

海南岛第三纪沉积环境与古植物群落的多样性及其变迁

金建华¹, 廖文波¹, 王伯荪¹, 彭少麟^{2*}

(1. 中山大学生命科学学院, 广州 510275; 2. 中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要:海南岛第三纪沉积类型及古植物群落复杂多样。早第三纪主要为河湖相、湖泊相和湖沼相等陆相沉积, 晚期发生海侵, 开始出现海陆交互相沉积; 古植物群落主要有: 温带山地针叶林和落叶阔叶林、亚热带常绿和落叶阔叶林, 晚期开始出现红树林, 总体属温暖湿润的亚热带气候。晚第三纪海侵加大, 沉积类型为滨海相、滨海-浅海相、浅海相及深水广海相等海相沉积, 在滨海地区红树林面积大大增加, 盆地中心平原地带发展为低地热带雨林, 总体属炎热潮湿的热带气候, 但在海南岛西部和西北部仍发育有山地雪松和云杉林。上新世时植被类型逐渐接近现今当地的面貌。深入研究本区第三纪古环境与古植物群落的变迁对海南岛现代生物多样性形成机制的研究具有重要意义。

关键词:第三纪; 沉积环境; 古植物群落; 海南岛; 多样性

Paleodiversification of the Environment and Plant Community of Tertiary in Hainan Island

JIN Jian-Hua¹, LIAO Wen-Bo¹, WANG Bo-Sun¹, PENG Shao-Lin² (1. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou, 510275, China; 2. South China Institute of Botany, CAS, Guangzhou, 510650, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(3): 425~432.

Abstract: Based on a detailed analysis of the lithological characters, the Early Tertiary strata of basins in Hainan Island can be divided into river-lake facies, lake facies, limnetic facies and continental-oceanic facies. During the Late Tertiary, the strata of Hainan Island changed into the oceanic facies, such as the littoral facies, littoral-shallow facies, shallow-sea facies, and deep-open sea facies. According to the fossil spore-pollen characters, the Early Tertiary vegetation of Hainan Island were mainly the alpine temperate coniferous forest and deciduous broad-leaved forest, subtropical evergreen broad-leaved forest and deciduous broad-leaved forest. In the Late Tertiary, the Hainan forest contained the temperate coniferous forest, tropical lowland rainforest and tropical mangrove forest. With these evidences, Hainan Paleocene Palynoflora belonged to South China Palynoflora. From Eocene to Early Oligocene the Hainan Palynoflora belonged to the Northern Hemisphere palynoflora. After Middle Oligocene Hainan Palynoflora was close to Kalimantan and Southeast Asian Palynoflora.

Key words: paleodiversification; tertiary; environment; plant community; Hainan Island

文章编号: 1000-0933(2002)03-0425-08 中图分类号: Q959 文献标识码: A

海南岛的第三系主要分布在海南隆起南北两侧的海口分区和三亚分区。海口分区包括福山盆地、长坡盆地、加来盆地、加巨盆地和长昌盆地, 区内第三系层序发育颇全, 自古新统至上新统皆有出露。本区下第三系为陆相沉积, 富含有机质泥岩或可燃性有机岩及油气, 局部地区在上部含海相夹层。沉积厚度变化较大, 一般盆地中心较厚, 向盆地边缘变薄直至消失。上第三系为海相沉积, 以碎屑建造为主, 韵律性明显, 厚

基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目(39899370); 国家自然科学基金重点资助项目(39830310); 中国科学院创新资料项目(KZCX2-407)

收稿日期: 2000-10-27; 修订日期: 2001-06-20

作者简介: 金建华(1960~), 男, 浙江临海人, 博士, 副研究员。主要从事地层古生物学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence: slpeng@scib.ac.cn

度比较稳定。早第三纪生物群面貌与华南区相似,晚第三纪可与东南亚地区对比。三亚分区的第三系分布在海南岛西南缘及其以南海区,统称莺歌海盆地,包括东、西两个拗陷和海南岛南缘斜坡,仅发育晚渐新世以来的地层。生物组合具有明显的东南亚色彩,属热带-亚热带类型^[1, 2]。

海南岛第三系是一个多中心、多物源、多环境、多旋回的复杂沉积体系(表 1),其层序发育程度、沉积类型、岩组特征、沉积厚度和生物组合性质等在各盆地都极其复杂而多样。深入研究无疑对全球变化和生物多样性等研究都具有重要意义。

1 沉积类型多样性

1.1 古新世

海南岛古新世地层有福山盆地的长流组,加来盆地的好贤组及长昌盆地的昌头组。

1.1.1 长流组 福山盆地长流组为洪冲积相沉积,不整合覆盖于变质岩、花岗岩、古生代灰岩和白垩系之上。其岩性为棕红、紫红色钙质泥岩与同色复矿砾岩互层,上部偶夹绿灰、灰白色砂砾岩。砾石成分复杂,以变质岩块为主,有时为花岗岩块或灰岩角砾。

1.1.2 好贤组 加来盆地的好贤组为一套河湖相沉积,底部以砂砾岩不整合覆盖于古生代变质岩和下白垩统鹿母湾群之上。分上下两部分,下部为紫灰、蓝灰色砂岩与含钙质结核的紫红、砖红色泥岩、砂质泥岩及泥质粉砂岩互层,夹数层砂砾岩,上部以砖红、紫灰色钙质泥岩和泥岩为主,夹灰绿、紫灰、灰白色含钙粉砂岩、砂岩和砂砾岩。

1.1.3 昌头组 长昌盆地的昌头组是在燕山期花岗闪长岩和古生代变质岩基底上发育起来的一套洪积相和湖泊相沉积。分上下两部分,下段为红色岩段,代表洪积相沉积,岩性为棕红色厚层块状砾岩、砂砾岩和砂岩,顶部夹棕红色泥质粉砂岩和泥岩;上段为油页岩段,属湖泊相沉积,岩性为灰、深灰、灰褐色油质页岩与浅紫红、绿灰色页岩、块状泥岩和粉砂质泥岩等。

表 1 海南岛第三纪地层表^[1, 2]

Table 1 Tertiary strata of Hainan Island

地质年代 ¹		沉积盆地 ⁴										
		福山盆地 ⁵		长坡盆地 ⁶		加来盆地 ⁷		加巨盆地 ⁸		长昌盆地 ⁹		莺歌海盆地 ¹⁰
晚 ² 第三纪	上新世 ¹¹		望楼港组 ¹²		望楼港组 ¹³		上新统 ¹⁴		上新统 ¹⁵		莺歌海组 ²¹	
	中 ¹⁶ 新世	晚 ¹⁷	灯楼角组 ¹⁸		灯楼角组 ¹⁹		灯楼角组 ²⁰					
		中 ²²	角尾组 ²³		长 ²⁴ 坡组		长 ²⁵ 坡组					
早 ³ 第三纪	早 ²⁸	下洋组 ²⁹		文仕村组 ⁴²		文仕村组 ⁴²		文仕村组 ⁴²		梅山组 ³⁰	三亚组 ³¹	
早 ³ 第三纪	渐 ³² 新世	晚、中 ³³	濠州组 ³⁵								瓦窑组 ⁴¹	长昌组 ⁴³
		早 ³⁴	流 ³⁷ 沙 港 组	一段 ³⁸								
	始 ³⁶ 新世	晚		二段 ³⁹								
		中		三段 ⁴⁰								
古 ⁴⁴ 新世	长流组 ⁴⁵				好贤组 ⁴⁶		好贤组 ⁴⁶		昌头组 ⁴⁷			

1 Geological period; 2 Late tertiary; 3 Early tertiary; 4 Sedimentary basin; 5 Fushan Basin; 6 Changpo Basin; 7 Jialai Basin; 8 Jiayu Basin; 9 Changchang Basin; 10 Yinggehai Basin; 11 Pliocene; 12 Wanglougang Formation; 13 Wanglougang Formation; 14 Pliocene; 15 Pliocene; 16 Miocene; 17 Late Miocene; 18 Dengloujiao Formation; 19 Dengloujiao Formation; 20 Dengloujiao Formation; 21 Yinggehai Formation; 22 Middle Miocene; 23 Jiawei Formation; 24 Changpo Fromation; 25 Changpo Fromation; 26 Changpo Fromation; 27 Huangliu Foramtion; 28 Early Miocene; 29 Xiyang Formation; 30 Meishan Foramtion; 31 Sanya Formation; 32 Oligocene; 33 Late & Middle Oligocene; 34 Early Oligocene; 35 Weizhou Formation; 36 Eocene; 37 Liushagang Formation; 38 The first member; 39 The second member; 40 the third member; 41 Wajiao Formation; 42 Wenshicun Formation; 43 Changchang Formation; 44 Paleocene; 45 Changliu Formation; 46 Haoxian Formation; 47 Changtou Formation.

1.2 始新世至早渐新世

海南岛始新世至早渐新世地层分布在福山盆地,地层为流沙港组;在加来盆地仅出露早始新世地层文

仕村组;长昌盆地则出露有早、始新世地层长昌组及晚始新世的瓦窑组。始新世至早渐新世植物群非常丰富,除了文仕村组至今没有发现化石外,流沙港组含有很丰富的孢粉化石,长昌组除了丰富的孢粉化石外,还发现了较多的植物大化石,瓦窑组也含有一定的孢粉化石。

1.2.1 流沙港组 流沙港组为一套以暗色泥岩为主夹灰白、灰黄色砂砾岩的湖泊相沉积,自上而下可分为3段:一段为深灰色泥岩与灰白色砾岩互层夹黑色炭质页岩;二段为深灰、灰黑色泥岩;三段为深灰、褐灰、绿灰、褐红色泥岩与灰白-黄灰色砂砾岩互层。

1.2.2 文仕村组 文仕村组属湖相沉积,岩性为暗紫红、灰黄、蓝灰、青灰色粉砂岩、泥质粉砂岩、砂质泥岩和泥岩,局部夹紫灰色粉砂岩、砂岩和砂砾岩。

1.2.3 长昌组 长昌组分上下两段,下段为杂色岩段,属湖相沉积,岩性为杂色(灰绿、紫红、棕红、褐黄色)泥岩、粉砂岩和砂岩,夹灰白色砂砾岩和灰绿、褐黄色砂岩;上段为含煤段,属暗色湖沼相含煤建造,岩性以青灰色泥岩、灰黑色炭质页岩、棕灰色油质页岩与黄褐、灰黄、灰白色泥质粉砂岩、细砂岩互层为主,夹高灰分煤层。

1.2.4 瓦窑组 瓦窑组为河湖相沉积,岩性为灰白、黄灰色不等粒砂岩、含砾砂岩、细砾岩为主,下部夹青灰色泥岩、紫红色泥质粉砂岩及褐紫色含油泥岩透镜体。

1.3 中、晚渐新世

海南岛中、晚渐新世地层为福山盆地的涠州组和莺歌海盆地的三亚组,孢粉化石均比较丰富。

1.3.1 涠州组 涠州组为一套杂色泥岩、粉砂岩与灰白色砂岩、含砾砂岩及砂砾岩互层,上部含海绿石,为海陆交互相沉积。

1.3.2 三亚组 三亚组在海南岛西部以陆相为主,岩性为灰白色砂砾岩夹薄层杂色泥岩,向东过渡为海相的灰、灰绿色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩及钙质砂岩。

1.4 中新世

海南岛中新世地层在福山盆地发育有下洋组、角尾组和灯楼角组,在长坡盆地和加来盆地发育有长坡组和灯楼角组,在加巨盆地仅发育长坡组,在莺歌海盆地出露的是梅山组和黄流组。

1.4.1 下洋组 滨海浅海相沉积,岩性以灰白、浅灰色砂砾岩、砂岩、粉砂岩为主,夹灰、灰绿色粉砂质泥岩和泥岩。

1.4.2 角尾组 深水相沉积,下部岩性以灰、浅灰色砂岩为主,上部为泥质粉砂岩和粉砂质泥岩。

1.4.3 灯楼角组 福山盆地灯楼角组为海陆交互相沉积,岩性主要为浅灰、绿灰色砂岩、含砾砂岩夹泥质粉砂岩、砂质泥岩和泥岩,含海绿石。

长坡盆地和加来盆地的灯楼角组则为浅海-滨海相沉积,具有明显的沉积韵律,每一韵律层下部岩性较粗,含砾砂岩或砂砾岩,向上渐变为含海绿石粉、细砂岩或灰黑色泥岩。

1.4.4 长坡组 长坡盆地长坡组属河湖沼泽相含煤沉积,下部为含钙泥岩、砂质泥岩和含砾泥质砂岩,中部以泥岩为主,夹含炭油页岩和褐煤,上部为灰色泥岩、砂质泥岩与泥质砂岩,含黄铁矿及钙质团块。在加来盆地和加巨盆地发育的长坡组,岩性与长坡盆地的相似,但出露不全。

1.4.5 梅山组 礁缘-潮坪、滨海相沉积,下部由礁白云岩、礁灰岩相变为泥岩及钙质砂岩,上部由灰岩相变为含砾砂岩和白垩质砂岩。

1.4.6 黄流组 深水广海相沉积,以灰色泥岩为主,含钙质及白云质,夹泥质粉砂岩。

1.5 上新世

海南岛上新世地层在福山盆地和长坡盆地称望楼港组,在加来盆地和长昌盆地上新统未建组,在莺歌海盆地出露的是莺歌海组。

1.5.1 望楼港组 在福山盆地望楼港组为浅海-滨海相沉积,岩性分3部分,上部以灰、绿灰、黄灰色砂砾岩、砂岩为主,夹浅灰、灰黄色砂质泥岩与泥岩;中部为灰、灰黄色砂岩、粉砂岩和泥岩互层;下部以灰色泥岩为主,夹浅灰、灰黄色砂岩、含砾砂岩和砂泥岩。

长坡盆地的望楼港组为滨海相沉积,岩性为灰白、淡黄、褐黄色含砾泥质粗砂岩、泥质细砂岩和泥岩。

1.5.2 莺歌海组 浅海相沉积,岩性以灰色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主,局部夹钙质砂岩和砂砾岩。

2 古植物群多样性

2.1 古新世

福山盆地长流组和加来盆地的好贤组至今尚未发现可靠的植物化石,长昌盆地的昌头组则产有较丰富的孢粉化石。因此,海南岛古新世孢粉组合可以昌头组 *Subtriporopollenites-Ulmi-pollenites minor-Pentapollenites* 为代表^[2]。本组合以被子植物花粉占绝对优势(34 属 51 种),裸子植物次之(6 属 14 种),还有少量蕨类植物(2 属 3 种)。被子植物花粉有:胡桃科 Juglandaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、榆科 Ulmaceae、山龙眼科 Proteaceae、檀香科 Santalaceae、樟科 Lauraceae、芸香科 Rutaceae、大戟科 Euphorbiaceae、紫树科 Nyssaceae、山榄科 Sapotaceae、山矾科 Symplocaceae、忍冬科 Caprifoliaceae、无患子科 Sapindaceae、鼠李科 Rhamnaceae、桃金娘科 Myrtaceae、菊科 Compositae、木棉科 Bombacaceae、百合科 Liliaceae、眼子菜科 Potamogetonaceae;裸子植物花粉有:罗汉松科 Podocarpaceae、松科 Pinaceae、杉科 Taxodiaceae、麻黄科 Ephedraceae;蕨类植物仅有紫萁科 Osmundaceae。此外,还有一些分类位置不明的被子植物和裸子植物花粉及蕨类植物孢子。

2.2 始新世至早渐新世

2.2.1 流沙港组孢粉植物群 流沙港组孢粉植物群以被子植物占优势,计有 39 属 60 种,分属杨柳科 Salicaceae、杨梅科 Myricaceae、胡桃科 Juglandaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、榆科 Ulmaceae、桑寄生科 Laranthaceae、毛茛科 Ranunculaceae、木兰科 Magnoliaceae、昆栏树科 Trochodendraceae、金缕梅科 Hamamelidaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、云实科 Caesalpiniaceae、芸香科 Rutaceae、漆树科 Anacardiaceae、冬青科 Aquifoliaceae、海桑科 Sonneratiaceae、紫树科 Nyssaceae、无患子科 Sapindaceae、柳叶菜科 Onagraceae、狸藻科 Lentibulariaceae、菊科 Compositae、棕榈科 Palmae 以及分类位置不明植物;蕨类植物 10 属 16 种,分属石松科 Lycopodiaceae、紫萁科 Osmundaceae、海金沙科 Lygodiaceae、蚌壳蕨科 Dicksoniaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae;裸子植物 6 属 10 种,分属罗汉松科 Podocarpaceae、松科 Pinaceae 和杉科 Taxodiaceae。

按地层分布及组成特征,流沙港组孢粉植物群可分为 4 个组合^[3],自下而上为:早始新世 *Monocolpopollenites tranquillus-Crassoretitriletes* 组合,以集中出现 *Monocolpopollenites tranquillus*, *Crassoretitriletes nanhaiensis* 为特征;中始新世 *Salixipollenites-Momipites triletipollenites-Operculumpollis operculatus* 组合,以大量出现柳粉和三皱痕拟榛粉为特征;晚始新世 *Quercoidites-Ulmi-pollenites-Alnipollenites* 组合,本组合以大量出现小栎粉、榆粉和桤木粉为特征;早渐新世 *Leiosphaeridia-Granodiscus* 组合,本组合以大量出现点纹多孔粉、小枫香粉为特征。

2.2.2 长昌组、瓦窑组孢粉植物群 长昌组、瓦窑组孢粉化石十分丰富,以被子植物占绝对优势,共有 39 属 59 种,分属杨柳科 Salicaceae、胡桃科 Juglandaceae、桦木科 Betulaceae、椴科 Tiliaceae、山毛榉科 Fagaceae、榆科 Ulmaceae、桑寄生科 Laranthaceae、石竹科 Caryophyllaceae、昆栏树科 Trochodendraceae、金缕梅科 Hamamelidaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、蓼科 Polygonaceae、豆科 Leguminosae、大戟科 Euphorbiaceae、胡颓子科 Elaeagnaceae、红树科 Rhizophoraceae、八角枫科 Alangiaceae、山矾科 Symplocaceae、木犀科 Oleaceae、无患子科 Sapindaceae、柳叶菜科 Onagraceae、梧桐科 Sterculiaceae、黑三棱科 Sparganiaceae 和棕榈科 Palmae 等。蕨类植物次之,计有 7 属 16 种,分属紫萁科 Osmundaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae;裸子植物仅 5 属 6 种,分属苏铁科 Cycadaceae、松科 Pinaceae 和杉科 Taxodiaceae。

按地层分布及组成特征可分为 3 个组合^[2],自下而上为:早始新世 *Polypodiaceasporites haardti-Porocolpopollenites miikensis* 组合,见于长昌组含煤段下部,以蕨类孢子为主(52.5%),其次为被子植物花粉(34.86%),裸子植物花粉含量最少(12.64%);中始新世 *Abietinaepollenites-Momipites triletipollenites-Operculumpollis* 组合,见于长昌组含煤段中部,以被子植物花粉为主(57.91%),裸子植物花粉含量明显增加(23.20%),蕨类孢子含量减少(18.89%);晚始新世 *Alnipollenites-Quercoidites-Liquidambar-*

pollenites 组合,本组合分布于长昌组含煤段上和瓦窑组下部,被子植物花粉占优势(73.99%),裸子植物花粉和蕨类孢子含量各只有 15.97%和 10.04%。

除了丰富的孢粉化石外,长昌组还产较多的植物大化石^[4],其中以被子植物为主,它们是杨柳科的圆盘青钱柳 *Cyclocarya scutellata* Guo, 莲科的元丽莲 *Nelumbo protospeciosa* Saporta, 樟科的拉特樟 *Cinnamomum larteti* Watelet, 中国拉美楠 *Ocotea sinensis* Guo, 芸香科的黑桔 *Citrus niger* Guo, 棕榈科的粗柄似沙巴桐 *Sabalites szei* Guo, 长昌似沙巴桐 *S. changchangensis* Guo 及北方多瓣果 *Nordenskioldia borealis* Heer; 蕨类植物只有紫萁科的褐煤紫萁 *Osmunda lignitum* (Giebel.) Stur 和槐叶苹科的槐叶苹(未定种) *Salvinia* sp.; 缺少裸子植物化石。

2.3 中、晚渐新世

2.3.1 涠州组孢粉植物群 涠州组孢粉植物群以 *Magnastriatites howardi-Trilobapollis-Verrutricolporites pachydermus-Retitricolpites* cf. *matauraensis* 组合为代表^[3],其组成特征是大量出现哈氏粗肋孢、三瓣粉、厚壁瘤面三孔沟粉、马托拉网纹三沟粉比较种。植物群以被子植物花粉为主(11 属 12 种),主要有:胡桃科 Juglandaceae、山毛榉科 Fagaceae、桑寄生科 Laranthaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae 等;裸子植物(6 属 10 种)次之,分属罗汉松科 Podocarpaceae、松科 Pinaceae 和杉科 Taxodiaceae;蕨类植物有 4 属 7 种,分属石松科 Lycopodiaceae、海金沙科 Lygodiaceae、水蕨科 Parkeariaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae。

2.3.2 三亚组孢粉植物群 三亚组孢粉植物群以 *Alnipollenites verus-Dicolpopollis kockelii-Extrapunctatosporis megapunctos* 组合为特征^[3],组成如下:蕨类植物(6 属 8 种),分属海金沙科 Lygodiaceae、水龙骨科 Polypodiaceae;裸子植物(5 属 9 种),分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae;被子植物(12 属 15 种);分属桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、榆科 Ulmaceae、桑寄生科 Laranthaceae、金缕梅科 Hamamelidaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、百合科 Liliaceae、禾本科 Gramineae 和棕榈科 Palmae。

2.4 中新世

2.4.1 下洋组孢粉植物群 以禾本科 Graminidites 大量出现为特征,组成如下:蕨类植物(7 属 10 种),分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae;裸子植物(3 属 7 种),分属松科 Pinaceae 和杉科 Taxodiaceae;被子植物(12 属 14 种),分属杨柳科 Salicaceae、杨梅科 Myricaceae、胡桃科 Juglandaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、木兰科 Magnoliaceae、海桑科 Sonneratiaceae、锦葵科 Malvaceae 和禾本科 Gramineae。

2.4.2 角尾组孢粉植物群 以被子植物为主,计有 9 属 9 种,分属:木麻黄科 Casuarinaceae、胡桃科 Juglandaceae、山毛榉科 Fagaceae、藜科 Chenopodiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、棕榈科 Palmae;裸子植物 4 属 8 种,分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae;蕨类植物 3 属 5 种,属水龙骨科 Polypodiaceae。植物群以木麻黄科新生木麻黄的出为特征。

2.4.3 灯楼角组孢粉植物群 以被子植物为主,计有 9 属 9 种,分属:木麻黄科 Casuarinaceae、杨梅科 Myricipites、胡桃科 Juglandaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、毛茛科 Ranunculaceae、桃金娘科 Myrtaceae 和棕榈科 Palmae;蕨类植物 2 属 2 种,分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae;缺少裸子植物。植物群以棕榈科柯氏双沟粉和杨梅科杨梅粉的含量增高为特征。

2.4.4 长坡组孢粉植物群 长坡组孢粉植物群组成不甚丰富,蕨类植物 9 属 11 种,分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae,裸子植物只有属于松科 Pinaceae 的 5 属 8 种,被子植物花粉发现更少,只有 3 属 3 种,分属桦木科 Betulaceae、阿丁枫科 Altingiaceae 和山毛榉科 Fagaceae。此外,长坡组还发现了一些被子植物大化石^[1],分别是:山茱萸科的山茱萸 *Cornus* sp.,黄杨科的黄杨 *Buxus* sp.,桦木科的桦木 *Betula* sp.,桤木 *Alnus* sp. 和榛木 *Corylus* sp.,胡桃科的山核桃 *Carya* sp.,枫杨 *Pterocarya* sp.,胡桃 *Juglans* sp. 和黄杞 *Wurfbachia* sp.,漆树科的漆树 *Rhus* sp.,紫树科的紫树 *Nyssa* sp. 和阿丁枫科的枫香 *Liquidambar* sp.。

2.4.5 梅山组孢粉植物群 以 *Dicolpopollis kockelii*-*Polypodiisporites usmensis* 组合为特征^[3], 组成如下: 苔藓植物(1 属 1 种), 属水藓科 Sphagnaceae; 蕨类植物(6 属 8 种), 分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae; 裸子植物(4 属 8 种), 分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae; 被子植物(12 属 14 种), 分属木麻黄科 Casuarinaceae、山毛榉科 Fagaceae、藜科 Chenopodiaceae、金缕梅科 Hamamelidaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、柳叶菜科 Onagraceae、百合科 Liliaceae、禾本科 Gramineae 和棕榈科 Palmae。

2.4.6 黄流组孢粉植物群 以 *Quercoidites minor*-*Cupuliferoipollenites* 组合为特征^[3], 组成如下: 分属蕨类植物(5 属 7 种), 海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae; 裸子植物(5 属 9 种), 分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae; 被子植物(12 属 16 种), 分属木麻黄科 Casuarinaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、藜科 Chenopodiaceae、毛茛科 Ranunculaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、百合科 Liliaceae、禾本科 Gramineae 和棕榈科 Palmae。

2.4.7 莺歌海组下段孢粉植物群 以 *Quercoidites minor*-*Polypodiaceasporites* 组合为特征^[3], 组成如下: 蕨类植物(4 属 6 种), 分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae; 裸子植物(5 属 10 种), 分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae; 被子植物(14 属 16 种), 分属木麻黄科 Casuarinaceae、桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、榆科 Ulmaceae、藜科 Chenopodiaceae、毛茛科 Ranunculaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、百合科 Liliaceae、禾本科 Gramineae 和棕榈科 Palmae。

2.5 上新世

2.5.1 望楼港组孢粉植物群 以 *Cupuliferoipollenites oviiformis*-*Polypodiaceasporites*-*Chenopodiipollis oligoporus* 组合为特征^[3], 组成如下: 蕨类植物(4 属 4 种), 属水龙骨科 Polypodiaceae; 裸子植物(3 属 7 种), 分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae; 被子植物(8 属 9 种), 分属杨柳科 Salicaceae、杨梅科 Myricaceae、山毛榉科 Fagaceae、藜科 Chenopodiaceae、木兰科 Magnoliaceae 和棕榈科 Palmae。

2.5.2 莺歌海组上段孢粉植物群 以 *Cupuliferoipollenites oviiformis*-*Polypodiaceasporites*-*Chenopodiipollis* 组合为特征^[3], 组成如下: 蕨类植物(5 属 7 种), 分属海金沙科 Lygodiaceae 和水龙骨科 Polypodiaceae; 裸子植物(5 属 10 种), 分属罗汉松科 Podocarpaceae 和松科 Pinaceae; 被子植物(12 属 13 种), 分属桦木科 Betulaceae、山毛榉科 Fagaceae、藜科 Chenopodiaceae、毛茛科 Ranunculaceae、阿丁枫科 Altingiaceae、海桑科 Sonneratiaceae、桃金娘科 Myrtaceae、百合科 Liliaceae、禾本科 Gramineae 和棕榈科 Palmae。

3 古植物群落和古气候多样性

3.1 古新世

海南岛古新世孢粉组合总体面貌与华南地区同期孢粉组合比较接近, 反映的是以榆科、胡桃科、桦木科、山毛榉科占优势的温带阔叶落叶林植被。热带、亚热带类型有无患子科、山龙眼科、檀香科、樟科、芸香科、木棉科等。另外, 从孢粉区系看, 本区与华南古新世干旱孢粉区系相近, 蕨类植物很少, 含有榆科、麻黄科、五角粉、南岭粉等干旱地区特征成分, 这与沉积类型相一致, 昌头组下部为红色岩段, 代表干旱沉积。因此, 孢粉和沉积两方面都反映了本区古新世气候较今日干旱, 大量的温带植物花粉说明本区当时气温远较今日要低。由于受晚白垩世至古新世亚洲中部干旱带的阻隔, 本区古新世孢粉区系与北半球植物区系相似程度很低。

3.2 始新世至早渐新世

福山盆地流沙港组孢粉类型其地质地理分布大多属北半球始新世分子, 如宁静单沟粉、小亨氏栎粉、杂色柳粉等, 组合总体面貌与北半球始新世孢粉组合最接近, 但也有一些差异, 欧洲始新世以杉科——柏科花粉占优势, 流沙港组中杉科花粉含量不高。从古植被和古气候分析, 流沙港组孢粉植物群可分为 3 个发展阶段。早始新世热带类型的棕榈花粉组成单优势群落, 其它类型十分单调, 反映了热带条件下布满棕榈林的沼泽地数据境, 气候温热, 较现代本区气温高。由于没有海相藻类及红树林花粉, 当时的水域可能为淡水湖盆。中始新世棕榈大量减少, 出现了众多的温带阔叶、落叶成分, 如桦属、桤木、榆属、栎属、柳属

等,同时出现了众多的热带、亚热带常绿或落叶阔叶植物,如芸香科、昆栏树科、棕榈科及枫香属等,上述热带、亚热带与温带植物花粉共生在一起说明当时的沉积盆地周围有山地,温带阔叶落叶林分布在山地上,而热带、亚热带常绿或落叶阔叶林则分布于盆地中心的平原地带,气温总体较现在要低。晚始新世至早渐新世,受海水影响,出现了海相藻类及现代红树林植物海桑科的祖先类型花粉,反映滨海环境,由于淡水水域缩小,水边生长的柳属迅速减少,平原地区为由山毛榉科、胡桃科及冬青、山矾、枫香、紫树等组成的落叶和常绿阔叶林,另外,一些山地针叶植物,如松属、雪松属明显增加,说明盆地周围的山体有扩大和上升的趋势。

长昌盆地始新世孢粉植物群与福山盆地流沙港组孢粉植物群虽然组成分子不尽相同,但反映的植被类型和古气候大致相同。红树科孢粉的存在说明长昌盆地在始新世时处于海岸边缘,在盆地的中心地带是由山毛榉科、桑寄生科、昆栏树科、金缕梅科、阿丁枫科、无患子科、棕榈科、山矾科和苏铁科等组成的热带亚热带常绿和落叶阔叶林,河湖边则生长着温带植物柳属,在盆地边缘的山地上生长的是由胡桃科、桦木科、椴科、榆科及针叶裸子植物松科和杉科等组成的温带落叶阔叶林和温带针叶林。

综上所述,始新世气候较之古新世变得温暖潮湿,干旱带逐渐消失,使得我国华南、包括海南岛植物区系与北半球植物互相迁移,形成本区始新世孢粉区系总体面貌与北半球植物区系非常相近。

3.3 中、晚渐新世

海南岛中、晚渐新世出现了大量温带落叶及山地针叶植物的花粉,福山盆地有松、云杉、栎等,莺歌海盆地有松、雪松、铁杉、桉木、栎、榆等。其中,云杉、雪松、铁杉现今分布在海拔 2000m 以上的山地或高纬度地区,海南岛目前最高海拔尚不足 2000m,已没有这些类型的分布,而当时海南岛处于低纬度地区,这说明中、晚渐新世时福山盆地和莺歌海盆地周缘地带分布有较高的山地,在此繁衍了山地云杉林和雪松林。同时,热带-亚热带低地植物类型也相当繁盛,如海金砂科、水蕨科的出现反映了盆地中心平原地带发育有淡水湖泊,植物群落组成成分有桑寄生科、金缕梅科、阿丁枫科、棕榈科等。另外,在福山盆地和莺歌海盆地都含有较多的海桑科花粉,说明当时在盆地边缘海湾生长着热带红树林,这与当时的海陆交互相沉积特征是一致的,反映当时曾发生海侵,海域扩大,气候变热,滨海地带适合红树林的生长。综上所述,海南岛中、晚渐新世植被具有明显的垂直分带性,山地地带为温带针叶及落叶阔叶林,气温低而潮湿;平原地带为热带-亚热带常绿和落叶阔叶林,气候温暖湿润;滨海地带则发育有红树林群落。

分析孢粉植物区系,本区出现了较多加里曼丹及东南亚的区系成分,主要有海桑科弗氏粉、三孔沟粉、温氏粗网孢等,同时,加里曼丹植物区系在渐新世也出现了一些亚洲山地植物,如桉木、松、云杉、铁杉等^[5],反映了两地植物区系的密切关系,这很可能在渐新世时两地曾有陆地相连或加里曼丹当时处于较今日更北的位置,使得两地植物区系发生互相迁移。

3.4 中新世

进入到晚第三纪,海南岛古植被、古环境发生了较大的变化,总体而言,海侵进一步加大,沉积主要为海相,各盆地红树林植物的花粉显著增加,说明古气候较早第三纪要温暖湿润。在福山盆地,早、中中新世云杉、雪松等山地植物消失,发育的主要是由木兰科、桃金娘科、胡桃科、棕榈科等组成的低地热带雨林,同时红树林面积大大增加,说明海域扩大;晚中新世,本区红树林消失,气温有所下降。在莺歌海盆地,从早中新世至晚中新世,红树林一直比较繁盛,与福山盆地不同的是,本区雪松和铁杉等山地植物仍很繁盛,说明中新世时盆地周缘仍有较高的山地存在,在盆地的中心,发育的仍是由金缕梅科、阿丁枫科、木兰科、桃金娘科、胡桃科、棕榈科等组成的低地热带雨林。长坡盆地和加来盆地,中新世缺少红树林植物,相反一些山地植物却非常繁盛,不仅数量多,种类也多,除雪松、云杉和铁杉外,还出现了西伯利亚冷杉,说明本区较其它一些盆地气温要低,山地的海拔可能更高。

从孢粉植物区系看,海南岛中新世继承了渐新世的特征,与加里曼丹和东南亚同期植物区系非常相近,如海桑科弗氏粉的发展与加里曼丹和东南亚区完全一致,都是由三瓣弗氏粉发展到半瓣弗氏粉再到光极弗氏粉^[5]。在渐新世到中新世一直保持着联系。

3.5 上新世

海南岛上新世基本继承了晚中新世的特征。在福山盆地,热带成分大大减少,红树林仍然未见。在莺歌海盆地,周缘山地上仍发育雪松和铁杉等,红树林虽仍有分布,但面积已大大减少,一些草本植物及旱生植物数量却有所增加,如藜科、禾本科和菊科等。长昌盆地上新世缺少裸子植物,也未见红树林花粉,主要也是藜科、禾本科等类型。由此可以看出,上新世时海南岛各盆地曾发生一度的海退,红树林减少或消失,草本植物开始繁盛,与中新世比较,气候较干凉,为热带到亚热带过渡的性质。从各盆地上新世植被类型看,除了一些山地类型,总体特征已逐渐接近现今当地的面貌。

分析孢粉植物区系,渐新世到中新世与加里曼丹和东南亚区一直保持同步演化的弗氏粉,其演化新类型南方弗氏粉在加里曼丹和东南亚区从上新世开始至今一直占有重要地位^[5],但在海南岛未有发现,这说明中新世后两地地理上的距离又重新拉大,从而中断了彼此间的迁移和交流。

4 结语

(1)海南岛第三纪的沉积特征,在横向和纵向上都表现出复杂多样性。早第三纪主要为陆相沉积,晚期出现海陆交互相,沉积相类型如下:古新世长流组为洪冲积相,好贤组属河湖相,昌头组下部为洪积相上部则为湖泊相;始新世至早渐新世代流沙港组为湖泊相,文仕村组属湖相,长昌组属湖相和湖沼相,瓦窑组为河湖相;中、晚渐新世涠州组为海陆交互相,三亚组在海南岛西部以陆相为主,向东过渡为海相。晚第三纪海侵加大,主要为海相沉积,主要类型有:中新世下洋组为滨海-浅海相,角尾组为深水相,灯楼角组在福山盆地为海陆交互相,在长坡盆地和加来盆地则为浅海-滨海相,长坡组属河湖沼泽相,梅山组为礁缘-潮坪-滨海相,黄流组属深水广海相;上新世望楼港组在福山盆地为浅海-滨海相,在长坡盆地为滨海相沉积,莺歌海组为浅海相。

(2)与沉积相特征一致,早第三纪发育的主要是陆地植物群落,在盆地周缘山地繁育的是温带针叶林和落叶阔叶林,盆地中心平原地带主要为亚热带常绿和落叶阔叶林,早第三纪晚期发生海侵,在盆地出海口开始出现红树林,总体属温暖湿润的亚热带气候。晚第三纪,随着海侵进一步加大,滨海地区红树林面积大大增加,盆地中心平原地带发展为低地热带雨林,总体属炎热潮湿的热带气候,但在海南岛西部和西北部仍发育有山地雪松和云杉林。

(3)孢粉植物区系古新世属华南区系,始新世至早渐新世属北半球植物区系,中渐新世后区系成分与加里曼丹和东南亚区接近。上新世开始植被类型逐渐接近现今当地的面貌。

参考文献

- [1] Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangdong Province (广东省地质矿产局). *Regional Geology of Guangdong Province, People's Republic of China* (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House, 1988. 6~272.
- [2] Yichang Institute of Geology and Mineral Resources (地质矿产部宜昌地质矿产研究所), Bureau of Geology and Mineral Resources of Hainan (海南省地质矿产局). *Geology of Hainan Island, I. Stratigraphy and palaeontology* (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House, 1992. 1~281.
- [3] Sun Xiang-jun (孙湘君), Li Ming-xing (李明兴), Zhang Yi-yong (张一勇), et al. Spores and pollen. In: South Sea Branch of Petroleum Corporation of the People's Republic of China et al. (中华人民共和国石油勘探公司南海分公司等), eds. *Tertiary palaeontology of north continental shelf of South China Sea* (in Chinese). Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 1981. 1~58.
- [4] Guo Shuang-xing (郭双兴). Late Cretaceous and Early Tertiary floras from the southern Guangdong and Guangxi with their stratigraphic significance. In: Institute of Vertebrate Palaeontology and Palaeoanthropology, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica et al. (中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等), eds. *Mesozoic and Cenozoic red beds of South China* (in Chinese). Beijing: Science Press. 1979. 223~230.
- [5] Germeraad J H, Hopping C A and Muller J. Palynology of Tertiary sediments from tropical area. *Rev. Paleobot. Palynol.*