

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802257

基于STM32单片机的鱼塘气象综合观测系统

黄宏智 黄飞龙 黄海莹 陈冰怀

(广东省气象探测数据中心 广州 510080)

摘要: 针对目前鱼塘气象观测要素单一、数据准确度不高等问题,设计了一款基于STM32高性能处理芯片的鱼塘气象综合观测系统。通过构建要素数据采集、数据质量控制以及组包传输等功能模块,实现水温、湿度、辐射等水体气象观测数据的实时获取,同时将报文传输至上位机软件进行数据监测及产品加工。并利用气象标准仪器与系统的运行数据进行了对比分析,通过求解两者之间各要素的均方根差,结果分别为0.2、1、0.3、6,符合相关气象业务规定,初步验证了系统采集数据的准确度。实际应用效果表明,该综合观测系统具有运行稳定可靠、测量精度高、传输时效高等优点,能较好地满足农业气象服务需求。

关键词: STM32;综合观测系统;数据采集;数据质量控制

中图分类号: TN702 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

The comprehensive meteorological observation system for fish ponds based on STM32 microcontroller

Huang Hongzhi Huang Feilong Huang Haiying Chen Binghui

(Guangdong Atmospheric Observation Technology and Data Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Aiming at the problems of single factor and poor accuracy of meteorological observation in fishpond at present, a comprehensive meteorological observation system for fish ponds based on STM32 high performance processing chip is designed. By building functional modules such as data acquisition, data quality control and packet transfer, etc, the system can achieve real-time acquisition of meteorological observation data such as water temperature, humidity and radiation. At the same time, the message is transmitted to PC software for data monitoring and product processing. At the same time, by comparing and analyzing the operational data between the meteorological standard instrument and the system, solving the root mean square error of each element, the results are 0.2, 1, 0.3, 6 respectively, which complies with relevant meteorological business requirements, and the accuracy of the data collected by the system is preliminarily verified. The practical application results show that the comprehensive observation system has the advantages of stable and reliable operation, high measurement accuracy and high transmission efficiency, and can meet the needs of Agrometeorological services betterly.

Keywords: STM32; the comprehensive observation system; data acquisition; data quality control

0 引言

鱼塘综合气象条件通过影响水中有机物质的物理化学反应进程,直接控制水生生物的生长、发育、生活状态、数量消长和分布等^[1],进而对鱼类从繁殖、饲养、并塘越冬到起捕、病害发生等全过程产生着非常关键的作用。随着我国鱼塘水产养殖规模和品类的不断扩大,如何加强对鱼塘水体的气象环境观测及提供养殖服务指引显得尤为重要。近年来,国内外学者主要以水温与气温的关系作为研究对象,并探索水温变化特点及其与外界气温的统计模型,但对设

施鱼塘气象观测系统的介绍鲜有报道。

传统的鱼塘观测设备主要架构是一台数据采集器挂载若干根温度传感器来获取不同深度的水温数据,而气温数据则取自于邻近的气象自动站。我国在该领域开展研究的时间并不长,目前主要是聚焦3~4层水温的观测及数据质量控制方面,而国外的研究起步较早,最新发展情况是在水温的基础上扩展了湿度要素^[2]。虽然国内外的最新设备能满足对鱼塘水温的基本观测需求,但观测要素单一、数据准确度欠缺且不能完全反映水体的气象环境。为此,研制一套鱼塘气象综合观测系统,具备不同层次水温、气温、湿度、

2.2 数据质量控制

目前气象业务常规的数据质量控制方法主要包括气候学界限值检查、气候极值检查、内部一致性检查、时间一致性检查以及空间一致性检查等,上述方法一般融合在后端的业务应用系统中,缺乏对前端元数据的可靠性检查。为了确保观测数据质量^[8],鱼塘气象综合观测系统的嵌入式软件进行了严格的数据质量控制,其设计了用于数据质量检查的各要素极值范围、允许变化速率和变化率值等参数设置功能。数值质量检查主要分两方面,首先是对气温、湿度、水温、辐射等要素采样瞬时值的质量控制,包括对采样瞬时值变化极限范围的检查以及对采样瞬时值变化速率的检查;其次是对瞬时气象值的质量控制,包括对瞬时气象值变化极限范围的检查,对瞬时气象值变化速率的检查以及内部一致性检查;最后是植入数据挖掘技术进一步提高综合观测系统质量控制算法的准确度^[9]。各要素正确瞬时气象值的判断条件如表 1 所示。

表 1 各要素正确瞬时气象值判断条件

测量要素	下限	上限	存疑的 变化速率	错误的 变化速率
气温/℃	-75	80	3	5
湿度/%	0	100	10	15
水温/℃	-90	90	5	10
辐射/(W·m ⁻²)	0	2 000	800	1 000

2.3 组包及传输

综合观测系统每分钟在完成各要素的采集和质控后,按照一定的数据格式进行组包并执行报文传输任务。组包时,嵌入式软件首先写入报文的报头(0000 0000),接着构造报文的主体内容^[10],包括报文总长度、校验和、观测时间、经纬度、海拔高度以及各要素的观测值及统计值等,最后写入报文的报尾(\r\n)。其中要素的观测值及统计值包含要素标识、要素检查、实时观测值、每小时最大最小值及出现时间、日最大最小值及出现时间等关键信息,若某一要素观测值为缺测,则保留要素标识其他部分以“/”填充对应位置。完成报文的组合和检查后,综合观测系统根据串口 1 所设置的波特率、数据位、停止位、校验方式等通信属性^[11],与上位机软件进行通信,实现数据的传输。综合观测系统的要素数据采集及传输的流程如图 3 所示。

表 2 综合观测系统某一时间段运行数据

时间	气温/ (℃)	湿度/ (%RH)	水温 1/ (℃)	水温 2/ (℃)	水温 3/ (℃)	水温 4/ (℃)	水温 5/ (℃)	上长波辐射/ (W·m ⁻²)	上短波辐射/ (W·m ⁻²)
08:00	28.3	56	25.6	25.1	24.3	23.7	23.2	521	236
09:00	28.5	56	25.9	25.3	24.5	23.9	23.4	544	242
10:00	28.6	55	26.3	25.7	25.0	24.3	23.7	549	258
11:00	28.9	55	26.5	26.0	25.3	24.7	24.1	557	273
12:00	29.4	54	26.7	26.1	25.4	24.8	24.2	565	288

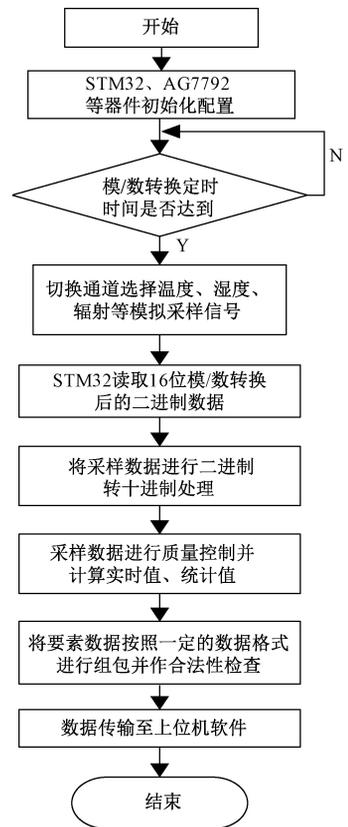


图 3 要素数据采集及传输流程

3 运行结果

鱼塘气象综合观测系统于 2017 年在广东省佛山市南海区开始部署运行,为当地鱼塘水体环境的气象和养殖条件分析提供了大量的基础数据。从试运行效果来看,观测系统能准确采集相关要素数据并正确输出报文。

为了验证综合观测系统采集数据的准确度,广东省农业气象试验站以露点仪、温度计、辐射计等气象标准仪器与鱼塘气象综合观测系统在同一运行环境进行一年时间的对比观测,两者都以 1 min 的观测时间密度输出数据,综合观测系统某一时段的运行数据如表 2 所示。以气象标准仪器的输出值作为对比分析的真值,而一年的观测数据作为计算样本,通过求解均方根误差的方法获取两者之间气温、湿度、5 层水温、4 种辐射等要素的均方根误差分

别为 0.2、1、0.3、6。另外,对 2 种观测方法的样本数据进行曲线表征,发现 2 条曲线的变化趋势基本相同,一致性较好。从对比分析结果来看,2 种观测方法之间的均方根差和一致性皆符合气象业务相关观测规定^[12],初步说明综合观测系统采集数据具有较高的准确性。为了进一步减小与标准器之间的误差,未来可考虑在系统研发环节对嵌入式软件中数据采集模块进行数据补偿,同时在综合观测系统的运行过程中,定期对所挂载的各类传感器进行检定和撤换,以降低硬件引起的系统误差^[13]。

4 结 论

鱼塘气象综合观测系统基于 STM32 单片机进行设计^[14-15],采用模/数转换、串口通信以及数据质控等技术,实现多种鱼塘气象要素的实时采集和报文传输。该系统在佛山市南海区的建成试运行,不仅为其推广应用提供建设借鉴,而且为南海区鱼塘气象观测与养殖指引提供科学的数据支撑,进一步拓宽了气象为农服务的领域。该系统的扩展性强、性能可靠,配置的硬件接口丰富,预留了风向、风速、雨量、气压等观测要素的接入能力,可随着观测需求的变化进行灵活组态。随着系统未来在不同地区的组网运行,如何对大量的基础数据进行分析及产品加工,生成鱼塘养殖户容易理解的气象服务产品,将成为下一阶段的重点研究工作。

参考文献

- [1] 杜尧东,刘锦鑫,何健,等.广州地区冬季鱼塘水温特征及其预测预报[J].生态学杂志,2004,23(4):52-56.
- [2] 王俊珺,侯丽娜,徐学红.基于多传感器融合技术的鱼塘养殖监控系统研究[J].家畜生态学报,2018,39(9):52-56.
- [3] 黄宏智,雷卫延,蔡耿华.生物舒适度采集系统的设计与实现[J].电子测量技术,2016,39(11):105-108,117.
- [4] 张旭,元学广,李世光,等.基于 STM32 电力数据采集

- 系统的设计[J].电子测量技术,2010,33(11):90-93.
- [5] 任大为,贾华宇,杜知微,等.用于流水线 ADC 的全差分参考电压电路[J].微电子学,2018,48(4):480-484.
- [6] 李红刚,张素萍.基于单片机和 LabVIEW 的多路数据采集系统设计[J].国外电子测量技术,2014,33(4):62-67.
- [7] 蒋涛,于平,刘宇,等.区域自动气象站蓄电池在线监测系统的研究[J].国外电子测量技术,2016,35(2):85-89.
- [8] 江勤,张蕾,王晓峰,等.飞机气象探测资料(AMDR)质量控制与质量分析[J].气象,2017,43(5):598-609.
- [9] 史静,党岳,张永欣,等.自动站数据质量控制中关联规则挖掘的应用[J].气象科技,2014,42(4):612-616.
- [10] 吴云良,裴智果,陈忠祥,等.以 FPGA 为核心的流式细胞仪控制系统设计[J].电子测量技术,2015,38(7):58-61.
- [11] 裴冰,张福民,曲兴华,等.无合作目标测距的回波接收系统设计与分析[J].仪器仪表学报,2017,38(1):198-205.
- [12] 黄宏智,黄飞龙,陈冰怀.基于 STC 单片机的空气成分观测控制系统[J].电子测量技术,2017,40(2):113-116.
- [13] 赵鑫,迟冬南.基于激光干涉的大角度高精度在线测角方法研究[J].计算机测量与控制,2018,26(10):5-8.
- [14] 林智骅,平雪良,金登峰,等.基于 STM32 的全方位移动平台设计和控制[J].电子测量技术,2016,39(1):19-21,39.
- [15] 王博,刘忠富,庄婧昱,等.基于 STM32 的无线温室大棚控制系统设计[J].电子测量技术,2017,40(6):42-46,57.

作者简介

黄宏智,硕士、高级工程师,主要研究方向为气象装备研发及保障。

E-mail:645763188@qq.com