

doi:10.3799/dqkx.2013.046

浙东中新世 *Cinnamomum cf. bejolghota* 微细构造及其古环境意义

何文龙^{1,2}, 何雨粟¹, 陈军林¹, 肖良³, 刀克群¹, 吴靖宇¹, 李相传³, 孙柏年^{1,2*}

1. 兰州大学地质科学与矿产资源学院, 甘肃兰州 730000

2. 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学与地层学国家重点实验室, 江苏南京 210008

3. 长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西西安 710064

摘要: 化石采自浙江天台嵊县组。该地层含丰富被子植物压型化石及少量裸子植物化石。利用叶结构分析法, 依据叶脉、叶尖、叶基等稳定性特征, 对一种樟科植物化石的宏观形态进行了详细的研究; 结合表皮特征分析, 发现该化石与现生 *Cinnamomum bejolghota* (Buch-Ham.) Sweet 在叶形、叶脉特征以及表皮脉络细胞特征、气孔器类型和毛基特征等方面均很相似, 因而将当前化石定名为 *Cinnamomum cf. bejolghota* (钝叶桂相似种)。通过分析化石钝叶桂的角质层微细构造特征, 结合现生钝叶桂的分布范围和生存环境恢复了浙东地区中新世的古气候和古环境特征, 推测当时的气候比现在更为炎热多雨, 同时认为钝叶桂从中新世至今有南迁的趋势。

关键词: 植物化石; 角质层特征; 浙江东部; 中新世; 嵊县组; 地层学。

中图分类号: P52

文章编号: 1000-2383(2013)03-0461-10

收稿日期: 2012-04-20

Microstructures of *Cinnamomum cf. bejolghota* from the Miocene of Eastern Zhejiang and Its Palaeoenvironmental Significance

HE Wen-long^{1,2}, HE Yu-li¹, CHEN Jun-lin¹, XIAO Liang³,DAO Ke-qun¹, WU Jing-yu¹, LI Xiang-chuan³, SUN Bai-nian^{1,2*}

1. School of Earth Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

3. The School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710064, China

Abstract: Leaf fossils are collected for this study from the Shengxian Formation in Tiantai, Zhejiang Province. There are abundant compressed angiosperm fossils and a few gymnosperm fossils in the Shengxian Formation. Based on steady macromorphology of leaf including the base, the apex, the vein and so on, one species of Lauraceae plant fossils is studied in detail by analyzing the leaf architecture and cuticle characteristics in this paper. The fossil leaves and living *Cinnamomum bejolghota* (Buch-Ham.) Sweet are found sharing resemblance on the leaf shape, leaf vein, vein cell, stomata type and the features of trichomes. So the fossil leaves are identified as *Cinnamomum bejolghota*. Based on cuticle characteristics of fossil leaves and the distribution area and survival environment of living *Cinnamomum bejolghota*, we come to the following conclusions on the paleoclimate and paleoenvironment in eastern Zhejiang, that it was hotter and moister than present, and the distribution area of *Cinnamomum bejolghota* moved southward from Miocene.

Key words: plant fossils; cuticular microstructure; eastern Zhejiang; Miocene; Shengxian Formation; stratigraphy.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(No. 2012CB822003); 国家自然科学基金(No. 41172022); 高等学校博士学科点专项科研基金(No. 20100211110019); 现代古生物学和地层学国家重点实验室(中国科学院南京地质古生物研究所)开放基金(No. 093110)。

作者简介: 何文龙(1982-), 男, 博士研究生, 主要从事古生物学与地层学研究。E-mail: hewl07@lzu.edu.cn

* **通讯作者:** 孙柏年, E-mail: bnsun@lzu.edu.cn

浙江省位于中国东部,属亚热带季风区气候,常年以东南风为主,气候温暖湿润,日照充足,雨水充沛,植物种类繁多,地带性植被为典型的常绿阔叶林.浙江东部新近纪地层保存有大量的被子植物化石(Li, 1984),但化石的研究程度相对较低,且以前对该区的古气候和古环境研究较少(李明涛等, 2008).化石生态组合的比较研究和埋藏学研究提供了有意义的沉积环境变迁的古气候的信息(阴家润等, 1996). Li(1984)根据浙江省宁海县下南山地区中新世植物化石群面貌推测了当地中新世的植被类型、气候条件及古海拔,认为当地中新世时为温暖湿润的气候.陶君容等(2000)对浙江该地区中新世植物化石群运用叶缘分析法,推测出当地中新世时年均温近似值为 12 °C,年较差为 22 °C.李明涛等(2008)根据化石古亮叶桦(*Betulamio lumini fera* Huet et Chaney)的微细构造分析,运用特有种分析法恢复发现浙江东部中新世时春季比现在温暖.贾慧等(2009)根据一种栎属植物化石,运用气孔指数恢复了浙江天台中新世 CO₂ 浓度,推测中新世中国南方比现在温暖.

近年来,笔者在浙江东部进行了数次地质考察,从天台中新统嵊县组采集了大量植物化石标本,并通过室内实验,获得了部分化石角质层的微细构造.分析化石植物角质层的微细构造,不仅能为古植物分类提供重要依据,还能为揭示古生态和古环境提供佐证(Sun *et al.*, 2003; 肖良等, 2006).本文经过叶形态和表皮构造的详细分析,鉴定了一种樟科化石钝叶桂(相似种)*Cinnamomum cf. bejolghota*,并对其叶宏观形态和表皮特征进行了详细描述.根据其角质层微细构造特征,以及现生钝叶桂的生存环境,推测了浙江东部中新世的古环境.

1 剖面概况

化石采自嵊县组(图 1).以往研究者多称本套地层为“下南山组”(Li, 1984; Liu *et al.*, 1996; 陶君容等, 2000; 李明涛等, 2008; 贾慧等, 2009).本套地层以玄武岩与沉积岩互层为特征,分布于浙江嵊县、新昌、上虞、天台、宁海等地区(俞国华等, 1996).孟宪民 1930 年认为覆盖于流纹岩、凝灰岩之上,分布在嵊县、新昌之间的玄武岩为“嵊县玄武岩”,时代为新近纪;汤文权等 1965 年称之为“嵊县组”(俞国华等, 1996).《华东地区区域地层表浙江省分册》沿用了“嵊县组”这一名称(浙江省区域地层表编写

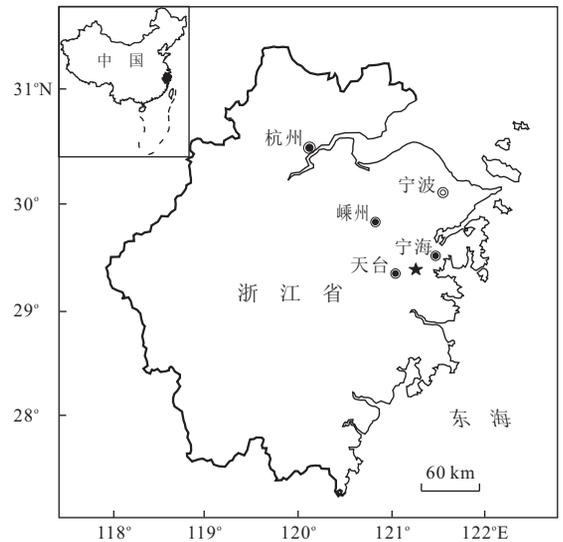


图 1 化石采集位置

Fig. 1 Locality of fossils in Zhengjiang Province, China

★表示化石采集点

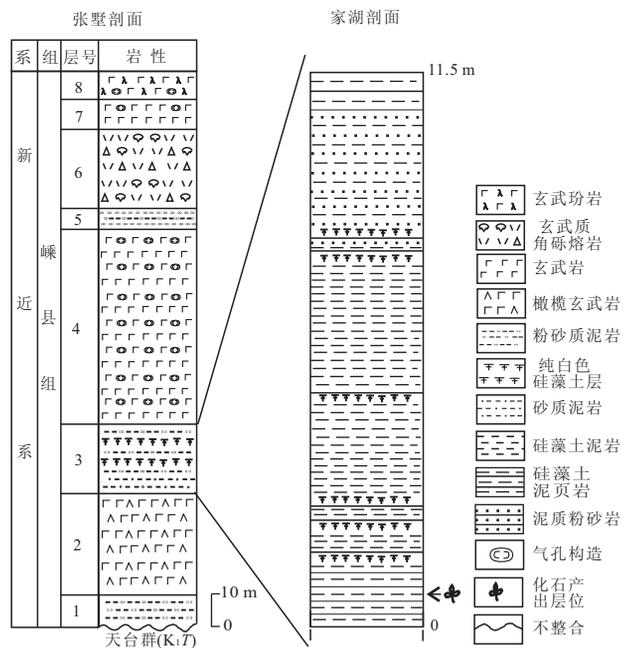


图 2 张墅剖面与家湖剖面地层对比

Fig. 2 The stratigraphic comparison of Zhangshu Section and Jiahu Section

组, 1979). Li(1984)根据宁海下南山和余姚县青蜓岗等地植物面貌差异,创建了“下南山组”和“青蜓岗组”,时代分属中新世和上新世;《浙江省区域地质志》根据浙江省区域地质调查大队地质调查的结果,新建了铜祝岭组和道士桥组,并合称为嵊县群(浙江省地质矿产局, 1989).《浙江省岩石地层》将此套玄武岩夹沉积层的地层统称为嵊县组,并根据古生物

群特点,确定其地质时限为中新世(俞国华等,1996).本文采用《浙江省岩石地层》的划分方案,将该书描述的嵊县张墅剖面与天台县家湖剖面进行了对比(图2).

化石的采集剖面位于浙江天台县东北30 km处(29°09'N,121°14'E,图1).该区的河湖相沉积夹层保存了丰富的植物化石.本文所研究的化石材料采集点家湖剖面出露11.5 m,主要为硅藻土泥岩、硅藻土泥页岩、泥质粉砂岩及硅藻土夹层.当前标本来自该剖面底部(图2),为灰白色硅藻土泥页岩层,夹薄层的硅藻土层.

2 材料与方法

实验方法参照叶美娜(1981).用镊子或刀片将角质层从化石表面取下,放入蒸馏水中浸泡约30 min,再放入浓度为10%的稀盐酸中,浸泡约2 h,吸出溶液,用蒸馏水清洗至中性后放入浓度为65%的硝酸中,浸泡12 h左右(或者更长时间);当颜色变为棕色或淡黄色时吸出溶液,用蒸馏水清洗至中性,加入浓度为10%的氨水浸泡10 min左右,待角质层上、下表皮分离,再清洗至中性.部分样品经酒精脱水后固定在样品台上,喷金后在JEOL JSM-6380LV扫描电子显微镜下拍照.另外部分样品放入番红溶液中染色10 min,然后用甘油制片,指甲油封片,编号.最后在Leica DM4000B生物显微镜下观察并拍照.

现生钝叶桂 *Cinnamomum bejolghota* 标本来自海南省东方市广坝区七差乡七差岭.取一小块现生叶片放入盛有蒸馏水的烧杯中,在65℃下水浴加热约2 h后倒出蒸馏水,加30%双氧水和99%冰醋酸1:1的混合液,在65℃下水浴加热约3 h,待叶片变白并出现气泡时取出,放入蒸馏水中,用镊子、解剖针、小毛刷剥离上、下表皮,在番红溶液中染色10 min,然后用甘油制片,指甲油封片,编号.最后在Leica DM4000B生物显微镜下进行观察和拍照.

3 标本描述

3.1 化石标本描述及微细构造

樟科 Lauraceae Berry, 1912

樟属 *Cinnamomum* Trew, 1760

钝叶桂(相似种) *Cinnamomum cf. bejolgho-*

ta(Buch-Ham.) Sweet, 1827

(樟科是被子植物中一个较大的科,樟属下面又分为两个组,当前种归属于樟科樟属肉桂组,按照《中国植物志》分类系统,种名译为钝叶桂(相似种))

术语:叶片形态描述参考孙启高等(1997),角质层微细构造描述参考王宇飞和陶君容(1991).

描述:叶椭圆形,长9~11 cm,宽3~4 cm;叶最宽处近中部;顶端急尖或渐尖;叶基渐狭,两边对称;叶柄JHU-1-838未保存,JHU-141保存约5 mm;全缘.具离基三出脉,侧脉与中脉交点距叶基0.8 cm,交角为25°~30°;中脉明显且直,由基部向顶端逐渐变细;侧脉略细,弧曲,大致伸向叶端;横脉及细脉细弱.叶革质(图3;图4a~4b,4d~4f).

上表皮无气孔器;表皮细胞在镜下不清楚,大致为不规则形;垂周壁不清晰,局部可见弯曲状;脉络细胞为长条形或线形,主脉由多列细胞组成,细脉由2~3列细胞组成;表皮上,主要是叶脉上可见单细胞毛基;细胞表面纹饰表现为局部变薄(图5a,6c,6f).下表皮细胞形状在镜下不清楚,大致为不规则形;垂周壁不清晰,可见局部弯曲呈波形;脉络细胞大致呈长条形,由2~4列细胞组成;表皮上主要是叶脉上可见单细胞毛基;有气孔器,长约22 μm,宽约15 μm;取向无规则;气孔器为平列类型,保卫细胞半月形;气孔器排列无规则(图4g,5f,6a~6b).

产地及层位:浙江天台,中新统嵊县组.

标本号:JHU-1-838A,JHU-1-838B,JHU-141.

3.2 现生钝叶桂的形态及微细结构

樟科 Lauraceae berry, 1912

樟属 *Cinnamomum* Trew, 1760

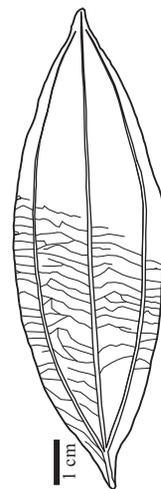


图3 化石 *Cinnamomum cf. bejolghota* 素描(据JHU-1-838)
Fig. 3 Line drawing showing fossil *Cinnamomum cf. bejolghota*

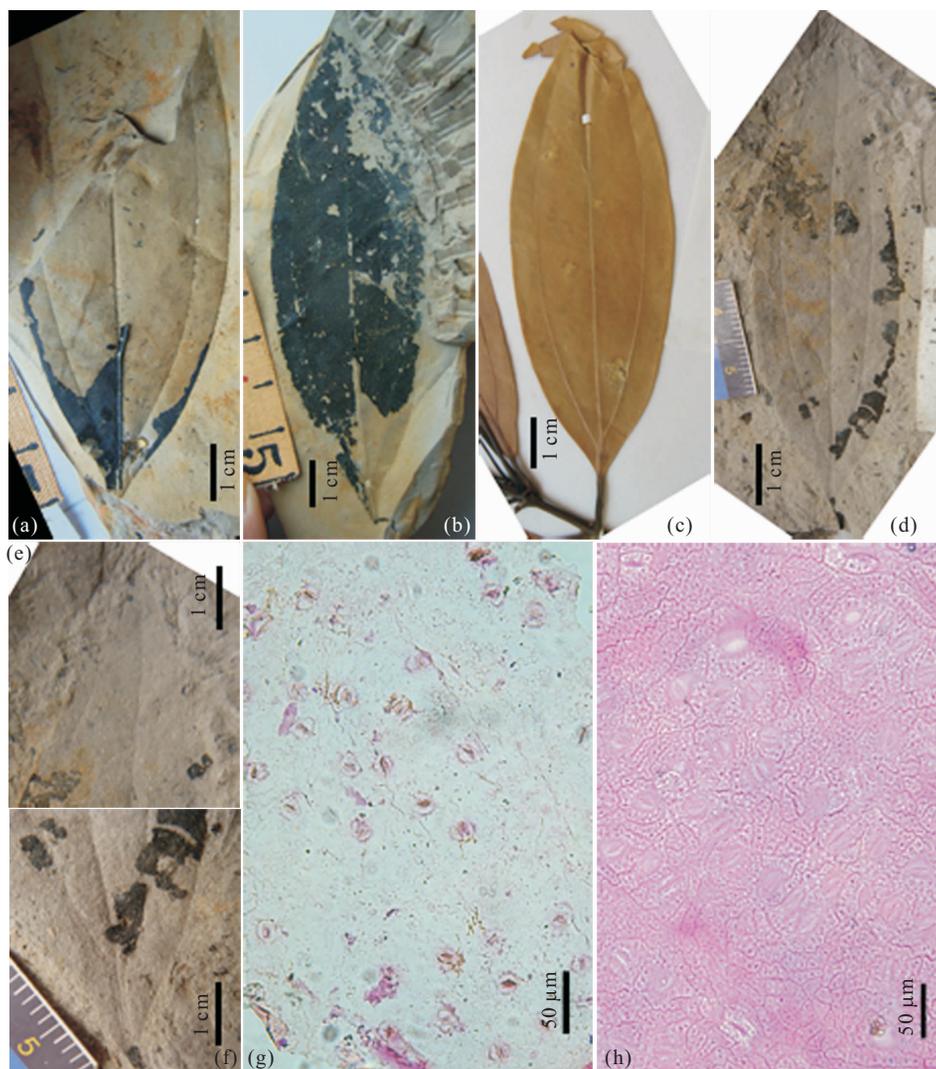


图 4 化石 *Cinnamomum cf. bejolghota* 和现生 *Cinnamomum bejolghota* 叶形及光学显微镜下的表皮特征

Fig. 4 The leaf shape and cuticular features (under light microscope) of fossil *Cinnamomum cf. bejolghota* and living *Cinnamomum bejolghota*

a. JHU-1-838 正面; b. JHU-1-838 负面; c. 现生标本; d. JHU-141 正面; e. JHU-141 叶尖; f. JHU-141 叶基; g. 化石下表皮; h. 钝叶桂下表皮; 文中所用化石标本及薄片均保存于兰州大学资源环境学院古生物与地层学研究所

钝叶桂 *Cinnamomum bejolghota* (Buch-Ham.) Sweet, 1827

描述: 叶椭圆形, 长约 14 cm, 宽约 5 cm; 叶最宽处近中部; 顶端渐尖; 基部楔形, 两边对称; 全缘。具离基三出脉, 侧脉自叶基 0.8 cm 处生出, 斜伸, 与中脉直贯叶端; 横脉及细脉不明显, 大致呈网状。叶柄粗壮, 长 1.2 cm, 腹凹背凸。未见表皮毛, 叶革质(图 4c)。

上表皮无气孔器; 表皮细胞为不规则形, 长约 22 μm , 宽约 12 μm ; 垂周壁极度弯曲, 相邻细胞垂周壁弯曲交错相连(图 5b); 可见少数单细胞毛基。下表皮细胞为不规则形, 长约 25 μm , 宽约 12 μm ; 垂周壁弯曲; 可见细脉脉管细胞, 长矩形或不规则形, 长约 55 μm , 宽约 12 μm ; 脉路由 3~4 列细胞组成; 可

见少数单细胞毛基(图 5g)。有气孔器, 长约 17 μm , 宽约 13 μm ; 取向不规则; 气孔器类型短平列型, 保卫细胞半月形; 少数气孔器的副卫细胞包裹着保卫细胞, 气孔器排列无规则(图 4h, 5e)。

标本采集地: 海南省东方市广坝区七差乡七差岭(19°08'N, 109°07'E, 经纬度坐标从“Google earth software”上读得; 标本取自中国科学院昆明植物研究所)。

4 对比与鉴定

传统方法是根据宏观形态特征来鉴定古植物种

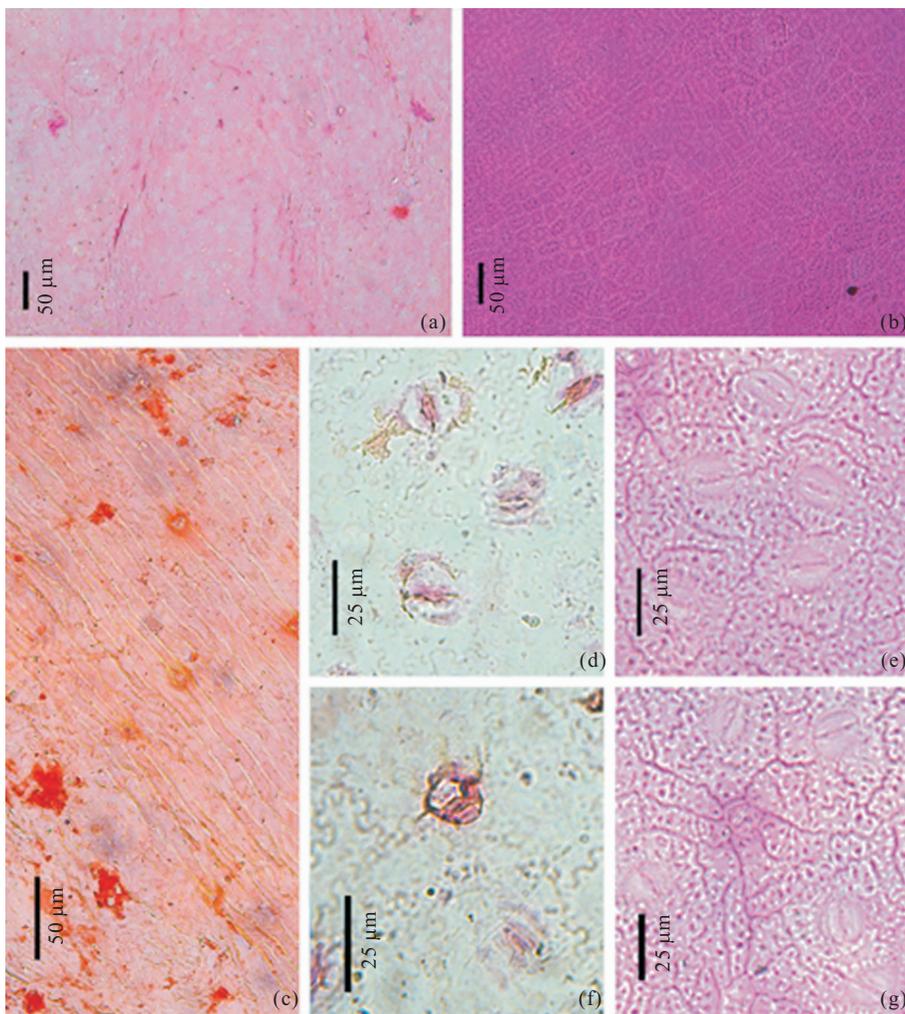


图5 化石 *Cinnamomum* cf. *bejolghota* 和现生 *Cinnamomum bejolghota* 光学显微镜下的表皮特征

Fig. 5 The cuticular features of fossil *Cinnamomum* cf. *bejolghota* and living *Cinnamomum bejolghota* under light microscope

a. 化石上表皮; b. 钝叶桂上表皮; c. 化石叶脉及毛基; d. 化石气孔器; e. 钝叶桂气孔器; f. 化石毛基; g. 钝叶桂毛基

属(冷琴, 2000), 主要是基于叶脉、叶基、叶尖等稳定性特征。化石标本的叶基、叶尖均保存比较完整, 叶脉比较清晰, 可见明显离基三出脉, 叶基渐狭, 叶尖急尖或渐尖。通过初步鉴定应为樟科樟属肉桂组植物。我国现生的肉桂组共 29 种, 其形态特征见表 1 (中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982)。由表 1 可以看到, 樟科樟属肉桂组中具有离基三出脉、叶基渐狭、叶尖急尖或渐尖特征的植物有: *C. bejolghota*, *C. wilsonii*, *C. mairei*。其中 *C. wilsonii* 为卵圆形或卵圆状长圆形, *C. mairei* 为披针形, 只有 *C. bejolghota* 为椭圆状长圆形, 和化石相近, 故将当前标本初步鉴定为钝叶桂(相似种) *Cinnamomum* cf. *bejolghota*。

当前标本与现生钝叶桂 *Cinnamomum bejolghota* 相比, 大小相近, 在叶形、基部和顶端的形态等方面十分相似, 特别是两者叶脉特征非常相像, 都具

有明显的离基三出脉。现生钝叶桂侧脉自叶基 0.5~1.5 cm 处生出, 主脉和侧脉直贯叶端; 横脉及细脉不明显, 呈网状。化石钝叶桂侧脉自叶基 0.8 cm 处生出, 主脉伸至叶端, 侧脉上端不清晰, 大致伸至叶端; 其中一块标本下部可见横脉及细脉, 呈网状(表 2)。与已报道的山东沾化始新统沙河街组的樟(未定种) *Cinnamomum* sp. (地质矿产部南京地质矿产研究所, 1982) 的叶形态有些相似, 叶基都为楔形, 都具有离基三出脉; 而且樟(未定种)基侧脉与中脉交点距叶基 0.6 cm, 交角为 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 侧脉细弱; 化石钝叶桂基侧脉与中脉交点距叶基 0.8 cm, 交角也为 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 二级脉细弱; 区别是樟(未定种)的外脉结成脉环而化石钝叶桂外脉未环结(图 3, 表 2)。通过宏观形态对比, 鉴定此化石为钝叶桂(相似种) *Cinnamomum* cf. *bejolghota*。

在微细构造方面, Christopel *et al.* (1996) 通

表 1 中国樟科樟属肉桂组形态特征

Table 1 The morphological characteristics of *Cinnamomum* section *Cinnamomum* (Lauraceae) in China

种名	叶形	长(cm)	宽(cm)	叶脉	叶基	叶尖
<i>C. reticulatum</i>	倒卵形	4~6	2~3	三出脉或离基三出脉	渐狭	钝或圆形
<i>C. pauciflorum</i>	卵圆形或卵圆状披针形	(3.5)6.5~10.5	(1.2)2.5~5	三出脉或离基三出脉	宽楔形至圆形	短渐尖
<i>C. jensenianum</i>	披针形或长圆状披针形	5~10(20)	1.5~3(6)	离基三出脉	宽楔形至近圆形	尾状渐尖
<i>C. japonicum</i>	卵圆状长圆形、披针形	7~10	3~3.5	离基三出脉	宽楔形或钝形	锐尖至急尖
<i>C. osmophloeum</i>	卵圆状长圆形、披针形	8~12	2.5(3.5)~5(5.5)	近离基三出脉	钝至近圆形	锐尖至渐尖
<i>C. rigidissimum</i>	卵圆形、阔卵形或椭圆形	(3.5)4~7(8)	(2.2)2.5~4(6)	离基三出脉	宽楔形、钝至近圆形	钝或急尖
<i>C. validinerve</i>	椭圆形	4~9.5	2~3.5	离基三出脉	楔形	短钝尖头
<i>C. liangii</i>	椭圆状披针形	5.5~11	1.6~4(5)	离基三出脉	锐尖或近圆形	渐尖
<i>C. tonkinense</i>	卵状长圆形、披针形	(6)8~12(17)	(2.5)3~5(5.5)	离基三出脉	宽楔形至近圆形	短渐尖或钝形
<i>C. tsoi</i>	椭圆状披针形	7~11	1.5~3.5	离基三出脉	楔形	渐尖
<i>C. burmannii</i>	卵圆形、长圆形、披针形	5.5~10.5	2~5	离基三出脉	宽楔形	短渐尖
<i>C. bejolghota</i>	椭圆状长圆形	12~30	4~9	三出脉或离基三出脉	近圆形或渐狭	急尖或渐尖
<i>C. kotoens</i>	卵圆形至长圆状卵圆形	8~11(14)	4~5.5(9)	离基三出脉	圆形	锐尖
<i>C. zeylanicum</i>	卵圆形或卵状披针形	11~16	4.5~5.5	离基三出脉	锐尖	渐尖
<i>C. pingbienense</i>	长圆形或长圆状卵圆形	12.5~24	4.5~8.5	离基三出脉	宽楔形	锐尖
<i>C. tamala</i>	卵圆形、长圆形或披针形	7.5~15	(2.5)3~5.5	离基三出脉	锐尖或宽楔形	渐尖
<i>C. pittosporoides</i>	椭圆形或披针状椭圆形	9~13(16)	3~5(7.5)	羽状脉	楔形	渐尖
<i>C. kwangtungense</i>	椭圆形至长圆形披针形	7~9	2.5~4	三出脉或不明显 离基三出脉	宽楔形至近圆形	明显渐尖
<i>C. wilsonii</i>	卵圆形或卵圆状长圆形	8.5~18	3.2~5.3	离基三出脉	渐狭下延至叶柄	渐尖,尖头钝
<i>C. contractum</i>	卵形至宽卵形	9~14	3.5~7.5	离基三出脉	宽楔形至近圆形	渐尖,尖头钝
<i>C. iners</i>	卵圆形或椭圆形	12~35	5.5~8.5	三出脉或离基三出脉	宽楔形至近圆形	钝或微凹
<i>C. austro-yunnanensei</i>	长圆形或披针长圆形	7~17(22)	2~4.5(6)	三出脉或离基三出脉	近圆形	钝或锐尖
<i>C. tsangii</i>	披针形或长圆状披针形	5~10	1.5~2.5	离基三出脉	宽楔形	镰状渐尖
<i>C. mairei</i>	披针形	6~11	2.5~4	离基三出脉	渐狭至近圆形	渐尖,尖头钝
<i>C. javanicum</i>	椭圆形或椭圆状卵形	11~22	5~6.5	近离基三出脉	近圆形	尾尖
<i>C. appelianum</i>	椭圆形、椭圆状披针形至卵形或卵状椭圆形	4.5~11.5	1.5~4	离基三出脉	楔形至近圆形	骤然短渐尖
<i>C. cassia</i>	长椭圆形至近披针形	8~16(34)	4~5.5(9.5)	离基三出脉	急尖	稍急尖
<i>C. austro-sinense</i>	椭圆形	6.5~8.5(12)	3~4(5)	三出脉或近离基三出脉	钝	急尖
<i>C. subavenium</i>	椭圆形、卵状椭圆形至披针形	4~13.5	2~6	三出脉或近离基三出脉	楔形至圆形	渐尖或短尖

注:据中国植物志第 31 卷,1982.

表 2 钝叶桂(相似种)、现生钝叶桂、化石樟(未定种)形态比较

Table 2 Comparison of leaf configurations among of *Cinnamomum* cf. *bejolghota*, living *Cinnamomum bejolghota* and *Cinnamomum* sp.

类型	叶形	叶脉	叶缘	叶质	资料来源
钝叶桂(相似种) <i>C. cf. bejolghota</i>	叶状椭圆形,长 9~11 cm,宽 3~4 cm;叶基渐狭,顶端渐尖	具离基三出脉,侧脉与中脉交点距叶基 0.8 cm,交角为 25°~30°;中脉明显且直,逐渐变细;侧脉略细,弧曲,大致伸向叶端;横脉及细脉细弱,呈网状	全缘	革质	本文
现生钝叶桂 Living <i>C. bejolghota</i>	椭圆状长圆形,长 12~30 cm,宽 4~9 cm;先端钝、急尖或渐尖,基部近圆形或渐狭	三出脉或离基三出脉,侧脉自叶基 0.5~1.5 cm 处生出,斜伸,与中脉直贯叶端,横脉及细脉在上面不明显,下面稍明显,呈网状	全缘	硬革质	中国科学院中国植物志编辑委员会,1982
化石樟(未定种) <i>Cinnamomum</i> sp.	叶为披针形,可见长度 7.7 cm,宽 3.3 cm,顶部未保存;基部楔形	离基三出脉,侧脉与中脉交点距叶基 0.6 cm,交角为 25°~30°;侧脉细弱,在叶的近基部可见。外脉环结成脉环	全缘	革质	地质矿产部南京地质矿产研究所,1982

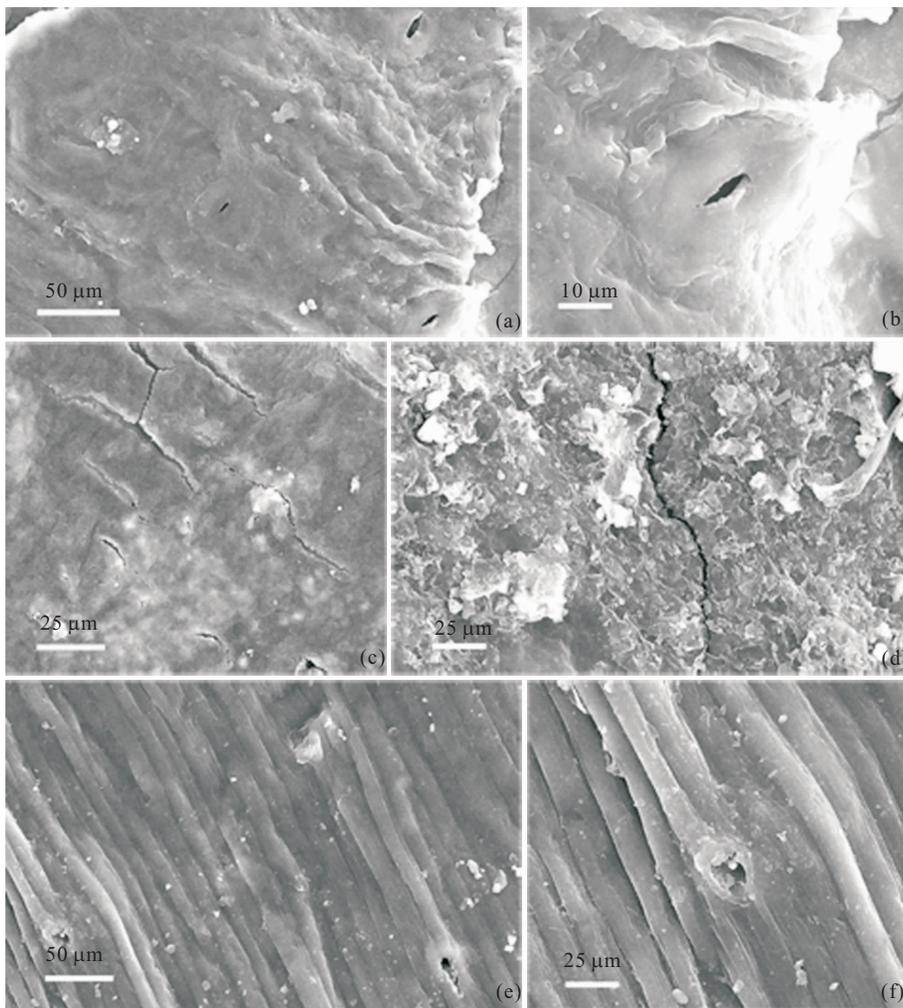


图6 化石 *Cinnamomum* cf. *bejolghota* 扫描电镜下的表皮特征

Fig. 6 Cuticular features of fossil *Cinnamomum* cf. *bejolghota* under scanning electron microscope

a. 下表皮; b. 气孔器; c. 上表皮内观面; d. 上表皮外观面; e. 叶脉及毛基; f. 毛基

过对现生樟科 11 个属 70 多个种的叶角质层特征进行了观察和研究,其中包括樟科樟属的 *C. baileyanum* (F. Muell. ex Bailey) Francis, *C. laubataii* F. Muell., *C. oliveri* Bailey, *C. Propinquum* Bailey, *C. sellovianum* Bailey, *C. virens* R. Baker. 研究认为三类叶角质层特征对樟科植物类群的划分具有帮助:一是普通表皮细胞壁性状;二是气孔器特征;三是特殊细胞如毛状体、毛基细胞和水孔所具有的特征 (Christophel *et al.*, 1996; 李捷和李锡文, 2004). 吴靖宇等 (2008) 指出樟科润楠属具有典型的短平列型气孔器、副卫细胞翅状延长等特征. 通过对当前化石材料表皮微细结构的观察,发现气孔器类型属于平列型类;同时在表皮,主要是叶脉上观察到了少数单细胞毛基,符合《中国植物志》中对钝叶桂“两面极无毛”的描述 (中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982). 与现生钝叶桂表皮微细构造对比,发现细胞

形状,垂周壁特征、脉络细胞特征相近. 尤其是气孔器类型、毛基特征很相似.

在被子植物化石研究中,角质层的研究一直是古植物学家用以鉴定种属的重要证据 (刘裕生, 1990). 以往只根据形态特征来鉴定古植物种属有很多不足之处. 近年来随着角质层分析方法在分类学上的应用,表皮细胞的微细构造为鉴定古植物提供了极大的帮助. 此次通过实验观察到了化石的表皮构造,为宏观鉴定提供了佐证.

鉴定过程中查看数字标本馆钝叶桂 *Cinnamomum bejolghota* 的照片时发现,有些标本还采用了另外一个拉丁名 *Cinnamomum obtusifolium*, 查阅《中国植物志》得知钝叶桂的另一个别名叫钝叶樟,而且在《海南植物志》中钝叶樟的拉丁文学名为 *Cinnamomum obtusifolium* (广东省植物研究所, 1974). 经查证 *Cinnamomum bejolghota* 由 Buch-

Ham. 命名, Sweet 于 1827 年修订; *Cinnamomum obtusifolium* 由 Roxb. 提出, Nees 于 1831 年修订, 均指钝叶桂。

5 古环境分析

Kerp(1990)通过对裸子植物的表皮分析,认为角质层构造特征可以推测植物生长时期的气候条件和生态环境。载有气孔器的化石植物角质层,包含植物与其生活环境之间关系的重要信息。角质层分析的新进展可使许多植物化石成为极有价值的重要的古大气环境数据(Retallack, 2001; Kerp, 2002; 孙柏年等, 2009)。通常情况下当角质层较厚,表皮细胞壁显著呈波状,气孔器下陷较深,表皮毛基较多时,为日照充足、温度较高、水分蒸发量较大的干旱环境;角质层较薄,气孔器下陷浅,表皮毛基较少时,为气候温和的湿润环境(Kerp, 1990; 孙柏年等, 2003)。在镜下观察钝叶桂(相似种)的角质层微细构造,发现表皮较薄,气孔器未见下陷,偶见毛基。根据角质层特征可以推测:浙江东部地区中新世为温暖湿润的环境。

樟科是一个较大的木本植物类群(除草本寄生无根藤属 *Cassytha* 外),约包含 50 属, 2500~3000 种。此类群植物是被子植物中的基部类群之一,有化石记录可追溯至白垩纪中期(Drinnan *et al.*, 1990; Eklund and Kvaček, 1998)。它们广泛分布于世界热带至亚热带地区,目前其多样性中心位于亚太地区和热带美洲地区以及马达加斯加,非洲中部只有少数种类(李捷和李锡文, 2004)。现生钝叶桂主要分布于热带和亚热带地区温暖湿润的环境,如海南、云南南部、广东南部;缅甸、锡金、印度、孟加拉、老挝、越南等地(中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982)。可以发现现生钝叶桂分布的区域比化石产地偏南,气候条件更为炎热多雨。结合角质层微细构造分析,可以推断浙江东部新近纪中新世时的气候比现在炎热多雨。这和新近纪气候温暖、气温高于现代地球气温(金建华等, 2003)的观点一致。南海北部粘土指标变化显示,东亚冬季风强度和冬季风相对夏季风的强度在 15 Ma、8 Ma 和 3 Ma 左右发生了 3 次显著加强(万世明等, 2008),也说明中新世至今气候变冷的趋势。当前标本采自浙江东部中新统地层,比现生钝叶桂的分布范围偏北,说明钝叶桂自中新世以来有南迁的趋势。

致谢:朱胜睿参与了化石采集工作,在此表示感谢。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province, 1989. Regional Geology Records of Zhejiang Province. Geological Publishing House, Beijing, 189—204, 572—573 (in Chinese).
- Christophel, D. C., Kerrigan, R., Rowett, A. I., 1996. The Use of Cuticular Features in the Taxonomy of the Lauraceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83(3): 419—432.
- Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita, 1982. Flora Reipublicae Popularis Sinicae, Tomus 31. Science Press, Beijing, 166—229 (in Chinese).
- Drinnan, A. N., Crane, P. R., Friis, E. M., et al., 1990. Lauraceous Flowers from the Potomac Group (Mid-Cretaceous) of Eastern North America. *Botanical Gazette*, 151(3): 370—384.
- Eklund, H., Kvaček, J., 1998. Lauraceous Inflorescences and Flowers from the Cenomanian of Bohemia (Czech Republic, Central Europe). *International Journal of Plant Sciences*, 159(4): 668—686. doi: 10.1086/297585
- Jia, H., Sun, B. N., Li, X. C., et al., 2009. Microstructures of One Species of *Quercus* from the Neogene in Eastern Zhejiang and Its Palaeoenvironmental Indication. *Earth Science Frontier*, 16(5): 79—90 (in Chinese with English abstract).
- Jin, J. H., Liao, W. B., Wang, B. S., et al., 2003. Global Change in Cenozoic and Evolution of Flora in China. *Guihaia*, 23(3): 217—225 (in Chinese with English abstract).
- Kerp, H., 1990. The Study of Fossil Gymnosperms by Means of Cuticular Analysis. *Palaios*, 5(6): 548—569. doi:10.2307/3514861
- Kerp, H., 2002. Atmospheric CO₂ from Fossil Plant Cuticles. *Nature*, 415(6867): 38. doi:10.1038/415038a
- Leng, Q., 2000. An Effective Method of Observing Fine Venation from Compressed Angiosperm Fossil Leaves. *Acta Palaeontologica Sinica*, 39(1): 157—158 (in Chinese with English abstract).
- Li, H. M., 1984. Eocene Floras from East Zhengjiang, China. In: Whyte, R. O., ed., *The Evolution of East Asian Environment. Vol II, Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, Central of Studies; The University of Hong Kong, Hong Kong, 461—466.
- Li, J., Li, X. W., 2004. Advances in Lauraceae Systematic Research on the World Scale. *Acta Botanica Yunnanica*, 26(1): 1—11 (in Chinese with English abstract).

- Li, M. T., Sun, B. N., Xiao, L., et al., 2008. Discovery of *Betula mioluminifera* Hu et Chaney from the Miocene in Eastern Zhejiang and Reconstruction of Palaeoclimate. *Advances in Earth Science*, 23(6): 651—658 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Y. S., 1990. Cuticular Studies on Two Pleistocene Species of Lauraceae in Baise Basin, Guangxi. *Acta Botanica Sinica*, 32(10): 805—808 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Y. S., Guo, S. X., Ferguson, D. K., 1996. Catalogue of Cenozoic Megafossil Plants in China. *Palaeontographica Abt*, 238: 141—179.
- Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, 1982. Paleontological Atlas of East China Part 3. Volume of Mesozoic and Cenozoic. Geological Publishing Press, Beijing, 303—304 (in Chinese).
- Retallack, G. J., 2001. A 300-Million-Year Record of Atmospheric Carbon Dioxide from Fossil Plant Cuticles. *Nature*, 411(6835): 287—290. doi:10.1038/35077041
- South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 1974. Flora Hainanica, Tome 1. Science Press, Beijing, 263—264 (in Chinese).
- Sun, B. N., Cong, P. Y., Yan, D. F., et al., 2003. Cuticular Structure of Two Angiosperm Fossils in Neogene from Tengchong, Yunnan Province and Its Palaeoenvironmental Significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 42(2): 216—222 (in Chinese with English abstract).
- Sun, B. N., Dilcher, D. L., Beerling, D. J., et al., 2003. Variation in Ginkgo Biloba L. Leaf Characters across a Climatic Gradient in China. *Proceeding of National Academy of Science of the United States of America*, 100(12): 7141—7146. doi:10.1073/pnas.1232419100
- Sun, B. N., Yan, D. F., Xie, S. P., et al., 2009. General Discussion on Cuticles of Fossil Plant in China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 48(3): 347—356 (in Chinese with English abstract).
- Sun, Q. G., Song, S. Y., Wang, Y. F., et al., 1997. Introduction to Terminology of Classification of Dicotyledonous Leaf Architecture. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 35(3): 275—288 (in Chinese with English abstract).
- Tao, J. R., Zhou, Z. K., Liu, Y. S., 2000. The Evolution of Late Cretaceous-Cenozoic Floras in China. Science Press, Beijing, 73—76, 118—126 (in Chinese).
- The Writing Group of Stratigraphic Table of Zhejiang Province, 1979. Stratigraphic Table of East China, Fascicule of Zhejiang Province. Geological Publishing House, Beijing, 144—146 (in Chinese).
- Wan, S. M., Li, A. C., Xu, K. H., et al., 2008. Characteristics of Clay Minerals in the Northern South China Sea and Its Implications for Evolution of East Asian Monsoon since Miocene. *Earth Science—Journal of China University of Geoscience*, 33(3): 289—300 (in Chinese with an English abstract).
- Wang, Y. F., Tao, J. R., 1991. An Introduction to a New System of Terminology for Plant Cuticular Analysis. *Chinese Bulletin of Botany*, 8(4): 6—13 (in Chinese with English abstract).
- Wu, J. Y., Sun, B. N., Xie, S. P., et al., 2008. Two Neogene Machilus (Lauraceae) Fossils Leaves from Tengchong, Yunnan Province and Its Paleoenvironmental Significance. *Geological Journal of China Universities*, 14(1): 90—98 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, L., Sun, B. N., Yan, D. F., et al., 2006. Cuticular Structure of Quercus Pannosa Hand-Mazz. From the Pliocene in Baoshan, Yunnan Province and Its Palaeoenvironmental Significance. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 23(1): 23—30 (in Chinese with English abstract).
- Ye, M. N., 1981. On the Preparation Methods of Fossil Cuticle. In: Palaeontological Society of China, ed., 12th Annual Conference of the Palaeontological Society of China Selected Papers. Science Press, Beijing, 170—181 (in Chinese).
- Yin, J. R., Cui, Z. J., Ge, D. K., et al., 1996. Paleocological Analysis of Quaternary Fossil Assemblages from Kunlun Pass Area, and Geological Significance for Kunlun Mountains Rising. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 21(3): 241—248 (in Chinese with an English abstract).
- Yu, G. H., Fang, B. X., Ma, W. P., et al., 1996. Stratigraphy (Litostratic) of Zhejiang Province. China University of Geosciences Press, Wuhan, 178—180 (in Chinese).

附中文参考文献

- 地质矿产部南京地质矿产研究所, 1982. 华东地区古生物图册(三)中、新生代分册. 北京: 地质出版社, 303—304.
- 广东省植物研究所, 1974. 海南植物志(第1卷). 科学出版社, 263—264.
- 贾慧, 孙柏年, 李向传, 等, 2009. 浙东新近纪一种栎属植物化石微细特征及其古环境指示. 地学前缘, 16(5): 79—90.
- 金建华, 廖文波, 王伯荪, 等, 2003. 新生代全球变化与中国古植物区系的演变. 广西植物, 23(3): 217—225.
- 冷琴, 2000. 一种观察被子植物压膜化石细微叶结构特征的有效方法. 古生物学报, 39(1): 157—158.
- 李捷, 李锡文, 2004. 世界樟科植物系统学研究进展. 云南植

- 物研究, 26(1): 1—11.
- 李明涛, 孙柏年, 肖良, 等, 2008. 浙东中新世 *Betula mioluminifera* Hu et Chaney 的发现及古气候重建. 地球科学进展, 23(6): 651—658.
- 刘裕生, 1990. 广西百色盆地更新世樟科两种植物角质层研究. 植物学报, 32(10): 805—808.
- 孙柏年, 丛培允, 闫德飞, 等, 2003. 云南腾冲新近纪两种被子植物化石的角质层构造及其古环境意义. 古生物学报, 42(2): 216—222.
- 孙柏年, 闫德飞, 谢三平, 等, 2009. 中国植物化石角质层研究综述. 古生物学报, 48(30): 347—356.
- 孙启高, 宋书银, 王宇飞, 等, 1997. 介绍双子叶植物叶结构分类术语. 植物分类学报, 35(3): 275—288.
- 陶君容, 周浙昆, 刘裕生, 2000. 中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变. 北京: 科学出版社, 73—76, 118—126.
- 万世明, 李安春, 胥可辉, 等, 2008. 南海北部中新世以来粘土矿物特征及东亚古季风记录. 地球科学——中国地质大学学报, 33(3): 289—300.
- 王宇飞, 陶君容, 1991. 植物角质层分析术语新体系. 植物学通报, 8(4): 6—13.
- 吴靖宇, 孙柏年, 解三平, 等, 2008. 云南腾冲新近纪樟科润楠属两种化石及其古环境意义. 高校地质学报, 14(1): 90—98.
- 肖良, 孙柏年, 闫德飞, 等, 2006. 云南保山上新统黄背栎 *Quercus pannosa* Hand. -Mazz. 角质层特征及古环境意义. 微体古生物学报, 23(1): 23—30.
- 叶美娜, 1981. 关于化石角质层的研究和技术处理方法. 见: 中国古生物协会编, 中国古生物学会十二届学术年会论文集. 北京: 科学出版社, 170—181.
- 阴家润, 崔之久, 葛道凯, 等, 1996. 昆仑山口第四纪化石组合的生态环境分析及其对昆仑山隆升的意义. 地球科学——中国地质大学学报, 21(3): 241—248.
- 俞国华, 方炳兴, 马武平, 等, 1996. 浙江省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 178—180.
- 浙江省地质矿产局, 1989. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社, 189—204, 572—573.
- 浙江省区域地层表编写组, 1979. 华东地区区域地层表浙江省分册. 北京: 地质出版社, 144—146.
- 中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982. 中国植物志, 第三十一卷. 北京: 科学出版社, 166—229.