

海平面上升对广西沿海 的影响与对策

莫永杰 李平日 方国祥 谭惠忠 著

科学出版社

海平面上升对广西沿海 的影响与对策

莫永杰 李平日 方国祥 谭惠忠 著

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

海平面上升是当前全球环境变化的大问题。海平面上升是缓慢而持续的过程,随着时间的进展而累积量增大,对沿海地区造成许多不利影响。广西海岸线长 1083km,岛屿 624 个。沿海是广西经济发展最迅速的地区,是大西南的主要出海通道。

此书是国内第一部研究海平面上升对我国沿海省(区)的影响及其对策的专著。书中系统阐明由于全球气候变暖引致海平面上升的机制,从广西的历史及现代海平面变化及地质构造升降的大量科学数据,预测未来数十年广西各岸段的海平面上升幅度,并详细分析了海平面上升对广西沿海各方面的不利影响,提出了包括硬措施和软措施的主要对策。本书可供国土、水利、海洋、城乡规划、工程设计等领域的科技人员与沿海地区地方政府有关部门的工作人员以及大专院校有关专业的师生使用。

海平面上升对广西沿海的影响与对策

莫永杰 李平日 方国祥 谭惠忠 著

责任编辑 钟如松

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

广州科新电脑服务中心排版

广州空军政治部印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1996 年 8 月第一版 开本:787×1092 1/16

1996 年 8 月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—1 000 字数:250 000

ISBN 7-0-005545-4/P·939

定价:16.00 元

序

广西海洋研究所与广州地理研究所合作获国家自然科学基金资助，并得到广西壮族自治区科委、国土办、海洋处的支持，完成了《海平面上升对广西沿海的影响与对策》研究，这是很有意义和应予祝贺的好事。

全球气候变暖—海平面上升，是近十余年各国科学界十分关注的一个热点问题。1985年，当时任中国科学院副院长的叶笃正院士出席了在奥地利Villach举行的专门讨论CO₂等温室效应气体增加影响全球气候变化的国际会议。会后不久，中国科学院召集有关学科的专家作了专门研讨，指出全球气候将要变暖，海平面上升将影响我国的滨海地带。会后，曾给中央领导写信，希望中央对此问题予以重视。在此前后，我在1986年3月29日的《科学报》撰文指出：全球将出现气候和环境大变化。在1988年6月17日的《科学报》上又进一步指出：沿海地区经济建设要注意海平面上升的危害。1988~1992年，我主持了国家自然科学基金重大项目和中国科学院重大项目“中国气候与海面变化及其趋势和影响的初步研究”。经过科学界多年的呼吁、行动，全球气候变暖—海平面上升问题已逐渐为世人关注。中国科学院地学部于1993年2月在京召开“海平面上升对我国沿海地区经济发展的影响与对策研讨会”及组织一批院士往珠江三角洲、长江三角洲、黄河三角洲和天津地区进行考察并与当地专家进行研讨，除了在考察过程中向当地省（市）政府汇报外，并以中国科学院的名义，于1993年4月15日向国务院呈送了“关于‘海平面上升对我国沿海地区经济发展的影响与对策’的咨询建议”，把海平面上升研究推向一个新高潮。广西、广东、上海、天津等地方政府已拨专款开展海平面上升的影响与对策专题研究。现在，对付全球气候变暖与海平面上升已开始成为政府行为。海平面上升是缓慢而持续的过程，不易为人们察觉，但其后果是严重的。有识之士认为，应及早对此问题广泛宣传教育，提高大家的防灾意识。

《海平面上升对广西沿海的影响与对策》一书，是我国第一部研究一个滨海省（区）海平面上升问题的专著。作者们经过艰巨的实地调查研究和博采国内外学者的研究成果，用大量的科学观测数据和实际资料，阐明近一百多年以来全球、全国、广西的海平面上升情况，并从历史的角度，以广西沿海数十处海蚀、海积地貌和大量沉积物证据，论证广西在中、晚全新世出现过高海面 and 气候炎热期，认为炎热期与高海面期有对应性和滞后性。他们的看法，与国际、国内新近的研究趋势和推论是一致的。

此书提出“现代暖期”（或称“小暖期”）的新看法，认为“现代暖期”

的升温与人类活动—温室效应的增温叠加，将使全球气候变暖—海平面上升更具长期性和严重性，这是一个值得深入探讨的理论问题。我认为小冰期已经结束，“现代暖期”这个暖期方兴未艾，由于人类活动加剧温室效应以及其他方面的影响，这个暖期延续多长、变暖到什么程度，难以预估。也可能“小暖期”发展成“大暖期”，可以肯定，气候变暖与海平面上升影响是深刻的、长远的，必须做好长期战斗准备。

作者计算了近数十年来广西沿海各站的年平均海平面、月平均海平面和最高潮位变化，结合新构造和地壳形变升降速率，预测了广西各岸段未来50年的海平面上升幅度，划分了海平面上升不同影响区，探讨了未来海平面上升对环境与经济建设的不利影响，并提出包括硬措施和软措施的对策，工作全面深入。我有幸较早读到书稿，内容丰富，增长见识，得益很多。由于对气候变化的预测还有很多不确定因素，各人设计的模型因子各不相同，因而对未来变化的测算各有差异，但都一致认为数十年后海平面的上升累积值是不会小的，其不利影响宁可想得周到些，万勿掉以轻心。

广西沿海是很有经济发展前景的地区，是我国大西南的重要出海通道。广西沿海经济起步较晚，许多基础设施建设尚在规划、设计阶段，如能充分考虑全球气候变暖—海平面上升的趋势，在规划和设计工作中趋利避害，必能减少损失。我认为，这既是此书作者不惜笔墨、反复阐明、力求达到的重要目标，也是中央强调“科教兴国”对广大政府工作人员和科技工作者的一项具体要求。广西与广东历史上向来关系紧密，素称“两广”。广西海洋研究所与广州地理研究所近年携手合作，业已取得不少科研成果。广西海洋研究所莫永杰长期从事广西海岸带和海岛调查，积累了丰富的资料和经验；广州地理研究所李平日、方国祥、谭惠忠等专家多年进行海平面上升对珠江三角洲及广东沿海的影响与对策研究，在这个领域已取得丰硕成果。他们合作进行本项目的研究，可谓各展所长。此书就是合作有利于出重要成果的明证。

海平面上升是全球环境变化的一个重要方面，世界各国科学家正在花大力气研究，新方法、新观点、新成果不断涌现。此书是两广科学工作者对全球环境变化研究的一项贡献。万里长征走了第一步，此项成果只是一个良好开端，尚有大量的理论与实际工作要做。我期待着不久的将来，两广又有新的研究成果问世。

中国科学院院士 施雅风
中国地理学会理事长

序

继中国科学院院士咨询报告《海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策》面世之后，作为论述我国关于海平面上升问题的第一部省（区）专著《海平面上升对广西沿海的影响与对策》，经广西海洋研究所和广州地理研究所的同志们合作完成而出版。这是我国在海平面研究方面的又一重要进展，可喜可贺。

全球气候变暖，尤其是后果最为直接具体、影响最为深广的海平面上升，近十几年来不但是国际学术界的热点问题，而且是关系到沿海国家跨世纪持续发展的重大问题，早已引起各国际组织和主要沿海国家的特别关注。自从政府间气候变化委员会（IPCC）于1988年11月建立到1993年底短短的6年中，在它主办或赞助下，围绕海平面上升、影响与对策已经召开过八个国际大会或研讨会。其高潮是1993年11月在荷兰召开的世界海岸大会。我个人曾有幸被邀作为会议专家或学术指导委员，参加了其中的五个会议，了解了它们的全过程，并通过浏览其它会议的文件资料而了解了那些会议的情况。

由此而得知，当前国际上关于海平面上升、影响与对策的研究动向是向纵深发展。其要求概括地说是：1. 确定各种主、次成灾因素及其变化趋势，并预测其速率与时空差异；2. 划定可能受害地区，并从自然和社会经济两方面评估受害程度；3. 制定防灾的各种软、硬措施，估算其成本，并作出成本—效益分析；4. 对沿海地区（宽度自岸线向陆向海可延伸数十到100多公里）制定具体的因应对策及相应的综合协调管理规划（包括国土与资源的开发利用、防灾、集资等）。所有各项研究均要求具体，分区段和时段，定量化和图表化，以便于政府决策部门应用。

从上述动向来看，我感到本书的大部分成果都是与之吻合的，换言之，也就是达到了IPCC及其下属海岸带管理组要求的水平。本书的总特点是：在充分研究全球和全国海平面上升情况的基础上，系统地、分区和分时段地对广西沿海海平面上升的表现与变化趋势、相关因素及人类活动的作用、它们对那里的危害程度以及自然和社会经济影响，都作了深入的定量的分析，并对未来50年内广西沿海各地相对海平面上升的幅度作了合理有据的预测。

该书有两个新颖之点。一是在分析气候变暖对海平面上升影响时，还论述了“现代暖期”的存在及其叠加的影响；二是揭示出广西各潮位站近二三十年来，历年最高潮位明显增加，是对海平面上升趋势的重要补充。书中列举了一些关于防灾投入效益的很有意义的资料。例如就加高大堤而言，虽然

需要巨额投入，按 20 年一遇和 30 年一遇的较高标准，分别需要 3.5 亿元和 4.4 亿元，按 50 年一遇的高标准则需 7.9 亿元。但是，书中列举了广西过去因堤防标准低，受风暴潮袭击和内涝而造成的直接经济损失则更大。在 90 年代的前四年已达 12.96 亿元，其中，仅 9204 一次风暴潮的直接损失就达 9.03 亿元。换言之，如果在 90 年代初能投入 4.4 亿元（未考虑币值变化）提前建好较高标准的大堤，就可避免后来那 12.96 亿元的损失。这种防灾投入与效益比的实例对于我国沿海其它地区也是很有教益的。

此外，本书在写作上也有两个值得一提的长处。一是对有关全球变暖、海平面上升的国内外主要论著旁证博引，系统介绍，并结合广西实际加以分析应用；二是对广西所有海平面、风暴潮位的高程以及可能被淹没地区的高度均同时注明当地基面高程和全国统一的基面高程（也就是我国地形图上作为 0 米基面的青岛黄海高程）。这样做，对于难以见到众多国内外文献和了解上述两种基面高程差异的读者们在参阅和应用时有很大的方便。

最后还想指出，由于研究时间和经费等困难的限制，本书对有些问题尚未能作深入的研究（例如红树林能否随某种合适速率上升的海平面向陆迁移？），在收集、分析资料时未及应用高新技术（例如卫星影像处理和地理信息系统等），相信在研究条件改善之后能继续深入完善。对于广西沿海未来海平面上升的幅度和受危害程度的预测，很难说有肯定的把握。但是对这个问题，黄秉维院士说得好：“我们要在没有把握的问题中寻求可以把握的东西”（见：如何对待全球变暖问题，《地理新论》1991，6（1）：1~15）。我觉得这本专著的现阶段成果是符合这种思路的，对于正在经济起飞的广西沿海地区的持续发展将会做出重要贡献。

北京大学城市与环境学系教授

韩慕康

序

1993年春,本人有幸参加中国科学院组织的一批院士对珠江三角洲关于“气候变暖—海平面上升”问题的考察和研讨,受益匪浅。由于海平面上升是一个缓慢而持续的演变过程,不易为人们所觉察。若海平面上升逐年叠加,必将影响滨海地带,并加剧沿海地区的水患灾害,应引起足够的重视。

《海平面上升对广西沿海的影响与对策》一书,较为系统地以广西的历史、近代海平面变化及地质构造升降等科学数据,预测未来数十年广西各海岸段的海平面上升幅度;详细分析海平面上升对广西滨海环境和沿海经济建设的不利影响,提出相应对策和措施。这一理论探讨,是有一定的现实意义的。

广西沿海是我国大西南的重要出海通道,但经济起飞较晚,具有极大的发展潜力。本人曾在广西水利部门工作多年,对广西沿海地区台风暴潮、水患灾害给经济建设和人民生命财产所造成的威胁深有体会。广西沿海堤防大部分始建于50年代以前,堤身单薄,基础渗漏,经几十年的风吹浪击,加上年久失修,工程老化,病患严重。虽经政府每年给予一定财政拨款,加高加固,抗灾能力仍相当脆弱。重视海平面上升对广西沿海的影响并提出相应对策,是十分必要的。

感谢广西海洋研究所和广州地理研究所莫永杰、李平日、方国祥、谭惠忠诸同志,携手合作,对广西海岸带和海岛长期进行调查、观测,同时积累了丰富的资料,并进行科学的理论分析,取得了丰硕的科学成果。初览全书,倍受启发。前事不忘,后事之师,由于海平面上升问题的提出,我们必须增强居安思危,防患未然的意识。

水利部珠江水利委员会主任
教授级高级工程师

周甘霖

前 言

《海平面上升对广西沿海的影响与对策》是国家自然科学基金资助项目“海平面上升对广西沿海环境与经济影响预测研究”(批准号:49261003)及广西壮族自治区科委下达的“海平面变化对广西海岸国土环境与经济影响的预测研究”的共同成果。此两项研究工作由广西海洋研究所、广州地理研究所共同合作完成,前后历时两年六个月。

全球气候变暖、海平面上升是关系全人类的大事,自20世纪80年代中期起,它已成为世人瞩目的热门话题,各国科学家均在努力探索。1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会,各国政府首脑共同签署了《气候变化框架公约》(我国人大常委会已于同年11月7日批准该《公约》)。控制全球气候变化和化解海平面上升的不利影响,已成为政府行为。由于这是关系到全球环境变化的大问题,人类对地球(尤其是南极和海洋)的认识还很不足,因而对具体问题尚有歧见。但事实胜于雄辩,已有大量证据证明,近百年来地球在变暖、海平面在上升,对此我们认为不必置疑。

但是,全球气候变暖、海平面上升终归是新问题,而且变化过程缓慢,并非人人察觉。因此,这本专著既是我们研究工作的总结,亦希望通过它向社会广泛宣传全球变暖、海平面上升的科学事实,以引起人们的重视,共同为控制气候变化和防御、化解海平面上升带来的不利影响而采取实际行动。所以,我们这本书尽量用比较浅白的语言,表达全球气候变化、海平面上升的科学理论。利用实例和数据来表述海平面上升的事实和不利影响。

广西沿海近年发展很快,经济建设形势喜人。北海、钦州、防城既是广西的重要经济开发区,同时也是我国大西南的通海门户。如何在建设的初始阶段就充分考虑全球气候变暖、海平面上升可能带来的不利影响,在规划、设计时采取防御、化解的措施,力求减轻将来的损失,应是政府及有关部门的职责。我们希望这本书能起到宣传和预警的作用。

由于水平、时间、经费等的限制,我们这项研究是很初步的。由于历史的原因和经济发展水平,广西的海洋学和地学科研究资料积累也远远不如沿海各兄弟省、市,观测资料系列短而不全,站、点的分布也很不均匀。而且预测未来,向来是科学的难事。我们在书中提出的预测值,尚有待时间检验。

此项工作承国家自然科学基金委员会、广西壮族自治区科委、广西国土办公室、广西海洋管理处等的资助,并获得广西沿海各市、县政府和有关部门的大力支持。广州地理研究所实验室冯炎基副研究员、同济大学海洋地质系王开发教授、地矿部广州海洋地质调查局第二海洋地质调查大队实验室李国胜、韩建修高级工程师等帮助年代测定、孢粉和硅藻分析,广西海洋研究所黎广钊副研究员帮助分析有孔虫和介形虫。我们谨表示衷心的感谢!在广西海洋研究所和广州地理研究所领导的亲切关怀下,两所研究人员通力合作,共同完成了此项工作。

本书承中国科学院院士施雅风教授、北京大学韩慕康教授和原广西水利厅厅长、珠江水利委员会主任周甘霖教授级高级工程师赐序，我们深感荣幸！前两位是对全球气候变暖、海平面上升有精辟研究的著名学者，著述甚丰，在国际、国内享有盛名。他们在序中对本书提出殷切的期望和热情的鼓励，我们深切感谢他们对本书的关注和对晚辈的栽培、扶掖及关怀。周甘霖主任是水利专家，又在广西工作多年，对两广海平面上升问题曾进行研究，珠江水利委员会主管整个珠江流域及华南沿海的水利工作，他对广西水利最有发言权。他在序中深切关注广西沿海的堤围状况。堤围是抗御海平面上升的第一道防线，尤其全球气温升高将导致台风暴潮加强和增多，沿海堤围的作用更显重要。珠江水利委员会一向对我们的研究工作给予大力支持，周甘霖主任在百忙中给此书作序，是对我们的又一次支持和鞭策。

科学出版社不嫌我们浅陋，给此书以出版机会，特别是广州编辑室钟如松主任自始至终给予我们具体帮助，纠正我们书中错、漏，对此书倾注了不少心血，使本书提高了质量，我们深表谢意！我们愿意起抛砖引玉的作用，期望把全球变暖、海平面上升问题求教于同行及广大读者。

此书由莫永杰、李平日、方国祥、谭惠忠分工执笔，李平日负责全书的统稿、定稿。参加此项研究的还有廖思明、葛文标等人。图件由黄海芬清绘。没有他们的共同努力，就没有此项研究成果。

不当和谬误之处，敬希鉴谅，并不吝指正。

作者

目 录

序	施雅风 (i)
序	韩慕康 (iii)
序	周甘霖 (v)
前言	(vii)
1 温室效应、气候变暖和海平面上升问题	(1)
1.1 温室效应机理	(1)
1.2 温室效应气体的增加趋势	(2)
1.3 温室效应的增温作用	(6)
1.4 温室效应对未来全球气温上升的作用	(7)
1.5 气候变暖与“现代暖期”问题	(11)
1.5.1 小冰期的结束	(11)
1.5.2 “现代暖期”将使全球气候变暖—海平面上升更具长期性和严重性	(14)
1.6 全球气候变暖与海平面上升	(18)
1.6.1 冰川融化引起的海平面上升	(18)
1.6.2 海水温度变化与海平面上升	(22)
1.7 各国政府和科技界对海平面上升的关注和行动	(23)
2 广西沿海全新世高海面问题	(26)
2.1 广西沿海全新世高海面的一些证据	(26)
2.1.1 海积物	(26)
2.1.2 海蚀遗迹	(29)
2.1.3 钻孔及露头剖面反映的高海面	(31)
3 广西沿海全新世炎热期	(50)
3.1 广西沿海全新世炎热期的孢粉学证据	(50)
3.1.1 北海市外沙 CK10 孔剖面的孢粉分析	(50)
3.1.2 防城港市防城湾 392 孔剖面的孢粉分析	(55)
3.1.3 其它剖面的孢粉分析	(57)
3.2 典型热带动、植物变迁反映的炎热期	(59)
3.3 气候炎热期与高海面期的关系	(62)
3.3.1 从后羿射日与沧海桑田传说看气候炎热期与高海面期	(62)
3.3.2 炎热期与高海面期的对应性和滞后性	(63)
4 地质构造升降对相对海平面变化的影响	(66)
4.1 广西沿海的地质构造概略	(66)
4.1.1 北东向断裂	(66)

4.1.2 钦州断陷盆地·····	(68)
4.1.3 合浦断陷盆地·····	(70)
4.2 广西沿海现代地壳垂直形变·····	(70)
4.3 地壳垂直形变分区·····	(72)
5 现代海平面上升趋势·····	(79)
5.1 广西沿海现代海平面变化·····	(79)
5.1.1 广西沿海多年年平均海平面变化·····	(79)
5.1.2 广西沿海多年月平均海平面变化·····	(88)
5.1.3 广西沿海最高潮位变化反映的海平面上升趋势·····	(91)
5.2 全球及中国的现代海平面上升·····	(96)
5.2.1 全球现代海平面上升·····	(96)
5.2.2 中国现代海平面上升·····	(98)
6 对广西沿海未来海平面上升的预测·····	(103)
6.1 预测的主要依据·····	(103)
6.1.1 历史的借鉴——自然演变·····	(103)
6.1.2 温室气体还会更多——人类活动的重要影响·····	(103)
6.1.3 下世纪海平面上升的必然性·····	(112)
6.2 广西沿海未来相对海平面上升的预测及地区差异·····	(112)
6.2.1 涠洲岛、斜阳岛相对海平面较大上升区·····	(113)
6.2.2 东部相对海平面较小上升区·····	(117)
6.2.3 合浦、北海相对海平面中度上升区·····	(117)
6.2.4 钦东相对海平面轻度上升区·····	(118)
6.2.5 钦州湾相对海平面偏小上升区·····	(118)
6.2.6 西部相对海平面轻度上升区·····	(118)
7 海平面上升对广西沿海环境与经济建设的影响·····	(120)
7.1 海平面上升对广西沿海环境的主要影响·····	(120)
7.1.1 沿海大片低平原将受浸淹·····	(120)
7.1.2 台风暴潮破坏力增大·····	(122)
7.1.3 内涝必将加剧·····	(127)
7.1.4 地下水全面恶化·····	(129)
7.1.5 对工程地质条件的不利影响·····	(136)
7.1.6 对供水将有不同程度的不良影响·····	(140)
7.1.7 对红树林生态环境将有不利用影响·····	(140)
7.1.8 排水、排污困难·····	(142)
7.1.9 海岸、海滩将受侵蚀后退·····	(142)
7.2 海平面上升对广西沿海经济建设的影响·····	(143)
7.2.1 工农业生产将受直接损失·····	(144)

7.2.2 沿海低地城乡人民生命财产和一批重要经济设施受威胁	(144)
7.2.3 海堤工程费用增加	(144)
7.2.4 经济发展受阻延	(145)
8 主要对策	(146)
8.1 硬措施	(146)
8.1.1 加高加固海堤, 提高防御能力	(146)
8.1.2 重点防御, 实行开发和保护并举	(149)
8.1.3 保护和营造海岸红树林防护林带	(150)
8.1.4 控制开采地下水	(151)
8.2 软措施	(151)
8.2.1 政府及有关部门应高度重视海洋灾害的严重性, 增强全民防灾、减灾意识, 形成政府行为	(151)
8.2.2 加强海平面上升的研究、监测和预报	(151)
8.2.3 加强海岸带的综合管理	(152)
8.2.4 加强海堤的管理和保护	(152)
8.2.5 现有的城镇规划应根据海平面上升趋势作适应性调整	(152)
参考文献	(154)

1 温室效应、气候变暖和海平面上升问题

海平面上升是一个全球性的问题，我们应从全球变化的观点来认识、分析它。大量研究表明，现代的海平面上升，主要是由于人类活动，导致大气中的 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、CFCs 等气体迅速增加，产生温室效应，全球气候变暖，引致固态水（冰）融化为液态水，海水也因热而体积膨胀，因而全球海平面逐渐上升，对沿海地区形成严重威胁。为了更好地认识这个问题，我们先对温室效应的机理作必要的阐明。

1.1 温室效应机理

温室效应 (greenhouse effect) 又称花房效应。一些透光覆盖物 (玻璃、塑料薄膜等) 对被保护范围内的小气候环境起增温、保暖作用的效应，称为温室效应。温室效应的机理主要有三方面：(1) 覆盖物对太阳辐射 (短波辐射) 基本透明，而对温室内的地面和物体发射的长波辐射却不易透过；(2) 温室内外对流热交换被覆盖物切断或大大减弱，减少热量外逸；(3) 覆盖物使温室内的凝结潜热只能在温室内释放，温度增加。人们早就利用温室效应的机理，人工控制小气候环境。由于最早应用于种植花卉，故常称花房效应。对全球气候变暖来说，虽然人们已习惯套用“温室效应”这个名词，但严格来说，对地球表层起增温作用的应该是大气效应 (atmospheric effect)，即大气保温效应。它的机理与上述的温室效应相似。因为大气对太阳短波辐射基本透明，而对地表长波辐射具有强烈的选择吸收，大气吸收了一部分长波辐射，又放射了另一部分长波辐射，从而使地球表面的实际温度 (15°C) 高于无大气时的应有温度 (-18.5°C)。大气层这种增温作用，就像人们经常看到的以玻璃或塑料薄膜为盖层的温室那样，使地表增温。但大气层并不完全同于玻璃或透明塑料薄膜，不能起切断对流热交换的作用，这是大气效应与常称的温室效应不同之处，所以有人称之为开放式温室。

大气的温室效应，是由于大气中含有一些能吸收长波辐射 (红外线) 的气体，这些气体称为温室效应气体，它们吸收红外线的不同波长和具有不同的红外吸收率，现以图 1.1 表示。

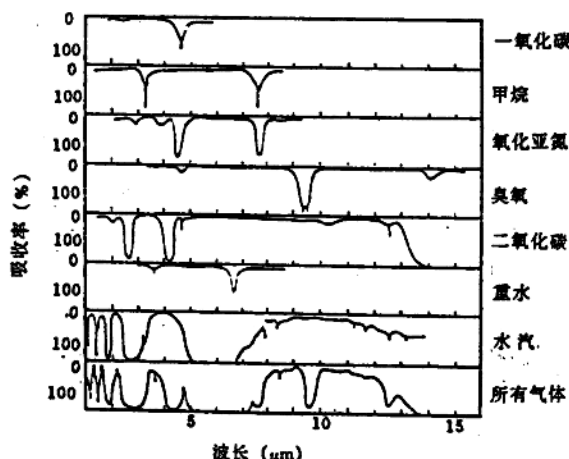


图 1.1 大气中各种气体成分的红外吸收率

由图 1.1 可知, 吸收红外线特别多的是水汽 (H_2O)、二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氧化亚氮 (N_2O) 等。大气中的温室效应气体含量甚微。如将包围地球的整个大气层压缩到标准状态 (0°C , 一个大气压), 其厚度为 8 000m, 大气中所含的 CO_2 如换算成标准状态, 仅厚 2.8m, CH_4 厚 1.4cm, N_2O 厚 2.5mm, 故均称微量气体。正因为它们的含量非常少, 人类活动增加的部分, 对它们的总含量将有重要影响。

1.2 温室效应气体的增加趋势

温室效应气体中的 CO_2 绝对含量增加最明显。因为人类大量燃烧化石燃料 (煤、石油、天然气等), 产生大量的 CO_2 , 而能吸收 CO_2 的植物却被大量砍伐, 一增一减, 使大气中的 CO_2 含量大幅度增加^[1]。早在 1896 年, 瑞典化学家 Arrhenius 就提出: 如果大气的 CO_2 浓度上升, 其温室效应将使地球气候变暖。本世纪 30 年代末, 英国气象学家 Callendar 已指出, 人类活动已造成 CO_2 浓度增加, 并引起全球变暖。为了取得大气 CO_2 含量变化的可靠数据, 美国斯克里普斯 (Scripps) 海洋研究所科学家 Keeling 于 1958 年在夏威夷岛的冒纳罗亚 (Mauna Loa) 山腰建立了美国国家海洋大气局 (NOAA) 的观测所, 开始了 CO_2 的精密连续观测。这个观测所位于太平洋中部海岛海拔 3 400m 处, 所以不必担心受大气污染的影响。开始观测的 1958 年, CO_2 浓度为 315×10^{-6} , 其后一直慢慢上升, 至 1988 年升到 351×10^{-6} , 即 30 年间就增加了 36×10^{-6} (图 1.2)^[2]。1993 年已达 357×10^{-6} 。即从工业化开始到 1958 年的约两个世纪, 大气 CO_2 含量增加了 13%, 但从 1959~1993 年的 34 年里又增加了 13%, 可见增加之快。由于历年消费煤、石油、天然气等化石燃料是从统计数字获得的, 并可据此计算所释放的 CO_2 量。如果按从化石燃料燃烧释放的 CO_2 有 58% 残留在大气计算, 这 30 年化石燃料释放的 CO_2 量与在冒纳罗亚山观测到的大气 CO_2 浓度增加量均绘成曲线, 便可发现这两条曲线惊人地一致 (图 1.3)。由此可知, 大气中的 CO_2 浓度的增加, 的确是来自人类消费化石燃料。

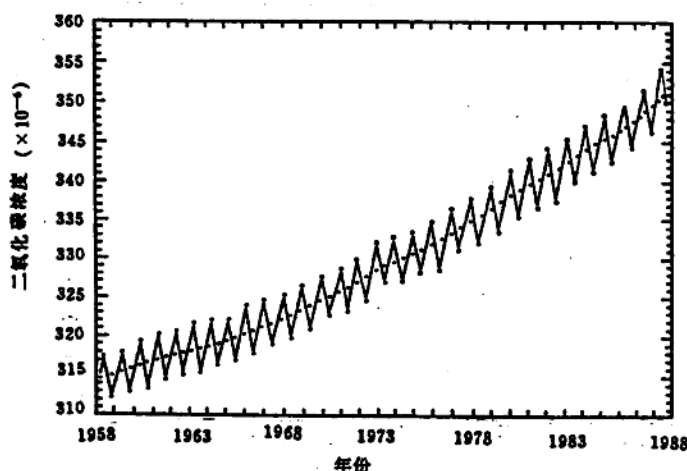


图 1.2 冒纳罗亚山上二氧化碳浓度的变化

实际的观测资料由于季节变化, 是剧烈起伏的。虚线系去除季节变化后所得。

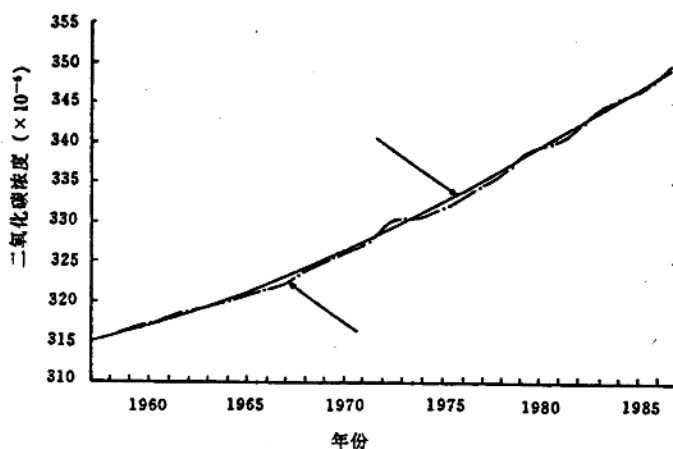


图 1.3 化石燃料消费与二氧化碳浓度的增加

近年来大气中二氧化碳浓度的增加，恰好相当于由化石燃料所释放出的二氧化碳的 58%。

日本东北大学也进行了相类似的大气 CO_2 浓度观测，他们定期用飞机从距地面 30 ~ 10 000m 之间的各个高度进行采样测试，观测结果如图 1.4 所示^[3]。由图可见，年内的季节性变化和不同高度的差异都很明显，但逐年增加的趋势却是与冒纳罗亚山观测到的相当一致，年增长量约 1.5×10^{-6} ，美国在南极、法国在印度洋的孤岛都进行了大气 CO_2 浓度的长期观测，结果也十分一致。

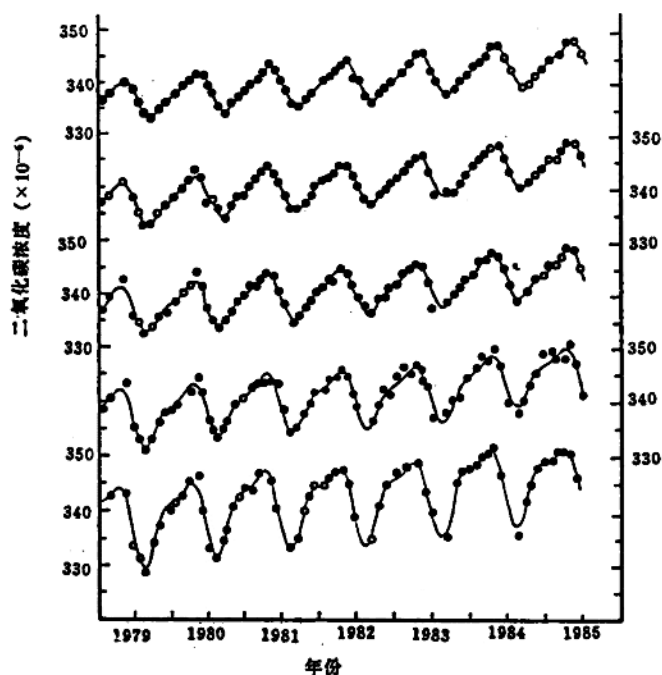


图 1.4 日本上空二氧化碳浓度的增加^[3]

为了进行更长时段的对比,德国波恩大学的研究小组分析了南极塞普尔(Siple)冰岩心中的气泡,获得了过去200年的 CO_2 浓度变化数据(图1.5)。从图可知,大气 CO_2 浓度的明显增加是从18世纪中叶开始的,即从产业革命人类消费化石燃料和毁林造田急剧增加起,大气的 CO_2 浓度也随之迅速增加。18世纪初大气的 CO_2 浓度仅约 275×10^{-6} ~ 280×10^{-6} ,而1990年多达 350×10^{-6} 。1981~1990年每年平均增长 1.5×10^{-6} 。根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)1990年的报告预测,如果下世纪仍基本维持现行的能源结构,继续砍伐森林,只有部分国家履行限制氟氯烃生产的蒙特利尔协议,那么到2050年,大气的 CO_2 浓度将增至 550×10^{-6} ,2100年将增至 800×10^{-6} 以上。

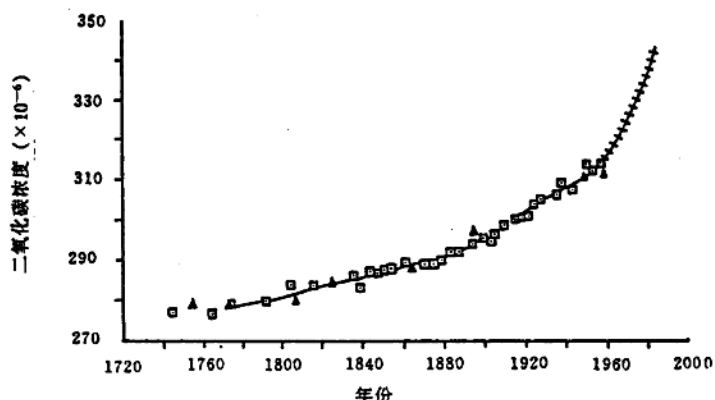


图 1.5 二氧化碳浓度增加趋势

1958年以后的浓度为冒纳罗亚山观测资料,1958年以前为南极塞普尔冰岩心气泡分析所得的资料。

温室效应气体不只是 CO_2 ,甲烷(CH_4)也是重要的温室效应气体。对于全球变暖来说,甲烷的作用仅次于二氧化碳。甲烷对波长 $3 \sim 4 \mu\text{m}$ 和 $7 \sim 8 \mu\text{m}$ 的红外线有很强的吸收作用,而且在大气中含量也较多,故对地球增温起着重要作用。从极地冰岩心气泡分析获知,18世纪初的大气 CH_4 含量仅为 650×10^{-9} ,现在已增至 1700×10^{-9} ,即比产业革命前已增加超过1倍,近数十年约以每年0.9%的递增率在增加(图1.6)。近年的观测表明,北京市1986~1991年甲烷浓度的年增长率达1.7%^[4]。

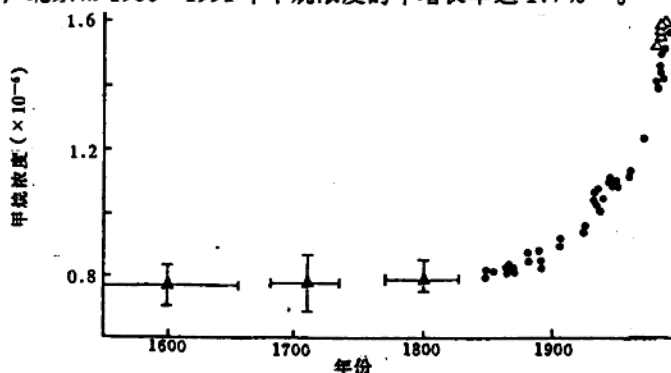


图 1.6a 过去几个世纪大气中甲烷浓度的变化