11 隋世峰等。关于建立移动式热带气旋防灾研究站的意见，中国科学院自然灾害研讨会论文，1989

地区有六大海水入侵区，面积均超过 20 平方公里、平均入侵纵深 6.8 公里，最远达到 8 公里。

海水入侵区地下水位下降，海水倒灌，使水质恶化，氯根增高，破坏了地下水资源。大连所有海侵区的地下水氯化物含量，饮用淡水每公升氯化物超过标准（250 毫克）。其中，地下水每升氯化物的含量超过 500 毫克的地区达 219.3 平方公里，超过 1000 毫克的为 68.9 平方公里，超过 2000 毫克的有 4.41 平方公里、分别占海侵总面积的 52.4%，16.5%、1.1%。

大连沿海地区海水入侵，主要是人为超量开采地下水形成的。超量开采地下水，导致出现大面积区域地下水降落漏斗，区域水量失去平衡，海水将渗入多孔岩的蓄水层污染千百万人赖以生存的饮用水。金州以南地区可开采地下水资源为 9330.9 万立方米，1991 年实际开采量达到 1.22 亿立方米，开采强度 131%。营城子地区冲积平原的孔隙水和岩溶水很丰富，但人为超采地下水量高出可采量的 3 倍。旅顺水师营地区可开采地下水资源 196.9 万立方米，而实际每年开采量为 680 万立方米，超采 2 倍多。

海水入侵地点方式受地质条件控制。为此，建议采取以下防治对策。

1.因地制宜，科学合理地开发和管理地下水资源。对锦县安屯、八千一带，金州以南及北部的瓦房店普兰店市的沿海地下水超采区应限制或禁止开采。

2.在重点地建筑防潮堤，预防海水入侵；对处于海平面上升，而又在地势低洼的沿海，新建工程，要采取加高起始高度的办法，预防潮水增水灾害。

3.在沿海城市和新建城市应考虑用水来源，不要无计划打井抽水。在滨海地面下沉、海平面上升，遭灾多发地段，建筑防潮堤，预防海水入侵。

4.对严重海水入侵区，污染严重的井，采取限采、停采封闭措施；对一般污染的井孔采取控制性措施，防止海水入侵扩大。

5.过量开采漏斗区的疏干、做好人工调节地下水资源，控制和减少地下水开采量，采取人工回灌等人为补给地下水量，确定合理的井距，井孔大小，与取水定额限制不合理开采。

6.大力推广节约用水，在水资源贫乏地区应限制耗水量大的企业。现有工业企业，应增加水的重复利用率，扩大海水和处理后的污水利用范围。

7.在海水入侵的重点地段，建立常年水质监测站密切注视海水入侵的扩散与发生发展，及时采取相应的防治措施，加强海侵防治研究，增加资金投入。

恩格斯曾说过："我们不要过分陶醉于我们对于自然的胜利，对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们"。当今，城市过量开采地下水引起地面沉降，导致咸水入侵，海水入侵面积不断扩大，发生频率明显上升等，说明今天仍在重蹈前人不合理利用资源环境的覆辙。因此，在联合国国际减轻自然灾害十年中，我们应当提高对海水入侵自然灾害的监测预警报和防抗能力，合理利用和保护资源环境，减缓自然对人类报复的进程，是我们这一辈人义不容辞的责任。

中国沿海赤潮

符文侠　黄文祥

（国家海洋环境监测中心　大连）

摘　要　本文较全面地综述了有记载以来中国沿海赤潮的发生与分布状况，对海洋渔业、养殖业以及人体健康造成的危害，并初步分析了赤潮产生的原因。

关键词 中国沿海 赤潮 分布状况 危害 产生原因

近年来，赤潮已经发展成为我国沿海最突出的环境问题，严重影响了海产品的生产和海洋环境质量。因此，开展赤潮的研究，是当前海洋环境保护的一个重要问题。为此，我们在荣长宽，梁素秀、李㳄、张树德、邹景忠等同志资料的基础上，结合我们的工作，对我国沿海赤潮分布状况、造成的危害以及产生的原因等作如下的综述，以起到对赤潮的宣传和普及知识的作用。

1 赤潮及其主要赤潮生物

赤潮是由于海水中某些微生物大量繁殖和高度密集引起海水变色的一种自然现象。形成赤潮的海洋生物称为赤潮生物。一般其长度约 60～120 微米，宽度约 30～70 微米①。赤潮生物的种类繁多，据报道世界上约有 50 属 140～150 种。我国沿海海域的赤潮生物约有 20 多个属 60 余种②。主要为颤藻属（*Oscillatoria*）、束毛藻属（*Trichodesmium*）、前沟藻属（*Amphidinium*）、角藻属（*Ceratium*）、鳍藻属（*Dinophysis*）、裸甲藻属（*Gymnodinium*）、旋环藻属（*Gyrodinium*）、夜光藻属（*Noctiluca*）、多甲藻属（*Prorocentvum*）、原膝沟藻属（*Protogonyanlax*）、角刺藻属（*Chaetoceros*）、圆筛藻属（*Coscinodiscus*），弯角藻属（*Nucampia*）、细柱藻属（*Leptocylindrus*），菱形藻属（*Nitzschia*），根管藻属（*Rhizosolema*），骨条藻属（*Skeletonema*），海链藻属（*Thahalassiosira*）、中缢虫等。

由于赤潮生物种类及其数量的不同所引起的赤潮颜色也不相同。如，夜光藻（虫）大量繁殖密集形成的赤潮呈桃（粉）红色，由某些硅藻类引起的赤潮呈红褐色，由蓝藻类引起的赤潮呈黄褐色，而某种双鞭毛虫引起的赤潮呈绿色等。可见，赤潮的海水并不一定都呈现红色。

2 中国沿海赤潮状况

从目前的资料表明，我国沿海海域赤潮发生频率逐年增多，给海洋生态环境和水产资源带来严重影响。据不完全统计，1970 年以前，我国有文字记载的赤潮仅 3 次；1971～1987 年，我国沿海共发生赤潮达 26 次，其中，1984 年以后达 12 次。近几年来，赤潮发生愈趋频繁，范围不断扩大，从 1988～1991 年 4 年间发生赤潮达 80 余次。详细情况分述如下：

据原浙江水产实验场报道，我国最早有文字记载的赤潮是在 1933 年发生在浙江沿海台州、石铺一带海区。由夜光藻、中肋骨条藻引起的赤潮，造成贝类大量死亡。

原中央水产实验所报告，1952 年 5～6 月在黄河口及其北岸一带海区发生由夜光藻引起的赤潮。其范围长 70km，宽 20km。赤潮水呈现红色，海水发臭。引起贝类大量死亡。在海面上有重达数斤的鲻鱼、鲈鱼和鲅鱼等死鱼漂浮。在黄河口南大咀、羊角沟一带毛虾定置网作业产量锐减，经济上受到很大损失。

1961 和 1962 年秋季在福建平潭岛海域发生由束毛藻引起的赤潮，对养殖贝类造成灾害，产量减少。

从 1970～1979 年 70 年有记载的赤潮为 5～6 次。1971 年 6 月在香港沱罗湾发生由夜光藻引起的赤潮。1972 年 8～11 月在长江口外海礁以东（30°～32°N，127°E 以西）海区约 24km^2 范围内发生赤潮。赤潮生物为束毛藻，海水发臭发粘，呈现棕黄色。造成 8 月份鲐鱼和鲅鱼大量减产，鱼类饵料生物数量也很低。

1977 年 8 月在天津北塘口和大沽口海域，约 560km^2 范围内发生赤潮。赤潮生物为微型原甲藻，密度为 1.6×10^8～7.2×10^8 个／L，海水呈红褐色。

1978 年 10 月在大连港至和尚岛以西海区发生

①荣长宽，梁素秀。赤潮与赤潮生物。全国海产养殖环境和养殖技术交流会论文，1992。

②李㳄，张树德。浅论赤潮及其管理对策，全国海产养殖环境和养殖技术交流会论文，1992。

由红色中缢虫引起的赤潮。当时中缢虫密度高达 3.2×10^3 个／mL。

1979 年 9 月在福建闽东沿海发生束毛藻赤潮，对紫菜养殖造成严重危害。

从 1980～1989 年的 80 年代，约发生赤潮 30 余次。其中，1980 年 2～3 次；1981 年 3 次，1982 年 4 次；1983 年 1 次；1984 年 3 次；1985 年 2 次；1986 年 5 次；1987 年 2 次；1988 年 2 次；1989 年 10 次。

1980 年 5 月在广东湛江港内，由丹麦细粒藻引起赤潮，海水呈褐黑色，有臭味，海面漂浮死鱼造成渔业减产。

1981 年 6 月 16 日～19 日和 8 月 15 日～16 日两次在浙江渔山近海（28°59′N，122°25′E；29°02′N，122°13′E）、（28°30′～30°00′58″N，122°30′E）发生赤潮。赤潮生物为夜光藻，密度为 19×10^4 个／L。海水呈红色、发臭。

1981 年 8 月在大连港至和尚岛以西海域发生由双鞭毛藻为优势种引起的赤潮，其密度为 1.2×10^3 个／mL 至 2.2×10^4 个／mL，占浮游植物总量 95%以上。同年 9 月下旬在福建闽东三沙湾海区发生由夜光藻引起的赤潮，使当地几十亩养殖牡蛎死亡。

1982 年 8 月 20 日在浙江普陀东北（30°05′N，123°30′E）发生夜光藻赤潮，密度为 10×10^4 个／L。海水呈红棕色，具有粘性。8 月 24 日在长江口外余山以东（31°30′N，122°20′E）发生赤潮，赤潮生物亦为夜光藻，其密度为 16×10^4 个／L。海水亦呈红棕色，具有粘性。

1982 年 8～9 月在长江口外海礁—— 余山以东海区（31°00′～31°30′N；122°15′～123°30′E）发生夜光藻赤潮，密度为 $9\sim13\times10^4$ 个／L。影响带鱼幼鱼保护区的鱼群洄游。

1983 年赤潮发生的最少，仅有一次。3 月在广东大亚湾和大鹏湾近海发生由裸甲藻引起的赤潮。

1984 年 7 月 16 日～8 月 3 日在广东珠江口外（24°14′N，114°27′E）发生赤潮。赤潮生物为红束毛藻，呈黄棕色条带状。7 月 27 日在北部湾雷州半岛附近海面（20°27′N，109°27′E）亦发生了由红束毛藻引起的赤潮。10 月上旬在福建闽东三沙湾海区发生了夜光藻赤潮。

1985 年 5 月 9 日～19 日在广东深圳湾（22°25′～22°29′N，113°50′～113°56′E）发生赤潮。赤潮生物为甲藻，海水先呈红褐色后转黑褐色。1985 年 6～8 月，在大连湾甜水套一带 $40km^2$ 范围内，连续发生以裸甲藻为主要生物的赤潮。赤潮水呈红褐色、灰褐色，水团为带状、块状、云絮状。持续时间最长为一周左右。海面有幼鱼死亡。

1986 年 2 月在广东深圳湾西岸海域发生夜光藻赤潮。5 月 24～26 日在浙江石埔以东沿海（29°02′～29°15′N，122°23′E）约 $175km^2$，发生夜光藻，角藻赤潮，海水呈橙红色。其密度夜光藻为 $8\times10^4\sim58\times10^4$ 个／L，角藻为 1.2×10^6 个／L。6 月 7～8 日在长江口外枸杞岛（30°28′N，122°27′E）发生了橙红色的夜光藻。6 月 20～25 日在福建厦门西港海域约 20～$80km^2$ 范围内发生赤潮。赤潮生物为微型裸甲藻，密度为 $1.4\times10^7\sim1.9\times10^7$ 个／L，海水呈灰褐色。1986 年 11 月 25～27 日在福建东山磁窑村海面（23°43′N，117°22′E）发生裸甲藻赤潮，先呈褐红色后转黑褐色。

1987 年 7 月在长江口外东北海域（30°51′N，122°52′E）发生骨条藻赤潮，其密度为 10^4 个／mL，呈褐绿色，有异味。8 月份在长江口外东部海域（31°27′N，122°42′E），长约 2 海里，宽 50～100m 为粉红色夜光藻赤潮，其密度为 7.9×10^4 个／mL。

1988 年仅于 8 月和 12 月分别在长江口和广东大鹏湾发生了赤潮。

1989 年是我国沿海遭受赤潮灾害较严重的一年。我国沿海从北到南相继发生大面积赤潮有十余起（表 1）。如，在河北省唐海县、黄骅沿海，天津塘沽区沿海，山东莱州湾局部海域，长江口海域，舟山群岛北部和嵊山岛附近海域，浙江省东部的东矶列岛，檀头山，南田岛、韭山列岛，三门湾口等海域，福建省东山县、福清县和广东深圳赤湾等海域均发生了赤潮。

进入90年代我国沿海赤潮大有加重之势。

1990年共发现34起赤潮，造成大量鱼、虾、贝类死亡。本年度赤潮多发生在污染程度较重，海水富营养化程度较高海域。

东海全年共发生赤潮18起，赤潮海域面积达20 000km^2，是我国赤潮发生率最高的海域之一。赤潮多呈斑点状和条带状分布；颜色为乳白、淡绿、暗红、红褐、粉红、棕红、鲜红等多种颜色。赤潮生物多为夜光藻、骨条藻、肋骨条藻，原甲藻等。5月上旬至中旬最为突出。最大的一次赤潮是5月10日在浙江省东部的台州列岛—六横岛—桃花岛海域发生的，长约120～130km，宽约60～70km，面积逾7 000km^2。南海4～5月间发生了6起赤潮。本区海域因干旱少雨，水温偏高，赤潮时间比往年提前约两个月。发生海域与上年几乎相同。渤海发生的赤潮次数和灾害有明显减少。

1991年我国沿海海域共发生赤潮38起，其中渤海2起，东海24起，南海12起。发生频率与1990年相当。有些海域，由于水质差，富营养化程度高等多种因素，赤潮连连发生，如南海大鹏湾盐田、东海绿华山等海域（表2）。

表1　1989年度我国近海赤潮统计

时间	地点	危害面积	危害，经济损失及其特征
8月4日～10月15日	河北省沿海	1′ 300km^2	经济损失达1亿多元.黄骅市受灾虾池2600亩(1亩＝0.0667公顷，下同)直接经济损失2500万元.赤潮生物以甲藻类占绝对优势,生物量达2×10^8个／L
7～11月	长江口流域	大片海域	溶解氧降低,水质恶化,鱼、虾、贝类死亡
7月13日	舟山群岛	1 000km^2	pH值增高,盐度降低,鱼、贝类死亡。赤潮持续一天，骨条藻占绝对优势，生物量为10^6个／L
9月22～26日	浙江省沿海	大片海域	底层溶解氧含量下降,鱼贝类死亡
4月22日	福建省福清县	大片海域	1 3000亩缢蛏绝收.经济损失3 000万元,长毛对虾苗死亡1亿多尾，经济损失达100多万元
7月5～10日	福建省东山县	3km^2	网箱养殖的真鲷、鲈鱼等名贵鱼类大部分死亡,直接经济损失280万元。呈棕色和浅红色。赤潮生物为微型藻，密度达1.5×10^7个／L磷酸盐达0.24×10^{-6}，溶解氧接近于零，沉积物中硫化物高达1000×10^{-6}
4月2～4日	广东省深圳赤湾	大片海域	鱼、贝类死亡，威胁到海洋生态环境。赤潮生物优势种为原甲藻和长叉状角藻。赤潮期间硝酸盐、铁、锰的含量分别是赤潮发生前的157，90，30倍

表 2　1991 年渤海、南海赤潮统计

时　间	地　点	藻　类	细胞密度（个／L）	面　积
1 月 28～2 月 3 日	海南后水湾新盈港	四胞藻		30km^2
2 月 4～7 日	海南省儋县	夜光藻		
3 月 1	深圳湾蚊口	夜光藻	2.4×10^9	小规模
3 月 7	广东省大鹏湾盐田	夜光藻		小规模
3 月 11～12 日	海南省秀英港	四胞藻		
3 月 19～21 日	广东省大鹏盐田	褐胞藻	1.4×10^7	4km 长沿岸水域
3 月 25 日	广东省大鹏盐田	夜光藻	1.5×10^6	小规模
4 月 17～18 日	广东省大鹏盐田	夜光藻		1.5km 沿岸水域
5 月 5～6 日	广东省大鹏盐田	多纹膝沟藻		小规模
5 月 5～15 日	海南省东部沿岸			三亚—海口沿岸
5 月 19 日	福建沙埕港至大嵛山	原甲藻	1.58×10^6	75km^2
7 月 4～12 日	辽东湾鲅鱼圈以西偏北	夜光藻	4.9×10^7	100km^2
12 月 23～24 日	广东省大鹏湾盐田	夜光藻		小规模

东海是历年来赤潮发生比较严重的海域，发生地多集中在绿华山，嵊山和南麂等近海海域。以 7、8 月份最多；多为条带状，总面积达 288km^2。颜色以乳白、桔红、褐色和酱红色为主。赤潮生物为裸甲藻、夜光藻和骨条藻。

南海海域赤潮多发生在 3、4 月份，以南海大鹏湾盐田海域最多。由该海域为半封闭海湾，陆地排污、径流以及海水养殖等多种因素使该海域水质条件很差，成为赤潮的高发区。赤潮生物主要是夜光藻，但在 3 月 20 日首次发生褐胞藻赤潮，由该种藻引发的赤潮在我国水域尚属首次。赤潮历时约 36 小时，从盐田镇至盐田港长 4km 沿岸水域都有该生物。海水呈锈褐色，海面出现死鱼。

渤海海域共发生两起赤潮，其中 7 月 4 日发生的赤潮是本年度较严重的一次，其面积约为 100km^2 以上。

由上述可知，近年来我国赤潮发生的特点是，发生时间早、持续时间长、分布范围广，发生频率高，受灾面积大。