

# 军事海洋生态学研究进展

周秋麟 尹卫平 吴日升

(国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005)

**摘要** 在大量检索和分析科学文献的基础上,综述了海洋生态系统及其生物组分与海上军事活动的相互关系。在海洋生态对军事活动的影响方面,赤潮等海洋生态异常以及生物集群、海洋生物噪声、海上发光、海洋附着生物等正常生态现象对于军事活动的判断和决策具有重大影响;海洋有毒有害生物则对于海上作战人员的健康和安全造成直接的威胁。在军事活动对海洋生态影响方面,分析了备战阶段、战争期间以及战后的影响,其中在战后影响方面详细分析了直接影响和间接影响。指出,开展海洋环境和生态研究无疑对于战备、战争过程中回避重大生态损害和战后修复均具有重大的意义。

**关键词** 海洋;军事活动;生态影响

## 一、前言

海军可以在国际法允许的范围内,以非战争运用的形式表达国家对某些问题的意愿和关切,以遏制对国家安全的有害行为,达到国家需求的军事或政治目的,因此,正如马汉所说:“国际关系同海军战略影响甚巨,甚至成为海军战略的主要构成因素”。1855年,美国海军莫里发表的《海洋自然地理学》是最早的较系统地记述海洋军事利用的文献。

军事目的是近代海洋学发展的重要动力因素之一。从潜水艇出现并用于军事活动之后,由于潜艇战和反潜战的需要,海军加强了对海洋环境、特别是水下环境的研究,开始萌生了研究和利用海洋自然规律,为海上军事行动提供科学依据和实施海洋保障的科学——军事海洋学。

第二次世界大战之后,海军舰艇的大型化、海军航空兵和导弹核潜艇的出现,现代海军活动范围在垂直方向上扩大到了海洋上空、海面直至海底;在水平方向上遍及全球包括两极水域在内

的所有海域。与此同时,海洋环境对海军的影响也加强了。如潜水艇的潜航、探测、警戒、追踪以及水下发射活动,受到海水的深度、温度、盐度、密度,海水表面流和深层流,海水表面波和内波,潮汐、潮流,海水的透明度和水色,海洋声学、光学和地球物理学特性,海洋污着生物、发光生物和藻类,海水的腐蚀性,海底的沉积物、地质构造,海水中的悬浮物质等多种因素的影响。只有充分掌握海洋环境,特别是水下水文物理场的分布和变化规律,了解它们对潜水艇活动的影响,才能充分发挥潜水艇的战斗力。其他海上军事活动,包括登陆、布雷、海上救捞和军事工程施工等,也都需要掌握海洋环境的变化规律。从而使军事海洋学得到迅速发展。

张永刚和聂邦胜指出,在海洋生物学和仿生学方面,“海洋生物可能对海军的水声识别和器材产生重大影响;浮游生物会使声波散射而降低水听器性能;附着生物会使舰艇航速降低、使锚雷改变定深;海洋生物发声会干扰、甚至损坏水听器、触发音响水雷;通过仿生学研究模仿海洋

生物发声以迷惑敌人、隐蔽自己、触发敌方水雷阵;研究海豚的皮肤体形和定位器官用于舰艇设计,以提高航速,改变水声定位、雷达识别和自导航系统;研究青花鱼发出的水下电波,改进水下通信和监视系统。因此,研究海洋污损生物、发光生物和海藻类的特性,海洋生物发声、仿生学都是军事海洋学的重要内容。”

军事海洋学和海洋生态学的结合奠定了军事海洋生态学的发展基础,其研究内容是海洋生态对军事活动的影响和军事活动对海洋生态的影响。

## 二、海洋生态对军事活动的影响

### (一) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——赤潮

赤潮是一种复杂的生态异常现象,发生的原因也比较复杂。关于赤潮发生的机理虽然至今尚无定论,但是赤潮发生的首要条件是赤潮生物增殖要达到一定的密度。海水的温度是赤潮发生的重要环境因子,20~30℃是赤潮发生的适宜温度范围。科学家发现一周内水温突然升高大于2℃是赤潮发生的先兆。海水的化学因子如盐度变化也是促使生物因子—赤潮生物大量繁殖的原因之一。盐度在26~37的范围内均有发生赤潮的可能,但是海水盐度在15~21.6时,容易形成温跃层和盐跃层。温、盐跃层的存在为赤潮生物的聚集提供了条件,易诱发赤潮。杨东方等指出赤潮发生时,海水表层温度上升1~3℃,会改变温跃层,使得海洋中声道发生变化,也影响了声呐的传输和接收,这对舰船、潜艇等的声呐探测、信号传输都有影响。

赤潮发生时的浮游植物的个数密度增加,海水中的能见度降低,影响海水中的正常目测和清晰度。由于海水中浮游植物的个数密度至少为 $1 \times 10^6$ 个/L,这会干扰、干涉海水中声波、光波、电磁波等通信信号,给通信带来困难。

赤潮发生时,水色发生变化,从蓝色变成红色、黄色、褐色、棕色等多种颜色,这会引起军事人员的判断失误,夜光藻等赤潮种类会在夜间发光,会给军事人员带来许多困惑和军事计划的失误。

海洋浮游藻是引发赤潮的主要生物,在全世界4 000多种海洋浮游藻中有260多种能形成赤潮,其中有70多种能产生毒素。对5种不同形态海藻研究表明,95%产生“BMAA”毒素,这种毒素能够损害运动神经元,病症与帕金森病症相似。

由赤潮引发的赤潮毒素统称贝毒,目前确定有10余种贝毒其毒素比眼镜蛇毒素高80倍,比一般的麻醉剂,如普鲁卡因、可卡因还强10万倍。贝毒中毒症状为:初期唇舌麻木,发展到四肢麻木,并伴有头晕、恶心、胸闷、站立不稳、腹痛、呕吐等,严重者出现昏迷,呼吸困难。赤潮毒素引起人体中毒事件在世界沿海地区时有发生。据统计,全世界因赤潮毒素的贝类中毒事件约300多起,死亡300多人。

### (二) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——生物集群现象

海洋生态系统中理化因子的改变会导致生物的集群现象,对军事活动产生影响。沙丁鱼在水温降到8℃时,就会向岸边聚集。每年5月到8月间,南非拟沙丁鱼(*Sardinops sagax*)会成群地沿东开普省与夸祖鲁他省海岸向北方回游。从单位面积的生物数量来说,这种奇观可以和东非的羚羊大迁徙相媲美。从飞机上向下看,迁徙的沙丁鱼群规模大得惊人。鱼群通常有7 km长、1.5 km宽、30 m深。沙丁鱼属洄游中上层鱼类,每年3—6月产卵,表层水温要求在14~15℃之间,在西北太平洋,渔场主要分布在东海外海及其比邻海域,海区范围内主要由对马暖流、朝鲜沿岸冷水流和日本南部混合水系控制。通过卫星提供的信息发现,中心渔场一般位于

冷、暖系交汇区 15~17℃等温线内,其中心位置及其稳定性与朝鲜沿岸冷水流的强弱以及暖流交汇状况密切相关。

带鱼具有同样的习性。据卫星资料分析,我国东海带鱼越冬洄游期渔场旺发水温在 16~19℃左右,一般汛期(11—12月)旺发水温较高,大约在 16~17℃锋面上,有时接近 18~19℃等温线附近。而汛期末(1月)旺发水温较低,带鱼作业中心渔场水温大都在 15℃左右。

最近,各媒体纷纷报告水母爆发事件,例如气候变暖天敌减少,毒海蜇大军进军全球海洋,2006年8月,西班牙海域来了一群神秘的不速之客——海蜇。这些攻击性强、毒性大的海洋生物向人类发起了猛烈袭击。西班牙政府称,自出现大量海蜇后,已有上万人被蜇伤。有些地方每10分钟就有人被蜇伤需要治疗。在日本海域出现了重 200 kg、拥有无数有毒触须巨型水母。2006年进入8月以来,海南省海口海甸溪沿岸,水母大量增加,严重损害渔网,渔民海上作业受损。

### (三) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——海洋生物噪声

1945年6月30日,美国 Indianapolis 号在菲律宾海受到日军潜艇鱼雷的攻击。美国海军万万没有想到,刚刚听起来还是成群结队的虾的声音,瞬间可怕的日军潜艇已向它们袭来。在部署这次袭击之前,日军曾对附近海域进行过周密的科学调查。他们发现,这一带常常有鼓虾群出没,鼓虾群骚乱的声音几乎成了这里的“海之声”。于是,他们就想办法将潜艇的机器噪音弄成类似于虾群的游弋之声。

鼓虾一般体长 3~6 cm,体圆粗,头胸甲光滑无刺。眼完全被头胸甲覆盖。第一对步足特别强大,钳状,左右不对称,雄性较雌性强大。当这只大钳子以闪电般的速度合拢时,会发出一声脆响。如果鼓虾集合成群,整个声响听起来就像是

干柴燃烧时发出的劈啪声。荷兰特文特大学的物理学家特勒夫·洛泽说:“庞大的虾群发出的声音足以干扰水下通信,有些潜艇常常利用美国近海里的鼓虾群藏身,并且利用虾群发出的声音逃避声呐的搜索。研究表明:当鼓虾快速合拢钳子时,会有一股速度达 112 km/h 的高速水流产生。这股水流使水压在短时间内急剧降低,在瞬间形成一个水泡。水泡的直径会达到 4 mm 左右,随着压力恢复正常,水泡会马上破裂,响声就是在水泡破裂时发出的,整个过程所需的时间大约为 600 ms。制造超声波的鼓虾海底的鼓虾靠虾钳的猛烈闭合,产生超声波,闭合点瞬间产生的热量可以达到太阳表面的温度,这个能量足以击晕虾钳前方的小鱼。在海底,潜艇的声呐系统所受到的最主要的干扰就来自于这种鼓虾。”

海洋鱼类会发出各种噪声,鱼类并不像鸟类具有鸣肌,更不像人类具有声带。鱼类发出的声音是生物声和机械声。生物声是由鱼体某些器官发出的,例如鱼鳔的振动,牙齿、鳍条、骨头的摩擦。此种声音传播较远,是个体间相互联系的主要方式。尤其是在鱼类的生殖季节,生物声更加多样、婉转以吸引异性的到来。例如:大黄鱼,产卵前发出“吱吱、沙沙”的声音,产卵时像打着小鼓一样发出“咚咚”之声;而产卵后,还会“吱吱”叫个不停。鱼类发出的机械声是由于鱼类击水,挖掘洞穴、摄食、咀嚼等发出的。每种鱼根据习性、大小,机械声也不尽相同。如翻车鱼咀嚼食物时,会发出咽喉齿的摩擦声,那咬牙切齿的“吱吱”声令人毛骨悚然、不寒而栗。沙丁鱼发出的音响如同风吹过树叶般的“哗啦、哗啦”。海鲑发出的声音像在有节奏地击鼓。刺鲀、海马发出的声音如同熟睡的人,“呼噜、呼噜”声不绝于耳。

### (四) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——生物发光

在海洋中,从细菌到鱼类,有好几千种发光生物。它们为了不同的目的在黑暗中闪烁,便利

了渔业,却在军事上造成障碍。深夜,在海中游泳或岸边漫步时,都会看到海上的“磷光”现象。这往往是大群甲藻——一种单细胞浮游生物——受到机械干扰后留下的道道光痕。它们几乎对任何一种刺激,如海水中化学成分的波动、压力突变、超声波和激光刺激等,都会有闪光反应。甲藻,是光合生物,也是多种浮游小动物,特别是桡足类甲壳动物的饵料。当桡足动物在大群发光的甲藻间捕食时,它们不安地快速游动着,似乎被甲藻受扰后的闪光所烦扰。在不发光株系的甲藻群中捕食的桡足类,则很少惊跳,安详地进食,比起捕猎发光株系来,可节省好些时间和精力。因之,甲藻发光,可减少其被捕食之机会。此外,光痕也暴露了桡足动物的位置,使鱼虾之类更易来捕获它们,间接帮助了甲藻。深夜,当甲藻的捕猎者从深水上升到水面捕食时,发光的保护作用更为显著。光谱测定表明,甲藻发光之峰值为 475 nm(10~9 m),这个波长很接近清澈海水的透射光峰值,而大多海洋动物视觉色素的吸收光峰值也与此相近。所以能产生最大的视觉效应。

居住在海底世界的枪乌贼和乌贼能喷射出液体火焰来自卫。它们喷出的团状液体形状与它们自身的体形十分相似,因此具有以假乱真的迷惑性,那些追捕者经常在这种发光的替身面前捕风捉影。真假莫辨,而“障眼法”的实施者早已不知去向。

深海虾类也配备了类似于乌贼那样的“激光武器”,它们嘴边上的特殊腺体每逢危急关头就会闪亮一道光屏。虾类往往是群体活动,遇到不测,虾群发出的无数光亮点能形成一道屏障将追捕者阻隔,而它们则利用光亮的掩护四下逃散。有些动物能把握在追猎者牙齿擒住的那一瞬间才放射光芒。这一自卫绝招常常会使攻击者张口结舌,而猎物就乘机夺路而逃命了。

浅海生物沙蚕一般在月圆夜繁殖,夏季尤为

明显。这时,无数的沙蚕游动到水面,竞相发光,光度极其强烈。

海洋生物发光一般分为三种:乳状海火是指细菌不经刺激即能产生的一种不间断的连续发光;火花状海火是指小型浮游生物经受刺激后所发出的一种不连续的间断发光;闪光海火是指某些水母经受刺激后所产生的一种瞬间发光。

(五) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——海洋污着生物

海洋中有 2 000 种污损海洋生物,其中植物 600 种,动物 1 300 种,常见约 50~100 种,在中国沿岸已经记录有 650 种左右。这些种类分别隶属于海洋菌类、藻类以及海洋动物各个主要门类。海洋藻类主要是硅藻(Bacillariophyta)和浒苔(Enteromorpha)、石莼(Ulva)、水云(Ectocarpus)等。海洋动物主要是海绵(如 *Mycale adhaerens*)、水媳(如 *Tubularia mesembryanthemum*)、苔藓虫(如总合草苔虫 *Bugula neritina*)、管栖多毛类(如美丽盘管虫 *Hydroide selegans*)、双壳类软体动物(如近江牡蛎 *Ostrea rivularis*)、蔓足类甲壳动物(如网纹藤壶 *Balanus reticulatus*)和海鞘(如褶瘤海鞘 *Styela plicata*)等的一些种类。由于船只携带的结果,许多适应力较强的污着生物种属广泛分布于世界海域包括固着生物。海洋生物附着后,船底粗糙并增重,增加摩擦阻力,航速降低,燃料消耗提高;一艘船底满附着藤壶的船会因此使船速降低 30%~40%;堵塞海水管道和海底阀门;产生妨碍声呐操作的噪音;促进腐蚀,使木船被船蛆或蛀木虱钻孔。

(六) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——海洋生物电

海洋里生活着许多会发电的生物。电鳐的发电器是由鳃部肌肉变异而来,位于头部的后部和肩部胸鳍内侧,左右各有一个卵圆形的蜂窝状的大发电器。电流方向由腹方向背方,电量 70~80V,有时能达到 100V,放电 150 次/s。人们解剖

电鳐时,发现其胃内完整的鳗鱼、比目鱼和鲑鱼,这是电鳐放电把活动力强的鱼击后吞食的。除电鳐外,刺鳐、星鳐、何氏鳐、中国团扇鳐等均具有较弱的发电器官。瞻星鱼发电器位于眼后,呈卵圆形,发电量可达 50V。

(七) 海洋生态系统的变化对军事活动的影响——有毒有害鱼类

鱼类学家威廉·史密斯博士和博物馆馆长沃德·惠勒在 2006 年 6 月的《遗传杂志》上发表报告说,这 1200 余种鱼都不是新发现的,但此前科学家们不了解它们的毒性。根据 233 种鱼类的 DNA 序列分析比对绘制的棘鳍鱼类的新谱系图表明,该家族包括多种豹蟾鱼、鲉鱼、刺尾鱼、鲭带鱼、狗鱼和剑齿鳐鱼。谱系图显示了这些鱼的进化关系,研究人员据此能判断某种鱼是否有毒。为检验谱系图预测的准确性。对 102 种鱼类的解剖结果否定了以往仅有 21 种鱼类有毒的结论,证明 61 种鱼类有毒。

许多鱼的毒液在刺、嘴边倒钩或者牙齿上。大多数有毒鱼类产自印度洋—太平洋地区,包括非洲南部、澳大利亚、波利尼西亚、菲律宾、印度尼西亚和日本南部等附近的海洋。每年全世界大约有 5 万人被鱼类刺到或蜇到中毒,症状包括疼痛、昏厥、起水泡、高热和呼吸困难,有时还会致人死亡。在有毒鱼类中,石栖鱼类最危险,其背上的刺如“皮下注射针头”,含有致命的毒液。石栖鱼类一般会躲藏起来,在受惊或被挑衅时才会释放毒液。有的鱼类只在受到袭击时才会释放毒液。

许多海洋鱼类具有强烈的攻击性,鲨鱼就是让人闻之色变的动物。箭鱼身长达 4 m,突出而狭长的上颌尖端溜尖,锐利似箭;锯鳐体长 6 m,上颌竟有长达 2 m 的锯齿突起物,是一种锐利的武器。箭鱼和锯鳐的身体武器不仅限于自卫防身,在很多时候,它们也是主动攻击和猎取动物的强力武器。在第二次世界大战期间,美国海军人手配备一册插图海洋有毒有害生物。

### 三、军事活动对海洋生态的影响

军事活动对环境的影响主要表现在三个方面:一是战争对环境影响的分类问题;二是战争对环境的影响的监测及精确评估问题;三是战争与环境关系的实质问题。

军事活动对环境的直接影响从时间上来分可分为:备战阶段、战争期间以及战后的影响;从对海洋环境要素的影响可分为对水体、大气、土壤、生物的影响以及噪声的危害。

#### (一) 备战阶段

备战阶段对环境的直接影响主要包括军事工业、武器测试、军事演习、核技术研制与蔓延等对环境的影响。现从军事研究开支、核试验污染、海军事事故、声呐布设以及武器海洋处置等角度阐述备战阶段对海洋环境的影响。

##### 1. 军事研究开支

全球军事研究开发经费年均达到 580 亿美元,其中美国比例最大,占 63%,其次为法国、英国、德国、日本、中国和俄罗斯,但是美国的军事研究开发开支比第二大开支国——法国高出 7 倍以上。美国的军事研究开发经费占联邦政府资助研究经费的 70%,占有研究经费的 30%。但是,根据 SIPRI 的保守估计,1996 年,该比例仅为 20%。根据国防信息中心 2003 年统计,在联邦政府提供给大学的研究经费中,60%与军事相关。军事研究开发经费的高比例同样给环境造成影响,因为本来可以用于环境保护和环境治理的经费现在要支付给军事研究开发。

##### 2. 核试验的污染

据统计,从 20 世纪 40—90 年代,美国共进行了上千次核试验。其中,仅在马绍尔群岛就进行了 67 次核试验,而 23 次在比基尼环礁进行。核爆炸放射性散落物飘落到了群岛其他地区,使许多人都出现了皮肤烧伤、头发脱落、恶心、呕吐等现象,甲状腺疾病和恶性肿瘤也成为当地的

常见病。其中仅 1954 年 3 月在美国比基尼岛的核试验中,1 500 万 t 的地面核爆炸在前 4 d 落下的放射性碎片的剂量使 500 万  $\text{hm}^2$  的面积上(半个瑞士)暴露的人员和家畜致死。对 15 种植物进行监测的结果表明,13 种出现与放射性损害相关的致病或其他异常症状。

在这些地区,残留核素经历了近 60 年的风雨,早已经混杂在土壤中,使得当地生产的食品和饮水都成了辐射污染源,人们不得不从外地运来必需的生活用品。联合国的一个组织曾做过调查,如果真的要彻底清除这些放射性散落物,唯一的办法是把整个岛上的表层搬走,最终导致植被消失,绿岛转化为荒地。试验场内和附近的岛屿核污染更为严重,强烈的辐射让迁走的岛民至今仍无法重返家园。几十年过去了,美国的军舰和试验人员走了,但却给马绍尔群岛和这片广袤的太平洋海域留下了永久的创伤与痛苦。

海洋是海军的训练场,从 1965 年开始,意大利纳奈莫附近海域曾经是美国核动力舰的水雷试验场,海军试验产生了大量的铅、铜线、锂和其他有毒废物,这些废物倾倒在乔治亚海峡,影响了该海域的海洋生态系统。

1945—1957 年间,全世界进行了 423 次大气核试验,1957—1989 年间进行了 1 400 次地下核试验,核试验释放的核素总负荷量估计达到 1 600 万~1 800 万 Ci ( $1\text{Ci}=3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ )的 Sr-90、2 500 万~2 900 万 Ci 的 Ce-137 400 000 居里的 Pu-239 和(仅限于大气试验)1 000 万 Ci 的 C-14。

### 3. 海军事故

根据绿色和平组织的研究,世界海军在 1945—1988 年之间发生过 1 276 次事故,其中大约 799 次与美国海军有关。事故范围包括失火、爆炸、碰撞、沉没、核武器丢失以及核反应堆沉没等。在 1945—1988 年,世界主要的海军至少发生 212 核事故,至少有 50 个核弹头和 11 个核反

应器散落在海底。

### 4. 海军声呐影响范围

目前,美国海军的活动范围超过 76.5 万  $\text{km}^2$ ,但对海洋生态系统的影响远超过该面积,海军布设的低频主动声呐(LFA)从 4 个海域发出的声音可以覆盖地球海洋表面的 80%。低频主动声呐研制于 20 世纪 80 年代,美国海军认为为了国家安全,需要采用低频主动声呐对抗“潜伏在世界海洋的非结盟国家的 224 艘潜水艇”。低频主动声呐的特点是低频声波在海水中衰减率低,可以利用海洋的温跃层把声波控制在不同温度层内,因此可以在几千千米的距离上发射和接受回声波。低频主动声呐对海洋生物具有重大影响。

军事活动声呐的工作原理和探照灯一样,发射出的甚低频声波可以扫越几十甚至几百英里的海域,沿途揭示物体。在 LFA 系统的广布阵列中,每一个扬声器可以产生 215 db 的声音,其强度和双引擎战斗机起飞时发出的声音一样强烈。有些中频声呐系统可以产生超过 235 db 的声音,强度和土卫-5 火箭发射声音一样大。即使距离 LFA 系统 100 n mile 之遥,声音强度也可以达到 160 db,远超过海军本身规定的人体安全极限,对鲸鱼等海洋哺乳类具有重大影响。

海豚和鲸鱼的听力、摄食、集群和定向的频率位于军事频率范围内(100~500Hz)。鲸鱼以 160~190 db 的频率发出信号,而海军测试声呐的信号值高达 235 db。在 2000 年 3 月,4 只不同属的鲸鱼和海豚在美国海域启动了主动声呐后搁浅。政府的一项调查发现死亡鲸鱼的眼睛和耳朵有淤血,说明他们受到严重的声损伤,从而建立了声损伤与通过该水域的海军舰艇使用中频声呐的关系。由于该事件,该海域的剑吻鲸消失了。这导致科学家认为他们或者放弃了该生境或者已经死亡下沉海底。2003 年 8 月 26 日,美国联邦法院裁决海军计划布设新型高强度声呐系统属于非法行为,违反了多项联邦环境法,危及

鲸鱼、海豚和鱼类。

主动声呐是如何危害鲸鱼的?根据《自然》杂志的一份报告,搁浅鲸鱼的器官组织中出现大型气泡,这种情况和“潜水减压症”非常类似。鲸鱼的症状显而易见,其他海洋生物是否也受到同样的影响?许多海洋哺乳动物和许多种鱼类根据声音洄游、确定相对位置、寻找饵料、照顾幼体。噪声干扰海洋生物的听力,降低其正常功能作用,长期可能危及其生存。海军声呐已证明会改变驼背鲸的歌唱,歌唱是该物种繁殖的重要活动;海军声呐会中断虎鲸的摄食行为,会引起海豚和其他物种从水中跃起,惊慌或逃亡。

世界海域许多鲸鱼的大规模搁浅死亡均与军用声呐利用有关:

1989年10月:在康纳利群岛附近海域,在海军活动期间,至少3种20多只鲸鱼搁浅。

1991年12月:在康纳利群岛附近海域,2只古氏剑吻鲸(*Ziphius cavirostris*)在海军活动期间搁浅。

1996年5月:在希腊西海岸,2只古氏剑吻鲸在北大西洋公约集团的舰艇开动低频和中频活动声呐扫描期间搁浅。

1999年10月:在美属维尔京群岛海域,4只剑吻鲸在海军活动期间搁浅。

2000年5月:在 Vieques 海域,在海军活动开始之前,1只剑吻鲸搁浅。

2000年5月:3只剑吻鲸在北大西洋公约集团海军近岸活动期间在 Madeira 沙滩搁浅。

2002年4月:1只剑吻鲸和一只驼背鲸在海军演习期间在 Vieques 近海搁浅。

2002年9月:在康纳利群岛附近海域反潜演习之前,至少3种14只剑吻鲸搁浅。其后若干日,又有4只搁浅。

2003年5月:在美国“Shoup”号实验中频声呐系统期间,多达11只港海豚在华盛顿州的哈罗海峡沿岸沙滩搁浅。

2004年6月:在阿拉斯加州海军声呐训练期间,6只剑吻鲸搁浅。

2004年7月:由于附近有大规模的海军声呐演习,大约200只瓜头海豚(*Peponocephala electra*)集中在夏威夷的哈纳雷湾的浅水区。

2004年7月:4只剑吻鲸在康纳利群岛附近海域海军演习期间搁浅。

2005年1月:至少3种34只鲸鱼在海军声呐训练期间在北卡罗来纳外浅滩水域搁浅。

### 5. 武器的海底埋藏

从第二次世界大战到20世纪70年代,海洋倾倒是化学武器的优先方法。现在,世界海洋中埋藏着20多万t的化学试剂。在1945—1970年,除了北冰洋之外,世界各大洋均各有100多次的化学武器倾倒入海。前苏联在冷战结束后,将大量的有强放射性的核废料、武器和反应堆放置于深海之中,据估计将对这些地区的生态环境产生长期的影响。

埋藏在海底的武器肯定会发生泄漏事件。例如,德国和波兰沿海均回收过芥气弹,而且渔网受到污染。在1985—1995年,荷兰渔民报告了超过350例渔网拖到化学武器的事件,其中有些人受到严重损伤。

### (二)战争期间对海洋生态的影响

现代战争对海洋生态环境的污染影响主要来自成为重要打击目标的油库、炼油厂、化学品库、弹药库等储运设施破坏后污染物质通过直接或间接渠道进入海洋造成的环境损害,也有来自核电站等核设施破坏后造成的海区核污染,导致生物体内高分子物质(如蛋白质和核酸等)分子键断裂而遭破坏;导致生物细胞变性,产生海区生态系统紊乱,造成长期损害,也来自生化物质泄露造成大量有毒有害化学品进入海区环境,长期残留,影响生态环境及生物的健康和繁殖。

常规战争引发的生态危机包括原油储运设

施的破坏,原油泄露流入海区,形成海面油膜,给近岸海域生态环境造成了巨大的危害。战争对海洋生态具有高破坏性。1991年的海湾战争给科威特带来自由的同时,也造成了一场环境灾难,使那里原来就脆弱的海洋生态系统遭到毁灭性的打击,如今已成为世界上最严重的污染海域。海湾战争和巴尔干半岛的科索沃战争,不仅是典型的现代高科技战争,也是典型的生态战争,其对环境的影响是广泛而持久的。

在海湾战争中,美英联军的空袭造成大约600万桶原油流失,而伊拉克焚毁科威特油井又造成每天约500万桶原油燃烧。这些原油有很大部分流入海洋,先后形成三片约1200 km<sup>2</sup>的油膜,造成世界最大海洋石油污染。由于原油污染海面,约100万只水鸟丧失了沿岸滩涂上的栖息地,油污沾满了鸟类的羽毛,使得它们无法飞翔和觅食,约3万只海鸟死亡、52种鸟类灭绝,受到伤害的还有其他迁徙于波斯湾的各类海龟和鱼类。另外,大约有20%的红树林被油污损毁,50%的珊瑚礁、成百上千平方千米的海草受到影响。蜗牛和贝类中铜、镍、锌的平均含量均比原油泄露前有明显的增加,多环芳香烃含量也远高于战前。

2006年,以色列于7月13日和15日两次击中了黎巴嫩南部吉耶的一所发电厂的储油槽,导致原油泄漏,至少有1万t的石油流入海中。石油继而引发大火不断延烧。泄漏的石油漂浮在黎巴嫩的海岸,向北一直延伸至叙利亚。这是黎巴嫩历史上最为严重的一次环境灾害,石油燃烧造成的烟雾吞没了整个小镇。黎巴嫩海岸是濒临灭绝的绿海龟的重要栖息地,也是一些地中海鱼类的产卵地。海龟在7月开始孵化海龟蛋,但由于覆盖在大部分海域的海面漂油,使得小海龟的存活几率很低。

### (三) 战争后对海洋生态和健康的影响

战争对环境和健康造成直接和间接影响。根

据1991年海湾战争和南斯拉夫及阿富汗的冲突等,国际鸟类研究会认为战争对环境和生物多样性具有7大威胁:(1)武器使用对具有国际意义的自然生境的破坏、野生生物的杀伤和干扰;(2)溢油和油井焚烧对自然生境和野生生物的毒物污染;(3)大规模杀伤武器和对军事和工业设施的常规轰炸给自然生境和野生生物的放射性、化学或生物毒物沾污;(4)战争难民的大规模迁徙给自然生境和野生生物的物理损害(水污染、采集柴火、猎杀野生生物等);(5)战争导致或故意焚烧湿地和森林的植被;(6)军事活动和武器使用导致沙漠化的扩大;(7)地方物种或亚物种的消失。

国际自然保护联盟等国际组织对1991年海湾战争的环境评估结果认为,影响表现在各个方面:(1)溢油范围巨大,从科威特向南扩展到阿布阿里海域。(2)沙特阿拉伯的对虾生物量锐减时间和战争时间偶合,但战争是否是直接原因尚难确定。对虾生物量锐减没有发展成区域性问题需要长时间监测确定锐减是短期还是长期现象。急性影响的后果没有海岸带生境丧失和疏浚等活动严重。(3)根据波斯湾的生物物理特征(干扰的特点和短期性),预测生态系统和特定种群可望在5年内恢复。目前获得的珊瑚礁、珊瑚礁鱼类和潮间带物种的丰度和多样性可以证明这个预测。但是,需要在历史资料的基础开展监测以确定污染物的存在时间及其生态后果;油/沉积物的样品已经采集,正开展毒性测试;局部海域的种群可能衰竭,但区域种群不可能衰竭。不过,战争相关的综合影响将长期存在。(4)由于油井的焚烧,烟雾阻挡了阳光,1991年沙特阿拉伯马尼华海域的海水温度和5年平均数据相比较下降了2.5℃。预计第二年具体海域的海洋生物的繁殖会受到影响。(5)社会经济效应明显。直接影响是海洋环境损害(停止捕捞作业),间接影响包括资金的挪用。(6)需要解决环境与社

会经济交叉的问题,要建立多学科的研究团队对社会和自然科学问题开展综合研究。

在为期 43 d 的海湾战争中,联军投掷了 88 500 t 贫铀弹,目标是基础设施,大部分爆炸了,但至今仍遗留下 300 t 没有爆炸。研究资料显示,贫铀弹爆炸后产生的细微颗粒将长期破坏生态环境,导致受污染地区肿瘤、心血管和神经系统的疾病患者明显增加,还可能致白内障、造血系统障碍、生育能力下降甚至死亡等。法国专家评论说,美军频频使用贫铀弹将在中东地区酿成新的灾难。

战争的间接影响包括由于资源用于军事而从环境保护转移所产生的影响以及军事对抗阻碍地区间的环境保护合作等。在现代战争的后果中,人类面临的不仅是要重建家园和生活,而且要重建生态环境。然而,现代武器强大的破坏力能在一个相对短的时间里毁坏一个社会所依赖的全部资源。最近在卢旺达和科索沃是现代战争制造大量难民的典型例子,直接的死亡威胁与可能面临的长期战争威胁,是令人难以忍受的。移民去更安全的地方也会对那里的社会经济结构造成不可逆转的影响。由于一些地方涌入了大量的难民,使得该地区的资源紧张,公用设施超负荷运转,生态环境也受到了影响。

战争导致巨大的军费开支,减少了社会和环境发展的开支。全球军费开支从 1987 年的顶峰 1 万亿美元下降到 1996 年的 7 080 亿美元。但到 1998 年,军费重新上升,2002 年剧升,根据 SIPRI (2003),上升了 6%,达到 7 940 亿美元,占全球 GDP 的 2.5%,人均 128 美元。在 2002 年,美国在全球军事开支上升中 3/4,上升 10%。根据 SIPRI (2003),到 2009 年还要大量上升。2003 年世界军费预算为 8 390 亿美元,而且,2003 年和 2004 年财政年度的预算还不包括伊拉克战争的开支,该项开支目前预算已经达到 800 亿美元。

1945—1996 年,美国大约在核武器及其相关

计划项目上开支约 5.5 万亿美元(1966 年不变价格),其中还不包括 50 年中核武器储藏和处置费用 3 200 亿美元、拆除核武器系统和处置多余的核材料的 200 亿美元。如果把所有费用都加起来,总开支要超过 5.8 万亿美元。这个数字按 1998 年的人口分配,每人平均 21 646 美元。5.5 万亿是同期军费(18.7 万亿美元)的 29%,远远超过非核国防开支(12.2 万亿美元)和社会安全开支(7.9 万亿美元),差不多是同期政府开支(51.6 万亿美元)的 11%。在这个期间,美国每年平均开支 980 亿美元研制和维护核武库。美国海军拥有 12 艘航空母舰,每艘造价 45 亿美元,每年每艘运行费用,包括其 3 000 多名水手,为 2.08 亿美元,也就是说每天 56.9 万美元。这还没完。每艘航空母舰还要配备一大批的飞机、直升机、潜水艇、护卫舰和供给舰,这样每年的费用就高达 15 710 亿,即每天 4 360 万美元、每小时 1 816.6 万美元。据联合国教科文组织(UNESCO)估计,1971 年全世界在武器上花费了 7.2% 的 GNP,而在教育上仅花费了 5%,在卫生上花费了 2.5%。两天的全球军费开支(大约 480 万美元)大致相当于联合国阻止第三世界国家沙漠化的计划年花费。

战争还影响全球和区域环境保护的合作。不少环境问题,如酸雨、温室效应、跨国界的河流污染、区域性的海洋管理等都是区域性甚至全球性的,因此需要加强国际合作。而军事对抗的国家是很难进行合作的,例如,北极圈周围的几个国家在冷战结束后才开始有效的地区环境保护合作,制定了合作公约。

#### 四、军事海洋生态研究展望

美国著名未来学家托夫勒指出:当新的文明开始兴起,向旧的文明发出挑战,整个社会开始转型,军队各个方面(从技术、文化到编制体制、战略、战术、训练和后勤)同时发生深刻的变革,

战争形态也不例外。军事生态学研究,就是在生态学的指导下,通过对人类战争与环境关系的历史考察,创立生态理论主导下的军事理论,推动军事理论由人类中心主义的“技术决定论”倾向向生态协调主义的“生态价值决定”倾向转变,为抑制乃至最后遏止战争提供理论指导和文化观念支持。战争是武力行为,中国文字学说明,止戈为“武”,目的还是为了安定团结。如何战?孙子指出“不战而屈人之兵”为上将,这就要求我们“预则立,不预则废”,要求我们“知己知彼,方能百战不殆。”

在海洋领域,开展海洋环境和生态研究无疑对于战备、战争过程中回避重大生态损害和战后修复均具有重大的意义,因此必须开展战场生态背景值的调查,查明对军事活动具有影响的海洋生态系统、敏感生境、敏感物种的影响及其变化,建立其背景值及变化模式;预测军事活动对海洋生态系统、敏感生境、敏感物种的影响及其变化,制定维护、回避和修复计划。同时,广泛收集国际信息,汲取国际先进经验,开展对比研究,促进各种军事生态系统模式的建立和改进。

#### 参考文献

- [1] Abeer Majeed. The Impact of Militarism on the Environment: An Overview of Direct and Indirect Effects A research report written for Physicians for Global Survival (Canada), 2004.
- [2] Adam Roberts. "Environmental Issues in International Armed Conflict: The Experience of the 1991 Gulf War," in Richard J. Grunawalt et al. (eds.), Protection of the Environment during Armed Conflict (Newport, R.I.: Naval War College, 1996),
- [3] Austin, Carl E Bruch (Edi). Consequences of War. Legal, Economic and Scientific Perspectives. Cambridge University Press, 2000.
- [4] Bird life International. Threats to the environment posed by war in Iraq, Science in Africa, "Nuclear Issues: Facts at a Glance." <http://www.cdi.org/nuclear/facts-at-a-glance.cfm>. 2003.
- [5] Chepesuk R. "A Sea of Trouble? Bulletin of Atomic Scientists, 1997(5): September/October.
- [6] 陈宇. 最大自然奇观南非上演 大批沙丁鱼集体迁徙. 新闻晨报, 2004-08-27.
- [7] 程刚, 谷棣. 以色列军舰封锁黎巴嫩油轮 战火危及地中海海龟. 环球时报, 2006-08-04.
- [8] 黄宗国, 蔡如星. 海洋污损生物及其防除. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [9] 侯静. 聚焦中国军事海洋学发展. 科技日报, 2002-10-21.
- [10] 郑新江, 范天锡. 气象卫星在海洋渔业遥感中的应用. 中国航天, 1997(4).
- [11] 钟晗. 战争污染整个星球. 环球时报, 2001-12-28.