

# 浙江省高校虚拟仿真实验教学 项目申报表

学 校 名 称	衢州学院
实 验 教 学 项 目 名 称	低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	建筑工程检测
所 属 专 业 代 码	081001
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	毛安雄
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	
有 效 链 接 网 址	<a href="http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&amp;itemtype=dummy">http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&amp;itemtype=dummy</a>

## 填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

## 1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况						
姓 名	毛安雄	性别	男	出生年月	1972.9	
学 历	硕士研究生	学位	硕士	电 话		
专业技术职务	实验师	行政职务	无	手 机		
院 系	建筑工程学院			电子邮箱	531334413@qq.com	
地 址	浙江省衢州市九华北大道 78 号			邮 编	324000	
<b>教学研究情况：</b> 教学项目： 1、结构创新实验平台建设，校级， 2015.12-2017.12 2、结构创新实验，衢州学院实验室开放项目，2014.11-2015.11						
<b>学术研究情况：</b> 研究课题： 1、：建筑节能外墙外保温材料性能研究，校级 2012.03。						
1-2 实验教学项目教学服务团队情况						
1-2-1 团队主要成员（含负责人，5 人以内）						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	毛安雄	衢州学院	实验师	无	总体设计	
2	田芳	衢州学院	讲师	无	方案设计	
3	陈波	衢州学院	副教授	副院长	实验设计	
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	王宝峰	衢州学院	讲师	无	虚拟仿真设计	
2	刘勇兵	衢州学院	讲师	无	结构类型设计	
3	邱洪林	衢州学院	高级实验师	无	应变设计	

4	俞  鹃	衢州市质监站	高级工程师	副经理	测试仪器	
5	刘国祥	衢州市创安 图审公司	高级工程师	董事长	强度复核	
项目团队总人数：8（人） 高校人员数量：6（人） 企业人员数量：2（人）						

- 注：1. 教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。  
2. 教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

## 2. 实验教学项目描述

### 2-1 名称

低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验

### 2-2 实验目的

为了适应土木工程学科的高速发展，满足对工程建设技术人才高素质的要求，为给学生留有更多的自己钻研的时间与空间，在《建筑工程检测》课程中开设《低应变桩基完整性检测》独立试验环节，该环节为一设计性、综合性的试验，面对学校土建类学生开放，完全由学生自行设计检测方案、检测桩基选择、检测实施以及数据分析处理，达到大纲要求的能力。

为了使能够顺利完成检测任务，掌握低应变桩基完整性检测方法，了解低应变桩基完整性检测的检测过程，提高检测技能。但是低应变桩基完整性检测需要施工刚好完成的桩基，没有合适恰好合适的工地，检测需要较长的时间，检测过程在建工程具有危险性，检测结果具有离散性。为提高低应变桩基完整性检测的有效性，需采用虚拟试验的方式。

本实验项目依托衢州学院建筑工程学院虚拟仿真试验中心进行实验项内容开发及教学工作，实验旨在提高学生在土木综合检测试验方面的综合素质，着重使学生掌握土木类检测试验所必备的专业知识和基本技能，认识和熟悉土木综合试验技术的操作和应用，初步形成处理实际问题的能力。培养其分析问题和解决问题的能力，具备继续学习专业技术的能力，在本实验的学习中渗透职业素养等方面的教育，使学生形成认真负责的工作态度和严谨的工作作风，并加强团队合作能力的培养，为后续课程学习和职业生涯的发展奠定基础。

#### 一、 知识教学目标

1. 理解和掌握低应变桩基完整性检测的基本理论知识；
2. 通过上机操作，熟悉智能虚拟仿真软件系统的交互界面；
3. 通过虚拟低应变桩基完整性检测操作训练，理解低应变桩基完整性的检测原理；
4. 掌握低应变桩基完整性检测的检测技巧，熟练学会低应变桩基完整性检测实验的操作顺序；

## 二、 能力培养目标

1. 获得低应变桩基完整性检测理论原理的运用能力；
2. 掌握低应变桩基完整性检测能力；
3. 熟悉和掌握试验检测参数设置和检测数值观测的操作技巧；
4. 获得分析问题和解决问题的能力，培养综合实践能力。

## 三、 思想教育目标

1. 能自觉爱护仪器设备；
2. 立科学、严谨、勤奋的学风；
3. 养成良好的职业道德观念。

### 2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：32

(2) 该实验项目所占课时： 2

### 2-4 实验原理（简要阐述实验原理，并说明核心要素的仿真度）

低应变动力检测技术是运用地球物理勘探的纵波浅层反射法配合高分辨率的野外数据采集系统和数据电算处理技术，以电子检测技术和结构动力学分析为基础的一种的检测方法。掌握桩基的工作性能，了解其完整性，对掌握桩基施工质量或桩基设计有着重要的现实意义。

基本假设：连续弹性的一维均质杆件（ $D < \lambda < L$ ），不考虑桩周土体对沿桩身传播应力波的影响，桩在变形时横截面保持为平面，沿截面有均布的轴向应力满足以上假定条件时，桩可视为一维杆件。

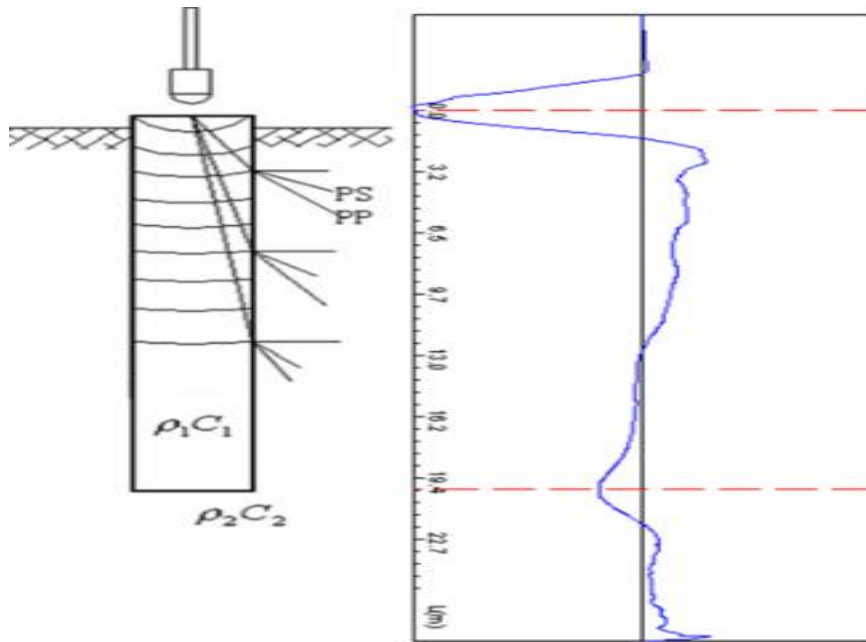


图 1 桩基完整性检测示意图

当在桩顶垂直施加一瞬时作用力后，桩的端面上的质点受力后产生振动，而振动的传播就形成了波，此时弹性波就会沿着桩身进行传播。（图 1）1、激振产生的是半球面波，要求垂直激振，只产生纵波；2、因波长较长，远离桩头后可按准平面波考虑；3、近桩头部位有斜入射发生，会有折射纵波 P、折射横波 S，向桩身外传播；4、垂直入射的纵波传播至桩底，再向上反射。

要求检测桩身混凝土的完整性，推定缺陷类型及其在桩身中的位置。折射及折射损失：折射损失主要在桩头附近产生；土层越硬，折射损失越大，反射信号越弱。衰减损失：高频成份会不同程度的衰减。桩不是完全弹性的，桩身存在内阻尼桩是埋入土中，桩侧土的阻力，同样产生弹性波的衰减反射、透射及反射损失：桩身内出现缺陷的部位及桩底均存在波阻抗界面，均会产生反射及透射。

- 阻抗  $Z = EA/C = \rho AC$   
E: 弹性模量 C: 波速 A: 截面积  $\rho$ : 密度
- 质点力与速度的关系:  $F=ZV$

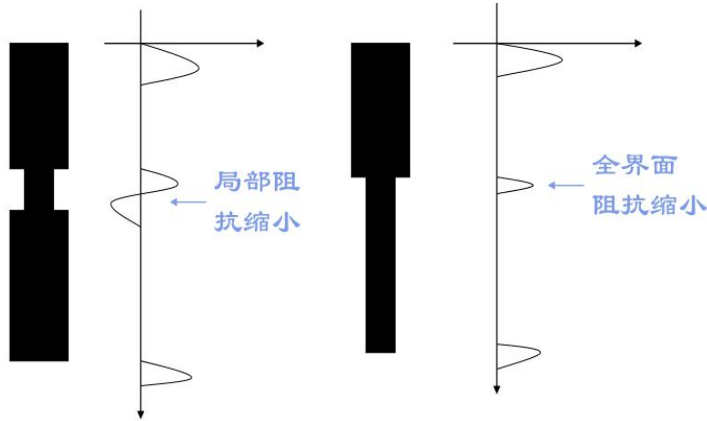
- $F\uparrow = [(Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)]F\downarrow$
- $V\uparrow = [(Z_1 - Z_2)/(Z_2 + Z_1)]V\downarrow$

反射系数  $R_v = \frac{\rho_1 C_1 A_1 - \rho_2 C_2 A_2}{\rho_1 C_1 A_1 + \rho_2 C_2 A_2}$

透射系数  $R_t = \frac{2\rho_2 C_2 A_2}{\rho_1 C_1 A_1 + \rho_2 C_2 A_2}$

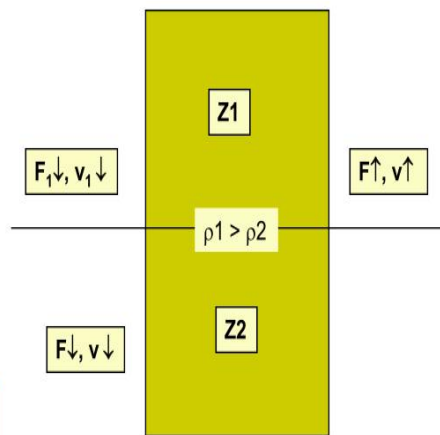
缺陷反射波波幅的大小与缺陷尺寸有关

### 1. 缩颈



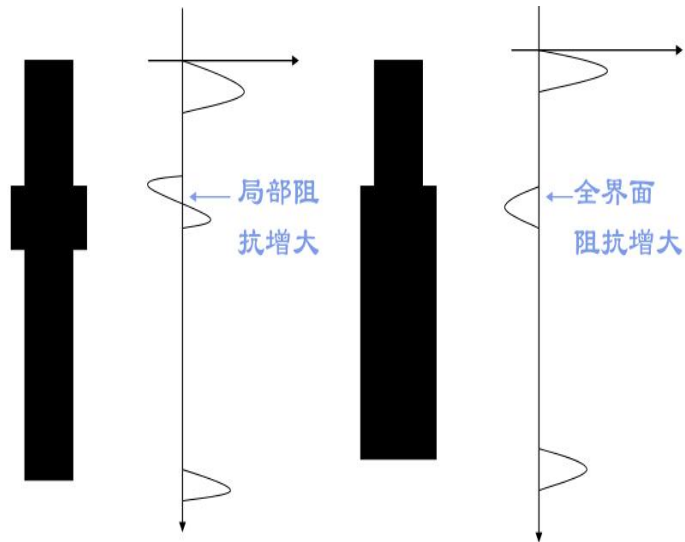
### 2. 空洞、孔隙、离析

- $A_2 = A_1, \rho_2 < \rho_1, C_2 < C_1$
- So that,  $Z_2 < Z_1$
- $Z_1 - Z_2 > 0$
- $[(Z_1 - Z_2)/(Z_2 + Z_1)]V\downarrow > 0$
- $V\uparrow$  &  $V\downarrow$  in the same direction



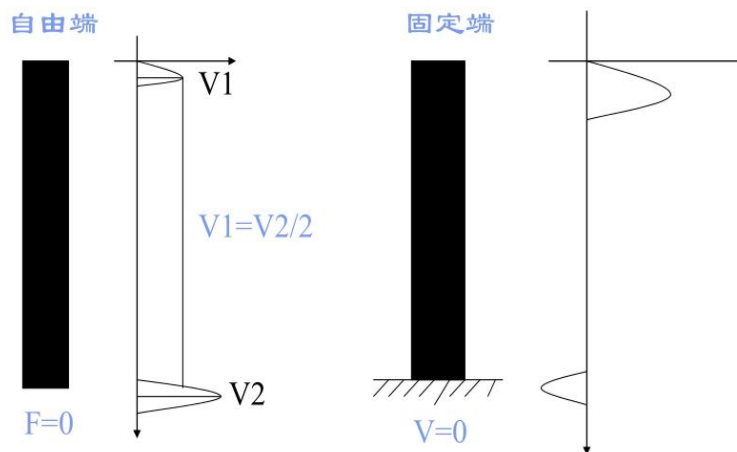
- $F\uparrow = [(Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)]F\downarrow$
- $V\uparrow = [(Z_1 - Z_2)/(Z_2 + Z_1)]V\downarrow$

### 3. 扩颈



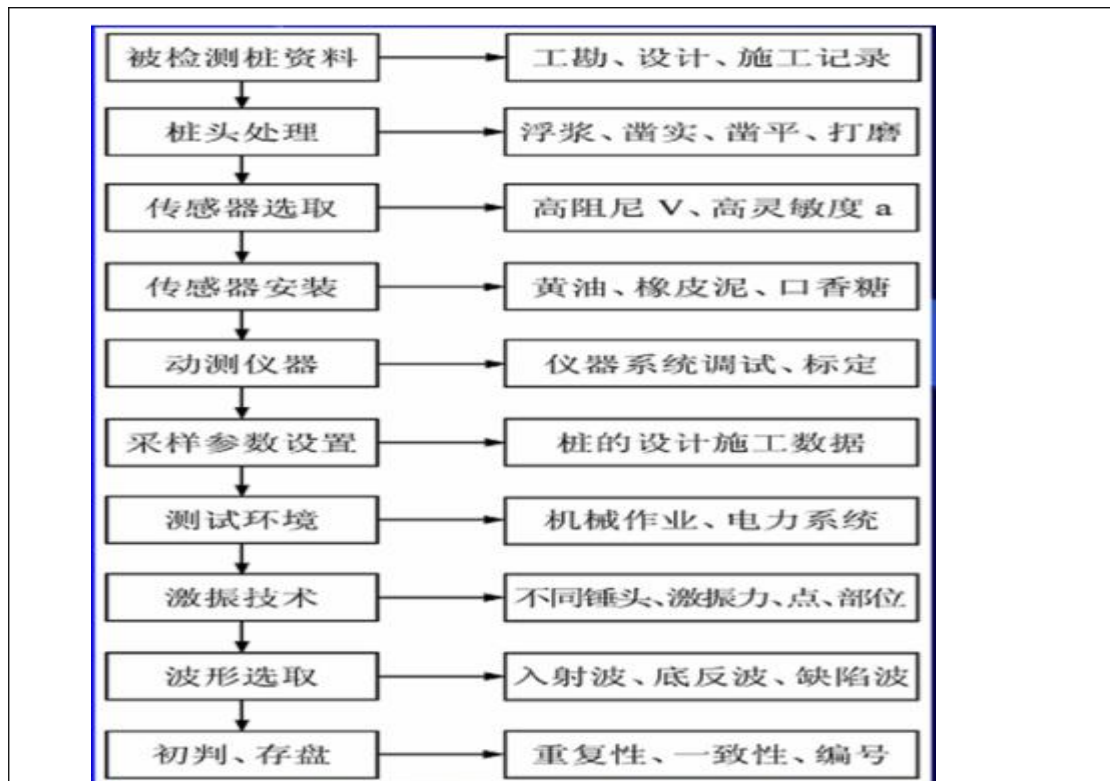
桩端模型

#### ● 桩端模型 (两种极限状态)



对于缩颈类缺陷（缩径、空洞、离析、裂缝等），反射波与入射波同相。  
对于扩颈类缺陷，反射波与入射波反相。当桩长和桩径一定时，桩身强度愈大、桩侧土强度愈小，桩底反射信号愈强；反之，桩身强度愈低、桩侧土强度愈大，桩底反射信号愈弱。知识点：共 3 个

#### 1、现场检测流程



## 2、激振设备

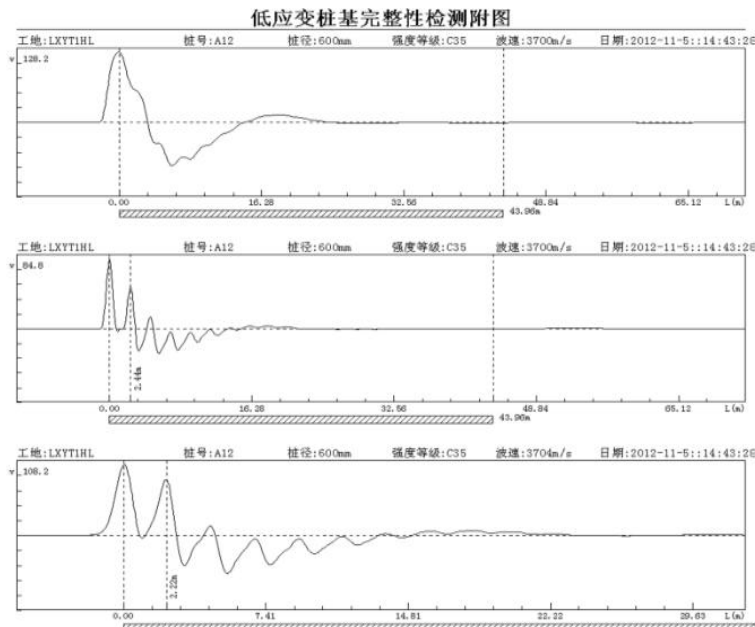
- 碰撞方向和碰撞形式主要影响波形形态，反射波测桩以自由落体和垂直敲击为宜，有利于抑制质点的横向振动。
- 对不同长度、不同类型的基桩，需采用不同材料、不同能量的激振设备。一般大长桩用大力棒（能量大、频率低），短细桩或测试浅部缺陷时用手锤（能量小，频率高），介于中间的桩则可用小力棒（能量及频率介于大力棒及手锤之间），当然敲击设备的选择也与地质情况有关，用户可以根据经验选择



锤头材料：过硬，高频波提高缺陷分辨率，探测浅部缺陷有利，易衰减，不易获取桩底反射；过软，低频波有利于桩底反射，但降低桩身上部缺陷的分辨能力。冲击能量：锤重及落锤速度决定能量大小。能量应适中，过小，应力波很快衰减，看不到下部缺陷和桩底反射。在检测大直径长桩时应选择较重的力锤并加大锤击速度，大幅度提高敲击力，但锤过重将掩盖微小缺陷。锤重的

选择应使得有明显的桩底反射为原则。接触面积：对于直径灌注桩，除选择重锤加大能量冲击外，还要加大锤的直径，使接触面积增大。脉冲宽度：脉冲宽度大，有利于长桩及深部缺陷检测，但波长增大，绕射，小缺陷识别能力差；脉冲宽度小，波长小，不能满足一维弹性杆的要求，出现速度及波形的畸变。应根据桩的特点，激发合适脉冲宽度的入射波，有时在同一根桩上，按照不同的检测目的，需要产生不同的脉冲宽度。

该桩桩长约44.0m，混凝土强度为C35，桩径600mm。由于桩头灌注浮浆过长致使凿去浮浆接桩，接桩长度约为2.3m，接桩部分桩径为800mm，接桩采用钢护筒，采用尼龙、铜和铁锤击振，分辨率有所不同。



### 3. 接收传感器

- 足够的量程范围、动态范围、灵敏度；良好的阻尼特性。
- 速度传感器：磁电式；将振动速度转换为电量；常用下限频率10、14、28、38Hz，阻尼0.6-0.7，灵敏度大约300mv/cm/s.
- ICP加速度传感器：内装阻抗变换电路的压电加速度计；压电式；体积小、重量轻、量程大、工作频带宽；常用灵敏度100mv/g，频响几Hz至几kHz.

## ● 加速度、速度传感器比较

- 若现场处理或后续分析得当，对于中深部缺陷（2-40m），两种传感器可以得到相似甚至一致的信号；
- 由于速度传感器的高频不足，浅部缺陷（<2m）辨别困难；并非所有浅部缺陷都难以识别，如果采用合理振源、合理安装方法和处理方法，它还是可以识别大部分浅部缺陷，只是较加速度传感器差而已。
- 由于低频不足，使用速度传感器检测桩长大于40m时，时域波形的桩底反射特征往往模糊不清，频域曲线难见整桩的一阶谐振。
- 高阻尼速度传感器采用牺牲灵敏度，增大阻尼办法拓宽其频响范围，比低阻尼速度传感器更适宜于测桩

### 4. 成桩检查

成桩质量检查是桩基施工过程中，施工方在监理方监督指导下，对各施工工序过程的质量检查。成桩质量检查资料，是桩基检测前必须了解的重要资料，不同桩型的检查有：成桩质量检查是桩基施工过程中，施工方在监理方监督指导下，对各施工工序过程的质量检查。成桩质量检查资料，是桩基检测前必须了解的重要资料，不同桩型的检查有： a) 灌注桩的成桩检查主要包括成孔及清孔、钢筋笼制作及安装、混凝土搅制及灌注等三个工序过程的质量检查资料。) 灌注桩的成桩检查主要包括成孔及清孔、钢筋笼制作及安装、混凝土搅制及灌注等三个工序过程的质量检查资料。 b) 预制桩和钢桩成桩质量检查主要包括制桩、打入（静压）深度、停锤标准、桩位及垂直度检查资料。) 预制桩和钢桩成桩质量检查主要包括制桩、打入（静压）深度、停锤标准、桩位及垂直度检查资料。 c) 沉管灌注桩及其他具有上述灌注桩和预制桩施工工序的质量检查，按上述一、二、有关项目进行的质量检查资料。

### 5. 抽检数量

a、柱下三桩或三桩以下的承台抽检桩数不得少于1根。 b、设计等级为甲级，或地质条件复杂、成桩质量可靠性较低的灌注桩，抽检数量不应少于总桩数的、设计等级为甲级，或地质条件复杂、成桩质量可靠性较低的灌注桩，抽检数量不应少于总桩数的30%，且不得少于，且不得少于20根；其他桩基工程的抽检数量不应少于总桩数的根；其他桩基工程的抽检数量不应少于总桩数

的20% ， 且不得少于10 根； c、对端承型大直径灌注桩，应在上述两款规定的抽检桩数范围内，选用钻芯法或声波透射法对部分受检桩进行桩身完整性检测。抽检数量不应少于总桩数的、对端承型大直径灌注桩，应在上述两款规定的抽检桩数范围内，选用钻芯法或声波透射法对部分受检桩进行桩身完整性检测。抽检数量不应少于总桩数的10% d、地下水位以上且终孔后桩端持力层已通过核验的人工挖孔桩，以及单节混凝土预制桩，抽检数量可适当减少，但不应少于总桩数的、地下水位以上且终孔后桩端持力层已通过核验的人工挖孔桩，以及单节混凝土预制桩，抽检数量可适当减少，但不应少于总桩数的10% ， 且不应少于10 根。e、工程有特殊需要时，应适当加大抽检数量，尤其是低应变法检测具有速度快、成本低的特点，扩大检测数量能更好了解整个工程基桩的桩身完整性情况。

## 6. 测点布置

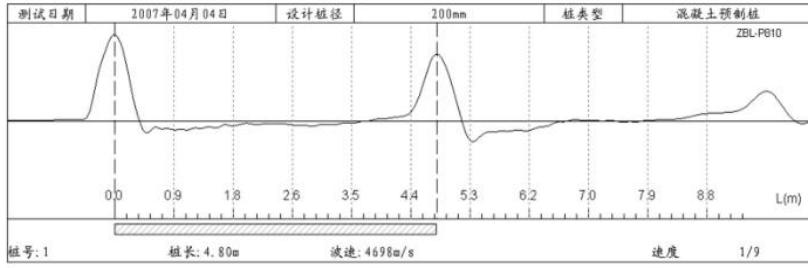
低应变法信号采集时，应根据桩径大小。桩心对称布置低应变法信号采集时，应根据桩径大小。桩心对称布置2~4 个检测点，每个检测点记录存放于信号数不宜少于 3。

## 7. 参数设置

桩号、桩型、 桩长、桩径，波速、传感器、锤头

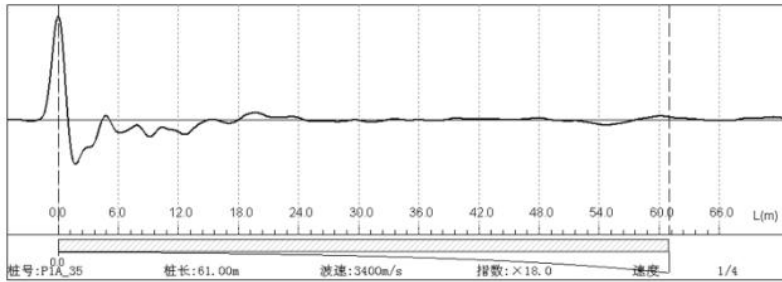
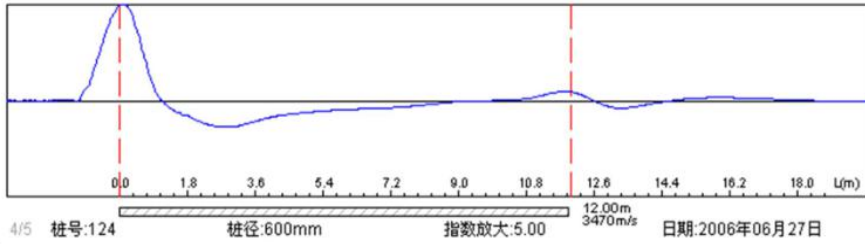
## 8.数据处理

### a. 完整桩

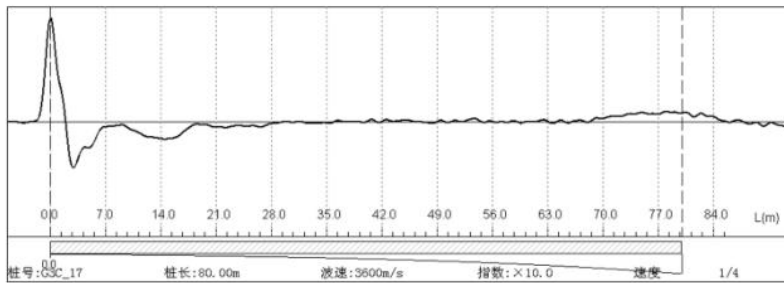


铁科院模型桩  
20cm×20cm  
方桩，桩长  
5m，预制后  
埋入

秦皇岛某住宅楼工程，钻孔灌注桩，设计桩长12m，设计桩径为600mm，加速度传感器，采用手锤敲击



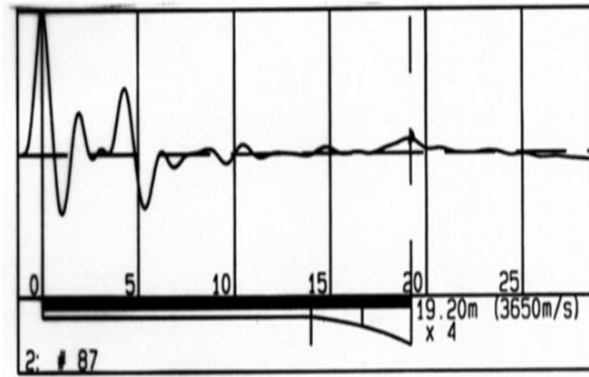
桩长61米



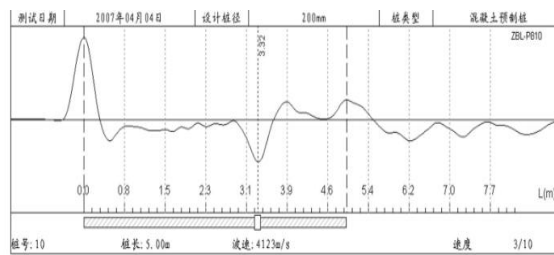
桩长80米

b. 缩颈桩

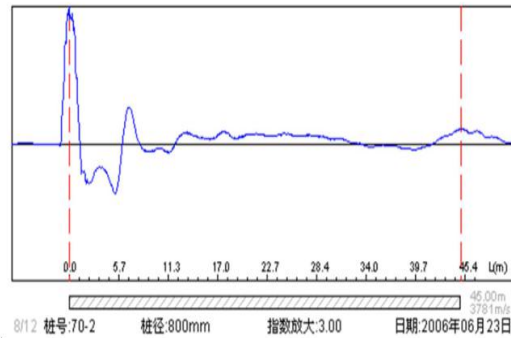
该桩径600mm，桩长19.2m钻孔桩。桩头有约4m护筒，直径1.0m，在护筒底部有800mm缩径明显，并在5m处扩径，可见2次反射，桩底反射明显，计算 $V_p=3650\text{m/s}$ 判别属于正常完整I类桩。



### c. 扩颈桩



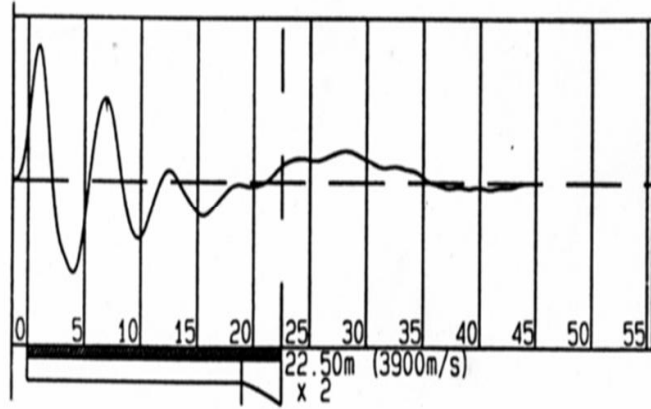
铁科院模型桩:  
20cm×20cm  
方桩，桩长  
5m，预制后  
埋入



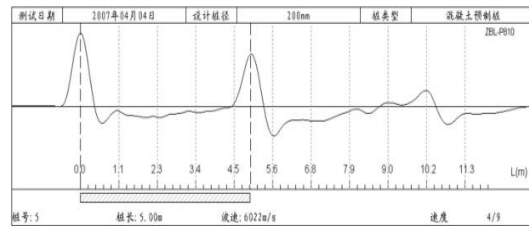
河北沧州某工程，  
钻孔灌注桩，设计  
桩长45m，设计桩径  
1000mm，约5.2m  
处扩径反应

### d. 离析

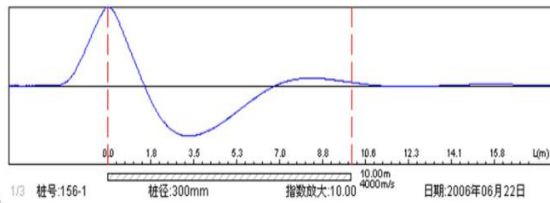
桩径1200mm，桩长22.5m，冲抓桩测试在4m左右扩径，自7m后呈低频振荡，判为离析，桩底无反应，经取芯后证实在7.5m-10.4m胶结不良，取芯率7.5-8.5m为30%，8.5-10.4m为53%，其它部位均密实，后采用孔高压注浆处理。



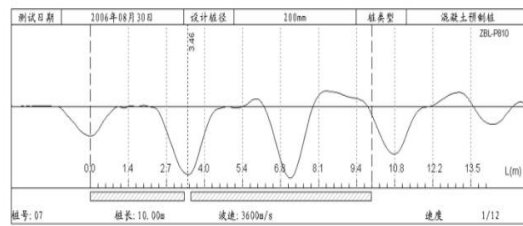
e. 断桩



铁科院模型桩：  
20cm×20cm  
方桩，桩长  
5m，预制后  
埋入



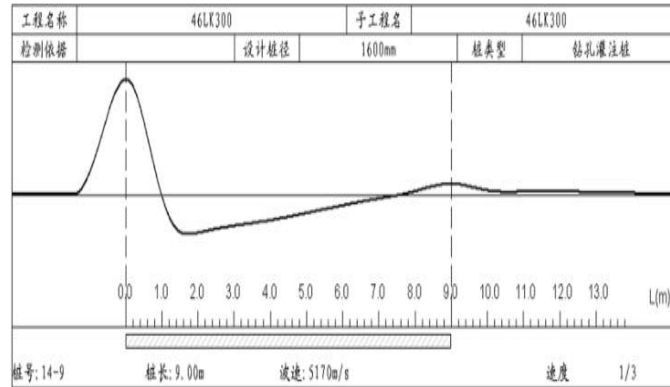
河北沧州某工程，  
CFG桩，设计桩长  
10m，设计桩径  
300mm，浅部断裂



厦门模型桩  
桩截面：  
250mm×285mm  
桩长：10m，预制  
桩，平躺于地

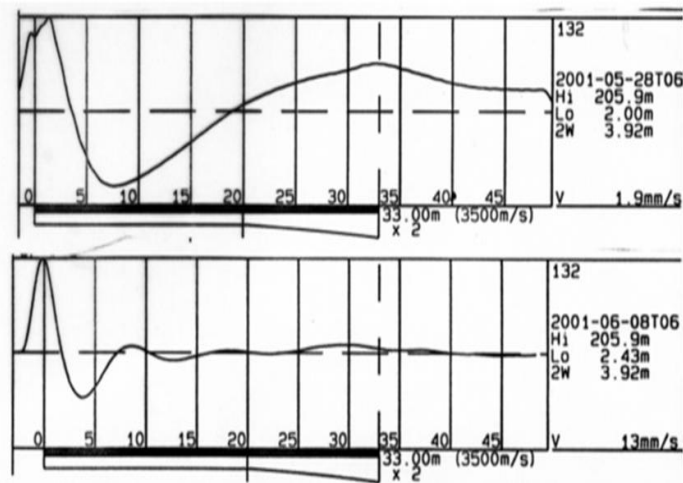
f. 桩长不够

河南某工程，钻孔灌注桩，桩径1600mm，设计桩长9米，波速偏高5170m/s，故判定为桩长不够。



f. 桩头疏松

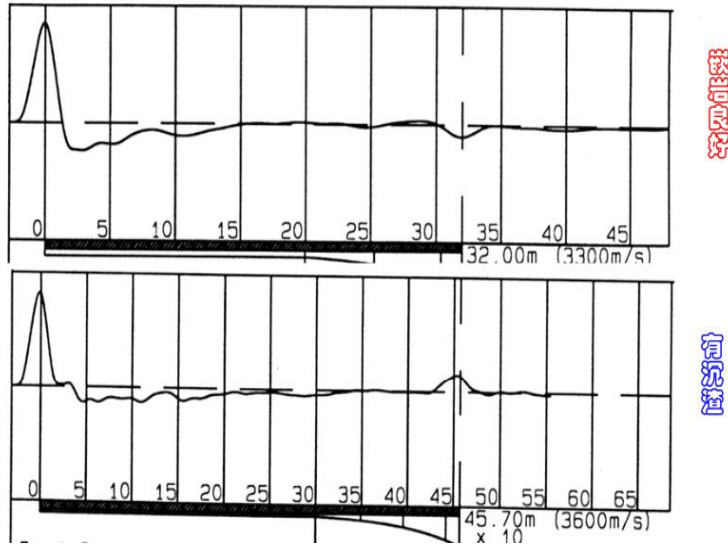
该桩径800mm，桩长33m钻孔桩。设计混凝土强度C25，通长钢筋笼。初测时桩头疏松，曲线呈低频型.明显反映为弹性波传播呈慢速，经开凿桩头松散，凿去1-2m后，再进行复测桩身完整，曲线正常，为I类桩。



g. 嵌岩桩

地点：杭宁高速公路K87+560,k89+366

- 评价：(上图) #3桩，15m以前地层较好，桩底反向反射清晰，嵌岩良好。
- (下图)桩身完整且有沉渣#24



## 2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

电脑

工程力学虚拟仿真软件

## 2-6 实验材料（或预设参数等）

各参数参考国家现行的土木工程桩基检测标准、规范、规程完成设置，部分参数为系统提前预设。

## 2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

**使用目的：**(1) 互动启发式实验教学方法。通过实验，学生学会仪器操作、读数和记录,对实验现象理解不够全面，缺乏对低应变桩基完整性检测机理的深入理解。本虚拟仿真实验强调“以学生为中心”的实验教学理念，将检测理论设计与实践检测有机结合起来，围绕实验教学难点、实验条件局限性等问题，有效地创设情境，在教学演示实操练习和模拟考核等多个环节中设计交互环节,将学习空间全景呈现，将学习资源全面开放，通过检测进程的推进，实时展现曲线变化,不断启发学生将理论知识与实践联系，更深入地理解实验过程中出现的现象从而挖掘检测实践的深层次机理，在轻松的学习氛围下掌握理论课中的难点，克服了实体实验中学生专注于测试记录而忽视实验现象的问题。

**实施过程：**通过微课进行基础知识理论学习，通过人机交互了解实验目的，实验设备过程中进行参数设置，最后进行实验报告填写。

**实施效果：**通过完成虚拟实验任务，能有效调动学生学习的积极性，既让学生较为真实的感受到现场检测的全过程、生动直观的再现现场检测的全过程，了解现场检测的基本过程，帮助学生全面掌握相关理论知识。虚拟实验中不断出现的互动操作和实时问答环节，极大地锻炼了学生动手能力和应变能力，更深入地掌握理论和实践知识。

## 2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

### 一、 实验方法描述：

1. 了解实验目的
2. 进行实验设备认知
3. 进入检测准备
4. 参数设置
5. 查看实验结果

### 二、 学生交互性操作步骤说明：

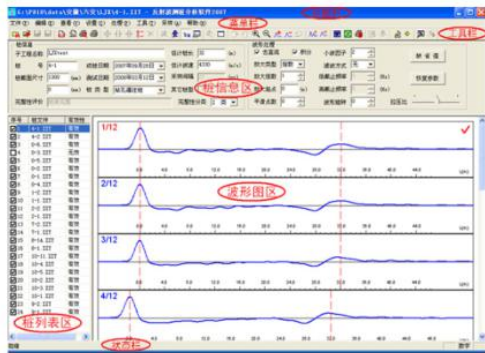
交互 1：了解检测目的

- 检测桩身混凝土的完整性
- 推定缺陷类型及其在桩身中的位置



交互 2：了解实验设备

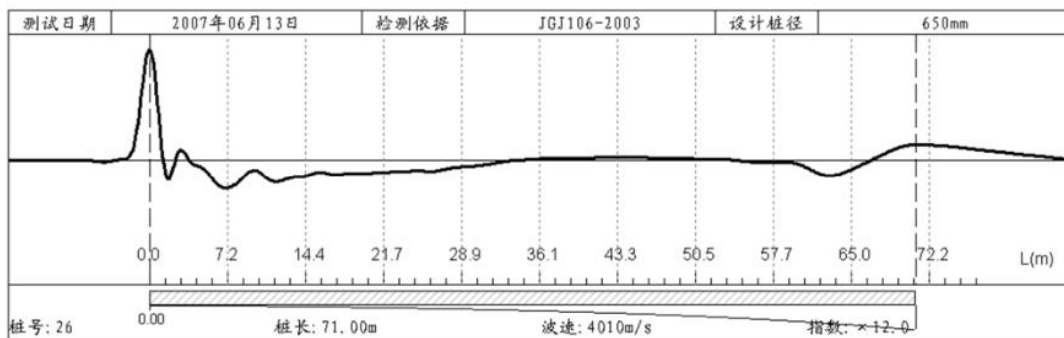
- 主机系统
- 激振设备
- 接收传感器
- 分析处理软件



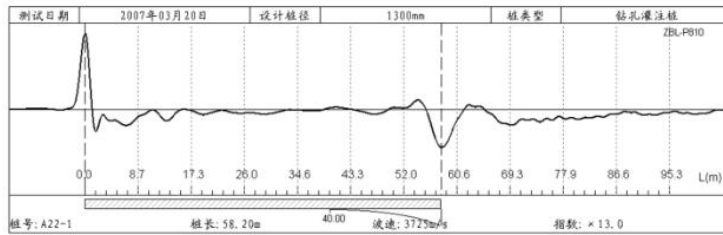
### 交互 3: 掌握实验原理

- 对于缩颈类缺陷（缩径、空洞、离析、裂缝等），**反射波与入射波同相**
- 对于扩颈类缺陷，**反射波与入射波反相**
- 当桩长和桩径一定时，桩身强度愈大、桩侧土强度愈小，桩底反射信号愈强；反之，桩身强度愈低、桩侧土强度愈大，桩底反射信号愈弱。

### 交互 4: 选择基本参数，选择桩号，波速，锤头等不同情况



### 交互 5: 配置基本参数，选择桩型基本参数，设置桩长



冲孔灌注桩，桩径  
1300mm，桩长  
58.2m，嵌岩

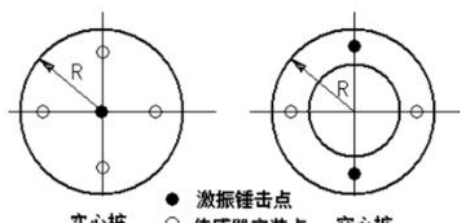
交互 6：进行检测准备

- 1) 核查受检桩的桩位，检查休止时间是否达到检测规范要求；
- 2) 检查仪器是否正常以及准备全套工作设备：  
主机、连续线、电池（充电）、激振源、传感器。
- 3) 对周围环境情况（如振动、地下降水等）作好检查与记录。

交互 7：进行测点布置，安装传感器

低应变法信号采集时，应根据桩径大小。桩心对称布置低应变法信号采集时，应根据桩径大小。桩心对称布置 2~4 个检测点，每个检测点记录存放信号于号数不宜少于 3

- 传感器安装点及其附近不得有缺损或裂缝；
- 当锤击点在桩顶中心时，传感器安装点与桩中心的距离宜为桩半径的三分之二；
- 当锤击点不在桩顶中心时，传感器安装点与锤击点的距离不宜小于桩半径的二分之一；
- 对于预应力管桩，传感器安装点、锤击点与桩顶面圆心构成的平面夹角宜为90度。
- 对于大直径桩，宜在不同位置选取2~4个测点
- 尽量避开钢筋、混凝土质量有问题的位置



交互 8：现场检测

- 1) 充分了解仪器及场地和桩型特点，进行细致的测前准备；
- 2) 认真测试头几根桩，注意波形是否合理，桩底和浅部缺陷的反映是否正常；
- 3) 传感器、振源、安装方式、参数设置等在头几根桩上调试结束后，即可迅速在余下桩中展开，过程中应记下疑难桩（或在疑难桩上多花时间详测）、注意各桩的桩底反射情况和浅部缺陷情况，同时还应注意信号的一致性，每条桩上应确保三条以上一致性较好的信号；
- 4) 详测疑难桩，换用传感器和激振锤及激振点，仔细推敲该桩可能存在的问题

#### 交互 9：数据处理

- 各测点的重复检测次数不应少于**3次**，且检测波形具有良好的一致性。
- 当信号一致性差或产生零漂或震荡时，应在现场及时研究分析原因，排除人为和检测仪器等干扰因素后重新检测。

#### 高质量信号的要求：

- 1、多次锤击的波形重复性好
- 2、波形真实反映桩的实际情况，完好桩桩底反射明显
- 3、波形光滑，不应含毛刺或振荡波形
- 4、波形最终回归基线

#### 交互 10：检测结果评价

- I类—桩身结构完整
- II类—桩身有轻微缺陷，不会影响桩身结构承载力的正常发挥
- III类—桩身有明显缺陷，对桩身结构承载力有影响，应采用其它方法进一步抽检确定其可用性
- IV类—桩身存在严重缺陷，应进行工程处理

#### 2-9 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果：是否
- (2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他
- (3) 其他描述：  
无

#### 2-10 考核要求

- (1) 经过上述模块学习，对学生进行考核，测试其对建筑工程检测，结构力学，材料实验等知识掌握程度
- (2) 具体方式为：在网站的学校自测模块，按照流程进行参数设置，并进行考核

#### 2-11 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求  
土木工程专业，大二年级及以上学生均可以进行虚拟仿真实验学校
- (2) 基本知识和能力要求  
本仿真实验教学系统需对《结构力学》《钢结构》等课程的相关专业有一定了解

## 2-12 实验项目应用及共享情况

- (1) 本校上线时间： 2017-01-01
- (2) 已服务过的本校学生人数： 820
- (3) 是否纳入到教学计划：是 否  
(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)
- (4) 是否面向社会提供服务：是 否
- (5) 社会开放时间： 是 ， 已服务人数： 6500

## 3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

### 3-1 有效链接网址

<http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&itemtype=dummy>

### 3-2 网络条件要求

- (1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

基于公有云服务部署系统，5M-10M 带宽

- (3) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

100

### 3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

- (1) 计算机操作系统和版本要求

Windows7 及以上

- (2) 其他计算终端操作系统和版本要求

<p>无</p> <p>(3) 支持移动端: <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p>	
<p><b>3-4 用户非操作系统软件配置要求 (如浏览器、特定软件等)</b></p> <p>(1) 需要特定插件 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p> <p>(勾选“是”, 请填写) 插件名称 <span style="float: right;">插件容量</span></p> <p style="text-align: center;">下载链接</p> <p>(2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求 (需说明是否可提供相关软件下载服务)</p> <p>建议使用火狐浏览器, 谷歌浏览器等最佳分辨率为 1280*800</p>	
<p><b>3-5 用户硬件配置要求 (如主频、内存、显存、存储容量等)</b></p> <p>(1) 计算机硬件配置要求</p> <p>操作系统: Win7/8/10 简体中文版 CPU 主频: 2.0GHz 以上 容量: 2GB, 独拉显卡内存容量: 8GB 以上 硬盘容量: 1TB 显示器分辨率: 1920x1080 输入设备: 鼠标、键盘</p> <p>(2) 其他计算终端硬件配置要求</p> <p style="text-align: center;">无</p>	
<p><b>3-6 用户特殊外置硬件要求 (如可穿戴设备等)</b></p> <p>(1) 计算机特殊外置硬件要求</p> <p>无</p> <p>(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求</p> <p>无</p>	
<p><b>3-7 网络安全</b></p> <p>(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 <input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>(勾选“是”, 请填写) 一 级</p>	

#### 4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	通过数据无缝对接, 保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目, 并通过平台提供的面

	<p>向用户的智能得、自动批改服务功能,尽可能帮助用户实现自主实验,加强实验项目的开放服务能力,开放服务效果。</p> <p>本开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托,采用面向服务的软件架构开发,集实物仿真创新设计、智能指导、自动批改和教学管理于一体,具有好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p>	
实验教 学项目	<p>开发技术</p>	<p><input type="checkbox"/>VR <input type="checkbox"/>AR <input type="checkbox"/>MR <input checked="" type="checkbox"/>3D 仿真 <input type="checkbox"/>二维动画  <input type="checkbox"/>HTML5          其他_____</p>
	<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input type="checkbox"/>3D Studio Max  <input type="checkbox"/>Maya<input type="checkbox"/>ZBrush <input type="checkbox"/>SketchUp  <input checked="" type="checkbox"/>Adobe Flash<input type="checkbox"/>Unreal Development Kit  <input type="checkbox"/>Animate CC<input type="checkbox"/>Blender <input type="checkbox"/>Visual Studio  <input type="checkbox"/>其他_____</p>

	<p style="text-align: center;">运行环境</p>	<p><b>服务器</b></p> <p>CPU <u>  8  </u>核、内存<u>  8  </u>GB、磁盘<u> 1000  </u>GB、</p> <p>显存<u>  4  </u>GB、GPU 型号<u> I7  </u></p> <p><b>操作系统</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体版本<u>          </u></p> <p><b>数据库</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle</p> <p>其他<u>          </u></p> <p>备注说明<u>          </u>(需要其他硬件设备或服务器数量多于1台时请说明)</p>
	<p><b>项目品质</b>(如:单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)</p>	<p>单场景模型总面数:2万、贴图分辨率:512*512、每帧渲染次数3次、动作反馈时间:5秒、示刷新率:25fps、 分辨率: 1280*720</p>

## 5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

#### (1) 实验方案设计思路:

项目建设的必要性及先进性: 低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验是针对土木工程专业的建筑工程检测实验教学中存在的现场检测要求高, 实施过程不可逆, 费用高, 环境高危、安全隐患大等问题而研发的虚拟仿真教学系统。鉴于此种情况, 我们将虚拟仿真实验教学与原有实体实践教学相结合, 创建了“以实为本、虚实结合”满足认知实习、专业实验、专业实训、专业实习等要求的综合实践教学体系, 形成了以“仿真实验”拓展“真实实验”的“绿色实践教学”模式。

方案设计思路: 低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验的总体目标是改革传统的实验教学方式, 能让教师通过网络对整个实验教学过程进行管理、辅导和监控; 让学生能通过网络“个别地”、“自主地”接受教师的辅导, 完成实验。虚拟实验项目分别设立立体知识云库和仿真实训: 仿真实训具有功能完善的虚拟仿真实验教学平台, 供学生完成实验项目学习、实验仿真实验结果分析及学习自测等内容; 教师可对实验项目结构进行查看

#### (2) 教学方法创新:

利用多媒体课件、电脑上机操作、检测现场讲解等手段, 针对学生感受新知、理解新知、形成技能的不同阶段, 采用讲授式、实例贯穿式、任务驱动式、现场教学法等多种方法的有机结合, 并注实效。

#### (3) 评价体系创新:

通过仿真实验设置, 学生可进行实验数据填写, 进行成绩提交, 最终可进行实训报告查看

#### (4) 对传统教学的延伸与拓展:

采用三维动画的形式展示实验的全过程、实验目的及所用实验仪器, 形豫直观。学生可以漫游查看, 任意观察, 并动手操作实验设备, 完成实验项目。通过虚拟仿真实验, 使学生掌握实验流程及操作要点, 然后在真实实验中可以更加高效地完成实验。与传统实验相辅相成。

## 6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

### (1) 项目持续建设与服务计划:

持续建设与更新:目前开发的低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验主要是对部分建筑工程检测低应变桩基完整性检测,故还需要加强对土木工程期结构虚拟仿真实验项目的开发,完善土木工程及其相关专业实验教学体系。

2021 -2024 年计划建立工桥梁、钢筋混凝土梁桥、斜拉桥、悬索桥、钢架桥结构等虚拟仿真实验。

### (2) 面向高校的教学推广应用计划:

加强对兄弟院校土木工程专业《建筑工程检测》、《结构试验》、《高层建筑结构抗震》、《桥梁工程》及《混凝土结构》等相关课程的调研,针对各个学校的具体情况,进行订单式教学资源开发,完善“低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验”资源建设。通过走访调研、学术会议、座谈会等形式建立健全校企合作机制,加强软硬件建设,稳步推进校际资源共享,形成共赢的合作模式, 2020 -2021 年计划在国内与 20-30 所院校实现“低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验项目”资源共享,2021-2024 年计划与国内 40- 50 所院校实现“低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验项目”资源共享。

### (3) 面向社会的推广应用计划:

加强面向建筑行业的服务。过与行业协会、专业培训机构、建筑行业龙头企业的深层次合作,为更多企业提供相关的服务资源。2020-2021 年计划与浙江省土木工程学会、 建筑学会、勘察设计协会合作,与省内 10-15 家企业实现“低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验项目”资源共享。2021-2024 年计划与中国土木工程学会、建筑学会、 勘察设计协会合作,与省内外 30- 50 家企业实现“低应变桩基完整性检测虚拟仿真实验项目”资源共享。

预计服务人数: 10000 人

## 7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input type="checkbox"/> 已登记 <input checked="" type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	
是否与项目名称一致	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	
权利范围	
登记号	

## 8. 诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

## 9. 附件材料清单

### 1. 政治审查意见（见附件）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

### 2. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

## 10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“浙江省虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻省教育厅的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日