

南沙群岛自然地理

中国科学院南沙综合科学考察队

主编 赵焕庭

科学出版社

1996

序

《南沙群岛自然地理》是我国第一部关于南沙群岛及其邻近海域的区域自然地理专著。本书主编赵焕庭研究员寄来书稿并囑作序，读后欣然命笔。

南沙群岛向为我国领土，两千年来我国渔民利用季风驾帆船开赴该区从事渔农生产和居留生活；我国海员驾驶的搭载商人、移民、僧人和货物的客货船以及和使节船往返东南亚和印度洋沿海各国时，都经过南沙群岛海区，或以南北向穿过其中部水域；我国水师巡海舰队也到达南沙群岛海区，多种古籍上留下了对南沙群岛的疆界、自然开发活动与管理情况的记述。本世纪上半叶末，我国一些自然科学家先后登上南沙群岛太平岛考察，并分别发表了有关该区地质、地貌、土壤、海洋贝类动物和珊瑚等方面的专业论文。老一辈水工专家麦蕴瑜 1946 年作为政府接收专员，当年收集了一批有关南沙群岛的文献和资料，后转交卓振雄并请他整理。1955 年卓振雄撰写了《祖国的南疆——南沙群岛》书稿，麦老校订并作序。1979 年该书稿才由中国科学院南海海洋研究所油印成册。那是中国第一本非正式出版南沙群岛区域地理志书。近几十年来，我国一些学者从事全国或华南的综合自然地理研究时都涉及了本区。本书的著者们继承和发展了前人的工作。

中国科学院南海海洋研究所致力于发展热带海洋学，先后组织了华南海岸带、南海北部大陆架、西沙群岛海区、南海东北部海区和南海中部海区以及南沙群岛海区的综合科学考察。特别是 1984—1986 年开展的南沙群岛东、西、南三边的曾母暗沙、立地暗沙、万安滩、半月礁和海马滩等海区的考察，获得了丰富的资料。1986 年 12 月在广州召开了全国第一次南沙学术讨论会。

国家科委接受了第一次南沙学术讨论会与会专家的倡议，将“南沙群岛及其邻近海区综合科学考察”项目先后列入“七五”和“八五”国家科技专项计划。为实施此项计划，中国科学院成立了中国科学院南沙综合科学考察队，由曾任南海海洋研究所副所长的陈清潮研究员担任队长。“八五”期间，考察队专门设立了南沙岛礁地质与自然地理调查研究课题及该课题下的南沙区域自然地理特征与自然区划专题。赵焕庭兼任了南沙群岛自然地理特征研究专题组组长。他长期参加南沙综考工作，曾与几位同事于 1989 年乘“南锋 703”号水产调查船进入被国内外航海界称为“危险地带”的南沙群岛腹地登礁考察地貌、现代沉积与水道锚地；1990 年率地质钻探小组乘“实验 3”号船登上永暑礁人工岛，实施了“南永 1 井”井深 152.07m 的全采芯钻探工程等，对南沙群岛有比较广泛和深入的了解。该专题组在“八五”期间开展工作，充分利用综考队已刊成果资料及国内外有关文献，加以系统的、综合的研究，所写的《南沙群岛自然地理》这一专著具有扎实的资料基础。

本书系统性强。它就南沙群岛的地理发现、考察史和历史地理，就自然地理各因素——地貌、地质、古地理与古海洋、气候、海洋水文、海洋生物、植物和土壤，就自然综合体、自然资源和自然区划，以及就区域自然开发利用问题等四个方面，运用现代自

然地理学理论加以细致的分析和系统的整理，脉络清晰、层次分明。

本书综合性强。一是反映在各个自然地理因素的综合研究上，概括得当，概念明确；二是反映在综合自然地理研究上，总结了南沙群岛自然综合体的形成和发展规律，用景观学说揭示区域综合体的面貌，对南沙群岛现代自然综合体作出了景观分类和景观演化模式；三是反映在自然区划上，就自然现象的区域组合与差异、发展与分布情况，按区内自然界的相似性与差异性，以及与围区的关系等，将区内地域划分为同一系统的不同等级的区块，同时又保持了全区域的自然界有机整体的面貌。

本书理论性强。书中所涉及的本区自然现象的整体与组成部分，以现代公认的部门地理学与综合自然地理学理论为指导，加以科学的认识和阐述。书中对兼具海陆区域的自然综合体的形成发展规律、景观分类与演化和自然区划等的阐述是新颖的，揭示了我国新的景观类型，提出了新的低纬热带海陆自然区划方案，本书对发展自然地理学和热带海洋地理学，均具有重要意义。

本书还具有实用性。它总结了本区的环境、资源特点，开发历史与现状，根据我国的经济发展的需要，海南省的社会经济条件和海洋开发规划，提出了本区的自然资源开发的方针和原则、开发布局、开发区划方案和开发保障的意见，可供有关地区、部门制订规划和实施管理时参考。同时，本书将为充实学校的有关教材提供丰富的资料。

本书美中不足之处是有关南沙群岛灰沙岛的第一性资料少。由于众所周知的原因，本书的著者们未能登岛观测和采样分析，只能动用库存少量样品和引用已刊文献作些研究。这有待将来实现祖国统一大业和领土主权完整之时加以弥补。现经国家批准，南沙综考项目将继续列入国家“九五”计划，希望南沙综考队作出新贡献。

本书读后对南沙群岛可获得全面、系统的科学认识。它将加强我国人民对南沙群岛及其邻近海域的国土观念，是一部爱国主义的好教材。总之是一本好书，愿向读者推荐。

孙鸿烈

1996年1月2日

前 言

南沙群岛及其邻近海域是我国最南的领土。业已证明,我国人民早在2000年前的秦朝已发现了南沙群岛,从那时以来长期、连续地进行开发。历代地理志书记载了南沙群岛的位置、自然环境和物产,以及交通。唐、宋、元、明、清各朝,民国和中华人民共和国连续将南沙群岛列入版图,屡派水师巡视南海我国海疆,民国和中华人民共和国也先后就地设置行政机关,行使主权,实施管理。

南海古已有名,《山海经》就记述了郁水(今西江)注入南海。南海多风暴,风暴时海水陡涨,故汉晋古籍常称涨海。秦汉时期华南海外交通发展,南海“海上丝绸之路”上一派繁忙,对南海和南海诸岛的自然情况逐步了解。秦汉以来,对南海和南海诸岛的地理实体予以命名和记述也渐多。东汉杨孚《南裔异物志》、三国万震《南州异物志》、东吴康泰《扶南传》、宋朝周去非《岭外代答》、赵汝适《诸蕃志》等古籍记述了南海诸岛产珊瑚,称珊瑚礁为崎头,泛称南海诸岛为珊瑚洲、长沙、石塘、千里长沙、万里石床,元朝汪大渊《岛夷志略》称万里石塘,清初徐葆光《中山传信录》始称南海诸岛。

至迟在北宋初我国已将指南针用于航海,不须单纯依靠海岸地形导航,可应用天文知识和罗盘放心漂洋过海。我国中古时对南海诸岛有更多的了解,开始区分南海诸岛。13世纪初宋朝《宋会要辑稿》明确记述了南沙群岛的位置,并称为万里石塘。明初1402年《混一疆理历代国都之图》描绘南海,南北各一石塘,居中长沙,显然北石塘指东沙群岛,长沙指西沙群岛,南石塘则是南沙群岛的位置。尤其是1405—1433年间堪称世界航海史上壮举的郑和七下西洋,使中国同东南亚、南亚、西南亚和东非39个国家建立了友好的外交关系,进行了大量的贸易,引导华侨更多地移居海外,促进海外不少地方的经济文化的发展,同时增加了对南海和印度洋的知识,传下了几本著作。《郑和航海图》将南海诸岛分群并命名,东沙群岛和中沙群岛统称为石星石塘,西沙群岛称石塘,南沙群岛称万生石塘屿(应为万星石塘屿)。明朝黄衷《海语》、顾玠《海槎余录》等对南沙群岛有明确记载,《海语》还首次给南沙群岛的一座礁体命名为“鬼哭滩”(今鬼喊礁)。明末《顺风相送》称南沙群岛珊瑚礁为“老古石”。清朝抄传下来的海南岛渔民《水路簿》或《更路簿》,给南沙群岛76处岛礁命名,并详细地记载了南沙群岛内岛礁间、从南沙群岛往返海南岛及南海周边邻国的航向和里程。

1946—1947年我国近代对南沙群岛开展了科学考察,测绘地形图。几位自然科学家经调查研究后陆续发表了有关太平岛的地质(李毓英,1948)和土壤(席连之,1947),郑和群礁的地貌(郭令智,1948)、贝类(熊大仁,1949)和珊瑚成长率(马廷英,1959)等论文。郑资约著《南海诸岛地理志略》(1947)是近代第一本南海诸岛地理志,书中录有南沙群岛历史、南沙岛礁地形专节,另多处提到南沙群岛区位价值和物产等,但都很简略。1955年卓振雄编著、麦蕴瑜校订的《祖国的南疆——南沙群岛》(1979年油印本)则是近代第一本南沙群岛地理志(或地理学),初步综述了南沙群岛的历史、自然环境各要素、资源和开

发历史，提出了今后开发利用的意见。该书叙述较全面，毕竟实际资料尚少，也缺乏综合性研究。虽未正式出版，但至今仍有参考价值。

新中国地理学家在综合自然地理研究中都把南沙群岛区域作为典型的热带或赤道热带区域，让它在自然区划中占有重要的一席之地，先后反映在罗开富《中国自然地理分区草案》(1954)、黄秉维《中国综合自然区划草案》(1959)、中国科学院自然区划工作委员会《中国综合自然区划》(初稿)(1959)、中国科学院华南热带生物资源综合考察队《广东省综合自然区划》(1963年内部铅印)、任美镠等《中国自然地理纲要》(1979)、中国农业区划委员会《中国自然区划概要》(1984)、中国科学院《中国自然地理》编辑委员会《中国自然地理·总论》(1985)、任美镠和包浩生主编《中国自然区域及开发整治》(1992)等论文、专著中。不少学者留心南海和南沙群岛的自然地理问题。鞠继武编写了《祖国的南海诸岛》地理知识(1951)，徐俊鸣根据一些文献编写了《我国南海诸岛的自然地理概要》短文(1978)。陈史坚收集国内外有关文献资料，先后整理出《南沙群岛的自然概况》(1982)、《南海自然地理特征》(1982)、《南海赤道带和热带界线划分的探讨》(1982)、《浅谈南海诸岛的开发和保护》(1987)等论文，他还与同事们合著《浩瀚的南海》(1985)、主编《南海诸岛地名资料汇编》(1987)，与考察过西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛的钟晋梁合著《南海诸岛志略》(1989)等书，以及曾昭璇等考察西沙群岛后著《南海诸岛》(1986)一书，都是代表作。

笔者也关注南海和南沙群岛的自然地理，参与主持广东省海岸带综合调查时，为《广东省海岸带和海涂资源综合调查报告》(1987)一书的副主编，执笔第十四章“自然条件综合分析与自然区划”，海岸调查后执笔《华南海岸带自然区划》论文(1989)，参加“七五”南沙群岛及其邻近海区综合考察(简称南沙综考)工作并被指定负责岛礁与水道调查课题，主编《南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质》专著(1992)，执笔第二章“南沙群岛自然地理”，多次讨论了南沙群岛的自然地理特点和提出自然区划的意见。

中国科学院南海海洋研究所原所长、中国科学院广州分院原副院长邱秉经(1905—1990)胸怀大志，曾在任内多次鼓动、组织和支持开展了南海区域海洋学的调查研究。从1984年起，中国科学院组织南沙综考，开展多学科调查研究，各专业都积累了空前多的实际资料，有必要在此基础上进行综合研究。在编制“八五”南沙综考计划时，当时任中国科学院副院长、主管综考工作的孙鸿烈院士亲笔将岛礁课题定名为岛礁地质与自然地理调查课题，课题下新设南沙区域自然地理特征与自然区划专题。南沙综考队让笔者担任该课题组组长兼该专题组长。专题组成员单位和人员如下：

中国科学院南海海洋研究所：赵焕庭、温孝胜、孙宗勋、郑德延、宋朝景、林微、林锡贵、徐锡祯、邱章、龙小敏、冯世英、陈真然；

中国科学院华南植物研究所：邢福武、吴德邻、李泽贤；

中国科学院南京土壤研究所：龚子同、周瑞荣、刘良梧；

中山大学地质系：袁家义；

华南师范大学地理系：曾昭璇；

广州市青年干部培训学院：曾宪珊。

南沙群岛是热带海洋珊瑚礁群岛，自然条件优越，自然资源丰富，拥有开发潜力。我们参加实地考察的科技人员都对南沙地区的富饶美丽留下深刻的印象。我们有责任把该

区的自然地理作出全面、系统和完整的报告。1984—1994年,我们有11个航次考察了区内38座礁,78座次,即其中有些礁多次考察,北至蒙自礁和礼乐滩,南抵曾母暗沙和亚西南暗沙,东达海马滩,西抵万安滩,基本上覆盖整个南沙群岛(见下列南沙群岛礁体考察一览表和我队已考察的南沙群岛岛礁分布图)。考察了礁体地质、地貌、沉积、水文、气象、生物和建筑物,实施了礁体全采芯地质钻探,采集了礁顶沉积物样品与水文测验,访问了人民解放军海军驻军官兵,以及海南、广东与香港来此作业的渔民。“八五”期间,我们还采集了人工岛植物与土壤标本,收集了降雨和地表积水的水样。龚子同等还从南京土壤研究所标本库中找出席连之于1947年赴太平岛考察时采集的土壤样本。我们整理调查记录,分头将有关标本加以鉴定,选取样品送实验室分析,统计数据。又分头广泛收集国内外文献及考察队内积累的资料,不断研究。

南沙群岛礁体考察一览表

Some coral reefs investigated in Nansha Islands

序号	时间	调查船	礁数	礁名
1	1984.07	实验3	1	曾母暗沙
2	1985.05—07	实验3	4	曾母暗沙 万安滩 八仙暗沙 立地暗沙
3	1986.04—05	实验3	5	曾母暗沙 半月礁 海马滩 八仙暗沙 立地暗沙
4	1987.04—05	实验3	12	蓬勃暗沙 仙宾礁 ¹ 牛车轮礁 ¹ 仁爱礁 ² 美济礁 ³ 仙娥礁 ³ 信义礁 ³ 海口礁 ¹ 舰长礁 ² 半月礁 ² 曾母暗沙 亚西北暗沙
5	1988.07—08	实验3	14	半月礁 美济礁 仁爱礁 牛车轮礁 仙宾礁 南屏礁 ¹ 南通礁 ¹ 信义礁 仙娥礁 海口礁 舰长礁 半路礁 碎浪暗沙 皇路礁
6	1989.04—05	实验2	3	礼乐滩 安塘礁 棕滩
7	1989.04—06	南锋703	11	五方礁 ² 三角礁 ¹ 禄沙礁 ¹ 美济礁 仙娥礁 赤瓜礁 石盘仔 华阳礁 永暑礁 南薰礁 渚碧礁
8	1990.05—07	实验3	9	永暑礁 ¹ 赤瓜礁 东门礁 ¹ 南薰礁 ¹ 渚碧礁 火艾礁 ¹ 蒙自礁 ¹ 五方礁 信义礁
9	1993.05	实验3	9	永暑礁 渚碧礁 南薰礁 小南薰礁 东门礁 安达礁 三角礁 美济礁 仙娥礁
10	1994.03—04	实验3	9	渚碧礁 永暑礁 皇路礁 ¹ 半月礁 ¹ 信义礁 ¹ 仁爱礁 ¹ 五方礁 三角礁 ¹ 华阳礁
11	1994.06—08	军舰	1	永暑礁

注:我队首次考察的礁体名下有一横线,右上角数字表示设考察标志数。

我们取得了一批阶段性研究成果^①。

1994年下半年,我们成立了专题总结报告书编撰组,组成人员为:

主编:赵焕庭

主编助理:温孝胜

编委:邢福武、宋朝景、陈真然、林锡贵、赵焕庭、袁家义、徐锡桢、龚子同、曾昭璇、温孝胜。

同时拟定了报告书写作提纲,分工执笔。1995年上半年写出初稿。年中由主编统稿,对各章节文稿和图表加以删改、补充和理顺。学者们对古文献的理解不同,见仁见智,是正常的。本书不同章节执笔人,对个别古文献的解释就有所不同,主编不强求统一,让读者和感兴趣者进一步研究。有些章节重复出现同样资料也是难免的,主编尽量作了一些处理,但未必恰到好处。中山大学地球和环境科学学院教授、前苏联副博士董汉飞老师对本书初稿提供了宝贵的意见,南海海洋研究所殷佩英工程师清绘图件,谨致谢意。

我们按计划完成了既定的任务。知识是无止境的。今后在更广泛、深入的调查研究基础上,必然会有更多的新发现、新见解和写出新的综合性著作。

主编 赵焕庭

1995年10月30日

① 已发表的一批论文主要有:

赵焕庭,宋朝景,朱袁智等.南沙群岛的环境、资源特征与开发问题.见:中国沿海资源工程环境系统与经济发展战略.北京:地震出版社,1993.47-55.

林锡贵.影响南沙及其邻近海区的热带气旋.见:南沙群岛海区物理海洋学论文集(I).北京:海洋出版社,1994.1-9.

邢福武,吴德邻,李泽贤等.我国南沙群岛的植物与植被概况.广西植物,1994,14(2):151-156.

邢福武,吴德邻,李泽贤等.南沙群岛维管束植物系统多样性分析.见:南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究(I).北京:海洋出版社,1994.12-20.

邢福武,吴德邻,李泽贤等.永暑礁人工岛的种子植物.见:南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁研究论文集(二).北京:科学出版社,1994.221-225.

赵焕庭,温孝胜,孙宗勋等.南沙群岛自然综合体的形成和发展初探.见:南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁研究论文集(二).北京:科学出版社,1994.226-239.

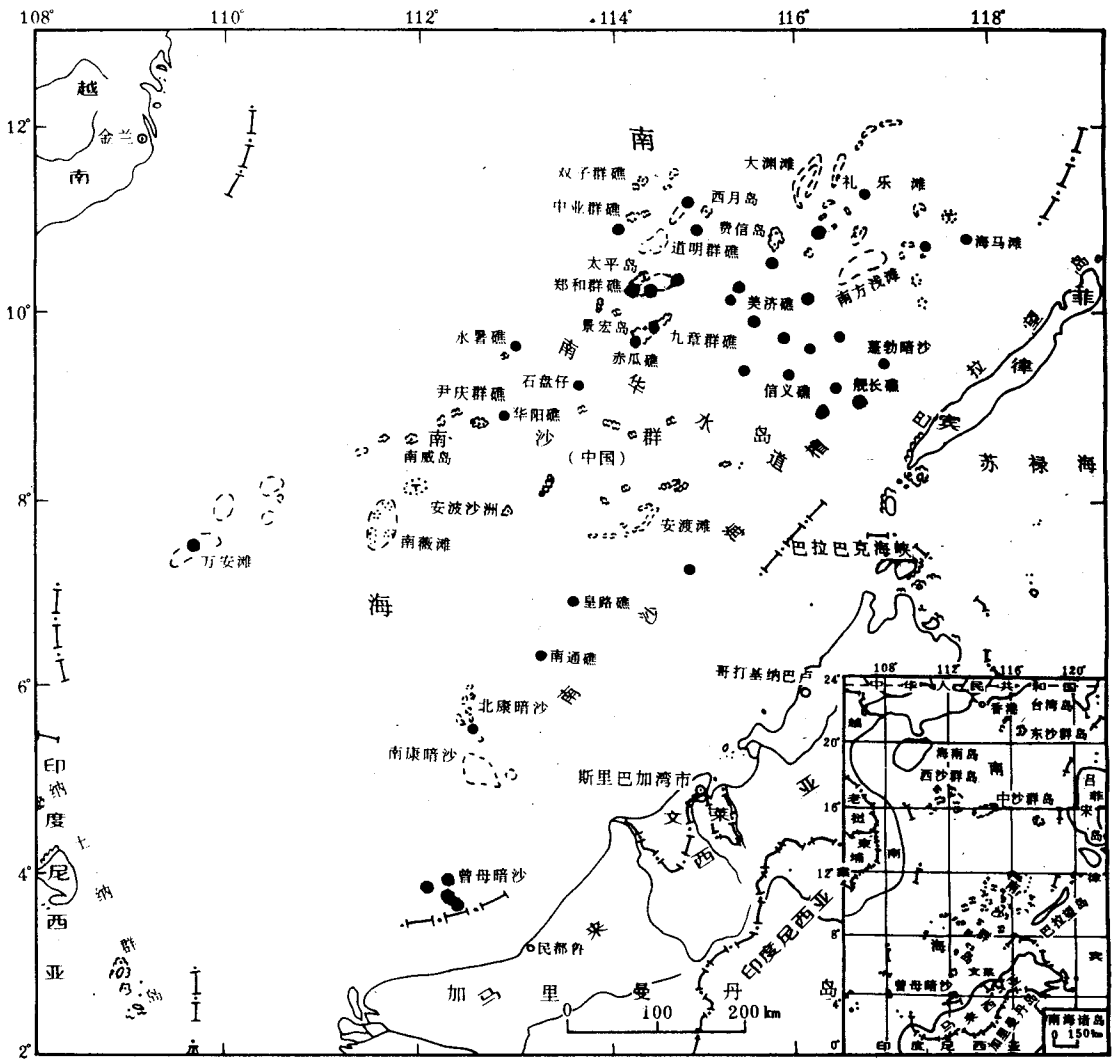
赵焕庭.南沙群岛考察史.热带地理,1995,15(1):15-28.

赵焕庭,温孝胜,孙宗勋等.南沙群岛景观及区域古地理.地理学报,1995,50(2):107-117.

赵焕庭,温孝胜,孙宗勋等.南沙群岛区域地质地貌与古海洋.热带地理,1995,15(2):128-137.

Gong Zitong, Liu Liangwu, Zhou, Ruiyong *et al.* Soil in islands of the South China Sea and their ages. In: *Scientia Geologica Sinica*, Supplementary Issue(1). Beijing: Science Press, 1995, 247-250.

Zhao Huanting, Zhu Yuanzhi, Nie Baofu *et al.* A preliminary study on Quaternary on Yongshu Reef of Nansha Islands. In: *Scientia Geologica Sinica*, Supplementary Issue(1). Beijing: Science Press. 1995, 251-258.



我队已考察的南沙群岛岛礁分布图

Distributions of some coral reefs investigated in Nansha Islands.

目 录

序	(i)
前言	(ii)
第一章 地理位置与考察史	(1)
第一节 地理位置	(1)
第二节 地理发现和地名	(1)
一、地理发现	(1)
二、地名	(3)
第三节 建置	(6)
第四节 考察史	(9)
一、我国近代对南沙群岛的科学考察	(9)
二、我国现代对南沙群岛的综合科学考察	(11)
第二章 历史自然地理	(14)
第一节 历史早期对南海和南海珊瑚礁的认识	(14)
一、古代南海沿岸的航行	(14)
二、汉代南海诸岛海区的航行	(15)
三、六朝时期南海珊瑚洲的记录	(16)
四、隋、唐对南海珊瑚礁的记述	(17)
第二节 历史中期对南沙群岛自然地理的认识	(17)
一、宋代对南沙群岛自然地理的认识	(17)
二、元代对南沙群岛自然地理的论述	(20)
三、明代南沙群岛的自然地理知识	(20)
第三节 历史晚期有关南沙群岛的自然地理知识	(24)
一、清代文献中的记录	(24)
二、外国船舶在南沙群岛的探测	(26)
三、清代渔民对南沙群岛地貌的分类	(26)
四、清代对南沙群岛岛礁的经营与开发	(27)
五、清代南沙群岛海区的航路	(32)
第四节 南沙群岛主权属中国	(38)
第三章 地貌	(42)
第一节 海底地形	(42)
一、大陆架	(43)
二、大陆坡	(44)
三、深海盆	(46)
第二节 珊瑚礁地貌	(46)
一、地貌概况	(46)
二、大环礁地貌	(48)

三、小环礁地貌	(50)
四、台礁地貌	(59)
五、水下礁丘地貌	(60)
六、灰沙岛地貌	(60)
第四章 地质	(64)
第一节 区域地质构造	(64)
一、区域地质调查概况	(64)
二、区域地质构造	(65)
第二节 区域新构造	(73)
一、活动断裂	(74)
二、最新构造运动	(76)
三、火山活动	(77)
四、地震活动和地壳稳定性	(79)
第三节 海底沉积	(80)
一、海底表层沉积特征和沉积分区	(80)
二、表层沉积物中的矿物及沉积地球化学	(85)
三、沉积层序和沉积速率	(87)
四、沉积演化	(92)
第四节 珊瑚礁地质	(94)
一、珊瑚礁的概念	(94)
二、本区珊瑚礁地层	(97)
三、本区珊瑚礁的生物组分	(98)
四、本区珊瑚礁矿物与元素地球化学	(101)
五、本区珊瑚礁沉积岩的分类	(104)
六、本区珊瑚礁岩的成岩作用及其演化	(105)
第五章 古地理与古海洋	(108)
第一节 区域古地理	(108)
一、前第三纪时期	(108)
二、第三纪时期	(110)
三、更新世时期	(113)
四、全新世时期	(120)
第二节 区域古海洋	(122)
一、古海面变化	(122)
二、古水温变化	(127)
三、古环流格局	(134)
第六章 气候	(140)
第一节 热带天气系统	(141)
一、副热带高压	(141)
二、热带气旋	(143)
三、热带辐合带	(144)
四、赤道缓冲带和赤道反气旋	(144)

五、东风波	(145)
六、积云带、热带云团和龙卷	(145)
第二节 太阳辐射和热通量	(146)
一、总辐射和辐射平衡	(146)
二、感热、潜热通量和海面回辐射	(147)
第三节 温度、湿度和气压	(148)
一、气温和湿度	(148)
二、海平面气压	(150)
第四节 云和降水	(151)
一、云	(151)
二、降水	(152)
第五节 季风	(155)
一、东北季风	(156)
二、西南季风	(158)
三、东南季风	(162)
第六节 热带气旋活动	(163)
第七节 风向、风速和天气现象	(167)
一、风向、风速随季节变化	(167)
二、大风天气和其它天气现象	(171)
三、过渡季节	(176)
第八节 气候区划	(176)
第七章 海洋水文	(180)
第一节 潮汐	(180)
一、潮波的传播	(180)
二、潮汐性质	(181)
三、潮差分布	(181)
四、平均海平面的季节变化	(182)
第二节 潮流	(183)
一、潮流性质	(183)
二、潮流分布	(184)
三、潮流的运动类型及流速的垂向分布	(185)
第三节 海流	(186)
一、表层环流	(186)
二、余流状况	(187)
第四节 波浪	(189)
第五节 水团	(191)
一、平面分布	(191)
二、垂向分布	(192)
第六节 水温	(193)
一、水温平面分布	(194)
二、永暑礁表层水温的年变化	(197)
三、连续站表层水温的周日变化	(197)

四、水温垂直分布	(198)
第七节 水化学特征	(199)
一、盐度分布	(199)
二、溶解氧分布	(199)
三、其它水化学要素简介	(200)
四、珊瑚礁的水化学特征	(200)
五、碳通量、生物活性层和深海盆水环流问题	(200)
第八章 海洋生物地理	(202)
第一节 珊瑚礁生物类群	(202)
第二节 热带大洋性生物类群	(204)
第三节 深海性生物类群	(205)
第四节 热带陆架浅海生物类群	(208)
第五节 生物区系和生物地理	(212)
第九章 植物地理与植被	(215)
第一节 前人对南沙群岛陆上植物的研究概况	(215)
第二节 岛上植物生长的自然条件	(215)
第三节 植被概况	(216)
一、珊瑚岛热带常绿乔木群落	(217)
二、珊瑚岛热带常绿灌木群落	(217)
三、珊瑚岛热带草本群落	(218)
四、海水生草本群落	(218)
五、人工栽培植被	(218)
第四节 植物区系	(218)
一、组成及性状统计	(218)
二、科的分析	(224)
三、属的分析	(224)
四、种的地理成分	(225)
第五节 与邻近地区植物区系的联系	(226)
一、与我国台湾岛、海南岛、西沙群岛及东沙群岛植物区系的联系	(226)
二、与南海周边几个国家或地区植物区系的比较	(228)
三、与西太平洋一些岛屿的植物区系的联系	(228)
第六节 南沙群岛植物区系的来源	(229)
一、海流传播	(229)
二、鸟类传播	(229)
三、风力传播	(229)
四、人力传播	(230)
第七节 南沙群岛植物区系与生态学特点	(230)
第十章 土壤和土壤地理	(232)
第一节 成土条件	(232)
一、气候和土壤	(232)
二、地质地貌和土壤	(233)

三、鸟类活动和土壤	(235)
四、植物和土壤	(235)
第二节 成土过程	(235)
一、有机物质积累和分解过程	(235)
二、磷的聚积与淋移	(236)
三、积盐和脱盐过程	(238)
四、南沙群岛土壤与邻近地区和南极“鸟成土”的比较	(239)
第三节 土壤分类和分布	(242)
一、诊断层诊断特性	(242)
二、土壤分类检索	(243)
三、土壤分类	(243)
四、土壤的演化	(243)
五、土壤分布	(245)
第四节 土壤理化性质	(246)
一、土壤颗粒组成	(246)
二、矿物组成	(247)
三、化学性质	(249)
第五节 土壤类型	(253)
一、覆沙普通磷积石灰土	(253)
二、覆沙硬盘磷积石灰土	(254)
三、普通磷积石灰土	(255)
四、厚熟磷积石灰土	(255)
五、厚熟扰动土	(255)
六、磷质粗骨土	(257)
第十一章 自然综合体	(258)
第一节 自然综合体的概念	(258)
第二节 南沙群岛自然综合体的形成和发展	(259)
一、邻近海域是新生代热带海洋	(259)
二、热带海洋造礁生物与附礁生物繁生	(260)
三、第三纪晚渐新世以来生物礁发育	(261)
四、第四纪全新世中期以来形成灰沙岛	(262)
五、热带常绿珊瑚岛乔灌林植被	(264)
六、热带珊瑚岛磷积石灰土土壤	(265)
七、热带珊瑚礁群岛景观	(266)
第三节 南沙群岛景观的类型	(267)
一、礁丘热带海洋生物繁生景观	(267)
二、环礁热带海洋生物繁生景观	(268)
三、灰沙岛热带常绿乔灌林磷积石灰土景观	(269)
四、大陆架热带浅海海洋生物繁生景观	(270)
五、深海上层热带大洋性和深海盆深海性海洋生物景观	(271)
第四节 南沙群岛景观的演化	(272)
第十二章 自然资源	(275)

第一节	国土资源	(275)
一、	“蓝色国土”资源	(275)
二、	岛礁陆地资源	(276)
第二节	油气资源	(280)
一、	区内油气资源概况	(280)
二、	新生代沉积盆地	(281)
三、	本区油气资源开发现状	(285)
第三节	海洋生物资源	(288)
一、	陆架底栖鱼类渔业资源	(288)
二、	深海大洋性鱼类资源	(295)
三、	岛礁鱼类资源	(297)
第四节	岛屿植物资源	(300)
第五节	土壤资源	(300)
一、	利用现状	(300)
二、	鸟粪磷矿	(301)
第六节	太阳能资源	(301)
一、	本区的太阳能资源	(302)
二、	本区太阳能资源的开发状况	(302)
第七节	风能资源	(303)
一、	风能的计算	(303)
二、	本区的风能资源	(307)
三、	本区风能资源的开发状况	(310)
四、	开发和利用本区风能资源的优越性及其问题	(310)
第八节	海洋能源和海水淡化	(311)
一、	海洋能源	(311)
二、	海水淡化	(311)
第九节	港口、水道与锚地资源	(312)
一、	港口资源	(312)
二、	水道资源	(317)
三、	锚地资源	(322)
第十节	旅游资源	(326)
第十三章	自然区划	(327)
第一节	自然区划的原则和方法	(327)
一、	自然区划的概念	(327)
二、	自然区划的原则	(328)
三、	自然区划的单位等级系统	(330)
四、	自然区划的方法	(331)
第二节	自然区划方案	(333)
一、	南沙群岛在中国自然区划中的位置	(333)
二、	南沙群岛自然区划方案	(333)
第三节	与同纬度围区大陆自然区划的比较	(341)
第十四章	自然资源开发问题	(342)

第一节 环境、资源特点和开发现状	(342)
一、自然环境的特点	(342)
二、自然资源的特点	(343)
三、资源开发的历史和现状	(345)
第二节 自然资源开发设想	(348)
一、海南省开发的社会经济条件和海洋开发规划	(348)
二、南沙群岛自然资源开发的方针和原则	(351)
三、南沙群岛自然资源开发布局	(352)
四、南沙群岛自然资源开发区划	(352)
五、南沙群岛自然资源开发的保障	(352)
结语	(357)
参考文献	(363)
SUMMARY	(373)

Contents

Foreword	(i)
Preface	(ii)
Chapter One Geographic Location and Expeditionary History	(1)
1 Geographic location	(1)
2 Geographic discovery and place names	(1)
2. 1 Geographic discovery	(1)
2. 2 Place names	(3)
3 Administrative system	(6)
4 Expeditionary history	(9)
4. 1 Scientific expedition to Nansha Islands in modern times	(9)
4. 2 Multidisciplinary scientific expedition to Nansha Islands at present times	(11)
Chapter Two Historical Physical Geography	(14)
1 Knowledge on South China Sea and its coral reefs in the early age of history	(14)
1. 1 Navigation at South China Sea coast in ancient time	(14)
1. 2 Navigation at South China Sea waters in Han Dynasty	(15)
1. 3 Records on coral reefs of South China Sea in the Six Dynasties	(16)
1. 4 Exposition on coral reefs of South China Sea in Sui and Tang Dynasty	(17)
2 Knowledge on physical geography of Nansha Islands in middle age of history	(17)
2. 1 Knowledge on physical geography of Nansha Islands in Song Dynasty	(17)
2. 2 Exposition on physical geography of Nansha Islands in Yuan Dynasty	(20)
2. 3 Knowledge on physical geography of Nansha Islands in Ming Dynasty	(20)
3 Knowledge on physical geography of Nansha Islands in late age of history	(24)
3. 1 Document records in Qing Dynasty	(24)
3. 2 Survey of foreign ships in waters of Nansha Islands	(26)
3. 3 Geomorphographic classification of Nansha Islands by fishermen in Qing Dynasty	(26)
3. 4 Management and development of islet-reef in Nansha Islands in Qing Dynasty	(27)
3. 5 Navigation route in waters of Nansha Islands in Qing Dynasty	(32)
4 Sovereignty of Nansha Islands belonging to China	(38)
Chapter Three Geomorphography	(42)
1 Landform of sea bottom	(42)
1. 1 Continental shelf	(43)
1. 2 Continental slope	(44)
1. 3 Deep sea basin	(46)
2 Geomorphography of coral reef	(46)
2. 1 General geomorphography	(46)
2. 2 Geomorphography of big atolls	(48)

2. 3	Geomorphology of small atolls	(50)
2. 4	Geomorphology of table reefs	(59)
2. 5	Geomorphology of underwater knoll reefs	(60)
2. 6	Geomorphology of limesand islets	(60)
Chapter Four Geology		(64)
1	Regional geology and geotectonics	(64)
1. 1	Outline of regional geological investigation	(64)
1. 2	Regional geotectonics	(65)
2	Regional neotectonics	(73)
2. 1	Active faults	(74)
2. 2	The latest tectonic movements	(76)
2. 3	Volcanic activity	(77)
2. 4	Earthquake activity and crusty stability	(79)
3	Sediments on sea floor	(80)
3. 1	Surface sedimentary features and divisions in sea floor	(80)
3. 2	Minerals and sedimentary geochemistry in surface sediments on sea bottom	(85)
3. 3	Sedimentary sequences and rates	(87)
3. 4	Sedimentary evolution	(92)
4	Geology of coral reef	(94)
4. 1	Concept of coral reef	(94)
4. 2	Stratigraphy of coral reef in waters of Nansha Islands	(97)
4. 3	Biogenous component of coral reef in waters of Nansha Islands	(98)
4. 4	Minerals and elemental geochemistry of coral reef in waters of Nansha Islands	(101)
4. 5	Sedimentary petrology of coral reef in waters of Nansha Islands	(104)
4. 6	Diagnoses and evolution of coral reef rock in waters of Nansha Islands	(105)
Chapter Five Paleogeography and Paleooceanography		(108)
1	Regional paleogeography	(108)
1. 1	Regional paleogeography in pre-Tertiary period	(108)
1. 2	Regional paleogeography in Tertiary period	(110)
1. 3	Regional paleogeography in Pleistocene epoch	(113)
1. 4	Regional paleogeography in Holocene epoch	(120)
2	Regional paleooceanography	(122)
2. 1	Change of paleo-sea level	(122)
2. 2	Change of paleo-temperature	(127)
2. 3	Pattern of paleo-circulation	(134)
Chapter Six Climate		(140)
1	Tropical weather system	(141)
1. 1	Subtropical high	(141)
1. 2	Tropical cyclone	(143)
1. 3	Intertropical convergence zone	(144)
1. 4	Equatorial buffer zone and equatorial anticyclone	(144)