



第11届中国电力设备状态检测与故障诊断技术高峰论坛暨展示会  
暨第七届全国电力设备带电检测技术高峰论坛

2022年4月



第三届电力人工智能大会

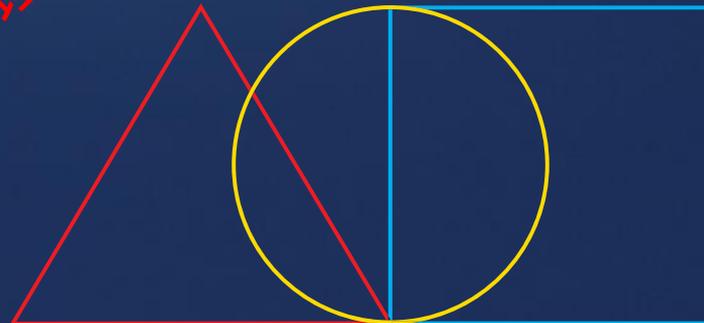
2022年10月



# Calisto DGA 在线监测系统 和 Myrkos 便携式 DGA

MORGAN SCHAFFER

CPEM 全国电力设备管理网



# ALTANOVA

a Doble company



Vanguard Instruments

MORGAN SCHAFFER 是一家具有五十多年历史的加拿大公司，专注于油中溶解气体分析（DGA）产品的研发与生产。MS一直坚守的理念是：

**为全球客户提供最精准的DGA产品。**

- Calisto DGA 在线监测系统
- Myrkos 便携式 DGA
- InsideView 变压器油 DGA 诊断软件





ACCURACY  
BY DESIGN

# Calisto 油中溶解气体分析 (DGA) 在线监测系统

国网电力设备管理网

## Calisto DGA 技术特点



- 超高精准度, 完全符合 IEC60567 气相色谱技术标准
- 超宽检测范围: 0.2 ppm - 100,000ppm+
- 机箱内部环境温保持恒定、并具有油温调节功能
- 单柱气相色谱柱, 寿命10年以上
- 标气和载气: 4年更换。

CPEM全国电力设备信息网

# Calisto DGA 监测装置

## 故障检测



**Calisto**  
hydrogen - moisture

测量H<sub>2</sub>和微水



**Calisto**  
hydrogen - moisture  
carbon monoxide

测量H<sub>2</sub>, CO和微水

## DGA 诊断



**Calisto**  
5 fault gases - moisture

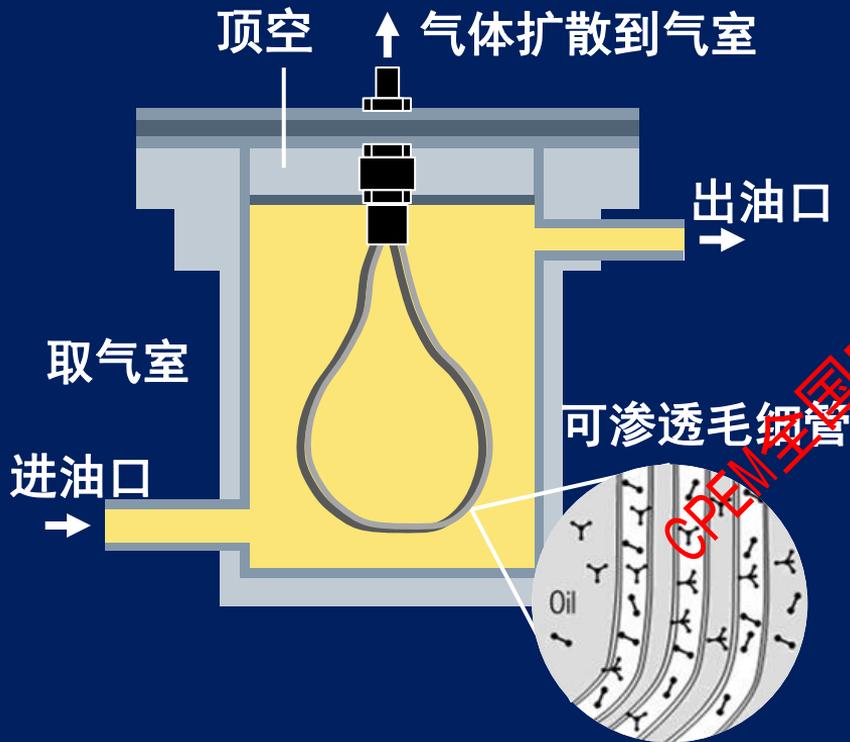
测量 H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>,  
C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和微水



**Calisto**  
complete DGA - moisture

测量 H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>,  
C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>+  
SF<sub>6</sub> 和微水

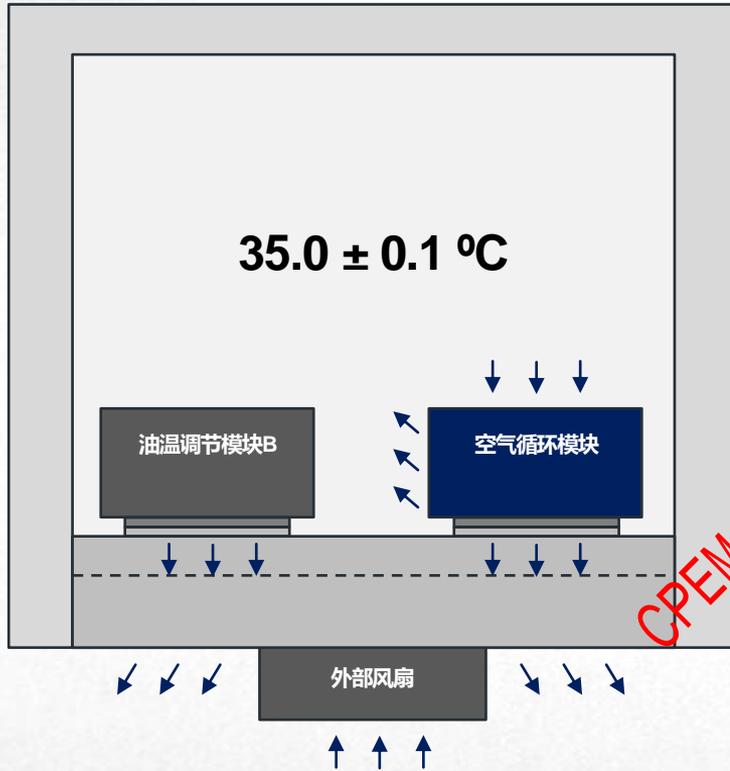
## 油浸Teflon® 毛细管



## 气体提取

- 顶空取气法
- 油中气体建立动态平衡
- 被动式
- 耐真空
- 即使在运输和维护期间, 也能确保油和蒸汽不能进入气体测量系统

# 机箱温度调节



- 外部空气循环
- 内部空气循环

热电式加热/制冷

- -50 to +55 °C 运行温度

实验室测量的温度

# 外部环境温度变化对设备的影响

- 缩短电路板的使用寿命
- 影响设备电源工作
- 缩短燃料电池中化学物质或气象色谱柱的使用寿命

**方案: 使用半导体热泵原件进行保护**



- 优点: 使电子元器件工作在35摄氏度, 延长工作寿命, 降低维修费用
- 缺点: 增加生产成本.

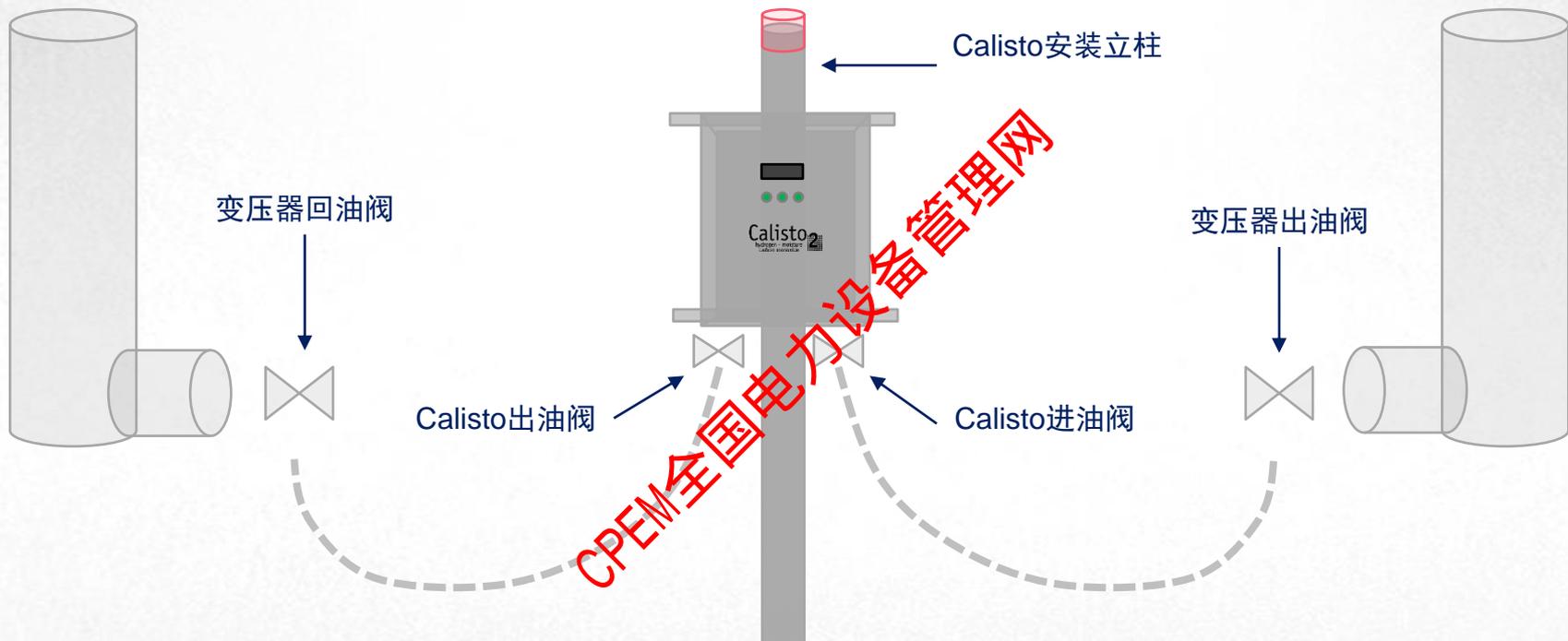


## 即使在恶劣的环境下，也能正常的运行

- 可以在极端的环境下运行:  
-50 °C to +55 °C
- 冷启动: -50 °C
- 运行油温范围: -40 °C to +120 °C
- 储存温度范围: -40 °C to +75 °C
- 运行油压范围:  
全真空到 40 psig

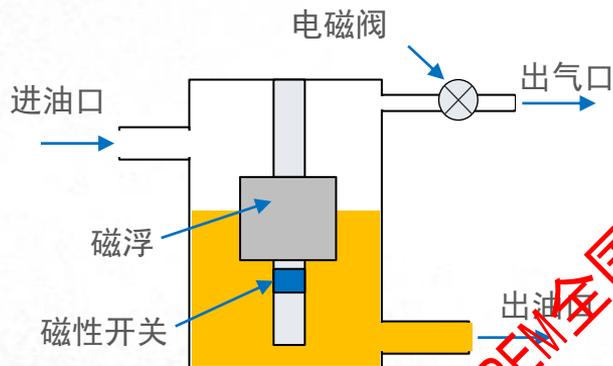
OPEN全国电力设备信息网

# 安装简单

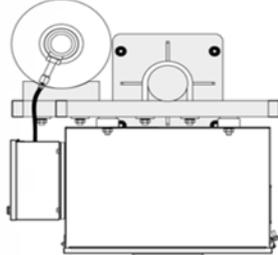
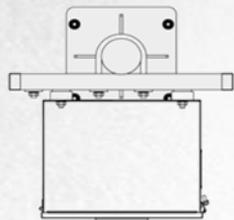


- 安装灵活: 全新安装或者改进
- 可以安装在立柱上（推荐）或者直接安装在变压器本体上
- 智能除泡器使得可以在变压器带电状态下安装

# 专利智能除泡系统



- 保障在带电变压器上安全简单的安装
- 针对气泡对变压器绝缘的影响提供持续的保护

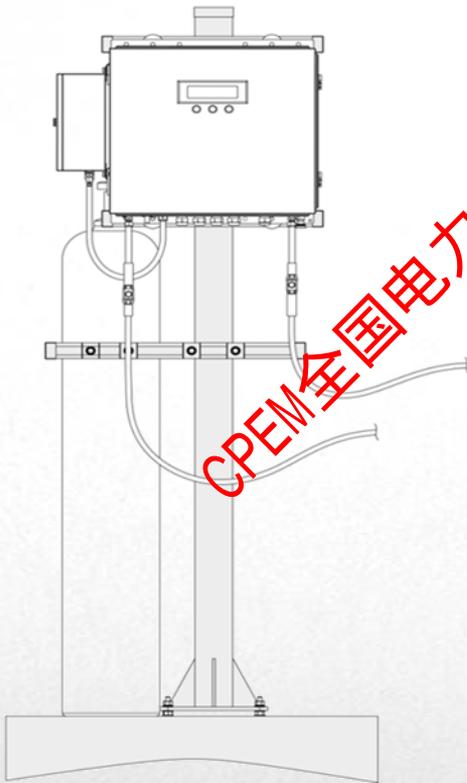
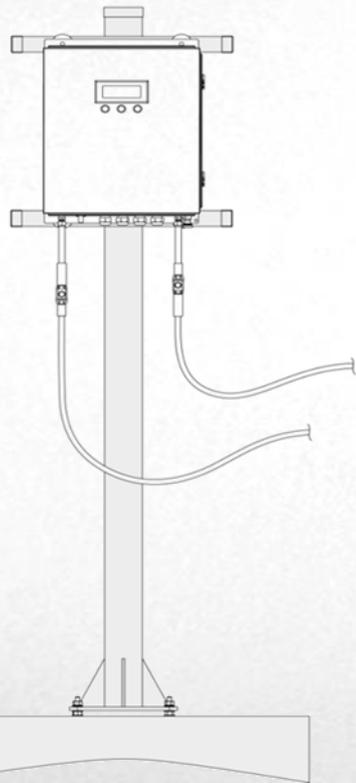


## 可交换性安装

所有的Calisto产品使用同样的：

- 安装孔
- 油泵连接
- 电气连接

CPEM全国电力设备管理网

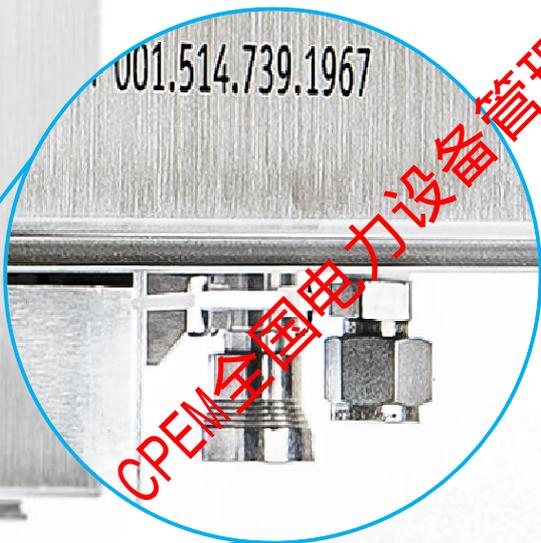


# alisto

ult gases - moisture



## 快速取油样接口



CPEM全国电力设备管理网



简化取油样过程

support: + 001.514.739.1967





- ✓ 快速，简单，干净的取油样
- ✓ 避免取样污染
- ✓ 从循环油中取样



取油样



# Calisto Manager

---

## 所有Calistos 监测装置使用的软件:

- 系统配置和报警设置
- 显示监测系统的状态
- 下载历史数据
- 执行监测装置升级
- 提供简单的SCADA 功能

CPEN全国电力设备管理网

## Calisto 数据存储

- **C/S2:**

数据存储一年

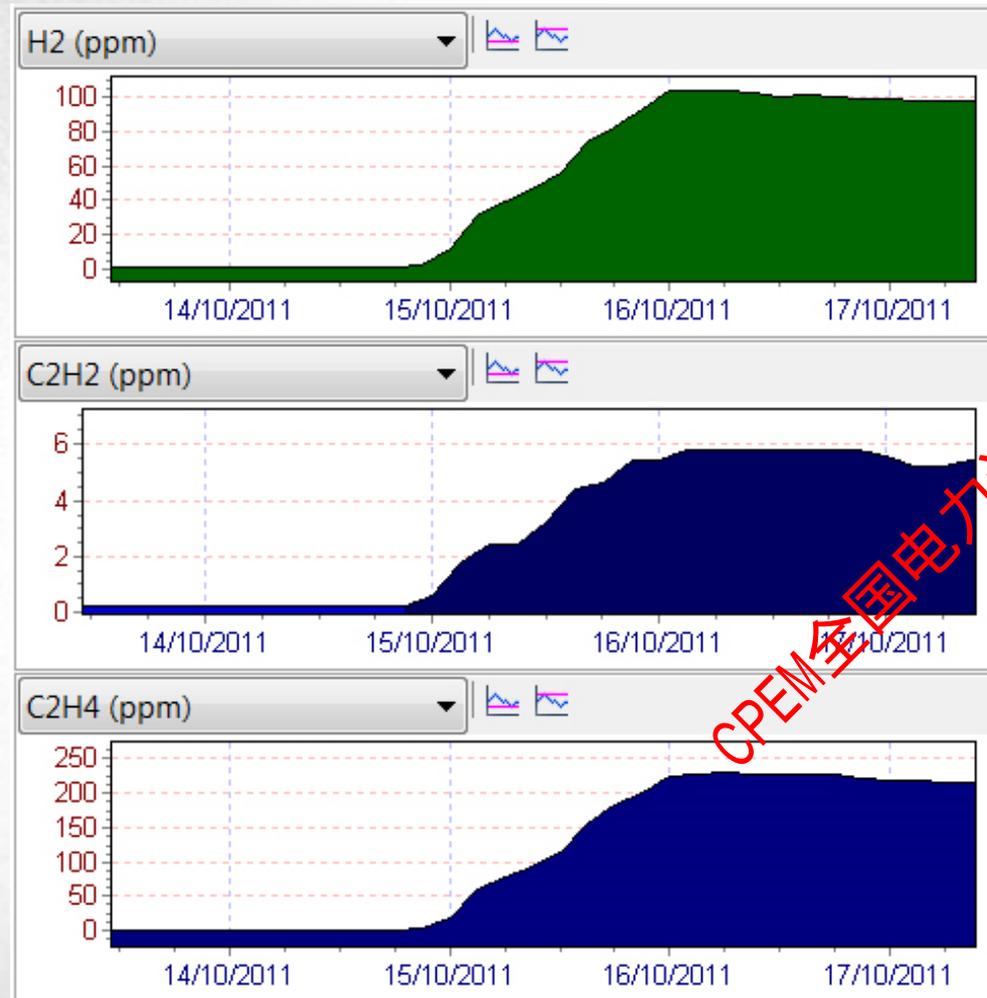
- **C5/C9:**

数据存储6年

- 防止数据丢失

- 可以直接从装置上查看历史监测数据和事件

CPEM 全国电力设备管理网





## 警报条件

- 用户自定义气体，微水和温度的报警阈值
- 支持每个通讯端口和协议
- 可以分配给任何一个输出继电器

CPEM 全国电力设备信息网



## 通讯协议

---

- 标准:
  - Modbus
  - DNP3 Level 2
  - SNTP 时间同步
  - HTTP: Calisto 网络服务器, MSSP (Morgan Schaffer 系统通讯协议)
- 可选: IEC 61850

CPEM 全国电力设备管理网

# Calisto DGA在线监测装置- 诊断性 DGA

## Calisto 5



## Calisto 9



CPEM全国电力设备管理网



C501:

H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 微水

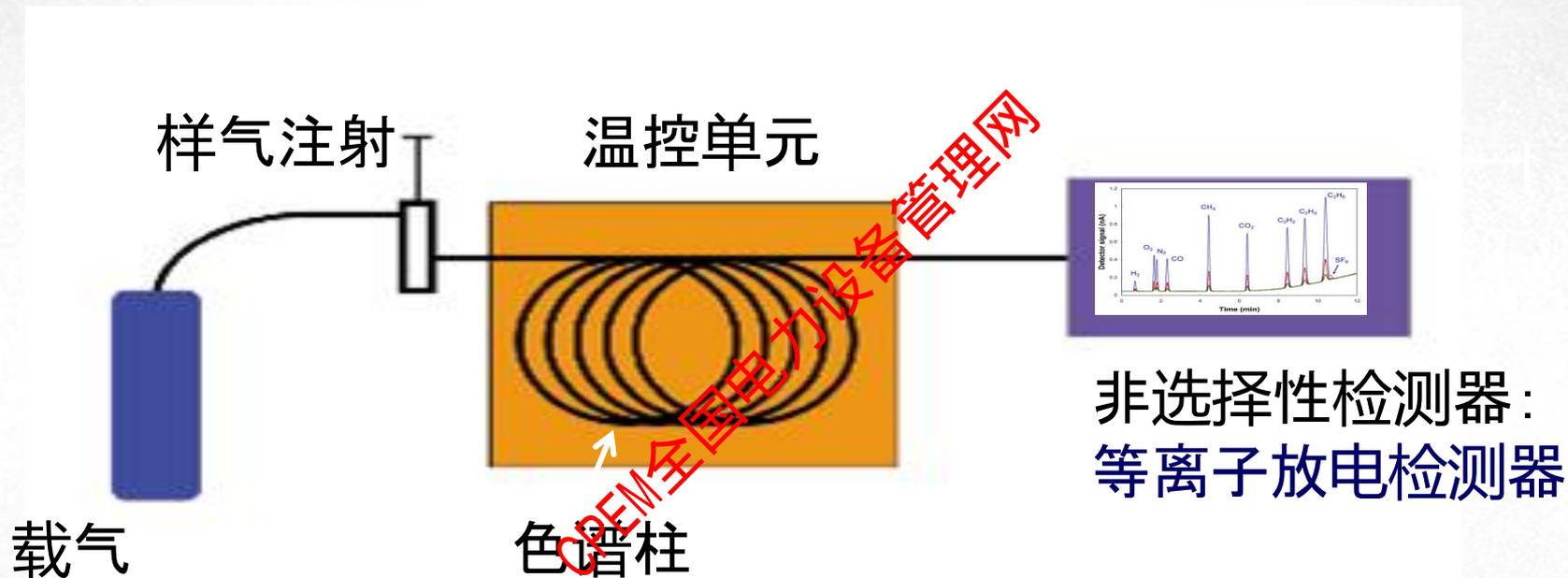
大型三角形气体

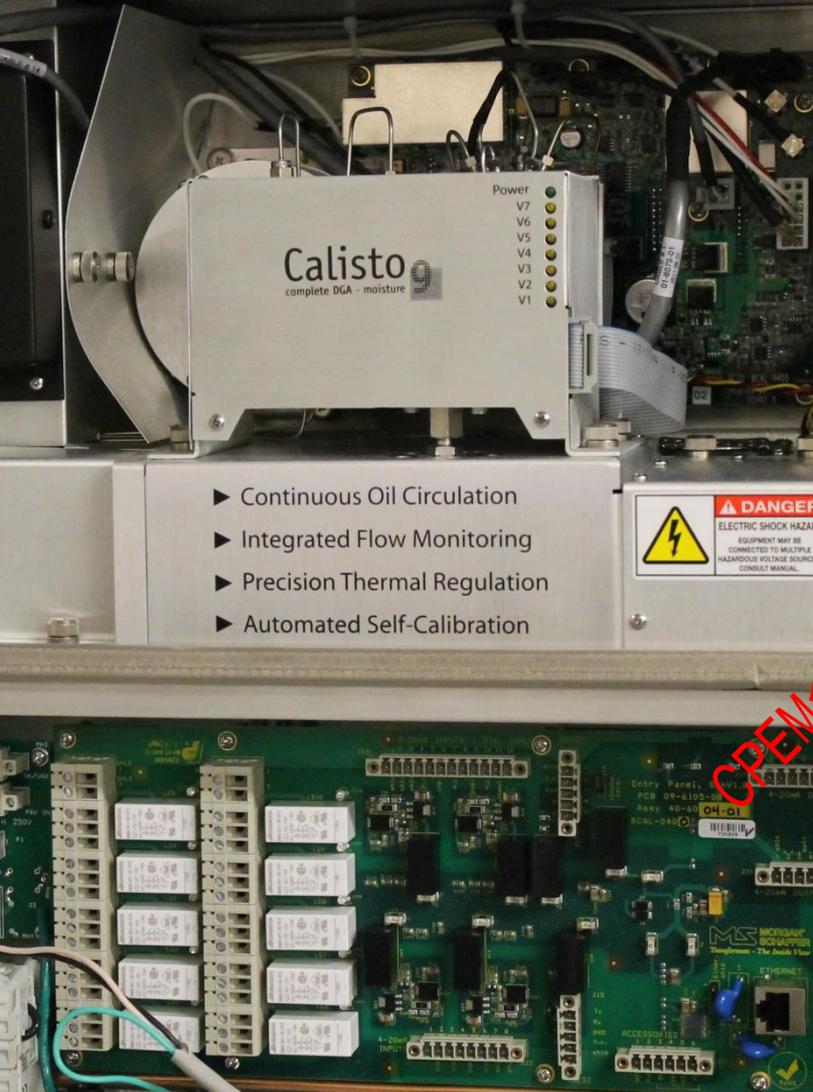
C901:

C501 + CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, 微水



# 气相色谱





# Calisto 5 和 Calisto 9 气体分离和测量

MS 专有气相色谱法:

## 单柱工业气相色谱 + Calisto 平台

- 等离子放电检测器 (PDD) 用于测量
- 较低的检测限值
- 较宽的线性范围
- 产品终身的高精度

## Calisto 5 / Calisto 9

# 较低的检测下限值

在新变压器上，市场领先的检测限值实现故障早期检测和故障识别

H<sub>2</sub>: 0.5 ppm

CO: 10 ppm

CH<sub>4</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: 0.2 ppm

CO<sub>2</sub>: 15 ppm

O<sub>2</sub>: 500 ppm

N<sub>2</sub>: 2,000 ppm

SF<sub>6</sub>: 2 ppm

## Calisto 5 / Calisto 9

# 较高的测量范围上限

在老旧变压器和LTC上，市场领先的检测和故障识别

H<sub>2</sub>: 20,000 ppm

CO: 30,000 ppm

CH<sub>4</sub>: 100,000 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: 100,000 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: 200,000 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: 200,000 ppm

CO<sub>2</sub>: 100,000 ppm

O<sub>2</sub>: 100,000 ppm

N<sub>2</sub>: 150,000 ppm

SF<sub>6</sub>: 2,500 ppm

CPEM 全国电力设备管理网

## Calisto 5 / Calisto 9 重复性

---

H<sub>2</sub>: ±3%

CO: ±3%

CH<sub>4</sub>: ±3%

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: ±3%

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: ±3%

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: ±4%

CO<sub>2</sub>: ±4%

O<sub>2</sub>: ±10%

N<sub>2</sub>: ±10%

SF<sub>6</sub>: ±10%

## Calisto 5 / Calisto 9 分辨率

---

H<sub>2</sub>: 0.5 ppm

CO: 2 ppm

CH<sub>4</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: 0.2 ppm

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: 0.2 ppm

CO<sub>2</sub>: 5 ppm

O<sub>2</sub>: 200 ppm

N<sub>2</sub>: 1,000 ppm

SF<sub>6</sub>: 2 ppm

CPEM全国电力设备管理网

# 监测系统在其生命周期内保持精确

Calisto 5 和 Calisto 9 检测精度保障:

- 使用自带的NIST可追溯校准气体自动校准
- 冗余策略防止错误校准
- 软件确认校准气体测量
- 校准气瓶压力监测

CPEM全国电力设备管理网

# 案例分析：越南 EVN Sonla Power C901 安装 (2017年)



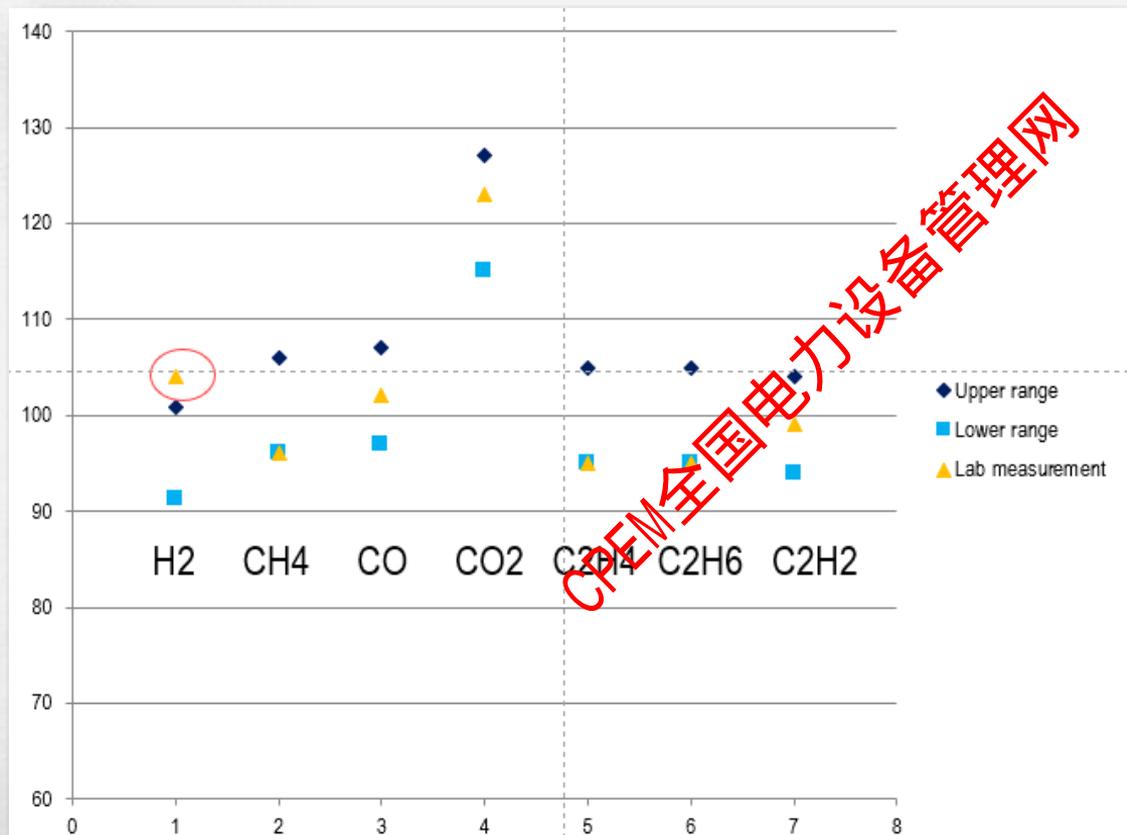
# Morgan TrueNorth 100&500 油样 v.s. Sonla GC2014 实验室数据

## Test TrueNorth sample by GC2014

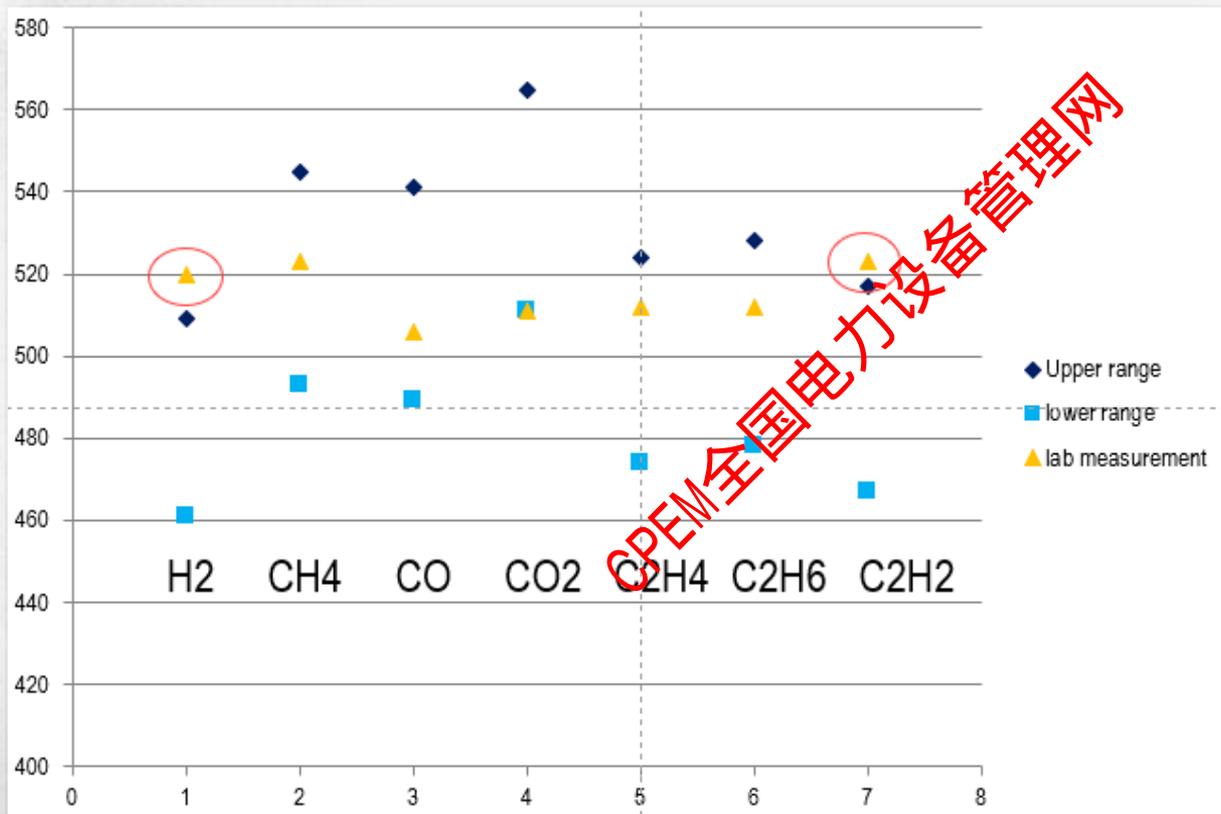
No	Keys gas	33988						34567					
		Morgan 33988 (PPM)			GC-2014 (PPM)			Morgan 34567 (PPM)			GC-2014 (PPM)		
		Mor	-5%	5%	Test	-5%	5%	Mor	-5%	5%	Test	-5%	5%
1	H2	96	91.2	100.8	104	98.9	109.2	485	460.75	509.25	520	494	546
2	O2	16000	15200	16800	15048	14296.6	15800.4	15400	14630	16170	14614	13883.3	15344.7
3	N2	58800	55860	61740	58505	55582.6	61433.4	58800	55860	61740	58255	55342.25	61167.75
4	CH4	101	95.95	106.05	96	91.2	100.8	519	493.05	544.95	523	496.85	549.15
5	CO	102	96.9	107.1	102	96.9	107.1	515	489.25	540.75	506	480.7	531.3
6	CO2	121	114.95	127.05	123	116.85	129.15	538	511.1	564.9	511	485.45	536.55
7	C2H4	100	95	105	95	90.25	99.75	499	474.05	523.95	512	486.4	537.6
8	C2H6	100	95	105	95	90.25	99.75	503	477.85	528.15	512	486.4	537.6
9	C2H2	99	94.05	103.95	99	94.05	103.95	492	467.4	516.6	523	496.85	549.15

CPM全国电力设备管理网

# Morgan TrueNorth 100 油样 v.s. Sonla GC2014 实验室数据

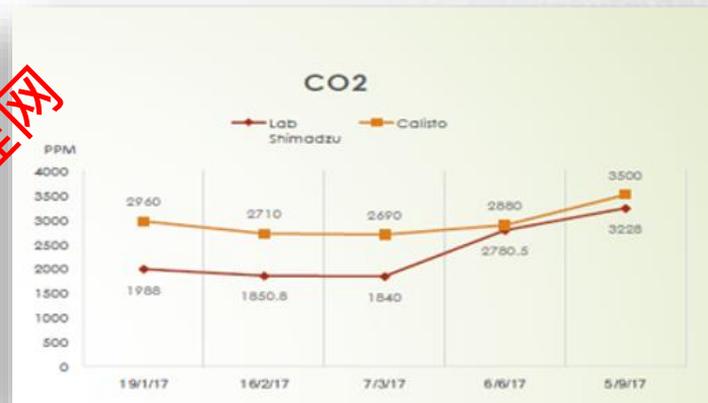
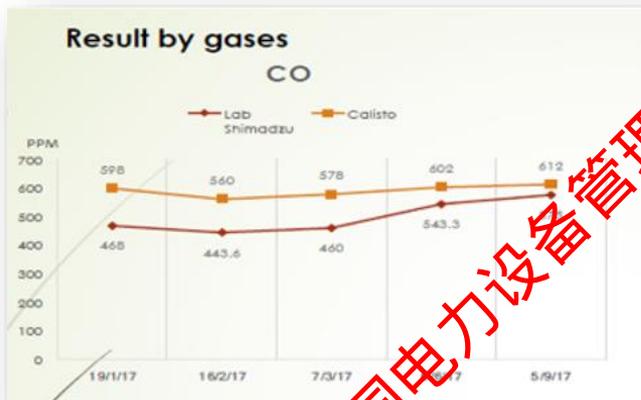


# Morgan TrueNorth 500 油样 v.s. Sonla GC2014 实验室数据



# C9 实测数据 v.s. GC2014 实验室数据

C9 DGA 在线监测系统提供实验室等  
级的监测数据



CPEN全国电力设备管理网

# Calisto 多组分气体安装现场



Siam Yamato Thailand



China



Meralco Philippines



Transpower  
New Zealand



TNB Malaysia



MEW Kuwait



移动式 Calisto C9  
中国

# Calisto DGA在线监测装置- 故障检测

## Calisto



氢气 & 微水

## Calisto 2



氢气, 一氧化碳, 微水

CPEM全国电力设备管理网

# Calisto and Calisto 2

## 气体分离和测量:

专利热导池 (TCD) 技术测量H<sub>2</sub> 和CO

- 不需要校准就可以实现DGA准确的在现场长期运行
- 热导检测器比电化学传感器稳定性更好
- 专有的差分测量法，单独测量H<sub>2</sub>和 CO，具有极高的灵敏度和精确度

CPEM 全国电力设备管理网

Calisto / Calisto 2

## 较低的检测下限值

在新变压器上，较低的检测下限值能够实现故障早期检测

**H<sub>2</sub>: 2 ppm**  
**CO: 25 ppm**

Calisto / Calisto 2

## 较高的测量范围上限

较高的检测上限更适用于在老旧变压器和LTC

**H<sub>2</sub>: 50,000 ppm**  
**CO: 100,000 ppm**

CPEN全国电力设备管理网

## Calisto / Calisto 2 重复性

H<sub>2</sub>: ±3%  
CO: ±10%

## Calisto / Calisto 2 分辨率

H<sub>2</sub>: 1 ppm  
CO: 5 ppm

CPEM全国电力设备管理网



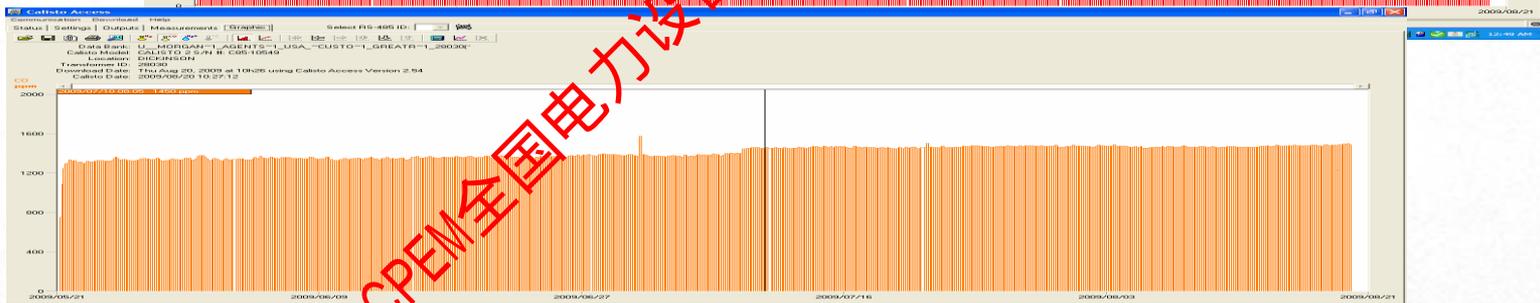
28030 (2009-08-20 10h26).bnk

# Calisto 2 数据文件

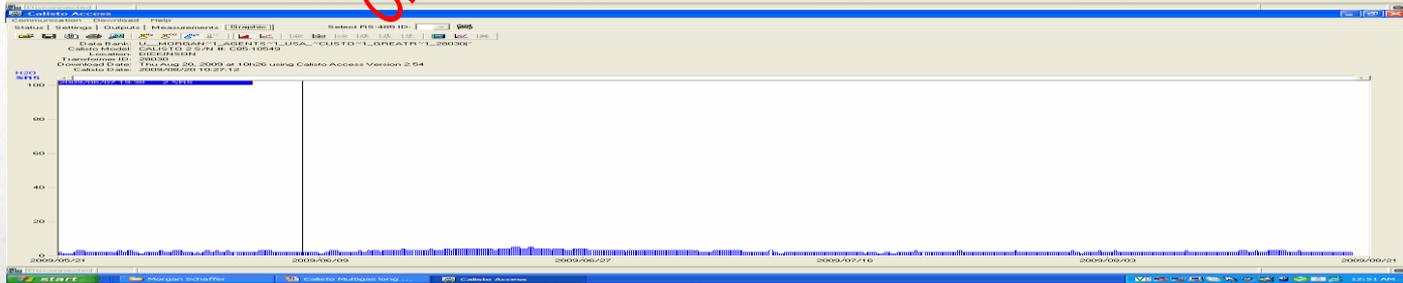
氢气



一氧化碳



微水



CPEM全国电力设备管理网



# Calisto & Calisto 2 安装



# 三星炼油厂绝缘纸劣化 (2015年八月)



ACCURACY  
BY DESIGN

CPEM全国电力设备管理网

# MYRKOS 便携式 DGA 检测系统

**MS** MORGAN®  
SCHAFFER  
A DOBLE COMPANY

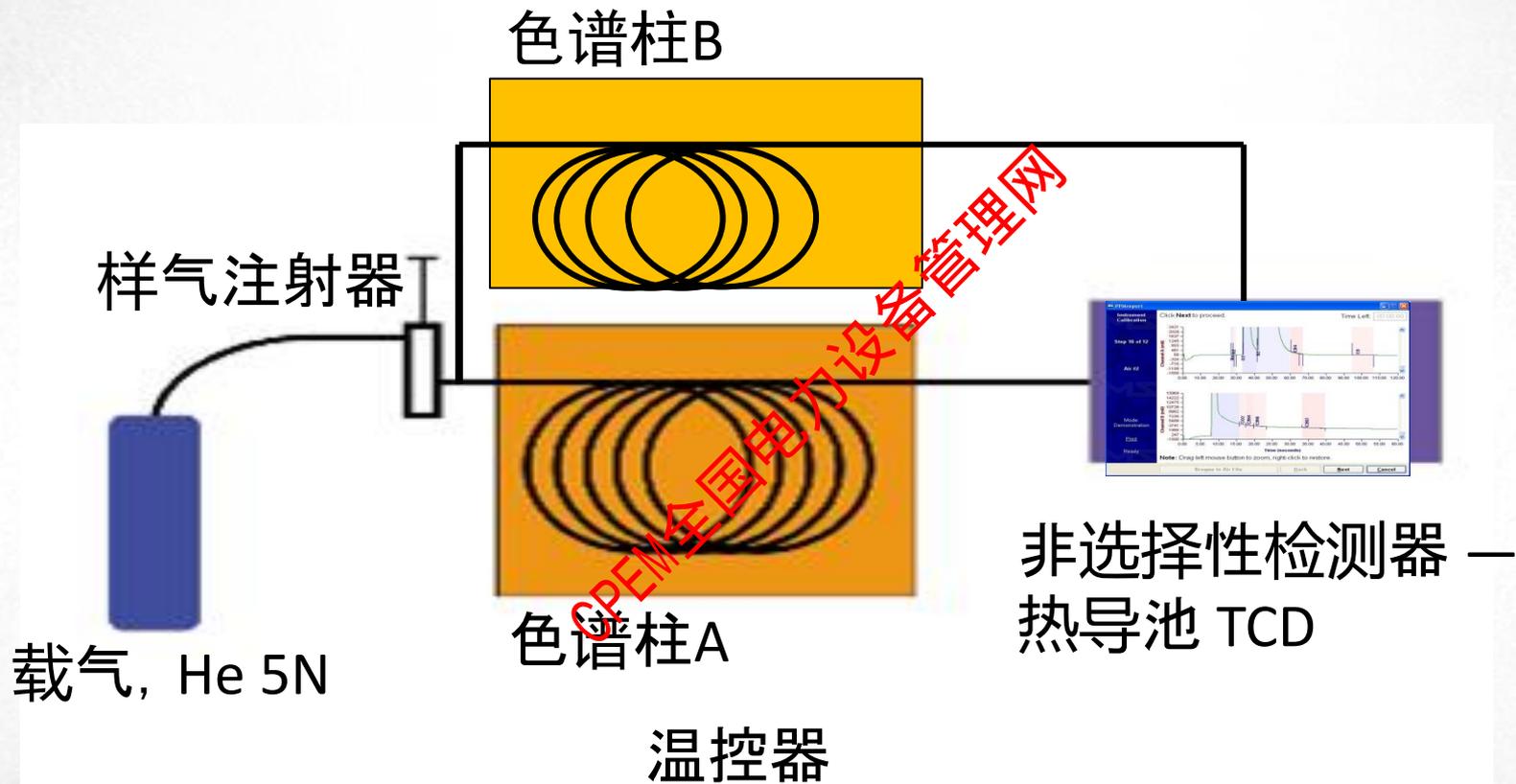
**doble**

## Myrkos 便携式 DGA 技术特点

- 可以提供实验室级别的DGA数据，甚至超过实验室数据精度。
- 检测速度快：2分钟出测试结果。
- 模块化便携设计，现场即是实验室。
- 数据精度高、重复性好，即可用于现场决策，也可用于确认在线监测数据。



# 气相色谱





## 检测限值

检测范围宽，可靠且准确度高

气体	PPM
氢气	5—60,000 ppm
甲烷	1—60,000 ppm
一氧化碳	1—60,000 ppm
二氧化碳	1—60,000 ppm
乙烯	1—60,000 ppm
乙烷	1—60,000 ppm
乙炔	1—60,000 ppm
氧气	60—100,000ppm
氮气	500—100,000ppm

# Myrkos是如何工作的?

CPEM全国电力设备管理网

# 步骤1: 校准

使用提供的NIST可追溯气体进行日常校准，可以保证可靠地测试结果和长期的准确性

人性化的校准系统





## 步骤2: 取油样

- 使用一个 Shake Test® 注射器取油样
- 较大的油容量对于低浓度的样品能够提高灵敏度
- 独立的注射器通过防止气体损失和交叉污染来保护样品的完整性

# Shake Test<sup>®</sup> 注射器

- 获取油样
- 通过专有的顶空法进行气体提取
- 把气体注入到气相色谱仪





## 步骤3: 取气

使用 **Shake Test Method®** 从油样里提取  
气体:

### Myrkos 实验室套装

可选注射器振荡器来一次  
摇动三个注射器

### Myrkos 现场套装

通过手动摇晃注射器,  
一次一个

# 气体提取

- 计量杆能够保证精确地顶部空间
- 振荡加速溶解气体和顶部空间气体的动平衡

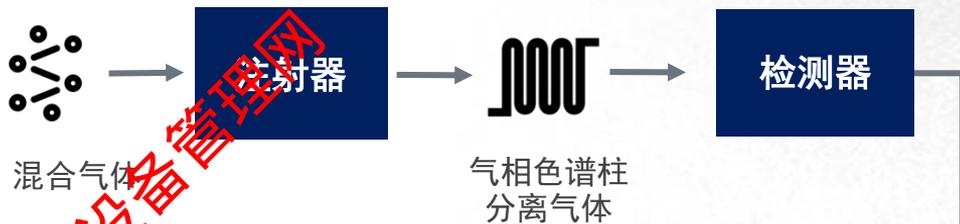




整个气体提取过程免受外界CO<sub>2</sub>的干扰



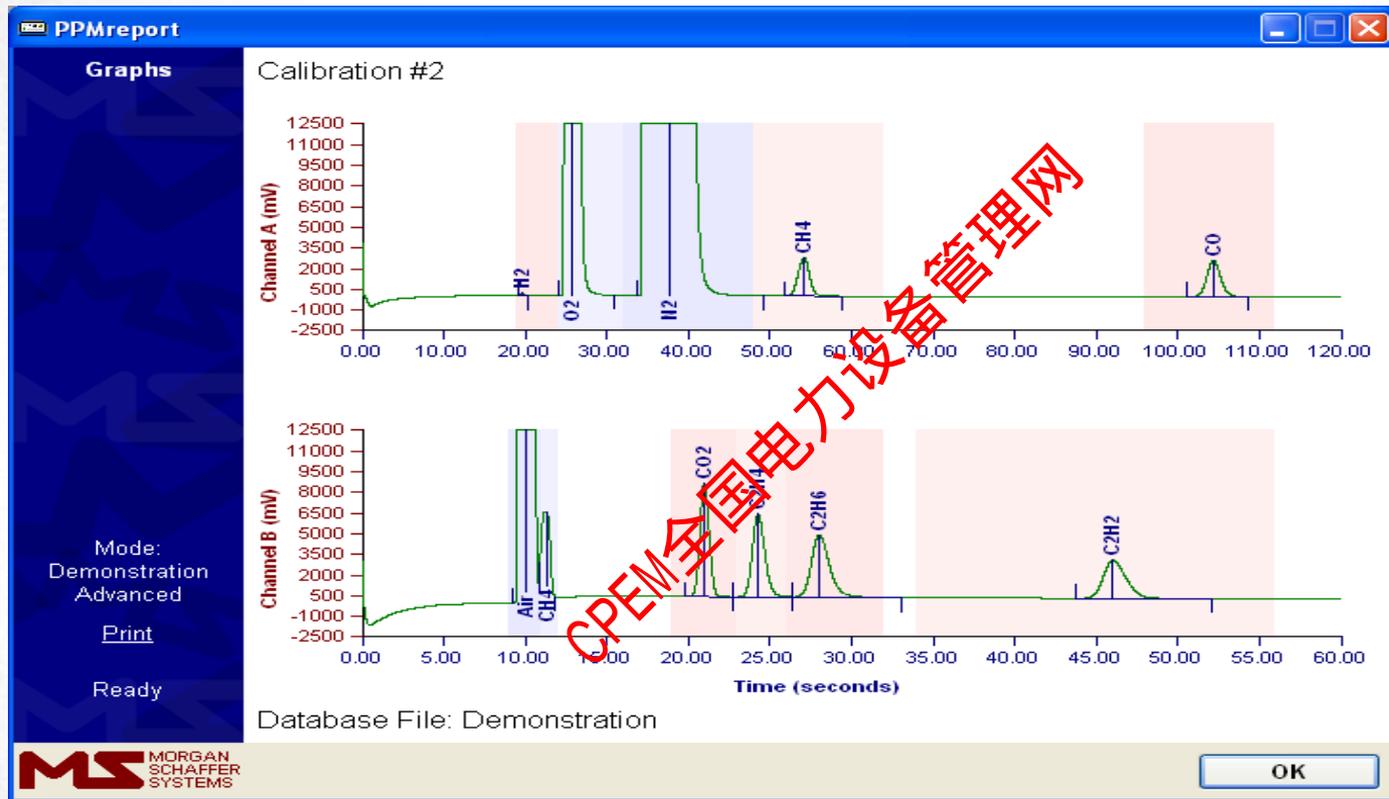
## 步骤4: 注入



- Myrkos 创建 PPMreport™ 色谱图。
- 然后生成PDF格式的报告



# PPMreport



检测时长:

≤ 120秒

# PPM Report™ 特点

The screenshot displays the PPMreport software interface. On the left, a sidebar contains 'Data Display & Report' and 'Mode: Demonstration'. The main window is titled 'Selected analysis:' and is divided into two sections: 'Analysis Identification' and 'Measurement Results'. The 'Analysis Identification' section includes fields for Equipment ID (02-003322E), Serial Number (Z50035B), Apparatus Type (TRN), Designation (T3B), Sampling Point (Samp Pt 2), Syringe ID (22), Sampled By (Operator C), Date Sampled (10/31/2005), Oil Temperature (50.0 °C), Tank Pressure (30.0 psig), Analyzed By (Operator A), Date Acquired (10/31/2005), Instrument ID (31302783), and Comment (Demonstration Analysis). The 'Measurement Results' section shows a list of gases and their concentrations: H2 (Hydrogen) 0 ppm, CH4 (Methane) 0 ppm, CO (Carbon Monoxide) 0 ppm, CO2 (Carbon Dioxide) 513 ppm, C2H4 (Ethylene) 4 ppm, C2H6 (Ethane) 4 ppm, C2H2 (Acetylene) 0 ppm, O2 (Oxygen) ppm, N2 (Nitrogen) ppm, TDG: %, TDCG: %, THCG (O2N2): %, and THCG (Pressure): %. At the bottom, there are buttons for 'Print Report', 'Back', 'Save', and 'Cancel'.

- 对DGA数据进行转化、并诊断
- 支持7种不同溶解度系数的油类型，实现最大精度
- 存储历史数据和诊断
- 可以导出数据到 Morgan Schaffer 的高级诊断软件：Inside View
- 支持六种语言：汉语、英语、法语、西班牙、罗马尼亚、和俄语
- 生成PDF格式的DGA报告



## 实验室套装包含

除了 Myrkos 仪器之外:

- 注射器振荡器
- O<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub> 测量试验台方案
- Shake Test® 注射器手提箱(含6支)  
两段式氦气压力调节阀



## Myrkos 现场套装

强化加固型套件包含了现场需要的所有物品

- 容易携带，设置和操作
- 最大化操作员的测试速度：2分钟出测试结果。  
7小时现场不充电运行
- 每瓶载气可以运行超过40小时
- 自带数据管理和分析



## 现场套装包含

除了 Myrkos 仪器之外:

- 手提箱
- 可充电锂电池
- 小型便携 PC
- 载气模块  
(氦气99.999% 纯度)
- Shake Test® 注射器手提箱  
(包含2个或6个)
- 高压注气管

CPEM 全国电力设备管理网

## EVN BanVe 电厂 Myrkos 2018

EVN BanVe 水力发电厂距离河内10小时的路程，由于距离实验室很远，不得不建立自己的实验室来做 DGA：采用 Myrkos。

2017年12月购买Myrkos 现场版，并于2018年一月完成了2天的培训



**ACCURACY**  
DRIVEN DECISIONS



**Inside View DGA 和绝缘油诊断软件**

中国电力设备管理网



# insideview

## 功能强大且全面的DGA和绝缘油诊断软件

### 整合多种来源的数据:

- ▲ 实验室
- ▲ 在线监测
- ▲ 便携式气体检测仪

### 分析多种设备的数据:

- ▲ 油箱
- ▲ LTC
- ▲ 断路器
- ▲ 油浸式电缆

### 执行3种类型分析、并生成详细的诊断报告:

- ▲ DGA及延展分析
- ▲ 油品质量
- ▲ 纸劣化

# Inside View 可以接纳和分析以下数据:

- ▲ 油中溶解气体分析 (DGA)
- ▲ 水分分析
- ▲ 介电强度
- ▲ 界面张力
- ▲ 酸值
- ▲ Furans Analysis
- ▲ 氧化抑制剂
- ▲ 油功率因数和 Tan Delta
- ▲ 油温
- ▲ 变压器负载
- ▲ 粒子数量
- ▲ PCB (多氯联苯) 分析
- ▲ 油的颜色
- ▲ 腐蚀性硫磺
- ▲ 金属和微量元素
- ▲ 钝化数
- ▲ 燃点和闪点
- ▲ 气体比率
- ▲ 油的种类

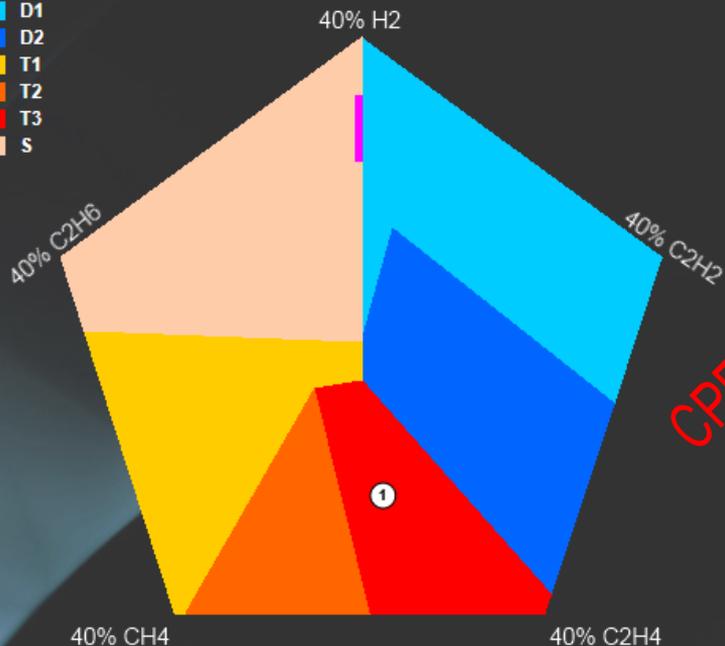
CPEM 全国电力设备管理网

## TRANSFORMER CHARACTERISTICS

Number	Date	CH4	C2H4	C2H2	H2
1	2013-10-31 12:57:00	330	722	0	88

Duval Pentagon 1 Mineral Oils

PD  
 D1  
 D2  
 T1  
 T2  
 T3  
 S



## 采用多种诊断方法

- ▲ Duval Triangle
- ▲ Duval Pentagon
- ▲ Rogers Ratios
- ▲ IEC 60599 Ratios
- ▲ Doernenburg Ratios
- ▲ Key Gas Analysis
- ▲ ABNT NBR 7274:2012 Ratios
- ▲ Mueller, Schliesing, Soldner Ratios (MSS Criteria)
- ▲ Estimation of Degree of Polymerization

# Inside View 诊断分析基于全球行业标准

- ▲ IEEE C57-104 IEEE  
Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers
- ▲ IEEE C57-106 IEEE  
Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment
- ▲ IEEE C57-147 IEEE  
Guide for Acceptance and Maintenance of Natural Ester Fluids in Transformers
- ▲ IEC 60599 Mineral Oil-impregnated Electrical Equipment In Service  
Guide to the Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis
- ▲ IEC 60422 Mineral Insulating Oils In Electrical Equipment  
Supervision and Maintenance Guidance
- ▲ IEEE C57-139 IEEE  
Guide for Dissolved Gas Analysis in Transformer Load Tap Changers

# ALTANOVA

a Doble company



Vanguard Instruments



宋智 Hans Song

Doble, Techimp, Morgan Schaffer 中国销售经理

✉ [HSong@doble.com](mailto:HSong@doble.com)

☎ +86 187 2152 3072

