

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2014.05081

台湾海峡西北部表层沉积孢粉分布规律及其地质意义

荆夏, 陈芳, 李顺, 孙桂华, 崔兆国, 钟和贤

(国土资源部海底矿产资源重点实验室 广州海洋地质调查局, 广州 510075)

摘要:通过对台湾海峡西北部莆田海域沿海 338 个表层沉积物样品中孢粉的分析,探讨其分布规律及影响因素、孢粉源区、传播机制和沉积环境。研究区内孢粉的分布可划分为沿北西—南东方向展布的 4 个孢粉区,呈现出高值低值交替分布的状态。孢粉丰度变化受水深和沉积物粒度影响较大。各类孢粉分布的控制因素有所不同。松属花粉的分布受到东北季风和海湾地形的综合影响;栎属等热带亚热带花粉则以河流和沿岸流为主要传播动力;蕨类孢子普遍的高丰度可能是由于其本身易于被海流携带传播,以及人类活动的影响导致沿岸地区蕨类植物广布,从而为其提供了丰富来源,沿岸流可能也为蕨类孢子带来了新来源;以禾本科为主的草本花粉由于不易传播,主要来自于沿岸地区的草本植被。河口或环岸带发生的絮凝作用有利于孢粉的沉积。近海带由于水动力条件减弱,孢粉随着悬浮物的沉积而大量沉积下来。

关键词:孢粉;表层沉积;地质意义;台湾海峡

中图分类号:P736.22

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2014)05-0081-08

海洋沉积物中含有较丰富的孢粉,其在恢复周边陆地古植被、古气候的研究中具有重要意义,为海陆气候演变的相互对比提供了依据。表层沉积物中的孢粉可以为相应海区的古气候、古植被与古环境的准确重建提供参考。前人对南海尤其是其北部海域表层沉积物中的孢粉已做过较多研究^[1-10]。除阐述孢粉在南海中的分布规律外,还对花粉的来源、传播机制及途径、沉积动力、与陆缘植被关系等做了探讨^[1,11]。本研究区位于台湾海峡内,属南海与东海过渡地带,前人较少涉及。前人对莆田地区孢粉的研究工作主要集中在陆地上的钻孔和野外露头剖面^[12-14]。本研究通过分析莆田海域表层沉积物中孢粉的分布规律,结合沿岸地形、河流分布及周边植被的特征,探讨研究区沉积物中孢粉分布的影响因素、可能来源、传播方式与沉积环境。

1 研究区概况

研究区位于我国福建省莆田东南海域,介于 25°~26°N、118°5′~120°E 之间(图 1)。研究区属亚热带海洋性季风气候,冬季盛行东北季风且盛行期长,夏季盛行西南季风,风向稳定且风力强劲。年平均气温 16~20℃,年平均降水量 1 122~1 760

mm。入海河流主要为木兰溪和龙江,北部边界有闽江经过。该海区海岸线曲折,海湾、岛屿广布,表层沉积物类型复杂多变(图 1)。影响研究区的洋流有台湾海峡暖流、中国沿岸流和南海暖流(图 2)。

研究区沿岸植被区属南亚热带季风常绿阔叶林带。地带性典型植被季风常绿阔叶林分布于丘陵地和山地下部;山地上部则为亚热带常绿阔叶林。南亚热带季风常绿阔叶林目前在本地区仅有块状的星散分布,组成种类主要由樟科、壳斗科和桃金娘科等植物组成。林下草本并不发达,而常以蕨类为主。林内藤本和附生植物的种类和数量均较多。目前原生植被多遭破坏而形成灌木草丛类型和马尾松等组成的次生林。栽培群落以双季水稻为主,还有多种热带亚热带经济作物^[15]。

2 材料与方法

本次研究采用箱式取样,在莆田、福清沿岸海域共取表层沉积物样品 338 个,站位分布水深 1~75 m,采样站位分布见图 3。所有样品进行了孢粉分析,绝大部分样品含有丰富孢粉。

样品处理采用重液浮选法。取干样 10~20 g,加入适量盐酸直至反应彻底结束,然后用纯净水洗至中性;加入适量氢氟酸(40%)至反应彻底结束(24 h 以上),水洗至中性;加入适量稀盐酸(10%~15%)加热至液体透明为止,水洗至中性;将样品用密度为 2.1 的重液进行浮选,把浮选液用 10 μm 的

基金项目:中国地质调查局项目(1212011220118)

作者简介:荆夏(1985—),女,助理工程师,从事第四纪孢粉研究,E-mail:jx_13510@163.com

收稿日期:2013-12-09;改回日期:2014-03-21. 文凤英编辑

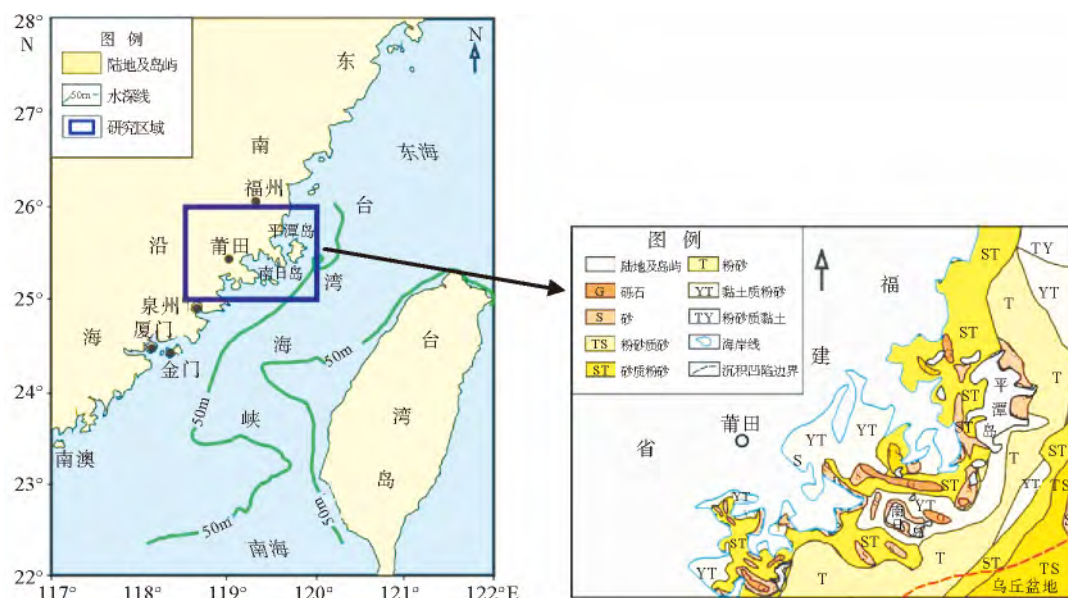


图 1 研究区地理位置及沉积物类型分布(据周洋等^[16]修改)

Fig. 1 Location of the study area and the distribution of sediments

(modified from Zhou Yang, et al. ^[16])

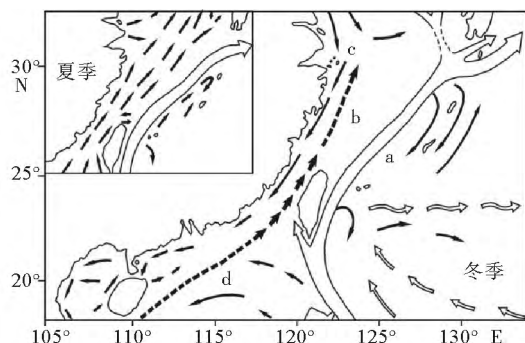


图 2 东海及南海北部主要流系分布(据孙湘平^[17]修改)

(a 黑潮; b 台湾暖流; c 中国沿岸流; d 南海暖流)

Fig. 2 the distribution of ocean currents of the East China sea and the South China sea (modified from Sun Xiangping^[17])

(a Kuroshio current; b Taiwan warm current; c China coastal current; SCS warm current)

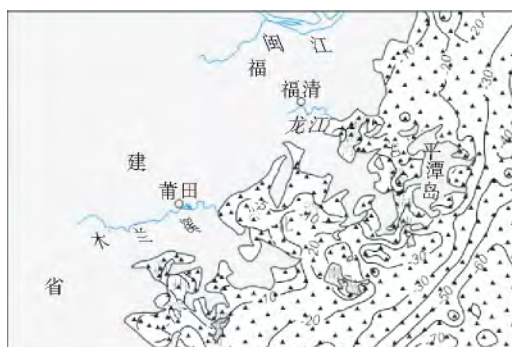


图 3 研究区水深与取样站位

Fig. 3 Bathymetric map of the study area and sampling locations

网筛在超声波作用下过筛,使孢粉相对富集。将处理好的孢粉悬浮液用冷杉胶制成固定片,在 Zeiss Axioskop 40 生物显微镜下进行鉴定和统计。将统计结果换算为丰度值(粒/g)和百分含量值进行数据分析对比。

3 结果

3.1 孢粉组合面貌

338 个样品中仅有 23 个未见孢粉。研究区孢粉丰度变化较大,为 0~1 357 粒/g,其中高于 100 粒/g 的站位有 123 个,超过 500 粒/g 的站位仅有 16 个。

共鉴定出 111 个孢粉类型,其中木本植物花粉 60 个,草本植物花粉 11 个,蕨类植物孢子 40 个。其中木本植物花粉主要有松(*Pinus*)、栎(*Quercus*)、栲(*Castanopsis*)、松科(*Pinaceae*)、罗汉松(*Podocarpus*)、泪杉(*Dacrydium*)、杉科(*Taxodiaceae*)、蜡瓣花(*Corylopsis*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、枫香树(*Liquidambar*)、枫杨(*Pterocarya*)、铁杉(*Tsuga*)、冷杉(*Abies*)、云杉(*Picea*)、榛(*Corylus*)、胡桃(*Juglans*)、桤木(*Alnus*)、杨梅(*Myrica*)、柳(*Salix*)、木兰(*Magnolia*)等。草本植物花粉主要有禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿(*Artemisia*)、石竹科(*Caryophyllaceae*)、蓼(*Polygonum*)、苦苣苔科(*Gesneriaceae*)、菊科(*Compositae*)

tae)、莎草科(Cyperaceae)等。蕨类植物孢子主要有鳞盖蕨(*Microlepia*)、水龙骨科(Polypodiaceae)、凤尾蕨(*Pteris*)、桫欏(*Cyathea*)、车前蕨(*Antrophyum*)、里白(*Hicriopteris*)、石松(*Lycopodium*)、蹄盖蕨(*Athyrium*)、芒萁(*Dicranopteris*)、卷柏(*Selaginella*)、海金沙(*Lygodium*)、金毛狗(*Cibotium barometz*)、膜蕨科(Hymenophyllaceae)、肾蕨(*Nephrolepis*)、毛蕨(*Cyclosorus*)、紫萁(*Osmunda*)、铁线蕨(*Adiantum*)、金粉蕨(*Onychium*)等。

3.2 孢粉分区及组合特点

研究区孢粉丰度散布的地区性差异明显(图4),总体呈现北部近岸滨海带浓度最高,向外海一侧逐渐降低。在研究区东南部浅海可见一个沿北东—南西方向展布的沉积孢粉的高值带,其两侧区域的孢粉丰度均明显降低。依据沉积孢粉丰度、分异度、属种组合等特征,可将研究区划分为4个孢粉区(图5)。

孢粉区Ⅰ:孢粉丰度为10~724粒/g,其中丰度超过50粒/g的占本区样品的67%,200粒/g以上的占18.9%。木本植物花粉在本区组合中约占44.6%,其中松约40%,栎约1.7%,此外还有栲、杉科、桦科和泪杉等。草本植物花粉约占5%,主要是禾本科,约占3.8%,还有藜科、蒿和石竹科等。蕨类植物孢子约占50.4%,以鳞盖蕨占优势,约为36%,其次为水龙骨科,约为6.9%,此外还有凤尾蕨、车前蕨、里白、石松和桫欏等。

孢粉区Ⅱ:孢粉丰度为0~230粒/g。其中丰度大于50粒/g的样品占本区样品总数的51%,100粒/g以上的占23.5%。木本植物花粉在本区组合中约占46%,其中松约41.4%,栎约1.7%,此外还有栲、杉科、罗汉松、金缕梅科和枫香树等。草本植物花粉约占4.6%,主要是禾本科,约占3.7%,还有藜科、石竹科和蓼等。蕨类植物孢子约占49.4%,以鳞盖蕨占优势,约为32.7%,其次为水龙骨科,约为7.9%,此外还有凤尾蕨、车前蕨、里白、石松、桫欏和蹄盖蕨等。

孢粉区Ⅲ:孢粉丰度为100~1357粒/g,全区孢粉丰度>600粒/g的站位几乎都出现在该区。其中丰度超过100粒/g的占本区样品的70.6%,500粒/g以上的占12.0%。木本植物花粉在本区组合中约占41.5%,其中松约33.2%,栎约2.4%,还有栲、杉科、桦科、金缕梅科、罗汉松、泪杉和胡桃科等。草本植物花粉约占5.6%,主要是禾本科,约占4%,

还有藜科、蒿、蓼等。蕨类植物孢子约占53%,以鳞盖蕨占优势,约为36%,其次为水龙骨科,约为8.5%,此外还有凤尾蕨、桫欏、里白、石松、车前蕨、蹄盖蕨和卷柏等。

孢粉区Ⅳ:孢粉丰度低,为0~123粒/g。其中丰度大于50粒/g的样品占本区样品总数的26.9%,100粒/g以上的占7.7%。木本植物花粉在本区组合中约占45.1%,其中松约38.9%,栎约2.7%,此外还有栲、胡桃科、桦科和罗汉松等。草本植物花粉约占4%,主要是禾本科,约占2.0%,还有蒿、藜、菊科和蓼等。蕨类植物孢子约占50.9%,以鳞盖蕨占优势,约为23.6%,其次为水龙骨科,约为11.7%,此外还有桫欏、凤尾蕨、卷柏、蹄盖蕨、石松、膜蕨科和毛蕨等。

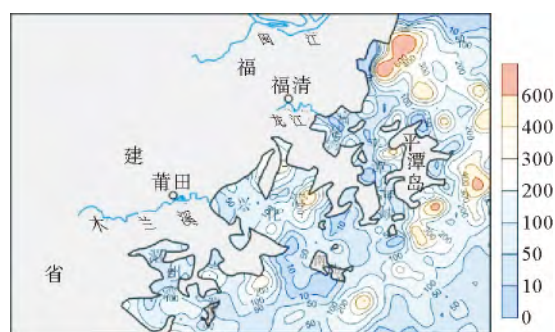


图4 研究区孢粉丰度示意图

Fig. 4 Abundance of pollen in the study area



图5 研究区孢粉分区

Fig. 5 Distribution area of pollen in study area

3.3 主要孢粉类型分布特征

木本植物花粉在研究区的分布主要受松属和栎属花粉影响,在湄洲湾、兴化湾西部、平潭岛周边海域及浅海区都有较高含量的分布(图6a)。其中松属花粉的丰度高,为0~438粒/g,大多数站位的百分含量可在30%以上,最高可达到66.4%(图6d)。研究区沉积的松属明显有3个高值区,以及呈条带

状分布的两个低值区。栎属花粉丰度较低, $0 \sim 46$ 粒/g, 其百分含量最高值达到 10.6%。从图 6e 可见栎属在海湾内的百分含量普遍较低, 而浅海区相对略高。

研究区的草本花粉的含量较低, 以禾本科花粉为主要类型, 二者的百分含量等值线图较为相似(图 6b 与图 6f)。禾本科花粉的丰度为 $0 \sim 122$ 粒/g, 百分含量最高值达到 11.7%。禾本科在本区存在 3 个明显的高值区, 分别是平潭岛以北、南日岛以东以及湄洲岛以东海域。还有两个低值区, 分别为平潭

海峡至研究区东南边界, 以及南日岛以西海域。

蕨类植物孢子在整个研究区的含量普遍较高, 大部分在 40% 以上(图 6c)。其中以鳞盖蕨属占绝对优势, 丰度高, 介于 $0 \sim 502$ 粒/g, 其百分含量最高值达到 74%。从图 6g 中可见其区域性差异明显, 呈现高值区低值区交替出现的特征。此外, 水龙骨科丰度也较高, 介于 $0 \sim 125$ 粒/g, 其百分含量最高值达到 21.8%(图 6h), 其中在研究区东部、东南部浅海区较高, 在近岸地区偏低。

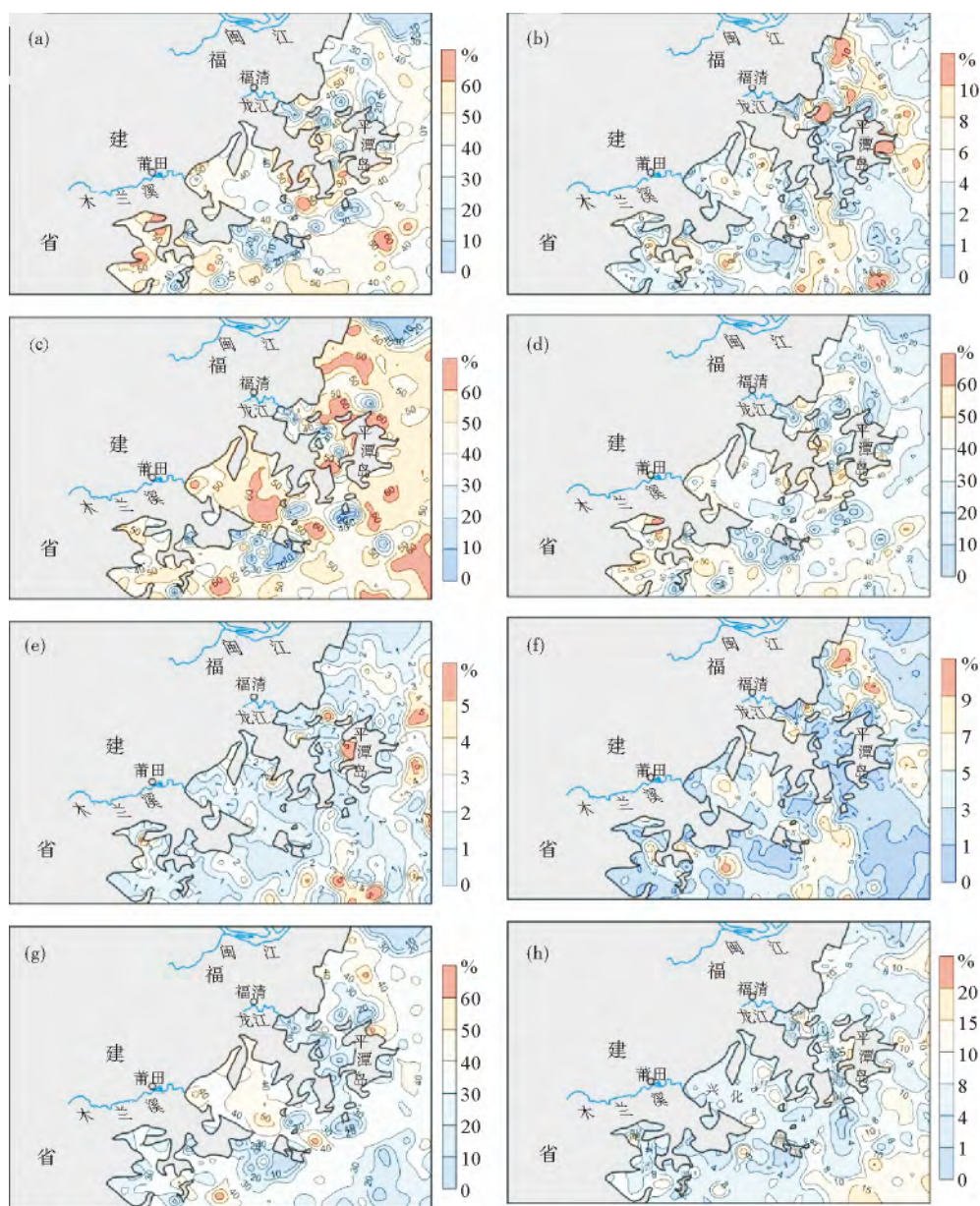


图 6 台湾海峡西北部主要孢粉类型的百分含量分布

(a. 木本植物花粉; b. 草本植物花粉; c. 蕨类植物孢子; d. 松属; e. 栎属; f. 禾本科; g. 鳞盖蕨属; h. 水龙骨科)

Fig. 6 Percentage distribution of main taxa of pollen in study area

(a. arboreal; b. herbaceous; c. fern; d. *Pinus*; e. *Quercus*; f. *Graminae*; g. *Microlepia*; h. *Polypodiaceae*)

4 讨论

4.1 孢粉丰度与水深、粒度的关系

孢粉丰度变化受多种因素的影响,与沉积物类型、取样水深、海流搬运等关系较密切。

由图7可见,水深小于10 m时,沉积孢粉丰度总体较低,但在水深1~2 m时出现少数高值,这些样品均取自河流入海口或岛屿周边,说明河口地段是孢粉进入海盆的重要通道,同时也是重要的沉积场所。水深为10~50 m时,孢粉丰度相对较高,分布较为复杂,可能是受潮汐的往返运动影响,在临岸地带的有利地段可以形成孢粉的堆积区。水深大于50 m时,孢粉丰度明显降低,而沉积物粒度较粗,表明在较强的水动力环境下,悬浮物难于沉降,不利于孢粉沉积。

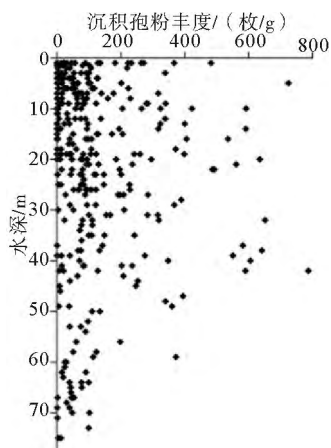


图7 孢粉丰度与水深关系

Fig. 7 Relationship between pollen abundance and water depth

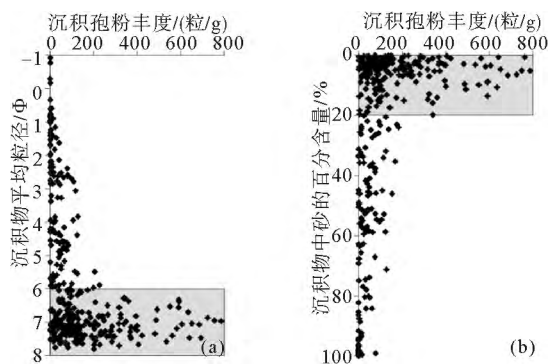


图8 孢粉丰度与粒度的关系

Fig. 8 Relationship between pollen abundance and grain size

孢粉的沉积是伴随着悬浮物的沉积同时发生

的^[1],研究区内孢粉沉积的高值区位于表层沉积物的极细粉砂—细粉砂级范围内,随着 Φ 值减小和含砂量的增大,沉积孢粉的丰度迅速降低。由图8可知孢粉丰度超过200粒/g的表层沉积物平均粒径均 $>6\Phi$ ($<0.016\text{ mm}$),含砂量均 $<20\%$,表明高值区沉积时水动力较弱;而孢粉丰度小于100粒/g的表层沉积物平均粒径均 $<2.5\Phi$ ($>0.177\text{ mm}$,为细砂),含砂量一般 $>50\%$,表明低值区沉积时水动力较强。 $3.5\sim2.5\Phi$ ($0.088\sim0.177\text{ mm}$)相当于大一—很大型花粉直径,由于孢粉比重相对矿物要轻的多,因此,在这种水动力环境中很难有大量孢粉沉积^[1]。当表层沉积物平均粒径 $<1\Phi$,或含砂量高于80%时,沉积孢粉丰度趋于零。说明细粒沉积物有利于孢粉的沉积,在细粒沉积物中孢粉丰度较高;而粗粒沉积物则不利于孢粉的保存。

4.2 孢粉源区与传播机制

海洋中孢粉都是来自周围陆地和沿岸地区,因而周边植被是影响孢粉分布的基本因素之一。根据孢粉的组合面貌,考虑到研究区离岸较近,认为陆缘植物是沉积孢粉的主要来源,即莆田、福清地区的亚热带季风常绿阔叶林以及由灌木草丛和马尾松等组成的次生林、耕地等^[15]。

研究区孢粉丰度在北部最高,向南逐渐降低,其分布格局与东北季风方向一致,且研究区离岸较近,受沿岸流影响也较大。与夏季的西南风及洋流相比,冬季的东北风及洋流在花粉传播中起了更大的作用^[11]。研究区的孢粉种类以蕨类和松属花粉为主,草本植物花粉的含量较低。这与前人对南海北部孢粉的研究结果相似^[3-6,11]。

研究区的木本花粉以松属和栎属含量最高。松属植物为原生植被破坏后次生的主要树种,在中国大陆南部及东南沿海均有分布,包括较大面积的人工栽培松林。松花粉产量高,密度小,且带有气囊结构,易受风和海流的作用而传播。松的花期在春季,此时冬季风及洋流尚且强劲,大量松花粉可随风及洋流由台湾海峡及巴士海峡进入南海^[11]。研究区的松花粉主要来自于陆上的松林,其分布表现为东北部含量低而西南部含量高,形成由低至高的梯度,可能是由于松花粉被东北季风携带至研究区,受到海湾地形对风的阻挡而沉积下来。松花粉的分布是二者综合影响的结果。栎属是亚热带常绿阔叶林中重要的成分,在海底表层沉积物中普遍存在^[7]。研究区栎属花粉的分布以靠近大陆和岛屿的位置含量较高,其来源主要为陆上的亚热带常绿阔叶林。但

其在浅海区的含量较近岸区偏高,说明除河流外,沿岸流对栎属的传播可能起了更大的作用。

从图 6c 可见蕨类孢子在整个研究区的百分含量分布均较高。南海北部海域及陆缘表土的蕨类孢子含量普遍较高,其原因前人认为是受到人类活动的干扰,原生植被遭到破坏而蕨类植物广泛分布^[2,4,6,18],也有认为蕨类孢子密度小,被海流携带的距离较远,因而在组合中的含量较高^[5]。研究区蕨类孢子的高含量可能与研究区为近岸海湾与浅海区的地理特征有关,陆地上多种蕨类植物为蕨类孢子的沉积提供了丰富的来源。此外,研究区每年都有沿岸流过境,且处于南海与东海交界地带,东海沿岸的蕨类孢子也可被沿岸流带至研究区沉积下来。鳞盖蕨含量较高的区域主要为近岸海湾地带,而单缝的水龙骨科则在浅海区含量较高,这可能与台湾孢粉区系与华南大陆之间的差异有关^[2]。

研究区的草本花粉以禾本科为主要类型。禾本科广泛分布于南海北部周边陆地,一般作为野草生长于田间、林缘和荒地,它的产生在一定程度上是由于人类活动对森林植被的破坏^[2]。以珠江口为例,在该地区禾本科花粉浓度远远高于深海样品,且随着离岸距离的增加花粉浓度迅速递减,说明其不易被远距离传播^[2]。研究区内的草本植物花粉在沿岸海区 and 岛屿周边含量较高,可见漂移能力和水流搬运能力比较低,因此可以推断其来源主要为沿岸地区的草本植被。

4.3 孢粉沉积环境

研究区划分的 4 个孢粉区沿北西—南东向依次展布,呈现出丰度高值低值交替分布的状态。各孢粉沉积区的沉积环境各不相同。孢粉区 I 位于近岸的河口或环岸带,陆上河流带来的大量淡水注入研究区海区,与沿岸流和潮流带来的咸水相汇,出现絮凝作用^[1],有利于孢粉沉积,以木本(松属)和草本(禾本科)植物花粉偏多。孢粉区 II 包括南日岛周边、平潭海峡、福清湾区域,该海区水深较浅,海水流速较快,尤其平潭海峡内潮流很强,悬浮物难于沉降,不利于孢粉沉积,表层沉积物类型也较粗。孢粉区 III 位于离岸稍远的近海带,随着水深加大,水动力条件减弱,悬浮物逐渐沉降,孢粉随之大量沉积下来。该区孢粉丰度最高,以蕨类植物孢子(鳞盖蕨属)含量较高为特征。孢粉区 IV 离岸较远,孢粉丰度降低,以松属花粉和蕨类植物孢子(水龙骨科)含量较高为特征。

5 结论

(1)依据沉积孢粉的丰度、分异度、属种组合等特征,将研究区划分为 4 个孢粉区,沿北西—南东向依次展布,呈现出高值低值交替分布的状态,并对主要科属孢粉的分布情况作了阐述。

(2)研究区孢粉的分布受到取样水深和沉积物粒度的影响。在沿岸河口地区,由于河流入海,孢粉丰度出现少数高值;水深 $<10\text{ m}$ 和 $>50\text{ m}$ 时,沉积孢粉的丰度均较低;水深 $10\sim 50\text{ m}$ 时,受潮汐作用影响,有利于孢粉沉积,孢粉丰度较高。当研究区表层沉积物平均粒径 $>6\Phi$ ($<0.016\text{ mm}$),含砂量 $<20\%$ 时孢粉大量沉积,而随着 Φ 值减小和含砂量的增大,沉积孢粉的丰度迅速降低。

(3)研究区各类孢粉分布的控制因素有所不同。松属花粉受到东北季风和海湾地形的综合影响呈现出东北部含量低而西南部含量高的分布特征。栎属等热带亚热带花粉则以河流和沿岸流为主要传播动力。蕨类孢子普遍的高含量可能是由于其本身易于被海流携带传播,以及人类活动的影响导致沿岸地区蕨类植物广布,从而为其提供了丰富来源;沿岸流可能也为蕨类孢子带来了新的来源。以禾本科为主的草本花粉由于不易传播,主要来自于沿岸地区的草本植被。

(4)孢粉区 I 位于河口或环岸带,发生的絮凝作用有利于孢粉的沉积;孢粉区 III 位于近海带,由于水动力条件减弱,孢粉随着悬浮物的沉积而大量沉积下来。因而形成了孢粉区 I、III 两个丰度较高的孢粉沉积区。

参考文献 (References)

- [1] 童国榜,陈亮,龙江平,等. 北部湾东部表层孢粉沉积特征及其沉积动力环境[J]. 科学通报, 2012, 57(9): 743-752. [TONG Guobang, CHEN Liang, LONG Jiangping, et al. Surface pollen distribution patterns in Beibu Gulf and corresponding sediment dynamics environment [J]. China Science Bulletin, 2012, 57(9): 743-752.]
- [2] 戴璐,翁成郁,陆钧,等. 南海北部表层沉积物的孢粉分布及其传播机制[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(4): 93-108. [DAI Lu, WENG Chengyu, LU Jun, et al. Pollen and spore distribution in the surface sediments of the northern South China Sea and their transportation[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2012, 32(4): 93-108.]
- [3] 张玉兰,张卫东,王开发,等. 南海东北部表层沉积的孢粉与陆缘植被关系的研究[J]. 海洋通报, 2002, 21(4): 28-36.

- [ZHANG Yulan, ZHANG Weidong, WANG Kaifa, et al. Studies on the relationship between spore-pollen of surface sediments and vegetation of the continental margin in the northeastern South China Sea[J]. Marine Science Bulletin, 2002, 21(4): 28-36.]
- [4] 罗传秀, 陈木宏, 刘建国, 等. 广东沿海及海南岛东南部海底表层孢粉分布及其环境意义[J]. 热带海洋学报, 2012, 31(2): 55-61. [LUO Chuanxiu, CHEN Muhong, LIU Jianguo, et al. Pollen distribution in marine surface sediments of Guangdong coast and southeast Hainan Island and its environmental significance[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2002, 21(4): 28-36.]
- [5] 张玉兰, 龙江平. 海南岛周边近海表层沉积中的孢粉及其与周边植被的关系[J]. 海洋学研究, 2007, 25(3): 23-31. [ZHANG Yulan, LONG Jiangping. Studies on the relationship between spore-pollen of submarine surface sediments and vegetation around Hainan Island[J]. Journal of Marine Sciences, 2007, 25(3): 23-31.]
- [6] 陈炽新, 邓韞, 郑卓, 等. 香港—大亚湾近岸海域表层沉积物的孢粉分布规律[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(2): 76-81. [CHEN Chixin, DENG Yun, ZHENG Zhuo, et al. Distribution characteristics of pollen and spore in surface sediments of nearshore waters between Hongkong and Daya Bay[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2004, 23(2): 76-81.]
- [7] 王开发, 蒋辉, 张玉兰. 南海及沿岸地区第四纪孢粉藻类与环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990. [WANG Kaifa, JIANG Hui, ZHANG Yulan. Quaternary Spores, Pollen and Algae from the Nanhai Sea and the Coastal Region and Their Environments [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1990.]
- [8] Luo C, Chen M, Xiang H, et al. Characteristics of modern pollen distribution in surface sediment samples for the northern South China Sea from three transects[J]. Quaternary International, 2013, 286: 148-158.
- [9] Sun X, Li X, Hans-Jurgen Beug. Pollen distribution in hemipelagic surface sediments of the South China Sea and its relation to modern vegetation distribution[J]. Marine Geology, 1999, 156: 211-226.
- [10] Dai L, Weng C, Lu J, et al. Pollen quantitative distribution in marine and fluvial surface sediments from the northern South China Sea: New insights into pollen transportation and deposition mechanisms[J]. Quaternary International, 2013, 1-14.
- [11] 孙湘君, 李逊. 南海现代花粉传播动力与途径在南海海域的差异[J]. 中国科学 D 辑, 1997, 41(6): 494-498. [SUN Xiangjun, LI Xun. Different dynamics and routes of modern pollen transport in the northern and southern parts of the South China Sea[J]. Science China (Series D), 1997, 41(6): 494-498.]
- [12] 杨蕉文. 闽南沿海平原全新世孢粉组合及其意义[J]. 东海海洋, 1994, 12(4): 26-34. [YANG Jiaowen. The spore-pollen assemblage of the Holocene sediments and its significance at coastal plain in southern Fujian[J]. Donghai Marine Science, 1994, 12(4): 26-34.]
- [13] 吴学忠. 闽中沿海若干沉积物样品的孢粉组合[J]. 台湾海峡, 1994, 13(1): 94-100. [WU Xuezhong. Spore-pollen assemblage in some sedimentary samples in middle Fujian Coast [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1994, 13(1): 94-100.]
- [14] 王开发, 陆继军, 郑玉龙. 福建沿岸晚第四纪孢粉、硅藻组合及其古环境意义[J]. 微体古生物学报, 1995, 12(4): 388-397. [WANG Kaifa, LU Jijun, ZHENG Yulong. Late Quaternary pollen-diatom assemblages along Fujian seashore and their paleoenvironmental implications[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1995, 12(4): 388-397.]
- [15] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 871-872. [WU Zhengyi. Vegetation of China [M]. Beijing: Science Press, 1980: 871-872.]
- [16] 周洋, 陈芳, 孙桂华, 等. 台湾海峡西北部平潭岛海域表层沉积物中底栖有孔虫分布及其环境控制因素[J]. 微体古生物学报, 2014, 131(待刊). [ZHOU Yan, CHEN Fang, SUN Guihua, et al. Benthic foraminifera distribution in surface sediments of the northern-west Taiwan Strait near the Pingtan Island and its environmental control factors[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2014, 131(in press).]
- [17] 孙湘平. 中国近海区域海洋[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 98. [SUN Xiangping. Regional Oceanography in China off-shore Areas[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006:98.]
- [18] 郑卓, 王建华. 珠江三角洲北部晚第四纪孢粉植物群的古环境意义[J]. 热带海洋, 1998, 17(3): 1-9. [ZHENG Zhuo, WANG Jianhua. Paleoenvironment significance of late Quaternary pollen flora in northern Zhujiang River Delta[J]. Tropical Oceanology, 1998, 17(3): 1-9.]

DISTRIBUTION PATTERN OF SPOROPOLLEN IN SURFACE SEDIMENTS OF NORTHWESTERN TAIWAN STRAIT AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

JING Xia, CHEN Fang, LI Shun, SUN Guihua, CUI Zhaoguo, ZHONG Hexian

(Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Guangzhou Marine Geological Survey, MLR, Guangzhou 510075, China)

Abstract: Palynological investigation for 338 surface sediment samples taken from the northwestern Taiwan Strait have been conducted in order to reveal the distribution patterns of pollen and spore. The dissemination process and source area of pollen and spore, as well as the local depositional environment are discussed in this paper. Based on the total, arboreal, herbaceous and fern pollen concentrations, the distribution of surface pollen assemblages could be classified into four regions in NW—SE direction. Pollen abundance is mainly affected by water depth and the grain size of sediments. The distribution of *Pinus* is influenced by the combined effects of the northeast monsoon and topography, while tropical and subtropical arboreal pollen, such as *Quercus*, is mainly influenced by coastal currents and rivers. Fern spores exhibited higher abundance, probably influenced by ocean currents, coastal currents and human activities. Herbaceous pollen occurs in high percentage around the coasts close to the source areas. The estuaries and coastal regions are the important depositional zones for terrestrial pollen grains due to flocculation.

Key words: sporopollen; surface sediments; geological significance; Taiwan Strait