

主体结构检测中楼板挠度测量方法的现场可操作性评价

赵慷慨 朱强

山东中任工程检测有限公司 山东 临沂 276000

【摘要】：在房屋建筑主体结构质量检测工作中，楼板作为水平受力构件，承担着传递竖向荷载、保障结构整体稳定性的重要作用，其变形性能直接关系到建筑的正常使用功能与长期安全。楼板挠度检测属于结构变形检测的核心内容，主要测量楼板在自重、外加荷载作用下产生的竖向变形值，判断其是否符合现行规范规定的挠度限值要求，同时排查因挠度超标引发的结构开裂、渗漏等质量隐患。本文结合主体结构检测中楼板挠度测量方法的现场可操作性评价进行分析，以供参考。

【关键词】：主体结构检测；楼板挠度；测量方法；现场可操作性

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.006

1 引言

现场检测工作不同于实验室试验，往往面临场地狭小、交叉施工、高空作业、环境干扰性强、作业时限紧张等多重约束，测量方法的现场可操作性成为影响检测工作落地的关键因素。可操作性不仅包含仪器设备的便携程度、操作流程的简易程度，还涵盖人员上手难度、数据读取便捷性、对现场工况的适配能力等多个方面。目前工程现场常用的楼板挠度测量方法种类较多，各类方法的技术原理、设备配置、实操要求差异明显，部分方法虽精度较高但现场部署繁琐，部分方法操作简便但精度难以满足规范要求。基于此，本文结合现场检测实操经验，对主流测量方法进行系统性可操作性评价，梳理各类方法的优劣与适用场景，助力检测工作高效、精准开展。

2 楼板挠度检测的核心要求与现场工况约束

2.1 楼板挠度检测的核心技术要求

根据建筑结构现场检测的相关规范要求，楼板挠度检测需遵循三大核心原则，也是衡量测量方法是否合规的基础标准。其一，测点布设合理，需沿楼板跨度方向在支座位置、跨中位置及四分点位置布设测点，确保完整捕捉楼板的变形曲线，重点监测跨中最大挠度值；其二，基准稳定可靠，测量基准点需独立于被测楼板设置，避免因结构整体沉降、支撑体系变形影响测量数据的准确性；其三，荷载与测量同步，静载试验下的挠度测量需严格按照分级加载要求，每级荷载稳定后采集数据，卸载后需观测残余变形，全面掌握楼板的弹性变形与塑性变形情况。同时，测量结果需满足精度要求，常规工程检测的挠度测量精度需控制在毫米级，大型公共建筑、大跨度楼板检测需进一步提升精度标准。

2.2 现场检测的工况约束条件

主体结构现场检测多处于在建工程收尾、既有建筑鉴定改造阶段，现场工况复杂且约束性强，直接制约测量方法的可操作性。一是作业空间受限，在建工程内部往往存在建材堆放、脚手架未拆除、管线布设等情况，楼板下方空间狭小，部分区域难以架设大型测量设备；二是环境干扰因素多，现场存在粉

尘、光照不足、施工振动、人员流动等问题，易影响光学测量设备的读数稳定性；三是高空作业风险高，多层建筑楼板检测需在楼层间往返作业，部分悬挑楼板、高空楼板无可靠作业平台，设备搬运与操作难度大；四是检测时限紧张，现场检测需配合工程进度或鉴定周期，要求测量方法高效快捷，避免长时间占用作业场地；五是基层条件复杂，既有建筑楼板表面存在装修层、破损开裂等问题，测点标识与设备固定难度较大，新增建筑楼板则存在养护期不足、支撑未拆除等特殊状况。

3 常用楼板挠度测量方法及现场实操流程

3.1 水准仪标尺法

水准仪标尺法是现场楼板挠度测量最常用的方法，技术成熟、操作规范，也是行业规范推荐的常规测量手段。其核心原理是通过水准仪建立水平视线，测量楼板各测点与基准点的竖向高差，通过高差差值计算楼板挠度值。现场实操流程分为五步，首先完成测点布设，在被测楼板跨中、两端支座及四分点位置标记测点，同时在远离被测结构的稳固区域设置永久基准点；其次架设水准仪，选择视野开阔、不受遮挡的位置安置水准仪，完成调平、对中操作，确保仪器处于稳定水平状态；随后在各测点位置竖直放置标尺，依次读取水准仪对应各测点的标尺读数，记录初始状态下的各测点高程；之后按照检测要求完成分级加载或直接测量使用状态下的变形，待荷载稳定后再次读取各测点标尺读数，获取变形后的高程数据；最后通过初始高程与变形后高程的差值，计算各测点的挠度值，重点核算跨中最大挠度是否符合限值要求。该方法无需复杂设备，仅需常规水准仪与标尺即可完成检测，适配绝大多数常规楼板检测场景。

3.2 激光测距仪法

激光测距仪法属于便捷式光学测量方法，依托激光测距仪的高精度点对点测距功能实现挠度测量，核心原理是通过测量楼板测点与固定基准面的竖向距离，对比加载前后的距离差值得到挠度值。现场操作流程相对简化，首先在楼板下方的稳固地面或墙体上设置固定基准面，确保基准面无变形、无振动；

其次将激光测距仪固定在基准面上方，调整仪器角度使其竖直对准楼板测点，保证激光射线垂直于楼板底面；随后读取初始测距数值，完成加载或等待结构变形稳定后，再次读取测距数值，两次数值的差值即为该测点的挠度值。该方法设备体积小、重量轻，无需大面积架设仪器，适配空间狭小、无法架设水准仪的特殊场景，单人即可完成基础操作，数据读取直观快捷。

3.3 静态位移传感器法

静态位移传感器法属于高精度接触式测量方法，主要适用于楼板静载试验、高精度结构鉴定场景，核心原理是通过位移传感器直接捕捉楼板测点的竖向位移变化，通过数据采集仪实时记录变形数据。现场实操流程较为严谨，首先将位移传感器通过专用支架固定在稳固基准面上，传感器测头垂直顶紧楼板测点位置，确保接触紧密无松动；其次连接数据采集仪，完成仪器校准与清零操作，设置数据采集频率；随后开展分级加载试验，每级加载完成后静置规定时间，待变形稳定后采集测点位移数据，全程自动记录无需人工读数；卸载后继续采集残余变形数据，最终通过采集系统自动生成挠度曲线与变形数值。该方法测量精度极高，可实现连续数据采集，避免人工读数误差，但设备成本较高，现场部署与调试耗时较长，对安装精度要求严格。

3.4 全站仪无棱镜测量法

全站仪无棱镜测量法属于远距离非接触测量方法，适配高空、悬挑、空间狭小等难以近距离作业的场景，核心原理是通过全站仪采集楼板各测点的三维坐标，对比加载前后测点的竖向坐标差值计算挠度值。现场操作流程为，首先在远离被测结构的安全区域完成全站仪设站，建立稳定测量坐标系；其次将全站仪对准楼板各测点，无需放置棱镜，直接通过无棱镜模式采集各测点初始坐标；加载完成或变形稳定后，再次采集相同测点的坐标数据，提取竖向坐标差值计算挠度；最后通过多点坐标数据拟合楼板变形曲线，判断挠度达标情况。该方法无需近距离接触楼板，可远距离完成测量，规避高空作业与空间受限的难题，但对仪器操作精度要求较高，易受现场粉尘、光照影响数据准确性。

4 各类测量方法现场可操作性综合评价

4.1 单项指标对比分析

水准仪标尺法在设备便携性上表现优异，水准仪与标尺均为常规检测设备，搬运便捷、无需特殊防护；操作复杂度偏低，流程标准化程度高，检测人员经基础培训即可熟练操作；人员专业要求适中，仅需掌握水准仪调平、读数与数据计算基础技能；检测耗时较短，常规楼板测点测量可在半小时内完成；环境抗干扰性中等，受施工振动、强光直射影响较小，但需保证视线无遮挡；精度适配性满足常规工程检测要求，毫米级精度完全契合民用建筑、普通工业建筑检测标准；适用范围广泛，

适配绝大多数新建、既有建筑楼板检测；综合成本低廉，设备采购与使用成本低，无额外耗材消耗。

激光测距仪法设备便携性最优，设备体积小、单人可携带操作，无需多人配合；操作复杂度极低，流程简化、无繁琐调试步骤，上手速度快；人员专业要求低，无需专业测量技能，普通检测人员即可操作；检测耗时最短，单个测点测量仅需数分钟，大幅提升检测效率；环境抗干扰性偏低，粉尘、雾气易影响激光传输，不适用于恶劣环境；精度适配性满足常规检测需求，略低于水准仪法；适用范围偏向狭小空间、低层楼板检测；综合成本极低，设备价格亲民、无需耗材。

静态位移传感器法设备便携性偏差，传感器、数据采集仪、专用支架配套设备较多，搬运与部署难度大；操作复杂度偏高，需完成仪器固定、校准、数据设置等多道工序，安装精度要求严苛；人员专业要求高，需具备专业的传感器调试与数据采集分析能力；检测耗时最长，静载试验全程需数小时甚至更久，仅适用于专项试验；环境抗干扰性优异，不受现场光照、粉尘影响，数据稳定性强；精度适配性最优，可满足高精度静载试验、结构安全鉴定要求；适用范围狭窄，仅适用于专项静载检测、大跨度重要楼板检测；综合成本偏高，设备采购与维护成本较高。

全站仪无棱镜测量法设备便携性中等，全站仪体积较大、需双人搬运，配套设备较少；操作复杂度偏高，需掌握全站仪设站、坐标采集、数据处理专业技能；人员专业要求高，需持证专业测量人员操作；检测耗时中等，设站与坐标采集耗时较长，远距离测点测量效率较高；环境抗干扰性偏低，粉尘、光照、遮挡物均会影响测量精度；精度适配性良好，可满足中高精度检测要求；适用范围广泛，尤其适配高空、悬挑、空间受限场景；综合成本偏高，全站仪设备采购成本较高。

4.2 综合可操作性等级评定

结合单项指标评价结果与现场实操经验，将四类方法的现场可操作性划分为优、良、中、差四个等级。水准仪标尺法综合可操作性评定为优，是常规主体结构楼板挠度检测的首选方法，兼顾便捷性、精度与成本，适配绝大多数现场工况，可操作性最强，能够满足批量检测、快速检测的工作需求。激光测距仪法综合可操作性评定为良，作为辅助测量方法，适配空间狭小、快速筛查场景，操作极简、效率极高，适合作为常规检测的补充手段。静态位移传感器法综合可操作性评定为中，仅适用于高精度专项检测场景，虽精度优异但现场部署繁琐、成本高、效率低，普适性较差。全站仪无棱镜测量法综合可操作性评定为中，适配特殊复杂工况，但操作难度大、环境敏感度高，需专业人员操作，仅在常规方法无法实施时选用。

5 提升楼板挠度测量现场可操作性的对策建议

针对现场检测工况复杂、部分方法实操短板突出的问题，

结合可操作性评价结果,提出四项优化对策,进一步提升楼板挠度测量的现场适配性与工作效率。

一是优化测点布设方案,简化现场操作流程。结合楼板跨度与受力特点,精简非必要测点,重点把控支座与跨中核心测点,在保证数据完整性的前提下减少测量工作量;提前做好测点标识清理,去除楼板表面杂物、装修层,确保测点平整,提升设备固定与读数稳定性。

二是按需选型测量方法,避免盲目选用高精度设备。常规民用建筑楼板检测优先选用水准仪标尺法,空间狭小区域搭配激光测距仪法辅助测量;重大跨度楼板、结构安全鉴定项目,针对性选用静态位移传感器法;高空、悬挑楼板检测,选用全站仪无棱镜测量法,实现方法与工况的精准匹配。

三是强化人员实操培训,提升现场作业效率。针对常用测量方法开展标准化实操培训,重点讲解仪器快速调试、故障排查、数据快速计算等内容,减少现场调试与操作耗时;针对高精度设备,配备专业测量人员专职操作,避免因操作不规范影响数据精度。

四是做好现场环境预处理,降低环境干扰影响。检测前清理作业场地,移除遮挡物、粉尘堆积物,选择无施工振动、光

照适宜的时段开展测量;针对光学测量设备,配备遮光、防尘辅助工具,提升仪器在复杂环境下的工作稳定性,保障测量数据准确可靠。

6 结论

楼板挠度测量是主体结构质量检测的关键环节,测量方法的现场可操作性直接决定检测工作的效率与质量。通过对四类主流测量方法的综合评价可知,水准仪标尺法凭借设备便携、操作简便、成本低廉、精度适配的优势,现场可操作性最优,是工程现场的首选测量方法;激光测距仪法操作极简、效率极高,适合作为狭小空间的辅助检测手段;静态位移传感器法与全站仪无棱镜测量法虽精度较高或适配特殊工况,但操作繁琐、成本偏高,仅适用于专项检测与复杂场景。现场检测工作中,检测人员需结合工况特点、检测精度要求、时限要求合理选型测量方法,同时通过优化测点布设、规范操作流程、强化人员培训、预处理现场环境等措施,进一步提升挠度测量的可操作性。后续可结合智能化检测技术的发展,研发便携化、自动化的楼板挠度测量设备,进一步简化现场操作流程,提升检测工作的智能化与便捷化水平,为主体结构质量检测工作提供更高效的技术支撑。

参考文献:

- [1] 宋政文,郭文轩,张亚军.火灾下两跨楼板升温及降温过程挠度计算[J].低温建筑技术,2023,45(08):65-68.
- [2] 王兵,张兴伟,周晓燕,等.开裂现浇混凝土楼板的安全性评定[J].价值工程,2022,41(28):91-93.
- [3] 叶李斌,张宾锋.加固后现浇钢筋混凝土楼板静载试验分析[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(03):32-37.
- [4] 杨勇.某工程四边固定钢筋混凝土楼板挠度计算与设计浅析[J].江西建材,2021,(05):60+62.
- [5] 王亮亮.某商住房楼板明显缺陷检测及加固研究[J].建材与装饰,2020,(13):54-55.