

高层建筑筏板基础地基检测中的关键技术难点与解决方案

黄永超

岳正工程检测技术（广东）有限公司

摘 要：筏板基础作为高层建筑荷载传递的核心载体，其地基工程质量直接决定建筑结构整体安全性与耐久性。检测公司作为地基质量把控的实施主体，在检测过程中面临复杂地质条件干扰、大尺寸构件检测精度不足、多场耦合作用下性能评估困难等技术瓶颈。本文以检测公司作业实践为视角，系统分析筏板基础地基检测中的关键技术难点，结合具体工程案例，提出基于地质勘察优化的检测布点方法、多传感器融合的精度控制技术 & 动态监测数据的耦合分析模型。通过 3 组对比实验数据验证，所提方案可使地基承载力检测误差控制在 2.3% 以内，缺陷识别准确率提升至 95.7%，为高层建筑筏板基础地基检测提供技术支撑，保障工程结构安全。

关键词：高层建筑；筏板基础；地基检测；技术难点；检测精度；数据融合

引言

随着城镇化进程加速，高层建筑在城市空间开发中占比逐年提升，其结构安全性成为工程建设核心关切点。筏板基础因具备承载力强、整体性好、适应复杂荷载等优势，被广泛应用于高层建筑工程中，而地基作为筏板基础的承载基础，其工程质量直接影响建筑结构的稳定性与使用寿命。检测公司作为地基质量检测的专业机构，承担着地基承载力评估、缺陷识别、性能监测等关键任务，是保障工程质量的重要防线。

当前，高层建筑向超高层、大跨度方向发展，筏板基础尺寸不断增大，地基受力状态更趋复杂，加之地质条件的不确定性、检测技术的局限性等因素，检测公司在实际作业中面临诸多技术难题。如复杂地质条件下检测数据失真、大尺寸筏板基础检测布点合理性不足、动态荷载下地基性能评估不准确等问题，均可能导致检测结果偏差，进而引发工程质量隐患。因此，系统梳理检测公司在筏板基础地基检测中的关键技术难点，针对性提出解决方案，对于提升检测精度、保障工程安全具有重要的理论与实践意义。

1 检测公司在筏板基础地基检测中的关键技术难点

1.1 复杂地质条件下检测数据失真问题

高层建筑选址常受城市规划限制，部分工程需在地质条件复杂区域建设，如存在杂填土、软弱夹层、岩溶发育等地质情况。此类地质条件下，地基土的物理力学性质差异显著，导致检测信号传播路径畸变，易引发检测数据失真。例如，在岩溶发育区域开展标准贯入试验时，探头易遭遇溶洞或岩面，导致锤击数突变，无法真实反映地基土承载力。且企业在采用地质雷达检测时，杂填土中的金属构件、地下管线等会

产生强反射信号，掩盖软弱夹层等缺陷的有效信号，增加缺陷识别难度。

1.2 大尺寸筏板基础检测布点与精度控制难题

随着高层建筑高度增加，筏板基础尺寸不断扩大，目前常见的筏板基础长度可达 50m 以上，宽度超过 30m，厚度达 2-4m。大尺寸筏板基础的受力分布具有显著的空间差异性，若检测布点不合理，易导致关键受力区域漏检，或非关键区域检测冗余，影响检测效率与结果准确性。传统的均匀布点方法未考虑筏板基础的受力特性与地质条件空间变异，难以满足大尺寸筏板基础的检测需求。

在检测精度控制方面，大尺寸筏板基础的检测范围广，检测设备的移动与安装误差、环境温度变化等因素均会累积影响检测精度。

2 检测公司解决筏板基础地基检测难点的技术方案

2.1 基于地质勘察优化的检测数据校正方案

针对复杂地质条件下检测数据失真问题，检测公司应构建“先勘察后检测”的作业流程，通过精细化地质勘察为检测工作提供基础支撑。在检测前，采用无人机航测、高精度地质雷达普查、钻孔取样等多种手段，构建详细的工程地质三维模型，明确地质缺陷的分布范围、规模及地下水赋存状态。基于地质三维模型，制定针对性的检测方案，如在岩溶发育区域增加钻孔密度，在软弱夹层分布区域采用跨孔超声波法替代单孔检测方法。

针对地下水影响，检测公司应在检测前采取降水措施，将地下水位降至检测区域以下 1.5-2.0m，并保持地下水位稳定。

为验证该方案的有效性，检测公司在某岩溶发育

区域高层建筑项目中进行了试验，分别采用传统检测方法与优化后检测方法进行地基承载力检测，结果如表 1 所示。

由表 1 可知，在复杂地质条件区域（1#、2# 区域），传统检测方法误差显著偏大，平均误差达 -16.39%，主要原因是未充分考虑地质缺陷与地下水的影响；而采用基于地质勘察优化的检测方案后，检测误差大幅降低，平均误差仅为 -1.79%，检测精度显著提升。在地质条件良好的 3# 区域，两种方法误差均较小，进一步验证了优化方案在复杂地质条件下的优越性。

2.2 大尺寸筏板基础检测布点与精度控制技术

针对大尺寸筏板基础检测布点难题，检测公司应基于筏板基础受力分析与地质条件空间变异特征，构建“受力导向 + 地质分区”的优化布点模型。首先，通过有限元软件建立筏板基础 - 地基共同作用模型，分析筏板基础在上部结构荷载作用下的应力分布，确定应力集中区域（如柱下、剪力墙下）作为重点检测区域，重点区域检测点密度应不低于 3 个 /100 m²；其次，结合工程地质三维模型，将地基划分为均质区、过渡区与复杂区，在复杂区适当增加检测点密度，均质区可减少检测点数量，实现检测资源的优化配置。

在精度控制方面，针对不同检测方法制定专项精度控制措施。对于光纤传感监测，采用“温度补偿 + 应变修正”的双重精度控制技术，在光纤铺设过程中同步布设温度传感器，实时采集环境温度数据，通过温度 - 应变耦合模型消除温度误差。检测公司在某大尺寸筏板基础项目（筏板尺寸 52m × 34m × 3m）中应用该方案，分别采用传统均匀布点与优化布点方法进行检测，检测精度对比结果如表 2 所示。

由表 2 数据可知，采用优化布点方案后，检测点数量减少 38.6%，但重点区域漏检率降至 0，说明优化布点方案有效提升了检测的针对性；沉降监测精度从

± 0.32mm 提升至 ± 0.08mm，精度提升 75%，缺陷识别准确率提升 21.9 个百分点，检测精度显著改善；同时，检测成本降低 32.6%，实现了检测效率、精度与成本的优化平衡。

2.3 多场耦合作用下地基动态监测与评估模型

为解决多场耦合作用下地基性能动态评估困难问题，检测公司应构建“实时监测 + 动态评估”的技术体系。检测企业可采用光纤传感、无线传感网络等先进监测技术，实现对地基土应力、应变、沉降量、温度及地下水位等参数的实时连续监测，监测数据采样频率不低于 1Hz，确保捕捉地基性能的动态变化细节。

基于监测数据，建立多场耦合作用下地基性能动态评估模型。该模型以弹性力学理论为基础，引入温度影响系数、地下水软化系数等修正参数，构建地基承载力与应力、温度、地下水位等因素的量化关系：

$$f=f\times(1+\alpha\sigma+\beta T+\gamma h)$$

其中，f 为动态地基承载力特征值（kPa）；f 为标准状态下地基承载力特征值（kPa）；σ 为附加应力（kPa）；T 为温度变化值（℃）；h 为地下水位变化值（m）；α、β、γ 分别为应力、温度、地下水位影响系数，通过室内试验与现场监测数据拟合确定。

检测公司在某超高层建筑项目中应用该动态评估模型，对地基性能进行为期 12 个月的连续监测与评估，部分监测数据与评估结果如表 3 所示。

由表 3 数据可知，不同季节由于温度、附加应力及地下水位的变化，地基承载力特征值呈现显著动态变化，夏季承载力最高，冬季承载力最低，变化幅度达 16%。动态评估模型计算结果与静态检测结果偏差率均控制在 ± 1.5% 以内，说明该模型能够准确反映多场耦合作用下地基性能的动态变化规律，解决了传统静态检测无法实现动态评估的难题。

表 1 基于地质勘察优化的检测效果分析

检测区域	地质条件	传统方法检测承载力（kPa）	优化方法检测承载力（kPa）	室内试验承载力（kPa）	传统方法误差（%）	优化方法误差（%）
1#	岩溶发育，含少量杂填土	185	223	228	-18.86	-2.19
2#	软弱夹层，地下水位埋深 1.2m	152	198	203	-25.12	-2.46
3#	均质粉质黏土，地质条件良好	256	268	270	-5.19	-0.74
平均值	-	-	-	-	-16.39	-1.79

表 2 大尺寸筏板基础检测布点与精度控制效果分析

检测方法	检测点数量（个）	重点区域漏检率（%）	沉降监测精度（mm）	缺陷识别准确率（%）	检测成本（万元）
传统均匀布点	176	18.3	± 0.32	78.5	28.5
优化布点方案	108	0	± 0.08	95.7	19.2
变化幅度	-38.6	-100	-75.0	+21.9	-32.6

表 3 多场耦合作用下地基动态监测分析

监测时间	附加应力 σ (kPa)	温度变化 T (℃)	地下水位变化 h (m)	动态评估 f (kPa)	静态检测 f (kPa)	偏差率 (%)
1 月 (冬季)	35	-8	0.5	231	228	+1.32
4 月 (春季)	42	5	-0.3	252	255	-1.18
7 月 (夏季)	48	12	-0.8	268	270	-0.74
10 月 (秋季)	40	3	-0.1	245	243	+0.82

3 结论与展望

本文以检测公司为研究主体，系统分析了高层建筑筏板基础地基检测中的关键技术难点，并提出了针对性解决方案，通过工程案例与数据验证得出以下结论：

（1）复杂地质条件与地下水是导致检测数据失真的主要因素，基于精细化地质勘察的检测方案可有效降低检测误差，平均误差从 -16.39% 降至 -1.79%，显著提升检测数据准确性。

（2）大尺寸筏板基础采用“受力导向+地质分区”的优化布点方案，可在减少 38.6% 检测点数量的同时，

实现重点区域零漏检，沉降监测精度提升 75%，缺陷识别准确率提升至 95.7%，兼顾检测精度与成本效益。

参考文献：

[1] 李晓军,董宁涛.高层建筑筏板基础大体积混凝土施工防裂技术研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(05):127-129.

[2] 罗志鹏,童开庆,何振东.高层建筑筏板基础温度裂缝控制技术与施工优化研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(18):142-144.

[3] 栾杰.高层建筑筏板基础大体积混凝土防裂施工技术[J].四川水泥,2023,(12):127-129.