

造成气泡式水位计出现测量误差的原因分析

龙金生¹ 陈磊²

1 陕西省安康水文水资源勘测中心高滩水文站 2 陕西省安康水文水资源勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v8i10.5774

[摘要] 在水位监测中,水位计的主要任务是实时获取水体的水位变化,为水资源的合理利用和管理提供数据支撑。气泡式水位计以结构简单、成本低廉和适应性强等优点,在实际应用中得到了广泛的使用,但是气泡式水位计在使用过程中,也会受到水源、流速或者气源等因素的影响出现测量误差,这不仅影响了水位数据的准确性,也可能导致对水资源管理的不当决策。基于此,本文就气泡式水位计测量误差进行了分析,以期能够为相关工作的开展提供技术支持。

[关键词] 气泡式水位计; 测量误差; 原因

中图分类号: TV551.4+12 **文献标识码:** A

Analysis on the causes of measurement error of bubble water level meter

Jinsheng Long¹ Lei Chen²

1 Gaotan hydrological station, Ankang hydrological and water resources exploration center, Shaanxi Province

2 Ankang hydrology and water resources exploration center of Shaanxi Province

[Abstract] In water level monitoring, the main task of a water level gauge is to obtain real-time changes in water level, providing data support for the rational utilization and management of water resources. Bubble water level gauges have been widely used in practical applications due to their simple structure, low cost, and strong adaptability. However, during use, bubble water level gauges may also be affected by factors such as water source, flow rate, or gas source, resulting in measurement errors. This not only affects the accuracy of water level data, but may also lead to improper decisions in water resource management. Based on this, this article analyzes the measurement error of bubble type water level gauge, in order to provide technical support for the development of related work.

[Key words] Bubble type water level gauge; Measurement error; Reason

引言

当前,气泡式水位计在水位站的工作中起着重要的作用。通过掌握其测量误差的原因,可以帮助相关工作人员更好的规避问题,以便可以为该行业的工作开展提供准确且可靠的数据支持。

1 气泡式水位计应用现状

气泡式水位计(图1)主要是通过检测气泡在液体中的运动来确定液位高度,目前被广泛应用于水利、石油、化工、电力、煤矿等领域,尤其是在水利领域中发挥着重要的作用。高滩水位站坐落于陕西省安康市紫阳县高滩镇下街,作为国家级重要水文站及中央报讯站,它不仅是汉江上游南岸一级支流任河的控制站,也是安康水库的重要入库监测站,直接控制着长达3588平方公里的流域面积,距河口仅27公里,战略位置显著。自1990年从白瓦房店站迁移至此并更名为高滩水文站以来,该站始终肩负着重要的水文监测与报告职责,涵盖多个重要的水文参数,包

括海拔、河道径流、河床沉积物、河床砂砾、降雨和蒸散情况,可以为政府和军事机构的应急管理工作提供精确的水资源信息。其中,在水位测量中,气泡式水位起到了重要的作用,它具有准确性高、安装简单、维护方便、测量范围可调节等优点,而且还拥有超大容量的历史数据存储和测量采集时间的自由调整功能,但是其在实际应用中也会因为各种因素的影响出现一些测量误差,而掌握这些误差的原因对提高其测量精确度也有着十分重要的作用。

2 气泡式水位计测量误差原因

2.1 静水条件下测量误差原因分析

2.1.1 水的密度对测量误差的影响

一是温度的影响,虽然在某些情况下水温的变化对水密度的影响较小,但这一影响在特定的条件下不能被忽视,一般水的密度在温度降低时会增加,而在温度升高时会减少,当水的温度偏离4℃时,密度会相应变化,比如当水温为20℃时,密度约为

998kg/m³，随着水温的升高，水密度逐渐降低，这种变化虽然相对较小，但在精确度要求较高的测量应用中，仍会导致显著的误差；二是水中的溶解物质，如盐分和悬浮颗粒，在自然水体中，常常会因为矿物质、盐分等物质的溶解而使得水的密度增加，尤其是河水含有沙土和有机物等悬浮物质时，这些成分的存在会直接提高水体的整体密度，在使用气泡式水位计时，如果未能考虑这些因素，将会影响气泡的上升速度和体积，进而导致水位的测量不准确；三是水体的变化，尤其是在多水源交替和季节性河段等情况下，水体的密度和组成可能会发生迅速而显著的变化，在这些情况下，如果气泡式水位计未能及时进行标定或调整，将可能使测量结果更加偏离真实情况。



图1 气泡式水位计

2.1.2 重力常数对测量误差的影响

在我国，由于南北纬度跨度较大，导致重力常数存在显著差异，而重力常数的不同会对气泡的升起速度和水位变化的计算产生直接影响，从而导致测量误差。根据地球的椭球形状和自转特性，重力常数在赤道与两极存在差异，南北纬度越高，重力常数越大，而在赤道附近则稍低，这种差异的存在意味着在不同地区进行水位测量时，如果并未将当地的重力常数进行相应的调整，则可能导致水位计的读数不准确，尤其在大范围的水域管理和水资源监测时，误差的累积将会更加明显。而且在重力不同的地区，气泡的上升速度会受到当地重力的影响，一般在重力较大的地区，气泡上升的速度相对较快，而在重力较小的地区，气泡的上升速度则会减缓。这种现象在实际的水位测量中，尤其是在需要对水位变化进行精准监控的场景中，将会导致显著的测量偏差。因此，如果在某一河流的上游和下游因为位置不同，重力条件不同，气泡式水位计测量得到的水位高差可能并不能真实反映水位变化，因此在不同区域使用气泡式水位计时，必须根据当地的具体重力常数进行调整，以确保测量结果的可靠性。

2.2 流速造成的测量误差原因分析

气泡式水位计依赖于气泡的上升速度与水位之间的关系，但在流动水体中，有静、动两种压力的影响，从而导致测量误差。水流的静压力是指在流体静止时，由于流体自身重力对单位面积表面施加的压力；而动压力则来源于水流的运动，水流越快，动压力所产生的影响就越明显。在气泡式水位计中，气泡的上升速度与水面之间的静压力直接相关，因此在流动的水体中，动压力的出现会导致测量结果的偏差。在实际操作中发现，当气泡式水位计被置于流动水体中时，水流冲击气泡的速度会影响其上升速度，如果水流速度较快，气泡在水中上升时受到的水流剪切力增大，导致气泡的上升速度减慢，这意味着气泡式水位计读取的水位将低于实际水位，从而引入错误的测量结果；相反，如果水流的速度减慢，气泡的上升速度能够更好地反映水位，此时测量结果可能趋近于真实水平。对于天然的河道来说，河道的曲折、急转弯、障碍物等都可能使水流形成复杂的流速分布，这种流速的非均匀性会导致气泡在不同点的上升速度不同，从而造成测量误差，比如在河的外侧，水流可能会加速，而内侧则相对减速，这会导致气泡式水位计在不同位置测得的水位存在差异。

2.3 气源使用不当造成的测量误差

气泡式水位计的测量原理依赖于气腔内的气体压强变化以及气泡在水中的行为，因此任何与气源相关的问题都会直接影响到其测量的准确性。一是气腔内部发生气体渗漏，当气腔内部出现泄漏时，气腔内的压强会降低，这会对气泡式水位计的正常工作造成严重干扰，根据测量原理，如果气腔内的气体压力明显低于外部水体的静压力，水流会被迫流入气腔内，这种情况下，水体的高度会因为气腔内部的水位改变而出现误读，使气泡式水位计的读数变得不可靠；二是水位升高速度过快，当水位快速上升时，水的静压力瞬间增加，而气腔内的气压变化往往滞后于外界水压的变化，如果管内气压的变化速度小于水压变化的速度，气腔内也可能被水压迫入水，导致气腔内部进水，影响气泡的形成和上升，进而引发错误的水位读数。

3 提高气泡式水位计测量精度的措施

3.1 现场校准

气泡式水位计的准确度受多种因素影响，如水温、盐分浓度、悬浮物质等，而这些因素在不同的环境条件下存在显著差异，因此需要通过现场校准来针对具体条件进行数据调整，确保测量结果的准确性。在现场校准的过程中，可以通过数据采集及模型建立，对水温、盐分浓度和悬浮物质等影响因素进行量化分析，并通过设置多类型的传感器，利用温度传感器、盐度传感器和浊度传感器等，实时监控河水的变化，这种动态监测系统能够及时记录下水体的物理化学特性，便于实时调整气泡式水位计的测量参数。为了保持气泡式水位计的长期准确性，现场校准不应仅限于一次性调整，而应定期进行监测和校正，特别是在水体环境变化频繁的地区，定期的现场校准能够及时捕捉到水体特性的变化，确保测量的精度和可靠性。

3.2 避免重力影响

一是要对测量结果进行线性修正, 研究人员可以在多个不同地点进行一系列测试, 通过观察气泡上升速率与实际水位之间的关系, 建立起重力常数与水位计读数之间的修正方程, 这是因为在不同重力环境下, 气泡的上升速度和所测得的水位数据之间存在一定的函数关系, 这种关系可以通过回归分析或其他统计方法进行量化, 从而得到相关的修正方程, 研究人员可以根据所建立的修正方程进行调整, 如果在某一地点发现气泡的上升速度与理论值不符, 那么可以利用修正方程来估算真实水位, 从而获得更准确的测量结果; 二是可以配备重力传感器, 这些传感器能够实时监测当地重力常数的变化, 特别是在长时间监测的情况下, 因地震、气压变化等外部环境的影响, 重力常数可能发生细微变化, 如果能实时记录这些变化, 将有助于即时调整气泡式水位计的测量参数, 一旦检测到重力常数的变化, 系统可以自动进行数据更新, 通过预设的算法将这些变化因素考虑在内, 从而确保水位测量的准确性。

3.3 在河道中设置多个监测点

天然河道中水流的动态变化以及环境的复杂性往往给单一监测点的水位测量带来不小的挑战, 因此通过在同一段河道的不同位置安装气泡式水位计, 可以更全面地获取水流的情况, 从而为水位测量提供更为准确的数据支持和依据。每个监测点的气泡式水位计可以同时记录水位变化, 同时结合流速传感器的数据, 从而得出流速对水位的具体影响, 从而更好的帮助研究人员理解不同水流条件下气泡式水位计的表现。在实际操作中, 研究人员应根据具体水文、气象及地形特征进行监测点的优化布置, 不仅需要考虑到河段的流速、宽度与深度变化, 也应当考虑到环境对测量结果的潜在影响, 比如在急流区、缓流区以及交汇口处都应合理设置监测点, 以确保整个河段的水位变化能被充分捕捉到, 这种全面的监测方式能够显著提升监测网络的有效性, 从而为流域管理、洪水预警等提供坚实的基础数据支撑。与此同时, 有必要对气泡式水位计的设计进行技术性改进, 以便能在变化的水流环境中更有效地操作, 比如可以针对设置多个监测点所收集的数据, 研发具有流速补偿功能的水位计。

3.4 优化气泡式水位计

为了解决气源使用不当造成的测量误差, 可以采取多个层面的措施。一是要加强气泡式水位计的维护保养, 如定期检查气腔的密闭性, 以及气源的管线是否存在磨损或老化现象, 以防止

气体泄漏, 还应选择耐压的材料来增加其使用寿命与可靠性; 二是在设计气泡式水位计时, 可以考虑引入具有调节功能的阀门, 能够在水位快速变化时, 通过调节气腔内部的气压, 来缓解水压变化对气泡的影响, 这种设计可以帮助气泡式水位计在水位突然升高时, 保持其内部气压的相对稳定, 从而有效减小因水位变化过快带来的测量误差; 三是要与传感器结合使用, 在气泡式水位计的同时, 可以采用其他类型的水位传感器进行对比, 通过实时数据共享来互相验证, 确保最终得到的水位数据不受单一设备影响, 通过这样的多重验证机制, 可以在气源使用不当的情况下, 依然保证测量精度和数据可靠性。通过这些方法将能够有效降低因气源问题引起的测量误差, 从而为水资源管理和环境监测提供更为可靠的数据基础。

4 结语

综上所述, 通过对不同环境条件下气泡式水位计的测量结果进行系统性的对比与分析, 可以识别出影响测量准确性的主要因素。并为改进气泡式水位计的设计与使用提供理论依据和实践指导, 以便可以为水资源的科学管理与可持续发展提供重要支撑。

[参考文献]

- [1] 孙先春. 浅析山区河流水位计的选取[J]. 治淮, 2023, (07): 44-45+48.
- [2] 秦永. 气泡式水位计测量气管保护装置技术研究[J]. 陕西水利, 2023, (04): 160-162.
- [3] 李飞. 气泡式水位计在梅溪湖水位站的应用[J]. 智能城市, 2020, 6(12): 234-235.
- [4] 安保统. 气泡水位计设计[D]. 北方工业大学, 2018.
- [5] 刘瑜, 杨文波. 高精度气泡式水位计在仙桃水文站的应用[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2005, (04): 44-46.
- [6] 陈杰中, 吴宁声. 便携式浮子式水位计检测测试装置设计[J]. 江苏水利, 2022, (01): 23-28.

作者简介:

龙金生(1976--), 男, 汉族, 陕西省安康市人, 本科, 工程师(水文水资源专业), 研究方向: 水文水资源。

陈磊(1991--), 男, 汉族, 陕西省安康市人, 本科, 助理工程师(水文水资源专业), 研究方向: 水文水资源。