



中国海洋大学

“三下乡”课题成果

课题成果名称：青岛浒苔爆发原因及利用现状调查报告

项目名称：浒苔爆发的原因及利用现状调查

团队名称：中国海洋大学“水浒”调研团

领队姓名：穆榕

指导老师：刘岩

领队老师：吕朋

闫舒恒 田硕 胡舒楠

团队成员：张千夏 郑钧宇 周光毅

2017年 8 月 20 日

综述：

我团队此次调研出发点为本地海洋生态问题，对于浒苔爆发的原因，浒苔利用现状，以及对于沿海地区海洋生态环境的破坏，海洋景观、旅游和海水养殖业的影响等进行综合调研。在调研的基础上同时进行社会宣传科普，向民众树立正确的认知。通过前期准备、资料查阅、文献检索及前往中国科学院第一海洋研究所、海大生物集团等进行社会实践活动，统计分析，形成以下调研成果：

- 1、青岛本地绿潮的爆发原因
- 2、青岛本地绿潮爆发与水产养殖的关系
- 3、数学建模模拟生物学、生态学绿潮环境驱动机制——N-P-K-D-Z模型
- 4、青岛地区浒苔利用现状——海大生物集团打捞开发及利用
- 5、全球藻类爆发现状初步调研，形成治理建议及方案
- 6、群众对浒苔爆发现状的认知情况统计
- 7、绿潮治理与监测方法
- 8、国外治理模式浅析

关键词：青岛、浒苔、爆发现状、监测与利用

目录：

一、实地访谈调研报告

- （一）海大生物集团实地调研成果——浒苔开发利用现状
- （二）中国科学院第一海洋研究所实地调研成果——浒苔爆发及国家监控治理现状
- （三）中国海洋大学巨藻实验室调研学习成果
- （四）青岛地区2017年藻类爆发实时现状
- （五）绿藻爆发与水产养殖的关系

二、调查问卷数据分析

- （一）网络及实地调查问卷数据统计及分析

三、创新调研与实践——数学建模与社会实践结合

- （一）浒苔生态动力学分析
- （二）夏令营科普工作

五、实践工作未来规划

- （一）了解整理世界范围内浒苔爆发现状，民众参与治理方案，总结反思。
- （二）收集整合全球由水环境因素引起的藻类爆发及利用信息，制作信息热点分布图

一、实地考察调研报告

（一）海大生物集团实地调研成果——浒苔的开发及利用现状

对于浒苔治理利用，青岛已经从谈“浒”色变到实现变废为宝，青岛在浒苔无害化处理及资源化利用方面已跻身国际前列，浒苔也成为利用价值极高的独特海洋资源。

7月26日，我团队前往青岛海大生物集团有限公司总部进行学习考察，青岛海大生物集团有限公司（原中国海洋大学生物工程开发有限公司）进行调研。我们了解到，海大生物集团公司成立于2000年8月18日，公司的主营业务是海洋生物资源的开发、利用及相应产品的研发、生产和销售。重要的是，青岛海大生物集团已经完成了“新型海藻肥料研发与生产销售、海洋生物制品开发与生产、海洋环境服务”的产业布局，建立着围绕海洋生物资源规模化利用的产业链条，成立了以绿藻规模化资源开发为主营业务的企业集团。

公司先后于青岛胶州湾工业园和威海金海湾工业园建设了两处生产基地，总共占地28万平方米，其中胶州“浒苔无害化处理与资源化利用基地”是目前国内唯一的绿藻大规模加工利用的专业化基地；青岛绿浒苔农业科技有限公司是主要进行浒苔的打捞回收，加工利用的公司，有海状元号等专用打捞船，是国家级绿藻研究及应用技术中心。

8月17日，我团队在公司领导的带领下，前往海大生物集团胶州的产业园区进行参观学习。我们了解到，青岛海大生物集团主要负责每年藻类打捞工作，每年打捞期从六月开始，长达一月左右，打捞量约每年70000吨。公司具有成熟完整的浒苔处理及利用体系。我们了解到，当日打捞的浒苔必须当日处理，由于每日打捞量巨大、无法囤积、且囤积后容易引起变质，影响后续利用。因此每天基地会迅速处理大量打捞浒苔，制成不同级别浒苔粉，进一步提取利用。

海大生物集团胶州基地位于胶州市云溪路15号，该基地是国际上唯一的规模化绿藻浒苔多糖提取、纯化、制备以及绿藻多糖系列制剂的生产基地。主要用于饲料添加和提取浒苔单糖。另外，浒苔粉还可制备土壤调理剂，用于改良酸性土壤，优化土壤团粒结构，保障土壤健康安全，用于绿色农业的生产。

同时，海大生物集团技术中心通过采用现代化温和酶解工艺，对浒苔有效成分浒苔多糖进行提取，并通过特异性酶对浒苔多糖进行靶向降解和修饰，得到了多种分子量的功能性浒苔寡糖及相关修饰产物，浒苔多糖和寡糖初步进行了功能筛选和开发，实现了良好的保健和药用价值。

目前，浒苔多糖作为肥料增效剂已经大量出口至欧美等国家的大型肥料跨国集团，在国内也大量出售给中化化肥集团等上市公司，作为肥料增效剂。用于健康养殖

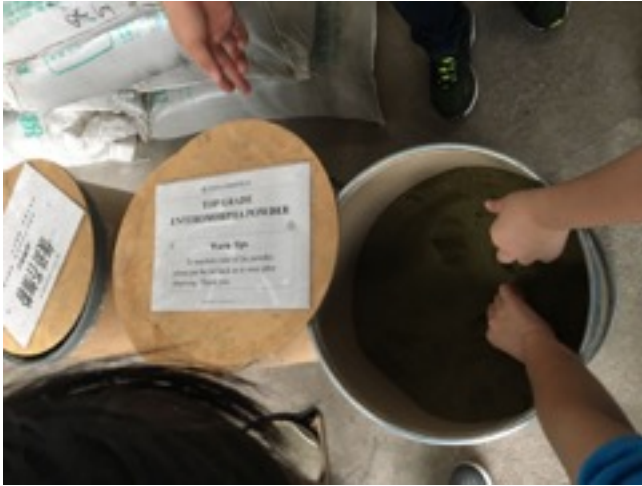
的饲料级浒苔多糖也批量出售至山东、广东、江西等企业作为饲料添加剂和动物免疫增强剂，为企业带来了良好的经济效益和社会效益。

根据公司人员介绍以及查阅公司相关资料，我们得知，早在2014年，海大生物自筹资金建造了排水量3700吨的浒苔海上移动处置平台“海状元1号”，该船舶具备自动收集和承接渔船、转运浒苔的能力，作为可移动的海上浒苔处置平台。此外，“海状元1号”可协同30艘渔船组成“1+X”打捞编队，另组织近百艘渔船作为应急保障船队，对划定的近海重点保障区域进行打捞和清理，使以上区域的漂浮浒苔基本做到了少登陆和不登陆，在近三年的浒苔处置工作中取得了很好的效果。2015年，根据浒苔爆发量逐年加大的态势，海大生物自筹资金建设了排水量5000吨的第二条浒苔海上移动处置平台“海状元2号”，该船安装了液压船吊、履带式自动收集装置等先进的浒苔处置设备，具备海上工程化快速收集、破碎离心脱水、生物保鲜及储运等功能。“海状元2号”于2016年5月10日下水试航，6月24日返回青岛加入打捞编队，随着第二艘浒苔海上移动处置平台的加入，青岛市海上浒苔的打捞处置能力大大加强，“1+X”浒苔海上打捞处置模式得到了进一步深化。“海状元1号”和“海状元2号”的浒苔海上处置作业方式的应用，避免了浒苔上岸带来的一系列环境问题，减轻了沙滩破坏，缓解了市区交通压力，避免了因浒苔含沙量大无法利用的问题。

针对陆域浒苔，工作人员在岸边采用人工和机械清理，并进行脱水压榨处理，尽可能降低上岸浒苔对环境造成的危害，并将清理的浒苔运送到指定地点，进行无害化处理。

在青岛市政府支持下，海大生物集团在胶州经济技术开发区建设了浒苔无害化处理和资源化利用基地，该基地目前拥有浒苔挤压脱水打包机、剪切破碎机、高风量滚筒干燥机等成套浒苔处理设备，到厂浒苔可全部进行无害化处理及资源化利用，主要产品是浒苔生物肥料及相关浒苔生物制品，目前产能已初具规模。





（二）中国科学院第一海洋研究所实地调研成果——浒苔爆发及国家监控治理现状

国家海洋局第一海洋研究所目前我国在黄海浒苔绿潮形成原因、监测预警与减灾防灾方面已经取得了一定的进展，但仍然存在诸多未知或不足之处。如：黄海绿潮的起源尚存异议，关于绿潮成因还缺少系统的科学认识，绿潮分布及其动态监测精确度过低，绿潮打捞处理方式和能力亟待提高，等等，这些都制约着浒苔绿潮的有效应对。为此，国家海洋局第一研究所提出项目，拟精细刻画浒苔绿潮发生发展过程，阐明其形成的环境驱动机制与生物学和生态学机理，发展浒苔绿潮立体监测技术，建立长效预警预报技术，提升监测和预报业务化水平，研发高效、多功能海上浒苔绿潮应急打捞技术和设备，开发浒苔高效资源化利用技术，建立浒苔资源化利用规模化产业基地，研究浒苔绿潮早期综合防控技术，形成跨区域综合防控的系统性技术方案、政策措施以及联防联控机制等对策建议，为实现浒苔绿潮综合治理和减灾防灾的最终目标提供支撑。

近年来，在国家海洋局的指导下，国家海洋局北海分局会同山东省海洋与渔业厅、青岛市海洋与渔业局，开展了绿潮监视监测和预测预报工作，落实黄海跨区域浒苔绿潮联防联控工作部署，及时通报绿潮灾害信息，为地方政府开展灾害处置工作提供了科学依据，降低了绿潮灾害造成的损失。

第一步：卫星遥感监测浒苔

国家海洋局北海预报中心通过卫星遥感等手段，在黄海和东海发现有马尾藻和浒苔分布。北海预报中心6月28日监测数据显示，绿潮分布面积约2万平方公里，覆盖面积约187平方公里。预计6月28日~7月1日绿潮主体向北偏西方向漂移约15公里，将有零星绿潮影响日照、青岛、海阳、乳山、文登和荣城近岸海域。卫星遥感是如何监测到浒苔的？绿潮漂移预测路线图又是怎么做出来的？遥感室利用自主研发的“卫星遥感绿潮监测系统”自动处理卫星遥感数据，再通过人机交互方式，实现监测信息准自动化提取及产品输出，制作出绿潮综合分布图。

与此同时，数值模拟室在汇总信息后，结合绿潮所在海域和可能影响海域的海面风、海流和海浪等综合数据，采用自主研发的绿潮斑块漂移模型，在超级计算机的支持下，精细化预测模拟绿潮漂移方向、位置和影响岸段，可获得绿潮斑块未来72小时的逐时漂移信息，绘制绿潮漂移预测图，并通报预测预警信息。

第二步：外海监测浒苔

北海分局自5月22日启动浒苔应急预警响应，派出海警船在外海重点监测绿潮边缘线和密集分布区。6月14日启动三级应急响应后，北海分局安排海警船负责外海绿潮监视监测，海警艇负责青岛近岸海域绿潮监视监测，重点监测浒苔生长状况、水质状况、周边生态敏感区分布情况等。监测人员随船监视监测近海浒苔生长状况和环境

影响，掌握了浒苔生物生长、分布状况，准确预测浒苔发生、发展趋势和已暴发浒苔的消长趋势。监测人员报送《绿潮船舶监测快报》7期，共设置288个临时站位，获取浒苔分布数据293组，水文水质数据64组，采集浒苔生物样品60个。这些数据均上传到全国海洋突发事件应急管理系统绿潮功能模块，相关用户可在手机上随时查看浒苔情况。

第三步：开展浒苔生长消亡因子研究

针对采集的浒苔样品，国家海洋局北海环境监测中心开展了浒苔及马尾藻实验室内培养及实验工作。自启动浒苔应急响应以来，海洋局利用仪器设备，开展了大量浒苔生长消亡关键因子的研究，可以立体直观地观察到浒苔及马尾藻水下悬浮及沉降状态，这对于评估浒苔及马尾藻的生物量具有重要意义，同时也能为浒苔监视监测提供理论支撑。

第四步：“2+x”打捞清理浒苔

为了准确研判浒苔发展态势，为科学处置浒苔提供准确信息，有关部门开展了全方位监测，通过空中卫星遥感、飞机巡航、船舶巡航、陆上沿岸巡查、实时视频监控等手段，准确掌握浒苔分布和发展态势。同时，青岛依托“海状元1号”与“海状元2号”两处海上浒苔综合处置平台，组建了应急打捞船队和应急打捞预备队，构建海上“2+X”打捞模式。

今年为了提升海上浒苔拦截能力，国家海洋局进一步修订完善了浒苔拦截网设置方案，采取了拦截网抬高加密，新增拦截网2万多米，全面实施‘海湾拦截’。





（三）中国海洋大学巨藻实验室调研学习成果

我团队拜访我校巨藻实验室、查阅资料了解浒苔的研究现状，对于浒苔的本身的生物特质，生活史，浒苔的组成成份等进行学习考察。同时考察了解其与水产养殖的关系，包括对近海养殖的影响。

通过跟老师交流，我们了解到，在绿潮发生过程中不会对海洋生态环境、人体健康和食品安全产生危害,其在近海大量增殖的过程中可有效吸收水体的富营养化物质,对水质清洁具有重要的作用。但其在近海大量聚集堆积死亡后,在细菌分解作用下,因体内大量的蛋白质以及糖类化合物的溶出，降解,将对近岸海域的水质环境产生一定的影响。当前,对聚集的绿藻主要通过人工和机械采收的方式进行清理。

浒苔 (*Enteromorpha prolifera*) 是绿藻门绿藻纲石莼目浒苔属数种藻类的统称。它们广泛分布在温带海域的浅海潮间带上, 内陆水域也有存在。浒苔所属的绿藻大家族是所有藻类生物中最接近植物的门类, 已知超过8000种, 其中既有单细胞的微小个体, 也有浒苔、水绵一类的复杂生物。细数绿藻的家族成员, 有故事的种类比比皆是。衣藻, 是单细胞的绿藻, 喜欢在污水池中生活, 大量增殖时能引起类似太湖蓝藻那样的水华; 小球藻, 同样是单细胞藻类, 曾经在1960年代的饥谨时期被作为代食品大量培养; 红球藻, 因为含有大量色素被广泛应用于生物研究和工业生产; 龟背基植藻, 喜欢生长在淡水龟壳上的绿藻, 也是绿毛龟的秘密所在; 水绵, 常见的淡水丝状绿藻, 中学生物课中必备的实验材料。

浒苔所属的石莼目也有很多绿藻明星, 比如石莼、礁膜, 两位都是著名的海鲜, 还广泛用于提炼糊精等工业原料。虽然不及石莼和礁膜那样有名气, 在我国东南沿海和日本, 人们有食用浒苔的悠久历史, 根据宁波大学的徐大伦教授等人的研究, 浒苔是一种高蛋白、低脂肪、富含不饱和脂肪酸和铁质的优质食品, 特别是它含有大量的谷氨酸和天冬氨酸, 这让它吃起来鲜美异常。不过, 虽然都是可以吃的“苔”, 浒苔跟海苔不同, 海苔是红藻门条斑紫菜的干制品。现代医学研究还发现浒苔有抑制癌症的功效, 日本大阪熏英女子短期大学的冈井 (东) 纪代香 (HIGASHI-OKAI Kiyoka) 和冈井康二 (OKAI Yasuji) 在1999年发表的一篇文章中指出, 给小鼠使用浒苔提取物可以显著抑制其皮肤癌的生长。浒苔在生长过程中, 一些细胞会变大变圆, 表面也逐渐变得不规则, 只需几天, 这些细胞便成为了配子囊, 配子囊成熟后释放出配子。所谓配子, 是只有普通细胞一半染色体的繁殖细胞, 与人类的配子 (卵子和精子) 一样, 浒苔的配子也有雄雌之分, 雌配子稍稍大一些。这些配子顶端都长着两根鞭毛, 可以自由游动, 并且它们都有趋光性, 会向水面聚集。雌雄配子会在阳光下合二为一, 变成一个球形细胞, 成为合子, 合子不喜欢光亮, 于是沉入水底, 在礁石上固定下来, 不消10天, 就可以长成一丛新的浒苔幼苗。这样的幼苗在成熟后又会长出孢子囊, 释放出孢子, 孢子也是一种生殖细胞, 确具有和其他细胞相同数目的染色体, 用时髦的学术语言, 这些孢子是它们母体的克隆。这些孢子看起来与配子很像, 却有4根鞭毛, 它们同样不喜欢光, 一头扎进海底, 在礁石上附着生长成新的浒苔。而有时候, 雌雄配子并没有遇到自己的另一半, 它们会在数小时后脱去鞭毛, 沉入水底, 同样可以分裂生长。有时候, 有些没有释放出来的配子甚至会在母体上生长成新的浒苔。更强大的是, 浒苔还有分身术, 藻体断裂, 可以形成新的藻体, 甚至任何一个从藻体上脱落的细胞, 在合适的情况下都可以发育成新的藻体。这种灵活高效的繁殖策略, 让浒苔在合适的条件下能以几何级数迅速生长。适宜浒苔生长的条件作为靠着光合作用合成有机物的浒苔, 阳光自然也是必须的。阳光还带来温度, 浒苔虽然耐低温, 但是在冬天并不能很好的生长。另一方面, 浒苔并不耐热, 所以在热带海域很难见到它们的分布, 在北温带, 春夏两季是浒苔繁茂的时节。

有了阳光, 还需要养料。虽然作为绿色藻类的它们靠阳光和二氧化碳就可以合成有机物, 但是必须的氮磷钾和微量元素仍然需要海水来提供。氮和磷本是海水中比较稀缺的元素, 但是人类的活动很大程度上改变了这一点。农业的发展刺激了化肥工业

的腾飞，人类靠工业设施把空气中的氮气转变成为植物可以利用的氮肥。诸如尿素一类的氮肥的施用，反过来极大的促进了农业生产，让迅速膨胀的人口免于饥饿。然而，人们施肥的方式却十分低效，大量氮肥溶进雨水，随着地表水流入海洋。大规模的城市化也让很多沿海地区成了人口密集的垃圾制造场，仅人类排入大海的粪便和尿液所携带的氮也是一个惊人的数字。另一种养料磷，则主要来自于化工和生活污水，曾经作为清洁剂中的主要成分，磷在生活污水中含量很高。

（四）藻类爆发实时监测与现状——2017金星卫星遥感系统

通过在海洋所与宋洪军教授交流中调研我们了解到，经过近半年的持续跟踪，国家海洋环境监测中心科研人员圆满完成黄海、东海金潮卫星遥感监测任务，共计发布金潮卫星遥感监测通报58期。这是我国首次针对马尾藻这一大型褐藻开展业务监测工作。

金潮是由漂浮状态的马尾藻爆发性增殖而出现生物量大规模聚集的海洋生态现象。金潮爆发会引发一系列生态环境问题，对沿海城市旅游、近海渔业等生产生活造成不利影响。2016年12月底，江苏海域突发金潮灾害，漂浮马尾藻的堆积导致南通、盐城海域的紫菜筏架大面积垮塌。受江苏省海涂研究中心的委托，监测中心启动南黄海金潮卫星遥感跟踪监测及溯源，每日开展卫星数据检索、数据处理等工作，一旦监测到马尾藻则立即提取灾情信息，编制并发布金潮卫星遥感监测通报。本次工作一直持续到江苏海域金潮消亡（2月末），期间共发布南黄海马尾藻卫星遥感监测通报34期，累计监测到的马尾藻分布面积超过3万平方公里，单次最大分布面积达7700平方公里。

在跟踪南黄海金潮过程中，监测人员于2月9日在东海海域也发现了大面积马尾藻。东海金潮最大分布范围南起台湾海峡北口，北至江苏南通海域，最远可达韩国济州岛海域。截至6月初，共计发布东海海域金潮卫星遥感监测通报24期，累计监测到的金潮分布面积近20万平方公里，单次最大分布面积逾6万平方公里。此外，根据历史遥感监测结果发现，2015年以来的漂浮马尾藻发现频次和分布面积均呈大幅上升态势，这预示着继绿潮之后，金潮将成为另一个可能对我国沿海地区造成巨大影响的生态灾害。

此次卫星遥感监测工作初步揭示了漂浮马尾藻时空分布规律，为今后应对马尾藻灾情提供了决策依据。监测中心也将继续开展金潮水体光谱特征及爆发机制等相关研究工作，以期为管理部门提供更加精细化监测预报结果。

（五）绿藻爆发与水产养殖的关系

此次社会调查，我们调研得知大量漂浮浒苔主要来自苏北浅滩海域，这与其独特的环境特征和当地大量养殖筏架有关

从2007年起，每年夏天青岛都会受到浒苔侵袭。今年浒苔再次“不请自来”，不过这次数量少了很多，根据监测，目前进入青岛海域的浒苔量比往年同期少了一半以上。通过调研得知，国家海洋局、中科院海洋所确定浒苔来自苏北浅滩养殖区，今年浒苔数量减少的原因与苏北浅滩紫菜养殖生产方式的改变有关。海洋所早在今年5月就发现了浒苔绿潮，6月26日—6月29日绿潮主体向北偏西方向漂移约6公里，外缘线最北端将有零星绿潮，影响了日照、青岛、烟台海阳、威海乳山、文登和荣城近岸海域。今年最早在4月8日，他们在长江口以南附近海域发现大型藻类漂浮，但后经核实主要为马尾藻，首次发现浒苔是在5月14日的苏北浅滩海域，6月19日浒苔分布面积和覆盖面积达到最大。

关于青岛海域的浒苔来源一直颇受争议，相关专家早在2009年就得出结论，每年都在青岛海域暴发的浒苔潮不是青岛的“产物”，虽然有研究指向黄海南部的苏北浅滩养殖区，但一直未得到相关海域的承认。

通过调研我们得知，海洋局及海洋所连续11年出现的黄海浒苔绿潮的成因、预测预警和今年发展态势等方面形成了系统的科学认识，一致得出结论：确认大量漂浮浒苔主要来自苏北浅滩海域，这与其独特的环境特征和当地大量养殖筏架有关。

海洋局的宋洪军教授向我们介绍：青岛海域每年暴发的浒苔绿潮都来自苏北浅滩，自2016年3月以来，相关科研项目组在南黄海和苏北浅滩海域先后组织了14个调查航次，由山东和江苏两地科学家共同采集样品，共同开展海上多船同步联合调查，应用遥感卫星、无人机与现场调查实时同步的观测方案，配合现场取样、现场实验和分子生物学等手段开展综合研究，各项研究结果均表明，青岛的浒苔来源是苏北浅滩的养殖区，这一区域的紫菜养殖筏架是浒苔的发源地。最简单和最成熟的检测方法就是从漂流路径追寻源头，我们通过漂浮物标记，漂浮物每小时都能反馈位置信号，这一路下来也证明青岛海域的浒苔发源地是苏北浅滩的紫菜养殖筏架，一目了然的

他们研究发现，苏北浅滩紫菜养殖筏架上会有很多种浒苔，但只有一种会从筏架上脱离下来并通过洋流等作用来到青岛。而今年浒苔来青与往年相比还是有一些差别的，根据调查得知，今年比较特殊的地方就是发现浒苔的地方发现了大量的马尾藻，一开始马尾藻的数量是浒苔的好几倍，但是随着洋流作用浒苔和马尾藻一同由南往北漂移，浒苔越来越多，马尾藻越来越少，最后到达青岛海域几乎全是浒苔了。

国家海洋局自从2009年就开始调查研究浒苔来源，根据往年的数据浒苔每天漂移10公里左右，生物量10天就能翻10倍，20天就能达到100倍，虽然生长速度非常快，

根据教授讲解，我们了解到今年浒苔的数量比往年同期明显要少，但不是历年来最少的，根据分析认为有两方面的原因，一个是源头上浒苔数量少了，马尾藻占了一大部分，浒苔可能受马尾藻的影响，两者生长相互影响；再一个原因就是浒苔的生长环境发生了变化，今年青岛海域的水温比往年偏低，盐度、营养物质等。影响也是浒苔数量减少的原因之一。

今年，江苏紫菜生产区调整了养殖筏架的回收时段，减少筏架上附着浒苔的入海量，对于苏北浅滩漂浮绿藻量的显著降低有明显作用。同时当地水质环境的改变，比如水质中营养盐数量减少，也使得浒苔数量远远低于往年。

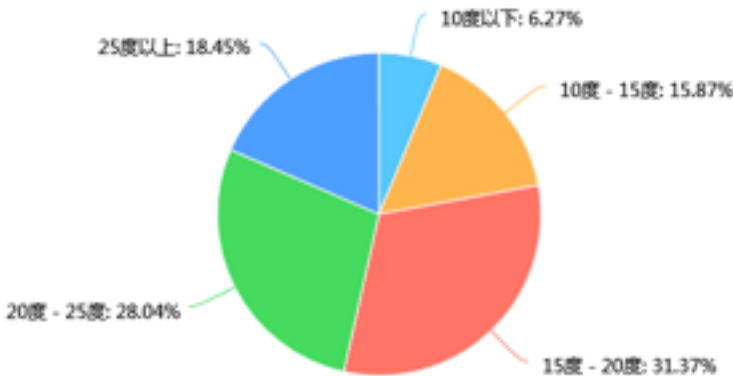
对于苏北浅滩的紫菜养殖方式的研究，发现浒苔也会影响紫菜的品质，养殖户也发现了这些问题，积极改变了生产方式。以前收获紫菜时一般只采割紫菜而留下养殖筏架，现在是紫菜和筏架一起整体收割，这样从源头上大大减少了浒苔数量。专家认为，随着技术投入，浒苔的预报有望提前，如果从源头上加以控制，浒苔绿潮将实现可控。

二、调查问卷数据分析

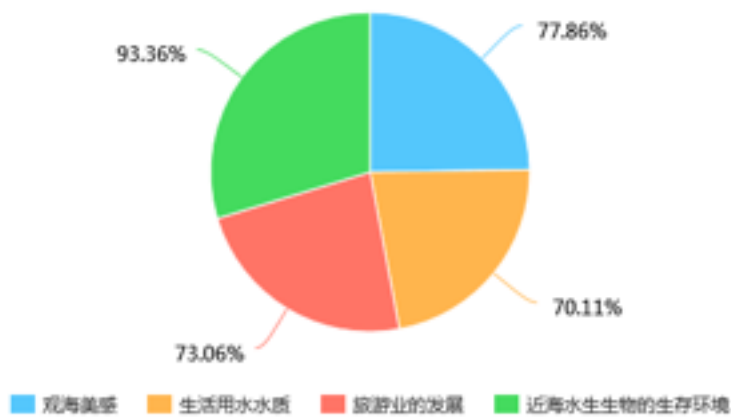
（一）网络及实地调查问卷数据统计及分析

调查浒苔爆发对青岛旅游业，生态景观的影响现状。初期查阅资料文献。在青岛沿海旅游景区实施社会问卷及采访调查，同时设计网络调查问卷。同时制作并发放浒苔宣传读本。通过网络问卷及线下纸质问卷的发放，我们发现群众对于浒苔的具体生长条件了解程度一般，绝大多数民众为参与过浒苔的回收打捞工作。同时，百分之八十的民众认识到浒苔爆发的主要因素是由于水环境污染和沿海水产养殖废水排放导致的。对于社会和环境的影响中，群众认为对近海水生生物的生存环境是影响最大的，对于观海美感、生活用水水质、旅游业的发展都有一些影响。而大多数的群众认为浒苔爆发有害，可见认知程度尚不全面。对于浒苔利用，通过调研我们得知，群众对于其利用是比较期待的。我们此次共回收658份问卷。

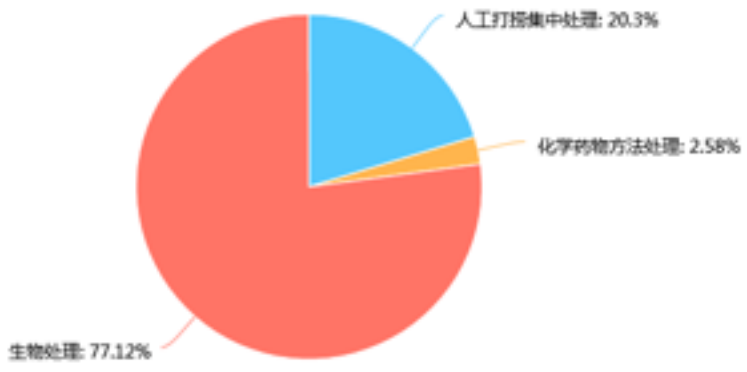
1、浒苔最适生长条件：



2、浒苔爆发对社会及环境影响



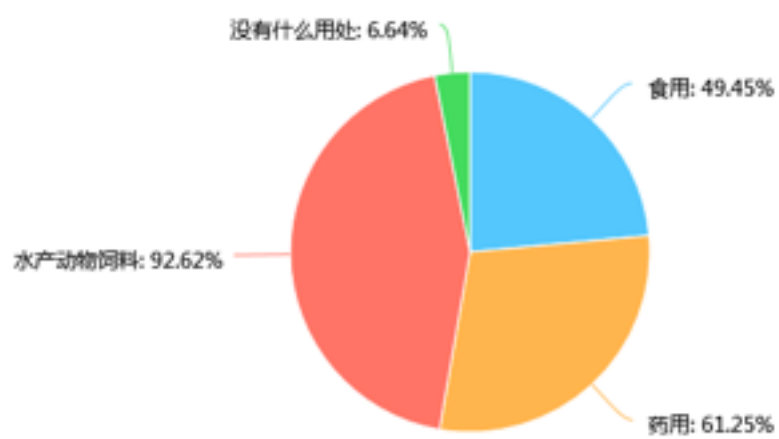
3、浒苔处理方式的选择



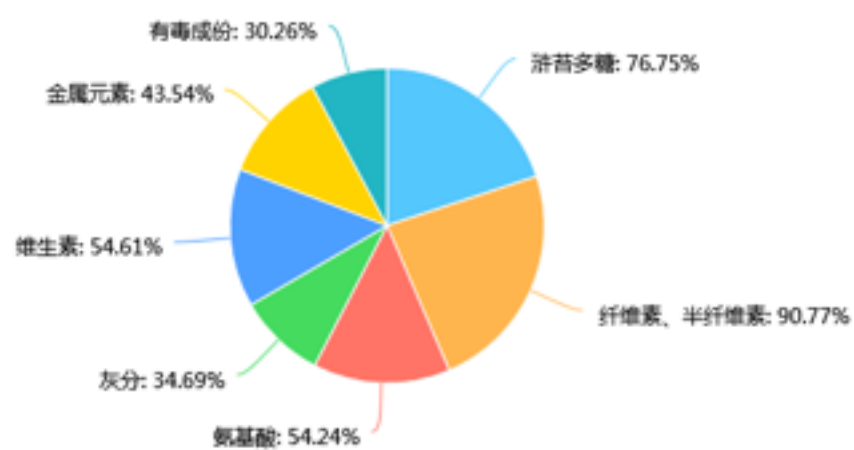
4、浒苔打捞收集工作参与与否



5、群众认为浒苔的利用形式



6、浒苔成分认知



三、创新调研与实践——数学建模与社会实践结合

（一）浒苔生态动力学分析

浒苔生态动力学分析

生态动力学模型是预测海洋生态系统演变，评估海洋生态系统健康的重要的工具。浒苔的生态动力学模型机理复杂，涉及因素众多，需要考虑当地的与浒苔生长的有关理化因子，并耦合三维物理模型，对浒苔生长的状态做全面的模拟。模拟的优化需要大量的观测数据支持，由于时间和观测条件的限制，我们无法建立切实有效的动力学模型。由于大型藻类的生长动力学具有相似性，故以应用在海带养殖上的N-P-K-Z-D模型为例，间接分析浒苔生长动力学情况。

1. N-P-K-Z-D模型

零维N-P-K-Z-D模型已被应用在渤海海带生长对生态系统的影响分析上 [1][1]，是通过考虑浮游植物(P)、浮游动物(Z)、海带(K)、无机氮(DIN)、无机磷(DIP)、有机碎屑(D)、海水表层光强(I)、以及温度(T)这些因素，并结合海带初始密度、有无陆源输入两个条件，所得到的海带的生长动力学模型。

原作者将海带的初始密度设为高、中、低三中类型，分别在有、无陆源营养盐补充的情形下进行模型的数值模拟，（预测时间为200天）模拟结果如下：

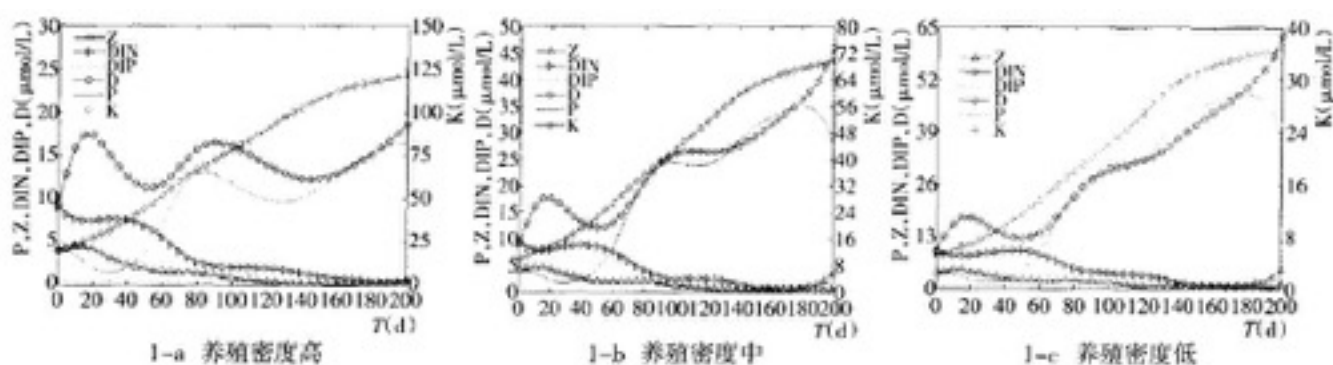


图1有陆源营养盐补充时的N-P-Z-K-D系统演变[1]

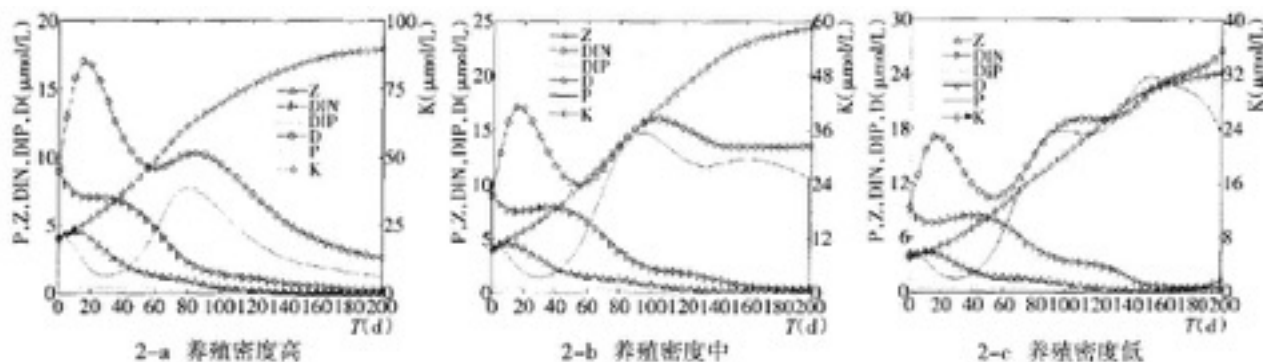


图2有陆源营养盐补充时的N-P-Z-K-D系统演变[1]

通过数值模拟可以看出，无论是否有陆源营养盐补充，200天内的海带密度峰值随着海带初始密度的增加而增大，而且增加速率随时间的增加（营养盐物质的逐渐消耗）而减小。有陆源营养盐补充的海带密度峰值要高于无陆源补充的海带密度峰值。浮游植物与海带的生长处于竞争关系，当海带的初始密度较高或海带密度达到峰值时，浮游植物的密度将有所下降。

2. 灵敏度分析

灵敏度分析反映的是所关心的物理量对与之相关的参数的灵敏程度，数学表述为： $SA_{ij} = \Delta F_i / F_i \Delta x_j / x_j$

其含为状态变量(F_i)对 j 个参数(x_j)的灵敏度(SA_{ij})。对上述N-P-Z-K-D模型计算灵敏度矩阵，并所得到的结果如下：

参数	浮游植物	浮游动物	海带	DIN	碎屑	DIP	平均值
U_n	0.937 4	1.365 7	-0.459 8	-0.648 1	1.181 3	-1.006 8	0.228 3
k_N	-0.362 0	-0.270 6	0.095 8	0.415 9	-0.269 9	0.299 6	-0.015 2
k_P	-0.408 4	-0.845 3	0.221 6	0.124 0	-0.587 2	0.429 9	-0.177 6
Kk_N	0.256 2	0.195 1	-0.115 5	0.103 1	0.173 6	-0.135 4	0.079 5
Kk_P	0.760 0	0.748 2	-0.528 3	0.297 7	0.593 8	-0.387 7	0.247 3
G_n	-0.553 7	1.180 9	0.159 4	0.161 4	-0.354 2	0.236 5	0.138 4
λ	-0.333 0	0.377 9	0.100 7	0.032 3	-0.255 7	0.092 2	0.002 4
γ	-0.772 6	0.908 9	0.163 4	0.119 7	-0.498 5	0.289 7	0.035 1
θ	-0.008 2	0.006 2	0.010 0	0.003 2	-0.039 8	0.015 9	-0.002 1
I_0	-0.870 8	-1.482 1	0.378 8	0.466 2	-1.034 9	0.807 1	-0.289 3
Q_{g10}	-1.274 1	-1.559 6	0.329 8	0.513 1	-0.950 8	0.881 5	-0.343 4
Q_{h10}	0.503 5	-0.297 4	-0.099 2	-0.148 8	0.260 6	-0.277 8	-0.009 8
M_P	-0.986 8	-1.145 2	0.223 2	0.518 6	-0.366 3	0.586 4	-0.195 0
M_Z	1.438 6	-1.179 2	-0.302 3	-0.205 0	0.905 0	-0.565 6	0.015 2
M_K	0.062 4	0.056 5	-0.042 1	0.023 6	0.068 1	-0.004 4	0.027 3
e	0.224 2	0.501 7	0.090 0	0.061 4	-0.610 1	0.162 1	0.071 6
β	-0.017 2	-0.014 1	0.009 7	-0.006 4	-0.012 7	0.009 1	-0.005 3
T_{opt}	0.129 7	0.105 2	-0.068 8	0.046 6	0.095 2	-0.069 6	0.039 7
T_{inh}	-0.067 9	-0.056 1	0.038 9	-0.025 6	-0.050 2	0.035 8	-0.020 9
U_i	-1.525 1	-1.320 2	1.016 5	-0.628 5	-1.156 0	0.780 0	-0.472 2
α_1	-0.671 3	-0.501 9	-0.108 2	-0.363 3	-0.511 1	0.966 9	-0.198 2
α_2	-0.093 2	-0.249 4	-0.008 5	0.121 1	-0.107 3	-0.586 6	-0.154 0
β_1	-0.098 7	-0.076 5	-0.020 1	-0.065 3	-0.087 1	0.155 5	-0.032 0
β_2	0.053 1	0.163 9	-0.034 8	0.088 5	0.021 3	-0.248 8	0.007 2

表1 模型状态变量对参数的灵敏度平均值[1]

根据灵敏度表可以看出，海带最大增长率(U_k)、温度对于生长的相关系数(Q_{g10})、最优光强(I_0)为最主要的影响海带密度的参数。可以得出海带自身的生长属性、温度、光照对海带的生长影响最大。由于浒苔的生存环境和海带的生存环境类似、营养利用相似，而且已有学者应用类似模型分析了葡萄牙蒙德古河河口的浒苔生长 [2]，因此可以间接得到，浒苔自身的生长属性、温度、光照对浒苔生长的影响较大，因此在夏季，浒苔会集中地爆发，并随着时间的推移，其密度自我消减，结论与实际相符。

3. 讨论

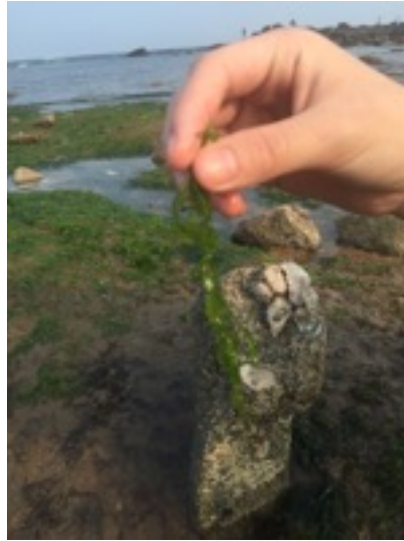
N-P-K-Z-D模型可以有效的模拟出固定区域下，大型藻类（海带、浒苔等）随时间的生长变化关系，并考虑了多种生态因素，得出小型生态系统的生态演化过程，并可通过灵敏度分析，来获得参数优化的依据。

该模型为零维模型，即忽略浒苔生长的空间分布情况，而仅仅是浒苔随时间的生长，故并不能全面的模拟出浒苔的生长情况。根据有关研究 [3]，青岛浒苔并非本区域产生，而是从其他海域随洋流迁移至胶州湾，在迁移过程中不断生长，最后爆发的过程。因此，进一步的模型应着眼于三维物理-生物耦合 [4]，即在考虑气候、洋流等地球物理因素与光照、浮游植物等生态因素的情况下，对浒苔的生长进行更加深入而全面的模拟。

（二）夏令营科普工作

我们与我校相关组织夏令营的部门联络，在暑期实践期间，我们为小学生和中学生进行了围绕浒苔的系列科普活动。赶海、讲座、制作浒苔标本、研磨浒苔粉等。我们希望向更多的人科普有关浒苔的相关知识，浒苔爆发是我们身边的海洋环境社会问题，我们有责任向公众科普，以正认知。





五、实践工作未来规划

- (一) 了解整理世界范围内浒苔爆发现状，民众参与治理方案，总结反思。
- (二) 收集整合全球由水环境因素引起的藻类爆发及利用信息，制作信息热点分布图

据相关我们查阅资料，我们发现，近年来，日本在各地NPO（英文“non-profit organization”的缩写，直译为“非营利组织”，就是不以营利为目的的组织结构）的组织下，开展了各项浒苔治理工程，不仅成功动员了当地相关社会组织等社会多方力量共同参与、协作，而且还丰富了当地的社区生活。日本东京湾浒苔治理工程中，在两个NPO团体的组织策划之下，三番濑地区从2000年夏季起每年组织当地市民开展多次大规模浒苔清理活动。具体流程包括参加者渔港集合、乘船至船桥海滨公园、进行浒苔打捞回收、回到渔港、对所回收浒苔进行清洗和晾干、由大地守护协会的冷藏柜暂时保存、进行回收再利用等环节。市民用来装填浒苔的网是渔业协会平时用于捕捞的渔网，便于控水且能反复使用；活动当日中午的盒饭是当地渔民义务烹饪的渔师饭，所用大米则是大地守护协会成员农家提供的自家大米。

日本浒苔治理过程中的当地居民高度参与令人印象深刻，相反，许多其他国家的国民却甚至未能形成浒苔治理的社会问题意识。从完全不同的治理效果中可以看出，居民参与的主体意识是问题的关键。换言之，不仅仅是让居民参与到浒苔治理的各环节中去，而且要在治理过程中充分培养居民的自主自治意识，让居民真正成为各项活动的主体，自由、主动、自发性地参与到海洋环境应急管理中。同时，政府应引导居民充分认识、了解浒苔的起因和危害。

纵观全球，深受“绿潮”困扰的绝非青岛一处。在美国，佛罗里达州，同属绿藻门的浒苔的近亲江篱和松藻每年都让当地政府头痛不已。在欧洲，绿潮泛滥已经有近30年的历史。丹麦的罗斯基尔德（Roskilde）、荷兰的威斯密尔（Veerse Meer）礁湖，甚至著名的威尼斯，都遭受过以浒苔和石莼为代表的绿藻的大规模袭击。而在欧洲最为浒苔看好的区域，则是法国风景如画的布列塔尼地区，这里每年春夏都会“绿潮汹涌”。比利时、法国和美国的几位科学家2007年在《环境研究、工程与管理》

（Environmental Research, Engineering and Management）杂志发表了一篇综述，文中指出2004年，布列塔尼地区所有72个市全部发生绿潮，总计清理了69225立方米的绿藻，花费61万欧元。

虽然浒苔并没有毒，然而堆积在海滨和沙滩上的大量正在腐烂海藻对环境仍然是一个的威胁，尤其对旅游业影响更为巨大。即便把海滩的海藻清理干净，如此大量的绿色垃圾如何处理同样棘手。

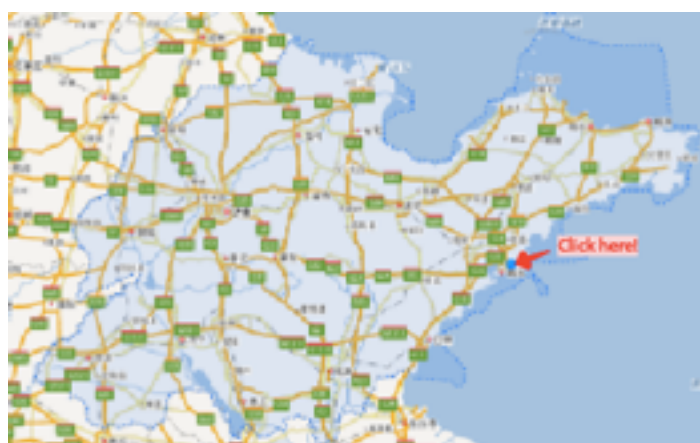
如何清理青岛的浒苔，可以参考法国人的经验

首先是打捞和收集，除了推土机等建筑机械，布列塔尼当局还动用了大量的农业机械：筛机、粉碎机、耙机来清理海滩，不仅要清走藻类，还要尽可能留下沙子，一方面保持海滩的原貌，另一方面方便下一步的垃圾处理。

收集起来的海藻一方面可以晒干供当地的牧场作为牲畜饲料，另一方面可以用作燃料，这也是布列塔尼人的传统做法。10年前，用干燥的海草生产一千卡热量大约需要花费10-18欧分，这是当时使用天然气或者石油价格的2倍多。考虑到如今油价早已是当年的数倍，烧海草会变得更加有吸引力，并且可以减少二氧化碳排放。

另一个用途是堆肥，浒苔每克干重大约含有20毫克氮和0.2毫克的磷，这是个相当高的含量，将这些海藻与绿色垃圾混合发酵会生产出优质的有机肥料。当然，考虑到与化肥相比，有机肥价格仍然较高，如何吸引更多农民使用是个需要解决的问题。第三个用途是用来生产沼气，将收集起来的海藻离心压缩后加入沼气池发酵产生沼气，废液经污水处理，废渣用作有机肥，这是处理海藻最理想的方式。

（二）收集整合全球由水环境因素引起的藻类爆发及利用信息，制作信息热点分布图
我们联合社团和竞赛团队，我们发出的调查问卷，同时收集全球忧郁水环境引起的藻类爆发的现状信息，建立网址，制作信息分布热点图。



参考文献

[1] 石洪华, 方国洪, 胡龙,等. 用生态动力学模型分析海带养殖对浮游生态系统的影响[J]. 水道港口, 2011, 32(3):213-218.

- [2] Martins I, Marques J C. A Model for the Growth of Opportunistic Macroalgae (*Enteromorpha* sp.) in Tidal Estuaries[J]. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 2002, 55(2): 247-257.
- [3] Wang Z, Xiao J, Fan S, et al. Who made the world's largest green tide in China?—an integrated study on the initiation and early development of the green tide in Yellow Sea[J]. *Limnology & Oceanography*, 2015, 60(4):1105-1117.
- [4] 刘桂梅, 李海, 王辉, 等. 我国海洋绿潮生态动力学研究进展[J]. *地球科学进展*, 2010, 25(2):147-153.
- [5] Roger H. Charlier, Philippe Morand, Charles W. Finkl, Alexandre Thys Green Tides on the Brittany Coasts Environmental Research, Engineering and Management, 2007. No.3(41), P. 52-59
- [6] Lin Apeng, Shen Songdong, Wang Jianwei, Yan Binlun Study of the reproduction diversity of *Enteromorpha prolifera* J. *Agardh*
- [7] 江志兵, 曾江宁, 陈全震, 廖一波, 刘晶晶, 郑平 大型海藻对富营养化海水养殖区的生物修复 *海洋开发与管理* 2006.4
- [8] 王晓坤, 马家海, 叶道才, 陈孝德 浒苔 (*Enteromorpha prolifera*) 生活史的初步研究 *海洋通报* 第26卷, 第5期, 2007年10月
- [9] 徐大伦, 黄晓春, 杨文鸽, 吴丹, 曹卫庆 浒苔营养成分分析 *浙江海洋学院学报自然科学版* 第22卷, 第4期, 2003年12月