

福建沿海海水表层温度实测数据个例分析

朱本璐, 陈金瑞, 郑祥靖, 李星

(福建省海洋预报台, 福建 福州 350003)

摘 要: 采用福建沿海4个站点(包括浮标)2016年的实测水文气象数据,初步分析了不同天气系统影响情况下海表温度的变化特征。研究表明:福建沿海月均海温日变化和气温日变化有一定关系,二者都有明显的日变化周期,海温的日变化的峰值略滞后于气温日变化的峰值;无明显天气系统影响时,海温和气温的变化趋势比较一致,有冷空气或台风系统影响时海温和气温的变化趋势不再一致;冷空气系统影响时气温下降的时间从北到南依次滞后,而海温的下降从北到南延迟不明显;7月上升流的作用使得古雷浮标附近海表温度降低,并且周期发生明显改变。

关键词: 海水表层温度; 日变化; 周期分析

中图分类号: P731.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2019)01-0069-07

1 引言

习近平总书记曾说过:“21世纪,人类进入了大规模开发利用海洋的时期。推进海洋强国建设,必须提高海洋资源开发能力,保护海洋生态环境,发展海洋科学技术,维护国家海洋权益。”海水表层温度(Sea Surface Temperature, SST)作为表征海洋热力特征的重要物理量,研究其变化特征及规律,对于沿海海洋生态环境、海上养殖和捕捞作业、滨海旅游、赤潮预报以及军事国防等都有重要意义。对于海水表层温度,前人已经做过很多研究:容志明等^[1]利用能谱分析方法得到了西沙群岛海区SST的主要振动周期;余克服^[2]发现雷琼海区、雷州半岛西南部珊瑚岸礁区海水表层温度的年际变化呈上升趋势;郭伟其等^[3]发现东海沿岸海水表层温度冬季上升的幅度最大,存在多种显著振荡周期,且南北站点的主导振荡周期不同;汤超莲等^[4]采用功率谱和小波分析的方法对近30 a的海水表层温度和气温资料进行分析,得到珠江口海水表层温度的变化特征以及其与厄尔尼诺之间的关系。但是,关于海水表层温度的研究,大多数集中在海水表层温度的大

面分布特征和长期变化趋势方面,对于短期的、沿岸的海表温度的变化研究较少^[5]。近年来,全球气候变暖,极端天气、海洋灾害频发,给沿海人民生活造成了很大的灾害。因此,短期沿海海温的变化特征的研究工作具有重要的意义。

本文采用了福建沿海站点浮标的水文气象实测数据,选取了一次冷空气过程、两次台风过程以及一次无天气系统影响的个例,初步分析福建沿海海水表层温度的变化特征、海水表层温度与其他环境要素的关系,为海表温度的预报技术研究提供理论依据。

2 数据

本文的数据资料选用了三沙站、崇武站、厦门站和古雷浮标(站点位置见图1)的2016年1月1日00时(北京时,下同)—2016年12月31日23时的海水表层温度以及风速、气温等水文气象实测逐时数据。数据的处理方法:首先根据维护记录将维修期间的数据删除;其次筛选出奇异值和缺测值,对于某个小时观测值是奇异值或缺测值的情况取前后

收稿日期: 2018-06-28; 修回日期: 2018-08-09。

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1401900)。

作者简介: 朱本璐(1983-),女,高级工程师,硕士,主要从事海洋预报工作。E-mail: zhubenlu@163.com

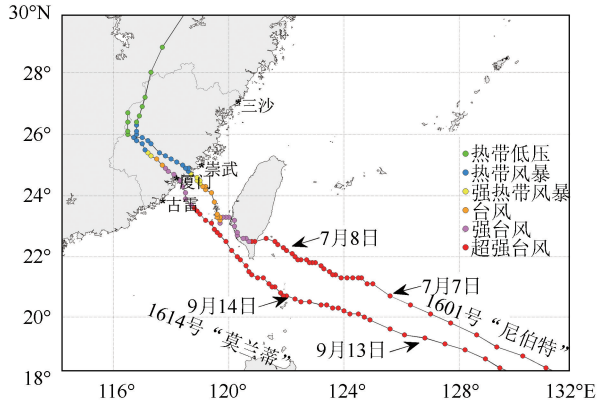


图1 台风路径和站点位置图

两个值的平均值代替。

不同天气形势下,海温的变化是不同的。无天气系统影响时,海温变化不大,有明显天气系统影响时,海温可能会有相应的变化。本文选取了4个不同天气形势情况下的个例,以分析相应的海温的变化特征。为避免或减少其它天气过程或系统的影响,在冷空气过程个例选取时选用了冷空气强度较强且来临前受其它系统影响小的2月的一次过程(为方便对比,4个个例的数据长度均选择了3 d 72 h。冷空气个例数据采用2月13日00时—15日23时的海水表层温度、风速风向和气温逐时数据,海水表层温度数据4个站点齐全,风速风向、气温数据厦门站缺测);台风过程选取了对福建沿海影响较大的1601号和1614号台风过程(数据选取台风登陆前两天到登陆后一天的数据,分别是7月7日12时—10日11时、9月13日00时—15日23时的4个站点的海水表层温度、风速风向、气温逐时数据以及古雷浮标7月6日00时—8日23时、9月12日00时—14日23时的海浪逐时数据,其中三沙站7月7日12时—10日11时气温数据缺测);另外作为对比,选了5月份一次没有天气系统影响的过程(数据采用5月22日00时—24日23时的4个站点的海水表层温度、风速风向和气温逐时数据)。

3 海温周期分析

对海表温度时间序列 $X(1), X(2), \dots, X(t), X$ 表示为某一站点海表温度在不同时间上的样本数据,

时间延迟系数设为 k , 则自相关函数为:

$$\rho(k) = \frac{\text{Cov}(X(t), X(t+k))}{\sigma_{X(t)} \sigma_{X(t+k)}} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad (1)$$

本文选择4个站点浮标2016年的海表温度逐时数据(古雷浮标11月8日后因为浮标维护数据缺测)。 k 是 $1:1:T-1$, T 是总时长。时间自相关函数可以用来说明不同时间的海表温度数据之间的相关程度。通过计算不同时间延迟系数 k 下的时间自相关函数,发现各个站点浮标的海温数据时间序列比较平稳,自相关函数下降后又上升,接近一年的时间的自相关函数有个极大值,也就是说,福建沿海 SST 有一个 1 a 左右的周期值(见图2)。

东海沿岸海水表层温度呈南高北低分布,主要原因是由于太阳辐射^[3]。太阳辐射的分布特征决定了 SST 一峰一谷型的年变化特征,而这种年变化特征和气温一样,有明显的年周期;夏永华等^[6]曾统计过北海、白龙尾等站多年月平均水温、气温的数据,发现两者之间的相关性很好。在前人研究的基础上,本文选取了福建沿海4个站点2016年3、6、9、12月份的气温和海表温度数据分别代表春夏秋冬4个季节,(古雷站12月份数据缺测),将1个自然月的每个小时的数据进行月平均,得到24 h的月均日变化数据,为方便对比分析,将四个站点结果归一化作图(见图3)。这种月均日变化数据,削弱了短时天气系统变化带来的影响,可以为海温中期预报或者数值预报背景场做参考。通过4个站点数据结果对比之后发现,4个季节都有类似的规律:福建沿海月均海温的日变化和气温日变化有一定关系,二者都有明显的日变化周期,每日下午有一个峰值,海温的日变化的峰值略滞后于气温日变化的峰值。

4 个例分析

对于海水养殖、滨海旅游来说,海表温度短期的变化周期比较重要。特别是对于赤潮预报而言,由于海水温度是赤潮生消过程中重要的影响因子^[7],海水表面温度的变化规律具有很大的重要性,短期的海温预报更有意义。因此,本文选取了几个不同

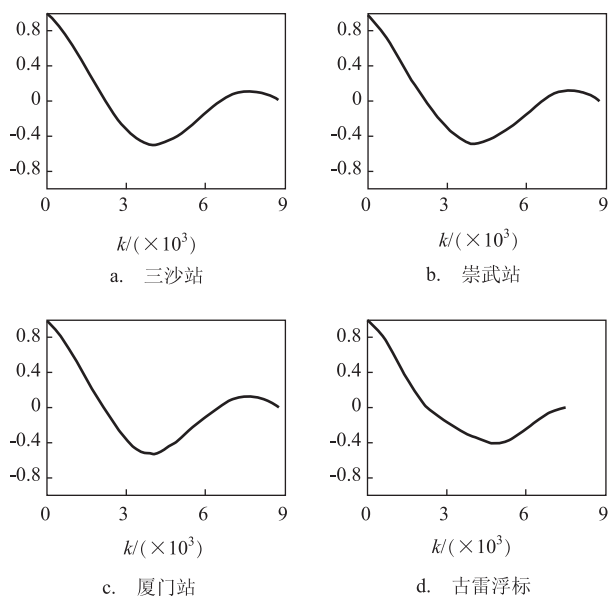


图2 海温时间自相关函数曲线

天气形势下的个例,来初步分析短期海水表层温度的变化特征。

研究发现^[8-11]:10—4月,福建沿海主要是受东北风影响较大,闽浙沿岸流在海洋上层起主导地位,范围从北到南一直到东山附近。而风生沿岸上升流发生在夏半年,较大强度的上升流发生在6—8月。闽南沿岸风生上升流有逐年增大的趋势,在东山的近岸和离岸区域较为明显,平均海表温度比周边海域低0.5℃,7月最大可达1℃。

考虑到海流对海温的影响,本文选取的个例是东北风盛行期间的2月一次冷空气过程,7月上流

较强的1601号台风过程,9月海流影响较弱时期的1614号台风过程,以及作为对比的没有明显海流和天气系统影响的5月份的一次过程。

4.1 无明显系统影响时的个例

2016年5月22日00时—24日23时,福建沿海无明显系统影响(天气图略,下同)。4个站点的海温从北到南依次升高(图略),最北的三沙站最低,崇武站其次,南部的厦门站和古雷浮标的海温最高。

前文提到,福建沿海月均海温的日变化和气温日变化有一定关系,二者都有明显的日变化周期,海温的日变化的峰值略滞后于气温日变化的峰值。在其他学者的研究中,也提到,由于海气相互作用,海温变化滞后于气温变化,预报的前一到两日的气温对海温的变化具有一定的影响^[12]。

为进一步了解短期海温的周期性,本文采用Burg^[13]提出的最大熵谱分析方法(MESA)对4个站点的SST的主要振动周期进行分析。发现在没有明显海流和天气系统影响的情况下,海表温度存在明显的日周期(见图4)。

无明显系统影响的情况下,海温和气温的日变化周期还是比较明显的,二者的变化趋势比较一致(图略),4个站点气温和海温的相关系数分别达到0.7、0.85、0.78和0.85(见表1)。

4.2 冷空气系统影响时的个例

2016年2月13日00时—15日23时,福建沿海

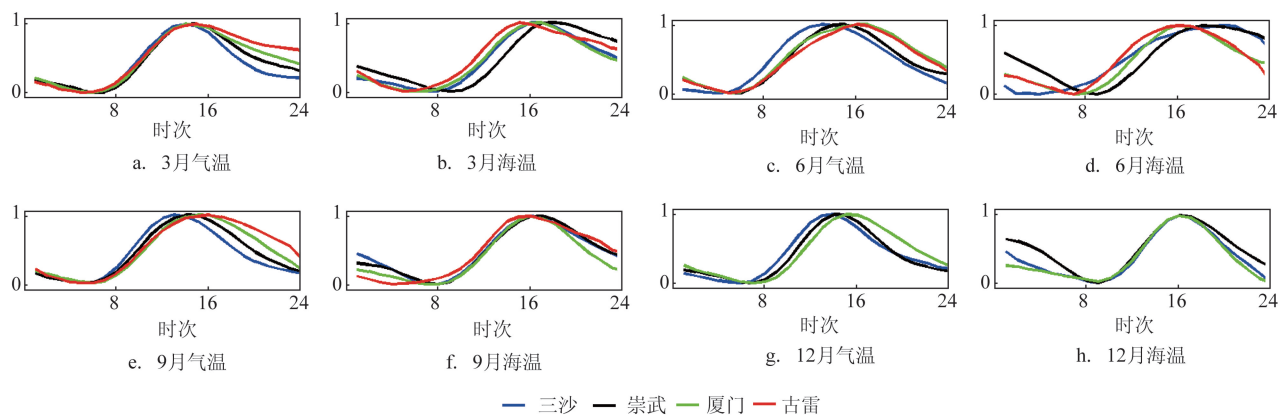


图3 气温和海温月均日变化

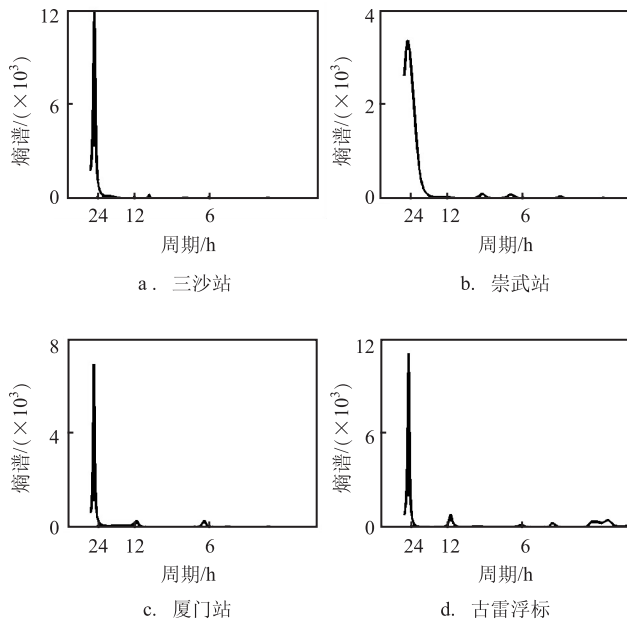


图4 5月海温熵谱分析图

表1 4个站点不同个例气温和海温的相关系数

时间	站点名称			
	三沙	崇武	厦门	古雷
2月13日00时— 15日23时	-0.20	0.58	—	0.77
5月22日00时— 24日23时	0.70	0.85	0.78	0.85
7月7日12时— 10日11时	—	0.52	0.70	0.36
9月13日00时— 15日23时	-0.61	0.47	0.59	0.21

受冷空气影响,偏南风转东北风。比较三沙站、崇武站、古雷浮标的风速、气温变化(厦门站风向风速和气温数据缺测)以及四个站点的海温变化(见图5),发现随着冷空气南下,3个站点风速迅速增大的时间,从北到南依次滞后,各站风向转北风时是风速转大的转折时间(风向图略)。气温有明显下降,下降起始时间,也是从北到南依次滞后。而海温的下降大概在冷空气到达1 d后,并且4个站点的延迟不明显。

从图5 c4个站点海温的变化曲线对比图可以看出,崇武站海温与厦门站、古雷浮标接近,最北的三沙站仍然是最低的。冷空气系统影响的情况下,海

温和气温的变化趋势不再一致,除厦门外的其他3个站点海温和气温的相关系数分别为-0.2,0.58和0.77(见表1)。三沙站的相关性最差,考虑可能是由于三沙站位置在最北,受冷空气影响较大,气温降温时间长、降温幅度大的缘故。

4.3 台风系统影响时的个例

郑兆勇等^[14]曾用上升流及热带气旋的海区差异解释了华南沿海 SST 热事件的时空分布特点。风生沿岸上升流发生在夏半年^[11],较大强度的上升流发生在6—8月。7月份,是福建南部沿海上升流较强的时期,9月份,上升流已经开始减弱。

本文选择了2016年7月7日12时—10日11时和2016年9月13日00时—15日23时,福建沿海分别受1601号台风“尼伯特”影响和1614号台风“莫兰蒂”影响这两个个例(台风路径见图1)。从图64个站点海温的变化曲线对比图可以看出,1601号台风影响期间,三沙不再是最低的海温,上升流的作用使得位于东山附近的古雷浮标海表温度明显降低,成为四个站点中海温最低的站点。而在1614号台风影响期间,上升流开始减弱,古雷浮标的海温不再是最低的,而转变为三沙站、崇武站、古雷浮标的海温从北到南依次升高,厦门站海温最高。

台风影响的情况下,海温和气温的变化趋势不再一致,二者相关系数都在0.7以下(见表1)。7月7日中午,1601号台风距离福建泉州沿海约640 km,崇武、厦门站尚未受到台风影响,气温和海温都较高(见图7 a、c)。随着台风向沿海靠近,风力逐渐增大,气温和海温都呈下降趋势。8日早晨,7级风圈开始逐渐影响到福建沿海,在东北风的作用下,海温维持较低,但是由于降水还未影响到,所以气温在8日中午仍有一个峰值。同样的,1614号台风影响期间,9月13日台风距离较远时,崇武、厦门站的气温和海温也是较高(见图7 b、d),不同的是,随着台风向沿海靠近,风力逐渐增大,海温呈下降趋势,而气温在14日仍有一个峰值,且比13日高温更高。原因可能是,与1601号台风相比,1614号台风强度更强,1614号台风期间的西太平洋副热带高压(天气图略)和台风外围下沉气流也更强,9月14日中午之前,崇武和厦门站处于台风外围,天气晴到多云,相比于1601号台风,气温升温较多。三沙站

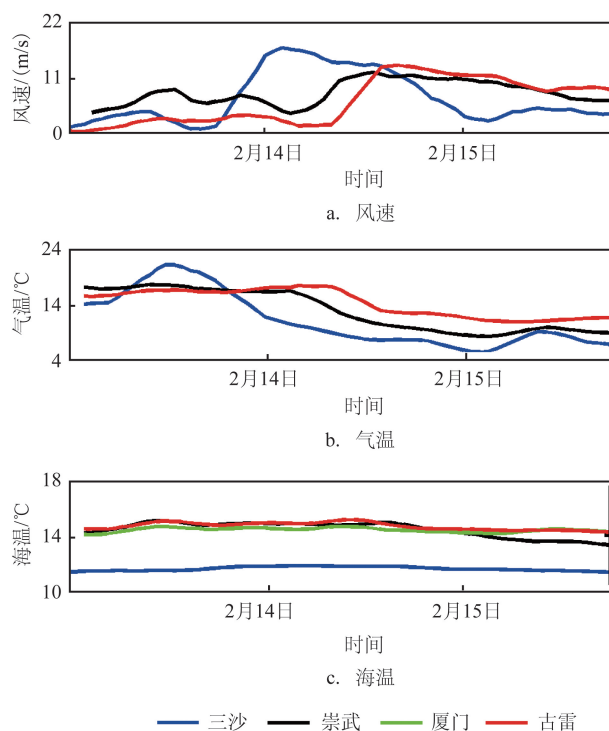


图5 冷空气过程风速、气温和海温的变化曲线图

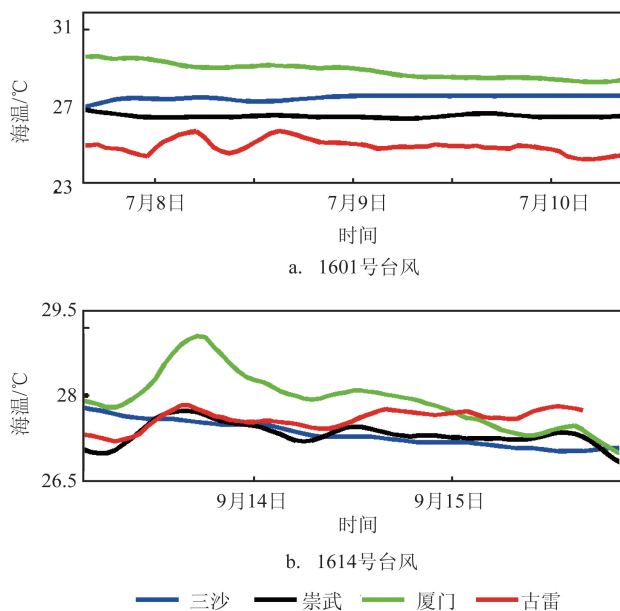


图6 台风过程4个站点海温变化曲线对比图

在1614号台风期间,气温和海温相关系数为-0.61。原因可能是三沙站在台湾海峡北口,东北风作用下,海温持续降低,而台风外围的下沉气流却使得气温上升(图略)。

1601号台风在福建省泉州石狮沿海登陆,1614号台风在福建省厦门翔安沿海登陆,两个台风影响严重的区域主要是崇武以南沿海。古雷位于台湾海峡南口,可以受到远海长波传递的能量影响,崇武和厦门站由于台湾岛的阻挡,长波传递能量影响较小。并且,福建沿海上升流的影响主要在东山附近,古雷浮标正好在上升流影响的区域,所以下面对古雷站点单独进行讨论。

两个台风影响期间,在台风位于台湾岛东南方、距离古雷浮标900 km左右的地方,古雷浮标的海温就开始波动式升高,而气温则随着台风靠近台湾岛之后,距离古雷浮标500 km左右的地方才开始升高(见图7 e、f)。原因可能是,台风在台湾岛东南方的时候,台风距离古雷站较远,外围的下沉气流还未影响到,天气多云,因而气温没有升高,但是长波传递可以使得远海的海水影响到漳州近海,这从古雷浮标的有效波高图就可以看出(见图7 g、h),7月7日和9月13日,台风位于距离古雷浮标900 km左右的地方的时候,海浪已经开始增大。随着台风靠近,在下沉气流的影响下,气温才开始上升。

1601号台风影响期间,古雷浮标海温波动明显,与图4相比,周期发生明显改变(见图8),不再以24 h的日周期为主周期。作为对比,同样在台风影响范围内的崇武站的主周期仍然是24 h的日周期。考虑可能是上升流改变了古雷浮标原有的日周期。而1614号台风影响期间,随着上升流减弱,古雷浮标海温周期也开始恢复出现日周期,但是12 h左右的周期仍然很显著。而崇武站的主周期仍然是24 h的日周期。

通过两个台风对比发现,对于不同的台风,海温的变化特征也是不同的。例如:崇武站在1601号台风登陆后海温还有个小的峰值,但是1614号台风登陆后没有;古雷浮标在1601号台风登陆后一天内海温就降低了,但是1614号台风登陆后一天内海温没有明显降低。李燕等^[12]也曾经研究发现受台风影响时,模式对海温的预报效果较差。所以,台风对海温的影响还有待今后利用更多数据进一步分析。

5 小结

本文通过4个站点(包括浮标)2016年的实测逐

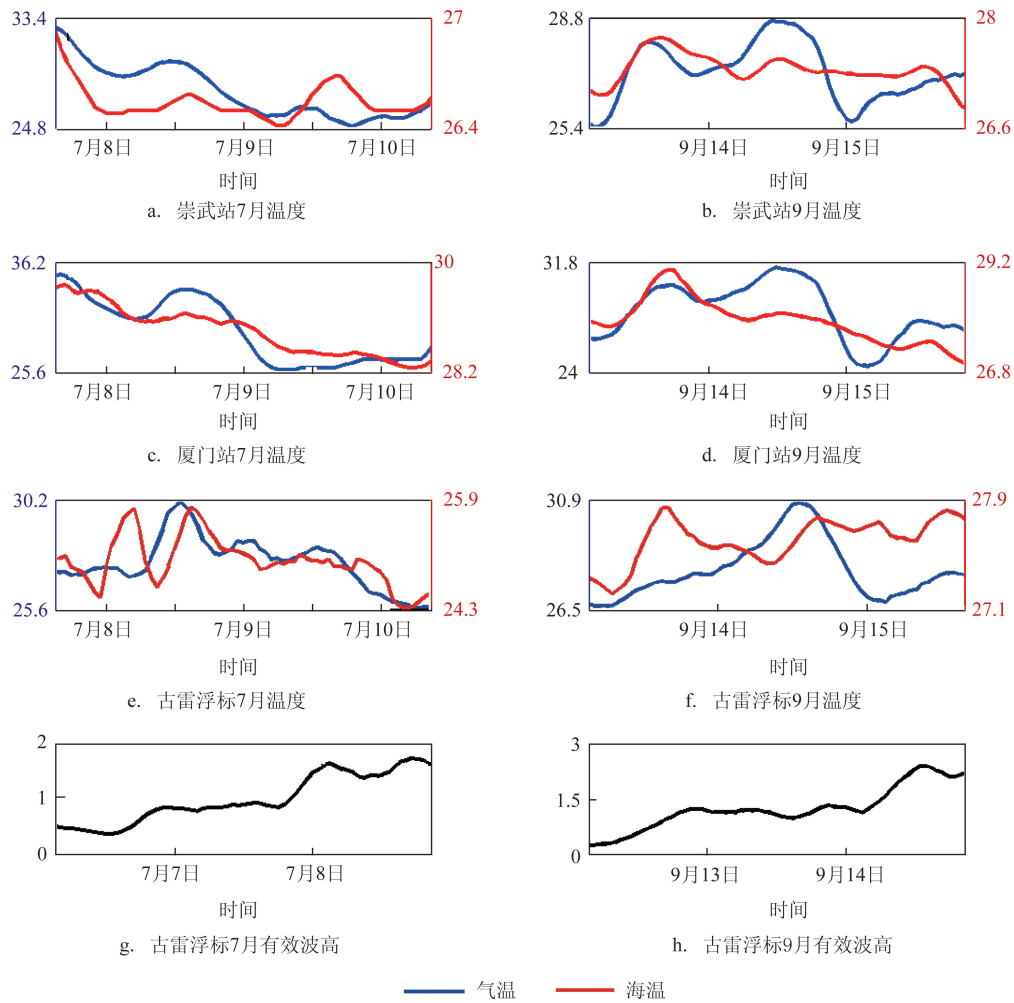


图7 台风过程温度(单位:℃)及有效波高(单位:m)的变化曲线图

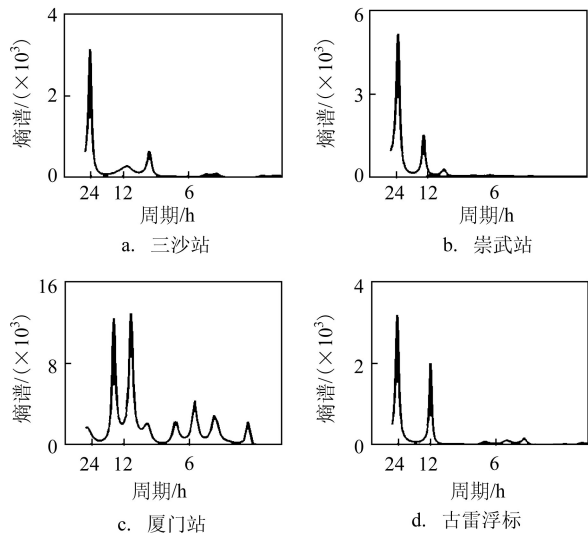


图8 崇武站和古雷浮标熵谱分析图

时水文气象数据,初步分析了无天气系统影响、冷空气和台风影响情况下海表温度的变化特征、海表温度与其他环境要素的关系,为海表温度的预报技术研究提供依据,为课题海表温度大数据分析预报模型的构建提供参考。得到的结论如下:

(1)无明显系统影响时,福建沿海海温和气温的日变化周期比较明显,二者的变化趋势也比较一致;有冷空气或台风系统影响时海温和气温的变化趋势不再一致;

(2)冷空气系统影响时气温下降的开始时间从北到南依次滞后。而海温的下降开始时间3个站点的延迟不明显;

(3)上升流的作用使得古雷浮标海表温度明显降低,并且不再以24 h的日周期为主周期。

本文选取了4个个例来初步分析福建沿海海水

表层温度的变化特征,得到了一些相关事实,但其具体的影响过程和机理尚需进一步分析。此外,除了太阳辐射对海温的作用,海陆性质的差异、潮汐、不同性质的水系,都会给 SST 的变化带来一定的影响^[3]。降水、云量的多少、风速的大小也会影响到表层海温^[12]。由于资料有限,这些本文均未考虑。并且因为是选取的个例分析,是否具有代表性,还需要下一步选取更多的资料数据继续验证。

参考文献:

- [1] 容志明, 宗林植. 西沙群岛海区表层海水温度的谱分析[J]. 南海研究与开发, 1991, (2): 1-5.
- [2] 余克服. 雷琼海区近 40 年海温变化趋势[J]. 热带地理, 2000, 20(2): 111-115.
- [3] 郭伟其, 沙伟, 沈红梅, 等. 东海沿岸海水表层温度的变化特征及变化趋势[J]. 海洋学报, 2005, 27(5): 1-8.
- [4] 汤超莲, 郑兆勇, 游大伟, 等. 珠江口近 30a 的 SST 变化特征分析[J]. 台湾海峡, 2006, 25(1): 96-101.
- [5] 庄桦. 沿岸海域海温研究进展[J]. 中国水运, 2014, 14(2): 194-195.
- [6] 夏华永, 古万才. 广西沿海海洋站观测海水温度的统计分析[J]. 海洋通报, 2000, 19(4): 15-21.
- [7] 赵冬至. 中国典型海域赤潮灾害发生规律[M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 326-330.
- [8] Hu J Y, Kawamura H, Hong H S, et al. A review of research on the upwelling in the Taiwan Strait[J]. Bulletin of Marine Science, 2003, 73(3): 605-628.
- [9] Hu J Y, Kawamura H, Li C Y, et al. Review on current and seawater volume transport through the Taiwan Strait[J]. Journal of Oceanography, 2010, 66(5): 591-610.
- [10] Jiang Y W, Chai F, Wan Z W, et al. Characteristics and mechanisms of the upwelling in the southern Taiwan Strait: a three-dimensional numerical model study[J]. Journal of Oceanography, 2011, 67(6): 699-708.
- [11] 苗馨, 胡建宇. 用沿岸上升流指数分析中国东南沿岸风生上升流的特征[J]. 海洋通报, 2011, 30(3): 258-265.
- [12] 李燕, 张建华, 刘钦政, 等. 单站海温短期预报自动化[J]. 海洋预报, 2007, 24(4): 33-41.
- [13] Burg J P. Maximum entropy spectral analysis[C]//Presented at 37th annual international SEG meeting. Oklahoma City, USA: Society of Exploration Geophysics, 1967.
- [14] 郑兆勇, 周雄, 江四义, 等. 近 50 年华南沿海 SST 热事件变化的时空特征[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(4): 14-19.

A case analysis of the observed sea surface temperature in Fujian coastal waters

ZHU Ben-lu, CHEN Jin-rui, ZHENG Xiang-jing, LI Xing
(The Marine Forecast Station of Fujian Province, Fuzhou 350003 China)

Abstract: This study preliminarily analyzes observed hydro-meteorological data of four sites (including buoys) along Fujian coastal waters in 2016 to reveal the variation characteristics of sea surface temperature (SST) under the influence of different weather systems. The results show evident diurnal cycle of both monthly-averaged SST and air temperature, in which the peak of SST lags that of air temperature. The variation trends of SST and air temperature exhibits distinct consistence without influence of significant weather system. However, the consistence vanishes with influence of cold air or typhoon. Air temperature starts to decrease from the north to the south under the influence of cold air system, whereas the decrease of SST doesn't show evident lag between the north and south. The SST near Gulei buoy decreases attributed to the upwelling in July with significant variation of its cycle.

Key words: sea surface temperature; diurnal cycle; cycle analysis