

中国 10 ka 来海滩岩时空分布与气候变迁*

杨守仁 杨松

(北京大学地质学系, 北京 100871)

关键词 中国海滩岩 时空分布 气候变迁

海滩岩是热带海滩的砂砾和生物碎屑受碳酸盐迅速胶结形成的岩石组合。海滩岩的形成与特定的气候条件、海面条件、海岸地形条件和物源条件等环境条件有密切关系。因此, 对海滩岩的研究将为气候变化、海面变化与海岸变迁等研究提供重要依据。本文谨就海滩岩形成与气候条件的关系、海滩岩的时空分布及其与气候变迁进行初步探讨。

据可靠的 ^{14}C 测年资料, 中国现代海滩岩 ($<1\text{ ka}$) 仅分布于北纬 17° 以南的南沙群岛和西沙群岛潮间带。那里地处热带, 海水年均温度在 25°C 以上, 蒸发很快, 表层水温的日变化趋势与气温吻合, 日变幅不大。丰富的海洋生物及其骨骼(珊瑚、珊瑚礁及各类介壳)受高能碎浪所破碎、搬运、堆积于潮间带, 为海滩岩沉积成岩提供物质条件。胶结矿物主要是文石, 也有高镁方解石泥。由此人们推断^[1]: 在较高的水温和气温条件下, 钙的溶解度低, 有利于钙的析出, 由于强烈蒸发作用使孔隙水溶液中 CO_2 散失, 促使处于过饱和状态的 CaCO_3 以文石形式结晶生长, 迅速胶结海滩上的砂砾和生物碎屑。总之, 海滩岩的形成要求热带那样的水温和气温高、蒸发快的气候条件。

近来人们常用氧同位素比 ($\delta^{18}\text{O}$) 法定量测定碳酸盐在海水中形成时的温度。笔者按文献 [2] 所给出的古海水温度公式, 计算海南天涯海角中全新世海滩岩中鹿角珊瑚骨骼的 $\delta^{18}\text{O}$ (-3.27‰ 和 -4.27‰)^[3], 得出水温为 23.9°C 和 28.5°C ; 计算广东达濠中全新世海滩岩中藤壶的 $\delta^{18}\text{O}$ (-3.68‰ 和 -3.96‰)^[4], 得出水温为 25.8°C 和 27.1°C 。此两地中全新世海滩岩的古水温与 17°N 以南的现代海滩岩形成时的水温条件完全一致, 证实了关于海滩岩形成与气候条件的关系的论述。

海滩岩胶结有两种解释^[5-7], 田中^[8] 总结前人研究并对地下水和海水进行仪器分析后指出, 钙质碳酸盐是由海水供给的, 潮间带或高潮线表面的海滩岩的早期固结受强烈日射的控制。总而言之, 海滩岩形成于海水是共识, 要求高温、高蒸发的气候条件是肯定的。中国海岸带气候调查表明, 在全年的平均情况下我国海岸线附近海气温差接近 0°C , 最冷季节我国近海都是海温高于气温。所以, 基本上可用中国海滩岩所反映的海温变化推论中国气温变化。

1 中国海滩岩的时空分布

中国全新世海滩岩已报道的不下 76 处, 最北的是浙江嵊泗 ($30^\circ 43' 42''$), 最南的是海南南

1995-04-12 收稿, 1995-10-26 收修改稿

* 国家自然科学基金、国家教育委员会博士点基金资助项目

沙群岛太平岛(10°22'42"),其中浙江9处,福建17处,台湾浅滩和冲绳海槽陆坡各1处,两广21处,海南27处.笔者从诸多文献和本文的¹⁴C测年数据中精选181个,按百年尺度整理统计取舍,保留其同年代最北出露点(表1),绘制了中国全新世海滩岩分布的北界变化折线图(图1),并以此作为热带气候变化的代用资料,探讨中国全新世气候变迁.

表1 中国全新世各年代海滩岩最北出露点时空分布

出露点	北纬(N)	¹⁴ C/aBP	参考文献
冲绳海槽陆坡	25° 30'	9 625±130	毕福志等, 1991
海南西沙群岛石岛	16° 38'	8 680±250	中科院地球化学研究所, 1977
台湾浅滩	23°	8 590±270	[9]
台湾浅滩	23°	8 420±270	[9]
海南儋县干冲	19° 46' 40"	8 155±175	赵希涛, 1990
冲绳海槽陆坡	25° 30'	6 780±105	毕福志等, 1991
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	6 485±210	[2]
广东惠东大洲岛	22° 42' 18"	6 320±100	陈伟光, 1987
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	6 080±110	[2]
浙江象山爵溪道人山岛	29° 32' 31"	5 960±110	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	5 860±150	[2]
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	5 825±210	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	5 490±160	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	5 430±110	马克俭等, 1993
福建平潭上板	25° 31' 09"	5 260±90	张景文等, 1982
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	5 160±170	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	5 070±125	[2]
海南三亚鹿回头水尾岭	18° 10'	4 930±185	[10]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	4 815±120	[2]
浙江象山爵溪道人山岛	29° 32' 31"	4 640±135	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	4 540±110	岳云章, 1988
福建莆田忠门许岐	25° 12' 15"	4 400±105	李建生, 1992
浙江象山高塘岛	29° 07' 42"	4 255±135	[2]
广东南澳岛以南约 60 km	22° 47'	4 180±110	徐起浩等, 1989
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	4 110±170	[2]
福建莆田南日岛镜子村	25° 10'	4 000±140	[10]
福建东山前港	25° 41' 20"	3 890±110	徐起浩等, 1989
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	3 780±100	[2]
广东饶平海山岛黄隆	23° 31' 29"	3 650±90	[10]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	3 486±99	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	3 420±170	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	3 290±150	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	3 210±170	[2]
浙江象山爵溪下沙	29° 27' 40"	3 135±150	[2]
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	2 985±110	[2]
浙江岱山大长涂小沙河	30° 14' 42"	2 875±140	[2]
浙江嵊泗酒礁沙塘	30° 43' 42"	2 795±160	[2]
浙江嵊泗酒礁沙塘	30° 43' 42"	2 705±160	[2]
浙江象山爵溪大岙	29° 26' 42"	2 570±125	[2]
福建莆田平海后石井	25° 13' 33"	2 510±80	毕福志等, 1984

续表 1

出露点	北纬(N)	$^{14}\text{C}/\text{aBP}$	参考文献
浙江象山旦门西洋山湾	29° 21' 51"	2 400±130	[2]
福建莆田平海后石井	25° 13' 33"	2 310±85	毕福志等, 1984
广东电白青州岛	21° 28' 31"	2 080±150	[10]
福建漳浦古雷油澳	23° 46' 14"	1 980±100	[9]
海南文昌二公滩	19° 32' 40"	1 890±90	[9]
福建莆田平海后石井	25° 13' 33"	1 805±70	袁义申等, 1984
广东汕头达濠广澳村	23° 15' 05"	1 720±90	[4]
福建莆田平海后石井	25° 13' 33"	1 600±130	谢在团等, 1983
福建漳浦古雷油澳	23° 46' 14"	1 500±127	谢在团等, 1983
福建漳浦古雷油澳	23° 46' 14"	1 400±90	陈承惠等, 1982
海南三亚小东海	18° 10'	1 190±70	[9]
浙江象山旦门西洋山湾	29° 21' 51"	1 100±64	[2]
海南文昌翁田田南	19° 54' 40"	1 020±80	[9]
海南西沙群岛广金岛	16° 31' 18"	870	[9]
海南西沙群岛赵述岛	17°	600	[1]
海南西沙群岛金银岛	16° 15'	385	[10]
海南西沙群岛东岛	16° 21' 31"	237	[10]

2 中国全新世气候变迁及其幅度

图 1 显示 9.6 kaBP 来中国气候变化可分三大阶段。

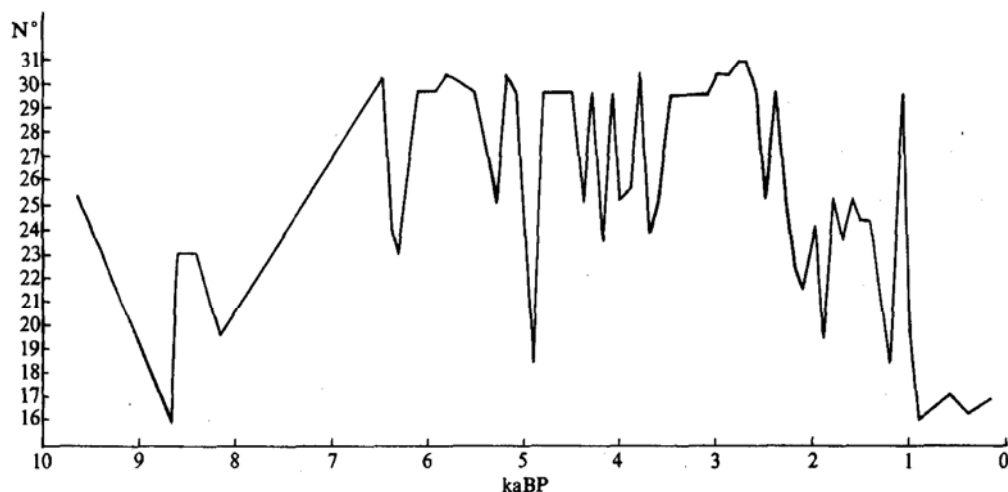


图 1 中国全新世海滩岩分布的北界变化折线图

(1) 9.6~6.5 kaBP 阶段 气候波动升温期。在 8.7~6.5 kaBP 间, 中国海滩岩由西沙群岛石岛逐渐向北分布到浙江岱山, 纬度增加 13° 36' 42"。如果按 0.25℃/100 km 计算 (因中国地处季风区, 纬度的气温梯度较小)^[11], 这期间气温升高约 3.4℃。

(2) 6.5~2.4 kaBP 阶段 气候基本稳定高温期。在这阶段, 中国海滩岩北界基本稳定

分布在浙江象山至嵊泗之间,气温维持在比今高 $1.6 \sim 3.6^{\circ}\text{C}$ 左右的水平. 本阶段可细分为 3 个期.

1) 6.5~5.2 kaBP 期 图 1 显示海滩岩北界具有 3 高峰 2 低谷,反映气候变化的 3 暖峰 (6.5 kaBP, 6.1~5.4 kaBP, 5.2~5.1 kaBP) 和 2 冷谷 (6.3 kaBP, 5.3 kaBP), 相邻暖峰与冷谷、冷谷与暖峰纬差为 $3^{\circ} 56' 31'' \sim 7^{\circ} 32' 24''$, 意味着气温相对上下波动 $1 \sim 1.9^{\circ}\text{C}$. 从整体看, 此期气候偏暖, 气温高于今约 $1.6 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$, 这与国内外其他地区气候有对应之处. 如青海湖滨发现紫果云杉 (*Picea purpurea*) 残木 ($6245 \pm 180 \text{ aBP}$), 推知当时温度高于今 3°C 左右; 吉林辉南孤山屯孢粉资料所示的温度较今高 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$; 内蒙古、新疆、青藏的内陆湖泊均呈现高湖面; 华北平原也是湖沼的盛大发展时期, 全球多数山地冰川后退. 因此期全球气候适宜, 是黄河中游仰韶农业文化盛期, 也是长江下游马家浜农业文化的盛期^[12].

2) 5.2~4.8 kaBP 期 海滩岩北界由浙江岱山南退到海南岛南岸, 纬差约 12° , 表明气温下降约 3°C , 仅比今高 0.48°C , 随后海滩岩北界又由此北移至象山, 气温回升 2.8°C , 这次降温是高温期中的一次突出的短暂的强低温事件, 在国内外都有相应现象. 如加拿大和东格陵兰于 5 kaBP 时植被反映短暂的冷期; 美国黄石公园测到的山岳冰川扩张的第一幕出现于约 5 kaBP 时. 亚洲大陆降温事件更为明显, 如我国华北平原东部在 $5030 \pm 150 \text{ aBP}$ 有明显的降温事件^[13].

3) 4.8~2.4 kaBP 期 海滩岩北界由图 1 显示具有 6 高峰 5 低谷, 代表气候变化的 6 暖峰 (4.8~4.5 kaBP, 4.3 kaBP, 4.1 kaBP, 3.8 kaBP, 3.5~2.7 kaBP, 2.4 kaBP) 和 5 冷谷 (4.4 kaBP, 4.2 kaBP, 4.0 kaBP, 3.7 kaBP, 2.5 kaBP), 暖峰与冷谷、冷谷与暖峰之间纬差 $3^{\circ} 55' 27'' \sim 6^{\circ} 43' 13''$, 意味气温上下相对波动 $1 \sim 1.7^{\circ}\text{C}$. 从整体看, 此期气候也偏暖, 气温高于今约 $1.6 \sim 3.6^{\circ}\text{C}$. 因气候环境有利, 在 4 kaBP 之前, 长江下游的良渚文化和北方的龙山文化蔚然兴起^[12].

(4) 2.4 kaBP 以来阶段 波动降温期, 由图 1 发现, 本阶段以 1.1 kaBP 为界可明显分出两期: 1.1 kaBP 以前和以后. 2.4~1.1 kaBP 期间, 海滩岩北界呈现 4 低谷 3 高峰, 表明气候出现 4 冷谷 (2.1 kaBP, 1.9 kaBP, 1.7 kaBP, 1.2 kaBP) 和 3 暖峰 (2.0 kaBP, 1.8 kaBP, 1.6 kaBP), 意味气温上下波动, 比今高 $0.5 \sim 2.2^{\circ}\text{C}$, 平均较今高 1.2°C . 在 $1100 \pm 64 \text{ aBP}$, 出现一次特别令人瞩目的暖峰, 达到曾在高温期出现的气温 (比今高 3.3°C), 在降温期的这个高温事件在中外尚属首见. 在 1.1 kaBP 后, 海滩岩北界急剧南移至西沙群岛, 意味着气温陡降约 3.2°C . 此后一直至今, 海滩岩的北界稍有变化, 说明气温有微弱波动, 比今高约 $0 \sim 0.19^{\circ}\text{C}$. 由上述可见, 海滩岩时空分布所反映的中国 2.4 kaBP 气候变化的状况, 与张丕远等对 2 ka 以来气候突变研究所发现的情形相似. 本文发现发生于 1.7 kaBP, 1.1 kaBP 后, 0.9 kaBP 及其后的寒冷事件与他们发现发生于 280' sAD, 880' sAD, 1230~1260' sAD 的寒冷事件几乎一致, 气候的这些突变也许与季风环流结构的调整有关^[14].

3 结束语

基于海滩岩形成与热带气候条件的密切关系, 中国全新世海滩岩的时空分布表明, 在百年尺度上显示: 中国全新世气候变化经历了升温期、高温期和降温期三大阶段, 高温期气候基本偏暖, 气温比今高 $1.6 \sim 3.6^{\circ}\text{C}$, 其间出现短暂的强低温事件 (冷谷为 $4930 \pm 185 \text{ aBP}$). 降温

期气候前期(1.1 kaBP 前)尚暖,气温高于今 $0.5 \sim 2.2^{\circ}\text{C}$, 后期(1.1 kaBP 后)陡降,气温比今高 $0 \sim 0.19^{\circ}\text{C}$. 这种持续近千年的偏冷气候在全新世实属罕见. 根据 6.5 kaBP 以来海滩岩数据,冷谷变暖峰、暖峰变冷谷的时间间隔以 0.2 ka 为主,0.2 ka 为次,气温变化为每百年 $0.5 \sim 1.7^{\circ}\text{C}$,推断新暖峰将在未来 0.1 ka 出现,在一般情况下,那时气温将比今高约 $0.5 \sim 1.7^{\circ}\text{C}$,也可能突然升高 2.8°C .

参 考 文 献

- 1 黄金森,朱袁智,沙庆安. 西沙群岛现代海滩岩石学初见. 地质科学, 1978, (4): 358~363
- 2 杨守仁,江大勇. 浙江全新世海滩岩的综合研究. 地质论评, 1995, 41(4): 332~339
- 3 王建华. 海南岛天涯海角和莺歌海海滩岩的沉积、成岩作用特征. 见: 张宗祜主编. 中国东南沿海第四纪地质论文集. 北京:地震出版社, 1992. 66~70
- 4 袁又申,毕福志. 广东达濠半岛近代高海滩岩的研究. 现代地质, 1988, 2(2): 215~225
- 5 Russell R J. Origin of beach rock. Zeitschrift für Geomorphologie, 1962, 6: 1~16
- 6 Ginsburg R N. Beachrock in south Florida. J of Sedimentary Petrology, 1953, 23(2): 85~92
- 7 武永健一郎. Beach rock の成因について. 地理学評論, 1965, 38(12): 739~755
- 8 田中好国. ビーチロックの形成に關する一考察. 地理科学, 1983, 38(2): 91~101
- 9 李平日. 华南全新世海滩岩及其古地理意义. 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8(4): 21~29
- 10 赵希涛. 中国海岸演变研究. 福州:福建科学技术出版社, 1984. 87~107; 146~163
- 11 黄镇国. 中国、日本海滩岩之比较. 热带地理, 1992, 12(2): 108~120
- 12 施雅风,孔昭宸等编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京:海洋出版社, 1992. 1~18; 206~211
- 13 杨子庚. 对五千年前低温事件的探讨. 中国第四纪研究, 1989, 8(1): 151~159
- 14 张丕远,王 铮,刘啸雷等. 中国近 2000 年来气候演变的阶段性. 中国科学, B 辑, 1994, 24(9): 998~1008