

探讨建筑物沉降观测的方法

杨 盼

宁夏建筑科学研究院集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：本文围绕建筑物沉降观测的方法展开探讨。阐述了沉降的概念、产生原因及观测基本原理，介绍了精度要求、等级划分和观测周期频率确定原则。分析了水准测量、三角高程测量、GPS测量、静力水准测量等常用方法及相应仪器的特点。探讨了观测点布设原则与位置选择，观测路线规划优化，以及观测方案编制内容与审批流程。还论述了数据采集的注意事项、预处理方法、平差计算以及沉降量的计算与分析。

关键词：建筑物；沉降观测；观测方法；数据处理

引言：随着经济快速发展，各类建筑物也层出不穷，建筑物沉降问题日益受到关注。沉降观测作为评估建筑物稳定性和安全性的重要手段，其方法的科学性和准确性至关重要。然而，当前在沉降观测中仍存在一些問題，如观测方法选择不当、观测点布设不合理、数据处理不精确等。为了提高沉降观测的质量和效果，有必要对其方法进行深入探讨和研究。本文将系统地分析建筑物沉降观测的原理、方法、流程及数据处理等方面，以期对相关工作提供有益的参考。

1 沉降观测的基本原理与要求

1.1 沉降的概念和产生原因

沉降是指建筑物在垂直方向上产生的下沉现象。其产生的原因较为复杂，主要包括以下几个方面：（1）建筑物自重是导致沉降的重要因素之一。在建筑物的建造过程中，随着结构的逐步形成，其自身重量不断增加，对地基施加的压力也逐渐增大。如果地基的承载能力不足，就会在建筑物自重的作用下产生压缩变形，从而引起沉降。（2）地基土的压缩性是沉降产生的关键原因。地基土由固体颗粒、水和空气组成，在压力作用下，土颗粒之间的孔隙会减小，水和空气被排出，导致土体体积缩小。不同类型的地基土具有不同的压缩性，例如淤泥质土、粉质黏土等软弱土层的压缩性较高，容易在建筑物荷载作用下产生较大的沉降。（3）地下水位变化对沉降也有显著影响。当地下水位下降时，土中的有效应力增加，导致地基土压缩，从而引起建筑物沉降；反之，当地下水位上升时，地基土会产生回弹，但如果水位频繁升降，可能会导致地基土的性质发生变化，进而影响建筑物的稳定性。（4）相邻建筑物的影响也不容忽视。当相邻建筑物的基础形式、荷载大小及距离较近时，新建建筑物的施工可能会引起原有建筑物地基土应力状态的改变，导致相邻建筑物产生不均匀沉降。

1.2 沉降观测的基本原理

沉降观测的基本原理是基于水准测量。通过在稳定的基准点上设置水准仪，测量观测点相对于基准点的高差变化。在观测过程中，定期对观测点进行测量，比较不同时间观测点的高程数据，从而得出建筑物的沉降情况。为了保证观测结果的准确性，基准点应选择在地质条件良好、远离建筑物影响范围且便于长期保存和观测的位置。同时，观测时应遵循相同的测量路线、使用相同的测量仪器和测量方法，以减少测量误差。

1.3 沉降观测的精度要求和等级划分

沉降观测的精度要求取决于建筑物的类型、结构特点、使用要求以及地基的复杂程度等因素。一般来说，高精度的观测适用于重要的建筑物或对沉降要求严格的工程，而对于普通建筑物，可采用较低的精度要求。根据国家相关规范，沉降观测通常分为特级、一级、二级和三级四个等级。特级精度要求最高，适用于特高精度要求的特种精密工程和重要科研项目；一级精度适用于高层建筑、大型桥梁等重要工程；二级精度适用于一般的工业与民用建筑；三级精度则适用于次要的建筑物。

1.4 沉降观测的周期和频率确定原则

沉降观测的周期和频率应根据建筑物的施工进度、荷载增加情况以及地基土的类型等因素综合确定。在建筑物施工期间，观测频率通常较高，一般在基础施工完成后开始观测，每增加一层荷载或完成重要的施工工序后都应进行观测。在建筑物竣工初期，由于沉降量较大，观测频率也应较高，随着时间的推移，沉降逐渐稳定，观测频率可以逐渐减少。当建筑物的沉降速率小于规范规定的限值时，可以适当延长观测周期，直至沉降稳定为止。

2 沉降观测的常用方法和仪器

2.1 水准测量法

水准测量是沉降观测中最常用的方法之一。

(1) 几何水准测量的操作步骤主要包括：先选定基准点和观测点，并在其位置上设置水准标尺。然后在合适的位置架设水准仪，通过调整水准仪的脚螺旋，使仪器粗略水平。接着瞄准后视标尺，读取后视读数；再瞄准前视标尺，读取前视读数。通过计算前后视读数之差，得到两点之间的高差。依次测量各观测点与基准点之间的高差，从而计算出各观测点的高程。(2) 精密水准测量的技术要点在于：使用高精度的水准仪和配套的精密水准标尺；严格控制观测环境，如避免在大风、高温等恶劣条件下观测；遵循规范的观测程序和限差要求，如视距长度、前后视距差、视线高度等；采用往返观测或闭合路线观测，以提高测量精度；对观测数据进行严密的平差计算，消除测量误差。

2.2 三角高程测量法

三角高程测量法的原理是通过测量两点间的水平距离和垂直角，计算两点间的高差。其适用范围较广，尤其适用于地形起伏较大、水准测量难以实施的地区。但该方法受垂直角测量精度和大气折光影响较大。误差来源主要包括垂直角测量误差、距离测量误差和大气折光误差。为控制误差，可采用高精度的全站仪进行测量，增加垂直角和距离的测量次数取平均值；选择良好的观测时段，减小大气折光的影响；同时，在测量前对仪器进行严格校准和检定。

2.3 GPS测量法

GPS在沉降观测中的应用优势明显。它不受通视条件限制，可实现全天候、自动化观测，大大提高了工作效率。能够同时获取多个观测点的三维坐标，便于全面分析建筑物的变形情况。然而，GPS测量数据处理和精度分析较为复杂。在数据处理中，需要进行卫星轨道误差修正、电离层和对流层延迟改正等^[1]。精度分析要考虑卫星分布、多路径效应、接收机性能等因素对测量结果的影响。通过合理设置观测时段、采用多基准站差分技术等方法，可以提高GPS沉降观测的精度。

2.4 静力水准测量法

静力水准测量系统主要由传感器、连通管、储液罐等组成。其工作原理是基于连通器原理，通过测量各测点容器内液面相对基准液面的高差变化来确定沉降。在安装和调试时需要注意：确保各测点之间的连通管畅通无阻，无气泡和堵塞；传感器的安装要水平、稳固，避免受到外界振动和干扰；储液罐的位置要合理，保证系统内液体压力平衡；在调试过程中，要对系统进行充液、排气和校准，确保测量精度。

2.5 测量仪器的选择与校准

水准仪、全站仪、GPS接收机等选型依据主要包括测量精度要求、观测环境、工程规模和预算等。对于高精度的沉降观测，应选择精度等级高、性能稳定的仪器。仪器校准的重要性不言而喻。定期校准可以保证仪器的测量精度和可靠性，减少测量误差。校准方法通常包括送检专业计量机构校准、现场比对校准等。校准后应做好记录，并根据校准结果对测量数据进行修正。

3 沉降观测点的布设与观测方案设计

3.1 观测点的布设原则和位置选择

观测点的布设是沉降观测的重要环节，需要遵循一定的原则并考虑多方面的因素。

在确定建筑物特征部位时，通常会选择建筑物的四角、大转角处、沿外墙每10-20m处或每隔2-3根柱基上。对于高低层建筑物、新旧建筑物连接处以及变形缝两侧，也应布设观测点。对于宽度大于15m的建筑物，还应在内部承重墙（柱）上设置观测点。此外，在框架结构的建筑物中，应在每个或部分柱基上设置观测点。地质条件对观测点的位置选择有着显著的影响。如果建筑物所处的地质条件不均匀，例如存在软弱土层、填土区或地质断层等，应在这些区域适当增加观测点的密度，以便更准确地监测由于地质差异引起的不均匀沉降。在地质条件较好且均匀的区域，可以相对减少观测点的数量，但仍要保证能反映建筑物的整体沉降情况。

3.2 观测路线的规划与优化

为了确保观测数据的准确性和可靠性，需要合理规划观测路线，并采取措施避免外界干扰和提高观测效率。避免外界干扰的措施包括选择合适的观测时间，避开强风、高温、强振动等不利环境条件。在城市区域，要注意避开交通繁忙的道路和施工现场，以减少车辆振动和施工噪声对观测的影响。对于使用电子测量仪器的观测，还应注意避免电磁干扰。提高观测效率的方法有多种。首先，在规划观测路线时，应尽量使路线短而直，减少仪器的搬站次数。其次，可以根据观测点的分布情况，合理分组进行观测，提高工作的并行性。另外，提前做好观测准备工作，如检查仪器设备、准备好所需的工具和记录表格等，也能有效提高观测效率。

3.3 观测方案的编制内容和审批流程

观测方案的编制应包含详细的工程概况、明确的观测目的、适用的观测方法、具体的精度要求等内容。工程概况应包括建筑物的结构类型、层数、高度、基础形式、施工进度等基本信息。观测目的要清晰明确，例如是为了监测建筑物在施工期间的沉降情况，还是为了

评估建筑物在使用阶段的稳定性^[2]。观测方法应根据工程特点和精度要求选择,如水准测量法、三角高程测量法等,并说明具体的操作流程和技术要点。精度要求应符合相关规范和工程实际需要,明确沉降量的允许误差范围。观测方案的审批程序通常较为严格,以确保方案的科学性和可行性。审批流程一般包括施工单位内部审核、监理单位审查、建设单位批准等环节。责任主体包括编制观测方案的技术人员、审核方案的专业工程师、批准方案的项目负责人等,他们各自承担着相应的责任,确保观测工作的顺利进行和观测数据的真实可靠。

4 沉降观测的数据采集与处理

4.1 数据采集的注意事项

在进行沉降观测数据采集时,需要特别注意观测条件的控制和记录的规范与完整性。(1)观测条件的控制至关重要。先选择合适的观测时间,尽量避免在气温剧烈变化、强风、暴雨等不利气象条件下进行观测,以减少环境因素对测量结果的影响。其次要保证观测仪器的稳定性,使用高精度的水准仪、全站仪等设备,并在观测前对仪器进行严格的校准和检验。同时确保观测点的标志清晰、稳固,不受施工干扰和人为破坏。(2)记录的规范和完整性也是数据采集的关键。观测人员应按照规定的格式和内容如实记录观测数据,包括观测点的编号、观测日期、天气情况、仪器型号、观测读数等。记录时要书写清晰、准确,不得随意涂改。对于异常数据或观测过程中的特殊情况,应在记录中详细注明原因和处理方法。

4.2 数据预处理方法

数据预处理是保证沉降观测数据质量的重要环节,包括粗差的剔除、数据的平滑和滤波。(1)粗差的剔除是为了去除明显错误或异常的数据。可以通过比较相邻观测值的差异、统计分析等方法来识别粗差。对于超出合理范围的数据,需要重新观测或根据周边数据的规律进行修正。(2)数据的平滑和滤波则是为了消除数据中的随机噪声和干扰。常见的平滑方法有移动平均法、加权平均法等;滤波方法有中值滤波、低通滤波等。通过这些处理,可以使数据更加平稳、可靠,更能反映建筑物的真实沉降趋势。

4.3 数据的平差计算

水准网平差和三角高程网平差是沉降观测数据处理中的重要步骤。(1)水准网平差的方法主要有条件平差和间接平差。条件平差是根据水准网中几何条件(如闭合差)建立条件方程,通过求解条件方程来确定观测值的改正数,从而得到最可靠的观测值。间接平差则是选择未知参数(如点的高程),根据观测值与未知参数之间的函数关系建立误差方程,然后求解误差方程得到未知参数的最或然值。(2)三角高程网平差的原理是基于三角测量的原理,通过测量两点之间的水平距离和垂直角来计算高差。在平差计算中,需要考虑地球曲率、大气折光等因素的影响,对观测高差进行改正。然后,按照一定的平差方法(如间接平差)计算未知点的高程。

4.4 沉降量的计算与分析

沉降量的计算包括本次沉降量和累计沉降量的计算。本次沉降量是本次观测所得的高程与上次观测高程之差,累计沉降量则是各次沉降量的总和。绘制沉降曲线是直观展示沉降变化趋势的有效方法^[3]。通常以时间为横坐标,沉降量为纵坐标,绘制出每个观测点的沉降曲线。通过对沉降曲线的分析,可以判断建筑物的沉降是否均匀、沉降速率是否在允许范围内。如果沉降曲线出现异常波动或趋势变化,应及时分析原因,采取相应的措施。

结束语:通过对建筑物沉降观测方法的全面探讨,我们明确了沉降观测的基本原理和各项要求,熟悉了常用的观测方法与仪器,掌握了观测点布设、观测方案设计、数据采集处理等关键环节。但在实际应用中,仍需根据具体工程情况灵活选择和优化观测方法,不断提高观测精度和数据处理能力。未来,随着技术的不断进步,相信沉降观测方法将更加先进、高效,为建筑物的质量和安全提供更有力的保障。

参考文献

- [1]王兴.建筑工程沉降观测方法与实践[J].工程建设与设计,2020(18):182-184.
- [2]李建辉.建筑施工中沉降观测技术的应用探讨[J].建筑技术开发,2021,48(21):115-116.
- [3]张敏.建筑工程沉降观测技术要点分析[J].智能建筑与智慧城市,2022(02):131-133.