

地基检测技术要点及优化策略分析

薛盼盼

河北路安工程质检技术服务有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：地基检测技术要点涵盖检测前地质勘察、方案设计与设备选型，实施中传感器精准布置、数据高频采集及动态反馈，数据分析时需预处理、模型验证与规范报告编制。现存问题包括复杂地质检测精度不足、深层检测技术局限及动态监测稳定性差。优化策略包括研发智能化检测设备、融合多技术、结合物联网实时监测，同时完善检测标准、强化人员培训与资质认证，以提升检测精准度与效率，保障建筑工程质量。

关键词：地基检测；技术要点；优化策略

引言：地基作为建筑工程的基础，其质量直接关系到整体结构的稳定性与安全性。地基检测技术作为评估地基质量的重要手段，其准确性与可靠性对于工程决策至关重要。然而，当前地基检测技术面临复杂地质条件检测精度不足、深层检测技术局限以及动态监测数据稳定性差等挑战。因此，深入分析地基检测技术要点，探索优化策略，对于提升检测精度、保障工程质量具有重要意义。

1 地基检测技术分类与原理

1.1 传统检测技术

(1) 静载荷试验：原理是通过在地基上逐级施加竖向荷载，观测地基沉降变形，确定地基承载力和变形模量。适用范围为建筑、桥梁等重要工程的天然地基或复合地基检测。局限性在于试验周期长（通常需数天）、成本高，且受场地限制，难以对大范围地基进行检测。

(2) 动力触探法：包含标准贯入试验与圆锥动力触探。标准贯入试验通过重锤自由下落击入探头，记录贯入一定深度的锤击数，判断土层密实度；圆锥动力触探利用探头锥尖阻力，评估地基土强度，适用于碎石土、砂土等土层检测。(3) 波速测试法：声波测试通过发射声波测传播速度，反映土的密实度；瑞利波测试利用表面波传播特性，探测浅层地基缺陷；横波测试可获取土的剪切波速，计算剪切模量，多用于地基刚度评估。

1.2 现代检测技术

(1) 地质雷达（GPR）技术：原理是发射高频电磁波，根据地下介质反射波信号，判断地基层、空洞等缺陷。应用场景包括路基、堤坝等工程的隐蔽病害检测，可实现快速无损探测。(2) 静力触探（CPT）与孔压静力触探（CPTU）：CPT通过探头锥尖阻力等参数，连续测定土层性质；CPTU额外测量孔隙水压力，适用于软土、饱和砂土等场地，能精准反映地基力学特性。

(3) 光纤传感技术：基于分布式监测原理，利用光纤感知应变、温度等变化，实现对地基沉降、渗漏的实时监测，适用于长期稳定性观测。(4) 无人机与三维激光扫描技术：采用非接触式检测，无人机航拍结合三维激光扫描，快速获取地基表面形态数据，适用于大面积、复杂地形的地基变形监测^[1]。

1.3 技术对比分析

(1) 多维度对比：精度上，现代技术如CPTU、光纤传感优于传统静载荷试验；效率方面，GPR、无人机技术单日检测面积是传统方法的5-10倍；成本上，传统静载荷试验单点位成本超万元，现代技术如GPR单点位成本可降低30%；适用性上，传统技术适用于小范围精准检测，现代技术更适合大范围、动态监测。(2) 地质条件选型建议：软土地基优先选CPTU、光纤传感；碎石土地基宜用圆锥动力触探、三维激光扫描；浅层缺陷检测推荐GPR；重要工程地基承载力检测需结合静载荷试验与现代技术验证。

2 地基检测关键技术要点

2.1 检测前准备要点

(1) 地质勘察与资料收集：需全面收集项目区域地质勘察报告，明确土层分布、地下水位、岩土物理学参数等核心信息；同时调取周边工程历史检测数据、地基处理记录，排查地下管线、构筑物等隐蔽设施位置，避免检测过程中造成破坏，为后续方案设计提供基础依据。(2) 检测方案设计与设备选型：方案需结合工程类型（如建筑地基、路基）、检测目的（承载力验证、缺陷探测）制定，明确检测范围、点位布置密度及技术方法；设备选型需匹配地质条件，例如软土地基优先选用孔压静力触探仪，浅层缺陷检测选用高频地质雷达，确保设备精度符合《建筑地基检测技术规范》等标准要求。(3) 现场环境与安全评估：排查现场地形地貌、周

边建筑物沉降敏感性,评估暴雨、地下水位波动等环境因素对检测的影响;制定安全防护措施,如高空作业防护、电气设备防雨措施,对检测人员进行安全培训,明确应急预案,保障检测作业安全。

2.2 检测实施要点

(1) 传感器布置与埋设规范:传感器需根据检测方法精准布设,如光纤传感器应沿地基受力关键断面埋设,埋深误差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 内;静力触探探头需垂直入土,偏差不超过 1° ,埋设后需进行密封性检查,避免泥浆、地下水渗入影响数据准确性。(2) 数据采集频率与质量控制:根据检测类型设定采集频率,静态检测(如静载荷试验)每级荷载稳定后采集沉降数据,动态监测(如基坑地基)每30分钟采集1次;实时校验数据有效性,若出现数据突变,需检查设备连接、传感器状态,剔除异常值,确保数据连续、可靠^[2]。(3) 动态监测与实时反馈机制:建立实时监测平台,对地基变形、应力等参数进行动态跟踪;当数据接近预警阈值(如沉降速率超 0.1mm/h)时,立即启动反馈机制,通知设计、施工单位调整方案,防止地基失稳。

2.3 数据分析与结果解读

(1) 原始数据预处理:采用滤波(如小波滤波)、去噪(如均值滤波)技术处理原始数据,消除设备干扰、环境噪声影响;对缺失数据进行合理插值补全,确保数据完整性,为后续分析奠定基础。(2) 参数反演与模型验证:通过数值模拟(如有限元法)进行参数反演,计算地基弹性模量、承载力等关键指标;结合现场试验数据验证模型合理性,若误差超5%,需调整模型参数,确保计算结果与实际工况一致。(3) 检测报告编制规范:报告需明确引用《建筑地基基础设计规范》等标准依据,包含工程概况、检测方法、数据图表、计算过程等内容;结论需按“合格、待验证、不合格”分级表述,针对问题提出整改建议(如地基加固方案),确保报告具备科学性与指导性^[3]。

3 地基检测技术现存问题与挑战

3.1 技术层面问题

(1) 复杂地质条件下的检测精度不足:在岩溶发育区、杂填土地基等复杂场地,土层分布不均、存在隐蔽空洞或软弱夹层时,传统动力触探易出现锤击数误判,现代GPR技术也因介质差异大导致反射波信号紊乱,难以精准识别地基真实状况,检测结果与实际偏差可达10%-15%。(2) 深层地基检测技术局限性:对于埋深超30m的深层地基,静力触探仪探头易受土层阻力影响发生偏移,波速测试法信号衰减严重,难以获取有效数据;

现有技术多适用于浅层检测,深层地基力学参数计算依赖经验公式,准确性难以保障。(3) 动态监测数据稳定性问题:长期动态监测中,光纤传感器易受温度变化、土壤沉降挤压影响,出现信号漂移;无人机监测受大风、阴雨天气干扰,数据采集间隔延长,难以持续稳定反馈地基变形趋势,影响预警及时性。

3.2 管理层面问题

(1) 检测标准不统一:不同地区、行业对同一检测项目(如地基承载力判定)执行标准存在差异,如部分地区参考《建筑地基检测技术规范》,部分行业沿用自有标准,导致检测结果缺乏可比性,跨项目数据共享困难。(2) 人员操作规范性不足:部分检测人员未严格按照规范埋设传感器,如静力触探探头入土角度偏差超 2° ,或数据采集时未及时校验设备,导致原始数据误差;新人培训周期短,对复杂工况应对能力不足,进一步影响检测质量。(3) 检测设备老化与维护缺失:部分机构仍使用超服役年限的动力触探仪、数据采集仪,设备精度下降;日常维护仅侧重外观检查,未定期校准传感器、检修核心部件,导致检测数据可信度降低。

3.3 环境与经济性挑战

(1) 检测对周边环境的扰动:静载荷试验需开挖基坑、堆放重物,易破坏周边植被;地质雷达检测时设备移动可能碾压场地土壤结构,在生态敏感区(如湿地周边)开展检测,易引发环境合规性问题。(2) 高成本与长周期的矛盾:高精度现代设备(如CPTU仪)单台采购成本超百万元,且需定期校准维护;传统静载荷试验单点检测周期长达3-5天,大范围检测时成本与周期呈倍数增长,与工程快速推进需求冲突。

4 地基检测技术优化策略

4.1 技术创新优化

(1) 智能化检测设备研发:开发集成AI辅助分析系统的检测设备,如智能静力触探仪,可通过算法自动识别土层类型、修正检测误差,针对复杂地质条件下的信号紊乱问题,实现数据实时筛选与精准解读,将检测偏差从10%-15%降至5%以内;同时研发便携式智能传感器,具备自动校准功能,减少环境因素对动态监测数据的干扰,提升数据稳定性^[4]。(2) 多技术融合应用:推动GPR技术与无人机三维建模结合,利用无人机快速获取场地表面数据,结合GPR探测地下隐蔽缺陷,通过数据融合构建地基“地上-地下”一体化模型,解决深层地基检测数据不足的问题;此外,将波速测试法与光纤传感技术联用,通过双技术数据交叉验证,提高深层地基力学参数计算准确性,打破单一技术的局限性。(3)

动态监测与物联网（IoT）结合：搭建地基检测IoT平台，将分布在场地内的传感器、无人机、数据采集仪等设备接入网络，实现检测数据实时传输、远程监控与自动预警；平台可根据监测数据变化趋势，智能调整采集频率，如地基变形稳定时降低频率、接近阈值时提高频率，既保障预警及时性，又减少无效数据采集，提升监测效率。

4.2 管理流程优化

（1）标准化检测流程制定：对接ISO国际标准，结合国内《建筑地基检测技术规范》等要求，制定统一的检测流程标准，明确检测前准备、实施、数据分析各环节的操作规范，如传感器埋设偏差需控制在 $\pm 1^\circ$ 内、原始数据去噪需采用指定滤波算法等；同时统一检测结果判定标准，消除地区、行业差异，实现跨项目数据共享与对比。（2）人员培训与资质认证体系完善：建立分层级培训体系，针对新人开展基础操作培训（如设备使用、安全规范），针对资深人员开展复杂工况应对、智能设备操作等进阶培训，培训后需通过理论考核与实操考核方可获取资质；定期组织行业技能竞赛与技术交流，提升检测人员专业能力，减少因操作不规范导致的检测误差。（3）检测数据云平台建设与共享机制：构建区域性地基检测数据云平台，鼓励检测机构、施工单位、科研院所上传检测数据，平台设置数据加密与权限管理功能，保障数据安全；建立数据共享激励机制，如上传优质数据可获得平台积分，用于兑换技术咨询、设备校准等服务，促进行业数据资源整合与高效利用^[5]。

4.3 成本控制与效率提升

（1）模块化检测方案设计：根据工程规模、地质条件设计模块化检测方案，将检测项目拆解为“基础模块”（如常规土层检测）与“定制模块”（如深层缺陷探测），客户可按需选择组合，避免过度检测造成的成本浪费；例如小型建筑地基仅需选择基础模块，大型桥

梁地基则增加定制模块，实现检测成本精准控制。（2）检测周期压缩技术：推行并行检测模式，如在静载荷试验加载等待期，同步开展GPR浅层缺陷检测、无人机表面监测，将单点位检测周期从3-5天压缩至1-2天；研发快速检测设备，如高频地质雷达，提升数据采集速度，单日检测面积可增加50%以上，满足工程快速推进需求。

（3）绿色检测技术：推广低能耗检测设备，如太阳能供电的便携式传感器、电动驱动的静力触探仪，降低设备运行能耗；使用环保型检测材料，如可降解的传感器保护套管，减少对土壤环境的污染；优化静载荷试验方案，采用轻量化加载装置，减少基坑开挖面积与植被破坏，降低检测对周边环境的扰动，实现绿色检测。

结束语

地基检测技术作为保障建筑工程质量的关键环节，其发展与优化至关重要。通过深入分析传统与现代检测技术的要点，我们明确了各自的优势与局限。针对现存问题，提出技术创新、管理流程优化及成本控制与效率提升等策略，旨在提高地基检测的精准度与可靠性。未来，应持续推动技术进步，完善管理规范，以适应不断变化的工程需求，为建筑工程的稳固与安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1]黄向辉.建筑工程地基检测技术要点及优化策略分析[J].低碳世界,2021,11(09):100-101.
- [2]崔迪,吴子俊.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].建筑技术开发,2020,47(21):142-143.
- [3]潘柱.建筑工程地基基础检测的重要性和关键技术[J].建材发展导向(上),2021,19(2):245-246.
- [4]王翠桦.民用建筑工程地基基础检测技术要点及优化对策[J].中国住宅设施,2021(08):49-50.
- [5]吴永灿.杂填土下卧软弱土地基强夯施工技术 with 加固效果检测研究[J].科学技术创新,2021(24):138-139.