

地球生态系统的控制能力

杨东方^{1,2,3}, 秦明慧¹, 石志洲¹, 马祖友¹, 刘 炜¹

(1. 国家海洋局 闽东海洋环境监测中心站, 福建 宁德 352100; 2. 浙江海洋学院 海洋科学学院, 浙江 舟山 316000; 3. 浙江海洋学院 生物地球化学研究所, 浙江 舟山 316000)

摘要: 随着人类活动的加剧, 环境发生了巨大的变化。从地球生态系统的角度来探讨和研究全球的环境变化, 具有重要的意义。通过对北太平洋海洋生态系统的剖析, 在时间和空间尺度上, 展示了地球生态系统强有力地控制着陆地的沙尘暴、大气的北太平洋季风和海洋的硅来源及输送方式。为了保持向海洋输入大量的 Si, 地球生态系统控制着陆地生态系统、大气生态系统和海洋生态系统。研究显示, 地球生态系统使北太平洋的季风与北太平洋边缘的雨季在时间上密切相嵌, 顺利完成近岸洪水和河流的输送与大气的输送之间的相互转换; 同时也使沙尘暴与北太平洋 Si 的缺乏在时间上紧密配合, 其强度大小与 Si 缺乏的严重程度相一致。因此, 在全球的环境变化下, 海洋 Si 的缺乏是在严重加剧。那么, 地球生态系统展示了强有力的控制能力, 维持向海洋水域提供大量的硅, 充分保证海洋生态系统的健康发展。

关键词: Si; 环境变化; 北太平洋海洋生态; 控制能力; 地球生态系统

中图分类号: X171

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)12-0094-05

海水中可溶性无机硅是海洋浮游植物所必需的营养盐之一, 硅酸盐与硅藻的结构和新陈代谢有着密切的关系并且控制浮游植物的生长过程^[1-2]。在浮游植物水华形成过程中, $\text{Si}(\text{OH})_4$ 有着核心的作用^[3]。硅限制浮游植物的初级生产力^[4-11]。没有硅, 硅藻是不能形成的, 而且细胞的周期也不会完成^[12-13]。硅藻对硅有着绝对的需要^[14]。营养盐硅是浮游植物生长的主要发动机, 对浮游植物生长的影响是强烈的、迅速的^[11, 15]。在海洋生态系统中, 营养盐硅是全球浮游植物生长的限制因子^[16]。因此, 营养盐硅对海洋生态系统的可持续发展有着重要的作用。本文研究了北太平洋水域营养盐硅的提供系统^[17], 剖析向北太平洋海洋生态提供硅的来源、方式、时间和强度, 展示了地球生态系统的控制能力, 维持向北太平洋水域提供大量的硅, 使浮游植物生长保持其稳定性和持续性。

1 地球生态系统的目标

地球生态系统是指地球本身具有生命特征, 能够通过自身的调节和控制来完成地球的可持续发展, 使地球上一切物质都以不同的形式能够延续存在, 维持地球正常、稳定和长期动态运行, 并且具有稳定的、动态的生态系统^[18]。那么, 北太平洋水域缺乏营

养盐硅, 使浮游植物生长受到限制时, 就需要地球生态系统给予此海洋水域提供硅, 以保证北太平洋海洋生态系统能够可持续发展。

2 地球生态系统的北太平洋输送系统

在北太平洋的近岸水域, 从秋天的雨季结束(11月)到春天的雨季开始(5月)之前, 没有充足的雨水, 也就是没有充足的洪水和河流, 向北太平洋近岸的水体输入大量的 Si。在这期间 Si 限制浮游植物的生长。例如在胶州湾水域, 从 11 月 13 日到第二年的 5 月 22 日, Si 限制浮游植物生长。在北太平洋的远离近岸水域, 根据作者提出的 Si 亏损过程^[4, 10-11], 浮游植物生长一直受到 Si 的限制。

在地球生态系统的 Si 补充机制^[19-20]指导下, 在北太平洋的近岸水域, 如果海洋生态系统缺 Si 严重, 地球生态系统就会使北太平洋水域 Si 的提供系统进行动态的运行, 向北太平洋水域提供大量的 Si。这个系统的组成(图 1^[17])展示了 Si 的来源地点、上升动力、平移动力和下降地点, 也就是说, 这个系统的组

收稿日期: 2012-07-10, 修回日期: 2013-04-10

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX 2-207);

国家海洋局闽东环境监测中心站站科研基金资助项目

作者简介: 杨东方(1962-), 男, 陕西延安人, 教授, 研究方向: 环境学、生态学、生物地球化学, E-mail: dfyang@shou.edu.cn

成单元是中国大陆沙漠、沙尘暴、北太平洋季风和北太平洋^[17]。这个系统经过的路径形成了陆→气→水的通道。Si借助于这个通道,通过上升动力和平移动力,从Si的起点中国大陆沙漠送到Si的终点北太平洋。因此,这个北太平洋水域Si的提供系统具有以下特征:

(1) 系统的通道起点: Si的来源地点是中国大陆。有沙漠面积 174 万 km², 每年沙化面积为 3 500 km², 为输送大量的 Si 提供了充足的来源。

(2) 系统的上升通道: 上升动力是沙尘暴。在 3~5 月, 沙尘暴发生的次数多、强度大, 其中 4 月次数最多, 5 月强度最大。

(3) 系统的平移通道: 平移动力是北太平洋季风。在 10 月至翌年 3 月, 从中国到北太平洋, 季风的输送是强劲的、面广的、经常的。而且季风都展现了通过大气由陆地向海洋输送。在第 2 年的 5 月雨季开始时, 北太平洋的季风在 4~5 月期间转入夏季季风。

(4) 系统的通道终点: Si 的下降地点是北太平洋。沙尘暴的强度大, 覆盖面积广, 从天空到海面整个空间都有沙尘。因此, 沙尘也覆盖了整个太平洋, 甚至吹过太平洋到美国西部。

北太平洋水域 Si 的提供系统, 为北太平洋海洋生态系统提供了动力。

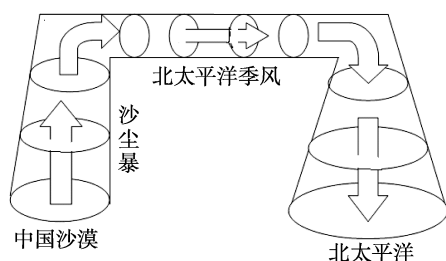


图 1 北太平洋水域的营养盐硅提供系统

Fig.1 The system supplying nutrient Silicon to the North Pacific Ocean

3 地球生态系统的控制能力

3.1 在时间的尺度上

3.1.1 在海洋里

3.1.1.1 来源及输送方式的转换

在北太平洋水域, 在雨季期间, 从 5 月到 11 月, 有陆源通过洪水和河流向北太平洋提供了稳定的、持续的、长时间的、近岸范围的大量 Si。

在没有雨季期间, 从 11 月到第二年的 5 月, 有

北太平洋水域 Si 的提供系统向北太平洋提供了不稳定的、间断的、短时间的、近岸和远海范围的大量 Si。

3.1.1.2 地球生态系统的控制

根据地球生态系统的定义, 地球本身具有生命特征, 能够通过自身的调节和控制来完成地球的可持续发展。在整个北太平洋水域, 无论在近岸水域还是远离近岸水域, 在没有雨季期间, 浮游植物生长都受到 Si 的限制。于是, 地球生态系统就产生了作者发现的这个北太平洋水域 Si 的提供系统^[17], 在没有雨季期间, 向整个北太平洋水域提供了大量的 Si。而且, 在来源输送方式的转换、在时间上紧密无缝, 以保持整个北太平洋水域具有稳定的硅来源。

3.1.2 在大气中

3.1.2.1 季风强度的转换

在 11 月的雨季结束之前, 北太平洋的季风已经成为冬季季风。在冬季没有陆源向北太平洋提供 Si 时, 通过大气由稳定而持续的、范围大的冬季风, 向北太平洋提供了稳定的、持续的、长时间的、大范围的大量 Si。

在第二年的 5 月雨季开始时, 北太平洋的季风已经成为夏季季风。这时, 在夏季有陆源向北太平洋提供 Si 时, 就不需要季风提供输送了。于是, 夏季季风就变得较弱、持续时间短、稳定性较差的季风。

3.1.2.2 地球生态系统的控制

地球生态系统由于在陆地上没有办法输送硅, 只好改为大气输送硅, 利用北太平洋的冬季季风来输送^[17]。在 11 月的雨季结束之前, 就产生了北太平洋的冬季季风, 一直到第二年的 5 月雨季开始时, 北太平洋的季风在 4~5 月期间才转入夏季季风。由此可见, 地球生态系统为了向整个北太平洋水域提供大量的 Si, 将雨季的时间和冬季季风的时间重叠在一起。而且, 地球生态系统加强了冬季季风的强度, 使其具有稳定而强盛的风力, 并且持续时间长, 范围大。另一方面, 地球生态系统减弱了夏季季风的强度, 这是由于不需要季风向北太平洋输送硅了, 于是, 夏季季风就变成较弱、持续时间短、稳定性较差的季风。这说明地球生态系统对北太平洋的季风具有强有力的控制, 不仅控制北太平洋的季风时间变化, 还控制其强度变化, 甚至其持续性、稳定性等北太平洋季风的一切性质。

3.1.3 在陆地上

3.1.3.1 沙尘暴强度的转换

通过沙尘暴的时间和强度可知^[17]: 从 1952 年 4

月9日到1994年4月9日,在这42 a期间,在3、4、5月,沙尘暴发生的次数比较多,其中4月最多;在3、4、5月的沙尘暴最为严重,强度很大,特强沙尘暴占到50.00%~61.53%,其中5月最强烈,特强沙尘暴占到61.53%。在6、7和11月沙尘暴的次数就比较少。

3.1.3.2 地球生态系统的控制

在北太平洋水域,在没有雨季期间,从11月到第二年的5月,Si限制浮游植物生长,这期间大概有6到7个月。由于长时间Si的缺乏,造成了浮游植物的细胞数量在3~5月是一年中最低的了,也就是,3~5月是Si缺乏最严重的时期。于是,地球生态系统加强了上升的运行能力,在3~5月,沙尘暴次数多、强度大,尤其在雨季来临之前的4月和5月,北太平洋水域极度缺乏Si,沙尘暴4月次数最多,5月强度最大,给北太平洋水域最大的Si补充。而且,地球生态系统展示强大的力量,使得从高低来看:从天空到地面整个空间都被沙尘覆盖和填充,从远近来看:沙尘覆盖了整个太平洋。

在雨季期间,从5月到11月,北太平洋水域主要都由洪水和河流来提供硅,在这期间,地球生态系统就使沙尘暴减弱和消失,于是,在6、7和11月沙尘暴发生的次数就比较少,在8、9和10月沙尘暴就没有发生。

这说明地球生态系统对陆地的沙尘暴具有强有力的控制,地球生态系统对沙尘暴的爆发与消失收放自如。

3.2 在空间的尺度上

3.2.1 北太平洋水域Si的提供系统

在北太平洋近岸水域,在没有雨季期间,从11月到第二年的5月,Si限制浮游植物的生长。而在北太平洋的远离近岸水域,浮游植物生长一直受到Si的限制。于是,地球生态系统就产生了作者发现的北太平洋水域Si的提供系统^[17],在空间尺度上,这个系统从中国的大陆沙漠到北太平洋,是由中国大陆沙漠、沙尘暴、北太平洋季风和北太平洋组成。当北太平洋Si缺少时,这个系统就向北太平洋水体输入大量的Si,来维持了北太平洋海洋生态系统的可持续发展。由此可见,地球生态系统建立这个北太平洋水域Si的提供系统,使Si从陆地起源,经过大气的输送,归宿到海洋。这个系统是在海洋、大气和陆地上进行完整、全面的协调和配合,才能将亚洲腹地的Si输送达到北太平洋。

3.2.2 地球生态系统的控制

根据地球生态系统的结构^[18],地球生态系统是一个由陆地生态系统、海洋生态系统和大气生态系统三部分组成,陆地、海洋和大气相互之间构成了三个界面。地球生态系统建立北太平洋水域Si的提供系统,在运行这个系统时,地球生态系统控制陆地生态系统、大气生态系统和海洋生态系统,使提供的Si要穿过陆气、气海二个界面。地球生态系统强有力地控制着陆地生态系统和大气生态系统,使北太平洋的季风与北太平洋边缘的雨季在时间上密切相嵌,顺利完成近岸洪水和河流的输送与大气输送之间的相互转换,保持向大海输入大量的Si。地球生态系统强有力地控制着陆地生态系统和海洋生态系统,使沙尘暴与北太平洋Si的缺乏在时间上紧密配合,其强度大小与Si缺乏的严重程度相一致。

4 全球的环境变化与生态安全

在沿海的海湾、河口和沿岸水域,相对于氮、磷的输送量,Si的相对输送量在减少,同时,河流的筑坝和截流,使得输送Si的能力下降,甚至由于断流而没有Si的输送,Si的绝对输送量在减少^[17]。这样,在人类活动的影响下,Si的相对输送量和Si的绝对输送量都在减少导致Si的限制显得更加突出^[4-6, 10-11, 21-22]。在海洋生态系统中,营养盐硅是浮游植物生长的限制因子^[16]。在全球这样的环境变化情况下,海洋Si的缺乏是在严重加剧,那么,地球生态系统要应对全球的环境变化,必须建立向海洋水域Si的提供系统,这样才能充分保证海洋生态系统的健康发展。根据三大补充机制^[20]:地球生态系统的Si补充机制^[19]、地球生态系统的气温和水温补充机制^[23]、地球生态系统的碳补充机制^[24],地球生态系统完善了向海洋水域Si的提供系统。

5 结论

根据地球生态系统的理论,当北太平洋水域缺乏营养盐硅,使浮游植物生长受到限制时,就需要地球生态系统给予海洋水域提供硅,以保证北太平洋海洋生态系统能够可持续发展。于是,在雨季期间或者在没有雨季期间,硅来源输送方式的转换在时间上都紧密无缝,以保持整个北太平洋水域具有稳定的硅来源。地球生态系统为了向整个北太平洋水域提供大量的Si,将雨季的时间和冬季季风的时间重叠在一起,这样充分利用北太平洋的冬季季风来

输送硅。根据北太平洋水域浮游植物生长缺硅的程度,地球生态系统对沙尘暴的爆发与消失收放自如。

地球生态系统强有力地控制陆地生态系统、大气生态系统和海洋生态系统,来保持向海洋输入大量的 Si。在运行北太平洋水域 Si 的提供系统时,使提供的 Si 能够穿过陆气和气海二个界面。地球生态系统强有力地控制着陆地生态系统和大气生态系统,使北太平洋的季风与北太平洋边缘的雨季在时间上密切相嵌,顺利完成近岸洪水和河流的输送与大气的输送之间的相互转换。使沙尘暴与北太平洋 Si 的缺乏在时间上紧密配合,其强度大小与 Si 缺乏的严重程度相一致。

在全球的环境变化下,海洋 Si 的缺乏是在严重加剧。那么,根据三大补充机制^[20]:地球生态系统的 Si 补充机制^[19]、地球生态系统的气温和水温补充机制^[23]、地球生态系统的碳补充机制^[24],地球生态系统要应对全球的环境变化。同时,必须建立向海洋 Si 的提供系统,展示了地球生态系统的控制能力,维持向海洋提供大量的硅,使浮游植物生长保持其稳定性和持续性。这样才能充分保证海洋生态系统的健康发展。

参考文献:

- [1] Dugdale R C, Wilkerson F P, Minas H J. The role of a silicate pump in driving new production[J]. *Deep-Sea Res(I)*, 1995, 42(5): 697-719.
- [2] Sakshaug E, Slagstad D, Holm-Hansen O. Factors controlling the development of phytoplankton blooms in the Antarctic Ocean-a mathematical model[J]. *Marine Chemistry*, 1991, 35: 259-271.
- [3] Conley D J, Malone T C. Annual cycle of dissolved silicate in Chesapeake Bay: implications for the production and fate of phytoplankton biomass[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1992, 81: 121-128.
- [4] Yang Dongfang, Zhang Jing, Lu Jibin, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China .Silicate being a limiting factor of phytoplankton primary production[J] *Chin J Oceanol Limnol*, 2002, 20(3): 208-225.
- [5] Yang Dongfang, Zhang Jing, Gao Zhenhui, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China . Critical value and time of silicate limitation and satisfaction of the phytoplankton growth[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2003, 21(1): 46-63.
- [6] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Chen Yu, et al. Examination of silicate limitation of primary production in the Jiaozhou Bay, North China . Judgment method, rules and uniqueness of nutrient limitation among N, P, and Si[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2003, 21(2) : 114-133.
- [7] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Sun Peiyan, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China The ecological variation process of the phytoplankton [J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2006, 24(2): 186-203.
- [8] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Chen Yu, et al. Examination of seawater temperature's influence on phytoplankton growth in Jiaozhou Bay, North China[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2004, 22(2): 166-175.
- [9] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Zhang Jing, et al. Examination of daytime length's influence on phytoplankton growth in Jiaozhou Bay, China[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2004, 22(1): 70-82.
- [10] Yang Dongfang, Chen Yu, Gao Zhenhui, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China Transect offshore the coast with estuaries[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2005, 23(1): 72-90.
- [11] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Wang Peigang, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China Silicon deficit process[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 2005, 23(2): 169-175.
- [12] Brzezinski M A, Olson R J, Chisholm S W. Silicon availability and cell-cycle progression in marine diatoms[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1990, 67: 83-96.
- [13] Brzezinski M A. Cell-cycle effects on the kinetics of silica acid uptake and resource competition among diatoms[J]. *Journal of Plankton Research*, 1992, 14: 1511-1536.
- [14] Lewin R A. *Physiology and biochemistry of algae*[M]. U S A: Academic Press, 1962:445-455.
- [15] 杨东方, 高振会, 王培刚,等. 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] 杨东方, 于子江, 张柯, 等. 硅在全球海域中限制浮游植物的生长[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(5): 547-553
- [17] 杨东方, 苗振清, 石强, 等. 北太平洋海洋生态系统的动力——以胶州湾为例[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(2): 201-207.
- [18] 杨东方, 苗振清, 徐焕志, 等. 地球生态系统的理论创立[J]. 海洋开发与管理, 2013, 30(7): 85-89.
- [19] 杨东方, 高振会, 秦洁, 等. 地球生态系统的 Si 补充机制 [J]. 海洋科学进展, 2006, 24(4): 407-412.
- [20] Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Yang Yingbin, et al. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China VII The complementary mechanism of the earth ecosystem [J]. Chin J Oceanol Limnol, 2006, 24(4) : 401-412.
- [21] 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.
- [22] 杨东方, 李宏, 张越美, 等. 浅析浮游植物生长的营养盐限制因子和方法[J]. 海洋科学, 2000, 24(12): 47-50.
- [23] 杨东方, 吴建平, 曲延峰, 等. 地球生态系统的气温和水温补充机制[J]. 海洋科学进展, 2007, 25(1): 117-122.
- [24] 杨东方, 殷月芬, 孙静亚, 等. 地球生态系统的碳补充机制[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 100-107.

The control capacity of the earth ecosystem

YANG Dong-fang^{1, 2, 3}, QIN Ming-hui¹, SHI Zhi-zhou¹, MA Zu-you¹, LIU Wei¹

(1. East Fujian Sea Environmental Monitoring Center Station, State Oceanic Administration, Ningde 352100, China; 2. Marine Science College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China; 3. Biogeochemical Research Institute, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

Received: Jul., 10, 2012

Key words: Si; environmental change; the North Pacific Ocean marine ecology; control capacity; earth ecosystem

Abstract: With the human activities becoming more and more, the environment has been changed a lot. It is very important to study the environmental changes of the earth from the view of earth ecosystem. Herein, the powerful control of land sand storm, the North Pacific Ocean monsoon and the transport way of marine silicon source by the earth ecosystem was shown at the temporal and spatial scale, through thorough analysis of the marine ecosystem in the North Pacific Ocean. The earth ecosystem powerfully controls land ecosystem, atmosphere ecosystem and marine ecosystem in order to keep transporting a large amount of silicon into the sea all the time. The results showed that the earth ecosystem strongly controlled land ecosystem and atmosphere ecosystem, resulting in the fact that in the North Pacific Ocean, the monsoon in the North Pacific Ocean and the rainy season in the fringe of the North Pacific Ocean, in temporal scale, are closely embedded, which helped the successful complete of the alternate switch between the transportation of coastal floods and rivers and the transportation of atmosphere for keeping transporting a large amount of Si into the waters body in the ocean all the time. The earth ecosystem powerfully controlled land and marine ecosystem, resulting in the fact that the stand-storms were closely conjugated with the absence of Si in the temporal scale, and its intensity was consistent with the grave degree of the Si absence. Therefore, under the changes of the global environment, the absence of Si in the sea has been becoming more and more aggravative. Then, the earth ecosystem presented the powerful control capacity, for providing a large amount of silicon into the marine waters and fully ensuring the health development of the marine ecosystem.

(本文编辑: 张培新)