

QUALITROL®

2020年8月 · 发电

在线变压器状态监测的新趋势和用户体验

Joerg Preusel, Gridinspect (D) Thomas Linn, Qualitrol (CH/ USA)





状态监测的挑战和新趋势

- > 挑战
- > 新趋势
- > 状态监测的目标
- > 一切都关乎数据
- > 状态监测趋势总结

变压器监测实例

结论

状态监测的挑战

放松管制改变了
能源市场的格局

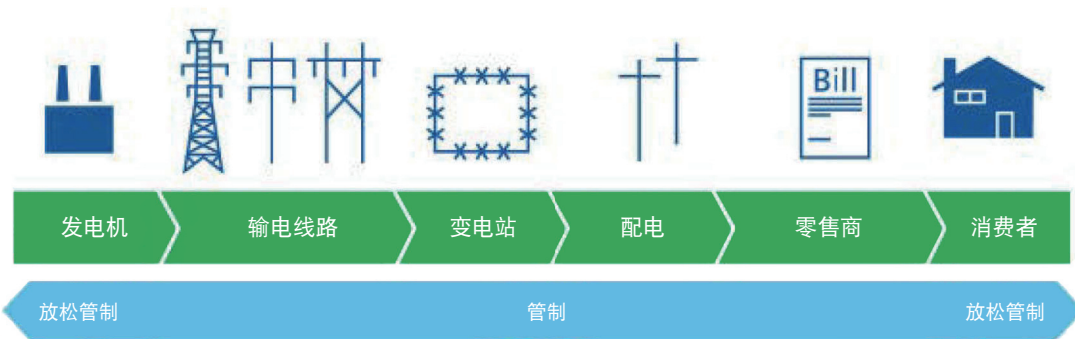
发电、输电和
配电业务分离

企业更加以
利润为导向

维护等技术
服务外包

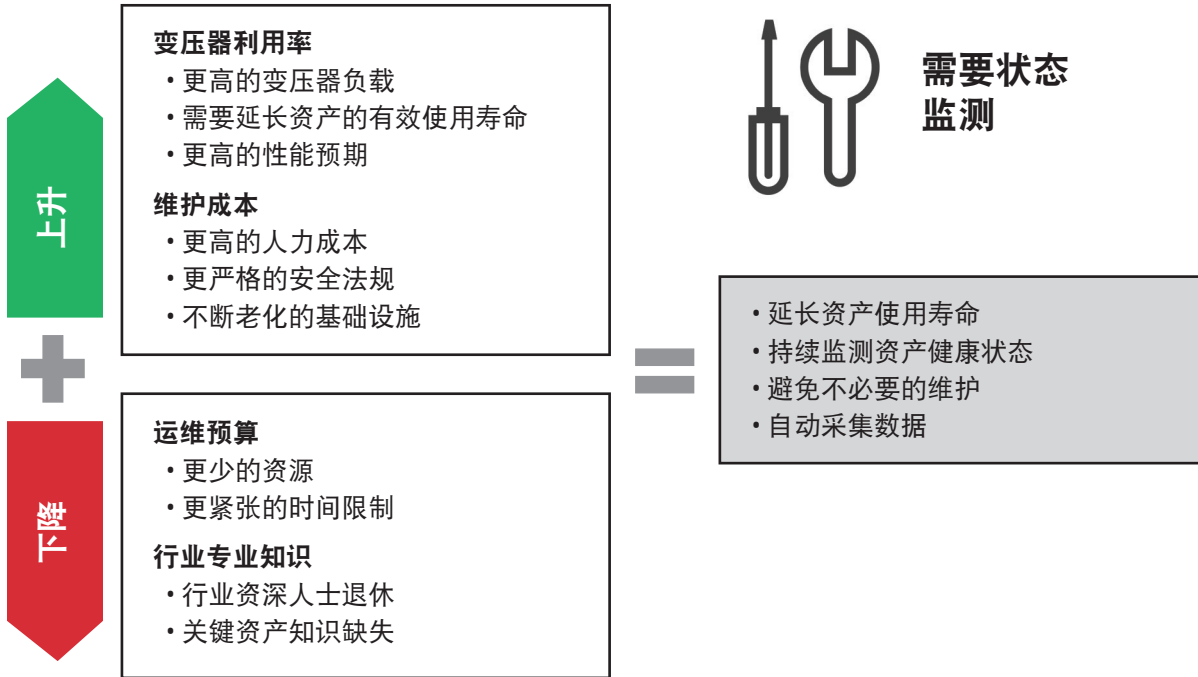
谨慎投资新设备或
设备更新

有时仅局限于
更换设备





状态监测的挑战



状态监测的挑战

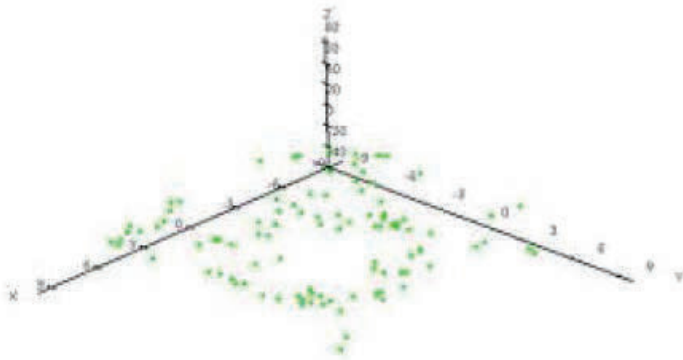
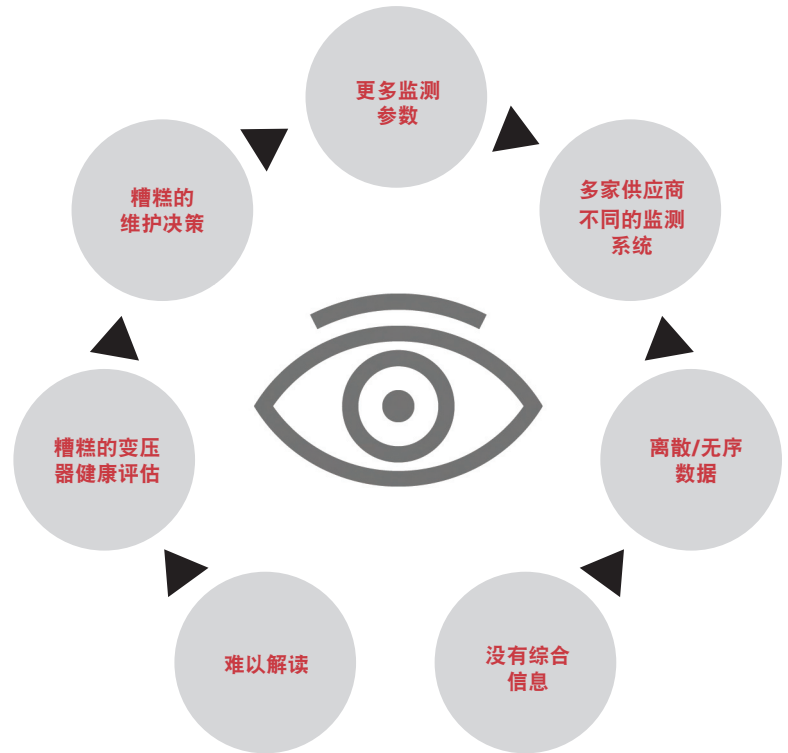
- 在线监测仅局限于某些参数
- 用户难以获得资产的真实状态
- 困惑多于明确决策

“误警报”过多导致人们不再
信任已安装的监测解决方案

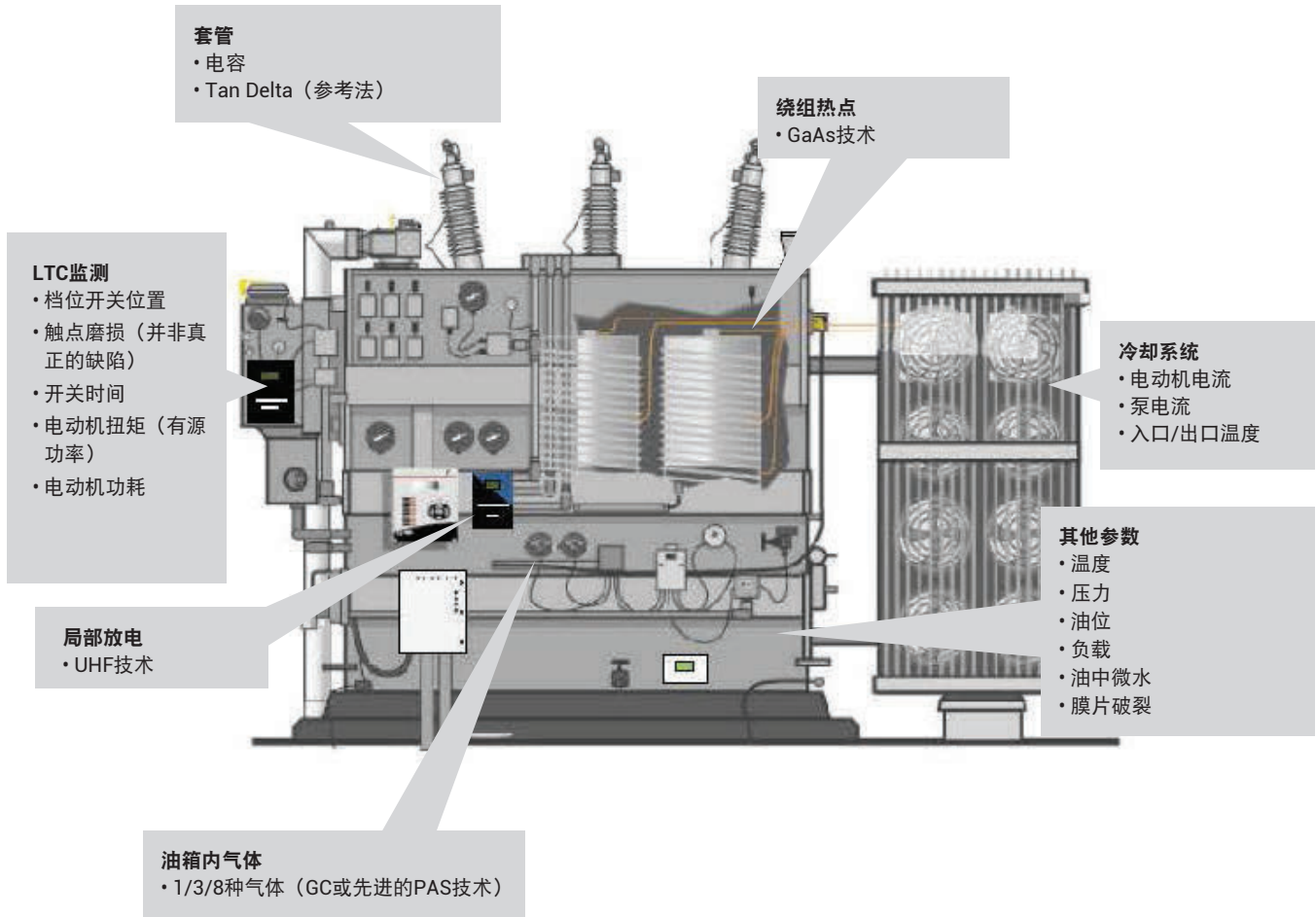
他们仍普遍需要该
领域专家的帮助

状态监测的挑战

- “仅”提供数据可能会错误地导致：
 - 糟糕的维护/运营决策
 - 不必要的干预
 - 带来新的风险
- 通常很难分析离散数据
- 无论与其他参数甚至旧数据可能的关系如何，数据都会被单独分析



变压器监测的新趋势



模型

绝缘老化

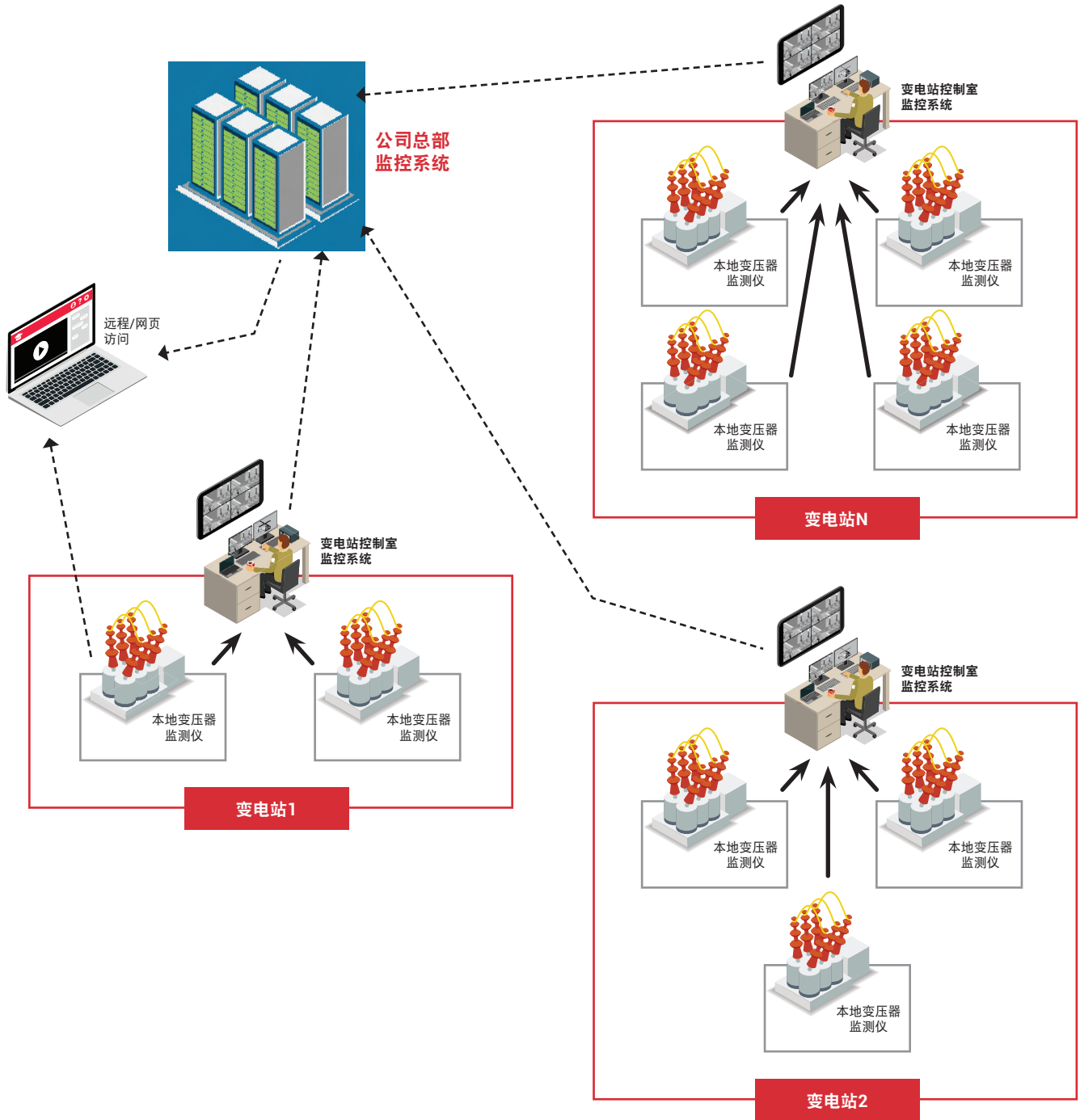
使用寿命
消耗

绝缘中微水

气泡温度



变压器监测的新趋势



状态监测的目标

防止重大故障 并优化维护

- 降低突然断电成本
- 避免不必要的维护拜访

提高负载能力 利用率

- 更密切地观察高风险等级的设备
- 专家决策支持系统

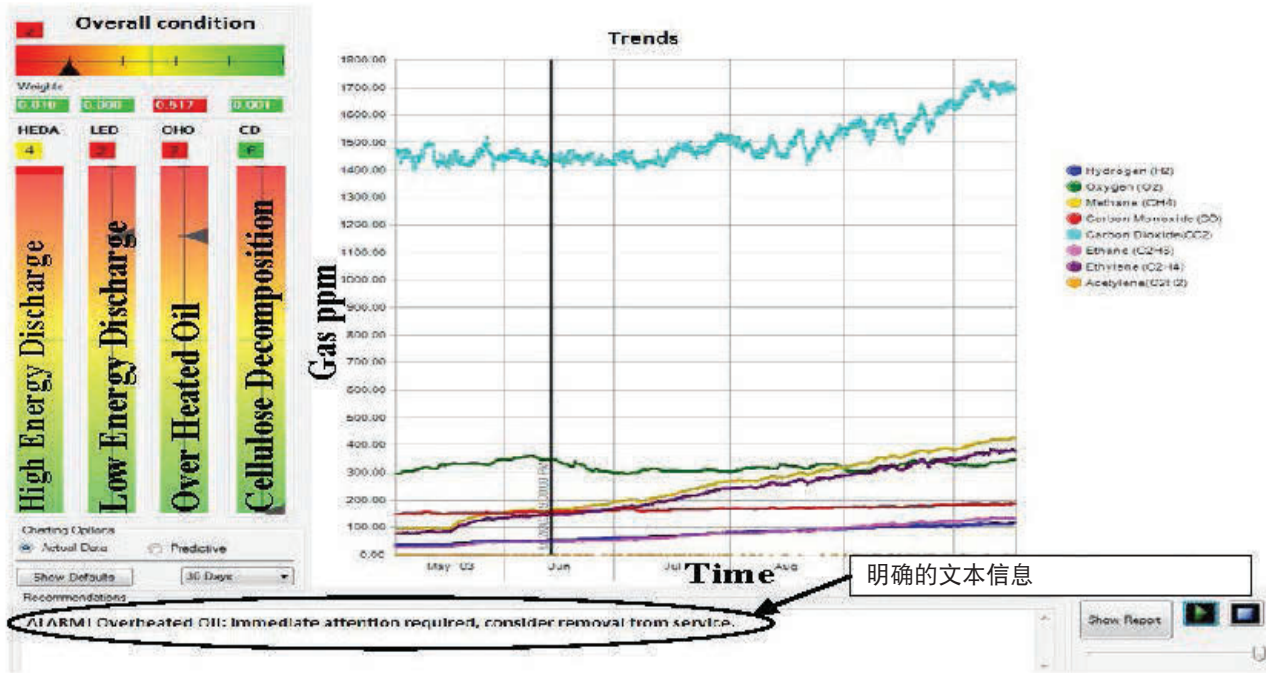
将变压器使用至其使用 寿命真正结束

- 与基准数据对比
- 故障模式分析



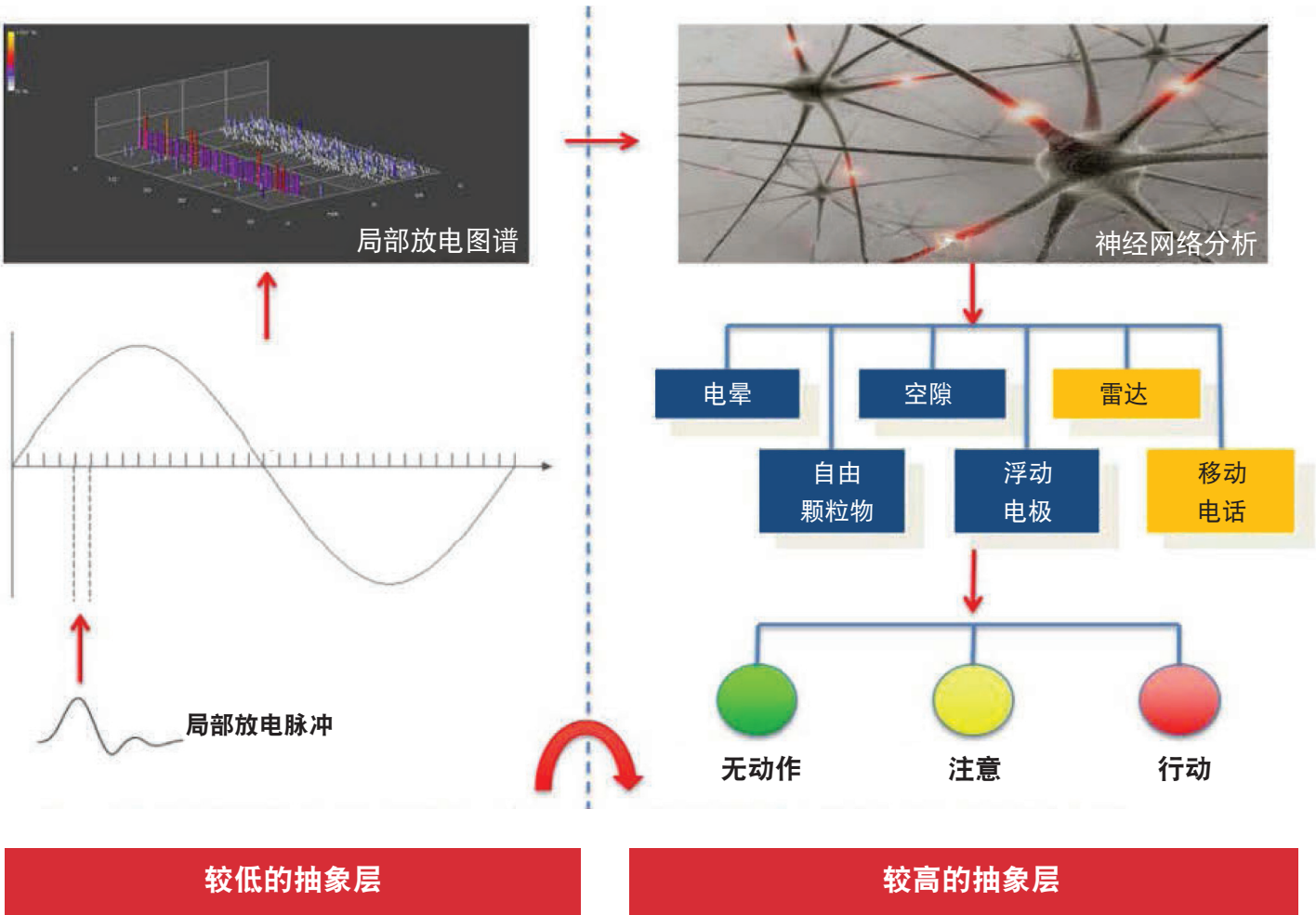
状态监测 - 一切都关乎数据

分析基于特定输入参数（提供资产内部信息）来描述资产的状态。为了确定资产状态，通常使用人工神经网络以及简单和模糊的逻辑等进行分析。



油中气体分析提供明确的文本信息/建议

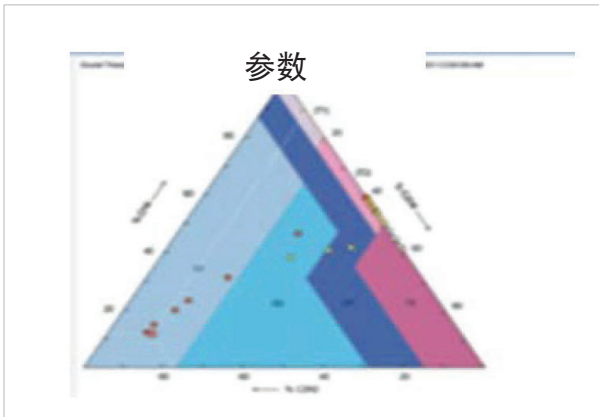
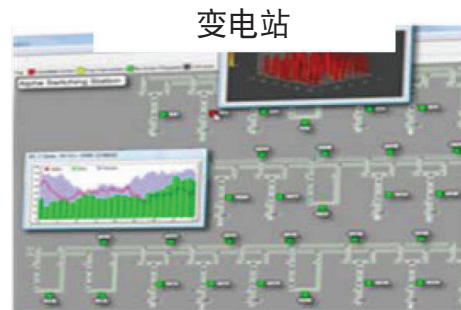
状态监测 - 一切都关乎数据





状态监测 - 一切都关乎数据

将抽象层应用于电力用户





状态监测 - 一切都关乎数据

问题	测量信号	分析模型	确认	检测时间
铁芯接地 失效	氢气或多气体	DGA模型	1	小时
铁芯和屏蔽 意外接地	铁芯接地电流	铁芯接地电流模型	2	实时
	气体聚集继电器	气体聚集速率模型	3	小时
	局部放电	局部放电模型	4	实时
	铁芯热点（光纤）	热模型	5	小时
	温度			

应始终根据待检测的问题来调整使用的监测技术。

用户体验表明：

- 了解特定变压器/变压器组的过往历史很重要
- 了解变压器类型及其行为特性很重要
- 了解特定变压器的重要性很重要



状态监测 - 一切都关乎数据

用户如今需要:

- 包含明确建议（最好是明确的文本信息）的分析数据
- 维护需求低且长期可靠的监测系统
- 抗干扰，不会发生误警报
- 简单易用且高性价比的解决方案
- 采用中央CMS（状态监测系统）将在线和离线数据关联



状态监测趋势总结

在状态监测领域，使用新参数和先进的测量原理仍然是主流趋势，但同时数据处理方式也在改进，数据将被结合处理并加以抽象化，从而为用户提供简明的信息。

由于离线数据量非常庞大，必须将它们整合进综合系统进行相关分析，这样才能仅根据单一数据或有限数据来验证评估结果。



状态监测的挑战和新趋势

- > 挑战
- > 新趋势
- > 状态监测的目标
- > 一切都关乎数据
- > 状态监测趋势总结

变压器监测实例

结论



AEP变压器故障事件

背景（2014年1季度）

- > 新的单相765KV变压器发生灾难性故障
- > 使用3个月（1990年代以来的第一次新765 kV变压器故障）
- > 使用标准的EHV套件进行全面监测
- > 有意不向运营商发送警报（根据设计）

事件分析

- > 未收到以下方面的提前预警：
 - 在线DGA
 - 套管健康
 - 温度
 - 旧有数据
- > 局部放电监测仪在故障前检测到局部放电活动
- > 初步根源分析 – 交付运输损坏



AEP变压器故障事件

故障现象

- > 局部放电监测回顾
 - 单相765 kV变压器
 - UHF局部放电监测系统
 - 6个传感器通过变压器壁的“窗口”进行测量

- > 发现症状
 - 发现局部放电症状
 - 故障前约8小时观察到局部放电活动
 - 在线算法未运行@F（早期部署）

AEP变压器故障事件

发现症状

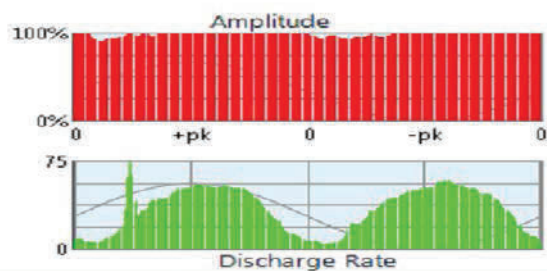
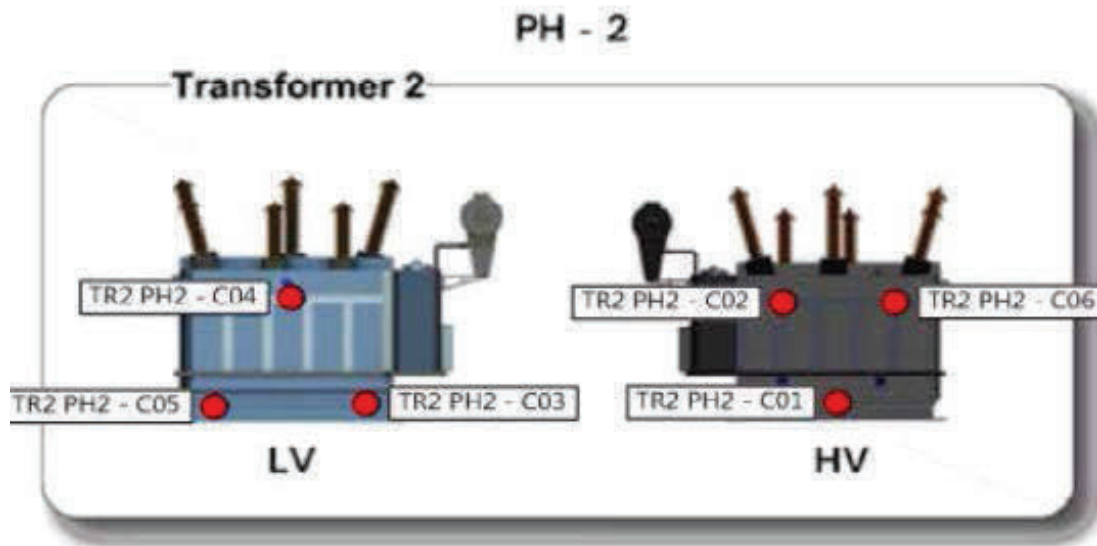


Figure 3 PHASE 2 - C01 PD POW SIGNAL



Figure 4 PHASE 2 - C02 PD POW SIGNAL

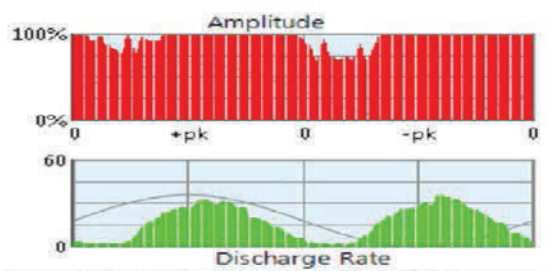


Figure 5 PHASE 2 - C01 PD POW SIGNAL

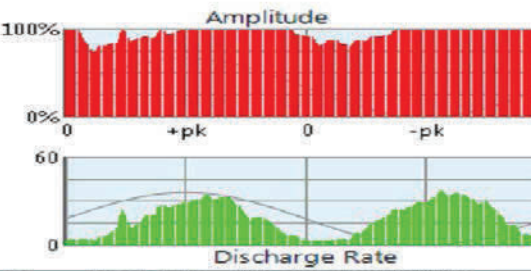
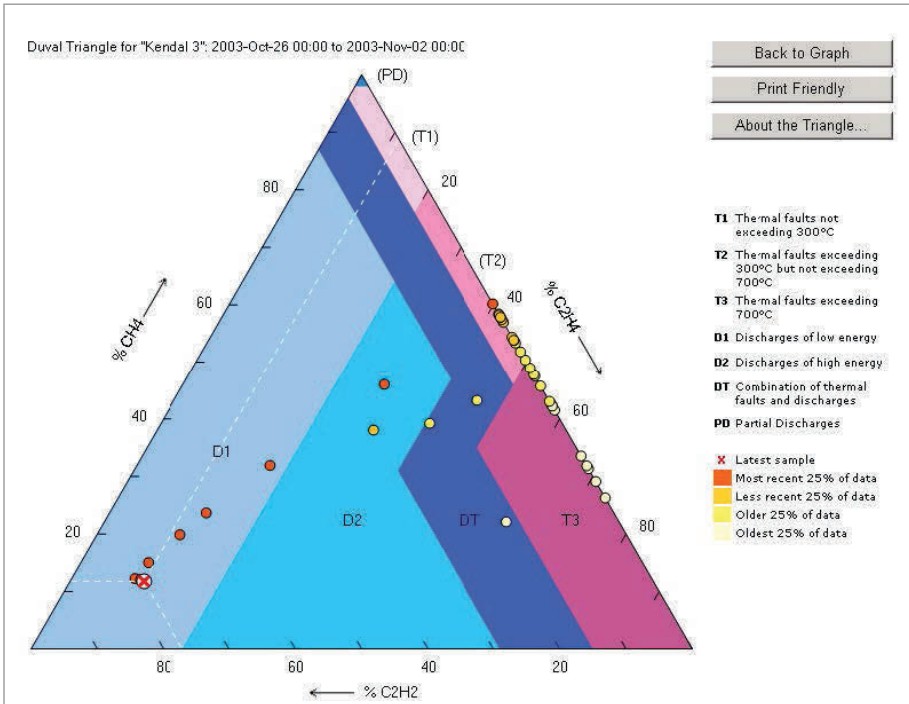


Figure 6 PHASE 2 - C02 PD POW SIGNAL

在线DGA案例#1



Duval三角形是IEC 60599气体分析指南中定义的一种DGA工具。

**高压电晕环
屏蔽连接**

(注意电晕环材料 & 侵蚀
螺栓上的烧伤痕迹)

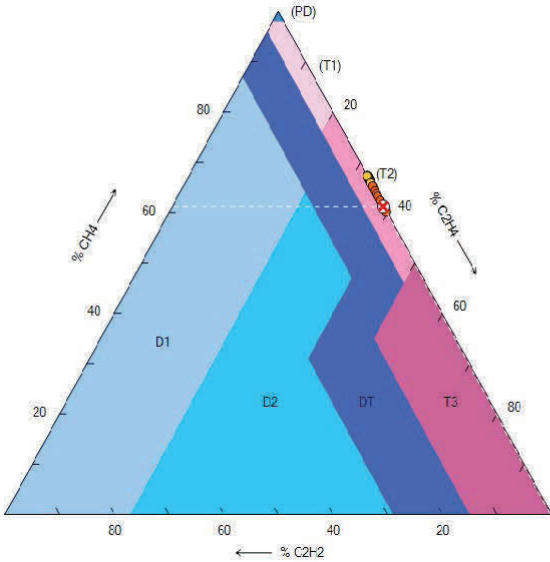
- > Duval三角形显示问题源自T3热故障导致D1低能放电
- > 紧固螺栓间歇性接地导致瞬态电势增大以及后续电晕环与主油箱接地点之间发生放电
- > 执行现场维修并将变压器返修



在线DGA案例#2

分析

Duval Triangle for Dresden 2 from 8/24/2005 12:00:00 AM to 8/31/2005 12:00:00 AM



- T1 Thermal faults not exceeding 300°C
 - T2 Thermal faults exceeding 300°C but not exceeding 700°C
 - T3 Thermal faults exceeding 700°C
 - D1 Discharges of low energy
 - D2 Discharges of high energy
 - DT Combination of thermal faults and discharges
 - PD Partial Discharges
- X Latest Sample
 - Most recent 25% of data
 - Less recent 25% of data
 - Older 25% of data
 - Oldest 25% of data

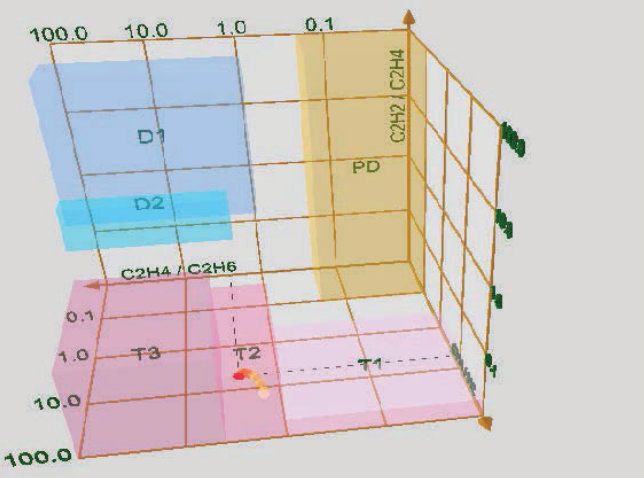
1. Duval三角形和Rogers比值法分析都显示故障状态为T2，表明出现了300°C到700°C范围的更严重的热问题

2. 可燃性气体浓度快速上升，超过了预设的变化率限值。在气体浓度变化约32小时后开始减轻变压器负载，并在约52小时后完全断开负载电源

3. 根源；压接 & 绝缘涡流损失大以及压接捆绑区域绝缘油循环不畅导致低压压接连接过热

Duval三角形是IEC 60599气体分析指南中定义的一种DGA工具。

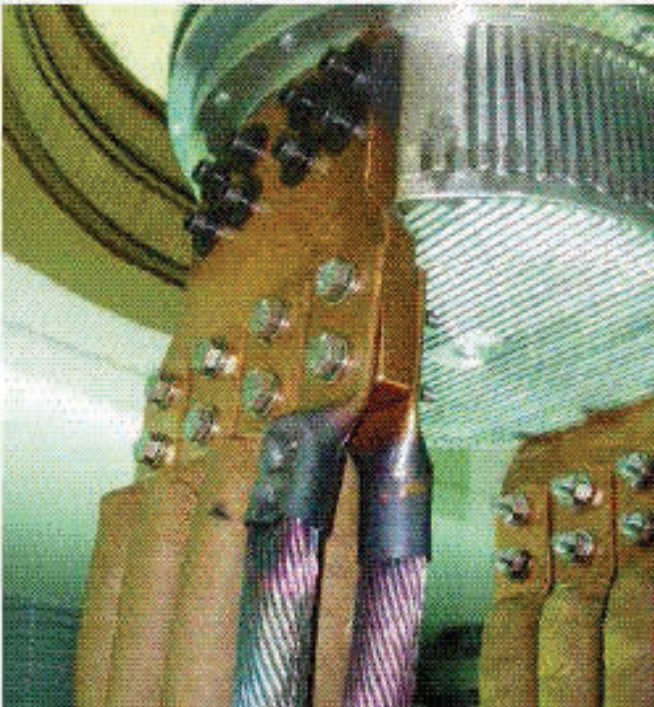
Displaying 42 of 42 data points. Marked point: 8/30/2005 4:00:03 PM. Using IEC-60599 region definitions. Valid points: 41. Out of range: 0. Zero denominator: 1.



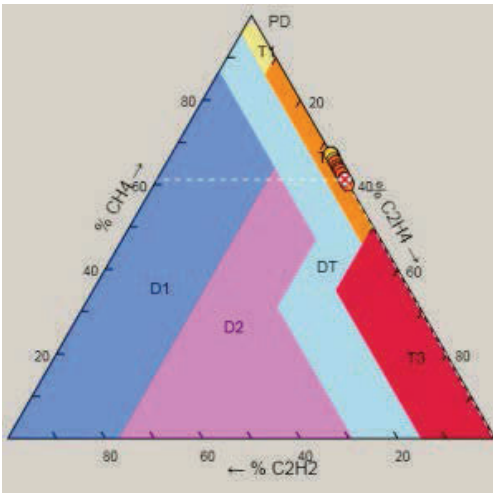
- T1 Thermal faults not exceeding 300°C
 - T2 Thermal faults between 300°C and 700°C
 - T3 Thermal faults exceeding 700°C
 - D1 Discharges of low energy
 - D2 Discharges of high energy
 - PD Partial Discharges (IEC definition only)
 - OK Normal (IEEE definition only)
- Most Recent Sample
 - Most recent 25% of data
 - Less recent 25% of data
 - Older 25% of data
 - Oldest 25% of data

Rogers比值法在IEEE 57.104气体分析指南中定义（类似于IEC-60599中的基本气体比值法）

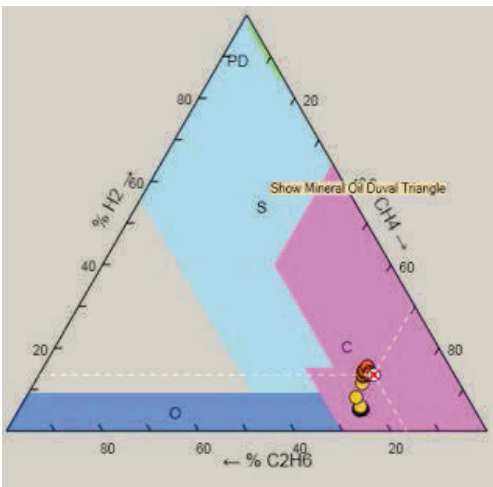
在线DGA案例#2



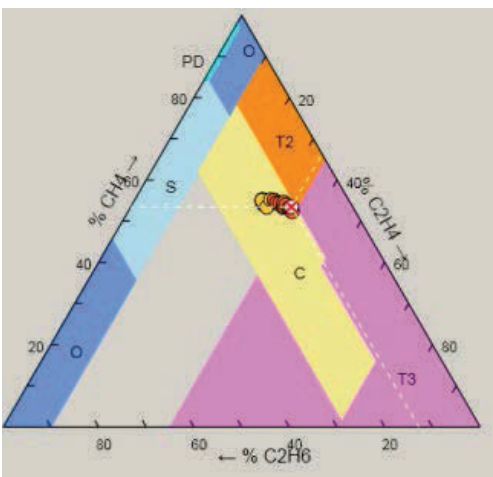
在线DGA案例#2



三角形1: T2故障



三角形4: 绝缘纸故障

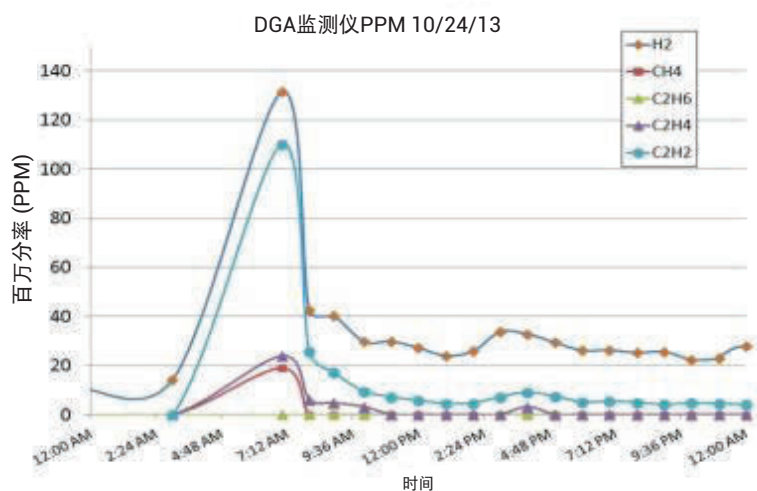


三角形5: 绝缘纸故障



LCRA – DGA案例#3

- > 345/138/13.2 kV自耦变压器，480 MVA
- > 使用4年
- > 峰值条件下负载约为铭牌额定值的50%
- > 之前出厂测试、现场测试或维修期间都没有发生问题
- > 早上8:33，变电站维护人员汇报多气体DGA监测仪发出警报：C₂H₂ = 25.6 PPM
- > 下午1:23，DGA分析完成，显示气体浓度没有变化
- > 下午2:21，工作人员汇报温度读数异常
- > 两种警报都未被视为是变压器故障的指征
- > 早上1:00，自耦变压器跳闸
- > 信号器仅指示油面温度和绕组温度过高





LCRA – DGA案例#3

- > 该地区的厂用电 (SS) 由自耦变压器的第三绕组提供，没有备用SS
- > 需要第三绕组SS电源
- > 下午4:00，绕过温度监测仪的跳闸触点，自耦变压器仅低压侧 (X) 通电
- > 下午4:56，变压器在电流差动保护下跳闸离线
- > 突发压力继电器、气体聚集、压力释放阀
- > 内部检验和诊断测试表明，这是可能由污染或绝缘击穿导致的相间故障

UHF PD监测实例

> 执行现场测量，调查一台230/66kV 150MVA变压器的局部放电源

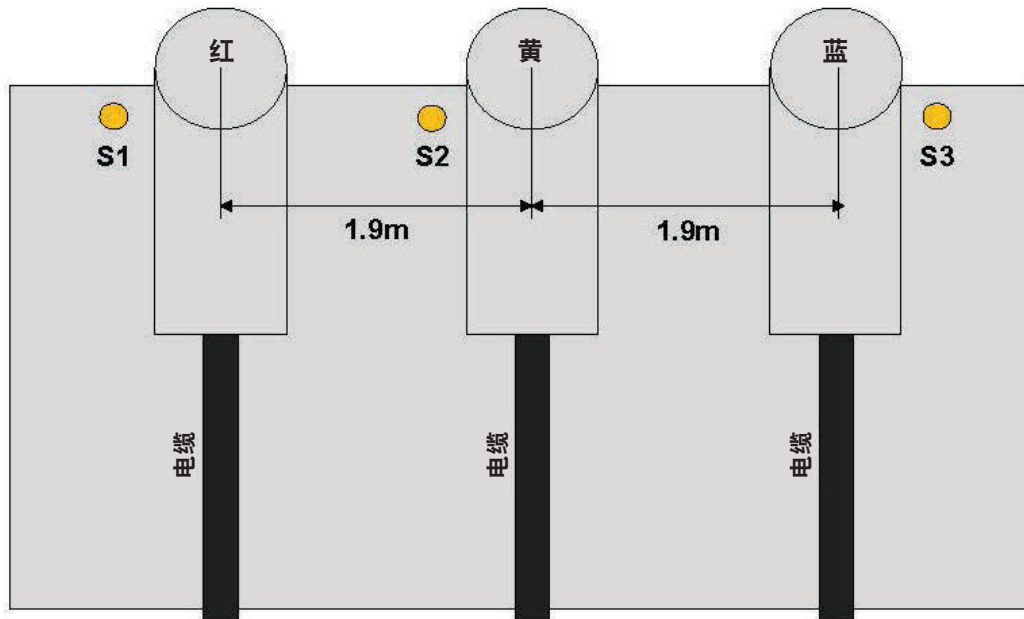
> 情况：

- 变压器配备3个UHF PD传感器（改造项目）
 - 集成至GIS局部放电监测系统
 - DGA表明存在恒定的局部放电活动



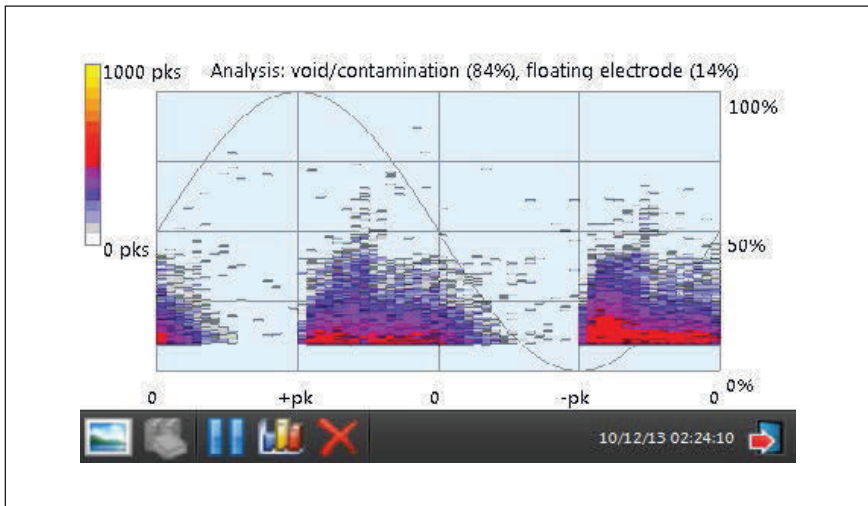
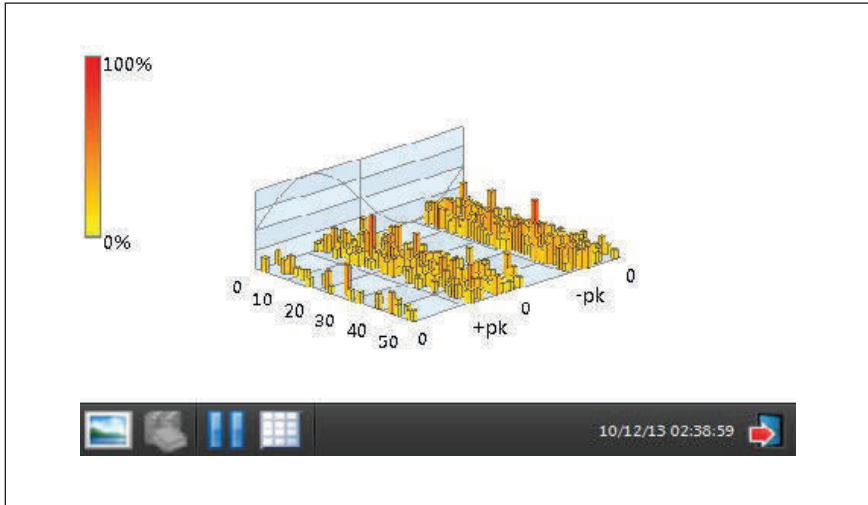
- 局部放电传感器位置1：**
- 传感器未伸进主油箱
 - 灵敏度有限
 - 仍可以检测局部放电

UHF PD监测实例



变压器布局：传感器S1和S2相距1.9米
传感器S2和S3相距约2.5米

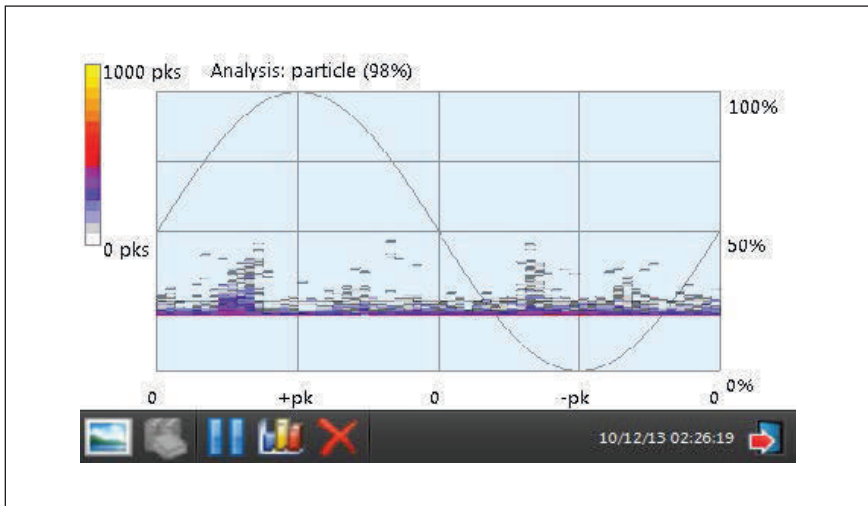
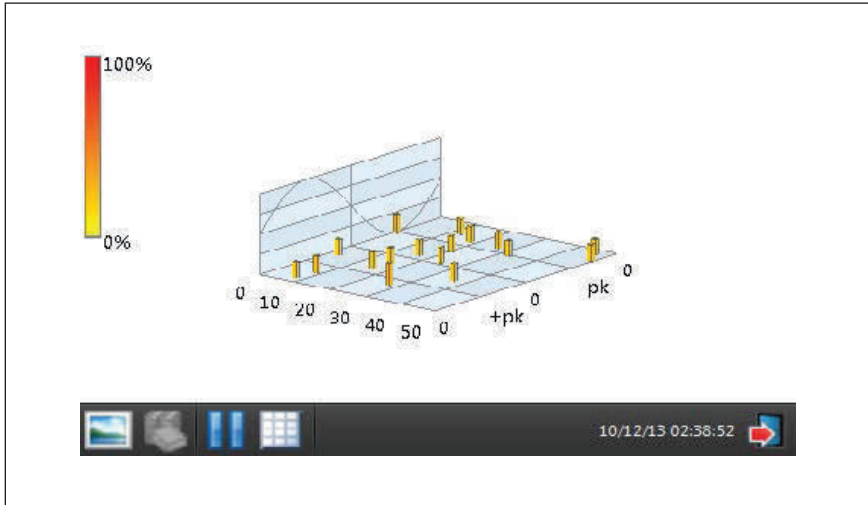
UHF PD监测实例



在S1（红色相线）上使用便携式PDM测得的3D和PRPD模式显示的局部放电与相连的监测系统记录的局部放电相同。

测量结论：传感器1（红色相线）检测到有效的局部放电！

UHF PD监测实例

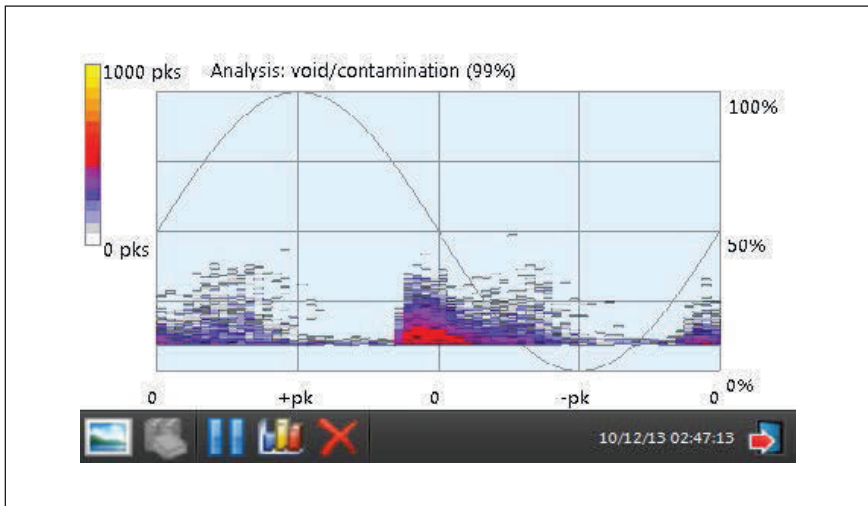
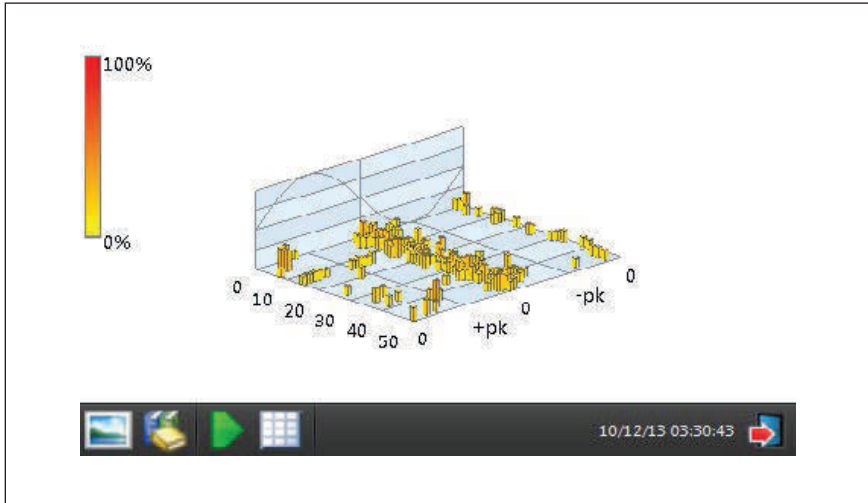


在S2（黄色相线）上使用便携式PDM测得的3D和PRPD模式显示较小的相线相关信号。

测量结论：传感器2（黄色相线）检测到最可能来自红色和蓝色相线的有效局部放电！



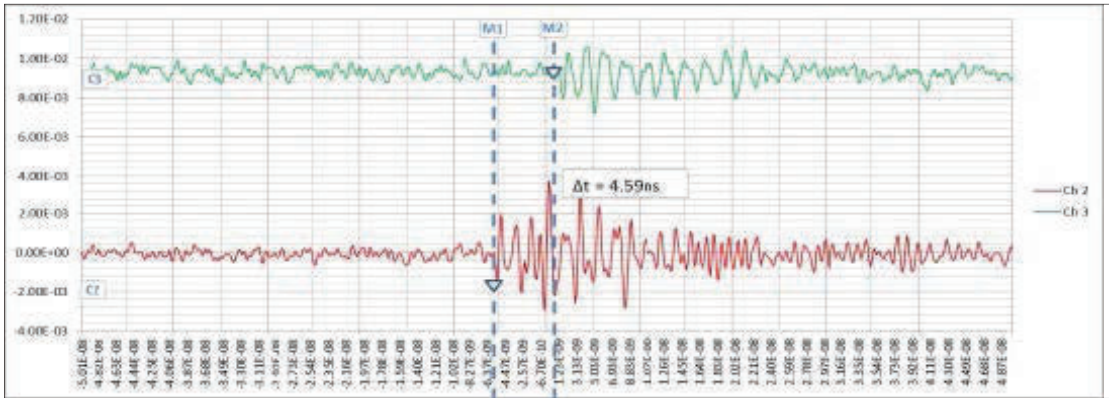
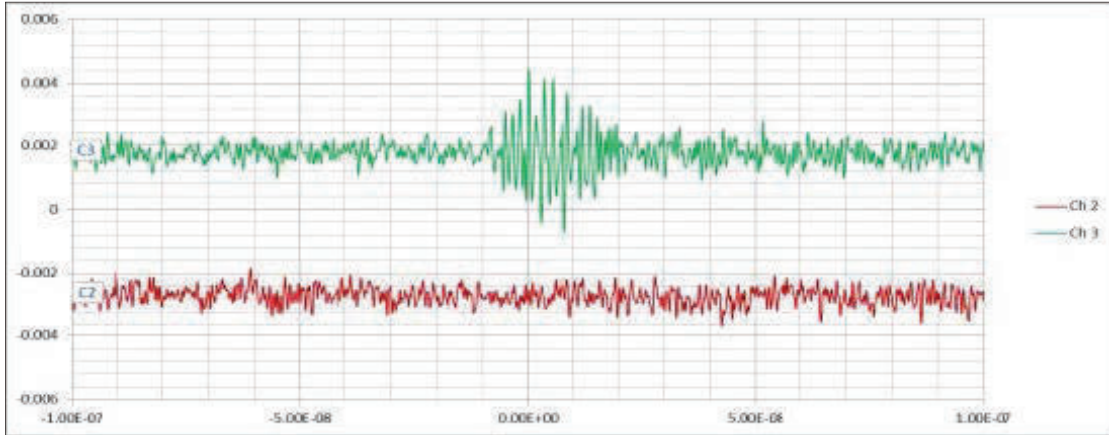
UHF PD监测实例



在S3（蓝色相线）上使用便携式PDM测得的3D和PRPD模式显示的局部放电也与相连的监测系统记录的局部放电相同。

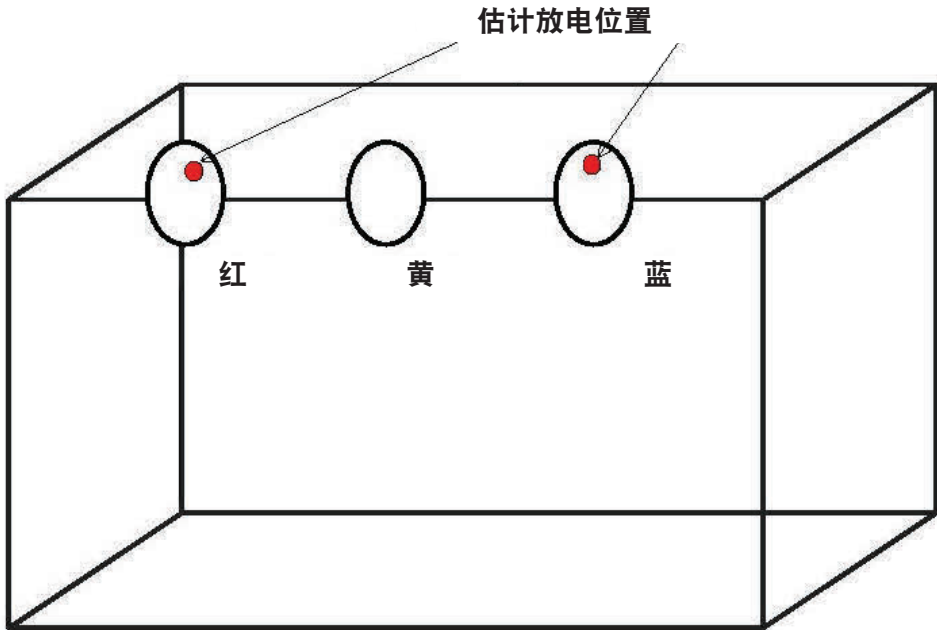
测量结论：传感器3（蓝色相线）检测到有效的局部放电！

UHF PD监测实例



为了更好地确认所检测到的局部放电的风险，决定执行飞行时间测量。该测量表明有2个独立的有效局部放电源。通过使用飞行时间数据进行的定位显示，放电源自红色和蓝色相线绝缘油/绝缘套管附近。由于该放电稳定，并由UHF PD和在线DGA监测到，因此决定进一步监测该放电直至其发生变化。

UHF PD监测实例



决策：

由于放电未发生变化且连接了监测系统，因此不采取进一步行动，而只是对变压器进行监测



光纤温度监测支持过载运行

经济效益、温度过载、示例（2页）

1	变压器额定功率 (MVA)	100
2	通过监测实现的过载裕量 (%)	10
3	可能过载时间 (小时/年)	450
4	输电收益 (\$/MWh)	80
每年过载收益 (1 x 2 x 3 x 4)		\$360,000



经济效益、温度过载、示例（2页）

5	变压器更换成本 (\$)	2,000,000
6	变压器正常使用寿命 (小时)	150,000
7	110%负载 (125°C) 下的额外老化因子	3.4
	额外使用寿命损失成本 $((5 / 6) \times 7 \times 3)$	= \$20,400

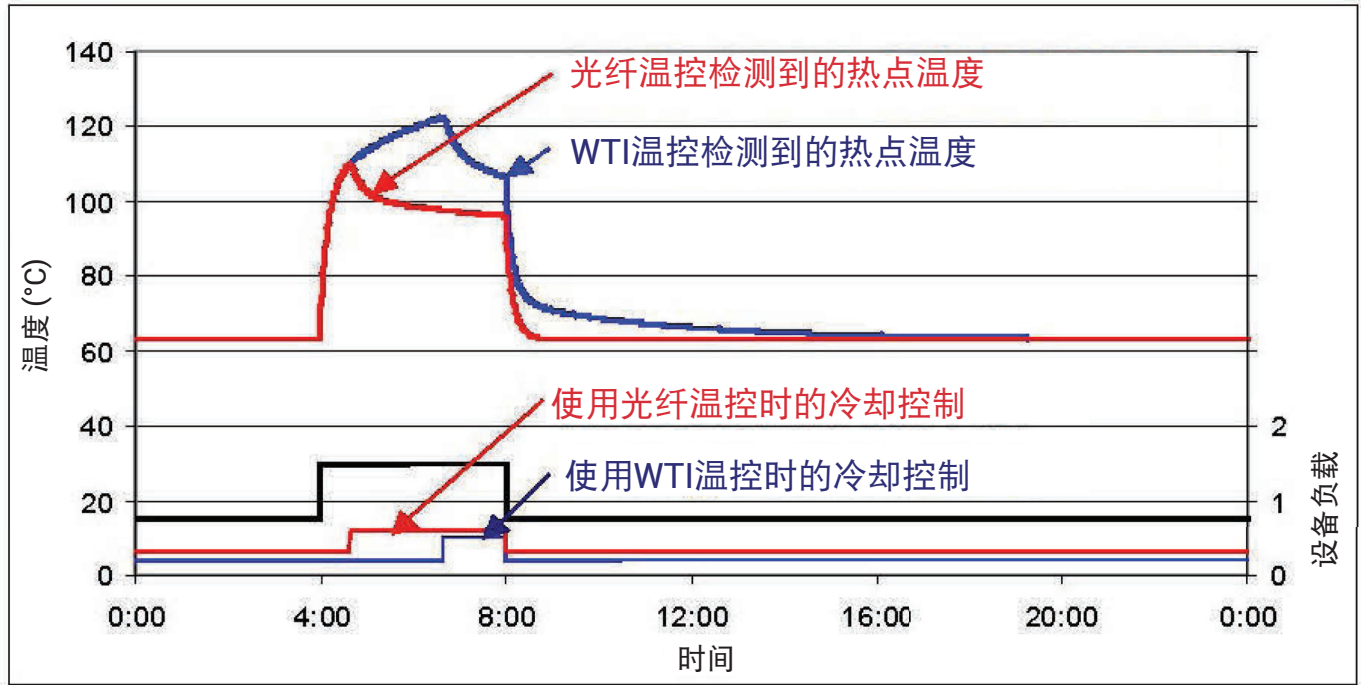
每年过载净收益:
\$360,000 - \$20,400 = \$339,600



光纤温度监测用于冷却控制

实施WTI和光纤温控后的控制效率对比

说明：冷却控制设置在110 °C



光纤温度监测用于冷却控制

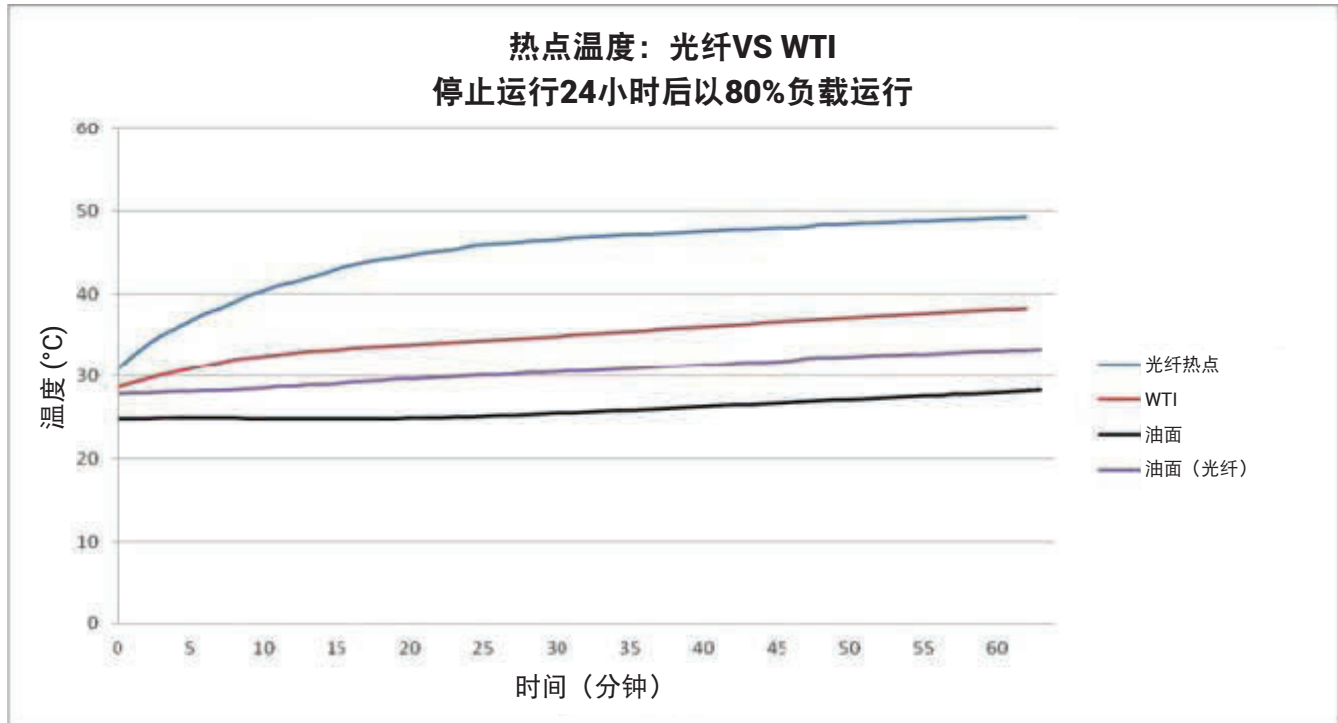
绝缘老化，基于油面和油中模型的估计

热点温度信息欠缺将导致绝缘老化估计不足

- > 3.3小时（通过WTI进行冷却控制）
- > 10.7小时（通过光纤热点传感器进行冷却控制）

热运行期间的光纤温度监测

另一个热运行测试示例



注意：这些测量值在铝电解行业中的移相变压器上获得。众所周知，这些变压器温升问题的非线性非常明显，因此难以测量和模拟。这对于验证电力变压器光纤温度检测的实用性而言是一个绝佳示例。



状态监测的挑战和新趋势

- > 挑战
- > 新趋势
- > 状态监测的目标
- > 一切都关乎数据
- > 状态监测趋势总结

变压器监测实例

结论



结论

- > 上述案例显示了用户使用在线状态监测的方法及原因（防止故障、预测过载状态、绝缘使用寿命计算）。
- > 这些实例也表明需要提升对在线监测解决方案的信任。这可通过以下方式实现：
 - 使用最新的数据分析技术，并为用户提供简明易懂的信息，而不是让其疲于追踪大量离散数据并收到误警报
 - 将在线数据与离线数据相关联，提高评估的置信度
 - 选择对于变压器/资产、故障历史以及应监测的问题而言重要的参数
- > 未来具有发展前景的在线监测技术是UHF局部放电技术，并且上述两个示例已经证明了该技术的有效性。此外，套管监测技术需要进一步发展，以满足更高的精度要求。未来，该技术将转为使用相同相位中的参考电压来提高精度，从而在早期检测到微水。



如需有关产品和解决方案的
更多信息

请联系我们: cs.china@qualitrolcorp.com