

高精度水准测量在工程沉降监测中的应用研究

张高全

中国建筑材料工业地质勘查中心河南总队

DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2471

[摘要] 工程沉降监测是保障工程结构安全、延长工程使用寿命的核心环节,其监测数据的精准度直接决定工程安全研判的科学性与可靠性。高精度水准测量凭借操作规范、精度可控、数据稳定等优势,成为工程沉降监测中应用最广泛、最成熟的技术手段之一。本文探讨当前应用中存在的问题及优化对策,为各类工程沉降监测工作提供技术参考与实践借鉴,助力提升工程沉降监测的精准度与高效性,保障工程结构安全稳定运行。

[关键词] 高精度水准测量; 工程沉降监测; 数据处理; 精度控制

中图分类号: O4-34 **文献标识码:** A

Research on the Application of High-Precision Leveling Survey in Engineering Settlement Monitoring

Gaoquan Zhang

Henan Branch, China Building Materials Industry Geologic Exploration Center

[Abstract] Engineering settlement monitoring is a critical component in ensuring structural safety and extending the service life of engineering projects. The accuracy of its monitoring data directly determines the scientific rigor and reliability of safety assessments. High-precision leveling measurement, with its advantages of standardized operation, controllable precision, and stable data, has become one of the most widely adopted and mature technical methods in settlement monitoring. This paper examines existing challenges in current applications and proposes optimization strategies, providing technical references and practical insights to enhance the accuracy and efficiency of settlement monitoring, thereby ensuring the safe and stable operation of engineering structures.

[Key words] high-precision leveling; engineering settlement monitoring; data processing; accuracy control

1 引言

当前随着工程建设对安全管控要求的不断提高,对沉降监测的精度、效率和可靠性提出了更高标准,传统水准测量技术已难以满足复杂工程、大型工程的监测需求,高精度水准测量技术的优化与应用成为行业研究的重点^[1]。本文提出针对性的优化对策,能够为工程监测人员提供具体的技术指导,帮助其规范作业流程、提升监测精度,有效解决工程沉降监测中存在的精度不足、数据失真、效率低下等问题。同时为工程设计优化、施工质量管控、运营安全维护提供科学依据,有效防范沉降引发的安全事故,延长工程使用寿命,降低工程维护成本,具有重要的工程实践价值。

2 高精度水准测量在工程沉降监测中的应用流程

2.1 监测方案设计

监测方案设计是高精度水准测量在工程沉降监测中应用的前提,直接决定监测工作的科学性、合理性和有效性。首先,明

确监测目标,根据工程类型、结构特点及安全等级,确定沉降监测的重点区域和核心监测指标,明确监测数据的精度要求;其次,确定监测范围,结合工程规模、地质条件,划定监测区域,确保监测范围能够全面覆盖工程主体及周边受影响区域;再次,确定监测精度,根据工程安全等级和相关规范要求,明确水准测量的精度等级,通常大型工程采用一等或二等水准测量;最后,确定监测频率,根据工程施工进度和沉降变化规律,合理设置监测频率,施工阶段监测频率较高,运营阶段监测频率可适当降低,当出现沉降异常时,需加密监测频率^[2]。

2.2 监测点布设

监测点布设是高精度水准测量的关键环节,监测点的数量、位置、布设方式直接影响监测数据的代表性和准确性。监测点主要分为基准点和沉降监测点。基准点是沉降监测的基准,需布设在工程影响范围之外,地质条件稳定、不易发生沉降的区域,基准点数量不少于3个,形成基准点网,确保基准点的稳定性和

可靠性；沉降监测点布设在工程主体结构上，如高层建筑的基础、墙体、柱体，桥梁的墩台、桥面，轨道交通的轨道道床等，重点布设在沉降敏感区域，如结构转角处、荷载集中处、地质条件较差处。监测点的布设密度需根据工程规模和监测精度要求确定，确保能够全面反映工程沉降的整体情况。

2.3 仪器选型与校验

高精度水准测量的仪器选型直接影响监测精度，需根据监测精度要求、工程实际情况，选择合适精度等级的水准测量仪器及辅助设备。仪器选型需遵循“精度匹配、性能稳定、操作便捷”的原则，对于一等、二等水准测量，需选择精度等级不低于DS05级的精密水准仪，配合钢钢水准尺使用，确保测量精度；同时，需配备测伞、尺垫、温度计、气压计等辅助设备，用于减少外界环境对测量的影响。

仪器使用前，需进行严格的校验，包括水准仪的视准轴校验、圆水准器校验、水准尺的长度校验等，确保仪器性能符合测量要求；测量过程中，定期对仪器进行校验，及时发现并解决仪器故障，避免因仪器误差导致监测数据失真。

2.4 现场作业规范

现场作业主要包括仪器安置、视线观测、读数记录等环节。仪器安置时，需选择平坦、坚实的观测场地，避免仪器下沉或倾斜；仪器安置高度适中，便于观测，同时确保仪器视线水平；安置完成后，需对仪器进行整平、对中，确保仪器处于正常工作状态。视线观测时，需选择适宜的观测时段，避免在高温、暴雨、强风、强光等恶劣天气下观测，减少外界环境对视线的影响；观测视线需清晰、稳定，避免遮挡，视线长度、视距差、视线高度需符合规范要求；采用往返观测的方式，确保观测数据的可靠性。读数记录时，需由专人负责读数、专人负责记录，读数准确至毫米级，记录清晰、规范，不得涂改、漏记；记录内容包括观测日期、观测时间、观测点编号、后视读数、前视读数、高差等信息；观测完成后，及时对原始数据进行审核，发现异常数据需重新观测，确保原始数据的真实性和准确性^[3]。

2.5 数据处理与精度分析

数据处理的具体流程如下：首先，对原始数据进行审核，剔除异常数据、错误数据，核对观测记录，确保原始数据的完整性和真实性；其次，进行高差闭合差调整，根据水准测量的精度等级，计算高差闭合差，若闭合差超过允许范围，需重新观测，若在允许范围内，采用合理的方法进行闭合差调整，消除测量误差；再次，根据调整后的高差数据，计算各监测点的高程，对比不同观测周期的高程数据，计算出各监测点的沉降量和沉降速率；最后，绘制沉降曲线，包括沉降量-时间曲线、沉降速率-时间曲线，分析沉降变化规律，判断沉降是否在允许范围内，若出现沉降异常，需及时分析原因，发出预警。

精度分析是数据处理的重要组成部分，需计算每公里高差中误差、沉降监测点的高程中误差等指标，验证监测数据的精度是否符合要求。若精度不符合要求，需分析误差来源，采取针对性的改进措施，重新进行观测和数据处理，确保监测数据的可靠性。

3 工程案例

3.1 案例选取背景

为验证高精度水准测量在工程沉降监测中的应用效果，选取某高层建筑工程作为案例进行分析。该工程为框架剪力墙结构，地上30层，地下2层，建筑高度98m，占地面积8600m²，工程地处软土地基区域，地质条件复杂，软土层厚度较大，易发生不均匀沉降，对工程结构安全影响较大。因此，该工程在施工阶段和运营阶段均需开展高精度沉降监测，确保工程结构安全稳定。

该工程沉降监测采用二等高精度水准测量技术，监测精度要求达到±2mm，监测周期从工程基础施工开始，持续至工程运营满2年，结合工程施工进度和沉降变化规律，合理设置监测频率，施工阶段每月监测1次，主体结构封顶后每3个月监测1次，运营阶段每6个月监测1次，若出现沉降异常，加密监测频率至每周1次。

3.2 监测方案实施

3.2.1 监测点布设

根据该高层建筑的结构特点和地质条件，按照“全面覆盖、重点突出”的原则，布设监测点。基准点布设3个，均位于工程影响范围之外，地质条件稳定的区域，形成基准点网，采用混凝土浇筑固定，确保基准点的稳定性；沉降监测点布设24个，均匀布设在建筑主体的基础、底层墙体和顶层墙体上，重点布设在建筑转角处、荷载集中处和电梯井周边等沉降敏感区域，监测点采用不锈钢材质，牢固固定在建筑结构上，标识清晰。

3.2.2 仪器选型与校验

该工程采用DS05级精密电子水准仪，配合钢钢水准尺进行观测，辅助设备包括测伞、尺垫、温度计、气压计等。仪器使用前，委托专业机构进行校验，确保仪器的视准轴、圆水准器等性能符合二等水准测量要求；测量过程中，每月对仪器进行1次校验，及时发现并解决仪器故障，确保测量精度。

3.2.3 现场作业与数据处理

现场观测严格按照二等水准测量规范要求开展，选择在每天上午9:00-11:00、下午14:00-16:00两个时段进行观测，避免高温、强光等恶劣天气的影响；仪器安置平整、牢固，视线清晰、稳定，采用往返观测方式，每测段往返观测次数不少于2次；读数记录规范，专人读数、专人记录，确保原始数据的真实性和准确性。

数据处理采用专业的水准测量数据处理软件，对原始数据进行审核、高差闭合差调整、高程计算，对比不同观测周期的高程数据，计算各监测点的沉降量和沉降速率，绘制沉降曲线，分析沉降变化规律。同时，进行精度分析，计算每公里高差中误差为±1.2mm，满足二等水准测量的精度要求，监测数据可靠。

3.3 监测效果分析

通过对该高层建筑工程的沉降监测数据进行分析，得出以下结论：工程施工阶段，随着主体结构的施工，各监测点的沉降量逐渐增大，沉降速率维持在0.3mm/d~0.8mm/d，属于正常沉降

范围;主体结构封顶后,沉降速率逐渐减缓,沉降量趋于稳定,沉降速率降至0.1mm/d以下;工程运营阶段,各监测点的沉降量基本稳定,累计沉降量在25mm~38mm之间,均在允许沉降范围内,无不均匀沉降和沉降异常现象。

通过高精度水准测量监测,实时掌握了该高层建筑的沉降变化规律,及时发现并排除了潜在的安全隐患,为工程施工质量管控和运营安全维护提供了科学依据,确保了工程结构的安全稳定。该案例表明,高精度水准测量在工程沉降监测中具有精度高、可靠性强、操作规范等优势,能够满足大型工程沉降监测的需求,应用效果良好。

4 高精度水准测量在工程沉降监测中存在的问题及优化对策

4.1 存在的问题

4.1.1 测量误差控制难度较大

高精度水准测量的误差来源较多,包括仪器误差、操作误差、外界环境误差等,在实际应用中,误差控制难度较大。尤其是在复杂地质条件下(如软土地基、岩溶地貌),监测点易发生轻微位移,导致测量误差增大;外界环境因素(如高温、暴雨、强风、气压变化)也会影响视线稳定性,导致读数误差,影响监测精度^[4]。

4.1.2 现场作业规范性不足

部分工程监测人员专业素养不足,对高精度水准测量的操作规范掌握不熟练,现场作业过程中存在仪器安置不规范、视线观测不标准、读数记录不清晰等问题,导致测量数据失真,影响监测精度;同时,部分监测人员责任心不强,对观测数据的审核不严格,未能及时发现异常数据,影响监测工作的质量。

4.1.3 数据处理效率较低

部分工程沉降监测中,数据处理仍采用人工处理方式,人工整理、计算监测数据,不仅效率低下,而且易出现计算错误,影响数据处理的准确性;同时,部分监测人员对专业数据处理软件的应用不熟练,未能充分发挥软件的优势,导致数据处理周期较长,无法及时为工程安全管控提供数据支撑。

4.2 优化对策

4.2.1 强化误差控制措施

针对测量误差控制难度大的问题,采取以下优化措施:一是合理选型仪器,选择精度等级符合要求、性能稳定的水准测量仪器,定期进行校验,确保仪器误差在允许范围内;二是规范现场作业流程,加强对监测人员的培训,提高其操作技能,严格按照规范要求对仪器安置、视线观测和读数记录,减少操作误差;三是选择适宜的观测时段,避免在恶劣天气下观测,同时采取有效的防护措施,减少外界环境对测量的影响;四是在复杂地质条

件下,加密监测点布设,增加观测次数,采用往返观测、闭合观测等方式,消除或减小测量误差。

4.2.2 提升现场作业规范性

加强对监测人员的专业培训和职业道德教育,提高其专业素养和责任心,使其熟练掌握高精度水准测量的操作规范和技术要点;建立现场作业管理制度,明确各岗位人员的职责,加强对现场作业的监督检查,及时发现并纠正不规范操作行为;建立观测数据审核制度,安排专人对原始数据进行审核,确保数据的真实性和准确性,对异常数据进行重新观测和验证。

4.2.3 提高数据处理效率与质量

推广应用专业的水准测量数据处理软件,加强对监测人员的软件操作培训,使其熟练掌握软件的使用方法,实现监测数据的自动化采集、传输与处理,减少人工干预,提高数据处理效率和准确性;建立数据处理档案,对处理后的监测数据、沉降曲线、精度分析报告等进行整理归档,便于后续查阅和分析;加强数据共享,实现监测数据与工程管理部门的共享,及时为工程安全管控提供数据支撑。

5 结论

随着我国工程建设的不断发展和测量技术的不断创新,高精度水准测量在工程沉降监测中的应用将迎来新的发展机遇。未来,还需要进一步深入研究以下几个方面的内容:一是结合智能化技术,研发更加先进的高精度水准测量仪器和数据处理系统,提升监测的自动化、智能化水平;二是加强多技术融合研究,探索高精度水准测量与其他监测技术的融合应用模式,扩大监测范围,提升监测可靠性;三是针对极端环境、复杂地质条件下的沉降监测,深入研究误差控制技术,进一步提升监测精度;四是完善相关技术规范 and 标准,推动高精度水准测量在工程沉降监测中的标准化、规范化应用,为工程安全管理提供更加强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]王依,李娟.高精度水准测量在高层建筑沉降监测中的应用[J].测绘通报,2021,(7):142-145.
- [2]刘敏,张磊.软土地基工程中高精度水准测量的误差控制研究[J].工程勘察,2020,48(11):61-65.
- [3]陈军,赵爽.高精度水准测量与InSAR技术在桥梁沉降监测中的融合应用[J].中国公路学报,2022,35(5):234-242.
- [4]王丽,李刚.电子水准仪在工程沉降监测中的应用及精度分析[J].测绘工程,2020,29(3):78-82.

作者简介:

张高全(1981--),男,汉族,河南上蔡人,本科,高级工程师,研究方向为测绘工程。