

长江三角洲现代沉积研究

CHANG JIANG SAN JIAO ZHOU XIAN DAI CHEN JI YAN JIU

严钦尚 许世远 等著

华东师范大学出版社

长江三角洲现代沉船研究

1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 2633 2634 2635 2636 2637 2638 2639 2640 2641 2642 2643 2644 2645 2646 2647 2648 2649 2650 2651 2652 2653 2654 2655 2656 2657 2658 2659 2660 2661 2662 2663 2664 2665 2666 2667 2668 2669 2670 2671 2672 2673 2674 2675 2676 2677 2678 2679 2680 2681 2682 2683 2684 2685 2686 2687 2688 2689 2690 2691 2692 2693 2694 2695 2696 2697 2698 2699 2700 2701 2702 2703 2704 2705 2706 2707 2708 2709 2710 2711 2712 2713 2714 2715 2716 2717 2718 2719 2720 2721 2722 2723 2724 2725 2726 2727 2728 2729 2730 2731 2732 2733 2734 2735 2736 2737 2738 2739 2740 2741 2742 2743 2744 2745 2746 2747 2748 2749 2750 2751 2752 2753 2754 2755 2756 2757 2758 2759 2760 2761 2762 2763 2764 2765 2766 2767 2768 2769 2770 2771 2772 2773 2774 2775 2776 2777 2778 2779 2780 2781 2782 2783 2784 2785 2786 2787 2788 2789 2790 2791 2792 2793 2794 2795 2796 2797 2798 2799 2800 2801 2802 2803 2804 2805 2806 2807 2808 2809 2810 2811 2812 2813 2814 2815 2816 2817



长江三角洲现代沉积研究

严钦尚 许世远等著

华东师范大学出版社

序 言

近三十多年来,由于世界对能源迫切需求,促使沉积学飞速发展。地质、石油、煤炭、冶金等部门,从过去侧重于探明构造,进而同时重视沉积的研究,从而提高了矿产资源的勘探效率。沉积相分析是地层单元进行环境解释的基础,要弄清有用矿床的生成和储集条件,预测它们可能产于何层,位于何处,都必须通过现代沉积相的研究,建立沉积特征与环境因素之间的联系,才能预测古沉积环境。这是由于现代沉积相带横向上的变化,可以与古代沉积地层垂向上的变化相对应,在现代沉积环境中,复杂的营力作用可以直接观测,作用的后果在沉积物特征上如实地反映出来。所以,沉积学的研究趋向是,以现代沉积为“矢”,射古代沉积之“的”,古代沉积与现代沉积的研究相互结合而不偏废。

沉积环境的研究内容是,在某一个特定的沉积环境中,它所经受特殊的物理、化学和生物等方面的综合动力作用和过程,简言之,即具有独特的地貌作用过程,从而产生了具有各种沉积特征的沉积物。因此,对于地貌作用过程的理解,并不仅指剥蚀、侵蚀作用,研究对象也并不仅是受蚀地貌的形态描述与成因解释,而应将侵蚀、搬运、堆积视为有机联系的统一过程。与剥蚀、侵蚀环境伴生的是沉积环境,在地质记录中,沉积环境在沉积物中留下了特有的印痕,产生了相应的沉积序列,故对沉积工作者而言,更关心沉积物的沉积环境,并力求揭示动力机制与各种沉积特征之间的联系。

近年来,利用现代沉积环境的比较资料,对地层单元的古地理环境,作出了不少综合性的解释研究,特别在寻找油气资源,预测沉积岩体中的油、气、水富集规律等项工作中,许多现代沉积模式得到了广泛的应用,取得了良好效果。这不仅大大地增强了沉积学的活力,使其生气勃勃,而且也明显地丰富了地貌学的内容,使其不会空泛,两者相互促进,相得益彰。

华东师范大学比较沉积研究所即本着上述认识,以长江三角洲为重点地区,开展了以现代沉积为主的研究工作,也进行了一些古代沉积研究,并注意将沉积学与地貌学,第四纪地质学等学科的研究相互沟通起来。

本书收集现代沉积研究论文,在内容上,涉及到风暴、三角洲、海岸和河流等诸方面课题,地区上,以长江三角洲及其邻近地区为主。它们主要是近十年来比较沉积研究所同志们共同研究的重要成果之一。其中部分论文已在各种期刊上刊登;有的在这里重新发表,作了新的补充和修改;还增加了一些尚未发表的论文。刊出本文集的目的,在于将我们研究成果作系统汇集,以供地质、地理,水利,航道和海洋等有关部门、专业的科研、生产和教学人员参考应用,由于我们水平有限,错误之处,尚希大家批评、指正。

严钦尚

1987年8月

目 录

序言	严钦尚 (1)
论滨岸和浅海的风暴沉积	严钦尚 (1)
杭州湾北部滨岸的风暴沉积	许世远 邵虚生 洪雪晴 陈学林 (7)
杭州湾北岸全新世海侵后期的岸线变化	严钦尚 邵虚生 (15)
上海潮坪沉积	邵虚生 严钦尚 (27)
上海滨海平原贝壳砂堤	章申民 严钦尚 郭蓄民 (37)
苏北中部滨海平原贝壳砂堤	顾家裕 严钦尚 虞志英 (49)
三角洲的发育和类型	许世远 (59)
长江三角洲沉积模式	许世远 李 萍 王靖泰 (68)
长江三角洲南部晚更新世晚期风成黄土与地层	郑祥民 严钦尚 郭蓄民 (76)
长江三角洲南部平原全新世海侵问题	严钦尚 洪雪晴 (92)
长江三角洲南部洮涌湖地区全新世海侵和沉积环境	陶 强 严钦尚 (103)
江苏金坛全新世海侵沉积层的研究	邵虚生 (116)
上海地区全新世中晚期沉积环境的演变	李金安 严钦尚 (126)
杭州湾北岸沉积特征	许世远 邵虚生 (135)
杭嘉湖平原全新世沉积环境的演变	严钦尚 黄 山 何越教 郭蓄民 许世远 刘宜栋 邵虚生 洪雪晴 陈学林 (143)
上海地区第四纪地层与古气候	竹淑贞 陈业裕 孙永福 徐跃庭 (153)
上海地区全新世沉积分区及其特征	竹淑贞 吕全荣 陈业裕 奚建国 孙永福 (174)
长江河口地区全新统的分层与分区	郭蓄民 许世远 王靖泰 李从先 (185)
长江河口重矿物组合的研究及其意义	吕全荣 严肃庄 (196)
长江河口细颗粒沉积物的粘土矿物及地球化学特征	吕全荣 王效京 (207)
长江河口段水文特征、泥砂运动及河道演变	严镜海 (217)
长江河口地区晚更新世晚期以来沉积环境的变迁	郭蓄民 (232)
长江口外现代水下地貌与沉积	陈中原 周长振 杨文达 吴志国 (238)
长江水下三角洲风暴潮沉积	陈中原 (246)
长江现代三角洲发育过程和砂体特征	许世远 王靖泰 李 萍 (258)
论长江三角洲发育的阶段性	许世远 王靖泰 李 萍 (264)
舟山普陀岛现代海岸带沉积	严钦尚 项立嵩 张国栋 王慧中 吴邦毓 董荣鑫 (278)
舟山朱家尖岛现代海岸沉积	陈洪德 严钦尚 项立嵩 (287)
杭州湾北岸潮滩沉积物中的孢子和花粉	杨蕉文 陈学林 (299)
东、黄海沿岸滨海沼泽现代有孔虫分布及其地质意义	洪雪晴 (306)

潮沟的几种成因类型及其影响因素的探讨.....	邵虚生 (314)
上海地区地貌类型与地貌区划.....	许世远 黄仰松 范安康 (320)
编制平原地区地貌图若干问题的探讨.....	许世远 黄仰松 范安康 (330)

• 附刊论文 •

苏北金湖凹陷阜宁群的海侵和沉积环境.....	严钦尚 张国栋 项立嵩 王慧中 吴邦毓 董荣鑫 王益友 郭文莹 (337)
滦河中游现代河流沉积构造与水动力的关系.....	高 健 严钦尚 许世远 (347)
滦沱河平原段现代沉积结构、构造特征.....	陈中原 严钦尚 (359)
浙南沿海地区全新世孢粉组合及其意义.....	杨蕉文 陈学林 (369)
浙南沿海地区第四纪沉积与古地理.....	陈业裕 (379)
温州沿海地带的地貌形成因素和地貌类型.....	潘明友 蔡祖仁 范安康 (386)
运用粒度分析方法探讨古代砂体的沉积环境.....	王慧中 项立嵩 张国栋 (393)
中国东部第四纪冰川研究问题的商榷.....	严钦尚 许世远 (403)

• 论文英文摘要 •

论滨岸和浅海的风暴沉积

严钦尚

在地质记录中,大至陨星碰撞地球,小至某些外力作用下的沉积现象,虽然作用时间短促,作用次数不多,但往往比长时期的经常作用遗留更加深刻的影响。在滨岸和浅海区域,水体一次高能量突发事件,如台风,飓风,风暴潮,或地震海啸等,可以冲毁长时期正常天气条件下的波潮流沉积和堆积风暴沉积。

关于滨岸和浅海的风暴沉积,在我国地学文献中很少论及。作者与邵虚生在1980年研究上海潮坪沉积时,除见到粒度较细的粉砂质泥和泥质粉砂组成呈潮汐纹层的潮坪沉积外,还见到单层厚度较大,粒度较细的粉砂组成以平行层理为主的风暴沉积,两者交互成层,构成韵律性组合^[1]。其后,许世远与邵虚生在1981年14号台风(11级)期间,在上海潮坪现场观测了风暴作用的冲淤过程,确证上海潮坪沉积剖面中,风暴沉积占有重要比重^①。

任美镔、张忍顺、杨巨海等在研究江苏省大丰县王港附近淤泥质海滩沉积时,也发现在风暴作用下,沉积了粒度比相应部位的平常沉积物粗得多的层次,具有风暴沉积特征性构造,以夹层形式出现^②。

风暴作用引起巨大灾害早为气象气候学者的重要研究课题,地质地理方面过去侧重在观察其强大破坏力以及对海岸地貌的影响。国外对风暴沉积的研究在六十年代刚刚开始,但七十年代以来,已刊出相当多论文。这些论文论述了现代滨岸和浅海的碳酸盐沉积区和陆源碎屑区的风暴作用和风暴沉积特征,分析了古老地层中滨岸和浅海相区出现的风暴沉积,对比了古今风暴的沉积特点,提出了风暴沉积层序的模式。特别值得提出的是 Lavelle, Swift等^[12]在纽约州长岛外内陆架上水深20~22m处,投下示踪砂,定期观测海底沉积物移动情况。他们先后在1974年春、夏好天气期,以及1974~1975年之间多风暴的冬季工作135天,观测得知,示踪砂的移动主要是1974年12月上旬两天内强烈风暴作用的结果。

鉴于风暴作用在滨岸和浅海沉积中的重要性,研究者七十年代内提出了一些专指风暴沉积的词汇,如Brenner和Davies^[3]提出Storm lag(风暴残留沉积), Goldving 和 Bridges^[6]提出 Sublittoral Sheet Sandstone(浅海席状砂岩),以及Kelling和Mullin^[10]提出Tempestite(风暴岩)等。

一、风暴沉积的层理特征和形成机理

研究现代风暴沉积遇到的一些困难,在一定程度上影响了对其形成机理和层理特征的认识。这些困难主要是(1)发生风暴时,现场观测比较困难;(2)现代沉积物疏松,常为水浸透,采样的层理构造极易破坏,而且岩芯和箱状样品的长度和体积小,不易从中获知风暴沉

① 许世远、邵虚生,台风与杭州湾北部潮坪沉积,《海洋沉积与浅层地质学学术讨论会论文摘要集(下册)》,中国海洋潮沼学会,17页,1982年。

② 任美镔、张忍顺、杨巨海,江苏省大丰县王港附近淤泥质海滩的沉积规律,《海洋沉积与浅层地质学学术讨论会论文摘要集(上册)》,中国海洋潮沼学会,9(1—4)页,1982年。

积的完整概念;(3)紧接在风暴作用之后,滨岸区受到波潮流的改造,陆架上受潮流脊和生物活动的干扰,而且容易与某些第四纪残留沉积相混淆。

正因如此,完好的风暴沉积层理特征,沉积系列与模式往往从研究古老地层的成果中得到。Kreisa^[21]在研究美国弗吉尼亚州西南部的中、上奥陶统Martinsburg组古敞开海台上风暴沉积的基础上,归纳了已发表的各家意见,提出以下十一个辨识风暴沉积的特征:(1)粗的(风暴)和细的(好天气)沉积的互层;(2)清晰的受冲刷的底面—递变的具潜穴的顶部;(3)底面上的壶状和槽状模(Potand Gutter Cast);(4)残留层和悬浮层构成成对小层(Couplest);(5)横向上变厚变薄,并呈透镜层;(6)受改造的,但却是原地的生物群;(7)粒间渗透结构;(8)生物逃逸潜穴;(9)风暴浪引起的波状起伏的纹层层理(按:这就是Harms所谓波状起伏的交错层理Hummocky Cross Stratification——HCS);(10)沉积构造垂向层序,下为平行纹层理,上为波痕纹层理;(11)具纹层的层次向上变薄,杂基增多,粒级递变现象变弱。

Kreisa指出,上列(1)(2)(9)(10)为较多学者引为主要的几种特征。现结合风暴作用机理进行论述。

在风暴作用最强劲的高峰期,水体中挟带多量泥砂随风暴潮退向海外输送,强烈冲刷海底,形成一清晰的冲刷底面,明显地与风暴作用前的好天气条件下的沉积层分开,并截切下伏层的层理构造。

风暴潮在海底大体上呈面状冲刷,但同时也有旋涡和股流活动,以致出现壶状和槽状模。如果风暴作用区有粗重物质,则在冲蚀面上将残留砾、泥砾、贝壳等,这是风暴高峰期底部的粗粒残留沉积。

风暴高峰期之后,能量迅速减小,水体中挟带的物质发生了大量堆积。随着能量的递减,沉积层自下向上出现粒度变细的递变趋向。Kreisa称这一阶段的沉积薄层为纹层层(Laminated Unit),它和上述风暴高峰期粗粒残留沉积层共同构成成对小层。其厚度一般从30厘米至几厘米,最大可达2米,在风暴作用尾间的深水区甚至可薄至几毫米。

风暴高峰之后的纹层层,随着风暴强度的减弱而出现不同的层理构造,最具风暴特征的层理是平行纹层和波状起伏的交错层理(HCS)。Harms等^[7]提出HCS的主要特征是:(1)各层组都有一低角度的,侵蚀的下部底面;(2)紧接底面上的纹层平行于下部底面;(3)纹层在横向上可以有序地增厚,纹层倾角有规律地向上减小;(4)纹层倾角的方向散乱。Harms等认为HCS是由于风暴浪的波动作用将海底物质扫起,并堆积在丘洼起伏的风暴冲蚀面上。波状起伏的波幅约10~50厘米,波长一米至几米。

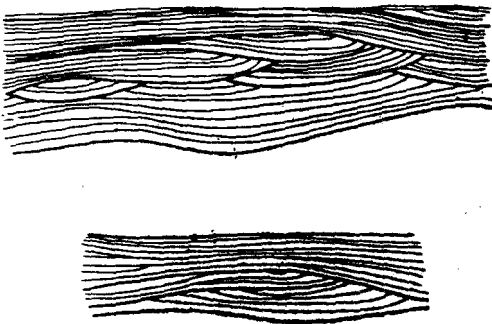


图1 波状起伏交错层理(HCS)

在上述一些风暴沉积层理堆积之后,水体能量继续减弱,出现爬升波痕层理和波痕交错层理。这时的沉积速度快于好天气条件下平常堆积速度,不利于生物活动,因此沉积物中少见生物化石和生物扰动痕迹,仅见少数生物逃逸痕迹。

上述各种风暴沉积层理在一个地区的剖面未必都能出现,往往只出现一种或少数几种。平行层理和波状起伏交错层理是典型风暴层理,可借此与滨岸区平常波潮流作用下形成的交错层理相区别,也可借此与陆架上波潮流作用下水下砂坝

移动后形成的交错层理相区别。风暴沉积少生物化石和生物扰动痕迹,可借此与具有众多生物遗骸和生物扰动痕迹的某些陆架残留沉积相区别。

风暴沉积与浊流沉积容易混淆,区别是:风暴沉积层横向上厚薄变化快,底部的粗粒残留沉积无粒级递变现象,常见特征性的HCS层理,所含的生物化石主要是原地附近的生物群;而浊流沉积横向上变化慢,且变化系统有序,底部的波马层系的A层却有一定的粒级递变现象,多单向的爬升波痕交错层理,生物化石含有从远地区来的成分。

二、风暴沉积的地区差异性和模式

风暴沉积在形成时和形成后所经历的改造,随着不同沉积环境而出现显著差异。影响因素主要有:水深、风暴作用与平常波潮流作用两方面相互消长关系、海陆变迁、物源等。

风暴沉积是在风暴高峰期间及其后能量衰退阶段堆积的。在风暴潮退潮作用下,岸边及近岸海底物质向海外输送。随水深的增大,风暴作用效应相应减弱,风暴沉积单层和总厚度都变薄,组成物质变细,并大体出现上述有序列的不同层理构造。

现知强大的风暴潮所能影响海底沉积物的深度远远超过一般波基面15~20米的深度。一些研究者观察了现代大陆架上风暴期间砂粒被搬动现象[4,14]。Hayes[8]在墨西哥湾水深40米处,Reineck和Singh[13]在离岸45公里的北海水深40米处都见到风暴沉积。在特大风暴时,风暴浪引起的海底周期流可出现在200米水深处[4,5]。

海底沉积物受风暴潮及平常波潮流作用的效应,都随水深增加而逐渐减弱。因此,滨岸和浅海沉积的发育取决于这两方面的相互消长。一般说,越近岸,整个沉积剖面上风暴沉积所占比重越大,风暴沉积层次越多,风暴层单层厚度越大。

风暴沉积的发育与保存和海陆变动的趋势有密切关系。在有风暴作用的情况下,在岸线向陆蚀退或比较稳定的地段,滨岸不可能保存大量沉积,而在滨面和浅海区应有风暴沉积留存。但在岸线向海外展地段,特别在有大量泥砂供应的河口段, D
风暴作用未必能将风暴前平常波潮流沉积全部冲蚀掉,这样,既发育了风暴沉积,也保存好天气条件下的沉积,形成具韵律性的 C
多层成对小层结构。

风暴沉积的结构和层理特征受到源地供给物质粒度分布的直接影响,如果物源区没有粗粒物质供给,当然就不可能出现风暴 B
层底部的粗粒残留层;相反,如近岸区仅有粗粒物质而缺少细粒物质,则风暴作用后仅残留砾石、贝壳等类粗粒层。在这些情况 A
下就不出现风暴沉积的成对小层结构。

下面列举一些风暴沉积发育模式来表明在不同沉积环境下出现的差异性。这些模式都是从研究古代岩层中的风暴沉积相成果中得出的。

例一:美国弗吉尼亚州西南部,中、上奥陶统 Martinburg组,古敞开海台风暴沉积[11](见图2)。

图2所示是一次向上变细的风暴沉积,单层厚度1~80cm,

A与B之间界面清晰。B,C为风暴沉积的成对小层。B为骨骸完整的粒屑灰岩。C层层理;下

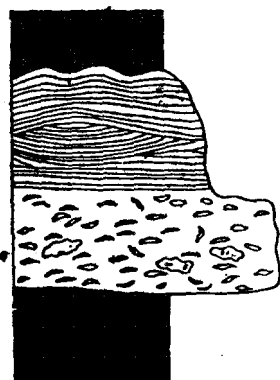


图2. 理想的风暴顺序

A. 页岩 B. 骨骸完整的粒屑灰岩
C. 纹层 D. 页岩

为平行层理，中为 HCS，上为波痕交错层理，有生物逃逸痕迹。A、D为风暴后悬浮的最细粒物质及平常半深海沉积。

例二：美国俄勒冈州西南部上白垩统 Cape Sebastian 组砂岩，古前滨及滨外风暴沉积，包括滨岸和近岩的，内陆架的，外陆架的沉积[2]（见图3、4）。

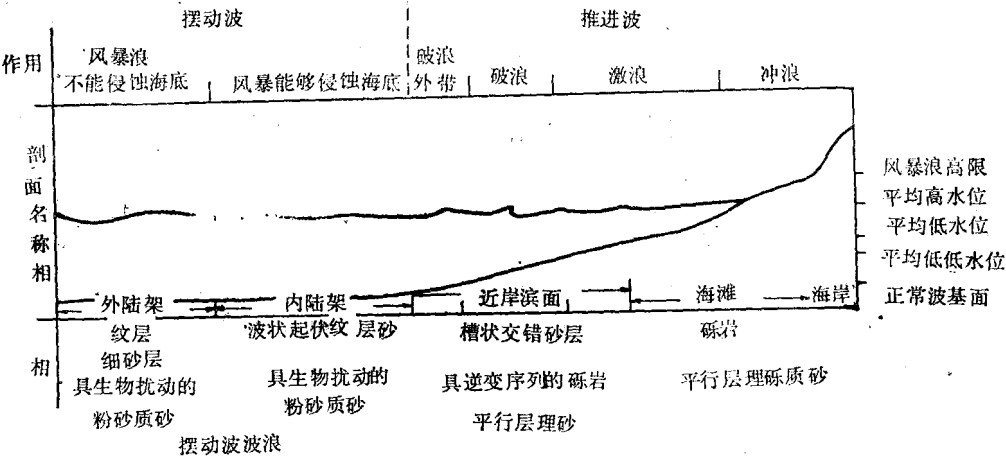


图3.

D段为平行纹层层和生物扰动的砂质粉砂岩相，呈纹层的极细砂岩和生物扰动的砂质粉砂岩互层；爬行生物化石的数目、大小及植物碎片的数量，都向上渐增，属外陆架沉积；平常陆架沉积与陆架风暴沉积互层。

B段和C段为上部波状起伏交错层和生物扰动层砂岩相。本层的粒度、砾透镜体，波状起

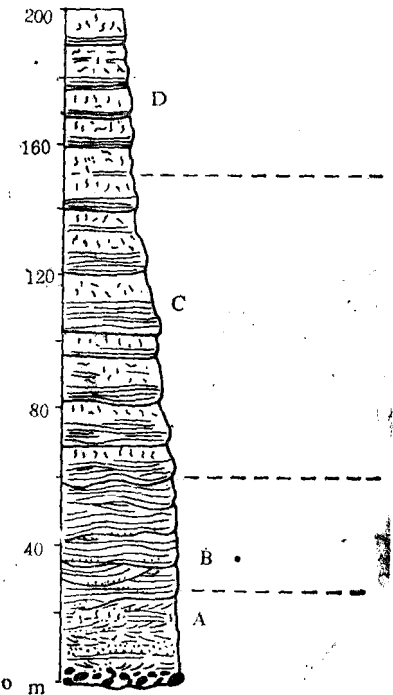


图4.

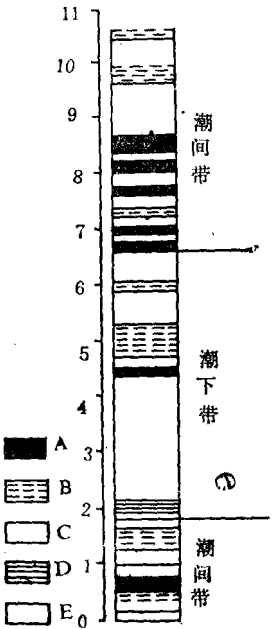


图5.

伏交错层理层的厚度都自下向上变小变少,生物扰动孔斑;植物碎片数量等自下向上增多,属内陆架沉积;C段为陆架风暴沉积与平常陆架沉积互层;B段为陆架风暴沉积。

A段为砾岩相。下为贝壳,砾岩等;上为槽状交错层理的砾质砂岩,平行层理的粗砂岩和粒级递变的粗砂岩,局部有直立的生物孔穴痕迹,属海滩至近岸的风暴沉积。

高能条件下沉积(无生物化石):A.层内砾岩;B.内碎屑贝壳灰岩;C.贝壳灰岩。低能条件下沉积(有丰富,多种生物化石):D.微晶灰岩;E.碎屑泥质灰岩。

潮间带:风暴沉积夹少量平常波潮流沉积。

潮下带:平常波潮流沉积夹少量风暴沉积。

例三:加拿大北部 Somerset 岛上志留统 Read Bay 组灰岩,古潮间和潮下带风暴沉积和平常波潮流沉积^[9](见图5)。

参 考 文 献

- [1] 邵虚生、严钦尚,上海潮坪沉积,《地理学报》37(3): 241—251, 1982年。
- [2] Bourgeois, J., A transgressive shelf sequence exhibiting hummocky stratification, The Cape Sebastian Sandstone (Upper Cretaceous) Southwestern Oregon, Jour. Sed. Petrology 50(3): 681—702.
- [3] Brenner, L. R. and D. K. Davies, Storm-generated coquinoid sandstone: Genesis of high energy marine sediments from the upper Jurassic of Wyoming and Montana, Geol. Soc. America Bull. 84: 1685—1698, 1973.
- [4] Butman, B. M. Noble and D. W. Folger, Long term observation of bottom current and bottom sediment movement on the Mid-Atlantic Continental Shelf, Jour. Geophys. Res. 84(3): 1182—1205, 1979.
- [5] Ewing, J. A. Wave-induced bottom currents on the outer shelf, Marine Geology 5: M31—M35, 1973.
- [6] Goldring, R. and P. Bridges, Sublittoral sheet sandstone, Jour. Sed. Petrology 43: 736—747, 1973.
- [7] Harms, M. O., J. B. Southard, D. R. Spearing et al., Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences, Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Short Course 2, P. 161, 1975.
- [8] Hayes, M. O., Hurricane as geological agents, South Texas Coast. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Bull. 51: 937—942, 1967.
- [9] Jones, B. and O. A. Dixon, Storm deposits in the Read Bay Formation (Upper Silurian), Somerset Island, Arctic Canada (An application of Markov Chain analysis), Jour. Sed. Petrology 46(2): 393—401, 1976.
- [10] Kelling, G. and P. R. Mullin, Graded limestones and limestone quartzite couplets, Possible storm deposits from Moroccan Carboniferous, Sed. Geology 13: 161—190, 1975.
- [11] Kreisa, R. D., Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of Southwestern Virginia, Jour. Sed.

Petrology 51(3): 823—848, 1981.

- [12] Lavelle, J. W., D. J. P. Swift, P. E. Gadd et al., Fair weather and storm sand transport on the Long Island, New York, Inner Shelf. *Sedimentology* 25: 823—842, 1978.
- [13] Reineck, H. E. and I. B. Singh, Genesis of laminated sand graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. *Sedimentology* 18: 123—128, 1972.
- [14] Smith, J. D. and T. S. Hopkins, Sediment transport on the continental shelf off Washington and Oregon in light of recent current measurements. In: *Shelf sediment transport, Process and Pattern* (D. J. P. Swift, D. B. Duane and O. H. Pilkey ed). Stroudsburg, Pa, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., pp. 143—180, 1972.

杭州湾北部滨岸的风暴沉积*

许世远 邵虚生 洪雪晴 陈学林

我国东南沿海地区,夏秋常遭强台风侵袭,由此引起的风暴潮,往往改造、破坏了较长时期内形成的波潮流沉积,产生了分布广泛的风暴沉积。本文主要探讨杭州湾北部滨岸的风暴沉积相标志及其特征。

一、区域概况

杭州湾为一喇叭状的强潮型河口海湾,平均潮差3至5米,属正规半日潮。自口门向上,水面紧缩,潮能集中,潮差向湾内递增,从绿华山2.53米到金山咀为3.90米、澉浦达5.48米,从而为潮坪的发育提供了前提条件。

杭州湾水深7~9米,滩面平均坡度大多在3.6‰以下,波浪作用较弱。本区滩地的物质来源,除少量由钱塘江供应外,主要依靠长江提供的大量细颗粒物。这从长江口外卫星照片显示的浑水带分布,以及重矿物、泥沙与有机质等项的分析皆可证实^①。

本区滩地平均宽度800~1500米。因人工筑堤、围垦和境内水动力结构复杂,故不同岸段冲淤变化大。据1964年与1982年实测资料对比说明,汇角——中港为冲刷岸段;南闸——澉浦属淤涨岸段;金山咀以西地区岸线基本稳定。

从全年盛行风向来看,本区除冬半年以西北风为主,所受风浪较小之外,夏半年以东南风占优势,特别是每当夏末秋初,强台风对滩地的作用大。如1981年14号台风影响本区强度之大,为近百年少见,它形成于8月27日,近中心最高风力12级以上,8月31日~9月1日台风途经上海沿海,金山咀最大风速达24.7米/秒,暴风骤雨,又与八月初的天文大潮相遇,致使9月1日2时出现最大高潮,潮位高达5.59米,超过了历史上实测潮位的最高记录,引起了巨大的风暴潮。它强烈地塑造着杭州湾北部的滩地地貌,堆积了典型的风暴沉积。

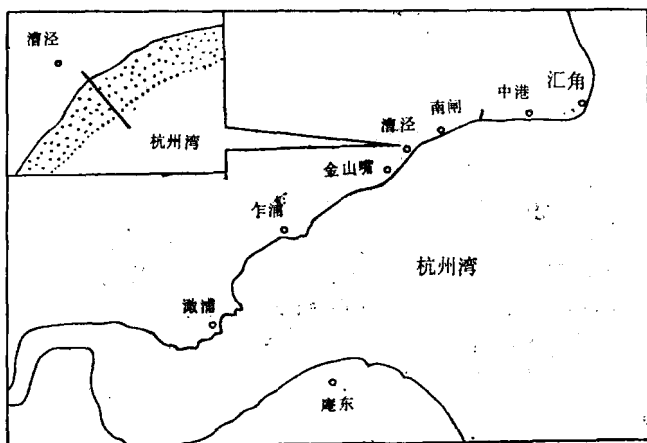


图1.研究区位置示意图

* 本文曾在中国科学(B辑)1984年12期上发表。

① 中国科学院海洋研究所情报研究室,苏北长江口区海岸动力地貌调查研究报告,1980年。

二、滩面地貌

杭州湾北部滨岸地貌分带性明显。以漕泾潮坪为例,在常态条件下,大潮高潮线与平均高潮线之间为盐沼带,由含泥粉砂组成,芦苇、秧草生长茂密,并有蟹类等穴居动物;平均高潮线与平均低潮线之间属潮间带。它与盐沼带一般以20~40厘米高的陡坎为界,系高潮憩流期风浪侵蚀所致。潮间带向海依次分为高潮坪、中潮坪和低潮坪。滩面较平坦,表面多覆有对称或不对称波纹。高潮坪秧草广布;中潮坪出现藻类,并有黄泥螺等生物活动痕迹;低潮坪常见截顶波纹、树枝状流痕和微型潮沟等。

然而,在强烈的风暴潮作用下,滩面地貌大为改观。1981年14号台风特大高潮6小时后,盐沼带中上部被高潮时水体携带的丰富泥沙铺覆,生物洞穴及部分秧草被埋,局部地段可见小股迳流;盐沼带下部前缘地带,受到高潮憩流期风浪的冲刷,大片芦苇、秧草被蚀,根部裸露,侵蚀陡坎后退,并出现新的冲蚀槽和陡坎,呈带状分布。各冲蚀槽走向多与岸线直交。在陡坎坡脚处,泥砾、贝壳与植物碎屑富集。滩面常见小型积水洼地。

风暴期的高潮坪,缓丘状粉砂堆积体广布,个体直径1.5~3.5米,大者面积可达30米²左右,中心厚度约30厘米,向四周变薄。整体呈带状分布。走向与岸线基本一致。其表面常有波纹迭覆,局部地段见小型冲刷坑和被蚀秧草的白色根部。

中潮坪滩面呈缓丘状起伏,其走向与潮流方向直交,大致平行岸线,表面亦有迭覆波纹。退潮后,丘间低洼处呈现出冲刷面或波蚀坑,积水深度20~30厘米,其底部有时残留有贝壳、泥砾以及其他生物碎屑。

低潮坪滩面坡度较台风前明显增大,滩面水流发育,散见席状粉砂堆积体,表面波纹多被树枝状流痕所取代,有时出现小型潮沟系统。

风暴潮期间,潮坪区经受的侵蚀和堆积作用强度显著增大,据漕泾滩面14号台风前、后重复水准测量和定位观察证实,其中盐沼带和高潮坪以堆积作用占优势,台风后标高增加约10~20厘米和数厘米;中、低潮坪则以侵蚀作用为主,台风后标高平均降低10厘米,20—30厘米,显示了潮间带下部冲刷强度最大,这可能与涨潮初期,风暴潮潮位迅速上升,流速急剧增长有关。

应当指出,台风风暴潮塑造的滩面地貌特征,随着台风高峰过境,水动力减弱和蚀积强度的降低,只要经历数个潮次后,上述缓丘、冲刷坑等地貌形态就基本消失,滩面坡度减小,朝常态环境下的岸滩动态平衡方向过渡、发展。

三、沉积结构

杭州湾北岸潮坪沉积,主要由含泥粉砂和粉砂组成,自陆向海,平均粒径增加,含泥量减少,分选性变好(表1)。这与北海等地的潮坪粒度分布规律基本一致^[1,2]。唯本区低潮坪的某些地段,有时可见含较多的泥质沉积,但它受到后期水动力的掀动、再搬运,不易保存于地层中。

在强台风风暴潮期间,常态的潮坪沉积往往大规模地得到改造、破坏,局部或全部被风暴沉积所取代。其沉积物的结构具有下列明显特征(表1):

表1 杭州湾漕泾潮间带1981年14号台风前、中、后及冬半年沉积物结构参数比较表

项 目		平均粒径(MZ) (ϕ)				含泥量(%)				概括图解标准偏差 (δ_1) (ϕ)				概括图解偏差 (SK_1)				概括图解峰态 (K_g)			
数 值	时 间	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年
		台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年	台 风 前	台 风 期	台 风 后	冬 半 年
位 置	高潮坪	5.20	4.74	4.88	5.59	6.79	2.33	2.01	11.08	0.91	0.56	0.38	1.42	0.25	0.06	0.02	0.48	1.67	1.34	1.09	2.31
	中潮坪	5.05	4.54	4.64	5.30	7.21	1.99	4.07	10.46	0.83	0.63	0.82	1.38	0.20	0.26	0.71	0.57	1.25	1.51	1.59	2.83
	低潮坪	4.71	4.34	4.64	4.60	4.65	1.52	4.57	1.97	0.74	0.61	0.56	0.54	0.20	0.26	0.53	0.24	2.38	1.65	2.77	1.86

(一)平均粒径粗化, 由台风前的5.20~4.71 ϕ 变为台风期的4.74~4.34 ϕ 。

(二)分选性增强, 标准偏差由台风前的0.91~0.74 ϕ 变为台风中的0.56~0.63 ϕ 。

(三)含泥量减少, 由台风前的4.65~7.21%减到台风中的1.52~2.33%。

(四)潮间带内粒度参数值的差距缩小, 高、低潮坪之间沉积物的平均粒径差值, 由常态的0.020毫米, 降到台风期0.012毫米; 含泥量差值由2.14%减至0.81%; 标准偏差差值由0.17降到0.05。

(五)在垂向剖面上, 自下而上沉积物粒度有减小趋势, 主体部分具不明显的正韵律(图版I—1, 2; 图2)。上覆潮坪沉积, 两者沉积物结构呈渐变或突变关系, 系为风暴潮高能与常态低能环境交替作用的产物。

四、沉积构造

杭州湾北岸滩地的沉积构造, 高潮坪以水平纹理为主; 中潮坪主要由粉砂和含泥粉砂交互层理组成; 低潮坪以波纹交错层理占优势, 但在台风暴潮期间, 随着水动力条件与滩面沉积结构的变化, 相应地形成了特殊的沉积构造与层序, 自下而上表现为(图2);

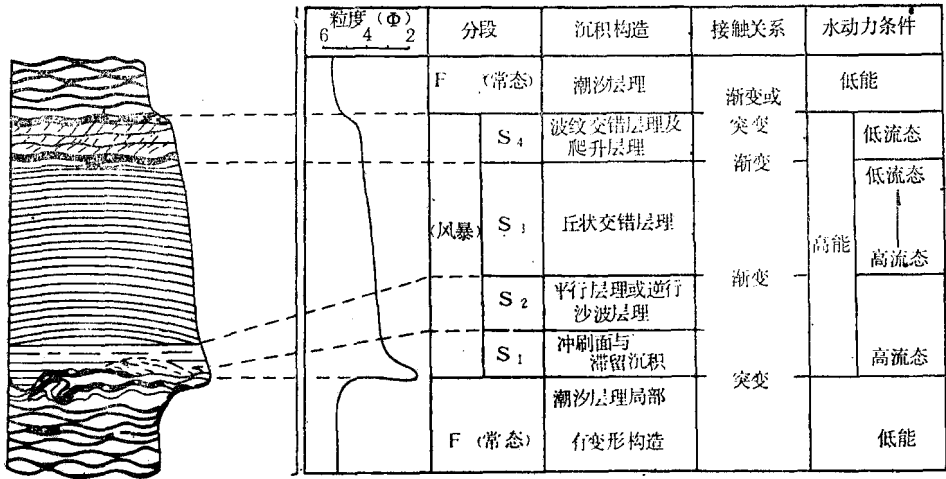
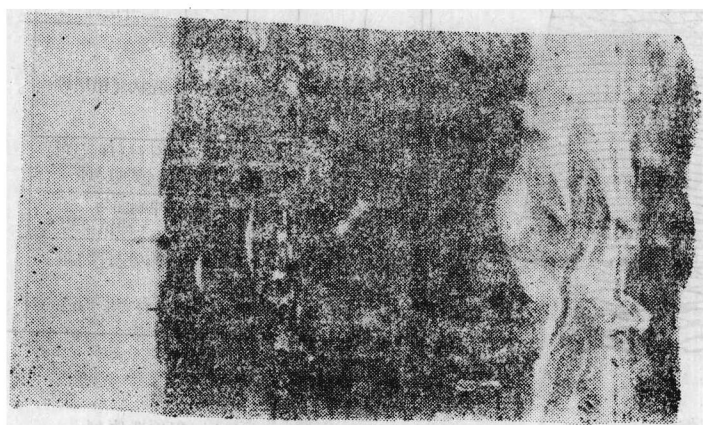
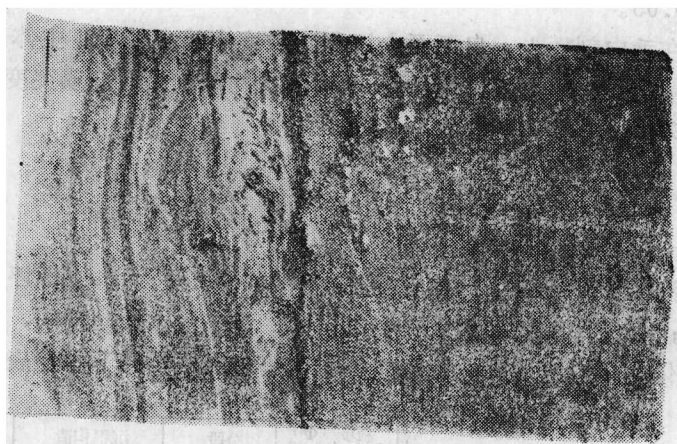
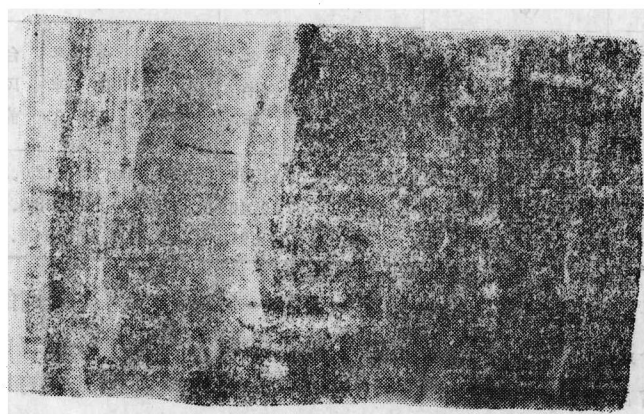


图2. 杭州湾北部滨岸风暴沉积构造序列



杭州湾漕泾滩地风暴沉积构造

1. 中下部显示了台风暴潮沉积与下伏层呈不整合接触,冲刷面波状起伏,可见槽状或壶状深形,局部有粗粒滞留沉积; 2. 上层为台风暴潮沉积层,其底部为冲刷面,上覆贝壳、泥砾滞留沉积,下部进行沙波交错层理和平行层理,中部丘状交错层理,上部波状交错层理和爬升层理,下层为常态细砂层理,含变形构造; 3. 中部为台风暴潮沉积层,它与上、下部的细砂沉积层之间具清晰界面。

图版 I