

ICS 29.240  
CCS K 45

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2381—2021

---

## 智能变电站网络性能测试装置技术规范

Technical specifications for network performance testing device of  
smart substation

2021-12-22 发布

2022-03-22 实施

---

国家能源局 发布



## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 技术要求	2
6 功能要求	7
7 检验规则	10
8 包装、运输、贮存	11
9 标志、标签	11
10 供货的成套性	12
11 质量保证	12
附录 A (资料性) 装置一键测试功能列表	13
附录 B (资料性) 装置检验方法	14

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会标准化管理中心提出。

本文件由电力行业继电保护标准化技术委员会（DL/TC 15）归口。

本文件的起草单位：国网江西省电力有限公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司、南方电网电力科技股份有限公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司、武汉凯默电气有限公司、北京博电新力电气股份有限公司、北京四方继保工程技术有限公司。

本文件主要起草人：潘本仁、韩业虹、桂小智、冯善强、朱维钧、徐鹏、彭安、何强、郑明忠、周仕豪、凌刚、杨贵、潘家骏、赵志强。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 智能变电站网络性能测试装置技术规范

## 1 范围

本文件规定了智能变电站网络性能测试装置的技术要求、功能要求、检验规则、包装、运输、贮存、标志、标签、供货的成套性及质量保证等。

本文件适用于智能变电站网络性能测试装置（以下简称装置），是装置的设计、生产、检验和使用的依据。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）

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）

GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.26 量度继电器和保护装置 第 26 部分：电磁兼容要求

GB/T 14598.27 量度继电器和保护装置 第 27 部分：产品安全要求

GB/T 32901 智能变电站继电保护通用技术条件

DL/T 624 继电保护微机型试验装置技术条件

DL/T 860（所有部分） 电力自动化通信网络和系统

DL/T 860.81 电力自动化通信网络和系统 第 8-1 部分：特定通信服务映射（SCSM）——映射到 MMS（ISO 9506-1 和 ISO 9506-2）及 ISO/IEC 8802-3

DL/T 860.92 电力自动化通信网络和系统 第 9-2 部分：特定通信服务映射（SCSM）——基于 ISO/IEC 8802-3 的采样值

DL/T 1146 DL/T 860 实施技术规范

DL/T 1241 电力工业以太网交换机技术规范

NB/T 42015 智能变电站网络报文记录及分析装置技术条件

## 3 术语和定义

GB/T 32901、DL/T 860（所有部分）、DL/T 1146、DL/T 1241 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能变电站网络性能测试装置** **network performance testing device of smart substation**

一种能够发送、接收、编辑 SV、GOOSE、MMS 等报文的测试装置，能对智能变电站中交换机及二次设备进行网络性能测试。

### 3.2

**存储转发** **storage-forward**

当整个帧已完全接收，再进行冗余码校验、过滤和转发处理的一种转发方式。

3.3

**吞吐量 throughput**

交换机在不丢帧情况所能达到的最大传输速率。

3.4

**存储转发时延 latency**

从输入帧的最后一个比特到达输入端口开始，至在输出端口上检测到该帧的第一个比特为止的时间间隔。

3.5

**交换延时 switch latency**

从输入帧的第一个比特到达输入端口开始，至在输出端口上检测到该帧的第一个比特为止的时间间隔。

3.6

**时延抖动 latency jitter**

存储转发时延的变化值。

3.7

**帧丢失率 frame loss rate**

交换机端口以特定频率转发特定数量数据帧情况下帧丢失的比率。

3.8

**背靠背帧 back to back frame**

最小帧间隔情况下，交换机一次能够转发的最多的长度固定的数据帧数。

4 缩略语

DL/T 860（所有部分）界定的以及下列缩略语适用于本文件。

APPID application identifier 应用标识符

CRC cyclic redundancy code 循环冗余校验

GOOSE generic object oriented substation events 通用面向对象的变电站事件

PPS packets per second 每秒钟发送的数据包个数

SCD substation configuration description 变电站配置描述

SV sampled value 采样值

VLAN virtual local area network 虚拟局域网

5 技术要求

5.1 装置一般要求

5.1.1 每个端口应能独立配置输出多种类型报文，包括 ARP、UDP、TCP、SV、GOOSE、MMS、自定义包。

5.1.2 每个端口应能动态调整不同报文的流量大小。

5.1.3 SV 报文应满足 DL/T 860.92 标准，GOOSE 报文应满足 DL/T 860.81 标准。

5.1.4 输出 SV 报文时，应能灵活配置采样率、ASDU 数目、MAC 目标地址、svID、APPID、VLAN、同步状态、数据通道的品质等参数。

5.1.5 输出 GOOSE 报文时，应能灵活配置版本号、MAC 目标地址、APPID、gocbRef、datSet、goID、test 检修位等参数。

5.1.6 数据接口链路连接状态和数据传输状态应有明显的区别指示。

5.1.7 应支持导入 SCD、CCD、CSD 等配置文件，提取配置文件中的 SV 和 GOOSE 控制块信息，用于配置端口数据流。

5.1.8 应支持导入 NB/T 42015 规定的 PCAP 文件，提取 PCAP 文件中数据帧信息，用于配置端口数据流。

5.1.9 应能保存测试配置参数，支持自动生成测试结果，测试结果应能导出成 WORD 或 PDF 等文件格式。

5.1.10 在上电、断电、重启及测试过程中不应误输出。

5.1.11 应支持 CRC 错误帧压力数据报文输出。

5.1.12 宜支持一键测试功能，装置一键测试功能列表参考附录 A。

## 5.2 工作条件

### 5.2.1 基准条件

基准条件下确定装置的基本误差，用于产品的验收检验、型式检验及仲裁检验时的试验条件。装置的基准条件见表 1。

表 1 装置的基准条件

影响量	基准条件	允许偏差
环境温度	20 ℃	±5 ℃
相对湿度	45%~75%	—
大气压力	86 kPa~106 kPa	—
工作电源电压	额定值	±10%
工作电源频率	50 Hz	±0.5 Hz
工作电源波形	正弦波	总谐波失真系数不大于 2%
直流电源电压 <sup>a</sup>	额定值	±10%
直流电源电压的纹波系数 <sup>b</sup>	—	≤4%
外磁场感应强度	—	0.5 mT
振动、冲击	—	强度不超过 1 级
<sup>a</sup> 当装置采用直流电源供电方式时的条件。 <sup>b</sup> 直流电源电压的纹波系数是按峰-峰值纹波系数定义的数值。		

### 5.2.2 额定工作条件（影响量标称范围极限值）

额定工作条件（装置影响量标称范围极限值）见表 2。额定工作条件确定装置性能的变差。

表 2 额定工作条件（装置影响量标称范围极限值）

影响量	标称范围极限值		额定工作条件
	标称值	允许偏差	
环境温度	-10 ℃~+55 ℃	—	-10 ℃~+55 ℃
相对湿度	最湿月平均相对湿度为 90%，该月的平均温度为 25 ℃，并且产品上不应出现凝露	—	≤90%
大气压力	80 kPa~110 kPa（海拔在 2000 m 及以下）	—	80 kPa~110 kPa

表 2 (续)

影响量	标称范围极限值		额定工作条件
	标称值	允许偏差	
交流电源电压	额定值	-20%~+15%	176 V~253 V
交流电源频率	50 Hz	±2.5 Hz	48 Hz~51 Hz
交流电源波形	正弦波	总谐波失真系数 不大于 5%	正弦波, 允许总谐波 畸变率不大于 5%
直流电源电压 <sup>a</sup>	额定值	-20%~+15%	
直流电源电压纹波系数 <sup>b</sup>	≤10%	—	
外磁场感应强度	≤0.5 mT	—	
振动、冲击	强度为 1 级	—	
<sup>a</sup> 当装置采用直流电源供电方式时的条件。 <sup>b</sup> 直流电源电压的纹波系数是按峰-峰值纹波系数定义的数值。			

### 5.2.3 环境要求

使用环境应满足如下要求:

- a) 无爆炸危险, 无腐蚀性气体及导电尘埃, 无严重霉菌, 无剧烈振动源;
- b) 有良好接地设施。

### 5.2.4 特殊使用条件

当超出表 1 规定的基准条件和表 2 规定的工作条件时, 由用户与制造厂商定。

### 5.3 性能要求

装置性能要求如表 3 所示, 其检验方法参考附录 B。

表 3 装置性能要求

项目	要求
报文发送流量误差	≤0.01%
时延测试准确度	≤100 ns
发送采样值 SV 报文时间离散度	≤1 μs
端口数据流数量	≥3 个
整机数据流数量	≥(3 个×端口数)
各端口之间自环吞吐量	100%
各端口之间自环丢帧率	0%
各端口之间自环背靠背测试	不丢帧

### 5.4 装置接口

装置应具备至少 6 路以太网接口, 其中至少 2 路 1000 M 接口, 装置接口数量宜满足全网状方式下吞吐量测试的要求, 每个接口应采用相互独立的数据接口控制器。装置接口要求如表 4 所示。



表 4 装置接口要求

接口类型	参数	要 求	
光纤接口	类型	多模光纤	
	波长	850 nm	1310 nm
	百兆发送功率范围	—	-20 dBm~-14 dBm
	千兆发送功率范围	-9 dBm~-2.5 dBm	-11.5 dBm~-3 dBm
	百兆接收灵敏度范围	—	-31 dBm~-14 dBm
	千兆接收灵敏度范围	-18 dBm~-2.5 dBm	-19 dBm~-3 dBm
	连接器类型	ST 或 LC	
	光纤芯径	62.5/125 $\mu\text{m}$ (或 50/125 $\mu\text{m}$ )	
	传送速率	不小于 100 M	
以太网接口	传输介质	屏蔽双绞线	
	接口类型	100 M 或 1000 M RJ-45 电接口	

## 5.5 安全要求

装置应满足如下安全要求：

- 应有必要的安全标志和相关的安全注意事项；
- 应有防静电等接地保护，应采取必要的防静电及防辐射电磁场干扰的防护措施，本体应具备专用的接地端子，将不带电金属部分连为一体，并接到接地端子上；
- 应具备自检和故障告警功能。

## 5.6 绝缘要求

### 5.6.1 绝缘电阻

在正常试验的大气条件下，产品的各导电电路对地之间，以及产品中电气上无联系的各导电电路之间，用 500 V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于 20 M $\Omega$ 。

### 5.6.2 介质强度

在正常试验的大气条件下，产品的各导电电路对地（即外壳或外露的非带电金属零件）之间，以及产品中电气上无联系的各导电电路之间，应能承受 2.0 kV（额定绝缘电压大于 60 V）、0.5 kV（额定绝缘电压不大于 60 V）（有效值）的 50 Hz 交流试验电压，历时 1 min，不应出现击穿、闪络或元器件损坏现象。

注：如用直流电压测试，电压值为交流有效值的 1.4 倍。

## 5.7 承受振动耐久能力

应具有承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 1 级的振动耐久能力。

## 5.8 承受冲击耐久能力

应具有承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 1 级的冲击耐久能力。

## 5.9 承受碰撞能力

应具有承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 1 级的碰撞能力。

## 5.10 温度影响

环境温度在 5.2.2 规定的范围内变化时装置性能应满足本文件 5.3 的要求。

## 5.11 交变湿热检验

在最高温度为 40℃ 的环境中，进行交变湿热检验，检验 6 个循环（144 h）。试验过程中和试验后，装置应能正常工作。在装置温度恢复到正常使用条件后，其绝缘电阻值不小于 10 MΩ，测试装置的介质强度，应无击穿或闪络。

## 5.12 冲击电压

装置各导电电路对地之间，以及装置中电气上无联系的各导电电路之间，应能承受电压峰值为 5 kV（额定绝缘电压大于 60 V）、1 kV（额定绝缘电压不大于 60 V）的标准雷电波冲击电压，检验过程中不允许出现导致绝缘损坏的闪络现象。

## 5.13 承受振动响应能力

应具有承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 1 级的振动响应能力。

## 5.14 承受冲击响应能力

应具有承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 1 级的冲击响应能力。

## 5.15 功率消耗检验

装置功率消耗宜不大于 75 VA。

## 5.16 供电电源的影响

正常工作条件下，供电电源的幅值、频率、波形的变化不应影响装置的正常工作，且装置的性能指标应能满足本文件 5.3 的要求。

## 5.17 电磁兼容要求

### 5.17.1 承受脉冲群干扰能力

应能承受 GB/T 14598.26 规定的频率为 1 MHz 和 100 kHz 的脉冲群抗扰度试验，且测试装置的性能指标应能满足本文件 5.3 的要求。

试验等级：差模电压（第一个半波电压峰值）1 kV，共模电压（第一个半波电压峰值）2.5 kV。

### 5.17.2 承受静电放电干扰能力

应能承受 GB/T 14598.26 规定的严酷等级为 III 级的静电放电抗扰度试验，且测试装置的性能指标应能满足本文件 5.3 的要求。

### 5.17.3 承受辐射电磁场干扰能力

应能承受 GB/T 14598.26 规定的严酷等级为 III 级的辐射电磁场抗扰度试验，且测试装置的性能指标应能满足本文件 5.3 的要求。

### 5.17.4 承受快速瞬变干扰能力

应能承受 GB/T 14598.26 规定的严酷等级为 B 级的快速瞬变抗扰度试验，且测试装置的性能指标

应能满足本文件 5.3 的要求。

### 5.17.5 电磁发射试验

装置的电磁发射限值应符合 GB/T 14598.26 中传导发射限值和辐射发射限值的规定。传导发射限值见表 5。

表 5 传导发射限值

发射频率范围 MHz	发射限值 dB ( $\mu$ V)
0.15~0.5 (不含 0.5)	79~66
0.5~30	73~60

辐射发射限值见表 6。

表 6 辐射发射限值

发射频率范围 MHz	场强 dB ( $\mu$ V/m)	测量距离 m
30~230	40	10
230~1000	47	

### 5.18 外壳和防护

外壳防护等级应符合 GB/T 4208—2017 规定的 IP30 级的要求。

## 6 功能要求

### 6.1 吞吐量测试

吞吐量测试应满足如下要求：

- 应能设定测试时间、测试帧长度，可选择标准帧长（64 字节、128 字节、256 字节、512 字节、1024 字节、1280 字节、1518 字节）或自定义帧长；
- 单播类型吞吐量应支持端口一对一配对模式，宜支持全网状测试模式；
- 组播类型、广播类型吞吐量应能设置一个发送端口、多个接收端口；
- 测试结果应显示每种帧长的吞吐量值。

### 6.2 时延测试

时延测试应满足如下要求：

- 应能设置测试时间、测试速率、测试帧长度，可选择标准帧长或自定义帧长；
- 应能设置直通交换或者存储转发测试模式；
- 单播类型存储转发时延应支持端口一对一配对模式；
- 组播类型、广播类型存储转发时延应能设置一个发送端口、多个接收端口；
- 测试结果应包含最大时延、最小时延、平均时延、最大时延抖动、最小时延抖动、平均时延抖动。

### 6.3 丢帧率测试

丢帧率测试应满足如下要求：

- a) 应能设置测试时间、测试速率、测试帧长度，可选择标准帧长或自定义帧长；
- b) 单播类型丢帧率应支持端口一对一配对模式；
- c) 测试结果应显示每种帧长的丢失帧数与发送帧数的百分比值。

#### 6.4 背靠背测试

背靠背测试应满足如下要求：

- a) 应能设置测试时间、测试帧长度，可选择标准帧长或自定义帧长；
- b) 单播类型背靠背应支持端口一对一配对模式；
- c) 测试结果应显示每种帧长的背靠背值。

#### 6.5 错误帧测试

错误帧测试应满足如下要求：

- a) 错误帧应包括超短帧、超长帧、帧校验错误；
- b) 测试结果应包含发送帧统计和接收帧统计。

#### 6.6 VLAN 测试

VLAN 测试应满足如下要求：

- a) 应能设置被测设备端口数量；
- b) 测试结果应能验证 VLAN 配置，宜设置 VLAN 搜索范围并自动搜索出 VLAN 配置表。

#### 6.7 静态组播测试

静态组播测试应满足如下要求：

- a) 应能添加待验证静态组播条目、组播配置端口、组播源发送端口、组播监视端口；
- b) 测试结果应能验证静态组播配置表，宜支持自动搜索出静态组播范围。

#### 6.8 MAC 地址缓存能力测试

MAC 地址缓存能力测试应满足如下要求：

- a) 应能设置缓存容量的最小值、最大值、初始值、学习速率；
- b) 应能配置学习端口、测试端口、监控端口、老化时间；
- c) 测试结果应能自动显示缓存能力的 MAC 地址个数。

#### 6.9 MAC 地址学习速率测试

MAC 地址学习速率测试应满足如下要求：

- a) 应能设置学习速率的最小值、最大值、初始值、缓存容量地址个数；
- b) 应能配置学习端口、测试端口、监控端口、老化时间；
- c) 测试结果应能自动显示地址学习速率。

#### 6.10 风暴抑制功能测试

风暴抑制功能测试应满足如下要求：

- a) 应能设置测试时间、测试帧长度、加载流量；
- b) 风暴类型可选择广播、组播、未知单播；
- c) 测试结果应能自动显示端口抑制情况。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/876124005004010034>