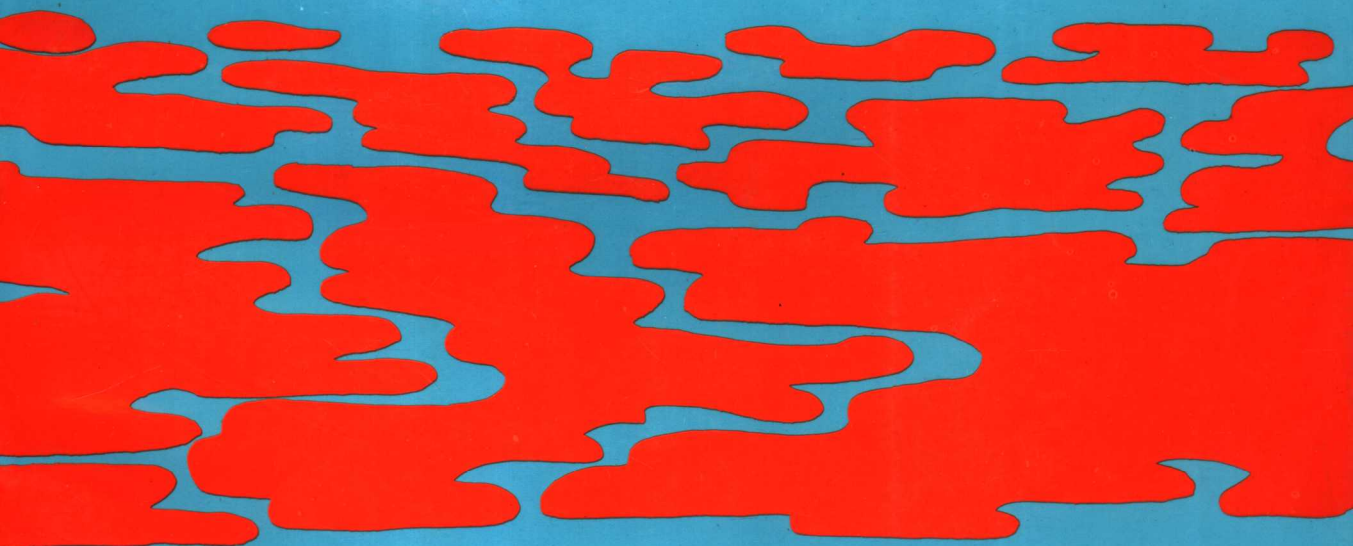


赤潮灾害

华泽爱 编著



海洋出版社

赤潮灾害

华泽爱 编著

海洋出版社

1994年·北京

内 容 简 介

赤潮是一种严重的全球性海洋灾害。本书简要地介绍了赤潮的定义、赤潮的长消过程、赤潮发生的区域分布和赤潮的危害方式;系统地总结了在世界范围内引发赤潮的生物种类和有毒赤潮生物种类,以及中国海域出现的赤潮生物种类;较全面地介绍了世界沿海国家和地区 20 多年来发生的主要赤潮案例和造成的危害;对影响赤潮发生的因素、有毒赤潮发生的区域性特征和赤潮成因与发生机制作了阐述;对赤潮生物的分类学与生物学、赤潮毒物学、赤潮环境科学的研究现状作了全面的总结;较详尽地论述了赤潮的监视监测和预测预报。对如何减轻赤潮造成损失和危害提出了相应的对策和建议;并对灾害性赤潮的治理措施作了综合论述。

本书具有较高的理论性、适用性,对开展赤潮调查研究、监视监测、预测预报和防治与管理具有指导意义。可供从事海洋管理、海洋研究、环境保护、海洋水产等方面的广大科研人员和管理人员参考使用,也可供中、高等院校有关专业的师生学习参考。

(京)新登字 087 号

责任编辑:王淑香

赤 潮 灾 害

华泽爱 编著

*

海洋出版社出版发行(北京市复兴门外大街1号)

天津市河东区业余体校印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:200千字

1994年9月第一版 1994年9月第一次印刷

印数:1—1000册

*

ISBN 7-5027-4072-4/P·319 定价:12.00元

前 言

几十年来,随着世界范围工农业生产的发展,沿海地区人口的城市化,大量工农业废水和生活污水排放入海,导致海洋环境污染日趋严重,水体富营养化程度加剧,赤潮发生频繁,其危害越来越严重。赤潮不仅破坏海洋渔业资源和生产,恶化海洋环境,损害滨海旅游业,而且还通过误食被有毒赤潮生物污染的海产品造成人体中毒,甚至死亡。赤潮已成为世界沿海国家普遍面临的一种严重的海洋环境灾害。

近十几年来,我国沿岸水域赤潮频繁发生,其范围逐渐扩大,危害日趋严重。赤潮已给我国沿海渔业资源、海水养殖和生态环境造成严重的损失和危害,如1989年8~10月间在渤海沿岸水域发生的大面积赤潮造成沿岸养殖对虾大量死亡,天然对虾捕获量大大减少,生态环境遭到严重破坏。据统计,这次赤潮造成的直接经济损失达3亿多元。赤潮的发生也给人类健康和生命安全带来危害,如1986年12月在福建省东山县磁窑村发生的由误食受有毒赤潮污染的贝类造成136人中毒,其中1人死亡。预计随着我国沿海地区经济的迅猛发展,海洋开发的不断深入,如不采取相应的有效对策和措施防止和减少赤潮发生,由赤潮造成的损失和危害可能会不断增大。因此,加强海洋环境保护与管理,控制污染物的排海量,避免或减少赤潮的发生,深入地开展有关赤潮课题研究,已成为目前我国海洋环境保护工作中一项刻不容缓的重要任务。为此,受国家海洋局科学技术司和国家海洋信息中心的委托,编写了《赤潮灾害》一书。希望她的出版对于系统地了解 and 认识赤潮这一全球性海洋环境灾害提供有益的帮助,对我国的赤潮研究、赤潮防治与管理工作起到积极的促进作用。同时,也希望通过该书的出版为我国十年减灾工作作出一点贡献。

在本书的撰写过程中,得到了国家海洋局科学技术司和国家海洋信息中心领导和有关同志的大力关怀和鼓励,以及同行专家们的指导和支持。在初稿完成后,国家海洋信息中心陈伯镛副主任和资料管理室李文海主任分别对初稿进行了认真审阅,并提出了很多修改建议。此后,国家海洋局科学技术司戴儒光副司长又对全书文稿进行了认真审定,并提出许多宝贵意见。谨此对他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,加上编写时间仓促,书中有些内容难免有错误之处,恳望同行专家及读者予以批评指正。

作 者

1994年6月

目 录

第一章 赤潮概论	(1)
第一节 赤潮的定义	(1)
第二节 赤潮的长消过程	(2)
第三节 赤潮发生的区域分布	(3)
第四节 赤潮的危害方式	(4)
第二章 形成赤潮的生物种类	(5)
第一节 世界性赤潮生物	(5)
第二节 中国海域的赤潮生物	(7)
第三节 有毒赤潮生物	(9)
第三章 世界沿海国家和地区发生的赤潮及其危害	(11)
第一节 亚洲	(11)
一、日本	(11)
二、中国	(14)
三、香港	(16)
四、韩国	(17)
五、泰国	(17)
六、印度	(18)
七、菲律宾	(19)
八、马来西亚	(21)
九、印度尼西亚	(22)
十、文莱	(22)
第二节 欧洲	(23)
一、挪威	(23)
二、瑞典	(25)
三、丹麦	(26)
四、荷兰	(27)
五、法国	(28)
六、西班牙	(28)
七、葡萄牙	(30)
八、意大利	(31)
九、罗马尼亚	(32)
第三节 北美洲	(33)
一、加拿大	(33)
二、美国	(34)
三、危地马拉	(38)
第四节 南美洲	(39)

一、委内瑞拉	(39)
二、巴西	(40)
三、乌拉圭	(40)
四、阿根廷	(41)
五、秘鲁	(41)
六、智利	(43)
第五节 大洋洲及太平洋岛屿	(44)
一、澳大利亚	(44)
二、巴布亚新几内亚	(45)
第四章 赤潮成因与发生机制	(47)
第一节 影响赤潮发生的因素	(47)
第二节 有毒赤潮的区域性特征	(48)
一、区域内扩散	(48)
二、传入新区域	(49)
三、区域环境异常	(49)
第三节 赤潮成因与发生机制	(50)
第五章 赤潮有关学科的研究现状	(55)
第一节 赤潮生物的分类学研究	(55)
第二节 赤潮生物的生物学研究	(57)
一、赤潮生物生活史	(57)
二、休眠孢囊形成与萌发和细胞增殖	(60)
三、赤潮生物的垂直迁移	(63)
四、海洋动物摄食的影响	(65)
第三节 赤潮毒物学研究	(66)
一、麻痹性贝毒	(67)
二、神经性贝毒	(72)
三、腹泻性贝毒	(75)
四、西加鱼毒	(79)
第四节 赤潮环境科学研究	(84)
一、营养盐	(84)
二、微量元素和有机物	(87)
三、温、盐和光等因素	(90)
四、潮、流等因素	(93)
第六章 赤潮的监测监视和预测预报	(96)
第一节 赤潮的监测监视	(96)
第二节 赤潮的预测预报	(98)
第七章 赤潮的防控对策	(102)
第一节 建立赤潮应急行动计划	(102)
第二节 控制水体富营养化	(104)
一、富营养化与赤潮	(104)

二、富营养化防控对策.....	(106)
第三节 防止压舱水造成赤潮危害.....	(108)
一、压舱水带来的危害.....	(108)
二、应采取的相应对策.....	(109)
第四节 防止海水养殖带来赤潮危害.....	(110)
一、海水养殖带来的赤潮问题.....	(111)
二、应采取的相应对策.....	(112)
第五节 防止赤潮生物毒素造成人体危害.....	(113)
第八章 灾害性赤潮的治理措施.....	(117)
第一节 化学药品杀除法.....	(117)
第二节 凝聚剂沉淀法.....	(119)
第三节 天然矿物絮凝法.....	(120)
第四节 其他方法.....	(122)
主要参考文献.....	(123)

第一章 赤潮概论

第一节 赤潮的定义

赤潮现象在古代文献如《旧约·出埃及记》中就曾提到过。在日本,早在藤原时代和镰仓时代就有赤潮方面的记载。1603年法国马克·莱斯卡波特记载了美洲罗亚尔湾地区的印第安人根据月黑之夜观察海水发光现象来判别贻贝是否可以食用。1831~1836年,达尔文在“贝格尔”号航海记录中记载了在巴西和智利近海海面发生的由束毛藻引发的赤潮事件。韦布在1855年报道了由夜光藻引发的赤潮事件。据说,我国早在2000多年前就发现了赤潮现象,在一些古代文献或文艺作品中也有一些有关赤潮方面的记载。例如,清代蒲松龄在《聊斋志异》的一文中就形象地记载了海水发光现象。

虽然人们对赤潮现象发现很早,并且在世界各地沿岸海域几乎均有赤潮现象的报道,但是目前对赤潮的定义在海洋科学界仍不统一。在文献上存在一定差异。例如在《简明不列颠百科全书》(中文版,1985)中,将赤潮定义为:由甲藻引起的海水变色,每随甲藻周期性大量增殖而出现。在《中国大百科全书》(1987)中,将赤潮定义为:一些浮游生物在一定环境条件下暴发性繁殖引起的海水变色现象。在《海洋世界百科全书》(1991)中,将赤潮定义为:腰鞭毛虫类动物(类似植物的单胞动物)大量繁殖或高度富集,毒化表层水体造成的现象。在《大美百科全书》(1990)中,将赤潮定义为:海洋中含大量有机物,使海水泛红,鱼类因水中浮游生物(双鞭藻)过多而致死的现象。

然而,通过对世界各地引发赤潮的生物种类进行分析,对赤潮现象进行综合探讨和研究,发现赤潮生物不仅仅涉及甲藻类浮游生物,在特定的海洋环境条件下,某些硅藻、蓝藻、隐藻、绿色鞭毛藻等浮游植物和原生动物的中绾虫以及某些细菌都可以大量繁殖和聚积,而形成赤潮。

综观世界各地发生的赤潮事件,我们认为将赤潮定义为:在一定的环境条件下,海水中某些浮游植物、原生动物或细菌在短时间内突发性增殖或高度聚集而引起的一种生态异常,并造成危害的现象更为合适。

赤潮并不一定都是红色。实际上,它是各种色潮的统称。通常依据赤潮起因生物种类和数量的不同,水体呈现出不同的颜色。一般情况下,*Gyrodinium fissum*、中绾虫(*Mesodinium rubrum*)、夜光藻(*Noctiluca scientillans*)、*Peridinium triquetrum*、无纹多沟藻(*Polykrikos schwarzi*)和*Pyrodinium bahamense*形成的赤潮呈红色或砖红色;真甲藻(*Eutreptiella* sp.)、绿色鞭毛藻(*Heterosigma inlandica*)、平藻(*Pedinomonas noctilucae*)形成的赤潮呈绿色;短裸甲藻(*Gymnodinium breve*)、*Prymnesium parvum*形成的赤潮呈黄色;金球藻(*Aureococcus anophagefferens*)、*Gonyaulax excavata*、*G. polygramma*、*G. tamarensis*、*Gyrodinium aureolum*、*Scrippsiella trochoideum*形成的赤潮为红棕色;*Chattonella antiqua*、*Ceratium furca*和某些硅藻形成的赤潮为棕色。

值得指出的是有些赤潮生物如膝沟藻(*Gonyaulax* spp.)、裸甲藻(*Gymnodinium* spp.)和

Pyrodinium spp.) 等, 当其密集达到一定程度时, 尽管有时并不引起海水呈显任何特别的颜色, 但它们可以使鱼贝类等海洋生物体内含有赤潮生物毒素。当人们误食了这些海产品时, 可以造成中毒或死亡。这种情况也属于赤潮现象。

第二节 赤潮的长消过程

通过对世界各地赤潮发生过程观测资料进行总结和分析, 我们认为, 一般情况下可以将赤潮的长消过程分为四个阶段: (1) 起始阶段; (2) 发展阶段; (3) 维持阶段; (4) 消亡阶段。赤潮长消过程示意图如图 1.1 所示。

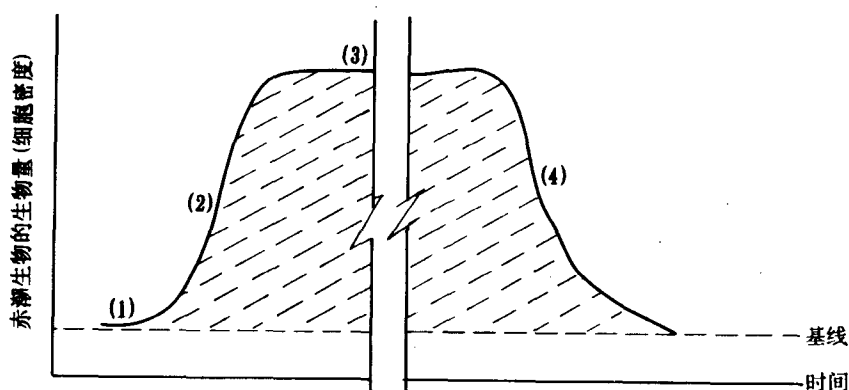


图 1.1 赤潮长消过程示意图

(1) 起始阶段; (2) 发展阶段; (3) 维持阶段; (4) 消亡阶段

在赤潮长消过程中, 有以下四方面的异常特征: (1) 形成赤潮的赤潮生物增殖幅度, 即在维持阶段赤潮生物达到的最大生物量。依据形成赤潮的生物种类的不同和当时环境条件的差异, 水体中赤潮生物达到的最大生物量是不同的。有些种类的最大生物量仅为每立方分米数千个细胞; 有些种类的最大生物量多达每立方分米数百万个细胞。如由夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 形成的赤潮, 水体中其细胞密度可达 10^6 个/ dm^3 ; 有些绿色鞭毛藻引起的赤潮, 每立方分米水体中其细胞密度可达几十万。有时短裸甲藻 (*Gymnodinium breve*) 形成的赤潮, 水体中其细胞密度最高可达 5.0×10^7 个/ dm^3 。(2) 赤潮的空间延伸, 即赤潮影响的区域范围。赤潮的空间延伸范围依据地理条件和环境状况, 有着很大差异。在开阔海域或外岸区域, 赤潮趋于与风向成平行分布。其空间分布不是连续分布就是呈块状或带状分布。其范围一般为几平方公里到数百平方公里。在特殊情况下, 也可以达到数千平方公里。在沿岸水域, 赤潮在风的作用下一般与沿岸平行, 呈带状分布; 在无风或风力较弱的情况下, 通常呈斑状或块状分布。一般宽为几十厘米到几十米, 长为数十米到数千米。赤潮的垂直分布一般仅限于表层数十厘米深的水体, 有时也可以发生于表层几米深的水体中。(3) 赤潮在维持阶段的持续时间。赤潮持续时间有相当大的差异, 主要取决于当时的水文、气象条件 and 环境理化状况, 如海流、风和营养盐等。当短时间内发生水文、气象条件变化时, 其持续时间也要发生相应变化。有些赤潮持续时间仅为数小时, 有些赤潮持续时间长达数月。(4) 赤潮发生的频率。赤

潮发生频率主要取决于形成赤潮的生物种类自身的生活周期性。有些赤潮生物在一年内可能多次引发赤潮，有的在年中仅能引发一次赤潮。同时周围环境状况也是制约赤潮发生频率的重要外界条件。对于同一区域，依据环境条件的变化，可以交替发生多种赤潮生物引发的赤潮。

第三节 赤潮发生的区域分布

20 世纪以来，特别是 50 年代以后，随着世界范围工农业生产的迅速发展，特别是沿海地区工农业生产的日益发达，城乡人口急剧增加，造成大量工农业废水和生活污水排放入海。近十几年来沿海水产养殖业的迅猛发展，有大量养殖废水排入海洋。这些污水和废水的排放入海造成河口、内湾和沿岸水域污染不断加剧，水体富营养化程度日趋严重，导致赤潮发生愈加频繁。在 50~60 年代，赤潮大多发生在工业发达国家和地区的沿岸水域，如日本、美国 and 欧洲一些国家的沿岸水域。到 70 年代，赤潮不仅在工业发达国家的沿岸水域频繁发生，而且在一些发展中国家的沿岸水域也时有可见，如在中国、东南亚和南美洲等国家和地区的沿岸水域发生的赤潮。自 80 年代以来，赤潮发生已遍及世界各沿海国家和地区的沿岸水域，并且赤潮的危害程度越来越严重。赤潮已成为一种严重的全球性海洋环境灾害。据不完全统计，频繁发生赤潮的国家和地区包括：日本、中国、香港、韩国、泰国、印度、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、文莱，挪威、瑞典、丹麦、荷兰、法国、西班牙、葡萄牙、意大利、罗马尼亚，加拿大、美国、危地马拉，委内瑞拉、巴西、乌拉圭、阿根廷、秘鲁、智利，肯尼亚、南非，澳大利亚、巴布亚新几内亚、所罗门群岛等（图 1.2）。

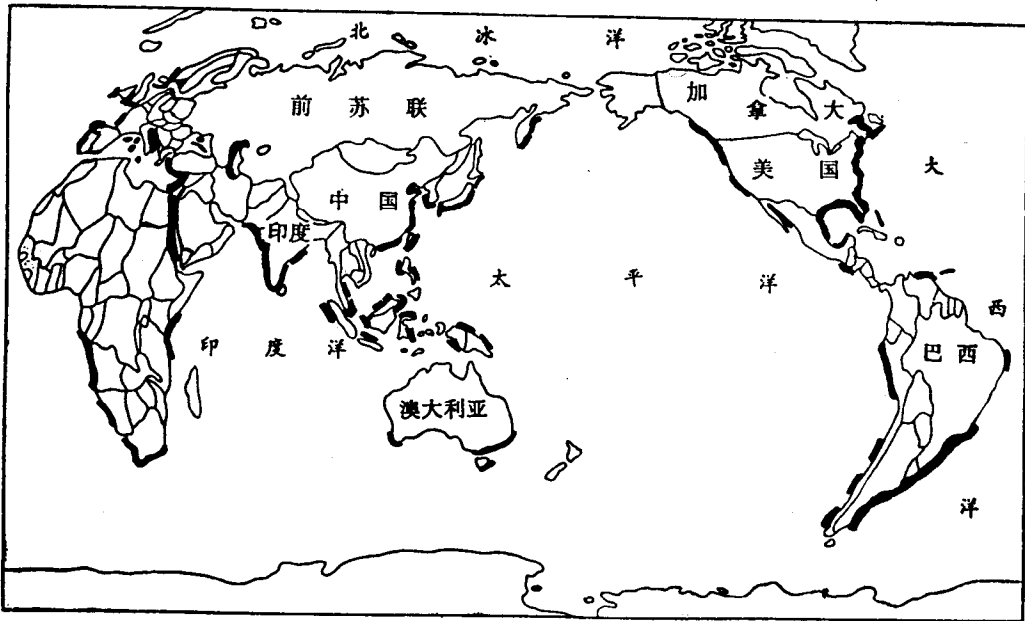


图 1.2 世界赤潮发生的区域分布

第四节 赤潮的危害方式

赤潮的发生不仅给海洋环境带来严重的不利影响,给海洋渔业、海水养殖业和滨海旅游业造成一定的危害和经济损失,而且还会给人类健康和生命安全带来威胁。由于引发赤潮的生物种类不同,赤潮产生的危害方式和危害程度有着很大差异。综合分析世界各地发生的各种赤潮,可以将赤潮的危害归纳为以下几种方式。

1. 赤潮的发生,引起海洋生态过程异常变化,造成海洋食物链局部中断,破坏了海洋中的正常生产过程:营养物质→浮游植物→浮游动物→贝、鱼、虾类等,威胁着海洋生物的生存。沿岸水域发生的严重赤潮大多数都造成局部区域海洋食物链中断,海洋中的正常生产过程受到破坏。

2. 有些赤潮生物(如某些甲藻)能向体外分泌粘液,还有一些赤潮生物在死亡分解后也产生粘液。在海洋动物的滤食或呼吸过程中,这些带粘液的赤潮生物可以附着在海洋动物(如鱼贝类)的鳃上,妨碍它们的呼吸作用,使它们窒息死亡。夜光藻(*Noctiluca scientillans*)和 *Chaetoceros concavicornis* 形成的赤潮就属于这种情况。这些赤潮生物细胞可以大量粘附在海洋动物鳃上,妨碍呼吸,造成海洋动物窒息死亡。在这种危害方式中,养殖鱼类和贝类最容易受到影响,因为它们不同于野生种类,不能自由游泳,逃离赤潮影响区。

3. 有些赤潮生物含有赤潮生物毒素。鱼、虾、贝类等摄食这些有毒的赤潮生物后,就会引起中毒或死亡。在美国佛罗里达沿岸水域经常引发赤潮的短裸甲藻(*Gymnodinium breve*)就能分泌神经性贝毒毒素。这种毒素可以直接杀死鱼类和其他海产动物。

4. 有些赤潮生物虽然含有赤潮生物毒素,它们对贝类和鱼类不能造成致命影响。在贝类和鱼类的滤食或呼吸过程中,这些毒素可以在它们体内消化、吸收和积累。如果其他脊椎动物或人类食用了这些有毒的贝类或鱼类,就会发生中毒,甚至死亡。在世界沿海地区每年发生的由赤潮生物毒素引起的人体中毒和人员死亡事件中,大多数是由食用含有赤潮生物毒素的贝类或鱼类引起的。这种危害方式在欧洲、美国、日本和西南太平洋地区尤为严重。

5. 有些有毒赤潮生物存活时不释放赤潮生物毒素,但在繁殖代谢过程和赤潮消亡阶段,死亡的赤潮生物分解后,其体内的毒素可以释放到水体中,继续毒害海洋生物。在美国加利福尼亚南部沿岸水域发生的多边膝沟藻(*Gonyaulax polyedra*)赤潮,在藻类细胞死亡后,其体内的毒素被释放到水体中,毒害海洋生物,因而在这一水域的鱼类大量死亡往往发生在多边膝沟藻赤潮的后期,并延续到赤潮消失后的一段时间。

6. 大量赤潮生物死亡后,赤潮生物残骸被需氧微生物分解,不断消耗水体中的溶解氧,造成缺氧环境,引起鱼、虾、贝类等大量死亡;在缺氧条件下,赤潮生物残骸被厌氧微生物分解,就会释放出大量硫化氢和甲烷等。这些物质对鱼、虾、贝类等具有致死的毒效。大多数硅藻引发的赤潮属于这种类型。

7. 在赤潮区,赤潮生物的大量繁殖,并在表层(几十厘米)聚集,抢先吸收阳光,并遮蔽海面,使水下其他生物得不到充足的阳光,影响了海洋生物的生存和繁殖。在高密度赤潮生物引发赤潮时,经常发生底部海洋生物大量死亡现象。

第二章 形成赤潮的生物种类

第一节 世界性赤潮生物

引发赤潮的生物称之为赤潮生物。在世界各海域引发赤潮的生物种类繁多,据统计,迄今已报道的在世界范围内引发赤潮的生物大约有 80 多个属。除了属于细菌的种类和原生动物的中缢虫外,其他都属于浮游藻类。其中,甲藻纲(Dinophyceae)有 34 个属;硅藻纲(Bacillariophyceae)有 23 个属;蓝藻纲(Cyanophyceae)有 6 个属;隐藻纲(Cryptophyceae)有 2 个属;绿色鞭毛藻纲(Raphidophyceae)有 3 个属;定鞭藻纲(Haptophyceae)有 5 个属;金藻纲(Chrysophyceae)有 3 个属;黄藻纲(Xanthophyceae)有 1 个属;眼藻纲(Euglenophyceae)有 4 个属;青绿藻纲(Prasinophyceae)有 2 个属;绿藻纲(Chlorophyceae)有 5 个属。

世界性赤潮生物名录:

细菌

着色菌属(*Chromatium*), 绿菌属(*Chlorobium*) (*C. phaeobacterioides*), 囊硫菌属(*Thiocystis*), 红假单胞菌属(*Rhodopseudomonas*), 多硫菌属(*Thioplycoccus*) (*T. ruber*)

浮游植物

甲藻纲(Dinophyceae)

Alexandrium 属(*A. acatenella*, *A. acuminata*, *A. affine*, *A. balechii*, *A. catenella*, *A. cohorticula*, *A. concavum*, *A. excavatum*, *A. fraterculus*, *A. fukuyoi*, *A. fundyense*, *A. kutnerae*, *A. insuetum*, *A. ibericum*, *A. kutnerae*, *A. klebsii*, *A. leei*, *A. lusitanicum*, *A. margalefi*, *A. minutum*, *A. monilatum*, *A. ostensfeldii*, *A. rhynchocephalum*, *A. tamarense*, *A. tropicale*); 前沟藻属(*Amphidinium*) (*A. carterae*, *A. carteri*, *A. conradii*, *A. fuiforme*, *A. klebsii*, *A. massariti*, *A. rhynchocephalum*); *Brachydidinium* 属(*B. taylorii*); *Cachonina* 属(*C. hallii*, *C. neii*); 角藻属(*Ceratium*) (*C. breve*, *C. breve* var. *breve*, *C. dens*, *C. furca*, *C. furca* var. *hircus*, *C. fusus*, *C. kofoidii*, *C. macroceros*, *C. lineatum*, *C. trichoceros*, *C. tripos*, *C. longipes*); *Chaetomorpha* 属(*C. linum*); *Cladophora* 属(*C. heteronema*); 旋沟藻属(*Cochlodinium*) (*C. catenatum*, *C. citron*, *C. helicoides*, *C. polykrikoides*); *Coolia* 属(*C. monotis*); 鳍藻属(*Dinophysis*) (*D. acuminata*, *D. acuta*, *D. caudata*, *D. dens*, *D. fortii*, *D. mitra*, *D. norvegica*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *D. tripos*, *D. truncata*); 翼藻属(*Diplopsalis*) (*D. lenticula*); *Entomosigma* 属(*E. peridinioides*); *Gambierdiscus* 属(*G. toxicus*); *Gessnerium* 属(*G. monilatum*); *Glenodinium* 属(*G. foliaceum*, *G. lentocula*, *G. montanum*, *G. trochoideum*); *Goniodoma* 属(*G. pseudogonyaulax*); 膝沟藻属(*Gonyaulax*) (*G. acatenalla*, *G. catenella*, *G. diacantha*, *G. digitale*, *G. excavata*, *G. gigitata*, *G. grindleyi*, *G. fragilis*, *G. fratercula*, *G. kutnerae*, *G. monilata*, *G. ostensfeldii*, *G. peruviana*, *G. polyedra*, *G. polygramma*, *G. spinifera*, *G. tamarensis*, *G. triacantha*, *G. verior*, *G. reticulata*); 裸甲藻属(*Gymnodinium*)

(*G. alulum*, *G. breve* = *Ptychodiscus brevis*, *G. catenatum*, *G. corri*, *G. flavum*, *G. galatheanum*, *G. lacustre*, *G. mikimotoi*, *G. nagasakiense*, *G. nelsoni*, *G. pseudopalustre*, *G. sanguineum*, *G. simplex*, *G. splendens*, *G. ochraceum*, *G. veneficum*, *G. viridescens*, *G. pseudopalustre*); *Gyrodinium* 属 (*G. aureolum*, *G. cf. aureolum*, *G. catenatum*, *G. dominans*, *G. falcatum*, *G. fissum*, *G. flavum*, *G. instriatum*, *G. resplendens*, *G. spirale*, *G. uncatenum*); *Heterocapsa* 属 (*H. niei*, *H. triquetra*); *Katodinium* 属 (*K. glaucum*, *K. rotundatum*); 夜光藻属 (*Noctiluca*) (*N. scientillans* = *N. milliaris*); *Ostreopsis* 属 (*O. heptagona*, *O. lenticularis*, *O. ovata*, *O. siamensis*); 尖尾藻属 (*Oxyrrhis*) (*O. marina*); 多甲藻属 (*Peridinium*) (*P. bipes*, *P. cinctum*, *P. conicum*, *P. cunningtonii*, *P. depressum*, *P. faeroense*, *P. granii*, *P. gregarium*, *P. guinguicorne*, *P. hangoei*, *P. penardii*, *P. polonicum*, *P. quinquecorne*, *P. trochoideum*, *P. triquetrum*); *Pheopolykrikos* 属 (*P. hartmanii*); 多沟藻属 (*Polykrikos*) (*P. kofoisii*, *P. kifoidi*, *P. schwarzi*); 原甲藻属 (*Prorocentrum*) (*P. arcuatum*, *P. balticum*, *P. casubicum*, *P. concavum*, *P. cordatum*, *P. dentatum*, *P. emarginatum*, *P. gracile*, *P. lima*, *P. marina*, *P. mexicanum* = *P. rhathynum*, *P. micans*, *P. mariaelebouriae*, *P. mariebelouriae*, *P. minimum*, *P. redfieldii*, *P. obtusidens*, *P. sigmoides*, *P. triestinum*, *P. scutellum*, *P. triangulatum*, *P. rhathynum*); *Protogonyaulax* 属 (*P. acatenalla*, *P. affinis*, *P. catenella*, *P. cohorticula*, *P. compressa*, *P. fratercula*, *P. leei*, *P. monilata*, *P. peruviana*, *P. ostenfeldii*, *P. reticulatum*, *P. tamarensis*); *Pyrodinium* 属 (*P. bahamense*, *P. bahamense* var. *compressum*, *P. bahamense* var. *bahamense*, *P. phoneus*); *Scrippsiella* 属 (*S. hexapraecingula*, *S. trochoideum*, *S. precaria*, *S. subsalsa*, *S. sweeneyae*, *S. trochoideum*); 蓝子藻属 (*Spyridia*) (*S. filamentosa*); *Triadinium* 属 (*T. pseudogonyaulax*); *Thecadinium* 属 (*T. kofoidii*)

硅藻纲 (Bacillariophyceae)

星杆藻属 (*Asterionella*) (*A. formosa*, *A. japonica*); 辐杆藻属 (*Bacteriastrium*); 盒型藻属 (*Biddulphia*) (*B. sinennodiscus*); *Cerataulin* 属 (*C. pelagica*); 角刺藻属 (*Chaetoceros*) (*C. affinis*, *C. compressus*, *C. concavicornis*, *C. convolutus*, *C. convoltus*, *C. curvisetum*, *C. debilis*, *C. decipiens*, *C. gracilis*, *C. peruvianum*, *C. pseudocritus*, *C. socialis*); 圆筛藻属 (*Coscinodiscus*) (*C. excentricus*, *C. granii*, *C. jonesianus*, *C. radiatus*, *C. wailesii*); 小环藻属 (*Cyclotella*) (*C. caspia*, *C. meneghiniana*); *Ditylum* 属 (*D. brightwellii*); 弯角藻属 (*Eucampia*) (*E. zoodiacus*); *Eunotogramma* 属 (*E. dubia*); 脆杆藻属 (*Fragilaria*) (*F. islandica*); 几内亚藻属 (*Guinardia*) (*G. flaccida*); 细柱藻属 (*Leptocylindrus*) (*L. danicus*, *L. minimum*); *Lithodesmium* 属 (*L. variable*); 菱形藻属 (*Nitzschia*) (*N. closterium*, *N. delicatissima*, *N. pacifica*, *N. pseudodelicatissima*, *N. pseudonitzschia*, *N. pseudoserata* = *Pseudonitzschia australis*, *N. pungens*, *N. pungens* f. *multiseries*, *N. seriata*); 褐指藻属 (*Phaeodactylum*) (*P. tricornutum*); *Pleurosigma* 属 (*P. planctonicum*); 根管藻属 (*Rhizosolenia*) (*R. alata*, *R. cf. chunii*, *R. delicatula*, *R. fragilissima*, *R. setigera*, *R. stolterfothii*, *R. styliformis*); 骨条藻属 (*Skeletonema*) (*S. costatum*); *Stauroneis* 属 (*S. membranacea*); 海链藻属 (*Thalassiosira*) (*T. allenii*, *T. angustelineata*, *T. binata*, *T. fluviatilis*, *T. mala*, *T. nordenskiöldii*, *T. punctigera*, *T. weissflogii*); 海线藻属 (*Thalassionema*) (*T. nitzschoides*); 扭鞘藻属 (*Streptotheca*) (*S. thamesis*)

蓝藻纲 (Cyanophyceae)

项圈藻属 (*Anabaenopsis*), *Anabina* 属 (*A. cylindrica*); 束丝藻属 (*Aphanizomenon*); 微囊藻属 (*Microcystis*); 颤藻属 (*Oscillatoria*) (*O. contorta*, *O. erythraea*, *O. nigroviridis*); 束毛藻属 (*Trichodesmium*) (*T. erythraeum*, *T. hildebrandtii*, *T. scientillaus*, *T. thiebautii*)

隐藻纲 (Cryptophyceae)

蓝隐藻属 (*Chroomonas*); 红胞藻属 (*Rhodomonas*) (*R. baltica*, *R. ovalis*)

绿色鞭毛藻纲 (Raphidophyceae)

Chattonella 属 (*C. antiqua*, *C. indandica*, *C. japonica*, *C. marina*, *C. subsalsa*); *Fibrocapsa* 属 (*F. japonica*, *F. cf. japonica*); *Heterosigma* 属 (*H. akashiwo*, *H. inlandica*)

定鞭藻纲 (Haptophyceae)

Chrysochromulina 属 (*C. brevifilum*, *C. ericina*, *C. hirta*, *C. leadbeateri*, *C. polylepis*, *C. spinifera*); *Emiliania* 属 (*E. huxleyi*); 棕囊藻属 (*Phaeocystis*) (*P. pouchetii*); *Pleurochrysis* 属; 定鞭金藻属 (*Prymnesium*) (*P. calathiiferum*, *P. parvum*)

金藻纲 (Chrysophyceae)

Aureococcus 属 (*A. anophagefferens*); 网骨藻属 (*Dictyocha*) (*D. fibula*, *D. pertaevis*, *D. speculum* = *Distephanus speculum*); *Pelagococcus* 属 (*P. subviridis*)

黄藻纲 (Xanthophyceae)

滑盘藻属 (*Olisthodiscus*) (*O. luteus*)

眼藻纲 (Euglenophyceae)

裸藻属 (*Euglena*) (*E. agilis*; *E. viridis*); 双鞭藻属 (*Eutreptia*) (*E. lanowii*); 真甲藻属 (*Eutreptiella*) (*E. gymnastica*, *E. hirundoidea*, *E. marina*); 囊裸属 (*Thrachelomonas*)

青绿藻纲 (Prasinophyceae)

Pyramimonas 属; *Tatraselmis* 属

绿藻纲 (Chlorophyceae)

Brachiomonas 属; 夜藻属 (*Chlamydomonas*); 杜氏藻属 (*Dunaliella*) (*D. tertiolecta*); 胶囊藻属 (*Gloeocystis*) (*G. gigas*); *Oltmannsiellopsis* 属

原生动物

中缢属 (*Mesodinium* = *Myrionecta*) (*M. rubrum*)

第二节 中国海域的赤潮生物

中国海域纵跨热带、亚热带和温带海区,大陆海岸线长达 18 000 多公里,岛屿达 6 000 多个,赤潮生物种类众多。根据有关文献初步统计,在中国沿海海域的赤潮生物约有 30 多个属,100 余种。除属于原生动物的红色中缢虫外,其他赤潮生物都属于浮游藻类,其中亚历山大藻属 (*Alexandrium*) 有 1 个种,双管藻属 (*Amphisolenia*) 有 1 个种,角藻属 (*Ceratium*) 有 10 个种,鳍藻属 (*Dinophysis*) 有 3 个种,膝沟藻属 (*Gonyaulax*) 有 8 个种,裸甲藻属 (*Gymnodinium*) 有 6 个种,夜光藻属 (*Noctiluca*) 有 1 个种,多甲藻属 (*Peridinium*) 有 9 个种,多沟藻属 (*Polykrikos*) 有 1 个种;原甲藻属 (*Prorocentrum*) 有 6 个种, *Scrippsiella* 属有 1 个种;星杆藻属 (*Asterionella*) 有 3 个种,盒形藻属 (*Biddulphia*) 有 1 个种,角刺藻属 (*Chaetoceros*) 有 15 个种,圆筛藻属 (*Coscinodiscus*) 有 8 个种,小环藻属 (*Cyclotella*) 有 1 个

种, 指管藻属 (*Dactyliosolen*) 有 1 个种, 双尾藻属 (*Ditylum*) 有 1 个种, 弯角藻属 (*Eucampia*) 有 1 个种, 几内亚藻属 (*Guinardia*) 有 1 个种, 细柱藻属 (*Leptocylindrus*) 有 2 个种, 菱形藻属 (*Nitzschia*) 有 4 个种, 根管藻属 (*Rhizosolenia*) 有 7 个种, 骨条藻属 (*Skeletonema*) 有 1 个种, 海链藻属 (*Thalassiosira*) 有 4 个种, 海毛藻属 (*Thalassiothrix*) 有 1 个种; 硅鞭藻属 (*Dictyocha*) 有 1 个种; 红细胞藻属 (*Rhodomonas*) 有 1 个种; 裸藻属 (*Euglena*) 有 1 个种; 束毛藻属 (*Trichodesmium*) 有 4 个种; 褐胞藻属 (*Chattonella*) 有 1 个种, 异弯藻属 (*Heterosigma*) 有 1 个种。赤潮生物在中国海域分布广、种类多、数量大, 是中国海域赤潮发生的潜在生物因素。

中国海域的赤潮生物名录:

甲藻纲

塔马亚历山大藻 (*Alexandrium tamarense*)
二齿双管藻 (*Amphisolenia bidentata*)
短角藻 (*Ceratium breve*)
短角藻变种 (*C. breve* var. *breve*)
偏转角藻 (*C. deflexum*)
叉状角藻 (*C. furca*)
长叉状角藻 (*C. furca beryhii*)
梭角藻 (*C. fusus*)
马西里亚角藻 (*C. massilense*)
三叉角藻 (*C. trichoceros*)
三角角藻 (*C. tripos*)
三角角藻广盐变种 (*C. tripos* f. *subsalsum*)
渐尖鳍藻 (*Dinophysis acuminata*)
D. acuta
具尾鳍藻 (*D. caudata*)
华丽膝沟藻 (*Gonyaulax aureolum*)
G. conjuncta
具指膝沟藻 (*G. digitale*)
多边膝沟藻 (*G. polyedra*)
多纹膝沟藻 (*G. polygramma*)
具刺膝沟藻 (*G. spinifera*)
斯蒂膝沟藻 (*G. spirate*)
项圈膝沟藻 (*G. monilata*)
华丽裸甲藻 (*Gymnodinium aureolum*)

硅藻纲

尖星杆藻 (*Asterionella glacialis*)
加里星杆藻 (*A. kariana*)
日本星杆藻 (*A. japonica*)
长耳盒形藻 (*Biddulphia aurita*)
窄隙角刺藻 (*Chaetoceros affinis*)

密氏裸甲藻 (*G. mikimotoi*)
纳格裸甲藻 (*G. nagasakiense*)
菱形裸甲藻 (*G. rhomboides*)
红裸甲藻 (*G. sanguineum*)
简单裸甲藻 (*G. simplex*)
夜光藻 (*Noctiluca scientillans*)
锥形多甲藻 (*Peridinium conicum*)
扁形多甲藻 (*P. depressum*)
叉形多甲藻 (*P. divergens*)
优美多甲藻 (*P. elegans*)
法罗多甲藻 (*P. faeroceros*)
里昂多甲藻 (*P. leonis*)
P. oceanicum
灰甲多甲藻 (*P. pellucidum*)
五甲多甲藻 (*P. pentagonum*)
无纹多沟藻 (*Polykrikos schwarzi*)
齿原甲藻 (*Prorocentrum dentatum*)
P. marina
海洋原甲藻 (*P. micans*)
微形原甲藻 (*P. minimum*)
爱斯形原甲藻 (*P. sigmoides*)
三纹原甲藻 (*P. triestinum*)
Scrippsiella trochoidea

大西洋角刺藻 (*C. atlanticum*)
C. compressus
旋链角刺藻 (*C. curvisetus*)
丹麦角刺藻 (*C. danicum*)
柔弱角刺藻 (*C. debilis*)

齿角刺藻 (*C. denticulata*)
 双突角刺藻 (*C. didymus*)
 垂缘角刺藻 (*C. laciniosus*)
 洛氏角刺藻 (*C. lorenzianus*)
 秘鲁角刺藻 (*C. peruvianus*)
 拟弯角刺藻 (*C. pseudocurvisetus*)
 暹罗角刺藻 (*C. siamense*)
 聚生角刺藻 (*C. socialis*)
 冕孢角刺藻 (*C. subsecundus*)
 星脐圆筛藻 (*Coscinodiscus astromphalus*)
 中心圆筛藻 (*C. centralis*)
 巨圆筛藻 (*C. gigas*)
 格氏圆筛藻 (*C. granii*)
 琼氏圆筛藻 (*C. jonesianus*)
 孔圆筛藻 (*C. perforatus*)
 辐射圆筛藻 (*C. radiatus*)
 威利圆筛藻 (*C. wailesii*)
 小环藻 (*Cyclotella striata*)
 地中海指管藻 (*Dactyliosolen mediterraneus*)
 布氏双尾藻 (*Ditylum brightwelli*)
 短角弯角藻 (*Eucampia zoodiacus*)

蓝藻纲

红海束毛藻 (*Trichodesmium erythraeum*)
 汉氏束毛藻 (*T. hildebrandtii*)

金藻纲

小等刺硅鞭藻 (*Dictyocha fibula*)

隐藻纲

波罗的海红胞藻 (*Rhodomonas baltica*)

眼藻纲

绿色裸藻 (*Euglena viridis*)

绿色鞭毛藻纲

海洋褐胞藻 (*Chattonella marina*)

原生动物

红色中缢虫 (*Mesodinium rubrum*)

几内亚藻 (*Guinardia flaccida*)
Leptocylindrus costatum
 丹麦细柱藻 (*L. danicus*)
 长菱形藻 (*Nitzschia longissima*)
 奇异菱形藻 (*N. paradoxa*)
 尖刺菱形藻 (*N. pungens*)
 成列菱形藻 (*N. seriata*)
 翼根管藻纤细变种 (*Rhizosolenia alata* f. *gracillima*)
 柔弱根管藻 (*R. delicatula*)
 脆弱根管藻 (*R. fragilissima*)
 钝棘根管藻 (*R. habetata*)
 刚毛根管藻 (*R. setigera*)
 斯氏根管藻 (*R. stouteri*)
 笔尖根管藻 (*R. styliformis*)
 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)
 透明海链藻 (*Thalassiosira hyalina*)
 诺氏海链藻 (*T. nordenskioeldi*)
 太平洋海链藻 (*T. pacifica*)
 圆海链藻 (*T. rotula*)
 伏恩海毛藻 (*Thalassiothrix frauenfeldii*)

T. scientillaus

铁氏束毛藻 (*T. thiebautii*)

异弯藻 (*Heterosigma akashiwo*)

第三节 有毒赤潮生物

近十几年来,随着人们对赤潮研究的不断深入,对有毒赤潮生物也有了较深的了解,并

已从有毒赤潮生物细胞中分离、提取过多种赤潮生物毒素成分。据不完全统计,目前已知的有毒赤潮生物有 83 种,其中以甲藻纲居多,有 66 个种;硅藻纲有 6 个种;绿色鞭毛藻纲有 6 个种;定鞭藻纲有 5 个种。

有毒的赤潮生物名录:

甲藻纲

Alexandrium 属 (*A. acatenella*, *A. affine*, *A. catenella*, *A. cohorticula*, *A. excavatum*, *A. fundyense*, *A. lusitanicum*, *A. margalefi*, *A. minutum*, *A. monilatum*, *A. ostenfeldii*, *A. tamarense*)

Amphidinium 属 (*A. carterae*, *A. carteri*, *A. klebsii*, *A. massariti*, *A. rhychocephalum*)

Cochlodinium 属 (*C. catenatum*, *C. citron*, *C. polykrikoides*)

Coolia 属 (*C. monotis*)

蜡藻属 (*Dinophysis*) (*D. acuminata*, *D. acuta*, *D. caudata*, *D. dens*, *D. fortii*, *D. mitra*, *D. norvegica*, *D. tripos*)

冈比甲藻属 (*Gambierdiscus*) (*G. toxicus*)

Gessnerium 属 (*G. monilatum*)

Goniodoma 属 (*G. pseudogonyaulax*)

Gonyaulax 属 (*G. catenella*, *G. monilata*, *G. polyedra*)

裸甲藻属 (*Gymnodinium*) (*G. breve*=*Ptychodiscus brevis*, *G. catenatum*, *G. flavum*, *G. galatheanum*, *G. mikimotoi*, *G. nagasakiense*, *G. sanguineum*, *G. splendens*, *G. veneficum*)

Gyrodinium 属 (*G. aureolum*, *G. catenatum*)

Ostreopsis 属 (*O. heptagona*, *O. lenticularis*, *O. ovata*, *O. siamensis*)

Peridinium 属 (*P. polonicum*)

Prorocentrum 属 (*P. balticum*, *P. cassubicum*, *P. concavum*, *P. lima*, *P. mexicanum*=*P. rathymun*, *P. micans*, *P. minimum*)

Protogonyaulax 属 (*P. acatenella*, *P. catenella*, *P. cohorticula*, *P. fratercula*, *P. leeii*, *P. tamarensis*)

Pyrodinium 属 (*P. bahamense*, *P. bahamense* var. *compressum*)

硅藻纲

Nitzschia 属 (*N. delicatissima*, *N. pseudodelicatissima*, *N. pseudonitzschia*, *N. pseudoser-cata*=*Pseudonitzschia australis*, *N. pungens*, *N. pungens* f. *multiseries*)

绿色鞭毛藻纲

Chattonella 属 (*C. antiqua*, *C. japonica*, *C. marina*, *C. subsalsa*)

Fibrocapsa 属 (*F. japonica*)

Heterosigma 属 (*H. akashiwo*)

定鞭藻纲

Chrysochromulina 属 (*C. leadbeater*, *C. polylepis*)

Phaeocystis 属 (*P. pouchetii*)

Prymnesium 属 (*P. calathiferum*, *P. parvum*)