

文章编号: 1001-1498(2009)03-0413-05

# 樟科 10属 14种木材解剖学特征的比较研究

高振忠<sup>1</sup>, 孙瑾<sup>1\*</sup>, 吴鸿<sup>2</sup>, 涂登云<sup>1</sup>, 关丽涛<sup>1</sup>, 李秉滔<sup>1</sup>

(1. 华南农业大学林学院, 广东 广州 510642; 2. 华南农业大学生命科学学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**利用光学显微镜和扫描电子显微镜,对樟科 10属 14种木材结构进行观察。结果表明:除檫木外,其它木材的管孔分布均为散孔材,具较高的单孔率;导管分子穿孔板兼有单穿孔和梯状穿孔 2种或者仅具有单穿孔;导管间纹孔式为互列;导管-射线间纹孔式类型丰富,主要为刻痕状和大圆状。木射线有单列和多列射线 2种类型,单列射线稀少、短,多列射线数量多;射线组织主要为异形 和异形 ;轴向薄壁组织以傍管状为主,少数有带状或轮界状。油细胞和粘液细胞普遍存在于射线薄壁细胞或轴向薄壁细胞中。木纤维由韧性纤维和纤维管胞组成,部分树种具分隔纤维。从樟科木材结构特征与系统演化关系看出:樟科木材结构表现为过渡型,即不完全低级,也不完全进化。

**关键词:**樟科;木材结构;系统解剖

中图分类号: S781.1

文献标识码: A

## Comparative Study on Wood Anatomical Structure of 14 Species Belonging to 10 Genera of Lauraceae

GAO Zhen-zhong<sup>1</sup>, SUN Jin<sup>1</sup>, WU Hong<sup>2</sup>, TU Deng-yun<sup>2</sup>, GUAN Li-tao<sup>1</sup>, LI Bing-tao<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. College of Life Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

**Abstract:** The wood anatomy features of 14 species belonging to 10 genera of *Lauraceae* were investigated using light microscope and scanning electron microscope. The wood structures of *Lauraceae* were characterized by most diffuse porous (ring porous in *sassafras*); most pores solitary, less multiple and cluster pores; simple and scalariform perforation with few bars; most solitary pore; alternate intervessel pitting; most of rays multiseriate, less uniseriate; all of rays heterogeneous, mostly heterogeneous III and II type rays; most of axial parenchyma paratracheal type, less banded or marginal type; oil cell and mucilage cell in axial parenchyma cell or ray cell; mostly fiber tracheid and libriform fiber, less septate fiber. Judging from the relationships between wood structure and systematic anatomy, the wood structures laurel family were transition.

**Key words:** Lauraceae; wood structure; systematic anatomy

樟科 (*Lauraceae*)植物全世界约 50属, 2 500~3 000多种,产于热带及亚热带地区,南美和中美物种最多,其次是东南亚,是热带及亚热带植物区系的主要科之一<sup>[1]</sup>。中国约有 24属, 430多种,除了引种栽培的鳄梨属 (*Persea*)和月桂属 (*Laurus*)外,其余

属均为国产<sup>[2]</sup>。樟科植物是我国南方常见的重要经济林木,在林业、轻工、医药上均占有重要地位。樟属 (*Cinnamomum*)和楠属 (*Phoebe*)等木材自古就被认为是优质木材,樟 (*Cinnamomum camphora* P.)、黄樟 (*C. porrectum* K.)等的樟脑和樟油,是轻工和医

收稿日期: 2008-12-28

基金项目: 广东省科学计划项目“南方速生材强化增值利用关键技术攻关(2007B020703001)”

作者简介: 高振忠(1963—),男,黑龙江人,副教授,博士,从事木材科学研究, E-mail: zzgao@scau.edu.cn

\*通讯作者: 孙瑾,副教授, E-mail: sunjin@scau.edu.cn

药的重要原料。樟科植物又是双子叶植物比较原始的植物类群,前人在樟科植物的花粉形态<sup>[3]</sup>、叶的油细胞和粘液细胞分布<sup>[4]</sup>、雌蕊群维管分布格局等方面<sup>[5]</sup>均有研究报道。对木材结构也有研究<sup>[6-9]</sup>,但这些研究材料仅包括部分中国产种类,有许多在中国分布的樟科木材结构仍未研究,尤其对赛楠属(*Nothaphoebe*)、油果樟属(*Syndiclis*)木材结构未见报道。木材作为植物的成熟茎,在结构上具有一定的遗传稳定性。本文应用光学显微镜和电子显微镜

对我国产樟科 10 属 14 种木材结构进行详细观察,试图为樟科植物分类鉴定提供一定依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本研究所用的 10 属 14 种樟科木材标本由华南农业大学、广东林科院、中国林科院和西南林业大学采自广东、广西、福建、海南和云南省区,现存放在华南农业大学木材标本室,详见表 1。

表 1 研究材料及来源

属名	树种名称	标本号及采集地点
鳄梨属	1 鳄梨 ( <i>Persea americana</i> Mill)	0887、5208 (广东), 2693 (海南)
油丹属	2 油丹 ( <i>Aiseodaphne hainanensis</i> Merr)	3888、4082、1279、0207 (海南)
	3 毛叶油丹 ( <i>A. andersonii</i> (King ex Hook f) Kosterm.)	6230、7154 (云南)
赛楠属	4 赛楠 ( <i>Nothaphoebe cavaleriei</i> (Levl) Yang)	5161、1155、4021 (云南)
莲桂属	5 莲桂 ( <i>Dehaasia hainanensis</i> Kosterm.)	6416、4652 (云南)
土楠属	6 土楠 ( <i>Endiandra hainanensis</i> Merr et Metc. ex Allen)	4086、0559、1028 (广东)
油果樟属	7 油果樟 ( <i>Syndiclis chinensis</i> Allen)	0893 (福建), 3177 (广东)
	8 乐东油果樟 ( <i>S. lotungensis</i> S Lee)	4054 (广东), 3155、3184 (广西)
新樟属	9 新樟 ( <i>Neocinnamomum delavayi</i> (Lec.) Liou)	0860、3186 (广东)
	10 滇新樟 ( <i>N. caudatum</i> (Nees) Merr)	0591 (云南)
檫木属	11 檫木 ( <i>Sassafras tsumu</i> (Hemsl) Hemsl)	1503、0978、0655 (广东), 1218 (海南)
黄肉楠属	12 豹皮黄肉楠 ( <i>Actinodaphne pilosa</i> (Lour) Merr)	0593、1321、2503 (广东)
厚壳桂属	13 丛花厚壳桂 ( <i>Cryptocarya densiflora</i> B1)	1282 (广东), 5123、4084 (海南)
	14 黄果厚壳桂 ( <i>C. concinna</i> Hance)	0210、2382 (广东)

### 1.2 实验方法

根据林金星<sup>[10]</sup>的方法,将材料切成约 1.0 cm × 1.0 cm × 1.0 cm 的小块,置于 10% 的乙二胺水溶液中浸泡,并放在 60 温箱内 5 ~ 10 d;取出材料用蒸馏水冲洗干净,通过滑走切片机切取厚度 15 ~ 20 μm 切片,番红溶液染色,加拿大树胶封片。各组成分子的离析用 Schultze 法 (硝酸加氯酸钾)。导管分子长度、直径和木射线的密度均在显微镜下随机测量 30 个,木纤维的长度、直径测量 60 个,求平均值。多列木射线的宽度和高度测量 50 个,取多数分布区域。用于扫描电子显微镜的材料,将木材用单面刀片切成可供观察木材薄片,喷金镀膜,在 PhilipXL - 30E SEM 型扫描电镜下观察并照相。

本文术语采用国际植物木材解剖学家协会制订的木材解剖学名词汇编<sup>[11]</sup>,对各数量特征的描述和计算依据 Carlquist<sup>[12]</sup>的标准,木材射线按 Kribs<sup>[13]</sup>的标准划分。

## 2 观察结果

樟科 10 属 14 种木材主要结构特征见表 2。

### 2.1 生长轮

所观察的 14 种樟科木材生长轮明显,大部分生长轮是由晚材纤维壁变厚形成,鳄梨、赛楠 (图版 - 1)、土楠、莲桂、乐东油果樟、新樟、滇新樟和豹皮黄肉楠生长轮属于这种类型。在该种生长轮类型中鳄梨、油丹、毛叶油丹 (图版 - 2)、赛楠和新樟属生长轮轮廓圆滑或略具波浪状,其余的为轮廓波浪状。油果樟、黄果厚壳桂 (图版 - 16) 和丛花厚壳桂由带状或轮界状轴向薄壁组织形成的生长轮,檫木 (图版 - 15) 生长轮由早晚材的导管直径变化形成的。

### 2.2 导管分子

14 种樟科木材除檫木为环孔材 (图版 - 15) 外,其它均为散孔材 (图版 - 1、2、13、16)。管孔排列形式为径列、斜列或散生。管孔以单管孔和短径列复管孔 (多数 2 ~ 3) 组成,偶见管孔团,单管孔率 50% ~ 70%。

导管分子穿孔板具单穿孔和梯状穿孔两种类型。赛楠、莲桂、土楠、油果樟、乐东油果樟 (图版 - 3)、丛花厚壳桂和黄果厚壳桂仅有单穿孔,其它树种同时具有单穿孔和梯状穿孔,檫木的梯状穿孔仅出

表 2 14 种樟科木材结构特征

树种	导管分子					木纤维		木射线			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
鳄梨	20	96.2 ±30.2	483.2 ±100.2	a, b	4~10	1 421.6 ±210.3	5	2~5	4~40	d, y	
油丹	27	100.1 ±35.6	663.3 ±135.6	a, b	6~10	1 493.1 ±260.9	5	2~3	5~25	k, d	
毛叶油丹	23	106.6 ±29.8	527.9 ±110.3	a, b	6~10	1 113.2 ±156.3	6	2~4	3~25	k, d	
赛楠	32	65.0 ±22.3	556.2 ±99.7	a	—	1 255.7 ±189.6	8	2~3	5~28	s	
莲桂	17	125.5 ±30.9	455.0 ±95.3	a	—	1 131.6 ±166.3	4	2~4	3~15	k	
土楠	8	98.2 ±26.3	385.1 ±103.6	a	—	1 209.8 ±179.6	7	2~5	2~23	k, y	
油果樟	11	109.3 ±25.8	358.6 ±90.6	a	—	1 145.6 ±179.3	8	2	5~15	k	
乐东油果樟	10	110.9 ±31.0	368.5 ±88.3	a	—	1 116.6 ±203.9	7	2~3	5~20	k	
新樟	29	85.7 ±24.3	370.3 ±90.3	a, b	1~5	1 071.5 ±172.1	7	2~4	6~40	k, s	
滇新樟	19	74.2 ±26.4	292.2 ±72.3	a, b	1~5	971.6 ±160.3	8	2~4	6~35	k, s	
檫木	13	69.6 ±26.3	426.6 ±109.2	a, b	1~5	1 044.6 ±184.6	4	2~3	4~30	s	
豹皮黄肉楠	21	90.4 ±22.3	356.6 ±92.5	a, b	2~5	965.3 ±152.1	6	2~3	5~30	s	
丛花厚壳桂	36	90.7 ±29.6	567.6 ±120.9	a	—	1 055.2 ±172.9	6	2~12	5~75	k, d	
黄果厚壳桂	20	95.1 ±28.4	494.1 ±107.6	a	—	1 155.8 ±168.5	7	3~7	9~80	y, d, s	

注: A - 导管分子分布频率 (个·mm<sup>-2</sup>); B - 导管分子平均弦向直径及标准差 (μm); C - 导管分子平均长度及标准差 (μm); D - 穿孔板类型, a = 单穿孔、b = 梯状穿孔; E - 梯状穿孔板横隔数; F - 纤维长度及标准差 (μm); G - 射线密度 (条·mm<sup>-1</sup>); H - 多列射线宽度 (细胞数); I - 多列射线高度 (细胞数); J - 导管 - 射线间纹孔类型 刻痕状 = k, 大圆状 = d, 圆肾状 = y, 似管间纹孔式 = s

现在晚材部分。观察 14 种樟科木材梯状穿孔板横隔数小于 10 条 (图版 - 4), 其中鳄梨、油丹和毛叶油丹为数条 ~ 10 条, 属于中等等级, 其它属于少等级。

所观察樟科 14 种木材样品导管间纹孔式均为互列, 纹孔形状主要为圆形、椭圆形或多边形, 纹孔口外延、合生 (图版 - 5) 或内含 (图版 - 6), 种间纹孔形状重叠比例较大。导管 - 射线间纹孔的类型主要有大圆状 (图版 - 7)、刻痕状 (图版 - 8) 和似管间纹孔, 部分树种还有圆肾状。Matchafe<sup>[7]</sup>根据纹孔直径的大小, 将其分为 a、b、c 3 种类型。14 种樟科木材具 a、b 类型的居多, 偶见 c 类型。14 种木材的导管 - 射线间纹孔在同一属、甚至种内具多种类型, 重叠比例也很高。因此, 管间纹孔式和导管 - 射线间纹孔式只能作为辅助鉴定依据。

14 种樟科木材中普遍存在侵填体, 其中檫木、莲桂、土楠、油果樟、乐东油果樟、丛花厚壳桂和黄果厚壳桂属侵填体较多, 其它树种侵填体数量较少。

### 2.3 木射线

14 种樟科木材射线均由单列和多列 2 种射线组成, 单列射线稀少或少, 高度一般由几个细胞组成, 甚低 (图版 - 9), 仅油果樟 (图版 - 10) 和乐东油果樟木材单列射线数量与多列射线相当, 这也是鉴别油果樟属的重要特征。除厚壳桂属外, 多列射线一般宽 2~4 列细胞 (图版 - 9~11)。黄果厚壳桂多列射线宽 3~7 列细胞, 丛花厚壳桂有宽的聚合射线 (图版 - 12), 在厚壳桂属出现聚合射线是一种特化现象。

14 种樟科木材射线细胞全部为异形射线, 以异形 III (图版 - 17) 和 II 型 (图版 - 11) 为主, 在少数种中存在异形型, 未见同形射线。射线组织异形部分为方形细胞或直立细胞 (图版 - 17)。

油丹、毛叶油丹、豹皮黄肉楠、土楠、丛花厚壳桂和黄果厚壳桂射线细胞具有方形晶体 (图版 - 14) 或菱形晶体, 其它树种晶体未见, 在土楠射线薄壁细胞中观察到硅石。

### 2.4 轴向薄壁组织

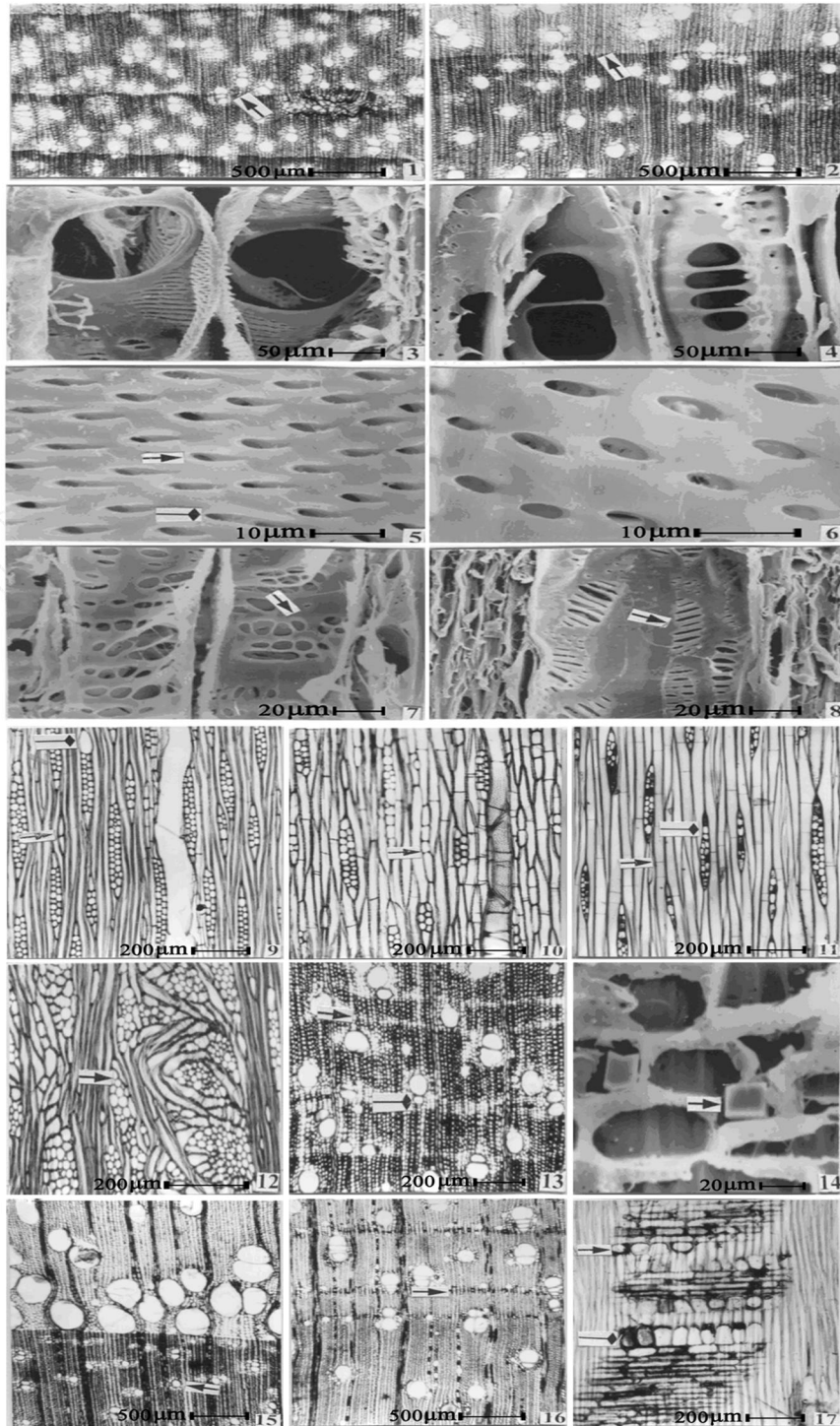
14 种樟科木材均有轴向薄壁组织, 以傍管形薄壁组织为主。大部分树种轴向薄壁组织是稀疏环管状或环管束状 (图版 - 1、2、15), 油果樟属 (图版 - 13) 和厚壳桂属 (图版 - 16) 具带状或轮界状薄壁组织。

### 2.5 木纤维

除油果樟属木材不具纤维管胞外, 其它树种的木纤维主要由韧性纤维和纤维管胞组成。另外, 油丹、毛叶油丹、新樟、滇新樟和豹皮黄肉楠 (图版 - 11) 还具有分隔纤维。

### 2.6 油细胞和粘液细胞

14 种樟科木材中油细胞和粘液细胞普遍存在, 位于轴向薄壁组织 (图版 - 13) 和射线薄壁细胞 (图版 - 9) 中, 樟科木材所具有的特殊香味与这些结构的存在有关。油细胞在木兰纲植物中普遍存在, 它们与此类植物在植物形态<sup>[1-2]</sup>和花粉形态<sup>[3]</sup>上的原始性状存在联系, 所以樟科木材在这点上表现较原始性状。



## 图版说明:

1. 赛楠, 光学显微镜下横切面示散孔材和轮廓波浪状生长轮 (箭头); 2. 毛叶油丹, 光学显微镜下横切面示轮廓平滑生长轮 (箭头); 3. 乐东油果樟, 扫描电镜下径切面示单穿孔; 4. 滇新樟, 扫描电镜下径切面示梯状穿孔; 5. 鳄梨, 扫描电镜下弦切面示互列导管间纹孔式, 纹孔口外延 (箭头) 或合生 (菱形箭头); 6. 油丹, 扫描电镜下弦切面示互列导管间纹孔式, 纹孔口内含; 7. 油丹, 扫描电镜下径切面示导管 - 射线间大圆状纹孔式 (箭头); 8. 乐东油果樟, 扫描电镜下径切面示导管 - 射线间刻痕状纹孔式 (箭头); 9. 赛楠, 光学显微镜下弦切面示单列木射线 (箭头) 和射线中油细胞或粘液细胞 (菱形箭头); 10. 油果樟, 光学显微镜下弦切面示单列射线 (箭头); 11. 豹皮黄肉楠, 光学显微镜下弦切面示分隔纤维 (箭头) 和射线组织异形 II; 12. 丛花厚壳桂, 光学显微镜下弦切面示聚合射线 (箭头); 13. 油果樟, 光学显微镜下横切面示带状薄壁组织 (箭头) 和轴向薄壁组织中的油细胞或粘液细胞 (菱形箭头); 14. 土楠, 扫描电镜下径切面示方形晶体 (箭头); 15. 檫木, 光学显微镜下横切面示环孔材和环管束状薄壁组织; 16. 黄果厚壳桂, 光学显微镜下横切面示轮界状薄壁组织; 17. 丛花厚壳桂, 光学显微镜下径切面示异形射线 III 的方形细胞 (箭头) 和直立细胞 (菱形箭头)。

### 3 讨论

樟科 10 属 14 种木材在结构上较为相似。除檫木外,管孔分布均为散孔材。管孔以单管孔和短径复管孔为主,偶见管孔团,未见管孔链,单孔率高。导管分子穿孔板多数同时具有单穿孔和梯状穿孔 2 种类型,少部分树种仅有单穿孔。导管间纹孔式均为互列,导管-射线间纹孔式类型丰富,主要为刻痕状和大圆状。木射线中以多列射线为主,单列射线少而短。射线组织主要为异形 III 和异形 II。观察的 14 种樟科木材均具轴向薄壁组织,且以傍管状为主,少数有带状和轮界状。油细胞和粘液细胞普遍存在于射线薄壁细胞或轴向薄壁细胞中。木纤维主要由韧性纤维和纤维管胞组成,部分树种同时存在分隔纤维。这些特征与 Stem<sup>[6]</sup>和 Recard<sup>[14]</sup>对樟科植物的木材结构观察结果一致。

喻诚鸿<sup>[15]</sup>对木材结构与系统演化关系研究表明,在木材结构中单管孔较为原始,复管孔和管孔团较为进化;梯状穿孔较单穿孔原始。在樟科木材结构中,单管孔率较高,复管孔和管孔团数量少;部分树种具梯状穿孔;上述樟科木材结构中具有单管孔率高、具梯状穿孔等一些原始性状。Kribs<sup>[13]</sup>对木射线的研究表明,单列木射线不发达,数量少,多列木射线组织两端不具有长翼,为进化类型。在樟科木材构造中,檫木为环孔材;单列木射线稀少且短而窄,多列木射线组织类型以异形 III 和异形 II 为主,两端不具有长翼;樟科木材均具有傍管状薄壁组织,表明木材结构中已出现许多进化特征。由此说明,樟科植物木材结构特征进化不一致。樟科木材部分种的穿孔板仅有单穿孔,其它也是单穿孔和梯状穿孔同时有,并且梯状穿孔横隔数少;全部树种有轴向薄壁组织,主要为傍管状。从樟科木材总体结构特

征看出,其表现为过渡型,即不完全原始,也不完全进化。

#### 参考文献:

- [1] Werff H van der, Richter Toward an Improved Classification of Lauraceae[J]. Ann Missouri Bot Gard, 1996, 83: 409 - 418
- [2] 李锡文. 中国植物志(第 31 卷)[M]. 北京:科学出版社, 1982: 161 - 228
- [3] 汤庚国,向其柏. 樟科植物花粉形态研究[J]. 植物分类学报, 1995, 33(2): 161 - 170
- [4] 初庆刚,胡正海. 中国樟科植物叶中油细胞和粘液细胞的比较解剖研究[J]. 植物分类学报, 1999, 37(6): 529 - 540
- [5] 王中生,方炎明,樊汝汶. 樟科(Lauraceae)部分属种雌蕊群维管分布格局及其系统学意义[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(2): 40 - 44
- [6] Stem W L. Comparative anatomy of xylem and phylogeny of Lauraceae[J]. Tropical Woods, 1954, 100: 1 - 75
- [7] Metcalfe C R. Anatomy of the dicotyledons Vol 1 [M]. Oxford: Clarendon Press, 1987: 162 - 171
- [8] 成俊卿,杨家驹,刘 鹏. 中国木材志[M]. 北京:中国林业出版社, 1992: 352 - 383
- [9] 林 松. 广东樟科主要属种的木材系统解剖[J]. 华南农业大学学报, 1990, 11(4): 79 - 85
- [10] 林金星. 植物制片技术的改进[J]. 植物学通报, 1992, 9(2): 40 - 44
- [11] IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification[J]. IAWA Bull n s, 1989, 10(3): 219 - 332
- [12] Carlquist S b. Comparative Wood Anatomy. 2<sup>nd</sup> [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2001: 212
- [13] Kribs D J. Salient lines of structural specialization in the wood rays dicotyledons[J]. Bot Gaz, 1935, 96: 547 - 557
- [14] Recard S L, Hess R W. American timbers of the family Lauraceae [J]. Trö PWoods, 1942, 69: 7 - 33
- [15] 喻诚鸿. 次生木质部的进化与植物系统发育的关系[J]. 植物学报, 1954, 3(2): 183 - 195