

\* 成果与应用 \*

# 南沙科考之进展

陈清潮\*

(南海海洋研究所 广州 510301)

关键词 南沙群岛, 科学考察

从1984年起,我们组织了一支南沙群岛综合科学考察队,联合近40个研究单位的科技力量,历时10多年,对南沙群岛海区开展综合科学考察。现已完成21航次综合和专业考察,航程10余万km,测站1000多个,出版45部专著、综合报告和论文集,为维护中国在南沙群岛的主权,做出了应有的努力。现将近5年来南沙科考之进展,作一简要的介绍。

## 1 南沙群岛资源调查研究

### 1.1 岛礁、水道、锚地和港址资源

这次调查全面分析研究了南沙群岛国土资源。在 $12^{\circ}\text{N}$ 以南断续线以内水域总面积为70.68万 $\text{km}^2$ ,南沙群岛72个主要礁体的浅水面积为2.5551万 $\text{km}^2$ ;干出礁51座(单个计95个),礁坪面积共508 $\text{km}^2$ ;含干出沙洲在内的灰沙岛,面积较大的有15个,总面积近2 $\text{km}^2$ 。这些南沙群岛的岛礁是中国领土的组成部分,蕴藏着丰富的资源,除油气、海洋生物资源外,还有岛屿植物资源,鸟粪土壤资源,以及水、太阳能、温差能和旅游资源。

礁区水道,按其成因、规模及与礁体的关系,可分为三类。一类是受断裂构造控制,贯穿礁区既宽又深的较大通航水道,如礼乐滩东北水道、中央水道、南沙海槽水道、南华水道、华阳水道等。二类是在全新世后逐渐形成,进出群礁礁湖的潮汐通道,如双子群礁4条、中业群礁4条、道明群礁6条、郑和群礁9条、九章群礁19条等。三类是环礁水道,这是环礁发育后期礁坪不均匀发育剩余的空间,是全新世以来的产物,水道较浅窄。南沙10个环礁有口门,半月礁1,五方礁5,美济礁3,南通礁1。锚地在62个礁体至少有73处,依据礁体的地貌位置可分为礁湖锚地、礁前向海坡锚地、环礁口门锚地和暗沙锚地4种类型。南沙岛礁可作为港口选址开发的礁体较多,主要根据有利避风浪、不存在泥沙问题、航道开挖容易等条件。

### 1.2 油气资源

完成了大量的区域地球物理测量,包括重力、磁力、地震、油气化探等。还收集整理了大量的多道反射地震剖面资料及国外在万安盆地的56口钻井资料。

\* 南海海洋研究所研究员,南沙群岛海区综合科学考察项目总负责人  
收稿日期:1997年7月23日

根据地球物理资料,在南沙群岛岛礁区有礼乐盆地、南薇盆地、安渡南盆地三个盆地,面积 $2.4-4.0$ 万 $\text{km}^2$ ;在南沙群岛的陆架区,有面积为 $18.32$ 万 $\text{km}^2$ 的曾母盆地,面积为 $7.75$ 万 $\text{km}^2$ 的文莱-沙巴盆地,面积为 $8.8$ 万 $\text{km}^2$ 的万安盆地,面积为 $2.93$ 万 $\text{km}^2$ 的西北巴拉望盆地。油气资源量估算,万安盆地大于 $978$ 亿 $\text{t}$ ,西北巴拉望盆地约 $17$ 亿 $\text{t}$ ,曾母盆地约 $170$ 亿 $\text{t}$ ,文莱-沙巴盆地约 $85$ 亿 $\text{t}$ ,万安北-21区块风险评价约 $35.7$ 亿 $\text{t}$ ,南薇盆地约 $20$ 亿 $\text{t}$ ,礼乐盆地约 $13.8$ 亿 $\text{t}$ ,安渡南盆地约 $12.1$ 亿 $\text{t}$ 。在曾母盆地北部的南康台地和康西坳陷是主要含气区,南部的巴林隆起和坳陷是主要含油区。在万安盆地中,北部隆起、中部坳陷和中部隆起为主要含油气区,油气兼有,含气更丰富。

### 1.3 生物资源

在南沙群岛西南部陆架海域水深 $50-150$  m范围内,进行了4个航次底拖网渔业资源专业试捕调查,设试捕小区61个,共投网225网次。调查结果圈定4个主要渔场(两个高产渔场和两个优质渔场),通过测算,在试捕 $15.3412$ 万 $\text{km}^2$ 的海区中,渔业资源密度平均为 $2.25\text{t}/\text{km}^2$ ,现存资源量约 $34.5\times 10^4\text{t}$ ,推算可捕量为 $21.3\times 10^4\text{t}$ ,开发潜力良好。测算底层经济鱼类的资源密度为 $1.70\text{t}/\text{km}^2$ ,现存资源量为 $26.1\times 10^4\text{t}$ ,可捕量为 $16.1\times 10^4\text{t}$ 。

根据渔船生产统计资料,首次建立了南沙群岛西南部渔场渔业生产数据库,为研究渔业资源种类更替和资源评估,指导渔业生产和加强渔业生产管理提供了基础资料。

在南沙群岛珊瑚礁采集的海藻、海绵、软珊瑚、棘皮动物等海洋动植物,经有机分子结构和活性分析。鉴定了21种化合物,发现了9种新物质,其中两种有强抗炎作用,1种对肿瘤细胞有显著抑制作用。这些成果,有可能成为研制新一代海洋药物的依据。

## 2 南沙群岛环境调查研究

### 2.1 岛礁新生代地质特征与环境变化

1994年在永暑礁进行全采芯地质钻探,取得 $413.69\text{m}$ 岩芯。应用生物地层、磁性地层和 $^{14}\text{C}$ 测年技术分析,建立了南沙群岛第三系-第四系的珊瑚礁地层柱。

在井深 $96.59-99.69\text{m}$ 之间观察到黑色岩石,厚度 $3\text{m}$ ,这种黑色岩石不是珊瑚礁发育过程的正常产物,称为“黑色事件”。可能是一次海底火山喷发,将深部沉积物和在海水中凝结的锰块一起涌入礁体。在井深 $196.64-196.94\text{m}$ 间出现红色岩石,可能是礁坪相的沉积,当外来含铁质高的水涌到礁体,形成大小不等的结核,充填在岩石裂隙中,这红色高价铁的存在,反映当时的气候和强氧化环境。

岩芯柱可揭示出永暑礁自中新世晚期至现代的沉积过程,其间经历了6次沉积阶段,5次沉积间断,断面自下而上分别位于井深 $369.83\text{m}$ 、 $268\text{m}$ 、 $141.71\text{m}$ 、 $91.25\text{m}$ 和 $17.71\text{m}$ 处。即发生过6次大幅度的海平面上升,5次海平面下降,这是气候变化的反映。

### 2.2 珊瑚礁地貌

将南沙群岛珊瑚礁地貌划分为环礁、台礁、陆坡与海槽塔礁、陆坡水下礁滩和陆架水下礁丘5类,环礁61座(43座露出、18座沉没),台礁23座(8座露出、15座沉没),陆坡与海槽塔礁20座,陆坡水下礁滩5座,陆架水下礁丘4座,总共珊瑚礁体113座。

不同类型的礁体,在特定条件下可以互相转化。南沙群岛灰沙岛和沙砾洲的发育数量,远远不如西沙群岛,其原因是暴风浪动力条件相应较弱。

### 2.3 珊瑚生长率与环境变化的关系

在南沙群岛通过观测大型块状滨珊瑚(*Porites*),找到了 5000a 以来海面下降了 2—3m 的证据,提出此类珊瑚是研究海平面变化的最好标志物。研究了近百年珊瑚生长率与水温的关系,建立了珊瑚生长率温度计。

### 2.4 第四纪古生物群与环境变化

研究成果提出了 12 个方面的新认识:

(1)末次冰期以来南沙海区的东部、南部和西部通道曾处于完全封闭状态,由此必然引起南沙海洋环境的一系列相应变化。

(2)末次冰期晚期以来南沙海区陆架区沉积了 3 套变化有规律的沉积层,代表 3 个主要沉积旋回;在陆坡和海盆等不同区域,由于沉积物源和沉积作用的不同,造成沉积层的层序特征与陆架区不同。

(3)采用特征种的丰度曲线对比,作为提高生物地层分辨率的方法是有效的,据此初步尝试建立了南沙海区晚第四纪浮游有孔虫、硅藻、超微化石和放射虫的“微体生命带”,并对各带的特征和对比作了讨论。

(4)南沙海区 250ka 以来的表层海水古水温特征,显示了边缘海的放大效应,也说明古季风对该海区的影响较明显。

(5)揭示了南沙海区晚第四纪以来沉积物中记录的典型特征事件,对讨论地层与气候的世界对比有重要作用。

(6)发现微型腹足类 17 个新种,而且大多数微型腹足类属种只出现在少数的科中,表明南沙海区具有独特的生物区系特征。

(7)浮游类群中的硅藻和颗石藻与初级生产力在分布上明显存在相关性。

(8)微体生物在南沙海区普遍发育,类型繁多,在不同地貌单元和环境条件中具有明显不同的群落特征和变化特征。

(9)微体生物的埋藏群体特征对应于一定的沉积类型,分析结果表明生物遗壳的混合是埋藏群的一个普遍现象。

(10)底栖微体生物群无论是种类的类型和分异度,还是个体的丰度,都随水深而变化,利用“指示种”的组合特征,可综合说明它们所代表的水深环境。

(11)南沙海区的碳酸盐旋回普遍属于“太平洋型”,冰期时含量低,间冰期含量高,反映出陆源物输入量的控制作用。

(12)南沙海区处于全球“暖池”范围内,其盛冰期的表层水温变化涉及暖池在冰期旋回中的稳定性,因而具有全球意义。

### 2.5 岩石圈结构、组成与动力学特征

通过专题研究,对南沙岩石圈结构、地壳结构与动力学特征提出一些新的观点与认识。如:认为南沙地块由数个断块组成,在地块的南北两侧均存在古南海的残留洋壳。根据多道反射地震显示,南沙地块存在未变质的海相中生界地层,与邻区(南海北部陆缘南侧、中南半岛、泰国湾、加里曼丹、巴拉望-卡拉棉)出露的与地震剖面显示的海相中生界地层可以对比。提出印支运动后,中生代特提斯洋进入南海及南沙海区的观点。综合研究区域中新世代板块作用史及重大事件,提出太平洋板块俯冲带后撤与印度-澳大利亚板块向北碰撞挤入,两者的联合作用控

制了南沙海区新生代构造发育及南海的扩张的观点。根据对地震层析成象资料的分析,指出晚白垩纪印度洋-澳大利亚板块的向北俯冲对南沙海区新生代构造演化起着主导作用。

本专题研究具有以下特征:

(1)根据“七五”与“八五”期间在整个南沙海区实测的地球物理资料,特别是多道反射地震资料,加上搜集整理的国内外有关资料进行综合研究。从占有资料的质量与数量来看;这是国内外迄今有关本海区的最丰富最新的研究成果。

(2)在地壳类型的划分方面,没有采取俄国学者的五种类型分类。这是因为,五种分类中的“次大洋”与“次生陆”地壳是按“花岗质”层是否存在作为划分的标准。在资料缺乏的海区,以“花岗质”层的存在与否确定次大陆壳与次大洋壳是不可行的。

(3)在编制地球动力学图件时包含了中新生代与动力学有关的主要要素,以作为研究南沙海区构造演化动力学的基础。

(4)应用自己设计的“粘弹性介质有限元应力修正算法”与成熟的“线弹性有限元法”以及地球物理联合反演与拟合法,模拟南沙地块汇聚边缘动力学机制,计算南沙海区的 Moho 界面、磁性层下界面与岩石圈厚度。

本专题的总体研究成果被同行专家认为达到国际领先水平。

## 2.6 海洋生物分类区系、生物多样性和初级生产力

首次对南沙群岛海区开展了岛礁高等陆生植物、原生动物、马尾藻类、隐虾类等研究,发现海洋生物 61 个新种和中国新记录 347 种。如马尾藻有 19 种,其中 8 个新种、9 个新记录,还有许多新物种有待于发现。

首次在南沙海区和岛礁开展生态和生物多样性的研究。对初级生产力的研究,着重叶绿素和初级生产力的空间分布,同时对生源要素、溶解氧、温、盐、跃层强度以及上均匀层厚度等环境因子之间关系作了探讨。

## 2.7 海洋化学与环境质量

对海气界面通量、液固通量、固液通量、垂直通量、陆海通量和水道量开展了较深入的研究。在碳循环的研究过程中,提出了南沙海域次表层存在光合活性层,证实南沙光合活性层的真实性与研究的前沿性。对 DMS、DOC 等 10 几种化学要素的地球化学及其相关性作了系统的研究,对沉积物的液-固界面化学和络合容量的浓度效应作了系统分析。

对南沙海区核素分布规律的研究,不仅阐明了核素的分布,而且将其与水体运动、生物活动以及气象状况、地貌特征紧密结合。在发展同位素海洋化学的同时,也推动了与其相关学科的发展。

对南沙海区环境质量进行了评价,结论是:大部分属清洁区,但局部沉积物存在着 Cd、Pb 和 Zn 本底水平极高的现象。这可能与海区自然环境有关。

## 2.8 海洋、大气物理场研究

近年来的调查研究,基本摸清了两个季风盛行期南沙环流和主要流系的配置格局,证实西南季风期北南沙东向强流(最大地转流速达 110cm/s)以及两季风盛行期南沙逆(风)流的存在。提出了有上层和深层环流的多环结构,上、下逆向环流以及有关海水交换的状况。

采用独特的温度-盐分-密度同步分析,得出南海海区内波是形成细结构的主要机制的观点。

根据卫星高度计遥感资料包括海面风速和波高信息,建立了一系列海浪遥感信息分析方法,获得连续、完整的海面风速和波高的时空分布及其特征。应用遥感海温反演模式,首次获得表层海温分布和变化的遥感图象。

提出适合于南沙海区的湍流交换通量参数化方案,用此法算出的降水和蒸发与过去传统结论不同,南沙海区春季蒸发大于降水。利用海温距平值的经验正交函数,研究了南沙暖水的存在范围及其形成原因。

在海洋光学方面,发现了水下太阳辐射照度垂直分布的异常峰值现象,深化了辐照度的传输理论。提出海水衰减系数的光谱分布,水下辐照度垂直分布及水色谱的有关资料。

通过对深海声混响及散射特性的实验研究,取得了海底反向散射强度与掠射角、频率的关系。分出高、底声速两类海底,发现了海底声道分布的一些规律。

此外,在信息管理方面建立了南沙群岛信息数据库,为今后研究与应用奠定了较扎实的基础。

———— \* ————— \* ————— \* —————

## \* 简讯 \*

### 1994 年度“百人计划”入选者工作汇报会在京举行

**本刊讯** 11月28—29日,首批入选“百人计划”的青年学者来京,向院领导及院有关业务管理部门进行了工作汇报。参加这次汇报会的院领导有路甬祥、陈宜瑜、白春礼、竺玄等。

“百人计划”工作是我院吸引、选拔、培养和造就新一代跨世纪年轻学科带头人的一项重要措施,1994年正式启动,首批14位入选者均是研究员和博士生导师,其中有两位已成为常务副所长,3位为所长助理,其他均为研究室(系)主任、副主任。在他们领导的研究小组中已聚集了177名科技人员,平均每个小组13人。3年来,他们在“百人计划”支持经费之外,争取到经费2267万元,平均每个小组162万元;在国内外核心刊物上发表论文357篇,平均每个小组26篇;获国家科技进步奖二等奖1项,院自然科学奖一等奖、三等奖各1项,水利部科技进步奖一等奖1项;申请美国专利1项,中国专利4项。11人获国家杰出青年科学基金资助,1人获香港求是基金杰出青年学者奖,获中国青年科学家奖和提名奖各1人,4人获院青年科学家奖,2人获中国青年科技奖。

工作汇报结束后,路甬祥院长做了重要讲话,对各位入选者3年来的工作给予了充分的肯定,并鼓励他们要继续努力,充分发挥学术带头人的作用,在各自的学科领域中做出更加出色的工作,为科学事业和国民经济的发展做出更大贡献。

(唐裕华)