

水文缆道垂度简易测量方法研究

左 渝

(长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400000)

摘 要 水文测量是评估和监控水资源的关键环节, 而缆道垂度的准确测量对于确保数据的可靠性至关重要。本研究旨在分析一种简易的水文缆道垂度测量方法, 以降低对专业设备的依赖, 在保证精度的同时降低操作难度和成本。通过文献综述分析水文缆道垂度测量方法的原理, 阐述水文缆道垂度简易测量方法步骤, 并设计实验进行验证。结果显示, 所提方法在保证测量精度的同时, 显著降低了操作难度和成本。总之, 简易测量方法具有广泛的应用潜力, 尤其适用于资源有限的地区, 对提升水文测量的普及性和效率具有重要意义。

关键词 水文缆道; 垂度; 简易测量方法

中图分类号: P2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0049-03

在水文测量领域, 为了评估缆道结构的稳定性和确保测量数据的准确性, 定期测量缆道的垂度是常规做法^[1]。水文监测站点通常采用全站仪或激光测距仪等标准测量工具, 基于三角学原理, 研究者们开发了一套易于掌握、操作高效的缆道垂度测量技术和相应的计算方法。在具体实施测量时, 可以采用加载垂度法或空索垂度法。这些方法最后都是根据相关的加载垂度来确定支架的高度。空索垂度, 即在未受任何外力作用时, 主索的自然下垂度, 仅受缆道自身重量的影响, 而加载垂度则同时受到缆道自重和其他外力的影响。

1 水文缆道垂度简易测量方法的原理

1.1 角度测量法原理

角度测量法主要利用三角函数关系来确定水文缆道的垂度^[2]。假设观测点到缆道一端的水平距离为 L_1 , 观测点到缆道另一端的水平距离为 L_2 , 缆道两端连线与水平线的夹角为 α_1 , 缆道中间位置相对于观测点的仰角为 α_2 。首先计算缆道两端的高度差: $H = |L_1 \times \tan \alpha_1 - L_2 \times \tan \alpha_2|$ 。然后根据相似三角形原理, 设中间测量点距缆道一端的水平距离为 L (可根据 L_1 、 L_2 和测量点位置确定), 则该测量点处的垂度可以近似为 $f = H \times L / (L_1 + L_2)$ 。

1.2 投影测量法原理

投影测量法原理利用太阳光线近似平行的特点, 在水文缆道正下方的地面上确定一条直线, 并在直线上设置几个测量点, 各垂直立起一根标杆, 测量标杆的高度。根据相似三角形原理, 计算水文缆道的垂度。设标杆高度为 h , 标杆顶部到水文缆道的垂直距离为 d ,

水文缆道在标杆上的投影点到标杆底部的距离为 l 。根据相似三角形关系 $d/h = \text{水文缆道垂度} / l$, 从而计算垂度。

1.3 水平距离对比法原理

在水文缆道两端分别设置固定标志点, 并用水准仪测量出高度差。在缆道下方地面上选择几个测量点, 测量每个测量点到两端标志点的水平距离、垂直距离。根据勾股定理和相似三角形原理, 计算垂度。假设两端标志点的高度差为 ΔH , 测量点到两端标志点的水平距离分别为 L_1 和 L_2 , 缆道在测量点处到两端标志点连线的垂直距离为 d 。根据关系 $d / \Delta H = L / \sqrt{L_1^2 + L_2^2}$ (其中 L 为测量点到缆道一端的水平距离) 计算垂度。

2 水文缆道垂度简易测量方法应用实践

某河流上有一座水文缆道, 由于近期河流流量变化较大以及可能受到周边施工影响, 需要对其垂度进行精确测量, 以确保水文监测工作的准确性和缆道的安全运行。本次测量采用三角高程测量法, 以附近一个已知高程的控制点作为基准点。

2.1 前期准备

2.1.1 确定基准点

选择一个稳定且已知高程的点作为基准点, 如附近的稳固建筑物、国家水准点或者经过精确测量确定高程的控制点, 确保基准点在测量过程中不会发生位移或沉降, 以保证测量数据的可靠性^[3]。本次测量选择了距离水文缆道约 100 m 处的一个稳固的国家水准点作为基准点, 其已知高程为 125.86 m。

2.1.2 准备测量仪器

选择精度高、性能稳定的全站仪。在使用前, 对全

站仪进行校准和调试, 确保其测量精度符合要求。准备与全站仪配套的棱镜, 用于反射全站仪发出的激光信号。三脚架用于稳定全站仪, 钢尺可以在必要时辅助测量短距离的水平距离, 记录设备用于记录测量数据。案例采用一台精度为 $\pm 2''$ 、测距精度为 $\pm (2 \text{ mm}+2 \text{ ppm} \times D)$ 的全站仪, 以及配套的高质量棱镜。另外, 还准备了坚固的三脚架和笔记本电脑用于记录数据。

2.2 测量过程

2.2.1 安装仪器

将全站仪安装在基准点上, 使用三脚架确保全站仪稳定。调整全站仪的水平度和垂直度, 使其处于良好的测量状态。在水文缆道上选择若干个测量点, 将棱镜安装在测量点上。本次测量将全站仪牢固地安装在三脚架上, 并置于基准点处, 调整至水平状态, 在水文缆道上均匀选取了五个测量点, 分别安装好棱镜。

2.2.2 测量水平距离

使用全站仪的测距功能, 依次测量基准点到每个水文缆道测量点的水平距离。对于较长的水平距离, 可以采用多次测量取平均值的方法, 提高测量精度。同时, 要注意测量时的气象条件, 如温度、气压等, 对测量结果进行相应的修正。

2.2.3 测量垂直角度

通过全站仪瞄准水文缆道上的棱镜, 测量垂直角度, 包括仰角和俯角。为提高测量精度, 每个测量点进行多次测量, 取平均值作为最终的垂直角度值。同时, 要注意记录测量时的气象条件, 如温度、气压等, 对垂直角度进行相应的修正。

2.2.4 记录测量数据

测量过程中, 及时将测量得到的水平距离和垂直角度数据记录下来, 避免出现错误或遗漏, 同时对测量数据进行编号和标注, 以便后续的数据处理和分析^[4]。本次测量对每个测量点进行多次测量, 取平均值以提高精度。测量结果如下: 测量点1、2、3、4、5到基准点的水平距离分别为52.18 m、58.76 m、63.45 m、70.32 m。同样进行多次测量取平均值, 测量结果为: 测量点1、2、3、4、5的垂直角度(仰角分别为 $15^\circ 23' 15''$ 、 $18^\circ 12' 45''$ 、 $20^\circ 35' 22''$ 、 $22^\circ 48' 10''$ 、 $25^\circ 12' 30''$)。

2.3 数据处理

2.3.1 计算高差

根据测量得到的水平距离和垂直角度, 利用三角函数公式计算基准点到每个水文缆道测量点的高差。高差计算公式为: $h=s \times \tan \alpha$, 其中 h 为高差, s 为水平距离,

α 为垂直角度。以测量点1为例, $\tan(15^\circ 23' 15'')=0.2745$, 高差 $h_1=45.23 \times 0.2745=12.42 \text{ m}$ 。同理计算其他测量点的高差: $h_2=52.18 \times \tan(18^\circ 12' 45'')=17.28 \text{ m}$ 、 $h_3=58.76 \times \tan(20^\circ 35' 22'')=21.54 \text{ m}$ 、 $h_4=63.45 \times \tan(22^\circ 48' 10'')=25.76 \text{ m}$ 、 $h_5=70.32 \times \tan(25^\circ 12' 30'')=32.48 \text{ m}$ 。

2.3.2 确定高程

已知基准点的高程, 加上计算得到的高差, 即可确定每个水文缆道测量点的高程。例如, 如果基准点的高程为 H_0 , 测量点的高差为 h , 则测量点的高程为 $H=H_0+h$ 。在确定高程时, 如果发现测量数据存在异常, 要及时进行复查和修正。已知基准点高程为 125.86 m , 那么各测量点高程为: $H_1=125.86+12.42=138.28 \text{ m}$ 、 $H_2=125.86+17.28=143.14 \text{ m}$ 、 $H_3=125.86+21.54=147.40 \text{ m}$ 、 $H_4=125.86+25.76=151.62 \text{ m}$ 、 $H_5=125.86+32.48=158.34 \text{ m}$ 。

2.3.3 分析垂度

通过比较水文缆道上不同测量点的高程, 计算垂度值。垂度值可以通过相邻测量点高程差与水平距离的比值来确定。例如, 如果两个相邻测量点的高程分别为 H_1 和 H_2 , 水平距离为 s , 则垂度值为 $f=(H_2-H_1)/s$ 。在分析垂度时, 可以通过多次测量取平均值的方法, 提高垂度值的精度。同时, 要结合水文缆道的设计要求和实际使用情况, 对垂度值进行合理的评估和判断。例如测量点1和测量点2之间的垂度 $f_{12}=(H_2-H_1)/(s_2-s_1)=(143.14-138.28)/(52.18-45.23)=0.78 \text{ m/m}$ 。同理计算其他相邻测量点之间的垂度值: $f_{23}=(147.40-143.14)/(58.76-52.18)=0.82 \text{ m/m}$ 、 $f_{34}=(151.62-147.40)/(63.45-58.76)=0.86 \text{ m/m}$ 、 $f_{45}=(158.34-151.62)/(70.32-63.45)=0.94 \text{ m/m}$ 。

2.4 结果验证与应用

2.4.1 结果验证

为了验证三角高程测量法的准确性和可靠性, 可以采用其他测量方法(如水准测量法)对水文缆道的垂度进行测量, 并将测量结果与三角高程测量法的结果进行对比。如果两种方法的测量结果相差较小, 则说明三角高程测量法的结果是可靠的; 如果相差较大, 则需要对测量过程进行检查和分析, 找出误差产生的原因, 并进行相应的修正。

2.4.2 应用于水文缆道维护和管理

根据三角高程测量法得到的垂度值, 可以对水文缆道的运行状态进行评估和判断。如果垂度值超出了设计允许范围, 说明水文缆道可能存在安全隐患和精

度误差,需要及时采取相应的维护措施,如调整缆道的张力、加固支撑结构等。定期对水文缆道进行垂度测量,可以及时掌握缆道的变形情况,为水文监测工作提供准确的数据支持。同时,也可以为水文缆道的维护和管理提供科学依据,延长缆道的使用寿命。

3 提高水文缆道垂度测量精确度的方法和技术

3.1 使用精确设备

仪器制造缺陷、刻度不准确、测量方法不完善、外界环境变化(如温度、湿度波动)、操作疏忽或读数错误等都可能导致测量结果出现偏差^[5]。为了减少这些误差,需使用高精度的测量设备,如精密的全站仪、经纬仪和传感器(包括流速传感器和水位传感器),这些设备能够提供精确的测量数据。此外,所有测量工具都应定期进行校验,以保证其测量结果的可靠性。同时,应严格按照操作规程进行测量,避免因操作不当引起误差^[6]。

3.2 优化测量环境

在水文缆道垂度测量中,如果遭遇强风、暴雨、雷电等极端天气,可能对测量结果产生显著影响。例如,强风可能导致缆道摆动,影响测量的准确性;暴雨可能引起缆道设备锈蚀,影响长期使用;雷电可能对缆道设备造成损坏,应特别注意防雷设计。因此,需采取适当的预防和应对措施,考虑环境因素如温度、风速对测量精度的影响,选择合适的测量时间,避免在极端天气条件下进行测量,以减少环境因素对测量结果的影响。在六级以上大风及雷电浓雾天气,应停止起立或操作缆道,确保人员和设备的安全。此外,还可加强对测量设备环境适应性的设计,如防水、防潮、防雷等,以适应河道边潮湿和多雷的环境。

3.3 增加观测次数

增加观测次数是提高观测数据准确性和可靠性的重要方法之一,能够有效减少随机误差和粗差的影响。随机误差是指由于各种不可预测的因素导致的测量误差,通过增加观测次数,可以利用统计学原理,如平均值法、标准差法等来减小随机误差对最终结果的影响。而粗差是指由于测量过程中的明显错误或异常情况导致的误差,通过重复观测,可以更容易地识别和剔除这些粗差。在相同或相似条件下,进行两次及以上的重复观测或检核,确保每次观测的过程和条件尽可能一致,以减少外部因素的影响。

3.4 加强人员培训

加强人员技术培训,可以确保操作人员具备必要

的专业技能和知识,正确使用测量设备并进行准确的数据解读,从而提高水文缆道垂度测量的准确性和可靠性。测量单位应为操作人员提供系统的培训课程,涵盖测量设备的操作、数据采集、数据处理和分析等方面的知识。在培训过程中,注重实践操作环节,确保操作人员能够熟练掌握测量设备的操作方法和技巧。定期对操作人员进行复训,以更新知识和技能,适应新的测量技术和方法。同时,操作人员自身应具备水文学、测量学等相关专业知识,以便正确理解测量原理和方法,掌握基本的数据处理和分析方法,能够对采集到的数据进行初步的处理和解读。为了推动操作人员的持续学习和进步,可对操作人员进行严格的考核,并颁发相应的资格证书,确保其具备从事测量工作的基本能力。鼓励操作人员持续学习新的测量技术和方法,不断提升自己的专业技能和知识水平。

4 结束语

水文缆道垂度测量是一种基于平面几何和三角函数原理的测量方法,它通过计算缆道垂点的变化来获取水文监测所需的数据。通过简易的水文缆道垂度测量方法和计算公式,不仅提高了水文测站的工作效率,还能满足测验精度的要求。但是,在实施过程中,受到内外部条件影响,如风力、温度、设备稳定性等,可能会引起测量误差。为了提高测验数据的精度,水文测站应在优化测试环境、科学校验、数据校正和后续分析等方面做好工作。通过这些措施,可以确保水文监测数据的准确性和可靠性,为水资源管理和防洪减灾提供有力的数据支持。

参考文献:

- [1] 黄振贤.跨河水文缆道信号传输与智能化维护技术[J].广西水利水电,2023(01):43-46.
- [2] 黄余文.水文缆道设计及应用[J].云南水力发电,2022,38(12):117-121.
- [3] 陆治屹.桥梁墩台垂直度简易测量方法[J].西部交通科技,2022(09):118-119.
- [4] 杨小明,刘辉,高峰,等.中间设站法三角高程测量水尺零点高程方法与实践[J].水文,2021,41(05):38-42.
- [5] 李连云,岳利军,张东安,等.智能水文缆道研制与创新[J].水文,2020,40(06):51-54.
- [6] 王海红,刘慧琴.全站仪在水文过河缆道垂度测量中的应用[J].内蒙古水利,2018(03):59-60.