



# PT2000 基桩低应变测试仪

# 用 户 手 册



whctco.com 武汉建科工程检测群  
QQ群号: 9986082



微信公众号: 武汉建科

武汉建科科技有限公司

2004-2020

**尊敬的用户：**

您好，非常感谢你选择使用我公司生产制造的仪器设备，在使用该仪器设备以前，务必请你认真阅读本用户手册，这对于你快速熟悉和使用我们的产品非常有帮助，通过本用户手册，你也可以在以后的使用中避免一些错误的操作，从而更好的开展工作。

本手册力求包含本仪器使用内容的方方面面，以消除你在使用过程中可能遇到的各种问题，如果在使用过程中你遇到无法解决的问题，请尽快与我们联系，联系方式请见本手册最后页面。

谢谢，并祝您工作愉快！

武汉建科科技有限公司

**版权声明：**

本用户手册所有版权归武汉建科科技有限公司所有，未经许可，任何单位和个人不得以赢利为目的复制、传播、引用本用户手册全文或部分内容，对于所有侵权行为，武汉建科科技有限公司保留诉诸法律的权利；科学研究、教学、学术探讨、论文撰写等非赢利性行为不在限制之列。本手册内容如有变动，恕不另行通知。

更多资料和资讯，请访问公司官方网站：<http://www.whctco.com>

中国·湖北·武汉建科科技有限公司

# 公 司 声 明

## 一、 安全声明

武汉建科科技有限公司所有产品采用直流或交流供电模式，请用户仔细阅读用户手册，严格按照仪器设备要求使用电源，交流供电请注意仪器接地。如有不明确的地方，请尽快与我公司技术人员联系，工程测试现场复杂，测试人员应按工地要求着装，配戴安全帽和其他防护用品。由于用户的疏忽造成的仪器设备和人员的损伤，本公司免责。

## 二、 标准和规范的引用

用户手册中涉及的相关测试方法和国家标准，均系普及性说明与引用，严格的描述和引用请查阅相关技术文献、规范规程以及国家标准。用户手册中的测试方法与测试内容仅供参考，以国家标准、规范、规程为最终唯一解释。本公司对于用户使用测试方法不当引起的任何争议免责。

**武汉建科科技有限公司**

## 目 录

第一章 前言	1
第二章 仪器介绍	4
第三章 测试理论	6
第四章 仪器操作	8
第五章 分析软件	23
第六章 疑难解答	30
第七章 波形初步判识	36
附录1 桩顶处理规定	43
附录 2 不同桩身阻抗变化情形下的桩顶速度响应波形图	44
附录 3 不同强度砼的波速特征值及范围	45
附录 4 基桩动测仪维护和保养规程（试用）	46

# 第一章 前言

基桩低应变测试方法，适用于检测混凝土桩的桩身完整性，判定桩身缺陷的程度和位置，是当前国内普遍采用的桩身质量检测方法，理论成熟，实践验证时间长，我公司是专业的基桩质量检测仪器设备供应商

规范明确指出：桩的有效检测桩长范围应通过现场试验确定。对桩身界面多变且变化幅度较大的灌注桩，应采用其他方法辅助验证低应变法检测的有效性

## 1.1 仪器特性

- 触发通道：单通道（速度、加速度可选）。
- 8.4英寸真彩触摸屏显示，LED屏幕亮度清晰，适应各种操作环境。
- 大容量电子硬盘，可存储4000根桩数据。
- 即现缺陷位置，完整性判断一目了然。
- 轻便、精巧，携带方便，实现场地内漫游。
- 外观美观，低功耗，方便的触摸操作。
- 操作简单合理，用户可以快速上手。
- 数据采集准确真实。
- 采用USB传输技术，数据直接导入U盘，方便快捷。
- 电性能指标高，机械故障率低。
- 分析软件功能强大，为WINDOWS风格，全面兼WINDOWS 2000/XP、WIN 7。
- 配置大容量锂电池，充电快、待机时间长。仪器重量仅1.8kg，体积小，携带使用轻松自如。

## 1.2 技术指标

- 核心数模转换器：24位A/D
- 采样间隔：5~65535 $\mu$ s
- 采样长度：1k
- 标定误差及线性误差： $\pm 2\%$
- 探头类型：加速度计，速度计
- 显示：8.4英寸真彩LED高亮触摸屏显示
- 电源：12V DC；220V $\pm 10\%$ ，50Hz AC
- 工作时间：6小时（锂电）
- 工作温度： $-5^{\circ}\text{C}\sim +40^{\circ}\text{C}$
- 体积：230 $\times$ 170 $\times$ 60（mm）
- 重量：1.8kg

## 1.3 特别提醒

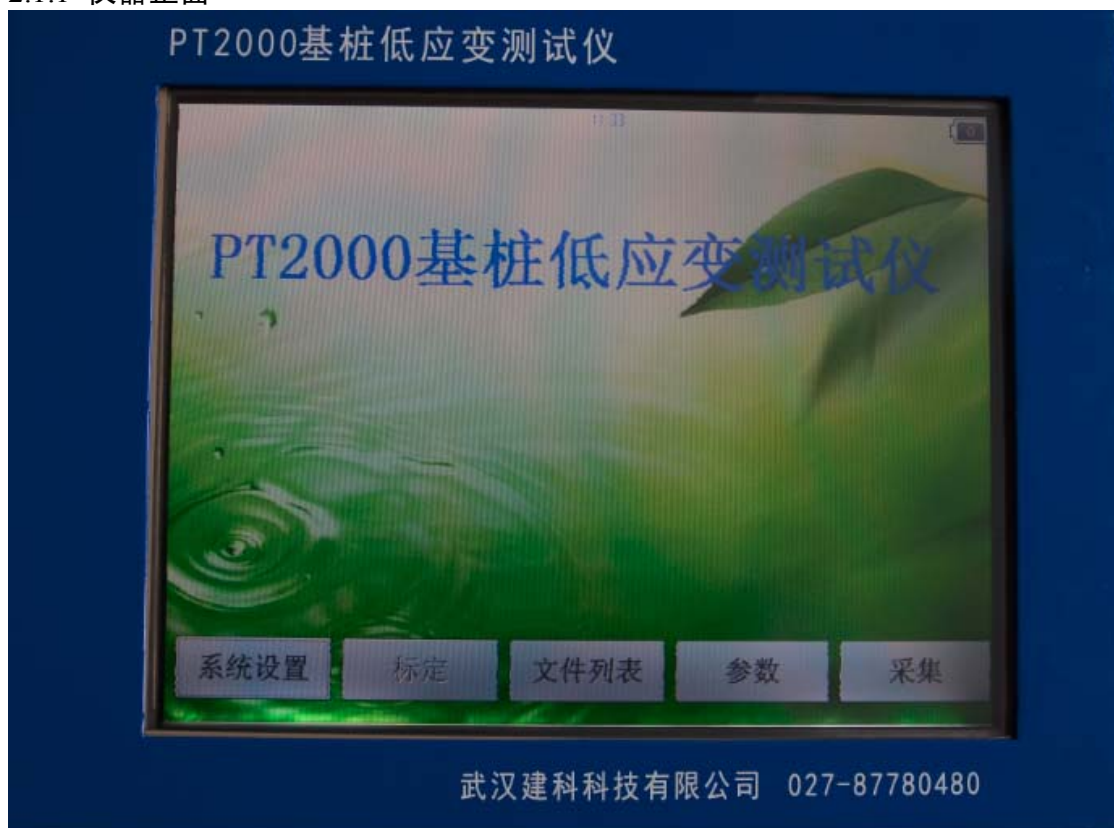
- 一般情况下，充电应在关机条件下进行，当特殊条件下必须交流电供电使用时，应保证仪器良好的通风散热，当发现仪器过热时请及时关机；
- 请使用随机配备的电源充电器给仪器电池进行充电；

- 仪器的电池充电应在关机的条件下进行，并保证在良好的通风散热环境中进行充电；在仪器充电过程中，请勿将充电器及仪器放置在易燃物体上；
- 为延长电池的使用寿命，仪器电池既不能长时间不充电，也不能长期处于充电状态；
- 仪器在使用过程中，应远离热源；切勿自行拆卸电池、摔打电池；

## 第二章 仪器介绍

### 2.1 仪器组件

#### 2.1.1 仪器正面



仪器正面没有任何操作按键，既减小了机身体积，又最大限度的增加了显示屏的大小。除开机外所有操作均可在触摸屏上完成。

#### 2.1.2 仪器侧视图



#### 2.2.3 激振手锤



#### 2.2.4 加速度传感器

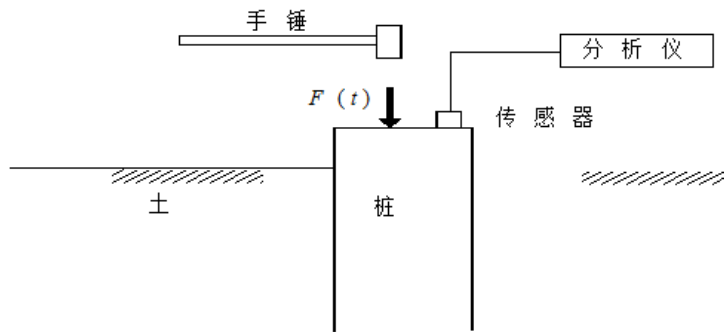




## 第三章 测试理论

### 第一节 简述

通过在桩顶施加激振信号产生应力波，该应力波沿桩身传播过程中，遇到不连续界面（如蜂窝、夹泥、断裂、孔洞等缺陷）和桩底面（即波阻抗发生变化）时，将产生反射波，检测分析反射波的传播时间、幅值、相位和波形特征，得出桩身缺陷的位置、大小、性质等信息，最终对桩基的完整性给予评价。应力波法假设桩自身是一维的、连续的、均质的、线弹性体，且没有考虑桩周土和桩土耦合面的影响。因此受检桩的长细比、瞬态激励脉冲有效高频分量的波长与桩的横向尺寸之比均宜大于5，设计桩身截面宜基本规则。



#### 1、检测原理

检测方法采用低应变法，混凝土桩的物理强度远大于桩周土的物理强度，在桩顶沿垂直方向激发的弹性应力波基本上是沿桩周传播的，由于桩底持力层及桩身质量缺陷位置上的波阻抗与正常混凝土波阻抗存在差异，因而：

(1) 通过分析缺陷反射波

- a. 相位变化、频率变化、多次反射性可判断桩基的缩颈、扩警、松散、夹泥、离析、断桩等质量缺陷现象。
- b. 振幅的大小可判断缺陷的程度。
- c. 桩身缺陷位置应按下式计算：

$$x = \frac{1}{2000} \cdot \Delta t_x \cdot c_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{c_m}{\Delta f'}$$

式中， $x$ ——桩身缺陷至传感器安装点的距离（m）；

$\Delta t_x$ ——速度波第一峰与缺陷反射波峰间的时间差（ms）；

$\Delta f'$ ——幅频曲线上缺陷相邻谐振峰间的频差（Hz）。

(2) 当桩长已知、桩底反射信号明确时，在地质条件、设计桩型、成桩工艺相同的基桩中，选取不少于 5 根 I 类桩的桩身波速值按下式计算其平均值：

$$c_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$$

$$c_i = \frac{2000L}{\Delta T} = 2L \cdot \Delta f$$

式中， $c_m$ ——桩身波速的平均值 (m/s)；

$c_i$ ——第  $i$  根受检桩的桩身波速计算值 (m/s)，且  $|c_i - c_m|/c_m \leq 5\%$ ；

$L$ ——测点下桩长 (m)；

$\Delta T$ ——速度波第一峰与桩底反射波峰间的时间差 (ms)；

$\Delta f$ ——幅频曲线上桩底相邻谐振峰间的频差 (HZ)；

$n$ ——参加波速平均值计算的基桩数量 ( $n \geq 5$ )。

## 2、现场测试方法

①把混凝土桩顶灌浆部分凿去凿平，使桩顶出露新鲜表面，为减少杂波干扰，此表面必须平整干净，激振的地点应打磨平整，以消除桩顶杂波的影响，出露的钢筋不应有较大晃动；

②传感器一般用黄油或凡士林或橡皮泥粘贴在桩顶距桩中心2/3半径处(注意避开钢筋笼的影响)的平整处，粘贴剂不可太厚，但要保证传感器粘贴牢靠且不要直接与桩顶接触，并进行敲击测试；激振的部位宜位于桩的中心，但对于大桩也可变换位置以确定缺陷的平面位置。

③每根桩测试曲线如出现异常波形应在现场及时研究，排除影响测试的不良因素后再重复测试；

④一般地，手锤产生的信号频率较高，可用于检测短、小桩或桩身的浅部缺陷；力棒的重量和棒头可调，增加力棒的重量和使用软质棒头（如尼龙、橡胶）可产生低频信号，可用于检测长、大桩和测试桩底信号。力棒激振时应保持棒身竖直，手锤激振时锤底面要平，以保持力的作用线竖直

## 3、检测结果分析

根据桩身测试的原始记录，经数据分析处理后将桩身完整性划分为四个等级，其评定标准为：

I 类桩：桩身完整， $2L/C$ 时刻前无缺陷反射波，波形规则，波速正常，有桩底反射波。 II 类桩：桩身基本完整， $2L/C$ 时刻前出现轻微反射波，波形基本规则，波速基本正常，有桩底反射波。

III类桩：桩身质量较差，有明显缺陷反射波，其他特征介于 II 类和 IV 类之间，波形不够规则，波速偏低。

IV类桩：桩身质量存在严重缺陷， $2L/C$ 时刻前出现严重缺陷反射波或周期性反射，无桩底反射。

一般来说，I、II类桩可以满足设计要求；III类桩可否使用由设计单位根据具体工程做决定；IV类桩无法使用，做报废处理。

## 第二节 基本测试原理与波形分析

(详细内容见培训PPT)

### 1. 广义波阻抗及波阻抗界面

设桩身某段为一分析单元，其桩身介质密度、弹模、弹性波波速、截面面积分别用 $\rho$ 、 $E$ 、 $C$ 、 $A$ 表示，则令

$$Z = \rho CA = EA/C \quad (3-1)$$

称 $Z$ 为广义波阻抗。波阻抗的物理含义为：

$$F = ZV$$

式中， $F$ 为波阵面所受的力， $V$ 为波阵面的质点振动速度。

当桩身的几何尺寸或材料的物理性质发生变化时，则相应的 $\rho$ 、 $E$ 、 $C$ 、 $A$ 发生变化，其变化发生处称为波阻抗界面。界面上下的波阻抗比值为

$$n = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 C_1 A_1}{\rho_2 C_2 A_2} \quad (3-2)$$

称 $n$ 为波阻抗比。

### 2. 应力波在阻抗界面处的反射与透射

设一维平面应力波沿桩身传播，当到达某一与传播方向垂直的波阻抗界面时。

根据应力波理论，由连续性条件和牛顿第三定律有

$$V_I + V_R = V_T \quad (3-3)$$

$$A_1 (\sigma_I + \sigma_R) = A_2 \sigma_T \quad (3-4)$$

式中， $V$ 、 $\sigma$ 分别表示质点振动的速度和产生的应力，下标I、R、T分别表示入射波、反射波和透射波。

由波阻抗的物理含义可写出： $\sigma_I = -ZV_I/A = -\rho_1 C_1 V_I$   
速度向下为正，此时产生压应力，故式中有一负号。

类似有： $\sigma_R = \rho_1 C_1 V_R$        $\sigma_T = -\rho_2 C_2 V_T$

代入式(3-4)，得

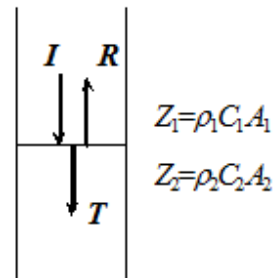
$$\rho_1 C_1 A_1 (V_I - V_R) = \rho_2 C_2 A_2 V_T \quad (3-5)$$

联立式(3-3)和(3-5)，求得

$$V_R = -nV_I \quad (3-6a)$$

$$V_T = nV_I \quad (3-6b)$$

式中



$$F = \frac{1-n}{1+n} \quad \text{称为反射系数} \quad (3-7a)$$

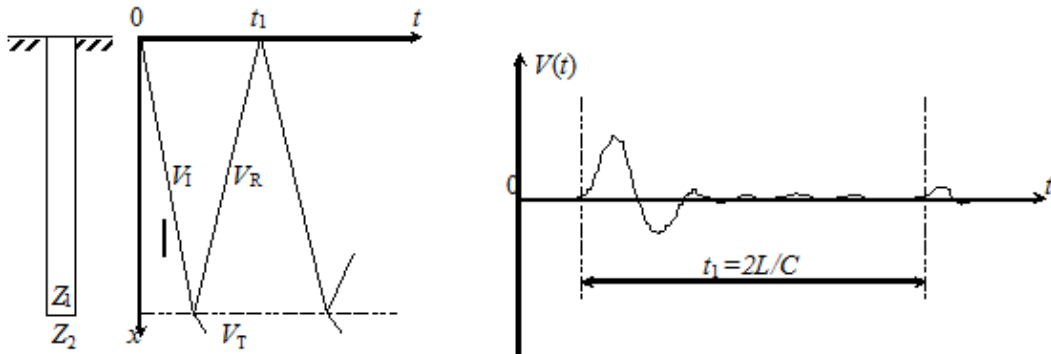
$$T = \frac{2}{1+n} \quad \text{称为透射系数} \quad (3-7b)$$

式(3-6)是反射波法中利用反射波与入射波的速度量的相位关系进行分析的重要关系式。

### 3. 桩身不同状况下应力波速度量的反射、透射与入射的关系

(1) 桩身完好，桩底支承条件一般

此时，仅在桩底存在界面，速度波沿桩身的传播情况如图所示。



因为  $\rho_1 C_1 A_1 > \rho_2 C_2 A_2$ ，所以  $n = Z_1/Z_2 > 1$ ，代入式(3-7)得  $F < 0$ ，(  $T > 0$  )

由式(3-6)可知，在桩底处，速度量的反射波与入射波同号，体现在  $V(t)$  时程曲线上，则为波峰位于中线的同一侧(同向)。典型的完好桩的实测波形如上图右。

由上两图分析可得激振信号从触发到返回桩顶所需的时间  $t_1$ 、纵波波速  $C$ 、桩长  $L$  三者之间的关系为

$$C = \frac{2L}{t_1} \quad (3-8)$$

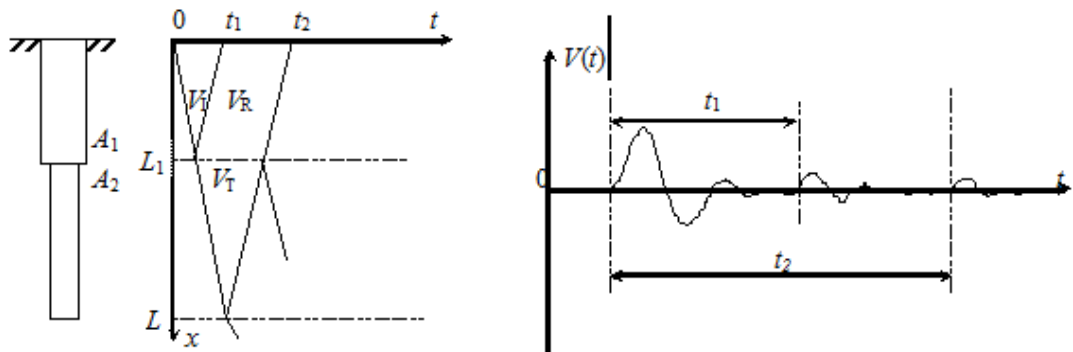
式(3-8)即为反射波法中判断桩长或求解波速的关系式。在式(3-8)的应用上，应已知  $C$  或  $L$  之中的一个，当二者都未知时，有无穷个解，因此实用中常常利用统计的方法或其他实验的方法来假定  $C$  或根据施工记录来假定  $L$ ，以达到近似求解的目的。

#### (2) 桩身截面变化

1)  $L_1$ 处桩截面减小。如下图左，可知在  $L_1$ 处有

$$N = Z_1/Z_2 = A_1/A_2 > 1$$

可得  $F < 0$ 。于是有： $V_R$ 与  $V_I$ 同号，而  $V_T$ 恒与  $V_I$ 同号。典型的波形如下图右所示。假定  $C$  为已知，则桩长和桩截面减小的位置可以确定如下：

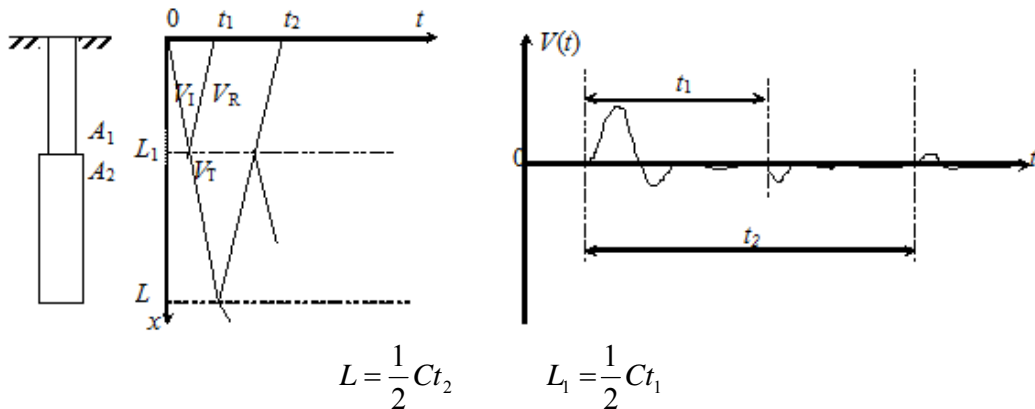


$$L = \frac{1}{2} C t_2 \quad L_1 = \frac{1}{2} C t_1$$

2)  $L_1$ 处截面增大。如下图左，可知在 $L_1$ 处

$$n = Z_1 / Z_2 = A_1 / A_2 < 1$$

于是有： $F > 0$ 。可得结论：截面积增大处， $V_R$ 与 $V_I$ 反号，而 $V_T$ 恒与 $V_I$ 同号。典型的波形如下图右所示。桩长和桩截面变化的位置可以确定如下：



$$L = \frac{1}{2} C t_2 \quad L_1 = \frac{1}{2} C t_1$$

(3) 桩身断裂

1) 桩身在 $L$ 处完全断开。如下图左， $Z_2$ 相当于空气的波阻抗，有 $Z_2 \rightarrow 0$ ，于是得

$$n = Z_1 / Z_2 = A_1 / A_2 \rightarrow \infty$$

由式 (3-7) 得

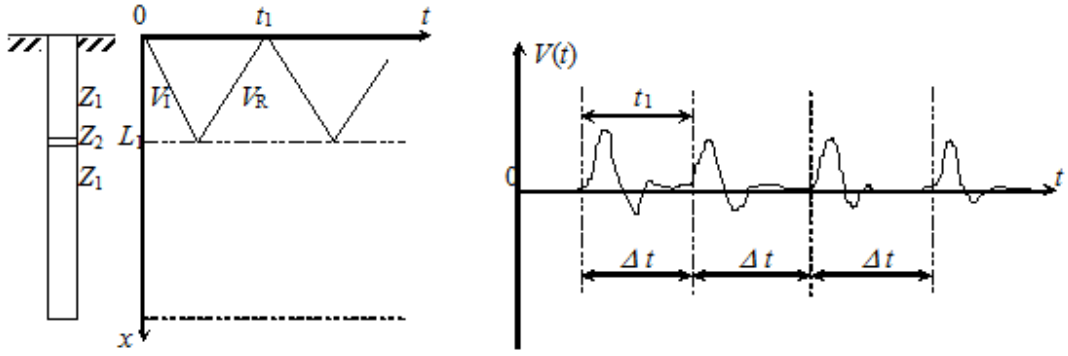
$$F = -1, \quad T = 0$$

代入式 (3-6a) 和 (3-6b)，可得

$$V_R = V_I, \quad V_T = 0$$

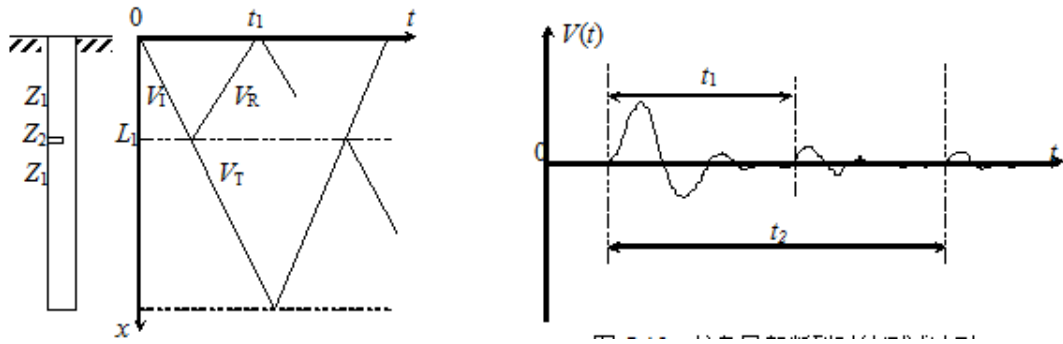
即应力波在断开处发生全反射，由于透射波为零，故应力波仅在上部多次反射而到不了桩底。

典型的实测曲线如下图右所示。断裂的位置可按式确定：



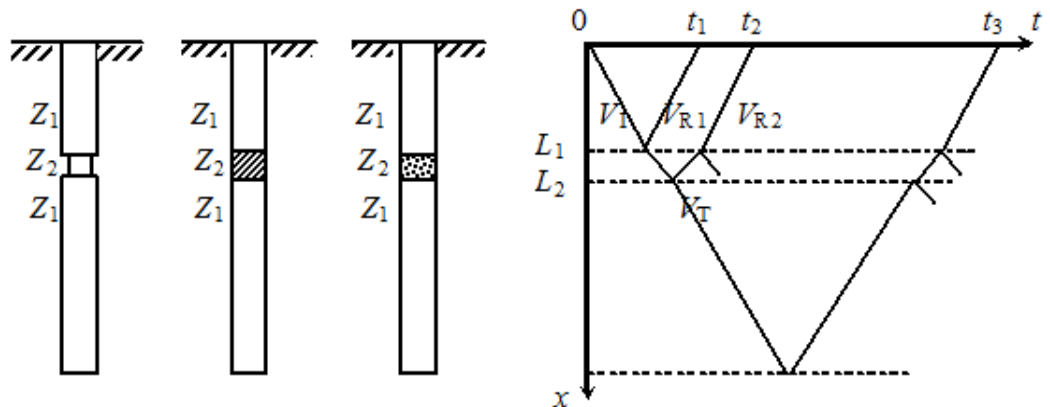
$$L_1 = \frac{1}{2} C t_1 = \frac{1}{2} C (t_2 - t_1) = \dots = \frac{1}{2} C (t_i - t_{i-1}) = \dots$$

2) 桩身在 $L_1$ 处局部断裂(裂纹)。如下图左, 典型 $V(t)$ 曲线如下图右。 $L_1$ 处反射信号与 $L_1$ 处(桩底)反射信号的强弱, 随着裂纹的严重程度而不同。



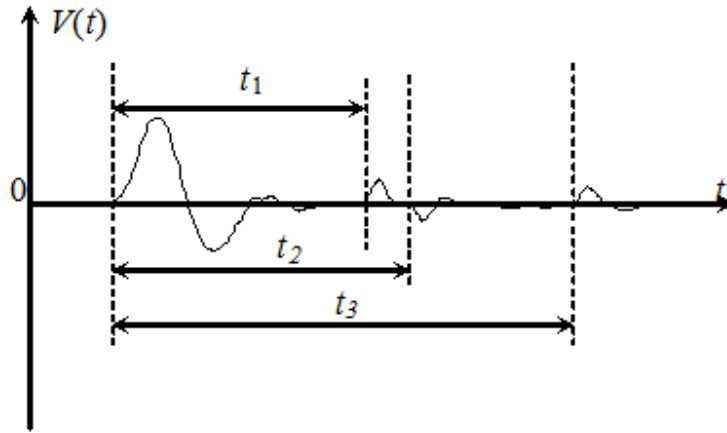
(4) 桩身局部缩径、夹泥、离析

三种情况及相应的应力波传递过程示意于下图中, 对此三种情况可分析如下:



- 1) 缩径:  $n_1 = Z_1/Z_2 = A_1/A_2 > 1, F < 0$ 。所以:  $V_R$ 与 $V_1$ 同号,  $V_T$ 与 $V_1$ 同号。  
 $n_2 = Z_2/Z_1 = A_2/A_1 < 1, F > 0$ 。所以:  $V_R$ 与 $V_1$ 反号,  $V_T$ 与 $V_1$ 同号。

下图是实测波形。



2) 夹泥和离析:

$$n_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\rho_1 C_1}{\rho_2 C_2} > 1, \quad n_2 = \frac{\rho_2 C_2}{\rho_1 C_1} < 1$$

所以上述三种情况的  $V_R$  与  $V_I$  及  $V_I$  与  $V_I$  的关系相似，实测中的波形特征也极为类似。桩长和缺陷位置等特征可根据上图确定如下：

$$\text{桩长: } L = \frac{1}{2} C t_3$$

$$\text{缺陷位置: } L_1 = \frac{1}{2} C t_1$$

$$\text{缺陷范围: } \Delta L = \frac{1}{2} C (t_2 - t_1)$$

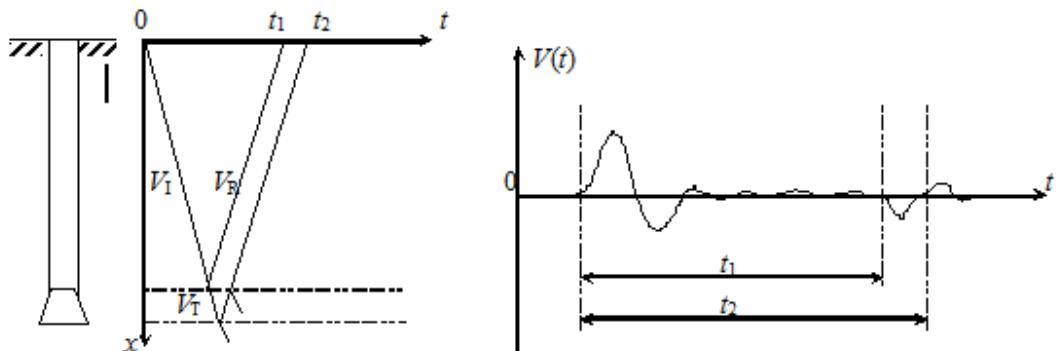
实际上，由于  $L_2$  处的反射信号在返回桩顶时又经过  $L_1$  处的反射与透射，故能量较  $L_1$  处的一次反射弱，一般较难分辨。当缺陷严重时，桩底的反射信号也较弱。

另外，以上三种缺陷的进一步鉴别可根据：

- ①根据地质报告和施工记录以及桩型区分；
- ②根据波形的光滑与毛糙情况区分；
- ③根据波速区分。

(5) 桩底扩大头

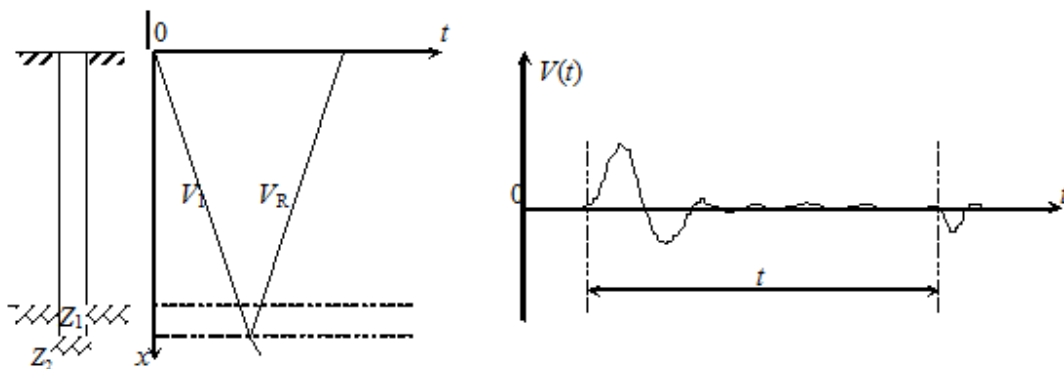
如下图左所示。典型的测试曲线如下图右



## (6) 桩底嵌岩或坚硬持力层

1)  $Z_1 < Z_2$ ,  $n < 1$ ,  $V_R$ 与 $V_I$ 反号2)  $Z_1 \approx Z_2$ ,  $n \approx 1$ ,  $F \approx 0$ ,  $V_R$ 接近为零, 此时桩底基本不产生反射信号, 反映在波形图上, 则看不见桩底反射信号。

如下图左, 实测波形如下图右。



## 3. 弹性波在传播过程中的衰减

弹性波在混凝土介质内传播的过程中, 其峰值不断衰减, 引起弹性波峰值衰减的原因很多, 主要是:

1) 几何扩散。波阵面在介质中不论以什么形式(球面波、柱面波或平面波)传播, 均将随距离增加而逐渐扩大, 单位面积上的能量则愈来愈小。

2) 吸收衰减。由于固体材料的粘滞性及颗粒之间的摩擦以及弥散效应等, 使振动的能量转化为其它能量, 导致弹性波能量衰减。

3) 桩身完整性的影响。由于桩身含有程度不等和大小不一的缺陷: 裂隙、孔洞、夹层等, 造成物性上的不连续和不均匀, 导致波动能量更大的衰减。

## 4. 混凝土的强度及其弹性波速

混凝土是由水泥、砂、碎石组成的混合材料。当原材料、配合比、制作工艺、养护条件、龄期和混凝土的含水率不同时, 其强度和弹性波速均不一样。影响波速的主要因素有:

1) 原材料的影响。水泥浆硬化体的弹性波速较低, 一般在4km/s以下; 常用的砂和碎石的弹性波速较高, 通常都在5km/s以上。混凝土是水泥浆胶结砂和碎石而成, 其波速多在3000~4500m/s的范围内。

2) 碎石的矿物成分、粒径和用量的影响。不同矿物形成的碎石的弹性波速是不同的。在混凝土中, 石子的粒径越大、用量越多, 在相同强度的前提下混凝土的弹性波速越高。

3) 养护方式的影响。

根据室内试验的结果, 混凝土的强度和弹性波波速之间有良好的相关性。下述公式可供参考。

$$\sigma_c = 4.18e^{0.49C} \quad (3-9)$$

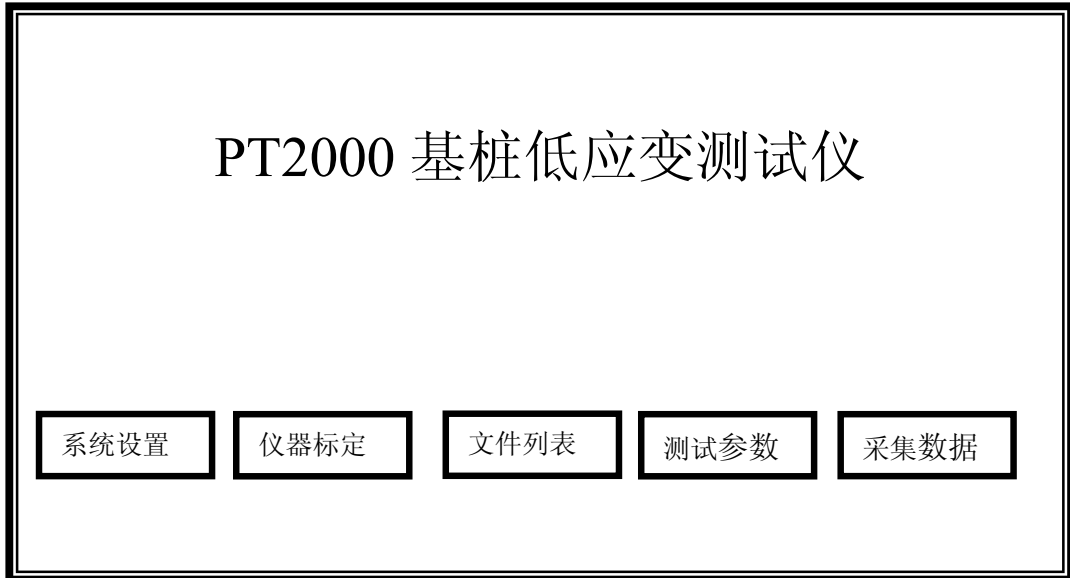
式中 $\sigma_c$ 为混凝土的标准抗压强度(MPa),  $C$ 为混凝土的纵波波速(km/s)。上式的统计样本容量 $n=30$ , 相关系数 $r=0.9869$ 。



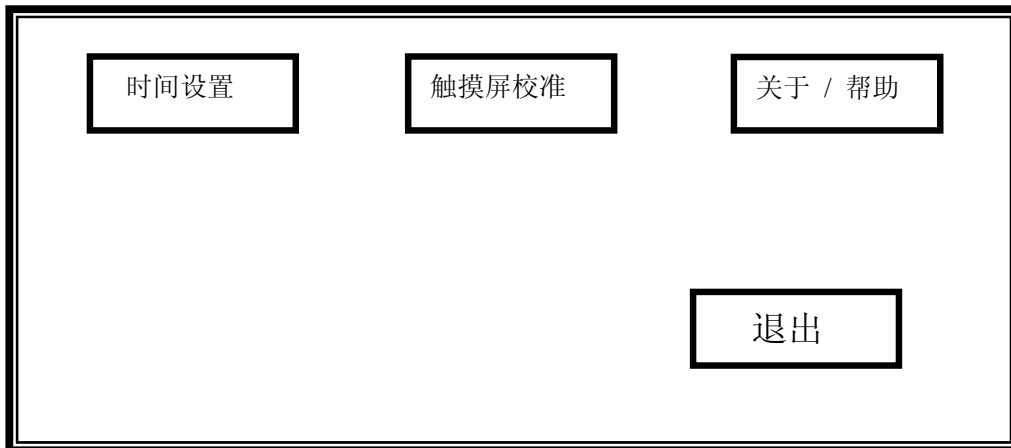
## 第四章 仪器操作

### 4.1 启动与运行

用户连接好传感器，接通电源开关，屏幕上直接显示公司标志，数秒钟后，仪器自动引导进入主界面，用户即可进行测试工作。其主界面如下图。



系统设置功能：



文件列表功能：

删除工地：将选中的工地名删除；

删除数据：将选中的测试数据删除

打开数据：将测试数据读取到内存中，并显示曲线，准备分析

导出数据：将测试数据导出到U盘中  
退出：关闭本页面，返回上级页面

工地名称	桩号	
PRJ001	PILE01	删除工地
PRJ002	PILE02	删除数据
PRJ003	PILE03	打开数据
PRJ004	PILE04	导出数据
PRJ005	PILE05	
PRJ006	PILE06	返回

参数功能：

用户可根据自己的实际情况，合理调整相关参数

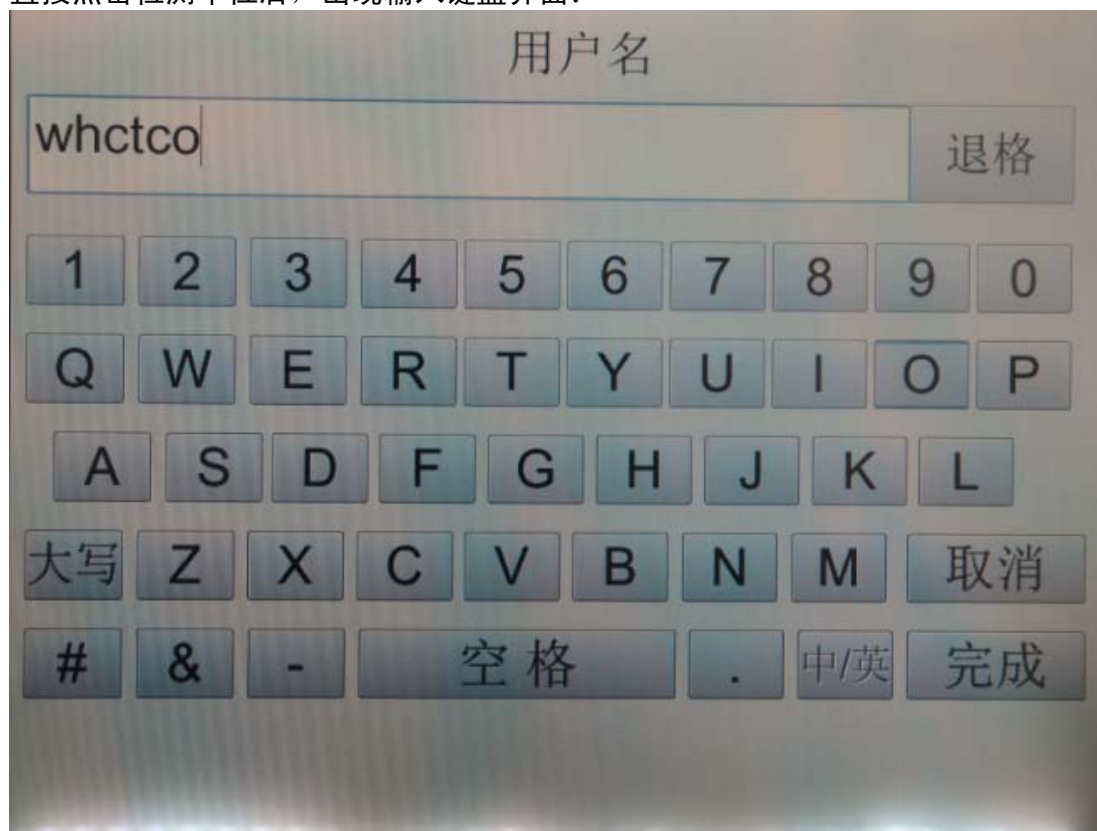
智能参数：该参数会根据用户输入的桩长参数，自动匹配最佳的测试参数，对于新用户来说，是较为方便的选项。默认是勾选状态可以点击取消。

名称	含义	约定	输入方法
检测单位	点击进入单位名称输入界面。	限长8位字符	软键盘
工地名称	点击进入工地名称输入界面。	限长8位字符	软键盘

检测人员	点击进入检测人员设置界面	限长8位字符	软键盘
桩号	点击进入桩号设置界面	限长8位字符	软键盘
波速	点击进入预估波速输入界面。	1-9999m/s	软键盘
桩长	点击进入预估桩长输入界面。	1-9999m	软键盘
采样长度	点击进入采样长度输入界面。	1024,2048	列表选择
采样间隔	点击进入采样间隔选择界面。	2-65535us	列表选择
探头类型	速度计/加速度计轮换		
指数放大	点击进入指数放大设置界面	1-99	软键盘
日期时间	点击进入日期时间输入界面。	软键盘	
备注	点击进入备注信息输入界面。	限长8位字符	软键盘
确定	点击保存所有设置并退出设置界面。		
取消	点击取消所有设置并退出设置界面。		

输入方法举例：

直接点击检测单位后，出现输入键盘界面：



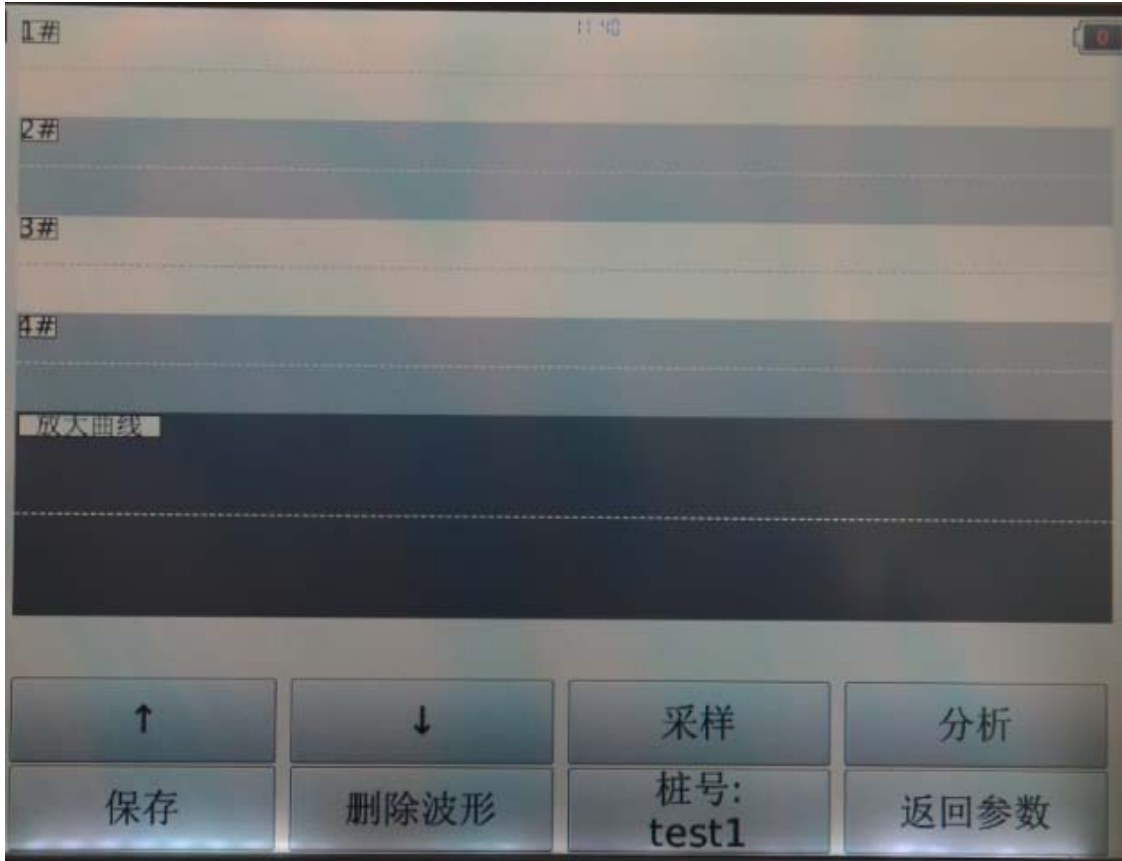
输入完成后，点击“完成”即可，点击“取消”不保存本次修改，点击退格，可以将当前输入擦除。

## 4.2 采集界面说明

仪器正常启动后，并单击“采集”，将进入仪器的采集界面。

### 4.2.1 波形显示区

采集界面波形显示区如下：



波形显示区位于屏幕上方，四块区域依次显示四次采样的波形（一个文件记录最多8个波形）。选中某一次波形会在该波形所在区域的左上方的数字反色，如，表示该波形处于“活动状态”。处于“活动状态”的波形可以进行如下操作：1选择“删除波形”，对此区域波形进行删除，使其不参与多个波形叠加。2选择“分析”，将所有区域的波形进行叠加分析。

点击“采样”，将会连续采集8个现场波形数据

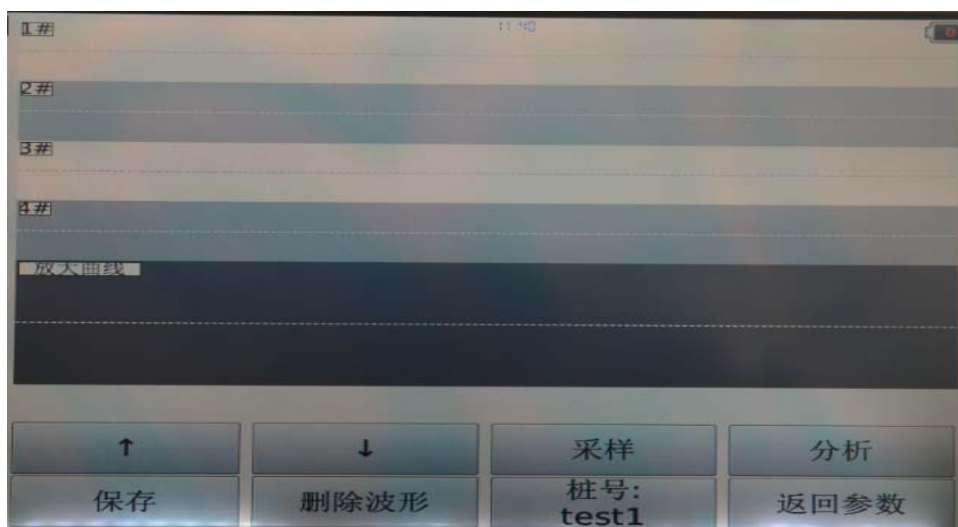
点击“分析”将当前8到数据叠加后进入分析波形界面

点击“保存”，将当前数据保存到数据文件中，该文件默认以参数设置中的桩号为准

点击“桩号”，可以直接修改桩号

## 4.3 信号采集

选择此项后，将出现“等待落锤”的提示。落锤一次，完成一次采样，显示在当前



## 4.4 现场分析

在命令操作区点击“分析”后，进入波形分析界面。波形分析界面包括四个部分：波形显示区、参数指示区、操作命令区、状态提示区。

### 4.4.1 波形显示区

分析界面参数指示区如下：

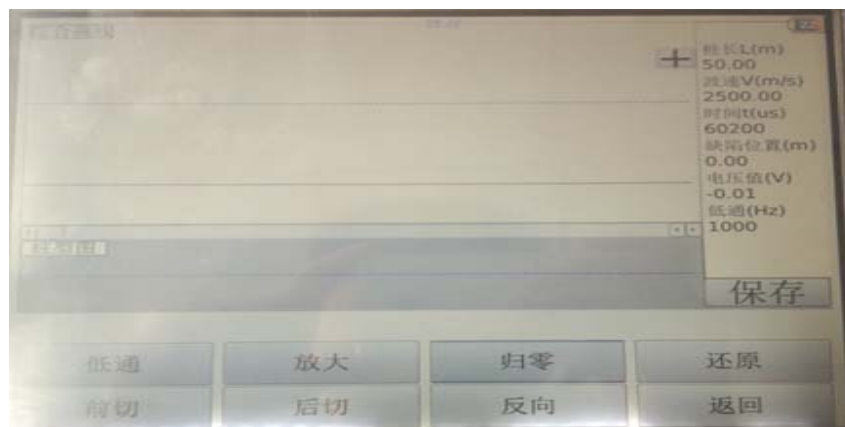


名称	含义
桩顶/桩底/缺陷	点击桩顶/桩底/缺陷轮换，以定桩顶/桩底/缺陷位置。
波速固定	点击波速/桩长轮换，以计算桩长或波速。
桩长固定	点击波速/桩长轮换，以计算桩长或波速。
波速/桩长	点击进入波速设置或桩长设置界面。
波形处理	点击进入波形处理界面，如放大，滤波等。

返回采集	点击将返回到波形采集界面。
保存	点击将保存当前的数据。
左移	点击左移时标线。
右移	点击右移时标线。

#### 4.4.2 操作命令区

波形分析界面操作命令区如下：



名称	含义
低通	点击进入低通滤波设置界面。
放大	点击将放大当前波形。
归零	点击将当前波形归到中心线。
还原	点击将恢复原始的波形。
前切	点击将时标线左侧数据归零。
后切	点击将时标线右侧数据归零。
反向	点击将当前波形反向。
返回	点击退出分析界面

### 4.5 数据存取

采集波形后，点击主界面上的“保存”按钮可保存当前采到的波形。文件名为当前的显示桩号。

#### 4.5.1 数据导出

在仪器开机前，通过导出线连接主机和USB，按后启动仪器，在采集软件的启动界面上点击“导出数据”进入导出工地界面，选择要导出的检测数据。

#### 4.5.2 数据删除

在采集软件的启动界面上点击“文件列表”进入文件列表界面，选择要删除的检测数据或检测工地，以腾出存储空间。

工地名称	桩号	删除工地
PRJ001 PRJ002 PRJ003 PRJ004 PRJ005 PRJ006	PILE01 PILE02 PILE03 PILE04 PILE05 PILE06	删除数据
		打开数据
		导出数据
		返回

## 第五章 分析软件

### 5.1 软件特点

PT2000低应变分析软件是为PT系列各种低应变检测仪器中配备的基桩完整性低应变反射波法检测分析程序。此程序在编程上强调了操作更灵活，界面更友好。在功能上给了用户更大的灵活性，主要表现在如下几个方面。

a.对波形的处理与分析：完善的滤波功能，可对采集的波形进行后期处理，方便用户后期报告的编写。简单的操作即可完成对波形的分析与评定，及时准确的评价桩身质量。

b.丰富的参数设置：灵活机动的参数设置，分别可修改时间，单位，桩身质量等级，砼等级，自动桩身描述等功能。

c.打印版面设置：可以灵活选择时域波形，频谱，模拟桩等为打印内容，并可选择输出的打印结果是否配以文字的分析信息。同时也可以灵活设置打印的版面：如指定打印纸四周预留的空白，指定每页输出结果的数量，打印份数，指定每页是否加上工程名称为抬头，是否在末页加上检测单位与人员，是否加入页码等。

d.统计表的生成：根据分析结果，软件能够自动生成信息统计表。

e.完善的文件管理功能：考虑到低应变反射波法测试往往波形存盘数量巨大，数据从仪器导入电脑后，自动保存在与工地同名的文件夹中。通过软件打开该文件夹中的任意一个数据，软件自动给出该文件夹中所有数据的列表，用户可通过列表方便的浏览该工地中的所有波形。对与分析结果，软件自动生成与原始文件同名，不同后缀的结果文件，即便于结果的输出，又便于原始文件的备案。

### 5.2 环境要求

PT2000低应变分析软件对计算机的要求为：CPU主频不低于1.0GHZ、内存不小于512M、操作系统为简体中文版WindowXP 及其以上版本、用户应熟悉WINDOWS平台的基本操作与概念。

### 5.3 安装与卸载

在WINDOW平台上，找到PT2000低应变分析程序安装程序。双击鼠标左键，即可运行安装程序。此时出现如下安装指示。

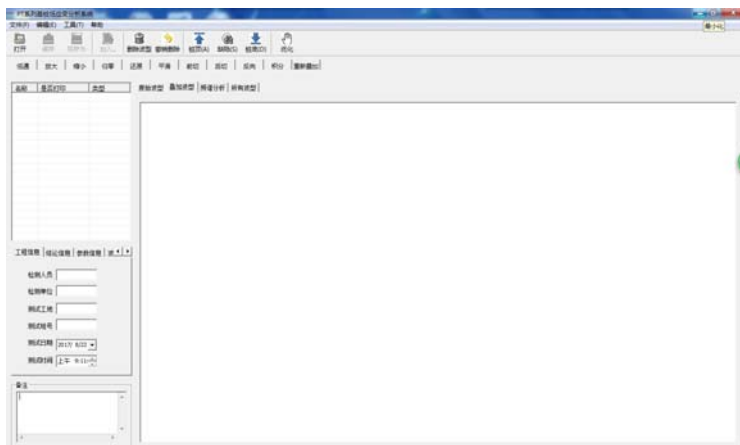
a. 鼠标单击“下一步(N)”命令按钮，进入安装路径选择界面。 b. 安装路径选择完毕后，点击下一步开始安装，直至出现安装已完成的提示。

### 5.4 运行与主界面说明

在开始菜单中点击PT2000低应变分析程序，即可使程序运行。而后进入程序的主界面如下，至此即可开始使用本程序进行低应变反射波法基桩完整性检测的分析。



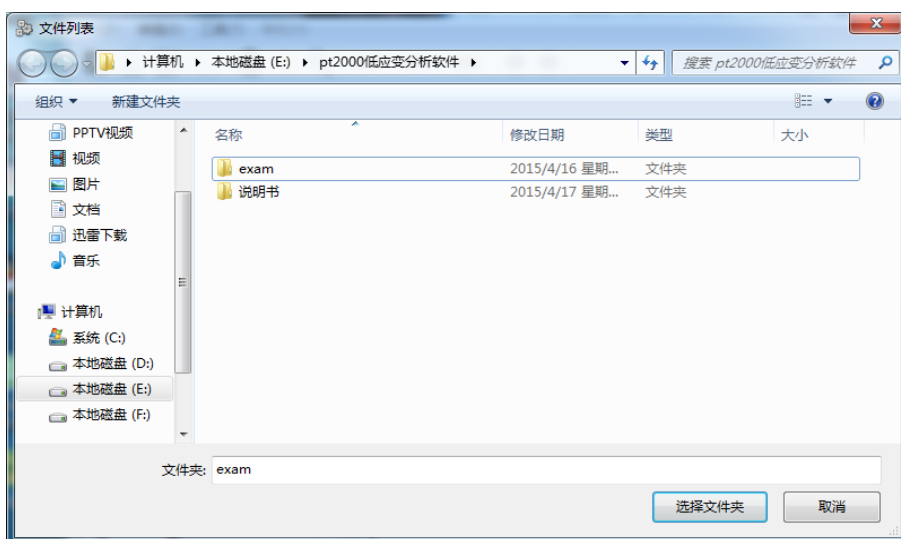
## 主界面



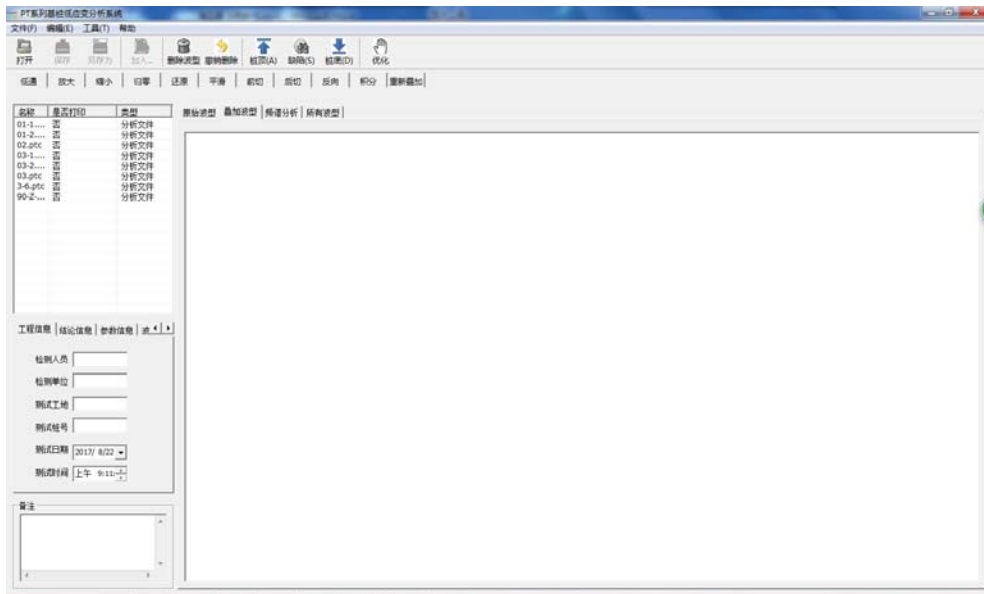
## 打开工程



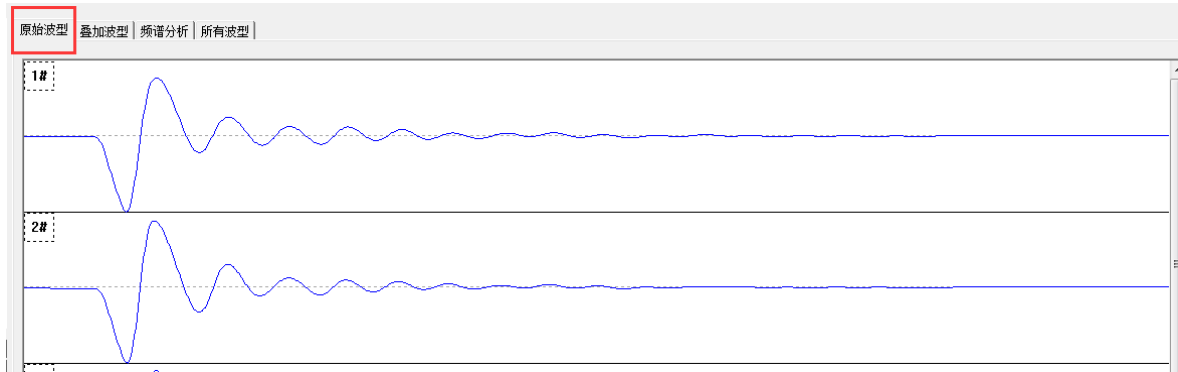
## 找到文件夹



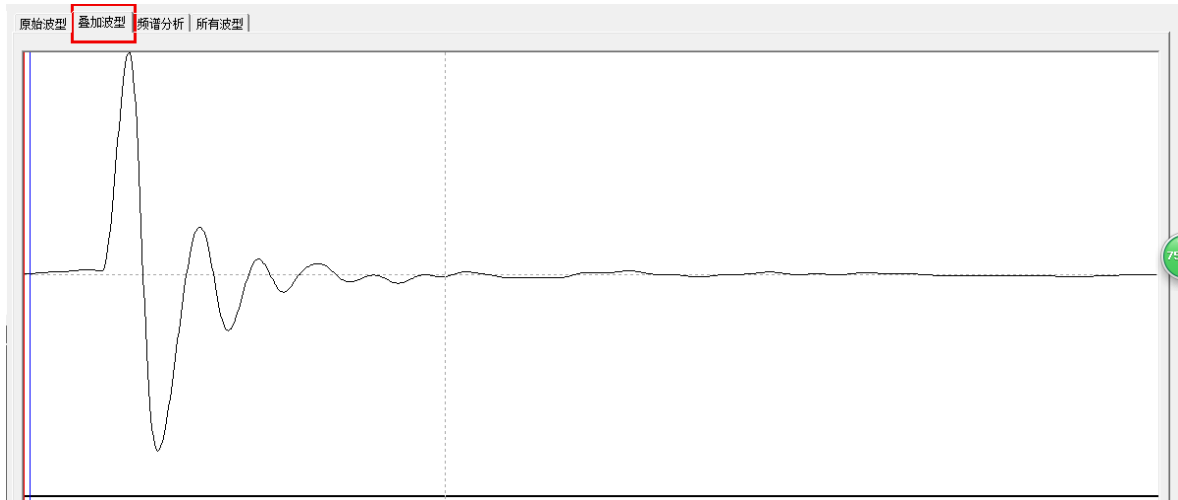
打开该工程下面的所有测试文件



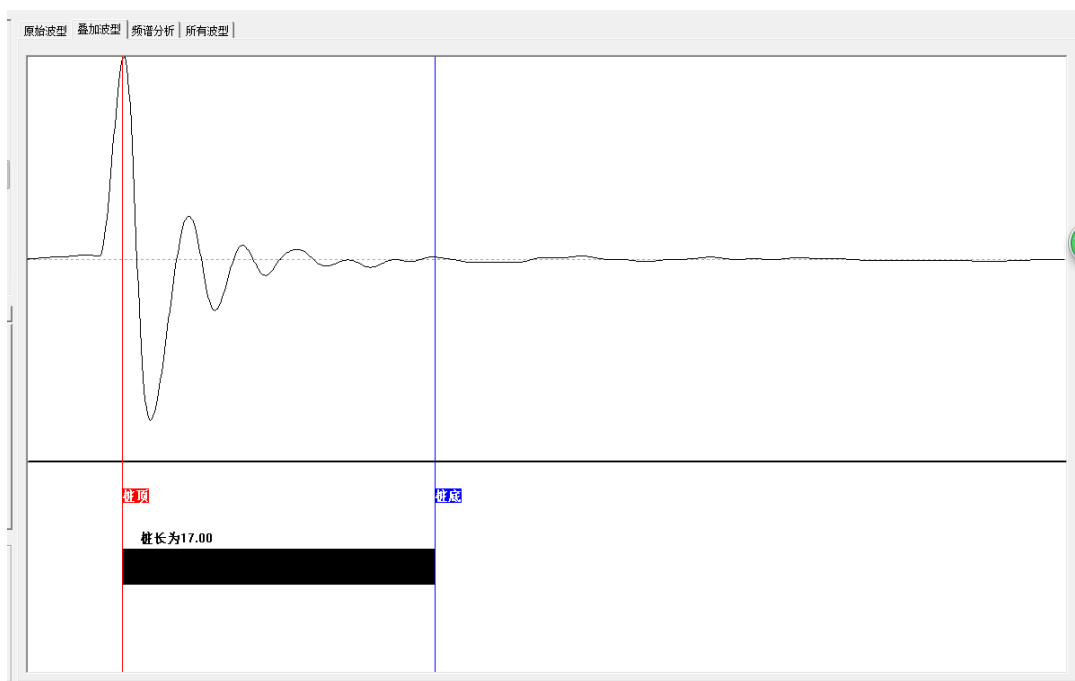
原始波形



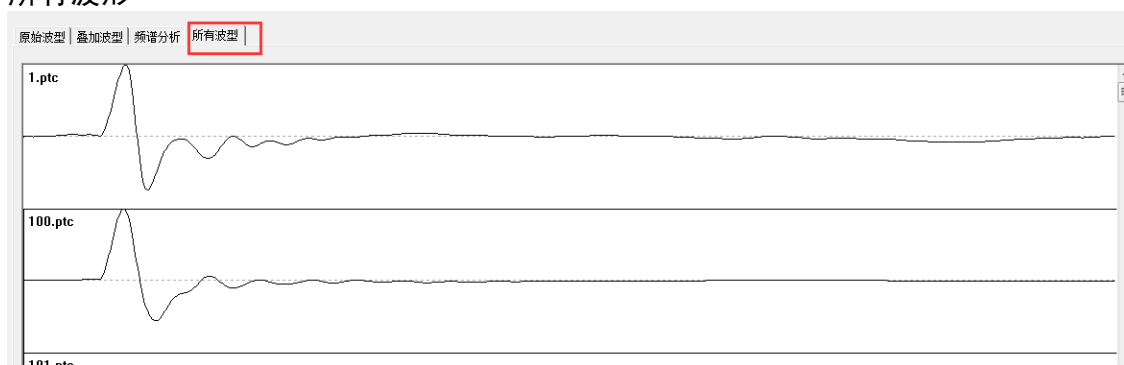
叠加波形



可通过菜单栏快速设置桩顶 桩底



所有波形



参数信息

工程信息 | 结论信息 | 桩体信息 | 波 ◀ ▶

检测人员

检测单位

测试工地

测试桩号

测试日期

测试时间

工程信息 | 结论信息 | 桩体信息 | 波 ◀ ▶

类别

砼强度

桩径



## 菜单栏



## 文件栏:

导入原始数据: 当数据第一次打开时, 使用此功能。需注意, 选择数据文件时, 应以文件夹的形式选中, 不能选中单个数据

输出到WORD: 将桩身完整性结论信息表输出到WORD文档

加入打印列表: 可将当前的测试数据加入到打印列表中, 准备打印

打印设置: 对所要打印的文件参数进行选择 and 设置

打印预览: 查看加入打印列表中的测试数据, 并可以预览, 打印

统一工地和检测单位: 以当前的测试数据参数为准, 将整个工地里面的测试数据统一为相同的工地和检测单位

## 编辑栏:

删除波形: 将测试的某道原始数据删除

撤销删除: 将删除的波形复原

桩顶: 设置当前时标位置为桩顶

桩底: 设置当前时标位置为桩底

缺陷：设置当前时标位置为缺陷

桩长固定、波速固定：分析波形时，将桩长或波速设置为不变工具栏

工具栏：

低通：将波形进行低通滤波，低通值可在“参数信息”——“波形信息”中设置

放大：放大波形

归零：当波形不处于中间基线时，是波形归于中间基线处

还原：将所有对波形的修改取消，还原为原始曲线

平滑：通过输入平滑点数使波形平滑，平滑值设置范围为0—100

前切：将光标所处位置以左的波形切除

后切：将光标所处位置以右的波形切除

反向：将波形相位进行180度旋转

积分：波形积分

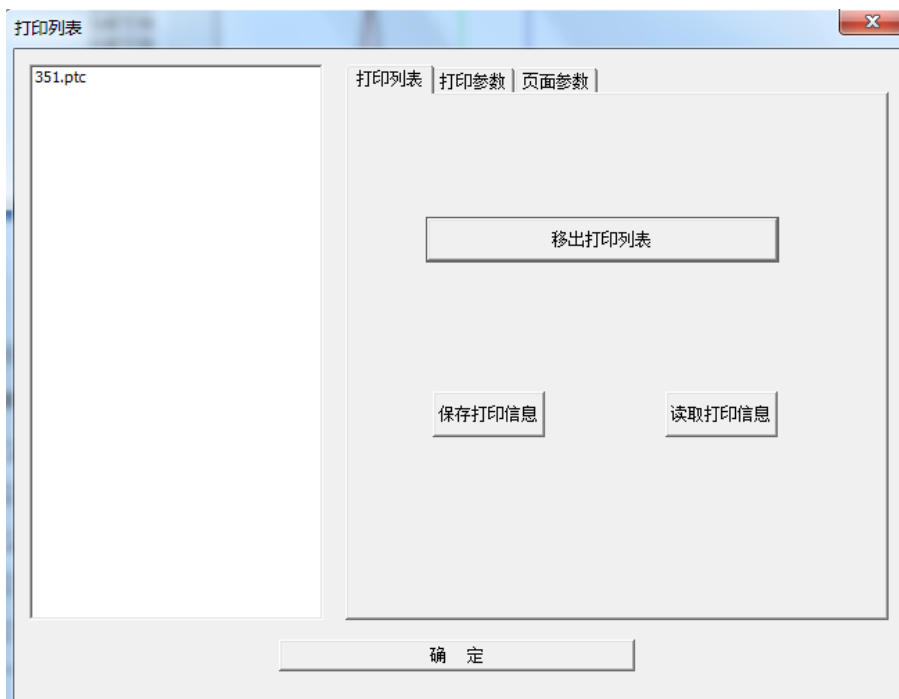
重新叠加：当前叠加波形不满意时，可在原始波形中重新选择波形后，重新叠加波形

设置为桩顶、桩底、缺陷后后

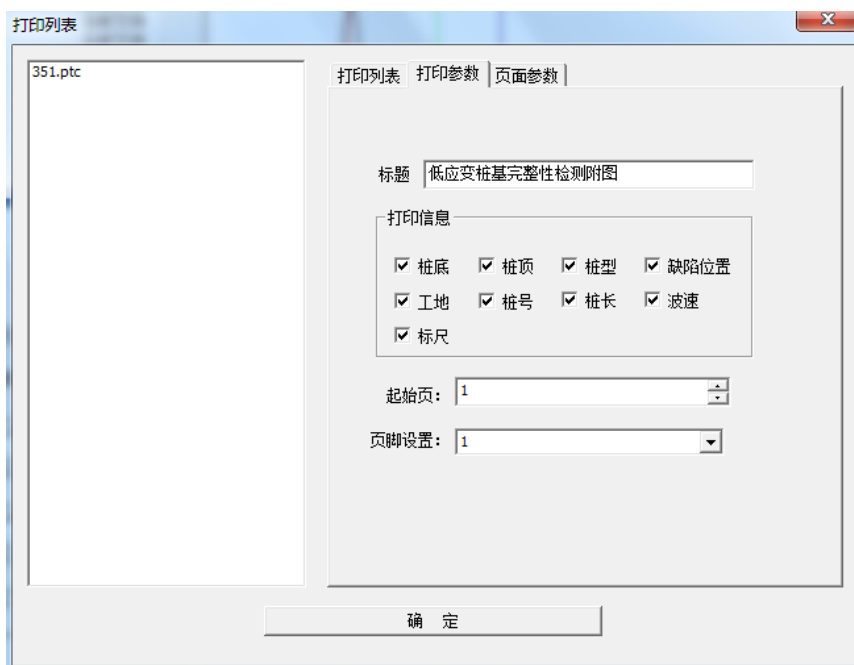


## 打印操作

1、将分析过的数据添加到打印列表，点击“打印设置”，显示如下图，左边是待打印的桩号文件数据，可以通过上移下移来调整桩号文件数据位置，点击“保存打印信息”可以将当前所有的打印文件名和设置的信息保存到打印信息文件中，方便下次调用。



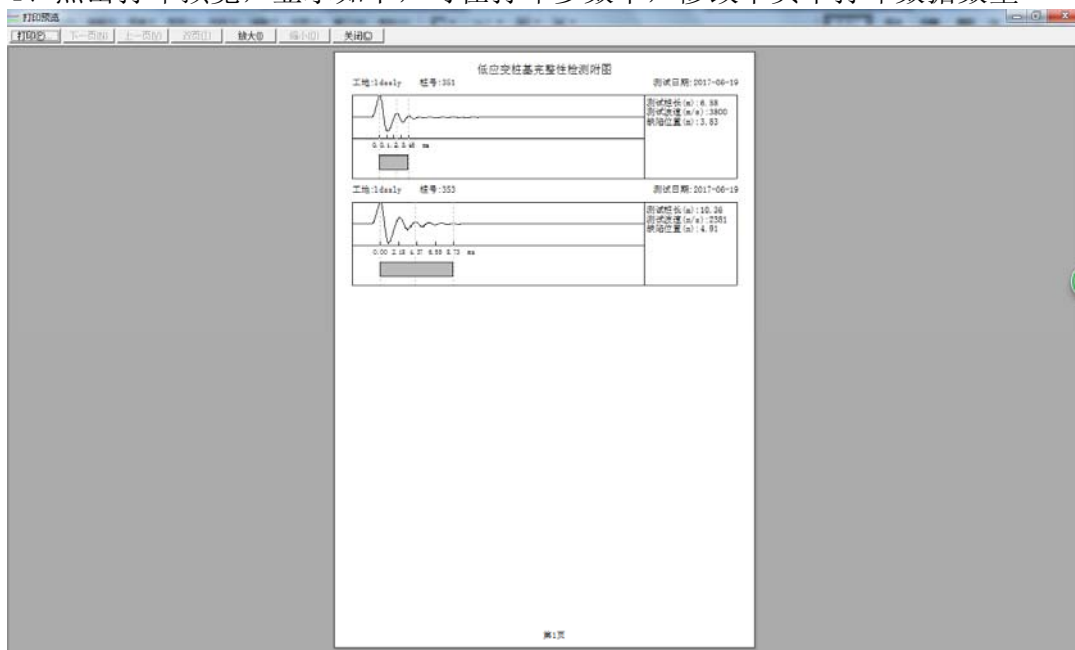
2、点击“打印参数”，如下图，可以设置打印页标题，需要打印出来的参数，页码的格式和起始页码



3、点击页面参数，如下图，可以调整打印页的内容



4、点击打印预览，显示如下，可在打印参数中，修改单页中打印数据数量



## 第六章 疑难解答

### 6.1 常见故障及排除

这部分介绍了如何处理系统出现的故障，但这里并不能包含所有的情况。如果您在这里找不到答案，请将所发生的故障及您的处理记录下来，并及时与我处联系。在不能或不便于马上修理时，请仔细阅读本部分。如果进行所有尝试都不能解决问题，在方便的时候与维修部门联系，彻底解决问题。

#### 6.1.1 使用速度传感器时

1、按采样后，仪器自动触发 可能原因：（1）速度传感器与连接电缆连接不紧（2）程序设置不正确。（3）速度传感器损坏。解决方法：（1）检查速度传感器与其相关连线是否连接好。（2）检查程序设置与相接传感器是否相配（请参照程序说明中设置说明）。（3）更换速度传感器。

2、按采样后，仪器始终不触发 可能原因：（1）电缆损坏。（2）有短路现象。（3）程序设置不正确。（4）速度传感器损坏。解决方法：（1）检查传感器相关连线是否有短路现象。（2）检查程序设置与相接传感器是否相配（请参照程序说明中设置说明）。（3）更换速度传感器。

#### 6.2.2 使用加速度传感器时

1、按采样后，仪器自动触发 可能原因：（1）电缆损坏。（2）有短路。（3）程序设置不正确。（4）加速度传感器损坏。解决方法：（1）检查传感器相关连线是否有短路现象。（2）检查程序设置与相接传感器是否相配（参照程序说明中设置说明）。（3）更换加速度传感器。

2、按采样后，仪器始终不触发 可能原因：（1）电缆损坏，如断线。（2）程序设置不正确。（3）加速度传感器损坏。解决方法：（1）检查传感器相关连线是否断线及连接。（2）检查程序设置与相接传感器是否相配（参照程序说明中设置说明）。（3）更换加速度传感器。

### 6.2 反射波法的现场检测方法

现场采用反射波法对基桩的完整性进行检测，分以上几个步骤：

#### （一）现场查看及资料收集

检测人员进行测试联系的过程中首先要了解该工程的概貌，内容包括建筑物的类型、桩基础的种类、设计指标、地质情况、施工队的素质和工作作风以及甲方现场管理人员、监理人员的情况等。检测工作开始以前，应借阅基础设计图纸及有关设计资料、有效的地质勘察报告、桩基础的施工记录、甲方现场管理人员、监理人员的现场工作日志等。

#### （二）桩位的选择及桩头的平整

测试工作的负责人应会同设计者、甲方人员及监理人员，参考现施工记录和工



作日志，选择被检测桩的桩位。为了确保检测信号能有效、清楚地反映桩基的完整性，测试前应考察桩身混凝土的龄期，使之具备足够的强度，混凝土龄期应大于 10 天，地下水位较高时还应延长；桩头应予以处理，要求将桩头的浮浆予以清除，还应注意不能将桩身劈裂，留下隐性裂缝，桩头的破碎部分应彻底清除，桩头面应成完整的水平面。如此就可避免检测过程中产生虚假的信号，以防止影响正确的评判结果。

### （三）传感器的安装

为了确保测试成果的客观性，传感器的安装应考虑两个方面的影响。

#### （1）传感器的安装位置及方向

由于弹性反射波法是建立在一维纵向振动波动理论的基础上，传感器的轴线与桩身的纵轴线是否平行是至关重要的，否则，入射波与反射波之间将产生夹角（相位差），二维效应将难以克服。由实践可知，传感器的安放点应距桩心沿半径方向约  $2/3R$ （半径）处，这样将得到最小的反冲信号的出现，有利于浅部缺陷的评判，且对于较大直径的桩测点应不小于 2 个，每个测点至少要有三个锤击点。另外检测点与锤击点应足够的距离以消除二维效应。

#### （2）传感器与桩顶面的偶合

传感器与桩顶之间的偶合是非常重要的，安装方式不慎，粘结状态不好，就会降低传感器的安装谐振效率，严重的情况下还将制约加速度的有效使用频范，使测试失败。传感器的安装方法通常有以下几种：

##### I、胶粘接

此方法需要在传感器底部配一块刚性垫块，该垫块通过螺栓与传感器底部紧密联成一体，使用时，在桩顶测点面上用球氧树脂或 502 胶将垫块与测点面胶接。有胶联接，对胶接质量要求较高，且易造成降低传感器有效频范的情况，工程上不太适用。

##### II、石膏粘接

现场在测点上用将石膏粉调匀，然后将传感器连同垫块一起粘接在测点上。该方法要求在石膏凝固前将传感器位置放正，对测点面无特殊要求，操作方便，干凝时间短，成本低，一般情况下不会降低传感器的使用频范，不失为工程检测中的一种理想的粘接手段。

##### III、薄腊或润滑脂

在冬季或春秋季节，采用石腊或润滑脂作为传感器与测点面的偶合剂比较好，此方法对桩顶测点面的要求比较高，但操作快捷，只是应注意在桩顶的混凝土材料

松散的情况下效果不佳。

#### IV、橡皮泥粘接

学生做手工课用的橡皮泥在夏季和春秋两季也是一种尚好的偶合剂，使用得法，检测效果较佳。

### 6.3 力锤的选择

在结构动态分析诊断中，力锤的重量、形状以及锤头的材料质地等对测试结果都将产生重大的影响。

桩基检测中，力锤主要用来产生桩头力信号的首脉冲。力锤的重量一般为 $1\sim 1.2\text{kg}$ ，力锤手柄不宜太长，以避免强烈的手震感，更重要的是确保力锤下落到桩顶时，锤头与桩顶面垂直。力锤头部的材料不同，会对首脉冲的宽度产生影响。实践表明，钢锤产生的脉冲信号尖而高，可获得较精确的桩顶入射波的起始点，对判定桩身浅部缺陷也较有利，其缺陷是较易激励出许多含有高频成分的表面波，四氟乙烯塑料锤激励出的信号较适中，但传递的能量较小，深（长）桩的桩底反射较弱；尼龙锤的激励信号较四氟乙烯塑料锤要尖一些，也易产生少许高频成分，应视现场桩的长度、混凝土强度以及缺陷深度而选择不同的锤型。笔者在实践中还尝试了力棒，材质为45#钢，力棒较之力锤有其独特的优点，它有激励能量大，力作用线易于控制，且不受桩头上部钢筋笼的困扰。北京铁道研究院的一篇论文中，也曾阐述过力棒较之力锤在桩基检测中有许多优越之处。

### 6.4 首脉冲的敲击

首脉冲的好坏直接影响着对桩身缺陷的评判。理想的首脉冲为半正弦波，且无反冲脉冲现象。要获得此理想的首脉冲可从以下几个方面着手。

- (1) 桩头要破到真实的硬混凝土，桩头部分不得存在松动和裂缝，桩面应平整；
- (2) 传感器的安装位置一定要适合，以获得最小反冲甚至无反冲；
- (3) 传感器的安装质量要高，不以降低其工作频段；
- (4) 敲击时，落锤要落到实处，动作干脆利落，以尽量使首脉冲狭窄且符合半正弦规律

### 6.5 关于测试桩长范围

一般认为桩的长径比在 30 以内，低、高应变测试可以接收到清晰的桩底反射，大量资料证明并非如此。实际上在确定检测桩长时，不仅要考虑到桩的长径比，而且更要考虑到桩土的刚度比，桩土刚度比越大，弹性波衰减的程度就越小，可测得的桩长范围越大。因此，低应变法测桩的长度范围主要取决于桩的边界条件与长径比。

《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106—2014)规定该方法的理论依据是建立在一维线弹性杆件模型基础上，因此受检桩长细比、激励脉冲有效高频分量的波长与桩的横向尺寸之比均宜大于 5，设计桩身截面宜基本规则。方法规定有效检测桩长， $L/D \leq 50$ ，且 L 不宜大于 50m，超过此范围，应结合其它方法判定。

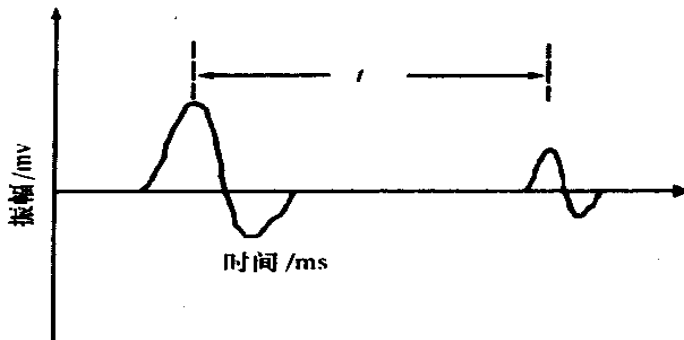
## 6.6 预制管桩的测试方法

首先传感器安装位置和锤击位置应该成 90 度，详见附录一。锤击时应该使用小锤轻敲，或者使用力棒轻敲！有时桩尖进入了持力层较好，则不易见到反射波。

## 第七章 波形初步判读

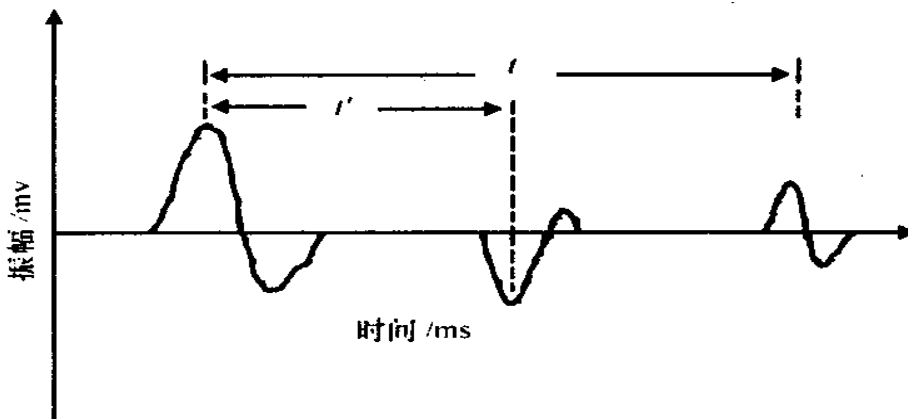
### 1、低应变理论波形曲线

#### 1) 完整桩波形曲线



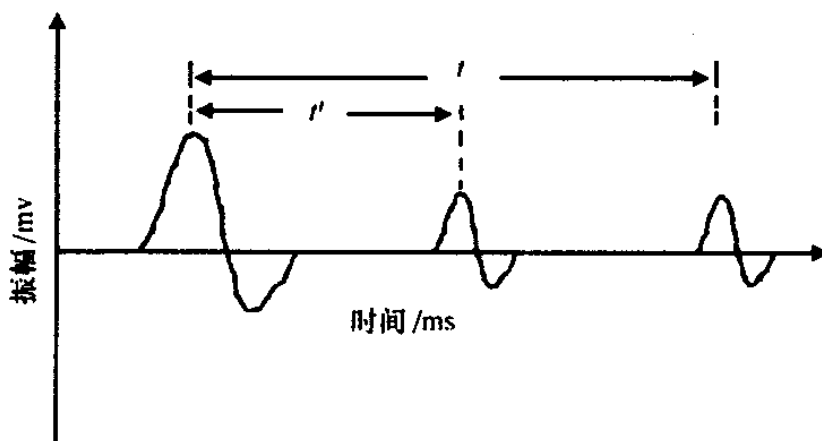
#### 2) 扩径桩波形曲线

在桩身扩径处有  $\rho_1 = \rho_2$ ,  $c_1 = c_2$ ,  $A_1 < A_2$ , 因此其反射系数  $R < 0$ , 故扩径处反射波与入射波反相(如图4所示). 根据平均纵波波速和反射波走时差  $t'$ , 可以估算扩径的位置  $L'$ , 即有  $L' = ct' \div 2$ .



#### 3) 缩径桩波形曲线

在桩身缩径处有  $\rho_1 = \rho_2$ ,  $c_1 = c_2$ ,  $A_1 > A_2$ , 因此其反射系数  $R < 0$ , 故缩径处反射波与入射波同相(如图6所示). 同样根据平均纵波波速  $c$  和反射波走时差  $t'$ , 可以估算缩径的位置  $L'$ , 即有  $L' = ct' \div 2$ .



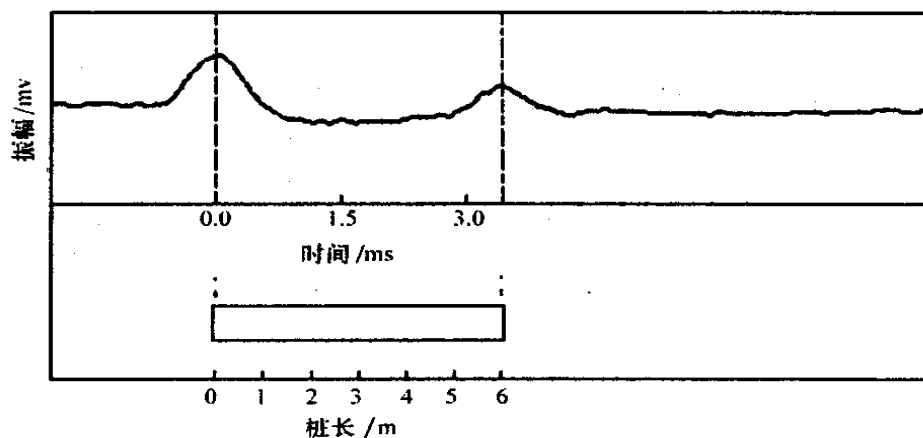
#### 4) 断桩波形曲线

在桩身断裂处，其反射系数 $R = 1$ ，即在桩身断裂处发生全反射，这时往往可以见到多次反射波，桩底反射信号很难见到。

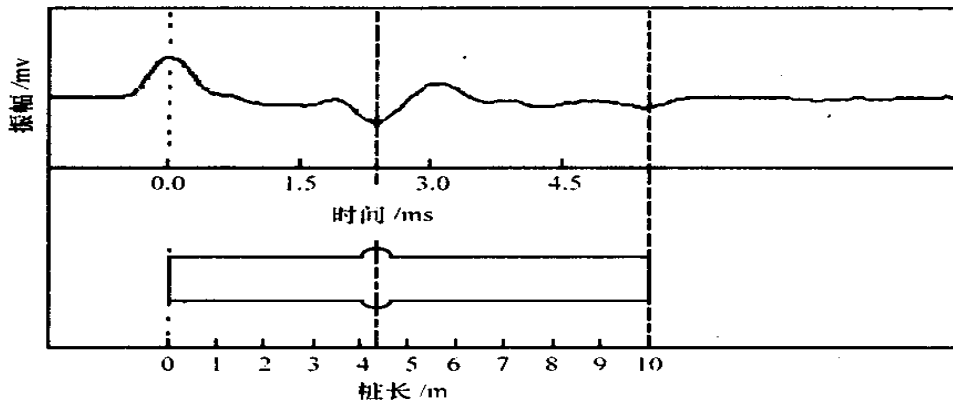
#### 2、实际工程中低应变波形曲线

实际施工中桩身材料不是非常均匀一致的，因此实际波形曲线没有理论曲线归整，也就是平直段不完全是一条直线。

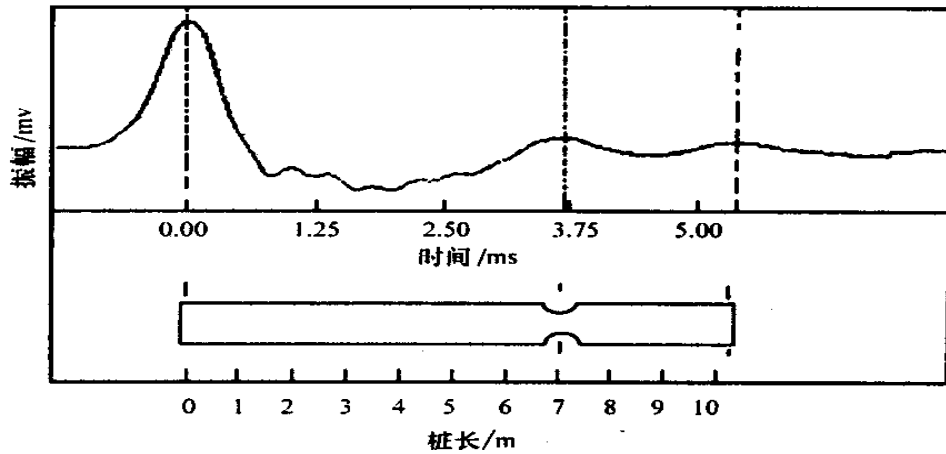
##### 1)、完整桩实测波形曲线



##### 2)、扩径桩实测波形曲线

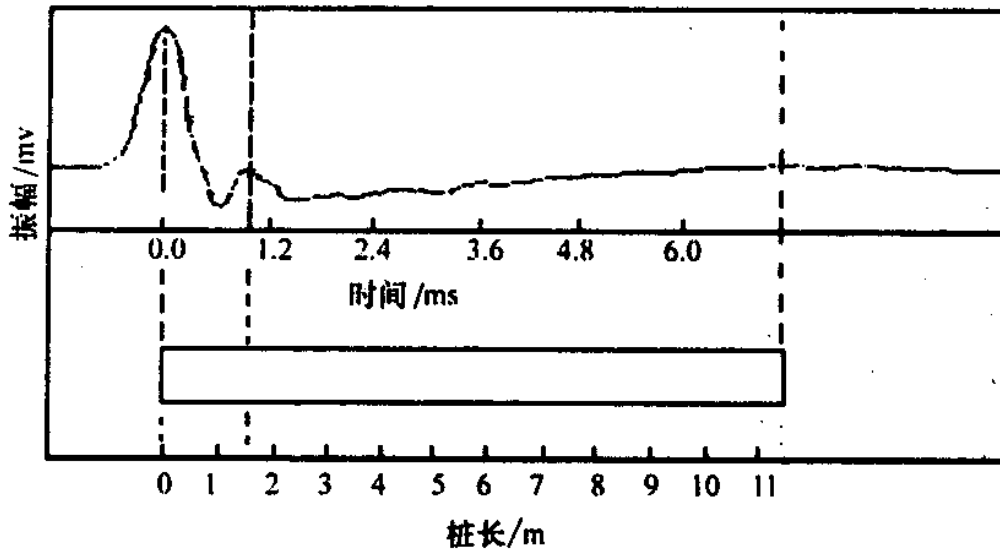


3)、缩径桩实测量波形曲线

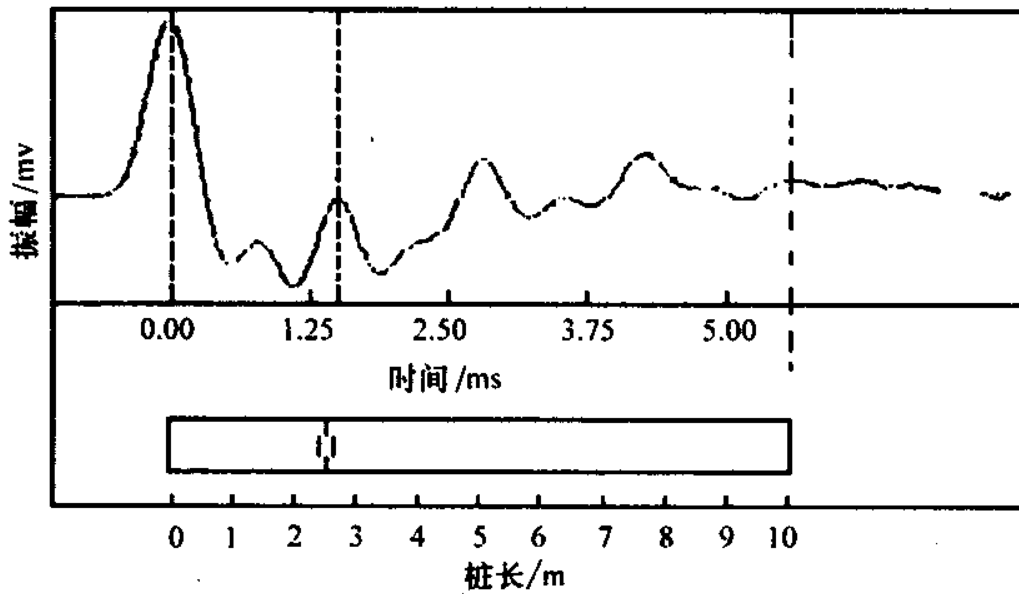


4)、离析桩实测曲线

在桩身离析和胶结不良处有  $\rho_1 = \rho_2$ ,  $c_1 = c_2$ ,  $A_1 = A_2$ , 其反射系数  $R > 0$ , 故反射波与入射波理论上应该同相, 但由于波速发生改变, 使得波的频率也发生变化, 其高频成分衰减较快, 使得波形变得平坦(如图所示). 至于是由离析还是胶结不良引起的, 则要结合施工时的情况和地质报告等辅助资料来加以区分。

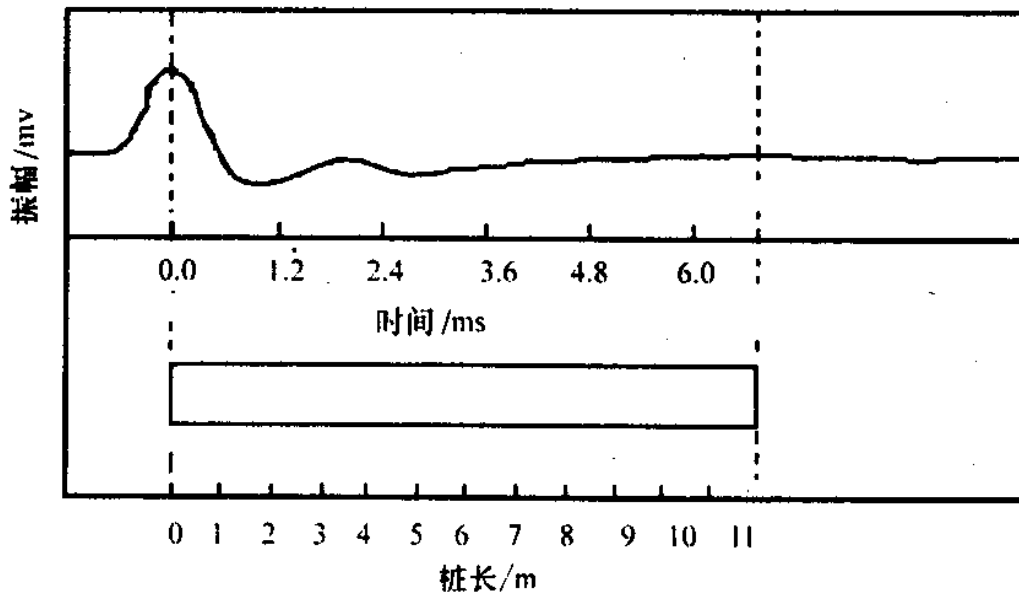


5)、断桩实测波形曲线



6)、嵌岩桩实测波形曲线

对嵌岩桩，如果桩底没有浮渣或浮渣比较少，桩和基岩接触良好，则桩底反射信号不明显，但经过指数放大等技术处理，有时可以见到一反相反射信号。如果桩底浮渣较多，有时可以看到一同相反射波出现，由于浮渣对波的吸收较强，有时也很难见到反射信号(如图)



### 3、检测中注意事项

#### 1) 激振问题

激振脉冲波的频率大约在300~ 1 500 Hz 左右。不同的桩长和桩型，其激振的频率不一样，一般60 m 左右的摩擦桩或30 m 左右的摩擦端承桩，脉冲波的主频在300~ 500 Hz 左右；10~ 20m 的短桩，脉冲波的主频在500~ 1 000 Hz 左右；小于10 m 的短桩，脉冲波主频可高至1 000~ 1 500 Hz。

激振时另外一个要注意的问题是激振的能量要适中，并不是能量越大越好。对于硬地层，由于桩身内脉冲波能量扩散较多，其所需的激振能量应稍微大一些。此外，激振时要干脆、利索，不要拖泥带水，最好是由有经验的人专门激振。

#### 2) 传感器与粘结剂的选择

传感器是基桩检测的“眼睛”，它的频响特性、阻尼大小、灵敏度和动态范围等对实测波形的影响非常大。反射波法对传感器有特殊的要求，由于传感器处于激振点附近，很强的激振信号要不畸变的接收下来，同时又要将传播几十米长距离后反射回来的波加以接收转换成电信号，因此传感器的量程范围和动态范围要足够宽，且要有较高的灵敏度。在强烈的激振下，其余振要短，这就要求它有良好的阻尼特性。

在传感器性能较好的情况下，必须选择好粘结剂，使传感器与基桩得到较好



的耦合。目前常用的粘结剂有石膏粉、橡皮泥、蛇皮膏、黄油等，此外，有些检测人员还使用咀嚼后的口香糖作为粘结剂。在这些粘结剂中，石膏粉粘结的耦合频率较高，而后几种的耦合频率较低。应该注意的是，当桩头较湿时，采用橡皮泥和蛇皮膏作为粘结剂其粘结的效果不是很好，此时最好用石膏粉。橡皮泥推荐使用油性工业橡皮泥。

### 3)、 桩头的处理

灌注桩的桩头往往有一层浮浆，特别是人工挖孔灌注桩，由于桩头一般低于地面，成桩后经沉淀作用，会使桩身上部出现一层较厚的浮浆，这使得在用小锤激振时能量不够集中，发散较快，激振的脉冲波频较低，影响检测效果，因此在检测时必须将浮浆打掉，同时保持桩头平整。

此外，预制桩在贯入过程中桩头可能产生破损，灌注桩在破除浮浆时也可使桩头产生破碎，这将使弹性波能量快速衰减，严重时使激发的脉冲波不规则，严重影响检测效果，甚至造成误判现象。因此，我们在检测时要注意桩头情况。

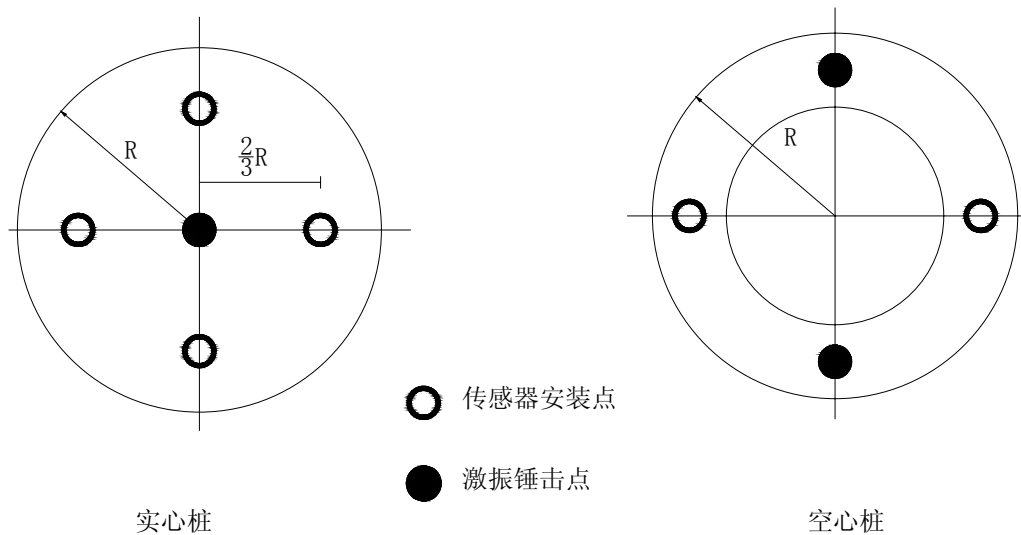
### 4)、 辅助资料的收集

在进行桩基检测时应该注意辅助资料的收集，结合辅助资料来分析桩身的缺陷类型。这些辅助资料包括岩土工程地质勘察报告、灌注桩的成孔工艺、成桩机具和工艺以及桩基施工记录等。根据这些辅助资料，可以分析可能出现哪些缺陷，甚至缺陷出现的部位。

## 第八章 附录

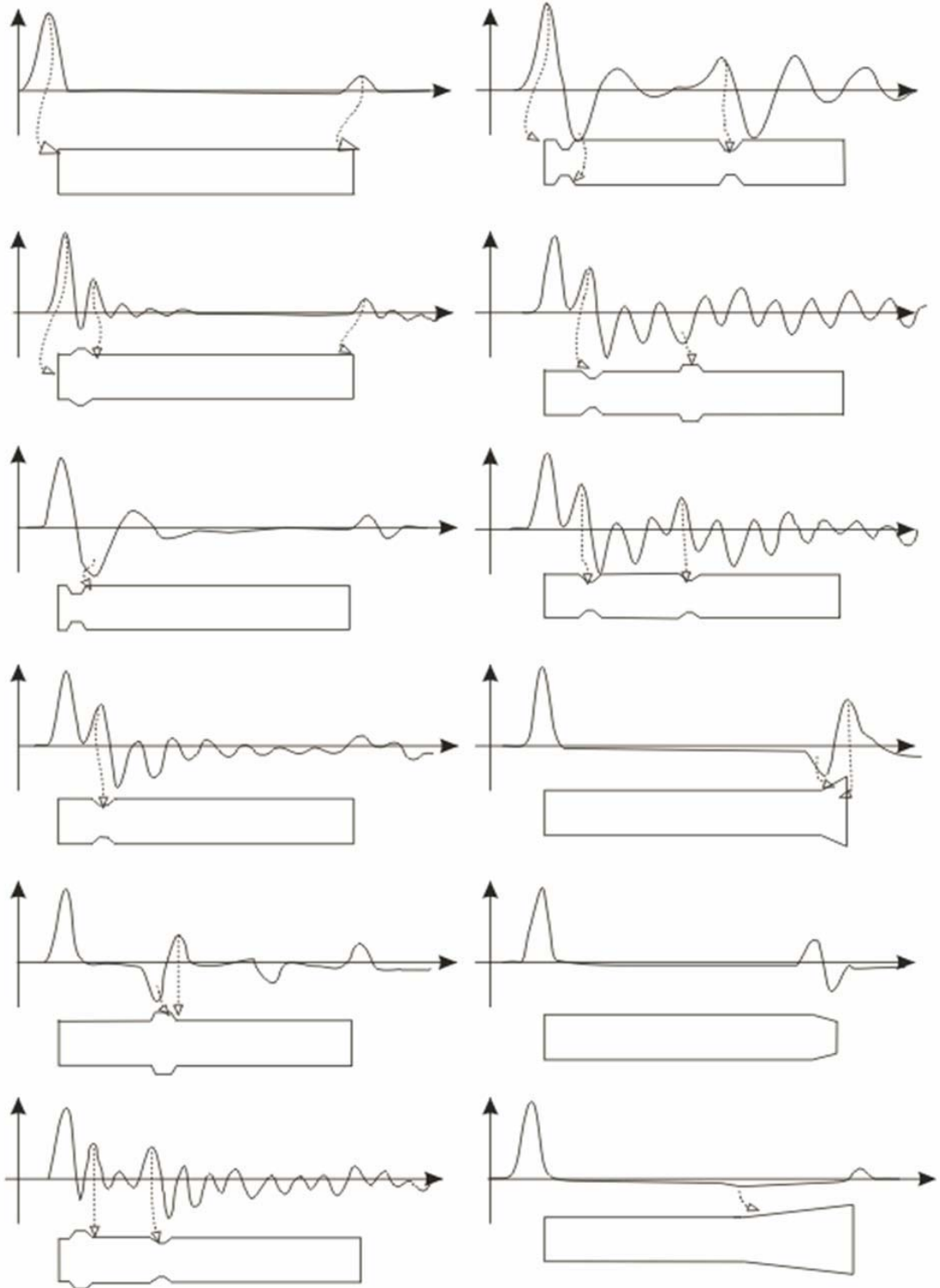
### 附录 1：桩顶处理应规定

- 1、凿除桩顶浮浆及松动部分，露出密实的混凝土。
- 2、根据激振及安装传感器的要求，将桩顶表面上传感器安装点和激振点打磨成直径宜为 100mm 的光滑平面，光滑平面与桩轴线垂直。（建议选用金刚石砂轮片进行打磨）
- 3、打磨传感器安装点和激振点示意图如下：



- 4、对于预应力管桩，当法兰盘与桩身混凝土之间结合紧密时，可不进行处理，否则，应采用电锯将桩头锯平。
- 5、当桩头侧面与垫层相连时，除非对测试信号没有影响，否则应断开。

附录2 不同桩身阻抗变化情形下的桩顶速度响应波形图  
(仅供参考)



### 附录 3 不同强度砼的波速特征值及范围

混凝土强度	波速范围 (m/s)	特征值 (m/s)
C15	2500~3100	2800
C20	3000~3500	3200
C25	3500~3800	3600
C30	3700~4000	3900
C35	3900~4200	4100
C40	4100~4500	4300

## 附录 4 基桩动测仪维护和保养规程（试用）

### 第一章 入库

#### 通用技术要求

##### 1.1 外观质量

主机及配件外观应擦拭干净，无泥土，无油渍，无裂纹，紧固部件无松动、文字、标志应清晰。包装箱无散架，坚固。

##### 1.2 显示

动测仪开机后显示图象应清晰、稳定。

##### 1.3 电源开关

仪器所有开关和按键都应接触可靠，定位准确；

##### 1.4 软件

仪器所使用的软件应为原厂配置。

##### 1.5 主机及配件

静载仪应包括以下几部分（新出厂设备应含配置单）：主机、加速度传感器，手锤

##### 1.6 连接测试

将主机和加速度计连接，开机后，采集几次数据，查看是否有数据显示。

##### 1.7 设备存放

设备仪器应保存在干燥阴凉的地方

##### 1.8 检查周期

主机应三个月拿出来放电充电一次，

### 第二章 出库

#### 通用技术要求

##### 1.1 外观质量

外观应无裂纹，紧固部件无松动、文字、标志应清晰。

##### 1.2 显示

动测仪开机后显示图象应清晰、稳定。

##### 1.3 电源开关

仪器所有开关和按键都应接触可靠，定位准确；远程控制端上应有接地端口。

##### 1.4 软件

仪器所使用的软件应为原厂配置。

##### 1.5 主机及配件

按照试验方案要求，配置动测仪的主机、加速度传感器等

##### 1.6 连接测试

将主机和加速度计连接，开机后，采集几次数据，查看是否有数据显示。

## **武汉建科科技有限公司**

网址: <http://www.whctco.com>

电邮: [admin@whctco.com](mailto:admin@whctco.com)

邮编: 430074

地址: 武汉市光谷大道 35 号光谷总部时代 4 栋 503 室

技术支持 QQ 群: **9986082**

电话: 027-87780480; 027-87585802;

### **技术咨询及售后:**

苏工: 18207101316; 分机: 603; QQ:721786026

胡工: 18207101308; 分机: 602; QQ: 721786030

### **售前咨询及销售:**

东北、西北片区 陈经理: 18207101318; 分机: 607; QQ:721786028

华中片区 苏经理: 18207101316; 分机: 603; QQ:721786026

华东片区 胡经理: 18207101308; 分机: 602; QQ: 721786030

### **产品维修、检定及收发货:**

甘经理: 18207101320; 分机: 605; QQ: 721786031

### **投诉建议及反馈:**

张经理: 13971627136; 分机: 608; QQ: 330996255