

韩国海洋浮标实时数据采集与比对分析

卢勇夺¹, 高志一¹, 王朝阳², 刘喜惠³

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 国家海洋信息中心, 天津 300171; 3. 中国环境监测总站, 北京 100012)

摘 要: 使用 C++ 开发语言和 Oracle 数据库采集韩国气象局网站发布的韩国海洋浮标实时数据, 利用我国海洋浮标观测网中的 MF03007 浮标数据与韩国西海 170 浮标数据开展数据比对。结果显示: 西海 170 浮标与我国 MF03007 浮标观测结果相近, 散点分布较为集中均匀, 相关系数较高。韩国海洋浮标观测可与我国近海海洋浮标观测形成有效互补。

关键词: 海洋浮标; 海洋观测网; 数据采集; 数据比对

中图分类号: P714 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2022)02-0086-06

1 引言

作为认知海洋、保护海洋和经略海洋的重要基础, 海洋观测一直是人类从事海洋活动以及开发利用海洋的首选项, 其对海洋科学技术、海洋防灾减灾和海洋资源开发等具有非常重要的推动作用。自 20 世纪 70 年代起, 美国、日本和欧盟等相继建立了以重点沿海和海域为主要覆盖对象的海洋立体观测网, 在全球海洋经济活动和气候变化研究中发挥了不可或缺的作用^[1-3]。近年来, 我国通过实施全球海洋立体观测网工程, 建立了以覆盖我国管辖海域为主、西北太平洋为重点的海洋立体观测网, 为提升我国海洋灾害应对和生态保护能力, 以及气候变化研究等提供了重要的基础和支撑, 推进了我国认识、开发和保护海洋等领域的研究进程。

韩国是我国的海上邻国, 位于亚洲大陆朝鲜半岛南端, 我国渤海和黄海东侧。韩国三面环海, 台风(温带气旋)通常经过海洋到达其陆上国土。海洋水产、旅游和造船等是韩国国民经济的重要产业支柱, 涉海海洋活动与海洋环境状况密切相关, 因此台风监测和海洋气象观测是韩国气象局(Korea Meteorological Administration, KMA)主要的业务组成部分。KMA 通过其网站等媒介对公众发布台风

监测信息、海洋环境预报以及准实时海洋环境观测信息等(网址: <https://www.weather.go.kr/w/index.do>), 为其国民和涉海单位提供大量海洋信息服务, 在韩国海洋防灾减灾中发挥了重要作用。

我国是世界上遭受海洋灾害影响最严重的国家之一, 沿海地区海洋灾害日益突出, 海洋防灾减灾形势十分严峻。据 2019 年《中国海洋灾害公报》数据, 2019 年仅山东省受海洋灾害影响造成的直接经济损失就达到 21.63 亿元; 1909 号超强台风“利奇马”在浙江省温岭首次登陆后, 穿过江苏进入黄海海域, 于 11 日 20 时(北京时)在山东省青岛市二次登陆, 造成了重大经济损失。海浪对海上船舶航行至关重要, 2019 年我国近海共发生有效波高 4.0 m (含)以上的灾害性海浪过程 39 次, 损毁船只 14 艘, 死亡(含失踪)22 人。因此, 增强海洋观测能力, 提升海洋监测水平, 对提高海浪和风暴潮等海洋预警能力与海洋防灾减灾具有非常重要的意义。

本文采用 C++ 和 Oracle 数据库技术, 实现了 KMA 网站海洋浮标实时数据采集, 并进行了浮标数据的存储与处理; 在此基础上, 利用与韩国西海 170 浮标(以下简称西海 170 浮标)距离相近的我国海洋浮标观测网中的 MF03007 浮标(以下简称 MF03007 浮标)的同步观测数据开展比对, 对相关

收稿日期: 2021-03-14; 修回日期: 2021-05-21。

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1407001; 2017YFC1404100)。

作者简介: 卢勇夺(1986-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事海洋实时数据管理及处理工作。E-mail: luyd@nmefc.cn

通讯作者: 刘喜惠(1986-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事环境监测工作。E-mail: liuxh@csmec.cn

结果进行分析,为KMA海洋浮标实时数据在我国黄海及其他海域的数据处理与应用提供参考。

2 数据采集与存储

数据采集是指通过互联网采集KMA发布的韩国海域20余个浮标站点的观测资料,对其进行解析后存储到实时数据库中。数据采集流程如图1所示。

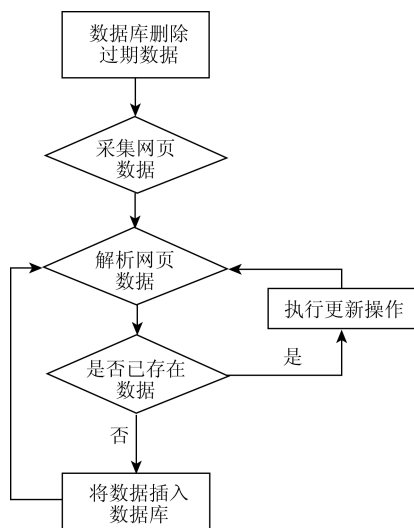


图1 韩国海洋浮标数据采集流程图

Fig.1 The data collection process chart of Korean marine buoys

数据共享是指定时导出数据库中存储的韩国海域浮标数据,以文本格式存储到国家海洋环境预报中心局域网中,并通过甚小口径卫星终端站(Very Small Aperture Terminal, VSAT)数据传输网分发数据,供相关预报员和研究人员等应用。数据存储流程如图2所示。

数据采集与存储是使用C++开发语言在Visual Studio 2019下完成的,并在Oracle数据库中建立实时库用于数据存储,数据采集规则、数据网页地址、海洋浮标数据和采集日志均采用字符型,采集日志与数据存储采用文本格式,便于数据的应用与处理。数据文件格式说明见表1。

利用手工测试的方式对数据采集与存储程序进行测试,需要输入的数据有:数据采集规则和数据来源,采取查看数据采集日志和实时库来测试程

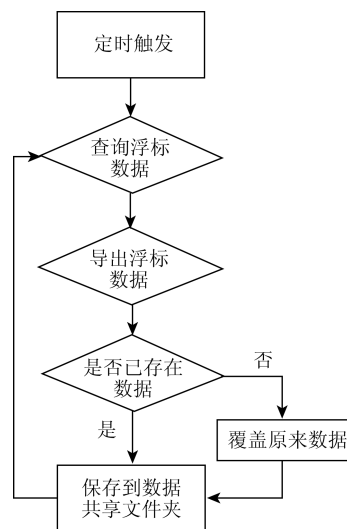


图2 韩国海洋浮标数据存储流程图

Fig.2 The data sharing process chart of Korean marine buoys

序的主要性能,包括采集的成功率和时效性。通过测试,数据采集成功率 $\geq 95\%$,信息准确率 $\geq 98\%$,漏采和信息错误主要发生在风向和波向上,程序的请求响应时间 ≤ 1 s。

3 数据比对与方法

海洋浮标能够自动获取海洋水文、气象和生态等参数并传输给岸上数据中心,是一种较为理想的海洋观测平台,具有长期性、连续性和全天候等特点,是离岸观测中最重要的手段之一^[4-6]。KMA网站的海洋气象观测主要通过海上浮标、波浪计和观测船等实施,其中,韩国海洋观测网络由23处浮标、6处雷达式波浪计、1艘观测船和1处无人基地组成,浮标主要站位信息见表2。通过卫星通信网可将海洋观测资料实时传送到陆地,用于灾害性海洋监测、海洋环境预报、海洋警报及海洋科学研究等。我国在黄海海域布放了10余个大型锚系浮标,形成了布局合理且运行稳定的浮标观测网,通过岸上数据中心实现了实时数据的采集、传输、接收和处理等,为我国黄海、对马海峡和日本海西部的海浪和气象预报业务提供了重要的数据支撑。

因受大陆影响,黄海海域的台风(温带气旋)相对较少,给台风(热带气旋)预警报工作以及海洋环境预警报能力的提升增加了难度,因此,实时的海

表1 韩国海洋浮标存储数据格式说明

Tab.1 The data storage format of Korean marine buoys

编号	数据字段	说明	备注
1	站位	浮标站位	
2	时间	数据更新时间	UTC
3	经度	浮标经度数值	范围: $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$, 数据分辨率: 0.01°
4	纬度	浮标纬度数值	范围: $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 数据分辨率: 0.01°
5	风向	浮标所在海域平均风向	范围: $0^{\circ} \sim 359^{\circ}$, 数据分辨率: 1° , 网页用方位表示
6	风速	浮标所在海域平均风速	范围: $0 \sim 50$ m/s, 数据分辨率: 0.1 m/s
7	阵风	阵风	范围: $0 \sim 50$ m/s, 数据分辨率: 0.1 m/s
8	气压	浮标所在海域平均气压	范围: $300 \sim 1\ 100$ hPa, 数据分辨率: 0.1 hPa
9	气温	浮标所在海域平均气温	范围: $0 \sim 50$ $^{\circ}\text{C}$, 数据分辨率: 0.1 $^{\circ}\text{C}$
10	相对湿度	浮标所在海域平均相对湿度	范围: $0 \sim 100\%$, 数据分辨率: 1%
11	水温	浮标所在海域表层	范围: $0 \sim 50$ $^{\circ}\text{C}$, 数据分辨率: 0.1 $^{\circ}\text{C}$
12	最大波高	所在海域最大波高	范围: $0 \sim 20$ m, 数据分辨率: 0.1 m
13	有效波高	所在海域有效波高	范围: $0 \sim 20$ m, 数据分辨率: 0.1 m
14	平均波高	所在海域平均波高	范围: $0 \sim 20$ m, 数据分辨率: 0.1 m
15	波周期	平均波周期	范围: $0 \sim 30$ s, 数据分辨率: 0.1 s
16	波向	波向	范围: $0^{\circ} \sim 359^{\circ}$, 数据分辨率: 1° , 网页用方位表示

洋观测数据显得更加珍贵。通过采集并分析韩国海洋浮标数据,可以评估该数据是否能有效补充我国在此海域的监测网络,是否可用于进一步研究和认知此海域的海洋环境。针对西海 170 浮标,我们选取了距其最近的我国黄海海域浮标 MF03007,对 2021 年 2 月 5 日—3 月 8 日(共计 739 个时次)期间的海洋观测数据进行分析研究,为韩国海洋浮标观测数据的处理应用提供一定参考^[7-11]。

为检验分析结果,本文选取了西海 170 浮标与 MF03007 浮标数据的平均偏差 (*Bias*)、均方根 (Root Mean Square, *RMS*)、相关系数 (*Corr*) 等作为评价因子。平均偏差、均方根和相关系数的具体形式如下:

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i) \quad (1)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

式中, x_i 表示西海 170 浮标要素观测值; y_i 表示与之对应的 MF03007 浮标要素观测值; n 表示数据个数。

4 分析结果与讨论

为了方便对比分析研究,我们以 MF03007 浮标与西海 170 浮标两者同期相同的观测要素为研究对象,其中风速、气压、有效波高、波周期、最大波高和水温等要素的匹配数据为 739 个,而风向要素由于缺测得到的匹配数据较少,为 574 个。以 MF03007 浮标观测数据为横坐标,西海 170 浮标观测数据为纵坐标,做出两者观测数据的散点图,具体结果见图 3。与此同时,为了定量分析韩国海洋浮标数据的基本情况,我们计算了西海 170 浮标观测数据相对于 MF03007 浮标观测数据的平均偏差、RMS 和相关系数,结果见表 3。

从图 3 和表 3 中可以看出 2021 年 2 月 5 日—3 月 8 日 MF03007 浮标与西海 170 浮标之间主要要素的散点分布。气压要素散点分布非常集中且均匀,相关性非常好,相关系数约为 0.99,从其一次拟合函数

表2 KMA海洋浮标站位信息简表

Tab.2 The location information table of Korean marine buoys

序号	浮标名称	纬度/°N	经度/°E
1	马罗岛	33.11	126.26
2	加多岛	33.16	126.27
3	南海 239	33.2	125.4
4	西归浦	33.22	126.66
5	楸子岛	33.94	126.31
6	西海 206	34.02	125.1
7	巨文岛	34.04	127.3
8	可居岛	34.07	125.11
9	红岛	34.69	125.21
10	统营	34.82	128.45
11	新安	34.84	126.09
12	巨济岛	34.89	128.65
13	西海 190	35.2	125.5
14	蔚山	35.5	129.5
15	扶安	35.76	126.52
16	浦项	36.04	129.38
17	西海 170	36.2	125.5
18	外烟岛	36.21	126.07
19	蔚珍	37.1	129.6
20	德积岛	37.23	126.12
21	仁川	37.5	126.34
22	郁陵岛	37.5	130.9
23	东海	37.51	129.12

来看,系数近似为1,常数约为23,拟合曲线基本与对角线平行,西海170浮标气压相对较大。风速散点分布相对集中且均匀,主要位于对角线两侧,离散点较为零星,相关系数约为0.89,西海170浮标风速观测相对准确有效。风向分布较为离散,尤其是在 0° 和 360° 附近时,这有可能是风向测量比较敏感造成时,对风向 0° 或 360° 存在一定的测不准的情况,但风向相关系数依旧达到了0.63。有效波高散点基本均匀分布于拟合曲线两侧,相关度较好,相关系数约为0.92,总体RMS为0.42 m,与我国浮标波高观测允许误差0.3 m基本相当,但波高 ≤ 2.5 m时,

西海170浮标有效波高相对MF03007浮标略小。波周期散点分布较为集中且均匀,散点分布于对角线上方,西海170浮标波周期相对MF03007浮标偏大。最大波高散点集中且均匀地分布于拟合曲线两侧,相关系数约为0.90,RMS为0.77 m;与有效波高相比,尽管其相关系数略小,但当最大波高 ≤ 6 m时,其分布更为集中且均匀。对于相对风速、气压和波高等海洋气象观测要素来说,外海海域水文要素常年变化较小,海域水温集中在 $7\sim 11^{\circ}\text{C}$,其散点分布较为离散,相关度较小,相关系数约0.56,且集中分布于对角线下方,西海170浮标相对MF03007浮标变化偏小,平均偏差为 -1.40°C ,这主要是两浮标布放海域不同造成的。总体来说,西海170浮标观测结果与MF03007浮标结果的相关性较高,误差较小,数据质量较好,可有效补充我国黄海海域的浮标观测,在该海域海洋观测预警报和海洋科学研究等方面具有重要价值。

5 结论与展望

针对KMA网站发布的海洋浮标实时数据,采用C++语言和Oracle数据库,开展了海洋浮标数据的采集和存储;在此基础上,利用我国海洋浮标观测网的黄海海域MF03007浮标和韩国西海170浮标2021年2月5日—3月8日的观测数据,开展了主要观测要素数据的对比工作。结论如下:

(1)两个浮标的风速、气压、有效波高、最大波高和波周期等气象要素数据散点分布相对集中且均匀,相关系数较大,尤其是有效波高和最大波高达到0.9,说明韩国与我国的浮标观测性能相近,数据质量较好且准确性高,可较好地服务于黄海及韩国周边海洋预警报业务和相关涉海研究。

(2)韩国浮标数据采集与共享程序运行稳定,建立国家海洋环境预报中心局域网数据共享文件夹,供预报员在海洋预警报业务和海洋科学研究等工作中调取和使用,为进一步认识研究我国周边海域的海洋环境状况提供支撑。

在下一步研究中,我们将针对更长时间序列的韩国浮标和我国浮标观测网的数据进行对比研究,同时结合海洋浮标数据异常值检测研究工作,提升我国及周边海域海洋浮标的处理和分析能力,推动

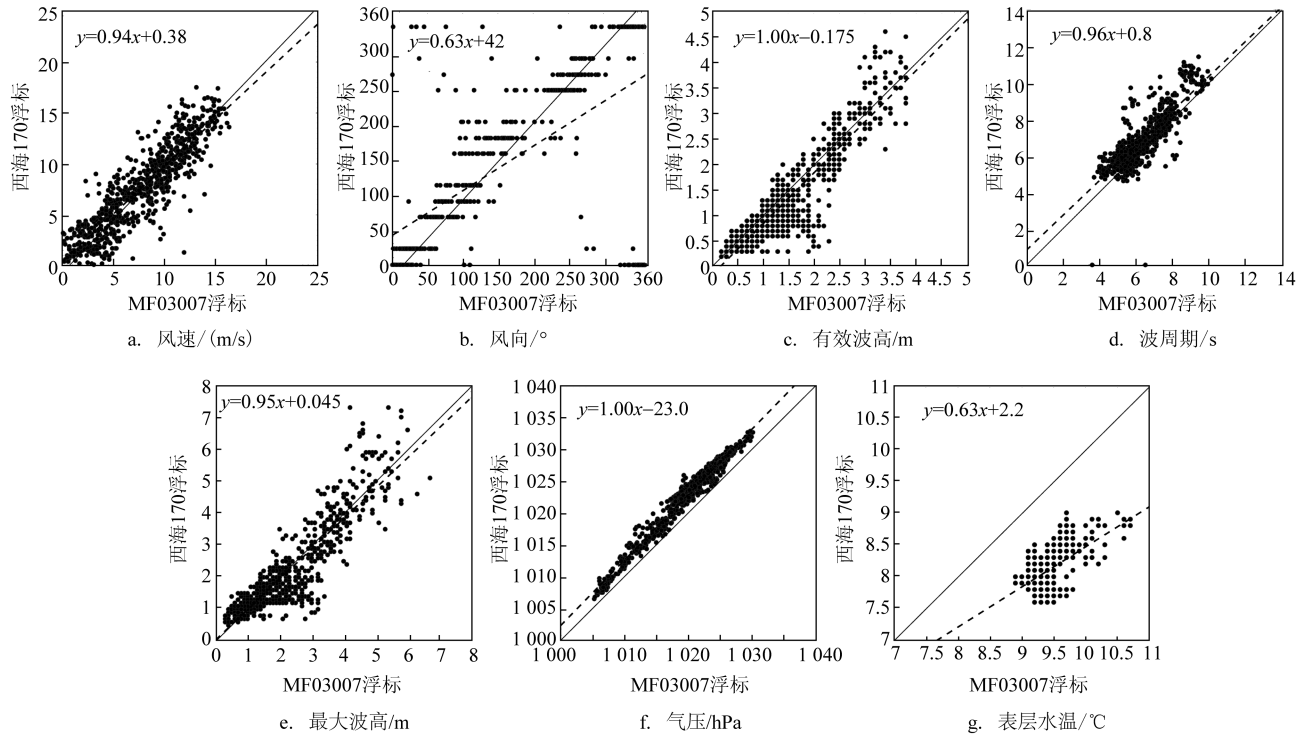


图3 MF03007浮标与西海170浮标主要要素观测数据比对散点图

Fig.3 The scatter diagram of main observed variables between MF03007 and West Sea 170

表3 MF03007浮标与西海170浮标主要要素观测数据
对比结果

Tab.3 Comparison of the main observed variables
between MF03007 and West Sea 170

观测要素	Bias	RMS	Corr
风速/(m/s)	-0.14	1.97	0.887 0
风向/°	-17.64	4.42	0.632 2
气压/hPa	-2.57	75.30	0.985 8
有效波高/m	-0.17	0.42	0.921 7
波周期/s	0.52	0.97	0.853 4
最大波高/m	-0.14	0.77	0.896 6
水温/°C	-1.40	1.66	0.555 9

海洋浮标数据融合研究,为海洋防灾减灾和海洋环境评估科学研究等提供有价值的参考。

参考文献:

[1] 安德烈亚斯·席勒,加里·布拉辛顿. 21世纪业务化海洋学[M]. 王辉,朱学明,李本霞,等译. 北京: 海洋出版社, 2020.
Schiller A, Brassington G B. Operational oceanography in the 21st century[M]. Wang H, Zhu X M, Li B X, et al, trans. Beijing: China

Ocean Press, 2020.

[2] 尹路,李延斌,马金钢. 海洋观测技术现状综述[J]. 舰船电子工程, 2013, 33(11): 4-7, 13.
Yin L, Li Y B, Ma J G. Present status of marine observation technology[J]. Ship Electronic Engineering, 2013, 33(11): 4-7, 13.
[3] Send U, Davis R, Fischer J, et al. A global boundary current circulation observing network[C]//Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society. Venice: ESA Publication, 2010.
[4] 李民,盛岩峰,袁新,等. 国内大型海洋水文气象资料浮标的现状及发展方向[J]. 气象水文海洋仪器, 2002(2): 1-4.
Li M, Sheng Y F, Yuan X, et al. The actuality & development of domestic large oceanal information buoy[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instrument, 2002(2): 1-4.
[5] 王波,李民,刘世萱,等. 海洋资料浮标观测技术应用现状及发展趋势[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(11): 2401-2414.
Wang B, Li M, Liu S X, et al. Current status and trend of ocean data buoy observation technology applications[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2014, 35(11): 2401-2414.
[6] 戴洪磊,牟乃夏,王春玉,等. 我国海洋浮标发展现状及趋势[J]. 气象水文海洋仪器, 2014, 31(2): 118-121, 125.
Dai H L, Mou N X, Wang C Y, et al. Development status and trend of ocean buoy in China[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2014, 31(2): 118-121, 125.
[7] 陈上及,马继瑞. 海洋数据处理分析方法及其应用[M]. 北京: 海

- 洋出版社, 1991.
- Chen S J, Ma J R. Ocean data processing and analysis method and its application[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991.
- [8] 郑琳, 刘艳, 崔文林, 等. 海洋监测数据质量评估研究[J]. 海洋通报, 2014, 33(2): 228-234.
- Zheng L, Liu Y, Cui W L, et al. Research on the quality assessment of marine environmental monitoring data[J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(2): 228-234.
- [9] 李飞, 卢勇夺, 林波, 等. 初探支持向量机算法在海洋站观测数据质量控制中的应用[J]. 海洋预报, 2016, 33(2): 66-73.
- Li F, Lu Y D, Lin B, et al. Preliminary study of marine observation data quality control based on support vector machine algorithm[J]. Marine Forecasts, 2016, 33(2): 66-73.
- [10] 卢勇夺, 王朝阳, 王豹, 等. 我国海洋锚系浮标数据异常值检测方法研究——以 QF110 和 QF306 为例[J]. 海洋预报, 2019, 36(6): 37-43.
- Lu Y D, Wang Z Y, Wang B, et al. Research on outlier detection method for marine anchor buoys in China, using QF110 and QF306 as an example[J]. Marine Forecasts, 2019, 36(6): 37-43.
- [11] 国家海洋局. HY/T 142-2011 大型海洋环境监测浮标[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- State Oceanic Administration. HY / T 142-2011 Large mooring buoy system for ocean observing[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.

Real-time data collection and comparative analysis of Korean marine buoys

LU Yongduo¹, GAO Zhiyi¹, WANG Zhaoyang², LIU Xihui³

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China; 2. Marine Data and Information Service, Tianjin 300171 China; 3. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012 China)

Abstract: In this paper, we collect real-time data of marine buoys from the Korea Meteorological Administration (KMA) website using the C++ language and Oracle database, and carry out data comparison of No.170 buoy in the Korea West Sea and MF03007 buoy of the Chinese ocean buoy observing network. The results show that the values of the two buoys are close to each other with high correlation coefficient, and the scatter distribution is concentrated and evenly distributed. It reveals that the Korean buoy observation is an effective complementary with offshore buoy observation in China.

Key words: marine buoys; ocean buoy observing network; data collection; data comparison