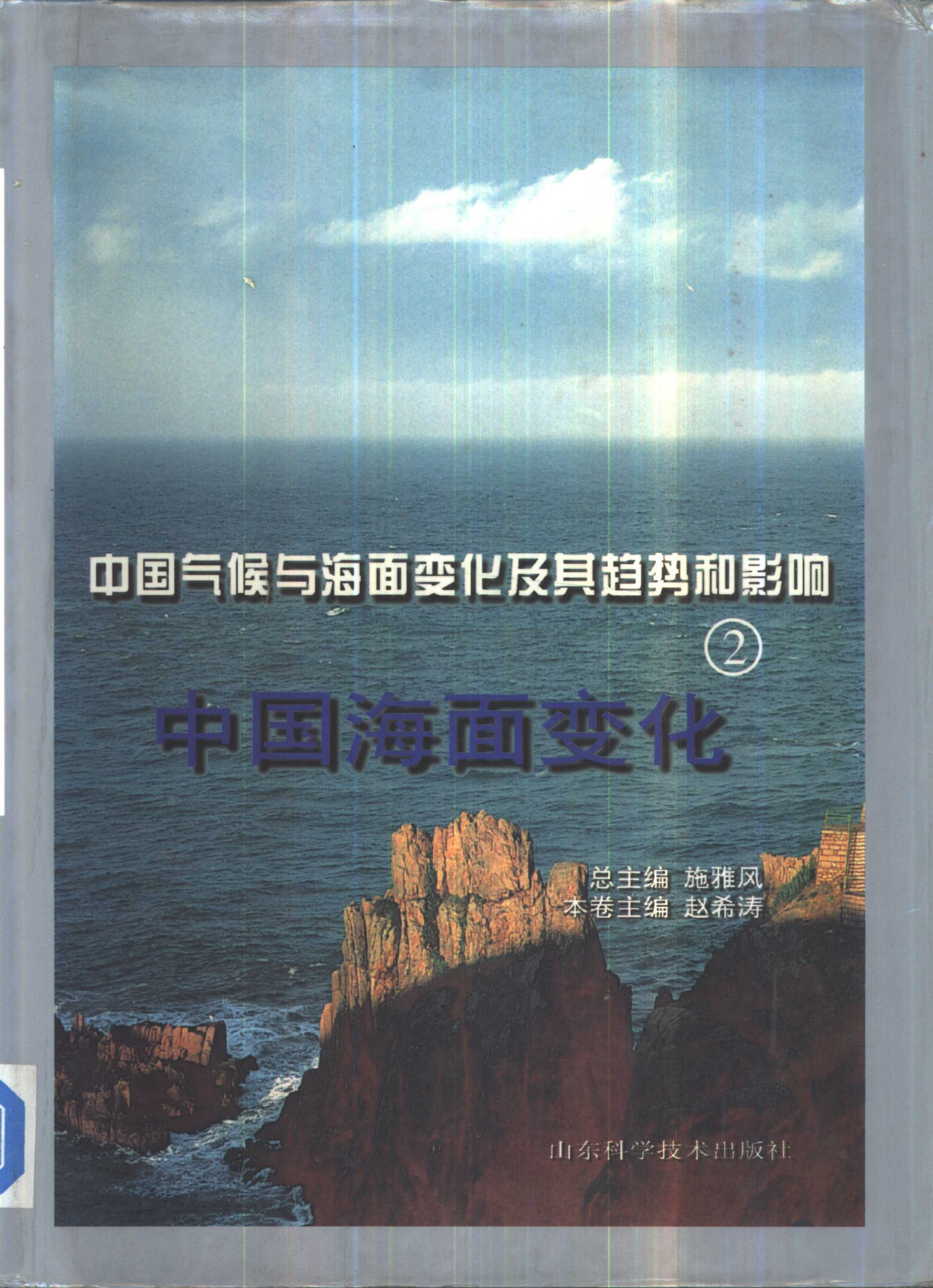




中国气候与海面变化及其趋势和影响

②

中国海面变化

总主编 施雅风
本卷主编 赵希涛

山东科学技术出版社

中国气候与海面变化及其趋势和影响

②

中国海面变化

总 主 编 施雅风
本 卷 主 编 赵希涛
本卷副主编 陈宗镛 朱季文

山东科学技术出版社

中国气候与海面变化及其趋势和影响

②

中国海面变化

总 主 编 施雅风

本 卷 主 编 赵希涛

本卷副主编 陈宗镛 朱季文

*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 邮政编码 250002)

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 30 印张 8 插页 671 千字

1996 年 11 月第 1 版 1996 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN 7—5331—1734—4

P·16 定价 57.00 元

中国气候与海面变化及其趋势和影响
编辑委员会

总主编 施雅风
副总主编 王明星 张丕远 赵希涛
委员 (以姓氏笔画为序)
孔昭宸 王明星 王庚辰 朱季文
刘春蓁 陈宗镛 张学洪 张祥松
张丕远 赵希涛 赵柏林 赵高祥
施雅风 郭其蕴 龚高法

中国气候与海面变化及其趋势和影响
各卷主编副主编

中国历史气候变化①

主 编 张丕远

副主编 孔昭宸 龚高法 郭其蕴

中国海面变化②

主 编 赵希涛

副主编 陈宗镛 朱季文

全球气候变暖③

主 编 王明星

副主编 张学洪 赵高祥 赵柏林 王庚辰

气候变化对西北华北水资源的影响④

主 编 施雅风

副主编 刘春蓁 张祥松

山东省泰山科技专著出版基金会

名誉会长 赵志浩 宋木文 陆懋曾 伍 杰

卢鸣谷 董凤基 宋法棠

会 长 陈光林 石洪印

副 会 长 宋桂植 何宗贵 吕可英 车吉心

孙肇琨 王为珍(常务副会长)

秘 书 长 王为珍(兼)

副秘书长 尹兆长

理 事 (以姓氏笔画为序)

王为珍 王凤起 尹兆长 刘韶明

李道生 李德泉 张传礼 陈 刚

蒋玉凤

评审委员会 (以姓氏笔画为序)

卢良恕 吴阶平 杨 乐 何祚庥

罗沛霖 高景德 唐敖庆 蔡景峰

戴念慈

我们的希望

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著，正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会，广泛传播科学技术知识，培养专业人才，推动科学技术进步，对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感，自 1988 年起，山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”，成立科技专著评审委员会，在国内广泛征求科技专著，每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响。

1992 年，在山东省委、省政府的支持下，在原“泰山科技专著出版基金”的基础上，由山东省出版总社、山东省科学技术委员会和山东科学技术出版社共同成立了“山东省泰山科技专著出版基金会”，并得到企业界的热情赞助，为资助学术专著的出版提供了更加可靠的保证。

但是，设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物，也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验，逐步予以完善；同时也更需要社会上有关方面的大力扶植，以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望，通过这一工作，高水平的科技专著能够及早问世，充分显示它们的价值，发挥科学技术作为生产力的作用，不断推动社会主义现代化建设的发展。愿基金会支持出版的著作如泰山一样，耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

1992 年 12 月

序

由竺可桢教授开创的中国气候变化研究在 80 年代出现了蓬勃发展的形势,由于大气中 CO_2 及其他微量气体增加、全球变暖并致使海面上升与其他人为作用结合所导致的水资源及其他环境变化,为越来越多的科学家、社会人士和政府领导所关注。

人们想弄清气候与有关环境变化的具体事实、原因、相互关系,以期正确预测其未来变化趋势和可能后果,及早采取措施,限制其不良方面,发展其有利因素。1985 年,世界科学联合理事会(ICSU)、世界气象组织(WMO)、联合国环境保护署(UNEP)在奥地利 Villach 举行的探讨此问题的专门会议,对我国气候变化与影响研究,起了重要的促进作用。首先由中国科学院组织部分科学家开展关于国内和国际气候与海面变化情况的预研究。随后国家自然科学基金委员会着手组织重大项目研究,经过一段时间的酝酿,“中国气候与海面变化及其趋势和影响的初步研究”项目于 1987 年通过评议,在中国科学院立项起步,1988 年国家自然科学基金委员会正式审定批准,作为“七五”重大项目(资助金额 300 万元)而全面展开研究工作。

项目任务书中列出主要研究为“用孢粉、沉积、文献、考古等方法重建 1 万年来气候序列,研究我国气候变化规律及未来趋势;研究近万年中国海面变化的规律和原因,对下世纪上半叶海面的可能变化及影响进行试点研究;应用数值模拟方法,模拟大气中 CO_2 倍增条件下所引起的气候变化;探讨气候变化对西北、华北水资源影响并预估其未来变化。”为此设立 4 个二级课题与 14 个三级课题分领域进行。1987 年底,经基金会组织专家评议强调重点应放在“重建全新世和历史气候序列,全新世海面变化序列, CO_2 倍增后气候变化的数值模拟和气候变化对西北华北水资源影响等四个方面”,要求研究成果以高水平的论文和专著发表,基本达到国际先进水平。

本项目研究经过中国科学院所属的 9 个研究所、7 个大学的有关系、所及业务部门与省的有关单位共 200 多位科研人员历时 5 年多的共同努力,完成了预定计划,取得了丰硕的创造性成果。除以 300 篇左右论文及专辑在国内发表外,为使认识系统化,使分散的成果密切联系在一起,便于广大读者参考引用,特撰写《中国气候与海面变化及其趋势和影响》一书,并按二级课题分为四卷,即《中国历史气候变化》(卷一)、《中国海面变化》(卷二)、《全球

气候变暖》(卷三)和《气候变化对西北华北水资源的影响》(卷四)。各卷互相呼应又自成体系,均系集体研究的成果。

本项目研究的成功和系列专著的出版,首先要感谢国家自然科学基金委员会和中国科学院、各课题承担单位和参与单位的一贯的多方面的领导和支持,感谢山东省泰山科技专著出版基金会热诚赞助出版、细心编辑与精致印刷。

施雅风

1995年3月于北京

前 言

一个多世纪以来世界范围工业化带来的 CO_2 及其他微量气体浓度增加而导致的温室效应和业已出现的全球变暖趋势,已经产生并正在加剧对全人类的生存环境的重大影响,已引起了越来越多的科学家、政治家以至各国政府首脑的关注。而气候变暖对诸多环境要素的影响中,海面上升问题首当其冲。它将给人口密集、经济高度发达的低位的沿海平原的工农业生产与人类生活带来巨大的威胁。我国不仅有漫长的海岸线和众多的大小岛屿,而且天津及渤海西岸,上海及杭嘉湖与太湖地区,以及广州与珠江三角洲等特大城市与黄金地带,以及其他沿海开放城市和特区,都受到未来海面上升的严重威胁。为此,作者等申请和执行了国家自然科学基金委员会和中国科学院联合资助的大型项目所属之“中国海面变化及其趋势和影响的初步研究”课题(1988~1992)。

中国长期海面变化的调查研究,大体经历了如下阶段:①19世纪晚期至20世纪前半叶,在研究沿海地区地形学问题时,涉及到海岸升降问题。同时,在上海、天津、青岛等口岸,相继建立了验潮站。②50年代至70年代中期,开始系统地调查海岸带,同时,在沿海建立了数以百计的验潮站。③70年代晚期以来,在沿海与陆架大规模调查与勘探的基础上,利用多种新方法与新手段,对钻孔岩芯中的海侵层与地表的古海面指示物进行了较详细的研究与测年,从而建立了一系列更新世末期以来的海面变化曲线,并探讨了若干与海面变化有关的理论与实践问题。同时,由于验潮记录时间的加长,也开始了对单站或区域性现代海面变化的计算及全国性对比的研究。④80年代以来,系统地开展长期海面变化趋势与影响的研究,并取得了大量成果。

回顾历史是为了面向未来。因此,针对中国海面变化研究的现状和所面临的科学与实际问题,本课题设置了“全新世海面变化”、“器测时期海面变化与地壳形变”和“长江三角洲地区未来海面变化趋势与影响的试点研究”3个子课题。由于时间、财力等原因,我们将海面变化的历史研究限于全新世,把未来研究仅限于长江三角洲地区,并力图使这3个研究地域基本一致,研究时段相互衔接,研究方法明显不同的子课题成为一个有机的整体。同时,考虑到每个子课题研究内容、历史背景和存在问题的不同,提出了各自具体的奋斗目标。

“全新世海面变化”子课题,由于有丰富的资料积累,因而以“深入、细

致、系统、可靠与定量化”作为其奋斗目标,选择低位、下沉的平原海岸长江三角洲地区和渤海西、南岸及上升的基岩海岸海南岛鹿回头连岛沙坝为重点,着重解剖了海相与海陆过渡相层,贝壳堤,障壁沙坝—潟湖体系及风暴沉积,海滩岩,海岸沙丘岩及海岸沙丘,牡蛎礁和珊瑚礁等重要古海面指示物,加之我们对研究剖面与钻孔岩芯进行了密集采样和多项目的分析、鉴定与测试,从而取得了令人满意的结果。

“器测时期海面变化与地壳形变”子课题,对验潮站进行了考核与筛选,对潮汐观测资料的可靠性与精度进行了评价与订正,并利用新提出的多种分析与计算方法,计算了中国沿海的相对海面变化,并作出预测。为了得出脱离地壳运动而独立存在的真正的海面变化,作者利用了中国沿海 50~80 年代施测的约 $25 \times 10^4 \text{ km}$ 一、二等精密水准复测资料,建立了“统一均衡基准”,并与若干验潮站水尺零点进行了联测,从而对中国沿海相对海面变化进行了地壳垂直运动的订正,并得到了中国沿海垂直地壳运动图。

“长江三角洲地区未来海面变化趋势与影响的试点研究”子课题,评述和校订了全球未来海面变化趋势的现有方案,并在考虑长江三角洲地区海面升降运动趋势及该地区全新世和现代地面沉降速率及其未来趋势的基础上,提出了该地区未来海面上升趋势的预测方案。在此基础上,预估了海面上升对该地区风暴潮,对海岸侵蚀与潮滩湿地损失,对太湖流域下游低洼地及里下河地区洪涝,和对长江口盐水入侵的影响,并作了经济分析和分区与对策研究。

本卷即是课题成果的一个全面与系统总结。然而,作为一部专著,本卷并非单纯报道课题研究成果,而是以其为核心,参考和汲取了作者以往的工作,前人数以百计的论文,及全国最新资料而作出的全面、系统和深入的分析、概括与总结。

本卷由课题负责人赵希涛设计总纲和最后统编、定稿并统排文献。第一、二、三篇分别由子课题负责人赵希涛、陈宗镛、朱季文拟定详细提纲,进行协调和初步编辑,韩有松、黄立人和谢志仁协助之。各章节编写分工如下:第一章第一节与第二节之四由赵希涛,第二节一~三由王绍鸿,第三节一由韩有松,二由卢演涛,第四节一由徐家声,二由陈俊仁执笔。第二章第一节一由高善明,二由韩有松、孟广兰,三由庄振业、孟广兰,第二节一由赵希涛,二由杨达源,三由王绍鸿,第三节一、二、三分别由李平日与方国祥,赵希涛和陈俊仁执笔。第三章第一、二节及第三节之二由赵希涛,第三节之一由卢演涛,第四节由杨达源执笔。第四章第一、二节分别由陈宗镛、周天华执笔。第五章由陈宗镛执笔,其中第一节之一由李文谓,第二节之六由陈特

固、徐锡祯执笔。第六章由黄立人执笔，其中第四节之一、三、四、五由陈宗镛执笔。第七章第一、二、四节由朱季文，第三节由谢志仁执笔。第八章由谢志仁执笔。第九章第一节由蒋自巽、朱季文，第二、三节由季子修，第四节由毛锐、许朋柱、潘良宝、孙顺才、郑长苏，第五节由杨桂山，第六节由朱季文执笔。结语由赵希涛、陈宗镛、朱季文执笔。共同参与课题组研究与本卷编写工作的还有：邵兴亚、刘素华、胡文虎、鲁刚毅、李云军、阎学文、李波、付启龙、王少青、史玉兰、李元芳、王一曼、黄金森、陈欣树、包厉彦、吴学忠、杨建明、张景文、李桂英、黎广钊、莫永杰、魏兰英、胡碧茹、胡惠民、杨国华、黄蕴和、于宜法、左军成、田晖、汤恩祥、陈西庆、方金琪、石少忠、柳林旺、龚文平、李鸿伟、韩晓钟、王珏等。

本卷作者在此向资助该项目的国家自然科学基金委员会和中国科学院，向资助本书出版的山东省泰山科技专著出版基金会，向领导与指导本研究的项目负责人施雅风教授，向历次评议本课题与评审本卷的有关专家，向参加本课题工作的课题组成员及其所在单位，向支持本卷撰写与出版的有关单位与人员致以衷心的感谢！由于时间、条件及作者水平的限制，卷内仅涉及有限的方面与问题，且疏漏之处在所难免，切望同行专家与广大读者批评指正。

赵 希 涛

1996年9月于北京

目 录

第一篇 中国全新世海岸演化与海面变化	1
第一章 地质背景与研究方法	3
第一节 中国海岸演化与海面变化研究简史	3
第二节 古岸线与古海面标志及其年代学问题	8
第三节 沿海第四纪地质背景	28
第四节 末次冰期盛期以来中国陆架的演化	31
第二章 区域海岸演化与海面变化及其地质记录	44
第一节 渤海与北黄海沿岸	44
第二节 南黄海与东海沿岸	83
第三节 南海北部沿岸	115
第三章 中国海岸演化与海面变化的过程与特征	151
第一节 全新世海岸演化与海面变化过程	151
第二节 全新世海面变化与气候变迁的关系, 兼及高海面及其再现的可能性	157
第三节 全新世海面变化与地壳形变的关系	164
第四节 海岸演化与海面变化机制	171
 第二篇 中国沿海现代海面变化和地壳运动	181
第四章 平均海面变化及其分析方法	183
第一节 海面测量和研究的历史	183
第二节 海面变化的分析和计算方法	194
第五章 中国沿海相对海面变化	204
第一节 中国验潮站及其基准	204
第二节 中国相对海面分析研究	208
第六章 海面变化与地壳运动	236
第一节 中国沿海海面变化的均衡基准	236
第二节 中国沿海的海面变化	252
第三节 中国沿海地区现代地壳垂直运动	254
第四节 若干结论	262
 第三篇 长江三角洲地区海面变化趋势与影响评估	281
第七章 区域概况和预测方法	283
第一节 自然环境特征	283

第二节 社会经济特征	289
第三节 海面变化趋势预测方法	296
第四节 海面上升影响的研究内容和方法	306
第八章 海面变化的未来趋势	312
第一节 海面升降运动变化趋势	312
第二节 长江三角洲地区地面沉降趋势	329
第三节 长江三角洲地区未来相对海面上升趋势	348
第九章 未来海面上升对长江三角洲地区的可能影响	359
第一节 海面上升对风暴潮的影响	359
第二节 海面上升对海岸侵蚀的影响	370
第三节 海面上升对潮滩湿地损失的影响	384
第四节 海面上升对低洼地区洪涝灾害的影响	396
第五节 海面上升对长江口盐水入侵的影响	410
第六节 海面上升影响估计与分区对策	421
结语	430
参考文献	434
图版说明	465
图版	

第 一 篇

中国全新世海岸演化 与海面变化

100
100
100

1

100
100
100

第一章 地质背景与研究方法

第一节 中国海岸演化与海面变化研究简史

关于人类对海面变化科学认识的产生与发展,已在作者等《全球海面变化》一书中有专章叙述(赵希涛、杨达源等,1992),本节仅回顾我国海岸演化与海面变化研究简要历史。

中国海岸演化与海面变化的研究,如以 Kingsmill(1863)、Pumpelly(1868)和 Mosseman(1877)的工作为标志,已有一个多世纪的历史,大体上经历了以下几个阶段:

一、19 世纪晚期至 20 世纪前半叶

在此阶段,基本上没有进行过专门的海平面变化研究,只是在为上海与天津的自来水厂钻井时,注意过海相软体动物化石;在研究渤海湾西岸平原与长江三角洲时,涉及到海侵范围、太湖与杭州西湖的成因等问题;在研究我国海岸时,讨论过海岸升降问题。

例如,桑志华与德日进(Licent & Teilhard de Chardin, 1927)在描述天津市区的挖坑剖面时,注意到海相贝壳(如蚶 *Arca* sp., 三角蛤 *Trigonia* sp., 青蛤 *Cyclina* sp., 四角蛤 *Mactra* sp. 和蛏 *Siliqua* sp. 等)堆积在某些确定的层位;在含海相生物群的地层之下,为含有淡水环境的软体动物群(如丽蚌 *Lamprotula*)。桑氏还对 1935 年 10 月 4 日至 1936 年 2 月 26 日在天津老西开打的一口孔深为 861m 的深井作了细致的分层描述。Cressey(1928)也根据上海自来水管厂的钻孔资料,在 270m 以上的岩芯中,依所含的海相软体动物化石,总共确定了 182.8m 厚与海有关的地层。

德人 Richthofen(1912)把北京-天津间的平原分成两部分,其一位置较高,将其称为位于古岸线以上的倾斜平原;其二为位于古岸线与现代岸线间的低地和沙丘,它们系海退的遗迹。他认为渤海的范围曾扩展到今日天津以西。这一结论已为前述桑志华后来的研究所证实。而希腊人 Christopoulos(1947)曾根据华北平原的地形测量资料,提出了 4m 等高线可作为史前的海岸线,当时的海岸线至少长 150km,宽 60~80km,与当地盐碱土的分布状况十分相似。

丁文江(Ting, 1919)曾讨论过扬子江下游扬州附近三江的入海问题。他认为太湖从前曾是个礁湖(lagoon 即潟湖)。竺可桢(1921)也认为杭州西湖是一个礁湖。它从前不过是钱塘江口之一个小湾儿,后来钱塘江之沉淀渐塞住湾口,乃变成一个礁湖。按沉积速率推算,西湖的生成至少在 12 000a 以前。

Richthofen(1912)还根据中国海岸在杭州湾以南岸线曲折以北岸线平直的特点,提出杭州湾以北是上升岸,以南为下降岸。这一论点于相当长时期内在我国地理学界占据统治地位。自 Heim(1929)在香港发现了海岸台地之后,我国学者 30~50 年代根据在华南海岸所发现的更多的海岸台地、准平原及其他海岸上升的证据,从而提出了中国海岸在大体下沉中有较小上升的理论(李庆远, 1935; 侯德封等, 1935; Lin, 1937; 马廷英,

1942; 陈国达, 1948, 1950)。

二、20 世纪 50 年代至 70 年代中期

在此时期, 我国地理与考古工作者对中国海岸进行了大量的调查研究工作。诸如丁锡祉(1958)对东北海岸, 王宠(1956)、林观得(1959)对福建海岸, 罗开富(1957)、曾昭璇(1957)、叶汇(1963)对华南海岸的研究等。

应当指出, 李世瑜(1962)、王颖(1964)、天津市文化局考古发掘队(1965, 1966)在渤海湾西岸的考古与地理调查中, 发现了海相贝壳的天然堆积体, 因其呈堤状分布, 称为贝壳堤, 并根据贝壳堤的分布及贝壳堤上与贝壳堤外的考古遗存, 勾绘出该地区几条历史时期的古海岸线。在此之前, 陈吉余等(1959)在研究长江三角洲地质时, 发现了上海西部冈身地带的几道沙堤与贝壳堤, 及苏北中部的几条岸外沙堤, 它们是长江河口两侧的沙嘴; 而沙嘴两侧的大型碟形洼地: 太湖洼地与里下河洼地, 则分别是由于南岸沙嘴的发展, 而造成海湾、潟湖, 最后葑淤成为太湖平原, 及北岸沙嘴与岸外沙堤相会, 而形成里下河洼地的。

应着重指出的是, 在此阶段, 不仅发现了一批与海岸发育及地壳运动有关的证据, 而且建立了海面变化的概念, 如任美镛(1965)首次介绍了第四纪海面变化的国际研究概况, 特别是全新世海面变化的三种不同意见, 而且联系我国海岸的实际情况, 评述了与海面变化有关的若干地貌、沉积与生物标志。

三、70 年代晚期以来

在此时期, 由于沿海与大陆架大规模调查与勘探工作的开展, 及 ^{14}C 、微体古生物分析等新技术、新方法的应用, 对钻孔岩芯中的海侵层与地表的古海面指示物进行了较详细的研究与测年, 从而建立了一系列更新世末期以来, 特别是全新世区域性在全国综合性海面变化曲线, 并探讨了一系列与海面变化有关的理论与实践问题。

由于全新世海侵层埋藏较浅或直接出露地表, 厚度不大, 且富含可供进行 ^{14}C 年代测定的样品, 因而在过去十多年中, 对全新世海面变化的研究较为详细, 已发表了数以百计的论文和几部文集(赵希涛, 1984, 1994; 中国第四纪研究委员会、中国海洋学会, 1985; 国际地质对比计划第 200 号项目中国工作组, 1986; Qin Yunshan & Zhao Songling, 1987, 1991; Zhao Xitao, 1993)。这里仅简要概括所取得的主要结果:

1. 海侵层与海侵范围

据现有资料, 除了外陆架有相当部分为晚更新世残留沉积外, 在所有内陆架、沿海平原、河口平原与三角洲, 均有全新世海侵层分布, 且其分布范围较更新世各海侵层广泛。它不仅分布于渤海及其沿岸(汪品先、顾尚勇, 1980; 高善明, 1981; 王一曼, 1982; 赵松龄等, 1978; 杨子赓等, 1979; 王强等, 1986a, b; 王绍鸿, 1979; 韩有松等, 1986; 庄振业、李建华, 1986), 黄海与东海及其西岸(郭蕃民, 1983; 韩有松等, 1987; 严钦尚、洪雪晴, 1987; 严钦尚、黄山, 1987; 蔡祖仁、林洪泉, 1984; 孙顺才、伍贻范, 1987), 珠江、韩江及闽江等河口三角洲(黄镇国等, 1982; 李平日, 1987; 李平日等, 1984; 王绍鸿, 1984), 而且侵入到更新世海侵未曾波及的辽东半岛、山东半岛、广西与海南等基岩海岸(符文侠等, 1987; 韩有松等, 1986; 张仲英、刘瑞华, 1987; 陈刚、李从先, 1988)。全新世海侵层的海相性也最强, 在海域为浅海与近岸浅海相, 在沿海平原则为滨海至海