

基于北斗通信的海洋气象漂流观测仪

张明 杨志勇 王亚静 张晋

华云升达（北京）气象科技有限责任公司研发的海洋气象漂流观测仪是以小型浮标球为工作平台，搭载各种海洋气象水文观测以及数据通信设备，通过悬挂在水下的水帆，借助洋流的推动实现自主漂流观测。通过分析在我国南海布放工作中台风过程试验数据，表明该观测仪性能稳定、续航能力强、通信系统性能优良，对于我国深远海洋气象观测意义重大。

海洋气象漂流观测仪是一种以小型浮标为载体，随表层海流漂移，可用于海洋水文要素观测和海表面气象要素观测，利用卫星系统定位和数据传输的海洋气象观测仪器，具有活动范围大、成本低、环境适应性强等特点。深远海的气象水文观测主要是基于漂流浮标、船舶气象观测站以及卫星、雷达等观测方式，尤其是海气界面的观测更是以漂流浮标为主。近年来，美国、法国、英国、日本、加拿大等国，每年在海洋和气象业务使用的漂流浮标达上千个，主要用于海洋气象、水文要素以及飓风观测等，而我国在此方面几乎空白，没有国产的海洋气象漂流观测仪是主要原因之一。

华云升达（北京）气象科技有限责任公司研发的海洋气象漂流观测仪填补了该项空白。该海洋气象漂流观测仪基于我国北斗导航通信卫星，能够完成海洋气象要素（气温、气压、风速、风向）和海洋水文要素（海水温度、海水盐度）的观测，对实现我国远、近海全方位的海洋气象观测具有重要意义，并可为进一步提高天气预报准确率和积累海洋气象数据提供技术保障。

1 海洋气象漂流观测仪的系统组成

华云升达（北京）气象科技有限责任公司研发的具有完全自主知识产权的海洋气象漂流观测仪是以小型浮标球为工作平台，搭载各种海洋气象水文观测以及数据通信设备，通过悬挂在水下的水帆，借助洋流的推动实现自主漂流观测。观测仪上搭载的各种传感器的观测数据，通过北斗卫星或其他通信设备实现实时数据的通信。

该海洋气象漂流观测仪主要包括数据采集测量系统和浮标结构系统两部分，系统主要构成部分如图1所示。

数据采集系统是

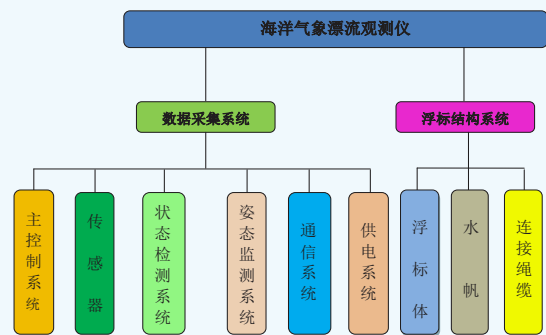


图1 海洋气象漂流观测仪的组成

处理的核心组成部分。数据采集系统以低功耗、多功能的微处理器为核心构成主控制器；通过配置气象（风向、风速、空气温度和大气压力）和海洋水文（表层海水温度和盐度）传感器构建数据采集处理系统；观测仪的姿态监控系统使用九轴姿态和GPS传感器，实时监控观测仪的定位和姿态信息，同时为观测数据的订正提供校准参数；观测仪以北斗卫星通信为主数据通信手段，同时预留Argos卫星通信方式；供电系统为整个海洋气象漂流观测仪提供电源，以仪器本身自带锂电池为主要供电方式，为了提高观测仪的运行寿命，配置了太阳能光伏单元作为有益补充；为了最大限度地降低功耗，为所有主要部件和器件配置了独立的电源控制。状态检测系统主要检测包括采集器的主板温度、电源系统的电压、观测仪浸没状态等。

数据采集控制系统的可靠性和稳定性，决定了仪器设备是否能够达到“皮实耐用”的要求。其主要功能包括：

- 1) 对观测要素的数据采样，包括空气温度、海面气压、表层海水温度、表层海水盐度、风速、风向。
- 2) 对观测要素的数据测量处理。
- 3) 对采集系统电气状态检测，包括采集器的主

板温度、电源系统的电压等。

- 4) 对观测仪姿态的监测,包括观测仪浸没状态、观测仪的九轴姿态和观测仪的经纬度地理信息等。
- 5) 提供系统实时时钟,并通过GPS校时。
- 6) 对观测数据进行存储处理,并提供查询处理功能。
- 7) 自动存储程序运行状态日志记录,并提供查询处理功能。
- 8) 自动发送观测数据处理。
- 9) 提供命令交互处理功能。
- 10) 为了节省系统功耗,对所有部件进行电源管理。
- 11) 为了系统运行稳定可靠,配有外部硬件看门狗管理单元;
- 12) 系统运行时序管理。

2 北斗卫星数据通信系统

海洋气象漂流观测仪主要用来探测深远海的数据,一般通信方式难以实现,或者成本较高。以往浮标站大都采用国外的Argos卫星通信技术,不仅通信受时限,而且数据的安全性不能得到保证。该海洋气象漂流观测仪基于我国自主研发的北斗通信系统具有覆盖范围广不受地域影响、不受时限等特点,其通信组网架构见图2。

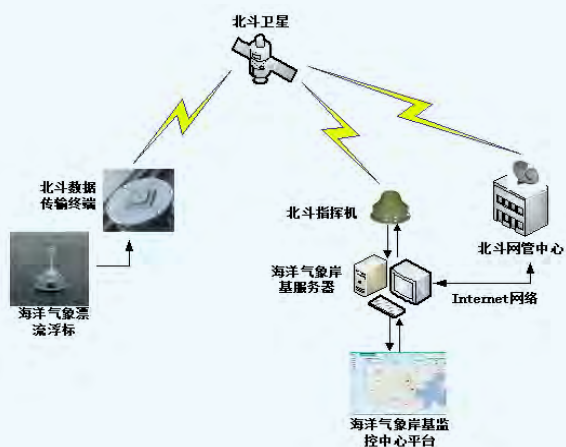


图2 海洋气象漂流观测仪的通信架构图

北斗数据通信终端将主控系统处理后的各种数据信息以短消息的格式发送给北斗卫星;北斗卫星完成数据中转,将北斗卫星数据终端发送来的数据,分别发送至北斗网管中心与基岸服务中心配置的北斗指挥机;北斗网管中心接收北斗卫星传来的数据并入库保存;北斗指挥机可以实现配置本地卫星通信网络指挥管理控制,可以直接接收各个浮标发送回来的观测数据,同时也可以对指定的远程浮标实施远程管理控制

操作。海洋气象漂流观测仪岸基服务器,作为本地的数据接收管理控制中心,接收由指挥机送来的各站点观测数据,并存入在本地建立的数据库,供控制中心平台访问使用;观测仪控制中心平台,是实时处理数据的直观显示页面,依托岸基服务器建立数据连接关系,通过计算机网络进行数据交互,数据直观显示主要由PC机上的上位机软件CAWSAnyWhere(图3)完成,以实现客户端的控制中心功能,主要功能:为海洋观测人员提供各站点观测数据的实时显示、查询,观测历史数据查询、数据分析,实时监测远程浮标的运行状态,并完成简单的控制处理。



图3 CAWSAnyWhere观测仪监控界面

3 海洋气象漂流观测仪的结构系统

华云升达(北京)气象科技有限责任公司研发的海洋气象漂流观测仪的结构系统,包括浮标系统、水帆系统、缆绳三个主要部分(图4)。

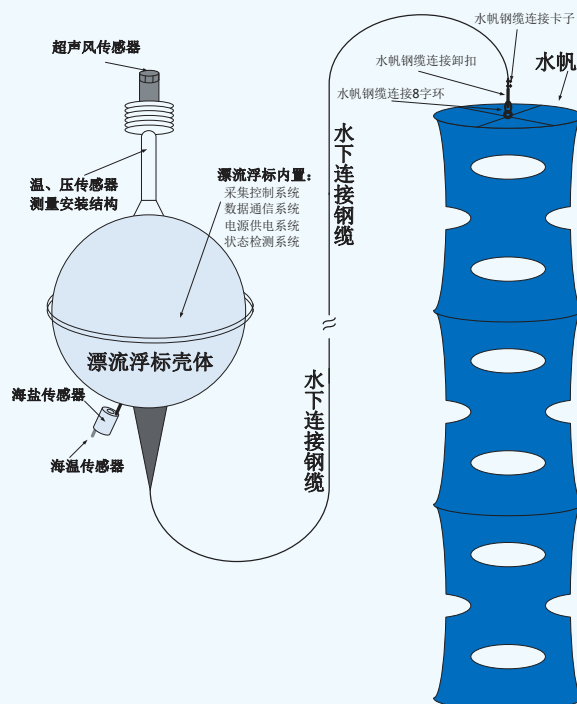


图4 海洋气象漂流观测仪结构系统组成示意

海洋气象漂流观测仪作为海上气象观测仪器，是以漂流浮标壳体为工作平台。在漂流浮标结构体上搭载各种相关的海洋气象观测传感器、水文观测传感器、数据采集器以及通信设备等，实现海洋气象、水文观测以及数据的远程传输。海洋气象漂流观测仪在壳体及上部安装结构设计上，既要保证浮标具有很好的随流性，满足拉格朗日法测流，又要获取海表面气压、气温、风、温盐的数据。

水帆在海中稳定浮标，并在水下受海流的推动作用漂移，提供漂流观测仪随洋流运动的动力，通过钢

缆和浮标壳体铰接。

4 试验分析

4.1 南海布放试验台风过程数据分析

海洋气象漂流观测仪随搭载万米级载人深潜器科考母船“张謇”号于2016年7月18日在南海布放，漂流观测仪数据直接传回北京中心站，气象要素和海洋要素数据正常。

本次海试(图5)为漂流观测仪第一次在南海开展试验，试验过程中经历了2016年第4号台风“妮妲”的考验，并成功描述了台风天气过程的数据特征(图6)。

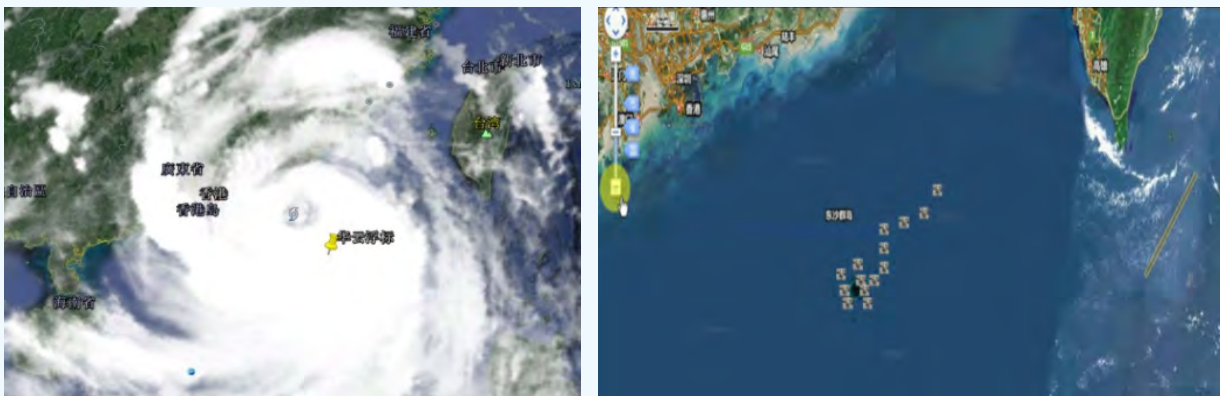


图5 海洋气象漂流观测仪南海运行轨迹图

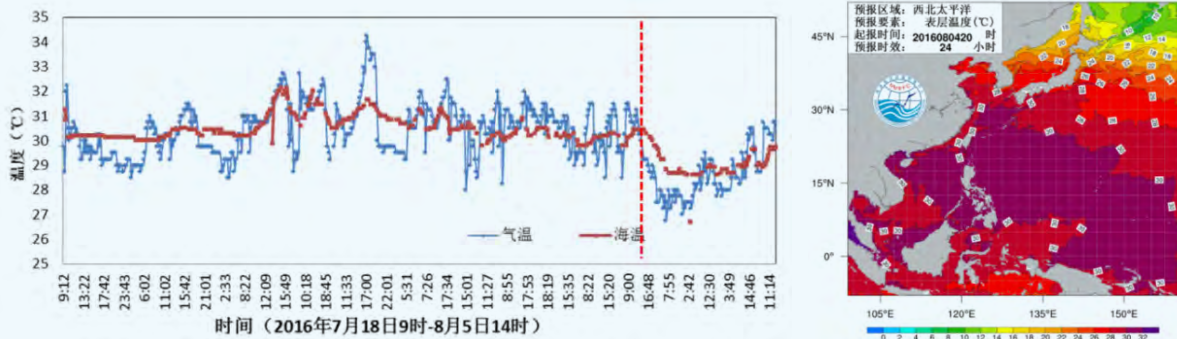


图6 海洋气象漂流观测仪南海试验海温和气温数据以及国家海洋局相关海温产品

数据显示，气温数据表现出较明显的日变化，图6中红色虚线处为台风“妮妲”经过时海温和气温数据出现了明显的降低。随着“妮妲”向西移动，气温和海温缓慢回升，其中海温的数据变化幅度低于气温的变化幅度，表现出了较明显的台风变化特征，与其他观测手段观测的温度数据比对表明，漂流观测仪观测数据结果合理。

4.2 博贺可靠性试验数据分析

为了对海洋气象漂流观测仪的海洋环境适应性进行试验测试，华云升达(北京)气象科技有限责任公司布放了3台海洋气象漂流观测仪(3台设备编码分别

为S1031、S1034和S1040)，于2017年5月在广东博贺，进行了定点锚系试验，锚系地点选取在博贺海洋气象观测平台(图7)附近。

选取观测仪连续观测段数据与博贺海洋气象观测平台进行了对比分析，对比分析结果如下：

1) 气温

从气温时间序列(图8)可以看到，3套设备与海上平台气温对比总体趋势接近，8月7日和8日海上平台气温明显升高到接近40℃左右，分析原因可能是平台数据出现问题，所以剔除这两天对比数据。

依据观测数据，分析3套设备与海上平台气温的

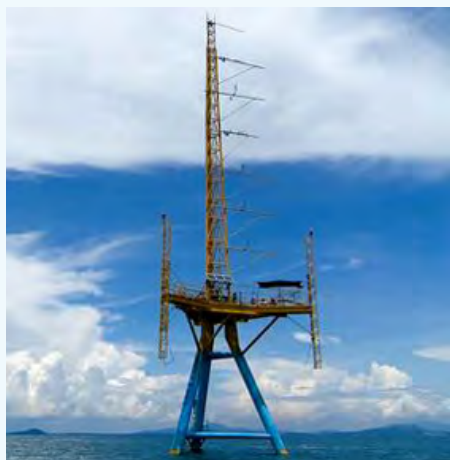


图7 博贺海洋气象观测平台

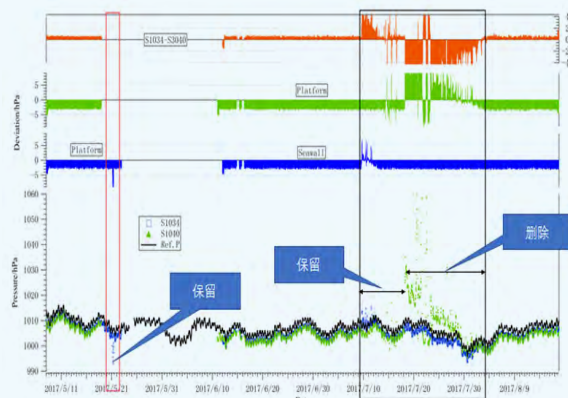


图9 气压时间序列

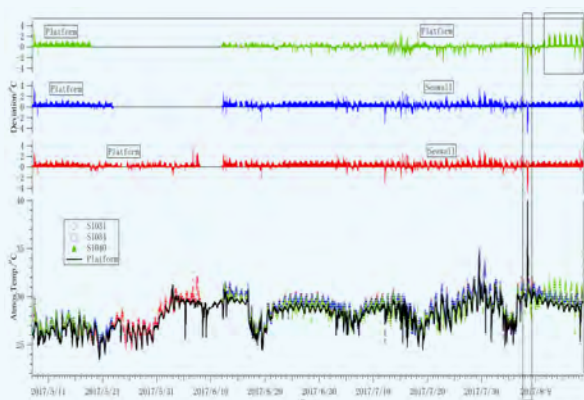


图8 气温时间序列

差值，基本上都在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内，大部分在 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右；设备与平台、设备与设备之间的差值统计结果显示：中位值在 $0\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，差值平均值在 $0.1\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。3台漂流观测仪设备与平台的日变化有较好的一致性，夜间温度低，白天由于太阳辐射开始同步升温，升温幅度基本一致，两两比较的差值基本保持在 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

2) 气压

对比海洋气象漂流观测仪与海上观测平台的气压数据（图9），可以看出试验设备出现了一些波动，其余部分相互间都有较好的一致性；分别分析试验设备与平台数据的偏差，发现试验设备与平台气压都是负偏差，而且偏差绝对值基本在 $2\sim 3\text{ hPa}$ ，极少超过 5 hPa 。设备与平台、设备与设备之间的差值统计结果显示：中位值在 $-3\sim -0.4\text{ hPa}$ ，差值平均值在 3 hPa 以内。测试过程中，气压传感器随时间推移，测量精度也表现出很好的一致性。

3) 风向和风速

由于3套设备中只有S1034海洋气象漂流观测仪搭载了风向风速传感器，选取S1034数据与平台最底层风数据进行对比分析（图10）。

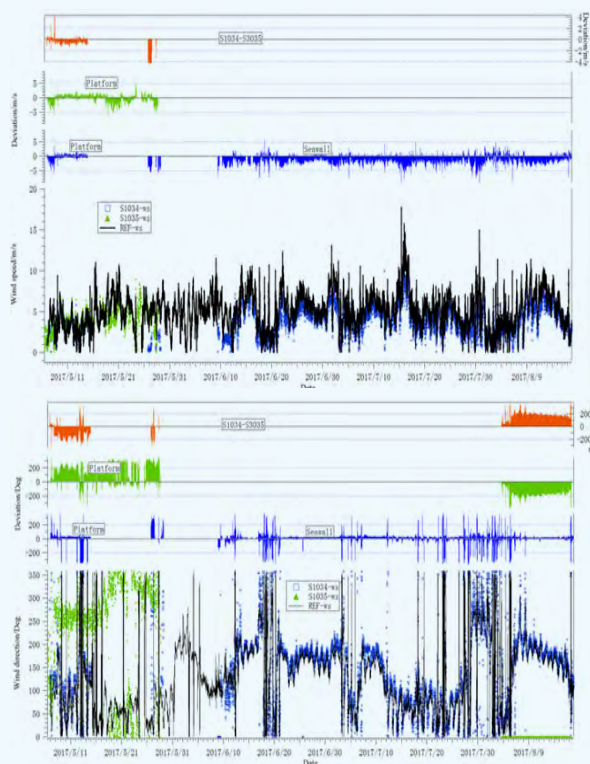


图10 风向和风速时间序列

分析表明，S1034号海洋气象漂流观测仪风速与平台风速数据有非常好的一致性，偏差集中在 2 m/s 左右。S1034号海洋气象漂流观测仪风向与平台风向数据有较好的一致性，但是由于二者所处观测环境有较大差别，比如平台上相对固定，受浪涌等外界条件影响较小；而海洋气象漂流观测仪就不同，由于海洋气象漂流观测仪自身体积、重量较小，受到海浪等的作用力就相对就较大，从而导致海洋气象漂流观测仪风向的误差较大。分析二者的偏差、相关性，浪涌等客观原因可能是造成偏差和相关系数偏大的主要原因。

4) 海温

3套海洋气象漂流观测仪采用的是接触式海温传

感器，海洋平台采用的是红外式海温传感器，分别对表层海水温度进行观测，对比分析如下。

对海温数据做简单质控（删除 $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的数据）后，对比分析S1031、S1034、S1040与平台的海温数据（图11），发现4条曲线都具有良好的日变化规律，且变化趋势基本一致。分别对试验设备与平台数据做差值分析，发现试验设备和平台数据基本上都是正偏差，而且偏差基本上都在 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。试验设备与平台、设备与设备之间的差值统计结果显示：中位值在 $0\sim 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，差值平均值在 $0\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。存在差值的原因很可能是传感器测量原理的不同造成的。

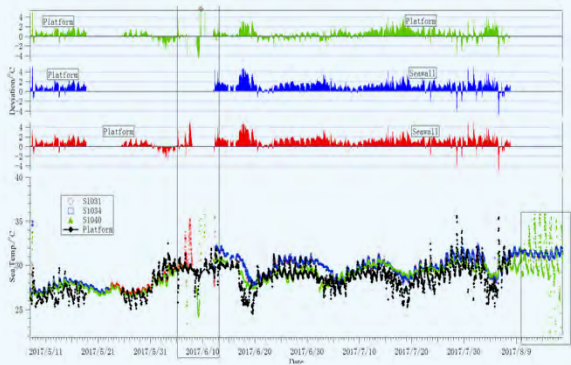


图11 海温时间序列

5) 海盐

由于海上平台没有海水盐度传感器，本项未做对比分析。

经过在博贺的可靠性试验分析，剔除客观环境造成的跑锚和人为等因素影响，证明华云升达（北京）气象科技有限责任公司研发的海洋气象漂流观测仪的长期稳定性和数据可靠性是有保证的，能满足海洋气象观测的需求，达到了设计目的。

5 结语

华云升达（北京）气象科技有限责任公司研发的海洋气象漂流观测仪对于开展海洋气象观测业务，特别针对远海区域获取第一手直接的气象观测数据是非常实用和重要的观测设备之一，可以满足海洋观测业务的应用需求，能够为海洋气象观测应用提供布放操作方便、使用和维护成本相对低廉的适用设备，对于促进我国海洋气象观测和海洋气象灾害预警技术的进步和设备研发的进程有重要的意义。

深入阅读

- 国家海洋局, 2007. GB/T 12763.2-2007. 海洋调查规范第2部分 海洋水文观测. 北京: 中国标准出版社.
- 国家海洋局, 2007. GB/T 12763.3-2007. 海洋调查规范第3部分 海洋气象观测. 北京: 中国标准出版社.
- 谭鉴荣, 吕雪芹, 郎东梅, 等, 2013. 基于卫星通信的海洋气象数据采集系统设计. 气象科技, 41(1): 51-56.
- 张勇, 陈苏婷, 张燕, 2014. 基于北斗卫星的自动气象站数据传输管理系统. 电子技术应用, 40(5): 21-23.

（作者单位：张明，杨志勇，王亚静，华云升达（北京）气象科技有限责任公司；张晋，中国华云气象科技集团公司）

华云信息技术工程有限公司主营业务简介

刘艳红

华云信息技术工程有限公司（以下简称“华信公司”）主营业务以气象业务软件产品研发、系统集成与运维服务、气象信息增值服务为三大线。

✓ 气象业务软件产品研发

华信公司的软件业务为3+2模式，以气象大数据平台、气象通信平台和监控平台为依托，在这三个基础平台之上构建两类业务系统，预报类（包括人工影响天气业务系统、精细化预报业务系统）业务系统和数据可视化共享业务系统（包括气象业务内网系统和气象一体化业务系统）。

✓ 系统集成与运维服务

系统集成：凭借对气象业务的深刻理解，提供给气象领域用户优质的系统集成服务，主营视频会议、卫星广播（CMACast）、IT系统集成等。运维服

务：组建了一支精于硬件设备、系统软件和应用软件的运维团队，参照ITIL运维体系，制定相关规范，通过标准化的运维流程为用户提供全面的日常巡检、故障分析处理和技术支持，可在最短时间内恢复业务正常运行。

✓ 气象信息增值服务

华信气象信息服务基于华信气象大数据平台，依托气象行业专家技术队伍，充分挖掘国家气象信息中心收集和处理的全球及中国近百年气象观测资料、气象数据产品、气象预报产品的行业应用价值，面向不同应用需求提供专业化、定制化、个性化的气象信息服务，为国民经济各行业提供气象信息应用整体解决方案。

（作者单位：华云信息技术工程有限公司）