

中国全新世海平面变化周期与世界 未来海平面变化规律*

毕福志 袁又申

(国家地震局地壳应力研究所)

林耀光

(铁道部专业设计院)

温庆兰

(国家海洋局科技情报研究所)

内容提要 从发现海滩岩断代序列模式后,通过多学科综合研究又发现气候变化周期、闽粤海岸升降周期和海平面变化周期等皆为500a左右。在13 000a B.P.前中国气候变暖,海平面为以上升为主的升降期;近6 000多年海平面以周期性上下波动为特征;而近3 100年寒冷气候以每1 000年7个纬度的速度南移,海平面向上波动幅度变小。按气候变化周期,现阶段为变寒期,将抵消一部分“温室效应”,世界未来50—100年的海面可能与今持平或有所下降。按照冰期和间冰期的时间规律,未来6 000—7 000年的海平面将下降几十米。

主题词 全新世 海平面变化周期 气候变化周期 高海滩岩

一、引言

海平面是受气候、地壳运动和大地水准面变形等多因素控制的一个变量。气候变化控制着海盆中水量的变化,所以气候波动是冰川型海平面变化的主导因素。

全新世气候的变化,特别是历史时期气候变化的研究,迄今“也只是了解一个极为粗略的轮廓”^[1]。至于全新世海平面的变化,目前已绘出的全球性变化曲线有10多条,区域性的变化曲线就更多了。因此,海平面的研究现仍处于众说纷纭、莫衷一是的状况。由于¹⁴C同位素测年的广泛应用,海平面和其他环境地质已积累了许多资料。如果按《自然辩证法》指出的纵、横向多学科综合研究,那么“自然科学现在就会进步得多”^[2]。

现今研究海平面变化的曲线多、争议也很大的基本原因主要有两点:一是假定研究海平面变化的地区地壳是稳定的;二是所确定的海平面上升或下降的真伪还无验证的标尺。

近几十年来水准测量发现,海岸不仅在同一地区有正反向运动,而相邻地区也有相反的运动。况且目前研究几百年,以及万年的地壳更是不稳的,所以在同一地区或相近的地区,对同时代的海平面升降问题也有争议。

第一作者简介:毕福志 男 59岁 副教授 地震地质学与环境地质学专业
* 地震科学联合基金资助课题。

关于验证海平面升降的真伪问题,由于海平面变化受气候变化的制约,所以气候变化周期则为核实的标准尺度。气候变化周期是在发现海滩岩断代序列模式与华夏祖先近3 000多年的物候记载相一致^[3-7]后,才被确认的。因此,气候变化周期、海滩岩成岩周期和物候记载,皆为验证海平面上升、下降的真伪标尺。有些人怀疑海滩岩¹⁴C断代是否准确?断代的年代值除与历史记载的物候证据一致外,现已公布的¹⁴C数据,福建莆田地区34个、浙江9个和山东3个,在海滩岩成岩和气候变化周期的区间内分别占91.2%、78%和100%,总计89.7%表明,这是比较准确的。在各周期外的¹⁴C年代数据,则因岩石风化或老碳质物的混入而偏年轻或偏老。

二、全新世气候地层断代序列模式

全新世地层,由于地壳运动导致沉积间断,或者风化剥蚀,多已残缺不全,为建立一个完整的地层序列带来了严重的困难。笔者在发现中国大陆近5 000多年的海滩岩断代序列模式后,又发现了闽粤海岸升降周期和气候变化周期^[3-7]。在此基础上,对气候、海滩岩、海平面、冰川、动物和植物等地层剖面进行综合研究,发现了全新世气候地层断代序列模式、气候变化周期和海平面变化周期。

1. 海滩岩的基本特征

中国的全新世海滩岩从山东半岛至南沙群岛皆有断续的分布,是世界上海岸线最长、纬度带最宽的国家之一。而今,海滩岩仅形成在西沙群岛以南的热带海域。

海滩岩是热带潮间带在特定的气温和环境下,由陆源碎屑和生物碎屑被文石或高镁方解石的胶结物所胶结的岩石^[3,6]。它有以下的基本特征。

(1) 海滩岩除其他成岩环境外,还成岩于年平均气温为26.5℃以上的热带海岸。这是从现代成岩区的气候、全新世各成岩期以及华北当时有热带动物^[3-7]判断的。而今,又从大陆海滩岩中有多种现生种的南海热带化石而得到证实。

(2) 海滩岩的成岩面积与海岸潮间带的宽窄有关。我国首次在广东海山岛发现陆地上1 650亩的“海滩岩田”,海域还有更大面积的成岩区^[7]。

(3) 海滩岩是海岸位置的标志,也是中国大陆全新世各成岩期海平面上升的标志层。

(4) 由于海平面下降或海岸抬升,海滩岩出露地表后,经风化剥蚀而残留部分岩体;当气候变热期,海平面上升或海岸下降,在原残留岩体的低洼处先成岩。这样多次反复,就使多数海滩岩成为多期成岩的残留体^[3]。

(5) 在闽粤琼沿海的大震区,近几千年来形成一些厚层海滩岩,有些具有多期底板层,有些还有顶层。经¹⁴C测年分期,其成岩和间断期各为250a左右,即成岩周期为500a左右^[3,4]。

(6) 中国全新世最佳气候期的各变暖期^[3],海滩岩成岩区不断“北进”,近3 100年以来气候以变寒为主,成岩的热带气候区向南逐渐缩小。

2. 高位海滩岩简介

从海滩岩成岩-间断周期发现了气候暖-寒变化周期^[3-7],而高海滩岩是发现成岩周期和断代序列的基础。这两个周期规律也是验证海平面上升或下降的标尺。现对高海滩岩

略加叙述。

闽粤琼海岸仅在三处大震区发现高程在 10—30m 以上的海滩岩, 即莆田^[3,6,8,9]、汕头^[10]和琼北^[11]的海滩岩残留体。笔者对海滩岩和高海滩岩进行了 10 年的野外、室内的系统研究, 除发现上述自然周期外, 还发现台东近海—台湾海峡西岸 NWW 向最新活动构造带及大震构造标志等^[11], 皆具有重大科学意义和生产实践意义。

现今对莆田、汕头两处高海滩岩的成因有海成和风成的两种观点, 争议较大。以莆田高海滩岩为例, 对争议内容简述如下。

持风成观点的有些研究者根据未发现文石、岩石粒度为中粗砂接近风成砂特征、背斜状层理和岩石倾角达 27—37° 等主要证据^[12], 定为沙丘岩。

已知公认的风成砂粒度为 0.15—0.35mm, 而海滩岩的平均粒径为 0.813mm, 是风成砂的 5—2.3 倍。岩体的正常产状为 30°/SE $\angle$ 11°, 而“背斜状”和“倾角 27—37°”则为岩体崩塌的结果。莆田高海滩岩的残留体, 由于胶结在高出阶地面 4—5m 的脊状辉绿岩脉上, 才得以残留至今。在岩脉两侧的地形低, 岩脉呈脊状, 近海一侧坡度为 5/100 的马鞍形地貌, 红土已剥光, 不可能堆积风沙。

莆田高海滩岩有下列主要证据。

(1) 对岩体经过两年的试验和电镜观察, 1983 年发现文石^[6]和 NaCl 晶体(照片 1), 1987 年又发现文石胶结物(照片 2)。另外, 还发现属于滨海相组合的有孔虫埋葬群, 从沉积相证实为高海滩岩。

(2) 在高程 25m 的海滩岩中有一扁平砾石层(照片 3), 粒径 2—5cm, 年代为 2 747 $\pm$ 100 a.B.P.。经随机采 42 粒砾石样品做岩性鉴定, 至少有 9 种以上的、原岩为二长岩、沉积石英岩、白岗岩等变质岩的砾石是从外地搬运来的。考古学家鉴定了砾石, 说“不是石器, 而是流水作用形成的砾石”^[13]。

(3) 在高程 25m 和约 30m 的海滩岩中, 首次发现 2—5.5cm 的多种热带海相大化石(见照片 3)。这些化石中有马蹄螺 (*Trochus* sp.)、小月螺 (*Lunella* sp.) 和海菊蛤 (*Spondylus* sp.) 等(将专文发表), 其现生种生活在海南岛和西沙群岛低潮线以下。

(4) 据历史记载, “隋唐以前兴化湾平原除壶公山、九华山外, 还是一片大海”^[6]; 1 850—1 600a.B.P. 形成的海滩岩厚为 35m; 莆田广化寺高程 15m 的淤泥层中还含有未淡化的卤水^[6,11](照片 4)等表明, 三者可能为海岸大幅度活动的同期产物, 即海岸沉降、抬升是高海滩岩形成的构造机制。

(5) 据人工地震解译的莆田—晋江大震区的地壳结构^[14], 莫霍面隆起断距达 3—5km, 在深 11km 以下有 4km 厚、波速最小的低速层表明, 这是高海滩岩形成的深部构造活动机制。

(6) 莆田海岸位于 NE—NNE 向长乐—诏安巨型断裂带的中段, 并与台湾花莲东部近海—苗栗—台湾海峡—莆田半岛的 NWW 向最新活动构造带^[11]相交汇。这后一条大地构造带是台湾运动以来形成的 NWW 向断裂带、强隆起带和强震带的三位一体的活动构造带^[11]。该带在花莲近几千年来有大幅度的抬升^[11], 莆田海岸有许多次周期性的大幅度升降^[3]。

三、中国全新世海平面变化周期

冰后期全球性气候迅速转暖,我国江苏等地 11 200a.B.P. 前已有多种亚热带动物。我国海平面在 11 100a.B.P. 已上升至-26m, 而到 10 900a.B.P. 仅 200 年间海平面又下降至-33m^[14]。这说明原定的全新世下限 10 000±300a.B.P., 可能偏低 3 000 多年。

根据海滩岩断代序列模式、气候变化周期和历史记载的物候证据等,对已验证的海平面的上升、下降规律简述如下。

按海平面变化周期(图 1),近 10 000 多年的升降分为两个阶段:6 500a.B.P. 前以上升为主的周期性升降阶段;近 6 500 年以来在现海平面上下周期性波动阶段。

(一) 海平面以升为主的周期性升降阶段

这一阶段分为下降期和上升期。

1. 海平面的周期性下降期

宁波平原和宁供钻孔岩芯的海相层夹有两个陆相退覆层^[15]。在高程-28m 含 10 000a.B.P. 左右的江河软体动物化石,而温黄平原高程约-18m 为 8 500a.B.P. 左右的湖沼相退覆层。

9 000a.B.P. 左右是明显的降温期^[14],海平面也会有相应的下降。

福州盆地的海相地层中发现 8 000 和 7 000a.B.P. 左右的两期陆相层^[16];长江三角洲 7 000a.B.P. 左右开始海退^[17]。

在华南海平面变化曲线^[18]上,8 500、7 500、7 000 和 6 500a.B.P. 左右以及其他文献中 8 000^[19]、6 500a.B.P.^[8,14] 也是下降期。

据上所述,11 000—10 900、10 000、9 000、8 500、8 000、7 500、7 000 和 6 500a.B.P. 左右是海平面的下降期。

2. 海平面的周期性上升期

在温州近海钻孔深 19—20m、8.2—8.3m 的地层中,有孔虫等皆为喜暖分子,年代为 9 680±500 和 7 080±360a.B.P.^[19]。另在北纬 25.5°的冲绳海槽陆坡^[20],在-120m 发现 9 625±130 和 6 780±105a.B.P. 的海滩岩^[20]。这三个时期皆为气候变暖—海平面上升期。

浙江海岸 8 250±120a.B.P. 的海相层超覆在 8 500a.B.P. 的陆相层上^[15]表明,这是海平面上升期。

据上所述,现已发现 6 500a.B.P. 前的 9 680(9 625)、8 250、7 080 和 6 780a.B.P. 等海平面上升期也是有规律的。

(二) 现海平面上下周期性升降阶段

这是 6 300 多年以来在现海平面上下呈波动式的升降阶段。

1. 海平面的周期性下降期

中国东部地区 6 000a.B.P. 左右的海平面略有下降^[14]。

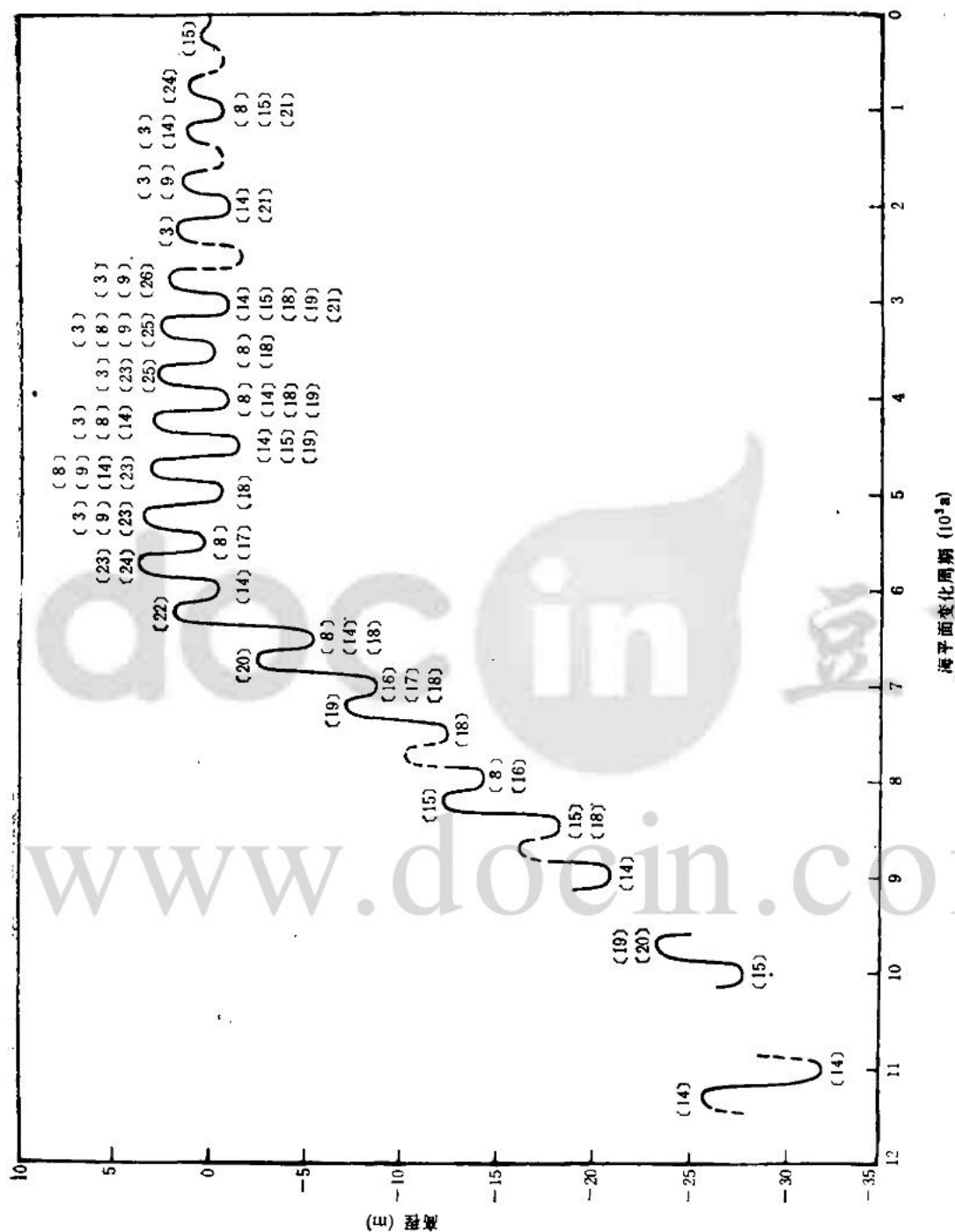


图 1 海平面变化周期综合曲线

据文献[8,17], 5 500a.B.P. 左右海平面为下降期。

华南海平面 5 000a.B.P. 左右有所下降^[18], 而东部地区海平面变化曲线也略有下降^[14,18]。

海平面在 4 500a.B.P. 左右浙江略有下降^[15]; 海州湾西岸海面较低^[19], 东部地区下降 3.7m^[14]。

海平面在 4 000a.B.P. 左右为下降期^[8]; 华南海平面为 -2.5m^[18]; 东部地区也略有下降^[14,19]。

我国海平面变化曲线在 3 500a.B.P. 左右略有下降^[8]; 华南海平面为 -1.0m^[18]。

3 000a.B.P. 左右的海平面, 东部地区下降至 -1.0m^[21]或 -2.4m^[14]; 华南地区下降至 -1.0m^[18]; 浙江和海州湾西岸略有下降或海平面较低^[15,19]。

海平面变化曲线在 2 000a.B.P. 左右为下降期^[14,21]; 而在 1 000a.B.P. 左右海平面也是下降期^[8,19,21]。

据上所述, 6 000 多年以来已发现九次海平面下降期, 另外三个时期是气候变寒期和冰进期^[3-5], 表明海平面下降期是有规律的。

2. 海平面的周期性上升期

6 350 多年来海平面的各个上升期, 除大陆海岸的各海滩岩的成岩期是上升标志外, 还有其他上升的证据。简述如下。

在华南海岸的广东海山岛、惠东县大洲岛分别发现 6 380±180 和 6 320±100a.B.P. 的海滩岩^[22]。此外, 还发现 5 350—1 100a.B.P. 的九期海滩岩^[3,9]。

5 850—5 600a.B.P. 的海平面上升期, 华南沿海上升 4 米多^[18], 渤海湾也是上升期^[23,24]。

5 320—5 105a.B.P. 渤海湾的海平面上升 2m^[23], 并在山东半岛乳山海岸同时形成海滩岩。

莱州湾沿岸 4 740±90a.B.P. 的贝壳层的高程为 1.5m^[23], 东部地区海平面曲线也是上升期^[8,14]。

4 350—4 100a.B.P. 的海平面曲线是上升期^[8,14]。

渤海湾^[23]、江苏海安和上海奉贤^[25]等地, 3 850—3 600a.B.P. 之间的海平面为上升期, 山东和浙江海岸同时形成海滩岩。

江苏海安 3 210a.B.P. 的海相层的高程为 2m^[25], 海平面变化曲线也为上升期^[8]。

海州湾西岸 2 640±105a.B.P. 的贝壳沙堤略高于现海平面^[26], 也是闽粤沿海 2 850—2 600a.B.P. 海滩岩的形成期^[9], 海平面上升 2m 左右。

在广东、福建和海南发现 2 350—2 100a.B.P. 的海滩岩, 海平面上升 2m 左右^[3]。

在闽粤沿海发现 1 850—1 600a.B.P. 的海滩岩^[3,9], 海平面上升约 2m 左右。

在唐代, 海水沿长江侵入上海 15km, 海平面上升约 1.5m^[14]。在福建发现 1 350—1 100a.B.P. 的海滩岩^[3]。

海州湾和莱州湾, 809±94 和 840±65a.B.P.^[24] 为海平面上升期。

浙江 200a.B.P. 前的海平面为上升期^[15], 与福建东山岛形成年代小于 200a.B.P. 的珊瑚礁时代吻合。

据上所述, 近 6 000 多年中国海平面各上升期的断代序列完整, 周期也为 500a 左右。

总之,全新世海平面变化的两大阶段资料表明,海平面变化与海滩岩成岩周期^[3]、气候变化周期^[3-5]皆具同步演变的规律。

四、国外海平面变化的一些资料

全球性大气候的变化和世界全新世海平面在各个气候变化周期皆有一定幅度的波动。

日本现已发现全新世的海平面变化,6700、5300、3100和2800a.B.P.为上升期,约在7500左右、6000左右、4300、3500左右和3000a.B.P.为下降期^[27]。日本海岸带反映气候变暖期的沼珊瑚其年代有 8670 ± 100 、 7840 ± 100 和 6160 ± 120 a.B.P.^[28]。日本 2090 ± 60 a.B.P.的海滩岩高程为1.5m, 800 ± 60 和 730 ± 60 a.B.P.的藤壶化石层高程为1.2—1.9m^[29],皆代表海面上升期。日本7500a.B.P.以后森林开始缩小,4000和3000a.B.P.前的气候轻微变寒^[30],大约2500和1000a.B.P.的海平面皆为-2m^[31],也反映海平面的下降。

斯里兰卡西南和南部的贝壳层和珊瑚礁所指示的海平面较现今高1m,年代在6200、5100、3200和2300a.B.P.;4000a.B.P.左右的海面下降到现今海平面以下,珊瑚停止生长^[32]。

塞内加尔海岸的海平面变化, 5650 ± 130 a.B.P.为0.5m,2630a.B.P.又出现高海平面,而在4000a.B.P.为低海平面^[32]。

在荷兰已发现公元前300年前、公元3世纪晚期和公元9世纪以前的三次海侵^[33]。

美国在 3395 ± 100 a.B.P.时海平面为-1.6m,大约3000a.B.P.海平面又开始下降^[34]。另据研究,在世界海岸“已发现大约2500—2400a.B.P.的寒冷的新冰期与海平面下降的许多海岸线的证据”^[35]。

这些北半球海岸的国家气候-海平面变化的一些阶段表明,有类似中国的周期规律。在南半球的一些地区也有相似的海平面变化。

在巴西的南纬13—28°,7100a.B.P.超过现今的海平面,最高在5150a.B.P.,而下降阶段在4000和2500a.B.P.^[32](其中2700和3600a.B.P.的低值与规律相反。——笔者注)。

沿阿根廷及巴塔哥尼亚海岸有数处海侵的遗迹,从北至南的年代为 3310 ± 90 、 5720 ± 105 、 2880 ± 90 、 7520 ± 120 、 6630 ± 120 和 3820 ± 80 a.B.P.^[32]。

新西兰2000a.B.P.海平面下降4m^[35]。

五、世界未来气候-海平面变化规律

1. “温室效应”与气候-海平面变化

近年来许多科学家对大量燃烧化石燃料产生的大量CO₂及其他微量气体所引起的“温室效应”甚为忧虑。有人提出,今后50年内世界气温将升高1.5—4.5℃,甚至升高9℃。估计海平面到公元2030年将上升35—117cm,2100年上升56—345cm。有些学者则持相反的观点,如澳大利亚格雷姆·皮尔曼博士预测,在今后40年里地球的气候变

化很可能与冰河时代相似(光明日报 1988 年 3 月 26 日)。苏联叶夫根尼·鲍里先科夫教授说,人类如不控制气候可能出现新的冰河期(参考消息 1983 年 12 月 24 日)。

这两种对未来环境变迁所持的相反观点,涉及全人类,特别是居住在海岸带的世界三分之二人口的生存问题,已引起许多国家的严重关注。目前对“温室效应”的危害,为了防患于未然,如英国已提出用几十亿英镑筑坝以防止海水入侵。因此,正确地认识“温室效应”的作用与未来自然规律变化的关系,这是预测未来气候-海平面变化规律的当务之急。

2. 末次冰期前后的海平面变化规律

据 Bloom 对新几内亚胡昂半岛珊瑚礁低阶地的研究^[36],恢复了 140 000 年以来海平面变化的过程(图 2)。这一研究成果表明,海平面变化的长周期,即冰阶和间冰阶的平均周期为 20 000a 左右。末次冰期的海平面经过许多次升降后,在 18 000a.B.P. 达到最低海平面,从 13 000a.B.P. 以前全新世气候-海平面开始回升。那么,现今的气候属于间冰阶,还是冰阶?欧洲最佳气候期的副热带气候曾向北移动 10 个纬度^[33],而中国在全新世的热带和副热带气候曾移至华北地区都表明,10 000 年的间冰阶已经过去;近 3 100 年以来以变寒为主,寒冷气候以每 1 000a 向南 6—7 个纬度的速度移动着。

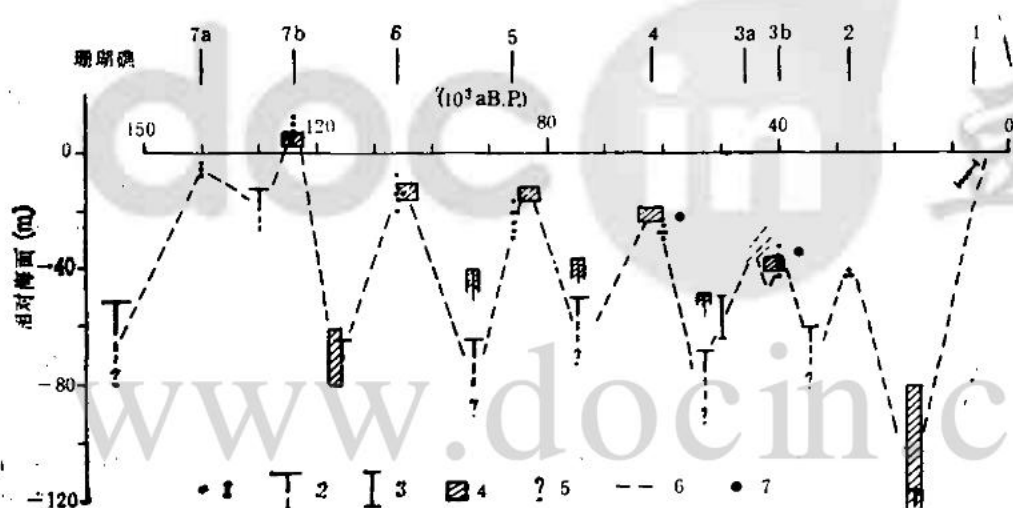


图 2 珊瑚礁海岸阶地 140 000 年来冰川控制海平面变化^[36]

1. 新几内亚礁峰(已测年) 2. 新几内亚珊瑚礁最低海面(未测年) 3. 新几内亚珊瑚礁(已测年)
4. 巴巴多斯海面记录 5. 最低海面未详 6. 古海面曲线 7. 古海面变化的趋势

3. 世界未来气候-海平面变化规律

我国晚冰期东海大陆架的最低海平面公认为 -110—-120m。冰后期全球性气候转暖,海平面上升,热带、亚热带的动植物曾在华北等现今温带区繁衍。

近 3 100 年来气候以变寒为主,其间仍有寒暖变化,其变寒的主要物候特征概括如下。

海滩岩,在最佳气候期山东乳山曾多期成岩(发现文石和热带海相化石绿血蛤等,将发表专文),而近 3 100 年来成岩区先后向南退缩至浙江、福建、广东、海南和西沙群岛以南,达 21 个纬度。

在河北阳原发现 3 830—3 630a.B.P. 的亚洲象化石以及华南和长江以南的现生种黄蚬、厚美带蚌等软体动物化石^[37], 已分别向南迁移 18、15 和 10 个纬度。

全新世的长牡蛎(照片 5)曾在天津海岸繁衍, 现只生活在汕头湾以南, 迁移了 16 个纬度。天津的长牡蛎化石最长的个体为 46cm, 比海南的现生种大 80%。

这些实例说明, 热带气候区逐步缩小, 冰阶前兆已降临地球。另据国外五大洲一些地区的气候、海平面变化的断代资料, 尽管地壳不稳定, 确定海平面变化真伪十分困难, 但多与中国气候-海平面变化规律基本上相似。依据这些资料, 结合气候-海平面变化周期, 对未来世界气候-海平面变化规律可做如下简述。

(1) 按气候-海平面变化周期, 目前处于气候变寒的 250a 的半周期。这个半周期已过去 100 多年, 抵消了一部分“温室效应”, 气候-海平面变化不大。按正常的气候期^[3-5], 未来的 50—100 年内气候继续变寒, 如果“温室效应”将受到一定程度控制的话, 世界海平面可能与现今持平或者有所下降。

(2) 近 3 100 年以来气候以变寒为主, 但每一周期皆有寒、暖变化。因此, 110 多年后开始变暖的半周期, 气候-海平面将略有上升。

(3) 按冰阶和间冰阶各为 10 000a 左右, 全新世的间冰阶已经过去了。近 3 100 年来气候逐渐以变寒为主, 热带和副热带气候区已缩小 15—20 个纬度表明, 未来 6 000—7 000 年气候继续朝恶化方向波动, 海平面将下降几十米。

致谢 本课题在考古、岩石矿物、构造岩、古生物、粒度分析等方面, 著名专家教授苏秉琦、杨式溥、曾学鲁、曹正民、任磊夫、方邺森、王玉芳、杨守仁、李淑鸾、陈珍珍和王式洸等曾帮助复核、鉴定和确认; 周玉卿工程师帮助绘图。笔者一并致以谢忱。

参 考 文 献

- [1] 龚高洪、张丕远、吴辉定、张瑾璐, 1983, 历史时期气候变化研究方法。科学出版社, 4 页。
- [2] 弗·恩格斯, 1971, 自然辩证法。人民出版社, 12 页。
- [3] 毕福志、袁又申, 1987, 闽粤沿海近五千多年来海岸升降周期的初步研究。中国科学(B 辑), 第 4 期, 429—440 页。
- [4] Bi Fuzhi and Yuan Youshen, 1988, A Preliminary Study of Beachrocks and Palaeoclimate in China over the Past 5 000 Years. The Palaeoenvironment of East Asia from the Mid-Tertiary, Proceedings of the Second Conference, Centre of Asian Studies, University of Hong Kong, 337—344.
- [5] 毕福志、袁又申, 1989, 中国近代海滩岩与气候变化周期。天地生综合研究, 中国科学技术出版社, 300—304 页。
- [6] 袁又申、毕福志, 1984, 福建中段海岸晚全新世最高海滩岩的成因。科学通报, 第 29 卷, 第 19 期, 1 193—1 196 页。
- [7] 毕福志、袁又申、尹云鹏, 1987, 广东海山岛“海滩岩田”的沉积相及其海岸升降特征。海洋地质与第四纪地质, 第 7 卷, 第 2 期, 45—57 页。
- [8] 赵希涛, 1984, 中国海岸演变研究。福建科学技术出版社, 38、81、123、186 页。
- [9] 谢在团、陈峰、邵合道、许志峰、陈子桑、王明亮、黄宝林, 1983, 福建全新世海滩岩与海平面变化。台湾海峡, 第 2 卷, 第 1 期, 61—70 页。
- [10] 袁又申、毕福志, 1988, 广东达濠半岛近代高海滩岩的研究。现代地质, 第 2 卷, 第 2 期, 215—225 页。
- [11] 毕福志、袁又申、范国胜, 1990, 闽粤台北西西向最新构造带与大震构造背景。地震地质, 第 12 卷, 第 2 期, 183—192 页。

- [12] 赵希涛、沙庆安、Goldsmith, V., 王绍鸿、孙亨伦、张景文、张德泉, 1988, 福建莆田海岸沙丘岩。中国科学(B辑), 第11期, 1196—1205页。
- [13] 廖其林、王振明、王屏路、吴宁远、刘宝诚, 1988, 福州—泉州—汕头地区地壳结构的爆炸地震研究。地球物理学报, 第31卷, 第3期, 270—280页。
- [14] 杨怀仁、谢志仁, 1984, 中国东部地区近20000年来气候波动与海平面升降运动。海洋与湖沼, 第15卷, 第1期, 1—13页。
- [15] 王宗涛, 1982, 浙江海岸全新世海面变迁。海洋地质研究, 第2卷, 第2期, 79—88页。
- [16] 蓝东兆、于永芳、陈承惠、谢在团, 1986, 福州盆地晚更新世海侵及全新世海面波动的初步研究。海洋地质与第四纪地质, 第6卷, 第3期, 103—112页。
- [17] 曹琼英、沈德勤, 1984, 长江三角洲地区的地层和海面变化的研究。第一次全国 ^{14}C 学术会议文集, 科学出版社, 155—158页。
- [18] 黄镇国、李平日、张仲英、宗永强, 1986, 华南晚更新世以来的海平面变化。中国海平面变化, 海洋出版社, 178—194页。
- [19] 叶银灿、李家芳、宋连清、杨逢春、陈锡土, 1985, 温州近岸浅海全新世地层与古地理初析。中国第四纪海岸线学术讨论会论文集, 海洋出版社, 171—178页。
- [20] 冲绳海槽地质调查队, 1982, 冲绳海槽某些海底岩石的初步研究。海洋地质研究, 第2卷, 第1期, 35—46页。
- [21] 郭旭东, 1979, 晚更新世以来中国海平面变化。地质科学, 第4期, 330—341页。
- [22] Huang Yukun and Chen Jiajie, 1988, Sea Level Changes along the Coast of the South China Sea since Late Pleistocene. The Palaeoenvironment of East Asia from the Mid-Tertiary, Proceedings of the Second Conference, Centre of Asian Studies, University of Hong Kong, 289—318.
- [23] 彭贵、张景文、陈以健、焦文强、李桂英、李大明, 1984, 渤海沿岸泥炭、贝壳样品 ^{14}C 年代测定与第四纪晚期渤海海侵。第一次全国 ^{14}C 学术会议文集, 科学出版社, 144—149页。
- [24] 庄振业、李建华, 1986, 莱州湾东南岸的全新世海侵。中国海平面变化, 海洋出版社, 91—97页。
- [25] 陈以健, 1984, 海洋贝壳 ^{14}C 年龄问题的讨论。第一次全国 ^{14}C 学术会议文集, 科学出版社, 167—174页。
- [26] 王富葆, 1985, 海州湾西岸埋藏贝壳堤与晚更新世以来的海面变化。中国第四纪海岸线学术讨论会论文集, 海洋出版社, 146—150页。
- [27] Taira, K., 1980, Radiocarbon Dating of Shell Middens and Holocene Sea-level Fluctuations in Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 32, 79—87.
- [28] 星野通平, 1971, 浅海地质学。东海大学出版社, 387页。
- [29] Delibrias, G. and Pirazzoli, P. A., 1983, Late Holocene Sea-level Changes in Yoron Island, the Ryukyus, Japan. *Marine Geology*, 53, 7—16.
- [30] Naruse, Y., 1981, Climate and Sea-level Changes during the Quaternary. Recent Progress of Quaternary Research in Japan, National Committee for Quaternary Research Science Council of Japan, 191—202.
- [31] 松本秀明, 1984, 海岸平野によられる浜堤列と完新世後期の海水準微変動。地理学評論, 第57卷, 第10期, 720—738页。
- [32] Isla, F. I., 1989, Holocene Sea-level Fluctuation in the Southern Hemisphere. *Quaternary Science Review*, 8, 359—368.
- [33] A. 高迪, 1981, 环境变迁。海洋出版社, 237—266页。
- [34] Deprattee, C. B. and Howard, J. D., 1981, Evidence for a Sea Level Lowstand between 4500—2400 Years B. P. on the Southeast of the United States. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51(4), 1287—1295.
- [35] Никифоров, Л. Г., 1975, Последлениковое эвстатическое повышение уровня океана и его значение для развития морских побережий. Колебания уровня мирового океана и вопросы морской геоморфологии, издательство "Наука", 12—40.
- [36] Bloom, A. L., Broecker, W. S., Chappell, J. S., Matthews, R. K. and Mesolella, K. J., 1974, Quaternary Sea-level Fluctuations on a Tectonic Coast: Now $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ Dates from the Huon Peninsula, New Guinea. *Quaternary Research*, 4, 185—205.
- [37] 贾兰坡、卫奇, 1980, 桑干河阳原县丁家堡水库全新统中的动物化石。古脊椎动物与古人类, 第18卷, 第4期, 327—333页。

A STUDY ON PERIODICITY OF HOLOCENE SEA-LEVEL CHANGES IN CHINA AND FUTURE SEA-LEVEL CHANGES IN THE WORLD

Bi Fuzhi Yuan Youshen

(Institute of Crustal Dynamics, State Seismological Bureau)

Lin Yaoguang

(Professional Design Institute of Railway Ministry)

Wen Qinglan

(Institute of Marine Scientific and Technological Information, SOA)

Abstract

Only a very rough outline knowledge is obtained at present for the study on the climate in historic times and the study on Holocene sea-level changes is also in a stage of extensive dispute with various opinions.

Through the research on the Holocene beachrocks of China, the authors have discovered that the formation and depositional break periods of beachrocks, the warming and cooling periods of climate, the rise and fall periods of sea-level and so on are characterized by a synchronous period of about 500 years. The authors, therefore, have revealed and advanced the dynastic sequential model of the Holocene climatic strata and on this basis the periods of climatic changes in historic times, the periods of Holocene climatic changes and sea-level changes, and other related natural phenomena have been discovered.

Beachrocks are formed on the coast of tropical zones with an average temperature higher than 26.5°C a year, and at present they are formed in the tropical area to the south of the Xisha Islands. The area of China from the Liaodong Peninsula to the Nansha Islands are located at the middle and low latitude up to 38 latitude zones in the Northern Hemisphere, China has the exceptional advantages of geological geography to find the dynastic sequential model of Holocene beachrocks, and the rock-forming regularities of "northward advance" and "southward movement".

The beachrocks discovered so far are mostly the relic bodies formed at different stages for 6 850 a B.P., a complete dynastic sequential model can be established through a comprehensive study on a variety of nature factors. This pattern is also the staff to test and verify the climate and sea-level changes.

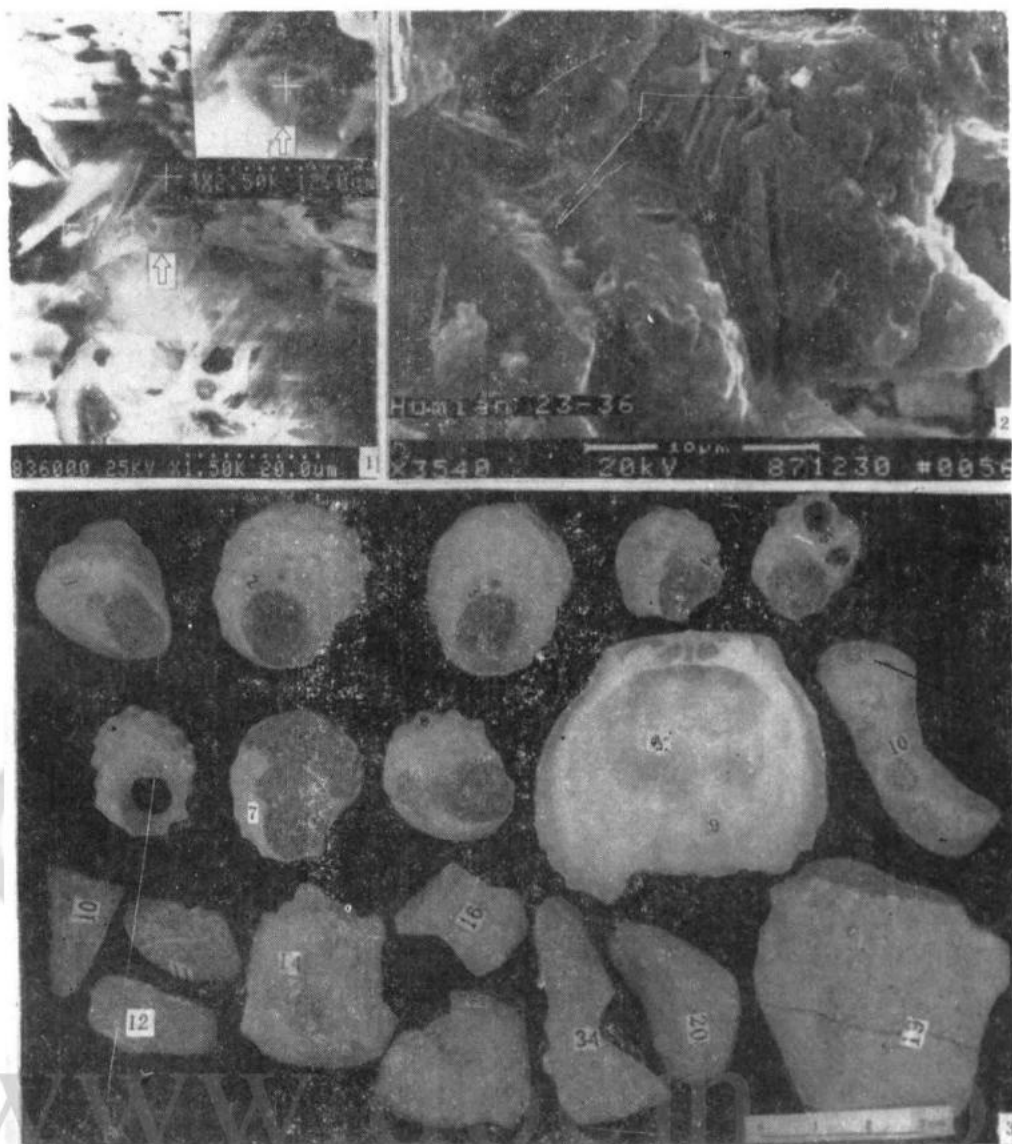
By the rise and fall features the periods of the Holocene sea-level changes can be distinguished into two major stages: the rise and fall stage dominated by rising before 6 500 a B.P. and the stage of fluctuation round the present sea-level later.

For the future variations of climate and sea-level in the world a number of scientists have predicted that temperature and sea-level would be raised at a large range after scores of years because of "greenhouse effect", and the others hold that the climate during a glacial period is about to come round. In fact, the future climate and sea-level changes can only be deter-

mined by the laws of nature.

According to the studying by Bloom, there is, on an average, a long period of 2×10^4 years for the sea-level changes in the past 14×10^4 a B.P. During the period of Holocene in China, it began to warm 13 000 a B.P. and after 10 000 years it has been dominated by cooling in the past 3 100 years. A cold climate moves southward at a velocity of 7 latitudes every 1 000 years; and the amplitude of sea-level fluctuation has also gradually decreased. This is the normal law of nature. Therefore, the sea-level after 6 000—7 000 years will fall some dozens of meters. As the "greenhouse effect" can be partly offsetted by the normal cooling law, it is impossible for sea-level to rise largely within the coming 50—100 years, but similar to the present one or even somewhat fall.





照片 1 莆田高海滩岩中的 NaCl 晶体

照片 2 莆田高海滩岩中的文石胶结物

照片 3 莆田高海滩岩中的热带海相大化石(上部 1-10)和部分从外地搬运来的滨海相扁平砾石



照片 4 甬山广化寺高程 15m 的淤泥层中的卤水
照片 5 天津宁河全新世的长牡蛎