

高层建筑桩基检测中存在的问题与对策

文 / 王平 四川省自然资源勘察设计集团检测有限公司

摘要：桩基质量关乎高层建筑安全，做好桩基检测至关重要。本文聚焦高层建筑桩基检测，分析了低应变反射波法、高应变动力试桩法、声波透射法等常用方法的原理、适用条件及局限性，揭示出检测实践中方法选用不当、规范执行不严、人员素质不高、设备性能参差、报告编制走过场等问题。在剖析成因的基础上，提出优选检测方法、规范检测流程、加强人员培训、改善设备性能、提升报告质量等对策建议。通过优化桩基检测的技术路线与管理机制，可望有效保障高层建筑安全，促进行业健康发展。

关键词：高层建筑；桩基检测；检测方法；问题剖析；对策建议

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.023

引言

近年来，国内城市建设步伐不断加快，高层建筑拔地而起。作为关键的地基构件，桩基施工质量直接影响高层建筑的整体性能。为保障工程安全，相关标准明确要求开展桩基检测。然而，受多方面因素制约，当前桩基检测工作仍存在不少亟待解决的突出问题，检测质量与建筑安全的需求尚未完全契合。本文拟在梳理主流检测技术的基础上，聚焦分析桩基检测领域存在的突出问题与深层次原因，并提出针对性的对策建议，以期规范桩基检测、确保高层建筑质量安全提供决策参考，推动行业技术进步。

一、高层建筑桩基检测常用方法及其局限性分析

（一）低应变反射波法

低应变反射波法是基于应力波理论的无损检测方法。其基本原理是：利用手锤或专用设备在桩顶激发应力波，波在桩身传播并在桩端或缺陷处反射，通过分析反射波信号的幅值、频率、波速等参数，判断桩身完整性状况。根据应力波理论，反射波振幅与桩顶激发力和桩身阻抗的乘积成正比，反射波频率 f 与波长 λ 和波速 c 的关系为： $f=c/\lambda$ 。低应变法可检测桩身混凝土强度、均匀性、缺陷位置和大小等，适用于各类预制桩和灌注桩，检测效率高，现场操作方便^[1]。但该方法易受桩径、桩长、土层条件等因素影响，仅能获得桩身轴向完整性信息，难以准确评价桩端持力层状况。此外，桩头损伤、断桩等因素也会干扰检测信号，影响结果判读。

（二）高应变动力试桩法

高应变动力试桩法是在桩顶施加较大冲击荷载，测量桩顶力和速度响应，运用一维应力波理论和数值分析方法，计算单桩竖向承载力及其分布的检测技术。其基本原理为：锤击产生的应力波在桩-土系统中传播，桩顶测点的力 $F(t)$ 和速度 $v(t)$ 之间存在位移函数关系： $F(t)=Zv(t)+Rv(t)$ ，其中 Z 为桩身阻抗， R 为土阻尼。高应变法可连续、快速地获得单桩极限承载力、桩侧阻力和端阻力分布等参数，全面评价桩的工作状态，优化桩基设计。该方法设备投资小、检测效率高，尤其适用于大直径灌注桩和复杂成桩工艺条件下的桩基检测，已成为工程质量验收和长期性能监测的主要手段。但该方法基于波动理论和理想状态假设，与实际情况存在一定偏差，且检测结果易受多种因素的综合影响。

（三）声波透射法

声波透射法利用超声波在桩身介质中传播的时间差和幅值差，评估桩身完整性的方法。其基本原理是：在桩两侧钻孔布置声源和接收传感器，测量声波通过完整部位和缺陷部位的走时差 Δt 和幅值比 $A1/A2$ ，由此计算声速和衰减系数，定量分析缺陷的位置、范围和性质。完整部位的声波走时 $t1=L1/c$ ，缺陷部位的走时 $t2=t1+\Delta t$ ，声速 $c=L1/(t2-\Delta t)$ ，其中 $L1$ 为声程， c 为混凝土声速。根据透射信号异常程度，可判定缺陷等级： $A1/A2<0.3$ 为 I 类缺陷， $0.3 \leq A1/A2<0.5$ 为 II 类缺陷， $A1/A2 \geq 0.5$ 为 III 类缺陷。声波透射法可直观、准确地评价大直径桩身的缺陷分布，适用于大体积混凝土质量检测，配合 CT 成像技术使用效果更佳。但该方法施工要求高，检测成本大，且存在一定盲区，难以获得桩端状况信息。上述几种常用桩基检测方法的原理、特点及局限性比较见图 1。

二、高层建筑桩基检测中存在的突出问题分析

（一）检测方法选择不当

高层建筑桩基检测方法的选择直接影响检测数据的可靠性，但目前行业内普遍存在方法选择不当的问题。一方面，部分检测单位在制定方案时忽视了桩型与地质条件的差异，没有针对工程的具体情况选用最优的检测技术，导致检测结果难以真实反映桩基状况。常见问题包括：对于大直径嵌岩桩，低应变反射波法难以准确评估桩端持力层状况；对于高桩径比的灌注桩，声波透射法存在测试盲区。另一方面，不少检测人员过度依赖单一的检测手段，缺乏综合运用多种方法进行互补验证的意识。单一方法受设备性能、现场条件等因素制约，获取的信息往往不够全面，交叉验证有助于相互印证，减少漏判和误判。造成这些问题的根源在于检测单位对不同方法的适用条件和局限性认识不足，结合工程实际情况开展针对性研究不够，方案编制流于形式化。

（二）检测流程与规范执行不严

规范的检测流程是确保数据真实可靠的基本要求，然而部分检测单位在流程的关键控制环节却把关不严、执行不力。其一，现场检测布置与操作不够规范。一些检测人员为追赶进度，简化检测步骤，没有严格按照规范要求选取测试点位、连接传感器，现场布置随意；部分人员责任心不强，疏于维护设备，检测参数设置随意，

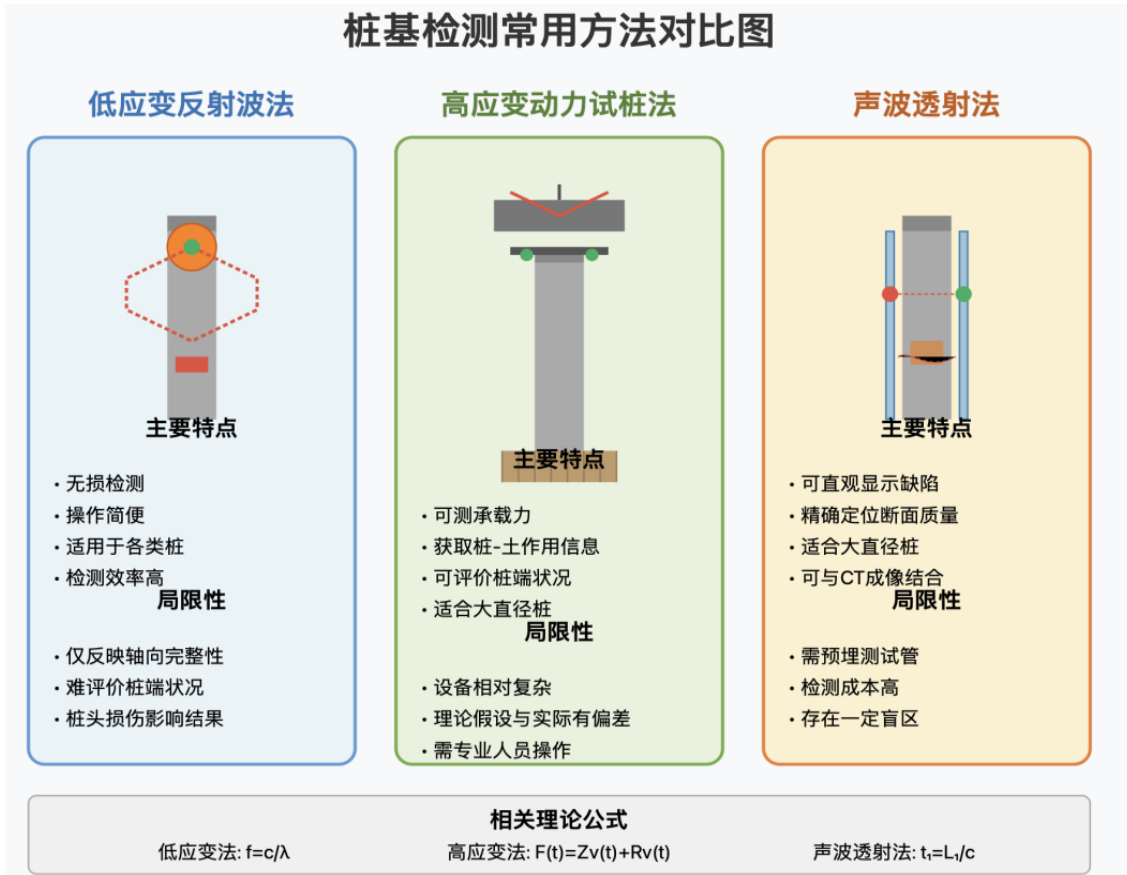


图 1 不同桩基检测方法的原理、特点及局限性比较

操作漏洞百出。其二，数据采集与分析缺乏科学性。有的单位数据记录不完整，测点信息标注错漏，难以追溯数据来源；有的单位对异常数据的分析不到位，为避免返工，简单按“合格”处理。更有个别单位为编制出“漂亮”的检测报告，对原始记录和曲线“修修补补”，弄虚作假。究其原因，既有检测单位的监管制度不健全，责任意识淡薄，也有行业标准规范不够细化、可操作性不强。在利益驱使下，部分单位逐利、图便宜，规范执行走样。

（三）检测人员专业素质有待提升

桩基检测是一项专业性很强的工作，检测人员的理论素养和实践经验直接关系到成果的权威性。但目前不少一线检测人员在专业素质方面还存在明显短板。①理论基础薄弱，部分人员文化程度偏低，缺乏必要的力学、土力学等专业知识，对检测原理和方法缺乏深刻理解，遇到复杂问题无法从机理层面给出合理分析。②实践经验不足，很多人员现场作业经历少，缺乏在不同桩型、地质条件下的实战锻炼，难以对现场获取的检测数据形成敏锐的专业判断。出现上述问题的根本原因在于，多数检测单位没有建立完善的人才培养体系，教育培训流于形式，理论与实践脱节；同时从业人员的职业发展通道不畅，工资待遇偏低，成长空间狭窄，多流于“打工”心态，主动学习积极性不高。在人员素质的“短板”制约下，检测工作的针对性、专业性大打折扣，数据解释和报告编制难以经得起推敲。

（四）检测设备性能参差不齐

检测仪器设备是开展现场检测的重要保障，但由于投入不足、管理不善等原因，目前行业内仪器设备性能普遍不高，难以满足日益复杂的工程需求。突出的问题：①设备老化失修，很多单位的检测设备购置多年，各项性能指标明显下降，灵敏度、分辨率等关键参数无法达标，野外作业经常“带病”运行，时有“罢工”现象，严重影响检测效率。②缺乏定期校准，部分单位疏于对设备进行日常维护与定期标定，测试数据失真，无法保证一致性。还有不少单位为控制成本，采购“三无”设备，缺乏出厂检测报告和使用说明书，性能指标、适用条件等关键信息不明，给现场检测工作留下隐患。造成设备性能参差不齐的症结在于，一些检测单位受利益驱使，在硬件投入上一筹莫展，设备管理制度不健全，带病检测行为屡禁不止，设备性能无法得到可靠保障。

（五）检测报告质量良莠不齐

检测报告是反映检测成果、指导工程决策的关键性文件，其编制质量事关工程安全。但受检测单位业务水平、人员素质等因素制约，当前检测报告的内容全面性和结论可靠性还存在不小差距。不少报告对工程概况、检测依据、技术方案等关键信息交代不清，前言不搭后语，难以让人信服；在数据分析和结果表述方面，一些报告简单罗列数据，缺乏必要的误差分析和统计论证，结论依据不足；在形成鉴定意见时，有的报告只给出笼统的定性描述，缺乏可供借鉴的处置建议。造成这些问题的

主要原因一是报告编制责任心不强,部分单位为赶工期,走过场,没有对原始记录和数据进行认真核查,报告内容粗制滥造^[2]。二是编制人员能力不足,文字表达不精准,专业分析不透彻,对工程实际情况了解不深入。在上述问题的影响下,检测报告的参考价值和权威性大打折扣,给工程质量验收和使用预留了隐患。

三、提升高层建筑桩基检测质量的对策建议

(一) 合理选择检测方法

提升桩基检测质量,优选适宜的检测技术至关重要。检测单位应全面考虑桩型特点、地层岩性、施工工艺等因素,因地制宜选择针对性强、可操作性好的检测方法。对于大直径灌注桩,宜采用高应变法、声波透射法,准确评估桩身完整性、桩端持力层状况;对于大直径嵌岩桩,应重点关注桩端岩层风化程度、桩岩接触状况,优先选用钻芯法直接取样检测。针对特殊桩型和复杂地层,应综合运用多种方法交叉验证,如在低应变法基础上辅以声波透射、瞬变面波等,形成多维立体的检测体系,弥补单一方法局限,全面揭示桩基工作性态。同时,应加强各类方法机理和适用性研究,完善配套数值模拟和解释分析技术,为合理选择检测方案提供理论支撑。

(二) 严格遵循规范流程

规范、细致的现场检测和科学的数据分析,是确保检测结果真实可靠的基本前提。检测人员应严格遵循规范要求,对仪器设备进行标定和检查,合理布设测试点,精心设计检测参数,确保现场检测环境、布线状态等满足规范。数据采集过程中,应严格把控数据质量,及时分析异常数据成因并调整参数,直至获得稳定规范的波形曲线。数据处理与分析阶段,应秉持科学求实的态度,尽可能全面获取工程信息和检测数据,综合运用数理统计方法开展定量分析,并进行误差修正、排除干扰因素,最大限度还原结构真实状态^[3]。对于复杂条件下的数据解译,应结合工程实际,利用有限元模拟等手段深入分析,必要时咨询有经验的专家意见,以期得出专业、审慎、可靠的评估结论。严格规范的现场作业和缜密的数据分析,是桩基检测的质量生命线,也是检测单位的职业操守和担当所在。

(三) 加强检测人员培训与考核

检测人员的专业素养是保障检测数据高质量的关键因素。应采取切实措施,着力提升检测队伍的业务能力和职业操守。一方面,要创新培训方式,以集中授课、案例教学、现场见习等多种形式,加强理论知识学习,夯实桩基工程、检测技术等专业基础。定期开展业务考核,将专业知识与实操技能紧密结合,督促人员学以致用,在实践中砥砺业务水平。另一方面,要完善人才发展通道,拓宽选人用人视野,为检测人员提供学历进修、职称评定、技能竞赛等成长平台,调动钻研业务的积极性。加大优秀人才选拔和培养力度,开展传帮带等活动,促使骨干在实践中积累经验、提升能力。同时严把入口关,完善职业资格认证,从源头提高准入门槛。要加强职业道德建设,强化责任意识,恪守职业操守,培育严谨求实的工作作风,树立检测行业良好形象。系统性的培养培训,是打造一支高素质、专业化检测队伍的必由之路。

(四) 定期维护检测设备性能

检测设备是获取高质量数据的物质基础,其性能的优劣直接影响着数据的准确性和检测的效率。检测单位要树立设备是生产力的理念,加大硬件投入,及时更新淘汰老旧设备。应根据业务需求,优先配置先进、可靠、智能化的专业设备,并做好人员的实操培训,确保其能熟练掌握设备性能并规范使用。要建立健全设备档案,如实记录使用、维修、校准等情况,严格执行操作规程,最大限度减少人为干扰。对于性能降低、精度达不到要求的老化设备,要及时检修,必要时送厂保养,消除设备隐患。要明确设备定期检定校准的各项要素,确保检测数据的准确可追溯。对于量值复现、功能核查不合格的设备,要及时处理,严禁带病作业。同时加强对检定校准机构的审核和监管,建立可靠的社会化溯源体系。从制度、人员、技术等方面多管齐下,强化设备性能的日常维护与定期校准,是确保检测数据质量的重要保障。

(五) 规范检测报告编制

检测报告是检测工作的最终成果,其规范性、准确性直接影响工程决策的科学性。报告编制人员要严格执行相关标准,对工程概况、检测方案、现场操作、数据分析等环节逐一说明,确保报告内容完整、描述准确、过程清晰,具备可追溯性。在阐述检测结果时,要全面、客观反映数据分析得出的各项指标,以充分、可靠的原始记录和统计分析支撑结论,明确给出桩基工作性态的评估意见。在形成结论性意见时,要广泛收集相关背景资料,全面查找原因,参考同类工程经验,以事实数据多角度佐证,确保结论审慎客观、逻辑严密。报告用语要简单流畅,专业术语规范,附图、附表、脚注等信息完备。要健全报告审核制度,加强专业把关和校核,确保报告经得起推敲。应主动配合主管部门做好报告备案,自觉接受监督,切实履行质量责任,维护行业公信力。严把报告质量关,是确保检测成果权威性、可靠性的重要举措,也是检测行业的生命线所在。

结语

综上所述,当前高层建筑桩基检测工作仍存在诸多不容忽视的问题,核心症结在于检测技术选择与应用不够科学规范,检测队伍建设亟待加强,检测全过程管理有待进一步严格。紧扣新时期建设工程质量安全的更高要求,桩基检测行业应积极顺应智能化、信息化发展趋势,优化检测技术路线,创新设备功能,提升检测队伍素养,健全质量管控机制。唯有多管齐下,久久为功,方能从根本上提高桩基检测水平,为高层建筑的安全建设保驾护航。

参考文献

- [1] 储明杰. 高层建筑工程中桩基检测技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2024, (21): 230-232.
 - [2] 江建南. 试论高层建筑桩基础静压桩施工技术分析[J]. 居舍, 2023, (36): 35-38.
 - [3] 黄丽. 高层建筑工程施工中桩基检测技术的运用策略[J]. 内江科技, 2023, 44(04): 16-17.
- 作者简介: 王平, 1991年8月, 男, 四川井研, 研究生, 岩土工程工程师, 研究方向: 岩土工程。