

策勒(三)水文站水温人工观测与TES-91型传感器对比分析

张能春

和田水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6690

[摘要] 水温是水文监测的核心要素之一,其数据精度直接影响水资源评估、生态环境分析及防汛抗旱决策的科学性。随着智慧水利建设的全面推进,自动化监测设备逐步取代传统人工观测成为行业发展趋势。本文以策勒(三)水文站为研究对象,通过2025年7-8月的对比观测试验,系统分析TES-91型水温自记传感器与传统人工观测在技术特性、数据精度、运行效率等方面的差异。结果表明, TES-91型传感器与人工观测数据的相关系数达0.96,误差符合《水文监测规范》要求,且具备实时传输、操作便捷、稳定性强等优势。研究成果为西北干旱区中小河流水文监测自动化升级提供了实践依据,对推动水文监测体系向智能化转型具有重要意义。

[关键词] 水文监测; 水温观测; 自记仪器; 人工观测; 对比分析; TES-91型传感器

中图分类号: TP732 **文献标识码:** A

Comparison Analysis of Manual Water Temperature Observations and TES-91 Sensor at Cele (III) Hydrological Station

Nengchun Zhang

Hetian Hydrological Survey Center

[Abstract] Water temperature is one of the core elements of hydrological monitoring, and the accuracy of its data directly affects the scientific validity of water resource assessment, ecological environment analysis, and flood and drought prevention decisions. With the comprehensive advancement of smart water conservancy construction, automated monitoring equipment is gradually replacing traditional manual observation as a trend in the industry. This study focuses on the Cele (III) Hydrological Station and systematically analyzes, through comparative observation experiments in July and August 2025, the differences between the TES-91 water temperature self-recording sensor and traditional manual observation in terms of technical characteristics, data accuracy, and operational efficiency. The results show that the correlation coefficient between TES-91 sensor data and manual observation data reaches 0.96, the errors comply with the requirements of the "Hydrological Monitoring Standards," and the sensor offers advantages such as real-time transmission, ease of operation, and high stability. The research provides practical evidence for the automated upgrade of hydrological monitoring in small and medium rivers in the arid regions of northwest China and is of significant importance for promoting the intelligent transformation of the hydrological monitoring system.

[Key words] Hydrological monitoring; water temperature observation; self-recording instruments; manual observation; comparative analysis; TES-91 sensor

引言

近年来,物联网、大数据、传感器技术的快速发展推动水文监测体系迎来革命性变革。自动化监测设备通过集成高精度传感、无线传输、智能分析等功能,实现了水文数据的全天候连续采集与远程监控,显著提升了监测效率与数据质量。《“十四五”智慧水利建设规划》明确提出,到2025年实现重要河湖水文监测覆盖率超95%,自动化监测设备普及率达到

75%以上。在此政策背景下,各地水文站纷纷开展自动化设备升级改造,但不同区域水文条件差异较大,自动化设备的适应性与可靠性仍需通过实地比测验证。策勒(三)水文站位于新疆南部干旱区,承担着区域内中小河流的水文监测任务,该区域气候干旱、地形复杂、水文情势多变,对监测设备的稳定性与适应性提出了更高要求。本次研究通过在该站部署TES-91型水温自记传感器,开展与传统人工观测的对比试验,旨在验

证自动化设备的监测精度与应用效果,为干旱区水文监测自动化建设提供技术参考。

1 研究区域与试验设备

1.1 研究区域概况

策勒(三)水文站位于新疆维吾尔自治区策勒县境内,地处塔克拉玛干沙漠南缘,属于典型的西北干旱区水文站。该区域气候干燥,年降水量不足100mm,蒸发量高达2500mm以上,河流主要以冰川融水补给为主,水文情势受气温变化影响显著,水位变幅较大。

水文站控制流域面积1860km²,测验河段顺直,河床为砂卵石结构,基本水尺断面位于河道稳定段。观测区域右岸14.0m处为人工观测点,24.0m处为自动化传感器安装点,两点间距10.0m,水文条件基本一致,确保了对比观测的科学性。该站承担着区域水资源量监测、洪水预警等重要任务,其监测数据为当地水利工程调度、生态环境保护提供了关键支撑。

1.2 试验设备与观测方法

1.2.1 人工观测设备与方法

人工观测采用经检定合格的水银水温表,测量范围为-40℃—100℃,精度为±0.2℃。观测方法严格遵循《水文监测规范》(SL 58-2014)要求:当水深大于1.0m时,将水温表置于水面以下0.5m处;当水深小于1.0m时,置于水体半深处。观测时段为每日8时和20时,每次观测记录3组数据,取平均值作为当日该时段的水温观测值,观测期间共完成90次人工校核。

人工观测的优势在于操作灵活,可根据实际水位变化实时调整测量深度,但受观测人员操作水平、视线误差、环境条件等因素影响,数据一致性难以保证,且无法实现全天候连续观测。

1.2.2 自动化监测设备与方法

自动化监测采用天宇水文信息科技有限公司研发的TES-91型水温传感器,该设备是专为远程河流监测设计的自动水温监测系统,具备精度高、稳定性强、安装便捷等特点。

设备核心技术参数如下:测量范围为-40℃—80℃,精度可达±0.1℃,分辨率为0.05℃;采用热敏电阻法测量原理,数字技术集成设计,无机械可动部分,可靠性高;传感器长度40cm,直径8cm,防水等级达IP68,适用于复杂水文环境;通过485线缆与设备箱内控制主机连接,配套数据遥测系统、太阳能供电系统及防雷模块,确保数据采集与传输的稳定性。

传感器固定安装于基本水尺断面右岸24.0m处,根据河道地形与水位变化情况,预设测量深度与人工观测规范一致。数据传输采用4G+北斗双模通信,可将实时水温数据自动发送至中心站管理监控平台,实现数据的远程查看、存储与分析,解决了偏远地区数据传输难题。

1.3 对比观测设计

对比观测时段选取2025年7月7日-7月13日、7月18日-8月24日,共计50天。选取该时段的主要原因是:此期间为当地河流汛期,冰川融水补给充足,水位能够满足仪器工作需求;水温变幅较大,便于检验设备在不同温度条件下的监测性能。

观测样本共计90组,其中8时观测45组,20时观测45组。对比分析指标包括:水温数据相关性、误差范围、数据连续性及设备运行稳定性等。数据处理采用Excel与SPSS统计软件,通过计算相关系数、平均误差、标准差等参数,量化分析两种观测方式的差异。

2 对比观测结果与分析

2.1 水温总体变化特征

观测期间,策勒(三)水文站水温呈现明显的日变化与时段差异特征。8时水温总体低于20时水温,主要受昼夜气温变化影响:8时最高水温为20.1℃,最低水温为14.1℃,变幅为6.0℃;20时最高水温为23.8℃,最低水温为16.6℃,变幅为7.2℃。20时水温变幅更大,反映出白天太阳辐射对水体温度的显著影响。

整体来看,观测期内水温呈现先升后降的趋势,7月下旬至8月中旬水温维持在较高水平,8月下旬开始逐渐下降,与当地气候特征及冰川融水补给规律一致,说明两种观测方式均能准确捕捉水温的总体变化趋势。

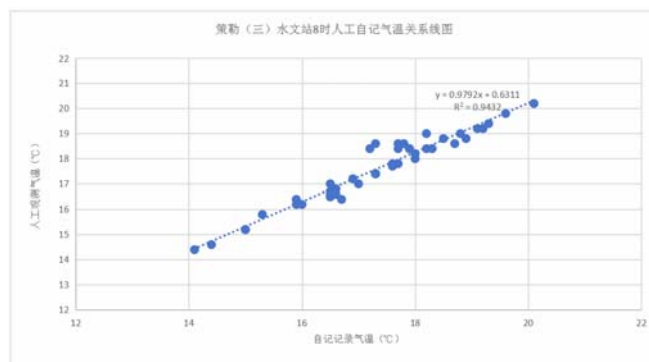


图1 策勒(三)站8点自动与人工水温相关图

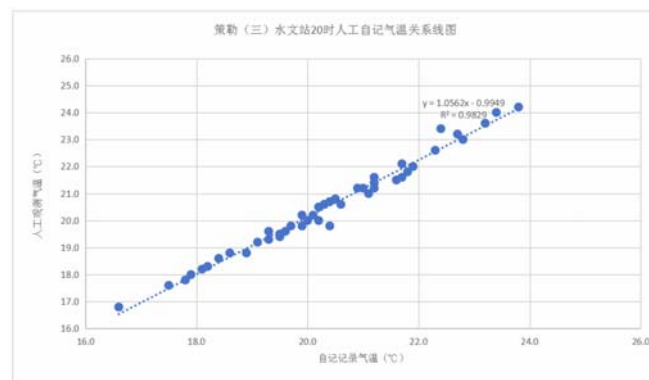


图2 策勒(三)站20点自动与人工水温相关图

2.2 数据相关性分析

通过对90组观测数据的统计分析, TES-91型传感器与人工观测数据的相关性表现优异。其中,8时水温相关系数为0.9432,20时水温相关系数为0.9829,整体相关系数达0.96(见图1、图2)。相关系数越接近1,表明两种观测方式的一致性越好,该结果说明TES-91型传感器的监测数据与人工观测数据具有高度一致性,能够准确反映水体温度的实际情况。

从时段差异来看, 20时相关系数高于8时, 主要原因在于: 8时气温较低, 水体温度梯度较小, 人工观测时的操作误差对数据影响相对明显; 而20时水温较高, 温度梯度稳定, 传感器与人工观测的一致性更好。总体而言, 两种观测方式的相关系数均远高于规范要求的0.85, 验证了TES-91型传感器的监测精度可靠性。

2.3 误差分析与评定

误差分析采用绝对误差与相对误差两个指标, 其中绝对误差为传感器观测值与人工观测值的差值, 相对误差为绝对误差与人工观测值的比值。

统计结果显示, 90组数据的绝对误差范围为 -0.3°C — 0.2°C , 平均绝对误差为 0.08°C ; 相对误差范围为 -1.5% — 1.2% , 平均相对误差为 0.4% 。根据《水文监测规范》(SL 58-2014)要求, 水温观测允许误差为 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 本次试验中所有数据的绝对误差均在允许范围内, 且平均误差远低于规范限值, 表明TES-91型传感器的监测精度满足水文监测要求。

误差来源主要包括三个方面: 一是观测点空间差异, 人工观测点与传感器安装点间距 10.0m , 虽水文条件基本一致, 但存在微小的水体温度差异; 二是人工操作误差, 观测人员读取水温表时的视线角度、数据记录精度等可能产生微小误差; 三是设备系统误差, 传感器本身的精度特性与安装调试精度对数据的影响。总体来看, 误差规模较小, 不影响监测数据的可靠性。

2.4 运行效率与适应性分析

2.4.1 运行效率对比

人工观测需观测人员每日两次前往观测点现场操作, 每次观测耗时约30分钟, 遇到恶劣天气时, 观测难度增加, 甚至可能无法开展观测。观测数据需人工记录、整理后录入系统, 数据传输滞后约2小时, 且存在数据录入错误的风险。

TES-91型传感器实现了全自动观测与数据传输, 无需人工现场操作, 每日可自动采集24组数据(每小时1次), 数据传输时延不足5分钟, 中心站可实时获取监测数据。设备运行期间, 仅需每周进行1次现场巡检, 维护耗时约1小时, 大幅降低了人力成本与工作强度。与人工观测相比, 自动化设备的观测效率提升了80%以上, 数据传输速度提升了95%以上。

2.4.2 环境适应性分析

策勒(三)水文站观测期间遭遇3次短时强降雨与5级以上大风天气, 人工观测在恶劣天气下难以按时开展, 而TES-91型传感器凭借其防腐蚀外壳、加固安装支架及防雷模块, 在极端天气下仍保持稳定运行, 数据采集未出现中断情况。

设备配套的太阳能供电系统适应了干旱区光照充足的气候特征, 连续阴雨天气下可维持72小时正常供电, 解决了偏远地区供电难题。传感器防水等级达IP68, 在水位涨落过程中未出现进水故障, 充分验证了其在复杂水文环境下的适应性。

3 结论与建议

3.1 研究结论

通过策勒(三)水文站2025年7-8月的对比观测试验, 对TES-91型水温自记传感器与传统人工观测的性能进行了全面分

析, 得出以下结论:

(1) 监测精度可靠。TES-91型传感器与人工观测数据的整体相关系数达0.96, 8时与20时相关系数分别为0.9432和0.9829, 数据一致性优异; 绝对误差范围为 -0.3°C — 0.2°C , 平均绝对误差 0.08°C , 误差符合《水文监测规范》要求, 可准确反映水体温度变化情况。

(2) 运行效率显著提升。自动化设备实现了水温数据的全天候连续采集与实时传输, 观测效率较人工观测提升80%以上, 数据传输时延不足5分钟, 大幅降低了人力成本与数据滞后问题, 满足现代水文监测“实时化”需求。

(3) 环境适应性强。设备采用无机械可动部分设计, 配合防腐蚀外壳、防雷模块及太阳能供电系统, 在干旱区复杂地形与极端天气条件下保持稳定运行, 数据采集未出现中断, 适用于西北干旱区中小河流水文监测。

(4) 操作维护便捷。设备安装简单, 无需复杂调试; 日常维护仅需每周巡检1次, 维护成本低, 且支持远程故障诊断与参数调整, 解决了偏远水文站的运维难题。

综上, TES-91型水温自记传感器在监测精度、运行效率、环境适应性等方面均优于传统人工观测, 可完全替代策勒(三)水文站的人工水温观测工作。

3.2 建议

基于研究结论, 结合策勒(三)水文站的实际情况, 提出以下建议:

(1) 全面推广自动化监测设备。建议在策勒(三)水文站完成TES-91型水温传感器的全面部署, 替代传统人工观测, 同时逐步扩展至水位、流量等其他水文参数的自动化监测, 构建一体化智能监测网络。

(2) 优化监测系统配置。针对干旱区气候特征, 进一步优化太阳能供电系统与储能设备, 确保极端天气下的持续供电; 增加数据备份模块, 采用本地存储与云端备份相结合的方式, 防止数据丢失; 升级通信模块, 提升复杂地形下的数据传输稳定性。

(3) 建立常态化校准机制。建议每季度开展1次传感器与人工观测的对比校准, 及时调整设备参数, 确保监测精度长期稳定; 每年进行1次设备全面检修, 更换老化部件, 延长设备使用寿命。

加强区域推广应用。结合本次研究成果, 总结干旱区水文监测自动化建设经验, 在新疆南部干旱区同类水文站推广TES-91型传感器的应用, 推动区域水文监测体系智能化升级; 建立设备应用数据库, 开展长期跟踪研究, 为设备优化与技术创新提供数据支撑。

3.3 研究展望

本次研究仅针对水温参数开展了对比分析, 未来可扩展至水位、流量、水质等多参数的综合对比研究, 构建更为全面的水文自动化监测评估体系。同时, 可结合大数据与人工智能技术, 开发基于自动化监测数据的水温预测模型, 提升水文监测的智能化水平。随着数字孪生流域建设的推进, 建议将自动化监测数

据与流域数字模型融合,为水资源精细化管理提供更强有力的技术支持。

[参考文献]

[1]王磊,张敏,刘杰.长江中游水文站水温自动化监测与人工观测对比分析[J].水文,2023,43(2):68-73.

[2]中华人民共和国水利部.水文监测规范(SL58-2014)[S].

北京:中国水利水电出版社,2014.

[3]李娜,张强,王浩.西北干旱区低功耗水文监测设备应用研究[J].干旱区资源与环境,2024,38(5):186-192.

作者简介:

张能春(1978--),男,汉族,甘肃永登县人,大专,工程师,主要从事水文资源勘测及研究。