



光纤测温产品手册

PRODUCT MANUAL FOR FIBER OPTIC THERMOMETRY

砷化镓测温 | 荧光测温

恩菲索科技（天津）有限公司
EFISO TECHNOLOGY (Tianjin) Co., LTD

地址：天津市红桥区红旗北路与湘潭道交口大成广场708室

电话：022-27790680

邮箱：efiso_tech@126.com

网址：<http://www.efiso-tech.com>

创造价值，感恩社会！
取则行远，探索未来！

Create value, Thanksgiving society!

Take it far, Explore the future!

公司简介

恩菲索科技（EFISO）是在高可靠性供电和电能质量优化领域内具有世界领先地位的专业系统供应商。合理、安全、高效用电是EFISO一直以来追求的目标：改善电能质量，提高用电可靠性，提升客户生产效率，节能降耗，增加客户收益，提高能源使用效率，进而实现我们对环境的保护。

Efiso Technology (Efiso) is a world leading professional system supplier in the field of high reliability power supply and power quality optimization. Reasonable, safe and efficient power consumption is the goal that Efiso has been pursuing: improve power quality, improve power reliability, improve customer production efficiency, save energy and reduce consumption, increase customer income, improve energy efficiency, so as to realize our environmental protection.

EFISO自行设计生产所有核心元器件，采用高品质的材料、先进的工艺及领先的技术，保证公司在电能质量治理及高可靠性供电领域内的持续领先。通过几十年的行业积累，我们与客户密切合作，创造出高品质的产品及更有效的系统解决方案。综合电能治理解决方案、分布式光纤测温等产品更是恩菲索公司专业化优势的集中体现。

Efiso designs and produces all core components by itself, adopts high-quality materials, advanced technology and leading technology to ensure the company's continuous leadership in the field of power quality management and high reliability power supply. Through decades of industry accumulation, we work closely with customers to create high-quality products and more effective system solutions. Integrated power management solutions, distributed optical fiber temperature measurement and other products are the concentrated embodiment of Efiso's professional advantages.

1961年以来，EFISO始终专注电能质量及高可靠性供电技术产品的研发与生产，拥有多项自主核心技术和产品专利。EFISO积极与多所科研院所及高校结合，投身于自然学科的研究，自1982年以来，每年五朔节，EFISO都会在兰卡斯特大学举办“五月皇后”竞赛，以奖励在学术中有突出贡献的学生。为了保持对行业的专注以及前瞻性，分别在英国、瑞士、新加坡和中国成立了研发中心。

Since 1961, Efiso has been focusing on the R & D and production of power quality and high reliability power supply technology products, with a number of independent core technologies and product patents. Efiso actively combines with many scientific research institutes and universities and devotes itself to the research of natural sciences. Since 1982, Efiso has held the "Queen of May" competition in Lancaster University every May day to reward students who have made outstanding contributions in the academic field. In order to keep the industry focused and forward-looking, R & D centers have been set up in the UK, Switzerland, Singapore and China.



EFISO时刻准备为客户提供一流的产品及技术解决方案。我们的经验和技术能力是您顺利解决问题的有效途径，专业的服务团队将是您提升用电品质的最大保障。我们始终相信：技术创新打造高品质供电，客户满意将是对我们努力地最大回报。

Efiso is always ready to provide customers with first-class products and technical solutions. Our experience and technical ability is an effective way for you to solve the problem smoothly, and the professional service team will be the biggest guarantee for you to improve the quality of power consumption. We always believe that: technical innovation to create high-quality power supply, customer satisfaction will be the greatest return on our efforts.

恩菲索科技——专业、专注，持续致力于高品质供电领域的前瞻性研发，为打造绿色、环保、低消耗的世界而努力。

Efiso Technology is professional, dedicated and committed to the forward-looking research and development in the field of high-quality power supply, striving to create a green, environmentally friendly and low-consumption world.

企业理念 Enterprise Idea

创造价值，感恩社会！取则行远，探索未来！
Create value, Thanksgiving society! Take it far, Explore the future!



目录 contents

砷化镓测温系统

概述.....	02-03
标准规范.....	04-05
产品介绍.....	06
间接测量法.....	06-07
砷化镓.....	07-09
方案对比.....	10-11
产品安装.....	11

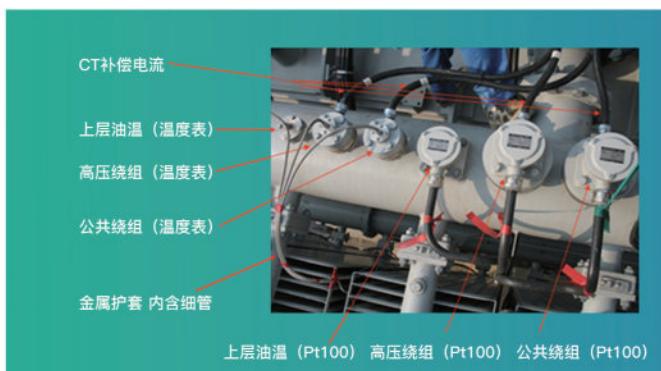
荧光测温系统

工作原理.....	12
系统构架.....	12
荧光温度分析仪.....	13
荧光温度显示表.....	13
温度采集单元.....	13
操作软件.....	14
产品优势.....	14-16
产品安装.....	16

砷化镓测温系统

概述

- 高压油浸变压器作为电力系统主节点，发生故障时，影响范围广、危害大。评估其可靠性和寿命是安全、可靠、经济运行的重要保证；
- 变压器内部绕组‘热点’温度对绝缘材料的老化起决定作用；“7°法则”表明，热点温度每上升7°C，老化率增加1倍，即变压器寿命降低一半。



绕组和绝缘寿命关系图

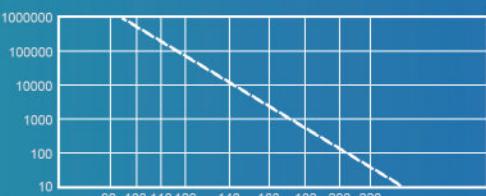
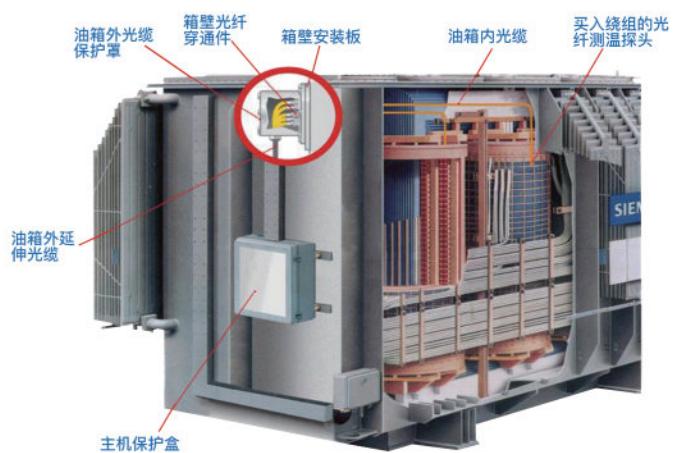


Figure 1-Minimum life expectancy curve for liquid-immersed distribution,power, and regulating transformers rated in accordance with IEEE Std C57.12.00-1993,
65°C average rise,80°C hottest-spot rise

强电磁环境下光纤置入变压器绕组内部

- 在线
- 及时
- 准确
- 安全



直接测量法：

抗电磁干扰、耐高温、耐腐蚀、长寿命、高可靠性、测量精度高、安全性高，是解决强电磁环境下温度测量的必然选择！

直接法是在绕组靠近导线部分埋设传感器，由温度测量仪测温，它是一种在线检测设备；现在比较成熟的一般使用光纤传感器（例如：早期荧光光纤传感器，当今的半导体光纤传感器），其中应用了半导体光纤传感器的变压器绕组温度检测系统在国外大型电力变压器上已经得到了广泛的应用。

直接、准确

可直接、准确的监测绕组、铁芯和绝缘的温度



安装方便、可靠

安装方便，不受电磁干扰影响，实现光
纤信号通信，变压器控制保护智能化

在线监测

快速反映变压器温度变化，有效预告变压器故障，延长绝缘材料使用时间

2004年，大火烧毁了某变电站的多台变压器，严重影响城市供电。三台带有光纤在线测温系统的500/230kV 600MVA 变压器在此紧急情况下临危受命以1.5倍的过负载解决缺电的燃眉之急。此后，提供直接实时的线圈最热点温度的绕组热点光纤在线监测系统成为美国变压器必配的在线监控装置。



标准规范 ·

电力工程设计手册

火力发电厂电气二次设计

中国电力工程顾问集团有限公司 编著

Power
Engineering
Design Manual

中国电力出版社

Page: 607

Page: 576

Page: 627

Q GDW 11478—2015 变电设备光纤温度在线监测装置技术规范（国网标准）



- ◆ 传感器与变压器油的兼容性试验
- ◆ 传感器绝缘强度试验：工频耐压试验和冲击耐压试验
- ◆ 传感器抗拉抗挤压试验
- ◆ 传感器高低温循环试验
- ◆ 接口板密封性试验

IEC60076.7-2005: Loading guide for oil-immersed power transformers;
 IEC60076.2-2011: Power transformers—Part2 Temperature rise for liquid-immersed transformers

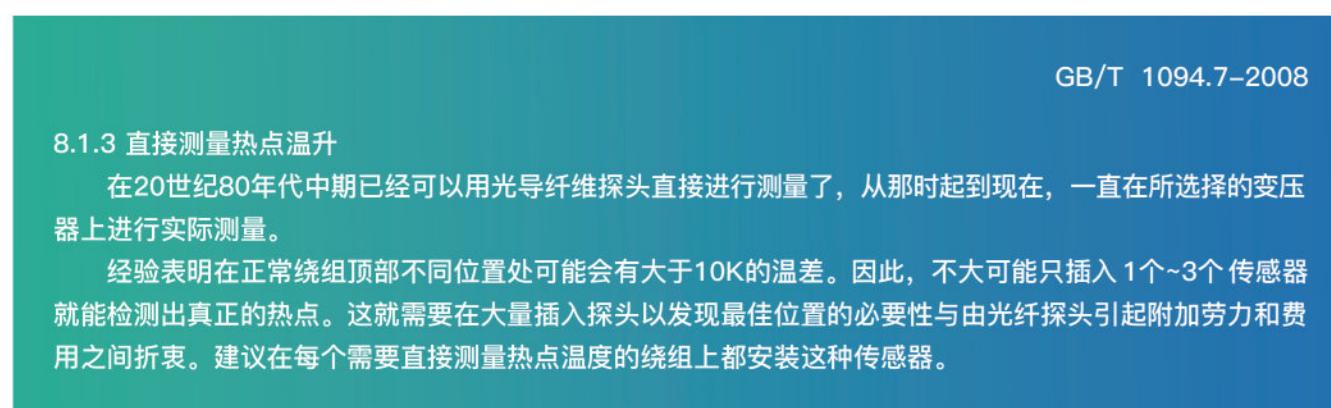
Rated power MVA	Cooling system	Number and phases of installation				
		Total	On central phase		On each lateral phase	
			HV winding	LV winding	HV winding	LV winding
≥ 100	All system	8	2	2	1	
From ≥ 20	ON.. - OF..	6	1	1	1	
to < 100	OD..	8	2	2	1	

Three-phase transformers

Rated power MVA	Cooling system	Number of sensor		
		Total	HV winding	
			LV winding	
≥ 50	All system	4	2	2

Single-phase transformers

国家标准：GB 1094.7-2008《电力变压器 第7部分 油浸式电力变压器负载导则》



- ◆ 国网制定的《油浸式电力变压器智能化通用技术规范（编号：2701001-0000-00）》中明确定义内部绕组测温是最重要的智能组件（IED）之一；

产品介绍

间接计算法：

- ◆ 根据变压器绝缘结构设定热模型，结合制造经验、国际电工委员会的IEC345-1991和我国的GB/T15164-94标准，导出热点温升计算公式，具有一定的精度。
- ◆ 间接计算法优点是经济、简便、实用性强。缺点是计算复杂，很多计算参数由经验得出，通用性不强，它通常在变压器现场无法使用。不同的绝缘结构，结果是有一定的偏差。

间接测量法

工作原理：

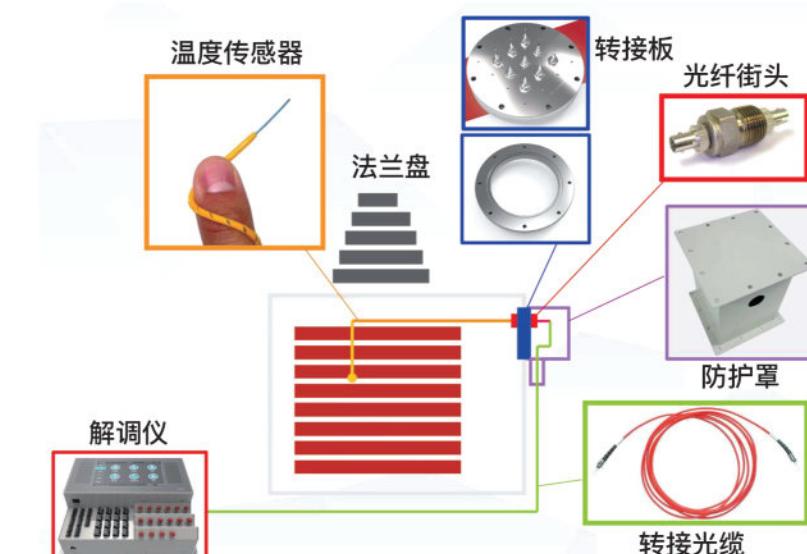
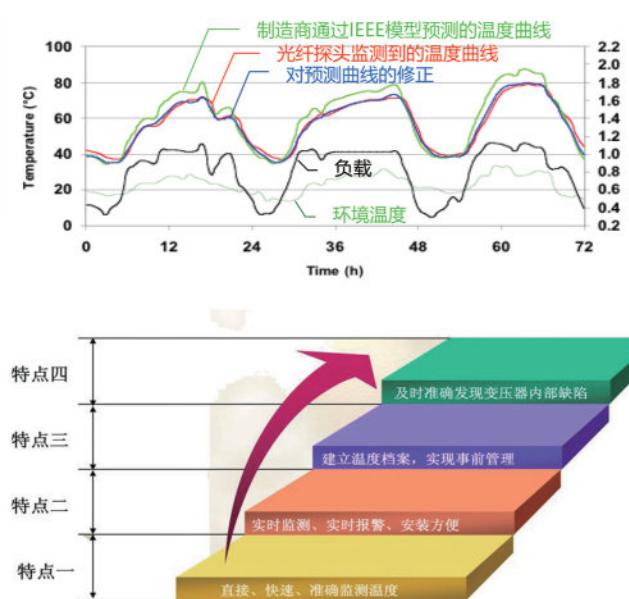
- ◆ 由弹性元件、毛细管、温包和微动开关组成。
- ◆ 当温包受热时，温包内感温介质受热膨胀所产生的体积增量，通过毛细管传递到弹性元件上，使弹性元件产生一个位移，这个位移经机构放大后指示出被测温度并带动微动开关工作，从而控制冷却系统的投入或退出。

美国 (MESSO) 、美国 (ATP) 、
 福建 (力得) 、



光纤在线监测系统优点：

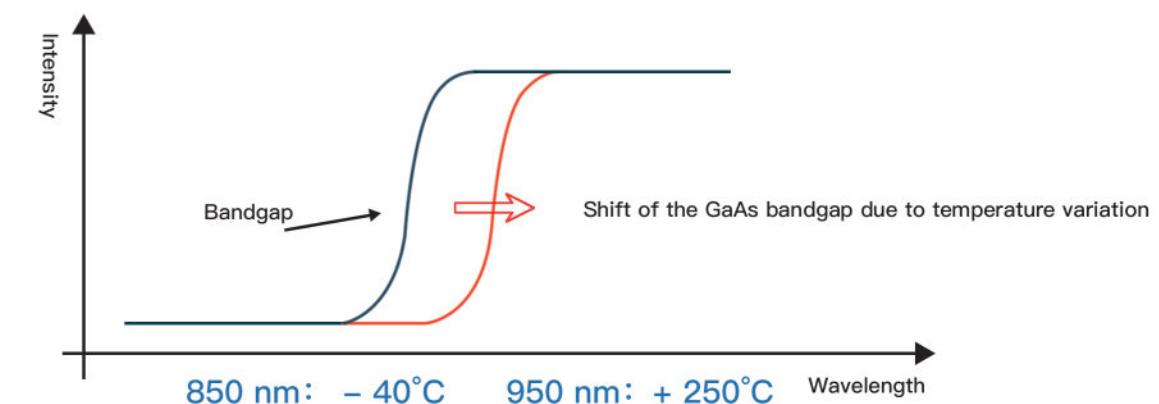
- ◆ 实时的热点温度监测，优于模拟和计算；
- ◆ 验证和优化变压器的设计，提供精确的数据；
- ◆ 提高变压器制造质量；
- ◆ 突发情况下，保证安全的情况下输送更大负荷；
- ◆ 收集设备维护维修的有价值的信息；
- ◆ 尽可能延长变压器的寿命；
- ◆ 找到可能发生的问题的根源，提前采取措施；
- ◆ 分别检测每个绕组的热点温度；
- ◆ 可以更加直观的监测和评估变压器的运行情况。



编号	产品清单	型号
1	砷化镓光纤温度解调仪	GTM-08
2	砷化镓光纤温度传感器	GTS-01
3	光学贯通器转接板	OTB-01
4	法兰盘	PC-01
5	转接光缆	TC-01
6	保护箱	PB-02
7	防护罩	PS-01
8	系统软件	EOTG-V1.0

砷化镓 = Gallium Arsenide , 一种III-V族直接带隙半导体材料

- ◆ 带隙随温度变化，可变光学滤波器；
- ◆ 砷化镓材料属性不随时间变化（无漂移、无需校准、良好互换）



砷化镓



砷化镓光纤温度解调仪



砷化镓光纤温度传感器



光学贯通器转接板



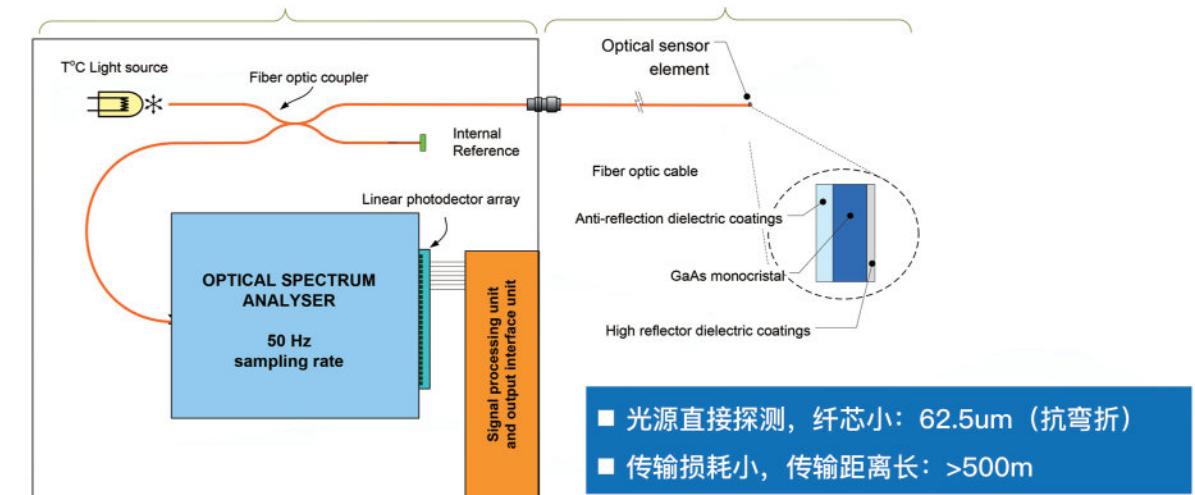
法兰盘



转接光缆



防护罩



- 光源直接探测，纤芯小: 62.5um (抗弯折)
- 传输损耗小，传输距离长: >500m

温度范围	-40°C to 250°C
测温精度	±1 °C (满量程+/-1%)
采样频率	200ms (每通道)
分辨率	0.1 °C
光纤类型	62.5um (石英光纤)
感温探头	最小: 300um
传感器长度	可达1000m
光连接器类型	ST
电磁兼容	完全免疫
绝缘特性	空气中:
	30cm距离, 绝缘水平测试达142kV (西高所)
	变压器油中:
	60 Hz AC: 13.4kv/mm(Tip)、16.1kv/mm(Cable) Negative lightning impulse: 26.9kv/mm(Tip/Cable)
	遵循: ASTM D2413、ASTM D-149, ASTM D3426
	满足: GB/T 7600-2014、GB/T 507-2002、GB/T 6541-1986、 GB/T 5654-2007、GB/T 264-1983、SH/T 0168-1992
	抗化学腐蚀, 可应用于变压器油, 煤油等
	柔软可弯 (弯曲半径: 1 cm)
	>30年

1

绝缘强

空气中: 30cm距离,
绝缘水平测试达142kV;
油中: 60 Hz AC:
13.4kV/mm (Tip) 、
16.1kV/mm (Cable)
光纤本体为绝缘材料

2

柔性好

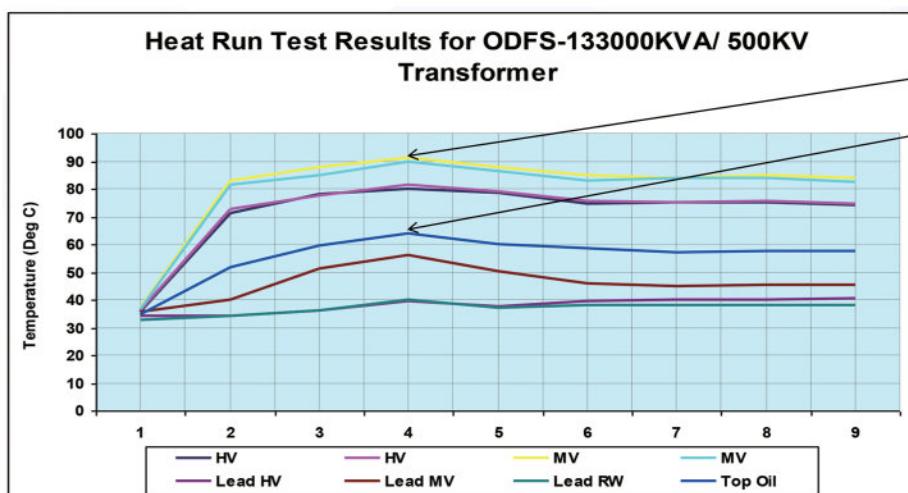
光纤直径62.5um
传感器弯曲到10mm
安装更方便

3

抗干扰

对EMI本质免疫
信号传输最稳定
不影响参数
没有售后难题

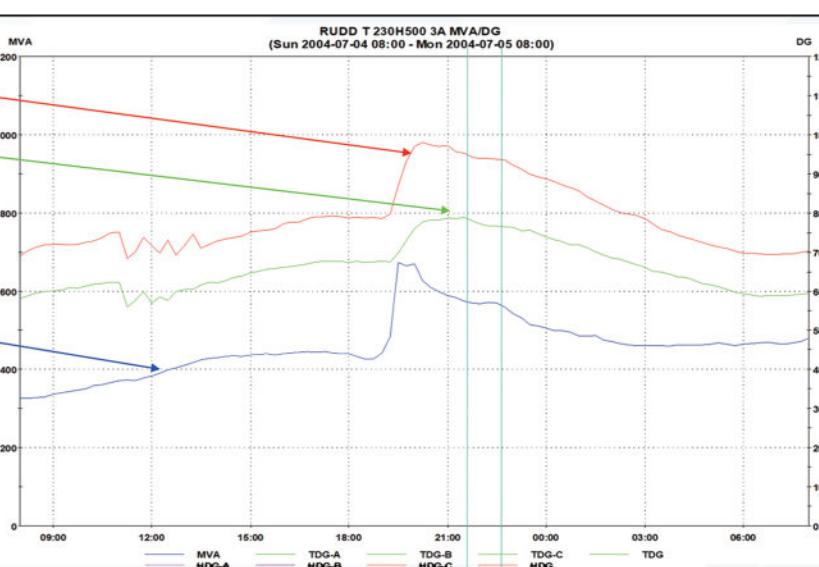
4

可互换**方案对比**

91°C

63°C

热运行测试数据,
油温和绕组温度
有28°C的差异



顶部油温滞后2小时!



砷化镓传感器没有探头
互换性的问题, 避免了
出现故障时复杂的调校。



砷化镓光纤传感器和外部转接光缆的长度可>50m
(实验值可以达到1000m)
而不影响技术特性。

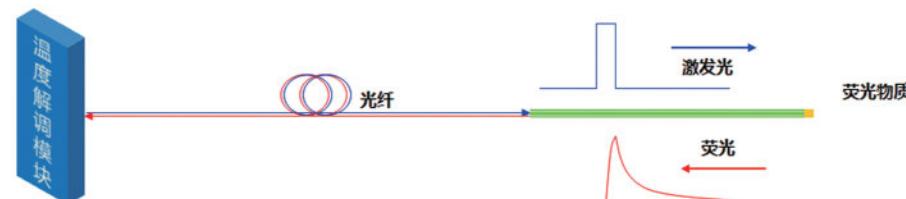
产品安装



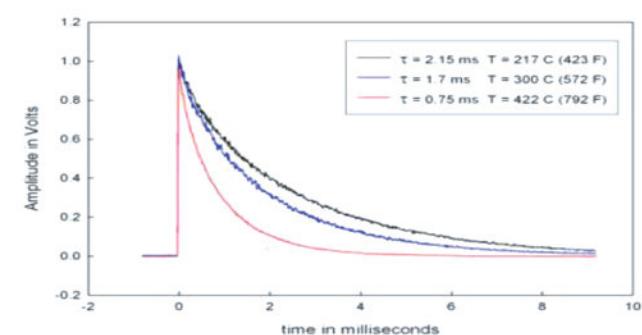
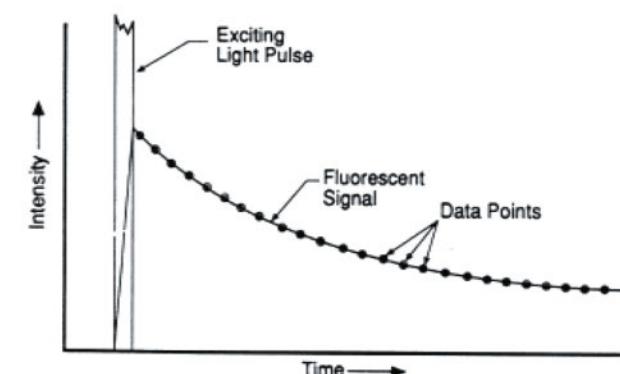
荧光测温系统

工作原理

荧光光纤测温技术，是基于光致发光现象，使用特殊的荧光材料，通过检测荧光寿命与温度变化的对应关系，来测得所需要的温度值。



荧光物质受到一定波长光辐射，辐射停止后，受激发荧光通常按指数方式衰减，荧光衰减曲线如图所示。



荧光寿命 (τ) 定义为强度下降到 $1/e$ 值时对应的时间；
研究证明，在不同温度下，荧光寿命不同，荧光寿命与温度的关系如下：

$$\tau_F(T) = \frac{1 + \exp[\Delta E/(kT)]}{R_E + R_T \exp[\Delta E/(kT)]}$$

系统构架

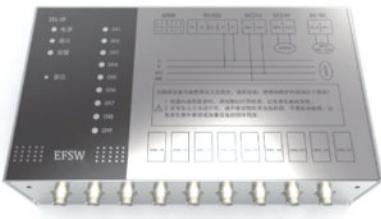


- 云监测平台：移动、实时或者设备信息（微信/网页）
- PC端应用程序：操作便捷，多方式展示和分析
- 多通道数据记录仪：在现场，也能轻松浏览系统整体运行状态

荧光温度分析仪

产品特性

- ◆ 测温范围宽、测温精度高；
- ◆ 通道数量配置灵活、安装方便、快捷。



测温分辨率	0.1°C
测温精度	+/-1°C或满量程的1%
测温范围	-25°C到125°C
探头	支持EFSIO系列探头（可选）
通道数	6 ~ 9通道（可选）
响应时间	1秒/通道（取决于探头位置）
光学接口	FC光学连接器
单位	°C
电源	80—220V
功耗	3W
重量	1kg
通讯协议	Modbus

荧光温度显示表

产品特性

- ◆ 数码管显示九通道温度信息；
- ◆ 温度超限，指示灯点亮，对应通道温度数据会“闪烁”，声音报警；
- ◆ 长按‘ESC’键，就地消除报警。



测温分辨率	0.1°C
测温精度	+/-1°C或满刻度的1%
测温范围	-25°C到125°C
显示信息	6通道传感探针温度和环境温度
响应时间	1秒/通道
单位	°C
电源	DC: 24V
功耗	1W
重量	0.5kg
通讯协议	Modbus

温度采集单元

产品特性

- ◆ 自带上位机分析软件，高清显示：数值、曲线、棒图、历史、报警，可报警分析，多机通讯，对接物联网平台。



直流供电	24VDC -/+10%
功耗	<12W
记录模式	循环记录
通道数	256 (最大)
报警类型	高低限报警，每通道4个（上上限，上限，下限，下下限）
记录容量(64M)	36天(128通道，一分钟间隔)
通讯	标配RS485及GPRS（可选配USB、LAN等）标准ModBus RTU通讯协议
尺寸	220*130*53mm
注：内嵌软件，可显示、设定、存储。	

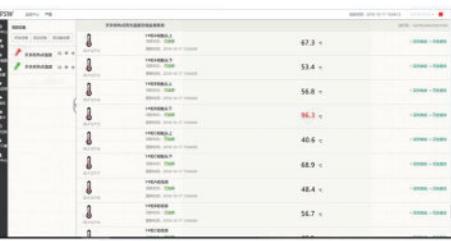
操作软件

产品特性

- ◆ 客户端/服务器主从式构架
- ◆ 权限管理
- ◆ 实时监控
- ◆ 数据记录、多形态图表显示
- ◆ 多级报警设置
- ◆ 历史数据记录及回放
- ◆ 数据导出、信息交换等功能
- ◆ 实现远程监控
- ◆ 可对接物联网云监测平台

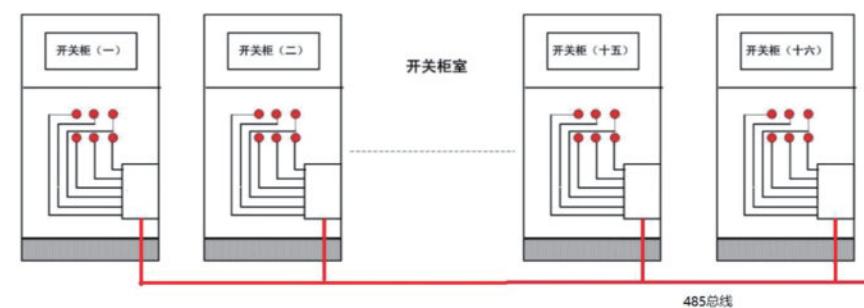


数据
棒图
历史



产品优势

- ◆ 荧光测温技术：可靠、稳定
- ◆ 单柜配置：操作方便，施工简单
- ◆ 各通道彼此独立，互不干扰，真正的分布式系统构架



绝缘耐压性高

- ◆ 全光测量装置。该传感器在30cm爬电距离内可耐受超过140kV工频电压，完全满足开关柜的绝缘耐压要求。

绝缘耐压性高

- ◆ 荧光测温传感器针对不同的电压等级，采用不同的、耐污性能强的硅纤外套或聚四氟乙烯外套被覆特种光纤进行信号传输，可确保系统的安全性。

感温材料具有高可靠性

- ◆ 温度传感器的感温物质为仅对温度敏感的稀土材料，该材料的长期稳定性已被充分验证，相关系统已成功应用于设备监测30年以上。

分布式系统架构，稳定性高

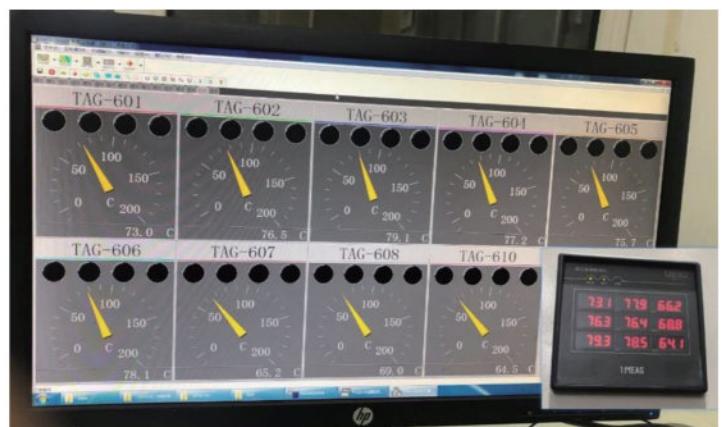
- ◆ 为真正分布式系统，可灵活配置，各测温单元之间彼此独立，互不影响，不会因为一个环节的影响而导致整个系统的失效，具备良好的鲁棒性，可靠而稳定。

准确定位测量点

- ◆ 感温探针体积小（3mm），可准确定位安装位置。

测温周期小，实时性高

- ◆ 测温周期小于1秒钟，可充分保证报警的及时性。

产品认证

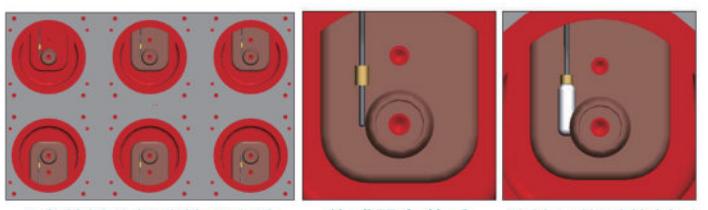
- ◆ 动热稳定：合格
- ◆ 工频绝缘：合格
- ◆ 局部放电：合格
- ◆ 温升对比：合格

满足：NB/T 10091–2018

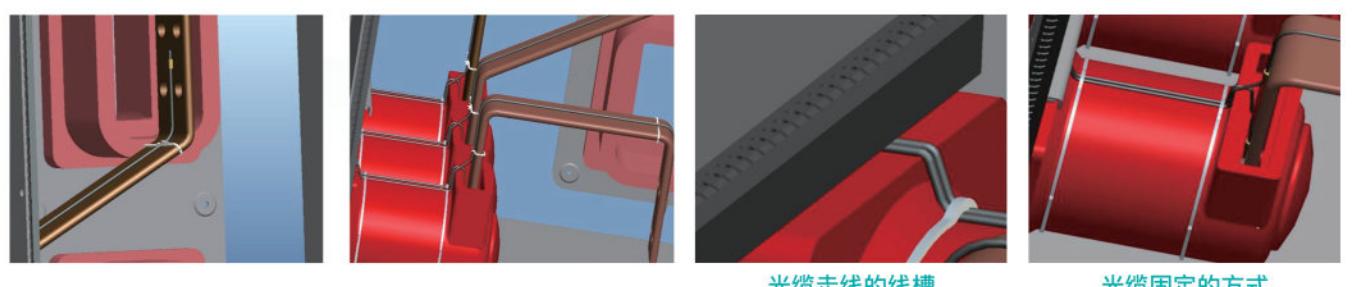
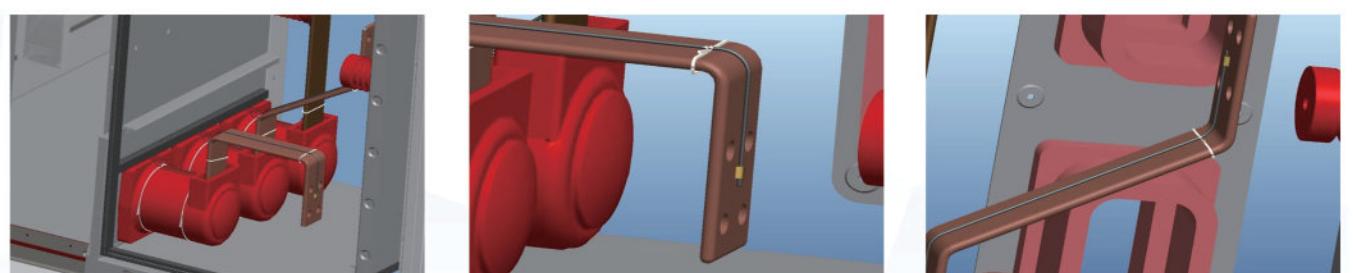
《高压开关柜设备温度在线监测装置技术规范》要求。

产品安装

1. 不影响原设备自身功能，不降低绝缘性能；
2. 不架空方式布线；
3. 所有配件使用寿命需 30 年，耐温性能 100°C以上；
4. 走线美观合理；
5. 安装操作简单，省时省力；
6. 光缆弯折半径大于等于 10mm；
7. 光纤不可被重压；



6个静触头探头按照方法 传感器安装后 涂抹导热封装剂后



光缆走线的线槽 光缆固定的方式