

低功耗无值守的水资源监测浮标系统建设

杨 喆¹, 王亦斌², 孙 涛², 王亦宁¹, 谢 凯¹, 温涛源¹

(1. 南瑞集团(国网电力科学院)有限公司, 江苏 南京 211106; 2. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 系统介绍了自主设计开发的低功耗水资源在线监测浮标的工作运行原理、总体设计、子系统配置、多参数功能实现等内容, 总结了低功耗水资源在线监测浮标系统的核心技术组成以及各模块功能设计要求, 并简述了该浮标系统在南水北调东线京杭运河段的示范应用。

关键词: 低功耗; 自动化; 水资源监测; 浮标; 内河流域

中图分类号: TV213.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839(2023)06-0036-0004

Construction of unattended water resources monitoring buoy system with micro power consumption

YANG Zhe¹, WANG Yibin², SUN Tao², WANG Yining¹, XIE Kai¹, WEN Taoyuan¹

(1. NARI Group Corporation/State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 211106, China;
2. The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210019, China)

Abstract: This paper systematically introduces the operating principle, overall design, subsystem configuration, multi-parameter function implementation and other contents of the independently designed and developed online micro power consumption water resources monitoring buoy system. The core technical composition of the online micro power consumption water resources monitoring buoy system and the functional design requirements of each module are summarized. And the demonstration application of the buoy system in the Beijing-Hangzhou Canal Section of the Eastern Route of South-to-North Water Diversion Project is described briefly.

Key words: micro power consumption; automation; water resources monitoring; buoy; inland river basin

现有的水质监测浮标大多以海洋水体为监测对象进行开发, 科学研究及市场应用也以海洋监测为主^[1-2]。内陆地区的河流、湖库监测浮标多为水文监测型浮标, 缺乏一种适应内陆河流水质在线监测^[3]浮标系统。由于南水北调工程的重要性, 仅靠沿岸的陆基水质监测站房难以获取原位水质数据, 需要一种高集成、多参数的水质监测浮标以提供实时的水质数据, 即时获取水质动态变化规律^[4]。

1 水资源监测浮标运行原理及配置方案

水资源监测浮标系统以浮标体为平台载体, 集成水质在线监测仪器、太阳能供电单元、控制系统、无线网络传输系统及辅助系统, 通过控制器发送指令启动监测仪器工作、数据采集传输, 将获取的数据即时回传至控制中心, 测量结果展示于中心平

收稿日期: 2022-11-21

作者简介: 杨喆(1989—), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事环境监测及信息自动化研究。E-mail: 08300136@163.com

台,实现水质的实时在线原位监测。

参照《地表水自动监测技术规划》(征求意见稿)中监测指标的相关建议以及监测目标、仪器设备适用性等条件^[5],本浮标监测参数配置常规5个参数(pH、水温、溶解氧、电导率、浊度)、营养盐(氨氮、总磷、总氮)、位置信息(经度、纬度)、实时功耗共11个参数作为监测指标,监测频率为6h一次。

2 浮标总体设计及集成方案

2.1 总体设计

水质监测浮标系统由基本支撑系统(浮标浮标体)、控制系统、数据采集系统、数据传输系统、定位系统、供电系统、安全防护系统、监测分析系统等子系统组成^[6-7]。根据需求和文献参考,自主设计浮标载体并委托有资质生产单位生产加工。根据监测站点监测仪器的配置,对平台载体及各类传感器支架进行设计加工;并按照传感器的尺寸在平台载体上开水下传感器安装仓。将气象传感器、北斗/GPRS通讯天线、太阳能板及标灯、雷达反射器等安装在平台载体上部支架上;各类水下监测仪器安装在水下传感器支架上,通过滑道从上部滑入水下传感器仓,外部盖子进行固定。浮标布放下水后,所有水下传感器位于水面以下,测量数据具有代表性。定期维护时,可打开传感器仓外部盖子,将水下传感器安装支架从传感器仓中提出,即可进行试剂更换、清洗探头等维护操作。

浮标体内部为电子舱和浮力空腔2个部分,电子舱位于载体中心,主要集成总控系统、数据采集模块、通讯模块和电源管理系统,电子舱底部为蓄电池单元,蓄电池组单独密封和集成于此,既方便电池的更换,也可起到配重的作用。自主设计制造的浮标体及其集成示意如图1所示。

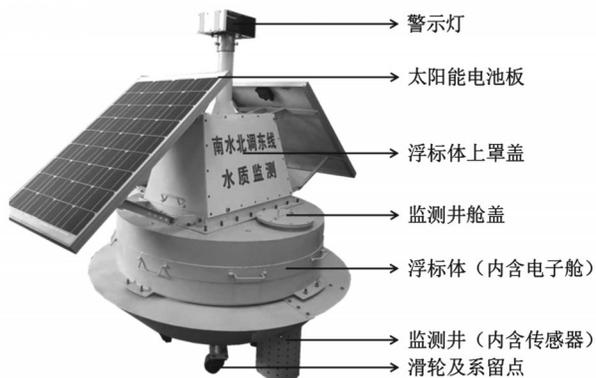


图1 浮标结构集成

2.2 集成方案

2.2.1 浮标体

浮标体是整个系统的平台,承载系统的所有仪器设备,为仪器设备提供可靠的运行环境 and 安全防护,并便于技术人员维护操作仪器。参考现行行业标准及国内外浮标体产品,采用自主设计的直径1.0m的浮体,同时满足以下性能:浮标体重量轻、浮力高,随波性好、结构简单,便于布放和回收;浮标的材料为304不锈钢,强度大,内部空腔填充聚合物发泡胶,自身受损也不进水沉没,并能有效保温、保护监测仪器。浮标体内配有密封防水电子舱,用于内置数据采集控制器、通信传输模块、蓄电池以及状态传感器等。浮标电子舱采用三重防护设计,外层能有效抵抗风浪冲击,电子控制舱及外部水密防护舱防水等级均较高,可有效保护电子舱内数采器及其他电子元件。电控舱应采用抗腐蚀的304高强度不锈钢,抽真空密封测试达到IP68防护等级,耐受冲击和碰撞,所有外接端口均采用航空接头,密封性能好,易于野外操作。浮标体上有2个传感器监测井,用于放置多参数水质传感器、营养盐监测仪传感器等;各种传感器和监测装置在空腔中可得到很好的保护,不会遭受环境影响及盗窃和破坏,同时监测井内水流与外界水体联通,确保水体不断更新。浮标平台上部装有合金材质的支承架,强度好,耐腐蚀,用于安装太阳能板、数据传输天线、警示灯标、雷达反射器等。

2.2.2 控制及通信系统

控制及通信系统是整个浮标系统的核心,用来对浮标系统各子系统下发指令、实现监测仪器的控制、数据采集、数据传输等功能。控制模块采用ACS-500低功耗数据采集器,能满足现场数据处理的各种复杂需求;数据传输模块采用DT4100 GPRS DTU工业级低功耗全网通无线传输装置;定位导航模块采用ACS-GPS型低功耗工业级外置GPS卫星定位授时终端。以上模块器件均集成于位于浮标体防水电子舱内的控制底板上,防水、防碰撞、防盗、保温保护。

2.2.3 供电系统

供电系统由太阳能光伏面板、铅酸蓄电池和太阳能充放电控制器组成,太阳能板的功率总数和蓄电池的容量总数根据浮标系统的实际消耗功率来计算,最低限度保证在遇到连续15天阴雨天气的情况下,仍能正常供电。因此,本次设计的太阳能供电装置满足以下性能要求:太阳能板涂覆塑胶层抵

表1 浮标体技术参数

材质	浮标高度/m	浮标总高/m	浮标直径/m	受流面积/m ²	受风面积/m ²	浮力/kg
304 不锈钢	~1.2	~1.4	1.0	~0.6	~1.0	360

受腐蚀性环境,并耐磨、耐刮、耐碰撞,能抵受大风的破坏及船只碰撞;采用单晶硅多路并联,即使发生事故造成部分太阳能板断裂,剩余部分仍能向仪器供电。通过计算,监测浮标采取3块60 W单晶光伏面板并联、2块100 Ah铅酸蓄电池并联+太阳能充放电控制器的设计。太阳能供电系统配置可以根据实际需求灵活调整,如需延长阴雨天待机时间,可根据计算结果调整太阳能板及蓄电池配置模式。高集成智能浮标系统供电系统原理见图2。

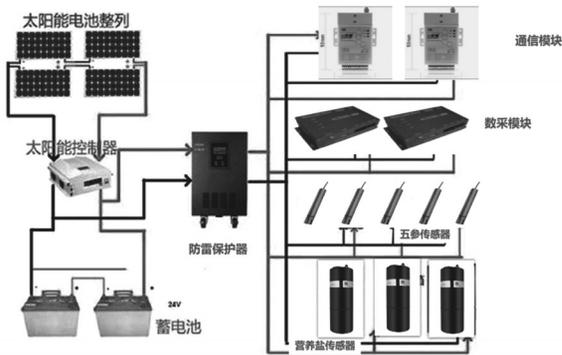


图2 高集成智能浮标站系统太阳能供电系统

2.2.4 安防系统

浮标的安全防护系统包括ACS-GPS定位报警、雷达反射器、警示灯标、锚定装置等。其中安装ACS-GPS定位系统,通过数据采集程序设定监测平台经纬度范围,一旦监测平台漂离规定范围,根据卫星定位坐标可立即向预设电话报警,如出现意外能及时追回;浮标平台上部支架安装雷达反射器和警示灯标以避免船只碰撞;锚定装置用于连接锚链,利用锚链固定在水上漂浮的浮标,以免其任意漂流。

2.2.5 监测分析系统

监测分析系统是水资源监测浮标的最重要子系统之一,主要包括水质常规参数传感器、营养盐在线分析仪、能耗监测模块、定位监测模块。其中,水质常规参数传感器可自由配置2~5个水质传感器,监测因子包括:水温、pH、电导率、溶解氧、浊度等;营养盐分析仪包含3个指标:氨氮、总磷、总氮;能耗监测模块主要实时监测系统总额定工作电流;

定位监测模块实时监测系统经纬度。上述传感器采用RS485接口和标准Modbus协议,具有校准、记录、分析、诊断等功能。

2.3 设备选型依据及性能特点

数据采集控制模块、数据传输通信模块、定位导航模块分别采用ACS-500数据采集器、DT4100 GPRS DTU全网通无线传输装置、ACS-GPS外置GPS卫星定位授时终端。以上设备模块均为水情、气象、环境自动监测系统常用的通用设备,具有低功耗、可靠性高、抗干扰强等特点,其元器件均选用了工业级产品,以保证在恶劣环境下该设备的正常运行,能满足现场数据处理的各种复杂需求。其中,ACS500提供1路单/双簧雨量接口,1路SDI-12及RS485总线接口,可以方便地接入各种智能传感器或者通过系列智能总线适配器接入各种传统的传感器。同时针对现场一些特殊应用需求,设计了1路箱门状态报警接口和2路继电器开出控制接口。除自带的4MB-FLASH存储历史数据外,还具有SD卡接口,可以插入大容量SD卡,用于长时间、大容量数据存储需求。4个RS-232接口可同时提供3信道远程通信服务(包括各信道之间数据交换或转发服务)和1信道本地通信服务。

水质常规参数传感器测量原理及技术特性符合国家《地表水自动监测技术规范(试行)》(HJ 915—2017)、《水和废水监测分析方法》(第四版)及中国环境保护行业标准要求,传感器的测量精度、灵敏度、稳定性、水密性、运行寿命能够满足户外环境的要求。

营养盐(氨氮、总磷、总氮)分析仪为水质监测浮标站专门研发的配套产品。考虑到浮标体尺寸空间、供电能力有限,因而该营养盐分析仪相比当前的典型水质分析仪在尺寸、功耗上做了较大改进:采用高集成设计,设备整体尺寸小于600 mm×150 mm,满载试剂时全重低于18 kg,可安放于浮标体监测井中的有限空间;通过采用高精度注射泵、LED复合光源、优化管路设计等方式降低设备整体的功耗,其运行状态下平均功耗低于10 W,浮标体太阳能供电单元的负载负荷完全可满足营养盐分析仪的功耗需求。同时,该设备对氨氮、总磷、总氮

的分析原理基于水杨酸分光光度法(HJ/536—2009)、钼酸铵分光光度法(GB/T 11893—1989)、碱性过硫酸钾消解-盐酸萘乙二胺分光光度法(HJ/668—2013),符合国家或环保行业标准要求。

3 内河原位水资源在线监测浮标系统建设

南水北调工程是我国的战略工程,规划区域设计数亿人口,其输水质量及水质安全是国家和社会高度关注的问题。本研究以南水北调东线京杭运河段蔺家坝监测断面为试点,通过投放设计的高集成水质监测浮标对该断面的水质进行原位实时在线监测,作为岸边陆基地表水监测站水质监测任务的有效补充。该监测断面位于江苏省徐州市铜山区京杭运河河段,河岸右侧为江苏水源徐州分公司蔺家坝泵站。河岸处有一取水栈桥,该监测断面宽约100 m,平均水深>5 m,平均流速<0.1 m/s,现场符合浮标投放及运行条件。浮标体调试完成后通过吊机投放至河中,利用锚链固定浮标。启动浮标后,水质监测分析仪器即开始工作,并按照6 h一次的频率通过无线4G网络定期上传数据至公司的数据平台。根据浮标上传数据质量及试剂消耗情况,定期对浮标进行运维工作。

4 结 语

水质是评价水资源的重要指标,水环境安全也是全社会高度关注的问题。近年来各类地表水环境监测站覆盖力度越来越大,水质监测浮标站以其

原位监测的优势逐渐受到业内关注。现有多参数水质监测浮标应用案例大多集中在海洋监测领域,本研究针对内河特征设计开发出微功耗水资源自动监测浮标,并用于南水北调东线京杭运河断面的水质监测。通过浮标的布设,能够实时掌握该断面的水质动态情况,做到对水质指标异常的预警预报,实现水资源原位在线监测的无人化,更有效地保护水体环境。未来通过多点布设浮标站点,形成覆盖该区域河段的原位水质在线自动监测网络,为内陆水资源开发利用、决策与规划、运河环境和生态管理,为科学研究和环境评价提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 陈维仁,叶菽菁. 污染监测浮标的发展及其在海洋环境污染监测中的应用[J]. 海洋环境科学,1997(3):67-71,76.
- [2] 赵聪蛟,周燕. 国内海洋浮标监测系统研究概况[J]. 海洋开发与管理,2013,30(11):13-18.
- [3] 王波,黄津辉,郭宏伟,等. 基于遥感的内陆水体水质监测研究进展[J]. 水资源保护,2022,38(3):117-124.
- [4] 刘秀,唐锡宁,顾林森. 浅谈太湖苏州源水水质预警监测[J]. 江苏水利,2012(8):35-36.
- [5] 王惠祥. 地表水水质自动监测站手工监测与自动监测比对分析[J]. 化学工程与装备,2019(8):272-273.
- [6] 曹文熙,孙兆华,李彩. 水质监测浮标数据采集和接收系统设计及其应用[J]. 热带海洋学报,2018,37(5):1-6.
- [7] SCHMIDT W, RAYMOND D, PARISH D, et al. Design and operation of a low-cost and compact autonomous buoy system for use in coastal aquaculture and water quality monitoring[J]. Aquacultural Engineering,2018(80):28-36.