

国家自然科学基金重大项目
中国东南沿海赤潮发生机理研究
(1990年3月至1994年3月)

项 目 总 结

项目学术领导小组
一九九四年十二月

26-2-10
103#

国家自然科学基金重大项目
中国东南沿海赤潮发生机理研究
(1990年3月至1994年3月)

项 目 总 结

项目学术领导小组
一九九四年十二月

目 录

1. 前言	(1)
2. 《中国东南沿海赤潮发生机理研究》简介.....	(2)
3. 《中国东南沿海赤潮发生机理研究》重大项目 项目总结报告.....	(4)
4. 第一课题：中国东南沿海赤潮的赤潮生物学研究 课题总结报告	(35)
5. 第二课题：赤潮生物增殖的实验生态学研究 课题总结报告	(44)
6. 第三课题：赤潮发生全过程及其主导因素的分析研究 课题总结报告	(52)
7. 第四课题：赤潮生态数学模型研究 课题总结报告	(61)

前 言

由暨南大学、国家海洋局南海分局、东海分局、第三海洋研究所，中科院海洋研究所，南海海洋研究所，中山大学及中国水产科学院南海水产研究所共同承担的国家自然科学基金重大项目“中国东南沿海赤潮发生机理研究”（项目编号 9389008）经过四年（1990 年 3 月至 1994 年 3 月）的工作，已经按照立项计划圆满完成。

本项目的主持人为暨南大学水生生物研究所齐雨藻教授，整个项目分为以下四个课题：

1. 中国东南沿海赤潮的赤潮生物学研究

课题负责人：暨南大学齐雨藻教授，中科院海洋所邹景忠研究员

2. 赤潮生物增殖的实验生态学研究

课题负责人：暨南大学杞桑教授

3. 赤潮发生全过程及其主导因素的分析研究

课题负责人：国家海洋局梁松高级工程师，中山大学张展霞教授

4. 赤潮生态数学模型研究

课题负责人：国家海洋局夏综万研究员

本课题以赤潮发生全过程为主线，开展了赤潮藻的分类、分布及其种源（孢囊）的分布、分类、萌发生长及形成的过程，赤潮藻的生长特征及营养生理需求和个体生态特征，结合对南海大鹏湾及东海长江口典型海域的现场监测并在分析环境条件生态因子的动态过程及数学模拟中揭示了夜光藻等赤潮的赤潮发生机理。整个研究圆满完成，在一些研究方面上取得重要进展，在赤潮生物学基础研究上不仅有所突破而且有许多建树和发现，对夜光藻赤潮机理的阐明尤具特色。处于学科前沿和国际领先水平，为我国进一步赤潮研究的深入及赤潮的预测预报打下了良好的基础。

本项目在研究过程中，已撰写了论著 1 本，发表论文 103 篇；联合举办了一次国际学术会议，举办了一期国内赤潮讲习研讨班（workshop），开展了广泛的国内外学术交流，积极参加了联合国政府间海洋委员会（IOC）/国际海洋委员会（SCOR）及中国委员会的赤潮活动，培养了 20 余名高层次人才。

谨将本项目的研究总结报告和各课题的研究工作总结汇集成册，提交国家自然科学基金委员会，供项目验收专家审核。

项目学术领导小组

1994 年 12 月

中国东南沿海赤潮发生机理研究

项目编号: 9389008

批准金额: 128.00 万元

1990 年 1 月至 1993 年 12 月

编号	项目(课题)	项目主持人(课题负责人)				研究人员					
		姓名	专业职务	专 业	单 位	总 数	高 级	中 级	博士 后	博士 生	硕士 生
00	中国东南沿海赤潮发生机理研究	齐雨藻	教 授	水生生物学	暨南大学	104	30	33			6
01	赤潮生物的生物学研究	齐雨藻 邹景忠	教 授 研 究 员	藻类生态学	暨南大学、中国科学院海洋研究所	37	12	14			4
02	赤潮生物增殖的实验生态学研究	纪 桑	教 授	水生态学	暨南大学	27	5	9			2
03	赤潮发生全过程及其主导因素的分析研究	梁 松 张展霞	高级工程师 教 授	海洋环境及管理、环境分析	国家海洋局南海分局中山大学	30	8	8			
04	赤潮的生态数学模型研究	夏综万	研究员	数 学	国家海洋局南海分局	10	5	2			

联合研究单位: 暨南大学、中国科学院海洋研究所、中国水产科学研究院南海水产研究所、中国科学院南海海洋研究所、国家海洋局南海分局、中山大学、第三海洋研究所、国家海洋局东海分局

简 述

赤潮是由海洋中一类微小生物迅速增殖、高度聚集,以致海水变色的异常海洋生态现象。近年来随着工农业的迅猛发展,沿海海湾河口出现富营养化趋势,赤潮发生的范围和频率都有所增加。赤潮发生时,常引起海洋中的鱼虾贝类大量死亡,海洋生态遭受严重破坏,造成重大经济损失。含有毒素的赤潮生物可以经食物链转移积累而使动物和人中毒甚至死亡。1983年菲律宾发生一次赤潮,有278人中毒,死亡21人。赤潮的危害正日益受到世界各国的重视。研究赤潮的意义不仅在于从理论上认识特殊条件下海洋生态系统的结构和功能,揭示赤潮形成、发展到消失的机理,还在于建立赤潮防治和预测预报技术,为保护海洋生态环境、开拓水产资源作贡献。

赤潮研究已成为当今世界上海洋生态研究的热门课题之一。日、美、加拿大等国专家在对赤潮生物的确定和分类,赤潮毒素毒理的研究,受控生态系统中赤潮生物的生理生态研究以及分析赤潮动态和赤潮发生的数学模型方面做过许多杰出的工作。

三、生 命 科 学

80年代以来,我国沿海各地均有赤潮发生,也陆续开展对赤潮的调查研究,但对赤潮发生机理、受控生理生态方面的研究还很少,与国际上的研究水平差距较大。

本项目以赤潮生物学、生态学为基础,以赤潮自然发生全过程的自然生态为主线开展研究。通过对我国珠江口及长江赤潮多发区的定位密集现场调查和受控生态试验,分析主导因素,对赤潮生物的生理生态基本特性进行研究,以期揭示赤潮发生机理及其规律。并为赤潮发生预报及防治提供科学依据。

本项目主要研究内容及预期成果:

1. 赤潮生物的生物学研究。对赤潮生物的分离培养、海洋甲藻分类及赤潮甲藻的生理特性进行研究,提出我国东南沿海赤潮生物种类与分布;分离培养出二三种藻株,阐明赤潮甲藻的生理生态特性;分析有毒种类的毒素和毒性;研究赤潮生物孢囊的生息过程与赤潮暴发的关系。

2. 赤潮生物增殖的实验生态学研究。通过实验生态学手段,进行受控生态系统的种群生态研究;研究赤潮生物与其他生物因素,尤其是浮游动物摄食等活动对赤潮发生、发展的影响;深入研究赤潮生物的生理需求,繁殖的生态条件以及其暴发性增殖的关键因素。

3. 赤潮发生全过程及其主导因素的分析研究。在赤潮多发区设点,连续观测自然生态的变化,追踪赤潮发生的全过程并加以分析。力争头1—2年在现场掌握1—2次赤潮形成全过程的生物、理化因素的时空分布的数据,提出赤潮生物优势种在发生、剧增、迁移和消亡各阶段时空状态下的主导因子和诱发因子。

4. 赤潮发生的生态数学模型研究。综合上述课题的资料和国内外生态建模的经验,建立我国赤潮发生的数据库,构建赤潮发生的生态数学模拟模型,为今后预测工作打下基础。

本项目汇集了长期从事海洋生物学、生态学、海洋环境基础研究的高等院校、研究所及国家海洋局的科研力量,并具有良好合作关系。

国家自然科学基金重大项目

研究工作总结

项目编号: 9389008

项目名称: 中国东南沿海赤潮发生机理研究

项目执行期限: 1990 年 3 月 — 1994 年 3 月

项目主持人:
(签字)

所在单位: 暨南大学

邮政编码: 510632

联系电话: 5516511-4557

联合研究单位: 国家海洋局南海分局, 东海分局, 第三海洋研究所,
中科院海洋研究所, 中科院南海海洋研究所, 中山大学,
中国水产科科学院南海水产所

一九九四年十一月 填报

请按下列类型填写（可根据需要加页）

1. 完成的研究内容, 做出的成就, 达到的目标及水平, 在国际前沿所处位置。
2. 分析超过或未达到预定目标、进度和研究内容的原因。
3. 在此期间国内外同类研究工作取得的进展, 以及对今后本领域研究工作的设想、建议。
4. 国际合作与交流活动在本项目研究中所起到的作用。
5. 学术领导小组的工作以及在项目实施、管理方面的经验、改进意见和建议。

请 见 附 页 谢 谢.

说明: 1、本总结及定量数据统计表、研究成果简介、完成论著目录、财务决算汇总表, 和各课题研究工作总结等, 须于项目验收前一个月内报送国家自然科学基金委员会对口科学部, 一式十份, 做为评价研究工作的依据。

2、科学部审查后, 速转综合局一份, 做为审查报销财务决算和汇编成果、论著及输入计算机的依据。

《中国东南沿海赤潮发生机理研究》于 1990 年 3 月被国家自然科学基金委批准为重大项目，历时 4 年，支持经费 128 万。该项目设四个课题：(1) 中国东南沿海赤潮生物的生物学研究；(2) 赤潮生物增殖的实验生态学研究；(3) 赤潮发生全过程及其主导因素的分析研究；(4) 赤潮生态数学模型研究。有高教、中科院、海洋局、水产科学院等系统的八个单位参加。另外，还特邀中科院水生所、广州化学所和复旦大学个别研究人员参与课题研究，计划安排有 104 人（其中高级职称 30 人、中级职称 39 人，初级职称 35 人），而实际参与该研究的达 160 多人。

一、完成的研究内容，做出的成就，达到的目标及水平，在国际前沿所处位置

赤潮已成为全球变化中一重大海洋灾害，造成海洋生态环境破坏并对社会经济产生影响。

赤潮在近年有全球扩展之势，其所造成的海洋渔业经济损失为数巨大，而藻毒素引发的贝毒导致千百人中毒甚至丧生，更引起世人与各国政府的极大关注。

近年随着我国沿海经济的迅猛发展及近海海洋环境污染日益严重，我国沿海赤潮发生频繁，其数量、频率、规模都呈逐年上升之势。但此前我国赤潮研究相当薄弱，没有详尽的全过程分析研究，只有零星的记叙或报导，在许多方面是一片空白。

根据本项目计划任务书要求，本研究已记录我国东南沿海 30 余次赤潮，其中有 8 次为全过程。将现场强化监测调查，实验室与可控生态系模拟与基础研究结合，成功地分析了若干种赤潮机制，并在我国首次建立起中国东南沿海赤潮数据库 (R. T. D. B.)，记录并分析了两个我国新记录种赤潮。全面完成了原规定的任务，并大大超出原计划，取得重大突破与巨大进展。

已发表专著 1 本，论文与宣读论文（含摘要）103 篇，其中在国际会议

上发表与宣读的论文 19 篇, 待发表专著两本, 论文 28 篇。

1. 对我国东南沿海的浮游植物, 特别是微型浮游植物种类组成进行了普查, 特别以南海大鹏湾为重点作了三年半的周年种类组成, 季节演替的调查, 共记录 451 种甲藻、硅藻等种类。并对其中 65 种赤潮藻类开展了光镜、电镜分类及生态研究。综合报告中国沿海共有 103 种赤潮藻。

在我国首次建立了赤潮藻类的种子库, 共成功培养了藻株 25 个, 已为国际赤潮藻种库名录所收录, 其中 6 株经实测为毒株。这是我国第一例有毒赤潮藻株的建立。

2. 赤潮发生机制中的核心是种源 (*seed population*) 或种床 (*seed bed*) 的存在。作为种源, 现存甲藻孢囊是当前国际赤潮研究的热点, 难度很大, 在我国前无记录可循, 完全是全新领域。综合采用艾克曼底泥器、底泥捕捉器、箱式采泥器及引用 TFO 重力采泥器, 对东南沿海 60 余站位的普查中分离鉴定出 37 种甲藻与针胞藻 (*Raphidophyceae*) 孢囊。

在已发现的甲藻孢囊中有两个种为重大发现, 引起国际赤潮学界的较大重视并被称作为赤潮研究中的重大发现。世界普遍重视的链状裸甲藻 (*Gymnodinium catenatum*) 在我国迄无营养细胞的报告与记录。1986 年 2 月福建东山赤潮致毒 (136 人中毒, 1 人死亡) 事件的引发种被认为是裸甲藻, 但未确认种类。我国南海大鹏湾沿岸 1992 年 2 人因误食有毒贝类致死都可为本种的发现所证实。则本毒藻孢囊在大鹏湾的发现已认定我国存有此有毒甲藻赤潮的潜在威胁。

仅在东南亚菲律宾及文莱—达鲁萨兰等地发现的有毒甲藻巴哈马梨甲藻 (*Pyrodinium bahamense*) 孢囊在我国的发现引起国际学术界的疑问和关注, 即生物地理学上分布有限的该种如何传播到中国南海海域的, 该种未来的生消走向引起学界关注。

海洋褐胞藻 (*Chattonella marina*) 孢囊的确认已为解释 1991 年 4 月首次在我国南海大鹏湾发生的该种赤潮机制提供了有力的证据, 提示该赤潮的种床存在并可能进一步发生该种赤潮的可能性, 这在我国是第一次报告。

对孢囊内毒素的分析研究为国际上难度较大的开拓性工作,本研究已开展了这项工作。

3. 为揭示赤潮发生机制所开展的大量赤潮生物学基础研究,包括赤潮发生种的生长特性,赤潮藻对大量元素、微量元素及维生素B族,(特别是B₁₂)的需求及营养动力学,赤潮藻的光合特性与DCMU—增益荧光效应,赤潮藻的周日垂直迁移(DVM)等研究累积了大量数据,作出了显著成果。

对海洋原甲藻,塔马亚历山大藻、锥状施可里普藻、尖刺拟菱形藻等赤潮种类生长特性作了详尽的分析并开展了上述藻类的营养动力学研究。实验研究了微量元素Fe—EDTA,及锰对海洋原甲藻的生理效应,也开展了维生素B₁、B₁₂对海洋原甲藻的生长效应,证实络合铁、锰及维生素B族对某些赤潮藻生长为必需且有促进效应。

在赤潮藻光生理特性的研究中,用DCMU—增益荧光效应进行的赤潮藻光合能力与生长速率研究显示DCMU—增益荧光法可为赤潮发生预报的一种途径。这种研究应用于赤潮只在日本有少量工作。

甲藻周日垂直迁移的研究在阐明甲藻赤潮发生机理方面有重要意义,国际上此类工作不多。应用4种DVM柱开展的两种亚历山大藻(*A. lusitanicum*及*A. tamarense*)及另一种甲藻周日垂直迁移研究,表明这些甲藻均有规律性的周日垂直迁移;研究还证实,这些甲藻的周日垂直迁移特性与温度、光照及营养盐的关系密切,证明它们的垂直迁移与趋光性、光节律及内在生物节律有关。

开展了塔马亚历山大藻、海洋原甲藻及尖刺拟菱形藻的硝酸还原酶活力比较研究。这对环境中N—营养盐浓度与赤潮发生的潜势很有预报性。

在一个项目中对如此众多的赤潮藻进行多项实验生理及生态生理研究并加以综合比较,在国内外都为数不多,其结果在说明赤潮发生机理方面很有价值。

4. 摄食压力的研究在赤潮机理研究中有重要的地位,是赤潮发生中生物种间关系的一个重要方面,也是揭示赤潮发生机理的一个重要方面。

研究了刺尾纺锤水蚤 (*Acartia spinicauda*) 与海洋原甲藻的摄食关系, 证实水蚤摄食活动在自然条件下主要发生于夜间, 其摄食率与水温, 两种生物的密度以及被摄食藻类的种类等都有关系, 证实浮游动物的摄食有一定的选择性, 同时证实桡足类对赤潮的消长起着重要的调节作用。

实验还表明, 春季在大鹏湾桡足类密度较低时, 刺尾纺锤水蚤的摄食对亚历山大藻赤潮的形成不起关键性的抑制作用。

5. 应用可控生态系统 (CEPEX) 围隔网开展浮游植物演替及赤潮形成机理群落水平的研究为本研究一重要特色, 也是国际上研究热点。

CEPEX 研究证实硅藻赤潮与水体中营养盐浓度密切相关, 证实在东海厦门可溶性磷是硅藻水华形成的一个重要引发和控制因子, 研究还确认低浓度的可溶性锰 (低于 $80\mu\text{g/l}$) 是赤潮的诱发因子, 可溶性铁会促进硅藻增殖, 研究还证实维生素 B_{12} 会促进硅藻分裂的增加而引致赤潮发生。

围隔网实验还从摄食压力的角度研究浮游动物对浮游植物的摄食在赤潮发生机理中的作用, 证实了赤潮发生中摄食压力的作用。

因而围隔网实验对赤潮发生的预测预报是一重要手段, 对环境质量控制等有重大的参考价值。同时, 也是在国际上首次实现用围隔试验手段人工诱导赤潮成功。

6. 夜光藻赤潮为我国沿海的最主要赤潮, 占全部已发生的赤潮的 55% 以上, 其发生机制迄今无全面揭示。通过对夜光藻自然生态、营养动力学、繁殖生物学及实验生态学和个体生态学的研究并结合分析三次南海夜光藻赤潮全过程, 已揭示出夜光藻赤潮的起始赖于海流的输送与聚集, 并较为吻合潮汐规律, 在浮游植物饵料充足, 温度为 $17-25^{\circ}\text{C}$, 盐度比原稍低 (如 28—32s) 时的静风 (或近于静风), 低气压条件下会暴发夜光藻赤潮, 此项研究成果为国际上所仅有。

夜光藻营养学研究中用人工饵料, 如用扁藻及非活体饵料培养成功, 夜光藻有性繁殖规律及不等二分裂的研究结果并确认无性繁殖为赤潮形成的主要过程皆为重要发现。已在实验室人工培养夜光藻成功并可人为造成夜

光藻大量繁殖。同时研究还证实,当饵料密度 ($5.5 \times 10^4/\text{ml}$) 恒定,外界条件稳定与合适时,夜光藻种群以一定速度增长,则可预测达到赤潮密度的时间。

1990年6月和1991年8月对东海长江口赤潮多发区两次大范围的中肋骨条藻赤潮全过程(持续时间为6天和12天)的详尽分析为当今骨条藻赤潮的最全面动态研究,深入地揭示了其发生机制。该赤潮为夜光藻与骨条藻交互出现赤潮,密度最多可分别达 $1.26 \times 10^6 - 3.49 \times 10^6 \text{cells}/\text{m}^3$ 及约 $10^9 \text{cells}/\text{m}^3$ 。环境中存在周日波动的营养元素,主要营养元素N为陆源来源,高浓度的N、P与Si与高N/P(最高为450)加之DO与PH升高,盐度下降促成这两次赤潮。

对我国首次出现的海洋褐胞藻赤潮发生机制的研究证实,海域充足的大量营养盐(包括由雨水带来的陆源物质),在雨后盐度降低(31—32s),水温为 20°C ,风的搅动将底泥中褐胞藻的孢囊萌发了的营养细胞聚集到水面,又有充足而适量的Fe的存在(诱发因子)形成了本次赤潮,本研究结果与日本学者多年的工作成果颇相一致。

尖刺拟菱形藻赤潮在我国沿海时有发生,同时为近年发现的仅有的能产生多莫酸而致贝毒(记忆缺失症贝毒ASP)的一种硅藻。而后又有两种该属硅藻被发现能产生相同毒素。通过对我国沿海的全面调查,已发现有两种产毒硅藻在我国存有分布。同时又发现一种该属的新种,命名为中华拟菱形藻 (*Pseudonitzschia sinica* Qi et Wang)。该新种在大鹏湾发生过赤潮。对尖刺拟菱形藻开展的室内培养实验研究填补了国内空白,研究显示中国近海可能存在两种生态型。应用批次培养和连续培养技术进行的温、盐、光照、氮、磷、铁和维生素 B_{12} 对其生长增殖的影响实验所取得的大量数据和所获结果不但可在国际上可进行互比,而且增添了某些新认识和新内容。

7. 生物毒素的研究已成为国际赤潮研究的焦点与热点,因为它与生态环境、人群健康及社会经济的关系极为密切。本研究在这方面取得了长足的进步,填补了国内的许多空白。

已分离出的 11 个我国塔马亚山大藻藻株的毒素分析中测出 6 个藻株具有毒性, 其毒素为 GTX₁, GTX₂, GTX₃, GTX₄, GTX₅, NEO, STX, C₁ 和 C₂ 等。这种工作结果为我国之仅见, 证实了我国沿海存在诸多有毒赤潮藻类。

进一步对塔马亚力山大藻孢囊毒素的分析测定为国际赤潮研究中的前沿研究。还研究了温度等对不同生活阶段毒素结构及组成的影响, 为赤潮研究中重大成果。

本研究对南海大鹏湾、大亚湾、深圳湾、玛湾、红海湾、唐家湾、镇海湾、广州湾及珠江口等海湾 24 种经济贝类的 PSP 毒性作了调查。这些调查研究的结果都赋予了本研究在社会经济及生态毒理方面的重要社会意义、经济意义及生态意义。

8. 对夜光藻、海洋褐胞藻及中肋骨条藻赤潮开展的数学模拟及微分方程的动态生态模型研究不仅在赤潮机理的揭示上颇有建树, 而且在实际上有预报赤潮的功能。

夜光藻赤潮的时间序列模型证实夜光藻在水体中具有明显的密度分层现象, 同时发现了一个发生水华的相对稳定的密度临界值(K_f)(约为 0.7—2.1 × 10⁵ cells/m³), 提示当夜光藻达此临界值后在环境条件许可时可进一步发展成赤潮。其他统计模型也非常重要地显示夜光藻赤潮的最适温度为 17—25℃, N 为 100—500 μg/L, P 为 10—40 μg/L。提出 T、N、P 对赤潮发生有重要效应。这些都与实测结果吻合。演绎结构模型 (ISM) 从宏观上揭示了赤潮发生与各环境要素间的相互关系。在所选出的 22 个因子的结构模式中, 本模型证实摄食压力是夜光藻赤潮发生的一个重要因素, 这与赤潮发生的摄食理论颇相一致。当前国际上只有日本提出过赤潮机理的 ISM, 颇有特色。采用 ISM 模型用于赤潮机理研究, 在国内海洋界与生物界都属首次。

作为生物动力学模型的微分方程生态模型, 研究了夜光藻 (N), 硅藻 (S) 与营养盐 (E) 之间的内在联系, 显示大鹏湾海域营养物质增长导致硅

藻大量繁殖并最终引发夜光藻迅速增殖为赤潮的过程,与 1991 年 3 月至 4 月大鹏湾 3 次夜光藻赤潮状况相拟合,得到了和实际比较符合的结果,颇具特色。

对中肋骨条藻的统计模型显示赤潮发生前后的变化,表明可以作为骨条藻赤潮预报的一种手段。

总之,本项目已按计划任务书全面完成,且在赤潮研究方面有创新及发展。摸清了我国东南沿海主要赤潮生物种类,并建立起我国赤潮藻种库,特别是有毒藻株。从现场监测及赤潮发生时实测的大量数据及大量实验室及可控生态系(围隔网)的实验研究中,已基本掌握夜光藻等赤潮的发生规律,揭示了其成因及发生机理,生消过程,建立了若干种赤潮的数学模型,同时,在这些基础上,建立起我国赤潮数据库。

本研究填补了国内空白,基本上达到国际先进水平,部分达到国际领先水平。如甲藻孢囊在中国沿海的记叙、两个重要种的发现、孢囊细胞史中毒素结构的变化研究、赤潮硝酸还原酶的研究、甲藻周日垂直迁移的工作结果、围隔实验人工引发赤潮、中国赤潮藻种库的建立(特别是毒株)、夜光藻和骨条藻的长时期监测及全过程的分析及其赤潮机理的揭示以及赤潮的 ISM 模型的研究成果等。

二、分析超过或未达到预定目标、进度和研究内容的原因

对照任务书要求,本研究已达到预定目标、进度和研究内容,圆满地完成了项目计划任务,并在某些方面超过原定工作目标,如(1)任务书中要求捕捉 1—2 次赤潮全过程,本研究已捕捉到 8 次赤潮全过程;(2)任务书中要求分离培养 1—2 种有毒藻株,本研究已分离培养了 6 株有毒藻株等。此外,还深化了研究内容,取得了可喜成果,有了重大突破和进展。如对塔马亚力山大藻孢囊毒素的分析测定为国际赤潮研究中的领先研究等。

取得这一成绩的原因:

1. 各单位为着共同的目标,团结协作,步调一致,尤其海洋局系统、

不计得失动用调查船只和陆基围隔实验基地等，使较大规模的海上调查及陆上实验得以进行。全体科研人员共同努力，有着强烈的事业心与责任感和为科学奉献的精神。

2. 成立项目办公室，及时协调各方面工作。

3. 学术领导小组高屋建瓴，有权威性，能坚持各项制度，按条例加强管理。每年召开1—2次（扩大）会议和每年进行一次项目年度工作会议，组织项目科技人员进行学术交流，及时地掌握研究进展，分析研究中存在的问题，提出改进意见和研究新思路，带领大家克服困难，改进工作条件，有效地解决各种问题。同时，采取请进来和派出去的办法，安排人员参加国际会议、合作研究、组办粤港赤潮学术研讨会和聘请国际著名赤潮专家来华讲学交流等。在项目的实施过程中，学术领导小组以项目计划任务书要求为依据，坚持以生物学为基础，以自然生态及实验生态为重点，抓住赤潮自然发生全过程的自然生态为主线开展研究，将现场强化监测调查，实验室与可控生态系（中宇宙）模拟与基础研究相结合，解决赤潮发生机理这一关键的科学问题，即动态地解析少数浮游植物爆发性增殖的原因。在管理上，严格遵循国家自然科学基金委对重大项目的管理方法，严格管理、把好质量关，合理地安排经费开支，充分调动科技人员的积极性，弘扬单位之间和人员之间的团结协作精神，促进新老研究人员通力协作，培养一支有献身科学精神、有较高研究水平的跨世纪研究队伍的技术骨干，使我国赤潮研究后继有人。四年多来，我们先后派出40岁以下出国进修和合作研究的有7人次，培养博士生5人，硕士生31人。此外，有14人晋升为高级职称（其中晋升为正教授6人），有9人晋升为中级职称。项目主持人匠心独运，对项目的进展、方向、深度不时进行寻思索瑕，使研究工作顺利进行。

4. 开展国际交流，使工作向深层化发展，提高研究成果水平。

三、国际交流合作所起的作用

四年多来,开展了10余次国际合作与交流活动。共出访33人次,派出人员7人次。通过参加国际合作与交流,一是交换信息,掌握研究新动态,扩大影响,提高我国赤潮研究在世界上的地位。1990年重大项目确立之初,美国国家基金会章以本教授在美中学术交流委员会的《China Exchange News》中介绍了我国的赤潮研究重大项目。1992年IOC的赤潮研究通讯中介绍了这一项目的研究情况。1992年的“粤港赤潮学术研讨会”,香港各大报纸有17处对这次会议作了报道。正因如此,国际间有许多赤潮的重要研究机构,如美国的Woods Hole海洋研究所和World Watch(今日世界)研究所、德国Helgoland海洋研究所和极地研究所、芬兰海洋研究所等单位及重要专家都积极与我交流赤潮研究和合作。再如1992年齐雨藻教授被选为SCOR—IOC赤潮生理生态组委员,1991年代表我国参加了在美国举行的赤潮研究特别会议,并先后于1991年在美国罗德岛召开的第五届国际赤潮会议、1992年在德国召开的国际BMTC海洋富营养化及赤潮研讨会和1993年在日本召开的国际第15届植物学大会上作了特邀报告。这些毫无疑问地扩大了影响,大大地提高我国赤潮研究在世界上的地位。正如国际著名赤潮专家Smayda教授1991年在第五届国际赤潮学术会议上所提到“中国的赤潮研究开展得朝气蓬勃”,表明我们的工作取得了国际同行的认同。二是通过国际合作与交流,创造更高水平的科研成果。我们不仅邀请了国际著名赤潮专家来访,进行讲学、学术交流与合作研究,如1991—1993年三次来访的美国Woods Hole海洋研究所的D. M. Anderson教授(IOC—SCOR赤潮工作组主席、ICES工作组委员、WESTPAC—赤潮组顾问主席);1993年来访的德国Helgoland海洋研究所的Elbrachter教授(德国首席赤潮专家);1992年来访的日本岩崎英雄教授(日本一流赤潮专家,1986年在国际赤潮会议上曾代表日本总结日本的赤潮研究成果);1993年来访的日本三位专家(东京大学福代康夫教授、北里大学儿玉正昭教授和长崎大学松岗数充教授),他们三位分别是日本现在的赤潮甲藻分类、赤潮藻毒素及甲藻孢囊的学术带头人;1993年来访的美国Texas A & M大学