

地球生态系统的

硅动力

杨东方 著

DIQIU SHENGTAI XITONG DE GUIDONG LI



硅



碳



温度



气候



地球



海洋出版社

地球生态系统的硅动力

杨东方 著



海洋出版社

2013 年·北京

内容提要

本书创新地从环境学、生物学、生物地球化学、物理海洋学、气象学、气候学和生态学的角度,定量地研究了胶州湾浮游植物生态变化过程,揭示了浮游植物的生长规律,深入阐明了营养盐硅的生物地球化学过程与营养盐限制的判断方法、法则和唯一性,海洋环境与浮游植物生长的生态学原理以及浮游植物与人类决定大气碳的变化和平衡过程。同时,提出地球生态系统的补充机制、北太平洋的海洋生态动力和未来地球气候变化模式,创立地球生态系统的理论,展示人类与地球生态系统的相互作用,剖析目前地球发生的现象,预测了人类影响下的地球发展趋势。

本书共分为 25 章。主要内容为生态数学模型的建立方法和应用,营养盐、光照时间和水温对浮游植物生长的影响,以及浮游植物生长规律、地球生态系统机制、大气碳的变化和平衡等。

本书适合海洋地质学、环境学、生物学、生物地球化学、物理海洋学、气象学、气候学、生态学、海湾生态学和河口生态学的有关科学工作者和相关学科的专家参阅,适合高等院校师生作为教学和科研参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球生态系统的硅动力/杨东方著. —北京:海洋出版社,2013.9

ISBN 978-7-5027-8605-2

I. ①地… II. ①杨… III. ①海洋生态学-研究 IV. ①Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 144564 号

责任编辑:方菁

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京华正印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:25.25

字数:600 千字 定价:68.00 元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

作者简介

杨东方:1984年毕业于延安大学数学系(学士);1989年毕业于大连理工大学应用数学研究所(硕士),研究方向:Lenard 方程唯 n 极限环的充分条件、微分方程在经济-管理-生物方面的应用;1999年毕业于中国科学院海洋研究所(博士),研究方向:营养盐硅、光和水温对浮游植物生长的影响,专业为海洋生物学和生态学;同年在青岛海洋大学化学化工学院和环境科学与工程研究院做博士后研究工作,研究方向:胶州湾浮游植物的生长过程的定量化初步研究。2001年出站后到上海水产大学工作,主要从事海洋生态学、生物学和数学等学科教学以及海洋生态学和生物地球化学领域的研究。2001年被国家海洋局北海环境监测中心聘为教授级高级工程师,2002年被国家海洋局第一海洋研究所聘为研究员。2004年6月被核心期刊《海洋科学》聘为编委。2005年7月被核心期刊《海岸工程》聘为编委。在2006年2月被核心期刊《山地学报》聘为编委。2006年11月被温州医学院聘为教授。2007年11月被中国科学院生态环境研究中心聘为研究员。2008年4月被浙江海洋学院聘为教授。曾参加了国际 GLOBEC(全球海洋生态系统研究)的研究计划中的由18个国家和地区联合进行的南海考察(在海上历时3个月);国际的 LOICZ(沿岸带陆海相互作用研究)的研究计划中在黄海东海的考察及国际的 JGOFS(全球海洋通量联合研究)的研究计划中在黄海东海的考察。多次参加了青岛胶州湾,烟台近海的海上调查及获取数据工作。参加了胶州湾等水域的生态系统动态过程和持续发展等课题的研究。目前,正在进行胶州湾、长江口和浮山湾的生态、环境、生物地球化学过程的研究。



人类排放二氧化碳引起气温和水温上升,地球生态系统不惜损害陆地生态系统和海洋生态系统,也要启动碳补充机制,完成碳的迁移,导致气温和水温恢复到动态的平衡。启动碳补充机制期间,在输送硅的过程中,地球生态系统给陆地带来三大类型灾害:沙漠化、洪涝和风暴潮;在阻断硅的过程中,地球生态系统给海洋带来一大类型灾害:赤潮。在这些过程中,人类引起大气碳的增加与地球生态系统导致大气碳的减少充分展现了人类与自然界的相互撞击,这会强烈地产生一系列自然灾害发生,如干旱、沙漠化、沙尘暴、暴雨、洪水、泥石流、山体滑坡、风暴潮和赤潮。人类尽可能减少这些撞击,为地球生态系统的可持续发展,也为人类生存创造良好的环境。

杨东方

摘自“地球生态系统的碳补充机制”《海洋环境科学》,2009,28
(1): 100 - 107.

地球生态系统既保持每年大气碳下降量占有浮游植物对大气碳的吸收量的 1.60% ~ 0.34% , 又维持人类向大气的碳排放量与浮游植物对大气碳的吸收量的动态平衡。地球生态系统的确具有精确性和强大的能力。

作者感叹,地球如此完美,我却如此渺小!

杨东方

摘自“Human discharge and phytoplankton takeup for the atmospheric carbon balance”《Atmospheric and Climate Sciences》, 2011, 1(4): 189 - 196.

致 谢

细大尽力,莫敢怠荒,远迹辟隐,专务肃庄,端直敦忠,事业有常。

——《史记·秦始皇本纪》

此书得以完成,应该感谢国家海洋局北海环境监测中心主任崔文林研究员以及北海监测中心的全体同仁;感谢国家海洋局第一海洋研究所副所长高振会研究员;感谢浙江海洋学院的校长苗振清教授;感谢上海海洋大学的院长李家乐教授。是诸位给予的大力支持,并提供的良好研究环境,成为我们科研事业发展的动力引擎。

在此书付梓之际,我诚挚感谢给予许多热心指点和有益传授的陈秀东教授、焦念志教授、孙英兰教授和张经教授。

我永远铭记:刘瑞玉院士、冯士筴院士、胡敦欣院士、唐启升院士、汪品先院士、丁德文院士、孙松研究员、王荣研究员、周明江研究员、侯一筠研究员、宋金明研究员、施平研究员、沈志良研究员、吴玉霖研究员、高抒研究员、周百成研究员、詹滨秋研究员、秦松研究员、俞志明研究员、李安春研究员、邹景忠研究员、董金海研究员、卢继武研究员、赵永平研究员、朱明远研究员、陈永利研究员、朱鑫华研究员、肖天研究员、赵保仁研究员、乐肯堂研究员、费修绶研究员、崔茂常研究员、张红霞研究员、杨宇峰研究员、杨作升教授、董淑慧教授、于志刚教授、陈时俊教授、张曼平教授、张龙军教授、郁伟军教授、钱树本教授、张志南教授、吴增茂教授、马家海教授、印润远教授、薛万奉教授、张友箴研究员、石强研究员、黄长江教授、黎先春教授、王小如教授、杨清良教授、杜琦教授和周燕教授等学长的有益帮助,使我们开阔了视野和思路。在此表示深深的谢意和祝福。

我非常庆幸在学术思想活跃的集体中从事科研活动。十分珍惜同仁之间的友谊,我们不会忘记:罗延馨博士、岳国峰博士、张武昌博士、王运涛博士、程鹏博士、王宏田博士、于仁诚博士、毕洪生博士、李大鹏博士、阙华勇博士、谢强博士、王广策博士、杨洪生博士、周毅博士、任敬萍博士、张涛博士、王凡博士、吴爱民博士、白学治博士、王凯博士、赵卫红博士、杨延辉博士、王勇博士、王文琪博士、刘静博士、张越美博士、白洁博士、任景玲博士、刘素美博士、陈洪涛博士、邹立博士、李晶莹博士、黄勃博士、周伟东博士、霍文毅博士、王瑁博士、刘展博士、张运涛博士、陈吉祥博士、孙效功博士、范德江博士、周志刚博士、魏华博士、冷向军博士、王岩博士、曲宪成博士、章守宇博士、刘其根博士、杨建强博士、孙

培艳博士、赵淑江博士、李裕红博士、张东博士、徐焕志博士、蔡惠文博士、冯志纲博士、胡海燕博士、吴玮博士等许多同学和同事,在我们的研究工作中给予了很好的指导和建议。在此表示衷心的感谢和祝福。

海洋科学编辑部:张培新教授、刘珊珊教授、谭雪静老师、李本川老师;英文海洋与湖沼(*Chinese Journal of Oceanology and Limnology*)编辑部:虞子冶教授、任远老师、陈洋老师、陈肖玉老师;海洋科学进展编辑部:吴永森教授、杜素兰教授、孙亚涛老师;海洋环境科学编辑部:韦兴平教授、韩福荣教授和张浩老师;山地学报编辑部:冯海燕教授;现代学术研究杂志编辑部:刘美芬老师、吴文贞老师、周小萍老师;中国教育文化出版社:刘思祺老师、孔惠老师、张骥年老师;特别要提到海洋科学编辑部的周海鸥教授、英文海洋与湖沼(*Chinese Journal of Oceanology and Limnology*)编辑部的王森教授、郑少雄教授和王森老师以及海洋科学进展编辑部的武建平教授。正是众多的无名英雄在辛勤地为我们做嫁衣,在我们的研究工作和论文撰写过程中都给予许多的指导,并作了精心的修改,此书才得以问世,在此表示衷心的感谢和深深的祝福。

感谢夏威夷 Mauna Loa 监测站和 NOAA 地球系统研究实验室的支持和帮助,更要感谢 NOAA 地球系统研究实验室的教授 Pieter Tans 的巨大支持和关照。在我的研究工作中给予大量的大气碳数据。在此表示衷心的感谢和祝福。

最后,感谢杨辉康同学、黄宏同学、邓婕同学、常彦祥同学等,还要感谢张红霞老师、岳海波老师、李毅萍老师、吴元德老师、白秀华老师、朱鉴平老师、金保生老师、张永山老师、王克老师、许玉珠老师、路安明老师、邵露老师、张金标老师、朱正国老师等,老师们的帮助和关心,是我们走向成功的动力。

本书是在 2005 年出版的《胶州湾浮游植物的生态变化过程与地球生态系统的补充机制》和在 2009 年出版的《浮游植物的生态与地球生态系统的机制》的基础上进一步扩充新的研究内容,为适应日新月异的科学发展进行的补充,以便这本书适应海洋生态学科学研究的发展趋势和方向。

今天,我们所完成的研究工作,也是以上提及的诸位共同努力的结果,我们心中感激大家,敬重大家,愿善良、博爱、自由和平等恩泽给每个人。愿国家富强、民族昌盛、国民幸福、社会繁荣。谨借此书面世之机,向所有培养、关心、理解、帮助和支持我们的人们表示深深的谢意和衷心的祝福。

沧海桑田,日月穿梭。抬眼望,千里尽收,祖国在心间。

杨东方

2012 年 5 月 7 日

主要相关文章

1. 杨东方,谭雪静. 铁对浮游植物生长影响的研究与进展[J]. 海洋科学,1999,23(3):48-49.
2. 杨东方,詹滨秋,陈豫,张经. 生态数学模型及其在海洋生态学应用[J]. 海洋科学,2000,24(6):21-24.
3. 杨东方,李宏,张越美,孙英兰,张经. 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.
4. Yang Dongfang, Zhang Jing, Zhou Zhigang. Effect of daytime and water temperature on growth of phytoplankton in Jiaozhou Bay[J]. Chinese Journal of Shanghai Fisheries University, supp. 2001, 10: 23-34.
5. Yang Dongfang, Zhang Jing, Zhou Zhigang. Quantification of the growth process of phytoplankton in Jiaozhou Bay[J]. Chinese Journal of Shanghai Fisheries University, supp. 2001, 10: 129-142.
6. 杨东方,张经,陈豫,孙英兰,杨宇峰. 营养盐限制的唯一性因子探究[J]. 海洋科学,2001,25(12):49-51.
7. Yang Dongfang, Zhang Jing, Lu Jibin, Gao Zhenhui, Chen Yu. 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.
8. 杨东方,高振会,陈豫,刘展,丁德文. 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. 杨东方,高振会,王培刚,孙培艳,李钦亮. 光照时间和水温对浮游植物生长影响的初步剖析[J]. 海洋科学,2002,26(12):18-22.
10. Yang Dongfang, Zhang Jing, Gao Zhenhui, Chen Yu, Sun Pei-yan. 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.
11. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Chen Yu, Zhang Jing, Wang Pei-gang. 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.
12. 杨东方,高振会,孙培艳,李钦亮,陈立婧. 浮游植物的增殖能力的研究探讨[J]. 海洋科学,2003,27(5):26-28.
13. 杨东方,高振会,崔文林,孙培艳,曲延峰. 用定量化生态位研究环境影响生物物种的变化过程[J]. 海洋科学,2004,28(1):38-42.
14. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Zhang Jing, Cui Wenlin, Shi Qiang. Examination of Daytime Length's Influence on Phytoplankton Growth in Jiaozhou Bay, China [J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2004, 22(1): 70-82.
15. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Chen Yu, Wang Pei-gang, Sun Pei-yan. Examination of Seawater Temperature's Influence on Phytoplankton Growth in Jiaozhou Bay, North China[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2004, 22(2): 166-175.
16. 杨东方,王凡,高振会,崔文林,霍素霞. 胶州湾的浮游藻类生态现象[J]. 海洋科学,2004,28(6):71-74.

17. Yang Dongfang, Chen Yu, Gao Zhenhui, Zhang Jing, Wang Fan. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China IV Transect offshore the coast with estuaries[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2005, 23(1): 72-90.
18. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Wang Pei-gang, Sun Pei-yan Liu Shuang. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China V Silicon deficit process[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2005, 23(2): 169-175.
19. 杨东方, 高振会, 张洪亮, 周艳荣, 赵升. 胶州湾海洋生物资源变化的探究[C]//王如松. 循环、整合、和谐——第二届全国复合生态与循环经济学术会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 2005, 330-332.
20. 杨东方, 高振会, 孙培艳, 杨应斌, 马媛. 胶州湾初级生产力的时空变化[C]//海洋科技与经济发展国际论坛论文集. 青岛: 科学技术出版社, 2005. 131-144.
21. 杨东方, 高振会, 张洪亮, 赵升, 李梅. 海洋生物资源的变化[C]//中国海洋学会. 年学术年会论文集汇编. 银川: 中国科学技术出版社, 2005: 201-204.
22. 杨东方, 高振会, 王培刚, 胡均, 周春莹. 气候变化与农作物种植关系的研究[C]//农业生态学与中国农业可持续发展. 广州: 农业科学技术出版社, 2005: 189-193.
23. 杨东方, 高振会, 王培刚, 于子江, 石强. 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.
24. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Sun Peiyan, Zhao Sheng, Zhang Youchi. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China VI The ecological variation process of the phytoplankton [J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2006, 24(2): 186-203.
25. 杨东方, 高振会, 孙培艳, 王培刚, 冷宇. 人类与气温和水温上升的相互作用[C]//王如松. 生态科学创新与发展——中国生态学术会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 2006: 51-52.
26. 杨东方, 高振会, 孙培艳, 赵蓓, 李梅. 胶州湾水温和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.
27. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Yang Yingbin, Sun Peiyan, Wang Xingping. 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.
28. 杨东方, 高振会, 秦洁, 霍素霞, 李忠强. 地球生态系统的营养盐硅补充机制[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(4): 407-412.
29. 杨东方, 高振会, 马媛, 孙培艳, 杨应斌. 胶州湾环境变化对海洋生物资源的影响[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(4): 39-42.
30. Yang Dongfang, Gao Zhenhui, Sun Peiyan, Li Mei, Qu Yanfeng. Mechanism of nutrient Silicon and water temperature influences on phytoplankton growth[J]. Marine Science Bulletin, 2006, 8(2): 49-59.
31. 杨东方, 吴建平, 曲延峰, 胡均, 周艳荣. 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.
32. 杨东方, 高振会, 盛菊江, 温国义, 黄长江. 水资源的变化趋势[C]//中国环境科学. 全国水体污染控制、治理、生态修复技术与突发性水污染事故应急处理体系建设高级研讨、交流会议论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 2007: 142-146.
33. 杨东方, 高振会, 李文凤, 于子江, 黄长江. 海洋生态变化对气候影响及农作物种植关系研究[J]. 现代学术研究杂志, 2007, 7: 104-109.
34. Yang Dongfang, Wu Jianping, Chen Shengtao and Lu Qing. The teleconnection between marine silicon supply and desertification in China[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2007, 25(1): 116-122.
35. 杨东方, 高振会, 崔文林, 孙培艳, 卢青. 海洋生态和沙漠化的桥梁——沙尘暴[J]. 科学研究月刊,

2007,30(6): 1-5.

36. 杨东方,陈生涛,胡均,吴建平,黄宏. 光照、水温和营养盐对浮游植物生长重要影响大小的顺序[J]. 海洋环境科学,2007,26(3): 201-207.
37. 杨东方,高振会,黄宏,孙培艳,常彦祥. 沙漠化与海洋生态和人类生存的关系 [C]//荒漠化防治与植被恢复生态工程新技术交流学术研讨会论文集. 北京:环境出版社, 2007:10-17.
38. 杨东方,高振会,王磊磊. 海洋生态数学模型研究及进展[J]. 科学, 2007,59(5): 20-22.
39. 杨东方,于子江,张柯,李梅,姜独祎. 营养盐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.
40. 杨东方,殷月芬,孙静亚,金卫红,高峰. 地球生态系统的碳补充机制[J]. 海洋环境科学,2009,28(1): 100-107.
41. 杨东方,陈国光,王虹,黄宏,石强. 刺激浮游植物生长的铁对大气碳沉降的影响 [J]. 海洋环境科学, 2010,29(2):212-215.
42. YANG Dongfang, MIAO Zhenqing, SHI Qiang, CHEN Yu, CHEN Guoguang. Silicon limitation on primary production and its destiny in Jiaozhou Bay, China VIII: The variation of atmospheric carbon determined by both phytoplankton and human[J]. Chin. J. Oceanol. Limnol. 2010, 28(2): 416-425.
43. 杨东方,卜志国,石强,周青,周艳荣. 未来地球气候变化模式在 2010 年的证实[C]//生态过程与服务第六届中国青年生态学工作者学术会论文集. 北京:海洋出版社, 2010:279-283.
44. YANG Dongfang, MIAO Zhenqing, CHEN Yu, SHI Qiang, XU Huanzhi. Human discharge and phytoplankton take up for the atmospheric carbon balance [J]. Atmospheric and Climate Sciences, 2011, 1(4): 189-196.
45. 杨东方,苗振清,石强,陆建新,陈豫. 未来的地球气候模式得到了初步印证[J]. 海洋开发与管理, 2011,28(11): 38-41.
46. 杨东方,苗振清,石强,徐焕志,王跃. 北太平洋的海洋生态动力[J]. 海洋环境科学,2012, 31(2): 201-207.
47. 杨东方,苗振清,徐焕志,陈豫,孙静亚. 胶州湾水交换的时间[J]. 海洋环境科学, 2013,32(3): 373-380.
48. 杨东方,苗振清,徐焕志,高峰,孙静亚. 地球生态系统的理论创立[J]. 2011(接受).
49. 杨东方. 地球生态系统的控制力[J]. 2012(接受).
50. 杨东方. 地球生态系统的精准性[J]. 2012(接受).
51. 杨东方. 地球生态系统的硅动力[J]. 2012(接受).

前 言

近年来,全球变暖、沙尘暴、洪水、风暴潮和赤潮等灾害频繁发生,严重地威胁着人类的社会发展和生命财产的安全。出于防灾减灾的目的,人们对海洋生态学领域的兴趣一直在不断增长着,强烈关注陆地生态系统、海洋生态系统、大气生态系统。有大量的工作研究海洋生态系统在地球生态系统中的作用和人类对地球生态系统的影响以及地球生态系统的发展趋势。

本书是在浙江海洋学院出版基金、浙江海洋学院承担的“舟山渔场渔业生态环境研究与污染控制技术开发”、“海洋渔业科学与技术(浙江省“重中之重”建设学科)”和“近海水域预防环境污染养殖模型”项目、国家海洋局闽东海洋环境监测中心站科研基金、贵州民族大学出版基金和国家海洋局北海环境监测中心主任科研基金——长江口、胶州湾、浮山湾及其附近海域的生态变化过程(05EMC16)的共同资助下完成的。

在书中,有许多方法、机制和原理,它们要反复应用,解决不同的实际问题 and 阐述不同的现象和过程。于是,出现许多相同的段落。同时,有些段落作为不同的条件,来推出不同的结果;有些段落来自于结果,又作为条件来推出新的结果。这样,就会出现有些段落的重复。如果只能第一次用,以后不再用,这样在以后的解决和说明中就不完善,无法有充分的依据来证明结论,而且方法、机制和原理就变得无关紧要了。在书中,每一章都是独立地解决一个重要的问题,也许其中有些段落与其他章节中有重复。如果将重复的删除,内容显得苍白无力、层次错乱。因此,从作者角度尽可能地一定要保证每章内容的逻辑性、条理性、独立性、完整性和系统性。

作者通过胶州湾水域的研究(1996—2013)得到以下主要结果:

(1)研究胶州湾营养盐硅的生物地球化学过程,建立相应的动力学模型,计算出胶州湾的浮游植物吸收营养盐硅的量,浮游植物对硅的内禀转化率和营养盐硅的量对浮游植物的吸收与水流稀释的分配比例。

(2)按照限制初级生产力的营养盐硅的变化,首次提出划分初级生产力的值的范围分为3个部分:硅限制的初级生产力的基础值,初级生产力的幅度和初级生产力的临界值。通过浮游植物对营养盐的吸收比例,定量化的阐明营养盐硅限制浮游植物生长的阈值和阈值的时间以及初级生产力受硅限制的阈值。详细阐述了营养盐硅限制浮游植物初级生产力的动态过程。

(3)分析认为,在整个胶州湾不存在氮、磷的限制,营养盐硅在每年的春、

秋、冬季呈现年周期变化限制胶州湾浮游植物的生长。在胶州湾有些海域的浮游植物生长一年四季一直都受到营养盐硅的限制。

(4)提出营养盐限制的判断方法和绝对限制法则、相对限制法则,并认为必须要同时满足,才能确定浮游植物生长限制的营养盐元素,且限制营养盐是唯一的。

(5)尝试考虑太阳光的热能给水体的能量输入和水体生态系统的浮游植物的生长过程。分析认为,光辐射和光照时间分别决定了浮游植物的光合作用的光化学过程与酶催化过程两个方面,展现了胶州湾的光照时间如何影响水温,水温如何影响浮游植物生长的过程。通过叶绿素 a 和初级生产力提出了新概念:浮游植物的增殖能力,要定量化地阐述了浮游植物有夏季的单峰型(1 回)增殖和春、秋季的双峰型(2 回)增殖的机制。

(6)运用统计和微分方程等数理工具,建立了初级生产力 - 硅酸盐 - 水温等多个动态模型,要定量化地阐明胶州湾生态系统浮游植物生产过程及理化因子的综合调控机制。并且阐述了浮游植物生长的理想状态与赤潮产生的原因。

(7)通过探讨光、水温和营养盐因子对浮游植物生长变化的综合影响和对其集群结构改变的综合影响,揭示了浮游植物的生长规律,展示了环境因子光、水温和营养盐的变化决定浮游植物的集群结构和生理特征的变化过程。

(8)研究认为,营养盐硅和水温在时间和空间的尺度上有顺序地控制我们所观察到的各种类型的初级生产力,展示了营养盐硅和水温控制初级生产力的不同阶段,尤其用增殖能力展示了水温对浮游植物生长的控制阶段。从而确定了营养盐硅和水温控制初级生产力的变化过程。从陆地到海洋界面的硅输送量决定了初级生产力的时间变化过程;硅的生物地球化学过程决定了初级生产力的空间变化过程。对此,提出了海洋生态系统中的 5 个重要规律。

(9)研究认为,浮游植物生长的变化和其集群结构的改变,主要受营养盐硅和水温的影响。研究结果展示了浮游植物生长的变化和其集群结构的改变的过程,揭示了营养盐硅和水温影响浮游植物生长变化和其集群结构改变的机制,确定了营养盐硅和水温是海洋生态系统的健康运行的动力。认为营养盐硅和水温是浮游植物生长的发动机,营养盐硅是主要发动机,水温是次要发动机。

(10)研究认为,光、水温和营养盐对浮游植物有重要影响。通过探讨光、水温和营养盐因子对浮游植物生长的综合影响,阐明了光照、水温和营养盐对浮游植物生长影响的机理和过程,确定了光照、水温和营养盐对浮游植物生长重要影响的大小顺序,由小到大的重要影响程度依次为:光照、水温和营养盐硅。

(11)研究发现,全球浮游植物的主要优势种为硅藻,硅藻的生理特征展示:当硅充足时,硅藻生长旺盛,当硅限制时,甲藻等非硅藻旺盛,当硅又满足时,硅藻又占了甲藻空间。氮、磷和硅的生物地球化学过程以及氮、磷的再生过程与

硅的亏损过程表明,限制硅藻生长的是硅。剖析全球浮游植物生长特征和其集群结构,阐明光照、水温和营养盐对浮游植物生长影响的机理和过程,通过海洋中硅藻的特性和迁移过程,阐述了硅的生物地球化学过程和氮、磷的再生产过程。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。

(12)首次提出了新的海湾水交换时间定义,包括从两个方面:海湾的充满和海湾的放空,来说明此定义。首次探讨了在非保守性物质情况下,确定海湾水交换时间的范围。首次给出了海湾水交换完成的定义,并且首次提出了海湾充满和放空的原理,然后利用保守性物质或者非保守性物质作为湾内水的示踪剂,采用生物地球化学模型,计算得到海湾水交换时间的范围。作者的海湾水交换研究不需要以潮流动力学为背景,也不受到潮流模型的参数和变量影响。

(13)根据作者的海湾水交换时间的计算方法,来计算胶州湾的海湾水交换时间。首先利用非保守性物质硅: 氮比值作为湾内水的示踪剂,根据海湾的水交换完成的定义及海湾的充满和放空原理,应用作者提出的生物地球化学模型,计算得到胶州湾水交换时间的集合 $X = \{x \mid 10 < x < 15\}$, 单位: 天, 其平均值为 12.5 天。通过其他输运数值模型、箱式模型、数值模型等许多计算方法,得到的计算结果证实和支持了作者的计算结果。

(14)提出了地球生态系统的三大补充机制: 地球系统的营养盐硅补充机制、地球系统的水温补充机制和地球系统的碳补充机制。研究结果表明,启动硅补充机制,保持海洋中浮游植物生长的动态平衡和海洋生态系统的可持续发展;启动碳补充机制,从大气到海底,完成碳的迁移;启动气温和水温的补充机制,由人类排放二氧化碳引起气温和水温的上升恢复到正常的动态平衡。

(15)研究发现地球生态系统为了保持海洋生态系统的持续发展和降低大气的二氧化碳浓度,启动了硅补充机制,对海洋进行了营养盐硅补充,造成了沙漠化进一步扩大。沙漠化为海洋生态提供可持续发展,同时,沙漠化又威胁人类生存。那么,在海洋生态与人类生存之间,人类对沙漠化的进程既要维持海洋生态系统又要维持人类生存的状况,使得沙漠化在海洋生态与人类生存之间发挥更好的平衡和作用。

(16)研究揭示了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,硅都限制浮游植物的生长,在北太平洋远离近岸的水域,浮游植物生长一直都受到硅的限制。通过探讨北太平洋风场变化的基本特点和规律与中国的沙尘暴发生、频率和强度,首次提出了北太平洋水域硅的提供系统。研究结果表明,在北太平洋水域,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,一直保持向大海的水体输入大量的硅。而且,沙尘暴与北太平洋硅的缺乏在时间上紧密配合,其强度大小与硅缺乏的严重程度相一致。

(17)研究发现,在全球气候的变化趋势有两大显著特点:气温趋向于升高、风暴趋向于增强。那么,在未来气候变化的趋势下,首先,未来生长的整个农作物在全球都趋向于耐高温和抗倒伏。其次,未来生长的农作物,具有内陆抗旱;在近岸和盆地流域,具有抗洪涝的特征。因此,需要提高生物技术来进行精选、培养、改良农作物物种,以适合未来的高温、强风和持续干旱的内陆气候以及洪涝灾害的近岸和盆地流域气候。同时,利用现代技术加强节水灌溉系统和排水系统的建设,以便减少未来的自然灾害对农作物的影响。

(18)根据营养盐硅的补充机制,作者提出未来地球气候变化的模式,包括模式种类、模式内容、模式特征、模式分布和模式功能。研究结果揭示了未来地球气候变化的模式:近岸地区和流域盆地的气候模式、内陆的气候模式和海洋的气候模式。由此,产生了3个不同的区域:近岸地区和流域盆地成为多雨区,内陆成为干旱区,海洋成为风暴潮区。这个未来地球气候变化的模式是在2006年发表的文章中营养盐硅的补充机制展示的,这在以后的年份中逐渐得到了证实,在2010年的天气变化中得到了充分的证明。

(19)研究发现,人类对北太平洋大气碳的变化趋势有着重要影响,同时,初级生产力对北太平洋大气碳的动态周期有着重要影响。建立了相应的北太平洋大气碳变化趋势的动态模型、北太平洋大气碳-胶州湾初级生产力周期变化的动态模型及其模拟曲线,展现了人类排放碳增加的速度和加速度以及浮游植物与大气碳的转化率,预测了大气碳增长变化和温度增长变化。研究结果表明,浮游植物生长的衰弱和旺盛决定着大气碳的起伏变化。研究认为大气碳的变化是周期振荡上升的曲线变化,这个变化是由趋势增加和周期振荡合成的。结合人类排放和浮游植物的吸收,大气碳的变化是由碳增加变化和周期变化复合合成的动态变化过程,而这两个变化相应的是由人类排放和浮游植物生长所决定的。

(20)研究发现,大气碳和初级生产力的季节变化具有相同的周期。在一年中,初级生产力与大气碳有两个平衡点:5月的平衡点和10月的平衡点,在这期间,大气碳一直在下降。研究认为在每年从5月到10月,浮游植物旺盛生长控制着大气碳的增加,在从11月到翌年4月,人类排放控制着大气碳的增加。进一步支持了作者(2010)的观点:大气碳的变化是由人类排放和浮游植物生长所决定的。研究结果表明,地球生态系统既保持每年大气碳下降量占有浮游植物对大气碳的吸收量的1.60%~0.34%,又维持人类向大气的碳排放量与浮游植物对大气碳的吸收量的动态平衡。

(21)首次提出地球生态系统,阐述了其定义、结构、目标、功能、内容和意义,说明了地球生态系统的特征,创立了地球生态系统的理论,揭示了地球生态系统的变化过程和运行机制。作者提出地球生态系统及理论体系,与前人的

“地球系统科学”概念、前人的“盖娅假说”都不同。研究认为环境各部分之间、环境与生物之间是有机的、紧密结合在一起的,使地球生态系统能够可持续发展,即使没有生物,地球生态系统同样控制和调节地球的变化,地球生态系统具有稳定状态。

(22)通过北太平洋海洋生态系统的剖析,在时间和空间的尺度上,展示了地球生态系统强有力地控制陆地的沙尘暴、大气的北太平洋季风和海洋硅来源的输送方式。为了一直保持向大海的水体输入大量的硅,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。研究发现,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。由于地球生态系统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硅的缺乏在时间上紧密配合,其强度大小与硅缺乏的严重程度相一致。

(23)根据地球生态系统的功能,剖析地球发生的现象。研究发现,地球大气碳的平衡展示了地球生态系统精准的维持着人类向大气的碳排放量与浮游植物对大气碳的吸收量的动态平衡;地球硅的输送展示了地球生态系统为保持整个北太平洋水域具有稳定的硅来源,在时间上、空间上和程度上,都具有高度的精准性;地球自转的平衡展示了地球生态系统只要有微小的变化,都会反应灵敏,可见地球生态系统具有很高的精准性。

(24)研究发现,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。研究结果表明,在硅、碳的生物地球化学过程中,地球生态系统通过硅来决定浮游植物的生长,通过浮游植物生长来决定大气碳的变化。作者提出了地球生态系统的控制链和动态平衡,研究认为,地球生态系统的动力是硅,地球生态系统的核心是温度的动态平衡,地球生态系统的目标是地球生态系统的可持续发展。

(25)研究发现,在启动三大补充机制的过程中,人类引起输入水体硅的减少和大气碳的增加,与地球生态系统导致输入水体硅的增加和大气碳的减少,充分展现了人类与自然界的相互撞击,这会强烈地产生一系列自然灾害发生,如干旱、沙漠化、沙尘暴、暴雨、洪水、泥石流、山体滑坡、风暴潮和赤潮。人类引起的水温和气温上升的灾难要比自然界中这些灾难深重得多。自然界的这些灾难是局部的、短期的,而人类引起水温和气温上升的灾难是全球的、长期的。

(26)研究发现,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。研究结果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。剖析目前地球发生的现象,解释厄尔尼诺与拉尼娜的现象成因,预测了人类影响地球的发展

趋势。

有关这方面的研究还在进行中,本书权为阶段性成果的总结,欠妥之处在所难免,恳请读者多多指正。希望读者站在作者的肩膀上,使祖国海洋生态学研究、世界海洋生态学研究以及地球生态学研究有飞跃发展,作者甚感欣慰。

在各位同仁和老师的鼓励和帮助下,此书出版。作者铭感在心,谨致衷心感谢。

杨东方

2013年1月7日