

## 稿件格式模板

## 格式要求说明

# 夏季琼东上升流的高频变化特征研究\*

刘叶取<sup>1,2,3</sup>, 唐世林<sup>1,3</sup>

1. 热带海洋环境国家重点实验室(中国科学院南海海洋研究所), 广东 广州 510301;
2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 广东省海洋遥感重点实验室(中国科学院南海海洋研究所), 广东 广州 510301

**摘要:** 以往对上升流的研究更多的是关注其年际或季节变化, 高时间分辨率遥感产品的出现使得研究上升流的高频特征成为可能。本文基于融合的逐日海表温度数据, 结合多尺度分割方法, 提出了一种探测上升流冷信号异质性的新算法, 通过上升流面积和强度指数展示了一个完整的琼东上升流过程。分析 SST(Sea Surface Temperature)图像的结果表明, 夏季琼东涌升到海面的上升流存在间断期, 平均间隔为 6d。每年夏季(6—9 月)平均有 98d 在海表面识别到上升流, 其平均面积为 7698km<sup>2</sup>, 平均强度为 1.0°C, 两者存在较高的相关性。琼东上升流发生频率与离岸距离成反比, 琼东北海域为高发区。不同上升流的影响因子可能不同, 离岸风、风应力旋度、热带气旋均与上升流短期变化密切相关。

**关键词:** 琼东上升流; 高频变化; 海表温度; 多尺度分割; 局地风场

收稿日期: 2019-08-30; 修订日期: 2020-01-09。姚衍桃编辑  
基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)资助(XDA13010404); 国家自然科学基金项目(41876207); 广东省科技计划项目(2017B020217002)  
作者简介: 刘叶取(1992—), 男, 广东省阳江市人, 硕士研究生, 从事海洋遥感应用研究。email: liuyequ@scsio.ac.cn

通信作者: 唐世林。email: sltang@scsio.ac.cn

\*感谢国家科技基础条件平台-国家地球系统科学数据共享服务平台-南海及其邻近海区科学数据中心(<http://ocean.geodata.cn>)提供数据支撑。

**Received date:** 2019-08-30; **Revised date:** 2020-01-09. Editor: YAO Yantao

**Foundation item:** Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA13010404); National Natural Science Foundation of China (41876207); Science and Technology Planning Project of Guangdong Province, China (2017B020217002)

**Corresponding author:** TANG Shilin. email: sltang@scsio.ac.cn

**题目格式:** 标题 1 黑体, 小二; \*上标表致谢, 内容置于首页页脚;

### 作者信息要求与格式:

- 1) 本刊从 2020 年 10 月开始实行**双盲审稿**, 作者投稿时上传的 word, pdf 文档一律**不能出现作者信息**。待稿件通过专家评审, 正式录用前, 再补充相应作者信息;
- 2) 作者列表格式: 华文仿宋, 四号, 逗号隔开;
- 3) 作者单位格式: 宋体、方正书宋简体(中文) Times New Roman(英文及数字), 8.5 磅; 省、市、邮编中间空格隔开; 作者单位分行书写。

### 摘要格式要求:

- 1) 字体: “摘要”二字为方正黑体简体, 小五; 摘要内容方正书宋简体, 小五;
- 2) **第一次出现的英文缩写需要给出全称(包括摘要中第一次出现的英文缩写);**
- 3) 单位统一采用 SI 制, **复合单位采用点乘书写, 如 m·s<sup>-1</sup>, 本刊盐度单位采用‰。**

### 首页页脚格式要求:

- 1) 页脚内容包括: 收稿日期, 修订日期, 基金项目, 作者简介, 通信作者等。**并提供英文注释;**
- 2) 首页页眉中的作者电子邮箱一律采用小写“**email**”而不是“E-mail”;
- 3) 字体: 方正书宋简体(中文), Times New Roman(英文及数字), 8 磅;
- 4) **第一作者与通信作者为同一人时, 同样需要在首页页脚中体现通信作者信息。**

## 稿件格式模板

## 格式要求说明

### Study on the characteristics of high-frequency variation of Qiongdong upwelling in summer\*

LIU Yequ<sup>1,2,3</sup>, TANG Shilin<sup>1,3</sup>

1. State Key Laboratory of Tropical Oceanography (South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences), Guangzhou 510301, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Guangdong Key Lab of Ocean Remote Sensing (South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences), Guangzhou 510301, China

**Abstract:** Previous studies on upwelling mainly focus on inter-annual or seasonal variation, but the high-frequency observations of upwelling gain more attention with the availability of high-temporal-resolution remote sensing products. In this paper, we propose an algorithm for detecting cold .....upwelling signal based on daily merged sea surface temperature (SST) data with a multi-scale segmentation method. The upwelling area and intensity variation reflect a complete process of upwelling off eastern Hainan Island. Analyses on SST images in recent decade demonstrate that the upwelling did not exist daily during summer; instead, it occurred with a mean time interval of 6 days. Colder signature of upwelling events appeared for approximately 98 days on average in every summer from June to September. The mean values of cold area and intensity are 7698 km<sup>2</sup> and 1.0°C, respectively, which are highly correlated. The frequency of upwelling occurrence is inversely proportional to the offshore distance, and the northeast is a high-frequent area. Offshore wind and wind stress curl make different contributions for different upwelling in the studied area. Offshore wind, wind stress curl and tropical cyclones are closely related to the short-term change of the upwelling.

**Key words:** Qiongdong upwelling; high-frequency variation; sea surface temperature; multi-scale segmentation; local wind

季风对南海环流有很大的影响, 夏季期间南海盛行西南季风, 沿岸会发生季节性上升流现象(吴立升 等, 2003)。琼东上升流是我国主要上升流之一, 通常发生在夏季风期间, 6—8月强度最大(谢玲玲 等, 2012; Hu et al, 2016)。作为我国近海环流的一个重要组成部分, 琼东上升流对琼东海域渔业经济活动、生态环境等具有重要影响(邓松 等, 1995; Xie et al, 2003; 汪戡 等, 2016)。

### 英文题目格式 :

字体: Times New Roman, 13 磅, 加粗

### 英文作者格式 :

- 1) 作者英文名要求姓前名后, 姓全部大写, 名第一个字母大写, 后面字母小写;
- 2) 字体: Times New Roman, 五号

### 英文摘要格式 :

- 1) 字体: Times New Roman, 小五;
- 2) 第一次出现的英文缩写需要给出全称;

### 正文格式要求 :

- 1) 正文字体: 方正书宋简体, 10 磅;

## 稿件格式模板

## 格式要求说明

### 1 数据和方法

#### 1.1 研究区域

本文选择纬度区间为  $18^{\circ}12'$ — $21^{\circ}30'N$ 、海岸线至海岸线向东平移约 150km(琼东上升流的最大宽度)处的海域为琼东上升流研究区,即图 1 红线所示范围。

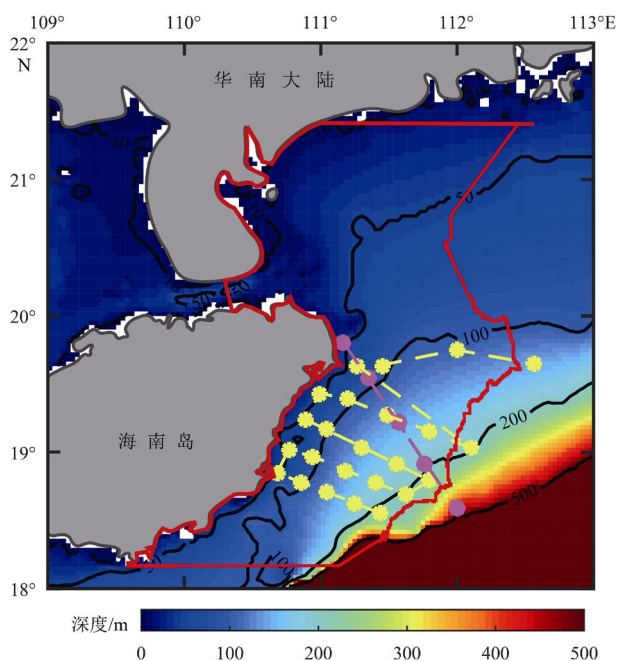


图 1 研究区域(红线所圈海域)及 CTD 测站位置

该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1825 号的标准地图制作。图中黄点为 2008 年夏季的 CTD 测站,洋红点为 2015 年夏季的 CTD 测站;白色区域为数据缺失区域

Fig. 1 The study area (the sea area inside the red line) and the location of the CTD stations. Yellow markers are the CTD stations in summer 2008, and magenta dots are the CTD stations in summer 2015

国内学者们利用多年海洋调查资料,指出和证实南海北部存在粤东、粤西和琼东三大主要上升流区(管秉贤等,1964;于文泉,1987)。韩舞鹰等(1990)根据 1984—1985 年琼东海岸四季的调查资料分析,认为在 30m 以浅海域出现强烈的上升流。郭飞等(1998)利用二维数值模式进行诊断计算,指出琼东沿岸上升流集中在离岸 40km 的 100m 水深以浅海域中。

### 正文格式要求:

- 2) 内容一级标题字体: 方正书宋简体, 小四;
- 3) 内容二级标题字体: 方正黑体简体, 10 磅;

### 4) 地图要求:

a) 所有地图均需提供审图号, 具体参看“作者中心”中的“地图审核”;

b) 地图经纬度采用度分格式, 纬度数值置于地图左框, 纬度标识 (N, S) 置于最上端数字下方; 经度数值置于地图上框, 经度标识 (E, W) 置于最右端数字右侧。经纬度标识一个即可, 不需要在每一个经纬度刻度后面均标识 N 或 E。但是如果地图范围跨越南北、东西半球, 则可以在首尾经纬度数值相应位置标注 N/S 和 E/W;

c) 地图中不能出现具有行政意义的标识, 如“台湾”, 只能出现自然地理意义的标识, 如“台湾岛”;

d) 如果可以用经纬度列表可以说明问题, 尽量不使用地图;

e) 有关南海地图, 如果涉及范围包含九段线, 则必须在地图中予以标明。

## 稿件格式模板

## 格式要求说明

### 1.2 数据

#### 1.2.1 遥感数据

采用 2008—2017 年夏季(6—9 月)GHRSSST (Group High Resolution Sea Surface Temperature)数据集, 该数据集是由 JPL(Jet Propulsion Laboratory) 融合了 AMSRE(Advanced Microwave Scanning Radiometer)、MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)、WindSat、AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)和现场观测数据, 利用最优插值算法产生的近实时的 SST 数据集, 其空间和时间分辨率分别为 1km 和 1d。风场数据使用 CCMP(Cross Calibrated Multi-Platform) 6h 平均风速产品和 ASCAT(Advanced Scatterometer)逐日平均风速产品, 空间分辨率为 15'。前者平均处理为天数据, 用于计算风应力旋度, 后者用来分析热带气旋过境情况。台风数据来自于中国气象局热带气旋资料中心最佳路径数据集 ([http://tcdata.typhoon.org.cn/zljjsjj\\_zlhq.html](http://tcdata.typhoon.org.cn/zljjsjj_zlhq.html)), 包括时间、位置、最佳路径、强度等信息。

#### 1.2.2 现场调查数据

利用融合的遥感海表温度数据前, 需要验证其在南海的可靠性, 因此本文利用现场调查数据来验证 GHRSSST 的可靠性和检验上升流提取精度。现场调查数据采用 2008 年和 2015 年夏季使用 SBE 911 Plus CTD 测得的水文资料, 观测站位见图 1 所示。

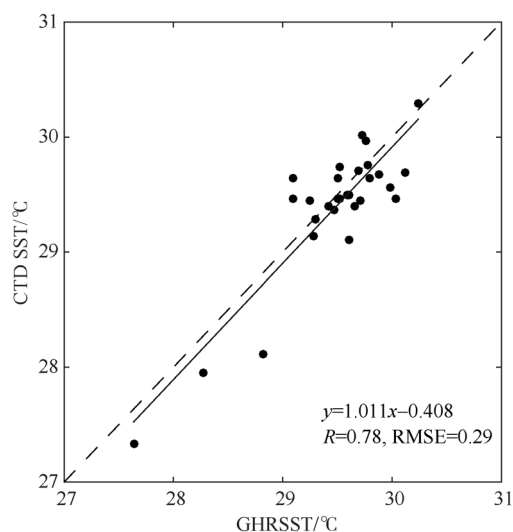


图 2 卫星遥感海表温度与 CTD 实测海表温度的散点图

图中虚线为 GHRSSST 与 CTD SST 的 1:1 关系, 实线为两者的拟合直线; RMSE 为 Root Mean Square Error

Fig. 2 Scatter plots of satellite SST and in situ CTD data

### 正文格式要求:

- 5) 第一次出现的英文缩写需要给出全称;
- 6) 内容三级标题字体: 方正楷体\_GBK, 10 磅;

### 7) 图形格式要求:

- a) 坐标轴只保留主刻度线, 不要有次刻度线;
- b) 参数与单位之间用“/”分隔, 单位书写如前, 如果是复合单位, 则加括弧, 并采用点乘格式;
- c) 刻度线一律朝内;
- d) 图形纵横坐标刻度不宜过多, 建议不超过 5-6 个;
- e) 图中的图例等不能覆盖或压住途中数据点, 线条等图形内容。

## 稿件格式模板

## 格式要求说明

### 3 上升流提取方法

#### 1.3.1 TPI 指数计算

TPI 指数方法是通过计算中心像元与其周围像元平均值的差值, 来描述中心像元与相邻像元之间的关系。TPI 指数最先应用于研究地理学上的地形地貌(Weiss, 2001), 后被应用到提取海面 SST 的冷暖异常信号(Huang et al, 2015; Shu et al, 2018; Huang et al, 2019)。同样地, 我们也从获得的 SST 图像上计算 TPI 指数去刻画琼东上升流的冷信号异常。TPI 指数通过以下公式计算:

$$TPI(x, y) = SST(x, y) - W(x, y) \quad (1)$$

表 1 2008—2017 年琼东海域热带气旋过境信息

Tab. 1 Information of tropical cyclones landing in eastern Hainan Island during 2008~2017

台风编号	名称	历经时间	登陆时间	登陆风速 ( $m \cdot s^{-1}$ )	台风级别	登陆位置
200905	苏迪罗	7月10—12日	12日6时	18	热带风暴	中部
200913	彩虹	9月9—12日	11日2时	20	热带风暴	中部
201003	灿都	7月19—23日	22日13时	35	台风	北部
201305	贝碧嘉	6月20—23日	22日11时	23	热带风暴	中部
201306	温比亚	6月28—7月2日	2日5时	30	强热带风暴	北部
201309	飞燕	7月31—8月3日	2日19时	28	强热带风暴	北部
201409	威马逊	7月12—20日	18日15时	72	超强台风	中部
201415	海鸥	9月12—17日	16日9时	42	强台风	中部
201508	鲸鱼	6月21—25日	22日18时	25	强热带风暴	南部
201603	银河	7月26—28日	26日22时	28	强热带风暴	南部

#### 参考文献 References

- 郭飞, 侍茂崇, 夏综万, 1998. 琼东沿岸上升流二维数值模型的诊断计算[J]. 海洋学报, 20(6): 109–116. GUO FEI, SHI MAOCHONG, XIA ZHONGWAN, 1998. Two-dimension diagnose model to calculate upwelling on offshore of the east coast of Hainan Island[J]. Haiyang Xuebao, 20(6): 109–116 (in Chinese with English abstract).
- 韩舞鹰, 王明彪, 马克美, 1990. 我国夏季最低表层水温海区—琼东沿岸上升流区的研究[J]. 海洋与湖沼, 21(3): 267–275. HAN WUYING, WANG MINGBIAO, MA KEMEI, 1990. On the lowest surface water temperature area of China Sea in summer—the upwelling along the east coast of Hainan Island[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 21(3): 167–275 (in Chinese with English abstract).
- SOUSA F M, NASCIMENTO S, CASIMIRO H, et al, 2008. Identification of upwelling areas on sea surface temperature images using fuzzy clustering[J]. Remote Sensing of Environment, 112(6): 2817–2823.

### 正文格式要求:

- 8) 数学公式书写要求采用公式编辑器。  
9) 表格一律采用三线表格形式, 且顶线与底线略粗于中间表线  
10) **参考文献格式要求**

**参考文献著录规则**请参考国家标准 GB/T 7714-2005 执行

a) 文献排序为先中文文献, 再英文文献, 均已第一作者姓氏首字母顺序排列; 西文人名一律“姓”全拼在前(全部字母大写), “名”缩写在后, 名缩写(大写)不加缩写点, 两缩写名间加空。姓、名中间加空。外国人名中间有连字符的, 照加。东方人名的英文均用全称, 不能缩写, 全部字母大写。引用多位作者合著的文章时, 列前3位作者, 加“等(et al)”

b) 中文文献要求英文注释; 对于原文献没有英文注释的文献, 后面用括弧注明, 即(in Chinses);

c) 西文文章题目、西文书名和论文集名中, 首词和专有名词的首字母大写, 其余一律小写。

d) 刊名列出全称, 不缩写;

e) 每条文献中各项必须齐全, 并要特别注意以下容易忽略的项目: 论文集编者姓名, 论文集书名, 专著和论文集的出版城市及出版社, 起止页码等;

f) 非正式出版物(如研究报告等)请参照“参考文献著录规则”在文后列出。

**专著**(含图书、学位论文、技术报告、会议文集、汇编等)(文献标识码分别为 M、R、C、G): 主要责任者. 出版年. 文献题名[标识码]. (译者姓名, 译.) 出版地: 出版者: 起止页码  
学位论文(文献标识码为 D): 责任者. 年份. 文献题名[D]. 保存地: 保存者: 起止页码.

**期刊文章**: 主要责任者. 出版年. 论文题名[J]. 刊名, 卷(期): 起止页码.

专著中的析出文献: 析出文献主要责任者. 出版年. 析出文献题名[M]//源文献主要责任者及题名. 出版地: 出版者: 起止页码.

**电子文献**: 主要责任者. (更新或修改日期)[引用日期]. 题名: 其他题名信息[文献类型标志/OL]. 出版地: 出版者: 起止页码. 获取或访问路径.

参考文献的卷期号不要以阿拉伯数字 0 开头, 例如: 2021, 3 (1) 不能写成“2021, 03(01):