

地基基础桩基检测技术的探索与应用分析

李露其

湖北永盛工程技术有限公司，湖北 神农架 442400

[摘要]桩基属于隐藏在地底之下的关键承重构件，其工程质量和整体建筑物的安全性以及耐久性有着直接关联。文中全面且细致地对当下主流的地基基础桩基检测技术的原理方法以及在工程方面的应用实际效果展开了梳理与剖析。通过针对静载试验法、高低应变测法还有声波透射法等核心技术的原理加以阐述并进行相互比较，清晰明确各类技术所适用的条件以及各自的核心判定准则。接着深入探讨了桩基检测技术在设备朝着智能化发展、多种技术实现融合以及数据分析走向数字化等诸多方面呈现出的发展趋向。

[关键词]桩基检测；静载试验；动测法；声波透射；承载力

DOI: 10.33142/ect.v3i10.18189 中图分类号: TU4 文献标识码: A

Exploration and Application Analysis of Foundation Pile Testing Technology

LI Luqi

Hubei Yongsheng Engineering Technology Co., Ltd., Shennongjia, Hubei, 442400, China

Abstract: Pile foundation is a key load-bearing component hidden underground, and its engineering quality is directly related to the safety and durability of the overall building. The article comprehensively and meticulously summarizes and analyzes the principles and methods of the current mainstream foundation pile foundation testing technology, as well as its practical application effects in engineering. By elaborating and comparing the principles of core technologies such as static load testing, high-low strain measurement, and acoustic transmission, the applicable conditions and core judgment criteria for each technology are clearly defined. Furthermore, the development trends of pile foundation testing technology in various aspects such as equipment moving towards intelligence, integration of multiple technologies, and digitization of data analysis were explored in depth.

Keywords: pile foundation testing; static load test; dynamic testing method; sound wave transmission; bearing capacity

地基基础是建筑物的根基所在，其质量直接关乎整个建筑结构安全稳定。桩基作为地基基础重要形式之一，被广泛应用于各类建筑工程当中。伴随建筑行业持续不断发展，桩基检测技术也获得了长足进步。在实际应用过程里，怎样依据工程具体情况合理选择检测方法、提升检测结果准确性和可靠性，是当前桩基检测领域有待解决的一个重要问题。

1 桩基检测技术概述

1.1 桩基检测的意义与目的

桩基检测，其根本意义在于借助物理或者力学方面的手段，去获取那些能够反映桩身完整性状况、荷载传递机制情况以及极限承载能力程度的客观数据，进而凭借这些数据对工程质量展开定量或者定性的评定。它的具体目的呈现出一定的层次性，其中首要的目的便是要验证实际的工作状态是不是已经达到了设计所预先设定的安全方面

的要求。另外一个同样极为重要的目的就是要去发现并且精准定位在施工过程当中有可能会产生的各类各样的缺陷，而这些隐患要是不能够及时地查明清楚，那么将会给上部结构带来难以预料的风险。除此之外，检测所得到的数据对于后续设计的优化以及施工工艺的改进而言，都有着极为宝贵的价值。这一连串的目的最终都指向了在有可靠数据作为支撑的情况下达成质量能够得到有效控制的核心诉求。

1.2 桩基检测技术分类

现行的技术依据检测流程中对桩身所施加作用力的性质以及扰动的程度，主要可划分成静力学和动力学方法这两类。静力学方法当中，典型的代表要数静载试验法，这种方法的核心特点就在于会施加那种呈缓慢递增态势的静态荷载，并且还会去测量由此产生的沉降响应情况。而动力学方法所涵盖的范围是比较广泛的，其中主要包含

了像高应变动测法、低应变动测法还有声波透射法等等这些。这类方法是借助激振力来激发桩身的应力波或者使之产生振动，然后通过接收相应的响应信号来反演并推断出桩身的实际状态。不同类别的技术都有着各自的物理依据以及适用的范围，在实际开展工程作业的时候，需要综合考虑检测的目的、地质的具体条件等诸多因素，进而合理地进行组合应用。

2 主要桩基检测方法及其原理

2.1 静载试验法

静载试验法借助反力装置把荷载逐步且平稳地施加到桩顶之上，与此同时精准地测量沉降量，一直持续到加载达到预先设定的最大荷载或者出现破坏情况才停止，进而绘制出荷载沉降曲线^[1]。这种方法的原理是依据桩土体系在准静态荷载状态下的平衡以及变形协调方面的关联，可较为真实地模拟桩基在长期工作时的状态。此方法能清楚地给出单桩竖向承载力的特征值或者极限值，其得出的结果常常被当作工程验收的重要依据。不过因为其装置较为笨重、耗费时间较长、所需成本较高，所以通常很难开展大规模的普查工作。

2.2 高应变动测法

高应变动测法运用重锤敲击桩顶的方式，促使桩身形成足够大的瞬时贯入度，进而激发起高应变应力波。借助安装于桩顶的传感器来测定力以及速度的时程曲线，再依据一维波动理论展开拟合分析，如此便能够反推出桩侧与桩端阻力的具体分布情况，同时还能对承载力做出估算。这种方法的优势在于可对动荷载响应予以模拟，并且能够对桩的完整性做出评价，其工作效率也相对较高。不过，它的测试精度会受到锤击能量、垫层的性状以及参数选取经验等诸多因素的影响，所以承载力估算得出的结果往往需要和静载试验所得到的数据进行对比验证，以便确认其准确性。

2.3 低应变动测法

低应变动测法通过对桩顶施加低能量的弹性敲击来激发低应变应力波。当应力波碰上桩身出现阻抗变化的位置时，就会产生反射波。借助分析所接收信号的时程曲线特征，便可对桩身的完整性加以推断。此方法所用设备较为轻便，操作起来也比较快捷，而且成本相对低廉，特别适宜在较大范围内开展普查工作。不过它往往只能做出定性的判断，对于缺陷的具体情况难以量化其尺寸，并且也无法给出承载力的相关信息，其能够达到的检测深度以及所能实现的准确性还会受到桩周土性状等诸多因素的影响。

2.4 声波透射法

声波透射法可应用于预先埋设了声测管的大直径灌注桩当中，此方法的原理是把换能器置于声测管内，利用它来发射以及接收超声波脉冲，然后凭借对声时、波幅等相关参数加以测量，从而推断出混凝土的均匀状况以及是否存在缺陷，这种方法所发出的信号不会受到桩侧土层的干扰，对于缺陷的定位也相对较为精准，然而它的应用有一个前提条件，那就是必须要预先埋设声测管，这无疑会增加施工的复杂程度以及成本支出，并且其检测所能涉及的范围仅仅局限于声测管所包围的那个特定区域。

3 桩基检测技术的应用分析

3.1 技术适用条件与选择依据

在实际的工程实践过程中，要选择什么样的桩基检测技术或者把哪几种桩基检测技术组合起来使用，这得综合考虑很多关键因素之后才能做出科学合理的决策。桩基的设计类型以及施工工艺是需要首先去考量的方面。比如说，预制桩一般情况下更适宜采用高应变动测法，而钻孔灌注桩则可以根据具体的情况来选择声波透射法或者是低应变动测法。检测所要达成的核心目的会直接决定技术路径的选择，要是把确定承载力当作最终的目标，那么静载试验或者高应变动测法就会成为必须要选用的选项；要是把普查完整性作为主要目标，那么低应变动测法相对来说会更加经济且高效。工程场地的地质条件同样不可以被忽视，在软土地区或者桩侧土阻力发挥特征比较复杂的场地当中，对于检测结果的解读就需要格外仔细和谨慎了。并且，建设工期以及检测成本的实际情况也会对技术方案的选择产生较为深远的影响。

3.2 现场实施要点

任何先进的检测技术，其最终效果的达成都离不开规范且细致的现场操作。就静载试验来讲，反力装置安装得是否稳固以及对中精度如何，这是保证荷载能够垂直且准确地传递的根基所在，而基准梁系统要是独立并且稳定，那才算是获取真实沉降数据的前提条件^[2]。开展高应变动测的时候，选择锤击设备务必要和桩的尺寸以及预估承载力相互匹配起来，锤击动作得尽可能做到垂直、干脆利落，传感器安装面要是平整的，并且耦合剂要正确使用，这些可是直接影响原始信号质量的关键因素。低应变动测虽说看起来比较简单，然而在敲击点的选择方面、对敲击力度与频率的把控上，还有传感器安装的稳固程度上，都有着明确的规定要求。声波透射法有个要求，那就是在检测之前必须要确认声测管是畅通无阻的，并且还得灌满清水当作耦合剂，换能器提升的速度

要保持均匀，如此才能确保不同深度测点所采集的数据具备可比性。

3.3 数据分析与结果判定

现场所采集到的那些原始数据，是得经过一番专业的分析处理之后，才能够转变成具备一定指导价值的结论，至少对于工程而言是这样的。就静载试验来讲，其数据分析相对来说是比较直接的，关键点就在于要对荷载沉降曲线的具体形态展开研判，依照规范所规定下来的那些标准去确定单桩的极限承载力。而高应变动测的波动方程拟合分析可就不那么简单了，它其实是一个相当复杂的反演过程，在这个过程中，分析人员得依据地质报告以及桩型信息来合理地设定土体模型参数，然后不断地去调整，直到计算曲线能够与实测曲线实现最佳的匹配状态为止。至于低应变动测的波形分析，那就更是复杂了，它需要从极为复杂的时域或者频域信号当中去识别出桩底反射信号以及缺陷反射信号，进而对它们的相位与振幅特征做出相应的判断。所有的这些方法，其最终的结果判定全都必须要严格按照国家以及行业相关的技术标准与规范来进行操作，把分析所得出来的数据和规范所规定的临界值拿来作比较，从而得出清晰明确的结论，同时还要评估一下缺陷究竟会对桩身结构承载力产生怎样的影响程度。

3.4 技术局限性

每一种检测技术都存在着自身的能力边界以及适用前提，清楚地认识到这些局限性是能够正确运用该技术的基础。静载试验所具有的局限性，重点体现在其代表性方面以及成本方面，一般情况下它仅仅是对极少量的桩进行测试。高应变动测法的精度会受到许多现场以及人为因素的限制，在桩土体系较为复杂或者缺少地区对比经验的情形下，其对于承载力的估算结果可能会呈现出较大的离散性。低应变动测法对于浅部缺陷比较敏感，然而对于深部缺陷的分辨能力就会有所下降，并且没有办法识别出桩身那种渐变性的缺陷。声波透射法则受到了预埋管数量以及布置情况的制约。

4 桩基检测技术的发展趋势

4.1 检测设备的智能化与轻量化

未来桩基检测设备的发展会把现代微电子技术、传感技术以及通信技术紧密融合起来，向着智能化和轻量化这两个方向去演进。智能化具体表现为设备可以自动完成信号的采集工作，还能对信号进行存储，并且能够做初步的处理，另外还可以实现无线传输，甚至还集成了初步的智

能诊断算法^[3]。轻量化主要是指在保持或者提升性能的情况下，让设备的体积以及重量都大幅度地减小，比如说采用那种更为高效的激振装置，还有更小巧且低功耗的传感器以及采集仪等。

4.2 多技术融合与综合诊断

把两种或者多种检测技术在硬件平台方面或者是数据分析层面有机地融合到一起，这已然成为提升诊断准确性以及可靠性的一种不可逆转的发展趋向。就好比说，把高应变检测和低应变检测相互结合起来，如此一来便能够更为周全地对桩身的质量还有承载力加以评估。而那种更为彻底的多技术融合，则是要去搭建起一个统一的数据分析平台，借助数据融合算法针对由不同检测手段所获取来的多元异构数据展开综合性的处理以及联合反演操作，进而构建出更加精准的桩身完整性模型又或者是更具可靠性的承载力估算模型。

4.3 数据分析的数字化与可视化

随着计算机性能实现大幅跃升以及数值模拟技术逐渐走向成熟，桩基检测数据在后期分析环节正变得日益数字化且更具可视化特性。数字化指的是要构建起标准化的数据库，针对数量极为庞大的检测数据展开规范化的存储操作以及管理工作，如此便利于开展统计规律方面的分析工作以及区域性规律的总结事宜。而可视化则是借助计算机图形学相关技术，把那些较为抽象的波形数据、声学参数或者反演所得的结果，以像二维彩色云图、三维立体模型这类更为直观的形式展示出来，进而能够让桩身内部存在的缺陷在位置、范围以及性质等方面都清晰呈现在人们眼前。

4.4 标准体系的完善

技术发展速度快，应用领域也一直在拓展，这肯定对现有的标准规范体系有更新和完善的要求。以后在建设标准体系的时候，会更看重和工程实践紧密相连，会快速把经过检验的新技术、新方法吸收到里面来，比如说针对融合检测技术，要明确说清楚它的应用条件以及怎么判定结果。标准也会变得更细致，针对不一样的桩型、不一样的地质条件还有不一样的检测目的，给出更有实操价值的指导内容。并且标准体系还会更看重全程的质量控制，要把检测环节和其他像勘察、设计、施工这些环节的质量控制要求紧密地联系到一起，形成一个能闭环管理的系统。只有这样一个能跟上时代、科学严谨还层次清晰的标准体系，才能规范检测市场的行为，统一技术的门槛，保障检测的质量，它还是推动桩基检测行业健康发展、有序发展的

制度依靠。

5 结束语

桩基检测技术在设计、施工以及安全运营之间起着关键的验证作用，其价值日益凸显。从最初的静载试验开始，到后来出现的各种动测以及声学方法，这些方法一起形成了一个多层次的质量检测技术体系。要透彻了解每种方法的原理及其存在的局限性，并且依据具体的工程条件来科学地去选择以及组合这些方法，这样才能获取到可靠的检测结论。在未来，智能化的设备、多种技术相互融合、数字化的分析手段以及更为完善的标准化体系，将会一同推动这项技术朝着更加精准且高效的方面不断发展，这对于我们提升建设工程的整体质量以及安全水平有着极为重

要的意义。

[参考文献]

- [1] 郭壮. 桩基检测技术在高层建筑中的运用 [J]. 江苏建材, 2024(4):126-127.
- [2] 杜明慧. 建筑工程地基基础承载力检测方法与准确性提升策略 [J]. 住宅与房地产, 2025(11):126-128.
- [3] 桓忠雄, 纪来有, 汤亮, 等. 采用钢结构试验平台的 5000t 级桩基静载快速检测技术 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(8):63-67.

作者简介：李露其（1991.10—），毕业院校：文华学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：湖北永盛工程技术有限公司，职务：质量负责人。