

# 概述

实施电力变压器故障诊断，对于提高整个电力系统安全运行的可靠性是非常必要的。变压器存在局部过热或局部放电，故障部位的绝缘油或固体绝缘物将会分解出小分烃类气体（如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$  等）和其他气体（如  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$  等）。上述每种气体在油中的浓度和油中可燃气体的总浓度（TCG）均可作为变压器设备内部故障诊断的指标。

一直以来，油中溶解气体采用气相色谱分析法作为故障诊断的常用方法来判断浸油类电力设备的运行状况。其主要优点是能够提供油中溶解的各种故障气体浓度的定量分析。但其操作过程复杂，需要大量熟练的专业人员进行跟踪检测分析。另外，为了使气相色谱能够稳定的工作，需要较长的准备时间（一般需要提前十几个小时通载气使气流稳定），从而导致较高的运行管理费用。随着我国电力向大电网，大机组，大容量，高电压等级的迅猛发展，对关键电力设备运行状态的实时把握提出越来越高的技术要求，变压器油色谱在线监测从本质上改变了传统的变压器油监测方式，不但提高了企业管理运行效率，也有效保障了变压器运行的可靠性。

LWS 9100 变压器油色谱在线监测装置是珠海蓝网电气设备有限公司适应电力行业发展需求，严格以国际电工委员会（IEC）标准及中国电力行业变压器油监测国家标准（GB）为研发依据，在传统色谱分析技术基础上经过不断的研究和完善，严格以国际电工委员会标准及中国电力行业变压器油监测国家标准为试验研发依据，结合国际色谱分析技术最新成果，吸收国内外油色谱在线监测装置的现场运行经验，研究开发的新一代油色谱在线监测装置产品。可同时进行单氢、多组份、全组份油中溶解故障气体的监测：如氢气( $\text{H}_2$ )、一氧化碳( $\text{CO}$ )、甲烷( $\text{CH}_4$ )、乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ )、乙烯( $\text{C}_2\text{H}_4$ )、乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )。自动、快速地在线监测变压器等油浸式电力高压设备的油中溶解故障气体的含量及其增长率，并通过故障诊断专家系统早期预报设备故障隐患信息，避免设备事故，提高设备运行的可靠性。并通过对故障特性气体的分析诊断，及时捕捉变压器故障信息，科学指导变压器等油浸式电力高压设备运行检修。避免事故发生，减少重大损失，最大程度的提高了设备运行的可靠性。广泛适用于电力行业 110KV 及以上电压等级的电力变压器，电弧炉变压器，电抗器以及互感器等油浸式高压设备的运行状态监测。

# 油色谱在线监测装置工作原理

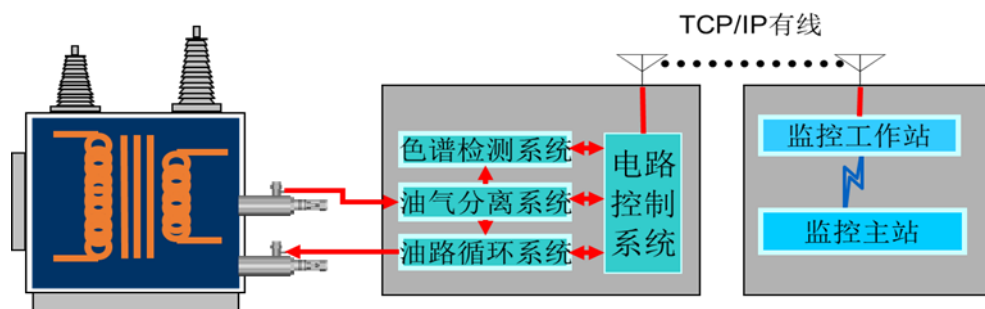
变压器油色谱在线监测装置是采用广谱型气相色谱分析原理，实现变压器油中溶解气体的在线监测。当变压器存在局部过热或局部放电时，故障部位的绝缘油或固体绝缘物将会分解出小分子烃类气体（如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$  等）和其他气体（如  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ 、等）。上述每种气体在绝缘油中的浓度和油中可燃气体的总浓度（TCG）均可作为变压器内部故障诊断的指标。

变压器油色谱在线监测装置运行时，采用差压泵吸方式将变压器油吸入到油样采集单元中，通过内部油泵进行油样循环，在真空环境以及磁力搅拌作用下实现油气快速分离，通过冷阱技术除杂后，将故障特性气体导入六通阀定量管。定量管中的混合故障气体在载气的推动下进入色谱柱，通过色谱柱对不同气体具备不同的亲和作用，将故障特性气体依此分离。气敏传感器按出峰顺序对故障特性气体逐一进行检测，并将故障气体的浓度特性转换成电信号。数据采集器中心 CPU 对电信号进行转换处理、存储。数据采集器嵌入式工控机通过 RS485 通讯模式获取本机日常监测原始数据。嵌入式数据分析软件对数据进行分析处理，分别计算出故障气体各组份及总烃含量。再通过后台主控计算机故障诊断专家系统对变压器油色谱数据进行综合分析诊断，实现变压器故障的在线监测分析。同时数据采集器可就地输出多路无源触点式报警信号直接进入用户自控系统。油中微水检测系统通过专业的外置微水在线检测装置实现，并将检测数据导入油色谱在线监测数据库，实现变压器运行状态的综合诊断。

单台数据采集器采集分析获得的变压器油运行状态数据经局域网交换机上传至系统后台主控计算机。数据经系统专用综合分析及故障诊断软件处理，实现报表、数据趋势分析、故障诊断与报警、TCP/IP、GPRS 等方式数据远程传输与控制等系统功能，并形成后台主控计算机统一控制的网络式油色谱在线监测装置。

## 系统构成

变压器油色谱在线监测装置主要由油路循环系统、油气分离系统、冷阱、载气调节与控制系统、温度控制系统、油中特性故障气体色谱检测单元、故障诊断与数据管理软件（由工业控制计算机及操作系统构成）、通讯网络及数据远程控制与访问软件组建而成。



# 检测指标

## 普通型:

监测气体	测量范围	分辨力	精度
H <sub>2</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
CO	1~5000μL/L	1μL/L	≤±10%
CH <sub>4</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.3~1000μL/L	0.3μL/L	≤±10%
TCG 总烃	1~8000μL/L	1μL/L	≤±10%

## 加强型:

监测气体	测量范围	分辨力	精度
H <sub>2</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
CO	1~5000μL/L	1μL/L	≤±10%
CH <sub>4</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.3~1000μL/L	0.3μL/L	≤±10%
CO <sub>2</sub>	≤25μL/L	25~5000μL/L	±10%
H <sub>2</sub> O	2%RH	2~100%RH	±10%
TCG 总烃	1~8000μL/L	1μL/L	≤±10%

# 系统技术指标

	项目	内容
1	系统型号	LWS 9100
2	监测组分	H <sub>2</sub> 、CO、CH <sub>4</sub> 、C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 、C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 、C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 、总烃、可配套检测 H <sub>2</sub> O、CO <sub>2</sub>
3	监测周期	最短 1 小时，最长 30 天，用户可自行设定，默认 24 小时
4	取样方式	循环取样，无排放损失
5	脱气方式	真空环境以及磁力搅拌
6	除杂方式	专利冷阱技术
7	进样方式	平面六通阀定量进样
8	分离方式	高性能单一色谱柱

	项目	内容		
9	检测方式	专用单一气敏传感器		
10	显示方式	报表/趋势图/增量分析		
11	分析诊断	改良三比值法、大卫三角法及立方体图法并提供原始谱图		
12	报警方式	浓度设定、增量值报警；就地无源触点输出		
13	通讯方式	TCP/IP 通讯协议		
14	数据存储	大于 20 年		
15	标配载气	2 瓶 10L 高纯度合成空气，一用一备		
16	工作电源	AC220V±10%，50Hz		
17	标称功率	1500W		
18	监测气体	测量范围	分辨力	精度
1)	H <sub>2</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
2)	CO	1~5000μL/L	1μL/L	≤±10%
3)	CH <sub>4</sub>	1~2000μL/L	1μL/L	≤±10%
4)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
5)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.5~2000μL/L	0.5μL/L	≤±10%
6)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.3~1000μL/L	0.3μL/L	≤±10%
9)	总烃	1~8000μL/L	1μL/L	≤±10%
19	快速瞬变脉冲群抗扰度	4 级，±4kV		
20	浪涌（冲击）抗扰度	4 级，±1.2kV		
21	抗地震能力	地震烈度 9 度地区： 地面水平加速度 0.4g，地面垂直加速度 0.2g		
		地震烈度 8 度地区： 地面水平加速度 0.25g，地面垂直加速度 0.125g		
		地震烈度 7 度地区： 地面水平加速度 0.2g，地面垂直加速度 0.1g		
22	环境温度	-40℃~+70℃		
23	环境湿度	相对湿度 5~95%（无冷凝）		
24	大气压力	50kPa~110kPa		
25	防护等级	IP56		
26	外形尺寸	宽 700mm×深 550mm×高 1100mm		
27	整机重量	150kg		

# 系统特点

## 1、真空与超声波电磁振荡脱气技术

采用的真空与超声波电磁振荡相结合的脱气技术可在低真空度条件下，利用超声波的电磁激振与溶剂的真空挥发共同形成溶解气体的循环自激，在无任何介质介入的前提下，实现变压器油溶解气体的快速有效分离。脱气效率高、时间短、重复性好，避免对变压器绝缘油的污染。

## 2、冷阱技术

在油色谱检测中存在油气对色谱柱活性物质的污染，这将严重影响色谱柱的分离效果，降低色谱柱使用寿命。通常采用活性剂（如活性炭等）对分离出来的故障气体进行吸附过滤，可有效降低油气对色谱柱污染。但活性剂的活化再生特性无法满足在线监测系统长时期稳定运行要求。

冷阱是在一定的低温环境下，将变压器油 C3 以上有机物挥发成份实现有效冷凝，彻底避免油气对色谱柱的污染，并实现系统免维护要求。

## 3、复合色谱柱

用复合单柱取代双柱，简化系统结构。复合色谱柱在一定温度环境下，可有效分离 H<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 等六种故障气体，且在不同恒温条件下，各气体出峰面积不变，不影响系统数据处理的捕峰条件，适用于现场安装的变压器油色谱在线监测装置。复合色谱柱具有柱效率高，抗污染性能好，使用寿命长等特点。

## 4、气体检测器技术

采用集成传感技术，敏感元件和控制电路集成在独特的陶瓷硅芯片上，对应设计的故障气体受检气室，具有最小的死体积，可大大提高检测灵敏度。

和 FID、TCD 传感器相比，不怕中毒，寿命长。和其他非色谱检测法对比，检测器构造简单，体积小，检测灵敏度高。

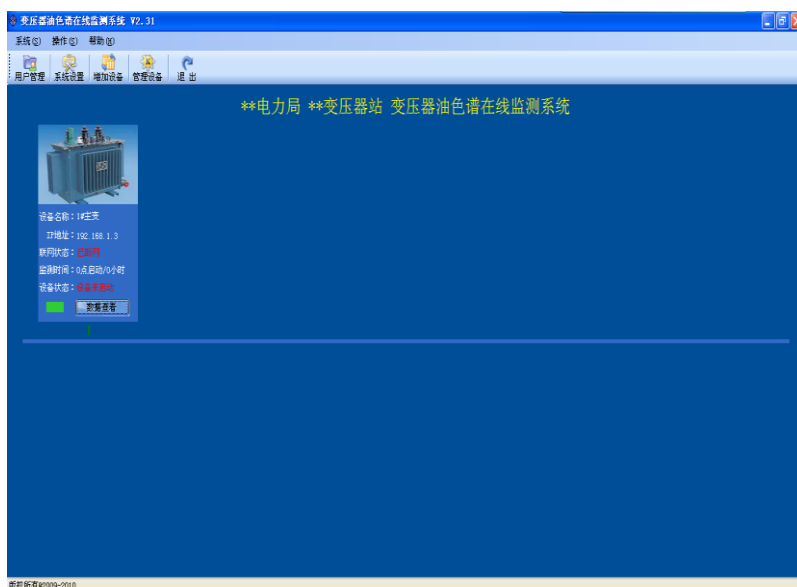
## ➤5、支持 TCP/IP、IEC61850 通信协议

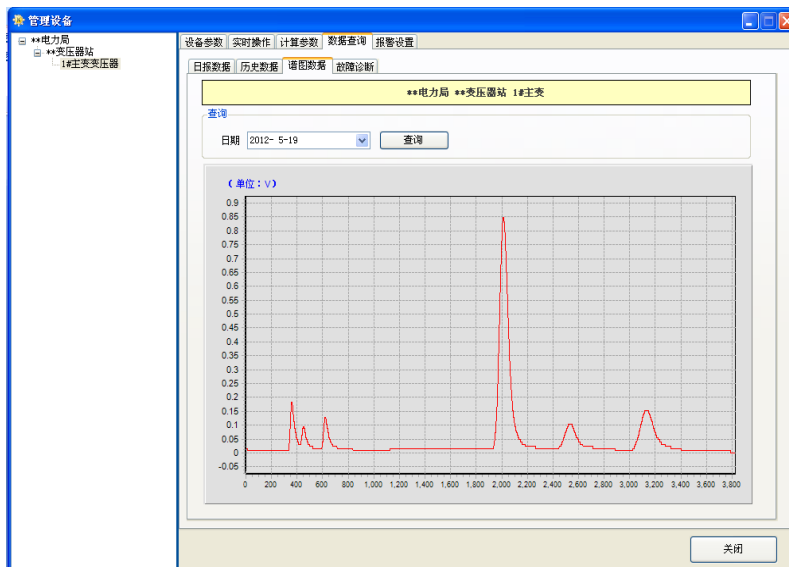
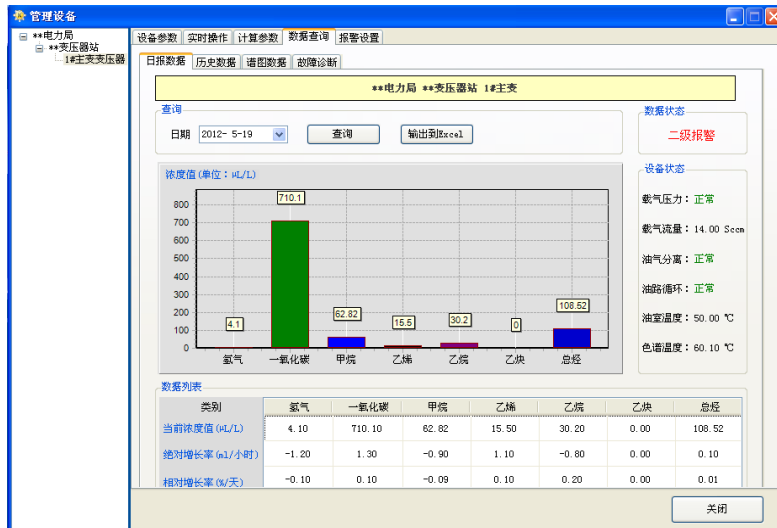
气体组分组份浓度、载气压力状态、三维谱图等数据信息可采用 SV/GOOSE 形式传输至过程层网络，支持 TCP/IP 通讯协议并全面支持智能变电站基于 IEC61850 通信要求，可实现与其他厂商的变压器状态监测主 IED 的无缝接入。

# LWS 9100 系统

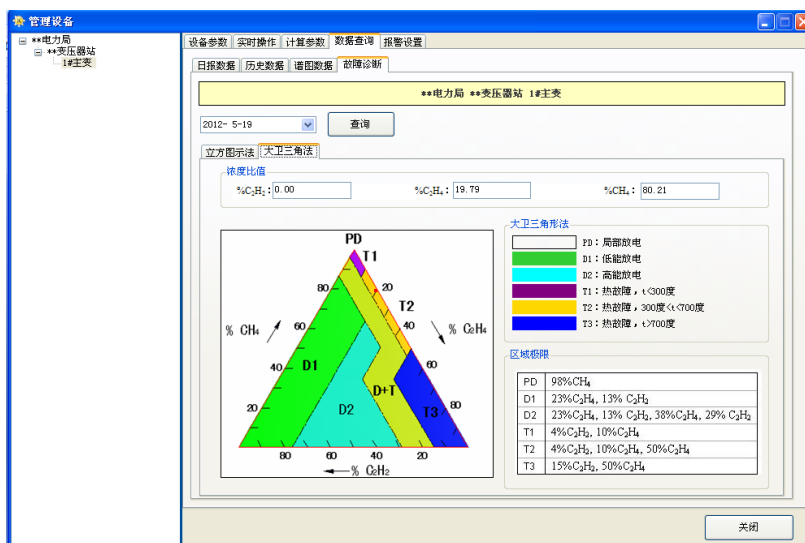
## 启动软件与登陆

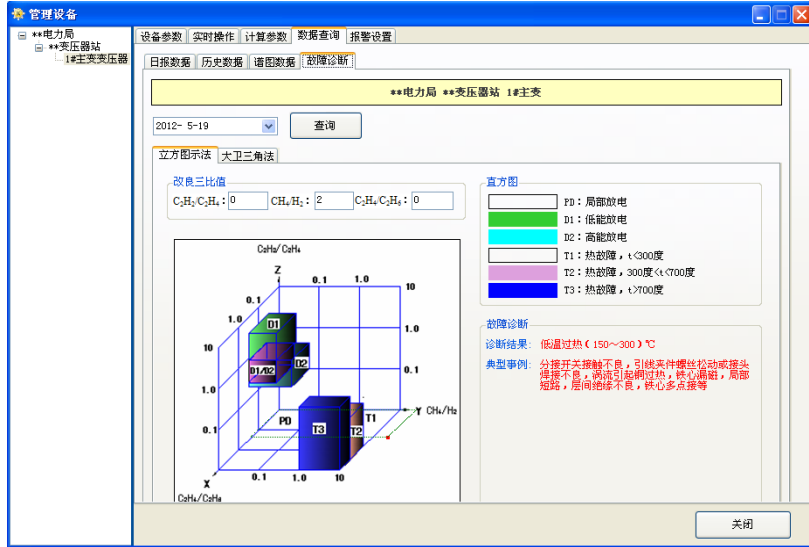
系列客户端软件采用了基于权限的用户管理机制，只有经过授权的用户才能使用本系统。普通用户只能查看系统的参数设置、浏览监测数据以及使用其他基本功能，只有高级用户才具有修改系统的有关参数配置、进行用户管理等权限，这样在很大程度上确保了系统长期稳定、可靠地运行。如图软件界面





### 故障诊断界面





管理设备

设备参数 | 实时操作 | 计算参数 | 数据查询 | 报警设置

日报数据 | 历史数据 | 谱图数据 | 故障诊断

2012- 5-19 查询

浓度报警参数设置 (uL/L)

	氢气	乙炔	总烃
当前浓度值一级报警:	100	3	150
当前浓度值二级报警:	150	5	300

绝对增长率报警参数设置 (uL/小时)

	氢气	乙炔	总烃
绝对增长率一级报警:	5	5	5
绝对增长率二级报警:	10	10	10

相对增长率报警参数设置 (uL/天)

	氢气	乙炔	总烃
相对增长率一级报警:	0.2	0.3	0.66
相对增长率二级报警:	0.4	0.5	1.4

保存

关闭

管理设备

设备参数 | 实时操作 | 计算参数 | 数据查询 | 报警设置

日报数据 | 历史数据 | 谱图数据 | 故障诊断

2012- 5-19 查询

开始日期: 2012- 5- 1 结束日期: 2013- 6- 1 查询 输出到Excel

浓度值 (单位: uL/L)

日期	氢气	一氧化碳	甲烷	乙烯	乙烷	乙炔	总烃	报警
2012-5-19 8:26	4.10	710.10	82.82	15.50	30.20	0.00	108.52	CO Alarm 2;CH4 A... 低
2012-5-20 8:26	4.20	708.90	62.10	15.40	30.90	0.00	108.40	CO Alarm 2;CH4 A... 低
2012-5-21 8:26	4.10	712.10	62.22	15.50	31.00	0.00	108.72	CO Alarm 2;CH4 A... 低
2012-5-22 8:26	4.30	709.10	61.80	15.50	30.10	0.00	107.40	CO Alarm 2;CH4 A... 低

浓度值 (单位: uL/L)

- 氢气
- 一氧化碳
- 甲烷
- 乙烯
- 乙烷
- 乙炔
- 总烃

关闭



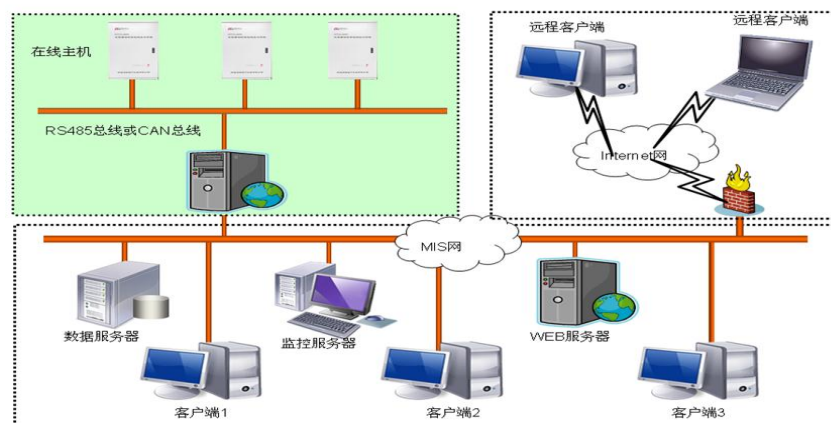
# 软件特点

- 1、自动捕峰、分段增益：采用当前国际上最先进实用的数学模型，实现故障特性气体检测曲线的自动捕峰，合理准确；对故障特性气体检测曲线出峰进行分段增益，可有效提高系统检测精度。
- 2、算法独到、诊断准确：依托 IEC 及国家电力行业变压器油检测国家标准（GB），融合多年的现场运行经验，整合形成了一套算法独到、数据准确、诊断及时的数据分析管理系统。
- 3、通讯稳定、安全可靠：根据变压器油色谱在线监测系统的现场特点，设计了一套独特的通讯协议，数字化数据可有效、安全、长距离传输。
- 4、查询方便：能方便查询设备名称、当前浓度数据、相对增长率、绝对增长率、历史数据等。
- 5、趋势分析：根据历史数据可自动生成趋势图。
- 6、报警值设定：可以为故障气体浓度或产气率设定报警注意值。
- 7、报表功能：可自动生成日报表、历史数据报表。
- 8、故障诊断：可通过改良三比值法、立方图和大卫三角形等多种方法进行故障判断。
- 9、设定监测周期：可随时设定试验周期增加检测次数，达到连续监测目的。
- 10、全方位设备监控：可对油温、柱温、油路循环、载压等设备运行指标进行监控。

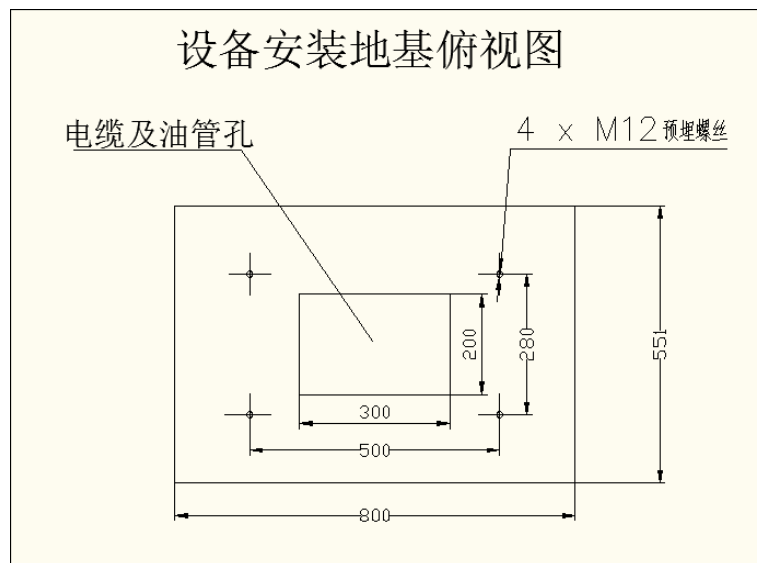
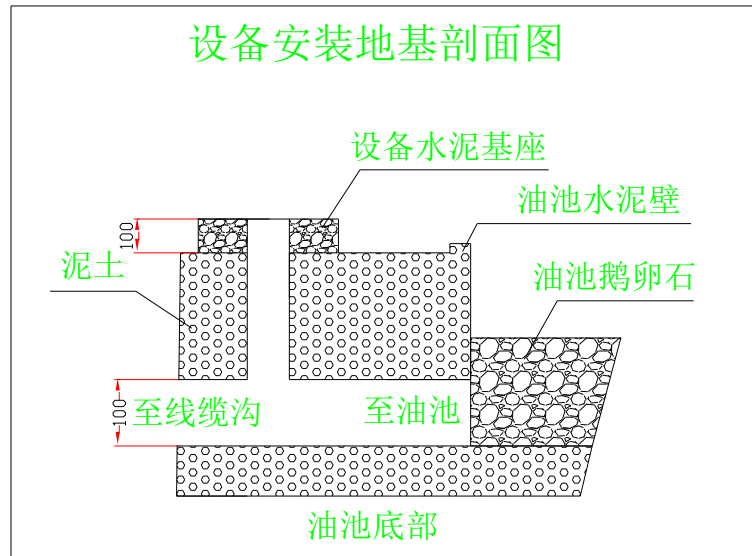
## 变压器油色谱在线监测系统组网方式

LWS9100 变压器油色谱在线监测装置采用先进的通讯协议，使数字化数据可安全、稳定的长距离传输。采用光纤有线通讯方式组网。并根据用户需要定制多种通讯方式，便于用户选择，极大程度的方便了用户对现场所有设备进行统一管理，便于实现智能电网的组建，完全符合国家电网组建大规模智能数字化电网的发展趋势。

LWS9100 变压器油色谱在线监测装置通过光纤接入模式组成三级远程油色谱在线监测装置网络。一个电厂或变电站可以用一台后台监控服务器，通过以太网方式控制多台色谱数据采集器，每一台色谱数据采集器可监测一台电力变压器。系统通过 WEB 方式接入局域网，局域网上的任一终端浏览器都可以在获得授权的条件下浏览数据处理服务器数据库中的监测数据和有关系统信息。



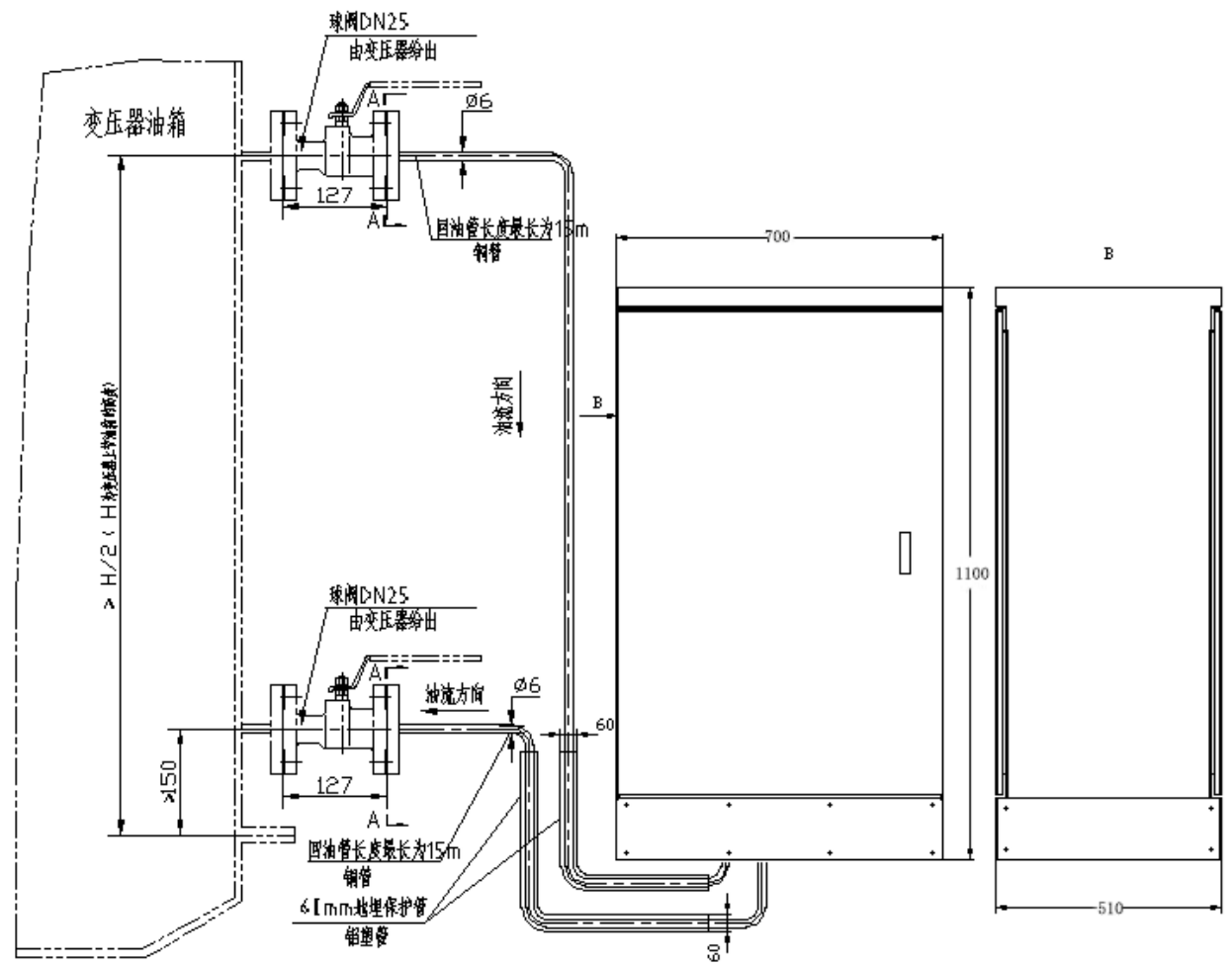
# 色谱数据采集器安装地基



现场运行示图







## 安装要点:

- 1) [LWS9100](#) 一般选择安装在变压器电力柜侧，与电力柜同列，便于安装、维护的位置。
- 2) 油循环模式：同口油循环或异口油循环
- 3) 采集柜与主控计算机之间数据通讯采用通讯光缆或网线连接模式
- 4) 主控计算机安装在控制室已操作的位置。
- 5) 1套系统控制软件可根据用户需要最多配置32台数据采集器。
- 6) 建议配置多台变压器油色谱在线监测系统的网络选用独立的主控计算机。
- 7) 局域网以浏览方式访问主控计算机，实现远程监控的目的。