

### 输电线路分布式故障监测装置技术规范

Distributed fault monitoring device of overhead transmission lines

2022-05-13发布

2022-05-13实施

---



# 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 分类及组成.....	3
5 技术要求.....	3
6 试验方法.....	9
7 检验规则.....	14
8 标志、包装、运输、贮存.....	16
附录 A（资料性附录） 分布式故障监测装置和异常状态监测装置定位方法.....	18
附录 B（资料性附录） 输电线路故障原因辨识方法.....	23
附录 C（规范性附录） 监测终端安装施工及维护.....	26
附录 D（规范性附录） 数据传输规约.....	28
编制说明.....	42

## 前 言

为统一架空输电线路分布式故障监测装置的生产、制造、安装要求，规范架空输电线路分布式故障监测装置的选型和应用，制定本标准。

本标准代替 Q/GDW 11660—2016《输电线路分布式故障监测装置技术规范》，与 Q/GDW 11660—2016 相比，主要技术性差异如下：

- 修改了术语与定义中监测装置的分类；
- 增加了接触式故障监测终端、接触式异常状态监测终端、非接触式故障监测终端的定义；
- 增加了非接触式故障监测终端的分类；
- 增加了非接触式故障监测终端和接触式异常状态监测终端的安装配置要求；
- 增加了非接触式故障监测终端的太阳能及电池供电技术要求；
- 增加了新终端在电流行波、工频电流、电压行波及工频电压的测量要求；
- 增加了接触式异常状态监测装置测量试验描述；
- 修改了工频电流和电流行波测量中非接触式故障监测终端的测量方法；
- 增加了非接触电压行波、工频电压的测量方法；
- 增加了试验项目内容；
- 修改了附录 B 中图谱内容；
- 修改了附录 C 中安装规范内容；
- 修改了附录 D 中数据传输规约内容。

本标准由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：国网江苏省电力有限公司、国网山东省电力公司、国网北京市电力公司、国网安徽省电力有限公司、国网陕西省电力公司、国网冀北电力有限公司、国网湖北省电力有限公司、国网江西省电力有限公司、国网天津市电力公司、国网浙江省电力有限公司、国网四川省电力公司、国网福建省电力有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、武汉三相电力科技有限公司、山东山大电力技术股份有限公司。

本标准主要起草人：王永强、高超、刘贞瑶、郭嵘、高嵩、昌国际、孙晓斌、谭磊、严波、孔志战、王辉、雷成华、徐陈华、李学刚、姜文东、周啸宇、陈俊、林力辉、谷山强、钱冠军、陈继东、孟令军、刘英亮。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。

# 输电线路分布式故障监测装置技术规范

## 1 范围

本标准规定了架空输电线路分布式故障监测装置的分类及组成、技术要求、试验方法、检验规则，以及产品的标志、包装、运输、贮存要求。

本标准适用于 110（66）kV 及以上电压等级交、直流架空输电线路分布式故障监测装置。35kV 及以下电压等级交流架空线路可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 191 包装储运图示标志
- GB/T 2317.2 电力金具试验方法 第 2 部分：电晕和无线电干扰试验
- GB/T 2317.3 电力金具试验方法 第 3 部分：热循环试验
- 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
- 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
- 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（12h+12h 循环）
- GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc：振动(正弦)
- GB/T 2900.51 电工术语 架空线路
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 6587 电子测量仪器通用规范
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16927.4 高电压和大电流试验技术 第 4 部分：试验电流和测量系统的定义和要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- 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
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 21671 基于以太网技术的局域网系统验收测评规范
- DL/T 988 高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法
- QJ/T 815.2 产品公路运输加速模拟试验方法校核

## 3 术语和定义

GB/T 2900.51 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**监测装置** monitoring device

通过分布式安装于输电线路导线或杆塔上的监测终端，对故障行波、工频或异常放电信号进行监测，以实现故障定位、原因辨识或异常放电预警的装置。

3.2

**接触式故障监测终端** contact type fault monitoring terminal

分布式安装于输电线路导线上，用于对输电线路的行波及工频信号进行实时监测、采集、存储及发送的终端。

3.3

**接触式异常状态监测终端** contact type abnormal state monitoring terminal

分布式安装于输电线路导线上，用于对输电线路的异常放电行波、故障行波及工频信号进行实时监测、采集、存储及发送的终端。与接触式故障监测终端在文中合称为接触式监测终端。

3.4

**非接触式故障监测终端** non-contact fault monitoring terminal

分布式安装于输电线路杆塔上，用于对输电线路的行波及工频信号进行实时监测、采集、存储及发送的终端。

3.5

**数据中心站** data center

接收所在区域内各监测终端行波数据和其他信息并进行异常状态分析预警、故障诊断分析，同时对监测终端进行管理的设备。

3.6

**最小工作电流** minimum working current

交流线路采用感应取能方式时，满足装置正常工作所需的单根导线最小工频电流。

3.7

**最大工作电流** maximum working current

交流线路采用感应取能方式时，满足装置正常工作所能耐受的单根导线最大工频电流。

3.8

**辨识准确率** recognition accuracy

监测装置判定的故障原因正确次数与故障总次数的比值，判定故障原因与实际故障原因相同视为辨识准确。

3.9

**预警准确率** early warning accuracy

实际巡线验证的异常放电次数与异常状态监测装置预警次数的比值，判定预警结果与实际巡线情况相符视为预警准确。

3.10

**异常状态** abnormal state

因绝缘子污秽、覆冰、树木超高、金具异常等引起的异常放电但未导致跳闸的状态

3.11

**区间定位 fault section location**

利用两个监测终端记录的工频故障电流相位或行波初始极性来确定故障点的位置区间。

## 3.12

**双端定位 double-ended fault location**

利用故障时刻或异常放电产生的初始行波到达两端监测终端的时间差来计算故障点或异常放电点位置。

## 3.13

**单端定位 single-ended fault location**

利用单个监测终端测量故障初始行波在故障点与本侧变电站之间往返一次或在故障点与上述单个监测终端之间往返一次的时间差来计算故障点位置。

**4 分类及组成****4.1 分类**

4.1.1 监测终端按照安装于导线和安装于杆塔分为接触式监测终端和非接触式监测终端。

4.1.2 接触式监测终端根据导线温度、供电方式和应用场合不同，分为以下几类：

- a) 普通型、高温型和低温型；
- b) 感应取能型、太阳能型和复合取能型；
- c) 交流型和直流型。

4.1.3 非接触式故障监测终端根据环境温度分为：普通环境型和低温环境型。

**4.2 组成**

监测装置由监测终端和数据中心站两部分组成，数据中心站可以与若干个监测终端相连。

监测终端一般应包含数据采集模块、数据传输模块、电源模块和时钟模块等，将监测数据以无线通信方式发送至数据中心站。

数据中心站一般应包含数据前置处理模块、故障诊断模块、异常放电分析模块和应用服务模块，用于数据解析、数据存储、故障定位、异常放电预警、故障辨识及结果输出。

**5 技术要求****5.1 总体要求****5.1.1 装置功能**

装置功能如下：

- a) 接触式故障监测装置应记录输电线路上的故障电流行波和故障电流波形数据，实现输电线路故障点的区间定位和精确定位，并向用户提供诊断结果。故障定位方法见附录A。
- b) 非接触式故障监测装置应记录输电线路上的故障电压行波、电流行波、故障电压和故障电流波形数据，实现输电线路故障点的区间定位和精确定位，并向用户提供诊断结果。故障定位方法见附录A。

- c) 接触式异常状态装置应能同步采集输电线路异常放电行波电流以及导线运行相电压,实现输电线路异常放电精确定位及预警功能。
- d) 装置应自动积累、提取各类故障波形特征,故障原因辨识方法见附录B。

### 5.1.2 装置性能

装置主要性能要求如下:

- a) 定位误差:  $\leq 300\text{m}$ ;
- b) 雷击故障辨识准确率:  $\geq 95\%$ ;
- c) 雷电绕击/反击故障辨识准确率:  $\geq 90\%$ ;
- d) 故障告警延时:  $\leq 5\text{min}$ ;
- e) 诊断结果输出时间:  $\leq 30\text{min}$ ;
- f) 预警准确率:  $\geq 80\%$ 。

## 5.2 监测终端要求

### 5.2.1 一般要求

#### 5.2.1.1 环境条件

监测终端的运行环境应满足表 1 要求。

表 1 监测终端的运行环境要求

环境参数	接触式监测终端			非接触式故障监测终端	
	普通型	高温型	低温型	普通环境型	低温环境型
导线温度	-25~+100℃	-25~+250℃	-40~+100℃	----	
环境温度	-25~+50℃	-25~+50℃	-40~+50℃	-25℃~+50℃	-40℃~+50℃
相对湿度	5%RH~100%RH				
最大风速	瞬时风速 $\leq 45\text{m/s}$				
海拔高度	$\leq 5500\text{m}$				

#### 5.2.1.2 外观结构

监测终端的外观结构应满足以下要求:

- a) 应具有较强的环境适应性,具备防雨、防潮、防腐蚀、抗振、防雷、防电磁干扰等性能;
- b) 应符合外壳防护等级IP65的要求;
- c) 接触式监测终端外形应满足防电晕及无线电干扰的要求;
- d) 接触式监测终端外壳应为铝合金材质,安装时应与导线等电位连接;
- e) 接触式监测终端应适用于各种型号导线;
- f) 感应取能型接触式监测终端重量应不大于5kg,太阳能型监测终端重量应不大于10kg,非接触式故障监测终端重量应不大于25kg。

#### 5.2.1.3 安装要求

监测终端应采取分布式安装方式,宜全线安装并按照表 2 配置。安装时应满足以下要求:

- a) 接触式监测终端的紧固件应采用铝质,与导线之间用硅橡胶等缓冲材料进行隔离;监测终端应能承受导地线的振动,不应导地线有磨损或其他机械伤害。监测终端安装施工及维护要求见附录C。

- b) 接触式监测终端交流线路每个安装点应分别安装于A、B、C三相导线；直流线路每个安装点应分别安装于正、负极性导线。
- c) 非接触式故障监测终端，对同塔线路，每个安装点可配置1套终端。
- d) 对于T接等复杂情况，根据拓扑结构配置。
- e) 在异常放电高发区域，宜配置接触式异常状态监测终端，并缩小安装间距。

表2 监测终端分布配置情况

线路长度 km	监测终端数量 套
0~30	2
30~60	3
60~90	4
注：依次类推，每增加30km增加1套	

#### 5.2.1.4 供电方式

供电方式如下：

- a) 接触式监测终端的供电方式：
  - 1) 交流线路应以感应取能为主，监测终端最小工作电流不应大于20A，最大工作电流不应小于1500A，备用电池工作时长应大于2小时；空载线路或单导线负荷电流小于20A宜采用太阳能供电方式。
  - 2) 直流线路应以太阳能供电为主，监测终端的太阳能电池组件转换效率不应小于13.5%，峰值功率与标称值的偏差应在0~3%的范围内，蓄电池单独供电时间应大于20天。
- b) 非接触式故障监测终端的供电方式：
  - 1) 应采用双太阳能供电方式，太阳能电池组件转换效率不应小于13.5%，峰值功率与标称值的偏差应在0~3%的范围内；
  - 2) 应采用双电池为储能单元，储能独立供电时间不低于30天；
  - 3) 应采用双充电回路设计，双太阳能和双电池之间应冗余设计，任一回路损坏终端应正常工作。

#### 5.2.2 功能要求

##### 5.2.2.1 数据采集

监测终端应能自动识别电流行波和电流信号，非接触式故障监测终端还应识别电压行波和电压信号，采集并存储波形数据。

##### 5.2.2.2 远程维护

监测终端的远程维护应满足以下要求：

- a) 监测终端应具备设备状态自检、自诊断和自恢复功能；
- b) 监测终端应支持远程参数设置及程序升级功能。

##### 5.2.2.3 数据通信

监测终端的数据通信应满足以下要求：

- a) 能将采集到的行波和工频波形数据和时钟数据以无线通信方式实时发送到数据中心站。数据通信规约见附录D；

- b) 能将设备状态自检信息定期发送到数据中心站。

#### 5.2.2.4 时钟同步

监测终端应具备高精度卫星同步时钟功能，应兼容北斗卫星授时功能，同步时钟标定精度不大于 $0.1\mu\text{s}$ 。

#### 5.2.2.5 其他要求

监测终端还应满足以下要求：

- a) 宜具备临时数据存储功能；
- b) 应满足数据中心站信息安全接入要求；
- c) 线路故障或检修停电后重新运行，感应取能型接触式监测终端应能自动重启并正常运行，其余故障监测终端应连续运行。

#### 5.2.3 技术参数

##### 5.2.3.1 故障行波电流测量

接触式故障监测终端应满足以下 a)-f) 要求；接触式异常状态监测终端应满足以下 a)-i) 要求；非接触式故障监测终端应满足 a)-d)、j)-k) 要求：

- a) 行波电流传感器频响范围： $1\text{kHz}\sim 1\text{MHz}$ ；
- b) 行波电流采样率： $\geq 1\text{MHz}$ ；
- c) 行波电流连续记录时长： $\geq 1000\mu\text{s}$ ；
- d) 行波电流测量时间参数误差： $\pm 10\%$ ；
- e) 单导线行波电流测量范围： $1\sim 5000\text{A}$ （峰值）；
- f) 行波电流测量幅值参数误差： $\pm 5\%\pm 2\text{A}$ 。
- g) 异常放电行波电流频响范围： $10\text{kHz}\sim 5\text{MHz}$ ；
- h) 单导线异常放电行波电流测量范围： $1\text{mA}\sim 5\text{A}$ ；
- i) 异常放电行波电流幅值参数误差： $\leq \pm 20\%$ ；
- j) 线性度测量范围： $0.01\text{A}\sim 1\text{A}$ （线性区）， $1\text{A}\sim 1500\text{A}$ （非线性区）；
- k) 测量幅值误差： $\pm 10\%\pm 0.01\text{A}$ （线性区），非线性区精度不做要求，行波可识别。

##### 5.2.3.2 故障工频电流测量

接触式故障监测终端应满足以下 a)-e) 要求；非接触式故障监测终端应满足 a)-c)、f)-g) 要求：

- a) 故障电流传感器频响范围： $0\text{Hz}\sim 1\text{kHz}$ ；
- b) 故障电流采样率： $\geq 2\text{kHz}$ ；
- c) 故障电流连续记录时长： $\geq 500\text{ms}$ ；
- d) 单导线故障电流测量范围： $10\text{A}\sim 15000\text{A}$ （有效值）；
- e) 故障电流测量幅值参数误差： $\pm 5\%\pm 5\text{A}$ ；
- f) 线性度测量范围： $0.01\text{A}\sim 1\text{A}$ （线性区）， $1\text{A}\sim 1500\text{A}$ （非线性区）；
- g) 幅值误差： $\pm 10\%\pm 0.01\text{A}$ （线性区），非线性区精度不做要求。

##### 5.2.3.3 故障行波电压测量

非接触式故障监测终端故障行波电压测量应满足以下要求：

- a) 行波电压传感器频响范围：30Hz~1MHz；
- b) 行波电压采样率： $\geq 1\text{MHz}$ ；
- c) 行波电压连续记录时长： $\geq 1000\mu\text{s}$ ；
- d) 行波电压测量时间参数误差： $\pm 10\%$ ；
- e) 行波电压测试基准电场：10000V/m；
- f) 行波电压线性度测量范围：10V~10000V；
- g) 行波电压线性度范围误差： $\pm 10\% \pm 10\text{V}$ 。

#### 5.2.3.4 故障工频电压测量

非接触式故障监测终端故障工频电压测量应满足以下要求：

- a) 故障电压传感器频响范围：30Hz~1KHz；
- b) 故障电压采样率： $\geq 2\text{kHz}$ ；
- c) 故障电压连续记录时长： $\geq 500\text{ms}$ ；
- d) 故障电压测量时间参数误差： $\pm 10\%$ ；
- e) 故障电压测试基准电场：10000V/m；
- f) 故障电压线性度测量范围：10V~10000V；
- g) 故障电压线性度范围误差： $\pm 10\% \pm 10\text{V}$ 。

接触式异常状态监测终端应满足以下要求：

- h) 导线工频相电压相位测量误差： $< 2^\circ$ 。

#### 5.2.3.5 可靠性

监测终端的可靠性应满足以下要求：

- a) 监测终端平均无故障时间：不小于25000小时；
- b) 使用寿命：不少于8年。

### 5.2.4 电气性能

#### 5.2.4.1 电晕和无线电干扰

用于330kV及以上电压等级线路的接触式监测终端应按GB/T 2317.2中规定的试验条件，满足电晕熄灭电压的要求，无线电干扰电压不大于1000 $\mu\text{V}$ 。

#### 5.2.4.2 工频短路电流冲击

接触式监测终端应能分别承受40kA/0.12s、31.5kA/0.3s、15kA/2s的工频短路电流冲击各3次。

#### 5.2.4.3 雷电流冲击

接触式监测终端应能承受幅值20kA、8/20 $\mu\text{s}$ 的雷电流冲击3次。

### 5.2.5 电磁兼容性能

#### 5.2.5.1 静电放电抗扰度

监测终端应进行GB/T 17626.2规定的试验等级为4级的接触放电试验，试验结果评定应达到a级。

#### 5.2.5.2 射频电磁场辐射抗扰度

监测终端应进行 GB/T 17626.3 规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，试验结果评定应达到 a 级。

#### 5.2.5.3 脉冲磁场抗扰度

监测终端应进行 GB/T 17626.9 规定的试验等级为 5 级的脉冲磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 a 级。

#### 5.2.5.4 工频磁场抗扰度

监测终端应进行 GB/T 17626.8 规定的试验等级为 5 级的工频磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 a 级。

### 5.2.6 机械性能

#### 5.2.6.1 振动性能

监测终端应能承受 GB/T 2423.10 规定的振动试验。严酷等级应满足下列要求：

- a) 频率范围：10 Hz~150Hz；
- b) 加速度幅值：10m/s<sup>2</sup>；
- c) 扫频循环次数：5次；
- d) 危险频率持续时间：10min±0.5min。

#### 5.2.6.2 垂直振动疲劳性能

监测终端应能承受振幅  $A=\pm 0.5\text{mm}$ 、频率  $f=25\text{Hz}\sim 50\text{Hz}$ 、振动次数  $N=1\times 10^7$  次的垂直正弦振动。

#### 5.2.6.3 碰撞性能

在非工作状态下，非包装状态的监测终端应能承受如下严酷等级的碰撞：

- a) 脉冲持续时间：16ms；
- b) 每方向的碰撞次数：1000次；
- c) 峰值加速度：98m/s<sup>2</sup>。

#### 5.2.6.4 运输性能

监测终端的运输性能应满足以下要求：

- a) 监测终端包装后应能承受 GB/T 6587 中表 8 规定的等级为 2 级的自由跌落和翻滚；
- b) 监测装置包装后应能承受 QJ/T 815.2 中规定的等级为三级公路中级路面或四级公路中低级路面、2h 的运输。

### 5.2.7 老化性能

监测终端应满足 GB/T 3512 中规定的老化试验要求。

## 5.3 数据中心站要求

### 5.3.1 通信性能

数据中心站通信性能应满足以下要求：

- a) 数据中心站接入网络通信速率应大于 10Mb/s；
- b) 数据中心站局域网网元及网络设备时延不大于 5ms，吞吐量不小于 90Mb/s，丢包率不大于 0.1%。

### 5.3.2 数据接收

数据中心站的前置处理模块应能可靠接收监测终端发送的行波数据、工频数据及设备状态自检等信息，不应产生数据堵塞或丢失。

### 5.3.3 数据存储

数据中心站应至少保存近 5 年的历史故障数据，并具备系统数据自动备份功能。

### 5.3.4 数据接入

监测终端数据接入应满足国家电网数据接入安全规范要求。

### 5.3.5 故障诊断

#### 5.3.5.1 故障定位

数据中心站的故障诊断模块应具备以下故障定位功能：

- a) 区间定位。监测终端作为分界点将线路划分为若干区间，故障发生后，可根据故障电流或行波电流方向和大小，确定故障点所在区间，缩小故障点查找范围；
- b) 精确定位。根据行波定位法，确定故障点的准确位置；一般以双端定位为主，辅助以单端定位或其它方法；
- c) 适用于架空线路、架空电缆混合线路以及T接线路的架空段故障定位。

#### 5.3.5.2 故障辨识

数据中心站的故障诊断模块应具备以下故障原因辨识功能：

- a) 储存不同故障原因的行波电流波形，并建立故障行波波形数据库；
- b) 根据行波电流波形，应能辨识输电线路典型故障原因。

### 5.3.6 异常放电诊断

数据中心站的异常放电诊断模块应具备以下功能：

- a) 根据录入的放电波形指纹库，对监测终端上传的波形数据进行放电判断识别；
- b) 对判断为放电的波形进行两两双端定位，形成沿线杆塔放电次数分布；
- c) 对沿线杆塔放电结果进行趋势分析并预警。

### 5.3.7 结果输出

数据中心站应具备以下故障诊断结果输出功能：

- a) 线路故障发生后，将诊断结果及时推送给用户；
- b) 查询历史故障或预警数据。

### 5.3.8 设备管理

数据中心站应具备以下设备管理功能：

- a) 对监测终端进行远程参数设置及升级；
- b) 查询监测终端运行状态；
- c) 支持对设备台账管理功能，包括但不限于录入或删除监测终端。

## 6 试验方法

## 6.1 试验条件

除另有规定外，各项检验宜在如下正常试验大气条件下进行：

- a) 环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $25\%\text{RH}\sim75\%\text{RH}$ ；
- c) 大气压力： $55\text{kPa}\sim106\text{kPa}$ 。

## 6.2 监测终端

### 6.2.1 外观结构检查

对监测终端进行以下外观及质量检查：

- a) 目测外壳表面没有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污染，表面涂镀层应均匀、不起泡、龟裂、脱落和磨损，金属零部件没有锈蚀及其它机械损伤；
- b) 各零部件紧固无松动；
- c) 标志、铭牌、文字及符号，应简明清晰，铭牌上应标出产品的名称、型号、制造商及生产序号；
- d) 采用计量器具测量监测装置的质量，质量应满足技术要求。

### 6.2.2 电气性能试验

#### 6.2.2.1 电晕和无线电干扰试验

根据 GB/T 2317.2 的规定和方法，对接触式监测终端进行电晕和无线电干扰试验。试验期间及试验后，接触式监测终端应能正常工作。

#### 6.2.2.2 工频短路电流冲击试验

将交流型接触式监测终端安装在试验导线上，处于感应取电工作状态。对导线回路分别施加有效值和持续时间为  $40\text{kA}/0.12\text{s}$ 、 $31.5\text{kA}/0.3\text{s}$ 、 $15\text{kA}/2\text{s}$  的工频电流冲击各三次。

试验期间及试验后，接触式监测终端应能正常工作。

#### 6.2.2.3 雷电流冲击试验

将接触式监测终端安装在试验导线上，处于工作状态。对导线回路施加幅值和波形为  $20\text{kA}$ 、 $8/20\mu\text{s}$  的雷电流冲击 3 次，试验波形满足 GB/T 16927.4 的规定。

试验期间及试验后，接触式监测终端应能正常工作。

### 6.2.3 电磁兼容试验

#### 6.2.3.1 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2 的规定和方法，对监测终端进行静电放电抗扰度试验。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

#### 6.2.3.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3 的规定和方法，对监测终端进行射频电磁场辐射抗扰度试验。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

#### 6.2.3.3 脉冲磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.9 的规定和方法，对监测终端进行脉冲磁场抗扰度试验。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

#### 6.2.3.4 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8 的规定和方法，对监测终端进行工频磁场抗扰度试验。环境试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

### 6.2.4 环境试验

#### 6.2.4.1 高温试验

按照 GB/T 2423.2 的规定和方法，对监测终端进行高温试验。严酷等级应满足：温度+50℃，持续时间 16h。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

#### 6.2.4.2 低温试验

按照 GB/T 2423.1 的规定和方法，对监测终端进行低温试验。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

对于不同类型监测终端，试验严酷等级应满足：

- a) 普通型和高温型监测终端：温度-20℃，持续时间 16h；
- b) 低温型监测终端：温度-40℃，持续时间 16h。

#### 6.2.4.3 交变湿热试验

按照 GB/T 2423.4 的规定和方法，对监测终端进行交变湿热试验。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

试验严酷程度应满足下列要求：

- a) 高温温度为：55℃；
- b) 相对湿度：稳定期间应不小于 95%；
- c) 循环次数 2 次。

#### 6.2.4.4 导线温度耐受试验

按照 GB/T 2317.3 的规定和方法，对接触式监测终端进行耐受导线温度试验。在环境温度为 20±5℃ 的条件下，将接触式监测终端安装在相应截面的导线上，对导线通以大电流升温。试验期间及试验后，接触式监测终端应能正常工作。不同类型接触式监测终端应满足要求如下：

- a) 普通型和低温型监测终端：导线温度 100℃，持续时间 16h；
- b) 高温型监测终端：导线温度 250℃，持续时间 16h。

### 6.2.5 老化试验

按照 GB/T 3512 中的规定和方法，对监测终端进行热老化试验，暴露时间为 168h。试验后目测观察，监测终端表面应无变色、裂纹、气泡、麻点、粉化或分离等缺陷。

### 6.2.6 机械性能试验

#### 6.2.6.1 防护等级试验

按照 GB 4208 的规定和方法，对监测终端进行防护等级为 IP65 的试验。试验后，监测终端应能正常工作。

#### 6.2.6.2 振动试验

按照 GB/T 2423.10 的规定和方法，对监测终端进行振动试验。试验后，检查监测终端应无损坏和紧固件松动脱落现象，并能正常工作。

#### 6.2.6.3 垂直振动疲劳试验

将监测终端按要求固定在受张导线上，进行垂直振动疲劳试验。试验后，监测终端应正常工作，各部件无松动，无损坏，夹头无滑移，无明显磨损；监测终端夹头处的导线不应发生损伤，线夹螺栓的残余力矩不得小于安装力矩的 60%。垂直振动疲劳试验条件如下：

- a) 导线张力：(10~25) % CUTS（计算拉断力）；
- b) 振动条件：振动频率范围为 25Hz~50Hz，监测终端安装处导线振幅  $A=\pm 0.5\text{mm}$  处导线振幅频，振动次数  $N=1\times 10^7$  次。

#### 6.2.6.4 碰撞试验

按照 GB/T 2423.6 的规定和方法，对监测终端进行碰撞试验。试验后，监测终端应无损坏，紧固件、连接件、模块及元器件无松动、脱落等现象，监测终端能正常工作。

#### 6.2.6.5 运输试验

按照 GB/T 6587 及 QJ/T 815.2 的规定和方法，对监测终端进行运输试验。试验后，包装应无破损、严重变形、磨损，监测终端应无损坏，并能正常工作。

#### 6.2.7 功能性试验

##### 6.2.7.1 电源模块试验

断开备用电池，将接触式监测终端安装在试验导线上。对导线回路依次施加有效值为 20A、500A 和 1500A 的工频电流，电流稳定 5min 后，通过数据中心站查看监测终端“工作电压”自检信息，确认监测终端电源模块能够正常取电。

##### 6.2.7.2 通信模块试验

依次开启及关闭监测终端电源，重复开启及关闭三次，每次时间间隔不少于 5min，检查数据中心站能否收到监测终端上线及下线信息；

通过数据中心站发送自检命令给监测终端，检查监测终端能否收到工作电压、工作温度等自检信息。

##### 6.2.7.3 控制模块试验

开启监测终端电源，通过数据中心站分别发送设备重启、设备自检、行波测量阈值修改等命令，每次时间间隔不小于 5min，检查数据中心站能否收到监测终端返回的控制响应命令；

通过数据中心站远程升级监测终端程序，检查监测终端能否返回正确的程序版本。

##### 6.2.7.4 异常放电测量试验

将接触式异常状态监测终端安装在试验导线上，试验导线中施加有效值为 300A 的工频电流，另一方面，试验导线上并排放置一细导线，并分别施加幅值为 10mA、50mA、500mA、2A、5A，频率为 100kHz 的正弦信号。通过异常状态监测装置分别各测量三次正弦信号，并计算平均幅值，测量误差应满足 5.2.3.1 要求。

#### 6.2.7.5 工频电流测量试验

将接触式故障监测终端安装在试验导线上，对导线回路依次施加有效值为 20A、1kA、15kA 的工频电流。试验电流稳定后，通过数据中心站控制监测终端随机测量三次电流值，测量时间间隔不少于 1min，计算平均值并与试验电流值比较，测量精度应满足 5.2.3.2 的要求。

按 DL/T 988 标准试验方法，将非接触式故障监测终端置于试验长宽各 1m 的电流环中，对电流环依次施加有效值为 0.1A、0.5A、1A 的工频电流，试验电流稳定后，通过数据中心站控制监测终端随机测量三次电流值，测量时间间隔不少于 1min，计算平均值并与试验电流值比较，测量精度应满足 5.2.3.2 的要求。对电流环依次施加有效值为 10A、100A、1500A 的非线性区工频电流，试验电流稳定后，通过数据中心站控制监测终端随机测量三次电流值，测量时间间隔不少于 1min，计算平均值并与试验电流值比较，测量精度应满足 5.2.3.2 的要求。

#### 6.2.7.6 行波电流测量试验

将接触式故障监测终端安装在试验导线上，对导线回路依次施加有效值为 1A、1kA、5kA，波形为 8/20us 的冲击电流各三次。通过数据中心站测量冲击电流幅值和波头、半峰值时间参数，计算测量值与试验冲击电流的偏差，每个幅值下取三次试验平均值。测量精度应满足 5.2.3.1 的要求。

按 DL/T 988 标准试验方法：将非接触式故障监测终端置于试验长宽各 1m 的电流环中，对电流环依次施加幅值为 0.1A、0.5A、1A，波形为 8/20us 的冲击电流各三次，通过数据中心站测量冲击电流幅值和波头、半峰值时间参数，计算测量值与试验冲击电流的偏差，每个幅值下取三次试验平均值，测量精度应满足 5.2.3.1 的要求。对电流环依次施加幅值为 10A、100A、1500A，波形为 8/20us 的冲击电流各三次，通过数据中心站测量冲击电流波头时间参数，满足 5.2.3.1 的要求。

#### 6.2.7.7 工频电压测量试验

按 DL/T 988 标准试验方法，将非接触式故障监测终端置于 1m 的试验电场中，对试验电场依次施加幅值为 100V、1000V、10000V 工频电压，试验稳定后，通过数据中心站控制监测终端随机测量三次电流值，测量时间间隔不少于 1min，计算平均值并与试验电压值比较，测量精度应满足 5.2.3.4 的要求。

#### 6.2.7.8 行波电压测量试验

按 DL/T 988 标准试验方法，将非接触式故障监测终端置于 1m 的试验电场中，对试验电场依次施加幅值为 200V、1000V、5000V，波形为 8/20us 的冲击电压各三次。通过数据中心站测量冲击电压幅值和波头、半峰值时间参数，计算测量值与试验冲击电压的偏差，每个幅值下取三次试验平均值。测量精度应满足 5.2.3.3 的要求。

#### 6.2.7.9 同步性及测距误差试验

将试验导线穿过至少 2 台接触式监测终端或将试验导线环过至少 2 台非接触式故障监测终端，在对时正常的情况下，对导线回路施加有效值为 1kA，波形为 8/20us 的冲击电流各 10 次。通过数据中心站查看不同终端在同一次冲击电流下的时间差，平均误差应满足 5.2.2.4。

将冲击发生器的 2 个不同回路导线分别穿过 2 台接触式监测终端或环接 2 台非接触式故障监测终端，在对时正常的情况下，模拟线路参数，调整冲击发生器 2 回路的时间差，模拟不同故障点，数据中心站测距结果与模拟点之间的误差应满足 5.1.2a 的要求。

### 6.2.8 连续运行试验

对感应取能型、太阳能型接触式监测终端和非接触式故障监测终端分别进行试验：

- a) 感应取能型监测终端：将监测终端安装在试验导线上，对导线回路施加20A的工频电流，使监测终端连续工作不少于24h。试验期间及试验后，监测终端均能正常工作；
- b) 太阳能型监测终端：将监测终端安装在试验导线上，用太阳光模拟光源（如卤素灯等）照射监测终端太阳能电池板，使监测终端连续工作不少于24h。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作；
- c) 非接触式故障监测终端：将监测终端放置在地面或试验台上，用太阳光模拟光源（如卤素灯等）照射监测终端太阳能电池板，使监测终端连续工作不少于24h。试验期间及试验后，监测终端应能正常工作。

### 6.3 数据中心站

#### 6.3.1 通信性能试验

按 GB/T 21671 的规定和方法，对数据中心站接入网络通信速率、数据中心站局域网网元及网络设备时延、吞吐量、丢包率和接收数据处理延时进行测试。试验结果应满足 5.3.1 的要求。

#### 6.3.2 功能试验

##### 6.3.2.1 数据接收试验

本试验与 6.2.5.4 故障电流测量试验、6.2.5.5 行波电流测量试验或 6.2.5.6 故障电压测量试验、6.2.5.7 行波电压测量试验同时进行。

检查数据中心站能否可靠接收、存储监测终端发送的故障电流、行波电流、故障电压、行波电压数据，能否可靠接受、存贮监测终端发送的设备状态自检数据。试验结果应满足 5.3.2 的要求。

##### 6.3.2.2 数据存储试验

本试验与 6.2.5.5 冲击电流测量试验同时进行。在进行冲击电流试验时，数据中心站应能可靠接收每次冲击电流波形数据，并顺利完成存储。

记录数据中心站接入的监测终端总台数（一般接触式 1 个安装点每相安装 1 台监测终端，非接触每杆塔安装 1 台监测终端），数据中心站每年接受每台监测终端的最大监测数据容量按 100MB 计算，据此确定数据中心站 5 年所需的存储容量。检查数据中心站实际存储容量至少应各为上述 5 年所需存储容量的 2 倍以上。

##### 6.3.2.3 故障诊断试验

本试验与 6.2.5.5 冲击电流测量试验同时进行，并应满足要求如下：

- a) 在进行3次5kA、8/20 $\mu$ s测量冲击电流试验时，数据中心站应能可靠接收3次冲击电流波形数据，并准确诊断为雷电故障。
- b) 继续进行3次5kA、30/80 $\mu$ s冲击电流试验，试验电流波形应满足GB/T 16927.4的规定；数据中心站应能可靠接收3次冲击电流波形数据，并准确诊断为非雷电故障。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

分布式故障监测装置的试验分为型式试验、出厂试验和抽样试验三类。

### 7.2 型式试验

### 7.2.1 试验条件

型式试验在 6.1 规定的试验条件下进行。

### 7.2.2 试验规则

凡遇以下情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型鉴定前；
- b) 产品转厂生产定型鉴定前；
- 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) 产品停产二年以上又重新恢复生产时；
- e) 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；

### 7.2.3 试验项目

型式试验项目见表 2。

### 7.3 出厂试验

出厂试验在 6.1 规定的试验条件下进行。每台监测终端出厂前，需由生产单位的检验部门进行出厂试验，合格后方可出厂。出厂试验项目见表 2。

### 7.4 抽样试验

#### 7.4.1 试验条件

抽样试验在 6.1 规定的试验条件下进行。

#### 7.4.2 试验方案

抽样试验仅对监测终端进行，由后台软件配合测试。抽样试验的样品应在出厂试验合格的同批次产品中随机抽取。

试验样品抽取原则如下：产品每批次数量为 50 台及以上抽取 3 台，数量为 1~50 台抽取 2 台。

#### 7.4.3 试验项目

抽样试验项目见表 3。

表 3 监测装置试验项目及要

序号	试验类别	试验项目	接触式监测终端			非接触式故障监测终端		
			型式试验	出厂试验	抽样试验	型式试验	出厂试验	抽样试验
1	外观结构检查	外观结构检查	●	●	●	●	●	●
2	电气性能试验	电晕和无线电干扰试验	●	—	○	—	—	—
3	电气性能试验	工频短路电流冲击试验	●	—	○	—	—	—
4		雷电流冲击试验	●	—	○	—	—	—
5	电磁兼容试验	静电放电抗扰度试验	●	—	○	●	—	○

表 3 (续)

序号	试验类别	试验项目	接触式监测终端			非接触式故障监测终端		
			型式 试验	出厂 试验	抽样 试验	型式 试验	出厂 试验	抽样 试验
6	电磁兼容试验	射频电磁场辐射抗扰度试验	●	—	○	●	—	○
7		脉冲磁场抗扰度试验	●	—	○	●	—	○
8		工频磁场抗扰度试验	●	—	○	●	—	○
9	环境试验	高温试验	●	—	●	●	—	●
10		低温试验	●	—	●	●	—	●
11		交变湿热试验	●	—	○	●	—	○
12		导线温度耐受试验	●	—	○	—	—	—
13		老化试验	●	—	—	●	—	—
14	机械性能试验	防护等级试验	●	—	●	●	—	●
15		振动试验	●	—	○	●	—	○
16		垂直振动疲劳试验	●	—	—	●	—	—
17		碰撞试验	●	—	—	●	—	—
18		运输试验	●	—	—	●	—	—
19	功能试验	电源模块试验	●	●	●	—	—	—
20		通信模块试验	●	●	●	●	●	●
21		控制模块试验	●	●	●	●	●	●
22		故障电流测量试验	●	●	●	●	●	●
23		冲击电流测量试验	●	●	●	●	●	●
24		故障电压测量试验	—	—	—	●	●	○
25		冲击电压测量试验	—	—	—	●	●	○
26	连续运行试验	连续运行试验	●	●	●	●	●	●
27	通信性能试验	通信性能试验	●	●	○	●	●	○
28	功能试验	数据接收试验	●	●	○	●	●	○
29		数据存储试验	●	●	○	●	●	○
30		同步性测试	●	●	●	●	●	●

注：● 表示必须做的项目，○ 表示可选做的项目，— 表示不做的项目。

## 8 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志

#### 8.1.1 产品标志

每台监测终端应在显著位置设置持久明晰的标志或铭牌，并标志下列内容：

- a) 装置型号和名称；
- b) 生产企业全称及商标；
- c) 出厂日期及编号。

#### 8.1.2 包装标志

包装箱上应以不易洗刷或脱落的涂料作如下标记：

- a) 生产企业名称、地址；
- b) 产品型号、名称；
- c) 收货单位名称、地址、到站；
- d) 运输作业安全标志；
- e) 工程项目名称
- f) 包装箱外形尺寸（长×宽×高）及毛重；
- g) 包装箱外面书写“防潮”、“向上”、“小心轻放”等字样；
- h) 包装箱外面应规定叠放层数。

## 8.2 包装

### 8.2.1 包装前检查

产品包装前应检查如下内容：

- a) 产品的合格证书、安装使用说明书、出厂检验报告、附件、备品、备件及装箱清单等应齐全；
- b) 产品外观无损伤；
- c) 产品表面清洁。

### 8.2.2 一般要求

产品应有内包装和外包装，插件插箱的可动部分应锁紧扎牢，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防震等措施。包装应符合 GB/T 191 和 GB/T 13384 的有关规定。

## 8.3 运输

产品应适用于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱上的标志的规定进行操作。

## 8.4 贮存

长期不用的装置应保留原包装，在规定的条件下贮存。贮存场所应无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘、雨、雪的伤害。

附录 A  
(资料性附录)  
分布式故障监测装置和异常状态监测装置定位方法

A.1 故障区间定位方法

A.1.1 交流线路区间定位

A.1.1.1 故障点位于区间内

监测终端分布安装于交流输电线路 M 和 N 位置，装置安装方向均朝 B 变电站方向，如图 A.1 所示，故障发生在 M 和 N 区间内 C 点处。故障发生后，短路电流均由母线流向线路故障点 C，所以监测终端 M 处与监测终端 N 处所监测到的短路电流相位相反，如图 A.2 所示。

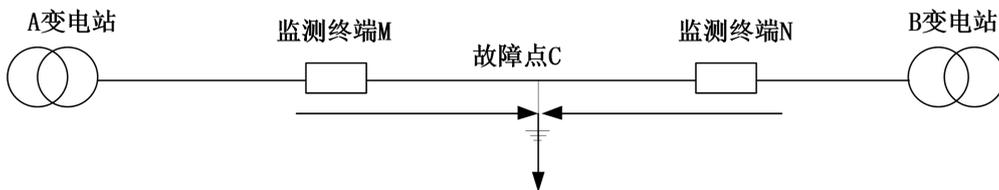


图 A.1 交流线路区间内定位模型

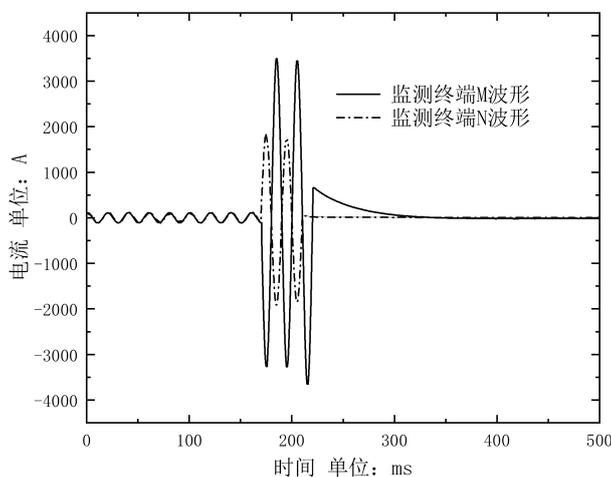


图 A.2 交流线路区间内故障电流波形对比图

A.1.1.2 故障点位于区间外

监测终端分布安装于交流输电线路 M 和 N 位置，装置安装方向均朝 B 变电站方向，如图 A.3 所示，故障发生在 M 和 N 点区间外一侧的 C 点处。故障发生后，短路电流均由母线流向线路故障点 C，所以监测终端 M 处与监测终端 N 处所监测到的短路电流相位相同，如图 A.4 所示。

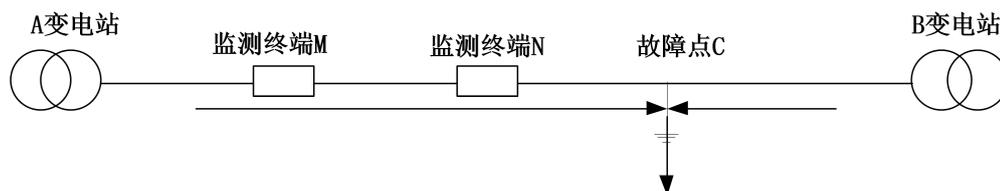


图 A.3 交流线路区间外定位模型

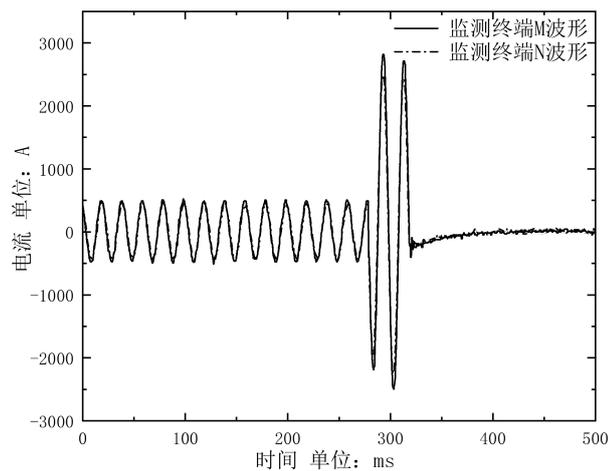


图 A.4 交流线路区间外故障电流波形对比图

## A.1.2 直流线路区间定位

### A.1.2.1 故障点位于区间内

监测终端分布安装于直流输电线路 M 和 N 位置，装置安装方向均朝 B 换流站方向，如图 A.5 所示，故障发生在 M 和 N 区间内 C 点处。故障发生后，故障行波从故障点向两边传播，监测终端 M 与监测终端 N 监测到的初始行波电流极性相反，如图 A.6 中的 a)、b) 所示。

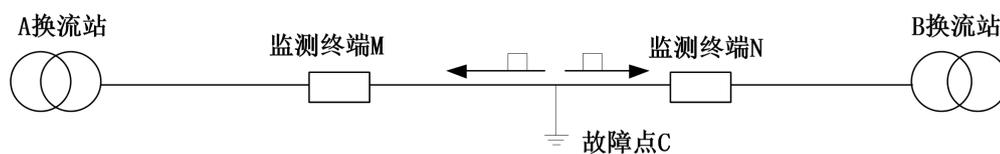


图 A.5 直流线路区间定位模型

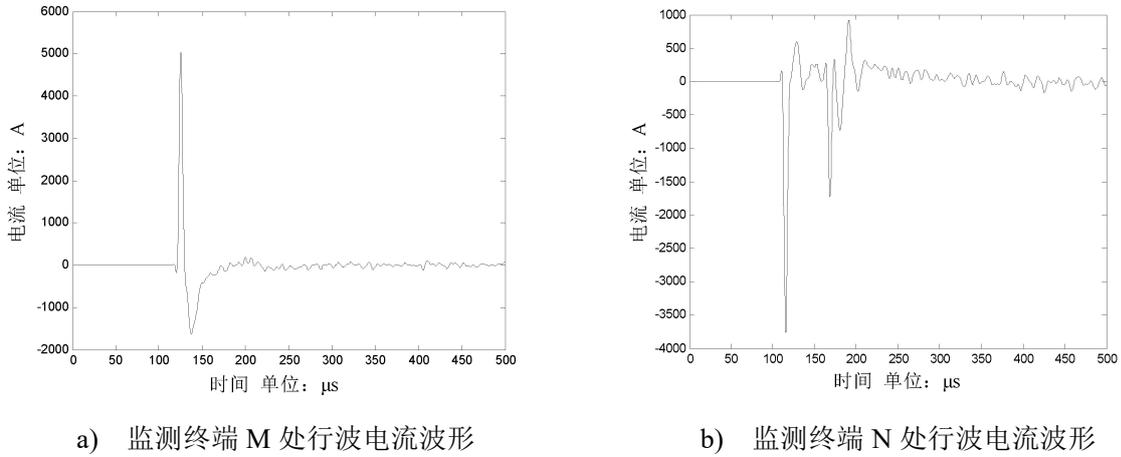


图 A.6 直流线路区间内行波电流波形对比图

### A.1.2.2 故障点位于区间外

监测终端分布安装于直流输电线路 M 和 N 位置，装置安装方向均朝 B 换流站方向，如图 A.7 所示，故障发生在 M 和 N 区间内 C 点处。故障发生后，故障行波从故障点向两边传播，监测终端 M 与监测终端 N 监测到的初始行波电流极性相同，如图 A.8 中的 a)、b) 所示。

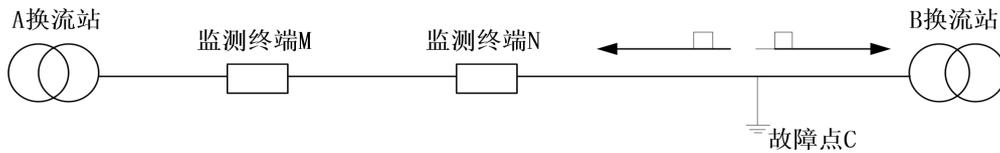


图 A.7 直流线路区间定位模型

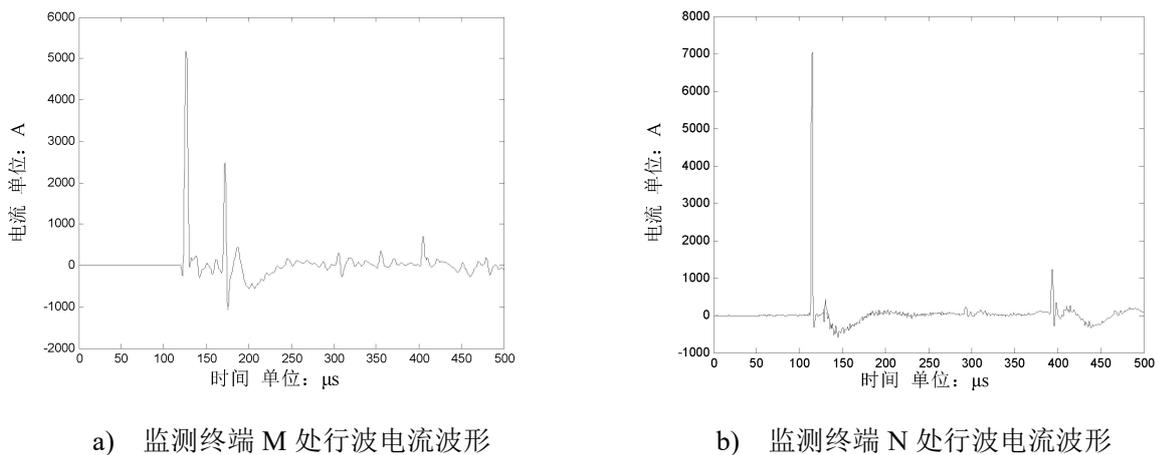


图 A.8 直流线路区间外行波电流波形对比图

## A.2 故障精确定位方法

### A.2.1 双端定位

在故障线路两侧分设监测终端，用以监测到达两个监测点的初始行波而构成双端定位。如图 A.9 所示，M 点和 N 点分别为装有监测终端的监测点，故障发生在 M 和 N 之间的 C 点处。

由故障点 C 产生的初始行波以速度  $v$  沿输电线路向两端变电站传输，到达两侧（M 端和 N 端）的时刻分别为  $t_M$ 、 $t_N$ ，则故障点到两端监测点的距离参见式（A.1）和式（A.2）。

$$L_M = (L + v \cdot (t_M - t_N)) / 2 \quad (\text{A.1})$$

$$L_N = (L - v \cdot (t_M - t_N)) / 2 \quad (\text{A.2})$$

式（A.1）~（A.2）中：

- $L_M$ ——故障点距监测终端 M 的距离；
- $L$ ——监测终端 M 与监测终端 N 之间的长度；
- $v$ ——行波在导线上传播的速度；
- $t_M$ ——故障行波初次到达 M 端的时刻；
- $t_N$ ——故障行波初次到达 N 端的时刻；
- $L_N$ ——故障点距监测终端 N 的距离。

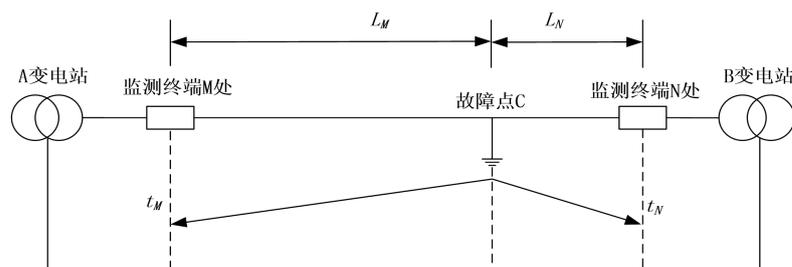


图 A.9 双端行波定位模型

## A.2.2 单端定位

### A.2.2.1 定位方式I

如图 A.10 所示，M 点为装有监测终端的监测点，故障点发生在 A 变电站和 M 之间的 C 点处。由故障点产生的行波以速度  $v$  沿输电线路向 B 变电站传播，并在 B 变电站和 C 之间来回反射，监测终端 M 记录故障行波通过该监测点处的时刻，即可构成单端行波故障定位。

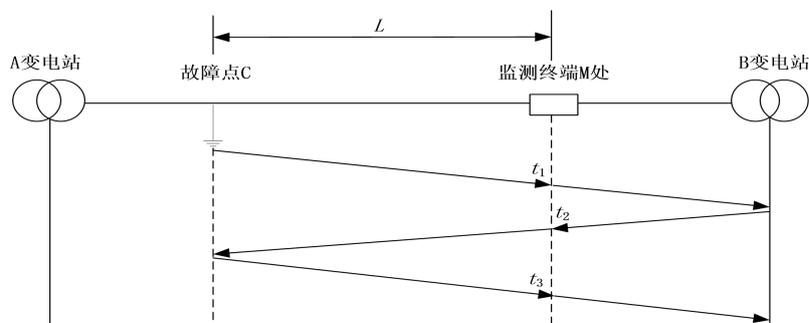


图 A.10 单端故障定位方式I原理图

图 A.10 方式下，故障点 C 与监测终端 M 处的距离如式（A.3）。

$$L = \frac{(t_3 - t_2) * v}{2} \quad (\text{A.3})$$

式中:

$L$ ——故障点 C 距监测终端 M 的距离;

$t_3$ ——故障行波经 B 变电站及故障点反射后, 第三次到达监测终端 M 处的时刻;

$t_2$ ——故障行波第二次到达监测终端 M 处的时刻。

#### A.2.2.2 定位方式 II

如图 A.11 所示, M 点为装有监测终端的监测点, 故障点发生在 A 变电站和 M 之间的 C 点处。由故障点产生的行波以速度  $v$  沿输电线路向两端变电站传播, 并在 A 变电站反射, 监测终端 M 记录故障行波通过该监测点处的时刻, 即可构成单端行波故障定位。

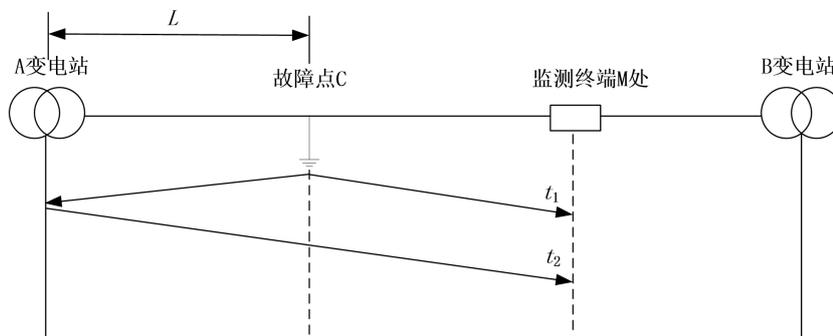


图 A.11 单端故障定位方式II原理图

图 A.11 方式下, 故障点 C 与 A 变电站的距离如式 A.4:

$$L = \frac{(t_2 - t_1) * v}{2} \quad (\text{A.4})$$

式中,

$L$ ——故障点 C 距 A 变电站的距离;

$t_2$ ——故障行波经 A 变电站反射后, 第二次到达监测终端 M 处的时刻;

$t_1$ ——故障行波初次到达监测终端 M 处的时刻。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**输电线路故障原因辨识方法**

### B.1 雷击故障辨识

#### B.1.1 雷击故障基本特征

雷击故障分为绕击与反击两种。对于雷击故障，流经线路的故障行波电流主要由两部分叠加而成，一是雷电流分流后直接进入线路，二是雷电流经杆塔入地反射后进入线路。这两部分极性相反、两者叠加后使初始雷电流波尾快速衰减，实测雷击故障行波半峰值时间一般在  $20\mu\text{s}$  以内。

而对于树障、山火等其他接地故障，流经线路的故障行波电流为接地瞬间工频电压产生的阶跃响应，其峰值缓慢衰减，波尾较长，实测行波半峰值时间一般大于  $20\mu\text{s}$ 。

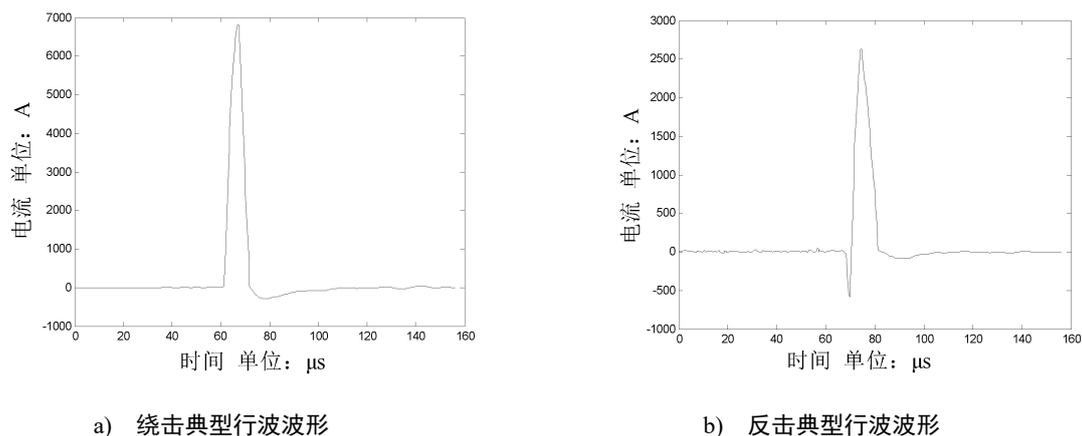
#### B.1.2 反击故障基本特征

反击故障时，雷击塔顶致绝缘子串闪络前，雷电流先流过避雷线，会在输电线路各相上感应出一个与雷电流极性相反的脉冲。闪络后，雷电流流过故障相，且非故障相上继续受到雷电流的感应作用。因此，故障相行波电流波形包含闪络时刻前感应出的反极性脉冲、闪络时刻后的雷电流前行波，非故障相行波电流波形仅包含与雷电流极性相反的反极性脉冲。

#### B.1.3 绕击故障基本特征

绕击故障时，故障相行波电流为闪络前流过故障相的雷电流，闪络后流经经故障点杆塔入地的那部分雷电流的反射波，二者极性相同，叠加后不会出现反极性脉冲。

雷电故障典型波形如图 B.1 所示。



图B.1 雷电绕击与反击故障典型波形

## B.2 典型故障经验图谱

### B.2.1 树障

因树枝接触导线或小于安全距离导致的放电故障，监测终端录得的典型故障行波波形如图 B.2 所示。波形特征：波头下降沿很缓，波头上升沿较其它高阻接地故障陡；放电主峰前有间歇性闪络；行波幅值较小（小于 100A），可低至安培级。

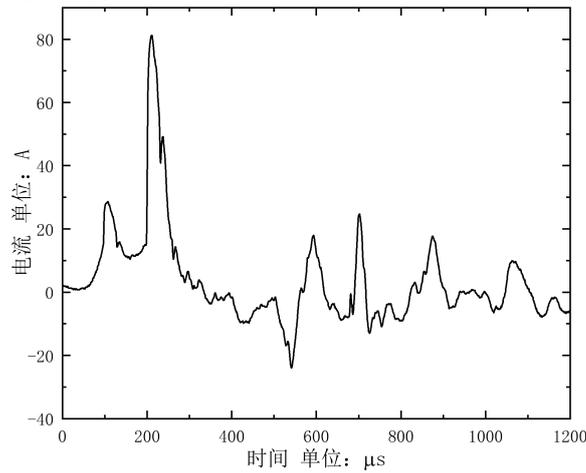


图 B.2 树障典型波形

### B.2.2 山火

因山火使空气热游离和烟尘等因素导致的放电故障，监测终端录得的典型故障行波波形如图 B.3 所示。波形特征：主波上升沿及下降沿均较平缓，波头半峰值时间长；行波幅值较小（小于 300A）；波形较平滑，主波上升沿无明显预放电特征，但主放电前一般存在微弱预放电。

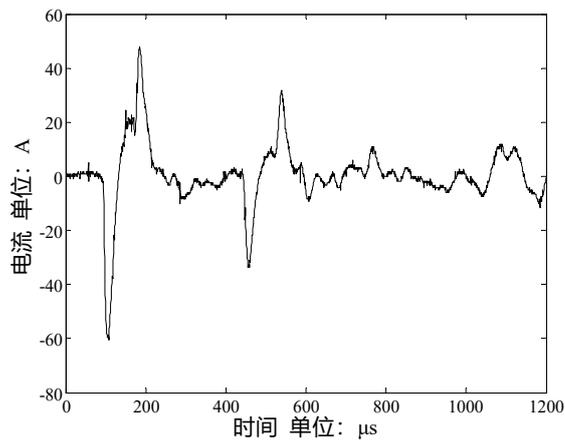


图 B.3 山火故障典型波形

### B.2.3 风偏

因强风导致导线与杆塔或避雷线距离小于安全间距发生放电故障，监测终端录得的典型故障波形如图 B.4 所示。波形特征：主波上升沿较陡，波头时间小，半峰值时间长；常短时间内发生多次故障，由于放电通道相同，主波相似度高。

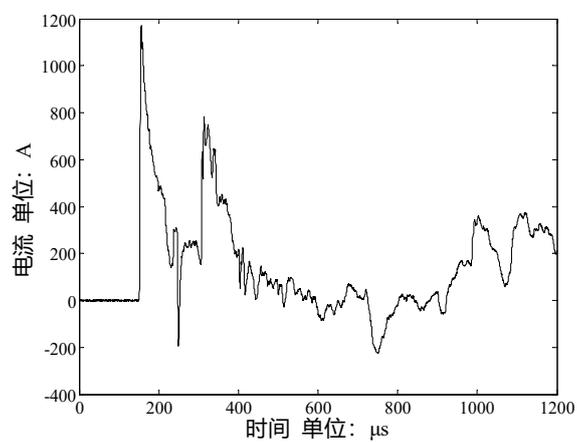


图 B.4 风偏故障典型波形

**附录 C**  
**(规范性附录)**  
**监测终端安装施工及维护**

**C.1 基本要求**

施工单位应编制现场施工方案，在生产厂家配合下进行安装。安装完成后，施工单位和生产厂家应联系运维单位进行调试。运维单位应按照相关标准组织验收。

**C.2 安装**

**C.2.1 安装准备**

监测终端安装前，应做好以下准备工作：

- a) 现场选点时应选择通信信号良好的杆塔。
- b) 监测终端安装前，厂家技术人员应对安装人员进行培训，并在塔下由安装人员进行模拟安装，厂家技术人员确认安装流程符合要求、工艺正确。厂商技术人员应通过与数据中心站的联调，确认装置正常后，安装人员才能上塔进行安装。

**C.2.2 安装要求**

**C.2.2.1 接触式监测终端安装要求**

接触式监测终端安装应满足以下要求：

- a) 对于直线杆塔，应安装在距悬垂线夹出口处2.5m左右的导线上，或距离防震锤0.5m左右；对于耐张塔，监测终端可安装于耐张线夹与防振锤之间；
- b) 对于多分裂导线，监测终端宜安装于其中一根子导线上。对于垂直及错开排列多分裂导线，监测终端宜安装在最上方子导线上；对于最上方水平排列多分裂导线，监测终端宜安装在内侧子导线上；
- c) 应充分考虑安装人员的高空作业环境，安装简便；
- d) 监测终端及紧固件不得直接固定在导线上，中间应有硅橡胶等缓冲隔离层保护导线不受磨损或其他机械伤害；
- e) 监测终端与导线间需有连接线，以避免悬浮电位影响；
- f) 紧固件应具有足够的强度，以防止监测终端滚动或滑动；紧固螺栓应具有防松措施。

**C.2.2.2 非接触式监测终端安装要求**

非接触式监测终端安装要求如下：

- a) 监测终端安装于杆塔横担上，离地面距离以不容易被触碰且易安装为原则，安装位置距离导线6-8米为宜；
- b) 监测终端终端的门应统一朝向输电线路小号侧方向；
- c) 监测终端安装位置应与导线垂直；
- d) 监测终端的安装尽量选择施工难度较小杆塔；
- e) 太阳能板板面的最佳倾角大致等于所在地的纬度。

### C.2.3 安装后调试

监测终端安装后应通过与中心站的联调，通过运行数据查询，确保监测终端运行正常。监测终端安装调试完成后，应提供安装调试报告。

## C.3 验收

### C.3.1 预验收

当所有监测终端在现场安装、调试完毕后，按规定的要求由运维单位、建设单位、施工单位和供货厂家进行确认，进行预验收，形成验收报告，并提出验收意见。

### C.3.2 竣工验收

监测终端预验收完成后，进行为期至少三个月的试运行，考核评价合格后组织竣工验收。

## C.4 运行维护要求

监测终端的运行维护包括：

- a) 应结合线路巡视、检修对监测终端进行检查，如发现外观变形、翻转移位、发出异常声响等问题时，应纳入缺陷管理；
- b) 每半年应对监测数据进行一次备份。

附 录 D  
(规范性附录)  
数据传输规约

## D.1 报文分类

### D.1.1 监测数据报文

监测终端向数据中心站发送工频电流波形数据及行波电流波形数据的报文。监测数据报文类型包括行波电流数据、工频电流数据等。

### D.1.2 控制数据报文

数据中心站与监测终端之间发送控制命令、响应控制命令的报文。控制数据报文类型包括装置复位、参数设置、参数读取、程序升级等。

### D.1.3 工作状态报文

监测终端向数据中心站发送的表征终端工作状态的报文。工作状态报文类型包括心跳数据、基本信息数据、工况数据、装置故障信息等。

## D.2 报文基本规范

### D.2.1 数据通信方式约定

数据通信采用以下方式：

- a) 监测终端采取主动上报方式，在故障时应能立即主动上报数据；
- b) 监测终端可采用TCP协议与数据中心站通讯；
- c) 本规约可适用于GPRS、CDMA、3G、4G等通讯网络，监测终端所安装的地方应具有2G或以上的网络信号。

### D.2.2 帧结构

#### D.2.2.1 上报数据帧结构

监测终端主动上报数据的帧结构见表 D.1。

表 D.1 上报数据的帧结构

报文头	ID 号	帧类型	报文类型	报文长度	报文内容	校验位
2 Byte	17Byte	1 Byte	1 Byte	2 Byte	变长	2 Byte
注：报文长度=报文内容的长度						

#### D.2.2.2 帧结构表参数说明

帧结构表 D.1 中各参数定义如下：

- a) 报文头：2 Byte的长度，内容固定为：16进制值5566，表示报文开始；

- b) ID号：分布式故障监测终端唯一标识，遵循国家电网公司生产管理系统设备编码规范；
- c) 帧类型：1 Byte的长度，按功能对数据帧进行区分、标识，具体每种帧的定义，参考表D.3；
- d) 报文类型：1 Byte的长度，在同一种帧类型下，会有多种不同的报文，具体每种帧类型下不同报文的定义，参考表D.5、D.10、D.20；
- e) 报文长度：2 Byte的长度，仅指具体报文内容的长度，不包含报文头部分以及最后的校验位；
- f) 报文内容：变长，报文的具体内容；
- g) 校验位：2 Byte的长度，计算方法为：从报文头开始一直到报文内容结束部分，所有内容均按字节的值进行累加求和。

### D.2.3 帧排列格式

所有报文中数据排列格式见表 D.2。

除特殊说明，整形（占2 Byte）、长整型（占4 Byte）均按照字节由高Bn到低B0上下排列，字节位由高b7 到b0 左右排列，格式如下表D.2所示。

表 D.2 数据位的排列格式

...	...
b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B2 字节
b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B1 字节
b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B0 字节

### D.2.4 帧分类

所有帧类型的定义见表 D.3。

表 D.3 帧类型定义表

序号	帧类型值	说明
1	0x01	监测数据包（监测终端→数据中心站）
2	0x02	监测数据应答包（数据中心站→监测终端）
3	0x03	控制包（数据中心站→监测终端）
4	0x04	控制应答包（监测终端→数据中心站）
5	0x05	工作状态包（监测终端→数据中心站）
6	0x06	工作状态应答包（数据中心站→监测终端）

### D.2.5 时钟定义

时钟内容排列方式见表 D.4。

表 D.4 时钟内容排列方式表

内容	年	月	日	时	分	秒	毫秒	微秒	纳秒
长度（字节）	1	1	1	1	1	1	2	2	2
注：时间数据的每个字节采用高位在前方式									

## D.3 数据报文格式

## D.3.1 监测数据报文

## D.3.1.1 监测数据报文分类

监测数据报属于监测终端的核心数据报，各种监测数据都由该帧格式进行封装并上传至数据中心站。监测数据报文格式见表 D.5。

表 D.5 监测数据报文格式

序号	报文类型	说明
1	0x01	行波电流数据报文
2	0x03	故障电流数据报文
3	0x04	行波电压数据报文
4	0x05	故障电压数据报文
5	0x06-0x08	备用
6	0x09	异常放电电流数据报文
7	0x0A~0xFF	其他报文预留字段

## D.3.1.2 行波电流数据报文

监测终端实时采集输电线路上的行波电流数据，将满足一定触发条件的行波数据主动上报至数据中心站。对于不满足要求的行波数据，不会发送。行波电流数据报和应答报如表 D.6 和 D.7 所示：

表 D.6 行波电流数据报文格式

序号	报文名	长度（字节）	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x01	
4	报文类型	1	0x01	
5	报文长度	2		
6	数据包段长度	2		行波电流数据单包段发送数据长度
7	波形数据	变长		
8	波形起点的时间	12		
9	波形数据总长度	2		行波电流数据总采集长度
10	数据包段号	1		当前发送的数据包段序号，从 1 开始
11	数据总包数	1		总共发送的数据包段数量
12	备用	变长		
13	校验位	2		

注 1：为了保证采样精度，一般采用两字节表示一个点，即精度为：0x0000-0xFFFF。

注 2：考虑到实际通讯中 TCP 的数据包长度（过长的用户数据报在 TCP 通讯中实际会进行分包处理），每个行波电流数据报都拆分分成多段处理，即报文中的：“数据包段长度”、“数据包段号”，“数据总包数”的意义。

表 D.7 行波电流数据应答报文格式

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x02	
4	报文类型	1	0x01	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

## D.3.1.3 故障电流数据报文

监测终端实时采集输电线路上的工频故障电流数据, 将满足一定触发条件的工频故障电流波形数据主动上报至数据中心站。对于不满足要求的工频数据, 不会发送。故障电流数据报文和应答报文如表 D.8 和 D.9 所示。

表 D.8 故障电流数据报文格式

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x01	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	数据包段长度	2		故障电流波形单包段发送数据长度
7	波形数据	变长		
8	波形起点的时间	12		
9	波形数据总长度	2		故障电流数据总采集长度
10	数据包段号	1		当前发送的数据包段序号, 从 1 开始
11	数据总包数	1		总共发送的数据包段数量
12	备用	变长		
13	校验位	2		

表 D.9 故障电流数据应答报文格式

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x02	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

## D.3.1.4 行波电压数据报文

监测终端实时采集输电线路上的行波电压数据，将满足一定触发条件的行波数据主动上报至数据中心站。对于不满足要求的行波数据，不会发送。行波电压数据报和应答报如表 D.10 和 D.11 所示：

表 D.10 行波电压数据报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x01	
4	报文类型	1	0x04	
5	报文长度	2		
6	数据包段长度	2		行波电压数据单包段发送数据长度
7	波形数据	变长		
8	波形起点的时间	12		
9	波形数据总长度	2		行波电压数据总采集长度
10	数据包段号	1		当前发送的数据包段序号，从 1 开始
11	数据总包数	1		总共发送的数据包段数量
12	备用	变长		
13	校验位	2		

表 D.11 行波电压数据应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x02	
4	报文类型	1	0x04	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败，0x00 表示成功
7	校验位	2		

## D.3.1.5 故障电压数据报文

监测终端实时采集输电线路上的工频故障电压数据，将满足一定触发条件的工频故障电压波形数据主动上报至数据中心站。对于不满足要求的工频数据，不会发送。故障电流数据报文和应答报文如表 D.12 和 D.13 所示：

表 D.12 故障电压数据报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x01	

表 D.12 故障电压数据报文格式（续）

序号	报文名	长度（字节）	值	备注
4	报文类型	1	0x05	
5	报文长度	2		
6	数据包段长度	2		故障电压波形单包段发送数据长度
7	波形数据	变长		
8	波形起点的时间	12		
9	波形数据总长度	2		故障电压数据总采集长度
10	数据包段号	1		当前发送的数据包段序号，从 1 开始
11	数据总包数	1		总共发送的数据包段数量
12	备用	变长		
13	校验位	2		

表 D.13 故障电压数据应答报文格式

序号	报文名	长度（字节）	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x02	
4	报文类型	1	0x05	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败，0x00 表示成功
7	校验位	2		

#### D.3.1.6 异常放电电流数据报文

监测终端实时采集输电线路上的异常放电电流数据，将满足一定触发条件的异常放电数据主动上报至数据中心站。对于不满足要求的异常放电数据，不会发送异常放电电流数据报和应答报如表 D.14 和 D.15 所示：

表 D.14 异常放电电流数据报文格式

序号	报文名	长度（字节）	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x01	
4	报文类型	1	0x09	
5	报文长度	2		
6	数据长度	2		行波电流数据单包段发送数据长度
7	波形数据	变长		
8	波形起点的时间	12		
9	波形数据总长度	2		行波电流数据总采集长度
10	数据包段号	1		当前发送的数据包段序号，从 1 开始

表 D. 14 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
11	数据总包数	1		总共发送的数据包段数量
12	预留	变长		
13	校验位	2		

表 D. 15 异常放电电流数据应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x02	
4	报文类型	1	0x09	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

### D. 3. 2 控制数据报文

#### D. 3. 2. 1 控制数据报文分类

控制数据报文包含了对设备的各种控制的定义, 这些命令由数据中心站主动发送给监测终端, 监测终端在接收到这些命令后需立即执行命令, 并将执行的结果以“控制应答报”的格式发送给数据中心站。控制数据报文格式格式见表 D.16。

D. 16 控制数据报文格式

序号	报文类型	说明
1	0x01	装置复位
2	0x03	参数设置
3	0x05	参数读取
4	0x07	程序升级数据
5	0x08~0xFF	其他报文预留字段

#### D. 3. 2. 2 装置复位报文

监测终端执行此命令后, 会立即重启, 并将监测终端各种参数恢复到出厂设置值。监测终端复位的报文格式见表 D.17, 复位后监测终端的应答报文格式见表 D.18。

表 D. 17 装置复位报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x03	
4	报文类型	1	0x01	

表 D.17 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
5	报文长度	2		
6	校验位	2		

表 D.18 装置复位应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x04	
4	报文类型	1	0x01	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

### D.3.2.3 参数设置报文

参数设置的报文格式见表 D.19, 参数设置应答报文见表 D.20, 详细参数编号与参数内容的对应关系见表 D.21。

表 D.19 参数设置报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x03	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	参数数量	2		
7	参数 1 编号	2		
8	参数 1 内容	4		
9	....	2		
10	....	4		
11	参数 n 编号	2		
12	参数 n 内容	4		
13	校验位	2		

表 D.20 参数设置应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		

表 D. 20 (续)

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
3	帧类型	1	0x04	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	参数数量	2		
8	参数 1 编号	2		
9	参数 1 更新后内容	4		
10	....	2		
11	....	4		
12	参数 n 编号	2		
13	参数 n 更新后内容	4		
14	校验位	2		

表 D. 21 参数编号对应表

序号	参数定义	编号值	备注
1	行波电流召回时间	0x0001	设置单次行波电流波形数据主动召回的时间 (hh+mm+ss)
2	行波电流阈值	0x0002	单位 A
3	行波电流采集时长	0x0003	单位 μs
4	行波电流采样频率	0x0004	单位 MHz
5	工频电流召回时间	0x0005	设置单次工频电流波形数据主动召回的时间 (hh+mm+ss)
6	工频电流阈值	0x0006	单位 A
7	工频电流采集时长	0x0007	单位 ms
8	工频电流采样频率	0x0008	单位 kHz
9	工作状态上报时间	0x0009	设置每日监测终端工况数据、装置故障信息数据主动上报时间 (hh+mm+ss)
10	工况数据采集间隔	0x000A	单位 min
11	预留	0x000B~0xFFFF	

## D. 3. 2. 4 参数读取报文

参数读取报及应答报文格式见表 D.22 和表 D.23

表 D. 22 参数读取报文格式

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x03	
4	报文类型	1	0x05	

表 D. 22 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
5	报文长度	2		
6	报文内容	无		
7	校验位	2		

表 D. 23 参数读取应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x04	
4	报文类型	1	0x05	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	参数数量	2		
8	参数 1 编号	2		
9	参数 1 内容	4		
10	....	2		
11	....	4		
12	参数 n 编号	2		
13	参数 n 内容	4		
14	校验位	2		

## D. 3. 2. 5 程序升级报文

程序升级报及应答报文格式见表 D.24 和表 D.25。

表 D. 24 程序升级报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x03	
4	报文类型	1	0x07	
5	报文长度	2		
6	报文内容	变长		
7	校验位	2		

表 D. 25 程序升级应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		

表 D. 25 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
3	帧类型	1	0x04	
4	报文类型	1	0x07	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 续表示成功
7	校验位	2		

### D. 3. 3 工作状态报文

#### D. 3. 3. 1 工作状态报文分类

工作状态报文包含了监测终端各种工况信息及表征在线状态的心跳信息, 这些信息由监测终端主动发送给数据中心站。工作状态报文格式见表 D.26。

表 D. 26 工作状态报文格式

序号	报文类型	说明
1	0x01	心跳数据
2	0x03	基本信息数据
3	0x05	工况数据
4	0x07	故障信息数据

#### D. 3. 3. 2 心跳数据报文

心跳数据报仅有基本的报文结构, 不包含报文内容。其完整的报文格式见表 D.27。心跳数据没有应答报文。监测终端在数据链路连接正常的情况下, 按照不超过 2 分钟的时间间隔主动上报心跳报文到数据中心站。

表 D. 27 心跳数据帧报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x05	
4	报文类型	1	0x01	
5	报文长度	2		
6	校验位	2		

#### D. 3. 3. 3 基本信息数据报文

监测终端在建立初始链路连接和每次发生复位动作后, 将基础信息数据报文主动上报到数据中心站。基本信息数据报及应答报文格式见表 D.28 和 D.29。

表 D. 28 基本信息数据报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		

表 D. 28 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x05	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	监测终端名称	50		
7	监测终端型号	10		
8	监测终端基本信息版本号	4		带小数位
9	生产厂家	50		
10	生产日期	4		
11	出厂编号	20		
12	备用	30		
13	校验位	2		

表 D. 29 基本信息数据应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x06	
4	报文类型	1	0x03	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

#### D. 3. 3. 4 工况数据报文

监测终端按照设定的工况采集时间间隔, 完成定时工况采集, 并在设置的每天工作状态上报时间上报工况数据报文至数据中心站。每次上报工况数据为之前累积的所有未发送工况。工况数据报及应答报文格式见表 D.30 和 D.31。

表 D. 30 工况数据报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x05	
4	报文类型	1	0x05	
5	报文长度	2		
6	工况上传时间	12		

表 D. 30 (续)

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
7	电池供电状态	1		电池供电状态: 0 表示感应电源供电; 1 表示 电池供电; 2 太阳能供电;
8	电池电压	2		计算方法: 组成一个字, 单位 mV
9	设备温度	2		单位 °C
10	电流有效值	2		单位 A
11	备用	30		
12	校验位	2		

表 D. 31 工况数据应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x06	
4	报文类型	1	0x05	
5	报文长度	2		
6	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
7	校验位	2		

### D. 3. 3. 5 装置故障信息报文

监测终端在检测到故障后, 完成故障信息报文的打包, 在每日工作状态上报时间完成所有故障信息的主动上报到数据中心站。装置故障信息报及应答报文见表 D.32 和 D.33。

表 D. 32 装置故障信息报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2		
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x05	
4	报文类型	1	0x07	
5	报文长度	2		
6	故障数据采集时间	12		
7	装置故障信息	变长		故障描述信息的 ASIC 信码
8	校验位	2		

表 D. 33 装置故障信息应答报文格式

序号	报文名	长度(字节)	值	备注
1	报文头	2	0x5566	
2	ID 号	17		
3	帧类型	1	0x06	

表 D. 33 (续)

序号	报文名	长度 (字节)	值	备注
4	报文类型	1	0x07	
5	报文状态	1		0xFF 表示失败, 0x00 表示成功
6	校验位	2		

# 输电线路分布式故障监测装置技术规范

## 编制说明

## 目 次

1 编制背景	44
2 编制主要原则	44
3 与其他标准文件的关系	44
4 主要工作过程	44
5 标准结构和内容	45
6 条文说明	46

## 1 编制背景

本标准是根据《国家电网公司关于下达 2020 年度公司技术标准制修订计划的通知(国家电网科(2020)21 号)》的要求编写。

2016 版本的输电线路分布式故障监测装置在架空输电线路故障点的精确定位及故障原因辨识上起到了很重要的作用,极大的提升输电线路运行管理水平。近年来,随着技术的进一步发展,在行波测量方式上有了新的创新和发展,在技术需求上也有了新的需求,给架空输电线路的故障测距提供了新技术和新方法。为科学规范地建设输电线路分布式故障诊断系统,确保分布式故障监测装置技术标准和通信规范统一,特对原标准进行了修订。

本标准规范了输电线路分布式故障监测装置的分类组成、技术要求、试验方法和检验规则等。

## 2 编制主要原则

本标准主要根据以下原则编制:

- a) 本标准遵循适用性原则,认真总结以往分布式故障监测装置应用及试验经验,从监测装置质量要求的实际出发,制定输电线路分布式故障监测装置试验方法;
- b) 本标准遵循可靠性原则,规范输电线路分布式故障监测装置需要满足的技术参数、试验项目、试验方法和检验规则;
- c) 本标准根据不同原理技术要求,对输电线路分布式故障监测装置进行了分类,并明确各种类型的技术要求、安装规范、试验方法和检验规则等。

本标准制定过程中,修订工作组进行了广泛的调差,充分收集了各地区不同类型装置在现场应用中的问题和成果,在应用实践经验的基础上编写。

## 3 与其他标准文件的关系

本标准在输电线路分布式故障监测装置技术要求方面具有一定的适用范围,在总结现有制造厂商质量控制标准及现场工程应用经验的基础上形成相关条文,与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准不涉及专利、软件著作权等知识产权使用问题。

## 4 主要工作过程

2020 年 1 月,在江苏南京成立了标准起草工作组,构建组织机构,确定了修订工作总体目标和参编人员,开展修订的前期准备工作。

2020 年 3 月,在广泛调研收资和技术交流的基础上,拟定了装置的分类、功能规范、试验方法,完成了标准修订初稿的编制;

2020 年 8 月,在南京召开了标准修订工作组根据审查会专家意见,对修订初稿的规范性引用文件、装置分类、试验项目、试验内容、试验方法和编写格式进行了仔细修改,形成了征求意见稿。

2020 年 9 月,采用邮件形式在国家电网公司范围内广泛征求意见。并对征求意见进行汇总,修改形成了送审稿。

2020 年 10 月 28 日,标准专业工作组在北京召开送审稿审查会,对标准送审稿的内容进一步评讨论;经审查,同意本标准修改后报批。

2020年10月，根据送审稿专家评审意见，进行了修改和完善，形成了标准报批稿。

## 5 标准结构和内容

本标准代替 Q/GDW 11660—2016，与 Q/GDW 11660—2016 相比，本次修订做了如下重大调整：

- 增加了接触式故障监测终端、接触式异常状态监测终端、非接触式故障监测终端的定义（见 3.2、3.3、3.4），增加了 2 种新型装置，为本标准的修订目的；
- 增加了非接触式故障监测终端的分类（见 4.1.3），增加非接触式故障检测终端的分类；
- 增加了非接触式故障监测终端和接触式异常状态监测终端的安装配置要求（见 5.2.1.3），不同装置在安装距离及配置上有一定差异，对此进行了阐述；
- 增加了非接触式故障监测终端的太阳能及电池供电技术要求（见 5.2.1.4），非接触式故障监测终端主要供电方式为太阳能+电池，与接触式故障监测终端有差异，独立描述；
- 增加了新终端在电流行波、工频电流、电压行波及工频电压的测量要求（见 5.2.3.1、5.2.3.2、5.2.3.3、5.2.3.4），接触式与非接触式监测终端在行波和工频采集量上有差异，对此进行分开描述；
- 增加了接触式异常状态监测装置测量试验描述（见 6.2.7.4），幅值的测量有差异，独立阐述；
- 增加了非接触电压行波、工频电压的测量方法（见 6.2.7.7、6.2.7.8），非接触有独立的电压要求，增加此选项；
- 增加了试验项目内容（见 7.4.3），基于原理不同，增加非接触故障监测终端的型式试验、出厂试验及抽样试验内容；
- 修改了术语与定义中监测装置的分类（见 3.1），对监测装置进行了重新定义，包括了非接触式监测装置和异常状态监测装置的内容；
- 修改了工频电流和电流行波测量中非接触式故障监测终端的测量方法（见 6.2.7.5、6.2.7.6），接触式和非接触在电流信号施加存在较大差异，对其进行了独立描述；
- 修改了附录 B 中图谱内容（见 B.2.1），对原规范存在的树障典型波形错误进行了修改；
- 修改了附录 C 中安装规范内容（见 C.2.2.2），非接触安装于杆塔，增加了其安装规范；
- 修改了附录 D 中数据传输规约内容（D.2），非接触式监测终端有电压、异常状态监测装置的采样频率高，在通信规范里面扩展此类内容。

本标准按照《国家电网公司技术标准管理办法》（国家电网企管〔2018〕222号文）的要求进行编制。

本标准主要结构和内容如下：

本标准主题章分为 5 章，由分类与组成、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输与贮存组成。本标准在原标准的基础上，增加了非接触式故障监测终端、接触式异常状态监测终端 2 种新型的监测终端。给出了新型监测终端及数据中心站的功能和性能要求，最后提出了基于三种不同类型的监测装置的通信规约，以指导监测数据接入用户数据中心站的规范性。标准中所列出的监测终端和数据中心站的试验方法，是在国网公司输电线路状态监测系统技术规范的基础上，提出的更高要求，具有较强的针对性，为公司在三种监测装置的采购、安装及运维提供依据。

原标准起草单位包括：国网江苏省电力公司、国网江苏省电力公司电力科学研究院、武汉三相电力科技有限公司、国网湖北省电力公司、国网安徽省电力公司、国网江西省电力公司、国网天津市电力公司、国网北京市电力公司、国网福建省电力有限公司、国网浙江省电力公司、国网四川省电力公司；原标准主要起草人包括：姜海波、高嵩、钱冠军、周志成、刘洋、陶风波、胡枫、高超、李鸿泽、刘贞瑶、谢天喜、张龙、陈新崛、马建国、季坤、郭志锋、李阳林、周文涛、赵永强、林礼建、姜文东、宋瞰昉。

## 6 条文说明

本标准第3章中，对监测装置的定义进行了扩充，规定了输电线路分布式故障监测装置的分类和定义，包括接触式分布式故障监测装置、接触式异常状态监测装置、非接触分布式故障监测装置。对异常状态、预警准确率等名词进行了定义。

本标准第4章中，对接触式和非接触监测装置进行了分类；增加非接触式故障监测装置的非接触；在组成选项里增加了新加入监测装置的诊断模块。

本标准第5章中，增加了新列入监测装置工作条件、基本技术要求，并规定了监测终端的一般要求、功能要求、技术参数、电气性能、电磁兼容性能、机械性能、老化性能等技术要求；以及规定了数据中心站的功能要求和性能要求。

本标准第6章中，增加了新列入监测装置的试验条件、试验项目及方法。试验方法是对应着功能和技术要求的内容规定了如何实施检测。按照监测装置的安装位置类别，列出了可满足现场运行条件的基本试验项目。

本标准第7章中，增加了新列入监测装置的检验规则。包括型式试验、出厂试验和抽样试验，其中对检验项目、检验方法及要求做出严格的规定。型式试验是对整套产品进行逐项试验，以证明产品符合设计性能要求。出厂试验是整套产品出厂前，必须由制造厂的检验部门，对出厂产品逐个进行检验。抽样试验是用户对制造厂每供货批次按比例抽样后进行的试验。

本标准附录C中，增加了非接触分布式故障监测终端的安装要求、安装调试、验收及运维等相关规范性技术文档。

本标准附录D中，增加了非接触分布式故障监测终端和接触式异常状态监测装置的数据传输规约，非接触分布式故障监测终端增加了电压行波和电压工频的传输，增加了接触式异常状态监测装置的通信分类和数据传输通道等。

---