

锚系型海洋气象浮标技术概况

王玉燕, 陈 洋, 秦丽娟, 戴风华

盐城市气象局, 江苏 盐城

收稿日期: 2025年11月25日; 录用日期: 2025年12月23日; 发布日期: 2025年12月29日

摘要

作为海洋气象监测网的重要组成部分, 海洋气象浮标具有稳定性强、工作时间长以及适应恶劣环境等优点。本文简述锚系型海洋气象浮标的探测原理、结构组成、数据样本以及使用建议, 为更好地利用海洋气象浮标提供参考和依据。

关键词

海洋气象浮标, 气象监测, 海洋监测

Overview of Anchor-Based Oceanographic Weather Buoys Technology

Yuyan Wang, Yang Chen, Lijuan Qin, Fenghua Dai

Yancheng Meteorological Bureau, Yancheng Jiangsu

Received: November 25, 2025; accepted: December 23, 2025; published: December 29, 2025

Abstract

As an important part of the ocean meteorological monitoring network, ocean meteorological buoys have the advantages of strong stability, long working hours, and adaptability to harsh environments. This article briefly outlines the detection principles, structural composition, data samples, and usages of moored ocean meteorological buoys, providing reference and basis for better utilisation of ocean meteorological buoys.

Keywords

Ocean Meteorological Buoy, Meteorological Monitoring, Ocean Monitoring

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

海洋以其蕴藏的自然资源备受人们的关注，具有重要的国防战略地位和经济实用价值。同时海洋的激烈变化或异常引起的自然灾害也会对社会发展和人民的生命财产安全造成巨大影响，我国的海洋灾害情况就比较严重，受到赤潮污染、台风、龙卷等影响，因此，海洋气象数据的收集势在必行。但由于海洋特殊性，安装观测仪器难度大，观测气象水文数据要求高，制约着海洋观测技术的发展。海洋监测的手段包括海洋测量船、传感器、卫星遥感、海洋气象浮标、雷达等方法，对海洋环境进行高效立体的全方位监测。

作为海洋气象监测网的重要组成部分，海洋气象浮标具有稳定性强、工作时间长以及适应恶劣环境等优点，可利用漂浮载体获取海洋气象、水文、水质、生态、动力等参数信息的自动观测系统。浮标可按照应用需求、结构体形状、锚泊方式和浮标体尺寸进行分类[1][2]。按照锚泊方式，浮标可分为锚系型海洋浮标和漂流型海洋浮标。锚系型浮标通过锚系连接海底与浮标体，能够克服海流作用 使浮标在一定位置范围内工作，防止走标。锚系型浮标多为大型浮标，如导航浮标、水文气象浮标、水质浮标等；少数为中小型浮标，锚系悬浮于水体中，用来定位浮体并能够减少水下系统的漂移。浮标通常被锚泊在海洋特定位置，能够长期、连续、全天候自动观测水文、气象等环境要素，监测数据通过卫星传输到岸基数据接收站，为灾害预警、海洋经济、海洋科考及国防安全等服务。

本文简述锚系型海洋气象浮标的探测原理、结构组成、数据样本及使用建议，为更好利用海洋气象浮标提供参考和依据。

2. 探测原理与结构设计

2.1. 探测原理

锚系型海洋气象浮标以十米浮标为载体，搭载气象、水文、水质等多类型传感器设备，实现对海洋气象、水文、水质等环境数据的实时、连续监测。

浮标观测平台的观测要素包括：气压、雨量、能见度、风速、风向、气温和湿度等海洋气象要素和波浪、盐度、水温等海洋水文、水质要素。浮标对于外部环境的要求包括水深要在 10~200 m；最大风速不得超过 80 m/s；最大波高和最大潮差分别为 20 m 和 6 m；最大表层流速为 3 m/s。通常，海洋浮标至少能够在海上连续在位工作 3 年。

2.2. 结构设计

锚系海洋浮标主要由浮标体、锚系、电源系统、数据采集控制系统、通讯系统、岸基数据接收处理系统和安保系统等部分组成。浮标体采用整体全焊接钢结构，设有单独的设备舱、电池舱及独立浮力舱，水密舱壁可阻隔水流，保障电池舱内蓄电池及仪器舱内仪器设备安全，确保浮标安全浮于水面，避免倾覆。浮标上层建筑采用桅杆结构，顶端设小平台，用于安装气象传感器、锚灯、雷达反射器、避雷针、卫星天线、太阳能板等附件。浮标甲板上设置三个拖曳、起重眼板，其中三个缆桩及导缆孔是为了方便系缆及拖带作业。浮标水下设有 3 个传感器安装井，并配有相应设备安装架。此外，浮标桅杆筒为全封闭设计，可防止外来人员攀爬破坏小平台设备；浮标舱门及舱盖采用异型专用锁扣设计，有效保障观测

设备及其他辅助设备安全，避免人为破坏。

锚系结构由末端卸扣、转环组、肯特卸扣、锚链及锚等关键部件组成。锚系整体长度设计为不少于布放站位水深的三倍，锚抓重比范围控制在 9~16 之间，从而提供 2~4 倍的极限海况安全系数，有效保证在极端海洋条件下，浮标不会因拖锚而发生跑标现象。此外，浮标底端的锚链末端连接环采用系链眼板形式，这一设计有助于提高锚系结构的使用寿命和可靠性。

电源系统采用蓄电池与太阳能电池联合供电的模式，为浮标系统提供单一额定的工作电压。电源系统需要隔绝仪器舱，所以被安装在密封电池舱中。系统具备蓄电池过压、过流保护功能，确保浮标站所有设备稳定可靠供电。系统配备电源控制器以提高太阳能充电效率，延长蓄电池使用寿命。系统能满足连续阴雨天气不少于 15 天的设备正常供电需求。

数据采集控制系统配备双系统工作模式，两个采集器可独立工作，实现数据共享，并具备独立通讯机进行数据发送。采集器功能强大，包括数据采集、处理、存储、质量控制、状态监控、传输、电源控制、故障判断及遥控功能。单套采集器配置包括 10 路数字口、2 路频率计数口、6 路 12 位模拟输入通道及 16 路开关量输出。采集器配备不小于 8G 的工业级存储卡，可存储 3 年以上观测数据。系统定时采集并处理传感器电信号，完成数据质量控制后，自动发送数据文件至岸基数据接收处理系统。采集器采用模块化设计，支持参数设置，具备系统检测功能，采集间隔为 10 分钟，且在特定气象条件下可加密处理。

浮标通讯方式包括传统的卫星通信技术和低功耗广域网技术、5G 及低轨卫星通信等新技术[3] [4]。锚系型海洋气象浮标通讯系统采用双北斗卫星，并兼容 CDMA、GPRS、VHF、铱星、天通等多种通讯方式，实现双向通讯。北斗通讯每两分钟发送一次数据，每次数据不大于 77 字节，同时利用北斗卫星向用户发送浮标观测实时数据，发送间隔设为 10 分钟。系统具备数据自动补发功能，最多可提供六个点次数据补发。数据采用加密模式组包，确保传输安全。

岸基数据接收处理系统由接收计算机、数据接收处理软件、卫星接收机、电源等组成，可实时、准确、可靠、自动地接收和处理浮标系统回传数据。系统支持多种通讯方式并行接收数据，在实时解码后对数据进行综合处理，显示处理结果并将其储存到数据库。系统提供多种接口数据文件格式，可兼容 CDMA、GPRS、北斗、C 站、铱星、电台等通讯方式，能够实时接收海洋浮标发送过来的气象、环境及浮标工作参数等数据，实时显示浮标、传感器等异常报警状态，并可进行数据查询、与浮标实现数据应答及遥控操作。系统能显示接收状态信息，并对实时处理过程进行控制。

浮标系统配备双北斗定位系统、AIS 系统、雷达反射器、门警传感器、水警传感器等，实现人员闯入报警、舱进水、浮标移位及设备状态监测等功能。浮标锚灯符合国家标准，视程不低于 3 海里，颜色为橙黄色。浮标配备独立北斗定位系统，对浮标进行位置监控，并设有醒目的专用警示标志。系统配备安全隐蔽的布线系统，浮标桅杆筒采用全封闭设计，舱门及舱盖采用异型专用锁扣设计，浮标上部(小平台)加装防护圈，有效保障设备安全，避免设备遭到人为破坏。

3. 观测数据样本

观测实时原始数据以 XML 格式存储传输，具体数据项内容及说明见表 1。

Table 1. Description of observed data

表 1. 观测实时数据说明

序号	标识符	项目名称	用法和意义	计量单位
1	<?xml version="1.0" encoding="GB2312"?>	XML 版本及代码说明	XML 格式中的固定内容	
2	OceanObservingDataFile	数据文件信息根节点标签	标签为固定内容	

续表

3	StaInfo	陆基站信息节点标签	标签为固定内容
4	id	陆基站 ID 号	陆基站位号, 同文件命名 里站位号
5	Name	陆基站名称	陆基站名称
6	Location	陆基站位置节点标签	标签为固定内容
7	longitude	经度	xxxx°xx.x×'E/W
8	latitude	纬度	xx°xx.x×'N/S
9	DateTime	数据观测时间节点标签	标签为固定内容
10	DT	观测时间	YYYYMMDDHHMI, 年 月日时分, 月、日、时和 分不足两位时左侧补 0
11	StaData	陆基数据节点标签	标签为固定内容
12	WS	风速	xx,xx m/s
13	WD	风向	xxx, 静风时风向为 361, 不定时风向为 362 °
14	WSM	最大风速	xx,xx m/s
15	AT	气温	xxx,x °C
16	BP	气压	xxxx.x hPa
17	HU	相对湿度	xxx %
18	WT	表层水温	xx,xx °C
19	SL	表层盐度	xx,xxx
20	BG	平均波高	xx,x m
21	BX	波向	xxx, 无波时波向为 361, 不定时波向为 362 °
22	DO	溶解氧	xx,xx mg/L
23	pH	pH	x.xx
24	Turb	浊度	xxx,xx NTU
25	CHLA	叶绿素 a	xxx,xx µg/L
26	NO2-N	亚硝酸盐 - 氮	x,xxxxx, 以氮计 mg/L
27	NO3-N	硝酸盐 - 氮	x,xxxxx, 以氮计 mg/L
28	PO4-P	活性磷酸盐	x,xxxxx, 以磷计 mg/L
29	RN	降雨量	xxx,xx mm/h
30	NH3-N	氨 - 氮	x,xxxxx mg/L
31	TOC		xxx,x mg/l
32	COD		mg/l
33	DOC		mg/l
34	SS		mg/l
35	CO2-A	空气 CO ₂ 浓度	ppm
36	CO2-S	水中 CO ₂ 浓度	ppm
37	Cyano	蓝绿藻	xxxx,xx Kcell/mL

续表

38	PAH	水中油	xxx,xx	ug/L
39	CODmn	高锰酸盐指数	xxx,xx	mg/L
40	TP	总磷	xxx,xxx	mg/L
41	TN	总氮	xxx,xxx	mg/L
42	Vel	流速	xxx,xx	cm/s
43	Fd	流向	xxx,x	°
44	CO ₂	二氧化碳	xxx,xx	mg/L

浮标数据可以通过现有系统接收软件获取。接收软件可生成海洋行业各种格式报文，提供所有监测数据的数据格式及协议。在网络物理链路畅通的情况下，直接连接外网或局域网内远程机器上的各类网络数据库，将所需数据以指定字段格式上传至远程数据库，还可以将本地浮标报文通过卫星或网络转发至其它地理位置的浮标岸站系统中。

4. 数据质量控制和评估

观测数据误差分析是评估观测数据准确性和可靠性的重要环节，误差通常有传感器误差、环境因素影响和数据传输与处理误差。

4.1. 传感器误差

传感器误差主要来源于精度限制、校准和老化与损坏。浮标上的传感器本身具有一定的精度限制，例如温度传感器的精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，这就决定了测量结果存在一定的固有误差。传感器在使用前需要进行校准，如果校准不准确或者校准周期过长，传感器可能会出现偏差，导致测量误差。另外，由于长期在海洋环境中工作，传感器可能会老化、腐蚀或损坏，从而影响测量精度。

4.2. 环境因素影响

环境因素的影响主要包括海况影响、温度变化和生物附着。海浪、海流等海况条件会使浮标产生晃动、漂移和碰撞[5]，影响传感器的测量准确性。海洋环境温度的变化也可能会影响传感器的性能，导致测量误差。海洋中的生物如藻类、贝类等可能会附着在浮标和传感器表面，影响传感器的测量精度。附着在光学传感器上的生物会遮挡光线，导致测量的光照强度数据不准确。目前，针对浮标观测数据的质控方法较多[6]-[8]，可采取不同的质控方法保证数据可靠性。

4.3. 数据传输与处理误差

浮标通过卫星或无线通信方式传输数据，信号可能会受到干扰、衰减或丢失，导致接收的数据不准确。另外，在对原始数据进行处理和分析时，采用的算法也可能会引入误差。

5. 数据使用建议

海洋浮标以其全天候实时监测、长期、连续等优点，在沿海国家和地区的民生保障、气象防灾减灾等多个重要领域，均有不可忽视的重大作用，主要体现在以下几个方面：

(1) 在海洋环境监测中的作用

浮标可实时采集海洋气象水文参数，通过卫星通信等方式将数据传输到地面接收站，为海洋环境监测提供实时数据支持。通过对浮标长期采集的数据进行分析，可以了解海洋环境参数的长期变化趋势，

如海洋温度的上升趋势、盐度的季节性变化等，有助于研究全球气候变化对海洋生态系统的影响。

(2) 在气象预报中的作用

浮标可以测量风速、风向、浪高、海流等数据，为气象预报提供重要的海洋气象信息。这些数据有助于准确预测海上风暴、海浪等恶劣天气，保障海上航行安全。将浮标数据作为初始条件或边界条件输入到气象数值模型中，还可以提高气象预报的准确性。例如，在台风预报中，浮标提供的实时海况数据对于准确模拟台风的路径和强度具有重要作用。

(3) 在海洋生态研究中的作用

浮标可以搭载生物传感器，监测海洋中的浮游生物、叶绿素含量等指标，从而了解海洋生态系统的健康状况和变化趋势。浮标数据还可以帮助研究人员了解海洋生态系统对环境变化的响应。例如，通过分析浮标采集的长期数据，研究海洋温度、盐度等环境参数变化对鱼类洄游、珊瑚礁生长等生态过程的影响。

(4) 在海洋资源开发中的作用

浮标监测海洋环境参数，为渔业资源的评估和管理提供科学依据。通过监测水温、盐度等参数的变化，了解鱼类的栖息环境和洄游规律，帮助渔民确定最佳的捕鱼区域和时间，同时也有助于渔业资源的可持续发展。在海洋油气勘探中，浮标可以用于监测海洋地质和地球物理参数，如海底地形、地磁、重力等。这些数据有助于确定潜在的油气藏的具体位置，为油气勘探提供关键性的参考依据。

基金项目

盐城市气象科技项目(YQK2024010)。

参考文献

- [1] 王军成. 海洋资料浮标原理与工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2013.
- [2] 褚同金, 曹恒永, 王军成. 中国海洋资料浮标[M]. 北京: 海洋出版社, 2001.
- [3] 王晓波, 胡旭娟, 姬雪峰. 海洋浮标低功耗远距离无线通信技术研究进展[J]. 水下无人系统学报, 2025, 33(4): 733-742.
- [4] 贺刘刚, 何瑞麟, 戴阳, 等. 基于北斗短报文通信的多参数海洋浮标系统研制[J]. 北斗与空间信息应用技术, 2023(2): 4-10.
- [5] 陈旻豪, 刘旺, 沈其艳, 等. 基于多传感器数据的海洋气象浮标碰撞预警方法[J]. 电子设计工程, 2024, 32(21): 60-64.
- [6] 钟国荣, 李学刚, 宋金明, 等. 基于机器学习的海洋浮标传感器观测数据的偏差校正方法[J]. 海洋学报, 2025, 47(10): 146-154.
- [7] 雷发美, 万艳, 商少平, 等. 海洋浮标表层环境要素质控流程和方法的研究[J]. 海洋技术学报, 2022, 41(4): 10-25.
- [8] 谭哲韬, 张斌, 吴晓芬, 等. 海洋观测数据质量控制技术研究现状及展望[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(3): 418-437.