

印度海洋观测预报发展现状和思考

任湘湘, 夏冬冬

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

摘 要: 分析了印度国家海洋信息服务中心及其主导的印度海洋观测预报发展现状, 并与我国进行对比。结果表明: 印度海洋观测预报的总体能力与我国有一定差距, 但是也富有自身特色。围绕观测数据共享和服务、针对性产品开发和国际培训等方面对我国未来发展提出建议。

关键词: 印度; 海洋观测预报; 现状; 对比

中图分类号: P724 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2022)03-0107-10

1 引言

建设“21世纪海上丝绸之路”是促进我国经济转型和重构经贸合作格局的重大举措, 也是拓展国际合作发展新空间并参与和引领全球经济治理的重大战略部署^[1-2]。印度洋是海上丝绸之路的重要组成部分, 在新的国际政治、经济和军事形势下, 中国无论是对外经贸还是能源安全等, 都与印度洋息息相关^[3-4]。当中国把目光投向印度洋, 就不能不注意到印度这个国土辽阔、海岸线长且人口众多的周边大国及新兴国家^[5]。中印两国的海上安全关系决定着整个印度洋-太平洋(“印太”)地区未来秩序的走向^[6-7]。

一方面, 我国在印度洋地区日益呈现出积极进取的战略姿态^[8], 能源安全、海上运输和经贸交流等领域的战略利益需要得到切实的保障^[9]; 另一方面, 印度洋海洋和大气环流季节变化显著, 海-气相互作用十分强烈, 季节内振荡、热带气旋、内波和强流等极端天气和海洋过程频发^[10-11], 给海上运输通道保障、海上工程与作业环境和海上应急与搜救带来了严重威胁, 致使海上意外事故时常发生^[12]。海洋观测预报在印度洋海洋权益维护、防灾减灾、生态保护、资源开发和辅助决策等领域扮演的角色得以凸显^[13-14]。在此背景下, 我们既要围绕国家战略利

益进行观测预报保障能力的建设, 也要对印度洋周边国家, 特别是印度的海洋观测预报业务能力进行深入了解。

通过对印度尼西亚、巴基斯坦、孟加拉、阿曼和也门等国家的调研发现, 由于长期以来各国在海洋观测预报投入上的欠缺, 致使印度洋海洋观测数据匮乏, 预报系统精度较低, 严重制约了其海洋环境安全保障能力的发展^[15]。近年来, 随着经济发展和信息技术的进步, 印度气象和业务化海洋学事业发展势头非常迅猛^[16], 其海洋观测预报系统已经建立起来, 并且在产品可视化和用户针对性上具有特色。印度的海洋观测和预报信息服务主要由印度国家海洋信息服务中心(Indian National Centre for Ocean Information Services, INCOIS)负责, 因此, 本文将着重介绍 INCOIS 及其主导的印度海洋观测预报的发展现状, 以及给我们带来的思考。

2 印度海洋观测预报组织与管理

1999年 INCOIS 成立于海德拉巴(Hyderabad), 是印度地球科学部(Ministry of Earth Sciences, MoES)指导下的一个自主组织, 同时也是地球系统科学组织(Earth System Science Organization, ESSO)的一个组成单位, 因此一般简称为 ESSO-

INCOIS。ESSO-INCOIS致力于通过持续观测和集中研究为社会、工商业界、政府和科研团体提供海洋信息服务。

2.1 主要职责

ESSO-INCOIS的职责是通过维护海洋观测系统,持续提升针对信息管理和海洋模式的系统性研究,向工业界、科学界、政府和社会提供海洋数据信息和咨询服务。

2.2 组织结构

ESSO-INCOIS管理委员会主席由来自地球科学部的代表担任,主任负责日常所有业务。中心下属8个部门,共77名正式员工,其中有47名科研人员,19名科研辅助人员和11名行政人员。另外,项目聘用了88人。

2.3 业务化海洋学国际培训中心

ESSO-INCOIS下设业务化海洋学国际培训中心(International Training Centre for Operational Oceanography, ITCOcean),旨在国家、区域以及全球层面上促进业务化海洋学的科学原理、技术和信息的发展。

2.3.1 培训目标

ITCOcean为周边国家和其他发展中国家的青年科技人员和决策者提供常规业务化海洋学培训。培训内容包括现场和卫星数据生成、传输、接收和处理以及数值预报的制作与分发;提供出海实践机会,训练学员使用船载仪器进行海洋观测;在全球

层面上促进多学科交叉海洋学的发展,提高对自然资源的理解和管理水平。必须说明的是针对外国的培训项目是收费的。

2.3.2 培训对象

ITCOcean的培训对象主要是有志于投身业务化海洋学的印度、印度洋沿岸国家、非洲和其他发展中国家的学生。ITCOcean还培训海事、渔业相关从业人员、从事海洋管理与服务的政府决策者、从事灾害管理和海岸带开发的非政府组织、海岸带规划人员以及其他业务化海洋学中心的员工。

3 海洋观测网

印度海洋观测网(India Ocean Observation Networks, IndOON)主要包括验潮站和自动气象站等岸基观测设施以及卫星和各类浮标等离岸观测设施。值得一提的是,IndOON所有观测设施的布局 and 实时数据都在GIS平台上实现了可视化,为用户的使用提供了极大便利。

3.1 验潮站

ESSO-INCOIS在印度沿海业务化运行36个验潮站,主要用于监测海平面特别是海啸波,用以验证模式结果。其网站上提供实时信息查询,包括验潮站的经纬度以及过去24 h海平面数据。

3.2 自动气象站

ESSO-INCOIS业务化运行31个自动气象站,这些可移动自动气象站分属于印度不同的政府部

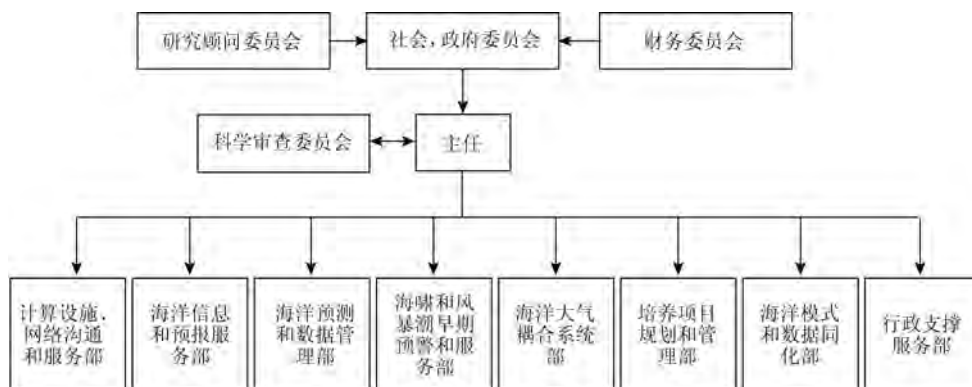


图1 ESSO-INCOIS的组织结构

Fig.1 The organization chart of ESSO-INCOIS

门,可提供气温、湿度、风速、风向、气压、降水、长波辐射和短波辐射8个要素数据。用户可在其官网上查询到所有正在运行的自动气象站数据。

3.3 高频雷达

ESSO-INCOIS在印度沿岸和岛屿上共布设了10个高频雷达。

3.4 海浪浮标网

ESSO-INCOIS业务化运行的海浪浮标网由16个海浪浮标(Wave Rider Buoy)组成,该海浪浮标网可进行海况监测,并对延时海况预报进行验证。每个浮标都可提供有效波高、浪向和周期等观测数据。

3.5 Argo浮标

截至2019年,印度洋共部署992个Argo浮标,其中138个由印度部署^[17]。

3.6 海啸浮标

ESSO-INCOIS目前在孟加拉湾和阿拉伯海震源地区布置了4个海啸浮标,其观测数据通过印度洋海啸早期预警中心(Indian Tsunami Early Warning Centre, ITEWC)实时接收。印度国家海洋技术研究所(National Institute of Ocean Technology, NIOT)布放并维护3个海啸浮标。

3.7 漂流浮标

目前ESSO-INCOIS部署了9个漂流浮标。报告数据主要包括海表面温度、流速和流向等。

3.8 ADCP

ESSO-INCOIS与国家海洋研究所(National Institute of Oceanography, NIO)合作运行着17个近岸锚系声学多普勒流速剖面仪(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP);在赤道(77.4°E, 0°N)和(83°E, 0°N)两个位置运行两个锚系ADCP,用以测量50~850 m的海流。

3.9 XBT

ESSO-INCOIS在2019年进行了4个投弃式温

深仪(eXpendable BathyThermograph, XBT)断面观测,收集到24个XBT剖面观测数据以及12个投弃式温盐深仪(eXpendable Conductivity Temperature Depth, XCTD)剖面观测数据。

4 环流模式及相关研究

4.1 高分辨率业务化海洋学预报分析系统

高分辨率业务化海洋学预报分析系统(High-resolution Operational Ocean Forecast and reanalysis System, HOOFS)以区域海洋模型系统(Regional Ocean Modelling system 3.6, ROMs3.6)为基础。模拟范围是30°S~30°N, 30°~120°E,水平分辨率在印度洋为 $1/12^\circ \times 1/12^\circ$,近海为 $3.5 \text{ km} \times 3.5 \text{ km}$,垂直分40层。HOOFS使用印度国家中尺度气象预报中心(National Centre for Medium Range Weather Forecast, NCMRWF)提供的6 h一次的气象强迫场^[18]。自2010年1月1日投入业务化运行后,一直是INCOIS的业务化预报模式。

此外,ESSO-INCOIS还将HOOFS用于印度西海岸,建立了西海岸高分辨率业务化海洋学预报分析系统(The West Coast setup of HOOFS, WC-HOOFS),并且正在进行卡曼滤波同化研究,期望能够将锚系浮标测得的温盐剖面数据同化入模式中。目前,WC-HOOFS仍处于研究阶段,并未投入业务化运行。

ESSO-INCOIS还以ROMs为基础进行了印度洋海洋生态研究,生态模型包含了氮循环、沉积物反硝化反应和碳循环等过程。

4.2 HYCOM

ESSO-INCOIS使用了空间分辨率分别为 $1/4^\circ \times 1/4^\circ$ 和 $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ 的混合坐标大洋环流模式(HYbrid Coordinate Ocean Model, HYCOM)对阿拉伯海北部进行模拟研究,正在同化海表面高度和海表面温度等卫星数据,目前未投入业务化运行。

4.3 INCOIS全球海洋数据同化系统

印度国家海洋信息服务中心全球海洋数据同化系统(Indian National Centre for Ocean Information Services - Global Ocean Data Assimilation System,

INCOIS-GODAS)是在美国国家环境预报中心(National Centers for Environment Prediction, NCEP)的全球海洋数据同化系统(Global Ocean Data Assimilation System, GODAS)系统的基础上改进而成的,目前已经投入业务化运行,印度和美国GODAS系统的主要特征对比见表1。

ICCOIS-GODAS每日运行一次,可以实时提供全球海洋从海面到海底的温盐流以及海表面高度的分析场,分析产品有1 d的延迟。以ICCOIS-GODAS分析场为基础可以提供更多的产品,例如厄尔尼诺(El-Nino)指数、全球海洋海表面温度月距平和垂向温度距平等。

INCOIS以INCOIS-GODAS为基础制作了厄尔尼诺指数产品,包括NiNO12、NiNO3、NiNO3.4和NiNO4区的温度距平以及过去1 a的资料。

4.4 MOM

ESSO-INCOIS和美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)、普林斯顿大学地球物理流体动力学实验室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL)以及印度科学研究所(Indian Institute of Science, IISc)合作,利用模块化海洋模式(Modular Ocean Model 4p1, MOM4p1)进行了高分辨率印度洋模式的实验。这是印度首个嵌套模式,GFDL全球气候模式为MOM4p1提供了边界条件,区域内水平分辨率25 km,海面附近垂直分辨率小于1 m。

该研究的主要目的在于了解印度洋北部季节变化特征。MOM4p1海表面盐度的模拟结果与观测数据的相对误差在10%以内,尤其是很好地抓住了印度洋东西沿岸盐度特征。

4.5 海啸和风暴潮漫滩预报模式

由于以往的海啸资料不足以支撑印度未来的减灾和管理工作,所以数值模式已经成为预测海啸增水和淹没情况的有力工具。开放海域传播场景数据库(Open Ocean Propagation Scenario DataBase, OOPSDB)是目前印度业务化海啸预报的骨干,但是OOPSDB只模拟了开放海域的海啸传播特征。为了评估海啸和风暴潮引起的漫滩,ESSO-INCOIS针对印度洋部署了先进环流模式(ADvanced CIRCulation model, ADCIRC)模型,该模型能够计算海啸在印度洋的传播过程、淹没范围和淹没深度等要素。由于该模型使用并行计算,模拟12 h海啸传播需要51 s^[19]。另外,ESSO-INCOIS还开发了沿海漫滩地图(Standby Inundation Model For Coastal Inundation Mapping, SFC)作为备用软件工具,可用于海啸模拟和漫滩预测。

5 服务和产品

5.1 海况服务

印度西临阿拉伯海,东临孟加拉湾,南部是广阔的印度洋,其海岸线绵长,港口和城市密布。从

表1 INCOIS-GODAS与NCEP-GODAS对比

Tab.1 The comparison between INCOIS-GODAS and NCEP-GODAS

对比内容	NCEP-GODAS	INCOIS-GODAS
海洋环流模式	MOM3	MOM4
范围	准全球	全球
同化	现场观测温度数据 合成盐度数据	现场观测温度数据 现场观测盐度数据
同化的温盐剖面数据	GTS	GTS+NDBP
河流	年度气候态	每月河流注入
辐射、动量和淡水通量	每日平均NCEP-R2 通量空间分辨率粗糙(只有近赤道地区是 $1.8^{\circ} \times 1.8^{\circ}$)	每日4次NCMRWF-T574L64, 通量空间分辨率高($1/4^{\circ} \times 1/4^{\circ}$)
最新分析场	10~15 d延迟	1 d延迟

传统的渔业捕捞到高技术含量的石油开采平台,印度对海况服务的需求是广泛的。因此,ESSO-INCOIS建立了印度海洋预报系统(INDian Ocean FOrcasting System, INDOFOS),提供海况信息服务。

5.1.1 海况服务简介

(1) 预报时效

为满足不同用户的需求,ESSO-INCOIS提供时效为5~7 d的印度洋表面和次表面要素预报服务。

(2) 预报要素

INDOFOS的预报要素包括风浪和涌浪的浪高、浪向和周期、海表面流场、海表面温度、混合层深度、20℃等温层深度、天文潮、风速、风向和溢油轨迹。

(3) 预报区域

目前,ESSO-INCOIS能够提供阿拉伯海、孟加拉湾、北印度洋、南印度洋、红海、波斯湾和南中国海预报。ESSO-INCOIS还开展海岸带水体以及岛屿海况预报,此外,针对一些具体位置如浴场、小渔港和商业港口等提供预报服务。

(4) 预报模式

ESSO-INCOIS的业务化海况预报都是基于数值模式进行的,使用的气象强迫场主要来自欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF),具体介绍见前文环流模式及相关研究。ESSO-INCOIS的主要业务化模式概况可见表2。

(5) 预报检验

ESSO-INCOIS使用现场和卫星观测资料(近岸海浪浮标、深海浮标、船载波高仪以及带有自动气象

站的深海浮标等)进行预报检验。常规检验每季度进行一次,极端事件另行检验。针对印度洋区域一些具体地点的预报是使用准实时资料进行检验的。

(6) 预报分发

ESSO-INCOIS的主要产品分发渠道是其官方网站,还可以通过电子邮件、手机、电视、广播和电子显示屏等方式将信息传递给所有利益相关者。此外,ESSO-INCOIS同许多公益组织、海岸带研究中心以及高校开展合作,通过这些合作单位进行产品的进一步分发。在一些电力无法覆盖的区域,主要利用人力或小渔港的黑板报进行预报传递。

(7) 用户反馈

ESSO-INCOIS的主要用户包括渔民、海岸带人口、海事委员会、印度海军、海岸警卫队、海航部门、能源部门、石油和海上勘探行业以及港口管理方。ESSO-INCOIS透过电子邮件、电话和会议与用户进行定期沟通,并在印度沿岸举办研讨班,帮助用户理解和使用其产品,并了解用户的需求以改善其产品和服务。

5.1.2 大浪警报

ESSO-INCOIS每日发布未来48 h大浪警报,以文字形式介绍印度洋区域内可能发生大浪的区域。

5.1.3 具体位置预报

ESSO-INCOIS针对印度沿岸43个具体位置发布预报。预报每天发布一次,时效56 h,预报要素包括有效波高、浪向、浪周期、风速、风向、涌浪高、潮高、流速和流向等。

5.1.4 潮汐预报

ESSO-INCOIS为印度洋周边数百个地点提供天文潮预报,主要是该地点未来2~5 d的高潮时、

表2 ESSO-INCOIS主要业务化数值模式

Tab.2 Operational models of ESSO-INCOIS

预报要素	数值模式	分辨率
海浪	MIKE-21SW	网格嵌套, 1°~0.07°
	MWW3	网格嵌套, 1°~0.05°
	SWAN	0.002°×0.002°
海洋环流	ROMS	0.125°×0.125°
溢油模式	GNOME	—
天文潮	TASK-2000	—

低潮时、最高潮位和最低潮位。

5.1.5 热带气旋潜热预报和分析

ESSO-INCOIS 针对印度洋区域($30^{\circ}\text{S}\sim 30^{\circ}\text{N}$, $30^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$)发布热带气旋潜热、海表面温度、海表面温度距平预报和过去 11 d 的分析结果。

5.1.6 区域预报、海岸带预报和海岛预报

ESSO-INCOIS 为阿拉伯海、孟加拉湾、北印度洋、南印度洋、红海、波斯湾和南中国海共 7 个海域提供区域数值预报,为西海岸、古吉拉特邦、马哈拉施特拉邦、果阿邦、卡纳塔克邦、喀拉拉邦、泰米尔纳德邦、安得拉邦、奥里萨邦和西孟加拉共 10 个海岸带地区提供预报,还为安达曼、尼科巴和拉克沙 3 个海岛提供预报。

5.1.7 定制预报

(1) 港口预报

ESSO-INCOIS 为印度沿岸 12 个港口提供未来 48 h 有效波高、浪向、浪周期、风速、风向、涌浪高、潮高、流速和流向预报。远洋航线预报根据用户的具体需求定制。

(2) 印度洋海况图定制服务

ESSO-INCOIS 建立了一个印度洋海况预报图交互平台,用户通过输入经纬度,或者直接在地图上点击自己需要的区域,获得该区域的浪场、风场、温度和海流的 48 h 预报(6 h 为间隔)。该系统有效波高和涌浪高来自近岸分辨率 8 km、大洋分辨率 100 km 的海浪模式,风速和风向来自分辨率 25 km 的气象模式,表面海温和海流来自分辨率 12 km 的环流模式。

5.1.8 搜救辅助工具

ESSO-INCOIS 于 2016 年推出了搜救辅助工具(Search And Rescue Aid Tool, SARAT),该工具可针对 60 种海上目标进行漂移位置预报,主要服务于印度海岸警卫队、海军和海警的搜救任务。

5.1.9 马尔代夫

ESSO-INCOIS 还为邻国马尔代夫提供海洋预报服务,要素包括浪高、浪向、海表面温度、海表面流场、混合层深度和 20°C 等温层深度。产品包括:具体位置 3 d 预报(3 h 间隔),海岸带 7 d 预报(3 h 间隔),区域 7 d 预报(3 h 间隔),印度洋 5 d 预报(6 h 间隔),全球 5 d 预报(6 h 间隔)和附加值预报(收费)。

5.1.10 附加值预报

ESSO-INCOIS 还针对用户的特定需求提供附加值(有偿)预报服务。

5.2 风暴潮

印度饱受风暴潮灾害的侵犯,因此 ESSO-INCOIS 建立了一套风暴潮预警系统。

5.2.1 风暴潮警报标准流程

ESSO-INCOIS 业务化风暴潮警报制作发布流程如图 2。

5.2.2 风暴潮警报单

以强气旋风暴“赫德赫德”引起的风暴潮警报单为例,首先以表格形式介绍了此次气旋的名称、预计登陆时间和登陆地点、预计最大风速、最大风暴潮增水和漫滩区域等概况信息,然后给出了可能受影响的区域、所属的邦、最近的居民区、最大风暴潮增水以及漫滩的可能性,最后以曲线图的形式给出了预计登陆地点附近 3 个验潮站水位变化情况。

5.3 印度洋海啸早期预警系统

2004 年 12 月 26 日印尼大海啸暴露了印度海岸线在面对海洋灾害时的脆弱性。在随后的 2005 年第一季度,印度就成立了临时海啸预警中心,发布基于地震信息生成的海啸公报。随着 ESSO-INCOIS 建立了印度洋海啸早期预警系统(Indian Tsunami Early Warning System, ITEWS),临时海啸预警中心完成了历史使命。

ITEWS 由实时地震观测网、底压记录仪(Bottom Pressure Recorders, BPR)、验潮站和全天候业务化预警中心 4 部分构成。ITEWS 能够侦测引发海啸的地震并监测海啸,根据标准化业务程序(Standard Operating Procedure, SOP),在模式数据库和辅助决策系统的支持下,通过最新通信方式向易受灾社区提供及时的建议。海啸公报分发方式多样,包括电话、传真、电子邮件和全球电信系统(Global Telecommunication System, GTS)等。

5.3.1 验潮站水位实时监测和预报产品

作为 ITEWS 的一个重要子系统,实时验潮站网络由 50 个验潮站组成,其中印度调查局(Survey Of India, SOI)建设了 36 个,印度国家海洋技术研究所(National Institute of Ocean Technology, NIOT)建设了 14 个。这些验潮站的实时数据通过卫星通

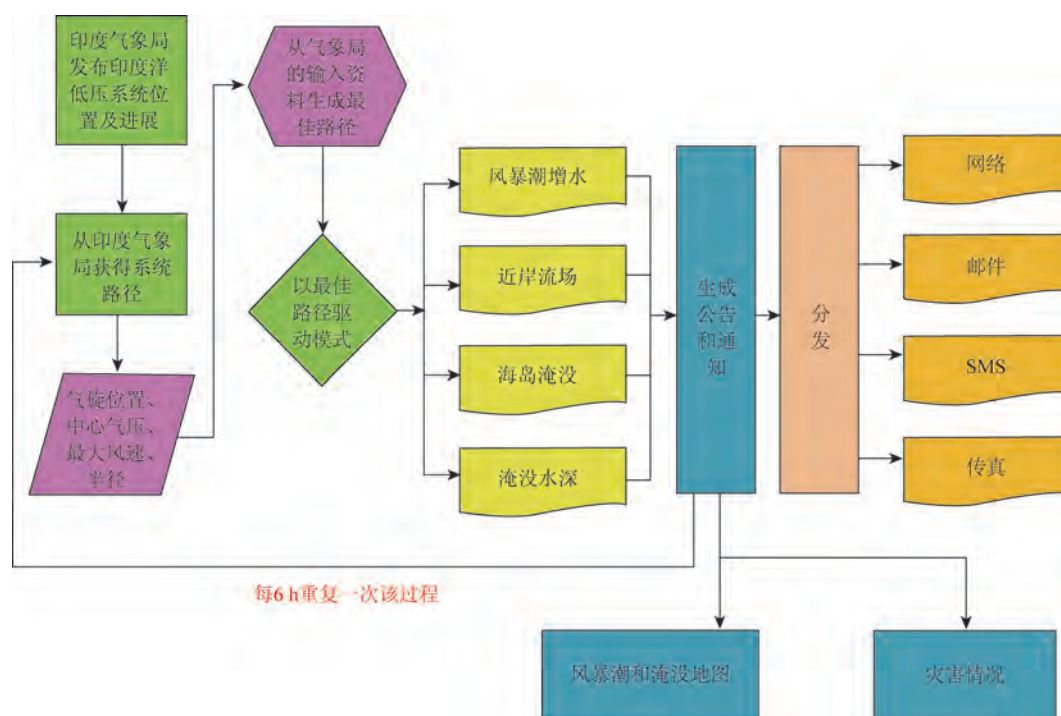


图2 印度风暴潮预警系统标准流程

Fig.2 The standard procedure of Indian storm surge warning system

信系统传输到 ESSO-INCOIS 和印度调查局进行处理和解译。此外,作为验潮站网络的补充,INCOIS 还会通过互联网接受全球海平面观测系统 (GLObal Sea level observing System, GLOSS) 的实时资料。

2020 年 7 月起印度洋海啸早期预警系统对其 36 个验潮站发布当天的实时监测水位数据和未来 7 d 水位预报。

5.3.2 海啸警报单

当存在海啸发生风险时,预警系统会发出文字形式的海啸警报单。警报单首先介绍地震概况,包括震级、震源深度、日期、具体时间、经纬度、地理位置、海底地震或陆地地震信息,如果是海底地震则给出震源水深,然后预报单必须给出经评估得到的各个可能受影响的验潮站的经纬度、海啸波到达时间和预计波高等信息,最后根据预计的灾害情况给当地政府和居民提出建议。

5.4 潜在渔区公告

MoES 的前身海洋开发部 (Department of Ocean Development, DOD) 于 1990 年启动了海洋

卫星信息服务计划 (MARine Satellite Information Services, MARSIS)。通过 NOAA-AVHRR、Eumetsats、Met-Op 系列卫星、印度 Oceansat-II 卫星以及美国 MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) 卫星反演的海表面温度和叶绿素浓度数据来指示渔区所在位置,这一服务被称为“潜在渔区公告” (Potential Fishing Zone advisory, PFZ)。ESSO-INCOIS 将印度沿海分为 14 个大区,每天以图片和文字的形式提供渔区分布信息,包括主要渔港的地点 (经纬度)、水深、风速和风向等基本信息。该产品除了禁渔期外,每天都在印度沿岸的 586 个渔港公布,还使用电话、传真、电子邮件、网站、广播、新闻媒体和手机等形式发送给大学以及相关的非政府组织 (Non-Governmental Organizations, NGO)。ESSO-INCOIS 还在一些区域试点安装电子显示屏来发布潜在渔区公告信息。

PFZ 主要有地图和文字两种形式。以北安德拉邦为例,PFZ 为该大区中约 30 多个渔港提供潜在渔区服务,选择任意渔港可获取位置和水深等基本信息,但不是每个渔港都能够提供风场和潜在鱼量的预报。

6 印度海洋观测预报业务给我们带来的思考

6.1 印度海洋观测预报总体能力与我国相比有一定差距

通过对比可以发现(见表3和表4),我国海洋站数量是印度的4倍以上,自动气象站数量是印度的12倍以上,各类浮标数量达到印度的2倍以上,即便考虑到中国海岸线长度为印度的2倍以上,领海面积是印度的1.5倍,我国的海洋观测设施在密度上也是相对领先的。在海洋预报领域,无论是在近岸、区域或全球尺度上,我国海洋预报显然要素更多、分辨率更高且时效更长,可以说印度的业务化

海洋观测预报的整体水平与我国存在较大差距。但印度软件和信息产业较为发达,信息技术的积累一定会辐射到海洋预报领域,有助于提高其产品和服务水平。同时 ESSO-INCOIS 正在研发北印度洋 $1/48^{\circ} \times 1/48^{\circ}$ 生态预报系统,这清晰地展示了印度发展业务化海洋预报的愿景。因此,我国很有必要在海洋观测预报的技术研发和能力建设等领域进行长期投入,不但需要在我国近海构建起立体的观测网和高分辨率的预报系统,还应当从长远出发,为了建设“海上丝绸之路”、切实保障能源安全和经贸交流等国家利益,对印度洋业务化观测和预报进行合理布局。

6.2 印度海洋观测数据共享和服务有特色

ESSO-INCOIS 网站可以提供其业务化运行的

表 3 印度和中国海洋观测网基本情况对比
Tab.3 The comparison of marine observation network between India and China

对比要素	中国	印度
海洋站	国家基本海洋站 156 个	INCOIS 验潮站 36 个,海啸验潮站 50 个
GNSS 站	56 个	30 个
自动气象站	海岛自动气象站 290 个,船舶自动气象站 39 个,锚系自动气象站 25 个	各类自动气象站共 31 个
浮标	浮标站位 57 个,其中海浪浮标 20 个,海啸浮标 2 个; Argo 浮标 333 个,191 个存活	海浪浮标 16 个,海啸浮标 7 个,漂流浮标 9 个, Argo 浮标 138 个
雷达	X 波段雷达 34 个,高频雷达 22 个	高频雷达 10 个
海洋卫星	在轨海洋卫星 2 颗	在轨海洋卫星 1 颗
断面调查	15 个标准断面	4 个标准断面

表 4 印度和中国海洋预报系统基本情况对比
Tab.4 The comparison of marine forecasting systems between India and China

预报系统	中国	印度
全球海洋环流数值预报系统	水平分辨率 $1/12^{\circ} \times 1/12^{\circ}$	水平分辨率 $1/4^{\circ} \times 1/4^{\circ}$
区域海洋环流数值预报系统	西太平洋水平分辨率 $1/20^{\circ} \times 1/20^{\circ}$,北印度洋水平分辨率 $1/24^{\circ} \times 1/24^{\circ}$,中国近海 $1/30^{\circ}$,近岸精细化预报示范区分辨率达百米级	北印度洋水平分辨率 2.2 km
海浪数值预报系统	全球海浪数值预报系统水平分辨率 $1/3^{\circ} \times 1/3^{\circ}$,西北太平洋 $1/10^{\circ} \times 1/10^{\circ}$,北印度洋 $1/12^{\circ} \times 1/12^{\circ}$,中国近海的区域海浪业务化预报系统 $1/30^{\circ} \times 1/30^{\circ}$,部分海水浴场海浪数值预报系统水平分辨率达 20~50 m	印度洋 300 m~5 km
生态预报系统	西北太平洋 $1/12^{\circ} \times 1/12^{\circ}$,黄渤海 $1/24^{\circ} \times 1/24^{\circ}$,东海 $1/24^{\circ} \times 1/24^{\circ}$,南海 $1/20^{\circ} \times 1/20^{\circ}$	北印度洋 $1/48^{\circ} \times 1/48^{\circ}$ 处于研发阶段,尚未业务化

海洋站、自动气象站、高频雷达和各类浮标观测数据的实时查询,并且这项服务已经完全实现了WebGIS可视化。印度公众包括国外用户可以方便快捷地获知自己关心的区域内有哪些观测设备在运行,获得实时观测数据,以及过去一周到几个月的历史数据。我国的海洋观测数据共享机制尚待完善,目前的海洋观测数据仍然分散在多个领域、多个部门和多个地区,数据共享和服务水平有待提升。事实上,我国海洋观测技术和数据总量较印度领先,也就是说我国完全具备提供这种数据服务的能力和基础,目前亟待建立一套完善的体制来整合不同来源的数据,并且建立统一的平台出口为社会公众、涉海行业和科研界提供服务。如今面对同样作为发展中大国的印度,其海洋数据服务水平再一次提醒我们提升数据管理和服务水平刻不容缓。

6.3 印度海洋预报服务产品有新思路

印度的PFZ服务令人印象深刻。该服务在技术上并不难实现,主要依靠卫星数据反演的海温和叶绿素浓度来简单推算各个海区的鱼量。对比显示,印度的业务化海洋生态预报能力与我国有一定的差距,但是在这种背景之下,PFZ反映了印度在海洋预报服务产品上的一些新思路。这也给我国海洋预报业务发展带来启示,即海洋预报服务的进步不应当仅仅体现在技术水平的提高,针对用户需求开发新颖实用的产品也是重要的衡量指标。随着我国水产养殖、海上运输、能源开采和海上旅游行业的迅速发展,为各涉海行业和社会公众提供有针对性的简便易用的服务产品应当是海洋预报未来发展的一个趋势。

6.4 业务化海洋学国际培训中心成为凸显其区域影响力的重要工具

ESSO-INCOIS下设一个业务化海洋学国际培训中心,针对印度、印度洋周边国家、其他发展中国家的学生和青年科学家提供业务化海洋学的培训。在这一点上可以反映出印度作为区域内大国积极施展其影响力的愿景。我国的业务化海洋学发展相对印度更具有优势,事实上国内一些海洋研究机构也已经同斯里兰卡和印度尼西亚等国在海洋领域开展过合作。但在建设“21世纪海上丝绸之路”

的大战略下,我国在印度洋沿岸各国的海洋学国际合作也可以拓展思路,建立国际培训中心不失为一个突破口。

参考文献:

- [1] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题[J]. 地理科学进展, 2015, 34(5): 538-544.
Liu W D. Scientific understanding of the Belt and Road initiative of China and related research themes[J]. Progress in Geography, 2015, 34(5): 538-544.
- [2] 袁新涛. “一带一路”建设的国家战略分析[J]. 理论月刊, 2014(11): 5-9.
Yuan X T. Analysis on the national strategy of the Belt and Road initiative[J]. Theory Monthly, 2014(11): 5-9.
- [3] 尹仑. 21世纪海上丝绸之路与“环印度洋战略”研究[J]. 学术探索, 2015(5): 31-35.
Yin L. On the India Ocean development strategy and regional non-traditional security issues cooperation mechanism of China[J]. Academic Exploration, 2015(5): 31-35.
- [4] 陈力. 奥巴马政府“亚太再平衡”视域下的印度洋战略——基于全球公域理论的分析[D]. 天津: 天津师范大学, 2015.
Chen L. The Indian Ocean strategy of the Obama administration under the horizon of Re-balancing Asia-Pacific strategy——based on the theory of the global commons[D]. Tianjin: Tianjin Normal University, 2015.
- [5] 邹应猛, 龚贤周. “印太”语境下印度的印度洋战略及其地缘政治影响[J]. 世界经济与政治论坛, 2019(4): 155-172.
Zou Y M, Gong X Z. India's Indian Ocean strategy in indo-pacific context and its geopolitical influence[J]. Forum of World Economics & Politics, 2019(4): 155-172.
- [6] 王晓文. 中印在印度洋上的战略冲突与合作潜质——基于中美印“战略三角”格局的视角[J]. 世界经济与政治论坛, 2017(1): 38-62.
Wang X W. Potential for Sino-Indian strategic conflict and cooperation in the Indian Ocean-based on the strategic triangle pattern of China, America and India[J]. Forum of World Economics & Politics, 2017(1): 38-62.
- [7] 王晓文. 21世纪美国的印度洋战略与美国霸权[J]. 世界经济与政治论坛, 2014(4): 20-32.
Wang X W. The Indian Ocean strategy and hegemony of America in the 21st century[J]. Forum of World Economics & Politics, 2014(4): 20-32.
- [8] 冯传禄. “战略透支”抑或“战略生长”——对中国“西进”印度洋的定性分析[J]. 印度洋经济体研究, 2017(5): 1-24, 138.
Feng C L. "Strategic overdraft" or "Strategic Growth": qualitative analysis of China's "westward" strategy in the Indian Ocean[J]. Indian Ocean Economic and Political Review, 2017(5): 1-24, 138.
- [9] 冯传禄. 中国“西进”印度洋的战略逻辑[J]. 太平洋学报, 2016, 24

- (3): 76-84.
- Feng C L. The logic behind China's westward strategy in the Indian Ocean[J]. Pacific Journal, 2016, 24(3): 76-84.
- [10] 王辉, 刘娜, 张蕴斐, 等. “21 世纪海上丝绸之路”海洋与气象灾害风险防范预警现状和风险防范对策建议[J]. 科学通报, 2020, 65(6): 453-462.
- Wang H, Liu N, Zhang Y F, et al. Risk prevention of marine and meteorological disasters along the "21st century maritime silk road"[J]. Chinese Science Bulletin, 2020, 65(6): 453-462.
- [11] 宣莉莉, 邱云, 许金电, 等. 热带东印度洋表层环流季节变化特征研究[J]. 热带海洋学报, 2014, 33(1): 26-35.
- Xuan L L, Qiu Y, Xu J D, et al. Seasonal variation of surface-layer circulation in the eastern tropical Indian Ocean[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2014, 33(1): 26-35.
- [12] 黄馨仪. 中国海洋战略在印度洋面临的挑战[D]. 武汉: 华中师范大学, 2017.
- Huang X Y. The challenges that the China's sea strategy in the Indian Ocean[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2017.
- [13] 李颖虹, 王凡, 任小波. 海洋观测能力建设的现状、趋势与对策思考[J]. 地球科学进展, 2010, 25(7): 715-722.
- Li Y H, Wang F, Ren X B. Development trend and strategy of ocean observing capability[J]. Advances in Earth Science, 2010, 25(7): 715-722.
- [14] 宋坤. 海洋环境监测系统运行综合保障技术研究 with 实现[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- Song K. Research and implementation on integrated support techniques for marine environment monitoring system[D]. Tianjin: Tianjin University, 2009.
- [15] 韩鹏, 李宇航, 揭晓蒙. 国际全球海洋环流预报系统的现状与展望[J]. 海洋预报, 2020, 37(3): 98-105.
- Han P, Li Y H, Jie X M. The status and prospect of global ocean circulation forecasting system in foreign countries[J]. Marine Forecasts, 2020, 37(3): 98-105.
- [16] 秦莲霞, 张庆阳, 郭家康. 国外气象灾害防灾减灾及其借鉴[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(S1): 349-354.
- Qin L X, Zhang Q Y, Guo J K. The practice and experience of meteorological disaster prevention and mitigation in other countries[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(S1): 349-354.
- [17] Roemmich D, Alford M H, Claustre H, et al. On the future of Argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array[J]. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 439.
- [18] Jithin A K, Pavanathara F A, Chatterjee A, et al. Validation of the simulations by the High-resolution operational ocean forecast and reanalysis system (HOOFS) for the Bay of Bengal[R]. Pragathi Nagar: INCOIS, 2017.
- [19] Francis P A, Jithin A K, Effy J B, et al. High-resolution operational ocean forecast and reanalysis system for the Indian Ocean[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2020, 101(8): E1340-E1356.

The current status and perspectives of ocean observation and forecasting in India

REN Xiangxiang, XIA Dongdong

(National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

Abstract: This paper reviews the latest development of ocean observation and forecasting in India, led by the Indian National Centre for Ocean Information Services and makes comparison with that in China. The results show that the overall capability of ocean observation and forecasting in India is lagging behind China to some extent, while it has its own features. Recommendations are proposed for the future development in China in terms of observation data sharing and service, user-oriented products and international training project.

Key words: India; ocean observation and forecasting; latest development; comparison