

AI视频自动蒸发设备在水文监测中的应用

胡兴艺, 蒋利润, 匡燕鹂

湖南省水文水资源勘测中心, 湖南 长沙

收稿日期: 2026年6月22日; 录用日期: 2026年9月7日; 发布日期: 2026年9月20日

摘要

水面蒸发是水文循环的核心环节, 是区域水资源评价、洪涝灾害预警、水利工程调度的重要基础数据。传统水文蒸发监测依赖人工观测, 存在数据连续性差、人工误差大、监测时效低、无法全天候作业等诸多短板, 难以适配现代化水文监测体系的建设需求。随着物联网、人工智能、视频识别技术的快速发展, 自动化、智能化蒸发监测设备逐步替代传统人工监测模式, 成为水文监测智能化升级的核心设备。本文立足国内外水文自动蒸发监测技术发展现状, 系统阐述常规自动蒸发设备的工作原理, 重点研究AI视频水文蒸发监测设备的系统架构、工作原理与现场实施方案, 深入剖析该新型智能设备的优势与现存不足, 总结实际应用经验。研究表明, AI视频自动蒸发设备有效弥补了传统传感式蒸发设备的技术缺陷, 具备高精度、无人值守、可视化溯源、适应性强等特点, 在水文监测领域拥有广阔的推广应用前景, 可为智慧水文、数字水利建设提供重要技术支撑。

关键词

水文监测, 水面蒸发, 自动蒸发设备, AI视频识别, 智能监测

Application of AI Video Automatic Evaporation Equipment in Hydrological Monitoring

Xingyi Hu, Lirun Jiang, Yanwu Kuang

Hunan Hydrological and Water Resources Survey Center, Changsha Hunan

Received: June 22, 2026; accepted: September 7, 2026; published: September 20, 2026

Abstract

Water surface evaporation is a core component of the hydrological cycle and serves as critical

foundational data for regional water resource assessment, flood disaster early warning and water conservancy engineering dispatch. Traditional hydrological evaporation monitoring relies on manual observations, which suffer from numerous shortcomings such as poor data continuity, large human errors, low monitoring timeliness, and inability to operate around the clock, making it difficult to meet the construction needs of modern hydrological monitoring systems. With the rapid development of the Internet of Things, artificial intelligence, and video recognition, automated and intelligent evaporation monitoring equipment is gradually replacing traditional manual monitoring modes, becoming the core equipment for the intelligent upgrading of hydrological monitoring. Based on the current development status of domestic and automatic hydrological evaporation monitoring technologies, this paper systematically elaborates on the working principles of conventional automatic evaporation equipment, focuses on studying the system architecture, working principles, and field implementation schemes of AI video hydrological evaporation monitoring equipment, deeply analyzes the advantages and existing deficiencies of this new intelligent device, and summarizes practical application experiences. Research shows that AI video automatic evaporation equipment effectively compensates for technical defects of traditional sensor-based evaporation equipment, possessing characteristics such as high precision, unmanned operation, visual traceability, and strong adaptability. It has broad promotion and application prospects in the field of hydrological monitoring, providing important technical support for the construction of smart hydrology and digital water conservancy.

Keywords

Hydrological Monitoring, Water Surface Evaporation, Automatic Evaporation Equipment, AI Video Recognition, Intelligent Monitoring

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

1.1. 研究背景与意义

水文监测是水资源管理、水旱灾害防治、水生态保护的基础性工作，水面蒸发量作为水文监测的核心要素，直接反映区域水体水量损耗规律，精准的蒸发数据对水资源总量核算、灌区用水调配、河湖生态补水、水利工程优化运行具有决定性指导作用。

我国水文监测事业长期依赖传统人工观测模式，主流采用 E601B 型蒸发器、20 cm 小型蒸发皿开展人工定时观测。该模式观测频次固定、夜间及恶劣天气无法监测，人工读数、记录、计算过程易产生人为误差，且观测人员野外作业风险高、人力成本大，数据时效性、完整性、精准度均难以满足现代水文精细化监测要求。

近年来，国家大力推进智慧水利、水文现代化建设，“十五五”¹规划明确提出要全面实现水文要素自动监测、全天候监测、智能化分析。在此背景下，各类自动蒸发监测设备快速迭代升级，尤其是融合人工智能视频识别技术的新型蒸发监测设备，突破了传统传感监测的技术瓶颈，实现了蒸发量非接触式、高精度、可视化自动监测。开展自动蒸发设备尤其是 AI 视频蒸发设备的应用研究，对完善水文监测体系、提升水文数据质量、推动水文监测智能化转型具有重要的理论价值和工程实践意义。

¹http://sljd.mwr.gov.cn/slyw/202512/t20251231_2097459.html

1.2. 国内外研究与应用现状

1.2.1. 国外研究现状

国际水文蒸发自动化监测技术起步较早,欧美、澳大利亚等水利发达国家自 20 世纪中后期便开展自动化蒸发监测设备研发与标准化体系建设,依托世界气象组织(WMO)观测规范持续迭代,现已形成成熟的技术体系、长期野外比测数据与标准化应用规范[1]。

在传统传感式自动化设备研发层面,国外主流技术路线分为称重式与静压液位式两大方向。荷兰 Royal Eijkkelkamp、澳大利亚 Unidata、美国 RainWise 等厂商先后推出商用全自动蒸发监测系统。Unidata 6529-3 型 A 级蒸发皿自动观测站集成静水井液位传感、自动补水排水、雨量同步采集与远程传输模块,依托微压差传感器捕捉蒸发皿水位细微变化,监测分辨率可达 0.01 mm;系统内置降雨、溢流自动校正算法,有效削减风浪扰动、降雨入渗带来的观测误差,广泛应用于大洋洲、欧洲各国水文气象站点。Imonigie 等针对 A 级蒸发皿自动化观测开展系统野外对比试验,验证了液位传感方案在无人值守野外场景的长期可靠性,为 WMO 自动化蒸发观测设备选型提供了重要试验依据[2]。称重式方案以高精度负荷传感器为核心,通过连续称量蒸发皿总重换算水面蒸发量,可规避静水井风浪干扰,多用于科研级高精度观测站点,相关观测原理与校正方法也被 FAO 水文观测标准体系收录推广[3]。

在技术智能化升级方面,近十年来国外逐步将机器视觉、AI 智能识别技术融入蒸发监测领域,探索非接触观测方案,以解决传统接触式传感器长期野外运行结垢、探头腐蚀、数据漂移等缺陷。Kabir 等人搭建基于机器视觉与边缘计算的蒸发皿液位监测原型系统,利用高清摄像头持续采集水面图像,结合边缘检测、阈值分割算法识别液位边界,实现蒸发量非接触测算,证实了视觉观测替代传统传感观测的可行性[4]。同时该研究指出,自然光光照变化、水面波纹、飞鸟落叶干扰是制约野外视觉监测精度的核心难题。随着深度学习技术发展,Segment Anything (SAM)通用图像分割模型被逐步引入水体液位识别,大幅提升复杂野外光照条件下水面特征提取的稳定性,有效改善动态环境下蒸发量估算精度[5]。

与此同时,国外已全面实现蒸发观测数据与区域水文大数据平台、多要素气象监测系统的互联互通,依托机器学习、神经网络模型构建蒸发量时序预测框架,结合气温、风速、湿度等气象因子开展蒸发趋势预判,支撑流域水资源精细化调度、干旱预警等业务应用。但总体来看,海外 AI 视觉蒸发监测技术大多停留在试验原型与理论研究阶段,成熟商用化设备较少,多数视觉监测算法针对实验室稳定环境开发,缺乏长期野外水文站点连续比测数据支撑,难以直接适配高寒、高温、多雨多雾等复杂野外工况,工程落地应用受限。

1.2.2. 国内研究现状

我国水文蒸发监测自动化建设起步于 21 世纪初,历经人工观测、半自动监测、全自动智能监测三个发展阶段。21 世纪初期,全国绝大多数基层水文站沿用人工定时观测模式,观测频次有限、人力成本高、人为读数误差大;仅少数重点流域水文站点配备简易半自动蒸发监测设备,设备环境适应性较差、数据校正算法不完善,观测稳定性不足,无法大范围推广应用。

近十年来,随着物联网、嵌入式传感技术普及,国产自动蒸发观测装备快速迭代升级,FFH100 型、E601B 传感式自动蒸发站、称重式自动蒸发系统等设备陆续在全国各级水文站点规模化部署应用[6]。这类设备依托磁致伸缩液位传感器、智能电动控制阀、4G 无线传输单元,自动采集蒸发皿液位、降雨量原始数据,通过内置水文算法自动完成降雨修正、溢流剔除,实时计算水面蒸发量,基本实现非冰冻期自动化连续观测,显著降低基层水文人工观测工作强度,大幅提升蒸发监测数据连续性与时效性[7]。国内监测设备整体遵循水文监测规范技术要求,形成了适配我国流域环境的自动化观测技术标准体系[8]。

在智能化升级层面,国内高校、科研院所与水文设备企业率先突破传统接触式监测固有局限,开展

AI 视频蒸发监测技术工程化研究, 研发非接触式 AI 视频水文蒸发监测装备。该技术依托人工智能图像识别算法, 精准捕捉蒸发皿微小液位变化, 传感器无需直接接触水体, 从根源缓解传统设备结垢、水体杂质干扰、探头老化失准等痛点。任明武针对复杂野外场景, 开展基于图像识别的非接触式水面蒸发监测装置研发, 优化了水面轮廓提取与液位换算算法[9]; 任明武等将 AI 视频识别技术应用于 E601B 标准蒸发监测设备, 在湖南区域水文站点开展实地试点比测, 验证了智能视觉监测技术的实用性与可靠性[10]。目前该类智能化设备已在湖南、江西、山东等多省份水文站点开展同步观测试点, 取得良好监测效果。

整体来看, 我国自动蒸发监测技术已经彻底实现从引进仿制到自主创新的跨越, 硬件国产化、算法本地化、运维标准化程度持续提升。但相较于国外前沿理论研究, 国内 AI 智能视频蒸发监测技术仍处于试点推广阶段, 技术体系仍存在明显短板: 野外复杂光照、雾雨天气、水面风浪扰动场景下算法鲁棒性有待进一步优化, 设备高低温极端环境长期运行稳定性不足, 全国统一的 AI 蒸发观测校正标准与质量控制体系尚未建立, 大范围规模化推广应用仍需要持续开展跨区域站点比测与技术迭代完善。

1.2.3. 研究现状小结

综合国内外现有研究可知, 传统接触式传感蒸发监测设备技术成熟、应用广泛, 但存在依赖水体接触、易受环境腐蚀干扰的固有缺陷。国外在机器视觉、深度学习智能蒸发监测领域理论研究起步早、算法迭代快, 但工程化落地不足、商用装备稀缺; 国内具备丰富的野外水文应用场景与设备落地经验, 智能监测技术已进入试点应用阶段, 但在极端环境算法稳定性、标准化体系建设方面仍存在研究缺口。基于此, 本文开展复杂野外工况下 AI 视频蒸发智能监测技术优化与应用研究, 可有效弥补现有技术短板, 对推动水文蒸发监测智能化、标准化、规模化发展具有重要理论价值与工程实践意义。

1.3. 主要研究内容与技术路线

1.3.1. 研究内容

本文主要研究内容分为四部分: 一是梳理国内外水文自动蒸发设备与技术发展概况, 总结传统自动化蒸发监测技术优缺点; 二是剖析常规传感式、称重式自动蒸发设备的核心工作原理; 三是重点阐述 AI 视频水文蒸发监测设备的系统组成、工作原理、现场实施方案; 四是对比分析 AI 视频蒸发设备的应用优势与现存短板, 总结应用经验, 预判设备推广前景。

1.3.2. 技术路线

本文采用“现状调研 - 原理分析 - 设备实操 - 优劣剖析 - 总结展望”的技术路线, 通过查阅文献、梳理行业应用案例、分析设备运行机制、结合试点应用场景, 系统研究 AI 视频自动蒸发设备在水文监测中的应用价值, 最终得出研究结论。

2. 常规自动蒸发设备工作原理

目前国内水文监测领域主流常规自动蒸发设备主要分为传感式自动蒸发设备和称重式自动蒸发设备两类, 均基于传统 E601B 型蒸发器监测标准改造升级, 集成自动采集、数据修正、远程传输功能, 适配水文规范监测要求。

2.1. 传感式自动蒸发设备工作原理

传感式自动蒸发设备是当前应用最广泛的基础型自动蒸发监测设备, 核心由 E601B 标准蒸发器、高精度液位传感器、雨量计、智能控制箱、自动补水排水装置、无线传输模块组成。

其核心工作原理基于水量平衡原理, 水面蒸发量计算公式为: 蒸发量 = 初始水位 - 终末水位 + 降雨量 - 溢流量。设备通过高精度液位传感器实时采集蒸发皿内水体水位数据, 采样频率可达分钟级, 持

续捕捉水体因蒸发产生的液位下降变化。配套雨量计同步采集时段内降雨量数据，传输至控制终端。

智能控制箱内置水文蒸发专用算法，可自动识别降雨天气，实时修正降雨对液位数据的干扰；当蒸发皿水位过高时，系统自动启动排水阀门排出多余水体，避免水体溢流影响监测精度；当水位过低时，自动启动补水装置，维持蒸发皿标准水位区间，保障监测连续性。

设备采集的液位、降雨、蒸发量数据，经数据预处理、误差修正后，通过 4G/5G 无线网络实时上传至水文监测平台，实现无人值守、全天候自动化数据采集与传输，替代传统人工读数、记录、计算流程。该设备结构简单、成本较低，适配绝大多数常规水文监测场景。

2.2. 称重式自动蒸发设备工作原理

称重式自动蒸发设备属于高精度自动化监测设备，主要由标准蒸发桶、高精度称重传感器、防风防护装置、智能测控系统、数据传输终端组成，核心依托重力称重监测原理实现蒸发量精准测算。

设备将密闭式标准蒸发桶固定于高精度称重传感器上方，传感器可实时精准感知蒸发桶及内部水体的总重量变化。水体自然蒸发会导致蒸发桶总重量持续减轻，系统通过单位时间内的重量差值，结合水体密度参数，自动换算出水面蒸发深度，即标准蒸发量。

相较于传感式设备，称重式设备无需监测水位变化，直接通过重量变化核算蒸发量，可最大程度规避水体波动、轻微渗漏带来的监测误差。同时，设备内置天气识别模块，可自动区分晴天、雨天、大风天气，针对降雨、大风工况进行专属数据修正，监测精度更高，可适配科研级高精度蒸发监测场景。但该设备结构复杂、造价较高，且对安装场地平整度、防风条件要求严苛，难以实现大范围普及。

2.3. 常规自动蒸发设备共性短板

通过原理分析与应用调研可知，传统自动蒸发设备存在共性技术缺陷：一是多为接触式监测，传感器长期浸泡在水体中，易附着水垢、青苔、泥沙杂质，导致传感器灵敏度下降、数据漂移；二是设备机械结构较多，补水阀、排水阀易出现卡顿、漏水故障，后期运维成本高；三是无监测画面溯源功能，数据异常时无法快速排查故障原因；四是极端高温、低温、沙尘天气下设备稳定性不足，数据误差增大。

3. AI 视频水文蒸发监测设备原理及实施方案

AI 视频水文蒸发监测设备是新一代智能化非接触式蒸发监测设备，融合高清视频采集、人工智能图像识别、物联网数据传输、智能算法修正技术，彻底摒弃传统接触式监测模式，有效解决常规自动蒸发设备的应用短板，是当前水文蒸发监测智能化升级的核心技术方案。

3.1. 设备整体系统组成

AI 视频水文蒸发监测系统整体架构分为前端采集单元、智能分析单元、终端控制单元、后台传输与管理单元四部分，硬件设备包含高清工业摄像头、补光装置、AI 智能分析主机、标准 E601B 蒸发器、雨量监测模块、太阳能供电系统、无线传输模块；软件系统包含图像识别算法、数据修正模型、远程监控平台。

整套设备无需接触水体，通过视频视觉感知实现蒸发量监测，具备安装便捷、运维简单、抗干扰能力强、数据可溯源等特点。

3.2. 设备核心工作原理

AI 视频水文蒸发设备核心基于机器视觉图像识别 + 水量平衡算法双重技术原理，实现非接触式高精度蒸发监测，具体工作流程如下：

第一，视频图像实时采集。前端高清工业摄像头固定安装于蒸发器上方指定位置，搭配智能补光装置，可适应昼夜、阴雨、雾天、夜间无光等全场景环境，全天候不间断采集蒸发器水面高清图像，保证画面清晰稳定。

第二，AI 图像智能识别分析。AI 分析主机内置优化后的边缘检测、图像分割、像素校准算法，可精准识别蒸发器水面边界、刻度基准线，通过对比不同时段水面像素点位变化，精准测算出水面液位的微小降幅，最小识别精度可达 0.01 mm，远超人工观测和常规传感设备精度。

第三，多源数据修正计算。系统同步接入雨量、风速、温度等辅助监测数据，依托内置水文规范算法，自动扣除降雨带来的液位增量，修正大风、高温天气下的蒸发扰动误差，按照国家标准水量平衡公式精准计算时段蒸发量、日蒸发量。

第四，数据存储与远程传输。测算完成的蒸发数据及对应监测视频画面，实时存储于本地终端，并通过无线网络上传至智慧水文监测平台，管理人员可远程实时查看监测数据、调取原始视频画面，实现数据可视化溯源。

3.3. 现场实施方案

为保障 AI 视频蒸发设备监测精度和运行稳定性，结合水文站现场环境，制定标准化安装、调试、运行实施方案，具体分为四个阶段：

3.3.1. 前期场地选址与基础施工

严格遵循《水面蒸发观测规范》(SL630-2013)要求开展场地选址，选择地势平坦、通风良好、无高大遮挡物、无积水遮挡的开阔区域，远离建筑物、树木、人工热源，保证监测环境自然通风、光照均匀。按照标准尺寸浇筑设备基础基座，固定 E601B 型标准蒸发器，保证蒸发器水平放置、埋深符合规范标准，规避场地倾斜、沉降带来的监测误差。

3.3.2. 设备安装调试

完成基础施工后，开展硬件设备标准化安装：将高清工业摄像头固定于蒸发器正上方专用支架，调整拍摄角度与高度，确保完整覆盖蒸发器水面及基准刻度；安装太阳能供电系统与防雷装置，保障设备全天候稳定供电，防范雷雨天气设备损坏；连接 AI 智能分析主机、传输模块，完成设备通电调试。

软件层面完成算法校准，通过人工标定基准水位，对图像像素、液位刻度进行精准匹配，调试昼夜识别、弱光识别、降雨修正等功能，确保图像识别精度、数据计算逻辑符合水文监测国家标准。

3.3.3. 试运行与数据校准

设备安装完成后开展 72 小时不间断试运行，同步保留人工观测、传统自动设备监测数据，与 AI 视频监测数据进行同比比对。针对试运行期间出现的画面反光、弱光识别偏差、数据波动等问题，优化算法参数、调整补光强度，完成数据误差校准，确保设备监测数据合格率、精准度满足水文监测规范要求。

3.3.4. 常态化运维管理

设备正式投运后，建立轻量化运维机制，定期清洁摄像头镜头、检查支架稳定性，无需对水体传感器、阀门等设备进行维护；依托后台平台实时监控设备运行状态、数据传输状态，通过视频画面远程排查异常问题，降低野外现场运维频次和运维成本。

3.4. AI 视频水文蒸发设备优缺点分析

3.4.1. 核心优势

1) 非接触式监测，抗干扰能力强：设备采用视频视觉非接触式监测，无任何传感器、机械设备接触

水体，彻底杜绝水垢、青苔、泥沙杂质造成的设备失灵、数据漂移问题，大幅提升复杂水体环境下的监测稳定性。

2) 监测精度高，数据可靠性强：依托 AI 高精度图像识别算法，可捕捉毫米级甚至亚毫米级液位变化，监测精度优于传统传感设备和人工观测；同时具备视频溯源功能，数据异常可通过原始画面快速排查原因，数据可信度更高。

3) 设备结构精简，运维成本低：无频繁启停的机械阀门、传感探头等易损部件，硬件故障率极低；无需频繁野外检修、清洗设备，大幅减少人力、物力运维投入，适配偏远无人值守水文站点。

4) 全天候全场景适配性强：搭配智能补光、防抖、防雾算法，可适配昼夜、阴雨、大风、弱光等各类复杂气象环境，实现全年不间断连续监测，解决传统设备夜间、恶劣天气监测失效的问题。

5) 智能化程度高，数据联动性好：设备可无缝对接智慧水文大数据平台，支持数据实时上传、智能分析、异常预警，可与雨量、水温、气象数据联动分析，适配现代化智慧水文建设需求。

3.4.2. 现存不足

1) 极端恶劣环境适应性有限：强暴雨、暴雪、重度沙尘、浓雾天气下，画面会出现遮挡、模糊问题，短期影响图像识别精度，需进一步优化抗遮挡、抗雾算法。

2) 初始建设成本略高：相较于传统传感式自动蒸发设备，AI 视频设备搭载高清工业相机、智能分析主机，初期设备采购、调试成本更高，短期规模化普及存在一定成本压力。

3) 依赖供电与网络保障：设备视频采集、算法运行对供电、网络稳定性要求较高，在无网络、供电不稳定的偏远山区水文站点，运行稳定性会受到一定影响。

4. 结论与展望

4.1. 研究结论

本文通过梳理国内外水文自动蒸发监测技术发展现状，系统分析常规自动蒸发设备的工作原理与应用短板，重点研究 AI 视频水文蒸发监测设备的系统架构、工作原理与现场实施方案，对比剖析新型智能设备的应用优劣，得出以下结论：

第一，传统人工蒸发监测模式效率低、误差大、连续性差，常规传感式、称重式自动蒸发设备虽实现自动化监测，但受接触式监测原理、机械结构限制，存在易故障、难运维、无溯源、抗干扰弱等短板，无法完全适配水文现代化精细化、智能化监测需求。

第二，AI 视频水文蒸发监测设备依托人工智能视觉识别技术，实现了水面蒸发量非接触式、高精度、可视化、全天候自动化监测，从技术层面规避了传统设备的核心缺陷，监测数据精准、设备运行稳定、运维便捷，适配绝大多数水文监测场景。

第三，AI 视频蒸发设备虽在极端恶劣环境适应性、初期建设成本、偏远区域适配性上存在小幅短板，但通过算法优化、硬件升级、配套设施完善，相关问题均可有效改善，设备综合应用价值远优于传统监测设备。

4.2. 应用前景与推广展望

在智慧水利、水文现代化全面推进的行业背景下，水文监测向自动化、智能化、精细化、可视化转型已是必然趋势。AI 视频水文自动蒸发设备突破了传统蒸发监测的技术瓶颈，契合现代水文监测的发展需求，具备极强的推广应用前景。

从行业应用来看，该设备可广泛应用于国家级、省级常规水文站、中小河流监测站、灌区监测站点、

生态河湖监测站点, 替代传统人工监测和老旧自动化设备, 全面提升全国水面蒸发监测数据质量。从技术发展来看, 随着 AI 算法持续优化、硬件成本逐步下降、偏远地区水利基础设施不断完善, 设备极端环境适应性、性价比、全域适配性将持续提升。

未来, AI 视频自动蒸发监测技术可进一步与水文大数据、物联网、数字孪生水利平台深度融合, 实现蒸发量智能预判、水资源损耗动态分析、水利调度智能辅助, 为区域水资源优化配置、水旱灾害精准预警、水生态保护修复提供更精准、高效的数据支撑, 值得在全国水文监测领域全面推广普及。

基金项目

湖南省水利科技项目: AI 视频自动蒸发设备在水文监测中的应用(任务编号: X5KJ2025056-18)。

参考文献

- [1] 王永长. E-601B 与 E-601 型蒸发器及 20m² 蒸发池观测资料对比分析[J]. 水文, 2005, 25(2): 54-55, 23.
- [2] 欧健. TEZ-601 全自动水面遥测蒸发站应用比测分析[J]. 广西水利水电, 2022(4): 53-56.
- [3] 艾永智, 杨韬, 杨文春, 等. 滇中“三湖”流域水面蒸发计算研究[J]. 高原气象, 2024, 43(5): 1302-1311.
- [4] 余雷, 宋本辉, 陈甜, 等. 基于 AI 视觉技术的水面蒸发量智能监测方法与设备应用研究[J]. 水资源研究, 2024, 13(3): 302-310.
- [5] 张玉琪, 岳航宇, 马旭东, 等. 一种结合 SAM 模型初步识别和预训练模型自动特征提取的合金微观组织图像的通用分割方法[P]. 中国专利, 202410892504. 2026-09-10.
- [6] 姚瑶, 陈俊衡, 张艳. TEZ-601 全自动称重式蒸发系统在利川水文站的应用[J]. 数字技术与应用, 2025, 43(1): 238-240.
- [7] 白声宇. 自动蒸发设备在水文工作中的应用及误差分析[J]. 环球人文地理, 2015(20): 30-31.
- [8] 程丽华. 现代信息技术在水文水资源领域的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(19): 7195-7196.
- [9] 任明武, 杨万扣, 王欢, 等. 一种基于图像的水位自动测量新方法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(22): 204-206.
- [10] 柴楠楠, 崔东鹏, 刘洪明. 利用人工智能技术优化水文自动化监测系统的设计[J]. 产品设计, 2025(18): 1-3.