海洋仪器测试海区综合环境信息监测系统的研发

姜静波[1,2,3], 王　鑫[4], 于　非[1,2,3,5,6]

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院海洋大科学研究中心, 山东 青岛 266071; 4. 国家海洋技术中心, 天津 300112; 5. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋动力过程与气候功能实验室, 山东 青岛 266237; 6. 中国科学院海洋环流与波动重点实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 提出了一种基于海洋仪器测试海区所开发的环境信息监测系统设计方法, 通过无线网络获取海区内台站、浮标等观测单元所采集的环境要素数据, 实现数据的存储、查询和管理。长时间测试表明, 该系统工作稳定, 可为仪器设备的海上测试与评价提供基础实测数据。

关键词: 海洋仪器; 环境信息; 监测系统

中图分类号: TP212.9　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3096(2020)07-0165-06

DOI: 10.11759/hykx20200216001

由于海洋仪器设备通常工作于复杂的海洋环境(如高海况、高低温、湿热、霉菌、振动冲击、腐蚀、高压等严酷条件), 在海洋仪器装备产业化和业务化应用过程中, 实海况测试是对海洋仪器设备的可靠性、环境适应性等进行客观评价的重要依据, 是检验设备和技术是否达到预定成果的终极途径, 是海洋高技术由实验室走向实际应用必不可少的重要环节。

当前, 欧美等海洋发达国家在海洋仪器设备的现场测试技术研究方面总体处于世界领先地位。美国在蒙特雷湾建立了蒙特雷加速研究系统(Monterey Accelerated Research System), 为进入美国海洋观测网的海洋仪器与装备提供易接入的、深海试验与测试平台, 并为研究人员在 MARS 观测系统附近开展物理、生物、地质和化学观测提供帮助; 加拿大在萨尼奇湾建立了海洋技术试验场(Ocean Technology Test Bed), 帮助研究人员开展科学仪器原型设计、海洋技术开发和系统工程。

为了推进海洋新技术尽快向产品转化, 国家非常重视海洋仪器设备海上试验场区或基地的建设。山东威海褚岛海域凭借其自身优良条件入选我国近海海洋仪器装备实验场。作为代表性的试验场区, 需要对本区域水文气象、生物化学、底质等环境信息进行搜集和调查, 为海洋仪器设备的测试与评价工作提供翔实的环境背景数据。

本文提出一种在褚岛海域搜集和管理环境信息监测系统的研究方法, 在对测试试验海域环境信息数据和精细化调查数据收集和深入分析的基础上, 实时掌握海域环境背景场的时空分布特征和变化规律, 开展数据查询、统计等技术研究, 建立环境数据信息管理系统, 实现各类海洋环境数据信息的有效管理, 服务于海洋仪器的测试与评价工作。

1　海域监测站点布局设计及观测内容

监测海区以褚岛为基准, 一共建立了 6 套监测单元, 其中标准气象站、验潮站、多参数浮标、波浪浮标各 1 套, 海床基水下观测平台 2 套, 所有监测单元均按照相关行业规范进行布设。岸上设有陆基监测平台, 用于在线接收海区内各单元传回的实时数据。监测单元布局图如图 1 所示。

气象站建于褚岛的制高点, 海拔 68 m, 架设风速风向传感器、温湿度传感器、气压传感器、降雨量传感器、能见度传感器, 收集整个海区的综合气象资料; 褚岛东侧建立验潮站, 常年观测海区潮位的

收稿日期: 2020-02-16; 修回日期: 2020-03-31

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1401204); 中国科学院科技网络服务计划(KFJ-STS-ZDTP-055)

[Foundation: The National Key Research and Development Program of China, No. 2016YFC1401204; Science and Technology Network Service Program of the Chinese Academy of Sciences, No. KFJ-STS-ZDTP-055]

作者简介: 姜静波(1979-), 男, 山东青岛人, 副研究员, 主要从事海洋环境监测仪器的研究, 电话: 0532-82898736, E-mail: jiangjingbo@qdio.ac.cn; 于非, 通信作者, 研究员, 主要从事海洋调查与区域海洋学研究工作, 电话: 0532-82898187, E-mail: yuf@qdio.ac.cn

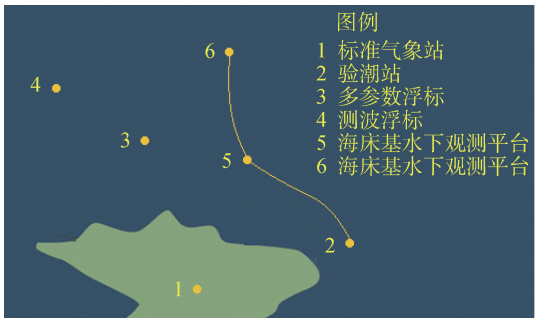

图 1　海区监测单元布局示意图

Fig. 1　Position of the marine monitoring units

信息；多参数浮标集成了小型海面综合气象站，水下温盐深传感器、水质传感器、化学传感器，获取海区海面水层的水文水质要素；测波浮标用于测量海区的波高、波向、波周期等波浪要素；海床基水下观测平台为座底式系统，集成了多普勒剖面流速仪、温盐深传感器、水质传感器，获取海区的剖面流速流向、海底处水文水质要素。海岛气象站、多参数浮标、测波浮标所测量的数据通过北斗和 CDMA 网络并行发送给陆基监测平台，2 台海床基水下观测平台通过水下电缆将采集的信号传送至验潮站，验潮站的数据采集系统接收到上述信号后，连同本身采集的潮位信息，一起通过北斗和 CDMA 网络并行发送给陆基监测平台，精细化人工现场测量每季度开展一次，主要完温盐、水质等要素的走航式断面调查，获取的数据将以人工方式导入到陆基监测平台的数据库中。功能框图如图 2 所示。

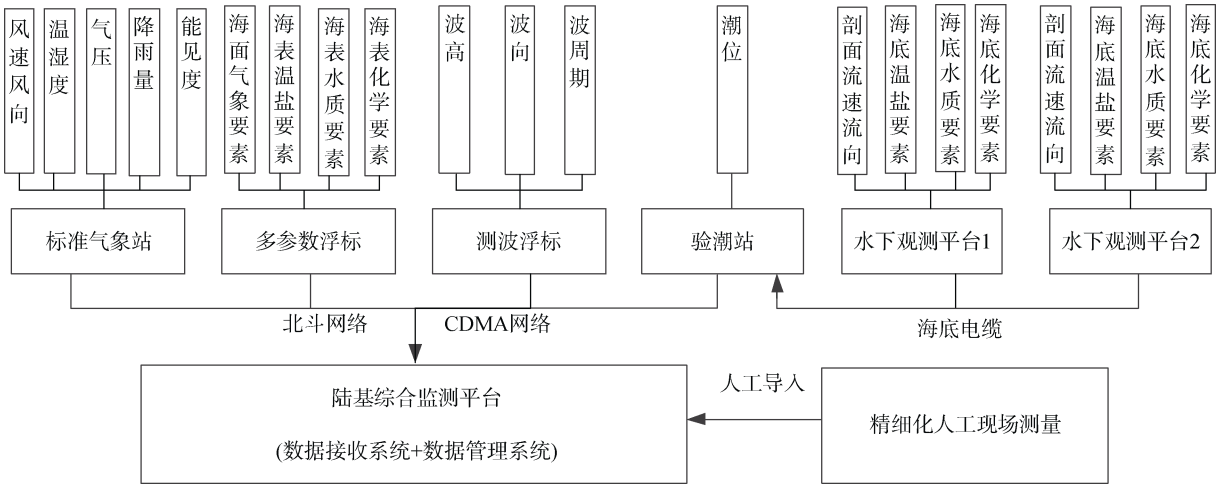

图 2　监测系统整体功能框图

Fig. 2　Functional block diagram of the monitoring system

为做到监测数据的实时传输，凡传输终端位于海面以上的站点，均采用北斗网络和 CDMA 网络双链路传输方式。北斗卫星网络覆盖范围广阔，可实现中国境内的全覆盖，但受制于单次传输有限的数据量，要实现大规模数据的传输，通常需要分多个数据包完成传输，需耗时数分钟，且资费较高；CDMA 网络资费低廉，可实现单个数据包一次性传输完毕，但受制于陆地基站的建设，很多海区无 CDMA 网络，并且部分信号覆盖海区受天气影响，相同地点在不同天气条件下，信号强度会有明显差异。两种传输方式各有利弊，将其并行使用，可以最大限度的保障数据的传输时效和完整率。表 1 给出了两种网络各自的无线传输特征。

2　海域环境数据信息管理

测试试验海域环境数据信息管理分为基础数据库、数据质量控制、数据分析与应用、数据可视化 4 个有机结合的功能模块。

表 1　北斗网络和 CDMA 网络无线传输特征表

Tab. 1　Data transmission characteristics between BeiDou and CDMA networks

网络名称	单次传输字节数	传输通信间隔	单次传输功耗	覆盖范围
北斗网络	108 字节	60 s	大于 180 mW	亚太地区
CDMA 网络	取决于数据接收终端，一般可达 1 024 字节	取决于数据接收终端，可低至 1s	大于 180 mW	国内基站所覆盖地区

(1) 基础数据库。对测试试验海域历史数据、实时监测数据、模拟与预报数据的存储、安全访问控制和备份等基本数据管理功能。

(2) 数据质量控制功能模块。研究试验场相关数据质量控制方法，完成方法的软件封装，建立数据质量控制功能模块，在实测数据进入基础数据库前，对数据进行过滤与筛查，剔除无效数据，保证入库数据质量。

(3) 数据分析与应用功能模块。基于基础数据库，建立数据分析与应用功能模块，实现各测试试验过程中所需的环境参数的统计分析和图件绘制，实现环境参数的多条件查询与导出。

(4) 数据可视化功能模块。基于基础数据库，应用 GIS 技术，针对测试试验需求，建立数据可视化功能模块，实现覆盖全测试试验海域和全部数据信息的可视化展示。

数据信息综合管理平台由前端的人机交互界面和服务器端后台数据库管理系统构成，整体上基于 C/S 架构，将上述 4 个功能模块整合在一起。所有的站点采样数据会以加密的字符串形式每小时通过无线网络传送至与服务器的网路端口，数据库管理程序将字符串解密后，完成各个观测要素数据的智能解析与入库操作。用户或管理人员只需通过前端界面向服务器端提出请求，利用分级秘钥获取服务器端返回的结果，可实现数据的查询、检索和管理。图 3 给出了数据信息管理系统示意图。

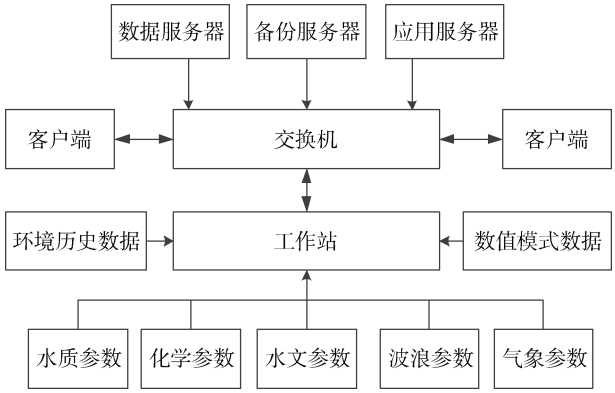

图 3 数据信息管理系统示意图

Fig. 3 Schematic of the data information management system

3 陆基综合监测平台

综合环境信息监测系统站点众多，数据需要集中汇总到陆基数据库，并在陆基监测平台做界面化显示，其建设是一个复杂的工程。表 2 给出了各工作站点的工作模式。

表 2 各工作站点数据传输信息表

Tab. 2 Data information table for each worksite parameter

站点	传感器数量/个	观测参数/个	传输字节/byte	传输方式	传输频/min	数据方式	维护频率/个月
标准气象站	5	5	62	北斗/CDMA	60	16 进制	4
多参数浮标	4	15	266	北斗/CDMA	60	16 进制	4
测波浮标	1	3	36	北斗/CDMA	60	16 进制	1
验潮站	2	3	18	北斗/CDMA	60	16 进制	6
水下观测平台 1	4	16	288	北斗/CDMA	60	16 进制	1
水下观测平台 2	4	16	288	北斗/CDMA	60	16 进制	1

在各站点陆续布放投入使用后，各站点将各自采集的数据分别发送至陆基服务器，为避免数据同一时刻扎堆传至服务器端口，造成数据冲突乃至丢失，为每个站点设计了特定的数据传送时间。陆基服务器始终开放两个端口，分别接收北斗网络数据信号和 CDMA 网络信号，各站点的数据按照预设定的发送时间，先后通过不同的网络传送至服务器对应的端口。数据传输时序见图 4。

由图 4 可见，借助表 2 信息，由于受制于北斗网络传输数据字节的限制，在该网络下，完成海上全部数据的传输所需时间为 11 min，远高于 CDMA 网络完成数据传输所需的 4 min。数据均在整点前完成传输，并在整点时刻完成数据更新。因为 CDMA 网络的通信链路受天气影响较大，因此，终端显示采用解析后的北斗网络回传数据，CDMA 网络回传数据作为数据备份存在数据库中。

完成传输后，所获取的数据需要在入库存储之前进行筛选，完成质量控制。在此过程中，严格按照监测要素指标要求执行，对不符合数值范围的监测数据进行筛选和剔除，呈现可靠有效的监测数据。通过分析该海区的实际历史环境信息资料，对其环境数据资料做了如下质量控制，如表 3 所示。

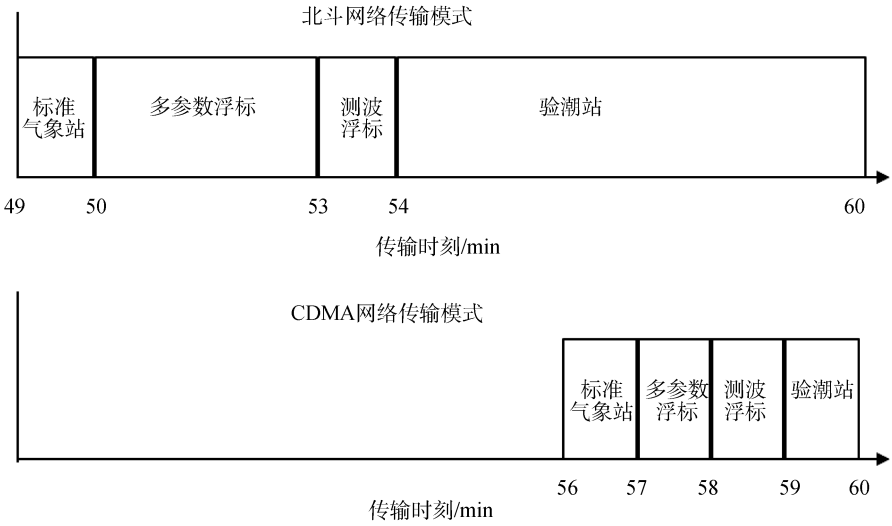

图 4　北斗网络和 CDMA 网络传输模式下数据传输时序图

Fig. 4　Sequence diagram of data transmission in the BeiDou and CDMA networkss

表 3　数据质量控制表

Tab. 3　Data quality control

序号	测量参数	测量参数数值范围	入库初始条件
1	风速	0~60 m/s	数值在测量范围内
2	风向	0~360°	数值在测量范围内
3	气温	–25~45℃	数值在测量范围内
4	湿度	0~100%	数值在测量范围内
5	气压	850~1 100 hPa	数值在测量范围内
6	降雨量	0~50 mm	数值在测量范围内
7	能见度	10~10 000 m	数值在测量范围内
8	水温	–2~35℃	数值在测量范围内
9	盐度	8~36	数值在测量范围内
10	溶解氧	0~15 mg/L	数值在测量范围内
11	pH 值	2~12	数值在测量范围内
12	浊度 $_{FTU}$	0~500	数值在测量范围内
13	叶绿素 *a* 质量浓度	0~15 μg/L	数值在测量范围内
14	深度	0~200 m	数值在测量范围内且小于布放点水深
15	流速	0~300 mm/s	数值在测量范围内设备倾角小于 15°
16	流向	0°~360°	数值在测量范围内设备倾角小于 15°
17	波高	0.3~15 m	数值在测量范围内设备倾角小于 15°
18	波向	0°~360°	数值在测量范围内设备倾角小于 15°
19	波周期	2~30 s	数值在测量范围内设备倾角小于 15°

陆基服务器端口在收到各站点传过来的数据后第一时间先以文本形式存储原始记录，紧接着进行数据解析，各个环境信息要素经过解析后的值，如果不符质量控制表里的条件，将被认为是无效数据，不予存储。在数据的处理后台管理的方法上，增加了人工复检的第二步的数据质量控制方法，将程序筛选后的入库数据进行了二次检查，引入此步骤，可以提高系统的数据有效率，增强系统数据的科学性与可靠性。

数据经一系列处理之后，完成入库，将通过人机交互界面呈现出来。通过软件界面，可以看到各个参数最近时刻更新的数据。软件具有良好的可扩展

性和易维护性，具备分级显示、用户访问权限管理等功能。通过站号的选择，可以方便切换到目标站点的信息；通过查询功能，可以根据需求按条件检索信息；具备数据管理和报表生成功能，方便业务化管理的需求。

软件界面见图 5。

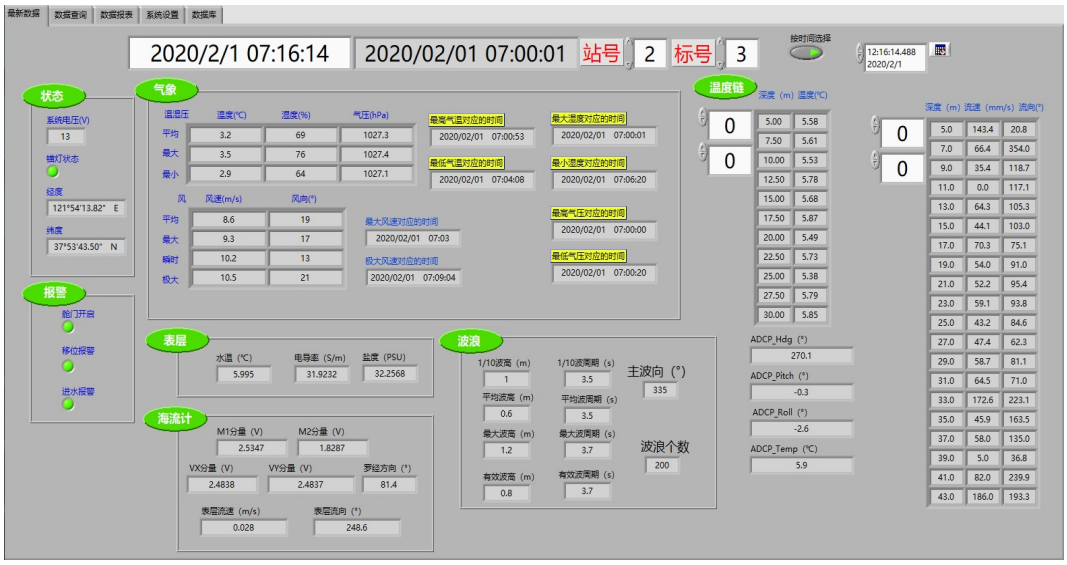

图 5　数据采集软件界面

Fig. 5　Interface of the acquisition software

图 6 给出了 2020 年 2 月 6 日至 2 月 13 日期间波浪浮标最大波高、对应波周期和测风塔的最大风速数据曲线，可以方便科研人员通过软件进行阶段性的数据查询和展示。

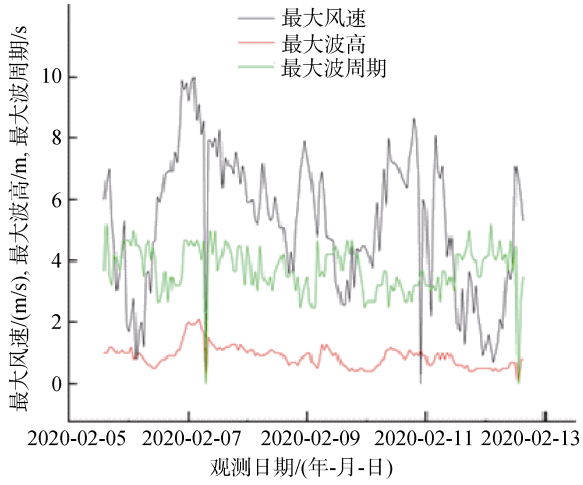

图 6　一周内最大风速、最大波高、最大波周期的数据曲线

Fig. 6　Data curve of maximum wind speed, maximum wave height, and maximum wave period in a week

4　小结与展望

6 个站点自 2018 年以来，陆续布放于褚岛海洋仪器测试海区，取得了连续的实时观测数据。作为海洋仪器装备性能测试与评价的背景场数据，为海洋仪器设备在定点、长期、连续的实海况下，稳定性、可靠性、环境适应性和可维修性的测试与评价工作，提供了翔实的环境背景数据和数据信息服务。特别是在 2020 年冬天，获取了连续寒潮过境时的综合环境信息，更是为场区积累了极端天气下的宝贵气象水文数据，

通过调取一段时间内的数据，科研人员可以按需求检索测试海区内的海洋环境信息，了解季节性的海况变化，为仪器的海上测试工作制定计划。环境信息监测系统在后期将与数值预报与分析手段相结合，发挥小区域、多站点观测的优势，创新数据分析与处理方法，利用测试试验海域环境数值模拟与预报系统，实时掌握海域环境背景场的时空分布特征和变化规律，为仪器设备测试试验的时间窗口、试验周期、试验区域选择等试验方案制定、仪器设备测试与评价提供依据。

参考文献:

[1]　漆随平，厉运周. 海洋环境监测技术及仪器装备的发展现状与趋势[J]. 山东科学, 2019, 32(5): 21-30.
Qi Suiping, Li Yunzhou. A review of the development

and current situation of marine environmental observation technology and instruments[J]. Shandong Science, 2019, 32(5): 21-30.

[2] 王春晓, 王旭, 刘长华, 等. 一种用于海洋综合观测浮标的多种通信方式集成系统[J]. 海洋科学, 2020, 44(1): 142-147.
Wang Chunxiao, Wang Xu, Liu Changhua, et al. A multi-communication system used for an integrated marine observation buoy[J]. Marine Sciences, 2020, 44(1): 142-147.

[3] 韩旭, 吕良良, 何昆鹏. 小型海洋环境监测平台设计[J]. 2019, 46(3): 13-20.
Han Xu, Lü Liangliang, He Kunpeng. Design of small marine environment monitoring platform[J]. Applied Science and Technology, 2019, 46(3): 13-20.

[4] 姜静波, 李安春. 东海陆架水文浊度要素自动采集系统设计[J]. 海洋科学, 2016, 40(8): 91-93.
Jiang Jingbo, Li Anchun. Design for automatic collection of hydrology and turbidity samples on the East China Sea Shelf[J]. Marine Sciences, 2016, 40(8): 91-93.

[5] 王军成. 海洋资料浮标原理与工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2013: 27-56.
Wang Juncheng. The Theory and Project of Ocean Data Buoy[M]. Beijing: China Ocean Press, 2013: 27-56.

[6] 徐如彦, 沈宁, 倪佐涛, 等.自升式连体潜标测量系统的设计与实施[J]. 海洋科学, 2014, 38(12): 94-98.
Xu Ruyan, Shen Ning, Ni Zuotao, et al. Design and analysis of the self-elevating double submerged buoy measurement system[J]. Marine Sciences, 2014, 38(12): 94-98.

[7] 刘长华, 冯立强, 贾思洋, 等. 信息技术在海洋观测浮标系统安全保障体系的应用[J]. 科研信息化技术与应用, 2014, 5(4): 75-81.
Liu Changhua, Feng Liqiang, Jia Siyang, et al. The application of information technology to security assurance of ocean observation buoy system[J]. e-Science Technology & Application, 2014, 5(4): 75-81.

[8] 任建明, 陈永华, 刘长华. 中国近海海洋科学观测研究网络[J]. 科研信息化技术与应用, 2011, 2(5): 72-80.
Ren Jianming, Chen Yonghua, Liu Changhua. China offshore marine observation and research network[J]. e-Science Technology & Application, 2011, 2(5): 72-80.

[9] 姜静波, 徐永平, 李思忍, 等. 多参数海洋浮标实时采集系统的设计[J]. 海洋科学, 2014, 38(12): 99-102.
Jiang Jingbo, Xu Yongping, Li Siren, et al. Design of multi-parameter ocean buoy data acquisition system[J]. Marine Sciences, 2014, 38(12): 99-102.

Research and development of integrated environmental monitoring system for marine instrument test area

JIANG Jing-bo[1, 2, 3], WANG Xin[4], YU Fei[1, 2, 3, 5, 6]

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 4. National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China; 5. Laboratory for Ocean Dynamic and Climate, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China; 6. CAS Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Feb. 16, 2020
Key words: marine instruments; environmental information; monitoring system

Abstract: This study proposes a method for an environmental information monitoring system based on a marine instrument test area. Environmental element data were collected by observation units, such as stations and buoys, in the marine area through wireless network, and data management was completed at the same time. Long-term tests showed that the system worked stably and provided basic measurement data for offshore tests and evaluation of instruments.

(本文编辑: 刘珊珊)