

团体标准

T/CES XXX-2025

配电网行波测距系统单相接地故障真型试验技术规范

Technical specification for full-scale single-phase-to-ground
fault test of distribution network traveling wave location system

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验系统要求 2

 4.1 基本要求 2

 4.2 试验系统拓扑..... 3

 4.3 中性点接地方式及接地电阻..... 3

 4.4 额定电压及频率..... 3

 4.5 对地电容电流模拟能力及残流..... 3

 4.6 试验系统负荷..... 3

 4.7 故障设置及触发..... 3

 4.8 测控要求 4

 4.9 保护配置 4

5 试验环境要求 4

 5.1 一般要求..... 4

 5.2 环境要求..... 4

6 试验项目 4

7 试验方法 6

 7.1 试验布置 6

 7.2 试验步骤 7

 7.3 试验判据 9

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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会配电开关设备智能化工作组归口。

本标准（本部分）起草单位：xxxxxxx 等。

本标准（本部分）主要起草人：xxx 等。

本标准（本部分）首次发布。

配电网行波测距系统单相接地故障真型试验技术规范

1 范围

本文件规定了配电网行波测距系统在单相接地故障下测距精度验证的试验系统要求、试验环境要求、试验项目和试验方法。

本标准适用于 10kV 电压等级配电网线路故障行波测距系统的单相接地故障真型试验。

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 2900.51 电工术语 架空线路
GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
GB/T 20840.2 互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求
GB/T 20840.3 互感器 第3部分：电压互感器的补充技术要求
GB/T 35721-2017 输电线路分布式故障诊断系统
DL/T 357-2010 输电线路行波故障测距装置技术条件
DL/T 5729-2023 配电网规划设计技术导则
T/CEC 484-2021 10kV 配电网单相接地故障真型试验技术规范

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标准。

3.1

配电网线路行波 **traveling wave in distribution line**

配电网线路发生故障、遭受雷击或开关操作等产生的沿配电线路传输的暂态电压、电流波。

3.2

单相接地故障真型试验 **full-scale single-phase-to-ground fault test**

一种在特殊试验场地人工触发的单相接地故障试验。在显著影响单相接地故障特征的电压等级、中性点接地方式、故障点接地媒介特征、电容电流水平等方面，这种试验场地与真实配电网一致。

[来源：T/CEC 484—2021，3.1]

3.3

配电网行波测距系统 **distribution network location system based on traveling wave**

对配电网线路行波进行监测，以实现故障定位的系统，一般由分布式安装在配电线路上的监测终端、数据中心站及用户系统组成。

3.4

监测终端 monitoring terminal

分布式安装在配电网线路上，用于对工频信息、行波信息实时监测、采集、处理、存储、并利用通信链路传送信息至数据中心站。

3.5

数据中心站 data center

接收各监测终端传送的监测数据并进行诊断分析，同时对监测终端进行管理的设备。

3.6

用户系统 client system

在相应授权的情况下，能够访问数据中心站，获取故障定位信息及监测终端运行状态的系统。

3.7

行波故障测距 fault location

利用故障点产生的初始行波到达两个监测终端的时间差来计算故障点位置。

3.8

行波双端测距法 double-ended fault location

利用两个监测终端测量线路故障点产生的初始行波到达两个监测终端的时间差来计算故障点位置。

[来源：GB/T35721-2017，3.11]

3.9

行波测距误差 fault location error

配电网行波测距系统确定的故障测距结果与实际故障点之间的误差。

4 试验系统要求

4.1 基本要求

试验系统电源、中性点接地方式及接地电阻、额定电压及频率、系统对地电容电流模拟能力、系统负荷、线路长度等可参考 T/CEC 484—2021 的规定。典型试验系统可按图 1 确定。

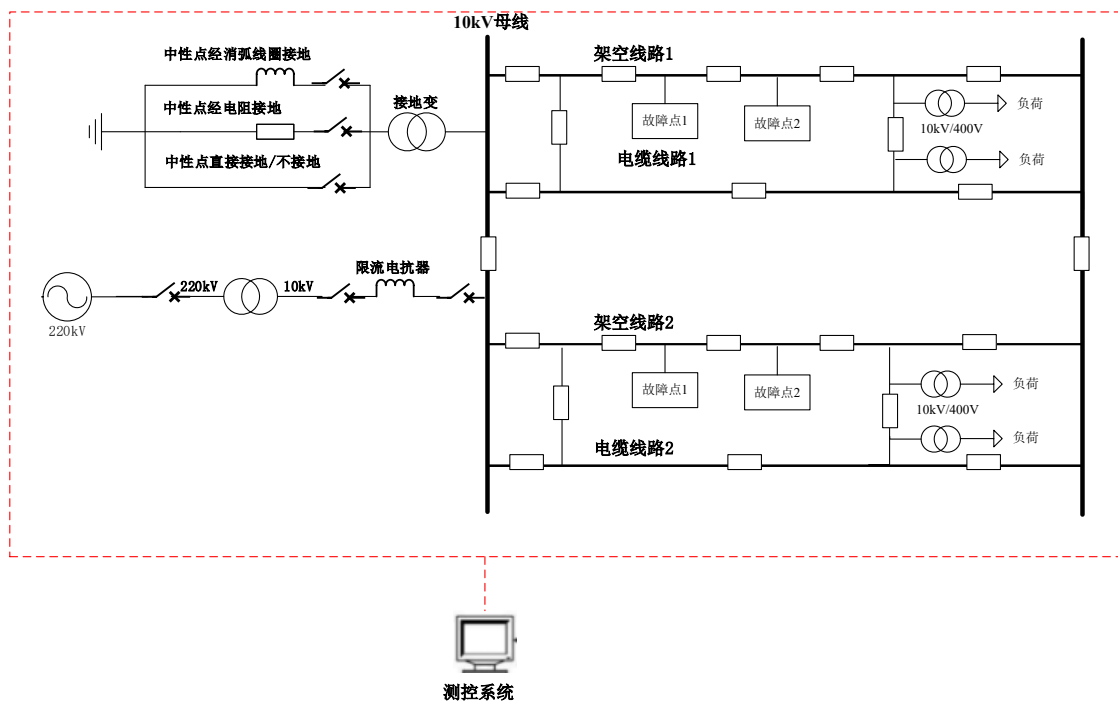


图 1 典型真型试验系统图

4.2 试验系统拓扑

- a) 试验系统应至少具备 2 条 10kV 架空馈线；
- b) 网架结构应根据试验目的选取，宜包含配电网典型结构，架空线系统可满足 DL/T 5729-2023 中 7.3.1 网架结构；

c) 试验线路应采用真实电缆线路、架空线路或电缆架空混合线路，架空线路单个级联组件线路长度宜不小于 7km。

4.3 中性点接地方式及接地电阻

- a) 试验系统中性点应具备不接地、经消弧线圈接地等典型中性点接地方式；
- b) 系统接地网接地电阻应符合 GB/T 50065 的规定。

4.4 额定电压及频率

- a) 额定电压和频率应符合 GB/T 12325 与 GB/T 15945 的规定；
- b) 三相不平衡条件应符合 GB/T 15543 的规定。

4.5 对地电容电流模拟能力及残流

- a) 试验系统对地电容电流模拟能力应满足 5A~150A 要求。
- b) 对于不接地系统，系统模拟电容电流不宜大于 10A。
- c) 对于经消弧线圈接地系统，系统模拟电容电流应大于 10A，如采用消弧线圈接地方式，消弧线圈应过补偿，补偿残留宜小于 10A。

4.6 试验系统负荷

- a) 系统负荷宜包含阻性、感性和容性负荷，且负荷可调节；宜具备对冲击负荷、谐波负荷的模拟能力；
- b) 每条馈线全线最小负荷电流不应小于 5A。

4.7 故障设置及触发

满足 T/CEC 484—2021 的 5 要求。

4.8 测控要求

满足 T/CEC 484—2021 的 6.1，并补充如下：

- a) 试验系统应具备实时监控系统，具备遥信、遥测、遥控功能；
- b) 试验系统应具备录波与数据处理功能，应至少实现对各条馈线首端、故障点前后、接地故障点等关键位置电压、电流、零序电压和零序电流的测量和高精度录波；
- c) 测量用电压互感器、电流互感器精度应不低于 0.2 级。电磁式电流互感器应符合 GB/T 20840.2 的规定，电磁式电压互感器应符合 GB/T 20840.3 的规定；
- d) 录波装置工频采样频率应不低于 10kHz，应符合故障时刻前后共 15 个工频周波要求，试验系统的行波录波装置采样频率宜不低于 2MHz。

4.9 保护配置

线路首端应配备过流保护、零序保护。

4.10 其他要求

数据中心站应可部署在真型试验平台。

5 试验环境要求

5.1 一般要求

配电网行波测距系统故障定位真型试验宜先进行中性点不接地条件下的单相接地真型试验，再进行中性点经消弧线圈下的单相接地真型试验。

5.2 环境要求

- a) 试验应在装配完整的产品上进行；
- b) 试品的温度与环境稳定应无显著差异；
- c) 测试环境温度不超过 55℃，不低于-25℃；
- d) 相对湿度在 25℃时月平均不高于 90%；
- f) 试验场地应具有单独工作接地和保护接地，并设置保护栅栏；
- g) 试验系统应预留配电网行波测距系统的安装位置。

6 试验项目

按照系统中性点接地方式，试验分为中性点不接地方式和中性点经消弧线圈接地方式下两类单相接地故障处置能力真型试验，具体项目详见表 1-3。

表 1 双回真型试验回路下行波测距系统单相接地故障定位试验判据

序号	网架结构	系统中性点接地方式	试验项目	故障发生次数	考核指标
1.	双回真型试验回路	不接地	金属性接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差≤±150m
2.			1000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差≤±150m

序号	网架结构	系统中性点接地方式	试验项目	故障发生次数	考核指标
				C 三相发生。	150m
3.			2000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 4 次，A、B、C 三相至少各发生一次。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$ （测距误差满足要求的成功率 $\geq 75\%$ ）
4.			稳定弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
5.			间歇性弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
6.		经消弧线圈接地	金属性接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
7.			1000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
8.			2000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 4 次，A、B、C 三相至少各发生一次。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$ （测距误差满足要求的成功率 $\geq 75\%$ ）
9.			稳定弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
10.			间歇性弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$

表 2 T 接真型试验回路下行波测距系统单相接地故障定位试验判据

序号	网架结构	系统中性点接地方式	试验项目	故障发生次数	考核指标
1.	T 接真型试验回路	不接地	金属性接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
2.			1000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
3.			2000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 4 次，A、B、C 三相至少各发生一次。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$

序号	网架结构	系统中性点接地方式	试验项目	故障发生次数	考核指标
4.			稳定弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
5.			间歇性弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
6.		经消弧线圈接地	金属性接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
7.			1000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
8.			2000 欧姆过渡电阻接地故障	区内、区外故障各 4 次，A、B、C 三相至少各发生一次。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$ （测距误差满足要求的成功率 $\geq 75\%$ ）
9.			稳定弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$
10.			间歇性弧光接地故障	区内、区外故障各 3 次，分别在 A、B、C 三相发生。	每次试验测距误差 $\leq\pm 150\text{m}$

*注：对表中未列出的试验项目，可由用户与检测单位协商。

7 试验方法

7.1 试验布置

7.1.1 双回真型试验线路监测终端布置

配网故障行波定位装置主要是依靠行波双端定位的方式实现故障点精确定位，真型试验回路布置宜采用双回试验线路布置，如图 1 所示。

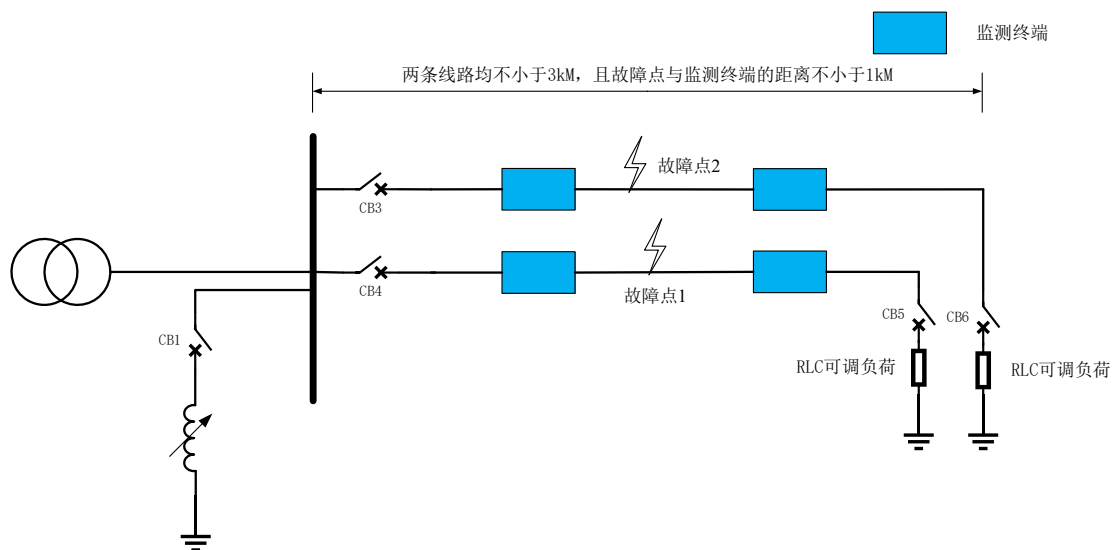


图 2 双回真型试验回路监测终端布置图

监测终端需根据真型试验线路布置方式进行配置。

7.1.2 T 接真型试验线路监测终端布置

真型试验线路为 T 接线路时，在 T 接支线路两端布置监测终端。

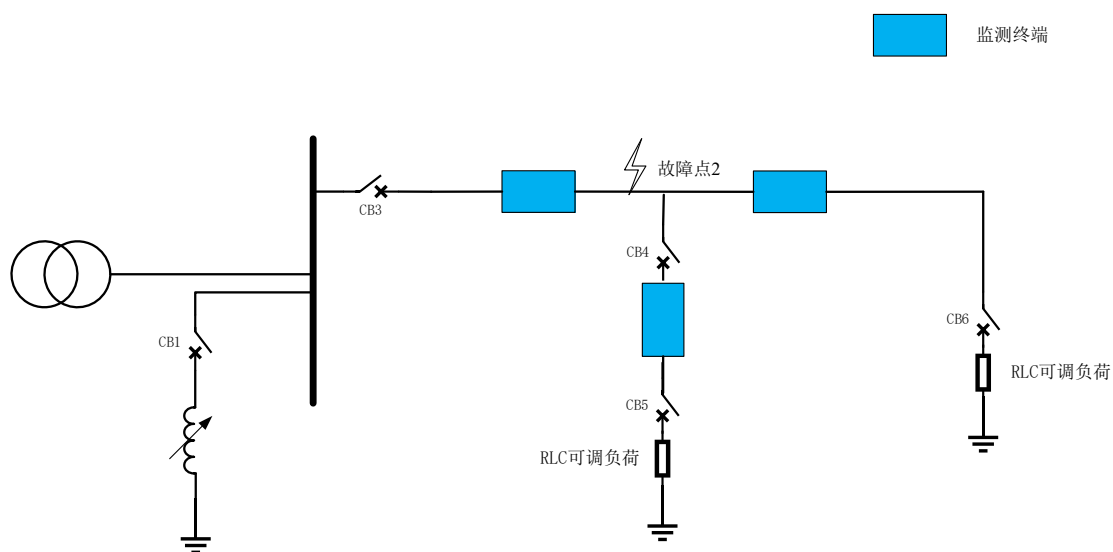


图 3 T 接真型试验回路监测终端布置图

7.2 试验步骤

真型试验步骤流程如图 4 所示。

根据真型试验场情况，布置监测终端，开展真型试验检测，检测步骤包括：

- 监测终端外观检查；
- 监测终端参数调整；

- c) 通信测试;
- d) 波形测试;
- e) 故障诊断结果测试;
- f) 重复测试。

*注：经检测方与用户协商，试验步骤可少量修改。

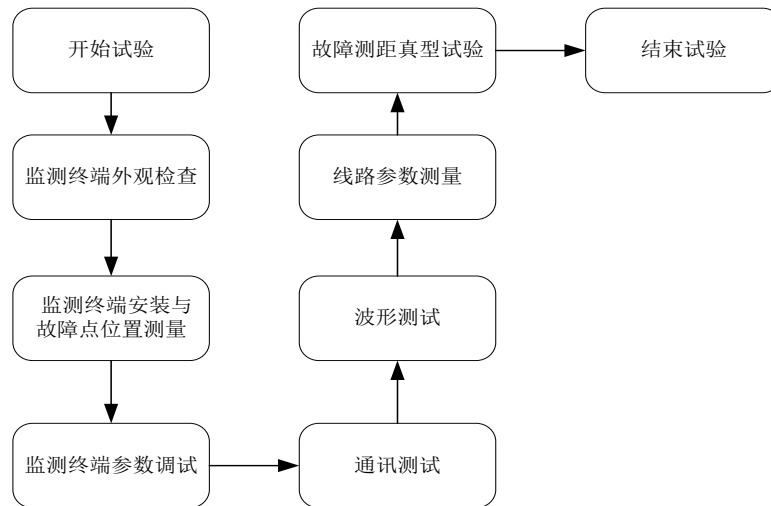


图 4 行波测距系统单相接地故障定位试验步骤

7.2.1 监测终端外观检查

检测监测终端样品应满足以下条件：

- a) 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，铭牌上应标出监测终端的名称、型号、制造商及生产序号。

7.2.2 监测终端安装与故障点位置测量

监测终端安装于试验线路后，测量故障点与监测终端之间的距离。

7.2.3 监测终端参数调试

为保证检测过程中数据传输可靠性，试验前配置监测终端参数。

7.2.4 通信测试

为验证数据中心站与监测终端之间的通信情况，试验前进行通信测试，数据传输及通信可参照附录 B 中要求执行。

7.2.5 波形测试

通过试验系统带电使试验回路电流电压变化，验证监测终端上报相应波形数据至数据中心站。

7.2.6 故障定位真型试验

根据表 1 试验项目开展试验，通过试验系统发生单相接地故障，记录故障时刻，数据中心站测距结果应满足表 1 要求。

7.3 试验判据

试验系统发生单相接地故障后，行波测距系统对区内故障的测距误差 $\leq \pm 150\text{m}$ ，区外不误报故障。

附 录 A
(资料性)

行波双端测距原理

配电网线路某点发生故障时，故障点所产生的电压行波、电流行波将分别向两侧运动，由故障点出发的初始行波包含着丰富而强烈的故障信息，它们（指两侧）不受相邻线路母线、对端线路母线反射波的影响，因而可以把它用于线路故障测距中，其构成原理如下。

如图 A.1 所示，配电网线路连接变电站 A、B，监测终端分别安装于 M、N 处，故障发生在 M 和 N 之间的 C 点，它距离 M 点的距离为 L_M ，距离 N 点的距离为 L_N 。由故障点 C 产生的初始行波以速度 v 沿配电网线路向两端变电站传输，设到达两侧（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 M、N 的距离分别为：

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

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

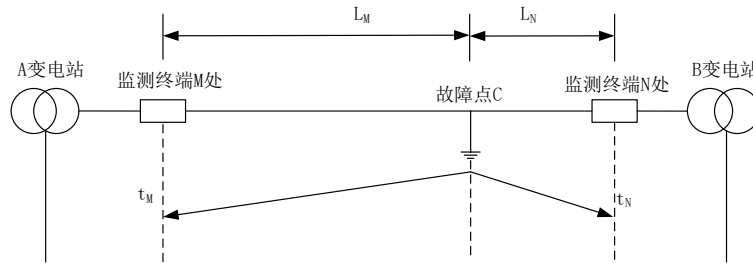
上式中：

-- L_M 、 L_N 为故障点距离 M、N 的距离。

-- L 为 M 点和 N 点之间的距离；

-- t_M 、 t_N 为第一个行波波头到达 M、N 的时间；

-- v 为波速。



A.1 双端行波测距模型

附 录 B
(资料性)
数据安全及接入要求

目前配电网行波测距系统的数据传输、数据展示等无相关标准进行规范，真型试验时难以保证试验数据的真实性和试验的公平性。

附录 B 提出了通过专用物联网卡（APN 卡）及测试专用服务器的方式来规范待测设备数据安全传输的方法。整个试验过程中数据传输包含设备数据传输和后台服务器处理两个主要流程，整体流程图如下图所示，被测终端设备采集数据通过物联网卡传输至试验服务器中，经过通讯解析程序解析设备数据并储存至数据库中，最终通过故障诊断程序输出诊断结果。

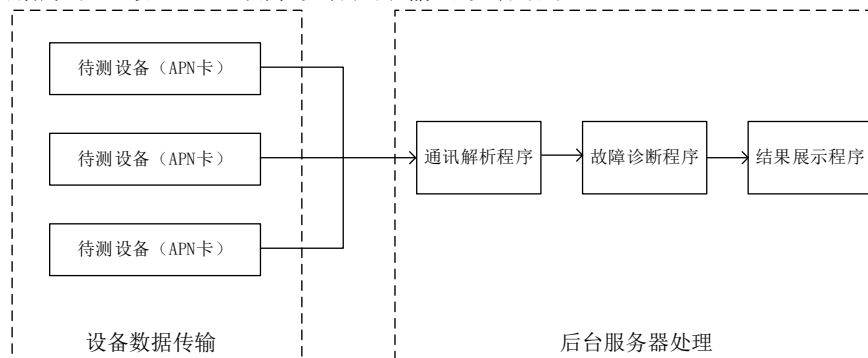


图 B.1 配电网行波测距系统数据接入流程图

B.1 设备数据传输

待测设备内部插入专用 APN 卡，专用 APN 卡可令数据定向传输至试验专用服务器中，避免数据异常外发的风险，保证数据的安全性。

B.2 后台服务器处理

B.2.1 通讯解析程序

配电网行波测距系统的通讯解析规约暂无统一规定和标准，可根据待测设备采集数据自行定义通讯解析程序。具体业务宜包含：设备运行日志、波形数据、工况数据等。

B.2.2 故障诊断程序

配电网行波测距系统的故障诊断程序暂无统一规定和标准，可根据待测设备采集数据自行定义，程序应对故障时刻上传的波形进行诊断，输出诊断结果，由检测方进行诊断结果评估。

B.2.3 结果展示程序

配电网行波测距系统应能展示故障结果，应包含：故障时刻、故障相别、故障区间、故障时刻行波信息，如区间内故障还应包含故障精确位置。