

# 220KV 变电站 开关柜光纤光栅测温系统 技术方案



深圳市简测科技有限公司

二〇一四年六月

# 一、应用背景

## 1、项目建设的必要性分析

安全是一切生产问题的一项重要出发点。

在电力系统中，所发生的火灾，大部分都是由于温度过高或过热引起的，如不及时发现处理，往往会导致事故或火灾的发生。但是现有的火灾探测器仅能对已发生的火灾进行探测(烟或者明火)，而在火灾发生之前，温度是逐渐积累上升的，这个积累过程时间比较长。如果能对电力系统中易发生热故障的电气设备的温度变化进行跟踪检测并及时发出警报，无疑会给火灾的预防带来极大的好处。电气设备的过热故障可分为两类：外部热故障和内部热故障。电气设备的外部热故障主要指裸露接头由于压接不良等原因，在大电流作用下，接头温度升高，接触电阻增大，恶性循环造成隐患。高压电气设备内部热故障的特点是故障点密封在绝缘材料或金属外壳中，如电缆，内部热故障一般都发热时间长而且较稳定，与故障点周围导体或绝缘材料发生热量传递，使局部温度升高，因此可以通过检测其周围材料的温升来诊断高压电气设备(如电缆)的内部故障。目前，已有很多方法对易发生热故障的接头或电气设备的温度进行检测。近几年来，随着各种新型传感器件的出现，电力系统中的温度监测技术也越来越先进，其中以光纤光栅传感器为代表的光纤传感器尤其突出，因为光纤光栅传感器跟传统传感器相比，具有抗电磁干扰、损耗低等显著特点。

所有工程师和系统设计师都会选择能满足工作环境温度的电缆。然而，极端温度带来的方方面面的影响是很容易被忽略的。例如，标称温度范围为-13℃的电缆在-13℃时电性能可以不受影响，但低温却会影响其物理性能。温度高，会造成电阻增大，进一步使导体温度升高，则电流减小。另外如果导体温度过高，对绝缘会造成破坏。电缆故障在发生和发展的过程中都会表现出同一种现象，即故障点周围异常发热。随着运行时间的延长、压接头的松动、绝缘老化、以及局部放电、高压泄漏等，都将引起温度的升高，而温度的升高又使得这些状况进一步恶化，如此恶性循环的结果必定引发电缆短路放炮。带来巨大的经济损失、恶劣的社会影响

本项目的社会意义和经济意义重大。本项目抓住温度变化这一主要矛盾，通过对温度的监测，预知并防止电缆放炮事故的发生，将事故消灭于萌芽状态。是行之有效的预防和减少电缆故障的方法。在最短时间内、以最快的速度监测到故障电缆的温度、及时查明故障电缆所在位置，并尽快告之值班人员及相关领导有关故障情况、严重程度、所在地点，以便及时处理。实现对电缆故障位置判断的超前性、准确性、快速性。运用本质安全手段，解决电力电缆的安全隐患和建立全面数字化管理体系是本项目的最大特点。部分解决了当前电力安全监测的隐患或薄弱环节，提升了电力设施的数字化管理水平。不管从技术的领先性，还是从安全管理的必要性上，开发、应用和产业化电力光纤光栅安全监测与数字化管理系统具有重要的意义。

本系统运用光纤光栅这一无电监测方法解决了电缆温度无电监测预报警问题，解决了电力设施的部分安全隐患。应用此系统可以作为该电力安全监测和数字化管理的重要设施，来完善管理，健全安全体系，预防火灾等隐患事故的发生。

## 2、项目采用技术优点分析

无电安全监测技术是本世纪兴起的前沿应用学科，是自动检测的革命性技术。光纤光栅是一种新型全光纤无源器件，与普通传感器相比，具有不可比拟的优点和特点。它本质防爆、无电传感、化学稳定、传输距离远、可用于对外界参量的绝对测量，这种特性在传感器领域中引起了革命，该技术代表了新一代传感技术的发展趋势。其产业已被国内外公认为最具有发展前途的高新技术产业之一，它以技术含量高、经济效益好、渗透能力强、市场前景广等特点为世人所瞩目。

- ✓ 本质安全。
- ✓ 电力槽沟内无电测量。
- ✓ 本质防爆、抗电磁干扰、抗腐蚀、耐高温、体积小、重量轻、灵活方便等，因此其应用范围非常广泛，并且特别适于恶劣和高危环境中的应用。
- ✓ 成功的解决了感温预报警等隐患。
- ✓ 防电磁感应、抗干扰能力强。
- ✓ 反应敏捷、响应快速、安全可靠。

- ✓ 光纤光栅传感器小巧、柔软、便于实施。
- ✓ 远距离、大范围、无人值守自动监控。
- ✓ 具有长期的稳定性。
- ✓ 它可实现分布传感，即在一根光纤上根据应用要求刻写多个不同 FBG 波长的光栅，在光纤一端实现所有光栅信号的检测。
- ✓ 充分体现“本质安全+可靠耐用的性能”。

## 二、系统设计目标

- 1、实施探测开关柜触头温度
- 2、准确定位异常温度开关柜地址；
- 3、光纤光栅测温系统应能及时、准确的检测开关柜中 A, B, C 三相电缆头；A, B, C 三相静触头；
- 4、开关柜内部环境实时温度，温度异常报警信号可通过光纤光栅测温主机传送给仪表操作室现有的火灾控制器，实现报警并在消防值班室的工控机显示，也可通过手机短信发送信息至相关人员手机。

## 三、系统方案参照标准：

光纤光栅测温系统的设计符合下列规范：

- |             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| GB 2423.1   | 《电工电子产品基本环境试验规程 试验 A(低温试验方法)》 |
| GB 2423.2   | 《电工电子产品基本环境试验规程 试验 B(高温试验方法)》 |
| GB 4208     | 《外壳防护等级的分类》                   |
| GB/T 5226.1 | 《工业机械电气设备 第一部分：通用技术条件》        |
| GB 5080.1   | 《设备可靠性试验总要求》                  |

GB/T 11022-1999	《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》
GB/T 17626-1998	《电磁兼容、试验和测量技术》
GB/T 17626.2	《静电放电抗扰度试验》
GB/T 17626.3	《射频电磁场辐射抗扰度试验》
GB/T 17626.4	《电快速瞬变脉冲群抗扰度试验》
GB/T 17626.5	《浪涌（冲击）抗扰度试验》
GB/T 17626.6	《射频场感应的传导骚扰抗扰度》
GB/T 17626.8	《工频磁场的抗扰度试验》
Q/CSG 1 0011-2005	220kV~500 kV 《变电站电气技术导则》

## 四、系统设备技术指标和性能

### 4.1、光纤光栅温度测量解调仪

JEME-iFBG-S 系列是适合光纤光栅光学传感器、具有 4、6、8、15、24 多选择通道的光纤光栅解调仪。可以测量低速变化的温度、应变等物理参数。内嵌 1:1 备用通道，每个光学通道具有 80nm 波长范围（1510nm~1590nm）。同时采用便携式电池，可不间断连续工作 20 小时，便于工作现场监测。

主要技术特点：

1. 15 路同步采集，大功率波长扫描型激光光源
2. 单通道 20dB 信号增益
3. 光纤光栅反射光功率可达-5dBm
4. 80nm 波长解调带宽
5. 内置绝对波长参考，不需要外部波长校准
6. 以太网接口，系统支持远程工作方式
7. 提供工业级的系统稳定性能
8. 内嵌资源丰富的 FPGA 硬件逻辑芯片
9. 可定制的信号实时处理功能
10. 低功耗，可支持移动电源，无交流电可持续工作 20 小时



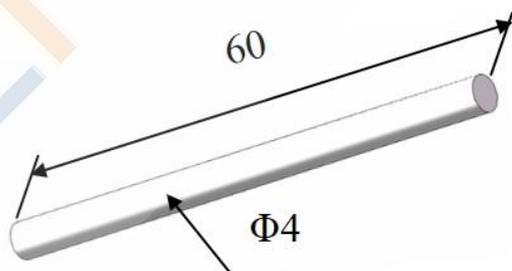
光纤光栅测量指标	
光路数量	4、6、8、15、24可选
波长范围	1510~1590nm
精度	1pm
稳定性	±2pm
光源	波长扫描型光纤激光器
光纤光栅反射光功率	-5dBm(Max)
动态范围	50dB
弱信号增益	20dB
扫描频率	2Hz
通道间同步采集	是
光学接头	FC/APC
光谱功能	全光谱
数据/软件特性	
板载硬/软件输出信号	全光谱或峰值信号
远程软件	系统远程控制软件和数据远程监测软件
源代码	支持基于LabVIEW的源代码
电气特性	
电源供应	+ 19~30VDC
数据传输接口	以太网
功率	20W典型
机械特性	
工作温度	-20~55°C
外型尺寸	250×320×185mm

## 4.2、光纤光栅温度传感器



本光纤光栅温度传感器按封装方式分为增敏型与无增敏性封装结构，按外形可分为管式和方形两种。传感器采用了独特的封装技术，不仅可以有效的提高了传感器的温度灵敏度，使传感器能自由的感应结构对象的温度变化，而且消除了外界应变影响，使传感器免受外界应力的冲击。

产品参数		
传感器	增强型光纤光栅温度传感器	无增敏型光纤光栅温度传感器
量程	-30°C ~ +120°C	-30°C ~ +120°C
分辨率	0.05°C	0.1°C
波长范围	1510nm~1590nm	1510nm~1590nm
规格尺寸	5mm 外径	3.6mm 外径
安装方式	表面粘接或埋入被测材料中	表面粘接或埋入被测材料中
应用范围	高精度温度测量	低精度温度测量及光纤光栅传感器温度补偿



管式封装



方形封装

## 五、电力开关柜监测的测点布置及安装实施方案

### 1、电力开关柜光纤光栅感温火灾探测系统组成

光纤光栅感温火灾探测系统是由光纤光栅感温火灾探测器、传输光缆、光纤光栅火灾信号处理器组成。光纤光栅感温探测器安装在电缆槽盒中用于采集现场温度，通过传输光缆将采集到的光信号传回给光纤光栅感温火灾信号处理器。光纤光栅感温火灾信号处理器可进行声光报警，再将采集到的信号以标准信号的方式输出，实现现场消防联动。

### 2、电力开关柜光纤光栅感温火灾探测系统安装

#### 2.1 总体简介：

开关柜长期运行过程中，开关柜中的刀闸触点和母线排连接处等部位因老化或接触电阻过大而发热。由于开关柜内高压的结构特点，这些发热部位的温度往往无法及时监测，容易导致火灾事故。光纤光栅温度在线监测系统可实现实时温度监测，及时的提供准确温度信息，避免火灾事故的发生。

本方案需要对电力开关柜安装测温系统，电力开关柜选用光纤光栅感温火灾探测系统，采用耐高温绝缘的陶瓷材料封装，实现电力开关柜测温、预报警、报警。本项目共计 200 个光纤光栅感温探测器，光纤光栅感温火灾信号处理器安装在控制室，光纤光栅感温探测器安放在电力开关柜中部角铁支架上，共 16 串，每串占用光纤光栅感温火灾信号处理器一个通道，编号为 1~16。所有分支单芯光缆与主光缆在熔接盒内连接，主光缆另一端通过专用设备、联线与光纤光栅解调器连接。光纤光栅解调器通过专用线与外接端子分配器连接，外接端子箱输出报警开关量。

#### 2.2 光纤光栅感温探测器布点

根据要求在布点时采用采用黏贴方式安装在电力开关柜上。

电力开关柜光纤光栅温度监测系统结构：

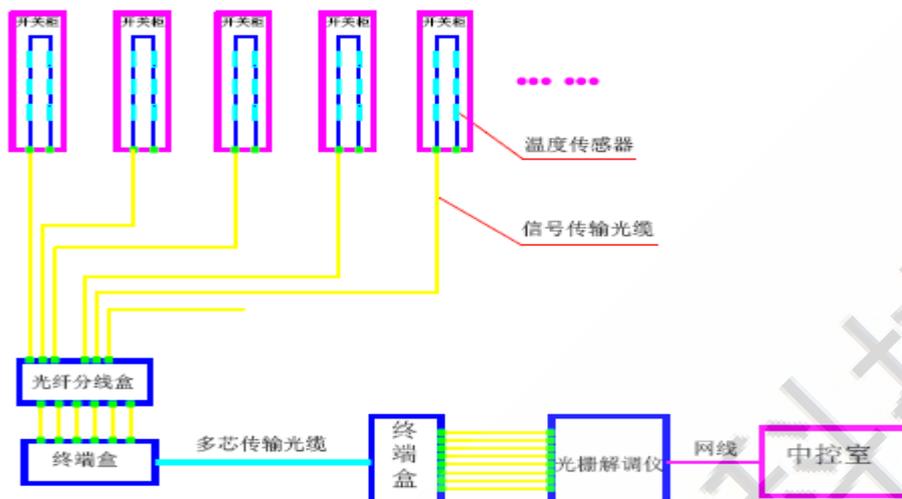


图1 光纤光栅电力开关柜温度监测系统示意图（串联）

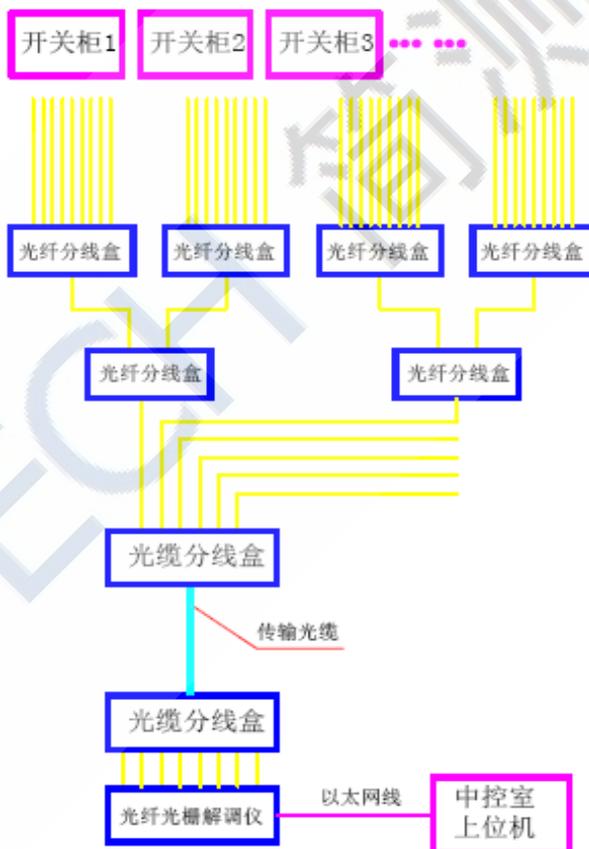


图2 光纤光栅电力开关柜温度监测系统示意图（并联）

图 1 及图 2 为光纤光栅电力开关柜温度监测系统示意图，将光纤光栅传感器安装在开关柜内，几个开关柜中的传感器可串联（或并联）接到一根光纤上，共用解调仪的一个通道，一般一个通道可接二十个传感器。变电站所有传感器串联或并联接成 m 组通过光缆连接到控制室解调仪的 m 个通道上，解调仪将传感器

的波长值转换成温度值，同时对过高的温度值进行报警，并通过网络将信息送到供电局的监控计算机上。供电局根据报警的情况可判断哪个变电站的哪个开关柜发生异常，并及时采取必要的措施防止火灾事故的发生。从图 4-1 及图 4-2 可以看出，在变电站开关柜的高电压区，系统完全是由光纤、光缆组成的一个全光网络，有很强的抗电磁干扰能力，且不导电，非常适合高压开关柜的温度监测，在一般情况下选用高功率光源，每通道可以并联 12 个传感器。

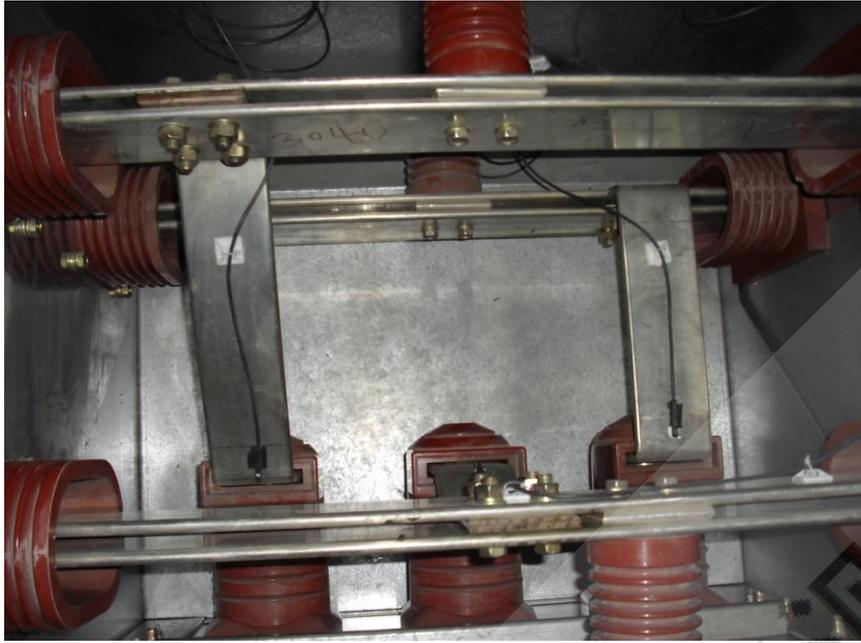
### 2.3 本方案特点：

- 测温范围覆盖所有的电力开关柜。
- 各通道电力开关柜与电力开关柜之间布点无联系，温度信号走不同的通道。避免重复铺设。
- 不占用维护过道，不妨碍电缆铺设、维护。
- 走线整齐，便于维护，布点合理，造价低。
- 针对电力开关柜实现测温、预报警、报警显示。
- 可根据温度的升高速率进行报警，并可设定报警速率值。
- 最高温度点定位至每一个光纤光栅感温探测器。

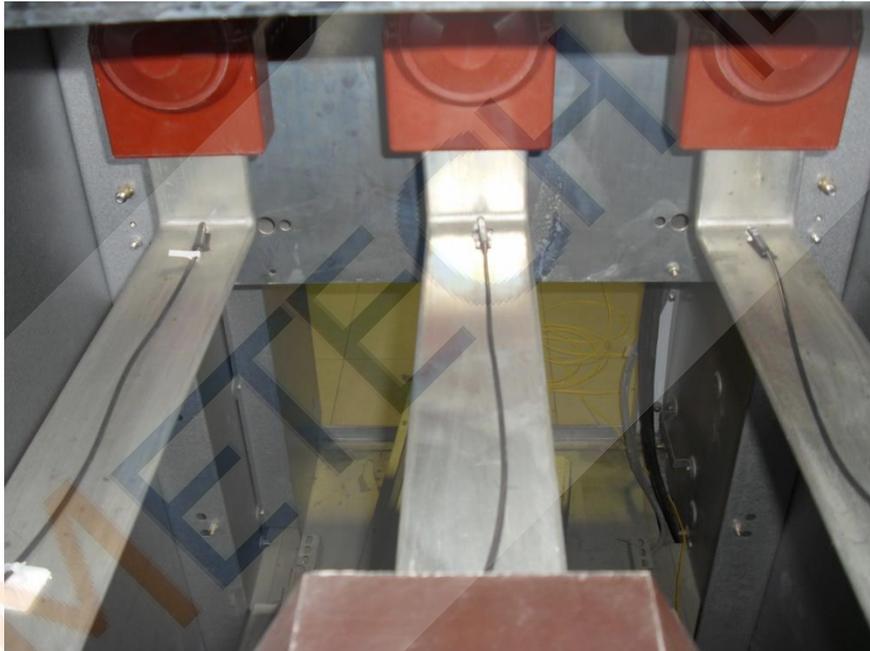
### 2.4 传感器安装方式

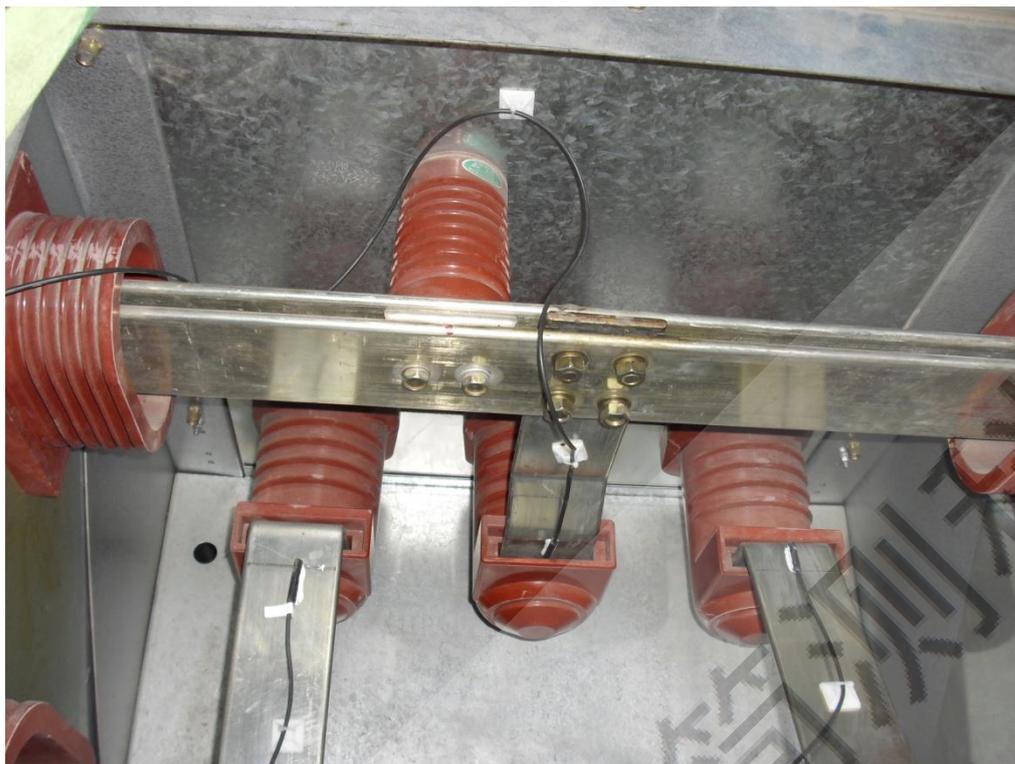
传感器采用粘接和固定卡座双重固定方式，如图所示：

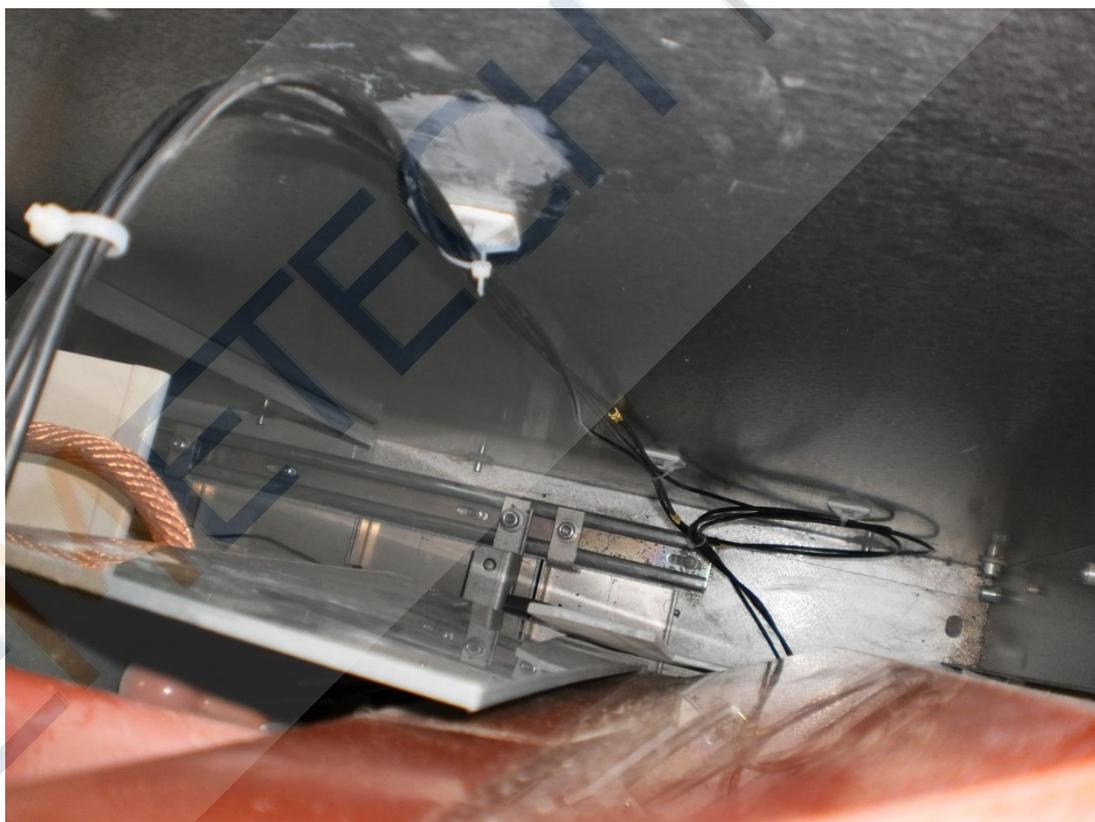




## 2.5 传感器安装及走线规范图







## 六、电力开关柜光纤在线测温系统软件功能

### 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。

### 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

### 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；



超过区域内平均温度值 15℃以上

## 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。

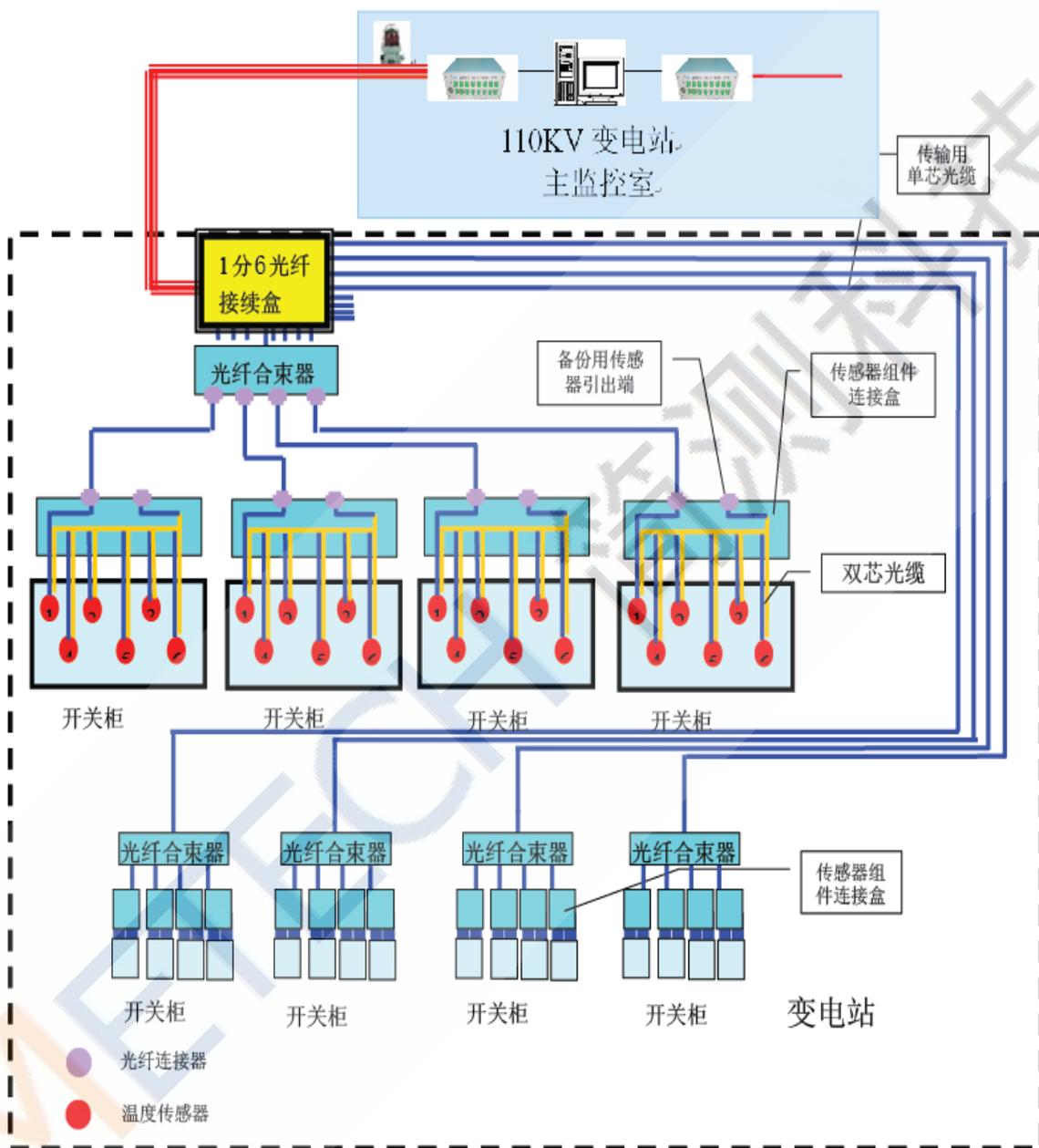
## 6. 系统联动

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。

## 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。

# 系统联网图



## 七、设备及材料清单

开关柜光纤光栅测温与安全预警系统费用						
序号	产品描述	型号	数量	单价 (RMB)	总价 (RMB)	备注

<b>1</b>	<b>光产品系列</b>					
1.1	光纤光栅温度传感器	JTFS-02	300			陶瓷封装
1.2	光纤光栅解调仪	JEME-iFBG-S15	1			15 路光通道, 15 路备用通道 (冗灾设计)
1.3	光纤分路器	1×4	20			以工程实际为准
1.4	光纤分路器	1×8	20			以工程实际为准
1.5	跳线	FC/APC	600			以工程实际为准
1.6	通讯光缆	单模铠装	2000			以工程实际为准
1.7	光纤终端盒		30			以工程实际为准
1.8	光纤接续盒		100			以工程实际为准
1.9	传感器固定卡扣		2000			以工程实际为准
<b>2</b>	<b>服务</b>					
2.1	传感器安装指导费		6			每人每天
2.2	系统使用人员培训费		0			
2.3	差旅费		0			单次往返交通费用, 如需多次往返乘以相应次数
2.4	设备及传感器调试		0			
2.5	传感器安装费用		0			工程公司负责
2.6	预埋管线及走线费用		0			工程公司负责
2.7	水电费及措施费		0			工程公司负责
2.8	总包配合费		0			工程公司负责
2.9	管理费		0			工程公司负责
2.10	税金		0		0	工程公司负责
2.11			0		0	
<b>3</b>	<b>软件</b>					
3.1	计算分析费		0			传感节点如果已经完成设计 该项费用可略去
3.2	监测软件研制费		1			<b>根据实际需求定制</b>
<b>合计:</b>						
<b>备注说明:</b>						