

[引用格式] 王移民, 滕林萍. 基于漂流浮标的实时监测系统及自动重传机制研究[J]. 数字海洋与水下攻防, 2025, 8(4): 481-487.

基于漂流浮标的实时监测系统及自动重传机制研究

王移民, 滕林萍

(宜昌测试技术研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要 漂流浮标是一种实时采集海洋水文气象生态环境数据的监测设备, 具有体积小、功耗低、布放便捷的特点, 在海洋观测中发挥了重要作用。根据漂流浮标的工作原理, 设计了一种具有新型自动重传机制的实时监测系统及其软件实现方法。系统采用北斗三代通讯方式, 具备指令发送、数据接收、存储、解析、显示和自动重传功能, 利用队列的灵活性扩大重传范围。经过理论研究和试验统计分析, 结果表明新型自动重传机制能够有效提升数据回收成功率, 并验证了该机制下的实时监测系统具备一定的可靠性和高效性, 为后续漂流浮标实时监测系统的设计提供了参考意见。

关键词 漂流浮标; 实时监测系统; 自动重传机制

中图分类号 TJ630.1 文献标识码 A 文章编号 2096-5753(2025)04-0481-07

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2025.04.011

Research on Real-Time Monitoring Systems and Automatic Retransmission Mechanisms Based on Drifting Buoys

WANG Yimin, TENG Linping

(Yichang Testing Technique Research Institute, Yichang 443003, China)

Abstract Drifting buoys are monitoring devices for real-time collection of marine hydro-meteorological and ecological environment data. They are characterized by small size, low power consumption and easy deployment, and have played a significant role in marine observation. Based on the working principle of the drifting buoy, a new type of real-time monitoring system with automatic retransmission mechanism and the software implementation method are designed in this paper. The system uses the third-generation BeiDou communication method and has functions of instruction sending, data reception, storage, decoding, display, and automatic retransmission. It utilizes the flexibility of the queue to expand the retransmission range. Theoretical research and statistical analysis show that the new automatic retransmission mechanism can effectively improve the success rate of data recovery, and verify that the automatic retransmission mechanism in the real-time monitoring system has certain reliability and efficiency, providing reference for the subsequent design of real-time monitoring system in drifting buoys.

Key words drifting buoy; real-time monitoring system; automatic retransmission mechanism

0 引言

发达的海洋经济是建设海洋强国的重要支撑,

要推动海洋经济深度融合国家区域重大战略, 就必须依靠海洋观测设备获取海洋信息, 目前使用较多的无人设备有波浪能滑翔器, 潜标及浮标等^[1-8]。

收稿日期: 2025-01-24

作者简介: 王移民 (1996-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事海洋工程装备及测控技术研究。

基金项目: 国家重点研发计划项目“拖曳探测型波浪能滑翔器”2021YFC3101302。

这些设备搭载传感器及通信模块,能够有效地捕获海洋数据并实时发送到岸站终端,也能利用岸站对设备平台进行远程控制,完成设定操作^[9]。当今,海洋环境的气象要素监测日益重要,漂流浮标(Drifting Buoy)是一种实时采集海洋水文气象生态环境数据的监测设备,具有体积小、功耗低、布放便捷的特点,在全球海洋观测中发挥着非常重要的作用^[10]。其主要利用浮标上搭载的气象站和温盐传感器采集数据,通过北斗模块进行与岸站的数据通信^[11]。但是,由于台风等不利因素影响,会导致北斗通信链路不稳定,数据报文偶尔漏发^[12-13]。因此,需要对实时监测系统进行优化,主要在于改进数据报文的传输机制,提高数据接收成功率^[14]。本文设计的实时监测系统,是通过将漏发报文编号推入北斗队列的方式发送重发指令,并对接收报文进行重排和去重操作,得到完整的数据信息,经过湖试及对比测试验证了该系统的有效性。

1 结构模型

漂流浮标由浮球、气象支架、水帆、海水温盐仪、四要素气象传感器(测量风速、风向、大气压力、空气温度)、北斗三代一体机终端、电池模块、控制电路板及连接电缆等组成。气象传感器安装于气象支架上,海水温盐仪安装于浮球底部,其余模块均安装集成在浮球中。其中,数据获取依靠海水温盐仪(温盐传感器)及气象传感器,水帆主要用于为漂流浮标提供洋流动力^[15],结构如图1所示。

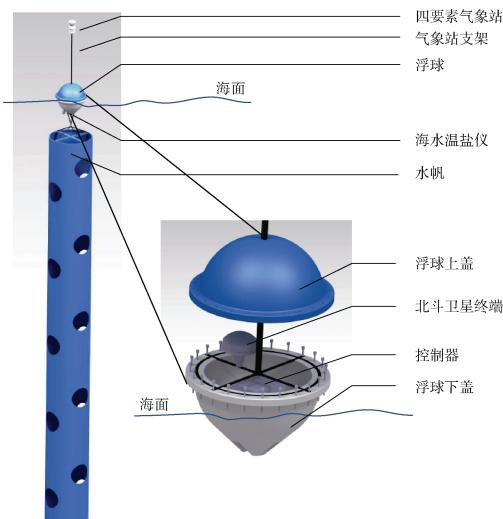


图 1 漂流浮标结构图

Fig. 1 Structural diagram of drifting buoy

2 系统设计

漂流浮标实时监测系统用于数据接收处理,对漂流浮标运行状态在线监测,以及为观测数据的接收、存储、显示和分析等整个过程提供稳定、高效的实现途径。监测系统安装运行于配套计算机中,系统处于长期通电监测状态,通过监测系统能够实时接收漂流浮标发送的相关数据,并进行位置及轨迹实时显示,数据分析和变化趋势图展示,按照标准格式存储并输出。系统硬件方面默认工作方式为每小时唤醒采集并将传感器数据打包,通过卫星传输终端发送至接收端。考虑到系统自身状态信息和观测数据均只能通过卫星传输,且考虑到节省能源,故系统与浮标间采用串口通信^[16-19]。系统构成如图2所示。

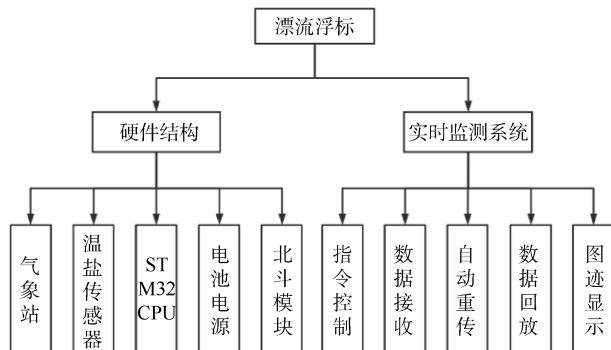


图 2 系统构成图

Fig. 2 Diagram of system composition

监测系统具备双向通信功能,能够根据实际需求通过双向通信发送远程控制指令完成对漂流浮标工作状态的控制。获取并解析设备感知数据,完成数据的实时采集、信息处理并回传岸站数据中心。监测系统采用主窗体加多 Tab 子窗体的结构形式。在主窗体中主要实现串口配置和数据显示、浮标北斗卡号匹配、数据保存、手动指令发送等功能,在多 Tab 子窗体中,主要有漂行显控、外设卫星、气象数据、温盐数据等 4 个子窗体,分别实现地图和位置轨迹显示、心率报文数据显示、北斗自检、远程指令发送、气象数据显示和交互、温盐数据显示和交互等功能。

2.1 系统功能

除主界面外,系统功能基本可由漂行显控、

外设及卫星设置、气象数据采集与温盐数据采集概括, 如图 3 所示。其中主界面用以显示收发的串口数据, 漂行显控和外设卫星界面用于显示海

图中浮标漂流轨迹、解析指令数据并控制浮标工作状态等, 气象和温盐数据界面用于查看实时或历史数据, 并可对数据图进行缩放操作。

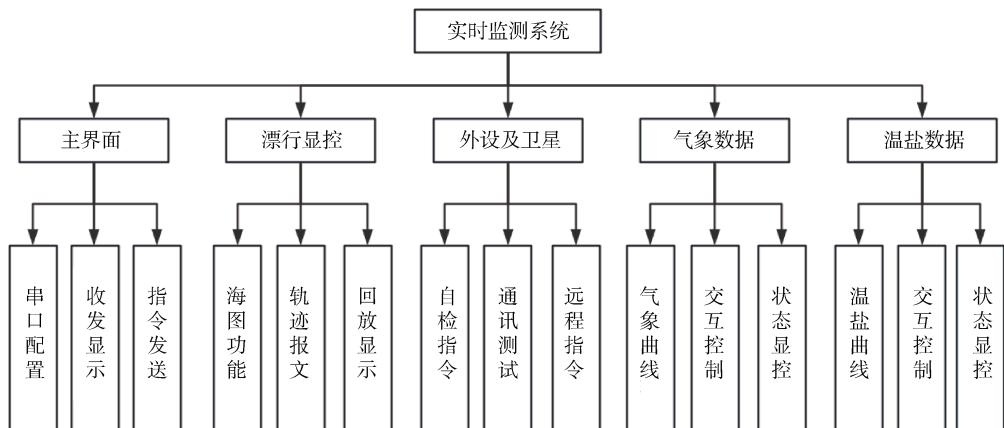


图 3 系统功能图
Fig. 3 System functional diagram

漂行显控界面左侧为海图信息, 展示的内容包括当前发送数据的浮标位置, 并用不同颜色和图形表示不同浮标。同时记录下历史位置, 并形成一系列的轨迹线, 当前发送数据的浮标用光圈标识出来。海图可进行缩放操作, 并具有测量功能、测向功能、清除功能及定位功能。界面上实时展示通过北斗卫星终端获取的浮标信息, 包括浮标编号、时间、报文编号、经纬度、风速、风向、气温、气压、CT 电导率和温度。图中计数为当前浮标编号收到的数据总量, 界面下方的序号为当前序号和当前报文编号, 由此可对不同浮标的状态及位置进行实时监测并显示。

外设卫星界面中可以记录下浮标搭载的设备信息, 如气象站和温盐数据, 同时用图形控件进行可视化显示。其中对浮标的控制包括读取浮标参数、设置浮标编号、设置岸站北斗卡号、设置浮标回复报文间隔、设置浮标休眠状态、浮标报文重发、多参数设置功能等。其它系统功能可对北斗通讯进行检验, 包括开机报告、查询卡号、申请定位、停止申请。

读取参数功能是通过岸站向北斗发送指令, 当收到指回复后, 会对回复进行解析并在文本框中显示浮标发送的北斗卡号、心率报文间隔和浮标编

号。设置浮标编号功能与设置卡号功能是设置该套浮标的编号及发送端北斗卡号。设置心率报文功能是对浮标发送数据报文间隔进行设置。设置休眠功能可以选择休眠状态, 当设置为休眠模式时, 浮标进入休眠模式, 在收到心率报文后 3 min 内可对浮标发送指令进行控制, 每次收到指令后延长 3 min 控制时间, 过时无操作即进入休眠状态, 功耗降低且不接收指令。当退出休眠模式时, 则任何时间都可对浮标进行控制。多参数设置功能可以在浮标上电前, 将所需设置的浮标相关参数包括浮标编号, 岸站北斗卡号, 心率报文间隔提前发送指令至卫星终端, 即可在浮标上电后自动设置上述参数, 如此可以节省时间, 避免用多条指令设置浮标。同时, 浮标断电后具有参数记忆功能, 可保存上一次设置过的参数。报文重发功能可以重发浮标内部保存的前 24 条内容, 手动输入具体报文编号。收到重发报文后, 通过重排功能对报文信息进行重新排列。以上功能设置成功后会在文本框中进行提示。

气象数据界面和温盐数据界面主要功能为显示历史或当前所有气象数据及温盐数据的变化趋势, 以便测试人员进行数据分析。系统整体功能界面如图 4 所示。

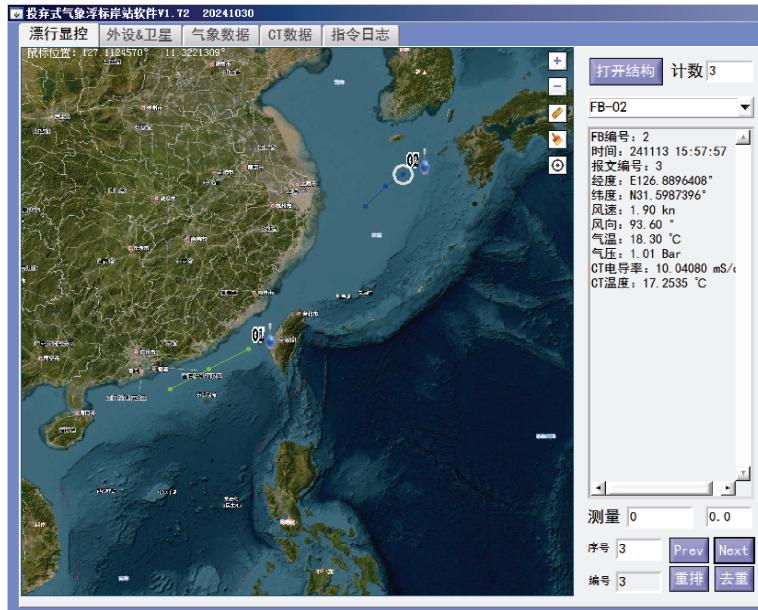


图 4 系统功能界面图
Fig. 4 System functional interface diagram

2.2 重传机制

影响数据传输成功率的因素有很多,如北斗信号强度和浮标漂流姿态等。当浮标上方有铁皮、油布等物体遮挡,或极端恶劣天气如台风等导致浮标摆动幅度过大,均会导致信号缺失甚至无信号,此时不仅数据发送时间和系统功耗会增加,系统效率及传输成功率也会显著降低。若北斗通信链路不稳定,监测系统长时间未能收到数据时,会导致长时间的数据空档期。自动重传机制可保证监测系统接收到完整连续的数据流,防止报文缺失,同时免除人工监测操作,提高效率。常见的报文重发机制是当收到一组最新报文后,人为判断当前报文编号是否连续,若不连续则要手动操作重发报文,需要人工长时间监测,效率极低。或自动判断上一条报文编号与最新收到报文是否连续,若不连续则自动重发上一条报文。当收到最新的报文数据后,如果此时只重发前一条报文数据,则会导致报文缺失,2种方式均有弊端。

本系统设计的自动重传机制采用队列传输模式,按照指令顺序先入先出。在监测系统收到最新报文后,系统会自动判断当前所收报文的前 24 条内容是否连续,若不连续,则自动按缺失编号由大到小,将重发指令依次推入北斗发送队列。当收到

重发报文后,系统根据报文编号自动进行信息重排,若存在相同编号的报文,系统同时会去掉重复报文,保留最新一条。北斗队列中可以存储包括外设卫星界面中的其它功能指令,推入北斗队列的指令在浮标活跃状态时会按照北斗间隔依次发送队头指令并将发送过的指令从队列中剔除,直到北斗队列中无指令为止。

由于北斗卫星终端最多仅支持保留 24 条报文数据,故在队列容量设定时只需设置为 24 即可,若在其他设备系统中,采用其他通讯方式时可适当调整队列容量,提高效率。

北斗队列指令发送时优先级顺序按照队列中指令的先后顺序排定,先进入队列的指令优先发送。手动指令及浮标相关控制指令在排入队列时按照按键时间先后顺序,进入队列后按顺序等待发送。

传感器及定位、时间等数据每次采集完成后即通过北斗卫星传输,实现准实时发送。 n 表示剩余重发次数,初始值为 10,每重发一次则 $n=n-1$,最多重发 10 次。为保证数据传输成功率,对每次的数据包进行存储,通过固定时间的指令判断是否进行统一数据重发,如当日数据无缺失,则不重发并清空缓存数据区,若因信号等原因导致数据缺失,则通过读取远程控制指令进行重发,保证数据传输

完整性。卫星传输流程如图 5 所示。

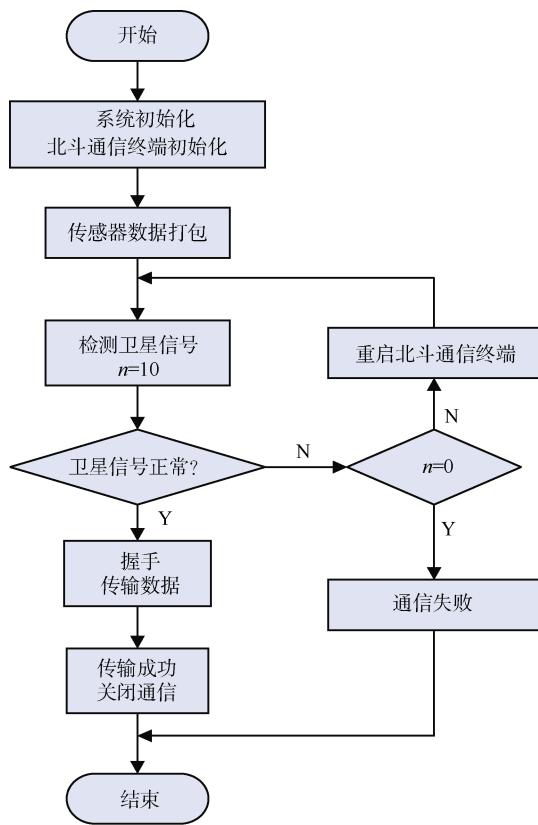


图 5 卫星传输流程图
Fig. 5 Flowchart of satellite transmission

3 数据分析

监测系统收到的心率报文数据包括温盐仪数据和气象站数据, 可通过解析电导率和温度信息, 显示出电导率和温度变化图。通过解析气象站数据信息, 可显示出气象站的风速、风向、气温和气压变化图, 实时收到的数据或回放数据均可展示。图 6 展示了 13—15 日温盐仪采集数据的变化趋势, 图 7 展示了同时间段下气象站采集数据的变化趋势。其中横坐标表示时间, 起点为 13 日 15 点 57'57" 收到的第一组数据, 终点为 15 日 17 点 22'35" 收到的最后一组数据, 纵坐标由不同海气要素各自设定的范围决定, 通过合理设置可得到变化趋势明显的轨迹图。气象站和温盐仪的数据均来自湖上试验, 报文编号和时间连续。从图中可以看出, 气象站测量的气温变化较为平缓, 温盐仪测量的水温昼夜温差较明显且均值略高于气温, 符合湖上试验整体环境, 气压、风速及风

向的改变也符合湖试时气候变化。试验时在温盐仪下方穿插一根环形电阻用于模拟海水盐度, 所以电导率值趋于稳定且数值较高。

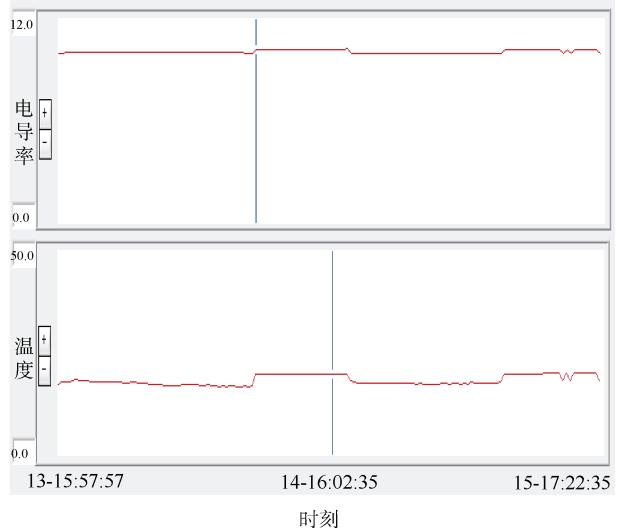


图 6 温盐数据变化图
Fig. 6 Change chart of temperature and salt data

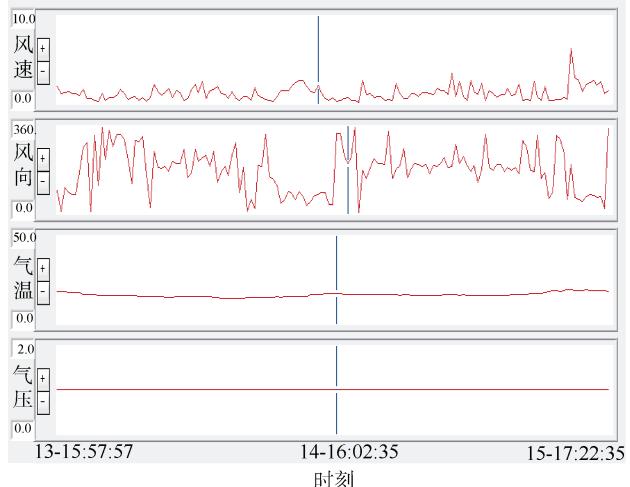


图 7 气象数据变化图
Fig. 7 Change chart of meteorological data

为了验证漂流浮标的北斗通讯成功率及自动重传机制, 进行了湖上试验。浮标于 2024 年 11 月 13 日 15:30 上电, 开始数据采集与传输, 监测系统进行实时监测。16:30 布放入水, 至晚上 17:15 收回船上, 晚上连续拷机, 14 日上午 7:50 再次入水, 至晚上 17:30 回收上船, 晚上连续拷机, 15 日上午 7:40 入水, 下午 17:30 上岸断电, 结束湖上试验。图 8 为漂流浮标湖上试验时的姿态展示。



图 8 浮标水中姿态图
Fig. 8 Attitude of buoy in water

试验期间监测系统实时接收 2 套浮标采集发送的数据。采用对比方式, 1 号浮标监测系统采用

原始自动重传机制, 即自动重发最新报文的前一条, 2 号浮标采用新型自动重传机制, 即发送北斗队列方式。数据接收时间间隔 20 min, 即浮标每 20 min 采集并发送一组数据, 监测系统每 20 min 接收一组数据。试验时间共 50 h, 每套浮标应收到 151 组数据。实际 1 号浮标收到 142 组有效报文, 数据接收成功率 94%。2 号浮标收到 151 组有效报文, 数据接收成功率 100%, 1 号浮标缺失但 2 号浮标收到的数据如表 1 所示。

表 1 2 套浮标缺失数据对比表
Table 1 Comparison of missing data between 2 sets of buoys

时间	编号	东经/(°)	北纬/(°)	风速/kn	风向/(°)	气温/℃	气压/MPa	电导率/(mS/cm)	水温/℃
0: 22: 36	28	111.108 406 1	30.419 839 9	1.4	189.2	15.5	0.1021	10.062 7	17.229 4
0: 42: 35	29	111.108 413 7	30.419 651 0	0.9	185.6	15.4	0.1021	10.063 3	17.159 6
1: 02: 41	30	111.108 352 7	30.419 788 4	1.3	195.8	15.1	0.1021	10.063 8	16.989 4
0: 42: 35	101	111.108 085 6	30.419 532 8	1.2	165.8	16.2	0.1022	10.036 0	17.328 2
1: 02: 35	102	111.108 245 8	30.419 401 2	1.0	199.6	16.2	0.1022	10.034 8	17.354 4
1: 22: 35	103	111.107 978 8	30.419 532 8	1.7	192.7	16.3	0.1022	10.035 2	17.332 9
1: 42: 35	104	111.108 184 8	30.419 626 2	1.5	211.9	16.3	0.1021	10.034 6	17.328 9
2: 02: 35	105	111.108 413 7	30.419 626 2	1.5	231.0	16.4	0.1021	10.035 7	17.355 9
2: 22: 35	106	111.108 413 7	30.419 168 5	1.0	188.7	16.4	0.1021	10.036 1	17.486 6

导致数据丢失的因素有很多, 如北斗信号强度、浮标漂流姿态及电源状态等。若浮标上方有铁皮、塑料布等物体遮挡, 极端恶劣天气如台风等导致浮标漂流姿态异常, 摆动幅度过大, 或电池电量降低, 均会导致数据缺失甚至无数据, 此时系统效率及数据传输成功率会显著降低。

由上表可知, 由于北斗卫星通讯链路不稳定, 导致 1 号浮标在 14 日 0:02 至 1:22 之间共缺失了 3 组报文数据。由于重传机制的存在, 北斗通讯恢复后在 1:42 收到第 32 组报文时, 系统自动发送了重传第 31 条报文的指令, 但由于链路波动时间过长, 故第 28, 29, 30 组报文数据无法自动发送重传指令, 结果丢失了 3 组报文数据。2 号浮标则在新型自动重传机制下, 通过北斗队列发送方式, 接收到了所有的重传报文。15 日也存在类似情况, 1 号浮标缺失了 101 至 106 共 6 组报文数据, 2 号浮标则回收数据成功。

4 结束语

本文对漂流浮标进行研究, 设计了一种新型具有自动重传机制的实时监测系统。采用北斗三代通讯方式, 在对浮标回传数据解析处理的基础上, 同时进行遗漏数据的重新传输。改良了指令传输机制及可视化界面的显示, 提高了人机交互性能, 为设备的实时监测提供了便利。经过大量试验统计并研究分析, 验证了具有自动重传机制实时监测系统的有效性和高效性, 为后续开展漂流浮标实时监测研究提供了不同思路。

根据国家海洋战略, 海洋监测设备会愈发受到重视并进一步发展完善, 漂流浮标因而具有更加广阔的发展前景和研究空间。本文提供的新型自动重传机制下实时监测系统的研究思路也可应用到其它相关设备及领域, 未来我们也会继续对其他海洋监测设备如波浪能滑翔器, 潜标, 水下无人航行器等进行更深层次的监测系统研究。

参考文献

- [1] 许建平, 刘增宏, 孙朝辉. 全球 ARGO 实时海洋观测网全面建成[J]. 海洋技术, 2008, 27(1): 68-71.
- [2] 李宏, 许建平, 刘增宏, 等. 利用逐步订正法构建 Argo 网格资料集的研究[J]. 海洋通报, 2012, 35(5): 502-514.
- [3] 卢少磊, 孙朝辉, 刘增宏, 等. COPEX 和 HM2000 与 APEX 型剖面浮标比测试验及资料质量评价[J]. 海洋技术学报, 2016, 35(1): 84-92.
- [4] 滕林萍, 张素伟, 王粲. 多普勒流速剖面仪走航式湖上比测试验研究[J]. 计量与测试技术, 2024, 51(3): 76-78.
- [5] 沈锐, 王德亮, 张素伟, 等. HM2000 型剖面浮标的主要特征及其应用[J]. 数字海洋与水下攻防, 2019, 2(2): 20-27.
- [6] 孔卫奇, 杨志勇, 马尚昌. 基于北斗通信系统气象水文漂流浮标设计与实现[J]. 现代电子技术, 2017, 40(19): 160-163.
- [7] 张素伟. 国产 HM2000 型剖面浮标 CTD 传感器的校准及其漂移现象分析[J]. 计量与测试技术, 2018, 45(9): 64-67.
- [8] 张川, 胡波, 王聪, 等. ARGO 浮标海上比测试验研究[J]. 海洋技术, 2011, 30(2): 94-98.
- [9] 史健, 龚威, 齐占峰, 等. 基于多传感器的波浪能滑翔器导航策略研究[J]. 传感器与微系统, 2014, 33(6): 23-26.
- [10] 程国辉, 黄建波, 曲孟祥, 等. 海洋表面漂流浮标释放和回收装备的研发[J]. 机械制造, 2024, 62(11): 39-41.
- [11] 魏文韬, 王斌. 基于漂流式海气界面浮标的南大洋海气界面通量观测分析[J]. 海洋技术学报, 2024, 43(4): 37-45.
- [12] 邢霄波, 王斌, 陈朝晖. 黑潮延伸体海域漂流式海气界面浮标数据分析与评估[J]. 海洋与湖沼, 2023, 54(3): 634-644.
- [13] 秦世广, 雷勇, 李肖霞, 等. 国产海洋气象漂流浮标运行评估分析[J]. 气象科技, 2022, 50(4): 467-465.
- [14] 贾世耀, 邓川, 杨祥. 基于北斗卫星导航系统的漂流浮标的研究[J]. 航海, 2022(5): 40-43.
- [15] 王鹏, 熊学军, 吴俊飞. 表层漂流浮标水帆的研制与海上试验[J]. 机械制造, 2017, 55(5): 93.
- [16] 王辉, 丁军航, 兰勇, 等. 表层漂流浮标系统超低功耗改进设计及实现[J]. 现代电子技术, 2021, 44(12): 115-120.
- [17] 罗潇, 周河宇, 赵曼晟, 等. 海洋智能预报发展应用及装备展望[J]. 数字海洋与水下攻防, 2024, 7(5): 536-545.
- [18] 余璇. 基于数据驱动关系依赖的海洋环境大数据预报方法研究[D]. 上海: 上海大学, 2021.
- [19] 李亚蒙, 孙宝楠, 丁军航, 等. 基于 LSTM 的海洋表面短期风速预测研究[J]. 海洋科学, 2022, 46(11): 55-66.

(责任编辑: 张曼莉)