



南方电网智能设备检测技术规范

第2部分 变电在线监测装置

(2026版)

中国南方电网有限责任公司

二〇二六年六月

目 次

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	4
4 检测项目及要求	8
5 检测规则	34

前 言

为全面规范南方电网公司油中溶解气体监测装置、GIS 特高频局部放电监测装置、铁芯接地电流监测装置、中性点直流接地监测装置、电能质量监测装置、容性设备绝缘监测装置等变电在线监测装置检测方法 & 合格判据。

本标准由中国南方电网有限责任公司供应链管理部提出、归口管理并负责解释。

本标准主编单位：中国南方电网有限责任公司供应链管理部、中国南方电网有限责任公司输配电与储能部、南方电网科学研究院有限责任公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、广东电网有限责任公司（含广州供电局）、广西电网有限责任公司。

本标准首次发布。

南方电网智能设备检测技术规范

第 2 部分 变电在线监测装置

1 范围

本标准规定了油中溶解气体监测装置、GIS 特高频局部放电监测装置、铁芯接地电流监测装置、中性点直流接地监测装置、电能质量监测装置、容性设备绝缘监测装置等变电在线监测装置检测项目、检测方法、检测结果的判定方法。

本标准适用于油中溶解气体监测装置、GIS 特高频局部放电监测装置、铁芯接地电流监测装置、中性点直流接地监测装置、电能质量监测装置、容性设备绝缘监测装置等变电在线监测装置等变电在线监测装置的检测，可作为产品的研制、生产、检验和现场测试的依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

2.1 变电在线监测装置通用性标准

- (1) GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温
- (2) GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温
- (3) GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
- (4) GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热
- (5) GB 2423.22 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化
- (6) GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- (7) GB 4943.1 信息技术设备安全 第 1 部分：通用要求
- (8) GB/T 9361 计算站场地安全要求
- (9) GB/T 11287 电气继电器 第 21 部分 量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇：振动试验（正弦）
- (10) GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- (11) GB/T 17626.1 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论
- (12) GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- (13) GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- (14) GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- (15) GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

- (16) GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- (17) GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- (18) GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- (19) GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- (20) GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- (21) DL/T 860 变电站通信网络和系统
- (22) DL/T 1146 DL/T 860 实施技术规范
- (23) GB/T22239 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》
- (24) GB/T 36572 《电力监控系统网络安全防护导则》
- (25) GB/T 39786 《信息安全技术 信息系统密码应用基本要求》
- (26) Q/CSG 120499 《中国南方电网电力监控系统网络安全技术规范》
- (27) Q/CSG 1204100 《南方电网电力监控系统模块网络安全通用技术条件》
- (28) Q/CSG 1204104 《南方电网智能电网电力监控系统网络安全防护技术要求》
- (29) 南方电网公司变电设备在线监测装置数据通信技术规范
- (30) DL/T 1498.1 变电设备在线监测装置技术规范 第1部分：通则
- (31) DL/T 1432.1 变电设备在线监测装置检验规范 第1部分：通用检验规范
- (32) Q/CSG 1203021 南方电网公司变电设备在线监测装置通用技术规范

2.2 油中溶解气体监测装置专用标准

- (1) DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则
- (2) GB/T 17623 绝缘油中溶解气体组分含量的气相色谱测定法
- (3) DL/T 1498.2 变电设备在线监测装置技术规范 第2部分：变压器油中溶解气体在线监测装置
- (4) DL/T 1432.2 变电设备在线监测装置检验规范 第2部分：变压器油中溶解气体在线监测装置
- (5) DL/T 2145.1 变电设备在线监测装置现场测试导则 第1部分：变压器油中溶解气体在线监测装置

2.3 GIS 特高频局部放电监测装置专用标准

- (1) GB/T 7354 局部放电测量
- (2) GB/T 7674 额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

(3) DL/T 1498.4 变电设备在线监测装置技术规范_第4部分：气体绝缘金属封闭开关设备局部放电特高频在线监测装置

(4) Q/CSG 11401 气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）局部放电特高频检测技术规范

(5) DL/T 1432.4 变电设备在线监测装置检验规范 第4部分：气体绝缘金属封闭开关设备局部放电特高频在线监测装置

2.4 铁芯接地电流监测装置专用标准

(1) DL/T_1498.5 变电设备在线监测装置技术规范_第5部分：变压器铁心接地电流在线监测装置

2.5 中性点直流接地监测装置专用标准

(1) DL / T_1498.5 变电设备在线监测装置技术规范_第5部分：变压器铁心接地电流在线监测装置

(2) 南方电网变压器中性点直流电流监测装置技术规范 2021 版

2.6 电能质量监测装置专用标准

(1) GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求

(2) DL/T 1862 电能质量监测终端检测技术规范

(3) Q/CSG 1208002 南方电网电能质量监测终端技术规范

2.7 容性设备绝缘监测装置专用标准

(1) DL/T 1498.3 变电设备在线监测装置技术规范 第3部分：电容型设备及金属氧化物避雷器绝缘在线监测装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 油中溶解气体监测装置

3.1.1 在线监测 On-line Monitoring

在线监测指在不停电的情况下，对电力设备状态进行连续或周期性地自动监视检测。

3.1.2 变压器油中溶解气体在线监测装置 on-line monitoring device of gases dissolved in transformer oil

安装在充油电气设备本体上或附近，可对变压器油中溶解气体组分含量进行连续或周期性自动监测的装置。一般由油样采集与油气分离、气体检测、数据采集与控制、通信与辅助等部分组成。监测装置能通过现场总线、以太网、无线等通信方式与综合处理单元通信。

3.1.3 变压器油中溶解气体 gases dissolved in transformer oil

由各种原因形成的溶解于变压器油中的气体。

3.1.4 特征气体 characteristic gases

对判断充油电气设备内部故障有价值的气体，即氢气（H₂）、甲烷（CH₄）、乙烷（C₂H₆）、乙烯（C₂H₄）、乙炔（C₂H₂）、一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）。

3.1.5 总烃 total hydrocarbon

烃类气体含量的总和，即甲烷（CH₄）、乙烷（C₂H₆）、乙烯（C₂H₄）、乙炔（C₂H₂）含量的总和。

3.1.6 油气分离 gas-oil separation

将溶解于油中的气体脱离出来的过程。

3.1.7 相对标准偏差 relative standard deviation;RSD

标准偏差与计算结果算术平均值的比值,可用于描述在线监测装置对同一被测信号连续测量所得结果之间的精密度及重复性。

3.1.8 综合处理单元 Comprehensive processing unit

部署在变电站内,遵循 DL/T 860 通信规约接收在线监测装置发送的数据,对数据进行汇聚、展示、处理分析及存储,实现对在线监测装置的控制、与电力设备远程监测诊断中心进行 DL/T 860 和 FTP 标准化通信的逻辑单元。

3.2 GIS 特高频局部放电监测装置

3.2.1 GIS 局部放电 partial discharge in GIS

发生在 GIS 设备绝缘结构或导电部件局部区域内的放电现象,主要包括自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、绝缘件沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等。

3.2.2 特高频检测 UHF detection

采用内置式或外置式传感器检测 GIS 设备中局部放电在特高频(UHF, 300MHz~3000MHz)频段内所产生的电磁信号。

3.2.3 工作频带 working frequency band

监测装置检测 GIS 设备内部各类局部放电信号的频带范围,通常分为宽带和窄带两种。

3.2.4 背景干扰 background interference

监测装置测量到的与被监测 GIS 设备局部放电无关的持续性或间歇性信号,主要包括气体放电灯,测试系统中的白噪声,广播、电视、移动通信及雷达等信号,以及被监测设备外部存在的各类放电信号。

3.2.5 GTEM 小室 Gigahertz Transverse Electro-Magnetic cell

由带状金属隔板为内导体和矩形截面喇叭状金属为外导体构成的特殊矩形截面传输线,其工作频率可从直流至数吉赫兹,一般用于电子装置的辐射电磁场发射测量和抗干扰性能试验,本标准中用于监测装置的检测。

3.2.6 有效高度 effective height

特高频传感器在给定频率点 f_i 的电压响应与入射电场强度的比值,定义为:

$$H(f_i) = \frac{U(f_i)}{E(f_i)} \quad (1)$$

式(1)中:

f_i ——传感器工作频率, Hz;

$U(f_i)$ ——传感器在频率 f_i 的电压响应, mV;

$E(f_i)$ ——传感器所在位置处频率为 f_i 的电场强度, V/m。

3.2.7 平均有效高度 average effective height

传感器工作频带内各频率点有效高度的算术平均值。

3.2.8 局部放电相位分布谱图 phase-resolved partial-discharge spectrum; PRPD

表征局部放电信号的幅值、频次与被测设备交流电压相位的关系,可展示放电信号在一段时间内的相位分布特性。

3.2.9 局部放电脉冲序列相位分布谱图 phase-resolved pulse-sequence pectrum;PRPS

表征局部放电信号的幅值、相位随时间变化的关系，可展示放电信号在一段时间内的连续变化特性，通常不少于 50 个工频周期。

3.3 铁芯接地电流监测装置

3.3.1 变压器铁心工作接地点 transformer core working earthing point

变压器运行时，变压器铁心的可靠接地点，一般通过套管引出线接地。

3.3.2 变压器夹件工作接地点 transformer clamp working earthing point

变压器运行时，变压器夹件的可靠接地点，一般通过套管引出线接地。

3.3.3 变压器铁心接地电流 transformer core earthing current

变压器运行时，流经铁心工作接地点的电流，用有效值表示。

3.3.4 变压器夹件接地电流 transformer clamp earthing current

变压器运行时，流经夹件工作接地点的电流，用有效值表示。

3.3.5 变压器铁心接地电流在线监测装置 on-line monitoring device of transformer core earthing current

用于对变压器铁心/夹件接地电流进行连续或周期性自动监测的装置。

注：主要由电流传感器、数据采集和处理部分、通信控制部分等组成。一般分为两种：一种具有监测和报警功能；另一种具有监测、报警和限流功能，结构上增加了限流单元。

3.3.6 限流单元 current-limit unit

限制铁心/夹件接地电流的功能单元。

注：限流单元串接在铁心/夹件接地回路中，当铁心或夹件接地电流超标时，可自动/手动投入，将接地电流限制在规程要求的范围之内。

3.4 中性点直流接地监测装置

3.4.1 变压器中性点直流在线监测装置

用于自动采集、处理和发送变压器中性点接地引下线中直流电流特征量的监测装置，一般由变送器、数据采集和处理、通信等部分组成。

3.4.2 变压器中性点直流变送器

用于测量变压器中性点接地引下线中直流电流特征量的传感器，由直流电流测量模块、电源模块等组成。

3.4.3 相对标准偏差 (RSD)

标准偏差与计算结果算术平均值的比值，用于描述在线监测装置对同一被测信号连续测量的精密度，以作为重复性条件下测试结果分散性的度量。相对标准偏差 (Relative Standard Deviation, RSD) 依式(2)计算。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{C}} \times 100\% \quad (2)$$

式 (2) 中：RSD——相对标准偏差；

C_i ——第 i 次测量结果；

\bar{C} ——n 次测量结果的算术平均值；

N ——测量次数。

3.5 电能质量监测装置

3.5.1 电能质量监测设备 monitoring equipment of power quality

通过对引人的电压、电流信号进行分析处理,实现对电能质量指标进行监测的专用装置。

3.5.2 瞬态过电压 transient overvoltage

持续时间数毫秒或更短,通常带有强阻尼的振荡或非振荡的一种过电压。它可以叠加于暂时过电压上。

3.5.3 极限运行条件 limitrange of operation

监测设备能够运行且不至于损坏的严酷条件;当运行条件随机转化为额定运行条件后监测设备的测量功能及其准确度不受影响。

注:极限运行条件下监测设备的准确度将会受到影响。

3.5.4 额定运行条件 ratedrange of operation

保证监测设备准确度的运行条件。

3.5.5 影响量 influence quantity

任何可能会影响测量设备工作性能的量。

注:该量通常来自于测量设备外部。

3.5.6 影响量范围 range of influence quantity

单一影响量的取值范围。

3.5.7 时间积累 time aggregation

按照特定的数据合并算法,将特定时间间隔(累积周期)所包含的数据序列(等时间间隔)进行数据合并而得到一个代表该时间间隔数据的过程。

注1:该特定时间间隔定义为累积周期,例如150周波、10min、2h等;

注2:累积周期的一个测量数据定义为累积记录,简称记录,例如150周波记录、10min记录、2h记录等。

3.5.8 标记 flagging

用特定方式对电压暂降、暂升、短时中断期间稳态电能质量测量数据进行注明的行为。

注:(记录)标记仅针对A级、S级设备。

3.5.9 标记数据 flagged data

被标记了的电能质量监测数据。

3.5.10 波峰系数 crest factor

交流周期性电压或电流信号的峰值与有效值的比值。

3.5.11 平均故障间隔时间 mean time between failures; MTBF

可修复的产品两次故障之间持续运行的期望时间间隔。

3.6 容性设备绝缘监测装置

3.6.1 电容型设备 capacitive equipment

采用电容屏绝缘结构的设备,包括电容型电流互感器、电容式电压互感器、耦合电容器、电容型套管等。

3.6.2 全电流 total current

在正常运行电压下,流过变电设备主绝缘的电流。全电流由阻性电流和容性电流组成。

3.6.3 阻容比 resistance and capacitance ratio

在正常运行电压下,流过金属氧化物避雷器主绝缘阻性电流基波峰值与容性电流基波峰值的比值。

3.6.4 三相不平衡电压 three-phase unbalanced voltage

三相电压在幅值上不同或其相位差不是120°,抑或兼而有之。常用负序或零序电压与正序电压之比的百分数表示。

3.6.5 三相不平衡电流 three-phase unbalanced current

三相电流在幅值上不同或其相位差不是120°,抑或兼而有之。常用负序或零序电流与

正序电流之比的百分数表示。

3.6.6 相对标准偏差 relative standard deviation; RSD

标准偏差与计算结果算术平均值的比值,可用于描述在线监测装置对同一被测信号连续测量所得结果之间的精密度及重复性。

4 检测项目及要求

4.1 通信方式及一致性试验

4.1.1 通信方式检验

a) 按照《南方电网公司变电设备在线监测系统数据通信技术规范》和的要求,对监测装置与主站中心的互操作性进行测试,测试内容包括数据模型、通信接口服务及时间同步等具体要求见附录 A 及相关规范要求。

b) 按照监测装置与省级主站无线通信方式数据通信规约要求,对装置无线通信功能进行测试,测试内容包括数据帧格式、控制字功能及数据规范性等,具体要求见附录 B 及相关规范要求。

4.1.2 通信自恢复能力检测

装置具备通信恢复能力,当故障消除后,与主站中心无线安全接入区前置服务器或站内在线监测综合处理单元的网络通信应能自动恢复正常,信息传送正确。

4.1.3 通信稳定性检测

在网络流量异常增加、大量突发报文冲击情况下,装置无异常。

4.2 通用试验项目及要求

4.2.1 试验环境

除环境影响试验及运行中试验之外,其它试验项目应在如下试验环境中进行。

- a) 环境温度: $+5^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $30\%\sim75\%$;
- c) 大气压力: $80\text{kPa}\sim110\text{kPa}$;
- d) 电源电压: $\text{AC } 220\text{V}\pm 15\%$;
- e) 电源频率: $50\pm 0.5\text{Hz}$;
- f) 谐波含量: $<5\%$ 。

4.2.2 结构与外观检查

通过目测对变电在线监测装置进行外观和结构方面的检查,检查内容包括外观、材质、铭牌、结构、传感器等。试验结果应满足以下要求:

应满足南方电网各类变电在线监测装置技术规范书要求。

4.2.3 绝缘性能试验

4.2.3.1 绝缘电阻试验

按“GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法”第 19 章的规定和方法,进行绝缘电阻试验。湿热条件下的绝缘电阻试验同上,但应在完成湿热试验之后 5min 内进行。试验结果应满足以下要求:

- a) 在正常试验大气条件下,装置各独立电路与外露的可导电部分之间,以及各独立电路之间,绝缘电阻的要求见下表 1。

表 1 正常试验条件下绝缘电阻要求

额定电压 U_r	绝缘电阻要求
$U_r \leq 60\text{V}$	$\geq 5\text{M}\Omega$ (用 250V 兆欧表测量)
$250 > U_r > 60\text{V}$	$\geq 5\text{M}\Omega$ (用 500V 兆欧表测量)

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $250 > U_r > 60V$ 的要求。

- b) 温度 $+40\pm 2^{\circ}C$ ，相对湿度 $(93\pm 3)\%$ 恒定湿热条件下，装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，绝缘电阻的要求见表 2。

表 2 恒定湿热条件下绝缘电阻要求

额定电压 U_r	绝缘电阻要求
$U_r \leq 60V$	$\geq 1M\Omega$ （用250V兆欧表测量）
$250 > U_r > 60V$	$\geq 1M\Omega$ （用500V兆欧表测量）

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $250 > U_r > 60V$ 的要求。

4.2.3.2 介电强度试验

按“GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法”第 19 章的规定和方法，进行介电强度试验。

试验结果应满足以下要求：

- a) 在正常试验大气条件下，装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受频率为 50Hz，历时 1min 的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象；
- b) 工频耐压试验电压值按表 3 规定进行选择，也可以采用直流试验电压，其值应为规定的交流试验电压值的 1.4 倍。

表 3 介质强度要求

额定电压 U_r	试验电压有效值
$U_r \leq 60V$	0.5 kV
$250 > U_r > 60V$	2.0 kV

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路试验电压采用 $250 > U_r > 60V$ 的要求。

4.2.3.3 冲击电压试验

按“GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法”第 19 章的规定和方法，进行冲击电压试验。试验结果应满足以下要求：

在正常试验大气条件下，装置各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受 1.2/50 μs 的标准雷电波的短时冲击电压试验。当额定工作电压大于 60V 时，开路试验电压为 5kV；当额定工作电压不大于 60V 时，开路试验电压为 1kV。试验后设备应无绝缘损坏和器件损坏。冲击电压要求见表 4。

表 4 冲击电压要求

额定电压 U_r	开路试验电压
$U_r \leq 60V$	1.0kV
$250 > U_r > 60V$	5.0 kV

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路试验电压采用 $250 > U_r > 60V$ 的要求。

4.2.4 电磁兼容性能试验

4.2.4.1 静电放电抗扰度试验

按照“GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

- 监测装置在正常工作状态；
- 接触放电或空气放电；
- 在外壳和工作人员经常可能触及的部位；
- 试验电压：接触放电 8kV，空气放电 15kV；
- 正负极性放电各 10 次，每次放电间隔至少 1s。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.2 规定的严酷等级为 4 级的静电放电干扰。

4.2.4.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照“GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

- 监测装置在正常工作状态；
- 频率范围：80MHz~3000MHz；
- 试验场强：10V/m。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.3 规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射干扰。

4.2.4.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照“GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

- 监测装置在正常工作状态；
- 试验电压：电源端口 4kV，数据端口 2kV。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.4 规定的严酷等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群干扰。

4.2.4.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

按照“GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

- 监测装置在正常工作状态；
- 试验电压：4kV。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.5 规定的严酷等级为 4 级的浪涌(冲击)干扰。

4.2.4.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按照“GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度”中规定，并在下述条件下进行：

- 监测装置在正常工作状态；
- 频率范围：150kHz~80MHz；
- 试验场强：10V。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.6 规定的严酷等级为 3 级的射频场感

应的传导骚扰干扰。

4.2.4.6 工频磁场抗扰度试验

按照“GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

—监测装置在正常工作状态；

—磁场强度：100A/m。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.8 规定的严酷等级为 5 级的工频磁场干扰。

4.2.4.7 脉冲磁场抗扰度试验

按照“GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

—监测装置在正常工作状态；

—磁场强度：1000A/m。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.9 规定的严酷等级为 5 级的脉冲磁场干扰。

4.2.4.8 阻尼振荡磁场抗扰度试验

按照“GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

—监测装置在正常工作状态；

—磁场强度：100A/m。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.10 规定的严酷等级为 5 级的阻尼振荡磁场干扰。

4.2.4.9 电压暂降抗扰度试验

按照“GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验”中规定，并在下述条件下进行：

—监测装置在正常工作状态；

—暂降后剩余电压：40%UT；

—持续时间：10 个周波。

在施加干扰的情况下，监测装置应能正常工作。

在试验期间及试验后，装置应能承受 GB/T 17626.11 规定的电压为 40%UT，持续时间 10 个周波的电压暂降干扰。

4.2.5 机械性能试验

4.2.5.1 振动试验

a) 振动响应试验

按 GB/T 11287 中的规定和方法，对监测装置进行严酷等级 1 级的振动响应试验。监测装置不工作，将其固定在扫频范围为 10~150Hz，60Hz 以下振幅为 0.035mm、60Hz 以上峰值加速度为 5m/s² 的振动试验台上，在每个轴线方向上进行一次扫频循环约 8 分钟。试验后，装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

装置应能承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 I 级的振动响应试验；

b) 振动耐久试验

按 GB/T 11287 中的规定和方法,对监测装置进行严酷等级 1 级的振动耐久试验。监测装置不工作,将其固定在扫频范围为 10~150Hz、峰值加速度为 10m/s² 的振动试验台上,在每个轴线方向上进行 20 次扫频循环,每次扫频循环约 8 分钟。试验后,装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

装置应能承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 I 级的振动耐久试验。

4.2.5.2 冲击试验

a) 冲击响应试验

按 GB/T 14537 中的规定和方法,监测装置不工作,进行严酷等级 1 级的冲击响应试验。加速度峰值为 49m/s²,脉冲持续时间为 11ms,在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加脉冲数为 3 个。试验后,装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

装置应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的冲击响应试验;

b) 冲击耐久试验

按 GB/T 14537 的规定和方法,监测装置不工作,进行严酷等级 1 级的冲击耐久试验,加速度峰值为 147m/s²,脉冲持续时间为 11ms,在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加脉冲数为 3 个。试验后,装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

装置应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久试验。

4.2.5.3 碰撞试验

按 GB/T 14537 中的规定和方法,监测装置不工作,进行严酷等级 1 级的碰撞试验,加速度峰值为 98m/s²,脉冲持续时间为 16ms,在三个相互垂直的轴线的每个方向上各施加脉冲数为 1000 个。试验后,装置不应发生紧固件松动、机械损坏等现象。

装置应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的碰撞试验。

4.2.6 外壳防护性能试验

4.2.6.1 防水试验

按“GB4208 外壳防护等级 (IP 代码)”中规定的试验要求和试验方法进行,室内及遮蔽场所使用的装置,应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP51 的要求;户外使用的装置,应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP55 的要求。

4.2.6.2 防尘试验

按“GB4208 外壳防护等级 (IP 代码)”中规定的试验要求和试验方法进行,室内及遮蔽场所使用的装置,应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP51 的要求;户外使用的装置,应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP55 的要求。

4.2.7 环境适应性能试验

4.2.7.1 低温试验

按“GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 A:低温”中规定的试验要求和试验方法进行,应能承受严酷等级为:温度为表 5 规定的低温温度、持续时间 6h 的低温试验,试验期间,装置保持运行状态,并按照实际运行工况要求设定数据采集传输周期。试验过程中装置应稳定运行,数据不应丢失,性能应满足技术要求的规定。

表 5 考核适用温度

工作环境温度要求/°C	低温温度/°C	高温温度/°C
-25~+70	-25	+70

4.2.7.2 高温试验

按“GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温”中规定的试验要求和试验方法进行,应能承受严酷等级为:温度为表 5 规定的高温温度、持续时间

6h 的高温试验，试验期间，装置保持运行状态，并按照实际运行工况要求设定数据采集传输周期。试验过程中装置应稳定运行，数据不应丢失，性能应满足技术要求的规定。

4.2.7.3 恒定湿热试验

装置应能承受 GB/T 2423.3 规定的恒定湿热试验，试验温度 $+40\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(93\pm 3)\%$ ，试验时间 12h，试验期间，装置保持运行状态，并按照实际运行工况要求设定数据采集传输周期。试验过程中装置应稳定运行，数据不应丢失，性能应满足技术要求的规定。

4.2.7.4 交变湿热试验

装置应能承受 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验。高温温度 55°C ，循环次数 1 次。试验期间，装置保持运行状态，并按照实际运行工况要求设定数据采集传输周期。试验过程中装置应稳定运行，数据不应丢失，性能应满足技术要求的规定。

4.2.8 连续通电试验

按照现场配置方案组成在线监测系统，工作电压为额定值，施加相应信号使在线监测装置工作在有效测量范围，进行 72-168 小时连续通电试验（常温），试验期间监测装置各项功能正常。

4.3 专用试验项目及技术要求

4.3.1 油中溶解气体监测装置技术要求

4.3.1.1 基本功能要求

4.3.1.1.1 监测功能

a)实现被监测设备状态参量的自动采集、信号调理、模数转换和数据的预处理功能；装置应满足每天至少 1 次的采样周期，并可按需要采用远程或现场方式更改采样周期；

b)实现监测参量就地数字化和缓存，监测结果可根据需要实时及定期发送至省级主站系统；

c)应具有自动加速监测功能，可自行设定启用或不启用自动加速监测功能。若启用，发现监测预警后应立即进行二次采样验证，确认后自动缩短为快速采样周期，实时跟踪变压器运行状况。

4.3.1.1.2 记录功能

a)装置运行后应能正确记录和存储实时监测数据，装置异常等情况下应能够正确建立事件标识；现场监测装置应能存放至少连续 2 年以上的监测数据，可本地提取，并能进行数据备份；

b)保证记录数据的安全性，不应因电源中断、快速或缓慢波动及跌落等原因丢失已记录的动态数据；不应因外部访问而删除动态记录数据；不允许人工删除和修改动态记录数据；不应丢失或抹去已记录的信息；

c)具有谱图传输功能，支持谱图通过就地工作站提取和通过 DL/T860 通信协议传输至站端后台。

4.3.1.1.3 报警功能

a)应具有监测功能故障和通信中断等异常情况的自动报警功能；具备数据超标报警、产气率超标报警、装置功能异常报警等故障报警功能，且设备状态参量报警阈值可设置；

b)报警信息应能区分各种不同类型的异常情况，包括监测数据、装置自检异常等；

c)报警信息应实现实时远传，报警策略设置可修改。

4.3.1.1.4 分析功能

a)装置应具有自检测功能，提供装置运行状态自检信息，记录故障日志；

b)装置应具有自恢复功能，当出现类似异常供电终止等情况后，装置能够自动恢复正常运行，且存储数据不丢失，并能实现自动补发，通过综合处理单元或省级主站的安全接入区实现数据上送至主站系统；

c)应提供组分含量，能计算特征气体绝对增量和相对增长速率，以及 DL/T 722-2014 中的绝对产气速率、相对产气速率，并可采用报表、趋势图、单一组分显示、多组分显示等多种展示方式，气相色谱原理装置应提供检测结果原始谱图；

d)具有数据分析和故障诊断功能，提供符合 DL/T 722-2014 要求的三比值法、大卫三角形法或立体图示法辅助诊断分析结果；

e)具备数据超标报警、产气率超标报警、装置功能异常报警等故障报警功能，且设备状态参量报警阈值可设置；

f) 报警信息应能区分各种不同类型的异常情况，包括监测数据、装置自检异常等；

g)报警信息应实现实时远传，报警策略设置可修改。

4.3.1.1.5 现场校验功能

a) 应具备专用的油样校验接口，现场校验接口应布置于装置机箱内部，采用独立通道不占用检测用进油和回油接口，接入安全性应符合 4.3.1.3 要求。现场校验接口采用标准的 $\varnothing 6\text{mm}$ 接头，连接管路采用外径 $\varnothing 6\text{mm}$ 金属管或耐油高分子聚合管，可具备气样校验接口，该气体校验功能应采用无用户干预全自动校验形式，所配备标准气体的性能有效期应不小于 1 年。

b) 装置应具备现场自主校验功能，当监测装置接入制备的油样后，通过自主校验功能即可进行自动清洗校验流程，且自检数据可导出，提高现场校验效率。

按上述要求检验在线监测装置的监测、记录、报警、分析等各项基本功能，以及对系统软硬件方面的检验。

4.3.1.2 监测性能要求

4.3.1.2.1 测量误差要求

在同一样本中取两份试验油样，分别采用在线监测装置和实验室气相色谱仪进行检测分析，将两者检测数据进行比对。油样的采集、脱气，油中溶解气体的分离、检测等步骤，应按照 GB/T 7597 和 GB/T17623 的方法执行。按照公式（3）和公式（4）计算测量误差，测量误差需符合表 7 中测量误差限值要求。

$$Ea = C_0 - C_1 \quad (3)$$

$$Ea = \frac{C_0 - C_1}{C_1} \times 100\% \quad (4)$$

式（3）~（4）中：

Ea——绝对误差；

Co——在线监测装置检测数据；

C1——实验室气相色谱仪检测数据；

Er——相对误差。

（1）在试验室条件下进行误差比对试验时，试验油样中所含气体成分及含量应该符合下列要求：

a) 一般选取油样 1~油样 3 进行检测，典型浓度见表 6；

b) 当需验证装置最高检测限值时，选取油样 4 进行检测，典型浓度见表 6。

表 6 配置油样浓度范围

单位： $\mu\text{L/L}$

气体组分	油样 1 (低浓度)	油样 2 (中低浓度)	油样 3 (中浓度)	油样 4 (高浓度)
H ₂	5~20	50~100	100~200	500~2000
C ₂ H ₂	0.5~1.0	1~5	5~20	50~200

ΣC_1+C_2	2~10	50~100	100~200	500~2000
CO	25~100	300~600	600~1200	1500~3000
CO ₂	25~500	1000~3000	3000~6000	7500~15000

(2) 在现场条件下进行误差比对试验时,“测量误差检验”一般选取 1~3 个测试点(低、中低、中、浓度)。检验时可采用以下两种方式:

- 采集被监测设备本体油样进行试验,与实验室气相色谱仪检测结果进行比对;
- 配制一定气体组分含量的油样进行试验,与实验室气相色谱仪检测结果进行比对。

测量误差需符合表 7 中测量误差限值要求。

表 7 全组分油中溶解气体在线监测装置技术指标

检测参量	检测范围 (μL/L)	测量误差限值
氢气 H ₂	2-20	±2 μL/L 或±30% ^[1]
	20-2000	±30%
乙炔 C ₂ H ₂	0.5-5	±0.5 μL/L 或±30%
	5-10	±30%
	10-200	±20%
甲烷 CH ₄ 乙烷 C ₂ H ₆ 乙烯 C ₂ H ₄	0.5-10	±0.5 μL/L 或±30%
	10-1000	±30%
一氧化碳 CO	25-100	±25 μL/L 或±30%
	100-5000	±30%
二氧化碳 CO ₂	25-100	±25 μL/L 或±30%
	100-15000	±30%
总烃 TotalGas	2-10	±2μL/L 或±30%
	10-150	±30%
	150-2000	±20%

[1] 测量误差限值取两者较大值,下同。

4.3.1.2.2 最小检测浓度

可结合测量误差试验进行,按照 4.3.1.2.1 中 a) 配制出油样,氢气接近 2μL/L (正偏差 ≤30%)、乙炔接近 0.5μL/L (正偏差 ≤30%)。按照 4.3.1.2.1 中方法进行试验,先对空白油进行测试,装置应无响应,再切换至待测油样,装置对氢气和乙炔应有稳定的响应值,以连续 3 次平均值作为测定值。

最小检测浓度满足以下要求,油中氢气 H₂ 最小检测浓度不大于 2μL/L、乙炔 C₂H₂ 最小检测浓度不大于 0.5μL/L。

4.3.1.2.3 测量重复性要求

配制总烃 ≥50μL/L 的油样,对相同油样连续监测分析次数不少于 7 次,取连续 6 次测量结果,重复性以总烃测量结果的相对标准偏差 RSD 表示,依式 (5) 计算相对标准偏差 (Relative Standard Deviation, RSD) 值。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{C}} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

RSD——相对标准偏差;

C_i ——第 i 次测量结果；

\bar{C} —— n 次测量结果的算术平均值；

n ——测量次数。

在重复性条件下，总烃测量结果的 RSD 值应满足 $RSD \leq 5\%$ 。

4.3.1.2.4 最小检测周期

按照在线监测装置技术说明书中给定的最小检测周期，设定为连续工作方式，参数设置应与“测量误差试验”和“测量重复性试验”保持一致。启动装置，待在线监测数据平稳后，记录装置从本次检测进样到下次检测进样所需的时间，记录 3 次试验时间，计算平均值，作为最小检测周期。

最小检测周期应满足不大于 2 小时的要求。

4.3.1.2.5 响应时间

准备空白油样和按照 4.3.1.2.1 中 b) 配制出的油样，装置以最小检测周期连续检测。先将装置接入空白油样中，待装置显示氢气和总烃数值小于 $2\mu\text{L/L}$ 后，迅速切换至配好的油样，切换油样应从在线监测装置本体进油管处切换。待装置示值稳定后停止检测，读取从切换油样时刻至达到稳定示值的 90% 的时间，作为装置的响应时间。

对于油中氢气和总烃，装置的响应时间不大于 3 小时。

4.3.1.2.6 交叉敏感性

(1) 配制一油样，其中一氧化碳 (CO) 含量 $>1000\mu\text{L/L}$ 、氢气 (H_2) 含量 $<50\mu\text{L/L}$ ，在线监测装置进行油中气体含量检测。

(2) 配制一油样，其中乙烷 (C_2H_6) 含量 $>150\mu\text{L/L}$ 、二氧化碳 (CO_2) 含量 $>5000\mu\text{L/L}$ 、其他烃类含量 $<10\mu\text{L/L}$ ，在线监测装置进行油中气体含量检测。

一氧化碳 (CO) 含量 $>1000\mu\text{L/L}$ 、氢气 H_2 含量 $<50\mu\text{L/L}$ 时，氢气检测误差符合 5.2.1 中的要求，乙烷 (C_2H_6) 含量 $>150\mu\text{L/L}$ 、二氧化碳 (CO_2) 含量 $>5000\mu\text{L/L}$ 、其他烃类含量 $<10\mu\text{L/L}$ 时，甲烷、乙烷、乙烯、乙炔检测误差符合表 7 中的要求。

4.3.1.3 接入安全性要求

a) 在线监测装置的接入不应使被监测设备或邻近设备出现安全隐患，如绝缘性能降低、密封破坏等；

b) 油样采集与油气分离部件应能够承受油箱的正常压力，对变压器油进行处理时产生的正压与负压不会引起油渗漏；取油口耐受压力 $\geq 0.6\text{Mpa}$ ；

c) 油样采集方式和回油应不影响被监测设备的安全运行，取油和回油管路应分开；

d) 使用载气的监测设备，应采用严格措施保证监测装置所用载气不进入变压器本体；

e) 应保证被监测设备密封性，防止采样部分引起的外界水分和空气的渗入。

变压器油中溶解气体在线监测装置接入安全性检查应符合上述要求。

4.3.2 GIS 特高频局部放电监测装置技术要求

4.3.2.1 基本功能要求

4.3.2.1.1 采集功能

a) 装置应实现被监测 GIS 设备特高频局部放电信号的自动采集、信号调理、模数转换和数据预处理等功能。

b) 装置应满足每个监测传感器配有独立的采集通道，实现连续、实时的信号采样功能，不应采用分时复用的方式对传感器进行轮巡采样。投标文件应提供说明产品通道数量和多通道 PRPS、PRPD 谱图同时实时显示的软件截图。

c) 装置每个采集通道每个工频周期放电相位窗数不小于 100。

d) 装置处于工作状态时，应以额定的采样率对所有采集通道进行持续不间断的信号采集，以保证监测期间被测位置所有的特高频信号均能够被可靠采集和处理。

e) 装置应具备对局部放电幅值、峰值、相位、频次等局部放电基本特征参量进行连续实时自动监测、计算的功能。

f) 局部放电幅值指在记录周期内（比如 1 分钟）所有采集到的有效特高频脉冲信号幅度值，单位应采用 dBm，范围在-80dBm 至 0dBm 的区间内（比如-75dBm 至-5dBm）。局部放电幅值的计算方法从以下统计方法中选择，以尽量消除较大的随机干扰信号及外部背景噪声信号变化对幅值的影响：

- 平均值法：局部放电幅值取记录周期内所有采集到的特高频脉冲信号幅度的平均值。
- 排序法：局部放电幅值取记录周期内所有采集到的特高频脉冲信号按幅度降序排列后的第 n 个信号幅度值。其中 n 的取值可为 10*记录周期（秒数），若记录周期内信号不足 n 个，则幅值可取装置量程最小值。比如记录周期为 1 分钟，则幅值为 1 分钟内所采集到所有信号按幅度降序排列后第（10*60*1=600）个信号的幅度值。

g) 局部放电峰值指在记录周期内所有采集到的信号幅度的最大值，比如记录周期为 1 分钟，则应取 1 分钟内所采集到所有信号幅度的最大值，单位应采用 dBm，大小范围在-80dBm 至 0dBm 的区间内。

h) 局部放电频次指在记录周期内所有采集到的有效脉冲信号累计次数的平均数，单位为次/秒，结果四舍五入为整数。比如记录周期为 1 分钟，则应取 1 分钟内所采集到所有信号脉冲次数除以 60 秒后四舍五入。

4.3.2.1.2 记录功能

a) 装置应能够按不高于 15 分钟的记录周期计算和储存记录周期内的局部放电信号幅值、峰值及频次等主要参数。

b) 装置应能够统计和记录局部放电相位分布图 (PRPD)、脉冲序列相位分布图 (PRPS) 等放电特征谱图 (PRPD 谱图：表征局部放电信号的幅值、频次与被测设备交流电压相位的关系，可展示出放电信号在一段时间内的相位分布特性；PRPS 谱图：表征局部放电信号的幅值、相位随时间变化的关系，可展示放电信号在一段时间内的连续变化特性，通常不少于连续 50 个工频周期)。

c) 装置应能够按不高于 15 分钟的记录周期统计和储存记录周期内的 PRPD 谱图。PRPD 谱图应包含记录周期内不低于 90%记录周期时长的连续时间段内的所有特高频脉冲信号。比如记录周期为 1 分钟，则 PRPD 谱图应包含不少于连续 54 秒的所有特高频脉冲信号。

d) 装置应具备数据存储功能，至少储存最近 1 年内的放电幅值、峰值、相位、频次等基本特征参量和 PRPD、PRPS 等谱图信息，并能通过软件接口导出历史数据。

e) 站端监测装置应按监测通道数量向省级主站发送 PRPD 谱图文件和监测数据，发送周期不长于 15 分钟。

f) 站端监测装置应满足远程主站实时在线召唤 PRPS 动态谱图的要求。

4.3.2.1.3 报警功能

a) 应具备监测结果异常、监测功能故障和通信中断等异常情况的自动报警功能。

b) 报警信息应能明确区分监测数据异常、装置自检异常等不同类型的异常情况。

c) 监测数据异常应至少设置三类报警，分别对应持续型局放一级报警、持续型局放二级报警、突发型局放报警。其中二级报警的严重程度大于一级报警，持续型局放报警每次只取其中一个报警级别。

d) 监测结果异常报警策略应至少包括以下方法：（以上三种分开描述）

(1) 持续性局放一级报警：基于 PRPD 或 PRPS 谱图的局部放电类型识别。当最大概率的识别结果为某种局部放电类型且概率大于可设置的阈值（比如 50%）时，进一步结合

供应商设定的各类局放信号幅值或趋势初步分析情况，生成相应局放事件；局放事件的生成周期最长不长于记录周期；在设置的报警观察周期内（过去的一个滚动时间段内，可设置为不大于 24 小时的任意时长，比如过去 1 小时内），局放事件数达到设置的事件数一级阈值，且最新一条局放事件的信号幅值超过局放幅值一级阈值，装置产生“持续型局放一级”报警信号。

(2) 持续性局放二级报警：基于 PRPD 或 PRPS 谱图的局部放电类型识别。当最大概率的识别结果为某种局部放电类型且概率大于可设置的阈值（比如 50%）时，进一步结合供应商设定的各类局放信号幅值或趋势初步分析情况，生成相应局放事件；局放事件的生成周期最长不长于记录周期；在设置的报警观察周期内（过去的一个滚动时间段内，可设置为不大于 24 小时的任意时长，比如过去 1 小时内），局放事件数达到设置的事件数二级阈值，且最新一条局放事件的信号幅值超过局放幅值二级阈值，装置产生“持续型局放二级”报警信号。

(3) 突发型局放报警：当监测范围内的特高频信号幅值发生突增时，若当前信号的幅值比之前一段时间背景参考信号（可设置背景参考时间，比如 30 秒）突增的程度大于阈值（可设置，比如 20dB）且持续时间大于阈值（可设置，比如 5 秒）时，装置应能够采集和记录包含该突发信号的时长不小于 1 秒的 PRPD 或 PRPS 谱图。若该谱图类型识别结果为局放，则产生“突发型局放”报警信号，并立即将该报警信号和谱图同时发送至主站，不必等待记录周期结束。

e) 报警观察周期为滚动的时段，以不长于记录周期的时间步长滚动。

f) 局放报警信号判别时间间隔不长于记录周期。

g) 局放事件数一、二级阈值可设置为不同的单一阈值；局放幅值一、二级阈值可按照不同的局部放电类型设置不同阈值。

h) 监测点的所有报警信号记录均应记录，包括报警时间、报警类型、类型识别结果等。

i) 从不满足报警条件的最后时刻开始算起，连续 6 小时不再监测到满足报警条件的信号，该报警信号自动复归，无需用户在变电站对该报警信号进行人工复归，站端不再重复送该历史报警信号至省级主站。

j) 所有报警信息均应实时远传省级主站，投标方需根据变电站背景噪声干扰情况，设置报警策略参数，每年根据实际情况更新，可修改设置参数包括但不限于报警观察周期、局放事件数一级阈值、局放事件数二级阈值、局放事件幅值一级阈值、局放事件幅值二级阈值和局放信号突变幅值增量阈值、背景参考时间阈值和突变持续时间阈值，所有报警阈值参数均可通过省级主站实现远程修改。

4.3.2.1.4 监测软件分析展示功能

a) 应能展示变电站局放在线监测装置的安装布点图，并可在图上展示各监测点安装位置中文名称、实时的局放峰值或幅值，局放告警情况，安装位置中文名称应与现场实际安装位置一致，软件页面的监测点安装位置中文名称可根据用户需要修改。

b) 应能通过点击安装布点图上的传感器进入该传感器数据查看页面。

c) 应能在同个页面上实时展示多个监测点的动态 PRPS、PRPD 谱图、谱图的局放峰值或幅值、监测点安装位置中文名称。实时 PRPS 和 PRPD 谱图应至少包含 50 个连续工频周期的信号，实时谱图滚动刷新时间应不大于 0.1 秒，放电峰值、幅值、频次滚动刷新时间应不大于 1 秒。

d) 应能同屏显示不少于 4 个监测点的实时 PRPS 图谱；应能查询和同屏显示不少于 4 个监测点的历史 PRPD 或 PRPS 谱图。

e) 应提供局部放电信号幅值、峰值及频次的历史趋势图，可按不长于记录周期的时间间隔显示任意时间段内的趋势图（至少可设置时间段为 1 天、1 月和 1 年）。装置应能够根

据用户选择，同屏显示多个采集通道在相同时间段内以上参数的趋势图。

f) 应能展示所有监测点的历史监测数据列表，至少包括通道编号、监测点位置名称、监测时间、局部放电信号幅值、峰值及频次，其中通道编号、监测点位置名称和监测时间可提供筛选查询。

g) 应能展示所有监测点的报警信息列表，至少包括报警时间、报警通道编号、报警位置名称、报警内容、报警类型和局放诊断结果等，其中报警时间、报警通道编号和报警位置名称可提供筛选查询。

h) 应能展示每一条报警数据详细信息，包括 PRPD、PRPS、局放幅值、峰值、频次和局放诊断结果，报警数据详细信息可从报警信息列表中快速点击查询。

i) 应具备放电类型识别功能，可准确判断 GIS 内部的自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端等典型放电类型，并可用统计的方式明确给出各种放电类型所发生的概率。

4.3.2.1.5 抗干扰功能

结合监测装置有效性检测，对监测装置施加应用环境中电晕干扰、手机通讯干扰、雷达干扰和气体放电等常见干扰信号，判断监测装置对各类干扰信号的辨识和抑制效果，是否会影响局部放电信号识别的准确性等，结果应符合如下要求。

a) 应具备在现场复杂电磁环境下，有效抑制和排除背景干扰的能力，可采用滤波、屏蔽、识别、定位等抗干扰技术，保证监测有效性。

b) 装置应具备软件滤波功能，并设置高通、低通、全频等多个滤波频带，方便用户进行干扰信号的识别。

4.3.2.1.6 自检测与自恢复功能

a) 装置应具有自检测功能，提供装置运行状态定时自检信息，记录故障日志，检测周期可设置。

b) 装置应具有自恢复功能，当出现类似供电终止等异常情况，装置能够自动恢复正常运行，且存储数据不丢失。

c) 监测主机应具备软硬件看门狗功能，当出现类似异常供电、现场信号采集控制单元死机、监测主机操作系统宕机、软件卡死等情况后，在电源正常的情况下，装置能够自动恢复正常运行，且存储数据不丢失。

4.3.2.1.7 定位功能

装置宜具备局放信号定位功能。

4.3.2.2 监测性能要求

4.3.2.2.1 传感器频响特性

采用 GTEM 小室检测传感器的频响特性。平均等效高度为传感器工作频带范围内各频率点等效高度的累计平均值。

传感器在工作频带内（300 MHz~1500MHz）平均有效高度不应小于 11mm。

4.3.2.2.2 检测灵敏度

通过标准脉冲发生器在 GTEM 小室内建立标定的瞬态电场，监测装置（含传感器）所能检测的最小瞬态电场强度峰值应符合以下要求。

监测装置（含传感器）在 GTEM 小室中检测 7V/m（或 17dBV/m）的瞬态电场强度峰值时的信噪比不应低于 2 倍（或 6dB）。

4.3.2.2.3 动态范围

通过标准脉冲发生器在 GTEM 小室内建立标定的瞬态电场，确定监测装置（含传感器）所能检测的最大瞬态电场强度和最小瞬态电场强度，其值应符合以下要求。

监测装置的动态测量范围不应小于 40dB，在动态范围内检测结果应能有效反映局部放电强度的变化。

4.3.2.2.4 监测装置线性度

装置在上、下截止频率和中心频率接收的信号幅值应具有较好的准确度和线性度，测量最大允许误差和幅值线性误差建议值均为 $\pm 20\%$ 。

4.3.2.2.5 监测有效性

保证在 GIS 任意位置产生 20pC 的放电信号均能有效监测，且无监测盲区，结果应符合以下要求。

根据外置传感器配置方案，监测装置应能检测到发生在被监测设备内部各处的、放电量不超过 20pC 的局部放电信号，并可准确判断放电缺陷的类型。

4.3.2.2.6 现场测量有效性

通过 GIS 盆式绝缘子或内置式特高频传感器注入校验信号，用于模拟 GIS 设备内不同部位的局部放电，通过检验监测装置能否准确检测校验信号，验证监测装置测量性能是否满足要求。

监测装置应能有效检测出注入被监测 GIS 设备内部的等效放电脉冲信号，并能存储相应的谱图文件。

4.3.2.3 接入安全性要求

a) 监测装置的接入不应改变被监测 GIS 设备的电气联接方式，不影响密封性能、绝缘性能及机械性能等各项性能指标。

b) 监测装置应采用外置式传感器，采用外置传感器时，应保证不改变被监测 GIS 设备的结构与连接，不得影响 GIS 盆式绝缘子结构的密封性能、外壳接地和通流性能。外置传感器的设置原则上不应拆动 GIS 的任何部件，外置式传感器应具有良好的防感应电或静电措施，在运行中不应应对 GIS 壳体产生放电。

c) 特高频传感器应能承受 GB/T 7674 规定的额定运行电压、操作过电压和冲击过电压。

d) 传感器外壳应可靠接地，传感器的输出端具备限压保护功能，空载输出电压不应危及人身安全。

e) 监测装置的装设应满足：与附近高压带电部件和区域具有足够的安全距离；有效防护雷电、开关操作产生的过电压和地电位升高；不产生涉及电源、电磁兼容和网络通讯等安全隐患，不影响变电站其他系统的安全运行。

4.3.3 铁芯接地电流监测装置技术要求

4.3.3.1 基本功能要求

4.3.3.1.1 监测功能

a) 实现被监测设备状态参量的自动采集、信号调理、模数转换和数据的预处理功能；

b) 实现监测参量就地数字化和缓存，监测数据的更新速度应不低于 1 次/5 分钟，变电站端监测数据及分析结果须实时及周期性发送至远程主站。

4.3.3.1.2 记录功能

a) 装置运行后应能正确记录和存储实时监测数据，装置异常等情况下应能够正确建立事件标识；现场监测装置应至少能存放最近 2 年的监测数据，可本地提取，并能进行数据备份；

b) 保证记录数据的安全性，不应因电源中断、快速或缓慢波动及跌落等原因丢失已记录的动态数据；不应因外部访问而删除动态记录数据；不允许人工删除和修改动态记录数据；不应丢失或抹去已记录的信息。

4.3.3.1.3 报警功能

a) 应具有监测数据超标、监测功能故障和通信中断等异常情况的自动报警功能；

- b)报警信息应能区分各种不同类型的异常情况，包括监测数据、装置自检异常等；
- c)报警信息应实现实时远传，报警策略设置可修改。

4.3.3.1.4 自检测与自恢复功能

- a) 装置应具有自检测功能，提供装置运行状态自检信息，记录故障日志；
- b) 装置应具有自恢复功能，当出现类似异常供电终止等情况后，装置能够自动恢复正常运行，且存储数据不丢失，并能实现自动补发，并实现数据上送至远程主站系统。

按上述要求检验在线监测装置的监测、记录、报警、自检测与自恢复等各项基本功能，以及对系统软硬件方面的检验。

4.3.3.2 监测性能要求

4.3.3.2.1 测量误差要求

在线监测装置有效测量范围内，选取包括在线监测装置最小可测量电流值（允许电流偏差 0~30%）、最大可测量电流值（允许电流偏差-10%~0）以及 5mA~100mA 范围内的 4 个电流值、100mA~30A 范围内的 4 个电流值，共计 10 个不同的电流值进行测量。

测量误差需符合表 8 中测量误差限值要求。

表 8 在线监测装置技术指标

检测参量	检测范围	测量误差要求
铁心、夹件接地电流交流有效值	1mA~30A	标准读数×准读或±±读数

4.3.3.2.2 测量重复性要求

针对被监测变压器，在线监测装置连续进行 6 次铁心接地电流采集，依式（6）计算相对标准偏差（Relative Standard Deviation, RSD）值。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{C}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

RSD——相对标准偏差；

C_i ——第 i 次测量结果；

\bar{C} ——n 次测量结果的算术平均值；

n——测量次数。

在重复性条件下，6 次测试结果的相对标准偏差 $RSD \leq 1\%$ 。

4.3.3.3 接入安全性要求

a) 在线监测装置的接入不应使被监测设备或邻近设备出现安全隐患，如绝缘性能降低、密封破坏等；

b) 在线监测装置的接入不应改变变压器铁心、夹件的电气联接方式，不影响被监测设备的密封性能、绝缘性能及机械性能。

c) 对于具有限流功能的监测装置，其接地电流回路应具有防止开路的保护功能，满足人身和设备的防护要求。（源自 DL/T 1498.5-2019）

铁芯接地电流监测装置接入安全性检查应符合上述要求。

4.3.4 中性点直流接地监测装置技术要求

4.3.4.1 基本功能要求

- a) 应具备对变压器的中性点直流电流进行连续实时自动监测和远程传输等功能；
- b) 变压器中性点直流电流变送器具备接入变电站内测控装置的功能；
- c) 变压器中性点直流电流在线监测装置的监测数据经变电站内测控装置采集，由站内自动化系统通过调度数据网分别上传至地区供电局调通中心、公司调通中心，再由公司调通中心转发至电科院省监测主站，数据传输遵循DL/T 634.5101、DL/T 634.5104规约要求；
- d) 对于 500kV 变压器中性点接地引下线分为多股，安装有两套或以上数量测量装置的情况，每套测量装置的输出信号均应接入测控装置，并上传至供电局调通中心、公司调通中心。相应的信号还原及叠加处理应分别由站端、省监测主站后台软件完成。

4.3.4.2 监测性能要求

4.3.4.2.1 监测装置测量误差

被测在线监测装置和标准测试仪器同时进行测量，以标准测试仪器检测数据为基准，计算在线监测装置的测量误差。

变压器中性点直流在线监测装置的测量范围及测量误差应符合表 9 要求。

测量误差试验：变送器一次侧分别施加-120A、-80A、-40A、-20A、-10A、0A、10A、20A、40A、80A、120A 直流电流，以所施加电流值为基准，计算在线监测变送器的测量误差，其测量范围、测量误差及线性度误差应符合表 9 要求。

交流纹波含量试验：

在一次侧通过 20A 直流电流及 40A 交流电流，传感器输出电流中的交流成分应符合表 9 要求。

负载试验：

在额定最大负载 300Ω 下，变送器一次侧分别施加-120A、-80A、-40A、-20A、-10A、0A、10A、20A、40A、80A、120A 直流电流，以所施加电流值为基准，计算在线监测变送器的测量误差，其测量误差应符合表 9 要求。

零点温度偏移电流试验：

零点温度偏移电流（-25℃~+70℃）应符合表 9 要求。

响应时间试验：

由信号源向被试传感器输入一幅值为传感器额定电流值的信号，并使其上升斜率为 $di/dt \geq 50A/\mu s$ ，到达传感器额定值后使其幅值保持恒定。在示波图上测量输出信号与被测信号分别升至幅值的 90% 点之间的时间差，即为响应时间（如图 1 所示），相应时间应符合表 9 要求。所选用的示波器应具有两个通道，显示记录的波形应便于测量，时基精度不低于 ±5%。

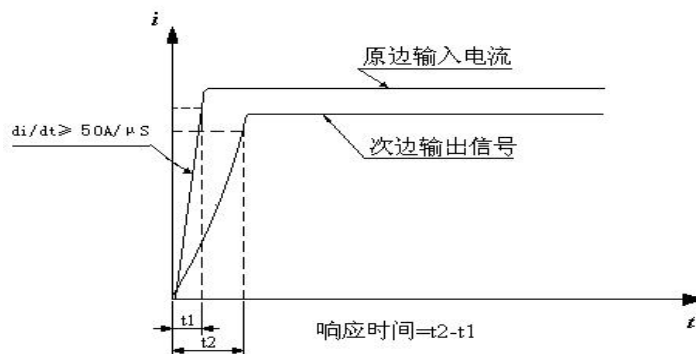


图 1 响应时间的计算方法

表 9 变压器中性点直流电流在线监测装置技术指标

项目名称	技术参数
直流电流测量范围	-120A~+120A
测量重复性	RSD<3%
二次侧额定测量输出	4mA~20mA
零点温度偏移电流 (-25℃~+70℃)	-0.2mA~0.2mA
测量误差	≤2%FS
线性度误差	≤0.5%
响应时间	≤200ms
纹波含量 (仅适用于输出信号为模拟信号)	≤0.2mA
负载性能 (仅适用于输出信号为模拟信号)	≤300Ω

4.3.4.2.2 监测装置测量重复性

对于变压器中性点直流在线监测装置,针对电流数值在 1A~10A 范围内的稳定测量点,至少读取在线监测装置连续测得的 6 组测量数据,依式 (7) 计算 RSD 值,所测电流的 RSD 值应符合表 9 要求。

$$RSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{C}} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

RSD——相对标准偏差;

C_i ——第 i 次测量结果;

\bar{C} ——n 次测量结果的算术平均值;

n——测量次数。

4.3.4.3 接入安全性要求

变压器中性点直流电流在线监测装置的接入不应改变被监测设备的电气联接方式,不影响被监测设备的密封性能、绝缘性能及机械性能,直流电流在线监测装置的导线通流容量不应低于原有接地引下线的水平,不应影响现场设备的安全运行。

通过变送器的变压器中性点接地引线各处连接牢固,通流能力应符合要求。

4.3.5 电能质量监测装置技术要求

4.3.5.1 基本功能要求

4.3.5.1.1 监测终端主要功能要求

监测终端主要功能要求见表 10。

表 10 监测终端主要功能要求

功能级别		A 级	S 级	
监测功能	稳态电能质量指标监测功能	无间隙 10 周波测量及输出功能	必备	可选
		电压、电流有效值及相位	必备	必备
		频率	必备	必备
		有功功率、无功功率、视在功率、功率因数	必备	必备
		三相电压、电流不平衡度及序分量	必备	必备
		谐波电压含有率、谐波电流含有率、谐波电流有效值(2~50 次)	必备	必备
		谐波电压、电流总畸变率	必备	必备
		谐波相位 (2~50 次) ¹	必备	可选
		谐波功率 (2~50 次)	必备	可选
		间谐波电压含有率、间谐波电流含有率、间谐波电流有效值 (0~49 次) ²	必备	可选
	电压短时闪变和长时闪变	必备	必备	
	电压波动	可选	可选	
	暂态电能质量事件监测功能	电压暂降	必备	必备
		电压暂升	必备	必备
		电压中断	必备	必备
冲击电流		必备	必备	
暂态电能质量事件标记功能		必备	可选	
统计和记录功能	150 周波间隔统计功能	必备	必备	
	分钟间隔统计功能	必备	必备	
	秒间隔统计功能	可选	可选	
	高速记录功能	可选	可选	
	录波功能	必备	可选	
	故障告警记录功能	必备	必备	
	PQDIF 文件生成功能	必备	必备	
存储功能	统计数据项目可选存储功能	必备	必备	
	存储容量满足要求	必备	必备	
显示功能		必备	可选	
设置功能		必备	必备	
通信功能	通信接口	以太网	必备	必备
		EIA RS-232/485 接口	可选	可选
	无线通信功能	可选	可选	
通信协议	基于 DL/T 860	必备	必备	
终端时间	Sntp/NTP 网络授时	必备	必备	
	硬件授时	必备	可选	
其他	辅助输入输出功能	可选	可选	

注1：谐波相位以本相基波电压为基准。

注2：0 表示次谐波（频率在 0-50Hz 之间），1 表示频率在 50-100Hz 之间的间谐波，2 表示频率在 100-150Hz 之间的间谐波，以此类推。

4.3.5.1.2 稳态电能质量指标监测功能

a) 监测项目

稳态电能质量指标监测项目见表 10。

b) 测量方法

(1) 谐波、间谐波、不平衡、基波有效值及功率

监测终端的基本测量周期为 10 周波，每个基本测量周期与相邻周期连续且无空隙。监测终端在每个基本测量周期内的测量结果称为 10 周波值。在基本测量周期和 10 周波值的基础上可有以下集合间隔和集合值：

1.150 周波间隔和 150 周波值

由连续无间隙且不重叠的 15 个基本测量周期构成一个 150 周波间隔，该 15 个 10 周波值的方均根值称为 150 周波值。

监测终端应依据绝对时间，在如下所述每个分钟间隔开始时刻进行 150 周波间隔的同步。每次同步将触发一个新的 150 周波间隔。考虑到同步造成的绝对时间偏移，每个 150 周波间隔内的最后一个 10 周波可以与下个 150 周波间隔内的第一个 10 周波存在重叠。

2.分钟间隔和分钟值

由连续无间隙且不重叠的多个基本测量周期构成一个分钟间隔，其具体时间长度在 1~30 分钟之间且可以整除 60，用户可以选择合适的时间长度。

在每个分钟间隔内基于 10 周波值计算得到的各稳态电能质量指标的最大值、最小值、均方根值和 95%概率大值统称为分钟值。分钟值的时标应为绝对时间，其值为该分钟间隔结束的时刻，应为整分钟值，且时间标记的分钟值除以测量间隔的余数应为 0。

监测终端应依据绝对时间、在每个分钟间隔开始时刻进行分钟间隔的同步。每次同步将触发一个新的分钟间隔。考虑到同步造成的绝对时间偏移，每个分钟间隔内的最后一个 10 周波可以与下个分钟间隔内的第一个 10 周波存在重叠。

3.秒间隔和秒值

由连续无间隙且不重叠的多个基本测量周期构成一个秒间隔，其具体时间间隔在 0~30 秒之间且可以整除 60，用户可以选择合适的时间长度。0 表示不具备秒间隔统计功能。

秒间隔内所有 10 周波值的最大值、最小值、均方根值称为秒值。秒值的时标应为绝对时间，其值为该秒间隔结束的时刻，应为整秒值，且时间标记的秒值除以测量间隔的余数应为 0。

监测终端应依据绝对时间、在每个秒间隔开始时刻进行秒间隔的同步。每次同步将触发一个新的秒间隔。考虑到同步造成的绝对时间偏移，每个秒间隔内的最后一个 10 周波可以与下个秒间隔内的第一个 10 周波存在重叠。

(2) 电压波动和闪变

应符合 GB/T 12326。

(3) 频率

应符合 GB/T 15945。

4.3.5.1.3 暂态电能质量事件监测和标记功能

监测终端暂态电能质量事件监测和标记功能应符合以下要求：

a) 监测终端支持对电压暂降、电压暂升、电压中断、冲击电流等暂态电能质量事件的监测；

b) 电压事件监测方法应符合 GB/T 17626.30，应支持基于额定参考电压的暂态捕捉方法，以及基

于滑动参考电压的暂态捕捉方法，可设置事件触发参数；

c) 电流事件的触发参数为半周波电流有效值，限值为用户设定的固定值；

d) 监测终端应具备暂态事件触发波形记录功能，用户能设置触发前、事件结束后、事件内（当事

件持续时间大于总记录周波数的时间长度时有效）、总记录周波数以及波形记录模式、每周波采样点数，每个事件的最大记录周波数应不小于 500 个，每周波采样点数不低于 256 点；

e) 监测终端应按照 GB/T 17626.30 实现针对电压暂降、电压暂升、短时电压中断等暂态事件的数

据标记功能，标记后的数据由使用者决定如何使用。

4.3.5.1.4 本地显示

监测终端本地显示功能应符合以下要求：

a) 若监测终端配有显示屏，终端自身应可以显示实时数据、实时波形、告警事件、设置参数等信

息。应具备屏保功能，以保障长期运行；

b) 终端应具有自身状态显示功能，正面面板应具有指示灯，显示终端运行状态、数据通信状态等。

4.3.5.1.5 数据统计、记录和存储

a) 10 周波数据

监测终端 10 周波数据应符合以下要求：

(1) 监测终端按 GB/T 17626.30 要求生成电能质量稳态指标（除闪变外）的 10 周波值，并可将 10 周波值进行存储，供后台软件读取分析；

(2) 10 周波值在监测终端内以文件形式存储，后台软件通过 DL/T 860 文件服务获取 10 周波值数据文件。监测终端支持 10 周波值存储功能的启停操作。正常情况下监测终端不存储 10 周波值数据文件；

(3) 10 周波值数据文件放置于监测终端的\TenCycleData 目录下。10 周波值数据文件命名原则：IED 名_逻辑设备名_数据起始时间，数据起始时间格式为年月日_时_分_秒_毫秒。监测终端支持不少于 10 个 10 周波值数据文件的存储，存储模式为先进先出、循环存储。

b) 实时数据

监测终端实时数据应符合以下要求：

(1) 实时数据是指依据 GB/T 17626.30 标准和稳态电能质量指标监测功能测量方法，由监测终端计算得到的各电能质量稳态指标（除闪变外）的 150 周波值或秒值。短时间闪变的实时数据指 10 分钟间隔数据，长时间闪变的实时数据指 2 小时间隔数据。

(2) 监测终端可不存储各电能质量稳态指标（除闪变外）实时数据，每组实时数据以非缓存报告形式直接上传至后台系统；

(3) 短时间闪变和长时间闪变的实时数据按监测终端统计数据形式存储。

c) 统计数据

监测终端统计数据应符合以下要求：

(1) 统计数据是指依据 GB/T 17626.30 标准和稳态电能质量指标监测功能测量方法，由监测终端计算得到的各电能质量稳态指标（除闪变外）的分钟值或秒值。

(2) 用户能够设置监测终端需要统计并存储的监测数据或者能够上送用户选择的监测指标的统计数据；

(3) 监测终端能够同时记录所有监测指标的数据；

(4) 针对每一个稳态电能质量监测指标（除闪变外），应记录其所在时间段的平均值、最大值、最小值，可选择记录 95%概率大值；

(5) 监测终端应按照 DL/T 860 要求，以日志形式实现历史统计数据的存储；

(6) 统计数据分钟值应至少在监测终端内部存储 90 天（按照时间间隔 1 分钟），统计数据秒值应至少在监测终端内部存储 36 小时（按照时间间隔 1 秒），存储模式为先进先出，循环存储。分钟值和秒值可不同时存储。

d) 暂态事件波形数据

监测终端暂态事件波形数据应符合以下要求：

(1) 暂态事件波形数据是指依据 监测终端暂态电能质量事件监测和标记功能所记录的可表征电能质量暂态事件特征的电压和电流波形；

(2) 暂态事件波形数据记录方式有两种：1) 智能记录模式，根据设置的触发前、事件结束后记录周波数记录事件全过程（包括触发前、事件期间、事件后），对于持续时间较长（大于总记录周波数的时间长度）的事件，应在事件开始和结束时段进行波形记录，记录的周波数为触发前、事件结束后周波数加事件内周波数，在事件的中间时段进行有效值记录；

2) 固定记录模式，

在事件开始后按照总记录周波数的长度记录，不管事件是否已结束；

(3) 暂态事件波形数据以 GB/T 22386 规定的 COMTRADE 文件形式存储。

COMTRADE 文件放置于监测终端的\COMTRADE 目录下。COMTRADE 文件命名原则：IED 名_逻辑设备名_故障号_故障时间，其中故障序号为十进制整数，故障时间格式为年月日_时分秒_毫秒。监测终端支持不少于 500 个 COMTRADE 文件的存储，存储模式为先进先出、循环存储；

(4) 每个用于暂态事件波形记录的 COMTRADE 文件只包含一个监测点的波形数据。

e) 高速记录

监测终端高速记录应符合以下要求：

(1) 监测终端应提供三相电压、三相电流、频率、三相有功功率、三相无功功率、三相视在功率等高速记录值，高速记录值取半周波刷新方均根值；

(2) 高速记录可通过电压电流半周波值越限、外部触发等条件触发，监测终端应可设置高速记录的触发条件；

(3) 高速记录值包括触发前、后的数据，其中触发前、后的数据量可设置，记录的总数据量宜不少于 10000 组；

(4) 监测终端应按照 DL/T 860 要求，以日志形式实现高速记录的存储，存储模式为先进先出，循环存储。

f) 告警信息

告警信息指监测终端内部产生的，用于记录电能质量稳态指标越限事件、暂态事件、运行状态变化事件等的信息。

监测终端应支持不少于 2000 条告警信息的存储。监测终端应按照 DL/T 860 要求，以日志形式实现告警信息的存储，存储模式为先进先出、循环存储。

g) PQDIF 文件生成功能

监测终端能根据设置的时间间隔或起止时间段生成 PQDIF 数据文件，内容包括统计数据、暂态事件数据、高速记录数据，PQDIF 数据文件格式应符合 DL/T 1608。

4.3.5.1.6 录波功能

监测终端录波功能应符合以下要求：

a) 可通过主机和监测终端的面板向终端发送手动或定时触发录波指令，监测终端应能按照设定的记录长度、通道及采样频率记录波形数据，波形数据以 COMTRADE 格式存储；

b) 可设置的录波长度不小于 10 秒。

4.3.5.1.7 辅助输入输出功能

监测终端辅助输入输出功能应符合以下要求：

a) 监测终端宜具备开关量输入、开关量输出、小电流模拟量输入功能；

b) 开关量输入用于外部事件触发，数量不少于 8 个；

c) 开关量输出用于越限动作、告警输出，数量不少于 4 个；

d) 小电流模拟量输入可用于测量 0~20mA 或 4~20mA 的直流电流，数量不少于 2 个，并具有光耦隔离。

4.3.5.1.8 设置功能

监测终端应具有远方和就地实现如下设置功能：

- a) 内部时钟及网络、硬件对时；
- b) 通讯参数；
- c) 监测点信息，包括监测点名称、PT/CT 变比、通道接线方式等；
- d) 稳态电能质量监测数据记录项目、记录时间间隔，能任意选择要记录的谐波次数；
- e) 事件触发参数及录波参数；
- f) 电能质量指标限值；
- g) 录波参数，包括记录长度、每周波采样点数、录波通道、定时录波间隔；
- h) 生成 PQDIF 文件的起、止时间或时间间隔；
- i) 权限设置；
- j) 软件升级；
- k) 参数设置应有模板功能，便于批量设置参数；
- l) 通过终端面板进行参数设置，应有密码保护措施。

4.3.5.1.9 数字信号输入

监测装置数字信号应取自满足 DL/T 282-2012 要求的合并单元（采样值至少采用 12800Hz，进行同步采样，采样同步误差应不大于 1 进行），数字信号输入端口的通信协议应符合 DL/T860.92-2016 的要求。

4.3.5.1.10 信息安全

监测终端应具备访问控制、数据完整性保护和审计等信息安全机制，防止恶意访问监测终端内部数据、控制并利用监测终端接入系统网络乃至广域数据网中的其他系统。

4.3.5.1.11 数据建模及通讯

监测终端数据建模及通讯功能应符合以下要求：

- a) 监测终端应具备通讯功能，以实现终端的远方和就地管理、参数的设置、数据的传输；
- b) 监测终端应具备 100M 及以上以太网接口，可同时具有 EIA RS-232/485 等接口；
- c) 监测终端可通过内置或外置无线通信模块实现无线通信功能，无线通信应满足信息安全要求；
- d) 数据建模和通讯规约应采用 DL/T 860 标准。

4.3.5.1.12 终端授时

监测终端授时功能应符合以下要求：

- a) 硬件授时功能应至少支持 3 种时钟同步脉冲信号的授时接口方式之一：TTL 电平方式、差分方式和空接点方式；
- b) 硬件授时功能应至少支持 3 种授时方式之一：B 码、秒脉冲和分脉冲授时；
- c) 应具备 SNTP/NTP 网络授时功能，可通过电能质量监测系统主站进行授时；
- d) 硬件授时误差不大于 1 毫秒，网络授时误差不大于 20 毫秒，监测终端内部时钟的走时误差不大于 1 秒/天。

4.3.5.2 监测性能要求

4.3.5.2.1 最大允许误差

- a) 稳态电能质量最大允许误差试验

对 A 级或 S 级监测设备,试验按如下步骤进行:

——第一步:选择一种待试验参数,例如电压偏差;

——第二步:首先设定除该参数之外的其他参数为表 11 状态 1 所规定的对应数值;其次对于所选定的待试验参数,在表 12 给定的信号测量范围内均匀选取 5 个测试点(含上下限

值),明确每个测试点对应的具体信号给定值,并逐一设定,其测量结果应在表 13、表 14 对应的 A 级或 S 级误差范围。例如:对于电压偏差,A 级设备的有效值变化范围为 10%UN~150%UN,则五个等分点设定值为:10%UN、45%UN、80%UN、115%UN、150%UN。

——第三步:除该参数之外的其他参数设定为表 11 状态 2 所规定的对应数值,重复上述试验;

——第四步:除该参数之外的其他参数设定为表 11 状态 3 所规定的对应数值,重复上述试验。

注 1:按照该试验方法,频率、电压、三相不平衡度、闪变等电能质量参数需要 15 个测试数值进行误差判断;

注 2:对于谐波、间谐波包含多个电能质量指标的电能质量参数,在其频谱范围内任意选定一个进行试验。

表 11 准确度测量参数设置一览表

影响量	状态 1	状态 2	状态 3
频率	f_N 率量测量参数设	$f_N - 1 \text{ Hz}$ 数设置一览表个	$f_N + 1 \text{ Hz}$ 数设置一览表个
电压幅值 (偏差)	U_N 差幅值	由该状态的其他参数设定值综合确定。(闪变、不平衡度、谐波、间谐波)	由该状态的其他参数设定值综合确定。(闪变、不平衡度、谐波、间谐波)
闪变	$Pst < 0.1$	$Pst = 1.1$ 谐波、矩形波调制, 频度为 $39(\text{min}^{-1})$	$Pst = 4.1$ 谐波、矩形波调制, 频度为 $110(\text{min}^{-1})$
不平衡度	各相电压幅值 (100%值 n 为谐波、间 N , 相角 1200。(负序、零序为零)	A 相:0.73%零为谐波、间 N B 相:0.80%零为谐波、间 N C 相:0.87%零为谐波、间 N 1208 相角差 (负序、零序均为 5.05%)	A 相:1.52%为为谐波、间 N B 相:1.40%为为谐波、间 N C 相:1.28%为为谐波、间 N 1202 相角差 (负序、零序均为 4.95%)
谐波电压	$0U_N \sim 3\%U_N$	3 次谐波:10%U)为为 N ,0% 5 次谐波:5%U)为 N ,0% 29 次谐波:5%U)为 N ,0%	7 次谐波:10%U)为为 N ,180) 13 次谐波:5%80)为 N ,08 25 次谐波:5%±3%U $_N$,0±
间谐波电压	$0U_N \sim 0.5\%U_N$	$7.5f_N$,1%5%U 为谐波 N	$3.5f_N$,1%5%U 为谐波 N

注 1:电流不平衡度最大允许误差测试可参考电压不平衡度的方法进行。

注 2:表中 U_N 为额定电压; f_N 为额定频率。

表12 信号测量范围

参数	A 级范围	S 级范围
频率/Hz	42.5~57.5	42.5~57.5
稳态电压	(10%~150%) U_N	(20%~120%) U_N
闪变/Pst	0.2~10	0.4~4
电压负序不平衡度	0.5%~5%	1%~5%

谐波电压总畸变率	10%~200% GB/T18039.4 差测试可参中第3类规定值	10%~100% GB/T18039.4 差测试可参中第3类规定值
间谐波	10%~200% GB/T18039.4 差测试可参中第3类规定值	—

表 13 谐波测量最大允许误差

等级	被测量	条件	幅值最大允许误差	相位最大允许误差
A	电压	$U_h \geq 1\%U_N$	$\pm 5\%U_h$	通道之间的相位误差: $\pm 1^{0_x}h$
		$U_h < 1\%U_N$	$\pm 0.05\%U_N$	
	电流	$I_h \geq 3\%I_N$	$\pm 5\%I_h$	
		$I_h < 3\%I_N$	$\pm 0.15\%I_N$	
	功率	$P_h \geq 150W$	$\pm 1\%P_h$	
		$P_h < 150W$	$\pm 1.5W$	
S	电压	$U_h \geq 3\%U_N$	$\pm 5\%U_h$	
		$U_h < 3\%U_N$	$\pm 0.15\%U_N$	
	电流	$I_h \geq 10\%I_N$	$\pm 5\%I_h$	
		$I_h < 10\%I_N$	$\pm 0.5\%I_N$	

注: U_N 为标称电压, I_N 为额定电流, U_h 为 h 次谐波电压, I_h 为 h 次谐波电流。

表 14 其他指标测量最大允许误差

b) 谐波电流

指标	被测量	等级	测量条件	最大允许误差
电压	有效值	A	10%~150%标称电压	±0.1%标称电压
		S	20%~120%标称电压	±0.5%标称电压
	不平衡度	A	0.5%~5%	±0.15% ¹
		S		±0.2% ¹
	闪变	A	P _{st} : 0.2~10	±5%
		S	P _{st} : 0.4~4	±5%
	波动	A		±5%
		S		±5%
电流	有效值	A 和 S	10%~150%额定电流	±0.5%
	不平衡度	A 和 S		±1% ¹
频率	频率	A 和 S	42.5~57.5Hz	±0.01Hz
基波相位	电压、电流	A		±0.5 ⁰
		S		±1 ⁰
功率		A		±0.5%
		S		±1%
电压暂降、暂升、短时中断	幅度	A		±0.2%标称电压
		S		±1.0%标称电压
	持续时间	A 和 B		±1 个周波

注1: 绝对误差。

对 A 级或S级监测设备,根据监测设备的额定信号电流,基波频率设定为 50 Hz,依次对 3、5、7、11、13、25 次谐波根据表 15 设定要求分别单独设置,最大允许误差应符合表 13 要求。

表 15 谐波电流最大允许误差测试设定值

等级	被测量	设定量值
A	电流	1%、3%、20%
S	电流	3%、10%、20%

c) 电压暂降、暂升、电压短时中断最大允许误差

1.电压暂降

选取电压暂降阈值为 90%U_N,按矩形电压暂降特征依据表 16 分别设定电压暂降幅度,其事件持续时间及维持电压应满足表 14 误差要求。

表 16 电压暂降设定值

电压降低到额定电压的/%	80	60	40	20
持续时间/周波	2.5	6	7.5	10

2.电压短时中断

选取电压暂降阈值为 10%U_N,按矩形电压短时中断特征依据表 17 分别设定电压短时中断幅度,其事件持续时间及维持电压应满足表 14 误差要求。

表 17 电压短时中断设定值

电压降低到额定电压的/%	0	3	6	9
持续时间/周波	2.5	6	7.5	10

3.电压暂升

选取电压暂升阈值为 110%U_N,按矩形电压暂升特征依据表 18 分别设定电压暂升幅度,其事件持续时间及维持电压应满足表 14 误差要求。

表 18 电压暂升设定值

电压升高到额定电压的/%	115	120	125	130	180
持续时间/周波	2.5	6	7.5	10	12.5

4.3.6 电容型设备绝缘在线监测装置技术要求

4.3.6.1 基本功能要求

- a) 电压测量回路在 3~100V 范围内装置能正常工作;
- b) 监测装置应具备长期稳定工作能力,具有断电不丢失数据、自诊断、自复位的功能;
- c) 监测装置所输出监测数据的更新速度不应低于1次/10min;
- d) 具有故障报警功能(监测数据超标报警、功能异常报警、通信异常报警等);
- e) 具备现场校验用接口,能够安全、方便地接入标准测量仪器,以便对监测装置测量结果进行比对。

f) 电流互感器、电容式套管及耦合电容器绝缘在线监测装置具备对介质损耗因数、电容量、全电流(或三相不平衡电流)、运行电压等状态参量进行连续实时或周期性自动监测功能;

g) 电容式电压互感器绝缘在线监测装置具备对电容量、全电流、二次端的三相不平衡电压或单相电压、运行电压等状态参量进行连续实时或周期性自动监测功能。

h)监测装置后台系统应具备分析信号干扰情况的功能。

4.3.6.2 监测性能要求

4.3.6.2.1 测量误差

被测在线监测装置和标准测试仪器同时测量介质损耗因数、电容量、全电流有效值。将两者测量值进行比较,以标准测试仪器检测数据为基准,计算测量误差,电容型设备绝缘在线监测装置的测量误差需符合表 19 中测量误差要求。

表 19 标准技术参数要求

全电流有效值	测量范围	2mA~200mA/ 100mA~1000mA
	测量误差要求	±(标准读数时%+0.1 mA)/±1%
	测量重复性要求	σR<0.2%
电容量	测量范围	100pF~50000pF
	测量误差要求	±(标准读数×1%+1pF)
	测量重复性要求	σR< 0.2%
介质损耗因数	测量范围	0.001~0.3
	测量误差要求	±(标准读数×1 %+0.001)
	测量重复性要求	σR<3%(在介质损耗因数≥0.005 时)
母线电压取样装置	母线 PT 电压测量范围	35~1000kV

	母线 PT 电压测量误差要求	±1.5%
	母线 PT 谐波电压测量范围	3、5、7、9
	母线 PT 谐波电压测量误差要求	±5%
	母线 PT 系统频率测量范围	45~65Hz
	母线 PT 系统频率测量误差要求	±0.01

4.3.6.2.2 测量重复性

对于电容型设备绝缘在线监测装置，在全电流有效值量程范围内且介质损耗因数数值 0.005~0.1 范围内的某一稳定测量点，读取在线监测装置连续测得的 6 组测量数据，介质损耗因数、电容量及全电流有效值的 σ 测值及测量误差值应符合表 19 要求。

4.3.6.2.3 抗谐波干扰

选取量程范围内的某个全电流值，在检测电流信号中依次施加 3 次（含有率为 6%），5 次（含有率为 10%），7 次（含有率为 14%）谐波干扰电流，电容型设备绝缘在线监测装置的介质损耗因数及电容量测量误差仍应符合表 19 要求。

4.3.6.3 接入安全性要求

一般性要求：在线监测装置的接入不应改变被监测设备的电气连接方式、密封性能、绝缘性能及机械性能，电流信号取样回路应具有防止开路和防止外界水分和空气的渗入的功能，电压信号取样回路应具有防止短路的保护功能，接地引下线应保证可靠接地，满足相应的通流能力，不应影响被监测设备的安全运行。

电容型设备绝缘在线监测装置应满足的接入安全性要求如下：

a) 电容型设备在线监测装置应采用穿心式电流传感器进行取样；

b) 传感器应遵循就近安装且便于维护的原则，末屏引出线应使用截面积不低于 16mm² 的单股透明铜芯线或 2×2.5mm² 的铠装双绞屏蔽电缆，电缆铠装及屏蔽应可靠接地，并应在被监测设备的末屏引出端就近安装可靠的防开路保护装置。

c) 带有结合滤波器的耦合电容器的穿心式电流传感器，应安装在耦合电容器与滤波器之间的连接线上，连接线的截面积不应低于原引下线；

d) 对于电容型套管，末屏抽头应使用套管末屏适配器引出，适配器应连接可靠、密封良好，提供离线试验用测量接口，并加装防开路保护装置；

e) 从电压互感器的二次端获取电压信号时，应具备防短路保护功能；

f) 装置电源取自 UPS 屏柜或者交流电源屏柜电源。

电容型设备绝缘在线监测装置接入安全性检查应上述要求。

5 检测规则

产品检验分型式检验、出厂检验、送样检测试验、到货抽检、交接试验和运行中试验六类，具体开展如下：1) 资格预审阶段投标方应提供第三方型式试验报告；2) 招标采购阶段，供应商可提供第三方送样检测报告；供货阶段，采购单位应组织开展供货批次产品到货抽检；现场交接验收阶段，供货单位应提供每套装置的出厂检测报告、调试数据，调试量程范围。采购单位应对每套装置组织开展交接验收。检验项目按表 20 变电在线监测装置检验项目的规定进行。

表 20 变电在线监测装置检验项目

序号	实验类别	检验项目	依据规范	型式试验	出厂试验	送样检测	到货抽检	交接试验	运行中试验
1	通用试验	通信方式及一致性检验	本规范	*	*	●	●	●	○
2		结构和外观检查	本规范	●	●	●	●	●	●
3		绝缘电阻试验	本规范	●	●	●	*	*	*
4		介电强度试验	本规范	●	●	●	○	○	○
5		冲击电压试验	本规范	●	*	●	○	○	○
6		电磁兼容性能试验	本规范	●	○	*	*	○	○
7		振动试验	本规范	●	○	*	○	○	○
8		冲击试验	本规范	●	○	*	○	○	○
9		碰撞试验	本规范	●	○	*	○	○	○
10		防尘试验	本规范	●	○	*	*	○	○
11		防水试验	本规范	●	○	*	*	○	○
12		低温试验	本规范	●	○	*	●	○	○
13		高温试验	本规范	●	○	*	●	○	○
14		恒定湿热试验	本规范	●	○	*	*	○	○
15		交变湿热试验	本规范	●	○	*	○	○	○
16		连续通电试验	本规范	*	*	●	●	*	○
17	油中溶解气体在线监测装置性能试验	测量误差试验	本规范	●	●	●	●	●	●
18		最小检测浓度试验	本规范	●	●	●	●	*	*
19		测量重复性试验	本规范	●	●	●	●	*	*
20		最小检测周期试验	本规范	●	●	●	●	*	○
21		响应时间试验	本规范	●	●	*	*	○	○
22		交叉敏感性测量试验	本规范	●	●	●	*	*	○
23		基本功能检验	本规范	●	●	●	●	●	●
24	GIS 特高频局部放电监测装置	传感器频响特性试验	本规范	●	●	●	●	*	○
25		检测灵敏度试验	本规范	●	●	●	●	*	○
26		动态范围试验	本规范	●	●	●	●	*	○
27		监测有效性试验	本规范	●	*	*	*	*	*
28		放电类型识别试验	本规范	●	●	*	*	*	○
29		抗干扰性能试验	本规范	●	○	*	*	*	*

30	置性	接入安全性检查	本规范	●	●	*	*	*	*
31	能试 验	现场校核试验	本规范	○	○	○	○	●	*
32		线性度测试	本规范	○	●	○	○	○	○
33	铁心	连续通电试验	本规范	●	●	●	●	●	○
34	接地	测量误差试验	本规范	●	●	●	●	●	●
35	在线	测量重复性试验	本规范	●	●	●	●	●	●
36	监测 装置 性能 试验	接入安全性检查	本规范	○	○	●	●	●	●
37	电能	电能质量测量方法	本规范	●	*	*	*	○	○
38	质量	准确度	本规范	●	●	●	●	●	*
39	监测	电源电压影响	本规范	●	*	*	*	*	○
40	装置	信号输入回路	本规范	●	*	*	*	*	○
41	性能	输入回路功率消耗	本规范	●	*	*	*	●	○
42	试验	停电数据和时钟保持	本规范	●	*	*	*	*	○
43	电容	连续通电试验	本规范	●	●	●	●	●	○
44	型设	测量误差试验	本规范	●	●	●	●	○	○
45	备绝	测量重复性试验	本规范	●	●	●	●	○	○
46	缘在	抗谐波干扰试验	本规范	●	●	●	●	○	○
47	线监 测装 置性 能试 验	接入安全性检查	本规范	●	●	●	○	○	○
备注：●表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目；*表示根据客户要求选做的项目。									

5.1 型式试验

型式试验应该是制造厂家将装置送交具有资质的检测单位，由检测单位依据试验条目完成检验，并出具型式检验报告。当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型，投运前；
- b) 连续批量生产的装置每 4 年一次；
- c) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 产品停产一年以上又重新恢复生产时；
- e) 出厂试验结果与型式试验有较大差异时；
- f) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- g) 合同规定进行型式试验时。

5.2 出厂检验

每台装置出厂前在正常试验条件下逐个按规定进行例行检验，检验合格后，附有合格证，方可允许出厂。

5.3 送样检测

由南方电网公司组织开展，供应商自愿报名送样开展检测，结果用于供应商产品质量评价，试验项目缺陷等级分为 A、B、C 三类，其中 A 类不合格权值为 1.0，B 类不合格权值为 0.6，C 类不合格权值为 0.2，一个样本检测出现多个不合格项目时权值累加，当出现 A 类项目不合格或其他类项目不合格权值累计大于或等于 1.0 时，该样本检测结果判为不合格，

送样检测开展周期要求与型式试验一致。

5.4 到货抽检

由运行单位组织开展，在供货阶段，对供应商送达指定地点的货物进行抽样检测，通过后方可收货。

5.5 交接试验

由运行单位组织开展，在设备交接验收阶段对到货设备逐套开展检测，合格后方可投运。

5.6 运行中试验

运行单位或具有资质的检测单位对现场已投运装置性能进行的测试，一般分两种情况：

- a) 定期例行试验，校验周期为 1~2 年；
- b) 必要时，如怀疑装置存在问题或监测数据异常等。

附录 A 在线监测装置 IEC61850 通信要求

在线监测装置上传的数据内容包含其产生的量测、状态、控制等信号量以及谱图等文件。

可根据实际需要，选择对在线监测装置进行 ICD 建模或 SCD 建模，具体要求如下：

ICD 建模要求

一、模型配置要求

- a) 在线监测装置 ICD 模型宜采用“单 IED—单 LD—多 LN”模式；
- b) ICD 模型文件命名约定为：变电站编码_在线监测装置类型编码_厂家编码_序号.icd，

如 0301B15000003_A301_001_01.icd；

- c) 模型文件的信息头中须添加文件版本描述，文件版本从 1.0 开始，当模型文件发生变化时，以步长 0.1 向上累加；

示例：<Header id="NBLG_MDS4000_SCL" toolID="NBLG_ICD_CFG"
nameStructure="IEDName" version="1.2">

- d) Communication 节点须配置服务网络 IP 地址；
- e) IED 节点须定义厂家 (manufacturer)、配置版本 (configVersion) 和设备型号 (type)

等属性。

二、建模要求

物理设备 (IED) 建模

一个物理设备应建模为一个 IED 对象，每个 IED 对象应包含一个服务器 (Server)

服务器 (Server) 建模

每个 Server 对象至少应有一个访问点 (AccessPoint)，且应包含唯一一个监测 LD 对象。

逻辑设备 (LD) 建模

每台在线监测装置应建模为一个监测 LD 对象，inst 名为“MONT”，此监测 LD 对象包含的 LN 对象有：LLN0、LPHD、GGIO、RDRE (可选) 和若干监测 LN，其中 LPHD 用于装置的公用信息建模，GGIO 用于装置自身通讯工况、运行工况等告警信息的数据建模，RDRE 用于装置的录波建模，监测 LN 用于装置监测点状态量、量测量等信号的数据建模。

逻辑节点 (LN) 建模

- a) 需要通信的每个最小功能单元应建模为一个 LN 对象，属于同一功能对象的数据和数据属性应在同一个 LN 对象中；

- b) 每个监测点宜对应一个 LN 实例，对于设备不同相别 (A、B、C 相)、不同电压

侧（H、M、L 侧）的监测，应新建 LN 实例；

c) 每个 LN 实例增加一个统一资源标识符 uri 属性和一个装置标识符 devid 属性。uri 和 devid 扩展规则如下：

- ① SCL 文件中扩展名称空间统一为 ext；
- ② SCL 文件中扩展的元素为：uri 和 devid；
- ③ uri 属性为被监测设备的功能位置编码，遵循附录 B.1；
- ④ devid 属性为在线监测编码，遵循附录 B.5。

示例：<LN desc="220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相|16304 刀闸出线侧|局放监测 115" inst="1" lnClass="SPDC" lnType="SPDC"
ext:uri="0306B120001250EAG10BAC002" ext:devid="0312B12000042A384001001">

d) 监测 LN 定义应遵循表 A.1，不得扩展，且命名空间属性 LNName.NamPlt.lnNs 设置为“GD2013”；

表 A.1 液体绝缘介质监测逻辑节点 SIML

数据名	描述	CDC 类型	M/O/C	单位	备注
Mod	模式	INC	M		
Beh	性能	INS	M		
Health	健康	INS	M		
NamPlt	铭牌	LPL	M		
状态量					
H2Alm	氢气浓度报警	SPS	M		
CH4Alm	甲烷浓度报警	SPS	O		
C2H4Alm	乙烯浓度报警	SPS	O		
C2H2Alm	乙炔浓度报警	SPS	M		
C2H6Alm	乙烷浓度报警	SPS	O		
TotHydcAlm	总烃浓度报警	SPS	M		
TotFulGasAlm	总可燃气浓度报警	SPS	O		
TotGasAlm	复合气体总量报警	SPS	O		
MicrWatAlm	微水浓度报警	SPS	O		
COAlm	一氧化碳浓度报警	SPS	O		
CO2Alm	二氧化碳浓度报警	SPS	O		
GasAlm	含气量浓度报警	SPS	O		
GasUnPresAlm	载气欠压报警	SPS	O		
量测量					
H2	氢气	MV	M	μ L/L	
CH4	甲烷	MV	M	μ L/L	
C2H6	乙烷	MV	M	μ L/L	
C2H4	乙烯	MV	M	μ L/L	

C2H2	乙炔	MV	M	μ L/L	
TotHydc	总烃	MV	M	μ L/L	
O2	氧	MV	O	μ L/L	
N2	氮	MV	O	μ L/L	
MicrWat	微水	MV	O	μ L/L	
CO	一氧化碳	MV	M	μ L/L	
CO2	二氧化碳	MV	M	μ L/L	
TotFulGas	总可燃性气体总量	MV	O	μ L/L	
TotGas	复合气体总量	MV	O	μ L/L	
Gas	含气量浓度	MV	O	%	
定值					
SmpProd	采样间隔	ASG	O	min	两次油样分析的时间间隔
StartWork	立即做样	SPG	M		参数值由0变1表示立即开始做样

e) 在线监测装置自身告警信息应在通用逻辑节点 GGIO 的状态量 Alm 定义，告警类型遵循表 A.2;

表 A.2 告警类型要求

设备类型	属性 Alm 扩展范围	告警类型	M/O	备注
在线监测装置	Alm1~999	传感器通讯告警	M	主控单元与传感器发生通信中断，传感器 1 对应 Alm1，如此类推
		Alm1000 及以上，根据各厂家设备运行工况上送告警		
	CPU 占用率过高	M		
	内存占用率过高	M		
	存储剩余空间过低	M		
	设备长时间无法对时	M		
	通信应用模块运行异常	M		
	电源故障	O		
	设备异常重启	O		
	电池容量过低	O		
	电池电压过低	O		
	电池电压过高	O		
	电池温度过高	O		
	气瓶气体泄漏	O		
	主备气瓶切换失败	O		
其它	O	厂家自定义		

f) 在线监测装置基本台账应在逻辑节点 LPHD 的物理装置铭牌 DPL 中描述，DPL 定

义遵循表 A.3;

表 A.3 物理装置铭牌 (DPL)

描述	属性名	FC	数据类型	M/O	单位	备注
生产厂家	vendor	DC	UNICODE STRING255	M		
软件版本	swRev	DC	UNICODE STRING255	M		
描述	dU	DC	UNICODE STRING255	M		监测装置或综合处理单元名称
型号	model	DC	VISIBLE STRING255	M		
编号	sn	DC	VISIBLE STRING255	M		
出厂日期	manDate	DC	UNICODE STRING255	M		××××年××月××日
投产日期	runDate	DC	UNICODE STRING255	M		××××年××月××日

g) 被监测设备的基本台帐应在监测 LN 的逻辑节点类铭牌 LPL 中描述, LPL 定义遵循表 A.4;

表 A.4 逻辑节点类铭牌 (LPL)

描述	属性名	FC	数据类型	M/O	单位	备注
生产厂家	vendor	DC	UNICODE STRING255	M		
软件版本	swRev	DC	UNICODE STRING255	M		
被监测设备描述	dU	DC	UNICODE STRING255	M		被监测设备名+相别
被监测设备物理编码	phyCode	DC	VISIBLE STRING255	M		
被监测设备功能位置编码	funcCode	DC	VISIBLE STRING255	M		
在线监测编码	devFuncCode	DC	VISIBLE STRING255	M		与 funcCode 相对应的编码
LN 命名空间	lnNs	DC	VISIBLE STRING255	M		

h) 监测 LN 应设置前缀 (prefix) 和实例号 (inst), 前缀命名遵循表 A.5, 实例号从 1 开始;

表 A.5 逻辑节点前缀命名

被监测设备	英文名称	逻辑节点前缀
-------	------	--------

断路器	Breaker	BRK
母线	Busbar	BSB
隔离开关	Disconnecter	DIS
接地隔离开关	GroundDisconnecter	GDIS
变压器	PowerTransformer	PTR
避雷器	Arrester	ARR
套管	Bushing	BSH
电流互感器	CurrentTransformer	CT
组合电器成套装置	GIS	GIS
电压互感器	PotentialTransformer	PT
开关柜	Switchgear Assemblies	SWIA
电容器	Capacitor	CAP
电抗器	Reactor	REAC
输电线路	Transmission Line	LINE

- i) DO 名称和定义顺序遵循附录 A.1，未使用的 DO 不需定义在模型中；
- j) 所有监测信号（包括状态量、量测量等）数据集应由 DO 组成，单个数据集的 DO 数量不得超过 200 个；
- k) 所有监测信号应上送时标，该时标为传感器采集数据的时间；
- l) 所有监测信号应上送数据品质，品质标记遵循表 A.6；

表 A.6 品质位策略要求

运行状态	品质位设置	M/O	备注
装置检测到数据无异常	品质位设置为 良好	M	
装置检测到数据无效	品质位设置为 无效	M	装置内部通信中断、传感器故障等导致数据异常，视为无效数据。
装置检测到数据超出有效测量范围	品质位设置为 无效 和 超值域	M	
装置检测到数据长期不刷新	品质位设置为 可疑 和 旧数据	O	
被监测设备处于停运、热备用状态且装置软硬件未检出异常时，装置检测到数据不合理	品质位设置为 可疑 和 不准确	O	
被监测设备未安装或未接入	品质位设置为 无效 和 取代	M	
被监测设备处于调试状态	品质位设置为 无效 和 测试	M	

- m) 若无特殊约定，CDC 类为 MV 的 DO 采用浮点数传送；
- n) 数据集统一放到 LN0 节点下，且数据集不要求动态创建和修改；
- o) 报告控制块、日志控制块、定值组控制块统一放在 LN0 节点下；其中状态量数据集使用缓存报告控制块（BRCB，Buffered Report Control Block）控制，量测量数据集使用

非缓存报告控制块（URCB，Unbuffered Report Control Block）控制。

录波建模

a) 若在线监测装置生成谱图文件，则采用逻辑节点 RDRE 实现录波相关功能，且每台装置宜对应一个 RDRE 实例，在 RDRE 增加一个 CDC 类为 INS 的状态量 DO：WaveFileNum（谱图文件生成序号），序号从 1 开始循环计数，每生成一个新的谱图文件，序号加 1；

b) 对于谱图文件传输，服务端应提供 MMS 传输方式；

c) 谱图文件统一存放在 COMTRADE 目录下，不主动上送客户端，客户端根据 WaveFileNum 触发读取文件，同时支持周期读取文件。COMTRADE 目录访问参数为“COMTRADE/”，文件访问参数为“COMTRADE/[文件名]”；

d) 谱图文件名约定为：在线监测编码_厂家编码_谱图类型编码_创建日期时间.dat，如 0312B12000042A3840001_001_01_20100818151010.dat；

e) 谱图文件格式要求：

①文件应采用二进制数据格式进行存储，其字节序为小端字节序（Little-Endian），即低位字节排放在低地址端、高位字节排放在高地址端；

②文件应包括配置数据和谱图数据两部分，且两者之间增加一个分隔符“\$\$\$\$”，即 0x24242424；其中配置部分如表 A.7，谱图数据部分如表 A.8；

表 A.7 油中溶解气体出峰图的配置数据定义

数据项	数据类型	长度	备注	M/O
规范版本号	float	4字节	所使用的通用格式规范版本号，本要求设为1.2。	M
文件版本号	float	4字节	在线监测装置厂家内部使用的版本号，从1.000计起。注意与规范版本号区别开来。	M
谱图类型编码	short	2字节	用于区别谱图类型，应与文件名的谱图类型编码一致。	M
谱图生成时间	long	8字节	生成谱图的时间，格式为YYYYMMDDhhmmss，例如20100818151010。	M
测试文件标志位	char	1字节	0表示该文件为测试用的临时文件；1表示在线监测装置能正常生成谱图文件。注意，油中溶解气体出峰图周期性生成，故通常情况下设为1。	M
被监测设备名称	char[32]	32字节	被监测设备的名称缩写，例如“#1主变A相”则记为“#1A”。字符从左到右排列，未使用的字节均用0x00表示。	M

X轴间隔t	float	4字节	数据点的时间间隔，用于绘制X轴。	M
Y轴最大值	float	4字节	数据点的最大值，用于绘制Y轴。	M
X轴单位	char	1字节	0表示秒（s）；1表示毫秒（ms）。	M
Y轴单位	char	1字节	0表示毫伏（mV）；1表示微伏（ μV ）。	M
数据点数k	int	4字节	数据点个数k，要求所有通道的数据点数k相同。X轴长度则为t*k。	M
通道数m	byte	1字节	谱图所具有的通道数m。	M
通道信息	struct[m]	(31*n+1)*m 字节	记录m个通道信息，第i个通道称为通道i，i为0~m-1之间的整数。从通道0开始排列，共m个通道。	M
通道信息的结构体定义如下：				
通道i的峰数n	byte	1字节	通道i所具有的峰个数n。	M
通道i的峰信息	struct[n]	31*n字节	记录通道i的n个峰的信息，通道i的第j个峰称为峰j，j为0~n-1之间的整数。从通道i的峰0开始排列，共n个峰。	M
通道i的峰信息的结构体定义如下：				
组分名称	char[10]	10字节	峰的组分名称，例如H2、CH4、C2H2、C2H4、C2H6、CO、CO2等。	M
峰号	byte	1字节	峰编号j。	M
峰点时间	float	4字节	单位与“X轴单位”一致。	M
峰开始点时间	float	4字节	单位与“X轴单位”一致。	O
峰结束点时间	float	4字节	单位与“X轴单位”一致。	O
峰高	float	4字节	单位与“Y轴单位”一致。	O
峰面积	float	4字节	单位为“Y轴单位”和“X轴单位”的乘积。例如，“Y轴单位”为微伏，“X轴单位”为秒，则峰面积单位为微伏*秒。	O

表 A.8 油中溶解气体出峰图的谱图数据定义

数据项	数据类型	长度	备注	M/O
油中溶解气体出峰图数据	float[m][k]	4*m*k字节	m为通道数，k为数据点数，数值表示每个数据点Y轴的值（即真实电压值）。从通道0开始排列，共m个通道。注意，数组按行优先顺序排列。	M

③为保持文件的完整性，若配置数据部分中的可选数据项未使用，则保留其占据位置，且数据项各位全设为1，例如4个字节的float型应设为0xFFFFFFFF。

f) 谱图文件生成要求：

①变压器油中溶解气体在线监测装置按每1监测点（传感器）传输1个油中溶解气体出峰图文件；并应周期生成文件，生成时间间隔为2小时；

②为便于实时监控文件传输通道的状态，在线监测装置若当日未生成任何谱图文件，则需在次日凌晨 0 点自动生成测试用的临时文件，该文件只包含配置数据，不必包含谱图数据。；

③谱图文件个数及文件大小：单个装置文件个数上限为 60（多传感器合并上送系统可根据装置数乘积确定上限），单个文件大小上限为 500KB，其文件应按照时间先后循环存储。

描述说明要求

所有模型节点应进行描述说明，描述长度不能超过 80 字节，以半角符号“|”作为分隔符。描述可根据现场应用情况简写，但分隔符不能省略，格式约定如下：

a) LDevice 的 desc 为：站电压等级|变电站名称|监测装置名称。

示例：220kV|菊城站|GIS 局部放电监测装置。

b) LN 的 desc 为：站电压等级|变电站名称|设备电压等级|间隔名称|相别|安装位置|监测点名称（注：若长度超过 80 字节，可简写“安装位置”；若需省略“安装位置”，其后“|”不能省略）。

示例：220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相|16304 刀闸出线侧第二连接法兰|局放监测 115。

简写示例：220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相|16304 刀闸出线侧|局放监测 115。

220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相||局放监测 115。

c) DO 的 desc 及其 dU<Val>描述保持一致，应为：站电压等级|变电站名称|设备电压等级|间隔名称|相别|安装位置|监测点名称|监测项目（注：若长度超过 80 字节，可简写“安装位置”；若省略“相别”、“安装位置”，其后“|”不能省略）。

示例：220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相|16304 刀闸出线侧第二连接法兰|局放监测 115|放电频次。

简写示例：220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相|16304 刀闸出线侧|局放监测 115|放电频次。

220kV|菊城站|110kV|菊同甲线间隔|A 相||局放监测 115|放电频次。

三、抽象服务通信接口

通信功能

MMS 服务端和客户端间应实现通信连接、模型访问、数据查询、报告、日志、文件传输、定值、取代和控制等通信功能，如图 A.1 所示。

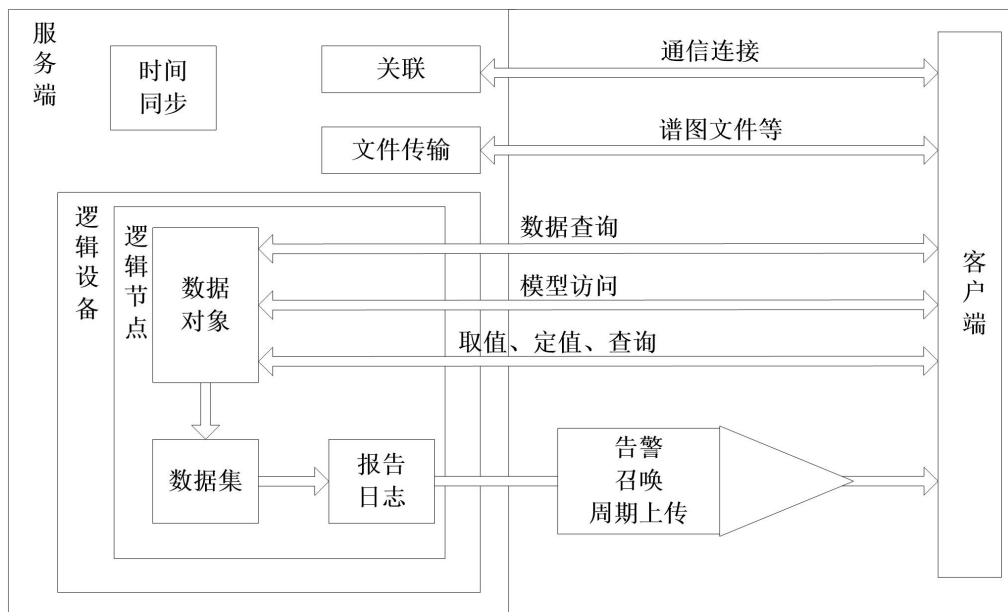


图 A.1 DL/T860 服务端与客户端之间的通信功能

ACSI 服务一致性要求

MMS 服务端和客户端应支持的 ACSI 服务按表 A.9 要求实现。

表 A.9 ACSI 服务一致性要求

信息交换模型	信息交换服务	服务描述	客户端 (M/O)	服务端 (M/O)	备注
服务器 SERVER					
	GetServerDirectory	读服务器目录		M	
关联 ASSOCIATION					
	Associate	关联	M	M	
	Abort	异常中止	M	M	
	Release	释放	M	M	
逻辑设备 LOGICAL-DEVICE					
	GetLogicalDeviceDirectory	读逻辑设备目录	M	M	
逻辑节点 LOGICAL-NODE					
	GetLogicalNodeDirectory	读逻辑节点目录	M	M	
	GetAllDataValues	读所有数据值	M	M	
数据 DATA					
	GetDataValues	读数据值	M	M	
	SetDataValues	设置数据值	M	M	
	GetDataDirectory	读数据目录	M	M	
	GetDataDefinition	读数据定义	M	M	
数据集 DATA-SET					
	GetDataSetDirectory	读数据集目录	M	M	
	GetDataSetValues	读数据集值	M	M	
	SetDataSetValues	设置数据集值	O	O	
	CreateDataSet	建立数据集	O	O	
	DeleteDataSet	删除数据集	O	O	
取代 Substitution					

	SetDataValues	设置数据值	M	C1	
定值组控制 Setting Group Control					
	GetSGCBValues	读定值组控制块值	M	C2	
	SelectEditSG	选择编辑定值组	M	C2	
	SelectActiveSG	选择激活定值组	M	C2	
	SetSGValues	设置定值组值	M	C2	
	ConfirmEditSGValues	确定编辑定值组值	M	C2	
	GetSGValues	读定值组值	M	C2	
缓存报告 Buffered Reporting					
	Report	报告	M	M	
	data-change	数据改变(dchg)	M	M	
	quality-change	品质改变(qchg)	M	M	
	data-update	数据刷新(dupd)	O	O	
	GI	总召唤	M	M	
	IntgPd	完整性周期	M	M	
	GetBRCBValues	读缓存报告控制块值	M	M	
	SetBRCBValues	设置缓存报告控制块值	M	M	
非缓存报告 Unbuffered Reporting					
	Report	报告	M	M	
	data-change	数据改变(dchg)	M	M	
	quality-change	品质改变(qchg)	M	M	
	data-update	数据刷新(dupd)	O	O	
	GI	总召唤	M	M	
	IntgPd	完整性周期	M	M	
	GetURCBValues	读非缓存报告控制块值	M	M	
	SetURCBValues	设置非缓存报告控制块值	M	M	
日志 Logging					
日志控制块 Log control block					
	GetLCBValues	读日志控制块值	M	M	
	SetLCBValues	设置日志控制块值	M	M	
日志Log					
	GetLogStatusValues	读日志状态值	M	M	
	QueryLogByTime	按时间查询日志	M	M	
	QueryLogAfter	查询某条目以后的日志	M	M	
控制 Control					
	Select	选择	O	O	
	SelectWithValue	带值的选择	O	O	
	Cancel	取消	O	O	
	Operate	操作	O	O	
	Command-Termination	命令终止	O	O	
	TimeActivated-Operate	时间激活操作	O	O	
文件传输 File Transfer					
	GetFile	读文件	M	M	
	SetFile	设置文件	O	O	
	DeleteFile	删除文件	O	O	
	GetFileAttributeValues	读文件属性值	M	M	
时间 Time					
	时间同步		M	M	
注1: 若服务端支持取代, C1为M。					
注2: 若服务端支持定值组控制, C2为M。					

通信连接

- a) 采用 Associate、Abort 和 Release 等服务进行服务端与客户端之间的通信连接的建立、终止与释放；
- b) 支持同时与不少于 12 个客户端建立连接；
- c) 当服务端与客户端之间通信意外中断时，两者检出通信故障的时间应不大于 1 分钟。

模型访问和数据查询

- a) 采用 GetServerDirectory、GetLogicalDeviceDirectory、GetLogicalNodeDirectory、GetDataDirectory、GetDataSetDirectory 和 GetDataDefinition 等服务进行服务端的模型访问，采用 GetDataValues、SetDataValues 和 GetDataSetValues 等服务进行监测数据读取和写入；
- b) 所有数据和控制块应支持 GetDataDirectory、GetDataDefinition 和 GetDataValues 服务；
- c) 只允许可操作数据使用 SetDataValues 服务，其中可操作数据包括控制块、修改定值、取代数据等；
- d) 读数据集目录时，服务端上送数据应包含数据路径，路径使用 '/' 和 '\$' 作为引用分隔符。

报告服务

- a) 采用 Report、GetBRCBValues、SetBRCBValues、GetURCBValues 和 SetURCBValues 等服务进行监测数据的召唤、周期、条件触发上送；
- b) BRCB 和 URCB 均采用多个实例可视方式，报告实例应不少于 12；
- c) 支持客户端在线设置 OptFlds、TrgOp、IntgPd 等属性；
- d) 缓存报告和非缓存报告均应支持 dchg、qchg、IntgPd、GI 等触发条件；状态量数据通过缓存报告上送，默认触发条件为 dchg、qchg；量测量数据通过非缓存报告上送，默认触发条件为 IntgPd；
- e) 监测装置的报告上送周期默认设置为 2 分钟；
- f) 状态量数据集命名为 dsState，量测量数据集命名 dsMeasure，第一部分 ds 表示数据集，第二部分 State|Measure 表示数据集用途；
- g) 若单个数据集的 DO 数量大于规定值，数据集命名则通过扩展实例序号实现，序号范围为 01-99。例如，dsState 扩展为 ds01State、ds02State 等，dsMeasure 扩展为 ds01Measure、ds02Measure 等；
- h) 缓冲控制块命名为 brcbState，非缓冲控制块命名为 urcbMeasure，第一部分 brcb|urcb

表示控制块类型，第二部分 State|Measure 表示控制块用途；

i) 若控制块数量大于 1，控制块命名则通过扩展实例序号实现，序号范围为 01-99。例如，brcbState 扩展为 brcb01State、brcb02State 等，urcbMeasure 扩展为 urcb01Measure、urcb02Measure 等。

日志服务

a) 采用 GetLCBValues、SetLCBValues、QueryLogByTime、QueryLogAfter 和 GetLogStatusValues 等服务进行历史数据的读取；

b) 应支持至少 12 个客户端对日志数据并发访问，日志数据传输时不得影响其它实时数据的召唤、周期、条件触发上送等高优先级功能的执行；

c) 状态量数据和量测量数据应支持 dchg、qchg、IntgPd 等触发条件形成日志记录，一般情况下与报告服务触发条件保持一致；

d) 日志条目的 DataRef 和 Value 参数分别填充日志数据集成员的引用名和数值，日志数据集成员为 DO；

e) 日志属性名称应一致，最老的日志条目时间为 OldEntrTm，最新的日志条目时间为 NewEntrTm，最老日志条目顺序号为 OldEnt，最新日志条目顺序号为 NewEnt；其中，OldEntrTm 和 NewEntrTm 是条目存入日志中的时间，和条目本身的时标不同；

f) 日志条目标识符 EntryID 采用小端字节序（Little-Endian）；

g) 单 LD 对象有且仅有一个日志，日志引用为[LD inst]/GeneralLog，LD 对象下的所有日志控制块应存入当前日志中；

h) 日志控制块和报告控制块应关联相同的数据集；

i) 日志记录应按时间先后顺序存储，并循环存储至少 3 个月历史数据；

j) 若客户端检索的日志记录全部或部分未存储在服务端，服务端则返回空值或存在时段的日志记录，不得返回错误响应；

k) 日志控制块命名为 logState、logMeasure，第一部分 log 表示控制块类型，第二部分 State|Measure 表示控制块用途；

l) 若控制块数量大于 1，控制块命名则通过扩展实例序号实现，序号范围为 01-99。例如，logState 扩展为 log01State、log02State 等，logMeasure 扩展为 log01Measure、log02Measure 等。

文件传输服务

a) 采用 GetFile 和 GetFileAttributeValues 等服务进行文件的传输与管理；

- b) 文件和目录路径均使用 ‘/’ 作为分隔符，其中目录路径以 ‘/’ 结束；
- c) 读文件目录时，目录参数不得为空或 “*.*” ；
- d) GetFileAttributeValues 服务返回的文件列表不应带当前目录路径，即只返回文件名。

定值服务

- a) 采用 SelectActiveSG 、 SelectEditSG 、 SetSGValues 、 ConfirmEditSGValues 、 GetSGValues 和 GetSGCBValues 等服务进行定值组控制；
- b) 定值数据集命名为 dsSetting，参数数据集命名为 dsParameter，第一部分 ds 表示数据集，第二部分 Setting|Parameter 表示数据集用途；该数据集不关联报告控制块；
- c) 同一时刻只允许一个客户端进行定值修改，过程如下：
 - ①客户端发出选择编辑定值组请求，服务端响应；
 - ②客户端读取定值组值，服务端响应；
 - ③客户端设置定值组值，服务端响应；
 - ④客户端读取定值组值（用于设置定值组值是否成功），服务端响应；
 - ⑤客户端确认编辑定值组值，服务端响应，新定值有效。
- d) 不切区的定值，宜采用 GetDataValue 和 SetDataValue 服务对其进行读写操作。

取代服务

- a) 采用 SetDataValues 服务将 subEna 置为 TRUE 时，subVal、subQ 应被赋值到相应的数据属性 Val、q，其品质的第 10 位（0 开始）应该置 1，表明取代状态；
- b) 当 subEna 置为 TRUE 时，改变 subVal、subQ 应直接改变相应的数据属性 Val、q，无须再次使用 subEna；
- c) 当取代的数据配置在数据集中，subEna 置为 TRUE 时，取代的状态值和实际状态值不同，应上送报告，上送的数据值为取代后的数值，原因码同时置数据变化和品质变化位；
- d) 客户端除设置取代值以外，还应设置 subID。当某数据对象处于取代状态时，服务端应禁止非空 subID 不一致的客户端改变取代相关的属性，空 subID 用于清除上一次取代状态，并支持任意非空 subID 对其进行设置。

控制服务（可选）

- a) 采用 Select、SelectWithValue、Cancel、Operate 与 CommandTermination 服务实现控制功能。
- b) 装置复归使用增强安全的直接控制方式；
- c) 其它控制采用增强安全的操作前选择控制方式，控制对象的状态改变应产生报告；
- d) 装置应初始化控制相关参数（ctlModel、sboTimeout 等）；

- e) 服务参数 Value、T、Test、Check、AddCause 都应具备并严格按照规定的格式填写;
- f) SBOw、Oper 和 Cancel 数据应通过 GetDataDirectory、GetDataDefinition 和 GetDataValues 服务访问。

时间同步

a) 在线监测装置作为简单网络时间协议 (SNTP, Simple Network Time Protocol) 客户端主动向综合处理单元发起对时命令进行对时; 在线监测装置启动时必须主动对时, 平均对时频率可设置, 设置范围为 1 至 24 小时;

b) 时标 TimeStamp 在网络上传输时应采用 UTC 时间信息格式。EntryTime 在网络上传输时应采用 6 个字节 BINARY-TIME 时间格式;

c) 时钟同步准确度应为 $\pm 1s$ 。

四、其它要求

按照《南方电网公司变电设备在线监测装置通用技术规范》执行。

SCD 建模要求

一、模型配置要求

- a) 综合处理单元 SCD 模型宜采用“单 IED—多 LD—多 LN”模式;
- b) SCD 模型文件命名遵循附录 A.2;
- c) 模型文件信息头的文件版本描述、Communication 节点的网络 IP 地址设置、IED 节点的厂家属性和配置版本属性定义, 参照在线监测装置要求。

二、建模要求

物理设备 (IED) 建模

一个物理设备应建模为一个 IED 对象, 每个 IED 对象应包含一个服务器 (Server) 对象, IED 名应为“TEMPLATE”, 实际系统中的 IED 名由系统配置工具统一配置。

服务器 (Server) 建模

每个 Server 对象至少应有一个访问点 (AccessPoint), 且应包含一个公用 LD 对象和若干个监测 LD 对象。

逻辑设备 (LD) 建模

每台综合处理单元应拥有唯一一个公用 LD 对象, inst 名为“LD0”, LD0 对象包括的 LN 对象有 LLN0、LPHD、GGIO 和 RDRE (可选), 其中 LPHD 用于综合处理单元的公用信息建模, GGIO 用于综合处理单元自身通讯工况、运行工况等告警信息的数据建模, RDRE 用于综合处理单元的录波建模。

每台监测装置应建模为一个监测 LD 对象, inst 名为“MONTn” (序号 n 从 1 开始, 且

与 Alm 序号相对应），每个监测 LD 对象包含的 LN 对象有：LLN0、LPHD、GGIO 和若干监测 LN，其中 LPHD 用于装置的公用信息建模，GGIO 用于装置自身通讯工况、运行工况等告警信息的数据建模，RDRE 用于装置的录波建模，监测 LN 用于装置监测点状态量、量测量等信号的数据建模。

逻辑节点（LN）建模

- a) 综合处理单元自身告警信息应在 LD0 的 GGIO 状态量 Alm 定义，告警类型遵循附录 A.10；

表 A.10 告警类型要求

设备类型	属性 Alm 扩展范围	告警类型	M/O	备注
综合处理单元	Alm1~999	在线监测装置通讯告警	M	综合处理单元与在线监测装置发生通信中断，在线监测装置 1 对应 Alm1，如此类推
	Alm1000 及以上，根据各厂家设备运行工况上送告警	CPU 占用率过高	M	
		内存占用率过高	M	
		存储剩余空间过低	M	
		设备长时间无法对时	M	
		通信应用模块运行异常	M	
		电源故障	O	
		设备异常重启	O	
		其它	O	厂家自定义

- b) SCD 模型的 DO 数量不得超过 3000 个；
c) 其它要求遵循 ICD 建模相应章节。

录波建模

- a) 综合处理单元在 LD0 对象新增一个 RDRE 实例，在 RDRE 增加一个 CDC 类为 INS 的状态量 DO: WaveFileNum（谱图文件生成序号），序号从 1 开始循环计数，每生成一个新的谱图文件，序号加 1；当接收到任意一台在线监测装置上送的 WaveFileNum 录波信号，综合处理单元则向省级主站中心主站发送 WaveFileNum 录波信号；
b) 对于谱图文件传输，服务端应同时提供 MMS 和 FTP 两种传输方式；
c) 其它要求遵循 ICD 建模相应章节。

三、抽象服务通信接口

遵循 ICD 建模相应章节。

四、其它要求

按照《南方电网公司变电设备在线监测装置通用技术规范》执行。

附录 B 在线监测装置无线通信要求

在线监测装置通过无线传输方式上传的数据内容包含其产生的量测、状态、控制等信号量，应按照本附录规定的一般约定、数据帧格式、控制字定义及格式、数据结构及传输规则等，实现数据上送监测诊断中心。

一、一般约定

1、规约版本号

规约版本号是对本规约不同版本的标识，由主版本号及次版本号组成。本次制定的规约版本号为 V1.0。

2、通讯方式约定

- 1) 可采用 IP 网络、北斗卫星等通信方式。
- 2) 通信采用 UDP 协议。
- 3) 监测终端采用主动上送数据的方式，主站也可以主动召唤数据。

3、无效数据定义约定

- 1) 根据终端技术规范当中定义的无效数据进行约定。
- 2) 无效数据每个字节都用 FFH 表示。

4、历史数据定义约定

历史数据指的是在线监测装置未成功上送的所有数据，包括监测数据、谱图文件等。主站请求终端数据（历史数据部分）时，终端应依次上送所有历史数据和历史谱图文件。终端确认主站收到历史数据之后，应从终端历史数据库中删除本次已上送成功的数据。

5、状态监测终端号码

- 1) 状态监测终端的终端号码长度为 6 个字节。前两字节表示厂家代码，采用大写字母。后四字节表示厂家对每套状态监测终端的识别码，采用大写字母及数字，优先使用数字。
- 2) 厂家代码由主站中心统一分配。
- 3) 厂家赋予每套状态监测终端的终端号码应具备唯一性。

6、采样时间的约定

同一采样周期内采集的各类数据在上传报文中的采样时间应相同，上传的采样时间可以采用该周期内任意一个数据的采样时间。

7、标识码约定

数据标识码、定值标识码长度为 1 个字节。

二、数据帧格式

数据包采用数据帧模式，对数据帧定义起始码、设备类型、设备号、时间、控制类型码、数据域长度、数据域、校验码和结束码。

内容	字节数	字段含义
----	-----	------

起始码	1	0XF5
设备类型	1	OX02
设备号	6	前两字节表示厂家代码，采用大写字母。后四字节表示厂家对每套状态监测终端的识别码。将字母及数字转化成 ASCII 码发送
控制类型码	1	用于区分数据类型
时间	6	年+月+日+时+分+秒（6 字节，年简写），统一为数据帧发送时的终端时间
数据域长度	2	高字节在前，低字节在后。若为零表示无数据域
数据域	变长	数据帧长度不大于 1000 字节，采用标识码（2 字节）：值（4 字节）的方式，如 Y0:145688225,Y1:456.6,数据代码见表 1-3。
校验码	1	采用累加和取反的校验方式，发送方将设备类型、设备号、控制字、时间、数据长度和数据域的所有字节进行算术累加，抛弃高位，只保留最后单字节，将单字节取反。
结束码	1	0XF9

帧内数据排列格式：字节由高Bn 到低B1 前后排列，字节的位由高b7 到低b0 左右排列。

帧格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	1 字节	6 字节	2 字节	变长	1 字节	F9

注意，在这里统一约定，关于数据帧中的时间，除需要终端将原命令返回或原格式返回外，其余全部采用终端或主站发送命令时的时间。另外，传送监测数据的数据域中的时间采用数据采集时间，与终端时间无关。

其中：时间格式：

年	月	日	时	分	秒
1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节

说明：年为当前年份减去2000，如2008-2000=8；月、日、时、分、秒为当前时间。

三、控制字定义

控制字具体定义见下表：

控制字	含义	说明
00H	开机联络信息	终端开机上送联络信息
01H	校时	该命令分请求和下发两部分
02H	设置终端密码	终端出厂密码：字符：‘1234’（31H32H33H34H）
03H	主站下发参数配置	该指令要求数据采集终端接收到该命令后原命令返回
05H	终端心跳信息	用于主站监测终端时间、IP 地址和端口号等信息
06H	更改主站 IP 地址、端口号和卡号	
07H	查询主站 IP 地址、端口号和卡号	

08H	终端重启	主站对终端进行重启
0AH	查询终端配置参数	
21H	主站请求终端数据	区分历史数据实时数据
22H	终端上送油色谱实时数据	
23H	主站系统读取终端定值	
24H	主站系统下发终端定值	
25H	终端上送谱图文件请求	
27H	终端上送谱图文件	
28H	终端上送谱图文件发送结束标记	
29H	主站发送谱图补包数据	

四、控制字格式

1、开机联络信息 00H

监测终端仅在开机或重启后，上传开机联络信息，收到主站返回信息之前终端不向主站发送其他数据包。

数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	00H	6 字节	2 字节	2 字节	1 字节	F9

数据域长度为 2 字节，格式为：

规约版本号
2 字节

规约版本号：采用本文 2.1 节规定的规约版本号，第一字节代表规约主版本号，第二字节代表规约次版本号，如 0102H，代表 V1.2 版本。

主站收到终端主动上传开机联络信息后，立即原命令返回。终端每次发送开机联络信息，主站无返回信息则每 1 分钟发送一次直到收到主站返回信息。

主站主动下发请求格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	00H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

终端收到请求后，发送开机联络信息。

2、校时 01H

1)监测终端收到主站开机联络返回信息后主动请求校时。

2)主站每天对终端校时一次。

3)终端请求校时格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码

F5	1 字节	6 字节	01H	6 字节	2 字节	00H	1 字节	F9
----	------	------	-----	------	------	-----	------	----

注：终端主动请求校时指令数据与为 00H，用于区分终端主动请求校时指令和主站主动请求校时，主站收到终端请求校时报文之后，原格式返回，时间是主站当前时间。

4) 主站下发对时命令格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	01H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

说明：终端收到此命令后更改终端时钟并按照原命令返回。

主站主动下发对时命令时，应在收到心跳包时开始下发，若主站没有收到终端返回原命令，每隔 10 秒发送一次对时命令，最多 3 次。

3、设置终端密码 02H

数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	02H	6 字节	2 字节	8 字节	1 字节	F9

数据域：8 字节(字符串格式)，其中前 4 字节为原密码，后 4 字节为新设置密码；

终端出厂密码：字符：‘1234’（31H32H33H34H）；

终端收到该命令后判断原密码是否与原设置密码相同，若相同则将密码更改为新密码，并按照原命令返回。若不同，则返回下列出错信息：

出错信息格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	02H	6 字节	2 字节	FFFFH	1 字节	F9

4、主站下发参数配置 03H

用于主站向终端下发配置参数。

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	03H	6 字节	2 字节	14 字节	1 字节	F9

数据域：

密码	4 字节
心跳间隔	1 字节
采样间隔	2 字节
硬件重启时间点	3 字节

密文验证码	4 字节
-------	------

密码：终端密码，这里作为验证条件，不作为修改参数；

心跳间隔：终端心跳信息发送间隔，单位分钟,出厂配置应为 1 分钟；

采样间隔：4 字节 float,即每隔多少分钟采样一次,单位秒,出厂配置应为 60 秒；

密文认证：4 字节，终端初始为字符‘1234’（31H32H33H34H），为确认终端数据的正确性，防止非法用户恶意欺骗服务器。该密文用于防止非法终端用户的数据被主站认可，安装时终端设定默认密文，上塔安装完成后，主站下发指令修改该终端密文，仅终端主站记录的密文一致时视该数据合法有效，否则屏蔽。

硬件重启时间点：为保证终端软件可靠运行终端应支持定时重启。

时间点格式：

日	时	分
1 字节	1 字节	1 字节

备注：

日：0 到 28 日；（若日为 00H 则就每天定时重启）

时：0 到 23；

分：0 到 59；

终端验证密码通过后，执行参数配置命令，并按照原命令返回。若密码错误，则返回如下信息：

密码出错信息格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	03H	6 字节	2 字节	FFFFH	1 字节	F9

5、终端心跳信息 05H

数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	05H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

说明：

若接收到时间与主站时间时差大于 2 分钟，主站下发校时指令。

该信息在终端设备每次上线时发送，在线期间，若无其他指令，终端按照设置的联络间隔发送一次该信息，遇其他命令后顺延一个联络间隔。主站收到终端联络信息后，原命令返

回。

若无收到主站返回，一直按照心跳间隔发送。

6、更改主站 IP 地址、端口号和卡号 06H

数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	06H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域格式：

密码	原主站 IP	原端口号	新主站 IP	新端口号	原主站卡号	新站卡号
4 字节	4 字节	2 字节	4 字节	2 字节	6 字节	6 字节

密码：为终端密码，只有密码与终端密码相同才执行此命令；

主站 IP：标准 4 字节 IP；

端口号：高字节乘以 256 加上低字节；

主站卡号：为 F 加通信卡号，每个数字占半个字节。如卡号为 13912345678，则发送数据为：F1H,39H,12H,34H,56H,78H；

说明：只有密码与终端密码相同且两组主站 IP、端口号和主站卡号对应字节完全相同才执行更改命令。终端执行更改命令后按照原命令格式返回。

若密码出错，终端返回如下出错信息：

密码出错数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	06H	6 字节	2 字节	FFFFH	1 字节	F9

若两组主站 IP、端口号和主站卡号对应字节不完全相同，终端返回如下出错信息：

数据不对应出错数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	06H	6 字节	2 字节	0000H	1 字节	F9

终端更改 IP 地址端口号成功后，应立即重启后并向新地址建立连接。

7、查询主站 IP 地址、端口号和卡号 07H

终端收到该命令后，返回其当前设置的主站 IP、端口号和主站卡号。

查询数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	07H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

数据长度为 0，数据域为空。

应答数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	07H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域：

主站 IP	端口号	主站卡号
4 字节	2 字节	6 字节

主站 IP：标准 4 字节 IP；

端口号：高字节乘以 256 加上低字节；

主站卡号：为 F 加通信卡号，每个数字占半个字节。例如卡号为 13912345678，则发送数据为：F1H,39H,12H,34H,56H,78H。

8、终端重启 08H

数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	08H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域：终端密码（4 字节）

只有终端密码通过后，终端原命令返回并执行此命令，否则返回出错信息：

出错信息数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	08H	6 字节	2 字节	FFFFH	1 字节	F9

9、查询终端配置参数 0AH

用于主站查询终端配置参数。

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	0AH	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

其中数据长度为 0，数据域为空。

终端返回数据格式：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	0AH	6 字节	2 字节	6 字节	1 字节	F9

数据域：

参数类型	字节数
心跳间隔	1 字节
采样间隔	2 字节
硬件重启时间点	3 字节

10、主站请求终端数据 21H

用于主站主动请求监测终端发送数据。终端收到该命令后按原命令返回，并立即按照相应控制字格式将数据依次上送主站。

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	21H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

如果数据域为 0 字节，上传未成功上传的历史数据，若终端无历史数据则不上传。终端传完实时数据后随即传送谱图历史数据请求 25H，若无谱图历史数据则直接上送结束标记 28H。

如果数据域为 2 字节 BBBH，则终端上传最近一组采集的实时数据。

11、终端上送油中溶解气体在线监测实时数据 22H

监测终端在有新谱图监测数据时，主动发送至主站系统前置服务器；此外，主站系统总召数据时，监测终端应答帧也采用此格式。

数据格式：数据域采用数据标识码：数值方式，各数据标识码请见 5.2（可补充），格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	22H	6 字节	2 字节	变长	1 字节	F9

其中：数据域示例：Y0:数据,Y1:数据,Y2:数据,……,Yn:数据。

密文验证码	采集时间	数据 1 标识码	数据 1 数值	数据 2 标识码	数据 2 数值	数据 n 标识码	数据 n 数值
4 字节	6 字节	Y0	0.3	Y1	0.34

主站收到终端主动上传数据命令后，立即返回原格式报文，数据域为空。终端收到主站回应命令后，表示数据传送完毕。终端若没有收到主站回应命令，则将数据保留为历史数据，下次传送。

12、主站系统读取终端定值 23H

主站系统主动读取终端当前定值。（注：各厂家补充表 2，预留 90-CF，实际工程中，各厂家自定义数据域内容，以配置文件方式告知主站系统）。若主站收到本监测类型定值表中不存在的数据标识码，则遗弃本次收到的报文。

数据格式：数据长度设为 0，数据域为空，格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	23H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

监测终端应答帧格式如下，其中标识码用 D+数值方式。

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	23H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

其中数据域格式如下：

密文验证码	定值 1 标识码	定值 1 值	定值 2 标识码	定值 2	定值 n 标识码	定值 n
4 字节	D0	0.3	D1	2

13、主站系统下发终端定值 24H

主站系统下发定值至终端，数据格式和读功能时终端的回复相似，即在读功能的基础上加上内容。终端收到主站下发定值命令之后，返回原格式报文，数据域为空。

格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	24H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域部分格式如下：

定值 1 标识码	定值 1	定值 2 标识码	定值 2	定值 n 标识码	定值 n
D0	0.3	D1	2

14、终端上送谱图请求 25H

终端有新的谱图数据时，主动上传至主站。终端首先发送请求报文，主站收到后原命令返回，若主站无返回，则终端间隔 15 秒循环五次。收到应答立即停止；若无应答，存入历史。

格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	25H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域部分格式如下：

密文验证码	采集时间	包数
4 字节	6 字节	2 字节

15、终端上送谱图标准格式文件

15.1 发送谱图数据包 27H

终端收到主站返回请求后，发送谱图数据包

格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	27H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域部分格式如下：包号从 1 开始

密文验证码	采集时间	包号	数据 1	...	数据 n
4 字节	6 字节	2 字节	1 字节	...	1 字节

15.2 终端发送结束标记 28H

终端发送完数据之后，发送结束标记给主站，主站返回补包报文，若主站无返回，则终端间隔 15 秒循环五次发送结束标记，收到主站返回报文立即停止；若无应答，存入历史。

格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	28H	6 字节	2 字节	--	1 字节	F9

15.3 主站发送补包数据 29H

主站收到结束标记后，立即统计所收到的谱图数据，将未收到的包号下发给终端，终端收到命令后，通过 27H 上送数据，将所需包号数据上送，完毕后再次上送结束标记 28H。

格式如下：

起始码	设备类型	设备号	控制字	时间	数据长度	数据域	校验码	结束码
F5	1 字节	6 字节	29H	6 字节	2 字节		1 字节	F9

数据域部分格式如下：

密文验证码	采集时间	补包数	补包号 1	...	补包号 n
4 字节	6 字节	2 字节	2 字节	...	2 字节

若补包数为 0，则传输正确，本次谱图传输结束，终端不必针对本条指令返回报文。

若补包数不为 0，则终端根据需补包包号，上传补包数据，直至主站返回的补包数为 0。

五、状态监测数据量

注意 Float 采用 BIG_ENDIAN，即多字节值的字节顺序是从最高有效位到最低有效位的。

其中，MX 为遥测量，四个字节 Float；ST 为遥信量（开关量 01）；SG 为定值项，其字节数根据实际情况由厂家自定义，4 字节为 float,2 字节为 int；标注 M 为必选，标注 O 为可选，标注 C 为条件选择。

表 1 测量、状态量(00-8F)

数据标识码	名称	数据类型	字节数	单位	M/O/C
00	甲烷	MX	4	μ L/L	M
01	乙烯	MX	4	μ L/L	M
02	乙烷	MX	4	μ L/L	M
03	乙炔	MX	4	μ L/L	M
04	氢	MX	4	μ L/L	M
05	一氧化碳	MX	4	μ L/L	M
06	二氧化碳	MX	4	μ L/L	M
07	载气压力	MX	4	Mpa	C
08	油箱油位	MX	4		C
09	微水	MX	4		O
0A	总烃	MX	4	μ L/L	M
0B	氧气	MX	4	μ L/L	O
0C	氮气	MX	4	μ L/L	O
0D	总可燃性气体总量	MX	4	μ L/L	O
0E	甲烷报警	ST	1		M
0F	乙烯报警	ST	1		M
10	乙烷报警	ST	1		M
11	乙炔报警	ST	1		M
12	氢气报警	ST	1		M
13	一氧化碳报警	ST	1		M
14	二氧化碳报警	ST	1		M
15	载气压力报警	ST	1		C
16	油箱油位报警	ST	1		C
17	微水报警	ST	1		O
18	总烃报警	ST	1		M
19	氧气报警	ST	1		O
1A	氮气报警	ST	1		O
1B	产气率告警	ST	1		C
1C	H2 注意	ST	1		O
1D	柱箱超温报警	ST	1		C
1E	柱箱温度	MX	4	℃	C
1F	载气低压报警	ST	1		C
20	异常气瓶号	MX	4		O
21	实际气瓶供气状态	ST	1		O
22	传感器连接状态故障码	MX	4		O
23	连续失败通讯次数	MX	4		O
24	通讯失败告警	ST	1		O
25	设备运行状态	ST	1		O
26	绝对产气率	MX	4	mL/天/	C
27	相对产气率	MX	4	%/月	C

数据标识码	名称	数据类型	字节数	单位	M/O/C

表 2 定值项(90-CF)

数据标识码	名称	数据类型	字节数	单位	是否必传项
90	甲烷报警阈值	SG	4		
91	乙烯报警阈值	SG	4		
92	乙烷报警阈值	SG	4		
93	乙炔报警阈值	SG	4		
94	氢报警阈值	SG	4		
95	一氧化碳报警阈值	SG	4		
96	二氧化碳报警阈值	SG	4		
97	载气压力报警阈值	SG	4		
98	油箱状态报警阈值	SG	4		
99	微水报警阈值	SG	4		
9A	总烃报警阈值	SG	4		
9B	氧气报警阈值	SG	4		
9C	氮气报警阈值	SG	4		
9D	采样间隔	SG	4		