

地球生态系统的气温和水温补充机制^{*}

杨东方^{1,2,3}, 吴建平⁴, 曲延峰², 胡 均², 周艳荣²

(1. 温州医学院 环境与公共卫生学院, 浙江 温州 325035; 2. 国家海洋局 北海环境监测中心, 山东 青岛 266033;
3. 上海水产大学 生命学院, 上海 200090; 4. 青岛环海海洋工程勘察研究院, 山东 青岛 266033)

摘 要:首次提出了地球生态系统的气温和水温补充机制,并用框图模型说明了补充机制在运行过程中的每个流程,阐明了人类对生态环境的影响过程、生态环境变化对地球生态系统的影响过程以及地球生态系统对环境变化的响应过程,解释了气温和水温的补充起因。研究结果表明,人类是引起环境变化的起源以及其变化后的结果又作用于人类,即人类排放二氧化碳引起气温和水温的上升,地球生态系统又借助其补充机制使得气温和水温下降恢复到正常的动态平衡。尽管这个补充机制带来了沙尘暴、洪水和风暴潮,但由人类引起水温和气温上升造成的灾害要比自然界中这 3 种灾害要深重得多。自然界的这 3 种灾害是局部的、短期的,而人类引起水温和气温上升的灾害却是全球的、长期的。

关键词:气温;水温;浮游植物;碳;补充机制;地球生态系统

中图分类号:Q148

文献标识码:A

文章编号:1671-6647(2007)01-0117-06

全球变暖导致的气候恶化正在威胁着人类的生存。气候变暖已经严重影响到人类的生存和全球生态的可持续发展。著名气象专家戴维·格瑞格斯认为,亚洲即将面临气候恶化的严峻挑战,亚洲到本世纪末将在降雨方式、热浪和热带风暴等方面面临巨大变化,亚洲地区将变得更加炎热,内陆区域发生夏季干旱,而台风带来的风险将会更大。全球变暖是由于 CO₂ 产生的温室效应,在海洋中浮游植物的固碳在大时空尺度上调节大气和地球气候在全球碳循环和海洋生物地球化学过程中起重要作用。

根据营养盐硅对浮游植物生长的影响过程、浮游植物的生理特征以及集群结构变化特点、碳循环过程、硅的生物地球化学过程以及地球生态系统的硅补充机制,作者提出了气温和水温的补充机制。这种机制阐明了人类、生态环境和地球生态系统的相互依赖关系和影响过程以及产生的自然灾害,为人类的生存和全球生态的可持续发展提供了科学依据。

1 人类对生态环境的影响

1.1 人类排放的 CO₂

最近 50 a 来的气候变暖主要是人类使用化石燃料排放大量的 CO₂ 等温室气体的增温效应造成的。在所有温室气体中,CO₂ 产生的温室效应占有所有温室气体总增温效应的 63%,不仅对气候变化影响最大,且在大气中停留的时间可长达 100~200 a。温室气体的历史积累是在发达国家工业革命后开始的。据最新统计,现在美国人均排放的 CO₂ 是中国的 8 倍,印度的 18 倍。由于人类活动的影响,从 1850—1990 年的 100 多年来地球表面平均温度上升了 0.6 °C^[1]。自工业革命以来,CO₂ 由 270×10^{-6} 增加至 1988 年的 350×10^{-6} ,2003 年又增至 376×10^{-6} 。据粗略计算,CO₂ 在空气中每增加 1×10^{-6} ,则全球地表温度上升

^{*} 收稿日期:2006-03-28

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目——长江口及其附近海域的营养盐的变化过程(KZCX2-207);国家海洋局北海监测中心主任科研基金项目——长江口、胶州湾、莱州湾及其附近海域的生态变化过程

作者简介:杨东方(1962-),男,陕西延安人,教授,主要从事海洋生物学、生态学和生物地球化学研究。E-mail:dfyang@shfu.edu.cn

万方数据

(武建平 编辑)

0.01 °C^[2]。

1.2 CO₂对环境的影响

近 100 多年来,由于农业、工业的迅速发展和人类对环境保护不够重视,CO₂等温室气体不断增加,全球表层气温上升。到上世纪中叶以后,农业、工业发展更为迅猛,气温随着温室气体的增加而迅速上升。大气中的 CO₂ 升高,在温室效应的作用下,全球气温和海洋水温升高。气温的上升引起水温上升,气温和水温的上升引起海洋生态和陆地生态的食物链基础的改变,进而改变了原来植物等生物的生境。因此,人类活动改变了海洋生态和陆地生态的持续发展。

英国南极调查项目负责人埃里克·沃尔夫在 2004 年的《自然》杂志上发表文章认为,他们在南极进行的最新一项研究表明,如果人类采取较少措施减少温室气体的排放,地球在今后的 15 ka 间会变得越来越热。通过对冰层中气泡的研究,750 ka 前大气中 CO₂ 的含量至少比目前低 30%。而甲烷的含量仅为目前的一半。地球会因大量排放 CO₂ 和其他温室气体而进入一个高温期。数据显示,过去的 200 a 是 750 ka 来气候变暖速度最快的一个时期,也正是工业社会发展最快的时期,这说明人类活动是全球变暖的主要原因。

1.3 气温和水温上升

由于人为因素造成的温室气体排放量在持续增加,全球气候变暖趋势近期内不会减缓。1990 年政府间气候变化专门委员会第一工作组的报告指出,全球有仪器观测以来的近百年增温大约为 0.3~0.6 °C^[3]。王绍武曾分析并指出近百年我国气温变化特征与全球北半球一样,总的趋势为上升^[4]。世界气象组织在其发表的全球气候年度报告中指出,2004 年全球地表平均温度预计要比 1961—1991 年间的 30 a 平均温度高出 0.44 °C。

美国航天局 2006 年 3 月 2 日公布的一项研究结果表明,近 3 a 来南极冰盖在急剧减少。科学家发现南极冰盖在 2002 年 4 月至 2005 年 8 月之间以平均每年 152 km³ 的速度减少。减少的这部分冰盖估计可以将全球的海平面抬高 1.2 mm,大部分消失的冰盖位于南极西部^[5]。

2 生态环境变化对地球生态系统的影响

2.1 生态环境变化

绝大多数科学家认为,温室效应对人类的威胁仅次于全球核大战。它的威胁并不仅仅局限于极地冰川融化和粮食减产等问题。

2004 年的中美联合考察队报告指出,在过去的 40 a 里,由于天气变暖,中国的冰川消失了 7%。美国研究人员发现,气温越高,季风向近岸带来的雨量就越大。近 100 a 来,北欧的湿度增加了 10%~40%;与此同时,南欧却变得更为干燥,干燥程度比原来增加 20%多。

2005 年,英国利兹大学生态学家克利斯·托马斯带领的国际调查小组对 1 103 种动植物的栖息环境进行研究并指出,到 2050 年,15%~37% 的物种将因为气温升高和无法找到适宜的栖息地而灭绝。世界自然保护同盟的官员指出,现在物种灭绝的速度比单纯自然状态下的速度要快 1 000 倍。物种灭绝不是单纯的自然选择,而是人类活动引起的气候变化,并导致物种的灭绝。

2.2 海洋生态系统的变化

气温上升使极地和高山的冰雪融化速度加快,海洋的水量增加,海水温度上升,海洋热胀,体积加大。于是,海洋中硅酸盐浓度降低,浮游植物生长受硅限制进一步加剧。这使得海洋中浮游植物生物量在快速下降,海洋 CO₂ 吸收量也在降低,加速温室效应,使大气温度进一步升高,水温进一步升高,形成恶性循环。同

时,水温上升会引起浮游植物藻类突然灭绝,尤其寒期性藻类趋于灭绝。暖水性和亚热带藻种随水温上升而不断地由南向北扩展,向北方入侵,改变了原来藻种的生活环境和区域。藻种的生命时间变短,增殖分裂加快,环境变化使得 R 种群变成 r 种群。这会引起食物链相应的变化,食物链的顶端鱼群也随着浮游植物生长和结构的变化而产生相应的变化,海洋生物的生存面临严重威胁。

水温上升引起浮游植物的水温生态位的改变和浮游植物受硅限制进一步加剧,在水温和营养盐硅的作用下,浮游植物生长的生理和集群结构都发生了改变。由于浮游植物是海洋生态系统的基础,海洋生态系统因而会受到破坏。

3 地球生态系统对生态环境变化的响应

3.1 气温和水温的补充起因

工业的迅速发展,使大气中 CO_2 的含量不断升高。在温室效应的作用下,大气温度升高。由于大气包围着陆地和海洋,因此,海洋也出现了升温。

在海洋中,浮游植物生长旺盛决定了大气中 CO_2 的平衡,消除或放慢了由于人类活动给大气带来的 CO_2 的增长。换句话说,浮游植物生长决定着未来地球的气温或海水水温的升降变化。而浮游植物的生长主要由营养盐氮、磷、硅来控制。

在海洋中,由于人类排入污染物而导致氮、磷过剩。同时,由于人类的一些活动,如河流筑坝、改道、灌溉等原因,使得陆源输送被破坏,输入到海洋的硅急剧减少,严重限制浮游植物生长。这样,营养盐硅成为海洋中浮游植物生长的限制因子^[6-14]。为保持大气碳的动态平衡,减少人类对海洋生态系统和大气生态系统的影响,如何给海洋补充硅成为人类面临的重大问题。

海洋生态系统缺硅会改变海洋食物链的基础,对整个海洋生态系统造成毁灭性影响。同时,还会影响地球生态系统,尤其全球变暖、气温升高和海水水温上升会进一步动摇地球生态系统的稳定性和连续性。

对于整个海洋缺硅,人类束手无策、力不从心,既无法向大海补充足够硅,而持续的活动又进一步加剧了海洋中缺硅。因此,给海洋补充大量硅是人类无法完成的。于是,地球生态系统启动了硅的补充机制,采用从内陆、近岸和海底的 3 种途径向海洋水体输送大量的硅^[15,16]。

浮游植物生长具有双重作用:浮游植物是海洋食物链的基础,海洋食物链是生态系统研究的一个核心内容;浮游植物通过光合作用更多地结合 CO_2 进入有机物质,长期地、有效地从大气中除去 CO_2 ,从而起到降碳作用。因此,浮游植物生长对海洋生态系统和大气生态系统均有举足轻重的作用,能有效地遏制人类对环境的影响^[17]。通过分析营养盐硅对浮游植物生长的影响以及浮游植物生长具有的双重作用,作者提出了气温和水温的补充机制。

3.2 气温和水温的补充机制

地球生态系统为了保持海洋中浮游植物生长的平衡和海洋生态系统的可持续发展以及大气中 CO_2 的动态平衡,避免水温的升高引起海洋生态系统的毁灭性破坏,消除气温不断升高给整个地球生态系统带来的灾难,启动了气温和水温的补充机制。

海洋中大量的硅使浮游植物生长旺盛。由于浮游植物生长要吸收大量海水中 CO_2 ,并将碳随着浮游植物的沉降带入海底。于是海水中的 CO_2 含量下降,大气中的 CO_2 溶于大海进行补充,使得大气的 CO_2 也下降。于是气温下降,进而导致了水温下降,使地球生态系统恢复健康平衡。

3.3 气温和水温的补充框图模型

作者提出了地球生态系统的气温和水温补充框图模型(图 1),并对气温和水温的补充框图模型的运行

过程进行详细说明：

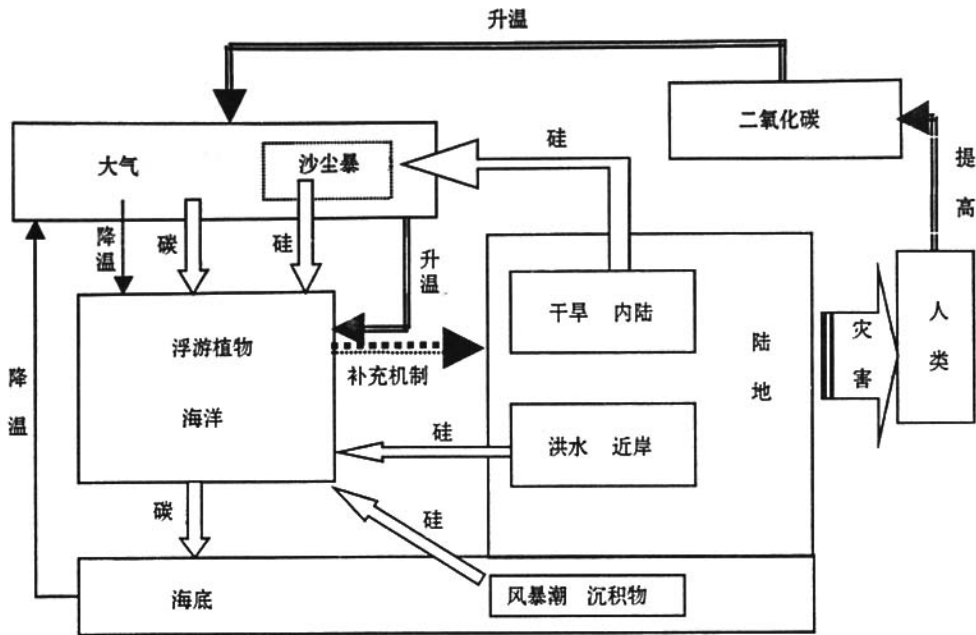


图 1 地球生态系统的气温和水温补充机制

Fig. 1 The complementary mechanism of air and water temperatures in the earth ecosystem

- (1) 人类活动不断增加和工业、农业迅速发展加大了向大气排放 CO_2 ，提高了大气中的 CO_2 含量。
- (2) 人类排放到大气中的大量 CO_2 等温室气体增加。在温室气体的作用下，大气温度升高。而且，温室气体在大气里会滞留一个世纪之久，使大气温度长期持续升高。
- (3) 由于大气环绕着地球的陆地和海洋，而海洋又占全球表面积的 70%，因此，海洋出现升温。且海洋水温长期持续升高。
- (4) 全球变暖、气温上升和海水水温上升影响着地球生态系统，并进一步动摇了地球生态系统的稳定性和连续性。那么，如何使气温和水温下降，恢复到原来的动态平衡位置？这就要求大气中 CO_2 增长放缓，保持大气中 CO_2 平衡。
- (5) 海洋是大气中 CO_2 的最大吸附器。由于 CO_2 能够溶解在海水中，大气中的大量碳进入海水。
- (6) 浮游植物吸收溶解在海水中的碳，沉降到海底，并贮存。这样，在海水中大量的浮游植物，使海水中的碳源源不断地转移到海底，从而完成了碳从大气经过海洋到海底的贮存过程。在这个过程中，浮游植物起着生物泵的作用，将碳从大气源源不断地转移到海底。
- (7) 在海洋中，由于人类的污染，氮、磷过剩。同时，由于硅的陆源被破坏，输入到海洋的硅急剧减少，严重限制浮游植物生长。这样，营养盐硅便成为海洋中浮游植物生长的限制因子。为了给海洋补充硅使浮游植物生长迅速和旺盛，地球生态系统启动了硅的补充机制。
- (8) 地球生态系统对海洋硅的补充采用 3 种途径，从内陆、近岸和海底向海洋水体输送大量的硅，以满足浮游植物的生长。
- (9) 大气的输送：在内陆地区，长期的干旱因大风形成沙尘暴，通过大气输运向大海的水体输入大量硅。陆地的输送：在近岸地区和流域盆地，长时间暴雨形成的洪水可向大海的水体输入大量硅。海底的输送：在海面上，水温的提高形成风暴潮，通过搅动海底的沉积物向大海的水体输入大量硅。
- (10) 由于浮游植物的作用，使得大气的温室效应减弱，气温开始下降，进而海水温度下降。

(11)地球生态系统使大气气温和海洋水温下降,恢复到原来动态平衡的位置。在这个过程中,也给人类带来了灾难,如洪水、沙尘暴和风暴潮。

4 结 语

作者提出的气温和水温的补充机制表明,人类活动引起环境变化,变化的结果又作用于人类,即人类排放 CO_2 引起气温和水温的上升,地球生态系统又借助其补充机制使得气温和水温下降恢复到正常的动态平衡。因此,为使气温和水温下降或缓慢增加,作者认为必须采取以下主要措施:(1)禁止或减少向大气大量排放 CO_2 ;(2)当大气 CO_2 增多时,疏通河道增大流量并加大流速,向海洋输送大量硅。通过浮游植物生长减少大气中的 CO_2 含量;(3)当人类活动不断排放 CO_2 ,又阻断或减少了河流的输送,那么只有洪水、沙尘暴和风暴潮三种方式可向大海水体输送硅。尽管这 3 种方式对人类生存来说是一种灾害,但是这些灾害与全球气温和水温上升所带来的灾害相比微不足道。因此,各国负责任为人类的生存和地球生态系统的可持续发展做出努力,减少向大气排放 CO_2 ,同时,增加河流对硅的输送。这样,既避免了全球性的灾难,又避免了局部的灾难洪水、沙尘暴和风暴潮。

参考文献(References):

- [1] HE Q, JING W Y, WANG Y T. An introduction to environmental science[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1993. 何强,井文涌,王翊亭. 环境科学导论[M]. 北京:清华大学出版社,1993.
- [2] YANG M, XIA D X, GU D Q, et al. Geographic environmental evolution in the Qingdao coastal area under the influence of global change [J]. Advance in Marine Science, 2005, 23(3): 289-296. 杨鸣,夏东兴,谷东起,等. 全球变化影响下青岛海岸带地理环境的演变[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(3): 289-296.
- [3] HOUGHTON J H, JENKINS G J, EPHRAUMS T J. IPCC, WGI, climate change [M]. London: Cambridge University Press, 1990.
- [4] WANG S W. The trend analysis of the air temperature variation in our country and the world in recent hundred years[J]. Meteorological Monthly, 1990, 16(2): 11-15. 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势分析[J]. 气象, 1990, 16(2): 11-15.
- [5] The quick decrease in the ice cap in the Antarctic area[N]. CANKAO XIAOXI, 2006-03-04(7). 南极冰盖急剧减少[N]. 参考消息, 2006-03-04(7).
- [6] YANG D F, LI H, ZHANG Y M, et al. A preliminary analysis of nutrient limitation of phytoplankton growth and its judgement method [J]. Marine Sciences, 2000, 24(12): 47-50. 杨东方,李宏,张越美,等. 浅析浮游植物生长的营养盐限制及其判断方法[J]. 海洋科学, 2000, 24(12): 47-50.
- [7] YANG D F, ZHANG J, CHEN Y, et al. The uniqueness of nutrient limitation [J]. Marine Sciences, 2001, 25(12): 49-51. 杨东方,张经,陈豫,等. 营养盐限制的唯一性因子探究[J]. 海洋科学, 2001, 25(12): 49-51.
- [8] YANG D F, GAO Z H, CHEN Y, et al. The biogeochemical process of silicon[J]. Marine Sciences, 2002, 26(3): 35-36. 杨东方,高振会,陈豫,等. 硅的生物地球化学过程的研究动态[J]. 海洋科学, 2002, 26(3): 35-36.
- [9] YANG D F, WANG F, GAO Z H, et al. Ecological phenomena of phytoplankton in the Jiaozhou Bay[J]. Marine Sciences, 2004, 28(6): 71-74. 杨东方,王凡,高振会,等. 胶州湾的浮游藻类生态现象[J]. 海洋科学, 2004, 28(6): 71-74.
- [10] YANG D F, ZHANG J, LU J B, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China I. Silicate being a limiting factor of phytoplankton primary production[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2002, 20(3): 208-225.
- [11] YANG D F, ZHANG J, GAO Z H, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China II. Critical value and time of silicate limitation and satisfaction of the phytoplankton growth [J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2003, 21(1): 46-63.
- [12] YANG D F, GAO Z H, CHEN Y, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China III. Judgment method, rules and uniqueness of nutrient limitation among N, P and Si[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2003, 21(2): 114-133.
- [13] YANG D F, CHEN Y, GAO Z H, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in the Jiaozhou Bay, China IV Transect offshore the coast with estuaries[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2005, 23(1): 72-90.
- [14] YANG D F, GAO Z H, WANG P G, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in the Jiaozhou Bay, China V Silicon

deficit process[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2005, 23(2): 169-175.

- [15] YANG D F, GAO Z H, WANG P G, et al. Mechanism of nutrient silicon and water temperature affecting phytoplankton [J]. Marine Environmental Science, 2006, 25(1): 1-6. 杨东方,高振会,王培刚,等. 营养盐硅和水温影响浮游植物的机制[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(1): 1-6.
- [16] YANG D F, GAO Z H, SUN P Y, et al. Spatial and temporal variation of the primary production limited by nutrient silicon and water temperature in the Jiaozhou Bay[J]. Advances in Marine Science, 2006, 24(2): 203-212. 杨东方,高振会,孙培艳,等. 胶州湾水温 and 营养盐硅限制初级生产力的时空变化 [J]. 海洋科学进展, 2006, 24(2): 203-212.
- [17] YANG D F, GAO Z H, SUN P Y, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in the Jiaozhou Bay, ChinaⅥ The ecological variation process of the phytoplankton [J]. Chin. J. Oceanol. Limnol., 2006, 24(2): 186-203.

Complementary Mechanism of Air and Water Temperatures in the Earth Ecosystem

YANG Dong-fang^{1,2,3}, WU Jian-ping⁴, QU Yan-feng², HU Jun², ZHOU Yan-rong²

(1. School of Environmental and Public Health, Wenzhou Medical College, Wenzhou 325035, China;

2. North China Sea Environmental Monitoring Center, SOA, Qingdao 266033; China;

3. College of Life Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

4. Qingdao Huanhai Marine Engineering Prospecting Institute, Qingdao 266033, China)

Abstract: In this paper, the complementary mechanism of air and water temperatures in the earth ecosystem is proposed, each procedure in the complementary mechanism running process is illustrated by the block diagram, the process of effect of human being on ecological environment, the process of effect of ecological environmental variation on earth ecosystem and the process of response of earth ecosystem to environmental variation are expounded, and the causes for the air and water temperature complements are explained. It is shown from the study results that human being is the origin causing the environmental variation, and the results of environmental variation in turn act on human being, namely, human being discharge CO₂ to result in the rise in air and water temperatures, and the earth ecosystem makes the air and water temperatures fall down and return to the normal dynamic balance by means of its complementary mechanism. Although the complementary mechanism brings about dust storm, flood and storm surge, the calamities generated by the rise in air and water temperatures caused by human being are much graver than above three calamities. The three natural calamities are local and short-term, but the calamities generated by the rise in air and water temperatures are global and long-term.

Key words: air temperature; water temperature; phytoplankton; carbon; complementary mechanism; earth ecosystem

Received: March 28, 2006