

# 温州沿海赤潮发生的水文气象条件及赤潮特征分析

张福星, 姚玉娟, 马林芳

(温州海洋环境监测中心站, 浙江 温州 325011)

**摘 要:** 统计分析温州沿海2010—2015年赤潮发生前期的水文气象资料, 结果显示: 温州沿海赤潮发生前期水温一般呈上升趋势, 盐度维持或呈下降趋势, 风速不大, 风向以东北风、西南风和东南风为主。对2003—2015年温州沿海的赤潮监测数据进行统计分析, 结果表明: (1) 温州沿海赤潮发生频繁, 赤潮主要发生在3—9月份, 其中以5—6月份最多; (2) 温州沿海的赤潮持续时间长, 平均每次赤潮持续时间为8.1 d; (3) 赤潮发生面积大, 平均每次赤潮发生面积为111.2 km<sup>2</sup>, 赤潮最大发生面积达到1 000 km<sup>2</sup>; (4) 温州沿海的赤潮主要发生在苍南海域、洞头海域和南麂海域, 其中发生在南麂海域的次数最多, 占总次数的52.6%; (5) 赤潮生物种类具有明显的演替现象; (6) 有毒赤潮频繁发生, 引发有毒赤潮的生物种主要是米氏凯伦藻和赤潮异湾藻。

**关键词:** 赤潮; 温州沿海; 水文气象; 特征

**中图分类号:** X55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2016)05-0089-06

## 1 引言

赤潮是由海水中某些浮游植物、原生动物或细菌在一定环境条件下, 短时间内突发性增殖或聚集而引起的一种水体变色的生态异常现象<sup>[1]</sup>。赤潮灾害是我国沿海地区的主要海洋灾害之一<sup>[2]</sup>。赤潮的发生会导致海洋生物的大量死亡, 严重破坏海洋生态系统, 同时也会对渔业和养殖业造成很大损失。受有毒赤潮影响的鱼虾、贝类若等被人误食会对人体的身体健康造成危害, 可能会引起人体中毒, 严重时甚至会导致死亡<sup>[3]</sup>。温州沿海位于浙江省南部海域, 海域自然环境优越, 渔业资源丰富。近十几年来, 随着温州沿海经济的发展, 大量工业废水和生活污水排入海中<sup>[4]</sup>, 加上越来越多的水产养殖带来的污染, 造成海域沿海富营养化程度越来越高<sup>[5-6]</sup>, 使得温州沿海赤潮频发, 对温州沿海的海洋生态环境造成了严重破坏。本文收集整理了温州沿海近10多年的赤潮监测资料及水文气象资料, 进行统计分析, 总结出温州沿海赤潮发生前期的水文气象条件及赤潮的主要特征, 希望可以为温州沿海的赤潮

灾害防治提供参考和依据。

## 2 数据来源

本文所用的赤潮相关数据来源于国家海洋局温州海洋环境监测中心站的赤潮监测数据和苍南石砰、洞头及南麂站的水文气象观测资料。赤潮监测数据的时间跨度为2003—2015年, 监测数据主要包含了赤潮发生的起止时间、发生海域、赤潮优势生物种、赤潮面积、赤潮生物密度、赤潮毒性等数据。水文气象观测资料的时间跨度为2010—2015年, 由于2010年以前的水文气象观测资料要素不全, 分析水文气象要素变化特征时只使用2010年以后的观测资料。

## 3 温州沿海赤潮发生前期的水文气象条件

水温、盐度、风、降水等水文气象要素与赤潮的发生密切相关。为研究温州沿海赤潮发生前水文

气象要素的变化情况,对温州沿海2010—2015年发生的共31次赤潮发生前3 d的水文气象观测资料进行了统计分析。

### 3.1 水温

水温是影响赤潮发生的一个重要因子。赤潮一般是在一定的水温范围内发生,水温过低的话不利于赤潮藻类的生长和繁殖,所以我国的一些北部海区只有夏季才有赤潮,而一些南部海区则常年都有可能发生赤潮。对赤潮发生前期的水温统计结果(见图1)显示,温州沿海赤潮发生前期的水温范围在14—27℃左右,其中水温大于18℃天数超过76%,水温在15℃以下的天数只占2.2%。大多数赤潮发生前期的水温呈上升趋势,但上升幅度不大,一般在2℃以内。

### 3.2 盐度

盐度的变化也是引发赤潮的因素之一,但关于盐度变化对赤潮生物生长的影响,目前并没有一致

的结论。盐度的变化主要受降水和径流的影响,另外与水体中的营养盐浓度也有一定的关系。对赤潮发生前期的盐度统计结果(见图2)表明,温州沿海赤潮发生前期的盐度范围在19—32左右,其中盐度在25—30之间的占76.3%,盐度小于20的天数只占1.1%左右,盐度大于30的天数约为6.5%。此外约有35.5%左右的赤潮在发生前期盐度呈现下降趋势,但下降幅度不大,大多在0.5—1.5左右,其他的则盐度变化不是很明显。

### 3.3 降水

降水与赤潮的发生也有一定的关系。适量的降水有利于赤潮的发生,但强度较大的降水会打散赤潮生物,不利于赤潮生物的聚集。对赤潮发生前期降水量的统计结果(见图3)显示,温州沿海赤潮发生前期出现降水的概率为74.2%,其中主要是以中小强度的降水为主,占出现降水次数的82.6%,出现大雨等级(日降水量达到25.0 mm以上)降水的有4次,占出现降水次数的17.4%。

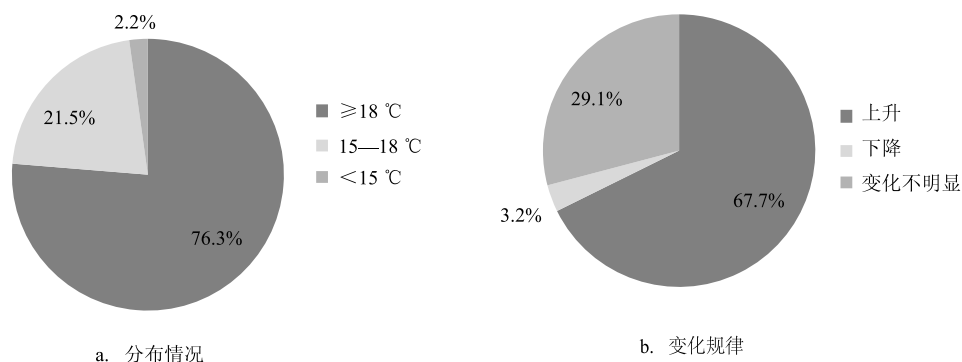


图1 赤潮发生前期的水温分布情况和变化规律

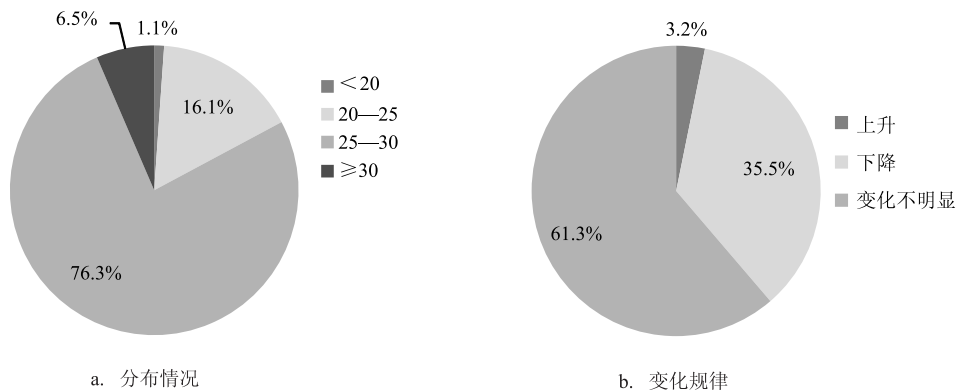


图2 赤潮发生前期的盐度分布情况和变化规律

### 3.4 风速风向

风速和风向对赤潮的发生也有一定的影响。风的作用会引起水体在垂向上的交换,可以使底层的营养物质上升到表层,有利于赤潮生物的生长和繁殖,但风速太大则会吹散赤潮,不利于赤潮的发生。风向则可以影响赤潮的聚集和扩散。温州沿海赤潮发生前期的风速一般不大,最大的风速为6级,风速在4级以下的占87.1%,6级风速的天数仅占3.2%(见图4)。风向主要以东北风、西南风和东南风为主,由于温州沿海的海岸线主要是东北西南走向,因此这几个风向较有利于赤潮生物向沿岸海域聚集。

## 4 温州沿海赤潮的特征

### 4.1 赤潮发生频繁,发生时间主要集中在3—9月份

近10 a来,温州沿海赤潮频发。从2003—2015年,温州沿海每年均有赤潮发生,共发生赤潮78起,

平均每年发生6起,具体每年的发生总数分布见图5。其中发生起数最多的年份是2006年,为9起;发生起数最少的年份为2012年,为3起。从发生的月份看,温州沿海的赤潮主要发生在3—9月份,尤其以5、6月份居多,具体各月份发生起数见图6。其中发生在5月份的赤潮最多,为50起,占赤潮发生总数的64.1%,其次是6月份,发生起数为33起,占赤潮发生总数的42.3%,发生起数最少的为3月份和9月份,均为1起,占赤潮发生总数的1.3%。

### 4.2 赤潮持续时间长

温州沿海发生的赤潮持续时间长,平均每次赤潮持续时间为8.1 d。持续时间在10 d以上的赤潮共有23起,占发生赤潮总数的29.5%。2003—2015年,温州沿海各年平均每次赤潮持续时间如图7所示。从图7可以看出,2009年以前,温州沿海平均每次赤潮持续时间在8 d以下;2009年以后平均每次赤潮持续时间呈上升趋势;2013年平均每次赤潮持续时间最长,为15.5 d;之后平均每次赤潮持续时间

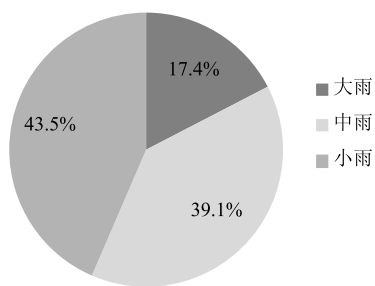


图3 赤潮发生前期的降水情况

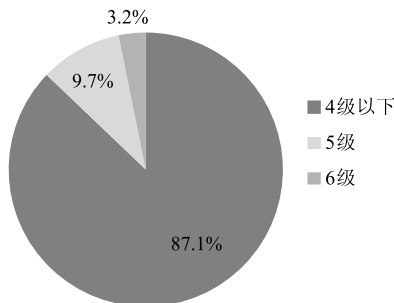


图4 赤潮发生前期的风速情况

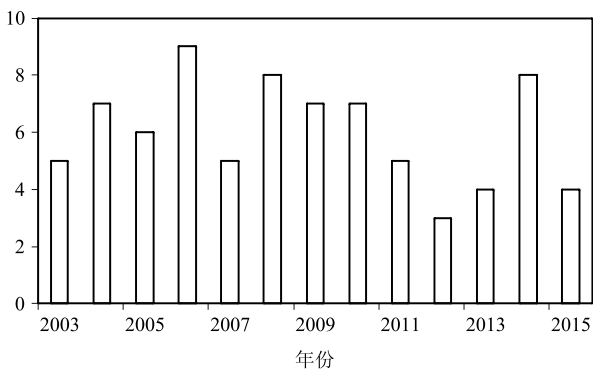


图5 2003—2015年温州沿海各年发生赤潮总数统计

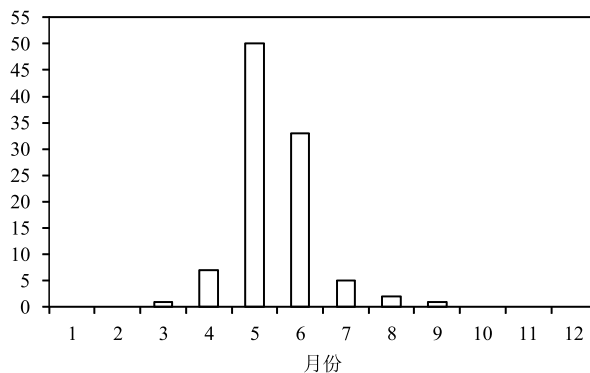


图6 2003—2015年温州沿海各月发生赤潮总数统计

又开始下降。图8为温州沿海各年最长赤潮的持续时间,从图8可以看出,温州沿海持续最久的赤潮的持续时间为24 d,发生在2003年5—6月;2003年开始年最长赤潮持续时间逐渐下降;2009年以后又开始上升;2011—2014年,年最长赤潮的持续时间维持在20 d左右;2015年则出现了较大的下降。

#### 4.3 赤潮发生面积大

2003—2015年,温州沿海的赤潮发生面积大,平均每次赤潮发生面积为111.2 km<sup>2</sup>。温州沿海各年平均每次赤潮发生面积如图9所示。平均每次赤潮发生面积最大的是2004年,为216.6 km<sup>2</sup>;最小的是2006年,为36.9 km<sup>2</sup>。图10为温州沿海各年赤潮最大发生面积。从图10可以看出,近10 a来温州沿海赤潮最大发生面积均在100 km<sup>2</sup>以上,其中发生面积最大的为2004年5月发生在苍南的赤潮,最大发生面积达到1 000 km<sup>2</sup>。

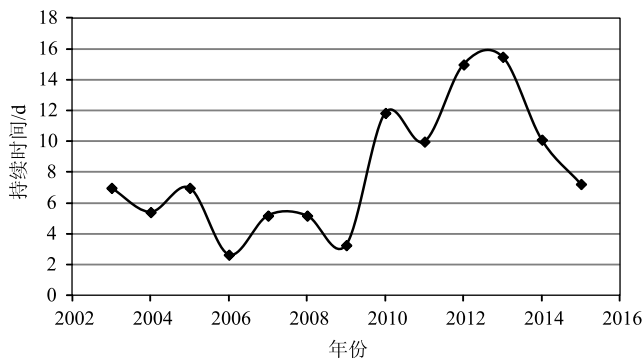


图7 2004—2014年温州沿海各年平均每次赤潮持续时间统计

#### 4.4 赤潮发生范围广, 南麂海域是温州沿海赤潮多发区

温州沿海发生的赤潮分布范围广,在苍南海域、洞头海域和南麂海域均有赤潮发生。其中发生在南麂的赤潮起数最多,为41起,占发生赤潮总数的52.6%,发生在苍南海域和洞头海域的赤潮分别为19起和18起。

#### 4.5 赤潮生物种类具有明显的演替现象

2003—2015年,引发温州沿海赤潮的生物种类共有18种,具体的赤潮生物名录见表1。其中引发赤潮次数最多的是东海原甲藻,为26起,占赤潮总数的33.33%,其次是米氏凯伦藻和具齿原甲藻,分别为23起和21起,分别占总数的29.49%和26.92%。引发温州沿海赤潮的生物种类有明显的演替现象。2009年以前温州沿海的赤潮生物主要

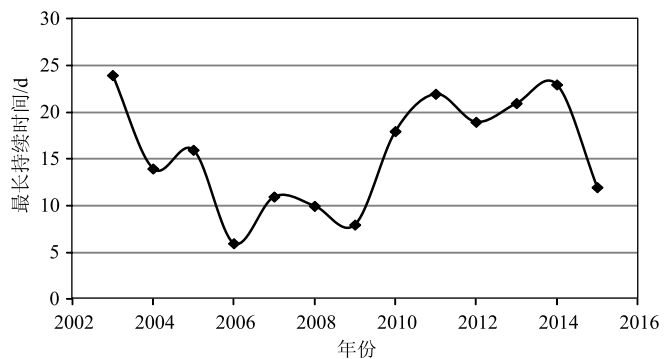


图8 2004—2014年温州沿海各年赤潮最长持续时间统计

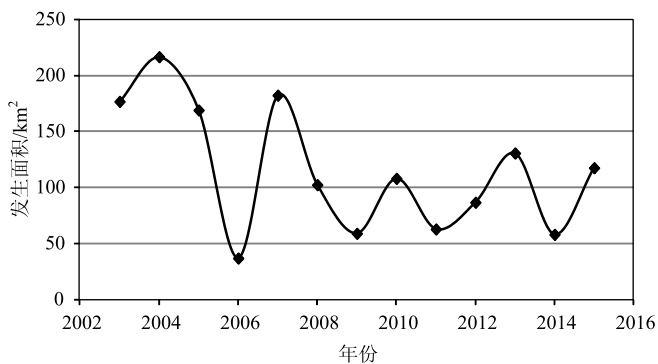


图9 2004—2014年温州沿海各年平均每次赤潮发生面积统计

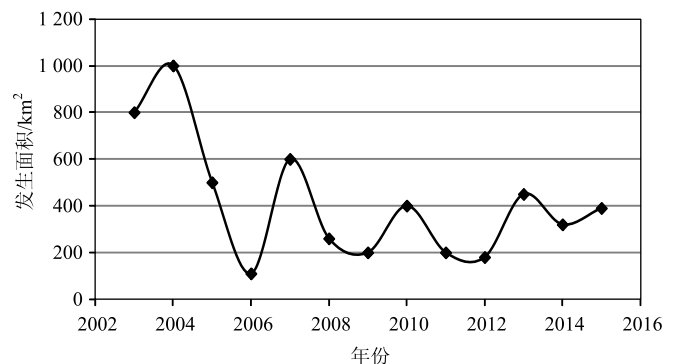


图10 2004—2014年温州沿海各年赤潮最大发生面积统计



表1 引发温州沿海赤潮的生物种类名录<sup>[7]</sup>

名称	学名	发生总数
长崎裸甲藻	<i>Gymnodinium nagasakiense</i>	1
具指膝沟藻	<i>Gonyaulax digitale</i>	1
米金裸甲藻	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	2
链状亚历山大藻	<i>Alexandrium catenella</i>	1
具齿原甲藻	<i>Prorocentrum dentatum</i>	21
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1
米氏凯伦藻	<i>Karenia mikimotoi</i>	23
锥柱斯克里普藻	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1
尖叶原甲藻	<i>Prorocentrum triestinum</i>	1
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>	4
海链藻	<i>Thalassiosira</i>	2
柔弱根管藻	<i>Rh. delicatula</i>	1
多纹漆沟藻	<i>Gonyaulax polygramma</i>	2
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	4
赤潮异湾藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	5
红色中缢虫	<i>Mesodinium rubrum</i>	2
东海原甲藻	<i>Prorocentrum donghaiense</i>	26
角毛藻	<i>Chaetoceros</i>	1

表2 温州沿海有毒赤潮生物及发生总数统计

名称	发生总数	占有毒赤潮总数 百分比 (%)
米金裸甲藻	2	6.3
长崎裸甲藻	1	3.1
米氏凯伦藻	23	71.9
链状亚历山大藻	1	3.1
赤潮异湾藻	5	15.6

是甲藻门和硅藻门的藻种,其中引发赤潮次数最多的是甲藻门的具齿原甲藻。2009年以后温州沿海的赤潮生物有甲藻门、硅藻门和新出现的着色鞭毛藻门的藻种。引发赤潮次数最多的仍然是甲藻门的藻种,但不是原来的具齿原甲藻,而是新出现的东海原甲藻。2009年以前引发赤潮的硅藻门藻种在2009年以后都没再出现过,甲藻门的藻种除了米氏凯伦藻外也都没有在2009年以后再次出现过。

#### 4.6 有毒赤潮<sup>[8-10]</sup>频发

温州沿海有毒赤潮频繁发生,从2003—2015年,除了2013年外,每年都有有毒赤潮发生,共发生有毒赤潮32起(见表2),占赤潮发生总数的41.0%。其中引发有毒赤潮最多的是米氏凯伦藻,

为23起,占有毒赤潮总数的71.9%,其次是赤潮异湾藻,为5起,占有毒赤潮总数的15.6%。

## 5 结论

温州沿海赤潮发生前期的水温大多大于18℃,大多数赤潮发生前期的水温呈上升趋势;赤潮发生前期的盐度有90%左右在23—30之间,部分赤潮在发生前期盐度呈现下降趋势;温州沿海赤潮发生前期出现降水的概率较大,主要是以中小强度的降水为主;温州沿海赤潮发生前期的风速一般不大,风速在4级以下的占87.1%,风向主要以东北风、西南风和东南风为主。

温州沿海发生的赤潮具有以下特征:

(1)赤潮发生频繁,平均每年发生赤潮6起。从发生的月份看,温州沿海发生的赤潮主要集中在3—9月份,尤其以5、6月份居多,这两个月发生的赤潮占赤潮发生总数的85.9%;

(2)赤潮持续时间长,平均每次赤潮持续时间为8.1 d;

(3)赤潮发生面积大,平均每次赤潮发生面积为111.2 km<sup>2</sup>。其中发生面积最大的为2004年5月发生在苍南的赤潮,最大发生面积达到1 000 km<sup>2</sup>;

(4)赤潮发生范围广,在苍南海域、洞头海域和南麂海域均有赤潮发生。其中发生在南麂的赤潮起数最多,占发生赤潮总数的52.6%;

(5)赤潮生物种类具有明显的演替现象,2009年以前引发赤潮的生物种类除了米氏凯伦藻外都没有在2009年以后再次出现过;

(6)有毒赤潮频繁发生。近10 a来,除了2013年外,每年都有有毒赤潮发生,共发生有毒赤潮32起,占赤潮发生总数的41.0%。

#### 参考文献:

- [1] 李博, 杨持, 林鹏. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 286.
- [2] 左书华, 李蓓. 近20年中国海洋灾害特征、危害及防治对策[J]. 气象与减灾研究, 2008, 31(4): 28-33.
- [3] 宋琍琍, 龙华, 余骏, 等. 赤潮对浙江省海洋渔业的危害及防治对策[J]. 中国水产, 2010, (5): 14-16.
- [4] 徐姗楠, 陈作志, 何培民. 人类活动对浙江近海赤潮发生频率的影响分析[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(3): 232-236.
- [5] 姚伟民, 郑爱榕, 邱进坤. 浙江洞头列岛海域水体富营养化及其与赤潮的关系[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(5): 466-469.

- [6] 徐宁, 段舜山, 李爱芬, 等. 沿岸海域富营养化与赤潮发生的关系[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1782-1787.
- [7] 郭皓. 中国近海赤潮生物图谱[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [8] 胡颖琰, 唐静亮, 王益鸣, 等. 浙江近岸有害赤潮发生区麻痹性贝毒素研究[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(1): 63-65.
- [9] 杜伟, 陆斗定. 有毒赤潮藻及其毒素的危害与检测[J]. 海洋学研究, 2008, 26(2): 89-97.
- [10] 黄美珍, 许翠娅. 有害有毒赤潮的研究与防治对策[J]. 福建水产, 2007, (4): 71-74.

## Analysis on hydro-meteorological conditions and characteristics of red tide in Wenzhou coastal waters

ZHANG Fu-xing, YAO Yu-juan, MA Lin-fang

(Marine Environmental Monitoring Center Station, Wenzhou 325013 China)

**Abstract:** Statistical analysis of hydro-meteorological data from 2010 to 2015 in Wenzhou coastal waters was done. The results indicate that: Prior to occurrence of red tide in Wenzhou coastal waters, the ocean water temperature always shows a rising trend and the salinity commonly sustains or shows a declining trend. The wind speed is low and the main wind directions are northeast, southwest and southeast. The monitoring data of red tide in Wenzhou coastal waters from 2003 to 2015 was analyzed, the results show that: (1) Red tides in Wenzhou coastal waters happen frequently. These red tides could happen from March to September and most of them happened during May and June; (2) The lasting time of red tide in Wenzhou coastal waters is long and the average lasting time is 8.1 days; (3) The occurrence area of red tides were large and the average occurrence area of each red tide was 111.2 km<sup>2</sup>. The maximum occurrence area was 1000 km<sup>2</sup>; (4) Most red tides happened in coastal waters of Cangnan, Dongtou and Nanji. The number of red tides happened in Nanji coastal area was high which was about 52.6% of total occurrence; (5) The species of red tide plankton have an obvious phenomenon of succession; (6) Poisonous red tides happened frequently in Wenzhou coastal waters. The major red tide plankton causing poisonous red tides were *Karenia mikimotoi* and *Heterosigma akashiwo*.

**Key words:** red tide; Wenzhou coastal waters; hydrometeor; characteristics