

广东省海域赤潮灾害的基本特征分析

曾建军, 徐伟, 张露

(海域海岛环境科技研究院(天津)有限公司 天津 300110)

摘要: 文章通过收集《广东省海洋灾害公报》中 2013—2022 年的赤潮灾害数据, 运用统计学方法对近 10 年广东省海域的赤潮灾害时空分布等基本特征进行综合分析, 以为赤潮灾害的预警、防治等工作提供参考依据。分析结果表明: 时间分布上, 近 10 年间广东省海域共发生赤潮 95 次, 年平均 9.5 次, 共发生面积 3 624.76 km², 主要发生时间集中在 1—4 月, 平均每次赤潮持续时间为 8.8 d; 空间分布上, 赤潮发生次数最多的主要位于珠三角海域, 赤潮面积发生最大的则位于粤西海域。引发赤潮的生物共有 26 种, 其中硅藻门 13 种、甲藻门 10 种、定鞭藻门、黄藻门和原生动物门各 1 种, 引发赤潮次数最多的是夜光藻和红色赤潮藻, 引发赤潮面积最大的是球形棕囊藻, 近年来引发赤潮的生物种类呈现多样化的趋势。

关键词: 赤潮; 基本特征; 广东省海域

中图分类号: X55

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2024)01-0052-07

Analysis of the Basic Characteristics of Red Tide Disasters in the Coastal Seawater of Guangdong Province

ZENG Jianjun, XU Wei, ZHANG Lu

(Ocean Environment Science & Technology Co., Ltd, Tianjin 300110, China)

Abstract: This paper collected the data on red tide disasters from 2013 to 2022 in the Guangdong Provincial Marine Disaster Bulletin, and comprehensively analyzed the basic characteristics of the spatiotemporal distribution of red tide disasters in the coastal seawater of Guangdong Province in the past ten years by statistical methods, in order to provide a reference for the early warning and prevention of red tide disasters. The analysis results show that a total of 95 red tides occurred in the coastal seawater of Guangdong Province in the past ten years, with an annual average of 9.5 times, the total area of red tides was 3624.76 km², red tide mainly occurs between January to April, and the average duration of each red tide was 8.8 days. The locations with the highest frequency of red tide was in the coastal seawater of the Pearl River Delta, while the largest area of red tide was occurred in the western Guangdong Sea. There are 26 species of organisms that cause red tides, including 13 species of Bacillariophyta, 10 species of Dinophyta, and 1 species each of Coccolithophore, Xanthophyta and Protozoa, *Noctiluca scintillans* and

收稿日期: 2023-08-07; 修订日期: 2024-01-08

作者简介: 曾建军, 高级工程师, 硕士研究生, 研究方向为海洋环境保护与管理

Akashiwo sanguinea are the most frequent cause of red tides, and *Phaeocystis globosa* is the largest area occurrence of red tides, the species that cause red tides have shown a trend of diversification in recent years.

Keywords: Red tide, Basic characteristics, Coastal seawater of Guangdong Province

0 引言

海洋灾害主要包括风暴潮灾害、海浪灾害、赤潮灾害、海平面变化、海岸侵蚀、咸潮入侵等,其中赤潮是指海洋中的一些微藻、原生动物或细菌在一定环境条件下爆发性增殖或聚集达到某一水平,引起水体变色或海洋中其他生物产生危害的一种生态异常现象^[1]。近年来,我国赤潮灾害频发,已经成为沿海各地主要的海洋灾害之一。

为了研究赤潮的发生规律、分布特征及成因等,很多学者对我国海域赤潮的发生情况进行了分析研究。洛昊等^[2]分析了1933—2011年我国沿海赤潮发生的历史和现状,提出了相应的减灾对策;郭皓等^[3]对1995—2014年我国赤潮发生情况进行了分析,表明具有显著的时间和区域特点;张青田^[4]回顾了我国海域赤潮发生频次的年际变化,表明21世纪前10年赤潮发生频次和规模是20世纪后50年的2倍多;张善发等^[5]研究了2001—2017年我国近海海域赤潮爆发的规律及影响因素;一些学者还分别对渤海湾^[6-7]、长江口^[8]、辽宁^[9]、山东^[10-11]、河北^[12]、天津^[13]、江苏^[14]、浙江^[15-16]、福建^[17-18]、广西^[19]、海南^[20]等沿海省(自治区、直辖市)赤潮灾害的发生情况和分布等进行了分析研究。

广东是海洋大省,拥有全国最长的海岸线和辽阔的海域,随着海洋经济的快速发展,当前赤潮灾害风险日益突出,开展赤潮灾害特征分析等研究具有重要的意义。易斌等^[21]研究了2009—2016年南海近岸海域赤潮爆发的时间规律和空间分布;李丽等^[22]对1980—2007年广东沿海赤潮灾害历史资料进行统计分析,表明赤潮灾害总体呈上升趋势;刘晓南等^[23]分析1980—2002年广东沿海赤潮情况表明沿海城市经济快速发展的时期也是赤潮出现的高峰期;韦桂秋等^[24]通过2000—2009年珠江口海域赤潮资料的统计分析,表明深圳湾海区为珠江口赤潮多发区;马方方等^[25]分析1980—2018年深圳

大鹏湾海域赤潮变化表明,大鹏湾赤潮次数分布、赤潮生物演变均与营养盐变化直接相关。综上,目前对于广东省赤潮灾害的研究数据时间较早,或局限于特定海域,缺乏近期尤其是近10年广东海域赤潮灾害呈现新的特点的研究,因此本研究收集整理了广东省2013—2022年的赤潮资料,对赤潮发生的时间规律、空间分布和赤潮生物特征等进行了系统分析研究,为赤潮灾害的监测预警和防灾减灾等提供理论依据。

1 材料与方法

本研究分析的赤潮资料数据来源于2013—2022年《广东省海洋灾害公报》^[26-27],主要包括历次赤潮的发生地点、起止时间、最大成灾面积、赤潮优势生物种等信息。分析方法主要为统计学方法,对广东省海域赤潮发生的时空分布进行总结分析,其结果运用Excel软件进行处理及制图。

在赤潮月际变化特征分析时,部分赤潮过程跨月发生,其发生次数和面积分别计入各月。在赤潮生物种类统计分析时,部分赤潮过程存在多种优势生物,其发生次数和面积分别计入各赤潮生物。

2 结果与分析

2.1 时间分布特征

2013—2022年广东省海域共发生赤潮95次,累计发生赤潮面积约为3 624.76 km²,近10年来平均每年发生赤潮9.5次,其中2014年发生次数最多,达到15次,2014—2019年赤潮发生次数总体呈下降趋势,最近两年又上升至较高的水平(图1)。从赤潮发生面积看,近10年来平均每年发生赤潮面积约362.476 km²,其中2017年发生面积最大,达到1 017 km²,2016年和2014年赤潮发生面积次之,其余每年的赤潮面积均较小,低于近10年的平均值。2019年赤潮发生次数和发生面积均为近10年来的最低值。

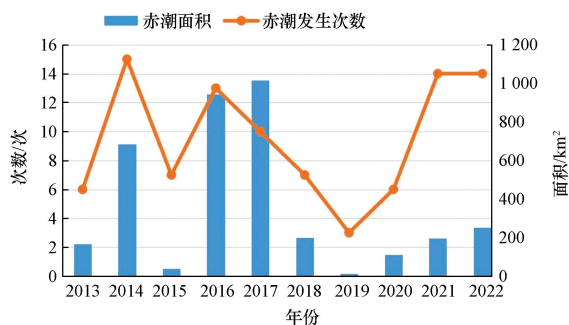


图1 2013—2022年广东省海域赤潮发生次数及面积

Fig.1 Numbers and areas of red tides annually in Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

2013—2022年,广东省海域发生赤潮的持续时间累计天数共838 d,年均83.8 d,其中2016年赤潮发生的持续时间最长,达155 d,2016—2020年赤潮发生的持续时间总体呈下降趋势,最近两年赤潮的发生时间又上升至每年100 d以上。按每次赤潮发生的持续时间统计,近10年来平均每次赤潮发生的持续时间约为8.8 d。

赤潮的发生具有明显的季节变化特征,从广东省各月累计发生赤潮的次数和面积来看(图2),广东省海域全年每个月份均有赤潮发生,冬季和春季是赤潮的高发期,赤潮发生的次数和面积均主要集中在1—4月,约占59.8%和69.5%。近10年来广东省发生赤潮次数最多的月份为4月,达到23次,其次为3月,发生赤潮次数为22次,发生次数最少的月份为10月,仅2次。从每个月发生赤潮的累计面积来看,3月赤潮发生面积最大,达到1569.71 km²,其次为4月,赤潮发生面积最小的月份也是10月,仅26.5 km²。

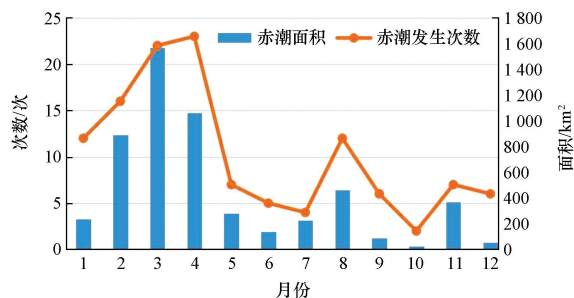


图2 2013—2022年广东省海域逐月赤潮发生次数及面积

Fig.2 Numbers and areas of red tides monthly in Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

2.2 空间分布特征

本研究将广东省海域划分为粤东、珠三角、粤西三大区域进行赤潮的空间分布特征分析(图3)。2013—2022年珠三角地区赤潮发生的次数最多,累计达到58次,粤东地区赤潮发生的次数最少。从赤潮发生面积来看,近10年来粤西地区赤潮发生的面积最大,累计达到2461.96 km²。

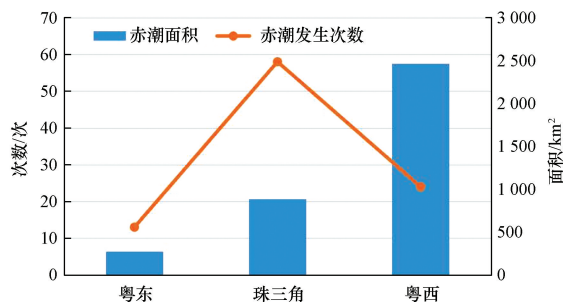


图3 2013—2022年广东省海域不同区域赤潮发生次数及面积

Fig.3 Numbers and areas of red tides occurrences in different regions of Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

从单次赤潮发生面积来看,2013—2022年广东省海域赤潮发生的面积从0.001~495 km²不等,其中单次发生面积小于10 km²的赤潮次数最多,共有57次,占总发生次数的60%,可见广东省海域多发小面积的赤潮。广东省海域单次赤潮发生的最大面积为495 km²,为2017年2月27日至3月17日发生于茂名市水东湾海域的球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)赤潮。

将赤潮的规模按发生面积进行分类,划分为5个等级,对应面积分别为小于10 km²、10~50 km²、50~100 km²、100~300 km²、300~500 km²,统计了广东省海域不同地区赤潮发生分布表(表1)。近10年来广东省赤潮主要发生在珠三角区域的深圳市大鹏湾和大亚湾海域、珠海市海域以及珠江口海域、粤西地区的湛江市和茂名市沿岸海域。其中深圳市海域赤潮发生的次数最多,但单次规模小,发生面积绝大部分在50 km²以下。粤西地区赤潮主要发生在湛江市和茂名市海域,湛江市海域发生的次数较多,而茂名市海域发生的单次规模较大,发生面积主要在300 km²以上。粤东地区赤潮主要发生在汕头市和汕尾市海域,发生次数少,单次规模也较小。

表 1 2013—2022 年广东省海域赤潮发生分布
Table 1 Distribution of red tide occurrence in Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

区域	城市	不同规模赤潮发生次数				
		小于 10 km ²	10~ 50 km ²	50~ 100 km ²	100~ 300 km ²	300~ 500 km ²
粤东	汕头市	4	0	1	0	0
	汕尾市	4	2	2	0	0
珠三角	惠州市	5	4	1	2	0
	深圳市	27	5	1	0	0
	珠海市	11	1	1	0	0
粤西	阳江市	1	0	0	0	0
	茂名市	0	1	0	0	2
	湛江市	5	4	5	6	0

2.3 赤潮生物特征

近 10 年来引发广东省海域赤潮的生物共有

26 种,其中硅藻门 13 种,甲藻门 10 种,定鞭藻门、黄藻门和原生动物门各 1 种(表 2)。引发赤潮次数最多的是夜光藻(*Noctiluca scintillans*)和红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*),分别发生 23 次和 22 次。发生年份最多的是中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)和球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*),在 10 年中的 7 年均有发生。引发赤潮面积最大的是球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*),发生赤潮面积达 1 175.66 km²,其次为红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*),发生赤潮面积达 1 005.35 km²。近两年出现角毛藻(*Chaetoceros* sp.)、海链藻(*Thalassiosira* sp.)、娄氏藻(*Lauderia* sp.)等新的赤潮生物,表明广东省海域引发赤潮的生物具有演替规律,不断有新的赤潮生物引发赤潮,赤潮生物种类呈现多样化的趋势。

表 2 2013—2022 年广东省海域赤潮生物种类
Table 2 The causative red tide organisms in Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

门类	赤潮生物种	赤潮次数/次	发生年份	发生面积/km ²
甲藻门	夜光藻 <i>Noctiluca scintillans</i>	23	2013、2014、2015、2016、2018、2021	682.89
	凯伦藻 <i>Karenia</i> sp.	2	2021	9.0
	米氏凯伦藻 <i>Karenia mikimotoi</i>	1	2013	4.4
	双胞旋沟藻 <i>Cochlodinium geminatum</i>	4	2013、2018、2020	74.5
	红色赤潮藻 <i>Akashiwo sanguinea</i>	22	2014、2016、2018、2021	1 005.35
	多纹膝沟藻 <i>Gonyaulax polygramma</i>	4	2014	106
	条纹环沟藻 <i>Gyrodinium instriatum</i>	1	2014	0.2
	锥状斯克里普藻 <i>Scrippsiella trochoidea</i>	7	2015、2017、2022	219.7
	多环旋沟藻 <i>Cochlodinium polykrikoides</i>	1	2015	1.5
	链状裸甲藻 <i>Gymnodinium catenatum</i>	1	2021	7.8
硅藻门	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	15	2013、2014、2015、2016、2020、2021、2022	574.13
	拟菱形藻 <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	1	2022	4.0
	柔弱伪菱形藻 <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	1	2013	40
	尖刺拟菱形藻 <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	1	2018	35
	丹麦细柱藻 <i>Leptocylindrus danicus</i>	3	2018、2019、2021	17.9
	斯氏根管藻 <i>Rhizosolenia stolterforthii</i>	1	2018	0.1
	角毛藻 <i>Chaetoceros</i> sp.	1	2022	3.0
	柔弱角毛藻 <i>Chaetoceros debilis</i>	1	2021	65.0
	海洋角毛藻 <i>Chaetoceros pelagicus</i>	1	2021	65.0
	旋链角毛藻 <i>Chaetoceros curvisetus</i>	1	2022	76.0
	洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	2	2022	11.0
	海链藻 <i>Thalassiosira</i> sp.	2	2021、2022	31.5
	娄氏藻 <i>Lauderia</i> sp.	1	2022	3.0
定鞭藻门	球形棕囊藻 <i>Phaeocystis globosa</i>	12	2013、2014、2015、2017、2018、2020、2021	1 175.66
黄藻门	赤潮异弯藻 <i>Heterosigma akashiwo</i>	6	2014、2015、2017、2019、2020	13.53
原生动物门	红色中缢虫 <i>Mesodinium rubrum</i>	1	2021	6.0

从广东省主要赤潮生物的发生区域来看(表3),中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)赤潮主要发生于深圳市珠江口海域以及湛江市沿海;夜光藻(*Noctiluca scintillans*)赤潮则集中发生于深圳大鹏湾、大亚湾以及珠海市海域;球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)赤潮主要发生于粤西地区的湛江市和茂名市沿海;红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*)赤潮集中分布于深圳大鹏湾、惠州大亚湾以及汕尾市海域;锥状斯克里普藻(*Scrippsiella trochoidea*)赤潮则主要发生于惠州大亚湾。可见,广东省海域引发赤潮的生物具有明显的地域性分布特征,与其所处的海洋环境以及各种类赤潮生物的生活习性等密切相关。

表3 2013—2022年广东省海域赤潮生物分布
Table 3 Distribution of red tide organisms in Guangdong coastal waters from 2013 to 2022

区域	城市	不同赤潮生物引发的次数					
		中肋骨条藻	夜光藻	球形棕囊藻	红色赤潮藻	锥状斯克里普藻	其他藻类
粤东	汕头市	0	1	0	1	1	5
	汕尾市	0	0	1	4	1	2
珠三角	惠州市	1	2	0	6	4	3
	深圳市	4	9	2	7	1	14
	珠海市	1	7	1	3	0	4
粤西	阳江市	0	1	0	0	0	0
	茂名市	0	1	2	0	0	0
	湛江市	9	2	6	1	0	9

参考文献(References):

- [1] 国家海洋局. 赤潮监测技术规程: HY/T 069—2005[S]. 2005.
State Oceanic Administration. Technical specification for red tide monitoring: HY/T 069—2005[S]. 2005.
- [2] 洛昊,马明辉,梁斌,等.中国近海赤潮基本特征与减灾对策[J].海洋通报,2013,32(5):595—600.
LUO Hao, MA Minghui, LIANG Bin, et al. Basic characteristics and mitigation countermeasures of red tides in China seas[J]. Marine Science Bulletin, 2013, 32(5): 595—600.
- [3] 郭皓,丁德文,林凤翔,等.近20a我国近海赤潮特点与发生规律[J].海洋科学进展,2015,33(4):547—556.
GUO Hao, DING Dewen, LIN Fengao, et al. Characteristics and patterns of red tide in China coastal waters during the last 20a[J]. Advances in Marine Science, 2015, 33(4): 547—556.
- [4] 张青田.中国海域赤潮发生趋势的年度变化[J].中国环境监测,2013,29(5):99—102.
ZHANG Qingtian. Review on the annual variation of red tides in China's sea areas[J]. Environmental Monitoring in China, 2013, 29(5): 99—102.
- [5] 张善发,王茜,关淳雅,等.2001—2017年中国近海水域赤潮发生规律及其影响因素[J].北京大学学报(自然科学版),2020,56(6):1129

3 结论

(1)2013—2022年广东省海域共发生赤潮95次,年平均9.5次,近两年赤潮发生次数上升至较高水平;近10年累计发生赤潮面积约为3 624.76 km²,发生赤潮的持续时间累计天数共838 d,平均每次赤潮发生的持续时间约为8.8 d。

(2)2013—2022年广东省海域全年每个月份均有赤潮发生,冬季和春季是赤潮的高发期,赤潮发生的次数和面积均主要集中在1—4月。近10年单次赤潮发生面积小于10 km²的次数最多,呈现多发小面积赤潮的特点。

(3)2013—2022年广东省海域赤潮主要发生在珠三角区域的惠州市大亚湾海域、深圳市大鹏湾海域以及珠江口海域、粤西地区的湛江市和茂名市沿岸海域。赤潮发生次数最多为珠三角海域,赤潮面积发生最大的则为粤西海域。

(4)2013—2022年引发广东省海域赤潮的生物共有26种,其中硅藻门13种,甲藻门10种,定鞭藻门、黄藻门和原生动物门各1种。引发赤潮次数最多的是夜光藻(*Noctiluca scintillans*)和红色赤潮藻(*Akashiwo sanguinea*),引发赤潮面积最大的是球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*),近两年赤潮生物种类呈现多样化的趋势,同时赤潮生物具有明显的地域性分布特征。

—1140.

ZHANG Shanfa, WANG Qian, GUAN Chunya, et al. Study on the occurrence law of red tide and its influencing factors in the offshore waters of China from 2001 to 2017[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2020, 56(6):1129—1140.

- [6] 王彬,崔健,李玲,等.渤海湾赤潮特征研究[J].*海洋环境科学*, 2021, 40(2):200—206.

WANG Bin, CUI Jian, LI Ling, et al. Characteristics of red tide in the Bohai Bay[J]. *Marine Environmental Science*, 2021, 40(2):200—206.

- [7] 窦勇,尚金沛,邵蓬,等.2000—2016年渤海赤潮发生规律及影响因素研究[J].*水生态学杂志*, 2020, 41(6):141—148.

DOU Yong, SHANG Jinpei, SHAO Peng, et al. Frequency of red tides in Bohai Sea and the influence of environmental factors(2000—2016)[J]. *Journal of Hydroecology*, 2020, 41(6):141—148.

- [8] 刘录三,李子成,周娟,等.长江口及其邻近海域赤潮时空分布研究[J].*环境科学*, 2011, 32(9):2497—2504.

LIU Lusan, LI Zicheng, ZHOU Juan, et al. Temporal and spatial distribution of red tide in Yangtze River estuary and adjacent waters[J]. *Environmental Science*, 2011, 32(9):2497—2504.

- [9] 刘希刚,陈燕珍,王静,等.2001—2012年辽宁近岸海域赤潮发生特征[J].*中国科技信息*, 2015(24):40—42.

LIU Xigang, CHEN Yanzhen, WANG Jing, et al. Characteristics of red tide occurrence in the coastal waters of Liaoning from 2001 to 2012[J]. *China Science and Technology Information*, 2015(24):40—42.

- [10] 于宁,于建生,吕振波,等.山东海域赤潮灾害特征及预警报管理[J].*生态学杂志*, 2012, 31(5):1272—1281.

YU Ning, YU Jiansheng, LYU Zhenbo, et al. Disaster characteristics of harmful algal bloom and its early warning management in Shandong coastal waters[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(5):1272—1281.

- [11] 周健,王玮,吴志宏,等.山东沿海赤潮灾害基本特征及防控对策建议[J].*海洋环境科学*, 2020, 39(4):537—543.

ZHOU Jian, WANG Wei, WU Zhihong, et al. The basic characteristics and prevention countermeasures of red tide in Shandong coast waters[J]. *Marine Environmental Science*, 2020, 39(4):537—543.

- [12] 翟伟康,许自舟,张健.河北省近岸海域赤潮灾害特征分析[J].*海洋环境科学*, 2016, 35(2):243—251.

ZHAI Weikang, XU Zizhou, ZHANG Jian. Analysis on characteristics of red tide disaster in Hebei coastal waters[J]. *Marine Environmental Science*, 2016, 35(2):243—251.

- [13] 张琪,孙家伟,冯延竹,等.天津沿海赤潮发生的基本特征研究[J].*海洋预报*, 2020, 37(1):62—66.

ZHANG Qi, SUN Jiawei, FENG Yanzhu, et al. Research on the basic characteristics of red tide in Tianjin coastal area[J]. *Marine Forecasts*, 2020, 37(1):62—66.

- [14] 高清清,曹兵,杨波,等.江苏海域赤潮分布特征研究[J].*海洋通报*, 2017, 36(2):217—221.

GAO Qingqing, CAO Bing, YANG Bo, et al. Characteristics of the red tide in the sea area of Jiangsu[J]. *Marine Science Bulletin*, 2017, 36(2):217—221.

- [15] 李仁虎.浙江海域赤潮时空分布特征与赤潮监测研究[D].上海:上海海洋大学,2020.

LI Renhu. Study on the temporal and spatial distribution characteristics and monitoring of red tide in Zhejiang coastal area[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.

- [16] 李阳东,谢洋洋,李仁虎,等.浙江近岸海域赤潮事件时空分布特征研究[J].*海洋预报*, 2021, 38(1):54—59.

LI Yangdong, XIE Yangyang, LI Renhu, et al. Research on the temporal and spatial distribution characteristics of red tide in Zhejiang coastal area[J]. *Marine Forecasts*, 2021, 38(1):54—59.

- [17] 李雪丁.福建沿海近10a赤潮基本特征分析[J].*环境科学*, 2012, 33(7):2210—2216.

LI Xueding. Analysis on characteristics of red tide in Fujian coastal waters during the last 10 years[J]. *Environmental Science*, 2012, 33(7):2210—2216.

- [18] 黄春秀,陈火柴,李聪.2000—2018年福建近岸海域赤潮分布特征[J].*应用海洋学学报*, 2020, 39(4):542—550.

HUANG Chunxiu, CHEN Huorong, LI Cong. Characteristics of red tide distribution in Fujian coastal waters in 2000—2018[J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2020, 39(4):542—550.

- [19] 粟启仲,雷学铁,刘国强,等.广西北部湾近岸海域近20年赤潮灾害特征分析[J].*广西科学*, 2022, 29(3):552—557.

SU Qizhong, LEI Xuetie, LIU Guoqiang, et al. Characteristics of red tide disaster in coastal waters of Beibu Gulf of Guangxi in recent 20 years[J]. *Guangxi Sciences*, 2022, 29(3):552—557.

- [20] 殷安齐,王兴华.海南岛近岸海域赤潮的时空与生物特征[J].*安全与环境学报*, 2019, 19(4):1456—1460.

YIN Anqi, WANG Xinghua. Specific spatial-temporal and biological features of red tide in coastal waters around Hainan Island[J]. *Journal*

- of Safety and Environment, 2019, 19(4): 1456—1460.
- [21] 易斌, 陈凯彪, 周俊杰, 等. 2009 年至 2016 年华南近海赤潮分布特征[J]. 海洋湖沼通报, 2018 (2): 23—31.
YI Bin, CHEN Kaibiao, ZHOU Junjie, et al. Characteristics of red tide in coastal region of south China from 2009 to 2016[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2018, (2): 23—31.
- [22] 李丽, 吕颂辉. 近 30 年广东沿海赤潮灾害的特征及成因分析[J]. 安全与环境学报, 2009, 9(3): 83—86.
LI Li, LYU Songhui. A 30-year retrospective analysis over the detrimental algal blooms in Guangdong coastal areas[J]. Journal of Safety and Environment, 2009, 9(3): 83—86.
- [23] 刘晓南, 王为, 吴志峰. 广东沿海赤潮发生频率差异与城市发展的关系[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 911—917.
LIU Xiaonan, WANG Wei, WU Zhifeng. The relation between differences of red tide frequency and economic development along the coasts of Guangdong[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(6): 911—917.
- [24] 韦桂秋, 王华, 蔡伟叙, 等. 近 10 年珠江口海域赤潮发生特征及原因初探[J]. 海洋通报, 2012, 31(4): 466—474.
WEI Guiqiu, WANG Hua, CAI Weixu, et al. 10 year retrospective analysis on the harmful algal blooms in the Pearl River Estuary[J]. Marine Science Bulletin, 2012, 31(4): 466—474.
- [25] 马方方, 冷科明, 周秋伶, 等. 近 40 年深圳大鹏湾海域赤潮发生规律及其演变机制分析[J]. 海洋环境科学, 2021, 40(2): 263—271.
MA Fangfang, LENG Keming, ZHOU Qiuling, et al. Analysis on the occurrences and evolution mechanism of HABs in Dapeng bay, Shenzhen in the last 40 years[J]. Marine Environmental Science, 2021, 40(2): 263—271.
- [26] 广东省海洋与渔业厅. 广东省海洋灾害公报[R]. 2014—2018.
Guangdong Provincial Department of Oceans and Fisheries. Bulletin of Guangdong Province marine disaster[R]. 2017—2018.
- [27] 广东省自然资源厅. 广东省海洋灾害公报[R]. 2019—2023.
Guangdong Provincial Department of Natural Resources. Bulletin of Guangdong Province marine disaster[R]. 2019—2023.