

# 桩基检测中低应变动力测试技术的应用方法

李忠春

温州市建筑质监科学研究所有限公司 浙江 温州 325000

**摘要：**低应变动力测试技术是桩基检测中重要的一种方法，通过给桩顶施加低能量瞬态激振力，利用传感器接收反射波信号，分析桩身完整性。该技术测试快速、简便，能够判断桩身是否存在缺陷、缺陷的程度及其位置。但测试过程中需注意桩头处理、测试点及锤击点的选择，以及传感器安装等关键因素。此外，低应变动力测试技术在桩长受限、多缺陷检测等方面存在局限性，需结合其他检测方法综合分析。

**关键词：**桩基检测；低应变动力测试技术；应用方法

引言：桩基作为建筑工程的关键支撑结构，其质量和完整性直接关系到建筑物的安全稳定。随着建筑技术的不断进步，桩基检测技术也在不断发展。其中，低应变动力测试技术因具有非破坏性、操作简便、经济高效等特点，在桩基检测领域得到了广泛应用。该技术通过激发桩身内部的应力波并捕捉其反射信号，从而分析桩身的完整性和潜在缺陷。本文将深入探讨低应变动力测试技术在桩基检测中的具体应用方法，以期工程实践提供有力支持。

## 1 桩基检测概述

### 1.1 桩基的基本概念与分类

桩基是一种深基础形式，由桩和连接桩顶的桩承台共同组成。桩是将上部建筑物的荷载传递到深处承载力较强的土层上或挤密软弱土层的构件，它通过地层与基桩的摩擦力或端承力来承载上部荷载。根据受力原理的不同，桩基大致可分为摩擦桩和承载桩。摩擦桩利用地层与桩身之间的摩擦力来承载，通常用于地层无坚硬承载层或承载层较深的情况。而承载桩则使桩坐落于坚实承载层（如岩盘）上，以承载上部构造物。此外，桩还可以按照桩身材料、成桩方法、使用功能等进一步分类，如预制桩、灌注桩、钢筋混凝土桩等。

### 1.2 桩基在建筑工程中的重要性

桩基在建筑工程中扮演着至关重要的角色。它不仅能够有效地传递和分散上部结构的荷载，还能够提高地基的承载力和抗变形能力。特别是在地质条件复杂、地基承载力弱或上部荷载大的情况下，桩基显得尤为重要。通过合理的桩基设计，可以有效地减小建筑物的沉降和倾斜，保证建筑物的稳定性和安全性。

### 1.3 桩基检测的重要性与常见方法

桩基检测是确保建筑工程质量、安全的重要环节。由于桩基施工过程中的各种因素，如地质条件、施工工

艺、材料质量等，都可能对桩基的质量产生影响。因此，在施工前后进行桩基检测，可以及时发现潜在的问题，并采取有效的措施进行修复或加固，从而确保建筑物的稳定性和耐久性。桩基检测的常见方法主要包括静载试验、钻芯法、低应变法、高应变法和声波透射法等。静载试验是通过施加静载来测试桩基的承载力，是最直接、最可靠的检测方法。钻芯法则是通过钻取桩身混凝土芯样来检测桩身质量和完整性。低应变法利用应力波理论，通过敲击桩顶产生的应力波信号来检测桩身缺陷和完整性。高应变法则通过重锤冲击桩顶，测量桩顶附近的速度和力时程曲线，来评估桩基的承载力和完整性。声波透射法则是在桩身预埋声测管中发射和接收声波，通过声波参数的变化来检测桩身混凝土的缺陷。

## 2 低应变动力测试技术原理

### 2.1 低应变动力测试技术定义

低应变动力测试技术是一种主要用于桩基完整性检测的无损检测方法。该技术通过在桩顶施加低能量瞬态或稳态激振力（如使用手锤或力锤敲击），产生弹性波，并沿桩身传播。当这些波遇到桩身阻抗变化的界面（如桩底、断桩、缩径、扩径等）时，会发生反射和透射现象。通过安装在桩顶的传感器接收并分析这些反射信号，技术人员可以评估桩身的完整性，判断是否存在缺陷及其位置。低应变动力测试技术因其操作简便、结果可靠等优点，在桩基工程中得到了广泛应用。

### 2.2 应力波理论在低应变测试中的应用

应力波理论是低应变动力测试技术的理论基础。应力波是在固体介质中传播的扰动，它携带了介质中质点振动状态和传播方向的信息。在桩基检测中，通过在桩顶施加激振力，可以产生沿桩身传播的弹性波（即应力波）。这些弹性波在桩身内部传播时，遇到不同介质或缺陷界面时，会发生反射、透射和模式转换等现象。

通过分析反射波的特征（如波形、振幅、频率和传播时间等），可以推断桩身各部位的完整性和缺陷情况。应力波在桩身中的传播特性取决于桩身材料的弹性模量、密度和波速等参数。在均匀无缺陷的桩身中，应力波的传播是平稳的；而在存在缺陷的桩身中，应力波的传播会受到干扰，产生反射波。因此，通过分析反射波的特征，可以判断桩身是否存在缺陷，以及缺陷的类型和位置<sup>[1]</sup>。

### 2.3 反射波法的基本原理

反射波法是低应变动力测试技术中研究和应用较多的方法。该方法基于一维波动理论，将桩视为一维弹性连续杆。在激振力的作用下，桩顶产生的弹性波沿桩身向下传播，遇到阻抗变化界面时发生反射和透射。传感器接收到的反射波信号携带了桩身各部位的质量信息，通过对这些信号进行分析处理，可以推断出桩身各部位的完整性和缺陷情况。反射波法的关键在于正确识别和分析反射波信号。反射波的波形特征、传播时间、振幅等信息都与桩身的缺陷情况密切相关。通过分析这些信息，可以判断桩身是否存在缺陷，以及缺陷的类型、位置和严重程度。

2.4 机械阻抗法、声波透射法等其他低应变检测方法的简介

除了反射波法外，低应变动力测试技术还包括机械阻抗法、声波透射法等其他方法。（1）机械阻抗法是通过测量桩身对激振力的响应来评估桩身完整性的方法。该方法利用机械阻抗的概念，通过测量桩身的振动特性和激振力的关系，来推断桩身的材料性质和结构完整性。（2）声波透射法是在预埋声测管之间发射并接收声波，通过实测声波在混凝土介质中传播的声时、频率和波幅衰减等声学参数的相对变化，对桩身完整性进行检测的方法。声波透射法以其鲜明的技术特点成为目前混凝土灌注桩完整性检测的重要手段之一。这些方法各有特点，适用于不同的工程条件和检测需求。在实际工程中，应根据具体情况选择合适的检测方法，以确保检测结果的准确性和可靠性。

## 3 低应变动力测试技术在桩基检测中的应用

### 3.1 测试设备的选择与布置

（1）传感器的选择与安装要求。传感器作为测试系统的前端，负责捕捉桩身振动信号，并将其转换为电信号进行传输和处理。常用的传感器包括加速度传感器和位移传感器。加速度传感器因其灵敏度高、响应速度快而被广泛应用。在选择传感器时，应考虑其灵敏度、频率响应范围、动态范围和稳定性等性能指标。传感器的

安装应确保与桩顶紧密贴合，避免产生空隙或松动，以减小信号传递过程中的能量损失。同时，传感器的方向和位置也需根据测试需求进行精确调整，以确保捕捉到的信号能够准确反映桩身的振动状态。（2）激振设备与激振方式的选择。激振设备用于在桩顶施加瞬态或稳态激振力，以激发桩身中的应力波。常见的激振设备有力锤、电磁式激振器和液压式激振器等。力锤因其操作简单、成本较低而被广泛应用。在选择激振设备时，应考虑其能量输出、频率响应和控制精度等性能指标。激振方式的选择应根据桩的类型、尺寸和测试需求进行。对于小型桩或需要快速测试的情况，可采用单点激振；对于大型桩或需要更详细检测的情况，可采用多点激振或连续激振<sup>[2]</sup>。（3）数据采集与处理设备的配置。数据采集与处理设备负责接收、存储和分析传感器采集的信号。在选择数据采集设备时，应考虑其采样频率、分辨率、存储容量和处理能力等性能指标。采样频率应足够高，以捕捉到桩身振动的高频成分；分辨率应足够高，以确保信号的精度；存储容量应足够大，以存储长时间的测试数据；处理能力应足够强，以支持复杂的信号分析和处理算法。

### 3.2 测试方法

（1）测试步骤与操作流程。测试步骤通常包括准备工作、激振与数据采集、信号分析和结果评估。在准备阶段，应检查测试设备是否完好、传感器是否安装正确，并确定激振方式和参数。在激振与数据采集阶段，使用激振设备对桩顶进行激振，并使用数据采集设备接收传感器采集的信号。在信号分析阶段，对采集到的信号进行滤波、去噪等预处理操作，并提取特征参数。在结果评估阶段，根据特征参数对桩身完整性进行评价<sup>[3]</sup>。（2）注意事项与常见问题处理。在进行低应变动力测试时，应注意以下几点：首先，确保测试环境安静，避免外界噪声对测试结果的干扰；其次，保持传感器与桩顶的紧密贴合，以减少信号失真；再次，选择合适的激振方式和参数，以激发明显的反射信号；最后，在信号分析过程中，应注意识别并剔除异常信号。常见问题包括信号失真、噪声干扰和反射信号不明显等。针对这些问题，可以采取相应的处理措施：如调整传感器安装位置、增加滤波和去噪处理、改变激振方式和参数等。（3）典型测试信号的分析与解读。典型测试信号包括完整桩的反射信号和缺陷桩的反射信号。完整桩的反射信号通常表现为清晰的波峰和波谷，波形规则且振幅稳定。缺陷桩的反射信号则可能出现波形畸变、振幅突变等现象。通过对这些信号的分析 and 解读，可以判断桩身

是否存在缺陷及其类型。

### 3.3 桩身完整性检测

(1) 桩身缺陷类型的识别与判定。桩身缺陷类型主要包括断桩、缩径、扩径等。断桩是指桩身在某处断裂形成明显的缺陷；缩径是指桩身直径在某处减小导致承载力下降；扩径则可能由于混凝土浇筑时振捣不均或模板变形等原因造成。通过对反射信号的分析和解码，可以识别出这些缺陷类型。例如，断桩通常表现为明显的反射波峰和波谷；缩径和扩径则可能导致反射信号的波形畸变和振幅变化。(2) 缺陷位置与程度的确定方法。缺陷位置通常通过测量反射信号的时间差来计算。由于应力波在桩身中的传播速度已知，因此可以通过将时间差乘以波速来估算缺陷的深度。缺陷程度则通过分析反射信号的振幅、波形畸变程度和相位变化等信息来评估。一般来说，缺陷程度越严重，反射信号的振幅越大，波形畸变越明显，相位变化也越显著。(3) 桩身完整性评价的指标体系。桩身完整性评价的指标体系通常包括缺陷数量、缺陷长度、缺陷位置和缺陷程度等指标。这些指标可以全面反映桩身的完整性和质量状况。在实际应用中，可以根据具体需求和工程要求来选择合适的评价指标，并制定相应的评价标准<sup>[4]</sup>。

### 3.4 影响因素及质量控制

(1) 影响因素分析。首先，地质条件是影响测试结果的重要因素之一。不同的地质特性，如土层分布、土壤密度和湿度等，都可能影响应力波在桩身中的传播特性，从而影响测试结果的准确性。此外，桩身材料的质量和类型也会对测试结果产生影响。例如，桩身材料的弹性模量、密度和波速等参数的变化，都可能导致测试结果的变化。其次，测试设备的质量和性能也是影响测试结果的关键因素。传感器的灵敏度、频率响应范围、动态范围和稳定性等性能，以及激振设备和数据采集与处理设备的性能和配置，都可能对测试结果产生影响。因此，在选择和使用测试设备时，应确保其满足测试要

求，并进行定期的校准和维护<sup>[5]</sup>。(2) 质量控制措施。为了确保低应变动力测试技术的准确性和可靠性，应采取一系列质量控制措施。首先，在测试前应对测试设备和传感器进行全面的检查和维护，确保其性能良好、准确可靠。其次，在测试过程中，应严格按照测试步骤和操作流程进行，避免操作失误和人为因素的干扰。同时，应注意测试环境的安静和稳定，避免外界噪声和振动对测试结果的干扰。此外，在测试结果的分析和解码过程中，应充分考虑地质条件、桩身材料和测试设备等影响因素，对测试结果进行修正和调整。同时，还可以结合其他检测方法，如静载试验、钻芯法等，进行综合分析和评估，以提高测试结果的准确性和可靠性。

### 结束语

综上所述，低应变动力测试技术在桩基检测中展现了其独特的优势和应用价值。通过科学的测试方法和精确的数据分析，该技术能够准确评估桩身的完整性和缺陷情况，为桩基工程的质量安全提供有力保障。随着技术的不断进步和创新，低应变动力测试技术将在桩基检测领域发挥更加重要的作用。未来，我们应继续深化对该技术的研究与应用，推动桩基检测技术的持续发展，为建筑工程的质量和安

### 参考文献

- [1] 谢敏. 桩基低应变动力检测存在的问题与建议[J]. 江西建材, 2019, (20): 217-218.
- [2] 韩建荣, 张利娟. 桩基低应变动力检测存在的问题及建议[J]. 山西建筑, 2019, (06): 38-39.
- [3] 徐泽勇. 关于桩基检测技术在建设工程中的应用[J]. 科技创新导报, 2020, (12): 101-102.
- [4] 李天宝. 桩基检测技术在工程中的应用[J]. 民营科技, 2022, (10): 92-93.
- [5] 王永梅. 浅谈桩基检测技术在建筑工程中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2022, (02): 31-32.