

# 声波式测量系统 在水库水雨情监测中的应用

王智闻 张进春 朱光明

湖北省漳河工程管理局，荆门

**摘要** | 针对水库特别是小型水库环境复杂、位置偏远、水雨情监测设施安装难度较高、后期运维难度大、成本高等特点，提出将声波式测量系统应用在小型水库水雨情监测，这种测量系统安装方便，能应用于特殊的复杂性工况，施工要求相对简单，并且可维护性强。通过该系统的应用，大大提高了水库运管单位防汛抗旱的科学决策能力。

**关键词** | 小型水库；水雨情监测；声波式测量系统

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## 1 引言

湖北省是我国的水库大省，共有各类型水库 6275 座，其中大（1）8 座，大（2）型 61 座，中型 280 座，小（1）型 1211 座，小（2）型 4715 座。总库容 1201 亿立方米，占全国的 12.8%，居全国第一；水库数量位居全国第五，占全国的 6%。水库水雨情监测的技术手段多种多样，应用比较广泛的技术有：

通讯作者：王智闻，湖北省漳河工程管理局管理，E-mail：97034411@qq.com。

文章引用：王智闻，张进春，朱光明. 声波式测量系统在水库水雨情监测中的应用 [J]. 现代计算机技术与应用, 2022, 4 (2) : 42-49.

<https://doi.org/10.35534/mcta.0402007>

机械波方式的超声波,有线、无线电磁波方式的雷达,光学反射的激光,以压力方式的压力式、气泡式、机械式码盘原理的浮子,雨量监测设备多以翻斗式雨量计为主。

早期所诞生的接触式技术:如压力式、气泡式、浮子式水位计,其中压力式、气泡式水位计安装简单,但容易受外界气温、压力、淤泥堵塞等自然条件影响,因其是放入水底,日常维护后很难再准确地还原到之前的位置,气泡式还有易耗品(气泵)昂贵等弱点。浮子式水位计前期因前期要建造水位井,对安装点位及施工有一定的要求,土建投入费用高,但其结构简单,安装方便,可维护性好。

中期的非接触式技术:超声波水位计,其安装、维护简单,但由于超声波容易受温度影响且探头只能做到单点温度补偿,大量程极易产生温漂,再加上距离越大反射面也越大,对水平面要求也越高,有悬浮物、反射面周边的杂草树木,以及凹凸不平的物体都会对声波的反射达成影响。

晚期的非接触式技术:雷达与激光,此技术由于发射度极其小,但能量集中,且不易受到外部温度、湿度等自然气候条件的影响,且不存在累积误差,在一定的安装条件下能做到高精度测量。但其价格昂贵,而且安装与超声波式的一样,都要求垂直式安装,这给实际的应用带来诸多不便。

针对水库特别是小型水库资金投入有限、水库环境复杂、位置偏远、后期运维成本高、运维资金欠缺等特点,提出采用声波式测量系统在小型水库水雨情监测的应用,这种测量系统安装方便,能应用于一些特殊的复杂性工况,对施工要求相对简单,可维护性强。它不需要垂直式安装,因低频声波的穿透性极强,特别是在相对密闭、弯曲的管道中传输,依然能做到很低的损耗,使得测量距离可以轻松达到上百米,这给很多江河湖泊的水位监测带来了极大的便利。

## 2 系统组成

声波式测量监测通过 IC 控制的控制箱采集声波式水位计和雨量计的实际数据,并将采集到的数据传输至市级平台,市级平台对接收的数据整编、计算、

处理后显示,为水库抗旱防汛调度提供数据支撑。该系统由采集层、传输层、应用层组成,采用物联网、云服务、地理信息、遥感等技术,利用声波原理的声波处理技术为信息采集测量系统的基础、移动公网通信系统为保障、系统中心及分中心数据接收处理系统为核心的中小型水库监测预警综合服务平台系统。系统中心数据集中存储、备份、管理、应用,分中心数据存储、备份、管理、再利用的应用模式。提供各项应用服务,包括来水预报、洪峰流量、调蓄库容、可利用水量等自动计算。

### (1) 采集层

包括水位、雨量的采集。探头发射特定频率声波,声波沿导波管向水面方向传输,声波遇到水面后进行反射沿导波管向传感器方向回传。传感器接收到返回的声波计算出发射和接收声波的时间间隔,同时根据事先放置的声环算出实时工况下最接近被测距离的真实的速度,从而得出实时的导波管的长度,再参考折段参数计算出实时水位。雨量计计算出实际储水水深换算出水量从而得出降雨量。

### (2) 传输层

包括运营商提供的网络和 Lora 用于数据采集的无线传输网络,这是信息数据传输平台和系统数据载体为信息采集提供安全可靠的传输通道。

### (3) 应用层

应用层是水库管理应用平台系统的核心。该层提供共享特性和各类应用服务,通过水库监测数据综合分析和服务的标准接口管理,快速构建业务应用。

## 3 系统特点及功能

### 3.1 系统特点

利用低频声波测距,采用声波测距、微处理器等技术进行非接触式测量,其原理构造简单,体积小、价格低、响应速度快,无机械运动部件,抗干扰能力强,测量精度高、稳定性好,对水体质量要求低,能在恶劣的环境下安装使用,

并具备自动监测和提前预警的功能,适合于长距离、多阶梯弯曲工况。具有多级声环动态校准,保障数据的稳定性,配备专用的上位机软件,可进行回波扫描、参数查看设置等。

#### (1) 广泛适用性

适用于长期测量水库、渠道河流、湖泊等的水位,是监测水位变化的有效监测设备。特别适用于弯曲、阶梯状、远距离超大斜坡等复杂工况。

#### (2) 开放的结构

具有良好的可扩展性,可以不断改进,严格按照标准规约进行设计,通用性强。

#### (3) 可扩展性

在系统整体结构的设计中采用了新的设计理念,增加了系统的灵活性、可扩展性和平衡性。系统核心为模块化结构,基于标准数据库结合开放的结构,满足未来的开发需要。

#### (4) 稳定性和可靠性

采用工业级 32 位微控制器,安装电源反接保护和过流过压保护,数据加密、安全认证及 Web 看门狗保护设计,确保系统稳定。

#### (5) 维护便利成本低

主板采用三防处理,稳定性高、耗件成本低、更换方便,便于维护。

#### (6) 数据存储容量大

提供 64M 的数据存储空间,可存储 10 年以上的采集数据。

#### (7) 低功耗抗干扰

支持多种工作模式减少了工作功耗,采用抗电磁干扰设计,能在强电磁干扰恶劣环境中可靠工作。

#### (8) 故障检测功能

系统具有故障自动检测功能,提高了系统的稳定性。

#### (9) GIS 模块

基于 GIS 技术,建立数据空间模型进行水库位置地理位置查询管理。操作简单灵活,界面友好,功能模块合理。

## 3.2 系统的功能

### (1) 基本信息

基本情况管理实现对单库/区域查询、条件组合查询、查询结果分类统计等功能,能实现以饼图、表格、动画、图像,以及列表方式显示水库基础信息和区域统计信息,包括实时信息、水库简介、工程图纸、水库基本情况表、水库通讯联络表、水库防洪指标、放水涵、水库汛限水位、水库库容关系,以及水库下游村庄等内容。

### (2) 实时监控

实时在线的各项数据的显示,包括监控数据的显示、报警站点及数据的显示、设备工况的显示、水位雨量过程线、柱状图等。通过系统界面的显示功能可以查询设备运行状态,展示水库水位、库容、雨量、流量、泄量、现场图像,支持视频功能展示。

### (3) 地图监管

可提供百度、谷歌地图二维或三维地图为背景,实现了在地图上显示所有水库站点,点击单一水库以百度百科的方式显示水库基础信息,包括文字简介、水文、水库特征值、工程效益情况等内容,同时实现了基于雨量和水位实时高效筛选站点的功能,并能够通过区域和日期单独检索站点相关信息,并实现了表格与地图数据联动功能。

### (4) 图像监视

图像监视管理包括区域及站点名检索、站点图像查询、按水位危险度和今日雨量排序,点击大图显示图像播放,显示该站点详细信息,能在地图监控上定位该站点。

### (5) 信息查询

实现雨量查询、水位查询、图像查询和站点状态查询等功能。基于行政区划、站点名称、开始时间和结束时间查询出站点雨量、水位库容、站点图像、站点设备工况等相关信息。

### (6) 统计分析

实现逐小时降雨量报表、逐小时降雨量报表、水位日均报表,年逐日平均

水位报表、月蓄水情况统计表、大中小型水库运行日报表、大中小型水库运行日报表和蓄水量查询等功能。

#### (7) 预警预报

实现水位预警、雨量预警,以及设备预警等功能,通过短信网关将预警信息发送至相关责任人。

#### (8) 系统管理

实现用户管理及巡检管理等功能。

## 4 系统应用

2017年荆门市小型水库水雨情自动测报系统改造项目启动,项目分多个年度进行实施。2020年项目全部完成,共完成水库水雨情自动测报建设站点699座,实现了全域范围内水库水位、雨量、现场图像的实时监测,提升对水库的管理手段,有效提高水利系统对水库防汛抗旱及水资源有序调控的管理水平。

建设站点中大型水库3座、中型水库21座、小型水库676座。

项目实施前,大中型水库全部建有独立的水雨情测报系统,所有水雨情数据都只能独自使用,无法共享,各级水利管理部门及防汛部门无法及时掌握水库的实时水雨情。大中型水库都有各自的管理人员,设备维护基本到位,系统运行基本正常;小型水库基本都属于乡镇管理,水库运行基本没有专职人员或管理人员缺乏,且水库地理位置比较偏僻,交通条件基本很差,大部分水库在雨后只能靠步行才能进去,水库降雨及水库来水情况基本靠估。

在这种信息孤岛普遍出现在大部分小型水库水雨情数据极不准确的情况下,我们抓住全市大力推展小型水库除险加固工程之机,联系相关部门,提设计、拿方案,充分利用声波式测量系统的优势在已完工的小型水库安装声波式测量系统观测设施,测量精度达到毫米级,并建设了中小型水库监测预警综合服务平台系统及手机APP客户应用终端,充分解决了水管及防汛抗旱部门对水库信息准确性和及时性的需求。

该系统具有准确、可靠、稳定、易用的特点,有较强的实用性、通用性。采集的水雨传感数据、视频、图像,通过分析展现出多样的报图/报表、等

值线/面,并进行深入的数据挖掘,配套短信、语音、传真、视频等服务,快速、及时、多通道的预警信息发布。各级水利局可根据实际情况进行数据的多次利用。

水库监测预警综合服务平台的建设从根本上解决小型水库水雨情观测一直以人工方式来实现、水雨情数据准确性无法保证、水库及流域防洪没有依据、防汛主管部门无法做出正确的防洪决策的现状。整个水库监测预警综合服务平台由本地有实力的水利信息化专业公司进行管理、维护、升级,解决了无管理机构管理,无专业技术人员维护,无后续运行维护资金的“三无”矛盾。从而避免了以往信息化系统验收之日也是系统瘫痪之时的怪状。水利部门在短期内不用为该系统运行再增加投入,也不用为该系统的正常运行增加技术管理人员。

## 5 总结

我国水库众多,但水资源总体匮乏,水利用效率低,防汛、抗旱任务重,水库管理水平亟待提高。目前,极端天气时常出现,防汛、抗旱压力时刻摆在水利部门面前,一套准确可靠的测量系统能为水利部门提供有效数据,从而做出科学的调度,为农业灌溉增收和防汛避险减少人民财产损失具有十分重要的意义。

## 参考文献

- [1] 杨榕,陈希谣,钟道清.一种声波式水位计的设计[J].人民珠江,2018,39(7):76-78.
- [2] 黄高凯.水环境监测自动化系统的应用分析[J].数码设计,2017,6(13):58-59.

## Application of Acoustic Wave Measurement System in Water and Rain Monitoring of Reservoir

Wang Zhiwen   Zhang Jinchun   Zhu Guangming

*Hubei Zhanghe Engineering Administration Bureau, Jingmen*

**Abstract:** In view of the reservoir, especially the small reservoir environment complex, remote location, water rainfall regime monitoring facilities installation difficulty is higher, the late operations is difficult, high cost, the characteristics of acoustic measurement system in small reservoirs water rainfall regime monitoring applications, convenient installation, this measuring system can be applied to the complexity of the special working condition and the construction demand is relatively simple, strong maintainability. Through the application of this system, the scientific decision-making ability of flood control and drought resistance of reservoir transportation management unit is greatly improved.

**Key words:** Small reservoir; Water and rain monitoring; Acoustic measurement system