近15年西沙群岛长棘海星暴发周期及暴发原因分析

李元超^{1*}, 吴钟解¹, 梁计林¹, 陈石泉¹, 赵建民²

1. 海南省海洋与渔业科学院, 海口 571126;

2. 中国科学院烟台海岸带研究所牟平海岸带环境综合试验站, 烟台 264003

* 联系人, E-mail: lycouc@foxmail.com

2019-06-06 收稿, 2019-07-22 修回, 2019-07-24 接受, 2019-09-16 网络版发表

国家重点研发计划重点专项(2017YFC0506104, 2018YFC1406503)和海南省自然科学基金(318MS119)资助

摘要 2005~2019年对西沙群岛主要岛礁的珊瑚礁生态系统进行监测, 结果表明西沙群岛的长棘海星暴发周期大约为15年. 这15年又可分为两部分, 其中长棘海星破坏期为5年左右, 珊瑚恢复期为10年左右. 2006~2010年是长棘海星的破坏期, 珊瑚覆盖率从60%多降低到不足5%. 2011~2019年是珊瑚的恢复期, 珊瑚覆盖率逐步增多到15%左右, 同时珊瑚补充量和珊瑚礁鱼类都有所增多. 进一步分析表明, 西沙群岛海域长棘海星的暴发主要与台风天气、珊瑚礁鱼类减少、全球升温、人类活动等因素有关. 台风过境带来大量的营养盐, 致使浮游生物增多, 从而导致长棘海星的幼虫成活率提高. 全球升温 and 珊瑚礁鱼类的减少会使长棘海星的精卵细胞更大比例地孵化和存活. 通过对15年的监控数据的分析, 我们认为西沙群岛海域正进入下一个长棘海星暴发周期, 为了避免珊瑚礁生态系统再一次遭受灭顶之灾, 现在应采取措施积极应对.

关键词 长棘海星, 西沙群岛, 暴发, 周期

长棘海星(*Acanthaster planci*)又称棘冠海星, 隶属于棘皮动物门海星纲有棘目长棘海星科长棘海星属, 主要栖息于印度洋-太平洋区的热带珊瑚礁海域中^[1,2]. 长棘海星在我国主要分布在西南中沙群岛、海南岛、台湾岛等珊瑚礁海域. 1963年澳大利亚大堡礁发现大规模的长棘海星暴发, 使得绵延上千千米的大堡礁有五分之一遭到破坏^[3], 至此长棘海星才引起人们的重视. 自大堡礁之后世界上很多珊瑚礁海域都有过长棘海星暴发的报道, 如2004年的日本冲绳本岛和石垣岛^[4]. 长棘海星主要以造礁石珊瑚为食, 一个成年长棘海星一晚上可以侵蚀几百平方厘米的珊瑚礁, 成千上万只长棘海星同时出现会使健康的珊瑚礁生态系统遭受灭顶之灾^[5]. 长棘海星暴发之后, 大部分直立的珊瑚(鹿角珊瑚)由于生物侵蚀和水流的运动而塌陷, 珊瑚礁

的结构复杂性较低, 珊瑚礁变成了一个荒凉的平原. 随着珊瑚礁地形复杂程度的降低, 珊瑚礁鱼类和其他一些礁栖生物的种类和密度也随之下落, 珊瑚礁生态系统的生物多样性降低, 珊瑚礁生态系统的功能也受到影响^[6]. 2012年7月, 为应对大堡礁的长棘海星暴发, 在菲茨罗伊岛上举行了一个国际研讨会, 研讨会达成了一项共识声明^[7], 宣布“需要采取紧急行动应对大堡礁长棘海星的暴发”. 行动包括进行更有针对性的调查, 改进现有的控制方法, 开展新的研究, 寻找有效、安全和可接受的控制方法. 同时还指出了今后研究的重点: (1) 开发监测长棘海星密度的新指标(例如化学信号、基于基因组学的浮游生物快速检验); (2) 了解珊瑚礁生境中关键营养素的优先来源; (3) 更新长棘海星的幼虫生态学知识, 特别是它们对洪水羽流的响应; (4) 建

引用格式: 李元超, 吴钟解, 梁计林, 等. 近15年西沙群岛长棘海星暴发周期及暴发原因分析. 科学通报, 2019, 64: 3478–3484

Li Y C, Wu Z J, Liang J L, et al. Analysis on the outbreak period and cause of *Acanthaster planci* in Xisha Islands in recent 15 years (in Chinese). Chin Sci Bull, 2019, 64: 3478–3484, doi: [10.1360/TB-2019-0152](https://doi.org/10.1360/TB-2019-0152)

立种群动态模型,以确定暴发的原因,并在其复杂的生命周期中找到最薄弱的环节;(5)整理所有现有知识,促进数据挖掘。本文在统计分析2005~2018年西沙群岛长棘海星暴发情况的基础上,结合2019年最新调查数据,总结出我国西沙群岛长棘海星的暴发规律,并对长棘海星暴发原因进行分析。同时结合2019年数据对西沙群岛长棘海星的暴发提出预警,并提出具有针对性的管控措施,更好地指导长棘海星的治理。

1 方法与材料

1.1 研究区域

西沙群岛为中国南海诸岛四大群岛之一,由永乐群岛和宣德群岛构成,北起北礁,南至先驱滩,东起西渡滩,西止于中建岛,由众多岛屿及环礁组成。西沙群岛珊瑚礁分布区属于世界珊瑚礁的大洋典型分布区,是我国最具代表性的珊瑚礁生态系统^[8]。西沙群岛的珊瑚礁生态系统监测任务自2005年开始实施,到现在已经持续了15年,定期监测区域主要包括永兴岛、西沙洲、赵述岛、北岛、晋卿岛和甘泉岛等6个岛礁,不定期监测区域包括盘石屿、鸭公岛、北礁等岛礁。

1.2 研究方法

在永兴岛、西沙洲、赵述岛、北岛、晋卿岛和甘泉岛等6个岛礁共设置21个调查站位进行潜水调查。具体的调查方法为断面监测法-截线样条法,调查的要素包括珊瑚覆盖率、珊瑚种类、珊瑚礁鱼类、珊瑚补充量、珊瑚死亡率、长棘海星密度等。调查区水深一般不超过12 m,每个调查站位水下布设3(2~4), 6(5~7)和9 m(8~10 m)等深线3条样带调查断面,每条断面布设一条长50 m的样带。调查以水下摄像和拍照方式为主,室内根据影像资料进行各类调查要素的统计分析。

2 结果与讨论

2.1 长棘海星的暴发情况

西沙群岛珊瑚礁生态系统监测自2005年开始,2005年之前的数据根据黄晖等人^[9]和李颖虹等人^[10]的相关文章进行补充。西沙群岛海域长棘海星从2004年前后开始逐渐增多,起点是永乐群岛的甘泉岛^[11]和宣德群岛的西沙洲海域,之后逐步蔓延到整个西沙群岛海域。长棘海星密度从最初的每公顷10只左右(2004年)

逐步增多到每公顷20000只左右(2009年)^[8],长棘海星照片如图1所示。自2010开始,长棘海星密度逐渐降低,分布范围也逐渐减小,仅永兴岛、南沙洲、浪花礁等局部区域有大量长棘海星分布^[12]。2011年之后长棘海星零星分布,每公顷不超过1只。2011~2017年,西沙群岛海域的长棘海星密度都保持在一个较低的水平,珊瑚逐渐开始有所恢复,但是自2018年开始,长棘海星又卷土重来,盘石屿、玉琢礁、浪花礁等海域又开始出现大量长棘海星,密度在每公顷400只左右。2019年这些区域的长棘海星密度已经达到每公顷上千只。

2.2 长棘海星的暴发周期

将长棘海星密度取对数做散点图(图2),可以看出西沙群岛海域的长棘海星暴发情况具有明显周期性。2005和2019年的长棘海星密度基本一致,可以看作一个暴发周期,大约为15年。这15年又分为两部分,一部分是长棘海星的暴发期,2006~2010年,大约为5年;一部分是珊瑚的恢复期,大约为10年。长棘海星利用5年左右的时间侵食珊瑚,珊瑚大量死亡后长棘海星也消失。之后,珊瑚利用10年左右时间逐渐恢复。

西沙群岛长棘海星暴发周期大约为15年,世界其他海域又是什么情况呢?根据澳大利亚大堡礁的相关

图1 西沙群岛海域长棘海星暴发照片。(a) 2008年;(b) 2018年
Figure 1 Photos of *A. planci* outbreak in Xisha Islands. (a) 2008; (b) 2018

图2 西沙群岛海域长棘海星密度(Lg函数)及珊瑚覆盖率变化
Figure 2 Changes of *A. planci* density (Lg function) and coral cover rate in Xisha Islands

报告^[13,14],大堡礁自1950~2000年间有两次大规模的长棘海星暴发,暴发周期为20多年,其中长棘海星暴发大约4~5年(因岛礁而异),珊瑚恢复期大约15年(图3)。相比澳大利亚大堡礁,我国西沙群岛的长棘海星暴发周期缩短了大约5年的时间,这缩短的5年正是珊瑚恢复的5年。

2.3 西沙群岛珊瑚恢复情况

2011年长棘海星危害结束后,西沙群岛珊瑚开始缓慢恢复,经过近10年的漫长等待现在终于有所起色,北礁、甘泉岛、珊瑚岛等岛礁的局部区域基本恢复到2005年前后的水平,其他岛礁也卓有成效(图4)。但是对整个西沙群岛而言,现在的珊瑚恢复程度相比2005年前后还是有很大差距,历史上西沙群岛海域的珊瑚覆盖率基本都在50%以上,而现在大多数区域的珊瑚覆盖率都没有超过20%。根据2005~2019年珊瑚覆盖率数据(图2),西沙群岛的珊瑚覆盖率在2011~2016年都处于较低的水平,2017~2019年开始恢复,最新数据显示珊瑚覆盖率可以达到15%左右。

珊瑚恢复的一个重要指标就是珊瑚补充量,即每平方米珊瑚新增幼体的个数。通过对2005~2019年西沙群岛海域的珊瑚补充量的比较(图5),可以看出2015年之后的珊瑚补充量逐年增多,与珊瑚覆盖率保持一致,尤其是2019年增幅最大,每平方超过3个新增珊瑚幼体(图4)。2019年5月份调查的珊瑚补充量,大多是2018年的珊瑚幼虫附着而成,可见西沙群岛海域每年还是有大量的珊瑚补充来源。从新补充的珊瑚种类可以看出,大多数为鹿角珊瑚、杯形珊瑚等枝状种类,这些种类

图3 澳大利亚长棘海星暴发周期。 <http://biophysics.sbg.ac.at/planci/planci.htm>
Figure 3 The *A. planci* outbreak cycle in Australia. <http://biophysics.sbg.ac.at/planci/planci.htm>

图4 2019年西沙群岛部分海域的珊瑚礁生境及珊瑚补充量。(a) 北礁礁坪分布大量的鹿角珊瑚,覆盖率可以达到60%以上;(b) 鸭公岛东侧分布大量的鹿角珊瑚和蔷薇珊瑚;(c) 晋卿岛礁坡生长出大量的鹿角珊瑚,珊瑚补充量达到6 ind/m²;(d) 羚羊礁礁坡生长出大量的杯形珊瑚,珊瑚补充量达到5 ind/m²

Figure 4 In 2019, coral reef habitat and coral recruitment in some areas of Xisha Islands. (a) A large number of *Acropora* are distributed in the flat of North Reef, and the coverage rate can reach more than 60%; (b) large amounts of *Acropora* and *Montipora* are distributed on the east side of Yagong Island; (c) a large amount of *Acropora* grew on the reef slope of Jinqing Island, and the coral recruitment reached 6 ind/m²; (d) a large amount of *Pocillopora* grows on the reef slope of Lingyang Reef, and the coral recruitment reaches 5 ind/m²

的珊瑚生长速度快,年生长率可以达到10 cm以上,如果西沙群岛的珊瑚能继续恢复5, 10年,那就有可能重现2005年前后的盛况。

3 长棘海星的暴发原因分析

学者们最初认为,长棘海星的暴发是由于其主要天敌海螺被大量捕杀。随后又发现长棘海星种群的暴发也可能由温度和盐度决定的,因为最适的水温和较低的盐度会使同期所产的幼体得到很高的成活率^[15,16]。此外,海洋生物学家还发现,长棘海星暴发与台风也有一定关系^[17]。目前还无法完全确定长棘海星暴发的原

图5 2005~2019年西沙群岛珊瑚补充量变化
Figure 5 Changes of coral recruitment in Xisha Islands from 2005 to 2019

因,在总结分析国外长棘海星暴发原因后,我们认为西沙群岛海域长棘海星暴发主要有以下几个原因。

3.1 台风天气影响

有关研究表明,暴风雨或者台风会将大量的营养盐冲刷到珊瑚礁海域,造成水中浮游生物大量繁殖,而这些浮游生物又正好是长棘海星幼虫的食物。一只长棘海星一个繁殖季节可以产生数万颗卵,充足的食物会提高幼虫的成活率,大约两三年后,这些幼虫长大,就开始大肆啃食珊瑚^[15-17]。

根据温州台风网数据,2005年16级台风“达维”和2006年14级台风“珍珠”都过境西沙群岛海域。同样的,2016年14级台风“莎莉嘉”和2017年14级台风“杜苏芮”也正面袭击西沙群岛。统计近15年的营养盐数据(活性磷酸盐、无机氮)进行分析,峰值的变化很好地验证了台风过境确实会将大量营养盐带入珊瑚礁海域(图6)。营养盐的变化趋势显示在台风过境后的一段时间内,其浓度都会迎来一个峰值,之后又逐渐恢复到正常水平。

3.2 全球升温的影响

长棘海星繁殖季节为夏季的5~8月份,每月排卵,较高的温度可以提高幼虫的成活率。根据美国国家航空航天局(NASA)发布的全球气温数据,将2004~2018年6月份的海表面温度(SST)统计后发现,西沙群岛海域2004~2005年在29°C左右,而2006~2007年超过30°C,2008~2009年又降到29°C左右,2010~2018年每年都超30°C,而且2014~2018年都出现大面积的超30°C区域。2006~2007年的高温有可能导致长棘海星幼虫成活率提高,最近几年的高温也可能导致长棘海星幼虫大量

存活,尤其是2019年又是一个厄尔尼诺年。

此外,根据我国西沙海洋环境监测站数据^[18],西沙群岛海域平均SST上升率为0.017°C/年,近百年温度增温在0.9~1.52°C之间。西沙群岛SST的增加,有可能进一步加剧长棘海星的暴发。

3.3 珊瑚礁鱼类及天敌的减少

西沙群岛海域的珊瑚礁鱼类在2007年前后基本都保持在200条/100 m²,之后开始逐渐减少^[8,19]。随着珊瑚礁三维生境的破坏,珊瑚礁鱼类没有栖息之所,种类和数量都开始减少。珊瑚礁鱼类在2017年达到一个最低值后,最近两年开始有所增多,2019年珊瑚礁鱼类密度可以达到170条/100 m²。虽然大多数珊瑚礁鱼类对成体的长棘海星无法捕食,但是却可以捕食长棘海星的卵及幼虫,如蝴蝶鱼、雀鲷等。如果珊瑚礁鱼类大量减少,长棘海星的卵和幼虫成活率就可能有所提高,进而导致长棘海星的暴发。

法螺、苏眉鱼等长棘海星的天敌在西沙群岛海域已经很难看到,由于其较高的经济价值使其变得奇货可居。法螺、苏眉鱼并不是专一性的捕食长棘海星,这些长棘海星天敌的减少虽然可能导致其数量有所增加,但是能否导致暴发还有待商榷。

4 结语

根据近15年的生态监控数据,可以肯定我国西沙群岛的长棘海星暴发周期大约为15年,比澳大利亚大堡礁海域减少了5年多的时间。虽然长棘海星危害时间基本都为5年,但是珊瑚恢复时间明显缩短了5年。经过近10年的缓慢恢复,西沙群岛的珊瑚覆盖率正缓慢提高,珊瑚礁鱼类也逐渐增多,但是其恢复程度还难以达

图6 2005~2019年西沙群岛海域营养盐变化。(a) 活性磷酸盐;(b) 无机氮

Figure 6 Changes of nutrients in Xisha Islands from 2005 to 2019. (a) Active phosphate; (b) inorganic nitrogen

到2005年前后的水平。此时如果长棘海星大面积暴发势必造成更大的破坏,造成整个生态系统的弹性下降,后续恢复更加困难。根据2019年数据,目前西沙群岛仅玉琢礁、浪花礁、盘石屿等少数几个岛礁出现长棘海星暴发的情况,其他大多数岛礁的长棘海星密度还保持在一个较低的水平。但是长棘海星具有隐蔽性好、移动速度快、繁殖速度快、扩散能力强等特性,其海星幼体很可能已经分布到其他岛礁,所有岛礁都存在长棘海星暴发的风险。

因此,为了减缓长棘海星暴发的速度和范围,我们提出以下几点建议:

(1) 人工清理长棘海星。对出现长棘海星暴发情况的岛礁及时开展人工清理工作。人工清理的特点是反应速度快,能快速对小范围的长棘海星进行清理。人工清理长棘海星技术含量低,简单培训就可开展工作,即便是澳大利亚的大堡礁也一直有一批人工清理的队伍在开展清理工作。三沙市政府已经组织大量的人力物力对盘石屿等海域的长棘海星进行了人工清理,效果显著。

(2) 水下注射药剂。注射药剂也是常见的应对长棘海星大规模暴发的方法之一。注射的药剂可能略有不同,主要有:硫酸氢钠(NaHSO_4)、胆盐、硫代硫酸柠檬胆盐蔗糖(TCBS)、醋等,效果比较好的是胆盐。为了更有效地移除并且控制长棘海星数量,专业的水下机器人也应运而生,水下机器人可以独自识别长棘海星并注射胆盐,目前技术尚不成熟。

(3) 投放长棘海星的天敌。从长远角度来看,投放天敌才能从根本上治理长棘海星暴发。要投放长棘海星的天敌,首先要准确了解长棘海星不同发育阶段的捕食者。一个长棘海星成体一个繁殖季可以排卵数千万粒,如果能从精卵细胞阶段控制,那将事半功倍。捕食长棘海星精卵细胞的主要是蝴蝶鱼和雀鲷,这两类

图7 (网络版彩色)2005~2019年西沙群岛海域珊瑚礁鱼类密度变化
Figure 7 (Color online) Changes of coral reef fish density in Xisha Islands from 2005 to 2019

都是西沙群岛的常见种类,建议投放大量的雀鲷。雀鲷也可以控制长棘海星在浮浪幼虫阶段的数量。对于小的长棘海星来说,其捕食者大多是各类珊瑚礁鱼类,鲀类、鳞鲀类等都是不错的选择。

(4) 跟踪监测与预警。通过生态监控区数据,可以确定目前西沙群岛只有少数几个岛礁出现了大量的长棘海星,大多数岛礁还是处于相对安全的状态。为了更好地保护西沙群岛海域的珊瑚礁生态系统,建议对西沙群岛海域所有岛礁的长棘海星开展跟踪监测,每年开展四次。根据跟踪调查的结果,对西沙群岛各海域的长棘海星情况进行分析,对可能出现暴发情况的区域进行预警,对已经暴发的区域采取措施进行治理。

(5) 专项经费的支持。虽然针对长棘海星的局部暴发,国家及地方政府划拨了一部分经费进行清理,但这些经费只是暂时的,不能满足对长棘海星暴发机制、暴发原因、生活史、防控预警等研究的需求。为了更好地开展长棘海星的相关研究,需要国家及地方政府设置专项经费给予支持,保证长棘海星的相关研究能持续进行,从而更好地保护珊瑚礁生态系统。

参考文献

- Clark A, Downey M. Starfishes of the Atlantic. London: Chapman & Hall, 1992
- Moran. Crown-of-Thorns Starfish: Questions and Answers. Queensland: Australian Institute of Marine Science, 1988
- Chesher R H. Destruction of Pacific Corals by the Sea Star *Acanthaster planci*. *Science*, 1969, 165: 280–283
- Xin Z. The *Acanthaster planci* is here again (in Chinese). *Sea world*, 2004, 6: 15 [新洲. 长棘海星又来了. *海洋世界*, 2004, 6: 15]
- Moran P J. The *Acanthaster* phenomenon. *Oceanogr Marine Biol Ann Rev*, 1986, 24: 379–480
- Fabricius K E, Okaji K, de'Ath G. Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation. *Coral Reefs*, 2010, 29: 593–605
- Britta S, Ken A. Crown-of-Thorn Starfish research strategy. *Austral Instit Marine Sci*, 2015, (5): 1–10
- Wu Z J, Wang D R, Tu Z G, et al. The analysis on the reason of hermatypic coral degradation in Xisha (in Chinese). *Acta Oceanol Sin*, 2011, 33: 140–146 [吴钟解, 王道儒, 涂志刚, 等. 西沙生态监控区造礁石珊瑚退化原因分析. *海洋学报*, 2011, 33: 140–146]

- 9 Huang H, Lian J S, Huang X P, et al. Coral cover as a proxy of disturbance: A case study of the biodiversity of the hermatypic corals at Yongxing Island, Xisha Islands in the South China Sea (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2006, 51(Suppl.): 108–113 [黄晖, 练健生, 黄小平, 等. 用珊瑚覆盖率作为干扰指标——永兴岛石珊瑚生物多样性研究. *科学通报*, 2006, 51(增刊): 108–113]
- 10 Li Y H, Huang X P, Yue W Z, et al. Ecological study on coral reef and intertidal benthos around Yongxing Island, South China Sea (in Chinese). *Oceanol Limnol Sin*, 2004, 35: 176–182 [李颖虹, 黄小平, 岳维忠, 等. 西沙永兴岛珊瑚礁与礁坪生物生态学研究. *海洋与湖沼*, 2004, 35: 176–182]
- 11 Xisha coral reefs have been eroded by large Numbers of *Acanthaster planci* (in Chinese). *Ocean World*, 2006, 4 [西沙珊瑚礁遭大批长棘海星侵蚀. *海洋世界*, 2006, 4]
- 12 Kang L. Research on Marine fishery resources of Xisha islands (in Chinese). *Ocean Fisheries*, 2016, 262: 64–66 [康霖. 西沙群岛海洋渔业资源调查研究. *海洋与渔业*, 2016, 262: 64–66]
- 13 Engelhardt U, Hartcher M, Taylor N. Crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier Reef region. Results of fine-scale surveys conducted in 1999–2000. CRC Reef Research Centre Technical Report, 2001, 32: 1–100
- 14 Engelhardt U, Hartcher M, Cruise J. Fine scale surveys of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*) in the central Great Barrier Reef Region. CRC Reef Research Centre Technical Report, 1999, 30: 1–97
- 15 Caballes C F, Pratchett M S. Reproductive biology and early life history of the crown-of-thorns starfish. In: Whitmore E, ed. *Echinoderms: Ecology, Habitats and Reproductive Biology*. New York: Nova Science Publishers, 2014. 101–146
- 16 Brodie J E. Enhancement of larval and juvenile survival and recruitment in *Acanthaster planci* from the effects of terrestrial runoff: A review. *Austral J Marine Freshw Res*, 1992, 43: 539–554
- 17 De'ath G, Fabricius K E, Sweatman H. The 27-year decline of coral cover on the GreatBarrier Reef and its causes. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2012, 190: 17995–17999
- 18 Liu J L, Cheng Y M, Chen T R, et al. Estimation of the SST increase rate over the last 100 years in the Xisha Seas (in Chinese). *Guangdong Meteor*, 2017, 39: 22–25 [刘九玲, 程译梅, 陈天然, 等. 西沙海域近百年SST上升速率估算. *广东气象*, 2017, 39: 22–25]
- 19 Li Y C, Wu Z J, Chen S Q, et al. Discussion of the diversity of the coral reef fish in the shallow reefs along the Yongxing and Qilanyu Island (in Chinese). *Marine Environ Sci*, 2017, 36: 510–516 [李元超, 吴钟解, 陈石泉, 等. 永兴岛及七连屿浅水礁区珊瑚礁鱼类多样性探讨. *海洋环境科学*, 2017, 36: 510–516]

Summary for “近15年西沙群岛长棘海星暴发周期及暴发原因分析”

Analysis on the outbreak period and cause of *Acanthaster planci* in Xisha Islands in recent 15 years

Yuanchao Li^{1*}, Zhongjie Wu¹, Jilin Liang¹, Shiquan Chen¹ & Jianmin Zhao²¹ Hainan Academy of Ocean and Fisheries Sciences, Haikou 571126, China;² Muping Coastal Environment Research Station, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China* Corresponding author, E-mail: lycouc@foxmail.com

Outbreaks of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* have received increasing attention due to their negative impacts on coral reefs. However, outbreaks of *A. planci* in Chinese seas are still poorly understood. Coral reefs in the Xisha Islands (Paracel Islands), South China Sea, have been monitored during 2005 and 2019, including hard coral coverage, larval recruitment rates, density of coral reef fish and the populations of *A. planci*. This study aims to analyse the regular pattern regarding outbreaks of *A. planci* in the main islands of Xisha Islands, the causes of outbreaks of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*, and the solutions for controlling the outbreaks of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. Monitoring coral reef ecosystems on the main islands of Xisha Islands from 2005 to 2019 showed that the cycle of *Acanthaster planci* outbreaks in Xisha Islands is about 15 years. These 15 years can be divided into two phases, in which the period of *A. planci* outbreak is about 5 years, and the recovery period of coral reefs is about 10 years. When *A. planci* outbreak from 2006 to 2010, the coral reef cover rate decreased from more than 60% to less than 5%. During the recovery period from 2011 to 2019, the coverage of coral reefs gradually increased to around 15%, at the same time the coral recruitment and coral reef fish increased. Further analysis showed that the occurrence of *A. planci* in Xisha Islands is mainly related to typhoon weather, reduction of coral reef fish, global warming and human activities. The passage of the typhoon brought a large number of nutrients, which led to the increase of plankton, leading to the survival rate of larvae of *A. planci*. Global warming and a decline in coral reef fish could lead to a greater percentage of the eggs of *A. planci* hatching and surviving. Based on 15-years monitoring data, it is highly possible that Xisha Islands are entering the next outbreak cycle of *A. planci*, and therefore measures should be taken to prevent the coral reef ecosystem from being destroyed again. Outbreaks of the crown-of-thorns starfish *A. planci* should be controlled in several ways. Direct control methods including physical removal of individual starfish and cutting individuals into multiple pieces were most often used methods to kill starfish. The most effective methods to control *A. planci* require injecting individual starfish with lethal chemicals, including sodium bisulfate, powdered citric acid, vinegar and thiosulfate-citrate-bile-sucrose agar (TCBS). Releasing the predator of *A. planci* of their different life cycle was also an effective way to control *A. planci*. The Giant Triton Shells (*Charonia tritonis*), the Napoleon Maori Wrasse (*Cheilinus undulatus*), Starry Puffer (*Arathron stellatus*) and Titan Trigger Fish (*Ballistoides viridescens*) were the main predator of the crown-of-thorns starfish *A. planci*. Moreover, regular monitoring of the starfish *A. planci* should be conducted in the Xisha Islands for early warning of outbreaks.

***Acanthaster planci*, Xisha Islands, outbreak, cycle**doi: [10.1360/TB-2019-0152](https://doi.org/10.1360/TB-2019-0152)