

近 40a 来海南岛南岸的相对海平面变化*

RELATIVE SEA LEVEL CHANGE ALONG SOUTH COAST OF HAINAN ISLAND DURING THE PAST 40 a

吴小根

(南京大学海岸与海岛开发国家试点实验室 210093)

提要 根据海南岛榆林验潮站 1954~1992 年连续 39a 潮位观测资料, 经过统一基准面校正后, 运用多种统计分析方法研究, 得出近 40a 来海南岛南岸的相对海平面变化呈上升趋势, 相应的平均上升速率为 0.64mm/a 。这一数值较近百年来 $1\sim 2\text{mm/a}$ 的全球海平面上升速率明显偏小, 反映出同期海南岛南岸的地面是微弱抬升的。

关键词 潮位观测资料, 线性回归分析, 相对海平面变化, 海南岛

* 海平面变化有全球海平面变化(Global sea level change)和地区性相对海平面变化(Relative sea level change)两种不同的概念^[1, 2]。全球海平面变化又称绝对海平面变化, 主要是由

* 南京大学海岸与海岛开发国家试点实验室成果编号: SCIEL 21194119。

本文承王颖教授和朱大奎教授两位先生审阅, 谨此致以衷心感谢。

收稿日期: 1995 年 11 月 27 日

各种构造运动造成的洋盆容积变化和由气候变化控制的冰川消长造成的海水体积变化引起的。地区性相对海平面变化是在全球海平面变化的背景上, 叠加了地区性地面升降运动与当地水文、气象等因素的影响效应后所表现出来的海平面升降变化。

工业革命以来, 人类活动造成了大气中CO₂ 等温室气体浓度显著增加, 大气温室效应增强, 从而使全球气候变暖并引起全球海平面上升。这是近百年来世界各地相对海平面变化研究所必须考虑的共同背景。海平面上升将对世界海岸带产生巨大影响, 因而已引起世界各国政府和科学家的广泛重视^[8]。

1 近百年来的全球海平面上升趋势

荷兰的 Amsterdam、瑞典的 Stockholm 和法国的 Brest 是世界上建立最早的 3 个验潮站, 建站时间分别为公元 1682 年、1774 年和 1807 年。此后, 设置在世界各地的验潮站数目日益增多, 记录了近百年来的全球海平面变化过程。百年尺度的现代海平面变化研究, 主要通过通过对世界各地验潮站潮位观测资料进行统计分析, 从而求得世纪性的海平面变化趋势值。

表 1 近百年来全球海平面变化估计*

Tab. 1 Estimates of Global Sea Level Change during The Past 100 a

研究者	上升速率(m m/s)	资料依据
Gutenberg(1941)	1.1±0.8	1807~1939
Lisitzin(1958)	1.1±0.4	1807~1943.6 站
Fairbridge et al.(1962)	1.2	1900~1950
Kluune(1978)	1.4~1.5	1500 站
Hicks(1978)	1.4~1.5	1893~1971
Emery et al.(1980)	3.0	52 站
Gornitz et al.(1982)	1.2	1880~1980
Klige(1982)	1.5	1890~1975
Barnett(1983)	1.5±0.15	1903~1969.9 站
Gornitz et al.(1987)	1.2±0.3	1880~1982, 130 站
Barnett(1988)	1.15	1880~1986 155 站
	1.7	1910~1980 155uh
Peltier et al.(1989)	2.4±0.9	1920~1970, 40 站
Trupin et al.(1990)	1.7±0.13	1890~1980, 84 站
谢志仁(1990)	0.7~1.2	162 站
Douglas(1991)	1.8±0.1	1880~1980
陈宗镛等 ^① (1992)	1.44	414 站

* 本表据 SCOR Working Group 89 增补^[5]。

① 陈宗镛等, 1992。中国沿海现代海面变化和地壳运动, 72~74。

Cuttenberg(1941) 最早根据潮位观测资料分析研究了近百年来全球海平面变化趋势。他根据世界不同沿岸 69 个验潮站的潮位观测资料, 通过统计分析得出结论: 截止 1939 年的近百年间全球海平面呈上升趋势, 相应的平均上升速率为 1.1±0.8mm/a。Fairbridge(1961) 发表了全球器测海平面变化曲线, 指出 1900~

1950 年全球平均海平面上升速率为 1.2mm/a。Barnett(1983) 有选择地分析了世界不同沿岸 9 个验潮站的潮位观测资料, 得出 1903~1969 年全球平均海平面上升速率为 1.5±0.15mm/a^[7]。谢志仁(1990) 根据全球 162 个验潮站的潮位观测资料, 计算得出全球分纬度统计平均海平面上升速率为 0.7mm/a, 全球分海区

统计平均海平面上升速率为 $1.2\text{ mm/a}^{[4]}$ 。Dooglas(1991) 根据以下标准在全球范围内精选验潮站: (1) 排除所有位于构造汇聚边界的地区; (2) 排除不完全($< 80\%$)的潮位观测资料; (3) 选择同一时段且验潮历史至少有 60a 的潮位观测资料, 以避免 10a 尺度海平面波动的影响; (4) 采用 Tushingham 等人(1991)提出的模式校正冰后期均衡回弹; (5) 去掉明显异常的资料; 从而计算得出 1880~1980 年的全球海平面上升速率为 $1.8 \pm 0.1\text{ mm/a}^{[9]}$ 。

综观近数十年来世界各国研究人员分析结果可以发现, 近百年来全球海平面变化呈上升趋势, 这是一个被普遍肯定的结论。而且绝大多数的研究者认为, 近百年来全球海平面的上升幅度为 10~20cm, 即近百年来全球海平面上升速率介于 $1 \sim 2\text{ mm/a}$ 之间(表 1)。

2 近 40a 来海南岛南岸的相对海平面变化趋势

2.1 验潮资料的选取与预处理

海南岛南岸曾设有 6 个潮位观测站, 只有榆林站自 1953 年 8 月建站至今已有 40 多年的潮位观测历史, 而且还具有不受河流影响以及其验潮基面经过全岛联测等优点。因此, 本文选取榆林验潮站的历史潮位观测资料作为研究海南岛南岸近期相对海平面变化的基础资料。

根据收集到的榆林站 1954~1992 年逐月平均潮位记录, 计算得出其相应的历年年平均海平面, 点绘成海平面变化曲线后发现在 1957~1960 年出现异常变化。经查是由人为因素造成的。为此首先对榆林站的历史潮位观测资料进行了必要的校正处理, 在此基础上计算获得了榆林验潮站连续 39a 年平均海平面时间序列。

2.2 根据潮位观测资料的统计分析

潮位记录中主要包括潮汐、逆气压计效应、地转流、沿岸上升流、沿岸陷波、El Niño 效应、季节变化和海平面长期变化趋势等信息^[8]。它们又可以概括为确定性周期变化、确定性非

周期变化和杂波变化三部分。计算平均海平面是消除潮位记录中各种短周期振动和随机波动的简单而有效的方法。如经过年平均海平面计算可以消除周期短于 1a 的各种天文分潮引起的海平面振动和随机波动成分^[6]。而大于 1a 的各种周期振动则可以通过多年滑动平均方法作滤波处理。在消除了各种确定性周期振动和杂波变化成分后, 采用线性回归分析方法研究海平面长期变化趋势。

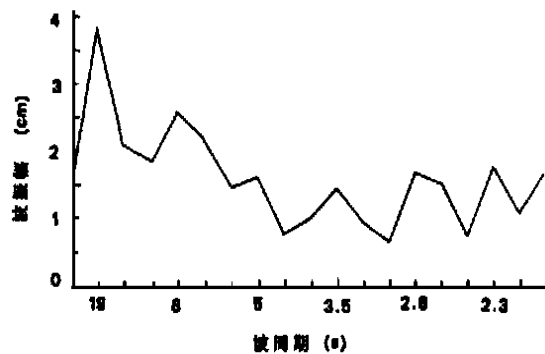


图 1 榆林站年平均海平面序列谐波分析

Fig. 1 Resonant fluctuation analysis to the mean annual relative sea level alignment at tide-gauge station of Yulin

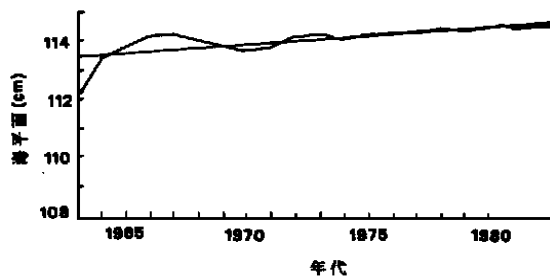


图 2 榆林站 19 年滑动平均海平面变化线性回归模型

Fig. 2 19-years running mean relative sea level and the linear least-squares best-fit line at tide-gauge station of Yulin

对榆林站连续 39a 年平均海平面时间序列

进行了一元线性回归分析,但结果没有通过有效的显著性相关检验,表明海南岛南岸年平均海平面时间序列中还包含有显著的周期变化成分。为此,进行了谐波分析,结果显示其中确实存在着显著的 19a、8a 等多种周期变化成分(图 1),以 19a 周期变化成分最为显著,计算得出其相应的周期振动方程为:

$$C(x) = 3.81 \sin\left(\frac{2\pi}{19}x + \frac{\pi}{4}\right) \quad (1)$$

为进一步消除上述多种显著性周期变化成分的干扰,以揭示海南岛南岸海平面长期变化趋势先采用 19 点滑动平均方法作滤波处理,然后再对滤波后获得的 19a 滑动平均海平面时间序列进行线性回归分析,结果通过了 99% 置信水平的显著性相关检验,表明海南岛南岸 19a 滑动平均海平面随时间呈显著的线性变化(图 2),按最小二乘法原则计算得出相应的线性回归模型方程为:

$$y = -12.524 + 0.064x \quad (2)$$

式中 $x \in [1963, 1983]$, 为公元纪年, y 为相应年份的 19a 滑动平均海平面拟合值(单位为 cm)。

分析(2)式中各项的物理意义可知,其中的直线斜率是反映海平面长期变化趋势的关键参数。直线斜率的符号反映海平面变化的性质,符号为正表明海平面呈上升趋势,符号为负表明海平面呈下降趋势;直线斜率的数值反映海平面上升或下降速率的大小,其单位为 cm/a。因此,根据(2)式可以得出,近 40a 来海

南岛南岸的相对海平面呈上升趋势,其相应的年平均上升速率为 0.64mm/a。

3 结论

3.1 受多种天文分潮引起的海平面周期振动影响,近 40a 来海南岛南岸的相对海平变化存在显著的 19a、8a 等多种周期变化现象,其中以 19a 周期变化现象最为显著,其相应的周期振动方程为 $C(x) = 3.81 \sin\left(\frac{2\pi}{19}x + \frac{\pi}{4}\right)$ 。

3.2 近 40a 来海南岛南岸的相对海平变化呈上升趋势,相应的年平均上升速率为 0.64mm/a。这一数值较近百年来 1~2mm/a 的全球海平面上升速率明显偏小,反映出同期海南岛南岸的地面是微弱抬升的。

参考文献

- [1] 任美镔, 1993. 地理学报 48(5): 385~393.
- [2] 任美镔、张忍顺, 1993. 海洋学报 15(5): 87~97.
- [3] 中国科学院地学部, 1993. 地球科学进展 8(6): 15~25.
- [4] 谢志仁, 1990. 中国气候与海面变化进展(一). 海洋出版社, 69~70.
- [5] 王颖、吴小根, 1995. 地理学报 50(2): 118~127.
- [6] 陈宗镛、汤恩祥, 1980. 山东海洋学院学报 10(1): 15~25.
- [7] Barnett, T. P., 1983. Climate changes 5: 15-38.
- [8] Chelton, D. B., and Enfield, D. B., 1986. Journal of Geophysical Research 91(89): 9 081-9 098.
- [9] Dauglas, B. C., 1991. Journal of Geophysical Research 96(4): 6 985-6 992.

RELATIVE SEA LEVEL CHANGE ALONG SOUTH COAST OF HAINAN ISLAND DURING THE PAST 40 a

Wu Xiaogen

(State Pilot Laboratory of Coast & Island Exploitation, Nanjing University 210093)

Received: Nov. 27, 1995

Key Words: Survey of tide, Analysis of linear regression, Relative sea level change, Hainan Island

Abstract

According to the proofread and corrected data of mean monthly survey of tide from 1954 to 1992 A. D. by the same datum plane, which collected from Yulin tidal gauge station located at South Coast of Hainan Island, this paper researches by manifold statistical analyses and reveals that the relative sea level along south Coast of Hainan Island is rising at the rate of 0.64mm/a during the past 40 years. Compared with the global sea level rising rate of $1\sim 2\text{mm/a}$ during the past 100 years, the above rate is obviously small, it shows that the south coast land of Hainan Island is rising slightly at the same time.