

海岸线变迁环境地质问题探讨

----以福建南部沿海地区为例

林 军

(福建省地质调查研究院, 福建福州 350003)

摘 要 在系统总结现代海岸地质地貌特点, 全新世以来海岸变迁概况基础上, 对福建南部沿海地区海岸线变迁的现状与发展趋势进行探讨。在当前世界海平面上升的总体情况下, 海岸侵蚀将成为全球性海岸带最主要的自然灾害; 海湾淤积影响港口城市的可持续发展; 滩涂淤涨给水产养殖业带来了新的问题。

关键词 海岸变迁; 海岸侵蚀; 海湾淤积; 环境地质; 福建南部

1 现代海岸地质地貌特点

福建南部沿海地区海岸线总体呈 NE-SW 方向展布, 岸线曲折蜿蜒, 总长度约 1327.5km (包括岛屿岸线 347.8km), 其中人工堤岸线长 450km, 约占海岸总长度的 33.9%。本区地质构造复杂, NNE 与 NE 向的主干断裂控制着海岸的展布方位, NW 向的张性断裂与前者复合部位, 海湾港澳发育。滨海陆地地貌以圆缓低丘、红土台地和河口平原为主。海岸呈现岬角与海湾相间, 低丘与平原交错等特点。海岸带基岩有侏罗-白垩系火山岩类、燕山期花岗岩类、上三迭-侏罗系变质岩类和上第三系玄武岩类, 岩石风化强烈; 在河口和港湾地带第四系松散堆积物较为发育。根据海岸组成岩性的成因、形态和抗侵蚀能力, 本区海岸可分为基岩海岸、砂质海岸和淤泥质海岸三大类型。

1.1 基岩海岸

这类海岸主要分布在惠安崇武、晋江围头、龙海流会、漳浦六鳌和古雷、诏安宫口等半岛。在这些岸段由于直接遭受海水强烈冲蚀和岸流的磨蚀作用, 海蚀现象发育, 几乎没有海滩堆积。基岩海岸按风化程度及抗蚀强度, 可进一步划分为岩质(新鲜基岩)海岸和风化壳海岸。

1.2 砂质海岸

这类海岸多形成于基岩岬角间开阔的海湾内, 如惠安大港、晋江深沪湾和围头湾、龙海港尾湾和隆教湾、漳浦浮头湾和将军湾, 东山乌礁湾、诏安大埕湾等地, 沿岸沙堤、沙坝、沙嘴, 海成阶地和平原地貌发育, 岸线较为平直。

1.3 淤泥质海岸

主要分布于海湾顶部和河口地带, 按其物质来源和地理位置可分为港湾型和河口型。

(1) 港湾型: 主要分布于湄洲湾、厦门港、漳浦旧镇湾、东山湾和诏安湾等地。这些港湾的共同特点是: 陆域由低丘或台地环绕, 湾口常有岛屿屏障, 往往湾中有湾, 呈半封闭状态; 因此, 波浪作用微弱, 岸坡低缓, 滩涂开阔。其物质主要来源于周围基岩风化壳, 经暂时性地表水流搬运或沿岸海流、潮流、波浪等搬运、沉积。根据野外调查, 港湾型淤泥质海岸, 目前仍处于充填淤涨状态。

(2) 河口型: 主要分布于晋江口和九龙江口等较大河流湾口两岸, 常形成宽阔的河口平原。这些平原系断陷盆地在溺谷河口长期河、海等外动力交互作用下, 逐渐回填发育而成。其地形较平坦, 地貌类型单一, 此类海岸目前多数处于淤涨之中。

在港湾、河口的滩涂湿地, 往往有零星、片状的红树林分布, 目前保护较好的主要见于东山湾内、漳江口竹塔和九龙江口草埔头。红树林具有促进滩地淤积和防风固岸, 以及净化海水的功能; 建议加强对现有红树林海岸的管理和保护, 在某些侵蚀岸段可进行人工种植, 以改善海岸带的生态地质环境。

2 全新世以来海岸变迁概况

2.1 全新世早期（12000~8000 a.B.P.）

气候开始转暖，随着全球性第四纪末次冰川的消融，海平面大幅度持续上升。距今12000~9500a，沿海再次遭受海侵，平均海面高程约-11m，海岸线比现在略偏东，距今8000a左右，海平面又出现小幅波动。

表1 福建南部沿海地区全新世古海面标志物及C¹⁴测年一览表
Table 1 Thing of ancient ocean surface marking and ¹⁴C age general chart during the Holocene in Fujian south department

地 点	古海面标志物	采样位置 (m)	C ¹⁴ 年龄 (a,B.P.)	资料来源
晋江深沪湾	古植物遗体	中潮区	7090±90	实测
		中潮区	7330±90	
厦门东渡		1.0	3459±138	[1]
龙海秋租		1.0	4184±110	
晋江深沪湾	古牡蛎礁	中潮区	4560±190	实测
龙海许林头		1.5	3330±150	[2]
云霄牯潭		-0.2	2590±95	[3]
诏安桥东		0.5	2180±90	[4]
惠安净峰斗尾	海滩岩	0.24	3310±90	[5]
		-2.26	1950±70	
石狮五堡		高潮线	4230±400	实测
漳浦古雷油澳		4.0	1980±100	[6]
		3.0	2600±120	
		1.2	3100±150	
		中潮区	1640±80	实测
高潮区		680±60		
东山澳角湾		7.5	3690±110	[7]
		-0.15	1690±70	实测
泉州塔前	海陆交互相淤泥、粘土	1.0	7730±130	[8]
厦门员当钻孔		-3.1	2456±145	[9]
		-18.1	8960±240	
龙海沙头农场		1.0	600±50	[10]
		-0.06	2051±110	
		-14.53	7604±149	
	-20.16	8480±157		

2.2 全新世中期（8000~2500 a.B.P.）

气候继续向暖，海平面高位震荡。距今约7500a是全新世最大的海侵，海面高程可达5~10m，海水沿江入侵内陆，岸线位于今海岸线以西数公里至数十公里；距今约6000a，由于新构造断块差异升降运动，使全部岸段海水退出，平均低海面高程约-5m。随后，大约5400~3100a，海平面又开始上升，高海面高程约4.0m，稳定时间较长，海陆交接地带发育泥炭层及贝壳堤，古海岸线比现在略偏西；此后又发生小范围海退。

2.3 全新世晚期(2500 a.B.P.以来)

这是近代河床演变及滩涂发育时期，区域海平面基本稳定，但局部也存在升降问题，最后一次海退大约发生在距今1400~700a间。可见，全新世虽是一次海进，但不是直线式上升，而是存在多次海平面波动和岸线变迁的过程（见表1、图1）。史志记载及访问资料表明，本区沿海大部分平原是近千年形成的。泉州平原是明朝（1368年）以后逐渐堆积而成的；龙海平原，根据沙头农场表层C¹⁴测年分析，距今约600a。晋江深沪湾（1987年）、漳浦前湖湾（1999年）和东山马銮湾（2001年）等地，相继在潮间带发现原始古森林遗迹，说明近期海面有上升趋势，由于各岸段所处地质环境不同，内、外动力作用差异及人为因

素影响等，现海岸线仍在不断发展演变过程之中。

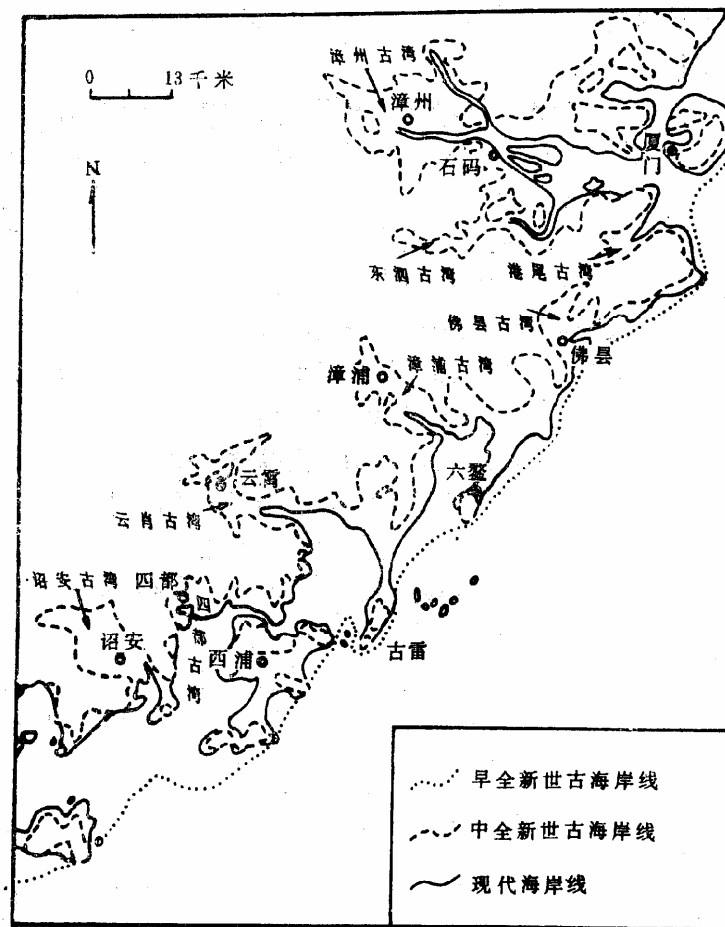


图 1 福建南部沿海地区全新世古海岸变迁状况示意图^[6]

Pig.1 The ancient coast changes the condition sketch map during the Holocene in Fujian south department

3 海岸变迁的现状与趋势分析

3.1 海平面变化

海岸变迁是海平面和陆地升降的综合反映。近年来，各国科学家不断发出警告，由于二氧化碳所造成的温室效应和工业上大量使用氯氟烃等，导致大气臭氧层破坏，引起全球气候暖化，海水温度和海平面呈上升趋势。根据国家海洋局发布的资料，以及我国数十个海洋观测站和验潮站长期监测数据表明，我国大部分沿岸海域的海水温度和海平面呈上升趋势。二十世纪特别是 60 年代以来，全球海水温度逐渐升高，海平面在过去的百年中平均上升了 14.4cm,我国东南沿海平均上升了 11.5cm,相当于年平均上升速率 1.15mm/a，预测福建沿海上升速率可达 2.0~4.64 mm/a。其中，厦门三十年间上升了 10.54cm，平均上升速率 3.40 mm/a。

3.2 陆域地壳变化

本区陆域地壳形变的背景，主要受菲律宾板块与欧亚大陆板块碰撞的影响，在 NWW 向地应力场的作用下，NE 向政和~大埔深大断裂南段的 NW 盘呈下降态势，SE 盘则呈上升态势；故地壳形变总体特征呈现由内陆向沿海，并且由北向南掀斜。由于断裂的活动性，在 NW 向断陷洼地区，在掀斜状态之中仍然存在局部相对下降的地段，如漳浦、东山湾附近。根据地震部门观测，地壳形变幅值（间隔 8.55a），北部惠安、晋江为+30~+20mm，上升速率 3.51~1.71mm/a；向南漳州、厦门为+25~+20mm，上升速率 2.92~1.71 mm/a；而

到漳浦、东山为-10~-30mm，下降速率 1.17—3.51mm/a。关于东山湾一带呈明显下降趋势的佐证还有：东山岛南部陈城镇有一明万历年间刻在基岩上的石碑，现已被海积砂掩埋；城关西埔 60 年代筑起的防潮海堤，早已报废；据澳角村渔民反映，原高潮线以上的民房，现在大潮可以淹到 1.0m 左右的高度；东山县渔民在兄弟屿海域不断打捞到砖块、瓦片，以及鹿、熊等大型脊椎动物骨骼；东山县“沉东京”的传说，在县志上有记载，从另一个侧面反映，居住在该地区的古人，也感受到了海岸变迁与沧海桑田的变化。

3.3 海岸线变迁

本区海平面上升势态在不同地段有不同的表现。宏观上，对于地壳形变呈上升趋势的地段，因地壳上升速度与海平面上升速度基本相等，故呈相对静止状态，海平面上升对该区影响相对较弱；对于地壳形变呈下降趋势的地段，因地壳下降速度与海平面上升速度基本相等，二者叠加造成海平面上升速度增加一倍，即可达 4.0-10.0 mm/a，使海岸线发生显著变化，构成对沿岸地区的严重威胁。微观上，由于海岸陆域升降、海平面变化，以及海洋和河口动力作用往往是交织进行的，工作区从北到南沿海各段的海岸线进退变迁也是各有差异的。现通过实测地形图（1959-1981 年）和遥感手段（1986-2000 年），以黄海高程零米线的变化为依据，将福建南部沿海地区海岸线变迁类型划分为蚀退海岸、淤涨海岸和稳定（平衡）海岸三种类型。

（1）蚀退海岸：开阔海域的岛屿、半岛或岬角，与波浪垂直的岸段，海湾内迎风浪一侧等，均可直接遭受风浪、潮汐的强烈侵蚀作用。关于海岸蚀退率的大小，除与外动力地质作用强度有关外，还受到组成海岸岩性的控制。岩质海岸抗蚀力较强，蚀退速度缓慢，短期内不易觉察其变化，其形态多为陡崖峭壁或水下岩滩，主要分布岛屿、半岛的东北部和南部，如崇武半岛大砵、镇海--流会角、东山岛澳角等地；强风化--剧风化的风化壳海岸抗蚀力相对较差，其形态常呈陡或直立状的海蚀土崖，由于受海浪营力的强烈侵蚀不断被夷平，常形成堆积沙滩或沙岸，如南安石井桥头、深沪圭庵寮等处。

表 2 福建南部沿海地区蚀退海岸零米线变化速率统计表
Table 2 Erode the zero rice that retreat the coast the line
to change the velocity the covariance the watch

海岸位置	蚀退地点	海岸类型	零米线后退速率（m/a）
湄洲湾	惠安净峰	砂质海岸	-2.50
晋江深沪湾	深沪圭庵寮	风化壳海岸	-0.95~-3.00
围头湾	南安石井桥头	风化壳海岸	-0.50~-1.50
	晋江东石塔头	砂质海岸	-1.0~-4.0
同安湾	同安莲河	砂质海岸	-0.95
厦门港	厦门曾厝安	风化壳海岸	-1.61~-4.83
漳浦前湖湾	漳浦肖溪口	砂质海岸	-0.30~-2.00
东山前港	东山康美悟龙	砂质海岸	-0.20~-1.00
诏安湾	诏安烟墩岭	风化壳海岸	-0.34

因人工围垦或采砂等工程活动，造成物源中断或补给不足的砂质海岸，蚀退现象亦比较突出。如围头湾东石塔头一带，砂质岸滩原属于微涨或基本稳定；但自 1956 年以后，由于沿岸小湾河口建闸、围垦，加之人为大量挖沙，导致入海泥沙中断，物源补给不足，海岸强烈蚀退。近 20 年来，海岸蚀退 20~80m，高潮滩面蚀低 0.5~1.0m，沿岸沙堤冲蚀殆尽，已建石堤等护岸工程也屡遭破坏。区内蚀退海岸零米线变化速率，参见表 2。

全区蚀退海岸累计约 445km，占岸线总长度的 33.52%。

（2）淤涨海岸：主要分布泉州湾、安海港、同安湾、厦门港、旧镇湾、东山湾、诏安湾和宫口港。港湾型淤涨岸，主要分布于半岛两侧及岛屿西南侧，这类海湾虽无河流携带大量泥砂入湾，但由于近期海面上升，来潮快，退潮慢等水动力条件，使岸流及波浪带来

的泥沙因水动力减弱而产生堆积，尤其是腹大口小及岸坡平缓的海湾更有利于淤积，那些物质来源丰富的海湾将逐步成陆，零米线向湾口及浅海扩展。河口型淤涨岸，由于泥砂来源丰富，水动力较弱，滩面宽阔平缓，组成物质较细，具有十分有利的沉积环境，零米线淤涨速率可达 10—100m/a，积高率 5—30cm/a。

此外，围海造田，堵湾截流，修堤建闸等海岸工程活动，客观上阻碍了海流的畅通，减少了纳潮量，促使港湾加速淤积。如泉州湾洛阳江口段，从 1972 年开始，相继在洛阳桥建闸，随着“五一”围垦、城东围垦和白沙围垦等，使该区纳潮面积减少了三分之一以上，水道流速减缓，泥沙大量淤积，潮滩不断淤高，航道严重淤塞。从 1969~2000 年，后渚港零米线两侧向航道推进总和达 780m，平均约 25.16m/a。区内淤涨海岸零米线向外推移变化情况，详见表 3。全区淤涨海岸累计约 560km，占岸线总长度的 42.18%。其中，自然淤涨状态的岸线长 360km，因海岸工程促进淤涨的岸段长约 200km，占淤涨海岸总长度的 35.71%。

表 3 福建南部沿海地区淤涨海岸零米线变化速率统计表
Table 3 Silt up the zero rice of stretching to rise the coast the line
the variety the velocity the covariance the watch

海岸位置	淤涨地点	零米线向外推移距离 (m)	淤涨速率 (m/a)	淤积厚度 (m)	积高速率 (cm/a)	累计时间 (a)
湄州湾	惠安辋川	+3000	+143			21
	惠安涂寨	+800	+38			21
泉州湾	惠安秀涂	+3150	+150	+5.0	+24.0	21
	晋江陈埭	+3600	+171	+1.0	+4.8	21
围头湾	晋江东石	+500	+24	+6.0	+29.0	21
同安湾	集美后庵	+2700	+129			21
九龙江 河口湾	龙海紫泥	+800	+42			19
	龙海海门	+2000	+105	+4.0	+21.0	19
	厦门海沧	+2300	+121			19
	龙海港尾	+600	+32			19
旧镇港	旧镇-霞美	+1150	+52			22
东山湾	杜浔盐场	+2200	+100			22
	东山陈城	+300	+14			22
诏安湾	西埔湖塘	+1100	+50			22

(3) 稳定（平衡）海岸：系指长期以来，海岸冲淤动态变化基本平衡；或原为蚀退海岸，现采取工程或生物防护措施后，岸线基本趋于稳定。基岩稳定海岸，一般分布在地形比较隐蔽的港湾内；砂质稳定海岸，主要分布在与波浪作用方向平行或近于平行的开敞岸滩。如深沪湾南部，砂质海岸尽管季节变化明显，局部有冲淤现象；但岸外水深流急，物质来源比较有限，常年冲刷、淤积动态基本平衡，岸滩保持稳定。本区稳定海岸累计约 322.5km，占岸线总长度的 24.29%。其中，自然冲淤平衡岸段长 72.5km；采取工程加固措施后，冲淤平衡岸段长约 250km。

4 海岸变迁环境地质问题

4.1 海岸蚀退危及沿岸居民与公共设施的安全

在当前世界海平面上升的总体情况下，海岸侵蚀将成为全球性海岸带最主要的自然灾害。随着海水入侵、海岸冲刷、侵蚀后退，往往破坏海岸公路、桥梁、海底缆线等公共设施，加剧港口淤积，影响沿海地区经济发展。福建南部沿海每年都有台风登陆，海啸风浪强烈侵蚀厦门大学一带海岸，有数百米海岸公路遭受毁坏，钟宅至同安海底缆线也被冲断；英厝至鳌冠红土台地海岸因长期遭受侵蚀，土崖崩塌、滑坡，大量泥沙入海，进一步加剧了厦门港的淤积问题。此外，海岸侵蚀还常常毁坏海堤、防护林带等护岸工程，造成海水

倒灌、吞没大片良田，引起土壤盐渍化和风沙活动，恶化滨海生态地质环境，并严重威胁着沿岸居民的生命财产安全。厦门岛东岸曾厝安--港仔埔 250m 海堤全部毁坏，与白石炮台之间的护岸工程也遭到严重破坏，还有青礁 1000 余 m 海堤也遭到同样破坏，堤内几十公顷良田，千余户居民房屋及十多家工厂面临海水淹没的危险。有的虽然没有明显的海岸后退现象，但由于海滩不断被淘蚀而引起岸坡失稳、变形和位移，从而影响港口码头等岸边工程的稳定与安全。随着我省经济建设的飞速发展和对外贸易的不断扩大，沿海、沿岸的工程建设还将继续增加，海岸侵蚀将成为危害岸边工程的主要因素之一。按照发达国家经验，当前防护海岸侵蚀最有效的途径是海滩喂养，并辅以导堤促淤和外防波堤掩护等工程措施。当然，这些措施仍需视海岸地质环境特点而定，也可采用海滩人工砂补给法等。

4.2 海湾淤积影响港口城市的可持续发展

厦门、泉州、漳州均属港口工贸城市，特别是泉州历史悠久，区域经济的兴衰发展与海岸变迁关系密切。泉州港在宋、元时期（公元 960~1368 年），曾经是世界性大港、“海上丝绸之路”的起点，有 15000 多艘大海舶，外港包括洛阳江口之后诸港、大盈溪口之安平港和泉州湾口的獭窟岛港等，通航日本、朝鲜、南亚、西亚及东非等几十多个国家和地区。元二十九年（公元 1292 年），意大利旅行家马可波罗，奉元朝皇帝忽必烈之命，护送科克清公主远嫁波斯，就是从泉州港起航的；1974 年在后诸港出土的宋代木构远洋船（现保存于泉州古船陈列馆），就是泉州港辉煌历史的见证。然而，明成化十年（公元 1474 年），从北宋到明朝建立了 380 余年的泉州市舶司因港口淤塞而迁往福州，泉州也从中国最大的港口城市变为“历史文化名城”。关于泉州港的衰退，不少论者都从社会因素着眼，但港口的严重淤积、海岸线的不断外推，仍是铁一般的事实。漳州月港(海澄)兴起在明朝中叶，主要是替代正在衰落中的泉州港。这里曾经商贾云集，洋船停泊，市镇繁华；永历十五年（公元 1661 年），民族英雄郑成功就在这里集结军队，整编东征，一举收复了台湾。但好景不长，随着航道淤浅，“五口通商口岸”厦门港的开通，漳州月港也衰落了。

港口选址应以岸线稳定，港内航道水深、淤少、避风、浪小等为原则。从海岸变迁角度看，崇武半岛岸段、石狮祥芝、晋江深沪、金门东北岸及大小金门海峡、漳浦六鳌、下寨、东山港等岸线比较稳定，具备建港条件。然而，有些岸段就目前状况看，似乎可以建港；但从海岸变迁发展趋势看，若不采取有效措施加以控制是不适宜的。例如，九龙江口厦门海沧--钱屿段，北心滩岸线淤涨速率达 121m/a，海门岛东侧淤涨速率也达 105m/a，积高率为 21.0cm/a，若照此速度发展 30~40 年后，黄海高程零米线可能到达钱屿。随着零米线向前推进，海湾滩底逐渐淤高，水深变浅，对建港十分不利。

4.3 滩涂淤涨给水产养殖业带来新问题

虽然滩涂的淤涨有利于发展水产养殖业；但是，本区滩涂积高率大于海平面上升率，故海岸滩涂面积仍在不断扩展，水动力条件也在不断减缓。发展水产养殖除需要考虑滩涂面积的发展趋势外，还必须考虑其他因素，诸如滩涂环境的污染问题。随着工农业生产的发展，环境污染日趋严重，海洋是污染物的归宿。河流或海流带来的污染物质，往往在河口、海湾顶部水动力条件较弱的地方富集，致使该区段水中缺氧或有害元素含量剧增；这样，将会改变原生滩涂的生态地质环境，使水中生物难以继续生存或产生恶性循环，继而不适宜于水产养殖。此外，由于滩涂的不断淤涨，每年都有新的沉积物覆盖在老的沉积物之上，使底栖生物和浮游微生物的生态地质环境发生变化，有的生物难以继续适应并繁衍生存，生物多样性受到严重威胁。如厦门同安湾，由于河口建闸，湾内丙州、东坑大面积围垦等因素，导致落潮流速大减，泥质沉积物快速回淤，滩地与水道积高率 2.0~5.0cm/a，淤泥层积厚达 10~100cm，使得原来栖生于此的珍稀鱼类---厦门文昌鱼（由无脊椎向有脊椎动物过度的典型标本），因生态环境破坏，数量锐减，面临绝迹的危险，被迫迁移到厦门黄厝沙岸海域。这是水产养殖业今后需要着力加以研究解决的新问题。

参 考 文 献

- [1]谢再团等：台湾海峡西岸晚更新世以来的海侵及海平面变化特征。台湾海峡及其两岸地质地震研讨会论文集。北京：海洋出版社，1991 年。
- [2]陈承惠等：闽南沿海全新世地质年代学研究。台湾海峡，1982 年第 2 期。
- [3]闽南晚第四纪海平面变化初步研究。广州地理研究所，1987 年。
- [4]郑晓云：闽南沿海晚更新世以来的海平面变化。国家海洋局厦门海洋三所，1995 年。
- [5]郭允谋、李庆年：福建湄洲湾的演变。热带海洋，第六卷，1987 年第 6 期。
- [6]陈 峰：古雷半岛海滩岩的形成及闽南沿海海平面变化。中国海平面变化。北京：海洋出版社，1986 年 7 月。
- [7]陈伟光：华南沿海 C¹⁴ 同位素年代测定数据。华南地震，第四卷，第四期。
- [8]王绍鸿、杨建明、曾从盛等：中国东南沿海五万年来的海平面变化。福建省地学论文集。福州：福建省地图出版社，1996 年 7 月。
- [9]蔡丽珠：厦门员当港 ZK3702 钻孔第四纪微体古生物群及海侵初探。福建地质，第 7 卷，1988 年第 3 期。
- [10]潘国轩、林敦宇等：福建省海岸带地质地貌（陆地）综合调查报告。福建省第二水文地质工程地质队，1986 年 5 月。

Fujian South Department the Foreland Coast Line Change the Environment Geology Problem the Research

Lin Jun

(Fujian Institute of Geological Survey and Research, Fuzhou, 350003)

Abstract: On the system tally up the coast to change the general situation foundation since characteristics of modern coast geology geography, during the Holocene, to Fujian south department the present condition for foreland coast line changing and development trend proceeds to study. at the current world is sea-level buoyant of the global coast that total circumstance, coast erode and will become nature disaster take the most; The gulf silt ups to affect the port city of can keep on the development; The pool draws to silt up to stretch to rise the marine products farming the industry to bring the new problem.

Key words: the coast changes; the coast erodes; the gulf silt ups; environment geology; Fujian south department