

P 744.3
572.7

339731

海平面上升与沿岸过程

〔美〕 A. J. 梅达 R. M. 库什曼 编著
R. G. 迪安 C. L. 蒙塔古 W. R. 达利
其他供稿者
李 成 马继瑞 张 芩 译

海洋出版社

1996年·北京

内 容 简 介

本书全面总结了对全球海平面平均上升的估计结果,说明了与海平面上升有关的压实效应。在此基础上以八章的篇幅详尽地论述了海平面上升对风暴潮与波浪的变化、自然地貌与海岸工程的响应、海水入侵、沉积过程及生态变化等沿岸过程的影响。

本书综合多学科的有关内容,采用交叉论述的方法,阐明了目前科研界和政府规划决策部门所关心的上述问题。这对我国科研界深入、系统、全面地开展海平面上升及其对沿岸过程影响的研究具有重要的参考价值。它可供从事这方面研究的广大科研工作者、环境评价与保护、工程设计和规划决策与管理者参考使用,也可供有关大、专院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

海平面上升与沿岸过程 / (美)梅沃(Melita, A. I.), 库什曼(Cushman, R. M.) 编写; 李成等译. —北京: 海洋出版社, 1995
书名原文: Workshop on Sea Level Rise and Coastal Processes
ISBN 7-5027-1656-4
I. 海… II. ①梅… ②库… ③李… III. 海平面-上升-研究
IV. P731.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 18597 号

责任编辑: 张宝珍

海洋出版社 出版发行: 北京市复兴门外大街 1 号 100860

海洋出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销

1996 年 3 月第 1 版 1996 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 8

字数: 200 千字 印数: 1000 册

北京市版权局著作权合同登记章图字: 01-95-293 号

定价: 14.00 元

海洋版图书, 印、装错误可随时退换

译者的话

近百年来全球海平面上升已引起世界各国政府和科学家的广泛关注。1991年联合国环境规划署发布的“当前全球状况”中指出：“全球变暖将会加速海平面升高，……会引起严重的社会经济后果，威胁低洼岛屿及沿海地区。”1992年联合国环境与发展大会上呼吁，各国政府要重视对这些问题的研究，并要求将其纳入“政府决策进程”。

中国科学家最近的研究结果表明，中国除山东半岛之外，其他沿岸的海平面（平均而言）正在缓慢持续上升，其长期积累效应将对我国沿海地区的经济发展带来许多严重不利的影响。为此科学家们纷纷向我国政府有关部门建议，将海平面上升的研究纳入国家科学研究计划，同时积极开展相关的课题研究。《海平面上升与沿岸过程》专著就是在这样的背景下，经余宙文教授和甘子钧研究员推荐，由我们翻译的。

《海平面上升与沿岸过程》是一本在美国能源部资助下，由 Mehta, A. J. 和 R. M. Cushman 编写的海平面上升与沿岸过程科学研究项目论文集。该论文集分正文和附录两部分。正文部分含 11 章，其中第 1 章是引论，介绍本书的编写背景和内容。第 2 章讨论了对海平面升降的估计。第 3 章系压实效应，该部分与水位测量有直接联系。第 4~11 章着重探讨了海平面上升对沿岸过程的影响，其中第 4 和第 5 章分别说明了海平面上升引起潮差和风暴潮及波浪的变化。第 6 章从广义上讨论了自然地貌与海岸工程响应的物理过程。第 7 章研究了海岸线对海平面上升的响应。第 8、9 章分别讨论了海平面上升对地下和表层海水侵入的作用。第 11 章论述了河口入海处的沉积过程，第 11 章阐述了海平面上升对生态变化的影响。附录部分有的是对正文的全面评价，有的则是对上述有关问题作进一步深入的讨论。由此可见，本书在海平面研究方面实属内容丰富、系统全面。遗憾的是由于翻译出版需征求作者的意见，而附录部分九篇关于对正文的讨论和评议稿的作者较多，全部通信联系有一定困难，因此未能将附录部分与正文同时翻译出版。为了便于中文读者全面了解本书内容，中译本后面附上原书附录中的英文作者，对此感兴趣者可详细查阅该书的英文版。

为了出版本书，我们曾多次与本书的编写者 Mehta, A. J. 和 R. M. Cushman 取得联系，并争取美国能源部有关部门的同意。在此，对本书的编著者和美国能源部有关方面及时给予答复和必要的帮助，深表感谢。

余宙文教授和甘子钧研究员推荐和支持了本书的翻译出版；本书的出版得到了国家海洋局科技司和国家自然科学基金项目 (No. 49376261) 的支持和资助；海洋英语专家林宝法教授全文审阅了翻译稿，提出了宝贵的意见；毛永刚同志绘制了中译本的全部图件，谨此表示衷心的感谢。

中译本的第 1 章和第 8~11 章由李成同志翻译，第 2~5 章由马继瑞同志翻译，第 6~7 章由张苓同志翻译。由于我们水平有限，中译本的缺点和错误在所难免，热切希望读者批评指正。

译者

1995 年 6 月

内 容 概 要

未来 10 年全球性相对海平面上升速率增加的可能性,现在被认为对人类文明的潜在影响,足以引起人们认真地研究。有关海岸线对相对海平面上升和上升速率的响应,即刻会产生关于开放性海岸和河口海岸线将如何变化的问题。例如,既然美国海岸线大部分是由沙质和泥质沉积松散物组成,很明显,根据现有的陆地地形建立的单一淹没模式,远不能适合于预报任何特定海平面上升状况的海岸线形状。因而,研究在海岸线预报模拟方面的技术发展水平,对沿岸过程的基本了解以及今后使预测工作达到准确可靠的水平的技术而需进行的研究是很重要的。

为解决这些问题,佛罗里达大学在 1987 年夏季进行了有关研究,并就此发表了题为“与海平面上升有关的沿岸过程的一些思考”的报告,其作者是 Ashish Mehta、Robtrt Dean、Willimn Dally 和 Clay Montague。本报告通过研究海平面上升和沿岸过程之间的相互作用,简单地论述了潜在海平面上升对海岸线和沿岸环境的影响。本报告从需要对以前海平面上升变化和水位测量中的压实效应的估计重新分析讨论入手,综述了海平面上升和沿岸过程之间的相互作用。随后,讨论了沿岸和河口潮差、风暴潮和水位响应以及天然海岸和修筑海岸特征与海洋相互作用等问题,由于已确认可能存在极为重要的跨陆架沉积物输送,值得重新对计算海岸线后移的著名的 Bruun 定律进行研究。本报告综述了地下水和表层水的盐渗透力学问题和河口沉积过程的影响,包括湿地响应,特别是在细颗粒环境中沉积过程的影响。最后,由于在海平面上升情况下无疑可能发生对水动力和沉积作用的影响,因此本报告也包括了关于海平面上升对沿岸生态学的一些可能影响的评论。

这些研究充分证明,海平面变化和松散边界海岸线之间相互作用的复杂性、地点的特殊性和海浸模式的不适用性。本报告也总结出除少数特例外,对沿岸过程的基本知识和现有可利用的数据库,包括水动力学、沉积过程和它们之间的相互作用是不适合于预报模拟的。除了在模拟边界层湍流和有关混合过程的难点外,沉积物输运方程需要大量的趋于高度的地点专一性的自由系数的知识,因而很难对复杂沿岸环境作出估计。尽管在过去的几十年中,在这一研究领域取得了大量的进展,但是在这一问题上我们对长期海岸线演化的预报能力受到一定准确度的限制,只能在一定准确度下预报区域性海岸漂移分布。除了在理论上需要进一步改进外,对于要求进行适当长期的沿岸波浪现场监测,更好地定义波的作用力,强调这种必要性是不为过分的。

为对佛罗里达大学的报告所作结论作出评论,并就改进海岸线响应预报能力所需研究问题达成广泛一致,1988 年 3 月 9~11 日在美国佛罗里达州的棕榈海岸召开了一次“海平面上升和沿岸过程的专题研讨会”。这次研讨会之后,由作者对佛罗里达大学的报告进行了修改,编辑了现在这部报告。本报告附有研讨会与会者(未包括佛罗里达大学报告的作者)对该报告的评论。这些评论涉及到对佛罗里达大学报告的综述,以及与会者个人各自有关其特定研究领域的精辟见解,包括研究的需求。尽管所有与会者都是根据其国际经验和对特定问题的见解选出的,但是特别值得提出的是 John de Ronde 的贡献。会议邀请他提出了他对在

荷兰经历的见解。荷兰的经历在各方面为相对海平面上升较大的世界其他区域可能发生的问题提供了精辟的见解。

与会者的评论通过一些附加的说明性实例、解释和条件,极大地补充了佛罗里达大学报告的结论。除海平面上升影响岸线响应外,几位代表还提出了气候变化在影响海岸线偶发响应方面的可能作用。有些代表还提出需要考虑海平面上升对一般设计寿命为 50 年的沿岸建筑的影响。这一问题在 1987 年的美国国家研究委员会海洋分委员会报告“对海平面变化的响应:工程影响”已经作了较详细的探讨。在这方面可以参考该报告。

正如研讨会期间代表们所指出的那样,全球海岸线有相当一部分并不像美国的状况,它们的海岸并不是由松散物质组成。在一些国家,海滩在经济和其他方面比另一些国家显得更为重要。随着人类和生态系的需要,长期海岸线响应预测所需要的空间范围有着很大的变化。然而,毫无疑问地可以得出如下结论:长期海岸线响应预测技术尚未成熟,有待进一步研究。

目 次

1	引论	(1)
2	对全球性理论海平面上升的估计	
2.1	引言	(3)
2.2	文献回顾	(3)
2.3	海平面资料的特性和分析	(9)
2.4	研究需求	(10)
2.4.1	现有资料的使用	(10)
2.4.2	需要的新资料	(11)
3	压实效应	
3.1	引言	(13)
3.2	压实测量	(14)
3.3	研究压实的意义	(14)
3.4	补救措施	(15)
3.5	例子	(15)
3.6	研究需求	(16)
4	潮差效应	
4.1	引言	(19)
4.2	文献评述	(19)
4.3	物理原理	(20)
4.3.1	潮汐传播	(20)
4.3.2	超高效应	(21)
4.4	例子	(22)
4.5	研究需求	(25)
5	风暴潮和风浪响应	
5.1	引言	(27)
5.2	风暴潮	(28)

5.3	波浪特性	(31)
5.4	研究需求	(33)
6	自然地貌与海岸工程的相互作用	
6.1	引言	(34)
6.2	自然地貌	(34)
6.3	海岸建筑工程	(39)
6.4	海岸工程的造价	(49)
6.5	研究需求	(49)
7	海岸线响应的模拟	
7.1	引言	(51)
7.2	文献回顾	(51)
7.3	物理原理	(61)
7.3.1	运动(沉积物收支)研究	(61)
7.3.2	动力方面的研究	(62)
7.4	研究需求	(63)
7.4.1	现存资料的分析	(63)
7.4.2	新资料	(64)
7.4.3	新技术	(65)
8	海水侵入	
8.1	引言	(66)
8.2	文献回顾	(66)
8.3	物理原理和理想化问题的解决	(68)
8.3.1	概要	(68)
8.3.2	通过非封闭蓄水层排放	(70)
8.3.3	海岛	(72)
8.3.4	盐水锥(upconing)上升	(73)
8.3.5	近岸单一抽水井	(73)
8.3.6	海水屏障	(74)
8.4	实例研究	(75)
8.4.1	纽约州的长岛	(75)
8.4.2	佛罗里达州的迈阿密	(75)
8.4.3	加利福尼亚洛杉矶	(76)
8.4.4	Potomac-Raritan-Magothy 蓄水层系统	(76)

8.4.5 冲绳岛	(77)
8.5 研究需求	(77)

9 海水在河口向上游渗透

9.1 引言	(79)
9.2 文献回顾	(79)
9.3 物理原理	(80)
9.4 实例	(83)
9.5 研究需求	(85)

10 河口区的沉积过程

10.1 引言	(87)
10.2 岸线形状	(87)
10.3 河口沉积作用	(89)
10.4 湿地响应	(95)
10.5 研究需求	(99)

11 沿岸生态系

11.1 引言	(101)
11.2 生态系响应	(101)
11.3 研究需求	(103)

参考文献	(106)
------------	-------

附录中的九篇英文稿作者	(119)
-------------------	-------

1 引 论

海岸线对海平面上升响应的复杂性涉及到物理/生态各因素间极为广泛的相关关系。为达到这一目的进行方法分析的焦点最终必定取决于预报能力。因为我们主要是探讨海岸线和沿岸环境随将来海平面上升如何变化的问题,预报则要求了解过程的基本原理并有充足的资料。因而,以下问题与这些方面有关,在多数情况下,需要对水动力学和气象作用力的影响比海平面上升的影响方面要做更多的技术工作。如果可以这样解释的话,那么对海平面上升效应的利用和估计就不会成为一项极为困难的工作。

基础知识的组织和时空尺度分辨率密不可分。对任一资源估计的理想分辨率是建立在由许多非技术性因素所决定的标准之上。在一建筑物多的海岸线,后退 10m 可能严重破坏沿岸结构;而在天然海岸线,对其关注并不那么迫切。再如在低洼区如佛罗里达州大沼泽地,仅几厘米海平面上升对水管理系统将是灾难性的,并将引起与海水入侵有关的大范围生态变化。快速海平面上升可以产生与缓慢海平面上升相比完全不同的响应,一个极好的例证是脆弱沙洲岛海岸线。最后是绝对海平面上升和有关的海岸线状况的问题。通过将问题集中在沿岸过程本身,我们在很大程度上避免了将重心明确地放在特定的时空尺度上,即使这类考虑在评价对科技发展水平的认识和未来研究需求方面的不确定程度时是必须的。

沿岸过程的相互作用的性质,使得我们难以将资源问题单独列出来,为了说明问题而将它们置于定义明确的“保护伞”之下。我们选择了 10 个标题(第 2 章到第 11 章),提出了一系列议题。第一个标题是升降海平面的估计,本标题不是一般性的过程解释,而是着重强调基础问题,即用于计算过去海平面变化长期趋势的数据库质量和为改进这一数据库所要做的努力。这一章之后是压实效应,该章与水位测量问题有着直接的关系。

第 4 章到第 11 章探讨了沿岸过程。在第 4 章中讨论了海平面上升对潮差的影响;第 5 章讨论涉及风暴潮和波浪等非天文因素。第 6 章和第 7 章讨论了有关海岸线响应。第 6 章从广义上讨论了海岸线响应的物理过程,第 7 章讨论了与估计海岸线后退速率的著名 Bruun 定律的适用范围和局限性的有关问题。已经注意到对该定律的物理学观点必须进行重新研究。第 8 章描述了由于海平面上升或类似影响的结果造成的地下水海水侵入问题,而第 9 章着重强调了表层海水侵入问题。第 10 章描述了潮汐入口处、河口混合带和湿地的沉积问题。最后,第 11 章提出了包括需要对这些问题进行定量研究在内的生态变化。

各章之间的某些重叠是不可避免的。这种情况在物理解释和研究必要性中也同样存在。一般说来,都从工程观点对沿岸过程进行了综述,从定量(与定性相反)标准的有效性观点对现有知识作了估计。

总之,除了潮汐动力学和海水侵入外,似乎需要对准确估计海岸线和沿岸环境的响应进行大量的进一步研究。在过去的 10 年中所取得的进展令人难忘,然而如沉积物输送是一个关键因素,我们在长期预报能力方面受到其很大限制。这种状况部分是由于缺乏高质量的天气动力学/气象资料。这一问题反过来又对生态模拟产生影响,生态模拟随着有关流动和沉积物移动而定。

参考文献按各章的顺序列在一起,在一些情况下,文中未引用附加的参考文献,但是考虑到对作者有特别意义的一些文献也列在各章节中。

为了使科学家们在主题研究领域达成广泛一致,1988年3月9~11日在美国佛罗里达州的棕榈海岸召开了“海平面上升和沿岸过程专题研讨会”。这次会议的主要目的是利用 Ashish Mehta Robert Den, Willinm Dally 和 Clay Montague 编写的“与海平面上升有关的沿岸过程的一些思考”在1987年佛罗里达大学报告的结果作为基础,对有关可得资料、资料质量、预报方法和将来研究的必要性进行广泛的讨论。请几位与会者提供书面材料加到了不同章节中(第2~11章)。他们的论述和评论附在本报告之后。David G. Aubrey, Robert Biggs(未能出席本次会议), Robert A. Dalrymple, Vivien M. Gornitz, William McAnally, Louis H. Motz, Thomas J. Smith(未出席会的 W. M. Kitchens 的合著者)和 Jacohus van de Kreeke 提供了有关评论和讨论,最后,包括了由来自荷兰 Rijkswaterstaat 的 John G. de Ronde 提出的总结性报告。在各种情况下,这些评论和讨论按评论方式、新观点和实例研究的方式为各章节补充了材料。

2 对全球性理论海平面上升的估计

2.1 引言

全球性理论海平面上升是指全球海平面的平均上升,它主要由如下因素所致:一是极地冰盖和高山冰川融水使海洋增加了额外的水团。二是由于海水增温使目前的海水比容变大,因而使现有的海水体积膨胀。距今2万年至1000年前的海平面变化资料,是通过只对生活在潮间带或浅水域中的植物和动物进行放射性测年获得的。最近100年左右的海平面变化数据是基于验潮站的长期观测。这两种来源的资料不仅含有全球性理论海平面变化的信号,而且还含有噪声或进行观测的验潮站所在地陆地垂直运动的污染。此外,局部和短期的海洋与气象要素的变化也会对多年的异常高低水位产生影响。若每年污染量超过理论海平面40年的变化趋势,那么任何一个验潮站具有这样的污染,其程度可谓严重。许多这类污染在相当长的空间和时间尺度内是相关的,而对其物理背景则知之甚少。如果现有的验潮站资料能给出全世界大洋的具有代表性的分布,那么噪声可用全部验潮站资料简单平均的方法加以消除;然而现有的验潮站主要集中在北半球,并且大部分分布在大陆边缘区。

验潮站观测的是局地相对海面,这种海面是重要的,它是相对于所在地区的水位。然而认识近期上述理论海平面的上升是关键,这是由于为预测将来海平面的上升而发展的模式,是根据近期海平面的上升估量进行校正的。虽然有些研究者推断过去40年左右上升率在增加,但多数则认为上升率为 $10\sim 15\text{cm}/100\text{年}$ ($1\sim 1.5\text{mm/a}$)。导出上述估计的大多数研究是根据位于条件适当稳定的低纬度至中纬度区的验潮站。很显然,对相对海平面的上升贡献最显著的近代大地构造作用,是在最后一次(威斯康辛)冰期来自极地覆冰的地球的回弹。这种回弹在高纬度区正引起每100年约1m的上浮,而在低纬度区则引起每100年约5cm的陆地下沉。有人认为,关于全球性理论海平面上升率的大多数研究,由于不考虑高纬度区上述相对快的上浮,所以得出的估计结果过高。这里根据美国的资料进行的很初步的分析有助于支持这一论点。

将来应该研究的领域似乎应包括如下几方面:

- 1)认识验潮记录中噪声的物理机制,目的是把它从记录中分离出来。
- 2)重新检查从验潮记录中提取近期理论海平面上升率的问题,着重正确识别所有纬度上来自冰川回弹的贡献。
- 3)如果由2)引起的变化是显著的,那么应重新修正预测模式,该模式是根据将来的 CO_2 及其他痕量气体的变化方案和逐渐变暖的趋势预测未来的海平面上升。

2.2 文献回顾

根据验潮站记录提取的理论海面的上升(ESLR)所使用的技术和改进研究程度的文献其范围很广泛。根据验潮站研究ESLR,在第一批综合出版物中应首推Gutenberg(1941)的研究。该研究使用的验潮站总共69个,分析的期间为1807~1937年。Gutenberg排除了那

些已知所在地地壳上浮相当快的验潮站,但却包含着那些已知所在地地壳下沉相当快的验潮站。他的结论是 ESLR 近似每年以 1mm 的速度上升。

继 Gutenberg 的研究之后,许多研究倾向于采用他的那种资料选取程序,并获得了类似的结果,如表 2.1 所示,其上升率为 1~1.5mm/a。Emery(1980)得出的结论是过去 40 年 ESLR 正以 3mm/a 的速度加速上升。但之后由 Aubrey 和 Emery(1983)及 Barnett(1983)进行的专门研究认为,得出如此高的上升速度缺乏令人信服的证据。

表 2.1 根据潮汐记录资料对全球性理论海面上升的估计

作 者	估计值(cm/100a)
Thorarinsson (1940)	>5
Gutenberg (1941)	11±8
Kuenen (1950)	12~14
Lisitzin (1958)	11.2±3.6
Fairbridge and Krebs (1962)	12
Hicks (1978)	15(仅仅美国)
Emery (1980)	30
Gornitz 等 (1982)	12(除去长期趋势项外还有 10cm)
Barnett (1983)	15

* 取自 Barnett,1983; Hicks,1978

从含有显著噪声的记录中提取海面上升(SLR)信号的困难,已由 Sturges(1987)进行了认真的研究。对空间离散分布的潮汐站记录的凝聚相关性在一定的假设下进行了分析,这种假设认为,无滞后的相关信号可解释为表示全球海面的上升;而有一定特性的滞后,可解释为由于大气作用力或长波(Rossby 波)的运动所致。例如旧金山和檀香山两水位站的记录虽然存在相位滞后,但仍具有 5~10 年和更长时间的凝聚相关。由两个水位站得到的能量谱的比较结果表示在图 2.1 a 中,其他类型的谱信息表示在图 2.1 b、c、d 中,这些相关分量的振幅为 5~15 cm。在大西洋两岸的验潮站记录中也发现了类似的相关结果。Sturges 断定现有的验潮记录被周期长达 40~50 年的显著能量所污染,这样增强了识别海平面上升速度中所存在的其他变化问题。而通过识别噪声成分可能的原因分析,进而指导将其从记录中消除掉,那么提取海面上升信号的能力则可能得到提高。

Aubrey 和 Emery(1983)对美国沿岸的验潮记录应用特征分析方法,试图识别空间和时间相关的波动。到目前为止,在应用成熟的大多数方法中,这种方法具有潜在的优势,即保留前面少数几个时间特征函数,其波动具有相同的形式,且相位基本相同或相反。其主要缺点是这一方法是纯统计性的,虽然它具有帮助识别物理成分并使其分离的特性,但并未识别出现象的物理背景。其明显的缺点是该方法只能识别同相位或反相位信号的相关;因此波长很长且传播缓慢的波动将被作为噪声被消除掉,相反纯粹的驻波却被认为是信号。Aubrey 和 Emery 首先将这一方法应用于美国 12 个验潮站,每一个站含有 61 年的资料;第二次又将其应用到 41 个验潮站,资料的共同时间基数为 40 年。通过分析发现东岸和西岸具有不同的上

升率。由 12 个站较长期的资料组得出西岸和东岸的理论海平面是上升的,其平均上升率分别为 1.4mm/a 和 1.3mm/a 。由 41 个站较短期的资料组(基数为 40 年)求得西岸和东岸的变化速率分别为 -0.3mm/a 和 $+2.5\text{mm/a}$ 。分析发现海平面上升的长期变化率从佛罗里达州西岸的锡达基到哈特勒斯角正在增加,而从哈特勒斯角到科特角则在降低,从科特角到缅因州的伊斯特波特又在增加,这些结果表示在图 2.2 中。最后由这些分析得出的结论是:没有多少证据表明在过去 10 多年里海平面正在加速上升。

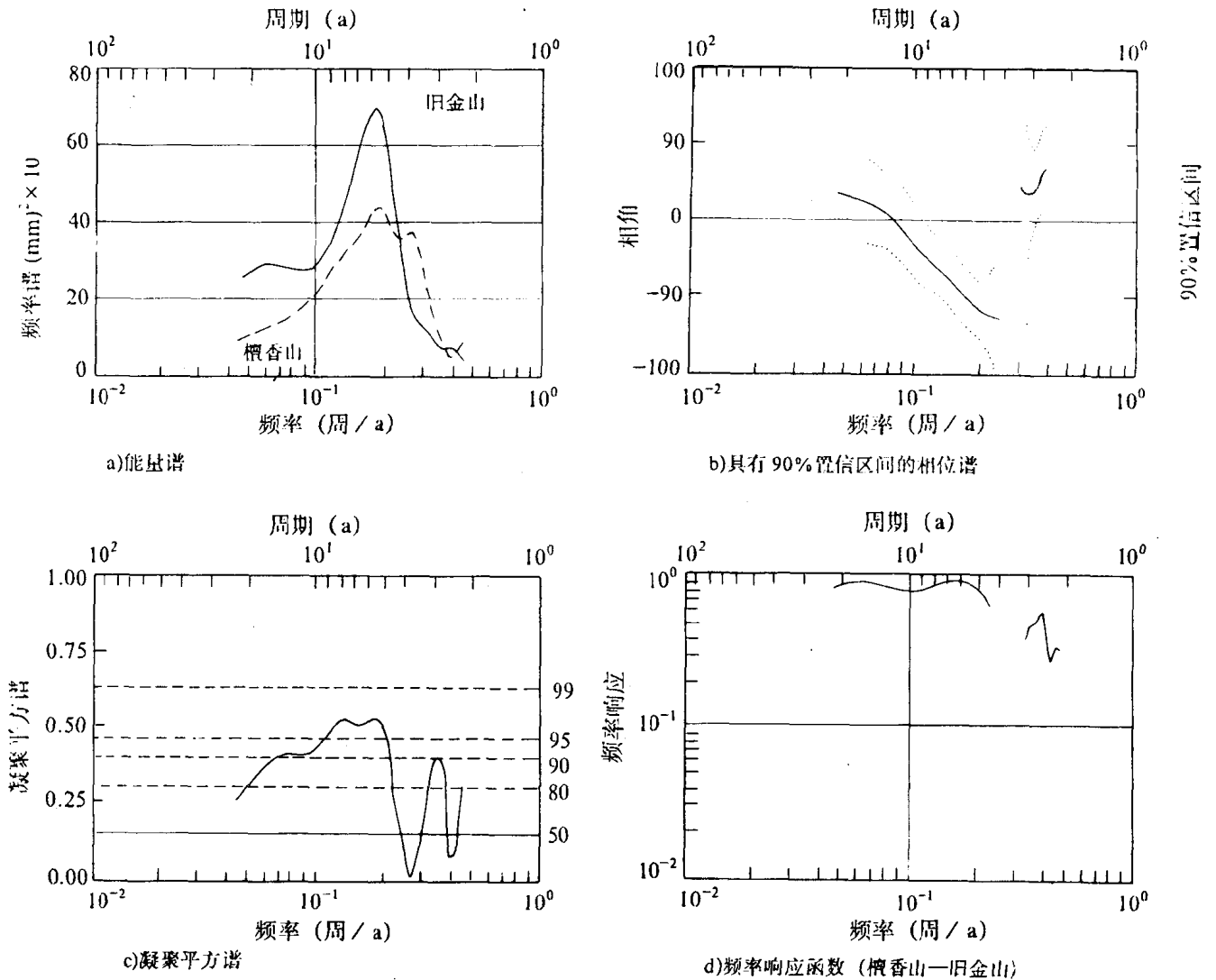


图 2.1 旧金山和檀香山水位站海平面互谱特征

(资料年代:旧金山从 1905 到 1971 年,檀香山从 1907 年开始)

(此图转载得到 Sturges 的允许,原载于 Sturges, 1987, 'Large scale coherence of sea

level at very low frequencies', Journal of Physical Oceanography, Vol. 17; 版权归美国气象学会所有)

Pirazzoli(1986)分析了主要由平均海平面常设办事处提供的 1178 个验潮站的资料。看来在各个分析中这是使用最大的资料组。该方法简单明了,为了得到海平面的变化,由此确

定变化率,先对各站每5年取一平均,然后再平均两端的资料。所得结果以全球为基础,按区域进行表示。在资料中由于相对海平面在大多数低纬度和高纬度区分别在上升和下降,所以将冰川期理论海面的升降调整到最后一次冰期,其效应是很明显的。地震引起水位的突然变化及震后改变水位的变化趋势,对这种可能的影响给出了说明。例如,据记载在意大利墨西拿的验潮站,1908年的地震曾引起相对海面突然增加了57cm。人类本身的影响主要表现在从地下抽取水和碳氢化合物,导致陆地压实,由于抽取地下水而产生的这类影响在意大利的威尼斯特别明显。应指出的是从现有水位资料试图推断全球的海平面上升率,如果按纬度和经度各 30° 将全球总共分成72个扇区,其结果是71个扇区有海岸;在这些扇区中,资料分布很不均匀。被研究的验潮站大多数(占70%)仅仅集中分布在4个扇区,而70%的扇区并无资料;南半球的长期观测验潮站很稀少,由Pirazzoli研究的有97%以上的观测站位于北半球,因此不能设想用北半球得到的结果去代表全球。很显然,现有的资料并不符合分析要求。图2.3表示了验潮站在上述经度-纬度区划内的位置分布。图2.4也取自Pirazzoli,它表示了验潮站的分布及在纬度5度的增量范围内相对海平面趋势项的中值,前述相对海平面在中纬度区上升,在高纬度下降的影响是很明显的。

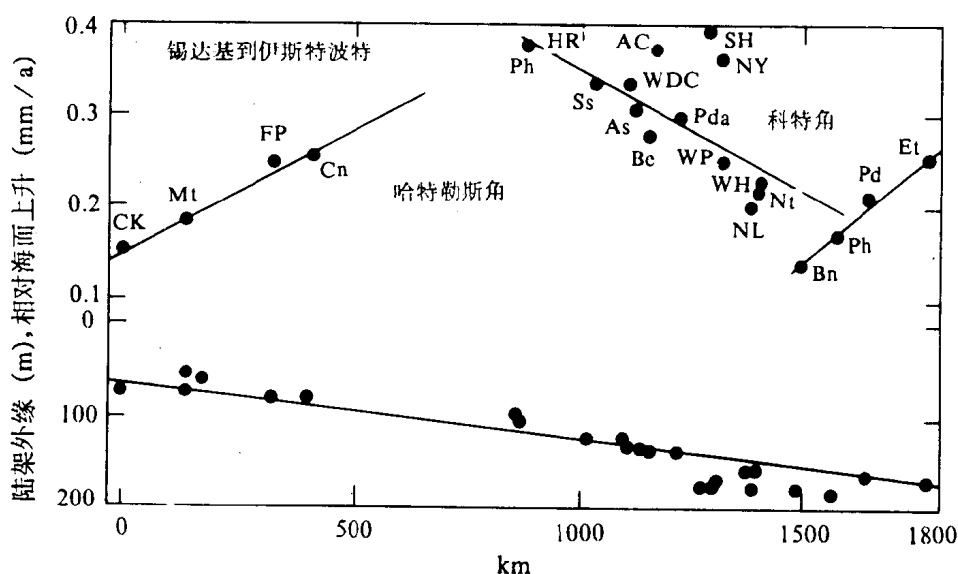


图 2.2 在 40 年观测中年平均相对海平面变化,直线表示东海岸平面上升趋势不同的三个主要部分(此图得到原作者的允许转载,原载于 Continental Shelf Research, Vol. 2, D. C. Aubrey and K. O. Emery, 'Eigenanalysis of recent United States sea levels', 1983)

Pirazzoli 的结论认为多数研究者得出的结果($\gg 1\text{mm/a}$)可能对 ESLR 作了过高的估计。包括构造运动和海洋要素在内的局部和区域因素引起的变化一般大于理论海平面成分引起的变化,并注意到由于泥沙搬运和沉积作用使大陆架负载,结果引起下沉而产生偏差。另外,如果从卫星高度计算得到厘米级的精度,那么突出广阔海洋等高线的这种潜力,在我们认识理论海平面上升速度的基本知识中这应算作是一个重要的进步。由此获得的上升速度具有很好的地理覆盖性,且免于因在沿岸验潮站观测而伴随产生的很多噪声污染。

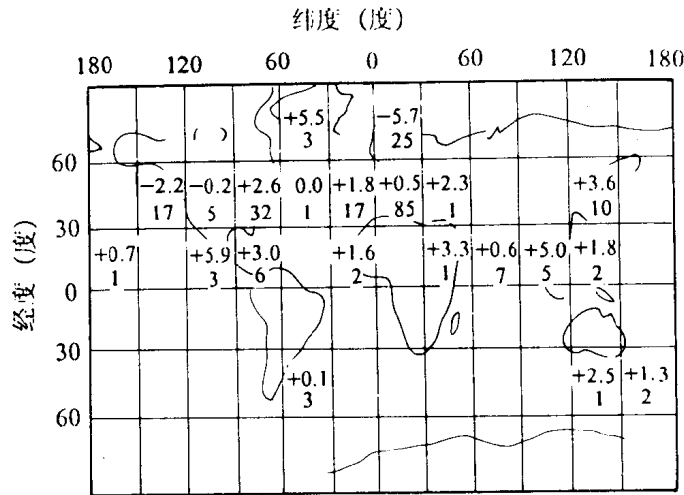


图 2.3 经度和纬度各 30° 扇区内潮汐站资料的特性, 图中下面的数字表示每个扇区内潮汐站数, 上面(含符号)数字表示由这些站得到的相对海平面的线性长期变化

(此图得到 Pirazzoli 的允许转载, 1986)

Lambeck 和 Nakiboglu' 1984 年曾进行了冰后期对调整 ESLR 的估计影响的研究。为此目的, 假设地幔粘性是均匀的, 采用了地球粘性模式。为了量化回弹对由验潮记录确定 ESLR 估计的影响, 用不考虑任何水团的增加或比容变化的模式, 对 8 个长期观测的验潮站计算了视海平面或相对海平面的预测上升量, 这 8 个站 Barnett(1983)曾选用过。使用了两个粘滞系数 μ 值: 模式 1 中 $\mu = 5 \times 10^{20} \text{Pa} \cdot \text{s}$, 模式 2 中 $\mu = 10^{21} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 。对 8 个站模式 1 和 2 预测视(或相对)海平面的上升量分别为 0.5 和 0.8mm/a; 而 Barnett 的结果为 1.5mm/a。根据这一比较, Lambeck 和 Nakiboglu 认为, 冰后期回弹贡献可能为已公布的 ESLR 估计值的 30%~50% 这么大。

这里进行一个有限的分析, 试图确定仅使用低纬度潮汐站带来的影响。使用的资料为 Hicks 等(1983)出版的美国东西两海岸和墨西哥湾的观测结果, 用 Hicks 等的资料估计的趋势项按纬度的分布简略地画在图 2.5 中。问题是资料仅仅包含的纬度约为 25°~58°, 这样必须大量外推。在低纬度区约从 3.2mm/a 处一致外推; 而在高纬度, 由于其趋势变化是不确定的, 所以图 2.5 所示采用两种外推以确定敏感性。根据与纬度有关的变量 $\dot{\eta}(\varphi)$ 的关系, 依下式估计 ESLR 的值 $\dot{\eta}_{Ej}$:

$$\dot{\eta}_{Ej} \approx \int_0^{\frac{\pi}{2}} \dot{\eta}_j(\varphi) \cos \varphi d\varphi \quad (2.1)$$

这里 $j = \text{I}, \text{II}$, 表示上述高纬区不同的外推法, 其结果为:

$$\dot{\eta}_{E\text{I}} = 0.32 \text{mm/a} \quad \text{外推 I}$$

$$\dot{\eta}_{E\text{II}} = 0.67 \text{mm/a} \quad \text{外推 II}$$

这些结果同 Lambeck 和 Nakiboglu 的结果在本质上是是一致的。

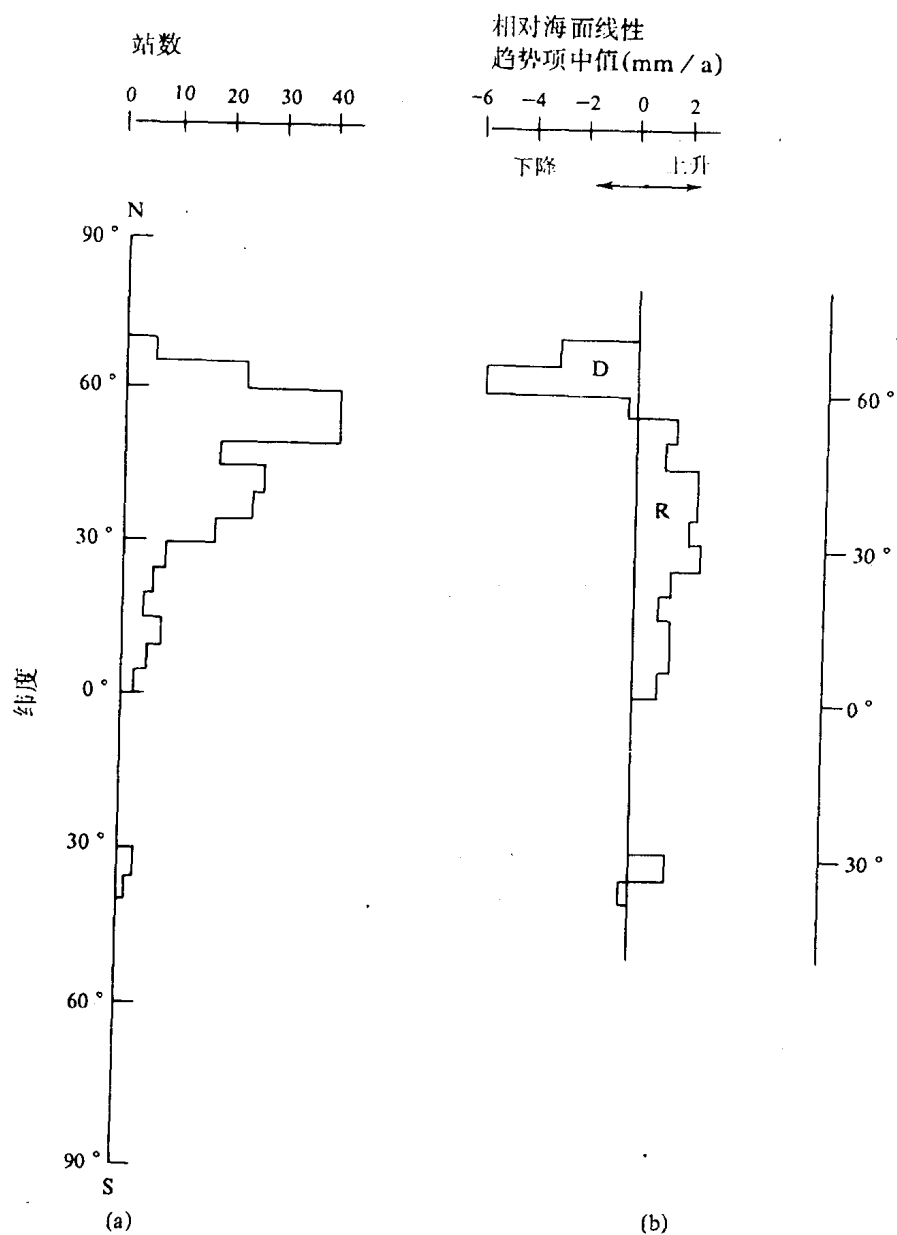


图 2.4 纬度 5 度区内的分布:(a)验潮站分布;(b)相对海平面长期线性趋势项中值分布
表明在较高纬度海平面有相对下降的趋势

(此图转载得到了 Parazzoili 的允许,1986)