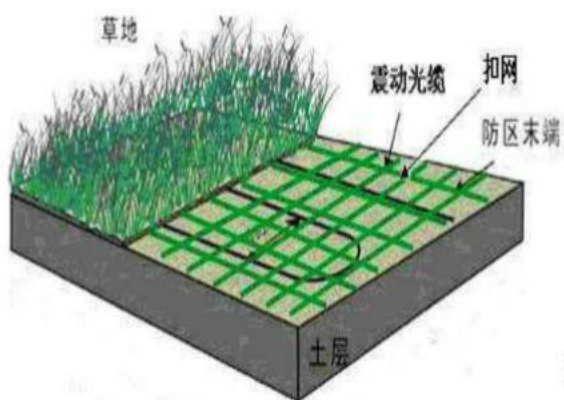
当传感光纤受到压力形变时，激光信号传输相位也发生了改变，如下图：



传感光纤内激光信号相位的改变时通过光纤调制器输出的光强与受到相应

的振动对应。

通过对信号进行放大、滤波、数字化进入嵌入式 DSP 利用自适应软件进行分析处理，进而判断是否进行报警处理。



◆ 监测参数：杆塔周边振动及压力、图像等；

◆ 参数技术指标：

- 测量方式：光纤探测，结合图像分析
- 通讯方式：无线 RF、Zigbee、GSM、GPRS、3G 等

- 电源：导线上为高能电池或可充电电池与导线取能相结合，铁塔上为太阳能对蓄电池供电
- 报警可靠性：95%以上
- 摄像机：
 - 传感器芯片：SONY CCD；
 - 像素数： $\geq 704(H) \times 576(V)$ ；
 - 最低照度： $\leq 0.01\text{Lux}$ ；
 - 变焦率： $\geq$ 光学18 倍；

(八) 输电线路导线对地距离(弧垂)监测系统

高压线路运行过程中,由于负荷增加、环境温度过高等引起导线弧垂的增加,因而造成导线对地、物距离的减小,一方面引起电力接地、短路等重大事故,另一方面也限制了导线的输送能力。

输电线路导线弧垂监测装置安装在导线的弧垂最低处或需要监测的部位,采用高能电池或导线感应取能技术,实时测量导线对地距离的变化情况,可及时发现导线弧垂的变化,并可实时监测线下树木(竹)、建筑物等与导线之间的距离,避免接地事故的发生;监测装置集成了导线温度测量功能,可实时监测导线的温度变化情况,及时发现导线、接点温度异常;还可可选装夜视摄像系统,对导线弧垂进行现场拍照,远程查看弧垂情况,与测量数据对比,增加测量及报警可靠性;系统应用软件针对导线弧垂实时数据进行计算分析,并可结合导线的温度和气象数据对导线预期弧垂进行计算,建立预警机制,确保线路运行和被跨越设备的安全;系统应用软件可结合环境的气象参数、导线温度、导线特性等数据,依据专家分析、计算系统计算出导线载流量,提高导线输送能力。

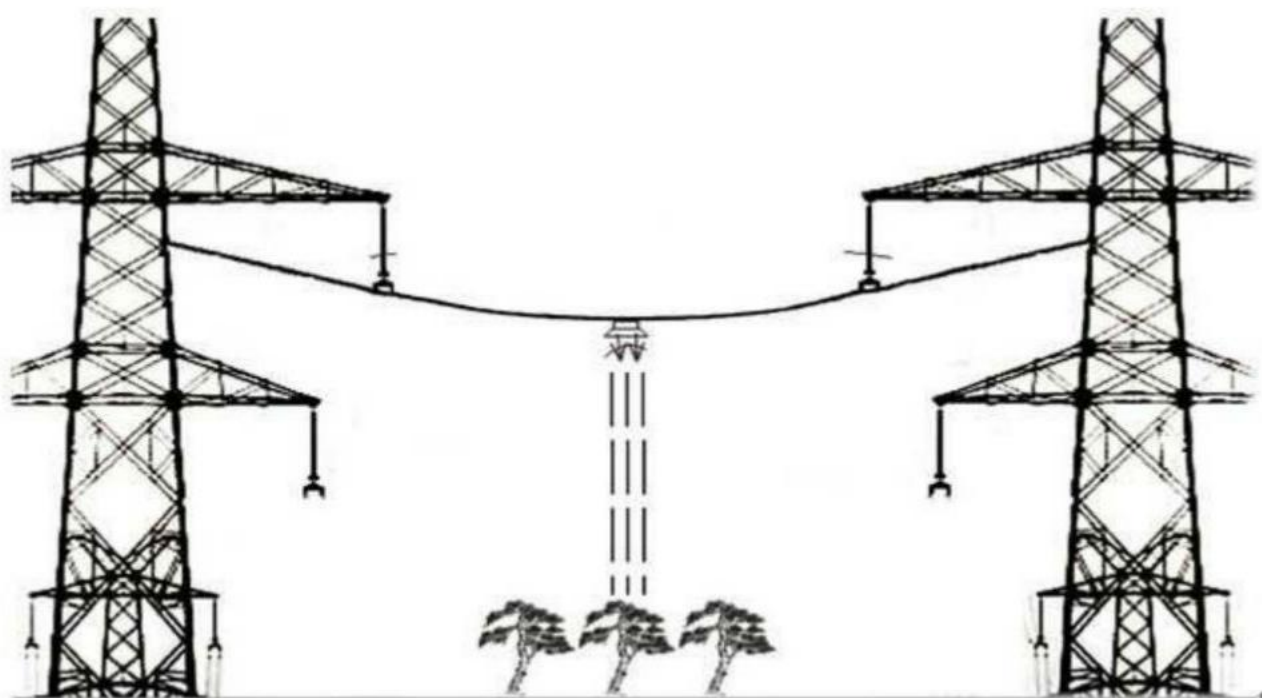
利用西安的军工技术优势,与西安微波厂、西安电子科技大学联合研制了雷达测距模块,该模块采用铝合金微波波导腔体结构喇叭天线,腔体内包含混频管、震荡管及收发谐振天线、高增益定向喇叭天线。该模块具有体积小、功耗低、测量距离远、精度高、成本低的特点,使军用技术能够更好地服务于工业监测领域,能够准确地测量导线对地、物的距离,相比其他测量方法具有直观、精确度高的特点,可广泛应用于 35kV~1000 kV 的交直流输电线路。



雷达探测器外观图



安装示意图



测量树高示意图

◆ **监测参数：** 导线对地距离、导线温度、环境温度、环境湿度、风速、风向、图像等；

◆ **参数技术指标：**

- 测量方式：雷达直接测量距离，结合导线温度监测
- 通讯方式：无线 RF、Zigbee、GSM、GPRS、3G 等
- 电源：导线上为高能电池或可充电电池与导线取能相结合，铁塔上为太阳能对蓄电池供电
- 对地测量距离：1~60 米
- 测量精度：±5cm
- 导线温度传感器：铂电阻/光纤；
- 导线温度测量范围：-50℃~+300℃；
- 测量精度：大于±0.5℃；
- 温度采集方式：接触式测温；
- 摄像机：
传感器芯片：SONY CCD；
像素数：≥ 704(H) X 576(V) ；
最低照度：≤0.01Lux；
变焦率：≥光学18 倍；

(九) 输电线路反外力破坏监测系统

输电线路具有面广、线长、高空、野外的特点，极易遭遇外力破坏。外力破坏已成为影响线路安全运行的最大隐患，。随着经济的快速发展，输电线路的运行环境日益恶化，输电线路走廊内的树木、房屋、道路、城镇建设、采石挖矿、施工对线路的破坏大量增加，对线路和安全运行构成了很大的威胁。反外破是一项长期的、艰苦的、复杂的工作。目前大多采用加大加强宣传教育、加大巡视密度、蹲点观测等效果均不明显，均具有一定的局限性，无法达到大面积治理外力破坏的效果。

我公司经过多年的研发实践，成功研发出了基于光纤传感及智能视频分析技术相结合的输电线路反外力破坏监测系统，可有效杜绝外力破坏事故的发生。

该系统由埋设在线路下的光纤传感探测器、架设在空中的智能视频识别分析装置及通讯系统组成，埋设在地面的光纤传感器探测到有异物进入时，对异物的大小进行分析，一般性的小轿车或行人、牲口等则不予采取动作。对大型物体，如大卡车、吊车等则马上启动智能视频分析装置，智能视频分析装置，根据预先设定的保护范围进行识别、分析，若进入预警或报警区域，则迅速启动现场高分贝语音报警装置提醒异物远离该区域，同时将现场图像（视频）传输到监控中心，监控中心可根据上传画面分析确定处理方案。也可单独采用智能视频分许装置，24 小时供电，对进入到视野范围内的物体进行分析，达到预警范围内时现场报警及上传图像（视频）资料。

光纤传感探测器可探测 50 kg 以上的物体，具自主判断功能。智能视频分析装置具有存在监测（如车辆、树、竹、建筑物等）、快速进入（如大型车辆进入）、过滤（可识别物体大小）、屏蔽区域设置（可设置非报警区域，避免误报）、自动追踪（可对进入物体自动定位追踪）、方向过滤（某个方向进入的物体可不报警）等功能。



智能视频分析模块

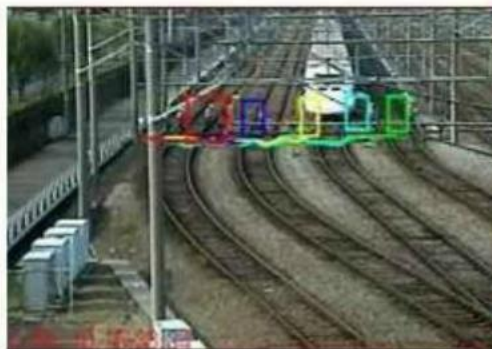


设备安装施工照片





反外力监控中心



现场应用

- 光纤探测范围：50 kg 以上
- 光纤传感器安装方式：地埋
- 通讯方式：无线 RF、Zigbee、GSM、GPRS、3G 等
- 电源：太阳能对蓄电池供电
- 摄像机拍摄距离：200 米以上
- 智能视频分析技术：存在检测、遗留检测、快速进入检测、大小过滤、区域设置、区域屏蔽、自动追踪等
- 摄像机：

传感器芯片：SONY CCD；

像素数： $\geq 704(H) \times 576(V)$ ；

最低照度： $\leq 0.01\text{Lux}$ ；

变焦率： $\geq$ 光学18 倍；