



高电科技
HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

www.hzhv.com



HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY

CT5700

电缆故障测试仪

使用说明书

杭州高电科技有限公司

HANGZHOU HIGH VOLTAGE TECHNOLOGY CO.,LTD

前 言

使用本产品前请仔细阅读本说明书，并妥善保存以备今后使用参考。如果您在使用过程中有疑问，请及时联系本公司。

目 录

第一章 电力电缆种类与电缆故障分析.....	2
一、电力电缆的种类.....	2
二、电力电缆故障类型及故障性质分析.....	2
三、本系统主要技术指标.....	3
第二章 电缆故障闪测仪.....	4
一、主要功能参数.....	4
二、面板说明.....	4
三、现场接线.....	5
第三章 V1.1 软件说明书.....	5
一、系统运行环境.....	5
二、系统安装与卸载系统安装文件概要。.....	6
三、启动系统.....	8
四、系统概要流程.....	9
五、功能介绍.....	9
六、关于波形.....	21

第一章 电力电缆种类与电缆故障分析

一、电力电缆的种类

1.1、按电力电缆的耐压等级分

低压电缆：6kV 以下电压等级的电缆

中高压电缆：6kV 及以上、35kV 及以下等级的电缆

高压电缆：66kV 及以上电压等级的电缆

1.2、按电力电缆的绝缘介质分类

油浸纸介质电缆：多为中高压等级的电缆

不滴流纸介质电缆：多为中高压等级的电缆

交联聚乙烯 (XLPE) 介质电缆：多为中高压及高压等级的电缆

其它橡塑介质电缆：多为中高压及低压等级的电缆

充油电缆：多为高压等级的电缆

1.3、按结构型式分类

无外金属屏蔽层电缆：多为低压电缆

有外金属屏蔽层电缆：多为中高及以上电压等级的电缆

有金属性内护套电缆：多为高压等级的电缆

二、电力电缆故障类型及故障性质分析

2.1、电力电缆故障分类

按故障发生的部位分类：

接头故障；本体故障。

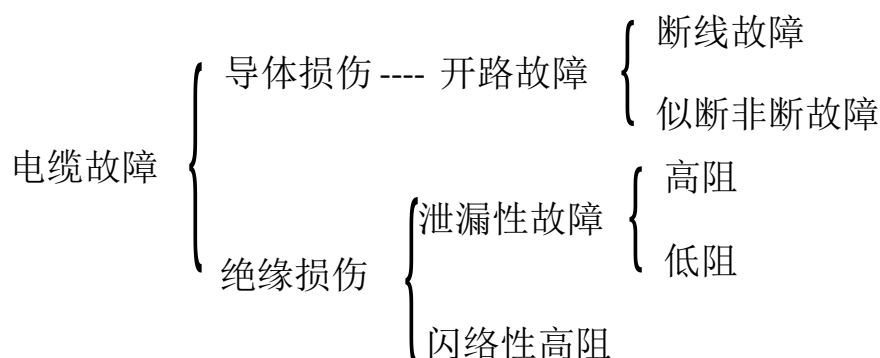
按故障的表现形式分类：

封闭性故障；外露性故障。

按电缆的结构型式分类：

主绝缘故障；内、外护套故障。

按行波测量原理分类：



2.2、电缆故障性质分析

开路故障：如果电缆绝缘正常，但因导体原因不能正常输送电压的一类故障可认为是开路故障，如芯线或地线似断非断、芯线某一处存在较大的线电阻及断芯等情况。一般单纯性开路故障很少见

到，多数表现为与低阻或高阻故障并存。

低阻故障：如果电缆的绝缘介质损伤，能直接用“低压脉冲法”测试的一类相间或相对地故障，称之为泄漏性低阻故障。通常叫做低阻故障。一般电阻值在数百欧姆以下。若电阻值为“零”，则称为短路故障，它是低阻故障的特例。

泄漏性高阻故障：若电缆的绝缘介质已损坏，并形成固定的电阻通道，但不能直接用电缆故障测试仪器的“低压脉冲法”测量的一类故障，称为泄漏性高阻故障，阻值通常在数百欧姆以上。在现场当给电缆做直流泄漏耐压试验时，其泄漏电流值随着所加的直流电压的升高而连续增大，并远远超过电缆本身所要求的规范值。泄漏性高阻故障与低阻故障是相对的，无严格区别。

闪络性高阻故障：在电缆的预试电压范围内，当电缆的预试电压加到某一数值时，电缆的泄漏电流值突然增大，其值大大超过被试电缆所要求的规范值，这种类型的故障称为闪络性高阻故障。这种故障点其电缆绝缘虽然损坏，但却没有形成固定的电阻通道。

2.3、电力电缆故障性质的判别方法

判断电缆故障性质一般有三种手段：

- (1) 通过 $M\Omega$ 表判断、万用表判断；
- (2) 通过电缆预试结果判断；
- (3) 通过“XXXX 系列电缆故障闪测仪”判断；

一般情况下，低阻、开路故障(高阻)可通过欧姆表或“XXXX 系列电缆故障闪测仪”的“脉冲法”测试波形直接进行判断。

2.4、电力电缆故障的测试程序

应用“XXXX 系列电缆故障闪测仪”查找地埋电力电缆故障一般要经过以下几个步骤：

- (1) 分析电缆故障性质并了解故障电缆的耐压等级及绝缘介质情况。
- (2) 用“XXXX 系列电缆故障闪测仪”之“脉冲法”测试故障电缆的所有相线的长度并校准故障电缆的电波传输速度。
- (3) 选择合适的测试方法，用“XXXX 系列电缆故障闪测仪”进行电缆故障粗测。
- (4) 对电缆故障点进行精测，包括对地埋电缆的走向及深度的查找和故障点的定位。
- (5) 对电缆故障测试结果进行误差分析(丈量误差、传输速度误差、判读误差、仪器误差)。

三、本系统主要技术指标

1) Windows 操作系统、触摸式操作方式、无线可视专家在线指导、科学电缆管理、实时报告生成；

2) 系统功能：故障距离测量、故障点定位、传播速度测试、电缆路径查找、埋设深度探测等；

3) 测试方式：低压脉冲、闪络法、音频法、声磁同步法、谷值法、峰值法、电磁感应法等；

4) 显示控制：闪测仪：12 寸工业级计算机控制, 内置 12V/10Ah 直流电源，可连续工作 10 小时；其它为单片机控制，指针表显示；

5) 测试范围：测试距离：60km，探测深度：2-5m；

6) 测量精度：粗测误差： $\pm 10m$ （绝对值）或 1%（相对值），精测误差： $\pm 0.2m$ （定点、路径、深度）；

7) 采样频率：100MHz，最小分辨率 0.5m（100m/us）

8) 采样方式：全自动连续采样，决不漏掉任何一次放电波形

9) 低压脉冲：宽度：0.1us 和 2us 幅度：100Vpp

第二章 电缆故障闪测仪

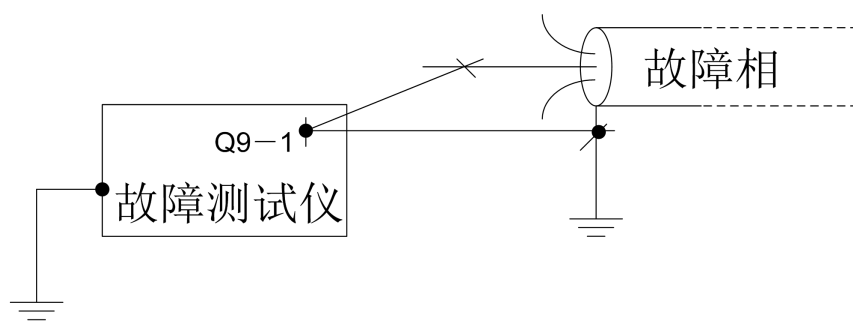
一、主要功能参数

- ## 二、面板说明

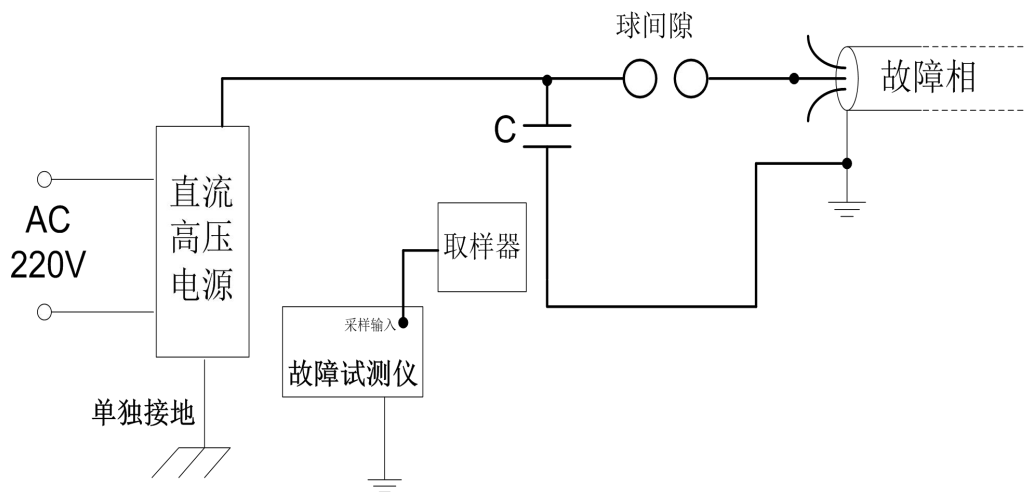


- 4

- 7、电量指示：指示内部电池电量；
 - 8、USB-1：可外接无线网卡及 USB 通信
 - 9、USB-2：可外接无线网卡及 USB 通信
 - 10、充电电源：开关按钮按到 “I” 位，使用 AC220V 电源为系统供电；
开关按钮按到 “II” 位，使用内部电池为系统供电；
开关按钮按到 “II” 位，插上 AC220V 电源，即可给电池充电；
开关按钮按到 “0” 位，关机；
 - 11、复 位：按此可以复位下位机
 - 12、电源开关：打开工作电源；
- 三、现场接线



低压脉冲法测试



冲闪取样接线图

第三章 V1.1 软件说明书

一、系统运行环境

1.1 系统运行最低配置

Window 系统 512 内存 10G 硬盘。

1.2 支撑软件

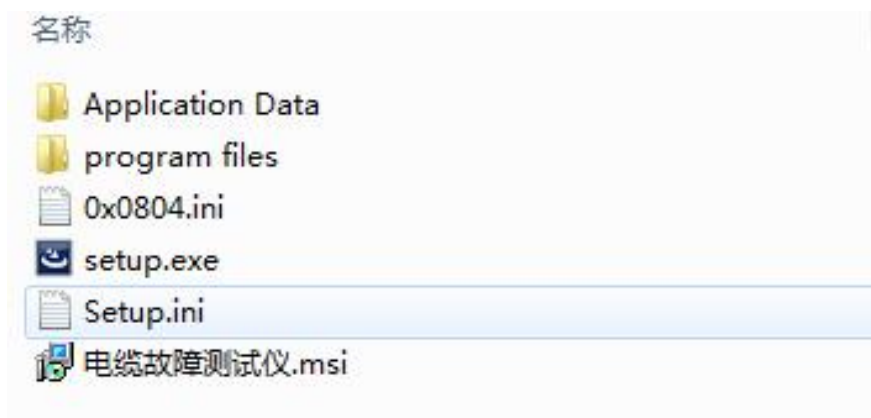
1>net framework4.0 (dotNetFx40_Client_x86_x64.exe)

2>office 2003/2007

3>pdf 阅读器

4>QQ 通信软件

二、系统安装与卸载系统安装文件概要。



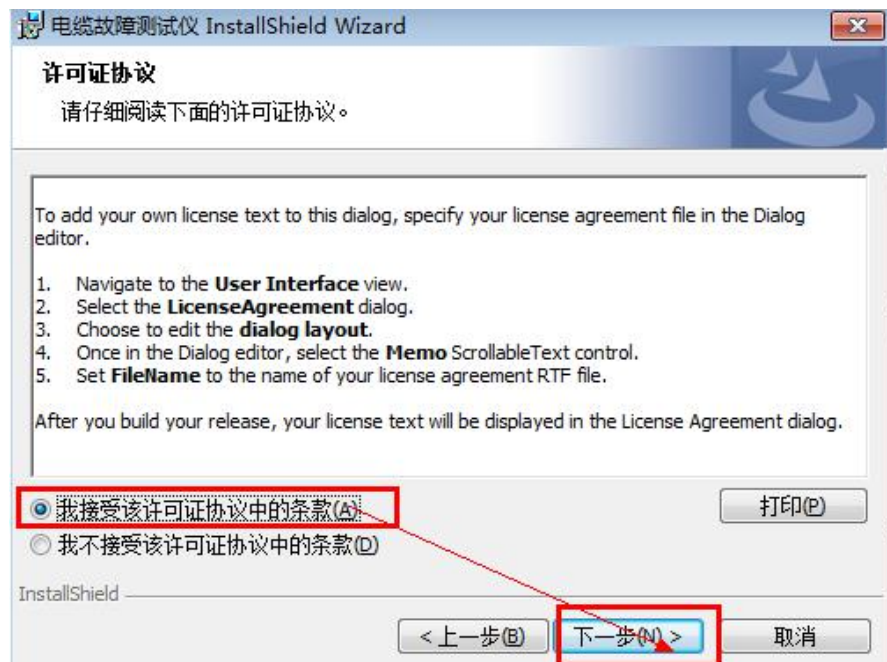
2.1 启动安装程序

1> 安装程序是如果没有安装 net framework4.0，系统会提示先安装 net framework4.0 (dotNetFx40_Client_x86_x64.exe)

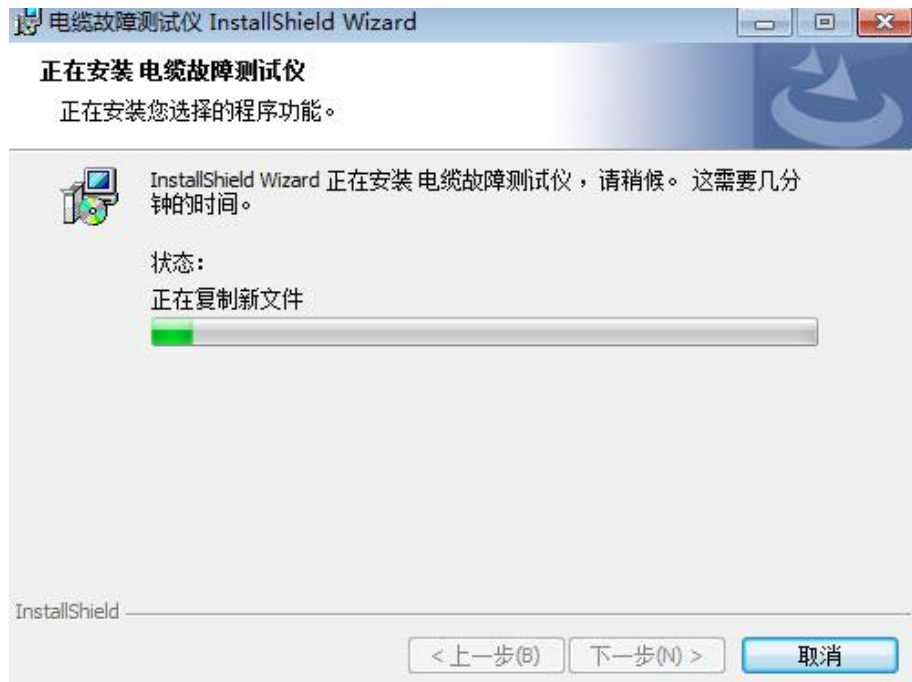
2> 点击 ‘setup.exe’ 启动安装，如图：



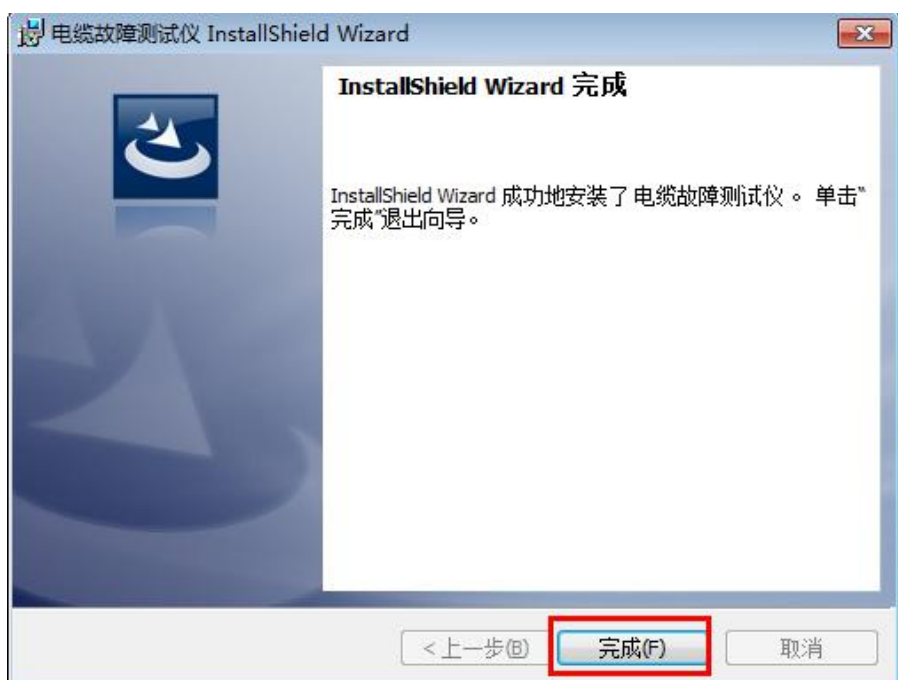
3> 点击 ‘下一步’，选择 ‘我接受许可证协议的条款’。



4>继续‘下一步’，当你看到‘安装系统中’，等待安装完成即可



5>安装成功

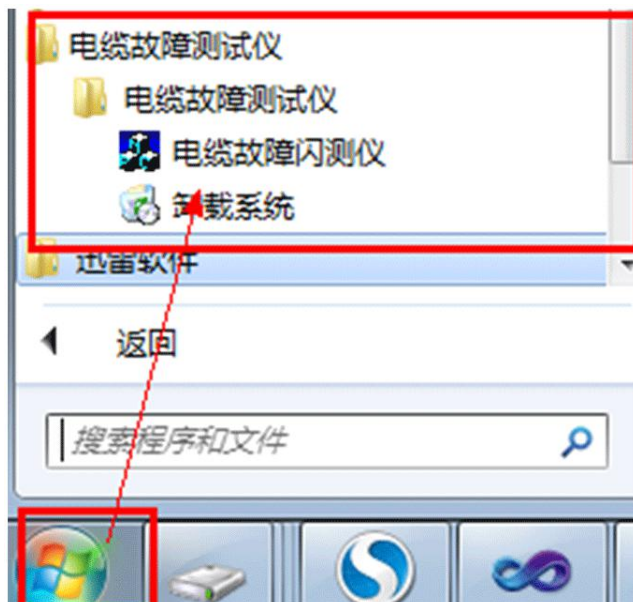


6>此时在桌面上有‘电缆故障闪测仪’快捷键。如图：



2.2 卸载系统

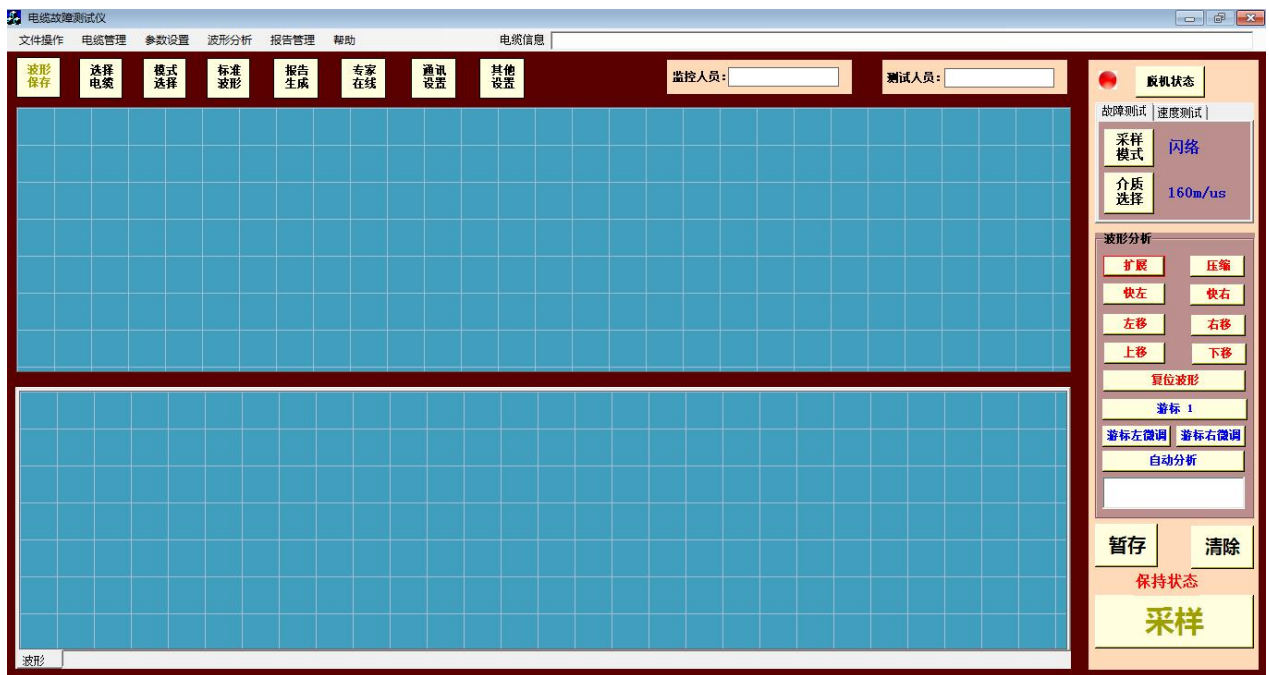
1>点击 windows 系统‘开始’，找到‘程序’中的‘电缆故障测试仪’如图：



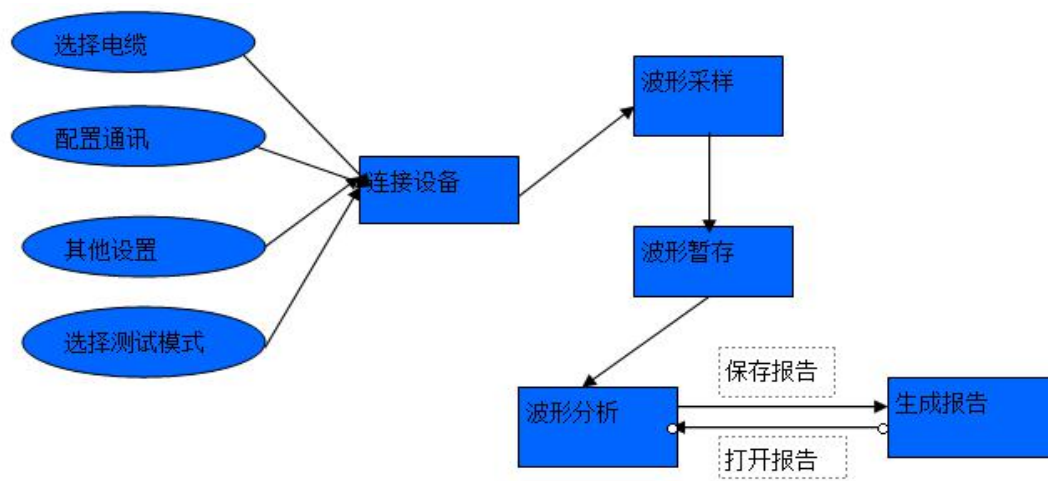
2>点击‘卸载系统’，即可完成卸载。

三、启动系统

1>双击桌面上的‘电缆故障闪测仪’快捷键，启动程序。



四、系统概要流程



五、功能介绍

5.1 文件操作

5.1.1 导入文件:

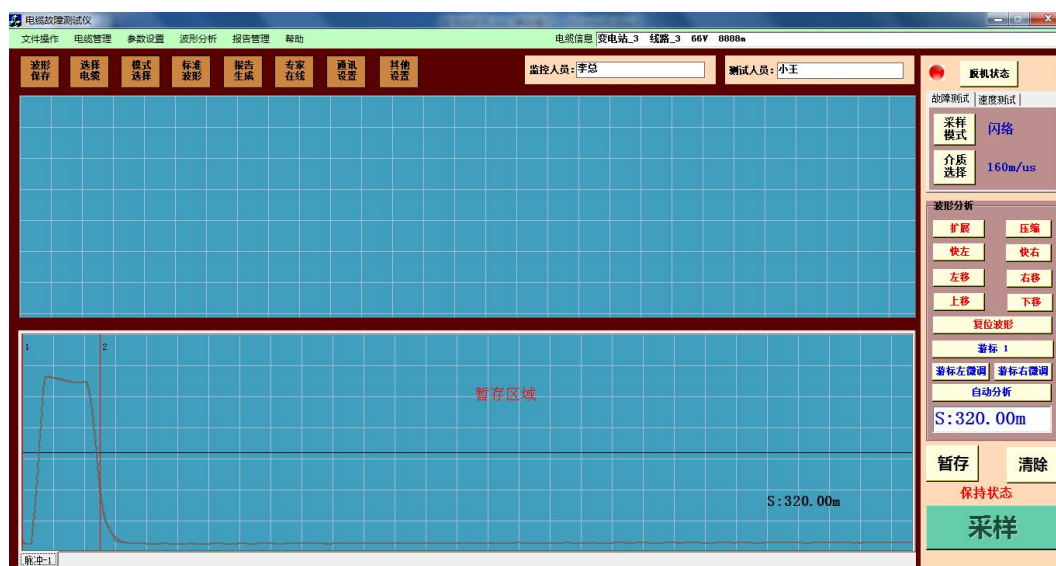
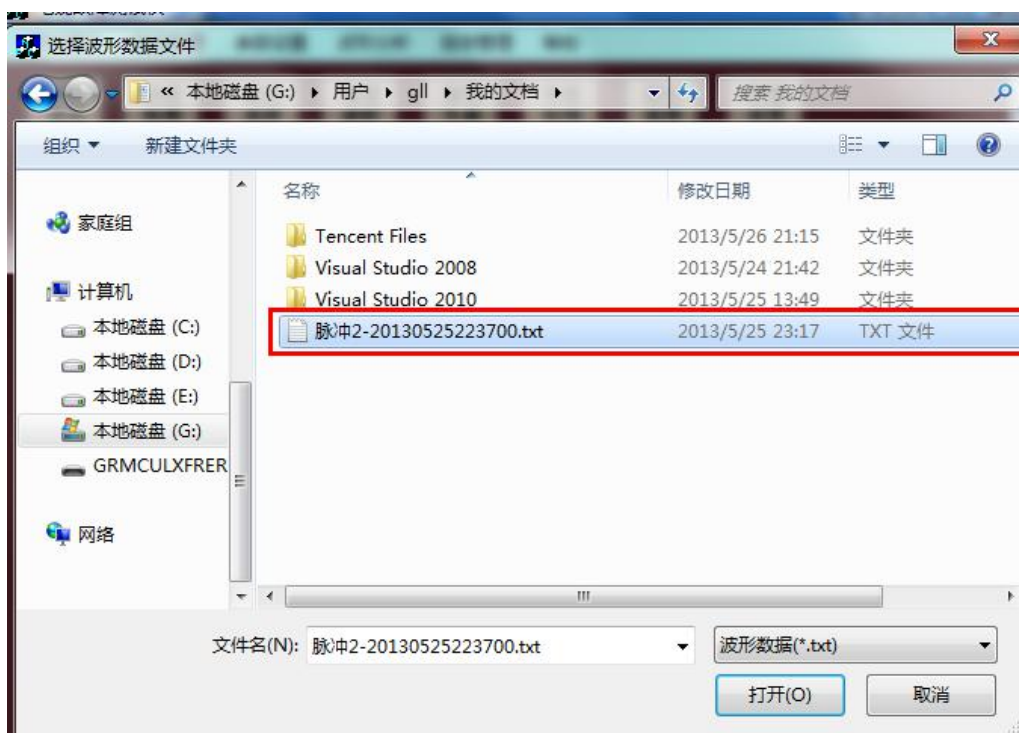
将其他数据库文件导入到现有的系统数据库中，导入的数据库文件必须和当前数据库数据结构相同才能正常导入。

5.1.2 导出文件:

将系统数据库文件导出到指定目录。

5.1.3 打开波形

系统可以打开以文件形式存在的波形图，选择打开后可以在‘波形暂存’区域查看波形。如图：



1. 数据文件已 txt 存放，已十六进制数据显示。
2. 数据文件第一个 16 进制，表示波形类型 01 表示闪络、02 表示脉冲 1、03 表示脉冲 2，紧随其后是波形数据。
3. 一个文件只能存放一个波形图数据。
4. 打开的波形图可以在‘暂存波形’区域分析数据。

5.1.4 退出

退出系统。

5.2 电缆管理

5.2.1. 新增电缆。

在菜单‘电缆管理’中点击‘新增电缆’按钮，弹出电缆新增界面，填写完成后点击‘保存’。电缆信息包括变电站名称、线路名称、电缆型号、电缆介质、线路电压、电缆全长、电缆接头、电

缆故障。电缆接头和电缆故障点击新增按钮可以添加多个。

添加电缆信息

变电站名称:

线路名称:

电缆型号:

电缆介质:

m/us

线路电压:

kv

电缆全长:

m

电缆接头

接头1:

新增电缆接头

电缆故障

故障1:

新增电缆故障

保存

取消

5.2.2 电缆列表

在菜单‘电缆管理’中点击‘电缆列表’，可以根据线路名称、电缆接头、电缆故障查询电缆信息。

电缆列表

线路名称:

电缆接头:

电缆故障:

查询

选择	变电站名称	线路名称	线路电压 (kv)	电缆型号	电缆介质 (m/us)	电缆全长 (m)	电
☐	变电站_1	线路_1	55	型号_1	156	5500	1:
☐	变电站_2	线路_2	455	型号_2	179	455	1:
☒	变电站_3	线路_3	66	型号_3	165	8888	
☐	变电站_4	线路_4	111	型号_4	111	2230	
*							

修改

删除

总条数: 4 1/1 首页 下一页 上一页 末页

5.2.3 修改电缆

打开‘电缆列表’，只能选择一条电缆信息进行修改，如果选择多个，系统会提示‘请选择一条电缆修改’。

5.2.4 删除电缆

打开‘电缆列表’，选择一条或者多个电缆信息进行删除，删除操作将删除关于电缆的所有信息，包括测试报告。

5.3 参数设置

5.3.1 通讯设置

选择当前通讯串口，设置串口参数，如波特率、校验位、数据位、停止位。如图：

注意：如果在连接状态下设置，将在下次重新连接时生效。

5.3.2 模式选择

1. 菜单或者快捷键选择模式。

a>故障测试

采样模式可以选择： 闪络、脉冲 1、脉冲 2。

介质可以选择：160, 156, 170, 172m/us。也可以自定义介质（单位为 m/us）



注意：在连接状态下，故障测试和速度测试不能相互切换，故障测试下闪络和脉冲采样模式不可切换。

b>速度测试

采样模式可以选择：脉冲 1、脉冲 2。

电缆全长可以自定义（单位为 m）。



2、通过主界面直接选择测试模式、电缆介质、电缆全长，当然电缆介质也可以自定义。



5.3.3 数据库选择

1. 系统提供了一个默认数据库，在首次使用将使用它。
2. 选择其他数据库文件，如果查看或者将此次测试结果保存到其他数据库文件中，此时可以点击选择其他数据库文件。

注意：选择其他数据库文件的表结构必须和系统默认的数据库表结构完全相同，否则无法操作。

5.3.4 其他设置

在电缆测试的时候，可以设置当前测试人员、监控人员、温度、湿度以及天气状况，这些信息将在你保存报告的时候保存到数据中，以便于以后的历史查询。



5.4 波形采样与分析

5.4.1 选择电缆

1. 点击‘选择电缆’，弹出电缆列表，选择一条电缆信息，点击确定。如图：



2. 确认后，将在系统主界面显示如图：



5.4.2 选择通讯串口

见 5.3.1

5.4.3 其他设置

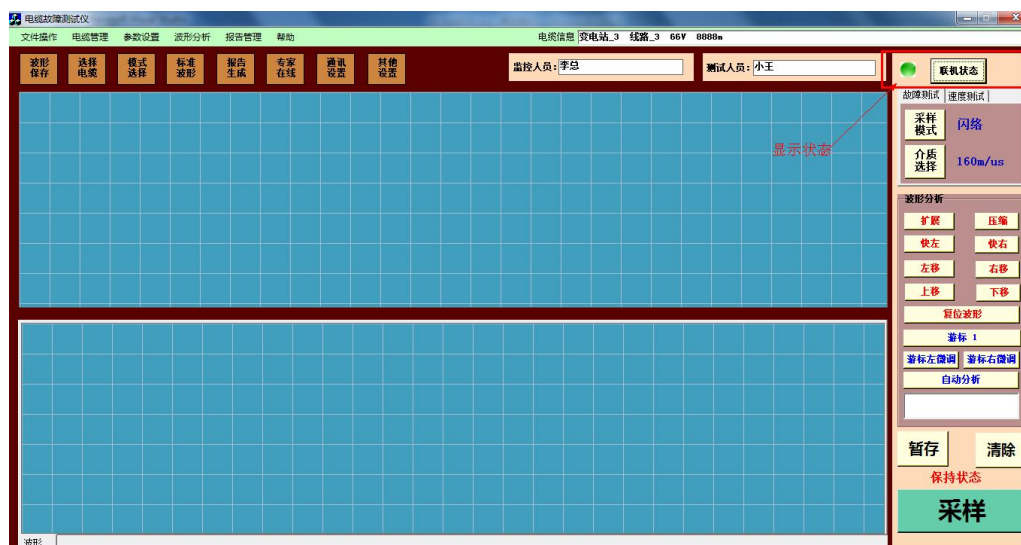
见 5.3.4

5.4.4 模式选择

见 5.3.2

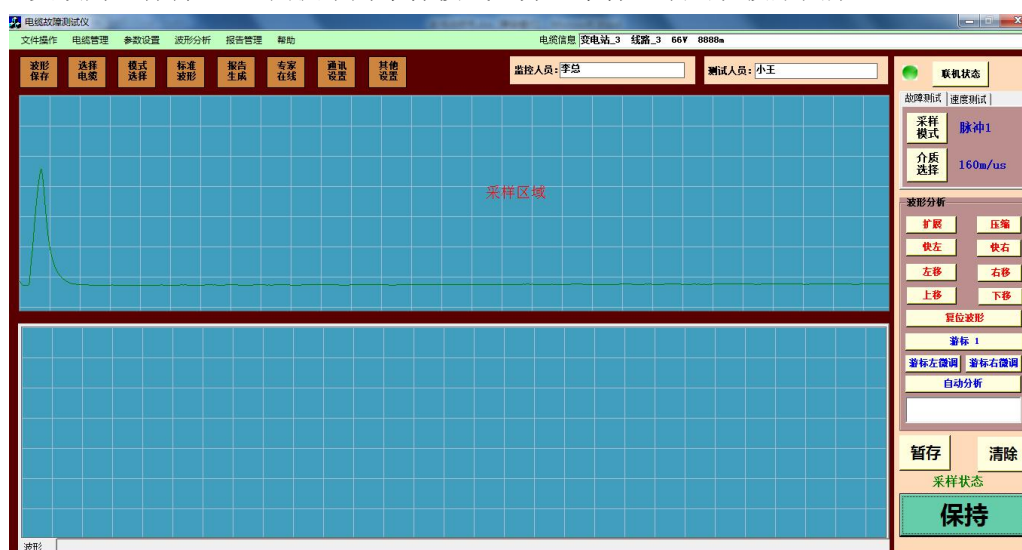
5.4.5 联机测试

一切都准备就绪后，点击主界面‘脱机状态’，如果没有选择电缆或者串口信息，此时会弹出窗口提示，连接成功后会显示‘联机状态’图标为绿色图片，并且‘采样’按钮变为可用状态。如图



5.4.6 数据采样

点击主界面‘采样’按钮，系统根据当前选中的采样模式，给下位机发送采样命令。此时‘采样’按钮更改为‘保持’，上面提示为采样模式，并且采样区域出现波形图案。



5.4.7 切换采样模式

1、如果采样时选择的是‘闪络采样’，此时不能切换到‘脉冲采样’，必须采样’保持‘后采样切换到‘脉冲采样’。

2、如果采样时选择的是‘脉冲1’或者‘脉冲2’，此时只能是‘脉冲1’和‘脉冲2’可以切换。

5.4.8 暂存波形

1、根据采样区域的波形图案，可以点击‘暂存’按钮，将波形存放到暂存区域进行分析对比，如果当前是闪络模式，暂存区域波形的标签为‘闪络_1’，‘闪络_2’… 以此类推。

2、每种类型的波形(闪络和脉冲)最多可以暂存 10 个波形，如果当前采样模式已经达到 10 个波形，此时会替换当前波形图。

3、在当前采样模式下，可以右键‘暂存区域’任意一点，可以打开或者关闭波形，只要打开的波形，在每个标签下都会显示和当前波形的对比分析。

5.4.9 清除波形

在‘暂存区域’内如果不需要当前标签下的波形，可点击主界面‘清除’按钮来清空当前波形，如果当前采样是‘闪络模式’，‘暂存区域’所在的标签内的波形是‘脉冲波形’，则会提示‘当前模式闪络模式下不能清除波形，只能关闭’。

5.4.10 波形分析

- 1、波形图上有游标 1 和游标 2 来计算它们之间的距离或者速度。
- 2、波形图上右下角可以实时观察游标 1 和游标 2 它们之间的变化距离或者速度。
- 3、可以通过鼠标滚轮可放大缩小波形图，以鼠标当前位置为中心，两边同时放大缩小。
- 4、通过右键点击‘关闭波形’。
- 5、通过右键点击‘清除波形’，继续‘暂存’下一个波形。
- 6、通过右键可以打开或者关闭闪络和脉冲波形。
- 7、可以通过‘扩展’和‘压缩’按钮对当前波形放大缩小。以波形第一个点开始，向右放大

波形，向左缩小波形。

8、可以通过 ‘快左’ ‘快右’ ‘左移’ ‘右移’ 按钮对当前波形左右移动。

9、可以通过 ‘上移’ ‘下移’ 按钮对当前波形上下移动。

10 点击 ‘复位波形’ 查看当时 ‘暂存’ 时的波形图。

11、点击 ‘游标 1’ 或者 ‘游标 2’ 切换操作，可以通过 ‘游标左微’，‘游标右微’ 按钮对当前游标左右微调。

12、点击 ‘自动分析’ 按钮，自动将一个游标定位到当前有效区域内最低波谷，再将另一个游标定位到自波谷向上与基线相交的一个点上。

5.4.11 保存波形

1. 数据文件已 txt 存放，已十六进制数据显示。

2. 数据文件第一个 16 进制，表示波形类型 01 表示闪络、02 表示脉冲 1、03 表示脉冲 2，紧随其后是波形数据。

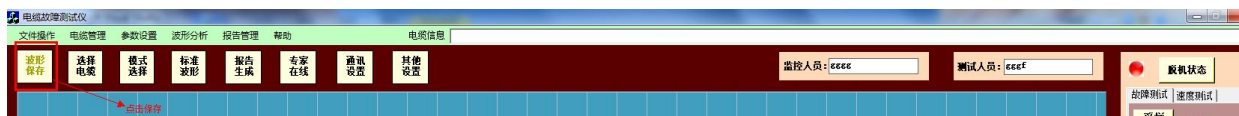
3. 一个文件只能存放一个波形图数据。

4. 保存波形有两种方式。

1>右键 ‘波形暂存’ 区域任意一点，点击 ‘保存波形’。



2>点击快捷键中 ‘保存波形’。



5.4.12 保存测试报告

测试完成后，点击 ‘报告生成’ 按钮，打开保存界面，系统默认将测试时间、测试环境、电缆基本信息已显示在界面中，其他信息可以根据实际情况填写数据。

生成报告

电力电缆故障测试报告

保存 生成word

测试时间: 2013-05-26 22:36:38 测试环境: 晴 56h% 45°C

电缆信息: 变电站_3 线路_3 66V 8888m

故障现象

故障类型: 测试性质: 测试位置: 故障阻值: MΩ

测试过程

脉冲故障波形

波形:

闪络故障波形

波形:

故障分析

测试设备

确定 取消

注意:

1. 脉冲故障波形和闪络故障波形，可以根据你当前分析的结果选择波形图，选择的波形图将会以图片的形式保存到 word 文档中。
2. 报告保存成功后，故障分析可以在报告信息和电缆信息中都可以查看。

5.5 报告管理

5.5.1 报告列表

可以根据测试时间范围、线路名称、测试人员、电缆接头、历史故障查询。报告列表可以查看当前测试报告总的记录数，每页 15 条记录，点击‘首页’、‘上一页’、‘下一页’、‘末页’查看分页报告。



5.5.2 删除报告

选择一条或者多条记录删除报告，删除完成后会提示‘删除成功’。

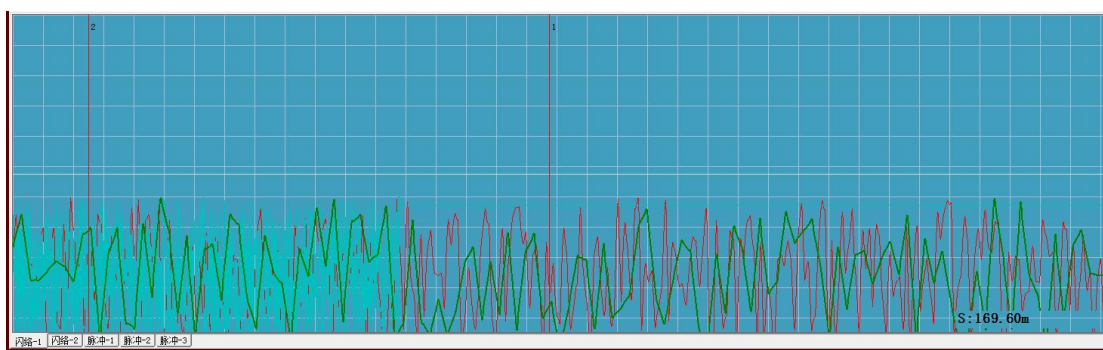
5.5.3 查看历史报告

1、打开报告列表，选择一条报告打开，如果选择多个会提示‘选择一条报告打开’。



注意：打开报告时，只能在脱机状态下才能打开。

2、选择一条报告打开后，将在‘波形暂存’区域显示关于该报告所有的波形，默认全部打开，所有的报告波形状态和保存之前的完全一致。如果没有波形图会提示‘没有可用的波形图’。



3、分析完成后，可以点击‘保存报告’进行修改或者生成 word 文档。

5.6 专家在线

在测试过程中，测试人员可以通过 QQ 与专家建立通话，在线分析波形故障。

5.7 波形案例和标准波形

在测试过程中，测试人员可以打开波形案例或者标准波形与当前采样的波形进行对比分析，快速定位故障所在位置。

5.8 关于电缆

在菜单‘帮助’中可以查看关于电缆的介绍信息。

5.9 说明书

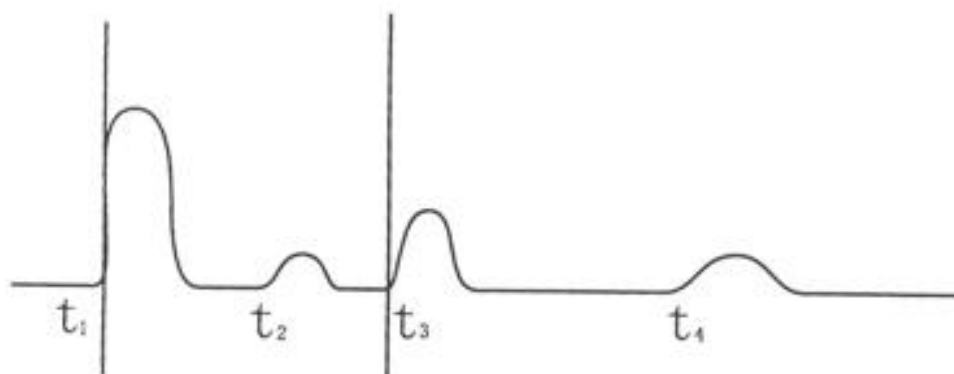
使用该软件过程中，如果遇到问题可以查看说明书指导您解决问题。

5.10 关于我们

介绍关于我们公司的建立、成长和文化，如需帮助可以拨打我们的热线电话或者通过 email 告诉我们。

六、关于波形

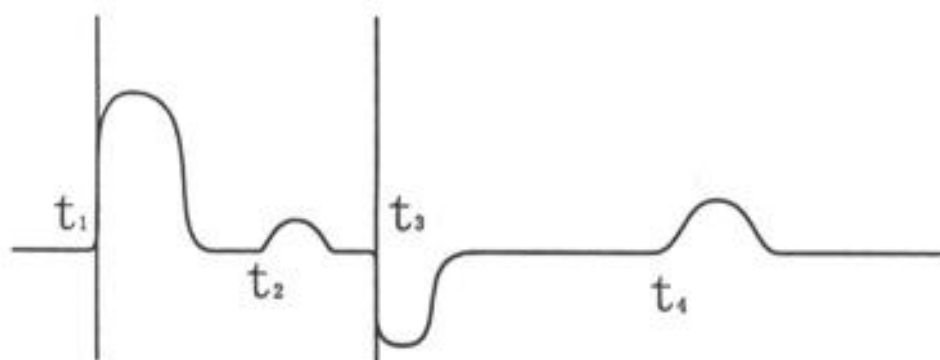
6.1、开路故障标准波形



分析： t_1 时刻为闪测仪产生的脉冲波形，极性为正(也可负)； t_2 时刻为电缆中的中间对接头反射脉冲波形(接头的反射波一般为同极性，但这与接头结构性质有关)； t_3 时刻为开路故障反射脉冲波形，极性为正，为同极性的反射，(故障波形极性与仪器产生的脉冲波极性相同)； t_4 时刻为开路故障二次反射脉冲波形。由于脉冲波的衰减， t_4 时刻的二次反射波比 t_3 时刻的一次反射波幅度要小一些。

故障点到测量端的距离 $s = |t_1 - t_3| = |t_3 - t_4|$ 。实际操作时，通过移动游标，仪器将自动显示计算故障点的距离。

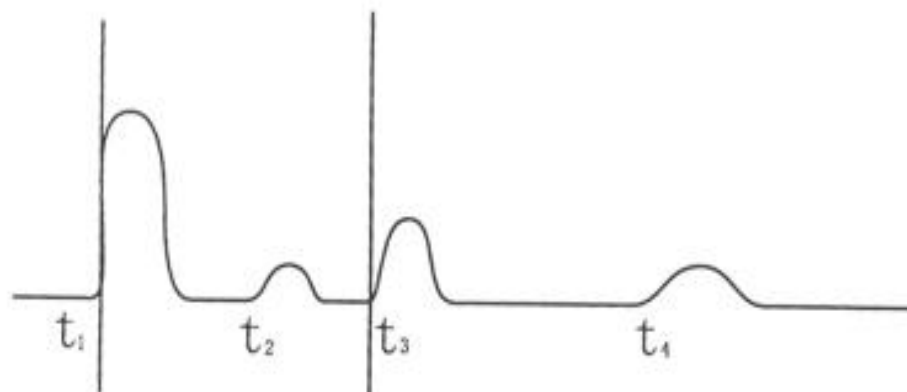
6.2、低阻故障标准波形



分析： t_1 时刻为闪测仪产生的脉冲波形，极性为正(也可负)； t_2 时刻为电缆中的中间对接头反射波形； t_3 时刻为低阻故障点反射波形，极性为负，为反极性的反射(与仪器产生的脉冲波极性相反)；

t_4 时刻为电缆终端反射波形。故障点到测量端的距离 $S = |t_1 - t_3| = |t_3 - t_4|$ 。

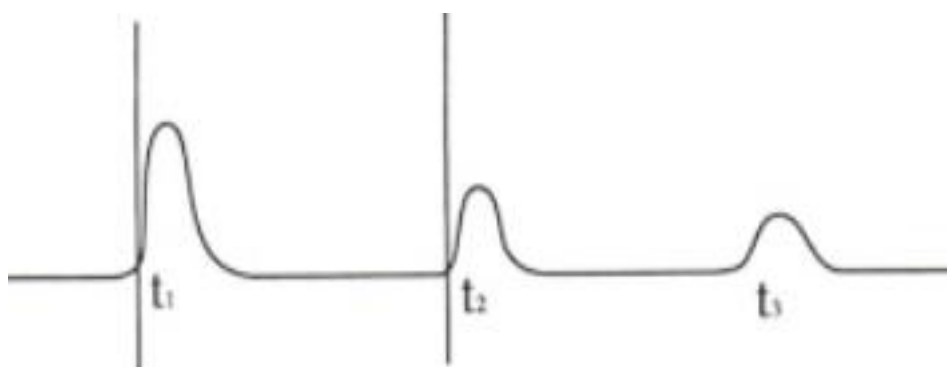
6.3、全长及中间对接头标准波形



分析： t_1 时刻为闪测仪产生的脉冲波形，极性为正(也可负)； t_2 时刻为电缆中的中间对接头反射波形； t_3 时刻为全长(终端)反射脉冲波形，极性为正，为同极性的反射，(类似于开路断线故障)； t_4 时刻为全长(终端)二次反射波形。由于脉冲波的衰减， t_4 时刻的二次反射脉冲波比 t_3 时刻的一次反射脉冲波幅度要小一些。电缆全长 $S_{\text{全}} = |t_1 - t_3| = |t_3 - t_4|$ 和中间对接头的距离

$$S_{\text{头}} = |t_1 - t_2|。$$

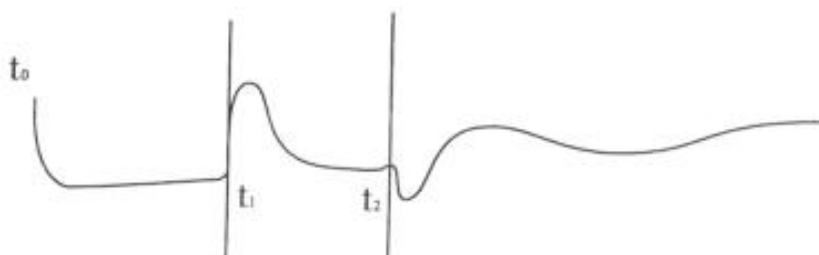
6.4、电波传输速度标准波形



分析： t_1 时刻为闪测仪产生的脉冲波形，极性为正(也可负)； t_2 时刻为电缆全长反射脉冲波形，极性为正，为同极性的反射； t_3 时刻为电缆全长二次反射波形。电波在电缆中的传输速度

$$v = \frac{2S}{|t_1 - t_2|}。$$

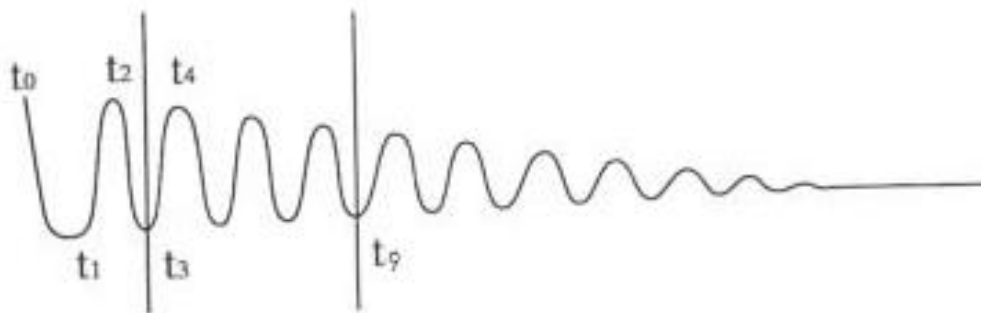
6.5、标准的冲闪波形全貌



分析： t_0 时刻为球隙放电波形； t_1 时刻为电缆故障点一次反射波形， t_2 时刻为电缆故障点二次反

射波形。测试端到故障点的距离 $S = |t_1 - t_2|$ 。注意：一般情况下 $|t_0 - t_1| > |t_1 - t_2|$ 。

6.6、靠近测试端的标准波形



分析： t_0 时刻为球隙放电波形； t_1 时刻以后为故障点形成的多次反射波，波形整体为一个衰减的余弦振荡。这样的波形就和前面的波形分析不一样了，我们应该多取几个反射波，然后取它们的平均值。先计算出 t_3 时刻到 t_9 时刻的距离 S ，然后除以 t_3 时刻到 t_9 时刻之间上升沿和下降沿个数 $n(n=6)$ (两倍的余弦波周期)，即是测试端到故障点的距离。也可以利用下列公式进行计算：

$$S = \frac{t_n - t_3}{n - 3} \cdot \frac{v}{2} = \frac{S_n}{n - 3}$$