

文章编号:1009-2722(2017)08-0041-06

# 基于遥感的台湾岛周边海域 表层海水温盐特征

李 刚,万荣胜,李 波,魏 晓,唐江浪

(国土资源部海底矿产资源重点实验室,广州 510075;中国地质调查局广州海洋地质调查局,广州 510075)

**摘 要:**卫星遥感具有观测周期短、频率高的优势,可实现大范围、连续的海洋观测。利用遥感的手段对台湾岛周边海域表层海水温度和盐度进行反演,研究了台湾岛周边海域表层海水温度和盐度的分布特征及其成因。研究表明,台湾岛周边海域海水表层温度总体呈现西北低、东南高,由 NW 向 SE 以圆弧状向吕宋岛北部沿岸扩散,温度逐步升高,吕宋岛北部沿岸常年温度在 26 °C 以上;台湾岛东部海域海水盐度全年相对稳定,吕宋岛北部有一相对固定高盐度区域,台湾海峡受季风、黑潮分支、沿岸流的影响,盐度分布变化较大。

**关键词:**卫星遥感;温度;盐度;台湾岛

中图分类号:TP79

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.08006

海表温度 SST(Sea Surface Temperature)通过海气相互作用对全球天气和气候变化起着至关重要的作用,是研究海气间水汽和能量交换的重要参数。大尺度的海表温度异常能引起大气环流的显著变化,引发如厄尔尼诺和拉尼娜的气候现象;海表温度影响热带气旋的形成和发展,温暖的水温为热带气旋的维持和增强提供了能量来源。同时,SST 也是物理海洋学研究中的重要参数,是了解海区的水文、初级生产力及水质情况所必需的环境参数之一。MODIS 是美国 NASA 发射的 Terra 和 Aqua 极轨环境卫星的主要荷载之一,其中 Terra 是上午星、Aqua 是下午星,这样可以获得同一天、同一地区的两景影像,这在监测海洋变化方面具有重要意义,MODIS 设有 5 个温度探测通道,分别是 20、22、23、31、32<sup>[1]</sup>。

海表面盐度 SSS(Sea Surface Salinity)是海

洋的一个重要物理、化学参量,是决定海水基本性质的一个重要因素之一。海洋环流和全球水循环是海洋—气候系统中的两个重要组成部分,它们的相互作用导致盐度发生变化,从而影响海洋储存和释放热能的能力,并且影响海洋调节地球气候的能力。目前,国际上两大盐度遥感研究计划正在执行,即欧洲的 SMOS(Soil Moisture Ocean Salinity)计划和美国国家航空航天局(NASA)的水瓶座卫星(Aquarius)计划,两颗盐度遥感卫星分别于 2009 年 11 月和 2011 年 6 月发射。Aquarius/SAC-D 卫星是一颗搭载了 L 波段主被动联合微波遥感仪器的卫星,其主要科学目的是进行全球海洋盐度的观测,该卫星数据的空间分辨率为 150 km,并且在时间分辨率为 30 d、考虑所有传感器和地球物理模型的随机误差和偏差前提下,盐度观测精度可达到 0.2 psu<sup>[2-4]</sup>。

本文将利用卫星遥感的手段,对台湾岛周边海域的表层海水温度、盐度进行反演,并对其分布特征及其成因进行深入的研究,研究范围如图 1 所示。

收稿日期:2017-06-03

基金项目:中国地质调查局项目(GZH201300502)

作者简介:李 刚(1982—),男,硕士,工程师,主要从事遥感地质解译、地形地貌研究、空间数据库建设等研究工作。E-mail: rsgis123@126.com

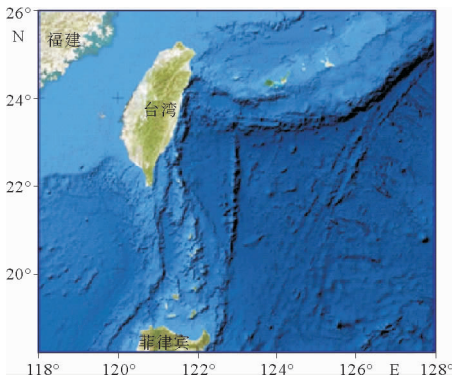


图1 研究范围

Fig. 1 Range of study

## 1 遥感数据处理

遥感数据处理包括数据转换、几何校正、镶嵌等预处理和反演等专题处理。处理软件采用国际通用的 ERDAS、ENVI 遥感处理软件,以及 Arc-GIS10.2、MapGIS K9 地理信息系统软件。

### 1.1 数据预处理

#### (1) 数据转换

收集的大部分影像数据为带地理坐标的 Geotiff 格式,且各波段独立。为便于使用,需进行格式转换。转换在 ERDAS 软件中进行,将 Geotiff 格式转换为 image 格式,并将各个波段叠合进同一个数据文件中。

#### (2) 投影转换

由于涉及到多种来源的数据,各数据的投影坐标不一,需要进行转换,统一到同一坐标系、同一投影下,以便后期的叠合对比和动态分析。

#### (3) 几何校正

遥感影像由于多种因素会造成影像上的像元在影像坐标中的位置与其在地图坐标中的位置有差异,从而形成几何畸变。在遥感图像应用前需要进行几何校正,尽量消除或减小这种几何畸变。由于遥感影像只经过简单的系统校正(几何粗校正),在定位精度上仍有很大误差,因此,需要对这些遥感影像进行几何精校正,以提高定位精度,统一坐标系。

遥感影像几何校正通常以地形图或准确的高分辨率影像为参考基准,在两者中选取一一对应

的地面控制点,然后利用这些控制点对影像进行重采样,实现几何校正。选取的地面控制点要求足够多,能覆盖影像的大部分区域,且尽可能在整幅影像内均匀分布。控制点选在易于分辨、变化很小且目标不大的特征点,如道路交叉点和拐点、桥梁、人工海塘、建筑物等相对固定的地物。

#### (4) 大气校正

大气校正的目的是消除大气和光照等因素对地物反射的影响,是反演地物真实反射率的过程。大气校正的最大难点在于校正参数的获取。大气校正需要用到卫星传感器的状态数据、光照条件、影像获取当时的气象数据(水汽、烟尘、气溶胶浓度等),地形数据等,而其中的大气数据很难获取。应用 ERDAS Imagine 的 ACTOR 模块进行大气校正(大部分参数采用软件的默认值),处理得到的结果虽然在视觉效果上有所改善,但在数据的值域上仍然不能和其他影像达到一致。

#### (5) 遥感影像数据的拼接镶嵌与裁剪

调查区范围跨度较大,需要多景遥感数据才能完全覆盖,且同一区域可能有多种不同分辨率、不同时相的影像数据。为研究的方便以及最后成图的需要,需对影像进行镶嵌拼接。镶嵌拼接的叠合顺序需综合考虑影像的覆盖范围、时相、成像质量等,以确保优良重要的影像置于最上层。

### 1.2 海表温度反演

利用卫星红外遥感技术反演海洋表面温度,即 SST,国内外许多学者已做了大量工作,许多光学传感器都具备探测 SST 的能力,以往探测 SST 采用的遥感数据源主要是以美国 NOAA 极轨气象卫星 AVHRR 数据为主。此外,利用日本空间分辨率较低的 GMS 静止气象卫星和我国自行发射的海洋卫星 HY-1 的传感器数据开展 SST 反演研究的也有报道。分别于 1999 年和 2002 年投入运行的美国 NASA 新一代对地观测系统(EOS)两颗在轨业务卫星 TERRA 和 AQUA 上搭载的中分辨率成像光谱仪 MODIS 目前也逐渐成为反演 SST 的主要数据。但是考虑到 NOAA、HY-1 数据空间分辨率较低,光谱分辨率较小,因而不适用于本文研究,故本文拟采用以 MODIS 为主要数据源,基于 Beker 算法和劈窗算法<sup>[5]</sup>进行多时相海洋表面温度反演,海表面温度

反演技术流程如图 2 所示。

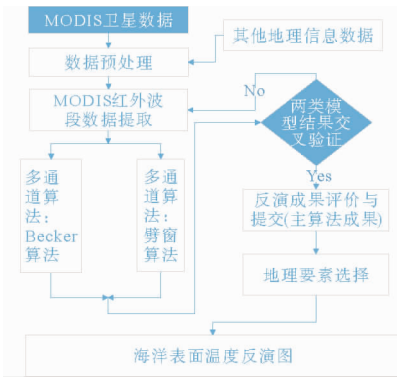


图 2 基于 MODIS 数据的海表面温度反演技术流程

Fig.2 Flow chart of sea surface temperature retrieval technology based on MODIS data

### 1.3 海表盐度反演

盐度变化会改变海水的介电常数,进而使海面的微波辐射特性发生变化。利用微波辐射计获取海面发射率的变化,通过一定的方法就可以从辐射计亮温资料中反演出海表面盐度(SSS)。海水盐度遥感的理论模型主要包括海面微波发射模型和海水介电常数的计算模型。反演过程为从 Aquarius 卫星数据中计算亮温,再利用盐度与海水反射率及海水介电常数的关系式计算出盐度值来,基于 Aquarius 数据的海洋表层盐度反演技术流程如图 3 所示<sup>[6]</sup>。

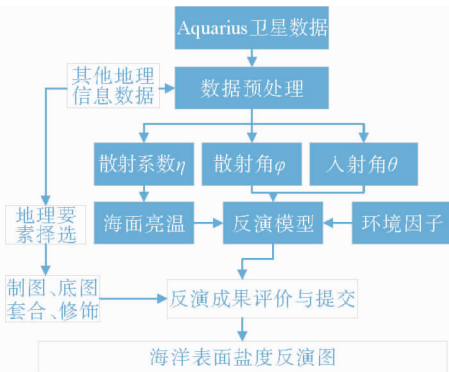


图 3 基于 Aquarius 数据的海洋表层盐度反演技术流程

Fig.3 Flow chart of sea surface salinity retrieval technology based on Aquarius data

## 2 海表温度分析

本文选取 2014 年的 MODIS 卫星数据进行海表温度反演得到月平均的海表温度数据,各月平均海表温度见图 4,海表温度单位为摄氏度(°C)。从温度反演图可以看出,研究区域内温度总体呈现西北低、东南高,由西北向东南以圆弧状向吕宋岛北部沿岸扩散,温度逐步升高,吕宋岛北部沿岸常年温度在 26 °C 以上。

1—4 月份,以吕宋岛北岸为起点,一股暖流经巴士海峡流向台湾岛,在台湾岛南岸暖流被分散为两支暖流,一支沿台湾岛东南沿岸折回,另一只沿着台湾岛东岸流向我国东海。台湾海峡主要受季风影响,受暖流的影响较小。台湾岛东岸受暖流影响较大,附近海域温度常年在 22 °C 以上。全年,2 月份调查区的温度最低,2 月份后,温度开始逐步回升。从 6 月份开始至 9 月份,调查区温度逐渐达到全年峰值,总体温度在 28 °C 以上,10 月份后温度开始下降。

## 3 海表盐度分析

本文选取 2014 年的 Aquarius 卫星数据反演得到月平均的海表盐度数据,各月平均海表盐度见图 5,盐度单位为 psu(实用盐标,无单位量纲,一般以‰表示)。研究区域内的海表盐度分布总体上以台湾岛为界,呈现东部高西部低、南高北低的格局,具有明显的季节性变化特征。

台湾岛东部海域海水盐度常年高于 33,相对稳定。吕宋岛北部有一相对固定高盐度区域,常年保持在 34 以上。

台湾海峡盐度:冬季,由于受到来自东北季风(10 月—次年 3 月)的影响,福建沿岸雨水增多,盐度自福建沿岸以带状分布向外海递增。厦门岛附近海域盐度 31,而台湾岛的西南部近岸海域盐度高于 33,海峡两岸盐度相差 2,从同月的海表温度也可看出海峡两岸海水的温差,这主要是受到黑潮分支的影响。

春季,盐度分布趋势与冬季类似,由于南下的海流的减弱和黑潮分支的增强,盐度普遍增高,厦门附近海域盐度达到 33.5,而台湾岛中南部近海

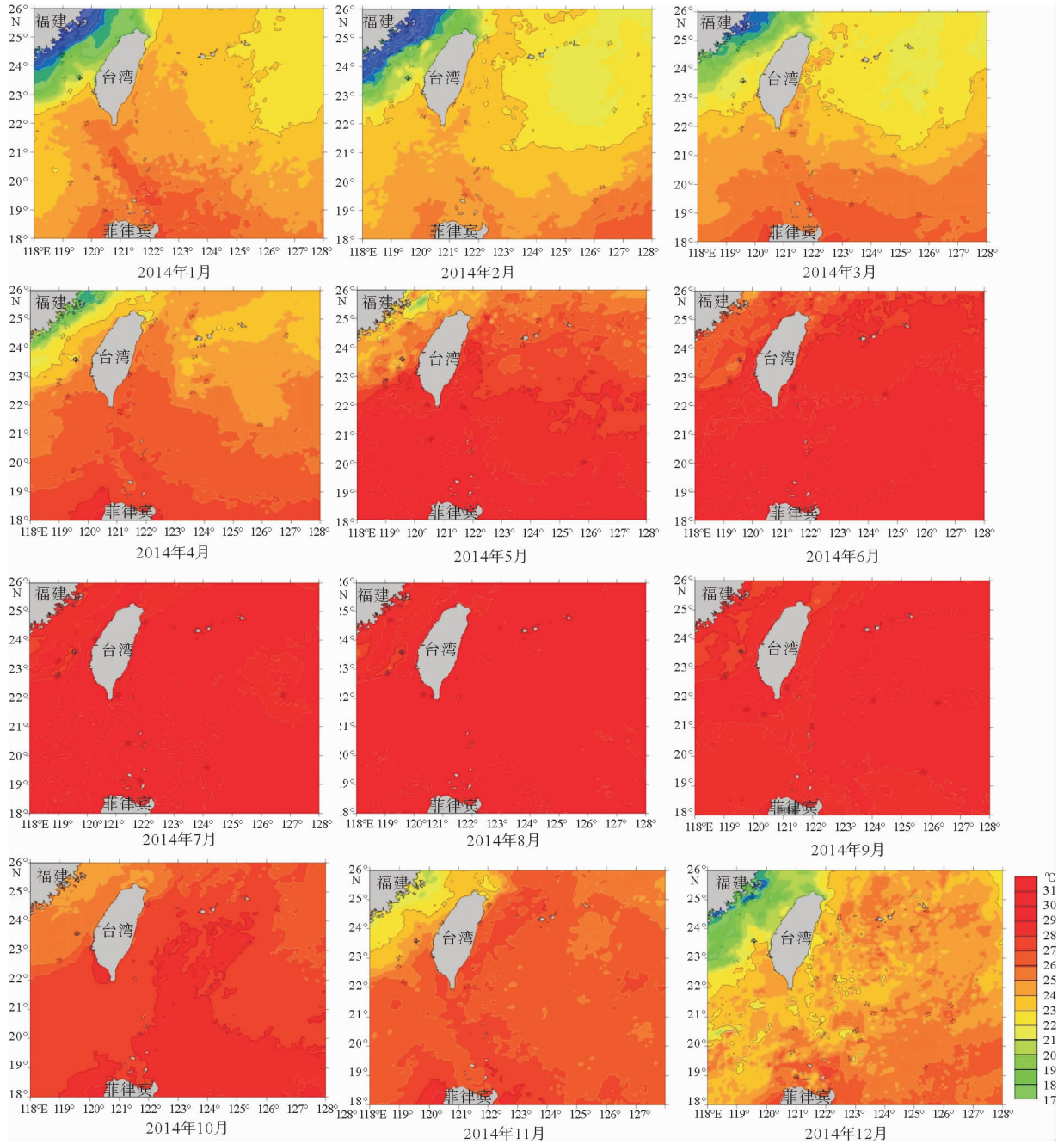


图4 台湾岛周边海域月平均海温分布

Fig. 4 Monthly average sea surface temperature distribution around Taiwan Island

海域的盐度分布出现了摆动的现象,从4月份开始盐度降低。

夏季,台湾海峡盐度普遍较低,6月盐度呈现南高北低分布,在7月南部盐度逐步降低,出现低盐度带状区,而在8月在福建沿海近海区域出现了局部高盐区域,总体上继续呈现北低南高的格

局。局部高温区的出现与福建沿岸近海区域有上升流有一定的关系。

秋季,盐度分布和冬季类似,从10月份开始台湾海峡的盐度进一步降低,而台湾岛中西南部近海盐度在逐步增高,高盐度向南海方向深入,而台湾东北部近海却出现盐度降低的情况,盐度最低

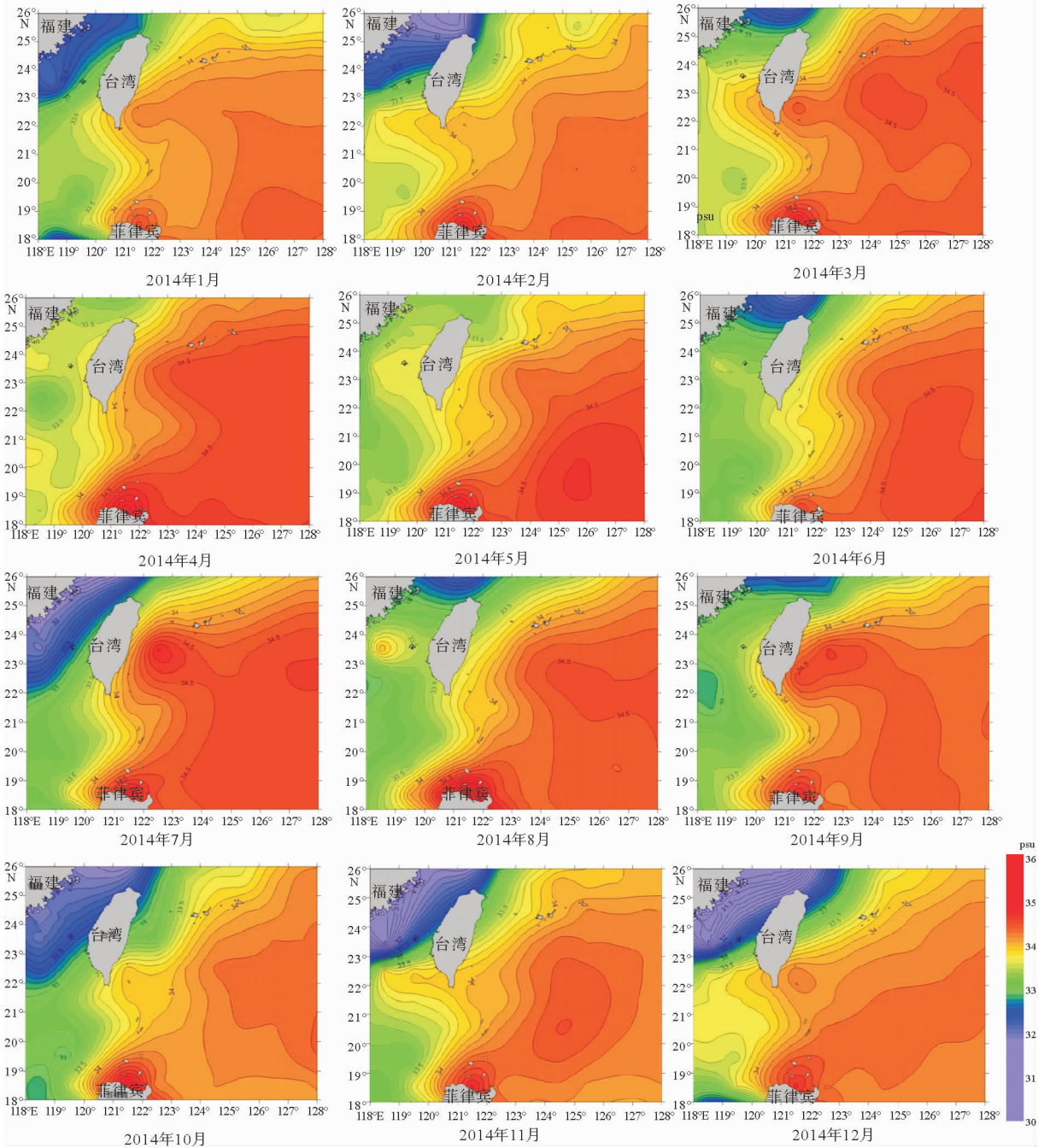


图 5 台湾岛周边海域月平均盐度分布

Fig. 5 Monthly average salinity distribution of the surrounding sea area of Taiwan Island

达到 32。海峡盐度又出现东高西低的趋势,东西两岸相差 2.5。

### 4 结语

本文利用 2014 年的台湾岛周边海域海水表

层温度、盐度遥感反演结果,分析研究区的表层海水温度、盐度的分布特征。研究区域内温度总体呈现西北低、东南高,由西北向东南以圆弧状向吕宋岛北部沿岸扩散,温度逐步升高,吕宋岛北部沿岸常年温度在 26 °C 以上。

台湾岛东部海域海水盐度全年相对稳定,吕宋

岛北部有一相对固定高盐度区域,台湾海峡受季风、黑潮分支、沿岸流的影响,盐度分布变化较大。

**参考文献:**

- [1] 刘良明,周军元. MODIS 数据的海洋表面温度反演[J]. 地理空间信息,2006,4(2):7-9.
- [2] 王 静,储小青,苏 楠,等. 基于 Aquarius 卫星数据的孟加拉湾海表盐度分析[J]. 海洋科学,2015(3):66-70.
- [3] Dinnat E, LeVine D M. Impact of sunglint on salinity remote sensing: An example with the Aquarius radiometer [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2008, 46(10): 3137-3150.
- [4] Lagerloef G, Colomb F R, LeVine D M, et al. The Aquarius/SAC-D mission: Designed to meet the salinity remote sensing challenge[J]. Oceanography,2008, 21(1): 68-81.
- [5] 孙 亮,孙 睿,贾成刚,等. MODIS 数据反演地表温度劈窗算法比较[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2008,11(4):434-438.
- [6] 王新新,杨建洪,赵冬至,等. Aquarius/SAC-D 卫星盐度数据在中国南海的准确度评估[J]. 热带海洋学报,2013, 32(5):23-28.

## USING REMOTE SENSING FOR STUDY OF TEMPERATURE AND SALINITY OF SURFACE SEAWATER SURROUNDING TAIWAN

LI Gang, WAN Rongsheng, LI Bo, WEI Xiao, TANG Jianglang

(Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510075, China;

Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** With the advantages of short observation cycle and high frequency, satellite remote sensing is widely used for large scale and continuous marine observations. In this paper, the temperature and salinity of sea water around Taiwan Island have been retrieved from remote sensing images. Upon the basis, the distribution pattern of surface water temperature and salinity in the surrounding sea area of Taiwan Island and their causes are studied and discussed. The study revealed that the surface temperature of the sea water surrounding Taiwan Island is relatively low in the northwest and gets higher to southeast, and expands to the southeast coast of northern Luzon in an arc shape. Along the northern coast of the Luzon Island, the year-round temperature reaches 26 degrees. In the eastern part of the sea surrounding Taiwan Island, however, salinity of sea water is stable throughout the year, there is a relatively fixed high salinity region to the north of Luzon in the Taiwan Strait. Under the joint affect of monsoon, Kuroshio current and coastal current, salinity changes greatly in spatial distribution.

**Key words:** remote sensing; temperature; salinity; Taiwan Island